



Optimum taşıt sayısının belirlenmesinde yapay sinir ağları ile çok değişkenli lineer regresyon tekniklerinin karşılaştırılması

Ömer Faruk CANSIZ

İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hatay
ofarukcansiz@iste.edu.tr ORCID: 0000-0001-6857-2513, Tel: (326) 613 56 00

Nazmi ÖZTEKİN*

İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hatay
[noztekim.mfbe18@iste.edu.tr](mailto:noztekin.mfbe18@iste.edu.tr) ORCID: 0000-0001-6118-7444 Tel: (539) 639 35 34

İbrahim ERGİNER

İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hatay
ibrahim.erginer.mfbe18@iste.edu.tr ORCID: 0000-0002-6001-3124 Tel: (555) 894 48 90

Geliş: 12.04.2019, Revizyon: 03.06.2019, Kabul Tarihi: 08.08.2019

Öz

Toplu taşıma faaliyetinde bulunan işleticilerin, verimli ve sürdürülebilir bir yapıda olması için toplu taşıma taşıt sayısının optimum düzeyde olması gerekmektedir. Bu çalışmada, yapay zeka tekniklerinden olan yapay sinir ağları kullanılarak toplu taşıma güzergahlarında kullanılacak optimum taşıt sayısı tahmin edilmektedir. Bu çalışmada 6 adet bağımsız değişken kullanılmaktadır. Bu bağımsız değişkenler; mevcut taşıt sayısı, tur sayısı, hat uzunluğu, taşıtların günlük yaptığı toplam kilometre, günlük taşınan yolcu sayısı ve kilometre başına yolcu sayısıdır. Bağımlı değişkenimiz, optimizasyon sonrası taşıt sayısı olmak üzere bir tanedir. 16 ayrı hattan alınan verilerle, bu değişkenlerden oluşan veri seti meydana getirilmektedir. En iyi sonuçlara sahip yapay sinir ağları modeli; ileri beslemeli, Levenberg-Marquardt eğitim algoritmali, tek bir gizli katmana ve tansig transfer fonksiyonuna sahip, on adet nörona uygulanan modelde elde edilmektedir. Bu sonuçlara göre, en iyi yapay sinir ağları modelinin korelasyonu 0,92, yüzde hataların ortalaması %27,25 ve ortalama karesel hatalar 25,91 değerlerine sahip olmaktadır. Yapay sinir ağları modelinin istatistiksel metotlarla karşılaştırılması amacıyla çok değişkenli lineer regresyon modelleri oluşturulmaktadır. Bu amaçla lineer ve purequadratic regresyon çeşitleri kullanılmaktadır. Çok değişkenli lineer regresyonun lineer türlerinde, aynı bağımlı ve bağımsız değişkenler yer almaktadır. Regresyon analizleri sonucunda lineer regresyon modelinin korelasyonu 0,97, yüzde hataların ortalaması % 24,45 ve ortalama karesel hatalar 4,14 çıkmaktadır. Purequadratic regresyon modelinde ise korelasyon 0,99, yüzde hataların ortalaması %7,32 ve ortalama karesel hatalar değeri 0,08 olarak hesaplanmaktadır. Purequadratic regresyon yöntemi kullanılarak oluşturulan model yapay sinir ağları ve çok değişkenli lineer regresyon modeline göre daha iyi sonuç vermektedir.

Anahtar Kelimeler: Toplu Taşıma; Optimum Taşıt Sayısı; Yapay Sinir Ağlar; Regresyon Analizi

* Yazışmaların yapılacağı yazar

DOI: 10.24012/dumf.553228

Giriş

Ülkemizde her geçen gün toplu taşıma sistemlerine olan ihtiyaç artmaktadır. Bu ihtiyacın karşılanması için toplu taşıma sistemlerinin bir birine entegre olması ve yüksek verimle çalışması gerekmektedir. Ülkemizde birçok toplu taşıma sistemi bulunmaktadır. Lastik tekerlekli toplu taşıma sistemleri ülkemizde ki en yaygın toplu taşıma sistemlerinin başında gelmektedir. İlk yatırım maliyetlerinin diğer toplu taşıma sistemlerine göre düşük olması ve vatandaşların erişim kolaylığı açısından en kolay şekilde ulaşması, lastik tekerlekli toplu taşıma sisteminin gelişiminde çok önemli rol oynamaktadır. Bu gelişim kontrolsüz ve ihtiyaçtan fazla olması durumunda;

- Çevre kirliliği, (karbon salınımının fazla olması)
- Gürültü kirliliği,
- Hatların verimsizleşmesi,
- Oluşan verimsiz hatlardan dolayı esnafın para kazanmaması ve ücret tarifelerinin yükselmesi,
- Ücret tarifelerinin yüksek olması sebebiyle vatandaşların bireysel taşıt kullanımına yönelmesi, gibi durumlarla karşılaşılmaması söz konusudur.

Hatay İlinde başlatılan toplu taşıma rehabilitasyon çalışmaları kapsamında bu ve buna benzer bir çok problem tespit edilmekte ve gerekli düzenlemeler yapılmaktadır. Toplu taşıma rehabilitasyon çalışmalarının tamamlanması ile birlikte;

- Çevre kirliliğinin azaltılması,
- Gürültü kirliliğinin azaltılması,
- Hatların daha verimli hale getirilmesi,
- Toplu taşıma sisteminin bir biri içerisinde entegre olması,
- Ücret politikalarının yeniden düzenlenmesi,
- Bireysel taşıt kullanımı azaltılarak toplu taşıma kullanım oranının yükseltilmesi

- Toplu taşıma hizmeti almayan yerlere toplu taşıma hizmeti sağlanması,
- 65 yaş ve üstü vatandaşlar ile %40 ve üstü engelli vatandaşlarımızın toplu taşıma sisteminden ücretsiz yararlanması amaçlanmaktadır.

Tolon ve Tosunoğlu (2008) tarafından yapılan çalışmada; tüketici tatmini için yapay sinir ağları ve regresyon metotları birbiri ile karşılaştırılmaktadır. Yapılan analiz sonuçlarında, yapay sinir ağlarının regresyon metotlarına göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir.

Cansız ve arkadaşları (2009) tarafından yapılan çalışmada; trafik kazalarında meydana gelen ölümlerin sayısını belirlemek için yapay sinir ağları kullanılmaktadır. Kazalarla ilgili analizlerin yapılabilmesi için değişkenler belirlenerek veri seti oluşturulmaktadır. Belirlenen değişkenler sayesinde yapay sinir ağı modeli oluşturulmaktadır. En iyi modeli elde etmek için farklı transfer fonksiyonlarına, farklı nöron sayısına ve farklı eğitim algoritmalarına sahip çeşitli yapay sinir ağı modelleri tasarlanmaktadır. On dört nöron, tansig transfer fonksiyonu ve Levenberg-Marquardt eğitim algoritması ile oluşturulan model, eğitim ve test verilerine en iyi uyumu sağlamaktadır. Sonuç olarak yapay sinir ağı modelinin trafik kazalarında ölümleri tahmin etmede uygun bir yaklaşım olduğunu göstermektedir.

Bora (2009) tarafından yapılan çalışmalarda, Denizli ilçesinde otobüs firmasından sağlanan Nisan 2008 ile Nisan 2009 arasındaki otobüsle toplu taşımacılıkla ilgili veriler toplanarak verilerin analizi yapılmaktadır. Nisan 2008 ile Nisan 2009 arasındaki yolcu başına getiriler ile taşınan yolcu sayıları kullanılarak 24 ay boyunca yolcu başına getiri tahminleri ile taşınabilecek yolcu sayıları bulunmaya çalışılarak model oluşturulmaktadır. Bu model sayesinde toplu taşımacılık sisteminin cazibesi artırılarak daha fazla yolcu taşınması amaçlanmaktadır. Modelin katsayıları belirlenirken En Küçük Kareler (EKK) yöntemi

ve “Çözücü” programı kullanılmaktadır. Oluşturulan model kullanılarak dört adet senaryo üretilmektedir. Daha sonra senaryolar kendi aralarında değerlendirilmektedir. Taşınabilecek yolcu sayısı üzerinde yolcu başına getirilerin doğrudan etkisi vardır. Bu yüzden uygulanacak bilet ücretlerindeki artış oranlarının makul düzeyde tutulması gerekmektedir. Böylece, otobüsle toplu taşımacılık sisteminin cazibesi artırılarak daha fazla yolcu taşınabilir ve daha fazla gelir elde edilebilir.

Cansız (2011) tarafından yapılan çalışmalarda; SmeedDenklemler'deki nüfus değişkeni, sürücü sayısı ile değiştirilmektedir. Araç sayısı ve sürücü sayısı olan en iyi YSA modeli 19 nöron, tan-sig transfer fonksiyonu ve Levenberg-Marquardt eğitim algoritmasına sahip olan modeldir. Sonuç olarak, sürücü değişkeni sayısının popülasyonla yer değiştirmesi, taşıt kazalarında ölenlerin sayısının tahmin edilmesine katkıda bulunmaktadır. Bu çalışma, önerilen modellerin doğruluğu ile ölü tahmin sayısına göre nüfus yerine sürücü sayısının artırılabilirliğini göstermiştir. Ayrıca, YSA ve loglineer regresyon yöntemlerine göre yüksek bir korelasyon katsayısı ve düşük bir MSE ile trafik kazalarında ölü sayısını tahmin etmek için YSA modelleri kullanılabilir.

Kalpı (2013) tarafından yapılan çalışmalarda; İzmir'de mevcut durumda birçok toplu taşıma aracı faaliyet göstermektedir. Toplu taşıma araçlarının bir birine entegrasyonu gün geçtikçe daha büyük önem arz etmektedir. Bu çalışma İzmir'de ulaşım sektörünün zaman içerisinde değişimini ele almaktadır. Yapılan çalışmalarda birtakım öneriler sunularak toplu taşıma hizmetlerinin daha verimli kullanılması amaçlanmaktadır.

Cansız ve Easa (2011) tarafından yapılan çalışmalarda; yapay sinir ağ yöntemleri kullanılarak dikey eğrilerle kombine edilmiş yatay tanjantlarda çarpışma sıklığını tahmin etmektedir. Çalışmada yapay sinir ağları modelleri ve regresyon yöntemleri birbiri ile karşılaştırılmış olup yapay sinir ağlarının en

düşük ortalama kare hata değerine sahip olduğunu tespit edilmektedir. Sonuç olarak yapay sinir ağları, çarpışma sıklığını tahmin etmek için istatistiksel modellerden daha iyi istatistiksel performansa sahiptir. Analiz sonuçlarına göre yapay sinir ağları modelleri, 3 boyutlu hizalama elemanlarının yatay teğetler üzerindeki etkilerini değerlendirmek için önerilmektedir.

Cansız ve Askar (2018) tarafından yapılan çalışmalarda; ülkemizde yük ve yolcu taşımacılığının büyük bir kısmı asfalt yollarda gerçekleştirilmektedir. Asfalt yolların önemi her geçen gün artmakla beraber yolların tasarımında en önemli konulardan biri olan bitüm yüzdesinin belirlenmesidir. Bu çalışmada bitüm yüzdesinin belirlenmesinde Marshall Stabilite testi ve Çoklu Doğrusal Regresyon yöntemleri karşılaştırılmaktadır. Yapılan çalışmalar sonucunda en yüksek performans değerine sahip modelin altı değişken modelden oluştuğu görülmektedir. En iyi modelin R (korelasyon) değeri 0,571'dir. En iyi modelin MSE (ortalama hata) değeri 14841,81'dir. En iyi modelin MPE (ortalama yüzde hata) değeri 9.58'dir.

Cansız ve Polat (2018) tarafından yapılan çalışmalarda; şehirlerimizin gelişimi ile nüfus yoğunluğu artmış, bu nedenle kentteki trafik yoğunluğunun artmasıyla birlikte birçok sorun ortaya çıkmış ve daha önce yapılmış olan hatalı teknik altyapı ile planlanmamış mevcut ulaşım sistemleri cevap verememektedir. Hatay İlinde ulaşım standartlarının artırılması ve meydana gelen trafik problemlerinin çözülmesi amacıyla, toplu taşıma sistemindeki mevcut güzergâh yapılarını, araç tiplerini ve seyahat analizlerini değerlendirmek ve gelişen kentsel yapının olumlu ve olumsuz noktalarını değerlendirerek bunları etkin ve sürdürülebilir bir yapıya dönüştürmektir.

Üneş ve arkadaşları (2015) tarafından yapılan çalışmalarda; dört farklı analiz yöntemi kullanılarak Millers Ferry Barajı'nın rezervuar seviyesinin tahmini yapılmaktadır. Çalışmada yapay sinir ağı, multi regresyon, otoregresif ve hareketli ortalama otoregresif analizleri

yapılarak hangi analiz sonucunun daha iyi sonuçlar verdiği karşılaştırılmaktadır. Çalışmalar sonucunda en iyi sonuçları yapay sinir ağları vermektedir. En iyi modelin korelasyonu 0.893 ve ortalama karesel hatalar değeri 0.0032 olmaktadır. Yapılan çalışmalar sonucunda yapay sinir ağlarının diğer metotlara göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir.

Üneş ve arkadaşları (2017) tarafından yapılan çalışmalarda; nehirlerde asılı tortu miktarını belirlemek için dört farklı analiz yöntemi kullanılmaktadır. Bunlar yapay sinir ağları analizi, M5Tree, çok değişkenli lineer regresyon analizi ve sediment derecelendirme eğrileri kullanılmaktadır. En iyi analiz sonuçlarını yapay sinir ağları vermekte olup, korelasyon değeri 0,890, ortalama karesel hatalar değeri 45242,93 olmaktadır. Tortu miktarının tahminini belirlemek için yapay sinir ağlarının diğer metotlara göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir.

Doğan ve Özuysal (2017) tarafından yapılan çalışmada; toplu taşıma araçlarında bekleme süresini incelemektedir. Bireysel araç kullanımındaki artışın önüne geçmek için, toplu taşıma araçlarını daha cazip hale getirmek gerekmektedir. Bekleme süresinin azaltılması ile birlikte toplu taşıma kullanımının artması amaçlanmaktadır. Bu çalışmada 13 durakta bekleme süreleri ile alakalı gözlemler yapılmaktadır. Duraklar kendi içerisinde 6 farklı kategoriye ayrılmış ve buna göre değerlendirmeler yapılmıştır. Çalışmalar sonucunda durak bilgilendirme sisteminin yaklaşık olarak 2 dakika süreyi kısalttığı görülmektedir.

Demirci ve arkadaşları (2018) tarafından yapılan çalışmalarda; yeraltı su seviyesinin etkin kullanımı ile alakalı çalışmalar yapılmaktadır. Çalışmada; yer altı su seviyesi, yağış ve sıcaklık değişkenleri kullanılarak yeraltı su seviyesindeki dalgalanmalar incelenmektedir. Günlük yağış, sıcaklık ve yeraltı suyu seviyesine ilişkin bilgiler yapay sinir ağları ve çok değişkenli lineer regresyon analizlerinde bağımsız değişken olarak kullanılmaktadır.

Yapay sinir ağları ve lineer regresyon analiz sonuçları bir biri ile karşılaştırıldığında; sonuçlar arasında büyük farklar bulunmasada lineer regresyon analizleri daha iyi sonuçlar vermektedir. Lineer regresyon analizlerinin korelasyonu 0,996 ortalama karesel hatalar değeri 0,04 olmaktadır.

Toplu taşıma rehabilitasyon çalışmalarında, optimum taşıt sayısı belirlenirken yapay sinir ağları ve çok değişkenli lineer regresyon tekniklerinden de yararlanılmaktadır. Bu metotlar kullanılırken bağımsız değişkenlerin yer aldığı veri seti hazırlanmaktadır. Hazırlanan veri seti sayesinde optimum taşıt sayıları hesap edilerek, taşıt sayısının kontrolsüz bir şekilde artmasının önüne geçilmektedir. Bu sayede verimsizliğin önüne geçilerek sürdürülebilir kurumsal bir yapı oluşturulması planlanmaktadır. Yapılan bu çalışma ile toplu taşıma araç sayısının kontrolsüz bir şekilde artmasının önüne geçilmesi planlanmaktadır. Kontrolsüz bir şekilde araç sayısının artmasının önüne geçilmesiyle birlikte;

- Çevre kirliliğinin azalması,
- Trafik yoğunluğunun azalması,
- Toplu taşıma hatlarında güzergâh planlamalarının daha sistematik ve kolay yapılabilmesi,
- Planlanan güzergâhlarla birlikte bireysel araç kullanımının önüne geçilmesi,
- İlk yatırım ve işletme giderlerinin azalması öngörülmektedir.

Yukarıda da sıralanan maddelerde de görüldüğü gibi bu tip çalışmalar çok büyük önem arz etmektedir. Gün geçtikçe kullanımı artan yapay sinir ağlarının optimum taşıt sayısının tespit edilmesinde, çok değişkenli lineer regresyon yöntemleri ile kıyaslanmıştır.

Analizler sonucunda optimum taşıt sayısının belirlenmesinde çok değişkenli lineer regresyon modellerinin daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Materyal ve Yöntem

Veri Toplama

Bu çalışma, Hatay ilinde Üniversite-Serinyol ve Harbiye Bölgelerinde toplu taşıma faaliyeti

gösteren işleticileri kapsamaktadır. Toplu taşıma rehabilitasyon çalışmalarında mevcut toplu taşıma sistemindeki optimum taşıt sayısının belirlenmesi amaçlanmaktadır.

Optimum taşıt sayılarını belirlemek için hatların günlük yolculuk sayıları, hat uzunlukları, tur süreleri, hatların pik saatte tek yöndeki maksimum yolcu sayıları ve bölgenin coğrafi yapısının belirlenmesi gerekmektedir.

Taşıt sayıları belirlenirken maliyet hesapları yapılarak hatlarda hangi ebatlarda taşıtlarının çalışacağı maliyet hesapları sonrasında netlik kazanmaktadır. Günlük yolcu sayısı yüksek olan hatlarda yolcu taşıma kapasitesi düşük taşıtların çalıştırılması durumunda hatlarda verimsizlik meydana gelmektedir.

Oluşan verimsizlikleri sıralayacak olursak;

- Taşıt sayısının fazla olmasıyla birlikte ilk yatırım maliyetlerindeki artış,
- Bakım onarım giderlerinde artış,
- Amortisman giderlerinde artış,
- Personel giderlerinde artış,
- Akaryakıt giderlerinde artışa sebebiyet vermektedir.

Yukarıda belirtilen durumların önüne geçebilmek adına hattın yolcu potansiyeline uygun taşıt ebatlarının seçilmesi oldukça önem arz etmektedir. Oluşabilecek verimsizlikleri ortadan kaldırmak için her hatta ayrı ayrı yolcu sayımları yapılmaktadır.

Yolcu sayımları yapılmadan önce sayım ekiplerine ofis ortamında sayım formları düzenlenmektedir.

Sayım formlarında gün içerisinde çalışan taşıt sayısı, sefere başlama saati, seferin bitiş saati, gün içerisinde yapılan tur sayısı, hat uzunluğu, tur süresi, tur başına yolcu, ortalama ticari hız, taşıt başına taşınan yolcu sayısı, taşıt başına yapılan kilometre değeri, günlük yolcu sayıları vb. değerler yer almaktadır. Bu bilgiler sahada yapılan çalışmalar sonucunda titizlikle doldurularak veri seti oluşturulmaktadır.

Yapılan sayım sonuçları sonunda hatların saat saat yolcu sayımlarını gösteren grafikler oluşturulmakta ve en yoğun saat dilimindeki yolcu sayısı belirlenmektedir. Taşıt sayısı hesabı yapılırken, günün en yoğun saat diliminde ki yolcu yoğunluğu dikkate alınarak

hesaplanmalıdır. En yoğun saat dilimindeki yolcu sayısının taşınabildiği taşıt sayısı optimum taşıt sayımız olmaktadır. Yolculuğun zirve olduğu saatteki yoğunluğu kaldıracak taşıtlar, daha az yoğun saat dilimlerinde sıkıntı yaşamadan toplu taşıma hizmetine devam edebilmektedir.

Sayım sonucunda elde edilen veriler kullanılarak yapay zekâ tekniklerinden olan yapay sinir ağları yöntemine göre Matlab programında modeller oluşturulmaktadır. Bu modeller çok değişkenli lineer regresyon yöntemleri ile karşılaştırılmaktadır. Bu çalışmada yapay sinir ağı modeli olarak; ileri beslemeli, Levenberg-Marquardt eğitim algoritmasına sahip model kullanılmaktadır. Modelleri karşılaştırma kriterlerimiz korelasyon katsayısı (R), ortalama yüzde hata (OYH) ve ortalama karesel hatalar (OKH) olmaktadır. Yapılan analizler sonucunda; çok değişkenli lineer regresyon metodlarından olan, purequadratic regresyon yöntemi kullanılarak oluşturulan model, yapay sinir ağları ve lineer regresyon modeline göre daha iyi sonuç vermektedir. Yapılan analizler sırasında üç modelde de girdi verileri olarak;

- Mevcut taşıt sayısı,
- Günlük yapılan tur sayısı,
- Hat uzunluğu,
- Günlük yapılan toplam kilometre değeri,
- Günlük taşınan yolcu sayısı,
- Kilometre başına taşınan yolcu sayıları kullanılmaktadır.

Çıktı değeri olarak, optimizasyon sonrasında hatlarda çalışacak yeni taşıt sayıları kullanılmaktadır

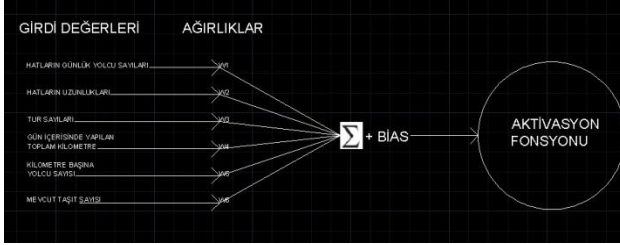
Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağı, insan beyninin çalışma ve düşünebilme yeteneğinden yararlanılarak oluşturulan bir bilgisayar programıdır. Yapay sinir ağları sayesinde karmaşık olan problemlere kolayca çözümler sunulmaktadır. Toplu taşıma rehabilitasyon çalışmaları sırasında hazırlanan veri seti yapay sinir ağlarında analize tabi tutulmakta ve olumlu sonuçlar alınmaktadır. Optimum araç sayısı için istenilen sonuçlar elde edilene kadar deneme yanılma yöntemiyle

analizler yapılarak en doğru sonuçlara ulaşıla bilinmektedir.

Yapay Sinir Ağları Analiz Formülü

$$y=f\left(\sum_{i=1}^N x_i * w_i + b_i\right)$$



Şekil 1. Nöron İşleyiş Yapısı

Regresyon

Regresyon; bir ve birden fazla değişken arasındaki ilişkiyi belirlemek için kullanılan metottur. Regresyon analizleri tek ve çok değişkenli olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

Tek Değişkenli Regresyon Analizi: Bir bağımlı ve bir bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi inceler.

Çok Değişkenli Regresyon Analizi: Birden fazla bağımsız değişkenin bir biri ile olan ilişkisini inceler.

Toplu taşıma optimizasyon çalışmalarında çok değişkenli regresyon analizi kullanılmaktadır. On altı ayrı hattan alınan altı bağımsız değişken doğrultusunda veri seti oluşturulmakta ve optimum araç sayısını tespiti için analizler yapılmaktadır.

Lineer Regresyon Analiz Formülü

$$y = \beta_0 + \beta_1 * x_1 + \beta_2 * x_2 + \beta_3 * x_3 + \beta_4 * x_4 + \beta_5 * x_5$$

Purequadratic Regresyon Analiz Formülü

$$y = \beta_0 + \beta_1 * x_1 + \beta_2 * x_2 + \beta_3 * x_3 + \beta_4 * x_4 + \beta_5 * x_5 + \beta_6 * x_1^2 + \beta_7 * x_2^2 + \beta_8 * x_3^2 + \beta_9 * x_4^2 + \beta_{10} * x_5^2$$

Uygulama ve Başarımlar

Taşıt Sayıları

Hatay Büyükşehir Belediyesi envanterlerinde Harbiye ve Üniversite Serinyol Bölgesinde 15 kooperatife ait 585 adet taşıtla toplu taşıma hizmeti verilmektedir. Kooperatiflerin her birinin taşıt sayıları Tablo 1'de belirtilmektedir.

Harbiye ve Üniversite Serinyol Bölgesinde toplu taşıma faaliyetinde bulunan taşıtları incelerken belediye envanterinden yararlanılmaktadır. Belediye envanterlerden; hatta çalışan taşıt sayıları, taşıtların yaşları, marka model bilgilerine ve kapasitelerine ulaşılmaktadır. Harbiye ve Üniversite-Serinyol Bölgesinde 15 toplu taşıma kooperatifine ait 16 hatta 14+1 kişi ile 21+1 kişi arası yolcu taşıma kapasitesine sahip 585 adet toplu taşıma aracı çalıştırılmaktadır.

Mevcut durumda faaliyet gösteren 585 adet toplu taşıma aracı 39 gün boyunca 501 sefer sayılarak yolculuk verileri oluşturulmaktadır. Hangi hatlarda kaç gün ve kaç sefer sayım yapıldığı detaylı olarak Tablo 2'de belirtilmektedir. Sayım sonuçlarında hatların uzunlukları, tur sayıları, günlük yapılan toplam kilometre değerleri, yolcu sayıları ve kilometre başına yolcu değerleri de Tablo 3'te belirtilmektedir.

Bu verilerden yola çıkarak günlük yolcu sayısı, günlük yapılan toplam kilometre, tur sayıları ve kilometre başına yolcu sayısı gibi veriler taşıt ve yolcu sayımları sonucunda oluşmaktadır.

Tablo 1. Mevcut Durumda Harbiye ve Üniversite-Serinyol Bölgesinde Faaliyet Gösteren Taşıt Sayısı

| HATLAR | MEVCUT TAŞIT SAYISI |
|----------------|---------------------|
| Serinyol | 69 |
| Alahan | 13 |
| Özat | 100 |
| Anayazı | 14 |
| Dikmece | 8 |
| Ovakent | 14 |
| Karaali | 9 |
| Yukarı Harbiye | 145 |
| Aşağı Harbiye | 25 |
| Döver | 19 |
| Sinanlı | 25 |
| Balıklidere | 9 |
| Gümüştöze | 85 |
| Bahçeköy | 15 |
| Dursunlu | 12 |
| Değirmenyolu | 23 |
| TOPLAM | 585 |

Tablo 2.Hatlarda Sayım Yapılan Gün ve Sefer Sayıları

| HATLAR | Sayım yapılan gün sayısı | Sayılan sefer sayısı |
|----------------|--------------------------|----------------------|
| Serinyol | 5 | 67 |
| Alahan | 2 | 20 |
| Özat | 2 | 22 |
| Anayazı | 2 | 17 |
| Dikmece | 2 | 17 |
| Ovakent | 2 | 59 |
| Karaali | 2 | 22 |
| Yukarı Harbiye | 2 | 29 |
| Aşağı Harbiye | 2 | 23 |
| Döver | 5 | 55 |
| Sinanlı | 2 | 24 |
| Balıklidere | 5 | 68 |
| Gümüştöze | 2 | 29 |
| Bahçeköy | 1 | 12 |
| Dursunlu | 2 | 23 |
| Değirmenyolu | 1 | 14 |
| TOPLAM | 39 | 501 |

Tablo 3.Hatlarda Sayım Yapılan Gün ve Sefer Sayıları

| HATLAR | Hatların Günlük Yolcu Sayıları | Hattın Uzunluğu km (Gidiş+Dönüş) | Tur Sayısı | Hatta Gün İçinde Yapılan Toplam Km | Kilometre Başına Yolcu Sayısı |
|----------------|--------------------------------|----------------------------------|------------|------------------------------------|-------------------------------|
| Serinyol | 10819 | 43,04 | 215 | 9254 | 1,17 |
| Alahan | 2132 | 38,06 | 51 | 1941 | 1,1 |
| Özat | 11331 | 37,2 | 313 | 11644 | 0,97 |
| Anayazı | 1748 | 36,24 | 76 | 2754 | 0,63 |
| Dikmece | 480 | 25,83 | 24 | 620 | 0,77 |
| Ovakent | 406 | 46,04 | 24 | 1105 | 0,37 |
| Karaali | 568 | 27,36 | 22 | 602 | 0,94 |
| Yukarı Harbiye | 8094 | 27,81 | 268 | 7453 | 1,09 |
| Aşağı Harbiye | 1092 | 29,01 | 40 | 1160 | 0,94 |
| Döver | 557 | 32,09 | 23 | 738 | 0,75 |
| Sinanlı | 456 | 39,83 | 24 | 956 | 0,48 |

| | | | | | |
|---------------|--------------|-------|-------------|--------------|-------------|
| Balıklidere | 437 | 38,65 | 23 | 889 | 0,49 |
| Gümüşgöze | 5538 | 30,53 | 195 | 5953 | 0,93 |
| Bahçeköy | 438 | 28,39 | 27 | 767 | 0,57 |
| Dursunlu | 538 | 18,71 | 28 | 524 | 1,03 |
| Değirmenyolu | 618 | 28,67 | 34 | 975 | 0,63 |
| TOPLAM | 45252 | | 1387 | 47334 | 0,96 |

16 ayrı hattan alınan ve 6 adet bağımsız değişkenden oluşturulan veri seti ile tek gizli katmana, 10 adet nörona, tansig transfer fonksiyonuna, Levenvberg-Marquardt eğitim algoritmasına sahip olan model en iyi sonuçları vermektedir. Yapay sinir ağları analiz sonuçlarına göre olması gereken taşıt sayısı yaklaşık olarak 145 çıkmaktadır. Ortalama karesel hatalar değeri %25,91 olup, yüzde hata değeri 27,25'tir. Korelasyon değeri ise 0,92 olarak bulunmaktadır.

Lineer regresyon analiz sonuçlarına göre olması gereken taşıt 126 çıkmaktadır. Ortalama karesel hatalar değeri % 4,14 olup, yüzde hata değeri 24,45'tir. Korelasyon değeri ise 0,97 olarak bulunmaktadır.

Purequadratic regresyon analiz sonuçlarına göre olması gereken taşıt 126 çıkmaktadır. Ortalama karesel hatalar değeri % 0,08 olup, yüzde hata değeri 7,31'dir. Korelasyon değeri ise 0,99 olarak bulunmaktadır. Yapay sinir ağları analiz sonuçları Tablo 4'te lineer regresyon analiz sonuçları Tablo 5'te purequadratic regresyon analiz sonuçları ise Tablo 6'da verilmiştir. Tablo 7'de ise analiz sonuçları birbiri ile kıyaslanmaktadır.

YSA ve regresyon analizlerinde, genellikle YSA analizleri daha iyi sonuçlar vermektedir. Bu çalışmada ki YSA analiz sonuçları iyi olmasına rağmen çok değişkenli lineer regresyon yöntemlerinden olan purequadratic regresyon modeline göre daha kötü sonuçlar elde edilmektedir. Böyle bir sonucun ortaya çıkabilmesi için, purequadratic regresyon modelinin, bağımsız değişkenlerle çok iyi uyum içerisinde olması gerekmektedir. En iyi YSA modelinin bulunabilmesi için; 3000'den fazla YSA modeli oluşturulmuş, farklı eğitim algoritmaları, farklı transfer fonksiyonları, farklı nöron sayıları ve buna bağlı olarak farklı ağırlıklar denemiştir. Buna rağmen YSA modellerinde, çok değişkenli lineer regresyon modelinin purequadratic regresyon analizlerinde elde edilen sonuca ulaşamamıştır.

Tablo 4. Yapay Sinir Ağları Analiz Sonuçları

| HATLAR | Optimizasyon Sonrası Taşıt Sayısı (Gerçek Değerler) | YSA Sonuçları Göre Yeni Değerler | Farklar | Farkların Kareleri | Yüzde Hata Değerleri (%) |
|----------------|---|----------------------------------|---------|--------------------|--------------------------|
| Serinyol | 23 | 32,9829 | -9,98 | 99,66 | 43,4 |
| Alahan | 4 | 4,667 | -0,67 | 0,44 | 16,68 |
| Özat | 33 | 32,9876 | 0,01 | 0 | 0,04 |
| Anayazı | 4 | 3,5742 | 0,43 | 0,18 | 10,65 |
| Dikmece | 2 | 2,1342 | -0,13 | 0,02 | 6,71 |
| Ovakent | 2 | 2,9038 | -0,9 | 0,82 | 45,19 |
| Karaali | 2 | 2,0148 | -0,01 | 0 | 0,74 |
| Yukarı Harbiye | 16 | 33 | -17 | 289 | 106,25 |
| Aşağı Harbiye | 7 | 2,8423 | 4,16 | 17,29 | 59,4 |
| Döver | 4 | 2,3853 | 1,61 | 2,61 | 40,37 |
| Sinanlı | 4 | 3,217 | 0,78 | 0,61 | 19,58 |
| Balıklidere | 3 | 2,7112 | 0,29 | 0,08 | 9,63 |
| Gümüşgöze | 12 | 12,1225 | -0,12 | 0,02 | 1,02 |
| Bahçeköy | 3 | 3,0253 | -0,03 | 0 | 0,84 |
| Dursunlu | 3 | 2 | 1 | 1 | 33,33 |
| Değirmenyolu | 4 | 2,3121 | 1,69 | 2,85 | 42,2 |

Tablo 5. Lineer Regresyon Analiz Sonuçları

| HATLAR | Optimizasyon Sonrası Taşıt Sayısı | Lineer Analizine Göre Yeni Değerler | Farklar Lineer | Farkların Kareleri | Yüzde Hata Değerleri |
|----------------|-----------------------------------|-------------------------------------|----------------|--------------------|----------------------|
| Serinyol | 23 | 24,46137 | -1,46 | 2,14 | 6,35 |
| Alahan | 4 | 4,580082 | -0,58 | 0,34 | 14,5 |
| Özat | 33 | 29,01452 | 3,99 | 15,88 | 12,08 |
| Anayazı | 4 | 6,146539 | -2,15 | 4,61 | 53,66 |
| Dikmece | 2 | 3,168182 | -1,17 | 1,36 | 58,41 |
| Ovakent | 2 | 2,513869 | -0,51 | 0,26 | 25,69 |
| Karaali | 2 | 2,296902 | -0,3 | 0,09 | 14,85 |
| Yukarı Harbiye | 16 | 16,16614 | -0,17 | 0,03 | 1,04 |
| Aşağı Harbiye | 7 | 2,966163 | 4,03 | 16,27 | 57,63 |
| Döver | 4 | 2,460716 | 1,54 | 2,37 | 38,48 |
| Sinanlı | 4 | 2,511691 | 1,49 | 2,22 | 37,21 |
| Balıklidere | 3 | 2,986477 | 0,01 | 0 | 0,45 |
| Gümüşgöze | 12 | 16,50221 | -4,5 | 20,27 | 37,52 |
| Bahçeköy | 3 | 3,648076 | -0,65 | 0,42 | 21,6 |
| Dursunlu | 3 | 2,858307 | 0,14 | 0,02 | 4,72 |
| Değirmenyolu | 4 | 3,718753 | 0,28 | 0,08 | 7,03 |

Tablo 6. Purequadratic Regresyon Analiz Sonuçları

| HATLAR | Optimizasyon Sonrası Taşıt Sayısı | Puerquadratic Analizine Göre Yeni Değerler | Farklar | Farkların Kareleri | Yüzde Hata Değerleri |
|----------------|-----------------------------------|--|---------|--------------------|----------------------|
| Serinyol | 23 | 22,999 | 0,001 | 0 | 0,006 |
| Alahan | 4 | 3,996 | 0,004 | 0 | 0,111 |
| Özat | 33 | 32,997 | 0,003 | 0 | 0,01 |
| Anayazı | 4 | 3,949 | 0,051 | 0,003 | 1,281 |
| Dikmece | 2 | 2,165 | -0,165 | 0,027 | 8,236 |
| Ovakent | 2 | 2,463 | -0,463 | 0,215 | 23,17 |
| Karaali | 2 | 2,482 | -0,482 | 0,232 | 24,087 |
| Yukarı Harbiye | 16 | 15,996 | 0,004 | 0 | 0,027 |
| Aşağı Harbiye | 7 | 7,027 | -0,027 | 0,001 | 0,389 |
| Döver | 4 | 3,804 | 0,196 | 0,038 | 4,89 |
| Sinanlı | 4 | 3,783 | 0,217 | 0,047 | 5,434 |
| Balıklidere | 3 | 2,285 | 0,715 | 0,511 | 23,831 |
| Gümüşgöze | 12 | 12,024 | -0,024 | 0,001 | 0,203 |
| Bahçeköy | 3 | 3,296 | -0,296 | 0,088 | 9,879 |
| Dursunlu | 3 | 2,62 | 0,38 | 0,144 | 12,656 |
| Değirmenyolu | 4 | 4,114 | -0,114 | 0,013 | 2,86 |

Tablo 7. Analiz Sonuçlarının Karşılaştırması

| | Yapay Sinir Ağları Analiz Sonuçları | Lineer Regresyon Analiz Sonuçları | Purequadratic Regresyon Analiz Sonuçları |
|------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|--|
| Ortalama Karesel Hatalar Değerleri | 25,91 | 4,14 | 0,08 |
| Yüzde Hata Değerleri | 0,2725 | 0,2445 | 0,0731 |
| Korelasyon Değerleri | 0,92 | 0,97 | 0,99 |

Sonuçlar ve Tartışma

Harbiye ve Üniversite Serinyol Bölgesinde, toplu taşıma hatlarının optimizasyonu için öncelikle mevcut durumun verileri toplanmaktadır. Daha sonra mevcut durumun analizleri yapılarak rehabilitasyon önerileri geliştirilmektedir. Mevcut durumda toplu taşıma faaliyetinde 585 taşıt bulunmaktadır. Mevcut durumda, yolcu taşıma kapasitesi yüksek hatlarda düşük yolcu taşıma kapasiteli taşıtların çalıştırıldığı tespit edilmektedir. Kullanılan taşıt kapasiteleri 14+1 ile 21+1 arasında değişmektedir.

Mevcut durumdaki işleticiler 585 adet aracın bakım onarım, amortisman, yakıt, personel, bağ kur vb. giderlerini öderken, dönüşüm sonrasında taşıt sayısı yaklaşık olarak %78,47 azalarak 126 araca düşmekte ve esnaf açısından büyük bir verimlilik elde edilmektedir.

Toplu taşıma hizmetinin verimli ve sürdürülebilir yapıda olması için taşıt sayısının optimum düzeyde olması gerekmektedir. Yapay sinir ağları kullanılarak toplu taşımacılık yapılan güzergâhlarda kullanılan optimum taşıt sayısı tahmin edilmektedir. Bu amaçla 6 adet bağımsız değişken kullanılmaktadır.

Bu bağımsız değişkenlerimiz; mevcut taşıt sayısı, tur sayısı, hat uzunluğu, taşıtların günlük yaptığı toplam kilometre, günlük taşımanın yolcu sayısı ve kilometre başına yolcu sayısıdır.

Bağımlı değişkenimiz, optimizasyon sonrası taşıt sayısı olmak üzere bir tanedir. 16 ayrı hattan alınan verilerle, veri seti oluşturulmaktadır. Toplu taşıma rehabilitasyon çalışmaları sırasında hazırlanan veri seti yapay sinir ağlarında analize tabi tutularak, optimum araç sayısı için istenilen sonuçlar elde edilene kadar deneme yanılma yöntemiyle analizler yapılarak en doğru sonuçlara ulaşıla bilinmektedir.

Eğitim sonucunda; tek gizli katmana, 10 adet nörona, tansig transfer fonksiyonuna, Levenberg-Marquardt eğitim algoritmasına sahip olan model yapay sinir ağlarında en iyi sonuçları vermektedir.

Bu sonuçlara göre, en iyi yapay sinir ağı modeli;

- Korelasyonu 0,92
- Yüzde hataların ortalaması %27,25
- Ortalama karesel hatalar değeri 25,91 olmaktadır.

Yapay sinir ağları modelinin istatistiksel metotlarla karşılaştırılması amacıyla çok değişkenli lineer regresyon modelleri oluşturulmaktadır. Bu amaçla lineer ve purequadratic regresyon modelleri kullanılmaktadır.

Çok değişkenli lineer regresyon yöntemlerinin modellerinde, aynı bağımlı ve bağımsız değişkenler yer almaktadır.

Lineer regresyon analizleri sonucunda;

- Lineer regresyon modelinin korelasyonu 0,97,
- Yüzde hataların ortalaması % 24,45
- Ortalama karesel hatalar 4,14 olmaktadır.

Purequadratic regresyon analiz sonuçlarında ise;

- Korelasyon 0,99,
- Yüzde hataların ortalaması %7,32
- Ortalama karesel hatalar değeri 0,08 olarak hesaplanmaktadır.

Bu sonuçlara göre toplu taşıma rehabilitasyon çalışmalarında purequadratic regresyon yöntemi kullanılarak oluşturulan model yapay sinir ağları ve çok değişkenli lineer regresyon modeline göre daha iyi sonuç vermektedir.

Yapılan bu çalışmada optimum araç sayısının tespit edilmesiyle birlikte;

- Çevre kirliliğinin azaltılması,
- Gürültü kirliliğinin azaltılması,
- Trafik yoğunluğunun azalması,
- Hatların daha verimli hale getirilmesi,
- Ücret politikalarının yeniden düzenlenmesi,
- Toplu taşıma hatlarında güzergâh planlamalarının daha sistematik ve kolay yapılabilmesi,

- Planlanan yeni güzergâhlarla birlikte bireysel araç kullanımının önüne geçilmesi,
- İlk yatırım giderlerinin azalması,
- Bakım onarım giderlerinin azalması,
- Amortisman giderlerinin azalması,
- Personel giderlerinin azalması,
- Akaryakıt giderlerinin azalması öngörülmektedir.

Kaynaklar

- Bora, A.Y., 'Kent içi otobüs taşımacılığında talep tahmini', Eylül 2009, 70 sayfa
- Cansız, Ö.F., Çalışıcı, M., Miroğlu, M.M., 'Use of artificial neural network to estimate number of persons fatally injured in motor vehicle accidents', World Scientific and Engineering Academy and Society (WSEAS), Proceedings of the 3rd International Conference on Applied Mathematics, Simulation, Modelling, Circuits, Systems and Signals, sayfa:136-142 (2009/12/29)
- Cansız, O. F. (2011). Improvements in estimating a fatal accidents model formed by an artificial neural network. *Simulation*, 87(6), 512-522.
- Cansız, Ö.F., Easa, S.M., 'International Journal of Engineering and Applied Sciences 7:1 2011'
- Cansız, Ö.F., Askar, D.D., 'International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS) [Vol-5, Issue-6, Jun- 2018]' <https://dx.doi.org/10.22161/ijaers.5.6.10> ISSN: 2349-6495(P) | 2456-1908(O)
- Cansız, Ö.F., Polat, M.İ., 'International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS) [Vol-5, Issue-5, May- 2018]' <https://dx.doi.org/10.22161/ijaers.5.5.13> ISSN: 2349-6495(P) | 2456-1908(O),
- Demirci, M., Üneş, F., Bahadır, Z. M., Taşar, B., Varçin, H., & Kaya, Y. Z. Determination of Groundwater Level Fluctuations by Artificial Neural Networks.
- Doğan, G., & Özuysal, M. (2017). Toplu ulaşımda bekleme süresini etkileyen faktörlerin incelenmesi: güvenilirlik, yolcu bilgilendirme sistemi ve fiziksel koşullar. *İMO Teknik Dergi*, 28(3), 7927-7954.
- Kalpıkcı, A., (2013). 'Ara toplu taşıma sistemlerinin şehir içi otobüs sistemleri ile entegrasyonu, İzmir Örneği' Temmuz 2013, 171 sayfa
- Tolon, M., Tosunoğlu, N.G., 'Tüketici tatmin verilerinin analizi', Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi 10 / 2 (2008). 247-259
- Üneş, F., Demirci, M., & Kişi, Ö. (2015). Prediction of millers ferry dam reservoir level in usa using artificial neural network. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 59(3), 309-318.
- Üneş, F., & Demirci, M., Taşar, B., Kaya, Y. Z., Varçin, H., Üneş, F., & Demirci, M. (2017). Forecasting of suspended sediment in rivers using artificial neural networks approach. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 4(12).

Comparison of artificial neural networks and multi-variable linear regression techniques in determination of the number of optimum vehicles

Extended abstract

The need for public transportation systems is increasing day by day in our country. In order to meet the need of public transportation, public transportation systems should be integrated and work in high efficiency. There are many public transportation systems in our country. Tire wheeled public transportation systems are the most common public transportation systems in our country. The fact that the initial investment costs are low compared to other public transportation systems and the easiest access of the citizens in terms of accessibility, plays a very important role in the development of the tire wheeled public transportation system. The number of public transport vehicles should be at the optimum level in order to ensure that the public transport facilities are efficient and sustainable. In this study, the number of optimum vehicles to be used in public transportation routes is estimated by using artificial neural networks which are artificial intelligence techniques. For this purpose, 6 independent variables are used. These independent variables are current vehicle number, number of laps, line length, total mileage per day, number of passengers carried per day and number of passengers per kilometer. The dependent variable is the number of vehicles after optimization. With the data obtained from 16 different lines, the data set consisting of these variables is formed. The Levenberg-Marquardt training algorithm was applied to ten neurons with a hidden layer and the tansig transfer function. This model gives the best results. According to these results, the correlation coefficient of the best artificial neural network model is 0,92, the mean of the percent errors is 27,25% and the mean square error is 25,91. In order to compare the artificial neural network model with statistical methods, multivariable linear regression models are formed. linear and purequadratic regression types are used for this purpose. The models of multivariable linear regression methods have the same dependent and independent variables. As a result of regression analysis, the correlation coefficient of linear regression model is 0.97, the mean of percent error is 24.45% and the mean square error is 4.14. In the

Pure quadratic regression model, the correlation coefficient is 0.99, the mean of percent error is 7.32% and the mean square error is 0.08. Pure quadratic regression model is better than artificial neural networks and linear type of multivariable linear regression model. Based on the results obtained, it is also possible to predict the needs of vehicles in the future. With the estimation of the need for vehicles, there will be no need to purchase excess vehicles. In other words, the initial investment cost is thought to decrease. Another importance of the optimal number of vehicles indicates that there will be no more vehicles in the field. The most important advantages of this situation are reduction of traffic density, environmental and noise pollution. In addition, due to the lack of surplus vehicles, the initial investment and operating costs will be less, so the wage policies will be prevented to increase.

With the re-determination of wage policies in public transport vehicles, it is aimed to increase the use of public transportation. In the future, further studies should be developed and other parameters affecting the optimum number of vehicles should be taken into consideration.

Keywords: Public transportation, Number of optimum vehicle, Artificial neural networks, Analysis of regression