

8. ULAŞTIRMA KONGRESİ



TÜRK MÜHENDİS VE MİMAR ODALARI BİRLİĞİ
İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI

8. ULAŞTIRMA KONGRESİ



KÜLTÜR BAŞKENTİ İSTANBUL

30 EYLÜL / 1-2 EKİM 2009 İTÜ MUSTAFA KEMAL AMFİSİ İSTANBUL

DÜZENLEYEN:

TMMOB İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI
İSTANBUL ŞUBESİ

KONGRE SEKRETARYASI

TMMOB İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI İSTANBUL ŞUBESİ

Halaskargazi Cad. No: 35/1 34373 Harbiye - İstanbul

Tel: (0212) 219 99 62 - 63 Faks: (0212) 232 09 12

www.imoistanbul.org.tr • e-posta: imo@imoistanbul.org.tr



TÜRK MÜHENDİS VE MİMAR ODALARI BİRLİĞİ
İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI

8. ULAŞTIRMA KONGRESİ



KÜLTÜR BAŞKENTİ İSTANBUL

30 EYLÜL / 1-2 EKİM 2009

İTÜ MUSTAFA KEMAL AMFİSİ / MAÇKA-İSTANBUL

**DÜZENLEYEN: TMMOB İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI
İSTANBUL ŞUBESİ**



TÜRK MÜHENDİS VE MİMAR ODALARI BİRLİĞİ
İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI
İ S T A N B U L Ş U B E S İ

Halaskargazi Cad. 35/1 Harbiye 34373 İstanbul

Tel: (0212) 219 99 62- 219 99 63-296 43 97-296 35 97

Faks: (0212) 232 09 12

E- Posta: imo@imoistanbul.org.tr

Web: www.imoistanbul.org.tr

ISBN: 978 - 9944 - 89 - 773 - 0

İMO Yayın No: E/09/06

Baskı Tarihi : Eylül 2009

Baskı:

MAYA BASIN YAYIN MATBAACILIK TİC. LTD. ŞTİ.

İshakpaşa Cad. Kutlugün Sok. No: 9 Sultanahmet 34122 İSTANBUL

Tel: 0-212 638 64 08 Faks: 0-212 638 64 09

e-mail: grafik@mayadergi.com

8.ULAŖTIRMA KONGRESİ

DÜZENLEME KURULU

PROF.DR. GÜNGÖR EVREN
PROF.DR. ERGUN GEDİZLİOĞLU
PROF.DR. ZERRİN BAYRAKDAR
DOÇ.DR. İSMAİL ŞAHİN
REZAN BULUT
FUNDA KILINÇ SUVAKÇI

BİLİM KURULU

MELİH NACİ AĞAOĞLU	SEVTAP YILMAZ DEMİRKALE	KEMAL SELÇUK ÖĞÜT
EMİNE AĞAR	OKTAY EKİNCİ	ERHAN ÖNCÜ
PERVİZ AHMETZADE	NEVZAT ERSELCAN	MÜJGAN ŞEREFHANOĞLU
AHMET NECMETTİN AKTEN	GÜNGÖR EVREN	SÖZEN
HAKAN ASLAN	ALPASLAN FİĞLALİ	İSMAİL ŞAHİN
ELA BABALIK	ERGUN GEDİZLİOĞLU	ÜMİT ŞENESEN
REŞAT BAYKAL	HALUK GERÇEK	MEHMET TANYAŞ
ZERRİN BAYRAKDAR	BURAK GÖKTEPE	AZİME TEZER
NİLGÜN CAMKESEN	HAKAN GÜLER	OLCAY TUNAY
YÜCEL CANDEMİR	BANİHAN GÜNAY	FÜSUN ÜLENGİN
HALİM CEYLAN	MUSTAFA ILICALI	NADİR YAYLA
HİLMİ BERK ÇELİKOĞLU	TÜLAY KILIÇASLAN	BEYHAN YEĞEN
YUSUF KAĞAN DEMİR	MURAT KURUOĞLU	
HANDE DEMİREL	YETİŞ ŞAZİ MURAT	

41. DÖNEM İMO YÖNETİM KURULU ÜYELERİ

İMO YÖNETİM KURULU ÜYELERİ

H. Serdar HARP - Başkan
Alaettin DURAN - II. Başkan
Levent DARI - Sekreter Üye
Züber AKGÖL - Sayman Üye
Abdullah BAKIR - Üye
Metin KORKMAZ - Üye
İlker GÜNDEZ - Üye

İMO İSTANBUL ŞUBE YÖNETİM KURULU ÜYELERİ

Cemal GÖKÇE - Başkan
Temel PİRLİ - Sekreter Üye
Nusret SUNA - Sayman Üye
İsmail UZUNOĞLU - Üye
Cemal İNAN - Üye
Müfit BEŞER - Üye
Özkan ŞENGÜL - Üye

RESMİ SPONSOR



İstanbul Beton Elemanları ve Hazır Beton
Fabrikaları Sanayi ve Ticaret A.Ş.

ANA SPONSOR



Boğaziçi Proje Mühendislik Planlama
ve İnş. San. Tic. Ltd.Şti.

DESTEKLEYENLER

TAŞIYANLAR
TİCARİ TAŞITLAR VE İŞ MAKİNELERİ DERGİSİ

Sponsorlara ve destekleyen kuruluşlara katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	9
SUNUŞ	11
Geleceğe Yansımalar	13
Atila ALPÖGE	
1/100.000 Ölçekli İstanbul İl Çevre Düzeni Planı ve Ulaştırma Ana Planı İlişkisinin Değerlendirilmesi	27
İsmail ŞAHİN	
Ulaşım Kaynaklı Çevre Sorunları Kapsamında Yerel Yönetimlerin Sorumluluk ve Yetkilerinin İrdelenmesi	37
Zümrüt KAYNAK - Hülagü KAPLAN	
İstanbul 2007 Ulaşım Ana Planı Çalışma Süreci ve Edinilen Deneyimler	47
H. Murat ÇELİK	
2010 Avrupa Kültür Başkentliğine Doğru Büyük Ulaştırma Projeleri Odağında İstanbul Tarihi Yarımada'daki Kentsel Değişme Eğilimleri	73
Mustafa Sinan YARDIM - Cenk HAMAMCIOĞLU - Mustafa GÜRSOY	
Kentsel Sürdürülebilirlik Açısından Hava Meydanları 2010 Avrupa Kültür Başkenti İstanbul'un Hava Limanları İçin Sürdürülebilirlik Araştırması	85
Ayşe KÜÇÜK YILMAZ - Oya TORUM	
İstanbul Kentsel Dönüşümünde Otomobilsizleştirme Uygulamaları	99
Kadir GURBETCİ - Elyase İSKENDER	
İstanbul'da Taksi Taşımacılığı-Şirketleşmeden Beklenen Yararlar	111
Nadir YAYLA	
Kentiçi Yollarda Faktör Analizi Kullanılarak Gürültü Modellemesi	127
Özgür BAŞKAN - Soner HALDENBİLEN - Hüseyin CEYLAN - Halim CEYLAN	
İstanbul Zincirlikuyu-Maslak Karayolu Ulaşım Aksı Gürültü Haritası	139
Mine AŞÇIGİL - Sevtap YILMAZ DEMİRKALE	
Demiryolu Kaynaklı Titreşim-Gürültü Ölçümü ve Örnek Kesimlerde Önlemlerin İncelenmesi	149
Zübeyde ÖZTÜRK - Turgut ÖZTÜRK - Veysel ARLI	
Asfalt Kaplamalarda Arazi ve Laboratuar Örneklerinin Boşluk Dağılımlarının Bilgisayarlı Tomografi Tekniği ile Karşılaştırılması	161
Erol İSKENDER - Atakan AKSOY - Celaleddin E. ŞENGÜL	
Metrobüs Hattı Üstyapısında Kullanılan Özel Tasarımli Asfaltların Analizi	171
Mehmet Tahir DENİZ - Çağatay KALKANCI - B. Kadri EREN - Seyit Ali YILDIRIM	
Polipropilen Fiber Katkısı ile Modifiye Edilmiş Bitümlü Karışımların Tekrarlı Sünme Davranışı	183
Serkan TAPKIN - Ün UŞAR - Ahmet TUNCAN - Mustafa TUNCAN	

Şehiriçi Karayolu Ağlarının Ayırık Tasarımında Sezgisel Armoni Araştırması Yöntemi Uygulaması.....	195
Hüseyin CEYLAN - Halim CEYLAN	
Birleştirilmiş Oyun Teorisi ve Genetik Algoritma ile Şehiriçi Ulaşım Ağ Tasarımı ve Uygulaması.....	209
Halim CEYLAN - Hüseyin CEYLAN - Özgür BAŞKAN - Soner HALDENBİLEN	
Oyun Teorisi Yaklaşımı ile Ulaşım Şebeke Güvenilirlik Analizi Modellemesi	221
Hakan ASLAN	
Logit ve Probit Tabanlı Stokastik Kullanıcı Dengesi Atama Probleminin İki Farklı Sezgisel Metot Kullanılarak Çözülmesi.....	231
Özgür BAŞKAN - Soner HALDENBİLEN	
Türkiye’de Şehirlerarası Otobüs Yolculukları Matrisinin Elde Edilmesi ve CBS Ortamında İncelenmesi.....	243
Yaşar VİTOŞOĞLU - Polat YALINIZ - H. Canan GÜNGÖR	
Türkiye’de Kentlerarası Karayolu Trafikinin Ekonomik Gelişme ve Akaryakıt Fiyatına Göre Esneklikleri.....	255
Haluk GERÇEK	
Balıkesir İli Emniyet Kemeri Kullanımının Değerlendirilmesi.....	271
Ayşe TURABİ	
Trafik Kazaları ve Sonuçlarının Yapay Sinir Ağları ile İncelenmesi: Kırıkkale Örneği	279
Erdem DOĞAN - Ali Payidar AKGÜNGÖR	
Besleyici Otobüs Hatları ve Metrobüs Sistemi	289
Dinçer GEÇER - İsmail ŞAHİN	
Metrobüs (BRT) Sistemlerinin Planlama, Tasarım ve İşletim Özellikleri	299
Gözde GÜVEN - İsmail ŞAHİN	
Akıllı Kart (Akbil) Verileri Kullanılarak Raylı Sistemler İçin Başlangıç-Son Yolculuk Matrisinin Tahmin Edilmesi	309
Boğaçhan M. AKALIN - Yavuz DELİCE	
İstanbul İkinci Çevreyolunda Ek Şerit Uygulamasının İncelenmesi	321
A.Fırat AYDIN - İsmail ŞAHİN	
Bölgesel Otopark Yönetimi ve Eminönü Bölgesi İçin Bir Öneri	333
Mustafa Sinan YARDIM - Murat OKUBAY	
Yaya Trafikinin Modellenmesi ve Simülasyonu.....	347
Jurgen BEYER - Tobias KRETZ - Adem ASLAN - Hakan GÜLER	
Ulaştırma Eğitimi ve Çalışmalarının Sinoptik Bir Öyküsü ve Türkiye.....	357
Muhteşem KAYNAK - Merter MERT	
Yolculuk Yaratım Modellerinin Geliştirilmesi: Bürolar Örneği.....	371
Gökmen ERGÜN - Darçın AKIN - Utku TERZİ	
Erişebilirlik ve Arazi Kullanımı Arasındaki İlişkinin Kentiçi Yerleşmelerde Araştırılması.....	383
Görkem GÜLHAN - Halim CEYLAN - Soner HALDENBİLEN - Hüseyin CEYLAN - Özgür BAŞKAN	

ÖNSÖZ

Ulaştırma sistemi günlük yaşamımızın vezgeçilemeyen bir parçasını oluşturmaktadır. Bu bağlamda tekerleğin bulunması toplumsal hayatın dönüm noktalarından birisi olarak kabul edilmektedir. İnsanlar bir dönem sırtlarında ve hayvanlarla taşıdıkları yükleri önce kaldıraçlarla kaldırmayı öğrenmişler, sonra da bir araca yükleyerek bir yerden bir başka yere daha kolay taşımayı da başarmışlardır.

Açıktır ki; toplumsal yaşamdaki gelişmelere ve modernleşmeye paralel olarak toplumun ekonomik ve sosyal yapısı ulaştırma sistemlerini de belirlemektedir. Bu çerçevede hızlı kentleşme, sanayileşme, göç, nüfus artışı, ekonomik çıkar ve siyasal ortam ulaştırma sistemindeki tercihleri de ortaya koymaktadır.

1950’li yıllara kadar ulaştırma sistemimizin ana omurgasını demiryolu oluştururken ne yazık ki bugün, ülkemizin ve kentlerimizin ulaştırmasının ana omurgasını %90’lara varan ölçekte karayolu taşımacılığı oluşturmaktadır.

Enerji kaynaklarının giderek tükendiği günümüz dünyasında ve ülkemizde, petrole dayalı karayolu ulaştırmasının geliştirilmiş olması son derece acıdır. Giderek dışa bağımlılığı arttırmanın yanında her geçen gün insanların oldukça rahatsız eden yeni çevre problemlerinin yaratılması yaşam alanlarımızı da oldukça kısıtlıyor.

Ulaşım sistemleri, bir bütün olarak ülkemizin ve kentlerimizin genel yapısını önemli ölçüde etkilemektedir. Bu nedenledir ki, ulaşım sistemleri ülkemizde ve kentlerimizde uygulanan ekonomik, sosyal, siyasal, çevresel ve kültürel dinamikleri de önemli ölçüde etkilemektedir.

“**8. Ulaştırma Kongresi**”ni yapmaya hazırlandığımız bugünlerde İstanbul’a 3.Köprü’nün yapılması konusu da yoğun bir çerçevede gündeme gelmektedir. 3.Köprü’nün yapılması toplumsal yarardan çok, belli kesimlerin çıkarını dikkate alan, kentte yaşayanların ihtiyaçları ile ilişkisi olmayan siyasal ve ekonomik bir çıkar tercihi olarak düşünülmektedir.

Açıkçası İstanbul’un ulaştırmasının ana damarlarının oluşturulmasında, bilim insanları ve uzmanlar sürekli olarak devre dışı bırakılmışlardır. Bugüne kadar yapılan tartışmalarda hiçbir bilim insanı (gerçek) ve uzman karayolu köprü geçişlerini desteklememişlerdir. Sermaye ve siyaset kurumu, birkez daha İstanbul’un geleceğini öncekilerden çok daha farklı bir şekilde ortadan kaldıracak işbirliğine soyunmuş gibi görünmektedirler. Umarız gerçekleşmez.

“**8. Ulaştırma Kongresi**” bildiriler kitabıyla birlikte, 1974 yılında düzenlenmiş olan ve Ulaştırma Kongrelerimizin 1.si olarak kabul ettiğimiz “**İstanbul Ulaşım Kongresi**” bildirimlerini de kitaplaştırdık. 1974 yılında Odamızın yayın organı olan Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi’nde basılan “İstanbul Ulaşım Kongresi” bildirimleri; eminiz ki yeni bir kitap olarak kütüphanemizin baş köşesinde yer alacaktır.

Ülkemizde ve kentlerimizde ulaştırma sistemleriyle ilgili tercihlerin değişmediği “**İstanbul Ulaşım Kongresi**”ne sunulan bildiriler okunduğunda bir kez daha görülecektir. Sayın Atilla ALPÖGE 1974 yılında “**İstanbul Ulaşım Kongresi**”ne sunmuş olduğu “**Ulaşım Olayına Sistem Yaklaşımı**” adlı bildirisinde;

“Ulaşım olayına gerçek bir sistem yaklaşımı, ilk önce politik hedeflerin açıkça ifade edilmesiyle başlar; politik hedefler ve tercihler açık seçik ortaya konulmadan ulaşım olayını ele almanın çözüm yolları önermenin olanağı yoktur. Ekonomik yapı ve politik gücün, politik iktidarın hedef ve görüşleri ulaşım olayını etkiler. Ayrıca ulaşım olayına sistem yaklaşımını bile etkiler. Sistemsiz tek, iki, üç boyutlu bir yaklaşımda bile bu etkiyi, bu biçimlendirmeyi açıkça görmek olanak içidir. Bunun örnekleri yurdumuzda da vardır. Boğaz köprüsü bu anlamda bir politik tercihtir. Politik ve ekonomik güçlerin tercihidir. Demek ki, sorun ne arazi kullanma/ulaşım ilişkisi sorunu, ne de bir kavşağın düzenlenmesi sorunudur öncelikle. Temelde bu, tercihlerin ortaya konulması sorunudur” diyor.

Bu tercihler **“insanı araçlaştıran”** bir ulaştırma sistemi yaratmıştır. 1974 yılında söylenenlerle bugün söylenenler arasında pek bir fark yoktur.

“8. Ulaştırma Kongresi”nin gerçekleştirilmesinde emeği geçen düzenleme kurulumuzun sayın üyeleri başta olmak üzere; bilim kurulu üyelerine, kongremizi bildirileriyle zenginleştiren değerli katılımcılara, ayrıca; maddi ve manevi desteğini esirgemeyenlere en içten teşekkürlerimizi sunuyoruz.

“8. Ulaştırma Kongresi”nin kalıcı sonuçlar doğuracağını biliyoruz. 04.09.2009

Cemal GÖKÇE
TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası
İstanbul Şube Başkanı

SUNUŞ

İnşaat Mühendisleri Odası'nın uzmanlık kongrelerinden, 8. Ulaştırma Kongresi'ni İstanbul Şubesi olarak düzenliyoruz. Geleneksel kongremizin düzenlenmesinden mutluluk duyuyoruz.

Kongremizin başlangıcını deneyimli meslektaşlarımız bilirler, yeni katılımcılar ve genç meslektaşlarımız için yinelemek istiyoruz. İMO Genel Kurulu'nda alınan karar gereği, İMO İstanbul Şubesi'nce 1992'de "Ulaştırma Kongreleri" düzenlenmesi çalışmalarına başlanmıştır. Bu çalışmalar sırasında bu kongreye "İstanbul 2. Kentiçi Ulaşım Kongresi" adı verilmiştir. "İstanbul Odalararası Sürekli Komisyonu" tarafından 8-10 Mayıs 1974 tarihinde düzenlenmiş ve o yıllarda derin izler bırakmış olan "İstanbul Ulaşım Kongresi" aradan uzun zaman geçmiş olmasına karşın, bu kongrelerin 1'incisi kabul edilip bundan sonra yapılacak kongrelere bu başlangıca göre numara verilmesi kararlaştırılmıştı. Gelenek bugün de sürdürülmektedir.

Ülkemizde değişik meslek örgütleri ve üniversitelerin zaman zaman düzenlediği ulaştırma kongrelerinin hiç birisi bu denli uzun soluklu olmamıştır. Hemen tümü bir iki düzenlemeden sonra unutulmuşlardır. Buna karşın biz artık 35 yıllık, ya da uzun bir arayış dışarıda bıraksanız bile yirmi yıla yakın bir süredir gerçekleştirilen bir gelenekten söz ediyoruz. Artık kurumlaşmış yapısıyla da geleceğin en saygın bilimsel etkinliklerinden biri olacağına inanıyoruz.

Elbette bu aşamaya erişmekten kıvançlıyız. Her kongrede olduğu gibi, ülkemizin sorunlarını gündeme getiren ve çözümler öneren bildirimlere öncelik verilmiştir. Bunu yaparken de yine öncekiler gibi bilimsel düzeyin daha da yükselmesine özen gösterilmiştir.

Ülkemizde ve kentimizde ulaştırmaya ilişkin, yine plana ve etüde dayanmayan çalışmalar ve daha önemlisi gereklilikleri tartışmalı ve pahalı yatırımlar gündemdedir. Üzülerek belirtmek gerekir ki, bu yatırımların en azından bir bölümü, kentimizin geleceğini, çocuklarımızın yaşam kalitesini olumsuz yönde etkileyecektir.

Bu kongrede ilginç 32 bildiri sunulacaktır. Ayrıca 6 bildiri de poster olarak sergi salonumuzda yer alacaktır. Bildirilerin sunulduğu oturumlar dışında, son yıllarda kentlerimizde artan kentiçi raylı ulaşım ağlarını tartışacağımız bir özel oturum yapılacaktır. Kentlerimizde var (işletilmekte) olan, inşa edilmekte olan, projelendirilmiş raylı ulaşım türlerini ana çizgileri ile karşılaştıran bir sunumdan sonra, o kentlerin meslek odası ya da yerel yönetim temsilcileri tarafından daha ayrıntılı bilgi verilecektir. Böylece ülkemizdeki Kentiçi Raylı Ulaşım Ağlarının karşılaştırmalı bilgileri derlenmiş olacaktır.

Kongremizin, sizlerin de emek ve çabalarıyla, uluslararası düzeyde çalışmaların sunulduğu bir bilimsel platform konumuna gelmesi amaç ve dileğimizi yinelemek istiyoruz.

Bu kongremizde bir de sürprizimiz var. Kongre çantasında 8. Kongrenin bildirilerini içeren kongre kitabının yanında bir kitap daha, - yukarıda sözünü ettiğimiz ve kongrelerimizin ilki kabul ettiğimiz, 1974 yılında düzenlenmiş olan kongrenin bildirilerini içeren kitabı da - bulacaksınız. Özellikle genç araştırmacı ve mesleğe yeni katılanlar için yararlı olacağından eminiz.

Bu kongreyi başlatarak kurumlaştıran İMO İstanbul Şubesi Yönetim Kurulları kuşkusuz, içten övgü ve teşekkürleri hak etmişlerdir.

Kongremizin bilimsel düzeyini yükseltme amacımızı paylaşarak nitelikli bildiriler hazırlayan ve hakemlik görevlerini titizlikle yerine getiren bilim insanları ve uzmanlarının değerli katkıları olmaksızın bugünkü başarılı duruma erişemezdik. Elbette ki, kendilerine teşekkür borçluyuz.

Kongremizin gerçekleşmesi için uzun süreli çalışmaları özenle ve sabırla yerine getiren Sevgili Rezan Bulut'a ve kongre yazışmalarını etkin bir iletişim sağlayacak biçimde yöneten Sevgili Funda Kılınc Suvakçı'ya teşekkürü zevkli bir görev sayıyoruz.

İlgileri, sorular ve yorumlarıyla Kongremizi canlandıran ve güçlendiren siz katılımcılara da teşekkürlerimizi sunuyoruz.

8. Ulaştırma Kongresi'nin başarılı olmasını diliyoruz.

Prof. Dr. Güngör EVREN

Prof. Dr. Ergun GEDİZLİOĞLU

Geleceğe Yansımalar

Atila Alpöge

Bu yazıda geleceğe uzanan bazı yansımaları yakalamaya çalışacağım. Çünkü insanlığın önemli dönüm ve dönüşüm noktalarına doğru hızla yol aldığı ısrarla söyleniyor. Nedir bu gidiş? Nereye doğru? Ulaşım olgusuna ilgi duyan bizleri bu ne ölçüde ilgilendiriyor? Okurken belki de “Ulaşım konusunun dışındaki bir takım şeylerden söz etmiş. Ne gereği vardı?” diyeceksiniz. Mümkündür. Ama hepimizin yaşamında ve toplumların yaşantısında çok önemli bir yer kapladığına inandığım ulaşım olayına kimi zaman biraz uzaktan bakmanın yararlı olacağını sanıyorum. Bu alanı ilgilendiren bazı genel meseleleri dar meslek çerçevesinden değil de, bazen daha üst düzeyden, daha bütünlük olarak ele almak sanki daha doğru. Aşırı uzmanlaşma bilim insanını kimi zaman adeta ses ve görüntü geçirmez, kalın duvarlarla çevrili, tek boyutlu hücrelere hapsedilmiş olabiliyor. Ama küreselleşmiş bir dünyanın birçok katmana oturan çetrefilli konularına çok boyutlu yaklaşımlarla eğilmek gerekiyor.

Ulaşımında bugün neredeyiz? Önce, izin verirseniz, bir anımsatma yapayım. Bugün, evet günü gününe bugün, Ekim ayının ilk günlerinde, tarihi bir olayın neredeyse yüzüncü yılını yaşıyoruz: “Ford T Modeli” 1 Ekim 1908’de üretilmeye başlanmıştı. Gerçi “otomobil” diye adlandırılan kavram daha önce de biliniyordu. Ama Ford bu modelin yapımında “üretim bandı” uygulamasıyla radikal bir çığır açtı ve otomobil olgusunu çok geniş (ve gittikçe genişleyen) halk kütlelerine sundu. Bu bakımdan, şimdi bugün, “bu kongrede ulaşım ile ilgili bilimsel alanların yüzüncü yılını selamlıyoruz” demek çok da yanlış olmaz. Çünkü bizi bir araya getiren uzmanlıklar demetinin zenginliğini oluşturup biçimlendiren ilk adım, ilk işaret fişeği Ford’un bu atılımı oldu. Ama gelin, bir dipnotu da yerleştirelim buraya ve günümüzde iflas bayrağını çekmiş olan dev General Motors firmasının kuruluş tarihinin de 1908 olduğunu vurgulayalım. General Motors ki, 1930’ların sonundan başlayarak 1940’ların sonuna kadar sayısız ABD kentindeki özellikle raylı ulaşım sistemlerini kapatırma, yok etme yolunda bilinçli ve sinsi çaba göstermiş olmakla suçlanmıştır. Her ne kadar böyle bir savın yalan ve yanlış olduğunu savunan birkaç kişi çıkmışsa da “General Motors fesadı ya da skandalı” bu adla ABD tarihine girmiştir. Acaba bu dev firmanın yüz yıl sonra iflas etmiş olması kapatılmış tramvay ve otobüs hatlarının tarihi intikamını mı ifade ediyor? Yoksa önemli bir değişimin başlangıcını mı vurguluyor? Göreceğiz.

Evet, otomobil yaşamlara yüz yıl önce girmeye başladı, ama ulaşımın gerçek bir sorun-konu olarak ortaya çıkması İkinci Dünya Savaşı’nın sonuna denk geldi. Savaş bitmişti. Büyük sermaye grupları savaşın yarattığı yıkımdan kurtulma yolunun tüketimden (hem de “tüketim uğruna tüketim”den) geçtiğini kavramışlardı ve otomobil ekonomik gelişmenin en büyük kozlarından, ağır sıklette güreşen başpehlivanlardan biri oldu. Otomotiv sanayisi, petrol şirketleriyle birlikte, ekonominin ana çizgisini belirleyen ve genel politik tercihleri biçimlendiren bir güç olarak ortaya çıktı. Örneğin, ekonomik kriz dönemlerinde devletler (şimdilerde olduğu gibi) pazar daralması nedeniyle otomobil satışlarında ortaya çıkabilecek durgunluğu azaltıcı (vergi indirimi, eski otomobilleri yenileme primi, vb. gibi) çeşitli önlemler getirdiler, yan sanayisiyle birlikte bu geniş sektöre kan pompalama durumunda kaldılar. Böylece 1945’le birlikte ulaşım alanının uzmanlıkları bütün boyutlarıyla gündeme oturdu. 1960’ın ilk yıllarında ise çağdaş ulaşım planlılığının ilk çabaları başladı. (İlk “ulaşım modeli” uygulamaları... Bilgisayar destekli karmaşık modeller, vb...)

Not etmekte yarar var. Bu gelişmelerin altyapısında özel otomobil kullanımını görüyoruz. Yani, mesleğin çıkış noktasını ve oyunun kurallarını otomobilin özellikleri, beklentileri ve baskısı tanımlıyor. Diğer ulaşım konuları ancak otomobil odaklı çerçeveden geçerek yaşam buluyor.

Bununla birlikte hemen vurgulamalıyız ki, otomobil odaklı çerçevenin kendi de sanayi devriminin bir ürünü. Hegemonyasını iki yüz yıl sürdürmüş, yaşamın her yönüne damgasını vurmuş, özgün değerler sistemi ve davranış biçimleri ile yepyeni bir sınıf (burjuvazi) yaratmış olan bu devrimin (ki gerçek bir devrim) büyük ve başarılı bir tarihsel olay olduğu kuşkusuz. Sanayi devriminin getirdiği hızlı ve baş döndürücü boyutu günlük yaşamımızın sağında solunda pek de fark etmeden yaşıyoruz. Cebimizdeki görüntülü telefondan, otomobilimizdeki uydu bağlantılı adres bulma cihazına kadar çok şey bunun tartışmasız kanıtı.

Peki, bugün neredeyiz? Şu anda dünya çapında bir kriz yaşanıyor. Bankalar batıyor. Krediler kesiliyor. Piyasa daralıyor. Birikimler buhar oluyor. Binlerce çalışan sokağa atılıyor. İşsizlik görülmemiş düzeylere çıkıyor. Ve bu krizin 2–3 yıl daha etkisini hissettireceği söyleniyor. Bununla birlikte, olay dar boyutlu ekonomik ve finansal bir mesele olarak sunuluyor. Milyonlarca insanın yaşadığı acılara ve sıkıntılara karşın, hükümetler aldıkları önlemlerle bu dönemin de atlatılacağını, hatta atlatılmaya başlandığını ve ileride her şeyin eskisi gibi parlak ve pırıltılı olacağını ileri sürülüyorlar.

Oysa sayısız düşünür ve bilim insanı bugün yaşanmakta olanın yalnızca bir “mini kriz” olduğunu söylüyor ve dünyanın çok daha derin ve büyük çaplı bir krize doğru sürüklendiğini ısrarla ileri sürüyor. “Gerçek kriz” bizleri gelecekte bekleyen krizdir, diyorlar. Ve bu kriz, ister istemez, 200 yıl önce başlamış olan sanayi devriminin açtığı sayfayı kapatacak, bugünden 15–20 yıl sonraya uzanan bir süreç içinde ise yepyeni (ne ve nasıl olacağını şu anda bilemediğimiz) bir sayfayı açacaktır. 150–200 yıl öncesinin sanayi devrimi büyük bir değişim ve dönüşüm yaratmış, yepyeni bir dünyayı biçimlendirmişti. Şimdi önümüzde bizleri buna benzer bir gelişmenin beklediği söyleniyor. Sözü edilen kriz getireceği çalkantı ve yıkımlarla radikal olarak değişik bir uygarlığa ve kültüre kapı açacaktır. Toplumlar ve birey olarak insanlar yepyeni yapılara, düzenlere, oluşumlara, düşünce ve davranış tarzlarına ayak uydurma zorunda kalacaklardır. Belki de büyük insani maliyetleri yüklenerek. Ünlü bir düşünür, Edgar Morin, “bu bir uçuruma gidiştir” diyor (“Vers l’abîme?” 2007, Editions de l’Herne). Başka bir deyişle, bizlerin uğraşı alanımız ve meslek yaşamımız da değiştirecektir.

Bu öngörü ne ölçüde doğru? Düşünür ve bilim insanları neye dayanarak böyle bir yargıya varıyorlar? Nedir bu gelişme? Bunun boyutu ne? Açıldığı ileri sürülen yeni sayfanın olası özellikleri ne?

İnsanlık tarihindeki 200 yıllık oluşumun, kültürün, davranışların adeta bir iflas noktasında olduğunu ileri sürmek ciddi bir konu. Eğer bu böyleyse (15–20 yıl sonrasını kucakladığı için) bu olgu belki de bugünün yaşlı kuşağını fazla ilgilendirmeyecek. Ancak beklenen kriz ve onun yaratacağı dönüşüm o dönemde kumandaya oturacak olan genç meslektaşlarımız için yaşamsal bir anlam taşıyor. Çünkü bugün yazılmakta olan faturayı onlar 15–20 yıl sonra günlük yaşamlarında ödemeye başlayacaklar.

Uzmanların çok zor yaşanacağını ileri sürdükleri bu olası krize yakından eğilelim. Özelliklerini kavramaya ve bu olgunun bizlerin uğraşı alanlarını niye ve ne biçimde ilgilendirdiğini anlamaya çalışalım.

Beklenen krizin üç ayrı boyutu var. Böylesine bir üçlemenin varlığı, onu daha önceki krizlerden ve olgulardan farklı kılıyor:

- Çevresel boyut.
- Kültürel boyut.
- Bireysel boyut.

Çevresel Boyut

Bu konuda çoğumuzun zaten bildiği olguların ayrıntılarına girmeyeceğim. Bazı ana başlıkları listelemekle yetineceğim:

- Küresel ısınma ve iklim değişiklikleri.
- Buzulların erimesi.
- Denizlerin 20–50 santim arasında yükselmesi.
- Aşırı gaz karbonik salımı.
- Ozon tabakasının delinmesi.
- Petrolün hızla tükenmesi.
- Gittikçe yetersiz kalan su kaynakları.
- Tarım alanlarında gözlenen çölleşme.
- Yok olan hayvan türleri.
- Balık stokunun hızla azalması.
- Her türlü (nükleer, kimyasal ve benzeri) atığın, çöplerin, otomobil mezarlıklarının yönetimi.
- Hava kirliliği nedeniyle (Dünya Sağlık Örgütü'nün rakamlarına göre) her yıl 500 bin kişinin ölüyor olması. (Örgütün 15 Haziran 1999'da yayımladığı özel bir rapor bu ölümlerin büyük bir bölümünün otomobillerden kaynaklandığını belirtmişti. Daha sonra Japonya'da açılan bir dizi davanın sonunda otomobil üreticileri neden oldukları hava kirliliğinin ölümlere neden olması gerekçesiyle 500 davacıya 7,4 milyar avro ödemeye mahkûm edilmişlerdi.)

Düşünürler ve bilim insanları doğanın ve onun sunduğu kaynakların uzun bir zamandan beri aç, gözü dönmüş bir saldırının istismarına ve sömürüsüne uğramış olduğunu belirtiyorlar. Belirtmekle kalmıyorlar, en az 10 yıldan beri adeta bağırıp duruyorlar. İnsanlık sanayi devrimi döneminde dünyanın, kaynaklar bakımından, sınırsız olduğunu sandı. Toprak, hava, toprak altı, doğa süresiz ve çılgınca tüketilebilirmiş gibi kaygısızca davrandı. Şimdi ise, yavaş yavaş sınırların var olduğunu hissetmeye ve vaktiyle umursamamış olduğumuz bu sınırlara toslamaya başladık.

Bilim adamları fazla zaman kalmadığını, ivedi tavır almada geç kalındığı takdirde, bu gelişmelerde geri dönülemeyecek eşiklerin ve yaşamsal tehlikelerin belireceğini ısrarla belirtiyorlar. Bu eşiklerin aşılması ise mevcut enerji, su ve tarımsal ürün kaynaklarında gereksinimlere göre büyük yetersizlikler yaratacağı ve toplumları ciddi paylaşma sorunlarına sürükleyeceği için büyük çaplı, kanlı savaşlar çıkacaktır, toplumlar baş edilemez çalkantıların içinde bunalacaklardır.

Geçtiğimiz yıllarda Birleşmiş Milletler Çevre Programı bir çalışma yürüttü. Uzun süren ve 1.400 bilim insanının yoğun katkıları içeren bu çalışma 2007'de 3.000 sayfalık bir rapor üretti. GEO-4 adını taşıyan bu dev rapor dünyanın karşılaştığı tehlikeyi ayrıntılarıyla, kademe kademe analiz ediyor ve alternatif politikalar geliştiriyor. (Bu konudaki bazı bilgiler EK-1'de görülebilir.) Bu girişimin sonucu olarak bazı ülkeler konuya eğilmeye başladılar. Örneğin Fransa'da hükümet bir çevre şurası toplayarak ilgililere öneri paketleri

hazırlattı. Bu şura (daha sonra hükümetin de benimsediği) 238 adet somut öneri geliştirdi. Bunların 35'i doğrudan doğruya ulaşım ile ilgili. (EK-2'ye bakınız.) Bunların arasında çarpıcı ve radikal öneriler var: karayolu ve havayolu ulaşımına verilmiş olan önceliklerin ikinci plana çekilmesi... Otoyol yapımlarının frenlenmesi... Otoyollarda toplu ulaşım sistemlerine tahsis edilecek şeritlerin oluşturulması... Kent merkezlerine girişlerin fiyatlandırılması... 10 yıl içinde 1.500 km. tramvay ve özel otobüs yolu yapılması ve 2.000 km. hızlı tren hattı oluşturulması... Yük taşımacılığında kombine ulaşım olanaklarını arttırarak karayolu dışındaki yük taşımacılığı payının %25'e yükseltilmesi...

Gündeme gelen konulardan biri de gaz karbonik salımıyla ilgili olarak önerilen (ya da bazı ülkelerde zaten uygulanmakta olan) "karbon vergisi". (EK-3)

Görüldüğü gibi, ulaşım bu bakış açısı içinde ana hedeflerden biri durumunda. Aslında bunda fazla da şaşırtıcı bir yön yok. Bunun böyle olacağı kolayca tahmin edilebilirdi. Esas yeni olan, gereken radikal değişim ve dönüşümlerin önümüzdeki yıllarda ne ölçüde ve hangi hızla politikalara yansıtılabileceği sorusu. Örneğin Türkiye bunu becerebilecek mi?

Şimdiye kadarki uygulamalara bakınca toplumların bu olguları umursamadığını, hükümetlerin de ayak sürüdüğünü görüyoruz. Örneğin, çevre sorunlarını Birleşmiş Milletler 35 yıl önce resmen gündeme getirmişti; ama ülkeler ancak son 5-10 yıl içinde usul usul harekete geçmeye başladılar. Bu arada Türkiye'nin birçok ülkenin onayladığı Kyoto anlaşmasını uzun süre onaylamadığını ve ancak yakınlarda ABD de onayladıktan sonra olurluğunu verdiği not edelim. Bu genel umursamazlığın geri planında, kurulu ekonomik düzenin ve sermaye gruplarının çıkarları yer alıyor. Çünkü yapılması gerekenler bu çıkarları zedeliyor. Bu yüzden de bu çevrelerin yeni yaklaşıma uyum sağlayabileceği koşulların belirmesi bekleniyor. Evet ama, acaba şimdi bu bekleme zamanı var mı elimizde? Ne kadar bekleyebiliriz? Bu sorunun kapsamını daha da ağırlaştırıcı başka bir olgu var: Bugün dünya nüfusunun 7 milyar olduğu hesaplanıyor. Önümüzdeki 30-40 yılda ise %29 artışla 9 milyarı bulacağı tahmin ediliyor. Yani hem dünya nüfusu hızla artacak, hem de ekonomik gelişme çabalarının bu artan nüfusa sağlayacağı kalkınma hızı ek istemler (talepler) yaratacak. Bu olgunun ışığında bugünkü ("dünya sınırsızdır" varsayımına dayalı) yaşam modeline ve alışkanlıklarına uygun istemlerde ciddi bir patlama belirecek, demektir. Dünyamız bunu kaldırabilecek mi?

Kültürel Boyut

Bu başlık altında karşımıza iki alt başlık çıkıyor. Biri demokrasi kavramı, öteki de uygarlık kavramı.

(a) "Demokrasi" kavramı.

Dünyanın sınırlarının daralmasından kaynaklanan aşırı sıkıntılar devlet yönetimlerini giderek oligarşik bir yapıya kaydırıyor. Bunun örneklerini bugün bol bol görüyoruz. Örneğin Bush yönetimi Irak'a saldırmadan önce kamuoyunu harekete geçirmek için "toplu imha silahları" ve "El-Kaide bağlantısı" gibi uyduruk kanıtlar ileri sürdü, ya da önemli bir CIA raporunu (bunu yapmak yasak olduğu halde) senatodan sakladı. Başka ülkelerde de yöneticilerin "ben bilirim, bildiğimi de yaparım" tavrını takındığını duyuyoruz, gözlemliyoruz, yaşıyoruz.

Öte yandan "temsili demokrasi"nin sınırlarına da varmış durumdayız. Başka bir deyişle, "demokrasi" adına toplumdan beklenen, seçimlerde oy kullanıp "temsilci" seçmek oluyor. Bu tür demokrasi millet meclisine gönderilen kişilerin yaptıklarını,

tartıştıklarını, itişme ve kakışmalarını bir futbol maçı izler gibi uzaktan seyretmek, bu çerçeve içinde de kişisel görüş ve tepkileri televizyon karşısında, aile ortamında, kahve köşelerinde ifade etmekle yetinmek anlamını taşıyor. Bu yöntemin neresinin “demokratik” olduğu ciddi tartışma konusu. Politikacılar şöyle ya da böyle verilmiş oylarla, şöyle ya da böyle iktidar oldukları zaman sınır tanımaz bir güç elde etmiş duygusuna kapılabiliyorlar. Daha önce sözünü ettiğimiz ciddi kriz ortamına girildiği zaman bu politikacıların tam bir oligarşi kurmayacakları konusunda kimsenin garantisi yok. Bu noktada, belirlemekte olan yeni eğilimlere örnek vermiş olmak için, birkaç bilim insanının görüşlerine yer verelim.

Saygın bir bilim adamı, Harald Welzer (Essen Üniversitesi toplumsal psikoloji profesörü) 15.8.2008 tarihli Le Monde’deki yazısında, yeni yapılmış araştırmaların Almanların neredeyse yarısının demokrasi denilen kavrama artık güven duymadıklarını ortaya çıkardığını söylüyor. Seçimlere katılım hızla düşmektedir; çünkü oy verenler bu eylemin fazla bir işlevi olmadığı düşüncesindedirler. Demokrasiye gerçek anlamını verecek “katılımcı” bir modele geçme zamanı artık gelmiştir.

Collège de France profesörlerinden Pierre Rosanvallon (Le Monde, 28.4.2009) “çoğunluk hegemonyasına dayalı temsili” modelin sınırlarına gelindiğini ileri sürüyor. Ona göre, millet meclislerinin dışındaki kurum ve oluşumların yaygın ve etken katılımına yepyeni mekanizmalarla kapı açmak gerekiyor artık. Yönetimler olması gerektiği kadar saydam değildir ve mevcut hesap verme mekanizmaları yetersizdir; bunları yaygınlaştırılarak güçlendirmenin yolları bulunmalıdır. Yöneticilerden (daha önce söyleyip beyan ettikleri politikaların ışığında) yaptıkları ve yapmadıkları hakkında hesap sorma sistemleri kurulmalıdır. Daha da önemlisi, karar süreçlerinde bugünle ilgili tasarımlar mutlaka gelecek boyutunu da içermelidir. Yani bugünün kararlarının geleceğe nasıl yansıtacağı değerlendirme konusu olmalıdır, çünkü yönetimler yarattıkları (gittikçe büyüyen) kamu borçları yoluyla ve umursamazca tüketilmesine göz yumup izin verdikleri doğal kaynak yağmasıyla gelecek kuşaklara fatura çıkarmaktadırlar.

Bu söylemlerin kâğıt üzerinde kalmış süslü ve soyut sözler olduğu, gerçekleşme şansları bulunmadığı elbette ileri sürülebilir. Ancak Latin Amerika’da, Kanada’da ve Kuzey Avrupa ülkelerinde bu anlamda (katılımcı bütçe, halk jürileri gibi) bazı denemelerin 8–9 yıldan beri başarıyla uygulandığını hatırlatmak yerinde olur.

(b) “Uygarlık” kavramı.

Ünlü düşünür Edgar Morin bugünkü günde, gecikmeden yepyeni bir uygarlık politikası tanımlamak gerektiğini vurguluyor. Bir kitabında (“Une politique de civilisation, Edition Arléa, 2002”) mevcut uygarlığın bir çıkmaza saplanmış durumda olduğunu, değer sistemlerinde önemli kaymalar ve çelişkiler yaşandığını ileri sürüyor:

“Batı uygarlığının ışıklı yüzünü oluşturan her şey bugün arka planında gittikçe kararar bir görünüm sunuyor. Örneğin bu uygarlığın büyük başarılarından biri olan bireyin ön plana çıkışının hemen yanında yalnızlığı, benmerkezciliği, toplumsal dayanışmanın erimesini buluyoruz. İnsanların sayısız gereksinimlerine yanıt vermiş olan sanayi, bugün biyosferi tehdit eden kirlenmelerin kaynağı durumunda. Ve otomobil, uygarlığımızın hem erdemini, hem de kötülüğünü temsil ediyor. Daha da kötüsü, bu uygarlığın tanımladığı model “kalkınma ve gelişme” adı altında Batı dışı toplumlara da taşındı. Ekonomi temelli olan bu model adeta bir lokomotif olacaktı, peşinden toplumsal

ve insani gelişmeyi de çekip götürecekti. Bunun böyle olmadığını ve bu modelin insani ve ahlaki gerilemeyi de getirdiğini hem kendi ülkelerimizde, hem de geleneksel ülkelerde görüyoruz. Bu durum ciddi bir uygarlık krizinin varlığını belgeliyor. [...] Küreselleşme, yerel kültürleri silip süpürmesi ve kimlikleri benzeşik kılmasıyla elbette yıkıcı bir nitelik taşıyor. Ama belli bir fırsat da getirebilir. Başka kültürlerle açılma ve bu yolla kendi kültürüne yeni sesler ve renkler getirebilme açısından. Kendi kimliğini yitirmeden, bir dünya vatandaşı olduğumuz bilincini geliştirmesi bakımından. Bu dönüşümü beceremezsek insanların kendi iç dünyalarına ve dinsel, etnik kimliklerine kapanmalarıyla ciddi bir “Balkanlaşma” (yani Balkanlarda olduğu gibi ülkelerin param parça olması) yaşanabilir.”

Mevcut ekonomik kalkınma söyleminin en önemli araçlarından biri tüketim. Daha doğrusu “tüketmiş olmak için tüketim”. Bunun yarattığı tüketim çılgınlığı çarpık değerler sistemi getiriyor ve kişileri içeriğe değil gösterişe, öte yandan aşırı bencillığe sürüklüyor. Her ne olursa olsun köşe dönmeye, kör bir para hırsına, başkalarıyla mal-mülk konusunda yarışmaya itiyor. “Sahip olmak” yükselmiş bir değer konumu kazanırken, “var olmak” kavramı gündemden siliniyor. Bazı araştırmacılar bu tür tüketim hırsının gittikçe büyüyen ve varoluş sorunuyla ilişkili olan bir boşluğu doldurmaya yaradığını ve düzenin kişi üzerinde yarattığı strese, yorgunluğa, güvensizlik duygusuna karşı bir savunma mekanizması olduğunu ileri sürüyorlar. Bu nedenle de, ufukta belirmekte olan dönüşümün başarılı olmasında, değerler sisteminin yeni baştan tanımlanmasına olanak sağlayacak bir “uygarlık politikası” geliştirilmesini birincil koşullardan biri olarak vurguluyorlar.

Bireysel Boyut

Değişim ve dönüşümden söz ediyoruz. Aslında bu olgunun gerçek muhatabı kişiler. Yani bireylerin tavırlarında oluşması beklenen değişim ve dönüşümdür söz konusu olan. Yönetimler bir dizi yeni politika tanımlayabilir, yasalar çıkarabilir, yönetmelikler kaleme alabilirler. Ama bunların uygulanmasındaki başarının kilit ögesi bireyler. Çünkü böylesine radikal bir toplumsal dönüşümü amaçlayan idari politika ve kararlar bireylerin gönüllerini, kafalarını ve tam katılımını sağlamazlarsa başarılı olamazlar. Kişilerden beklenen radikal bir tavır değişikliğidir. Hem de oldukça kısa bir zaman diliminde. Aslında bu boyut, yakın gelecekte insanlığı bekleyen dönüşümü hem öncekilerden farklı kılan, hem de zorlaştıran bir özellik. Daha önceleri bireysel dönüşüm genel değişikliği yavaş yavaş izleyerek ve ondan etkilenerek biçimlenmişti; değişimin sonucu ve ürünüydü. Şimdi ise bireysel dönüşümün genel değişikliği yaratacak ana öğelerinden biri olması isteniyor. Bu olguyu vurgulamak için birkaç örneğe başvurmakta yarar var:

- Yeni bir demokrasi anlayışının yerine oturması kişilerin televizyon karşısında keyfince görüş bildirme tembelliğini bir kenara bırakıp çeşitli sivil toplum kuruluşlarında etken ve etkin görev almalarını gerektiriyor.
- Küresel şirketlerin reklamlar ve diğer araçlarla (beyin yıkarcasına) iteleyip durduğu “tüketim amaçlı tüketim” söylemine direnecek ve içinde yaşanan “tüketim toplumu”nu sorumlu ve dengeli bir kapsama oturtacak olanlar gene bireyler.
- Enerji, su ve diğer kaynakların kullanımını olabilecek en aza indirmek bireylerin akılcı dikkat ve duyarlılığına bağlı.

- Ulaşım alışkanlıklarını yeniden tanımlamak, otomobil kullanım tarzını değiştirmek, toplu taşıma daha fazla yönelmek gene bireylerin tercihleriyle yaşam bulacak.

Harald Welzer başka bir yazısında (Le Monde, 8.2.2009) Kaliforniya’da balıkçılar arasında yürütülmüş bir araştırmadan söz ediyor. Bu çalışma, çok yaşlı balıkçıların aşırı avlama ve balık türlerinin yok olması konularında çok daha duyarlı oldukları halde, genç balıkçıların umursamaz olduklarını vurgulamış. Welzer, değer sistemlerinde ve endişelerde beliren böylesi bilinçsizliğin, özellikle gençler arasında, kriz zamanlarında hep görüldüğünü söylüyor ve Nazi Almanya’sının ilk yıllarını örnek gösteriyor; Almanların büyük bir çoğunluğu “bir şey olmaz” duygusuyla “her şey nasıl olsa eskisi gibi devam edecek” rahatlığı içinde davranmış, Nazizm’in yükselişini seyretmekle yetinmişti.

Eğer gelişmeler bireylerin “otomobil” ile olan ilişkilerinde yeni bir tavır takınmalarını gerektiriyorsa bu nasıl sağlanacak? Otomobillerini binalarının hemen kapısının önünde mutlaka park etme talebinde olan kişiler, örneğin toplu taşıma yönelmeye nasıl ikna edilecekler?

Ulaşım Yansımalar

Yukarıda çizmeye çalıştığım tablo, bize kendi uğraşı alanlarımız açısından nasıl bir görünüm veriyor? Ne gibi yeni yönelmeler getiriyor? Ve önümüzdeki 15–20 yıl içinde ne gibi baskı ve zorluklarla karşı karşıya bırakıyor bizler? Özetleyelim.

Öyle görünüyor ki, ulaşımı geçen yüz yıl içinde olduğu gibi “otomobil odaklı” değil de, başka türlü algılama durumundayız. Otomobilin yerini, kullanımını, biçimini, kapsamını yeniden tanımlayacağız. Bir yandan toplu taşıma sistemlerine (hızlı trenleri, tramvayları, metroları, özel yollarıyla) artık ciddi öncelik verirken, öbür yandan da ulaşımın toplumsal yaşamdaki konumunu sorgulamaya başlayacağız; Yani, gerek yerleşme düzenlerinde, gerekse toplumsal örgütlenmede ulaşımı “giderek artan daha uzun mesafelere, giderek azalan zamanda” açılım aracı gibi tanımlamak yerine daha başka bir işlev ya da işlevlerle tanımlamamız beklenecek. Karayolunda olduğu gibi hava ulaşımının da işlevini yeniden ve daha başka düşüncelerle irdeleyeceğiz. Güneş, hidrojen ya da tarım ürünü kaynaklı yakıt gibi alternatif yakıt ve enerji denemelerini tartışacağız. Örneğin, tarım ürünü kaynaklı yakıtların tarıma ve insan beslenmesine büyük çaplı zarar verdiği savlarını gözden geçireceğiz.

Karayollarında hem hava kirliliğini, hem de yakıt tüketimini azaltmak bakımından (yaygın ya da belirli kesim ve zamanlarda) hız sınırlamaları uygulamaya başlayacağız. Gereğinde yetersiz de olsalar, mevcut yol şebekesinde bazı yerlerde toplu taşıma öncelikler tanıyacağız. Kent merkezlerine girişi fiyatlandırma, gaz karbonik vergisi uygulama gibi “kirliten ya da sorun yaratan öder” anlamlı önlemler planlayacağız. Yük taşımacılığında demiryolunu yoğun olarak devreye alan kombine ulaşım modelleri geliştireceğiz. (Küçük bir not. Şu anda bile ülkemizde yapıp Doğu Avrupa’ya ihraç edilen otomobiller artık demiryolu ile ulaştırılıyor.)

Toplumla kuracağımız ilişkiler nitelik değiştirecek. Demokratik planlamanın, katılımın ne olduğunu, nasıl yürütüleceğini öğrenmeye başlayacağız. Dürüst bir biçimde saydam olmayı, hesap verme mekanizmaları geliştirmeyi, toplumla yapıcı bir diyalog kurup

sürekli bilgilendirmeyi, sağlam ve verimli bir iletişim sistemi yürütmeyi yeni sorumluluklar olarak yükleneceğiz. Toplumdan beklenen (yeni bir tüketim modelinin ortaya çıkması, otomobille ilişkilerin yeniden tanımlanması gibi konularda) kültürel dönüşümün gerçekleşmesine şöyle ya da böyle yardım edeceğiz.

Burada sunduğum liste bir bilim-kurgu filminden ya da romanından çıkmış fantezi ürünü gibi görülebilir. Bunların hepsi birden gündemlerimize oturacak, demiyorum. Ama altını çizmek gerekir ki, yukarıdaki olgular bizleri (daha doğrusu genç meslektaşlarımızı) belli ölçülerde (az ya da çok) ileri yıllarda bekliyor. Önemli olan, zamanın azlığı. Çevresel sorunlar çıkmazı nedeniyle dönüşümün 50–60 yılda kendiliğinden oluşmasını bekleme şansı fazla yok. Bu süreyi olabildiğince azaltmak ve bunun yöntemlerini yaratmak gerekiyor. Zorluk burada.

Tabii, özellikle ülkemiz açısından (ve bugün çevremizde gözlemlediklerimizden kaynaklanan) kaygı yaratıcı bir dizi soru var karşımızda:

- Yönetimler, politik yapılar bu tür bir çerçeveyi ciddiye almaya hazır mı? Bu çevrelerin özellikle ulaşım konusundaki tavrını yıllardan beri biliyoruz. Bilmenin ötesinde, uğraşlarımızla, kavgalarımızla yaşadık. Uzman görüşe ne ölçüde değer verdikleri malum. Bu tavır nasıl değişecek? İlle de uluslar arası baskıları ve yabancı ülkelerin yönlendirmelerini mi beklemek gerekecek?
- Toplumdaki yaygın ve yoğun (tüketim modeli vb. gibi) dinamikler halkı ne ölçüde bu söylemleri dinlemeye cesaretlendiriyor? Biliyoruz ki kişiler de, politikacılar da gereksinimleri çok kısa süreli zaman dilimleri içinde ve çoğunlukla tepkisel olarak tanımlıyorlar. Daha geniş bir zaman dilimini (örneğin 10–15 yılı) kucaklayacak bir vizyon geliştiremiyorlar. Öyleyse insanlığı bekleyen büyük değişim ve dönüşümü nasıl benimseyecekler? Yoksa bu dönüşümün gerçekleşmesinin yolunun akılla, düşünceyle, barışla biçimlenmiş bir ortamdan değil de, ille de aşırı kanlı savaşlardan, büyük yıkımlardan geçmesi mi gerekiyor?

Er geç karşılaşacağımız bu soruların yanıtlarını bilemiyorum. Ama bilebildiğim başka bir şey var. O da bu alanlarda çalışacak ve olası baskılarla, çıkmazlarla, sorunlarla boğuşacak olan kişilerin, özellikle genç arkadaşlarımızın bazı yeteneklerini daha bir geliştirmeleri, kendilerine bazı ek donanımlar kazandırmaları gereği.

Ne gibi şeyler? Bir yandan, dayanışmayı sağlama ve deneyimlerle bilgileri bölüşme bakımından etkin ve etken mesleki örgütlenme... Diğer yandan da kişisel bakımdan demokratik tavrı içselleştirme, iletişim becerisini geliştirme, iyi kişisel ilişkiler oluşturma yeteneğini güçlendirme, vb... İlginçtir, 1995'deki 3. Ulaşım Kongresi'ne sunmuş olduğum bildiride de benzeri noktaların üzerinde durmuştum. 14 yıl sonra bile bu olgular önemlerini yitirmemiş gibi duruyorlar. Ek-4'te bu bildiriden yapılmış alıntılar görülebilir.

Önümüzdeki 20–30 yıl için kollarını sıvamakta olan genç arkadaşlarıma başarılar dilerim.

(Not: Bu yazı 20 Ağustos 2009'da tamamlanmıştır. Bu bakımdan o tarihte geçerli olan veri ve bilgilerden yararlanmıştır.)

EK - 1

GEO-4 Raporu

Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) Ekim 2007’de 1.400 uzmanın katılımıyla hazırlanmış 3.000 sayfalık bir rapor yayımladı: GEO-4. Rapor çevre konularının günümüzde vardığı konumu inceliyor, sorunları teker teker ele alıyor ve bu gidişin varabileceği noktaları irdeliyor. Öte yandan gelecekle ilgili olası gelişmelere dört ayrı senaryonun açısından bakıyor. Bunlardan biri yalnızca ekonomik gelişmeye odaklı (şimdikine çok benzeyen) liberal bir “pazar politikası”. Öteki uçta ise, ekolojik endişelere öncelik tanıyan “çevresel politika” yer alıyor. Bu iki senaryonun yaratacağı ve (atmosfere atılıp sera etkisine neden olabilecek) gaz salınım tahminleri şöyle:

Pazar politikası: 2000 yılında 10 milyar ton – 2050’de 23 milyar ton.

Çevresel politika: 2000 yılında 10 milyar ton – 2050’de 8 milyar ton

Gene bu iki stratejinin ışığında dünyanın gereksinim duyacağı toplam su ihtiyacı şöyle:

Pazar politikası: 2000’de 3,7 trilyon m³ - 2050’de 6 trilyon m³

Çevresel politika: 2000’de 3,7 trilyon m³ - 2050’de 4 trilyon m³

Raporun verdiği bazı bilgileri de aktaralım. Otomobil kullanımının, karbon dioksit salımına, hava kirliliğine ve küresel ısınmaya en fazla katkıda bulunan olgulardan biri olduğu görülüyor. Bunun zaman içindeki gelişmesini aşağıdaki otomobil parkı rakamları çok iyi özetliyor:

ABD’de 1980’de 170 milyon -- 2004’te 240 milyon

Avrupa’da 1980’de 110 milyon -- 2004’te 250 milyon

Asya’da 1980’de 40 milyon -- 2004’te 120 milyon

Özellikle Asya’nın hızla gelişen ekonomilerinin önümüzdeki yıllarda devreye sokabileceği otomobil sayıları düşünülürse ve gelişmelerin bugünkü gibi devam edeceği kabul edilirse, şimdi ciddi bir sorun kaynağı olan otomobilin ileri yıllarda (örneğin 2030’da) ne gibi bir çıkmazı yaratacağı kavranabilir.

Öte yandan, dünya nüfusundaki hızlı artış ve ekonomik etkinliklerdeki patlama kentsel yerleşmelerde büyük baskı yaratıyor. Bu olgu, tarımsal alanlarda da radikal azalmalara neden oluyor. Aşağıda verilen değerlerin vurguladığı gibi:

Dünyadaki toplam alan / toplam kişi sayısı

1900: 7,91

1950: 5,15

2005: 2,02

2050: 1,63 (tahmin)

Doğal dengelerin sarsılması sonucu ortaya çıkan afetler de insanlığı giderek daha derinden etkiliyor. Bilimsel araştırmalar büyük çaplı deprem, sel, kuraklık, fırtına gibi afetlerin etkilediği insan sayısında ciddi artışlar saptıyorlar. 1970’te bu olaylardan 0,6 milyar kişi etkilenmişken 2000’de bu rakamın 3,5 milyar kişiye ulaştığı belirtiliyor. Ayrıca not etmekte yarar var, bu kişilerin %90’ı düşük gelirli kesimlerden.

Ayrıca bugünkü tüketim miktarlarından hareket ederek (yeni tüketici eklenmemesi koşuluyla) dünyada mevcut maden yataklarında 15 yıllık altın, gümüş, paladyum olduğu, kurşun, bakır ve çinko için bu sürenin ancak 20–30 yıla uzandığı belirtiliyor.

GEO-4 raporu şu adreste görülebilir: <http://www.unep.org/geo/>

EK - 2

Fransa Çevre Şurası

2007 sonbaharında Fransız hükümeti “Grenelle de l’Environnement” adı altında bir çevre şurası topladı. İlgili kişi ve kurumların çoğunu bir araya getiren bu oluşum uzun bir çalışma döneminden sonra katılımcıların hepsinin üzerinde anlaştığı hacimli bir rapor sundu. Rapor çeşitli alanlarda yapılması gerekenleri madde madde sıralıyor ve bunları birer yükümlülük biçiminde sunuyordu. Hükümet de bu raporu esas itibarıyla ve kendi yükümlülüğü olarak kabul etti. Bu raporun tamamı aşağıdaki internet adresinde bulunabilir:

<http://www.legrenelle-environnement.fr/>

Raporda toplam olarak 238 madde yer alıyor. Bunlardan 35’i ulaşım ile ilgili. Bunları şöyle özetleyebiliriz:

- Yol ve havaalanı kapasitelerinin artırılması projelerinin (çok özel hallerdeki sayılı sorunların çözülmesi hariç) dondurulması.
- Otoyol yapımlarının frenlenmesi.
- Karayolu ve havayolu ulaşımına bugüne kadar verilmiş önceliği ikinci plana çekerek, çeşitli ulaşım türlerinin bütünlük çalışmasına olanak verecek çözümlere öncelik verilmesi.
- Kentlerde otobüs ve tramvaylar için özel yolların yaratılmasına devlet yardımı verilmesi.
- 10 yıl içinde 1.500 km. yeni tramvay ve özel otobüs yolu yapılmasının sağlanması.
- Otoyollar üzerinde toplu taşıma sistemleri için korunmuş özel şeritlerin denemesi.
- Kentlere, kent merkezlerine girişin fiyatlandırılma yönteminin denemesi.
- 2020’ye kadar 2.000 km. uzunluğunda hızlı tren hatları oluşturulması.
- Otomobillerin karbon dioksit salımının 2020’ye kadar %35 azaltılması.
- Ucuz araç tasarımının, karma ve elektrikli otomobil yapımının teşvik edilmesi.
- Yollarda hız limitlerinin düşürülmesi.
- 2020’ye kadar hava ulaşımında yakıt tüketiminin ve gaz karbonik salımının yarı yarıya azaltılması.
- 2020’ye kadar uçak gürültülerini %50 oranında azaltıcı önlemlerin alınmasının sağlanması.
- Demiryolu ya da deniz yolu (suyolu) otoyollarının (yani bu altyapılarda büyük hız yapabilme olanaklarının) geliştirilmesi.
- Yük taşımacılığında kombine ulaşım olanağının hızla artırılması.
- Karayolu dışı (demiryolu, akarsu, deniz) yük taşımacılığının payının bugünkü %14’den 15 yılda %25’e çıkarılması.
- Akarsu ulaşımının payının iki misline çıkarılması.
- Ağır araçların otoyolların dışındaki yolları kullanımına özel bir ücret getirilmesi.

Ayrıca rapor bütün alanları kapsayacak biçimde çevre demokrasisi kavramını getiriyor. Yani, devletin bu konularda toplumla ve özellikle sivil toplum kuruluşlarıyla verimli bir diyalog içinde olmaya özen göstermesi ve örneğin etken “hesap verme mekanizmaları” geliştirmesi gerektiğini vurguluyor.

Bu arada raporda şu an Fransa’da mevcut olan altyapı olanakları hakkında da bilgi verilmiş. Bunları not etmekte yarar görüyorum:

15.000 km. otoyol ve 4 şeritli ana yol / 1.800 km. hızlı tren hattı

2.000 km. geniş gabarili su ulaşım olanağı

19 yerleşimde ise:

114 km. metro / 329 km. tramvay yolu / 800 km. özel otobüs yolu

EK - 3

Karbon Vergisi

(Bu ektteki bilgiler aşağıda adları ve tarihleri verilen Fransız gazetelerinden derlendi:
Les Échos, 27.7.2009 / Le Monde, 28.7.2009 / Le Monde, 3.8.2009)

Fransa’da hükümet, küresel ısınmayla ilgili olarak gaz karbonik salımı konusunda (değişik kesimlerin temsilcilerini de içeren) bir bilim kurulu oluşturdu. Kurul, çalışmalarının sonunda raporunu Temmuz 2009’un son günlerinde başbakana sundu. Rapor 2010’ın ilk gününden itibaren fosil enerjilerin (petrol, doğalgaz ve kömür) sanayide, ulaştırmada, konut ve işyerlerinde kullanımını vergilendirecek ve “karbon vergisi” adını taşıyacak bir verginin uygulanmaya başlanmasını öneriyor. Önerinin temel amacı fosil kaynaklı enerji kullanımını hızla azaltmak, alternatif enerji kaynaklarına geçişi kolaylaştırmak ve böylece (gerek sanayide, gerekse kişilerde) önemli bir davranış değişikliği yaratarak enerji kullanımında daha dikkatli ve tutumlu olunmasını (hatta küresel ekonominin gittikçe artan enerji sarfiyatını tersine çevirerek aşağılara çekmeyi) sağlamak. Umulan, beklenen, hedeflenen 2050 yılı dolaylarında Fransa’nın gaz karbonik salımını şimdikininkinin dörtte bir düzeyine indirmiş olmasıdır.

Verginin hesaplanmasında temel alınan kıstas, havaya salınan gaz karboniğin her tonu için 2010’da 32 avroluk bir maliyetin düşünülmesi, 2030’da ise bunun 100 avroya çıkarılmasıdır. Ulaşım kesimini ilgilendirmesi bakımından bu kıstas benzinin litresine (1910’da) 8–9 “cent”lik bir ek vergi getiriyor. Vergi, bu başlangıç değerinden sonra zamanla azar azar artarak 1930’da litrede 25–30 “cent”e varıyor. Genelde yaygın kabul gören bu önerinin tartışılan boyutlarından biri verginin dar gelirli kesimlere getireceği yükün nasıl telafi edilebileceği. Başka bir konu da (belli oranda kömür kullanıldığı için) elektrik üretimine de bu verginin uygulanması. Kurul bu verginin (politik gerekçelerle) daha düşük bir düzeyde başlatılmasının istenen davranış değişikliğini yaratmaya yeterli olmayacağını ileri sürüyor. “Yeşiller” bu girişimin devrimci bir nitelik taşıdığını, vergi anlayışında radikal bir dönüşüm yaratacağını ve durmadan üretimi, çalışmayı, işgücünü vergilendirmek yerine vergilendirmede dikkati ekolojik kullanıma kaydıracağını savunuyorlar.

Küresel ısınmayı frenlemek ve giderek durdurmak bakımından karbon dioksit salımını vergilendirmenin bütün Avrupa’ya yaygınlaştırılması gerektiği de ileri sürülüyor. Konunun 2009 Aralık’ındaki Kopenhag Konferansı’nda tartışılacağı ve bu tartışmanın hayli gergin geçeceği anlaşılıyor. Bununla birlikte bazı ülkeler uzun bir zamandan beri karbon vergisi alıyorlar.

Finlandiya, bu anlamdaki vergiyi 1990’dan başlayarak ilk uygulayan ülke oldu. Ancak bu konudaki en başarılı örneği karbon vergisini 1991’de uygulamaya başlayan İsveç verdi. Vergiyi gaz karboniğin tonu başına 27 avrodan bugün 108 avroya kadar çıkardı. Uygulamanın gaz karbonik salımını %9 azalttığı görüldü. Uzmanlar “bu vergi uygulanmasaydı salınım %20 artacaktı” diyorlar. Bazı çevrelerin ileri sürdüğü “bu tür vergi ekonomik büyümeyi zedeler” savının da geçersiz olduğu anlaşılıyor. Çünkü bu dönemde büyüme %48 dolayında gerçekteşti. İsveç’teki deneyimin etkisinin özellikle otomobil kullanımındaki azalmada ortaya çıktığı belirtiliyor. Bu arada, bundan birkaç yıl önce sosyal-demokrat hükümetin ülkeyi 2020’de petrolden bağımsız kılma hedefini ortaya attığını da not etmek yerinde olur.

Danimarka’daki uygulama 1992’de başladı. İngiltere’de ise 2001’den beri benzeri bir uygulama yürütülüyor. İsviçre de 2008’den beri bu anlamdaki bir vergiyi deniyor.

EK - 4

Ulaşımında Kimlik Arayışı

(1995'teki 3. Ulaşım Kongresi'ne sunulan bildirden alıntılar)

ATILA ALPÖGE

[Türkiye'de yeni bir teknik kadro oluşuyor. Son iki kongrenin ortaya koyduğu en önemli mesaj bu. Ancak bu oluşum şimdilik ince ve cılız bir fidan. Bunu nasıl kollamalı? Nasıl korumalı? Türkiye iyi bir bahçıvan değil. Yetiştirdiği fidancılara sahip çıkmasını bilemiyor. Diktiği tohumları ve onların ürünlerini kolayca çarçur ediveriyor. Öte yandan ulaşım konusu ülkemizde hafife alınıyor. Teknik bir birikimi olmadan ulaşım alanında fikir yürütüp proje üreten kişiler gördük. Örneğin "kalemimi eline alıp bir metro hattı çiziverdiğini" ileri süren Belediye Başkanları bile çıktı ortaya. Bu bakımdan "meslek" kavramı üzerinde ısrarla durmak gerekiyor. Ancak unutmamak gerekir ki ulaşım alanı büyük ölçüde "kamu"ya bağlı ve bağımlı. Böyle olduğu için de, ulaşım alanında çalışanların performansı kamu kesiminin genel performansına, onun zayıf ve güçlü yönlerine bağlı. Oysa bütün dünyada kamu yönetiminde yepyeni baskılar oluşuyor ve kamu yönetimi değişiyor. Bu oluşumun ulaşım alanına nasıl yansıdığına bakalım.]

1. Kaynak yetersizliği.

1970'lerin ortalarından beri [...] kamu kaynakları artık aşırı ölçüde sınırlı. Kamu kaynakları yetersiz olduğu gibi, yeni kaynak yaratma olanakları da kısıtlı. Öte yandan ağır kamu borçları ekonomiler üzerinde boğucu bir baskı yaratıyorlar. Bu nedenlerden de kamu harcamalarına karşı duyulan hassasiyet giderek artıyor. Kamu harcamalarının nasıl yapıldığı, ne gibi öncelikler tanıdığı, harcamaların etken olup olmadığı üzerinde ısrarla durulan konular.

2. İstihdam çıkmazı.

Herkese iş olanağı sağlayacak ve herkese şans tanıyacak bir iş piyasası ortamı şimdilik hayal. Ülkeler işsizliğe karşı etken çözüm üretme yeteneklerini yitirmiş durumdadır. Önümüzdeki 15-20 yıl içinde bu konuda bir iyileşme olması beklenmiyor. Ülkeler bu konuda, hele gençlerin, yani iş piyasasına yeni girenlerin önemli bir bölümüne iş temin edemeyecekler. [...] Bu konuda kısa ve orta vadede bir çözüm yok.

3. Yapısal değişim.

Ekonomiler radikal bir yapısal değişim olgusuyla karşı karşıya. Mevcut ekonomik ilişkiler baskı altında. Kamunun rolünün niteliği ciddi bir tartışma konusu. Kamu neyi kendi yapsın? Neyi, kendi kontrolünde başkalarına yaptırsın? Neyi düzenlesin? Neyi tamamen başkalarına devretsın? Neyi merkezden yerel yönetimlere bıraksın? Bu tartışmanın en aşırı ucu "özelleştirme" kavramına kadar uzanıyor.

4. "Yönetme yeteneği" bunalımı.

Politik ve idari yapı giderek yönetme yeteneklerini yitiriyor. Sorunları hep kaynak tüketerek çözmeye alışmış olan yönetimler, kaynaklar daraldığı için, bu yöntemin işleyemez hale geldiğini görüyorlar. [...] Toplumların beklentileri ile kamunun verebildikleri arasında giderek derinleşen bir uçurum beliriyor. [... Öte yandan politik kadrolar ve üst düzey yönetim kadroları] olaylara yalnızca tepkisel ve "günü gününe" bir biçimde yaklaşıyorlar. Gelişmeler uzun nefesli, geniş ufuklu, atak, büyük ve ulusal çıkarlara yönelik bir yaklaşımı gerektirdiği halde, kısa vadeli, pısrık, ufak ve kişisel çıkarlara dayanan bir yönetim biçimi egemenliğini sürdürüyor. [...]

5. Demokrasinin kalitesi.

Bu kavram ciddi biçimde gündeme geliyor. "Oy kullanma hakkı"na bağlı ve adeta onunla sınırlı olarak sunulan demokrasi kavramı bu dar çerçeveyi aşarak değişiyor. [...] Halk daha fazla saydamlık istiyor. Demokrasinin kalitesini tartışma konusu yapan etkenler yeni "hesap verme, hesap sorma" mekanizmalarının geliştirilmesini zorunlu kılıyor. Öyle ki, "öncelikler nasıl tanımlanmıştır... seçenekler nelerdir... kaynak kullanmada hangi yöntemler niçin ve nasıl kullanılmıştır... kaynaklar ürettikleri nihai sonuçlar bakımından etken mi kullanılmışlardır" gibi sorular kamuoyu önünde açıkça sorulabilsin, bunların hesabı açıkça verilsin ve daha da önemlisi bu hesap toplumca ibra edilebilsin.

[...] Kamu kesiminde belirmiş olan böyle bir çerçeve ister istemez ulaşım alanına da yansıyor. [Ve yansıyor.] Ulaşım önemli yatırım kararlarını gerektiren ve büyük kaynak tüketen bir sektör olduğu için, ulaşımca kaynak yetersizliğinin baskısını artan biçimde duyacak. Bu, onu kaliteli politika analizi yapmaya (ya da bunun yeni yöntemlerini öğrenmeye), seçenek incelemesini daha kapsamlı olarak ele almaya iteleyecek. Hızlanan yeni teknik gelişmeleri çok yakından (milletlerarası planda adım adım) izleme zorunluluğu ile karşılaşacak. Bu arada kamunun rolünü (yani neyi ne kadar kendi yapıp, ne kadar başkasına yaptırması gerektiğini ya da tamamen kamu kesiminin dışına terk etmesi sorununu) daha ciddi olarak incelemeye zorlanacak. Bununla birlikte üzerinde çalıştığı projelerde genel istihdam sorununun etkisini gözardı edemeyecek; Başka bir deyişle, teknoloji ağırlıklı yaklaşımla istihdam ağırlıklı yaklaşım arasında bunalacak.

Ancak bu analitik çabasını [...] kalitesi kuşkulu politikacı ve üst düzey yöneticisine anlatmakta giderek zorluk çekecek. Bu politik ve idari yapıyla olan çatışması keskinleşecek ve artan bir yalnızlığa sürüklendiğini hissedecek. İstihdam sıkıntılarının ortasında iş kaybı tehlikesini, uğraşı alanını değiştirme seçeneğini düşünecek, ya da inanmadığı şeylere imza atma baskısını yaşayacak. Öbür yandan demokratik baskılar da yaşayacak. Kamuoyuna daha fazla açılma, daha fazla saydam olma ve daha fazla hesap verme zorunda kaldığını deneyimle görecektir.

[...] Önce bir meslek modeli yaratmak zorundayız. Öyle bir model ki, değişik mesleklerden gelen kişilerin esas mesleklerinin özgünlüğünü muhafaza etmelerine olanak tanısin, ama ulaşımca bir meslek anlayışı içinde katkıda bulunmalarını sağlasın. Öyle bir model ki, ortak bir bilinç yaratsın. Ortak bir meslek dili, ortak bir sistematik düşünce düzeni, paylaşılan bir metodolojik yaklaşım ve bir meslek etiği belirlesin. Bu modelin önemli bir uzantısı da ulaşım alanına uygun teknik bir ortamı geliştirecek mekanizma ve sistemleri kurmak olacaktır:

1. Deneyim ve bilgi bölüşüm mekanizmaları.

Öyle mekanizmalar ki, teknik bilgi ve deneyimin yaygınlaştırılması sağlansın. Dosyalarda ve kişisel belleklerde kapalı kalan birikimler geniş bir kitleye ulaşabilsin. Uzmanlık geliştirme süreci her kez sıfırdan başlayacağı yerde (tuğla üstüne tuğla koyma örneği) var olan, bölüşümü doğal olarak yapılan, bir yana kaydı düşülmüş birikimlere dayalı olarak sürdürülebilsin.

2. Meslek içi proje demokrasisi.

Geliştirilen proje ve araştırmaların meslek içinde dolaşımı sağlanabilsin. Bunun bilgi ve deneyim bölüşümüne katkısı olacağı kadar, belki de daha fazla, doğal olarak işleyen, kendiliğinden oluşan bir "teknik kalite kontrolü" düzeni yaratacaktır. Başka bir deyişle, proje ve araştırmaların meslek içinde açılması ve bilgiye sunulması adeta bir otokontrol sistemi oluşturacaktır; teknik kaliteyi geliştirici bir rol oynayacaktır.

3. Meslek içi dayanışma sistemleri.

Daha önce sözünü ettiğim yalnızlık duygusu çok önemli. Bir meslek ortamı ve onun yaratacağı mekanizmalar diğer yararların yanında (en azından) psikolojik destek unsuru da sağlıyorlar. Yalnızlık duygusunu azaltan, kimi zaman bir koruma kalkını yaratan bir ortam getiriyorlar.

[...] Beklenen yeni gelişmeler ulaşımının bazı yeni beceriler edinmesini zorunlu kılıyor. Öyle beceriler ki, ortaya çıkan baskılara karşı kişisel olarak donanabilsin ve girişimlerdeki başarı oranını arttırabilsin. Daha da geliştirilmesi ya da yeniden kazanılması gereken bu becerileri şöyle sıralayabiliriz:

➤ **Bölüşebilme duygusu.**

Ulaşım, [...] tek başına değil de birçok kişiyle birlikte çalışma, başkalarının görüş ve yaklaşımlarını anlama, onların yarattığı baskı çemberlerinin ortasında bir çözüm yolu bulma zorunluğu içinde durmadan bölüşme durumunda. "Ben tek başıma çalışırım, tek başıma karar veririm, bildiğimi okurum" yaklaşımıyla sonuç alması olanaksız. Bunun bir boyutu da "takım halinde çalışabilme yeteneği".

➤ **Ağ kurma ve yönetme becerisi.**

Yukarıdaki ögenin bir uzantısı olarak söyleyeyim; ulaşım çok değişik bilgi ve deneyim birikimlerinin bir arada faal olarak çalışmasını gerektiren bir uğraşı. Yani bir ağ, bir şebeke düzeni yaratmayı ve yürütmeyi zorunlu kılıyor. Bu ağı (hatta bir ağlar sistemini) harekete geçirip ortak hedeflere doğru yönlendirmek özel bir beceri gerektiriyor.

➤ **İyi kişisel ilişkiler oluşturabilme becerisi.**

Başkalarıyla sıcak ilişki kurma yeteneği olan kişilerin bu alanda daha başarılı oldukları gözleniyor. Bu bir bakıma, bölüşebilme tavrının bir sonucu. Başkalarına yönelik ve onlara açık olan bir kişilik diğerlerince kolaylıkla kabul ediliyor. Düşünce ve önerileri daha yumuşak bir ortamda karşılanıyor. Dolayısıyla işbirliği daha da kolayca oluşuyor.

➤ **İletişim becerisi.**

İletişim, yani görüş, fikir ve önerilerini açık, anlaşılabilir, kolayca izlenebilir bir biçimde ifade edebilmek. Aklındaki söylemiş olmak amacıyla değil, anlaşılma amacıyla konuşmak, yazmak, anlatmak. Karşısındakine dönük olarak, karşısındakinin anlama yeteneklerine, diline, kavramlarına yönelik olarak iletişim kurmak. [...] Ulaşımçı açısından, gerek politikacı ve kamu yöneticisiyle kurulmaya çalışılan ilişkilerde, gerekse kamuoyuna bilgi ya da hesap vermede (belli bir projeyi kamuoyuna sunma, danışma, katılım sağlama gibi konularda) bu beceri son derecede etkili oluyor. [...]

1/100.000 Ölçekli İstanbul İl Çevre Düzeni Planı ve Ulaştırma Ana Planı İlişkisinin Değerlendirilmesi

İsmail Şahin

Yıldız Teknik Üniversitesi Davutpaşa Kampüsü
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ulaştırma Anabilim Dalı
34210 Esenler / İstanbul
Tel: (212) 383 51 80
E-Posta: sahin@yildiz.edu.tr

Öz

Bir kentin yerleştiği alandaki doğal ve yapay unsurlar arasındaki ilişkiler, doğal yapıya en az zarar verecek ve yerleşimin gereksinimlerini karşılayacak şekilde düzenlenmelidir. Bu ilişkiler kent planlarında ortaya konur ve uygulanır. Planlama ve uygulama aşamalarında gösterilen hassasiyetler, bugün ve gelecekteki doğal ve yapay çevrenin durumunu belirler. Yaşamın kaynağı olan doğaya bugünün gereksinimleri uğruna zarar vermek, binilen dalın kesilmesi anlamına gelir. Bu neden sonuç ilişkisi bilinmesine rağmen, günümüzde, bazı karar vericilerin yetersizlikleri ile birlikte çıkar gözetmeleri nedeniyle, hem doğal çevre zarar görmekte hem de gereksinimler yeterli düzeyde karşılanamamaktadır. İstanbul için hazırlanan iki plan bu gerçeği gözler önüne sermektedir. 1/100.000 ölçekli İstanbul Çevre Düzeni Planı ve Ulaştırma Ana Planı, kentin doğal ve yapay unsurlarını tanımlamakta ve bunlar arasındaki ilişkileri belirlemektedir. Ancak, örtüşen zaman dilimlerini kapsamasına rağmen, bu planlardaki kararların, vurgu yapılan doğal ve yapay unsurlar bakımından çelişkili olması, planların uygulanabilirliğini ve olumlu denebilecek uygulamalar yapılabilmesini tartışmalı hale getirmektedir. Bu sunumda, iki plan arasındaki ilişkiler planların ulaştırma önerileri bağlamında ele alınmakta ve değerlendirilmektedir.

Anahtar sözcükler: 1/100.00 Ölçekli İstanbul İl Çevre Düzeni Planı, Ulaştırma Ana Planı, Ulaştırma yatırımları, Talep kapasite ilişkisi.

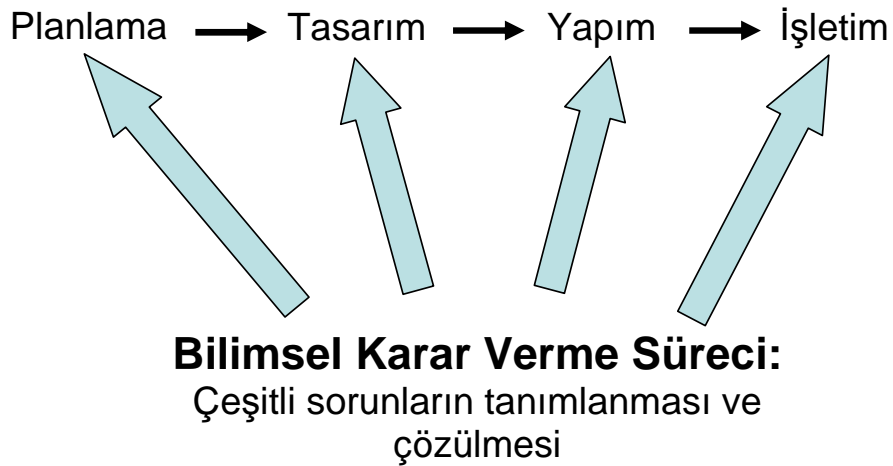
Giriş

Ulaşım etkinliği kent yaşamının ayrılmaz ve bütünleyici bir parçasıdır. İş, okul, alışveriş, kültürel, sosyal ve dinlenme etkinlikleri için, bireyler, başlangıç ve son noktaları arasında motorlu (özel otomobil, toplu taşıma vd.) ve/veya motorsuz (yaya, bisiklet vd.) yolculuk yaparlar. Lojistik zincirin bir parçası olarak yük taşımacılığı da kentiçi ulaşım etkinliklerinin önemli bir bölümünü oluşturur. Kent alanındaki ulaşım etkinliklerinin zaman ve mekan özellikleri (dağılımları) ile büyüklüğü (hacmi), kentin arazi kullanım özelliklerine ve ulaştırma bağlantılarının özelliklerine bağlıdır. Başka bir deyişle, sabah zirvesinde işine gitmek için yola çıkan bir kişinin yolculuğa başlama yeri ve zamanı ile varış yerine hangi ulaştırma bağlantılarını kullanarak erişeceği, başlangıç ve son noktaların coğrafi konumu ile bu noktalar arasında bulunan ulaştırma hizmetlerinin türüne ve sunulan hizmetin düzeyine (yoğunluk, hız vd.) bağlıdır. Ulaşım

etkinliklerinin başlangıç ve son noktalarının konumları, kent alanındaki arazinin hangi bölgelerinin ne amaçla (konut, ticaret, üretim, kültürel vd.) kullanıldığıyla ilgilidir. Homojen arazi kullanımı, yani konut, iş vd. alanların ayrık olması, bu bölgeler arasında yolculuk yapmayı gerektirecektir. İlgili bölgeler arasındaki uzaklık arttıkça, yolculuk uzunluğu ve süresi de artacaktır. Heterojen arazi kullanımı, yani konut, iş vd. aynı bölgede bulunması, kent içindeki ulaşım etkinliği (özellikle motorlu yolculuk) gereksinimini azaltacaktır (Ackoff, 1974). Her bölgedeki sakinler gereksinimlerini kendi bölgeleri içinde karşılayabildiğinden, bölgeler arasında yolculuk gereksinimi azaltılmış olacak, ayrıca, yolculuk uzunlukları da kısıllacaktır. İstanbul'un Boğaz ile ayrılan iki yakası, yakalar arasındaki ulaşım etkinlikleri dikkate alındığında homojen denebilecek özelliklere sahiptir. Avrupa yakasının iş ve Anadolu yakasının konut ağırlıklı olması, sabah zirvesinde Anadolu'dan Avrupa yakasına geçişlerde, akşam saatlerinde ise ters yönde yoğunluk yaşanmasına neden olmaktadır. İstanbul'un bu özelliği tarihsel bir nitelik taşımakta, zaman içinde kentin tek merkezli (Tarihi Yarımada ve Beyoğlu) yapısı, çevre yolları ve diğer araçlar yardımıyla doğu-batı doğrultusunda çok merkezliliğe dönüştürülmeye çalışılmış, ancak geline aşamada bu amaca kısmen erişilebilmiştir. Kentteki uzun yol iş yolculukları ile ana ulaştırma koridorları ve araçlarındaki yoğunlukların ana sebebi bu tek merkezli (homojen) arazi kullanım özelliğidir. Kentiçi trafik tıkanıklığını çözenin yolu, kentin kendi içlerinde heterojen bir yapıya sahip (yani, kendi kendine yetebilen) çok merkezli arazi kullanım yapısına kavuşturulmasıdır. Bu yapı bugünden yarına gerçekleştirilemeyeceği için, kent planları aracılığıyla hayata geçirilmelidir. Plan, bir gelecek kurgusudur. Kentin çevre düzeni planı ve ulaştırma ana planı, kent alanındaki çeşitli etkinlikleri plana bağlar, zaman içinde gerçekleştirilecek mekansal kararlar için birer rehber niteliği taşırlar.

Ulaştırma Yapılarını ve Hizmetlerini Gerçekleştirme Süreci

Hemen tüm mühendislik disiplinlerinde gerçekleştirme süreci, genel olarak, dört temel evreden oluşur: *Planlama*, *tasarım*, *yapım* ve *işletim*. Ulaştırma sistemlerinin ve bunların sunacağı hizmetlerin gerçekleştirilmesi için uygulanan bu evrelerin her birinde çok sayıda karar alınmak zorundadır, çünkü bu süreçlerdeki sorunların çözülmesi için çeşitli seçenekler bulunmaktadır. Seçenekler arasından seçim yapmak için bilimsel karar verme yöntemi benimsenmeli ve ilgili karar verme araçları kullanılmalıdır.



Bilimsel karar verme süreci de, genel olarak, dört adımdan oluşur: *Sorunun tanımlanması, gözlem/veri toplama, seçeneklerin belirlenmesi ve seçim*. Karar sürecinin her bir aşamasında karar vericiler farklı ulaştırma sorunları ile karşı karşıya kalırlar. Bu adımları örnekler vererek açıklamaya çalışalım. Karar vermenin (ya da sorun çözmenin) birinci adımı olan sorunun tanımlanmasında, sorunun bileşenleri arasındaki ilişkiler neden-sonuç bağlamında ortaya konur. Sorun, bazen, ayrı bir çaba harcamaya gerek kalmaksızın gözlenebilir, bazen de iyileştirme potansiyeline sahip ulaştırma bileşenlerine ilişkin sorun tanımlamaları yapılabilir. Örneğin, ulaştırma yapılarındaki darboğazlar gözlenebilen sorunlar arasında yer alırken, ortada belirgin bir sorun yokken sunulan hizmetin verimliliğinin artırılması istenebilir. Diğer bir sorun tanımlaması, geleceğe dönük, ortaya çıkması beklenen potansiyel sorunlar için de yapılabilir. Karar verme sürecinin ikinci adımında, soruna ilişkin gözlem yapılır ve veri toplanır. Gözlem, soruna ilişkin niteliksel bulgular elde etmek için yapılırken, sorunu sayısallaştırmak için veriler toplanır. Sahada yapılan keşif gezileri ile kullanıcılardan gelen şikayetler sorunu gözleme olanağı verirken, veri toplama işinde yolcuları saymak, taşıt hızlarını ölçmek, taşıt kuyruk uzunluğunu belirlemek gerekebilir. Üçüncü adımda, sorunun çözümüne ilişkin seçenekler ortaya konur. Seçenekler, sorunun çözümüne ilişkin gereksinimler doğrultusunda oluşturulur ve eldeki kaynakların elverdiği ölçüde ele alınır. Örneğin, bir eşdüzey karayolu kavşağının sinyalizasyonla değiştirilmesi, satın alınacak toplu taşıma araçlarının seçimi, belirli bir toplu taşıma koridorunda tür seçimi gibi sorunların her birinde çeşitli çözüm seçenekleri bulunmaktadır. Karar vermenin dördüncü ve son aşamasında, belirlenmiş başarımlar (performans) ölçütleri doğrultusunda çözüm seçenekleri arasından seçim yapılır. Örneğin, fayda-maliyet oranı en yüksek seçenek diğer seçeneklerin önüne geçebilir. Karar verme adımlarının herbiri kendinden önceki adımları düzeltici özelliğe (geribildirim) sahiptir. Böylece, karar sürecinde gözden kaçırılmış eksikler giderilerek ve yapılan kabuller gözden geçirilerek, karar seçeneklerinin ve seçimin daha sağlıklı olması sağlanır. Bir yatırım kararı vermek, kaynakların geri döndürülemez bir şekilde harcanmasıdır. Bu nedenle, bilimsel araştırma yaklaşımına dayanan yukarıdaki karar sürecinin sağlıklı işlemesi gerekir. Ancak bu koşullar kısıtlı kaynakların verimli kullanılması gerçekleştirilebilir.

Ulaştırma yapılarını ve hizmetlerini gerçekleştirme sürecine geri dönelim. Planlama evresinde, yaratmak istediğimiz geleceğin kurgusuna ilişkin kararlar alınır. Tasarım evresinde, gelecek kurgusunun bileşenleri ve bu bileşenler arasındaki ilişkiler modellenir ve kavramsal olarak tasarlanır. Yapım evresinde, tasarımı tamamlanmış plan bileşenleri hayata geçirilir. İşletim evresinde, yapıyı tamamlanan ulaştırma yapısı/hizmeti kullanıma sunulur. Sürecin ilk evresi olan planlama, bu evrede alınan kararların türleri bakımından diğer üç evreden ayrılır. Planlama evresindeki kararlar “politika” ağırlıklı olup, diğer evrelerdeki kararlar çoğunlukla “teknik/teknolojik” ağırlıklıdır. Örneğin, kentiçi ulaştırma planlaması sorunları bakımından bu dört evreyi ele alalım. Öncelikle, ilk evre olan planlama evresinde, kente ilişkin bir “ulaştırma ana planı” hazırlanır; bu planda, kent alanlarının önceden karar verilmiş arazi kullanım özelliklerine dayanarak, kentin gelecekteki ulaştırma ağı planlanır. Daha açık bir deyimle, kentin, ulaştırma türlerine göre ana koridorlarının yerleri belirlenir, böylece kentin çeşitli arazi kullanımları birbirlerine bağlanır. Bu aşamada, kent yönetiminin benimsediği “kent ve ulaştırma politikaları” alınan kararlarda kendini gösterir. Kent alanlarına çeşitli işlevler yüklenen ve toplu taşıma-özel otomobil arasındaki önceliklere karar verilen evre, planlama evresidir. İkinci evrede, gelecekte hayata geçirilmesi planlanan ulaştırma ağı bileşenlerinin tasarımları (projeleri) hazırlanır. Ardından, belirlenen öncelik sırasına göre, tasarımı tamamlanan ağ bileşenlerinin yapımı (inşası)

gerçekleştirilir. Dördüncü ve son evrede, yapımı tamamlanan ulaştırma ağı bileşenleri hizmet sunmak üzere işletilmeye başlanır.

Mühendislik projelerinin dört evresinden “planlama”, üzerinde en çok kafa yorulması ve zaman harcanması gereken evre olmalıdır. Dört evreden, “planlama, en zor evredir” demek yanlış olmaz; çünkü, bu evre, geleceğe dönük öngörülere dayalı “hayali” (kavramsal) çalışmayı gerektirir. Projelerin planlama evresinde görev alan mühendislerin ve diğer disiplin uzmanlarının, planlaması yapılan konu hakkında sağlam bir teknik altyapı ve deneyime sahip olmaları gerekir. Planlama evresinde, sonraki aşamada tasarımı yapılacak proje için 3 – 4 seçenek (alternatif) üzerinde çalışılır. Bu proje seçenekleri kısmen benzerlik gösterirken, kısmen de farklı özelliklere sahiptir. Yaratılan proje seçenekleri, planlama evresindeki karar vericiler için önemli araçlardır. Projelendirilecek yapının/hizmetin seçimi bu evrede yapılır. Karar vericiler genellikle seçilmişlerdir, yani politikacılar. Yerel ve merkezi yönetimde rol alan politikacılar, yaratılmış proje seçenekleri üzerinde kararlar üretmekle birlikte, toplumun gereksinimleri doğrultusunda üzerinde çalışılması gereken başka projelerle ilgili olarak da fikirler üretirler. Projelerin planlama aşaması, karar sürecine katılan politikacılar nedeniyle “politik” bir içeriğe sahiptir. Ulaştırma projeleri için “ulaştırma politikası”, hangi projelerin ne kapsamda ele alınması ve hangi seçim ölçütlerinin kullanılması gerektiğini belirler. Bu aşamada “politik karar” ile “ulaştırma politikası”na dayanan karar arasındaki farklar kendini gösterir. Politik karar, içinde bulunulan duruma göre (yandaş çıkarları da gözetilerek) alınabilirken; ulaştırma politikasına dayanan karar, önceden oluşturulmuş, belirli kabullere dayanan öngörülerini dikkate alan ve geniş kesimlerin (hatta toplumun tamamının) çıkarlarını gözetmeyi öncelikli olarak benimser. Planlama, geleceği kurgulamaktır; bu nedenle, kurgulanan gelecek plan yapısını bağlar. Kişisel çıkarlarını ve yandaş memnuniyetini önemseyen karar vericiler (politikacılar), uzun dönemli plan yapmak istemezler ya da yapılmış görünen planları, işlerine geldiği gibi hâlede değiştirirler. Uygur yaşam koşulları için kent planları ne kadar gerekliyse, kent kaynaklarının yağmalanması için de plansızlık bir araçtır. Plan yapmak ve uygulamak popülist yaklaşımın önünde bir engeldir. Uygur kent yaşamının planlı olmasını gerektirir. Aksi halde, karmaşa ve kargaşa kent yaşamının ayrılmaz bir parçası olur, bir süre sonra kent yaşanılmaz hale gelir.

İstanbul’un Planları

İstanbul Büyükşehir Belediyesi’nin internet sitesinde 13.07.2009 tarihinde verilen haberde (<http://www.ibb.gov.tr/tr-TR/Haberler/Pages/Haber.aspx?NewsID=17525>), İstanbul’un 1/100.000 ölçekli Çevre Düzeni Planı’nın İstanbul Büyükşehir Belediyesi Başkanı’nca 15 Haziran tarihinde onaylanarak yürürlüğe girdiği duyurulmuştur. Çevre Düzeni Planı, kent gelişiminin bir anayasası niteliğinde olup, alt planlar bu planda saptanan ilkelere uygun olmak zorundadır. Örneğin, Ulaştırma Ana Planı kararlarının, Çevre Düzeni Planı ile uyumlu olması beklenir. Bu iki plan, aynı zamanda, karşılıklı etkileşim halindedir. Kentte iskana açılması planlanan bir arazi bölümünün diğer bölgelerle bağlantısı ulaştırma ağıyla kurulur. Ulaştırma hizmeti götürülen hedef bölgeler hızla gelişme gösterirken, inşa edilen ulaştırma yapılarının yakın çevresinde de arazi kullanım değişimleri kendini hissettirebilir. Yukarıda belirtilenlerden hedefe yönelik olan planlı gelişme için istenen bir durumdur ve gereksinim duyulan ulaştırma yapılarının yerleri ve özellikleri (türü, kapasitesi vd.) plan doğrultusunda belirlenir. Diğerleri ise kontrol altında tutulmalıdır, aksi halde, yeni inşa edilen ulaştırma

bağlantısının plan dışı yerleşmelere yol açması kaçınılmaz olabilir. Bunun en tipik ve unutulmaması gereken örneği, İstanbul'daki Fatih Sultan Mehmet (FSM) köprüsü ve 2. Çevreyoludur. Kendinden önce inşa edilen Boğaziçi köprüsü ve 1. Çevreyolundaki trafik tıkanıklığını ortadan kaldırması vaadi ve umuduyla inşa edilen FSM köprüsü ve 2. Çevreyolu da açılışından kısa bir süre sonra tıkanmıştır. Ayrıca, kentin doğu-batı doğrultusunda doğrusal gelişmesine hizmet etmesi beklenirken, çevreyolunun güzergahı yakınındaki bazı yerleşmelerin (Sultanbeyli ve Sarıgazi) beklenmedik biçimde büyümesi sonucunda, bölgedeki ormanlık alanlar tahrip olmuş, su havzaları kirlenmeye başlamıştır. Kentin kuzeyinde yer alan ormanlık alanlar ve su havzaları, bu plansız baskıyla güney cephesi boyunca kemirilmiş ve günümüzde kemirilmeye devam etmektedir. Kent planlarının burada anlatılan olumsuzlukları önlemesi ve öngörüldüğü gibi uygulanması bir zorunluluktur. Aksi halde bir rant kaynağı olarak görülen İstanbul'un yağmalanması sürüp gidecektir.

Çevre Düzeni Planı

1/100 bin ölçekli Çevre Düzeni Planı (İBB, 2008a), kentin sürdürülebilir gelişmesi için çeşitli olumlu yaklaşımlar içermektedir. Örneğin,

- İşlevsel Bağlantı Sektörleri'nin Demiryolu Ulaşım Sistemi adlı alt bölümünde şöyle denilmektedir: *“Denizyolu ve demiryolu taşımacılığının Boğaz geçişleri için desteklenmesi ile Boğaz köprülerine olan talebin düşürülmesi sağlandığında, mevcut karayolu şebekesinin etkin kullanımını sağlamak mümkün olabilecektir”* (rapor sayfa no. 403).
- İstanbul İl Çevre Düzeni Planı Yaklaşımı bölümünde şu ilke benimsenmektedir: *“İstanbul'un sahip olduğu su havzaları ve orman alanları başta olmak üzere, kentin yaşam destek sistemlerini oluşturan ve Karadeniz sahillerine paralel olarak uzanan yatay kuzey eksenindeki ekolojik değerlerin ekonomik girişimlere korumacı bir yaklaşımla kapalı tutulması gerekmektedir. Dolayısıyla; İstanbul'un gelişme yönlerinin batı ve doğu kanatlara doğru yönlendirilmesi ve mekansal büyümesinin ana-merkezin sıçrama odakları olarak tanımlanabilecek alt-merkezleri de içermek üzere doğrusal bir modele dayandırılması gereği ortaya çıkmaktadır. İstanbul Boğazı'nın her iki kıyısı boyunca kuzeye doğru gelişme eğiliminde olan faaliyetlerin ve yapılaşmanın getirdiği tahribat ve tehditler göz önünde tutularak, kuzey ekseninde yer alan ekolojik kaynaklara yönelen dikey gelişmeler böylelikle kontrol altına alınmalıdır”* (rapor sayfa no. 509-510).
- Planlama İlkeleri bölümünde kentin coğrafi gelişiminin hangi yönde olması ve bunun ulaştırma sistemleriyle nasıl desteklenmesi gerektiği belirtilmektedir: *“-Kuzeye eğilim gösteren kent gelişimi engellenerek; doğu-batı aksında ve Marmara Denizi boyunca kademelendirilmiş, çok merkezli ve sıçramalı gelişimin sağlanması; -Kentin doğrusal, kademelendirilmiş, çok merkezli ve sıçramalı gelişimini destekleyecek yüksek kapasiteli raylı ve denizyolu ağırlıklı toplu taşıma sisteminin oluşturulması”* (rapor sayfa no. 520-521). Benzer ifadeler raporun 528, 534, 544 ve 665 numaralı sayfalarında da yer almaktadır.
- İşlevsel Bağlantılar ana bölümünün Demiryolu Ulaşım Sistemi adlı alt bölümünde, *“Kentın gelecekteki ulaşım ağıının omurgasını yüksek kapasiteli raylı toplu taşıma sistemlerinin oluşturması ilkesi doğrultusunda; yeni karayolu önerilmemiş ve kentiçi yolculuk taleplerinin karşılanması için raylı sistemler*

esas alınmıştır” denilerek, ulaştırma türü tercihi konusunda açık bir tavır sergilenmektedir (rapor sayfa no. 668).

- Ulaşım SWOT Analizi – Tehditler bölümünde, *“Tepeden inme merkezi projeler (3. Köprü önerisi)”*den yakınılmaktadır (rapor sayfa no. 290).

Fakat bazı olumsuz ve çelişkili ifadeler de raporda yer almaktadır:

- *“Günlük yolculukların çok yüksek olduğu İstanbul kentinde, bu yolculukların büyük bir kısmının bireysel taşımacılığa dayandığı anlaşılmaktadır”* (s. 259). Halbuki, raporun aynı sayfasında, özel araçlar ile yolcuların %20’sine, toplu taşıma araçlarıyla %80’ine ulaşım hizmeti verildiği belirtilmektedir (Tablo 3.82).
- *“...yeterli bir karayolu şebeke altyapısı sağlandıktan sonra, eldeki trafik sisteminin idaresi, ulaşım talebinin yönetimi ve güvenilir bir toplu taşıma sisteminin kurulması gerekmektedir”* (s. 404) ifadesi, “toplu taşıma odaklı” gelişmeye aykırıdır. Mevcut karayolu altyapısının verimli işletilmesi gerekmekte, yeni ulaştırma yatırımlarıyla ağırlıklı olarak kentin raylı sistem omurgası oluşturulmalıdır.
- Ulaşım SWOT Analizi - Zayıf Yönler bölümünde, *“Yerleşim bölgelerinde, iş merkezlerinde ve aktarma noktalarında yeterli otopark alanlarının bulunmaması”* (s. 290) belirtilmektedir. Özellikle iş merkezlerinde otopark tesisleri oluşturmak, otomobil sahiplerini işe merkezlerine çekmek anlamına geldiğinden, sürdürülebilirlik ilkesine aykırı bir uygulamadır. Zira dünyadaki birçok kent, otomobillerin, iş merkezlerinin bulunduğu merkezi iş alanlarına girişini yasaklamakta ya da girişi caydırıcı çeşitli önlemler almaktadır. Maalesef, yapımı tamamlanmak üzere olan Kongre Vadisi otopark projesi, bu anlamda olumsuz bir örnek olarak karşımızda durmaktadır. Ayrıca, aktarma noktalarındaki otopark gereksinimi, aktarma istasyonlarını besleyecek uygun otobüs hatlarının planlanması ve hayata geçirilmesiyle, en az düzeye indirilebilir. Böylece, altyapı ve işletim maliyetleri azaltılabilir.
- *“...Boğaziçi Köprüsü’nün kullanım ömrünü tamamlayıp aynı güzergahta yeniden yapılması durumunda, İstanbul’un güneyinde (Marmara Denizi tarafı) ulaşım talebi, nüfus ve günümüzde var olan Boğaz araç trafik yoğunluğu dikkate alındığında hazırlanacak projede raylı sistem geçişi yer almalı ve lastik tekerlekli araçların kullanımına yönelik şerit sayısı arttırılmalıdır”* (s. 666). Bu ifade, “üçüncü köprüye göz kırpması” şeklinde algılanabilir. Yakalar arasında karayolu geçişi kapasitesini arttırmanın, trafik tıkanıklığını çözmek için nafile bir çaba olduğu bilinmektedir. Üstelik, şerit sayısı arttırılmış köprü ve çevre yolunun, kapasitesi sınırlı kentiçi arterlerine bağlantı sorunları gözden kaçırılmaktadır. 1. Çevreyolu koridorunda önerilen raylı sistem geçişi, Boğaziçi köprüsünün yenilenme zamanına (40-50 yıl sonrasına) bırakılmaktadır. Bu koridor, çok uzun yıllardır yüksek kapasiteli bir raylı sistemi gerektirmektedir. Bu gereksinim 2007-2009 yılları arasında kademeli olarak hizmete konulan Avcılar-Söğütlüçeşme Metrobüs hattı ile karşılanmaya çalışılmaktadır. Ancak, Metrobüs hattı ve taşıtları, hizmete sokulduğu daha ilk günlerde kapasitesine erişmiş görünmektedir. Bu gözlem de, 1. Çevreyolu koridorunun, sahip olduğu talep düzeyi nedeniyle, daha yüksek kapasiteli bir toplu taşıma sistemine gereksinimi olduğuna işaret etmektedir.

1/100 bin ölçekli plan, bazı ulaştırma projelerinin hayata geçirilmesini de önermektedir. Bu projeler arasında hiçbir yeni karayolu projesi bulunmamaktadır. Ayrıca, planın hazırlık çalışmalarını sürecinde yapımına karar verilmiş ve/veya yapımına başlanmış karayolu tünelleri (örneğin, 7 Tepe 7 Tünel-17 adet ve Karayolu Boğaz Tünel Geçişi) gibi projeler, raporda yer almamaktadır. Plan, sekiz yeni raylı sistem koridoru önermekte, inşaatı devam eden ve yapımı planlanmış diğer bazı raylı sistem projelerinden de (altı proje) söz etmektedir.

Ulaştırma Ana Planı

İstanbul için hazırlanan Ulaştırma Ana Planını temin edilemediğinden, plan kararları, 2008 Ağustos ayında yapılan bilgilendirme ve tartışma toplantısında katılımcılara dağıtılan sunum kopyalarından alınmıştır (JICA/İBB, 2008b). İstanbul Metropolitan Alanı Entegre Kentsel Ulaşım Ana Planını (İUAP) şeklinde anılan çalışmanın, 2006 Temmuz'unda başlangıç-son tahmini için ev ve diğer ulaştırma ilişkili anketler yapılarak başladığı, 2007 Haziran'ında JICA (Japan International Cooperation Agency) ekibinin çalışmaya katıldığı ve ana plan çalışmalarını birlikte yürütüldüğü belirtilmektedir. Ulaştırma Ana Planını'nın temel hedefi, kentin gelecekteki arazi kullanım (örneğin, Çevre Düzeni Planını) kararları ışığında, çeşitli bölgeler arasında ortaya çıkması beklenen özel taşıt ve toplu taşıma trafik talebini karşılayacak ulaştırma ağı tasarlamaktır. Bu nedenle, Ulaştırma Ana Planını kararlarının İl Çevre Düzeni Planını kararları ile uyumlu olması, hatta Çevre Düzeni Planını kararlarını esas alması gerekmektedir.

2008 Ulaştırma Ana Planını Taslağı'nda 55 adet karayolu projesi önerilmektedir. Bu projeler arasında (bazı kavşak projeleri ve karayolu genişletme işleri ile birlikte), 3. Boğaz Köprüsü (demiryolu+karayolu geçişli), yakalar arası karayolu tünelleri ve yaka içi karayolu tünelleri yer almaktadır.

1/100 bin ölçekli İstanbul Çevre Düzeni Planını'nda “yeni yollar açmak yerine, mevcut ulaşım altyapısının rasyonel şekilde kullanımına öncelik verildiğı”, O-1/D-100 (1. Çevreyolu) ve O-2 (2. Çevreyolu) yollarının ana karayolu koridorları olduğı belirtilmekte, yeni karayolu koridoru açılması önerilmemektedir. Buna göre, yukarıdaki paragrafta belirtilen İUAP kapsamındaki karayolu köprü ve tünel projeleri, Çevre Düzeni Planını ile ciddi anlamda çelişmektedir.

2008 İUAP önerileri arasında 22 adet raylı sistem projesi bulunmaktadır. Bu projeler arasında, 3. Boğaz geçişi (demiryolu+karayolu), yaka içi raylı sistem hatları ve hat uzatma projeleri yer almaktadır. Her iki planda önerilen raylı sistem güzergahlarının sayısı çok farklı olmakla birlikte (22'ye 8), güzergahların terminal istasyonları da (bir başka deyimle, güzergahlar da) birbiriyle uyumlu değildir.

2008 İUAP Temel Şebeke Projeleri Sorunu

2008 İUAP yönteminde, İstanbul'da günümüzdeki karayolu ve demiryolu ağlarının bünyesinde bulunmayan, ancak yapımına başlanmış ya da yapımı planlanmış çok sayıda proje, varmış (!) gibi kabul edilmekte, yukarıda değinilen 55 karayolu ve 22 raylı sistem projesi, “temel ağ” adı verilen kısmen hayali bir ağ üzerine oturtulmaktadır. Bu projeler arasında 7 Tepe 7 Tünel, Karayolu Boğaz Tünel Geçişi, Marmaray ve Kadıköy-Kartal Metrosu sayılabilir. Benimsenen bu yaklaşım, planlama tekniğı ve mantığı bakımından

pek anlamlı değildir. Planı sipariş edenin (İBB), Çevre Düzeni Planı kararlarına aykırı olarak, dayatmayla kabul ettirdiği temel ağ, planı hazırlayanları teknik ve ahlaki açıdan bağlamaktadır; çünkü, ulaştırma planlamasında böyle bir yaklaşım bulunmamaktadır. Ulaştırma ana planında, geleceğe dönük tahmin edilen trafik akımları ışığında, gereksinim duyulan yeni ulaştırma koridorlarının yerleri ve özellikleri ile iyileştirilmesi gereken mevcut ulaştırma sistemleri belirlenir. Burada, temel ağ içinde önerilen karayolu ve demiryolu yapılarının yer ve özellikleri hangi planlama çalışmasının ürünüdür? Bilindiği gibi böyle bir planlama çalışması yoktur; karar vericiler (yönetimdeki politikacılar), bu projeleri işlerine geldiği gibi önermiş ve planlama uzmanları da maalesef bu dayatmaları kabul etmişlerdir. Yapımı devam eden ve planlanmış, temel ağ içinde önerilen bu projelerin sonuçlarının ne olacağı henüz bilinmemektedir. Ana plan çalışmalarında, gelecekteki trafik akımlarının zamansal ve mekansal büyüklüklerini öngörmek için geliştirilen matematik modeller, bu belirsizlikler altında kalibre edilmiştir. Bu koşullarda kalibre edilen modelin sonuçları güvenilirlik bakımından tartışmalıdır.

Sonuçlar ve Öneriler

İstanbul için hazırlanan 1/100 bin ölçekli Çevre Düzeni Planı ve Ulaştırma Ana Planı, sanki iki farklı yönetim tarafından farklı iki kent için hazırlanmış izlenimi vermektedir. Ulaştırma Ana Planı'nda "politikacı" kararları, ne işe yarayacağı tartışmalı projelerle, tepeden inmece bir yaklaşımla planlama uzmanlarına dayatılmıştır. Ayrıca, İstanbul'un planlarında kabul edilen günlük yolculuk sayıları arasında da büyük bir farklılık göze çarpmaktadır. Çevre Düzeni Planı 13 milyon yolculuk (2003 yılı için) kabul ederken, Ulaştırma Ana Planı 21 milyon yolculuk (2006 yılı için) kabul etmektedir. Bu farklılık da planların hazırlanma anlayışı ve teknikleri arasında ciddi uyumsuzluklar olduğunu göstermektedir.

Günümüzde merkezi hükümet 4 yıl ve yerel yönetimler 5 yılda bir seçimle yenilenmektedir. Kent planları, genellikle, 10 yılın ötesinde bir süreci kapsadığından, yönetimlerdeki politikacıların kendi iktidar dönemlerinin çok ötesinde kararlara imza atmaları gerekmektedir.

Bayındırlık ve İskân Bakanlığı tarafından 4 - 7 Mayıs 2009 tarihleri arasında Ankara'da düzenlenen Kentleşme Şûrası Genel Kurulu çalışmalarında alınan kararların duyurulduğu Sonuç Bildirgesi'nin bir bölümünde şöyle denilmektedir: "Kentsel ulaşım alanında kent planlarıyla ulaşım planları bütünleşik olarak hazırlanmalı ve trafik etki analizleri yapılmalıdır. İmar mevzuatında sürdürülebilir kentsel gelişmeyi destekleyen, toplu taşıma ve bisiklet kullanımını özendirici, yaya öncelikli ve sürdürülebilir ulaşımı teşvik eden kentsel gelişme modellerine dayanan planlama ilkeleri benimsenmelidir." (http://www.bayindirlik.gov.tr/turkce/kentlesme/7-5-09_kentlesme_surasi_sonuc_bildirgesi.pdf, Erişme tarihi: 04 Eylül 2009)

Kentlerdeki yaşam ortamının bugünden yarına korunması ve genişletilmesi bilinçli, kararlı ve samimi yönetim anlayışının benimsenmesiyle sağlanabilir. Günümüzde "sürdürülebilirlik" adıyla anılan, bugünün gereksinimleri için gelecek kuşakların yaşam kaynaklarının tüketilmemesi anlayışı, kent planlarında somutlaşır. Plan bir gelecek kurgusu olduğundan, kent planları, kendimiz ve gelecek kuşaklar için oluşturulması düşünülen ortak yaşam alanları için yapılan hazırlıkları ve işleri içinde barındırır.

İstanbul'da özellikle 1. Çevreyolu ile yapılmak istenen doğu-batı doğrultusunda çok merkezli bir kent yaratma düşününün geçen zaman için gerçekleştiği söylenemez. Kentin Avrupa ve Anadolu yakalarının nüfusları bir ölçüde birbirlerine yaklaşmış olsa da, arazi kullanım özellikleri nedeniyle, iki yaka arasındaki zirve hacimleri sunulan ulaştırma kapasitenin üzerinde olup, ayrıca kent genelindeki ortalama yolculuk süre ve uzunlukları artma eğilimindedir. Kentiçi yolculuk gereksinimlerini azaltmanın yolu, toplu taşıma odaklı planlama ile desteklenen heterojen içerikli çok merkezli yapının benimsenmesidir. Bunun için yüksek kapasiteli raylı sisteme dayanan bir ulaştırma ağı omurgası oluşturulmalı ve raylı sistemin istasyonları çevresinde gelişme alanları yaratılmalıdır.

Son yıllarda İstanbul'da plan dışı olarak hayata geçirilen ve geçirilmek istenen ulaştırma projeleri ağırlıklı olarak karayolu koridorları açmak (karayolu tünelleri ve 3. Boğaz köprüsü ve çevreyolları) ve lastik tekerlekli toplu taşıma omurgası oluşturmak (Avcılar-Söğütluçeşme Metrobüs hattı) şeklindedir. Bu ulaştırma projeleri ile sürdürülebilir kent hayali suya düşmektedir. 2009 Ağustos-Eylül aylarında Ulaştırma Bakanlığı tarafından fasılalarla gündeme sokulan 3. Boğaz köprüsünün, özellikle güzergahının yeri etrafında spekülasyon tartışmaları yapılmaktadır. Köprü güzergahının muhtemel yeri konusunda kesin bir dil kullanılmaması, yani bir tür köşe kapma oyunu oynanması, hem kurnazlık”mış” (arsa spekülasyonlarına prim vermeme gerekçesi) hem de dürüstlük”müş” (haksız arsa spekülasyonu kazancının önüne geçme gerekçesi) gibi kamuoyuna sunulmaktadır. Bu konuda basında yer alan en son haber kısıntıları, köprü güzergahının Karadeniz Sahil Yolu'nun devamı olarak İstanbul Boğazı'nın olabildiğince kuzeyine inşa edileceği şeklindedir. Tüm bilimsel çalışmalarda, İstanbul'un kuzey bölgelerine yapılacak bu boyuttaki inşaatların, kentin doğal yaşam kaynaklarına (ormanlar ve su havzaları) onarılmaz zararlar vereceği kesin bir dille belirtilmektedir. Uygun tasarım yapılarak ve inşaat teknikleri kullanarak zararın en az düzeye indirilebileceği ise bir kandırmacadır. Yok edilen doğanın bedeli ödenemeyecek kadar yüksektir. Köprü güzergahı konusunda spekülasyona izin verilmeyeceğini belirten yetkililer, basına sızdırılan haber kısıntılarıyla spekülasyon fitilini ateşlemiş olduklarını doğal olarak biliyorlar. Geline aşamada, güzergah tercihiyle ilgili olarak, ölümü gösterip sıtmaya razı etme taktiği izlendiği muhtemeldir. 2008 İUAP raporunda mevcut iki köprü arasında hazır bir seçenek de önümüze konulmuşken, İstanbullulara “seç beğen al” denirse, şaşmamak gerekir. Bu tür kararlar, basına fasılalarla sızdırılan haber kısıntıları ile mi tartışılmalı? Burada tartışma istenmediği açıktır. Tipik politikacı dayatması ile karşı karşıya bulunmaktadır. Bilimsel yaklaşıma değer ve önem veren karar vericiler, bu özelliklerini davranışlarıyla göstermelidir. Ancak, bilimsel dayanağı olmayan politikacı dayatmalarını veri kabul ederek hazırlanan raporların da herhangi bir kıymet-i harbiyesi yoktur. Çünkü bilim nesnel olmayı gerektirir. İstanbul Boğazı'na 3. köprü'nün neden inşa edilmemesi gerektiği bilimsel gerekçelerle ortaya konmuşken, inşa gerekçesi politik bir içerik taşımaktadır. Bu politikanın sürdürülmesi İstanbul'a yarar değil zarar getirecektir.

Kaynaklar

Achoff, R. (1974) Redesigning The Future. John Wiley & Sons, Inc., USA.

İBB (2008a) 1/100.000 Ölçekli İstanbul İl Çevre Düzeni Planı Raporu (Taslak). İstanbul Büyükşehir Belediyesi, İmar ve Şehircilik Daire Başkanlığı, Şehir Planlama Müdürlüğü.

JICA/İBB (2008b) İstanbul Metropolitan Alanı Entegre Kentsel Ulaşım Ana Planı Çalışması. 2008 Ulaşım Ana Planı Taslağı. Ağustos 2008'de yapılan sunumun çıktıları.

Ulaşım Kaynaklı Çevre Sorunları Kapsamında Yerel Yönetimlerin Sorumluluk ve Yetkilerinin İrdelenmesi

Uzman Şehir Plancısı Zümrüt Kaynak, Doç. Dr. Hülagü Kaplan,

Gazi Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık F., Şehir ve Bölge Planlama B.

Tel: 0 312 410 23 57

e-posta: zmrt1974@hotmail.com, hukaplan@gmail.com

Öz

Ulaştırma; kentiçi karayolu trafiğinin akışındaki düzensizliklerden oluşan koridor emisyon kirliliği, gürültü ve görüntü kirliliğinin yanı sıra, sera gazı emisyonlarının artmasına neden olması sebebiyle, çevre sorunları arasındaki önemli yerini korumaktadır. Her ne kadar çerçeve yasalarla ve yönetmeliklerle ulaşımaya yönelik ilkeler belirlenmiş olsa da, özellikle kentiçi ulaşımaya yönelik karar alma ve uygulama yetkileri yerel yönetimlere aittir. Bu bildiri, ulaşım kaynaklı çevre sorunları bakış açısı altında sürdürülebilir çevre duyarlı kentiçi ulaşım ilkelerine değinilmekte, ülkemizin kentsel alanlarının temel bir sorunu olan çarpık kentsel büyüme ulaşım ve çevre odaklı **'temiz ulaşım'** ilke ve ölçütlerine göre ele alınmaktadır. Erişilebilirliğin sağlanmasından, enerji verimli ulaşım türlerinin seçimine kadar farklı bakış açılarını bir arada toplayan **kentiçi sürdürülebilir ulaşım ilkelerinin** yerel idarelerce yorumlanması ve uygulanması ile katılıma ilişkin yöntemler gündeme getirilerek, tartışılmaktadır.

Anahtar sözcükler: Kentiçi Sürdürülebilir Ulaşım İlkeleri, Temiz Ulaşım, Ulaşım Kaynaklı Çevre Sorunları, Yerel Yönetim

Giriş

Ulaşım, merkezinde insanın hareketliliği ve gereksinimleri için yolcu ve yük taşımacılığı olan aktiviteler bütünüdür. Ulaştırma ise ulaşımın niteliksel ve niceliksel durumudur. Ulaşım ve ulaşırmada öncelik erişilebilirlik olup, bu ise ulaşım mekanizmalarının her türlü aktiviteye doğru zaman, yer, miktar, nitelik ve nicelikte kullanılması ile mümkündür. Ulaştırma aracılığı ile aktivitelere ve kullanımlara erişmenin sağlanması, yaşam kalitesi ve çevre kalitesinin gözetilmesi, yerel yönetimlerden beklenen bir hizmetler arasındadır.

Ulaştırma ve Çevre

Ulaştırmanın Toprak, Hava ve Su Kirliliği Açısından İrdelenmesi

Toprak, kirli hava ve suyun taşıdıkları ile kirlendiği gibi, arazi kullanım biçimi, özellikle karayolu, toprak niteliğini hissedilir ölçüde bozmaktadır. Toprak kirliliğine yol açan hava kirliliğini; doğal olaylar, sosyal ve ekonomik etkinlikler sonucu oluşan kirleticilerle havanın doğal bileşimi ve yapısının olumsuz yönde etkilenmesi olarak

tanımlanabilir. Hava kirliliğinin oluşmasında; rüzgar durumu, sıcaklık, sis, nem, basınç gibi meteorolojik değişkenler, topografik yapı gibi doğal faktörlerin yanı sıra plansız kenleşme ve sanayileşme, nüfus artışı ve buna bağlı olarak artan sayıdaki motorlu araçların egzozlarından çıkan gazlar, yeşil alanların azalması gibi faktörler büyük ölçüde önem taşımaktadır.

Kirleticiler atmosferde yer alış durumlarına göre birincil ve ikincil kirleticiler şeklinde iki temel sınıfta toplanırlar. Birincil kirleticiler, atmosfere kirletici kaynaklardan doğrudan salınan kirleticilerdir. İkincil kirleticiler ise atmosferde bulunan birincil kirleticiler ile atmosferik özellikler arasındaki kimyasal girişimler sonucunda meydana gelir. Hava kirliliğine sebebiyet veren belli başlı birincil kirleticiler; Partikül madde, Kükürt oksitler (SO₂ ve SO₃), Azotoksitler (NO, NO₂), Karbon dioksit (CO₂), Karbon monoksit (CO), Kükürtlü Hidrojen (H₂S)'dir. (Zeydan, Ö., Yıldırım, Y., 2007). Karbondioksit gazının, atmosfer havası içerisindeki birikimi, atmosfer tarafından absorbe edilen güneş enerjisi miktarını arttırmaktadır. Sera etkisi olarak adlandırılan bu ısınma ile hava sıcaklığının yıllık ortalamasının arttığı ve iklim değişikliklerinin meydana geldiği bilimsel olarak tespit edilmiştir. Kirletici maddeler sınıflandırması içinde, otomobil egzozlarından bırakılan bileşikler, özellikle ikinci tip kirleticilerin oluşmasında büyük önem arz etmektedir. Taşıtların egzoz gazları yoğunlaşarak toprakla kaynaşmakta ve topraktaki canlı yaşamı öldürmektedir. Bunda arazinin kötü kullanılması etken olduğu kadar, arazi üzerindeki kullanımlar ile kullanıcılar arasındaki erişimi sağlayan ulaştırma faaliyetlerinin seçimi de önemli bir etken olarak karşımıza çıkmaktadır.

Çevre ve Orman Bakanlığı verilerine (Çevre ve Orman Bakanlığı, AB Entegre Çevre Uyum Stratejisi-UÇES, 2006) göre, son yıllarda motorlu taşıtların sayısının artmasıyla zararlı egzoz gazları emisyonlarında ciddi artışlar olmuştur. Genellikle kent merkezlerindeki karbon monoksit (CO) emisyonlarının %70-90'ı, azot oksit (NO) emisyonlarının %40-70'i, hidrokarbon (HC) emisyonlarının yaklaşık %50'si ve şehirlerde kurşun emisyonlarının %100'ü motorlu taşıtlardan kaynaklanmaktadır.

Çok amaçlı kamu mekânlarında karayolu trafiğinin artışı ve yoğunlaşması ile de gürültü kirliliği oluşmaktadır. Yayalar ve bisiklet kullanımı için uygun mekânların kısıtlı olması da çevrenin genel niteliğini olumsuz etkilemektedir. Karayollarının I., II. ve II. sınıf tarım toprakları ile, akarsu, göl ve baraj yakınlarından geçmesi sonucunda, hem toprak, hem de su kirliliği artmaktadır.

Deniz ulaşımında deniz kazaları ve gemilerin sintine ve balast sularından kaynaklanan kirlilik; deniz ulaşımının, çevreye ve kıyılar ile denizlerin kirlenmesine etken olan olumsuz etkiler arasında yer almasına neden olmaktadır.

Sürdürülebilir Ulaştırma ve Ulaştırma Türlerinin Birbirleri ile Çevresel Etkiler Açısından Karşılaştırılması

2002 Ulaşım Beyaz Dokümanında da sürdürülebilir ulaşım bağlamında Avrupa'da; kişilerin günlük fiziksel aktivitesi için yeterli miktar olan 15 dakikalık süre ile ortalama yürüyüş ile yapılan 1,5 km ve bisiklet ile yapılan 3,5 km'lik mesafeler dikkate alınarak, bütünleşik ulaşım sistemleri uygulanması öngörülmüştür (Torode, R., (2003). Avrupa ve bazı Asya ülkelerinde karayolu ulaşımı yerine diğer ulaşım türleri olan demiryolu, denizyolu ve havayoluna verilen önemin artmasına neden olan en önemli faktör;

ulaşımın sürdürülebilirlik çerçevesinde yeniden yapılandırılmasıdır. Ulaşım türlerini arazi üzerinde kapladığı yüzey, harcanan enerji, toprak, su, hava kalitesi, gürültü, kullanıcılar üzerindeki fizyolojik ve psikolojik etki gibi faktörler nedeniyle , “ulaşımında sürdürülebilirlik”, giderek önemli bir küresel politikaya dönüşmektedir.

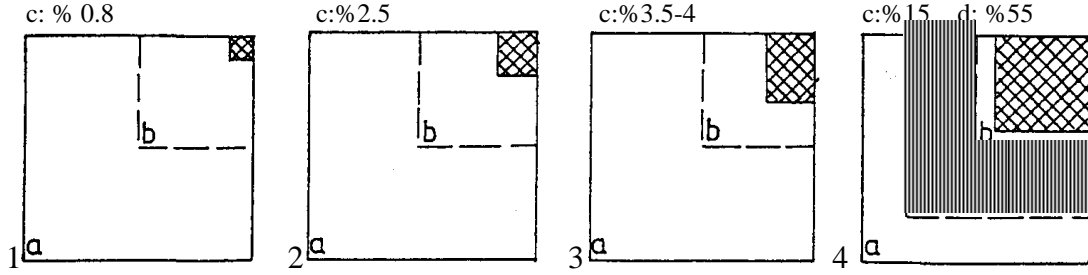
Sürdürülebilirlik çerçevesinde **Ulaşım-Çevre** ilişkisi uluslararası AB Cardiff Zirvesinde yapılmıştır. Bu zirve ile başlatılan süreçte çevre korumanın ilgili tüm faaliyetlere entegrasyonu öngörülerek, uluslararası düzeyde temel uygulama alanları olan iklim değişikliği, doğa ve biyolojik çeşitlilik, çevre ve sağlık, doğal kaynaklar ve atıklar ile ulaştırma sektörünün çevre ile bütünleştirilmesi kararlaştırılmıştır. Kyoto sözleşmesi ile de ulaşımı kullananlar, kullandıklarının neden olduğu dışsal maliyeti ödemek zorunda bırakılmışlardır.

AB'ye üye ülkelerde; 1990-2005 yılları arasında en fazla sera gazı emisyonu artışı ulaştırma sektöründen kaynaklanmıştır. Avrupa Çevre Ajansı'na göre, AB-15 ülkelerinde ulaşımdan kaynaklı sera gazı emisyonu bu dönemde %26 oranında artmış, yolcu taşımacılığında %28, karayolu ile yük taşımacılığında da %62 oranında emisyon artışı olmuştur. Karayolu araçlarının seyir hızları arttıkça, hava kirliliği ve CO₂ salımları çoğalmakta, kent içinde taşıt hızını artıran uygulamalar, sağladığı kısa vadeli ve geçici kolaylıkların yanı sıra çevresel açıdan uzun vadeli ve kalıcı sorunlar oluşturmaktadır. Karayolu otomotiv devlerinin ülkesi ABD'de %40 kullanım oranı ile birinci sırayı deniz ulaştırması, %30 ile ikinci sırayı karayolu almaktadır. Aynı öncelik sıralaması Almanya için de geçerlidir. 8500 km'ye yakın sahil şeridine sahip, körfezleriyle ve boğazlarıyla bir örneğine az rastlanır Ülkemizde yolcu taşımacılığında deniz ulaşımının sahip olduğu oran ise sadece %0,5 civarındadır.

Demiryolu ulaşımında bir birimlik artışın, diğer sektörler üzerinde 2,203 katlık olumlu etkiye neden olduğunun tespit edilmesi de gerek maliyet ve enerji tüketimi, gerek erişim ve arazi kullanımı, gerekse çevre üzerindeki olumlu etkileri bakımından dünya genelinde demiryollarına yönelik ulaşım kararları ve politikalarının geliştirilmesini hızlandırmıştır(Orer, M. 2005). Aşağıdaki şekil, ulaşımın sera gazı emisyonlarına olan etkisinin boyutuna ilişkin önemli bir veri oluşturmaktadır. Yıllar içerisinde karayolu, havayolu, denizyolu gibi ulaşım modlarından kaynaklanan sera gazı emisyonları salım oranları da ciddi oranda artmaktadır. Avrupa Çevre Ajansına göre; 2005 yılında, Dünyada CO₂ emisyonlarının sektörlere göre dağılımında ulaştırma sektörünün (karayolu-havayolu-denizyolu-diğer ulaşım modları) toplamdaki payı %24'tür.

Doruk saatte 250 yolcunun bir yönde taşınması Ankara kenti için örneklendiğinde; binek taşıtı ile 156 binek taşıtında taşınan yolcuların (Ankara'da binek taşıtı doluluk oranı=1,6); Ankara'nın hafif raylı sistemi olan ANKARAY (doruk saat doluluk oranı=6kişi/m²) ile taşınması halinde bir Ankaray vagonu yetmektedir. Taşıt sahipliğinin giderek yaygınlaşmasından çok, binek taşıtının günlük yolculuklarda kullanımı, taşıt ve petrole bağımlı kent formlarını desteklemektedir. Kentsel gelişmenin planlamasında ve tasarımıda genellikle karayolu ve özel araçla erişim temel ölçüt olarak alınması, kentsel raylı sistemlerden kentsel kullanımlara erişimin, tasarımıda geri planda kalması gibi etkenler, ulaştırmanın çevreye olan olumsuz etkilerinin artmasına neden olmaktadır. Şekil 1'de yer alan gösterimden; şehir merkezi yüzeyi %20 olduğu halde, taşıma kapasitesi 4-6 kişi arasında olan ancak gerçekte 1-2 kişi arasında doluluk gösteren binek taşıtı kullanıldığında, %15 olan yol yüzeyi kullanımı için %55 park etme yüzeyi ihtiyacı ortaya çıkmakta, bu oran %70'e kadar varabilmektedir (Kaplan, 1996).

Aşağıdaki Şekil, ulaşımın ulaşım-kent yüzeyi ilişkisinin anlaşılmasını kolaylaştırmaktadır.



1:(ağır ve hafif raylı) 2:(otobüs özel yolu ve tramvay) 3:(trolleybüs, otobüs) 4:(binek taşıtı)

a: % 100 şehir yüzeyi

b: % 20 şehir merkezi yüzeyi

c: İlgili ulaşım türü için ihtiyaç yüzeyi yüzdesi

d: taralı alan, park etme yüzeyi (şematik gösterim)

(Kentsel Raylı Sistemler (KRS), tramvay, hafif raylı sistem (HRS), ve Kentsel Ağır Raylı Sistemi (ARS=Metro) kapsamaktadır.)

Şekil 1 Değişik Kullanım Türlerinin Alan Gereksiniminin Şematik Gösterimi.

Ulaşım sorunlarının çözümü için geçmişte benimsenen yaklaşım, genelde trafik sıkışıklığına çözüm aramak şeklinde olmuştur. Yol kapasitesinin artırılmasına yönelik önlemler ile trafik sıkışıklığı sorunu aşılmaya çalışılmıştır (ulaşım ağı geliştirme, yeni yol yapımı, mevcut yolların ve platformların genişletilmesi, kavşakların kata alınması, alt-üst geçitler gibi). Trafikteki artış hızına yetişebilecek kapasitede yol yapımının masraflı olmasının yansira yeni sorulara da yol açtığı bilinmektedir. Ayrıca metropoliten kentlerde artan talebi karşılayabilecek kapasitede yeni yol sunumu için fiziksel mekân hem değerli hem de kısıtlıdır. Her yeni yol kapasitesi artırma uygulaması daha önce hesaplanmamış yeni talep doğurmaktadır. Bu nedenle yol yaparak arz-talep dengesi korunamamaktadır. Yeni yolların yapılması beraberinde trafik hacminde artışı da getirmekte, emisyon, doğal çevre tahribatı, gürültü vb. ulaşım sorunlarının katlanarak artmasına neden olmaktadır.

Ülkemizde ulaştırma neredeyse bütünüyle karayolu üzerinde gerçekleşmekte, deniz ulaşımı olanağı olan yerlerde bu olanaklar sınırlı değerlendirilmekte, kentsel raylı sistem yapılmış bazı kentlerde de bu sistemlerin kapasitelerinin oldukça altında çalıştığı görülmektedir. Karayollarının dışında demiryolu, denizyolu ve havayolu ulaşım türleri de mevcut olmasına ve karayoluna dayanan ulaştırma sektörünün kirlenme, kazalar ve trafik sıkışıklığı ile ekonominin gelişmesindeki hareketliliği sınırlamasına rağmen halen karayolu ulaşımına dayalı ulaşım kararlarının verilmesi ciddi bir sorun alanı oluşturmaktadır.

Çağdaş yaklaşımlar ve sürdürülebilir ulaşım ilkeleri çerçevesinde özellikle kent merkezlerinde binek taşıta değil, yolculuk verimliliğine öncelik veren, yaya ve toplu taşıma öncelikli kılan çözümlerin benimsenmesi gerekirken, taşıt trafiği akımını hızlandırmaya yönelik olarak yol genişletme ve katlı kavşaklar gibi yatırımlara başvurulması, trafik sorununa çözüm olmamakta, tam tersine otomobil talebini özendirici etki yaptığı da bilinmektedir.

Daha önce de belirtildiği gibi, ülkemizde ulaştırmanın büyük bölümü petrol ürünlerine dayalı olan karayolu ulaşımı ile yapılmaktadır. Karayolu ulaşım altyapısı ve motorlu trafik akışı, önemli oranda arazinin ulaşımına ayrılmasını gerektirmektedir. Ayrıca, yerel değerler (biyolojik, tarihi, kültürel, manzara özellikleri) ulaşım altyapı yatırımları tarafından tehdit edilebilmekte, peyzaj bozulabilmektedir.

Desantralizasyon (merkezden uzaklaşma) eğilimleri ile, bazı iş yerleri de kentin çeperlerine doğru kaymaya başlasa da, Kentlerimizde konut-işyeri ilişkisi ve çalışma yolculukları ile kentiçi yolculukların önemli bir yüzdesi hala genel olarak kent merkezi üzerinde kurulmakta; bu durum kent merkezi ve çevreleyen alanlardaki trafik sorununu artırmaktadır. Bu sorunu aşmak için hem yeni yollar, kavşak-geçit düzenlemeleri yapılmakta hem de kapasite artırımı yöntemlerine başvurulmakta ve kent merkezi üzerinden yüklü ve kesintisiz taşıt trafiği akımları planlanmaktadır. Kent içindeki tercihli yolların kullanımını teşvik edici uygulamaların olmaması, tahsisli yol uygulamasına geçilmemesi, yerleşik kent dokusu içinde artan karayolu ihtiyacını karşılayacak yeterli miktarda alanın olmamasından kaynaklanan altyapı sorunu, kent içi karayolu şebekesinde noktasal kapasite artışı sağlamak amaçlı inşa edilen ve sadece noktasal çözümler getiren, bir sonraki kavşakta aşırı trafik yoğunluğuna ve tıkanıklığına neden olan kavşaklarda sinyalizasyon tekniğinin yetersizliği, yetersiz ve bilimsel araştırmalara dayandırılmayan kavşakların yapımı, kavşaklarda iletişim sistemlerinin devreye sokulduğu teknik yerine hala yığınsal ve kesintili sinyalizasyon sisteminin kullanımının devam edilmesi, kent içi ulaşım sistemlerinde merkezi ve yerel idareler arasında koordinasyon sorununun yaşanması, karayolu ulaşım sisteminden kaynaklanan çevre sorunları olarak sıralanabilir.

Ülkemizde Ulaştırma-Çevre İlişisine Genel Bir Bakış

Dünya’da her yıl yaklaşık 24 milyon civarında motorlu taşıt trafiğe çıkmaktadır. Dünyadaki motorlu taşıt sayısı 2000 yılı itibarı ile 751 milyondur. 1000 kişiye düşen taşıt sayısı AB’nin 25 üye ülkesinde 460, Türkiye’de ise yaklaşık 145 civarındadır. Ülkemizde 2004 yılı itibarı ile toplam 61000 km karayolu bulunmaktadır. İngiltere’de 360000 km, İtalya’da 570000 km ve Fransa’da ise 870000 km karayolu bulunmaktadır. 1950-2004 yılları arasında nüfus yaklaşık %50 artarken, toplam yol uzunluğu %150 artmış, motorlu araç sayısı yaklaşık 300 kat, km başına düşen taşıt sayısı ise 100 kat artmıştır.

Ülkemiz **ulaştırma vizyonu**, uluslar arası belgeleri referans alarak Ulaştırma Bakanlığınca; “Kişi hak ve gönencinden ödün verilmeyen, can güvenliğinin yüzde yüz sağlandığı, çağdaş teknolojiye ve uluslararası hukuk ve kurallarla uyumlu, çevrenin en üst düzeyde korunduğu bir ortamda, kentler arası ulaşımın en çok 1,5 saat, kent içi ulaşımın ise 30 dakikada (yük taşımacılığında ise bu süreler iki katıdır) sağlanabilmesi” olarak tanımlanmıştır. İlk olarak 2001 yılında hazırlanmış olan ve 2003 yılı Nisan ve Mayıs aylarında revize edilerek 24 Temmuz 2003 tarih ve 25108 sayılı Mükerrer Resmi Gazete yayımlanmış olan Türkiye Ulusal Programında, imar planları ile paralel ulaşım ana planlarının hazırlanması için mevcut idari, hukuki ve teknik altyapının yeniden ele alınarak yeni bir yapılanmaya gidilmesi, yapı, kent merkezlerinde otoyol, hız yolu ve zincirleme katlı kavşak düzenlemeleri yerine toplu taşıma güçlendirici, raylı sistemleri teşvik edici, yaya ve bisiklet yolu gibi düzenlemeler ile bunlara finansal destek sağlamak amaç edinilmiştir.

9. Kalkınma Planında ise;

✓ Enerji, çevre, ekonomi, konut, arsa ve arazi politikaları ile tutarlı, sürdürülebilir, kamu kesimini bağlayıcı, özel sektörü yönlendirici geniş kapsamlı bir ulusal kentiçi ulaşım stratejisinin oluşturulması,

✓ Toplumun tüm kesimlerine eşit fırsatlar sunan, katılımcı, kamu yararını gözeten, yurtiçi kaynakların kullanımına özen göstererek dışa bağımlılığı en aza indiren, çevreye duyarlı, ekonomik açıdan verimli, güvenli ve sürekli yaya hareketinin sağlanmasını esas alan kentiçi ulaşım planlamasının yapılması,

✓ Arazi kullanım kararlarının her ölçekte ulaşım etkileri ile birlikte değerlendirilmesi her kentin özgün yapısı, dinamikleri ve potansiyelleri göz önüne alınarak, kentiçi ulaşım türlerinde çeşitlilik ve bütünleşme sağlanması,

✓ AB'ye uyum sürecinde sürdürülebilir bir kentiçi ulaşım sistemi oluşturmaya yönelik olarak yaya ve bisiklet ulaşımı ile toplu taşımaya öncelik verilmesi,

✓ Ulusal ve yerel düzeyde kentiçi ulaşım karar, politika, uygulama ve denetiminden sorumlu birimlerin görev, yetki ve sorumluluklarını tanımlayan gerekli düzenlemelerin yapılması konuları vurgulanmıştır.

TÜBİTAK tarafından **Vizyon 2023** Teknoloji Öngörüsü Projesi kapsamında 2003 yılında yapılan Ulaştırma ve Turizm Panelinde ulaşımın, ülkelerin kalkınmışlık düzeyinin belirlenmesinde önemli bir gösterge olduğuna değinililerek, ulaştırma sektörünün planlanmasına ihtiyaç olduğu vurgulanmıştır. Ulaşım türünde aranması gereken özellikler ekonomi, hız, güvenlik, konfor olarak sıralanmış, çevreyi en az kirleten, mevcut enerji kaynaklarını kullanan, tüketilen enerjiyi minimize eden, bakım-onarım kolaylığı sağlayan ulaştırma türlerinin tercih edilmesi gerektiği de belirtilmiştir.

Motorlu taşıtlardan kaynaklanan hava kirliliğine yönelik tedbirlerin alınması amacıyla tüm illerimizde trafikte seyreden araçların egzoz gazı emisyonlarının ölçülmesi gerçekleştirilmektedir. Ölçüm sonuçları ilgili yönetmelikle belirlenen sınır değerlere uymayan araçların ise gereken tamir ve bakımlarının yaptırılarak sınır değerlere uygun emisyon üretmesi sağlanmaktadır. Motorlu taşıtlardan kaynaklanan hava kirliliğinin azaltılması için alınması gerekli diğer tedbirler de akaryakıt kalitesinin iyileştirilmesi ile ilgilidir. **Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği** gereğince, hava kirliliğinin çevre ve insan sağlığı üzerinde olabilecek zararlı etkilerini önlemek veya azaltmak için hava kalitesi değerlendirme ve yönetim sisteminin oluşturularak hava kalitesi hedeflerini sağlamak amacıyla hazırlanacak olan Temiz Hava Eylem Planlarının, Türkiye'nin 7 bölgesi için oluşturularak, iller bazında ve bölgesel olarak; coğrafi konum, topoğrafya, iklim, bitki örtüsü, nüfus ve yerleşim, endüstriyel gelişim bilgileri ile birlikte, hava kalitesi, yakıt ve doğalgaz kullanım durumu, motorlu taşıtlar, bölgenin hava kalitesi açısından öncelikli sorunları, bölgede hava kalitesinin iyileştirilmesine yönelik çalışmalara yer verilmesi öngörülmektedir.

09/06/2008 tarih ve 26901 sayılı Resmi Gazetede yayımlan "**Ulaşımında Enerji Verimliliğinin Artırılmasına İlişkin Usul Ve Esaslar Hakkında Yönetmelik**"inde, ulaşımında enerji verimliliğinin artırılması amacıyla; motorlu araçların birim yakıt tüketimlerinin düşürülmesine, araçlarda verimlilik standartlarının yükseltilmesine, toplu taşımacılığın yaygınlaştırılmasına, trafik akımının arttırılmasına yönelik sistemlerin kurulmasına ilişkin usul ve esaslar belirtilmiştir. Söz konusu Yönetmelikte; ulaşım ve çevre ilişkisine yönelik; taksit, otopark uygulamalarına yönelik geliştirilen tedbirlerin yanı sıra, tüketicinin binek otomobillerinin CO2 emisyonu ve yakıt ekonomisi konusunda bilgilendirilmesi ve sürücülerin de ekonomik sürüş tekniği ve çevre

konularında bilgilendirilmesine yönelik tedbirlere yer verilerek, akaryakıt tüketiminin izlenmesine ilişkin yöntem tarifi yapılmıştır.

Yönetmelik ile kentsel ulaşım planları; “kent, mekansal, demografik, topografik, işlevsel, toplumsal, iktisadi özellikleri ve ihtiyaçlarına göre ulaşım talebini en azda tutan, sürdürülebilir gelişmeyi sağlayan, kentin üst ve alt ölçekli planları ile eşgüdümlü olarak hazırlanan ulaşım planları” olarak tanımlanmış; trafik yönetiminin yanı sıra, seyahat talep yönetimi, modlararası taşımacılık sistemi, sinyalizasyon sistemleri ve yeşil dalga sistemi tanımları yapılmıştır. Anılan Yönetmelik ile: a) Yerleşim planlamasında ve kentsel dönüşüm projelerinde motorlu taşıtların şehir girişinde park edilebilmesi için otopark kurulmasını sağlamak, bu otoparklara park eden sürücülerin otoparktan şehir merkezine gidiş ve dönüş güzergâhlarında hizmet veren toplu taşıma araçlarından yararlanmasını için yöntem geliştirmek, b) Kent merkezlerinde araç kullanımını azaltıcı uygulamalar yapmak ve c) Toplu taşıma araç duraklarında modlararası taşımacılık sisteminin oluşturulmasına öncelik vermek, belediyelerin görevleri olarak tanımlanmıştır.

Kentsel alanlarda ulaşımın sürdürülebilir kılınmasında yetkili idarelerin yerel otoriteler olduğu göz önüne alındığında, tüm belediyelerin yapmış oldukları yerleşme planlarında, 3194 sayılı İmar Kanununun Plan Yapımına Ait Esaslara Dair Yönetmelik gereğince ulaşım etütleri yapılmak zorundadır. İller Bankası'nın İmar Planlarının düzenlenmesi ile ilgili Teknik Şartlaşması'nda ise; kentsel mekanın özellikleri ve alan kullanımının bugünkü karakteristiklerinden çıkılarak, plan dönemi için tahmin edilen ulaşım talebine göre ulaşım sistemi, ulaşım ağı, standart ve kapasiteleri, yayalaştırma, geometrik düzenlemeler ve trafik yönetimi konularına değinilmiş, ulaşım planlarının yerleşmenin fiziksel plan kademeleriyle karşılıklı etkileşim durumunda ve bunlarla bütünleşmiş olarak birlikte ele alınacağı belirtilmiştir.

Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından “**Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği**”nin amacı ise; çevresel gürültüye maruz kalınması sonucu kişilerin huzur ve sükûnunun, beden ve ruh sağlığının bozulmaması için gerekli tedbirlerin alınmasını sağlamaktır. Söz konusu yönetmelik gereğince stratejik gürültü haritaları hazırlanmalıdır. Hazırlanan gürültü haritalarına bağlı olarak gürültüyü önlemeye ve azaltmaya yönelik önlemler; Kaynak ile alıcı arasında alınabilecek önlemler; Alıcılarda/binalarda alınabilecek önlemler; İşletmede altyapı ve organizasyonun değiştirilmesi olarak sınıflandırılmış, bu önlemlerin;

- ✓ Şehir Planlamasına İlişkin Önlemler,
- ✓ Trafik Planlamasına ve Düzenlenmesine Yönelik Önlemler;
- ✓ Ses Dağılımını Azaltacak Yapısal önlemler; (Yol Ve Binalarda Alınacak Teknik Önlemler)
- ✓ Toplu Taşıma Araçlarının Teşvik Edilmesine Yönelik Önlemler; (Toplu Taşıma Ağına Genişletilmesi, Konforlu Ve Hızlı Hizmetin Sunulması)
- ✓ Halkla İlişkiler, Kamuoyunun Bilgilendirilmesi kapsamında gerçekleştirilmesi öngörülmüştür.

Çevre ve Orman Bakanlığı'nın merkez ve taşra birimlerinin görüş ve önerileri ile oluşturulan 2005-2006 dönemine ait **Türkiye Çevre Sorunları ve Öncelikleri Envanteri Değerlendirme Raporu** incelenerek yeniden değerlendirildiğinde; 16 ilde (Tablo 1) hem hava ve hem de gürültü kirliliğinin ilk üç sırada sorun olarak belirtiltiği, sadece 3 ilde ise hem hava ve hem de gürültü kirliliğinin sorun olarak

belirtilmediği görülmektedir. 3 ilde trafik, hava kirliliğine neden olan kaynaklar arasında sıralanmış, hava kirliliğinin giderilmesinde karşılaşılan güçlükler arasında da, trafikte seyreden araçların düşük model olması güçlüğü sadece Gaziantep ilinde belirtilmiştir. Diğer illerde ise, trafik ve hava kirliliği arasındaki ilişkiden hiç söz edilmemektedir. Diğer yandan, hava kirliliğinin önlenmesi amacı ile alınan tedbirler arasında, motorlu taşıtları egzoz gazı ölçümlerinin 75 ilde önlem yöntemi olarak ele alındığı, bu önlemin ise alınan diğer önlemler arasında ikinci en yüksek sıralama içinde olması çarpıcı bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır.

Tablo 1 Türkiye’de Hava ve Gürültü Kirliliğinin Sorun Olduğu İller.

Hava ve Gürültü Kirliliğinin 1. 2. ve 3. Öncelikli Sorun Olduğu İller	Hava ve Gürültü Kirliliğinin Sorun Olarak Belirtilmediği İller
AMASYA BARTIN BİLECİK BİNGÖL BURSA ÇANKIRI ÇORUM DENİZLİ DİYARBAKIR GAZİANTEP HATAY ISPARTA K.MARAŞ MARDİN MUĞLA ZONGULDAK	ARTVİN ORDU YALOVA

Aynı rapor incelendiğinde; 73 ilde kent içi ulaşımdan kaynaklanan trafik gürültüsü, 25 ilde kent dışı otopanlar ve çevre yolları, 26 ilde demiryolu ulaşımı, 14 ilde yerleşim yeri yakınındaki havaalanı, 5 ilde liman, boğaz ve nehir yolları, il merkezlerinde gürültü sorunu oluşturan kaynaklar olarak sıralanmıştır. Gürültü sorununu önlemek amacı ile; 20 ilde daha sakin alan oluşturmak amacıyla gürültü kaynaklarında alınan sınırlayıcı tedbirlerin alınması, 17 ilde trafik planlaması, yol düzeyinde değişiklik ve yol kenarında uygulanan bariyer sistemlerinin geliştirilmesi, Çorum, Erzurum, Gaziantep, Giresun ve Trabzon illerinde gürültü haritalarına bağlı olarak hazırlanan eylem planlarının, imar planları, çevre düzeni planları ve uygulama imar planlarında plan kararı olarak esas alınması tedbirinin uygulandığı tespit edilmiştir.

Sonuç

Ülkemizdeki yerel yönetimlerde, planlamada ve tasarımda genellikle karayolu ve özel araçla erişim temel ölçüt olarak alınmakta, kentsel raylı sistemlerden kentsel kullanımlara erişim tasarımda geri planda kalmaktadır. Kentsel ulaşımın tümüyle karayolu üzerinde gerçekleşmesi trafik yoğunluğunu arttırmakta, trafik sorununun çözümünde ise çağdaş ulaşım planlama yaklaşımları ve sürdürülebilir ulaşım stratejilerini içeren bir vizyon henüz yerel yönetimlerimizce hayata geçirilememektedir. Ulaşım planlaması ile bütünleşik arazi kullanımı ve mekânsal planlamasının yerel idareler ile merkezi idareler arasındaki kapsamlı bir işbirliği dâhilinde birlikte yürütülmediği, bunun için gerekli olan idari, hukuki ve teknik altyapının tam olarak oluşturulmadığı görülmektedir. Karayolu, havayolu, denizyolu ve demiryolu ulaşım

türlerinin ve raylı sistemler, toplu taşıma gibi ulaşım sistemlerinin; gerek yer seçiminde ve kullanım önceliğinde hatalar yapılması, gerekse arazi kullanım biçimi dikkate alınmadan yapılması ve arazi kullanım planları ile birlikte değerlendirilmemesi, ülkemizde ulaşımın bir çevre sorunu olarak karşımıza çıkmasına neden olmaktadır. Ulaşımın çevreye olan etkilerinin en aza indirilmesinde önemli bir faktör olan kamu ulaşımını teşvik edici mekânsal, finansal ve örgütsel yapının tam olarak oluşmadığı, toplu taşıma güçlendirici, raylı sistemleri teşvik edici, yaya ve bisiklet yolu gibi düzenlemelerin yaygın olmadığı, bütün bunlar yerine özellikle kent merkezlerinde otoyol, hız yolu ve zincirleme katlı kavşak düzenlemelerine devam edildiği görülmektedir. Bu doğrultuda aşağıda yer alan önerilere yer verilmektedir:

✓ Türkiye’de ulaşımdan kaynaklı çevre sorunlarının önlenmesi, çevrenin ve ulaşımın sürdürülebilir kılınması için; **ulusal-kentsel ulaşım stratejisi** oluşturulmalı ve **ulaşım planı** yapılmalıdır. Ulaşım önlem ve politikaları belirlenirken, her bölge için farklı önlemler üretilmeli, ülkenin coğrafyası, öz kaynakları, ekolojik değerleri, ulaşım alt yapı sistemleri ile uyum ve ekonomik kriterler dikkate alınmalı, arazi kullanım planları ile ulaşım planları eşgüdüm içinde yapılmalıdır. Ulaşım planı yapılırken **temiz ulaşım** ilkeleri benimsenmeli, ulaşım önlem ve politikaları kentin imar planı bir **bütün içinde** değerlendirilmeli, kent plancısının, trafik mühendisinin, ulaşım plancısının, çevre bilimcinin, ekonomist ve sosyoloğun ulaşım planlarına aktif katılımı sağlanmalıdır.

✓ Ülkemizde gerek kent içi gerekse kentler arasında, çevreye olan olumsuz etkileri en az olan, arazi kullanımı açısından da en verimli ulaşım türü olan **demiryolu ulaşım** türünün ülkemiz ulaşım politikalarında ve uygulamalarında öncelikli olarak tercih edilmesi gerekmektedir. Özellikle kent merkezlerinde otoyol, hız yolu ve zincirleme katlı kavşak düzenlemelerinden, mevcut yolların genişletilmesi, kavşaklarda mühendislik çözümleri gibi yöntemlerden vazgeçilmeli, **taşıta değil insana öncelik veren, yaya, bisiklet ve toplu taşıma öncelikli kılan çözümler ile toplu taşıma** (raylı sistemler-hafif/ağır raylı, tramvay vb-, lastik tekerlekli toplu taşıma-otobüs, minibüs vb-) **teşvik edilmelidir**. Kentsel alanlar motorlu araçların baskısı altından kurtarılmalı, çok amaçlı kamu mekânlarına motorlu taşıtların girişi kısıtlanmalıdır.

✓ Otopark sorunlarına çözüm getirilmeli, yol ve otopark ücretlendirmesi, elektronik yol yönlendirme, paylaşımlı yol düzenlemelerini içeren **trafik durultma tasarım önlemleri** kullanılmalı, ulaşım kaynaklı hava kirliliğini, gürültüyü, titreşimi, trafik yoğunluğunu, sıklıkını ve durma ve gecikmeyi en aza indirecek biçimde hızı ve binek taşıtı kullanımını azaltıcı önlemler alınmalıdır. Motorlu araçlarla seyahat edilen yol miktarının azaltılması sağlanmalıdır. Gürültüyü azaltmak için Çevreye yaydığı ve rahatsız edici boyutlara ulaşan **ses düzeyi ve sera gazı emisyon salımı yüksek olan** karayolu ulaşım sistemlerinin çevreye verdiği zararlar en aza indirilmelidir. Gürültü yaratan ulaşım türü sınırlandırılmalı, ulaşım ve arazi kullanımı ilişkisi iyi bir şekilde kurgulanmalı, ulaşımdan kaynaklanan gürültünün olduğu alanda yeşil alan düzenlemeleri, gürültü perdeleri gibi yöntemler kullanılmalı, **ulaşım ve arazi kullanımı ilişkisi** iyi bir şekilde kurgulanmalıdır.

✓ Ulaşımdan sorumlu idareler tarafından; ilgili Kanun ve Yönetmelikler çerçevesinde plan ve programların uygulanmasına özen gösterilmeli, ulaştırma-çevre-planlama ilişkisi göz önünde bulundurularak ilgili tüm **kamu kurum ve kuruluşları ile yerel yönetimlerin birbirleri ile ve kendi içinde yeni bir yönetim, organizasyon ve uygulama anlayışı** içinde ulaştırmanın yeniden ele alınması gerekmektedir. Her kent

için stratejik gürültü haritalarının tamamlanarak, ulaştırmaya ilişkin önlemler alınmalı, Ulaşımında Enerji Verimliliğinin Artırılmasına ilişkin Yönetmeliğin uygulanabilirliği artırılmalı, halk bilinçlendirilerek, ulaştırmanın kişiye, çevreye, sosyo-kültürel yapıya ve ekonomiye olan etkilerinin göz ardı edilmesi engellenmelidir.

✓ Çevrenin korunumunda önemli bir etken olan ulaştırma faaliyetleri, planlama çerçevesinde ele alınmalı, trafik yönetimine önem verilmeli ve **“Kullanan Öder”** prensibi uygulanmalı, çevre duyarlı teknolojilerin, temiz araç ve temiz enerjinin kullanılması ve üretiminin yaygınlaştırılması sağlanmalıdır. Kent içi ulaşımında **suyolu ulaşımının** cazip hale getirilmeli, nehirlerden mümkün olduğunca yararlanılmalı, mevsim şartlarına da uyum gösteren tekneler ve bunun gibi taşıma kapasitesi düşük deniz araçları ile çevrenin değerleri görsel ve işlevsel olarak zenginleştirilmelidir.

Kaynaklar

Avrupa Çevre Ajansı, EEA Technical Report, <http://www.eea.europa.eu>, 2007.

Çevre ve Orman Bakanlığı, (2008), Türkiye Çevre Sorunları ve Öncelikleri Envanteri Değerlendirme Raporu, Ankara.

Çevre ve Orman Bakanlığı, (2006), AB Entegre Çevre Uyum Stratejisi-UÇES, Ankara.

Elker, C., (1997), Ankara Kentiçi Ulaşımın Dünü, Bugünü ve Yarını, Ankara, 5-8.,

Kaplan, H., (1996), Kentsel Ulaşım Planlaması-1, Ulaşım Planlaması Ders Notları Kitabı 7. konu: Trafik Kompozisyonu; Şehir Yüzeyi-Ulaşım Türleri İlişkisi, Gazi Üniversitesi, Mühendislik -Mimarlık Fakültesi , Ankara.

Torode, R., (2003), A Vision of Sustainable Transport, Workshop on Sustainable and Healthy Urban Transport and Planning, Kıbrıs, <http://www.thepep.org/en/workplan/urban/documents/UITP.pdf>, 2005.

TUBİTAK, Vizyon 2023 Teknoloji Öngörüsü Projesi, http://vizyon2023.tubitak.gov.tr/teknolojiongorusu/paneller/ulastirmaveturizm/raporlar/utp_son_surum.pdf, 2005.

Türkiye Ulusal Programı, http://netbul.com/superstar/ozeldosyalar/siyaset/Avrupa_birli1i/ulusal.asp, 2004.

Orer, M., Ulaştırmada Yeni Eğilimler ve Türkiye, <http://www.e-aso.org.tr/html/TUR/asomedia/temmuz2003/buyutectemuz2003.html>, 2005.

Yüzyıl Ulaştırma ve Haberleşme Politikaları, <http://www.ubak.gov.tr/tr/sura/21yuzuil/politka.html>, 2005.

Zeydan, Ö., Yıldırım, Y., (2007), I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, Küresel Isınmada Etken Olan Hava Kirleticileri ve Ülkemiz Emisyonları, TİKDEK 11 - 13 Nisan 2007, İTÜ, İstanbul, http://www.tikdek.itu.edu.tr/bildiriler/ozgur_zeydan.pdf,

İstanbul 2007 Ulaşım Ana Planı Çalışma Süreci ve Edinilen Deneyimler

Doç. Dr. H. Murat Çelik*

İYTE Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Urla İzmir 35437

232-7507030

muratcelik@iyte.edu.tr

Öz

İstanbul'da daha önce 1987 ve 1997 yıllarında olmak üzere iki ulaşım ana planı yapılmıştır. Buna göre yakın zamanda tamamlanan ulaşım ana planı İstanbul'un üçüncü ana planıdır. Bu planın çalışmalarında 2005 yılı sonunda başlanmış ve üç yıl sürmüştür. Çalışmanın birinci etabı İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından oluşturulmuş planlama ekibi tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu ekip yaklaşık 1 yıllık bir süre içinde, 90,000 haneyi kapsayan bir hanehalkı araştırması başta olmak üzere, ulaştırma talep modelinin ihtiyaç duyacağı verilerin hazırlanması ve talep modelinin ilk kalibrasyonunu gerçekleştirmiştir. Çalışmanın ikinci etabı ise, JICA (Japon Uluslar arası İş Birliği Teşkilatı) tarafından görevlendirilmiş bir ekip ile İBB ulaşım planlama ekibinin ortak çalışması olarak tamamlanmıştır.

Çalışma sürecinin nasıl başladığı, çalışma süresince karşılaşılan güçlükler, bu sorunlara üretilen çözümler, talep modelinin geliştirme yöntemi ve süreci, planlama kararlarının nasıl alındığı bu bildirinin içeriğini oluşturmaktadır. Bu süreçte kazanılmış deneyimlerin kaybolmaması ve daha sonraki benzer çalışmalarda meslek pratiğinde kullanılması temel amaçtır.

Anahtar Sözcükler: Ulaşım Planlaması, İstanbul Ulaşımı, Ulaşım Talep Modellemesi, Ulaşım Araştırmaları, Hanehalkı Ulaşım Araştırması

I. Giriş

İstanbul'un ilk ulaştırma ana planı 1987, ikincisi ise 1997 tamamlanmıştır. Bu çalışmalara öncülük eden ilk çalışma, 1985 yılında yapılan ve bugün Marmaray olarak adlandırılan boğaz tüp geçişinin fizibilite çalışmasıdır. Bu çalışma da dâhil edildiğinde İstanbul'da şimdiye değin 3 geniş kapsamlı ulaşım etüdü yapılmıştır. Bu çalışmalardan ilk ikisi müşavir firmalar, 1997 yılı ulaştırma ana planı ise İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi tarafından yapılmıştır. Bu çalışmalar, ülkemizde ulaştırma araştırmaları ve istatistikleri periyodik olarak yapılmadığından, ihtiyaç duydukları veriyi kendileri temin etmek durumunda kalmışlar ve bu amaçla anket ve sayımlar yapmışlardır. Aynı durum 2007 yılı ulaştırma ana planı için de geçerli olmuştur ve tıpkı kendisinden önceki çalışmalar

* İstanbul 2007 Ulaşım Ana Planı çalışması Proje Yöneticisi.

gibi çalışmanın mali, zaman ve personel bütçesinin ağırlıklı kısmı bu anket ve sayımlar için harcanmıştır.

Tablo 1. Ulaşım Etütleri Özet Bilgileri

	1985	1987	1997	2007
Çalışma Alanı (ha)	97.673	86.962	154.733	539.000
Analiz Bölge Sayısı	97	108	209	451
Çalışma Alanı Nüfusu	5.784.000	5.760.000	9.057.747	12.007.000
Çalışma Alanı İstihdamı	1.917.000	2.035.000	2.532.000	3.957.000
Hane Anketi Sayısı	1.200	2.400	11.795	72.000/90.000
Anketlenen Kişi Sayısı	4.780	9.460	37.850	263.770
Örneklem Oranı (%)	0,08	0,16	0,42	2,2
Otomobil Sayısı	297.700	375.200	889.340	1.522.520
Oto Sahipliği (1.000 kişiye)	51	71	76	111
Araçlı Yolculuk Oranı (1	0,69	0,87	1,00	0,88
Yolculuk Oranı (1 kişiye)	1,03	1,44	1,54	1,75
Ortalama Yolculuk Süresi	46,0	52,8	41,0	48,8
Ev-Bazlı İş	48,5	55,6	43,0	51,2
Ev-Bazlı Okul	46,3	50,9	37,4	43,6
Ev-Bazlı Diğer	43,4	51,2	42,0	48,1
Ev Bazlı Olmayan	36,7	44,6	34,0	44,9
Özel Oto Kullanımı (%)	32,5	30,0	40,0	29,0
Toplu Taşıma Kullanımı (%)	67,5	70,0	60,0	71,0

Çalışma alanı ve nüfus tablo 1’den de izlenebileceği üzere, sürekli artmıştır. 2007 yılı planı, son çıkarılan 5216 sayılı kanun uyarınca İl sınırlarını ve ilave olarak da Gebze’nin kentsel alanını oluşturan mahalleleri çalışma alanına dâhil edilmiştir. 2007 yılı ulaşım ana planı, en geniş coğrafik alana ve en yüksek nüfusa sahip olan çalışmadır ve şimdiye değin yapılmış en yüksek örneklemlenmiş hanehalkı araştırmasına sahiptir. 2007 yılı çalışmasının bir başka önemli farkı, İstanbul Büyükşehir Belediyesi’ne ulaştırma ana planı hazırlama deneyimine sahip bir çalışma grubu hazırlanmış olmasıdır. Bu amaçla, İstanbul Büyükşehir Belediyesi iştiraki olan BİMTAŞ bünyesinde ve 2005 yılında oluşturulan İstanbul Metropolitan Planlama Merkezi çatısı altında yaklaşık 20 teknik personelden oluşan bir Ulaşım Planlama Çalışma Grubu oluşturulmuş ve bu grup tüm çalışma sürecine aktif olarak katılmıştır. Bu grup kazandığı deneyimle halen Büyükşehir Belediyesi’ndeki görevlerine devam etmekte olup, bundan sonraki tüm ulaştırma planlaması çalışmalarını yürütecek durumdadır.

Bu çalışmanın başlangıcında karar verilmesi gereken konuların başında, ne tip bir modelleme yapılması gerektiği idi. Bu konuda iki ana alternatif söz konusudur: Klasik

dört aşamalı modelleme ya da aktivite bazlı modelleme. Kentsel ulaşım planlamasında aktivite ya da tur bazlı modellemeler son yıllarda giderek geliştirilen yeni yaklaşımlardır. Bu tip modeller, kentte yapılan toplam yolculukların agregave davranışlarından çok, bireyler tarafından belirli bir periyot içinde (hafta, ay veya mevsimlik) yapılan (ev içi dahil) aktivitelerin analizine yoğunlaşır. Bu şekilde, kullanıcı davranışlarını etkileyen faktörlerin belirlenmesi yoluyla talebin yönlendirilmesi ve yönetimini sağlayacak etkin ulaşım politikalarının geliştirilebileceği varsayılır. Bu açıdan bu tip modeller, makro modelleme yaklaşımından çok mikro (simülasyon) modellemeye yaklaşır. Bu yaklaşımın nihai hedefi davranışsal özellikleri olan, toplam ulaşım talebini dahili olarak belirleyebilen bir trafik simülatörünü, yeni bir planlama aracı olarak geliştirmektir (Detaylar için Bertoloni ve diğerleri, 2008; ve Kitamura ve Diğerleri, 1997 ye bakınız).

Ancak bu tür modellerin, özellikle ülkemiz koşulları düşünüldüğünde, henüz oldukça sorunlu olacaklarını söylemek birkaç nedenden ötürü mümkündür. Öncelikle tüm gelişmelere karşın bu türden modeller, standartlaştırılmış bir planlama yaklaşımı sunabilmekten hala uzaktır. Sunabilme özelliği kazandırılmış ve bilgisayar programına¹ dönüştürülebilmiş olanlar da, her türden aktivitenin kentin neresinde ve ne kapasitede yapılabileceğinin bilinmesi gibi olağanüstü miktarda mekânsal veriye ihtiyaç duyabilmektedir. Öte yandan, aynı miktarda detaylı bilgi, kullanıcıların aktivite desenleri hakkında da gereklidir. Bu durum, her ülkede yaşanılmakta olan, ulaşım planlaması harcamalarında azalan/azaltılan bütçeler gerçeği ile açık bir çelişki yaratmaktadır. Küresel ölçekte yerel yönetimler giderek daha az harcama ile modelleme yapmaya yolları ararken, daha pahalı olabilecek yeni yaklaşımlar geliştirmek akademik olarak tutarlı olsa da, realiteyle sorunlu bir durum yaratmaktadır. O nedenle, İstanbul 2007 Ulaştırma Ana Planı için yine 4 aşamalı klasik talep modellemesi yaklaşımı tercih edilmiştir.

Çalışma iki ana etap halinde tamamlanmıştır. Birinci etapta klasik 4 aşamalı ulaşım talep modeli kurulabilmesi için gerekli veriler ya çalışma grubunca ya da dış alım yoluyla temin edilmiş ve talep modelinin kalibrasyonu çalışma grubunca yapılmıştır. Birinci etap çalışmaları 2005 yazında başlayıp, 2007 yılı Ağustos ayında tamamlanmıştır. İkinci etap çalışmalar 2007 yılı Ağustos ayında Japon Uluslar arası İşbirliği Teşkilatı'nca (JICA) tarafından görevlendirilen ulaşım planlama uzmanlarının çalışma ekibimize katılmasıyla birlikte başlayarak, 2008 yılı Ekim ayında tamamlanmıştır. Bu süreçte yine ulaşım grubumuz, Japon teknisyenlerle aktif olarak çalışmış, tüm çalışma Büyükşehir Belediyesi Danışman Akademisyenlerince haftalık toplantılarla yönlendirilmiştir. Çalışmanın bu aşamasında ise, model kalibrasyonu gözden geçirilerek revize edilmiş ve ulaşım ana planı tamamlanmıştır.

Çalışmanın birinci etabında toplanan veriler şunlardır: (i) Trafik Analiz Zonlarının Oluşturulması, (ii) Hanehalkı Ulaşım ve Yolculuk Araştırması, (ii) Kordon ve Perde Sayımları, (iii) Dış İstasyon Anketleri, (iv) Hız ve Gecikme Etütleri, (v) Karayolu Şebekesi Tesisi ve Verileri ve (vi) Toplu Taşıma Şebekesi Tesisi ve Verileridir. Bu verilerin toplanmasının ardından, ulaşım ana planına ve sonrasında düşünülen yatırım ve ulaşım politikalarının oluşturulmasına temel oluşturacak ulaşım talep modeli kalibre edilmiştir. Çok önemli olmasına karşın yük ve kamyon hareketi araştırmaları, işyeri

¹ Visum ve Vissim Programları (www.ptvag.com erişim tarihi 03/03/2009)

yolculuk üretim ve çekim araştırmaları, otel ve konaklama tesisleri araştırmaları ve taksi araştırmaları gibi araştırmalar, zaman, bütçe ve personel olanaklarındaki kısıtlar nedeniyle gerçekleştirilememiştir. Ancak, bu araştırmaların önemli bir kısmı şu günlerde yine Ulaşım Planlama Grubu tarafından gerçekleştirilmektedir. Talep modelinin de gelen bu yeni datalar paralelinde güncellenmesi yapılacaktır.

Bu bildirinın amacı, 2007 yılı ulaşım planlama sürecini, çalışma yöntemlerini ve edinilen deneyimleri daha sonraki benzer çalışmalarda kullanılmak üzere aktarmaktır. şüphesiz ki tamamı yaklaşık 3 yıl sürmüş bir çalışmanın tamamını detaylı bir şekilde kısıtlı sayfalarda ve zaman süresinde aktarmak mümkün değildir. O nedenle, bildirimizde ağırlık hanehalkı araştırması ve modelleme yaklaşımına verilecektir. Bunun dışındaki konularda detaylı bilgi, İ.B.B Ulaşım Daire Başkanlığı, Ulaşım Planlama Grubunca yazılan “2007 yılı Ulaşım Ana Planı Çalışması Model Kalibrasyon Raporu”ndan temin edilebilir.

II. 2006 Ulaşım Ana Planı Hanehalkı Araştırması (OD HH 2006)

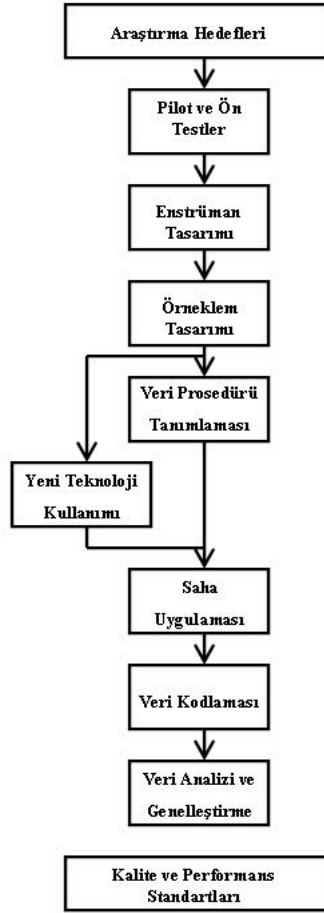
İstanbul’da daha önce benzer nitelikte üç ulaşım etüdü ve üç hanehalkı araştırması yapılmış olmasına karşın, düzenli bir arşivleme yapılmamasından ötürü, bu çalışmaların ne datalarına, ne de açıklayıcı dokümanlarına ulaşmak tüm çabalarımıza rağmen mümkün olamamıştır. Yeni ve görece büyük bir örnekleme sahip bu çalışmanın da kaybolmaması için çaba harcanmıştır. Çalışma yöntemini ve bulgularını içeren bir kitap İ.B.B Ulaşım Dairesi’nce (2008) bastırılmış, tüm veri standart formatlarda (Ms Access ve S.P.S.S) elektronik ortama aktarılmış, tüm anket formları kâğıt kopyalarına ilave olarak, taranarak elektronik ortama aktarılmış ve arşivlenmiştir. Tüm bunlar, kamuoyu ile paylaşılabilmektedir.

Son tahlilde, ulaşım talep modelleri, istatistikî veriye dayanarak hazırlanmaktadır. Bu nedenle, üretilen modellerin geçerliliği ancak ve ancak modellerin dayandırıldığı istatistik verisinin cariliği varsa sağlanabilecektir. Ancak üzücüdür ki, genelde sosyal araştırmalar özelde de ulaştırma araştırmaları ölkemizde, ikincil ve önemsiz bir iş gibi görölerek, örnekleme teorisinin temel kurallarına çok da dikkat edilmeden yapıma eğilimindedir. Bu çalışmada örnekleme teorisinin (Kish, 1965) ve ulaştırma araştırmaları (Richardson ve Diğerleri, 1995, Cambridge Systematics, 1994; Stopher & Jones, 2003) deneyimlerinden edinilen kurallara uymak için önemli bir çaba sarf edilmiştir. Bu anlamda, şekil 1 de Stopher ve Jones (2003) tarafından önerilen ulaştırma araştırmalarında kalite çerçevesine adımları dikkatle izlenmiştir.

Çalışma başlangıcında, karar verilmesi gereken ilk konu, örnekleme büyüklüğü olmuştur. Küçük örneklemlerle model kurmak mümkün olabilse de (Smith, 1978), genellikle 1.000.000 ve üstü kentlerde önerilen örnekleme büyüklüğü, % 4 olarak önerilmektedir (Ortuzar ve Willumsen, 2003; Cambridge Systematics, 1996). Bu oran yaklaşık 3,5 milyon hanenin bulunduğu metropoliten alanda yaklaşık 120.000 hanehalkı anketi gerektirmekteydi. Bu sayıdaki bir araştırmanın gerektirdiği zaman ve mali kaynak planlamış bütçe olanaklarını aşmaktaydı. Anketlerin 2007 Ağustos’una kadar bitirilmesi gerekmektedir. Çünkü JICA ve İ.B.B. arasında yapılan anlaşma gereği, tüm ulaşım araştırmalarının ve model kalibrasyonu İ.B.B. tarafından JICA ekibinin gelmesinden önce tamamlanmalıydı. Öte yandan, ulaşım talep modelinin gerektirdiği verinin temin edilmesinden başka, İstanbul Ulaşım Bilgi Sistemine temel teşkil edecek mahalle bazlı coğrafik bir veri setinin oluşturulması arzulanmaktaydı. Bu nedenle mevcut bütçe

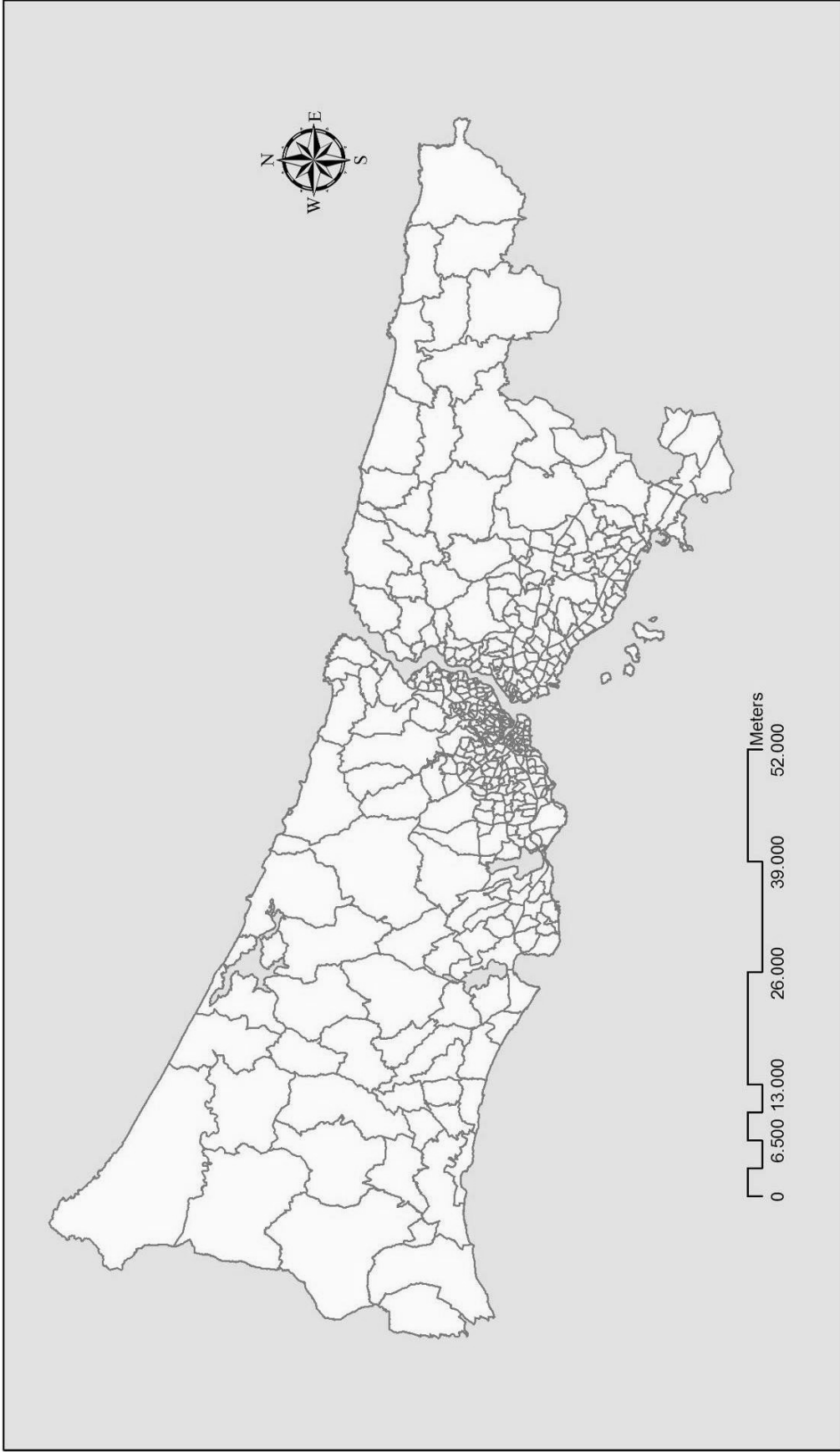
koşulları altında mümkün olan en geniş örneklemin gerçekleştirilmesi konusunda, İ.B.B. Ulaşım Daire Başkanlığı da isteklilik göstermiştir. Bu şekilde % 2,5 örnekleme 90.000 hanehalkı anketi yapılması kararlaştırılmıştır.

Şekil 1. Araştırma Kalitesi Değerlendirme Çerçevesi



Kaynak: Stopher ve Jones, 2003, s.5.

Toplam anket sayısı, her mahalleye nüfus büyüklükleri oranında dağıtılmıştır. Ancak, mahalle nüfusu düşük olan yerlerde, en az 10 hanede anket yapılmıştır. Anketlerin mahalle bazlı yapılması, gerek mevcut istatistikî verilerle koordinasyonu sağlamak, gerek de bu araştırmada üretilecek verilerin daha sonra başka alanlarda da kullanabilmek adına özellikle tercih edilmiştir. Gebze kentsel alanı dahil olmak üzere, çalışma alanındaki mahalle sayısı 980 civarındadır ve bu mahalle sınırları baz alınarak tesis edilen Trafik Analiz Zon sayısı da 451 dir. Merkezi bölgelerde mahalle nüfuslarının büyüklüğü nedeniyle her bir mahalle tek zon olarak alınmış, kenarlara doğru gidildikçe nüfuslarına bağlı olarak iki ya da daha çok mahalle birleştirilerek zonlar oluşturulmuştur. Meslek pratiğinde, zonların günlük 10.000 den fazla trafik yüklemesi yapmaması tercih edilmesine karşın, (mahalle altı mekansal bölünmelerde veri bulabilmenin mümkün olmaması nedeniyle), zaman zaman zon nüfuslarımız ve trafik yüklemelerimiz kaçınılmaz olarak 100-150.000 ulaşabilmiştir. Trafik Analiz Zonlarımız şekil 2 de sunulmaktadır.



Şekil 2. İstanbul 2007 Ulaştırma Ana Planı Trafik Analiz Bölgeleri

Çalışma amaç, beklenti ve örneklem büyüklüğü tespitini takiben, soru kâğıdı tasarlanmıştır. Anket yönetimini ve soru kâğıdındaki potansiyel sorunları belirlemek üzere 1,500 örneklemlili bir pilot çalışma yapılmıştır. Soru kâğıdı birey bilgileri, hane bilgileri, hanenin sahip olduğu araç bilgileri, yaşanan toplu taşıma sorunları ve bireylerin son 24 saatte yapmış oldukları tüm yolculukların bilgileri olmak üzere toplam 5 bölümden oluşmuştur. Hane halkı bireylerinin yolculuklarının tümünü alan anket, ‘tam anket’, hane halkı bireylerinin % 60 nın yolculuk bilgilerini alan anket ‘eksik ama geçerli anket’, hane halkı bireylerinin % 60 dan azının yolculuk bilgilerini alan anket ‘eksik anket’, yolculuk bilgileri alınamamış, evde yok ve görüşmenin ret edildiği anketler ise ‘geçersiz anket’ olarak sınıflandırılmıştır. Yolcuğun tanımı, “Başlangıcından itibaren 15 dakika içerisinde başladığı yere dönmeyen veya 15 dakikadan az bile olsa motorlu araç kullanan tüm hareketler” olarak yapılmış ve bu hareketlerin hepsinin anket formlarına kaydedilmesi istenmiştir. Yine pilot çalışma sırasında her biri 300 örneklemlili olmak üzere 5 ayrı anket yöntemi sınanmıştır:

1. Yüz yüze anket: Anketörün gündüzden alınmış bir randevu sonrasında saat 18:00’den sonra haneye giderek, tüm bilgileri aldığı yöntemdir.
2. Takipli yüz yüze anket: Anketörün haneye giderek, birey ve hane bilgilerini aldığı, yolculuk bilgisi formlarını ise bireyler tarafından doldurulmak üzere bırakarak ertesi gün hanelerden topladığı yöntemdir.
3. Telefon takipli yüz yüze anket: Anketörün haneye giderek, birey ve hane bilgilerini aldığı, yolculuk bilgilerinin ise temin edilmiş telefon numaralarının ertesi gün aranarak alındığı anket yöntemidir.
4. Telefonda anket (CATI: Computer Assisted Telephone Interview): Hanelerin telefonla aranarak tüm bilgilerin bir defada alınmaya çalışıldığı anket yöntemidir.
5. Telefonda takipli anket: Esas itibariyle telefonda anket olup, bir ön arama ile hane halkı bilgilendirilmiş ve takip eden telefonlarla tüm veriler toplanmaya çalışılmıştır.

Pilot çalışma sonrasında en yüksek cevaplama oranının yüz yüze anketle sağlandığı anlaşılmış, ana çalışmada da ‘yüz yüze anket’ tekniği’nin kullanılmasına karar verilmiştir. Pilot çalışmada soru kâğıdına yönelik sorunlar da belirlenerek giderilmiştir. Finalize edilen soru kâğıdından sonra örneklem tasarımı yapılmış ve araştırma enstrümanları hazırlanmıştır. Bu enstrümanlar şunlardan oluşmuştur:

1. Toplu taşıma araçlarına, duraklara ve istasyonlarına asılmak üzere, araştırmanın ‘tanıtım afişleri’
2. Büyükşehir Belediye Başkanı’nın imzasını taşıyan ve ankete katılımı rica eden mektubunun olduğu ve haneye bırakılacak ‘broşürler’.
3. Anketin nasıl icra edilmesini anlatan ‘görüşmeci (anketör) el kitabı’.
4. Her bir kümede yapılan anket statülerinin izleneceği ‘temel takip formu’.
5. Proje koordinatörlerinin kullanacağı ‘günlük iş takip formu’.
6. Ekip başkanları ve saha koordinatörünün kullanacağı ‘anket teslim formu’.
7. Telefon kontrol formu.
8. Edit ve hata takip formu.
9. Veri giriş programı
10. Veri girişi hata takip formu
11. Görüşmeci kimlik kartı
12. Birincil örnekler birimlerinin adresleri ve (küme başlangıç noktaları) işaretlendiği harita ve/veya uydu görüntüleri

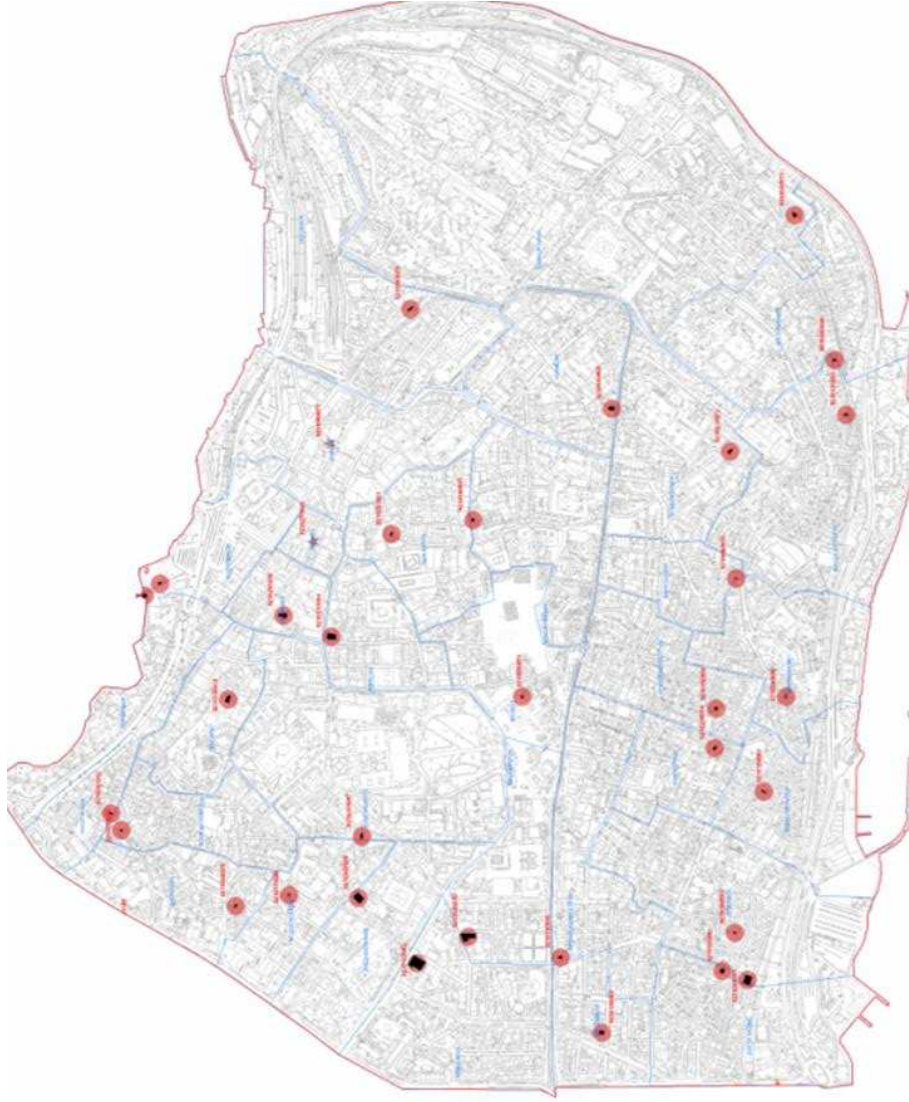
13. Yolculuk orjin ve detinasyonlarını belirlemek üzere elektronik kent rehberi
14. Rastgele sayılar tablosu
15. (ikincil örneklem birimi olarak hanelerin listeleneceği) Kümelerdeki haneleri listeleme formu
16. Kontrolör takip formu

İdeal koşullar altında, örneklemdaki 90.000 hanenin tamamının tesadüfi örnekleme belirlenmiş olması tercih edilecekti. Ancak, bunun için gerekli örneklem çerçevesini (örneğin çekileceği ve tüm hanelerin kayıtlı olduğu) bulmak mümkün değildi. O nedenle, iki aşamalı tesadüfi küme örnekleme, örneklem yöntemi olarak seçilmiştir. Buna göre, her birinde en fazla 30 hanede anketin yapılacağı yaklaşık 4.000 birincil örneklem birimi (BÖB, küme başlangıç noktası) tesadüfi olarak çekilmiştir. Bunun için 3030 sayılı yasada tarif edilmiş Büyükşehir alanında İstanbul Büyükşehir Belediyesinin 1999 yılında hazırlattığı ve tüm hanelerin kayıtlı olduğu topoloji veritabanı örneklem çerçevesi olarak kabul edilmiş, Gebze'deki başlangıç noktaları için Kocaeli Su ve Kanalizasyon İdaresi verileri, diğer alanlarda ise muhtarlık kayıt fişleri tesadüfi çekişler için kullanılmıştır. Ancak, muhtarlık kayıt fişleri kullanılacak alanlardaki BÖB, önceden haritalara işlenilemediğinden yüklenici firmalar tarafından belirlenmiş, tarafımızdan kontrol edilerek kesinleşmiştir. Bu BÖB noktalarından başlanarak yürüyüş kuralı ile (içinde yaşanan) 90 geçerli hane kayıt altına alınmış, 'rastgele sayılar' tablosundan çekilen bir rakamla bu 90 haneden 30'u sistematik olarak belirlenmiştir. Yüklenici tarafından tespit edilmiş bu 90 hanelik küme ve anket yapılacak hane listesi tarafımıza çalışma başlangıcında teslim edilmiş, kontrolleri yapılan bu listeler bir daha değiştirilmemek ve kesinlikle ikame yapılmamak üzere onaylanmıştır. BÖB lerin harita üzerinde gösterimi şekil 3 de, tüm BÖB lerin İstanbul geneline dağılımı da şekil 4 de sunulmaktadır.

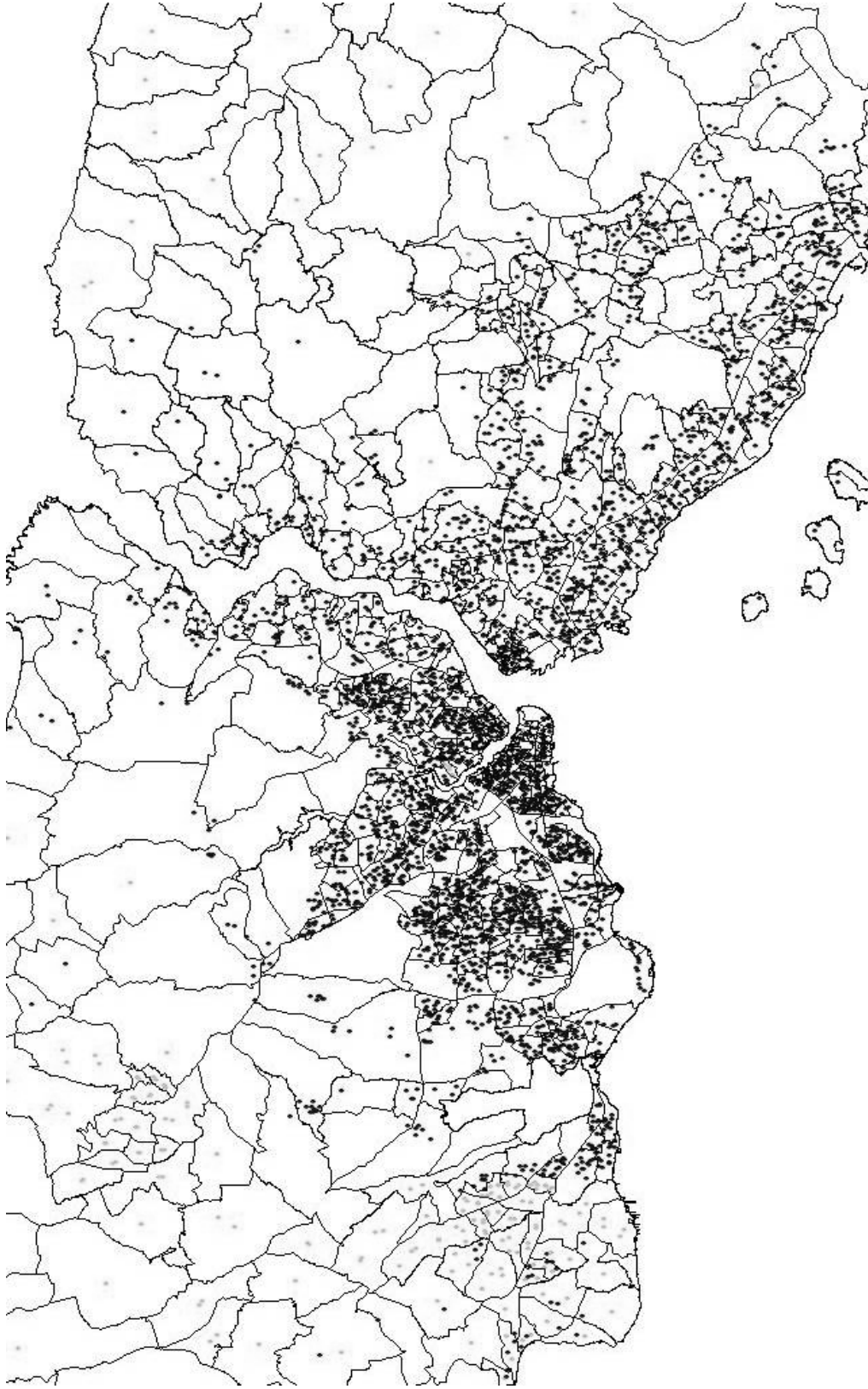
Çalışma 45.000'lik iki etap olarak ihale edilmiştir. Her ikisinde de bir yükleniciye en fazla 9.000 hane verilmiştir. Her iki etapta da yapılan ihale sonucu aynı 5 firma (farklı ilçelerde) 33 ilçede çalışmıştır. Birinci etabın saha uygulaması Mart-Haziran 2006, ikinci etabın saha uygulaması ise Ekim 2006 – Şubat 2007 tarihlerinde gerçekleştirilmiştir.

Sosyal araştırmalarda örneklem dışı hatanın (non-sampling error) en önemli nedenlerinden birisi ikame yapılmasıdır. Zira retlerin sistematik ortaya çıkması dataya mutlaka bir yanlılık (bias) katacaktır. Ülkemizdeki sosyal araştırmalarda üst gelir grubunda cevapsızlık oranlarının daha yüksek olduğu bilinmektedir. Ulaşım davranışlarının gelir gruplarına göre önemli değişiklikler gösterdiği de bilinen bir gerçektir. O nedenle, yapılan ikamelerin sistematik olarak üst gelir grubu verilerinin, alt gelir grubu verileriyle değiştirileceği anlamına gelecektir. Pilot çalışma sırasında, doğrudan retlerin yaklaşık tüm anket teknikleri toplamında % 12 civarında olduğu anlaşılmıştır. Doğrudan retlerin dışında bir miktar da eksik anket olabileceği varsayılarak, firmalara ilçe bazında en az % 80 ikamesiz cevap oranına ulaşılması koşul olarak sunulmuş, kasten yapılmış ikamelerin sözleşme feshi ile sonuçlanacağı bildirilmiştir. Ayrıca, eksik ama geçerli anket oranlarının tüm geçerli anket içinde % 20'den fazla olamayacaktır.

Araştırmanın organizasyonu şekil 5'te sunulmaktadır. Bir anketör takımı 1 bay, 1 bayan elemandan oluşturulmuştur ve her anketör ekibi 3 takımdan oluşmuş ve bir ekip başkanına bağlıdır. Ekip başkanları, ikincil örneklem birimleri listesini belirlemek, anketörleri anket yapılacak hanelere göndermek, üslup ve uygunluklarını kontrol etmek,



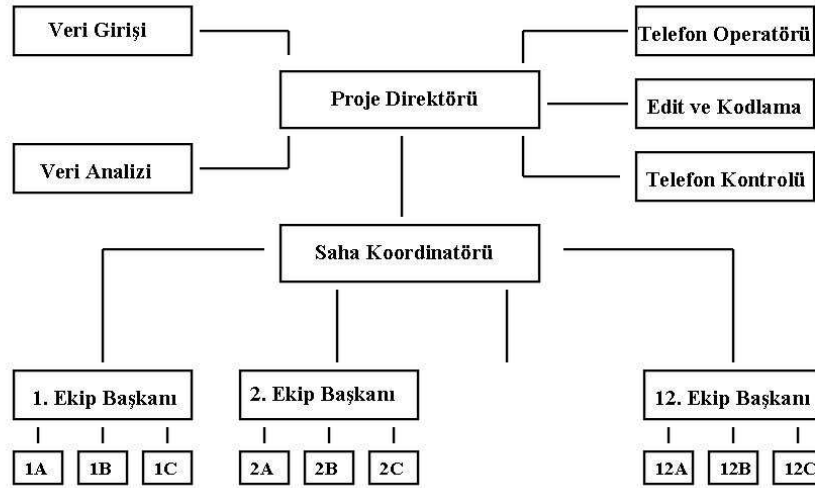
Şekil 3. Birincil Örneklem Birimleri Başlangıç Noktalarının Harita Üzerinde Gösterimi
Kaynak: IBB UDB, 2008 s. 50



Şekil 4. Birincil Örneklem Birimleri Başlangıç Noktaları Mekânsal Dağılımı
Kaynak: IBB UDB, 2008 s. 49

yapılmış olan anketleri inceleyip sorunsuz olanları teslim alıp ofise teslim etmekle yükümlüdür. Anketler 18:00-22:00 arası gündüzden alınmış randevularla Salıdan Cumartesiye yapılmıştır. Bu şekilde tüm firmaların her gün toplam yaklaşık 450 elamanı sahada çalışmıştır. Ayrıca tüm ekipler, idarenin kontrol elemanlarınca çalışma boyunca sahada rastlantısal olarak kontrol edilmiş ve bu kontrollerin anketlerin ve anket gerçekleştirilmeleri üzerinde olumlu etkisi olmuştur.

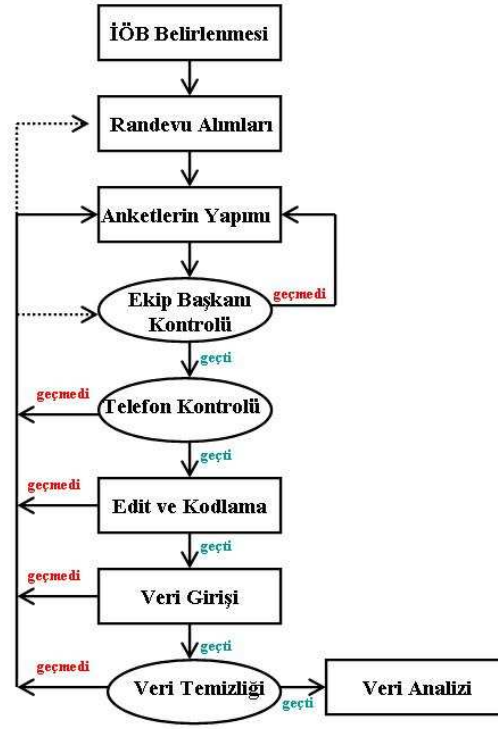
Şekil 5. Araştırma Organizasyonu



Kaynak: IBB UDB, 2008 s. 61

Büroya aktarılan anketler, telefon kontrolüne girmiştir. Bu kontrol, anketin önceden belirlenmiş ikinci örneklem biriminde yapılıp yapılmadığı ve cevap tutarlılığı amacıyla yapılmıştır. Telefon kontrolünden geçen anketler edit ve kodlamaya girmiş, buradan geçen anketler de veri girişine aktarılmıştır. Sonraki adımlar ise veri temizliği ve analiz adımları olmuştur. Sonuçta teslim edilen temiz veriler MS Access ve SPSS formatında bir araya getirilerek final veritabanı oluşturulmuştur. Çalışmada uygulanan iş akım şeması şekil 6'da verilmiştir. Büro aşamasında yine grubumuz elemanları firma telefon kontrolleri dışında, her 25 anketten birini tesadüfi olarak çekerek telefon kontrolüne tabi tutmuştur. Her firma yaptığı işi 3.000 lik 3 etap halinde teslim etmiştir. Her etap teslim alınmadan önce, yapılmış 50 anket çekilerek idare ve firma elemanlarınca yerinde kontrol edilmiştir. Bu kontrollerden başarıyla geçildikten sonra firmalara hak ettikleri ödemeler yapılmıştır. Böyle bir örneklem tasarımı ile elimizde farklı tabakalardan oluşan ve kendi içinde bağımsız 5 adet 15.000 lik ve 2 adet 45.000 lik ayrı örneklem üretmiştir.

Şekil 6. İş Akış Şeması

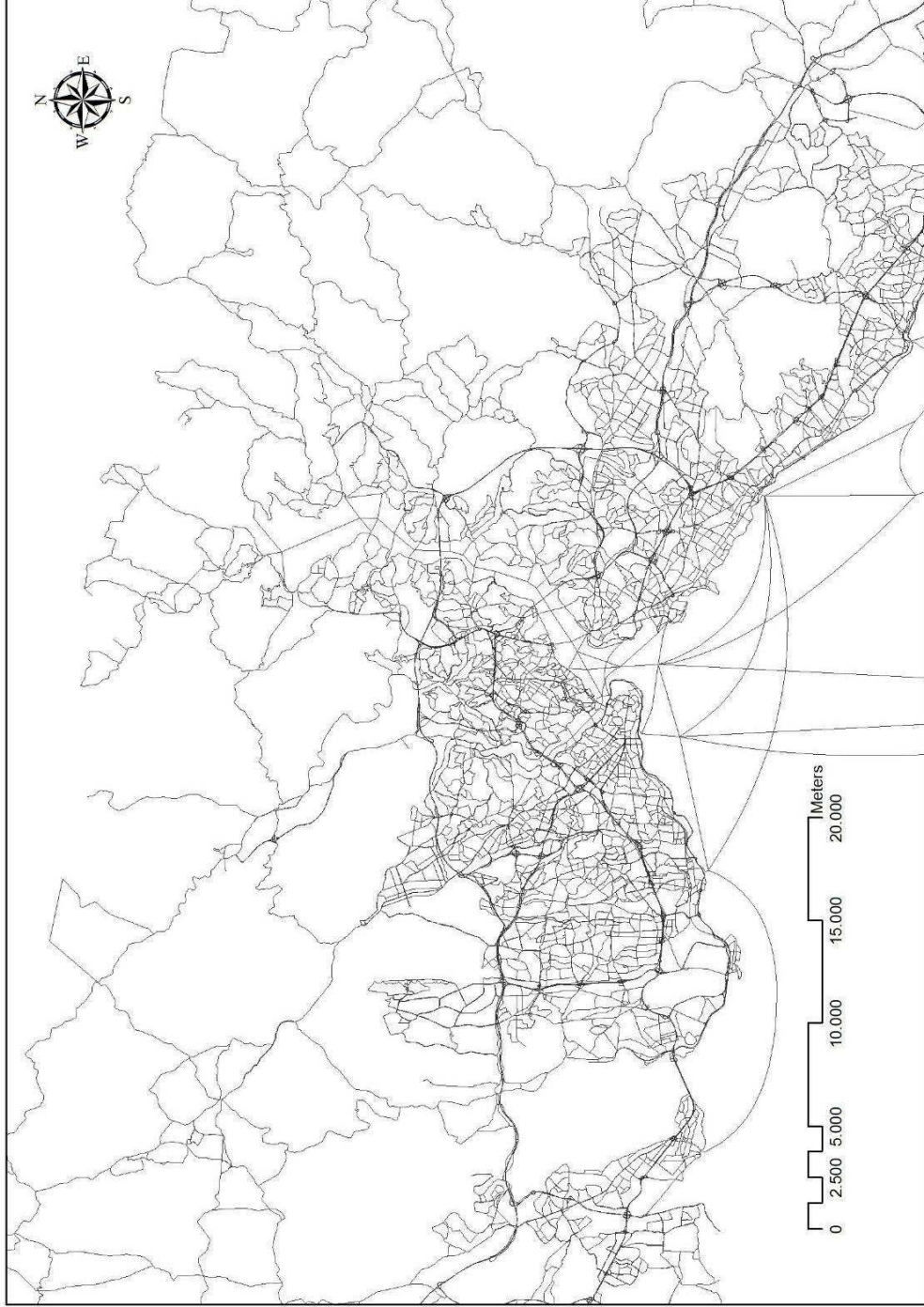


Kaynak: IBB UDB, 2008 s. 62

Çalışma sonucunda, 72.000 haneden geçerli anket elde edilmiştir. Bu anketlerle yaklaşık 264.000 kişinin toplam 356.000 yolcuğu kaydedilmiştir. Bu yolculukların 127.000 i Ev bazlı iş, 94.000 i ev bazlı okul, 115.000 ev bazlı diğer ve 20.000 i de ev bazlı olmayan yolculuklardan oluşmaktadır. Buna göre net örneklem oranı % 2.2 i olup, tamamlanma süresi ve birim cevap oranı açısından olağanüstü bir başarı gösterilmiştir.

III. Diğer Araştırmalar ve Derlenen Veriler

Bu çalışmanın bir başka önemli verisi, karayolu şebekesinin coğrafya bilgi sistemi uyumlu bir şekilde kodlanmasıdır. Büyükşehir Belediyesi sorumluluğunda olan yolların ve otoyolların tamamı karayolu şebekesine dâhil edilmiş, bu yollar Ulaşım Daire Başkanlığından vektör formatında elde edilmiştir. Daha sonra, bu şebekedeki her bir bağlantının, oryantasyonu (tek-çift yön), şerit sayıları, parklanma durumları, şerit genişlikleri, trafik lamba lokasyonları, çevresindeki arazi kullanım tipi ve yoğunluğu gibi bilgileri yerine gidilerek toplanmıştır ve bu çalışma 4 araçlı ekiple 3 ay sürmüştür. Bu çalışma sırasında, otoyollarda ve bazı önemli arterlerde hız ve gecikme etütleri de yapılmıştır. Daha sonra bu veriler CBS'ye girilerek şebeke kullanılmaya hazır hale getirilmiştir. Yine toplu taşıma şebekesindeki tüm hatlar ve onlara ait işletme, taşıma ve kapasite bilgileri, İETT Genel Müdürlüğü, İDO Genel Müdürlüğü, Ulaşım Dairesi Toplu Taşıma Müdürlüğü ve Ulaşım AŞ'den elde edilerek, TRANSCAD'ın toplu taşıma şebekesi formatında hazırlanmıştır. Çalışmada kullanılan karayolu şebekesi şekil 7 de, toplu taşıma şebekesi de şekil 8 de gösterilmiştir.



Şekil 7. İstanbul 2007 Ulaştırma Ana Planı Karayolu Trafik Şebekesi



Şekil 8. İstanbul 2007 Ulaştırma Ana Planı Toplu Taşıma Şebekesi
Kaynak: IBB UDB, 2008 s. 22

Çalışma sırasında yapılan bir başka araştırma, 2 kordon ve 7 perde sayımıdır. Kordon ve perdelerde yaklaşık 320 noktada zirve saatlerde olmak üzere toplam 8 saatlik araç ve kişi sayımları yaptırılmıştır. Ayrıca, en dıştaki perde hatları ile dış bağlantılı İDO iskelelerinde örneklem büyüklüğü 5.000 olan dış istasyon anketi yine bu çalışma içinde tamamlanmıştır. Kordon ve perde hatları lokasyonları şekil 9 da sunulmuştur.

Zonlardaki öğrenci ve çalışan sayıları, anketlerden elde edilmiştir. Zonlarda bulunan okullardaki öğrenci sayıları ise İl Milli Eğitim Müdürlüğü ve YÖK Başkanlığından temin edilmiştir. Ancak, zonlardaki istihdam sayıları konusunda bu şekilde güvenilir bilgi bulmak mümkün olamamıştır. Nüfus sayımlarına göre 2000 yılında yaklaşık 3,5 milyon olan İstanbul çalışan nüfusu aynı yılın işyeri sayımları istatistiklerinde yaklaşık 1,7 milyon görünmekte yaklaşık % 50 oranında kayıt dışı bir istihdama işaret etmektedir. Üstelik buna ait sağlıklı bir verinin arazi kullanım datalarından üretilmesi de mümkün olamamıştır. Bu durumda, toplam çalışan sayısı, ev bazlı iş yolculuklarının destinasyon frekanslarından elde edilen yüzdelerle dağıtılarak bulunmuştur. Örneklemin görece büyüklüğü böyle bir yaklaşıma izin vermiştir.

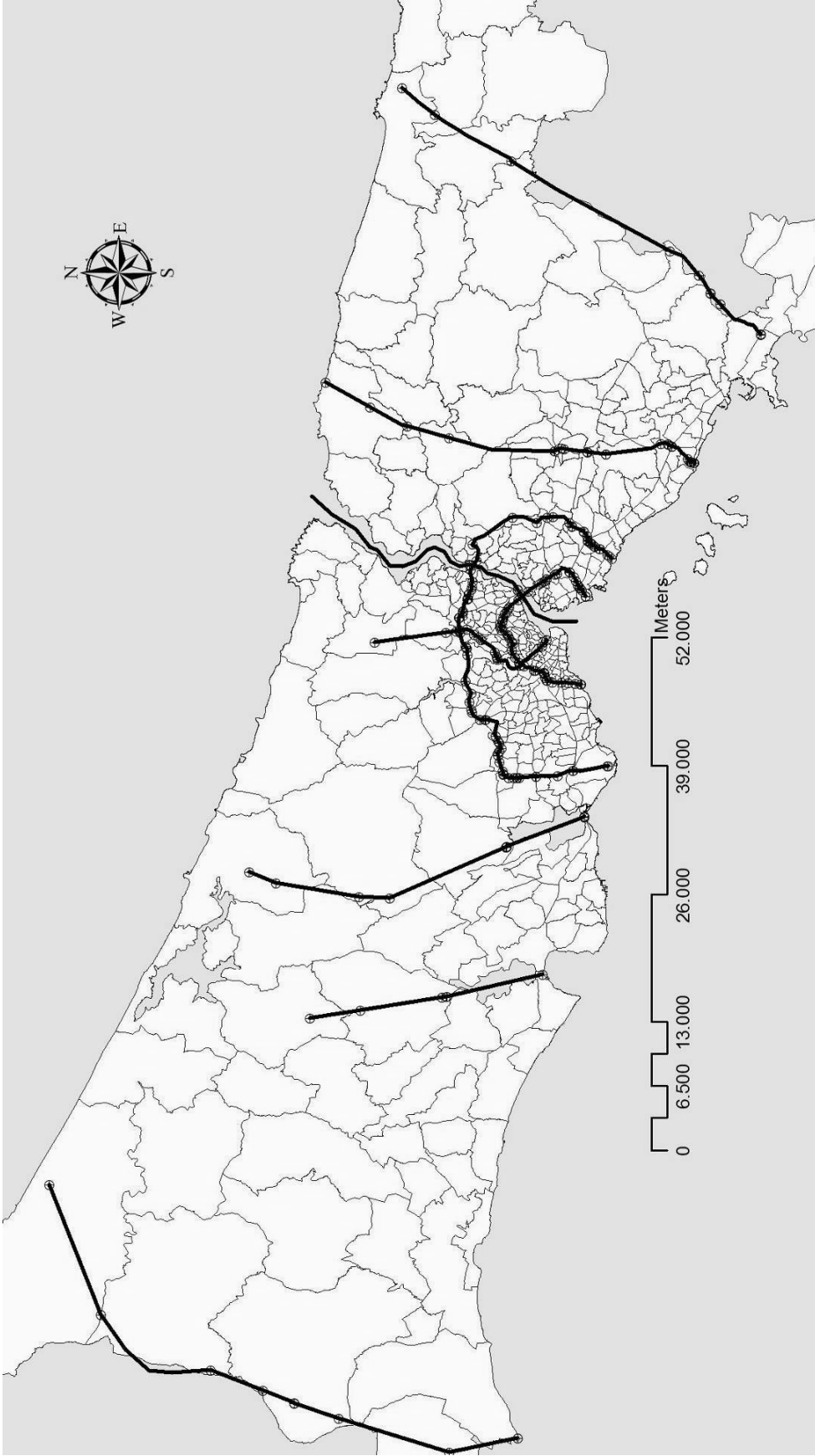
Böylelikle model kalibrasyonu yapmak için gerekli asgari veritabanına sahip olunmuştur. Ancak, sürenin yetersizliği bu modelin yük akımı bileşenini ihmal edilmek durumunda bırakmıştır. Kamyon matrisi sadece dış istasyonlar arasında, sayımlardan elde edildiği kadarıyla şebekeye girilebilmiştir. O nedenle, yük hareketleri modele bilahare ilave edilmelidir.

IV. Model Kalibrasyonu

Yukarıda sözü edilen nedenlerden ötürü, 2007 yılı ulaşım ana planı için klasik 4 aşamalı ulaşım talep modeli kurulmasına karar verilmiştir. Bu model, şekil 10 da gösterildiği gibi 4 alt modelden oluşmaktadır: Yolculuk üretim modeli, yolculuk dağılım modeli, türel seçim modeli ve şebeke ataması modelleridir. Bu amaçla kullanılan bilgisayar programı coğrafya bilgi sistemi bazlı TRANCAD² dir. Model kalibrasyon yöntem ve prosedürlerimizin detaylı bir açıklamasını burada vermek, bu bildiri kapsamında mümkün değildir. Bunlara yönelik detaylı teknik bilgi, Ulaşım Daire Başkanlığından edinilebilecek model kalibrasyon raporundan ya da yakında açıklanacak 2007 Ulaşım Ana Planı çalışmasından elde edilebilecektir. Burada sadece ne tip modeller kalibre edildiği kısa anlatılmıştır.

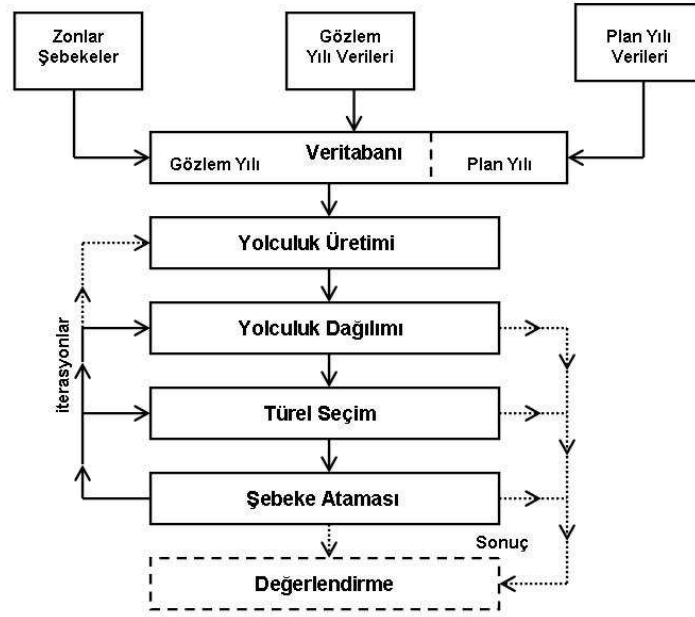
Yolculuk üretim ve çekim modellemesi için genellikle tercih edilen çapraz sınıflama tabloları yerine, gelecekte zonlarda çapraz tablolarda kullanılan disagrege değişken değerlerini bilmenin zorluğundan hareketle, zonal bazda her amaç için agrege regresyon modelleri tercih edilmiştir. Her bir zonda hangi amaçla toplam ne kadar yolculuk yapıldığı yolculuk oranlarında hesaplanmış, daha sonra bu yolculuklar, zonal nüfus, istihdam, öğrenci, otomobil sayısı ve ortalama zonal gelir gibi değişkenlerle açıklanmıştır. Bu agrege değişkenleri gelecek değerlerini hesaplamak nispeten kolay olacaktır.

² TRANCAD hakkında detaylı bilgi edinmek için www.caliper.com



Şekil 9. İstanbul 2007 Ulaştırma Ana Planı Kordon ve Perde Sayım Noktaları

Şekil 10. Dört Aşamalı Klasik Ulaştırma Modeli



Kaynak : Ortuzar ve Willumsen, 1994, s. 24

Yolculuk dağılım modeli için, çift kısıtlı gravite modeli hesaplanmıştır. Modelde kullanılan sürtünme fonksiyonu üsteldir. Sürtünme değişkeni ise zonlar arasındaki zirve saat ulaşım süreleridir. Bu süreler, her zon çiftinde yolculuk yakalanamadığı için, belirtilen süreler yerine model tarafından iteratif olarak hesaplanan sistem süreleridir. Hanehalkı araştırmasından gelen matrisin tam olmamasından kaynaklanan algoritmik problemleri aşmak üzere, parametreler normalleştirilmiş gözlenen ve hesaplanan yolculuk uzunluğu frekans dağılımlarına göre doğrusal arama yapan bir bilgisayar kodu yazılmış ve bu model TRANSCAD yerine bu kod kullanılarak hesaplanmıştır. Daha sonra hesaplanan değişik modeller arasında en yüksek performanslı model (gözlenene uygunluk ve perdelerdeki toplam kişi sayımlarına göre) tercih edilmiştir. Hesaplamaya gelecekte oranlarını sağlıklı olarak bilmenin hiçbir yolu olmadığı için zon içi ve motorize olmayan yolculuklar da matrislerde içerilmiştir. Modelleme üretim-çekim matrisleri kullanılarak yapılmıştır.

Türel seçim için yaya, servis, toplu taşıma ve özel otomobil seçim alternatifleri olan çok değişkenli, zon bazlı agrege logit model hesaplanmıştır. Türel seçim modellerinde yaya yolculukları da ayrı bir ulaşım türü olarak içerilmiştir. Zira metropoliten alanda yolculukların yaklaşık % 50 si yaya yapılmaktadır. Yine modelde agrege değişkenler kullanılması bu değişkenlerin gelecek değerlerinin daha isabetli olarak tahmin edebilme şansını verecektir.

Karayolu şebeke ataması, deterministik kullanıcı dengesi algoritması ile yapılarak iteratif şekilde, saatlik bazda ve üretim-çekim matrislerinin başlangıç bitiş matrislerine dönüştürülmesiyle yapılmıştır. Toplu taşıma ataması ise çok değişik algoritmalar kullanılarak uzun süreli deneme yanılma yöntemi ile geliştirilmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde modellerin gözlemlere uygunluğunun, yani performanslarının yüksek olduğunu söylemek mümkündür.

V. Hanehalkı Araştırması Bazı Temel İstatistikleri

Çalışma alanı 2005 yılı nüfusu 12.007.000, istihdamı 3.957.000 ve öğrenci sayısı 2.567.000. Çalışma alanında yapılan günlük yolculuk yaklaşık 21.000.000 dur. Bu yolculuklarının yaklaşık 11.000.000 araçlı, 10.000.000 da yaya olarak yapılmaktadır. Yolculukların % 32 ev-iş, % 24 ev-okul, % 37 ev-diğer, % 7 diğer amaçlarla yapılmıştır. Buna göre toplam brüt yolculuk oranı 1.75 civarındadır. Bu yolculukların yaklaşık yarısı da yaya olarak yapılmaktadır. Bu oran, aslında özelde en yaygın kentsel gelişmeye sahip İstanbul'un, genelde Türkiye kentlerinin ne denli yaya ve toplu taşıma yönelimli kentler olduğunu göstermesi açısından da anlamlıdır.

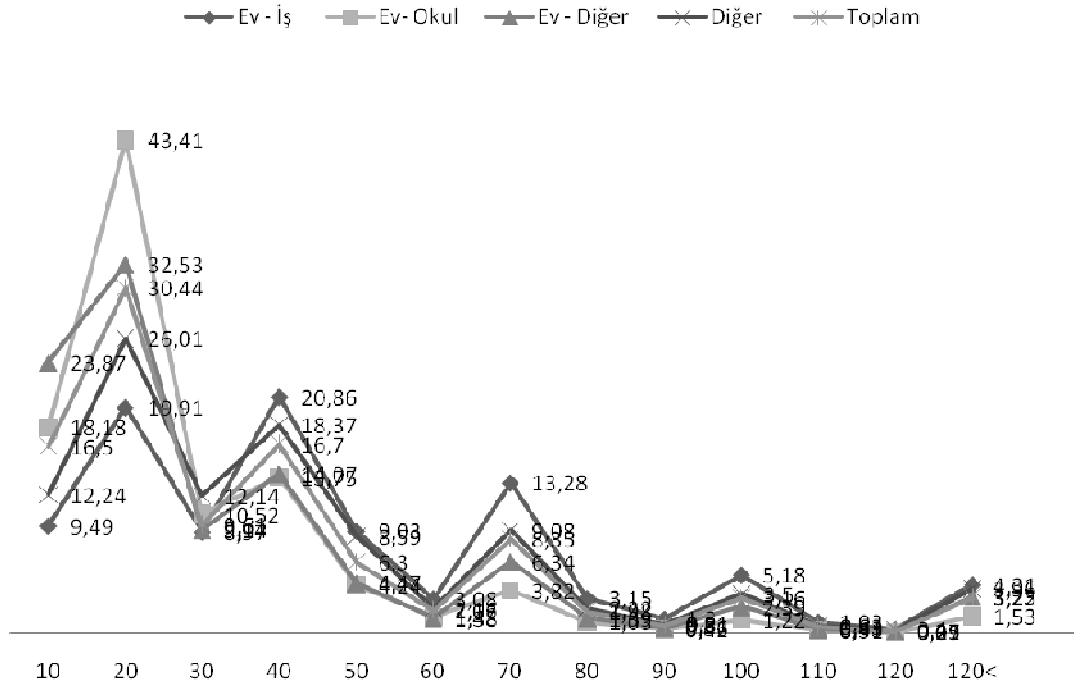
Yolculuk süreleri, ev-iş araçlı yolculuklarında 52, yaya dahil tüm ev-iş yolculuklarında ise 42 dakika olarak, ev-okul yolculuklarında 48 ve 23 dakika, ev-diğer yolculuklarında 50 ve 29 dakika, ve diğer yolculuklarda ise 52 ve 36 dakika olarak gerçekleştirilmiştir. Bu sürelerin, trafik sıklığının çok daha az olarak yaşandığı 1987 yılı sürelerine göre düşük olması oldukça ilginçtir. Bu durumun iki faktöre bağlı olarak gerçekleştiğini söylemek mümkündür. Birincisi, sıklığın yaşanmadığı akıcı trafik durumlarında, insanların daha uzun sürelerde yolculuk yapabilmektedir. İkicisi de, yolculuk süresindeki sıklığa bağlı artış durumlarında, bireyler, yeniden yerleşim kararı vererek iş yerlerine ve okullarına daha yakın yerlere taşınmaktadır. Yolculuk amaçlarına göre süreler tablo 2'de, yolculuk süre frekans dağılımı da şekil 11'de sunulmaktadır.

Tablo 2. Yolculukların Ortalama Yolculuk Sürelerinin 1987 Yılından Bugüne Değişimi

Yolculuk Amacı	Araçlı Yolculuklar (dakika)			Yaya Dahil (dakika)		
	1987	1996	2006	1987	1996	2006
Ev - İş	55,6	43	52	45,4	37,9	41,9
Ev - Okul	50,9	37,4	48,5	28,8	26,2	23,3
Ev - Diğer	51,2	41,9	49,8	36,5	34,4	27,8
Diğer	44,6	34	52	35	31,3	36,5
Toplam	52,8	40,7	48,9	38	34,3	32,2

Kaynak: IBB UDB, 2008 s. 106

Şekil 11. Amaçlara göre Yolculuk Uzunluğu Frekans Dağılımları



Yaka içlerinde ve yakalar arası farklı türlerde gerçekleşen ulaşım süreleri tablo 3'te verilmiştir. Yaya yolculukları her iki yakada da 15 dakika olarak eşit çıkmıştır. Motorlu araçlar genel olarak Asya Yakası'nda 38, Avrupa Yakası'nda ise 43 dk. dır. Yine aynı sıraya göre, özel oto 28 ve 33, toplu taşıma 43 ve 47 dk. olarak gerçekleşmiştir. Her durumda ulaşım süresi Avrupa Yakası'nda daha yüksektir. Bu durum, Avrupa Yakası'nın daha geniş bir alanı kapsıyor olduğundan ve/veya trafik sıkışıklığının bu yakada daha sorunlu olduğunun bir göstergesidir. Yaka geçişi yapan yolculukların ortalama süresi her şekilde bir saatin üzerine çıkmakta olup, özel otoda 65 toplu taşımada ise 73 dakikadır.

Tablo 3. Asya ve Avrupa Yakalarında Ortalama Yolculuk Sürelerinin Türlerle Göre Dağılımı

Ulaşım Türü	Asya Yakası		Avrupa Yakası		Yaka Geçişleri	
	Ortalama	St. S.	Ortalama	St. S.	Ortalama	St. S.
Yaya	14,61	14,8	14,54	14,94	-	-
Motorlu Araç	38,15	28,59	42,92	31	72,67	40,13
Özel Oto	27,54	24,22	33,19	27,84	65,24	39,96
Toplu Taşıma	43,51	29	47,16	31,19	76,54	39,35
Toplam	25,81	25,8	27,17	28	71,51	41,1

Kaynak: IBB UDB, 2008 s. 106

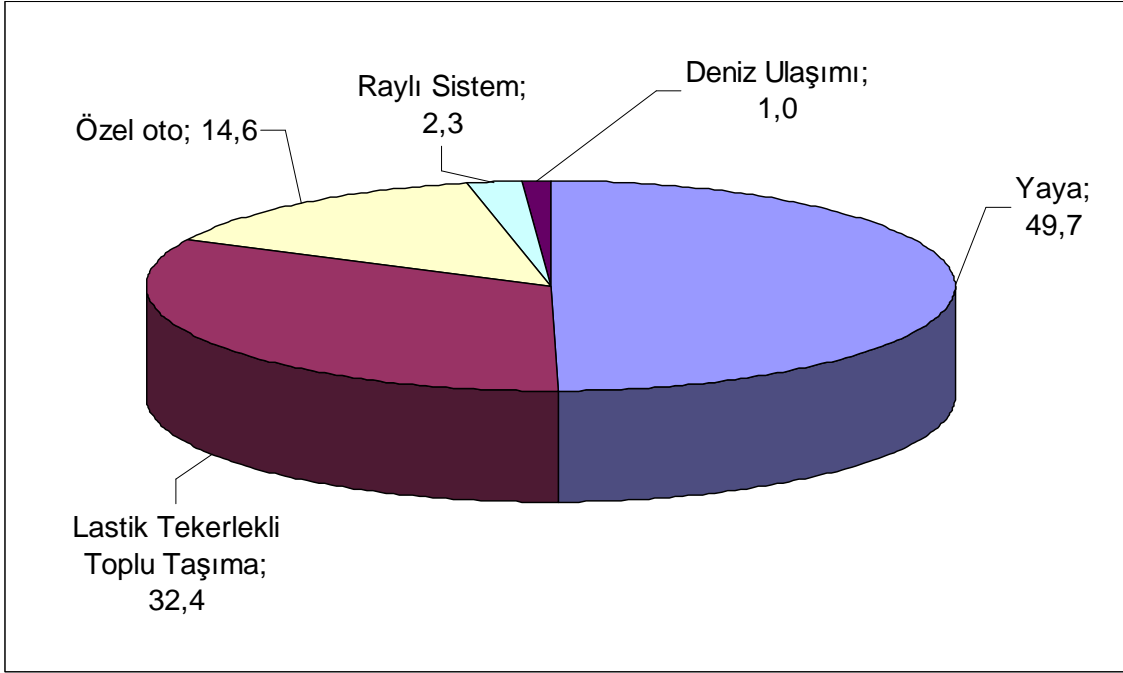
Tablo 4, Őekil 12 ve 13, taŐıma tűrlerinin aldığı payları deĐiŐik sınıflamalar aŐısından vermektedir. Yaya, tek baŐına en ağırlıklı ulaŐım tűrű olarak karŐıma çıkmaktadır. Őzel oto ve taksi'nin tűm yolculuklar iŐindeki payı % 14, servis % 11, geriye kalan yaklaŐık % 35 ise toplu taŐıma olarak gerŐekleŐmiŐtir. Toplu taŐımanın da, % 90'i lastik tekerlekli toplu taŐıma ile yapılmaktadır. Deniz ulaŐımının toplu taŐıma iŐindeki payı yaklaŐık % 3, raylı sistem payı ise % 7 civarında olup, raylı sistem Őebekesinin yaygınlaŐmasında bağlı olarak bu payın sűratle yűkseleceĐi beklenilmektedir. Bu rakamlar deniz ulaŐımının toplu taŐıma payının arttırılması iŐin yeni politikalar uygulanması gereğine iŐaret etmektedir.

Tablo 4. Yolculukların Tűrlerine Gűre DaĐılımı (%)

UlaŐım Tűrű	Yűzde
Yaya	49.28
Özel Oto	12.95
Taksi	1.35
Servis Aracı	10.73
Dolmus	1.03
Minibűs	8.35
Beledive Otobűsű	12.06
Motosiklet	0.16
Bisiklet	0.05
Metro (Taksim-4.Levent)	0.59
Hafif Metro (Aksaray-Havaalanı)	0.56
Tramvay	0.76
Tűnel	0.02
Vapur	0.78
Deniz Otobűsű	0.09
Deniz Motoru	0.13
Banlivű	0.37
Diğer	0.75
Toplam	100

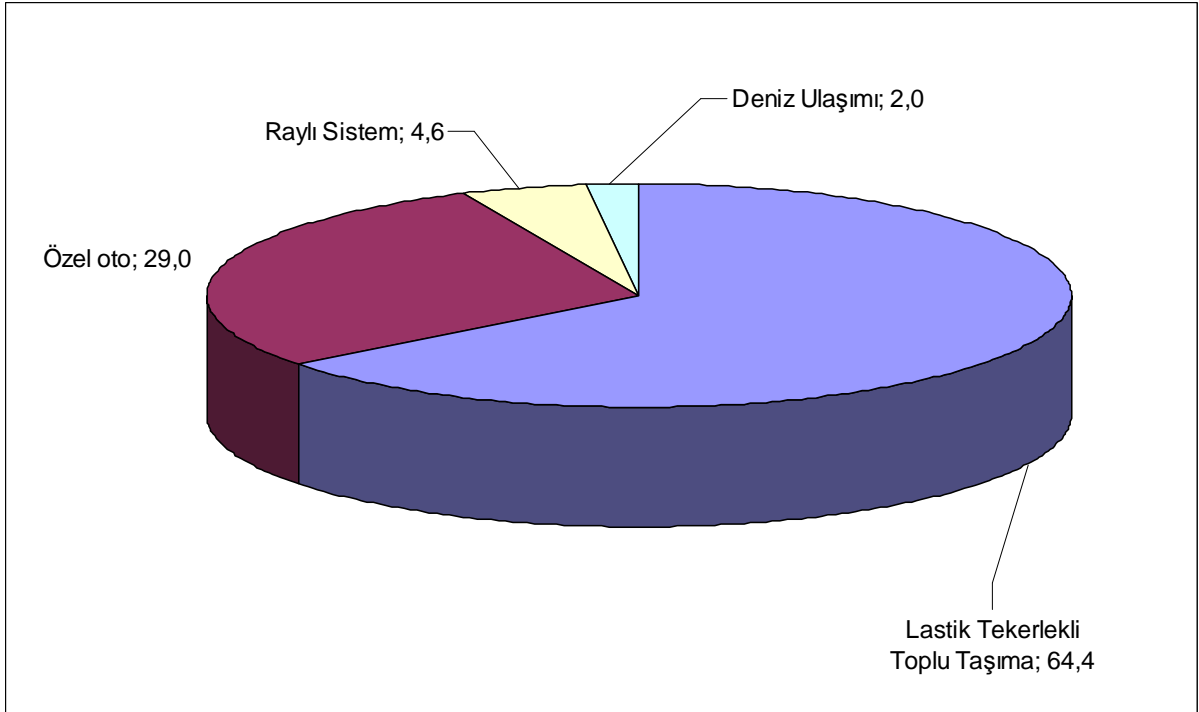
Kaynak: IBB UDB, 2008 s. 113

Şekil 12. Yolculukların Ana Ulaşım Türlerine Göre Dağılımı (%)



Kaynak: IBB UDB, 2008 s. 115

Şekil 13. Araçlı yolculukların Ana Ulaşım Türlerine Göre Dağılımı (%)



Türel dağılım paylarının zaman içindeki gelişimi tablo 5’de yer almaktadır. Özel oto’nun motorlu araç kullanımı içindeki payı 1987-1996 arasında değişmemesine karşın, 1996-2006 arasında % 26 ya çıkarak önemli bir artış göstermiştir. Bu artış da trafik sıkışıklığının önemli bir nedeni olmaktadır. Artış gösteren bir diğer tür ise

servistir. Bu artış özellikle okul yolculuklarında olmuştur. Otobüs ve minibüs kullanımı yine bu aralıkta düşüş göstermektedir. Bunlar da ana toplu taşıma türleri olduğundan genelde toplu taşıma kullanımında önemli bir gerileme olduğu açıktır.

Tablo 5. Ulaşım Türleri 1987 den Bugüne Değişimi (%)

Ulaşım Türü	1987 (%)	1996 (%)	2006 (%)
Özel Oto	19,3	19,2	26,34
Taksi+Dolmuş	10,2	9,4	4,75
Servis Araçları	10,4	11,5	21,48
Otobüs	35,2	34,1	24,12
Minibüs	19	19,6	16,71
Raylı Sistemler	3,8	3,6	4,6
Deniz	2,1	2,6	2

Kaynak: IBB UDB, 2008 s. 117

VI. Deneyimler ve Öneriler

Doğrusu bu genişlikteki bir kapsam ve içerikteki çalışmanın 3 yıllık sürecinde edinilen deneyimlerin tümünü tek bir bildiriye aktarmak ne yazık ki mümkün değildir. Ancak, bu çalışmanın en yoğun çabasını gerektiren hane halkı araştırmasına yönelik deneyimler sanıyorum, tüm çalışmada en ayrıcalıklı yere sahiptir. O nedenle, burada sunacağımız tavsiyeler daha çok hane halkı araştırmasına yönelik olacaktır.

Yapılan çalışma, anketör ve ekip başkanlarının bu çalışmanın en önemli elemanları olduğunu göstermiştir. Bu elemanlarının eğitimi, en çalışmanın örneklem tasarımı kadar önemlidir. Anketör ve ekip başkanı eğitiminin iyi yapılmadığı bir çalışmanın örneklem tasarımı ne kadar mükemmel olursa olsun, çalışma başarısız olacaktır. O nedenle, bu elemanların eğitimi, 15 günden az olmamak kaydıyla mümkün olduğunca uzun tutulmalı, sahaya çıkarılmadan önce, mutlaka yeterince pratik yaptırılması, kesinlikle anketörlerin sahada çalışırken yetiştirilmesi beklenmemelidir. Anketör eğitimlerinin eksik olduğu durumlarda bile ekip başkanlarının mükemmel eğitiminden asla vazgeçilmemelidir. Zira ekip başkanları, iyi eğitilmemiş anketör hatalarını fark edip giderecek ilk kişidir. O nedenle icrayı gerçekleştiren bu elemanların eğitim üzerinde durulması gereken ilk görevdir.

Atlanılmaması gereken bir diğer konu, çalışma ekiplerinin sahadaki denetimleridir. Bu ekipler, mutlaka eğitilmiş ekiplerce çalışma saatleri içerisinde sahadaki rastsal olarak mutlaka kontrol edilmelidir. Bu kontrollerin sahadaki yapılması, sistematik olarak yapılan hata ve istismarların yerinde tespiti, önlenmesi ve ofise taşınmaması adına çok önemli olduğu saptanmıştır. Zira bu çalışmamız sırasında ikişer kişiden oluşturulan araçlı beş ekip, çalışma saatlerinde saha personeline rastsal ziyaretlerde bulunmuş, bu kontroller

sırasında önemli hatalar önlenmiş, çalışma grupları denetleniyor olmanın verdiği bilinçle daha dikkatli çalışmaya başlamışlardır.

Hane halkı yolculuk araştırmalarında en çok karşılaşılan durumlardan olan, denek yorgunluğu (respondant fatigue) ve buna bağlı olarak madde cevapsızlığıdır (item non-response). O nedenle, soru formunun sorgulama detayı iyi ayarlanmalıdır. Bu duruma bizim çalışmamızda da karşılaşılmıştır. Çalışmanın 45.000'lik ilk etabında uygulanan soru kağıdının yolculuk bilgi detayının yolculuk eksik bildirimine neden olduğu, birinci etap sonunda yapılan bir veri tutarlık çalışması ile tespit edilmiştir. Buna göre birinci etap sonucunda tamamlanmış anketlerden 1.000 hane tesadüfi olarak çekilmiş ve bu hanelerde yolculuk anketi yeni bir anket formu ve daha hassas olarak yinelenmiştir. Buna göre birinci etap çalışmada brüt 1,28 olarak bulunan yolculuk oranı, veri tutarlılık çalışmasında 1,72 olarak bulunmuştur. O nedenle ikinci etapta soru formu değiştirilmiştir. Yapılan değişiklik, yolculuk bilgileri alınırken çok modlu ve çok aktarmalı yolculuklarda her bir yolculuk bileşenine ait, durağa/araca yürüme süresi, aracı bekleme süresi, araç içindeki yolculuk süresi gibi detaylı bilgilerin sorulmasından vazgeçilmiş, onun yerinde tür seçiminde hakim tür kaydedilmiştir. Ayrıca, aktarmalı yolculuklarında belirlenmesi çabası iptal edilmiştir. Bunların dışında, denekte henüz yorgunluk başlamamışken, eksik beyanda bulunmalarını önlemek üzere bir yolculuk zinciri tablosu eklenerek, yapılan yolculukların amaç ve zinciri sorulmuş daha sonra bu yolculukların detayları kaydedilmiştir. Bu şekilde, ikinci 45.000'lik etapdaki brüt yolculuk oranı 1,64 olarak bulunmuş, birinci dönem anketlerdeki yolculuk oranları da, ikinci dönem verisi kullanılarak hesaplanmış bir model aracılığı ile düzeltilmiştir.

Eksik yolculuk bildiriminin bir başka önemli nedeni, bireysel yolculuk anketi için yerine cevaplamadır (Proxy Reporting). Tüm çabalara karşın, yerine cevaplama yeterince önlenememiştir. Örneğin, evin hanımı, eşi yerine cevapladığında, eşinin sadece iş yolculuğunu bildirmekte, ancak diğer yolculuklarını doğal olarak bilmemektedir. Bu da anketlerde yolculukları eksiltmekte ve yolculuk oranını düşürmektedir.

Hatırlanacağı üzere, bitirilen anketler, tam anket, eksik ama geçerli anket, eksik anket ve cevapsız anket olarak sınıflandırılmıştır. Bunlardan tam anketler, yolculuk oranlarını hesaplamak üzere, tam ve eksik ama geçerli anketler ve kısmen de (eğer herhangi bir yolculuk kaydı varsa) eksik anketler yolculuk matrisleri ve türel seçim modellerinin oluşturulması amacıyla, anketlerin tümü de mahalle hanehalkı veri tabanının kurulması için kullanılmıştır. Gerek bu tür bir çalışma sistematığının ve örneklem tasarımının, gerekse bu örneklem büyüklüğünün ulaşım talep modeli kurulabilmesi için çok da uygun bir yaklaşım olmadığını söylemek çalışma sonrasındaki deneyimlerden sonra mümkündür.

Bunun yerine, araştırma paralel ancak üç ayrı örneklem tasarımına tabi tutulmalıdır. Birinci grup anketler yolculuk üretim oranlarının hesaplanmasında kullanılmalıdır. Bu çalışmada örneklem büyüklüğünün 1.000 civarında olması yeterlidir (Smith, 1978; İBB UDB, 2008). Bu grup anketler, hane halkı bilgilerini, birey bilgilerini ve bireylerin yapmış olduğu tüm yolculukların sayısı ve amaçlarını almalıdır. Denek yorgunluğuna neden olmamak için, yolculuk detayları kesinlikle sorulmamalı, yerine cevaplama (Proxy Reporting) kesinlikle kabul edilmemelidir. Sadece bireyin yolculuk/aktivite amaç, zincir ve sayısının eksiksiz alınmasına çalışılmalıdır. Bu anketler, sosyo

ekonomik değişkenlere bağlı olarak yolculuk/aktivite üretim modellerinin kurulmasında kullanılacaktır.

İkinci bir örneklem her bir amaç için yolculuk matrislerinin/yolculuk uzunluğu frekans dağılımlarının elde edilmesi, türel seçim karakteristiklerinin belirlenmesi amacıyla yapılmalıdır. Bu örneklemede amaç, birey ve hane bilgileriyle birlikte, yolculuk dağılım ve türel seçim modellerinin kurulabilmesine olanak verecek şekilde yolculuk detaylarının alınmasıdır. Bu araştırmanın örneklem büyüklüğünün % 1-4 civarında olması ders kitaplarınca tavsiye edilmektedir. Ancak, yolculuk dağılım modelinin çok daha düşük sayıda örnekleme, kurulabileceği de söylenmiştir (Cambridge Systematics, 1996). Nitekim, çalışma sonrasında tarafımızdan yapılan bir araştırma (Celik, yayınlanacak) 364.000'lik yolculuk verisinden her amaç için yaklaşık 1.000 tesadüfi örneklem çekilmesi ile hesaplanan yolculuk dağılım modeli parametrelerinin, tüm data ile hesaplanmış model parametrelerinden anlamlı bir farklılık göstermediği anlaşılmıştır. Yine bu sayıdaki bir örneklemin disagegre türel seçim modeli için yeterli olacağını söylemek mümkündür. Ancak, düşük örneklem nedeniyle detayları yakalanamayan türler için, seçim bazlı (choice based sampling) örnekleme kabin içi ya da istasyon anketleri tamamlayıcı olarak yapılmalıdır. O nedenle, 1.000-1.500 civarında tesadüfi seçilen hanelere yapılacak tek ziyaretle alınacak hane, birey ve yolculuk bilgileri yeterli veriyi temin edebilecektir.

Üçüncü bir örneklem ise, zon veya mahalle sosyo-ekonomik profillerini çıkarmaya yönelik olmalıdır. Bu çalışmada örneklem geniş olabilir ve telefon destekli olarak kolayca yapılabilir. Zira bu çalışmada sadece hane ve birey bilgileri temin edilecektir. Buradaki örneklem büyüklüğü yine çalışmadan beklenen mekânsal güvenilirliğe göre değişecektir. Ancak, kolay bir anket olacağından maliyeti oldukça düşük olacağı tahmin edilebilir.

Bu şekilde tasarlanacak bir araştırma, hem çalışma bütçesini önemli oranda azaltacak, hem de en az geniş örneklemler kadar güvenilir talep modellerinin kurulmasını sağlayacaktır. Ancak, burada kesinlikle ve kesinlikle dikkat edilmesi gereken hususlar; tesadüfiliğin sağlanması, ikame yapılmaması, yüksek cevaplama oranına ulaşılması ve yerine cevaplamaların önlenmesidir. Bu hususların temini, veri kalitesinin sağlanmasında örneklem büyüklüğünden daha önemlidir.

Kaynaklar

Bertoloni L, Le Clerca F, ve Straatemeier T, (2008) Urban Transportation Planning in Transition, Transport Policy, 15, 69-72.

Cambridge Systematics, (1996) Travel Survey Manuel, U.S. Department of Transportation ve U.S. Environmental Protection Agency, Washington D. C.

Çelik H M, yayıma hazırlanıyor, Sample Size Needed for Calibrating Trip Distribution and Behaviour of the Gravity Model, Journal of Transport Geography

İ.B.B. Ulaşım Daire Başkanlığı (UDB) (Yayına Hazırlayan: Şen M ve Köse N.), (2008) İstanbul Ulaşım Ana Planı Hanehalkı Araştırması (OD HH 2006), Bimtaş, İstanbul

Kish, (1965), Survey Sampling, John Wiley & Sons, New York.

Kitamura R, Fujii S, ve Pas E I, (1997) Time-use Data, Analysis and Modelling: Toward the Next Generation of Transportation Planning Methodologies, Transport Policy, 4:4, 225-235.

Ortuzar D F ve Willumsen L G, (2003) Modelling Transport, John Wiley & Sons, New York, N.Y.

Pearson D F ve Diğerleri, (1974) A Prosedure for Estimation of Trip Length Frequency Distributions, Texas Transport Institute Report No TTI-2-10-74-17-1.

Richardson A J, Ampt E ve Meyburg A, (1995) Survey Methods for Transportation Planning, Eucalyptus Press, Melburn.

Stopher P ve Jones P (Derleyen) (2003), Transport Survey Quality and Innovation, Pergamon, Amsterdam.

Smith M E, (1978), Design of Small Sample Household Interview Travel Surveys, Transportation Research Record, 701, 29-35.

2010 Avrupa Kültür Başkentliğine Doğru Büyük Ulaştırma Projeleri Odağında İstanbul Tarihi Yarımada'daki Kentsel Değişme Eğilimleri

Dr. Mustafa Sinan Yardım

YTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü
Davutpaşa Yerleşimi, 34210 Esenler, İstanbul
Tel: (0212) 383 51 83
yardim@yildiz.edu.tr

Y. Mimar Cenk Hamamcıoğlu

YTÜ Şehir ve Bölge Planlama Bölümü
Yıldız Yerleşimi, 34349 Beşiktaş, İstanbul
Tel: (0212) 383 26 43
chamamci@yildiz.edu.tr

Dr. Mustafa Gürsoy

YTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü,
Davutpaşa Yerleşimi, 34210 Esenler, İstanbul
Tel: (0212) 383 51 84
gursoy@yildiz.edu.tr

Öz

Yeraltı ve yerüstü kültür değerleri bakımından geçmişe ışık tutan önemli varlıkları sınırları içinde barındıran Tarihi Yarımada, 2010 Avrupa Kültür Başkentliği görevini üstlenen İstanbul'un kalbi konumundadır. Diğer yandan Tarihi Yarımada, İstanbul'un Ayazağa-Yenikapı metrosu, Marmaray gibi büyük ölçekli ulaşırma projelerinin inşasının devam ettiği, Karayolu Boğaz Tüp Tünel Geçişi gibi yeni ulaşırma projelerinin ihale ve tartışmalarının sürdürülerek ulaşım alt yapısında sürekli değişimlerin yaşandığı ve aynı zamanda İstanbul Merkezi İş Alanı'nın da parçası olan bir bölgedir.

İstanbul 2010'un temel savlarından biri kapsamlı özelleştirmeler ve geri dönüşü olmayan büyük ölçekli projeler sonucunda kentin arazi kullanımının köklü yapısal değişimlere uğrayacağıdır. Çalışma, bu yaklaşımı dikkate alarak, Tarihi Yarımada'da beliren kentsel eğilimleri, geliştirilen ulaşırma projeleri, trafik ve metropoliten alan içindeki yolculuk verileriyle değerlendirmeyi ve tarihi çevrenin korunması noktasında, geleceğe yönelik endişeleri tartışmaya açmayı amaçlamaktadır. Bu bağlamda İstanbul Tarihi Yarımada trafiğinin değişimi farklı dönemlerde yapılan kordon etüdleriyle incelenmiş, İstanbul Ulaşım Ana Planı Hanehalkı Araştırmaları değerlendirilmiştir. Tarihi Yarımada'da türel olarak, karayolunu kullanım oranının, ilk sıradaki yerini koruduğu görülmekte; metropoliten alan içinde gerçekleşen iş amaçlı yolculukların odağının da bu bölge olduğu bilinmektedir. Problemlerin kaynağının belirlenmesi ve çözüm yaklaşımlarında, öncelikle öne çıkan bu bulgular dikkate alınmıştır.

Anahtar Sözcükler: 2010 Avrupa Kültür Başkenti, İstanbul Tarihi Yarımada, Ulaşırma projeleri, Kentsel değişim.

Giriş

Kentler küreselleşmenin ortaya koyduğu koşullar gereği ulus devletlerin giderek önüne geçerken, uluslararası kapitali, ilgiyi kendilerine çekebilmek ve sürekli ön planda kalabilmek için kıyasıya rekabet etmektedir. Bu bağlamda hızla gelişen ve bir o kadar da hızlı değişimler yaşayan İstanbul; bölgesinde ve dünya çapında gerçekleştirilen farklı içeriklerdeki toplantı, kongre, sportif, kültürel ve siyasal uluslararası organizasyonlara aday olmakta ve ev sahipliği yapmaktadır. Son yıllarda İstanbul'un üstlendiği organizasyonlardan biri de 2010 Avrupa Kültür Başkentliği'dir. Avrupa Birliği tarafından 1985 yılından bu yana gerçekleştirilen sözkonusu organizasyon Avrupa halklarının birbirini daha yakından tanınmasını, kentlerin sanatsal ve kültürel gelişiminde katalizör olmayı hedeflemekte, dolayısıyla kentlerin yapısal değişimini de desteklemektedir (European Commission, 2009).

2010 Avrupa Kültür Başkentliği hedefiyle İstanbul'un farklı bölgelerinde sanat ve kültür merkezlerinin yapımı hız kazanırken özellikle, kentin çekirdeğini oluşturan Tarihi Yarımada'da önde gelen tarihi ve önemi bulunan yapıların yenilenmesine yönelik çalışmalar gündemdedir. Tarihi Yarımada'nın metropoliten alan içindeki önemi, İstanbul'un tarihi kalbi olması ve ayrıca Avrupa Kültür Başkentliği görevi çerçevesinde farklı mekânlarında çeşitli organizasyonların gerçekleştirilecek olması nedeniyle, daha da artmaktadır.

Öte taraftan, 2010 Avrupa Kültür Başkentliği görevi Tarihi Yarımada'nın birçok alanda yaşamakta olduğu sorunlarının başında gelen, yoğun taşıt ve yaya trafiği problemini bir kez daha öne çıkarmakta ve ulaşım yapısının bugünkü durumunu ve geleceğini öngören planlar ve plan dışı projeler çerçevesinde değerlendirmeyi gerekli kılmaktadır. Buna göre Tarihi Yarımada'nın kültür, sanat, geleneksel ticaret ve turizm fonksiyonlarına mı, yoksa İstanbul Metropoliten Alanı Batı Yakası'nın en önemli ulaşım odağı olma fonksiyonuna mı hizmet vereceği konusu, bölge üzerinde oluşturacağı etkiler bakımından çelişki yaratmayı sürdürmektedir. Söz konusu duruma Tarihi Yarımada açısından bakıldığında konu daha da hassasiyet kazanmaktadır. Yarımada; batısında Tarihi Surlar, kuzeyinde Haliç, doğusunda İstanbul Boğazı ve güneyinde Marmara Denizi ile çevrili olup (Şekil 1), 1 Numaralı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu'nun 12.07.1995 gün ve 6848 sayılı kararı ile Kentsel, Tarihi, Kentsel Arkeolojik ve 1°Arkeolojik Sit Alanı olarak ilan edilmiş bir bölgedir. Dolayısıyla gerek yerüstünde, gerek yeraltında farklı medeniyetlere ait pek çok değeri barındırmaktadır. Bunun en yakın örneği, 2008 yılında Yenikapı'da Marmaray çalışmaları sırasında ortaya çıkarılan on bin yıllık bulgulardır.

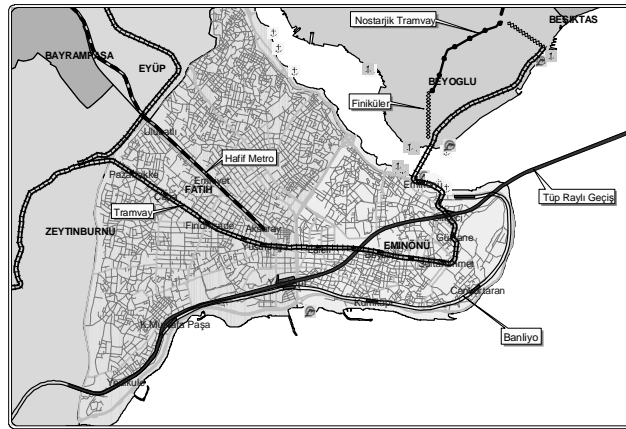
Tarihi Yarımada'da Ulaşım Yapısı ve Arazi Kullanımı

Tarihi Yarımada'da 70'lerden itibaren, her ne kadar bekâr odaları ve kaçak göçmenler önemli bir nüfus oluştursa da, bölgede ticaret ve turizm sektörlerinin konumlanması nedeni ile yerleşik nüfusun azalması günümüzde de sürmektedir (Okubay, 2008). 2007'de nüfusu 455.498 olup, 2008'de 443.955'e gerileyen ve konut alanlarının yaklaşık %25'ini kapsayan Tarihi Yarımada, İstanbul Metropoliten Alanı'nın merkez fonksiyonlarının ve kentsel donatı alanlarının bir bölümünü sınırları içinde barındırmaktadır (Tablo 1, TÜİK, 2008).

Yarımada'nın Eminönü kısmında konut nüfusu azdır. Ticari faaliyetler gün içinde sürdüğünden, gece bölgede neredeyse nüfus yok gibi bir durum ortaya çıkmakta ve bağlı olarak da trafik çok azalmaktadır. Yönetim, eğitim, sağlık, kültürel ve dini tesis alanları ile yeşil alanlar yaklaşık %25'ini, ticaret, imalathane, konaklama ve taşıt yolları dışındaki ulaşım alanları Yarımada'nın diğer %25'lik bölümünü kaplamaktadır (Tablo 1). Bu nedenle Yarımada ürettiği ev-iş yolculuklarına karşılık barındırdığı fonksiyonlardan dolayı, diğer ilçelerden çektiği ev-iş yolculuk değerlerine göre metropoliten alan içinde en ön sırada gelirken; ev-okul, ev-diğer ve diğer yolculuklarda da çekim değerleri açısından en ön sıralardadır. 2006 yılı İstanbul Ana Ulaşım Planı Hanehalkı anket sonuçlarına göre; Yarımada'nın çektiği iş yolculuk değeri 490.273'tür (metropoliten alanın %10,2'si) ve metropoliten alan içinde en fazla iş amaçlı yolculuk çekiminin gerçekleştiği bölgesidir. Söz konusu değer 369.398'i metropoliten alanın diğer ilçelerinden Yarımada'ya yönelmektedir. Yarımada'nın toplam yolculuklarda üretimi 977.892 iken toplam çekim değeri 1.228.069'dur ve tüm metropoliten alan içindeki ilçeler arasında ilk sırada yer almaktadır (İBB, 2008).

Yarımada ayrıca, İstanbul Metropoliten Alanı'nda tarihsel süreç ile de ilişkili olarak kentin kentlerarası ve kentiçi denizyolu ve demiryolu bağlantılarının konumlandığı ve en gelişmiş olduğu bölgesidir (Şekil 1). Ancak kendine doğru olan yoğun trafik çekiminin yanı sıra aşırı derecede kullanılan bir geçiş bölgesidir ve son noktaları bölge içinde olmayan yoğun bir taşıt ve yaya trafiği bölgenin ulaşım imkânlarını aşırı ölçüde zorlamaktadır (İBB, 2003). Özellikle Sirkeci'deki karayolu, tramvay, deniz otobüsü, yolcu vapuru ve arabalı vapur türlerinin kesişim noktası, sabah ve akşam zirve saatlerde trafik akımı üzerinde ağır bir yük oluşturmaktadır. Ayrıca Yenikapı, banliyö, denizyolu ve otobüs olmak üzere üç ulaşım türünün kesiştiği önemli bir odak noktasıdır.

Cumhuriyet Dönemi sonrasında karayolu ağırlıklı ulaşım politikaları sonucunda, Tarihi Yarımada'da inşa edilmiş birinci derece arterlerden olan ve aynı zamanda kentiçi transit (Haliç'in kuzeyindeki ilçeler ile Tarihi Yarımada'nın batısında yer alan ilçeler arasında) taşıt trafiğinin de ağırlıklı bir şekilde kullandığı akslar, Vatan ve Millet caddeleri, Atatürk, Kennedy ve Fevzipaşa bulvarlarıdır (Şekil 1). Bu nedenle günümüzde Yarımada'nın 1.562,6 hektarlık yüzölçümünün geriye kalan yaklaşık %25'lik alanı ise, taşıt yolları (birinci, ikinci ve üçüncü derece yollar) olarak kullanılmaktadır (Tablo 1, Tablo 2).



Şekil 1 İstanbul Tarihi Yarımada Ulaşım Ağı.

Tablo 1 Tarihi Yarımada'da Mevcut Kentsel Hizmet Alanları Dağılımı (İBB, 2003).

Kentsel Hizmet Alanları	Eminönü			Fatih			Tarihi Yarımada			
	Adet	Alan (ha)	Yüzde (%)	Adet	Alan (ha)	Yüzde (%)	Adet	Alan (ha)	Yüzde (%)	
Konut Alanları		16,5	3,2		375,0	35,7		391,5	25,1	
Ticaret Alanları		73,5	14,4		39,5	3,8		113,0	7,2	
Konut+Ticaret Alanları		18,9	3,7		51,3	4,9		70,2	4,6	
Ticaret+İmalat Alanları		20,6	4,0		5,8	0,6		26,4	1,7	
İmalat Alanları		2,2	0,4		6,6	0,6		8,8	0,6	
Ticaret+Konaklama		25,1	4,9			0,0		25,1	1,6	
Konaklama Alanları		2,6	0,5		1,7	0,2		4,3	0,3	
Konaklama+Konut Al.		5,7	1,1			0,0		5,7	0,4	
Teknik Altyapı ve Ulaşım Alanları	Kapalı Otopark	5	0,8	0,2	15	1,3	0,1	20	2,1	0,1
	Açık Otopark	113	11,9	2,3	116	17,3	1,7	229	29,2	1,9
	Meydanlar	6	5,6	1,1		0,0	0,0	6	5,6	0,4
	Yaya Yolları		10,1	2,0		0,2	0,0		10,3	0,7
	Taşıt Yolları		102,7	20,2		262,4	25,0		365,1	23,4
	TCDD Alanı		15,2	3,0		13,4	1,3		28,6	1,8
	Kentsel Altyapı		1,3	0,3		21,8	2,1		23,1	1,5
	Deniz Otobüsleri		7,6	2,0			0,0		7,6	0,5
Yönetim İdari Tesis Alanları	İskele Alanı	9	16,8	3,4	3	1,8	0,2	12	18,6	1,2
	Askeri Alanı	3	16,3	3,3	1	1,2	0,1	4	17,5	1,1
	Belediye		3,0	0,1		2,1	0,2		5,1	0,3
	Konsolosluk	2	0,5	0,1			0,0	2	0,5	0,0
	Türk Telekom	2	1,0	0,2	1	0,2	0,0	3	1,2	0,1
	Yönetim	59	11,8	2,3	60	11,5	1,1	119	23,3	1,5
Eğitim Tesis Alanları (kamu + özel)	İtfaiye Alanı			0,0	2	0,2	0,0	2	0,2	0,0
	Kreş Alanı	1	0,1	0,0	14	0,8	0,1	15	0,9	0,1
	İlköğretim	9	2,5	0,5	55	13,5	1,3	64	16,0	1,0
	Lise Alanı	5	3,8	0,7	15	7,5	0,7	20	11,3	0,7
	Mesleki ve Teknik Eğitim	7	3,8	0,7	5	3,9	0,4	12	7,7	0,5
	Özel Eğitim	-	0,0	0,0	6	1,2	0,1	6	1,2	0,1
Sağlık Tesis Alanları (kamu + özel)	Üniversite	3	20,5	4,0	5	72,7	0,3	8	23,2	1,5
	Sağlık Tesisleri	10	1,5	0,3	34	18,3	1,2	44	19,8	0,9
Üniversite Hastanesi	Üniversite Hastanesi	-	0,0	0,0	3	25,3	3,0	3	25,3	2,0
Kültürel Tesis Alanları	Kültürel Alan	50	29,8	5,8	12	4,2	0,4	62	34,0	2,2
	Dernek-Vakıf	-	0,0	0,0	17	0,8	0,1	17	0,8	0,1
Yeşil Alanlar	Botanik Bahçe		1,6	0,3			0,0		1,6	0,1
	Park ve Yeşil		49,5	9,7		74,5	7,2		124,0	7,9
	Bostan Alanı			0,0		9,8	0,9		9,8	0,7
	Spor Tesisleri		2,3	0,5		10,5	1,0		12,8	0,8
Dini Tesis Alanları	Cami Alanı	98	20,5	4,0	204	36,8	3,6	302	57,3	3,7
	Kilise Alanı	10	3,0	0,6	32	5,5	0,5	42	8,5	0,5
	Sinagog Alanı	1	0,0	0,0	2	0,2	0,0	3	0,2	0,0
Diğer	Yurt	14	2,8	0,5	22	2,0	0,2	36	4,8	0,3
Toplam		511,6	100		1051,0	100		1562,6	100	

Tablo 2 Tarihi Yarımada'da Karayolu Ulaşımı Altyapısının Dağılımı (İBB, 2003).

Fonksiyon	Tarihi Yarımada		
	Adet	Alan (ha)	Dağılım (%)
1. Derece Yollar	-	103,6	25,0
2. Derece Yollar	-	31,8	10,1
3. Derece Yollar	-	222,3	53,2
Çıkamaz Yollar	395	7,4	1,7
Yaya Yolları	-	10,3	2,4
Açık Otoparklar	225	29,2	5,6
Kapalı Otoparklar	23	2,1	0,7
Meydanlar	6	5,6	0,0
Toplam		431,4	100,0

Tablo 2'de izlendiği üzere Tarihi Yarımada'da taşıt yollarının kapladığı alan açısından yarından fazlasını oluşturan üçüncü kademe yollar eğimli topografya ve geleneksel organik sokak dokusu nedeniyle iş amaçlı trafikte (yük doldurma boşaltma) manevrayı zorlaştırmakta, yerel taşıt trafiğinde tıkanmalar yaşanmaktadır. Ayrıca bölgenin turistik karakteristiği nedeniyle yoğun turist otobüsü trafiğinin Yarımada içine alınması karayolu ulaşım ağı üzerinde fazladan yük yaratmakta ve önemli nirengi noktalarının bulunduğu açık alanların taşıt depolama alanı olarak kullanılmasıyla sonuçlanmaktadır (İBB, 2003).

Tarihi Yarımada'da yıllara göre karayolunu kullanan taşıt trafiği verileri dikkate alındığında lastik tekerlekli taşıt sayısında bir artış gözlenmektedir (Erel ve diğ., 1998; Yardım ve diğ., 2000; Yardım ve Gürsoy, 2004a, 2004b; Yardım, 2006; Naltekin ve diğ., 2008) (Tablo 3). 2005 ile 2007 arasında özel oto girişinde ciddi bir artış söz konusudur (yaklaşık %11). Bu artış, nüfus artışının (yıllık yaklaşık %1,5) yanı sıra genel ekonomideki nisbî iyileşmeye de bağlanabilir. Tarihi Yarımada'yı kullanan otomobil sayısı da buna paralel olarak, yükselişini sürdürmektedir. Artan talebe paralel olarak toplu taşıma araçlarında da bir artış gözlenmektedir. Toplu taşımanın, kent yönetiminin yerinde kararları ile güçlendirilmesine rağmen, karayolu trafiği baskısı hâlen güncelliğini korumaktadır. Son yıllarda ülkemizdeki taşıt sahipliğinin artması bunda oldukça etkilidir. 2000 yılında ülkemizde 1.000 kişiye düşen araç sayısı yaklaşık 100 iken 2007 verilerine göre 184'dür (KGM, 2008). Son yıllarda istenen düzeyde olmasa da, imalat, depolama ve ticaret fonksiyonlarının bölge dışına taşınmaya başlamasıyla kamyonet/panelvan oranlarında gözle görülür azalmalar başlamıştır.

Yolculukların türlere dağılımında bazı dalgalanmalar olsa da karayolunun ağırlığı hâlen devam etmektedir (Tablo 4). 1998 yılında karayolu kullanım oranı tüm türler arasında %60'lar düzeyindeyken 2003 ve 2005 yıllarındaki artışlarla %70'lere yaklaşmıştır. Ancak son yıllarda raylı sistem ve denizyolu yatırımlarına verilen ağırlık sonuç vermeye başlamış ve %53'lere varan bir gerileme gözlenmiştir. Yeni yatırımlar ve geliştirilen işletmecilik yöntemlerine paralel olarak raylı sistemlerin hizmet oranları son yıllarda artarak, 2007 yılında ortalama %27'lik bir paya erişmiştir. Bugün raylı sistemlerle zirve saatlerde, bazı kesimlerde kapasiteye yakın taşımalar yapıldığı bilinmektedir. Deniz taşımacılığının payı ise yapılan iyileştirmelerle 2007 yılında %20'lere yükselmiştir. Tablo 3 ve Tablo 4 bir arada incelemeye tabi tutulduğunda, toplu taşımaya doğru bir yönelme olduğu açıkça görülebilmektedir.

İDO'nun TDİ Şehirhatları vapurlarını bünyesine dahil etmesiyle, küçük çapta da olsa bu konudaki çok başlılık giderilmiş ve verimli sonuçlar alınmaya başlanmıştır. Son yıllarda devreye sokulan bilet entegrasyonu uygulamaları tüm türlerde olduğu gibi, dolmuş motoru

taşımacılığında bir milat kabul edilmektedir. Sabah zirve saatlerde dolmuş motorlarıyla 12.000-13.000 yolcu/sa'lik taleplere cevap verilebilmektedir. Bilindiği gibi Marmaray projesi devreye girdiği zaman 75.000 yolcu/sa/yön'lük bir kapasite sunulmuş olacaktır. Bu kapasitenin hâlihazır türel dağılımı etkileyeceği de şüphesizdir.

Tablo 3 Yıllara Göre Tarihi Yarımada'da Karayolunu Kullanan Taşıt Sayıları.

Sabah Zirve Saat Karayolu Taşıtları Girişi (tş/sa)										
Yıl	OTO	İETT+ ÖHO	KO	SERVİS ARAÇLARI			M	D	KP	TOPLAM
				SM	SMD	SO				
1998	17.711	527	67	433	179	107	457	111	2.063	21.655
2003	17.382	765	70	1.444	390	127	46	250	2.223	22.697
2005	17.407	860	74	1.213	380	87	350	200	2.052	22.623
2007	19.292	833	84	857	182	80	330	183	1.759	23.600

Not: 1) OTO: Özel otomobil, İETT+ÖHO: Normal belediye ve halk otobüsü, KO: Körüklü otobüs, SM: Servis minibüsü, SMD: Servis midibüsü, SO: Servis otobüsü, M: Minibüs, D: Dolmuş, KP: Kamyonet/Panelvan.

2) 2007 sayımları Temmuz-Ağustos aylarında yapılabildiğinden %10 artırılmıştır. Buna rağmen servis araçlarının sayısı düşük bulunmuştur.

Tablo 4 Yılları Göre Tarihi Yarımada'da Yolculukların Türel Dağılımı.

Sabah Zirve Saat Yolcu Girişi									
Yıl	Karayolu		Denizyolu		Raylı Sistemler		Toplam		
	ylc/sa	(%)	ylc/sa	(%)	ylc/sa	(%)	ylc/sa	(%)	
1998	72.956	59,7	17.258	14,1	32.000	26,2	122.214	100	
2003	96.299	65,7	14.132	9,6	36.056	24,6	146.487	100	
2005	87.915	68,6	13.735	10,7	26.477	20,7	128.127	100	
2007	72.896	52,9	27.462	19,9	37.500	27,2	137.858	100	

Not: 2007 karayolu sayımları Temmuz-Ağustos aylarında yapılabildiğinden yolcular %10 artırılmıştır.

Tarihi Yarımada'nın Geleceğe Dönük Ulaşım Yapısının Planlar ve Geliştirilen Projeler Bağlamında Analizi

2009 yılı itibariyle Tarihi Yarımada'yı yakından ilgilendiren üç plan bulunmaktadır. Bu planlardan biri henüz çalışmaları sürmekte olan yeni İstanbul Ana Ulaşım Planı'nın yerine geçerliliğini koruyan 1997 İstanbul Ana Ulaşım Planı'dır (İTÜ, 1997). Diğerleri ise 2005 yılında İstanbul 1 Numaralı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu tarafından onaylanarak yürürlüğe girmiş olan 2003 tarihli 1/5.000 Ölçekli Koruma Amaçlı Nazım İmar Planı (İBB, 2003a) ve 1/1.000 Ölçekli Eminönü-Fatih İlçeleri Koruma Amaçlı Uygulama İmar Planı'dır (İBB, 2003b).

Tarihi Yarımada'nın mevcut karayolu ağı için herhangi bir önerinin getirilmediği 1997 İstanbul Ana Ulaşım Planı'na göre Yarımada'dan geçmesi öngörülen iki önemli raylı sistem projesi, bugün inşası süren Gebze-Halkalı arasında işletilecek olan Marmaray ve Ayazağa-Yenikapı-İkitelli Metrosu projeleridir. Söz konusu plana göre, Eminönü ve Sirkeci iskeleleri kentiçi, Yenikapı iskelesi ise ağırlıklı olarak kentlerarası denizyolu taşımacılığına hizmet vermektedir.

1/5.000 ölçekli plana göre Tarihi Yarımada'ya dönük ulaşım çözümlerindeki hedef; canlılığını sürekli koruyan, tarihi yol ve kentsel dokuyu gözeterek, yaşayan bir kent parçası olma özelliğini devam ettirerek, ulaşım taleplerine deniz, raylı sistem ve yaya

ağırlıklı çözümler getirmektir (İBB, 2003a). Öngörüler arasında Sirkeci ve Eminönü iskelelerinden gerçekleştirilen şehiriçi denizyolu hatlarının önemli bölümü Yenikapı'ya aktarılırken, Yenikapı'daki İDO seferlerine ait kent dışı hatların, Yarımada dışında Kazlıçeşme'ye taşınması yer almaktadır. İlgili planda Tarihi Yarımada'daki ulaştırma sistemi için ilke ve politikalar olarak benimsenenler de şunlardır (İBB, 2003a):

- Araçların değil insanların hareketliliği ön planda olmalıdır.
- Gelecekteki ulaşım ağının temelini yüksek kapasiteli raylı sistemler oluşturmaktadır.
- Deniz ulaşımını cazip hale getirecek ve diğer toplu taşıma hatlarına kolay entegre olacak hatlar öngörülmelidir.
- Diğer kurumlarca öngörülen tekil toplu taşıma projeleri bir sistem bütünlüğünde ele alınmalıdır.
- Tarihi Yarımada içindeki tarihi doku ve yoğun yapılaşma nedeni ile yeni yol yapmak imkânsız, mevcutları genişletmek de neredeyse mümkün değildir. Bu nedenle, büyük yatırımlar yerine, mevcut yollar etkin kullanılmalı ve gelecekteki raylı toplu taşıma sistemlerini tamamlayıcı nitelikte olmalıdır.
- Uygun aktarma ve otopark alanları Tarihi Yarımada çeperlerinde planlanıp işletmeye açılmalı ve Yarımada'ya lastik tekerlekli özel araç girişi kısıtlanmalıdır.

1/5.000 ölçekli planda, Yarımada için dört farklı gelecek senaryosu önerilmiştir. Bunların her birinde bölgeye farklı kimlikler yüklenmiş ve buna göre olası gelecekler şekillendirilmiştir. Tüm seçeneklerde ortak olan nokta zararlı imalat ve depolama fonksiyon alanlarının Yarımada dışına çıkarılmasıdır. Bu unsurlar dışında seçenekler birbirlerinden bağımsızdır. Buna göre:

- Birinci senaryoda konut ve ticaret alanlarına ağırlık verildiği için ulaşım kararları taşıt ağırlıklıdır. Senaryo bu yönüyle zayıf kalmaktadır. Çünkü yoğun ticaret ve konut fonksiyonları bölgeye olan taşıtla erişim talebini daha da yukarı çekecektir.
- İkinci senaryoda Tarihi Yarımada turizm kimliğine büründürülmekte, yayalaştırma öne çıkmakta, taşıt trafiği kısıtlanarak, nostaljik raylı sistemler işletmeye alınmaktadır.
- Üçüncü senaryoda Tarihi Yarımada'nın konut, ticaret, turizm ve kültür kimliklerini beraberce değerlendirilmekte; bu seçenekte de yaya ve toplu taşımayı öne çıkaran ve lastik tekerlekli sistemleri kısıtlayan öneriler sunulmaktadır.
- Dördüncü senaryoda ise Tarihi Yarımada'da hayat bulmuş geçmiş kültürlerin izlerinin ortaya çıkarılması, tarihi dokuların haricinde kalanların tümünün yeniden ele alınıp silüete uygun olarak yeniden planlanması öngörülmüştür. Bu seçenekte Yarımada içerisinde lastik tekerlekli taşıt trafiğine neredeyse hiç izin verilmemekte ve Sur kenarlarında oluşturulacak uydu otoparklara yönlendirme yapılmaktadır. Yolculuklar ağırlıklı olarak raylı sistemlerle veya yaya şeklinde gerçekleştirilecektir. Mevcut raylı sistemler korunacak, devam eden projeler tamamlanacak ve ayrıca gezi maksatlı "havaray" koridorları oluşturulacaktır. Ancak bu seçenek üzerinde büyük maddi kısıtlar bulunduğu ve ayrıca havaray gibi seçenek çözümlerin bir kentsel sit alanı olan Tarihi Yarımada'nın silüetinde ve tarihi değerdeki mekânların, sokak dokusunun algılanmasında yaratacağı kötü etkiler de unutulmamalıdır.

Tarihi Yarımada'da günümüzde üç ayrı raylı sistem bulunmakta ve bunların ikisi Aksaray'da kesişmektedir (Tablo 5). Planların öngörülerini doğrultusunda yakın gelecekte Marmaray ve İstanbul Metrosu'nun bölge içindeki istasyonlarının faaliyete geçmesi ile

Yarımada'da aktarma noktasının sayısı beşe yükselerek, raylı sistemlerin ve diğer ulaşım sistemlerinin kesiştiği İstanbul'un en önemli ulaşım odağı olacaktır.

Tablo 5 Tarihi Yarımada İstasyonlarında Kesişecek Raylı Sistemler.

İstasyon	Kesişen Raylı Sistemler
Yenikapı	Gebze-Halkalı Marmaray metrosu (yapımı sürmekte) Levent-Taksim-Yenikapı-Bağcılar metrosu (yapımı sürmekte) Havalimanı-Aksaray-Yenikapı hafif raylı sistemi (inşaatı başladı; fakat durduruldu) Sirkeci-Yedikule tramvayı (öngörü)
Eminönü	Kabataş-Zeytinburnu tramvayı (mevcut) Eminönü-Eyüp-Alibeyköy tramvayı (öngörü) Sirkeci-Yedikule tramvayı (öngörü) Levent-Taksim-Yenikapı-Bağcılar metrosu (yapımı sürmekte)
Vezneciler	Sultançiftliği-Edirnekapı-Vezneciler tramvayı (Sultançiftliği-Edirnekapı arası mevcut) Levent-Taksim-Yenikapı-Bağcılar metrosu (yapımı sürmekte)
Aksaray	Havalimanı-Aksaray-Yenikapı hafif raylı sistemi (inşaatı başladı; fakat durduruldu) Kabataş-Zeytinburnu tramvayı (mevcut)
Sirkeci	Gebze-Halkalı Marmaray metrosu (yapımı sürmekte) Kabataş-Zeytinburnu tramvayı (mevcut) Sirkeci-Yedikule tramvayı (öngörü)

Böylelikle Tarihi Yarımada'nın toplu taşıma ile yolcu taşıma kapasitesi daha da artacaktır. Bu durum bölgeye erişimi daha da kolaylaştıracağı için, özellikle de farklı ulaşım türleri ve sistemleri arasında erişimin doğrudan sağlanmadığı ve aktarma yapabilmek için yüzeye çıkmanın gerekeceği koşullarda, Yarımada'yı ilgilendirmeyen ve gereğinden fazla ziyaretçi akışı, sirkülasyon sorununu ortaya çıkacaktır. Bu da içinden çıkılmaz yaya sirkülasyonu-taşıt trafiği çatışmalarına yol açabilecektir. Başka bir sorun ise, artan erişim kolaylığının metropoliten alan ölçekli ve aynı zamanda Yarımada'nın kimliği ve fonksiyonlarıyla ilgili olmayan işletme ve kurumların, Yarımada da kalmayı sürdürmesi noktasında yoğunlaşmaktadır. Günümüzde gelişmiş ülkelerin raylı sistemlerle beslenen geleneksel yapıdaki metropoliten merkezlerine bakıldığında, küresel politikalara da bağlı olarak, kenti temsil eden fonksiyonlarla, kültürel ve tüketime yönelik faaliyetlerin yanı sıra, konut alanları gelişmelerinin de desteklendiği görülmektedir. Üretime yönelik faaliyetler ile yönetim merkezleri ve bu tür fonksiyonları destekleyecek konut alanları ise farklı alt merkezlerde toplanmaktadır (Bertolini ve Spit, 1998).

*

Bilindiği üzere ulaşım yatırımları toplumsal refah ve kalkınma üzerinde doğrudan rol oynamaktadır. Tarihi Yarımada'da ulaşım yatırımları en büyük etkilerini arazi kullanım ve değerlerinde göstererek, fiziksel ve toplumsal yapının şekillenmesi de doğal bir süreçtir. Bu süreçte aşağıdaki değişme eğilimlerinin belirmesi, hattâ beklenmesi kaçınılmaz bir şekilde ortaya çıkabilecektir:

- Hızlı toplu taşıma bağlantılarının güçlenmesi Yarımada'ya şirketleri, ofis ve ticari işletmeleri (otel, yeme-içme, alış-veriş gibi) bugünkünden daha güçlü olarak çekebilecektir.
- Çalışan personelin ev-iş erişiminin kolay olması ise çalışma alanları için diğer etkili bir faktör oluşturacaktır.
- Erişilebilirliğin artmasıyla rant değerlerinin yükseldiği bölgelerde gayrimenkul değerleri yükselerek konut alanları değer kazanacaktır. Bu nedenle raylı sistem çalışmaları başlamadan önce kamulaştırma yapılmalı ve gelişmesi istenen oluşumlar

hakkında girişimcilerin ve kamunun bilgilendirilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde, değer artışı büyük olasılıkla spekülasyonlara neden olabilecektir.

▪ Çöküntü halindeki konut bölgelerinin orta-üst ve üst gelir gruplarına yönelik yenilenmesini teşvik ederek sosyal yapının da değişmesi bölgenin potansiyellerine bağlı olarak gündeme gelebilecektir.

▪ Gayrimenkul değerleri aktarma noktalarına cephesi olan bölgelerde en yüksek seviyeye çıkarken yürüme mesafesindeki alanlar ikinci kademe de, yürüme mesafesinde olmayan ancak entegre sistemler aracılığı ile etki alanına giren alanlar üçüncü kademedeki etkilenebilecektir.

*

Tarihi Yarımada'ya ilişkin plan öngörülerinin dışında, ulaşım planlarında olmadığı halde inşa edilen ve ihale aşamasında olan projeler de zaman zaman gündeme gelmektedir. Bu bağlamda Edirnekapı'ya kadar tamamlanan Sultançiftliği-Vezneciler tramvay hattı 1997 İstanbul Ana Ulaşım Planı'nda yer almamasına rağmen, koruma amaçlı planlarda gösterilen raylı sistem güzergahlarından biridir. Önceki planlarda olmayıp kısa sürede ihaleleri tamamlanan diğer bir proje ise Karayolu Boğaz Tüp Tünel Geçişi'dir. Projeye göre Doğu Yakası'nda Göztepe'den yeraltına girecek olan karayolu bağlantısının Tarihi Yarımada'yı yeraltından kat ettikten sonra hemen Sur dışında Kazlıçeşme'de yüzeye çıkması düşünülmektedir. Ancak bugün metro ve Marmaray çalışmalarında yaşandığı üzere, Tarihi Yarımada'yı yeraltından geçecek böylesi bir projenin inşa çalışmaları özellikle yeraltında bulunan kültürel değerleri etkileyecektir.

Diğer taraftan havalandırma ve güvenlik çıkışları için gerekli hacimlerin tarihi mekâna ve silüete etkileri de olumsuz sonuçlar yaratma potansiyeli taşımaktadır. Metropoliten alan içinde toplu taşımayı güçlendirecek projelere ağırlık verildiği bir dönemde, Marmaray gibi ana toplu taşıma koridorlarına alternatif olarak yakalar arası otomobil yollarının inşası, toplu taşıma sistemlerinin tercih edilmesini olumsuz etkileyebilecektir. Böylece, Tarihi Yarımada yönünde var olan yoğun taşıt trafiğine ek yükler oluşması kuvvetle muhtemeldir. Bu durum Yarımada'da özel taşıt kullanımını sınırlandıracak kararların alınması gerekliliğini güçlendirmektedir.

Sonuç ve Yaklaşım Önerileri

Bu çalışmada, Tarihi Yarımada için öne çıkan sorunlara ilişkin yaklaşım önerileri; plan kararları, nüfus politikası, karayolu politikası, türler arası aktarma noktaları olmak üzere dört temel başlık altında toplanmıştır.

Plan Kararları

İstanbul, nüfusu hızla artan ve gelişmekte olan bir metropoldür. Bu nedenle de ihtiyaçları sürekli artarak kısa sürede değişiklik göstermektedir. Dolayısıyla planlarda geleceğe yönelik yapılan tahminlerin ve alınan kararların kestiriminin gerçekçi ve güçlü olması gerekmektedir. Ancak hızlı kentsel değişimler, uzun vadeli kararların doğru olarak saptanabilmesini de güçleştirebilmekte; plan kararlarının geçerlilik sürelerinin kısa zaman içinde dolmasına yol açabilmektedir. Diğer taraftan uygulamaya konulan planların ardından planlarca onayı bulunmayan yeni projelerin devreye girmesi öncelikli projelerin yapımını engelleyebildiği gibi beklenenin aksine gerek maddi açıdan gerekse işletme açısından olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir.

Öte yandan ulaşım koşulları iyileştirilirken, eşgüdümlü olarak sürdürülecek kentsel dönüşüm süreçleri ve Nazım İmar Planı ve Uygulama İmar Planı'na bağlı kalınması, ulaşım planlarına ilişkin yapılan tahminlerin isabet bulmasına katkı sağlayan yaklaşımlar oluşturacaktır. Böylece Tarihi Yarımada içinde neredeyse içinden çıkılmaz durumdaki ulaşım koşullarına, kontrol edilebilir bir süreç içinde müdahale etmek mümkün olacaktır.

Nüfus Politikası

Tarihi Yarımada'da konut alanlarına doğru gelişimini sürdüren ticaret ve turizm faaliyetleri, bu alanlar üzerinde bir baskı unsuru oluşturmaktadır. Bu durum, Yarımada'nın ulaşım yapısı ve arazi kullanım başlığı altında belirtildiği gibi konut nüfusunun bölgeden süzülmesine neden olmaktadır. Bölge içinde geliştirilecek turizm faaliyetleri türlerinin içeriği ve günlük ziyaretçi kapasitesi gibi konular önem kazanmaktadır. Özellikle kontrolsüz gelişen turizm faaliyetlerinin yarattığı gürültü, kirlilik, aşırı kullanım gibi etkenler konut yaşamıyla ve tarihi mekanların korunması açısından zıt koşullar yaratabilmektedir.

Tarihi Yarımada'nın yalnızca gündüzleri değil geceleri de yaşayan, güvenli ve sahiplenilen bir bölge olabilmesinde, ikamet eden nüfusun önemi büyüktür. Bugün Tarihi Yarımada'nın yerlileri denilebilecek kitlelerin bölgeyi terk etme süreci hızla devam etmektedir. Bu bağlamda Tarihi Yarımada son 10 yıl içinde göç verir duruma gelmiş bir bölgedir. Dolayısıyla Yarımada'ya ilişkin öncelikli ele alınacak konuların başında, bölgedeki konut nüfusunu destekleyecek politikaların oluşturulması gelmektedir. Bu bağlamda, Sulukule'deki kentsel dönüşüm çalışmalarının yanı sıra, konut varlığını sürdürebilmek için Yarımada planlarında İMÇ bloklarının kaldırılarak yerine prestij konut alanlarının öngörüldüğü kararlara ilişkin tartışmalar gündemdedir. Ancak bu gibi yaklaşımlar beraberinde bir takım problemleri de getirmektedir. Bunların başında İMÇ bloklarının yirminci yüzyıl modern mimari anlayışını temsil eden ürünler olmasıdır. Ayrıca yerine inşa edilecek yapı tipolojisinin ve içinde barındıracağı prestij konut alanı öngörüsü nedeniyle, buraya gelmesi beklenen üst gelir gruplarının, Yarımada'nın sosyal yapısıyla ne derece örtüşüp, uyum sağlayacağı konusu da tartışılmaktadır. Diğer taraftan konut varlığının gelişimini ve yaşamını destekleyecek günlük temel gereksinimlerin karşılandığı çok sayıda eğitim, sağlık, halk eğitim merkezi gibi kentsel donatı alanlarına ihtiyaç bulunmaktadır. Nitekim Tablo 2'deki Yarımada'nın arazi kullanımına ilişkin değerler, konut nüfusuna yönelik kentsel donatı alanlarının yetersizliğini açıkça ortaya koymaktadır.

Karayolu Politikası

Yarımada'nın taşıt trafiğinin yoğunluğunda karayolu ağının transit taşıt geçişleri amaçlı kullanımı sorunların başında gelmektedir. Ayrıca Karayolu Boğaz Tüp Tünel Geçişi projesinin gerçekleşmesi durumunda tünelin Batı Yakası'ndaki giriş-çıkışı her ne kadar Tarihi Sur'un dışında inşa edilecek olsa da Yarımada'nın trafiğini, taşıt miktarını artırma yönünde etkileyecektir. Bu nedenle günümüzde de özel otomobil kullanımının artışını sürdürmekte olduğu Tarihi Yarımada'da, karayolu taşıt trafiğinin sınırlandırılmasına yönelik uygulamaların yaşama geçirilmesi önem kazanmaktadır. Bu yönde yapılabilecek uygulamaların başında, trafik talep yönetimi yöntemlerinden; "tıkanıklık fiyatlandırması (Yüksel ve Yardım, 2008)" ve "bölgesel otopark yönetimi

(Okubay, 2008)” önemli fırsatlar sunmaktadır. Söz konusu yöntemlerde temel nokta, ulaşım sistemine özel taşıtlarıyla katılan kullanıcılara, sebep oldukları dışsal maliyetlerin günden güne arttığı ve bu maliyetleri de ağırlaşarak ödemek zorunda kalacakları gerçeğinin hatırlatılmasıdır.

Türler Arası Aktarma Noktaları

Tablo 5’de ortaya konulduğu üzere yakın gelecekte Tarihi Yarımada’da raylı sistemlerin devreye girmesiyle beş önemli aktarma odağı oluşacaktır. İstanbul Metropoliten Alanı’nın farklı noktaları arasında gidiş-gelişlerin gerçekleşeceği türler arası kesişme alanlarında aktarma noktalarının mekan tasarımı, yaya sirkülasyonu, taşıt trafiği ile çatışan noktalarda yaya güvenliğinin sağlanması önemli konular olarak öne çıkmaktadır. Bu tür geniş yaya alanlarına ihtiyaç duyulan geçit noktalarında güvenliğin sağlanması da dikkat edilmesi gereken diğer bir konudur.

İstanbul 2010’un temel savlarından biri kapsamlı özelleştirmeler ve geri dönüşü olmayan büyük ölçekli projeler sonucunda kentin arazi kullanımının köklü yapısal değişimlere uğrayacağıdır. Tarihi Yarımada’da da sosyal ve ekonomik gelişmelere paralel bir değişim kaçınılmazdır. Ancak önemli olan, bölgesel değişme eğilimlerinin güncel olarak takip edilebildiği sistematik yaklaşımlarla, bu sürecin daha etkin bir şekilde kontrol edilip yönetilmesiyle, 1/5.000 ölçekli Nazım İmar Planı hedeflerine erişmenin daha kolay ve de mümkün olacağına akıldan uzak tutulmamasıdır.

Teşekkür: Bu çalışma kapsamında, veri temini konusundaki desteklerinden dolayı, İstanbul Ulaşım A. Ş., İDO ve TURYOL yetkililerine teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynaklar

Bertolini, L. ve Spit, T. (1998) Cities on Rails, Routledge, New York.

Erel, A., Yardım, M. S., Gürsoy, M. ve Yüksel, H. (1998) Tarihi Yarımada’nın Ulaşım Sorunları ve Acil Çözüm Önerileri, İTO yayın no: 1998-43, ISBN-975-512-281-8, İstanbul.

European Commission (2009) http://ec.europa.eu/index_en.htm.

İBB (2003a) 1/5.000 Ölçekli Tarihi Yarımada Koruma Amaçlı Nazım İmar Planı Raporu, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Planlama ve İmar Müdürlüğü, İstanbul.

İBB (2003b) 1/1.000 Ölçekli Koruma Amaçlı Uygulama İmar Planı Raporları, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Planlama ve İmar Müdürlüğü, İstanbul.

İBB (2008) İstanbul Ulaşım Ana Planı Hanehalkı Araştırması (OD HH 2006)-I. Aşama Analitik Etüd ve Kalibrasyonu İş, İBB Ulaşım Daire Başkanlığı Ulaşım Planlama Müdürlüğü, İstanbul.

İTÜ Ulaştırma UYG-AR Merkezi (1997) İstanbul Ulaşım Ana Planı Sonuç Raporu. İBB Planlama ve İmar Daire Başkanlığı Şehir Planlama Müdürlüğü, İstanbul.

KGM (2008) Trafik Kazaları Özeti-2007. <http://www.kgm.gov.tr/kaza2k.asp>

Naltekin, E., Özkaya, B. ve Yüncü, H. (2008) İstanbul Tarihi Yarımada’da Perde-

Kordon Etüdleri Yardımı İle Giriş ve Çıkış Trafiğinin Belirlenmesi (2007-Yaz). Lisans Bitirme Ödevi, Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

Okubay, M. (2008) Bölgesel Otopark Yönetimi ve Stratejileri: Tarihi Yarımada - Eminönü Bölgesi Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

TÜİK (2008) Demografik Veri Tabanı. <http://www.tuik.gov.tr>.

Yardım, M. S., Gürsoy, M. ve Yüksel, H. (2000) An Evaluation of Istanbul Historical Peninsula's Inbound and Outbound Traffics with the Aid of Screen Line-Cordon Surveys. Advances in Civil Engineering 4th International Congress Proceedings, Volume 3, pp. 1383-1392, Gazimagusa, Turkish Republic of Northern Cyprus.

Yardım, M. S., Gürsoy, M. (2004a) An Investigation For Change Of Transportation Conditions At Istanbul Historical Peninsula. WCTR '04-10th World Conference on Transport Research, Abstract Book-II, pp. 1425-1426 (Full text in the CD-ROM), Istanbul, Turkey.

Yardım, M. S. ve Gürsoy, M. (2004b) İstanbul Tarihi Yarımada'da Üretilen ve Çekilen Trafik Üzerine 2003 Yılı İçin Bir Değerlendirme. İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler 2004-6. Uluslararası Konferansı, Bildiriler Kitabı, s. 1909-1921, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul.

Yardım, M. S. (2006) İstanbul Tarihi Yarımada Kordonunda 2005 Yılı İçin Giriş-Çıkış Trafiğinin Değerlendirilmesi. 7th International Congress on Advances in Civil Engineering, ACE-2006, Yıldız Technical University, Book of Abstract, p. 388 (Tam metin Kongre CD-ROM'unda), İstanbul.

Yüksel, H. ve Yardım, M. S., (2008) Tıkanıklık Ücretlendirmesi Uygulamalarının Eminönü Bölgesi'nde Bir Trafik İyileştirme Yöntemi Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması. İBB Proje İstanbul kapsamında hazırlanan Araştırma Projesi.

Kentsel Sürdürülebilirlik Açısından Hava Meydanları 2010 Avrupa Kültür Başkenti İstanbul'un Hava Limanları İçin Sürdürülebilirlik Araştırması

Dr. Ayşe Küçük Yılmaz

Yard. Doç. Dr., Sivil Havacılık Yüksekokulu, Anadolu Üniversitesi, İki Eylül
Kampüsü, 26470
akucukyilmaz@gmail.com
GSM: 0535 462 5590
Tel:0 222 335 0580-6812 Faks: 0222 322 1619

Dr. Oya Torum

Sabancı Üniversitesi Yönetici Geliştirme Birimi EDU Orhanlı, Tuzla, 34956 İstanbul
oya-edu@sabanciuniv.edu
GSM: 0542 655 0000
Tel: 0 216 483 9732 Faks: 0216 483 9697

Öz

Kentsel sürdürülebilirlik uygulamalarında ulaşım sistemleri ulusal sürdürülebilir büyümeye önemli katkılar sağlamaktadır. Ulaşım sistemleri içinde de havacılık sektörü çeşitli hizmet alanları yaratması ve diğer ulaşım sistemlerinin bütünselliği açısından farklı bir konuma sahiptir. Sektörün ana faaliyet alanları havacılık endüstrisi, havayolu işleticileri, hava meydanları ve tedarikçilerdir. Ulusal değer yaratma kaynakları arasında yer alan hava meydanlarının yarattığı sosyal, ekonomik ve çevresel boyutlar kentsel, bölgesel ve ulusal sürdürülebilir büyümeyi doğrudan etkilemektedir. Öte yandan havayolu taşımacılığındaki iş modellerinin değişmesi, trafik yoğunluğunun artmasına neden olmakta, talebin karşılanabilmesi için hava meydanları fiziki anlamda zorlanmaktadır. Fiziksel gelişim ve değişim ihtiyacı hava meydanı işletmelerinin tüm faaliyetlerini sürdürülebilirlik açısından ele almalarını gündeme getirmektedir. Bu çalışmanın amacı, sürdürülebilirlik uygulamalarında hava meydanları ve **2010 Avrupa Kültür Başkenti İstanbul'un** Atatürk Hava Limanı (ATA) ve Sabiha Gökçen Hava Limanlarının (SWA) sürdürülebilirlik araştırmasının yapılması olarak belirlenmiştir. Araştırma yöntemi olarak hava meydanı yöneticileriyle görüşmeler yapılmış ve bir anket uygulanmıştır. Bu anket formunun hazırlanmasında ve uygulanmasında Transportation Research Board of The National Academies (TRB) Airport Cooperative Research Program (ACRP)'nin 2008 tarihli çalışmasından yararlanılmıştır. Bu çalışma ile Türkiye'de ve yurtdışındaki hava meydanlarının sürdürülebilirlik uygulamalarının birbiriyle karşılaştırılması da mümkün olmuştur. Böylece çalışma sonunda Türkiye'deki hava meydanlarında etkin sürdürülebilirlik uygulamaları için öneriler getirilmektedir. Hava meydanı işletmelerinin, "sürdürülebilirlik" yönetimi ile ilgili çok çeşitli uygulamalar yapılmaktadır. Sürdürülebilirlik araştırılması ekonomik, sosyal ve çevresel boyutları olan üçlü temele dayandırılmıştır. Bildiri kapsamında; Türkiye'deki 50 sivil hava meydanında ve 2010 Kültür Başkenti İstanbul'daki hava meydanlarınca gerçekleştirilmekte olan uygulamalar, belirlenmiş olan alt parametreler açısından

değerlendirilmeye çalışılmıştır. Literatür araştırmasıyla desteklenen çalışmanın sonucunda kültürel etki dikkate alınarak hava meydanları için sürdürülebilir risk yönetimi eylem planı önerisi geliştirilmiştir.

Anahtar sözcükler: Hava meydanı, kentsel sürdürülebilirlik, risk yönetimi, stratejik plan, sürdürülebilirlik, kültürel gelişim, kültürel değişim, kentsel büyüme

1. Giriş

T.B.M.M. AB Uyum Komisyonu'nda, 11 Aralık 1997 tarihinde Japonya'nın Kyoto kentinde imzalanan, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin Kyoto Protokolü'ne Türkiye'nin katılmasının uygun bulunduğu ilişkin kanun tasarısı, (27 Haziran 2008) tarihinde benimsenmiştir. Protokol, küresel ısınma ve iklim değişikliği ile mücadeleyle yönelik bir çerçeve olarak, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi içinde imzalanmıştır. Protokolü imzalayan ülkeler, CO2 ve sera etkisine neden olan diğer beş gazın salınımını azaltmaya veya bunu yapamıyorsa, salınım ticareti yoluyla haklarını arttırmaya söz vermektedirler. Bu sorumluluk kapsamında; 2008 ile 2012 yılları arasında emisyonlarını 1990 yılına göre %5,2 düşüremeyen bir şirketin, oluşan karbon borsasından “Karbon Kredisi” bulma zorunluluğu bulunmaktadır. Dünyada Kyoto Protokolünün yürürlüğe girmesi sonrası havacılık kaynaklı CO2 emisyonu miktarının protokol kapsamındaki belirlemelerinin üzerinde kalması, konuyu havacılık ve ilgili endüstrilerin dikkatle incelemesini gerekli kılmaktadır (Erel, 2008). TBMM Genel Kurulunun, Şubat 2009'da Türkiye'nin Kyoto Protokolü'ne katılmasına karar vermesiyle Türkiye'nin 2012 sonrası dönemde, tüm dünyada yaşanacak düşük karbon ekonomisine hazırlık süreci başlamıştır. Kyoto protokolünün kabulü ile sürdürülebilir büyüme ve sürdürülebilirlik kavramlarının tam ve doğru olarak anlaşılması ilgili stratejilerin ve uygulamaların etkinliğinin artırılması açısından önemlidir. Hızla artan nüfus, doğal çevrenin giderek aşınması, kaynakların azalması, küresel bozulma gibi tespitler işletmeleri yönlendirmeye başlamıştır.

Sürdürülebilir büyüme toplumsal ve kurumsal kültürün bir parçasıdır. Kültür, toplumsal hayatın maddi ve manevi tüm yaşam dinamiklerini kapsayan, ulusların dünyaya bakışlarına, hayat tarzlarına göre sürekli değişim içinde olan dinamik bir kavramdır. ⁽¹⁾ Toplumlar gibi kentlerin ve hava meydanlarının da amaçları, bakış açıları, değerleri, ilkeleri, kendilerine özgü kültürel nitelikleri vardır. Hedefimiz: Araştırmamızın temelini teşkil eden hava meydanlarındaki sürdürülebilirlik uygulamaları ile kentlerde gelecek nesillerin de refah içinde ihtiyaçlarını karşılamalarına katkıda bulunmaktır.

2. Temel Kavramlar: Sürdürülebilir Büyüme ve Kentsel Sürdürülebilirlik

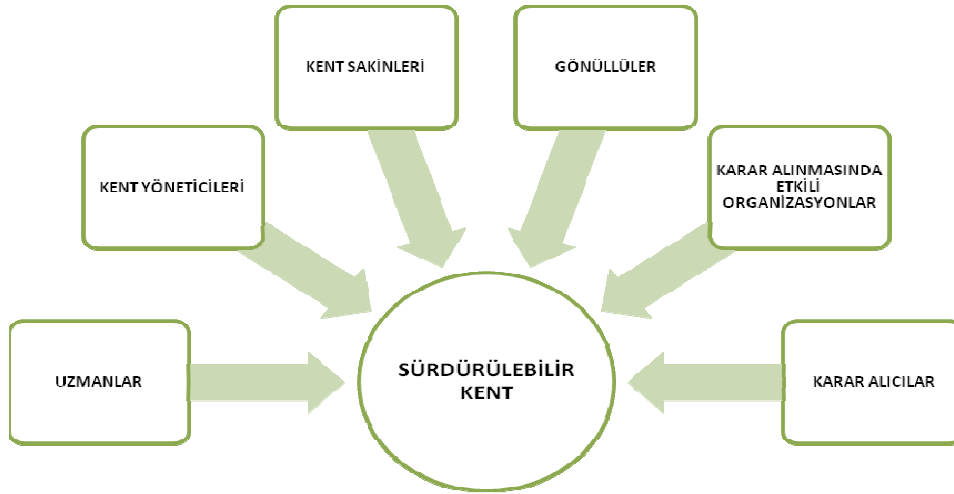
Sürdürülebilir büyüme, 1987 yılında Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nun hazırladığı Ortak Geleceğimiz Raporu'nda karşılaştığımız bir kavramdır. Ekonomik

¹ Batı, ve doğu dillerinde, kent ve uygarlık sözcükleri arasında benzerlikler görülmektedir. Civitas Latince şehir, kent anlamındadır. Civilization, uygarlık sözcüğü ile aynı kökten gelmektedir. Medeniyet kavramının kökü ise Medine kelimesine dayanmaktadır. Medenî demektir. Şehirli, şehir şartlarını kabul eden ve uyan insan anlamına gelmektedir. (Ali ERBAŞ Sakarya Üniv. İlahiyat Fakültesi)

kalkınmanın çevreye zarar vermeden sağlanması gerektiğine dikkat çekmektedir. Kavramın esası; doğal kaynakların verimli kullanılmasına, atıkların azaltılmasına, kaynakların geri dönüşümünün sağlanmasına, gelecek nesillerin ihtiyaçlarına cevap verecek ve çevrenin sürekli şekilde korunmasına dayanmaktadır. Sürdürülebilir büyüme tüm kaynakların yönetimine ilişkin ekonomik, finansal, ticari ve endüstriyel boyutları olan bir süreçtir (Nemli, 2007).

Uygulamada ise sürdürülebilir büyüme, çevrenin korunmasına önem vermek suretiyle uzun vadeli bir ekonomik kalkınmanın koşullarını oluşturmayı öngörmektedir. Mart 1995 tarihinde Kopenhag'da gerçekleştirilen sürdürülebilir büyüme konferansı, toplumsal dışlanmayla mücadele edilmesi ve kamu sağlığının korunmasının önemini vurgulamıştır. Amsterdam Antlaşmasıyla sürdürülebilir büyüme, Avrupa Birliği'nin hedeflerine eklenmiştir (İktisadi Kalkınma Vakfı, 2007). İngilizce "sustainable development" kavramının çevirisi olan "sürdürülebilir gelişme": Kent Bilim Terimleri Sözlüğü'nde, "çevre değerlerinin ve doğal kaynakların savurganlığa yol açamayacak biçimde akılcı yöntemlerle, bugünkü ve gelecek kuşakların hak ve yararları da gözönünde bulundurularak kullanılması ilkesinden özveride bulunmaksızın, ekonomik gelişmenin sağlanmasını amaçlayan çevreci dünya görüşü" biçiminde açıklanmaktadır (Bozdoğan, 2007:1012).

Sürdürülebilir kent amacına ulaşılmasında kentte yaşayanlar, karar alıcı konumda olanlar, profesyonel çevre, kent yöneticileri, yetkililer, gönüllüler, uzmanlar ve organizasyonları içine alan tüm kent paydaşları etkilidir (Şekil 1).

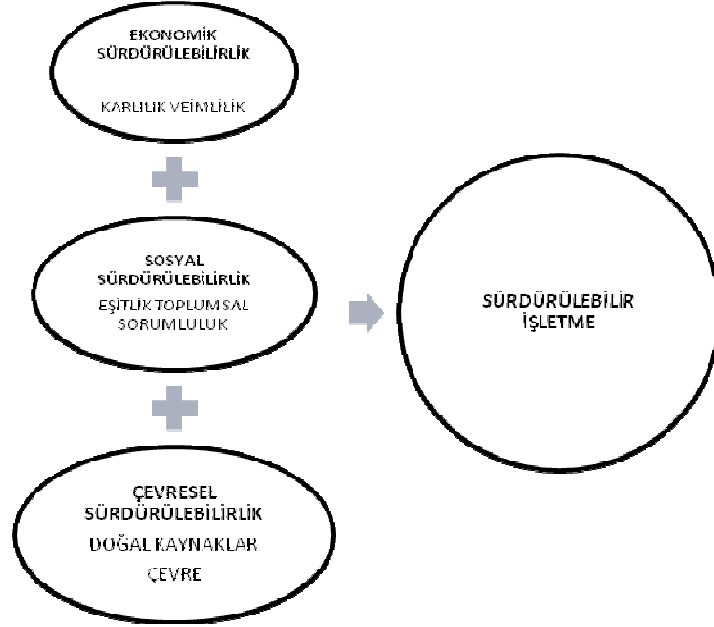


Şekil 1 Sürdürülebilir Büyüme: toplumsal ve kentsel sürdürülebilirlik ile kent paydaşları ilişkisi

Sürdürülebilirlik bir anlamda toplumun yapılandırılmasıdır. Böylece ekonomik, sosyal ve çevresel amaçlar arasında uygun bir denge yaratılmaktadır. İşletmeler için de sürdürülebilir ekonomik büyümeyi, paydaş değerini, kurumsal itibarı, müşteri ilişkilerini, ürün ve hizmet kalitesini kapsamaktadır (Rubenstein, 1994).

Kurumsal sürdürülebilirlik için her işletmenin ekonomik, sosyal ve çevresel süreçlerde denge kurması ve optimum düzeyde her üç boyutla ilgili çabalarında başarılı olması

gerekmektedir. Şekil 2’de gösterildiği üzere işletmeler karlılık ve verimlilik açısından hedeflerine yönelik çaba harcarken doğal kaynaklar ve toplumsal sorumluluk gibi alanları da dikkate almalıdır. Üç boyutta en iyi uygulamaları gerçekleştirdiği zaman sürdürülebilir işletme yolunda ilerleme kaydedilecektir. Benzer şekilde, sürdürülebilir kentler için de ilgili unsurların dikkate alınması gerektiği öngörülmektedir.



Şekil 2 Sürdürülebilir işletme ve kurumsal sürdürülebilirlik boyutları (Yıldız, T. 2006)

3. Havacılık Sektöründe Durum

Havacılıkta sürdürülebilirliğin giderek önemi artmaktadır, çünkü sektör hızla büyümektedir. Bir yanda artan uçak sayısına bağlı olarak harcanan yakıt miktarı diğer yanda uluslararası politik faktörler ve anlaşmazlıklar gibi faktörler havayolu maliyetlerini artırmaktadır. Havacılık endüstrisi sürdürülebilirlik bağlamında 1970'lerden bu yana öncü olmuştur. Örneğin; uçak motorlarının gürültü düzeyi 20 db azalmıştır. Son 40 yıl içinde yakıt kullanımı %70 oranında düşürülmüştür. Sektör e-dönüşümün öncüsüdür. Yalnız bilet değil, bakım dokümanlarında da kâğıt israfı minimize edilmiştir. Ancak, uçakların rotaları, bekleme süreleri, limanlarda kaybedilen zamanlar, trafik kontrollerinin yetersizliği halâ sorundur. Bütün çabalara rağmen fosil yakıt kullanımı artmakta CO2 emisyonları beklenen düzeye çekilememektedir. Yeni yakıt araştırmaları ve uygulamaları devam etmektedir.

Her ne kadar hava meydanı inşası için çok geniş araziye ihtiyaç bulunmakta ise de uçakların hareketi için kilometrelerce yol inşa edilmesine gerek yoktur. ⁽²⁾ Kalkış ve varış noktaları karşılıklı olarak dikkate alındığında, alan ihtiyacı (km²) diğer ulaşım sistemlerinden çok daha düşüktür (Torum, 2007). Arazinin düzenlenmesi sırasında flora fauna dokusunun bozulmasıyla başlayan bir dizi sürdürülebilirlik sorunu başlamaktadır.

² Uluslararası bir havalimanı için ortalama 7 km²'lik alana ihtiyaç vardır.

3.1. Havacılık Sektörünün Sorumlulukları

Günümüzde sürdürülebilirlik, havacılık endüstrisi için en önemli sorunlardan biri haline gelmek üzeredir. Sektör ileri teknolojilerin öncülüğü yapmaktadır. Bu yüzden de çevreci ve yeşil örgütlerin sıkı takibindedir. Sektörün ana bileşenlerinden hava meydanlarında hizmet veren tüm işletmeler de dış kaynaklı etkiler ve/veya iç dinamiklerin etkisi altındadır.

Hava meydanlarındaki kurum ve kuruluşların sahipleri, hissedarları, yöneticileri ve tüm çalışanları açısından, sürdürülebilir büyüme, işlerinin doğal bir parçası ve kurumsal sorumluluk olarak ele alınmak durumundadır. Bu sorumluluklar aşağıda sıralanmıştır:

- Bireylerin sağlıklı ve iyi bir çevrede yaşama hakkına saygı göstermek,
- Çevresel ve doğal kaynakları sorumluluk bilinciyle kullanmak ve korumak,
- Doğal kaynakların ve yeryüzündeki biyolojik çeşitliliğin korunması ve sürekliliğinin sağlanması için gerekli çalışmaları yapmak,
- Çevreyi korumak için standartlar geliştirmek, bu standartlar ve yasal düzenlemelere uymak,
- Kaynak kullanımı ve çevre kalitesi ile ilgili bilgileri yayınlayıp kamuoyu ile paylaşmak.

3.2. Hava Meydanlarında Sürdürülebilirlik Uygulamaları

Hava meydanlarında sürdürülebilirlik uygulaması geniş kapsamlı bir yaklaşım olup yönetimin sorumluluğunda uygulanabilir çok sayıda ve çeşitli girişimleri içermektedir. Hava meydanlarında sürdürülebilir büyüme bileşenleri olarak aşağıdaki faktörler belirlenmiştir:

- Doğal kaynakların iyi kullanılması ve çevrenin korunması
- Tüm paydaşların ihtiyaç ve beklentilerinin sosyal süreç olarak ele alınması
- Ekonomik büyüme ve istihdamın izlenmesi

Bu bağlamda sürdürülebilirlik uygulamaları için tetikleyicilerin, önceliklerin ve engellerin belirlenmesi gerekmektedir. Çünkü sürdürülebilirlik uygulamaları hava meydanlarındaki işletmelerin kaynak atama öncelikleri ile çelişebilir. Uygulamaların gerçekleştirilmesi açısından önündeki engelleri görmek, anlamak ve karşı önlemleri almak ciddi önem arz etmektedir.

4. Metodoloji

Bu çalışmada Amerika Birleşik Devletlerinin (ABD) kuruluşu olan Transportation Research Board (TRB) tarafından 2008 yılında ABD ve diğer ülkelerde bulunan hava meydanı için düzenlenen, ABD ve ABD dışı hava meydanlarındaki 52 yöneticiye ulaştırılan anketten (Berry, F., S. Gillhespy, and J. Rogers, 2008) yararlanılmıştır. Bu anket çalışması, sürdürülebilirlik performansıyla ilgili konuların daha iyi anlaşılması, hava meydanlarında sürdürülebilir uygulamaların benimsenmesi ve uygulamadaki engellerin belirlenmesi ve karşılaştırmalar yapılması amacıyla hazırlanmıştır. TRB'nin yapmış olduğu web tabanlı araştırma sonucunda 25 yanıt büyük, orta, küçük ölçekli; ABD, İngiltere, Avrupa, Asya ve Kanada hava meydanlarından elde edilmiştir. Benzer

bir anket İstanbul'daki ve Türkiye'deki hava meydanlarına gönderilmek üzere düzenlenmiştir.

4.1. Anket içeriği

Türkiye'deki hava meydanı işletme koşullarına göre 38 temel soruluk bir anket düzenlenmiş ve DHMİ tarafından hava meydanlarımızda operasyon yapan havayolları, yer hizmeti veren kuruluşlar, hava meydanı işleticileri, uçak bakımı yapan 50 kuruluşa, gönderilmiştir. Kuruluşlardan 27'si anketteki tüm sorulara yanıt vermiştir. Anket yoluyla sürdürülebilirlik tetikleyicileri/zorlayıcıları ile ilgili sorularla, hava meydanlarımızda gerçekleştirilmekte olan ve gerçekleştirilmesi planlanan uygulamalara odaklanılmıştır.

Sürdürülebilirlik kapsamında çevresel raporlama giderek yaygınlaşmaktadır. Bazı hava meydanları kendi performanslarını çevresel, sosyal ve ekonomik kapsamda raporlamaktadırlar. Türkiye'deki hava meydanlarında operasyon yapan kurumlarda bu durum da soruşturularak farkındalık yaratılması amaçlanmıştır.

Kurum ve kuruluşlar, anket kapsamında yer verilen iklim değişikliği, arazi kullanımı, su, atık, enerji ve gürültü gibi çevresel konulardaki uygulamaların pek çoğunu ilgili düzenlemeler nedeniyle uygulamakla sorumlu bulunmaktadır. Bu nedenlerle elektrik, yakıt, su, dönüştürülebilir malzeme, kaynak kullanımı, taşımacılık girişimleri ve trafik yoğunluğunun ölçümü gibi sorulara da yer verilmiştir.

4.2. İstanbul'daki Hava Meydanı İşletmelerine Uygulanan Sürdürülebilirlik konulu Anket sonuçları

Türkiye'nin sürdürülebilir büyümesinde İstanbul kentinin önemli bir yeri bulunmaktadır. İstanbul kentinin sürdürülebilirliğinde ise ulaştırma ve turizm sektörü katalizör bir nitelik taşımaktadır. Hava meydanları Türkiye'nin dünyaya açılan kapıları olarak ulaştırma ve turizm sektörünün kritik bir unsurudur.

İstanbul kentindeki hava meydanlarında sürdürülebilirlik çalışmalarını araştıran anket çalışmamız sonuçları ile sürdürülebilirlik uygulamalarının mevcut durumunun ve geleceğe yönelik planların ortaya konması açısından önemli bulgular elde edilerek tamamlanmıştır. Araştırmadan elde edilen temel sonuçlar *ekonomik, çevresel ve sosyal sürdürülebilirlik* uygulamaları kapsamında elde edilen sonuçları gösterecek şekilde aşağıda ilgili alt başlıklar altında sunulmuştur.

Ekonomik Sürdürülebilirlik Uygulamaları

Öncelikle hava meydanları özellikle İstanbul'da sağladığı yüksek istihdam oranıyla ekonomik sürdürülebilirliğin kritik unsurlarından biri olarak ortaya çıkmıştır. Sadece Atatürk Hava meydanında personel sayısı (resmi + özel işletmeler) yaklaşık 20.000 olarak belirlenmiştir. Çevre koruma, yerel ekonomiye katkı, düzenlemeler veya doğal kaynakların kullanımı ile ilgili hava meydanlarını geliştirmek için zorunlu/zorunlu olmayan yıllık harcamalar da yüksek düzeyde olup sürdürülebilirliğin titizlikle dikkate alındığı yönünde önemli bir göstergedir. Ayrıca hava meydanlarında ve yolcu terminallerinde çok geniş yelpazede hizmetler (yiyecek/içecek, perakende satış, oto kiralama acenteleri, otel ve konaklama, nakliye ve dağıtım, yakıt istasyonları, hava

aracı/uçak bakım servisleri, yer hizmetleri, turist danışma servisleri, banka, çiçekçi, eczane, poliklinik, lostra gibi) verilmektedir.

Hava meydanlarında sürdürülebilirlik uygulamaları için tanımlanmış bir bölüm ve unvan bulunmaması önemli tespit olarak öne çıkmaktadır. Sürdürülebilirlik için ayrı bir bölüm sadece bir hava meydanı işletmesinde kurulmuştur. Ancak, tüm hava meydanlarında sürdürülebilirlik uygulamalarından sorumlu kişi veya kişiler bulunmaktadır. Sürdürülebilirlik sorumluluğunu üst düzey yöneticilerin üslenmiş olması konunun önemini anlaşıldığının göstergesi olması bakımından önemli bir tespittir. Ekonomik sürdürülebilirlik uygulamaları kapsamında şu tespitler yapılmıştır:

- Kurumların bazılarında yakın çevrede çalışanlar işe alınmaktadır
- Mal ve hizmete yönelik satın alımlarda yakın mesafeden çevre dostu ürünler tercih edilmektedir.

Çevresel Sürdürülebilirlik Uygulamaları

Hava meydanı işletmeleri doğal kaynakların korunmasını içeren çevre koruması ile ilgili halka açık raporlama yapmamaktadır. Uluslararası ve ulusal çapta herhangi bir sürdürülebilirlik grubuna (World Business Council for Sustainable Development, UK Sustainable Aviation Initiative, TEMA gibi) üyelikleri bulunmamaktadır. Diğer taraftan çalışanlara kurumsal eğitimler kapsamında doğal kaynakların korunmasının ve sürdürülebilirlik çalışmalarına ilişkin eğitimler verilmesi gerektiği anlaşılmaktadır.

Genel olarak İstanbul'daki hava meydanı işletmelerince çevresel/sürdürülebilirlik performansını izlemek için kullanılan herhangi bir metod olmadığı ancak sadece Sabiha Gökçen hava meydanı işletmesinde "Environmental Management System (EMS)" metodunun kullanıldığı ve bunun işletme tarafından hazırlanmış çevre politikası ile desteklendiği tespit edilmiştir. İlgili hava meydanı İstanbul'da ve Türkiye genelinde bu alanda bir ilki gerçekleştirmiş olması çalışmamızın önemli bulgularından biridir.

Hava meydanı işletmeleri tarafından suyun etkin kullanımı ve tasarrufuna ilişkin uygulamaların yapılmakta olduğu ve bu kapsamda planlama çalışmalarının da tamamlanmış olduğu tespit edilmiştir. Yağmur ve kar sularının değerlendirilmesi hususunun ise dikkate alınmadığı görülmüştür. İklim değişikliği/küresel ısınma konusunda (emisyon azaltımı, elektrikli ve hybrid araç kullanımı, gibi) tamamlanmış planlama ve mevcut uygulama çalışmalarının olduğu ve ayrıca SHGM'nin bu konuyu Green Airport projesi ile ele aldığı tespit edilmiştir.

Hava meydanı işletmeleri tarafından hava kalitesini artırmak ve bu kalitenin sürekliliğini sağlamak için planlama çalışmalarının tamamlanmış olduğu ve bazı hava meydanı işletmelerince ileri derecede uygulamaların yapılmakta olduğu tespit edilmiştir.

Arazi kullanımı kapsamında; arazi kirlenmesini önlemek veya düzeltmek, arazi kullanım planlarını uzun vadeli stratejik sürdürülebilirlik temelinde kullanma uygulamalarının mevcut olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Atatürk Hava Limanında yeşil alanların çoğaltılması ve dış alanların atık, çöp ve kirlenmeden korunarak doğal görünümün sağlanması amacıyla yeşil bitkilerle peyzaj çalışmaları yürütülmekte olduğu

belirlenmiştir. Hava meydanları işletmelerince biyolojik çeşitliliği artırmak ve doğal hayatı korumak için yapılan herhangi bir girişim tespit edilmemiştir.

Hava meydanlarında malzeme açısından, yenilenebilir kaynaklar (beton yerine ahşap, çelik gibi), çevreye duyarlı materyaller (toksik/zehirli olmayan, geri dönüşümlü, gibi), geri dönüşüm içeriği yüksek materyaller kullanılmakta olduğu belirlenmiştir. Örneğin Atatürk Hava Limanı İç hatlar Terminali cephesi asbest kaplamaları 2006 yılında özel metotla sökülerek yerine cam ve çelik kaplama cephe yapılmış olduğu bilgisi elde edilmiştir. Atatürk Hava Limanında mevcut binalar ile yeni yapılan binalarda ısı yalıtımı için taş yünü gibi mineral yünler kullanımına proje aşamasında zorunluluk getirilmektedir.

Atık yönetimi ile ilgili olarak, terminalden çıkan tüm atıkların ulusal ekonomiye kazandırılması için ayrıştırma ve ayırım yapılmaktadır. Ekonomik ve dönüşebilir hurdalar ise satışa çıkarılmaktadır.

Gürültü azaltımı konusunda, uçakların yerde buldukları süre boyunca gürültünün azaltılması ve binalarda ses yalıtımı uygulamaları mevcuttur. Ayrıca Terminale yanaşık duran uçakların APU çalıştırması, Air Conditioner ile harici destek alması yerine altyapıdan hava ve enerji alması özendirilmekte olduğu bilgisi elde edilmiştir.

Etkin enerji kullanımı ve enerji tasarrufu kapsamında: verimli aydınlatma/teçhizat, gibi), düşük karbonlu enerji kaynaklarının kullanılması (LPG, bio yakıt, gibi), yeşil bina prensiplerinin³ uygulanması (ısı izolasyonu, çift cam gibi) uygulamalarının olduğu, ancak sıfır karbonlu enerji kaynaklarının kullanılmadığı (solar, termal ısıtma, gibi) tespit edilmiştir. Ek olarak Atatürk Hava Limanı terminal işletmesi (TAV) tarafından enerji etkinliğinin geliştirilmesi bağlamında tüm aydınlatma elemanları elektronik balastlı ve ışık verimi yüksek ampullere dönüştürülmüştür. Aydınlatma sistemi gün ışığına duyarlı otomasyonla kontrol edilmektedir. Tüm meydanlarımızda toplu taşıma araçlarının kullanılmasının teşvik edildiği, yolcuların/müşterilerin/çalışanların; atıkların geri dönüşümü ve ayrılması için cesaretlendirilmesi konularında çalışmaların sürdürülmekte olduğu tespit edilmiştir.

Mevcut binalarda, yenileme, tamirat ve bakım işlemlerinde ve yeni binalarda “yeşil bina” prensiplerinin dikkate alındığı ve bu konuda sektör-üniversite işbirliğinin mevcut olduğu tespit anlaşılmıştır. Her iki hava limanımızda da geri dönüşüm maliyetleri dikkate alınmakta, enerji ve su giderleri takip edilmektedir. Maliyet kontrolü ve tasarrufu ile doğal kaynakların optimum değerlendirilmesi sağlanabilmektedir. Desteklenen sürdürülebilir taşımacılık ile ilgili girişimlerin kapsamı; kamu taşımacılığını desteklemek, (servis otobüsleri, raylı bağlantılar) olarak belirlenmiş, alternatif yakıtlar için araçların dönüştürülmesi üzerinde çalışmaların planlandığı görülmüştür. Trafik sıkışıklığını önlemek üzere bazı işletmelerin, personelin özel araç

³ Doğal kaynakların hızla tüketilmesi yapı sektöründe çevre dostu binaların yapılmasını gündeme getirmiştir. Belli standartlar getirilerek sertifikalanmakta olan yeşil binalar yapı sektöründe doğaya saygılı, ekolojik, konforlu ve enerji tüketimini azaltan binalar olarak yeni bir yönelim ve sektör ortaya çıkarmıştır. Binalar, dünyada enerjinin yaklaşık üçte birinin kullanılmaktadır. Yeşil bina uygulamaları ile enerji tasarrufu, doğayı koruma ve konforlu bir yaşam ortamı hedeflenmektedir. Binaya “yeşil bina” Unvanını; yer seçimi, tasarım, binada kullanılan yapı malzemelerinin özellikleri, yapım tekniği, atık malzemelerin yeniden kullanımı konularındaki seçici yaklaşımlar vermektedir. (<http://www.yesilbina.com/yesilbinanedir.asp>, 2009)

kullanımını azaltmak için ücretli park yeri sağlama cihazına gittiği, toplu taşıma organizasyonları yaptığı belirlenmiştir.

Sosyal Sürdürülebilirlik Uygulamaları

Toplumsal katkılar açısından baktığımızda, sürdürülebilirlik çalışmalarında Akademik kurumlar, Vakıflar ve Sivil toplum örgütleri ile işbirliklerinin çok güçlü olmadığı görülmüştür. Ancak çok çeşitli sivil toplum kuruluşları, vakıf ve akademik kuruluşlara sponsorluk veya maddi katkı yapılmakta olduğu tespit edilmiştir.

Atatürk Hava Limanında terminal işletmesi tarafından işletme personeline yönelik hem sürdürülebilir davranışların yerleştirilmesi hem de kamu duyarlılığın artırılması kapsamında farklı alanlarda eğitim verilmekte olduğu da tespit edilmiştir.

Sürdürülebilirlik kapsamına alınmak istenen paydaşlar; havayolu işletmeleri, kiracılar, tüm hava meydanı çalışanları ve havayolu işletmeleri olarak belirlenmiştir.

Yerel kimliği, kültürü ve mirası korumak ve geliştirmek adına hava meydanı terminal işletmeleri tarafından; yerel kültürü yansıtan sanatsal faaliyetler, doğal görünüm düzenlemeleri, sergiler gibi uygulamaların gerçekleştirilmekte olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, terminal binalarının bazılarında sergi salonlarının olduğu ve ilgili kapsamda organizasyonlar yapılmakta olduğu bilgisi elde edilmiştir.

Atatürk Hava Limanı (TAV) işletmecisince örnek çevre politikası geliştirildiği görülmüştür. Gelecek beş yıllık dönemde yer hizmetleri ve hava meydanı işletmeciliği kapsamında tüm faaliyetlerinin çevresel etkiler dikkate alınarak sistematik bir Çevre Yönetim Sistemi kurulması hedeflenerek çevre politikası oluşturulmuş ve ilan edilmiştir. ⁽⁴⁾

⁴ Bu örnek politikanın ana unsurları;

- Ulusal çevre mevzuatına tam olarak uymak,
 - Çevresel boyutu ve etkileri olan tüm yer hizmetleri ve terminal işletmeciliği faaliyetlerini analiz ederek çevresel etkilerini minimize etmek,
 - Atık miktarlarını kaynağında kontrol etmek ve kurallara uygun olarak bertaraf edilmesini sağlamak,
 - Paydaşlarını, yasal mercileri ve kamuoyunu çevre için yürüttüğü faaliyetler hakkında bilgilendirmek,
 - Çalışanlarda çevre bilincinin geliştirilmesi amacıyla gerekli eğitim faaliyetlerine 2009 yılı içinde başlamak,
 - İklim değişiklikleri ve küresel ısınmanın önlenmesi amacıyla enerji tasarruf tedbirlerinin özendirilmesi,
 - Çevre Yönetim Sisteminin performansını ve etkinliğini sürekli iyileştirmek,
 - Çevre ile ilgili ağaçlandırma ve erozyonun önlenmesi gibi çalışmalarına sivil toplum örgütleri ile koordinasyonu sağlayarak destek vermek,
 - Mal ve hizmet alımlarında geri dönüşümlü malzeme kullanımını tercih sebebi olarak kabul etmek,
 - Tesisler bünyesinde kimyasal kullanımı gereken yerlerde eğitimle bilinçlendirmeyi arttırmak,
 - Ofis faaliyetlerinde atık miktarlarının azaltılması ve enerji tasarruf tedbirlerinin hayata geçirilmesi için geri dönüşümlü ofis malzemeleri kullanılmasını özendirmek,
- Tüm bu faaliyetlerin kaçınılmaz sonucu olarak Türkiye'nin ilk çevreci hava meydanı olmak, şeklinde belirtilmiştir.

4.3. Dünyadaki Hava Meydanları ile İstanbul'daki Hava Meydanlarının Sürdürülebilirlik Yaklaşımlarının Karşılaştırılması

Türkiye dışındaki hava meydanlarında TRB tarafından gerçekleştirilen araştırma ile ülkemizdeki hava meydanlarındaki ilk üç tetikleyici aşağıda verilmiştir.

	Türkiye Dışındaki Hava meydanları için sonuçlar	İstanbul'daki Hava meydanları için sonuçlar
1	Ulusal/Bölgesel düzenlemeler	Hava meydanı Politikaları
2	Hava meydanı politikası	Uluslararası düzenlemeler (Avrupa Birliği direktifleri, Uluslararası Havacılık Otoritesi politikaları)
3	Federal Düzenlemeler	Paydaş konuları ve ilişkileri

Sürdürülebilirlik Öncelikleri

Araştırma kapsamında katılımcılara gelecek beş yıllık süre için sürdürülebilirlik uygulamalarını gerçekleştirmeleri için kendi önceliklerini sıralamaları istenmiştir. Bu yanıtlara göre aşağıdaki tablo hazırlanmıştır:

	US Hava meydanları Hub	Avrupa Kıtası, Asya, ve Kanada	Türkiye'deki Hava meydanları
1	Enerji tasarrufu, etkinliği	Gürültü izolasyonu	Çevre Politikası ve sistematik Çevre Yönetim sisteminin uygulanması
2	Talep yönetimi ve denetimi	Operasyon gürültüsünün minimizasyonu	Enerji tasarrufu ve enerjinin etkin kullanımı
3	Emisyon azaltımı (CO2)	Hava meydanı için raylı sistem altyapısının geliştirilmesi	Atık yönetimi

Sürdürülebilirlik Uygulamaları Önündeki Engeller

Araştırma kapsamında hava meydanlarındaki sürdürülebilirlik uygulamalarının yavaş gerçekleşmesi ya da başarısızlıkla sonuçlanmasının ardındaki sebepler araştırılmaya çalışılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre Türkiye ve diğer ülkelerdeki hava meydanları için önde gelen 3 temel neden aşağıdaki tabloda gösterilmiştir:

	Türkiye dışındaki hava meydanları	Türkiye'deki Hava meydanları
1	Finansman	Zorlayıcı mevzuatların olmaması ya da uygulanmaması; Mevzuatların çokluğu, güvenlik önlemlerinin en üst seviyede uygulanması,
2	Nitelikli personel	Finansman
3	Yönetim	Toplumsal bilincin gelişmemesi

5. Hava Meydanları için Sürdürülebilirlik Risk Yönetimi Eylem Planı Önerisi

İstanbul'daki hava meydanlarının sürdürülebilirlik çalışmalarının hedeflenen sonuçlara ulaşmasında sistematik ve bütünsel yaklaşımın önemli olduğu öngörülmektedir. Bu kapsamda risk yönetimi temelli bir perspektif ve yaklaşımla bir süreç model önerisi

geliştirilmiştir. Hava meydanları için riskler, artık sadece, terör tehditleri, saldırılar, yangın, hırsızlık, sel, fırtına, deprem değildir. Sürdürülebilirlik hedeflerinin tutturulması da riskler arasına girmiş bulunmaktadır. Kurum ve kuruluşların stratejik planlarına sürdürülebilirlik planlama ve uygulamalarıyla ilgili programlarını ve hedeflerini koymaları gerekmektedir. Bu öneri işletmelerin sürdürülebilirlik uygulamalarını sistematik ve bütünsel bir yol sunarak desteklemek ve böylece ilgili çabalara yönelik kaynakların da etkin ve sürdürülebilir kullanımına yardımcı olmak amacıyla geliştirilmiştir. Burada detayları verilmeyecek olan risk yönetimi temelli proaktif sürecin temel unsurları aşağıdaki tabloda gösterilmektedir.

Sürdürülebilirlik için Risk Yönetimi eylem planı süreci ve adımları	
Stratejik planlama	Sürdürülebilirlik planı kapsamının üçlü temel esasa dayalı geliştirilmesi: ekonomik, çevresel ve sosyal sürdürülebilirlik hedeflerinin belirlenmesi
Risk belirleme ve analizi	Hedeflere göre risklerin analizi: Tehditler ve fırsatlar
Risk önceliklendirme	Yönetilmesi öncelikli olan risklerin belirlenmesi
Risk yanıtları	Öncelikli olarak belirlenen riskler için yanıtların seçilmesi: önle, azalt, transfer et, kabul et.
Risk yönetimi uygulamaları ve raporlama	Risk yönetimi eylem planı uygulamalarının izlenmesi ve kontrolü ile sonuçlarının raporlanması,
Risk yönetimi sisteminin sürdürülebilirliği çalışmaları	Risk yönetimi eylem planının yeni ve gelişen sürdürülebilirlik risklerine yanıt olacak şekilde güncellenmesi
Tüm adımlarda paydaşlarla etkin iletişim ve bilgi paylaşımı Etik ve paydaş istekleri üzerine kurulu bir sistem yaklaşımı	

6. Sonuç

Araştırma hava meydanlarının sürdürülebilirlik uygulamaları tanımı ile uyuşan girişimlerin hangilerinin ne derecede uygulandığını ortaya koymaktadır. Bugün TRB araştırmasına göre; hava meydanı yöneticileri sürdürülebilirlik uygulamaları için gelecekteki temel belirleyicilerin paydaş ilgileri ve küresel sorunlar olacağı yönünde görüş bildirmektedirler. Türkiye'deki hava meydanı yöneticileri ise geleceğin temel belirleyicileri olarak: Uluslararası düzenlemeler, paydaş konuları ve ilişkilerini ön görmektedirler. Katılımcılar gelecek 5 yıllık süre için temel odak alanları olarak etkin çevre yönetim sistemi, enerji etkinliği, atık yönetimi, karbon emisyonunun azaltılması ve yeşil bina uygulamalarını tespit etmişlerdir.

Avrupa'daki hava meydanları açısından gürültü, estetik ve sürdürülebilir taşımacılık konuları temel alanlar olarak önde gelirken, Asya ve Kanada'daki hava meydanlarında kurumsal sosyal sorumluluk ve stratejik çevre yönetimi öncelikli konular olarak belirlenmiştir.

Finansman pek çok hava meydanı için etkin sürdürülebilirlik girişimleri önündeki engellerden birisi olarak ortaya çıkmaktadır. Diğer engeller ise, zorlayıcı mevzuatların olmaması ya da uygulanmaması, toplumsal bilincin gelişmemesi, teknoloji, en üst seviyede güvenlik önlemleri uygulanması, mevzuat çokluğu, yönetim desteğinin olmayışı, nitelikli personel yokluğu ve organizasyonlarda çevresel kültürün gelişmemesi olarak tespit edilmiştir. Mevcut durumda kamuya açık raporlama yapılmadığı

anlaşmıştır. Yurt dışındaki meydanlarda ise sürdürülebilirlik kapsamında raporlama giderek yaygınlaşmaktadır. Bazı hava meydanları kendi performanslarını çevresel, sosyal ve ekonomik kapsamda raporlamaktadırlar.

Hava meydanlarının çoğu anket kapsamında yer verilen iklim değişikliği, arazi kullanımı, su, atık, enerji ve gürültü gibi çevresel konulardaki uygulamaların pek çoğunu ilgili düzenlemeler nedeniyle uygulamakla sorumludur.

Hava meydanlarındaki sosyal uygulamalar kapsamında kamu farkındalığı ve eğitim, paydaş ilişkileri, personel uygulamaları ve prosedürleri, sürdürülebilir taşımacılık girişimleri, trafik sıklığının azaltılması, erişim kolaylıklarının sağlanması, yerel kültür ve miras, iç mekân çevre kalitesi, personel ve yolcu sağlığı konuları ile ilgili planlamalar geliştirilmektedir. Gerçekleştirilmekte olan uygulamaların genellikle personele dönük, sürdürülebilir taşımacılık girişimleri ile trafik yoğunluğunun ölçümü konularında olduğu görülmektedir.

Yerel kimliği koruma ve tanıma, kültür ve miras, iç mekân çevre kalitesi ve çalışan refahı ile ilgili uygulamalar daha az yaygın olarak tespit edilmiştir.

Finansmanın sürdürülebilirlik uygulamaları için en önde gelen zorluk olması yanında, iklim değişikliği gibi tetikleyiciler hava meydanlarını bu risklerini kendi operasyonları, işletmeleri ve paydaşları kapsamında uzun vadeli olarak yönetmeleri yönünde yatırım için teşvik etmektedir. Türkiye’de hava meydanı-çevre etkileşimi ile ilgili yapılmış herhangi bir yasal düzenleme bulunmamakta olup çevre bilincinin de ülkemizde yeterince gelişmediği görülmektedir (9. 5 Yıllık Kalkınma Planı, Havayolu Ulaştırması Komisyon Raporu, 2006).

Sürdürülebilirlik konusunda, DHMİ’nin TAV, THY Teknik, Çelebi ve LİMAK’ın yüksek derecede ilgili ve hazırlanmakta olduğu tespit edilmiştir. Mevcut çalışmaların ve planların durumu yakın gelecekte sürdürülebilirlik konusunda çok daha sistematik ve bütünsel çalışmaların yapılacağı potansiyelini göstermesi açısından önem taşımaktadır. Çünkü bu uygulamalar İstanbul dahil Türkiye’deki tüm kentlerin dolayısıyla Türkiye’nin sürdürülebilir gelişmesini desteklemesi açısından kritik öneme sahiptir.

Hava meydanlarının sürdürülebilirlik girişimleri ve uygulamaları kentsel sürdürülebilirliği etkileyen ve destekleyen taşımacılık sistemleri arasında öne çıkmaktadır. İstanbul’un özellikle karayolu taşımacılığındaki sürdürülemez tablonun ve yaşanan zorlukların havayolu taşımacılığında en az yaşanması bu yönde atılacak bilinçli adımlara ve uygulamalara bağlıdır. İstanbul’un kentsel sürdürülebilirliğini ekonomik, sosyal ve çevresel bağlamda desteklemekte olan hava meydanlarının ilgili uygulamalarını sürdürülebilirlik temelli risk yönetimi yaklaşımıyla sistematik, proaktif ve bütünsel şekilde uygulamaları önemli bir gereklilik olarak öngörülmektedir. Bu kapsamda hava meydanlarının kentsel sürdürülebilirlik için anahtar bir role sahip olduğu öngörülmektedir. Bu çalışmanın Türkiye’deki tüm hava meydanları ve onların kentsel sürdürülebilirliği desteklemesi yönünde çalışabilmeleri için örnek olabilmesi amaçlanmıştır. Örnek olması çalışmanın katkı sağlama anlamında amacına ulaştığının göstergesi olacaktır. Bu çalışma sürdürülebilirlik temelli risk yönetim sistemi çalışmaları için hazırlık çalışması olarak düşünülmüştür. Sonraki çalışmalarda belirli bir hava meydanına özgü ve detaylı analizler yapılması planlanmıştır.

Çalışmada yer verilen tanımlar: Hava meydanı: Karada ve su üzerinde hava araçlarının kalkması ve inmesi için özel olarak inşa edilmiş, hava araçlarının bakımının ve diğer ihtiyaçlarının karşılanmasına, yolcu ve yük alınmasına ve verilmesine ilişkin tesisleri bulunduran yer; **Hava limanı:** Uluslararası trafiğe açık hava meydanı.

Teşekkür

Bu araştırmamıza esas olan anket Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürü Orhan Birdal ve APK Daire Başkanı Zafer Topuz tarafından kuruluşlara gönderilmiştir. Desteklerinden ötürü kendilerine ve ankete katılan tüm yöneticilere katılımlarından dolayı teşekkür ederiz.

Kaynaklar

9uncu 5 Yıllık Kalkınma Planı Havayolu Ulaştırması Komisyon Raporu (2006) s.28., www.tayyareci.com/makaleler/altunbulak/images/9KALKINMAPLANI.pdf

Bozdoğan, R. (2007) Sürdürülebilir Gelişme Düşüncesinin Tarihsel Arka Planı, Sosyal Siyaset Konferansları Kitap 50, İktisat –İşletme, s.1012.

Erel, Can (2008), Kyoto Protokolü Işığında Havacılık Çevre Etkileri ve Önlemler”, Türkiye Kojenerasyon Derneği Yayınları, www.kojenerasyon.com/dosyalar/Kyoto.pdf.

İktisadi Kalkınma Vakfı, Sürdürülebilir Kalkınma (Sustainable Development), <http://www.ikv.org.tr>, Nisan 2007.

Kavut, Lerzan Akün. Çevre Muhasebesi: Genel Bir Bakış. Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi. Cilt 1. Sayı 1. (1999), s.150.

Nemli, E. (2007) Sürdürülebilir Gelişme: Ekonomi ile Çevre Arasındaki Denge ppt sunusu, www.kalder.org/genel/Esra%20Nemli%20Oturum%205E%20Windows%20XP.ppt, 9 Nisan 2007.

Rubenstein, D. B. (1994) Environmental Accounting For The Sustainable Corporation: Strategies And Techniques, Greenwood Publishing Group Inc, USA. s.38.

Torum, O. (2007) Uçak Teknisyenleri Dergisi, UTED, Mart, 2007

Berry, F., S. Gillhespy, and J. Rogers, (2008) ACRP Synthesis 10: Airport Sustainability Practices, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 2008.

<http://www.yesilbina.com/yesilbinanedir.asp>, 2009.

Yıldız, T. (2006) Rekabetin Değişen Trendleri ve Sürdürülebilir Kalkınma, İş Dünyası ve Sürdürülebilir Kalkınma Derneği, TÜSİAD-Sabancı Üniversitesi, II. Rekabet Çalıştayı, Sabancı Üniversitesi.

İstanbul Kentsel Dönüşümünde Otomobilsizleştirme Uygulamaları

Kadir Gurbetci

İSPARK A.Ş. Genel Müdürlüğü, Büyükdere Cad. 1. İmar İşhanı No:48/7, Mecidiyeköy, İstanbul, k.gurbetci@İSPARK.com.tr

Elyase İskender

İSPARK A.Ş. Genel Müdürlüğü, Büyükdere Cad. 1. İmar İşhanı No:48/7, Mecidiyeköy, İstanbul, e.iskender@İSPARK.com.tr

Öz

Otomobilsiz kent, şehirlerde hiç otomobil olmaması anlamına gelmeyip sadece şehir merkezlerinin özel araçlardan arındırılması ve günlük ihtiyaçların yürüme mesafeleri içerisinde karşılandığı, farklı ulaşım türlerinin verimli kullanıldığı, toplu taşıma, bisiklet ve yaya bütünleşmesinin sağlandığı şehirler oluşturabilmenin bir süreci olduğu bilinmelidir. Otomobilsiz kent uygulamasının etkin yürütülebilmesi için; yürüme ortamlarının geliştirilmesi, bisiklet yollarının yapılması, ev-ofis uygulamalarının yaygınlaştırılması, araç kullanımını azaltmayı teşvik edecek yeni vergi usulü düzenlemeleri, şehir merkezine girişlerin ücretlendirilmesi ve bu ücretlendirmelerin trafik yoğunluğu saatlerine göre dinamik yürütülmesi, araç paylaşım uygulamaları, ulaşım güvenliği ve erişilebilirliğin artırılması uygulamalarıdır.

Bu bildiri, kentsel dönüşüm kavramı kapsamında İstanbul Ulaşım Ana Planında ve çeşitli belediye iştirak ve müdürlüklerinin planlarında bulunan çalışmalarla ilgili örnekler sunularak, bu çalışmaların otomobilsizleştirme süreci içerisinde değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu bilgiler ışığında, yayalaştırma ve otomobilsiz kent uygulamasının gerçekleştirilebilmesine yardımcı faktörlerden olan “Park Et-Devam Et”, “Bisiklet Parklar” ve “Araç Paylaşımı” projelerinin İstanbul’daki uygulamaları ve yaygınlaştırılmaları değerlendirilecektir.

Anahtar sözcükler Otomobilsizleştirme Uygulamaları, Bisiklet Park, Araç Paylaşımı, Park Et Devam Et, Kentsel Dönüşüm

1. Giriş

Linchfield (1992); “kentsel dönüşümü, kentsel bozulma süreçlerini daha iyi anlama ihtiyacından doğan ve gerçekleştirilecek dönüşümde elde edilen sonuçların üzerinde uzlaşma” olarak,

Dannison (1993); “kentsel dönüşümü, kentsel çöküntü alanlarında yoğunlaşan sorunların eşgüdümlü bir biçimde çözümlemek için ortaya konulan yöntem” olarak,

Roberts (2000); “kentsel dönüşümü, kapsamlı ve bütünleşik bir vizyon ve eylem

olarak, bir alanın ekonomik, fiziksel, toplumsal ve çevresel koşulların sürekli iyileştirilmesini sağlamaya çalışmak”, olarak tanımlamışlardır.

Kentsel dönüşümü: “Çökme ve bozulma olan kentsel mekanın ekonomik, toplumsal, fiziksel ve çevresel koşullarını kapsamlı ve bütünlük yaklaşımlarla iyileştirmeye yönelik uygun strateji ve eylemlerin bütünü” olarak tanımlayabiliriz.[1]

Bu bağlamda kentsel dönüşüm yeni kentsel alanların planlanması ve geliştirilmesinden çok var olan kentsel alanların planlanması ve yönetimi ile kentlilerin beyindeki geçekondü zihniyetinin yıkılması için yapılması gereken altyapı, ulaştırma, düzenleme, denetleme, teşvik ve caydırma işlemlerinin tümünü içeren ve eğitim planlama ve uygulama ayakları üzerinde duran bir kavramdır.

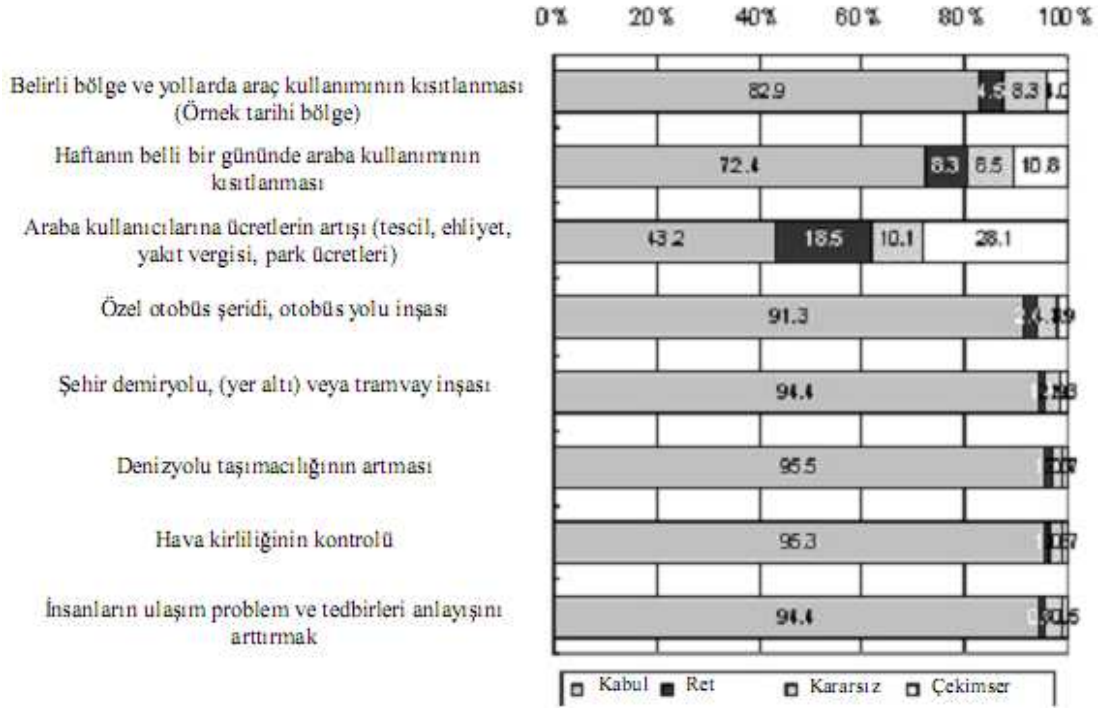
Sanayileşmiş toplumlar motorlu araçları en genel anlamıyla otomobili gelişmiş kent hareketliliğinin bir aracı gibi görerek hata etmektedirler. Halbuki araç sahipliğinin artması, şehirlerde çevresel, sosyal ve estetik problemler oluşturmayı yanında getirmektedir.

Kent içinde kullanılan otomobil, cadde yaşam ortamını öldürmekte insanları birbirinden uzaklaştırmakta, caddede yaya hareketliliğe karşı tehlike arz etmekte, çarpık kentleşmeyi beslemekte, gürültü kirliliği oluşturmakta, hava kirliliği oluşturmakta, her yıl binlerce insanın ölümüne sebep olmakta, küresel ısınmayı şiddetlendirmekte, enerji tüketimi oluşturmakta, ekonomik olarak devletleri öz kaynaklarını petrol alımında harcadığından zarara uğratmakta ve yoksullaştırmakta, şehrin estetiğini bozmaktadır. Bu tür olumsuz etkilerin azaltılması için alınması gereken önlemlerden biri de otomobilsiz kentler oluşturmaktır.

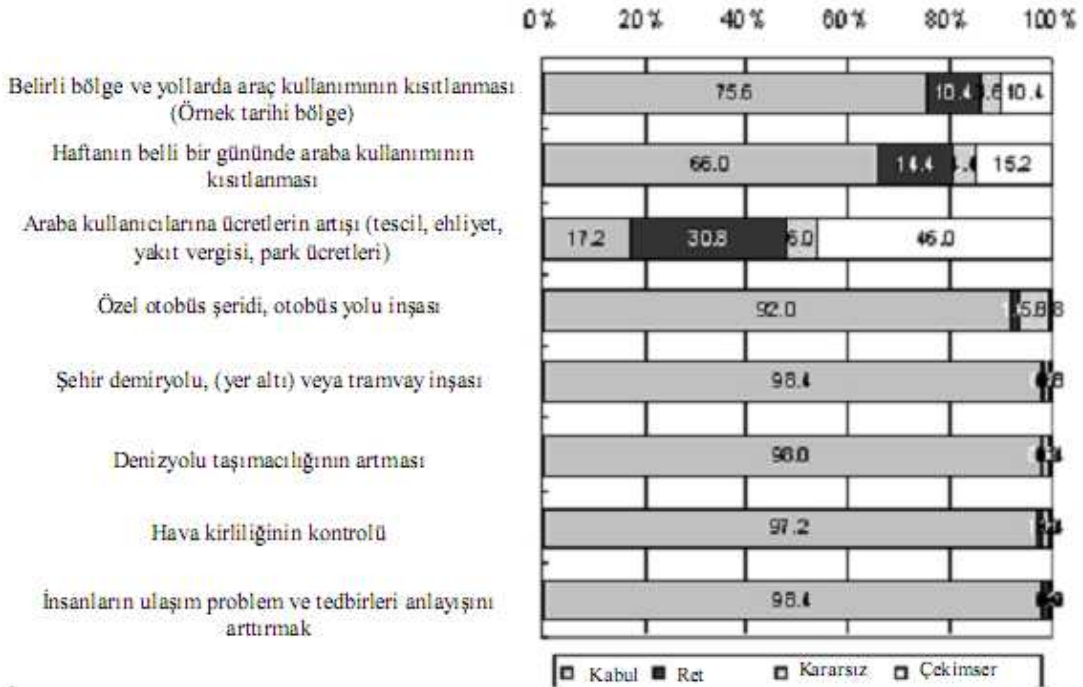
Otomobilsiz kent, şehirlerde hiç otomobil olmaması anlamına gelmeyip sadece şehir merkezlerinin özel araçlardan arındırılması ve günlük ihtiyaçların yürüme mesafeleri içerisinde karşılandığı, farklı ulaşım türlerinin verimli kullanıldığı, toplu taşıma, bisiklet ve yaya bütünlüğünün sağlandığı şehirler oluşturabilmenin bir süreci olduğu bilinmelidir. Otomobilsiz kent uygulamasının etkin yürütülebilmesi için; yürüme ortamlarının geliştirilmesi, bisiklet yollarının yapılması, ev-ofis uygulamalarının yaygınlaştırılması, araç kullanımını azaltmaya teşvik edecek yeni vergi usulü düzenlemeleri, şehir merkezine girişlerin ücretlendirilmesi ve bu ücretlendirmelerin trafik yoğunluğu saatlerine göre dinamik yürütülmesi, araç paylaşımı uygulamalarının, ulaşım güvenliğinin ve erişilebilirliğin artırılması gibi yardımcı çalışmalar yapılmaktadır.

2. Otomobilsizleştirme Uygulamasının Ulaşım Ana Planı İçerisindeki Yeri

Ana Plan çerçevesinde yapılan anket sonuçları şekil 1 ve şekil 2 te gösterilmektedir.



Şekil 1 Gelecekte Ulaşımın Gelişmesi Tedbirlerine Destek (Toplu Taşıma Kullanıcıları)



Şekil 2 Gelecekte Ulaşımın Gelişmesi Tedbirlerine Destek (Özel Araba Kullanıcıları)

Bu ankette yer alan “Belirli bölge ve yollarda araç kullanımının kısıtlanması” sorusuna Toplu Taşıma Araç kullanıcılarının %82,9 u kabul ederken özel araç kullanıcılarının %75,6 sı bu düşünceyi olumlu olarak değerlendirmiştir. Bu kısıtlamayı toplu taşıma kullanıcılarının %4,5 i olumsuz cevaplandırırken özel araç kullanıcılarında bu oran %10,4 olmuştur. Anket sonuçları otomobilsizleştirme uygulamalarının doğru bir tabana oturtularak sunulması halinde kentlinin bu uygulamayı kabul edeceğini göstermektedir.

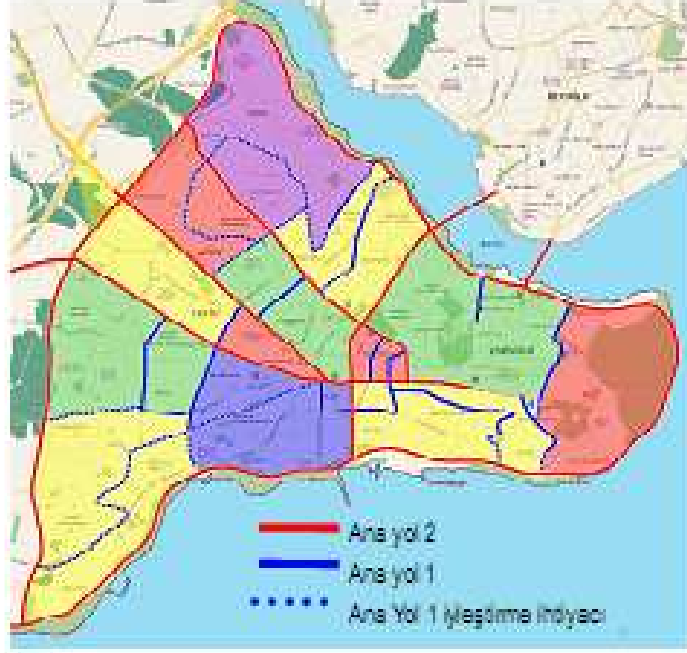
3. Ulaşım Ana Planındaki Tarihi Yarımada Otomobilsizleştirme Uygulaması Örneği

Ulaşım Ana Planı aynı zamanda turizmin büyümesinin devamı için ve yerel ekonomik faaliyetler için tarihi bölgeleri koruma altına almaya katkı yaparak motorlu araç ve yaya trafiğinin üstesinden gelebilecek bir dizi Ulaşım Talep Yönetimi(UTY) önlemleri önermektedir. Önerilen önlemler tarihi koruma alanında trafik hücreleri yapılandırır, yayaların ve motorlu araçların bu hücrelere girip çıkmasını düzenler ve onlara rehberlik eder. Tarihi koruma alanının içindeki yollar aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi araç türüne göre giriş sınırlaması da koyan 6 değişik şekilde sınıflandırılmıştır. Tam kapalı sokaklar, sadece yayalara açık olan sokaklardır, transit sokaklar ise kamu ulaşım araçlarına olduğu kadar yayalara da açık olan yerler kast edilir. Bu yolların bir dizi trafik hücrelerini rahatlatmak için düzgünce kullanılması gerekir. Erişim yolları ve yollar tarafından araç tipi sınırlamalarını dikkatlice yaparak şehrin arter yollarından bu hücrelere giriş sağlanmıştır. Bu türden ulaşım talep yönetimi Merkezi İş Alanı(MİA)ye giren motorlu araç trafiğinin genel akışlarını engellemektedir. Yol kategorilerine göre erişim sınırlamaları aşağıda özetlenmiştir. Tam kapalı sokaklara yayalar tarafından bütün gün kullanılabilir. Transit sokaklar hafta içi gündüzleri sadece otobüsler ve taksiler tarafından kullanılabilir (7:00 den 20:00 e kadar). Yük araçlarının girişine hafta içi 7:00 – 10:00 ve 14:30 – 17:30 arası izin verilmiştir. Erişim yolları 1: gün boyunca yöre sakinleri ve hizmet araçları tarafından erişilebilir. Erişim yolları 2: hafta içi gün boyunca yöre sakinleri ve hizmet araçları tarafından (7:00 – 20:00) arası erişilebilir 1: hafta içi sadece otobüsler yöre sakinleri ve hizmet araçları ve taksiler tarafından, (7:00 – 10:00 ve 14:30 – 17:30) arası yoğun saatlerde erişilebilir. Park yapmak en fazla 30 dakika ile sınırlıdır. yollar 2: bu yollar MİA daki araç erişim sınırlamasının olmadığı arter yollardır. Ancak, tarihi koruma alanı bu yol kategorisini içermemektedir.

	Özel Araçlar	Ticari Araçlar	Yöre Sakinlerinin Araçları	Kamu Ulaşım Araçları	Taksiler	Yük Araçları	Kamu Araçları	Yayalar
Tam kapalı yaya sokağı								○
Transit sokak				○			○	○
Erişim yolları 1			○	○			○	○
Erişim yolları 2	○	○	○	○	○		○	○
Ana yollar 1	○	○	○	○	○	○	○	○
Ana yollar 2	○	○	○	○	○	○	○	○

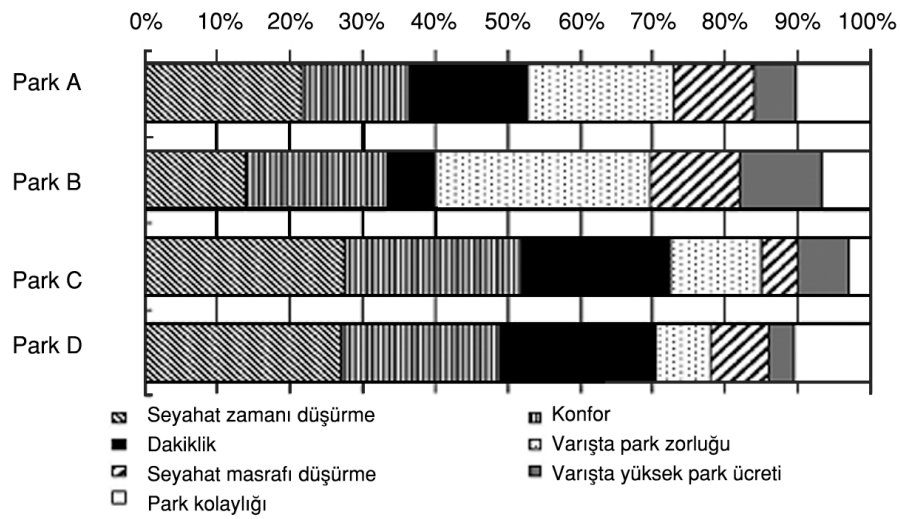
Şekil 3 Araç Tipine ve Kategorisine Göre Erişim Sınırlaması

İstanbul'un ilgili bölgesine yönelik geçici olarak önerilen trafik hücreleri aşağıdaki haritada gösterilmiştir. Yol genişliği var olan yolları 6 kategoriye ayırmakta kullanılmıştır. Ancak bu bölgeye iki şeritli yollar tarafından güçlükle hizmet verilir ve yolların çoğu bağlı bir ağ oluşturmak için fazla parçalıdır. Bu yüzden, yerleşim istikrarını bozmamak için gerekli özen göstererek ve bölgedeki ticari faaliyetlere zarar vermeden yol geliştirmeye yatırım yapmak gerekli olacaktır.



Şekil 4 İstanbul Ulaşım Ana Planındaki Tarihi yarımada otomobilsizleştirme uygulaması

4. Park Et Devam Et Uygulaması



Şekil 5 Park Et Devam Et Kullanım Sebepleri

Ulaşım Ana Planı çalışması içerisinde yapılan ankette deneklere 4 farklı otoparkta Park Et Devam Et Uygulamasını kullanma sebepleri sorulduğunda deneklerden alınan cevaplar Şekil 5 te gösterilmiştir. Bu sonuçlar incelendiğinde “Seyahat zamanı düşürme” ve “Varışta park zorluğu” seçeneklerinin tercihinin yüksek olduğu görülmektedir. “Varışta park zorluğu” Park Et Devam Et uygulamasının kullanımını artırmakta kent merkezlerine otomobil girişini azaltmaktadır. Bu çerçevede otomobilsiz kentler oluşturabilmek için sunulması gereken hizmetlerden birisi de Park Et Devam Et otoparklarının yaygınlaştırılması ve bu otoparkların kent merkezi dışında toplu taşıma duraklarına maksimum 150 m uzaklıkta, yerleşim merkezlerine ise maksimum 4 km mesafede olması bu uygulamanın kullanılabilirliğini artırıcı parametrelerdir. İSPARK Ümraniye Haldun Alagaş Otoparkında başlattığı Park Et Devam Et uygulamasını, metrobüs hattını desteklemek ve özel araç kullanımını toplu taşımaya entegre etmek amacıyla Küçükçekmece, Merter, Zeytinburnu, Zincirlikuyu, Altunizade, Kadıköy ve deniz ulaşımını teşvik etmek amacıyla ise Avcılar, Yenikapı, Kabataş, Bostancı, Maltepe, Pendik, Haydarpaşa, Kadıköy bölgelerinde toplamda 18 kapalı ve açık otoparkında uygulamaya koyarak yaygınlaştırma çalışmasını yürütmektedir.

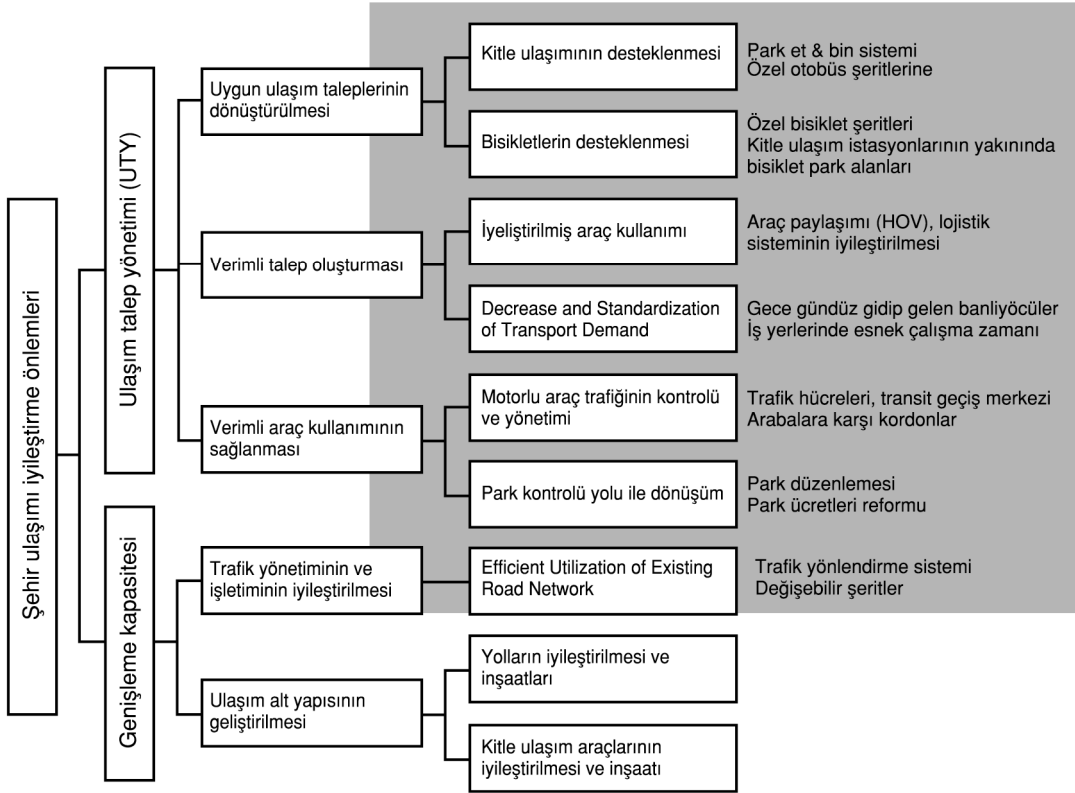


Şekil 6 Planlanan transfer merkezlerinin konumu

Bu yayılımın Ulaşım Ana Planında belirtilen 28 transfer merkezini destekleyecek şekilde sürdürülmesi planlamaları yapılmaktadır.

5. Bisiklet ve Yaya Yolları Projeleri

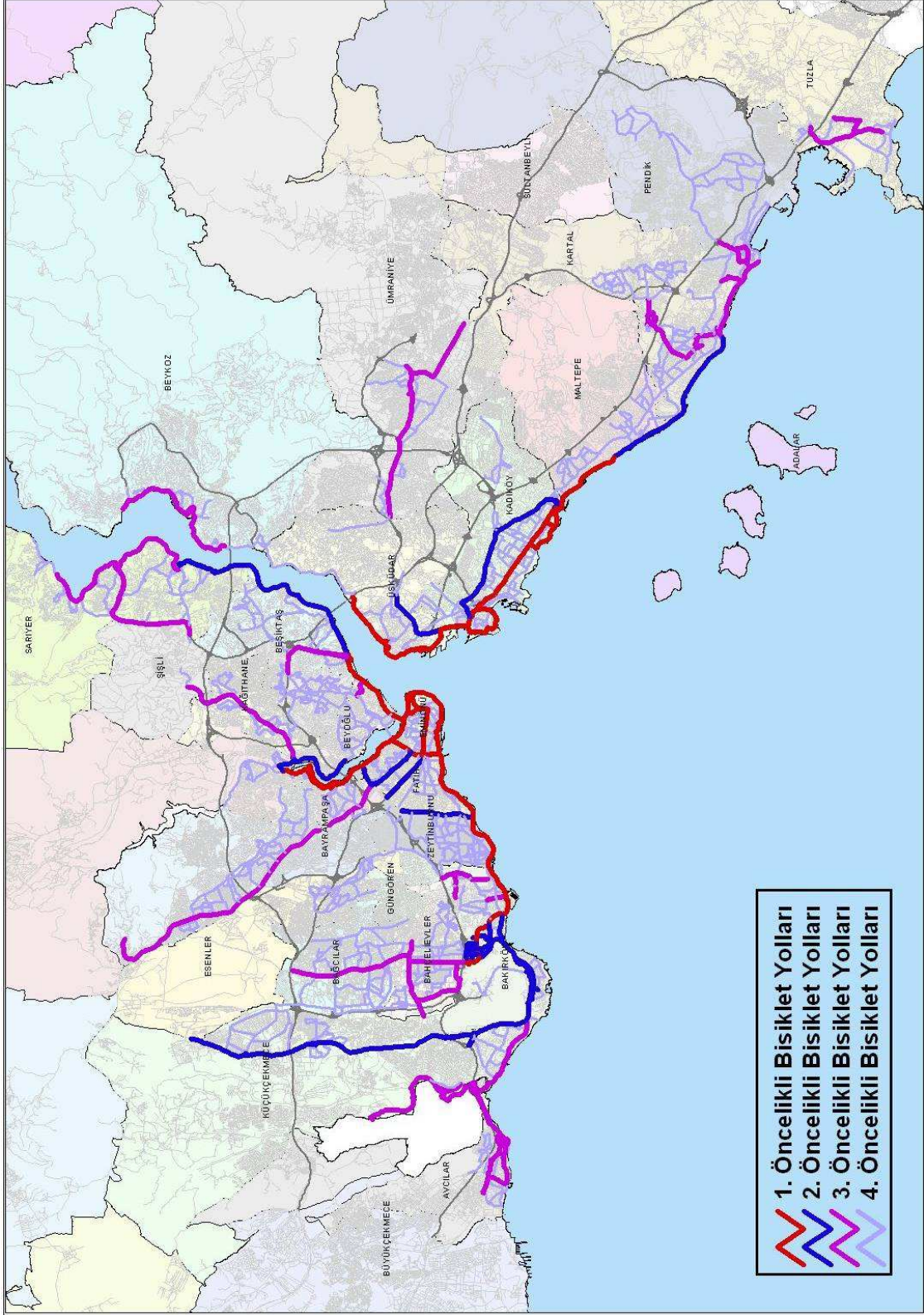
İstanbul Geneline Bisiklet Yolları ve Yaya Yollarının Etüd, Planlama, Projelendirilmesi ile Bölgesel Ulaşım ve Trafik Etüdlерinin Yaptırılması İşi” adı altında 5216 sayılı yasa ile belirlenmiş olan İstanbul Büyükşehir Belediyesi sınırları içerisindeki 630km. uzunluğundaki proje alanı içerisinde “Bisikletli ve Yaya Ulaşım Sistemi” oluşturulmuştur. Bu sistem içerisinde ilçeler arasındaki bağlantıların ve güzergah devamlılığının sağlanmasına yönelik 630km’lik bisiklet yoluna ara bağlantılar ilave edilerek toplam bisiklet yolu uzunluğu 1004km’ye çıkartılmıştır.



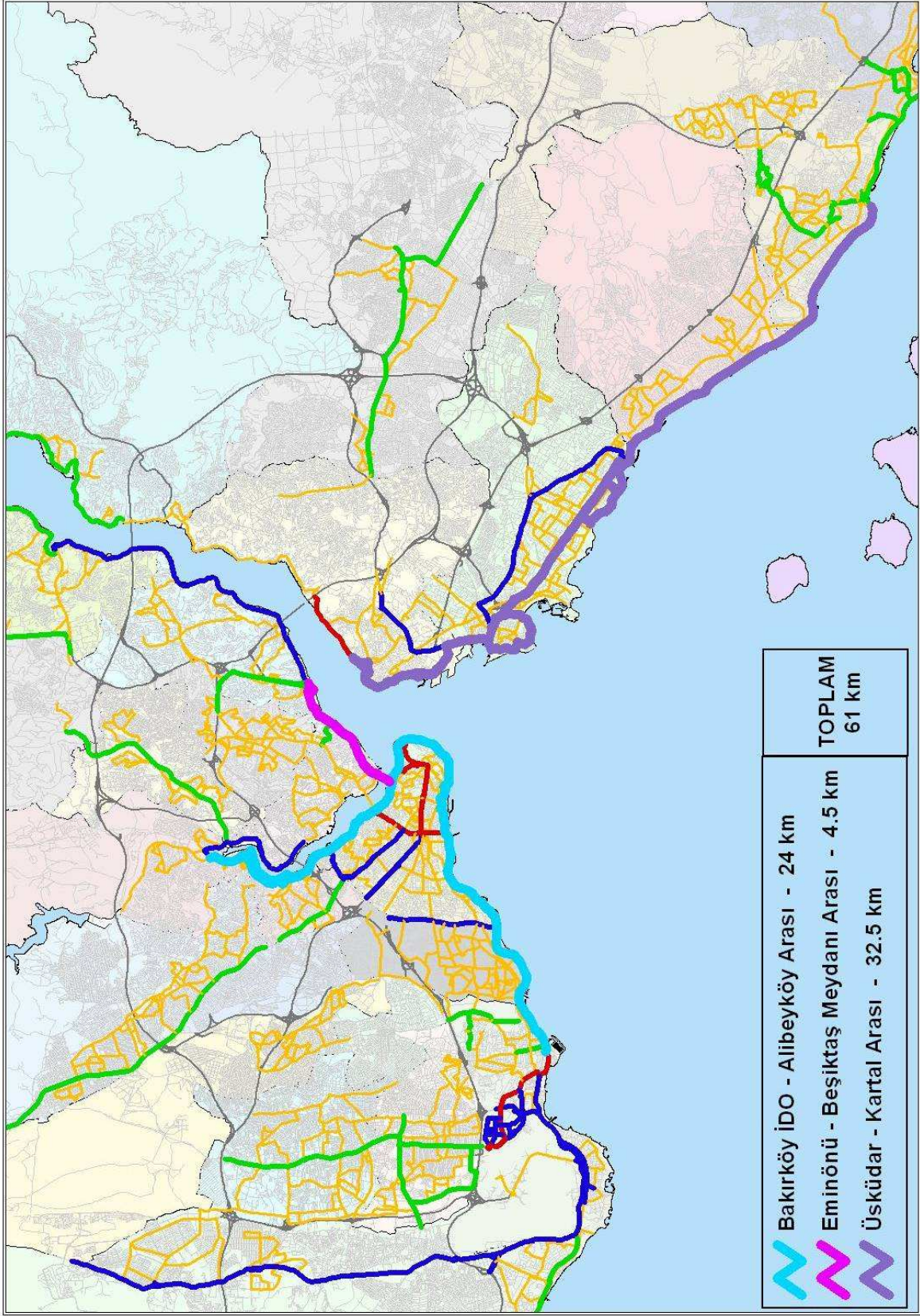
Şekil 7 Ulaşım İyileştirme Örnekleri

“Bisikletli ve Yaya Ulaşım Sistemi” kapsamındaki güzergahlar; 2023 hedef yılı olmak üzere kendi içerisinde uygulamaya yönelik 1., 2., 3. ve 4. öncelikli bisiklet yolları olmak üzere 4 gruba ayrılmış olup, bunlardan 1. ve 2. öncelikli olan güzergahlara ait konsept projeler hazırlanmış durumdadır.

Konsept projeleri tamamlanmış olan 1. ve 2. öncelikli güzergahlar arasından yaklaşık 24km uzunluğundaki Bakırköy İDO İskelesi-Alibeyköy Arası, yaklaşık 4.5km uzunluğundaki Eminönü-Beşiktaş Meydanı Arası ve yaklaşık 32.5km uzunluğundaki Üsküdar-Kartal Arası güzergahlar ilk etapta imalatı yapılması düşünülen güzergahlar olarak tespit edilmiştir. Söz konusu güzergahlara ilişkin 05.09.2008 tarih ve UTK2008/24-23 sayılı UTK (Ulaşım ve Trafik Düzenleme Kurulu) Kararı alınmış olup, kararın uygulamasının yapılması için Fen İşleri Daire Başkanlığı’na iletilmiştir[2].



Şekil 8 İstanbul Genel Bisiklet ve Yaya Yolları Sistemi



Şekil 9 UTK Kararı Alınmış Olan Bisiklet ve Yaya Yolu Güzergahları

Tablo 1. Bisikletli ve Yaya Ulaşım Sistemi Öncelik Tablosu

	ASYA(KM)	AVRUPA(KM)	TOPLAM(KM)
1.Öncelik	27	40	67
2.Öncelik	20	61	81
3.Öncelik	40	98	138
4.Öncelik	276	442	718
TOPLAM	363	641	1004

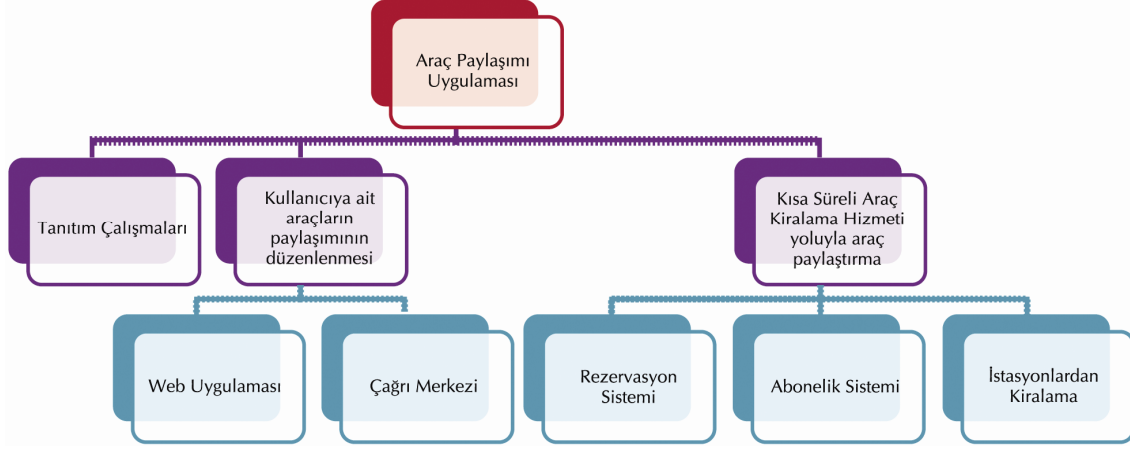
İSPARK Bostancı, Kadıköy, Kartal, Kabataş, Merter bölgelerinde toplam 5 açık otoparkta ücretsiz bisiklet parkları oluşturmuş olup, Metrobüs durakları, İDO vapurları, Metro araçlarına bisiklet park tertibatları yerleştirmeyi ve İBB Trafik Müdürlüğü, İBB Şehir Aydınlatma Müdürlüğü ile yapılacak ortak çalışma ile öncelikle Zeytinburnu-Bakırköy, Kabataş-Beşiktaş, Vezneciler-Edirnekapı güzergahlarına bisiklet parkları ve bisiklet kiralama istasyonları yerleştirmeyi planlamaktadır. Bu planlama ve çalışmaların temel hedefi çevreye zararsız ulaşım araçlarının kullanımı kültürünün oluşturulması ve bu yolla kentin ve ülkemizin otomobilden kaynaklanan zararlardan en az etkilenir hale gelmesinin sağlanması hedeflenmektedir.

6.Araç Paylaşımı Uygulamaları

Araç başına düşen yolcu sayısını artırarak, trafiğe çıkan araç sayısını azaltmayı hedefleyen Araç Paylaşım Sistemi uygulaması kent içinde yapılan yolculukların başlangıç-bitiş noktaları, yol arkadaşı seçim kriterleri ve yolculuk zamanlarını bir veritabanında toplayarak birbirine uyum gösteren kişiler arasında bağlantı kurulması ve bu tür yolculukların tercih edilmesinin çeşitli teşvikler verilerek özendirilmesi olarak tanımlanabilir.

Yolcuları oto paylaşma düzenlemesi için gruplandırma sürecinde üç yöntemden söz edilebilir: Alansal programlar, İş veren programları ve gayri resmi düzenlemeler. Alansal programlar genellikle kamu kuruluşları veya kar gözetmeyen kurumlar tarafından hemen gruplandırma için telefonla yada düzenli uygulama için listelere kayıt şeklinde uygulanır. Oto paylaşmada en yüksek verim, özellikle yönetimin bu tür programları desteklemesi halinde işyerlerinde yapılan düzenlemeler ile alınmaktadır. İmardan büyük iş yeri projelerinin onayı sırasında mal sahibi veya gelecekteki kullanıcıdan oto paylaşma programlarının uygulanmasına yönelik taahhütte de özellikle A.B.D. de sıkça rastlanan bir yöntemdir. Oto paylaşma gruplandırmaları arasında yapılabilecek gayri resmi düzenlemeler yer almaktadır. Bu politikanın başarıya ulaşabilmesi araçların doluluk oranlarını arttırılmasını destekleyen tamamlayıcı,yönetimsel ve ekonomik önlemlerin varlığına bağlıdır[3].

Uygulamanın yine İ.B.B Trafik Müdürlüğü, İ.B.B Şehir Aydınlatma Müdürlüğü ile İSPARK kurumları personellerinden oluşturulan bir çalışma gurubu ile planlanma ve projelendirilme aşamasındadır. Temel olarak bir web sitesi üzerinden kentlilerin bilgilerini veritabanına aktarma ve gerekli aramaları yapabilmeleri şeklinde bir başlangıç düşünülmektedir.



Şekil-10 Araç Paylaşım Uygulaması Proje Bileşenleri Şeması

Uygulamanın devamında ise elektrikli araçlardan kurulması hedeflenen bir filo aracın kısa süreli kiralanması yöntemiyle kentlinin araç sahipliği ihtiyacına test uygulaması başarılı olması durumunda birçok bölgede kurulacak istasyonlara erişimiyle cevap verilmesi ve bu yolla araç sahipliğinin bir ihtiyaç olmaktan çıkarılarak bu davranışın sönme sürecinin başlatılması hedeflenmektedir.

7. Sonuç

Otomobilsiz kentler uygulaması içeriğinde yürüme ortamlarının geliştirilmesi, bisiklet yollarının yapılması, ev-ofis uygulamalarının yaygınlaştırılması, araç kullanımını azaltmayı teşvik edecek yeni vergi usulü düzenlemeleri, şehir merkezine girişlerin ücretlendirilmesi ve bu ücretlendirmelerin trafik yoğunluğu saatlerine göre dinamik yürütülmesi, araç paylaşım uygulamaları, ulaşım güvenliği ve erişilebilirliğin artırılması gibi bir çok ulaştırma çözümüyle birlikte yürütülebilecek geniş bir programın bir parçası olarak Legoları birleştirecek yönetim erkini aramaktadır. Önünde ise otomobil ve petrol devleri gibi handikapları bulunmakta olduğundan bir türlü uygulamaya geçirilemeyen, bilinçlendirme çalışmaları yapılamayan bir mefhum, olarak kalmıştır. Yapılan birçok çalışma ise otomobilsiz kentler oluşturma ile sonuçlanacak süreçleri başlatmaktadır.

Kaynaklar

1. İlkme, M. (2008) Kentsel Dönüşüm ve Bursa Raporu. TMMOB Şehir Plancıları Odası Bursa Şubesi, Bursa
2. Türkiye Cumhuriyeti İstanbul Büyükşehir Alanı için Entegre Toplu Taşıma Ana Plan Çalışması Son Rapor Taslağı (2008)
3. Kvasoğlu, B. R.ve Yıldız, D. Ankara'da özel araç sahipliği özel araç kullanımı özel araç kullanımını azaltıcı önlemler

İstanbul'da Taksi Taşımacılığı-Şirketleşmeden Beklenen Yararlar

Prof. Dr. Nadir Yayla

İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, Ulaştırma Anabilim Dalı 34469 Maslak/İstanbul

Tel: (212) 2853660

E-posta: nyayla@ins.itu.edu.tr

Öz

Kentlerde taksi taşımacılığı, yolcu taşımaya olan katkısı yanında, kente yeni gelenler ve yabancılar üzerinde kent hakkındaki ilk izlenimlerinin oluşmasında önemli etkisi vardır. Ayrıca, kentteki taksi taşımacılığının düzeni, yol alt yapısının verimli kullanılması ve trafik güvenliği bakımından da önem taşır.

Bildiride esas olarak İstanbul'daki taksi taşımacılığı ele alınmış ise de, diğer büyük kentlerimizdeki durum da genelde aynıdır. Bildiride taksi taşımacılığının önemi ve toplu taşımadaki yerine kısaca değinildikten sonra bazı dünya kentleri için taşımadaki payı verilip değişik ülkelerde taksi taşımacılığında çalışacak araç sayının ve ücret sisteminin nasıl olduğu, sürücü seçimi ve taşıma yapacaklarda aranan koşullardan örnekler verilmiştir. Daha sonra İstanbul'daki taksi taşımacılığı çeşitli boyutları ile ele alınıp mevcut durum ve nasıl olması gerektiği, pek çok ülkede görülen şirketleşmenin getireceği yararlar sıralanarak, örnek bir hesaplama yapılmış ve şirketleşmenin İstanbul'daki yakıt tüketimi ve hava kirlenmesine getireceği yararların büyüklüğü ortaya konmuştur.

Anahtar sözcükler: Taksi, Toplu taşıma, Taksi işletmecisi, Taksi işletmeciliğinde şirketleşme.

Giriş

Taksi taşımacılığı küçük kapasiteli taşıt ile yapılan yolcu taşımacılığıdır. Yolcu kapasitesi yönünden özel otomobil ile aynı kabul edilebilir. Taksi taşımacılığının başlıca özellikleri aşağıda sıralanmıştır.

- Noktadan noktaya taşıma vardır. Yani, yolcu istediği noktada taksiye biner, istediği yerde inebilir. Yolcularca önemsenen bir özelliktir.
- Tam gün yani 24 saat hizmet veren bir sistemdir.
- Taksi taşımacılığında yolculuğun başlangıç ve bitiş noktaları genellikle kentin sınırları içinde kalır. Özel durumlar dışında kentler arasında taksi taşınması yoktur.
- Özel otomobil hariç diğer araçlara kıyasla daha konforludur.
- Taksi her kesimden insanın yararlanabileceği bir taşıma türü olmakla birlikte, daha çok kentin yabancıları, özürü kişiler, yaşlılar, çocuklar, sürücü belgesi olmayanlar, ya da hastalık, alkol vb geçici hallerde araç kullanamayacak durumda olanlar ile acil işi olanlar kişiler için tercih edilen bir taşıma türüdür.

- Trafik esnekliği yüksektir. Yani, her hangi bir sebeple trafik sıkışıklığının yaşandığı bölgeleri standartları düşük olan tali yolları da kullanmak suretiyle kolaylıkla geçebilir.
- Genelde diğer taşıma türlerine göre daha hızlı ulaşım imkanı verir. Ancak, bu üstünlüğünü kentin trafiğin sıkışık olduğu merkez bölgelerinde raylı sistemler ile özel yolu olan otobüslere karşı kaybeder.
- Yolcuya beraberinde bavul vb eşya taşıma imkanı verir.
- Raylı sistemler ve otobüsler genelde kentin merkezi ile çevresi arasındaki ulaşım talebi yüksek koridorlar boyunca radyal yönde hizmet verirken, taksi taşımacılığında taşımacılığında hakim bir istikamet yoktur. Bununla birlikte, taksi taşımacılığı genellikle havaalanı, gar, iskele, metro istasyonları, büyük alışveriş ve iş merkezleri, hastaneler ve otellerin bulunduğu yerler doğrultusunda yoğunlaşırlar.
- Diğer toplu taşıma türlerine göre ulaşım maliyeti yüksek olduğu için gelir durumu nispeten yüksek kişilerce tercih edilebilecek bir taşıma türüdür.
- Taksi ile ulaşımında ortalama yolculuk uzunluğu fazla olmamakla birlikte, günde taksi başına yapılan taşıt-km özel otomobile göre çok yüksektir. Bu itibarla taksilerin trafik üzerindeki etkileri otomobillere göre daha fazladır. Taksiler dünya genelinde otobüslere göre yaklaşık iki misli fazla yol kat ederler.
- Taşadıkları yolcu sayısı az olduğu için, kentin ulaşım altyapısının kullanılmasında verimsiz, ayrıca, yolcu-km başına tüketilen enerji, ayrıca çıkardıkları emisyon ile sebep oldukları hava kirlenmesi yönünden büyük kapasiteli taşıma türlerine göre sakıncalı kabul edilirler. Bununla birlikte, havaalanı, iskele, gar ve metro istasyonuna olan taşımaları ile taksiler, bir bakıma büyük kapasiteli yolcu taşıma sistemlerini besleyen (feeder) sistemdir.
- Taksi taşımacılığı hemen tüm dünya kentlerinde özel kişi ve şirketlerce yapılır. Dolayısıyla taksi taşımacılığı bir bakıma özel sektör işletmesi olarak kabul edilebilir.

Kentlerde Taksi Sayısını Belirleyen Unsurlar

Bir kent için optimum taksi sayısını sadece o kentin nüfusuna göre belirlemek söz konusu olamaz. Kentlerdeki optimum taksi sayısı üzerinde nüfus yanında başlıca aşağıdaki unsurlar etkili olurlar.

- **Kentin nüfusu.** Nüfus arttıkça doğal olarak taksi sayısına olan ihtiyaç artar.
- **Kentin sosyo-ekonomik düzeyi.** Bu düzey yükseldikçe özel otomobil sahipliği artmakla birlikte, taksi kullanımına talep de artar.
- **Kentlilere sunulan toplu taşımada hizmet düzeyi.** Duraklara erişme, durak şartları, durakta bekleme süresi, yolculuk koşulları(aracın doluluğu, temizliği, oturarak yolculuk yapma imkanı, havalandırma vb), ulaşım hızı gibi hususları içeren hizmet düzeyinin (taşıma kalitesi) düzeyi iyileştikçe taksi kullanımına olan talep azalır.
- **Kentin yerli ve yabancı turist çekme potansiyeli, ticari ve kültürel aktivitelerin yoğunluğu.** Bu aktiviteler yoğunlaştıkça taksi kullanımı artar. Ayrıca kullanım talebinde mevsimsel değişimler belirginleşir.
- **Kentin coğrafi ve topoğrafik yapısı ile yerleşim özelliği.** Dağ yamaçlarına yerleşmiş, yaya ulaşımı zor, ayrıca dağınık yerleşim özelliği taşıyan kentlerde taksi kullanımı, ayrıca taksi taşıma mesafesi artar. Yerleşimi kompakt kentlerde toplu taşıma hizmeti daha etkin, ayrıca mesafeler kısa olduğu için taksiye olan talep azalır.

Taksi sayıları bakımından bazı dünya kentleri ile karşılaştırma yapıldığında aşağıdaki durum ortaya çıkmaktadır (Tablo 1).

Tablo 1 Bazı dünya kentlerindeki taksi sayıları.

Kent	Yıl	Nüfus	Taksi Sayısı	1.000 kişi başına taksi sayısı
New York	2006	8.214.000	12.779	1,48
Chicago	2006	2.873.000	6.000	2,08
London	2006	7.512.000	21.700	2,89
Berlin	2006	3.397.000	7.000	2,06
Los Angeles	2006	3.849.000	2.300	0,60
Sidney	2006	4.000.000	6.347	1,58
Mexico City	2006	19.300.000	80.000	4,14
Hong Kong	2005	6.940.000	18.138	2,61
İstanbul	2006	12.000.000	17.442*	1,45
Ankara	2006	4.500.000	7.800	1,73
İzmir	2006	3.800.000	3.900*	1,03

* : Yukarıdaki taksi sayılarına ilave olarak trafiğe kayıtlı İstanbul'da 572, İzmir'de 357 adet taksi-dolmuş vardır.

Kaynak: - İstanbul Em. Md.Trafik Tescil ve Denetleme Müdürlüğü

- The New York City Taxicab Factbook

- Hong-Kong – Annual Traffic Census 2005

- TfL, London Travel Report 2006

- http://en.wikipedia.org/wiki/list_of_US_cities_by_population

Yukarıda tabloda verilen rakamlara karşılık bazı dünya kentlerinde aşırı sayıda taksi olduğu da görülmektedir. Örnek olmak üzere, Mexico City. Bu arada, Şili'nin 5,5 milyon dolayındaki nüfusa sahip merkezi Santiago da 45.000'i dolaşarak yani her hangi bir durağa bağlı olmadan, 5.000'i de durağa bağlı olarak çalışan 50.000 taksi bulunmaktadır ve bu taksilerin çoğu taksi-dolmuş olarak çalışmaktadır.

Dünya genelinde, nüfusu bir milyonun altında kalan kentler için olmak üzere genelde 1.000 kişi başına 1 taksi sayısının yeterli olduğu kabul edilmektedir. Ancak, yine belirtmek gerekir ki kentin özelliğine göre gerekli olan sayısı değişebilir ve Tablo 1'de görüldüğü üzere çok farklılıklar göstermektedir.

İstanbul'da taksilerin toplam taşımadaki payı özel otomobillerin sayısının hızla artması ve servis araçları dahil toplu taşımanın iyileşmesi karşısında her geçen gün azalsa da yine de önemli bir düzeyde bulunmaktadır. Gözlemler açık olarak gösterdiği üzere, sabah ve akşam zirve saatlerinde taksi bulmak oldukça zor olup bunun başlıca sebebi kentliye sunulan toplu taşıma hizmetinin yetersizliğidir.

Gelişmiş ülke kentlerinde taksilerin toplam taşımadaki payları, toplu taşımacılık hizmetinin iyi düzeyde bulunması yanında özellikle otomobil sahipliğinin yüksek olması sebebi ile %1~2 dolayında kalmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde ise oran daha yüksek olup %5'in üzerine çıkan kentler bulunmaktadır. Bu ülkelerde normal taksi taşımacılığı yanında taksi-dolmuş taşımacılığı da oldukça etkin durumdadır (Kahire'de olduğu gibi).

Taksi Taşımacılığı (İşletmeciliği)

Taksi taşımacılığında sektöre girme, kentte çalışmasına izin verilen taksi sayısı, kullanılacak araçlarda bulunması zorunlu olan nitelikler, sürücünün sağlaması gereken özellikler, taşıma ücreti, işletme koşulları gibi hususlarda hemen her ülkede ülke düzeyinde ve genelde kentlere göre değişen koşullar (düzenlemeler) bulunmaktadır. Bunlardan en çok tartışılan kentte çalışmasına izin verilecek taksi yani plaka sayısıdır.

Taksi Taşımalarının Kamu Yolcu Taşımadaki Yeri

Küçük kapasiteli kamu yolcu taşıma aracı olan taksiler, yolun kullanımı yönünden özel otomobiller gibi verimsiz bir taşıma türü olarak sayılsa da işlevleri itibarıyla vazgeçilemeyecek dolayısıyla her kent de bulunması gereken araçlardır. Bu sebeple, her kent için kamu yolcu taşımacılığının önemli bir bileşeni olarak kabul edilmelidir. Bunun yanında, Tablo 2’de görüldüğü üzere bazı kentler için taşımada küçümsenemeyecek paya sahiplerdir.

Tablo 2 Bazı dünya kentlerinde taksilerin toplam taşımadaki payları.

Kent	Nüfus(milyon)	Taşımada taksilerin payı(%)
Manila	9,9 (2000)	3,6
Seoul	10,2 (2000)	10,0
Cairo	14,1 (2001)	5,0*
London	7.5 (2006)	1,1
İstanbul	12,0 (2006)	7,4

* : Kahire’ de taksi-dolmuşların (shared taxi) payı %17’dir.

Kaynak: WCTR (2004)

2006 yılında başlatılan İstanbul Ulaşım Ana Planı çalışması kapsamında kentte yapılan 90.000 dolayındaki hane halkı anketi sonuçlarına göre, İstanbul’daki türel dağılım biraz farklı çıkmıştır. Bu anket sonuçlarına göre, özel otomobiller %26, minibüsler %14, servis araçları %21,5, taksiler %5 özel halk otobüsleri ve İETT otobüsleri birlikte %26, raylı sistemler %5, deniz araçları %2 paya sahiptirler.

Bazı Ülkelerde Taksi Taşımacılığı (İşletmeciliği)

Taksi taşımacılığında ilk düzenlemeler taksi olarak kullanılan atlı arabalar için 1635 yılında Londra’da görülmüştür. Motorlu araçlar ile taksi taşımacılığının özellikle 20.yüzyılın ilk çeyreğinde başlayıp hızla yaygınlaşmaya başlaması üzerine pek çok ülke kentinde, kentin özelliğine göre, taksi işletmeciliği sektörüne giriş, işletmede çalışacaklar, sürücüler ve araçlarda aranacak koşullar, uygulanacak ücret sistemi gibi hususlarda farklı olabilen yeni düzenlemelere gidilmiş ve bu düzenlemelere devam etmektedir.

Ülkelerin bir kısmında ve daha çok gelişmiş ülkelerde olmak üzere kurumsallaşmış ve çok sayıda taksi çalıştıran şirketler hizmet verirken, bazı ülkelerde şirketleşme (kurumsallaşma) yoktur. Taksi taşımacılığı araç maliklerince ya da aracı kiralayan kişilerce yapılmaktadır, yani bireysel taşıma söz konusudur. Bunun başlıca sebepleri, taksiciliğin pek çok mesleğe göre edinilmesi daha kolay bir meslek olması, aracı istediği

zaman kullanma olanağı yani çalışmada esneklik ile kendi işine sahip olma olanağıdır. Buna göre, taksi işletmeciliğini düzenleyen yasa, yönetmelik ve yönergeler taşımayı yapanın bireysel taşımacı veya şirket olmasına göre fark edebilmektedir. Bu arada Finlandiya, Norveç, İspanya ve İrlanda gibi bazı ülkelerde bireysel işletmecilerin taksi sürücüsü olmaları istenir. Bu arada, sürücü istihdam ederek taksi işletenler için sürücünün sosyal güvencesi ve çalışma koşulları hakkında katı düzenlemeler vardır (OECD, 2007).

Taksi işletmeciliği düzenlemeleri esas olarak iki grupta toplanabilir. İşletmeciliğine girişle ilgili düzenlemeler ve taşıma ücretine yönelik düzenlemeler. Birinci gruptaki düzenlemeler plaka sayısını sınırlamaya yönelik düzenlemelerdir. Bu düzenlemeler, plaka sayısının belirlenmesi (dondurulması) suretiyle olabileceği gibi, sürücü ve araçta aranacak niteliklerin zorlaştırılması suretiyle de olabilir.

Pek çok ülke kentlerinde taksi plakalarında sayısal sınırlamaya gidilmiştir(Fransa'da ve New York dahil bazı Birleşik Amerika şehirlerinde, 2001 yılına kadar İrlanda'da). Bu durum, plakaların piyasa değerini arttırmaktadır. Bazı ülkelerde, plaka sayısında artışa gidildiğinde plakanın o günkü piyasa değerine göre satışı yapılırken, bazı ülkelerde her hangi bir para alınmaksızın yeni verilecek plakalar kur'a usulü veya başvuru tarihindeki sıraya(kideme) göre dağıtılır. Fransa'da plaka satışı yasaklanmıştır. Bu arada, kişi (işletmeci) başına verilecek plaka sayısının sınırlandıran, kişiye taksi çağrı/dağıtım merkezine üye olması zorunluluğunu getiren, çalışma alanını tahdit eden uygulamalar da bulunmaktadır.

İsveç, Holanda, İrlanda, Avusturya ve Macaristan'da taksi taşımacılığına girişle düzenleyen ulusal düzeyde bir yasa olmayıp sektöre giriş serbesttir. İngiltere, İsviçre ve Belçika'da sektöre giriş ile ilgili düzenleme yetkisi yerel yönetimlere bırakılmıştır. Bu sebeple bu ülkelerde kentler arasında farklı uygulamalar görülebilir. Norveç, İspanya, Finlandiya ve Almanya'da taksi taşımacılığı sektörüne girişle düzenleyen ulusal yasalar bulunmaktadır. Bununla birlikte bu ülkelerde de plaka sayısını belirleme yetkisi yerel otoritelere bırakılmıştır. İsviçre'de düzenlemeler kantondan kantona değişmektedir (OECD, 2007).

AB (Avrupa Birliği)'de, ekonomide liberalizasyon düşüncesi altında, önce 96/96 EC ve daha sonra 98/76 EC sayılı Direktif'ler ile taksi işletmeciliğinde sayısal sınırlama (quantitative control) yerine taksi sürücüsü ve işletmeci için bazı koşullar getirilerek kalitatif kontrolün (qualitative control) öne çıkarılması benimsenmiştir. Bunda amaç, sunulan hizmetin kalitesinin yükseltilmesidir. Taksi işletmecileri için mesleki saygınlık, mesleki yeterlilik (yapacağı iş ile ilgili yasaları bilme, işletme bilgisi gibi) ve mali yeterlilik, aranması gibi. Sürücülerde sınavla belirlenen mesleki yeterlilik (Londra'da uygulanan kent bilgisi sınavı gibi) yanında, adli sicil kayıtları ve sağlık durumu da taksi sürücülüğü lisansı alabilmek için aranan önemli kriterlerdir. 96/26 EC Direktifi ile sürücüler için kurs ve sınav mecburiyeti getirilmiştir ve bu Avusturya, Finlandiya, Fransa, Almanya, İrlanda, Macaristan, İsveç, İspanya'da uygulanmaktadır. Londra'da sınav mülakat şeklinde yapılmaktadır. Taksi sürücü belgesi Avusturya'da süresiz, Fransa'da ve Brüksel'de 1 yıl, İrlanda'da 5 yıl, Londra'da 3 yıl süre ile Finlandiya, Macaristan, İsveç'de her hangi bir sebeple belgenin geriye alınmasına kadar geçerlidir. İsveç Avrupa'da taksi sürücü belgesi alınmasının en zor olduğu ülkedir(OECD, 2007).

Avrupa ülkelerinin bir kısmında plaka sınırlaması olmaması her isteyenin bu sektöre girebileceği anlamına gelmemektedir. Yukarıda belirtildiği üzere, sürücü ve işletmeciler için getirilen kalitatif koşullar yanında, kentteki taksi sayısı için bazı *objektif kriterler* getirilmiştir. Bazı Alman şehirlerinde kişi başına günde yapılan yolculuk veya kişi başına taksi sayısı kriteri uygulanmaktadır. Belçika'da Flanders kentinde olduğu gibi %20 esneklik ile 1.000 kişi başına 1 taksi kriteri kabul edilmiştir. Kentteki taksi arz - talep dengesini, taşımacıların kazanç durumunu esas alıp taksi sayısında arttırmaya veya azaltmaya giden kentler de bulunmaktadır(OECD, 2007).

AB'de taksi işletmeciliğinde sıkça tartışılan bir diğer konu ücretlerdir. Bu hususta, taşıma ücretinin taksimetre ile belirlenmesi ve serbest olması uygulamaları yanında, ara çözüm olarak, ücrete alt ve üst sınırlar getirilmesi uygulamaları da vardır. Bununla birlikte pek çok dünya kentinde trafikten doğan gecikmeyi de nazara alan araç-km esaslı ücret (taksimetre) uygulanmaktadır. Bu arada, ülkenin ekonomik durumu, ayrıca yakıt fiyatına göre ücretlerde önemli farklılıklar olabilmektedir. Nitekim 2000 yılında, 5,0 km'lik bir ulaşımda taksi ücreti Amsterdam'da 11,20 Euro, Berlin'de 10,50 Euro, Brüksel'de 6,60 Euro, Stockholm'de 8,10 Euro, Paris'te 7,70 Euro ve Londra'da 9,10 Euro iken Auckland (Yeni Zelanda) da 4,90 Euro'dur.

Birleşik Amerika şehirlerinde 1930'lu yıllarda yaşanan ekonomik kriz dönemine kadar, taksi işletmeciliği tamamen eyalet veya yerel yönetimlerine bırakılmışken daha sonra ve özellikle 1970 ve 1980'li yıllarda bu konuda önemli düzenlemelere gidilmiştir. Bu düzenlemelerin sonucu olarak büyük kentlerdeki taksi işletmeciliği sunumunda önemli artışlar olmuştur. Özellikle bekleme süresi kısa olan havaalanı ve şehir merkezlerindeki önemli duraklarda bir çağrı merkezine bağlı olmaksızın çalışan taksiler çoğalmıştır. Bu artışlara karşılık sunulan hizmet kalitesinde önemli bir iyileşme olmadığı gözlenmiştir.

Değişik ülkelerdeki uygulamaların sonucu olarak kısaca şunlar ifade edilebilir. Taksi işletmeciliği sektörüne giriş kolaylaştığında ve sınırlamalar kaldırıldığında arzda yani taksi sayısında artış olmaktadır. Bunun sonucu olarak müşteri için taksi bulma kolaylaşmakta, bekleme süresi azalmaktadır. Ücretlerin serbest bırakılması durumunda ücretlerde azalma görülmemiştir. Buna karşılık özellikle rekabetin az olduğu kentlerde önemli ücret artışları gözlenmiştir. Bunun daha önce gerçek fiyatın altında ücret ile taşıma yapılmış olmasının sonucu olduğu kabul edilmektedir. Bu arada taşıma ücretinin serbest bırakılması ile zamana ve talebe bağlı olarak ücretler arasındaki farklar büyük olmuştur. Taksi işletmeciliğine girişin kolaylaşması ile sunulan hizmetin kalitesi arasında yakın bir ilişki görülememiştir. Hizmet kalitesinin iyileşmesinde ve korunmasında denetimin önemi büyüktür.

İstanbul'da Taksi Taşımacılığı

İstanbul'da özellikle işletme yönünden iyileştirme yapılması gereken taşıma türlerinden birisi olan taksilerin yolcu taşımada ihmal edilemeyecek bir payı vardır. Diğer yandan kentteki toplam taşıt sayısı içinde %'1 e bile varmayan sayısal oranına karşılık taksilerin gün içinde yaptıkları km ve özellikle kentin merkez bölgelerinde trafik kompozisyonundaki oranları ile trafik akımı üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır. Ayrıca, gerek kentte yaşayanlar ve gerekse kente gelen yabancılar için olumlu ve olumsuz yönleri ile önemli bir hizmeti gerçekleştiren taksi işletmeciliğinde yapılacak iyileştirmeler, sektörde çalışanlar yanında İstanbul'un Dünya Kenti iddiasını

sürdürebilmesi ve seçildiği 2010 yılı Avrupa Kültür Kenti imajı bakımından da önem taşımaktadır.

1825 yılına kadar faytona binmenin sadece Padişahın imtiyazında olduğu İstanbul'da ilk toplu taşıma 1830 yılında deniz ulaşımında kayıklar ile yapılmıştır. Daha sonra 1837 yılında Boğaz'da Rus ve İngiliz vapurları ile yolcu taşınması, 1869 yılında kurulan Dersaadet Tramvay Şirketi ile de Tophane- Ortaköy arasında olmak üzere tamvay taşınması başlatılmıştır.

İstanbul'a ilk otomobil 1908 yılında gelmiş, 1927 yılında Kadıköy – Moda arasında ilk özel otobüs taşınması başlamıştır. Bu tarihte İstanbul'un nüfusu 700.000 dolayındadır. İlk taksi-dolmuş güzergahlarının belirlenmesi 1930 yılına tesadüf eder.

1966 yılında İstanbul'da 15.200 taksi ile plaka sayısında dondurmaya gidilmiştir. Aynı yılda belli noktalar arasında çalışan taksi-dolmuş sayısı ise 705 idi. Bu dönemdeki taksilerin pek çoğu kent içinde sürekli olarak dolaşarak bulduğu yolcuyla alıp yolcunun istediği yerde indiren “dolmuş” olarak çalışıyordu ve trafik tıkanmalarının sebep olan en önemli unsur olarak görülüyordu. Taksi plaka sayısında zamanla artışlar olmuş ve sayı resmi kayıtlarına göre bu gün 17.442 dir. Trafiğe kayıtlı yani dolmuş-taksi sayısı ise 572 dir.

1970'li yıllara kadar İstanbul'da özel otomobil sahipliği düşük, otobüs ve diğer tür toplu taşıma araçları ile sunulan taşıma hizmeti her yönden yetersiz olduğu için taksilerin yolcu taşımadaki payı yüksekti. Bu pay, toplu taşımının gelişmesi, daha mühimi otomobil sayısının, ayrıca son yıllarda sayıları 40.00'i aşan servis araçlarının etkinliği artması ile giderek azalmıştır. Nitekim 1973 yılında taksilerin yolcu taşınmasındaki payı dolmuş taksilerle birlikte % 19,8 iken 1985 yılında %10,5'a düşmüştür. Bugün ise %5 dolayındadır.

İstanbul'da Taksi İşletmeciliğinin Yasal Dayanakları

İstanbul'da taksi taşımacılığı düzenleyen özel bir yasa veya yönetmelik bulunmamaktadır. Bununla birlikte, çok sayıda yasa, yönetmelik ve kararname ile komisyon kararlarında taksi ile yolcu taşımacılığı hakkında hükümler bulunmaktadır. Kentteki taksi taşımacılığında ruhsat verilmesi ve ücret belirlenmesi ile işletme yönünden denetimi esas olarak 5216 sayılı Büyükşehir Belediyesi Yasası uyarınca İstanbul Büyükşehir Belediye'nin yetki ve sorumluluğundadır. Büyükşehir Belediyesi bu yetkiyi Ulaştırma Koordinasyon Merkezi (UKOME) kanalı ile kullanmaktadır.

Diğer yandan, 507 Sayılı Esnaf ve Sanatkarlar Kanunu ve Yönetmeliği, Araçların İmal Tadil ve Montajı Hakkındaki Yönetmelik, 230 Sayılı Taşıt Kanunu, 2918 Sayılı Karayolları Trafik Kanunu ve Yönetmeliği, 353 Sayılı İş Yeri Açma ve Çalışma Ruhsatlarına Dair Kanun Hükmünde Kararname, 86/10553 Sayılı Bakanlar Kurulu'nun Ticari Plakaların Verilmesinde Uyulacak Usul ve Esaslar Hakkında Karar, Dolmuş ve Taksi Duraklarının Sınırlandırılması ile İlgili 12.06.1997 tarih ve 1997/50 sayılı İl Trafik Komisyonu Kararı, Taksi ve Servis Otobüsleri İşletmeleri Telsiz Sistemleri Yönetmeliği gibi taksi taşımacılığını, kullanılacak araçların sahip olmaları gereken nitelikleri ve çalışma koşullarını belirleyen çok sayıda kanun, yönetmelik, karar ve kararname bulunmaktadır.

İstanbul'da taksi işletmeciliği ile yakın ilişkili sivil kuruluş "İstanbul Şoförler Esnaf Odası"dır. Bir kimsenin İstanbul'da taksi işletmeciliği yapabilmesi için Oda'ya kayıt yani üye olması gerekmektedir. Oda, başlıca görevi taksici esnafının haklarını resmi kurumlar karşısında korumaya çalışmaktır. Bu arada, üyelerinin karşılaştığı trafik kazası, gasp vb olaylarda kendilerine yardımcı olunmaya çalışılmaktadır. Bu arada Oda bünyesinde kurulmuş olan psiko-teknik laboratuvarında zorunlu olmamakla birlikte isteyen üye test yaptırabilmektedir. Oda'nın üst kuruluşu merkezi Ankara'da olan Türkiye Şoförler ve Otomobilciler Federasyonu'dur.

İstanbul'da Taksi İşletmesinin Bazı Karakteristikleri

2008 yılı itibariyle, İstanbul'da trafiğe kayıtlı yani yasal olarak çalışma izni bulunan 17.442 taksi bulunmaktadır. Bunun yanında, belirlenmiş hatlar (güzergahlar) boyunca çalışan 572 adet taksi-dolmuş vardır.

İstanbul'da çalışma izni olmadan taşıma yapan (korsan taşımacı) çok sayıda araç bulunamaktadır. Korsan taksicilerin sayısı hakkında çok farklı rakamlar verilmekte olup bunların bir kısmını özel otomobil sahipleri bir kısmını da aynı plakayı ikinci bir araca takanlar oluşturmaktadır.

Taksi-dolmuşlar 42 hat üzerinde çalışmaktadırlar ve kapasiteleri sürücü dışında 7 yolcudur. Taksilerin bir kısmı durağa bağlı olarak, bir kısmı ise hiçbir durağa bağlı olmaksızın çalışmaktadır. İstanbul Şoförler Esnaf Odası'na göre taksilerin %40' ı bir durağa bağlı olarak çalışmaktadır. Geriye kalan %60 oranındaki taksi sürücüsü bir durağa bağlı olmaksızın kent içinde sürekli olarak dolaşmak suretiyle müşteri aramaktadır. Durak taksilerinin aldıkları çağrı sayısı durağın bulunduğu yere göre önemli farklılıklar göstermekle birlikte ortalama 10-15 çağrı/taksi' dir. Bir günde taşıdıkları yolcu sayısı, vardiyalı çalışanlar da dahil edilerek ortalama 40 kişi /taksi olarak kabul edilebilir.

Oda yetkilileri ile yapılan görüşmeye göre, durağa bağlı taksiler bir günde ortalama olarak tek vardiya çalışması halinde 150 km, iki vardiya çalıştırılmaları halinde 250 km dolayında yol kat etmektedirler. Durağa bağlı olmayan taksilerde bu mesafeler yaklaşık %20 fazlası ile 180 km ve 300 km dir. Taksi - dolmuşların günde kat ettikleri yol ise ortalama 300 km dir.

Taksilerin %25'i tek, %75'i iki vardiyalı olarak çalışmaktadırlar. Yakıt olarak %50'si mazot (diesel), %15'i benzin ve %35'i LPG kullanmaktadır.

Çoğu günün 24 saatinde hizmet veren taksi durakların tamamında telefon, yaklaşık %30'un da telsiz sistemi bulunmaktadır. Müşteri duraktaki telefonu arayarak taksi çağırabilmektedir. Bu tür duraklar daha çok otel, hastane, büyük alışveriş ve iş merkezlerinin yakınında, ayrıca otogarlarda, tren istasyonları ve iskelelerin yakını ile taksi talebinin yüksek olduğu konut bölgelerinde bulunmaktadır. Telefonlu duraklar için büyüklük ve taksi sayısı gibi hususlarda standartlar yoktur. Telefonlu duraklarda, sürücülerce bas-konuş sistemi olarak ifade edilen telsiz telefon yardımı ile her an temas kurulabilmekte, sürücülere yol ve trafik durumu hakkında bilgi verilebilmektedir. Her durakta, durakta çalışanlar kendi aralarında bir kişiyi bir sene süreli olarak durak başkanı olarak seçmektedirler. Bu başkanlar durağın düzgün şekilde çalışmasında söz

sahibidirler. Konut bölgelerinde kentliler daha güvenli buldukları için durak taksisini tercih etmektedirler.

En yüksek sayıda taksi Atatürk Limanına ait durakta olup sayıları 480'dir. İstanbul'un her hangi bir yerinden havalimanına yolcu getiren taksinin yolcusunu indirdikten sonra yolcu olsa da alması mümkün değildir.

Taksilerin başkasına devri Noter satışı ile yapılmaktadır. Taksilerde yolcular için koltuk sigortası yoktur. Yolcuların maddi zararları Zorunlu Mali Sorumluluk Sigortası (Trafik Sigortası) kapsamında karşılanır.

Sürücülerin durumu

İstanbul'da taksi-dolmuşlar dahil 18.000'e yaklaşan taksiye karşılık, Oda'daki yetkililerle yapılan görüşmeye göre 30-35.000 arasında taksi sürücüsü olduğu kabul edilmektedir. Bu fazlalık taksilerin büyük kısmının sahiplerinde kiraya verilmeleri ve bu taksilerin genelde iki vardiyalı çalıştırılmalarıdır.

Kiralama sisteminde taksi sahibi aracını günlük veya aylık olarak kiraya vermektedir. Bu sistemde bakım ve onarım masrafları ile vergi, sigorta vb diğer sabit giderler taksi sahibi tarafından karşılanmaktadır. Yakıt masrafı sürücüye aittir.

İBB Araştırma Müdürlüğü tarafından Temmuz/1996 tarihinde sınırlı sayıdaki sürücü üzerinde yaptırılan bir anket araştırmasının sonuçlarına göre, ankete katılanların %46'sı aracın sahibidir (Munzuroğlu, 2005). Araçların %40'ı tek sürücü, %55'i iki sürücü ve %5'i de üç sürücü ile çalıştırılmaktadır. Tek sürücü ile çalıştırılan araçların %67'inin sahibi aracın sürücüsüdür. Tek sürücü ile çalıştırılan taksiler günde 12 saat, iki sürücü ile çalıştırılanlar 16 saat taşıma yapmaktadırlar. Ankete katılanlar günde ortalama 20 sefer yaptıklarını (farklı yolcu aldıklarını) ifade etmişlerdir. Ceplerde bekleyen ve burada yolcu aldığını ifade eden taksi sürücüsü sayısı oldukça azdır.

İstanbul Şoförler Esnaf Odası ile yapılan görüşmeye göre, kentteki taksilerin %25'inin sürücüsü aracın sahibidir (malik-sürücü). Bunlar genelde tek vardiya olarak çalışırlar. Taksilerin kalan %75'i ise sahiplerince kiralanmak suretiyle çalıştırılmaktadır.

Sözü edilen ankete katılanların %35'i bir durağa durağa bağlı olarak çalıştıklarını ifade etmelerine karşılık Oda yetkililerine göre bu oran %40 olarak kabul edilmelidir. Ankete katılan sürücüler çalışma sürelerinin %40'nın durakta, %55'nin yolda ve %5'nin de ceplerde beklerken geçtiğini bildirmişlerdir. Durağa bağlı olmadan çalışanlar ise günlük çalışma sürelerinin %85-90'nın yolda seyir halinde iken ya da yol kenarında durup müşteri beklerken geçtiğini beyan etmişlerdir.

Kesin rakam verilemese de taksi sürücüleri içinde sigortası olmadan çalışanların oranı %80 düzeyindedir.

Taksi kullanabilmek için (B) sınıfı sürücü belgesine sahip olmak yeterli sayılmaktadır. Daha önce var olan "T1 Ticari Taşıt Kullanma Belgesi" alınması mecburiyeti kaldırılmıştır. Yine daha önce aranan sabıka kaydı (GBT-Genel Bilgi Toplama) aranması, bu arada araçlarda bulundurulması zorunlu olan aracın maliki ve sürücüsünün fotoğrafları ile kimlik bilgilerini içeren "Taşıt Tanıtma Kartı" da kaldırılmıştır. Buna

karşılık yeni çıkan Taşıma Kanunu Yönetmeliği ile ticari taşıma yapan diğer araç sürücülerinde olduğu gibi taksi sürücülerini için de Mesleki Yeterlilik Belgesi alma mecburiyeti getirilmiştir. Buna göre sürücü adaylarının eğitim görüp Ulaştırma Bakanlığı'na yapılacak sınavda başarılı olarak SRC-2 belgesini almaları gerekmektedir. Yönetmeliğin yayım tarihi olan 25.02.2004 tarihinden önce 3 yıl mesleki faaliyette bulduklarını belgeleyenlerde SRC belgesi aranmayacaktır.

Bu arada, İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından taksi işletenlerden her yıl miktarı değişmek üzere "Geçici Çalışma Ruhsatı" ismi altında para almaktadır. 2007 yılı için alınan ücret 300,00 YTL dir. Bu ruhsatı almayanlar araçlarını çalıştıramamaktadırlar.

Araçların Durumu

İstanbul'da çalışmakta olan taksilerde bir standart yoktur. Taksilerin çoğunluğunu Fiat Albea, Hyundai ve Renault marka otomobiller oluşturmakla birlikte pek çok markada otomobil bulunmaktadır. Kapasiteleri sürücü hariç 4 yolcudur.

Ruhsatlı taksiler sarı renkte boyalı olup, Sanayi ve Ticaret Bakanlığı'na özellikleri belirlenmiş taksimetre ve belirlenmiş standartta ışıklı TAKSİ yazısı bulundurulması zorunludur. Son model taksilerde imalata bağlı olarak klima bulunmakla birlikte, sürücülerin çoğu müşteri tarafından talep edilmedikçe klimayı çalıştırmamaktadır. Şu anda İstanbul'daki taksilerin yaklaşık %50'si klimalıdır. Taksilerde sigara içme yasağı vardır.

Taksimetrelerde sabit bir açma ücretinden sonra kat edilen yol uzunluğuna göre fiyat belirlenmektedir. Taksimetre trafik sıkışıklığından doğan beklentileri de nazara almaktadır. Taksi ücretleri çok zaman İstanbul Şoförler ve Esnaf Odasının talebi üzerine Büyükşehir Belediyesi tarafından yeniden belirlenmektedir.

Taksilerin, Karayolları Trafik Yönetmeliği'nin 67 nci maddesinde belirtildiği üzere, 2 yaş sonunda her yıl olmak üzere periyodik olarak teknik şartlara uygunluğunun kontrol edilmesi bakımından fenni muayeneye tabi tutulmaları mecburiyeti vardır.

İstanbul'da Taksi İşletmeciliğinde Gözlenen Olumsuzluklar

İstanbul'daki taksi işletmecisi fevkalade önemine karşılık kurumsallaşmış ve günümüz işletmecilik anlayışına dayanmadığı, esas olarak taksici esnafının ve sürücülerinin bireysel anlayışı ve davranışına dayalı olarak hizmet gördüğü için çeşitli olumsuzluklara yol açmaktadırlar. Bu olumsuzlukların başlıcaları aşağıda sıralanmıştır.

– **Verimsiz çalışmaktadırlar.** Haberleşme ve araç takip sistemlerine sahip taksi dağıtım merkezleri bulunmadığı için (dispatching center) taksilerin çok büyük kısmı daha çok zirve saatler dışında olmak üzere boş olarak dolaşmaktadırlar. İBB Araştırma Müdürlüğü tarafından yapılan araştırma sonucuna göre bir yol kesitinden birim zamanda geçen taksilerin ortalama %55'i doludur (Munzuroğlu, 2005).

– **Trafiği olumsuz yönde etkilemektedirler.** Sürücülerin çoğu, müşteri bulma endişesi altında trafik kurallarına uymamaktadırlar. Gelişi güzel yerlerde ve yolun sağına iyice yanaşmadan indirme/bindirme, trafik akımını zorlaştırıcı yerlerde bekleme yapmaktadırlar. Bu davranışları da yolun kapasitesini azaltmakta, trafiği yavaşlatmakta, ayrıca trafik güvenliğini düşürerek kazalara zemin hazırlamaktadır.

– **Altyapı yetersizdir.** Taksilerin bekleme yapabilmelerine, yanaşıp yolcu indirip/bindirmelerine olanak verecek özel cepler yetersizdir. Mevcut az sayıdaki ceplerin çoğu özel otomobil ve başka araç sahiplerince otopark veya bekleme yeri olarak kullanılmaktadır. İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından İstanbul genelinde arazi çalışması yapılarak tüm taksi kullananlara açık taksi bekleme yerleri ayrıca, buralarının kullanım esasları belirlenmiş, ancak örnek olarak yapılan tek bekleme yeri dışında proje uygulamaya geçirilememiştir.

– **Sürücü/müşteri ilişkisi genelde kötüdür.** Yakın mesafelere yolcu almayan, aldığı müşteriyi gereksiz yere dolaştıran, yasak olduğu halde yolcu taşırken sigara içen, aracın iç ve dış temizliğini yapmayan, gerektiği ve zorunlu olduğu halde aracın klimasını çalıştırmayan, kılık kıyafet olarak iyi görünmeyen, müşteriye kaba davranan sürücü sayısı oldukça fazladır. Taksi sürücüleri içinde alkollü olarak çalışan, hatta keyif verici ilaç kullananların varlığı sektör içinde olanlarca da itiraf edilmektedir. Genelde müşteri sürücüye, sürücü müşteriye güvenmemekte, birbirlerinden çekinmektedirler.

– **Taksi sürülerinin can güvenliği ve önemli kısmının sosyal güvenceleri yoktur, çalışma koşulları ağırdır.** İstanbul’da oldukça fazla sayıda taksi sürücüsünün gasp amacı ile öldürüldükleri bilinen bir durumdur. Nitekim İBB Araştırma Müdürlüğü tarafından yaptırılan ankette sürücülerin %95’i can güvenliklerinin olmadığını ifade etmişlerdir(3). Daha önce belirtildiği üzere taksi kullananların %80’i sosyal güvenceleri (sigorta) olmadan ve çoğu 8 saatten fazla, yeterli dinlenme fırsatı bulmadan çalışmaktadırlar. Bu durum, taksi sürücülerinin trafik kurallarına uymamalarına ve kazalara karışmalarına zemin hazırlamakta, müşteri ile ilişkilerin bozulmasının esas sebebi olmaktadır.

– **Taksilerin önemli kısmı teknik yetersizlikler bulunmaktadır.** Son zamanlara kadar araç fenni muayeneleri cihazlı olarak ciddi şekilde yapılmadığı için pek çok taksi fren ve ışık donanımı, lastik dış durumu vb hususlarda güvenli yolcu taşımaya elverişli değildir. Yine aynı sebeple çoğu normalin üzerinde gürültülü ve zararlı emisyonları çıkarmaktadırlar.

– **Taksi çok kişice güvenli ve güvenilir bir taşıma türü olarak görülmemektedir.** Sayıları az da olsa müşteriyi güzergah olarak dolaştıran sürücülerin varlığı, bir kısmının kötü hava koşullarında çalışmamaları ya da fazla para istemeleri, trafik kurallarına uymamaları, özellikle gece saatlerin süratli araç kullanmaları gibi sebeplerle, kentliler taksileri her zaman hizmete hazır, belirli bir hizmet kalitesi ve can güvenliği olan, güvenilir taşıma araçları olarak görememektedirler.

İstanbul’da Nasıl Bir Taksi Taşımacılığı Olmalıdır?

Taksi taşımacılığının karakteristikleri, trafik düzenine etkileri, sürücülerin davranışları ve araçların durumları hakkında yukarıda sıralanan açıklamaların ışığında, kısaca özetlemek gerekirse,

- Taksi taşımacılığında, sürücü, araç, çalışma koşulları, taşıma ücreti gibi hususlarda mümkün olduğunca standartlar belirlenip uygulanmalıdır.
- Taksi taşımacılığı hem taşımayı yapan hem de kent ve ülke çıkarları açısından verimli olmalıdır.
- Kentliler ve yabancılar için güvenli ve güvenilir bir taşıma türü olmalıdır.
- Trafiğe olabildiğince uyumlu olmalı, kentteki trafik düzenini bozmamalıdır.
- Her gruptaki, bu arada özürülü kişilerin de rahatça kullanabilecekleri bir sistem olmalıdır.
- Çevre dostu olmalıdır.

– Diğer taşıma türleri ile entegrasyonu iyi olmalıdır.

Daha önce belirtildiği üzere İstanbul'da şu anda taşıma yapan 18.000 dolayındaki taksinin yaklaşık %25'inin sürücülerinin aracın malikleridir. Geriye kalan %75 taksisi, aracın maliklerince kiraya verilmektedir. Buna göre, İstanbul'daki taksici taşımacılığı tamamen *bireysel taşımacılık* olarak kabul edilmelidir.

İstanbul'daki taksileri %40'ı bir durağa bağlı olarak, %60'ı da her hangi bir durağa bağlı olmaksızın çalıştırılmaktadırlar. Duraklara bağlı olarak çalışanlar aldıkları telefon çağrısı üzerine çağrıda bulunan istediği yere giderek taşımayı yapmaktadırlar. Duraklara bağlı olarak çalışanlar, kentli açısından daha güvenli bulunmalarına, yollarda boş olarak ya da az dolaşmaları sebebi ile diğerlerine göre daha verimli olmalarına rağmen bu taksilerde de gerek araçlar ve gerekse sunulan hizmette arzu edilen düzeyde bir standart ve kalite olduğu söylenemez. Ayrıca, bu taksilerin çoğunun dönüşlerinde yolcu bulmaları çok zaman şansa kalmaktadır.

Bir durağa bağlı olmaksızın çalışan ve kentteki taksilerin yoğunluğunu oluşturan taksilerin trafiğe olan olumsuz etkileri daha fazladır. Bu tür taksici sürücülerinin genelde kentin trafiğinin yoğun olduğu merkez bölgesinde olmak üzere müşteri bulmak amacıyla çok zaman trafik kurallarını göz ardı ederek sürekli dolaşmak, bu arada, yasak olduğu halde aynı amaçla otobüs durağı, metro istasyonu vb yerlerde kısa süre için de olsa bekleme yapmak suretiyle kentteki trafiği yoğunluğu artırmakta ve trafik akımı zorlaştırmaktadırlar. Bu tür taksilerde sürücü/yolcu ilişkileri daha kötüdür. Yabancılar ve turistler daha çok bu taksilere bindikleri için kentin imajını bozmaktadırlar.

İstanbul'daki taksici taşımacılığında gözlenen bu olumsuzlukların başta gelen sebebi, taksici taşımacılığın kurumsal bir yapıya kavuşturulamamış, bir başka deyişle tamamen bireysel taşımacılığa dayanmış olmasıdır. Sürücüler arasında müşteri kapma ve daha fazla yolcu taşıma dürtüsü onları sıralanan olumsuz davranışlara itmektedir.

Taksi Taşımacılığında Şirketleşme (Kurumsallaşma)

İstanbul'da kurumsallaşmış ve günümüz işletmecilik anlayışına uygun şekilde çalışan taşıma şirketlerinin sektöre girmesi durumunda aşağıdaki başlıca olumlu iyileşmeler beklenmelidir.

a) Taşımada verim artar, taksilerin trafiğe olan olumsuz etkileri azalır.

Şu an için İstanbul'da sabah ve akşam zirve saatlerde taksici bulmak zor olsa da zirve dışı saatlerde yani günün büyük kısmında taksilerin çoğu dolaşarak müşteri aramakta, bu sırada boş km yaparak trafik yoğunluğunu gereksiz yere yoğunlaştırmaktadır. Bu durum özellikle kentin merkez bölgelerinde gözlenmektedir. Gözlemler yanında İstanbul Şoförler ve Esnaf Odası yetkilileri, ayrıca sondaj usulü taksici sürücülerinin ile yapılan konuşmalar sonucu İstanbul'daki taksilerin bir günde yaptıkları km'nin yaklaşık 1/3'ünü boş olarak yaptıkları belirlenmiştir. Bu günde ortalama 250 km, ayda 7.500 km yapan bir taksici için ayda 2.500 km demektir. Durağa bağlı olarak çalışanlar da, gerekli donatılara sahip araç çağrı/dağıtım merkezleri olmadığı için durağa dönüşlerinin çoğunu boş olarak yapmaktadırlar.

İstanbul'un merkez bölgelerindeki trafiğin yoğun olduğu, dolayısıyla trafik tıkanıklığının sıkça yaşandığı anayollardaki trafik kompozisyonuna bakıldığında, taksici oranının %20~30 arasında değiştiği görülür. Bu durum çeşitli amaçlarla yapılmış trafik

kesit sayımlarında da ortaya çıkmıştır. Buna göre, kentte boş olarak gezen taksi sayısında her hangi bir şekilde meydana gelecek azalma, yollardaki trafik yoğunluğunu azaltacağı için araç akım hızı yükselecek, bu da ulaşımda konfor, zaman ve yakıt tasarrufu sağlayacaktır.

b) Ekonomiye katkı sağlar.

Taksilerin bir günde yaptıkları km, tek vardiya çalışanlardan durağa bağlı olanlar için ortalama 150 km, durağa bağlı olmayanlar için ise %20 fazlası ile ortalama 180 km dir. İki vardiya çalışanlarda bu mesafeler 250 km ve 300 km dir. İstanbul'daki taksilerin %60'nın bir durağa bağlı olmaksızın dolaşarak müşteri aradıkları, %75'nin çift vardiya çalıştığı verilerine göre,

Durağa bağlı olanlardan 1.800 taksi tek vardiya, 5.400 taksi çift vardiya, durağa bağlı olmaksızın çalışanlardan 2.700 taksi tek vardiya, 8.100 taksi çift vardiya çalışmaktadır. Taksilerin çalışma şekillerine göre yaptıkları ve yukarıda verilen km'ler nazara alındığında, tüm taksilerin İstanbul'da bir günde kat ettikleri yol,

$$1.800 \times 150 + 5.400 \times 180 + 2.700 \times 250 + 8.100 \times 300 = \underline{4.347.000 \text{ km}}$$

olmaktadır. Bu, taksi başına ortalama 241,5 km/gün demektir.

İstanbul'da mevcut 18.000 taksinin hepsinin kurumsallaşmış şirketlerin bünyelerinde toplanıp çalışmaları çok zordur ve zaman alacaktır. Esasen mümkün de olmayıp pek çok ülke kentinde olduğu üzere dolaşarak yolcu arayan taksiler de olacaktır.

Bir an için 1.000 adet taksinin, kurumsallaşmış şirketlerce çalıştırıldığı kabul edilecek olsa bunların 1 günde tüketecekleri yakıt, bir taksinin ortalama değerlerle 100 km de 8,0 lt mazot, 11,0 lt benzin ve 11 lt LPG yaktığı kabullerine göre,

Taksilerin mazot kullanması halinde, $1.000 \times 241,5 \times 8,0/100 = 19.300$ lt mazot, benzin kullanmaları halinde, $1.000 \times 241,5 \times 11,0/100 = 26.565$ lt benzin, LPG kullanmaları halinde ise $1.000 \times 241,5 \times 11,0 /100 = 26.565$ lt LPG olmaktadır.

1.000 adet taksinin, kurumsallaşmış bir şirketin yönetiminde çağrı/dağıtım merkezi tarafından yönlendirilip çalıştırılmaları halinde, boş olarak yaptıkları km'de %20 oranında bir azalma sağlanacak olsa bunun getireceği yakıt tasarrufu 1 gün için 3.860 lt mazot, 5.313 lt benzin ve 5.313 lt LPG olmaktadır.

1.000 adet taksi ve 1 gün için yapılan bu hesapların daha çok sayı taksi için ve bir yıla dönüştürülmesi halinde, kurumsallaşmanın (şirketleşmenin) getireceği yakıt tasarrufunun büyüklüğü ortaya çıkacaktır. Şirketleşmenin yaygınlaşıp sektörün kayıt altına alınması devlete daha fazla vergi geliri sağlanması gibi bir sonuç da getirecektir.

c) Çevre kirlenmesi azalır.

IPCC (Inter Governmental Panel on Climate Change)'in Emisyon faktörleri aşağıdaki gibidir (Tablo 3).

Tablo 3 Çeşitli yakıtların emisyon faktörleri.

	Emisyon faktörü (gr/km)					
	CO ₂	NO ₂	CH ₄	NMVOOC *	CO	N ₂ O
Mazot	190	0,7	0,005	0,2	0,7	0,01
Benzin(Euro I,III)	205	0,5	0,02	0,5	2,9	0,05
LPG	180	2,2	0,06	1,5	7,1	0

* : Non Methane Volatile Organic Hydrocarbon (Metan olmayan uçucu organik hidrokarbon)

Yine 1.000 taksi için hesaplama yapıldığında bu sayıdaki taksinin günde yapacağı 1.000 x 241,5 = 241.500 km uzunluğundaki yolda, şirketleşme halinde boş dolaşmada %20 oranında bir azalma sağlanacak olsa, bunun hava kirlenmesi yönünden sağlayacağı yarar, bir başka deyişle zehirli emisyon azalması, yakıtın mazot olması halinde, günde 9.177,0 kg CO₂, 33,8 kg CO, yakıtın benzin olması halinde 9.900,0 kg CO₂, 140,0 kg CO, yakıtın LPG olması halinde ise 86,9 kg CO₂, 342,9 kg CO olmaktadır.

Yakıt tasarrufunda olduğu gibi, şirketleşme ile daha fazla sayıda taksinin daha verimli çalıştırılması halinde, taksi trafiğinden kaynaklanan hava kirlenmesinde önemli miktarda azalmalar olacağı ortadadır.

d) Taksi taşımacılığına düzen gelir.

Sektöre girecek taşıma şirketleri, istihdam edecekleri sürücüleri ciddi şekilde seçip iyi şekilde eğitecekleri, ayrıca onları çalışma sürecince yakından takip edecekleri ve istenen davranışları gösteremeyenleri şirkette tutmayacakları için, sürücülerin müşteri ile olan ilişkilerinde ve trafik içindeki davranışlarında bir iyileşme olması, böylece taksi taşımacılığının disipline edilmesi, olması gereken düzene kavuşması kolaylaşacaktır.

e) Daha düzenli ve güvenilir bir taşımacılık yapılı.

Şirketlerin istihdam edecekleri sürücüleri titiz şekilde seçmeleri yanında, onlara iyi bir ücret vermeleri ve sosyal güvencelerini sağlamaları da beklenmelidir. Esasen sosyal güvencelerini sağlamak (sigorta) yasal bir zorunluluktur. Böyle bir durumda, trafik kurallarını çiğneyerek daha çok yolcu taşıma çabasına girmesine sebep kalmayacaktır. Bu da taksi sürücülerinin trafik düzenini bozmadan trafik kurallara uygun olarak araç kullanması gibi İstanbul trafiği için son derecede önemli bir sonuç getirecek, taşımada can ve mal güvenliği artacaktır.

Diğer yandan, 24 saat/7 gün esasına göre çalışacak olan şirketler, her türlü koşullarda taşıma yapacakları için taksilerin bir kısmının kötü havalarda trafiğe çıkmaması, ya da normalin üzerinde ücret talep etmeleri gibi durumlarla karşılaşılacak, taksi taşımacılığının güvenilirliği artacaktır.

f) Sürücü/müşteri ilişkileri iyileşir.

Şirketlerde çalışacak sürücülerin titizlikle seçilmiş ve yeterli eğimi almış kişiler olmaları yanında, sigortalı ve maaşlı, bir başka deyişle sosyal güvenceye kavuşmuş olmaları kendilerinde psikolojik bir rahatlama yaratacak, gelecek endişeleri olmayacaktır. Bu da, sürücü/müşteri ilişkilerinde iyileşme sonucunu getirecektir.

g) Daha güvenli bir taşıma yapılı.

Şirketlerin Londra'dakine benzer olarak taksi taşımacılığı için özel olarak imal edilmiş yani standartları ülkemiz yolcu ve trafik koşulları da nazara alınarak belirlenmiş araç kullanmaları beklenen bir durumdur. Aksi takdirde diğer taksilere karşı tercih edilme

şansları azalacaktır. Bu tür taksilerin fenni muayenelerinin de zamanında ciddi şekilde yaptırılmaları ile trafik kazalarına karşı daha güvenli olacakları açıktır. Bu arada, daha önce belirtilen sebeplerle sürücülerin kurallara uymalarındaki artış, müşteri kapma endişesi olmaması taksi taşımacılığında kazalara karşı güvenliği arttıracaktır.

h) Kentin imajına olumlu katkı sağlar.

İstanbul bir dünya kenti olma iddiasındadır. 2010 yılı Avrupa Kültür Başkenti seçilmiştir. Böyle bir kent için yabancılara basit de olsa detlerini anlatabilecekleri lisan bilen sürücülerin standart temiz bir kıyafet ile yine konforu yüksek bir araç ile kaliteli bir hizmet sunmalarının kentin imajına ne kadar olumlu bir katkı sağlayacağı açıktır.

ı) Taşımada hizmet kalitesi yükselir.

Kurumsallaşmış şirketlerin sayısının artması ister istemez şirketler arasında bir rekabet ortamı oluşturacaktır. Hatta, şirkete bağlı olarak çalışmayan taksi sahipleri de bu ortama imkanları oranda uymaya çalışacaklardır. Bu şekildeki bir çalışma düzeni de zaman içinde kent düzeyinde standartları daha yüksek araçlarla, daha eğitilmiş ve güvenilir sürücülerin istihdamını da beraberinde getirecektir.

i) Sürücü kalitesi ve can güvenliği artar.

Şirketleşme ile taksi sürücülüğü, (B) tipi sürücü belgesi olan herkesin iş bulup faaliyet gösterebileceği bir sektör olmaktan çıkacaktır. Taksi sürücülüğünde imaj değişecek, eğitilmiş, güvenilir kişilerce yapılan saygın bir meslek haline dönüşecektir. Ayrıca, şirketlerin araçlarında bulunduracakları GPS sistemi (konum belirleme sistemi) ile çağrı/dağıtım merkezlerinden araçları gerçek zamanlı olarak takip mümkün olacağı için, taksilerin daha verimli çalıştırılmaları sağlanması yanında sürücülerin can güvenlikleri de artacak, sıkça raslanan gasp olaylarında azalma meydana gelecektir.

Taksi Taşımacılığında Şirketleşmeye Karşı Beklenebilecek Tepkiler

İstanbul'da taksi taşımacılığında şirketleşme, mevcut taksici esnafının çıkarılacak bir yasa ile şirketleşmeye zorlanması suretiyle yapılabileceği gibi, öncü ve örnek olmak üzere yeni kurulacak sınırlı sayıda şirkete izin verilmesi yolu ile de olabilir. Birinci seçenek daha zor ve zaman alıcı görülmektedir. Zira, ülkemizde taksi taşımacılığı dışında kentler arası yolcu ve yük taşımacılığında da önemli çabalara rağmen istenen sonuç alınamamakta, bireysel taşımacılar şirketleşmeye direnç göstermektedirler.

İkinci seçenek, yani örnek teşkil etmek ve taksici esnafını benzer yapılanmaya çekebilmek bakımından sınırlı sayıda şirketin işletmeci olarak sektöre girmesine izin vermek daha kolay ve kısa sürede sonuçlanabilir görünmektedir. Ancak, bunun önemli yansımaları da beklenmelidir.

Böyle bir uygulamada İstanbul'daki taksi sayısında artış olacaktır. Mevcut taksi esnafı gelirlerinin düşeceği endişesi ile şu an için taksi sayısında artışa karşıdır ve plaka sınırlamasına devam edilmesini istemektedirler. Bununla birlikte, şu anda kentte hüküm süren ve çok farklı rakamlar verilen ancak sayıları oldukça fazla olan korsan taksiciliğinin sıkı bir denetim ile önlenmesi halinde, taksici esnafı açısından artacak talebin (müşterinin) şirketlerin hizmete girmesi ile kaybedecekleri müşteriyi dengelemesi mümkün olabilir.

Diğer yandan, şirketlerce daha pahalı araçlar ve daha yüksek maliyetli sürücülerle, şirket işletmecilik kuralları içinde hizmet verileceği için şirket taksilerinin normal

taksilere göre farklı ve belli oranda yüksek ücretle yolcu taşımalarına izin verilmesi söz konusu olabilir. Böyle bir uygulama, gelir durumu iyi yeni müşteri potansiyeli doğurabilir. Ayrıca, zaman içinde, şirketlerle rekabet ortamı içinde diğer taksilerle verilen hizmet kalitesi de artacağı için taksi kullanımını, dolayısıyla müşteri sayısında da artış beklenebilir.

Bir başka sonuç, İstanbul'da taksi işletmeciliği yapacak şirketlere izin verilmesi, bireysel taşımacılar olan taksici esnafının kendi aralarında, örnek olmak üzere, durak bazında birleşerek şirketleşmelere gitmelerinin yolunu açabilir. Böyle bir durum, İstanbul'daki taksi taşımacılığının disiplin ve düzen altına alınmasının temel hareket noktası olacaktır.

Sonuç

Bir dünya kendi olma iddiasında olan ve 2010 yılı Avrupa Kültür Başkenti seçilen İstanbul'da toplam taşımada önemli bir payı olan taksi taşımacılığının sunulan hizmetin kalitesi, can ve mal güvenliği, sistem olarak güvenilirliği, trafiğe olan etkisi, araç standartları, ayrıca sürücü davranışları bakımlarından iyi düzeyde olmadığı gerek kentlilerce ve gerekse sektörde çalışanlarca da kabul edilen gerçektir.

Taksi taşımacılığında sıralanan bu olumsuzlukları giderilebilmesi bakımından yasal ve denetimsel yeni düzenlemelere gereksinim olduğu gibi, yeni yapılanmaya gidilmesinde, ayrıca sektörde çalışanların da bu yönde özverili davranarak taksi taşımacılığının daha verimli, daha ekonomik, daha güvenli ve güvenilir, hizmet kalitesi iyileşmiş, bir taşıma türüne dönüştürülmesine yardımcı olmaları gerekir. Bu yönde gösterilecek çabalar sektörün imajını olumlu yönde olmak üzere kısa sürede değiştirecek, çalışanlar açısından daha karlı ve güvenilir bir taşımacılığa zemin hazırlayacaktır. Böyle bir taksi taşımacılığının gerçekleştirilmesinde ise görev esas olarak 5216 sayılı Büyükşehir Belediye Kanununu göre İstanbul Büyükşehir Belediyesi'ne düşmektedir.

Kaynaklar

Black, A. (2004) Urban Mass Transportation Planning, McGraw-Hill Inc., New York, U.S.A.

İBB (2006) Taksi ve Taksi-Dolmuş Yönergesi (Taslak), İBB Ulaşım Daire Başkanlığı, İstanbul.

Munzuroğlu, Ü. (2005) İstanbul'da Taksi İşletmeciliğinin İrdelenmesi ve CBS Destekli Düzenleme Önerisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

OECD (2007) (De)Regulation Of The Taxi Industry, ECMT, Transport Research Center, Round Table 133.

TFL (2007) Construction and Licensing of Motor Taxis for Use in London, Transport for London Public Carriage Office, Mayor of London, London, U.K.

WCTR (2004) Urban Transport and The Environment: An International Perspective, Elsevier, Oxford, U.K.

İstanbul Şoförler Esnaf Odası dokümanları ve idarecilerle yapılan konuşma notları.

Kentiçi Yollarda Faktör Analizi Kullanılarak Gürültü Modellemesi

Özgür Başkan, Soner Haldenbilen, Hüseyin Ceylan

Pamukkale Üniversitesi, Müh. Fak., İnş. Müh. Böl., Ulaştırma Anabilim Dalı, Denizli
Tel: (258) 2963392

E-Posta: obaskan@pau.edu.tr

Tel: (258) 2963361

E-Posta: shaldenbilen@pau.edu.tr

Tel: (258) 2963386

E-Posta: hceylan@pau.edu.tr

Halim Ceylan

Pamukkale Üniversitesi, Müh. Fak., İnş. Müh. Böl., Ulaştırma Anabilim Dalı, Denizli
Tel: (258) 2963351

E-Posta: halimc@pau.edu.tr

Öz

Gürültü yeni ulaşırma sistemlerinin yapımı, tasarımı ve mevcut sistemlerin değerlendirilmesi sırasında göz önüne alınması gereken ana etkenlerden biridir. Günümüzdeki yapım teknolojileri gürültü yaratmayan ulaşım sistemleri yapımını ve işletimini olanaksız kılmaktadır. Buna rağmen mümkün olduğu kadar gürültü kaynaklarının sayısının azaltılması ve daha az gürültü oluşturan yapıların ve sistemlerin tercih edilmesi oldukça önemlidir. Literatürdeki gürültü tahmin ve modelleme çalışmaları genelde çok parametrelili ve doğrusal modeller üzerine yoğunlaşmıştır. Gürültü haritalarının oluşturulabilmesi için trafik modellerinden verilerin elde edilmesi gereklidir. Literatürde belirtilen değişik tipteki trafik modellerinden (statik atama, dinamik atama, sürekli ve mikro benzetim modelleri) elde edilen trafik verileri ile gürültü haritalarının çıkarılması mümkün olmakta birlikte henüz trafik ve gürültü modelleri arasında net ve kesin bağlantı kurulamamıştır. Bu çalışmada gürültü modellemesi çalışmaları için sıkça kullanılan trafik hacmi ve hız ölçümlerine ek olarak ölçümlerin yapıldığı kesitlerde yol genişliği, kaldırım genişliği, yol yüzeyi durumu, yol eğimi, bina yüksekliği, ağır taşıt oranı, ağır taşıt ortalama hız ve bölünmüş yol olup olmaması durumları incelenmiş ve gerekli veriler toplanmıştır. Değişkenler arasındaki içsel bağımlılıktan kurtulabilmek için faktör analizi gerçekleştirilmiştir. Faktör analizi, birbirleriyle ilişkili çok sayıdaki değişkeni az sayıda, anlamlı ve birbirinden bağımsız faktörler haline getiren ve son yıllarda yaygın olarak kullanılan çok değişkenli istatistik tekniklerinden birisidir. Yapılan çalışmalar sonucunda 10 adet bağımsız değişken faktör analizi yolu ile 7'ye düşürülmüş, elde edilen değişkenlere bağılı olarak doğrusal regresyon modeli kurulmuştur. Sonuç olarak oluşturulan gürültü modellerinin çok sayıda farklı değişkene bağılı olarak temsil edilebileceği ve elde edilen sonuçların başarılı olduğu görülmüştür.

Anahtar sözcükler: Gürültü, Modelleme, Faktör Analizi, Kent içi Trafik

Giriş

Gürültü, yeni ulaştırma sistemlerinin yapımı, tasarımı ve mevcut şehir içi ulaşım ağının iyileştirilmesi sırasında göz önüne alınması gereken ana etkenlerden biridir. Gürültü haritalarının oluşturulabilmesi için trafik modellerinden gürültü verilerinin elde edilmesi gerekliliği açıktır. Literatürde bulunan trafik modellerinden (statik atama, dinamik atama, sürekli ve mikro benzetim modelleri) elde edilen trafik verileri ile gürültü haritalarının çıkarılması mümkün olmakta birlikte henüz trafik ve gürültü modelleri arasında net ve kesin bağlantı kurulamamıştır.

Literatürdeki gürültü tahmin ve modelleme çalışmaları genelde çok parametrelili ve doğrusal modeller üzerine yoğunlaşmıştır. Abo-Qudais ve Alhiary (2007) 14235 adet gürültü seviyesi ölçümlerini baz alarak istatistiksel modeller yardımıyla gürültü seviyelerini tahmin etmeyi amaçlamışlardır. Gürültü seviyesi üzerinde etkili olduğu düşünülen farklı bir çok parametre modele dahil edilmiştir. Bu parametreler; trafik hacmi, trafik kompozisyonu, klakson kullanma oranı, şerit sayısı, şerit genişliği, yol eğimi, vb. olarak sayılabilir. Gürültü seviyesini etkileyen parametreler korelasyon matrisi ve istatistiksel t - testi yardımıyla seçilmiştir. Çalışmada farklı formda modeller oluşturulmuştur. Maksimum gürültü seviyesinin, trafikteki ağır taşıt sayısı ve klakson kullanma oranından oldukça fazla etkilendiği saptanmıştır. Ayrıca eşdeğer gürültü seviyesinin başlıca etkin parametresinin trafik hacmi olduğu belirlenmiştir.

Bhaskar ve diğ. (2007) gürültü azaltma politikalarının geliştirilebilmesi için dinamik trafik gürültü modelini önermişlerdir. Önerilen model şehir içi ulaşım ağlarındaki gürültü seviyesini tahmin edebilmek için gürültü tahmin modeli ile trafik simülasyonunun birlikte kullanılmasını gerektirmektedir. Önerilen model, gürültü haritalarının oluşturulabilmesi için coğrafi bilgi sistemleri ile entegre edilmiştir. Sonuç olarak önerilen modelin gerçek ulaşım ağına uygulanması ile gürültü seviyelerini azaltıcı yöndeki trafik yönetimi politikalarının küçük ölçekteki şehir içi ulaşım ağlarında etkili olduğu görülmüştür. Can ve diğ. (2008) eşdeğer gürültü seviyesi için farklı trafik ve gürültü kaynaklarını ve istatistiksel tahminleri şehir içi ulaşım ağını etkileyen dört senaryo altında test etmeyi amaçlamışlardır. Pathak ve diğ. (2008) Varyansı şehrindeki gürültü kirliliği problemi ve insanlar üzerindeki etkilerini belirlemeyi amaçlamışlardır. Yapılan çalışma gürültü kirliliği araştırmalarının yapıldığı bölgede gürültü seviyelerinin oldukça yüksek seviyelerde olduğunu göstermiştir. Sonuç olarak, çalışma bölgesindeki insanların % 85'inin trafik gürültüsünden rahatsız oldukları ve ayrıca % 90'nın trafik gürültüsünün baş ağrısı, yorgunluk ve baş dönmesi problemlerinin ana etkeni olduğu belirlenmiştir. Ayrıca eğitim düzeyinin ve gelir seviyesinin artması ile insanların trafik gürültüsünün sağlık etkileri hakkında daha bilinçli olduğu tespit edilmiştir.

Gürültü modellemesi çalışmalarında etkili parametrelerin belirlenmesi ve değerlendirilmesi "Faktör Analizi" yöntemi ile yapılabilmektedir. Faktör analizi, değişken sayısının çok fazla olduğu durumlarda, regresyon denkleminin, çok sayıda değişkenin etkisini içeren az sayıda faktör değişkenle kurulmasını sağlayan istatistiksel bir tekniktir. Banerjee ve diğ. (2008) eşdeğer gürültü seviyesini etkileyen başlıca faktörleri belirlemek için faktör analizi metodunu kullanmışlardır. Koushki ve diğ. (1999) Kuveyt'teki yerleşim yerlerindeki trafik gürültüsünden meydana gelen rahatsızlığın o bölgelerde ikamet edenler tarafından algılanma derecesini ve aralarındaki ilişkiyi belirlemişlerdir. 1182 adet gürültüye maruz kalan yerleşim yeri üzerinde gürültüden kaynaklanan olumsuz etkiler tanımlanmıştır. Faktör analizi, korelasyon

analizi ve doğrusal ve doğrusal olmayan regresyon modelleri, gürültü ve gürültünün algılanması arasındaki korelasyonu tanımlayabilmek için kullanılmıştır. Faktör analizinin diğer avantajı ise faktörleri oluşturan değişkenler grubunun ifade ettiği anlamların belirlenebilmesidir. Yöntemin ana amacı fazla sayıdaki değişkenlerin gruplanarak faktör değişkenler olarak ifade edilip edilemeyeceğinin belirlenmesi ve bu mümkün ise hangi değişkenlerin hangi faktör içinde yer alacağına bulunmasıdır. Bu sayede araştırmacı faktörler içine dahil edilen değişkenleri inceleyerek ilgili faktörün ne anlam ifade ettiğini yorumlayabilecektir. Faktör analizinin etkin olabilmesi için “*F*” faktör sayısının “*P*” parametre sayısından küçük olması gerekmektedir. Aksi takdirde faktör analizi değişken sayısını azaltamayacağı için amacına ulaşamaz. Faktör analizi genel olarak iki aşamada uygulanmaktadır;

- Değişkenlerin faktör gruplarını oluşturmaya uygun olup olmadıklarının uygunluk testleri ile belirlenmesi
- Faktörlerin belirlenmesi

Değişkenler faktör grupları içine dahil edilemiyorsa, faktör analizinin kullanımı da mümkün değildir. Bu durum, ilk aşamada faktör analizi için uygunluk kriterleri ile araştırılmaktadır. Faktör analizinin ikinci aşamasında değişkenlerin ait olduğu faktör gruplarına diğer bir deyişle faktör sayısına karar verilmektedir.

Veri Toplama

Gürültü ölçümlerini yapıldığı kesitlerde yol genişliği, kaldırım genişliği, yol yüzeyi durumu, yol eğimi, bina yüksekliği, ağır taşıt oranı, ağır taşıt ortalama hız ve bölünmüş yol olup olmaması durumları incelenmiş ve gerekli veriler toplanmıştır. Analizlerde kullanılan veriler örnek bir set olarak Tablo 1’de verilmiştir. İncelenen kesitlerde ağır taşıt oranı toplam trafik içinde maksimum % 25 seviyelerindedir. Yol ve kaldırım genişlik ölçümleri lazer metre kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ölçülen yol genişlikleri 5.3–7.5 m arasında iken kaldırım genişlikleri 3.1-5.1 m arasında değişim göstermektedir. Yol eğimi ölçümleri klinometre cihazı ile yapılmış ve mevcut yol kesitlerinde yol eğiminin % 1–5 arasında değiştiği bulunmuştur. Ayrıca yol yüzeyinin durumu ve bölünmüş yol olup olmaması durumlarının bağımsız değişken olarak modele dahil edilebilmesi için gürültü ölçümü yapılan kesitlerdeki yol yüzeyi durumu incelenmiş ve iyi durumda olan yol yüzeyleri için “1”, yer yer yol yüzeyinde bozulmalar görülen yol kesimleri için ise “0” değeri verilmiş ve indeksleme yapılmıştır. Bölünmüş yol olan kesitler için “1” değeri aksi durumda ise “0” değeri verilerek gürültü modellerine etkili olduğu düşünülen bu iki parametrenin de dahil edilmesi sağlanmıştır. Toplam 52 kesitte; ağır taşıt oranı, yol genişliği, kaldırım genişliği, yol yüzeyi, yol eğimi, bina yüksekliği, bölünmüş yol, ortalama hız ve ağır taşıt ortalama hız ölçümleri yapılmıştır. Derlenen verilerin anlamlı bir şekilde kullanılabilmesi için Faktör Analizi yöntemi kullanılmıştır.

Faktör Analizi

Faktör analizi, birbirleriyle ilişkili çok sayıdaki değişkeni az sayıda, anlamlı ve birbirinden bağımsız faktörler haline getiren ve son yıllarda yaygın olarak kullanılan çok değişkenli istatistik tekniklerinden birisidir. Faktör analizi metodu birbirinden farklı

Tablo 1 Gürültü modellemesi için kullanılan veri seti.

Ölçüm Yeri	Ağır taşıt oranı	Yol Genişliği (m)	Kaldırım Genişliği (m)	Yol yüzeyi	Yol eğimi (%)	Trafik Hacmi (ta/sa)	Bina Yüksekliği (m)	Bölünmüş Yol	Ort. Hız (m/sn)	Ağır Taşı Ort. hız (m/sn)
Anıtan	0.07	5.5	4.3	1	2	43	15	1	33	40
Anıtan	0.06	5.5	4.3	1	2	47	15	1	31	34
Anıtan	0.14	5.5	4.3	1	2	44	15	1	34	39
Anıtan	0.10	5.5	4.3	1	2	52	15	1	32	17
Anıtan	0.11	5.5	4.3	1	2	44	15	1	36	21
Değirmenci	0.00	6.5	4.2	1	4	3	21	1	43	0
Değirmenci	0.11	6.5	4.2	1	4	27	21	1	27	16
Değirmenci	0.15	6.5	4.2	1	4	34	21	1	24	22
Değirmenci	0.12	6.5	4.2	1	4	26	21	1	27	30
Değirmenci	0.19	6.5	4.2	1	4	21	21	1	37	18
Değirmenci	0.25	6.5	4.2	1	4	16	21	1	28	19
Değirmenci	0.05	6.5	4.2	1	4	22	21	1	27	16
Halicıgölcükler	0.00	6.15	3.1	1	1	32	18	0	22	0
Halicıgölcükler	0.10	6.15	3.1	1	1	39	18	0	21	44
Halicıgölcükler	0.12	6.15	3.1	1	1	34	18	0	20	27
Halicıgölcükler	0.14	6.15	3.1	1	1	35	18	0	25	25
Halicıgölcükler	0.06	6.15	3.1	1	1	33	18	0	24	10
Halicıgölcükler	0.07	6.15	3.1	1	1	29	18	0	22	8
Halicıgölcükler	0.15	6.15	3.1	1	1	20	18	0	19	18
İnönü	0.12	5.95	4.2	1	5	19	12	0	30	16

fakat aynı zamanda birbiriyle ilişkili teknikler içerir. En yaygın olarak kullanılanları; temel bileşen analizi, temel faktör analizi, maksimum olabilirlik faktörü vb. faktör analizi metotlarıdır. Sayılan bu faktör analizi metotları içerisinde en yaygın olarak kullanılan *temel bileşen analizi* olarak adlandırılan metottur. Bu yöntemde değişkenler arasındaki maksimum varyansı açıklayan birinci faktör hesaplanır. Kalan maksimum miktardaki varyansı açıklayabilmek için ikinci faktör hesaplanır. Faktör sayısının hesaplanması süreci bu şekilde devam eder. Bu analizde önemli olan nokta, faktör sayısının ne kadarının yeterli olacağını belirlenmesi ve elde edilen faktörlerin arasında korelasyon olmamasıdır. Faktör analizinin esas amacı değişken sayısını azaltmak, değişkenler arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarmak diğer bir deyişle değişkenleri sınıflandırmaktır.

Faktör analizinin matematiksel modeli, standardize edilmiş i değişkeni için Denklem (1)'de verilmiştir.

$$x_i = a_{i1}F_1 + a_{i2}F_2 + \dots + a_{in}F_n + U \quad (1)$$

Burada genel faktörler, F ; tek faktör, U ve n adet faktörü birleştiren a ise sabit olarak nitelendirilmiştir. Tek faktörlerin birbirleriyle ve genel faktörlerle korelasyonlarının olmadığı kabul edilmektedir. Faktörler gözlenen değişkenlerden çıkartılmaktadırlar ve onların doğrusal bileşenleri olarak tahmin edilmektedirler. j . faktör olan F_j 'nin genel tahmin eşitliği Denklem (2)'deki gibi yazılabilir.

$$F_j = W_{j1}X_1 + W_{j2}X_2 + \dots + W_{jp}X_p \quad (2)$$

Burada W_{jp} skor sayılarını ve p değişken sayısını göstermektedir. Faktör analizinde dört temel aşama söz konusudur. Bunlar; veri setinin faktör analizi için uygunluğunun değerlendirilmesi, faktörlerin elde edilmesi, faktörlerin rotasyonu ve faktörlerin isimlendirilmesidir. Bu temel adımlar ve faktör analizi sırasında kullanılan yöntemler Şekil 1'de verilmiştir.

Veri setinin faktör analizi için uygun olup olmadığının tespiti için önerilen ilk yöntem korelasyon matrisinin incelenmesidir. Değişkenler arasındaki korelasyonun yüksek olması istenen bir durumdur. Değişkenler arasındaki korelasyon katsayısı ne kadar yüksekse değişkenlerin ortak faktörler oluşturma olasılıkları da o kadar yüksektir. Veri setinin uygunluğunun test edilmesi için diğer bir yöntem Bartlett testidir. Analize devam edilebilmesi için korelasyonun matrisi birim matristir hipotezinin reddedilmesi gerekir. Diğer bir test ise Kaiser-Meyer Olkin (KMO) örnekleme yeterliliği ölçütü testidir. Bu test gözlenen korelasyon katsayılarının büyüklüğü ile kısmi korelasyon katsayılarının büyüklüğünü karşılaştıran indekstir. KMO oranının 0,5 değerinin üzerinde olması istenir.

Veri setinin faktör analizi için uygun olduğu kanaatine varıldıktan sonra yapılacak işlem faktörlerin elde edilmesidir. Burada en çok kullanılan yöntem özdeğer istatistiğidir. Özdeğer istatistiği 1'den büyük olan faktörler anlamlı olarak kabul edilir. Bunun altındakiler faktör olarak değerlendirmeye katılmaz. Faktör sayısına karar verildikten sonra yapılacak işlem faktörlerin rotasyonudur. Burada amaç, isimlendirilebilir ve yorumlanabilir faktörler elde etmektir. Bu aşamada en çok kullanılan yöntem ortogonal rotasyondur. Bu metotta elde edilen faktörler birbiri ile korelasyon içinde değildir.

Ortogonal olmayan rotasyonda ise faktörler birbiri ile korelasyon içerisindedir. Ortogonal rotasyondan kullanılan teknikler sırasıyla; varimax, equamax ve quartimax'dır. Burada en çok kullanılan yöntem varimax metodudur. Faktör analizi sonlandırmak için en son aşama faktörlerin anlamlı gruplar oluşturacak şekilde isimlendirilmesidir. Gürültü modellemesi için uygulanan faktör analizi SPSS 16.0 programından faydalanılarak gerçekleştirilmiştir.

Gürültü Modelleri

Gürültü modelleri geliştirilmesi aşamasında 10 adet bağımsız değişken belirlenmiş ve bununla ilgili veri seti Tablo 1'de verilmiştir. Elde edilen değişkenlere bağlı olarak doğrusal regresyon modeli kurulmuş ve Denklem (3)'de verilmiştir.

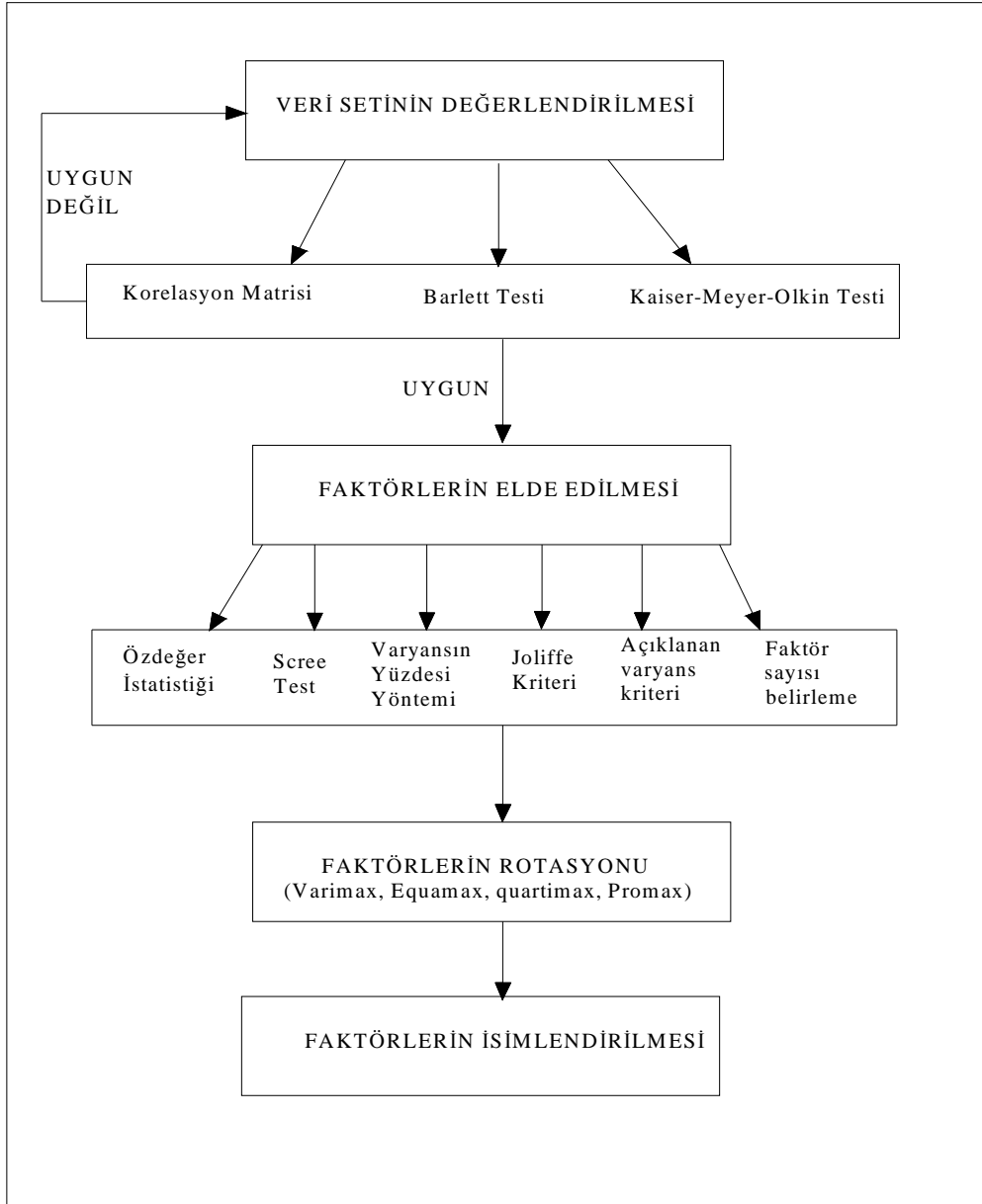
$$G = w_0 + w_1x_1 + w_2x_2 + w_3x_3 + w_4x_4 + w_5x_5 + w_6x_6 + w_7x_7 + w_8x_8 + w_9x_9 + w_{10}x_{10} \quad (3)$$

Burada G , gürültü değeri; x_1, x_2, \dots, x_{10} sırasıyla Tablo 1'de verilen değişkenler ve w_0, w_1, \dots, w_{10} model katsayılarıdır. Yukarıda verilen modelin çözülmesi ile Denklem (4) elde edilmiştir.

$$G = 74.76 + 3.01x_1 - 0.73x_2 - 2.67x_3 - 4.04x_4 + 1.03x_5 + 0.05x_6 + 0.23x_7 + 0.02x_8 + 0.06x_9 + 0.001x_{10} \quad R^2 = 0.60 \quad (4)$$

Değişkenler arasındaki içsel bağımlılıktan kurtulabilmek için faktör analizi gerçekleştirilmiştir. Bu işlem için Şekil 1'de verilen akım şeması takip edilmiştir ve veriler SPSS 16.0 paket programına aktarılmıştır. İlk olarak veri setinin faktör analizine uygun olup olmadığı KMO ve Bartlett testine bakılarak değerlendirilmiştir. Tablo 2'de KMO ve Bartlett testinin sonuçları verilmiştir. Tablodan görüldüğü gibi KMO değeri >0.5 olduğu için veri seti faktör analizi için uygun olarak değerlendirilmiştir. Veri setinin uygunluğunun değerlendirilmesi için ikinci yapılan test ise Bartlett testidir ve sonuç anlamlıdır. Diğer bir deyişle korelasyon matrisi birim matristir hipotezi reddedilmiştir. Veri uygunluğunun test edilmesinden sonra ortak varyans (communality) değerleri bulunarak yani diğer bir deyişle bir değişkenin analizdeki diğer değişkenlerle paylaştığı varyans miktarları göz önüne alınarak ortak bir değerlendirme yapılır. Tablo 3'de değişkenlere ait ortak varyans değerleri verilmiştir.

Faktör analizinde düşük ortak varyansa sahip (<0.5) değişkenler analizden çıkartılarak faktör analizi tekrar yapılabilir. Bu durumda hem KMO hem de açıklanan varyans istatistiği değerleri daha yüksek değerlere çıkacaktır. Veri setinin faktör analizi için uygunluğuna karar verdikten sonra ikinci aşama faktörlerin belirlenmesidir. Bu aşamada en çok kullanılan yöntem özdeğer (eigenvalue) istatistiğidir. Özdeğer istatistiği 1'den büyük olan 4 adet faktör anlamlı olarak belirlenmiştir. Şekil 2'de faktör analizi çizgi grafiği görülmektedir. Şekilde yatay eksen bileşen sayısı, dikey eksen ise bu bileşenlere ait özdeğerler verilmiştir.



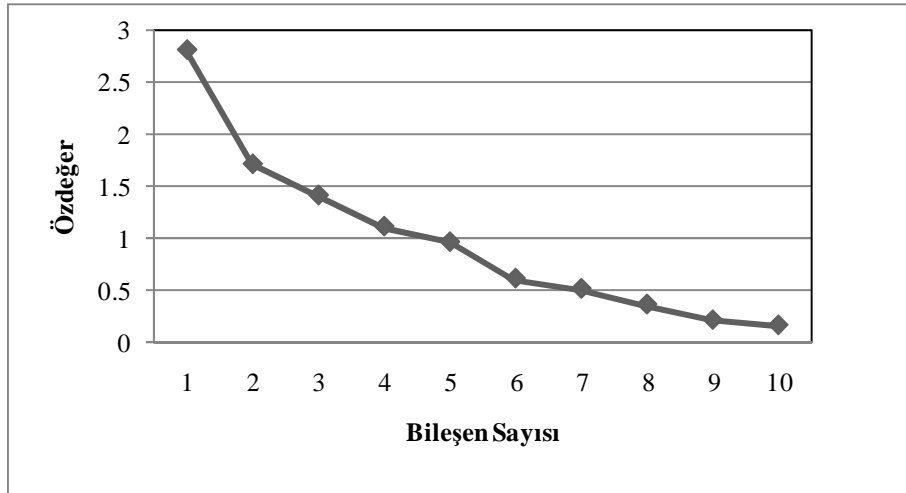
Şekil 1 Faktör Analizi Akım Şeması.

Tablo 2 KMO ve Bartlett Testi.

KMO ve Bartlett Testi		
KMO Örnekleme Yeterlilik Ölçütü		0.513
Bartlett testi	Ki-kare	266.699
	Anlamlılık	0.000

Tablo 3 Ortak Varyans Tablosu.

Ortak Varyans		
	Başlangıç	Ortak Varyans
Ağır taşıt oranı	1.000	0.598
Yol Genişliği	1.000	0.767
Kaldırım Genişliği	1.000	0.617
Yol Yüzeyi	1.000	0.674
Yol eğimi	1.000	0.793
Trafik Hacmi	1.000	0.707
Bina Yüksekliği	1.000	0.709
Bölünmüş	1.000	0.697
Ortalama Hız	1.000	0.799
Ağır Taşıtlı Ort. Hız	1.000	0.795



Şekil 2 Faktör analizi çizgi grafiği.

Tablo 4'te bileşenlere ait başlangıç özdeğerler ve faktör değerleri verilmiştir. Görüldüğü gibi özdeğer istatistiği 1'den büyük olan 4 faktör söz konusudur. Birinci faktör toplam varyansın % 20.20'sini açıklamaktadır. Birinci ve ikinci faktörler toplam olarak toplam varyansın %38.52'sini karşılamaktadır. Belirlenen 4 adet faktör ise toplam varyansın % 71.56'sını karşılamaktadır. Bu aşamadan sonra faktör analizi işlemini sonlandırmak için rotasyon işleminin uygulanması gerekmektedir. Rotasyon işlemi için literatürdeki metotlardan en çok kullanılan varimax dönüşümü uygulanmıştır. Rotasyonun amacı yorumlanabilir anlamlı faktörler elde etmektir. Tablo 5'de döndürülmüş bileşen matrisi görülmektedir. Tabloda orijinal değişken ve onun faktörü arasındaki korelasyonlar görülmektedir. Bir değişken hangi faktör altında mutlak değer olarak büyük ağırlığa sahip ise değişken o faktör ile yakın ilişki içindedir anlamına gelmektedir. Örneğin yol yüzeyi olarak belirtilen değişken en büyük değerini faktör 1 altında almaktadır. Kaldırım genişliği yine faktör 1 altında en büyük ağırlığa sahip olmakla birlikte yol eğimi bileşeni faktör 2 altında, bina yüksekliği faktör 3 ve ağır taşıt ortalama hız

bileşeni de faktör 4 altında en büyük değere sahiptir. Faktör analizi sonucunda Tablo 5’de italik ve koyu olarak gösterildiği gibi, faktör 1’in yol yüzeyi ve kaldırım genişliği, faktör 2’nin yol eğimi ve yol genişliği, faktör 3’ün bina yüksekliği ve faktör 4’ün ise ağır taşıt ortalama hız ve trafik hacmi ile ilişkisinin kuvvetli olduğu söylenebilir. Diğer bir deyişle faktör analizi sonucunda 10 adet değişken birbirinden bağımsız 7 adet değişkene indirgenebilmektedir.

Tablo 4 Açıklanan Toplam Varyans.

Bileşen	Başlangıç Özdeğerler			Faktör değerleri		
	Toplam	Varyans Yüzdesi	Kümülatif %	Toplam	Varyans Yüzdesi	Kümülatif %
1	2.781	27.810	27.810	2.020	20.203	20.203
2	1.847	18.468	46.278	1.831	18.315	38.518
3	1.451	14.507	60.785	1.661	16.607	55.125
4	1.077	10.775	71.560	1.644	16.435	71.560
5	0.955	9.554	81.114			
6	0.593	5.931	87.045			
7	0.505	5.052	92.097			
8	0.403	4.031	96.128			
9	0.243	2.426	98.554			
10	0.145	1.446	100.000			

Döndürülmüş bileşen matrisinin yorumlanması ile elde edilen 7 adet değişken ile Denklem (5)’de verilen doğrusal regresyon modeli kurulmuştur. Şekil 3’de gözlem ve model değerlerinin karşılaştırılması verilmiştir.

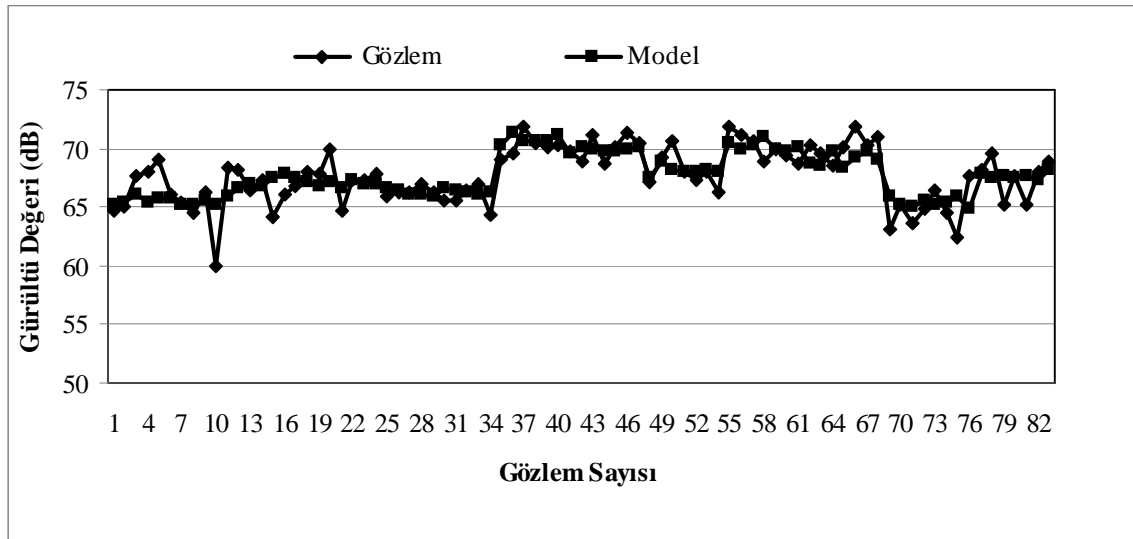
$$G = 74.70 - 2.49x_1 - 4.19x_2 + 1.09x_3 + 0.05x_4 + 0.23x_5 + 0.007x_6 - 0.54x_7 \quad R^2 = 0.59 \quad (5)$$

Burada;

- x_1 : Yol Yüzeyi
- x_2 : Kaldırım Genişliği (m)
- x_3 : Yol eğimi (%)
- x_4 : Yol Genişliği (m)
- x_5 : Bina Yüksekliği (m)
- x_6 : Ağır Taşıt Ort. Hız (km/sa)
- x_7 : Trafik Hacmi (taş/sa)

Tablo 5 Döndürülmüş Bileşen Matrisi.

Döndürülmüş Bileşen Matrisi				
	Bileşen			
	1	2	3	4
Yol Yüzeyi	-0.792	0.165	0.123	0.058
Kaldırım Genişliği	0.725	0.162	0.250	-0.063
Bölünmüş	0.631	0.069	0.535	0.091
Yol eğimi	-0.146	0.874	0.017	-0.085
Yol Genişliği	0.208	0.659	0.437	-0.314
Ortalama Hız	0.580	0.647	-0.106	0.177
Bina Yüksekliği	0.179	0.150	0.803	-0.098
Ağır taşıt oranı	-0.154	-0.104	0.623	0.418
Ağır Taşıt Ort. Hız	-0.066	0.117	0.192	0.860
Trafik Hacmi	0.090	-0.329	-0.155	0.753



Şekil 3 Gürültü ölçümleri ve model sonuçlarının karşılaştırılması.

Sonuçlar

Bu çalışmada arazi çalışmalarından elde edilen parametrelerin arasındaki içsel bağımlılıktan kurtulabilmek için çok değişkenli istatistiksel metotlardan biri olan faktör analizi kullanılarak gürültü modeli geliştirilmiştir. İlk olarak 10 değişkenli doğrusal regresyon modeli kurulmuş ve gürültü modeli oluşturulmuştur. Daha sonra bağımsız değişkenler arasındaki içsel bağımlılıktan kurtulabilmek için faktör analizi gerçekleştirilmiş ve 10 adet bağımsız değişken birbirinden bağımsız 7 adet parametreye indirgenmiştir. Faktör analizi sonucu elde edilen 7 değişken (yol yüzeyi durumu,

kaldırım genişliği, yol eğimi, yol genişliği, bina yüksekliği, ağır taşıt ortalama hız, trafik hacmi) kullanılarak oluşturulan doğrusal regresyon modeli ile gürültü modellemesi yapılmış ve başarılı sonuçlar alınmıştır.

Teşekkür Bu çalışmaya verdikleri destekten dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Abo-Qudais, S. and Alhiary, A. (2007) Statistical models for traffic noise at signalized intersections. Building and Environment, 42, 2939-2948.

Banerjee, D., Chakraborty, S. K., Bhattacharyya, S. and Gangopadhyay, A. (2008) Modeling of road traffic noise in the industrial town of Asansol, India. Transportation Research Part D, Transport and Environment, 13(8), 539-541.

Bhaskar, A., Chung, E. and Kuwahara, M. (2007) Development and implementation of the areawide Dynamic Road traffic Noise (DRONE) simulator. Transportation Research Part D, 12, 371-378.

Can, A., Leclercq, L. and Lelong, J. (2008) Dynamic estimation of urban traffic noise: Influence of traffic and noise source representations. Applied Acoustics, 69, 858-867.

Koushki, P. A., Al-Saleh O. and Ali S. Y. (1999) Traffic noise in Kuwait: Profiles and modeling residents' perceptions. Journal of urban planning and development, 125(3), 101-109.

Pathak, V., Tripathi, B. D. and Mishra, V. (2008) Evaluation of traffic noise pollution and attitudes of exposed individuals in working place. Atmospheric Environment, 42, 3892-3898.

İstanbul Zincirlikuyu-Maslak Karayolu Ulaşım Aksı Gürültü Haritası

Mine Aşcıgil, Sevtap Yılmaz Demirkale

İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi Taşkışla Caddesi

Taksim 34437 İstanbul

Tel: (212) 293 13 00

E-Posta: mineascigil@gmail.com, demirkale@itu.edu.tr

Öz

Gürültü haritalama, mevcut gürültü seviyelerini belirlemekte, gürültüye hassas veya gürültü üreten bölgeleri sınıflandırmakta, kriterleri belirlemekte ve gürültü azaltımı planlaması yapılmasında kullanılmaktadır. Mevcut gürültü verisine sahip olmak, arazi kullanımı planlaması, ulaşım planlaması, eylem planlarının hazırlanması ve binalarda yalıtım önlemlerinin alınması konularında temel oluşturmaktadır. Gürültü haritalama, değişimleri izlemek için de kullanılabilir. 07.03.2008 tarihinde Çevre ve Orman Bakanlığı'nca yürürlüğe konulan "Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi (ÇGDY) Yönetmeliği"nin (2002/49/EC) 29. Maddesine göre, 30 Haziran 2013'e kadar yılda altı milyondan fazla aracın geçtiği ana kara yollarının gürültü haritaları, işletmeciler tarafından çıkartılmalı ve 5 yılda bir revize edilmelidir. Oluşturulacak haritalar sınır değerleri ile karşılaştırılarak kaynakta önlemler alınmalı, yeterli olmadığı takdirde TS ISO standartları uyarınca ilgili mekânlardaki tüm yapı elemanlarında yalıtım tedbirleri alınmalıdır. İstanbul'un merkezi iş alanı gelişiminin 1990'larda Zincirlikuyu, Levent ve en son Maslak'a ilerlemesi, bu aksı oluşturan Büyükdere Caddesi'nin İstanbul'un en yoğun karayolu trafiği yüklerinden birini taşımasına neden olmuştur. Yapı ve çalışan niceliği sürekli artan bu bölgede gelişimle beraber ortaya çıkacak altyapı ve trafik sorunlarına dikkat çekilirken, yaşanacak işitme ve algılama problemleri ile fizyolojik ve psikolojik rahatsızlıklar göz ardı edilmemelidir. Bu bölgenin trafik akışını belirleyerek gürültü haritasını çıkartmak, problemleri belirlemek, önlemler almak, ileride karşılaşılabilecek sorunları engelleyecektir. Zincirlikuyu Maslak aksında yer alan Büyükdere Caddesi ve bölgedeki ana karayollarının 7 km uzunlukta, 600 metre genişliğinde çevresini kapsayan alanda gerçekleştirilen karayolu gürültü haritası çalışması, gürültü haritalama benzetim programı ile gerçekleştirilmiştir. Haritalama sonucunda elde edilen karayolu gürültüsünden etkilenen kişi sayıları verilmiş ve sayının azaltılması için önlemler başlıklar halinde belirtilmiştir.

Anahtar kelimeler: Karayolu gürültüsü, gürültü haritaları, gürültü mevzuatı

Giriş

Gürültü haritalama, mevcut gürültü seviyelerini belirlemekte, gürültüye hassas veya gürültü üreten bölgeleri sınıflandırmakta, etkilenen nüfusu hesaplamakta, kriterleri belirlemekte ve gürültü azaltımı planlamasını tanıtmakta kullanılmaktadır. Mevcut gürültü verisine sahip olmak, arazi kullanımında hem gelişim kontrolü hem de stratejik

planlama açısından büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, ulaşım planlaması, eylem planlarının hazırlanması ve binalarda yalıtım önlemlerinin alınması konularında temel oluşturmaktadır. Gürültü haritalama, değişimleri izlemek için de kullanılabilir.

İstanbul'un merkezi iş alanı gelişiminin Galata, Beyoğlu ve Şişli'den, Beşiktaş, Zincirlikuyu, Levent ve en son Maslak'a ilerlemesi, bu aksı oluşturan Büyükdere Caddesi'nin İstanbul'un en yoğun karayolu trafiği yüklerinden birini taşımasına neden olmuştur. Bu aks üzerindeki yapılaşma hızla artarken ses yalıtımı denetimleri hala uygulamaya geçememiştir. Yapı ve çalışan niceliği sürekli artan bu bölgede gelişimle beraber ortaya çıkacak altyapı ve trafik sorunlarına dikkat çekilirken, yaşanacak işitme ve algılama problemleri ile fizyolojik ve psikolojik rahatsızlıklar göz ardı edilmemelidir. Bu bölgenin trafik akışını belirleyerek gürültü haritasını çıkartmak, problemleri belirlemek, önlemler almak, ileride karşılaşılabilecek sorunları engelleyecektir.

2005 Temmuz'unda Avrupa Birliği sürecinde yürürlüğe giren, 2008 Mart'ından revize edilen, Çevre ve Orman Bakanlığı'nca hazırlanan "Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi (ÇGDY) Yönetmeliği"nin (2002/49/EC) 29. Maddesine göre, Haziran 2013'e kadar yılda altı milyondan fazla aracın geçtiği ana kara yollarının ve iki yüz elli binden fazla yerleşik nüfusu olan yerleşim alanlarının gürültü haritaları, işletmeciler ve ilgili belediyeler tarafından çıkartılmalı ve 5 yılda bir revize edilmelidir. (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2008)

Karayolları Genel Müdürlüğü'nün 2007 yılında yayımladığı verilere göre Büyükdere Caddesi'nden günde ortalama 250 bin araç geçmektedir. (Sabah Gazetesi, 2007) Bu durumda Büyükdere Caddesi gürültü haritası çıkartılması için sınır değer olan yılda 6 milyon aracı kat ve kat aşmaktadır ve haritalanması gereken alanların başında gelmektedir. ÇGDY Yönetmeliği'ne göre yerleşim alanı, nüfusu yüz binden fazla olan, şehirleşmiş alan olarak kabul edilen ve nüfus yoğunluğunun kilometre kare başına 1000 kişiden fazla olduğu alanları ifade etmektedir. Zincirlikuyu - Maslak ulaşım aksının içerisinde geçtiği Beşiktaş, Şişli ve Sarıyer ilçelerinin nüfus yoğunlukları sırasıyla 9086, 7734 ve 1497 olmakta ve böylece yönetmelikte öngörülen 1000 kişi/km² sınırını aşmaktadır. (TUİK, 2007)

Bu çalışma için seçilen Zincirlikuyu - Maslak ulaşım aksı, hem yılda altı milyondan fazla aracın geçtiği ana kara yolu olduğu, hem de yoğunluğu kilometre kare başına 1000 kişiden fazla olan, nüfusu iki yüz elli binden fazla olan yerleşim alanlarının arasına girdiği için mutlaka gürültü haritalandırılmasının gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Büyükdere Caddesi ve ona bağlanan tüm ana yolların etkisinin incelendiği bu bildiriye, Temmuz 2007- Temmuz 2008 tarihleri arasında Büyükdere Caddesi ve ona bağlanan ana yollardan kaynaklanan karayolu gürültüsünün, ele alınan 7 km uzunluk ve 600 metre genişliğindeki bölgeye etkisi incelenmektedir.

Mevzuat

Türkiye'de doğrudan ya da dolaylı olarak gürültü kontrolünü amaçlayan çok sayıda yasal düzenleme bulunmaktadır. T.C. Anayasasının 56 maddesinde 'Herkes, sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşama hakkına sahiptir. Çevreyi geliştirmek, çevre sağlığını korumak ve çevre kirlenmesini önlemek Devletin ve vatandaşların ödevidir.' hükmü yer almaktadır.

Gürültü kirliliğinin kontrol altına alınmasına ilişkin düzenlemeler 1983 tarihli 2872 sayılı Çevre Kanunu'nun 14. maddesinde belirtilen "Kişilerin huzur ve sükununu, beden ve ruh sağlığını bozacak şekilde yönetmelikte belirlenen standartlar üzerinde gürültü çıkarılması yasaktır. Fabrika, atölye, işyeri, eğlence yeri, hizmet binaları, konutlar ve ulaşım araçlarında gürültünün asgariye indirilmesi için gerekli önlemler alınır." hükmü çerçevesinde yapılmıştır. Çevre Kanunu'nun 14'üncü maddesine istinaden 1986 tarihinde yürürlüğe giren Gürültü Kontrol Yönetmeliği gürültü kontrolünü; kaynak, alıcı ve çevre olmak üzere bütüncül olarak değerlendiren ilk yasal düzenlemedir. Söz konusu Yönetmelik ile, kaynak, alıcı ve çevre gürültüsüne sınırlamalar getirilmiştir.

1986 yılından beri yürürlükte olan ve uygulayıcılar açısından darboğazların yaşandığı Gürültü Kontrol Yönetmeliği'nde yaşanan sıkıntılar ve uygulamadaki sorunların giderilmesi amacıyla, Avrupa Birliği uyum süreci içerisinde Ulusal Programda Çevre ve Orman Bakanlığı'nın sorumluluğunda yer alan 2002/49/EC sayılı Gürültü Yönetimi hakkındaki Avrupa Parlamentosu ve Konsey Direktifi de göz önüne alınarak 01 Temmuz 2005 tarih ve 25862 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren "Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği" hazırlanmıştır. Yapılan düzenleme ile AB'nin Çevresel Gürültü Mevzuatı Türk Mevzuatına uyumlu hale getirilmiştir. 07 Mart 2008'de, yönetmeliğin yenilenmiş hali resmi gazetede yayımlanmıştır. Yönetmeliğin amacı; çevresel gürültüye maruz kalınması sonucu kişilerin huzur ve sükununun, beden ve ruh sağlığının bozulmaması için gerekli tedbirlerin alınmasını sağlamaktır.

ÇYDY Yönetmeliği (2002/49/EC) 8. Bölüm Madde 29 stratejik gürültü haritalama esas ve kriterlerine göre, en geç 30.06.2013 tarihine kadar yılda altı milyondan fazla aracın geçtiği ana kara yollarının ve iki yüz elli binden fazla yerleşik nüfusu olan yerleşim alanlarının gürültü haritaları, işletmeciler tarafından çıkartılmalı ve 5 yılda bir revize edilmelidir. Oluşturulacak haritalar sınır değerleri ile karşılaştırılarak kaynakta önlemler alınmalı, yeni yapılacak binalarda TS ISO standartları uyarınca ilgili mekanlardaki tüm yapı elemanlarında yalıtım tedbirleri alınmalıdır.

Tablo 1 Planlanan/Yenilenmiş/Onarılmış ve Mevcut yollar için karayolu çevresel gürültü sınır değerleri, dBA cinsinden (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2008) .

Alanlar	Yeni yollar			Mevcut yollar		
	L _{gündüz}	L _{akşam}	L _{gece}	L _{gündüz}	L _{akşam}	L _{gece}
Gürültüye hassas kullanımlardan eğitim, kültür ve sağlık alanları ile yazlık ve kamp yerlerinin ağırlıklı olduğu alanlar	60	55	50	65	60	55
Ticari yapılar ile gürültüye hassas kullanımların birlikte bulunduğu alanlardan konutların yoğun olarak bulunduğu alanlar	63	58	53	68	63	58
Ticari yapılar ile gürültüye hassas kullanımların birlikte bulunduğu alanlardan işyerlerinin yoğun olarak bulunduğu alanlar	65	60	55	70	65	60
Endüstriyel alanlar	67	62	57	72	67	62

Yönetmelikte belirtilen karayolu çevresel gürültü sınır değerleri Tablo 1'de verilmektedir. Bu tabloya göre Büyükdere Caddesi "Mevcut yollar" kategorisine girmekte, cadde üzerinde "Gürültüye hassas kullanımlar", "Konutların yoğun olarak

bulunduğu alanlar”, “İşyerlerinin yoğun olarak bulunduğu alanlar” ve “endüstriyel alanlar”ın tümü farklı bölgelerde bulunmaktadır. (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2008)

Yöntem

Büyükdere Caddesi'nin her iki tarafından 300'er metre olmak üzere 600 metre genişlikte, 7 km uzunluğunda, toplam 4,2 km²'lik bir harita alanı belirlenmiştir. Gürültü haritalamada birinci adım veri toplanmasıdır. Bunun için en önemli yol gösterici kaynak Avrupa Komisyonu'ndan “Good Practice Guide”dir. Tablo 2’de “Good Practice Guide”a göre çalışmada uygulanan veri toplama yöntemleri verilmiştir. (WG-AEN, 2006)

Tablo 2 Good Practice Guide”a göre çalışmada uygulanan veri toplama yöntemleri (WG-AEN, 2006)

Konu	Mevcut bilgi	Uygulanan yöntem	Hata Payı
Bina yüksekliği	Kat sayısı	Ortalama kat yüksekliği ile kat sayısı çarpım	1 dB
Yer yüzeyi tipi	Yansıtıcı ve emici yüzeyler	Yansıtıcı ve emici yüzeylerin modele girilmesi	< 0,5 dB
Yol eğimi	Topografya modeli	Yol eğimini topografya modelinden hesaplamak	< 0,5 dB
Karayolu trafik akışı (Büyükdere Cad., D100,E80)	Saatlik trafik akışı	Gündüz, akşam gece dönemleri için toplamak	< 0,5 dB
Karayolu trafik akışı (Diğer caddeler)	Veri mevcut değil	Gündüz, akşam, gece trafik akışı saymak	< 0,5 dB
Ortalama karayolu trafik hızı (Büyükdere Cad., D100,E80)	Saatlik hız	Gündüz, akşam gece dönemleri için ortalamasını almak	< 0,5 dB
Ortalama karayolu trafik hızı (Diğer caddeler ve ağır araçlar)	Veri mevcut değil	Belirli bir uzaklıkta, bir aracın yolculuk zamanını ölçerek hız hesaplamak	< 0,5 dB
Ağır araç oranı	Veri mevcut değil	Gündüz, akşam, gece trafik saymak	< 0,5 dB
Yol yüzey tipi	Sadece görsel veriye dayalı yol yüzeyi	Yol yüzeyi tipine göre düzeltme atama	1dB
Yayılıma elverişli meteorolojik koşulların oluşma oranı	Veri mevcut değil	NBPM yöntemine göre gündüz %50, akşam %75, gece %100 yayılıma elverişli koşul kabulü	3 dB
Sıcaklık ve nem	Veri mevcut değil	Ulusal kabul edilmiş veri kullanmak (XP S 31-133 standardı 15°C ve %70 nisbi nem)	3 dB
Konut binalarına nüfus verisi atamak	Veri mevcut değil	Araştırma yaparak farklı tip binalarda yaşayan kişi sayısı ortalamalarını belirlemek, ulusal istatistiklerle karşılaştırmak	3 dB

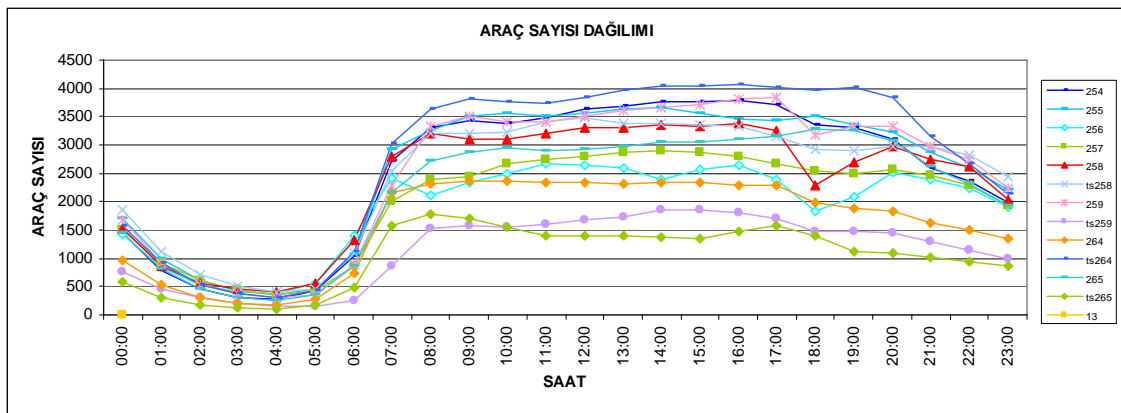
Bina konumları ve topografya İstanbul Büyükşehir Belediye'sinden alınan paftalardan, bina yükseklikleri hem paftalardan hem de tüm binaların gözlemlenmesinden, bina kullanımları tüm binaların gözlemlenmesinden, kat yükseklikleri gözlemlerden ve genel kurallardan elde edilmiştir. Buna göre kat yüksekliği konut binalarında 2,80 m, ofis binalarında 4,00 m olarak kabul edilmiştir. Yükseklikleri tam olarak bilinen binaların

(örn. Metrocity ofis binaları, Kanyon binaları vs.) yükseklik değerleri ve kat sayılarına göre kat yüksekliği atamaları yapılmıştır. Binalar kullanım amaçlarına göre konut, ticari, endüstri, okul, hastane, otel, askeri, depo, otopark ve spor olarak ayrılmıştır. Varolan açık alanlar, açık spor alanları, açık park alanları ve açık otopark alanları olarak sınıflandırılmıştır.

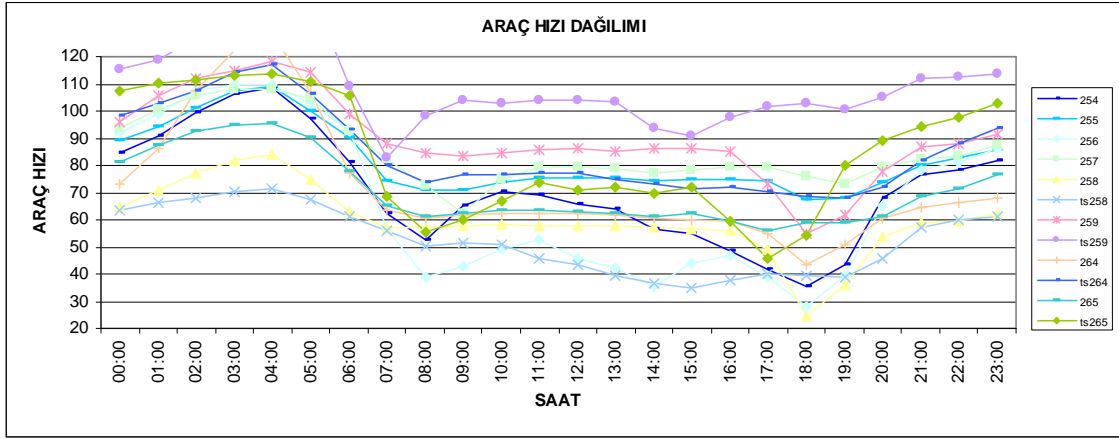
Büyükdere Caddesi, D-100 ve E80 yollarının hafif araç (<3,5 ton) trafik akışı ve ortalama araç hızları İstanbul Büyükşehir Belediyesi Trafik Kontrol Müdürlüğü'nden elde edilmiştir. (AR-INTERIM-CM, 2001) Verilerin çoğunluğu Temmuz 2007-Temmuz 2008 tarihleri arasında toplam 12 aylık değerleri içermektedir. Sadece 2 adet sensörün (255 nolu sensör Şubat 2008-Temmuz 2008 ve 258 nolu sensör Ağustos 2007-Eylül 2007 ayları arasında çalışmadığı için) 12 aylık verisi kullanılamamıştır. Ortalama hız 120 km/saati aştığı durumlarda limit değer olan 120 km/saat, 20 km'nin altına düştüğü zaman 20 km/saat kullanılmıştır. (AR-INTERIM-CM, 2001) Şekil 1 ve Şekil 2, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Trafik Kontrol Müdürlüğü verilerine göre sırasıyla Büyükdere Caddesi üzerindeki sensörlerin saatlik ortalama trafik akış verilerini ve saatlik ortalama hız verilerini göstermektedir. Ağır taşıt oranları için alanda yapılan sayımlardan yararlanılmış ve saatlik sayımlardan gündüz-akşam-gece ağır araç yüzdeleri hesaplanmıştır. Buna göre ortalama ağır taşıt yüzdeleri Büyükdere Caddesi'nde gündüz %5, akşam %4, gece %3,5'tur. Ağır taşıt hızları en yüksek 80 km/saat alınmış, hafif taşıt hızlarının düşük olduğu saatlerde bu değer, alanda yapılan sayımlar da göz önüne alınarak 50 km/s ve 30 km/s olarak seçilmiştir.

Diğer caddeler için her saat 5'er dakika boyunca hafif araç akışı, ağır araç akışı, hafif araç hızı ve ağır araç hızı verileri toplanmıştır. 24 saatlik veriler gündüz, akşam ve gece saatlerine göre ayrılarak trafik akışı ve hızı verileri hesaplanmıştır. Yol yüzeyleri gözlem yoluyla belirlenmiş ve Avrupa Komisyonu tarafından belirlenen düzeltmelere göre sınıflandırılmıştır. Büyükdere caddesi yol yüzeyi, pürüzsüz asfalt sınıfına girmektedir. (WG-AEN, 2006)

Konut binalarına nüfus bilgisi atamak için mahalle muhtarları ile görüşülmüştür. Mahallelerdeki konutlar muhtarlık bilgilerine göre gruplandırılarak kişi başına düşen metrekare değerleri belirlenmiştir. Bir çok yerde kişi başına 30 metrekare düştüğü varsayılmış, müstakil konutlarda 60 metrekare, rezidanslarda ise 100 metrekare kabul edilmiştir.



Şekil 1 İstanbul Büyükşehir Belediyesi verilerine göre Büyükdere Caddesi üzerindeki sensörlerin saatlik ortalama trafik akış verileri.



Şekil 2 İstanbul Büyükşehir Belediyesi verilerine göre Büyükdere Caddesi üzerindeki sensörlerin saatlik ortalama hız verileri.

Ticari binalar ofis binaları ve sanayi binaları olarak ikiye ayrılmıştır. Haritalanan bölgenin merkezi iş alanı olduğu göz önüne alınarak, ofis binalarında gündüz saatleri süresince gürültüden etkilenen çalışanların sayısının belirlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle aynı model üzerinde konut binalarına nüfus atanmadan, sadece ofis binalarına nüfus atanarak ayrı bir hesaplama yapılmıştır. Bunun için Merkezi İş Alanlarında A sınıfı ofis binaları üzerine yapılan uluslar arası bir araştırmanın verileri göz önüne alınmış, buna göre çalışan sayısı 12 metrekare/kişi atanmıştır. (Ataselim, 2008) Bunun dışında çalışan sayısı bilinen (örn. İş Kule, Garanti Bankası, Tekfen Tower, Sabancı Center, Kanyon Ofis Kulesi, Metrocity) binaların verileri özel olarak girilmiştir. Bu çalışmada karayolu gürültüsünden kaynaklanan $L_{gündüz}$ verileri sadece ofis binaları için toplanmış, üretim yapılan binalarda çalışan sayısı belirlenemeyeceği ve sanayi gürültüsünün etkin olduğu düşünüldüğü için sanayi binalarına nüfus verisi girilmemiştir.

Haritalama Sonuçları

ÇGDY Yönetmeliği Ek VI'ya göre, zeminden 4 m yükseklikte L_{gag} cinsinden hesaplanmış 55-59, 60-64, 65-69, 70-74, >75dB ve L_{gece} cinsinden hesaplanmış 50-54, 55-59, 60-64, 65-69, >70dB değer aralıklarının her birine maruz kalan tahmini sakin sayılarının (en yakın yüz rakamına yuvarlatılmalı) verilmesi zorunludur. Girilen bilgiler sonucunda 10 metre aralıklarla 4 metre yükseklikte ızgaralı gürültü haritaları hesaplanmıştır. Tablo 3'te konutlar için hesaplanmış L_{gag} , $L_{gündüz}$, $L_{akşam}$, ve L_{gece} değerleri, 50-54, 55-59, 60-64, 65-69, 70-74, >75dB aralıklarında gürültüden etkilenen km^2 , konut, konut sakini, okul ve hastane sayıları hem gerçek sayıları ile, hem de en yakın yüze yuvarlanmış halde verilmiştir. Şekil 3'te, 4 m yükseklikte, 10 m aralıklarla hesaplanan L_{gag} ızgaralı haritası verilmiştir.

Tablo 4'te, ofisler için hesaplanmış L_{gag} değerleri, 50-54, 55-59, 60-64, 65-69, 70-74, >75dB aralıklarında gürültüden etkilenen ofis ve ofis çalışanı sayıları hem gerçek sayıları ile, hem de en yakın yüze yuvarlanmış halde verilmiştir. Tablo 4'te ayrıca ofis binaları için her cephenin her katına birer alıcı yerleştirilerek cephe gürültü haritası çıkartılmıştır. 4 metre yükseklikte hesaplanan ızgaralı gürültü haritası sonuçları ile her cephenin her katında hesaplanan cephe gürültüsü haritası sonuçları 5 dB'lik aralıklarla karşılaştırıldığında, ızgaralı haritanın cephe gürültü haritasına göre ortalama %270 daha

yüksek ofis maruziyeti ve %675 daha yüksek ofis çalışanı maruziyeti gösterdiği görülmektedir. Tablo 5'te ise sınır değerleri aşan hassas kullanımlar, konutlar ve işyerlerinin sayıları verilmektedir.

Tablo 3 4 m yükseklikte hesaplanan ızgaralı gürültü haritası sayısal sonuçları.

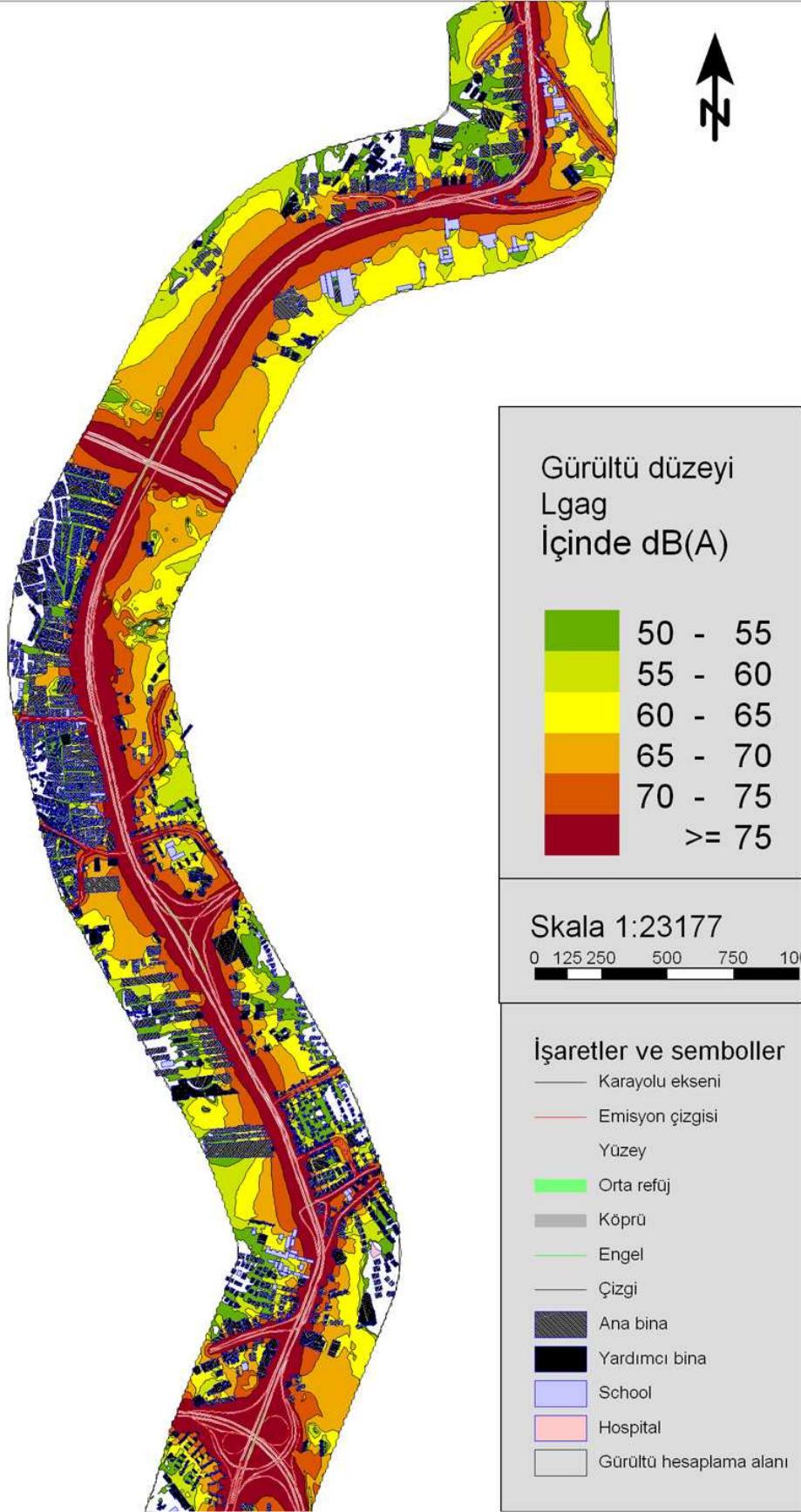
Zaman dilimi	Gürültü (dBA)	Km2	Konut binaları		Konut sakinleri		Okul	Hastane
L _{gag}	50-54	0,3	100	139	3300	3267	6	1
	55-59	0,3	100	96	3000	3017	9	0
	60-64	0,5	100	75	3400	3447	8	0
	65-70	0,6	100	51	2500	2500	16	0
	70-74	0,5	100	61	2500	2490	19	0
	>75	1,0	100	62	3300	3343	19	1
L _{gündüz}	50-54	0,3	100	107	2800	2786	9	0
	55-59	0,5	100	80	3100	3123	9	0
	60-64	0,6	100	66	3300	3293	14	0
	65-70	0,5	100	55	2200	2230	15	0
	70-74	0,5	0	45	2400	2409	15	1
	>75	0,6	0	46	2000	2028	12	0
L _{akşam}	50-54	0,3	100	86	3300	3336	11	0
	55-59	0,5	100	63	2800	2792	16	0
	60-64	0,6	0	48	2400	2361	17	0
	65-70	0,5	0	39	1600	1573	14	0
	70-74	0,5	0	21	1000	1029	10	1
	>75	0,5	0	9	400	370	1	0
L _{gece}	50-54	0,4	100	83	3600	3649	6	0
	55-59	0,6	100	52	2200	2248	12	0
	60-64	0,6	100	68	3000	2982	19	0
	65-70	0,5	0	46	2000	2005	19	0
	70-74	0,4	0	25	1600	1584	8	1
	>75	0,3	0	6	700	668	0	0

Tablo 4 Ofis için cephe ve ızgaralı gürültü haritası sonuçları.

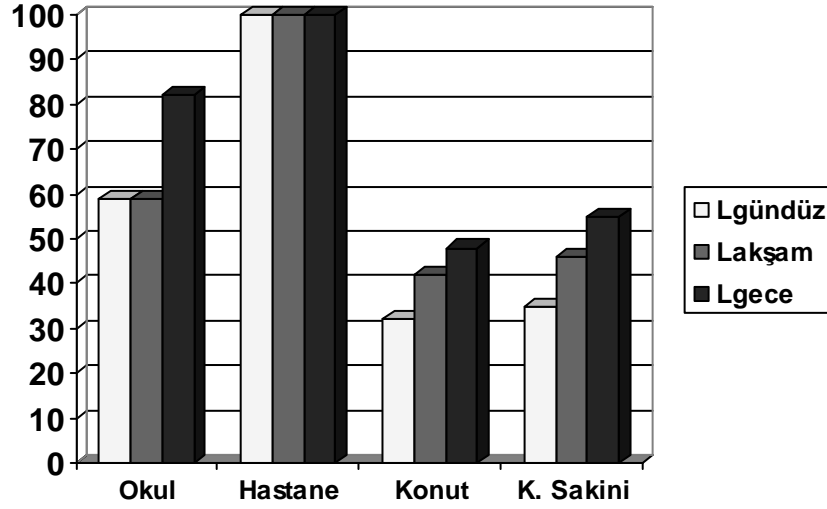
Zaman dilimi	Gürültü (dBA)	Izgaralı gürültü haritası				Cephe gürültü haritası		
		Ofis binaları		Ofis çalışanı		Ofis binaları		Ofis çalışanı
L _{gündüz}	50-54	100	135	31100	31102	28	2600	2550
	55-59	100	114	28700	28668	43	3300	3279
	60-64	100	98	25700	25719	41	4800	4807
	65-70	100	91	24200	24163	42	6700	6680
	70-74	100	103	28600	28582	63	7300	7322
	>75	100	107	24100	24119	44	3600	3587

Tablo 5 Sınır değerleri aşan hassas kullanımlar, konutlar ve işyerleri.

	Sınır değer	Okul	Hastane	Sınır değer	Konut binası	Konut sakini
L _{gündüz}	>65 dBA	42	1	>68 dBA	109	5208
L _{akşam}	>60 dBA	42	1	>63 dBA	144	6775
L _{gece}	>55 dBA	58	1	>58 dBA	166	8075
	Sınır değer	Ofis binası (ızgara)	Ofis çalışanı (ızgara)	Sınır değer	Ofis binası (cephe)	Ofis çalışanı (cephe)
L _{gündüz}	>70 dBA	210	52701	>70 dBA	107	10909



Şekil 3 Yönetmeliğe göre 5 dB'lik aralıklarla ayrılmış, 4 m yükseklikte hesaplanmış, L_{gag} gürültü haritası



Şekil 4 Sınır değerlerin üzerinde gürültüden yüzdeler etkilenme oranları

Şekil 4’te sınır değerleri aşan okul, hastane, konut ve konut sakini yüzdeleri verilmiştir. L_{gag} karayolu gürültüsü ile rahatsız olan insanların yüzdesi (%A) ve yüksek derecede rahatsız olan insanların yüzdesi (%HA) göstergelerinin arasında verilen ilişkilere göre (WG2 – Dose/Effect, 2002) bölgedeki toplam 14798 konut sakini, gürültüden (L_{gag}) rahatsız olan sakin sayısı 5882 adet, yüksek derecede rahatsız olan sakin sayısı ise 2917 olarak tahmin edilebilir.

Sonuç

Bu çalışmada, Avrupa Birliği standartları ve Türkiye’de yayımlanan yönetmeliklere göre karayolu gürültü haritalanması İstanbul’da Zincirlikuyu Maslak ulaşım aksı üzerinden örneklenmiştir. Gerçekleştirilen karayolu gürültü haritalama süreci sonucunda, İstanbul’un en yoğun karayolu aksını taşıyan bu 4,2 kilometrekarelik bölgede onlarca okul binasının, yüzlerce konut ve ofis binasının, binlerce konut sakininin ve onbinlerce ofis çalışanının “Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi (ÇGDY) Yönetmeliği”nde gündüz, akşam ve gece saat dilimleri için verilen gürültü sınır değerlerini aştıkları belirlenmiştir.

Gürültü haritalamada sağlıklı verilerin elde edilebilmesi için İstanbul’daki bir çok karayolunun elektronik sayımının gerçekleştirilmesi, bina biçimi, cephesi, yüksekliği, kullanımı ve nüfusu bilgilerinin, güncel olarak Coğrafi Bilgi Sistemlerine işlenmesi gerekmektedir. Bu güncel bilgilerin bulunması gürültü haritalama çalışmalarının gerçekleştirilmesinin birinci şartı olmalıdır.

Çalışan insanların her gün en az 8 saatlerini işyerlerinde geçirdikleri düşünüldüğünde işyerleri için en azından $L_{gündüz}$ verilerinin toplanması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bunun ÇGDY Yönetmeliği’nde ayrıntılı olarak belirtilmesi gerekmektedir. Ofislerin etkilendiği gürültü için ayrıntılı bir çalışmaya gidildiğinde yüksek katlı binaların bulunduğu alanlarda yönetmeliğin öngördüğü 4 metrelik hesaplama yüksekliğinin

yüksek hata payına sahip sonuçlar verdiği bulunmuştur. Bu noktada yönetmeliğin istediği haritaların doğru sonuçlar elde etmek için yeterli olmadığı görülmektedir.

Bölge için mutlaka eylem planı oluşturularak gürültü azaltımı sağlanmalıdır. Arazi kullanımı planlamasında gürültü tahminlerinin göz önüne alınması zorunludur. Gürültülü alanlara konut bölgeleri yerine gürültüye hassas olmayan kullanımlar tasarlanmalı, gerektiğinde gürültüye hassas olmayan bölgeler tampon bölge olarak kullanılmalıdır. Gürültü azaltımı için engel ve tünel tasarımları ile uygulanması, özellikle yapılaşmış bölgelerde oldukça pahalı bir süreçtir, fakat kullanılması durumunda en iyi etkinlik - maliyet oranına sahip olacak şekilde seçilmelidir. Eylem planlama önemli, uzun ve farklı disiplinlerin bir arada çalışmasını gerektiren bir süreçtir. Uygulanabilir bir eylem planının üretilmesi için şehir ölçeğinde trafik planlaması ve imar planlaması yapılmalıdır. Bölgede eylem planlamaya öncelikle kaynak ve yayılım yolu üzerinden devam edilmeli, gerektiği takdirde ise alıcı binalarda yalıtım tedbirleri alınmalıdır.

Kaynaklar

AR-INTERIM-CM (2001) Adaptation and Revision of the Interim Noise Computation Methods for the Purpose of Strategic Noise Mapping, WP 3.1.1: Road traffic noise - Description of the calculation method, CONTRACT: B4-3040/2001/329750/MAR/C1.

Ataselim, M. (2008) Ofis maliyetleri İstanbul'da son 5 yılın rekorunu kırdı, Sabah Gazetesi, 13.03.2008.

Çevre ve Orman Bakanlığı (2008) Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği (2002/49/EC), Resmi Gazete Sayısı: 26809, 07.03.2008.

European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN) (2006) Position Paper, Final Draft, Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure, Version 2, 13th January 2006.

Sabah Gazetesi (2007) Trafik 1,5 Milyar Dolar Kaybettirdi, <http://www.sabah.com.tr>, 18.01.2007.

TUİK (2007) İl ve cinsiyete göre şehir-köy nüfusu ve nüfus yoğunluğu, <http://www.tuik.gov.tr>.

WG2 – Dose/Effect (2002) EU's Future Noise Policy, Position Paper on Dose Response Relationships Between Transportation Noise and Annoyance, European Commission Working Group on Dose and Effect.

Demiryolu Kaynaklı Titreşim-Gürültü Ölçümü ve Örnek Kesimlerde Önlemlerin İncelenmesi

Doç. Dr. Zübeyde Öztürk
İTÜ İnşaat Fak-Ulaştırma A.B. Dalı

Doç. Dr. Turgut Öztürk
İTÜ İnşaat Fak-Yapı A. B. Dalı

İnş. Y. Müh. Veysel Arlı
İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü

Öz

Raylı sistemler yüksek kapasiteli, düşük taşıma maliyetli olmaları, yolcuların uzun mesafelere hızlı bir şekilde ve kısa sürede ulaşabilmeleri, fazla nüfus yoğunluğuna sahip yerleşim bölgelerinde trafik sıklığından etkilenmemeleri nedenleriyle günümüzde artan öneme sahiptirler. Fakat öte yandan raylı sistemlerden kaynaklanan titreşim, gürültü, konfor vb. çevresel etkiler kişileri olumsuz etkilemekte ve bunları kabul edilir seviyelere düşürmek için çalışma yapılması gerekmektedir. Demiryolunun çevresinde bulunan tarihi yapılar, hastane, okul, konser salonu gibi titreşime duyarlı yapılar ve konutlarda titreşim seviyesi ve gürültü sınır değeri daha düşük tutulmak zorundadır. Bu sınır değerlerin aşılması durumunda hattın ve binaların yapısına uygun bazı önlemlerin alınması gerekir.

Çalışmada, genel olarak demiryolunun önemli çevresel etkilerinden biri olan titreşim ve gürültünün meydana gelişi, belirlenmesi, sonuçları ve önlemler ile önlemlerden sonraki durum İstanbul'daki bazı örnek hatlar ve yapılar üzerindeki ölçümlerle incelenmektedir. Bunlar; Kabataş-Bağcılar tramvay hattındaki kurplu kısımlarda yapılan çınlama gürültüsü ölçümü ve taşıt içinde yolculuk konforu ölçümü, bir çok tarihi binada tramvay geçişi sırasında meydana gelen titreşimlerin ölçümü, Aksaray-Havalimanı metro hattı yakınında bulunan konutların yatak odalarındaki gürültü ölçümleri ve taşıt içinde yolculuk konforu ölçümleridir. Daha sonra ölçüm sonuçlarının ilgili Standartlara göre değerlendirilmesi ile elde edilen sonuçlar irdelenerek, bu etkileri azaltmak için yapılan bazı uygulamalar ve bunların faydasını belirlemek için yapılan 2. ölçümlerin sonuçları verilmektedir.

Anahtar sözcükler: Titreşim, gürültü, konfor, tramvay, hafif metro

Giriş

Raylı taşıma sistemleri, çevre dostu sistemler olarak gösterilebilir. Ayrıca, düşük taşıma maliyetleri, yolcuların uzun mesafelere hızlı ulaşabilmeleri, trafik sıklığından etkilenmemeleri ve trafik sıklığı oluşturmamaları nedenleriyle de günümüzde artan öneme sahiptirler. Bu nedenlerle; her geçen gün raylı sistemler yaygınlaşmakta ve raylı taşıtların hızları artmaktadır. Bunlara bağlı olarak, raylı sistemlerden kaynaklanan titreşimler ve/veya gürültü düzeyleri insanları etkiler duruma gelmektedir.

Ray-tekerlek temasından kaynaklanan titreşimler her üç ekseninde çevreye iletilir. Demiryolu titreşimlerinin çevre yapılarına etkisi, zemin vasıtasıyla iletilen titreşim ve titreşimlerden kaynaklanan yapısal gürültü ile olur. Demiryolunun çevresinde bulunan tarihi yapılar, hastane, okul, konser salonu gibi titreşime duyarlı yapılar ve konutlar için titreşim seviyesinin ve yapısal gürültünün belirli seviyelerin altında olması gerekir. Eğer titreşim seviyesi sınır değerlerin üstünde kalırsa, demiryolunda, taşıtta veya iletim hattında bazı titreşim azaltma önlemlerinin alınması gerekir.

Bu çalışmada, İstanbul Kabataş-Bağcılar tramvay hattında demiryolu taşıt kaynaklı titreşimlerin tarihi yapılara, yolculuk konforuna ve gürültüye etkisi ve Aksaray-Havalimanı metro hattında yolculuk konforuna ve gürültüye etkisi ölçülmüş ve değerlendirilmiştir.

Tramvay hattında pik saatlerde 2.5 dak. izleme aralığı ile günde (06⁰⁰-24⁰⁰ arası) toplam 385 sefer yapılmaktadır. Tramvay hattında U şeklinde C20 kalitesinde donatısız bir beton yatak içinde rayları 30x15 cm boyutlarında ve 75 cm aralıklarla donatılı beton bloklar taşımaktadır. Bu yatağın içi kum ve agrega karışımı ile doldurulmuş ve üst kaplama olarak kilitli beton parke kullanılmıştır. Tramvay hattının yolculuk talebi oldukça fazladır, yüksek trafik yükü altında yapı sürekli bozulmaktadır. Bu nedenle işletmeyi aksatmadan kademeli olarak raylar çelik selet mesnetli Pandrol SFC elastik ray bağlantı sistemi ile betona sabitlenmiştir, Şekil 1. En üst tabaka olarak 5 cm kalınlığında asfalt aşınma tabakası kullanılmıştır.



Şekil 1 Tramvay hattında elastik ray bağlantı elemanı montajı ve ray altına beton dökülmesi.

Aksaray-Havalimanı metro hattı, 18 km balastlı ve 2 km balastsız hat olarak inşa edilmiştir. Ray tipi S49 900A, elastik bağlantı sistemi HM (Vossloh W14), travers tipi B55 monoblok betondur. Raylar uzun kaynaklı ve hat normal hat genişliğindedir.

Tarihi Yapılarda Titreşimlerin Ölçülmesi

Ölçümün Amacı ve Kapsamı

Eminönü-Zeytinburnu tramvay hattı yakınında, özellikle Beyazıt-Sirkeci arasında bulunan 17 ayrı tarihi yapıda tramvay nedeniyle oluşan yapısal titreşimler incelenmiştir.

Ölçümler, 12 Ocak 2008 tarihinde saat 11.00-12.30 arasında ve 28 Şubat 2008 tarihinde saat 10.00-17.30 arasında hat yakınında bulunan tarihi yapılarda tramvay hattına en yakın noktada zemin seviyesinde yapılmıştır. Tramvay araçlarının değişik seyir durumları, ayrıca lastik tekerlekli araçların geçişi ve hiç taşıt bulunmadığı durumlar için yapılmıştır.

Bu çalışmalar kapsamında, önce titreşim ölçüm çalışması yapılarak elde edilen sonuçların yapıya etkileri değerlendirilmektedir. Bu ölçüm ve değerlendirmelerden sonra, tramvay hattında gerçekleştirilen alt yapı iyileştirme ve geliştirme çalışmalarının etkinliğini ve son durumu gözlemek amacıyla benzer çalışmalar, seçilen sınırlı sayıda özel noktada tekrarlanmıştır. Altyapı yenileme çalışmaları sırasında elastik ray bağlantı elemanları kullanılmış ve bu şekilde titreşimleri azaltmak hedeflenmiştir.

Çemberlitaş Peronu önünde 54mlik yolda ise sürekli mesnetli gömülü ray sisteminin (CDM Preferail-Stero) kullanılmasına karar verilmiştir, Şekil 3. Yoğunluğu 690 kg/m^3 olan kauçuk malzemenin statik rijitlik katsayısı $1,62 \times 10^7 \text{ N/m}$ ve dinamik rijitlik katsayısı $3,82 \times 10^7 \text{ N/m}$ dir. Titreşim önlemleri tamamlandıktan sonra, önlemlerin etkisini görmek için 15 Temmuz 2008 tarihinde 11.00-14.30 saatleri arasında hat yakınında bulunan tarihi yapıların temel seviyesinde ölçüm yapılmıştır, Şekil 2.

Ölçümlerde, Endevco marka 66A12 model 3 eksenli ivme ölçer kullanılarak, tramvay hattına dik doğrultuda (x eksen), paralel doğrultuda (y eksen) ve düşey doğrultuda (z eksen) titreşim hızının (rms) değerleri, frekansa bağlı olarak ölçülmüştür. Ölçümler ve analizler için Brüel&Kjaer firmasının bilgisayar tabanlı "PULSE Type 3560C" sistemi kullanılmıştır. PULSE, Brüel&Kjaer firmasının bilgisayar tabanlı analiz sisteminin genel adı olup; bilgisayar, uygulama yazılımı, analizör ve transdüserlerden meydana gelmektedir. Ayrıca ivme sinyallerini kuvvetlendirmek ve analog olarak entegre etmek için bir sinyal yükseltici kullanılmıştır.



Şekil 2 Çemberlitaş Sütunu temelinde zemin titreşim ölçümü.



Şekil 3 Hasır çelik ve kiriş betonların döşenmesi.

Ölçümlerin Değerlendirilmesi

Tarihi yapılar için TS ISO 4866 (2006) Standartındaki Tablo 1'e göre herhangi bir yöndeki en yüksek titreşim hızı değeri esas alınır. Bu norm, sarsıntular nedeniyle yapı tesislerinde, genellikle durağan zorlanmalar için ölçülen etkilerin bulunması ve değerlendirilmesini tespit etmektedir. Bu değerlendirmede, temeldeki titreşim hızının üç tekil bileşeninden en büyük olanı dikkate alınmaktadır.

Tablo 1 Kısa Süreli Titreşimlerin Hız Kriterleri.

No	Bina tipi	Titreşim hızı v_i (mm/sn)			
		Bina temel seviyesindeki frekanslar			Bina tavan seviyesindeki
		1-10 Hz	10-50Hz	50-100 Hz	Tüm frekanslar
1	Ticari olarak kullanılan, endüstriyel veya benzer biçimdeki yapılar	20	20 - 40	40 -50	40
2	Konut yapıları, konstrüksiyon ve/veya faydalanma açısından benzer türdeki yapılar	5	5 -15	15 - 20	15
3	Özel titreşim hassasiyetleri nedeniyle satır 1 ve satır 2'dekileri uygun olmayan ve özel koruma değeri bulunan (örneğin anıt koruması altında bulunan) yapılar	3	3 - 8	8 -10	8

Önemli tarihi yapılar için altyapı yenileme öncesi ve sonrasında yapılan ölçümlerin sonuçları, Tablo 2'de sunulmakta, burada ölçüm yapılan yer, titreşimin en üst düzeyde olduğu eksenler ve frekans aralığına göre titreşimlerin maksimum seviyeleri üç farklı durum için verilmektedir. Bu durumlar; taşıt olmayan anlardaki zemin titreşimleri, karayolu taşıtlarının neden olduğu titreşimler ve tramvay dizisi geçerken oluşan titreşimlerdir. Ayrıca tabloda araç olmaması durumu ve tramvay geçişi için ölçülen

titreşim seviyelerinin farkı hesaplanarak, yalnızca tramvayın meydana getirdiği titreşimler de belirlenmiştir, (Öztürk ve Erol, 2008).

Tablo 2 Tarihi Yapılar İçin Ölçümler.

Ölçüm Yeri	Ölçüm Durumu	Eksen	Frekans (Hz)	Titreşim seviyesi (mm/sn)	
				Altyapı yenileme öncesi	Altyapı yenileme sonrası
Çemberlitaş Sütunu	Taşıt yok	y	0-10	0.32	0.37
Çemberlitaş Sütunu	Karayolu taşıtı	y	0-10	0.41	0.41
Çemberlitaş Sütunu	Tramvay	z	0-10	0.42	0.38
Alay Köşkü	Taşıt yok	z	0-4	0.8	0.71
Alay Köşkü	Tramvay	x , y	0-10	1.7	1.56
Birlik Vakfı	Taşıt yok	x	0-5	0.4	0.4
Birlik Vakfı	Karayolu taşıtı	y	0-5	0.7	0.62
Birlik Vakfı	Tramvay	x	0-5	0.5	0.38
Caferağa Med.	Taşıt yok	x	0-10	1.2	1.4
Caferağa Med.	Tramvay	x	0-10	1.4	1.4
Köprülü Camisi	Taşıt yok	x, y,z	0-3	0.4	0.45
Köprülü Camisi	Karayolu taşıtı	z	0-3	1.7	1.55
Köprülü Camisi	Tramvay	z	0-3	1.2	0.59
Zeynep Sultan C.	Taşıt yok	y	0-3	0.4	0.34
Zeynep Sultan C.	Tramvay	x, z	0-10	2.2	2.0

Ölçüm sonuçları, sınır değerlerle karşılaştırıldığında tramvayın neden olduğu yapısal titreşimlerin en hassas ve tarihi binalar için ilgili standartta belirtilen hız genliğini altında kaldığı gözlenmiştir. Tramvay hattının ilgili bölgelerinde gerçekleştirilen alt yapı iyileştirme ve geliştirme çalışmalarının, tramvayların geçişlerinden kaynaklanan titreşim düzeylerinde bazı kesimler dışında önemli bölümünde %20'ye varan oranlarda azalma sağladığı görülmüştür. Çemberlitaş Sütunu ve Caferağa Medresesi önünde taşıt olmadığı zaman yapılan ölçümlerde titreşim seviyesinde bir miktar artış olduğu görülmüştür. Ölçümler sonucunda elde edilen raylı sistem kaynaklı titreşim genliklerinin tarihi yapıların yapısal durumunda herhangi bir tehlikeye neden olmayacağı düşünülmektedir. Diğer önemli bir husus ise, raylı sisteminin neden olduğu yapısal titreşimlerin, lastik tekerlekli taşıtların neden olduğu yapısal titreşimlerin altında kalmasıdır.

Gürültü Ölçümleri

İstanbul Kent İçi Raylı Sistemlerde Gürültü Nedenleri

Demiryollarında taşıtın hareketi sırasında yol ve araç özelliğine bağlı olarak; tekerleğin ray üstünde yuvarlanmasından, darbe etkilerinden, ondülasyon, tekerlek düzleşmesi gibi ray-tekerlek yüzey düzensizliklerinden de gürültü meydana gelmektedir. Örneğin, bir tekerlekte oluşan düzleşme 7-10 dB kadar daha fazla gürültüye neden olmaktadır.

Gürültü seviyesi aracın ve hattın uygun dizaynıyla çevre sakinlerini rahatsız etmeyecek düzeye indirilemezse, gürültü seviyesi standartlarına uygun olacak şekilde hat boyunca

gürültü bariyerleri vb. önlemler alınması gerekir. Son zamanlarda demiryolu projelerinde şartnameler çevre etkilerini de içermektedir. Gürültü standartları ülkelerde farklılık göstermekte olup, tramvay ve hafif metro araçlarından yayılan gürültünün ölçümü ISO 3095 Standartına göre yapılmıştır.

01.07.2005 tarihli 25862 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği'ne göre raylı sistemler için çevresel gürültü düzeyi gündüz (07:00-19:00) 65 dB(A) ve gece (23:00-07.00) 55dB(A)yı geçmemelidir. Ülkemizde olduğu gibi konut alanları için Fransa, İngiltere ve Almanya'da gündüz 65 dB(A) ve gece 55dB(A) gürültü limitleri kabul edilmiştir, Avrupa ülkelerinin gürültü limit değerlerinin ortalaması gündüz 61dB(A) ve gece 53 dB(A)dır.

İstanbul kent içi raylı sistemlerde görülen iki önemli gürültü kaynağı:Aksaray-Havaalanı hafif metro hattında ray mantarı ondülasyonu ve Kabataş-Bağcılar tramvay hattında küçük yarıçaplı çok dar kurplardır. Genel olarak ondülasyon ray üst yüzeyi üzerinde az ya da çok periyodik biçimlerde oluşan düzlemsel bozukluklar olarak tanımlanabilir. Ondülasyon tüm demiryollarında ve kentsel raylı sistem hatlarında, dingil yükünden bağımsız olarak değişik hızlarda oluşabilmekte ve 0,05mm'lik bir dalga derinliğinde gürültü düzeyinde hissedilen bir artışa neden olmaktadır. Dalga derinliği 0,1mm'nin üstünde çıktığında ise üstyapı bakım maliyetlerinin artmasına neden olabilmektedir, (UIC, 1979).

Tramvay hatlarında çok dar kurplar (30m yarıçaplı) bulunduğu için, taşıtın kurbu geçmesi sırasında oldukça rahatsız edici şekilde gürültü oluşmaktadır. Literatürde "wheel squeal" adı verilen ve tekerlek çınlaması olarak çevrilen bu gürültü, özellikle tramvay hattına çok yakın bulunan konut sakinlerini çok rahatsız etmektedir. Tekerlek çınlama gürültüsünün nedeni ile ilgili iki teori vardır, birincisi ve en çok kabul göreni tekerleğin yanıl sünmesi ve yapışma-kayma, diğeri ise buden teması ile birlikte yapışma-kayma hareketidir, (TCRP Report 23, 1997).

Kent İçi Raylı Sistemlerde Gürültü Ölçümü

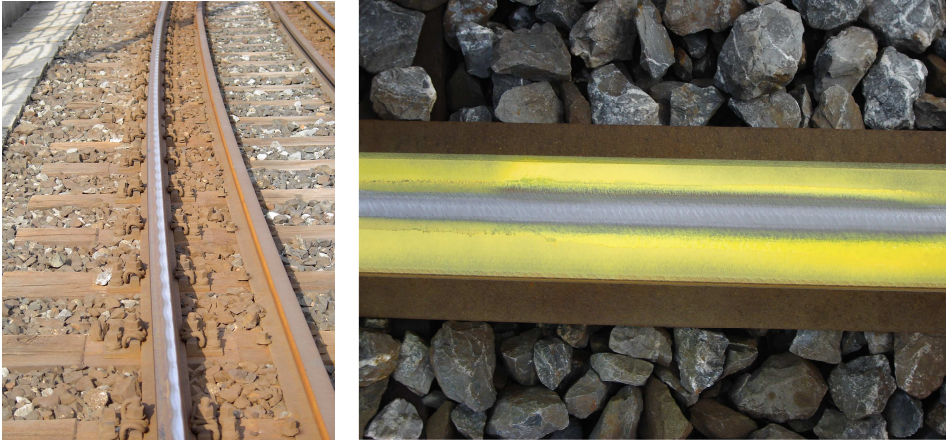
Gürültüye neden olan ondülasyonları tamamen önlemek mümkün değildir. Bunun için, dünyada kullanılan en yaygın yöntem rayların periyodik taşlanmasıdır. Her ülke kendi işletme şartlarına ve imkanlarına göre taşlama periyodunu belirlemektedir. Genelde, dalgalı aşınma derinliği 0,1mm'ye ulaştığı zaman taşlama yapılması gerektiği kabul edilmektedir. Modern taşlama makineleri ile dalgalı aşınmalar temizlenmekte ve rayın yanıl ve boyuna profili orjinal şekline göre düzeltilmektedir. Genelde ray taşlama periyodu, toplam trafik yüküne bağılı olarak belirlenmektedir. İstanbul Aksaray-Havaalanı metro hattının yıllık toplam trafik yükü 10,5 MGT olarak hesaplanmıştır. Genel olarak demiryolu kurumlarının uygulamalarına ve elde edilen deneyimlere göre taşlama periyodu belirlenmektedir. İstanbul hafif metro hattında R<600m olan yatay kurplarda yılda bir, diğeri bölgelerde iki yılda bir ray taşlama yapılmalıdır.

Ray taşlama makinesi ile tüm metro hattı taşlanmıştır ve gürültüde hissedilir bir azalma görülmüştür. Gürültüdeki azalmayı tespit etmek için, hafif metro hattına çok yakın olan Davutpaşa'da konutun yatak odasında gürültü seviyesi ölçülmüştür. Ölçüm, Brüel&Kjaer 2260 tipi SLM (sound level meter) cihazı ile A frekans ağırlık eğrileri kullanılarak yaklaşık 60 saniyelik sürelerde yapılmıştır. Ölçüm sonuçlarının anlamlı

olması için, gürültü ölçümleri aynı saatlerde (23:00-24:00 arası), aynı tren hızlarında ($V=80\text{km/sa}$) ve aynı noktada yapılmıştır.

Önlemler

Taşlama öncesinde konut içi gürültü düzeyi 60,1 dBA iken, taşlama sonrasında bu değer 44,0 dBA'ya düşmüştür, aynı şartlarda arka plan eşdeğer gürültü seviyesi 31,1 dBA ölçülmüştür. Ray mantarındaki dalgalı aşınmalar ray taşlama yöntemiyle temizlenerek, konut içi eşdeğer gürültü seviyesinde 16 dBA azalma sağlanmıştır.



Şekil 4 Taşlama öncesi ondülasyon ve taşlama sonrası ray-tekerlek temas yüzeyi.

Dar kurplardaki tekerlek çınlama gürültüsünü azaltmak için, kurbun başına sabit ray yağlama pompası monte edilmiş ve ray mantarı üstüne sürtünme modifiyerleri uygulanmıştır. Tren geçişini algılayarak otomatik olarak ray mantarı üstüne modifiyer malzeme uygulanmaktadır, (ray mantarına uygulanan bu malzeme Lubcon Firmasına ait Sintono Terra HLK gres yağıdır). Her iki ray mantarının iç köşesine 35cm aralıklarla açılan 4mm çapındaki 4'er adet deliklere yağlama hortumları bağlanmıştır, yağlama deliklerinin 100m gerisinde ray altına monte edilen sensör, üzerinden geçen trenleri saymaktadır ve sayım değerini yağlama panosuna iletmektedir. Pano içindeki elektronik kontrol ünitesi, belirlenmiş olan tren sayısına göre gres pompalama işlemini gerçekleştirmektedir. Kontrol ünitesinde kaç trende bir yağlama yapılacağı ve her seferinde kaç pompalama yapılacağı ayarlanabilmektedir. Deneme testleri sonunda her üç trende bir pompalamanın yeterli olduğu görülmüştür. Pompanın her basma işleminde 1,4 gr gres yağı ray mantarı üstüne yayılmaktadır.

Sürtünme modifiyerleri uygulamak, özellikle gürültüyü azaltmak için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu modifiyerlerin su bazlı malzemesi olup, su buharlaştığı zaman ray üstünde ince kuru bir film tabakası oluşur. Ray üstü modifiyeri ray üstündeki sürtünme katsayısını 0,40-0,60 değerlerinden optimum seviye olan 0,30-0,35'e düşürürken, yanal yükleri de azaltarak tekerlek çınlama temas gürültüsünü de azaltır. Ray sürtünme katsayısının 0,30'un altında olması ise, frenleme mesafesinin artmasına, rayda ve tekerlekte temas yorulmasına neden olur. Modifiyerler, yağlama sürtünme eğrisini modifiye ederek rayla bandaj arasındaki yapışma-kayma (stick-slip) hareketini azaltır veya yok eder. Sürtünme modifiyerleri kurbun her iki rayı üstüne uygulanmalıdır. Çünkü kurbun dış ve iç ray mantarında farklı sürtünmelerin olması bojinin dönüşünü zorlar ve raya gelen kuvvetleri artırır, (Donald, 2003).

Zeytinburnu-Bağcılar tramvay hattında Güngören'de, 30m yarıçaplı çok dar kurptan geçen taşıtlardan kaynaklanan tekerlek çınlama gürültüsünde yağlama sonrası azalma sağlanmıştır. Yağlama pompası monte edilmeden önce (07.11.2006 tarihinde) eşdeğer gürültü seviyesi 97,47 dBA iken, yağlamadan sonraki gürültü seviyesi (23.01.2007 tarihinde) 76,4 dBA ve tramvay aracının geçmediği arka plan gürültüsü 74 dBA olarak ölçülmüştür. Ray mantarı yağlama sayesinde eşdeğer gürültü seviyesi 19 dBA azalarak rahatsız edici olmayan seviyeye düşmüştür, ayrıca karayolu araçlarından kaynaklanan ortam gürültüsünden sadece 2,4dBA daha fazla çıkmıştır. Tramvay hattında tekerlek çınlama gürültüsünü ve yanal ray aşınmasını azaltmak için, yarıçapı 100 metrenin altında olan tüm yatay kurpların başlarına sabit ray yağlama pompaları monte edilmiştir.

Konfor İle ilgili Çalışmalar

Yolculuk konforu, titreşim ivmesinden ve aracın bir yöndeki hareketinden kaynaklanan değişimlerden, gürültüden, sıcaklıktan, renkten, nemden, havalandırmadan, aracın iç ve dış perspektif yapısından etkilenir. Konfor kavramı kısaca yolcu ve sürücü için doğru ve uygun seçilmiş çevre olarak özetlenebilir. Günümüzde konfor kavramı taşıt dinamiğini de içine almış olup, bu belki de en önemli faktörlerden birini oluşturmaktadır.

Titreşim Ölçümü

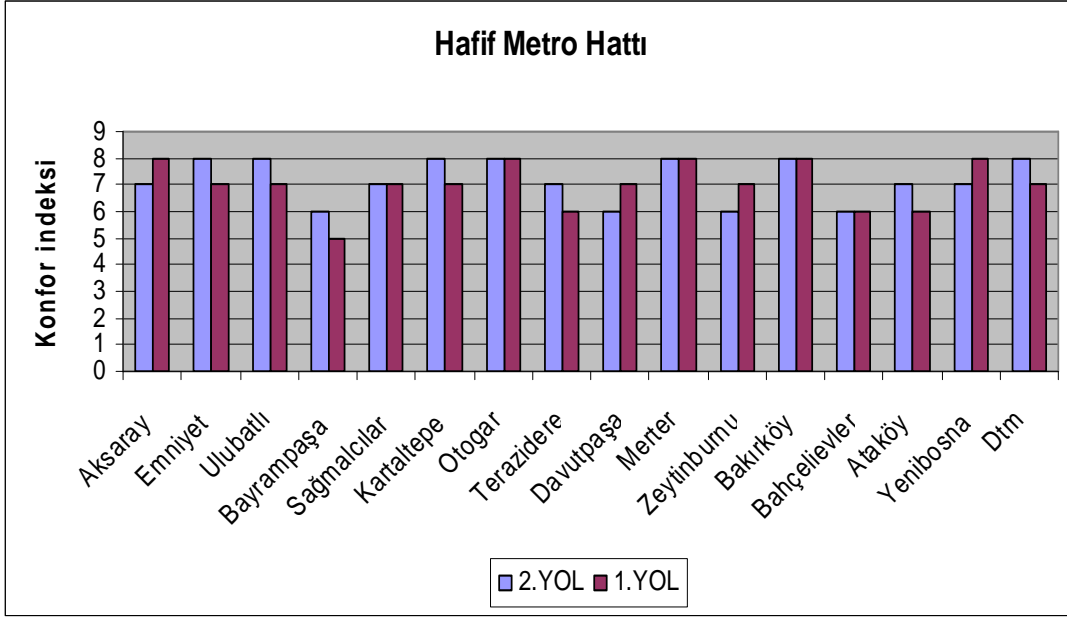
Çalışmada, incelenen her iki raylı sistemde, yolcuların ve sürücünün maruz kaldığı tüm titreşimler, yolcunun konfor seviyesini belirlemek amacıyla incelenmektedir. Ölçümlerde kullanılan cihaz olan ivme ölçer, demiryolu aracının içinde en uzun süre bulunmak zorunda kalan sürücünün oturduğu koltuğun altına yerleştirilmiştir. Ölçümler, 17 Nisan 2008 tarihinde saat 12⁰⁰-19³⁰ arasında ve önce Aksaray-Havalimanı arasında çalışmakta olan hafif metroda gidiş ve dönüş süresi içinde, birbirini izleyen istasyonlar arasında yapılmıştır. İkinci olarak, Zeytinburnu-Eminönü-Kabataş arasında çalışmakta olan tramvayda aynı şekilde gidiş ve dönüş süresince, ardışık istasyonlar arasında yapılmıştır. Ölçümlerde taşıt içerisindeki gürültü düzeyleri, görsel etkiler, sıcaklık, nem oranı, taşıtların yolcu yoğunlukları ve taşıt hızları kontrol edilmemiştir.

Değerlendirme

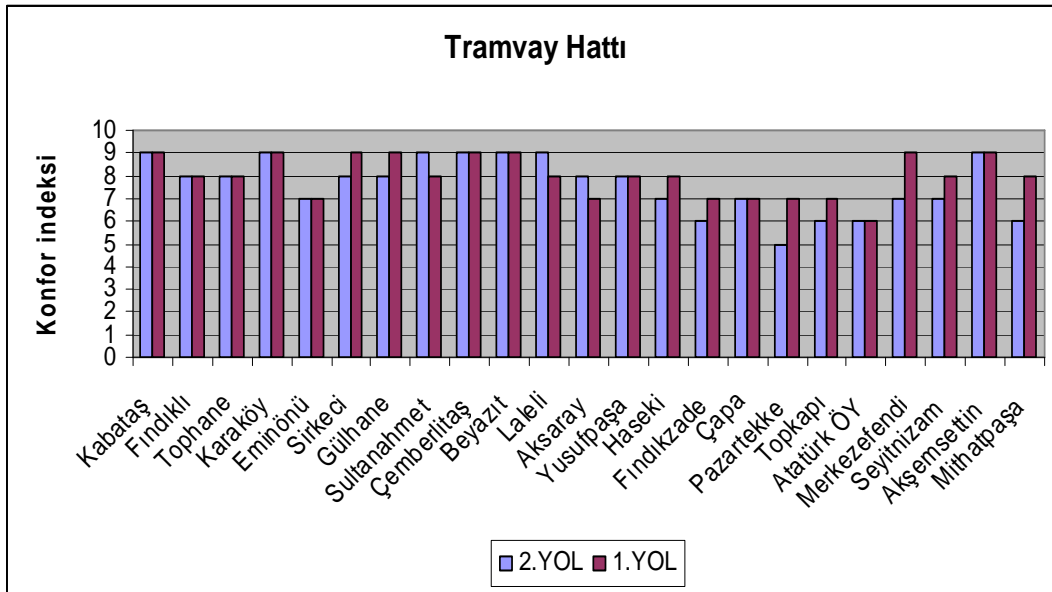
Yolcu ve sürücü konforunu belirlemek amacıyla ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi için TS EN ISO 8041 (2006) Standartından yararlanılmıştır. Ölçümler ve analizler için Brüel&Kjaer firmasının bilgisayar tabanlı PULSE Type 3560C sistemi kullanılmıştır.

İnsan faktörleri (yaş, deneyim, zihinsel aktivite, alkol, konfor beklentisi, aktivite vb.), fiziksel faktörler (sıcaklık, duman, gürültü, koltuk şekli, koltuk hacmi vb.), taşıt hızı, hat parametreleri (kurp yarıçapı, bozukluklar, parabol boyu vb.) ve taşıt parametreleri (süspansiyon, araç gövdesi, koltuk, yana yatma kontrolü vb.) yolculuk konforunu etkilemektedir. Taşıt-hat etkileşiminden kaynaklanan boyuna, enine ve düşey yönlerde dinamik hareket faktörleri (yanal ivme, ivme değişimi, açısal hareket, ani hareketler) yolculuk konforunun değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Çok farklı konfor değerlendirme yöntemi olmakla birlikte, standarda göre 0.5-80 Hz frekans aralığında ve 1/3 oktav bantlarında ivmeye dayanarak hesaplanan ortalama konfor seviyesi kullanılmıştır. Uluslararası Standartlar Birliği (ISO) yolculuk konforu ile ilgili titreşim

ivme ölçüm yöntemini ve sonuçlarını değerlendirme esaslarını belirlemiş, ancak konforla ilgili limit değerleri belirlememiştir. Çünkü bu değerler; yolcuların okuma, yazma, içme, uyuma gibi aktiviteleri ile ilgili olarak bir çok faktöre bağlıdır. Bunun yerine titreşim ivme değerlerine karşı olası muhtemel tepkiler belirlenmiştir. Yolculuk tepkileri yolculuk süresine, yolcunun ilgili olduğu aktiviteye ve akustik gürültü, sıcaklık, nem gibi daha birçok faktöre bağlıdır. ISO Standartında göreceli sayısal konfor değerlendirmesi için, 1'den 10'a puanlama yöntemi uygulanmıştır. 1 konfor bakımından en kötü durumu ifade ederken, 10 titreşimler açısından taşıtın çok konforlu olduğunu belirtmektedir. Konfor indeksleri; metro hattı için Şekil 5'te, tramvay hattı için Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 5 Aksaray-Havalimanı hafif metro hattı yolculuk konforu.



Şekil 6 Zeytinburnu-Kabataş tramvay hattı yolculuk konforu.

Önlemler

Aksaray-Havalimanı metro hattında konforun kötü olduğu kesimler incelendiğinde, balast ve muhtemelen altyapı problemlerinin önemli olduğu gözlenmiştir. Hattın ray taşlama, nivelmanlı dressajlı buraj gibi klasik bakımları yapılmasına rağmen, taşıt içindeki sarsıntılar ve buna bağlı olarak titreşim ivmeleri yüksek çıkmaktadır. Buraj bakımından sonra hat kalitesinin çabuk bozulmasının nedenlerinden biri, balast kalitesinin bozuk olması ve balastın kirli olmasıdır, (Chrismer and Read, 1994). Balast dışında altyapıdaki oturmalar ve drenaj sorunları da hat kalitesini olumsuz etkileyebilmektedir. Ayrıca burajdan sonra balastın köşegenliğinin bozularak yuvarlaklaşması stabilitenin azalmasına neden olur. Balast eleme ile ilgili kriter, ERRI D182 Standartında verilmektedir ve buna göre 22.5 mm elek çapından geçen balastın ağırlık olarak oranı %30'a ulaştığında balast eleme işleminin yapılması gerekir, (Esveld, 2001).

Zeytinburnu-Eminönü-Kabataş tramvay hattında ise, eski üstyapı ile yeni beton üstyapı arasında konfor açısından büyük farklar görülmektedir. Ray bağlantı elemanı ve taşıma mukavemeti yetersiz olan eski üstyapı bulunan kısımlarda yolculuk konforu düşük çıkarken, üstyapısı yenilenmiş ve betona tespitli hale getirilmiş kısımlarda konfor düzeyi yüksek çıkmaktadır. Burada en önemli sorun, üstyapı tasarımının zaman içinde artan trafik yükü altında yetersiz kalması ve hat geometrisinin çok sık bozularak taşıtta açısal dönme hareketlerinin olmasıdır.

Sonuçlar

Çalışmada, İstanbul kent içi raylı sistemlerde taşıtlardan kaynaklanan titreşim ve gürültünün çevre yapıları ve yolculara etkisi ölçülmüş, elde edilen değerler standartlara göre incelenmiştir. Alınan önlemler sonucunda işlem tekrarlanarak elde edilen önemli sonuçlar aşağıda sunulmuştur:

- Tramvayın neden olduğu yapısal titreşimlerin en hassas ve tarihi binalar için ilgili standartta belirtilen hız genliğinin oldukça altında kaldığı gözlenmiştir.
- Tramvay hattının ilgili bölgelerinde gerçekleştirilen alt yapı iyileştirme ve geliştirme çalışmalarının, tramvayların geçişlerinden kaynaklanan titreşim düzeylerinde bazı kesimler hariç genelde %20'ye varan oranlarda bir azalma sağladığı görülmüştür.
- Burada raylı sistemin neden olduğu yapısal titreşimlerin, lastik tekerlekli taşıtların neden olduğu yapısal titreşimlerin altında kaldığı görülmüştür.
- Hafif metro hattında ray mantarındaki dalgalı aşınmaların ray taşlama yöntemiyle giderilmesi sonucunda, konut içi eşdeğer gürültü seviyesinde 16 dBA azalma sağlanmıştır.
- İstanbul hafif metro hattında yarıçapı küçük ($R < 600m$) olan yatay kurplarda yılda bir, diğer bölgelerde iki yılda bir ray taşlama işlemi yapılması gerekliliği görülmektedir.
- Zeytinburnu-Bağcılar tramvay hattında Güngören'de, 30m yarıçaplı çok dar kurptan geçen taşıtlardan kaynaklanan tekerlek çınlama gürültüsünde yağlama sonrası 19 dBA azalma sağlanmıştır.

- Tramvay hattında tekerlek çınlama gürültüsünü ve yanal ray aşınmasını azaltmak için, yarıçapı 100 metrenin altında olan tüm yatay kurpların başlarına sabit ray yağlama pompaları monte edilmelidir.
- Metro hattında balast ve altyapı tabakalarındaki sorunların yolculuk konforunu olumsuz etkilediği kanaatine varılmıştır.
- Tramvay hattında betona tespitli yapılan kesimlerde yolculuk konforunun iyi olduğu, eski üstyapı bulunan kesimlerde konforun düşük olduğu belirlenmiştir.

Sonuç olarak, ray-tekerlek temas yüzeyindeki pürüzlülükler ve yol geometrisindeki bozukluklar titreşim ve gürültüye neden olan en önemli faktörlerdir. Bu nedenle öncelikle artan trafik yüklerini taşıyabilecek şekilde yol yapısının uygun ve betona tespitli olması gereklidir. Özellikle tarihi yapılar, hastane, okul gibi titreşime duyarlı yapıların yakınında ray altında titreşim sönümleyici elastik tabakalar kullanılması zorunludur. Bunun yanında mevcut hatlarda sürekli iyileştirme ve periyodik bakım çalışmaları yapılmalıdır. Gürültü açısından ray taşlama ve ray yağlama pompaları faydalı önlemler olarak görülmektedir.

Teşekkür: Bu çalışmaya verdiği destekten dolayı İTÜ Makine Fakültesi Öğretim Üyesi Doç. Dr. Haluk Erol'a teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Chrismer S. and Read D. M. (1994) Examining Ballast and Subgrade Conditions, Railway Track and Structures, Vol 90(6), pp.39-42.

Donald T. Eadie (2003), Kelsan Technologies Corp., Haziran 2003.

Esveld C. (2001) Modern Railway Track. MRT-Productions, Duisburg, Germany, ISBN 90-800324-3-3 (2nd edition).

Öztürk Z., Erol H. (2008) Eminönü-Zeytinburnu Tramvayının Tarihi Yapılarda Oluşturduğu Titreşimlerin Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi, İTÜ Makine Fakültesi.

TCRP Report 23 (1997). Wheel/Rail Noise Control Manuel, 203, Transport Research Board.

TS ISO 8041 (2006) Titreşime Karşı İnsan Tepkisi-Ölçme Düzenegi, TSE, Ankara

TS ISO 4866 (2006) Mekanik Titreşim ve Şok-Binaların Titreşimi-Titreşimin Ölçülmesi ve Binalara Etkilerinin Değerlendirilmesi İçin Kılavuz, TSE, Ankara

UIC International Eisenbahnverband (1979) Katalog der Schienenfehler, Utrecht.

Asfalt Kaplamalarda Arazi ve Laboratuar Örneklerinin Boşluk Dağılımlarının Bilgisayarlı Tomografi Tekniği ile Karşılaştırılması

Yrd. Doç. Dr. Erol İskender, Yrd. Doç. Dr. Atakan Aksoy

iskendererol@hotmail.com

(0456) 233 74 25-149

Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü,
Gümüşhane

İnş. Yük. Müh. Celaledin E. Şengül

celensen@hotmail.com

DSİ Trabzon Bölge Müdürlüğü, Trabzon

Öz

Asfalt betonu; bitümlü bağlayıcı, agrega ve hava boşlukları olmak üzere üç bileşenden oluşmaktadır. Bileşenlerin miktarları karışım performansını önemli derecede etkilemektedir. Hava boşlukları; laboratuarda üretilen özdeş briketler ve arazi ortamından alınan karot örnekleri arasında farklı miktarlarda olabilmektedir. Pratik olarak, aynı karışım için, farklı örneklerdeki kaba agrega ve boşluk hacminin aynı olacağı düşünülse de, aynı performans değerlerini göstermeleri için bu bileşenlerin örnek içerisinde aynı dağılımı göstermesi veya bileşenlerin örnek içerisinde homojen ya da homojene yakın olarak dağılması gerektiği bilinmektedir. Bilgisayarlı tomografi tekniği ile sıkıştırılmış asfalt karışım içerisindeki boşluklar, kaba agregalar ve bunların üç boyutlu dağılımları görülebilmektedir. Bu amaç ile, tıp alanında kullanılan bilgisayarlı tomografi cihazı ile laboratuarda hazırlanan ve araziden alınan karot örneklerinin tomografi görüntüleri alındı. Tamamen hasarsız olan bu yöntemin ardından, aynı gradasyona sahip örneklerle dolaylı çekme mukavemeti deneyi yapıldı. Dolaylı çekme mukavemeti deneyi, örnek tamamen dağılmadan önce sonlandırıldı. Deneyden sonra ikinci kez, örneklerle aynı doğrultu ve yönde tomografi çekildi. Deneyden önceki görüntüler yardımı ile boşlukların ve kaba agregaların her zaman karışım içerisinde homojene yakın bir şekilde dağılmadığı, boşluklarda kümelenmelerin olduğu görüldü. Laboratuarda hazırlanan briketlerde kaba agregalar daha çok briketin kenarlarında yer alırken araziden alınan karot örneklerinde rastgele bir durumun olduğu anlaşıldı. Deneyden önceki ve sonraki görüntüler, dolaylı çekme çatlamasının kaba agregalara ve boşluklara göre nasıl geliştiği konusunda bilgi edinmek amacı ile karşılaştırıldı. Çatlamalar, dolaylı çekme mukavemeti deney düzeneğinin alt ve üst çenesine yaklaşık olarak paralel ve düzlemsele yakın olarak gerçekleşti. Çatlamaların örneğin merkezinden başladığı ve boşlukları birleştirerek geliştiği görüldü.

Anahtar kelimeler: Bilgisayarlı tomografi, dolaylı çekme mukavemeti, asfalt betonu.

Giriş

Asfalt karışımlar, temel olarak bitümlü bağlayıcı ve agregalardan oluşmaktadır. Fakat karıştırma ve sıkıştırma sonucunda kaplama içerisinde istenen orandan az veya çok hava boşluğu kalmaktadır. Hava boşluğu dahil bileşenlerin her birinin oranı ve bileşimi kaplama performansını önemli derecede etkilemektedir. Tasarımda esas alınan hava boşluğu oranının uygulama sırasında elde edilebilmesi güç olmaktadır. Boşlukların dağılışı başka bir problemi olarak gözükmemektedir.

Asfalt betonunun bileşenlerinin yersel hacim fraksiyonlarının uzaysal olarak değişebildiği, uzaysal gradyandan dolayı karışımın ve karışımı oluşturan bileşenlerin arazi performans değişkenliği üzerinde önemli etkisi olduğu vurgulanmaktadır (Wang ve diğ., 2004).

Özellikle boşlukların ve kaba agregaların kaplama veya hazırlanan örnek içerisindeki muhtemel dağılışılarından dolayı, asfalt karışımları heterojen karışımlar olarak değerlendirilmelidir.

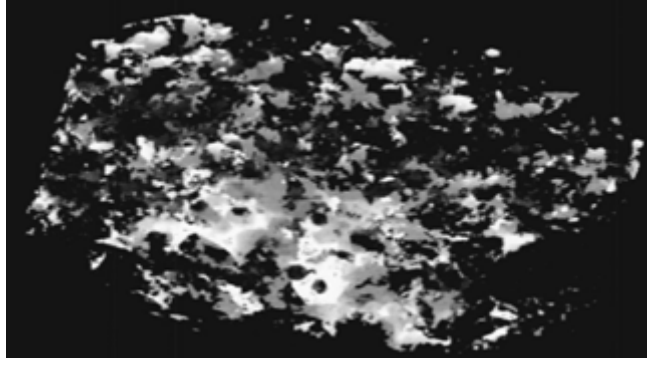
Bu bağlamda, asfalt karışımların heterojen karışımlar olarak değerlendirilmesiyle, makro ölçekli sayılacak deneylerin gerçekleştirilmesi ile performans karşılaştırmalarının yapılma zorluğu oluşmaktadır (Dunning ve Mendenhall, 1978; Pendrys, 1989; Petersen, 1984; Welborb, 1984; Atlas, 1981; Noureldin, 1995)

Asfalt karışımlar üzerinde, hasarsız test yöntemleri uygulaması ile daha doğru karşılaştırmaların yapılabileceği düşünülmektedir. Dolaylı çekme deneyi hasarsız bir yöntem olarak sunulabilir. Yalnızca bu deneyle performans değerlendirmesi kaçınılmaz olumsuzluklar ortaya çıkaracaktır.

Hasar mekanizmalarının anlaşılması ve daha kısa süreler içerisinde daha doğru sonuçların alınmasında, bilgisayarlı görüntü analizleri ile kaplamanın değerlendirilmesi ve görüntü değerlendirmelerinin mekaniksel testlere uygulanması ile daha doğru laboratuvar ve arazi performans karşılaştırmalarının yapılabileceği düşünülmektedir.

İki bileşenli katılar ile hava boşlukları arasında, önerilen basitleştirilmiş karışım teorisi, asfalt betonunda boşluk homojensizliğini ve homojen olmayan boşluk dağılışıyla ilgili olarak, dolaylı oluşan gerilmeleri açıklayabildiği anlaşılmıştır. Basitleştirilmiş teori kullanılarak, basit iki boyutlu ve bir boyutlu analitik çözümler, asfalt betonunun mekanik davranışını algılamada bakış açısı getirmektedir. Karışım özelliklerini tanımlamada, daha ileri teoriler kullanılarak agrega ve bağlayıcı arakesitindeki davranış yansıtılabilmektedir (Wang ve diğ., 2004). Şekil 1’de briketin boşluk sistemi üç eksenli olarak verilmiştir. Bu şekilden boşlukların ne kadar bağlantılı olduğu görülebilmektedir.

Bilgisayarlı tomografi görüntüleri ile asfalt karışımlarının incelendiği diğer bir araştırmada, karışımlara yorulma deneylerinin uygulandığı, gerilme üreten yorulma testlerinin tekrarlı yükler altında çapsal doğrultuda sıkışma uyguladığı, çatlakların taranması ve takip edilmesi sonucunda, çatlak gelişiminin örneklerdeki orijinal boşluk yörüngelerinden etkilendiği görülmüştür (Delson ve Ricardo, 2003).



Şekil 1. Boşluk sisteminin üç eksenli gösterimi (Wang ve diğ., 2004).

Görüntüleme yöntemleri ile, içsel yapının analizi ile birlikte, agrega iskeleti dağılımı, mineral agrega arası boşluk değerlendirilebilmektedir. Kameraya bağlı bir mikroskop ile iki boyutlu görüntüler veya X-ışını tomografi sistemi kullanılarak üç boyutlu görüntüler elde edilebilmektedir. Bu ilerlemelerin, darbe modellenmesi, tasarım, üretim ve asfalt kaplamaların geleceği ile ilgili araştırmalarda yararlı olacağı düşünülmektedir. Hasarsız test yöntemlerinin de “hasarlı olduğu” düşünülürse, hasarsız görüntüleme yöntemlerinin içsel yapı dağılışının gerçek tanımlamasını vereceği anlaşılmaktadır. Farklı laboratuvar sıkıştırma yöntemleri arasındaki farkların anlaşılmasında, laboratuvar sıkıştırma yöntemlerinin arazi sıkışmasını simüle edebilme yeteneğinin geliştirilmesi noktasında ve sıcak karışım asfaltların geçirimsizliğinin anlaşılmasında da görüntüleme yöntemi yararlı olacaktır. Sıcak karışım asfaltların tasarım süreci, görüntüleme yöntemi ile, optimum ve homojen agrega çatısının ve uyumunun oluştuğu, doğru asfalt film kalınlığının sağlandığı noktalarda yararlı olacaktır. Çünkü mekaniksel değerlendirme süreçlerinde, özdeş örnekler arası varyans azalacak ve daha doğru karşılaştırmalar yapılabilecektir. Rölatif özdeş örnek değişkenliği en aza indirilecektir. Asfalt kaplama kalınlığının artışına bağlı olarak oluşacak segregasyonun gelişiminin anlaşılmasında da yararlı olacaktır (Masad ve Button, 2004; Masad ve diğ., 2004).

Laboratuvar örnekleri ve Superpave konik sıkıştırıcı kullanılarak parametreler bilgisayarlı tomografi tekniği ile değerlendirildiği bir çalışmada laboratuvarda agrega iskeleti içerisinde tercih edilen uyumun belli bir sıkıştırma enerjisine kadar arttığı, bununla birlikte laboratuvarda agrega yapısının daha rastgele bir uyum içerisinde olabildiği görülmüştür. Örneklerdeki boşluk dağılımının üniform olmadığı, konik sıkıştırılan örneklerde daha fazla olarak içsel boşluğun üst ve alt kısımlarda oluştuğu ve konik sıkıştırılan örneklerin daha yüksek döngü sayısında arazide nihai bir agrega uyumuna ulaştığı, buna karşın daha az sayıdaki döngüde karot örneklerdeki boşluk yüzdesine ulaşıldığı görülmüştür. Kaba gradasyonlu örneklerin görüntü analizi ile daha iyi incelenebildiği anlaşılmıştır (Masad ve diğ., 1999).

Çalışma, arazi ve laboratuvar örneklerinin, bilgisayarlı tomografi ile hava boşluğu ve kaba agregalarının dağılımının irdelenmesi üzerine odaklandırılmıştır. Ayrıca iki farklı sıcaklıkta yapılan dolaylı çekme mukavemeti deneyi ile hem farklı sıcaklıklardaki çatlama şekilleri hem de hava boşluklarının çatlama üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

Yöntem

Çalışmada hem arazi (karot) hem de laboratuvar (Marshall briketi) örnekleri kullanılmıştır. Bu amaçla, aşınma tabakasından alınan çok sayıda karot örneğinden titizlikle 6 karot örneği seçilmiş ve laboratuvar da aynı tasarımda 6 adet Marshall briketi üretilmiştir. Arazi ve laboratuvar örneklerine ait özellikler Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Örneklerin mühendislik özellikleri

	Örnek No	Ortalama Yükseklik (mm)	Pratik birim ağırlık (gr/cm ³)	Max teorik birim ağırlık (gr/cm ³)	Hava boşluğu (%)	Mineral agregalar arası boşluk (%)	Asfaltla dolu boşluk %
Arazi örnekleri	1	65,9	2,488	2,618	4,95	15,58	68,20
	2	52,0	2,479	2,618	5,31	15,89	66,61
	3	54,9	2,477	2,618	5,38	15,96	66,28
	4	60,0	2,488	2,618	4,98	15,60	68,09
	5	55,1	2,482	2,618	5,18	15,78	67,18
	6	61,7	2,473	2,618	5,51	16,08	65,70
Laboratuvar örnekleri	1	60,2	2,532	2,618	3,3	14,1	76,7
	2	60,5	2,518	2,618	3,8	14,6	73,9
	3	60,0	2,522	2,618	3,7	14,4	74,6
	4	59,7	2,519	2,618	3,8	14,5	74,0
	5	60,9	2,525	2,618	3,6	14,3	75,2
	6	60,1	2,517	2,618	3,9	14,6	73,6

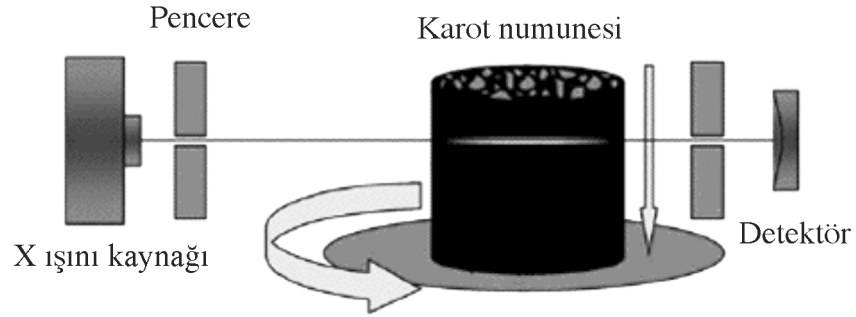
Dolaylı çekme mukavemeti deneyi yapmadan önce örneklerin tomografi görüntüleri alındı. Bu şekilde çatlamanın, örneğin hangi bölgesinde geliştiğinin görülmesi amaçlandı.

Asfalt Örneklerine Bilgisayarlı Tomografi Uygulaması

Tıp alanında kullanılan ve hasarsız bir test yöntemi olan bilgisayarlı tomografi tekniği inşaat mühendisliği alanında asfalt karışımlara da uygulanabilmektedir (URL 1). Briketlerin çeşitli kesitlerinden yapılan incelemeler ile boşluk ve agrega dağılımları belirlenebilmektedir (Delson ve Ricardo, 2003; Masad ve diğ., 1999; Delson ve diğ., 1999a; Delson ve diğ., 1999b; Delson ve diğ., 2000; Masad ve diğ., 2002; Wang ve diğ., 2003; Linbing ve Wang, 2003; Chang ve diğ., 2003; Eyad ve Joe, 2004; Romero ve Masad, 2001). Bilgisayarlı tomografi sisteminin temel uygulanış biçimi Şekil 2’de şematik olarak sunulmuştur. Uygulama ile sıkıştırılmış briket örneklerinin farklı düzeylerinden kesit alınabilmektedir (Wang ve diğ., 2003).

Örneğe ait tomografi kesit aralıkları cihazın özelliklerine göre istenilen büyüklükte seçilebilmektedir. Değerlendirme aşamasında, iki boyutlu görüntülerden yararlanılabildiği gibi çeşitli programlar yardımı ile üç boyutlu görüntüler üretilmektedir. Üretilen üç boyutlu görüntünün kalitesi, ardışık iki kesit arasındaki mesafenin ne kadar küçük olduğu ve X ışınının şiddet ve dalga boyu ile ilgilidir. Çalışmada, 250 mas, 120kw, CTDI vol 52,65 mGy ve 0,75mm kesit aralıklarıyla görüntüler alındı. Bu görüntüler daha sonra üç boyutlu görüntüleme yapabilen program yardımı ile birleştirilerek yorumlandı. Şekil 3’te tomografi çekimi sırasında çekilen bir

görüntü sunulmuştur. Şekilden, aynı anda birden fazla örneğin tomografisinin çekilebileceği görülebilmektedir. Ancak briketlerin yönünün ve sırasının titizlikle ayarlanması gerekmektedir.



Şekil 2. XRT görüntüleme şematik gösterimi (Wang ve diğ., 2003).



Şekil 3. Tomografi çekimi sırasındaki görüntü (İskender, 2008).

Dolaylı Çekme Mukavemeti Deneyi

Dolaylı çekme mukavemeti deneyi, daha çok kaplamanın çatlama özelliğiyle ilgili olarak asfalt betonunun çekme özelliğini belirlemek için kullanılmaktadır. Bu deney, karşılıklı iki yükleme çubuğu ile örneğin eksen düzlemi boyunca basınç yükü uygulanması şeklinde özetlenebilmektedir. Bu yükleme şekli üniform çekme gerilmesi oluşturmaktadır (Anagnos ve Kennedy, 1972).

Marshall örnekleri kullanılabilir ve deneyi yapmak kolaydır. Yüzey bozuklukları, sonucu önemli derecede etkilememektedir ve deney sonucunun varyasyon katsayısı düşüktür (Maupin, 1972). Deney ekipmanı olarak Marshall stabilitesi deney aleti ve dolaylı çekme gerilmesi deney donanımı (ASTM D4123) kullanılmıştır. Deney 10°C ve 20°C sıcaklıklarda uygulanmıştır. Çatlama gelişimini belirleyebilmek için örnek tamamen dağılmadan deneyin sonlandırılmasına dikkat edilmiştir.

Tartışma ve Sonuçlar

Bilgisayarlı tomografi uygulaması, düşük sıcaklık çatlama probleminin görsel olarak değerlendirilebilmesi, çatlama şekillerinin belirlenebilmesi, boşluk varlığının ve dağılımının incelenebilmesi ve farklı sıcaklıklardaki çatlama gelişiminin gözlemlenebilmesi amacıyla gerçekleştirildi. Deneylerden önce, çalışmada kullanılan bütün örnekler KTÜ Tıp Fakültesi Farabi Hastanesi'nde tomografi çekilmesine rağmen 10°C sıcaklıktaki dolaylı çekme mukavemeti deneyinde örneklerde gevrek bir kırılma

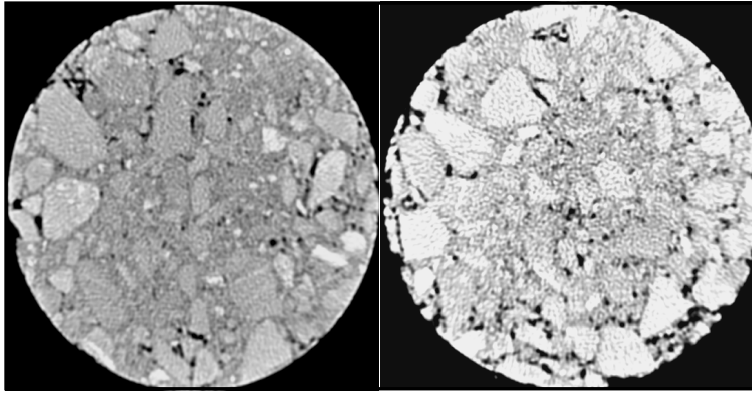
oluşturduğundan ve aniden dağıldıklarından bu örnekler ikinci tomografiler çekilemedi ve 20°C'deki örnekler bilgisayarlı tomografi yöntemiyle değerlendirildi. 10°C ve 20°C sıcaklıklarda örneklerin dayanımları Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2. Dolaylı çekme mukavemeti deneyi sonuçları (kN).

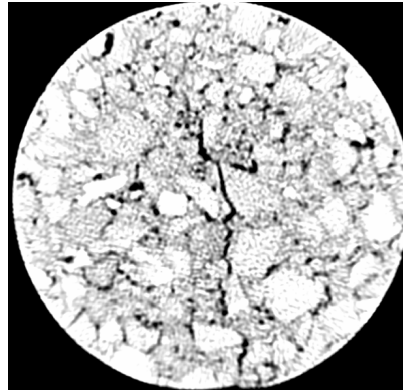
Örnek No	Laboratuvar	Arazi	Örnek No	Laboratuvar	Arazi
	örnekleri	örnekleri		örnekleri	örnekleri
10°C			20°C		
1	23,30	22,46	4	19,39	13,92
2	22,97	19,53	5	14,90	14,46
3	24,35	19,17	6	17,39	14,71
Ortalama	23,54	20,39	Ortalama	17,23	14,36

Tomografi görüntüleri iki boyutlu veya üç boyutlu olarak değerlendirilebilmektedir. İki boyutlu görüntülerde, bir örneğe ait çok sayıda görüntü arasından (yaklaşık 100 adet) seçilen kesitlerden boşluk dağılımı veya kaba agregaların dağılımı incelenebilmektedir. Fakat boşlukların birbirleri ile olan bağlantılarını iki boyutta görmek mümkün değildir.

Şekil 4 – Şekil 5'te laboratuvar ve karot örneklerinin iri boyuttaki agregalarının dağılımı iki boyutlu olarak görülebilmektedir. Bu şekillerden, laboratuvar örneklerindeki kaba agregaların genellikle briketin kenarlarında yer alma eğiliminde oldukları buna rağmen arazi örneklerinde ise daha homojen bir dağılımın olduğu görülmüştür (İskender, 2008). Ayrıca Marshall briketlerinde, dolaylı çekme mukavemeti deneyinden önce, agregalarda, sıkıştırma yöntemine bağlı kırılmalar olduğu görülmüştür (Şekil 6).

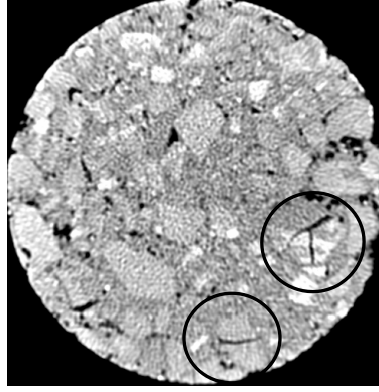


Şekil 4. 5 ve 6 numaralı laboratuvar örnekleri



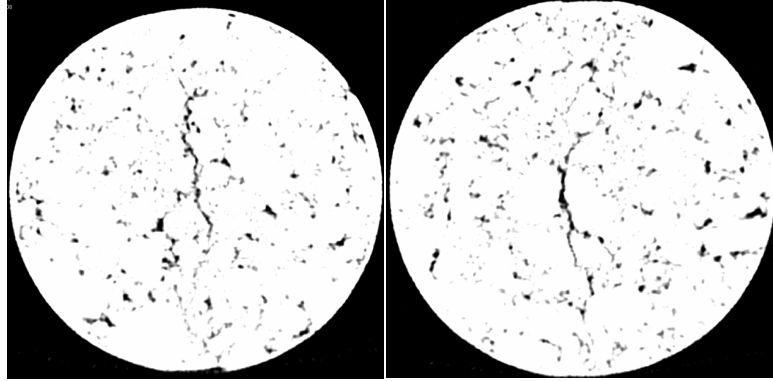
Şekil 5. Karot örnekleri

10°C sıcaklıkta örneklerde ani bir kırılma meydana gelmiş, deney sonlandırılmadan örnekler tamamen parçalara bölünmüştür. Bu örneklerde, kırılma düzlemindeki agregalarda kırılmalar oluşmuştur. Fakat 20°C sıcaklıkta kırılmalar agregalarda değil mastik (bitüm-filer) kısımda gerçekleşmiştir.

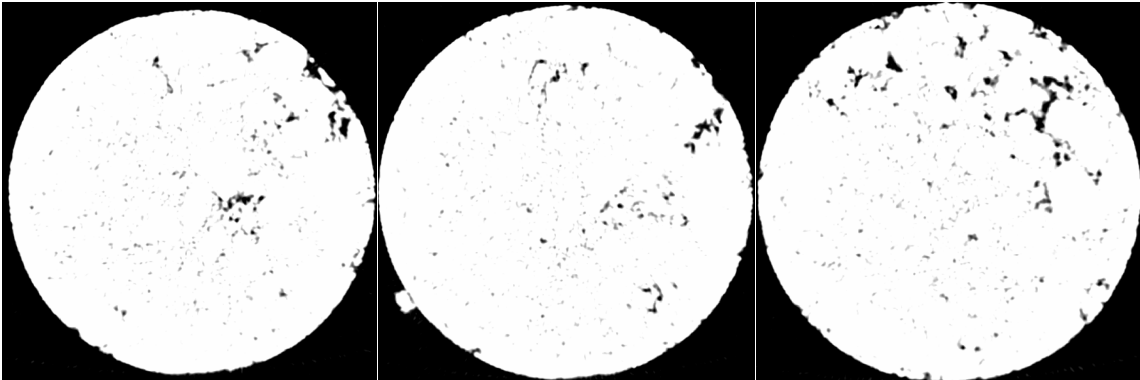


Şekil 6. 4 numaralı laboratuvar örneği

Şekil 7 ve Şekil 8'de karot ve laboratuvar örneklerine ait boşluk dağılımı iki boyutlu olarak (boşluklar siyah renk) sunulmuştur.



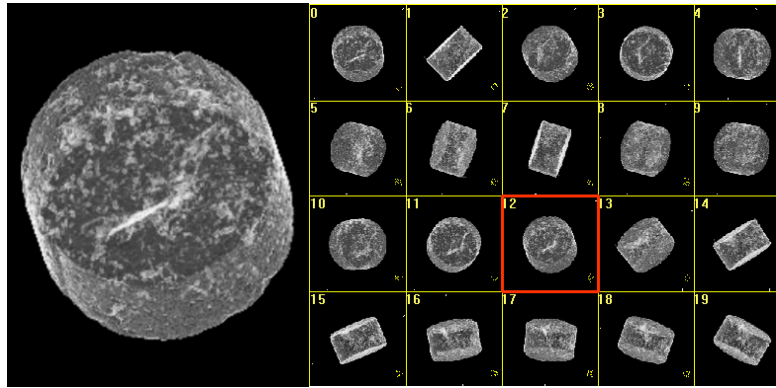
Şekil 7. Karot örneklerinin 2D boşluk dağılımı (deneyden sonra).



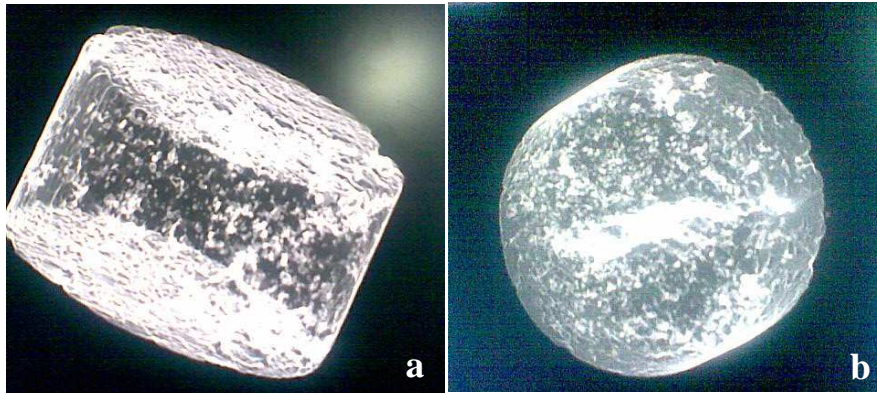
Şekil 8. Laboratuvar örneklerinin 2D boşluk dağılımı

Uygulamadan alınan örneklerde boşluklar örnek kesitinde daha düzgün bir dağılış göstermiştir. Laboratuarda titizlikle hazırlanan Marshall briketlerinde aynı homojen dağılış görülememiştir. Bununla birlikte laboratuarda hazırlanan çoğu örnekte boşluk kümelerine rastlanılmıştır (İskender, 2008).

Şekil 9 ve Şekil 10’da oluşturulan üç boyutlu görüntülerden örnekler verilmiştir. Bütün tomografi incelemeleri ışığında, çatlakların örneğin merkezinden başladığı ve yük uygulama doğrultusunda boşlukları da birleştirerek geliştiği görülmüştür. Bu durum literatürde de desteklenmektedir (Delson ve diğ., 1999a). Bazı örneklerde ise çatlamanın, büyük boşlukların birleşerek yük uygulama doğrultusundan farklı doğrultuda devam ettiği görülmüştür.



Şekil 9. 4 numaralı laboratuvar örneğine ait 3D görüntü.



Şekil 10. Deneyden önce (a) ve sonra (b) boşluk sisteminin üç boyutlu gösterimi.

Deneylemlerden sonraki görüntülerde, çatlakların dolaylı çekme mukavemeti deney düzeneğinin alt ve üst çenesine paralel ve düzlemsele yakın olarak gerçekleştiği görüldü. Bunun, söz konusu deneyin örnek üzerinde makaslama etkisi yapmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çatlamanın boşluk varlığı veya dağılımıyla ilişkisinin daha doğru anlaşılabilmesi için, deney örneğinin en zayıf kesitinden zorlayarak kıracak bir yöntemle ve farklı geometrik özelliklerdeki örneklerle (kare veya dikdörtgen prizma) test edilmesinin daha etkili olacağı düşünülmektedir. Oluşturulan görüntülerden, boşluk hacminin sayısal olarak bilgisayar programıyla hesaplanması ve laboratuarda hesaplanan boşluk değerleri ile kıyaslanması önemli olarak görülmektedir.

Sonuçlar

Bilgisayarlı tomografi tekniği, hasarsız bir deney yöntemi olarak karışımların değerlendirilmesinde yararlı olmaktadır. Karışımlardaki kaba agrega dağılımı ve boşluk varlığı ve dağılımı belirlenebilmektedir. Hasarlı deneylerden sonra oluşan hasarlar görülebilmektedir. Tomografi incelemelerinden, karot örneklerindeki her bir boşluğun hacimce laboratuvar örneklerinininkine göre daha küçük olduğu fakat adet olarak daha fazla olduğu görülmüştür. Marshall briketlerinde toplam boşluk hacmi karot örneklerine göre daha küçüktür. Buna rağmen karot örneklerine boşluklar homojen bir dağılım gösterirken briketlerde yersel boşluk kümelerinin oluştuğu görülmüştür.

Dolaylı çekme mukavemeti deneyinde meydana gelen hasarın, örneğin merkezinden başladığı ve yük uygulama doğrultusunda boşlukları da birleştirerek geliştiği sonucuna varılmıştır. Laboratuvarda üretilen briketlerde, büyük boyuttaki agregalar genellikle örneğin kenarlarında yer almaktadır. Arazi örneklerinde ise homojene yakın bir görüntü oluşmaktadır.

Kaynaklar

Anagnos, J.N., Kennedy, T.W.(1972) Practical method of conducting the indirect tensile test, Center of Highway Research, University of Texas at Austin, Res. Rep. 98-10.

Atlas, R.M. (1981) Microbial Degradation of Petroleum Hydrocarbons: An Environmental Perspective, Microbiology Review, (45), pp. 180-209.

Chang, C.S., Matsushima, T. ve Lee, X. (2003) Heterogeneous Strain and Bonded Granular Structure Change in Tri-Axial Specimen Studied by Computer Tomography, Journal of Engineering Mechanics Asce, November, pp. 1295-1307.

Delson, B. ve Lopes, R.T., Laura MG. (2000) Computed Tomography: An Evaluation of The Effect of Adding Polymer SBS to Asphaltic Mixtures Used in Paving. Appl Radiat Isot, (53), pp. 725-729.

Delson, B. ve Ricardo, T.L. (2003) Ageing Effect Study on Brazilian Road Trials By Computed Tomography, DGZFP-Proceedings BB 84-CD Poster 8 CT-IP.

Delson, B., Laura, M.G. ve Ricardo, T.L. (1999a) Computed Tomography in The Fatigue Test Analysis of An Asphaltic Mixture, Applied Radiation and Isotopes, (50), pp. 661-671.

Delson, B., Lopes, R.T. ve Laura, M.G. (1999) Analysis of The Percentage Voids of Test and Field Specimens Using Computerized Tomography, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research , (A 422), pp. 942-948.

Dunning, R.L. ve Mendenhall, R.L.(1978) Design of Recycled Asphalt Pavements and Selection of Modifiers, American Society for Testing and Materials, Special Technical Publication, ASTM, STP 662.

Eyad, M. ve Joe, B.(2004) Implications of Experimental Measurements and Analyses of The Internal Structure of HMA. TRB 83rd Annual Meeting, Washington, D.C.

İskender, E. (2008) Koşullandırma sistemlerinin geleneksel ve modifiye asfalt karışımlar

üzerindeki etkilerinin araştırılması, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Linbing, W. ve Wang, Y. (2004) Application of Mixture Theory in The Evaluation of Mechanical Properties of Asphalt Concrete, Journal of Materials in Civil Engineering-Asce, March/April, pp. 167-174.

Masad, E. ve Button, J. (2004) Implications of Experimental Measurements and Analysis of The Internal Structure of HMA, Transportation Research Board, 83rd Annual Meeting, 11-15 January, Washington DC.

Masad, E., Birgisson, B., Al-Omari, A. ve Cooley, A. (2004) Analytical Derivation of Permeability and Numerical Simulation of Fluid Flow in Hot-Mix Asphalt, Journal of Materials in Civil Engineerin, ASCE, September/October, pp. 487-496.

Masad, E., Jandhyala, V.K., Dasgupta, N., Somadevan, N., Asce, S.M. ve Shashidlar, N. (2002) Characterization of Air Void Distribution in Asphalt Mixes Using X-Ray Computed Tomography, J. Mat. in Civ. Engrg., (14), pp. 122-129.

Masad, E., Muhunthan, B., Shashidhar, N. ve Harman, T. (1999) Internal Structure Characterization of Asphalt Concrete Using Image Analysis, Journal of Computing in Civil Engineering, April, pp. 88-95.

Maupin, G.W.(1972) Results of indirect tensile tests related to asphalt fatigue, Highway Research Board, pp. 1-7.

Noureldin, A.S. (1995) Long Term Performance of Asphalt Cement Binders; A Dual View, Physical Properties of Asphalt Cement Binders, ASTM STP 1241, American Society for Testing and Materials, Philadelphia.

Pendrys, J.P. (1989) Biodegradation of Asphalt Cement-20 By Aerobic Bacteria, Applied and Environmental Microbiology, (55), pp. 1357-1362.

Petersen, J.C. (1984) Chemical Composition of Asphalts as Related to Asphalt Durability; State of Art, Transportation Research Record, (999), pp. 13-30.

Romero, P. ve Masad, E. (2001) Relationship Between The Representative Volume Element and Mechanical Properties of Asphalt Concrete, Journal of Materials in Civil Engineering, January/February, pp. 77-84.

URL-1. www.coe.montana.edu/ce/home/facilities.html, 4 Ekim 2007.

Wang, L., Wang, X., Mohammad, L. ve Wang, Y. (2004) Application of Mixture Theory in The Evaluation of Mechanical Properties of Asphalt Concrete, Journal of Materials in Civil Engineering, pp. 167-174.

Wang, L.B., Frost, J.D., Voyiadjis, G.Z. ve Harman, T.P. (2003) Quantification of Damage Parameters Using X-Ray Tomography Images. Mechanics of Materials, (35), pp. 777-790.

Welborb, J.Y. (1984) Physical Properties as Related to Asphalt Durability; State of Art, Transportation Research Record, (999), pp. 31-36.

Metrobüs Hattı Üstyapısında Kullanılan Özel Tasarımlı Asfaltların Analizi

Mehmet Tahir Deniz

İSFALT – İstanbul
(0216)3432492
tdeniz@isfalt.com

Çağatay Kalkancı

İSFALT – İstanbul
(0216)3432492
ckalkanci@isfalt.com

B. Kadri Eren

İSFALT – İstanbul
(0216)3432492
keren@isfalt.com

Seyit Ali Yıldırım

İSFALT – İstanbul
(0216)3432492
syildirim@isfalt.com

Öz

Metrobüs hattı üstyapısında geleneksel asfalt yerine Stone Mastik Asfalt (SMA) olarak da bilinen Taş Mastik Asfalt (TMA) kullanılmıştır. Geleneksel asfaltlara göre farklı özelliklere ve farklı tasarıma sahip olan TMA karışımında bazalt agregası, modifiye bitüm ve elyaf kullanılmıştır. Bitüm modifikasyonunda SBS (Stiren-Bütadien-Stiren) blok kopolimerleri kullanılmıştır. Karışımdaki SBS miktarını azaltmak ve karışımın işlenebilirliğini artırmak amacıyla ek olarak Sasobit katkı maddesi ilave edilmiştir. Bitümün karışımdan ayrışmasını önlemek amacıyla karışıma selülozik elyaf olarak viatop katılmıştır. Karışımın optimum bitüm içeriği Marshall tasarım metodu kullanılarak tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında, karışımda kullanılan mineral agregası ve bitümlü bağlayıcının özellikleri, malzemelere ait standart test metodları kullanılarak belirlenmiş ve bu malzemelerin TMA için uygun olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca mineral agregası olarak kalkerin kullanıldığı kontrol amaçlı geleneksel karışımlar hazırlanmış ve bu karışımların optimum bitüm tespiti aynı tasarım metoduyla yapılmıştır. Deneysel çalışmalarda TMA numunelerine paralel olarak geleneksel karışım numuneleri de hazırlanmış ve deney sonuçlarının karşılaştırılmasında bu numuneler kontrol görevi görmüştür. Tasarım metodu yardımıyla bulunan optimum bitüm miktarı kullanılarak hazırlanan standart Marshall numunelerine stabilite ve akma deneyleri yapılmış ve bu numunelere ait deney sonuçları geleneksel numune sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Benzer şekilde Hamburg tekerlek izi cihazı kullanılarak özel ebatlı dikdörtgen numuneler hazırlanarak tekerlek izi derinlik ölçümleri hesaplanmış ve geleneksel karışım sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Taş Mastik Asfaltın Metrobüs hattına serimi sonrasında sıkışma miktarını tespit etmek amacıyla karot numuneleri alınmış ve üretim reçeteleri baz alınarak sıkışma yüzdeleri belirlenmiştir. Yapılan analizler, Metrobüs hattına serilen özel tasarımı TMA karışımının tekerlek izi oluşumuna karşı direncinin geleneksel karışımlara göre oldukça fazla olduğunu ve alınan karot numunelerinin sıkışma yüzdelerinin şartname sınırları üzerinde çıktığını göstermiştir.

Anahtar Sözcükler: Asfalt, SMA, TMA, Metrobüs asfaltı, BSK, Tekerlek izi oluşumu

Giriş

Yol üstyapı kaplamalarında bozulmalara karşı direnci artırmak amacıyla değişik uygulamalar yapılmaktadır. Bu uygulamaların başında, bitüme veya bitümlü sıcak karışım (BSK)'a katkı maddeleri ilave edilerek hazırlanan, modifiye asfalt üretimi gelmektedir. Bunun yanı sıra, bitümlü karışımların iskeletini oluşturan ve trafik yüklerine karşı direnç görevini üstlenen agrega malzemesinin gradasyonu ve kayaç sınıfları üzerinde de değişik araştırma çalışmaları yapılmaktadır. Trafik hacmi yüksek ve ağır taşıtların seyrettiği standardı yüksek yollarda, geleneksel yoğun gradasyonlu karışımlar yerine, ince agrega miktarı daha az olan kesik gradasyonlu ve aşınmaya karşı direnci daha yüksek agregaların kullanıldığı karışımlar tercih edilmektedir. Tercih edilen bu karışımlardan biri de 1990'larda Amerika'da uygulanan ve gün geçtikçe yaygın kullanım alanı bulan Taş Mastik Asfalt (TMA)'dır (Asphalt Institute, 2007).

Stone Mastik Asfalt (SMA) olarak da bilinen TMA karışımlarının geliştirilmesi ve özellikle yoğun trafik yükü altındaki yollarda uygulanabilirliğinin artması bu yolların daha uzun süre bozulmadan hizmet vermesi açısından önem taşımaktadır. Karayolu üstyapılarında yaygın olarak görülen bozulma şekillerinden biri ağır taşıtların etkili olduğu aşırı yüklemeye kaynaklanan tekerlek izi oluşumlarıdır. TMA karışımlarının en belirgin özelliklerinden biri tekerlek izi oluşumuna karşı daha fazla direnç göstermeleridir (Asphalt Institute, 2007). İstanbul O-1 yolu güzergahında metrobüs için özel olarak hazırlanan iki şeritli tercihlili yol üstyapısında kullanılmak üzere, geleneksel karışım yerine TMA tasarlanmış ve uygulamaya konulmuştur.

Bu çalışmada Metrobüs hattına uygulanan TMA karışımları incelenmiş ve geleneksel karışıma göre farklı yönleri ortaya konulmuştur. Marshall tasarım metodu kullanılarak TMA karışımının optimum bitüm miktarı belirlenmiş ve bu bitüm yüzdesiyle iki farklı ebatta numuneler hazırlanmıştır. Birinci grup numuneler standart silindirik Marshall numuneleridir. İkinci grup numuneler ise özel ebatlı, tekerlek izi deneyi için hazırlanan numunelerdir. Bunlara paralel olarak, İstanbul'da yaygın olarak kullanılan geleneksel karışım dizaynı (Aşınma Tip2) ile de benzer şekilde iki farklı ebatta numuneler hazırlanmıştır. TMA ve geleneksel karışım numunelerinin stabilite değerleri ve tekerlek izi oluşumuna karşı dirençleri ölçülmüş ve deney sonuçları karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda TMA karışımlarının geleneksel karışımlara göre, özellikle tekerlek izi oluşumuna karşı gösterdikleri direncin oldukça yüksek olduğu görülmüştür.

Çalışmada Kullanılan Malzemeler

Metrobüs hattı üstyapısında kullanılmak üzere agrega, bitüm, bitüm modifiyeleri ve elyaf malzemesi belirli oranlarda karıştırılmıştır. Her biri karışım içinde üstlendiği farklı ve tamamlayıcı rolleriyle, Taş Mastik Asfalt (TMA) karışımının teknik özelliklerinin şartname sınırları içinde yer almasını sağlamıştır.

Mineral Agrega

Çalışmada iri agrega olarak kullanılan bazalt, Çorlu - Karatepe bölgesi taş ocaklarından temin edilmiştir. İstanbul'a en yakın bazalt taş ocakları bu bölgede yer almaktadır. Karışımda kullanılan ince agregalar kalker olup, İstanbul - Cebeci bölgesinde yer alan

taş ocaklarından alınmıştır. Eskişehir'den temin edilen kalsit malzemesi de mineral filler olarak kullanılmıştır.

Taş Mastik Asfalt – TMA üretiminde kullanılan agrega gradasyonunun şartname sınır değerleri ve her elekten geçen malzeme miktarları Tablo 1'de gösterilmiştir. Kullanılan agrega gradasyonu da Şekil 1'de verilmiştir.

Tablo 1 TMA karışımı ve Şartname sınırları

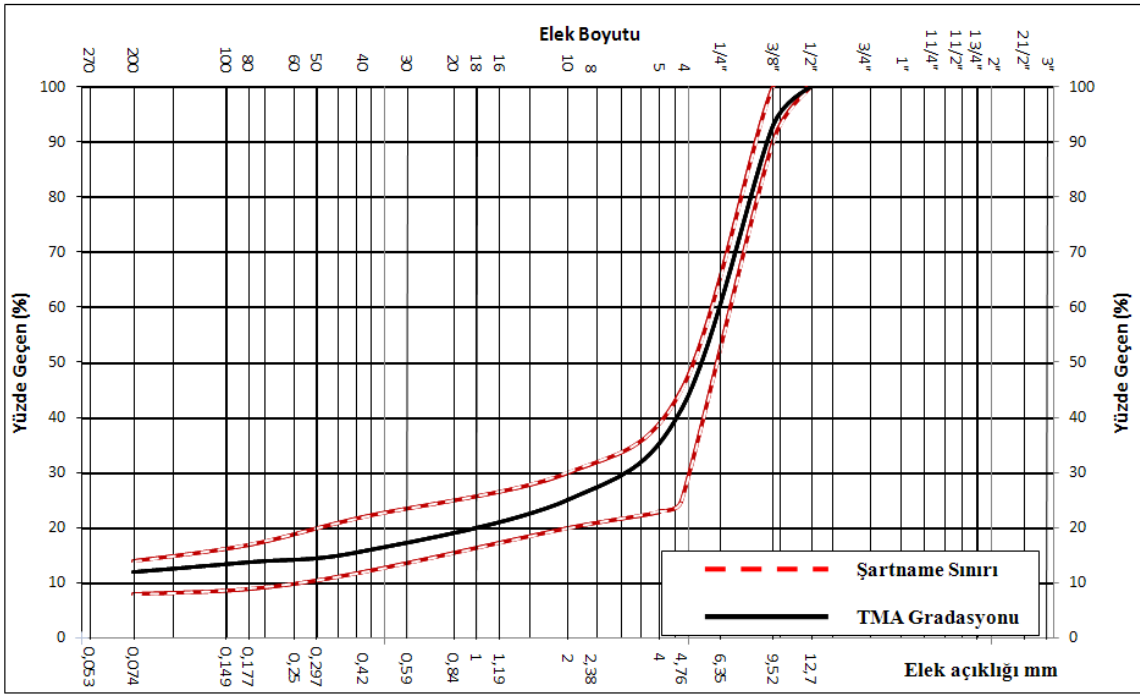
Elek Boyutları		Şartname Sınırları Tip 2	Elekten Geçen (%)
No	mm	(%)	
½"	12,7	100	100,0
3/8"	9,52	90-100	91,1
No. 4	4,76	25-45	38,0
No. 10	2	20-30	24,0
No. 40	0,42	12-22	13,3
No. 80	0,177	9-17	10,6
No. 200	0,074	8-14	8,8

Metrobüs hattı üstyapısında kullanılan agregalar, belirli oranlarda kullanılan bazalt, kalker ve kalsit karışımından oluşmaktadır. İri agregalar (No.4-1/2" arası) bazalt, ince agregalar (No.200-No.4 arası) kalker, filler (100 mikron altı) malzemesi ise kalsit olarak seçilmiştir. Verilen gradasyona uygun olarak hazırlanan bazalt agrega malzemesinin, özgül ağırlık, absorpsiyon (su emme), yassılık, aşınma kaybı ve soyulma mukavemeti deneyleri ilgili standartlara uygun olarak yapılmış ve deneylerden elde edilen sonuçlar Tablo 2'de verilmiştir. Karışım içerisinde kullanılan kalker (ince agrega) malzemenin özelliklerinin tespiti için de gerekli testler yapılmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 3'te gösterilmiştir. Filler özgül ağırlığı 2,77 gr/cm³ olarak hesaplanmıştır.

Tablo 2 Bazalt agrega özellikleri

Agrega Deneyleri	Metot	Şartname Sınırları	Deney Sonuçları
Özgül Ağırlık (gr/cm ³)	TS EN 1097-6	-	2,84
Absorpsiyon (%)	TS EN 1097-6	Maks. 2	0,86
Yassılık (%)	TS 9582 EN933-3	Maks. 25	18,5
Aşınma Kaybı (%)	TS EN 1097-2	Maks. 25	11,9
Soyulma Mukavemeti (Geleneksel Bitüm) (%)	-	Min. 60	15-25
Soyulma Mukavemeti (Modifiye Bitüm) (%)	-	Min. 60	65-75
Dona Dayanıklılık (Na ₂ SO ₄)	ASTMC 88	Maks. 8	2,35

Yukarıdaki tablo incelendiğinde, bazalt agrega numunelerinin absorpsiyon, yassılık, aşınma kaybı ve dona dayanıklılık özelliklerinin şartname sınır değerlerine uygun olduğu, soyulma mukavemeti özelliğinin ise şartname sınır değerinin oldukça altında kaldığı görülmektedir.



Şekil 1 Agregada Gradasyonu

Bazalt agreganın soyulma mukavemetini artırarak, şartnamelerde kabul edilen değerlerin üzerine çıkarmak için modifiye bitüm kullanılmıştır. Modifiye bitümle tekrarlanan soyulma mukavemeti deney sonuçlarının şartname sınır değeri üzerinde çıktığı görülmüştür.

Tablo 3 Kalker Agregada Özellikleri

Agregada Deneyleri	Metot	Şartname Sınırları	Deney Sonuçları
Özgül Ağırlık (gr/cm ³)	TS EN 1097-6	-	2,81
Absorbsiyon (%)		Maks. 2	0,52
Soyulma Mukavemeti (Geleneksel) (%)	-	Min. 60	65-75
Plastisite İndeksi	TS 1900	N.P.	N.P.

Bitüm (B 50/70)

Çalışmada bağlayıcı olarak TÜPRAŞ rafinerisinden temin edilen B 50/70 sınıfı bitüm kullanılmıştır. Bitümü modifiye etmek için %3,5 oranında Stiren-Bütadien-Stiren (SBS) kopolimeri ve % 3 oranında Sasobit katkı maddesi kullanılmıştır. Bitüm özelliklerini tespit etmek amacıyla standart bitüm deneyleri yapılmıştır. Bitüm modifiye edilmeden önce ve içine katkı maddeleri ilave edilerek modifiye edildikten sonra ayrı ayrı olmak üzere test edilmiş ve ilgili şartnamelerin sınır değerleriyle karşılaştırılmıştır. Geleneksel bitüme uygulanan deney sonuçları Tablo 4'te, modifiye bitüme uygulanan deney sonuçları ise Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 4 B50/70 Bitüm Özellikleri

Bitüm Deneyleri	Birim	Deney Metodu	Şartname Sınırları	Deney Sonuçları
Penetrasyon, (25°C)	0,1mm	TS EN 1426	50-70	58
Özgül ağırlık	gr/cm ³	TS 1087	1,0-1,1	1,02
Yumuşama noktası	°C	TS EN 1427	46-54	49
Parlama noktası	°C	TS EN ISO 2592	Min 230	317
Düktilite (25°C)	cm	TS EN 13589		+100
Çözünürlük	%	TS EN 12592	Min 99	99,9
Parafin Miktarı	%	TS EN 12606-1	Maks. 2,2	1,63
İnce Film Halinde Isıtma deneyi (163°C, 5 saat)				
• Kütle Kaybı	%	TS EN 12607-2	Maks. 0.5	0,07
• Kalıcı Penetrasyon	%	TS EN 1426	Min 50	61
• Yumuşama noktası	°C	TS EN 1427	Min 48	54

Tablo 4 incelendiğinde, test edilen B 50/70 bitüm numunelerinin şartname sınır değerleri içinde yer aldığı ve bu malzemenin Bitümlü Sıcak Karışım (BSK) içinde bağlayıcı olarak kullanılabilceği görülmektedir.

SBS (Stiren-Bütadien-Stiren)

Stiren-Bütadien-Stiren blok kopolimerlerinin en belirgin özelliği, bütün uçlarından polistiren uç bloklarıyla çevrelenen elastiki çekirdeklere sahip olmalarıdır. Bitüm ve SBS'nin ortalama çözünürlük parametreleri birbirine yakındır. SBS çalışmada kullanılan bitüme önceden (yüksek kesme mukavemeti uygulanarak) karıştırılmıştır. Karıştırma yüksek sıcaklıklarda (180°C), 3000 rpm karıştırma hızı ve 60 dakika süreyle özel modifiye bitüm tesisinde gerçekleştirilmiştir.

Sasobit

Sasobit, Güney Afrika'daki Sasol Wax tarafından Fischer-Tropsch sentezi ile üretilen bir uzun zincirli alifatik hidrokarbondur. 40 ila 115 arası karbon atomu zincirinden oluşan doymuş alifatik hidrokarbondur. Bu da Sasobitin bitümün içinde doğal olarak bulunan parafinlerden farklı fiziksel özelliklere sahip olduğunu göstermektedir. Sasobitin erime noktası 70 - 115°C arasındadır. Sasobit, bitümün içinde 115°C ve üzerindeki sıcaklıklarda tamamen çözülür. Böylece karıştırma işlemi sırasında homojen çözelti oluşturur ve bitümün viskozitesinde önemli bir düşüş sağlar. Bu da sıcak

karışımın daha düşük sıcaklıklarda işlenebilirliğini kolaylaştırmaktadır. Soğuma sırasında sasobit kristalleşir ve bitüm içinde asfaltın stabilitesini yükselten bir kafes yapı oluşturur. Bitüme Sasobit katılarak karışım içindeki SBS miktarı düşürülmüştür.

Tablo 5 Modifiye Bitüm Özellikleri

Bitüm Deneyleri	Birim	Deney Metodu	Şartname Sınırları Tip 3	Deney Sonuçları
Penetrasyon, (25°C)	0,1mm	TS EN 1426	Min. 40	55
Yumuşama Noktası	°C	TS EN 1427	60-70	63
Parlama noktası	°C	TS EN ISO 2592	Min 200	325
Düktilite (25°C)	cm	TS EN 13589	Min 80	98,7
Elastik Geri Dönme	%	TS EN 13398	Min 50	93
İnce Film Halinde Isıtma Deneyi (163°C, 5 saat)				
• Kütle Kaybı	%	TS EN 12607-2	Maks. 1	0,06
• Penetrasyondaki Değişiklik (azalma-artma)	%	TS EN 1426	10-40	18
• Yumuşama Noktasındaki Değişiklik (azalma-artma)	°C	TS EN 1427	2-7	5,5
• Elastik Geri Dönme	%	TS EN 13398	Min 50	90

Modifiye bitüm özelliklerinin yer aldığı Tablo 5 incelendiğinde, bağlayıcının bütün test sonuçlarının şartname sınırları içinde olduğu ve BSK için uygun bağlayıcılık özellik taşıdığı görülmektedir.

Selülozik Elyaf (Viatop)

Almanya'da üretilen ve özellikle SMA karışımlar için kullanılan viatop, dünyada yaygın olarak kullanılan selülozik elyafıdır. Çalışmada elyaf bitüm ile karıştırılarak kullanılmıştır. Böylece elyafın karışım içinde topaklanmadan, homojen bir şekilde dağılması sağlanmıştır. Selüloz içeriği yaklaşık %80 olan viatop elyafın ortalama lif uzunluğu 110 µm, Ph değeri 7,5 ve yoğunluğu 20-40 g/l arasında değişmektedir.

Deneysel Çalışmalar

Çalışmada Metrobüs hattında kullanılacak Taş Mastik Asfalt (TMA)'ın özelliklerini belirlemek ve geleneksel karışımlara göre farklı yönlerini ortaya koymak amacıyla, laboratuvar ortamında iki farklı boyutta numune üretilmiştir. Birinci grupta yer alan silindirik numuneler standart Marshall cihazı yardımıyla, ikinci grupta yer alan numuneler ise Hamburg Tekerek izi cihazı yardımıyla özel ebatlı kalıplarda

üretimiştir. Numune üretiminde kullanılan bağlayıcı miktarı Marshall tasarım yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Geleneksel ve Taş Mastik Asfalt karışımlarının özelliklerinin tespiti için Marshall stabilitesi ve Tekerlek izi deneyleri yapılmıştır. Deneylerle numunelerin Stabilite ve akma değerleri ile tekerlek izi derinlikleri tespit edilmiştir. Deney sonucu elde edilen değerler ve ilgili grafikler aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

Marshall Stabilitesi Deneyi

Marshall metodu kullanılarak yapılan tasarım sonucunda, karışımın optimum bitüm muhtevası % 6.10 olarak bulunmuştur. Optimum bitüm içeriği kullanılarak hazırlanan geleneksel ve modifiye katkılı TMA karışımlarından, üçlü numune gruplarına uygulanan Marshall stabilitesi ve akma değerlerine ait sonuçlar ile karışım içindeki hava boşluk yüzdeleri Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6 Marshall Stabilitesi ve Akma Değerleri

Marshall Stabilitesi ve Akma Değerleri			Boşluk (%)
Karışım Cinsi	Stabilite (Kg)	Akma (mm)	
Geleneksel (Kontrol)	1490	2,65	3,80
Taş Mastik Asfalt (TMA)	1070	2,72	3,90
Şartname Sınırları (Geleneksel)	Min 900	2,0 - 4,0	2-4

Yukarıda verilen tabloda Marshall stabilitesi değerleri incelendiğinde, Taş Mastik Asfalta ait stabilite değerlerinin, Geleneksel karışım değerlerine göre düşük olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, elde edilen stabilite değerleri, Geleneksel karışımlar için belirlenmiş olan şartname değerlerinin oldukça üzerindedir.

Tekerlek İzi Deneyi

Tekerlek izi deneyi (EN 12697-22), yol kaplamalarının dingil yükleri altında meydana gelen kalıcı deformasyonlar ve tekerlek izi oluşumunun direncini belirlemek amacıyla yapılmaktadır. Deney maksimum dane büyüklüğü 32 mm'ye eşit veya daha küçük olan karışımlara uygulanır. Dünyada yaygın olarak kullanılan tekerlek izi cihazları ve ait oldukları ülkeler şunlardır: LCPC (Fransa), APA (ABD), Hamburg (Almanya) ve Wheel Tracking Apparatus (İngiltere). Bu cihazların bir kısmında metal, diğer bir kısmında ise lastik tekerlek kullanılmaktadır.

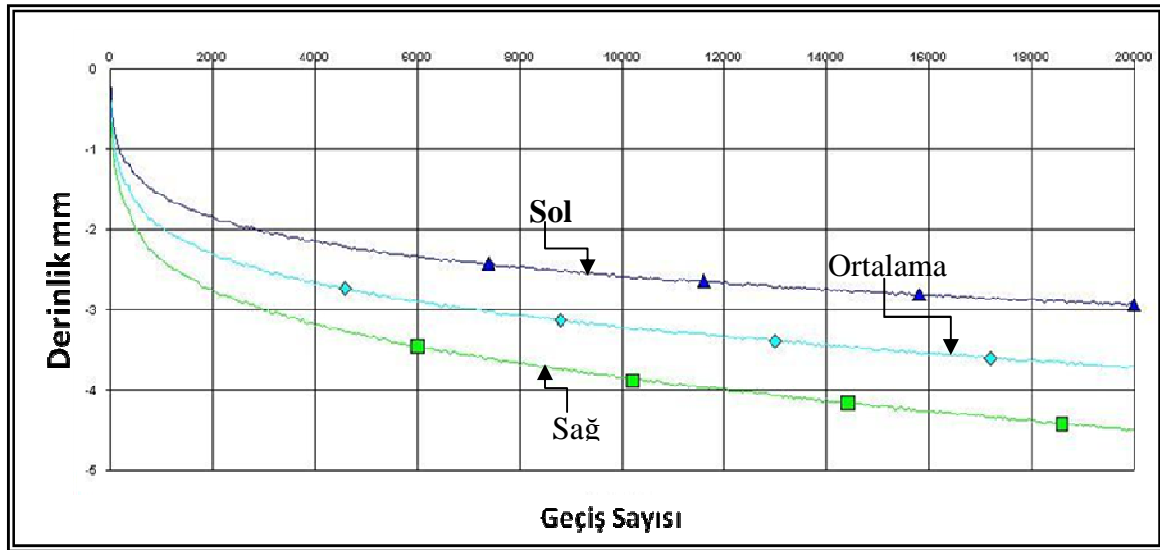
Bu çalışmada, tekerlek izi deneyi İSFALT merkez laboratuvarında bulunan Hamburg tekerlek izi cihazı kullanılarak yapılmıştır. Hamburg cihazı mikser, kompaktör ve test makinesi olmak üzere üç üniteden oluşmaktadır. Her üç ünite de elektronik ısı kontrol donanımlı olarak çalışmaktadır. İç kısımların ısıtılması ve kontrol sistemi, sıcak hava üfleme veya su çevrimi ile yapılabilmektedir. Bütün test kontrolleri bilgisayar yazılımı ile desteklenmektedir. Online display bağlantı görüntüsü ve bilgi depolama özellikleri yardımıyla her bir tekerleğin oluşturduğu iz, sıcaklık ve geçiş sayısı sürekli olarak kaydedilmekte ve ekrandan da birebir izlenebilmektedir. Numune üzerinde oluşan

tekerlek izi derinlikleri cihaza bağı bilgisayar yardımıyla otomatik olarak hesaplanarak grafiğe yansıtılmaktadır.

Bitümlü karışımların deformasyona karşı direnci, yüklü bir tekerleğin (70 kg) sabit sıcaklıkta (60°C) tekrarlanan geçişleriyle oluşan tekerlek izi derinliği ölçülerek değerlendirilmiştir. Numunelerde kullanılan optimum bağlayıcı, agrega gradasyonu ve malzeme özellikleri Marshall numuneleri için hazırlanan malzemeye aynıdır. Deneyde kullanılmak üzere her bir karışım tipi için, 320x260x50 mm boyutlarında 2'şer adet numune hazırlanmıştır. Hazırlanan numuneler deneysel uygulamaya alınmadan önce 48 saat bekletilerek dinlendirilmiştir.

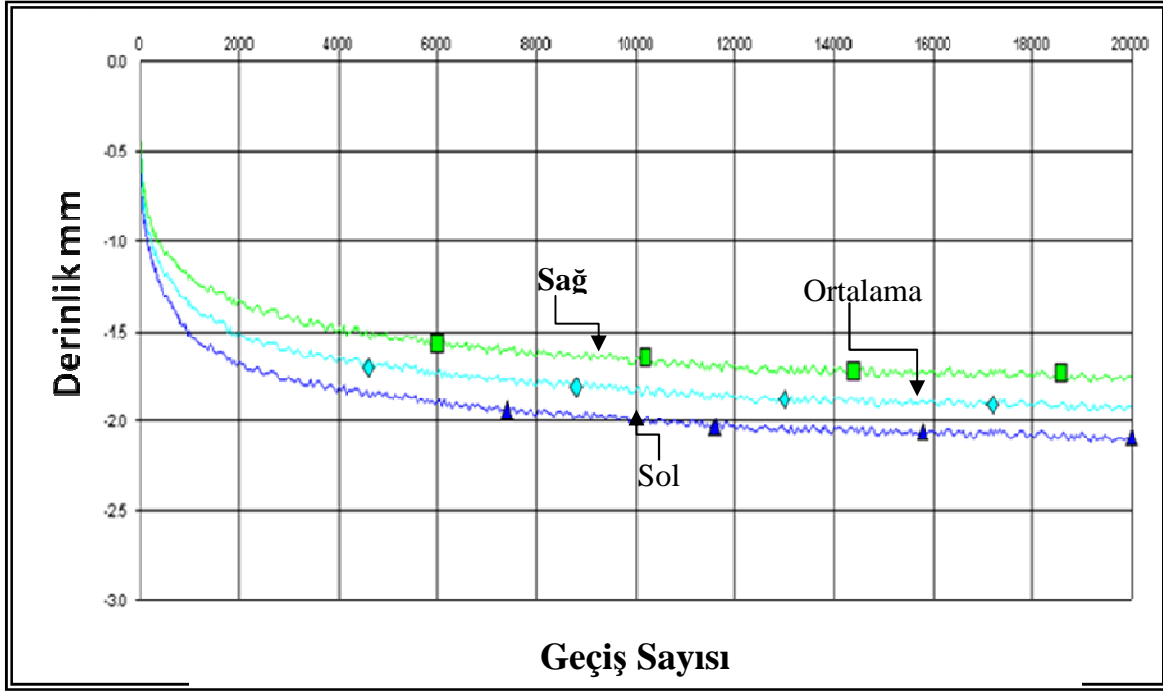
Marshall tasarımında tespit edilen 6.10 bitüm içeriğiyle hazırlanan numuneler, test edilmeden önce, deney sıcaklığı olan 60°C'ye gelmesi için, ısı ayarlı test kabini içinde 4 saat süreyle bekletilmiştir. Deney, sağ ve sol tarafta bulunan iki kalıp içerisinde yer alan aynı özellikteki karışım numunelerine uygulanmış ve bu iki değerın ortalaması deney sonucu olarak kaydedilmiştir.

Optimum bitüm muhtevasında hazırlanan toplam dört adet (2 geleneksel ve 2 TMA) karışım numunesine 20000 geçiş yapılarak tekerlek izi derinlikleri tespit edilmiştir. Grafiklerle gösterilen tekerlek izi ölçümleri geleneksel karışımlar için Şekil 2'de, TMA karışımları için Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 2 Geleneksel Karışım Tekerlek İzi Deneyi

Tekerlek izi grafikleri incelendiğinde, ilk 5000 geçişte geleneksel karışımlarda yaklaşık 2,7 mm derinlik oluşurken, TMA'da bu değerın yaklaşık 1,7 mm olduğu görülmektedir. Geçiş sayısı arttıkça TMA ile geleneksel karışım arasındaki tekerlek izi derinlik farkı da artmıştır. 20000 geçiş tamamlandığında, TMA karışımında oluşan tekerlek izi derinliğinin (yaklaşık 1,9 mm) geleneksel karışımlara (3,8 mm) göre %50 daha az olduğu görülmüştür.



Şekil 3 TMA Karışım Tekerlek İzi Deneyi

Schellenberg Bitüm Süzülme Deneyi

Süzülme deneyi, TMA bünyesinde bulunan bitümün süzülerek karışımdan ayrışma eğilimini belirlemek amacıyla yapılır. Yapılan deneysel çalışmalarla, karışımın üretim, depolama, taşıma ve yola uygulama işlemlerine ilişkin durumun temsil edilmesi hedeflenmektedir. Süzme deneyi, üzeri kapalı bir beher içindeki karışım numunesinin 170°C sıcaklıktaki etüvde, 60 dakika (± 1 dakika) süre ile bekletilmesiyle yapılmaktadır.

Boşaltılan karışım numunesi 0.1 gram hassasiyetinde tartılarak ağırlık kaybı yüzdesi hesaplanır. Bu deney, SBS modifiyeli ve SBS ile birlikte Sasobit katkılı olmak üzere iki farklı karışım üzerinde uygulanmıştır. Deney sonuçları Tablo 7’de gösterilmiştir.

Tablo 7 Schellenberg Bitüm Süzme Deneyi

Karışım Cinsi	Şartname Sınırı Maks. (%)	Deney Sonuçları (%)
SBS Katkılı TMA	0,3	0,15
SBS ve Sasobit Katkılı TMA	0,3	0,10

Yukarıdaki tablodan da anlaşılacağı üzere, süzme deneyi sonuçları şartname sınırları içinde kalmıştır

Yoldan Alınan Numunelerin İncelenmesi

Metrobüs güzergahına serilen Taş Mastik Asfalt (TMA)'ın sıkışma yüzdelerini tespit etmek amacıyla karot kesme makinesi yardımıyla 12 farklı noktadan numuneler alınmış ve alınan silindirik karot numuneleri laboratuarda incelenmiştir. Numuneler, Avrupa yakasından Anadolu yakasına geçiş istikametinde sağ ve sol şeritlerden orantılı ve rastgele belirlenen noktalardan alınmıştır. Üretim şartları baz alınarak sıkışma miktarları hesaplanan numunelere ait sıkışma yüzdeleri Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8 Karot Numuneleri Sıkışma Yüzdeleri

Numune No.	Numune Yeri	Sıkışma Yüzdesi (%)
1	Sağ Şerit	97,7
2	Sağ Şerit	98,4
3	Sağ Şerit	97,3
4	Sol Şerit	97,3
5	Sol Şerit	99,0
6	Sol Şerit	98,9
7	Sağ Şerit	97,9
8	Sağ Şerit	99,3
9	Sağ Şerit	98,4
10	Sol Şerit	98,4
11	Sol Şerit	98,1
12	Sol Şerit	98,1
Şartname sınırı, Min.		97

Tablo 8 incelendiğinde, sıkışma yüzdelerinin, şartnamelerde yer alan sıkışma alt sınırının üzerinde oldukları görülmektedir. Modifiye bitümle hazırlanan karışımların ısı kaybı geleneksel karışımlara göre daha hızlı olduğundan, TMA karışımlarında sıkışma yüzdelerinin şartname sınırları altında kalma riski fazladır. Ayrıca kullanılan ince agrega oranının az olması ve karışım bünyesinde elyaf bulunması da sıkışma direncini artırmaktadır. Bu nedenle karot numuneleri analizinde bulunan değerler başarılı bir sıkıştırma uygulamasının yapıldığını göstermektedir.

Sonuçlar

Metrobüs hattı üstyapısında kullanılan özel tasarımı Taş Mastik Asfalt (TMA) karışımı için İstanbul il sınırları dışından getirilen bazalt agrega malzemesi beklenenin üzerinde bir performans göstermiştir. Karışımda kullanılan Sasobit katkısı, yaklaşık %30 daha az SBS kullanılmasını sağlamıştır. Belirli oranlarda karıştırılan modifiye bitüm bağlayıcılı bazalt, kalker ve kalsit agrega ile tekerlek izine karşı dirençli TMA üretilebilmektedir. Deneysel çalışmalar sonucu, TMA karışımlarında meydana gelen tekerlek izi derinliklerinin geleneksel karışımlara göre iki kat daha az olduğu görülmüştür.

Kaynaklar

1. Asphalt Institute, (2007) The Asphalt Handbook, Manual Series 7th Edition, MS4, Lexington, Kentucky, USA
2. AAPA, (2000) Stone Mastic Asphalt Design and Application Guide, AAPA Implementation Guide IG-4.
3. Whiteoak, D. (2004) Shell Bitüm El Kitabı, *İsfalt, İstanbul Büyükşehir Belediyesi*, İstanbul.
4. Önal, M., A. ve Kahramangil, M., (1993) Bitümlü Karışımlar Laboratuvar El Kitabı, K.G.M.-Teknik Araştırma Daire Başkanlığı, Ankara.
5. KTŞ, (2006) Karayolu Teknik Şartnamesi, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara.
6. Kandhal, P. S., Cooley, L. A., (2002) Evaluation of permanent deformation of asphalt mixtures using loaded wheel tester, NCAT Report 02-08, Auburn, USA.
7. TS EN 13108-1, (2006) Bitümlü Karışımlar-Malzeme Özellikleri, Beton Asfalt, Türk Standartları Enstitüsü Standart Hazırlama Merkezi, Ankara
8. TS EN 13108-20, (2006) Bitümlü Karışımlar-Malzeme Özellikleri, Tip Deneyler, *Türk Standartları Enstitüsü Standart Hazırlama Merkezi*, Ankara
9. Uluçaylı, M., (1998) Modifiye Bitüm ve Modifikasyon Katkılarının Kullanımı, 2. Ulusal Asfalt Sempozyumu, Ankara.
10. Wyndham City Council, Stone Mastic Asphalt, Section - 404, (2007) Victoria, USA, <http://www.wyndham.vic.gov.au/freestyler/gui/files/404.pdf>

Polipropilen Fiber Katkısı ile Modifiye Edilmiş Bitümlü Karışımların Tekrarlı Sünme Davranışı

Serkan Tapkın¹, Ün Uşar, Ahmet Tuncan, Mustafa Tuncan

¹Anadolu Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ulaştırma Anabilim Dalı, 26555, Eskişehir

Tel: 222-3213550 / 6619

E-Posta: cstapkin@anadolu.edu.tr

Öz

Son yıllarda esnek kaplamalarda meydana gelen kalıcı deformasyonların kontrol edilebilmesi amacıyla çeşitli araştırmalar yapılmaktadır. Tekerlek izinde oturma, yorulma ve yansıma çatlaklarının oluşumlarının önlenmesi amacıyla değişik polimer modifiye edicilerin kullanılması bu araştırmaların temel konusunu teşkil etmektedir. Polipropilen fiberlerin modifiye edici olarak kullanılmaları, polipropilenin yerli üretim bir malzeme oluşu ve ucuz bir maliyeti olması sebebiyle diğer modifiye edicilerle karşılaştırıldığında çekici bir alternatiftir. Bu araştırma, polipropilen fiberlerin, değişik tip ve oranlarda, bitüm modifikasyonunda kullanılması sonucu, asfalt karışımlarda meydana gelen fiziksel ve mekanik değişimleri incelemektedir. Değişik tip ve oranlarda kullanılan polipropilen ile modifiye edilmiş bitümlerle hazırlanan karışımların, Marshall dizaynı yöntemi kullanılarak, optimum bitüm muhtevaları bulunmuş ve daha sonrada optimal polipropilen fiber miktarları belirlenmiştir. Bu deneyler sonucu görülmüştür ki polipropilen fiberler ile modifiye edilmiş karışımların Marshall stabilite değerlerinde %12 ila %40 arasında değişen artışlar gözlemlenmiştir. Daha sonra bu optimal polipropilen miktarları ve optimum bitüm muhtevası ile hazırlanmış olan Marshall numuneleri, UTM-5P adı verilen test düzeneğinde, standart sıcaklık, değişen yükleme değerleri ve bekleme süreleri altında tekrarlı sünme deneylerine tabii tutulmuşlardır. Elde edilen değerler incelendiğinde polipropilen fiberler ile modifiye edilen karışımların tekrarlı sünme testi sonucu bulunan ömürleri, kontrol numuneleri ile karşılaştırıldığında, 5 ila 12 kat arasında artışlar göstermiştir. Buna ek olarak polipropilen fiberler ile modifiye edilerek hazırlanan asfalt numuneleri tekrarlı sünme deneyleri sonuçlarına göre kontrol numuneleri üçüncül sünme evresine girdiklerinde henüz birincil sünme evresinde bulunmaktadır. Tüm bu bulguların ışığında polipropilen fiber modifikasyonu ile asfalt kaplamaların tekerlek izinde oturma problemine karşı oldukça ekonomik, yerli malzeme ve teknoloji kullanılarak kalıcı çözümler üretilebilmesinin mümkün olabileceği ispatlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Marshall dizaynı, Polipropilen fiberler, Bitüm modifikasyonu, Stabilite, Tekrarlı sünme deneyi, Ekonomi

Giriş

Yetmişli yılların başından beri, asfalt mühendisliğindeki öneminden dolayı, esnek kaplamalardaki kalıcı deformasyonların (oluklanma) incelenmesine özel bir önem

verilmiştir (Tapkın ve diğ. 2009). Oluklanma, kaplamanın hizmet yeteneğini kaybetmesine yol açabilmektedir. Tekerlek izinde oturmaların meydana gelmesinden sonra esnek kaplamaların yüzeyinde oluşan çatlaklar ve yüzeyde biriken sulardan ötürü ortaya çıkan hızlı yıkım mekanizması asfalt kaplamalar için son derece büyük problemleri beraberinde getirmektedirler. Normal servis şartları altında, bitümlü kaplamada ortaya çıkan deformasyonlar daha çok geç bahar, yaz ve erken sonbahar aylarında, sıcak hava koşullarının etkisiyle meydana gelmektedirler. Kış mevsimi boyunca ise, tabii zeminin donmuş bir halde olmasından dolayı, asfalt kaplamaya daha sağlam bir destek meydana gelmekte ve bu da kaplamada oluşan kalıcı deformasyonları bir nebze olsun azaltmaktadır (Tapkın ve diğ. 2009)

UTM-5P (Universal Testing Machine-5 Pulse) statik ve tekrarlı sünme deneylerinin yürütülebildiği bir araştırma platformudur (Tapkın ve diğ. 2009). Bu test düzeneği, asfalt betonunun tekrarlı aksel yükler altında test edilebilmesine olanak vermektedir. UTM-5P ile koopere olarak çalışan yazılım, değişken yol durumlarının laboratuvar ortamında modellenmesi için asfalt numuneler üzerine uygulanan aksel yükün frekansı ve büyüklüğünü değiştirmek suretiyle çeşitli analizlerin yapılabilmesine olanak sağlamaktadır. UTM-5P düzeneği vasıtasıyla kaydedilen plastik deformasyonların kaydedilmesi neticesinde, statik ve tekrarlı sünme deneyleri yürütülebilmektedir.

Tekrarlı sünme, asfalt betonu için son derece önemli bir yükleme şeklidir. Özellikle sıcak yaz günlerinde, tırmanma şeritlerinde, tam kapasite ile yüklü ağır vasıtaların esnek kaplama üzerinde oluşturduğu önemli orandaki gerilmeler, kaplama mühendisliği analizlerinde çok büyük önem taşımaktadırlar. Trafiğin artmasıyla, ağır vasıtalardan dolayı meydana gelen yük tekrürleri daha da etkili bir şekilde kendini hissettirir hale gelmektedir. Sıcak hava koşullarının tam kapasite ile yüklü vasıtaların meydana getirdiği ağır dingil yükleriyle ve de ağır seyir süratleriyle birleşimleri, kaplama ömrü açısından son derece büyük bir problem yaratmaktadırlar. Büyük miktarda oluşan kalıcı deformasyonlar ya da diğer adıyla “oluklanma”, yukarıda bahsedilen tırmanma şeritleri için son derece önemli bir sorun arz etmektedir. Bununla beraber, düz yol kesimlerinde, kamyon ve tır katarlarının düşük süratleri ve ağır dingil yükleri sonucu, benzer problemlerle karşılaşmak da son derece olasıdır. Trafik ışıkları ve otobüs durağı ceplerinde de benzer sorunlar gözlemlenmektedir. Sonuç olarak, “gözle görülür” oluklanma problemleri, bu tip yol kesimlerinde sıklıkla gözlemlenmektedir.

Bu çalışmada bitümün polipropilen ile modifiye edilmesi sonucu hazırlanan Marshall numuneleri üzerinde tekrarlı sünme deneyleri yapılmıştır. Bu deneyler sonucu iki önemli parametrenin ölçülmesi amaçlanmıştır. Bunlar, biriken kalıcı deformasyonlar ve sünme rijitliğinin, sabit bir yük ve sıcaklık altında, değişik yükleme paternlerinde, zamana göre değişimlerinin ölçümüdür. Ayrıca, yürütülen deneyler boyunca, biriken kalıcı deformasyon eğimi, esneklik modülü ve esnek birim deformasyonların da zamana göre değişimleri gözlemlenmiştir. Tekrarlı sünme deneyleri sonucunda biriken kalıcı deformasyonlar ve sünme rijitliği değerleri, temel olarak sıcaklık ve yükleme paternindeki değişikliklerden etkilenmişlerdir.

Deneyel Çalışma

Bu çalışmada her yüze 50 vuruş yapılarak imal edilen standard Marshall numuneleri kullanılmıştır. Standard 50/70 penetrasyonlu bitüm, laboratuvar ortamında polipropilen fiberler kullanılarak modifiye edilmiştir. Marshall stabilite ve akma deneyleri yapılmış

ve ayrıca UTM-5P deney düzeneği kullanılarak, asfalt betonunun reolojik özelliklerini incelemek amacıyla tekrarlı sünme deneyleri de yürütülmüştür.

Kullanılan malzemelerin özellikleri

Deneyleerde kullanılan kalker bazlı agreganın gradasyonu ise Karayolları Genel Müdürlüğünün Tip 3 aşınma tabakası limitlerine göre seçilmiştir. Deneyleerde kullanılan standard 50/70 penetrasyon bitümün fiziksel özellikleri Tablo 1’de sunulmaktadır. Kullanılan kaba ve ince agreganın çeşitli fiziksel özellikleri ise Tablo 2 ve 3’te görülebilir. Yine deneyleerde kullanılmış fillerin zahiri özgül ağırlığı ise 2790 kg/m³’dür.

Tablo 1. Deneyleerde kullanılan bitümün fiziksel özellikleri.

Özellik	Değer	Standart
Penetrasyon, 25°C, 1/10 mm	55.4	ASTM D 5-97
Penetrasyon İndisi	-1.2	-
Düktilite, 25°C, cm	> 100	ASTM D 113-99
Isınma kaybı, %	0.057	ASTM D 6-80
Özgül ağırlık, 25°C, kg/m ³	1022	ASTM D 70-76
Yumuşama noktası, °C	48.0	ASTM D 36-95
Parlama noktası, °C	327	ASTM D 92-02
Yanma noktası, °C	376	ASTM D 92-02

Tablo 2. Deneyleerde kullanılan kaba agreganın fiziksel özellikleri.

Özellik	Değer	Standart
Hacim özgül ağırlık, kg/m ³	2703	ASTM C 127-04
Zahiri özgül ağırlık, kg/m ³	2730	ASTM C 127-04
Su emme, %	0.385	ASTM C 127-04

Tablo 3. Deneyleerde kullanılan ince agreganın fiziksel özellikleri.

Özellik	Değer	Standart
Hacim özgül ağırlık, kg/m ³	2610	ASTM C 128-04
Zahiri özgül ağırlık, kg/m ³	2754	ASTM C 128-04
Su emme, %	1.994	ASTM C 128-04

Deneyleerde kullanılan kalker bazlı agreganın gradasyonu ise Karayolları Genel Müdürlüğünün Tip 2 aşınma tabakası limitlerine göre seçilmiştir. Bu değerler Tablo 4’de görülebilir.

Tablo 4. Deneyleerde kullanılan Tip 3 aşınma tabakasının gradasyonu.

Elek boyutu, mm	Garadasyon limitleri, %	% Geçen
12.7	100	100
9.52	80–100	90
4.76	55–72	63.5
2.00	36–53	44.5
0.42	16–28	22
0.177	8–16	12
0.074	4–10	7
Pan	-	-

Deneysel çalışmalardaki bitüm modifikasyonunda kullanılan polipropilen fiberlerin fiziksel özellikleri ilgili bilgiler literatürde detaylı olarak verilmiştir (Tapkın 2008).

Bitüm numunelerinin polipropilen ile modifikasyonu

Deneyleerde kullanılan 50/70 penetrasyon bitüm numuneleri, polipropilen fiberler kullanılarak “ıslak baz” da modifiye edilmişlerdir. Karıştırma sıcaklığı 165–170°C civarındadır. Fiberler, dakikada 500 dönüş yapan standard bir mikser kullanılarak 2 saat boyunca bitüm ile karıştırılmışlardır. Bu modifikasyon işleminde temel olarak 3 tip fiber kullanılmıştır. Bunlar M–03 (multifilament, 3 mm uzunluğunda), M–09 (multifilament, 9 mm uzunluğunda) ve atık fiberlerdir. M–03 tip fiberler, agreganın ağırlıkça %3, %4.5 ve %6’sı oranlarında bitüme eklenmiş ve standard Marshall numuneleri üretilmiştir. M–09 ve atık fiberler için sadece %3 oranında fiber ile modifikasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Çalışabilirlik kriteri göz önüne alındığında, M–03 tipi fiberler en uygun modifiye edici olarak belirlenmiş ve Marshall deney sonuçlarındaki tutarlılık göz önüne alındığıdaysa %3 fiber oranı, 50/70 penetrasyon bitüm için “optimal” katkı oranı olarak belirlenmiştir. Polipropilen fiber ile modifiye edilmiş bitümün fiziksel özellikleri Tablo 5’te verilmektedir.

Tablo 5. %3 polipropilen ile modifiye edilmiş bitümün fiziksel özellikleri.

Özellik	Değer	Standart
Penetrasyon, 25°C, 1/10 mm	45.5	ASTM D 5-97
Penetrasyon İndisi	-0.8	-
Düktilite, 25°C, cm	> 100	ASTM D 113-99
Isınma kaybı, %	0.025	ASTM D 6-80
Özgül ağırlık, 25°C, kg/m ³	1015	ASTM D 70-76
Yumuşama noktası, °C	52.1	ASTM D 36-95
Parlama noktası, °C	292	ASTM D 92-02
Yanma noktası, °C	345	ASTM D 92-02

Tablo 5 incelendiğinde, polipropilen fiber ile modifiye edilmiş bitümün fiziksel özelliklerinin önemli oranda geliştiği görülmektedir. Örneğin, penetrasyon, penetrasyon indisi, ısınma kaybı ve yumuşama noktası değerlerinde gözle görülür oranda değişimler kaydedilmektedir. Bu da polipropilen ile modifiye edilmiş bitümün sıcaklık hassasiyetinin belirgin oranda azaldığına işaret etmektedir.

Bitümlü karışımın hazırlanması işlemi

Optimum bitüm muhtevasının belirlenmesi için Marshall stabilite ve akma deneyleri gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilmiş olan bu deneylerle ilgili veriler Tablo 6–12 de verilmektedir. Bu tablolarda belirtilen her değer 3 değişik test değerinin ortalamasından meydana gelmektedir. Yani her tablo aslında 24 değişik numunenin sonuçlarını temsil etmektedir. Tablo 7 ve 8 referans bitüm ile hazırlanmış numunelerin Marshall deneyi sonucu elde edilen fiziksel ve mekanik değerlerinden oluşmaktadır.

Tablo 6. Referans bitüm ile hazırlanmış 1. seri numunelerin Marshall deney sonuçları.

Bitüm muhtevası	V.M.A. (%)	Hava boşluğu (%)	Birim Ağırlık (kg/m ³)	Stabilite (kg)	Akma (mm)	Marshall Oranı
% 3.5	16.982	8.847	2369	1399	2.38	587.8
% 4.0	16.009	6.653	2408	1525	2.57	593.4
% 4.5	15.339	4.775	2439	1562	2.60	600.8
% 5.0	15.370	3.675	2450	1395	2.83	492.9
% 5.5	15.482	2.671	2458	1158	4.47	259.1
% 6.0	16.402	2.611	2443	981	4.67	210.1
% 6.5	17.338	2.594	2427	845	5.41	156.2
% 7.0	18.209	2.524	2413	719	6.90	104.2

Tablo 7. Referans bitüm ile hazırlanmış 2. seri numunelerin Marshall deney sonuçları.

Bitüm muhtevası	V.M.A. (%)	Hava boşluğu (%)	Birim Ağırlık (kg/m ³)	Stabilite (kg)	Akma (mm)	Marshall Oranı
% 3.5	16.487	8.303	2383	1425	2.12	672.2
% 4.0	15.827	6.451	2413	1530	2.77	552.3
% 4.5	14.828	4.199	2454	1647	2.80	588.2
% 5.0	14.872	3.109	2464	1418	3.42	414.6
% 5.5	15.183	2.326	2467	1196	3.69	324.1
% 6.0	16.020	2.165	2454	1006	4.86	207.0
% 6.5	16.876	2.049	2441	822	5.80	141.7
% 7.0	17.796	2.032	2425	756	7.22	104.7

Tablo 8–10 ise M–03 tipi fiberler ile hazırlanmış Marshall numunelerinin %03 %04.5 ve %06 katkı oranlarındaki deney sonuçlarını, Tablo 11 ve 12 ise %03 oranında M-09 tipi fiber ve aynı oranda atık fiber ile hazırlanmış numunelerin sonuçlarını göstermektedir.

Tablo 8. %03 M–03 tipi polipropilen ile hazırlanmış Marshall deney sonuçları

Bitüm muhtevası	V.M.A. (%)	Hava boşluğu (%)	Birim Ağırlık (kg/m ³)	Stabilite (kg)	Akma (mm)	Marshall Oranı
% 3.5	17.519	9.436	2354	1569	2.65	592.0
% 4.0	16.557	7.263	2393	1858	2.99	621.4
% 4.5	16.217	5.761	2414	1869	3.20	584.0
% 5.0	15.812	4.179	2437	1720	3.70	464.9
% 5.5	15.643	2.856	2454	1408	4.10	343.4
% 6.0	16.257	2.442	2447	1250	4.50	277.8
% 6.5	17.047	2.250	2436	1034	5.55	186.3
% 7.0	17.933	2.195	2421	862	6.85	125.8

Tablo 9. %0.4.5 M-03 tipi polipropilen ile hazırlanmış Marshall deney sonuçları

Bitüm muhtevası	V.M.A. (%)	Hava boşluğu (%)	Birim Ağırlık (kg/m ³)	Stabilite (kg)	Akma (mm)	Marshall Oranı
% 3.5	17.607	9.533	2351	1629	3.60	452.5
% 4.0	17.007	7.762	2380	1882	3.04	619.1
% 4.5	17.097	6.752	2388	1876	3.24	579.0
% 5.0	16.609	5.086	2414	1967	3.24	607.1
% 5.5	16.628	3.991	2425	1467	3.87	379.1
% 6.0	17.250	3.598	2418	1252	3.96	316.2
% 6.5	17.825	3.167	2413	1146	3.84	298.4
% 7.0	18.347	2.688	2409	977	4.59	212.9

Tablo 10. %0.6 M-03 tipi polipropilen ile hazırlanmış Marshall deney sonuçları

Bitüm muhtevası	V.M.A. (%)	Hava boşluğu (%)	Birim Ağırlık (kg/m ³)	Stabilite (kg)	Akma (mm)	Marshall Oranı
% 3.5	18.436	10.443	2327	1622	2.98	544.3
% 4.0	17.947	8.807	2353	1807	2.68	674.3
% 4.5	18.864	8.739	2338	1717	3.49	492.0
% 5.0	19.072	7.889	2343	1721	4.10	419.8
% 5.5	17.327	4.795	2405	1682	3.24	519.1
% 6.0	18.543	5.104	2381	1428	3.68	388.0
% 6.5	18.441	3.893	2395	1380	3.61	382.3
% 7.0	19.497	4.059	2375	1250	5.04	248.0

Tablo 11. %0.3 M-09 tipi polipropilen ile hazırlanmış Marshall deney sonuçları

Bitüm muhtevası	V.M.A. (%)	Hava boşluğu (%)	Birim Ağırlık (kg/m ³)	Stabilite (kg)	Akma (mm)	Marshall Oranı
% 3.5	17.178	9.062	2363	1881	2.74	686.5
% 4.0	16.133	6.791	2405	2036	3.17	642.3
% 4.5	15.795	5.287	2426	2201	2.83	777.7
% 5.0	15.572	3.905	2444	2041	3.91	522.0
% 5.5	17.969	5.534	2386	1223	3.35	365.1
% 6.0	18.495	5.049	2382	1152	4.92	234.1
% 6.5	18.928	4.466	2380	1096	3.66	299.5
% 7.0	19.301	3.826	2381	1023	4.36	234.6

Tablo 12. %0.3 atık polipropilen ile hazırlanmış Marshall deney sonuçları

Bitüm muhtevası	V.M.A. (%)	Hava boşluğu (%)	Birim Ağırlık (kg/m ³)	Stabilite (kg)	Akma (mm)	Marshall Oranı
% 3.5	17.275	9.168	2361	1455	3.44	423.0
% 4.0	17.029	7.787	2379	1394	3.69	377.8
% 4.5	16.463	6.038	2407	1492	4.62	323.0
% 5.0	15.913	4.294	2434	1471	3.61	407.5
% 5.5	15.634	2.845	2454	1273	3.75	339.5
% 6.0	16.114	2.275	2452	973	4.53	241.8
% 6.5	17.105	2.319	2434	829	5.72	144.9
% 7.0	18.109	2.298	2418	725	7.19	100.8

Optimum bitüm muhtevalarını belirlemek için maksimum stabilite, maksimum birim ağırlık, %4 hava boşluğu ve %70 asfalt ile dolu boşluk değerlerine tekabül eden bitüm

muhtevaları bulunmuş ve bu değerlerin aritmetik ortalamaları alınmıştır. Bu değerler Tablo 13'te sunulmaktadır.

Tablo 13. Değişik polipropilen katkılarına tekabül eden optimum bitüm muhtevaları.

Polipropilen katkısı	Optimum bitüm muhtevası
Referans	%4.81
M-03 ‰3	%4.97
M-03 ‰4.5	%5.36
M-03 ‰6	%5.79
M-09 ‰3	%4.6
Atık ‰3	%5.14

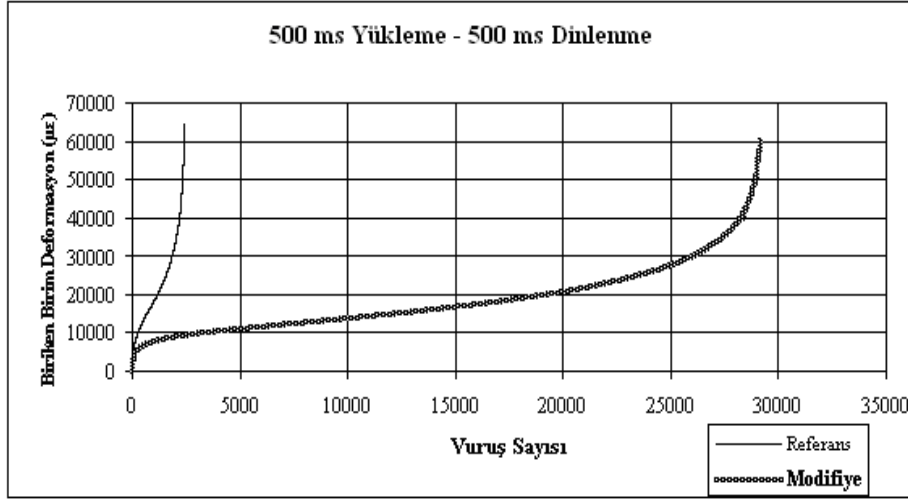
Çalışma boyunca yürütülen geri kalan tüm deneylerde referans ve M-03 (‰3 oranında) tipi fiberler ile modifiye edilerek üretilen numunelerin hazırlanmasında, optimum bitüm muhtevası olarak %5 baz olarak alınmıştır.

Deney düzeneği ve yürütülen tekrarlı sünme deneylerinin yapılışı

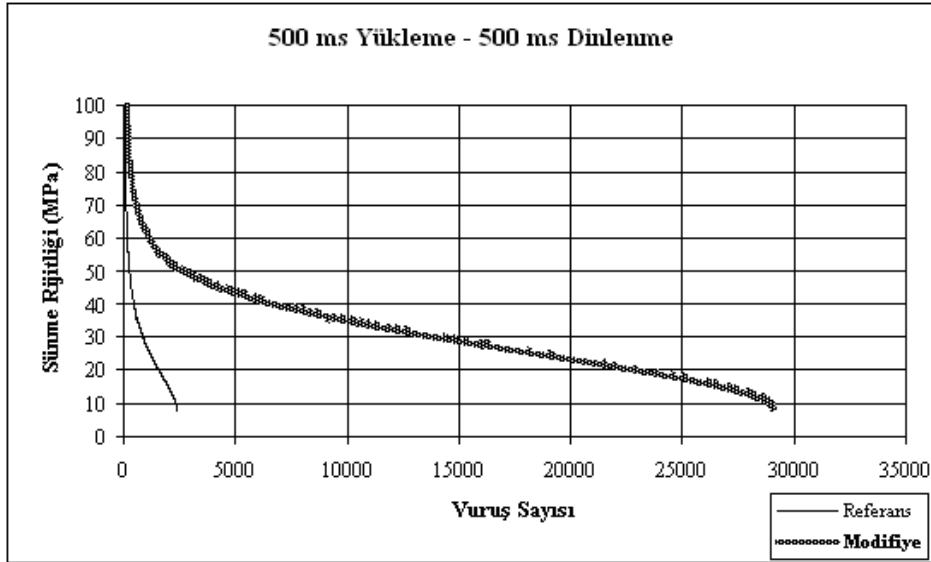
Asfalt numunelerin değişik yükleme paternleri ve değerleri altındaki davranışını modelleyebilmek maksadı ile değişik gerilme değerleri altında çok çeşitli deneyler yürütülmüştür. Bu gerilme değerleri 100, 207 ve 500 kPa'dır. Marshall numuneleri polipropilen fiberler ile modifiye edildiğinden dolayı 100 ve 207 kPa gerilme değerleri altında yürütülen deneyler numunelerin üçüncül sünme evresine mantıklı bir süre dahilinde girememelerinden ötürü realist olarak görülmemiş ve referans ile modifiye edilmiş numuneler arasındaki reolojik davranış farkını tam anlamıyla görebilmek için 500 kPa (yaklaşık olarak 73 psi) gerilme altında geri kalan deneylerin yürütülmesine karar verilmiştir. Tekrarlı sünme deneyine tabi tutulan tüm numuneler için yükleme periyodu 500 ms olarak seçilmiş, dinlenme periyotları ise 500, 1000, 1500 ve 2000 ms olarak belirlenmiştir. Her yükleme paterni için dört adet numune test edilmiştir. Referans ve modifiye asfalt numuneleri %5 bitüm muhtevası kullanılarak hazırlanmışlardır.

Tekrarlı Sünme Deneyi Sonuçları

Yürütülen tekrarlı sünme deneyi sonuçları Şekil 1 ila 8'de gösterilmektedir. İlk grafikler vuruş sayısı ile biriken birim deformasyonları $\mu\epsilon$ cinsinden, ikinci grafikler ise vuruş sayısı ile değişen sünme rijitliği değerlerini MPa cinsinden belirtmektedirler. Her bir grafik, dört adet numunenin averaj deney sonuçlarını, 50°C sıcaklık ve 500 Kpa gerilme değeri altında göstermektedir. Bu grafiklerden son derece aşikâr bir biçimde, polipropilen katkısının pozitif etkileri görülebilmektedir.



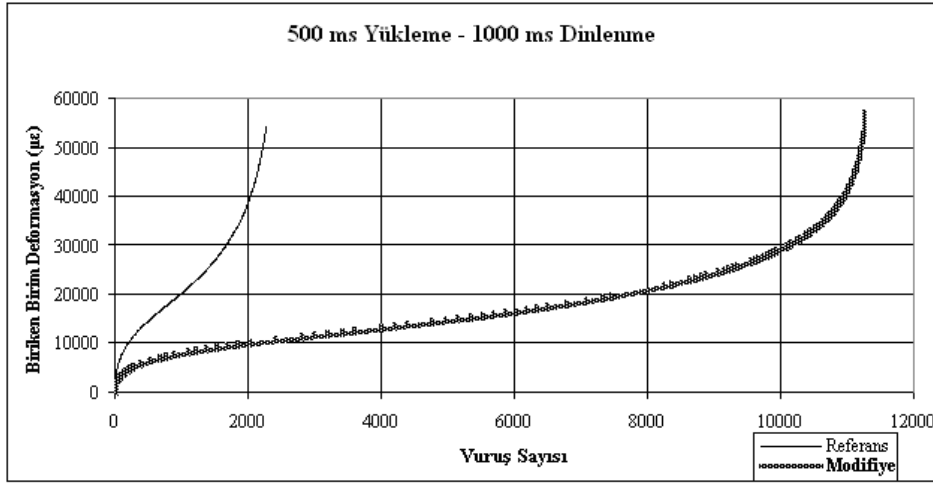
Şekil 1. 500 ms yükleme – 500 ms dinlenme paterninde biriken birim deformasyonlar



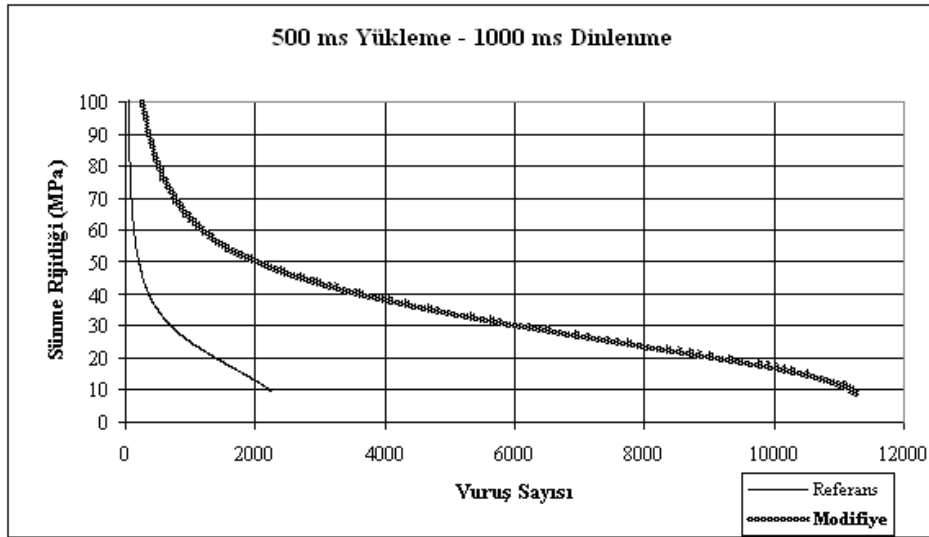
Şekil 2. 500 ms yükleme – 500 ms dinlenme paterninde sünme rijitliği grafiği

Şekil 1 ve 2’de görülebileceği üzere polipropilen ile modifiye edilmiş numunelerin servis ömrü referans numuneler ile mukayese edildiğinde yaklaşık olarak 12 kat daha uzundur. Bu fark gerçektende son derece kayda değerdir. Şekil 1’de gözlemlenebileceği üzere, referans numuneler, üçüncül sünme evresine (ki bu evre sonunda tam olarak bir yıkım oluşmaktadır) 2000 vuruş civarında girmekteyken, polipropilen ile modifiye edilmiş numuneler bu esnada daha birincil sünme evresinde bulunmaktadırlar. Modifiye numuneler üçüncül sünme evresine 20000 vuruş civarında girmektedirler. Daha da önemlisi, yürütülen bu tekrarlı sünme deneyleri sonunda referans numuneler tam anlamıyla parçalanırken, modifiye numunelerde herhangi bir yıkım belirtisi gözlemlenmemektedir. Sünme rijitlikleri ise, Şekil 2’den görülebileceği üzere 10 Mpa gibi bir değere kadar azalmakta ve bu değere deneyin durdurulması için bir kriter olarak kabul edilmektedir. İki tip numune için de bu kriter aynı olmasına rağmen, sünme rijitliklerindeki azalış pateni oldukça farklı bir yol izlemektedir. Referans numuneleri servis ömürlerini tükettiklerinde, modifiye numuneler daha sünme

rijitliği ilk değerlerinin %50'sine ancak gerilemektedirler. Bu da gerçekten son derece kayda değerdir.

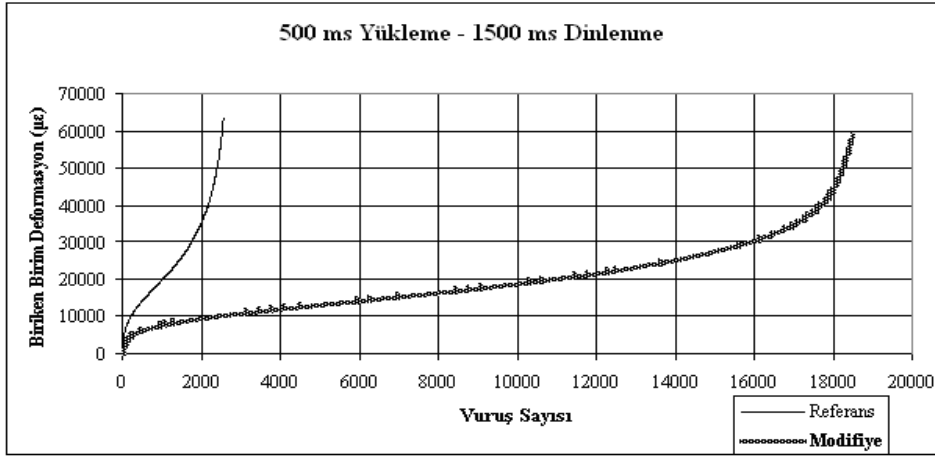


Şekil 3. 500 ms yükleme – 1000 ms dinlenme paterninde biriken birim deformasyonlar

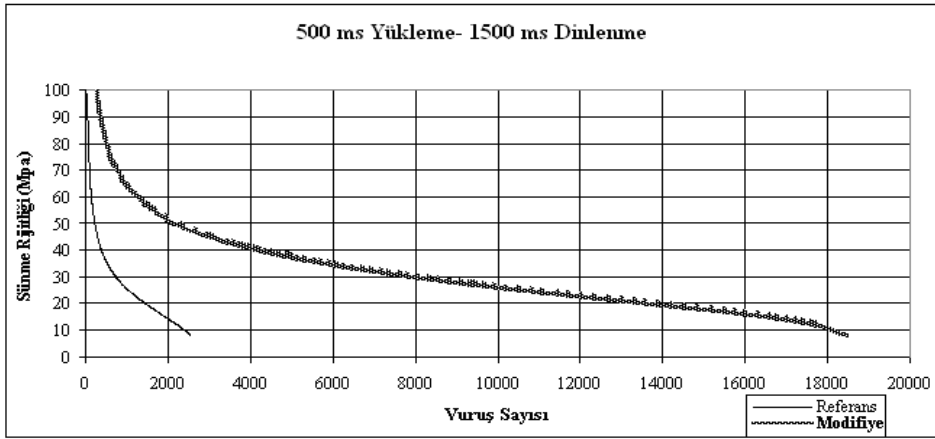


Şekil 4. 500 ms yükleme – 1000 ms dinlenme paterninde sünme rijitliği grafiği

Şekil 3 ve 4'den görülebileceği gibi, modifiye numunelerin servis ömürleri referans numunelerin servis ömürlerinden ortalama olarak 5 kat daha uzundur. 500 ms yükleme – 500 ms dinlenme paterni ile yüklenen numunelerin servis ömürleri ise Şekil 3 ve 4'te gösterilen numunelerin ömürlerinden yaklaşık olarak 2.5 kat daha fazladır. Bunun sebebi 1000 ms dinlenme süresinin numuneler üzerinde daha etkin olmasından kaynaklanmaktadır. Referans numuneleri ise bu farklılıktan önemli oranda etkilenmemişlerdir.

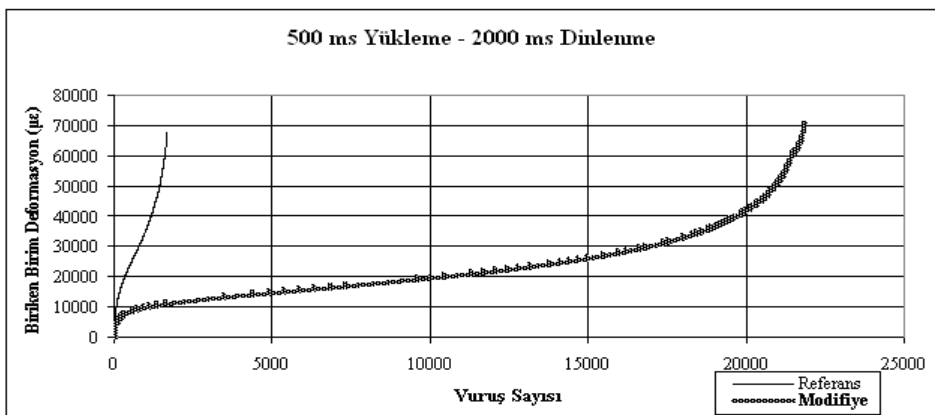


Şekil 5. 500 ms yükleme – 1500 ms dinlenme paterninde biriken birim deformasyonlar

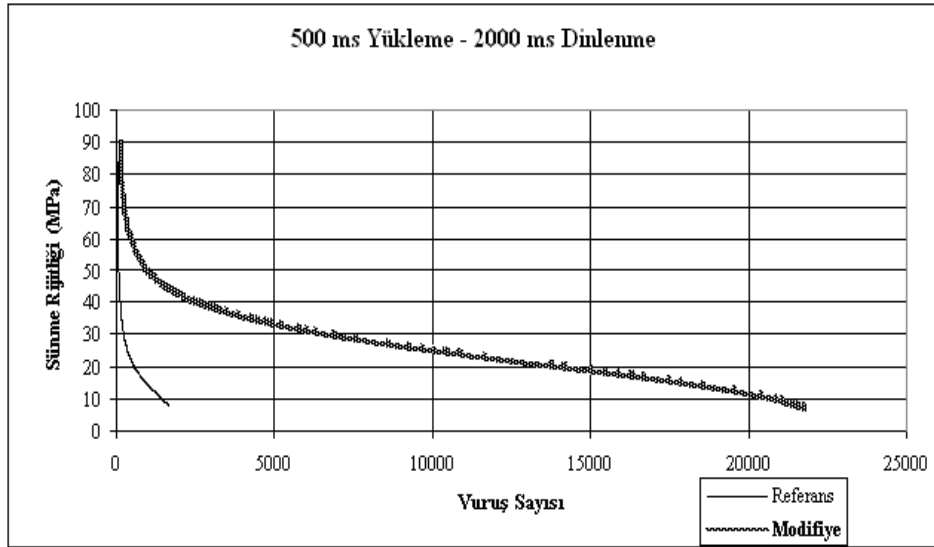


Şekil 6. 500 ms yükleme – 1500 ms dinlenme paterninde sünme rijitliği grafiği

Modifiye numunelerin servis ömürleri, referans numunelerin servis ömürlerinin yaklaşık olarak 7.5 katı kadardır. Tüm bu çalışmalar ve grafiklerin ışığında, biriken birim deformasyonların vuruş sayılarına göre çizilen grafikleri, viskoelastik, elastoplastik ve termoplastik bir malzeme olan asfalt betonunun reolojik davranışına son derece uyum göstermektedir.



Şekil 7. 500 ms yükleme – 2000 ms dinlenme paterninde biriken birim deformasyonlar



Şekil 8. 500 ms yükleme – 2000 ms dinlenme paterninde sünme rijitliği grafiği

Şekil 7 ve 8 ise 2000 ms dinlenme süresi altında asfalt numunelerin davranışını gözler önüne sermektedir.

Sonuçlar ve Öneriler

Yürütülen Marshall deneyleri sonucunda, optimum bitüm muhtevasının %5 ve optimal polipropilen katkısının ise agreganın ağırlıkça %3 olduğu belirlenmiştir. Yapılan modifikasyon sayesinde numunelerin Marshall oranı değerleri önemli oranda artmış ve bu da modifiye numunelerin tekrarlı sünme deneyindeki servis ömürlerinin 5 ila 12 kat artmasıyla realize edilmiştir. Bu gerçekten çok önemli bir gelişmedir. Modifiye numuneler tekrarlı sünme deneyinde henüz birincil sünme evrelerindeyken, referans numuneler üçüncül sünme evrelerine ulaşmış ve yıkıma uğramışlardır. Bu olay, sünme rijitliği değerleriyle de desteklenmektedir. Referans numuneleri yıkıma uğrarlarken, modifiye numunelerin sünme rijitliği değerleri ilk değerlerinin henüz %50'sindedir. Tüm bu sonuçların ışığı altında, polipropilen fiberler ile yapılan modifikasyonun, tekrarlı sünme deneyine tabii tutulan asfalt numunelerin reolojik davranışlarını son derece olumlu bir şekilde iyileştirdiği aşikârdır. Bu olay, yeni jenerasyon asfalt kaplamaların dizaynında çok önemli bir adımdır. Ayrıca modifiye numunelerin daha hafif ve daha boşluklu olmaları, yüksek sıcaklık altına kaplamalarımızda gözlemlenen kanama ve kasma problemlerine çok ciddi, yerli ve ucuz maliyetli bir çözüm alternatifini sunmaktadır.

Modifiye numuneler üzerinde değişik yükleme ve sıcaklık paternlerinde statik sünme deneylerinin gerçekleştirilmesi ve floresan mikroskopi yardımıyla daha realist optimal polipropilen miktarı belirlenmesi daha ileride yürütülecek çalışmaların konusunu teşkil edebilir.

Kaynaklar

Tapkın, S., Uşar, Ü., Tuncan, A., and Tuncan, M. (2009), Repeated Creep Behaviour of Polypropylene Fiber-Reinforced Bituminous Mixtures. Journal of Transportation Engineering, ASCE, 135(4), pp. 240-249.

Tapkın, S. (2008), The effect of polypropylene fibers on asphalt performance, Building and Environment, Volume 43, pp. 1065-1071.

Şehiriçi Karayolu Ağlarının Ayrık Tasarımında Sezgisel Armoni Araştırması Yöntemi Uygulaması

Hüseyin Ceylan, Halim Ceylan

Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Müh. Bölümü 20017 Denizli

Tel: (258) 296 33 86

E-Posta: hceylan@pau.edu.tr

Tel: (258) 296 33 51

E-Posta: halimc@pau.edu.tr

Öz

Bu çalışmada, şehiriçi ulaştırma ağları üzerindeki toplam trafik sıklığına en az indirilebilmesi için hangi bağlarda iyileştirmeye gidilmesi gerektiği problemi ele alınmıştır. Ayrık ulaştırma ağ tasarımı (AUAT) problemi olarak bilinen bu doğrusal olmayan karma tamsayılı programlama problemi, içerdiği çok sayıda 0-1 değişkenlerinden dolayı oldukça karmaşık bir ulaştırma problemidir. Yol kullanıcılarının, mevcut tasarıma gösterdikleri tepki doğrultusunda yaptıkları güzergah seçimleri, stokastik kullanıcı dengesi altında modellenmiş ve alt seviye problemi olarak ele alınmıştır. Sürekli ve konveks yapısından dolayı alt seviye probleminin çözümü için *genelleştirilmiş indirgenmiş gradyan yöntemi* tabanlı bir optimizasyon algoritması kullanılmıştır. Üst seviyeyi temsil eden tasarım probleminin çözümü için sezgisel Armoni Araştırması tekniğinden yararlanılmış ve AUAT probleminin çözümü, atama ve tasarım problemlerinin dögüsel olarak çözümüyle gerçekleştirilmiştir. Armoni araştırması yönteminin AUAT problemi üzerindeki etkinliğinin görülebilmesi amacıyla örnek bir yol ağı üzerinde sayısal uygulama gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, bütçe kaynaklarının optimum kullanımı ile mümkün olan en düşük seyahat süresini veren optimum yatırım stratejisinin başarılı bir şekilde bulunabileceğini ve sezgisel armoni araştırması yönteminin ulaştırma ağlarının ayrık tasarımında verimli bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir.

Anahtar sözcükler: Ayrık ulaşım ağ tasarımı, Armoni araştırması, Trafik ataması, Optimizasyon, Doğrusal olmayan karma tamsayılı programlama.

Giriş

Şehiriçi karayolu ulaştırma ağlarında trafik sıklığına azaltılması, özellikle trafik talebinin yoğun olduğu periyotlarda ağdaki seyahatlerin mümkün olan en kısa sürede yapılabilmesi açısından önem taşımaktadır. Sanayileşme, nüfus ve araç sahipliği gibi sosyo-ekonomik faktörlerden önemli derecede etkilenen ulaşım talebi, zaman zaman karayolu ağındaki mevcut işletim koşullarının (kavşaklarda sinyalizasyon tasarımı, yatay-düşey işaretlemeler, yaya geçitleri vb.) iyileştirilmesi ile karşılanamayabilmektedir. Bu durumda, mevcut yol ağına yeni bağlar inşa etmek ya da mevcut bağların iyileştirilerek kapasitelerinin artırılması kaçınılmaz hale gelebilmektedir. Özellikle kentsel yapılanmanın yoğun olduğu kesimlerde mevcut yol

ağına yeni bağlar eklemek; konut ve işyeri yapılarının yoğun olduğu bölgede uygun arazi kesiminin bulunmaması ya da istimlak bedellerinin oldukça yüksek olmasından dolayı çoğunlukla mümkün olmamaktadır. Bu durumda, mevcut ağın fiziksel özelliklerinin değiştirilmesi (şerit ilavesi veya şerit genişliklerinin arttırılması, tekyön uygulamaları vb.) en uygun çözüm olarak tasarımcıların karşısına çıkmaktadır. Bu iyileştirmeleri gerçekleştirirken, bütçe kaynakları dahilinde ağ üzerindeki trafik sıkışıklıklarını en aza indirecek yatırım stratejisinin belirlenmesi önem taşımaktadır.

Günümüzde, ulaştırma ağ tasarım problemi iki farklı şekilde ele alınmakta ve her iki formda da amaç, yol kullanıcılarının güzergah seçim davranışlarını dikkate alarak verilen bir sistem performans ölçütünün optimize edilmesidir. Bunlardan birincisi, işletme koşullarının iyileştirilmesini ele alan sürekli ulaştırma ağ tasarım problemidir. İkinci problem ise mevcut bir ulaştırma ağına yeni bağların eklenmesi ya da mevcut bağların iyileştirilmesini kapsayan Ayrık Ulaştırma Ağ tasarımıdır (AUAT). İçerdiği çok sayıdaki 0-1 değişkenlerinden dolayı bu doğrusal olmayan karma tamsayılı programlama (DOKTP) problemi, günümüzde ulaştırma alanının en zor problemleri arasında yer almaktadır (Magnanti ve Wong, 1984; Yang ve Bell, 1998).

Bruynooghe (1972), AUAT probleminin çözümü için bir tamsayı programlama modeli geliştirmiştir. Bu modelde amaç fonksiyonu, iyileştirilmesi planlanan bağlara yapılacak harcamalar ve bu iyileştirmeler sonucunda ağda gözlenecek seyahat süresinin toplamı olarak kabul edilmiştir. Steenbrink (1974) yaptığı çalışmada, AUAT probleminin çözümünde dal-sınır tekniğinin kullanımını araştırmıştır. LeBlanc (1973; 1975) çalışmalarında, tamsayı programlama problemi için dal-sınır yaklaşımı tabanlı bir çözüm yöntemi önermiştir. Bu yaklaşımda döngüsel olarak geliştirilen çözüm ağacı, yönlendirilmiş dallarla bağlanan düğümler içermektedir. Chen ve Alfa (1991), AUAT problemini logit tabanlı stokastik atama yaklaşımı ile ele almışlar ve çeşitli yol ağları için tasarım probleminin çözümünü gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarında sürücü davranışlarındaki gelişigüzel algılama hatalarını dikkate alarak AUAT probleminin çözümünde dal-sınır yöntemini kullanmışlardır. Literatürde AUAT problemi için yaygın olarak kullanımına karşın, ayrık değişkenli optimizasyon yöntemlerinin çözümünde başarılı sonuçlar veren dal-sınır yönteminin çeşitli olumsuz yönleri bulunmaktadır. Bunlardan başlıcaları, çok sayıda karar değişkeni içeren problemler için yüksek bellek gereksinimi ve uzun çözüm sürelerine ihtiyaç duyulmasıdır (Chen, 2003).

Poorzahedy ve Turnquist (1982), AUAT probleminin çözümü için iki-seviyeli bir programlama modeli geliştirmişlerdir. Bu modelde, üst seviye yeni bağ yatırımlarına bağlı olarak toplam seyahat süresinin en aza indirilmesi, alt seviyede ise sabit trafik talebi altında kullanıcı dengesi probleminin çözümü amaçlanmış ve dal-sınır yaklaşımı tabanlı bir sezgisel algoritma ile çözüm gerçekleştirilmiştir. Gao ve diğ. (2005), geliştirdikleri iki-seviyeli yaklaşımla AUAT problemini DOKTP problemi olarak ele almışlardır. Bu yaklaşımda kullandıkları destek fonksiyonu sayesinde, bağ akımlarındaki değişiklik ile yol ağına eklenen yeni bağlar arasındaki ilişkiyi açıklamayı hedeflemişlerdir. AUAT problemi üzerine yapılan diğer bir çalışmada Zhang ve Gao (2007), ayrık tasarım probleminin çözümünü sezgisel parçacık sürü optimizasyon (PSO) yöntemi ile gerçekleştirmiştir. Çalışmada, zirve saatlerdeki trafik hacminin yönlere göre (konut-iş veya iş-konut yönlü dağılım) değerlerindeki farklılıktan kaynaklanan sıkışıklığın önlenmesi için talebin fazla olduğu yönlere daha fazla sayıda şerit ayrılması prensibi esas alınmıştır.

Yüksek sayıda iyileştirme projesi içeren problemler, numaralandırma ile çözülmek için çok fazla sayıda strateji içermektedir. Ayrıca, AUAT probleminin konveks olmayan yapısından dolayı lokal arama teknikleri ile global çözüme ulaşmak oldukça zordur. Alt seviye problemi konveks ve sürekli olmasına rağmen, üst seviye problemdeki karar değişkenlerinin tamsayı olmasından kaynaklanan süreksizlikten dolayı sezgisel bir algoritma kullanımına ihtiyaç doğmaktadır (Duthie ve Waller, 2008). Bu çalışmada, son yıllarda mühendislik problemlerinin çözümünde yaygın olarak kullanılmaya başlanan sezgisel armoni araştırması optimizasyon tekniği, AUAT probleminin çözümü için uygulanmıştır. Sonuçlar, bütçe kaynaklarının optimum kullanımı ile mümkün olan en yüksek ağ kapasitesini veren yatırım stratejisinin başarılı bir şekilde bulunabileceğini ve çözüm yaklaşımının ulaştırma ağlarının ayırık tasarımında verimli bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir.

Armoni Araştırması Optimizasyon Tekniği

Optimizasyon modeli olarak kullanılan ve ilk olarak Geem ve diğ. (2001) tarafından geliştirilen Armoni Araştırması optimizasyon tekniği, bir orkestradaki müzisyenlerin çaldıkları notalar ile armonik açıdan en iyi melodinin elde edilmesi prensibine dayanmaktadır. Bir orkestrada tüm orkestra elemanlarının birbirleri ile armonik açıdan uyumlu bir şekilde çalmaları ile en estetik melodiye yaklaşırken, optimizasyon modellerinde en iyi çözüm amaç fonksiyonunun global optimuma giderek yaklaşması sonucu elde edilebilmektedir. Sezgisel armoni araştırması optimizasyon tekniği, taşkın modellemesi (Kim ve diğ., 2001), su dağıtım şebekelerinin optimum tasarımı (Geem, 2006), akifer parametreleri ve zon yapılarının belirlenmesi (Ayvaz, 2007), ulaştırma sektörü enerji talebi modellemesi (Ceylan ve diğ., 2008) ve kafes sistemlerin optimum tasarımı (Saka, 2009) gibi çeşitli mühendislik problemlerinin çözümüne uygulanmıştır. Armoni araştırması süreci 5 adımdan oluşmaktadır:

Adım 1: Problemin kurulması ve algoritma parametrelerinin tanımlanması Denklem (1)'de verilen örnek bir optimizasyon problemi tanımlanmaktadır:

$$\min Z = F(x) \quad x_i \in \mathbf{x}_i, \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (1)$$

Burada, $F(x)$ minimize edilecek olan amaç fonksiyonunu, x_i karar değişkenlerini (orkestradaki enstrümanları), \mathbf{x}_i her karar değişkeni için kullanılan çözüm vektörünü, N ise toplam karar değişkeni sayısını (orkestra büyüklüğünü) göstermektedir. Armoni araştırması çözüm sürecini kontrol eden 3 farklı parametre mevcuttur. Bunlar sırasıyla, armoni araştırmasındaki çözüm vektörü sayısı olan armoni belleği kapasitesi (ABK), armoni belleğinden (AB) yapılacak değişken seçimi oranı olan armoni belleğini dikkate alma oranı (ABDAO) ve ton ayarlama oranıdır (TAO).

Adım 2: Armoni belleğinin oluşturulması Bu adımda, armoni belleği matrisi, rastgele üretilen çok sayıda çözüm vektörü ile doldurulur ve bu vektörler için ilgili amaç fonksiyonu değerleri Denklem (2)'deki gibi hesaplanır.

$$\begin{bmatrix} x_1^1 & x_2^1 & \cdots & x_{N-1}^1 & x_N^1 \\ x_1^2 & x_2^2 & \cdots & x_{N-1}^2 & x_N^2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_1^{ABK-1} & x_2^{ABK-1} & \cdots & x_{N-1}^{ABK-1} & x_N^{ABK-1} \\ x_1^{ABK} & x_2^{ABK} & \cdots & x_{N-1}^{ABK} & x_N^{ABK} \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} f(x^1) \\ f(x^2) \\ \vdots \\ f(x^{ABK-1}) \\ f(x^{ABK}) \end{bmatrix} \quad (2)$$

Adım 3: Yeni armoninin oluşturulması Bu adımda, yeni armoni vektörü $\mathbf{x}' = (x'_1, x'_2, x'_3, \dots, x'_N)$, armoni belleğinde bulunan tonlara göre ve/veya tamamen rastgele seçilen tonlara göre üretilmektedir. Armoni belleğinde bulunan tonlara göre, yeni armoni vektörüne ait ilk karar değişkeni x'_1 mevcut armoni belleği $(x_1^1, \dots, x_1^{ABK})$ içerisindeki herhangi bir değerden rastgele olarak seçilmektedir. Seçim işleminin nasıl yapıldığı Denklem (3)'te verilmiştir:

$$x'_i = \begin{cases} x'_i \in \{x_i^1, x_i^2, x_i^3, \dots, x_i^{ABK}\} & \text{ABDAO olasılığı durumu} \\ x'_i \in X_i & \text{(1-ABDAO) olasılığı durumu} \end{cases} \quad (3)$$

Bu aşamadan sonra, ton ayarlama işleminin gerekli olup olmadığının belirlenmesi için her karar değişkeninin değerlendirilmesi yapılmaktadır. Ayrık karar değişkenleri için bu işlem PAR parametresi ile aşağıda verildiği şekilde yapılmaktadır:

$$x'_i = \begin{cases} \text{AB} \{ \text{int} [\text{rnd}(0;1) \times \text{ABK}] + 1, i \} & \text{TAO olasılığı durumu} \\ x'_i & \text{(1-TAO) olasılığı durumu} \end{cases} \quad (4)$$

Dikkat edilmesi gereken önemli bir nokta, ABDAO ve TAO parametrelerinin, algoritmanın sırasıyla global ve lokal optimum çözümleri elde etmesinde tetikleyici rol almasıdır (Ayvaz, 2007). ABK, ABDAO ve TAO parametreleri için sırasıyla 0.7-0.95, 0.2-0.5 ve 10-50 aralığındaki değerlerin seçilmesi önerilmektedir (Lee ve diğ., 2005).

Adım 4: Armoni belleğinin güncellenmesi Bu adımda, yeni vektör bellek içindeki en kötü vektörden daha iyi bir sonuç veriyorsa belleğe dahil edilir ve en kötü vektör bellekten çıkarılır.

Adım 5: Durma kriterinin kontrolü Bu adımda verilen durma koşulunun sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilir. Koşulun sağlanmaması durumunda, Adım 3 ile 5 arasındaki işlemler istenen koşul sağlanıncaya kadar tekrar edilir.

Problem Formülasyonu

Yol ağındaki bağlar kümesi $L = \{l : l = 1, 2, \dots, N\}$ ve iyileştirilmeye aday bağlar kümesi $L_1 = \{l : l = 1, 2, \dots, m\}$ olsun. m adet iyileştirilmeye aday bağ için iyileştirme yapılması durumunda ortaya çıkacak maliyet vektörü $\mathbf{b} = [b_1, b_2, \dots, b_m]$ ve öngörülen yatırım

bütçesi B ile gösterilsin. u_i ikili değişkeni için aday i bağı iyileştirilecekse $u_i=1$ aksi halde $u_i=0$ olsun.

Alt Seviye: Stokastik Kullanıcı Denge (SKD) Ataması

SKD atamasının temel prensibi, ulaştırma ağını oluşturan güzergahların belli bir olasılıkla seçildiği şeklindedir. Bu olasılıkları elde edebilmek için çeşitli güzergah seçim modelleri kullanılmaktadır. Literatürde sıkça kullanılan modeller, *Logit*, *C-Logit* ve *Probit* modellerdir. Logit modelde tüm güzergah alternatifleri istatistiksel olarak bağımsızmış gibi düşünülürken, C-logit ve probit modellerde alternatif güzergahlar arasındaki bağımlılık dikkate alınır. SKD ataması, trafik hacim uzayında *sabit-nokta* problemi olarak tanımlanmaktadır (Daganzo, 1983; Cantarella, 1997). Bu tanımlamaya göre SKD akım korunum eşitlikleri şu şekildedir:

$$v_a = \sum_{w \in W} \sum_{p \in P_w} f_p^w \delta_{ap}^w, a \in L \quad (5)$$

$$\sum_{r \in P_w} f_r^w = q_w, a \in L \quad (6)$$

$$f_p^w \geq 0, p \in P_w, w \in W \quad (7)$$

Burada, v_a a bağındaki saatlik trafik hacmini, f_p^w , p güzergahındaki saatlik trafik hacmini, q_w , w başlangıç-varış (B-V) çifti arasındaki saatlik seyahat talebini, W yol ağındaki B-V çiftleri kümesini, δ_{ap}^w , bağı/güzergah belirleme matrisinin elemanını temsil etmekte ve aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$\delta_{ap}^w = \begin{cases} 1 & \text{eğer } w \text{ B-V çiftindeki } p \text{ güzergahı } a \text{ bağını kullanıyorsa} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases} \quad (8)$$

C-logit modelin fonksiyonel yapısı Denklem (9)'da verilmiştir (Cascetta ve diğ., 1996).

$$P_p^w(t^w) = \frac{e^{(-\theta_0 t_p^w - \theta_1 CF_p^w)}}{\sum_{k \in P_w} e^{(-\theta_0 t_k^w - \theta_1 CF_k^w)}}, p \in P_w, w \in W \quad (9)$$

Burada, θ_0 ve θ_1 sürücü algılama hatalarını temsil eden ve C-Logit model parametreleri ve CF_p^w , P_w güzergah setindeki tüm p güzergahları arasındaki bağımlılığı temsil eden benzerlik faktörüdür. CF_p^w parametresinin hesabı için kullanılan bağıntılardan birisi şu şekildedir:

$$CF_p^w = \sum_{a \in A} \delta_{ap}^w w_{ap}^w \ln N_a^w, p \in P_w, w \in W \quad (10)$$

Burada, N_a^w , $w \in W$ Başlangıç-Varış (B-V) çiftini bağlayan ve $a \in L$ bağını ortak kullanan güzergah sayısını, w_{ap}^w ise $p \in P_w$ güzergahı için a bağının oransal ağırlığını temsil etmektedir:

$$w_{ap}^w = \frac{t_a}{t_p} \quad (11)$$

Burada, t_a , a bağındaki seyahat süresi ve t_p , p güzergahındaki toplam seyahat süresidir ve (12) nolu bağıntı ile hesaplanabilir.

$$t_p^w = \sum_{a \in L} t_a (v_a) \delta_{ap}^w, p \in P_w, w \in W \quad (12)$$

(5)-(10) arasındaki bağıntılar incelendiğinde, güzergah akımları ve seyahat süreleri içsel bağımlılık göstermektedir ve SKD akımlarının hesaplanabilmesi için kapalı-foksiyon çözümü gerekmektedir. Güzergah seçim olasılıklarının bulunmasından sonra, SKD ataması problemi Denklem (13)'te görülen amaç fonksiyonunun minimizasyonu ile şu şekilde elde edilebilir:

$$\min F(f_p^w, f_p^{w*}) = \sum_{w \in W} \sum_{p \in P_w} (f_p^w - f_p^{w*})^2 + P(\mathbf{v}, \mathbf{c}) \quad (13)$$

Burada, f_p^w her bir B-V çifti arasındaki güzergah p 'ye atanan trafik hacmini, f_p^{w*} güzergah p 'deki hesaplanan trafik hacmini ve $f = f^*$ ise güzergah trafik hacimleri ile güzergah maliyetleri arasındaki karşılıklı eşitlik kısıtını göstermektedir. \mathbf{v} bağı trafik hacimleri vektörü ve \mathbf{c} bağı kapasiteleri vektörü olmak üzere, $P(\mathbf{v}, \mathbf{c})$ bağı akımlarının kapasiteyi aşmayacak şekilde çözüm uzayında araştırılması için geliştirilen ceza fonksiyonudur. Bu fonksiyonun yapısı,

$$P(\mathbf{v}, \mathbf{c}) = \begin{cases} \sum_{a \in L} \beta (v_a - c_a) & v_a > c_a \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases} \quad (14)$$

şeklinde. Burada, β ölçek parametresidir. (13) nolu denklemin global çözümünde tüm güzergahlardaki verilen ve hesaplanan trafik hacimleri eşit olduğu zaman problem çözülmüş olacaktır.

Üst Seviye: AUAT Problemi

AUAT probleminin çözümünde sistem performansının optimize edilmesi, yol ağındaki trafik hacmine ait toplam seyahat süresinin en aza indirgenmesi anlamına gelmektedir. Bu durumda, yol ağı üzerindeki tüm bağılardaki denge trafik hacimlerinin bilinmesi durumunda sistem performansını optimum edecek amaç fonksiyonu ve kısıtları Denklem (15-17)'de verilmektedir.

$$P(\mathbf{b}) = \begin{cases} \alpha \cdot \left[\left(\sum_{a \in L} b_a \right) - B \right] & \text{eğer } \sum_{a \in L} b_a > B \text{ ise} \\ 0 & \text{eğer } \sum_{a \in L} b_a \leq B \text{ ise} \end{cases} \quad (15)$$

$$b_a = \begin{cases} b_i & \text{eğer } u_i = 1 \text{ ise} \\ 0 & \text{eğer } u_i = 0 \text{ ise} \end{cases} \quad (16)$$

kısıtlarına bağlı olarak,

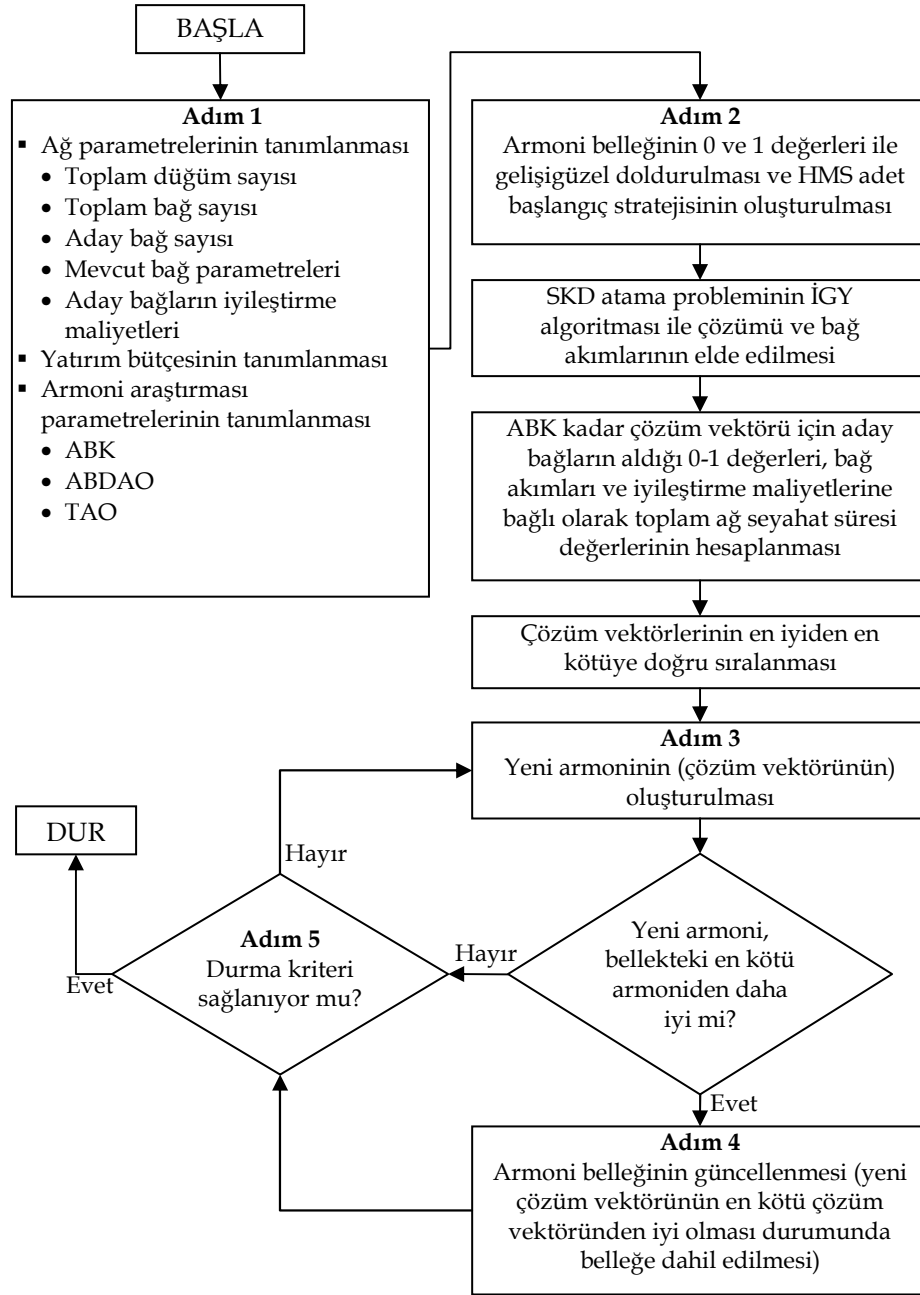
$$\min T(\mathbf{v}^*, \mathbf{t}) = \sum_{a \in L} v_a^* t_a(v_a^*) + P(\mathbf{b}) \quad (17)$$

Burada, $P(\mathbf{b})$, seçilen yatırım stratejisi için öngörülen maksimum yatırım bütçesinin aşılması durumunda amaç fonksiyonuna uygulanacak olan ceza fonksiyonudur ve α , uygulanacak ceza değeri için ölçek parametresidir. İyileştirilmesi planlanan bağlar için yapılacak toplam harcamanın bütçe kısıtını aşmaması durumunda ceza değeri sıfır olacaktır.

Çözüm Yöntemi

Doğrusal ötesi ve konveks yapısından dolayı kullanıcı denge ataması probleminin çözümü, genelleştirilmiş indirgenmiş gradyen yöntemi (İGY) tabanlı bir optimizasyon algoritması ile gerçekleştirilmiştir. Doğrusal ve doğrusal ötesi optimizasyon problemlerinin çözümü için kullanılan İGY algoritması, mühendislik optimizasyon problemlerinin çözümünde oldukça etkilidir (Karahana ve Ayvaz, 2005). Kesikli karar değişkenlerine (0-1) bağlı bir problem olan sistem performans optimizasyonunda, türe ve dayalı matematiksel optimizasyon yöntemlerinin kullanılması mümkün olmamaktadır. Bu nedenle toplam seyahat süresi enküçüklenmesinde sezgisel armoni araştırması tekniğinden faydalanılmıştır. AUAT probleminin çözümü için kullanılan çözüm yaklaşımının akış diyagramı Şekil 1’de verilmiştir.

Şekilden görülebileceği gibi, önerilen çözüm yönteminde, yol ağı karakteristikleri, alternatif proje maliyetleri, öngörülen toplam bütçe ve armoni araştırması parametreleri öncelikle tanımlanır. Daha sonra farklı yatırım stratejileri içeren armoni belleği gelişigüzel oluşturulur ve armoni belleğindeki her bir çözüm vektörü (yatırım stratejisi) için trafik atama problemi İGY kullanılarak çözülür. Elde edilen denge bağ akımlarına bağlı olarak (17) nolu bağıntıda verilen sistem performans fonksiyonları bellekteki her bir çözüm vektörü için hesaplanır ve sonuçlara bağlı olarak bellekteki çözüm vektörleri en iyi (en düşük) değerden en kötü (en yüksek) değere doğru sıralanır. Üçüncü adımda, armoni araştırması tekniği ilkeleri doğrultusunda mevcut bellek yardımıyla yeni bir çözüm vektörü oluşturulur ve ilgili amaç fonksiyonu değer hesaplanır. Yeni çözüm vektörünün, bellekteki en kötü çözüm vektöründen iyi olması durumunda belleğe dahil edilmesi işlemi gerçekleştirilir. Bu aşamadan sonra armoni yönteminde toplam ulaşım ağı seyahat süresi en iyileninceye kadar armoni araştırması prosedürü devam ettirilir. Durma kriteri sağlandığında, sistem maliyetini en aza indiren yatırım stratejileri rapor edilir ve AUAT problemi çözülmüş olur.

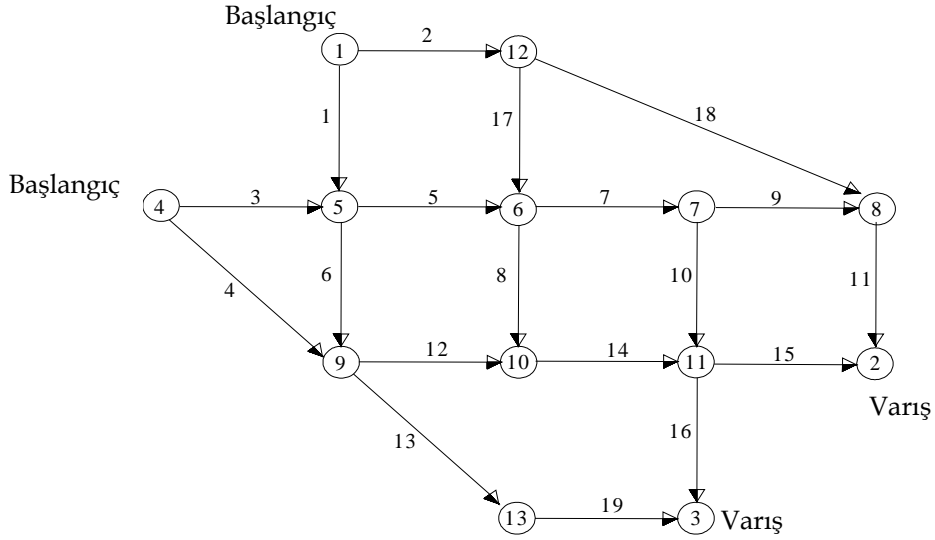


Şekil 1 AUAT problemi çözüm yöntemi.

Sayısal Uygulama

Bu bölümde AUAT probleminin çözümünde kullanılan yöntemin etkinliğini görmek amacıyla bir sayısal uygulama verilmiştir. Örnek yol ağı Şekil 2’de görülmektedir (Nguyen ve Dupuis, 1984).

Şekilden görüleceği üzere, örnek yol ağı 13 düğüm, 19 bağ ve 4 B-V çifti arasındaki toplam 25 güzergahtan oluşmaktadır. Çalışma ağına ilişkin B-V çiftleri, güzergahlar ve bağ sıralamaları Tablo 1’de, ağ karakteristikleri ve B-V talepleri de sırasıyla Tablo 2 ve Tablo 3’te verilmektedir.



Şekil 2 Örnek yol ağı.

Karayolu ağındaki tüm bağların iki şeritten oluştuğu ve kapasitelerinin 1800 araç/sa olduğu kabul edilmiştir. Yapılacak iyileştirme planlamasında, tüm bağların iyileştirmeye aday olduğu kabul edilmiş ve iyileştirme, bağlara yeni bir şerit ilavesi olarak tasarlanmıştır. Bu durumda, iyileştirilen bağ için 900 araç/sa kapasite artışının sağlanacağı öngörülmüştür. Yatırım maliyeti, serbest akım seyahat süresinin bir işlevi olarak öngörülmüş ve şu şekilde tanımlanmıştır:

$$b_a(t_a^0) = 0.5 \cdot t_a^0 \quad (18)$$

C-Logit model parametreleri olan θ_0 ve θ_1 sırasıyla 0.05 ve 0.5 olarak alınmıştır (Yin ve Madanat, 2005). Ayrıca, bağ seyahat sürelerinin hesaplanması için seyahat süresi ile hacim/kapasite oranı arasında doğrusal ötesi bir ilişki olduğu kabulünü esas alan Bureau of Public Roads seyahat süresi fonksiyonu kullanılmıştır (BPR, 1964). Bu fonksiyon aşağıdaki formdadır:

$$t_a(v_a) = t_a^0 \left[1 + 0.15 \left(\frac{v_a}{c_a} \right)^4 \right] \quad (19)$$

(18) nolu bağıntı göz önüne alındığında çalışma ağındaki tüm bağların iyileştirilmesi durumunda gerekli yatırım bedeli $\sum_a b_a(t_a^0) = 73$ birim olmasına karşın, toplam proje

yatırım bütçesi $B=50$ birim olarak kabul edilmiştir. Bu durumda, yatırım kararlarına bağlı olarak tüm bağların iyileştirmeye aday olduğu düşünüldüğünde $2^{19} = 524288$ stratejiden oluşan kümeden optimum bir stratejinin seçilmesi gerekmektedir.

Tablo 1 Çalışma ağına ilişkin B-V çiftleri, güzergahlar ve bağ sıralamaları.

B-V	B-V çifti	Güzergah	Bağ sıralaması	B-V	B-V çifti	Güzergah	Bağ sıralaması
1	(1,2)	1	2-18-11	3	(1,3)	14	1-6-13-19
		2	1-5-7-9-11			15	1-5-7-10-16
		3	1-5-7-10-15			16	1-5-8-14-16
		4	1-5-8-14-15			17	1-6-12-14-16
		5	1-6-12-14-15			18	2-17-7-10-16
		6	2-17-7-9-11			19	2-17-8-14-16
		7	2-17-7-10-15			20	4-13-19
		8	2-17-8-14-15			21	4-12-14-16
2	(4,2)	9	4-12-14-15	4	(4,3)	22	3-6-13-19
		10	3-5-7-9-11			23	3-5-7-10-16
		11	3-5-7-10-15			24	3-5-8-14-16
		12	3-5-8-14-15			25	3-6-12-14-16
		13	3-6-12-14-15				

Tablo 2 Çalışma ağı karakteristikleri.

Bağ a	t_a^0	c_a	Bağ a	t_a^0	c_a
1	7	1800	11	5	1800
2	6	1800	12	8	1800
3	13	1800	13	7	1800
4	6	1800	14	14	1800
5	9	1800	15	9	1800
6	7	1800	16	8	1800
7	10	1800	17	7	1800
8	6	1800	18	7	1800
9	4	1800	19	8	1800
10	5	1800			

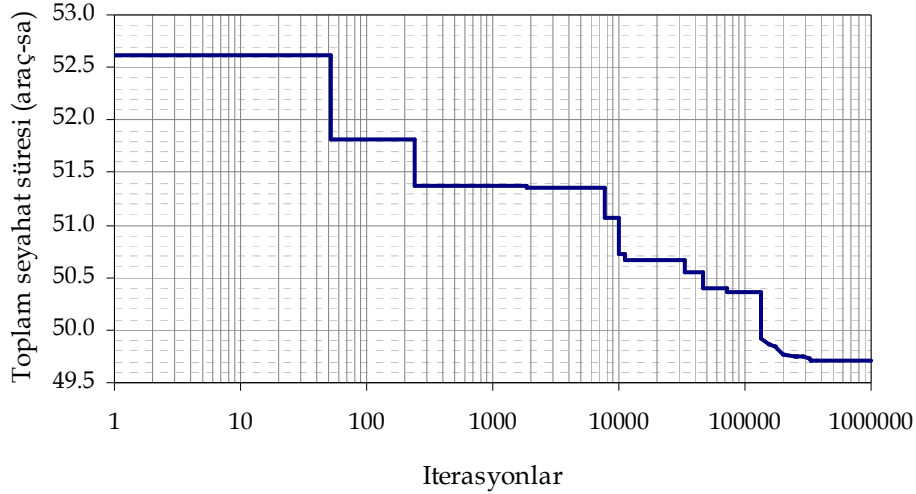
Tablo 3 Çalışma ağındaki B-V talepleri.

Başlangıç	Varış	
	2	3
1	1200	1000
4	1400	1300

Optimizasyon işleminde kullanılan armoni araştırması parametreleri ise ABK=200, ABDAO=0.95 ve TAO=0.45 olarak alınmış ve 1000000 iterasyon değeri için elde edilen yakınsama grafiği (logaritmik x ekseninde) Şekil 3'te verilmiştir.

Şekil 3'te görüldüğü gibi başlangıçta hiçbir iyileştirme yapmaksızın hesaplanan toplam ağ seyahat süresi 52.61 araç-sa civarında iken, yaklaşık 360000 iterasyon sonucunda bu değer 49.87 araç-sa mertebesine düşürülmüştür. Bu da, ağ genelindeki seyahat süresinin

yaklaşık % 5.22 azaldığı anlamına gelmektedir. Yakınsama grafiğindeki ani düşüşler, ilgili iterasyon sayısına gelindiğinde mevcut çözüm stratejisinden daha iyi bir stratejinin elde edildiğini göstermektedir. Optimizasyon süreci sonunda elde edilen yatırım stratejisi kümesi, buna bağlı olarak hangi bağların iyileştirileceğine ilişkin gösterim ve toplam gerekli yatırım Tablo 4’te verilmiştir.



Şekil 3 AUAT problemi çözümünün yakınsama grafiği.

Tablo 4 Çalışma ağındaki iyileştirilmesi gerekli bağlar ve toplam harcama.

Bağ no	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	Toplam Yatırım	
u_i	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
b_i	0	0	0	0	0	0	5.0	3.0	2.0	2.5	2.5	4.0	3.5	7.0	4.5	4.0	3.5	3.5	4.0		49.0

Tablo 4 incelendiğinde, 7-19 nolu bağlarda iyileştirmeye gidildiğinde 49 birimlik toplam yatırım maliyeti ile ağ performansının %5.22 oranında iyileştirilebileceği görülmektedir.

Sonuçlar

Karayollarında hızla artan ulaşım talebinin bir sonucu olarak ortaya çıkan trafik sıkışıklıklarının azaltılması günümüzde ulaştırma alanındaki çalışmaların önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Trafik sıkışıklığı probleminin çözümü için ulaştırma ağlarının daha verimli işletilmesini sağlayan çözüm önerilerinin yetersiz kaldığı durumlarda yolun fiziksel yapısında yapılacak değişiklikler sayesinde kapasitenin artırılması önemli bir seçenek haline gelmektedir.

Bu çalışmada, şehiriçi ulaştırma ağları üzerindeki toplam trafik sıkışıklığının en aza indirilebilmesi için hangi bağlarda iyileştirmeye gidilmesi gerektiğini inceleyen ayrık ulaşım ağ tasarımı problemi ele alınmıştır. Yol kullanıcılarının güzergah seçim algılamaları, stokastik kullanıcı denge ataması altında modellenmiş ve mevcut bir yol ağına yeni şerit ilaveleri gerçekleştirilerek toplam seyahat süresinin en aza indirilmesi hedeflenmiştir. İki-seviyeli ulaştırma ağı modellenmesinde alt seviyeyi temsil eden atama

problemi, konveks yapısından dolayı genelleştirilmiş indirgenmiş gradyen yöntemi ile çözülmüş, ayrık karar değişkenlerinin optimum değerlerinin araştırıldığı üst seviye tasarım problemi ise sezgisel armoni araştırması optimizasyon tekniği kullanılarak çözülmüştür.

Kullanılan yöntemlerin problem üzerindeki etkinliğini incelemek amacıyla 13 düğüm, 19 bağ ve 4 B-V çifti arasında yer alan 25 güzergahtan oluşan bir çalışma ağı üzerinde sayısal uygulama gerçekleştirilmiş ve küçük ölçekli bu ulaşım ağında %5.22'lik performans artışı kaydedilmiştir. Sonuçlar, bütçe kaynaklarının optimum kullanımı ile mümkün olan en düşük seyahat süresini veren optimum yatırım stratejisinin armoni araştırması yöntemi ile başarılı bir şekilde bulunabileceğini göstermiştir. Gelecek çalışmalarda, çözüm yaklaşımının daha büyük karayolu ağlarına uygulaması verilecektir.

Teşekkür Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'nun desteklemiş olduğu 104I119 nolu TÜBİTAK Kariyer ve Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Biriminin desteklemiş olduğu BAP-FBE-003 nolu projeler kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Kaynaklar

Ayvaz, M. T. (2007) Simultaneous Determination of Aquifer Parameters and Zone Structures with Fuzzy c-Means Clustering and Meta-Heuristic Harmony Search Algorithm. Advances in Water Resources 30(11), pp. 2326-2338.

Bruynooghe, M. (1972) An Optimal Method of Choice of Investments in a Transport Network. Proceedings of PTRC.

Cantarella, G. E. (1997) A general fixed-point approach to multimode multi-user equilibrium assignment with elastic demand. Transportation Science 31(2), pp. 107-128.

Cascetta, E., Nuzzolo, A., Russo, F. and Vitetta, A. (1996) Modified Logit Route Choice Model Overcoming Path Overlapping Problems: Specification and Some Calibration Results for Interurban Networks. Proceedings of 13th International Symposium on Transportation and Traffic Theory, eds J. B. Lesort, Lyon, France, July 24-26, Pergamon, pp. 697-711.

Ceylan, H., Ceylan, H., Haldenbilen, S. and Baskan, O. (2008) Transport Energy Modeling with Meta-Heuristic Harmony Search Algorithm, an Application to Turkey. Energy Policy 36, pp. 2527-2535.

Chen, M. and Alfa, A. S. (1991) A Network Design Algorithm Using a Stochastic Incremental Traffic Assignment Approach. Transportation Science 25, pp. 215-224.

Chen, X. (2003) An Improved Branch and Bound Algorithm for Future Selection. Pattern Recognition Letters 24, pp. 1925-1933.

Daganzo, C. F. (1983) Stochastic network equilibrium with multiple vehicle types and asymmetric, indefinite link cost Jacobians. Transportation Science 17(3), pp. 282-300.

- Duthie, J. and Waller, S. T. (2008) Incorporating Environmental Justice Measures into Equilibrium-Based Network Design. Proceedings of Transportation Research Board 87th Annual Meeting, Washington.
- Gao, Z., Wu, J. and Sun, H. (2005) Solution Algorithm for the Bi-Level Discrete Network Design Problem. Transportation Research Part B39, pp. 479-495.
- Geem, Z. W., Kim, J-H. and Loganathan, G. V. (2001) A New Heuristic Optimization Algorithm: Harmony Search. Simulation 76(2), pp. 60-68.
- Geem, Z. W. (2006) Optimal Cost Design of Water Distribution Networks Using Harmony Search. Engineering Optimization 38(3), pp. 259-280.
- Karahan, H. and Ayvaz, M. T. (2005) Groundwater Parameter Estimation by Optimization and Dual Reciprocity Finite Differences Method. J. of Porous Media 8(2), pp. 211-223.
- Kim, J. H., Geem Z. W. and Kim, E. S. (2001) Parameter Estimation of the Nonlinear Muskingum Model using Harmony Search. Journal of the American Water Resources Association 37(5), pp. 1131-1138.
- LeBlanc, L. J. (1975) An Algorithm for the Discrete Network Design Problem. Transportation Science 9(3), pp. 183-199.
- LeBlanc, L. J. (1973) Mathematical Programming Algorithms for Large Scale Network Equilibrium and Network Design Problems, Ph.D. Dissertation, Department of Industrial Engineering and Management Sciences, Northwestern University.
- Lee, K. S., Geem, Z. W., Lee, S. H. and Bae, K. W. (2005) The Harmony Search Heuristic Algorithm for Discrete Structural Optimization. Eng Optimiz. 37(7), pp. 663-684.
- Magnanti, T. L. and Wong, R. T. (1984) Network Design and Transportation Planning: Models and Algorithms. Transportation Science 18, pp. 1-55.
- Nguyen, S. and Dupuis, C. (1984) An efficient method for computing traffic equilibria in networks with asymmetric transportation costs. Transportation Science 18, pp. 185-202.
- Poorzahedy, H. and Turnquist, M. A. (1982) Approximate Algorithms for the Discrete Network Design Problem. Transportation Research Part B16, pp. 45-55.
- Saka, M. P. (2009) Optimum design of steel sway frames to BS5950 using harmony search algorithm. J. of Constr. Steel Research 65(1), pp. 36-43.
- Steenbrink, A. (1974) Transport Network Optimization in the Dutch Integral Transportation Study. Transportation Research Part B8, pp. 11-27.

Traffic Assignment Manual (1964) U.S. Department of Commerce, Bureau of Public Roads, June.

Yin, Y. And Madanat, S. (2005) Developing Optimal Planning and Management Strategies for a Robust Highway System. California PATH Research Report, UCB-ITS-PRR-2005-35, November.

Zhang, H. and Gao, Z. (2007) Two-Way Road Network Design Problem With Variable Lanes. J Syst Sci Syst Eng 16(1), 2007.

Birleştirilmiş Oyun Teorisi ve Genetik Algoritma İle Şehiriçi Ulaşım Ağ Tasarımı ve Uygulaması

Halim Ceylan, Hüseyin Ceylan, Özgür Başkan

Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kınıklı
Kampüsü, Denizli
Tel: (258) 2963351
E-Posta: halimc@pau.edu.tr
Tel: (258) 2963386
E-Posta: hceylan@pau.edu.tr
Tel: (258) 2963392
E-Posta: obaskan@pau.edu.tr

Soner Haldenbilen

Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kınıklı
Kampüsü, Denizli
Tel: (258) 2963361
E-Posta: shaldenbilen@pau.edu.tr

Öz

Bu çalışmada, sinyalizasyon kavşak kontrollü şehiriçi ulaşım ağlarında trafik kontrol parametrelerinin eniyilenmesi ve yol kullanıcılarının sinyal parametrelerine verdiği tepkiler oyun teorisi çerçevesinde ele alınarak Stackelberg oyunu formüle edilmiştir. Bu amaçla birbirlerini karşılıklı etkileyen trafik kontrol ve trafik atama problemi için Birleştirilmiş Oyun Teorisi ve Genetik Algoritma (BOTGA) modeli önerilmiştir. Önerilen model, trafik kontrol modülü kısmında sinyal parametrelerini eniyilerken trafik atama modülü kısmında stokastik kullanıcı dengesi altında (SKD) hesaplanan denge trafik hacimlerini trafik kontrol modülünde kullanarak sistem optimum (SO) yaklaşımıyla ulaşım ağ performansını artırmaya çalışır. Çalışmada, SKD problemi *kapalı-tek nokta* fonksiyonu olarak ele alınmış ve trafik kontrol ve atama problemleri *lider-takipçi* oyunu olarak tanımlanmıştır. Oyunda lider, trafik kontrol parametrelerini ifade ederken, yol kullanıcıları takipçileri ifade etmektedir. Önerilen BOTGA modelinde trafik kontrol parametrelerinin eniyilenmesi için Genetik Algoritma yaklaşımı kullanılırken, trafik atama probleminin çözümü için Quasi-Newton metodu kullanılmıştır. Trafik atama kısmında Quasi-newton metodunun kullanılabilmesi için link maliyet fonksiyonu sinyal kontrol parametrelerini içerecek şekilde modifiye edilmiştir. Stachelberg oyunu olarak geliştirilen BOTGA modeli; örnek bir ulaştırma ağına uygulanmış ve ilk bulgular oyun teorisinin ulaşım ağ tasarımında kullanılabileceğini ve ulaştırma ağının sistem optimum olarak çözülebileceğini göstermiştir.

Anahtar sözcükler: Ulaşım ağ tasarımı, stokastik kullanıcı dengesi, trafik atama, oyun teorisi, trafik kontrol

Giriş

Şehir içi sinyalizasyon kavşaklarının tasarımı, optimum çalışma sürelerinin bulunabilmesi ve trafik hacimlerinin trafik kontrol parametrelerine etkisinin hesaplanabilmesi, iki yaklaşım altında incelenebilir: Birinci yaklaşım izole kavşak düzeyindeki yaklaşımlar olup Webster (1958), Webster ve Cobbe (1966) ve Akçelik (1981) tarafından geliştirilmiştir. İkinci yaklaşım, ağ düzeyinde sinyalizasyon kavşaklarının tasarımı olup, Robertson (1969)'un TRANSYT trafik modelini kavşak grupları arasında uygulamaya başlaması ile gelişmeye başlamıştır. Bu iki yaklaşım Imbrota (2002) ve Ceylan ve Bell (2004, 2005)' yapmış oldukları çalışmalar ile geliştirilmeye devam edilmiştir. Ayrıca konu hakkında detaylı çalışmalar Papageorgiou ve diğ. (2003)'de bulunabilir.

Günümüze kadar geliştirilen yaklaşımların içerisinde şehir içi ulaşım ağ tasarımının oyun teorisi (OT) ile geliştirilebileceği konusunda fazla bilgi mevcut değildir. Fakat Nash (1950)'de ortaya attığı Nash Dengesinin ekonomik teorilere uygulanmaya başlanması, araştırmacıları trafik kontrol metodlarında bu yöntemin uygulanabilirliği, formülasyonu ve nasıl yapılabileceği hakkında incelemeye yöneltmiştir. Bu çalışma, OT'nin Nash dengesi altında sinyalizasyon kavşak optimizasyonu ve trafik atama modellerinde Genetik Algoritma (GA) ile birlikte uygulanabilirliğinin araştırılması konusunu oluşturmakta ve BOTGA (birleştirilmiş oyun teorisi ve genetik algoritma) modeli geliştirmektedir.

Trafik kontrol probleminin konveks olmayan yapısından dolayı lokal arama teknikleri ile global çözüme ulaşmak oldukça zordur. Bu nedenle sinyalizasyon kavşak optimizasyonu probleminin çözümü için literatürde sıklıkla GA yöntemi kullanılmaktadır (Ceylan, 2002; Ceylan ve Bell, 2004; Ceylan ve Bell, 2005). Stokastik trafik atama probleminin çözümünde ise doğrusal ötesi optimizasyon problemlerinin çözümünde başarılı sonuçlar veren Quasi-Newton optimizasyon metodu kullanılmıştır. Quasi-Newton yöntemi tabanlı çözüm eklentilerine günümüzde birçok çalışma tablosu yazılımında (Excel, Latex vb...) erişmek mümkündür.

Problem Formülasyonu

Stackelberg oyunu yaklaşımı altında, BOTGA modeli formüle edilirken oyuncuların birisi; trafik kontrol stratejilerini kullanıcı davranışlarına bağlı olarak belirleyip, Stokastik Kullanıcı Dengesi (SKD) altında ulaşım ağının toplam maliyetini eniilemeye çalışırken, diğer oyuncu trafik kontrol parametrelerine bağlı SKD trafik hacimlerini hesaplar. Yol kullanıcılarının trafik kontrol parametrelerine bağlı olarak bireysel olarak rotalarını değiştirecekleri varsayımıyla şehir içi sinyalizasyon kavşaklardaki trafik kontrolü ise değişen kullanıcı davranışlarına bağlı olarak modifiye edilmiştir. Lider- takipçi oyunu olarak adlandırılan Stackelberg oyununda faz yeşil süreleri liderin stratejilerini, trafik atama problemi ise takipçinin stratejilerini göstermek üzere serisel bir oyun oynanır ve Denklem (1)'in sağlanması ile son bulur.

$$\|T(\mathbf{v}, \boldsymbol{\psi})^{(k+1)} - T(\mathbf{v}, \boldsymbol{\psi})^k\| < \zeta \quad (1)$$

Burada; $T(\mathbf{v}, \boldsymbol{\psi})^{(k+1)}$ ve $T(\mathbf{v}, \boldsymbol{\psi})^{(k)}$ fonksiyonları; SKD altında hesaplanan link trafik hacimlerini, \mathbf{v} , vektörüne ve $(k+1)$ 'inci iterasyondaki trafik kontrol vektörlerine, $\boldsymbol{\psi}$,

bağlı olarak hesaplanan toplam ulaşım ağ maliyetini; ζ yakınsama kriterindeki tolerans limitini ifade etmektedir. Bu kısımda kullanılan notasyonların tanımı Ek 'te verilmiştir.

Daganzo (1983) ve Cantarella (1997) yapmış oldukları çalışmalarında SKD atamasını trafik hacim uzayında *sabit-nokta* problemi olarak tanımlamışlar ve şöyle ifade etmişlerdir.

$$v_a = \sum_{w \in W} \sum_{r \in R_w} t_w(\Psi) \delta_{ar}^w p_r^w(\mathbf{y}^w), a \in L \quad (2)$$

Denklem (2)'deki rota seçim olasılıklarının hesabı için Cascetta ve diğ. (1996) tarafından önerilen C-logit modeli kullanılmıştır. C-logit modeli Denklem (3)'te verilmiştir.

$$p_r^w(\mathbf{y}^w) = \frac{\exp(-\gamma_0 y_r^w - \gamma_1 CF_r^w)}{\sum_{k \in R_w} \exp(-\gamma_0 y_k^w - \gamma_1 CF_k^w)}, r \in R_w, w \in W \quad (3)$$

CF_r^w faktörünün belirlenmesinde Denklem (4) kullanılmıştır.

$$CF_r^w = \sum_{a \in A} \delta_{ar}^w w_{ar}^w \ln N_a^w, r \in R_w, w \in W \quad (4)$$

w_{ar}^w ise denklem (5)'te verilmiştir.

$$w_{ar}^w = \frac{c_a(v_a, \Psi)}{y_r^w}, a \in L, r \in R_w \quad (5)$$

Link maliyet fonksiyonu olarak Bureau of Public Roads (BPR) seyahat süresi fonksiyonu kullanılmıştır (BPR, 1964).

$$c_a(v_a, \Psi) = c_a^0 \left(1 + 0.15 \left(\frac{v_a(\Psi)}{\mu_a} \right)^4 \right) \quad (6)$$

BOTGA modelinde BPR fonksiyonu trafik kontrol parametrelerini dikkate alacak şekilde Denklem (7)'deki gibi modifiye edilmiştir. Bu modifikasyon sadece izole kavşakları dikkate alacak şekilde trafik atamanın yapılabilmesi amacıyla düzenlenmiş olup kavşaklar arası koordinasyon parametrelerini dikkate almamaktadır.

$$Q_a = \frac{\lambda s_a}{\mu_a}, a \in L \quad (7)$$

Denklemler (2)-(7)'ten görülebileceği gibi verilen her bir trafik hacmi için, v_a , SKD sabit nokta problemi *kapalı-fonksiyon* formuna dönüşür. Kapalı-fonksiyon çözümü için (8) ifadesi minimum edilirken dönüşüm kısıtları (9-11) sağlanmalıdır.

$$\min F(f_p^w(\Psi), f_p^{w*}(\Psi)) = \sum_{w \in W} \sum_{p \in P_w} \left(f_p^w(\Psi) - f_p^{w*}(\Psi) \right)^2 \quad (8)$$

Denklem (8)'deki trafik hacim dönüşüm kısıtları aşağıda verilmiştir.

$$\mathbf{v} = \delta \mathbf{f} \quad (9a)$$

$$\mathbf{t} = \Lambda \mathbf{f} \quad (9b)$$

$$\mathbf{v} = \mathbf{P} \mathbf{t} \quad (9c)$$

$$\sum_{p \in R_w} f_p^w = t_w, w \in W \quad (10)$$

$$f_p^w \geq 0, p \in P_w, w \in W \quad (11)$$

Denklemlerde verilen f_p^w her bir O-D çifti arasındaki rota p 'ye atanan trafik hacmini, f_p^{w*} rota p 'deki hesaplanan trafik hacmini ve $f = f^*$ ise rota trafik hacimleri ile rota maliyetleri arasındaki karşılıklı eşitlik kısıtını göstermektedir.

Çözüm aşamasında çözüm vektörlerinin çözüm uzayı içinde kalıp kalmadığının kontrolü için BOTGA modeline bir ceza fonksiyonu ilave edilmiştir. Ceza fonksiyonu mümkün olmayan çözüm kümesi ile mümkün çözüm kümesi arasındaki mesafeden yola çıkılarak geliştirilmiştir.

$$P(v_a) = \begin{cases} \alpha(v_a - \mu_a) & \text{eğer } v_a > \mu_a \\ 0 & \text{diğer durum için} \end{cases} \quad (12)$$

Ceza fonksiyonu $P(v_a)$, link kapasitesinin aşılması durumunda değer aldığını, diğer durumlarda bir değer almadığını gösteren bir fonksiyondur. Geliştirilen ceza fonksiyonu Denklem (8) ifadesine ilave edilerek çözüm kümelerinin arama uzayı içerisinde kalması sağlanmış ve Denklem (13)'te verilmiştir.

$$\min F(f_p^w(\Psi), f_p^* (\Psi)) = \sum_{w \in W} \sum_{p \in P_w} \left(f_p^w(\Psi) - f_p^* (\Psi) \right)^2 + \sum_{a \in L} \alpha(v_a - \mu_a) \quad (13)$$

Denklem (13)'de verilen amaç fonksiyonunun çözümünde tüm güzergahlardaki verilen ve hesaplanan trafik hacimleri eşit olduğu zaman problem çözülmüş olacaktır. BOTGA modelinde, trafik atama probleminin Stackelberg oyunu ile çözülebilmesi için O-D talepleri, ağ karakteristikleri ve yakınsama kriteri programa girdi olarak verilmiş, C-Logit modeli kullanılarak rota seçim olasılıkları belirlenmiş ve Quasi-Newton metodu kullanılarak elde edilen SKD trafik hacimleri, trafik kontrol modülüne girdi olarak verilmiştir.

Trafik Sinyal Kontrolü ve GA Formülasyonu

Alansal Trafik Kontrolünün (ATK), yol kullanıcılarının şehiriçi ulaşım ağında geçirdikleri toplam sürenin en aza indirgenmesi olarak tanımlanabilir. Bunun için sinyal kontrol parametrelerinin en iyi şekilde tasarlanması ve kavşakların sistemin toplam maliyetini en aza indirgeyecek şekilde işletilmesi gerekmektedir. Sinyal kontrol parametreleri;

$$c_{\min} \leq c \leq c_{\max} \quad (14a)$$

$$0 \leq \theta \leq c \quad (14b)$$

$$\phi_{\min} \leq \phi \leq c \quad (14c)$$

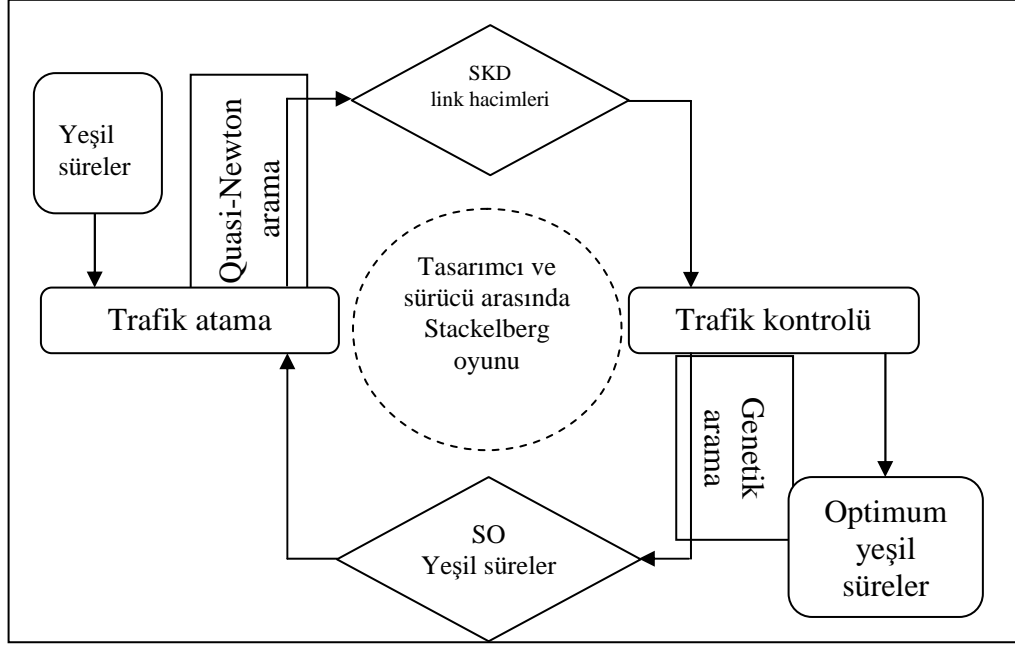
$$\sum_{i=1}^m \phi_i = c \quad (14d)$$

kısıtlarına bağlı olarak;

$$\min_{\Psi, v} T(\mathbf{v}^*, \Psi) = \sum_{a \in L} v_a c_a(v, \Psi) \quad (15)$$

denkleminin çözülmesiyle hesaplanır. BOTGA modelinin trafik kontrol modülü kısmında sinyal parametreleri GA yardımıyla üretilmiştir. GA formülasyonu ile ilgili detaylı bilgi Ceylan (2002)'de bulunabilir.

Şekil 1'de BOTGA modeli akış şeması verilmiştir. Şekilden de görülebileceği gibi trafik kontrol modülünden elde edilen yeşil süreler trafik atama problemine girdi olarak verilmiştir. Trafik atama modülü Quasi-Newton arama motoru yardımıyla çözülmüş ve SKD trafik hacimleri elde edilerek trafik kontrol-modülüne girdi olarak verilmiştir. trafik kontrol modülünde sinyal süreleri GA arama motoru kullanılarak çözümlenmiş ve sistem optimum (SO) maliyet fonksiyonu (15) en aza indirgeninceye kadar oyun oynanmaya devam edilmiştir.



Şekil 1 BOTGA modeli akış şeması.

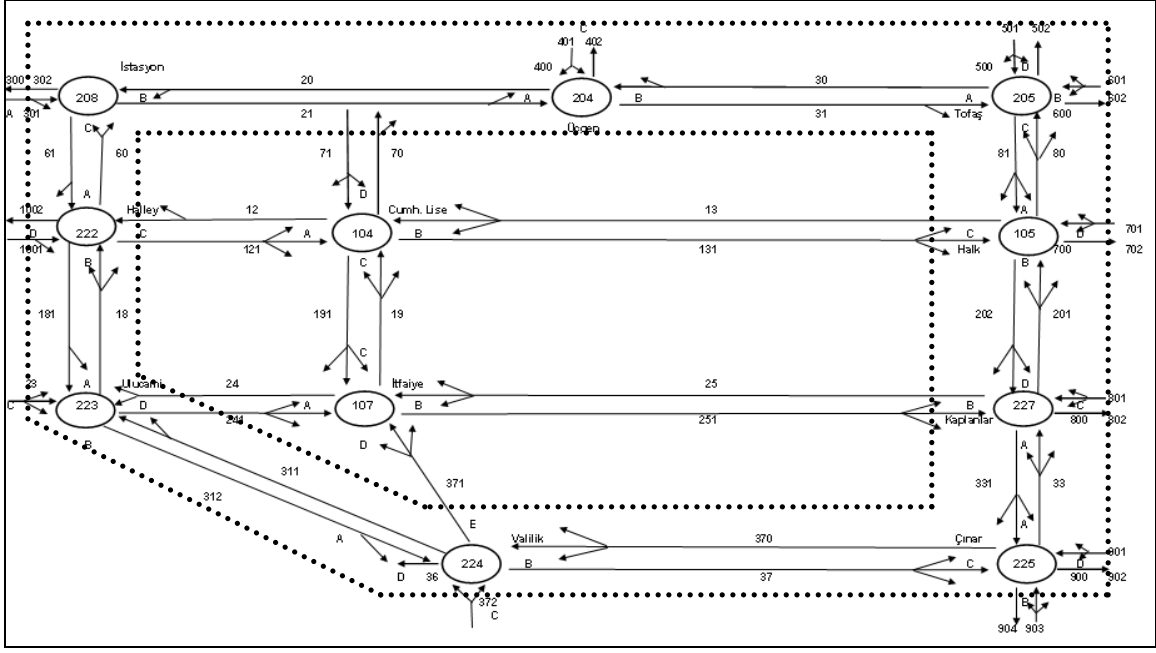
Şekil 1’den görüleceği üzere, trafik kontrol ve atama problemleri karşılıklı olarak sırayla çözülmektedir. Bu yaklaşım, literatürde lider-takipçi oyunu olarak bilinen Stackelberg yaklaşımına uymaktadır. Lider, öncelikle stratejisini belirler ve daha sonra takipçiler liderin yapmış olduğu seçimin sonucuna göre kendi davranışlarını belirlerler. Özetle, her bir problemin çıktı parametreleri diğer problemin girdi parametreleri olarak ele alınmaktadır (Villiger, 2000).

Uygulama

Şekil 2’de, 11 sinyalize kavşağı içeren örnek ulaşım ağı verilmiştir. BOTGA modelinin uygulanabilmesi ve çözülebilmesi için örnek ulaşım ağı iç zonlara olan dağıtım göz ardı edilerek kesikli çizgilerle belirlenen dış hatlardaki O-D çiftleri ve kapsadığı linkler ile birlikte rotalar göz önüne alınmıştır. 4 başlangıç ve 4 varış çifti için 14 O-D trafik talebi altında 26 link ve 36 fiziksel rotadan oluşan ulaşım ağındaki toplam seyahat süresinin devre süresine bağlı olarak değişimi incelenmiştir. Sinyalize kavşaklara ilişkin faz diyagramları yapılan arazi çalışmaları ile tespit edilmiştir.

Ulaşım ağı özellikleri

Örnek ulaşım ağını oluşturan linklere ilişkin serbest akım seyahat sürelerinin belirlenmesi için her bir linkin uzunluğu ölçülmüş ve trafik ölçüm cihazları ile yapılan ölçümler sonucu ortalama hız 36 km/sa olarak bulunmuş ve modelde kullanılmıştır. Tablo 1’de ulaşım ağındaki 26 linkin uzunlukları (l) ve ortalama seyahat hızına bağlı serbest akım seyahat süresi (t^0) ve doyumluk akımı (s) değerleri verilmiştir.



Şekil 2 BOTGA modelinin uygulandığı çalışma ağı.

Tablo 1 Ulaşım ağındaki linklerin uzunlukları, serbest akım seyir süreleri ve doygunluk akımı değerleri.

Link No	l (m)	t^0 (s)	s (taş/sa)	Link No	l (m)	t^0 (s)	s (taş/sa)
12	300	30.0	1800	61	250	25.0	1800
13	780	78.0	1800	80	165	16.5	1800
18	345	34.5	1800	81	165	16.5	1800
19	340	34.0	1800	181	345	34.5	1800
20	599	59.9	1800	201	460	46.0	1800
21	599	59.9	1800	202	460	46.0	1800
24	260	26.0	1800	241	260	26.0	1800
25	910	91.0	1800	251	910	91.0	1800
30	525	52.5	1800	311	465	46.5	1800
31	525	52.5	1800	312	465	46.5	1800
33	500	50.0	1800	331	500	50.0	1800
37	710	71.0	1800	370	710	71.0	1800
60	250	25.0	1800	371	200	20.0	1800

O-D çiftleri, kavşak sayımları ve plaka eşleştirme çalışmaları sonucunda elde edilmiş ve Tablo 2’te verilmiştir.

Tablo 2 Saatlik O-D trafik talepleri.

Başlangıç	Varış			
	225	208	222	204
225	0	320	432	332
227	416	88	634	244
205	138	148	332	106
208	144	0	244	376

BOTGA modelinin çözümü aşamasında trafik kontrol modülünün çözümü için sırasıyla türeve dayalı Quasi-Newton ve sezgisel GA tabanlı çözüm algoritmaları Şekil 1’de verilen Stackelberg oyununu temsil eden akış diyagramına uygun şekilde bilgisayarda kodlanmış ve ardışık şekilde çalışmak üzere birleştirilmiştir. C-Logit model tabanlı stokastik atama problemi, eşdeğer bir optimizasyon problemi olarak tanımlanmış ve fonksiyon değeri sıfıra yakınsayınca kadar çözüme devam edilmiştir. Daha sonra, elde edilen denge rota akımları kullanılarak GA tabanlı çözüm algoritması ile toplam ağ seyahat süresini en aza indiren yeşil süreler hesaplanmıştır. Yeni sinyal parametrelerine göre rota seçimlerini değiştirecek olan sürücülerin algılama kabiliyetlerine bağlı olarak atama problemi ve ardından yeni trafik dağılımına göre sinyal tasarım problemi önceden belirlenen durma kriteri sağlanana dek devam ettirilmiştir.

BOTGA Parametreleri

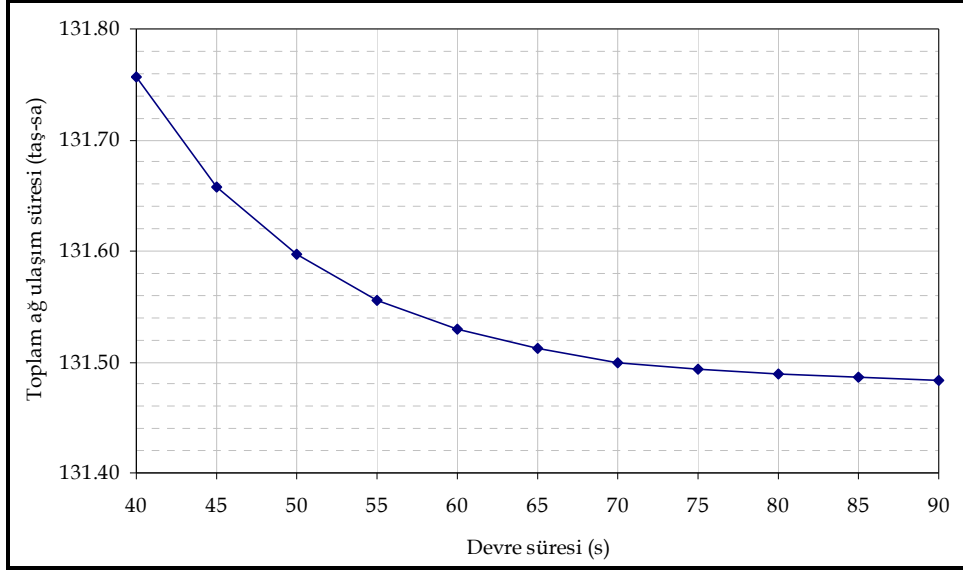
Lider-takipçi oyunu olarak da bilinen Stackelberg yaklaşımında başlangıçta her kavşakta devre süresi korunumunu ve minimum yeşil süre olarak alınan 7 saniyelik değeri sağlayacak şekilde rastgele üretilen faz yeşil süreleri için trafik atama modülü çözülmüştür. Bu problemin çözümünde sürücü algılama hatalarını temsil eden C-Logit model parametreleri olan γ_0 ve γ_1 sırasıyla 0.05 ve 0.5 olarak alınmıştır. Bu kabul altında, rastgele üretilen faz süreleri Quasi-Newton çözümüne başlangıç değerleri olarak verilmiş ve atama probleminin çözümü gerçekleştirilmiştir.

44 farklı sinyal bileşenine bağlı olarak yapılan trafik kontrol modülünün GA ile çözümünde toplum büyüklüğü 200, çaprazlama olasılığı 0.6, mutasyon oranı 0.05 ve maksimum jenerasyon sayısı ise 10.000 olarak alınmıştır. Ağ devre süresi değeri 40 saniye değerinden başlatılarak 90 saniye değerine ulaşana kadar analizler sürdürülmüş ve her 5 saniyelik devre süresi değişiminin toplam seyahat süresine olan etkisi incelenmiştir. Ayrıca durma kriteri olarak iki oyun arasındaki fark 0.005 taş-sa değerinden küçük oluncaya kadar oynanmıştır.

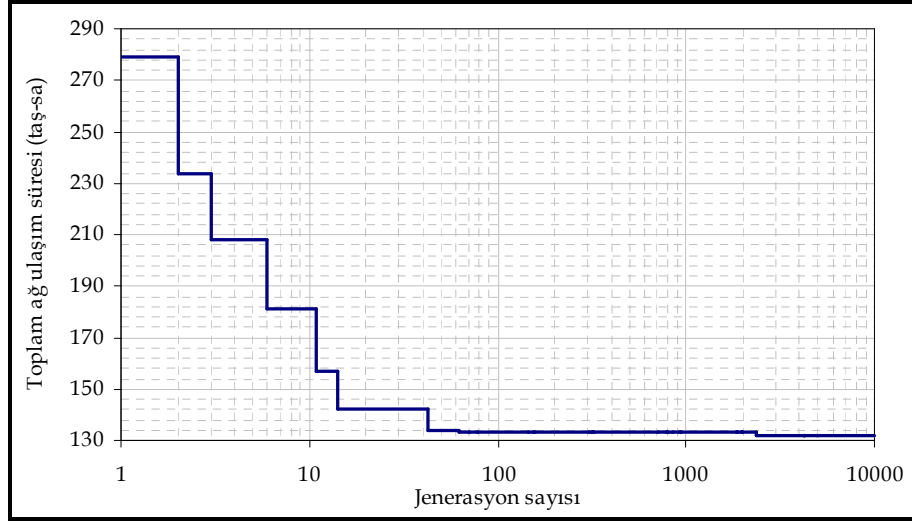
BOTGA modellemesi için belirlenen 40-90 saniyelik ağ devre süresi aralığındaki her 5 s’lik değer için yapılan analizlerde elde edilen optimum sonuçlar Şekil 3’de gösterilmiştir. 40 s için elde edilen 131.76 taş-sa değerinin 90 s için 131.48 taş-sa değerine kadar düştüğü görülmektedir. Şekil incelendiğinde toplam sistem maliyetindeki düşüşün azalan bir eğilim gösterdiği görülmektedir. Bu da, düşük devre süreleri için sistem performansının devre süresindeki değişimlere daha duyarlı olduğu sonucunu ortaya çıkarmaktadır.

Çözüm sonuçları incelendiğinde 40 ve 90 s’lik devre süreleri için elde edilen toplam ağ seyahat süresi değerleri arasındaki farkın yüksek mertebede olmamasının başlıca nedenleri olarak ulaşım ağının saatte 3954 taşıtın seyahat ettiği küçük boyutta bir alt ağ olarak seçilmiş olması ve kavşaklar arası yeşil dalga parametresinin link maliyet fonksiyonuna dahil edilememesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Şekil 4’te, 7 Stackelberg oyunu için BOTGA modelinin yakınsama grafiği verilmiştir. Şekilden’de görülebileceği gibi jenerasyon sayısına bağlı olarak toplam ulaşım ağ maliyetinde bir düşüş oluşmaktadır.



Şekil 3 Devre süreleri için elde edilen ağ maliyet değişimleri.



Şekil 4 Oynanan yedi oyun için BOTGA modelinin yakınsama grafiği.

Tablo 3'te rota maliyetleri ile taşıdıkları seyahat talepleri verilmiştir. 1 numaralı O-D çiftindeki 7 alternatif rotanın akımları ve seyahat süreleri incelendiğinde, 1-2-3 numaralı rotalar diğer dört rotaya göre daha düşük ulaşım maliyetine sahip olduklarından dolayı 320 taş/sa'lik seyahat talebinin büyük kısmını taşımaktadırlar. Aynı zamanda, bu üç rotanın ulaşım maliyeti yaklaşık 190 s civarındadır. 4-5-6-7 numaralı rotalar incelendiğinde, ilk üç rotaya göre daha yüksek ulaşım maliyetine sahip oldukları ve O-D talebinin küçük bir kısmını taşıdıkları görülmektedir. Bu dört rotanın ulaşım maliyeti ise yaklaşık 240 s civarındadır.

Tablo 3 BOTGA modelinden elde edilen rota akımları ve seyahat süreleri.

Rotalar			O-D talebi	Rotalar			O-D talebi
No	Akım (taş/sa)	Seyahat süresi (s)		No	Akım (taş/sa)	Seyahat süresi (s)	
1	105	189.12	320	20	238	91.83	634
2	96	189.19		21	199	91.90	
3	86	191.45		22	180	94.16	
4	8	238.91		23	6	163.15	
5	7	241.17		24	5	165.41	
6	7	243.79		25	6	168.03	
7	11	238.84		26	244	128.11	
8	147	163.83	432	27	138	117.15	138
9	132	163.91		28	148	120.95	148
10	119	166.17		29	99	154.93	332
11	12	213.63		30	233	137.67	
12	10	215.89		31	106	60.70	106
13	11	218.51		32	10	237.94	144
14	332	178.59	33	123	187.52		
15	416	50.56	416	34	10	236.05	244
16	23	188.43	88	35	244	33.98	
17	19	190.69		36	376	68.29	376
18	18	193.31					
19	27	188.35					

Tablo 4'te çalışma ağındaki 11 sinyalize kavşaktaki 90 s'lik ağ devre süresi için elde edilen faz süreleri verilmiştir.

Tablo 4 BOTGA modellemesi sonucu kavşaklarda elde edilen optimum faz süreleri.

Kavşaklar	K105	K227	K222	K223	K107	K104	K225	K204	K224	K205	K208
Faz 1	17	40	19	39	23	23	55	20	10	7	23
Faz 2	37	14	41	18	9	29	23	48	62	18	32
Faz 3	18	18	29	33	59	38	13	23	18	47	35
Faz 4	18	18	---	---	---	---	---	---	---	18	---

Sonuçlar

Bu çalışmada, BOTGA modelinin gerçek bir sinyalize ulaşım ağına uygulanması gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Uygulama için seçilen örnek ulaşım ağına ilişkin topolojik ve ağ üzerindeki trafik talebi ile ilgili veriler arazi ölçümlerden elde edilmiştir. Yapılan analizlerde, farklı devre süreleri altında ağ üzerindeki toplam seyahat süresinin en aza indirgenmesi hedeflenmiştir. 40 ila 90 saniyelik devre süresi değerleri arasındaki her 5 s'lik değişim için Stackelberg oyunu temel alınarak analizler gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, toplam ağ seyahat süresinin düşük devre sürelerindeki değişimlere daha fazla duyarlılık gösterdiğini ortaya koymuştur. Yalnızca devre süresindeki artışla birlikte sistem optimum tasarımın daha düşük seyahat süresi değerleri altında yapılabildiği görülmüştür. Ancak, çalışma ağının boyutlarının küçük olması, üzerindeki seyahat talebinin ağ kapasitesinin üzerinde olmaması ve kavşaklar arası koordinasyon parametresinin ağ maliyet fonksiyonun dahil edilememiş olması sistem performansındaki iyileşmenin beklenen düzeyde olmamasına etki eden faktör olarak gösterilebilir. Kavşaklar arası koordinasyon parametresinin ağ maliyet fonksiyonuna

dahil edilmesi işlemi ileriki çalışmalarda verilecektir. Çalışma, önerilen BOTGA modelinin ulaşım ağ tasarımı için uygulanabileceğini göstermiştir.

Teşekkür Bu çalışmaya verdikleri destekten dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Akcelik, R. (1981) Traffic signals: capacity and timing analysis. Australian Road Research Board, ARR 123. Vermont South, Victoria, Australia.

Cantarella, G.E. (1997) A general fixed-point approach to multimode multi-user equilibrium assignment with elastic demand. Transportation Science, 31(2), 107-128.

Cascetta, E., Nuzzolo, A., Russo, F. and Vitetta, A. (1996) Modified Logit Route Choice Model Overcoming Path Overlapping Problems: Specification and Some Calibration Results for Interurban Networks. Proceedings of 13th International Symposium on Transportation and Traffic Theory, eds J. B. Lesort, Lyon, France, July 24-26, Pergamon, 697-711.

Ceylan, H. (2002) A Genetic Algorithm Approach to the Equilibrium Network Design Problem. PhD Thesis, University of Newcastle upon Tyne, UK.

Ceylan, H. and Bell, M.G.H. (2004) Traffic Signal Timing Optimisation based on Genetic Algorithm Approach, Including Drivers' Routing. Transportation Research, 38B(4), 329-342,.

Ceylan, H. and Bell, M.G.H. (2005) Genetic algorithm solution for the stochastic equilibrium transportation networks under congestion. Transportation Research, 39B, 169-185,.

Daganzo, C.F. (1983) Stochastic network equilibrium with multiple vehicle types and asymmetric, indefinite link cost Jacobians. Transportation Science, 17(3), 282-300.

Impotra, G. (2002) Signal control at individual junctions: Phase-based approach. Concise Encyclopedia of Traffic and Transportation Systems, 437-478.

Nash, J. F. (1950) Equilibrium points in n-person games. Proc. Nat. Acad. U.S.A. 36, pp. 48-49.

Papageorgiou, M., Diakaki, C., Dinopoulou, V., Kotsialos, A. and Wang, Y. (2003) Review of traffic control strategies. IEEE, 91(12), 2041-2067.

Robertson, D.I. (1969) TRANSYT: a traffic network study tool, RRL Report, LR 253, Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne.
Traffic Assignment Manual (1964) U.S. Department of Commerce, Bureau of Public Roads, June.

Villiger, R. (2000) Game Theory and Traffic Control. Semester Project, Department of Mathematics, Ecole Polytechnique, Lausanne.

Webster, F.V. (1958) Traffic Signal Settings. Road Research Technical Paper, No: 39. HMSO, London.

Webster, F.V. and Cobbe, B.M. (1966) Traffic Signals. Ministry of Transport, Road Research Technical Paper, No. 56, London, HMSO.

EK: Notasyon

- T : Toplam ulaşım ağı seyahat süresi (taşıt-sa)
 N : $\{1,2,3,\dots,N_j\}$ Sabit-zamanlı sinyalizasyon kontrollü kavşak sayısı
 L : Ağdaki toplam link sayısı, $L=\{1,2,3,\dots,N_L\}$
 CF_r^w : Rota $r \in R_w$ için trafik hacmi faktörü olup her bir O-D çifti, $w \in W$, arasındaki rotalar kümesi, R_w içerisinde rota r 'nin benzeşim derecesi
 N_a^w : a linkini kullanan O-D çifti w arasındaki rota sayısını
 α : Ceza fonksiyonunun ölçek parametresidir.
 c : Ulaşım ağı devre süresi (sn),
 c_{min} ve c_{max} : Minimum ve maksimum devre süresi kısıtları.
 ϕ : Faz yeşil süreleri vektörü
 ϕ_{min} ve ϕ_{max} : Minimum ve maksimum faz devre süreleri kısıtları.
 \mathbf{v} : $[v_a; \forall a \in L]$ link a 'da ki ortalama trafik hacmi,
 s_a : link a 'da ki doyumluk akımı.
 W : $\{w=(r,s); \forall r \in R, \forall s \in S\}$ O-D çiftleri kümesi,
 R_w : Her bir O-D çifti, w , arasındaki rotalar kümesi, $\forall w \in W$,
 \mathbf{t} : $[t_w; \forall w \in W]$ O-D çifti arasındaki trafik talebi.,
 \mathbf{f} : $[f_p; \forall p \in P_w, \forall w \in W]$ rota trafik hacimleri vektörü.
 δ : $[\delta_{ap}; \forall a \in L, \forall p \in P_w, \forall w \in W]$ link/rota belirleme matrisi olup, elemanları; eğer $\delta_{ap}=1$ ise rota p link a 'yı kullanıyor, değilse kullanmıyor.
 Λ : O-D-rota belirleme matrisi, elemanları 1 veya 0'dır. ,
 $\mathbf{y}(\mathbf{v}, \boldsymbol{\psi}) = [y_p; \forall p \in P_w, \forall w \in W]$ rotaların seyahat süreleri vektörü.
 \mathbf{t}^0 : $[t_a^0; \forall a \in L]$ linklerin serbest akım hızları vektörü.
 $\mathbf{c}(\mathbf{v}, \boldsymbol{\psi}) = [c_a(v_a, \boldsymbol{\psi})]$ tüm linklerin seyahat süreleri vektörü olup, bu süreler trafik hacmine ve sinyal kontrol değişkenine bağlıdır.
 m : Her bir sinyalizasyon kavşaktaki faz sayısı. N
 M : Ulaşım ağındaki toplam faz sayısı
 $\boldsymbol{\psi}$: Sinyal kontrol parametreleri vektörü.
 \mathbf{P} : $p_r^w(\mathbf{t}^w)$ rotaların, $r \in R_w$, seçilme olasılığı matrisi
 μ_a : link a 'nın kapasitesi, $a \in L$
 R_{aw} : a linkini kullanan rota sayısı
 w_{ar}^w : Oransal ağırlık katsayısı
 $\gamma_0 - \gamma_1$: Gumbel dağılımının parametreleri

Oyun Teorisi Yaklaşımı ile Ulaşım Şebeke Güvenilirlik Analizi Modellemesi

Hakan Aslan

Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği. Bölümü, SAKARYA
Tel: 0-264-2955752
e-posta: haslan@sakarya.edu.tr

Öz

Bu çalışmada, ulaşım ağı sistemini oluşturan ana unsurların (linkler), şebeke güvenilirlik analizleri yapılmıştır. Bu çerçevede linklerin fonksiyonlarını devre dışı bırakacak ölçekte olumsuz bir durumun ortaya çıkmasına paralel olarak, (deprem, kaza vb.) mevcut trafik, geometrik ve ulaşım koşullarında ulaşım ağının seyahat süresi güvenilirliği açısından analiz metodunu içeren bir matematiksel model geliştirilmiş ve örnek şebeke sistemi için test edilmiştir. Modellemede, en kötü senaryonun ortaya çıkması ve Müteakip Ortalamalar Metodu'nun (Method of Successive Averages) her adımında sadece bir linkin sistem dışı kalması öngörüsü ve oyun teorisi ile, problem çıkma olasılığı en yüksek linkler tespit edilmiş ve Nash-dengesi çerçevesinde sistem güvenilirlik (network reliability) analizi yapılmıştır. Geliştirilen model, sistem üzerinde ulaşım ile ilgili herhangi bir olumsuzluk olmadan önce kritik linklerin belirlenebilmesini sağlamak ve olumsuz durumun ortaya çıkmasıyla oluşabilecek yeni şebeke sisteminin belirlenen standartlarda ve düzeyde ulaşım hizmeti sunabilmesi için gerekli önlemlerin alınabilmesine olanak vermektedir.

Anahtar sözcükler: Oyun teorisi, Şebeke güvenilirlik analizi,

Giriş

Ulaşım şebeke sisteminin ekonomik, güvenli, hızlı ve uzun dönemli sürdürülebilir olması, günümüz ulaşım politikalarında temel dikkate alınan unsurlardır. Bu açıdan bakıldığında hizmet vermesi beklenen ulaşım şebekelerinin erişilebilir, yüksek ulaşım kalitesine sahip, güvenli, çevreyle uyumlu, bölgesel gelişmişliğe olumlu katkı yapan ve eşitlik prensibinden uzak olmayan bir sistemi oluşturması beklenir, Berdica (2002). Bu hedeflerin gerçekleştirilebilmesi için sadece ulaşım şebekesinin fiziksel varlığının yeterli olmayacağı açıktır. Mevcut sistemin kendisinden beklenildiği gibi fonksiyonel olması ve trafiğe açık olması gerekir. Fiziksel olarak var olmasına rağmen, ulaşım şebekeleri bazen ekstrem hava koşullarından, doğal afetlerden, büyük çaptaki trafik kazalarından veya bakım-onarım çalışmalarından, trafik miktarındaki ani fakat kapasitenin çok üzerinde ortaya çıkan talepler gibi nedenlerden dolayı işlevselliğini kaybedebilirler. Dolayısıyla ile, mevcut sistemin, şebekenin işlevselliğini büyük oranda etkileyebilecek zayıf linklerinin tespiti ve bu linklerin şebeke güvenilirliğine olan etkilerinin analiz edilmesi önem kazanmaktadır. Bu makaledeki temel amaç, bu linklerin oyun teorisi konseptinde belirlenmesi ve sistemdeki linklerin kendilerinden

beklenen fonksiyonu gösterememeleri durumunda, kabul edilebilir bir hizmet ve fonksiyon düzeyini sağlayacak şekilde en optimum link kullanım olasılıklarının analizi ve belirlenmesidir. Model, herhangi bir doğal afet durumunda, deprem vb., şebekede oluşabilecek en büyük hasarı verecek linklerin belirlenmesini mümkün kılmaktadır.

Ulaşım Şebekelerinde Güvenilirlik Konsepti ve Modellenmesi

Güvenilirlik, Wakabayashi ve Iida (1992) tarafından, karşılaşılan mevcut işletim koşullarında herhangi bir sistemin, aygıtın kendisinden beklenenleri hizmet süresi boyunca yeterli ve etkin bir şekilde yerine getirebilme olasılığı olarak tanımlanmaktadır.

Tanımdan da anlaşılacağı üzere, bir sistemin güvenilirliği, sistemi oluşturan parçaların ihtiyaç duyulan hizmeti sağlayacak şekilde fonksiyonel olma ihtimalleri ile ilgili bir kavramdır. Dolayısı ile, güvenilirlik değerlendirmeleri, yapısından kaynaklanan bir şekilde risk analizini gerekli kılmaktadır. Risk, öngörülen tehlikenin gerçekleşme ihtimali ve ortaya çıkacak sonuçların kombinasyonu ile ilgili bir kavramdır.

Bu açıklamalar ışığında ‘güvenilirlik modeli’, sistem güvenilirlik karakteristiklerinin matematiksel modellenmesi olarak tanımlanabilir. Matematiksel modellemenin oluşturulmasında sisteme aşına olunmalı, sistem parçalarının işlevlerini kaybetme olasılıkları ve bunun sistem bütününe olan etkilerinin belirlenmesi gerekir. İyi bir model tüm sistem unsurlarını temel işletim ve işlevsiz olma karakteristikleri ile beraber dikkate almalı, ve bu parametrelerin en önemli olanlarından zayıf şebeke kısımlarını ortaya koyabilmelidir.

Yol şebeke güvenilirlik analizi iki temel açıdan irdelenebilir. Birinci unsur, yol kapasitesinde ve trafik talebinde ortaya çıkabilecek beklenen/olası varyasyonlara bağlı olan güvenilirlikle, ikinci unsur ise çok ciddi doğal afetlerin, büyük kazaların vb. ortaya çıkardığı anormal durumdaki güvenilirlikle ilgilidir. Birincil analiz, iteratif trafik atama sonucu veya gözlemlerle şebekedeki herhangi bir yol kısmına ait dataların elde edilmesi, incelenmesi ve değerlendirilmesi ile yapılır. Anormal durumlardaki trafik akım varyasyonları, normal şebeke durumundakilerden çok farklı olacağından, Asakura (1998), güvenilirlik analiz modellemesi bu iki durumu birbirinden ayırarak yapılmalıdır.

Stratejik MaxiMin Matematik Modeli

Önerilen model, bir ulaşım şebekesindeki herhangi bir başlangıç-varış noktaları arasında, mevcut güzergahları kullanarak seyahat etmek isteyen bir sürücünün kullanması muhtemel güzergahları tahmin edip, güzergahı oluşturan linklerden sürücüye en fazla seyahat süresini verecek şekilde bir linkin fonksiyonunu bozan harici bir irade ile, buna karşı yeni güzergahlar (stratejiler) belirleyerek, seyahat sürelerini minimize etmeye çalışan sürücü arasındaki stratejik oyun sonucunda elde edilen karşılıklı optimum stratejileri elde etmeye yönelik bir modeldir.

Bu karşılıklı strateji belirleme, güzergah seçimi ve link fonksiyonunu bozma, oyun teorisi ile modellenmiş ve iki oyunculu, işbirliği içermeyen matematiksel bir yaklaşım benimsenmiştir. Stratejilerini belirlerken ne güzergahını seçmek isteyen sürücü ne de linkleri devre dışı bırakmak isteyen harici irade, karşılıklı olarak birbirlerine link seçme ve işlevsiz kılma olasılıkları hakkında bilgi vermemektedirler. Gerek şebeke linklerinin

fonksiyonlarını kaybetmesi, gerekse de buna bağlı olarak sürücünün stratejilerini belirlemesi stokastik özellik taşıdığından, bu kabul gerçek durum modellemesi için daha uygun olmaktadır.

Ulaştırma şebekelerinde, linkler üzerindeki trafik miktarlarının zamana bağlı olarak değişmesine paralel olarak, gerek linkler üzerindeki gerekse de bu linklere bağlı olarak güzergahlar üzerindeki seyahat süreleri değişmektedir. Bunun sonucu olarak da başlangıç-varış noktaları itibari ile trafik miktarını şebekeye atarken elde edilen dengelenmiş trafik miktarlarının belirlenmesinde, değişen talep ve bu talebin güzergah belirlerken dikkate aldığı link seyahat sürelerindeki değişimin belirlenmesi son derece önemlidir. Bu öneme dikkat çekmekle beraber, ki çalışmanın bir sonraki aşamasında geliştirilecek model bu parametreleri dikkate alacaktır, önerilen model konseptinde link seyahat sürelerinin veri olarak daha önceden hesaplandığı ve değerlerinin sabitlendiği kabulü yapılmıştır.

Güzergah seçiminde Dijkstra`ın en kısa güzergah belirleme algoritması , Dijkstra (1959), sürücü tarafından güzergah seçiminde kullanılmıştır. Bu algoritma, belli bir başlangıç düğüm noktasından, diğer herhangi bir bitiş düğüm noktasına olan en kısa güzergah uzunluğunun, link ilavesi ile arttığı (azalmadığı) kabulüne dayanarak belirlenmesini sağlamaktadır.

Bu açıklamalar ışığında önerilen model algoritmasının aşamaları aşağıdaki gibi verilebilir.

1. aşama. Başlangıç-varış noktalarını da içerecek şekilde şebeke düğüm noktalarını belirle.
- 2.aşama. Şebeke üzerindeki her iki düğüm noktası arasındaki seyahat süresini (veya mesafesini) belirle ve ilgili maliyet matrisini oluştur.
- 3.aşama. Başlangıç-varış noktaları arasındaki minimum seyahat süresini veren güzergahı Dijkstra algoritması ile belirle.
- 4.aşama. Belirlenen güzergah üzerindeki en yüksek seyahat süresini verecek link`in işlevselliğini kaldır. Bu durumda, bir sonraki iteratif aşamada o linke ait seyahat süresini göreceli olarak çok büyük bir değer olarak ata.
- 5.aşama. Yeni oluşan şebeke parametrelerini kullanarak 3.aşamadan itibaren yeni güzergahlar ve devre dışı bırakılan linkleri belirle.
- 6.aşama. Link kullanım ve devre dışı kalma olasılıkları için belirlenen yakınsaklık değerlerine ulaşıncaya kadar iterasyonlara devam et.
- 7.aşama. Yakınsaklık elde edilince iterasyonları durdur.
- 8.aşama. Sistem toplam beklenen seyahat süresi (maliyeti) değeri ile link kullanım ve devre dışı kalma olasılık değerlerini yazdır.

Başlangıç-varış noktaları arasındaki güzergah seçimine temel teşkil edecek maliyet fonksiyonu, modelde aşağıdaki gibi ifade edilmiştir.

$$\forall \omega \in W \Rightarrow C_{g_j} = \sum_{\omega=1}^k \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n C_{i_{j\omega}} \quad (1)$$

formülde;

C_{g_i} i linklerinden oluşan g güzergahının seyahat süresi (maliyeti)

$w \rightarrow$ iterasyon sayısını

$k \rightarrow$ yakınsaklık elde edilinceye kadar ki iterasyon sayısını,

$j \rightarrow$ yakınsaklık elde edilinceye kadar ki senaryoları

$n \rightarrow$ şebekedeki toplam link sayısı

$i \rightarrow$ şebekedeki linkleri $i = 1, \dots, n$

göstermekte olup, her bir link için değişen iterasyon ve senaryolara göre tanımlanan $C_{i_{j\omega}}$ maliyeti aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

C_i^n : normal maliyet; şayet j nolu senaryoda i linki fonksiyonel ise

$C_{i_{j\omega}} \rightarrow$

C_i^f çok yüksek bir maliyet, şayet j nolu senaryoda i linki fonksiyonel değilse

Model iterasyonları boyunca güzergah seçiminde ve maliyetlerdeki değişim, sürücünün beklenen sistem maliyetini minimize etmek için tek bir güzergahtan ziyade stratejik bir güzergah seçim yaklaşımına sahip olduğunu göstermektedir. Aynı şekilde, sistem kullanıcılarına (sürücüye) mümkün olabilecek en yüksek maliyetli seyahat ortamını oluşturmak için şebekedeki linkleri fonksiyonel olmaktan çıkarmaya çalışan harici iradenin de, sabit linklerden ziyade farklı linkleri kullanarak kendi stratejisini optimize etmeye çalıştığını belirtmek gerekir. Dolayısı ile, bu çalışmada geliştirilen modelin genel yapısını ortaya koyan temel bakış açısı, risk almak istemeyen bir şebeke kullanıcılarının minimum sistem beklenti maliyetini elde etmek amacıyla seçmeye çalıştığı olası güzergahların (dolayısı ile link kullanım olasılıklarının) belirlenmesinde ki varsayımı ve harici iradenin kendisi için en az uygun olacak (maksimum maliyeti verecek) linklerin devre dışı bırakmaya çalıştığı öngörüsüdür. Modelin ürettiği link devre dışı kalma olasılıkları, şebeke içindeki hangi linklerin şebeke güvenilirliği açısından göreceli olarak kritik konumda ve önemde olduklarını gösteren temel parametrelerden bazıları olarak değerlendirilmelidir.

Dijkstra algoritması ile elde edilen güzergahlara ait gerek link kullanım, gerekse de devre dışı kalma olasılıklarının güncellenmesi ve model parametrelerinin yakınsaklığının elde edilmesi amacıyla Müteakip Ortalamalar Metodu (MOM) kullanılmıştır. Bu metod bir önceki iterasyonda elde edilen yardımcı parametre değerlerini kullanarak, mevcut iterasyondaki güncellenmiş değerleri elde eder. Link kullanım ile devre dışı kalma olasılıklarının iteratif değerlerinin hesabında kullanılan MOM matematiksel ifadeleri,

$$p_i^{w+1} = p_i^w + \frac{1}{w+1} (p_i^{aux} - p_i^w) \quad (2)$$

$$q_i^{w+1} = q_i^w + \frac{1}{w+1} (q_i^{aux} - q_i^w) \quad (3)$$

şeklinde formüle edilebilir.

İfadelerde,

w	→	iterasyon sayısını
p_i	→	i nolu link'in kullanılma olasılığını
p_i^{aux}	→	i nolu link için <i>yardımcı</i> kullanılma olasılığını
q_i	→	i nolu link'in devre dışı kalma olasılığını
q_i^{aux}	→	i nolu link'in <i>yardımcı</i> devre dışı kalma olasılığını, göstermektedir.

p_i^{aux} , şayet i linki mevcut iterasyondaki güzergah üzerinde ise 1, değilse 0 değerini alır. Benzer şekilde q_i^{aux} fonksiyonel özelliği bozulan link i ise 1, değilse 0 olarak alınır.

Matematiksel modelin objektif fonksiyonu ise,

$$\text{Max} \{ [\text{Min} \sum_{ij} p_i (c_{ij}^f q_j + c_{ij}^n (1 - q_j)) \rightarrow p_i \text{ üzerinden}] \rightarrow q_j \text{ üzerinden} \} \quad (4)$$

şeklinde formüle edilmiştir.

Burada;

c_{ij}^n	i linkinin normal fonksiyona sahipken j senaryosu için maliyeti
c_{ij}^f	i linkinin fonksiyon dışı kalması durumunda j senaryosu için maliyeti dir.

$$\sum_j q_j = 1 \quad (5)$$

$$p_i \quad \text{ve} \quad q_j \quad \geq 0 \quad \text{surasıyla} \quad \forall \quad \text{links } i \quad \text{ve} \quad \text{senaryo } j$$

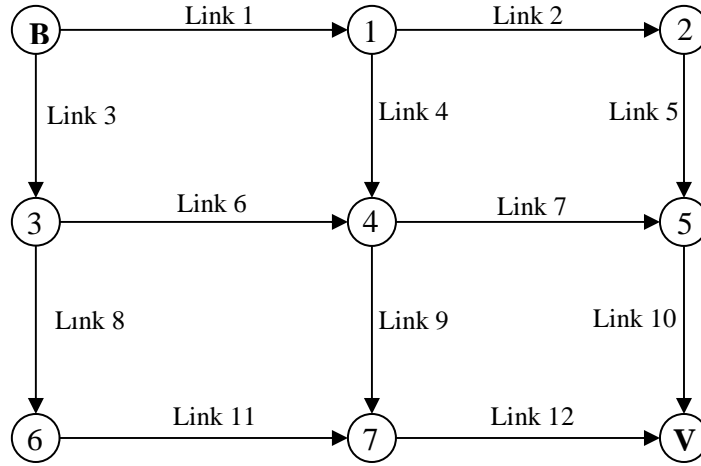
5 nolu denklem, harici iradenin stratejileri olan linkleri devre dışı bırakma olasılıklarının tüm linkler üzerinden toplamının 1 olması gerektiğini ifade etmektedir.

Bu mental oyunda sürücü, şebekeyi oluşturan linklere ait fonksiyon dışı kalabilme olasılıklarına (q_j) bağlı olarak hesap edilen beklenen maliyetlere göre, başlangıç-varış noktaları için en ucuz maliyetli güzergahını tespit etmekte, belirlenen bu güzergahı baz alarak harici irade de sistemde oluşturabileceği en yüksek maliyete sebebiyet verecek şekilde linklerden birinin fonksiyonunu bozmaktadır. Karşılıklı bu stratejiler modelin her bir iterasyonunda güncellenmekte ve link kullanım olasılıkları ile fonksiyon dışı kalma olasılıkları sistem total beklenen maliyetinde yakınsaklık elde edilinceye kadar devam etmektedir. Formüle edilen bu MaxMin problemi, bu aşamada Nash Dengesindedir, ve ne sürücü link kullanım olasılıklarını manipüle ederek beklenen

seyahat maliyetini azaltabilir, ne de harici irade link fonksiyonları bozma olasılıklarını değiştirerek beklenen seyahat maliyetini artırabilir.

Sayısal Örnek

Önerilen modelin işlevselliğini göstermek amacıyla aşağıdaki şebeke üzerinden gerekli matematiksel işlemler yapıp geliştirilen algoritma uygulanmıştır.



Şekil 1. Örnek Şebeke

Linklere ait maliyet matrisi (dakika) aşağıda verilmiştir. Parantez içindeki değerler linkin fonksiyon dışı kalması dolayısı ile ortaya çıkacak maliyeti (seyahat süresini) ifade etmektedir.

Tablo 1. Maliyet Matrisi

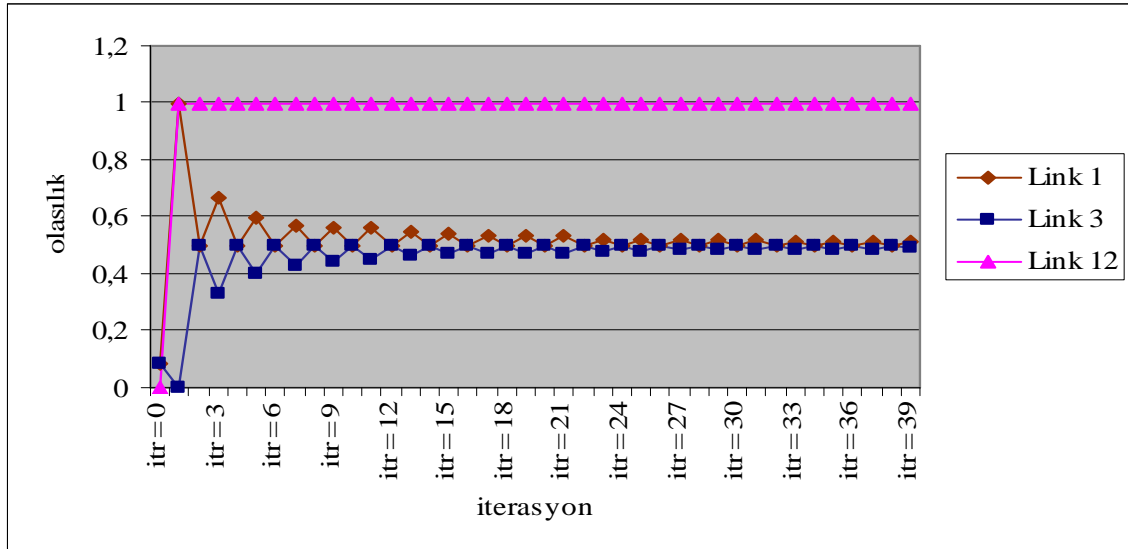
B	B							
1	7(1000)	1						
2	----	9(1000)	2					
3	11(1000)	----	----	3				
4	----	5(1000)	----	6(1000)	4			
5	----	----	8(1000)	----	9(1000)	5		
6	----	----	----	3(1000)	----	----	6	
7	----	----	----	----	5(1000)	----	7(1000)	7
V	----	----	----	----	----	11(1000)	----	6(1000)

Maliyet matrisinden de görüldüğü gibi, her bir linkin fonksiyon dışı kalması durumunda o linke ait sürücü maliyetleri (seyahat süresi), tüm linkler için aynı değer olarak 1000dk kabul edilmiştir.

B no`lu düğüm noktası sürücünün seyahatine başlayacağı (Başlangıç noktası), V no`lu düğüm noktası ise seyahatin biteceği noktayı (Varış noktası) temsil etmektedir. Link1, (B-1), tablodan da görüldüğü gibi 7dk`lık normal maliyet değerine sahipken, link3 (B-3), 11dk`lık bir maliyete sahiptir.

Linklerin normal maliyet değerlerini baz alarak, her bir linke ait başlangıç fonksiyon dışı kalma olasılıkları sırası ile 0,0804 ; 0,1034 ; 0,1264 ; 0,0575 ve 0,092; 0,0689; 0,1034; 0,0345; 0,0575; 0,1264; 0,0804; ve 0,0689 olarak kabul edilmiş ve iterasyonun ilk aşamasında kullanılmıştır. . Bu değerler tüm linkler için başlangıçta aynı kabul edilebileceği gibi, rastgele bir değer olarak da kabul edilebilir. Bununla beraber, başlangıç olasılık değerlerinin, modelin yakınsaklık değerini elde etmesinde önemli bir rol oynadığını, dolayısı ile modelin performansını etkileyeceğini de belirtmek gerekir.

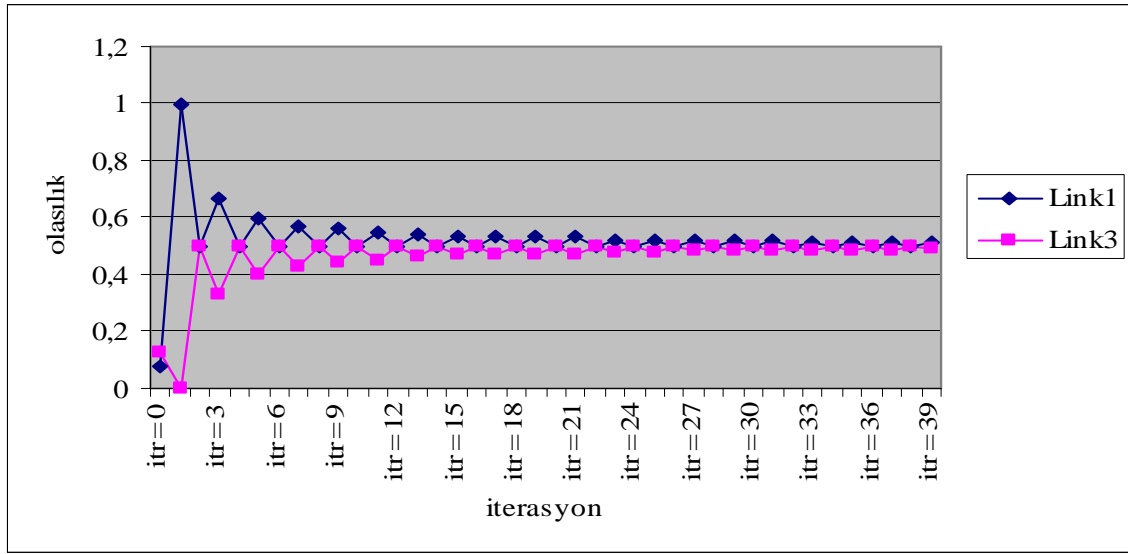
Belirlenen bu başlangıç olasılık değerlerine bağlı olarak tüm linkler için beklenen maliyet değerleri, $p_i (c_{i_j}^f q_j + c_{i_j}^n (1 - q_j))$ formülünü kullanarak ve her bir linkin kullanım olasılığını eşit kabul ederek hesaplandıktan sonra, Dijkstra en kısa yol algoritması ile B-V düğüm noktaları arasındaki güzergah belirlenmiş, bu güzergahı kullanarak gerek link kullanımları, gerekse de link fonksiyonlarının bozulma olasılıkları için yardımcı olasılık değerleri elde edilmiş ve MOM kullanılarak gerekli olasılık değerlerine ait güncellemeler yapılmıştır. Elde edilen, link kullanım olasılıklarının, link fonksiyonları bozulma olasılıklarının ve sistem beklenen maliyet değerlerinin yakınsaklık davranışları aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 2. Link Kullanım Olasılıklarının Yakınsaklığı

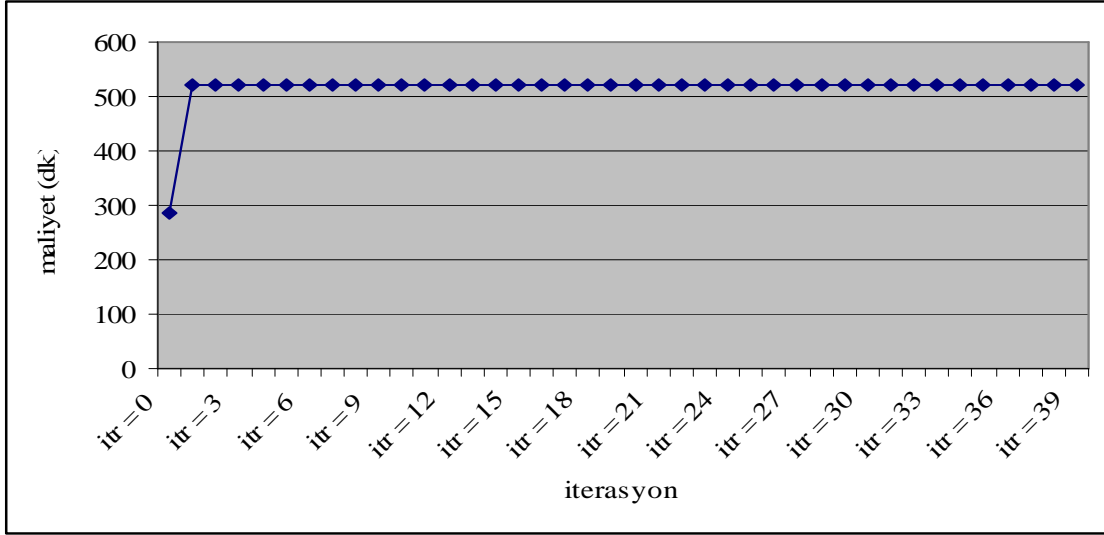
Şekil 2. den de görüldüğü üzere sürecinin kendisi için beklenen sistem maliyetini minimize etmek için link kullanım olasılıkları üzerinden belirleyeceği optimum stratejiler, yedi alternatif için hesaplanmış ve yakınsaklık değerleri elde edilmiştir. Link1, link4 ve link9 ayrıca link3, link8, link11 aynı güzergahta buldukları için bu linklerin kullanım olasılıkları aynıdır. Dolayısı ile güzergahları temsil etmek üzere link1 ve link3 ün kullanım olasılıklarının verilmesi yeterli olacaktır. Link12 her iki güzergahta da bulunduğu için, bu link de grafikte gösterilmiştir. Yakınsaklığın elde edildiği iterasyonlar sonunda, link kullanım olasılıkları link1 (link 4 ve link 9) için 0,512 ; link3 (link8 ve link11) için 0,488; ve link12 için 1 olarak elde edilmiştir. Bu değerlerin birbirine yakın olmasında linklere ait normal maliyet değerlerinin birbirine yakın, fonksiyon dışı kalmaları durumu maliyet değerlerinin ise aynı değer olarak seçilmesinin etkili olduğu ifade edilmelidir.

Şekil 3 harici iradenin, sistem kullanıcısının beklenen maliyetini maksimize etmek için linklerin fonksiyonlarını bozma olasılıkları olarak belirlediği stratejilerini göstermektedir. Bir diğer ifadeyle, harici irade bu optimize edilmiş olasılık değerleri dışında linkleri fonksiyon dışı bırakmaya çalışırsa, sürücünün beklenen maliyetini kendi stratejileri çerçevesinde maksimize etmekten uzaklaşmış olur. Link2 ve link4 iterasyona başlamak için atanan değerler haricinde 0 (sıfır) fonksiyon dışı kalma olasılığına sahiptir. Bu durum, harici iradenin iterasyonların hiçbir aşamasında bu linkleri devre dışı bırakmak suretiyle, o iterasyona ait maksimum beklenen maliyeti elde edemediği anlamına gelmektedir. Dolayısı ile, şayet herhangi bir sebepten dolayı bu linklerden biri fonksiyon dışı kalsa, göreceli olarak sürücü için diğer linklerin fonksiyon dışı kalması durumuna göre daha ucuz maliyetle başlangıç-varış düğüm noktaları arasında seyahat edebilme imkanı var demektir.



Şekil 3. Linklerin Fonksiyon Dışı Kalma Olasılıklarının Yakınsaklığı

Oyun teorisi çerçevesinde Nash-Dengesinde optimum stratejilerini belirleyen oyuncuların, belirlemiş oldukları bu stratejilere göre sistemin beklenen maliyeti, iterasyonlara bağlı olarak aşağıda verilmiştir, Şekil 4. Bu maliyet yakınsaklığı, objektif fonksiyon olarak matematiksel ifadesini bulan MaxiMin probleminin çözümünü, hem link kullanım olasılıkları hem de link fonksiyonu bozulma olasılıkları üzerinden ifade etmektedir.



Şekil 4. Sistem Beklenti Maliyetinin Yakınsaklığı

Yakınsaklık sonucunda elde edilen optimum sistem beklenti maliyeti, sürücü stratejileri açısından minimum değer, harici irade stratejileri açısından da maksimum değer olarak algılanmalıdır.

Sonuç ve Değerlendirme

Bu çalışmada geliştirilen model, şebeke link maliyetlerinin (seyahat sürelerinin) gerek normal durumlarda, gerekse de ekstrem durumlarda linkin fonksiyonel olma özelliğini kaybetmesi durumundaki değerlerinin önceden bilindiği ve sistem kullanıcısı olarak tek bir sürücünün var olduğu kabulüyle, başlangıç-varış noktaları arasındaki optimum seyahat süresini sürücü açısından minimum, harici irade açısından ise maksimum değeri veren ve oyun teorisi konseptinde MaxiMin problemi olarak formüle edilmiş bir şebeke güvenilirlik analiz modeli olarak tasarlanmıştır.

Model, mevcut veya dizayn edilecek ulaşım şebeke sistemindeki kritik linkleri ve bu kritik linklerin olumsuz etkilerine karşı belirlenmesi gereken optimum güzergah seçimlerinin belirlenmesinde etkin bir yöntemdir.

Model'in etkinliğini ve işlevselliğini karşılaştırma yapabileceğimiz bir model ve uygulaması literatürde bulunmamaktadır. Aslan (2008) benzer modeli tehlikeli madde taşımacılığı için kullanmış ise de, gerek kullanılan güzergah bulumundaki algoritmalar, gerekse de çözülen problemlerin farklı oluşu, bu iki çalışmanın hem algoritmalarının hem de sonuçlarının karşılaştırılmasını uygun kılmamaktadır.

Önerilen model bir sonraki aşamada link maliyet fonksiyonlarının, dinamik trafik koşullarında belirlendiği ve maliyet matrislerinin buna bağlı olarak model içinde güncellendiği bir yapıda optimum stratejilerin elde edildiği matematiksel formülasyonlar çerçevesinde geliştirilecektir.

Kaynaklar

Asakura, Y (1998) *Reliability measures of an origin and destination pair in a deteriorated road network with variable flows*. Transportation Networks: Recent methodological advances, selected proceedings of the 4th EURO Transportation Meeting, 273-287

Aslan, H (2008).. *Safe movement of hazardous materials through heuristic hybrid approach: Tabu search and game theory application*. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 14(3), 279-289

Berdica, K (2002) *An introduction to road vulnerability: what has been done, is done and should be done*. Transport Policy (9), 117-127

Dijkstra, E W (1959) *A note on two problems in connection with graphs*. Numerical Mathematics (1), 269-271

Wakabayashi, H and Iida, Y (1992) *Upper and lower bounds of terminal reliability in road Networks: an efficient method with Boolean algebra*. Journal of Natural Disaster Science 14 (1), 29-44

Logit ve Probit Tabanlı Stokastik Kullanıcı Dengesi Atama Probleminin İki Farklı Sezgisel Metot Kullanılarak Çözülmesi

Özgür Başkan, Soner Haldenbilen

Pamukkale Üniversitesi, Müh. Fak., İnş. Müh. Böl., Ulaştırma Anabilim Dalı, Denizli

Tel: (258) 2963392

E-Posta: obaskan@pau.edu.tr

Tel: (258) 2963361

E-Posta: shaldenbilen@pau.edu.tr

Öz

Ulaşım ağlarında günden güne artan araç sahipliği ve kullanımını sonucunda oluşan trafik sıkışıklıklarının en aza indirgenebilmesi ancak ulaşım ağının modellenenilmesi ile mümkün olabilmekte, bunun için ise Başlangıç-Varış (B-V) matrislerinin belirlenmesi, atama probleminin çözülerek güzergah ve bağlantı akımlarının bulunması gerekmektedir. Trafik atama sonucu elde edilen bağlantı akımlarına bağlı olarak kavşaklardaki sinyal sürelerinin düzenlenmesi ile sıkışıklık etkileri minimum seviyelere indirgenebilmektedir. Ulaşım Ağ Tasarım (UAT) probleminin alt seviyesini oluşturan trafik atama probleminin çözümü sırasında gerçek sürücü davranışlarının modellenenilmesi açısından kullanılacak olan güzergah seçim modelinin seçimi de oldukça önem arz etmektedir. Literatürde sıkça kullanılan güzergah seçim modelleri olarak; logit, c-logit, nested-logit, ve probit model sayılabilir. Probit güzergah seçim modeli diğer güzergah seçim modellerinden çözüm yapısı olarak oldukça farklıdır. Güzergahlar arasındaki ortak kullanılan bağlantıları dikkate aldığı için gerçek sürücü davranışlarının yansıtılması açısından oldukça önemlidir. Bu çalışmada probit güzergah seçim olasılıklarının bulunabilmesi için monte carlo benzetim yönteminden faydalanılmıştır.

Sonuç olarak bu çalışmada trafik atama probleminin çözümü için logit ve probit güzergah seçim modelleri ile Karınca Kolonisi Optimizasyonu (KKO) ve Armoni Araştırması Optimizasyon Tekniği (AAT) sezgisel metotlarının kullanıldığı atama modelleri geliştirilmiştir. İki farklı güzergah seçim modeli ve farklı tipte iki sezgisel metodun kullanıldığı atama modelleri 5 bağlantı ve 3 güzergahtan oluşan örnek bir test ulaşım ağına uygulanmıştır. Ayrıca atama sonucu elde edilen denge bağlantı akımları deterministik çözümle kıyaslanmıştır. Sonuç olarak stokastik kullanıcı denge atamasının KKO ve AAT sezgisel metotları ile farklı tipte (logit ve probit) güzergah seçim modelleri kullanılarak başarıyla gerçekleştirilebileceği test ulaşım ağı üzerinde gösterilmiştir.

Anahtar sözcükler: Trafik atama, güzergah seçim modelleri, sezgisel metot

Giriş

Ulaşım Ağ Tasarım (UAT) problemi, ağ tasarımcıları ve uygulamacılar arasında büyük ilgi uyandırmakla birlikte son yıllardaki bilgisayar teknolojilerindeki gelişiminde etkisiyle bu konudaki çalışmalar sıklık kazanmıştır. UAT'nın etkili şekilde yapılabilmesi, Başlangıç-Variş (B-V) matrislerinin belirlenmesi, denge güzergah ve bağlantı akımlarının bulunması ve buna bağlı olarak ağ üzerindeki sinyalizasyon sistemlerinin en uygun şekilde tasarlanabilmesi ile mümkündür. UAT probleminin çözümünde en önemli noktalardan biri de yol kullanıcılarının ulaşım ağındaki herhangi bir B-V çiftindeki seyahatleri sırasında alternatif güzergahlara nasıl dağılacaklarının en doğru şekilde tahmin edilmesidir. Yol kullanıcılarının güzergah seçimi sırasındaki maliyet algılamalarını esnek bir şekilde ele alan ve buna rastgelelik ekleyen bir yaklaşım olan Stokastik Kullanıcı Dengesi (SKD) kavramı son yıllarda ulaşım ağ tasarımında benimsenmeye başlamıştır. Bu yaklaşımda, deterministik yaklaşımdan farklı olarak yüksek maliyetli güzergahların kullanıcılar tarafından seçilebilme ihtimalinin varlığından söz edilebilmektedir.

Güzergah akımlarının bulunmasında önerilen yöntem, güzergah üzerinde seyahat eden her bir yol kullanıcısının kendi seyahat maliyetini minimum edecek şekilde bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım denge durumunda bütün kullanılan güzergahlardaki seyahat maliyetinin aynı olacağı ve bu maliyetin kullanılmayan güzergahlardaki seyahat maliyetinden daha az veya eşit olacağı kabulüne dayanır. Bu durum ağ kullanıcı dengesi altındadır şeklinde tanımlanabilir ve hiçbir kullanıcı kendi güzergahını değiştirerek seyahat maliyetini değiştiremez (Wardrop, 1952). Bu Deterministik Kullanıcı Dengesi (DKD) durumunu doğurmaktadır. Fakat gerçekte DKD durumundan farklı olarak sürücüler güzergahlar hakkında tam olarak bilgi sahibi değildirler ve sürücülerin güzergah seçimleri sırasında algılama hataları olmaktadır. Bu nedenle SKD ataması gerçek sürücü davranışlarının modellenenilmesi açısından daha gerçekçidir.

Bu çalışmada, SKD ataması problemi eşdeğer optimizasyon problemi olarak tanımlanmıştır. Güzergah seçiminde logit ve probit seçim modelleri kullanılmış ve geliştirilen SKD ataması algoritmasının çözümü için Karınca Kolonisi Optimizasyonu (KKO) ve Armoni Araştırması Optimizasyon Tekniği (AAT) sezgisel metotlarından yararlanılmıştır.

Güzergah Seçim Modelleri

A ve B gibi iki nokta arasında seyahat etmek isteyen yol kullanıcısı bu iki noktayı birbirine bağlayan birçok güzergah arasında tercih yapmak zorundadır. Güzergah seçimini etkileyen faktörler arasında güzergah özellikleri ve seyahat eden kişinin sosyo-ekonomik özellikleri sayılabilir. Güzergah seçim modellerinde temel ilke, yol kullanıcılarının sürekli olarak en düşük maliyetli (sürelili) güzergahı seçeceği yönündedir. Stokastik modelde herhangi bir yol kullanıcısı tarafından algılanan maliyet rastgele bir değişken olarak varsayılır ve güzergah seçimi fayda maksimizasyonu (maliyet minimizasyonu) prensibine dayanılarak her bir kullanıcının algıladığı maliyete göre yapılır (Sheffi, 1985). SKD prensibi deterministik kabule oldukça benzerdir fakat stokastik düşünce, herhangi bir yol kullanıcısının denge durumunda tek taraflı olarak güzergahını değiştirerek seyahat maliyetini değiştiremeyeceği noktasında deterministik düşünceden ayrılır. Herhangi bir güzergahın faydası güzergah özelliklerinin fonksiyonu

olmasının yanında ulaşım ağı karar vericilerinin de karakteristiklerini yansıtır. Karar vericiler en yüksek faydaya sahip güzergahın seçileceğini kabul eder. Bunun yanında faydalar direk olarak gözlenemez veya ölçülemez. Güzergah alternatifinin K adet olduğu bir ulaşım ağına, alternatiflerin fayda vektörleri $U = (U_1, \dots, U_K)$ olarak gösterilebilir. Gözlemlenen güzergah karakteristiklerini ve özelliklerini a ile ifade edersek $U_k = U_k(a)$ olur. Güzergahların gözlemlenemeyen karakteristikleri ve özelliklerinin güzergah seçim etkilerini açıklayabilmek için her bir alternatifin fayda fonksiyonu, deterministik bileşen ve rastgele hata terimi olmak üzere iki bileşenden oluşur.

$$U_k(a) = V_k(a) + \xi_k(a) \quad \forall k \in K \quad (1)$$

Burada $U_k(a)$ algılanan fayda, $V_k(a)$, ölçülen fayda ve $\xi_k(a)$ ise hata terimi olarak tanımlanabilir.

Probit Model

Probit modelin güzergah seçim modeli olarak kullanılması, çakışan güzergahları göz önüne almasından dolayı ağ topolojisine duyarlı bir çözüm elde etmeye yardımcı olur. Probit modelde alternatiflerin algılanan faydaları, $[U(i), U(j), \dots]$, çok değişkenli normal dağılıma (ÇDND) sahip olduğu varsayımıyla elde edilir (Daganzo, 1979). ÇDND bilinen normal yoğunluk fonksiyonunun çok değişkenli olarak genişletilmiş halidir ve rastgele vektörün, $\xi = (\xi_1, \dots, \xi_K)$, dağılımını tanımlar ve $\xi \sim (\mu, \Sigma)$ şeklinde ifade edilir. Bu ifade ξ vektörünün, ortalama vektör μ ve kovaryans matrisi Σ ile ÇDND sergilediğini gösterir.

Bu durumda verilen bir kovaryans matrisi ve alternatif özelliklerini belirleyen a vektörü için fayda vektörünün, $U(a) = [U_1(a), \dots, U_K(a)]$, dağılımı çok değişkenli normal dağılım olarak Denklem (2)'deki gibi modellenir;

$$U(a) \sim [V(a), \Sigma] \quad (2)$$

Herhangi bir seçim modelinde alternatifin seçim olasılığı, o alternatifin faydasının seçim alternatifleri içindeki en yüksek faydaya sahip olma olasılığına göre hesaplanır. Probit modelde bu seçim olasılığı, ikili alternatif olma durumunda olasılık dağılım tabloları vasıtasıyla hesaplanabilir. İki'den fazla alternatif olduğu zaman probit seçim olasılıklarının hesaplanması oldukça zordur. Literatürde probit seçim olasılıkları hesabı için birçok yaklaşık analitik metot önerilmiştir. Bunlar nümerik integrasyon algoritmaları ve ardışık yaklaşık metotlardır (Clark, 1961). Güzergah sayısının çok olması durumunda analitik yaklaşım sergileyen hiçbir metot pratik ve kolay bir şekilde ulaşım ağına uygulanamaz (Sheffi, 1985). Probit seçim olasılıklarının hesaplanabilmesi için önerilen diğer bir yöntem Monte Carlo benzetim yöntemidir (Maher ve Hughes, 1997). Bu çalışmada probit seçim olasılıklarının bulunabilmesi için Monte Carlo simülasyon metodundan faydalanılmıştır. Alternatif güzergahlara ait fayda fonksiyonları $U_k = V_k + \xi_k \quad \forall k \in K$ şeklinde gösterildiği zaman verilen $V = (V_1, \dots, V_K)$ değerleri için Monte Carlo simülasyon algoritması iteratif olarak şu şekilde gerçekleştirilir; n . iterasyondaki hata terimleri ile görünen faydaların, V_K , toplanması ile her bir güzergah için algılanan faydalar bulunabilir. Bu aşamadan sonra her bir iterasyonda en yüksek faydayı veren güzergah kaydedilir. Bu süreç N kez tekrar

edilir. Buradan k .alternatifin seçim olasılığı, P_k , en yüksek faydayı sağlayan güzergahın kaydedilme sayısının (N_k) simülasyon sayısına bölümü ile elde edilebilir.

Logit Model

Logit modelde alternatif güzergahların faydalarının Gumbel dağılımı sergilediği kabulü yapılmıştır (Ceylan, 2002). p güzergahının gerçek maliyeti C_p , algılanan maliyeti U_p ve rastgele hata terimi ε_p olarak gösterildiği zaman buradan rastgele fayda $U_p=C_p+\varepsilon_p$ şeklinde ifade edilebilir. Gumbel dağılımının özelliğinden dolayı hata teriminin ortalaması $E(\varepsilon_p)=0$ ve varyansı ise $var(\varepsilon_p)=\pi^2/6\alpha^2$ şeklinde gösterilebilir. Buradan logit seçim olasılığı Denklem (3)'de gösterildiği gibidir.

$$K_p^w(g) = P(U_k > U_p) = \frac{\exp(-\alpha C_p)}{\sum_{k \in P_w} \exp(-\alpha C_k)}, \quad \forall k \neq p \in P_U \quad \forall w \in W \quad (3)$$

Burada p ve k , $w \in W$ B-V çifti arasındaki alternatif güzergahlar ve α dağılım parametresidir.

Sezgisel Metotlar

Karınca Kolonisi Optimizasyonu

KKO son zamanlarda çözümü zor optimizasyon problemlerinin çözümünde kullanılan sezgisel bir yaklaşımdır (Dorigo, 1992; Dorigo ve Di Caro, 1999). KKO algoritmaları, optimizasyon problemlerinin çözümü için gerçek karıncaların yiyecek bulma davranışlarının gözlemlenmesi ile ortaya çıkmıştır (Dorigo ve Stützle, 2004). Bu çalışmada klasik KKO yaklaşımlarından farklı bir yaklaşım uygulanmıştır (Baskan ve diğ., 2009). Bu yaklaşımda her bir karınca bir önceki iterasyondaki en iyi karıncaya ve β' ya bağlı olarak aramaya iterasyonlar boyunca devam etmektedir. β vektörü ($\beta=(\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)$), n =değişken sayısı) KKO yaklaşımının performansının iyileştirilmesi için oldukça önemlidir. Çözüm sürecinin başında her bir karınca çözüm uzayı (ÇU) içinde rastgele olarak en iyi çözümü aramaya başlar. İlk iterasyonun sonunda çözüm uzayı bir önceki iterasyondan elde edilen en iyi çözüm ve β' ya bağlı olarak sınırlandırılır. Daha sonra optimum çözüm, arama süreci boyunca sınırlı ÇU içinde aranmaya devam edilir.

Kullanılan KKO yaklaşımında m adet karınca m adet vektör olarak nitelendirilmiştir. (x^k ($k=1,2,\dots,m$)). Her bir karıncanın çözüm vektörü Denklem (4) ile güncellenir.

$$x_t^{k(yeni)} = x_t^{k(eski)} \pm \alpha \quad (t=1,2,\dots,I) \quad (4)$$

Burada $x_t^{k(yeni)}$ t . iterasyondaki k . karınca vektörü, $x_t^{k(eski)}$ t . iterasyonda önceki adımda elde edilen karınca vektörü ve α ise sıçrama uzunluğunu hesaplamak için rastgele üretilen vektör olarak temsil edilmiştir. Her bir iterasyonun son adımında iterasyonun başında üretilen koloni büyüklüğü kadar yeni bir karınca kolonisi oluşturulur. Feromon

miktarı (τ_t) Denklem (5) kullanılarak ilk olarak gerçek karınca kolonilerini temsil edecek şekilde buharlaştırılır daha sonra ise Denklem (6) yardımıyla feromon miktarı güncellenir. Bu süreç verilen iterasyon sayısına kadar devam ettirilir. Bu çalışmada başlangıç feromon miktarı 100 olarak alınmıştır.

$$\tau_t = 0.1 * \tau_{t-1} \quad (5)$$

$$\tau_t = \tau_{t-1} + 0.01 * f(x_{t-1}^{eniyi}) \quad (6)$$

Denklem (4)'de artı veya eksi işaretinin hangisinin kullanılacağı x_t^k 'nin bulunan en iyi değerin sağında veya solunda olmasına göre belirlenmektedir. Eğer x_t^k , en iyi çözümü solunda ise pozitif tersi durumda ise negatif değeri kullanılır. Hareket yönü Denklem (7) ile aşağıdaki gibi belirlenir;

$$\bar{x}_t^{eniyi} = x_t^{eniyi} + (x_t^{eniyi} * 0.01) \quad (7)$$

Eğer $f(\bar{x}_t^{eniyi}) \leq f(x_t^{eniyi})$ ise Denklem (4)'de (+) işareti kullanılır aksi durumda ise (-) işareti kullanılır. (\pm) işareti global optimum değerine ulaşmak için arama yönünü belirler. SKD ataması için kullanılan KKO metodu hakkında detaylı bilgiye Baskan ve diğ. (2009)'den ulaşılabilir.

Armoni Araştırması Optimizasyon Tekniği

Geem ve diğ. (2001) tarafından geliştirilen Armoni Araştırması Tekniği, bir orkestradaki müzisyenlerin çaldıkları notalar ile armonik açıdan en iyi melodinin elde edilmesi prensibine dayanmaktadır. Farklı enstrümanlar ile çalınan nota ve tonların estetik kalitesi, müzik çalışmalarında pratik yaparak iyileştirilirken, fonksiyon çözümünde bu iyileştirme birbirini takip eden iterasyonlarla gerçekleştirilmektedir (Geem, 2006). Armoni araştırması süreci 5 adımdan oluşmaktadır (Ceylan ve diğ., 2008).

Adım 1: Problemin kurulması ve algoritma parametrelerinin tanımlanması

Burada, herhangi bir $F(x)$ amaç fonksiyonu, x_i karar değişkenleri (orkestradaki enstrümanları), \mathbf{X}_i her karar değişkeni için kullanılan çözüm uzayı ve N ise toplam karar değişkeni sayısı (orkestra büyüklüğü) olarak tanımlanır. Armoni araştırması çözüm sürecini kontrol eden 3 farklı parametre mevcuttur. Bunlar sırasıyla armoni belleği kapasitesi (HMS), armoni belleğini dikkate alma oranı (HMCR) ve ton ayarlama oranıdır (PAR).

Adım 2: Armoni belleğinin oluşturulması

Armoni belleği, tüm çözüm vektörlerinin ve amaç fonksiyonunun aldığı değerlerin saklandığı bellektir. Fonksiyon değerleri sayesinde, ilgili çözüm vektörlerinin kalitesi değerlendirilmektedir. Bu adımda, armoni belleği matrisi, rastgele üretilen çok sayıda çözüm vektörü ile doldurulur ve bu vektörler için ilgili amaç fonksiyonu değerleri hesaplanır.

Adım 3: Yeni armoninin oluşturulması

Bu adımda, yeni armoni vektörü $x' = (x'_1, x'_2, x'_3, \dots, x'_N)$, armoni belleğinde bulunan tonlara göre ve tamamen rastgele seçilen tonlara göre üretilmektedir. Değişkenlerin armoni belleğinden seçilip seçilmeyeceğinin belirlenmesi, değeri 0 ile 1 arasında değişen HMCR oranına göre yapılmaktadır. Burada, HMCR bir karar değişkeninin değerinin mevcut armoni belleğinden seçilme olasılığını gösterirken, (1-HMCR) oluşturulan yeni karar değişkeninin mevcut çözüm uzayı içerisinde rastgele olarak seçilmesine karşılık gelmektedir. Bu aşamadan sonra, ton ayarlama işleminin gerekli olup olmadığının belirlenmesi için her karar değişkeninin değerlendirilmesi yapılmaktadır. Bu işlem ise PAR parametresi ile yapılmaktadır.

Adım 4: Armoni belleğinin güncellenmesi

Bu adımda, armoni belleğindeki tüm amaç fonksiyonu değerleri en iyiden en kötüye doğru sıralanır. Daha sonra yeni armoni vektörü, armoni belleği içindeki en kötü vektör ile karşılaştırılır. Eğer yeni vektör, bellek içindeki en kötü vektörden daha iyi bir sonuç veriyorsa belleğe dahil edilir ve en kötü vektör bellekten çıkarılır.

Adım 5: Durma kriterinin kontrolü

Bu adımda verilen durma koşulunun sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilir. Koşulun sağlanmaması durumunda, Adım 3 ile 5 arasındaki işlemler istenen koşul sağlanıncaya kadar tekrar edilir.

Stokastik Kullanıcı Dengesi Atama Problemi ve Geliştirilen Algoritma

Trafik ataması ulaşım ağına seyahat eden yolcuların oluşturduğu trafiğin yüklenmesidir. Bu süreçte her bağlantıdaki trafik hacminin yol kapasitesine göre taşınıp taşınmayacağı belirlenir. Bu çalışmada logit ve probit güzergah seçim modellerinin kullanıldığı SKD atama modeli geliştirilmiştir. SKD ataması problemi Denklem (8)'de görülen amaç fonksiyonunun minimum edilmesiyle çözülebilir.

$$v_a = \sum_{w \in W} \sum_{p \in P_w} f_p^w \delta_{ap}^w, a \in A$$

$$\sum_{p \in P_w} f_p^w = q_w, w \in W$$

$$f_p^w \geq 0, p \in P_w, w \in W$$

Kısıtlarına bağlı olarak;

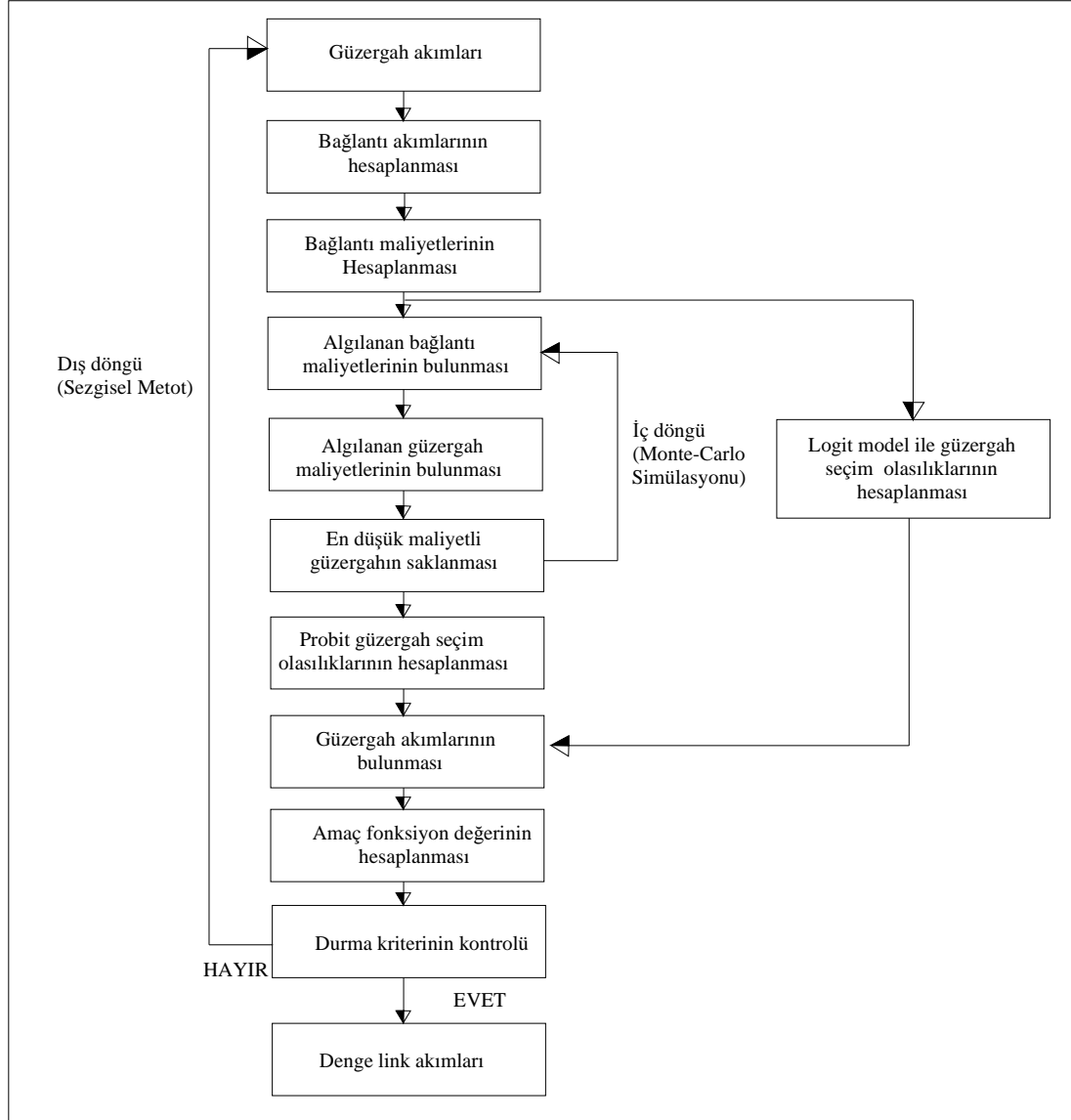
$$\min(f_1^1, \dots, f_p^w; f_1^{1*}, \dots, f_p^{w*}) = \sum_{w \in W} \sum_{p \in P} (f_p^w - f_p^{w*})^2 \quad (8)$$

Burada A yol ağındaki bağlantılar kümesi, W (B-V) kümesi, P_w $w \in W$ B-V çiftindeki güzergahlar kümesi, q_w $w \in W$ B-V seyahat talebi, f_p^w $p \in P_w$ güzergahındaki akım, f_p^{w*} $p \in P_w$ güzergahındaki denge akımı, v_a a bağlantısındaki akım ve δ_{ap}^w ise bağlantı/güzergah belirleme matrisinin elemanıdır ve aşağıdaki gibi ifade edilir:

$\delta_{ap}^w = 1$, $w \in W$ B-V çiftindeki p güzergahı a bağlantısını kullanıyorsa

$\delta_{ap}^w = 0$, aksi durumda

Şekil 1’de probit ve logit tabanlı SKD atama modelinin akış diyagramı görülmektedir.



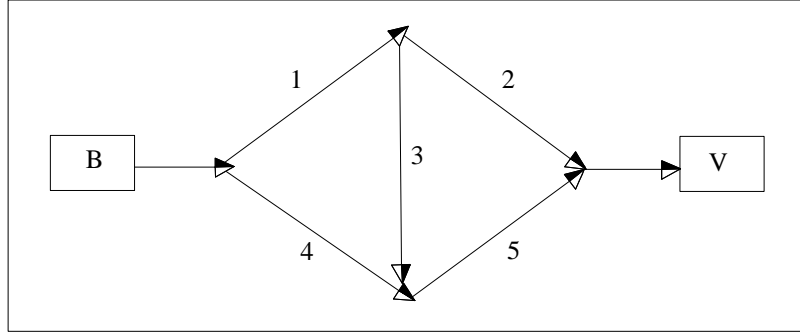
Şekil 1 Probit ve logit seçim tabanlı SKD ataması modeli akım şeması.

SKD Ataması Örnek Sayısal Uygulama

Önerilen modelin test edilmesi için 5 bağlantı ve 3 güzergahtan oluşan örnek ulaşım ağı seçilmiştir. Şekil 2’de ulaşım ağı verilmiştir. Güzergah 1 ve 2 tarafından bağlantı 1, güzergah 2 ve 3 tarafından ise bağlantı 5 ortak kullanılmaktadır (*Güzergah 1*: 1-2, *Güzergah 2*: 1-3-5, *Güzergah 3*: 4-5). Denklem (9)’da ağın çözümünde kullanılacak olan maliyet fonksiyonu verilmiştir. Burada t_a^0 , serbest akım seyahat süresi; v_a , a

bağlantısı üzerindeki akım; c_a , a bağlantısının kapasitesi; $t_a(v_a)$, a bağlantısının ölçülebilir maliyeti ve A bağlantılar kümesidir. Tablo 1’de ulaşım ağına ait bilgiler verilmiştir.

$$t_a(v_a) = t_a^0 * (1 + 0.15(\frac{v_a}{c_a})^4) \quad \forall a \in A \quad (9)$$

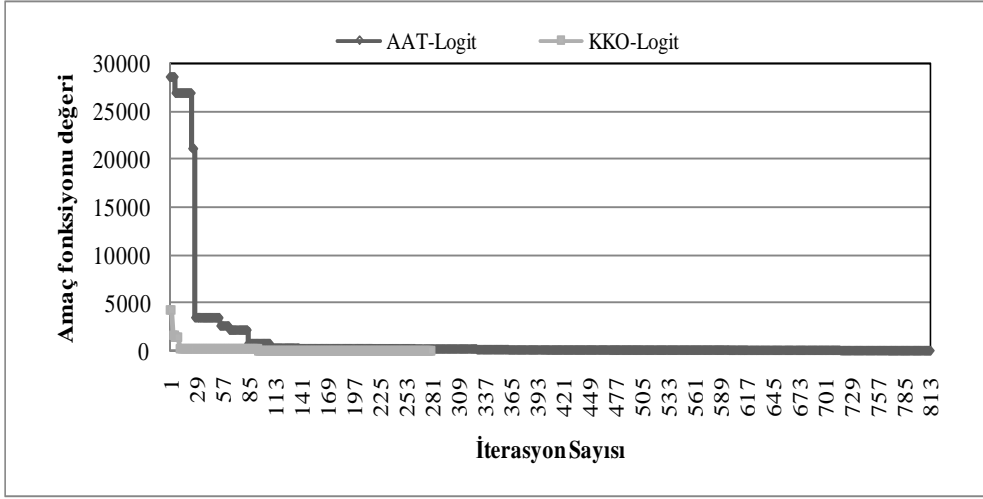


Şekil 2 Test ulaşım ağı.

Tablo 1 Ulaşım Ağı Bilgileri.

Bağlantı No	Bağlantı Kapasitesi (ta/sa)	Serbest Akım Seyahat Süreleri (sn)
1	300	23
2	200	34
3	400	12
4	350	45
5	400	23

Örnek ağ için B-V talebi 400 ta/sa olarak alınmıştır. Logit güzergah seçim modeli ile SKD ataması probleminin çözümü iki farklı sezgisel metot kullanılarak gerçekleştirilmiş ve amaç fonksiyonunun değişimi Şekil 3’de verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi KKO yaklaşımı ile 280 iterasyon, AAT yaklaşımı ile 815 iterasyon sonucunda amaç fonksiyonunun minimum değeri elde edilmiş ve SKD bağlantı akımları bulunmuştur. Logit-SKD bağlantı akımları Tablo 2’de görülmektedir.



Şekil 3 Logit - SKD ataması amaç fonksiyonu değışımi.

Tablo 2 SKD bağlantı akımları.

Bağlantı No	KKO				AAT			
	Probit		Logit		Probit		Logit	
	Akım (ta/sa)	S*	Akım (ta/sa)	S*	Akım (ta/sa)	S*	Akım (ta/sa)	S*
1	320	1.07	312	1.04	320	1.07	312	1.04
2	160	0.80	154	0.77	160	0.80	154	0.77
3	160	0.40	158	0.40	160	0.40	158	0.40
4	80	0.23	88	0.25	80	0.23	88	0.25
5	240	0.60	246	0.61	240	0.60	246	0.61

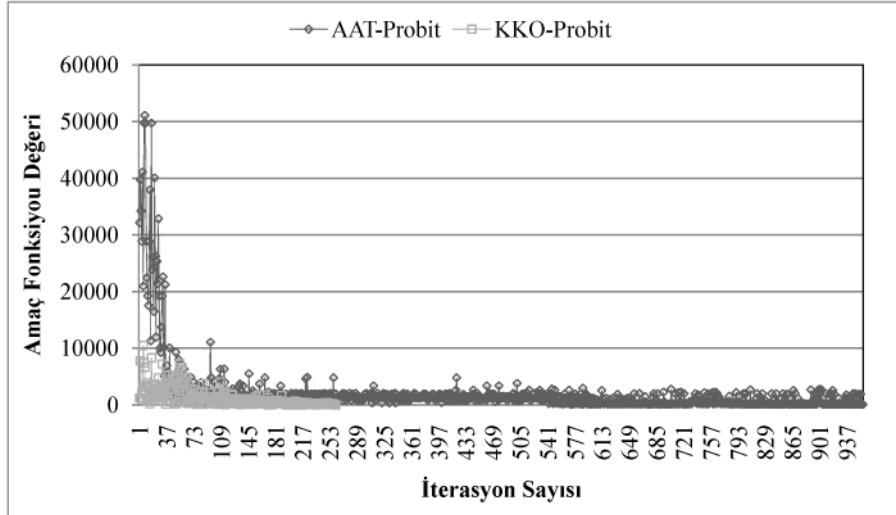
*Kapasite kullanım oranı

Probit-SKD ataması probleminin çözümü iki farklı sezgisel metot kullanılarak gerçekleştirilmiş ve amaç fonksiyonunun değışımi Şekil 4’de verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi KKO yaklaşımı ile 261 iterasyon, AAT yaklaşımı ile 945 iterasyon sonucunda amaç fonksiyonunun minimum değeri elde edilmiş ve SKD bağlantı akımları bulunmuştur. Tablo 2’de görüldüğü gibi KKO ve AAT teknikleri ile yapılan SKD ataması için probit ve logit seçim modeli durumlarında aynı denge bağlantı akımlarına ulaşılmıştır. Fakat KKO metodu AAT metoduna göre iterasyon sayısına bakıldığı zaman oldukça az iterasyon sayısı ile sonuca ulaşmaktadır. Ayrıca Tablo 2’de görüldüğü gibi bağlantı 1 her iki güzergah seçim modeli ile yapılan atama sonucu denge durumunda kapasite üstü çalışmaktadır. Bunun sebebi güzergah 3’ün maliyetinin oldukça fazla olması ve sürücülerin büyük bir oranının 1 ve 2 nolu güzergahları seçmesidir. Karşılaştırma yapılması açısından Tablo 3’de DKD ataması durumu için denge bağlantı akımları verilmiştir. SKD atamasına göre bağlantı 4’ün çok daha az akım aldığı ve güzergah 3 seçeneğinin seçilme olasılığının oldukça düşük olduğu görülmektedir.

Tablo 3 DKD bağlantı akımları.

Bağlantı No	Akım (ta/sa)	S*
1	381	1.27
2	152	0.76
3	229	0.57
4	19	0.05
5	248	0.62

*Kapasite kullanım oranı



Şekil 4 Probit - SKD ataması amaç fonksiyonu değişimi.

Sonuçlar

Trafik atama problemi günümüzde, sürücülerin seyahat ettikleri ağ ile ilgili bilgi düzeylerini ve yapılan seyahatlerdeki rastgeleliği de göz önünde bulundurarak SKD yaklaşımı ile ele alınmaktadır. Güzergah seçim olasılıklarının elde edilebilmesi için çözülmesi gereken denklem sistemlerinin konveks olmayan yapısı ve içsel bağımlılığı nedeniyle geleneksel türeve dayalı çözüm yöntemleri SKD çözümünde etkili olamamaktadır. Bu çalışmada KKO ve AAT tekniklerinin kullanıldığı SKD atama modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen çözüm algoritmasında güzergah seçim olasılıklarının belirlenmesi için logit model ve ayrıca alternatif güzergahların ortak kullandıkları bağlantılar arasındaki kovaryans değerlerini de göz önünde bulunduran probit model kullanılmıştır. Probit güzergah seçim olasılıklarının hesaplanabilmesi için Monte-Carlo benzetim tekniğinden faydalanılmıştır. Probit model gerçek sürücü davranışlarının modellenebilmesi, güzergahlar arasındaki korelasyonu dikkate alması ve sürücülerin bağlantı maliyetlerini algılamadaki farklılıklarını temsil etmesi açısından güzergah seçiminde oldukça önemlidir. Önerilen algoritmanın çözüm yeteneğini göstermek amacıyla örnek bir ulaştırma ağı üzerinde sayısal uygulama gerçekleştirilmiştir. Sonuçlara göre KKO tekniği, AAT tekniğine göre SKD probleminin çözümünde daha az iterasyon sayısında başarılı sonuçlar vermektedir. Ayrıca DKD ataması sonuçları ile önerilen probit ve logit tabanlı SKD atamasının sonuçları karşılaştırılmış ve önerilen

algoritmanın gerçek sürücü davranışlarının modellenebilmesi açısından daha gerçekçi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Teşekkür Bu çalışma Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi ve Tübitak tarafından desteklenen BAP-FBE-002 ve 104I119 nolu projeler kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Kaynaklar

Baskan, O., Haldenbilen, S., Ceylan, H. and Ceylan, H. (2009) A new solution algorithm for improving performance of ant colony optimization. Applied Mathematics and Computation, 211(1), 75-84.

Ceylan, H., Ceylan, H., Haldenbilen, S. and Baskan, O. (2008) Transport energy demand modeling with meta-heuristic harmony search algorithm, an application to Turkey, Energy Policy, 36, 2527-2535.

Ceylan, H. (2002) A Genetic Algorithm Approach to the Equilibrium Network Design Problem. PhD Thesis, University of Newcastle upon Tyne, England.

Clark, C. E. (1961) The greatest of a finite set of random variables. Operations Research, 9, 145-162.

Daganzo, C. (1979) Multinomial Probit: The Theory and its Application to Demand Forecasting. Academic Press, New York.

Dorigo, M. and Di Caro, G. (1999) Ant colony optimization: A new meta-heuristic. In: Proceedings of the 1999 Congress on Evolutionary Computation, vol. 2, 1470-1477.

Dorigo, M. (1992) Optimization, learning and natural algorithms. PhD Thesis, Politecnico di Milano, Italy.

Dorigo, M. And Stützle, T. (2004) Ant Colony Optimization. The MIT Press, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge.

Geem, Z. W., Kim, J. H. and Loganathan, G. V. (2001) A New Heuristic Optimization Algorithm: Harmony Search, Simulation, 76(2), 60-68.

Geem, Z. W. (2006) Optimal Cost Design of Water Distribution Networks Using Harmony Search, Engineering Optimization, 38(3), 259-280.

Maher, M.J. and Hughes, P.C. (1997) A probit-based stochastic user equilibrium assignment model. Transportation Research Part B, 31, 341-355.

Sheffi, Y. (1985) Urban Transport Networks: Equilibrium Analysis with Mathematical Programming Methods. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, USA.

Wardrop, J. G. (1952) Some theoretical aspects of road traffic research. In: Proceedings of Institute of Civil Engineering. Part II, 1(2), 325-362.

Türkiye’de Şehirler Arası Otobüs Yolculukları Matrisinin Elde Edilmesi ve CBS Ortamında İncelenmesi

Yaşar Vitoşoğlu¹, Polat Yalnız²

^{1,2} Dumlupınar Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kütahya
Tel: 0.274.2652031 / 4058 - 4061
E-posta: yvitosoglu@hotmail.com; polatyaliniz@gmail.com

H. Canan Güngör³

³ Dumlupınar Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kütahya
Tel: 0.274.2652031 / 4186
E-posta: cnnkorkut@hotmail.com

Öz

Ulaştırma ile ilgili sağlıklı kararların alınmasında eldeki bilgilerin miktarı ve tutarlılığı oldukça önemlidir. Ayrıca bu bilgilerin uygun bilgi sistemleri kullanılarak depolanması, değerlendirilmesi, analiz edilmesi ve sorgulanması karar vericilerin etkin politikalar oluşturmasında önemli bir rol oynar. Bu çalışmada esas alınan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), mekana dayalı analizlerin gerçekleşmesinde kullanılan etkin araçlardan biridir. Türkiye’de gerçekleştirilen şehirler arası otobüs yolculuklarına ilişkin bilgilerin analizlere imkan veren bir ortamda değerlendirilebilmesi için de CBS’nden yararlanılmıştır. Bu amaçla şehirlerarası otobüs yolculukları matrisi CBS ortamına aktarılmış ve görsel bir ortamda değerlendirilmiştir. 2000 yılı için Türkiye’de gerçekleştirilen şehirler arası otobüs yolculuklarına ait O-D matrisinin bulunmasında ise trafik sayımlarından yolculuk matrislerinin tahmin edilmesi için ortaya atılan yöntemlerden biri olan ve Bell tarafından 1983 yılında geliştirilen model kullanılmıştır.

Anahtar sözcükler: Matris tahmini, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Otobüs yolcu taşımacılığı.

Giriş

Karar vericilerin ulaştırma ile ilgili sağlıklı kararlar almalarında eldeki bilgilerin miktarı ve tutarlılığı kadar bu bilgilerin uygun bilgi sistemleri kullanılarak depolanması, değerlendirilmesi, analiz edilmesi ve sorgulanması da önemli bir rol oynar. Bu bağlamda Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), mekana dayalı analizlerin gerçekleşmesinde kullanılan etkin araçlardan biridir. Türkiye’de gerçekleştirilen şehirler arası otobüs yolculuklarına ilişkin bilgilerin analizlere imkan veren bir ortamda değerlendirilebilmesi için de CBS’nden yararlanılmıştır. Bu amaçla şehirlerarası otobüs yolculukları matrisi CBS ortamına aktarılmıştır. Böylece şehirler arası otobüs yolculukları matrisini görsel bir ortamda değerlendirmek, karşılaştırma ve sorgulamaları yapmak mümkün olmuştur.

Başlangıç-son (O-D) matrislerinin elde edilmesinde pek çok yöntem kullanılmaktadır. Ancak özellikle ev anketlerini ya da yol kenarında gerçekleştirilen görüşmeleri esas

alan yöntemlerin kullanılması genellikle pahalı ve zaman alıcı olmaktadır. Bu yüzden O-D matrislerini elde etmek üzere pahalı ve zaman alıcı olmayan başka yöntemler geliştirilmiştir. Trafik sayımlarından yolculuk matrislerinin tahmin edilmesi için ortaya atılan yöntemler de bunlardan bazıları olup, 2000 yılında Türkiye’de gerçekleştirilen şehirler arası otobüs yolculuklarına ait O-D matrisinin bulunması için Bell tarafından 1983 yılında geliştirilen model kullanılmıştır.

Bell Tarafından Geliştirilen Model

Bir dizi bağlantı ve düğüm noktasından oluşan bir karayolu ağıyla N tane bölgenin birbirine bağlandığı varsayılırsa yolculuk matrisinin N^2 hücreden oluşacağı açıktır. Trafik sayımlarından O-D matrisini oluşturan bu N^2 tane hücrenin bulunması için öncelikle her bir başlangıç noktasından her bir son noktasına yapılan yolculukların izledikleri güzergahların belirlenmesi gerekmektedir. Bir i bölgesinden j bölgesine yapılan yolculukların a bağlantısı üzerinden geçme olasılığı p_{ij}^a ile gösterilirse bu bağlantı üzerinde oluşan trafik akımı (V_a) bölgeler arasında yapılan bütün yolculukların o bağlantı üzerinden geçen kısımlarının toplamından oluşmaktadır. Bu ifade matematiksel olarak aşağıdaki gibi gösterilebilir:

$$V_a = \sum_{ij} T_{ij} p_{ij}^a \quad (1)$$

p_{ij}^a olasılıkları karmaşıklık düzeyleri farklı olan çeşitli yolculuk ataması yöntemlerinden biri ile elde edilebilir. Sonuç olarak bütün p_{ij}^a olasılıkları ve gözlenmiş trafik sayımları (V_a) verildiğinde, problemin L tane simultane lineer denklemden bulunacak N^2 tane T_{ij} bilinmeyen olmaktadır. Burada L, trafik sayımı yapılan bağlantıların toplam sayısıdır. Prensipte tek bir T yolculuk matrisini belirlemek için N^2 tane birbirinden bağımsız ve birbiriyle tutarlı trafik sayımı gereklidir. Uygulamada ise trafik akımlarının sayısı T_{ij} bilinmeyenlerinin sayısından çok daha azdır. Bu yüzden ağa atandığı zaman gözlenen trafik sayımlarıyla uyumlu sonuçlar verecek birden daha fazla sayıda yolculuk matrisi bulunur. Bu problemi ortadan kaldırmak amacıyla tahmin edilecek matris için uygun olan çözümlerin kümesi, bir çekim ya da doğrudan talep modeli tarafından sağlanan belirli bir yapının probleme dahil edilmesi suretiyle sınırlanır. (Ortuzar and Willumsen, 1990).

Bell tarafından geliştirilen yöntem maksimum olasılık prensibine dayanmaktadır. Bu yöntemde trafik sayımlarından O-D matrislerinin tahmin edilmesi için çözülecek denklem aşağıdaki eşitlikte verilmektedir:

$$V_a = \sum_{ij} t_{ij}^o \tau \left(\prod_a X_a^{p_{ij}^a} \right) p_{ij}^a \quad (2)$$

Burada;

- V_a = sayım yapılan a bağlantısı üzerinde gözlenen trafik akımı,
- t_{ij}^o = i ve j bölgeleri arasında yapılan yolculukların başlangıç olarak kabul edilen tahmini değeri,
- τ = bir kalibrasyon sabiti,
- X_a = tahmin edilecek parametrelerin vektörü,

$p_{ij}^a = i$ ve j bölgeleri arasında yapılan yolculukların sayım yapılan a bağlantısı üzerinden geçme olasılığıdır.

τ değeri için kullanıcı tarafından başka değerler tanımlanmadığı sürece X_a parametreleri başlangıç olarak 1'e eşitlenerek bu değer aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanabilir:

$$\tau = \frac{\sum_a V_a}{\sum_a \sum_{ij} P_{ij}^a} \quad (3)$$

Daha sonraki işlemlerde τ değeri, tanımlanan ya da yukarıdaki formül yardımıyla hesaplanan değerinde sabit tutulmaktadır. Çözüm prosedürü ise X_a 'ların başlangıçta tahmin edilen değerlerinin çok sayıda iterasyon gerçekleştirilerek düzeltilmesinden ibarettir. Sayım yapılan bütün bağlantılar için her bir iterasyonda bir h_a ayarlama faktörü hesaplanmaktadır. Bu ayarlama faktörü daha sonra X_a terimlerinin başlangıçta yapılan tahmini değerlerine aşağıda verilen formülde olduğu gibi ilave edilerek X_a' değerleri elde edilmektedir:

$$X_a' = X_a + h_a \quad (4)$$

h_a değerlerini hesaplamak için kullanılan formül ise aşağıdaki gibidir:

$$h_a = \frac{V_a - \sum_{ij} t_{ij}^o \tau \left(\prod_a X_a^{p_{ij}^a} \right) P_{ij}^a}{\sum_{ij} t_{ij}^o \tau P_{ij}^{a^2} \left(\prod_{b \neq a} X_b^{p_{ij}^b} \right) X_a^{(p_{ij}^a - 1)}} \quad (5)$$

Sayım yapılan her bir bağlantı için h_a değerlerini iteratif olarak hesaplama işlemi, her bir bağlantı üzerinde gözlenen ve tahmin edilen trafik akımları arasındaki fark kullanıcı tarafından belirlenen limitler içerisinde kalıncaya kadar devam eder. X_a terimlerinin en nihai değerleri bütün bağlantılar için hesaplandıktan sonra yolculuk matrisinin elemanları aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır:

$$T_{ij} = \tau t_{ij}^o \prod_a (X_a)^{p_{ij}^a} \quad (6)$$

Sonuç olarak yolculuk matrisinin bütün T_{ij} elemanları bulunmuş ve O-D matrisi oluşturulmuş olur (Bell, 1983).

Şehirler Arası Otobüs Yolculuğu Matrisinin Belirlenmesi

Türkiye için 2000 yılına ait şehirler arası otobüs yolculuğu matrisinin belirlenmesinde 81 ilin hepsi göz önüne alınmıştır. Bu matrisin belirlenmesi için teşkil olunan ve Transport programı kullanılarak kodlanan karayolu ağı, 714 bağlantı, 268 düğüm noktası ve 81 bölgeden oluşmaktadır. Atama yöntemi olarak hep-yada-hiç yöntemi

kullanılmıştır. İller arasında otobüslerin seyahat ederken izleyeceği en kısa yolların belirlenmesinde maliyet parametresi olarak, il merkezi olan şehirler arasındaki uzaklıklar alınmıştır. Hızların bütün bağlantılar üzerinde aynı olduğu varsayılmış ve 70 km/saat değeri kullanılmıştır. 2000 yılına ait şehirler arası otobüs yolculuğu matrisinin belirlenmesi için Transport programında yer alan VMAT alt programından yararlanılmıştır (Transport User Guide, 1986). Bu programın çalışma prensibi Bell tarafından geliştirilen modele dayanmaktadır. Bilindiği gibi bu program başlangıç matrisinin iyi tanımlanması halinde gerçeğe daha yakın sonuçlar bulmaktadır. Şehirler arası otobüs yolculuklarına ait başlangıç matrisinin oluşturulması için Çekim Modelinin esaslarından yararlanılmıştır. Böylece bir i şehirden bir j şehrine yapılan otobüs yolculuklarının, i şehrinin nüfusu ile j şehrinin nüfusunun kuvvet fonksiyonlarının çarpımları ile doğru orantılı ve bu iki şehrin arasındaki uzaklığın kuvvet fonksiyonu ile ters orantılı olduğu varsayılmıştır. Daha açık bir ifadeyle yukarıda anlatılanlar şu eşitlik yardımı ile özetlenebilir:

$$t_{ij}^o = k \frac{P_i^\alpha P_j^\beta}{d^\gamma} \quad (7)$$

Burada;

t_{ij}^o : i ilinden j iline yapılan günlük otobüs yolculuklarının başlangıç olarak kabul edilen tahmini değeri,

P_i : i ilinin nüfusu,

P_j : j ilinin nüfusu,

k : bir katsayı,

d : i ve j illeri arasındaki uzaklık,

α , β ve γ : kalibrasyon sabitleridir.

α , β ve γ kalibrasyon sabitleri, İstanbul ve Ankara'dan bazı illere karşılıklı olarak yapılan günlük otobüs seferleri esas alınarak gerçekleştirilen çoklu regresyon analizinden elde edilmiştir. Bunun için öncelikle, iller arasında karşılıklı olarak yapılan otobüs seferlerinin sayısı ortalama otobüs doluluk oranı olan 28 yolcu/otobüs ile çarpılmak suretiyle iller arası yapılan otobüs yolculuklarının sayısı bulunmuştur. Bu yaklaşım çok kaba olup otobüslerin güzergahları üzerinde yer alan yerleşim merkezlerinde yolcu alıp indirmelerini dikkate almamaktadır. Yine de daha detaylı veriler bulunmadığından, başlangıç matrisinin oluşturulması için bu yaklaşımın yeterli olduğu düşünülmektedir. Sonuç olarak, gerçekleştirilen bu regresyon analiziyle α , β ve γ kalibrasyon sabitleri, sırası ile 0.748, 0.748 ve 1.057 olarak elde edilmiştir. Yine bu regresyon analizinden, k sabiti de 0.0001191 olarak bulunmuştur. Bu sabitler yukarıda verilen ve iller arasında yapılan otobüs yolculuğu sayılarını, illerin nüfusları ve aralarındaki uzaklığa bağlı olarak tahmin eden eşitlikte yerlerine koyularak otobüs yolculukları için bir başlangıç matrisi elde edilmiştir (Vitoşoğlu, 2006).

Böylece yukarıda bahsedilen çekim modeliyle oluşturulan başlangıç matrisi ile karayolu ve otoyolu bağlantıları üzerinde otobüsle seyahat eden yolcu sayıları VMAT alt programına girilerek, 2000 yılı şehirler arası günlük otobüs yolculuğu O-D matrisi, yolcu sayıları cinsinden elde edilmiştir. Ancak matrister bölge içi yolculuklar dikkate alınmamış ve bu nedenle bölge içi yolculukları belirten köşegen elemanlar "0" olarak gösterilmiştir. Karayolu ve otoyolu bağlantıları üzerinde otobüsle seyahat eden yolcu sayıları, 2000 yılı otobüs YOGT değerlerinin ortalama otobüs doluluk oranı olan 28

yolcu/otobüs sayısı ile çarpılması suretiyle bulunmuştur. 2000 yılı Trafik ve Ulaşım Bilgileri İstatistiklerinde otobüs için verilen YOGT değerleri iki yönün toplamı olduğundan ve şehirler arası günlük otobüs yolculuğu matrisinin simetrik olması gerektiği düşünüldüğünden bu değerlerin yarısı alınmıştır (Karayolları Genel Müdürlüğü, 2003). İki ilin birbirine hem karayolu hem de otoyolu ile bağlanması durumunda bu iki il arasındaki yol kesiminin otobüs YOGT değeri olarak, karayolu ve otoyolundaki otobüs YOGT değerlerinin toplamı alınmıştır. Otoyol kesimlerinde araçlar, hafif ve ağır taşıtlar olmak üzere iki sınıfa ayrıldığından, otoyol bağlantıları üzerindeki otobüs YOGT değerlerinin bulunmasında ağır taşıtların % 18'inin otobüs olduğu varsayılmıştır. Bu yüzdenin hesaplanması için, öncelikle bütün önemli karayolu kesimleri üzerindeki otobüs sayıları, otobüs, kamyon ve treyler sayılarının toplamına bölünmüş ve daha sonra bu oranların aritmetik ortalaması alınmıştır. Buradan, karayollarındaki ağır taşıt trafiğinin yaklaşık olarak % 18'ini otobüslerin oluşturduğu sonucuna varılmıştır. Kaba bir yaklaşımla, bu oranın otoyollarda da aynı olduğu varsayılmıştır.

Şehirler arası otobüs yolculukları matrisi elde edildikten sonra bu matristen elde edilen O-D bilgileri için SPSS 12.0 istatistik programı kullanılarak çok değişkenli istatistiksel analizler gerçekleştirilmiştir. Değişkenler arasındaki korelasyon katsayısı Pearson yöntemiyle belirlenmiştir. Parametrelerin anlamlılık düzeyleri için $p < 0.05$ olması gerektiği kabul edilmiştir. Burada şehirler arası otobüs yolculukları bağımlı değişken, illerin nüfusları ve aralarındaki uzaklıklar ise bağımsız değişkenler olarak alınmıştır. Çok değişkenli istatistiksel analizden önce varyans-kovaryans ve saçılım grafikleri analizi yapılarak değişkenler arasındaki ilişki belirlenmeye çalışılmıştır. Bu analiz sonucu, parametreler arasındaki ilişkinin başlangıç matrisindeki gibi olduğu belirlenmiştir. Bu bağıntı her iki tarafın logaritması alınarak doğrusal hale getirilmiştir. Analizlerde kullanılan tüm parametreler nicel olup bağımlı değişken olarak otobüs yolculukları (adet), bağımsız değişkenler olarak ise illerin nüfusları (kişi) ile aralarındaki uzaklıklar (km) alınmıştır. Şehirler arası otobüs yolculuklarını tespit etmek için çok değişkenli istatistiksel analiz gerçekleştirilmiş ve bağımsız değişkenlerin katsayıları tespit edilmiştir. Öncelikle, varyans analizi yapılarak, bağımlı değişkenin bağımsız değişkenler tarafından açıklanıp açıklanmadığı, diğer bir deyişle, bağımlı değişkenle bağımsız değişkenler kümesi arasında doğrusal bir ilişki olup olmadığı test edilmiştir (Özdamar, 1999). Bu analiz için F testi uygulanmış ve sonucun anlamlı olduğu anlaşılmıştır. Parametrelerin anlamlılıkları Student testi ile kontrol edilmiş ve anlamlılık 0.05'den küçük bulunmuştur.

Regresyon çözümlemesinin ikinci aşamasında, verideki her bir gözlem için gözlem istatistikleri ve gözlem analizi yapılmış ve çoklu bağıntı araştırması gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar regresyon modelinin kabul edilebilir olduğunu göstermiştir. Gözlem istatistikleri ve gözlem analizi yapıldıktan sonra yüksek düzeyde saçılan bazı değerler atılarak yeniden çoklu regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Yapılan gözlem istatistikleri sonucu % 4 verinin saçılım yaptığı tespit edilmiş ve analizlerde verinin % 96'sı kullanılmıştır. Bu yeni analizden elde edilen sonuçlar Tablo 1'de özetlenmiştir. Saçılan değerlerin atılmasından sonra şehirler arası otobüs yolculuklarının tahmin edilmesi için gerçekleştirilen istatistiksel analizlerden elde edilen bağımsız değişkenlere ait katsayılar kalibrasyon sabitleri olarak kullanılmıştır. Bu sabitler, yukarıda verilen ve iller arasında yapılan otobüs yolculuklarını illerin nüfusları ile aralarındaki uzaklığa bağlı olarak tahmin eden eşitlikte yerlerine konularak otobüs yolculukları için ikinci bir matris elde edilmiştir. Bu matrisin hücreleri, iller arası otomobil yolculukları için

regresyon modelinin tahmin ettiği otomobil sayılarını göstermektedir. Daha sonra bu matris VMAT matris tahmin algoritmasında başlangıç matrisi olarak kullanılarak, ağa atandığında 250 kesim için yıllık ortalama günlük otobüs trafiğiyle tutarlı sonuçlar veren bir başka O-D matrisinin belirlenmesinde kullanılmıştır. CBS ortamına aktarılan ve çeşitli analizlerin yapılmasında kullanılan matris de bu matristir.

Tablo 1 Saçılan değerlerin atılması sonucu çoklu regresyon analizi sonuçları

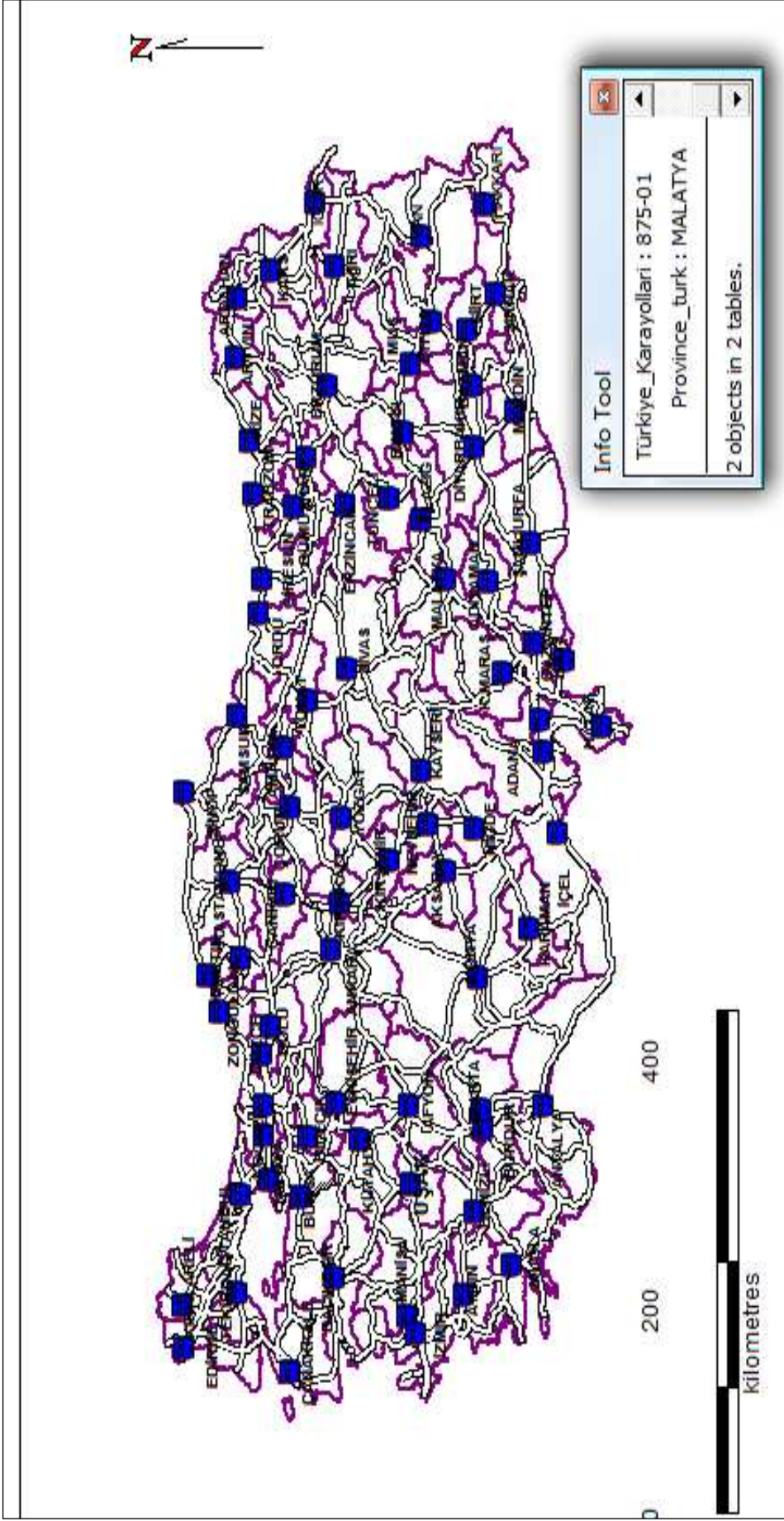
Bağımsız değişkenler	b_i	$p (<0.05)$	R^2
O-Nüfus	0.820	0.00	0.672
D-Nüfus	0.820	0.00	
Uzaklık	1.365	0.00	
Sabit ($1/10^{b1}$)	4.357	0.00	

Şehirler Arası Otobüs Yolculuğu Matrisinin CBS Ortamına Aktarılması

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), konuma dayalı gözlemlere bağlı olarak elde edilen grafik ve grafik olmayan bilgilerin toplanması, saklanması, işlenmesi ve kullanıcıya sunulması işlevlerini bir bütünlük içerisinde gerçekleştiren bir sistemdir. CBS tarafından sağlanan çok yönlü fonksiyonellik bu teknolojiyi eski teknolojilerden farklı kılmaktadır. Çok yönlü fonksiyonelliğin sağlanması, kullanıcıların birbirinden tamamen farklı ve özelleşmiş teknolojilerin hepsini birden ustası olma zorunluluğunu ortadan kaldırır. Sağladığı verimlilik yüzünden pek çok kuruluş ve işletme CBS teknolojisini benimsemiş bulunmaktadır (Yomralıoğlu, 2000).

Elde edilen verilerin daha sağlıklı ve analizlere imkan veren bir ortamda değerlendirilebilmesi için şehirler arası otobüs yolculuğu matrisi CBS ortamına aktarılmıştır. Bunun için ileri düzeyde programlama dilleri kullanılarak yazılmış bir program olan MapInfo yazılımından yararlanılmıştır. Bu amaçla dijitalleştirilmiş bir Türkiye haritası kullanılmıştır. Bu harita üzerinde 81 ilin yanında karayolu ve otoyolu ağı gösterilmektedir. Her ille aynı zamanda o ilin plaka numarası olan bir kod numarası verilmiştir. Daha sonra 2000 yılı için elde edilen şehirler arası otobüs yolculuğu matrisi CBS analizlerini gerçekleştirmek üzere MapInfo yazılımına uygun formata dönüştürülmüştür. Böylece şehirler arası otobüs yolculuğu matrisini görsel bir ortamda görmek, çeşitli karşılaştırma ve sorgulamaları yapmak mümkün olmuştur.

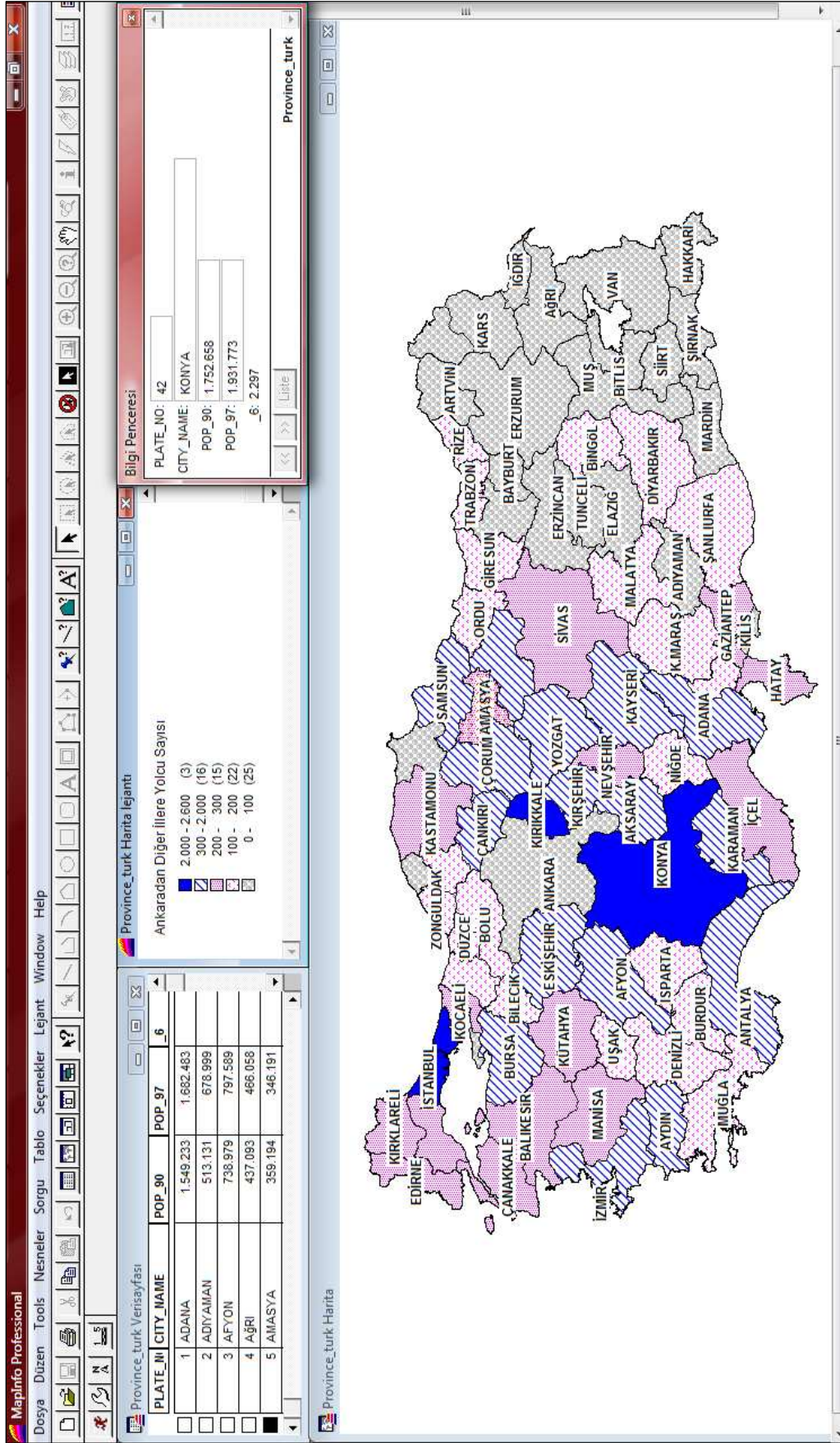
Şekil 1'deki haritada Türkiye'deki karayollarının isimleri ve şehir merkezleri görülmektedir. Tablo 2 “.xls” formatında hazırlanıp MapInfo Professional 9.0 yazılım programında “.tab” dosyasına dönüştürülüp açılmıştır. CBS içinde bu veriler öznitelik verileri olarak adlandırılırlar. Oluşturulan bu öznitelik tablosu, Türkiye haritasında eş bir sütunda ilişkilendirilerek tematik haritalar sağlanmıştır.



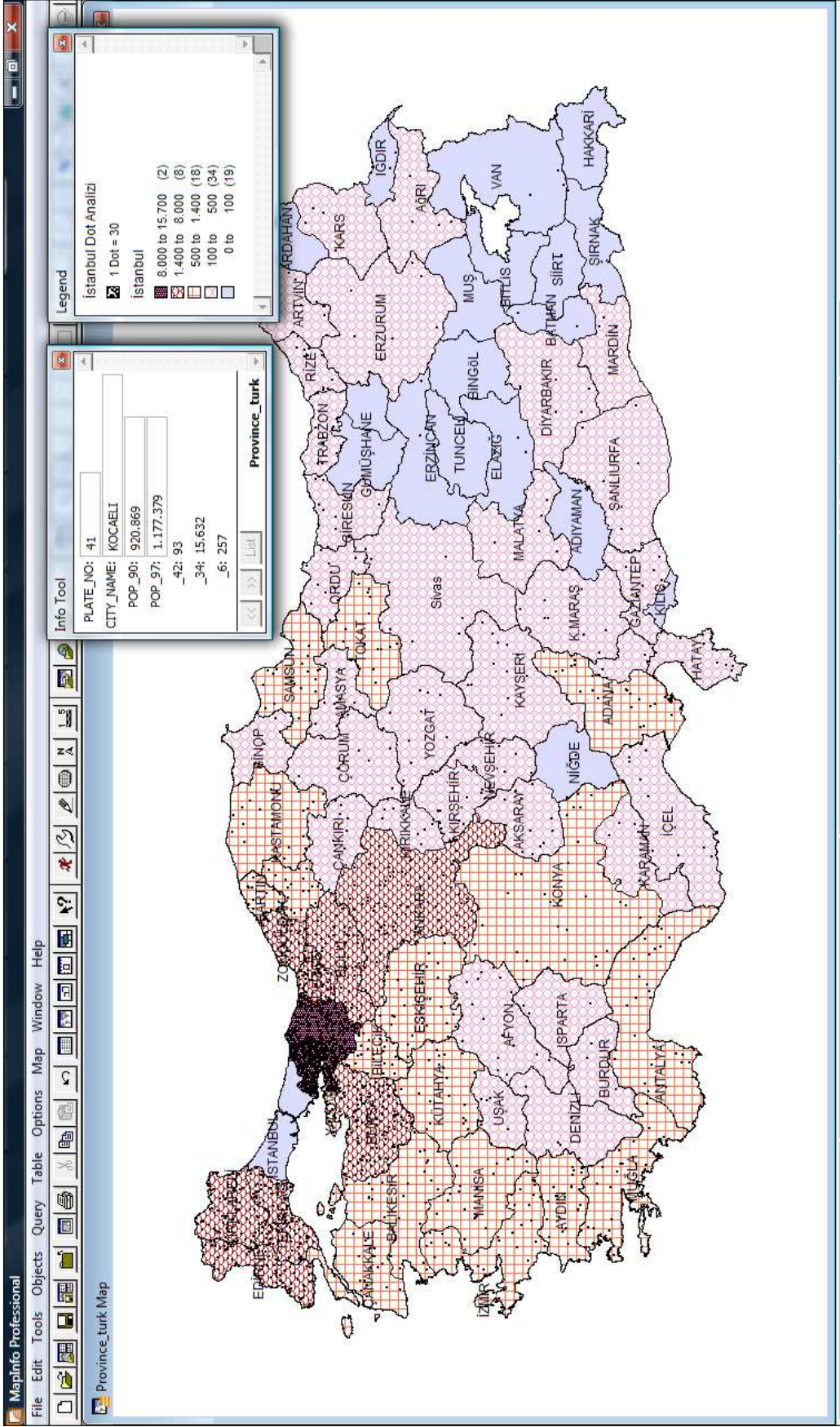
Şekil 1 İl merkezleri ile karayollarını gösteren harita.

Tablo 2 Günlük yolcu sayısı olarak şehirler arası otobüs yolculuğu matrisi.

	plaka_1	_2	_3	_4	_5	_6	_7	_8	_9	_10	_11	_12	_13	_14	_15	_16	_17	_18	_19	_20	
adana	1	0	36	105	19	23	733	441	15	152	48	16	67	17	19	38	112	56	50	29	59
adyaman	2	36	0	4	12	18	21	18	4	8	2	1	24	39	1	2	6	3	1	37	3
atyon	3	105	4	0	10	32	652	595	18	239	63	32	11	4	10	112	171	48	26	41	144
agri	4	19	12	10	0	16	49	22	81	15	4	1	8	31	4	5	10	6	7	28	5
amasya	5	23	18	32	15	0	251	75	16	35	6	3	2	1	10	8	18	8	34	370	13
ankara	6	731	21	651	48	248	0	911	84	424	197	110	109	71	147	117	669	228	417	387	180
antalya	7	442	18	595	22	75	911	0	23	208	39	38	57	15	17	832	252	23	50	87	123
artvin	8	15	4	19	82	16	85	23	0	25	5	1	7	4	5	4	12	7	7	35	9
aydin	9	152	8	238	15	35	425	208	25	0	333	17	21	8	15	250	266	253	22	41	1.500
balikesir	10	48	2	63	3	6	200	39	4	333	0	53	13	9	21	35	803	265	11	19	125
bilecik	11	16	1	32	1	2	110	37	1	17	52	0	5	3	17	5	301	52	5	8	8
bingol	12	67	24	11	8	2	108	57	6	21	12	5	0	35	1	4	34	15	1	4	7
bitlis	13	17	39	4	31	1	71	15	4	8	9	3	35	0	0	1	22	13	1	3	3
bolu	14	18	1	9	3	10	142	17	4	15	22	17	1	0	0	2	83	24	17	12	3
burdur	15	37	2	112	5	8	117	828	4	249	34	5	4	1	2	0	31	13	5	10	168
bursa	16	113	6	170	9	17	678	252	11	285	801	304	34	22	82	31	0	554	32	55	49
canakkale	17	56	3	48	5	8	231	23	7	253	265	52	15	14	24	13	553	0	12	24	65
cankiri	18	50	1	26	7	34	416	50	7	22	10	5	1	1	17	5	31	12	0	72	9
corum	19	29	37	41	27	365	387	87	35	41	18	8	4	2	13	10	54	24	71	0	16
denizli	20	59	3	144	5	13	180	123	9	1.501	125	8	7	3	3	169	50	65	9	16	0
diyarbakir	21	71	285	13	41	11	145	51	11	24	18	6	146	182	5	5	44	23	8	20	8
edirne	22	89	4	48	19	37	252	119	32	116	110	53	3	3	115	13	232	68	37	36	35
elazig	23	45	204	6	44	5	62	30	34	10	7	3	437	123	2	2	17	9	3	10	4
erzincan	24	28	121	4	80	11	23	9	83	6	1	1	15	6	2	2	4	2	4	18	2
erzurum	25	25	7	16	250	29	84	36	262	24	6	2	22	8	6	9	15	8	13	52	8
eskisehir	26	74	4	124	10	30	647	122	18	53	99	163	20	14	22	17	551	99	26	40	25
gaziantep	27	395	127	32	12	11	217	130	3	53	16	5	18	32	7	13	38	20	8	12	19
giresun	28	22	15	23	18	39	134	66	61	30	5	2	2	1	6	6	14	8	15	72	11
gumushane	29	5	22	1	50	2	4	2	12	1	0	0	5	2	0	1	1	0	1	3	0
hakkari	30	3	2	1	21	1	4	3	2	1	0	0	5	25	0	0	1	1	0	1	0
halay	31	566	37	41	20	12	265	168	16	67	21	7	69	17	8	16	48	25	19	12	25
isparta	32	54	2	142	6	10	146	1.690	6	311	42	6	6	2	2	608	39	17	7	12	211



Şekil 2 Ankara'dan diğer illere yapılan günlük otobüs yolculuklarını gösteren harita.



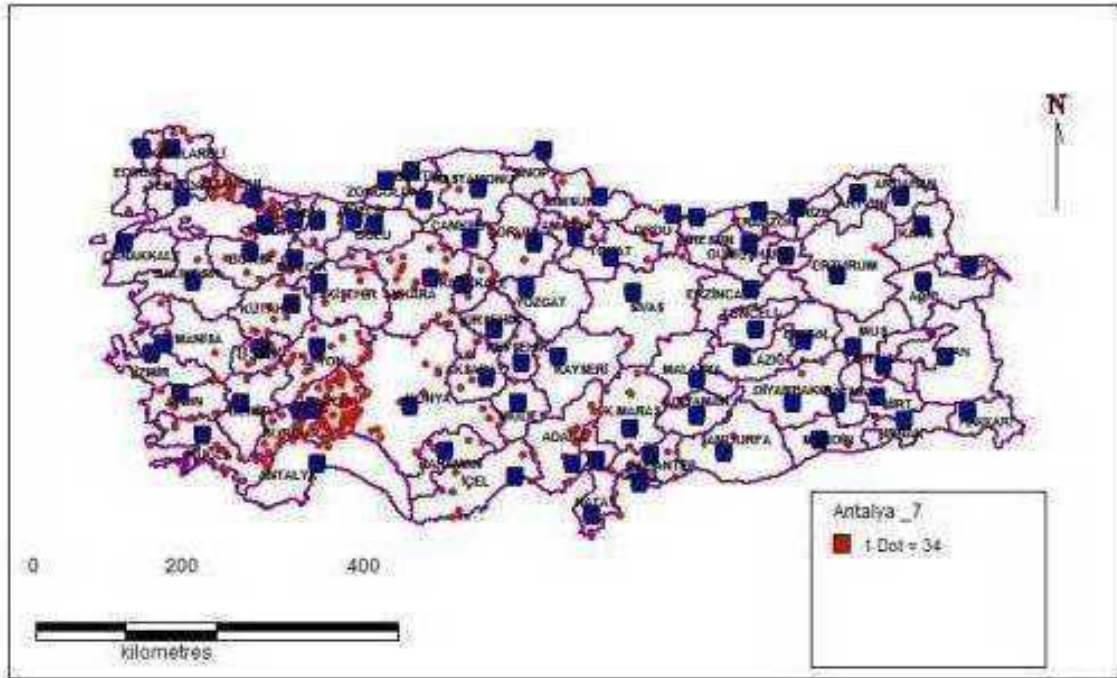
Şekil 3 İstanbul'dan diğer illere yapılan günlük otobüs yolculuklarını gösteren harita.

Şekil 2’de Ankara’dan diğer illere yapılan günlük otobüs yolculuklarının sayısı tematik olarak gösterilmektedir. Şekildeki lejanttan anlaşıldığı üzere, mor renkle gösterilen illere Ankara ilinden daha fazla yolculuk yapılmaktadır. Koyu renkten açık renge doğru gidildikçe diğer illere yapılan günlük otobüs yolculuklarının sayısı azalmaktadır. Lejantta Ankara’dan diğer illere yapılan günlük otobüs yolculuklarının “600 ile 2600 arasında” meydana geldiği şehirlerin sayısının 13 tane olduğu görülmektedir.

Info Tool (Bilgi Aracı) fonksiyonu yardımıyla harita üzerinde fare ile tıklanan bir şehre ait bilgiler verilebilmektedir. Bu da analize kısa sürede etkin ve aktif olarak ulaşılmasını sağlamaktadır. Bilgi Aracı penceresinden anlaşılmaktadır ki, fare ile tıklanan şehir Konya olup, bu pencerede Konya’nın 90 ve 97 yıllarına ait nüfus bilgileri ile Ankara’dan Konya’ya yapılan günlük otobüs yolculuğu sayıları verilmektedir. Şekil 3’de ise İstanbul’dan diğer illere yapılan otobüs yolculukları gösterilmektedir.

Şekillerden de görüldüğü gibi şehirler arası otobüs yolculuğu matrisinin CBS ortamında değerlendirilmesi çok kolay bir işlemdir. İstenilen il üzerine tıkladığı zaman, o ilden diğer illere gerçekleştirilen şehirler arası otobüs yolculuklarını görmek mümkün olmaktadır. Bunun yanında iller arası sorgulama ve karşılaştırmaları yapmak, çeşitli analizleri gerçekleştirmek ve veri tabanını güncellemek çok kolaydır.

Şekil 4’de ölçekli olarak Layout penceresinden alınmış bir harita gösterilmektedir. Bu harita üzerinde Antalya’dan diğer illere yapılan otobüs yolculukları nokta yoğunluk grafiği olarak verilmektedir. CBS’nin özelliklerinden biri de yapılan analizler sonucu oluşturulan haritaların ölçekli olarak alınabilmesidir.



Şekil 4 Ölçekli olarak Layout penceresinden alınmış ve Antalya’dan diğer illere yapılan otobüs yolculuklarını nokta yoğunluk grafiği olarak gösteren harita.

Sonuç ve Değerlendirmeler

Başlangıç-son (O-D) matrislerini elde etmek için ev anketlerini ya da yol kenarı görüşmelerini esas alan yöntemlerin kullanılması genellikle pahalı ve zaman alıcı olmaktadır. Bu yüzden O-D matrislerini elde etmek üzere pahalı olmayan ve fazla zaman almayan başka yöntemler de geliştirilmiştir. Bell tarafından 1983 yılında geliştirilen model de bu yöntemlerden biri olup trafik sayımlarından yolculuk matrislerinin tahmin edilmesi esasına dayanmaktadır. 2000 yılında Türkiye’de gerçekleştirilen şehirlerarası otobüs yolculuklarına ait O-D matrisinin bulunması için bu model kullanılmıştır.

Karar vericilerin ulaştırma ile ilgili sağlıklı kararlar almalarında eldeki bilgilerin miktarı ve tutarlılığı önemli bir faktördür. Diğer taraftan bu bilgilerin uygun bilgi sistemleri kullanılarak depolanması, değerlendirilmesi, analiz edilmesi ve sorgulanması da ayrıca önemlidir. Bu bakımdan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), mekâna dayalı analizlerin gerçekleşmesinde etkin olarak kullanılabilen araçlardan biridir. Türkiye’de gerçekleştirilen şehirlerarası otobüs yolculuklarına ilişkin bilgilerin analizlere imkân veren bir ortamda değerlendirilebilmesi için de CBS’nden yararlanılmıştır. Bu amaçla şehirlerarası otobüs yolculukları matrisi CBS ortamına aktarılmıştır. Böylece şehirlerarası otobüs yolculukları matrisini görsel bir ortamda değerlendirmek, karşılaştırma ve sorgulamaları yapmak mümkün olmuştur.

Kaynaklar

Bell, M. G. H. (1983) The Estimation of Origin-Destination Flows and Their Confidence Intervals from Measurements of Link Volumes: a Computer Program, Traffic Engineering and Control, April 1983.

Bell, M. G. H. (1983) The Estimation of an Origin-Destination Matrix from Traffic Counts, Transportation Science, May 1983.

Karayolları Genel Müdürlüğü (2001) 2000 Trafik ve Ulaşım Bilgileri, TCK Yayınları.

Ortuzar, J. de D. and Willumsen, L. G. (1990) Modelling Transport, John Wiley and Sons, New York.

Özdamar, K. (1999) Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi, Kaan Kitap Evi, 2. Baskı, Eskişehir.

Transport User Guide (1986) Micro Computer Transportation Planning Package, Halcrow Fox and Associates.

Vitoşoğlu, Y. (2006) Türkiye’de Demiryolu Ağırlıklı Kombine Yük Taşımacılığı Olanaklarının Araştırılması. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Yomralıoğlu, T. (2000) Coğrafi Bilgi Sistemleri, Seçil Ofset, 1. Baskı, İstanbul.

Türkiye’de Kentlerarası Karayolu Trafiğinin Ekonomik Gelişme ve Akaryakıt Fiyatına Göre Esneklikleri

Haluk Gerçek

İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, Ayazağa Yerleşkesi, 34469 Maslak, İstanbul.

Tel: (212) 285 3658

E-Posta: hgercek@itu.edu.tr

Öz

Ulaştırma talebi ile ekonomik büyüme arasındaki güçlü ilişki Türkiye’de de gözlenmektedir. Örneğin, 1970-2007 döneminde, Türkiye’de yolcu trafiği (yolcu-kilometre) yılda ortalama % 4.23, yük trafiği (ton-kilometre) % 5.26 artarken GSYİH (1987 sabit fiyatları ile) yılda ortalama % 4.35 hızla büyümüştür. Öte yandan, küresel piyasalarda ham petrol fiyatındaki değişimlere bağlı olarak Türkiye’de, 1990 - 2007 arasındaki dönemde benzin fiyatı, sabit fiyatlarla, % 14.5, motorin fiyatı ise % 24.2 artmıştır.

2006 yılı verilerine göre, Türkiye’nin 69.1 Mtoe olan toplam enerji tüketiminin 14.9 Mtoe’i (% 21.5) ulaştırma kesiminden kaynaklanmıştır¹. Motorlu araç sayısındaki artışa koşut olarak, ulaştırmadan kaynaklanan hava kirliliği hızla artmaktadır. Türkiye’nin 2004 yılındaki toplam sera gazı salımı 296.6 milyon ton CO₂ eşdeğeri olup bunun % 81.6’sı CO₂ salımıdır. Ulaştırma kesiminin sera gazı salımı 1990 – 2005 yılları arasında % 57.1 oranında artarak 26.3 milyon ton CO₂ eşdeğerinden 41.3 Mt CO₂ eşdeğerine çıkmıştır. CO₂ salımlarının ulaştırma kesimi içindeki dağılımına bakıldığında, 2004 yılında, karayolu taşımacılığı % 84 ile en büyük paya sahiptir. Havayolu ulaşımının 1990’da % 3 olan payı, dört katına çıkarak, 2004’de % 12’ye ulaşmıştır.²

Bildiride, önce, Türkiye’de ekonomik gelişme, karayolu yolcu trafiğinin değişimi, akaryakıt fiyatları ve enerji tüketimi, 1990 -2007 dönemindeki veriler göz önüne alınarak incelenmiştir. Daha sonra, esneklik (elastisite) kavramı açıklanmış; ekonomik gelişmeye ve yakıt fiyatlarına bağlı olarak yakıt tüketiminin değişimini ortaya koymak amacıyla, OECD ülkelerinin ulaştırma ve yakıt tüketimi verileri incelenmiştir. Bu incelemeyi tamamlamak üzere, esneklikler konusundaki uluslararası çalışmalar gözden geçirilmiştir. Son olarak, Türkiye’de 1990-2007 yılları arasındaki karayolu yolcu taşımaları ve enerji tüketimi, ekonomik büyüme (GSYİH) ve akaryakıt fiyatları esas alınarak, karayollarında enerji tüketimi ve taşımaların, GSYİH ve akaryakıt fiyatlarına göre uzun dönemli esneklikleri incelenmiştir.

Anahtar sözcükler: Akaryakıt fiyatları, Ekonomik büyüme, Esneklik, Ulaştırma talebi, Karayollarında enerji tüketimi.

¹ Mtoe: Milyon ton eşdeğer petrol, Eurostat, 2007.

² İklim Değişikliği 1. Ulusal Bildirimi, 2007.

Giriş

Bildiride, önce, Türkiye’de ekonomik gelişme, karayolu yolcu trafiğinin değişimi ile akaryakıt fiyatları ve enerji tüketimi, 1990 -2007 dönemindeki veriler göz önüne alınarak incelenmiştir. Daha sonra, esneklik (elastisite) kavramı açıklanmış; ekonomik gelişmeye ve yakıt fiyatlarına bağlı olarak yakıt tüketiminin değişimini ortaya koymak amacıyla, OECD ülkelerinin ulaştırma ve yakıt tüketimi verileri incelenmiştir. Bu incelemeyi tamamlamak üzere, esneklikler konusundaki uluslararası çalışmalar gözden geçirilmiştir. Son olarak, Türkiye’de 1990-2007 yılları arasındaki karayolu taşımaları ve enerji tüketimi, ekonomik büyüme (GSYİH) ve akaryakıt fiyatları esas alınarak, karayollarında enerji tüketimi ve taşımaların, GSYİH ve akaryakıt fiyatlarına göre uzun dönemli esneklikleri incelenmiştir.

2005 yılında Türkiye’de toplam yolcu taşımalarının (yolcu-km) % 95’i, yük taşımalarının (ton-km) ise % 52’si karayolu ile yapılmıştır. En çok enerji tüketen ve sera gazı salımı yapan ulaştırma kesimi olduğundan, bu nedenle bildiride karayolu ulaştırması göz önüne alınmıştır.

Esnekliklerin öngörülmesi amacıyla kullanılan ulaştırma talebi (Araç-km) verileri için iki ayrı veri kümesi kullanılmıştır: a) Karayolları Genel Müdürlüğü’nün trafik istatistikleri, b) Karayolu araçlarının akaryakıt tüketimleri, kayıtlı araç sayıları ve araç-km başına ortalama yakıt tüketimleri kullanılarak Soruşbay ve diğerleri (2009) tarafından hesaplanan araç başına yıllık ortalama kilometre verileri. Akaryakıt fiyatları ve enerji tüketimleri Petrol Sanayi Derneğinden (PETDER) ve ekonomik gelişme ile ilgili veriler ise TÜİK İstatistikleri’nden alınmıştır.

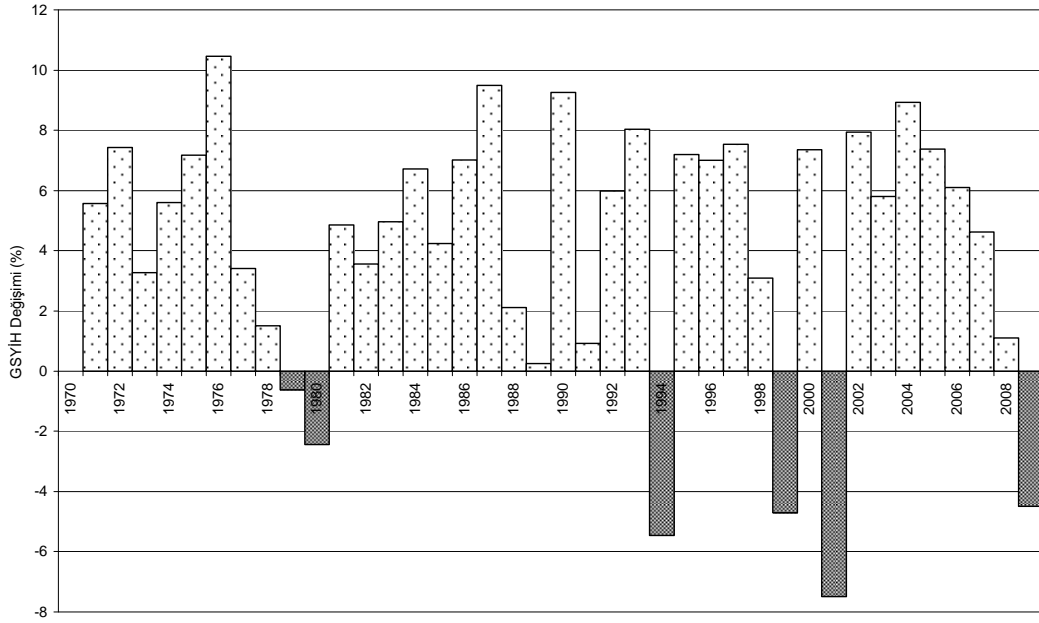
Türkiyede Ekonomik Gelişme, Ulaştırma Talebi, Akaryakıt Fiyatı ve Karayollarında Enerji Tüketimi

Türkiye’de GSYİH, 1987 sabit fiyatları ile, 1970 – 2007 döneminde yılda ortalama % 4.35 artmıştır. GSYİH’da bir önceki yıla göre değişimler Şekil 1’de gösterilmiştir. Dünyadaki ve Türkiye’deki ekonomik kriz nedeniyle, büyüme hızı 2008 yılında % 1.1 olarak gerçekleşmiştir. 2009 yılına ilişkin olarak, -% 4.5 ile - % 7 arasında değişen büyüme öngörülmesi yapılmaktadır. 1970 – 2007 döneminde nüfus iki katına çıkarken, ulaştırma talebi yolcu-km olarak 4.6 katına ve ton-km olarak 6.7 katına çıkmıştır (Şekil 2).

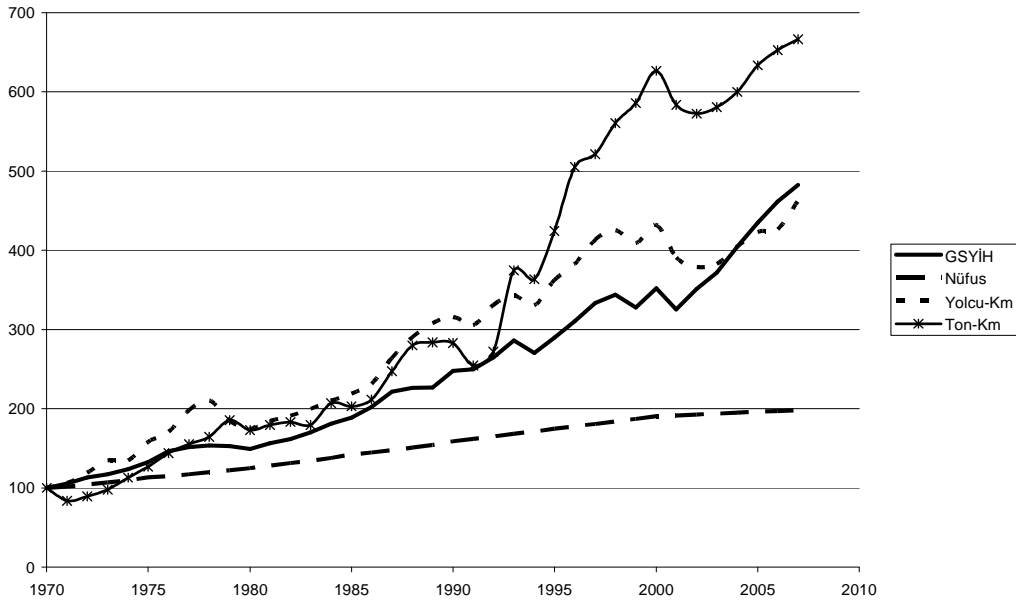
1990 – 2007 döneminde, hampetrol fiyatının uluslararası pazardaki değişimine bağlı olarak Türkiye’de karayollarında kullanılan benzin ve motorinin perakende fiyatlarının değişimi Şekil 3’de gösterilmiştir. Fiyatlar, yıl içinde genellikle oldukça dalgalı bir değişim göstermekle birlikte, bu çalışmada her yıl için yıl sonu fiyatları esas alınmıştır. Hampetrol (Brent) fiyatı uluslararası piyasalarda 2008 Temmuz ayında 144.22 \$/varil düzeyine kadar çıkmışken 2009 yılı başında, küresel mali ve ekonomik krizin etkisiyle, 40-50 \$/varil düzeyine düşmüştür.

1990 – 2007 döneminde Türkiye’de karayolu ulaştırmasının enerji tüketimi 8 Mtoe’den 13.2 Mtoe’e çıkmıştır (Şekil 4). 1990 – 1998 yılları arasında benzin tüketiminin payı % 35’den % 52’ye çıkmış; daha sonra motorin ve LPG kullanan araçların artışına koşut olarak, 2007 yılında % 20 düzeyine inmiştir. Karayollarında tüketilen enerjinin % 65’i

motorin, % 15'i LPG tüketimidir. 2008 yılında benzin tüketimi önceki yıla göre % 9.7 azalarak 2.96 milyon m³, toplam otomatik yakıtları tüketimi ise % 0.3 azalarak 17.47 milyon ton olarak gerçekleşmiştir (PETDER, 2008).



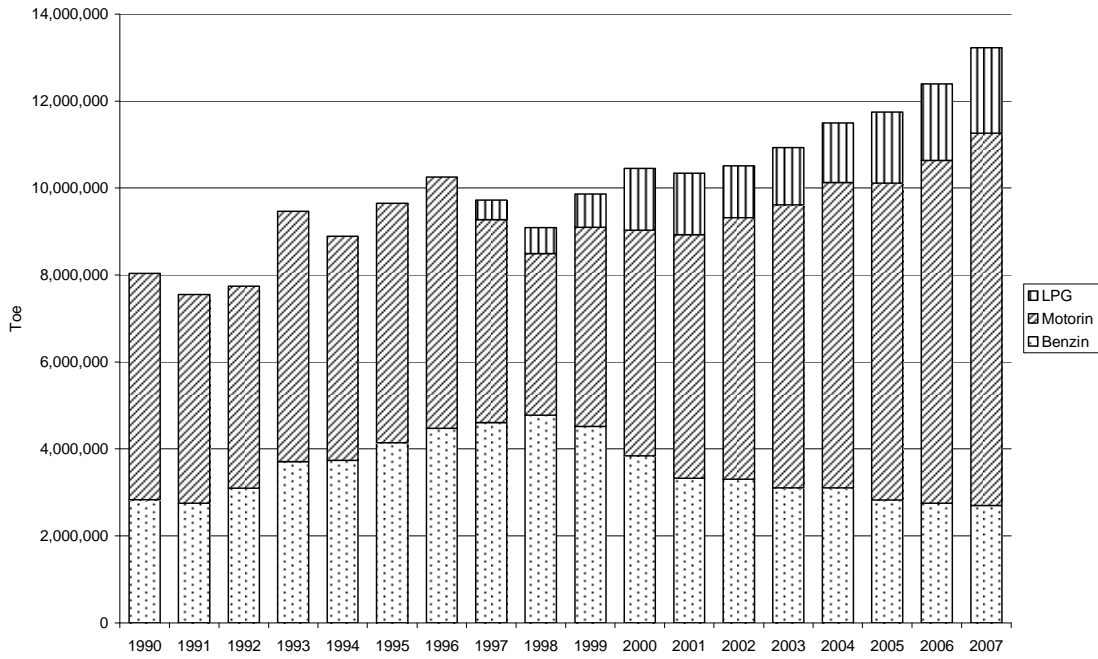
Şekil 1 Türkiye’de Ekonomik Büyüme.



Şekil 2 Türkiye’de GSYİH, Nüfus ve Ulaştırma Talebinin Değişimi.



Şekil 3 Türkiye’de Perakende Akaryakıt Fiyatları.



Şekil 4 Türkiye’de Karayollarında Enerji Tüketimi (Toe)³.

³ Ton petrol eşdeğeri.

Esneklik Tanımı

Bir Y değişkeninin bir X değişkenine göre esnekliği, diğer tüm ilgili etmenler aynı kalmak üzere, X deki %1'lik değişime karşılık Y değişkenindeki % değişim olarak tanımlanır. Esneklik kavramının önemli bir özelliği birimsiz olmasıdır. Örneğin, X petrol fiyatı ve Y yıllık petrol tüketimi ise ve petrol tüketiminin fiyata göre orta dönemli esnekliği -0.3 olarak öngörülmüşse, petrol fiyatındaki %10'luk bir artış tüketimde %3'lük bir azalmayla sonuçlanacaktır.

Herhangi bir mala (ya da hizmete) olan talebin fiyata göre esnekliği, o malın müşterilerinin fiyat yükseldiği zaman o maldan kaçma isteği ve olanağına bağlıdır. Bu da o malın yerine kullanılabilir diğer malların varlığına ve çekiciliğine ve değişiklik yapılabilecek zamanın uzunluğuna bağlıdır. Yukarıda verilen esneklik “doğrudan esneklik” olarak tanımlanır ve malın kendi fiyatındaki değişime göre o mala olan talebin değişimini belirler. “Çapraz esneklik” ise o malın yerine kullanılabilir başka bir malın fiyatındaki değişimin o malın talebi üzerindeki etkisini belirler. Her ne kadar esneklik tanımı “diğer fiyatlar ve ilgili etmenler sabit kalmak üzere” yapılırsa da, uygulamada, aynı zaman diliminde birden fazla etmenin değişiminin etkisi, tüm esneklikler birlikte göz önüne alınarak belirlenebilir.

Esneklik analizleri genellikle güncel (cari) fiyatlarla değil gerçek (enflasyon etkisinden arındırılmış) fiyatlarla yapılır. Esneklikler genellikle tekil, noktasal tahminler olarak belirtilse de, gerçekte, belirli bir malın fiyat esnekliğini etkileyen birçok etmen vardır. Diğer bir deyişle, esneklikler gerçekte, pazarın ve tüketicinin tipi ve zaman dilimi gibi birkaç olası değişkenin fonksiyonudurlar. Örneğin, araç-km'nin akaryakıt fiyatına göre esnekliği, tek bir değer olarak, -0.3 olarak tanımlansa da gerçek değer, yolculuğun amacına, yolcunun karakteristiklerine, yolculuk koşullarına (kentsel, kırsal, doruk saat ya da doruk saat dışı) ve göz önüne alınan zaman dilimine (kısa, orta ya da uzun) bağlı olarak -0.1 ile -0.8 arasında değişebilir. Kullanıcıların akaryakıt fiyatlarındaki artışa yanıt vermesi genellikle zaman alır. Örneğin, akaryakıt fiyatlarındaki artışın sürmesi bekleniyorsa, özel kesim ve iş dünyasındaki kullanıcılar tüketimlerini ilk birkaç ay içinde değil, daha çok birkaç yıl sonra azaltırlar. Çünkü, araç filosunu daha küçük ve ekonomik araçlarla değiştirmek; otomobil üreticilerinin yakıt ekonomisini arttıran yenilikleri uygulamaları ya da yönetimlerin otobüs şeritleri, yeni raylı sistem yatırımları gibi altyapı değişiklikleri yapmaları zaman alır (Litman, T., 2008a).

Enerji Tüketiminin Esnekliği

2004 yılında Brent hampetrolün uluslararası piyasalardaki fiyatı 43 \$/varil iken, 27 OECD⁴ ülkesindeki akaryakıt perakende satış fiyatları ve akaryakıt tüketimleri incelendiğinde şu sonuçlar ortaya çıkmıştır: a) Ülkelerin akaryakıt uyguladıkları vergi ve sübvansiyon politikalarındaki farklılıklar nedeniyle, pompa satış fiyatları arasındaki çok önemli farklar vardır. Birkaç Avrupa ülkesinde pompa fiyatı 2 \$/lt düzeyinde olup bu ABD'deki fiyatın yaklaşık üç katıdır. b) Akaryakıt fiyatının düşük olduğu ülkelerde tüketim daha fazladır; c) Ulaştırmadaki enerji tüketimi ile kişi başına gayrisafi yurtiçi hasıla (GSYİH) arasında da bir ilişki vardır; daha zengin ülkeler daha fazla enerji

⁴ 1 galon = 3.785 litre

1 varil = 42 galon = 159 litre

tüketmektedir. Bu ülkeler gözönüne alınarak yapılan bir regresyon analizi sonucunda ulaştırma kesimindeki enerji tüketiminin akaryakıt fiyatına göre esnekliği -0.71, kişi başına GSYİH'ya göre esnekliği ise +1.15 olarak öngörülmüştür. Bu değerler göstermektedir ki, ABD ile benzer zenginlik düzeyinde olan fakat akaryakıt fiyatı ABD'deki fiyatın iki katı olan ülkeler ulaştırma sistemlerinde % 70 daha az enerji tüketmektedir (Donovan, S. ve diğ., 2008).

Türkiye'de, 1990-2007 yıllarındaki, akaryakıt fiyatı, kilometrik yakıt maliyeti ve GSYİH verileri göz önüne alınarak karayollarındaki enerji tüketiminin esnekliklerini belirlemek amacıyla çok değişkenli regresyon analizleri yapılmıştır. Bilindiği gibi,

$$Y = a \prod X_i^{b_i}$$

fonksiyonunda b_i katsayısı Y bağımlı değişkeninin X_i bağımsız değişkenine göre esnekliğini gösterir. Bu nedenle, esneklikleri öngörmek amacıyla, regresyon analizlerinde şu doğrusal denklem esas alınmıştır:

$$\text{Log } Y = \text{Log } a + b_i \sum \text{Log } X_i$$

Regresyon analizinde kullanılan bağımsız değişkenler şunlardır:

GSYİH: Gayrisafi yurtiçi hasıla (Milyon TL, 1987 yılı sabit fiyatları ile).

GSYİH /Nüfus: Kişi başına gayrisafi yurtiçi hasıla (Milyon TL, 1987 yılı sabit fiyatları ile).

YM: Otomobil için kilometre başına yakıt maliyeti (TL/km, 1987 yılı sabit fiyatları ile).

$$YM = BF \times YT$$

BF: 95 Oktan kurşunsuz benzin fiyatı (TL/lt, 1987 yılı sabit fiyatları ile).

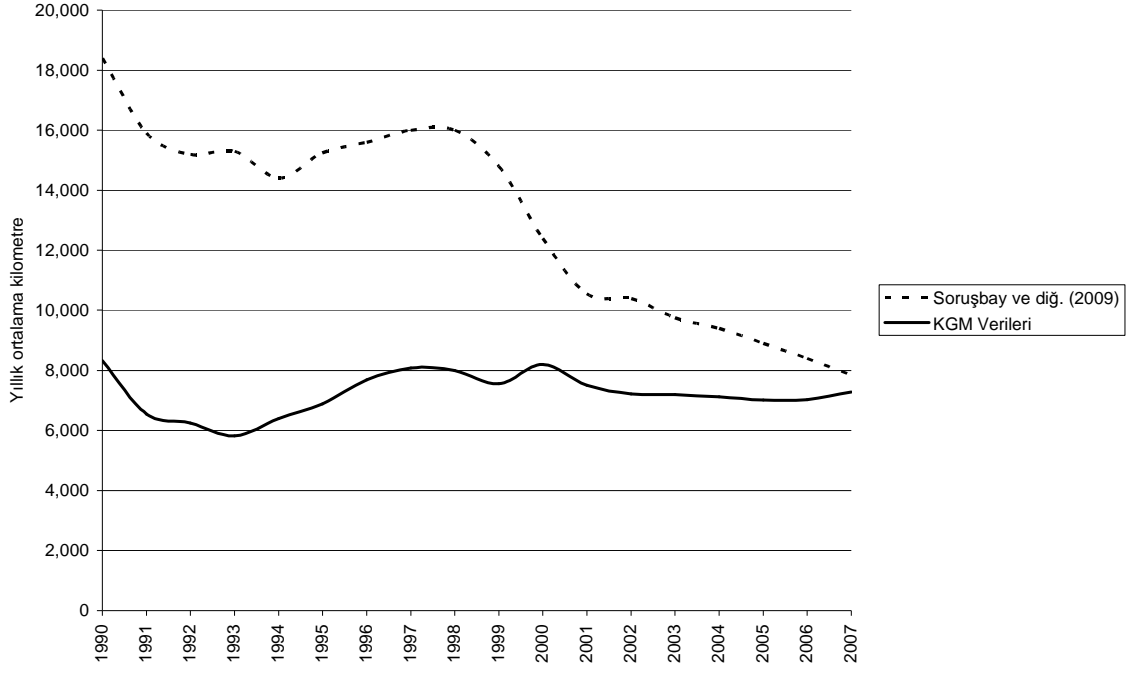
YT: Otomobil-km başına ortalama yakıt tüketimi (lt/oto-km).

1990-2007 döneminde, otomobil-km başına ortalama yakıt tüketimi (YT) değerleri iki ayrı veri kümesine göre hesaplanmıştır:

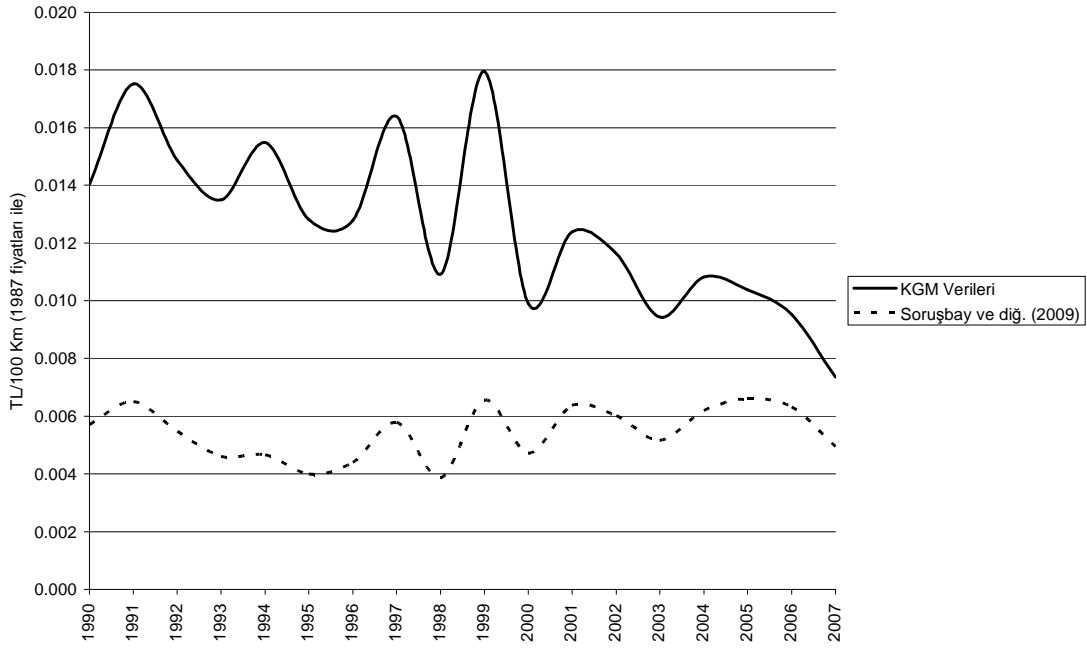
a) PETDER'den sağlanan yıllık benzin tüketimi değerleri Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM)'nün trafik istatistiklerinde verilen yıllık otomobil-km değerlerine bölünerek otomobil-km başına ortalama benzin tüketimi hesaplanmıştır.

b) Sorousbay ve diğerleri (2009) yıllık benzin tüketimlerini ve kayıtlı otomobil sayılarını göz önüne alarak otomobiller için yıllık ortalama kilometre değerlerini öngörmüşlerdir.

Şekil 5'de görüldüğü gibi, benzin tüketimleri esas alınarak öngörülen bu değerler, KGM Trafik İstatistikleri'nde verilen otomobil-km değerleri esas alınarak öngörülen değerlerden oldukça farklıdır. KGM verilerinin kentiçinde yapılan kilometreyi içermemesi, buna karşılık benzin tüketimi verilerinin kent içinde tüketilen benzini de içermesi bu farkın nedeni olarak açıklanabilirse de aradaki farkın son yıllarda gittikçe azalması bu açıklamanın yeterli olmadığını göstermektedir. Bu farklılığın bir sonucu olarak, otomobiller için, iki veri kümesine göre öngörülen kilometre başına yakıt maliyetleri de farklı olmaktadır (Şekil 6).



Şekil 5 Otomobiller İçin Yıllık Ortalama Kilometre Öngörülleri.



Şekil 6 Otomobillerde Yakıt Maliyetinin Değişimi (TL/lt, 1987 fiyatları ile) .

Regresyon analizinde incelenen bağımlı değişkenler şunlardır:
Karayollarındaki enerji tüketimi (Toe).
Karayollarında kişi başına enerji tüketimi (Toe/Nüfus).

Tablo 1 Karayollarında Enerji Tüketimi İçin Regresyon Analizi Sonuçları

Bağımlı Değişken		Sabit	Bağımsız Değişkenler ve Katsayılar			R2
			Log (GSYİH)	Log (GSYİH/Nüfus)	Log (YM)	
Log (Karayolu Enerji Tüketimi)		1.192	0.721	-	-	0.884
	t	2.271	11.066	-	-	
	sh	0.525	0.065	-	-	
Log (Karayolu Enerji Tüketimi / Nüfus) (*)		-4.037	-	0.470	-0.074	0.721
	t	-5.605	-	3.046	-0.085	
	sh	0.720	-	0.154	0.088	
Log (Karayolu Enerji Tüketimi / Nüfus) (**)		-4.747	-	0.588	-0.062	0.721
	t	-6.655	-	6.223	-0.842	
	sh	0.713	-	0.095	0.073	

t: t-istatistiği, sh: Standart hata, R: Korelasyon katsayısı.

Yıllık otomobil-km değerleri; KGM verilerine göre (*) ve Soruşbay ve diğ. (2009) verileri ile (**) öngörülmüştür.

Regresyon analizlerinden elde edilen en iyi sonuçlar Tablo 1’de gösterilmiş ve aşağıda özetlenmiştir:

- Benzin tüketiminin GSYİH’ya ve benzin fiyatına göre esnekliği için yapılan regresyon analizleri istatistik olarak anlamlı sonuçlar vermemiştir.
- Toplam enerji tüketiminin (Toe) GSYİH’ya göre esnekliği 0.72 olarak öngörülmüştür. Diğer bir anlatımla, GSYİH’da % 10’luk bir artış karayollarında enerji tüketimini % 7.2 arttırmaktadır.
- Karayollarında kişi başına enerji tüketiminin kişi başına GSYİH’ya göre esnekliği, yıllık otomobil-km için KGM verileri kullanıldığında 0.47, Soruşbay ve diğ. (2009) da öngörülen değerler kullanıldığında ise 0.59 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler uluslararası çalışmalarda elde edilmiş olan esneklik değerleri ile uyumludur.
- Karayollarında kişi başına enerji tüketiminin kilometre başına yakıt maliyetine (YM) göre esnekliği oldukça küçüktür (-0.07 ve -0.06). Ancak, bu değişkene ait t-istatistiği değerleri YM değişkeninin % 95 güvenlik düzeyinde anlamlı olmadığını göstermiştir.
- Enerji tüketiminin benzin fiyatına ya da kilometre başına yakıt maliyetine duyarlı olmaması, özellikle son on yılda benzin fiyatlarındaki artış nedeniyle motorin ve LPG ile çalışan araç kullanımının artması ve kullanıcıların enerji verimliliği yüksek araçları tercih etmeleri (geri sekme etkisi) ile açıklanabilir.

Ulaştırma Talebinin Esnekliği

Akaryakıt fiyatının yolculuk davranışını etkilediğini gösteren çok sayıda uluslararası araştırma vardır. Genellikle ölçüldüğü gibi, otomobil yolculuğu akaryakıt fiyatına göre esnek değildir. Diğer bir deyişle, örneğin, akaryakıt fiyatındaki % 10’luk bir artış otomobil kullanımının kısa dönemde %1, orta dönemde ise %3 azalmasına yol açar. Tüketicilere çok yüksek gelen % 50 oranında bir fiyat artışı bile araç-km’de kısa dönemde genellikle yalnızca %5’lik bir azalmaya yol açar. Bu değişim pek çok kişinin fark edemeyeceği kadar küçüktür. Ancak bu oran uzun dönemde artar. Çünkü

tüketiciler yüksek akaryakıt fiyatını, nerede oturup nerede çalışmalı gibi uzun dönemli kararlarında göz önüne alırlar.

Akaryakıt fiyatı, otomobil kullanımı için zayıf bir esneklik göstergesidir. Çünkü uzun dönemde tüketiciler yakıt verimliliği daha yüksek araçlar satın alırlar. Akaryakıt vergilerinin yüksek olduğu ülkelerde yaşayanlar yakıt verimliliği daha yüksek olan araçlar almak ve yılda kişi başına daha az kilometre yapmak eğilimindedir. Örneğin, İngiltere’de akaryakıt vergileri ABD’ye göre 8 kata daha fazla olup akaryakıt fiyatı da 3 kat fazladır. İngiliz otomobillerinin yakıt verimliliği ortalama olarak ABD araçlarının 2 katıdır ve otomobiller yılda %20 daha az kilometre yaparlar. Bu nedenle km başına akaryakıt maliyeti ABD’ye göre yalnızca 1.25 katıdır. Kişi başına araç sahipliği de İngiltere’de daha düşük olduğundan, kişi başına ortalama yakıt giderleri iki ülkede hemen hemen aynıdır. Akaryakıt fiyatlarının farklı olduğu diğer ülkeleri karşılaştırarak da benzer sonuçlar elde edilebilir (Litman, T., 2008a). Yeni Zelanda’da otomobille yapılan yolculukların (otomobil–km) akaryakıt fiyatı, ekonomik büyüme, otomobil sahipliği ve istihdam değişkenlerine göre esnekliklerinin öngörülmesi için yapılan bir çalışmada kısa ve uzun dönemli esneklikler, akaryakıt fiyatına göre -0.24 ve -0.27, ekonomik büyümeye göre +0.30 ve +0.21, otomobil sahipliğine göre +0.62 ve istihdama göre +0.38 olarak elde edilmiştir. Bu çalışmanın önemli bir eksikliği analizin yalnız 7 veri ile yapılmış olmasıdır. Ancak öngörülen akaryakıt fiyatına göre esneklik değerleri uluslararası çalışmalarla bulunmuş olan değerlerle uyumludur (Donovan, S. ve diğ., 2008).

Goodwin ve diğerleri (2004) tarafından yapılmış olan esneklik çalışmalarından şu sonuçlar ortaya çıkmıştır:

- Yakıt tüketimi esneklikleri, trafik esnekliklerinden çoğunlukla 1.5–2 kat daha büyüktür.
- Uzun dönem esneklikleri, kısa döneme göre 2-3 kat daha büyüktür.
- Gelir esneklikleri, fiyat esnekliğinden 1.5-3 kat daha büyüktür.

Bu çalışmalara göre, akaryakıtın gerçek fiyatı %10 artar ve bu düzeyde kalırsa, aşağıdaki dinamik uyarılama süreci ortaya çıkmaktadır.

- Trafik hacmi ilk yıl % 1 azalır, uzun dönemde (5 yıl ve daha sonrası) ise % 3 azalır.
- Akaryakıt tüketimi ilk yıl % 2.5 azalır, uzun dönemde ise % 6 azalır.
- Yakıt kullanım verimliliği ilk yıl % 1.5 artar, uzun dönemde ise % 4 kadar artar.
- Toplam araç sahipliği kısa dönemde % 1’den daha az azalır, uzun dönemde ise % 2.5 azalır.

Yine bu çalışmalara göre, gerçek gelirin % 10 artması durumunda şunlar oluşmaktadır:

- Araç sayısı ve toplam yakıt tüketimi ilk yıl yaklaşık % 4 artar, uzun dönemde ise % 10’un üstünde artar.
- Trafik hacmi (araç-km) ilk yıl % 2 kadar artar, uzun dönemde ise % 5 artar. Bu da trafiğe eklenen araçların ortalamanın altında kilometre yaptıklarını gösterir.

Son zamanlarda yapılan çalışmalar akaryakıt fiyatına göre esnekliklerin 2006 yılından sonra arttığını göstermiştir. 2007 ve 2008’de kişi başına akaryakıt tüketimi ve araç-km

azalmıştır. Komanoff (2008), ABD’de 2004 yılında -0.04 olan akaryakıt fiyatına göre esnekliğin 2005 yılında -0.08, 2006’da -0.12’ye ve 2007’de -0.16’ya yükseldiğini tahmin etmiştir. Bu, birkaç nedenden, özellikle de aile bütçesinden akaryakıtı ayrılan payın artmasından kaynaklanmaktadır. 2007 ve 2008 den başlayarak, yakıt verimliliği düşük olan spor arazi araçları ve kamyonetlerin satışlarında önemli azalmalar olurken ulaşımı otomobile bağlı yerlerdeki evlere olan talep de düşmüştür. Bu durum, tüketicilerin uzun dönemli kararlarında yakıt maliyetlerini göz önüne aldıklarını göstermektedir (Litman, T., 2008a). Schimek (1997) ABD’de araç-km’nin akaryakıt fiyatına göre esnekliğini -0.26 olarak bulmuştur ve bu değerler uluslararası araştırmalarla uyumludur (Johansson ve Schipper, 1997).

ABD’de araç-km başına akaryakıt giderleri geçtiğimiz 40 yılın büyük bir bölümünde azalmıştır. Çünkü araç üreticileri 1970 ve 1980’lerdeki yüksek yakıt fiyatlarına daha verimli araçlar üreterek yanıt vermişlerdir. Yakıt verimliliği yüksek ülkelerde sürücüler daha verimli araçlar kullanır, daha az yıllık km yapar, diğer ulaşım türlerini daha fazla kullanır ve erişilebilirliği daha iyi olan yerlerde yaşamayı seçerler. Araç-km’nin yakıt fiyatına göre esnekliğinin az olması, yolculuğu etkileyen diğer demografik ve coğrafi etmenlerden (gelir, arazi kullanımı – ulaşım politikaları) kaynaklanmaktadır (Litman, T., 2008b).

Geri Sekme Etkisi

Small ve Van Dender (2005 ve 2007a), ABD eyaletlerinin 1966-2001 kesit verilerini kullanarak, yakıt verimliliğinin “geri sekme (rebound)” etkisi, yani yapılan araç-km’nin yakıt verimliliğine ve böylece kilometre başına araç işletme maliyetine göre esnekliği için bir model geliştirmişlerdir (Litman, T., 2008a). ABD’deki çalışmalar, ulaştırma talebinde ana belirleyici etmenin gelir olduğunu, akaryakıt fiyatının da daha az ölçüde etkili olduğunu göstermiştir. Ayrıca, gelir arttıkça, yakıt fiyatının hem araç kullanımı hemde yakıt talabi üzerindeki etkisi azalmaktadır. Sonuç olarak, yakıt fiyatının talep üzerindeki etkisi, araç-km’de azalmadan daha çok yakıt ekonomisindeki iyileştirmelerle belirlenmektedir. Yakıt fiyatına verilen yanıtların, araç kullanımından daha çok yakıt ekonomisindeki değişikliklerle ortaya çıktığı 12 OECD ülkesini kapsayan bir çalışma (Johansson ve Schipper, 1997) ve son zamanlarda Brons ve diğ (2007)’nin çalışmasıyla da ortaya konmuştur (Small, K. A. ve Van Dender, K., 2007b). Small ve Van Dender (2007b)’in, ABD eyaletlerinde 1966-2004 yılları arasında, 39 yıllık kesit zaman serisi verilerini kullanarak yaptıkları çalışmada, yakıt tüketimi 3 bölüme ayrılmıştır: a) verilen bir araç filosu için kişi başına yapılan kilometredeki değişim, b) kişi başına araç sayısındaki değişim ve c) araçların ortalama yakıt verimliliğindeki değişim. Bu değişimler eşzamanlı 3 denklemlerle ifade edilmiştir. Böylece, daha önceki çalışmalarda kafa karıştıran konulardan biri olan ve oldukça ender biçimde hesaba katılan yakıt verimliliği, yapılan kilometre ve araç filosu ile birlikte ele alınmıştır. Bu çalışmada, ortalama koşullarda, kısa dönemli geri sekme etkisi % 4.7, uzun dönemli etkisi ise % 20.1 olarak öngörülmüştür. Geri sekme etkisinin büyüklüğü gelir ve kentleşme arttıkça azalmakta, yakıt fiyatı arttıkça artmaktadır. Diğer bir sonuç ise geri sekme etkisinin zaman içinde önemli ölçüde azalmasıdır. Örneğin 1966-2004 arasındaki tüm dönem için kısa ve uzun dönemli geri sekme etkileri % 4.7 ve % 20.1 iken 2000- 2004 döneminde bu değerler % 1.1 ve % 5.7 olarak öngörülmüştür.

Artan gelirin geri sekme etkisini azaltması konusunda bazı akla yatkın açıklamalar yapılabilir. Öncelikle, daha yüksek gelir yakıt giderlerinin toplam giderler içindeki

payının azalmasına yol açar. Bu da esnekliğin azalmasına yol açabilir. İkinci olarak daha yüksek gelir daha yüksek zaman değeri demektir. Yani, yolculuğun zaman maliyeti yakıt maliyetlerinden daha önemli olur. Daha yüksek yakıt fiyatı geliştirilmiş yolculuk maliyetinde oransal olarak daha küçük artışlara neden olur. Sürücülerin, başlıca, geliştirilmiş maliyete yanıt verdikleri kabul edilirse, bu parasal maliyetlere göre esnekliği azaltır. Bununla birlikte, daha yüksek gelirlerin neden daha büyük esnekliklere yol açması gerektiği konusunda da nedenler vardır: zorunlu olmayan yolculukların (araç sürüşlerinin) oranı yüksek gelirli ailelerde olasılıkla daha fazladır ve zorunlu yolculuklara göre bu tür yolculukları kesmek daha kolaydır. Yakıt verimliliğinin esnekliği ise, yolculuk esnekliğinin aksine, hemen hemen sabittir. Bu esneklik konusunda araştırmalar azdır ve kullanılan veri kümesine bağlı olarak sonuçlar geniş ölçüde değişmektedir.

Ekonomik Etkiler

Zenginlik arttıkça araç kullanımı ve trafiği de arttığından insanlar genellikle düşük yakıt fiyatının ekonomik gelişmeye katkıda bulunacağını düşünürler. Ancak bu doğru değildir. Sübvansiyon yolu ile yakıt fiyatlarının düşürülmesi ekonomik açıdan zararlıdır. Çünkü bu uygulama başka ekonomik maliyetlerin ortaya çıkmasına yol açar, enerji tüketimini ve ulaşım sorunlarını artırır. Düşük yakıt fiyatlarının ekonomik gelişmeye katkısı konusunda bir kanıt yoktur. Akaryakıt fiyatının artışı tüketimin azalmasına neden olur. Kısa dönemde toplam araç-km ve trafik hızları azalır ve birden fazla aracı olan evlerde yakıt verimliliği daha yüksek olan araçlar tercih edilirken, uzun dönemde ise yakıt verimliliği yüksek araçların satın alınması, erişilebilirliği daha iyi olan arazi kullanımı tercihleri ortaya çıkar. ABD, Kanada, Avustralya ve Yeni Zelanda düşük fiyat ve yüksek enerji kullanımına sahipken yüksek akaryakıt fiyatı uygulayan diğer gelişmiş ülkelerde ulaşımda kişi başına enerji tüketimi yaklaşık olarak yarı yarıya daha azdır (Litman, T., 2008a). Türkiye’de, 2008 yılında otomotiv yakıtlarındaki dolaylı vergi (ÖTV ve KDV) oranları kurşunsuz benzinde % 61.4, motorinde % 49.6, kırsal motorinde % 48.5 ve otagazda (LPG) % 46.4 olmuştur (PETDER, 2008).

Türkiye İçin Bir Değerlendirme

Türkiye’de, 1990 -2007 yıllarındaki, akaryakıt fiyatı, yakıt maliyeti ve GSYİH verileri göz önüne alınarak karayollarındaki araç kullanımının esnekliklerini belirlemek amacıyla çok değişkenli regresyon analizleri yapılmış ve elde edilen en iyi sonuçlar Tablo 2’de özetlenmiştir. Regresyon analizlerinde kullanılan bağımsız değişkenler şunlardır:

GSYİH: Gayrisafi yurtiçi hasıla (Milyon TL, 1987 yılı sabit fiyatları ile).

GSYİH/Nüfus: Kişi başına gayrisafi yurtiçi hasıla (Milyon TL, 1987 yılı sabit fiyatları ile).

AF: Akaryakıt fiyatı (TL/Lt, 1987 yılı sabit fiyatları ile; otomobil kullanımı için benzin fiyatı, otobüs için motorin fiyatı alınmıştır).

YM: Otomobil için kilometre başına yakıt maliyeti (TL/km, 1987 yılı sabit fiyatları ile).

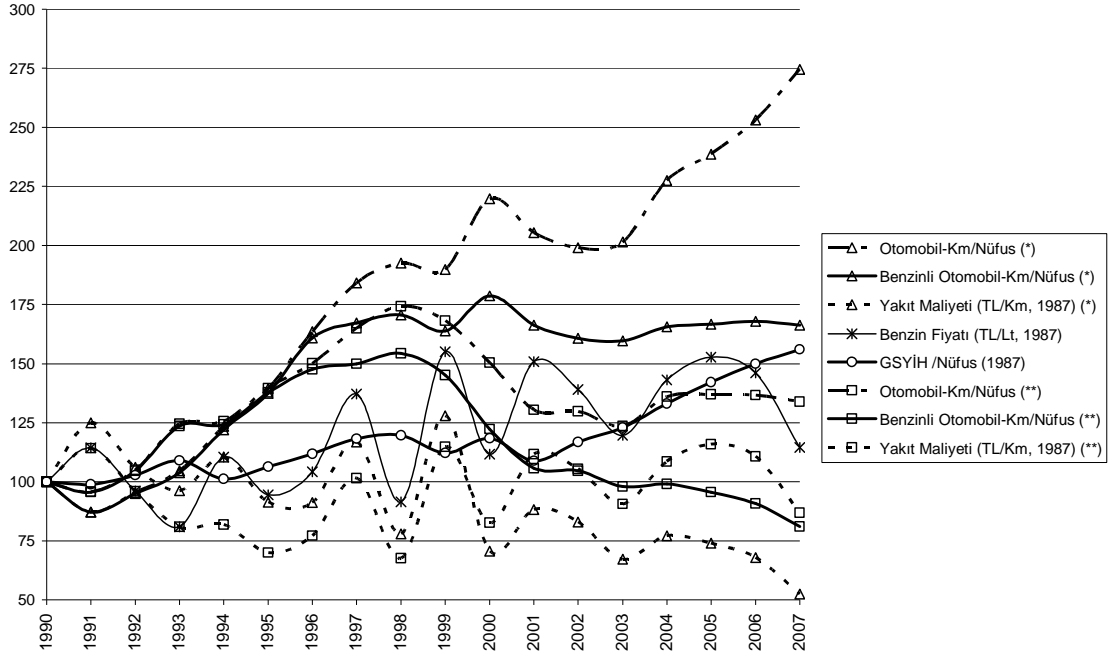
HY: İç hatlarda nüfus başına havayolu yolcu sayısı.

Bu değişkenlerin 1990-2007 dönemindeki değişimleri (1990=100) Şekil 5’de gösterilmiştir. Görüldüğü gibi, kişi başına yıllık otomobil-km ve kişi başına GSYİH değerleri bu dönemde sürekli olarak artmıştır. Göz önüne alınan dönemde benzin fiyatı,

oldukça dalgalı bir değişim göstermekle birlikte, sabit fiyatlarla ortalama % 15 kadar artmıştır. Buna karşılık, aynı dönemde, 1987 fiyatları ile kilometre başına yakıt maliyeti, yıllık otomobil-km için KGM verileri kullanıldığında % 48, Soruşbay ve diğ. (2009) da öngörülen değerler kullanıldığında ise % 13 oranında azalmıştır. Bu azalmanın tümünü teknolojik gelişme nedeniyle otomobillerin yakıt verimliliğinin artması ile açıklamak olası değildir. Çünkü, otomobillerde kilometre başına ortalama benzin tüketimi, Petrol Sanayi Derneği'nden (PETDER, 2008) sağlanan yıllık tüketim değerlerinin yıllık toplam benzinli otomobil-km değerine bölünmesiyle hesaplanmıştır. Soruşbay ve Ergeneman (2006) tarafından da belirtildiği üzere, Türkiye'ye önemli miktarda kaçak akaryakıt girmektedir. Ülkeye kaçak olarak sokulan motorinin 2003 yılında 1.5 milyon ton, 2004 yılında ise 0.9 milyon ton olduğu tahmin edilmektedir. Benzer şekilde, 2003 ve 2004 yıllarında 1 milyon ton benzinin Türkiye'ye kaçak olarak sokulduğu tahmin edilmektedir. Bu nedenle, tüketilen benzin miktarının PETDER tarafından verilen değerlerden, kaçak olarak kullanılan miktarlar kadar, daha fazla olacağı göz önünde tutulmalıdır. 1997 yılından sonra kişi başına benzinli otomobil-km'nin hemen hemen sabit kalmasının nedeni, benzin fiyatlarındaki artış nedeniyle, bazı kullanıcıların motorin ve LPG'li araçları tercih etmeleridir (Şekil 4).

Regresyon analizlerinden elde edilen en iyi sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

- Kişi başına yıllık toplam otomobil-km'nin kişi başına GSYİH'ya göre esnekliği yıllık otomobil-km için KGM verileri kullanıldığında 2.05, Soruşbay ve diğ. (2009) da öngörülen değerler kullanıldığında ise 0.54 olarak öngörülmüştür. İkinci öngörü uluslararası çalışmalarda bulunan esneklik değerleri ile uyumludur; kişi başına GSYİH'nın sabit fiyatlarla % 10 artması durumunda kişi başına yıllık toplam otomobil kullanımı % 5.4 artmaktadır.
- Kişi başına yıllık toplam otomobil-km'nin kilometre başına yakıt maliyetine (YM) göre esnekliği, yıllık otomobil-km için KGM verileri kullanıldığında -0.14, Soruşbay ve diğ. (2009) da öngörülen değerler kullanıldığında ise -0.34 olarak öngörülmüştür. İki öngörü de uluslararası çalışmalarda bulunan esneklik değerleri ile uyumludur; kilometre başına yakıt maliyetinin sabit fiyatlarla % 10 artması durumunda kişi başına yıllık toplam otomobil kullanımı % 1.4-3.4 oranında azalmaktadır. Ancak, YM değişkenine ait t-istatistiği, iki öngörüde de 1.96'dan küçük olup bu değişken % 95 güvenlik düzeyinde anlamlı değildir.
- Yıllık otomobil-km için KGM verileri kullanıldığında, yıllık toplam benzinli otomobil kullanımının (Otomobil-km) GSYİH'ya göre esnekliği 1.255 olarak öngörülmüştür. Yani, GSYİH'nın sabit fiyatlarla % 10 artması durumunda yıllık toplam otomobil kullanımı % 12.5 artmaktadır. Kişi başına GSYİH'ya göre esneklik ise 1.46'dır. Yıllık toplam benzinli otomobil kullanımı ile akaryakıt fiyatı ve kilometre başına yakıt maliyeti (YM) arasında anlamlı ilişkiler elde edilmemiştir. YM değişkenine ait t-istatistiği çok küçük olup bu değişken % 95 güvenlik düzeyinde anlamlı değildir.



Şekil 5 Regresyon Analizlerinde Kullanılan Değişkenlerin 1990-2007 Döneminde Değişimi (1990=100)

Tablo 2 Karayollarında Araç Kullanımı İçin Regresyon Analizi Sonuçları

Bağımlı Değişken		Sabit	Bağımsız Değişkenler ve Katsayılar					R2
			Log (GSYİH)	Log (GSYİH/Nüfus)	Log (AF)	Log (YM)	Log (HY)	
Log (Otomobil-km / Nüfus) (*)		-10.713	-	2.046	-	-0.143	-	0.721
	t	-3.832	-	3.416	-	-0.420	-	
	sh	2.795	-	0.599	-	0.340	-	
Log (Otomobil-km / Nüfus) (**)		-1.970	-	0.544	-	-0.335	-	0.271
	t	-0.958	-	1.995	-	-1.583	-	
	sh	2.057	-	0.273	-	0.212	-	
Log (Otomobil-km) (**)		-2.771	-	0.981	-	-0.308	-	0.391
	t	-1.130	-	3.020	-	-1.220	-	
	sh	2.452	-	0.325	-	0.252	-	
Log (Otomobil-km) (**)		-3.124	0.783	-	-	-0.348	-	0.530
	t	-1.580	4.032	-	-	-1.566	-	
	sh	1.977	0.194	-	-	0.222	-	
Log (Benzinli Oto-km) (*)		-5.753	1.255	-	-	-	-	0.688
	t	-3.380	5.935	-	-	-	-	
	sh	1.702	0.211	-	-	-	-	
Log (Benzinli Oto-km) (*)		-5.167	-	1.464	-	-0.098	-	0.517
	t	-1.667	-	2.203	-	-0.261	-	
	sh	3.099	-	0.664	-	0.377	-	
Log (Benzinli Oto-km / Nüfus) (*)		-4.390	-	1.072	-	-0.061	-	0.446
	t	-1.701	-	1.938	-	-1.950	-	
	sh	2.580	-	0.553	-	0.314	-	
Log (Otobüs-km / Nüfus) (*)		0.989	-	-	-0.154	-	-0.083	0.211
	t	2.107	-	-	-1.039	-	-1.107	
	sh	0.469	-	-	0.148	-	0.075	

t: t-istatistiği, sh: Standart hata, R: Korelasyon katsayısı.

Yıllık otomobil-km değerleri; KGM verilerine göre (*) ve Soruşbay ve diğ. (2009) verileri ile (**) öngörülmüştür.

- Kişi başına yıllık benzinli otomobil kullanımının (Otomobil-km/Nüfus) kişi başına GSYİH'ya göre esnekliği 1.07, kilometre başına yakıt maliyetine göre esnekliği ise -0.06 olarak elde edilmiştir. Görüldüğü gibi, yakıt maliyetine göre esneklik çok düşüktür; kilometre başına yakıt maliyetinin iki katına çıkması durumunda bile

kişi başına yıllık otomobil-km ancak % 6.1 azalmaktadır. Bu sonuç, başlıca iki nedenle açıklanabilir:

- a) Yukarıda belirtildiği gibi, Türkiye'ye kaçak olarak sokulan akaryakıtın hesaba katılmaması nedeniyle, kilometre başına ortalama yakıt tüketimi ve maliyetinin bu çalışmada hesaplanan değerlerden daha büyük olması olasıdır.
 - b) Otomobil kullanımı, benzin fiyatından daha çok, yakıt maliyetinin kullanıcıların gelirlerine oranının değişiminden etkilenmektedir. Benzin fiyatının uzun dönemde artmasına karşın, araçların yakıt verimliliğinin ve gelirin artması nedeniyle yakıt maliyeti oransal olarak çok artmadığından araç kullanımı az etkilenmektedir (Geri sekme etkisi).
- Kayıtlı otobüs başına yıllık ortalama kilometre değerinin (otobüs-km/km) esnekliklerini incelemek için, özellikle 2002 yılından sonra uçak yakıt fiyatındaki ÖTV'nin kaldırılmasıyla iç hat havayolu yolculuk fiyatlarının düşmesi nedeniyle havayolu yolculuklarının hızla artması ve kentlerarası otobüs yolculuklarının azalmasının etkisi de göz önüne alınmıştır. Bu amaçla, iç hatlarda nüfus başına havayolu yolcu sayısı (HY) değişkeni regresyon denkleminde katılmıştır. Uzun dönemde, kişi başına otobüs-km'nin motorin fiyatına (AF) göre esnekliği -0.15, kişi başına iç hat havayolu yolculuklarına (HY) göre esnekliği ise -0.08 olarak öngörülmüştür. Yani, iç hatlarda nüfus başına havayolu yolcu sayısının % 10 artması durumunda nüfus başına yıllık ortalama otobüs-km ancak % 0.8 azalmaktadır. Bunun nedeni, otobüs işleticilerinin sefer sayılarını yolculuklardaki azalmayla orantılı olarak azaltmamalarıdır. Diğer bir anlatımla, otobüslerin doluluk oranları azalmıştır.

Sonuçlar

Çalışmadan elde edilen başlıca sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Türkiye'de kentlerarası karayolu yolcu ulaşımında enerji tüketiminin GSYİH ve kilometre başına akaryakıt giderine göre uzun dönemli esneklikleri, genellikle, uluslararası çalışmalarda bulunan değerlerle uyumludur. Enerji tüketimi ile akaryakıt fiyatı arasında anlamlı ilişkiler bulunmazken, araçların yakıt verimliliğindeki artışın etkisini (geri sekme etkisi) de içeren kilometre başına yakıt giderinin regresyon analizinde kullanılması daha anlamlı sonuçlar vermiştir.
- Yıllık otomobil-km'nin GSYİH'ya göre öngörülen uzun dönemli esneklikleri uluslararası çalışmalarda elde edilen değerlerden daha büyüktür. Bunun en önemli nedeni, Türkiye'de araç sahipliğinin batı ülkelerindeki doyumluk düzeylerinin çok altında olması ve gelirin artmasıyla hızlı biçimde artmasıdır.
- Yıllık otomobil-km'nin kilometre başına akaryakıt giderine göre esneklikleri, yakıt verimliliğinden kaynaklanan geri sekme etkisini de göz önüne alan uluslararası çalışmalarda elde edilen değerlerle uyumludur.
- Esneklikler konusunda daha anlamlı çalışmalar yapabilmek için mevcut veriler çok yetersizdir. Karayollarındaki araç-km istatistiklerinin güvenilirliği ve hata oranları konusunda belirsizlikler vardır ve KGM verileri kentiçi ulaşımındaki araç kullanımını yansıtmamaktadır. Bu nedenle, akaryakıt tüketimi ve kayıtlı araç sayıları esas alınarak otomobillerin yıllık ortalama kilometre değerleri

öngörülmüştür. Ancak, ülkeye önemli miktarda kaçak akaryakıtın girmesi nedeniyle, akaryakıt tüketimi konusundaki veriler de eksiktir.

- Kısa dönemli esnekliklerin ve kentsel ulaşırmaya ilişkin esnekliklerin belirlenebilmesi için gerekli veriler genellikle mevcut değildir. Akaryakıt fiyatlarındaki aylık ve günlük değişimler bilinmekle birlikte, trafikteki kısa dönemli değişiklikler konusunda veriler oldukça yetersizdir.
- Gelecekte ulaştırma kesiminin enerji tüketimi ve ulaşırmadan kaynaklanan sera gazı salımları konusunda öngörüler yapabilmek ve bunların azaltılması amacıyla ulaştırma politikası önerileri geliştirebilmek için veri kaynaklarının iyileştirilmesi ve geliştirilmesi çok önemlidir. 1. Ulusal İklim Bildirimi Raporu'nda, Türkiye'nin gelecekteki ekonomik büyüme öngörülerine bağlı olarak yapılmış olan sera gazı salımı öngörülerini (Gerçek, H. 2006 ve 2007), küresel ekonomik kriz nedeniyle, geleceğe ilişkin ekonomik büyüme öngörülerini gözden geçirilerek ve bu çalışmada elde edilen esneklikler göz önüne alınarak güncelleştirilmelidir.

Kaynaklar

Agras, J. ve Chapman, D. (2001) The Kyoto Protocol, CAFE Standards, and Gasoline Taxes, Contemporary Economic Policy, 17:3, 1999, cited in Oregon Dept. of Transportation, Policy Section, "Policy Notes: A Brief Reference on Fuel Costs and Fuel Efficiency," Vol. 5, Issue 1, Jan. 2001,

Charles Komanoff (2008), We Explain Gasoline Demand (including why it's sticky), Carbon Tax Center (www.carbontax.org).

Donovan, S ve diğ. (2008) Managing Transport Challenges When Oil Prices Rise, New Zealand Transport Agency Research Report 357.

Gerçek, H. (2006) Türkiye'de Ulaştırma Sektörü Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları, Envanter Analizi ve UNDP-GEF Projesi Kapsamındaki Tahminler, İTÜ.

Gerçek, H. (2007) Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Kapsamında İklim Değişikliği Birinci Ulusal Bildirimi, Ulaştırma Tahminleri, Çevre ve Orman Bakanlığı, s. 139-146.

Goodwin, P. ve diğ. (2004) Elasticities of Road Traffic and Fuel Consumption With Respect to Price and Income: A Review, Transport Reviews (www.tandf.co.uk), Vol. 24, No. 3, May 2004, pp. 275-292.

Johansson, O. ve Schipper, L. (1997) Measuring the Long-Run Fuel Demand for Cars, Journal of Transport Economics and Policy, Vol. 31, No. 3, pp. 277-292.

Litman, T. (2008a) Transportation Elasticities: How Prices and Other Factors Effect Behavior, Victoria Transport Policy Institute (VTPI), (www.vtpi.org).

Litman, T. (2008b) Appropriate Response To Rising Fuel Prices: Citizens Shoul Demand "Raise My Prices Now!", Victoria Transport Policy Institute (VTPI), www.vtpi.org.

PETDER (2008) Petrol Sanayi Derneği Sektör Raporu, (www.petder.org.tr).

Schimek, P. (1997) Gasoline and Travel Demand Models Using Time Series and Cross-Section Data from the United States, Transportation Research Record 1558, TRB, pp. 83-89.

Small, K. A. ve Van Dender, K. (2005) The Effect of Improved Fuel Economy on Vehicle Miles Traveled: Estimating the Rebound Effect Using U.S. State Data, 1966-2001, University of California Energy Institute's (UCEI) Energy Policy and Economics Working Paper Series (www.ucei.berkeley.edu).

Small, K. A. ve Van Dender, K. (2007a) Fuel Efficiency and Motor Vehicle Travel: The Declining Rebound Effect, Energy Journal, Vol. 28, No. 1, pp. 25-51.

Small, K. A. ve Van Dender, K. (2007b) Long Run Trends in Transportation Demand, Fuel Price Elasticities and Implications of the Oil Outlook for Transport Policy, OECD International Transport Forum, Joint Transport Research Center, Discussion Paper No. 2007-16, December 2007.

Soruşbay, C. and Ergeneman, M. (2006), UNDP-GEF Projesi Kapsamında Türkiye'de Ulaştırma Sektörü Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları Üzerine Sonuç Raporu, İTÜ.
Soruşbay, C. ve diğ. (2009), Ulaştırma Sektöründe Sera Gazı Azaltımı, TÜBİTAK TARAL Projesi- 105G039.

Balıkesir İli Emniyet Kemerinin Kullanımının Değerlendirilmesi

Ayşe Turabi

Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

Balıkesir

Tel: 266 612 11 94

aturabi@balikesir.edu.tr

Öz

Emniyet kemerleri, trafik kazalarında ölümleri ve ciddi yaralanmaları azaltan etkili araçlardır. Emniyet kemerleri doğru kullanıldığında ciddi yaralanmaların oluşma riskini %40–50 ve ölümlerin oluşma riskini %40–65 arasında azaltabilir. Türkiye’de emniyet kemeri kullanımı 1983 yılında çıkan 2918 sayılı Karayolları Trafik Kanununa göre çıkarılan yönetmelik ile düzenlenmiştir. 1985 yılında çıkarılan yönetmelikle; şehir dışında, 1992 yılında çıkarılan yönetmelikle şehir içinde emniyet kemeri kullanımı zorunlu hale getirilmiştir. Oysa yaralanmalı ve ölümlü kaza olaylarını önlemede çok önemli olan emniyet kemerlerinin kullanımı yeterince yaygın değildir.

Çalışmada Balıkesir ilinde belirlenen şehir içi ve şehir dışı noktalarında emniyet kemeri kullanımı gözlemlenmiştir. Gözlemler; hafta içi – hafta sonu günlerinde, sabah öğleden sonra saatlerinde, otomobil türü taşıtların sürücü ve ön koltuk yolcularının emniyet kemeri kullanımının gözlemlenmesi şeklinde yapılmıştır. Gözlem sonuçlarında kadınların emniyet kemeri kullanma oranı %26.5 erkeklerin emniyet kemeri kullanma oranı % 22.3 yaş gruplarına göre sürücü ve yolcuların emniyet kemeri kullanma oranı 30 yaş altında%19.7, 30–50 yaş aralığında %25.1, 50 yaş üzerinde %26.6 olarak belirlenmiştir.

Gözlemler Balıkesir ili emniyet kemeri kullanımının düşük değerlerde olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlara göre emniyet kemeri kullanımı konusunda kamuoyu bilinçlendirme çalışmalarının etkin bir şekilde devam etmesi gerektiği ve konunun sürekli gündemde tutularak emniyet kemerinin öneminin vurgulanması gerektiği görülmektedir.

Anahtar sözcükler: Emniyet kemeri, karayolu güvenliği, trafik kazası, trafik kanunu

Giriş

Uluslararası araştırmalar, araçta bulunanların hareketlerini kısıtlayıcı ekipmanların kullanılmasının kazaların ve oluşan yaralanmaların derecesini azaltmak için önemli ölçüde etkin bir yöntem olduğunu göstermektedir.

Emniyet kemeri kullanımı kazada oluşan ölüm ve yaralanmaları %50 oranında, arka koltukta yolculuk yapan çocukların emniyet kullanımı çocuk yaralanmaları ve ölümlerini %90, ön koltukta kullanımı ise %60 oranında azalmaktadır. Emniyet kemeri

yalnızca vücudu darbelere karşı korumakla kalmayıp aynı zamanda kaza sırasında kişilerin araçta kalmasını sağlamakta ve araçtan dışarı fırlatılmasını engellemektedir (Avrupa Ulaşım Güvenliği Komisyonu, 1999). Avrupa ülkelerinde emniyet kemerinin ön ve arka koltuklarda ve yolcu koltuklarında takılması zorunludur.

Türkiye’de emniyet kemeri kullanımı 1983 yılında çıkan 2918 sayılı Karayolları Trafik Kanununa göre çıkarılan yönetmelik ile düzenlenmiştir. 1985 yılında çıkarılan yönetmelikle; şehir dışında, 1992 yılında çıkarılan yönetmelikle şehir içinde emniyet kemeri kullanımı zorunlu hale getirilmiştir.

Emniyet Kemeri Kullanımı

Trafik kazalarında ölüm ve yaralanmaları önlemenin en hızlı, en kolay ve en etkili yolu, araçlardaki bireylerin kısa veya uzun, şehir içi veya şehir dışı bütün seyahatlerinde emniyet kemeri kullanımını sağlamaktır.

Yapılan çalışmalarda araba kazalarında emniyet kemeri kullanımının sağladığı faydalar konusunda aşağıda sıralanan sonuçlara ulaşılmıştır:

1. Emniyet kemeri kullanılması kaza sırasında kişiyi araç içerisinde tutarak dışarıdan ve içeriden gelebilecek darbelere karşı korumada başarılı olmaktadır.
2. Emniyet kemeri kullanılmadığında, kişi araç içerisinde savrulmakta ve araç içerisinde hızla kenarlara çarpılmaktadır. Savrulma esnasında kenarlarda bulunabilecek sivri uçlu kesici vb. parçalar kişi için tehlike yaratabilmektedir.
3. Emniyet kemeri kullanıldığı durumlarda kazanın şiddetiyle orantılı olarak emniyet kemeri üzerinde büyük çekme kuvvetleri oluşmaktadır. Bu kuvvetler kaza sırasında kemere temas eden kişilerin göğüs bölgelerinde ezilme ve morarmalara sebep olabilmektedir. Ayrıca, durmanın şiddetine göre boyun bölgesinde ataletin de etkisiyle vücuda göre daha hızlı hareket edeceği için tehlikeli bir bölge olabilmektedir. Fakat bu kemersiz bir durumda kişilerin maruz kalabileceği yaralanma ve hatta ölümlerle karşılaştırıldığında önemsiz kalmaktadır (Atahan, 2000).

Ölümlü kazalarda emniyet kemeri kullananların % 24.8 i hiç zarar görmeden kazayı atlarken, emniyet kemeri kullanmayanlarda bu oran % 6.3’tür. Üç noktalı emniyet kemerleri otomobilde seyahat edenlerin ağır yaralanma risklerini % 45 kamyonetlerde de % 60 oranında azalmaktadır.

İleri düzey araştırmalarda arka koltukta emniyet kemeri kullanımının, arka koltukta meydana gelen ölüm ve yaralanmaların 2/3’ünü ve ön koltukta ölümlerin ise % 6’sını önlediği saptanmıştır. Bütün ağır yaralanmalarda ise, arka koltuk emniyet kemerleri yaralanmanın şiddetini % 50 oranında azaltmaktadır (T.C. Emniyet Genel Müdürlüğü, 1999).

Diğer Ülkelerde ve Ülkemizde Emniyet Kemeri Kullanımı

Ülkeler arasında emniyet kemeri kullanım sıklıkları farklıdır. Finlandiya’da ve İsviçre’de emniyet kemeri kullanma sıklığı %90’dır. ABD’de emniyet kemeri kullanımı 1994 yılında %58, 2002 yılında %75’dir. Avrupa Birliği ülkelerinde 1990’ların ortalarında

emniyet kemeri kullanımı ön koltukta %52 - 92 ve arka koltukta %9-80 arasında değişmektedir. Kore Cumhuriyeti'nde emniyet kemeri kullanımı 2000 yılında %23 iken yapılan müdahaleler sonrası 2001 yılında %98'e yükselmiştir. Arjantin'de Buenos Aires kent merkezinde emniyet kemeri kullanımı %26'dır. (T.C. Emniyet Genel Müdürlüğü, 1999).

Genel bir ifade ile belirtilecek olursa emniyet kemeri kullanımının zorunlu olduğu ülkelerdeki ölüm ve yaralanma oranları, kullanımın zorunlu olmadığı ülkelere göre % 40 daha azdır. Avustralya'nın bir eyaleti olan Viktorya'da emniyet kemeri kullanımı 1970 yılında zorunlu hale getirilmiştir. Bundan 4 yıl sonra 1974 istatistiklerinde ölümlerde % 37'lik azalma, yaralanmalarda % 41'lik azalma ve omurilik zedelenmelerinde ise % 27'lik azalma meydana gelmiştir. 1995'te Amerika'da ise emniyet kemerleri 9.797, hava yastıkları 475, çocuk koruma sistemleri ise 279 kişinin hayatını kurtarmıştır. Kanada'da, 1989'dan bu yana emniyet kemerleri 2.400 kişinin hayatını, 55.000 kişinin yaralanmasını önlemiş, sosyal ve sağlık maliyetlerinde 3 milyon dolar tasarruf sağlamıştır. Yine aynı ülkede ise 1995 yılında ölümlü kazalarda, koruma sistemi kullanmayanların (Emniyet kemeri, araç çocuk koltuğu vs.) % 25'i aracın dışına fırlatılmıştır (T.C. Emniyet Genel Müdürlüğü, 1999).

2002 yılında ülkemizde meydana gelen 80.570 ölümlü-yaralanmalı trafik kazası değerlendirildiğinde; sürücülerin emniyet kemeri takılı olan kazalardaki ölüm oranı %3,3 iken, takılı olmayan kazalardaki ölüm oranının %12,2 olduğu tespit edilmiştir. Başka bir deyişle ölümlü-yaralanmalı kazalardaki ölüm oranı emniyet kemeri takılmadığı takdirde 4 kat artmaktadır.

Ülkemizde 2003 yılındaki trafik kazaları sonucunda ölenlerin %37'sini sürücüler, %40'ını yolcular ve %23'ünü ise yayalar oluşturmaktadır. %40 oranında meydana gelen yolcu ölümlerinin ise %20'sinin 20 yaş altındaki yolcular olduğu dikkate alındığında, emniyet kemerinin sadece sürücüler ve yetişkinler için değil, çocuklar için de öğrenilmesi ve alışkanlık haline getirilmesi gereken bir unsur olduğu ortaya çıkmaktadır(www.emniyet.gov.tr).

Türkiye'de ülke çapında emniyet kemeri kullanımını değerlendiren bir çalışma yoktur. 2000 yılında Ankara çevresindeki şehirlerarası yollarda yapılan kontrollerde otomobil sürücülerinde emniyet kemeri kullanımı %45- 65 arasında bulunmuştur. Şehir içindeki kullanım daha düşüktür. Ankara'da yapılan bazı sınırlı gözlemler emniyet kemeri kullanımını yaklaşık %20 civarında olduğunu göstermektedir.

Ankara'da; Trafik Hizmetleri Başkanlığı, Trafik Eğitim ve Araştırma Dairesi Başkanlığınca hazırlanan "1997 Yılında (1. dereceden) Kara Nokta Olarak Tespit Edilen İndeks Toplamından Sıralı Şehir içi Kavşaklar" adlı araştırmadan yola çıkılarak, trafik yoğunluğunun fazla olduğu 27 kavşakta, trafiğin yoğun olduğu farklı saatlerde üç kişilik bir ekip bulundurarak gözlemler emniyet kemeri kullananların oranı belirlemeye çalışılmış. Yapılan bu araştırmaya göre Ankara'da emniyet kemeri kullanım yüzdesi %4,7-37,5 arasında değişmektedir. Araba tiplerine göre emniyet kemeri kullanımı değerlendirildiğinde ise, otomobil sürücülerinde emniyet kemeri kullanımı %15 ve sürücünün yanında oturanlarda %17 iken, ticari takside sürücünün yanında oturan yolcular emniyet kemeri kullanmamaktadır.

Hacettepe Üniversitesi, Tıp Fakültesi Halk Sağlığı Anabilim Dalı'nda yapılan emniyet kemeri kullanımı ile ilgili gözleme dayanan araştırmada, sürücülerin %14,5'inin emniyet kemeri kullandıkları saptanmıştır. Sürücülere emniyet kemeri kullanma durumunun sorulduğu bir başka araştırmada ise, sürücülerin %56'sı kullandıklarını bildirmişlerdir. Bu araştırmanın yapıldığı bölgenin sosyoekonomik durumu Türkiye ortalamasının üzerindedir. Çalışmalarda emniyet kemeri kullanma davranışının kadın olmakla, yaşla ve ehliyet sahibi olma süresiyle arttığı tespit edilmiştir.

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Adli Tıp Anabilim Dalı tarafından tıp fakültesi öğretim üyeleri arasında yapılan araştırmada emniyet kemeri kullanımı, kendi ifadeleriyle %78 olduğu belirtilmiştir.

Balıkesir İli Emniyet Kemeri Kullanımı Gözlem Çalışması ve Değerlendirme

Çalışma, Balıkesir ili emniyet kemeri kullanımı alışkanlıklarının belirlenmesi amacıyla Balıkesir- Bursa, Balıkesir-İzmir, Balıkesir-Edremit yollarında gözlem yoluyla yapılmıştır. Gözlem çalışmaları Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği öğrencileri tarafından yapılmıştır. Gözlemlerde 12 öğrenci, 3 kişilik gruplar olarak çalışmıştır. Gözlemler öğleden sonra 15.00 -16.00, akşam 18.00 -19.00 saatleri arasında hafta içi iki gün, hafta sonu bir gün olarak yapılmıştır. Gözlemlenen araçlar özel araçlar olup, sadece ön koltuk sürücü ve yolcusunun emniyet kemeri kullanıp kullanmadığına bakılmıştır. Gözlemlerde özel araç ön koltuk sürücü veya yolcusunun cinsiyeti, yaş grubu, şehir içi - şehir dışı yol oluşu durumlarındaki emniyet kemeri kullanımı izlenmiştir. Her gözlem süresi yaklaşık 1saattir. Her gözlemci grubu toplanan bilgiler için tablo 1'de verilen gözlem formunu kullanmıştır. Dört gözlem grubunun da sayım değerleri yaklaşık olduğundan, çalışmada sadece bir grubun sonuçları kullanılmıştır.

Tablo 1 Gözlem Formu.

Gözlem tarihi:		Gözlem yeri:							
Gözlem günü:		Yolun yönü:							
Gözlem saati:		Gözlem sırasında geçen araç sayısı:							
Gözlemci Ad Soyad:									
ARAÇ	EMNİYET KEMERİ KULLANIMI		GÖZLEMLENEN KİŞİ		CİNSİYET		YAŞ GURUBU		
	Evet	Hayır	Sürücü	Yolcu	Kadın	Erkek	<30	30-50	>50

Gözlemlerde 5178 kişi sayılmış, emniyet kemeri kullanımı %24 olarak düşük bir değerde belirlenmiştir. Tablo 2 çalışmadaki gözlemlenen kişi özelliklerini göstermektedir. Gözlemler şehir içi ve şehir dışı (şehre giriş – çıkış) noktalarında olmak üzere farklı yönlerde yapılmıştır. Tablo 3, dört gözlem noktasındaki sayımları ve emniyet kemeri kullanım değerlerini vermektedir. Daha önce yapılmış çalışmalara benzer olarak şehir içi emniyet kemeri kullanımı, şehir dışı emniyet kemeri kullanımına göre oldukça düşük olarak bulunmuştur. Diğer yönlerde yolun önemine ve kişilerin düşündükleri denetimin sıklığına göre emniyet kemeri kullanma oranı değişiklik

göstermiştir. Tablo 4 ise şehir içi ve şehir dışı noktalarında gözlemlenen kişi özelliklerine göre gözlemlenen kişi sayısı ve emniyet kemeri kullanan kişi sayısını vermektedir.

Tablo 2 Gözlemlenen Kişi Özellikleri.

	Gözlemlenen Kişi Sayısı	%
Sürücü	3731	72.1
Yolcu	1447	27.9
Erkek	3469	67.0
Kadın	1709	33.0
< 30 yaş	1573	30.4
30-50 yaş	2268	43.8
> 50 yaş	1337	25.8
Toplam	5178	100

Tablo 3 Gözlem Noktalarına Göre Emniyet Kemeri Kullanımı.

Gözlem Noktaları	Süre	Gözlemlenen Kişi Sayısı	Emniyet Kemeri Kullanan	Emniyet Kemeri Kullanan %
Balıkesir- Bursa Yönü Em. Mü. Noktası	2	1741	442	25
Balıkesir-İzmir Yönü Adalet Sarayı Noktası	4	719	191	27
Balıkesir-Edremit Yönü Tr. Bölge Md. Noktası	4	804	261	32
Şehir İçi Hükümet	2	1914	332	17
Toplam	12	5178	1226	24

Tablo 4 Gözlemlenen Kişi Özelliklerine Göre Emniyet Kemeri Kullanımı.

	Şehir İçi		Şehir Dışı		Balıkesir ili Toplam	
	Toplam	E.Kemerli	Toplam	E.Kemerli	Toplam	E.Kemerli
Sürücü	1358	200	2373	594	3731	749
Yolcu	556	132	891	300	1447	432
Erkek	1220	205	2249	568	3469	773
Kadın	694	127	1015	326	1709	453
< 30 yaş	456	67	1117	233	1573	300
30-50 yaş	862	150	1406	420	2268	570
> 50 yaş	596	115	741	241	1337	356
Toplam	1914	332	3264	894	5178	1226

Çalışmanın sonuçları daha önce yapılmış çalışmalar ile benzer özellikler göstermektedir. Yapılan çalışmada da yolun şehir içi ve şehir dışı yol olması gibi çevre faktörlerinin emniyet kemeri kullanmada etkili olduğu görülmüştür (Şimşekoğlu ve Lajunen, 2006). Ayrıca kişilerin sürücü veya yolcu olmasının emniyet kemeri kullanımını etkileyen kişisel özelliklerden olduğu da görülmüştür. Gözlemlenenlerin erkek ve kadın olması ve yaş grupları da emniyet kemeri kullanımında önemli farklar yaratmaktadır.

Balıkesir ilinde emniyet kemeri kullanma oranının %24 gibi düşük bir değerde olması bu konuda yapılan ve yapılması gereken bilgilendirme çalışmalarına ve denetim sıklığına dikkat çekmektedir.

Tablo 5 Balıkesir ilinde şehir içi ve şehir dışında gözlemlenen sürücü - yolcu, erkek – kadın ve yaş gruplarının emniyet kemeri kullanımı değerlerini vermektedir.

Tablo 5 Gözlemlenen Kişi Özelliklerine Göre Emniyet Kemeri Kullanımı.

	Şehir İçi %	Şehir Dışı %	Balıkesir ili Toplam %
Sürücü	14.7	25.0	21.3
Yolcu	23.7	33.7	29.9
Erkek	16.8	25.3	22.3
Kadın	18.3	32.1	26.5
< 30 yaş	14.7	20.9	19.7
30–50 yaş	17.4	29.9	25.1
> 50 yaş	19.3	32.5	26.6

Balıkesir ilinde sürücülerin emniyet kemeri kullanımı yolculara göre daha düşük gerçekleşmiştir. Sürücülerin %14.7 olan şehir içi emniyet kemeri kullanma oranı hem yolculara hem de şehir dışı emniyet kemeri kullanma oranına göre çok düşüktür. Yolcular kendileri dışında birinin araç kullanımından tedirginlik duyarak emniyet kemerini daha çok kullanmaktadır.

Gözlemler Balıkesir ilinde erkeklerin şehir içinde ve şehir dışında kadınlara göre daha az emniyet kemeri kullandığını göstermektedir. Erkekler de şehir içinde %16.8 olan emniyet kemeri kullanma oranı kadınlarda %18.3 dür. Bu oran toplam emniyet kemeri kullanma oranı olan %24 değerinden oldukça düşüktür. Bu değerler erkeklerde daha çok gözlenmekle birlikte genel olarak gözlemlenen kişilerin kısa yolculuklarda kaza riskini az bulduklarını göstermektedir. Oysa araştırmalar kazaların kısa mesafelerde daha çok gerçekleştiğini göstermektedir.

Yaş gruplarının tümünde şehir içi emniyet kemeri kullanımı düşük ve genel emniyet kemeri kullanımı değerinin altındadır. 30 yaş altı genç kişilerde emniyet kemeri kullanma oranları şehir içinde %14.7 ve şehir dışında %20.9'dur. Gençler diğer yaş guruplarına göre daha az emniyet kemeri kullanmaktadır. 50 yaş üzeri kişilerde ise emniyet kemeri kullanımı artmakta ve özellikle şehir dışında %24 olan genel emniyet kemeri kullanma değerinin üzerine çıkmaktadır.

Sonuçlar

Balıkesir ili emniyet kemeri kullanımı gözlem sonuçlarında kadınların emniyet kemeri kullanma oranı %26.5, erkeklerin emniyet kemeri kullanma oranı % 22.3, yaş gruplarına göre sürücü ve yolcuların emniyet kemeri kullanma oranı; 30 yaş altında %19.7, 30–50 yaş aralığında %25.1, 50 yaş üzerinde %26.6 olarak belirlenmiştir.

Gözlemler Balıkesir ili emniyet kemeri kullanımının düşük değerlerde olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlara göre emniyet kemeri kullanımı konusunda kamuoyu bilinçlendirme çalışmalarının etkin bir şekilde devam etmesi gerektiği ve konunun sürekli gündemde tutularak emniyet kemerinin öneminin vurgulanması gerektiği görülmektedir. Toplumsal bilinç karayolu güvenliği için gerekli bir güç ve bunun yanında ağır bir yükür (PIARC Karayolu Güvenliği Komitesi,1996). Bu nedenle emniyet kemerlerinin temel karayolu güvenlik önlemi olduğu sürücü ve yolculara çok iyi anlatılmalıdır. Yaptırımların sıkı takip edilmesi ve tutarlı olması halkın kabullenmesi ile birlikte emniyet kemeri kullanımını daha fazla arttıracaktır.

Kaynaklar

Avrupa Birliği Avrupa Ulaşım Güvenliği Komisyonu (1999) Avrupa’da Trafik Kayıplarının Azaltılması İçin Polis Denetim Stratejileri, Emniyet Genel Müdürlüğü Trafik Araştırma Merkezi Müdürlüğü Yayınları, Ankara.

Atahan, A. O. (2000) Araba Kazaları Sırasında Emniyet Kemeri Kullanımının Faydaları, Uluslar Arası Trafik ve Yol Güvenliği Kongresi, Gazi Üniversitesi, Ankara.

Emniyet Genel Müdürlüğü (1999) Ülkemizde Emniyet Kemeri Kullanımı, Trafik Araştırma Merkezi Müdürlüğü Yayınları, Ankara.

PIARC Karayolu Güvenliği Komitesi(1996) Başarıyla Üstesinden Gelinebilecek Dünya Çapında Bir Problem, Karayolu Trafik Kazaları Komite Raporu.

Şimşekoğlu, Ö. Ve Lajunen, T. (2006) Emniyet Kemerini Etkileyen Faktörler, 3. Trafik Ve Yol Güvenliği Uluslar Arası Kongresi, s. 510–516, Ankara.

www.emniyet.gov.tr

Trafik Kazaları ve Sonuçlarının Yapay Sinir Ağları ile İncelenmesi: Kırıkkale Örneği

Erdem Doğan, Ali Payıdar Akgüngör

Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik Fak. İnşaat Müh. Bölümü, Kırıkkale
Tel:0.318.357 35 71/1019
E-mail: edogan@kku.edu.tr
Tel:0.318.357 35 71/1255
E-mail: akgungor@kku.edu.tr

Öz

Bu çalışmada, 1989–2007 yılları arasındaki nüfus (N) ve araç sayısı (A) değerlerini kullanarak Kırıkkale ili için kaza (K), yaralı (Y) ve ölü (Ö) sayılarını tahmin eden modeller geliştirilmiştir. Modeller geliştirilirken yapay zekânın bir alt kolu olan Yapay Sinir Ağları (YSA) metodu kullanılmıştır. Ağ mimarisi olarak 2–5–1 ve 2–7–1 mimarileri kullanılmıştır. Ağların gizli katmanlarında sigmoid aktivasyon fonksiyonu kullanılırken, çıkış katmanında ise doğrusal fonksiyon kullanılmıştır. Ağ ileri beslemeli ve geriye yayılım kuralı kullanılarak eğitilmiş, eğitim sırasında momentum kullanılan eğim düşürme algoritmasından faydalanılmıştır. Ağlarının hangisinin kullanılmasının uygun olduğunun saplanması için mutlak hataların ortalaması (OMH) kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda kaza tahmini için 2–5–1, yaralı ve ölü tahminleri için 2–7–1 ağ mimarilerinin kullanılmasının uygun olduğu görülmüştür. OMH değerlerine bakıldığında ağ kaza ve yaralı sayıları için yakın hata değerleri vermesine rağmen, ölü sayılarında yüksek hata değerleri verdiği gözlenmiştir. YSA ile bulunan modeller yardımıyla 2015 yılına kadar olan süreçte kaza, yaralı ve ölü değerleri tahmin edilmeye çalışılmıştır. İleri çalışmalarda ağ girdilerinin çeşitlenmesi ve sayılarının artırılması ile trafik kazalarının ve sonuçlarının tahmini gelişmekte olan Kırıkkale ili için trafik güvenliği çalışmalarına yardımcı olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yapay Sinir Ağları, Trafik Kazaları, Kırıkkale, Modelleme

Giriş

Dünyada ve ülkemizde trafik kazaları neden olduğu sonuçlar yönüyle çok ciddi bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Trafik kazaları, bütün ülkelerin ortak sorunu olmasına rağmen, gerekli önlemlerin alınmasıyla belli oranlarda azaltılabilmektedir. Bu önlemlerin alınmasında yetersiz kalan gelişmemiş veya gelişmekte olan ülkeleri daha fazla etkilemektedir. Ülkemizde de trafik kazaları ciddi bir problem olarak ülke gündemindeki yerini korumaktadır. 1990 yılında yaklaşık 115 bin kaza meydana gelirken bu rakam 2008 yılına gelindiğinde 930 bin e ulaşmıştır. Kırıkkale ilinde meydana gelen kazalara bakıldığında 1989 yılında toplam 287 kaza meydana gelirken 2007 yılında 2146 adet kaza meydana gelmiş olup bu süre içinde 15835 kişi yaralanmış, 1116 kişi ise hayatını kaybetmiştir. Aynı zamanda meydana gelen maddi hasar ise

yaklaşık 20,5 milyon TL gibi ciddi bir miktara ulaşmıştır. Bu verilere bakıldığında trafik kazalarının Kırıkkale ili için ne denli önemli bir problem olduğu açıkça görülmektedir.

Trafik kazaları başta sürücü hataları olmak üzere araç, yol, çevre ve bunların etkileşimleri gibi çeşitli sebeplere bağlı olarak meydana gelmektedir. Bu sebeplerin hepsini model içinde katmak ve bir model oluşturmak ne kadar doğru olsa da bu verilerin toplanmasında güçlüklerden dolayı mümkün olmamaktadır. Bu nedenle genel olarak olayı ifade eden ve bulunması kolay veriler yardımıyla modeller oluşturulması yoluna gidilmiştir.

Günümüzde modellerin oluşturulması için kullanılan regresyon analizinin yanında yapay zeka yaklaşımı ile modeller oluşturulmaktadır ve bu modellerler çoğu zaman analitik modellere göre daha iyi sonuç verdiği gözlenmektedir. YSA ile iyi kurulmuş modeller, olaylar arasında veri sınırlı ve yetersiz olsa da anlamlı sonuçlar üretebilmektedir. Regresyon modelinde, model kurmak için kullanılan yıllar için tatmin edici sonuçlar üretebilse de, gelecek yıllar için öngördükleri değerler çoğu zaman anlamsız olmaktadır.

Akgüngör ve Doğan (2008) YSA tekniğini kullanarak çeşitli senaryoları için Türkiye'de ki kaza sayılarını tahmin etmeye çalışmışlardır. Doğan (2007), Türkiye ve seçilen büyük kentleri için YSA ve genetik algoritma gibi yapay zeka tekniklerini regresyon analizi yöntemi ile karşılaştırmış ve yapay zeka ile yapılan modellerin çok daha iyi performans gösterdiğini belirtmiştir. Murat ve Ceylan(2006), yaptıkları çalışmada Türkiye'nin 2020 yılına kadar olan ulaştırma enerjisi talebini yapay sinir ağları metodunu kullanarak tahmin etmişlerdir. Modellerini oluştururken ağın girdi değişkenleri olarak gayri safi milli hâsıla, nüfus ve araç-km değerlerini kullanmışlar ve çeşitli senaryolar dâhilinde ulaştırmada kullanılacak enerjiyi miktarını tahmin etmeye çalışmışlardır. Gelişmekte olan ülkelerde enerji miktarını tahmin etmenin geleceğe yönelik planların yapılırken önemli olduğunu vurgulamışlardır. Göktepe ve diğ.(2005), karayollarında esnek üstyapın mekanik özelliklerini YSA modellerini kullanarak araştırmışlardır. Bu çalışmada defleksiyon değeri ve tabaka kalınlığı giriş verisi olarak, çıkış değişkeni olarak da elastisite modülünü kullanmışlardır. Birçok farklı ağ mimarisi denenerek hatayı minimum yapacak olan ağ mimarisini bulunmaya çalışılmıştır. Bu çalışmada sonuç olarak; elde edilen performans değerlerinin oldukça yüksek olduğu, ağ mimarisinin YSA'nın performansını önemli derecede etkilediği bu yüzden uygun ağ mimarinin iyi araştırılması gerektiğini, gerçek zamanlı olarak esnek üst yapıların mekanik özelliklerinin geri hesaplanmasında kullanılabileceği vurgulanmıştır. Kalyoncu ve Tigdemir (2004), sürücü karakteristikleri olan yaş, cinsiyet, eğitim seviyesi, tecrübe yılı, günde ne kadar süre araç kullandığı gibi girdiler ile trafik kazalarına karışmaları arasında bağlantıyı YSA yardımıyla bulmaya çalışmışlardır. Wang(1998), çalışmasında motorlu araç trafiği emisyon değerlerini YSA kullanarak tahmin etmiştir. Wang bu çalışmasında emisyon değerlerini TRAF-NETSİM simülasyon programından derlemiş ve CO, HC (hidrokarbon) ve NO_x değerlerini YSA ve geleneksel regresyon modelleri ile karşılaştırmıştır. Sonuç olarak; YSA'nın tahminlerde regresyon modeline göre daha başarılı olduğunu gözlemlemiştir. Faghri ve Hua(1995) yıllık ortalama günlük trafiği mevsimsel faktörleri kullanarak tahmin etmeye çalışmışlardır. Buldukları ağı regresyon modelleri ile karşılaştıran araştırmacılar, YSA tekniğinin daha iyi sonuçlar verdiğini gözlemlemiştir.

Bu çalışmanın ana amacı kaza, yaralı ve ölü sayılarını tahmin etmekte kullanılacak modelleri Kırıkkale için tespit etmek ve bu modeller yardımıyla geleceğe ait değerler hakkında fikir vererek yapılacak olan trafik güvenliği ile ilgili çalışmalara ışık tutmaktır.

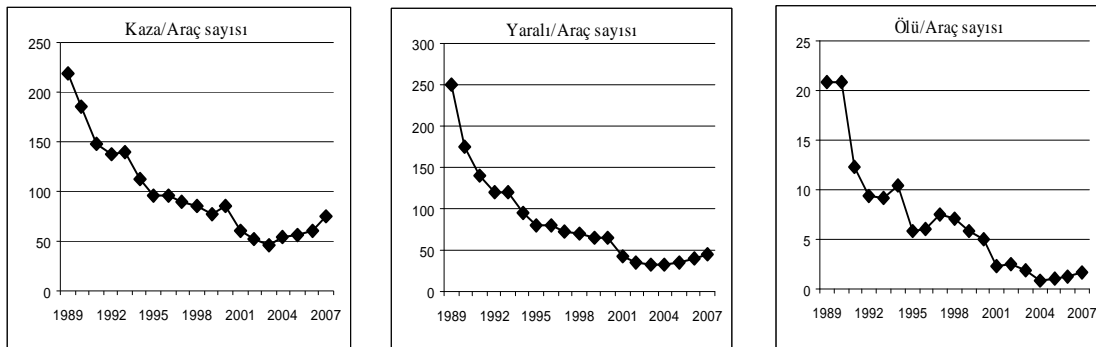
Kırıkkale İlinde Trafik Kazaları

İç Anadolu bölgesinde birçok noktayı Ankara'ya bağlayan bir konumda bulunan Kırıkkale'de trafik kazaları, diğer kentlerde olduğu gibi yıllar içerisinde artış eğilimi göstermiştir. Araç sahipliğindeki hızlı artışın sonucu olarak trafik kazalarının da artması doğal olarak beklenen bir durumdur. Kırıkkale ilinde 1989 yılında tescilli 1150 araç varken 2007 yılına bu sayı yaklaşık 29000'e yükselmiştir. Fakat başta Ankara plakalı araçlar olmak üzere çevre illere ait araçlarında eklenmesi ile Kırıkkale sokaklarında bu sayıdan çok daha fazla araç bulunmaktadır. İlde kent içi ve kent dışı trafik kazalarının toplamına Tablo 1'den bakıldığında 1989 yılında 252 olan trafik kazası sayısı 2007 yılına gelindiğinde yaklaşık 8,5 kat artarak 2146 sayısına ulaşmıştır. Aynı şekilde yaralı ve ölü sayılarına bakıldığında sırasıyla 1989 yılında 287 ve 24 iken, 2007 yılında 1268 ve 47 olarak gerçekleşmiştir.

Her ne kadar kaza, yaralı ve ölü sayılarında artma olduğu düşünülse de Şekil 1 den 1000 araç başına düşen verilere bakıldığında bir azalma eğiliminin olduğu gözlenmektedir. Bu durum yol ve görüş şartlarının iyileştirilmesine, sürücülerin bilinçlenmesine, araç güvenlik sistemlerinin artması gibi faktörlere bağlanabilir.

Tablo 1. Kırıkkale İline ait Veriler.

Yıl	Nüfus	Araç Sayısı	Kaza	Yaralı	Ölü
1989	238325	1150	252	287	24
1990	240480	3268	604	569	68
1995	251548	10301	987	815	61
2000	263125	16686	1418	1097	84
2001	265504	17857	1089	756	42
2002	267904	19515	999	694	47
2003	270326	21522	1000	675	41
2004	272769	23563	1261	773	19
2005	275235	25435	1442	918	27
2006	277723	26803	1611	1078	31
2007	280234	28929	2146	1268	47



Şekil 1. Bin Araca Düşen Kaza, Yaralı ve Ölü Sayıları.

Tablo 2. Kırıkkale İline ait 1989-2007 Yılları Arası Kaza Göstergeleri.

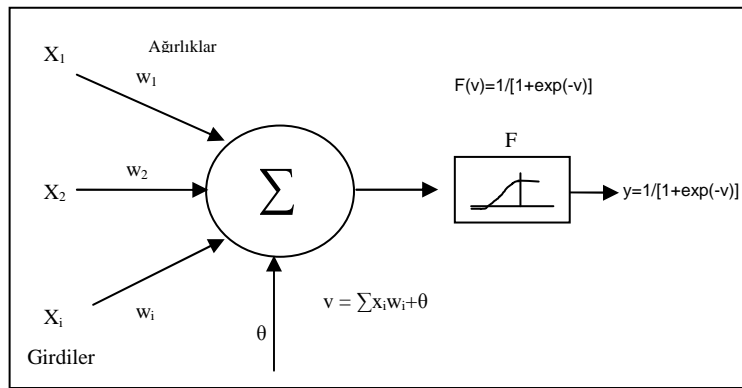
Yıllar	Kaza önem indeksi	Kaza ölüm oranı	Kaza ölüm riski
1989	9,52	208,70	10,07
1990	11,26	208,08	28,28
1995	6,18	59,22	24,25
2000	5,92	50,34	31,92
2001	3,86	23,52	15,82
2002	4,70	24,08	17,54
2003	4,10	19,05	15,17
2004	1,51	8,06	6,97
2005	1,87	10,62	9,81
2006	1,92	11,57	11,16
2007	2,19	16,25	16,77

Tablo 2’de Kırıkkale iline ait kaza göstergeleri verilmektedir. Burada kaza önem indeksi 100 kazaya düşen ölü sayısını, kaza ölüm oranı 10 bin araca düşen ölü sayısını ve kaza ölüm riski de 100 bin kişiye düşen ölü sayısını ifade etmektedir. Genel olarak kaza göstergeleri 2004 yılına kadar düşme eğilimi gösterirken, 2005–2007 yılları arasında ise az da olsa tekrar bir artış eğilimine girmişlerdir. Bu durum üç yıllık periyotta nüfus ve araç sayısında belirgin bir artış olmazken ölü sayısının artmasından kaynaklanmaktadır. Bu dönemde kaza önem indeksinin diğer göstergelere göre daha az artmasının nedeni ise ölü sayısı ile birlikte kaza sayısının nüfus ve araç sayısına oranla daha hızlı artmasıdır. Kaza ölüm oranının ilk yıllarda belirgin derecede yüksek olması ise o yıllarda Kırıkkale iline kayıtlı araç sayısının az olmasına bağlıdır.

Yapay Sinir Ağları

YSA, öğrenme, genelleme yapma ve hatırlama gibi insan beyninin özelliklerini taklit etmeye çalışan, basit işlemcilerden oluşmuş bir yapıdır. Beynin işlemlerini gerçekleştiren biyolojik nöronlar bulunmaktadır. Bu nöronlar kendilerine gelen sinyalleri bazı işlemlerden geçirerek daha sonraki nöronlara iletirler böylelikle bazı tepkiler oluşur. YSA ‘da da tıpkı beyinde bulunan nöronlar gibi yapay nöronlar bulunmaktadır. Bu yapay nöronların birbirlerine çeşitli mimarilerle bağlanması ile yapay sinir ağları oluşmaktadır.

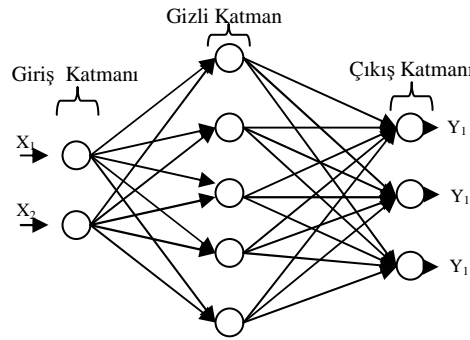
YSA’yı oluşturan temel işlemci yapay nörondur. Bir yapay nöronda girişler, ağırlıklar, toplama fonksiyonu, transfer fonksiyonu ve çıkış fonksiyonu bulunmaktadır. Şekil 2 de Y.S.A da kullanılan bir yapay nöron yapısı görülmektedir.



Şekil 2. Yapay Nöron.

Nöronların kullandığı aktivasyon fonksiyonu çıktığı istenilen aralıklara getirmesi için kullanılmaktadır. Aktivasyon fonksiyonun sürekli ve türevlenebilir olması ağı eğitiminde kullanılan algoritmalar nedeniyle istenilen bir durumdur. Literatürde birçok farklı aktivasyon fonksiyonları kullanılmasına rağmen genellikle tanjant-hiperbolik, sigmoid ve doğrusal fonksiyonları genellikle tercih edilmekte ve iyi sonuçlar verdiği gözlenmektedir.

Temel işlemciler olan nöronların birleşmesi ile yapay sinir ağlarının mimarileri oluşturulmaktadır. Şekil 3’de görüldüğü üzere YSA mimarisinde girdilerin ağı sokulduğu bir giriş tabakası, giriş tabakasından gelen bilgilerin işlenip çıkış katmanına iletildiği bir gizli tabaka bulunmaktadır. Şekilde X değerleri girdi, Y değerleri ise çıktı değerlerini göstermektedir. YSA’larının regresyon tekniğine olan temel üstünlerinden biride mimarinin belirlenebilmesi, istenilen sayıda girdi sayısına karşılık, birden fazla çıkış tabakasının bulunabilmesidir.



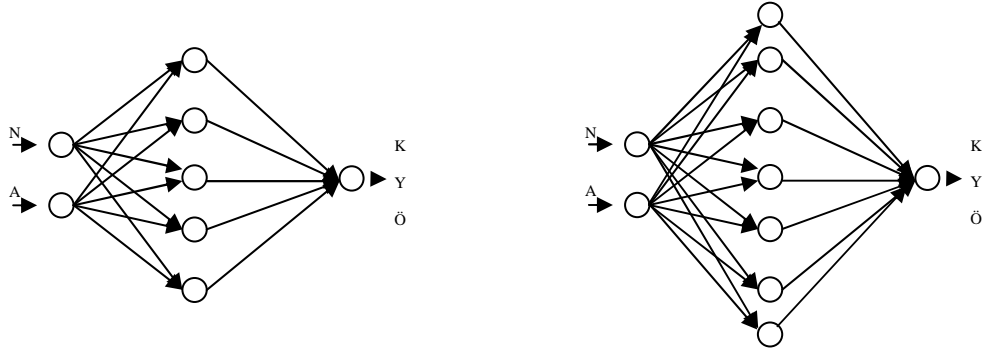
Şekil 3. Çok Katmanlı YSA Yapısı.

Şekil 3.’de ki YSA mimarisinde 2–5–3 ağ yapısı kullanılmıştır. Bu örnekten anlaşılacağı üzere YSA yı oluşturan nöronlar istenilen sayıda düzenlenebilmektedir. Fakat istenilen sonucun doğru bir şekilde bulunabilmesi için doğru mimariyi bulabilmek önem arz etmektedir. Girdi ve çıktı tabakalarında ki nöron sayıları belli olduğu için çözüm bekleyen sorun gizli katmanda ki nöron sayısının bulunmasıdır. Bu konu hakkında literatürde çeşitli öneriler bulunmasına rağmen kesin bir yöntem bulunmamaktadır. Fakat karmaşık problemlerin çözümünde nöron sayısının artmasıyla daha iyi sonuçlar gözlemlenmektedir.

Kırıkkale İline ait Modeller

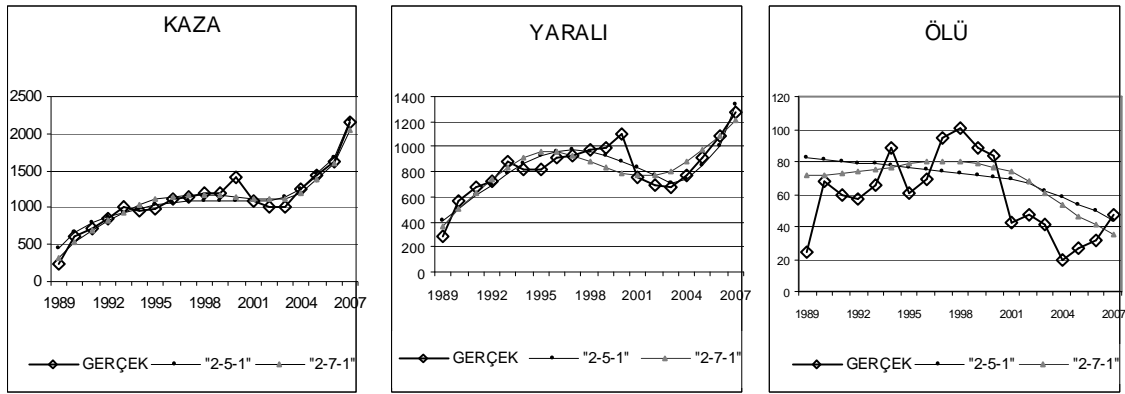
Kırıkkale ilinde oluşmuş kaza, yaralı ve ölü sayılarının modellenmesinde 1989 ile 2004 yılına kadar olan 15 yıllık veri ağı eğitimi için kullanılırken 2005 ile 2007 arasında kalan 3 yıllık veri test verisi olarak kullanılmıştır. Girdi değerleri olan nüfus ve araç sayısı yıllar içerisinde doğrusal bir artış göstermiştir. Fakat nüfus değeri son yapılan 2007 sayımı ile beklenen trendin çok altında çıkmıştır. Bu nedenle nüfus değeri üstünde geriye doğru bir projeksiyon yapılarak ağı girdi verisi olarak sokulmuştur. Bu çeşitli ağ mimarileri denenmiş ve girdi olarak araç sayısı ve nüfusun kullanıldığı ağlarda 2–5–1 ve 2–7–1 ağ mimarilerinin diğer modellere göre daha iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Model ileri beslemeli ve geriye yayılım algoritması ile eğitilmiştir. Öğrenme fonksiyonu olarak momentum kullanan eğim düşürmeli öğrenme yöntemi kullanılmıştır. Momentum değeri olarak 0,5 alınmış ve böylelikle öğrenmede oluşan dalgalanmaların önüne geçilmeye çalışılmıştır. Ayrıca öğrenme oranı katsayısı 0,9’dan başlatılmış her

5000 adımda 0,2 azaltılarak hem hızlı hem de ağın hassas bir öğrenme yapması hedeflenmiştir. Kullanılan ağ mimarileri Şekil 4 'de görülmektedir. Kaza, yaralı ve ölü değerlerinin her biri için ayrı ağlar teşkil edilmiş olup Şekil 4'de gösterim açısından hepsi beraber verilmiştir.



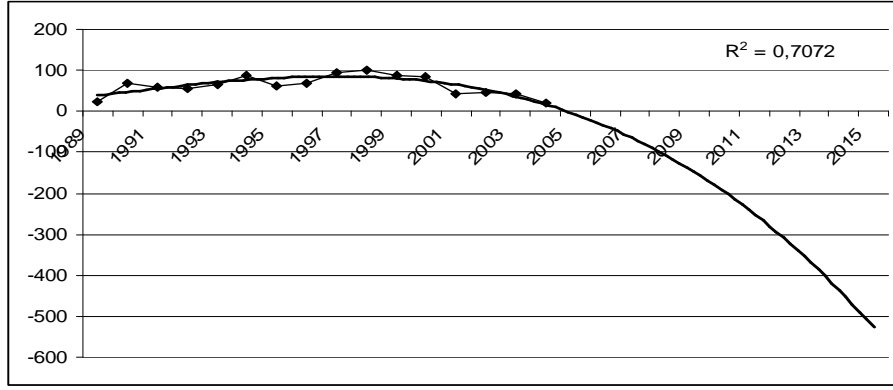
Şekil 4. Modellerde kullanılan 2-5-1 ve 2-7-1 ağ mimarileri.

Oluşturulan YSA modelleri sonucunda elde edilen sonuçlar, gerçek değerler ile Şekil 5 de karşılaştırılmıştır.



Şekil 5. Model Tahminleri ve Gerçek Değerlerin Karşılaştırılması.

Kaza ve yaralı model tahminlerinin gerçek değerleri oldukça iyi ifade ettiği Şekil 5 de gözlenmiştir. Ölü sayısının tahmininde ise modellerin yıllar içerisinde dalgalanmaları tam olarak ifade edemediği gözlenmektedir. Analitik yöntemler ile değerleri daha iyi ifade eden denklemler bulunabilse de, Şekil 6'da gösterildiği üzere geleceğe yönelik ölü sayısı için eğri geçirme yöntemi ile bulunan modelin yaptığı tahminlerin anlamsız sonuçlar ürettiği gözlenmektedir. Bu nedenle geleceğe ait değerleri tahmininde kullanılamamaktadır.



Şekil 6. Ölü Sayısı için Analitik Yöntemler ile Bulunan Eğri ve Tahmin Değerleri.

Bulunan YSA modelleri içerisinde performansı daha iyi olanı seçebilmek amacıyla denklem 1 de belirtilen ortalama mutlak hataları (OMH) hesaplanmıştır. Kaza modeline ait OMH değerlerine bakıldığında 2-5-1 modelinin test bölgesinde, 2-7-1 modelinin ise eğitim bölgesinde daha iyi sonuçlar verdiği Tablo 3’de görülmektedir. Yaralı modellerine bakıldığında eğitim bölgesinde 2-5-1 modelinin, test bölgesinde ise 2-7-1 modelinin daha iyi sonuç verdiği gözlenmektedir. Eğitim serilerinde farkların büyük olmaması sebebiyle; test bölgesinde daha iyi sonuçlar veren modeller 2015 yılına kadar olan süreçte tahmin için kullanılmıştır. Ölü modelinde ise gerek eğitim gerekse test bölgesinde iyi sonuçlar verdiği gözlenen 2-7-1 yapısı tahmin için kullanılmıştır.

$$OMH = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |g_i - t_i|$$

Denklem’de n veri sayısını, g_i gerçek değerleri, t_i tahmin değerlerini belirtmektedir.

Tablo 3. YSA Modellerine ait OMH Değerleri

	Kaza		Yaralı		Ölü	
	2-5-1	2-7-1	2-5-1	2-7-1	2-5-1	2-7-1
Eğitim Bölgesi	91,11	77,72	76,54	94,16	850,37	290,69
Test Bölgesi	40,37	60,14	71,12	38,35	65,39	40,30

Modellerin Geleceğe Ait Tahminleri

Bu çalışmanın ana amaçlarından biri de geleceğe ait kaza, yaralı ve ölü sayılarını, bulunan modeller yardımıyla tahmin edebilmektir. Bu amaçla gelecekte oluşması gereken girdi değerlerinin hesaplanması ve bulunmuş olan YSA modeline sokulması gerekmektedir. Girdi değerlerimiz olan nüfus ve araç sayısı, geçmiş değerler kullanılarak 2015 yılına kadar olan süreçte tahmin edilmiştir. Bu değerler Tablo 3’de görülmektedir.

Tablo 3. Geleceğe ait Nüfus ve Araç Sayısı Tahminleri

Yıllar	Nüfus	Araç Sayısı
2008	282.487	29.208
2009	284.758	30.678
2010	287.048	32.149
2011	289.356	33.619
2012	291.682	35.089
2013	294.027	36.560
2014	296.391	38.030
2015	298.774	39.500

Geçen bölümlerde belirtildiği üzere kaza sayılarının tahmini için 2-5-1, yaralı ve ölü sayılarının tahmini için 2-7-1 ağ mimarili YSA modelleri kullanılmıştır. Bulunan değerler Tablo 4 de verilmiştir.

Tablo 4. Geleceğe ait Kaza, Yaralı ve Ölü Tahminleri

Yıllar	Kaza	Yaralı	Ölü
2008	1188	965	49
2009	1296	1042	45
2010	1452	1121	41
2011	1661	1196	38
2012	1924	1252	36
2013	2235	1277	34
2014	2578	1257	33
2015	2931	1282	32

Kırıkkale ili için Tablo 4 de verilen değerlere bakıldığında kaza ve yaralı sayısında artış beklenmektedir. Kaza sayısının artarak 2900 un üstüne çıktığı, yaralı sayısının ise 1282 sayısına ulaşacağı öngörülmektedir. Yaralı sayısında ki beklenen artışın düşük olması kaza başına düşen yaralı sayısında ki düşüş eğilimi ile açıklanabilir. Ölü sayısına bakıldığında, genel bir azalma trendinin gerçekleşeceği öngörülmektedir. Ölü sayısında ki azalmanın beklenen bir durum olduğu Türkiye dahil olmak üzere bir çok ülkede zamanla ölü sayılarında azalma gösterdiği bilinmektedir.

Sonuç

Bu çalışmada, yapay zekânın bir alt kolu olan YSA yöntem bilimi ile Kırıkkale iline ait kaza, yaralı ve ölü sayılarını veren modeller geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu modellerin geliştirilmesi için nüfus ve motorlu araç sayıları kullanılmıştır. Veriler 1989 yılı ile 2007 yıllarını kapsamakta olup bu verilerin 1989 ile 2004 yılları arasında kalan değerler ağın eğitimi için geriye kalan 3 yıllık veriler ise ağın test edilmesi için kullanılmıştır. Eğitim sonucunda hata miktarını azalmak için çeşitli ağ mimarileri kullanılmış olup ağlarının hangisinin kullanılmasının uygun olduğunun saptanması için OMH kullanılmıştır. Sonuç olarak; kaza tahmini için 2-5-1, yaralı ve ölü tahminleri için 2-7-1 ağ mimarilerinin kullanılmasının uygun olduğu görülmüştür. Belirlenen ağlar

yardımla 2015 yılına kadar olan süre için tahminler yapılmış olup bu süre içinde kaza ve yaralı sayılarında artış, ölü sayılarında ise düşüş öngörülmüştür.

Bu çalışmada ulaşılabilirliği kolay olan veriler kullanılmıştır. Bu verilere ilave olarak ileri çalışmalarda girdi verilerinin çeşitlendirilmesiyle daha verimli sonuçlar elde edilmesi sağlanabilir. Şehir içerisinde önemli koridorlar seçilerek bu noktalara ait veriler yardımla, kaza oluşma riskleri hesaplanabilir. Bu çalışma 1989 yılında il olan Kırıkkale örneğini kapsamakla birlikte kaza istatistikleri çok daha eski yıllara dayanan Türkiye'nin farklı kentlerine de kaza analizleri YSA yöntem bilimi kullanılarak uygulanana bilir. Trafik kazalarının ve sonuçlarının tahmini gelişmekte olan Kırıkkale ili için trafik güvenliği çalışmalarına yardımcı olacağı düşünülmektedir.

Kaynaklar

1. Akgüngör A. P., Doğan E., (2008) Estimating Road Accident of TURKEY Based on Regresion Analysis and Artificial Neural Network, Advances in Transportation Studies,XVI Issue,p11
2. Doğan,E., (2007) Regresyon Analizi ve Yapay Zeka Yaklaşımı ile Türkiye ve Seçilen Bazı Büyük İlleri için Trafik Kaza Tahmin Modelleri. Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale.
3. Emniyet Genel Müdürlüğü.www.trafik.gov.tr.
4. Faghri, J. and Hua, A. (1995) Roadway Seasonal Classification Using Neural Networks. Journal of Computing in Civil Engineering,9(3), pp. 209–215.
5. Göktepe, A.B. Açar, E. Lav, A.H. (2005) Esnek Üstyapıların Mekanik Özelliklerini Yapay Sinir Ağları Kullanarak Geri Hesaplanması İTÜ Dergisi/d , 4(2), 31-42.
6. Kalyoncu, F. and Tiğdemir, (2004) An Alternative Approach for Modeling and Simulation of Traffic Data: Artificial Neural Network. Simulation Modeling Practice and Theory, 12(5), pp. 351.
7. Murat, Y.Ş. ve Ceylan, H. (2006), Use of Artificial Neural Networks for Transport Energy Demand Modeling , Energy Policy, 34(17), pp. 3165–3172.
8. Wang, F. (1998) “Modeling Traffic Emission with Artificial Neural Networks and Regressions”,Geographical & Environmental Modelling, 2(1), pp. 103-113.

Besleyici Otobüs Hatları ve Metrobüs Sistemi

Dinçer Geçer ve İsmail Şahin

Yıldız Teknik Üniversitesi Davutpaşa Kampüsü
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ulaştırma Anabilim Dalı
34210 Esenler / İstanbul
Tel: (212) 383 51 80
E-Posta: sahin@yildiz.edu.tr

Öz

Besleyici hat kavramı, kentiçi ve kent dışı bölgelerdeki yolcuların şehrin daha geniş kesimlerine hizmet veren görece yüksek kapasiteli toplu taşıma sistemlerine (kılavuzlu sistemler; ağır raylı sistemler, metrobüs sistemleri) erişimini sağlayan düşük kapasiteli toplu taşıma hizmetleri (örneğin otobüsler hatları) için kullanılmaktadır. Toplu taşımanın verimli ve konforlu bileşenlerinden olan kılavuzlu sistemler yolcuları şehrin içine ve dışına taşıırken, besleyici hat işlevi gören otobüsler de, yolcuları otobüs durakları ve kılavuzlu sistemin istasyonları arasında taşır. Burada karşılaşılan en önemli sorunlardan biri, kılavuzlu sistem ile otobüs seferlerini ilişkilendirmek ve aralarında eşgüdüm sağlamak için etkili bir besleyici otobüs ağı tasarlamak ve işletmektir. Teknik olarak amaç, hem yolcu (kullanıcı) hem de işletmeci bakış açısıyla bir maliyet fonksiyonunu minimize etmektir. Bir bütünleşik çok türlü sistemin sağladığı yararlar arasında şunlar sayılabilir: Kılavuzlu sistem hattına paralel otobüs hatlarının ortadan kaldırılmasıyla taşıt yatırım ve işletme maliyetlerinde azalma, daha yüksek hizmet kalitesi, azalan gecikmeler nedeniyle daha kısa yolculuk süreleri, yolcu memnuniyeti ile birlikte toplu taşıma yolculuklarında artış. Önümüzdeki yıllarda İstanbul ve diğer kentlerimizdeki kentiçi raylı sistem ağlarının ve metrobüs sistemlerinin genişleyeceği öngörülmektedir. Bu sistemlerin başarı ölçütleri arasında yolcuların sisteme erişme olanaklarının arttırılması ve sunulan kapasitenin verimli kullanılması bulunmaktadır. Bu da ancak etkin ve verimli bir besleyici otobüs ağı tasarımı ve işletimi ile mümkün olabilir. Bu çalışmada, besleyici otobüs hatlarının planlanması ve tasarımı konuları ele alınmakta, İstanbul'daki Avcılar-Söğütlüçeşme Metrobüs hattının bir kesimine ilişkin bazı öneriler sunulmaktadır.

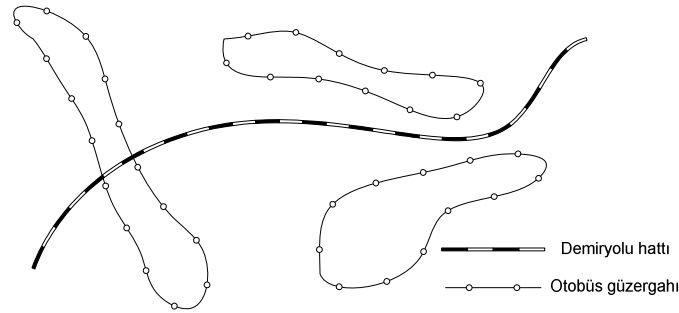
Anahtar sözcükler: Besleyici hatlar, besleyici otobüs, bütünleşik ulaştırma sistemi, kentiçi toplu taşıma, kentiçi raylı sistem

Giriş

Bir ulaştırma sisteminin hizmet bölgesinde verimli olabilmesi için, sistem içindeki çeşitli ulaştırma türleri bütünleştirilmelidir. Kentiçi bütünleşik toplu taşıma sistemlerinin temel bileşenleri, otobüs ve kılavuzlu ulaştırma sistemleridir (örneğin, raylı sistemler ve metrobüs sistemi). Otobüs hizmetleri mevcut sokaklara yayılabildiği için esnek olma üstünlüğüne sahiptir. Ayrıca birbiriyle bağlantılı ve kesişen güzergâhlarda işletilebilme özelliğinden dolayı, hizmet alanının genişletilebilme

potansiyeline sahiptir. Kılavuzlu ulaştırma sistemi taşıtlarının hareketleri bir hat ile sınırlandığından, sistemin esnekliği azdır. Sundukları görece yüksek kapasite nedeniyle, raylı sistemler ve metrobüs sistemleri, yüksek yolcu talebi bulunan koridorlar için önemli toplu taşıma seçenekleri arasındadır.

Otobüs ve metrobüs (veya raylı) sistemindeki bütünleşmenin özel bir çeşidi, otobüslerin metrobüs ağına erişim için kullanılmasıdır. Bu tür bir işletim tercihinde, otobüs sistemi metrobüs sisteminin besleyicisi olmaktadır. Besleyici hatlar, belirli (yerel) bölgelerdeki yolcuların, şhrin bütününe veya belirli bir bölgesine hizmet eden ve omurga işlevi gören kapasiteli ulaştırma hizmetlerine (rneğin, metrobüs ve metro) erişimi sağlar (şekil 1).



şekil 1 Besleyici otobüs güzergahları (Grava, 2002).

Bütünleşmenin başka olumlu yanları da vardır. İlk olarak, iyi bir bütünleşik besleyici otobüs/kılavuzlu ulaştırma sistemi, çoğu özel araç sürücüsünün otomobilleri yerine otobüs ile raylı sisteme erişmeyi tercih etmesine neden olmaktadır. Bu durum, demiryolu istasyonlarında park için gerekli alanda ve böylece raylı sistem yatırımlarında azalmaya neden olur. İkinci olarak, iyi bir bütünleşik besleyici otobüs/kılavuzlu ulaştırma sistemi, otomobille yapılan yolculukları (esas olarak iş yolculuklarını) kendine eker ve böylece, hem raylı sistemin hem de ulaştırma sistemi bütününün mali etkinliğini artırır. İzleyen bölümde bir besleyici otobüs güzergahı tasarımı problemi tanımlanmış ve özellikleri üzerinde durulmuş, geliştirilen tasarım algoritmaları tanıtılmış ve bir sayısal uygulama sunulmuştur. Elde edilen sonuçlar ve geliştirilen algoritmanın gerçek yaşamda kullanılabilmesine ilişkin bazı öneriler çalışmanın sonunda listelenmiştir.

Besleyici Otobüs Güzergahı Tasarımı Problemi

Bu çalışmada, çeşitli talep dağılımlarının bulunduğu bir hizmet bölgesinde, mevcut bir metrobüs sistemine erişim için bir besleyici otobüs sisteminin tasarımı ele alınmaktadır. Dikkate alınan talep dağılımları tekil hedeflidir; yani, trafik zirve saat boyunca hedef bölgenin Merkezi İş Alanı'na (MİA) yönelir. Zirve saat dışındaki yolculuklar genellikle çoğul hedefli olarak tanımlanırlar. Çalışmada ele alınan Besleyici Otobüs Güzergahı Tasarımı Problemi (BOGTP) kapsamında otobüs duraklarının ve otobüs güzergahlarının konumlandırılmaları yanında, otobüs sisteminin "izleme süresi" gibi bazı hizmet özelliklerinin de belirlenmesi bulunmaktadır. Metrobüs hattının ve istasyonlarının konumlandırılması ile ilgili kararlar, nüfus ve istihdam yoğunluğu ile arazi kullanım düzenine bağlı olduğundan (Kuah, 1986), besleyici otobüs sistemi ile ilgili temel

kararlarda dikkate alınmamıştır. Bu nedenle, besleyici otobüs güzergâhı sisteminin tasarımında metrobüs ağının, yani hat ve durak konumlarının belirli olduğu kabul edilmiştir.

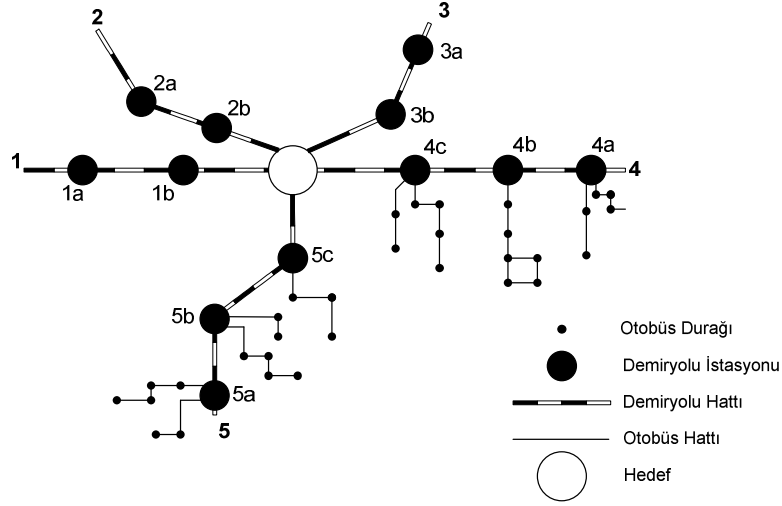
BOGTP, işletmeci ve kullanıcı maliyetleri arasında maliyet bakımından en iyi dengeyi bulma problemi ya da işletmeci ve kullanıcı maliyetleri toplamının enküçüklenmesi olarak da tanımlanabilir. Ulaştırma işletmecisinin karşılaştığı maliyetler; işçilik, yakıt, araç yıpranma payı ve diğer idari maliyetlerden oluşurken, kullanıcının ulaştırma ağı üzerinde karşılaştığı maliyetler; ulaştırma istasyonlarına erişim süresi, istasyonlarda bekleme süresi ve taşıtlar içindeki yolculuk süresi maliyetlerinden oluşur. Bir besleyici otobüs sisteminin mevcut bir metrobüs (veya raylı) ulaştırma sistemine erişmeyi verimli bir şekilde sağlanması beklenir. Besleyici otobüs sistemlerinin maliyet etkinliği, sermaye ve işletme maliyelerinin toplamı ile ölçülebilir. Sermaye maliyeti öncelikle filo boyutu ile ilgilidir. İşletme maliyeti; işçilik, yakıt ve bakım maliyetini içerir ve kat edilen yol ile orantılı olarak tanımlanabilir. Bir besleyici otobüs sistemi tarafından sağlanan hizmetin kalitesi, kullanıcı maliyeti ile ölçülebilir. Hizmet kalitesi; erişim, bekleme ve seyir maliyetlerini içerir. Bilet ücreti, kullanıcılardan işletmecilere ödemelerin aktarılması olarak düşünüldüğü için, toplam maliyet fonksiyonunun bir bileşeni olarak dikkate alınmamıştır.

Çoktan Bire Talep Durumu İçin Ağ Yaklaşımı

Çoktan-bire BOGTP, metrobüs sistemine ulaşmak için bir dizi besleyici otobüs güzergâhının tasarımını gerçekleştirmek ve her güzergâhtaki izleme sürelerini bularak, toplam işletmeci ve kullanıcı maliyetlerini enküçükmektir. Metrobüs istasyonlarının konumları, herbir istasyondan hedef istasyona yolculuk başına maliyet ve toplam yolculuk süreleri belirlidir. Ayrıca, otobüs duraklarının konumları, her otobüs durağından hedef istasyona olan talep, her otobüs durağından diğer bir durağa veya metrobüs istasyonuna olan yolculuk maliyeti bulunur. Çoktan-bire BOGTP'nin geliştirilmesi aşamasında şu kabuller yapılmıştır:

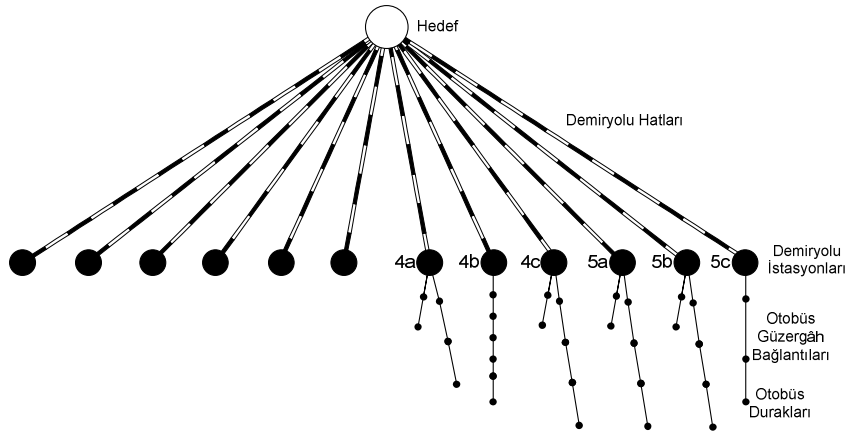
- 1) Her otobüs durağına yalnızca bir otobüs güzergâhı hizmet eder.
- 2) Her otobüs güzergâhı yalnızca bir demiryolu istasyonuna bağlanır.
- 3) Otobüslerin kapasiteleri ve işletme hızları standarttır.
- 4) Yolcular demiryolu hizmetine, yalnızca besleyici otobüs sistemini kullanarak erişebilirler.

İlk kabul kısıtlayıcı görünebilir; ancak bir çoktan-bire talepli ulaşım sistemi için mantıklı bir kabuldür. Çoktan bire durumunda, tüm yolcuların hedefi aynıdır, böylece aynı otobüs durağına çoklu otobüs güzergâhlarının hizmet vermesi gereksizdir. Çoktan çoğa talep dağılımı durumunda bu kabul geçerli olmayacaktır. İkinci kabul, otobüslerin metrobüs hattı boyunca seyrine izin verilmeyeceğini belirtir ki bu da, “eş/paralel hizmetlerin kaldırılması” anlamına gelir. Üçüncü kabulde sabit güzergâhlarda hizmet veren otobüs işletmecisinin genellikle boyutları belirli araçlarla hizmet verdiği ifade edilmektedir. Bu, ayrıca güzergâhlama problemlerinde hesap yükünü azaltmak için yapılan genel bir kabuldür. Son kabul modeli basitleştirmek için yapılmıştır. Modelin amacı metrobüs sistemini değil, besleyici otobüs sistemini tasarlamak olduğundan, bu kabule ihtiyaç duyulmuştur.



Şekil 2 Çoktan-bire talep durumu için bütünleşik otobüs ve raylı ulaşım sistemi.

Şekil 2’de çoktan-bire talep dağılımı durumunda bütünleşik bir besleyici otobüs-raylı ulaştırma sistemi gösterilmektedir. Sistem tekil bir hedefe yönelmiş beş demiryolu hattından oluşur. Ayrıca şekil üzerinde 4 ve 5 numaralı demiryolu hatlarına hizmet veren besleyici otobüs güzergâhları tanımlanmıştır. Çoktan-bire talep durumuna hizmet eden bir besleyici otobüs-raylı (metrobüs) sistemi, Şekil 3’teki gibi bir genişleyen ağaç şeklinde de gösterilebilir. Bu genişleyen ağaçta, hedef, ağacın kökü olarak belirtilmişken, metrobüs istasyonları birinci derece düğümler ve otobüs durakları ikinci derecede değişik seviyelerdeki düğümler olarak (her güzergâhtaki otobüs durak sayısına bağlı olarak) tanımlanmıştır.



Şekil 3 Çoktan-bire talep durumu için ağaç gövdesi gösterimi.

Hedef ve demiryolu istasyonlarını birbirine bağlayan ilk derece bağlar demiryolu hat kesimlerini ifade eder. İkinci seviye bağlantılar ise, otobüs güzergâhının bölümlerini tanımlar. Demiryolu istasyonlarıyla ilgili maliyetler yolcu bekleme ve aktarma maliyetlerinden oluşurken, demiryolu bağlarıyla ilgili maliyetler demiryolu işletme maliyeti ve yolcu seyir süresi maliyetlerinden oluşur. Bu nedenle, Şekil 3’te gösterildiği gibi, bir tekil hedefe hizmet veren besleyici otobüs sisteminin tasarım problemi, bir dizi otobüs güzergâhının tasarımı ve bu güzergâhların demiryolu istasyonlarına atanması (Şekil 3’te genişleyen ağaç yapılı ağda gösterildiği gibi) ve her otobüs güzergâhındaki işletme sıklıklarının belirlenmesi problemi olarak tanımlanabilir. Hedef noktası bir

dağıtım noktası, demiryolu istasyonları dağıtım merkezleri ve otobüs durakları müşteriler olarak tanımlandığında, Şekil 3'teki genişleyen ağaç biçimli ağ gösterimi, iki seviyeli bir dağıtım sisteminin ağ gösterimi ile benzerdir. Çoktan-bire BOGTP hem tamsayı, hem de tamsayı olmayan değişkenlerle doğrusal olmayan (non-linear) bir programlama modeli olarak formüle edilmiştir (Kuah, 1986).

BOGTP İçin Sezgisel Algoritma ve Geliştirme Prosedürleri

BOGTP için önerilen sezgisel algoritmada birleşik yaklaşım kullanılmıştır. Birleşik yaklaşım bir Öncül Algoritma ve üç iyileştirme prosedürü içermektedir. Öncül Algoritmanın amacı bir dizi öncül uygulanabilir otobüs güzergâhı oluşturmak ve her bir güzergâhın sıklığını belirlemektir. BOGTP için öncül uygulanabilir bir güzergâh yapısı oluşturulduktan sonra, iyileştirme prosedürleri ile bu çözüm geliştirilir.

Öncül Algoritmanın öncül çözümünün başlangıcında, her otobüs durağı maliyetin en düşük olacağı bir demiryolu istasyonuna doğrudan bağlanır. Yöntem daha sonra otobüs durak çiftlerini bağlayarak veya kısmen oluşturulmuş bir güzergâh bölümüne bir otobüs durağı ekleyerek, otobüs güzergâhlarını sırayla genişletir. Otobüs duraklarının bağlanması maksimum birikimler ölçütüne dayanır. Birikimler ölçümü, güzergâh frekansının fonksiyonları olan kullanıcı ve işletmeci maliyetleri toplamındaki azalmayı temsil eder (Kuah, 1986).

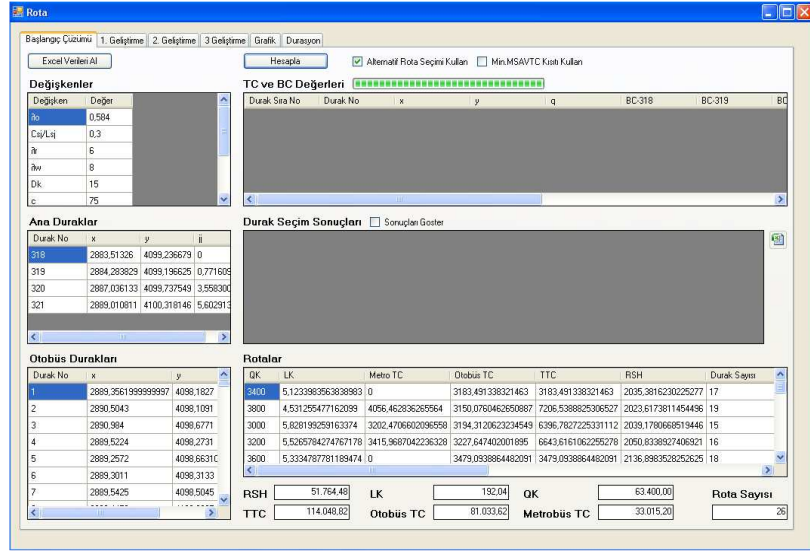
Tek Güzergâh Takas Prosedürü (SREP, 1. Geliştirme), verilmiş bir güzergâhta iki otobüs durağının birbiriyle bağlantısını aynı güzergâhtaki başka bir bağlantı ile yer değiştirerek, bu takasın toplam güzergâh maliyetine etkisini inceler. Bir ardışık algoritmada, bir otobüs durağının bir güzergâha atanması ve güzergâhtaki konumu, geliştirilen güzergâhın mevcut yapısına bağlıdır. Güzergâhın yapısı değiştiğinde, otobüs duraklarının diğer güzergâhlara tekrar atanması daha iyi bir çözümle sonuçlanabilir. İki Güzergâh Takas Prosedürü (TREP, 2. Geliştirme), iki ayrı otobüs güzergâhındaki birer otobüs durağını, daha iyi bir çözümle sonuçlanması durumunda takas eder. Durak Devir Prosedürü (DDP, 3. Geliştirme), bir otobüs güzergâhındaki bir otobüs durağını, daha iyi bir çözümle sonuçlanması durumunda başka bir güzergâha devreder (Geçer, 2009).

Algoritmanın Analizi

Çalışmanın bu bölümünde iki konu ele alınmaktadır. İlki, önerilen sezgisel algoritmanın sunduğu çözümlerin sınanması; ikincisi, önerilen modelin bir besleyici otobüs sisteminin tasarımında bir planlama aracı olarak yeterliliğinin değerlendirilmesidir. Bu değerlendirmeler için örnek durum çalışması olarak, İstanbul'daki Metrobüs hattının Yenibosna-Zeytinburnu kesimi ele alınmıştır.

Önerilen algoritmanın geçerliliği için nispeten türdeş koşullarda ortaya koyduğu çözümler incelenmiştir. Talebin tüm hizmet bölgesinde sabit olduğu bir temel durum ele alınmıştır. Böylece, değişken talep durumu için elde edilecek çözümde karşılaşılabilecek düzensizliklerin önüne geçilmekte ve sezgisel algoritmanın sunduğu çözümün değerlendirilmesini kolaylaştırmaktadır. Modelin bir planlama aracı olarak yeterliliğinin değerlendirilebilmesi için, bazı parametre değişikliklerine karşı modelin ortaya koyduğu çözümler incelenmiştir. Bu değişiklikler incelenen birkaç test durumunda ele alınmıştır.

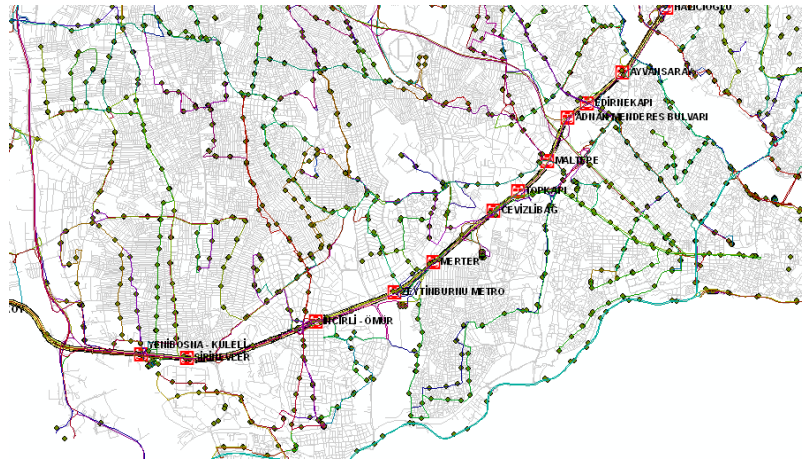
Besleyici Otobüs Güzergâhı Tasarım Problemi için önceki bölümde değinilen algoritma, Visual Basic programlama dili kullanılarak kodlanmış; Microsoft Office Excel programına girilen değerler Visual Basic aracılığıyla problemin çözümünde kullanılmıştır. Hazırlanan programın arayüzü Şekil 4’te gösterilmiştir.



Şekil 4. Güzergâh programı kullanıcı arayüzü.

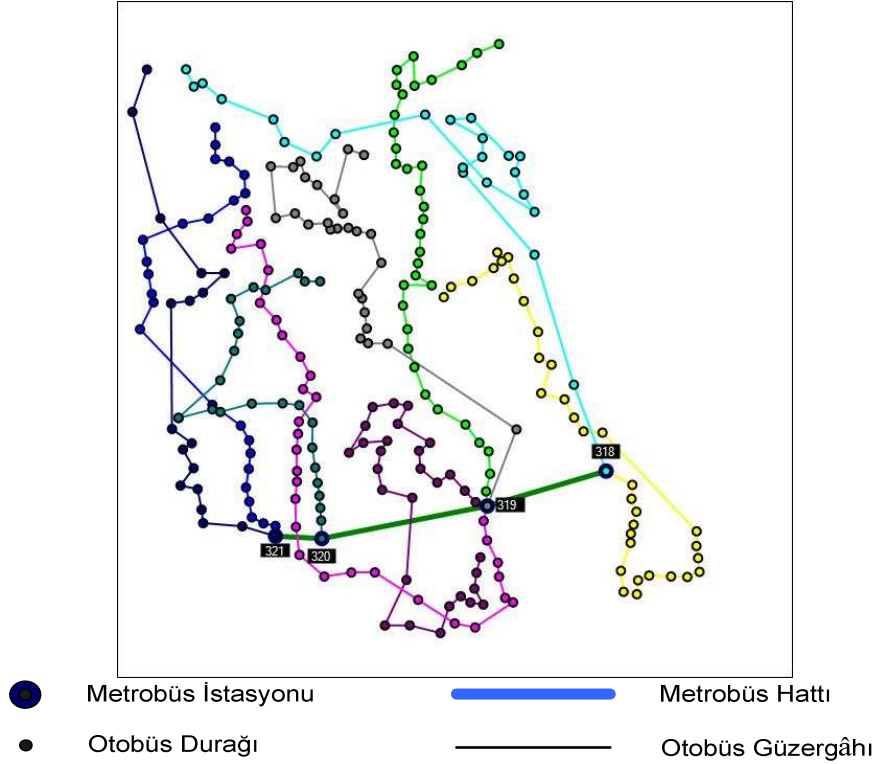
Temel Durum Çalışması

İETT’den mevcut otobüs hatlarının ve metrobüs hattının verileri temin edilerek, ArcGIS programı aracılığıyla programa görsel bir zemin oluşturulmuştur. Buna göre İstanbul il sınırlarında toplu taşımacılığa hizmet eden özel halk otobüsü işletmecilerinin de dahil olduğu 542 otobüs hattı ve 45.377 otobüs durağı bulunmaktadır (Şekil 5).



Şekil 5 İETT otobüs toplu taşıma ağının bir bölümü.

Mevcut ağ yalnızca tek bir yöntemle çözülemeyecek kadar karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu nedenle, sadece Metrobüs hattına odaklanılmış ve bu hatta bağlantıların yoğun olarak gözlendiği Yenibosna-Zeytinburnu Metrobüs istasyonları arasındaki kesim örnek inceleme alanı olarak seçilmiştir. Çalışma alanı 4 metrobüs istasyonu ve 248 otobüs durağından oluşmaktadır (Şekil 6).



Şekil 6 Temel durum için sonuç çözümü.

Daha önce belirtildiği gibi temel durum analizinde tüm hizmet bölgesinde eşit talep dağılımı dikkate alınmıştır. Temel durum analizi ile hedeflenen, gerçek yaşam koşullarını yansıtmaktan çok, önerilen sezgisel yöntemin ortaya koyduğu sonuçların geçerliliğinin sınanması ve parametrelerde gerçekleştirilen değişikliklerle test durumları için bir referans oluşturmaktır. Temel durum için parametre değerleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1 Temel durum için parametre değerleri.

Parametre	Sembol	Birim	Değer
Otobüs işletme maliyeti	λ_o	\$/araç-km	0,58
Raylı sistem toplam maliyeti	C_{sj}/L_{sj}	\$/yolcu-km	0,27
Yolcu seyir maliyeti	λ_r	\$/yolcu-saat	6,00
Yolcu bekleme maliyeti	λ_w	\$/yolcu-saat	6,00
En büyük güzergâh uzunluğu	D_k	km	20,00
Otobüs kapasitesi	c	yolcu/taşıt	75
Otobüs işletme hızı	U	km/saat	12,00
Otobüs doluluk oranı	ρ	-	0,90
İşletmenin saatlik hizmet kapasitesi	MAXASH	koltuk-saat	50.000

Herbir algoritma geliştirme prosedürünün temel durum özelinde sunduğu çözümlerdeki ölçüt değerleri Tablo 2’de verilmiştir. Güzergâh sayısı (NR) tüm çözümlerde aynı kalmış olup (9), gerekli koltuk sayısındaki (RSH) en büyük iyileşme 2. geliştirme prosedürü ile sağlanmıştır (%1,72). Otobüs ulaşım maliyeti (BC) ve Metrobüs ulaşım maliyeti (MC) toplamından oluşan toplam ulaştırma maliyetindeki (TTC) en büyük iyileşme ise 3. geliştirme prosedürü ile elde edilmiştir (%5,94).

3. geliştirme algoritması ile elde edilen güzergâh bilgileri Tablo 3’de sunulmuştur.

Tablo 2. Temel durum için geliştirme oranları.

Ölçüt	Başlangıç Çözümü	1. Geliştirme		2. Geliştirme		3. Geliştirme	
	Sonuç	Sonuç	Değişim	Sonuç	Değişim	Sonuç	Değişim
NR	9	9	%0,00	9	%0,00	9	%0,00
RSH (koltuk/saat)	21413	21313	%0,47	20947	%1,72	20765	%0,87
BC (\$/saat)	31.636,68	31.358,64	%0,88	30.352,06	%3,21	28.184,40	%7,14
MC (\$/saat)	5.558,32	5.558,32	%0,00	5.558,32	%0,00	5.592,48	%-0,61
TTC (\$/saat)	37.195,00	36.916,96	%0,75	35.910,39	%2,73	33.776,87	%5,94

Tablo 2’de; NR: Toplam güzergâh sayısı, RSH: Gerekli koltuk sayısı, BC: Otobüs ulaştırma maliyeti, MC: Metrobüs ulaştırma maliyeti, TTC: Toplam ulaştırma maliyeti.

Tablo 3. Temel durum için güzergâh bilgileri.

Hat No	Durak Sayısı	Hat Talebi (yolcu/saat)	Uzunluk (km)	Frekans (sefer/saat)
1	25	850	9,34	15,34
2	30	1020	11,56	15,10
3	35	1190	11,36	16,46
4	33	1122	12,77	15,07
5	24	816	8,40	15,85
6	34	1156	12,15	15,68
7	27	918	12,07	14,03
8	23	782	16,69	11,01
9	17	578	10,63	11,86

Duyarlılık Analizleri

Modelde sabit olduğu kabul edilen ve işletmeci kuruluş ile çevresel koşulların belirlediği bazı parametre değerlerindeki değişikliklerin, temel çözümü nasıl etkilediği araştırılmıştır. Duyarlılık analizinde kullanılan parametreler arasında, otobüs duraklarındaki talep, otobüs kapasitesi, otobüs güzergahı uzunluğunun sınırlandırılması, kılavuzlu sisteme bir istasyon eklenmesi ve sistemden bir istasyon çıkartılması bulunmaktadır. Herbir parametre değişikliği sonucunda oluşan ağa ilişkin ölçüt değerleri, temel çözümdekiler ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma bilgileri izleyen

Sonuçlar ve Öneriler bölümünde özetlenmiştir. Sunulan model, ulaştırma işletmecisinin kararlarındaki değişikliklere ve işletim çevresindeki değişikliklere mantıklı ve uygun yanıtlar vermiştir.

Sonuçlar ve Öneriler

Çalışma kapsamında bütünlük bir besleyici otobüs ve kılavuzlu sistem (raylı sistem veya metrobüs) ulaştırma ağı tasarım probleminin çeşitli bileşenleri, tasarım elemanları ve aralarındaki ilişkiler ortaya konulmuştur. Sunulan sezgisel yöntem aracılığı ile kullanıcı ve işletmeci maliyetlerinin eniyelenmesi amaçlanarak, otobüs güzergâhları tasarlanmış ve bu güzergâhlardaki izleme süreleri için en uygun değerler araştırılmıştır. Sistem parametreleri ile güzergâh tasarım bileşenleri arasında anlamlı ilişkiler kurulabildiği, böylece yöntemin bir kentiçi bütünlük ulaştırma sisteminde planlama aracı olarak kullanılabilmesi gösterilmiştir.

İstanbul Metrobüs hattının Yenibosna-Zeytinburnu kesimi için bir sayısal uygulama gerçekleştirilmiştir. Planlanan, yapımı süren veya kullanılan raylı sistem ve metrobüs sistemlerinin, besleyici otobüs güzergâhları bağlamında verimliliğinin hangi koşullara bağlı olarak iyileştiği ortaya konulmaya çalışılmıştır. Sunulan sezgisel algoritmanın özellikleri ve elde edilen bazı sonuçlar ve geliştirme önerileri aşağıda özetlenmiştir:

- Besleyici Otobüs Ağı Tasarım Problemi'nin (BOGTP) kavramsal tasarımı bir genişleyen ağaç ağı olarak belirtmiştir. Bu kavramsal gösterim, bütünlük besleyici otobüs-kılavuzlu ulaştırma sistemi ağ yapısı ile fiziksel bir dağıtım sisteminin ağ yapısı arasındaki benzerliklerin ortaya konulmasına olanak vermiştir.
- Önerilen model kullanıldığında, çeşitli maliyet bileşenlerindeki değişikliklerin etkisi ile araç boyutları ve kılavuzlu sistemin ağ yapısındaki değişikliklerin etkisi hesap edilebilmektedir. Bu nedenle, önerilen model, ulaştırma kurumları için kullanışlı bir stratejik planlama aracı olarak kullanılabilir. Çalışma kapsamında sunulan ve otobüs duraklarının güzergâhlar arasında devredilebilmesi esasına dayanan 3. Geliştirme prosedürünün toplam maliyeti %6 oranında azalttığı görülmüştür.
- Otobüs duraklarındaki taleplerin farklı olması güzergâh yapısında büyük değişikliklere neden olmaktadır. Sabit talep durumunda 9 olan güzergâh sayısı değişken talep durumunda -talep değerlerine bağlı olarak- 15'e çıkmıştır.
- Yeni bir istasyonun metrobüs hattına eklenmesi metrobüs ulaştırma sisteminin maliyetinde %11,47'lik artışa neden olurken, otobüs ulaştırma maliyetlerindeki azalma toplam ulaştırma maliyetini %6,96 azaltmıştır.
- Mevcut metrobüs istasyonlarından birinin kapatılması durumunda toplam metrobüs ulaştırma maliyetinde %40'ın üzerinde bir artış gözlenmiştir. Buna karşın otobüs ulaştırma maliyetindeki azalma toplam ulaştırma maliyetini aynı düzeyde tutabilmiştir.
- Temel çözümde 75 olan otobüs kapasitesi %40'lık bir artışla 105 yolcuya yükseltildiğinde, güzergâh sayısı 9'dan 7'ye düşmüştür. Ancak, güzergâh uzunluklarında artış gözlenmiştir.
- Besleyici otobüs-kılavuzlu sistem ağ tasarımının önemli bir tasarım bileşeni olan raylı sistem hizmet sıklığı, BOGTP modellerinde temsil edilmemektedir. Bu değişken daha ileri çalışmalarda sistem tasarımına dahil edilebilir.

- Otobüs durakları arasındaki uzaklıklar için gerçek değerler kullanılması halinde daha gerçekçi sonuçlar elde edilebilir; ancak, bu durumda, bağlantılara ilişkin hız kısıtlamaları, tek yön uygulamaları vd. özellikler dikkate alınmalıdır.
- Sezgisel algoritmada güzergâhların toplam sayısı bir girdiden çok çıktır. Bundan dolayı, tasarımcının, algoritmanın oluşturduğu güzergâhların sayıları üzerinde herhangi bir kontrolü yoktur. Güzergâh sayısı bir kısıt olarak probleme dahil edilebilir.
- Dolambaçlı ve birbiriyle kesişen otobüs güzergâh yapıları ile metrobüs hattını kesen güzergâhlar, çözümün uygulanabilirliğini zorlaştırdığı için ayrıca dikkate alınmalıdır. Algoritmanın bu esaslar dahilinde geliştirilmesi, uygulanabilir sonuçlara ulaşılmasında faydalı olabilir.

Teşekkür Algoritmaların bilgisayar uygulamasını yapan Mustafa Ümit Akçay'a, çalışmanın uygulama bölümünde kullanılan otobüs ve metrobüs durak/hat bilgilerinden yararlanmamıza izin veren İETT İşletmeleri Genel Müdürlüğü'ne teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Geçer, D. (2009) Raylı Sistemleri Besleyici Otobüs Hatlarının Planlanması. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Grava, S. (2002) Urban Transportation Systems. McGraw-Hill Professional, New York.

Kuah, G. K. (1986) The Feeder Bus Route Design Problem. Ph.D. Thesis, University of Maryland.

Metrobüs (BRT) Sistemlerinin Planlama, Tasarım ve İşletim Özellikleri

Gözde Güven ve İsmail Şahin

Yıldız Teknik Üniversitesi Davutpaşa Kampüsü
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ulaştırma Anabilim Dalı
34210 Esenler / İstanbul
Tel: (212) 383 51 80
E-Posta: sahin@yildiz.edu.tr

Öz

Metrobüs (BRT, Bus Rapid Transit) sistemlerinin yurtdışındaki uygulamaları gün geçtikçe yaygınlaşmakta, ülkemizde de uygulanmakta ve yaygınlaştırılması planlanmaktadır. Metrobüs, bir toplu taşıma sisteminin sahip olması gereken bileşenleri, literatürdeki tanımına göre, esnek ve yüksek performanslı bir yapıda bünyesinde toplamaktadır. Bu nitelikler için, sistem ve bileşen özelliklerinin doğru seçilmesi ve bunlar arasındaki ilişkilerin doğru kurulması gerekmektedir. Metrobüs sistemlerinin temel bileşenleri arasında seyir yolları, istasyonlar (duraklar), taşıtlar, ücret toplama, Akıllı Ulaştırma Sistemleri (ITS) ile ilişkiler, hizmet ve işletim planları bulunmaktadır. Bu bileşenlerin Metrobüs sisteminin performansına olan etkileri seyahat süresi, güvenilirlik, sistemin kimliği, güvenlik ve sistem kapasitesi bağlamında ele alınmaktadır. Sistem kapasitesi, metrobüs sisteminin bileşenlerine ve amaçlanan hizmet düzeyine göre farklılık göstermektedir. Sistem kapasitesini arttıracak alternatif işletim planları oluşturmak mümkündür. Metrobüs sistemleri toplu taşıma sisteminin geneline yolcu sayısı ile maliyet verimliliği artışı ve etkin yönetim biçimiyle katkı yaparken; sistemin sosyal faydaları arasında toplu taşımanın desteklenmesi, çevreyle olumlu ilişkileri, arazi kullanımı üzerindeki olumlu etkileri, yatırım maliyeti verimliliği ve işletme verimliliği artışı bulunmaktadır. Çalışmada, Metrobüs sistemi bileşenlerinin özelliklerine kısaca değinilmekte ve İstanbul Metropolitan Alanı'ndaki Avcılar-Söğütlüçeşme Metrobüs hattının tasarım ve işletimine yönelik bazı iyileştirme önerileri sunulmaktadır.

Anahtar sözcükler: Metrobüs, BRT, toplu taşıma, planlama, işletim, kapasite.

Giriş

Dünya genelinde, toplu taşıma kuruluşları, erişim ve hareketliliği arttırmak amacıyla geliştirilmiş toplu taşıma çözümleri üzerine çalışmaktadır. Kentsel yerleşimin yayılması ve çevre yollarında kapasitenin üzerindeki talebin olumsuz çevre etkileri göz önüne alındığında, ulaşımda yeni seçeneklerin aranması gündeme gelmiştir. Bu arayış, mevcut toplu taşıma teknolojilerinin gözden geçirilmesi ile toplu taşıma sistemlerinin verimliliğini (performansını) artırıcı yeni ve yaratıcı yöntemler bulmak için araştırmalar yapılmasına öncülük etmektedir. Bu kapsamda yaygınlaşmaya başlayan Metrobüs (BRT, Bus Rapid Transit) sistemleri, yüksek kalitede ve performansta hizmet

sunarken yüksek maliyet-etkinliğine sahip olabilmektedir. Metrobüs sistemleri dünya çapında birçok ülkede kullanılmaktadır. İşletim esnekliği ile kısa sürede, kısmi ve ekonomik olarak gerçekleştirilebilmesi yaygınlaşma nedenleri arasında sıralanabilir. Bu sistemler tasarım, işletim ve verimlilik açısından çeşitlilik göstermektedir.

Metrobüs sistemleri ulaştırma plancıları ve karar vericiler için çeşitli ulaştırma seçenekleri sunarlar. Seçeneklerin (alternatiflerin) değerlendirilmesi ve devamındaki planlama süreçlerinde ele alınan temel sistem bileşenlerinin, bunlarla ilgili çeşitli özelliklerin ve aralarındaki ilişkilerin bir sistem bütünlüğü içinde ele alınması gerekmektedir. Metrobüs sistemi; hiyerarşik olarak sistem bileşenleri, sistem performansı ve sistem faydaları bakış açılarıyla ele alınabilir (Şekil 1) (Diaz, 2004). Hiyerarşik yapıdaki bu bakış açıları arasında ilişkiler kurulurken, Metrobüs sisteminin bileşenleri sistem performansını belirlemekte, sistemin performans özellikleri ise sistemin faydalarını etkilemektedir.



Şekil 1 Metrobüs (BRT) sistemine hiyerarşik bakış.

İstanbul'da özel otomobil kullanımının azaltılması ve yolcuların toplu taşıma sistemine çekilebilmesi için sistemin kapasite ve hizmet kalitesinin artırılması hedeflenmektedir. Böylece, kent düzeyinde uygun arterlerde yaygınlaştırılmak üzere ayrı bir şeritte hizmet veren, araçları ve işletim sistemi tramvaya benzeyen, lastik tekerlekli, görece yüksek kapasiteli toplu taşıma (Metrobüs) hatlarının yapımı gündeme gelmiştir. Ülkemizde Metrobüs sistemlerinin tanıtılmasına yönelik olarak hazırlanan ilk çalışmalar arasında Acar (2005) vardır. Değerlenen bu çalışmada, büyük kentlerin yüksek yolcu talebi bulunan koridorlarında, yapım maliyeti yüksek ve yapım süresi uzun olan raylı sistemlere bir seçenek olarak, Metrobüs sistemlerinin bir ara çözüm sunabildiği savunulmaktadır. Sunulan şimdiki çalışmanın amacı, Metrobüs hatlarının işletim performansının artırılması ve beklenen faydaların elde edilmesine yönelik olarak, sistem bileşenlerinin özelliklerini incelemekle birlikte İstanbul'da uygulanan ve planlanan diğer hatlar için bazı öneriler sunmaktır.

İstanbul'da ilk tercihli yol uygulamasına 1978 yılında Taksim-Mecidiyeköy arasında başlanmış, kısa bir süre sonra uygulama Zincirlikuyu'ya kadar uzatılmıştır (<http://www.iett.gov.tr/> Erişim tarihi: 29 Mayıs 2009). Taksim-4. Levent metro hattının hizmete girmesiyle, uygulama kademeli olarak kaldırılmıştır. Tercihli yolu, başlangıç ve son durakları ile çizelgeleri farklı olan çok çeşitli otobüs hatları kullanılmaktaydı. Özellikle zirve saatlerde yola giren otobüs sayısının yolun kapasitesinin üzerinde olması ve izleme sürelerindeki düzensizlik, yolun verimli kullanılması önündeki engellerdi; bu nedenle, yol boyunca duraklarda uzun otobüs kuyrukları oluşmaktaydı. Hizmet düzeyindeki tüm olumsuzluğuna rağmen, tercihli yol uygulaması, kent yaşamındaki toplu taşıma öncelikli politikaların önemli bir örneğini oluşturmaktaydı. Kendi yoluna sahip İstanbul'daki Metrobüs sistemi ilk olarak D-100 koridorunda yaklaşık 19 km

uzunluğundaki Avcılar-Topkapı hattında 14 istasyonla Eylül 2007’de hizmet vermeye başlamıştır. Hattın yaklaşık 10 km uzunluğundaki 11 istasyonlu Topkapı (Maltepe)-Zincirlikuyu ayağı O-1 karayolunda Eylül 2008 tarihinde hizmete alınmıştır. Metrobüs hattı Mart 2009’da yapılan 11 km ek ve 7 yeni istasyonla Boğaziçi Köprüsünü geçerek Söğütlüçeşme’ye kadar uzatılmıştır (<http://www.ibb.gov.tr/> ve www.iETT.gov.tr/ Erişim tarihi: 29 Mayıs 2009).

İzleyen bölümde Metrobüs sisteminin ana bileşenlerinin özellikleri üzerinde durulmuş ve Avcılar-Söğütlüçeşme hattının bileşenleri gözden geçirilmiştir. Sonraki bölümde mevcut hattın tasarımı ve işletimine yönelik bazı sorunlar dile getirilmiş ve iyileştirme önerileri sunulmuştur. Bazı değerlendirme ve önerilere son bölümde yer verilmiştir.

Metrobüs Hatlarının Ana Bileşenleri ve Avcılar-Söğütlüçeşme Hattı

Seyir Yolları

Seyir yolu, maliyeti en büyük, hız ve güvenilirliği belirleyen en etkili bileşendir. Hız ve güvenilirlik özellikleri “kimlik ve imaj” üzerinde olumlu etkiler yapabildiğinden, mevcut ve potansiyel yolcuları sisteme çekmesi açısından önemlidir. Metrobüs yolunu kesen ya da tıkanıklığa neden olan taşıtlar gecikmelere veya güvenlikte sorunlara yol açabilirler. Metrobüs seyir yolunun sürekliliğini sağlayabilmek için diğer trafik akımları ile kesişme sorunlarını çözmek şarttır. Seyir yolları, bu yolu kullanmalarına izin verilen diğer toplu taşıma sistemleriyle ve geçiş üstünlüğüne sahip taşıtlarla (örneğin, ambulans, itfaiye vb.) uyumlu olmalıdır. Metrobüs taşıtlarını genel trafikten ayırmak ek yatırım gerektirmekle birlikte, hız ve güvenilirlikte ek faydalar sağlamaktadır. Seyir yolları; ayırım derecesi, seyir yolu işaretlemesi ve yanal kılavuzlama özelliklerine sahiptir. Ayırım derecesi arttıkça tıkanıklık gecikmesi azalır, bekleme riski ortadan kalkar, güvenlik ve hız kazanımları nedeniyle yolcu sayısı artar. Çevresel etkileri olumludur. Yanal kılavuzlama ise maksimum hızda güvenli seyahat olanağı sağlar.

Yaklaşık 40 km uzunluğundaki Avcılar-Söğütlüçeşme Metrobüs Hattı, D-100 ve O-1 karayolunun orta aksında kendi özel yoluna sahiptir. Her yönde birer şeride sahip Metrobüs hattında, yönler arasında ayraç olarak çizgiler kullanılmaktadır. Böylece otobüsler karşı yöndeki şeridi kısmi biçimde kullanarak duran bir taşıtı geçebilmektedirler. Otobüs kapılarının sağ tarafta yer almasından ötürü taşıtlar sol şeritte seyretmektedir. Hattın iki ucundaki Avcılar ve Söğütlüçeşme terminal istasyonlarına ek olarak Topkapı, Edirnekapı ve Zincirlikuyu istasyonları da terminal işlevi görmekte olup, bu istasyonlarda dönüş köprüleri/geçitleri bulunmaktadır. Şekil 2’de Avcılar ve Topkapı terminal istasyonlarındaki dönüş köprüleri görülmektedir.



Şekil 2 Avcılar ve Topkapı terminal istasyonlarında dönüş köprüleri.

İstasyonlar

Metrobüs istasyonları, sistem kullanıcıları ile bölgedeki diğer toplu taşıma sistemleri arasında bağlantı sağlama işlevine sahiptir. İstasyon içinde ve çevresinde, yayalar ile Metrobüs taşıtları arasındaki çatışmanın minimize edilmesine önem verilmelidir. Çevre yerleşmelerdeki yayaların ve tekerlekli sandalye kullananların hizmete erişimini kolaylaştırmak için, Metrobüs istasyonlarının planlama ve tasarımında yakın çevreyle güçlü bir bağlantı kurma hedefi göz önünde bulundurulmalıdır. İstasyonların özellikleri arasında istasyon tipi, platform yüksekliği, platform planı, sollama kabiliyeti, istasyon girişi (erişimi) vardır. Düşük platform yüksekliği; duruş süresi, duruş süresi değişkenliği ve kaza olasılığını azaltır, sistem kapasitesini artırır (Ryus, 2003). Platformun uzunluğu ve seyir yolunun genişliği, gecikmenin büyüklüğünü etkileyen birincil faktörlerdir. Çoklu taşıt yanaşmasına izin veren bir platform planı, istasyon geçiş süresini ve gecikmeleri azaltır. İstasyonda sollama olanağı kapasiteyi artırır. İstasyonlar taşıtların bekleme/duruş yaptığı yerlerin başında geldiğinden, darboğaz gibi davranabilmektedirler.

Avcılar-Söğütlüçeşme hattında toplam 32 istasyon/terminal bulunmaktadır. Seyir yolu genişliği sınırlı olduğundan istasyonlarda sollama şeridi bulunmamaktadır. Platformlar aynı anda 26 metre uzunluğunda iki otobüsün ya da 18 metre uzunluğunda üç otobüsün hizmet vermesini sağlayacak şekilde 60 metre uzunluğundadır. Metrobüs hattı karayolunun orta aksında bulunduğundan, yolcular peronlara alt veya üstgeçitleri kullanarak erişmektedir. Platformlar ve taşıtların döşemeleri aynı düzeyde olduğundan, yolcu iniş-binişleri için gereken süre kısalmakta, sistemin kapasitesi artmaktadır.

Taşıtlar

Taşıtlar; hız, kapasite, çevre ile uyumluluk ve konfor üzerinde doğrudan etkilidir. Taşıtların özellikleri arasında taşıtların konfigürasyonu, estetik görünüm, yolcu sirkülasyonu ve çekim sistemi sayılabilir. Taşıta binış ve inişin seri olması için, taşıtların uzunluğuna oranla daha fazla kapı ve daha az oturma yeri olan düşük döşemeli taşıtlar; emisyonları azaltmak için, kükürt oranı düşük yakıt ile çalışan dizel veya sıkıştırılmış doğal gaz ile çalışan içten yanmalı motorlar; yakıt tasarrufu ile birlikte emisyon kontrolünü sağlamak için, hibrid-elektrikli çekim taşıtları kullanılmaktadır.

Avcılar-Söğütluçeşme Metrobüs hattında halen Mercedes'in CapaCity ve Citaro otobüs modelleri (Şekil 2, alttaki fotoğraf) çalıştırılmaktadır. Bunlara ek olarak, 150 adet Phileas marka otobüs siparişi verilmiş, teslim edilenlerin bir bölümü halen çalışmaktadır. CapaCity ve Phileas modeli otobüslerde, taşıt uzunluğuna oranla daha az oturma yeri sağlanmıştır; bu sayede taşıt içi yolcu sirkülasyonu olanağı artırılmış ve yolcuların taşıta biniş ve inişi için gereken duruş süresi azaltılmıştır. Hat kapasitesini belirleyen en önemli etkenlerden biri istasyonlardaki ortalama duruş süresi olduğundan, bu sürelerinin kısaltılması sistemin kapasitesini artırır. Taşıt kapasiteleri geleneksel otobüslerden daha fazla olduğu ve taşıtlar kendilerine ayrılmış şeritlerde diğer trafikten etkilenmeden sefer yapabildiği için, sistemin hızı ve kapasitesi geleneksel otobüs sistemlerine göre daha yüksek olmaktadır. Her üç otobüs modelinin genel özellikleri, karşılaştırmalı olarak Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1 Metrobüs hattında kullanılan taşıt tiplerinin özellikleri.

Model	Phileas	CapaCity	CITARO
Konfigürasyon	2 körüklü (26m)	Tek körüklü (19m)	Tek körüklü (18m)
Döşeme yüksekliği	Düşük	Düşük	Düşük
Kapı sayısı	4	4	4
Otobüs kapasitesi (oturan sayısı)	52	42	45
Yolcuların ayakta durabileceği alan (m ²)	30	25	20
Otobüs kapasitesi (ayakta sayısı; 4 kişi/m ²)	120	100	80
Toplam yolcu kapasitesi (oturan ve ayakta)	172	142	125
Çekim sistemi (hibrid/içten yanmalı)	4 zamanlı paralel hibrid sistem (dizel ve cer motor)	-	4 zamanlı dizel motor, pld yakıt sistemi
Yakıt	Dizel+elektrik	Dizel	Dizel
Emisyon standardı	Euro IV	Euro III	Euro III
Tekerlekli sandalye biniş ekipmanları	Hem zemin binış	Hem zemin binış	Hem zemin binış
Tekerlekli sandalye güvenlik tipi	Geriye doğru duruş pozisyonu	Geriye doğru duruş pozisyonu	Geriye doğru duruş pozisyonu
Uzunluk (m)	26,04	19,54	17,94
Genişlik (m)	2,54	2,55	2,55
Yükseklik (m)	2,95	3,16	3,08
Boş ağırlık (kg)	21530	18550	16758
Azami yüklü ağırlık (kg)	34600	32000	26278
Minimum dönüş yarıçapı (m)	12,50	22,85	11,41
En yüksek hız (km/sa)	85	80	60
Çalışmaya başladığı tarih	-	Eylül 2007	Eylül 2007
Hatta çalıştırılan otobüs sayısı	-	80	8-10
Hatta çalıştırılması planlanan otobüs sayısı	150	150	-

Ücret Toplama

Metrobüslerde ücret toplama sistemleri kullanılan teknolojiye bağlı olarak elektronik, mekanik veya manuel olabilir. Bu nedenle, verimliliği destekleyecek sistemin seçilmesi (örneğin, çok yüksek talep durumunda çok kanallı binışlere izin verilmesi) önemlidir.

Çeşitli kentiçi ulaştırma sistemlerinin çeşitli işletmeciler aracılığıyla hizmet sunması durumunda, bütünleşik elektronik ücret toplama (EFC) sistemleri kullanılmalıdır. Planlama etkinliklerinin desteklenmesi için ücret toplama sistemlerinden (doğrudan veya dolaylı olarak) elde edilen veriler kullanılabilir. Metrobüs ücret toplama sistemlerinin tasarımında, elde edilebilecek faydaları en üst düzeye çıkarmak için, bölgesel toplu taşıma sisteminin diğer bileşenleri ile bütünleşme olanakları dikkate alınmalıdır. Ücret toplama yöntemi, ücret toplama araçları ve ücret tarifesi, sistemin tasarımında kendi özellikleriyle ele alınır. Ön ödemeli sistemler, taşıtın duruş süresi ve tüm yolculuk süresini kısaltır, güvenilirliği ve kapasiteyi artırır.

Avcılar-Söğütluçeşme Metrobüs sisteminde, genellikle, zirve saatlerde “ön ödeme” ve zirve dışı saatlerde ise “binişte ödeme” yöntemi kullanılmaktadır. Ücret ödeme araçları, depolanmış değer akıllı kartları olan AKBİL, ELBİL ve gişede nakit ödeme ile serbest geçiş kartlarıdır. Günümüzde, otobüslerde ve raylı sistem hatlarında, yolculuk uzunluğuna bağlı olmaksızın sabit ücret alınmaktadır. Metrobüslerin istasyonlardaki duruş sürelerini kısaltmak ve binişleri hızlandırmak amacıyla, bu sistem, diğer toplu taşıma sistemleri ile aynı sabit tarifeyi kullanmaktadır.

Hizmet ve İşletim Planı

Hizmet ve işletim planının tasarımı yolcunun hizmeti algılamasını ve değerlendirmesini etkiler. Metrobüs hizmeti; sık, kolay erişilebilir, kolay anlaşılır, konforlu, güvenilir, işletim olarak etkin ve hepsinden önemlisi hızlı olmalıdır. Hizmet ve işletim planının özellikleri, hat (güzergah) uzunluğu, hat yapısı, hizmet süreleri, hizmet sıklığı, istasyon aralığı, çizelge kontrol yöntemleri bağlamında tanımlanabilir. Sık hizmet bekleme sürelerini ve istasyonlar arası mesafelerin uzun olması yolculuk sürelerini kısaltır.

Avcılar-Söğütluçeşme Metrobüs sisteminde üç otobüs hattı hizmet vermektedir: Avcılar-Zincirlikuyu (hat no 34), Avcılar-Topkapı (34T) ve Söğütluçeşme-Edirnekapı (34A). Metrobüs sisteminin hizmet süresi 24 saattir. Otobüsler normal şartlarda her durakta durmaktadır. Hattın her yönde tek şeride sahip olması nedeniyle istasyonlarda sollama kabiliyeti bulunmamakta, bu nedenle farklı işletim türleri (ekspres hizmetler ve/veya durak-atlamalı sistemler) gerçekleştirilememektedir. Zirve boyunca terminalerde ve bazı ara duraklardaki yüksek talep sebebiyle, ara duraklarda yolculuk talebinin karşılanmasında zorluklar yaşanmaktadır. Zirve yöndeki otobüslerin terminalden gecikmeli hareket etmesi, ara duraklarda yolcu birikmesine, bu da otobüslerin duraklarda daha uzun duruşlarına neden olmaktadır; böylece, otobüsler seyirlerini artan sürelerle gecikmeli olarak sürdürmek zorunda kalmaktadırlar. İşletimdeki (izleme sürelerindeki) bu düzensizlik sistemin kullanılabilir kapasitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Duraklardaki yöne bağlı talep dengesizliğine yanıt vermek üzere, bir terminalden diğerine boş otobüsler yollanmaktadır. Zirve süresince izleme aralığı 30 saniyeye kadar düşmektedir. Zirve dışı periyotlardaki maksimum izleme süresi ise (özellikle gece boyunca) 30 dakikadır.

Avcılar-Söğütluçeşme Metrobüs Hattına İlişkin Değerlendirmeler

Metrobüs hattının planlama ve tasarımına ilişkin çeşitli sorunlar bulunmaktadır. Avcılar-Söğütluçeşme Metrobüs hattı 1. Çevreyolu koridorunda hizmet vermektedir. Bu koridordaki toplu taşıma hizmetleri yolun hizmete açılışından bu yana ağırlıklı olarak

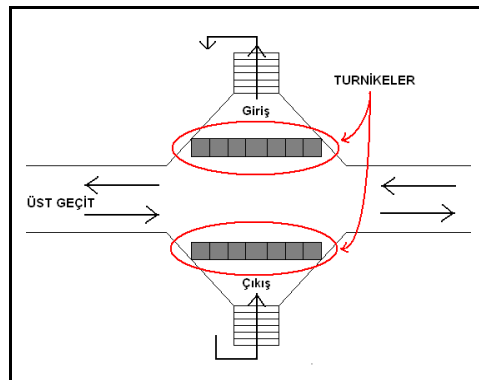
geleneksel otobüslerle yapılmaktadır. Koridorda sabah ve akşam zirve saatlerde uzun yıllardır yaşanan şiddetli trafik tıkanıklığı, geleneksel otobüsle toplu taşıma sistemi kullanıcıları ile diğer sürücülerin şikâyetlerine yol açmaktadır. Bu koridordaki yüksek talep çok uzun bir süredir yüksek kapasiteli bir raylı sistemin (metronun) hizmet vermesini beklemektedir. Ancak, gelinen noktada, kapasitesi normal işletimde en çok 14.000 yolcu/saat-yön olan orta seviye kapasiteli bir toplu taşıma sistemi koridora monte edilmiştir. Açıldığı gün kapasitesinde çalışmaya başlayan sistemin yakın gelecekte oldukça düşük düzeyde hizmet vermesi beklenmelidir.

Hattın tasarımıyla ilgili de çeşitli sorunlar bulunmaktadır. Hattın bulunduğu koridorun anayolunda emniyet şeritlerinin kısmen iptal edilmesi, güvenlik problemlerine ve arıza durumlarında trafik tıkanıklığına neden olmaktadır. Anayol şeritlerinin daraltılması, güvenlik problemlerine ve üç şeritli yolun kapasitesinin düşmesine yol açmaktadır. Turnikelerin geçitler yerine platformların üzerine yerleştirilmesi, durak alanında kayıplara neden olmaktadır. Yeterli büyüklükte otopark ve sosyal donatı alanları, gerekli sayıda aktarma merkezi ve besleme hatları henüz kurulmamıştır. Acil müdahale ve kontrol merkezi bulunmamaktadır. Taşıtların tek şerit üzerinde ve kısa izleme aralıklarıyla işletildiği bu hatta, acil müdahale sisteminin kurulması, hizmetin verimliliği ve imajı açısından büyük önem taşımaktadır. Hastane ve alışveriş merkezlerinin yakınına, dolayısıyla yolcu talebinin yüksek olduğu bazı bölgelere (örneğin Bahçelievler ve Florya) durak konulmamış ve diğer toplu taşıma hizmetlerinin de kaldırılmış olması, bu mahallerdeki talebin yeteri kadar değerlendirilememesine, yolcuların çok sayıda aktarma yapmak zorunda kalmasına neden olmaktadır. Aşağıda hattın bazı tasarım bileşenleri ve işletim özelliklerine ilişkin öneriler sunulmaktadır (Güven, 2008).

Bazı İyileştirme Önerileri

Turnikeler

Peronlara giriş ve çıkışların aynı turnikelerden yapılması, yolcu akışını olumsuz etkilemektedir. Bu durum turnikelerin önünde kuyruklanmalara ve tıkanmalara yol açmaktadır. Yolcu akışkanlığını arttırmak için giriş ve çıkış turnikelerinin birbirinden ayrılması gerekmektedir. Bunun için en uygun yerleşim turnikeleri geçitlerde konumlandırmaktır. Geçit üzerinde uygun sayıda turnike koyulabilecek bir yapı rahatlıkla oluşturulabilir (Şekil 3).



Şekil 3 Öneri üstgeçit ve turnikeler.

Üstgeçitler

Üstgeçitlerin tasarımı hatalıdır, genişlikleri çoğunlukla yaya trafiği hacmi için yetersizdir. Örneğin, Üniversite, Sefaköy, Yenibosna, İncirli, Zeytinburnu ve Cevizlibağ duraklarındaki yaya geçitlerinin kapasiteleri zirve saatlerde yetersiz kalmaktadır. Bu geçitlerin genişlikleri artırılmalıdır. Farklı üstgeçit tasarımları yaya erişim mesafelerini kısaltıp yaya akımlarını rahatlatılabilir. Üstgeçitlerin korunaksız olması, yağışlı havalarda peronlardan giriş çıkışı zorlaştırmaktadır; rüzgar hızı yağışın olumsuz etkilerini daha da arttırabilmektedir. Bu durum yayaların üstgeçit kullanımını konforsuz hale getirmektedir; bu nedenle, üst geçitlerin korunaklı yapılması önem taşımaktadır. Engellilerin erişimi için bazı istasyonlarda eğik rampalar kullanılmıştır, ancak rampalar yerine asansörler tercih edilmelidir. Mevcut durumda tekerlekli sandalyelerin rampalardan geçişi sorunludur, rampa genişlikleri iki tekerlekli sandalyenin yan yana geçebilmesi için uygun değildir. Rampalar durak kapasitesini de olumsuz etkilemekte, kullanılabilir indi bindi alanlarını daraltmaktadır.

Dizi Varışlar

Avcılar-Söğütlice Metrobüs hattında kesitten saatte geçebilecek yolcu sayısı normal işletimde en çok 14.000 yolcu/saat-yön'dür. Çeşitli işletim yöntemleriyle sistemin yolcu kapasitesi önemli ölçüde arttırılabilir. Her yönde tek şeride sahip olan sistem ekspres ve durak atlamalı işletimlere izin vermediğinden, “dizi varışlar” seçeneği üzerinde durulmalıdır. Örneğin,

- 2’li Phileas dizisi (herbir otobüs 172 yolcu kapasiteli) ile 25.000 yolcu/saat-yön,
- 3’lü CapaCity dizisi (herbir otobüs 142 yolcu kapasiteli) ile 30.000 yolcu/saat-yön

kapasite elde edilebilmektedir. Dizideki otobüs sayısı peron uzunluğuyla kısıtlıdır. Phileas marka otobüsün yolcu kapasitesi yüksek de olsa 2’li dizi işletiminde, CapaCity modeli otobüslerin 3’lü dizi işletiminin sunduğu kapasiteye erişememektedir. Phileas marka otobüsten neredeyse dört kat daha ucuz olan CapaCity modeli otobüslerin kullanımıyla yatırım maliyetleri de düşecektir. Özel yola sahip lastik tekerlekli toplu taşıma sisteminde bir kesitten birim zamanda geçen yolcu sayısını (kapasiteyi) arttırmak için dizi varışlar uygulanabilir, ekspres veya durak atlamalı işletim yöntemi kullanılabilir, otobüslerin birbirine kenetlendiği teknolojilerden yararlanılabilir ve yeni şeritler eklenebilir. Bunların arasında en ucuz, en kolay ve en uygulanabilir yöntem dizi varışlardır. Uygulamada, yolcuların, kapıların kapanmasına yakın binişleri zorlamamaları için, kapılarda otomatik sesli uyarı sistemi kurulmalıdır. Bir aracın bir durakta planlanandan uzun beklemesi, bir sonraki durakta yolcu birikmesine ve burada daha uzun süre durmasına neden olacaktır. Duraklarda otobüslerin duracağı yerler işaretlenmelidir. Yaya hareketini düzenlemek için de, yolcuların taşıta binip ineceği yerler çizgilerle belirtilmelidir. Kapılar kapanırken sesli uyarı sistemi ile yolcular uyarılarak, iniş ve binişlerinin düzenlenmesi sağlanmalıdır. Duraklar arası iletişim ve kontrol altyapısı kurulmalı, işletim, diziler arasındaki izleme süresi düzenli olacak şekilde düzenlenmelidir. Duraktan ayrılan ve durağa girmek üzere olan otobüs dizilerini algılamak için, tüm duraklara ve yaklaşım noktalarına loop detektörleri yerleştirilerek, iki dizinin durakta buluşması önlenmelidir. Özel bir sinyalizasyon sistemi kurularak, otobüs dizilerinin birlikte ve eşgüdümlü hareketleri düzenlenebilir.

Kaza ve Arıza Durumları

Avcılar-Söğütlüçeşme Metrobüs hattında her yöne birer şerit tahsis edildiğinden, şerit kapanmalarına karşı çok duyarlıdır. Bu nedenle, acil durum müdahale düzenlemesinin yapılması gerekmektedir. Bunun için;

- Acil durum çekici ve acil durum trafik düzenleyici birimleri uygun noktalarda konuşlandırılmalıdır.
- İki yönlü işletilebilen vinç ve kurtarıcı araçlar sağlanmalıdır.
- Kaza ve arıza senaryoları üretilip, senaryolara uygun müdahale ve trafik düzenlemeleri planlanmalı ve ekipler eğitilmelidir.
- Problem ve aksaklıklara müdahale ve kontrol merkezi kurulmalıdır.

Besleme Hatları ve Transfer Merkezleri

Metrobüs duraklarının konumlarına ve yolcu toplama bölgelerinin yoğunluğuna göre minibüslerle veya otobüslerle yolcu toplama (besleme) hatları düzenlenmelidir. Yolcu hacimlerine bağlı olarak, kullanılması gereken hizmetin türüne karar verilebilir. Özel otomobil kullanıcılarını metrobüs hattına çekmek ve erişmelerini kolaylaştırmak için Metrobüs istasyonlarına park et devam et tesisleri kurulmalıdır. Uygun besleme hatlarının hizmet vermesiyle, özel otomobil kullanımı, böylece istasyonlardaki park et devam et tesisleri gereksinimi ve yatırım maliyetleri azalacaktır.

Hattın Performans Analizleri Üzerine

Avcılar-Söğütlüçeşme Metrobüs hattının performans analizi çeşitli ölçütlerin değerlendirilmesi yoluyla yapılabilir. Bu ölçütlerin belirlenebilmesi için Metrobüs hizmeti sunulmadan önceki ve hizmet sonrasındaki bazı büyüklüklerin bilinmesi gerekmektedir.

Metrobüs ile aynı koridorda işletilen bir başka otobüs hattı arasındaki karşılaştırmadan, yolculuk süresindeki tasarruf belirlenebilir. Zirve dışındaki (serbest) yolculuk süresinin zirve saatlerdeki (maksimum) yolculuk süresine oranı, zirve saatlerdeki hacim artışının uçtan-uca yolculuk süresi üzerindeki etkisini ölçmektedir. Ücret ödeme yöntemi ve otobüs kapı konfigürasyonuna bağlı olarak duruş sürelerindeki tasarrufu hesaplayabilmek için, ilgili kesitteki hatlarda kapılardan biniş ve/veya iniş yapan en büyük yolcu hacmi bilinmelidir. Toplu taşıma öncelikli iyileştirmeler, koridorun çeşitli kullanıcıları arasında bir ödünleşmeyi gerektirmektedir. Yani, bir toplu taşıma önceliği uygulanırken dikkat edilmesi gereken ölçüt, bu uygulama sonucunda yolu kullanan herkes için yolcu gecikmesindeki “net kazanç”tır. Toplu taşıma önceliklerinde, ayrıca, maliyet, hizmet kalitesindeki değişim ve toplu taşıma kullanımını teşvik edici yerel politikalar geliştirilmesi gibi diğer faktörler de dikkate alınmalıdır. Metrobüs hizmeti ile birlikte yolcu gecikmesindeki net kazancı hesaplamak için proje öncesinde ve sonrasında bu kesimi kullanan toplu taşıma araçları ile özel otomobillerin sayıları, doluluğu, hızları ve seyir süreleri bilinmelidir. Bu bilgiler, aynı zamanda, çevresel etkilerdeki değişimin tahmin edilebilmesi için de gereklidir. Hizmet planlarının hazırlanabilmesi ve darboğaz/kapasite analizlerinin yapılabilmesi için, istasyonlar arası zamana bağlı başlangıç-son yolcu hacimleri ve yöne (ve zamana) bağlı istasyonlardaki iniş-biniş hacimleri bilinmelidir. Bu çalışmaların gerçekleştirilebilmesi için, sahada düzenli olarak ölçülen gözlem verileri (proje öncesi ve sonrası) ve/veya uygun yerlerde konumlandırılmış detektörlerden alınan veriler kullanılabilir.

Sonuçlar ve Öneriler

İstanbul'da 2007-2009 döneminde üç aşamada hizmete sunulan yaklaşık 40 km uzunluğundaki Avcılar-Söğütlüçeşme Metrobüs hattı neredeyse kapasitesinde çalışmaktadır. Metrobüs hatları, genellikle, yolcu talebi artış potansiyeli bulunan koridorlar için geçici olarak planlanır ve uygulanırlar. Koridorda yolculuk talebinin artış hızına bağlı olarak, uzun vadede daha yüksek kapasiteli raylı sistem işletimi planlanır. Metrobüs sistemi kapasitesine eriştiğinde de raylı sistemin yapımına başlanır. Bu planlama yaklaşımına göre, bugün Metrobüs otobüslerinin zirve saatlerdeki doluluk oranı dikkate alındığında, Avcılar-Söğütlüçeşme hattında Metrobüs yerine bir raylı sistemin (hatta metro sisteminin) hizmet vermesi gerekmektedir. Mevcut hattın daha çok sayıda yolcuya hizmet verebilmesi için tasarım ve işletim özelliklerinin iyileştirilmesi gerekmektedir. Geçitler ve peronlardaki fiziksel darboğazlar saptanıp düzeltici iyileştirmeler yapılmalıdır. Hizmet planları, otobüslerin dizi ya da konvoy varışlarına izin verecek şekilde düzenlenmeli ve bu planların uygulanabilmesi için sürücüler ve yolcular eğitilmeli, gerekli teknolojik yatırımlar yapılmalıdır. Hizmete konulan Metrobüs hattının sonuçları tam olarak bilinmemektedir. Hattın D-100 ve O-1 koridorunda toplu taşıma ve özel otomobil trafiğini hangi yönde etkilediği, özellikle, toplu taşıma hizmetleri kullanımının artıp artmadığı, özel otomobil kullanımının azalıp azalmadığı, koridordaki trafik koşullarının hangi yönde değiştiği tam olarak bilinmemektedir. Koridora ilişkin bu tür analizlerin yapılabilmesi için, Metrobüs hizmetinden önceki ve sonraki kapsamlı ve detaylı ulaştırma ve trafik bilgilerine gereksinim vardır. Sayısal sonuçların kısıtlı ölçüde bulunması, yatırımın yerindeliği konusunu tartışmalı hale getirmektedir. Bugün şikâyet konusu olan geçmişteki ulaştırma politikası ve planlaması kararları ile toplu taşımanın ihmal edilmişliği, günümüzde de tekrar edilmekte ve yapılan toplu taşıma yatırımlarının doğruluğu birçok soru işaretini içinde barındırmaktadır.

Kaynaklar

Acar, İ. H. (2005) Kentlerimiz İçin "Metrobüs" Çözümleri. 6. Ulaştırma Kongresi, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, Bildiriler Kitabı, s. 89-98, ISBN: 97505-3-8, 23-25 Mayıs, İstanbul.

Diaz, R. B. (Editor) (2004) Characteristics of Bus Rapid Transit for Decision-Making. Federal Transit Administration, Project No: FTA-VA-26-7222-2004.1, ABD.

Güven, G. (2008) Metrobüs Sistemlerinin Planlama, Tasarım ve İşletim Özellikleri. Yüksel Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Ryus, P. (2003) Transit Capacity and Quality of Service Manuel. 2nd Edition, Kiettelson & Associates, Inc. assisted by KFH Group, Inc., Parsons Brinckerhoff Quade & Douglas, Inc. and Dr. Katherine Hunter-Zaworski, Transportation Research Board, Washington DC.

Akıllı Kart (Akbi) Verileri Kullanılarak Raylı Sistemler İçin Başlangıç-Son Yolculuk Matrisinin Tahmin Edilmesi

İnş.Yük.Müh. Boğaçhan M. Akalın

Öğretmenler cad. No:35 D:8 34315 Avcılar/İstanbul

Tel: (532) 591 57 46

E-Posta: bogachana@gmail.com

İnş.Yük.Müh. Yavuz Delice

Nispetiye Cad. No:113 Şafak Apt. D:8 Rumelihisarüstü/İstanbul

Tel: (532) 220 99 15

E-Posta: ydelice@gmail.com

Öz

Bu çalışmanın amacı, toplu taşıma hatlarında otomatik ücretlendirme sistemlerinin kullanılması ile elde edilen verilerin işlenerek; baz alınan bir raylı sistem hattı için, işletme yönetimine katkı sağlayabilecek yolculuk verilerinin elde edilmesidir. Bu amaçla İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin iştirak şirketlerinden İstanbul Ulaşım A.Ş.'nin işletmesini yürüttüğü Aksaray–Havaalanı (M1) hattı üzerinde analizler yapılmıştır. Söz konusu raylı sistem hattında yolculular jeton veya AKBİL ile ücretlendirilmektedir. AKBİL numaralarının takibi ve yorumlanması ile, duraklar arasında başlangıç–son matrisleri istenen zaman aralıkları için oluşturulmaktadır. Yolculukların ağırlıklandırılması, jeton+AKBİL verilerinin her durakta, her 15 dakikalık zaman dilimi için toplam biniş sayılarının kullanılmasıyla yapılmaktadır. Bu sayede oluşan örneklemin gerçek dağılıma denkliği her durak ve her 15 dakikalık zaman aralığı için sağlanmaktadır. Analiz günü belirlenirken 2008 yılı için günlük AKBİL sayıları incelenerek en büyük yolculuk sayılarının olduğu gün seçilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen örneklem gerçek yolculuk sayılarının yaklaşık %30'dur. Bu çok büyük bir örneklem oranıdır. Hiçbir anketten bu kadar kesin ve bu kadar yüksek örneklem oranlı verinin elde edilemediği düşünülürse oluşturulan verinin önemi daha iyi anlaşılabilir. Elde edilen veri hat üzerindeki yetersiz veya aşırı yoğun kesitleri göstermekte ve daha iyi işletme planlarının hazırlanması için altlık oluşturmaktadır.

Anahtar sözcükler: OD matrisi, raylı sistemler, veri madenciliği, akıllı kart, AKBİL, toplu taşıma.

Giriş

Dünyada elektronik biletli sistemlerin gelişmesiyle birlikte, birçok insan yaptıkları yolculuklar sırasında kullandıkları hatlar üzerinde kendileriyle ilgili izler bırakmaya başlamıştır. Toplu taşıma şirketlerinin bu tür akıllı kart sistemlerine geçişi ile turnikelerden geçiş hızı artmış, hatlar arası bilet entegrasyonu sağlanmış, çok çeşitli ücretlendirme politikaları ve operatör firmalar arası gelir paylaşımı politikaları

geliştirilmiştir. Akıllı kartlar dışında jeton ve benzeri biletler için de kullanımlar turnikelerde sayısal veriye dönüştürülmekte ve böylece farklı ödeme biçimleri bir veri tabanında birleştirilmektedir. Toplu taşıma sistemleri üzerinde bir hattın durakları arasında başlangıç-son (Origin-Destination, OD) matrislerinin oluşturulması fikri, akıllı kartların kullanılmasıyla birçok kişi tarafından çalışma konusu olmuştur.

Bu çalışma, İstanbul ölçeğinde raylı sistemlere uygulanmıştır. Akıllı kart sisteminin İstanbul için kullanılan ismi AKBİL'dir ve bu çalışmada da bu isimle anılmaktadır. Havaalanı-Aksaray arasındaki yolcuların bu hat üzerinde oluşturdukları akımlar ve diğer bazı yolculuk özellikleri incelenmiştir.

Bu konu daha önce Rahbee ve Czerwinski (2002) çalışmasında ele alınmış ve yalnız biniş bilgisinden hat üzerindeki akımların tahminine gidilmiştir. Buneman (1984), Transcad (2000), Wile (2003), TransInfo (2004), Gordillo (2006), Cui (2006), O'Mahony (2007), Farzin (2007), farklı açılardan bu konuyu ele alarak sistem performansını arttırmak üzere çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışmalarda ana fikirlerin birbirine yakın olmasına karşın; özellikle ağırlıklandırma biçimlerinde farklılıklar bulunmaktadır. Bu çalışmada hassasiyet, durak ve zaman bazında ele alınmıştır. Ağırlıklandırılmış veri üzerindeki her 15 dakikalık zaman dilimlerine ait yolculukların duraklar üzerindeki toplamları ile gerçek verideki 15 dakikalık zaman dilimlerine ait yolculukların duraklar üzerindeki toplamları birbirine eşitlenmiştir. Bu derece hassas bir ağırlıklandırma verinin gerçekçiliğini arttırmaktadır. Diğer çalışmalarda bu derece hassasiyet bulunmamaktadır.

Hat Bazlı Durak OD Matrislerinin Oluşturulması

İstasyonlu toplu taşıma sistemleri üzerinde OD matrisi oluşturulmasına ilişkin çalışmalar, akıllı kartların (smart card) kullanılmaya başlamasıyla artış göstermiştir. Akıllı kartların üzerinde tekil bir kart numarası bulunması, onların kullanıldıkları yerlerde bu tekil numarayı bırakmaları, bu kartlarla yapılan yolculukların takip edilebilmesini sağlamıştır. Aşağıda irdelenen bilgi ve varsayımlar bu çalışmayı yapılabilir kılmaktadır:

- Bir akıllı kart bir kişiyi belirtir. Çok nadiren değiştirilmektedir. Yolcu bu kimliği üzerinden takip edilmektedir.
- Akıllı kartın kullanıldığı bir sonraki biniş yeri, bir önceki yolculuğunun iniş yeridir.
- Geri dönüşsüz yolculuklar, biletli veya jetonlu binişler takip edilemezler fakat durak ve zaman dilimine ait ağırlıklandırılmada kullanılırlar.
- Hattı kullanan yolcuların tamamına ait yolculuklar bulunamaz. Bunun sebebi, jeton ve geri dönüşü olmayan (akıllı kartın günde bir kere kullanılması durumundaki) yolculuklardır. Örnekleme oranının yüksek olması, AKBİL kullanım oranı ve geri dönüşlü yolculuk oranının yüksekliğine bağlı olarak değişmektedir.

Başlangıç-Son (O-D) Matrisi

Başlangıç – Son matrisleri, belirlenmiş zonlar arasında, ilgili zaman diliminde yapılan yolculuk adetlerini içeren matrislerdir. Matrisin satırları yolculuk başlangıç yerlerini,

sütunları da yolculuğun bittiği noktaları gösterir. Matrisin diyagonalı zonların kendi iç yolculuklarına tekabül eder ki, genellikle atamaya katılmayacakları için sıfır alınırlar.

Akıllı Kart Data Yapısı

Akıllı kartlar kullanıldıkları her noktada iz bırakırlar. Bu iz, kart numarası, kartın kullanıldığı tarih ve saat, aktarma bilgisi, indirim bilgisi (ücretlendirme), harcanan ve kalan kontör bilgilerini içermektedir. (Tablo 1.)

Tablo 1. Akıllı kart veri yapısı

Tip	Tarih	SeriNo	Operetör	Hat	Arac	UcretTipi	Harcama	Yükleme	Harcanan Kontör	Kalan Kontör	Aktarma	Aktarma Sayacı	Abonman
K	2008-04-05 00:00:00.000	803A234E	1	BKK-BKK	BAKIRKOY	0	15	41	125	609	0	0	
K	2008-04-05 00:00:03.000	8018855D	1	ATK-ATK	ATAKOY	0	22	61	125	15	0	0	
K	2008-04-05 00:00:04.000	006F1ABB	1	AK2-YEN	AKSARAY-YEN	8	5	0	20	340	2	1	
J	2008-04-05 00:00:09.000		1	OGA-AKS	OTOGAR-AKS								
J	2008-04-05 00:00:11.000		1	AK2-YEN	AKSARAY-YEN								
J	2008-04-05 00:00:20.000		1	THY-THY	HAVAALANI								
A	2008-04-05 00:01:15.000	8015D51A	1	AK2-YEN	AKSARAY-YEN	8							200
A	2008-04-05 00:01:30.000	80452D01	1	EMT-EMT	EMNIYET	8							167

Bu tablodaki veri yapısı ve anlamı şöyledir. “Tip”, kontrollü (K), abonman (A) veya jetonlu (J) binişleri ayırt etmekte kullanılır. “SeriNo” alanı, kontrollü veya abonman verisi için kullanılan akıllı kart numarasının hegzadesimal (16 tabanlı) biçimdeki yazılmış halidir. “Operatör” alanı, AKBİL datasının farklı firmaların kontrolündeki hatlarından farklı biçimde gelir. Burada 1 nolu operatör Ulaşım A.Ş.’dir. “Hat” sütunu, otobüslerde hat kodunu; demiryolu ve denizyolu gibi istasyonlu (sabit lokasyonlu) işletmelerde ise kullanılan turnikeden gidilecek durak yönünü vermektedir. Demiryolu istasyonlarının çoğunda iki yön de olasılık dahilinde olduğundan, yön belirtmeyen durak kısaltma kodunun iki kere tekrarını içermektedir. “Araç” sütunu, otobüsler için araç kapı numarası, istasyonlu sistemler için ise istasyon adıdır. “Ücret tipi” sütunu, tam (0) veya indirimli (8) olarak iki çeşit ücret tipini içerir. Ücret tipi alanındaki boşluklar da jeton tipinde olduğu üzere tam ücret tipini belirtmektedir. “Harcama sayacı”, “yükleme sayacı” sütunları kontrollü kullanımdaki kart ile yapılan yükleme-harcama işlemlerinin adetlerini saymakta kullanılmaktadır. “Harcanan kontör” sütunu, son iki hanesi kuruş olacak şekilde harcanan paranın TL cinsinden değerini vermektedir. “Kalan kontör” de aynı biçimde kart üzerinde harcama sonrasında kalan paranın değerini verir. “Aktarma” ve “AktarmaSıraNo”, kontrollü kartın kaç defa aktarmada kullanıldığını belirlemektedir. “AbonmanKalanLimit” sütunu da abonman kullanıcısının kalan kullanım sayısını vermektedir.

Örneklem Yolculuk Verisinin Oluşturulması

Başlangıçta elimizdeki veriyi “ham veri” olarak adlandıırırsak, bu “ham veri” sadece yolcuların biniş verisini, yani yolculuk başlangıç noktalarını içermektedir. O-D matrisinin oluşturulabilmesi için yolculukların bitiş noktalarının da bu satırlara eklenmesi gerekmektedir. Ana varsayım, “bir sonraki akıllı kartın kullanıldığı yer, bir önceki yolculuk için bitiş noktasını oluşturur” şeklindedir. Ya da diğer bir ifadeyle “bir yolculuğun son durağı bir sonraki yolculuğun başladığı yerdir”. Buradan yola çıkarak bir dizi işlem yapılmaktadır. Sonuçta ham verideki elverişli olmayan satırlar elenerek işlemde geçirilir ve örneklem verisi oluşturulur. (Tablo 2.) Aşağıdaki formül eleme işleminde kullanılmaktadır:

$$\mu(\Delta t) = \begin{cases} 1, & \Delta t = 0 \\ \text{sgn}(\lfloor \Delta t / t_{\min} \rfloor), & \Delta t \geq 0 \end{cases}$$

Satırlar değerlendirilirken, '0' değerini alan satırlar ham veriden elenerek örneklem verisi oluşturulur.

Tablo 2. Örneklem yolculuk matrisi

Tip	Tarih	Zaman	Saat	15dklik	SeriNo	Operator	Hat	Arac	Sıra	Fark	BaşDurak	SonDurak	Agr_DrkZmn
A	17.10.2008	11:08:28	11	11:00	00343834	1	DAV-DAV	DAVUTPASA	57	0	DAVUTPASA	OTOGAR	1.205128205
A	17.10.2008	11:42:48	11	11:30	00343834	1	OGA-AKS	OTOGAR-AKS	58	2060	OTOGAR	BAKIRKOY	6.263157895
A	17.10.2008	16:22:30	16	16:15	00343834	1	BKK-BKK	BAKIRKOY	59	16782	BAKIRKOY	DAVUTPASA	1.783783784
K	17.10.2008	08:27:03	8	08:15	00343B8B	1	KRP-KRP	KARTALTEPE	66	0	KARTALTEPE	EMNIYET	1.516129032
K	17.10.2008	19:00:08	19	19:00	00343B8B	1	EMT-EMT	EMNIYET	67	37985	EMNIYET	KARTALTEPE	1.820224719
K	17.10.2008	06:12:42	6	06:00	00345C79	1	ESE-ESE	ESENLER	96	0	ESENLER	YENIBOSNA	1.925925926
K	17.10.2008	20:43:38	20	20:30	00345C79	1	YBS-YBS	YENIBOSNA	97	52256	YENIBOSNA	ESENLER	1.871794872

Tip: Kullanılan akbil tipi (A: Abonman, K:Kontürlü, J:Jeton)
Tarih: Akbilin kullanıldığı tarih
Zaman: Akbilin kullanılma anı
Saat: Akbilin kullanılma saati
15dklık: 15 dakikalık saat dilimleri (11:00 = 11:00-11:15 aralığı, 16:15 = 16:15 – 16:30)
SeriNo: Kullanılan Akbil'e ait kimlik numarası
Operator: İşletmeci kodu (1: LRT, 2:İETT, ...)
Hat: Otobüs işletmeleri için Hat nosudur. 1 nolu LRT işletmesi için istasyon kodu.
Araç: Otobüs işletmeleri için araç kapı nosudur. 1 nolu LRT işletmesi için istasyon adı.
Fark: Aynı akbil numarasının ardıl kullanımları arasında geçen süre(sn).
BaşDurak: Yolculuğun başlangıç durağı.
SonDurak: Yolculuğun bitiş durağı.
Agr_DrkZmn: (Ağırlık_DurakZaman) Yolculuğun temsil ettiği yolculuk adedi. Duraklar ve 15dk.'lık zaman aralıkları baz alınarak ağırlıklandırılmıştır.

Gerekli Veri Alanlarının Oluşturulması

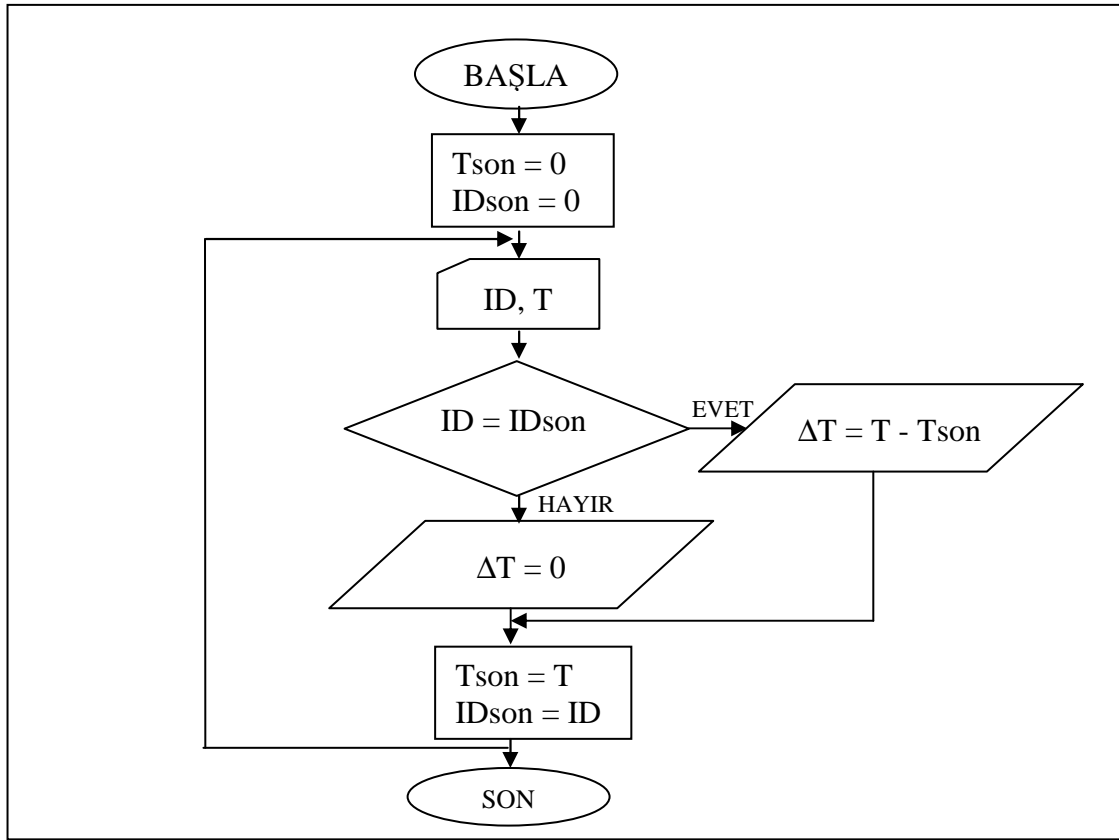
Veri yapısını O-D oluşturulmasına uygun hale getirebilmek için, veri tabanına çeşitli alanlar eklemek gerekmektedir. Bu alanlar, istenen veri sırasının oluşturulması ve hızlı erişim için "sıra" adında bir sıralama alanı (birincil anahtar alandır), iki farklı basım arasındaki zaman farklarının tutulacağı "fark" alanı (sn), başlangıç yerinin adının tutulduğu "başlangıç" alanı, varılan yerin adının tutulduğu "son" alanı ve yapılan ağırlıklandırma sonucunda elde edilen yolculuğun yeri ve zamanı itibariyle kaç yolculuğa eşdeğer olduğunun gösterildiği "ağırlık" alanı eklenen gerekli alanlardır.

Verilerin Sıralanması

Veri sırasının, verinin işlenebilmesi ve üzerinde işlem yapılabilmesi için büyük önemi vardır. Bir kartla yapılan tüm yolculukların birlikte görülmesi ve zamana göre sıralanması gereklidir. Bu sayede kartın kullanılışı üzerinde kodlar çalıştırılıp inceleme başlatılabilir. Daha önce oluşturulmuş olan "sıra" adındaki sıralama alanı bu iş için kullanılmaktadır. Bu alanın birincil anahtar olarak kullanılması için değerleri tekil olmalıdır. Sıralama için iki ölçüt kullanılır: Veri, sırasıyla "serino" alanı (kart numarasını içeren alan) ve aynı kart numaraları için "tarih" alanına (zamana) göre sıralanmaktadır. Bu şekilde önce kart numarasına, sonra da zamana göre sıralanmış veri yapısı elde edilmektedir.

Ardıl Binişler Arasında Geçen Sürenin Bulunması

Sıra alanının, aynı numaraya sahip kartlar arasındaki sıralamayı göstermesi, bu verinin üzerinde sıra alanındaki sıraya göre inceleme yapan bir fonksiyonun süreler arasındaki farkı bularak yazmasını kolaylaştırmaktadır. Bu işlem yapılırken, sıra ile incelenen satırlarda dolaşan bir fonksiyon her kart numarası değişiminde sıfırlanmakta ve her iki ardıl basım zamanları arasındaki farkı inceleyip, fark alanına saniye cinsinden yazmaktadır. Bu sayede, veri içerisindeki aynı yerde başkası için yapılan basışlar tespit edilip veri tabanından elenmektedir. Bu fark sürelerini bulmak için kullanılan algoritma Şekil 1’de gösterilmektedir. Burada “ID” akıllı kartın kimlik nosu, “T” akıllı kartın kullanıldığı zamanı göstermektedir. Algoritma kimlik no (ID) ve zamana (T) göre sıralanmış veri üzerinde çalıştırılmaktadır.



Şekil 1 Fark süreleri (ΔT) bulmak için algoritma

Yolculukların İniş Duraklarının Bulunması

İniş duraklarının bulunabilmesi için, mevcut sıra alanındaki sıralama ters yönde dolaşmaktadır. Bu dolaşım sonucunda veri, aynı kişinin en son bindiği durağın, bir önceki veri satırına inilen durak olarak “son” alanına yazılması şeklinde oluşur. Bu şekilde geriye hareket edilerek bir sonraki binilen noktalar, öncekilere inilen duraklar olarak yazılmaktadır. Bu işlem sonucunda ise, aynı kart numarasına ait günün son yolculuğu için inilen durak ismi henüz doldurulmamıştır. Bu işlem iki şekilde yapılabilir: Eğer tek günlük hat verisi var ise, son yolculuğun bittiği yer, aynı gün ilk yolculuğun başladığı yer olarak kabul edilmektedir. Diğer yandan, bir sonraki güne ait veriye ulaşabiliyorsak; sonraki gün için, aynı kart numarasıyla yapılan ilk yolculuk, önceki gün tespit edilen son yolculuğun bittiği yer olarak kabul edilmektedir.

Geçersiz Verilerin Temizlenmesi

Temizlenmesi gereken veriler yapılan çeşitli işlemlerden sonra tekrar ortaya çıkmaktadır. Veri temizliği, her adımda daha da netleşen ve anlamsızlaşan kullanışsız veri satırlarının temizlenmesi şeklinde yapılır. İlk temizlenen veri satırları jeton verisine ait satırlardır. Jeton verisi, bir kart tarafından oluşturulan ve değişmeyen bir numara takibi sağlamadığı için bu veri tipi kullanılarak yolculuğun bitiş yerini bulmak imkansızdır. Bu sebeple bu satırlar veri tabanından silinmektedir. Daha sonra veri sıralanıp, zaman farkları oluşturulduğunda arka arkaya aynı istasyondaki basışlar tespit edilir ki; bu da başkası yerine kullanım anlamına gelmektedir. Bu veri satırlarından yalnızca ilki bizim için bir anlam ifade etmektedir. Diğer satırlar takipsiz verilerdir ve bu sebeple silinmektedirler. Bunların dışında inilen durağın tespiti sonrasında oluşan inilen ve binilen durakların aynı olması durumunda; veya inilen bir durağın hiç tespit edilemediği yolculuk satırları da tespit edilememiş yolculuklar olarak veri tabanından silinmektedir.

Yolculuk Verisinin Ağırlıklandırılması

Bu konuda çok farklı uygulamalar ve yaklaşımlar mevcuttur. Ağırlıklandırmada, günün toplam yolculuk adedi ile örneklem adedi birbirine oranlanarak “Günlük Ağırlık Oranı” bulunabilir. Bu şekilde bulunacak sayı, durak ve zaman bazında doğru sonuç vermeyecek; tüm veriyi örneklem oranında eşit dağıtacaktır.

$$\text{Günlük Ağırlık} = \frac{\sum_{\text{tüm gün}} n_h(t)}{\sum_{\text{tüm gün}} n_o(t)}$$

$n(t)$: (ö)rnekleme ya da (h)am veride t anında yapılan bitiş adedi.

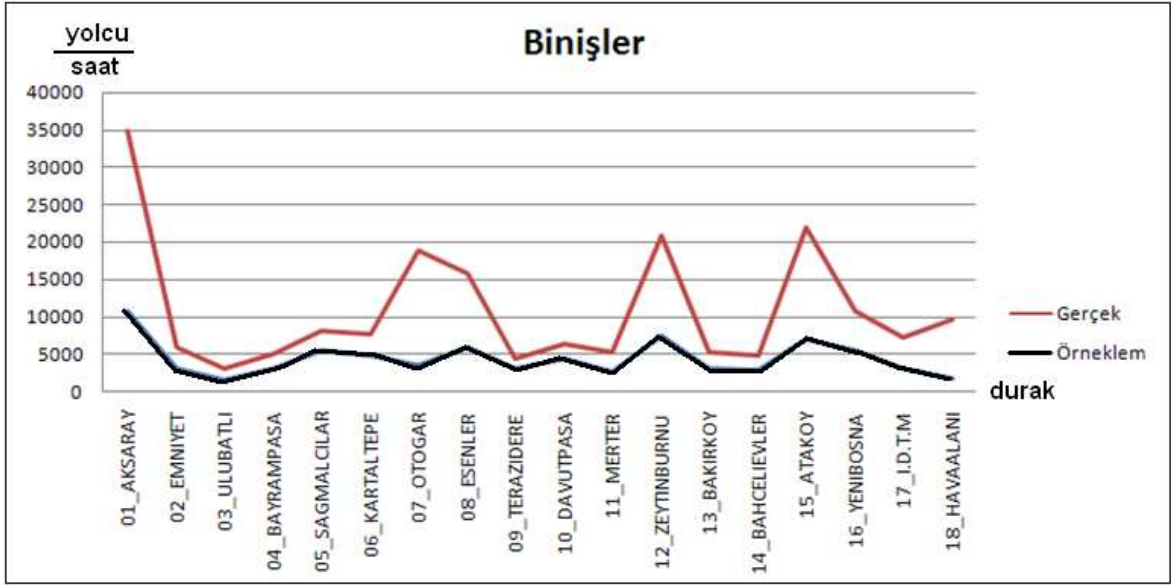
Ağırlıklandırmanın geliştirilmiş bir başka şekli, durak bazlı yolculukların toplam sayılarının, o durak üzerinde bulunan örneklemelere oranının uygulanması şeklindedir ki; her yolculuk iki uçludur ve bazı durakların veri kayıpları diğerlerine göre daha fazla olabilmektedir. Günlük ortalama ile ağırlıklandırılmış verinin saat bazlı yolculuk toplamları ile, ham verinin saat bazlı toplamları tutarlı olmamaktadır. Diğer ağırlıklandırma biçimi de durak bazlı ağırlıklandırmadır. Fakat bu sefer de zaman dilimleri üzerindeki dağılımlar düzgün olmayacaktır. Bu çalışmada ağırlıklandırma işlemi durak ve 15 dakikalık zaman dilimleri baz alınarak yapılmıştır. Bu sayede her durakta ve her zaman diliminde gerçekleşen yolculuk toplamları ile ağırlıklandırılmış örneklem verisindeki yolculuk dağılımları birbiriyle, durak ve 15 dakikalık zaman aralıkları hassaslığında eşleşmektedir (Şekil 2).

Ağırlıklandırmada şu formül kullanılmaktadır:

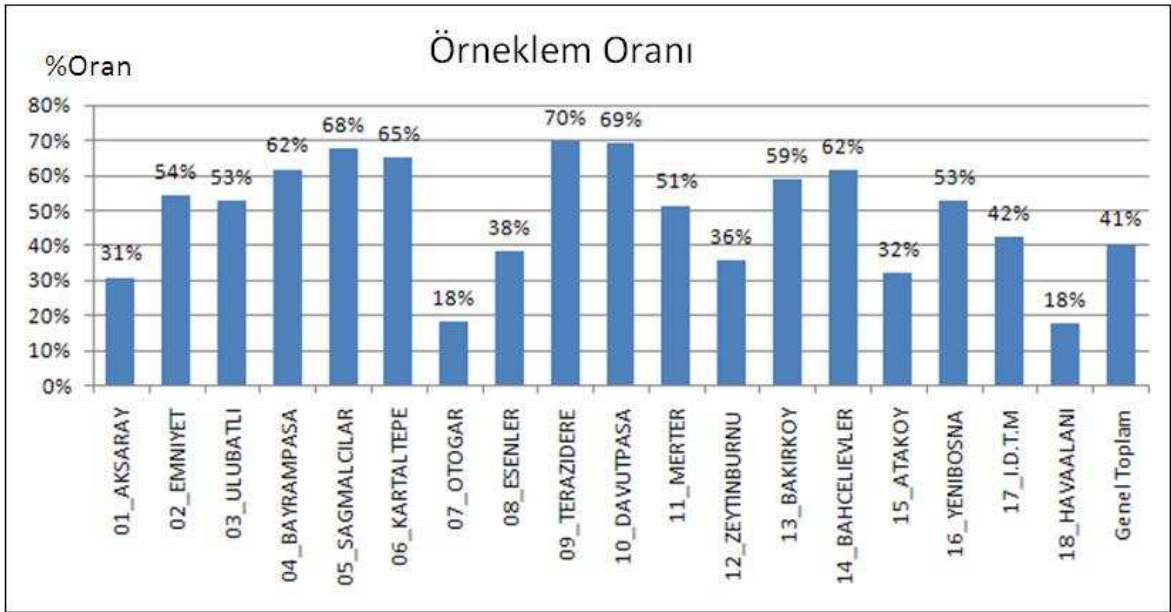
$$\text{Ağırlık}(t_0, \Delta t, j_{\text{durak}}) = \frac{\sum_{t=t_0}^{t=t_0+\Delta t} n_h(t, j_{\text{durak}})}{\sum_{t=t_0}^{t=t_0+\Delta t} n_o(t, j_{\text{durak}})}$$

$n(j_{\text{durak}}, t)$ = t anında j durağında yapılan bitiş adedi.

Δt : zaman dilimi (ör. 15dk)



Şekil 2. Gerçekleşen binişler ve hedefleri bulunabilen binişlerin duraklara göre dağılımı

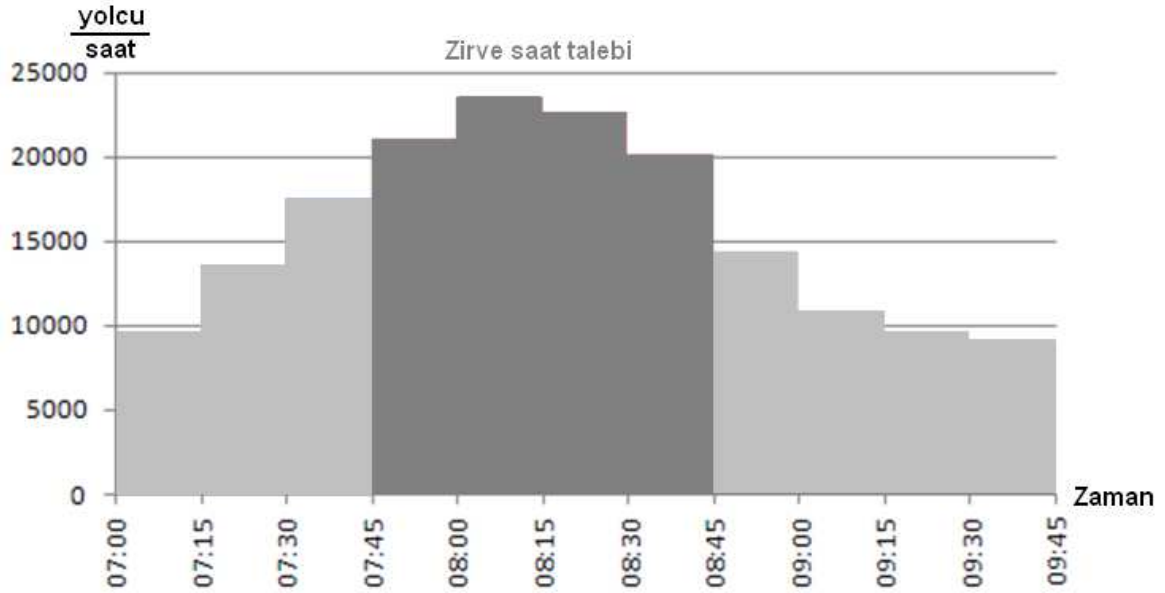


Şekil 3. Duraklardaki örneklem oranı

Otogar ve havaalanı durakları için akıllı kart kullanım oranının %18'ler mertebesinde oluşu buralardan gelen yolcuların akbil kullanım farklılığını göstermektedir (Şekil 3). Durakların genel ortalaması %41, Havaalanı ve Otogar Durakları hariç ortalama %53'tür. Bu duraklarda genel ortalamaya göre %35 daha az akıllı kart kullanımı söz konusudur. Eğer İstanbul dışında ikamet edenlerin buna sebep olduğunu varsayarsak, bu duraklardan gelenlerin %65'i İstanbul dışında ikamet etmektedir denebilir. Veya İstanbul'da ikamet edenlerin şehir dışına olan yolculuklarda akbil kullanım oranları oldukça düşmektedir. Ya da akbil kullananların şehir dışı seyahatleri oldukça azdır.

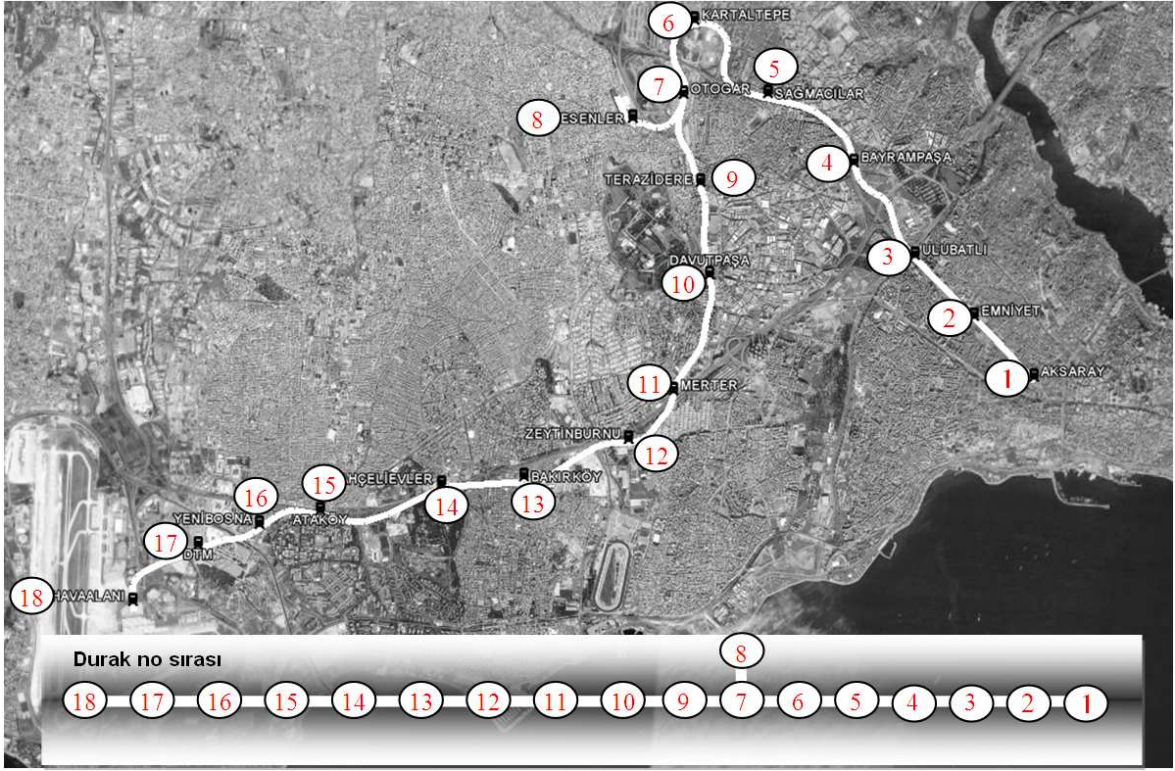
Yolculuk Matrisinden O-D Matrisine Geçiş

Elde edilen yolculukları gösteren veri tabanı, duraklardan duraklara O-D matrisi oluşturmak için kullanılmaktadır. Bunun için bir zaman aralığı belirlenir. Sabah saatleri için bu aralık, 07:45-08:45 aralığı olarak belirlenmiştir. Bu seçimin ne şekilde yapıldığı Şekil 3'de gösterilmektedir. En yoğun zaman aralığına ait talepler koyu olarak işaretlenmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Havaalanı-Aksaray hafif raylı sistem hattı üzerinde sabah taleplerinin 15 dakikalık dağılımı

Sabah zirve saati tespit edildikten sonra, zirve saate ait O-D matrisi bulunmuştur. Bunun için ağırlıklandırılmış yolculuk bilgisi kullanılmış ve yolculuklar O-D durak ikilileri üzerinde toplanmıştır. Hattın 18 durağı vardır. Bu duraklardan 8 nolu Esenler durağı, Otogar durağından aktarmalı işletilmektedir. Havaalanı-Aksaray Hattı ve şeması aşağıdaki gibidir.



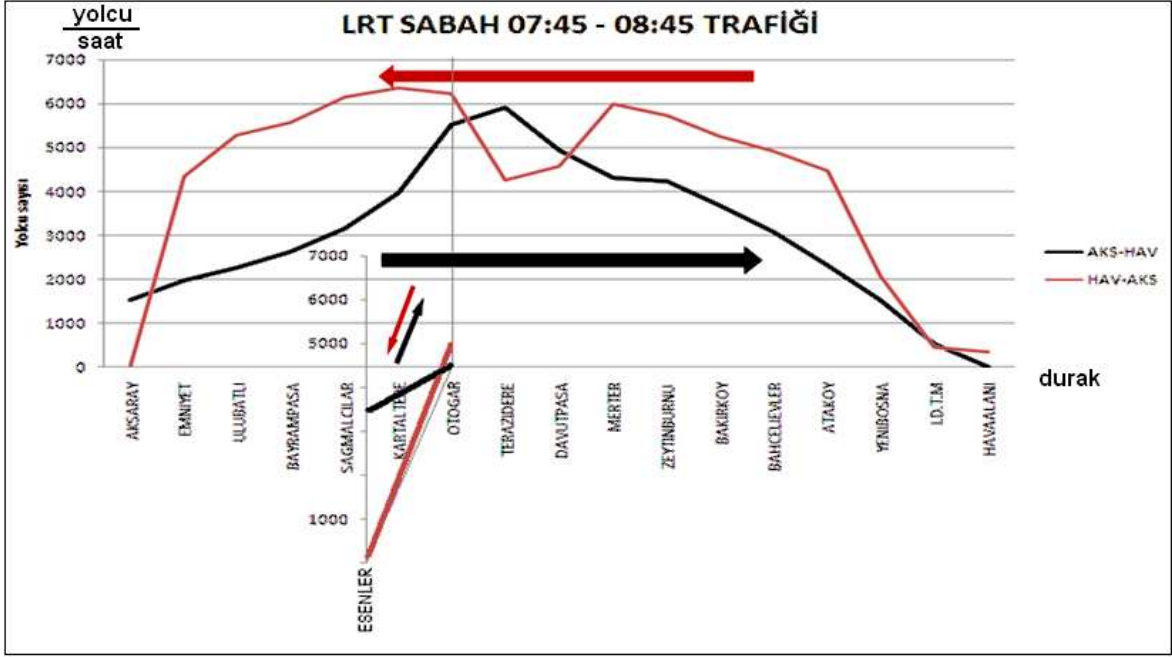
Şekil 5 Havaalanı-Aksaray Hafif Raylı Sistem Hattı ve Şeması

Hattın, sabah en yoğun zaman aralığı olan 07:45-08:45 saatleri arasına ait O-D matrisi Tablo 3’de gösterilmektedir. Hattın Esenler durağı Otogar durağı ile bağlantılı çalışmaktadır. Esenler durağından diğer duraklara gidecek yolcular önce Otogar durağına gelmekte, oradan ikiye ayrılarak ilgili yöndeki akımlara katılmaktadır (Şekil 5).

Tablo 3. Sabah zirve saat O-D matrisi (07:45-08:45)

O-D 07:45-08:45	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Biniş Toplamı
01 AKSARAY		19	15	161	125	129	71	73	80	531	14	13	37	34	39	58	88	35	1522
02 EMNİYET	3		1	26	43	27	10	15	28	116	26	53	33	15	45	35	9	12	499
03 ULUBATLI	15	2		40	20	25	13	10	15	61	12	24	9	7	21	27	22	7	328
04 BAYRAMPASA	148	53	13		6	12	11	22	11	94	58	80	46	36	86	70	38	13	795
05 SAGMACILAR	610	97	42	4		12	11	29	14	86	94	120	90	57	82	103	18	15	1486
06 KARTALTEPE	623	93	43	13	24		18	17	15	126	137	219	117	36	132	151	40	24	1828
07 OTOGAR	308	49	7	10	3	22		10	10	63	63	117	78	55	124	98	13	33	1062
08 ESENLER	1476	208	80	142	215	101	42		6	52	193	298	69	139	205	170	58	13	3467
09 TERAZIDERE	192	20	11	8	19	17	1	3		8	89	146	54	104	74	71	13	3	833
10 DAVUTPASA	79	11	7	22	24	15	5	5	17		41	35	13	8	28	23	16	3	354
11 MERTER	22	13	4	22	35	56	24	21	58	261		16	8	8	12	11	21	11	604
12 ZEYTINBURNU	94	61	26	183	197	142	94	49	152	387	64		104	247	297	142	178	77	2493
13 BAKIRKOY	72	25	6	45	52	28	15	5	20	135	10	50		2	27	14	51	23	579
14 BAHCELIEVLER	135	29	12	53	35	34	20	11	32	74	39	123	17		29	17	54	21	735
15 ATAKOY	302	151	40	146	182	133	127	63	171	464	63	475	63	91		8	282	158	2918
16 YENIBOSNA	242	130	14	139	177	106	99	62	143	268	23	217	32	59	4		98	87	1900
17 I.D.T.M	7	7	2	4	3	5		12		16	2	24	2		12			4	100
18 HAVAALANI	26	4		6	4	4	21	4	4	11	43	83		10	69	60			349
İniş Toplamı	4354	972	324	1026	1164	868	584	411	777	2754	973	2092	771	908	1284	1056	996	537	21852

O-D matrisinin hat üzerine atanmasıyla akımlar elde edilmektedir. Bu akımlar, hattın her durağı için, her iki yönde geçen saatlik yolcu akımlarını göstermektedir (Şekil 6).



Şekil 6. Sabah zirve saatte hafif metro hattı üzerindeki akımlar (kesitten geçen yolcu sayısı)

OD matrisinin bulunması, hattın yolculuk mesafeleri açısından da incelenebilmesini sağlamaktadır (Tablo 4). Buna göre hattın üzerinde günlük toplam 1.430.000 yolcu-km yolculuk yapılmaktadır. Bu km'lerin %11'i sabah zirve saatte gerçekleşmektedir. Günlük ortalama bir yolculuk 7,34 km mesafeye yapılmaktadır. Hattın uzunluğunun 19,2 km olduğu düşünülürse, yolcuların hattı kullanım mesafesi 7,34 km yani %38 oranındadır. Aynı uzunluktaki Avcılar-Topkapı Metrobüs Hattı üzerindeki (hat uzatılmadan önce) yolculuk mesafesi 11,5 km idi. Buradan, hattın kullanım mesafesinin kısa olduğu görülmektedir. Bunun sebebinin ise güzergahın ana akımlar ile aynı yönde gitmeyerek, “daha kısa mesafelerde transfer ihtiyacı gerektirmesi” olduğu tahmin edilmektedir. Hattın bir tarafının V biçiminde (yön değiştiren) oluşu, akımların başka hatlara transfer olmasını gerektirmektedir. Bu sebeple yolculuk mesafeleri daha kısadır.

Tablo 4. Duraklara göre yapılan toplam ve ortalama yolculuk mesafeleri

GÜNLÜK			
Duraklar	Top KM	Yıl	KM/Yıl
01_AKSARAY	321962	34865	9,23
02_EMNİYET	54094	5807	9,32
03_ULUBATLI	23112	3007	7,69
04_BAYRAMPASA	40276	5022	8,02
05_SAGMALCILAR	54998	8010	6,87
06_KARTALTEPE	49158	7516	6,54
07_OTOGAR	117732	18759	6,28
08_ESENLER	111284	15708	7,08
09_TERAZIDERE	27258	4390	6,21
10_DAVUTPASA	34078	6301	5,41
11_MERTER	23528	5167	4,55
12_ZEYTINBURNU	106707	20881	5,11
13_BAKIRKOY	33811	5207	6,49
14_BAHCELIEVLER	32086	4787	6,70
15_ATAKOY	174142	21879	7,96
16_YENIBOSNA	100347	10683	9,39
17_I.D.T.M	51412	7142	7,20
18_HAVAALANI	73278	9508	7,71
Günlük Toplam	1429263	194639	7,34

İŞ SAATI 07:45-08:45			
Duraklar	Top KM	Yıl	KM/Yıl
01_AKSARAY	14439	1525	9,47
02_EMNİYET	4939	499	9,90
03_ULUBATLI	2684	328	8,18
04_BAYRAMPASA	6361	795	8,00
05_SAGMALCILAR	9666	1486	6,50
06_KARTALTEPE	12107	1828	6,62
07_OTOGAR	7137	1062	6,72
08_ESENLER	25210	3467	7,27
09_TERAZIDERE	5046	833	6,06
10_DAVUTPASA	2043	354	5,77
11_MERTER	2263	604	3,75
12_ZEYTINBURNU	12410	2493	4,98
13_BAKIRKOY	3789	579	6,54
14_BAHCELIEVLER	5360	735	7,29
15_ATAKOY	22520	2918	7,72
16_YENIBOSNA	18070	1900	9,51
17_I.D.T.M	879	100	8,79
18_HAVAALANI	2477	349	7,10
7:45-8:45 Toplam	157399	21855	7,20

Sonuç ve Değerlendirme

İstasyonlardan toplanmış akıllı kart verisinin incelenmesi ile o hattın istasyon bazlı O-D matrisi elde edilmiştir. İşletme kalitesinin yükseltilmesi için, hattın üzerindeki akımların bilinmesi gerekmektedir. Hattın etkinliğinin artırılması için ise araçların yaptıkları ekstra mesafelerin tespit edilip bu yerlere gelmeden aracın geri döndürülmesi gibi gereklilikler her zaman dilimi için belirlenebilmektedir. Bu şekilde aynı araç adediyle kalkış sıklığının artırılması ve araçların doluluğunun daha etkin kullanılması sağlanabilmektedir.

O-D matrisleri, hat boyunca akımın zaman dilimlerini vermektedir. Gerekli işletme, zaman dilimlerine göre oluşturulabilmekte ve simülasyonları yapılabilmektedir. O-D matrislerini kullanarak, işletme biçiminin ayarlanması, konfor seviyesini düzenleme, araçları daha etkin kullanarak kapasiteyi yükseltme ve enerji tasarrufu sağlanması gibi avantajlar elde edilmektedir.

Bu çalışmanın oluşturduğu verideki doğruluk hiçbir anketten elde edilemez. Genelde anketlerde örneklem oranı %2 seviyesinde iken; bu çalışmadaki bulunan yolculukların tüm yolculuklara oranı %41 seviyesindedir. Ve bu yolculukların başlangıç zamanları dijital kesinliktedir. Anketlerin maliyeti, hassaslığı, süresi ve kesinliği dikkate alındığında bu durum daha iyi anlaşılır. Bu çalışmada gerçekleştirilen veri tabanı çözümlemesi her gün için yapılabilmekte ve bu hiçbir ek maliyet gerektirmemektedir. Hassasiyeti oldukça yüksek olan bu yapının eksik tarafı geri dönüşlü olmayan yolculuklardır. Günlük ya da iki günlük periyodun dışında kalan yolculuklar belirsiz kalmaktadır. Otogar ve havaalanının bu kategorideki yolculukları içermesi söz konusudur. Bu merkezleri kullanan yolcuların yolculuk karakterleri, günlük yolculuk yapanlardan farklıdır ve genelinin akıllı bilet kullanmadığı gözlemlenmektedir. Oysaki bu sistemde, belirlenemeyen her yolculuk, diğer yolculukların ağırlıklarını arttıracakları için, bu tür yolculuklar doğru bir şekilde sisteme aktarılamamaktadır.

Bu konuda daha ileri bir çalışma, yolculuk karakterlerinin değiştiği noktalar için anketlerle desteklenmiş bir algoritmanın geliştirilmesi şeklinde olabilir. Bu şekilde belirsizlikler azaltılarak sistem daha iyi çalıştırılabilir.

Kaynaklar

Rahbee, Adam and David Czerwinski, Using Entry-Only Automatic Fare Collection Data to Estimate Rail Transit Passenger Flows at CTA. Proceedings of the 2002 Transport Chicago Conference, 2002

TransInfo, LLC, CTA Rail Passenger Mile Estimates for NTD Reporting, November, 2004

TransCAD, Transportation GIS Software, User Guide, Caliper, 2000

O'Mahony, Margaret, Analysis of Public Transport Data Using Data Mining Techniques, Centre for Transport Research and Innovation for People, Trinity College Dublin,

http://www.tcd.ie/Transport_Research_Centre/research/analysis_of.htm.

Wile, Erik Sheridan, Use of Automatically Collected Data to Improve Transit Line Performance. Master of Science in Transportation Thesis, MIT, September 2003.

Gordillo, F., The Value of Automated Fare Collection Data for Transit Planning: An Example of Rail Transit OD Matrix Estimation, Master of Science in Transportation Thesis, MIT, September 2006.

Farzin, J.M., Constructing an Automated Bus Origin-Destination Matrix Using Farecard and GPS Data, TRB 2008 Annual Meeting, November 2007 São Paulo, Brazil

Cui, A. Bus-Passenger Origin-Destination Matrix Estimation Using Automated Data Collection Systems, Masters Thesis, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, 2006.

Buneman, K. Automated and Passenger-Based Transit Performance Measures. In Transportation Research, Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 92, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1984

İstanbul İkinci Çevreyolunda Ek Şerit Uygulamasının İncelenmesi

A. Fırat Aydın ve İsmail Şahin

Yıldız Teknik Üniversitesi Davutpaşa Kampüsü
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ulaştırma Anabilim Dalı
34210 Esenler / İstanbul
Tel: (212) 383 51 80
E-Posta: sahin@yildiz.edu.tr

Öz

Avrupa ve Asya yakalarını birbirine bağlayan köprülü Boğaz geçişleri, zirve saatlerde tekrarlı trafik tıkanıklığı yaşanan kesimleridir. Akşam zirve trafiği saatlerinde Avrupa-Asya yönündeki talep diğer yöne nazaran daha fazladır. Talebin fazla olduğu yöne karşı yönden ödünç alınan bir şerit ilavesiyle her iki yöndeki talep-kapasite dengesizliği giderilmeye çalışılmaktadır. Fatih Sultan Mehmet (FSM) Köprüsü geçişindeki ek şerit uygulaması, ödünç şerit veren yönde darboğaz ve uzun taşıt kuyrukları oluşturmaktadır. Bu durum, ek şerit uygulaması verimliliğinin sorgulanmasını gerektirmektedir. Bu çalışmada şerit yönetim türlerinden ek şerit uygulaması, FSM Köprüsü (O-2 Çevreyolu) örneği ele alınarak incelenmiştir. TSIS/CORSIM paketi kullanılarak çalışma kesiminin bir simülasyon modeli oluşturulmuş ve model saha verileri ile kalibre edilmiştir. Ek şerit uygulamasının her iki yöndeki trafik akımlarına etkileri, mevcut durum ve çeşitli ek şerit uygulama senaryoları karşılaştırılarak incelenmiştir. Simülasyon sonuçları, mevcut duruma göre ek şerit uygulaması yapılmaması halinde, toplam yolculuk süresinde %15,17 ve ortalama hızlarda %15,83 oranında iyileşme olduğunu göstermektedir. Farklı zaman aralıkları için yapılan ek şerit uygulaması senaryoları aynı ölçütler için daha az oranda fayda sağlamıştır.

Anahtar sözcükler: Ek şerit uygulaması, trafik tıkanıklığı, otoyol trafik yönetimi, simülasyon, Fatih Sultan Mehmet Köprüsü.

Giriş

Günümüzde nüfusla birlikte artış gösteren taşıt sayısı, ulaştırma altyapısı uygun planlanmamış şehirlerde trafik sıkışıklıklarına neden olmakta, maddi ve manevi kayıplara yol açmaktadır. Çözüm olarak, ilave yol ağları tasarımının ekonomik veya diğer nedenlerden dolayı mümkün olmadığı durumlarda, mevcut ağların verimliliğinin artırılması gündeme gelmektedir. Bu da kentiçi yollarda ve otoyollarda trafik yönetimiyle mümkün olmaktadır (Aydın, 2008). Fatih Sultan Mehmet Köprüsü (FSM) geçişinde (O-2 Çevreyolu) kapasite artırımı amacıyla akşam saatlerindeki ek şerit uygulamasının, Asya-Avrupa yönünde uzun taşıt kuyruklarına sebep olduğu ilgili yol kesiminde bulunan radar verilerinin incelenmesiyle ortaya konmuştur. Ek şerit uygulamasının verimliliğini sorgulamak amacıyla incelenen otoyol kesiminin simülasyon modeli oluşturulmuş, kalibrasyonu ile modelin gerçek trafik koşullarını

yansıtmasına çalışılmıştır. Mevcut durum ile geliştirilen senaryoların simülasyon sonuçları çeşitli performans ölçütlerine göre karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. İzleyen bölümde otoyol yönetim tekniklerinden şerit yönetimi üzerinde durulmakta, ardından oluşturulan simülasyon modeli tanıtılmakta ve elde edilen bulgular sunulmaktadır. Sonuçlar ve öneriler çalışmanın sonunda yer almaktadır.

Otoyol Yönetimi

Otoyollar üzerindeki tekrarlı tıkanıklıkları önlemek, tekrarlı olmayan tıkanıklıkların etkilerini en aza indirmek, trafik güvenliği ve etkinliğini arttırmak, kaza-arıza durumlarına en kısa sürede müdahale etmek ve sürücülerini en iyi şekilde bilgilendirmek amacıyla gerçekleştirilen çalışmalar “otoyol yönetimi” olarak adlandırılmaktadır. Bu amaçlardan yola çıkarak trafik akışının izlenmesi ve sorunların saptanması; şerit yönetimi, katılım kontrolü, sürücü bilgilendirme ve olay (kaza-arıza) yönetimi olmak üzere başlıca yönetim türlerinin birlikte kullanımı ile ulaştırma altyapısının ve trafik talebinin daha etkin ve verimli yönetilmesi sağlanmaktadır (Aydın, 2008).

Ek Şerit Uygulaması (Şerit Yönetimi)

Şerit yönetim türlerinden biri olan ek şerit uygulaması, belli bir zaman aralığında bir veya daha fazla şerit ya da bankette trafik akışının ters istikamete çevrilmesidir. Bu uygulamayla normal akış yönünde kullanılmayan kapasite ters yönde kullanılarak bu yöndeki kapasite arttırılmakta ve ilave şerit inşası önlenmektedir. Bir yoldaki ek şerit uygulamasının planlama ve tasarımını etkileyen en önemli faktör yolun hacim özellikleridir. Bir yöne sunulan şerit kapasitesi bu yöndeki trafik hacmi ile uyumlu olmalıdır. Ek şeridin verimliliğini etkileyen faktörler arasında uygulamanın karmaşıklık düzeyi ve ilişkili maliyeti, uygulandığı yolun işlevi, uygulamanın amacı ile sorumlu kurumun özellikleri gelmektedir. Toplam ek şerit uzunluğu, şerit sayısı ve giriş-çıkış bölgelerinin uzunluğu ek şerit uygulamasının işletimini etkileyen diğer geometrik faktörlerdir (Wolshon ve Lambert, 2006).

Ölçütler

AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) ve ITE (The Institute of Transportation Engineers) gibi profesyonel ulaştırma kuruluşları, ek şerit düzenlemelerinin olumlu şekilde işletimine yardımcı olacak bazı ölçütler geliştirmişlerdir.

AASHTO (*Green Book*), “zirve saatlerde trafiğin yüzde 65 veya daha fazlası bir yönde akıyorsa” ek şerit uygulamasını önermektedir (NCHRP, 2004).

ITE'nin ek şerit gereksiniminin belirlenmesine yönelik oluşturduğu dört ölçüt şunlardır (NCHRP, 2004): **1)** Zirve saatlerde otoyoldaki ortalama hızların serbest akım hızından %25 daha küçük ve talebin otoyol kapasitesinden büyük olduğu belirlenmelidir. **2)** Gözlenen trafik tıkanıklığı tekrarlı olmalı ve önceden kestirilebilmelidir. **3)** Her iki yönün trafik hacimleri oranı en az 2:1 (yüksek hacimli yön:düşük hacimli yön) olmalı, tercihen 3:1 olması önerilmektedir. Aksi uygulamalar, ek şeridin ödünç alındığı yönde yeni trafik problemlerine yol açabilmektedir. **4)** Ek şerit düzenlemeleri yapılırken, normal ve ters akım şeritleri arasındaki giriş ve çıkışı sağlayan bölgeler, geçişi

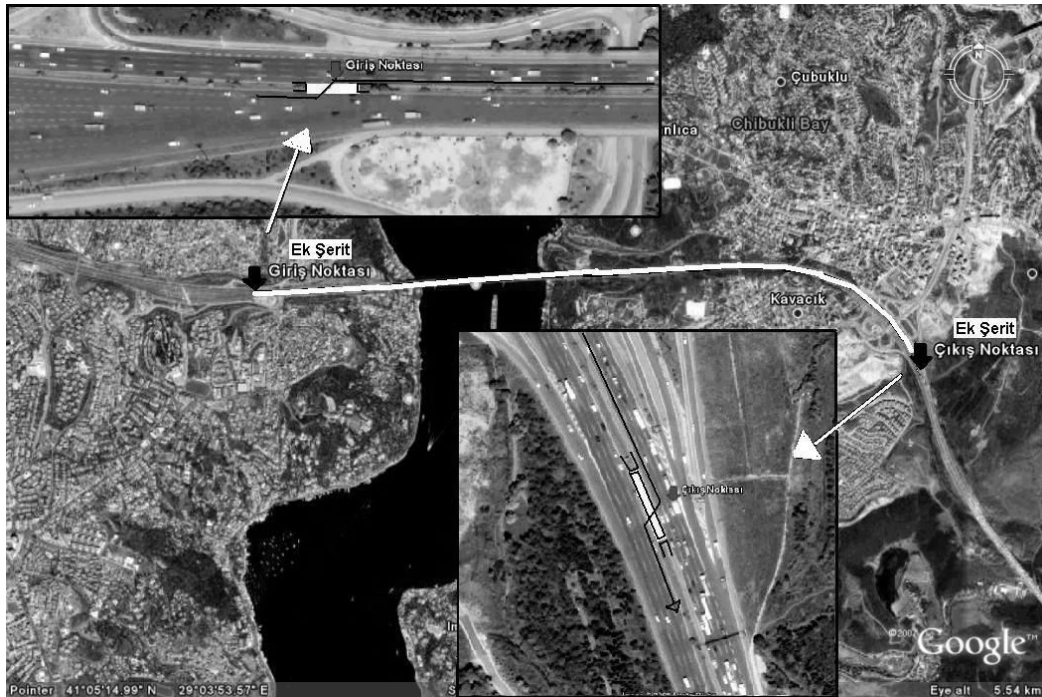
kolaylaştıracak şekilde tasarlanmalıdır. Aksi halde, ek şerit uygulamaları mevcut trafik tıkanıklığına ek olarak, darboğazlar ve diğer trafik problemlerine neden olabilmektedir.

CORSIM Modeli ve Uygulama

Problemin Tanımı ve Analiz Yöntemi

O-2 Otoyolunun (2. Çevreyolu) FSM Köprüsü geçişinde özellikle akşam saatlerinde her iki yöndeki trafik hacimlerinin yüksek olduğu gözlenmektedir. Avrupa - Asya yönündeki talep diğer yöne nazaran daha fazladır. Akşam saatlerinde bu yöne karşı yönden ödünç alınan bir şerit eklenmektedir. Avrupa - Asya yönündeki trafik akışı için bu uygulama yararlıdır. Fakat şerit eksiltildiği diğer yönde şiddetli trafik tıkanıklığı ve uzun taşıt kuyrukları oluşmaktadır. Bu nedenle, uygulamanın sunduğu yararlar, her iki yöndeki talep-kapasite ilişkisi incelenerek sorgulanmalı ve gözden geçirilmelidir. Bu çalışmada, incelenen karayolu kesiminde her iki yöndeki trafik akışının simülasyon modeli oluşturulmuş ve çeşitli ek şerit senaryoları aracılığı ile uygulamanın etkinliğine ve verimliliğine ilişkin karşılaştırmalı bir değerlendirme sunulmuştur.

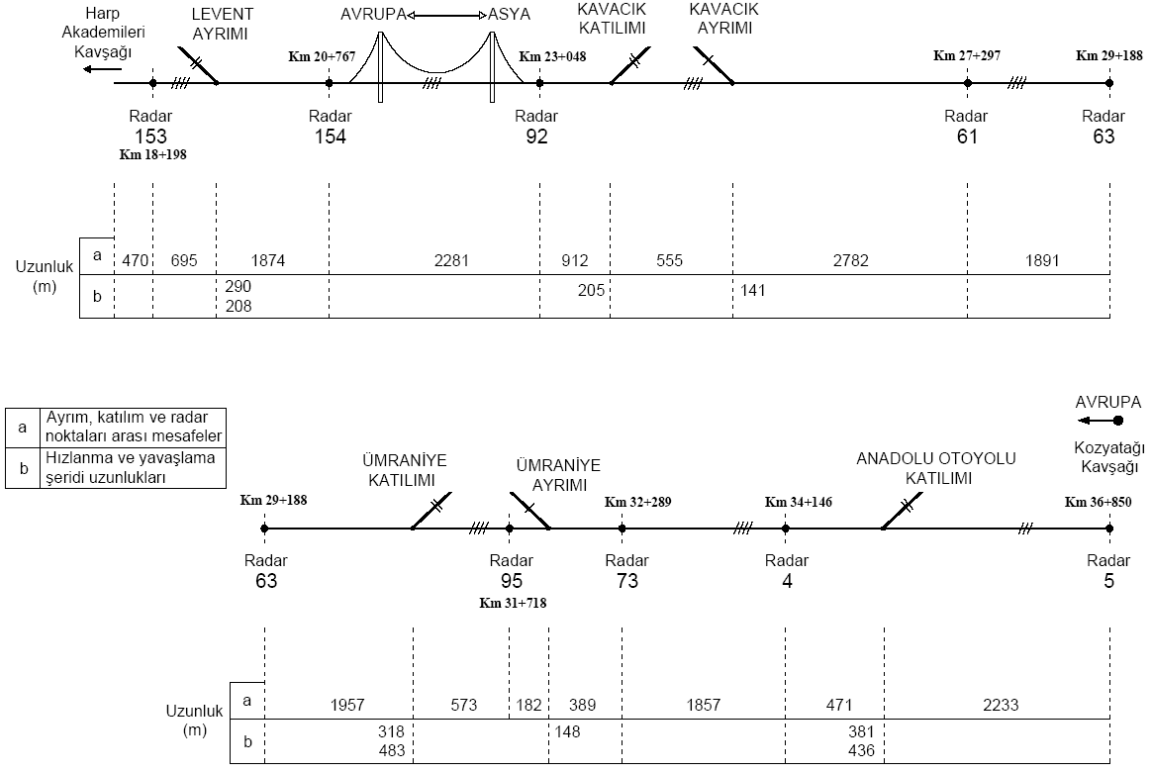
Çalışmada yararlanılan modelleme aracı, TSIS 5.1 mikroskobik trafik simülasyon paket programının CORSIM (Corridor Simulation) modülüdür. Mikroskobik modellerde taşıt-sürücü davranışları detaylı olarak temsil edilebilmektedir. Çalışma kapsamındaki yol ağında iki yönlü uzun bir otoyol kesimi ve bir gişe sahası bulunmaktadır. Akşam zirvesindeki ek şerit uygulaması, FSM Köprüsü Avrupa yakasındaki gişe sahası çıkışında başlatılmakta ve Anadolu yakasındaki Kavacık Köprüsü'nün yaklaşık 300 m ilerisinde (Kozyatağı yönünde) sonlandırılmaktadır. Şekil 1'de ek şerit uygulaması yapılan kesimin uydu fotoğrafı verilmektedir.



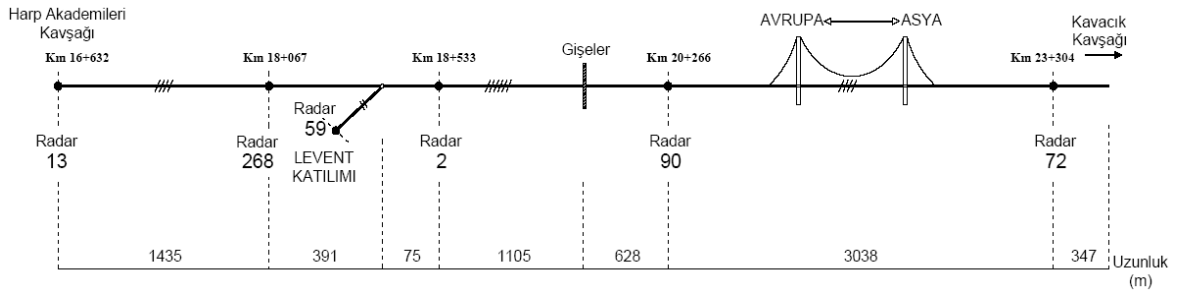
Şekil 1 Ek şerit uygulaması yapılan kesim.

Veriler

İncelenen otoyol kesimindeki trafik akışının mevcut durumu ile ek şerit uygulamasının her iki yöndeki etkilerini (hızlar ve kuyruklanmalar) ve etki sınırlarını belirleyebilmek için İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından O-2 Otoyolu ve bazı bağlantı kollarına yerleştirilmiş RTMS (Road Traffic Microwave Sensor) radar verilerinden yararlanılmıştır. Bu sensörler, iki dakika aralıklarla şerit bazında taşıt sayısı, ortalama hız ve ortalama işgal oranı büyüklüklerini ölçmekte, bu veriler dijital ortamda kullanılacak şekilde Mobitex Modemler aracılığıyla ulaşım kontrol merkezine iletilmekte ve burada depolanmaktadır. Ayrıca, özellikle gişe sahası civarında tekrarlı keşifler yapılmış, Karayolları 17. Bölge Müdürlüğü ve FSM Köprüsü Bakım İşletme Başmühendisliği'nden çeşitli bilgiler alınmıştır. Şekil 2 ve Şekil 3'de modellenen yol ağının Avrupa ve Anadolu yakalarındaki kesimleri/sınırları, bu kesimlere ait bazı geometrik bilgiler ve ilgili radarların yol ağındaki konumları gösterilmektedir.



Şekil 2 Asya-Avrupa yönü otoyol ağı.



Şekil 3 Avrupa-Asya yönü otoyol ağı.

Radarların ölçtüğü hız ve hacim verileri kullanılarak her iki yön için çizilen hız-zaman ve akım-zaman grafiklerinden trafik akımında oluşan kuyruğun oluşma, ilerleme ve erimesine ilişkin konum ve zaman bilgileri elde edilmiştir. Buna göre, Asya – Avrupa yönünde, Harp Akademileri Kavşağı’ndan başlayarak akım yukarı yönde Kozyatağı Kavşağı’na kadar ve Avrupa – Asya yönünde, Kavacık Kavşağı’ndan başlayarak akım yukarı yönde Harp Akademileri Kavşağı’na kadar olan otoyol kesimi modellenmiştir. Bu çalışmada, model kalibrasyonu için 21 Şubat 2008 gününe ait Avrupa-Asya yönündeki akşam zirvesini kapsayan 16:20 – 21:00 zaman dilimindeki radar verilerinden yararlanılmıştır. Bu güne ilişkin ek şerit uygulamasının başlangıç ve bitiş saatleri, düzenlemeden sorumlu özel firma yetkilisinin tuttuğu günlük raporlardan alınmıştır. Uygulama esnasında yapılan işlemler ve zamanları Tablo 1’de özetlenmiştir.

Tablo 1 Ek şerit uygulamasında yapılan işlemler ve zamanları.

SAAT	YAPILAN İŞLEMLER
17:10	Şerit kapatma başladı (Anadolu yakası - Kavacık).
17:30	Şerit kapatma işlemi tamamlandı (Avrupa yakası - Gişe sahası çıkışı).
17:30	Ek şeride taşıt girişi başlangıcı.
18:25	Ek şerit taşıt girişine kapatıldı.
18:25	Şerit trafiğe açılmaya başlandı (Avrupa yakası - Gişe sahası çıkışı).
18:45	Şerit açma işlemi tamamlandı (Anadolu yakası - Kavacık).

Taşıt tiplerinin belirlenmesi

Taşıt tiplerinin belirlenmesinde iki kaynaktan yararlanılmıştır: 1) Gişelerden geçen saatlik taşıt sayılarının ve tiplerinin belirtildiği çizelgeler, 2) 12 m’den uzun taşıt sayılarının tespit edildiği radar verileri. Bu veriler doğrultusunda, Avrupa – Asya yönü trafik hacminin %88’ini otomobil, %9’unu minibüs (kamyonet, pikap, van vb.) ve %3’ünü otobüslerin (İETT ve ÖHO ile şehirler arası otobüsler), Asya – Avrupa yönü için ise %86’sını otomobil, %9’unu minibüs, %3’ünü otobüs ve %2’sini de kamyonların oluşturduğu kabul edilmiştir.

Her iki yöne ait hacim verilerinin karşılaştırılması

Zirve trafiğinin gerçekleştiği akşam saat 17:00 – 20:00 arası zaman diliminde, Avrupa - Asya yönünde gişe çıkış hacimleri, Asya - Avrupa yönünde ise 92 nolu radar verileri kullanılarak bazı günler için FSM Köprüsünden geçen toplam trafik hacimleri Tablo 2’de verilmektedir. İncelenen günlerde ek şerit uygulaması yapılmıştır.

Tablo 2 17:00 - 20:00 arası trafik hacimleri ve oranları.

Tarih / Yön	Avrupa - Asya Yönü (A) (taşıt)	Asya - Avrupa Yönü (B) (taşıt)	ITE Ölçütü (A/B:B)	AASTHO Ölçütü A/(A+B) (%)
12.02.2008 (Salı)	25.537	17.167	1,5:1	59,8
14.02.2008 (Perşembe)	27.128	18.126	1,5:1	59,9
15.02.2008 (Cuma)	26.789	17.549	1,5:1	60,4
21.02.2008 (Perşembe)	26.164	18.714	1,4:1	58,3

Tablo 2’de her iki yön için hesaplanan trafik hacim oranları görülmektedir. Bu oranların, ITE ve AASTHO ölçütleri ile karşılaştırıldığında düşük olduğu görülmektedir. Ayrıca, 92 nolu radarın bulunduğu kesitte (Asya–Avrupa yönü), ek şerit uygulaması nedeniyle anayol üç şerit olarak hizmet vermekte, dolayısıyla zorlamalı akım koşullarında ölçülen hacim değerleri gerçek talebi değil kapasite hacimlerini yansıtmaktadır. Çünkü ek şerit uygulaması yapılmaması halinde, Asya–Avrupa yönündeki trafik hacmi verisinin daha yüksek değerlerde okunması beklenmelidir. Böylece her iki yöndeki talep dengesizliği bir miktar daha azalacaktır. İki yöndeki talep hacimlerinin gerektiği kadar “farklı” olmadığı saptamasından hareketle, Avrupa–Asya yönündeki ek şerit uygulamasının bir zorunluluk olup olmadığı sorgulanmalıdır.

Simülasyon Modeli

Trafik Verilerinin Hazırlanması ve Modele Girilmesi

Çalışma sınırları belirlenmiş O-2 Otoyol ağı, Avrupa–Asya ve Asya–Avrupa yönü olmak üzere iki ayrı model oluşturularak incelenmiştir. TSIS yazılım paketinin FRESIM (otoyol ağları için) modülü kullanılarak anayol, katılım ve ayırım kolları, NETSIM (kentiçi ağlar için) modülüyle de gişe sahası kesimi (Avrupa-Asya yönünde) modellenmiştir. Geometrik verilere göre yol ağı oluşturulduktan sonra, anayol (başlangıç noktası) ile katılım ve ayrımları temsil eden düğümlerde, 10 dakikalık dilimler halinde akım oranı değerleri (ayırımlar için dönüş yüzdeleri) saatlik (taşıt/saat) olarak hesaplanarak tanımlanmıştır. Anayoldan gişe sahasına giren taşıtların gişelere yönlendirilmesi işlemi, kodlanmış kavşak noktalarında dönüş yüzdeleri tanımlanarak yapılmıştır. Gişelerden geçen taşıt sayıları, gişe talep verisi olarak kabul edilmiş ve dönüş yüzdelerinin hesaplanmasında kullanılmıştır.

Ek şerit uygulamasının modelde temsil edilmesi

Asya – Avrupa yönünü temsil eden modelde, sol şerit, ek şeridi tanımlayan noktalar arasında uygulama süresince taşıt trafiğine kapatılmıştır (yani, şerit sayısı 4’ten 3’e düşürülmüştür). Ek şerit uygulaması taklidi, Avrupa – Asya yönü modelinde ek şeride giriş yapılan noktadan (gişe sahası çıkışı) itibaren, ek şeridi temsil etmek üzere mevcut yol ağına paralel bir şeritlik bir yol ağı oluşturularak yapılmıştır.

Detektörlerin Tanımlanması

Modelin gerçek koşullara uygunluğunun saptanabilmesi için simülasyon sonuçları ile saha verilerinin karşılaştırılması gerekmektedir. Mevcut ağda konumları belli olan radarların, modeldeki yol ağı üzerinde konumları belirlenerek detektörler tanımlanmıştır. Modeldeki gişelerden geçen taşıt sayılarının belirlenmesi ve kalibrasyonu için de her gişe çıkışındaki ilgili bağlar üzerinde “loop” detektörler tanımlanmıştır.

Simülasyon Modelinin Kalibrasyonu

Her iki yön için hazırlanan modellerin (anayol kesiminin) gerçek trafik durumunu yansıtip yansıtmadığı, sahadaki radar verileri (gerçek) ile modeldeki detektör verilerinden (simülasyon) elde edilen 10’ar dakikalık hız ve hacim değerleri karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Gerçek ve model değerleri arasındaki farklar,

modelin sistem bazında ve kesim bazındaki bazı parametreleri (örneğin, taşıt takip duyarlılık faktörü, sürücü davranış faktörü, serbest akım hızı, maksimum dönüş hızları) değiştirilerek azaltılmaya, yani simülasyon modelinin gerçeği yeterli düzeyde temsil etmesine çalışılmıştır.

Her iki yöndeki radar/detektör (saha/simülasyon) noktalarından elde edilen hacim ve hız değerleri arasındaki mutlak ortalama hata oranı, Asya-Avrupa yönü için hacimlerde %5,5 ve hızlarda %14,3 düzeyinde, aynı hata değerleri Avrupa-Asya yönünde ise %4,2 ve %13,5 düzeyindedir. Gişe çıkış hacimlerindeki hata oranı ise %3,2'dir. Simülasyon çalışmalarında küçük hata oranları istenir. Simülasyon değerleri gerçek ölçümlere model kalibrasyonu ile yaklaştırılabilir, ancak kalibrasyonun çeşitli zorlukları bulunmaktadır. Çünkü trafik akışını etkileyen birçok etmen vardır ve bu etkilerin sadece verilere yansıyan sonuçları bilinmektedir. Söz konusu etkileri modelleyebilmek oldukça zor olup, belirlenebildikleri ölçüde model içinde temsil edilmektedirler. Kalibrasyon için daha fazla zaman ve kaynak ayrılarak gerçeğe daha yakın bir model elde edilebilir.

Alternatif Analizi ve Senaryo Oluşturulması

Ek şerit uygulamasının verimliliğini sınamak üzere çeşitli senaryolar geliştirilmiştir. Mevcut durum modeli ile birlikte aşağıda listelenen bu senaryolar simülasyon modelinde kodlanmıştır.

1. Saat 17:30-18:25 arasında ek şerit uygulaması var (mevcut durum).
2. Ek şerit uygulaması yok.
3. Saat 17:00-18:25 arasında ek şerit uygulaması var.
4. Saat 18:00-19:25 arasında ek şerit uygulaması var.

Birinci senaryo mevcut durumu yansıtmaktadır. İkinci senaryoda ek şerit uygulaması yapılmamaktadır. Üçüncü senaryoda ek şeridin hizmete girişi 30 dakika öne alınarak saat 17:00-18:25 arasında uygulanmıştır. Dördüncü senaryoda ise ek şeridin hizmete girişi 30 dakika ileri ötelenerek saat 18:00-19:25 arasında uygulanmıştır. Bu senaryoların her biri her iki yön için oluşturulan modellerde uygulanarak sınanmıştır.

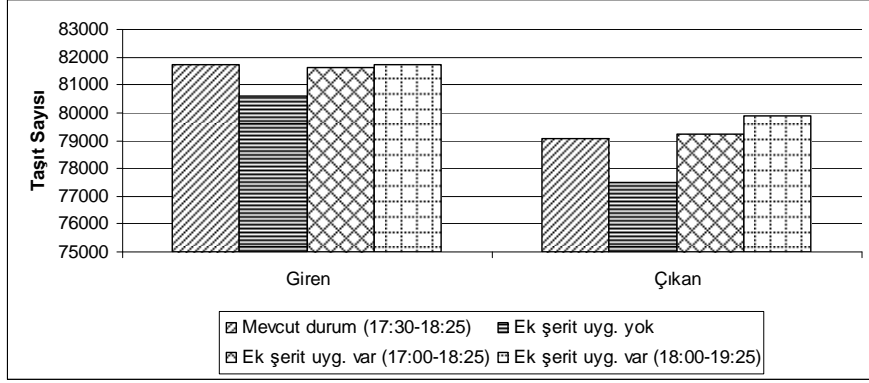
Simülasyon Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Dört modelin her biri farklı rasgele sayılar kullanılarak 10 kez çalıştırılmış ve değerlendirilmede kullanılacak detektör ölçüm ve etkinlik ölçütü değerlerinin ortalaması elde edilmiştir. Tablo 3'de saat 16:20-21:00 arasında çalıştırılan simülasyon modelinde sisteme giren ve çıkan toplam taşıt sayıları verilmektedir.

Tablo 3 Simülasyon sonu itibarıyla sisteme giren ve çıkan yapan toplam taşıt sayıları.

		Mevcut durum (17:30-18:25)	Ek şerit uyg. yok	Ek şerit uyg. var (17:00-18:25)	Ek şerit uyg. var (18:00-19:25)
Asya-Avrupa Yönü	Giren	36.487	36.484	36.464	36.485
	Çıkan	36.333	36.320	36.320	36.334
Avrupa-Asya Yönü	Giren	45.243	44.099	45.165	45.234
	Çıkan	42.725	41.199	42.895	43.540
TOPLAM	Giren	81.730	80.583	81.629	81.719
	Çıkan	79.058	77.519	79.216	79.873

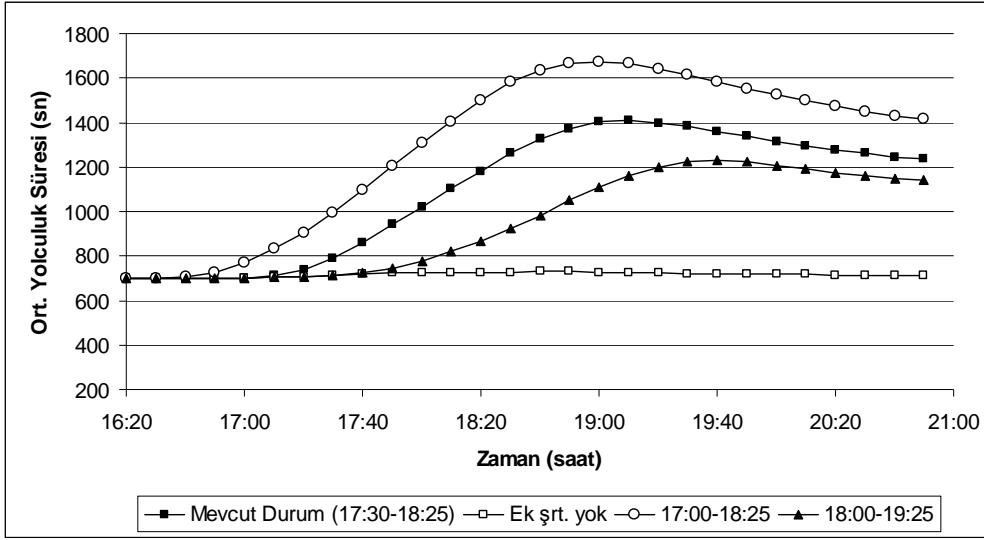
Sistemdeki giren ve çıkan taşıt sayılarını gösteren Şekil 4, senaryoların karşılaştırılmasını kolaylaştırmaktadır. Dört senaryo karşılaştırıldığında, mevcut duruma göre ek şerit uygulaması yapılmadığı durumda sisteme (her iki yönün toplamı) giren ve çıkan taşıt sayısında sırasıyla %1,4 ve %1,9 azalma olmuştur. Ek şerit uygulaması yapılan senaryolarda ise sisteme giren toplam taşıt sayıları hemen hemen aynı, saat 18:00-19:25 arası yapılan ek şerit uygulaması durumunda, sistemden çıkan toplam taşıt sayısı mevcut duruma göre %1 artış göstermiştir.



Şekil 4 Sisteme giren ve çıkan toplam taşıt sayılarının senaryo bazında karşılaştırılması.

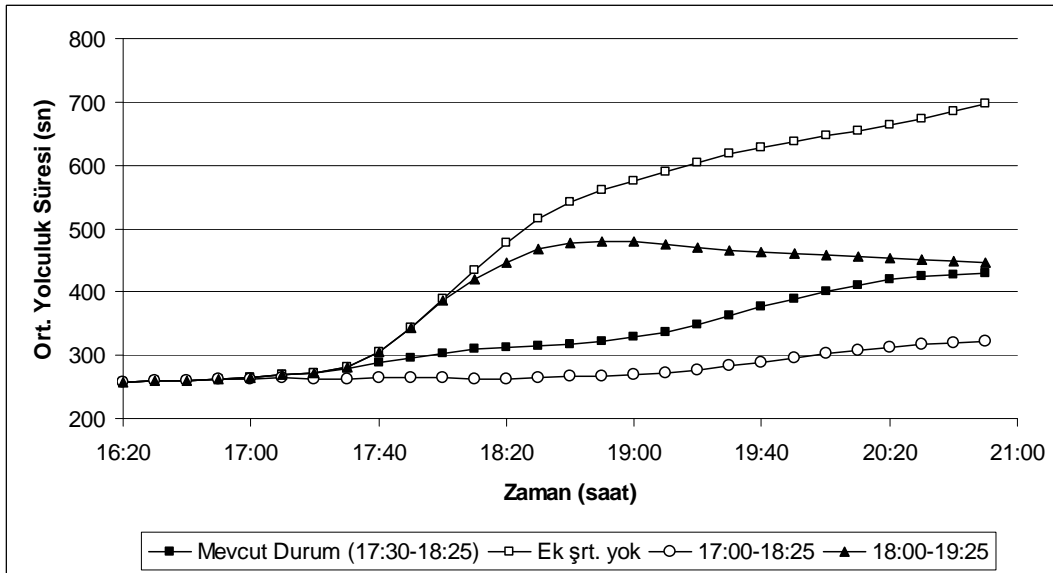
Başlangıç-son noktaları Asya-Avrupa yönünde Kozyatağı Kavşağı ve Harp Akademileri Kavşağı, Avrupa-Asya yönünde ise Harp Akademileri Kavşağı ve FSM Köprüsü çıkışı (72 nolu radarın 350 m akım aşağısı) olmak üzere, her iki yöne ait ortalama yolculuk süresi grafikleri dört senaryo için sırasıyla Şekil 5 ve 6'da verilmektedir.

Şekil 5'de görüldüğü üzere (Asya-Avrupa yönü), ek şerit uygulaması yapılmadığı durumda taşıt başına ortalama yolculuk süresi (yaklaşık 716 sn/11,9 dak) simülasyon süresince neredeyse sabit kalmaktadır. Bu durum, Asya-Avrupa yönü trafiğinin serbest akım koşullarında aktığını ve kuyruklanma oluşmadığını göstermektedir. Ek şerit uygulaması yapılan senaryolarda, serbest akım koşullarında (simülasyon başlangıcında) ortalama yolculuk süreleri üç durum için de yaklaşık 700 sn (11,5 dak) iken, zorlamalı akım koşullarında mevcut durumda 1408 sn (23,5 dak), saat 17:00-18:25 arası ek şerit uygulaması durumunda 1672 sn (27,9 dak) ve saat 18:00-19:25 arası ek şerit uygulaması durumunda ise 1232 sn (20,5 dak) değerlerine çıkmaktadır. Ek şerit uygulamasının mevcut duruma göre 30 dakika ileri ötelenmesi halinde, ortalama yolculuk sürelerinin dikkate değer bir düzeyde azalması, talepteki zamansal değişimle ilişkilendirilebilir.



Şekil 5 Başlangıç-son noktaları arası ortalama yolculuk süreleri (Asya-Avrupa yönü).

Avrupa-Asya yönündeki ortalama yolculuk süreleri incelendiğinde (Şekil 6), ek şeridin 30 dakika önce hizmete girerek saat 17:00-18:25 arasında uygulanması en iyi sonucu vermektedir. Gişe sahası çıkışındaki darboğaz etkisi, ek şeridin 30 dak önce hizmete girmesiyle azalmakta, kuyruğun gişe önlerine ulaşmasını geciktirmektedir. Serbest akım koşullarında ortalama yolculuk süreleri dört durum için de yaklaşık 265 sn (4,5 dak) iken, zorlamalı akım koşullarında, mevcut durumda 430 sn (7 dak), ek şerit uygulaması yapılmadığı durumda 697 sn (11,5 dak), saat 17:00-18:25 arası ek şerit uygulaması durumunda 322 sn (5,4 dak) ve saat 18:00-19:25 arası ek şerit uygulaması durumunda ise 479 sn (8 dak) olmaktadır. Yolculuk sürelerindeki farklılık, talepteki zamana bağlı değişimle ilişkilidir.



Şekil 6 Başlangıç-son noktaları arası ortalama yolculuk süreleri (Avrupa-Asya yönü).

Simülasyon sonunda elde edilen ve sistem bazında (her iki yönün toplamı) değerlendirilen çeşitli etkinlik ölçütleri Tablo 4’de verilmektedir. Tablo 5’de ise, Tablo 4’de verilen değerler dikkate alınarak üç senaryo mevcut durumla karşılaştırılmıştır.

Tablo 4 Senaryolara ait etkinlik ölçütleri.

	Mevcut durum (17:30-18:25)	Ek şerit yok	Ek şerit var (17:00-18:25)	Ek şerit var (18:00-19:25)
Toplam yolculuk süresi (taşıt-dak)	1.016.060,68	861.923,12	1.005.762,45	919.723,80
Toplam kat edilen yol (taşıt-km)	724.343,56	711.725,44	725.242,74	727.079,43
Ortalama hız (km/saat)	42,77	49,54	43,27	47,43
Toplam yakıt tüketimi (litre)	144.093,72	123.680,44	145.043,82	135.900,66
CO salınım oranı (kg/km-saat)	20,08	19,68	20,26	19,97
HC salınım oranı (kg/km-saat)	0,94	0,92	0,95	0,93
NOx salınım oranı (kg/km-saat)	2,35	2,29	2,38	2,33

Tablo 5 Senaryoların mevcut durumla karşılaştırılması.

	Ek şerit yok		Ek şerit var (17:00-18:25)		Ek şerit var (18:00-19:25)	
	Değişim oranı (%)	Sonuç	Değişim oranı (%)	Sonuç	Değişim oranı (%)	Sonuç
Toplam yolculuk süresi	-15,17	yarar	-1,01	yarar	-9,48	yarar
Toplam kat edilen yol	-1,74	zarar	0,12	yarar	0,38	yarar
Ortalama hız	15,83	yarar	1,15	yarar	10,89	yarar
Toplam yakıt tüketimi	-14,17	yarar	0,66	zarar	-5,69	yarar
CO salınım oranı	-2,01	yarar	0,92	zarar	-0,53	yarar
HC salınım oranı	-2,35	yarar	1,42	zarar	-0,93	yarar
NOx salınım oranı	-2,64	yarar	1,36	zarar	-1,04	yarar

Sonuç ve Öneriler

Akşam saatlerinde FSM Köprüsü’ndeki ek şerit uygulamasının her iki yöndeki trafiğe olan etkileri oluşturulan simülasyon modeli kullanılarak çeşitli senaryolar aracılığıyla incelenmiştir. Simülasyon aracılığıyla (sistem bazında) elde edilen sonuçlar mevcut durumla kıyaslandığında:

- Ek şerit uygulamasının yapılmadığı durumda, toplam yolculuk süresinde %15,17 azalma, ortalama hızlarda %15,83 artış, toplam yakıt tüketiminde %14,17 azalma,
- Ek şerit uygulamasının saat 17:00-18:25 arasında yapıldığı durumda, toplam yolculuk süresinde %1,01 azalma, ortalama hızlarda %1,15 artış, toplam yakıt tüketiminde %0,66 artış,
- Ek şerit uygulamasının saat 18:00-19:25 arasında yapıldığı durumda, toplam yolculuk süresinde %9,48 azalma, ortalama hızlarda %10,89 artış, toplam yakıt tüketiminde %5,69 azalma elde edilmiştir.

Senaryo denemelerinin sonuçlarına göre ek şerit uygulamasının verimliliği, hizmet verdiği saat aralığına bağlı olarak değişim göstermektedir. Ancak en iyi sonuçlar ek şerit uygulaması yapılmadığı durumda elde edilmiştir.

Avrupa - Asya yönündeki trafik akışı için ek şerit uygulamasının yararsız olduğunu söylemek elde edilen sonuçlara göre mümkün değildir. Fakat bu uygulamanın Asya-Avrupa yönü trafiğine verdiği zarar (maliyet), Avrupa - Asya yönüne sağladığı yarardan (faydadan) daha fazladır. Ek şerit uygulamasının farklı saat aralıkları için yapıldığı durum senaryoları sistem bazında değerlendirildiğinde, sonuçların, ek şerit uygulamasının yapılmadığı duruma göre daha az yarar sağladığı görülmektedir. Dolayısıyla ek şerit uygulamasının sistem performansını düşürdüğü söylenebilir. Bunun temel nedeni, her iki yöndeki trafik hacimlerinin ek şerit uygulamasının tam anlamıyla verimli olabilmesini sağlayacak düzeylerde olmamasıdır (Avrupa-Asya yönü:Asya-Avrupa yönü; 1,5:1).

Ek şeridin açılma/kapatılma zamanlarının (hizmet süresi), uygulamanın verimliliği açısından önemli olduğu simülasyon sonuçlarından anlaşılmaktadır. Ek şerit uygulamasının yapılacağı saat aralığının kararı, yetkili kurum tarafından, yoldaki trafik koşullarının anlık durumu hakkında edinilen bilgi ve uzun yıllar boyunca yapılan saha gözlemlerinin sağlamış olduğu deneyimler doğrultusunda verilmektedir. Bu kararların sahada uygulanmasından önce simülasyon ortamında denenmesi kayıpları daha aza indirebilecektir. Bu da her iki yönün trafik durumuna ait daha kapsamlı veriler elde edilerek ve daha iyi kalibre edilmiş bir modelle mümkündür.

Simülasyon modelinin kalibrasyonu bir güne ait trafik talep verileri kullanılarak yapılmıştır. Farklı birkaç güne ait trafik verilerinin modelde sınanmasıyla ve kalibrasyona daha fazla süre ayrılmasıyla gerçeğe daha yakın bir model elde edilebilir. Böylece, sorunların çözümüne yönelik geliştirilen senaryolar model üzerinde deneyerek daha sağlıklı sonuçlar elde edilebilecek ve saha uygulamasında alınacak kararlara yardımcı olabilecektir.

Teşekkür

Bu çalışma için gerekli verilerin temin edilmesinde kolaylık sağlayan İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Karayolları 17. Bölge Müdürlüğü ve Fatih Sultan Mehmet Köprüsü Bakım İşletme Başmühendisliği'ne teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Aydın, A. F. (2008) Fatih Sultan Mehmet Köprüsü'ndeki Ek Şerit Uygulamasının Simülasyon Modeli İle İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) (2004) Convertible Roadways and Lanes, Synthesis 340, Washington DC, USA.

Wolshon, B. ve Lambert, L. (2006) Planning and Operational Practices For Reversible Roadways, The Institute of Transportation Engineers (ITE) Journal, August, Washington, DC, pp. 38-43.

Bölgesel Otopark Yönetimi ve Eminönü Bölgesi İçin Bir Öneri

Dr. Mustafa Sinan Yardım

YTÜ İnşaat Müh. Böl., Davutpaşa Yerleşimi, 34210 Esenler, İstanbul
Tel: (0212) 383 51 83
yardim@yildiz.edu.tr

İnş. Y. Müh. Murat Okubay

Sakarya Üniv. Yapı İşl. ve Tek. Dairesi Başk., Esentepe Yerleşimi, 54187 Serdivan,
Sakarya
Tel: (0264) 295 53 80
mokubay@sakarya.edu.tr

Öz

Bölgesel otopark yönetimi konusundaki bu çalışma, ana hatlarıyla, otopark yönetimi ve stratejilerinin incelenmesi ve de Eminönü Bölgesi kapsamında uygulanma potansiyelinin araştırılmasını içermektedir. Bu amaçla öncelikle, otopark problemi ve çözüme yönelik olarak otopark yönetiminin faydaları, yönetim stratejisi türleri, değerlendirilmiş; sonrasında pilot bölge üzerinde yapılan saha araştırması sonuçlarına göre sistematik bir analiz yapılmıştır.

Öncelikle, mevcut durumun belirlenmesi amacıyla, bölge genelinde faaliyet gösteren otoparkların dağılımları ve özelliklerini içeren envanter çalışmalarından yararlanılmıştır. Bölgeye giriş-çıkış yapan taşıt trafiğinin tespit edilebilmesi için perde-kordon etüdüleri yapılmıştır. Ayrıca, bölge genelinde yer alan otoparkların günlük sirkülasyon oranları ve toplam park eden taşıt sayısının tespiti için, İSPARK A.Ş.'nin bölgede işletmeciliğini yaptığı otoparklar incelenmiştir. Elde edilen veriler yardımıyla, yaklaşık olarak bölgeye ait günlük toplam otopark talebi hesaplanmıştır. Bölge genelinde otopark yönetim sistemi altlığı oluşturabilmek için, 1/5000 ölçekli Tarihi Yarımada Koruma Amaçlı Nazım İmar Planı (TYKANİP) temel alınmıştır. Plana konu olan dört adet gelişme senaryosu esas alınarak, senaryolara uygun bölgesel otopark stratejileri önerilmiştir. Stratejik düzeyde oluşturulan yönetim sisteminin, bölgedeki park yeri ihtiyacına ve otopark talebine etkileri, her bir senaryo için hesaplanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Otopark, Otopark problemleri, Otopark yönetimi, Otopark stratejileri, Tarihi Yarımada-Eminönü Bölgesi.

Giriş

Ulaştırma problemlerinin başında otomobil ve kent ilişkisi gelmektedir. Bireylerin, ulaşım gibi önemli bir gereksinimi karşılamak ve günlük yaşamlarını kolaylaştırmak amacıyla üretilen otomobillerle, kapıdan kapıya erişim sağlanırken, toplu taşıma türlerinde bu fonksiyon zayıftır. Bu nedenle yükselen refahın meydana getirdiği rahat yaşam arzusu, motorlu taşıt trafiğinin her yerde artmasına sebep olmakta ve kentlerin bugünkü fiziksel

yapısında adeta ulaşımı engelleyen bir görünüme bürünmektedir. Bu duruma ek olarak, ulaştırma sistemlerinin planlı, düzenli ve etkin bir şekilde kullanılmaması sebebiyle, trafikteki problemler, yükselen taşıt ve yolcu sayılarına nazaran katlanarak bir artış göstermektedir. Bu da, kentte yaşayan insanların yaşam kalitelerinin giderek düşmesine sebep olmuştur. Söz konusu trafik problemlerini çözmede, en üst sırada yer alan otomobil sahipliğinin azaltılması ve toplu taşıma sistemlerinin daha yoğun kullanılması politikalarına karşılık, mevcut sistemlerin, uygulama yanlışlıkları veya planlama yetersizlikleri sebebiyle kapasitelerinin altında çalıştırıldıkları genellikle göz ardı edilmiştir. Bu durumun en somut örnekleri de otoparklar ve çözülmesi gittikçe zorlaşan otopark problemleri konusu içinde yer almaktadır.

Kent yaşamında otomobiller, günün büyük bir bölümünde, arsa değeri yüksek, yoğun olarak iş alanlarının, alışveriş merkezlerinin, kültür ve eğitim kurumlarının yer aldığı ve alan kısıtlarının bulunduğu kent merkezlerinde, kullanılmadan bekletilmektedir. Bununla birlikte gün içerisinde, yeterli sayıda park yerinin bulunmaması ve mevcut otoparkların kapasite problemlerinden dolayı ihtiyaca cevap verememesi gibi nedenlerle, seyir halinde olmayan taşıtların yolları gereksiz işgali söz konusudur. Ayrıca park yeri ihtiyacının yeterince anlaşılamadığı elverişsiz durumlarda, taşıt sürücüleri zamanlarının önemli bir kısmını taşıtlarını bırakacakları yerleri arayarak geçirmektedirler (Yardım, 2006). Sürücülerin kaybolan zamanlarının yanında, oluşturdukları bu *“arama trafiği”*, kentin genel trafiği üzerinde önemli bir yük oluşturmakta, bu da kent merkezindeki trafik problemlerini daha da büyük boyutlara taşımaktadır (Shoup, 2006). Otopark problemi; *“taşıt sürücülerinin, kent içi ulaşım sisteminde, park yeri ihtiyacının karşılanamaması sonucu ortaya çıkan sirkülasyon problemi ve doğurduğu olumsuz etkiler”* olarak tanımlanabilir (Yardım, 2006).

Her kentin coğrafik konumu, boyutları, nüfusu, ekonomik yapısı, istihdam dağılımı, ulaşım altyapısı, dolayısıyla problemleri de birbirinden farklılıklar göstermektedir. Bu durum, otopark probleminin bir hiyerarşi içinde ve değişik ölçeklerde sistematik olarak ele alınmasını gerektirir. Otopark yönetiminin temelini de problemler ve çözümlerini tekil olarak değil, bir sistem bütünü halinde ele alan bu yaklaşım oluşturmaktadır.

Otopark Yönetimi ve Stratejileri

Mahalle, semt, ilçe, şehir gibi bir alan ölçeğinde ortaya çıkan parklanmanın belirli plan ve sistem dâhilinde yönetilmesi; hem trafik tıkanıklığında bir ölçüde azalma sağlayacak hem de otomobille seyahatlerin belirli noktalarda sonlanması (park edilmesi) ilkesinden hareketle, ulaşım planlamalarının etkili araçlarından biridir. Bunun için geliştirilen *“otopark yönetimi ve stratejileri”*, park imkânlarının daha verimli kullanımıyla sonuçlanan çeşitli politikalar ve programlara dayanmaktadır. Otopark yönetimi, mevcut otopark planlama uygulamalarıyla ilgili problemleri araştırmakta, otopark tesislerinin maliyetlerini ve geliştirilen yöntemlerle elde edilebilecek kazançları tartışmakta, özel otopark yönetimi stratejilerini ve bunların nasıl uygulanabileceğini açıklamaktadır.

Otopark yönetimi, doğrudan ve dolaylı olarak kamuya büyük faydalar sağlamaktadır. Bunlardan bazıları; tesis maliyeti tasarrufu, gelişmiş hizmet kalitesi, daha esnek tesis konumu ve tasarımı, gelir oluşumu, arazi kullanımında azalma, talep yönetimini ve akılcı büyümeyi (Smart-Growth) destekleme, yürünebilirliği artırma, altyapı yönetimi maliyetlerini, su kirliliği ve küresel ısınma etkilerini düşürme, daha yaşanabilir yerleşimler oluşturması olarak sıralanabilir (Litman, 2007). Beklenen faydaları sağlayabilmek amacıyla, otopark yönetim sistemleri üç ana eksen üzerinde geliştirilmiştir (Litman 2006, FTA 2003). Bunlar; hâlihazırda kullanılmakta olan park

yerlerinin daha etkin ve daha çok amaca hizmet edecek şekilde düzenlenmesiyle, gerek otoparkların kapasitelerini, gerekse kullanıcı çeşitliliğini artırarak, daha fazla sürücünün, park yerlerinden etkin bir şekilde faydalanmasını amaçlayan, “*otopark yeri etkinliğini arttıran stratejiler*” (Tablo 1); trafik sıkışıklığına sebep olan taşıtların kullanımının azaltılarak, sürücülerin farklı seyahat türlerini kullanmalarının sağlanması amacıyla, otoparklara olan talebin azaltılması için yapılan “*park talebini azaltan stratejiler*” (Tablo 2); bu iki ana stratejinin, toplum üzerindeki etkilerini, uygulamaların kullanıcılara hızlı ve anlaşılır bir şekilde iletilmesini ve otopark yönetimi için uygulama bölgelerinde ortak hareket edilebilmesini sağlamak amacıyla geliştirilen “*destek stratejileri*”dir (Tablo 3).

Tablo 1 Otopark Yeri Etkinliğini Artıran Stratejiler (Litman, 2006).

Stratejiler-I	Tanımlama
Paylaşımlı Park Yeri	Birden fazla kullanıcı ya da yöne hizmet verebilecek park yerlerinin sağlanması
Park Yeri Düzenlemeleri	Park yerlerinin daha etkin kullanılmasını sağlayacak kanunî düzenlemelerin yapılması
Daha Uygun ve Esnek Standartlar Uygulama	Park standartlarını belirli bir durumda talebi daha kesin yansıtacak şekilde ayarlanması
Park Maksimumlarını Belirleme	Maksimum park arzı için sınırların belirlenmesi
Uzak Otopark ve Ring Servisleri Sağlama	Bölge ya da şehir merkezinin kenarında otoparklar kurarak, ilgili merkeze servis sağlanması ve kullanımlarının teşvik edilmesi
Akılcı Büyüme Stratejileri Uygulama	Yoğun, karışık ve çok yönlü büyümeyi teşvik edecek arazi kullanımı politikalarının uygulanması
Yürüme ve Bisiklet Kullanım İmkânlarını Arttırma	Araç kullanımını azaltarak, bir otoparkın hizmet alanındaki yönelmeleri arttırmak için yürüme ve bisiklet kullanımının teşvik edilmesi
Mevcut Otopark İmkânlarının Kapasitesini Arttırma	Kullanılmayan alanları, küçük bölmeleri, araç raf sistemlerini ve kişiye yönelik (valet parking) hizmetleri kullanarak park arzının artırılması

Tablo 2 Otopark Talebini Azaltan Stratejiler (Litman, 2006).

Stratejiler-II	Tanımlama
Ulaştırma Talep Yönetimi Uygulamaları	Ulaşım yöntemi, zamanlama, yön ve araç seyahat sıklığında da değişiklikler yaparak, daha etkin seyahat biçimlerinin teşvik edilmesi
Otopark Fiyatlandırması Yöntemleri	Park yerini kullanmaları karşılığında, sürücülerden doğrudan para alınması
Fiyatlandırma Yöntemlerini Geliştirme	Fiyatlandırmayı daha rahat ve maliyete göre etkin kılmak için daha iyi ücret sistemlerinin kullanılması
Mali Teşvikler Sağlama	Farklı ulaşım sistemleri için mali teşvikler sağlanması (peşin ödeme, ulaşım yardımları gibi)
Ayrı Park Yeri	Park yerlerinin, bina alanlarından ayrı olarak satılması ya da kiralanması
Park Yeri Vergilerini Düzenleme	Park yönetimi amaçlarını destekleyecek çeşitli vergi politikası değişikliklerinin hayata geçirilmesi
Bisiklet Kullanım İmkânları Sağlama	Bisiklet parkları, soyunma odaları ve toplu taşıma destek üniteleri sağlanması

Tablo 3 Destek Stratejileri (Litman, 2006).

Stratejiler-III	Tanımlama
Kullanıcı Bilgilerini ve Pazarlamayı Geliştirme	Harita, tabela, broşür gibi araçlarla, park yerleri ve ücretleri konusunda anlaşılır ve kesin bilgiler sunulması
Uygulama ve Kontrol Mekanizmalarını Geliştirme	Park kurallarının etkin, nazik ve âdil uygulanmasının takip edilmesi
Ulaşım ve Otopark Yönetim Kurumları Oluşturma	Belli bir bölgede ulaşım ve park yönetimi hizmetleri sunacak üye kontrollü kurumların oluşturulması.
Park Taşması Planları Hazırlama	Park talebinin yoğun olduğu özel dönemler için planlar hazırlanması
Sokağa Park Etme Problemlerine Çözüm Üretme	Yönetim, uygulama ve ücretlendirme politikaları kullanarak sokağa park etme problemlerine eğilme
Park Yeri Tasarımlarını ve İşletmelerini Geliştirme	Park yönetimi amaçlarına ulaşabilmek ve sorunları çözebilmek için otopark tasarımlarının ve işletmelerinin geliştirilmesi

Tarihi Yarımada – Eminönü Bölgesi Uygulaması

Tarihi Yarımada sınırlarında yer alan Eminönü bölgesi, geçmişten günümüze her dönemde ticaret, kültürel faaliyetler, yönetim birimleri açısından merkezilik olma özelliğini sürdürmüş ve kentin önemli çekim odaklarından olmuştur. Bu nedenle de ulaşım güzergâhları açısından odak teşkil etmesi yanında, hem karayolu, hem denizyolu hem de raylı sistemlerin transfer merkezi konumuna ulaşmıştır.

Zamanla bir geçiş güzergâhı haline dönen ve “aşırı derecede çığneden” Eminönü, günümüz itibariyle bu durumu kaldıramaz hale gelmiş ve trafik tıkanıklığı problemleri de had safhaya çıkmıştır (İBB, 2003). Günlük taşıt ve yaya trafiğinin yoğunlaştığı bir yapıya sahip olan bölgede, yapılabilecek stratejik yönetim sistemlerinin (talep yönetimi, otopark yönetimi), bahse konu bu sorunların çözülmesinde kolaylıklar sağlayacağı düşüncesinden hareketle, bölge ölçeğinde bir dizi çalışma yapılmıştır. Otopark yönetimi ekseninde, envanter analizleri ve stratejik düzeydeki planlamalarla, Eminönü bölgesindeki trafik problemlerinin hafifletilebileceği öngörülmektedir.

Yapılan çalışmalar kapsamında öncelikle, bölgenin genelini ilgilendiren sorunların yanı sıra, bölge içerisinde farklı karakterde, farklı üretim ve çekim özelliklerine sahip ulaştırma zonları belirlenmiştir. Bölgedeki mahalleler incelendiğinde karakteristik yapıları itibariyle (ticaret, turizm, kamu alanları, toplu taşıma transfer merkezleri vb.) 6 zona ayrılmıştır.

Mevcut durumun ortaya konulabilmesi için, Eminönü genelindeki otoparkların dağılımları ve özelliklerini içeren envanter çalışmalarından yararlanılmıştır (Kocaer, 2007). Bölgeye giriş ve çıkış yapan taşıt sayılarının tespit edilebilmesi amacıyla, İstanbul geneli geometrik yol düzenleme çalışmaları kapsamında araziden toplanan verilerden yararlanarak, perde-kordon etüdü yapılmıştır. Bölge genelindeki otoparkların gün içerisinde ne ölçüde kullanıldığı ve toplam park eden taşıt sayısının tespiti için, İSPARK A.Ş.’nin bölgede işletmeciliğini yaptığı otoparklara ait trafik verileri toplanarak analiz edilmiştir.

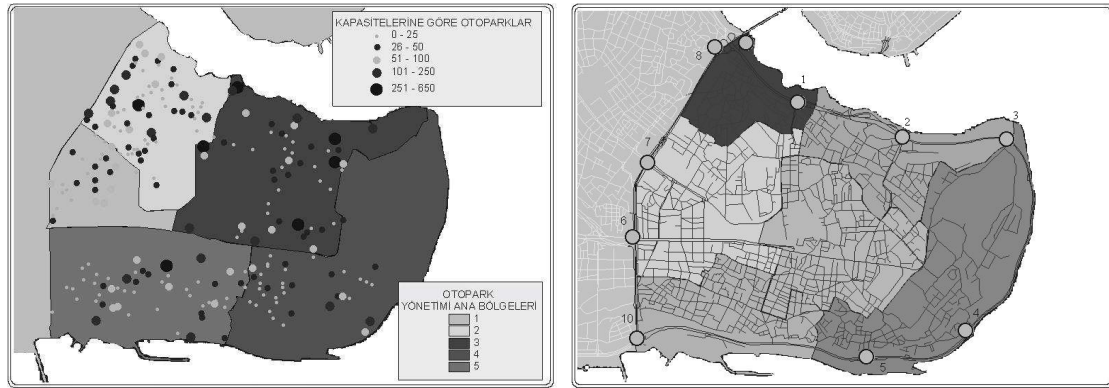
Bunların sonrasında, Eminönü bölgesi genelinde bir otopark yönetim sistemi kurabilmek için, ulaşım ve ulaşımı etkileyen bölgesel yapı özellikleri incelenmiştir. Bu nedenle, 1/5000 Ölçekli Tarihi Yarımada Koruma Amaçlı Nazım İmar Planı

(TYKANİP) değerlendirilmiştir. Plana konu olan 4 adet gelişme senaryosu baz alınarak, senaryolara uygun, bölgesel otopark stratejileri geliştirilmiştir (Okubay, 2008). Stratejik düzeyde ortaya konulan yönetim sisteminin, bir potansiyel olarak, bölgedeki park yeri ihtiyacına ve zonlara gelen taşıt talebine ne ölçüde etkiyebileceği, bu senaryolar için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Toplanan Veriler

Otopark Envanteri Anketi

Yapılan saha çalışmaları sonucunda, bölgede faaliyet gösteren resmi ve gayri resmi otoparklara ilişkin toplam 44 sorunun cevabı aranmış ve otopark sayısı, türleri, kapasiteleri, çalışma saatleri, ücretleri, altyapı özelliklerine ait veriler elde edilmiştir (Kocaer, 2007). 247 park yeri için form doldurulmuş; 209 otoparkta doğrudan sorumlulardan bilgi alınmış, 38 oto parkın sorumluları bulunamadığı için sadece fiziksel özellikleri kaydedilmiş, işletmeye yönelik bilgi alınamamıştır. Özet olarak, otopark türlerinin dağılımı; %61,9 açık, %6,9 kapalı, %4,1 katlı, %8,9 parkomat, %12,9 yol üzeri, %4,1 açık-kapalı, %1,2 açık-yol üzeri şeklindedir. Ücretli otopark kapasitesi 12.546 taşıttır. Otoparkların zonlara göre dağılımı, topografya veya tarihi dokuya göre değişim göstermektedir (Şekil 1, Tablo 4). Otoparkların yaklaşık %60'ı özel, %40'ı çeşitli kamu kurumları ve vakıfların mülkiyetindedir. Personel dağılımı; %53 1 kişi, %20 2 kişi, %8 3 kişi, %8 4 kişi, %11 5 ve üzeri olarak gözlenmiştir. Otoparkların %26'sından sabit ücret alınırken, %74'ünden zamana göre değişken ücret alınmaktadır. Son iki yıl içinde İSPARK'ın yaptığı çalışmalarla yukarıdaki oranların değişmeye başladığı gözlenmektedir.



Şekil 1 Bölgede Yer Alan Otoparklar.

Şekil 2 İç Kordon Sayım Noktaları.

Kordon Sayımları ve Bölgenin Trafik Çekim Değerleri

Hem ticari hem de turistik açıdan çekim merkezi özelliğini kaybetmemiş olan bölgede birçok tarihi yapı yer almakta olup, yoğun talep görmesiyle de birçok otel ve eğlence merkezine rastlanmaktadır. Bunun yanı sıra bölge sınırları içerisinde, birçok eğitim kurumu (ilk, orta, yüksek öğrenim), yerel yönetim hizmet binası (belediyeler, meslek birlikleri), kamu daireleri (Adliye, SSK, vb.) ve kentin ana yönetim merkezi olan Valilik kompleksi yer almaktadır. Bölgeye belirlenmiş kapılardan giren taşıt sayısını tespit etmek, bölgeye giren günlük taşıt sayısı hakkında bir fikir vermektedir. Taşıtların bir kısmı ana arterleri transit geçit hattı olarak kullanmakta, bir kısmı da doğrudan zonlara giriş yapmaktadır. Bu nedenle, bölgedeki transit trafikten büyük ölçüde arındırıldığı düşünülen ve arterlerden mahallere girişin olduğu 10 noktada (C. Birsal Cad. girişi, Ankara Cad. girişi, Sarayburnu girişi, Ahırkapı girişi, Aksakal Cad. girişi, Aksaray, Saraçhane, Unkapanı kavşağı, Unkapanı köprüsü, Yenikapı kavşağı) "iç kordon" sayımları

yapılmıştır (Şekil 2). Yapılan sayımlar ve 12 saatlik toplam taşıt hesabı sonucunda, zonlar ve bölge geneli için günlük taşıt talebi, iç kordonda toplam 103.953 taşıt/12 saat olarak elde edilmiştir (Okubay, 2008). Bölgedeki giriş trafiğinin yaklaşık %2,7'sini ağır taşıtlar oluşturmaktadır. Bu yüzden otopark analizinde ağır taşıt trafiği ihmal edilmiştir.

Eminönü Bölgesi Geneli Taşıt Sirkülasyon Oranları ve Otopark Kapasitesi

Eminönü bölgesinde yer alan ücretli otoparklardaki toplam kapasite değerleri daha önceki bölümde saha çalışmaları sonucunda elde edilmiştir. Ancak, toplam otopark talebini hesaplamak için bu değerler tek başına yeterli olmamakta; park yerlerinin günlük **“taşıt sirkülasyon oranı”**nın belirlenmesi gerekmektedir. Sirkülasyon oranı, en genel anlamda, bir otoparkı kullanan günlük araç sayısının, araç kapasitesine oranı, olarak tanımlanabilir (Shoup, 2005).

Bölgede faaliyet gösteren İSPARK A.Ş.’nin Nisan ve Mayıs aylarına ait kullanım miktarları, otopark kapasiteleriyle beraber temin edilmiş ve elde edilen istatistik verilerden her bir otopark için sirkülasyon oranı hesaplanmıştır (Tablo 4). Zonlar ölçeğinde hesaplanan değerler, zon ve bölge genelindeki günlük ortalama ücretli park yapan taşıtların sayısını hesaplayabilmek için kullanılmıştır.

Ancak bölge genelinde belirlenmesi gereken bir diğer önemli değer ise, ücretsiz park eden günlük ortalama taşıt sayısıdır. Günümüzde bu değerler hâlen bilinmemekte; saha çalışmaları ile cadde ve sokaklardaki alanların tespit edilmesi gerekmektedir. Ancak bu çalışmanın yapılabilmesi için, büyük ölçekte iş gücüne ihtiyaç duyulmakta ve ekonomik açıdan da büyük yükler getirmektedir. Bu nedenle, teorik olarak, yaklaşık bir hesaplama yapılmıştır. TYKANIP’deki çeşitli sınıflardaki yolların dağılımından (İBB, 2003) yararlanılmış; yol üzeri ücretsiz park edebilen taşıt kapasitesi yaklaşık 13.200 olarak bulunmuştur (Okubay, 2008). Buna göre bölgenin toplam otopark kapasitesi yaklaşık 25.746 araç olarak hesaplanmıştır. Zon bazında ücretsiz otoparkların da ücretli otoparklara paralel bir dağılım göstereceği varsayımına göre; hesaplanan ortalama sirkülasyon oranlarıyla, dağıtımı yapılan ücretsiz otopark değerleri çarpılarak, Eminönü bölgesi için fiili otopark kullanım sayısı hesaplanmıştır (Tablo 4). Benzer varsayımla iç kordon sayımlarında elde edilen karayolu taşıt talebi de zonlara dağıtılmıştır (Tablo 4).

Tablo 4 Sirkülasyon Oranı, Otopark Kapasitesi ve Talebin Zonlara Dağılımı.

Zon	Ücretli Otopark Sirkülasyon Oranı	Ücretli Otopark Kapasitesi	Ücretsiz Otopark Kapasitesi	Ücretli Otoparklara Park Eden	Ücretsiz Yol Kenarına Park Eden	Toplam Park Eden Taşıt Sayısı	Karayolu Taşıt Talebinin Zonlara Dağılımı	
	(tş/park yeri)	(tş/12 saat)					(tş/12 saat)	(%)
1	2,67	2.172	2.285	5.799	6.101	11.900	16.329	15,7
2	2,16	1.941	2.042	4.192	4.411	8.603	11.805	11,4
3	5,27	2.854	3.003	15.041	15.825	30.866	42.353	40,7
4	0,94	2.251	2.368	2.116	2.227	4.343	5.958	5,7
5	3,20	2.505	2.636	8.016	8.434	16.450	22.572	21,7
6	2,13	823	866	1.753	1.844	3.597	4.936	4,7
Toplam		12.546	13.200	36.917	38.842	75.759	103.953	100

Bölgesel Gelişim Senaryoları

TYKANİP kapsamında, toplanan ve sistemde var olan veriler ışığında üst plan kararları, nüfus, fiziksel ve doğal yapı, mevcut ve muhtemel sorunlar ve çözüm önerileri ile ilgili olarak planlama çalışmalarına altlık teşkil edecek sentez çalışmaları yapılmıştır (İBB, 2003). Bunların sonucunda, her biri Nazım İmar Planı detayında düşünülmüş, ulaşım ve fonksiyon ana kararları ile koruma yaklaşımları açısından birbiri içinde mantıklı ilişkileri kurulmuş, başlı başına birer seçenek olarak, dört farklı senaryo üretilmiştir (Okubay, 2008).

İlk senaryoda, Tarihi Yarımada'nın günümüzde yaşadığı sıkıntıların devam etmesi koşulunda, oluşacak durumun gözler önüne serilerek, kazanacağı hüviyetin; konut ve ticaret ağırlıklı bir gelişime dayalı olması öngörülmüştür. İkinci senaryo, büyük kurumsal alanların turizme yönelik tesisler halinde planlanarak, ticaretin gelişmesini sağlamaya çalışan, turizm ağırlıklı bir kimlik oluşturmayı hedeflemektedir. Üçüncü senaryo ise bölgede; konut, kültür, turizm ve ticaret fonksiyonlarının bir arada değerlendirildiği, bölgenin taşıdığı kültürel kimliğin ön plana çıkarılarak düzenlenmesini amaçlayan kabullere dayanmaktadır. Dördüncü senaryoda, ütopya ve deprem senaryosu olarak adlandırılabilir bir kurgu öngörülerek, geçmiş kültürlerin izleriyle modern anlayışın sentezi olacak, düşük yoğunluklu ve silüete uyumlu planlama anlayışına göre bir model geliştirilmiştir (Okubay, 2008).

Bölge Genelinde Uygulanabilecek Otopark Yönetim Stratejileri

Eminönü genelinde park yeri problemlerine çözüm üretebilmek için, mevcut durumda oluşturulmuş ulaşım modelleri ve zon karakteristiklerine uygun "*otopark stratejileri*" geliştirmek gerekmektedir. Bu nedenle, TYKANİP'de bölgeye her alanda (tarihi, kültürel, yaşam, ulaşım vb.) yenilikler getirecek senaryoların bölgedeki trafik talebini nasıl etkileyeceği ve muhtemel problemlere karşı otopark stratejilerinin neler olabileceği araştırılmıştır. TYKANİP'de yer alan dört farklı senaryo ve her senaryoda yer alan 6 zon için planlanan otopark stratejileri aşağıda ana hatlarıyla verilmiştir (Şekil 3). Planlamalara uygun olarak geliştirilmiş bu stratejiler, yapısal bir çerçeve anlayışıyla listelenmiştir.

Otopark yönetim stratejileri üzerine ayrıntılı ve geniş araştırmalarıyla tanınan Litman, stratejilerin taşıt trafiği ve park yeri gereksinimleri üzerindeki etkilerine ilişkin, düşük, orta ve yüksek düzeyli olmak üzere çeşitli faktörler önermiştir (Şekil 4). Önceki yıllara dayanan tecrübelerin sonuçlarından elde edilen bu çizelgenin, stratejik düzeyde yararlı olduğu düşünülmektedir. Doğru bir uygulamayla, stratejilerin park yeri gereksinimleri üzerinde, yaklaşık olarak, ilk yıl için %10'a kadar (düşük düzey), takip eden ikinci ve üçüncü yıllar için %20'ye kadar (orta düzey) ve 10 yıllık süreçte ortalama %30'lara kadar (yüksek düzey) azaltma etkisi potansiyeline sahip olduğu ifade edilmiştir (Litman, 2006). Eleştirel bir gözle bakıldığında, bu değerlerin, evrensel olmamakla beraber stratejik düzeyde bölgesel potansiyelleri anlamak açısından yararlı olacağı söylenebilir. Tabiidir ki, etkilerin gerçek değerlerinin ne olacağını belirlemek için, güncel şartlarda uygulamalar yapılmalı ve bu uygulamaların sürekli olarak gözlenmesi gereklidir.

PARK STRATEJİLERİ PAKETİ	ALT STRATEJİLER	Tarihi Yarınada Koruma Amaçlı Nazım İmar Planı Senaryoları																							
		1. Senaryo						2. Senaryo						3. Senaryo						4. Senaryo					
		MEVCUT DURUMUN DEVAMINDA KONUT VE TİCARET AĞIRLI GELİŞME						TURİZM VE YONELİK TİCARET AĞIRLI GELİŞME						KONUT, KÜLTÜR, TURİZM VE TİCARET FONKSİYONLARINI BİRLİKTE DEĞERLENDİREN GELİŞME						ESKİ-YENİ SENTEZİ ESER ALANLARININ YENİDEN ELDEN GEÇİRİLEREK, KAMU BİNALARININ DESENTRALİZASYONA TABİ TULDUĞU GELİŞME					
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Zon Numarası																									
A1- Paylaşımlı Park Yeri		X	X					X						X	X					X					
A2- Park Yeri Düzenlemeleri		X	X	X										X	X										
A3- Daha Uygun ve Esnek Standartlar Uygulama			X	X																X					
A4- Park Maksimumlarının Bütünlüğüne ve Esnekliğine Sağlama				X																					
A5- Uzak Otopark ve Ring Servisleri Sağlama				X																					
A6- Akıllı Binyüze Stratejileri Uygulama				X																					
A7- Yürütme ve Bisiklet Kullanım İhtiyaçlarını Artırma		X	X	X										X	X					X	X				
A8- Mevcut Otopark İhtiyaçlarını Kapasitesini Artırma		X																							
B1- Ulaşım Talep Yönetimi Uygulamaları																									
B2- Otopark Fiyatlandırma Yöntemleri																									
B3- Fiyatlandırma Yöntemlerini Geliştirme		X	X											X	X	X									
B4- Mali Tevakkül Sağlama		X												X											
B5- Aynı Park Yeri				X										X	X									X	X
B6- Park Yeri Verimliliğini Düzenleme		X	X	X										X	X					X	X				
B7- Bisiklet Kullanım İhtiyaçlarını Sağlama		X												X											
C1- Kullanıcı Bilgilerini ve Parçalarını Geliştirme																									
C2- Uygulama ve Kontrol Mekanizmalarını Geliştirme																									
C3- Ulaşım ve Otopark Yönetim Kurumları Oluşturma																									
C4- Park Taahhüt Planları Hazırlama																									
C5- Solağa Park Etme Problemlerine Çözüm Üretme																									
C6- Park Yeri Tasarımlarını ve İşletmelerini Geliştirme																									

Şekil 3 TYKANIP Doğultusunda Senaryo ve Zon Bazlı Stratejiler (Okubay, 2008).

Otopark yönetiminde, her stratejinin farklı oranlarda tekil etkileri olduğu gibi, bu stratejilerin bir arada uygulanmasının da toplu bir etkisi söz konusudur. Zaten, sadece otopark yönetimi içerisinde değil, amacı ulaşım problemlerini çözmek olan her uygulamanın birbirini destekleyecek şekilde planlaması ve bu doğrultuda çalıştırılır hale getirilmesi gerekmektedir. Başarılı sonuçlar, ancak bütün çalışma alanlarının ve planlamaların bir arada yürütülmesi ile gerçekleştirilebilir. Otopark stratejiler için de, ayrı ayrı etkilerinin yanında, stratejilerin bir kaçının bir arada olması ile yeni bir “etki oranı” ortaya çıkmaktadır. Stratejilerin toplu azaltma etkisi olarak ifade edilebilecek bu oran, park yeri gereksinimi azaltma faktörlerinin çarpımıyla hesaplanmaktadır (Litman, 2006). Söz gelimi; herhangi bir ulaşım veya otopark yönetim birliği olmadan, park paylaşımı, fiyatlandırma ve ulaşım talep yönetimi gibi stratejilerin her biri %10 oranında park gereksinimini azaltabilmekte, ancak oluşturulan bir ulaşım birliği ile daha etkili ve entegre bir sistemin kurulumu gerçekleştirilerek, stratejilerin çoklu etkisi ortaya çıkabilmektedir. Bu etki, basit olarak aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$R = 100 - \prod_{j=1}^n (100 - I_j) \quad (1)$$

R: Park yeri gereksinimi azalma oranı (çoklu etki) (%)

j: Uygulanan çoklu strateji sayısı ($j=1, \dots, n$)

I_j: *j*. stratejinin tekil azaltma etkisi (%)

Konuyu açıklamak üzere aşağıdaki örnekler verilebilir.

Örnek 1:

Bir kentsel bölgede otopark yönetimi araçları olarak; paylaşımlı park yeri (1), otopark fiyatlandırma yöntemleri (2), mevcut otopark imkânlarının kapasitesini artırma (3) uygulamalarının beraberce kullanımı planlanmak istense; $I_1=\%10$, $I_2=\%10$, $I_3=\%5$ olduğuna göre (Şekil 4), üç stratejinin toplu etkisi,

$$R = \%100 - [(\%100-\%10).(\%100-\%10).(\%100-\%5)] = \%23,1 \text{ olarak hesaplanır.}$$

Eminönü bölgesi özelinde, mevcut nazım plan senaryolarına (İBB, 2003) ve bölge özelliklerine göre oluşturulan, otopark yönetim stratejilerinin (Şekil 4) bir arada uygulanması halinde, özellikle ilk bir yıl için, ne şekilde bir park yeri talebi azalması ortaya çıkabileceği hesaplanmıştır. Bu hesap yapılırken, Şekil 3’te görüldüğü üzere, “daha uygun ve esnek standartlar uygulama (A3)”, “ulaşım talep yönetimi uygulamaları (B1)” ve “otopark fiyatlandırma yöntemleri (B2)”nin bölge genelinde uygulaması yapılmadan, C paketindeki “destek stratejileri”nin çok fazla etkili olamayacağı aşikârdır. Özellikle, bölgeye olan talebin azaltılmasında, seyahat türleri arası geçişin olabilmesi için, toplu taşıma sistemlerinin servis kalitelerinin ve seyahat sıklıklarının artırılması gerekmektedir. Bu nedenle, C grubu strateji paketi etkileri ve yukarıda sayılan stratejiler, bölge için hesap dışı bırakılarak, uygulanan diğer stratejilerin ne şekilde etkiler doğurabileceği incelenmiştir.

Örnek 2:

Uygulanabilecek otopark yönetimi stratejileri bağlamında, 1. senaryonun 2. zondaki “düşük düzeyli” potansiyel etkileri şu şekilde hesaplanmıştır:

2. zonun, özellikle kamu kurumlarınca işgal edilmiş olması ve bölge sınırında giriş kapılarını bünyesinde barındırması sebebiyle, mevcut otoparkların daha etkili kullanılması amaçlanmalıdır. Bölgedeki birçok otoparkın, kamu kurumları personeline

kullanılması ve bu personelin ağırlıklı olarak ev-iş türü yolculuk yapması sebebiyle otoparkların etkin kullanımı azalmaktadır. Bunun için, özellikle kamuya ait park alanlarının ortak kullanılarak, paylaşımlı parka dönüştürülmesi ve kullanıcılar arasında öncelik sırasının belirlenmesi için park yeri düzenlemeleri yapılmalıdır. Kamu kuruluşlarında çalışan ve zona araçları ile gelen mevcut otopark kullanıcılarına mali teşvikler sağlanarak, otomobillerini bırakmaları teşvik edilmelidir. Ayrıca yine, Süleymaniye Külliyesi'nin de bu zonda bulunması sebebiyle, özellikle Cuma ve Pazar günleri için otoparkların kullanılmasında öncelik sırası belirlenmeli ve park yeri düzenlemeleri yapılmalıdır.

Söz konusu 2. zon için yukarıdaki bölge şartları ve kısıtları dikkate alınarak belirlenen stratejiler (Şekil 3) sırasıyla; paylaşımlı park yeri ($I_1=10\%$), park yeri düzenlemeleri ($I_2=10\%$), mali teşvikler sağlama ($I_3=10\%$) olmalıdır. Bu durumda, belirlenen bu stratejilerin bölgede yapacağı toplu etkinin değeri;

$R = 100 - [(100-10).(100-10).(100-10)] = 27,10$ olarak hesaplanmıştır (Tablo 5).

Park Stratejileri Paketleri	Akt Stratejiler	Taşıt Trafikğine Etkisi	Park Yeri Teminindeki Toplam Azalma Oranları		
			Düşük	Orta	Yüksek
A- Otopark Yeri Etkinliğini Artıran Stratejiler	A1- Paylaşımlı Park Yeri		10%	20%	30%
	A2- Park Yeri Düzenlemeleri		10%	20%	30%
	A3- Daha Uygun ve Esnek Standartlar Uygulama		10%	20%	30%
	A4- Park Maksimumlarına Belirleme		10%	20%	30%
	A5- Uzak Otopark ve Ring Servisleri Sağlama		10%	20%	30%
	A6- Akılcı Büyüme Stratejileri Uygulama	Azaltır	10%	20%	30%
	A7- Yürüme ve Bisiklet Kullanım İmkanlarını Artırma	Azaltır	10%	20%	30%
	A8- Mevcut Otopark İmkanlarının Kapasitesini Artırma		5%	10%	15%
B- Otopark Talebini Azaltan Stratejiler	B1- Ulaştırma Talep Yönetimi Uygulamaları	Azaltır	10%	20%	30%
	B2- Otopark Fiyatlandırması Yöntemleri	Azaltır	10%	20%	30%
	B3- Fiyatlandırma Yöntemlerini Geliştirme	Azaltır			
	B4- Mali Teşvikler Sağlama	Azaltır	10%	20%	30%
	B5- Aynı Park Yeri	Azaltır	10%	20%	30%
	B6- Park Yeri Vergilerini Düzenleme	Azaltır	5%	10%	15%
	B7- Bisiklet Kullanım İmkanları Sağlama	Azaltır	5%	10%	15%
C- Destek Stratejileri	C1- Kullanıcı Bilgilerini ve Pazarlamayı Geliştirme	Azaltır	5%	10%	15%
	C2- Uygulama ve Kontrol Mekanizmalarını Geliştirme				
	C3- Ulaşım ve Otopark Yönetim Kurumları Oluşturma	Azaltır			
	C4- Park Taşınması Planları Hazırlama				
	C5- Sokak Park Etme Problemlerine Çözüm Üretme				
	C6- Park Yeri Tasarımlarını ve İşletmelerini Geliştirme				

Şekil 4 Stratejilerin Park Yeri Gereksinimlerini Azaltma Faktörleri (Litman, 2006).

Park yeri gereksinimi azalma oranlarına bağlı olarak, park eden taşıt sayısındaki azalma, benzer şekilde Eminönü'ne giren günlük taşıt sayısını da etkileyecektir. Bu paralellik nedeniyle, zon bazındaki taşıt talebinin de aynı oranlarla yaklaşık olarak hesaplanması, kabul edilebilir bir durumdur. Dört senaryo için de yapılan hesaplamalar sonucunda, 1. senaryo için elde edilen düşük düzeydeki etkiler, Tablo 5'de, orta düzeydeki etkiler Tablo 6'da, yüksek düzeydeki etkiler ise Tablo 7'de örnek olarak verilmiştir. Bu tablolarda otopark yönetim uygulamalarının öncesi ve sonrasındaki azalma miktarları mukayeseli olarak açık bir şekilde görülmektedir.

Tablo 5 1. Senaryo İçin Düşük Düzeyli Durum.

Zon	Park Yeri Gereksinimi Azalma Oranı (R)	100-R	Otopark Yönetimi Öncesi Durum (tş/12 saat)		Otopark Yönetimi Sonrası Durum (tş/12 saat)	
			Park Eden Taşıtı Sayısı	Talebin Zonlara Dağılımı	Park Eden Taşıtı Sayısı	Talebin Zonlara Dağılımı
1	%26,89	%73,11	11.900	16.329	8.700	11.938
2	%27,10	%72,90	8.603	11.805	6.272	8.606
3	%30,75	%69,25	30.866	42.353	21.375	29.329
4	%34,39	%65,61	4.343	5.958	2.849	3.909
5	%30,75	%69,25	16.450	22.572	11.392	15.631
6	%23,05	%76,95	3.597	4.936	2.768	3.798
Toplam			75.759	103.953	53.355	73.212

Tablo 6 1. Senaryo İçin Orta Düzeyli Durum.

Zon	Park Yeri Gereksinimi Azalma Oranı (R)	100-R	Otopark Yönetimi Öncesi Durum (tş/12 saat)		Otopark Yönetimi Sonrası Durum (tş/12 saat)	
			Park Eden Taşıtı Sayısı	Talebin Zonlara Dağılımı	Park Eden Taşıtı Sayısı	Talebin Zonlara Dağılımı
1	%48,16	%51,84	11.900	16.329	6.169	8.465
2	%48,80	%51,20	8.603	11.805	4.405	6.044
3	%53,92	%46,08	30.866	42.353	14.223	19.516
4	%59,04	%40,96	4.343	5.958	1.779	2.440
5	%53,92	%46,08	16.450	22.572	7.580	10.401
6	%42,40	%57,60	3.597	4.936	2.072	2.843
Toplam			75.759	103.953	36.228	49.710

Tablo 7 1. Senaryo İçin Yüksek Düzeyli Durum.

Zon	Park Yeri Gereksinimi Azalma Oranı (R)	100-R	Otopark Yönetimi Öncesi Durum (tş/12 saat)		Otopark Yönetimi Sonrası Durum (tş/12 saat)	
			Park Eden Taşıtı Sayısı	Talebin Zonlara Dağılımı	Park Eden Taşıtı Sayısı	Talebin Zonlara Dağılımı
1	%64,60	%35,40	11.900	16.329	4.213	5.780
2	%65,70	%34,30	8.603	11.805	2.951	4.049
3	%70,85	%29,15	30.866	42.353	8.997	12.346
4	%75,99	%24,01	4.343	5.958	1.043	1.431
5	%70,85	%29,15	16.450	22.572	4.795	6.580
6	%58,35	%41,65	3.597	4.936	1.498	2.056
Toplam			75.759	103.953	23.497	32.242

Sonuç

Bu çalışma, doğası gereği stratejik düzeyde bir yaklaşımı içermekte ve yer yer yapılan kabullerin bu düzeyde bir analiz için, potansiyelleri belirleme açısından, uygun olduğu düşünülmektedir. Ancak, çalışma alanı ile ilgili değerlendirmelerde, ayrıntı düzeyi derinleştikçe daha gerçekçi sonuçların alınabileceği açıktır. Bu çalışmanın kapsamını aştığı için, uygulamaların mali boyutları üzerine herhangi bir analiz yapılmamıştır. Tabiidir ki, planlama sürecinde, konunun mali boyutu da mutlaka incelenerek ortaya konulmak zorundadır.

Ayrıca ücretsiz yol üzeri park yerlerinin hesaplanmasıyla elde edilen değer, 3. derece yolların tamamında yol üzeri parklanma olduğu kabulü ile bulunmuştur. Ancak her 3. derece yolda park yeri olmayabileceği dikkate alındığında, hesaplanan park yeri sayısı daha da azalabilecektir. Buna göre bölgeye giriş yapan taşıt talebi ile park yeri arzı arasındaki makas daha fazla açılacağından, mevcut durumdaki otopark problemlerinin belirlenenden de fazla olduğu düşünülebilir.

Bölge bazında hesaplanan ortalama değerler incelendiğinde azalma oranlarının, düşük düzeyde yaklaşık olarak %23,4-%29,4 arasında, orta düzeyde %42,4-%51,9 arasında ve yüksek düzeyde %57,7-%68,6 arasında gerçekleşebileceği tahmin edilmektedir. (Tablo 8). Uzun vadeli yüksek düzeyde elde edilecek iyileştirmeler, açıkçası fazla, yani çok iyimser bulunmuştur. Bunların daha makul düzeylerde alınması gerektiği düşüncesi, konunun farklı yönleri olabileceğini gündeme getirmektedir. İleriye dönük çalışmalarda bu konu üzerinde araştırmalar yapılmalıdır.

Tablo 8 Eminönü Bölgesinde Stratejilerin Senaryolar Üzerindeki Etkileri (Ortalama).

Mevcut Durum	Park Yeri Gereksinimi Azalma Oranları (R) (%)			Park Eden Taşıtı Sayısı (tş/12 saat)			Karayolu Talebi (tş/12 saat)		
	Düşük	Orta	Yüksek	Düşük	Orta	Yüksek	Düşük	Orta	Yüksek
Mevcut Durum	-			75.759			103.953		
1. Senaryo	28,82	51,04	67,72	53.355	36.228	23.497	73.212	49.710	32.242
2. Senaryo	23,38	42,39	57,69	59.169	45.571	34.487	81.189	62.531	47.321
3. Senaryo	26,86	47,09	64,42	57.077	42.088	29.733	78.319	57.751	40.798
4. Senaryo	29,43	51,89	68,58	52.986	35.744	23.057	72.705	49.046	31.638

Litman'ın otoparklar üzerine geliştirdiği stratejilerin otopark ihtiyaçlarına çoklu etkileri her ne kadar ifade edildiği şekliyle hesaplanmış olsa da, birden fazla stratejiden oluşan otopark yönetiminin bölgeye etkisi zamanla farklılık gösterebilir. Özellikle park yerindeki gereksinimin azalmasıyla başlayacak ve bölgedeki taşıt trafiğinin de azalmasını tetikleyecek olan sistem, ilerleyen yıllarda bölgedeki kapasitenin altına düşebilecek bir karayolu trafiği nedeniyle, tekrar Eminönü bölgesine doğru bir yönelime neden olabilecektir. Bu yüzden sistemi bu anlayış ekseninde de araştırmak, yeni çalışma alanlarını gündeme getirecektir. Ancak her ne suretle olursa olsun mevcut anlayış doğrultusunda da, öncelikli olarak park yeri gereksinimlerinin azalması ve taşıt trafiği üzerine de azaltıcı yönde etkiler yapması "**otopark yönetimi**"nin Eminönü bölgesinde kesinlikle uygulanması gerektiğini açıkça gözler önüne sermektedir.

Otopark yönetimi ile ilgili üzerinde durulması gereken diğer bir önemli konu da, öncelikli olarak, planlanan bütün otopark stratejilerinin hayata geçirilebilmesi ve uygulama esnasında oluşacak sorunlara hızlı bir şekilde çözüm üretilebilmesi için, ayrıca stratejilerin gerçek durumu yansıtabilmesi amacıyla güncel envanter çalışmalarının yapılabilmesi, karar verme aşamasında yetkili bir "**Otopark Yönetim Birliği**"nin oluşturulması gerekliliğidir. Böylesi bir kurumun bulunmaması, birbirlerinden bağlantısız birçok uygulama ortaya çıkmasına yol açacak, bu da problemlerin daha karmaşık bir hal almasına neden olacaktır.

Kaynaklar

- FTA (2003) TCRP REPORT-95, Chapter 13: Parking Pricing and Fees. Transit Cooperative Resarch Program Traveler Response to Transportation System Changes, TRB, Washington, D.C.
- İBB (2003) 1/5.000 Ölçekli Tarihi Yarımada Koruma Amaçlı Nazım İmar Planı. İstanbul Büyükşehir Belediyesi Planlama ve İmar Müdürlüğü, İstanbul.
- Kocaer, M. (2007) Eminönü İlçesi Otoparklarının Özellikleri Üzerine Bir Değerlendirme. Lisans Bitirme Çalışması, Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- Litman, T., (2006) Parking Management Best Practices, American Planning Association (APA), Chicago.
- Litman, T., (2007), Parking Management Strategies, Evaluation and Planning. Victoria Transport Policy Institute, http://www.vtpi.org/park_man.pdf.
- Okubay, M. (2008) Bölgesel Otopark Yönetimi ve Stratejileri: Tarihi Yarımada - Eminönü Bölgesi Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Shoup, D. (2005) High Cost of Free Parking, American Planning Association (APA), ISBN-1-884829-98-8, Chicago.
- Shoup, D. (2006) Cruising for Parking. Transport Policy, 13: 479–486.
- Yardım, M. S., Korkmaz, R. B. ve Yılmaz, D. (2006) Sürdürülebilir Ulaştırma Politikaları Açısından Otopark Stratejileri. 7th International Congress on Advances in Civil Engineering, ACE-2006, Yıldız Technical University, Book of Abstract, p. 387 (Tam metin Kongre CD-ROM'undadır), October 11-13 2006, İstanbul.

Yaya Trafikinin Modellenmesi ve Simülasyonu

Jurgen Beyer, Tobias Kretz, Adem Aslan

Darmstadt Teknik Üniversitesi, Darmstadt, Almanya

Tel: 0049 721 9651

E-Posta: juergen.beyer@ptv.de

PTV Planung Transport Verkehr AG, Karlsruhe, Almanya

Tel: 0049 721 9651 – 7297

E-Posta: Adem.Aslan@ptv.de

PTV Planung Transport Verkehr AG, Karlsruhe, Almanya

Tel: 0049 721 9651 – 7297

E-Posta: Tobias.Kretz@ptv.de

Hakan Güler

Sakarya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Ulaştırma Anabilim Dalı, Sakarya

Tel: (264) 295 57 47

E-Posta: hguler@sakarya.edu.tr

Öz

Genellikle trafikte ihmal edilen yayaların trafige özel bir etkisi vardır. Kavsaklarda, duraklarda (metro, tramvay, otobüs vb.), meydanlarda, yaya yollarında, hava limanlarında ve hatta tüm şehirde yaya trafiği dikkate alındığında trafikle ilgili tesislerin en iyi şekilde planlaması sağlanabilir. Bu sebeple yaya trafiği modelleri kentiçi ulaşımında mutlaka dikkate alınmalıdır. Bu çalışmada yaya hareketlerinin modellenmesinde, yaya dinamik hareketleri için “Sosyal Kuvvet Modeli (Social Force Model) kullanılmıştır. Bu modele göre yayaların hareketlerinde sosyal kuvvetlere maruz kaldıkları kabul edilir. Bu kuvvetler yayalara doğrudan etki etmezler. Yayalar belirli bir hedefe doğru giderlerken kendi iç motivasyonlarından kaynaklanan bu kuvvetlere maruz kalırlar. Bir yayaya etki eden direnimsel kuvvetlerini; diğer yaya direnimsel, engel direnimsel ve hedefe yönelim direnimsel olarak sıralayabiliriz. Diğer yaya direnimsel yayanın diğer yayalara belirli bir mesafe koymasından kaynaklanan bir direnimseldir. Bu çalışmada Sosyal Kuvvet Modeli kullanılarak yaya yollarının modellenmesi yapılmıştır. Bilgisayar ortamında yapılan yaya yolu simülasyonu çalışmaları sayesinde önemli ekonomik kazançlar elde edilmektedir. Çünkü uygulamada yapmak yerine bilgisayar ortamında modeller simüle edilmekte en uygun yaya yolu seçeneği ve ulaşım sistemi duraklarının yerleri tespit edilebilmektedir.

Anahtar sözcükler: Yaya simülasyonu, Sosyal kuvvet modeli.

1. Giriş

Trafik modellemesi karmaşık trafik akımlarının bulunduğu yol ağlarının anlaşılması ve analiz edilmesinde kullanılan önemli bir yöntemdir. Trafik modellemesi çok geniş bir alanda trafik simülasyonu yapmaya imkan vermektedir. Trafiğin yeniden düzenlenmesi ve analizi, yol ağlarının planlaması, trafik tahminleri ve trafik kontrol stratejileri (tasarım, test ve değerlendirme) gibi alanlarda trafik modellemesi kullanılmaktadır. Modellemede amaç, trafiğin süreç dinamiklerini ve bunların ana faktörleri anlamaktır. Olayın anlaşılması durumunda olay matematiksel olarak ifade edilebilir ve sürecin değerlendirmesi yapılabilir. Trafik akımlarının modellemesinde, mikroskobik, makroskobik ve mezoskobik olmak üzere üç ana model tekniği kullanılmaktadır. Her bir modelin tekniği yol ağının büyüklüğüne ve ulaştırma sisteminin ölçeğine göre değişir (Duderstadt ve diğ., 1979; Helbing ve diğ., 1995). Yayaların karmaşık kavşaklarda trafik üzerine olan etkilerini gerçeğe yakın bir şekilde tahmin etmek mümkündür. Trafik mühendisleri ve plançıları trafik ve yaya yükünü karşılayacak şekilde uygun altyapıyı sağlamaları gerekmektedir. Kuvvetli simülasyon tekniklerine ve araçlara sahip olan uzmanlar bu çalışmalarını kolay bir şekilde yapabilirler. Farklı trafik koşullarının değerlendirmesini yapabilirler. Özellikle yaya oranının yüksek olduğu havaalanları, otobüs ve tren terminalleri gibi yapılarda bu çalışmalar yapılabilir. Bu alanlarda yaya akışının aktarma bağlantıları ile incelenmesi gerekmektedir. Yolcuların buldukları alanı terk ederken harcadıkları zaman dikkate alınarak aktarma istasyonlarında zaman çizelgeleri yeniden düzenlenebilir. Simülasyon tekniklerinin trafik mühendisliğine uygulamalarında başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Bu çalışmada VISSIM yazılımı kullanılarak yaya simülasyonu ile ilgili uygulamalar yapılmıştır.

2. Yaya Simülasyon Modelleri

Gelişen ve nüfusu gittikçe artan kent merkezlerinde yaya hareketlerinin belirlenmesi gittikçe önem kazanmaktadır. Yaya hareketleri yayaların bulunduğu koşullara bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Özellikle toplu taşıma alanlarında, spor alanlarında ve büyük alış-veriş merkezlerinde yaya trafiğinin simüle edilmesi önemlidir. Yaya hareketlerinin simülasyonu yapılarak yaya davranışları belirlenebilir ve bu bilgiler bu alanların planlamasında kullanılabilir. Yaya hareketlerinin simüle edilmesiyle ilgili olarak çeşitli modeller geliştirilmiştir. Bu modeller; Kuyruk modeli, Gaz-kinetik modeli, Hücresel otomat modeli ve Sosyal kuvvet modelidir. Kuyruk modellerinde yayaların hareketleri olasılık fonksiyonları ile tanımlanır. Yaya bir sunucuya belli bir olasılıkla varır, hizmet alır ve ayrılır. Kuyruklanma sisteminde 3 temel özellik vardır; Kuyruğa girme, Hizmet mekanizması ve Hizmet disiplindir. Kuyruklanma modellerinde stokastik süreç ortamında bulunan kişi sayısıdır. Gaz kinetik modellerinde yayalar seyreltik bir gaz içindeki moleküllerin hareketine benzetilir. Gaz içinde bulunan moleküllerin hareketi kaotik kabul edilir ve bu sebeple moleküllerin hızı ve konumu tam olarak belirlenemez. Ancak bir yoğunluk fonksiyonu kullanılarak bu moleküllerin hareketleri tespit edilebilir, $f(\vec{x}, \vec{v}, t)$. Boltzman'ın taşıma denklemi kullanılarak, bu yoğunluk fonksiyonu incelenebilir. Bu denklemde belli koşullarda yoğunluk fonksiyonunun değişimi, iç ve dış akımların karşılıklı etkileşimi dikkate alınarak incelenir.

Etkileşim oranı iki molekülün nisbi hızına ve kesimler arası dağılıma bağlıdır (Hoogendoorn ve diğ., 2001). Yaya akım analizlerinde Gaz-kinetik modeli uygulaması ilk olarak Henderson tarafından 1971 yılında yapılmıştır. Hoogendoorn ve Bovy yaya

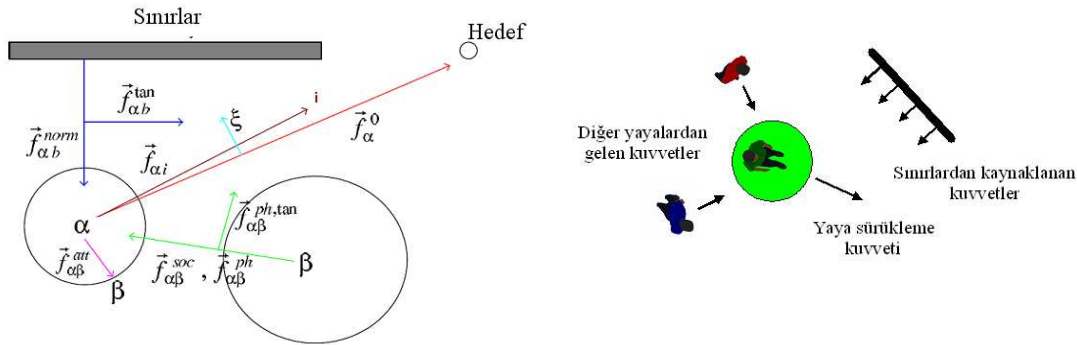
akımı için çok karmaşık bir gaz-kinetik modeli ortaya koymuşlardır. Hoogendoorn ve Bovy kesimler arasındaki dağılım için bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Monte Carlo metodunu kullanarak basit bir modeli sunmuşlardır (Hoogendoorn ve diğ., 2000). Hücresel otomat modeli yaya akımını simüle etmede kullanılan basit ve hızlı yöntemdir. Hücresel otomat modelinde yürüme yolları ağ olarak tasarlanır. Bu yöntemde her bir hücre tek bir yaya tarafından işgal edilir. Hücresel otomat modelde çeşitli kurallar geliştirilir ve bu kurallar çerçevesinde hareketlilik hücrelerin dolma ve boşalma durumları ile modellenir. Bu kural dizisi farklı modellerde farklılık gösterir (Helbing, 2001) .

3. Sosyal Kuvvet Yöntemi

Sosyal kuvvet modeli Helbing ve Molnar tarafından geliştirilmiştir. Bu modelde bir yayanın farklı türdeki motivasyonları ve çerve etkileri bir dizi kuvvetler olarak tanımlanır. Newton dinamiğinde birim kütle kavramına benzer bir durum söz konusudur. Sosyal kuvvet modeli pek çok kuvveti içerir ve bu kuvvetler yayanın belirli bir hedefe yönelmiş olmasından dolayı ortaya çıkarlar (Marko, 2004). Yaya hareketi genel olarak:

1. Yayalar normal olarak en kısa yolu tercih ederler.
2. Yayalar yaş, cinsiyet, engeller, çevre koşulları vb. durumlar çerçevesinde bireysel bir hızda hareket ederler. Bu hız Gauss dağılımına uygundur.
3. Yayalar diğer yayalarla aralarına bir mesafe koyarlar. Bu mesafe yaya yoğunluğuna ve yürüme hızına bağlı olarak değişiklik gösterir.

Sosyal kuvvet modelinde bir yayaya etki eden kuvvetler Şekil 1’de ayrıntılı olarak gösterilmiştir (Marko, 2004; Johansson ve diğ. 2007).



Şekil 1. Yayaya etki eden kuvvetler

Sosyal kuvvet modeli gerçekte yaya üzerine etki eden tüm kuvvetlerin toplamına eşittir. Bu kuvvetlerin toplamı yayanın hareketini ve yönü belirler. Aşağıdaki eşitlik bir yayaya etki eden kuvvetlerin toplamını göstermektedir. Bu kuvvetlerin ayrıntıları diğer bölümlerde açıklanmıştır.

$$\frac{d\bar{v}_{\alpha}^t}{dt} = \bar{f}_{\alpha}^0 + \sum_{\beta} \bar{f}_{\alpha\beta} + \sum_b \bar{f}_{\alpha\beta} + \sum_i \bar{f}_{\alpha\beta} + \sum_{\beta} \bar{f}_{\alpha\beta}^{att} + \xi$$

Bu model yaya hareketlerini çok gerçekçi bir şekilde modelleyebilir. Ancak bu kuvvetlerin bir kısmı simüle edilecek sisteme bağlı olarak içerilmeyebilir. (Örneğin panik veya dar bir yerden geçiş söz konusu değilse fiziksel kuvvet ihmal edilebilir).

3.1 Sürüklenme Kuvveti

En belirgin kuvvet yayanın motivasyonundan kaynaklanan sürüklenme kuvvetidir. Yaya hedefine arzu ettiği hızla varmak isteyecektir. Bu kuvvet aşağıdaki bağıntı ile ifade edilir (Marko, 2004; Schreckenberg ve diğ. 2002):

$$\vec{f}_\alpha^0 = \frac{v_\alpha^0 \cdot \vec{e}_\alpha^0(t)}{\tau_\alpha} - \frac{\vec{v}_\alpha(t)}{\tau_\alpha} \quad (1)$$

v_α^0 : Yayanın arzuladığı hızı, \vec{e}_α^0 : Yayanın arzuladığı hareket doğrultusu, τ_α : Yayanın gevşeme süresi, $\vec{v}_\alpha(t)$: Yayanın gerçek hızı. Yayanın arzuladığı hareket doğrultusu aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanır (Marko, 2004; Werner ve diğ. 2003):

$$\vec{e}_\alpha^0(t) = \frac{\vec{p} - \vec{x}_\alpha}{\|\vec{p} - \vec{x}_\alpha\|} \quad (2)$$

\vec{x}_α : Yayanın anlık konumu, \vec{p} : Arzulanan hedef konum

3.2 Diğer Yayalarla Etkileşimler

Yaya hareketi süresince diğer yayalarla etkileşim içinde olur. Bu etkileşim beraberinde bir kuvveti doğurur. Bu kuvvet sosyo-psikolojik kuvvet ve fiziksel etkileşimler olmak üzere ikiye ayrılır (Marko, 2004; Johansson ve diğ. 2007):

$$\vec{f}_{\alpha\beta}(t) = \vec{f}_{\alpha\beta}^{SOC}(t) + \vec{f}_{\alpha\beta}^{ph}(t) \quad (3)$$

Yayalar arasında en önemli etkileşim, yayanın diğer yayalardan kendisini belirli bir mesafede tutmasıdır. Bu olay sosyal kuvvet modelinde itici sosyo-psikolojik kuvvet olarak ele alınır. İtme şiddeti etkileşim içinde olan yayalar arasındaki mesafeye bağlıdır. Düşük mesafelerde en yüksek değere sahiptir ve mesafe arttıkça sıfır değerine iner. Bu durum üssel bir fonksiyonla ifade edilebilir ve yaya etkileşimi sonucu ortaya çıkan kuvvet olarak kullanılır (Marko, 2004; Schreckenberg ve diğ. 2002).

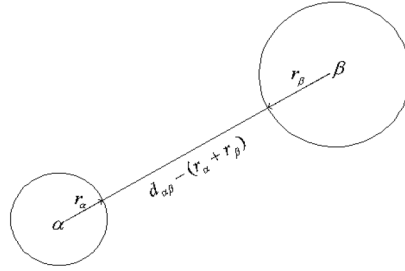
$$\vec{f}_{\alpha\beta}^{SOC}(t) = A_\alpha \exp\left[\frac{r_{\epsilon\beta} - d_{\alpha\beta}}{B_\alpha}\right] \vec{n}_{\alpha\beta} \cdot F_{\alpha\beta} \quad (4)$$

A_α : Etkileşim gücü, B_α : İtici güç aralığı, $d_{\alpha\beta}$: Yayalar arasındaki mesafe, α, β :

Yayalar, $r_{\epsilon\beta}$: Yarıçaplarının toplamı, $\vec{n}_{\alpha\beta}$: α yayasından β yayasına normalize vektör,

$F_{\alpha\beta}$: Anizotropik davranışlarda form faktör

Şekil 2 etkileşim halinde olan iki yayayı göstermektedir. Her bir yaya işgal ettiği alan kadar bir yarıçığa sahiptir. Ekponensiyel fonksiyonda yayalar arasında işgal edilmeyen mesafe dikkate alınır (Marko, 2004; Werner ve diğ. 2003).

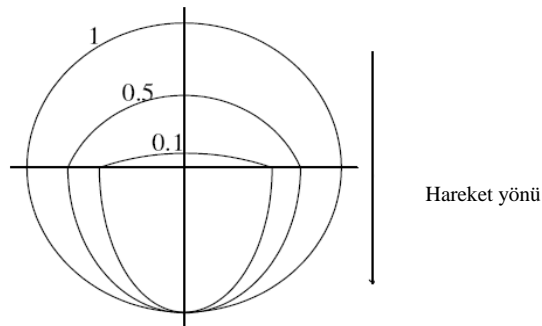


Şekil 2. Yayalar arasındaki mesafe

Yaya hareketi normal olarak anizotropiktir. Anlamı, bir yayanın önündeki faaliyet arkasındaki faaliyetten daha önemlidir. İnsanlar diğer insanların hareketlerini tahmin edebilme yeteğine sahiptirler ve böylece diğerleri tarafından yapılacak hareketlere bağlı olarak hareket ederler. Sosyal kuvvet modelinde, yayanın görüş alanı içinde bulunan diğer yaya etkileri, yayanın görüş alanı dışındaki yaya etkilerinden daha büyük olacaktır. Bu davranışı modele katmak için bir form faktör kullanılır. Bu faktör hareketin istenen yönü ve itici kuvvetin ortaya çıkardığı yaya yönü arasındaki açıya bağlıdır. Form faktör şu şekilde hesaplanır (Marko, 2004; Werner ve diğ. 2003):

$$F_{\alpha\beta} = \lambda_{\alpha} + (1 - \lambda_{\alpha}) \frac{1 + \cos(\varphi_{\alpha\beta})}{2} \quad (5)$$

Form faktörün çeşitli λ_{α} değerleri için alabileceği değerler Şekil 3’de gösterilmiştir. $\lambda_{\alpha} < 1$ ise yaya hareketi anizotropik olarak dikkate alınır. Şayet itici bir kuvvet hareket yönünde mevcutsa (α ve β arasındaki açı sıfır olması durumu), etki en büyük değerini alır ($F_{\alpha\beta}=1$). $0^{\circ} - 90^{\circ}$ ve $270^{\circ} - 360^{\circ}$ arası $90^{\circ} - 270^{\circ}$ derece aralığına göre daha büyük form faktör değeri vardır ve böylece görüş alanı dışındaki yayaların etkisi daha azdır (Marko, 2004; Werner ve diğ. 2003).



Şekil 3. Anizotropik yaya davranışı form faktörü

$$\vec{f}_{\alpha\beta}(t) = \vec{f}_{\alpha\beta}^{SOC}(t) + \vec{f}_{\alpha\beta}^{ph}(t) \quad (6)$$

Yukarıdaki denklemin ikinci kısmı yayalar arasında fiziksel etkileşimler sonucu ortaya çıkar. Yayaların yarıçapları toplamı aralarındaki mesafeden büyükse bu etkileşim

görülür. Bu durumda yayalar arasında fiziksel bir temas söz konusudur. Bu durum panik ve dar yerlerden geçen yayalar arasında görülür. Fiziksel etkileşimler vücut kuvveti ve kayma sürtünme kuvveti olmak üzere iki kuvvet şeklinde ortaya çıkarır. Vücut kuvveti karşı vücut kuvvetiyle karşılaşır. Yaya fiziksel zarar görmekten kaçınır. Bu kuvvet aşağıdaki eşitlikle hesaplanır (Marko, 2004; Johansson ve diğ. 2007):

$$k\Theta(r_{\alpha\beta} - d_{\alpha\beta})\vec{n}_{\alpha\beta} \quad (7)$$

Kayma sürtünme kuvveti, yayaların diğer yayaları yüksek hız ve kısa mesafelerde geçmekten sakınmasından dolayı ortaya çıkar. Bu sebeple yayaların birbirlerine çarpmamak için göstermiş oldukları tepkilerden ortaya çıkan kayma sürtünme kuvveti aşağıdaki eşitlikle hesaplanır (Marko, 2004; Johansson ve diğ. 2007):

$$\kappa\Theta(r_{\alpha\beta} - d_{\alpha\beta})\Delta v_{\beta\alpha}^t \vec{t}_{\alpha\beta} \quad (8)$$

Vücut kuvveti ve kayma sürtünme kuvveti β yayasından α yayası üzerine etki eden fiziksel kuvvetin toplamıdır (Marko, 2004; Schreckenberg ve diğ. 2002):

$$\vec{f}_{\alpha\beta}^{ph}(t) = k\Theta(r_{\alpha\beta} - d_{\alpha\beta})\vec{n}_{\alpha\beta} + \kappa\Theta(r_{\alpha\beta} - d_{\alpha\beta})\Delta v_{\beta\alpha}^t \vec{t}_{\alpha\beta} \quad (9)$$

3.3 Sınırlarla Etkileşim

Engeller ve sınırlar yaya hareketlerini etkilerler. Bir yaya benzer şekilde engel ve sınırlardan belli bir mesafede durmaya çalışır. Genel olarak bir oda birden fazla sınır ve engeller içerir. Engel ve sınırlarla ilgili üç model söz konusudur (Marko, 2004; Schreckenberg ve diğ. 2002):

- Süperpozisyon: Tüm sınırlar ve engeller yayayı etkiler ve tüm kuvvetler toplanır.
- En kısa mesafeler: Yayaya en yakın sınır/engel dikkate alınır.
- En büyük etki: Sadece en büyük etkiye sahip sınır/engel dikkate alınır.

Kullanılacak model simülasyon yapılan koşula bağlı olarak değişir. Bir odada veya bir geçiş yolunda engelsiz bir durumun olmadığı şartlarda, en kısa mesafe modeli en büyük etki modeline eşittir. Açılı bir geçiş yolunda, süperpozisyon modelini kullanmak en doğrusudur. Yayalar geçiş yollarında ilerlerken yolun köşeli geçişlerinden kaçınırlar. Bu durum insanın tipik davranışını gösterir.

3.4 Çekici Olaylar

Bazı çekici durumlar yaya davranışını etkileyebilir. Vitrinler, görüntülü olaylar veya diğer çekici olaylar yayayı kendine doğru yönlerebilir. Çekicilik zamana bağlıdır ve doğrusal olarak sıfırlanır. Bu çekici durumlar yayalar arasındaki sosyal kuvvette olduğu gibi modellenilebilir (Marko, 2004; Schreckenberg ve diğ. 2002).

3.5 Grup Etkisi

Yayalar genelde grup halinde yürürler. Ayrılma olması durumunda herhangi bir yaya diğerlerini toplamaya çalışır. Bu durum β yayasından α yayası üzerine sürekli bir çekim

kuvveti gibi uygulanır. Grup etkisi aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır (Marko, 2004; Schreckenberg ve diğ. 2002):

$$\vec{f}_{\alpha\beta}^{att} = -C_{\alpha\beta} \vec{n}_{\alpha\beta} \quad (10)$$

3.6 Simetrik Olmayan Değişimler ve Bireysellik

Tüm yayalar bireysel bir davranış gösterirler ve bu hareket kabul edilen kurallardan farklılık gösterebilir. Bu davranış rastgele dalgalanan bir kuvvetle temsil edilir (ξ). Dalgalanma Gauss dağılımına uyar ve gidilen yöne diktir (Marko, 2004; Schreckenberg ve diğ. 2002).

$$\xi = \langle \vec{e}_\alpha^0, \vec{f}_\alpha \rangle X e_\alpha^{-1} \quad (11)$$

\vec{f}_α : Yaya üzerine etki eden tüm sosyal kuvvetler, X : Normal dağılım. X 'in yoğunluğu aşağıdaki eşitle bulunur:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{1}{\sigma} \cdot e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} \quad (12)$$

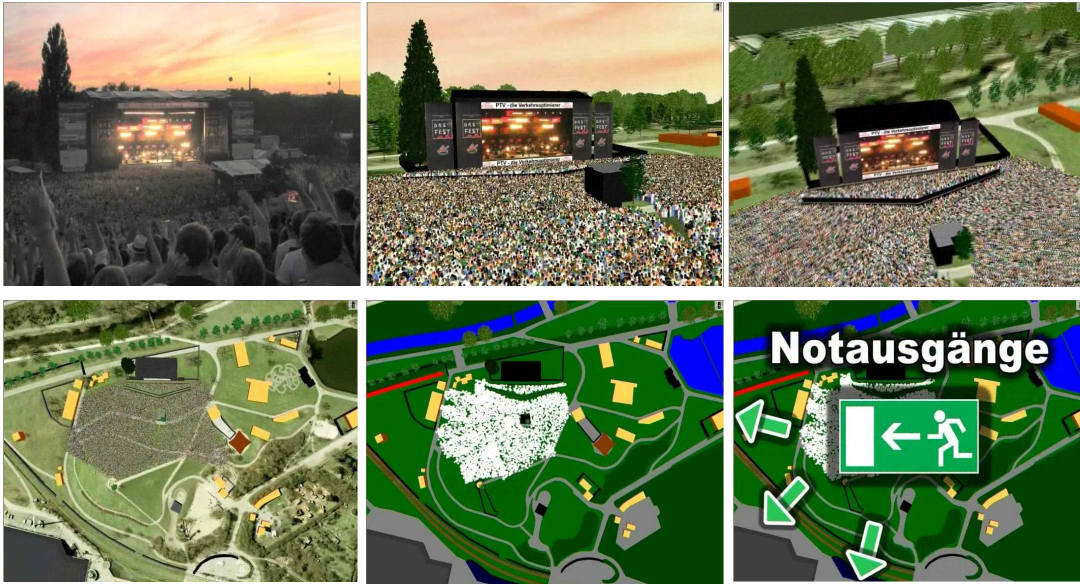
4. Uygulamalar

Sosyal Kuvvet Yöntemi'ni kullanan VISSIM programı kullanılarak yaya trafiğinin simülasyonu ile ilgili uygulamalar yapılmıştır.

4.1 Karlsruhe Festival Meydanı

Almanya'nın Karlsruhe şehrinde her yıl düzenlenen fesival Avrupa'nın en büyük müzik festivallerinden birisidir. Hafta sonu düzenlenen bu festivali 300000 kişi ziyaret eder. Yaklaşık 50000 fanatik Cumartesi ve Pazar akşamları sahnenin hemen ön kısmında yer alır. Bu çalışmada olası bir olay durumunda festival meydanının en güvenilir şekilde terkedilmesi için bir yaya simülasyon çalışması yapılmıştır. Yaya simülasyon çalışmasında festival meydanında bulunan yayalar, festival alanını tanıyanlar ve festival alanını tanımayanlar (yabancılar) olarak ikiye ayrılmıştır. Sosyal Kuvvet Modeli yönteminde yukarıda sıralanan direnimler her iki grup için ayrı ayrı tanımlanmıştır. Festival alanına ilk defa gelen yayalar, olası bir olay durumunda panik havasında olacaklardır. Bu yayalar ne yöne gideceklerini bilemeyeceklerdir. Festival alanını tanıyan yayalar doğru yöne yöneleceklerdir ancak çıkış kapılarını bilemeyeceklerdir. Olası bir olay durumunda festival alanında büyük bir karmaşanın yaşanacağı açıktır. Güvenilir bir şekilde yayaların festival alanını terk etmeleri için yayalara çıkış kapılarının yerlerini öğretmeye yönelik bir çalışma yapılmıştır. Bunun için festival alanının 3 ve 2 boyutlu simülasyonları hazırlanmıştır. Hazırlanan bu simülasyonlar sahnenin hemen arkasındaki ekrandan izleyicilere program aralarında izlettirilmektedir. İzleyicilere önce alışık oldukları 3 boyutlu festival alanı gösterilir. Festival alanının tümünü kapsayacak şekilde görüntü yavaş yavaş 2 boyutlu hale getirilir ve nihayet festival alanının çıkış kapılarının yönlerini gösteren görüntü ekrana yansıtılır. Festival alanını tanıyan bu yayaların direnim kuvvetleri tanımlandığında ve simülasyon

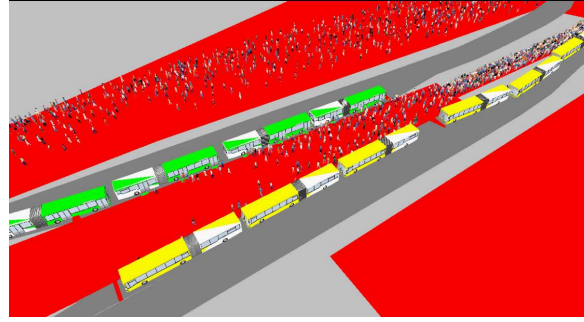
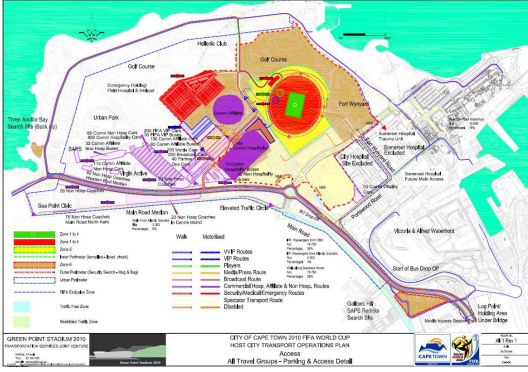
çalışması yapıldığında yayaların bölgeyi en kısa ve zararsız şekilde terk ettikleri tespit edilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Karlsruhe festival meydanının simülasyonu

4.2 Green Point Stadyumu

Güney Afrika'nın Cape Town şehrinde 2010 FIFA Dünya Kupası için Green Point adında bir stadyum inşa edilmektedir. Green Point 2009 yılında tamamlandığında 70000 koltuk kapasitesine sahip olacaktır. Bu çalışmada Green Point stadyumu içinde ve çevresindeki yaya hareketleri için mikroskobik simülasyon çalışması yapılmıştır. Mikroskobik simülasyon çalışması yayaların stadyuma giriş ve stadyumdan çıkışları için ayrı ayrı yapılmıştır. Stadyuma giren yayaların, park alanları ve stadyum etrafında bulunan yürüme yollarının optimizasyonu yapılmıştır. Yayaların araç trafiği ile etkileşimleri de dikkate alınmıştır. Sosyal Kuvvet Model'inde araçlar hareketli direnimsizlik olarak tanımlanmıştır. Yapılan yaya yolu simülasyon çalışmasıyla güvenlik sistemlerinin ve kontrol sistemlerinin kapasitesi analiz edilerek şişe boynu (darboğaz) noktalar tespit edilmiştir. Benzer şekilde stadyumu terk eden yayaların, otobüs durakları ve stadyum arasında bulunan yürüme yollarının da optimizasyonu yapılmıştır. Yayaların araç trafiği ile etkileşimleri de dikkate alınmıştır. Yayaları stadyum çevresinden taşıyan otobüs sisteminin performansı analiz edilmiştir. Yapılan yaya yolu simülasyon çalışmasıyla tüm yaya yollarındaki şişe boynu (darboğaz) noktalar tespit edilmiştir.



Şekil 5. Green Point stadyumu yaya yolu simülasyonu

4.3 Kuzey Melbourne Tren İstasyonu

Avustralyanın Kuzey Melbourne tren istasyonu Melbourne şehir merkezinin yakınında yer almaktadır. Bu istasyonda dört platform bulunmaktadır. Kuzey Melbourne tren istasyonundan Melbourne şehrinin çeşitli kesimlerine aktarma yaparak ulaşmak mümkündür. Bu çalışmada Kuzey Melbourne tren istasyonunda inip Melbourne şehir merkezine ve diğer noktalara ulaşmak isteyen yayaların istasyon içindeki hareketlerini optimize etmek için mikro simülasyon çalışması yapılmıştır. Özellikle sabah ve akşam doruk saatlerinde bu istasyonda aşırı bir yoğunluk yaşanmaktadır. Bu saatlerde banliyölere giden yolcularla iş merkezlerine giden yolcular arasında önemli bir etleşim olmaktadır. Bu simülasyon çalışmasında yolcuların istasyon alanında ve platform üzerindeki hareketleri mevcut altyapı ve tren işletmesi özellikleri dikkate alınarak sosyal kuvvet yöntemiyle modellenmiştir. İstasyon binası içindeki yollar, platformlar, merdiveler, engeller analize dahil edilmişlerdir. İstasyona gelen trenlerin zaman çizelgeleri, durdukları platformlar ve yolcuların platform değiştirme gibi verileri de simülasyon modelinde içerilmiştir. Tüm veriler yaya simülasyon amaçları doğrultusunda analiz edilerek, istasyon binasının tasarımı, gelecekte kapasite değişmesi durumunda olabilecek seneryolar, transfer kapılarının yerlerinin değişmesi veya yeni kapıların eklenmesi, trenlerin gecikmesi gibi durumların tümü incelenmiştir.



Şekil 6. Kuzey Melbourne tren istasyonunda simülasyon çalışması

4. Sonuç ve Değerlendirmeler

Yaya yollarının, konser alanlarının, büyük alış-veriş merkezlerinin, spor tesislerinin, havaalanlarının ve tren istasyonlarının yayalar tarafından kullanılacak yolları yaya trafiği modelleri kullanılarak optimize edilebilirler. Yaya trafiği simülasyon teknikleri de kullanılarak modellenen yaya yollarının görsel incelemesi yapılabilir. Simülasyon modelleri görsel gücüyle karar vericilere hızlı, doğru ve ekonomik kararlar vermesinde yardımcı olur. Aşağıda yaya trafiği analizinin avantajları sıralanmıştır:

- Kent içinde yaşam kalitesini artırır,
- Yaya yollarının optimizasyonu sağlanarak, sıkıntılı noktalar belirlenir ve ekonomik çözümler sağlanır,
- Kentiçinde toplu taşıma sistemlerinin yerlerinin belirlenmesinde avantaj sağlanır,
- Toplu taşıma binalarının yaya yolları tasarım aşamasında belirlenerek ekonomik kazanç sağlanır,
- Olağan üstü durumlarda alınacak tedbirler ve olay yerine ulaşım en etkin bir şekilde gerçekleştirilir,
- Kent planlaması en iyi şekilde yapılır,
- Karmaşık yapıya sahip binaların yaya yolları analizi yapılarak tasarım aşamasında tedbirler alınabilir,
- Yaya ve araç etkileşimleri incelenerek düzenlemeler yapılabilir.

Kaynaklar

Duderstadt, J. T. and Martin, W. R. (1979). Transport Theory, John Wiley and sons, 1979.

Helbing D. and Molnar P. (1995). Social force model for pedestrian dynamics, Physical Review E, 51(5):4282–4286, May.

Helbing, D. (2001). Traffic and related self-driven many-particles systems, Reviews of modern physics, 73:1067–1141, October.

Hoogendoorn, S. and Bovy, P. H. L. (2000). Gas-kinetic modeling and simulation of pedestrian flows, Transportation Research Record, 1710:28–36.

Johansson A., Helbing D. and Shukla P.K. (2007). Specification of the Social Force Pedestrian Model by Evolutionary Adjustment to Video Tracking Data, Advances in Complex Systems, V 10(4), pp. 271-288.

Marko, A. (2004). Simulation of pedestrian flows based on the social force model using the verlet link cell algorithm, Master's thesis, Poznan University of Technology, 2004.

Schreckenberg, M. and Sharma S.D. (2002). Pedestrian and Evacuation Dynamics, Springer Verlag.

Werner, T. and Helbing, D. (2003) The Social Force Pedestrian Model Applied to Real Life Scenarios, Pedestrian and Evacuation Dynamics 2003, pp. 17–26.

Teşekkür

Bu çalışmaya verdikleri destekten dolayı PTV firmasına teşekkür ederiz.

Ulaştırma Eğitimi ve Çalışmalarının Sinoptik Bir Öyküsü ve Türkiye

Prof. Dr. Muhteşem Kaynak, Araş. Gör. Merter Mert

Gazi Üniversitesi İİBF İktisat Bölümü, 06500, Beşevler, Ankara.

Tel: (312)2161127, (312)2161138

E-Posta: muhtesem@gazi.edu.tr

mertermert@gazi.edu.tr

Öz

Ulaştırma, ekonomik ve toplumsal kalkınma süreçlerinde oynadığı roller ve kendisine ayrılan kaynaklar bakımından ülke ekonomilerinin en başta gelen önemli sektörlerinden birisidir. Dolayısıyla, ulaştırma sektörüyle ilgili teorik ve pratik konular gerek ülke yöneticilerinin gerekse de bilim insanlarının her daim önemli gündem maddelerinden biri olmaktadır. Kuşkusuz, ulaştırma sorunlarının çözümünde “ulaştırma profesyonelleri”nin de ayrıca önemli bir yeri vardır. Ancak, hem makro düzeydeki ulaştırma sorunlarının iyi anlaşılabilmesi ve çözüme yönelik uygun ulaştırma politikalarının belirlenebilmesi, hem de mikro düzeyde “iyi” ulaştırma profesyonellerinin yetiştirilebilmeleri bakımından, ulaştırma konularının, mühendislik, şehircilik vb. yönleriyle birlikte, örneğin, felsefi, iktisadi, mali, sosyolojik, psikolojik, tarihsel ve coğrafyasal yönleriyle de irdelenmeleri, dolayısıyla, ulaştırma eğitiminin ve araştırmalarının da çağın disiplinler-arası/çok-disiplinli yaklaşım yöntemiyle yapılması gerekir.

Bu çalışmada, öncelikle, kısaca, ulaştırma eğitimi ve çalışmalarının evrimiyle ilgili temel literatür ele alınmış, daha sonra, yine kısaca, Türkiye’de yükseköğretim düzeyinde verilmekte olan günümüz ulaştırma eğitimi ve çalışmaları, sosyal bilimler bağlamında değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirme sonucunda, çağımız 21. yüzyılında ulaştırma eğitiminin disiplinler-arası/çok-disiplinli yaklaşım yöntemiyle ele alınmak zorunda olduğu ve genelde gelişmiş ülkelerin bu yaklaşımı çok önceden beri benimsedikleri; Türkiye’de ise her ne kadar söz konusu eğitim ve çalışmaların disiplinler-arası/çok-disiplinli yaklaşım yöntemiyle ele alınması yönünde girişimler olsa da, disiplinler-arası/çok-disiplinli yaklaşımın gerçekleştirilmesi açısından son derece önemli gördüğümüz, örneğin, “ulaştırma iktisadı ve politikası”, “ulaştırma sosyolojisi”, “ulaştırma tarihi” vb. sosyal bilim alanlarını kapsayan lisansüstü uzmanlık dallarının, ulaştırma eğitiminin verildiği yerlerde bulunmadığı saptanmıştır. Türkiye’de, ulaştırma eğitiminin verildiği yerlerde, özellikle sosyal bilimler yönünden teorik ulaştırma eğitimi zayıftır. Bu nedenle, eğer, Türkiye’de 21. yüzyılın temel eğilimleri ile uyumlu bir ulaştırma eğitimi verilmek, bununla ilgili çalışmalar yapılmak ve buna uygun ulaştırma profesyonelleri yetiştirilmek isteniyorsa, mühendislik, şehircilik vb. alanların yanısıra sosyal alanlardaki uzmanlaşmayı da dikkate alan disiplinler-arası/çok-disiplinli yaklaşım esasında bir akademik ortamın kurulması ve geliştirilmesi şarttır.

Anahtar sözcükler: Ulaştırma, Ulaştırma Eğitimi.

Giriş

Ulaştırma sektörü, yarattığı hareketlilik ve yer ve zaman faydaları bakımından, her zaman, ekonomik ve toplumsal faaliyetlerin tam ortasında yer almıştır. Bu bakımdan, ulaştırma faaliyetleri, başta gelişmiş ülkeler olmak üzere çoğu ülkede özel araştırmaların konusu olmakta, sayısız kitaplar yazılmakta, kongre ve sempozyumlar tertip edilmekte, araştırma merkezleri ve enstitüler kurulmakta, çeşitli dergiler çıkarılmakta ve çeşitli üniversitelerde teknik derslerin yanı sıra ulaştırma iktisadı, ulaştırma tarihi ve ulaştırma teknolojileriyle ilgili dersler konmakta, yüksek lisans ve doktora tezleri yazılmaktadır. Ülkemizde ise, ulaştırmaya yönelik eğitim ve çalışmalar genelde mühendislik, şehircilik ve son zamanlarda lojistik bağlamlarında ele alınmaktadır. Oysa, ulaştırma eğitiminin, mühendislik, şehircilik vb. ile birlikte iktisat, sosyoloji, tarih vb. sosyal bilimlerle de ilgili boyutları vardır.

Bu çalışmada, öncelikle, esas olarak, mühendislik, şehircilik vb. alanlar dışında kalan ulaştırma eğitimi ve çalışmalarına ilişkin gelişmelerin sinoptik bir öyküsü verilmiş, daha sonra yine aynı bağlamda kalmak koşuluyla Türkiye’de yükseköğretim düzeyinde verilmekte olan ulaştırma eğitimi ve çalışmalarına ilişkin kısa bir değerlendirme yapılmıştır.

Ulaştırma Eğitimi ve Çalışmalarının Gelişimi

Ulaştırma faaliyetlerine ilgi duyulması ve bu faaliyetlerle ilgili birçok konunun ayrı bir ders kapsamında okutulmasına ilişkin akademik ilgi 19. yüzyılın ortalarına dayanır. Daha 1850’lerde, Yale Üniversitesi rektörü Henry Adams, Ulaştırma İktisadı (Economics of Transportation) konusunda ders verilmesini önermiş, ardından, Amerika’nın en eski ekonomi kurumu olan “Amerikan Ekonomi Kurumu” (American Economic Association) 1885 yılında ilk kez toplanarak ulaştırmanın da dahil olduğu dokuz ayrı komitenin kurulmasını kararlaştırmıştır (Farris, 1997: 42-43 ve 48). Amerikan Ekonomi Kurumu’nun oluşturduğu Amerikan Ekonomi Kurumu Yayınları’nın 1887 yılında yayınlanan ikinci cildinde, Chicago Üniversitesi’nden Edmond J. Jones’un kaleme aldığı “Demiryolu Sorunları” (The Railway Questions) başlıklı bir yazının yer almasından sonra, 1907 yılına kadar, aynı süreli yayında ulaştırma konusunda çeşitli makaleler yayınlanmıştır.¹ Ayrıca, 1904 yılından başlayarak, ulaştırma konusunda doktora tezleri de yazılmaya başlanmıştır.²

1911 yılında, Amerikan Ekonomi Kurumu, “American Economic Review” adlı bir süreli yayın çıkartmaya başlamış ve 1911-1912 döneminde yayınlanan birinci cildinde, demiryolu üzerine 109, su taşımacılığı üzerine 40, kamu hizmetleri üzerine ise 23 makale yer almıştır. Bunların yanı sıra, çeşitli süreli yayınlarda adı genellikle Ulaştırma İktisadı (Economics of Transportation) olan birçok makale yayınlanmıştır.³

1938 yılında, bir grup iktisatçı, Amerikan Ekonomi Kurumu içerisinde, gayri resmi olarak ulaştırma ve kamu hizmetlerine ilişkin ayrı bir organizasyon oluşturmuşlar ve her yıl toplanmaya başlamışlardır (Farris, 1997: 45). Sonraları, bu grup, Amerikan Ekonomi Kurumu içerisinde “Ulaştırma ve Kamu Hizmetleri Grubu” adı altında, kendi yöneticilerini seçen bir kuruluş olarak çalışmalarına devam etmiş, 1964 yılında

¹ Makalelerin künyesi için bkz. Farris (1997: 48).

² Doktora tezlerinin listesi için bkz. Farris (1997: 48).

³ Ayrıntılar için bkz. Farris (1997: 49).

“Ulaştırma ve Kamu Hizmetleri Alanındaki Araştırmalara Üstün Katkılarından Dolayı” yıllık ödüller vermeye başlamış⁴ ve 1996 yılına kadar da 39 kişiye bu ödülü vermişlerdir (Farris, 1997: 45). 1958 yılında ise “Ulaştırma Araştırma Forumu” (Transportation Research Forum) kurulmuş, 1960 yılından itibaren ABD ve Kanada’da yıllık toplantılar yapılmaya başlanmış ve “Journal of Transportation Research Forum” adlı süreli yayın çıkartılmaya başlanmıştır (Farris, 1997: 45).

Bu arada, 1940 yılında, Dr. G. Lloyd Wilson ve bir grup Pennsylvania Üniversitesi öğrencisi tarafından oluşturulan “Delta Nu Alpha Ulaştırma Cemiyeti” (Delta Nu Alpha Transportation Fraternity), ulaştırma alanında birçok çalışma yapmış, 1989 yılında “Journal of Transportation Management” adlı süreli yayını çıkartmaya başlamıştır. Diğer bir kuruluş, 1944 yılında kurulan “Ulusal Savunma Ulaştırma Birliği”dir (National Defense Transportation Association). Bu kuruluş da 1945 yılında “Defense Transportation Journal” adlı süreli yayını çıkartmaya başlamıştır. Ardından, 1946 yılında kurulan “Amerikan Trafik ve Ulaştırma Cemiyeti” (American Society of Traffic and Transportation), ulaştırma/trafik mesleğini ve eğitimini daha ilerletmek amacıyla, her altı ayda bir araştırma merkezinde beş ulusal sınav yapılmasını sağlayan bir sertifikasyon programı uygulamaya başlamıştır (Farris, 1997: 46). Bu kuruluş daha sonra adını “Amerikan Ulaştırma ve Lojistik Cemiyeti” (American Society of Transportation and Logistics) olarak değiştirmiş ve 1961 yılından itibaren “Transportation Journal” adlı süreli yayını çıkartmaya başlamıştır (Farris, 1997: 46). Dolayısıyla, ikinci dünya savaşı ve sonrası dönemde, ulaştırma ve trafik yönetimi konusu daha geniş kapsamlı ele alınmaya başlanmış ve daha çok ilgi görmeye başlamıştır.

19. yüzyılın ikinci yarısında, Birinci Dünya Savaşı öncesinde ve sonrasında ulaştırmayla ilgili birçok anlaşma ve regülasyon yapılırken⁵, 20. yüzyılda daha karmaşık hale gelen ulaştırma sorunları arasında, kamu harcamaları ve iktisadi kalkınma gibi diğer konular daha belirgin hale gelmeye başlamıştır (Manning, 2008: 1). 1950’ler ve 1960’larda, ulaştırma eğitiminde, esas olarak, mühendislik programlarına yer verilip pratik sorunlar ve çözümleri üzerinde durularak yüksekokullar düzeyinde ilgi gösterilmeye başlanmış olsa da, izleyen yıllarda, ulaştırma, kendi kuralları olan bir disiplin haline gelerek diğer eğitim programlarının bir parçası olmaktan da kurtulmuştur (Manning, 2008: 1).

Ulaştırmadaki modern gelişmeler ve lojistik konusu İkinci Dünya Savaşı sonrasında ortaya çıkmaya başlamıştır. Bu dönemde, artık, hareket maliyetinden ziyade malların ne kadar hızlı ve etkin bir şekilde taşındığı önem kazanmış, ayrıca, mal akışı yönetimi daha ön plana çıkmaya başlamıştır (Farris, 1997: 45). Bu arada, nakliyat memurluğunun yerini daha analitik bir iş olan trafik yönetimi almış ve “trafik yönetimi” ve “endüstriyel trafik yönetimi” başlıklı ders kitapları yayınlanmaya başlamıştır (Farris, 1997: 45).

2000’li Yıllara Kadar Ulaştırma Eğitimi ve Çalışmaları

1960’lı yıllarda ulaştırma eğitimiyle ilgili tartışmalar, genelde, yukarıda da adı geçen “Transportation Journal” adlı akademik dergi çevresinde gerçekleştirilmiştir. Birçok yazar ve kurum, ulaştırma eğitiminin gerekli olup olmadığı, gerekli ise ders programının

⁴ Ödül verilen kişilerin listesi için bkz. Farris (1997: 49).

⁵ Regülasyonlar ve anlaşmalar için bkz. Farris (1997: 43, 45).

ne olması gerektiği, ulaşırmaya ilişkin ne tür kitapların⁶ okutulduğu, hangi kurumların kurulduğu, kurumlara ulaşırmaya eğitimi açısından düşen rollerin neler olduğu gibi konular üzerinde yazılar yazmış, raporlar hazırlamıştır.⁷

Bu yazarlardan Farris vd. (1969: 35)'e göre, ulaşırmaya eğitiminin üç boyutu vardır. Birincisi, ulaşırmaya çok kapsamlı bir alandır ve iş dünyasının önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Bu nedenle, ulaşırmaya eğitimi alan öğrencilerin, iş dünyasını iyi ve doğru bir şekilde anlayabilmesi için, öncelikle ulaşırmaya sektörüne ilişkin bir fikirlerinin olması gereklidir. İkincisi, ulaşırmaya faaliyetleri tüm ekonomiyi etkiler. Örneğin, ulaşırmaya sistemi modlarının (karayolu, demiryolu vb.), devlet tarafından desteklenip desteklenmemesi, regülasyonu ve etkinliği, ülkelerin iktisadi büyüme ve kalkınma sürecini etkiler; çünkü ulaşırmaya bir ülkedeki tüm bölgelerin birbiriyle etkileşimini sağlayan bir “katalizör” görevi görür. Bu nedenle, ulaşırmaya faaliyetleri, ülkelerin iktisadi, kültürel ve fiziksel açılarından bütünlüğünü sağlar. Dolayısıyla, öğrencilerin, ekonomik büyüme ve kalkınma sürecini anlayabilmeleri yönünden ulaşırmaya faaliyetlerinin buradaki rolü de iyi kavranmalıdır. Üçüncüsü, ulaşırmaya, basit olmanın tersine çok karmaşık bir olgudur. Güzergah seçimi, fiyatlandırma, taşıma modunun seçimi, vb., ulaşırmaya olgusunda içerilen unsurlardan yalnızca bazılarıdır. Ulaşırmaya faaliyetleri, “sadece insanların ve malların hareket etmesini içeren basit bir faaliyet değil ve fakat çeşitli seçeneklerin sürekli birbirinin yerini aldığı karmaşık bir faaliyettir” (Farris vd., 1969: 35-36). O halde, ulaşırmaya faaliyetlerinin bütün bu unsurlarının olabildiğince öğretilmesi gerekir.⁸

Öte yandan, Sampson (1963: 8), 1960'lı yıllarda ABD'de ulaşırmaya eğitiminin yetersiz olduğu saptamasını yaparken, Harper (1965) de, 1930 ve 1940'lara ait kamu hizmetleri ve regülasyon odaklı, büyük ölçüde betimsel olan eğitim programının değişmesi gerektiğini ve dolayısıyla ulaşırmaya bir işletme fonksiyonu ve işletme sorunu olduğu gösterilerek, bu yönde yaklaşım değişikliğine gidilmesini işaret etmiştir.

Bir diğer çalışmada, McElhiney (1964), ulaşırmaya eğitime farklı bir açıdan yaklaşarak ulaşırmaya faaliyetlerinin bir “meslek” ya da “profesyonel” bir faaliyet olup olmadığını sorgulamış, sonuçta, ulaşırmaya gelişmekte olan bir meslek olduğunu belirterek daha da geliştirilmesi için bu yönde verilecek eğitimin önemini vurgulamıştır. Cherington ve Schneider (1967) de işletme yönetiminde lisansüstü eğitim veren programların ulaşırmaya ve lojistik eğitimini de kapsamaması gerektiğini belirtmiştir.⁹

1980'lerde ise ulaşırmaya eğitime ilişkin tartışmalar, “Transportation Research Board” tarafından 28-31 Ekim 1984 tarihinde ABD'de düzenlenen ve “Şehir Toplu Ulaşırmaya İdaresi” (Urban Mass Transportation Administration), “Federal Karayolu İdaresi” (Federal Highway Administration) ve “Birleşik Devletler Ulaşırmaya Bakanlığı” (U.S.

⁶ 1960'lı yıllarda ulaşırmaya konusunda yayınlanan kitaplara ilişkin şöyle bir sınıflandırma yapılabilir (Farris vd., 1972: 35-36): Standart Çok Yönlü Kitaplar (Standard Comprehensive Books), Tek Modu İçeren Kitaplar (Modal Texts), Ulusal Ulaşırmaya Politikası Kitapları (National Transportation Policy Books), Ulaşırmaya Yönetimi ve Yönetim Sorunları Kitapları (Transportation Management and Management Case Books), Şehir Ulaşırmaya Kitapları (Urban Transportation Books). Ulaşırmaya iktisadi üzerine yazılan standart çok yönlü ders kitapları, tüm ulaşırmaya modlarını içerirken tek modu içeren ders kitapları, örneğin, sadece demiryolu taşımacılığı üzerine yazılan kitaplardır. Ulusal ulaşırmaya politikası kitapları ise tüm ulaşırmaya modalarını içermekle birlikte sadece ulusal politikalar ile sınırlıdır.

⁷ Bu arada, ulaşırmaya eğitime ilişkin çalışmalardan ayrı olarak lojistik eğitime ilişkin de önemli bir literatür vardır. Örneğin, güncel bir çalışma olan Gravier ve Farris (2008)'de, lojistik eğitime ilişkin literatür incelenmiş ve 1960'lardan 2000'lere lojistik eğitime ilişkin olarak yazılan makalelerin ana temasına göre sınıflandırma yapılmıştır.

⁸ Bu unsurların öğrencilere verilmesi için önerilen dersler hakkında bkz. (Farris vd., 1969).

⁹ Sayfa sınırlaması nedeniyle değinemediğimiz “Battelle Memorial Institute” tarafından ulaşırmaya eğitimiyle ilgili hazırlanmış bir rapor ve değerlendirmesi için ayrıca bkz. Christner vd. (1965) ve Rose (1967).

Department of Transportation) tarafından finanse edilen “Transportation Education and Training” başlıklı bir konferansta gerçekleştirilmiştir.¹⁰

Söz konusu konferansta, Larson ve Haack (1985: 90-94), ideal ulaştırma mühendisini “temel bilgisi sağlam ve özgün sorunları yaratıcı, imgesel (imaginative) ve ileri tekniğe dayalı yollarla çözebilme yeteneğine sahip” birisi olarak tanımlarken, Meyer (1985) de 1980’lerde, ulaştırma planlamacıları arasında sistem planlamasından stratejik planlamaya doğru bir kayma olduğunu belirtmiştir (Meyer, 1985: 85-86).¹¹ Paaswell (1985) ise, 1980’lerdeki ulaştırma araştırmalarının, altyapının geliştirilmesi ve inşa edilmesi sorunlarından, ulaştırma yönetimi ve işletimine doğru kaymakta olduğuna işaret etmiştir. Ayrıca, Paaswell (1985), üniversitelerdeki ulaştırma araştırmalarının ülke nüfusunun uzun dönemli ihtiyaçlarıyla ilgilenmesi gerektiğini belirtmiştir. Söz konusu uzun dönemli ihtiyaçlar ise, çok hızlı bir şekilde değişen demografik yapının etkileri, gelişen bir ekonomik yapı ve çalışma yerlerinde bilgisayarların ve iletişim araçlarının artan rolüdür.

21. Yüzyılda Ulaştırma Eğitimi ve Çalışmaları

21. yüzyıla gelirken, ulaştırma eğitiminin temel vurgularında bir değişikliğe gidilerek, teknik konuların yanı sıra politika konuları da önem kazanmaya başlamıştır. Artık, akademik açıdan, teknik alanlara karşılık politika alanları daha bir belirginleşmeye başlamıştır (Manning, 2008: 2). Ayrıca, ulaştırma politikasında arz yönlü “daha büyük daha iyidir” paradigmasından, talep yönlü “mevcut altyapı sistemlerinin daha etkin yönetimi” paradigmasına doğru bir kayma ortaya çıkmaya başlamıştır (Manning, 2008: 2). Bu paradigma kaymasına gelişmiş yönetim sistemleri ile akıllı ulaştırma sistemleri de eşlik etmektedir.¹²

Diğer taraftan, dünyada akademik ilginin ötesinde, ulaştırmayla ilgili giderek artan düzeyde bir farkındalık vardır. Uygulamaya geçilen programlar sonucunda, ulaştırma eğitimi, ilköğretim, ikinci öğretim, lisans ve lisansüstü eğitim düzeyinde desteklenmekte; yaşam boyu eğitim yoluyla, mevcut ulaştırma profesyonellerinin eğitimi de ayrıca önem kazanmakta ve sadece teknik eğitim almış olmak veya daha önce ulaştırma eğitimi almış olmak yeterli olmamaktadır (Manning, 2008: 2). Artık, ulaştırma, çok-disiplinli ve yaşam boyu etkili bir alan haline gelmektedir.

Öte yandan, baş döndüren teknolojik ilerlemeler, ulaştırma eğitimi üzerinde birçok açıdan etkili olmaktadır. Bilgisayarların kullanılması, web siteleri ve iletişim kanalları ile bilgi paylaşımı sayesinde öğretim ve öğrenme süreci çok farklılaşmış ve gelişmiştir. Artık çalışma alanları sınıfları aşmaktadır (Manning, 2008: 3). Ayrıca, küresel anlamda ulaştırma eğitimi çabalarının, sanayileşmeyi, faktör ve mal akışkanlığını, kaynakların etkin kullanımını, daha iyi iletişimi ve yaşam kalitesinde iyileşmeyi olumlu yönde etkileyecek unsurları kapsamaması gerektiği de öne sürülmektedir.

¹⁰ Konferansta sunulan bildiriler “Transportation Research Board” tarafından 210 sayılı özel rapor olarak yayınlanmıştır. Raporun bulunan fakat metin içerisinde değinemediğimiz diğer çalışmalar bkz. Woods vd. (1985), Smith (1985), Reading vd. (1985), Beimborn (1985), Cyra (1985), Spreitzer (1985), Liburdi (1985), Dorsett ve Benjamin (1985).

¹¹ Bir başka deyişle, bir ulaştırma sisteminin en iyi biçimde nasıl geliştirileceği, işletileceği ve yönetileceğinin araştırılmasından, gelecekteki zorluklarla en iyi şekilde nasıl başa çıkılacağına ve değişen çevreye en iyi şekilde nasıl hazırlanılacağına doğru bir kayma vardır.

¹² Manning (2008:2)’nin yanısıra Adler vd. (2000: 65) de, akıllı ulaştırma sistemlerinin ortaya çıkmasının ulaştırma mesleğini 2000’lerde yeniden şekillendirmekte olduğu tespitini yapmıştır.

Günümüzde ders programı içeriği, diğer uzmanlaşma alanlarını içerecek şekilde geleneksel çerçevesinin ötesine doğru gitmektedir. Örneğin, günümüzün ulaştırma karar alıcıları, aldıkları kararların çevre üzerinde yarattığı dışsallıkları analiz etme ve bunların içselleştirilmesini planlayabilme yeteneğine sahip olmalıdır. Ayrıca, ulaştırmaya ilişkin kararların ortaya çıkardığı toplumsal etkilerin¹³ hesaplanması ve bu etkilere ilişkin politikaların uygulanması için sosyal fayda ve maliyet analizi yapılması gereklidir. Bir diğer güncel konu da, teknolojinin ulaştırma altyapısının gelişimi üzerindeki etkilerinin incelenmesidir.

Günümüz koşullarında, ulaştırma eğitiminin çok-disiplinli bir yaklaşım çerçevesinde ele alınması gerekmektedir. Bu kapsamda, ulaştırmaya ilişkin sorunların çoğunun çok-disiplinli karakterde olması nedeniyle tek-disiplinli bir bakış açısıyla çözülemeyeceğini belirten Zuylen (2000)'e göre, tek-disiplinli yaklaşımla yazılan bilimsel eserler, bir sorunun bir yönünün derinlemesine incelenmesini sağlarken, çok-disiplinli yaklaşımlar bir sorunun birçok yönünü birbiriyle ilişkilendirerek bütünsel bir yaklaşım dahilinde daha geniş bir bakış açısıyla ele alınmasını sağlar (Zuylen, 2000: 76).¹⁴ Sonuç olarak, günümüz koşullarında ulaştırma eğitimi ve çalışmaları, bizce de, disiplinler-arası/çok-disiplinli¹⁵ bir yaklaşımla yapılmalıdır.

Türkiye’de Ulaştırma Eğitimi ve Çalışmaları

Yurtdışında ulaştırma konusunda gerçekleştirilen disiplinler-arası/çok-disiplinli akademik tartışmalara karşın; Türkiye’de bu yönde tartışmalara henüz gereğince yer verilmemekte, ulaştırma eğitimi ve çalışmaları da yeterince bu kapsamda ele alınmamaktadır. Dahası, Türkiye’de sosyal bilimler bağlamında, ulaştırma konusu, sınırlı sayıda yazılan tez, kitap ve makalelerin dışında yeterince incelenmemekte, üniversitelerin sınırlı sayıdaki fakülte, yüksekokul ve bölümleri dışında, ders olarak okutulmamakta, yok denecek kadar az yüksek lisans ve doktora tezleri yazılmaktadır. Bundan öte, Batı’daki örneklerine benzer araştırma merkezleri ve/veya enstitüleri, birkaç üniversitenin dışında açılmamakta ve bu hususta yeterli ve etkili girişimlerde de bulunulmamaktadır. Benzer şekilde Batı’da örneklerine onlarca rastlanan ulaştırmayla ilgili bilimsel süreli yayınlara da Türkiye’de pek rastlanmamaktadır. Ayrıca, Türkiye’de ulaştırma alanında yayımlanmış, makale, bildiri, kitap vb. eserlerin çok önemli bir bölümü, akademik ünvanlı veya ünvanlı inşaat mühendisi, şehir ve bölge plancısı ya da coğrafyacılar aittir. Nedense, iktisatçılar, sosyologlar, uluslararası ilişkilerciler, iktisat tarihçileri, vb. sosyal bilimlerle uğraşanlar da ulaştırma konusuna uzak durmaktadırlar.

Oysa, Türkiye’de ulaştırma sektörü, ekonomide işgal ettiği yer bakımından diğer ülkelere kıyasla çok daha önemlidir (bkz. Tablo I). Türkiye’de tüm planlama dönemleri boyunca ulaştırma sektöründe gerçekleşen sabit sermaye yatırımlarının, toplam reel sabit sermaye yatırımları içindeki payı her zaman ilk üç sıra içinde olmuştur (bkz. Tablo II). 2007 yılında da ulaştırma sektöründe gerçekleştirilen toplam kamusal sabit sermaye yatırımı miktarı yaklaşık 9 milyar TL’dir. Toplam kamusal sabit sermaye yatırımlarının % 30,1’ini oluşturan bu değerle ulaştırma sektörü, tüm sektörler arasında 1. sırada yer almaktadır. 2008 yılı için de benzer bir durum geçerlidir. Nitekim, 2008 yılında da

¹³ Ulaştırma faaliyetlerinin toplumsal ve çevresel etkilerini ele alan bir çalışma için bkz. Geurs vd. (2009).

¹⁴ Ancak, çok-disiplinli bakış açısının da bazı olası sakıncaları vardır. Bunlar, çok-disiplinli bir analizde farklı disiplinlere ait kavramların birlikte kullanılmasının yaratacağı sakıncalarla, bir disipline ait bir bilginin yanlış yorumlanabilme veya yanlış kullanılabilmesi riskidir (Zuylen, 2000: 76).

¹⁵ Disiplinler-arası yaklaşım ile çok-disiplinli yaklaşım arasındaki ince fark için bkz. (Rode 2006).

ulaştırma sektöründe gerçekleştiği tahmin edilen toplam kamusal sabit sermaye miktarı da yaklaşık 10,5 milyar TL'dir. Toplam kamusal sabit sermaye yatırımlarının % 30,8'ini oluşturan bu değerle ulaştırma sektörü, sektörler arasında yine 1. sırada yer almaktadır (DPT 2009 : 21 ve 23).

Tablo I
Dünya'da ve Türkiye'de İktisadi Faaliyet Kollarına Göre Gayri Safi Yurtiçi Hasıla İçinde Ulaştırma (Depolama ve Haberleşme) Sektörünün Payı (Cari Fiyatlarla, %)

	1970	1980	1990	2000	2005	2006
Dünya	6,2	6,2	6,8	7,0	6,9	7,0
Gelişmekte Olan Ekonomiler	5,8	5,9	6,6	7,7	7,5	7,6
Gelişmiş Ekonomiler	6,7	6,6	6,7	6,7	6,6	6,6
Avrupa Birliği	6,7	6,7	6,8	7,0	7,1	7,2
ABD	6,4	6,3	6,4	6,5	6,0	5,9
Çin	4,4	4,5	6,1	7,4	5,7	6,9
TÜRKİYE	7,8	11,0	11,9	14,3	15,0	14,4

Kaynak (<http://stats.unctad.org/Handbook/TableViewer/tableView.aspx?ReportId=1930>)'da yer alan UNCTAD verilerinden hesaplanmıştır (Erişim Tarihi: 27.11.2008).

Tablo II
Türkiye'de Gerçekleşen Sektörel Reel Sabit Sermaye Yatırımlarının Kalkınma Planı Dönemleri İtibariyle Gerçekleşen Toplam Reel Sabit Sermaye Yatırımları İçindeki Payı (1987 Fiyatlarıyla, Ortalama, %)

Yıllar	Ulaştırma	Tarım	Madencilik	Enerji	İmalat	Turizm	Konut	Eğitim	Sağlık	Diğer Hizmetler
1963-1967 (I. Kalkınma Planı)	15,18	13,54	6,49	5,91	26,37	1,16	19,14	5,51	1,52	5,18
1968-1972 (II. Kalkınma Planı)	15,64	10,41	3,72	8,10	33,75	1,61	16,89	3,89	1,36	4,63
1973-1977 (III. Kalkınma Planı)	18,70	9,51	3,93	8,45	36,74	0,89	13,15	2,80	0,94	4,89
1979-1983 (IV. Kalkınma Planı)	16,68	7,79	5,60	16,15	32,86	0,46	13,50	1,75	0,88	4,32
1985-1989 (V. Kalkınma Planı)	21,73	6,85	3,58	13,46	18,37	2,77	21,13	2,58	1,04	8,49
1990-1994 (VI. Kalkınma Planı)	22,99	5,49	1,92	6,98	19,28	3,22	26,57	3,31	1,97	8,25
1996-2000 (VII. Kalkınma Planı)	23,56	4,74	1,25	6,01	19,77	3,07	25,61	3,98	3,41	8,60
2001-2005 (VIII. Kalkınma Planı)	22,22	4,35	1,64	6,99	27,01	5,46	12,02	4,70	4,59	11,02
2006	19,41	3,36	1,62	4,79	35,19	5,50	10,02	3,46	5,26	11,40
2007	18,15	3,20	1,55	4,80	40,95	5,35	8,62	2,96	4,50	9,91
1963-2007 Ortalaması	19,60	7,63	3,46	8,92	27,27	2,40	18,25	3,44	2,04	6,99

Kaynak: DPT tarafından 1968-2009 yılları arasında ilgili Resmi Gazete'de yayınlanan "Yıllık Program"larda yer alan verilerle ve DPT'den edinilen ulaştırma (ve haberleşme) sektörel deflatör verilerinden yararlanarak hesaplanmıştır.

Ulaştırma sektörü yarattığı katma değer, istihdam ve iş olanakları nedeniyle her zaman ekonominin önemli faaliyet alanlarından biri olmuştur. Bugün de Türkiye'nin gündeminde yer alan otoyol, bölünmüş yol, Marmaray, hızlı tren vb. önemli yatırımlarla ulaştırma sektörü, ekonominin önemli faaliyet alanlarından birini, bundan öte birincisini oluşturmaktadır. İşte, böylesine büyük tutarlara ulaşan ulaştırma yatırımlarının değerlendirilmesinde, teknik uzmanların yanı sıra, işin iktisadi analizlerini, örneğin, üretici/tüketici rantlarını, fiyatlandırmasını ve fayda-maliyet hesaplamalarını yapacak iktisat formasyonundan gelen ulaştırma iktisatçılarına da ihtiyaç vardır.

Türkiye'de ulaştırma eğitimi genelde mühendislik eğitimi kapsamında verilmektedir. Örneğin, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda ulaştırma mühendisliği yüksek lisans ve doktora programı vardır. Benzer biçimde, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı programında da yüksek lisans ve doktora eğitimi verilmektedir.

Öte yandan, yüksek lisans ve doktora düzeyinde verilmekte olan ulaştırma eğitimi programlarında giderek disiplinler-arası/çok-disiplinli yaklaşımlara da önem vermeye başlanmıştır. Örneğin, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Deniz Ulaştırma Mühendisliği Anabilim Dalı'nda bu yönde yüksek lisans ve doktora eğitimi verilmektedir. Ancak, tüm üniversitelerin web sayfalarının incelenmesi sonucunda, gerek geleneksel gerekse disiplinler-arası/çok-disiplinli yaklaşımla verilmekte olan ulaştırma yüksek lisans ve doktora programlarının, genelde, yeterli sayıda sosyal içerikli dersleri kapsamadığı ve sosyal içerikli derslerin de ilgili sosyal bilim dalı formasyonuna sahip öğretim üyeleri tarafından verilmediği saptanmıştır.

Buna karşın, yurtdışında ulaştırma eğitimi veren akademik kurumlar incelendiğinde görülecektir ki, oradaki durum bizdekinden farklıdır. Örneğin, disiplinler-arası/çok-disiplinli bir yaklaşımla yüksek lisans ve doktora eğitiminin verildiği University of California, Irvine, Institute of Transport Studies'deki İnşaat ve Çevre Mühendisliği Bölümü Ulaştırma Mühendisliği lisansüstü programında, 5 mühendis kökenli öğretim üyesi vardır. Ayrıca, yine aynı programda çeşitli üniversitelerin diğer bölümlerinden gelen ve aktif bir şekilde eğitim ve araştırma faaliyetine katılan 13 öğretim üyesi daha görev yapmaktadır. Bu öğretim üyelerinden 4'ü iktisat profesörü ve 1'i iktisat yardımcı doçenti iken, 1'i de sosyal bilimler profesörüdür (University of California, Irvine, Institute of Transport Studies için paragrafta ifade edilen tüm açıklamalar için bkz. <http://www.its.uci.edu/its/gradstudy/transeng.html>, Erişim Tarihi: 13.03.2009).

Bir diğer örnek ise, University of Leeds'e bağlı olarak faaliyet gösteren Institute for Transport Studies'dir. Burada, ulaştırma ekonomisi, ulaştırma planlaması ve mühendisliği, sürdürülebilir ulaştırma, ulaştırma planlaması, ulaştırma planlaması ve çevre adlarıyla yüksek lisans programları verilmektedir.

(<http://www.its.leeds.ac.uk/pgcourses/index.php>, Erişim Tarihi: 13.03.2009). Ulaştırma ekonomisi programının yürütücüsü lisans, yüksek lisans ve doktora derecelerini iktisat programlarından almıştır ve doktorasını Cambridge'de demiryolu regülasyonları ekonomisi üzerine yapmıştır.

(<http://www.its.leeds.ac.uk/staff/staffProfile.php?personId=90378>, Erişim Tarihi: 13.03.2009).

University of Leeds Institute for Transport Studies'de toplam 12 profesör bulunmaktadır. Bu 12 profesörden sadece 2'sinin uzmanlık alanı inşaat mühendisliği

iken, 4'ünün uzmanlık alanı iktisattır (<http://www.its.leeds.ac.uk/staff/profs.php>, Erişim Tarihi: 13.03.2009). Ayrıca, ulaştırma planlaması ve mühendisliği yüksek lisans programında yer alan dersleri verenlerin eğitim kökenleri incelendiğinde (bkz. Tablo III), istisnai durumlar hariç, bunların, örneğin, iktisat, ulaştırma iktisadı, sosyoloji ve coğrafya disiplinlerinden geldikleri görülecektir.

Tablo III
University of Leeds, Institute for Transport Studies'de Ulaştırma Planlaması ve Mühendisliği Yüksek Lisans Programında Yer Alan Bazı Dersleri Verenlerin Eğitim Durumları

Ders Adı	Ders Vereninin		
	Lisans Eğitimi	Yüksek Lisans Eğitimi	Doktora Eğitimi
Ulaştırma Yatırımlarının Değerlendirilmesi	Ekonomi	Ekonomi	bilgi yok
Yük Taşımacılığı Planlaması ve Yönetimi	Ekonomi-İstatistik	bilgi yok	Ekonomi
Ulaştırma İçin Sosyal Araştırma Yöntemleri	Sosyoloji	Ulaştırma Planlaması ve Mühendisliği	bilgi yok
Ulaştırma ve Çevre	Coğrafya	Eğitim	Ulaştırma
Açıklanmış Tercihler Analizi Yöntemleri	Ekonomi	Ulaştırma Ekonomisi	Ulaştırma Ekonomisi
Ulaştırma Tez Çalışmaları	Ekonomi	Ulaştırma Ekonomisi	bilgi yok

Kaynak: [http://www.its.leeds.ac.uk/staff/staffProfile.php?personId=2306, 551, 919, 758, 757, 89503, 14372, 2306, 24683 ve 90378](http://www.its.leeds.ac.uk/staff/staffProfile.php?personId=2306,551,919,758,757,89503,14372,2306,24683,90378) (Erişim Tarihi: 13.03.2009).
[http://webprod1.leeds.ac.uk/catalogue/dynmodules.asp?Y=200809&F=P&M=TRAN-5150M, 5161M, 5170M, 5230M, 5281M ve 5911M](http://webprod1.leeds.ac.uk/catalogue/dynmodules.asp?Y=200809&F=P&M=TRAN-5150M,5161M,5170M,5230M,5281M,5911M) (Erişim Tarihi: 13.03.2009).

University of Leeds Institute for Transport Studies'de, yüksek lisans eğitiminin yanısıra araştırma faaliyetleri de gerçekleştirilmektedir. Söz konusu Enstitüde, iktisat ve davranışsal modelleme, ağ modellemesi, ulaştırma ve çevre, ulaştırma politikası ve trafik güvenliği başlıkları altında 5 farklı araştırma grubu vardır.

(<http://www.its.leeds.ac.uk/staff/rgls.php>, Erişim Tarihi: 13.03.2009). İktisat ve davranışsal modelleme araştırma grubu yürütücüsünün lisans derecesi tarımsal ekonomi iken, yüksek lisans derecesi ulaştırma ekonomisi alanındadır.

(<http://www.its.leeds.ac.uk/staff/staffProfile.php?personId=14372>, Erişim Tarihi: 13.03.2009). Ulaştırma politikası grubunun yürütücüsü ise ekonomi alanında lisans ve ulaştırma ekonomisi alanında yüksek lisans derecesine sahiptir.

(<http://www.its.leeds.ac.uk/staff/staffProfile.php?personId=2306>, Erişim Tarihi: 13.03.2009). Kısaca, her iki grubun yürütücüsü de ekonomi kökenli uzmanlardır. Trafik Güvenliği grubunun yürütücüsü ise psikoloji alanından doktora ünvanlı bir uzmandır (<http://www.its.leeds.ac.uk/staff/staffProfile.php?personId=24683>, Erişim Tarihi: 13.03.2009).

Diğer taraftan, daha önce ulaştırma eğitiminin genelde mühendislik kapsamında verilmesinin örnekleri olarak yüksek lisans ve doktora programlarına değindiğimiz İstanbul Teknik Üniversitesi ile Yıldız Teknik Üniversitesi'nin, ayrıca, ulaştırma çalışmalarını gerçekleştirdikleri Uygulama Araştırma Merkezleri bulunduğunu ve bu merkezlerde gerçekleştirilen çalışmaların da yukarıda örneğini verdiğimiz University of Leeds Institute for Transport Studies'deki çalışmaların tersine mühendislik yanlı olduğunu belirtmek isteriz. Örneğin, İstanbul Teknik Üniversitesi'ne bağlı olarak faaliyet gösteren ve amaçlarından birini hem de "kara, deniz ve hava ulaştırması ile ulaşım araçları konularında, bilimsel ve teknolojik araştırmalar yapmak, ulaştırma

konularında çalışan değişik disiplinlerden araştırmacı ve uzmanlar için disiplinler-arası bir çalışma ortamı yaratmak” olarak belirten ve böylece disiplinler-arası/çok-disiplinli çalışmalar yapmayı hedefleyen “Ulaştırma ve Ulaşım Araçları Uygulama Araştırma Merkezi”nin Ulaştırma Bakanlığı için 2005’de gerçekleştirdiği “Ulaştırma Ana Planı Stratejisi” başlıklı araştirmasında bu ortamın sağlanamadığı; çünkü 7 ana grupta yer alan 34 ğretim elemanının hepsinin mühendislik kökeninden geldiği, daha da ilgini çalışmada yer alan “Sosyo-Ekonomik Durum Grubu”nun 4 kişiden oluşan tüm ğretim elemanının da endüstri mühendisliği kökenli olduğu tespit edilmiştir (bkz. İT Ulaştırma ve Ulaşım Araçları Uyg-Ar Merkezi, 2005).

Esasen, ulaştırma, sahip olduğu özellikler itibariyle, örneğin, inşaat mühendisliği, makina mühendisliği, endüstri mühendisliği, ulaşım mühendisliği, trafik mühendisliği, evre mühendisliği, ergonomi, sistem analistliği, bilgisayar programcılığı, şehir ve bölge planlama, istatistik, iktisat, işletme, finansman, ekonometri, lojistik, kamu yönetimi, hukuk, uluslararası ilişkiler, sosyoloji, psikoloji, trafik güvenliği, tarih ve coğrafya gibi 20’den fazla alanı ilgilendiren disiplinler-arası/çok-disiplinli bir alandır.

Ayrıca, şu hususu da dikkatle vurgulamak isteriz ki, ulaştırma hizmetlerine yönelik talep “türev talep”tir; yani, tarım, sanayi ve ticarete meydana gelen faaliyetler sonucunda ortaya çıkan bir taleptir. Ekonomide meydana gelen üretim faaliyetlerinin niceliği ve niteliği ile ulaştırma talebi arasında bire bir ilişki vardır. Dolayısıyla, ekonomide meydana gelen ilişkileri iyi analiz etmeden ulaştırma hizmetleri talebine ilişkin bir talep tahmininde ve yönetiminde bulunmak zordur. Bu düşünceden hareketle, ekonomideki gidişatı “iyi” okuyabilecek iktisatçılarla, ulaştırma mühendisleri vb. arasında sıkı bir işbirliği olmak zorundadır. O bakımdan, ulaştırma yüksek lisans ve doktora programlarında, ulaştırma iktisadı ve politikalarını bilen ve ekonomideki gelişmeleri dikkatle analiz edebilecek ve uluslararası mal ve hizmet hareketlerini izleyebilecek iktisat kökenli, bir başka deyişle, iktisat formasyonuna sahip ğretim üyelerine ihtiyaç vardır.

Diğer taraftan, ulaştırma faaliyetlerinin ekonomik ve sosyal gelişme ile olduğu kadar, uluslararası ticaret ve siyasetle de arasında çok ciddi ilişkiler vardır. Bu bağlamda, Avrupa Birliği Ortak Ulaştırma Politikası’nın Türk ulaştırma sistemine etkilerinden, Avrasya ulaştırma koridorlarındaki bölgesel rekabete, TRACECA (Avrupa-Kafkasya-Asya Ulaştırma Koridoru)’dan İpek Yolu’na, TEM (Trans European Motorways) Projesi’nden TER (Trans European Railways) Projesi’ne, otoyollardan yüksek hızlı trenlere, ulaştırma teknolojilerinde meydana gelen gelişmelerden yurtiçi ve yurtdışı ulaştırma lobilerine, ulaştırma esnekliklerinden verimlilik hesaplamalarına, havayollarındaki yarışmacı rekabetten regülasyon ve deregülasyon politikalarına, konteynerleşmeden kombine taşımacılığa, demir, deniz ve havayollarındaki özelleştirmelerden şirket evliliklerine, hareketlilik ve ulaşılabilirlik endekslerinin hesaplanmasından ulaştırma sistemlerinin çevresel etkilerine, kazaların ekonomik yönden “doğru” bir biçimde hesaplanmalarına kadar onlarca konu için iktisatçılara vb. sosyal bilimcilere ihtiyaç vardır. Ve disiplinler-arası/çok disiplinli çalışmalar, bu konuları da kapsadıka, ilgili ğretim elemanları ve uzmanları tarafından ele alındıkça gerçek kimliğine kavuşmuş olacaktır.

Sonuç

Tarih boyunca, ulaştırma faaliyetleri ve sanayisi, ülkelerin ekonomik ve toplumsal kalkınma süreçlerinde kritik roller oynamıştır. Ülkeler, ulaştırma faaliyetlerine ve sanayilerine dün olduğu gibi bugün de ciddi miktarlarda kaynak aktarmaktadır. Ortaya çıkan ulaştırma sorunlarının anlaşılmasında ve bunlara doğru çözümler getirecek sağlıklı politika kararlarının alınmasında ise, disiplinler-arası/çok-disiplinli teorik ve pratik yaklaşımlar daha akılcı seçenekler olarak ortaya çıkmaya başlamıştır. Dolayısıyla, bu konuda verilecek eğitim ve yapılacak çalışmaların da 21. yüzyılın koşulları ile uyumlu bir şekilde yürütülmesi, yenilikçi çözümlerin geliştirilebilmesi açasından yeni olanaklar sağlayacaktır.

Türkiye'deki ulaştırma eğitimi ve çalışmalarında, disiplinler-arası/çok-disiplinli teorik ve pratik yaklaşımlar yönünden bazı girişimler olsa da yine de bu konuda ciddi eksiklikler vardır. Örneğin, ulaştırma eğitimi ve çalışmalarında sosyal bilimler formasyonuna sahip öğretim elemanı ve uzmanlarından gereğince yararlanılmamakta ve ulaştırma iktisadı ve politikaları, ulaştırma sosyolojisi, ulaştırma tarihi vb. alanlarda ayrı uzmanlık programları oluşturulmamaktadır. Bu da bizce ulaştırma eğitimi ve çalışmalarının önemli eksikliklerinden birini oluşturmaktadır.

Diğer taraftan, mevcut kurumsal yapıyla da bunu yapmak çok zordur. Bu nedenle, Türkiye'de, ulaştırma sorunlarının makro ve mikro açalardan analizi ve uygun politikaların geliştirilebilmesi, ek olarak, profesyonel ulaştırmacıların yetiştirebilmesi için öncelikle çağdaş anlamda kurumsal açalardan örgütlenilmesi ve bu örgütlenmenin de yaygınlaştırılmasının zorunlu olduğunu düşünmekteyiz. Çağdaş anlamda kurumsal açalardan örgütlenme ise, bir üniversite çatısı altında çalışan ya da kamu ve özel kuruluşların işbirliğiyle mali ve idari açalardan özerk bir kuruluş statüsünde faaliyet gösteren ve gerçekten farklı disiplinlerin bir araya getirildiği, örneğin, "Ulaştırma İktisadı ve Politikaları Enstitüsü" ya da "Ulaştırma Çalışmaları Enstitüsü" gibi kurumların oluşturulması ile mümkün olacaktır.

KAYNAKÇA

Adler, J. L., Fist, G. F., Menyuk, B. and Cetin, M. (2000) Advanced Educational Technologies and Intelligent Transportation Systems Training State of the Practice, Transportation Research Record (Journal of the Transportation Research Board), 1729, pp. 65-74.

Beimborn, E. (1985) Transportation Education University Degree Programs, Proceedings of the Conference on Surface Transportation Education and Training, Williamsburg, Virginia, October 28-31, 1984, Transportation Research Board, Special Report 210, Washington, D.C., pp. 138-147.

Cherington, P. W. And Schneider, L. M. (1967) Transportation and Logistics Education in Graduate Schools of Business Administration-A Summary Report, Transportation Journal, 7, 2, pp. 19-26.

Cyra, D. J. (1985) Transportation Education Technical Training and Continuing Education, Proceedings of the Conference on Surface Transportation Education and

Training, Williamsburg, Virginia, October 28-31, 1984, Transportation Research Board, Special Report 210, Washington, D.C., pp. 148-159.

Dorsett, K. G. and Benjamin, J. M. (1985) Transportation Careers for Minorities, Proceedings of the Conference on Surface Transportation Education and Training, Williamsburg, Virginia, October 28-31, 1984, Transportation Research Board, Special Report 210, Washington, D.C., pp. 192-199.

DPT (2009) Dokuzuncu Kalkınma Planı 2009 Yılı Programı, Ankara.

Farris, M. T. (1997) Evolution of Academic Concerns with Transportation and Logistics, Transportation Journal, 37, 11, pp. 42-50.

Farris, M. T., Cochran, D. C., Davis, G. M. ve Gourley D. R. (1969) Transportation Education-An Inter-Disciplinary Approach, Transportation Journal, 9, 1, pp. 33-44.

Farris, M. T., Gifford, G. L., Harper, D. V., Rose, W., Norton, H. S. ve Bennett, J. W. Jr. (1972) Transportation Education An Evaluation, Transportation Journal, 11, 4, pp. 26-39.

Geurs, K. T., Boon, W. and Van Wee, B. (2009) Social Impacts of Transport: Literature Review and the State of the Practice of Transport Appraisal in the Netherlands and the United Kingdom, Transport Reviews, 29, 1, 69-90.

Gravier, M. J. and Farris, M. T. (2008) An Analysis of Logistics Pedagogical Literature, The International Journal of Logistics Management, 19, 2, pp. 233-253.

Harper, D. V. (1965) What Next For Transport Education?, Transportation Journal, 4, 3, pp. 21-28.

<http://www.its.leeds.ac.uk/staff/staffProfile.php?personId=2306>, 551, 919, 758, 757, 89503, 14372, 2306, 24683 ve 90378 (Erişim Tarihi: 13.03.2009).

<http://www.its.leeds.ac.uk/pgcourses/index.php> (Erişim Tarihi: 13.03.2009).

<http://www.its.leeds.ac.uk/staff/profs.php> (Erişim Tarihi: 13.03.2009).

[http://webprod1.leeds.ac.uk/catalogue/dynmodules.asp?Y=200809&F=P&M=TRAN-5150M, 5161M, 5170M, 5230M, 5281M ve 5911M](http://webprod1.leeds.ac.uk/catalogue/dynmodules.asp?Y=200809&F=P&M=TRAN-5150M,5161M,5170M,5230M,5281M,5911M) (Erişim Tarihi: 13.03.2009).

<http://www.its.leeds.ac.uk/> (Erişim Tarihi: 13.03.2009).

<http://www.its.uci.edu/its/gradstudy/transeng.html> (Erişim Tarihi: 13.03.2009).

<http://stats.unctad.org/Handbook/TableView/tableView.aspx?ReportId=1930> (Erişim Tarihi: 27.11.2008).

İTÜ Ulaştırma ve Ulaşım Araçları Uyg-Ar Merkezi (2005), Ulaştırma Ana Planı Stratejisi Sonuç Raporu, İstanbul Teknik Üniversitesi tarafından Ulaştırma Bakanlığı için hazırlanmış rapor.

Larson, T. D. and Haack, H. (1985) Educating Tomorrow's Transportation Engineers, Proceedings of the Conference on Surface Transportation Education and Training, Williamsburg, Virginia, October 28-31, 1984, Transportation Research Board, Special Report 210, Washington, D.C., pp. 90-99.

Liburdi, L. C. (1985) Education and Training Needs of Women in Transportation, Proceedings of the Conference on Surface Transportation Education and Training, Williamsburg, Virginia, October 28-31, 1984, Transportation Research Board, Special Report 210, Washington, D.C., pp. 184-191.

Manning, P. A. (2008) Transportation Education, Transportation Research Board, Transportation in the New Millennium, USA.
<http://www.trb.org/TRB/publications/MillenniumPapersByAuthor.asp> (Erişim Tarihi 14.09.2008).

McElhiney, P. T. (1964) Transportation A Developing Profession, Transportation Journal, 4, 1, pp. 14-21.

Meyer, M. D. (1985) Transportation Education Educating Tomorrow's Transport Planners, Proceedings of the Conference on Surface Transportation Education and Training, Williamsburg, Virginia, October 28-31, 1984, Transportation Research Board, Special Report 210, Washington, D.C., pp. 83-89.

Paaswell, R. E. (1985) Transportation Research and Its Link to Education, Proceedings of the Conference on Surface Transportation Education and Training, Williamsburg, Virginia, October 28-31, 1984, Transportation Research Board, Special Report 210, Washington, D.C., pp. 166-183.

Reading, J. E., England, B. A. and Strecker, J. W. (1985) Training Requirements for Transportation Operations Personnel, Proceedings of the Conference on Surface Transportation Education and Training, Williamsburg, Virginia, October 28-31, 1984, Transportation Research Board, Special Report 210, Washington, D.C., pp. 124-130.

Rode, F. (2006), City Design-A New Planning Paradigm ?, Discussion Paper (February), LSE, http://www.urban-age.net/0_downloads/archive/Philipp_Rode-City_Design_A_New_Planning_Paradigm-DiscussionPaper.pdf (Erişim Tarihi 13.03.2009).

Rose, W. (1967) Is There a Need for Transportation Education At the College Level?, Transportation Journal, 6, 3, pp. 26-33.

Sampson, R. J. (1963) Transportation's Future in the Universities, Transportation Journal, 2, 3, pp. 7-11.

Smith, W. S. (1985) Education Requirements for Transportation Consultants, Proceedings of the Conference on Surface Transportation Education and Training, Williamsburg, Virginia, October 28-31, 1984, Transportation Research Board, Special Report 210, Washington, D.C., pp. 106-112.

Spreitzer, W. M. (1985) Efficient Utilization of Transportation Research and Educational Resources, Proceedings of the Conference on Surface Transportation Education and Training, Williamsburg, Virginia, October 28-31, 1984, Transportation Research Board, Special Report 210, Washington, D.C., pp. 160-165.

Woods, D. L., Evans, A. N. and Wootan C. V. (1985) Training Requirements for Transportation Technicians and Technologists, Proceedings of the Conference on Surface Transportation Education and Training, Williamsburg, Virginia, October 28-31, 1984, Transportation Research Board, Special Report 210, Washington, D.C., pp. 100-105.

Zuylen, H. J. Van (2000) Multidisciplinary in Transport Research and Education, Transportation Research Record (Journal of the Transportation Research Board), 1729, pp. 75-81.

Yolculuk Yaratım Modellerinin Geliştirilmesi: Bürolar Örneği

Gökmen Ergün

Prof. Dr., Boğaziçi Üniversitesi, İnşaat
Mühendisliği Bölümü
Bebek 34342 İstanbul
Tel: (0212) 359-6426
E-Posta: ergokmen@boun.edu.tr

Darçın Akın

Y. Doç. Dr., Gebze Yüksek Teknoloji
Enstitüsü, Şehir ve Bölge Planlama Böl.
İstanbul Cad. No: 101, PK 141, 41400
Gebze/Kocaeli
Tel: (0262) 605-1642
E-Posta: dakin@gyte.edu.tr

Utku Terzi

Araş. Gör., Boğaziçi Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bebek 34342 İstanbul
Tel: (0212) 359-7277
E-Posta: utku.terzi@boun.edu.tr

Öz

Bu çalışmada yolculuk yaratım modellerinin geliştirilmesi, ticaret ve hizmet sektöründe önemli bir yer tutan “büro ve ofisler” örneği kullanılarak anlatılmıştır. Çeşitli arazi kullanım türleri için böyle bir modelleme ile yolculuk yaratımı bulunduğu takdirde, bir bölgenin veya özel bir gelişme alanının yolculuk talebi bir yolculuk anketine gerek kalmadan doğrudan belirlenebilir. Böylece özellikle kent içindeki küçük bölgelerde, hatta küçük kentler için kent çapında yapılacak ulaşım planlama ve trafik etütleri, trafik etki analizi gibi çalışmalar çok kısa sürede bitirilebilir. Yolculuk yaratım modelleri çeşitli ülkelerde çok detaylı olarak geliştirilmiştir (ITE, 2003). Ancak Türkiye’de böyle bir çalışma henüz yapılmamıştır. Bu eksikliğin kapatılabilmesi için İBB, Ulaşım Daire Başkanlığı, Ulaşım Planlama Müdürlüğü İstanbul’da çeşitli arazi kullanım türleri için bir bilgi toplama ve değerlendirme çalışması¹ yapmıştır. Bu bildiriye, bu çalışmadan elde edilen “büro ve ofis” fonksiyonlarının yürütüldüğü mekânlara ait bilgiler (çalışan sayısı, kullanım alanı, ziyaretçi sayısı, gelen-giden kişiler ve ulaşım araçları, gibi) kullanılarak geliştirilen “yolculuk yaratım” modelleri anlatılmıştır.

Bürolar için geliştirilen modeller, hem gelen giden toplam kişi bazında, hem de gelen giden araç bazında kalibre edilmiştir. Bağımsız değişken olarak “alan” (Brüt Kapalı Alan) veya “çalışan kişi” sayısı kullanılmıştır. Hem kişi bazında hem de araç bazında oldukça iyi modeller (R^2 0,48 ile 0,95 arasında) elde edilmiştir. Çalışmada, bu modellerin detaylı istatistiksel analizleri verilmiş ve açıklama gücü en iyi model bu istatistikler sayesinde seçilmiştir. Ayrıca bu yolculukların sabah zirve (06:00-10:00) ve akşam zirve (16:00-18:00) saatlerinde gelen-giden araç-kişi dağılımları gibi ulaşım çalışmalarında gerekli olacak bilgiler de yapılan sayımlardan elde edilmiştir.

¹ “Ulaşım Master Planı Revize Edilmesi Projesi Kapsamında Arazi Kullanım Türleri Trafik Üretim Kılavuzu Hazırlanması Çalışması, 2008”

Bürolar için anlatılan bu model geliştirme işlemi diğer arazi kullanım şekilleri için de tamamlandığında, örneğin çalışan kişi sayısı veya alan (otopark alanlı veya alansız toplam kapalı alan, toplam alan, vb) kullanılarak bu arazi kullanımlarının olduğu bir bölgenin, bir gelişme alanının, yeni bir kültür veya alışveriş merkezinin yaratacağı yolculuklar rahatlıkla bulunabilecektir.

Anahtar sözcükler: Yolculuk yaratım oranları, Ulaşım planlaması, Trafik etkileşim analizleri, Yolculuk yaratımı, Yolculuk Modelleri.

Giriş

Çeşitli arazi kullanım şekillerinin yarattığı yolculuk yaratım oranları ulaşım planları ve trafik etkileşim analizlerinin yapılmasında kullanılan ana veridir. Bu bilgilerin elde edilmesinin maliyetinin çok yüksek olması nedeniyle, yolculuk talebinin bulunmasını gerektiren bazı küçük ölçekli ulaşım planlarında ve trafik etkileşim çalışmalarında başka şehir, bölgeler ya da altbölgeler için bulunan yolculuk yaratım oranları kullanılır. Örneğin ABD Ulaştırma Mühendisleri Enstitüsü (ITE²) tarafından geliştirilen *Yolculuk Yaratımı El Kitabı* (2003) çeşitli arazi kullanım şekilleri ile ilgili yolculuk yaratım oranlarını içerir.

Miller ve diğerlerinin (2006) gösterdiği gibi, bilgi toplama yöntemlerinin aynı olması ve sosyo-ekonomik özellikler arasında fazla farklılıklar olmaması kaydıyla, değişik yerlerin yolculuk yaratım oranları arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar olmamaktadır. Ancak sosyo-ekonomik, çevresel ve davranış özellikleri arasında önemli farklılıklar olması halinde bu bilgilerin yerel olarak üretilmesi gereği de ortadadır. Diğer bir deyişle ABD için Ulaştırma Mühendisleri Enstitüsü (ITE) tarafından geliştirilen yolculuk yaratım oranlarının Türk kentleri için geçerli olması çok şüphe götürülecek bir şey olacaktır. Ancak Türkiye’de böyle bir çalışma henüz yapılmamıştır. Bu eksikliğin kapatılabilmesi için İBB, Ulaşım Daire Başkanlığı, Ulaşım Planlama Müdürlüğü İstanbul’da çeşitli arazi kullanım türleri için bir bilgi toplama ve değerlendirme çalışması³ yapmıştır. Bu bildiriye, bu çalışmadan elde edilen “büro ve ofis” fonksiyonlarının yürütüldüğü mekânlara ait bilgiler (çalışan sayısı, kullanım alanı, ziyaretçi sayısı, gelen-giden kişiler ve ulaşım araçları, gibi) kullanılarak geliştirilen “yolculuk yaratım” modelleri anlatılmıştır.

Genel Büro Binası “...bir veya daha fazla kişiye hizmet veren bir iş, ticari veya endüstriyel organizasyonun, profesyonel bir kişinin veya firmanın işlerinin görüldüğü yer” olarak tariflenir (ITE, 2003). Bu bina veya binalar sadece bir kişiye (buranın sahibi veya kiracısı) hizmet verebilir veya profesyonel servisler, sigorta şirketleri, yatırım danışmanları, şirket merkezi gibi karışık servislerde çalışan kişilere bir yer sağlayabilir.

ABD’de yapılan çalışmalarda (ITE, 2003) büro binalarının yüzölçümü artıkça çalışanların yoğunluğunun azaldığı görülmüştür. Örneğin toplam alanı 100.000 ft² ($\approx 9.000 \text{ m}^2$)’den küçük olan binalarda her 1.000 ft² ($\approx 90 \text{ m}^2$)’ye ortalama 4,80 çalışan düşerken, 200.000 ft² (18.000 m²)’den büyük binalarda bu yoğunluğun 3,50’ye düştüğü tespit edilmiştir. ITE tarafından yapılan bu çalışmalarda ayrıca genel ofis binası alanı

² Institute of Transportation Engineers. www.ite.org

³ “Ulaşım Master Planı Revize Edilmesi Projesi Kapsamında Arazi Kullanım Türleri Trafik Üretim Kılavuzu Hazırlanması Çalışması, 2008”

ve çalışan sayısı arttıkça, alan başına veya çalışan kişi başına düşen ortalama yolculuk sayılarının düştüğü görülmüştür. Tablo 1’de bu özellik görülmektedir.

**Tablo 1. Genel Ofis Binaları Yolculuk Yaratımı – Araç Yolculukları.
(İki-Yönlü Hacim)**

Brüt Alan (1000 feet ²)	Ortalama Hafta İçi Araç Yolculukları (Her 1000 feet ² 'ye düşen)	Çalışan Sayısı	Ortalama Hafta İçi Araç Yolculukları (Her çalışana düşen)
10	24.39	50	4.72
50	16.31	100	4.31
100	13.72	200	3.94
150	12.40	300	3.74
200	11.54	400	3.60
300	10.42	500	3.50
400	9.70	600	3.42
500	9.17	800	3.29
600	8.77	1000	3.20
700	8.43	1200	3.12
800+	8.16	1600+	3.01

Kaynak: ITE (2003)

Bildirinin geri kalan kısmında önce bilgilerin toplanması hakkında bilgiler verilecek, sonra bu bilgilerin ilk değerlendirmeleri sunulacak, bunu takiben yolculuk yaratım modellerinin geliştirilmesi ve sonuç ve öneriler anlatılacaktır.

Verilerin Toplanması ve İlk Analizler

Verilerin Toplanması

İstanbul metropoliten alan sınırları içinde daha önceden yapılan bir arazi çalışması ile tespit edilen büroların içinden rasgele seçilen örneklem üzerinden elde edilen veriler doğrultusunda, büroların alan kullanımları ve büyüklükleri, çalışan sayıları ile hafta içi günlük ortalama ve toplam araç ve yolcu (giren-çıkan) trafiği ile arazi kullanım karakteristikleri arasındaki ilişki modellenmiştir. Bürolar için toplanılan bilgiler 53 adet büro-ofis kullanımından elde edilmiştir. Bilgi toplama işi 2007 yılı Eylül ayı ile 2008 yılı Mart ayları arasında yapılmıştır. Alansal kullanım ve istihdam verilerinin tespitinde anket formları kullanılırken, bu alanlara giren-çıkan trafiğin (araç ve kişi) tespitinde ise geliştirilen bir trafik tespit formunun kurum yetkilisi tarafından doldurulması istenmiştir. Anket için gidilen gün içinde bırakılan formların, ertesi gün veya hafta içi bir gün için doldurulması istenmiştir. Formlarda çalışma alanlarına giren ve çıkan araç türleri ile araç içinde gelen yolcuların sayılması istenmiştir.

Bu çalışmada anket ve trafik üretim formları olmak üzere iki ana döküm kullanılmıştır. Anketlerde yapılan görüşmeler sonucu söz konusu büroya gelen müşteri ve çalışan sayıları toplamı, günlük kişi yolculuk değerlerinin bulunmasında; trafik üretim formlarında ise belirli saat dilimlerinde ve 24 saat boyunca farklı araç tiplerine göre ve yaya giriş çıkışına ait toplanan veriler, yönsel ve türel dağılım değerlerinin hesaplanabilmesini sağlamıştır.

İlk toplanan 53 büro-ofisten elde edilen sonuçların incelenmesinden sonra, trafik üretim bilgileri eksik olan bürolar (6 adet), diğer büroların ortalama yolculuk üretim oranlarından çok fazla üretimi olan 2 döviz bürosu ve bir spor kulübü (alan çok küçük fakat gelen giden sayısı çok fazla) ve gene diğer büro ve ofislere göre yolculuk yaratım oranı çok düşük olan bir kereste imalathanesinin ofisi (alan çok büyük gelen-giden kişi sayısı çok az) bundan sonraki analizlerden çıkartılmışlardır. Böylece bundan sonraki analizlerde 43 büro ve ofis kullanılmıştır. Döviz büroları, spor kulüpleri ve kereste imalathaneleri gibi yerlerin analizlerinin ayrı bir şekilde yapılma ihtiyacı olduğu görülmektedir.

İlk Analizler

Bürolar için yolculuk yaratımı modelleri üretmek üzere yapılan analizlerde bağımsız değişkenler olarak Brüt Kapalı Alan (BKA) ve Çalışan Sayısı (ÇS); bağımlı değişken olarak ise Yolculuk Üretimi (YÜ) seçilmiştir (kısaltmaların tümü Ek A'da verilmiştir). Analizlerin tüm gün, sabah zirve, akşam zirve, cumartesi ve pazar olmak üzere beş farklı zaman için uygulanması değişik zamanlardaki trafik yaratımlarının modellenmesine olanak sağlamıştır. Anket çalışmalarından elde edilen veriler tüm gün, cumartesi ve pazar günleri kişi yolculuk üretimi; trafik üretim formlarından elde edilen veriler ise tüm gün, sabah zirve ile akşam zirve araç yolculuk üretimi analizlerinde kullanılmıştır. Trafik üretim formu verileri sabah zirve için 06:00-10:00 ve akşam zirve için 16:00-18:00 saat dilimleri için mevcut olduğundan zirve saatlerde hacim ve yolculuk oranları bir saatlik değerlere dönüştürülmüştür.

İlk analiz sonuçları Tablo 2'den Tablo 6'ya kadar özetlenmiştir. Tablo 2'de genel ofis binalarında brüt kapalı alan (BKA) değişkenine göre 100 metrekareye düşen çalışan yoğunlukları verilmektedir. Bu tablodan 100 m²'ye düşen çalışan sayısının ofis alanı büyüdükçe azaldığı ve yine hafta sonu bu oranların hafta içine oranla düştüğü görülmektedir. Ancak 250 m²'den az BKA'nı bulunan ofislerin Cumartesi günü çalışan sayısı yoğunluğunun hafta içi değerine çok yakın olduğu görülmektedir. Bu çalışmada BKA değişkeni 250 m² aralıklarla sınıflandırılmış ve daha sonraki analizlerde de görüleceği üzere yolculuk oran ve hacimleri bu aralıklarda verilmiştir. Pazar günleri 500-750 m² arasında 6 gözlem noktası olmasına rağmen değer olmaması, bu ofislerde o gün çalışanın bulunmamasından kaynaklanmaktadır.

Tablo 2. Genel Ofis Binalarında Brüt Kapalı Alan (BKA) Değişkenine Göre 100 m²'ye Düşen Çalışan Yoğunlukları.

Brüt Kapalı Alan (BKA)	Gözlem Sayısı (N)	İstatistikler	Hafta içi 100 m ² 'ye Düşen Çalışan Sayısı Yoğunluğu	Cumartesi 100 m ² 'ye Düşen Çalışan Sayısı Yoğunluğu	Pazar 100 m ² 'ye Düşen Çalışan Sayısı Yoğunluğu
250 m ² 'den az	26	Ortalama	6,37	5,09	1,67
		Std. Sapma	3,55	4,47	3,67
250 - 500 m ² arası	5	Ortalama	3,95	3,28	0,48
		Std. Sapma	2,95	3,46	0,72
500 - 750 m ² arası	6	Ortalama	3,33	1,62	0,00
		Std. Sapma	1,48	2,44	0,00
750 m ² 'den fazla	6	Ortalama	3,11	1,74	1,47
		Std. Sapma	2,79	1,37	1,62
Genel	43	Ortalama	5,21	3,93	1,27
		Std. Sapma	3,42	4,04	2,96

Tablo 3 ve Tablo 4'te sırasıyla beş değişik zaman için Brüt Kapalı Alan değişkenine göre araç ve kişi yolculuk oranları ve hacimleri gösterilmektedir. Tablo 3 genel olarak incelendiğinde, araç ve kişi yolculuk oranları ofis ve büro alanı arttıkça azalmakta fakat beklenenin aksine cumartesi günleri kişi yolculuk oranları, alanı 250 m²'den az olan ofis ve bürolarda hafta içi ortalamasından bir miktar daha fazla olduğu gözükmektedir. Alan arttıkça bu eşitlik değişmekte ve cumartesi kişi yolculuk oranları hafta içi'ne nazaran azalmaktadır. Tablodan çıkarılacak diğer bir önemli sonuç da hafta sonu yolculuk oranlarının hafta içine göre standart sapma değerlerinin yüksek oluşudur.

Tablo 3. Bürolar İçin Günlük Yolculuk Üretimi Oranları (Giriş - Çıkış Toplamı)
Bağımsız Değişken -- 100 m² Ofis Binası Alanına Düşen Araç ve Kişi Yolculuk Sayısı.

Brüt Kapalı Alan (m ²)		Günlük Ortalama Yolculuk Üretimi (araç/100m ²)	Günlük Ortalama Yolculuk Üretimi (kişi/100m ²)	Sabah Zirve (06:00 ile 10:00 arası 1 saat) (araç/100m ²)	Akşam Zirve (16:00 ile 18:00 arası 1 saat) (araç/100m ²)	Cumartesi Ortalama Yolculuk Üretimi (kişi/100m ²)	Pazar Ortalama Yolculuk Üretimi (kişi/100m ²)
		250'den az	Oran	13,43	35,06	0,84	2,25
	N	26	26	26	26	26	26
	Std. Sapma	15,84	23,73	0,89	3,69	59,86	72,96
250 - 500	Oran	7,93	20,22	0,63	1,37	16,43	9,76
	N	5	5	5	5	5	5
	Std. Sapma	2,37	14,24	0,64	1,70	16,67	18,85
500 - 750	Oran	6,30	11,85	0,31	0,89	6,90	0,00
	N	6	6	6	6	6	6
	Std. Sapma	4,25	7,25	0,19	1,46	9,74	0,00
750'den fazla	Oran	2,17	22,00	0,13	0,34	9,84	3,79
	N	6	6	6	6	6	6
	Std. Sapma	2,41	35,50	0,18	0,33	13,31	3,72
Genel	Oran	10,22	28,28	0,64	1,69	26,11	18,52
	N	43	43	43	43	43	43
	Std. Sapma	13,09	24,31	0,77	3,03	48,54	57,85

Yukarıda bahsi geçen alan sınıflandırmasına göre, değişik zamanlarda oluşan trafik hacimleri Tablo 4'te gösterilmiştir. İki tabloda da akşam zirve yolculuk oranları ve trafik hacimlerinin sabah zirveye oranla en az iki kat fazla oluşu ve bu oranın artan alanla artması dikkat çekici diğer bir durum gibi gözükmektedir. Sabah saatlerine göre akşam saatlerinde yolculuk oranlarının yüksek olması, iş takibi amaçlı yolculuk hareketliliğinin sabah saatlerine nazaran öğleden sonra ve akşam üzeri daha fazla yoğunlaştığını ifade etmektedir. Büyük alanlardaki daha fazla yolculuk çekimi ise, yine alanın büyük oluşunun o mekanın cazibesini arttırdığını ifade etmektedir.

Yolculuk oranları ve trafik hacimlerinin diğer bir bağımsız değişken olan çalışan sayısı ile olan ilişkisi Tablo 5 ve Tablo 6'da verilmiştir. Bu iki tabloda çalışan sayısı 20'den az, 20 ile 100 arası ve 100'den fazla olarak üç grupta kategorize edilmiş olup beş değişik zaman için araç ve kişi yolculuk oranları ve hacimleri gösterilmektedir. Tablo 5'ten anlaşılacağı üzere çalışan sayısı arttıkça, çalışan başına düşen araç ve kişi yolculuğu azalma eğilimi göstermektedir. Hafta sonları, özellikle pazar günü yolculuk oranlarının hafta içine göre yüksek oluşu hafta sonu çalışan sayısının az olduğu düşünülerek açıklanabilirken, cumartesi günleri bu oranların hafta içine benzerlik göstermesi ofis ve büroların cumartesi günleri de hafta içine benzer bir yolculuk yaratımı eğilimi gösterdiği sonucunu ortaya çıkarmaktadır.

Tablo 6'da yukarıda belirtilen çalışan sınıflandırmasına göre trafik hacimleri verilmiştir.

Bu değerlerin daha iyi anlaşılabilmesi için bir örnek verilecek olursa, Ulaştırma Mühendisleri Enstitüsü (ITE) tarafından geliştirilen *Yolculuk Yaratımı El Kitabı* (2003)'ndaki verilere göre çalışan sayısı 50'den az olan ofis ve bürolarda araç yolculuk oranı 4,72 (araç/çalışan) iken ortalama araç yolculuk sayısı 236'dır. Tablo 5 ve Tablo 6'ya göre bu değerler, çalışan sayısı 20'den az olan yerler için sırasıyla 2,63 (araç/çalışan) ve 10,1 (araç) iken; 20 ile 100 arasında çalışan sayısına sahip yerler için 1,35 (araç/çalışan) ve 37,0 (araç)'dır. ABD ve Türkiye değerlerinin farklılığı buradan görülebilmektedir. ABD Ulaştırma Mühendisleri Enstitüsü *Yolculuk Yaratımı El Kitabı*'nın araç ve yolculuk üretimi değerleri ve oranlarının özellikle İstanbul için herhangi bir düzeltme yapılmaksızın kullanılmayacağı açıktır.

Tablo 4. Ofis Binaları İçin Günlük Trafik Hacimleri (Giriş - Çıkış Toplamı)
Bağımsız Değişken -- Brüt Kapalı Alan.

Brüt Kapalı Alan (m ²)		Günlük Ortalama Yolculuk Üretimi (araç)	Günlük Ortalama Yolculuk Üretimi (kişi)	Sabah	Akşam	Cumartesi Ortalama Yolculuk Üretimi (kişi)	Pazar Ortalama Yolculuk Üretimi (kişi)
				Zirve (06:00 ile 10:00 arası 1 saat) (araç)	Zirve (16:00 ile 18:00 arası 1 saat) (araç)		
250'den az	Hacim	6,3	23,9	0,5	1,2	15,9	8,5
	N	26	26	26	26	26	26
	Std. Sapma	4,51	22,41	0,30	1,22	16,10	18,23
250 - 500	Hacim	24,0	60,2	2,0	4,0	48,4	24,4
	N	5	5	5	5	5	5
	Std. Sapma	8,12	37,83	1,95	5,15	43,44	47,13
500 - 750	Hacim	39,3	72,9	1,9	5,7	42,3	0,0
	N	6	6	6	6	6	6
	Std. Sapma	28,97	45,56	1,22	8,89	58,70	0,00
750'den fazla	Hacim	89,0	629,3	5,5	14,7	431,7	321,0
	N	6	6	6	6	6	6
	Std. Sapma	72,83	477,15	6,62	16,90	355,24	385,38
Genel	Hacim	24,5	119,4	1,5	4,0	81,4	52,7
	N	43	43	43	43	43	43
	Std. Sapma	39,75	267,01	2,98	8,28	190,52	173,43

Tablo 5. Bürolar İçin Günlük Yolculuk Üretimi Oranları (Giriş - Çıkış Toplamı)
Bağımsız Değişken -- Çalışan Başına Düşen Araç ve Kişi Yolculuk Sayısı.

Çalışan Sayısı		Günlük Ortalama Yolculuk Üretimi (araç/ÇS)	Günlük Ortalama Yolculuk Üretimi (kişi/ÇS)	Sabah Zirve (06:00 ile 10:00 arası 1 saat) (araç/ÇS)	Akşam Zirve (16:00 ile 18:00 arası 1 saat) (araç/ÇS)	Cumartesi Ortalama Yolculuk Üretimi (kişi/ÇS)	Pazar Ortalama Yolculuk Üretimi (kişi/ÇS)
		20'den az	Oran	2,63	6,59	0,16	0,44
N	33		33	33	33	23	9
Std. Sapma	2,58		5,09	0,11	0,79	7,11	14,35
20 - 100	Oran	1,35	3,69	0,06	0,30	4,92	2,00
	N	6	6	6	6	5	1
	Std. Sapma	1,11	1,49	0,05	0,25	4,66	-
100'den fazla	Oran	0,72	5,24	0,04	0,14	3,00	2,58
	N	4	4	4	4	3	2
	Std. Sapma	0,42	3,96	0,02	0,17	0,74	0,04
Genel	Oran	2,28	6,06	0,13	0,39	7,13	14,87
	N	43	43	43	43	31	12
	Std. Sapma	2,39	4,71	0,11	0,70	6,58	14,37

Tablo 6. Ofis Binaları İçin Günlük Trafik Hacimleri (Giriş - Çıkış Toplamı)
Bağımsız Değişken -- Çalışan Sayısı.

Çalışan Sayısı		Günlük	Günlük	Sabah Zirve	Akşam	Cumartesi	Pazar
		Ortalama Yolculuk Üretimi (araç)	Ortalama Yolculuk Üretimi (kişi)	(06:00 ile 10:00 arası 1 saat)	Zirve (16:00 ile 18:00 arası 1 saat)	Ortalama Yolculuk Üretimi (kişi)	Ortalama Yolculuk Üretimi (kişi)
20'den az	Hacim	10,1	28,6	0,7	1,2	17,6	14,8
	N	33	33	33	33	35	40
	Std. Sapma	11,26	26,04	0,91	1,68	22,60	44,08
20 - 100	Hacim	37,0	108,3	1,7	9,0	160,0	72,0
	N	6	6	6	6	5	1
	Std. Sapma	26,77	61,89	1,45	8,25	178,92	-
100'den fazla	Hacim	125,0	885,5	8,2	19,3	694,7	802,0
	N	4	4	4	4	3	2
	Std. Sapma	59,21	333,22	6,72	19,28	196,70	82,02
Genel	Hacim	24,5	119,4	1,5	4,0	81,4	52,7
	N	43	43	43	43	43	43
	Std. Sapma	39,75	267,01	2,98	8,28	190,52	173,43

Yolculuk Yaratım Modellerinin Geliştirilmesi

Yolculuk Yaratım Modellerinin geliştirilmesinde regresyon modelleri kullanılmıştır. Brüt Kapalı Alan (BKA) ve Çalışan Sayısı (ÇŞ) ile yolculuk sayıları arasındaki ilişki hafta içi ortalama, sabah (06:00-10:00) ve akşam zirve (16:00-18:00), cumartesi ve pazar günleri bazında araştırılmıştır. Tablo 7’de bulunan en iyi regresyon sonuçları, bu sonuçların istatistik bilgileri (t-istatistiği, F-istatistiği, R² ilgileşim katsayısı ve standart sapma) verilmektedir. Elde edilen modellerin genellikle, ilgileşim katsayısı (R²) 0,50’den yüksek olmakla beraber cumartesi ve pazar günleri çalışan sayısı ile kurulan modellerde bu katsayılar 0.90 mertebesinde. Tablo 7 genel olarak incelendiğinde, çalışan sayısı ile kurulan modellerin, brüt kapalı alanla kurulan modellerden daha iyi olduğu görülmektedir. Fakat her iki değişkenle kurulan modellerin F-istatistiklerine bakıldığında, tablodaki bütün modellerin istatistiksel olarak anlamlı (significant) olduğu, t-istatistiklerine bakıldığında (Tablo 7’de regresyon modellerindeki katsayıların hemen altında parantez içerisinde) yalnızca birkaç modelin sabit katsayılarının anlamlı olmadığı, diğer katsayıların ise anlamlı olduğu (0,95 anlamlılık seviyesinde) görülmektedir. Bu tablodan, bir ofis binasının gün boyu araç, gün boyu yolcu, sabah ve akşam zirve araç, cumartesi ve pazar kişi yolculuk yaratımı hesaplanmak istendiğinde, bu ofisin hafta içi, cumartesi ve pazar çalışan sayısı veya brüt kapalı alan değerinin doğal logaritması alınıp denkleme konulursa ve eşitliğin sağ tarafının ters (inverse) logaritması alındığında ortaya istenilen zaman için “yolculuk yaratımı” değeri çıkacaktır. Ayrıca, bu tablodan hafta sonları haricinde istenilen zamanın giriş-çıkış yüzdeleri alınıp daha önceden elde edilen yolculuk yaratımı değeriyle çarpıldığında yönsel trafik yaratımdğerleri de hesaplanmış olunur. Ek A’da, Tablo 7’deki kısaltmaların açıklamaları verilmektedir.

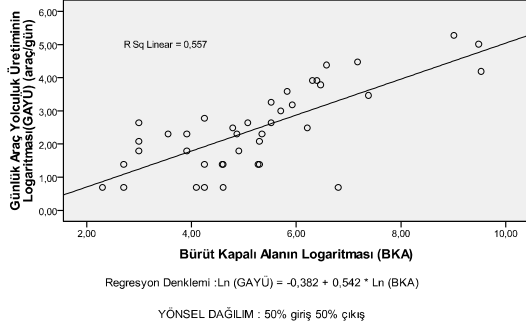
Tablo 7. Ofis Binaları için Yolculuk Yaratım Modelleri

Zaman	Regresyon Denklemi (t-değerleri)	F istatistiği (önemliliği)	İlgileşim Katsayısı R ²	OSYO (Std. Sapma)	GY	ÇY
Günlük Ortalama	Ln (GAYÜ) = -0,382 + 0,542 * Ln (BKA) (-0,884) (6,912)	47,7 0,00	0,56	10,22 13,09	50	50
Yolculuk Üretimi (araç/gün)	Ln (GAYÜ) = 1,164 + 0,650 * Ln (HİÇS) (5,516) (7,672)	58,86 0,00	0,61	2,28 2,39	50	50
Günlük Ortalama	Ln (GKYÜ) = 0,689 * Ln (BKA) (-10,601)	112,38 0,00	0,73	28,28 24,31	50	50
Yolculuk Üretimi (kişi/gün)	Ln (GKYÜ) = 1,893 + 0,846 * Ln (HİÇS) (12,365) (13,644)	186,15 0,00	0,82	6,06 4,71	50	50
Sabah Zirve (06:00 ile 10:00 arası 1 saat)	Ln (SAYÜ) = -2,592 + 0,448 * Ln (BKA) (-6,112) (5,882)	34,60 0,00	0,48	0,64 0,77	83,6	16,4
	Ln (SAYÜ) = -1,401 + 0,586 * Ln (HİÇS) (-7,882) (8,308)	69,02 0,00	0,65	0,13 0,11	83,6	16,4
Akşam Zirve (16:00 ile 18:00 arası 1 saat)	Ln (AAYÜ) = -1,091 + 0,424 * Ln (BKA) (-2,356) (5,323)	28,34 0,00	0,54	1,69 3,03	33,2	66,8
	Ln (AAYÜ) = 0,169 + 0,485 * Ln (HİÇS) (0,738) (5,894)	34,74 0,00	0,59	0,39 0,70	33,2	66,8
Cumartesi Ortalama	GKYÜ = 22,013 + 0,055 * BKA (1,483) (11,857)	140,59 0,00	0,77	26,11 48,54	MD	MD
Yolculuk Üretimi (kişi/gün)	GKYÜ = 20,207 + 2,655 * CÇS (1,955) (18,170)	330,15 0,00	0,89	7,13 6,58	MD	MD
Pazar Ortalama	Ln (GKYÜ) = 1,700 + 0,457 * Ln (BKA) (2,904) (4,798)	23,03 0,00	0,7	18,52 57,85	MD	MD
Yolculuk Üretimi (kişi/gün)	GKYÜ = 11,870 + 2,551 * PÇS (1,944) (28,173)	793,72 0,00	0,95	14,87 14,37	MD	MD

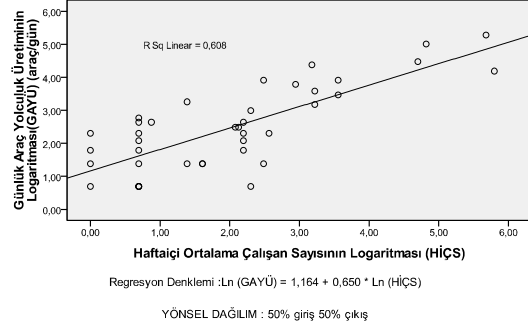
Şekil 1’de elde edilen en iyi araç yolculuk yaratım modellerine ait veri dağılımı ve model çıktıları hafta içi tüm gün, sabah ve akşam zirve için çalışan sayısı ve brüt kapalı alana göre verilmektedir. Bağımlı ve bağımsız değişkenlerin doğal logaritması alındığında, veri çıktısının dağılımı göz önüne alındığında, kurulan doğrusal regresyon modellerinin belirtici olduğu sonucuna varılmaktadır.

Şekil 2’de ise hafta içi tüm gün ve hafta sonu yolculuk yaratım modelleri yer almaktadır. Bu modellerden pazar brüt kapalı alanla kurulan model ve hafta içi tüm gün haricindeki diğer modeller, logaritmik olmayan fonksiyonlardır. Bahsi geçen modellerde yolculuk yaratım değerlerinin bulunabilmesi için büronun brüt kapalı alanı ya da büroda çalışan sayısı fonksiyona girilir ve sonuç elde edilir. Şekil 1 ve 2’deki grafiklerin daha iyi anlaşılabilmesi için Ek A’daki kısaltmalara ve açıklamalarına bakılabilir.

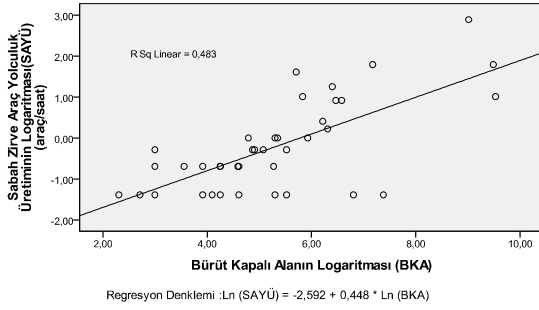
Yolculuk Üretimi - HAFTAİÇİ (Araç / BKA)



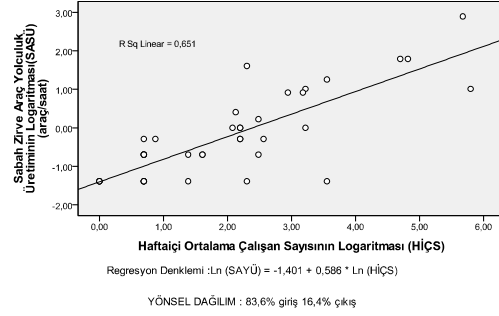
Yolculuk Üretimi - HAFTAİÇİ (Araç / Çalışan Sayısı)



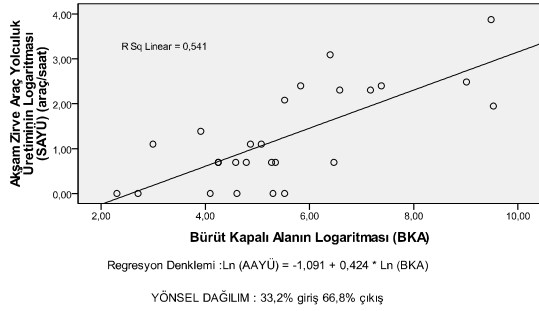
Yolculuk Üretimi - HAFTAİÇİ SABAH ZİRVE SAATİ (Araç / BKA)



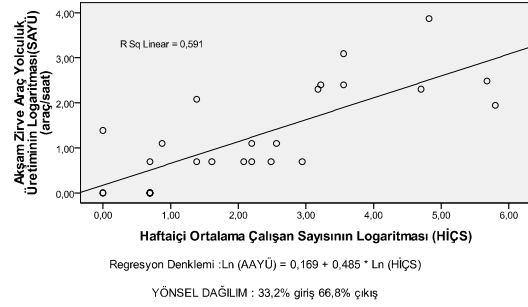
Yolculuk Üretimi - HAFTAİÇİ SABAH ZİRVE SAATİ (Araç / Çalışan Sayısı)



Yolculuk Üretimi - HAFTAİÇİ AKŞAM ZİRVE SAATİ (Araç / BKA)

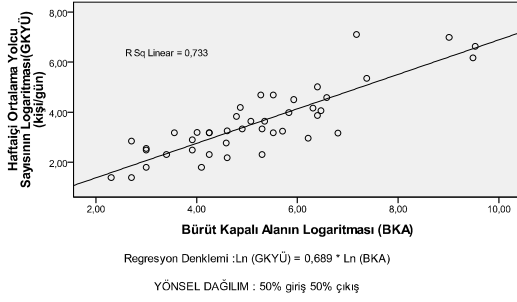


Yolculuk Üretimi - HAFTAİÇİ AKŞAM ZİRVE SAATİ (Araç / Çalışan Sayısı)

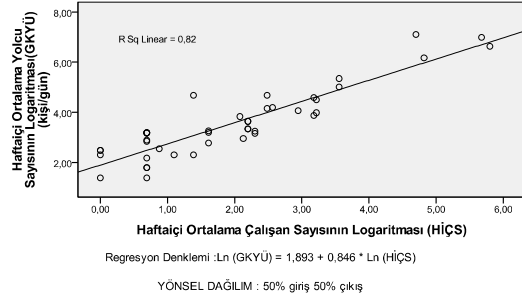


Şekil 1. Hafta içi Tüm Gün, Sabah ve Akşam Zirve Araç Yolculuk Yaratım Modelleri

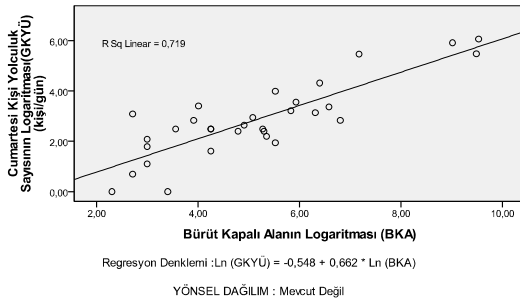
Yolculuk Üretimi - HAFTAİÇİ (Kişi / BKA)



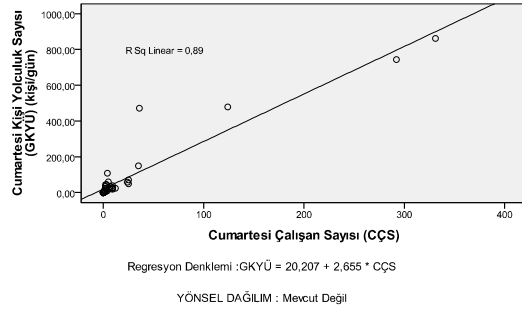
Yolculuk Üretimi - HAFTAİÇİ (Kişi / Çalışan Sayısı)



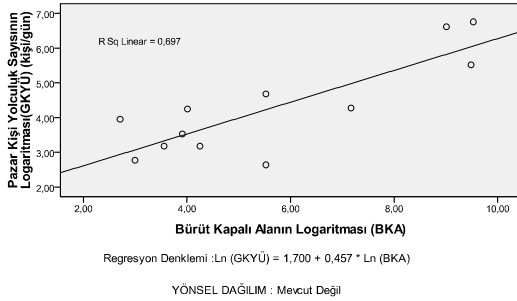
Yolculuk Üretimi - CUMARTESİ (Kişi / BKA)



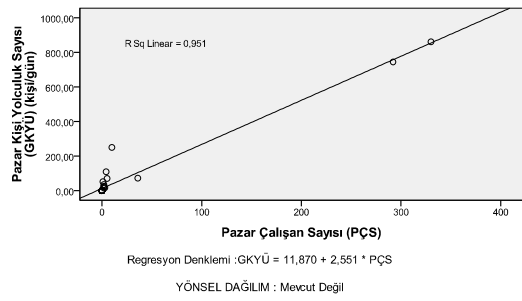
Yolculuk Üretimi - CUMARTESİ (Kişi / Çalışan Sayısı)



Yolculuk Üretimi - PAZAR (Kişi / BKA)



Yolculuk Üretimi - PAZAR (Yolcu / Çalışan Sayısı)



Şekil 2. Hafta içi tüm gün, Cumartesi ve Pazar Yolcu Yaratım Modelleri

Trafik Tahmin Aralıkları

Yolculuk Yaratım oranlarının kalitesi hakkındaki bir ölçü ise, tipik bir trafik tahmininde meydana gelmesi beklenen hata marjıdır (French ve diğerleri, 2000). Eğer yolculuk tahminlerinde yapılması beklenen hatalar küçükse ve bu hatalar tesislerin erişim yollarının tasarımını önemli ölçüde etkilemeyecekse, yolculuk yaratım oranlarının kabul edilen güven seviyesinde doğru olduğu söylenebilir. Tipik bir trafik tahmininde beklenen hatanın (ki bu aynı zamanda “*Trafik Tahmin Aralığı*” olarak da bilinir) bulunması için aşağıdaki yöntem kullanılmıştır.

Bürolar için tipik alansal büyüklük olarak bu çalışmada kullanılan bilgilerdeki ortalama büyüklük alınmıştır. Bürolar için ortalama ofis alanı %50 civarında bir alana tekabül

eden 300 m² alınmıştır. Beklenen hata olarak yolculuk oranlarının standart sapması kullanılmıştır. Normal dağılım varsayılırsa, trafik tahminlerinin %67'si ortalamadan \pm bir standart sapma içinde yer alır. Örneğin tipik bir bürodan (alan = 300 m²) bir yola bağlantı yapılırsa ortaya çıkacak yolculuk oranları ve aralıkları Tablo 9'da verilmektedir. Bu tablo 250-500 m² BKA aralığında bulunan değerlere göre hazırlanmıştır ve 300 m²'den başka alanlar için hesaplamalar, seçilen alanın bulunduğu aralık göz önüne alınarak yapılmalıdır. Tablo 9'daki bu yolculuk hacimlerinden anlaşılacağı üzere 250-500 m² BKA alana sahip büroların erişim yolları üzerinde büyük bir etki yapmaları beklenmeyecektir.

Tablo 9. Tipik Bir Büro İçin (Alan = 300 m²) Yolculuk Oranı ve Trafik Tahmin Aralıkları.

Zaman Periyodu	Araç ve Kişi Yolculukları		Alan = 300m ²
	Ortalama Yolculuk Oranı (Yolculuk/100 m ²)	Standart Sapma	Trafik Tahmin Aralığı ^a
Hafta İçi (Araç)	7,92	2,37	16,65-30,87
Hafta İçi (Kişi)	20,22	14,24	17,94-103,38
Sabah Zirve (Araç)	0,63	0,64	0-3,81
Akşam Zirve (Araç)	1,37	1,70	0,99-9,21
Cumartesi (Kişi)	16,43	16,67	0,72-99,3
Pazar (Kişi)	9,76	18,85	27,27-85,83

Sonuçlar ve Öneriler

Ofis ve bürolarda hafta içi ve cumartesi için yapılan analizlerde çalışan yoğunluğu, araç-kişi yolculuk yoğunlukları ve hacimleri incelendiğinde, tüm günler için istatistiksel olarak benzer sonuçlar ortaya çıkmıştır. Özellikle brüt kapalı alanı 250 m²'den az olan bürolar için Cumartesi günü yolculuk üretimi (kişi/gün) hafta içi değerinden daha fazla olmaktadır.

Kapalı alan ve çalışan kişi sayısına göre kategorize edilmiş yolculuk yaratım oranları ve trafik hacimleri incelendiğinde, bu değerlerin kategoriler arasında farklılıklar gösterdiği görülmüştür. Bu sebeple yapılması düşünülen bir çalışmada bu farklılıklar göz önünde bulundurulmalıdır.

Geliştirilen yolculuk yaratım modelleri çalışan sayısı bağımsız değişken seçildiğinde genellikle daha yüksek R² değerleri vermektedir. Bu sebeple yapılması düşünülen bir çalışmada çalışan sayısı değişkeni ile modelleme, brüt kapalı alan değişkenine göre tercih edilebilir.

Çalışmada yer alan iki döviz bürosu ve bir spor kulübünün alanı az, yolcu sayısı fazla olduğundan analizlerden çıkarılması uygun görülmüştür. Bu tür büroların veya arazi kullanımlarının ayrı bir sınıflandırmaya tabi tutulması ve yolculuk yaratım modellerinin bu doğrultuda oluşturulması önerilmektedir.

Teşekkür

Bu çalışmada kullanılan bilgiler İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB), Ulaşım Daire Başkanlığı, Ulaşım Planlama Müdürlüğü'nün 2007-2008 yılı proje faaliyetleri kapsamında toplanmış olup, bu bilgilerden bürolarla ilgili kısmın bu çalışmada kullanılmasına imkân sağlayan ve çalışma süresince sorularımızı ve isteklerimizi büyük bir sabırla karşılayan başta ilgili müdür, müdür yardımcıları olmak üzere tüm müdürlük çalışanlarına ve İstanbul Büyükşehir Belediyesi'ne teşekkür ederiz.

Ek A. Kısaltmalar

OSYO	Ortalama Araç ve Kişi Yolculuk Oranları (araç veya kişi / alan veya çalışan sayısı)
GY	Giriş Yüzdesi (giren araç veya yaya / toplam araçveya yaya)
ÇY	Çıkış Yüzdesi (çıkan araç veya yaya / toplam araç veya yaya)
GAYÜ	Günlük Araç Yolculuk Üretimi (24 saat toplam araç sayısı)
GKYÜ	Günlük Kişi Yolculuk Üretimi (24 saat boyunca toplam müşteri)
SAYÜ	Sabah Zirve Araç Yolculuk Üretimi (06:00-10:00 arası bir saatlik araç sayısı)
AAYÜ	Akşam Zirve Araç Yolculuk Üretimi (16:00-18:00 arası bir saatlik araç sayısı)
BKA	Bürüt Kapalı Alan (Büronun ana bina, varsa üretim genel depo ve ortak kullanım alanları toplamı m ²)
ÇS	Çalışan Sayısı
HİÇS	Hafta içi Çalışan Sayısı
CÇS	Cumartesi Çalışan Sayısı
PÇS	Pazar Çalışan Sayısı
MD	Mevcut Değil

Kaynaklar

French, L.J., R.W. Eck, Amy M. Balmer ve J. Legg, (2000), Islah Tesislerinin Yolculuk Yaratım Oranları, Amerikan İnşaat Mühendisleri Cemiyeti Ulaşım Mühendisliği Dergisi, Cilt 126, No 1, Mart, sayfalar 18-25.

Miller, J.S., L.A. Hoel, A.K. Goswami, ve J. M. Ulmer, (2006) Yerleşim Alanları Yolculuk Yaratım Oranlarının Kullanılması, Amerikan İnşaat Mühendisleri Cemiyeti Ulaştırma Mühendisliği Dergisi, Cilt 132, No 2, Şubat, sayfalar 105-113.

Ulaştırma Mühendisleri Enstitüsü (ITE) (2003) Yolculuk Yaratım El Kitabı 7. Baskı, ITE (Institute of Transportation Engineers), Washington D.C.

Erişebilirlik ve Arazi Kullanımı Arasındaki İlişkinin Kentiçi Yerleşmelerde Araştırılması

Görkem Gülhan, Halim Ceylan, Soner Haldenbilen

Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kınıklı
Kampüsü, Denizli
Tel: (232) 3744374
E-Posta: g_gulhan7@hotmail.com
Tel: (258) 2963351
E-Posta: halimc@pau.edu.tr
Tel: (258) 2963361
E-Posta: shaldenbilen@pau.edu.tr

Hüseyin Ceylan, Özgür Başkan

Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kınıklı
Kampüsü, Denizli
Tel: (258) 2963386
E-Posta: hceylan@pau.edu.tr
Tel: (258) 2963392
E-Posta: obaskan@pau.edu.tr

Öz

Kent içi yerleşimlerde arazi kullanım yapısına bağlı olan ulaşım talebinin doğurduğu seyahat üretiminin kentsel mekanı ne ölçüde etkilediğinin bilinmesi önemlidir. Mekansal etkileşimin erişilebilirlik çatısı altında sosyo-ekonomik veriler kullanılarak saptanması, planlamacılara gelecekte yeni yerleşim alanları kurulduktan sonra ne ölçüde seyahat üreteceği, getireceği iş gücü ve kente nasıl dağılacığı konusunda tahmin olanağı sağlamaktadır. Bu tahminlerle beraber ticari hareketin kentin ulaşım yapısına getireceği yük ve bu yükün demografik olarak kent içinde nasıl dağılacığı hesaplanmalıdır. Bu çalışmada erişilebilirlik ve arazi kullanım arasındaki ilişkinin ulaşım talebini ve seyahat üretimini kentiçi yerleşmelerde nasıl etkilediği araştırılmıştır. Arazi kullanım ile erişilebilirlik arasındaki ilişkiyi, işgücünün konut alanlarına ve ticari alanlara olan uzaklığıyla açıklayan Hansen modeli çalışma bölgesi için uyarlanmıştır. Ayrıca, çekim modeli tanımlanarak Hansen modelinden elde edilen zonlardaki nüfuslar kullanılarak gelecek yolculuk talepleri belirlenmiştir. Her iki modelin uygulanabilmesi için zonlama yapıldıktan sonra model sabitleri ve katsayıları kalibre edilmiş daha sonrada modellerin fiziksel mekan için uygulaması yapılmıştır. Hansen modeli yardımıyla yerleşmenin erişilebilirlik endeksi ve gelişme potansiyelleri bulunmuş ve ticari talebin beraberinde getirdiği nüfus hesaplanmıştır. Hansen modelinin sonuçları çekim modeline veri teşkil etmiştir. Böylelikle arazi kullanım, erişilebilirlik ve ulaşım talebi arasındaki ilişki irdelenmiştir. İrdeleme yapılırken sadece motorlu araçlarla gerçekleştirilen seyahatler, nüfus, işgücü ve konut alanları verileri dikkate alınmıştır.

Anahtar sözcükler: Çekim modeli, Hansen modeli, arazi kullanım, işgücü, erişebilirlik

Giriş

Ulaştırma ve arazi kullanım politikaları birbirlerini sürekli tetikleyen iteratif olarak sürekli değiştiren olgulardır. Birinin sonucu daima bir diğ erinin sebebidir ve bu durum değişmez bir olgudur. Arazi kullanım politikaları ile ulaşım arasındaki mekansal etkileşim, erişilebilirlik ve mobilite çerçevesinde değerlendirilip mevcut imar planlarının irdelenmesi ve gelecekteki talebin göz önüne alınması ile etkin bir şekilde yönlendirilmelidir. Bir kente yapılacak ulaşım planı; o kentin imar planı ile bir bütündür (Gülgeç, 1998). Yeni açılacak veya kurulacak ticari merkezlerin veya konut alanlarının getireceği talebin modelleme yoluyla hesaplanması ve kent ile gireceği etkileşimin belirlenmesi başarılı bir entegrasyon süreci sağlayacaktır (Haldenbilen ve diğ., 2005).

Gelecekteki arazi kullanım çeşitliliğine yön verebilmek için ulaşım taleplerinin hesaplanması gereklidir. Kente gelecek olan toplam nüfusun zonlar arasında demografik olarak nasıl dağılacığı boş konut alanlarına göre ve işgücü nüfusuna göre hesaplanmalıdır. Aynı zamanda planlama ya da modelleme süreci kent içinde erişilebilirlik kavramının sorgulanmasını sağlamalıdır. Ulaşım Ana Planlarında kentin sosyo-ekonomik durumu göz önünde bulundurularak zonlamalar yapılır. Bu zonlamalar konut alanlarının durumuna göre, ticaret alanları, sanayi alanları, rekreasyon alanları, yoğunluklar ve gelişim hızlarına göre oluşturulur. Bu zonlamaların oluşturulması ile arazi kullanım politikaları hakkında karar verme gücü ve gelecekteki mekansal etkileşimi etkin algılayabilme yetisi kazanılır. Ulaşım talepleri gelecek ek nüfus, iş gücü ve seyahat sayıları hakkında açıklamalardan oluşur. Bu verilere göre arazi kullanım kararları erişilebilirlik ve mobilite ölçeğinde yeniden oluşturulur. Bu taleplerin hesaplanması ise talep tahmin modelleri ile yapılabilir. Ulaşım talebi hesaplanırken arazi kullanım kısıtları ve nüfus belirleyici olur ve talebin genel hesaplanma şeklini belirtir. Talep tahmin modelleri ile elde edilen sonuçlar arazi kullanım projeksiyonları ile uyuşmadığı zaman mevcut duruma göre kalibre edilir (Haldenbilen ve diğ., 2005).

Arazi kullanım ile ticaret ve iş gücü arasındaki etkileşimden yola çıkarak oluşacak ek nüfusun hesaplanması ve bunun alansal dağılımı Hansen Modeli ile buna bağlı oluşacak seyahat miktarları çekim modeli ile isabet oranı yüksek bir şekilde belirlenmektedir. Ayrıca, işgücü ve boş konut alanına bağlı zonal nüfus kestirimleri ile elde edilen sonuçlar çekim modeli için veri teşkil edebilir. Çekim modeli yardımıyla tahmini yapılan nüfusların üreteceği yolculuk miktarlarının oluşturulan zonlara göre hesaplanma olanağı bu çalışmada verilmiştir.

Çekim modelinde ve Hansen modelinde alt analiz zonları oluşturulur ve daha sonra temel istihdam alanları çeşitli kısıtlara göre seçilir. Modellemeler sonunda yapılan zonal dağılım nüfus yoğunluğunu ve hane halkı sayısını belirler. Nüfus yoğunluğu ve değişimi şehir planlama aşamasında en önemli unsurdur. Birçok şehir planlama problemi nüfustaki değişimler, özellikle de büyümelerden kaynaklanmaktadır (Arkon, 1989) ve bu iki modelin birbiri ile olan yakınlığının irdelenmesi ve ortak kullanımı isabet oranını arttırıcı olacaktır.

Hansen Modeli kent içerisine yerleşecek olan ek nüfusun mekansal dağılımının iş alanlarının büyüklüğü ve iş alanlarına olan uzaklık ile yerleşmeye uygun durumda olan konut alanlarına bağlı olarak gerçekleşeceğini varsayar (Çubukçu, 2008). Model gerçekleştirilirken zonlamalar yapılır ve bu zonlamalar sonucu nüfus çekecek olan alanlar işgücü durumuna göre ve yerleşime uygun konut alanlarına göre belirlenir.

Model arazi kullanım çeşitliliği içerisinde erişilebilirliği işgücü ile konut alanları arasındaki etkileşim olarak tanımlar ve işgücünün konut bölgelerine olan dağılımını hesaplar. Alandaki işgücü miktarı, uzaklıklar ve alansal taşıma kapasitesi miktarları modelin temel gereksinimleridir.

Arazi kullanım kararları erişilebilirliğin ileride nasıl olacağını göstergesi olmakla beraber dinamik ve değişken yapısı olduğu için erişilebilirliğinde sürekli gelişime ve değişime uğramasını sağlar. Arazi kullanım çeşitliliği ulaşım talebinin şiddeti ile yönünü belirler ve oluşan ulaşım talebine göre arazi kullanım yapısı tekrar başkalaşıma girer ve dinamik yapı kentlerde sürekli canlı kalır. Arazi kullanım ve ulaşım talebi arasındaki etkileşim şiddetini belirleyen olgu erişilebilirliktir. Çekim modeli, arazi kullanımını ve nüfusu temel alarak ulaşım talebini belirler. Çekim modeli Sohn (2004) tarafından iş amaçlı günlük seyahatlerin şehrin yol akslarına nasıl dağıldığını belirlemek için kullanılmıştır. Çekim modelinin katsayıları şehrin arazi kullanımına göre kalibre edilmiş ve günlük seyahatler bulunmuştur. Bu katsayıların zamanla değişimi ise Mikkonen ve Louma (1999) tarafından araştırılmış ve değişimin sebebinin ticari davranışların zamanla farklılaşması ve uzaklığın kullanıcılar tarafından farklı algılanması olarak bulunmuştur.

Hansen modeli ise erişilebilirlik endeksi, gelişme potansiyeli, ticari talep ve onun doğurduğu konut talebini belirler. Model erişilebilirliği temel alarak nüfus talebini hesaplar ve alansal dağılımını yapar. Hansen ve çekim modelleri arasındaki temel benzerlik iki modelinde ulaşım talebi kaynaklı demografik sonuçlar oluşturmasıdır. Modellerin bu sonuca ulaşırken ayrı ayrı arazi kullanım ve erişilebilirlik olguları üzerinden yürüyor olması, arazi kullanım ve erişilebilirlik arasındaki ilişkinin ulaşım talebi çerçevesinde belirlenebilmesine olanak sağlamaktadır.

Hansen Modeli

Nüfus ve işgücü arasındaki ilişki erişilebilirlik endeksi ile belirlenir. i mahallesi için erişilebilirlik endeksi (A_i) Denklem (1)' de verilmiştir.

$$A_i = \sum_{j=1}^n \frac{E_j}{d_{ij}^\alpha} \quad (1)$$

Burada E_j j mahallesindeki toplam işgücü sayısını (ekonomik aktivite büyüklüğü), d_{ij} i mahallesinden j mahallesine olan uzaklığı, α mesafe etki parametresi ve n kentteki mahalle sayısıdır.

i mahallesinin gelişme potansiyeli Denklem (2)'deki şekildedir.

$$D_i = A_i \cdot H_i \quad (2)$$

Burada H_i , i mahallesindeki yerleşime uygun konut alanıdır. Hansen yerleşime uygun konut alanlarını, mahallenin taşıma kapasitesi olarak adlandırmıştır. i mahallesinin çekeceği nüfusun toplam ek nüfus içindeki payı R_i , Denklem (3) ile hesaplanabilir.

$$R_i = \frac{A_i H_i}{\sum_{j=1}^n A_j H_j} = \frac{D_i}{\sum_{j=1}^n D_j} \quad (3)$$

Kente göç ya da doğal nüfus artışı ile eklenecek toplam ek nüfus GT notasyonu ile gösterildiğinde, i mahallesine yerleşecek nüfus yani G_i Denklem (4)'te gösterilmektedir:

$$G_i = GT \cdot R_i \quad (4)$$

Kente yerleşecek toplam ek nüfus, her mahalleye yerleşecek ek nüfusun toplamına Denklem (5)'teki gibi eşit olacaktır.

$$\sum_{i=1}^n G_i = GT \quad (5)$$

Denklem (5)'teki durumda i mahallesinin $t+1$ zamanı için projekte edilen nüfusu, P_i^{t+1} , mahallenin baz alınan yıl nüfusuna, P_i , mahalleye gelecek ek nüfus, G_i , eklenerek Denklem (6)'daki gibi bulunur.

$$P_i^{t+1} = P_i + G_i \quad (6)$$

Bulunan sonuçlarda α yani mesafe etki parametresi belirleyici rol oynar. Mesafe etki parametresinin farklı değerleri ile modelin tekrar kurulması ve sonuçların karşılaştırılması ile duyarlılık analizi yapılır ve bu işlemden çıkan sonuçlar birbirinden çok farklı değilse hassas kalibrasyona gerek kalmaz.

Çekim Modeli

Newton'un yer çekimi kanunundan adını alan bu modelde çekim kuvveti, iki kütlelerin büyüklüklerinin çarpımları ile doğru orantılı ve aralarındaki uzaklığın üstel kuvveti ile ters orantılıdır.

$$F = k \frac{M_1 M_2}{d^\beta} \quad (7)$$

Burada F çekim kuvveti, M_1 ve M_2 kütle, k kalibrasyon katsayısı, β üstel kuvvet katsayısı ve d uzaklıktır. Çekim modelinin ulaşım talebine olan uyarlaması Denklem (8)'de verilmiştir.

$$T_{ij} = k \frac{P_i A_j}{W_{ij}^c} \quad (8)$$

Burada T_{ij} seyahat üretim merkezi olan i ile çekim merkezi j arasındaki seyahat miktarı, k kalibrasyon katsayısı, P_i üretim merkezi, A_j çekim merkezinin büyüklüğü ve W_{ij}^c iki merkez arasındaki direnimdir. k ve c kalibrasyon parametreleri ölçümlerle belirlenirler.

$$P_i = \sum_x T_{ix} \quad (9)$$

Denklem (9)'daki formülün Denklem (8)'de yerine konulmasıyla ve x 'li olmayan terimlerin toplam dışına alınmasıyla Denklem (10) elde edilir.

$$k = \left| \sum_x \frac{Ax}{w_{ix}^c} \right|^{-1} \quad (10)$$

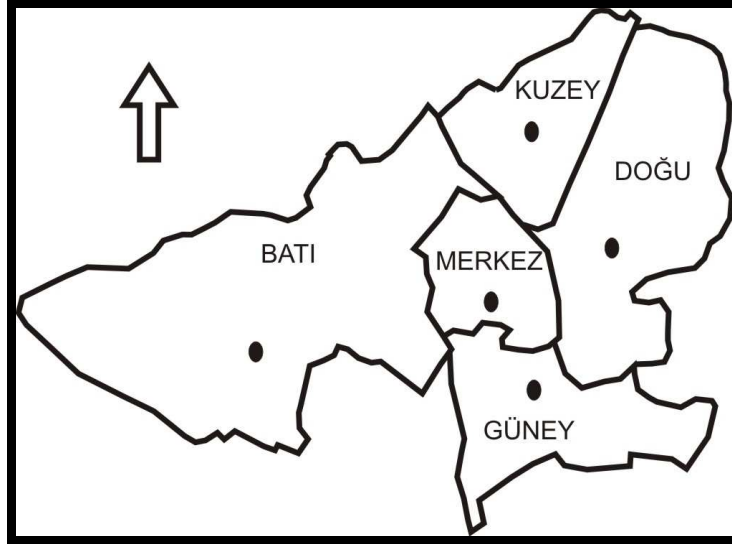
Örnek Uygulama

Hızla globalleşen ve dışa açılmakta olan Türkiye'nin günümüz yeni ekonomik koşullarına ekonomik gücü ile uyum sağlayan Denizli yeni ticari açılımlara sahne olmaktadır. Denizli ili günümüzde hızla sanayileşmekte ve buna bağlı olarak nüfusu hızla artmaktadır. Hızla artan bu nüfusun önemli bir sebebi de organize sanayi bölgeleri nedeniyle kentin aldığı göçlerdir. Ekonomik büyüklük sıralamasında 7. sırada olan Denizli'de araç sahipliği de hızla artmaktadır (Denizli U.A.P., 2002). İl genelinde 100.000 den fazla motorlu araç bulunmaktadır. Özellikle yüksek alım gücüne sahip olan insanların artması nedeniyle bütün kullanıcıları bünyesinde bulunduran hem sosyal hem ekonomik meta satan büyük ticari merkezlerin açık hedefi haline gelen ilde yeni alışveriş merkezleri yapılmıştır ve yapılmaktadır. Bu tarz merkezler zonal sınırları ve genel ulaşım talebini değiştiren olgulardır. Arazi kullanım ve erişilebilirlik değişimi ulaşım talebi ve seyahat üretimini değiştirmektedir. Yeni kullanıcıların yarattığı kent içi hareket talebi ulaşım ağını, beraberinde getirdiği işgücü ve yeni nüfus, kentin konut alanları ve işgücü oranlarını etkilemektedir. Bu çalışmada belirlenen genel artış ve bu artışın dağılımı ve getireceği ek yolculuğun kente zon bazında dağılımı belirlenmiştir.

Sosyal ve ekonomik değerlere göre kent Şekil 1'deki gibi 5 ana zona bölünmüş ve zon merkezleri zonların ticari merkezleri olarak kabul edilmiştir. Tablo 1'de zonlara ayrılan bölgelerin hektar cinsinden toplam ve işyeri alanları verilmiştir. Ayrıca zonların ortalama nüfus yoğunluğu ve toplam işgücü sayıları da verilmiştir. Bu verilerin bir kısmı Denizli Ulaşım Ana Planı (Denizli, U. A. P, 2002)'den alınmıştır.

Tablo 1'de aktarılan verilerin demografik bölümleri 2002 yılı için geçerli olup, sanayileşme ve buna bağlı göç sonucu artmakta olan nüfusun günümüz projeksiyonları ve 2020 yılı hedefli projeksiyonları yine Denizli U.A.P,'ndan alınmıştır. Kente gelmesi beklenen ek nüfus ve işgücü nüfusu gelen nüfusların zonlar arası işgücüne bağlı olarak nasıl dağılacığı ise Hansen modeli yardımıyla hesaplanmıştır.

Tablo 2'de kente 2020 yılında gelecek olan ek nüfusun işgücü ve kentin zonlar arası uzaklıklarına göre dağılımının hesaplanabilmesi için gerekli olan veriler görülmektedir. Tablo'da ayrıca 2002 yılı kullanılarak 2007 yılındaki nüfuslar ve toplam işgücü verileri büyütme faktörü yardımıyla hesaplanmıştır. Yerleşime uygun konut alanları ise Denizli şehri nazım imar planından elde edilmiştir. Tablodan görülebileceği gibi, merkez zonunda yerleşime açık ek konut alanı bulunmamaktadır. 2020 yılında kente gelecek ek toplam nüfus 152.000 kişi olarak hesaplanmıştır.



Şekil 1 Çalışma alanı zonal dağılımı.

Tablo 1 Denizli ili nüfus ve arazi kullanım bilgileri (Denizli U.A.P., 2002).

	Merkez	Doğu	Kuzey	Batı	Güney
Toplam alan (ha)	319.53	657.66	429.47	1152.52	465.06
Konut alanı (ha)	162.68	265.38	104.88	479.68	204.99
İşyeri alanı (ha)	54.34	20.4	86.08	143.48	20.28
Ortalama yoğunluk (kişi/ha)	238.37	71.61	52.53	89.9	170.13
Nüfus (2002 yılı)	73662	60315	23493	85614	74887
Toplam işgücü (2002 yılı)	23253	18884	14611	25086	21129

Tablo 2 Denizli ili nüfus artışı ve işgücü artışı.

	Merkez	Doğu	Kuzey	Batı	Güney
Ortalama yoğunluk (kişi/ha)	250.53	75.26	55.21	94.49	178.81
Nüfus (2007 yılı)	77419.502	63391.671	24691.379	89981.174	78706.99
Toplam işgücü (2007 yılı)	24439.137	19847.274	15356.308	26365.638	22206.791
Yerleşime uygun konut alanı (ha)	0	79.61	5.24	153.49	10,25
Nüfus (2020 yılı)			486.600		
Gelecek toplam nüfus			152.412		

Zon merkezleri ticari merkezler olarak kabul edildiğinde Hansen ve Çekim modelleri için gerekli olan mesafe matrisleri Tablo 3'te verilmiştir. Sosyo-ekonomik verilere göre mahalle sınırları baz alınarak oluşturulan zonların ticari merkezleri zon merkezi olarak kabul edilmiştir. Zon merkezleri baz alınarak her zonun birbirine olan uzaklığı ölçülmüş ve buna bağlı olarak mesafe matrisi bulunmuştur. Zonların kendisine olan uzaklıkları ise zon merkezinden alınan en uzun mesafenin yarısı olarak kabul edilmiştir.

Tablo 3 Zonlar arası mesafe matrisi (m).

Zonlar	Merkez	Doğu	Kuzey	Batı	Güney
Merkez	800	2400	2750	3200	1500
Doğu	2400	1400	1980	5350	2880
Kuzey	2750	1980	1300	4700	3940
Batı	3200	5350	4700	1500	4000
Güney	1500	2880	3940	4000	1400

Hansen Modeli Uygulaması

Yukarıda tanımlanan Hansen modeli oluşturulurken mesafe etki parametresi 6 farklı değer için denenmek suretiyle duyarlılık analizi yapılmış ve kalibrasyon gerekliliği olup olmadığı araştırılmıştır. Her mesafe etki parametresi değeri için erişilebilirlik indeksi, zonlara gelecek nüfus ve toplam zon nüfusu belirlenmiştir. Belirlenen değerlerin karşılaştırılması yapılmıştır. Hansen modelinin çözümü için Çubukçu (2009) tarafından hazırlanan programdan faydalanılmıştır.

Mesafe etki parametresi için 0.5 birim farkla 0'dan başlayarak 3'e kadar toplam 6 farklı değer kabul edilmiştir ve her bir değer için Hansen modeli uygulanmıştır ve duyarlılık analizi için gerekli olan sayısal verilere ulaşılmıştır. Tablo 4'te mesafe etki parametresi duyarlılık analizlerinin sonuçları görülmektedir.

Tablo 4 Duyarlılık analizi amacıyla yapılan mesafe etki parametresi değerlendirmesi.

	Merkez	Doğu	Kuzey	Batı	Güney
Mesafe etki parametresi 0.5					
Erişilebilirlik indeksi	2.601.430	2.148.632	2.076.304	1.959.207	2.255.828
Gelecek nüfus	0	50244	3321	91790	7058
Toplam nüfus	77419	113632	28012	181771	85764
Mesafe etki parametresi 1					
Erişilebilirlik indeksi	67.445	44.753	41.969	37.742	49.534
Gelecek nüfus	0	52522	3369	88744	7778
Toplam nüfus	77419	115913	28060	178725	86484
Mesafe etki parametresi 1.5					
Erişilebilirlik indeksi	1.883	0.972	0.894	0.775	1.139
Gelecek nüfus	0	54104	3403	86421	8484
Toplam nüfus	77419	117495	28094	176402	87190
Mesafe etki parametresi 2					
Erişilebilirlik indeksi	0.056	0.022	0.020	0.017	0.027
Gelecek nüfus	0	54935	3435	84900	9142
Toplam nüfus	77419	118326	28126	174881	87848
Mesafe etki parametresi 2.5					
Erişilebilirlik indeksi	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
Gelecek nüfus	0	55146	3474	84061	9731
Toplam nüfus	77419	118537	28165	174042	88437
Mesafe etki parametresi 3					
Erişilebilirlik indeksi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Gelecek nüfus	0	54956	3528	83687	10242
Toplam nüfus	77419	118347	28219	173	88948

Mesafe etki parametresinin erişilebilirlik endeksini optimum da tuttuğu değer olan ve aynı zamanda nüfus artışını tüm değerler içinde ortalamaya en uygun değerde bulan α değeri 1 olarak kabul edilmiştir. Tablo 4'ten görülebileceği üzere mesafe etki parametresi 1 in altında olduğu durumlarda erişilebilirliğin oldukça yüksek olduğu, fakat 1'den büyük olduğu durumlarda erişilebilirlik endeksinin hızla düştüğü görülmektedir. Erişilebilirlik etki parametresi 3 iken erişilebilirlik endeksi 0 değerine ulaşmaktadır.

2020 yılında kente gelecek olan ek nüfusun iş gücüne yakınlık ve boş konut alanlarına göre dağılımı sırasında etkin rol oynayan mesafe etki parametrelerine göre farklı zon nüfusları ortaya çıkmıştır. Fakat Tablo 5'de görülebileceği gibi bu nüfuslar arasında büyük farklar bulunmamaktadır. Bu durum, birbirine yakın çıkan sonuçlar duyarlılık analizinin bir aşama ilerisi olan kalibrasyon yapma hassasiyetine gerek duyulmadığını ortaya koymaktadır. Eğer sonuçlar arasında büyük sayısal farklar olsaydı kalibrasyon yapma gerekliliği doğacaktı. Ancak, bulunan sonuçlara göre kalibrasyon yapılmasına gerek duyulmamıştır. Ayrıca Tablo incelendiğinde en çok ek nüfus Batı zonuna yerleşecektir.

Tablo 5 Mesafe etki parametresine bağlı değişen zon nüfusları.

Mesafe etki parametresi (α)	Merkez	Doğu	Kuzey	Batı	Güney
0.5	0	50244	3321	91790	7058
1.0	0	52522	3369	88744	7778
1.5	0	54104	3403	86421	8484
2.0	0	54935	3435	84900	9142
2.5	0	55146	3474	84061	9731
3.0	0	54956	3528	83687	10242

Çekim Modeli Uygulaması

Bu model için en büyük sorun k ve β parametrelerinin kalibrasyonunu sağlamaktır. Bu amaçla, çalışmada Tablo 6'da verilen 2002 yılında gözlenen yolculuk miktarları ve zon nüfus değerleri kullanılarak çekim modelinin katsayıları hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar için 35 değişkenli 5*5 matrisi genetik algoritma tabanlı bir algoritmayla çözümlenerek bulunmuştur. Bulunan bu değerler Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 6 2002 yılı yolculuk sayıları (U.A.P, 2002).

Zonlar	Yolculuk Sayıları
Merkez	129939
Doğu	41346
Kuzey	48957
Batı	78994
Güney	123627
Toplam	422862

Tablo 7 Çekim modeli katsayıları.

k	0.0000091
β	1.141

Tablo 7'deki değerler ve mesafe etki parametresi $\alpha=1$ alınarak zonlara Hansen modeline göre yerleştirilen ek nüfuslar yardımıyla 2020 yılı için hedeflenen yolculuk miktarları çekim modeli ile hesaplanmış ve yolculuk matrisi Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8 Çekim modeli ile 2020 yılı yolculuk tahminleri.

Zonlar	Merkez	Doğu	Kuzey	Batı	Güney	Toplam
Merkez	70134	29967	6210	33273	38231	177815
Doğu	29967	83004	13528	27708	27186	181393
Kuzey	6210	13528	5294	7776	4602	37410
Batı	33273	27708	7776	182392	28811	279961
Güney	38231	27186	4602	28811	46207	145038
Toplam	177815	181393	37410	279961	145038	821617

Tablo'dan görülebileceği üzere 2002 yılında 422862 olan yolculuk miktarı yaklaşık %95 artışla 822000'e ulaşacaktır.

Sonuçlar

Bu çalışmada arazi kullanım ve erişilebilirliğin etkisi ile oluşan nüfusların yarattığı ulaşım talebi hesaplanmıştır. Kente gelecek olan ek nüfusun işgücü ve boş konut alanlarına göre zonlara dağılımı Hansen modeli yardımıyla bulunmuştur. Bulunan sonuçlar çekim modeli için veri kabul edilerek 2020 yılında doğabilecek yolculuk talepleri hesaplanmıştır. Hansen modelinde katsayılar duyarlılık analizi sonucu belirlenmiş, çekim modeli katsayıları ise ulaşım ana planındaki ölçülmüş yolculuk taleplerinden yola çıkılarak çekim modeli katsayıları kalibre edilmiştir. Çalışmadan aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir.

1. Hansen modelinde kente gelecek olan ek nüfusun zonlar arası dağılımı ve erişilebilirlik endeksi hesaplanabilir. Model yardımı ile kentin gelecekteki demografik yapısı, işgücü ile erişilebilirliği hakkında yeni tahminler yapılabilir.
2. Kente gelmesi beklenen ek nüfusun zonlara dağılması ve her zon için ihtiyaç duyulacak donatı alanları imar planlarının belirttiği standartlar çerçevesinde belirlenebilir.
3. Kentin zonlarının ayrı ayrı yaratacağı seyahat üretimleri Ulaşım Ana Planından faydalanılarak nüfus ve mesafeye bağlı olarak çekim modeli yardımı ile belirlenebilir.
4. Ulaşım planlamasının ilk aşaması olan seyahat oluşumunun belirlenmesi ile seyahat dağılımı, türel ayırım ve trafik atama sürecine geçilebilir. Böylece, ulaşım talebi ile ulaşım planlamasına başlayacak veri temini sağlanmış olacaktır. Ayrıca, belirlenen ek nüfus ve buna bağlı talep sonucu bölgesel yükler belirlenebilir ve bu yüklerle cevap verecek olan imar planı senaryoları oluşturulabilir.

Teşekkür Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'nun desteklemiş olduğu 104I119 nolu TÜBİTAK Kariyer projeler kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Kaynaklar

Arkon, C. (1989) Şehir Planlamada Niceliksel Teknikler, İzmir, Türkiye.

Çubukçu, K. M. (2008) Planlamada Klasik Sayısal Yöntemler, ODTÜ Yayıncılık, Ankara, Türkiye.

Çubukçu, K. M. (2009) http://kisi.deu.edu.tr/mert.cubukcu/pln252_baglanti.html.

Gülgeç, İ. (1998) Ulaşım Planlaması, Ankara, Türkiye.

Haldenbilen, S., Ceylan, H. ve Menekşe Y. (2005) Alışveriş Merkezlerinin Ulaşım Talebine Etkisinin Araştırılması: Denizli Örneği. 6. Ulaştırma Kongresi, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, Bildiriler Kitabı, s. 189-198, ISBN: 97505-3-8, 23-25 Mayıs, İstanbul

Mikkonen, K. and Louma, M. (1999) The parameters of the gravity model are changing – how and why?. Journal of Transport Geography, 7, 277-283.

Sohn, J. (2004) Are commuting patterns a good indicator of urban spatial structure?" Journal of Transport Geography, 13, 306-317.

U.A.P. (2002) Denizli Ulaşım Ana Planı, Denizli.