

TOPLU ULAŞIM SİSTEMLERİNDE ELEKTRONİK KART UYGULAMASININ ULAŞIM PERFORMANSINA ETKİSİ VE BİR ÖRNEK UYGULAMA

Mehmet YILDIZ*

Mustafa Cahid UNGAN**

Özet

Toplu ulaşım sistemlerinde performans, güvenliği esas alan bir yaklaşım çerçevesinde, en kısa sürede, en uygun doluluk oranı ve en düşük maliyetle yolcuların bir noktadan diğer bir noktaya ulaştırılması şeklinde özetlenebilir. Toplu ulaşım sistemlerinden olan tramvay taşımacılığında optimizasyonun sağlanmasında etkili olan değişkenler arasında; toplam durak sayısı, iki durak arasındaki mesafe, tramvay hattından geçen ara bağlantı yolları, her duraktaki yolcu yoğunluğu, yolcuların iniş ve biniş sırasında harcadıkları süre ve toplam ulaşım süresi gelmektedir.

Bu çalışmada, problem çözme tekniklerinden biri olan bekleme hattı modelleri tekniği kullanılarak, Konya Büyükşehir Belediyesi Toplu Ulaşım İşletme Müdürlüğü tarafından verilmekte olan tramvay taşımacılığının performans seviyesi test edilerek; bu hizmetin yerine getirilmesinde, yolcu memnuniyetini daha da arttıracak şekilde, alınması gereken önlemler ve yerine getirilmesi gereken yeni faaliyetler hakkında çözüm önerileri sunulmaktadır. Çalışma sonucunda elektronik kart öncesi Konya Büyükşehir Belediyesi Toplu Ulaşım Sistemleri ve elektronik kart sonrası toplu ulaşım sistemleri karşılaştırılarak uygulama hizmet etkinliği test edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Optimizasyon, Bekleme Hattı Modelleri, Performans Yönetimi

Abstract

Based on the safety criterion, performance on the public transportation systems aims to transport passengers from one stop to another by the minimum time, the optimal passenger number and the minimum cost. The main variables effecting the street railway public transportation systems are the number of the train stop, the mileage between two train stops, the crossroads on the street railway, the density of passenger for the each train stop, the time spent between getting in and getting off and the total transportation time.

* Yrd. Doç. Dr., Selçuk Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi.

** Yrd. Doç. Dr., Cumhuriyet Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi.

In this study, using the one of the problem solving techniques that is the waiting line models, the performance level of the street railway provided by Directorship of the Public Transportation of Konya Metropolitan Municipality is tested and the suggestions are presented to improve the public transportation service level, the passenger satisfaction and the other related factors. The performance level of Konya Metropolitan Municipality Public Transportation Systems based on the implementation of the electronic card system is also tested.

Key Words: Optimization, Waiting Line Models, Performance Management

Giriş

20. yüzyılın son çeyreğinden günümüze daha hızlı bir ivme kazanarak, işletmelerin bilgiye ve bilginin üretime uygulanmasının bir yansıması olan teknolojiye olan ihtiyaç ve bağımlılıkları, faaliyet göstermekte oldukları sektörde varolabilmelerinin adeta bir önkoşulu haline gelmiştir. Bilişim teknolojilerinde meydana gelen yenilik ve gelişmelerin, gün hatta neredeyse saatler bazında yaşandığı olgusu, günümüz yeni ekonomi düzenini şekillendiren en önemli belirleyici unsurlardan birisidir.

Yaşanmakta olan bu hızlı ve boyutları öngörülemeyen değişimler karşısında, işletmeler karşılaştıkları karar problemlerinin çözümünde ve yönetsel karar vermede artan oranda nicel karar verme tekniklerden yararlanma yoluna gitmişlerdir. İşletmelerin bağımlı oldukları ve kısa dönemde değiştiremeyecekleri bileşenlerden olan hammadde, sermaye, işgücü, teknoloji, yasal düzenlemeler ve doğa koşullarını veri kabul ederek, karşı karşıya kaldıkları problemlerin çözümünde en uygun çözümü bulmayı hedefledikleri optimizasyon modelleri hemen hemen her alanda yaygın olarak kullanılabilir. Günümüz rekabet koşullarındaki iş yaşamında, yönetsel kararlar genel olarak belirsizlik altında alınmaktadır. Temel basit problemlerin çözümünde insan sezgisine güvenilse de, sezgilerin yetersiz kaldığı karmaşık ve yüksek risk içeren problemlerin çözümünde yöneylem araştırması optimum kararın seçiminde güvenilir bir araç olarak ortaya çıkmaktadır (Tütek ve Gümüsoğlu, 1994: 1). Sanayi ve hizmet işletmelerinde işletme içi veya işletme dışı çevreden kaynaklı problemlerin çözümü için bilimsel yöntemlere göre geliştirilen matematiksel modellerin kullanılması genel anlamda yöneylem araştırması olarak tanımlanabilir (Tekin, 2008: 3). İlk olarak askeri amaçlarla orduda Harekat Araştırması adı ile kullanılan yöneylem araştırması teknikleri, 1965 yılında TÜBİTAK tarafından yöneylem araştırması ekibinin kurulması ile bu tarihten sonra askeri amaçlar dışında da kullanılmaya başlanmıştır (Özkan, 2005: 2).

Bu çalışma ile, Konya Büyükşehir Belediyesi Toplu Ulaşım İşletme Müdürlüğü tarafından, toplu ulaşım sistemlerinde elektronik kart uygulamasına geçilmesinden sonra tramvay taşımacılığındaki etkinliği test etmek amacıyla yönelik olarak bekleme hattı modeli tekniği kullanılarak örnek bir uygulama modeli ortaya konulması hedeflenmiştir.

1. Optimizasyon Modelleri

Yöneylem araştırması gerek işletme içinde gerekse yönetimde karşılaşılan problemlerin çözümüne yardım etmek ve etkiliklerini artırmak için matematiksel ve mantıksal modelleri uygulayan bir bilim dalıdır (Özkan, 2005: 1). 1900'lü yılların başında Frederic W. Taylor'un başlattığı bilimsel yönetimin gelişimi çerçevesinde optimizasyon modellerinin temeli atılmıştır. Ancak optimizasyon modellerindeki modern yaklaşımlara, özellikle 2.Dünya Savaşı döneminde askeri alanda karşı karşıya kalınan stratejik ve taktiksel problemlerin çözümü esnasında rastlanmıştır (Anderson v.d., 1997: 1). Genel olarak işletme problemleri birkaç değişkene ait matematiksel modelin en büyük veya en küçük değerinin bulunmasını hedef alır. Sınırlayıcı şartların bulunduğu problemlerde maksimizasyon (en büyük) veya minimizasyon (en küçük) aranıyorsa bu durumda ulaşılan sonuca optimizasyon denir. Optimizasyon, istenen en uygun çözüme ulaşabilmek ve bu çözümü elde edebilmek için matematiksel modelin sürekli olarak yeni koşullara uygun olarak formüle edilmesidir (Okka, 2006: 37-38).

Optimizasyon modellerinden biri olan, Bekleme Hattı Modelleri ile ilgili ilk çalışma 1909 yılında A.K. Erlang tarafından yapılmıştır. Erlang tarafından yapılan bu ilk çalışmadan günümüze kadar bilgisayar teknolojisi ve özellikle yazılım konusundaki gelişmelere paralel olarak, işletmeler müşterilerine etkin bir servis sistemi yönetimi sağlamak ve işletme içi mamul, yarı mamul akışını düzenlemek amacı başta olmak üzere, bekleme hattı modellerini karar verme sistemlerinde yaygın olarak kullanmışlardır (Öztürk, 2007: 751). Bekleme hattı modelleri konusundaki çalışmalar genel olarak, ortalama bekleme süresini ve ortalama kuyruk uzunluğunu içeren, kuyruk performans ölçülerini belirler (Taha, 2000: 597). Bu ölçüler belirlenirken, problemin herhangi bir aşamasındaki işlem değerleri rasgele değişkenler içerebileceği için, bekleme hattı modelleri stokastik modeller olarak da adlandırılmaktadır (Karayalçın, 1993: 418).

Temel olarak bekleme hattı modellerindeki problemlerin çözümündeki genel amaçlar şu şekilde özetlenebilir (Halaç, 1995: 234);

- a) Çalışma koşulları ve karakteristik parametreler dizisinin belirlenmesi,
- b) Zaman kayıplarının ve gecikme koşullarının belirlenmesi,
- c) Gerekli servis ve sürecin çalıştırılmasından sağlanan gelir ve maliyet arasında optimal dengenin bulunması,
- d) Çözümün uygulanabilirlik derecesi.

2. Toplu Ulaşımında Raylı Sistemler

Cumhuriyet Öncesi Dönem Ülkemizde demir yolu yapımına 23 Eylül 1856'da 130km'lik İzmir-Aydın hattında başlanmıştır. 1953 yılına kadar katma bütçeli bir devlet idaresi şeklinde yönetilen Devlet Demiryolları ve Limanları İdare-i Umumiyesi, 1953'de "Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları İşletmesi (TCDD)" adı altında Kamu İktisadi Devlet Teşekkülü haline getirilmiştir. Cumhuriyet sonrası dönemde demir yollarının uzunluğu 4.000 km'den 9.204 km'ye ulaşmıştır. 1950'li yıllardan sonra uygulanan kara yolu ağırlıklı ulaşım politikaları sonucunda 1950-1997 yılları arasında kara yolu uzunluğu % 80 artarken, demir yolu uzunluğu sadece % 11 artmıştır. Son yıllarda demir yollarına verilen önem yeniden artmış, temeli atılan Ankara-İstanbul Hızlı Tren Projesi başta olmak üzere birçok projenin hayata geçirilmesi için çalışmalar hızlandırılmıştır.

Fransızca kökenli bir kelime olan "tramway", şehirlerde yol üzerinde döşenmiş özel raylarda hareket eden yolcu taşıma aracıdır. Tramvay taşımacılığının kent içi trafiği açısından yol boyunca yerleştirilmiş ray ve elektrik hattı gereksinmesi gibi bazı sakıncaların olmasına karşılık, bir yandan da duman çıkartmamak ve her gün fiyatı biraz daha artan petrol ürünleri yerine elektrikle çalışmak gibi üstün yanları vardır. Şehir içi yolcu taşımacılığında ilk kurulan raylı taşıma hattı 1832 yılında New York'un Harlem mahallesinde hizmete açılmıştır. Avrupa'da ise yine atla çekilen ilk tramvay hattı 1853'te Paris'te açıldı. 1879 yılındaki Berlin sergisinde saatte 12 km hız yaparak üç küçük vagonu çekebilen bir elektrik motoru sergilendi (<http://tr.wikipedia.org/wiki/Tramvay>).

Tramvayın Türkiye'deki gelişimi, 30 Ağustos 1869 tarihindeki "Dersaadet'de Tramvay ve Tesis İnşası" na dair bir sözleşmeyle İstanbul caddelerinde yolcu, eşya taşımacılığı için demiryolu yapılarak hayvanların çektiği araba işletmeciliği, 40 yıl süreyle Konstantin Krepano Efendi'nin kurduğu

“Dersaadet Tramvay Şirketi” isimli şirkete verildi. İlk atlı tramvay 1871 yılında Azapkapı-Galata, Aksaray-Yedikule, Aksaray-Topkapı ve Eminönü-Aksaray olmak üzere 4 hatta çalışmaya başladı. İstanbul’da 1869 yılında çalışmaya başlayan atlı tramvay, yerini 1914 yılında elektrikli tramvaya terk etti. 1990 yılının sonlarında Tünel-Taksim arasında tarihi tramvay tekrar işletmeye alınmış olup halen 3 motris (çekici), 2 vagonla 573 metrelik hat üzerinde turistik bir işlev görmesinin yanında yılda 64.800 sefer ve 37.066 km yaparak günlük ortalama 15.000 yolcu taşımaktadır.

2.1. Konya Raylı Sistemleri

Konya raylı sistem projesinin gerekliliği ilk olarak 1979 yılında Selçuk Üniversitesi tarafından bir dilekçe ile T.C. Devlet Demir Yolları’na bildirilmiştir. Polin Mühendislik Hizmetleri A.Ş.’ye yaptırılan Ulaşım Etüdü sonucunda tramvay sisteminin Konya için en iyi ulaşım sistemi olacağına karar verilmiştir. İlk olarak 1992 yılında faaliyete geçen raylı sistem için ilk etapta 16 adet tramvay alınmıştır. 1995 yılında Zafer – Cumhuriyet – Kampus arası seferler başladığında, artan yolcu talebini karşılayabilmek için 25 tramvay daha alınmış ve toplam tramvay sayısı 41’e ulaşmıştır. Alınan tramvaylar 30 metre uzunluğunda ve boş olarak 30 tondur. Her bir tramvayın kapasitesi 83 oturan olmak üzere toplam 330 kişidir. Tramvaylar kilometre başına 3 kw enerji tüketmektedir. Raylı Sistem İşletme bünyesinde, bekçiler ve yan hizmetliler dahil 70 atölye işçisi, 105 vatman, 17 temizlikçi ve 13 turnikeci olmak üzere toplam 205 kişi çalışmaktadır (<http://www.konya-bld.gov.tr/>).

Konya Raylı Sistemlerinin gelişim sürecindeki önemli tarihler şu şekildedir:

- 1983 yılında “Konya Kent İçi Ulaşım Planı Sentez ve Öneriler Raporu” hazırlanmış ve bakanlıkça da onaylanarak benimsenmiştir.
- 03.10.1985 tarihinde Hafif Raylı Sistem projesi için 14193 nolu yatırım teşvik belgesi alınmıştır.
- 06.05.1986 tarihinde açılan ihale sonucunda Hafif Raylı Sistemin gerçekleşmesi için Alman şirketi olan Siemens ile anlaşma sağlanmıştır.
- Proje hakkında yapılan analizler sonucunda projenin geçerliliğine dair Fizibilite raporu Ağustos 1996 yılında hazırlanmıştır.
- 09.07.1987 tarihinde projeye dış finansman sağlamak için Alman Devlet Kredi Kuruluşu KFW ile Türkiye arasında 38.000.000 DM’lık bir

kredi anlaşma yapılmış ve 13.06.1991 tarihinde 6.500.000 DM'lık ek bir sözleşme ile bu rakam 44.500.000 DM'ye çıkarılmıştır.

- 13.07.1987 tarihinde Konya hafif raylı sistem projesinin temeli atılmıştır.
- İlk tramvay seferi, 1992 Ekim ayında, Cumhuriyet – Alaaddin güzergahında başladı.
- 1995 Mayıs ayında Cumhuriyet-Kampus arası raylı sistem faaliyete geçirilmiştir.

Alaaddin - Üniversite hattı arasında toplam 29 durak mevcut olup, hatın toplam uzunluğu 38 km'dir.

2.2. Toplu Ulaşım Sistemlerinde Elektronik Kart Kullanımı

Dünyanın bir çok büyük kentinde, toplu ulaşımda kullanılan bilet ve paso uygulamaları yerini dijital kartlara bırakmaktadır. Konya Büyükşehir Belediyesi Toplu Ulaşım İşletme Müdürlüğü tarafından tramvay başta olmak üzere diğer toplu ulaşım araçlarında da 29 Kasım 2000 tarihi itibarıyla kullanılmaya başlanan ve kısaca "El-Kart" olarak isimlendirilen elektronik kartlar, dünya standartlarında "proksimit" olarak geçen ve "My Fair" teknolojisi ile "Smart Card" olarak üretilip, başta toplu ulaşım olmak üzere bir çok alanda kullanılabilir. Özelliği itibarıyla uzaktan algılanmalı olan elektronik kartların üzerine yüklenen kontroller kullanıcı tarafından "Validatör" denen cihazlarda tüketilmektedir.

Konya El-Kart olarak adlandırılan sistem genel olarak şu şekilde işlemektedir: İlk olarak, otobüs ve tramvaylara dijital okuyucular yerleştirilerek, şehrin çeşitli noktalarında kart satış ve yükleme noktaları oluşturulmakta, bayilerden 2,5 YTL karşılığında alınabilen El-Kart'lara 60 YTL'ye kadar para yükleyebiliyor. Kullanıcı her tramvaya veya otobüse bindiğinde araçta bulunan validatör (kart okuyucu) otomatik olarak kullanıcının kartını algılıyor ve yolculuk bedelini karttan düşmektedir. Araçlar günlük seferlerini tamamlayıp garaja döndüklerinde makinelerdeki bilgi kartuşunu ana bilgisayara ileterek o günle ilgili bütün biniş bilgilerini Konya Ulaşım (KONULAŞ)'ın bilgisayarına aktarmaktadır. Satış noktalarında yüklenmesi yapılan kartlar ile ilgili bilgiler anlaşmalı bankanın merkez bilgisayarda toplanarak otobüslerden gelen günlük bilgiler ile KONULAŞ ve banka merkezindeki bilgiler karşılaştırılıp sistemde günlük veya belirlenecek zaman periyotlarına göre kontrol ve düzenlemeler gerçekleştirilmektedir.

3. Toplu Ulaşım Sistemlerinde Elektronik Kart Kullanımı ve Konya Örneği

Bu araştırma ile, Konya Büyükşehir Belediyesi Toplu Ulaşım İşletme Müdürlüğü tarafından 29 Kasım 2000 tarihinde tramvaylarda kullanıma sokulan elektronik kart uygulamasının biletli binişler ile karşılaştırıldığında, yolcuların duraklarda toplam bekleme süresi, binişlerde harcadıkları süre ve sistemin genel performansı üzerindeki etkilerinin test edilmesi amaç edinmiştir.

Elektronik kart uygulamasına tüm toplu ulaşım araçlarında aynı anda başlanmasına rağmen, bu çalışmada, yaygın kullanımı dikkate alınarak sadece tramvaylar kapsam içine dahil edilmiştir.

3.1. Verilerin Toplanması ve Analizi

Araştırma kapsamında incelemeye tabii tutulacak veriler, 9:00 - 9:45 ve 16:25 - 17:10 saatleri arasında 45'er dakikalık gözlemler¹ sonucunda tesadüfi olarak belirlenen duraklardan elde edilmiştir. Verilerin analizinde WINQSB 1.00 yazılımı kullanılmıştır.

Tablo 1. Zafer Durağı Araştırma Verileri

Durak Adı: Zafer	Bilet	Eİ Kart	Değişim
Geliş Debisi (lambda) (λ) (kişi/dakika)	5,02	6,23	2,89
Servis Debisi (mu) (μ) (kişi/dakika)	12,27	14,72	3,52
Sistemdeki Ortalama Yolcu Sayısı (L)	0,69	1,00	0,31
Kuyruktaki Ortalama Yolcu Sayısı (Lq)	0,28	0,50	0,22
Sistemde Harcanan Ortalama Süre (W) (dakika)	0,14	0,13	-0,01
Kuyrukta Harcanan Ortalama Süre (Wq) (dakika)	0,06	0,06	0
Sistemde Hiçbir Yolcu Olmama İhtimali (P0) (%)	59,09	49,91	-9,18
Yeni Gelen Bir Yolcunun Bekleme İhtimali (Pw) (%)	40,91	50,09	9,18
Servis Boş Durmasının Toplam Dakika Maliyeti (YKR)	295436	288383	-7053
Yolcu Beklemelerinin Toplam Dakika Maliyeti (YKR)	70821	77642	6821
Sistemin Toplam Dakika Maliyeti (YKR)	366257	366025	-232

¹ Araştırmada kullanılan gözlem formunun bir örneği EK-1 de verilmiştir.

Tablo 2. Nalçacı Durağı Araştırma Verileri

Durak Adı: Nalçacı	Bilet	E1 Kart	Değişim
Geliş Debisi (lambda) (λ) (kişi/dakika)	3,86	4,12	0,26
Servis Debisi (mu) (μ) (kişi/dakika)	12,78	13,26	0,48
Sistemdeki Ortalama Yolcu Sayısı (L)	0,43	0,45	0,02
Kuyruktaki Ortalama Yolcu Sayısı (Lq)	0,13	0,14	0,01
Sistemde Harcanan Ortalama Süre (W) (dakika)	0,11	0,11	-0,01
Kuyrukta Harcanan Ortalama Süre (Wq) (dakika)	0,03	0,03	0
Sistemde Hiçbir Yolcu Olmama İhtimali (P0) (%)	69,80	68,93	-0,87
Yeni Gelen Bir Yolcunun Bekleme İhtimali (Pw) (%)	30,20	31,07	0,87
Servis Boş Durmasının Toplam Dakika Maliyeti (YKR)	348982	344645	-4337
Yolcu Beklemelerinin Toplam Dakika Maliyeti (YKR)	32675	35014	2339
Sistemin Toplam Dakika Maliyeti (YKR)	381658	379659	-1999

Tablo 3. Kunduracılar Durağı Araştırma Verileri

Durak Adı: Kunduracılar	Bilet	E1 Kart	Değişim
Geliş Debisi (lambda) (λ) (kişi/dakika)	3,13	3,89	0,76
Servis Debisi (mu) (μ) (kişi/dakika)	12,92	13,66	0,74
Sistemdeki Ortalama Yolcu Sayısı (L)	0,32	0,40	0,08
Kuyruktaki Ortalama Yolcu Sayısı (Lq)	0,08	0,11	0,03
Sistemde Harcanan Ortalama Süre (W) (dakika)	0,10	0,10	0
Kuyrukta Harcanan Ortalama Süre (Wq) (dakika)	0,02	0,03	0,01
Sistemde Hiçbir Yolcu Olmama İhtimali (P0) (%)	75,77	71,52	-4,25
Yeni Gelen Bir Yolcunun Bekleme İhtimali (Pw) (%)	24,23	28,48	4,25
Servis Boş Durmasının Toplam Dakika Maliyeti (YKR)	378870	357613	-21257
Yolcu Beklemelerinin Toplam Dakika Maliyeti (YKR)	19363	28346	8983
Sistemin Toplam Dakika Maliyeti (YKR)	398233	385959	-12274

Tablo 4. Sanayi Durağı Araştırma Verileri

Durak Adı: Sanayi	Bilet	El Kart	Değişim
Geliş Debisi (lambda) (λ) (kişi/dakika)	4,94	5,06	0,12
Servis Debisi (mu) (μ) (kişi/dakika)	13,88	14,02	0,14
Sistemdeki Ortalama Yolcu Sayısı (L)	0,55	0,56	0,01
Kuyruktaki Ortalama Yolcu Sayısı (Lq)	0,20	0,20	0
Sistemde Harcanan Ortalama Süre (W) (dakika)	0,11	0,11	0
Kuyrukta Harcanan Ortalama Süre (Wq) (dakika)	0,04	0,04	0
Sistemde Hiçbir Yolcu Olmama İhtimali (P0) (%)	64,41	63,91	-0,50
Yeni Gelen Bir Yolcunun Bekleme İhtimali (Pw) (%)	35,59	36,09	0,50
Servis Boş Durmasının Toplam Dakika Maliyeti (YKR)	322046	319543	-2503
Yolcu Beklemelerinin Toplam Dakika Maliyeti (YKR)	49166	50954	1788
Sistemin Toplam Dakika Maliyeti (YKR)	371212	370498	-714

Tablo 5. Cumhuriyet Durağı Araştırma Verileri

Durak Adı: Cumhuriyet	Bilet	El Kart	Değişim
Geliş Debisi (lambda) (λ) (kişi/dakika)	3,98	4,24	0,26
Servis Debisi (mu) (μ) (kişi/dakika)	13,81	14,32	0,51
Sistemdeki Ortalama Yolcu Sayısı (L)	0,40	0,42	0,02
Kuyruktaki Ortalama Yolcu Sayısı (Lq)	0,12	0,12	0
Sistemde Harcanan Ortalama Süre (W) (dakika)	0,10	0,10	0
Kuyrukta Harcanan Ortalama Süre (Wq) (dakika)	0,03	0,03	0
Sistemde Hiçbir Yolcu Olmama İhtimali (P0) (%)	71,18	70,39	-0,79
Yeni Gelen Bir Yolcunun Bekleme İhtimali (Pw) (%)	28,82	29,61	0,79
Servis Boş Durmasının Toplam Dakika Maliyeti (YKR)	355901	351955	-3946
Yolcu Beklemelerinin Toplam Dakika Maliyeti (YKR)	29171	31136	1965
Sistemin Toplam Dakika Maliyeti (YKR)	385073	383091	-1982

Tablo 6. Kampus Durağı Araştırma Verileri

Durak Adı: Kampus	Bilet	E1 Kart	Değişim
Geliş Debisi (lambda) (λ) (kişi/dakika)	5,52	5,65	0,04
Servis Debisi (mu) (μ) (kişi/dakika)	15,97	16,02	0,51
Sistemdeki Ortalama Yolcu Sayısı (L)	0,53	0,51	-0,02
Kuyruktaki Ortalama Yolcu Sayısı (Lq)	0,18	0,17	-0,01
Sistemde Harcanan Ortalama Süre (W) (dakika)	0,10	0,09	-0,01
Kuyrukta Harcanan Ortalama Süre (Wq) (dakika)	0,03	0,03	0
Sistemde Hiçbir Yolcu Olmama İhtimali (P0) (%)	65,44	66,26	0,82
Yeni Gelen Bir Yolcunun Bekleme İhtimali (Pw) (%)	34,56	33,74	-0,82
Servis Boş Durmasının Toplam Dakika Maliyeti (YKR)	327176	323657	-3519
Yolcu Beklemelerinin Toplam Dakika Maliyeti (YKR)	45645	48039	2394
Sistemin Toplam Dakika Maliyeti (YKR)	372821	371697	-1124

Bu hesaplamalarda WINQSB 1.00 paket programı kullanılmış olup, örneğin; Kampus Durağı Biletli Binişler için şu formüller kullanılmıştır ;

$$L = \lambda / (\mu - \lambda) \quad L = 5,52 / (15,97 - 5,52) = 0,53$$

$$Lq = \lambda * \lambda / [\mu (\mu - \lambda)] \quad Lq = 5,52 * 5,52 / [15,97 (15,97 - 5,52)] = 0,18$$

$$W = 1 / (\mu - \lambda) \quad W = 1 / (15,97 - 5,52) = 0,10$$

$$Wq = \lambda / [\mu (\mu - \lambda)] \quad Wq = 5,52 / [15,97 (15,97 - 5,52)] = 0,03$$

$$P0 = 1 - \lambda / \mu \quad P0 = 1 - 5,52 / 15,97 = 65,44$$

$$Pw = \lambda / \mu \quad Pw = 5,52 / 15,97 = 34,56$$

3.2. Geliş Debisi

Bekleme hattı modelleri için geliş özellikleri sürecini tespit etmek; verilen bir zaman periyodunda gelen birimlerin ihtimal dağılımını belirlemekle mümkün olmaktadır. Araştırma kapsamında yapılan gözlemler sonucunda elde edilen verilerin analizinden sonra, duraklara gelen yolcuların tesadüfi, diğer yolcu gelişlerinden bağımsız ve bir sonraki yolcu gelişinin ne zaman meydana geleceği belirsiz olduğu için, bu araştırmada gelen birimlerin dağılımını incelemede Poisson İhtimal Dağılımı kullanılmıştır.

3.3. Gelen Birimlerin Servise Alınması

Servis için gelen müşteriler kuyruğa girdiğinde belirli bir zamanda servise girmeleri servis disiplince belirlenir. Birimlerin hizmet için seçilme düzeni çerçevesinde, karşı karşıya kalınan problemin özelliğine göre bekleme hattında bekleyen birimlerin servis mekanizmasına alınmasında değişik alternatifler söz konusudur. Bu çalışmada, durakta beklemekte olan yolcuların tramvaya biniş aşamasında birkaç istisnaya rağmen, FCFS (First Come First Served) ilk gelen ilk servis alır kuralına uygun hareket ettikleri gözlenmiş olup, gelen birimlerin servise alınmasında FCFS kuralı benimsenmiştir.

3.4. Servis Olanaklarının Yapısı

Bekleme hattı modellerinin değişik alternatif yapılarını ortaya koyan servis olanakları yapısının, durakta beklemekte olan yolcuların tramvayın gelişi ile birlikte, tek sıra halinde tramvaya binmek sureti ile ulaşım hizmetini almış oldukları gerçeği altında, çalışmada servis olanakları yapısının tek kanal tek istasyon durumuna uygun olduğu varsayılmıştır.

3.5. Servis Debisi

Servis debisi hizmet için gelen müşterilerin istemlerini karşılamak için gereken servis süresi ile ilgilidir. Servis süresi, servis başladıktan sonra müşterinin istemi yerine getirilmiş şekilde ilgili servis noktasından ayrıldığı ana kadar harcadığı toplam süredir. Servis için gelen müşterilerin her biri aynı miktarda süreyi gerektirirse servis oranı tek biçimli; müşteriden müşteriye farklılık gösteren servis oranları ise üstel ihtimal dağılımları ile gösterilir. Çalışmamızda, yolcuların tramvaya binerken harcadıkları sürenin standart olmayıp, yolcudan yolcuya farklılık gösterdiği gözlemlenmiştir. Bu yüzden, servis süresi ihtimalinin üstel ihtimal dağılımına uygun olduğu varsayılmıştır.

3.6. Araştırma Varsayımları

- Servis boş durmasının dakika maliyetinin 50 YKR olduğu;
- Yolcu beklemelerinin dakika maliyetinin ise 25 YKR olacağı varsayılmıştır.

3.7. Optimizasyon Kısıtlayıcı Şartlar

Optimizasyon problemleri en iyi çözümün elde edilmesi anlamına gelmemektedir. En iyi çözüme ulaşmayı engelleyen koşullar ise işletmelerin içinde buldukları ülke ve sektör yapısı ile doğrudan işletme içinden kaynaklanan sınırlamalardır. Bu nedenle optimizasyon problemlerinde hedef, mevcut sınırlayıcı şartları veri kabul etmek sureti ile en uygun çözümün bulunmasıdır. Çalışmanın öneriler kısmı şu kısıtlamalar dikkate alınarak yapılmıştır: bütçe, yeryüzü şekilleri ve şehir yerleşim planı, personel, tramvay sayısı, teknoloji, yerel ve ulusal mevzuatlar.

3.8. Araştırma Bulguları ve Öneriler

Gözlemlerin yapıldığı tüm duraklarda, geliş debisinin, el kart öncesi biletli binişlerle karşılaştırıldığında arttığı tespit edilmiştir. Tramvaya olan toplam talepteki artışı ifade eden bu orandaki değişimin en büyük nedenin, el kart kullanımının kolay olmasının yanında getirmiş olduğu maddi avantajlar olduğu düşünülmektedir. (Yolcular destek hatlarında ek binişler için ücret ödemiyor, el kartlara belli tutarda kontür yüklenildiğinde indirimler söz konusu ve birden fazla toplu ulaşım aracını kullanmak zorunda olan yolcular için yine indirimli tarifeler uygulanıyor).

Gözlemlerin yapıldığı tüm duraklarda, servis debisinin, el kart öncesi biletli binişlerle karşılaştırıldığında arttığı tespit edilmiştir. Bu artışın en önemli nedeni olarak, bir yolcunun el kartla biniş süresinin, biletli binişlere nazaran daha kısa olduğu gerçeğidir.

Gözlem yapılan tüm duraklarda, el kart öncesi biletli binişlerle karşılaştırıldığında, el kartlı binişlerde sistemin toplam dakika maliyeti azalmıştır.

Yolcuların el kartlı binişlerde, kartlarında kalan toplam krediyi binişleri esnasında tramvaylarda bulunan validatörlerden öğrenmeleri biniş süresinin uzamasına ve zaman kaybına neden olmaktadır.

Tramvay hattındaki ara bağlantı yolları ile kavşaklar toplam ulaşım süresini uzatmaktadır. Bu alanlarda yapılabilecek olan üst veya alt geçitler sayesinde toplam ulaşım süresinin kısaltılabileceği öngörülmüştür.

Biletli binişlerle karşılaştırıldığında, el kartlı binişlerde vatmanların passo veya bilet kontrolü yapma işlevlerinin ortadan kalmış olması, duraklarda el kartlı toplam biniş sürelerinin kısalması sonucunu doğurmuştur.

El kart uygulaması, sistemin etkin ve verimliliğini artırmıştır.

Büyükşehir Belediyesi personel sayısında azalma sağlanmıştır.

Büyükşehir Belediyesi bütçesi maliyetler kaleminde düşüş sağlanmıştır.

El kart sisteminin uygulanmasında eğitim çalışmaları, insan kaynaklarının verimliliğini yükseltmiştir.

El Kartlı binişlerde, merkezi sistem sayesinde, hangi duraktan, hangi saatte kaç kişinin bindiği (kimin bindiği) anında tespit edilerek istatistik raporları hazırlama imkanı sayesinde duraklardaki yoğunluklar tespit edilebiliyor.

Ticari açıdan, El-kartın sağlayacağı bir başka fayda ise sahte bilet basımının önlenmesidir.

El Kart kullanımını ve kullanım şeklini yaygın hale getirmek için, tanıtım faaliyetlerinin artırılmasının uygun olacağı düşünülmektedir.

Halen yaz ve kış olmak üzere ikili tarife şeklinde uygulanan tramvay tarife sisteminin duraklarda yolcu yoğunluğunun dikkate alınarak daha esnek bir yapıya dönüştürülmesinin, duraklarda bekleyen yolcuların toplam bekleme süresini azaltacağı tespit edilmiştir.

Halen ilk ve son durak (Zafer - Kampus) arasında yaklaşık 45 dakika olan toplam ulaşım süresinin, ekspres servis uygulamasına geçilmesi sureti ile kısaltılabileceği öngörülmüştür. Bu bağlamda, halihazırda gidiş ve geliş olmak üzere ikili olan raylı sisteme üçüncü bir ray eklenmesinin bütçe ve özellikle şehir yerleşim planı kısıtlayıcıları da dikkate alınarak değerlendirmeye tabii tutulmasının uygun olacağı düşünülmektedir.

Bu uygulama toplu ulaşım tramvay ve otobüs taşımacılığında benzerlik gösteren iller için uygulanabilir.

Kaynakça

- Anderson, David. R., Sweeney, Dennis J., Williams Thomas A.. (1997) “**An Introduction to Management Science**”, West, NY.
- Halaç, Osman. (1995) “**Kantitatif Karar Verme Teknikleri**”, Alfa, İstanbul.
- Karayalçın, İlhami İ.. (1993) “**Yöneylem “Harekat” Araştırması**”, Menteş, İstanbul.
- Okka, Osman. (2006) “**Mühendislik Ekonomisi**”, Nobel, Ankara.
- Özkan, Şule. (2005) “**Yöneylem Araştırması**”, Nobel, Ankara.
- Öztürk, Ahmet. (2007) “**Yöneylem Araştırması**”, Ekin, Bursa.
- Taha, Hamdy A.. (2000) “**Yöneylem Araştırması**”, (Çev., Ş.Alp Baray ve Şakir Esnaf), Literatür, İstanbul.
- Tekin, Mahmut. (2008) “**Sayısal Yöntemler**”, Konya.
- Tütek, Hülya H., Gümüsoğlu, Şevkinaz. (1994) “**Sayısal Yöntemler Yönetmel Yaklaşım**”, Beta, İstanbul.

<http://www.konya-bld.gov.tr/>, Erişim Tarihi: 07.09.2008.

<http://tr.wikipedia.org/wiki/Tramvay>, Erişim Tarihi: 15.09.2008.

EK-1. Örnek Gözlem Formu

Hava Durumu: Açık-Güneşli

Tarih: 13/08/2008

Durak Adı: Zafer-Turnikeli

Sayfa:

Saat	Durakta Bekleyen Yolcu Sayısı	Durağa Gelen Yolcu Sayısı	Duraktaki Toplam Yolcu Sayısı	Tramvay Durağa Geliş Saati	Tramvay Hareket Saati	Tramvay Ortalama Bekleme Süresi (sn)	Yolcu Ortalama Bekleme Süresi (sn)
1625	21	0	21				
1626	21	5	26				
1627	26	8	34	16:26:35			
1628	34	7	41				
1629	41	7	48		16:28:30	115	210
1630	0	4	4				
1631	4	7	11				
1632	11	3	14				
1633	14	3	17				
1634	17	0	17	16:34:50			
1635	17	2	19				
1637	19	6	25		16:36:52	122	502
1638	25	0	25				
1639	0	4	4	16:39:15			
1640	4	0	4				
1641	4	8	12				
1642	12	3	15		16:41:22	147	270
1643	15	4	19				
1644	0	7	7				
1645	7	8	15				
1646	15	1	16	16:46:05			
1647	16	12	28				
1648	29	7	36				
1649	36	4	40		16:48:03	115	401
1650	0	4	4				
1651	4	2	6				
1652	6	2	8				
1653	8	4	12				
1654	12	5	17				
1655	17	10	27				