©2017 Published in 5th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science 29-30September 2017 (ISITES2017Baku - Azerbaijan)

GeneXpro Tools Uygulaması ile Yolculuk Tahmin Analizleri

[1]Gizem Telören ve *[2]Hakan Aslan
[1]Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Programı, Sakarya Universitesi, Türkiye
*[2] Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya Universitesi, Turkiye

Özet

Ulaşım hizmetlerine olan talepler oldukça nicel ve faklılık arz eden bir yapıya sahiptir.Günün saatine ve zamanına, haftanın gününe, seyahat amacına, hızın önemine vb., bağlı olarak ulaşım taleplerinin çok değişken bir yapıya sahip olduğu bilinmektedir. Talep`in bu değişken yapısını dikkate almadan sunulacak ulaşım hizmeti arzu edilen faydayı sağlamaktan uzak kalacaktır. Bu makalenin ana çalışma konusu, yolculuk taleplerinin hane halkı araç sahiplik ve gelir değerlerine ait parametrelerle olan matematiksel ilişkilerinin, GeneXpro 4.0 yazılımı yardımıyla ortaya konulmasıdır. Bu anlamda bakıldığında ekonomik gelişme sürecindeki ülkemizde özel araç sahibi olunmasında gözlemlenen hızlı büyümenin ve gelir seviyelerinin yolculuk yapısına nasıl etki ettiği önemli konulardan biri olmaktadır. Bu ilişki tahminleri, hem bölgesel hem de ulusal düzeyde stratejik ulaşım kararları alma, seyahat talebi tahminleri ve diğer politik karar süreçlerinde önemli rol oynayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Seyahat talebi, hane geliri, otomobil sahipliği, matematiksel modelleme

Abstract

Demands for transportation services have a very quantitative and changeable structure. It is very well known that transportation demands have a quite variable structure depending on the time of day, the day of the week, the purpose of travel, the importance of speed, and so on. The service provided without taking this variable structure of the demand into consideration will remain far from the desired utility. In this sense, the way that how fast growth in private car ownership and income levels observed in our country affect the travel structure is one of the important issues The main purpose of this article is to reveal the mathematical relations of the travel demand with the parameters of household car ownership and income values by using GeneXpro 4.0 software package . This relationship will play an important role in making strategic travel decisions in terms of travel demand estimates and other policy issues at both regional and national level.

Key words: Trip demand, household income, auto ownership, mathematical modelling

1. Giriş

Hızla artan nüfus, plansız kentleşme, köyden kente göç, araç sahipliliğinde artış gibi etkenler günümüzde önemli bir sorun olan kent içi ulaşım sorunlarını ortaya çıkarmıştır. Bu çerçevede kent içi ulaşımının, bugün ve saptanan hedef yıllar için; mevcut stratejik fiziki plan kararları dikkate alınarak analiz edilmesi, düzenlenmesi, toplum taşım sistemlerine ve yaya/bisiklet gibi çevre dostu ulaşım biçimlerine öncelik verilerek, ulaşım ve trafik sorunlarına çözümler getirilmesi ve buna paralel olarak; toplum taşım ve ara-toplum taşım (Paratransit) türlerinin entegrasyonu ile bunların durak ve terminal alanlarının düzenlenmesi, özel ulaşım dahil çeşitli

*Corresponding author: Address: Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering Sakarya University, 54187, Sakarya TURKEY. E-mail address: haslan@sakarya.edu.tr, Phone: +90 264 2955752

ulaşım türlerinin, aktarma olanaklarının geliştirilmesi bilimsel yöntemlerle hazırlanmış olan Ulaşım Ana Planı Çalışmaları ile gerçekleştirilmektedir.

Bu çalışmada, ulaşım planlamasının başlangıç adımında gerekli olan yolculuk üretiminin tahmin edilebilmesi için bir yöntem önerilmiştir. Modelin kabul edilebilirliği ve anlamlılığı, bağımsız değişkenlere göre hesaplanan, genetik algoritma tabanlı matematiksel formülasyonlar (GeneXpro Tools 4.0) ile incelenmiştir. Önerilen yöntem, yolculuk sayısı ile gelir seviyesi ve araç sahiplik oranları gibi sosyo ekonomik faktörleri temel alarak bir ulaşım ağının ilgili zon veya zonlarında yolculuk talebinin üretim tahmininde kullanılabilmektedir. Zaman içerisinde, bahsedilen sosyo ekonomik faktörlerde değişim olabileceğinden dolayı, yolculuk değerlerinde de farklılaşmalar söz konusu olabilecektir. Geliştirilen model sayesinde; zaman, para ve uygulama açısından problematik bir yapıya sahip olan anket çalışmaları ile yeni verilerin toplanması süreci bertaraf edilerek, modellemelerin ana çıktıları olan yolculuk değerleri, önerilen matematiksel bağıntılarla, etkili ve göreceli kolay bir süreçle elde edilebilmektedir.

2. Ulaşım Planlaması

Ulaşım planlaması, gelecek zaman için kentsel ulaştırma altyapısında mevcut durumun analiz ve değerlendirmelerinin yapıldığı, yatırımların, düzenlemelerin ve işletme yaklaşımlarının belirlendiği, öngörülerin elde edildiği araç veya yöntemdir. Klasik ulaşım modellemesinin (planlamasının) ilk aşamasında, incelemeye aldığımız çalışma alanımızda bulunan her bir zona ait toplam üretilen ve çekilen yolculuklar elde edilmeye çalışılır. Bir diğer ifade ile, seyahat üretim modeli ile bir süreç çalıştırılarak, süreç sonunda her bir zonda başlayan ve biten toplam yolculuklar elde edilmeye çalışılır.

Dolayısı ile bu süreçte temelde iki aşamalı bir çalışma ortaya konulur.

- Arazi kullanımının oluşacak seyahatlere olan etkisinin belirlenmesi, ikisi arasındaki ilişkinin ve bağlantının ortaya konulması

- Kurulan bu ilişki sayesinde gelecekte belli bir dönemde ortaya çıkmasını beklediğimiz toplam yolculukların tahmin edilmesi, hesaplanması.

The Federal Highway Administration (FHWA) tarafından, çalışma alanındaki evde başlayan ve biten, ev bazlı seyahat miktarlarının belirlenmesi için geliştirilmiş olan Kesitsel Gruplandırma Yöntemi, bu çalışmanın ana yaklaşım modellerinden biridir [1]. FHWA nin önerdiği modelde, sosyo-ekonomik yapı ile ortaya çıkması beklenen yolculuklar arasındaki ilişki, ortalama gelir düzeyi ve araç sahipliği temel değişkenlerine bağlı olarak sunulmaktadır.

Bu çalışmada gerek SUAP [2] (Sakarya Ulaşım Ana Planı) gerekse de İUAP [3] (İstanbul Ulaşım Ana Planı) çalışmalarından elde edilen yolculuk ve anket verileri dikkate alınarak, gelir düzeyi ve otomobil sahiplik değerleri açısından üretilen yolculuk miktarlarına ait matematiksel ilişkiler elde edilmiş, anket çalışmasına ait veri toplama sürecine ait olumsuzluklar kolaylaştırılmaya

çalışılmıştır.

2.1. Hane Halkı Ulaşım Verileri

Bu çalışmaya veri teşkil eden girdiler sırası ile 2011 ve 2013 yıllarında hazırlanan İstanbul Ulaşım Ana Planı ve Sakarya Ulaşım Ana Planı çalışmalarından elde edilmiştir. Anket çalışmaları, seçilen örneklem kümelerinden randevu alınarak belirlenmiş kişi ve kişilerle yapılmış olup, hazırlanmış anket kitapçıkları (A ve B tipi) ile, anket katılımcılarının son 24 saatlik süreçte yaptıkları yolculuklarla ilgili bilgiler elde edilmiştir.

Bu veriler; il bütünü, kentsel ve kırsal yerleşim yerleri için ulaşım talepleri ve bu ulaşım taleplerinin analizlerinde kullanılacak demografik, ekonomik ve sosyal değişkenler dâhil olmak üzere, yolculuk göstergelerinin hesaplanmasını sağlamak amacıyla tasarlanmıştır. Hane halkı anketinde örneklem seçimi kendinden ağırlıklı, çok aşamalı, tabakalı küme örneklemesi yaklaşımı uygulanarak yapılmıştır.

İstanbul ve Sakarya Ulaşım Ana Planı hane halkı anket çalışmalarından elde edilen yolculuk değerleri, hane halkı geliri, ve sahip olunulan araç sayısına ait veriler analiz edilerek, yolculuk tahmin modelleri ilgili parametreler üzerinden matematiksel olarak ifade edilmiştir.

3. SUAP ve İUAP Hane Halkı Verilerinin İncelenmesi ve Analizi

Sakarya'da 7317 hane üzerinde yapılan hane halkı anket çalışmasına göre her bir hane tarafından bir günde üretilen toplam yolculuklarla ilgili veriler, hane halkı geliri ve hane halkının sahip olduğu araç değerleri incelenip birbirleriyle olan ilişkileri makale içeriğinde açıklanmış ve sosyo-ekonomik yapı ile ortaya çıkması beklenen yolculuklar arasındaki ilişkiler analiz edilerek matematiksel yapı elde edilmiştir. Böylece hane halkı anket çalışmasının yapısında bulunan zamansal ve ekonomik kayıplar hafifletilmeye çalışılmıştır.

Üretilen “ T model ” ile özel araç sahipliğinin geniş kitlelerin erişimine sunulması, özellikle ABD ve Avrupa ülkelerinde araç sahiplik oranlarını hızla yükseltmiştir. Bu trend I. ve II. Dünya savaşları ile kesintili bir süreç izlese de, ikinci dünya savaşından sonra özel araç sahiplik oranları yükseliş ivmesini artırmıştır. 2014 yılı sonu itibari ile dünya genelindeki araç sahiplik değerleri aşağıdaki tabloda ifade edilmiştir [4].

Tablo 1. Dünya genelinde nüfus değerleri ve araç sahiplik oranları

Ülkeler-Bölgeler	2014 Motorlu Araç Sayısı	2014 yılı Nüfus Değeri	1000 Kişi Başına Düşen Araç Sayısı
Afrika	36,688,075	1,043,930,662	34.6
Asya, Uzak Doğu	344,694,336	3,814,478,855	81.9
Asya, Orta Doğu	42,366,786	314,189,664	129.5
Brezilya	41,742,000	202,656,788	197.5
Kanada	22,849,800	34,834,841	646.1
Merkez ve Güney Amerika	117,224,315	628,498,654	184.6
Çin	142,831,000	1,361,344,333	88.6
Avrupa, Doğu	116,736,096	336,613,315	332.4
Avrupa, Batı	248,657,614	420,831,596	589.6
Hindistan	38,102,000	1,236,344,631	26.6
Endenozya	20,873,000	253,609,643	77.2
Pasifik	20,760,962	35,537,902	576.2
ABD	260,350,938	318,907,401	816.4

TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) verilerine göre 2017 yılı Ocak ayı sonu itibarıyla Türkiyede trafiğe kayıtlı toplam 21 milyon 211 bin 701 adet araç bulunmaktadır. Bu araçların %53,8'ini otomobil, %16,4'ünü kamyonet, %14,2'sini motosiklet, %8,3'ünü traktör, %3,9'unu kamyon, %2,2'sini minibüs, %1'ini otobüs, %0,2'sini ise özel amaçlı taşıtlar oluşturmaktadır. Bu veriler ışığında ülkemizde 1000 kişi başına düşen araç sayısının, 265 araç/1000 kişi , Avrupa ve ABD değerlerinin oldukça altında olduğu görülmektedir.

Makale içeriği bu aşamadan sonra, yolculuk üretim değerlerine etki eden araç sahiplik ve gelir seviyeleri arasında Genexpro 4.0 Tools ile elde edilen matematiksel yapıların açıklanması ile ilgilidir..

GeneXproTools, çok sayıda değişkene sahip veri kümelerini işleyebilen ve bu değişkenler arasındaki en temel ve önemli özellikleri, ilişkileri matematiksel olarak ortaya koyabilen oldukça esnek bir yazılımdır. GeneXproTools ayrıca ham metin dosyalarından veritabanlarına ve Excel elektronik tablolarına kadar her türlü veri deposuna erişimi basitleştiren çok kullanışlı bir

uygulamadır. GeneXproTools herhangi bir programlama dilinin bilinmesine ihtiyaç duyulmadan, verileri temizlemek ve analiz etmek, veri kümelerini işlemek, modeller üretmek, onları analiz etmek ve ardından bunları esnek puanlama motorunu kullanarak herhangi bir yeni veritabanına uygulamak, güçlü ve doğru modeller oluşturmak için gerekli tüm araçları sağlayabilmektedir.

Bu çalışma içeriğinde, yolculuk üretim modelinin üretilmesinde bahsedilen bu etkinlik ve kullanım kolaylıkları açısından GenXpro 4.0 Tools uygulaması tercih edilmiştir.

3.1. Hane Geliri ve Araç Sahiplik Değeri İlişkisi

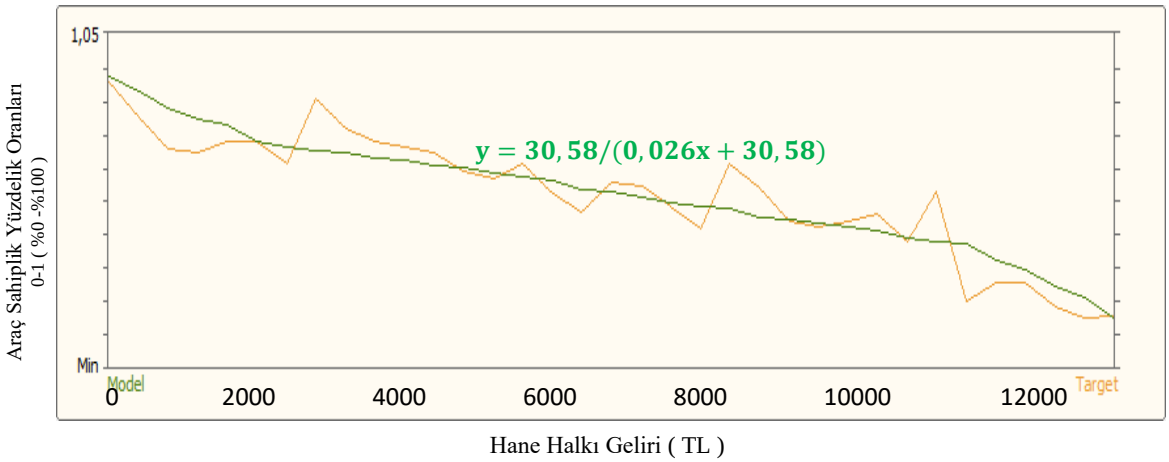
Yolculuklara etki eden faktörler gelir,özel araç sahipliği,ev halkı yapısı, ailenin büyüklüğü, arazi kullanım şekli ve değeri, yerleşim yoğunluğu, erişilebilirlik olarak genel anlamda ifade edilebilirler.

Araba sahipliğinin son otuz yılda dramatik bir şekilde yükseldiği global bir gerçek olarak karşımızda durmaktadır [5]. Bu durum dünyanın birçok ülkesindeki bazı şehirlerde gözlemlenen trafik tıkanıklığı ile kendisini göstermektedir. Bu problem ile başa çıkmak için araba sahipliğinin fiziksel ve sayısal sınırlaması, rasyonel bir yaklaşım olmayacaktır. Toplum taşımaya yönelik yapılan tüm iyileştirmelere rağmen özel araç araç kullanımı, özellikle bizim gibi gelişmekte olan ve ulaşım modu olarak özel araç sisteminin kullanımının bir prestij unsuru olarak değerlendirildiği ülkelerde yapılan yolculuklarda, halen önemli bir oranı temsil etmektedir

Golop, ulaşım modlarına bağlı olarak seyahat üretiminin, hane gelirinin ve araç sahiplik değerlerinin ilişkilerini kullanarak bir modelleme geliştirmiştir[6]. Geliştirilen modelde temel amaç, gelir ve araç sahiplik oranlarının üzerindeki rekabetçi etkilerin belirlenmesi ve değerlendirilmesi olarak ele alınmıştır.

Araç sahibi olunmasındaki hızlı büyüme ile, farklı araç türlerinin karşılıklı etkileşimlerinin nasıl gerçekleştiği ve bu hızlı, birazda kontrol dışı büyümelerin özellikle hızlı ekonomik gelişme sürecine giren bir ülkedeki, Tayland, yolculuk değerlerine olan etkisinin ortaya konulduğu bir çalışma, Sillaparcharn tarafından yapılmıştır [7].

Sakarya ve İstanbul illerine ait yolculuk miktarlarının, araç sahiplik oranları ve hane gelir seviyelerine bağlı olarak değişimi ayrı ayrı elde edilmiş ve aşağıdaki grafiklerde sunulmuştur.



Şekil 1: GeneXpro Tools 4.0 programına göre Sakarya ili sıfır (0) araç sahiplik değeri için yüzdelik oranları

Şekil 1 den de görülebileceği gibi gelir seviyesine bağlı olarak hiç aracı olmayan hane yüzdeleri azalmaktadır. Matematiksel yapının R^2 eğitim ve test değerleri sırası ile 0.84 ve 0.93 olarak elde edilmiştir. Dolayısı ile Sakarya ili için önerilen matematiksel formulasyon, belirlenen bir zonal çalışma alanındaki gelir seviyelerine bağlı olarak sıfır araç sahiplik yüzdesel değerlerinin hesabında kullanılabilir olmuştur. Bu ilişki kullanılarak, belli bir gelir seviyesina sahip olan hanelerin hiç araçlarının olmaması durumu için hane başına üretilebilecekleri, yolculuk sayıları detaylı hane halkı çalışmaları yapılmadan elde edilebilecektir.

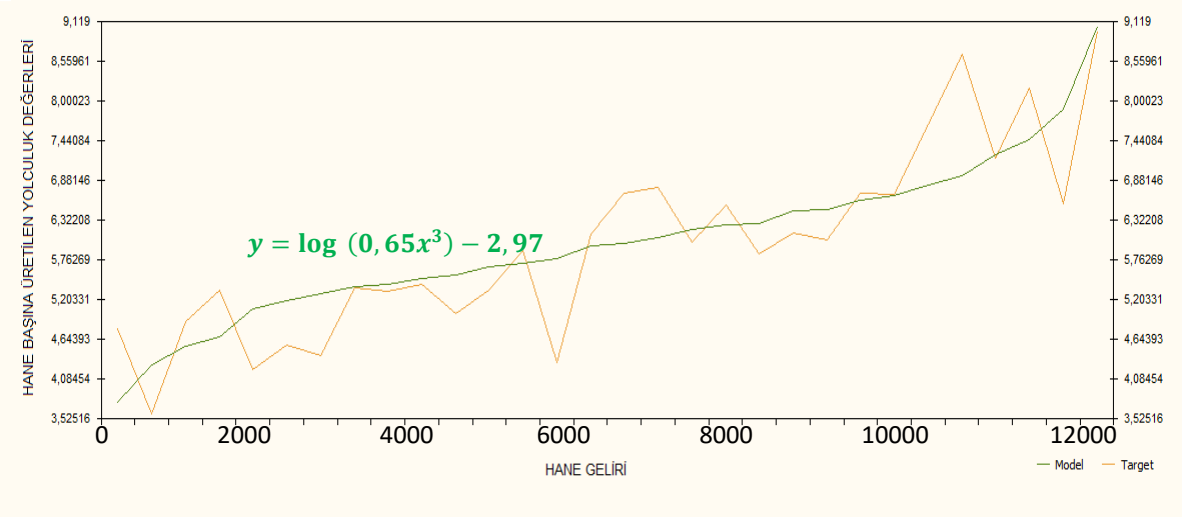
Benzer matematiksel ilişki istanbul hane halkı anket çalışması verileri de analiz edilerek elde edilmiş ve aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir.

Şekil 2: GeneXpro Tools 4.0 programına göre İstanbul ili sıfır (0) araç sahiplik değeri için yüzdelik oranları

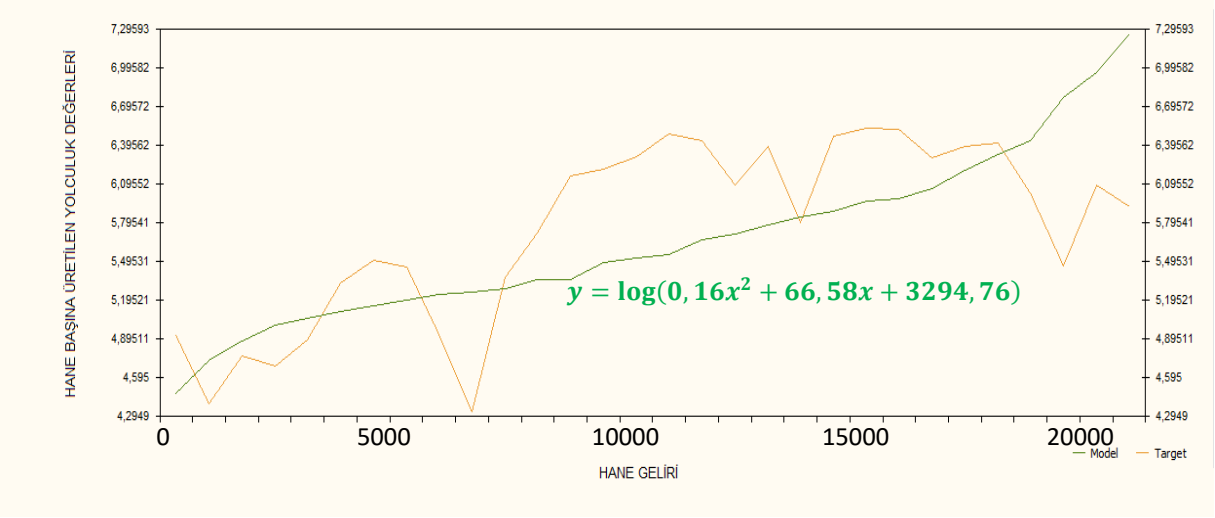
İstanbul verileri için eğitim ve test değerleri 0.63 ve 0.98 olarak elde edilmiş olup, 0.63 değeri elde edilecek hane halkı ve sıfır araç sahipliğindeki yolculuk ilişkilerinin kullanılabileceğini,

bununla beraber belli bir ihtiyat payının da dikkate alınması gerektiğini ifade etmektedir. Çok hassasiyet gerektirmeyen, genel bir değerlendirme ve kısa dönemli yolculuk tahminleri için ise, önerilen model matematiksel yapısı güvenle kullanılabilmektedir.

Yolculuk türlerinden bağımsız olarak sıfır araç sahiplik değerine sahip hanelerin, sahip oldukları gelir seviyelerine bağlı olarak ürettikleri yolculuk sayıları irdelendiğinde, gelir seviyelerine bağlı olarak üretilen yolculuk sayıları ve ilgili matematiksel ifadeler aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.



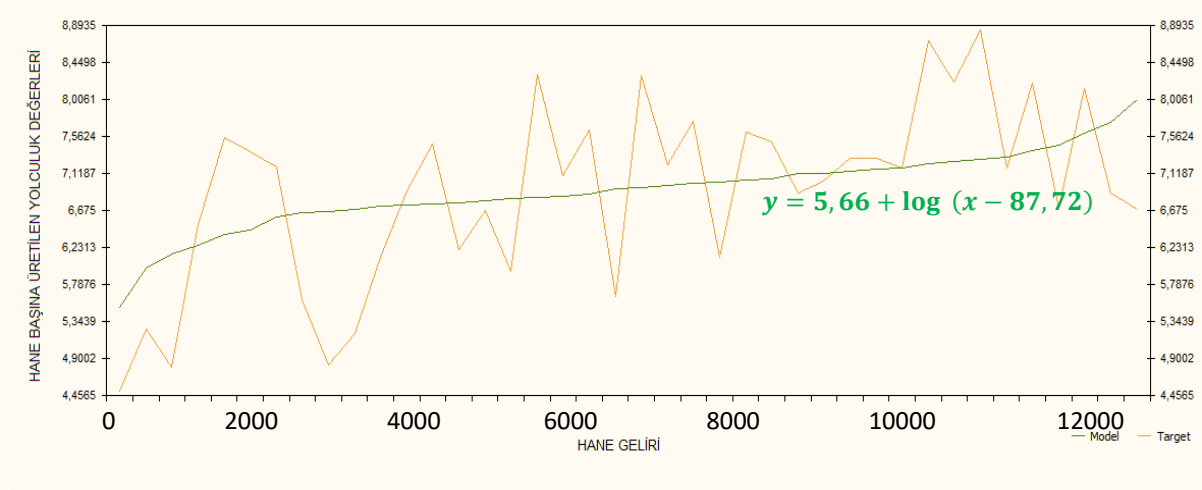
Şekil 3. GeneXpro Tools 4.0 programına göre Sakarya ili hane geliri ve sıfır (0) araç sahipliğine bağlı olarak bir hanenin ürettiği günlük yolculuk miktarları



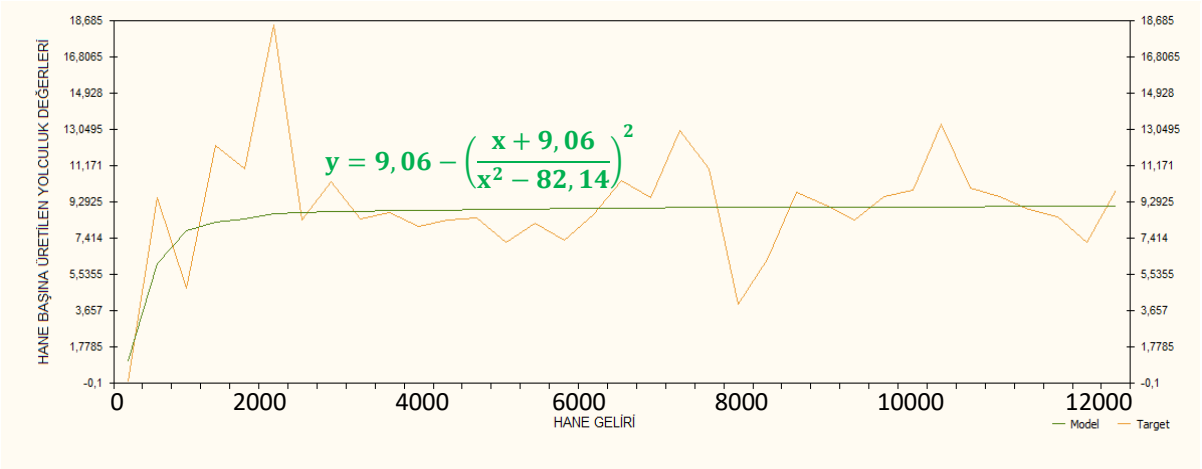
Şekil 4. GeneXpro Tools 4.0 programına göre İstanbul ili hane geliri ve sıfır (0) araç sahipliğine bağlı olarak bir hanenin ürettiği günlük yolculuk miktarları

Şekil 3 ve 4 den de görülebileceği gibi gelir seviyesinin artması ile hane başına üretilen yolculuk sayıları artmaktadır. Bu artışları ifade etmek için üretilen matematiksel formülasyonlarda Sakarya ve İstanbul illeri ve için R^2 eğitim ve test değerleri sırası ile 0.71-053 ve 0.67-0.35 olarak elde edilmiştir. Eğitim test sonuçları hane geliri ve üretilen yolculuk miktarları arasında çok güçlü bir ilişkiye tekabül etmese de anlanmlı bir ilişkinin varlığına işaret etmektedir.

Sıfır araç sahipliği yüzdelik oranları ile hane halkı gelir seviyeleri arasındaki ilişki yukarıda belirtilmiş olmakla beraber, bir araç sahipliği ile iki ve daha fazla araç sahiplik yüzdelik değerleri ile hane gelir seviyeleri arasındaki ilişkiler her iki il için sadece matematiksel olarak sonuç ve değerlendirme bölümünde ifade edilmiş ve gösterilmiştir. Bununla beraber aşağıdaki şekiller sırası ile bir araç ile iki ve daha fazla araç sahiplik oranlarının Sakarya ve İstanbul illeri için analiz edilen yolculuk üretim değerlerinin matematiksel yapısını ifade etmektedir.



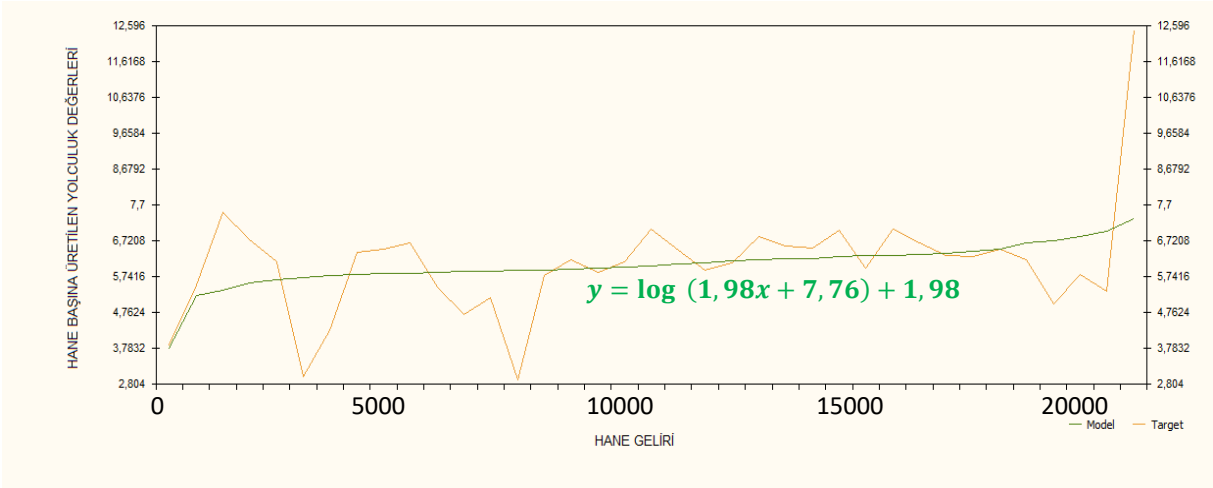
Şekil 5. GeneXpro Tools 4.0 programına göre hane geliri ve 1 araç sahipliğine bağlı olarak Sakarya ili için bir hanenin ürettiği günlük yolculuk miktarları



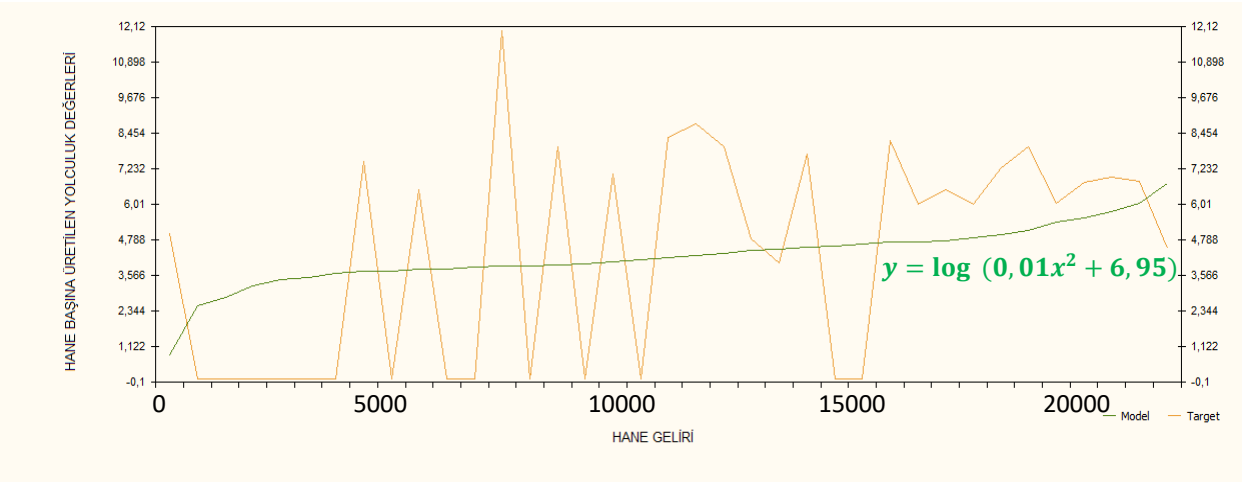
Şekil 6. GeneXpro Tools 4.0 programına göre hane geliri ve 2^+ araç sahipliğine bağlı olarak Sakarya ili için bir hanenin ürettiği günlük yolculuk miktarları

GenexPro 4.0 yazılımı ile elde edilen bu ilişkilere ait eğitim ve test R^2 değerleri sırası ile 0.3 - 0.63 ve 0.24-0.82 olarak her iki araç sahiplik değerleri için elde edilmiştir. Göreceli olarak iki ve daha fazla araç sahiplik değerlerine ait hane halkı verileri düşük olduğu için, model çalışması ile elde edilen matematiksel yapıya ait ilişkiler güçlü bir ilişkinin elde edilmesini kısmen zayıflatmıştır. Dolayısı ile detaylı ve hassas çalışmalarda önerilen matematiksel modelin, uygulama aşmasında dikkatli ve ihtimamlı kullanılması önerilmektedir.

Benzer yolculuk modeli üretim ilişkisi yine aynı parametrelere bağlı olarak elde edilmiş ve aşağıdaki şekillerde ifade edilmiştir.



Şekil 7. Genexpro Tools 4.0 programına göre hane geliri ve 1 araç sahipliğine bağlı olarak İstanbul ili için bir hanenin ürettiği günlük yolculuk miktarları



Şekil 8. Genexpro Tools 4.0 programına göre hane geliri ve 2^+ araç sahipliğine bağlı olarak İstanbul ili için bir hanenin ürettiği günlük yolculuk miktarları

Her iki araç sahiplik yüzdelerine ait yolculuk üretim model eğitim ve test R^2 değerleri; 1 araç sahiplik yüzdesel oranları için 0.20 - 0.43, 2^+ değerleri için 0.12 - 0.43 olarak elde edilmiştir. Bu

oranlar matematiksel ilişkinin yeterli oranda güçlü bir ilişkiyi ifade etmediği şeklinde yorumlanabilir. Bu sebepten dolayı bu araç yüzdelik sahiplikleri ve yolculuk üretim ilişkilerini modellemek üzere Yapay Sinir Ağları (YAS) Yöntemi kullanılarak, daha güçlü bir matematiksel ilişkinin kurulması sağlanıp, elde edilen bulgular diğer bir makale içeriği olarak sunulacaktır.

4. Sonuç ve Değerlendirmeler

Bu makalede Sakarya da 7317, İstanbul da ise 13849 hane üzerinden, katılımcıların son 24 saatlik dilimlerde yaptıkları yolculuklar değerlendirilerek elde edilen veriler kullanılarak, hane halkı araç sahiplik oranları ile yapılan yolculuklar arasındaki matematiksel ilişkiler GeneXpro 4.0 yazılımı kullanılarak modellenmiştir. Böylece anket çalışmalarının gerektirdiği zaman, insan gücü ve maddi kaynak problemlerine gerek kalmadan, belli parametrelere ait veriler sayesinde beklenen yolculuk değerleri elde edilmiştir. Her ne kadar makale içeriğinde yolculuk değerleri, amaçlarına göre sınıflandırılmadan toplam yolculuk değerlerinin grafiksel gösterimleri sunulmuşsa da, yolculuk amaçlarına göre de matematiksel yapılar elde edilmiştir. Yapılan yolculuklar amaçlarına göre sınıflandırılırsa; evden işe, işten eve yapılan yolculuklar *HBW* (Home Based Work-Ev Tabanlı İş Yolculukları), başlangıç veya bitişi ev olan yolculuklar *HBO* (Home Based Other-Ev Tabanlı Diğer Yolculuklar), başlangıç veya bitişi ev olmayan yolculuklar *NHB* (Non Home Based-Ev Tabanlı Olmayan Yolculuklar) olmak üzere 3 ana sınıfta toplanabilir.

Bazı parametrelere ait hane halkı anket çalışmalarından elde edilen verilerin, üretilen matematiksel modellerin temsil ettikleri ilişkilerin daha güçlü olması için mevcut durumdan nicel olarak fazla olmaları arzu edilse de, elde edilen ilişkilerin genel durum analiz çalışmaları için kullanılabilir olduğu ifade edilebilir. Bununla beraber daha güçlü matematiksel ilişkilerin kurulması ve üretilen modelin pratik kullanım boyutunun artırılabilmesi için Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile de parametrik ilişkiler elde edilecektir.

Aşağıdaki tablolarda Sakarya ve İstanbul illerine ait yolculuk üretim modelleri, yolculuk amaçlarını da içerecek şekilde sunulmuş, hane gelirlerine bağlı olarak yapılan yolculuk türlerinin yüzdesel dağılımları ve aralarındaki ilişkiler Genexpro Tools 4.0 programıyla açıklanmış, elde edilen matematiksel formulasyonlar R^2 eğitim ve test değerleri ile beraber gösterilmiştir.

Tablo 2. Sakarya ili yolculuk üretim matematiksel model ilişki ve formülasyonları

		GeneXpro 4.0 Formül	**R^2: Tr**	**R^2: Test**
Şekil 1. Hane geliri-Araç sahipliği	0 araç	$y = 30{,}58/(0{,}026x + 30{,}58)$	0,84	0,93
	1 araç	$y = \log(\log(0{,}23x - 5{,}54))$	0,71	0,98
	2+ araç	$y = \log[0{,}43\log(x + 7{,}70)]$	0,50	0,58
Şekil 2. Hane Geliri - Hane Başına Üretilen Yolculuk Değer İlişkileri	0 araç	$y = \log\ (0{,}65x^3) - 2{,}97$	0,71	0,53
	1 araç	$y = 5{,}66 + \log\ (x - 87{,}72)$	0,30	0,63
	2+ araç	$y = 9{,}06 - \left(\frac{x + 9{,}06}{x^2 - 82{,}14}\right)^2$	0,24	0,82
Şekil 3. Hane Geliri - Yolculuk Amaçlarına Göre Yolculuk Yüzde İlişkisi	HBW	$y = \log(x^2 + 1{,}72x)$	0,47	0,88
	HBO	$y = 133{,}02 - 20{,}24logx$	0,77	0,95
	NHB	$y = 0{,}078\log(0{,}015\text{x})$	0,63	0,98

Tablo 3. İstanbul ili yolculuk üretim matematiksel model ilişki ve formülasyonları

		Formül	Tr	Test
Şekil 1. Hane geliri- Araç sahipliği	0 araç	$y = log[7{,}66 - \log(x + 2{,}12)]$	0,68	0,98
	1 araç	$y = \left(\frac{x}{x + 813{,}57}\right)^2$	0,85	0,98
	2+ araç	$y = \left(\frac{x}{1{,}32x + 5211}\right)^2$	0,92	0,93
Şekil 2. Hane Geliri - Hane Başına Üretilen Yolculuk Değer İlişkileri	0 araç	$y = \log(0{,}16x^2 + 66{,}58x + 3294{,}76)$	0,67	0,35
	1 araç	$y = \log\ (1{,}98x + 7{,}76) + 1{,}98$	0,20	0,43
	2+ araç	$y = \log\ (0{,}01x^2 + 6{,}95)$	0,12	0,53
Şekil 3. Hane Geliri - Yolculuk Amaçlarına Göre Yolculuk Yüzde İlişkisi	HBW	$y = 8{,}46\ \log\ (x + 7{,}4) - 0{,}12$	0,54	0,99
	HBO	$y = \log(7{,}66 - \log(x + 2{,}21))$	0,64	0,98
	NHB	$y = 1{,}85\ \log(0{,}034x + 0{,}27)$	0,19	0,78

Yolculuk amaçlarına ve hane halkı araç sahiplik oranları ile gelir seviyelerine bağlı olarak elde edilen bu matematiksel modeller kullanılarak, ilgili çalışma alanlarında beklenen yolculuk değerleri tespit edilebilir, gerekli stratejik yaklaşımlar ve uygulama planları, anket çalışmalarının gerektireceği zahmetli süreçlerden bağımsız olarak hayata geçirilebilir.

5. Kaynaklar

[1] Trip Generation Analysis, U.S. Department Of Transportation, Federal Highway Administration, Urban Planning Division,
[2] Sakarya Ulaşım Ana Planı Raporu (SUAP), Mayıs 2013
[3] İstanbul Metropolitan Alanı Kentsel Ulaşım Ana Plan (İUAP), Mayıs 2011
[4] cta.ornl.gov/data/tedb35/Spreadsheets/Figure3_03.xls
[5] Otomotiv Sektör Raporu, Ocak 2017.
[6] Thomas F. G, The Casual Influence of Income and Car Ownership on Trip Generation by Mode, Journal of Transport Economics and Policy, 1989, pp.141-162
[7] Sillaparcharn P, Modeling of Vehicle Ownership: Case Study of Thailand. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board,2007. Volume:2038, pp 98-104.