

ŞEHİR İÇİ OTOBÜS HİZMETİ MALİYETİNİN MODELENMESİNDE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ KULLANIMI

Using GIS in Modeling Bus Transit System Costs

K. Mert ÇUBUKÇU¹

ÖZET

Şehir içi otobüs hizmetlerinin ekonometrik modellenmesi amacı ile yapılmış olan çalışmalarında, gerçekleşen tüm ulaşım aktivitesinin homojen bir coğrafya üzerinde gerçekleştiği varsayılmış, seferlerinin gerçekleştirildiği fiziksel coğrafyalardaki farklılıklar göz ardı edilmiştir. Mekâna olan ilgisizlik pek çok konuda geliştirilmiş olan ekonometrik modellerde gözlemlenmektedir. Ancak, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ekonomi bilimi ile mekan arasında daha önce kurulamamış yeni bağlar kurulabilmesine olanak sunmaktadır. Kurulan bu yeni bağlar sayesinde daha önce ekonometrik modellerde yer verilmeyen mekansal değişkenler, modellere entegre edilebilir ve gözlemlenen veriyi daha iyi açıklayan modeller elde edilebilir. Bu çalışmada A.B.D.'de faaliyet gösteren kamuya ait 264 otobüs şirketine için 1996-2002 tarihleri arasında toplanan 1061 gözlem ile translog formda toplam maliyet fonksiyonu modellenmiştir. Çalışma kapsamında incelenen işletmelere ait hizmet alanlarına ait fiziksel özellikler, CBS kullanılarak üç farklı coğrafi değişken olarak maliyet fonksiyonuna dahil edilmiştir: (1) nüfus yoğunluğu, (2) ortalama sokak uzunluğu ve (3) sıfır-eğimli alan miktarı. CBS kullanımı ile üretilen bu değişkenlerin toplanan verinin daha iyi açıklanmasını sağladığı istatistiksel olarak kanıtlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), Ekonometrik Modeller; Maliyet Fonksiyonu, Şehir İçi Otobüs Hizmeti

ABSTRACT

Econometric studies have been limited in their spatial scope and have not shown much interest in space where the economic activity takes place. Empirical research on bus transit costs is no exception. It has been assumed that all the transport activity occurs on a uniform geography, disregarding the differences in the physical layout. Geographic Information Systems (GIS), however, provide a wide range of tools to test the effect of space on economic activities through econometric analysis. Here, a translog cost function has been estimated, using a panel dataset of 1,061 observations over 1996-2002 for a cross-section of 264 bus transit agencies operating in the U.S., combined with geographical and physical data processed with GIS technology. The results statistically confirm the significance of geographical factors as determinants of bus transit costs.

Keywords: Geographic Information Systems (GIS), Econometric Models, Cost Function, Bus Transit Industry

1. GİRİŞ

DeMers (1997) Coğrafi Bilgi Sistemleri'ni (CBS): mekansal verinin karar verme sürecine katkıda bulunacak bilgiye dönüştürülmesi için kullanılan araçlar demeti olarak tanımlar. Bilgiye dönüştürülen mekansal veri kullanılarak daha önce ekonometrik modellerde yer verilmeyen mekansal değişkenler, modellere entegre edilebilmekte ve gözlemlenen veriyi daha iyi açıklayan modeller elde edilebilmektedir. Bu çalışmada, kent içi otobüs hizmetlerinin maliyet yapısının ekonometrik modellenmesinde CBS ile elde edilen coğrafi değişkenler modele entegre edilmiş ve elde edilen model tahminlerinde iyileşme gözlemlenmiştir.

Toplu taşıma araçları ile yapılan yolculuk sayısı kent içi yapılan toplam yolculuk sayısında önemli bir yet tutar. Bu oran ülkeden ülkeye toplu taşıma politikalarına göre farklılaşmaktadır. Toplu taşımacılık, ulaşım literatürünün belki de en çok araştırılan ve tartışılan konularından biri olmuştur. Araba ile bireysel yolculuk yöntemine karşı savunulan toplu taşıma, hava kirliliği, düşük yoğunluklu kentsel büyüme, trafik sıkışıklığı, gençlerin ve yaşlıların hareketliliğindeki sorunlar gibi bilinen kentsel problemlere çözüm olarak görülmüştür (Fielding, 1983). Amerika Birleşik Devletleri'nde 1964'de ilan edilen Toplu Taşıma yasası ile sağlanan federal finansman desteği ile pek çok küçük ve orta ölçekli kent içi servis veren otobüs şirketi kamulaştırılmıştır (Fielding, 1995). Toplu taşımanın çok önemli bir parçası olan kent içi otobüs hizmetinin maliyet yapısı, otobüs hizmetini yöneten kamu kurumları açısından büyük önem taşımaktadır. Otobüs hizmetlerinin genişletilmesi, parçalanması, özeleştirilmesi gibi önemli kararların verilmesinde maliyet fonksiyonun bilinmesi yeterli olmaktadır. Bu nedenle otobüs sektörünün incelenmesinde maliyet

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, İzmir, mert.cubukcu@deu.edu.tr

fonksiyonunun tahmin edilmesi literatürde sıkça tercih edilen analiz metodu haline gelmiştir (Jara-Diaz ve Cortes, 1996).

Miller 1970 yılında yayınladığı makalede kent içi otobüs hizmetlerinin maliyet fonksiyonu incelenirken sadece girdi fiyatlarının ve ürün miktarının maliyetlerdeki farkı açıklamak için yetersiz kalacağını belirtmiştir. Miller'e göre hizmetin verildiği kentlerin coğrafyaları maliyetleri önemli ölçüde etkiler (Miller, 1970). Paralel olarak Lee ve Steedman (1970) da kentler arasındaki arazi yapısının ve trafik durumlarının maliyetleri etkileyeceğini öne sürmüşlerdir. Ancak kent içi otobüs hizmetinin maliyet yapısını ortaya çıkarmaya yönelik olarak yapılan çalışmalar coğrafi etmenleri göz ardı etmişlerdir. Bu çalışmanın amacı Miller (1970), Lee ve Steedman'ın (1970) ortaya koydukları hipotezi test etmek; kent içi otobüs hizmetlerinin maliyet yapısında kentin coğrafi etmenlerinin maliyete ölçülebilir bir etkisi olup olmadığı araştırmaktır.

Çalışmanın devamı şu şekilde organize edilmiştir: 2. Bölüm Literatür taramasına ve 3. Bölüm Modelleme Metodu'na ayrılmıştır. Veri Kaynakları ve Organizasyonu 4. Bölüm'de, Ampirik Sonuçlar ve Model Seçimi ise 5. Bölüm'de anlatılmıştır. Son olarak 6. Bölüm Değerlendirmeye ayrılmıştır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Kent içi otobüs hizmetleri ulaşım literatüründe iki nedenden ötürü önemli derecede ilgi çekmiştir: (1) Otobüs hizmeti, kişi başına maliyet açısından, kentsel ulaşımın en verimli şeklidir (Keler ve diğer., 1975); (2) otobüs hizmeti kapital ve işletme maliyetlerinin tamamını karşılayabilme olanağına sahip bir toplu taşıma biçimidir (Viton, 1981). Literatürdeki çalışmanın tamamına yakını ampirik çalışmalar olup maliyet fonksiyonunun tahminine odaklanmış, bu yolla maliyet esnekliğine, girdi ikamesine, verimlilik ve ölçek ekonomilerine dair sorulara yanıt aranmıştır.

1980'lerle birlikte otobüs endüstrisinin maliyet fonksiyonu, diğer kamu hizmet sektörlerine yönelik ekonometrik çalışmalara paralel olarak, girdi fiyatlarının ve ürün miktarı kullanılarak açıklanmıştır. Neoklasik maliyet fonksiyonu olarak da anılan bu fonksiyonun formu genelde translog formdadır. Çalışmaların çoğunda firmalar arası çapraz-kesit veri kullanılmıştır. Ancak bir firmaya ait yıl bazında çalışmalar da mevcuttur. Örneğin Berechman (1983) ve De Borger (1984) tarafından yapılan çalışmalarda tek firmaya bağlı yıl bazında veri kullanılmıştır. Çapraz-kesit veri kullanılarak yapılmış çalışmalar arasında Viton (1981), Williams ve Dalal (1981), Tauchen ve diğer. (1983) sayılabilir. Ancak bu çalışmaların tümünde coğrafi etmenler maliyet fonksiyonunda göz ardı edilmiştir.

Coğrafi etmenlerin de arasında bulunan farklı bağımsız değişkenlerin maliyet fonksiyona dahil edildiği sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Miller (1970) fonksiyonuna otobüsün hızı, kentin yaşı ve otobüs filosunun yaşı gibi değişkenler eklemiştir. Jorgensen ve diğer. (1995) ise fonksiyona ortalama filo büyüklüğü, filonun hizmet verdiği ilçe sayısı, kilometre başına düşen yolcu sayısı, firmanın kamuya mı özel sektöre mi ait olma durumu ve finansal yardım durumlarını açıklayan değişkenler eklemiştir. Matas ve Raymond (1998) ve Karlaftiz ve McCarthy (2002) toplam güzergah uzunluğunu bağımsız değişkenler olarak tanımlamıştır. Filippini ve Prioni (2003) ise toplan güzergah uzunluğu ve toplam durak sayısını bağımsız değişkenler arasına almıştır.

Matas ve Raymond (1998) çalışmasında İspanya verilerini kullanmış, . Jorgensen ve diğer. (1995) ise Norveç'i incelemiştir. Filippini and Prioni (2003) ise çalışmalarında İsviçre örneğini incelemişlerdir. Bahsi geçen diğer tüm çalışmalar Amerika Birleşik Devletleri'nde hizmet veren otobüs firmaları verileri derlenerek gerçekleştirilmiştir.

Açıkça görülmektedir ki kent içi otobüs hizmet sektörünü inceleyen ekonometrik çalışmaların tamamına yakınında coğrafi etmenler göz ardı edilmiştir. Maliyet hesapları yapılırken tüm ekonomik aktivitelerin homojen bir coğrafya üzerinde gerçekleştirildiği varsayılmış, fiziksel ve coğrafi farklılıklar hesaba katılmamıştır.

3. MODELLEME METODU

Toplam maliyet fonksiyonu en sade şekli ile:

$$C = f(Q, P), \quad (1)$$

olarak yazılabilir. Burada C , toplam maliyet; Q , üretilen mal ve hizmet miktarı vektörü; P , girdi fiyatları vektörünü temsil etmektedir. Fonksiyona maliyeti etkilemesi muhtemel fiziksel ve coğrafi farklılıkları ölçmek amacı ile coğrafi karakteristikler vektörü, H , eklenmiştir. Bu vektör ürünün hedonik özellikleri olarak da tanımlanabilir. Modifiye edilmiş şekli ile toplam maliyet fonksiyonu şu şekilde yazılabilir:

$$C = f(Q, P, H). \quad (2)$$

Geçmiş çalışmalar izlenerek çalışmada kullanılan fonksiyonun formu translog olarak belirlenmiştir. Kmenta (1967) tarafından keşfedilen translog fonksiyonu ilk olarak Berndt ve Christensen (1973) ve Christensen, Jorgenson ve Lau (1975) tarafından ampirik çalışmalarında kullanılmıştır. Translog fonksiyon formu yıllar boyu en popüler esnek fonksiyon formu olarak kalmayı başarmıştır (Greene, 2000). Çalışmada kullanılan fonksiyonun açılımı aşağıda verilmiştir.

$$\begin{aligned} \ln C = & \alpha + \beta_Q \ln Q + \beta_L \ln P_L + \beta_K \ln P_K + \beta_F \ln P_F \\ & + \frac{1}{2} \beta_{QQ} (\ln Q)^2 + \beta_{LL} \frac{1}{2} (\ln P_L)^2 + \frac{1}{2} \beta_{KK} (\ln P_K)^2 + \frac{1}{2} \beta_{FF} (\ln P_F)^2 \\ & + \beta_{LK} (\ln P_L)(\ln P_K) + \beta_{LF} (\ln P_L)(\ln P_F) + \beta_{KF} (\ln P_K)(\ln P_F) \\ & + \beta_{QL} (\ln Q)(\ln P_L) + \beta_{QK} (\ln Q)(\ln P_K) + \beta_{QF} (\ln Q)(\ln P_F) \\ & + \xi_{QDENSITY} (\ln Q)(\ln H_{DENSITY}) + \xi_{QSTREET} (\ln Q)(\ln H_{STREET}) \\ & + \xi_{QSLOPE} (\ln Q)(\ln H_{SLOPE}). \end{aligned} \quad (3)$$

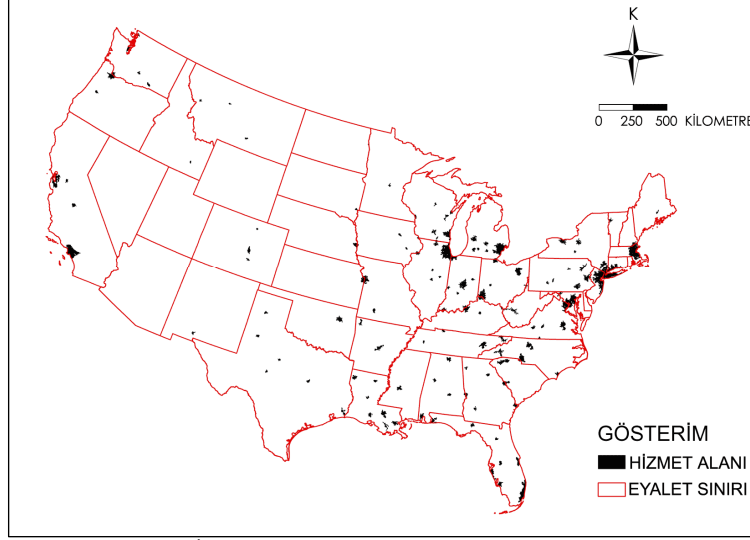
Burada, C = dolar cinsinden toplam maliyet,
 P_L = dolar/saat cinsinden işgücü birim fiyatı,
 P_K = dolar/otobüs cinsinden kapital birim fiyatı,
 P_F = dolar/galon cinsinden yakıt birim fiyatı,
 Q = yolcu-mili cinsinden toplam ürün miktarı,
 $H_{DENSITY}$ = kişi/mil² cinsinden nüfus yoğunluğu,
 H_{STREET} = mil hizmet alanında ortalama sokak uzunluğu,
 H_{SLOPE} = %'de 0 eğimdeki (düz) alanların toplam hizmet alanı içerisindeki yüzdesi,

olarak tanımlanmıştır. Maliyet ve girdi birim fiyatları A.B.D. doları cinsindedir. Coğrafi etmenlerin çıktı esnekliği (*output elasticity*) üzerindeki etkisini görebilmek için bu değişkenler ürün çarpımları olarak modele dahil edilmişlerdir ($\ln H \ln Q$). Toplam maliyet fonksiyonunun girdi fiyatlarındaki oranlı artışı aynen toplam maliyete yansımaları sağlayan fiyatlardaki homojenlik koşulunu sağlayan sınırlayıcılar, fonksiyonun tahmininde etkin kılınmıştır.

4. VERİ KAYNAKLARI VE ORGANİZASYONU

Amerika Kamu Toplu Taşıma İdaresi'nin (American Public Transportation Association, APTA) tanımlarına göre kent içi hizmet veren otobüs işletmeleri özel ya da kamuya ait olabilir ve hizmetlerin bir bölümünü ya da tümünü sağlamakla yükümlüdür. İşletmeler kendi sağlamadığı hizmetleri ise başka firmalara yaptırır ve kontrolünü sağlar, denetler (FTA, 1997). Bu çalışma kapsamına sadece hizmetlerin tümünü kendisi karşılayan işletmeler alınmıştır.

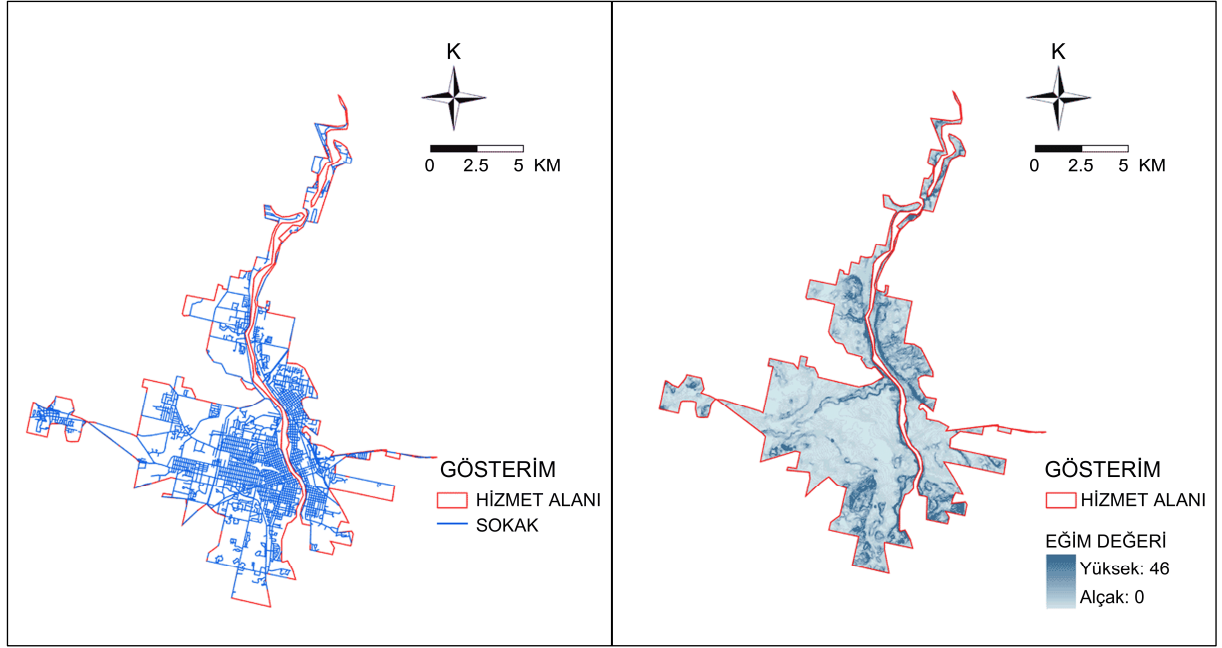
Çalışmada kullanılan veri seti 1061 gözlemden oluşmaktadır ve A.B.D.'de hizmet veren 264 otobüs işletmesi için 1996-2002 yılları arasında toplanan verilerden oluşturulmuştur. Toplam maliyet, girdi fiyatları ve üretilen yolculuk mili verileri A.B.D. Federal Trafik İdaresi (Federal Transit Administration, FTA) tarafından yayınlanan Ulusal Toplu Taşıma Veritabanı'ndan (National Transit Database, NTD) sağlanmıştır.



Şekil 1 : Otobüs İşletmelerine Ait Hizmet Alanları

Figure 1: Service Territories of the Bus Transit Agencies

Çalışma kapsamında incelenen işletmelere ait hizmet alanlarına (Şekil 1) ait fiziksel özellikler, CBS kullanılarak üç farklı coğrafi değişken olarak maliyet fonksiyonuna dahil edilmiştir: (1) nüfus yoğunluğu, (2) ortalama sokak uzunluğu ve (3) hizmet alanı içerisinde sıfır-eğimli alan yüzdesi. Otobüs işletmelerine ait hizmet alanı haritaları (Şekil 1) ve nüfus verileri A.B.D. Nüfus Sayımı Bürosu'ndan (Bureau of the Census) temin edilmiştir. Nüfus yoğunluğu verisi basit olarak hizmet alanındaki nüfusun toplam hizmet alanına bölünmesi ile bulunmuştur. Her şirketin hizmet alanındaki ortalama sokak uzunluğunu gösteren sokak yapısı değişkeni, A.B.D. Nüfus Sayımı Bürosu'nun sağladığı TIGER adı verilen sokak veri tabanı kullanılarak hizmet alanındaki toplam yol uzunluğunun toplam sokak kesimi sayısına bölünmesi ile üretilmiştir. Eğim değişkeni, ise her işletmenin servis alanı içerisinde toplam alanın ne kadarının düz eğime (%'de 0) sahip olduğunu göstermektedir. Eğim haritaları A.B.D. Jeolojik Tetkik Kurumu (U.S. Geological Survey) tarafından sağlanan dijital yükseklik modellerinden üretilmiştir. Sokak yapısını ve dijital yükseklik modeline ait birer örnek, Minneapolis kenti için, Şekil 2'de sunulmuştur. Modelin tahmin edilmesinde kullanılan tüm değişkenlere ait betimleyici istatistikler Tablo 1'de sunulmuştur.



Şekil 2: Sokak Yapısını ve Dijital Yükseklik Haritaları, Minneapolis Örneği

Figure 2: Street Structure Map and Digital Elevation Model for Minneapolis

Tablo 1: Değişkenlere Ait Betimleyici İstatistikler (n = 1061)

Table 1: Descriptive Statistics for the Sample (n = 1,061)

Değişken	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
Toplam Maliyet C (1000 \$)	39,281	106,975	365	1,424,894
İşgücü Maliyeti Payı S_L	0.614	0.142	0.133	0.848
Kapital Maliyeti Payı S_K	0.276	0.161	0.066	0.845
Yakıt Maliyeti Payı S_F	0.111	0.045	0.014	0.461
Yolculuk-Mili Q (mil)	52,442	130,908	133	1,376,040
İşgücü Birim Fiyatı P_L (\$)	22,285	6,045	8,970	48,162
Kapital Birim Fiyatı P_K (\$)	66,898	73,571	10,063	906,722
Yakıt Birim Fiyatı P_F (\$)	0.951	0.208	0.238	2.470
Nüfus Yoğunluğu $H_{DENSITY}$ (kişi/mil ²)	2,547	1,324	980	7,429
Ortalama Sokak Uzunluğu H_{STREET} (mile)	0.186	0.021	0.122	0.295
%0 Eğime Sahip Hizmet Alanı %'si H_{SLOPE} (%)	21.378	21.472	0.400	87.500

5. AMPİRİK SONUÇLAR VE MODEL SEÇİMİ

Kurulan model, basit bir şekilde en küçük kareler regresyon yöntemi kullanılarak tahmin edilebilirdi. Ancak böyle bir yaklaşım girdi maliyet payları denklemlerinde saklı bulunan bilgiyi göz ardı etmek olurdu. *Shephard's Lemma* (1970) yaklaşımı izlenerek, sırası ile işgücü ve kapital maliyet payları fonksiyonları şu şekilde yazılabilir:

$$S_L = \partial \ln C / \partial \ln P_L = \beta_L + \beta_{LL} \ln P_L + \beta_{KL} \ln P_K + \beta_{LF} \ln P_F + \beta_{QL} \ln Q, \quad (6)$$

$$S_K = \partial \ln C / \partial \ln P_K = \beta_K + \beta_{KK} \ln P_K + \beta_{KL} \ln P_K + \beta_{KF} \ln P_F + \beta_{QK} \ln Q, \quad (7)$$

$$S_F = \partial \ln C / \partial \ln P_F = \beta_F + \beta_{FF} \ln P_F + \beta_{KF} \ln P_K + \beta_{FL} \ln P_L + \beta_{QF} \ln Q. \quad (8)$$

Bu durumda optimal yöntem toplam maliyet ve girdi maliyet payları denklemlerini birlikte bir sistem olarak tahmin etmek olacaktır (Christensen ve Grene, 1976). Tahmin yapılırken, (1) Hata teriminin bileşik normal dağılıma sahip olduğu (Christensen ve Grene, 1976), (2) şirketler arasında korelasyon olmadığı ve şirket içi korelasyon bulunmadığı varsayılmıştır. Bu varsayımlar altında Zellner'in (1962) tekniğini kullanan iteratif Fizibil Genel En Küçük Kareler (*Feasible Generalized Least Squares*) yöntemi kullanılmıştır. Ancak, işgücü, kapital ve yakıt maliyet payları fonksiyonları toplamları 1'e eşit olduğu için yakıt maliyet payı fonksiyonu sistemden çıkarılmıştır.

Tablo 2’de toplam maliyet fonksiyonuna ait katsayı tahminleri ve her katsayıya ait t istatistikleri verilmiştir. Tahmin için seçilen model, homotetik üretim fonksiyonunu temsil eden ikinci derecede ürün ve girdi fiyatlarını içeren formdadır.

Tablo 2: Toplam Maliyet Fonksiyonu Katsayı Tahminleri (t-istatistikleri parantez içinde).

Table 2: Cost Function Estimates (t-statistics in parentheses).

Katsayı	Model 1	Model 2
a	5.3623 (20.637)	5.1697 (19.492)
β_Q	0.6923 (7.523)	0.2224 (4.206)
β_L	1.5345 (89.658)	1.5341 (89.657)
β_K	-1.0546 (-60.351)	-1.0544 (-60.310)
β_F	0.5201 (39.494)	0.5203 (39.521)
β_{QQ}	0.0418 (15.419)	0.0370 (13.657)
β_{LL}	0.0985 (56.677)	0.0984 (56.693)
β_{KK}	0.0891 (99.149)	0.0890 (99.105)
β_{FF}	0.0383 (24.869)	0.0383 (24.885)
β_{LK}	-0.1493 (-87.155)	-0.1492 (-87.166)
β_{LF}	-0.0477 (-15.671)	-0.0477 (-15.674)
β_{KF}	-0.0289 (-25.659)	-0.0289 (-25.674)
β_{QL}	0.0081 (9.000)	0.0081 (9.008)
β_{QK}	-0.0137 (-16.023)	-0.0137 (-16.013)
β_{QF}	0.0057 (8.763)	0.0056 (8.746)
$\xi_{QDENSITY}$	-0.0260 (-7.451)	-
$\xi_{QSTREET}$	-0.0645 (-5.503)	-
ξ_{QSLOPE}	-0.0036 (-3.774)	-
R ² – Toplam Maliyet Fonksiyonu	0.9565	0.9531
R ² – İşgücü Maliyet Payı Fonksiyonu	0.8876	0.8876
R ² – Kapital Maliyet Payı Fonksiyonu	0.9036	0.9036
Log-likelihood	3,575.41	3,534.73

CBS kullanılarak modele dahil edilen coğrafi karakteristik değişkenlerinin toplanan verinin daha iyi açıklayıp açıklamadığını test etmek amacı ile model hem bu değişkenler kullanılarak hem de bu değişkenler olmadan tahmin edilmiştir. Coğrafi karakteristikleri içeren model Model 1, içermeyen model ise Model 2 olarak tabloda adlandırılmıştır. Bu iki tahminin birbirlerine üstünlük sağlayıp sağlamadıklarını olabilirlik oranı (*likelihood ratio*), λ , testi kullanılmıştır. Olabilirlik testinin uygulanabilmesi için karşılaştırılacak iki modelden birinin tam model diğerinin ise kısıtlanmış model olması gerekir. Tam modelde tüm değişkenler bulunurken, kısıtlanmış modelde bazı değişkenler çıkarılmıştır. Tam modelin olabilirlik (*likelihood*) değeri ile, kısıtlanmış modelinki ise ile gösterilmiştir:

$$\lambda = \frac{\hat{L}_R}{\hat{L}_U} \quad (9)$$

Tam modelden çıkartılan değişkenlerin gereksiz olduğu varsayımında; $-2 \ln \lambda$ değeri χ^2 dağılımına sahiptir, ve bağımsızlık değeri ise kısıtlanmış modeldeki eksik değişken sayısı kadardır (Greene, 2000).

Bu çalışmada Model 1 tam model, coğrafi değişkenlerden yoksun model ise Model 2 olarak tanımlanabilir. $-2 \ln \lambda$ değeri bu iki model için 81.36 olarak hesaplanmıştır. Kısıtlanmış modelde 3 değişken bulunmadığı için bağımsızlık derecesi 3'tür. %1 güvenlik düzeyinde 3 bağımsızlık değerinde χ^2 'nin kritik değeri 11.35'tir. Bu da %1 güvenlik düzeyinde bile coğrafi değişkenlerin gereksiz olduğu varsayımı reddedilmesi anlamına gelmektedir.

6. DEĞERLENDİRME

Çalışmada, A.A.B.D.'de faaliyet gösteren kamuya ait 264 otobüs şirketine için 1996-2002 tarihleri arasında toplanan 1061 gözlem ile translog formda toplam maliyet fonksiyonu modellenmiştir. Geçmiş çalışmaların aksine, çalışma kapsamında incelenen alana ait coğrafi veriler, CBS kullanılarak değişkenler şeklinde modele dahil edilmiştir. Bu çerçevede üç farklı coğrafi değişken maliyet fonksiyonuna dahil edilmiştir: (1) nüfus yoğunluğu, (2) ortalama sokak uzunluğu ve (3) hizmet alanı içerisinde sıfır-eğimli alan yüzdesi. CBS kullanılarak modele dahil edilen bu coğrafi değişkenlerinin toplanan verinin daha iyi açıklayıp açıklayamadığını test etmek amacı ile model hem bu değişkenler kullanılarak hem de bu değişkenler olmadan tahmin edilmiştir. İki modelin tahmininde üretilen olabilirlik değerleri kullanılarak uygulanan olabilirlik oranı testi istatistiksel açıdan göstermiştir ki, %1 güvenlik düzeyinde bile coğrafi değişkenlerin gereksiz olduğu varsayımı reddedilememektedir. Bu da coğrafi değişkenlerin eklendiği model toplanan veriyi çok daha iyi biçimde açıklayabildiği anlamına gelmektedir. Bu örnek çalışma, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) sayesinde mekan ile ekonomi bilimi arasında daha önceden tanımlanmamış yepyeni ilişkilerin kurulabileceğine dair açık bir kanıt olarak görülebilir.

KAYNAKLAR

- DeMers, M. N. 1997. Fundamentals of Geographic Information Systems. John Wiley & Sons, Inc.
- Fielding, G. J. (1995). Transit in American Cities. Hanson, S. (ed) *The Geography of Urban Transportation*, 287-304, New York: The Guilford Press.
- Greene W. H. 2000. Econometric Analysis. New Jersey: Prentice Hall.
- Shephard R. W. 1970. Theory of Cost and Production Functions. Princeton: Princeton University Press.
- The Federal Transit Administration (FTA) 1997. National Transit Database Annual Report. Washington D.C.: U.S. Department of Transportation.
- Berechman, J. 1983. "Costs, Economies of Scale and Factor Demand in Bus Transport: An Analysis" Journal of Transport Economics and Policy 17 (1), 7-24.
- Berndt, E., Christensen, L. R. 1973. "The Translog Function and the Substitution of Equipment, Structures, and Labor in U.S. Manufacturing, 1929-1968" Journal of Econometrics 1, 81-114.
- Christensen L. R., Greene W. H. 1976. "Economies of Scale in U.S. Electric Power Generation" Journal of Political Economy 84(4), 655-676.
- Christensen, L. R., Jorgenson, R., Lau, L. 1975. "Transcendental Logarithmic Utility Functions" American Economic Review 65, 367-383.
- De Borger B. L. 1981. "Cost and Productivity in Regional Bus Transportation: The Belgian Case" The Journal of Industrial Economics 33(1), 37-54.
- Fielding, G. J. 1983. "Changing Objectives for American Transit Part I: 1950- 1980". Transport Reviews 3, 287-299.
- Filippini M., Prioni P. 2003. "The Influence of Ownership on the Cost of Bus Service Provision in Switzerland – An Empirical Illustration" Applied Economics 35, 683-690.
- Jara-Diaz, Z. R., Cortes C. E. 1996. "On the Calculation of Scale Economies From Transport Cost Studies" The Journal of Transport Economics and Policy 30(2): 157-170.

- Jorgensen, F., Pedersen, P.A., Solvoll G. 1995. "The Cost of Bus Operations in Norway" *Journal of Transport Economics and Policy* 29 (3), 253-262.
- Karlaftis, M. G., Patrick M. 2002. "Cost Structures of Public Transit Systems: A Panel Data Analysis" *Transportation Research Part E* 38, 1-18
- Keler, T. E., Small, K. A. & Associates 1975. "The Full Costs of Urban Transport" Monograph No. 21, *Institute of Urban and Regional Development, University of California, Berkeley*.
- Kmenta, J. 1967. "On Estimation of the CES Production Function", *International Economic Review*, 8 (2), 180-189.
- Lee, N., Steedman, I. 1970. "Economies of Scale in Bus Transport: Some Indian Experience" *The Journal of Transport Economics and Policy* 4(1), 29-36.
- Matas A., Raymond J. L. 1998. "Technical Characteristics and Efficiency of Urban Bus Companies: The Case of Spain" *Transportation* 25, 243-263.
- Miller, D. R. 1970. "Differences Among Cities, Differences Among Firms, and Costs of Urban Bus Transport" *Journal of Industrial Economics* 9, 22-32.
- Tauchen H., Fravel D. F., Gilbert G. 1983. "Cost Structure of the Intercity Bus Industry" *The Journal of Transport Economics and Policy* 17(1), 25-47.
- Viton, P. A. 1981. "A Translog Cost Function for Urban Bus Transit" *The Journal of Industrial Economics* 29(3), 287-304.
- Williams M., Dalal, A. 1981. "Estimation of the Elasticities of Factor Substitution in Urban Bus Transportation: A Cost Function Approach" *Journal of Regional Science* 21 (2), 263-275.
- Zellner A. 1962. "An Efficient Method for Estimating Seemingly Unrelated Regressions and Test for Aggregation Bias" *Journal of American Statistics Society* 57, 585-612.