

Tıkanıklık fiyatlandırmasının İstanbul için uygunluğunun araştırılması: Eminönü fiyatlandırma modeli

Hüseyin Onur TEZCAN*, Nadir YAYLA

İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Ulaştırma Mühendisliği Programı, 34469, Ayazağa, İstanbul

Özet

Trafik tıkanıklığı modern kent yaşantısının önemli sorunlarından biridir. Özellikle büyük metropol-lerde, önemli ulaştırma yatırımları yapılarak bu soruna çözüm bulunmaya çalışılmaktadır. Trafik tıkanıklığı sorunun çözümünde yatırımlar kadar etkili olan uygulamalar arasında, ulaşım talebinin parasal veya parasal olmayan yöntemlerle sınırlandırılması da yer almaktadır. Bu yöntemlerin en önemlilerinden birisi tıkanıklık fiyatlandırmasıdır. Bu uygulama, Londra ve Stockholm kentlerindeki başarılı örnekler ile beraber son yıllarda dünyadaki popüleritesini arttırmaktadır. Tıkanıklık fiyatlandırması, ciddi trafik tıkanıklığı sorunları yaşanan İstanbul için de uygun bir yöntem olmasına rağmen, yoğun nüfus ve plansız yapılaşmanın sonucu olarak ortaya çıkan karmaşık ulaşım ağının, uygulanabilirlik açısından çeşitli güçlükler yaratması söz konusudur. Bu çalışmada, tıkanıklık fiyatlandırmasının İstanbul'da uygulanabilirliğinin araştırılması amacıyla, eski Eminönü ilçesinde gerçekleştirilecek bir kordon fiyatlandırması uygulaması için bir fiyatlandırma modeli geliştirilmiştir. Eminönü, ev sahipliği yaptığı tarihi ve kültürel varlıklar ile kentin önemli bölgelerinden biridir. Bölgenin küçük yüzölçümü ve düşük yerleşik nüfusuna karşılık sürekli ziyaret edilen bir yer olması, bölgede ciddi trafik tıkanıklığı ve otopark sıkıntıları ortaya çıkarmaktadır. Fiyatlandırma modeli, sosyal optimumunu sağlamak için uygulanan optimum fiyatın yanı sıra, farklı fiyatlar için de değerlendirmeler yapmaya olanak veren bir modeldir. Modelden elde edilen sonuçlar, iyi planlanmış bir fiyatlandırma uygulaması ile yalnızca trafik tıkanıklığı sorununa çözüm üretilmeyeceği, ciddi düzeyde ilave maddi kaynak da yaratılacağını ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Trafik tıkanıklığı, talep yönetimi, tıkanıklık fiyatlandırması.

*Yazışmaların yapılacağı yazar: Hüseyin Onur TEZCAN. tezcanhu@itu.edu.tr; Tel: (212) 285 36 65.

Bu makale, birinci yazar tarafından İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Ulaştırma Mühendisliği Programı'nda tamamlanmış olan "Trafik tıkanıklığı yönetimi olarak fiyatlandırma ve İstanbul-Eminönü için bir uygulama" adlı doktora tezinden hazırlanmıştır. Makale metni 23.06.2009 tarihinde dergiye ulaşmış, 29.07.2009 tarihinde basım kararı alınmıştır. Makale ile ilgili tartışmalar 31.03.2011 tarihine kadar dergiye gönderilmelidir.

Bu makaleye "Tezcan, H.O, Yayla, N., (2010) 'Tıkanıklık fiyatlandırmasının İstanbul için uygunluğunun araştırılması: Eminönü fiyatlandırma modeli', İTÜ Dergisi/D Mühendislik, 9: 6, 125-136" şeklinde atıf yapabilirsiniz.

A research on the applicability of pricing in Istanbul: Eminonu pricing model

Extended abstract

Congestion is one of the major problems of metropolitan cities. This problem arises when the increase in demand for travelling with private vehicles surpasses the capacity of the road network. Travel demand management strategies are developed to restrict the excessive demand without making expensive infrastructure investments. Demand management strategies can be classified in two main groups: Fiscal and non-fiscal strategies. Fiscal strategies are implemented to regulate the demand by arranging taxes or tariffs collected for the usage of the transportation infrastructure or facilities. Non-fiscal strategies aim to adjust the demand for private vehicle usage without imposing any financial measures on individuals. Congestion pricing is one of the most powerful fiscal strategies. By definition, congestion pricing is collecting fixed or variable amount of tolls from private vehicle users for the usage of a road or a road network. For variable toll implementations, the amount can be determined according to units such as distance covered or congestion level of the facility. Any driver considering entering a congested road will base his/her decision solely on the costs he/she is going to bear. However, entering an already congested road will impose external costs on other drivers currently on the road, as well. The last vehicle entering an already congested road will increase not only the travel times but also the fuel consumption and emissions of all other vehicles. In the case when natural equilibrium occurs, although abovementioned costs already exist, none of the users are paying the price of creating them. In order to make the users pay the price of the external costs they create, marginal cost pricing is implemented. The price collected by marginal cost pricing implementations is named the optimum price and its value is equal to the external costs that users create. Congestion pricing can be modelled by using two different modelling approaches: Time-independent static models and time-dependent dynamic models. Time-independent static models deliberately ignore the hourly changes in the traffic parameters and accept an unchanged relationship between parameters of traffic throughout the analysis. On the contrary, time-dependent dynamic models include the time dimension to the analysis and model the implementation with regard to departure time, as well as route choice. The origins of dynam-

ic models is the bottleneck model which is originally developed by Nobel Prize winner researcher William Vickrey.

In this study, a congestion pricing scheme is modelled for Eminonu, in order to evaluate the applicability of congestion pricing to Istanbul. Among all the districts of Istanbul, Eminonu have unique properties. First of all, the district which is a peninsula has clearly defined borders, easing the access control issues. Moreover, due to the small surface area of Eminonu, the road network is relatively small and less complicated. As the host of many historic, recreational and governmental areas, severe congestion is routinely experienced on the road network of the district. The focal point of the modelling studies for Eminonu is the determination of optimum price which is calculated according to the principles of the static models of congestion pricing. Analysis of the equilibrium conditions is made possible by obtaining, average cost, marginal cost and demand curves representing the whole district. In practice, marginal cost pricing may sometimes be ignored or not preferred to be implemented by decision makers. Thus, an evaluation of other pricing regimes different than optimum price is also included in the study. Furthermore, the gains, losses and related measurable economic quantities for the individuals are also calculated. The optimum price is calculated as 0.58 TL/km. It is expected to record a decrease close to 16% in the usage of private vehicles by collecting this toll. Maximum revenue can be generated by collecting a toll of 5.042 TL/km which reduces the number of private vehicle users more than 76%. Furthermore by deploying the average travelling distance of 5.32 km in Eminonu road network, per km prices can be converted into constant prices. Consequently, the optimum price is equal to 3.09 TL in constant values.

This study provides valuable information for the applicability of congestion pricing to Istanbul. Obviously, when a congestion pricing scheme is introduced significant amount of individuals will start to travel without their private vehicles and considerable amount of money will be collected. In order to secure sustainability and acceptability of the scheme, the revenue collected from the individuals must be returned to the system in favour of users who are worse-off by congestion pricing.

Keywords: Traffic congestion, demand management, congestion pricing.

Giriş

Genellikle düşük seyir hızları, uzun yolculuk süreleri ve araç kuyrukları ile ortaya çıkan trafik tıkanıklıkları, modern kent yaşantısının, bireylerin yaşam kalitesini doğrudan etkileyen en önemli sorunlarından biridir. Trafik tıkanıklığını, yol kapasitesinin yolculuk talebini karşılamadığı ve talebin arzı aştığı trafik düzeyi olarak tanımlamak mümkündür.

Trafik tıkanıklıklarına çözüm getirebilecek başlıca iki yöntemden söz etmek mümkündür. Bunlardan birincisi artan talebi karşılamak amacıyla arzın, diğer bir deyişle kapasitenin arttırılmasıdır. Ulaştırma yatırımları ile ilgili geçmiş tecrübeler kapasite artışlarının, pek çok kere istenen sonucu vermediğini ortaya koymaktadır. Her yeni ulaşım yapısının kendi talebini yarattığı bilinen bir gerçektir. Mevcut talep ile birlikte ortaya çıkan bu yeni ve ilave talep durumu daha da güçleştirmektedir. Kapasite artışı açısından bir başka sorun ise yeterli alan noktasında ortaya çıkmaktadır. İstanbul gibi, nüfus yoğunluğunun fazla olduğu, plansız olarak gelişen bir kentte yeni ulaşım yapıları inşa edecek veya mevcut ulaşım yapılarının kapasitesinde artış yapılmasını sağlayacak arazi bulmak her zaman mümkün olmamaktadır.

Trafik tıkanıklıklarına çözüm olabilecek ikinci yöntem, ulaşım talebinin çeşitli stratejiler vasıtasıyla sınırlandırılmasıdır. Ulaştırmada talep yönetimi stratejileri olarak adlandırılan bu stratejiler, mevcut yol kapasitesinin etkin olarak kullanılmasını sağlamak amacıyla başvuru parasal ve parasal olmayan yöntemlerden oluşmaktadır. Bu yöntemler özel araçları ile yolculuk yapan bireylerin ulaşım tercihlerini değiştirerek ve yeniden düzenleyerek talebi azaltmayı amaçlayan çeşitli uygulamalar içermektedir. Talep yönetimi stratejileri, trafik tıkanıklıkları ile beraber, trafiğin çevresel etkilerinin (Gürültü, hava kirliliği, vb.) azaltılması, trafik kazalarının azaltılması, toplu taşıma ve motorlu olmayan ulaşım türlerinin kullanımının arttırılması gibi amaçlara da hizmet etmektedir (Jones, 1998).

Parasal olmayan talep yönetimi stratejileri, yolculuklarını özel araçları ile gerçekleştiren birey-

lerin, özel araçlarını kullanmaktan vazgeçmelerini sağlamak amacıyla herhangi bir maddi bir yaptırım uygulanmayan yöntemlerdir. En bilinen parasal olmayan talep yönetimi stratejilerinden biri pek çok ülkede dönem dönem denenmiş olan tek çift plaka uygulamasıdır. Bunun yanında, yayalaştırma, bir ulaşım tesisini belli ölçütleri sağlamayan (Belirli bir sayıdan fazla yolcu, vb.) araçların kullanmasının yasaklanması gibi uygulamalar parasal olmayan talep yönetimi stratejilerinden bazılarıdır (Jones, 1998; De Borger vd., 2001).

Parasal talep yönetimi stratejileri bireylerin yolculuk tercihlerini çeşitli maddi yaptırımlar vasıtasıyla değiştirmeyi amaçlayan stratejilerdir. Bu stratejiler ulaşım yapılarının kullanımı ile ilgili vergi ve ücretlerin düzenlenmesine yönelik uygulamaları içermektedir. Parasal talep yönetimi stratejilerini üç alt gruba ayırmak mümkündür. Birinci grubu aralarında akaryakıt vergisinin de yer aldığı, çeşitli vergilerde yapılan düzenlemeler oluşturmaktadır. Sübvansiyonlar, parasal talep yönetimi stratejilerinin ikinci alt grubudur. En bilinen sübvansiyon yöntemi toplu taşıma sistemi kullanıcılarına yönelik bilet fiyatlarının sübvansiyon kanalıyla düşük tutulması şeklinde ortaya çıkmaktadır. Ancak, toplu taşıma ile özel otomobilin çapraz elastikliğinin geleneksel olarak düşük olduğu gerçeği ortadayken, özel otomobil konforunda yolculuk eden bireyleri, özel otomobillerini kullanmaktan vazgeçirmek için sübvansiyonların yeterli etkinliği sağlayamayacağı açıktır. Parasal talep yönetimi stratejilerinin üçüncü alt grubu yeni fiyatlandırma uygulamalarıdır. Bu grupta, birinci grupta da yer alabilecek olan otopark ücretleri ile ilgili düzenlemeler ile tıkanıklık fiyatlandırması yer almaktadır. Otopark ücretlerinde yapılan düzenlemeler son yıllarda yeniden gündeme gelen bir konudur. Yapılan çalışmalar, özellikle ciddi trafik tıkanıklıkları yaşanan kent merkezlerinde, yalnızca otopark ücretlerinde düzenlemeye gidilmesi yoluyla dahi trafikte ciddi rahatlamalar sağlanabileceğini ortaya koymuştur. Tıkanıklık fiyatlandırması ise dünyanın çeşitli kentlerindeki başarılı uygulamalar ile büyük popülarite kazanan bir talep yönetimi stratejisidir. Tıkanıklık fiyatlandırması, özel otomobil kullanıcılarının

belirli bir yolu kullanmaları veya araçları ile belirli bir bölgeye girmeleri karşılığında; sabit veya kat ettikleri mesafe, yolun tıkanıklık durumu gibi faktörlere bağlı olarak değişen bir fiyatı ödemeleri uygulamasıdır. Tıkanıklık fiyatlandırmasının esas itibariyle pek çok sektörde kullanılan ve malların fiyatının, kaynakların kısıtlı oluşunu yansıttığı ve bu kaynakların etkin bir şekilde kullanımını sağladığı uygulamaların bir benzeri olduğunu da söylemek mümkündür (Button, 2004).

Temelleri 1800'lü yıllarda atılan tıkanıklık fiyatlandırması bugün iki önemli uygulama ile gündemde yer bulmaktadır. Bu uygulamalardan birincisi 2003 yılında İngiltere'nin başkenti Londra'nın merkezi iş alanında hayata geçirilen tıkanıklık fiyatlandırması uygulaması, ikincisi ise İsveç'in başkenti Stockholm'de 2006 yılı içerisinde gerçekleştirilen ve yaklaşık yedi ay süren deneme uygulamasıdır. Birbirinden farklı teknolojik özelliklere ve esaslara sahip bu iki uygulamanın ortak noktası, hiç şüphesiz, elde ettikleri başarıdır. Tıkanıklık fiyatlandırması uygulamasının, bu iki kent gibi, trafik tıkanıklıkları ile boğuşan İstanbul'da da başarı sağlanması beklenen bir sonuçtur.

Bu çalışmada tıkanıklık fiyatlandırması uygulamasının İstanbul için uygunluğu, Eminönü bölgesi için modellenen bir örnek uygulama vasıtasıyla araştırılmıştır. Bu araştırma kapsamında, Eminönü bölgesine yapılan özel otomobil yolculukları için arz ve talep eğrileri elde edilmiş ve ileride esasları açıklanacak olan optimum fiyat değeri hesaplanmıştır.

Eminönü tıkanıklık fiyatlandırması modeli

Eminönü bölgesinin özellikleri

Sınırları içerisinde barındırdığı pek çok tarihi eser ile kentin gözbebeği olan Eminönü, ulaşım ağının ve bölge coğrafyasının sağladığı olanaklar sayesinde fiyatlandırma uygulamaları için uygun özelliklere sahiptir. Üç tarafı denizlerle çevrili olan bölgenin kara tarafındaki sınırı Haliç üzerinden geçen Atatürk Köprüsü'nün devamında yer alan Atatürk Bulvarı'dır. Eminönü, bölge yol ağının yanı sıra başka özellikleri de fiyatlandırma uygulaması için avantaj sağla-

maktadır. İstanbul'un, çalışmanın gerçekleştirildiği zamanki idari yapılanmasına göre ilçe statüsünde olan Eminönü'nün, adrese dayalı nüfus kayıt sistemi 2007 yılı sonuçlarına göre (TÜİK, 2007), nüfusu yalnızca 32557'dir. Öte yandan, bölge gerek çok sayıda ticari işletmenin ve gerekse turistik tesis ve tarihi yapıların ayrıca önemli kamu hizmet birimlerinin varlığı ile çok sayıda insan tarafından ziyaret edilmektedir. Bu özellikleri ile nüfusu gün içinde önemli oranda artan bölgede ciddi trafik tıkanıklıkları yaşanmaktadır. Bölgede özel araç kullanıcılarının ciddi düzeyde yaşadığı önemli sorunlardan biri de otopark sıkıntısıdır.

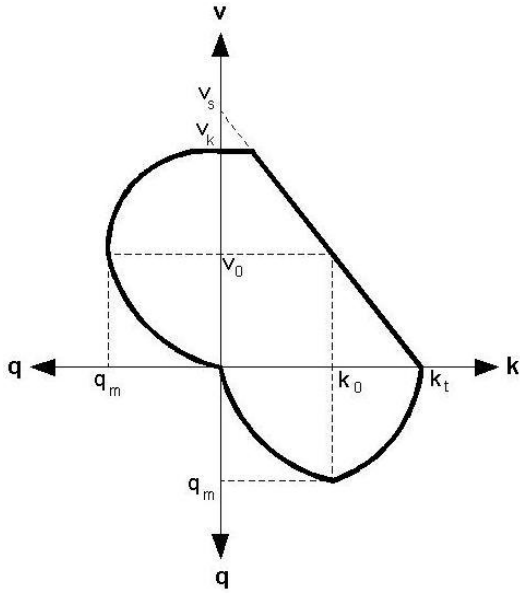
Hesaplama modelinin tanıtılması

Eminönü bölgesi için oluşturulan hesaplama modeli, bölge sınırlarıyla belirlenen bir kordon fiyatlandırması uygulaması için optimum fiyat tutarının belirlenmesi amacıyla kullanılan bir modeldir. Aynı model, farklı fiyatlar için kullanıcı davranışları ve elde edilecek gelirlerin hesaplanmasına da olanak tanımaktadır.

Hesaplama modeli, ilgili bölgeye ait arz ve talep eğrilerinin elde edildiği ve diğer hesaplamaların bu eğriler kullanılarak yapıldığı bir modeldir. Ulaştırma ekonomisinde arz, Ortalama Maliyet (OM) ve bu eğriden türetilen Marjinal Maliyet (MM) eğrileri ile ifade edilir. Ortalama maliyet eğrisi marjinal özel (bireysel) maliyetleri, marjinal maliyet eğrisi ise marjinal sosyal (toplam) maliyetleri ifade eden eğrilerdir. Talep eğrisi bireylerin herhangi bir malı tüketmeleri sonucunda bir fayda sağlayacakları prensibinden hareketle ve bu faydayı sağlamak için ödemeye razı oldukları tutarı ifade etmek üzere marjinal özel fayda eğrisi olarak ifade edilmektedir (Button, 2004). OM ve MM eğrilerinin elde edilmesinde trafik akımının türetilmiş değişkenleri arasındaki ilişkiden yola çıkılmaktadır. Trafik akımının türetilmiş değişkenleri olan hacim (q), hız (v) ve yoğunluk (k) arasında Denklem 1'de verilen ilişki söz konusudur.

$$q = v \cdot k \quad (1)$$

Bu bağıntıda verilen ilişkinin toplu bir grafik olarak gösterimi Şekil 1'de verilmiştir (Verhoef, 1999).



Şekil 1. q , v ve k değişkenleri arasındaki ilişkinin toplu olarak gösterimi

Bir yolu kullanan araçların sayısının az olması durumunda trafik akımı düşük değerler alırken yüksek hızlar yapmak mümkün olabilmektedir. Yolu kullanan araçların sayısında artış olmaya başlaması ile beraber durum tersine dönmekte ve seyir hızları azalırken, trafik akımı artmaktadır. Teorik olarak yolun kapasitesine eşit kabul edilebilecek olan maksimum akım (q_m), kritik bir eşik noktasını ifade etmektedir. Bir optimum yoğunluk k_0 ve optimum hız v_0 değerlerinde elde edilen q_m değerinin aşılması ile seyir hızları daha da düşmekte, yoğunluk ise artarak gittikçe tıkanma durumuna yaklaşmaktadır. Bu mekanizmayı, trafik tıkanıklığının oluşma mekanizması olarak isimlendirmek mümkündür.

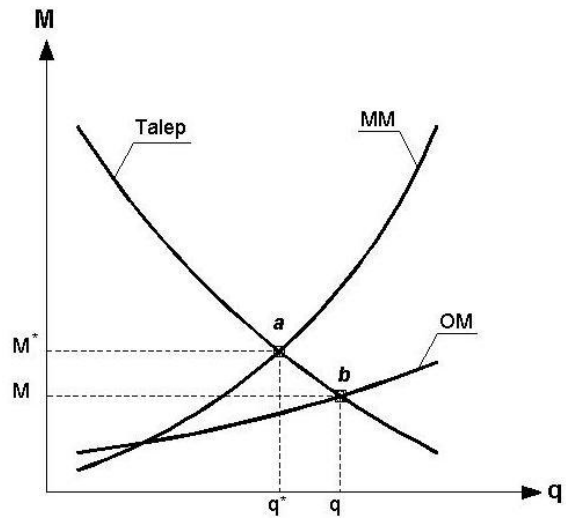
OM ve MM eğrilerini elde etmek için Şekil 1'de verilen toplu grafikten hız-akım (q - v) ilişkisine ait olandan faydalanılmaktadır. Bu ilişkiden elde edilen maliyet-akım (M - q) eğrisi kullanılarak ekonomik analiz yapılması yaklaşımı ilk olarak Walters (1961) tarafından ortaya atılmış ve bugün hala kabul gören ve kullanılan bir yaklaşımdır. Bu yaklaşıma göre q - v eğrisi, birim yol boyu için hızın zamanın (t) tersi olmasına bağlı olarak q - $1/v$ eğrisi olarak çizilerek zaman-akım eğrisi elde edilebilmektedir. Zaman-akım eğrisinden maliyet-akım eğrisine geçmek için ise, düşey eksende yer alan zaman büyüklüklerinin zaman değeri ile çarpılması ve elde edilen mali-

yetlere sabit maliyetin eklenmesi yeterlidir. Böylece düşey eksende maliyet büyüklüğünün yer aldığı maliyet-akım eğrisi elde edilmiştir (Verhoef, 1999; Verhoef, 2005; Rouwendal ve Verhoef, 2006). Bu eğri OM eğrisidir. MM eğrisi ise Denklem 2'de verilen bağıntı kullanılarak elde edilmektedir (Button, 2004). Bu bağıntının ikinci terimi marjinal dışsal maliyetleri ifade etmektedir.

$$MM = OM + q \cdot \frac{dOM}{dq} \quad (2)$$

Talep eğrisinin elde edilmesi, maliyet akım ilişkisinin ulaştırma talebi açısından yorumlanması ile mümkündür. Buna göre; yolculuk maliyetinin artması ile birlikte yolculuk talebinde bir azalma olacaktır. Bu ilişki maliyet ve akım eksenlerinde OM ve MM eğrilerinin tersine bir form takip etmektedir. Ulaştırma ekonomisi analizlerinde kullanılan arz ve talep eğrilerinin genel hali Şekil 2'de verilmiştir.

Şekil 2'de verilen OM ve MM eğrileri (arz eğrileri) ile talep eğrisinin kesişim noktaları denge noktaları olarak adlandırılmaktadır. Şekilden de görülebileceği üzere a ve b noktaları arz eğrileri ile talep eğrisinin kesiştiği noktalardır. OM eğrisi ile talep eğrisinin kesiştiği b noktası doğal denge durumuna diğer bir deyişle kullanıcı optimumuna, MM eğrisi ile talep eğrisinin kesiştiği a noktası ise sosyal optimumuna işaret etmektedir.



Şekil 2. OM, MM ve talep eğrilerinin genel hali

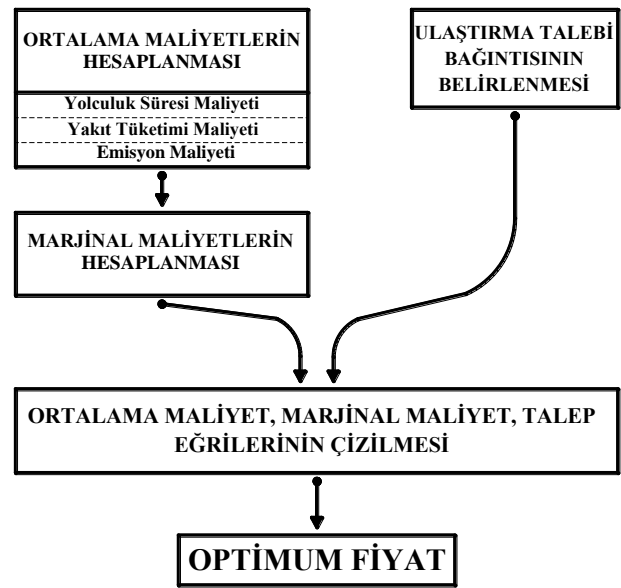
OM, MM ve talep eğrilerinin daha önce bahsedilen tanımlarından hareketle, doğal denge durumunun, bireylerin yalnızca karşı karşıya oldukları maliyetleri dikkate almaları sonucunda ulaşılan bir durum olduğunu söylemek mümkündür. Sisteme herhangi bir müdahalede bulunulmaması durumunda bu denge durumuna ulaşılabilecektir. Gerçekte, bireyler yolculuk tercihlerini yapmaları ile beraber aynı tercihi yapan diğer kullanıcılara ilave maliyetler yüklemektedirler. Tıkanık akım koşullarında olan bir yola giriş yapan son araç, trafik tıkanıklığının artmasına, yolculuk süresinin uzamasına ve bunlara bağlı olarak diğer dışsal etkilerde artış olmasına sebep olacak ve mevcut durumda yolu kullanmakta olan tüm sürücüler bu durumdan olumsuz etkilenecektir. Sosyal optimumuna erişilmesi ancak bireylerin yarattıkları dışsal etkilerin karşılığını ödeyecekleri bir uygulama gerçekleştirilmesi ile mümkündür. Böylece a noktası ile temsil edilen ikinci denge noktasına erişilmesi amaçlanmaktadır. Doğal durumda b noktasında sağlanan denge durumunun a noktasına taşınabilmesi ise ancak fiyatlandırma benzeri bir uygulama yoluyla gerçekleştirilebilmektedir. Marjinal maliyet fiyatlandırması olarak adlandırılan bu uygulama ile kullanıcı sayısı q değerinden q^* değerine gerilemektedir (Verhoef, 1999; Button, 2004; Verhoef, 2005).

Eminönü tıkanıklık fiyatlandırması modeli, Eminönü bölgesine özel otomobil ile yapılan yolculuklar için fiyat araştırmasına olanak tanıyan bir modeldir. Modele ait akış şeması Şekil 3'te verilmiştir.

Optimum durumlar

Bir ulaştırma ağında, herhangi bir başlangıç-son çifti arasında yolculuk yapan sürücülerin, güzergâh seçimi yaparken, rasyonel bir yaklaşım ile yolculuk maliyetlerini minimum yapmaya çalışacaklarını kabul etmek mümkündür. Bu bağlamda, dengeli bir duruma ulaşılması ancak, hiç bir sürücünün güzergâh tercihini değiştirmek suretiyle yolculuk süresini azaltamayacağı trafik düzeninde sağlanacaktır. İşte bu durum, kullanıcı optimumu olarak adlandırılmaktadır. Kullanıcı optimumu ilk olarak 1952 yılında J. G. Wardrop tarafından tarif edilmiş ve Wardrop'un bi-

rinci prensibi olarak adlandırılmıştır (Wardrop, 1952). Wardrop'un tanımına göre, denge koşulları altında bir ulaştırma ağındaki her bir başlangıç-son çiftini birleştiren tüm güzergâhlar arasında, sürücüler tarafından tercih edilenlerde yolculuk süreleri birbirine eşit ve tercih edilmeyenlerden düşük olmaktadır. Wardrop'un tanımladığı diğer denge durumu ise, Wardrop'un ikinci prensibi olarak adlandırılan sosyal optimumu durumudur. Buna göre, sosyal optimumu sağlayan denge koşulları altında trafik düzeni, ortalama (ya da toplam) yolculuk maliyetinin minimum olacağı şekilde ortaya çıkmaktadır (Wardrop, 1952).



Şekil 3. Tıkanıklık fiyatlandırması modelinin akış şeması

Maliyet bileşenleri

Eminönü tıkanıklık fiyatlandırması modelinde ortalama yolculuk maliyetinin üç bileşenden oluştuğu kabul edilmiştir (Denklem 3).

$$OM = OM_s + OM_y + OM_e \quad (3)$$

Denklem 3'de s indisi yolculuk süresi maliyetini, y indisi yakıt tüketimi maliyetini, e indisi ise emisyon maliyetini ifade etmektedir.

Yolculuk süresi maliyetinin hesaplanmasında kullanılan bağıntı Denklem 4'de, yakıt tüketimi maliyetinin hesaplanması için kullanılan bağıntı ise Denklem 5'de verilmiştir.

$$OM_s = T \cdot \alpha \cdot L \quad (4)$$

$$OM_y = f \cdot YF \cdot L \quad (5)$$

Yakıt tüketim oranı f büyüklüğünün hesaplanması için Avustralya kaynaklı ve Denklem 6'da verilen bağıntı kullanılmıştır (BTCE, 1995).

$$f = \left(26.67 + \frac{1433.8}{V} + 0.000508 \cdot V^2 \right) \cdot \frac{(1 + Q/C)}{1000} \quad (6)$$

Emisyon maliyetinin belirlenmesinde, mevcut verilerin ışığında karbonmonoksit (CO), azotoksitler (NO_x), uçucu organik bileşenler (VOC) ve karbondioksit (CO₂) kirleticileri için hesaplama yapılmıştır. Maliyetlerin hesaplanmasında ise Victoria Transport Policy Institute (VTPI, 2007) tarafından önerilen emisyon maliyetlerinin ülkemize uyarlanmış değerleri kullanılmıştır. Tablo 1'de 2006 yılı fiyatları ile kirleticinin gram başına emisyon maliyetlerinin ülkemiz için uyarlanan değerleri verilmiştir.

Araçların yaptığı zararlı madde salımının miktarı için Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2007) tarafından verilen, standart araçlar için, tüketilen bir litre yakıt başına salınan gram cinsinden kirletici miktarlarına ait veriler (emisyon faktörleri) kullanılmıştır (Tablo 2).

Tablo 1. Ülkemize uyarlanmış emisyon maliyetleri (2006)

Kirletici	Maliyet (YTL/gram)
CO	0.000179
NO _x	0.006352
VOC	0.005940
CO ₂	0.000007

Tablo 2. IPCC emisyon faktörleri (gram/litre yakıt)

Teknoloji	CO ₂	NO _x	VOC	CO	
BENZİN	Euro 3	2353.20	19.98	47.21	407.00
	Euro 1	2353.20	27.38	54.09	222.00
	15.04	2353.20	6.07	5.48	33.97
	UC	2353.20	6.07	5.48	33.97
DİZEL	1758.40	6,16	1.72	6.72	
LPG	2575.50	31.45	21.34	102.00	

Tablo 2'de verilen emisyon faktörlerinin Tablo 1'de verilen maliyetlerle çarpılması ile hesaplanan TL/km cinsinden emisyon maliyetleri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Emisyon Maliyetleri (TL/km)

Teknoloji	CO ₂	NO _x	VOC	CO	Toplam	
BENZİN	Euro 3	0.02	0.13	0.28	0.07	0.50
	Euro 1	0.02	0.17	0.32	0.04	0.55
	15.04	0.02	0.04	0.03	0.01	0.09
	UC	0.02	0.04	0.03	0.01	0.09
DİZEL	0.01	0.04	0.01	0.001	0.07	
LPG	0.02	0.20	0.13	0.02	0.36	

Eminönü bölgesi için yapılan hesaplamalar

Bağlantı-kapasite fonksiyonları- Bir bağlantı (link) üzerindeki trafik hacmi ile o bağlantıdaki yolculuk süresi (T) arasındaki ilişkiyi gösteren bağıntılara bağlantı-kapasite fonksiyonları adı verilmektedir. Eminönü tıkanıklık fiyatlandırması modelinde, Ergun ve diğerleri (2007) tarafından hazırlanan ve İstanbul'un otoyol ile ana arter özelliğine sahip yolları için ayrı bağlantı-kapasite fonksiyonlarının kalibre edildiği çalışmadan faydalanılmıştır. Otoyollar için tanımlanmış olan fonksiyonlardan Eminönü tıkanıklık fiyatlandırması modelinde kullanılan bağıntı Denklem 7'de, ana arterler için kullanılan bağıntı ise Denklem 8'de verilmiştir. Bu bağıntıların, aynı raporda verilen hacim/kapasite (Q/C) oranları ile birlikte kullanılması suretiyle, ilgili yolculuk güzergâhlarındaki yolculuk sürelerinin hesaplanması mümkün olmuştur.

$$T = 36.32 \cdot \left[1 + 0.397 \cdot \left(\frac{Q}{C} \right)^{3.333} \right] \quad (7)$$

$$T = 61.146 + 83.404 \cdot (Q/C)^2 + \dots \quad (8)$$

$$\dots + 34.214 \cdot PA + 31.336 \cdot TC$$

Denklem 8'de yer alan PA parametresi yol kenarında park eden araçların yoğun olması durumunda 1, aksi durumda 0 alınan bir parametredir. TC parametresi ise yol kenarı arazi kullanım durumunun yoğun veya az yoğun ticaret olması durumunda 1, aksi durumda 0 alınan bir parametredir. Buna göre ana arterler için, PA ve TC parametrelerinin aldığı değerlere göre, 0-0,

0-1, 1-0 ve 1-1'den oluşan dört farklı durumdan söz etmek mümkündür. Otoyol tipi ile beraber, bu çalışmada incelenen toplam güzergâh kesimi tipi sayısı beştir.

Yolculuk türleri- Eminönü tıkanıklık fiyatlandırması modelinde toplam üç tür yolculuk değerlendirilmiştir. Bunlardan A türü başlangıç veya son noktası Eminönü bölgesi olan yolculukları, B türü Eminönü ulaşım ağının yalnızca transit geçiş amaçlı kullanıldığı yolculukları ve C türü ise başlangıç ve son noktası Eminönü içerisinde kalan yolculukları ifade etmektedir.

Yolculuk uzunlukları- Eminönü bölgesine, diğer ilçelerden ulaşım güzergâhları ile bu güzergâhların uzunluklarının belirlenmesi ve analiz edilebilmesi için Google Earth ve İBB tarafından internet ortamında sunulan İstanbul Şehir Rehberi'nden (İBB, 2007) faydalanılmıştır. Değerlendirilen tüm ilçeler için yerleşimin veya ticari faaliyetlerin yoğunlaşması gibi özelliklere bağlı olarak merkez noktalar belirlenmiş ve her ilçe merkezi ile Eminönü merkezi arasında yapılan yolculuklar için ağırlıklı olarak tercih edilecek güzergâhlar belirlenmiştir. Bu güzergâhlara hepsi-ya da-hiç ataması yapılacağı kabulü paralelinde, ilgili ilçeler ile Eminönü arasında yapılan yolculuklar ve Eminönü bölgesi yol ağının transit olarak kullanıldığı yolculuklarda için tek seçenek olarak kullanıldığı kabul edilmiştir.

Talep eğrisinin elde edilmesi- Eminönü tıkanıklık fiyatlandırması modelinde talep eğrisinin elde edilmesi amacıyla; Eminönü bölgesine yapılan yolculuklar için toplu taşıma ile özel otomobil türleri arasında bir tür tercihi modeli kalibre edilmiştir. Bu modelde, özel otomobil maliyetleri olarak yalnızca bireyler tarafından algılanan yakıt tüketimi maliyeti bileşeni ile -eğer mevcutsa- köprü/otoyol geçiş ücreti hesaba katılmıştır. Toplu taşımanın yolculuk süreleri ve maliyetleri ise İstanbul Elektrik Tramvay ve Tünel İşletmeleri (İETT) tarafından yaptırılan, İstanbul'da otobüs hatlarının iyileştirilmesine yönelik çalışmaya (İETT, 2007a) ait veriler ile İETT tarafından internet ortamında sunulan "Nasil Giderim?" hizmeti (İETT, 2007b) kullanılarak hesaplanmıştır. Tür seçimi modelinin verisi,

İMP Hane Halkı Anketi'nde yer alan ve herhangi bir merkez bölgeye özel otomobilleri ile yolculuk eden bireylere, aynı yolculuğu özel otomobilleri ile yapmamalarını sağlayacak fiyat tutarının sorulduğu soruya verilen cevaplardan elde edilmiştir. Bu soruya, yolculuğunun son noktası Eminönü olan bireylerin verdiği cevapların oluşturduğu veri kullanılarak NLOGIT ekonometrik analiz yazılımının 4.0 sürümü vasıtasıyla bir ikili lojit model kalibre edilmiştir. Bu hesaplama neticesinde elde edilen, türlere ait fayda fonksiyonları Denklem 9 ve 10'da verilmiştir.

$$U_{oto} = 1,031 - 0,222 \cdot M_{oto} - 0,010 \cdot T_{oto} \quad (9)$$

$$U_{TT} = -0,222 \cdot M_{TT} - 0,010 \cdot T_{TT} \quad (10)$$

Zaman değerinin hesaplanması- TL/saat birimiyle ifade edilen zaman değeri, bireylerin bir saatlerine biçtikleri parasal değer olarak tanımlanabilmektedir. Tür tercihi modelinden zaman değerinin elde edilmesinde, fayda fonksiyonlarında yer alan yolculuk maliyeti ve yolculuk süresi değişkenlerinin katsayıları arasındaki oran alınmaktadır. Denklem 9 ve 10'da verilen fayda fonksiyonlarının bağıntılarından hareketle Eminönü bölgesine özel otomobilleri ile yolculuk yapan bireylerin zaman değeri $-0,222/-0,010=23,35$ TL/saat/kişi olarak hesaplanmıştır.

Ortalama ve marjinal maliyet bağıntıları ile genel ortalama maliyet hesabı- Eminönü tıkanıklık fiyatlandırması modelindeki tüm maliyet hesaplamaları kilometre başına yapılmıştır. Bu hesaplama kabulü yolculuk uzunluğunu bir model değişkeni olmaktan çıkarmış ve modeldeki tek değişken Q/C oranı olmuştur. Ortalama maliyet bağıntısının elde edilmesinde ve tüm yolculukları temsil eden genel ortalama maliyet değerinin hesaplanmasında, yolculuk türü ve güzergâh kesimi tiplerinin, ağırlıklarına göre dikkate alındığı bir yaklaşım kullanılmıştır. Tüm yolculuklar için, yolculuk türlerinin yüzde olarak dağılımları Tablo 4'te, güzergâh kesimi tiplerinin yüzde olarak dağılımları ise Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 4. Yolculuk türüne göre ağırlıklar

Yolculuk türü	Adet	%
A	88437	76.02
B	26630	22.89
C	1265	1.09
Toplam	116332	100

Tablo 5. Güzergâh kesimi tipine göre ağırlıklar

	Güzergâh kesimi tipi				Otoyol	Toplam
	Ana arter					
	0-0	0-1	1-0	1-1		
Adet	46697	116780	2569	57874	50986	274906
%	16.99	42.48	0.93	21.05	18.55	100

Hesaplamalarda Tablo 4 ve 5 yer alan yüzdeler, ağırlık katsayıları olarak kullanılarak hareket edilmiştir. Genel ortalama maliyet değerinin hesaplama adımları aşağıda verilmiştir:

1. Denklem 3, 4, 5, 6, 7 ve 8'in kullanılması suretiyle, yapılan tüm yolculukların maliyetleri güzergâh kesimlerine bağlı olarak belirlenmiştir. Bu hesaplamada örneğin; Eminönü bölgesi yol ağının transit geçişte kullanıldığı ve iki farklı güzergâh kesiminden oluşan bir yolculuğun her iki güzergâh kesimi tipi için de yolculuk süresi, yakıt tüketimi ve emisyon maliyetleri hesaplanmıştır.
2. Birinci adımda hesaplanan bu maliyetlerin birleştirilebilmesi için öncelikle her bir güzergâh kesimi tipi için, her bir maliyet bileşeninin yapılan yolculuk miktarına göre ağırlıklı ortalaması alınarak tek bir değer elde edilmiştir. Bu değerlerin toplanması suretiyle her bir tür için, her bir güzergâh kesimine ait ortalama bir toplam yolculuk maliyeti elde edilmiştir.
3. Birleştirme işleminde ilk aşama farklı türlerinin aynı güzergâh kesimi tipine ait maliyetlerinin birleştirilmesidir. Bu hesaplamada Tablo 4'te verilen yüzdeler kullanılarak; her bir güzergâh kesimi tipi için A türü yolculuklara ait maliyetler 0.7602, B türü yolculuklara ait maliyetler 0.2289 ve C türü yolculuklara ait maliyetler de 0.0109 ile çarpılarak işlem yapılmıştır. Bu hesaplama ile güzergâh kesimi tipleri için tek bir maliyet değeri elde edilmiş olmaktadır.

4. Birleştirme işleminde ikinci ve son aşama, güzergâh kesimi tiplerine ait maliyetlerin ağırlıklarına göre toplanması aşamasıdır. Bu aşamada Tablo 5'ten faydalanılmaktadır. Bir önceki adımda belirlenen güzergâh kesimi başına maliyet değerlerinin her biri Tablo 5'te verilmiş olan ilgili yüzde ile çarpılmış ve bulunan değerler toplanmıştır. Bu işlem ile tüm yolculuklar için genel ortalama maliyet değeri hesaplanmış olmaktadır. Bu aşamadaki yapılan işlemlere göre 0-0 için hesaplanan değer 0.1699, 0-1 için hesaplanan değer 0.4248, 1-0 için hesaplanan değer 0.093, 1-1 için hesaplanan değer 0.2105 ve otoyol için hesaplanan değer 0.1855 ile çarpılması gerekmektedir.

Yukarıda verilen dört adımın tamamlanması suretiyle Eminönü için tek bir ortalama maliyet tutarı hesaplanmıştır. Başlangıç durumu, tıpkı diğer durumlar için olduğu gibi bir maliyet-Q/C çifti ile ifade edilmiştir. Bu durumda hesaplanan maliyet tutarına karşı gelen Q/C değeri tespit edilmelidir. Mevcut verilerin gerek yollardaki trafik akımı değerleri ve gerekse yolların kapasiteleri açısından bir bilgi içermemesi sebebiyle kullanımı temsil edecek birim olarak Q/C oranı seçilmiştir.

Maliyet bileşenlerine ait bağıntıların, genel ortalama maliyet hesabında kullanılan yaklaşıma paralel olarak birleştirilmesi suretiyle elde edilen ortalama maliyet bağıntısı ile bu bağıntıya bağlı olarak elde edilen marjinal maliyet bağıntısı sırasıyla Denklem 12 ve 13'te sunulmuştur.

Yukarıda esasları açıklanan şekilde hesaplanan genel ortalama maliyet ve bu maliyete karşılık gelen Q/C oranı çifti, Eminönü tıkanıklık fiyatlandırması modelinin başlangıç durumunu ifade edecektir. Genel ortalama maliyetin hesabında 30 adet başlangıç veya son noktası Eminönü olan, dokuz adet transit ve bir adet Eminönü içi yolculuktan oluşan toplam 40 farklı yolculuk tipi için gerçek maliyet tutarları belirlenmiştir.

40 farklı yolculuk içi belirlenen maliyet tutarlarının birleştirme işlemine tabi tutulması suretiyle, Eminönü ile ilgili tüm yolculukları temsil eden ortalama maliyet değeri 0.99 TL/km olarak he-

saplanmıştır. Bu tutar Denklem 11’de yerine konularak, mevcut duruma ait Q/C değeri ise 0.844 olarak hesaplanmıştır.

Talep eğrisinin elde edilmesi- Kalibre edilen tür tercihi modelinden talep eğrisinin elde edilmesi için, Denklem 9 ve 10’da verilen fayda fonksiyonları kullanılarak hesaplanan ve bağıntısı Denklem 11’de verilen türlerin tercih edilme olasılıklarından faydalanılmıştır (Ben-Akiva ve Lerman, 1985).

$$P_i = e^{U_i} / \sum_{j=1}^n e^{U_j} \quad (11)$$

Denklem 9, 10 ve 11’de verilen bağıntılar ile her birey için, yolculuk maliyeti ve sürelerinin aldıkları değerlere göre, türlerin faydaları ve tercih edilme olasılıkları hesaplanabilmektedir. Türlerin her biri için, örnekleme oluşturan bireylerin, ilgili türü tercih etme olasılıklarının toplanması durumunda ise toplumun türel tercih olasılığını elde etmek mümkündür.

Tıkanıklık fiyatlandırması etkileri altında ortaya çıkacak talep eğrisi; başlangıç durumundan itibaren farklı tıkanıklık fiyatı değerlerinin ortaya çıkardığı her farklı durumda, yukarıda bahsedilen şekilde toplumun türel dağılım olasılıklarının hesaplanması ve maliyetteki değişim ile türel tercih olasılıklarındaki değişim arasındaki ilişkinin belirlenmesi yoluyla elde edilmiştir. Bu hesaplamalar, fiyatlandırılmayan durumdan başlanarak, tıkanıklık fiyatının her 1 TL’lik artışı için 15 TL değerine kadar gerçekleştirilmiştir. Tablo 6’da tür tercihi ilişkisine ait hesaplamaların sonuçları yer almaktadır. Tabloda TF tıkanıklık fiyatını, #Oto özel otomobili tercih eden bireylerin sayısını, #TT toplu taşımayı tercih eden bireylerin sayısını, %Oto özel otomobilin tercih edilme yüzdesini, Q/C ilgili duruma ait hacim/kapasite oranını ve M₀ ise ilgili duruma ait kilometre başına ortalama maliyeti göstermektedir. Tıkanıklık fiyatının uygulaması ile bu maliyetin artış gösterdiği gözden kaçırılmamalıdır.

Talep eğrisini elde etmek için Tablo 6’da son iki kolonda verilen değerlerin M-Q/C eksen takımında işaretlenmesi yeterli olmaktadır.

$$OM = 0.522 + 0.175 \cdot (Q/C) + 0.359 \cdot (Q/C)^2 + 0.079 \cdot (Q/C)^3 + 0.014 \cdot (Q/C)^{3.333} + 0.003 \cdot (Q/C)^{4.333} + \dots$$

$$\dots + \frac{3.26 \cdot [1 + 3.26 \cdot (Q/C)]}{[3738.83 + 10199.64 \cdot (Q/C)^2 + 6956.23 \cdot (Q/C)^4]} + \frac{8.14 \cdot [1 + 8.14 \cdot (Q/C)]}{[8552.92 + 15426.74 \cdot (Q/C)^2 + 6956.23 \cdot (Q/C)^4]} + \dots$$

$$\dots + \frac{0.18 \cdot [1 + 0.18 \cdot (Q/C)]}{[9093.52 + 15906.81 \cdot (Q/C)^2 + 6956.23 \cdot (Q/C)^4]} + \frac{4.03 \cdot [1 + 4.03 \cdot (Q/C)]}{[16051.88 + 21133.91 \cdot (Q/C)^2 + 6956.23 \cdot (Q/C)^4]} + \dots$$

$$\dots + \frac{3.55 \cdot [1 + 3.55 \cdot (Q/C)]}{[1319.14 + 1047.40 \cdot (Q/C)^{3.333} + 207.91 \cdot (Q/C)^{6.666}]} \quad (12)$$

$$MM = 0.175 \cdot (Q/C) + 0.719 \cdot (Q/C)^2 + 0.236 \cdot (Q/C)^3 + 0.047 \cdot (Q/C)^{3.333} + 0.013 \cdot (Q/C)^{4.333} + \dots$$

$$\dots + \frac{12170.56 \cdot (Q/C) - 66403.24 \cdot (Q/C)^2 - 33201.62 \cdot (Q/C)^3 - 90574.95 \cdot (Q/C)^4 - 67931.21 \cdot (Q/C)^5}{[3738.83 + 10199.64 \cdot (Q/C)^2 + 6956.23 \cdot (Q/C)^4]^2} + \dots$$

$$\dots + \frac{69625.49 \cdot (Q/C) - 251164.30 \cdot (Q/C)^2 - 125582.15 \cdot (Q/C)^3 - 226510.10 \cdot (Q/C)^4 - 169882.58 \cdot (Q/C)^5}{[8552.92 + 15426.74 \cdot (Q/C)^2 + 6956.23 \cdot (Q/C)^4]^2} + \dots$$

$$\dots + \frac{1628.48 \cdot (Q/C) - 5697.21 \cdot (Q/C)^2 - 2848.61 \cdot (Q/C)^3 - 4982.91 \cdot (Q/C)^4 - 3737.18 \cdot (Q/C)^5}{[9093.52 + 15906.81 \cdot (Q/C)^2 + 6956.23 \cdot (Q/C)^4]^2} + \dots$$

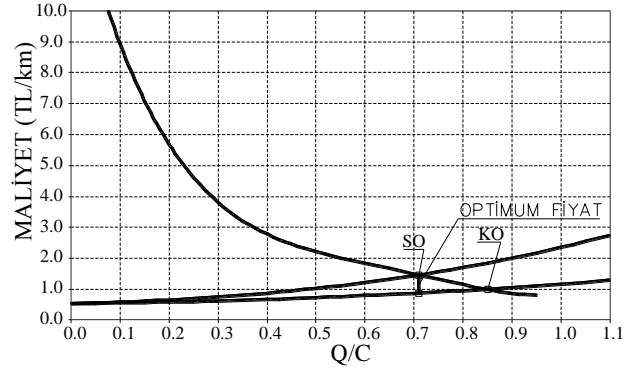
$$\dots + \frac{64758.18 \cdot (Q/C) - 170521.30 \cdot (Q/C)^2 - 85260.65 \cdot (Q/C)^3 - 112254.20 \cdot (Q/C)^4 - 84190.65 \cdot (Q/C)^5}{[16051.88 + 21133.91 \cdot (Q/C)^2 + 6956.23 \cdot (Q/C)^4]^2} + \dots$$

$$\dots + \frac{4688.44 \cdot (Q/C) - 12407.49 \cdot (Q/C)^{3.333} - 8684.87 \cdot (Q/C)^{4.333} - 4925.77 \cdot (Q/C)^{6.666} - 4186.83 \cdot (Q/C)^{7.666}}{[1319.14 + 1047.40 \cdot (Q/C)^{3.333} + 207.91 \cdot (Q/C)^{6.666}]^2} \quad (13)$$

Optimum fiyatın hesaplanması- Denklem 11 ve 12 maliyet eğrilerinin, Tablo 6’da verilen değerler ile ise talep eğrisinin çizilmesi sonucunda Şekil 4’te verilen, Eminönü bölgesine yapılan özel otomobil yolculuklarına ait arz ve talep eğrileri elde edilmiştir. Şekil 4’de KO olarak ifade edilen ve koordinatları; $OM_{KO} = 0.99$ ile $Q/C_{KO} = 0.844$ olan nokta kullanıcı optimumu noktasıdır. Kullanıcı optimumu durumunda marjinal maliyet ise $MM_{KO} = 1.82$ olarak belirlenmiştir. Optimum fiyatın hesaplanacağı nokta ise, talep eğrisi ile marjinal maliyet eğrisinin kesiştiği ve şekilde SO olarak ifade edilen noktadır. Bu noktanın koordinatları ise; $OM_{SO} = 0.87$ ile $Q/C_{SO} = 0.710$ olarak belirlenmiştir. Bu noktada marjinal maliyet ise $MM_{SO} = 1.45$ olarak hesaplanmıştır. Daha önce yapılan tanımlama ve açıklamalar gereği optimum fiyat, sosyal optimumu noktasında marjinal maliyet ile ortalama maliyet arasındaki farka eşittir. Bu durumda, optimum fiyat $OF = 1.45 - 0.87 = 0.58$ TL/km olarak hesaplanmıştır. Eminönü yol ağını özel otomobilleri ile kullanan bireylerden, kat ettikleri kilometre başına 0.58 TL tahsil edilmesi durumunda ise Q/C oranı 0.844’den 0.710 değerine gerileyecektir.

Tablo 6. Talep eğrisine ilişkin hesaplama sonuçları

TF (TL)	#Oto	#TT	%Oto	Q/C	M_o (TL/km)
0	163.55	85.45	0.66	0.844	0.99
1	151.16	97.84	0.61	0.802	1.14
2	138.19	110.81	0.55	0.758	1.29
3	124.91	124.09	0.50	0.713	1.44
4	111.61	137.39	0.45	0.668	1.59
5	98.57	150.43	0.40	0.624	1.74
6	86.08	162.92	0.35	0.582	1.89
7	74.36	174.64	0.30	0.542	2.04
8	63.59	185.41	0.26	0.505	2.19
9	53.86	195.14	0.22	0.472	2.34
10	45.24	203.76	0.18	0.443	2.49
11	37.71	211.29	0.15	0.418	2.64
12	31.23	217.77	0.13	0.396	2.79
13	25.71	223.29	0.10	0.377	2.94
14	21.07	227.93	0.08	0.361	3.09
15	17.19	231.81	0.07	0.348	3.24



Şekil 4. Eminönü bölgesi için arz ve talep eğrileri

Sonuçlar

Eminönü tıkanıklık fiyatlandırması modelinde optimum fiyatın yanı sıra başka fiyat tutarları için de araştırma yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar, en büyük gelir olan 218986 TL/gün/km sonucunu veren fiyatın 5.042 TL/km tutarında olduğunu göstermiştir. Optimum fiyatın yaklaşık 8.7 katı olan bu tutar ile özel otomobil kullanıcılarının sayısını %76.36 oranında azaltmak mümkün olmaktadır. Diğer taraftan, 0.58 TL/km tutarındaki optimum fiyat ile kullanıcı sayısı %15.92 oranında azalmakta ve 88794 TL/gün/km tutarında gelir elde edilmektedir. Bu geliri fiyatı 11.48 TL/km olarak belirleyerek de elde etmek mümkündür. Ancak, optimum fiyat ile Q/C oranı 0.710 olarak elde edilirken; aynı geliri veren diğer fiyat ile bu oran yalnızca 0.036 olarak hesaplanmaktadır. Bu hesaplamalar ışığında her amaca hizmet edecek bir fiyatlandırma uygulaması hayata geçirebilmenin mümkün olduğu görülmektedir. Bu bağlamda görev karar vericilere düşmekte, uygulama hedeflerinin açık ve net bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir.

Bu çalışmanın sonuçları, tıkanıklık fiyatlandırmasının İstanbul kentinde yaşanan trafik tıkanıklığı sorununun çözümünde önemli bir katkı sağlayabileceğini ortaya koymuştur. Dünyadaki diğer fiyatlandırma uygulamaları ve bu uygulamaların sağladığı başarı ortadayken, ülkemizin ve İstanbul’un böyle bir uygulamadan mahrum kalması söz konusu olmamaktadır.

Semboller

T	: Yolculuk süresi (sn/km)
L	: Yolculuk uzunluğu (km)
a	: Zaman değeri (YTL/saat)
f	: Yakıt tüketimi oranı (litre/km)
YF	: Yakıt fiyatı (YTL/litre)
V	: Hız (km/saat)
C	: Yol kapasitesi
U	: Fayda
M	: Maliyet
P_i	: i türünün tercih edilme olasılığı
Q/C	: Hacim/kapasite oranı

Kaynaklar

- Ben-Akiva, M. ve Lerman S., (1985). *Discrete choice analysis: Theory and applications to travel demand*, The MIT Press, Massachusetts, USA.
- Button, K.J., (2004). *The rationale for road pricing: standard theory and latest advances* in Santos, G., eds, *Road pricing: Theory and evidence, research in transportation economics*, **9**, 3-25, Elsevier Ltd., Oxford, UK.
- BTCE, (1995). Urban congestion: Modelling traffic patterns, delays and optimal tolls, Working Paper 15, *Bureau of Transport and Communications Economics, Department of Transport*, Canberra, Australia.
- De Borger, B., Peirson, J. ve Vickerman, R., (2001). *An overview of policy instruments* in De Borger, B., Proost, S., eds, *Reforming transport pricing in the European union: a modelling approach*, 37-50, Edward Elgar Publishing, Cheltenham, UK.
- Ergun, G., Gün, F. ve Çalışkan, B., (2007). Link-kapasite fonksiyonlarının geliştirilmesi, *İstanbul Metropolitan Planlama ve Kentsel Tasarım Merkezi (İMP)*, İstanbul, Türkiye.
- İETT, (2007a). İstanbul'da otobüs taşımacılığının iyileştirilmesi, Final Raporu, Sertem/Palye/ZIV Ortak Çalışması, *İETT*, İstanbul, Türkiye.
- Jones, P., (1998). *Urban transport externalities and Pigouvian taxes: A network approach* in Button, K.J., Verhoef, E.T., eds, *Road pricing, traffic congestion and the environment: issues of efficiency and social feasibility*, 171-189, Edward Elgar Publishing, Cheltenham, UK.
- Rouwendal, J. ve Verhoef, E.T., (2006). Basic economic principles of road pricing: from theory to applications, *Transport Policy*, **13**, 2, 106-114.
- Verhoef, E.T., (1999). Time, speeds, flows and densities in static models of road traffic congestion and congestion pricing, *Regional Science and Urban Economics*, **29**, 3, 341-369.
- Verhoef, E.T., (2005). Speed-flow relations and cost functions for congested traffic: Theory and empirical analysis, *Transportation Research Part A*, **39**, 7-9, 792-812.
- Walters, A.A., (1961). The theory and measurement of private and social cost of highway congestion, *Econometrica*, **29**, 4, 676-699.
- Wardrop, J.G., (1952). Some theoretical aspects of road traffic research, *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, Part II, 325-378.
- VTPI, (2007). Air pollution costs, Victoria Transport Policy Institute, Victoria, Canada. <http://www.vtpi.org/tca/tca0510.pdf>.
- İBB, (2007). İstanbul Şehir Rehberi. <http://sehirrehberi.ibb.gov.tr>, (20.11.2007).
- İETT, (2007b). Nasıl Giderim? İETT Güzergâh-Hat Planlama Sistemi. <http://www.iETT.gov.tr/saat/orer.php?hid=guzergah>, (11.11.2007).
- IPCC, (2007). IPCC Emission Factors Database. http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/find_ef_main.php, (14.10.2007).
- TÜİK, (2007). Adrese dayalı nüfus kayıt sistemi 2007 sonuçları. http://www.tuik.gov.tr/jsp/duyuru/upload/adnks_Harita_TR/HaritaTR.htm, (06.02.2008)