



İSKENDERUN TEKNİK

ÜNİVERSİTESİ

MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Mahmut GÜVEN

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

**YÜKSEK
LİSANS
TEZİ**

**İSTANBUL BOĞAZ KÖPRÜLERİNİN
GELİRLERİNİN TAHMİN
EDİLMESİ**

Mahmut GÜVEN

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

HAZİRAN 2020

HAZİRAN 2020



**İSTANBUL BOĞAZ KÖPRÜLERİNİN GELİRLERİNİN TAHMİN
EDİLMESİ**

Mahmut GÜVEN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HAZİRAN 2020

Mahmut GÜVEN tarafından hazırlanan “İSTANBUL BOĞAZ KÖPRÜLERİNİN GELİRLERİNİN TAHMİN EDİLMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile İskenderun Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ömer Faruk CANSIZ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....
.....

Başkan: Prof. Dr. Umur Korkut SEVİM

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....
.....

Üye: Prof. Dr. Fatih ÜNEŞ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....
.....

Üye: Doç. Dr. Talha EKMEKYAPAR

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Gaziantep Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....
.....

Tez Savunma Tarihi: 23/06/2020

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Tolga DEPCİ
Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

İskenderun Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Yükseköğretim Kuruluna gönderilen kopya ile tarafından Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü'ne verilen basılı ve/veya elektronik kopyaların birebir aynı olduğunu,
- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

İmza
Mahmut GÜVEN
23/06/2020

İSTANBUL BOĞAZ KÖPRÜLERİNİN GELİRLERİNİN TAHMİN EDİLMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Mahmut GÜVEN

İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2020

ÖZET

İstanbul ili Türkiye'nin en kalabalık şehridir. Şehrin genişlemesi ile birlikte iki yaka arasındaki geçiş ihtiyacı da artmaktadır. Artan ihtiyaçlara bağlı olarak İstanbul şehrinde 3 adet köprü yapılmıştır. Bu köprülerden geçen araç sayısına bağlı olarak gelirlerin tahmin edilmesi gelecekte yapılacak ulaştırma yatırımlarının planlanmasında büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada İstanbul Boğazı'nda bulunan 15 Temmuz Şehitler Köprüsü ve Fatih Sultan Mehmet Köprüsü'nden geçen araçlara bağlı olarak gelir tahmin modelleri oluşturulmaktadır. Bu çalışmada kullanılan analiz yöntemleri yapay sinir ağları (YSA) ve çok değişkenli lineer regresyon (MLR) yöntemleridir. Bu analizlerde nüfus, dolar kuru, net asgari ücret, toplam gider ve köprüden geçen toplam araç sayısı değişkenlerine bağlı olarak yıllık gelir hesaplanmaktadır. MLR modelinin lineer metodunun sonuçlarına bakıldığında korelasyon katsayısı (R) 0,9746, hataların karelerinin ortalaması (HKO) değeri 603047344915727 ve yüzde hataların ortalaması (YHO) değeri ise %8,51 olarak hesaplanmaktadır. İnteraction metodunun sonuçlarına bakıldığında R değeri 1,00, HKO değeri $1,2 \cdot 10^{-11}$ ve YHO değeri ise $4 \cdot 10^{-12}$ olarak hesaplanmaktadır. Purequadratic metodunun sonuçlarına bakıldığında R değeri 0,9956, HKO değeri 106006178076566 ve YHO değeri ise %3,52 olarak hesaplanmaktadır. YSA ile yapılan analizler sonucunda, 14 nörona, tansig transfer fonksiyonuna, Levenberg-Marquardt eğitim algoritmasına sahip olan model en iyi sonucu vermektedir. Bu sonuçlara göre elde edilen R değeri 0,9649, YHO değeri %9,6665 ve HKO değeri ise 923528331783739 olarak hesaplanmaktadır. Bu sonuçlara göre R,HKO ve YHO kriterlerine bağlı olarak en iyi sonucu veren yöntem çok değişkenli lineer regresyon yöntemidir.

Anahtar Kelimeler : Çok değişkenli lineer regresyon, yapay sinir ağları, köprü gelirleri
Sayfa Sayısı : 32
Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Ömer Faruk CANSIZ

ESTIMATING THE REVENUES OF ISTANBUL BOSPHORUS BRIDGES

(M. Sc. Thesis)

Mahmut GÜVEN

ISKENDERUN TECHNICAL UNIVERSITY
ENGINEERING AND SCIENCE INSTITUTE

June 2020

ABSTRACT

Province of Istanbul is Turkey's most populous city. With the expansion of the city, the need for a transition between the two sides increases. Depending on the increasing needs, 3 bridges were built in the city of Istanbul. Depending on the number of vehicles passing through these bridges, estimating revenues is of great importance in planning future transportation investments. In this study, income prediction models are created depending on the vehicles passing through the July 15 Martyrs Bridge and Fatih Sultan Mehmet Bridge in the Bosphorus. The analysis methods used in this study are artificial neural networks (ANN) and multivariate linear regression (MLR) methods. In these analyzes, annual income is calculated based on the variables of population, dollar rate, net minimum wage, total expense and total number of vehicles crossing the bridge. When the results of the linear method of the MLR model are analyzed, the correlation coefficient (R) is 0.9746, mean squares of errors (MSE) value is 603047344915727 and mean percent of errors (MPE) is calculated as 8.51%. Considering the results of the Interaction method, R value is calculated as 1.00, MSE value is $1.2 \cdot 10^{-11}$ and MPE value is calculated as $4 \cdot 10^{-12}\%$. Looking at the results of the Purequadratic method, R value is calculated as 0.9956, MSE value is 106006178076566 and MPE value is calculated as 3.52%. As a result of the analysis made with ANN, the model with 14 neurons, tansig transfer function, Levenberg-Marquardt training algorithm gives the best results. According to these results, the R value obtained is calculated as 0.9649, MPE value is 9.6665% and the value of MSE is calculated as 923528331783739. According to these results, the method that gives the best results depending on R, MSE and MPE criteria is multivariate linear regression method.

Key Words : Multivariate linear regression, artificial neural networks, bridge revenues
Page Number : 32
Supervisor : Assist. Prof. Dr. Ömer Faruk CANSIZ

TEŐEKKÖR

Yüksek Lisans tez konusunun belirlenmesinde, araştırılması ve yazımı sırasında sahip olduğu bilgi birikimi ve tecrübesi ile çalışmayı yönlendiren ve her türlü yardımı esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam Dr.Öğr.Üyesi Ömer Faruk CANSIZ' a sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. 15 Temmuz Şehitler Köprüsü	2
1.2. Fatih Sultan Mehmet Köprüsü	2
1.3. Yavuz Sultan Selim Köprüsü	3
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	11
3.1. Çalışmanın Amacı.....	11
3.2. Bulanık Mantık	12
3.3. Çok Değişkenli Lineer Regresyon (MLR)	14
3.4. Yapay Sinir Ağları (YSA).....	15
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	17
4.1. Çok Değişkenli Lineer Regresyon İle Gelirin Tahmin Edilmesi	17
4.2. Yapay Sinir Ağları İle Gelirin Tahmin Edilmesi.....	18
4.3. Bulanık Mantık İle Gelirin Tahmin Edilmesi.....	19
4.4. Otoyol ve Köprü Geliri Tahmin Modellerinin Karşılaştırılması	21

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	22
KAYNAKLAR	23
ÖZGEÇMİŞ	26



ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Bağımsız değişkenlerin çapraz korelasyon değerleri	11
Çizelge 3.2. Köprü Yıllık gelir tahmininde kullanılan veriler (TÜİK, KGM).....	12
Çizelge 4.1. Veri setinde kullanılan değerler	18
Çizelge 4.2. Yavuz Sultan Selim Köprüsü'ne ait değerlerinin bulunmadığı veri seti....	19
Çizelge 4.3. Köprü yıllık gelir tahmini için MLR metotların karşılaştırması	20
Çizelge 4.4. Otoyol ve köprü geliri tahmini için modellerin karşılaştırması	24



ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. SMGRT formüllerindeki değişkenlerin gösterimi	11
Şekil 3.2. Yapay Sinir Ağı Hücresi.....	15
Şekil 4.1. Köprü gelir tahmini için YSA model görünümü.....	18
Şekil 4.2. Köprü gelir tahmini için YSA modelinin performans ve eğitim görünümü ..	19
Şekil 4.3. Köprü gelir tahmini için YSA modelinin regresyon katsayısı grafiği.....	19
Şekil 4.4. Otoyol ve köprü gelir tahmininde bulanık model ve üyelik fonksiyonlarının görünümü	20
Şekil 4.5. Otoyol ve köprü gelir tahmininde bulanık modelin kural tablosu.....	20
Şekil 4.6. Otoyol ve köprü gelir tahmininde bulanık modelin yarı sayılı saçılım grafiği.....	20

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar

YSA

MLR

HKO

OYH

R

BFY

SE

SDSST

TÜİK

KGM

MF

FR

Açıklamalar

Yapay Sinir Ağları

Çok Değişkenli Lineer Regresyon

Hataların Karelerinin Ortalaması

Ortalama Yüzde Hata

Korelasyon Katsayısı

Birim Fiyat Yöntemi

Smeed Denklemi

Kesme Deformasyonu Sığ Kabuk Teorisi

Türkiye İstatistik Kurumu

Karayolları Genel Müdürlüğü

Üyelik Fonksiyonları

Bulanık Kurallar

1. GİRİŞ

İstanbul, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)'nin 2019 yılı değerlerine göre 15519267 kişi nüfusuna sahip, ülkenin en kalabalık şehri olarak bilinmektedir. Türkiye nüfusunun %18,66'sını kapsamaktadır. Şehir, Avrupa kıtası ve Asya kıtasını birbirine bağlayan, Çatalca ve Kocaeli Yarımadaları üzerinde bulunmaktadır (Alparslan ve ark., 2015). İstanbul Boğazı, Marmara Denizi ve Karadeniz arasında köprü görevi oluşturmaktadır. Çatalca Yarımadası'nın doğu tarafında ve Marmara Denizi'nden kaynaklı oluşan girinti, Haliç olarak isimlendirilir ve bu durum Galata ve Sarayburnu bölgesini birbirinden ayırmaktadır. Şehri ikiye ayıran denizin yarattığı Boğaz ve Haliç, küresel ticaret ve savunma konusunda önemli fırsatlar yaratırken, bu oluşumların şehre getirdiği güzellikler ile de yıllar boyunca şehri ziyarete gelenleri kendisine hayran kılmıştır (Alparslan ve ark., 2015).

İstanbul Boğazı, Aysa ve Avrupa kıtalarını birbirine bağlamasından dolayı merkezî bir konumdadır. İstanbul Boğazı ticaret, hammadde akışı, güç dengeleri ve küresel ve bölgesel güvenlik stratejileri bakımından çok önem arz etmektedir (Davutoğlu, 2013). İstanbul'daki Boğaz kullanılarak Marmara Denizi veya Karadeniz'den geçiş yapan gemileri kontrol altına alabileceği önemli bir konuma sahiptir (Bozlaşan, 2012). İstanbul şehri üstünde hâkimiyet kurmuş olan yıllar boyunca, boğaz giriş-çıkış kontrolünü elinde tutan tüm devletler kazanç ve önemli bir güç elde etmişlerdir.

1936 yılında imzalanan Montrö Sözleşmesi gereğince, denizyolu ulaşımı ile sağlanan geçişlerden, giriş-çıkış ücreti almak mümkün değildir. Bu durum göz önüne alındığında, Boğaz'dan sadece demiryolu ve karayolu geçişleri ile gelir elde etmek mümkün olmaktadır. Su yatağı üzerine inşa edilen köprülerde; suyun akıntısı, köprü ayaklarının yerleştirilmesi ve inşası vb. zorlayıcı etkenler karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle, köprü yapımında belirli bir seviyeye gelindikten sonra açıklığı fazla olan ve köprü ayak sayısı fazla olan, asma (kemer) köprüler inşa edilmeye başlanmıştır (Tezer, 2013). İstanbul Boğazı'nı köprülerle geçme fikri çok öncelere dayansa da, bahsi geçen etkenler geçilemediğinden uzun bir süre zarfı boyunca gerçekleştirilememiştir. İstanbul şehri coğrafi yapısından dolayı Haliç ve İstanbul Boğazı, ulaşım ağını aksatan ve geçilmesi mecburi olan iki engel olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu iki engelin bir köprü ile geçilmesi, bazı nedenlerden dolayı ancak yakın zamanda mümkün olmuştur.

Bu tez çalışmasının giriş bölümünde çalışmanın tanımı ve amacı açıklanmış, İstanbul boğazı ve köprüler hakkında detaylı bilgiler verilmektedir. Materyal ve Yöntem bölümünde otoyol ve köprü geliri tahmininde kullanılan veriler verilmiş, analizlerde kullanılan yöntemlerden bahsedilmiştir. Araştırma Bulguları ve Tartışma bölümünde, yapılan analizler açıklanmış ve elde edilen değerler kıyaslanarak değerlendirilmiştir. Tez çalışmasının son bölümünde ise yapılan analizler sonucunda elde edilen veriler kıyaslanmış ve kullanılan yöntemler arasında hangisinin daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenerek anlatılmıştır.

1.1. 15 Temmuz Şehitler Köprüsü

İstanbul şehrindeki Boğaziçi Köprüsü, resmi adı ile 15 Temmuz Şehitler Köprüsü; Marmara Denizi ve Karadeniz arasında köprü görevi gören boğazda bulunan köprülerden bir tanesidir. Bu köprünün başlangıç ve bitiş noktası sırası ile Avrupa yakasında Ortaköy’de, Anadolu yakasında ise Beylerbeyi semtinde yer almaktadır.

Boğazda yapılan ilk köprü olmasından dolayı millet arasında Birinci Köprü olarak da bilinen Boğaziçi Köprüsü, şehrin her iki yakası arasında karayolu ulaşımını sağlamaktadır. 20.02.1970 tarihinde inşasına başlanan Boğaziçi Köprüsü, 30.10.1973 tarihinde, o dönemin Cumhurbaşkanı olan Fahri Korutürk tarafından Türkiye Cumhuriyeti'nin kuruluşunun 50. yıldönümüne ithafen devlet töreni eşliğinde hizmete açmıştır. 26.07.2016 yılında köprünün resmî adı, 2016 yılında Türkiye’de meydana gelen askerî darbe girişimi sonrasında, köprüde yaşamını yitiren vatandaşlara ithafen 15 Temmuz Şehitler Köprüsü olarak değiştirilmesi uygun görülmüştür.

15 Temmuz Şehitler Köprüsü, 6 trafik şeridine sahip, toplam 1560 m uzunluğa sahiptir. Köprünün başlangıç noktasında bulunan Ortaköy’deki Viyadük 231 m ve bitiş noktasında bulunan Beylerbeyi’ndeki Viyadük ise 255 m yüksekliğe sahiptir. Köprünün ayakları arasındaki mesafe 1074 m’dir. Köprünün orta açıklıktaki denizden seviyesinden yüksekliği de 64 m’dir.

1.2. Fatih Sultan Mehmet (FSM) Köprüsü

FSM Köprüsü; İstanbul’da Hisarüstü ve Kavacık arasında, Anadolu ve Avrupa Yakası’nı birbirine bağlayan ikinci köprüdür. Köprünün yapımına 04.01.1986 yılında başlanmıştır. 15

Temmuz Şehitler Köprüsünden yaklaşık 5 km kuzeydedir. Ankraj blokları arasındaki uzunluk 1510 m, orta açıklığı 1090 m ve 15 Temmuz Şehitler Köprüsü'nden 16 m daha uzundur. Köprü genişliği 39 m ve denizden yüksekliği denizcilik standartlarına uygun ve 15 Temmuz Şehitler Köprüsü'nde olduğu 64 m'dir. İnşaata 04.01.1986 tarihinde inşasına başlanmış ve günümüz şartlarında hala Dünya'da çelik olarak en büyük kemer köprüleri arasında 14. sıradadır. Bu köprü projesi 03.07.1988 yılında dönemin Başbakanı olan Turgut Özal tarafından hizmete açılmıştır.

Köprü'nün proje kısmına ait hizmetleri; Boğaziçi Teknik Müşavirlik (BOTEK) A.Ş. firması, İngiliz Freeman, Fox ve Partners firması tarafından üstlenmiştir. Köprü'nün yapımını ise; STFA, Mitsubishi Heavy Industries Ltd., Japon Ishikawajima Harima Heavy Industries Co. Ltd. ve Nippon Kokan K. K. Şirketlerin bir araya gelerek oluşturduğu şirketler birliği ile 125 milyon dolar gibi bir bütçe karşılığında üstlenmişlerdir. Köprü'nün projelendirilme aşamasında standart yükler dışında zırhlı araç ve treyler gibi araçların da geçilebileceği göz önüne alınmıştır.

1.3. Yavuz Sultan Selim Köprüsü

Yavuz Sultan Selim Köprüsü veya Üçüncü İstanbul Boğaz Köprüsü olarak ta adı geçen bu köprü, İstanbul Boğazı'nda yapılan üçüncü asma köprüdür. Bu köprü ismini ilk Osmanlı halifesi olan ve dokuzuncu unvanına sahip I. Selim'e ithafen verilmiştir. Köprü'nün bulunduğu güzergâh Anadolu Yakası'nda bulunan Poyrazköy ile Avrupa Yakası'nda bulunan Garipçe arasında yer almaktadır.

Köprü, 2 tane 4 şeritli yola sahip olmak ile birlikte, köprüde 2 tane yüksek hızlı demiryolu hattı bulunmaktadır. Bu köprü'nün yüksekliği 15 Temmuz Şehitler ve FSM Köprüsü gibi 64 m yüksekliğe sahiptir. Köprü genişliğinin 59 m olması kendi türündeki diğer köprüler arasında dünyanın en geniş köprüsüdür. 322 m kule boyu ile askılı köprü sınıfında dünyanın en yüksek, bütün köprü sınıfları arasında ise 2. en yüksek köprü kulesine sahip asma köprüsüdür. 1408 m ana açıklığa sahip ve üzerinde demiryolu ağı bulunan en uzun bütün asma köprü türleri arasında 9. sırada yer almaktadır. İnşasına Mayıs 2013 yılında başlanmış ve 8,5 milyar lira karşılığında 27 ay gibi bir sürede inşa edildikten sonra 2016 yılının Ağustos ayında hizmete açılmıştır.

Yapılan bu tez çalışmasında İstanbul Boğazı'nda bulunan Yavuz Sultan Selim Köprüsü 2016 yılında faaliyete geçmesinden dolayı veri setine dâhil edilememektedir. Bunun sebebi bu köprüye ait verilerin oluşturulamamasıdır. Bu çalışmada kullanılan veriler boğazda bulunan 15 Temmuz Şehitler Köprüsü ve Fatih Sultan Mehmet Köprüsü'ne aittir.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Cansız ve ark. (2019) bu çalışmada köprülerden geçen araç sayısı tahmini yapılmıştır. Bunun için İstanbul Boğazı'nda bulunan 15 Temmuz Şehitler Köprüsü ve Fatih Sultan Mehmet Köprüsü verileri kullanılmıştır. Oluşturulan analiz modelleri regresyon ve YSA'dır. Yapılan analizler korelasyon katsayısı (R), yüzde hataların ortalaması (YHO) ve hataların karelerinin ortalaması (HKO) kriterleri dikkate alınmıştır. Analizler sonucunda hesaplanan değerler göz önüne alındığında çok değişkenli lineer regresyon modelleri, YSA modeline göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Uğur ve ark. (2011), bu çalışmada yığma yapılarına ait inşaat maliyetlerinin YSA yöntemi ile tahmini amaçlanmıştır. YSA analizi için uygulama konusunda genellikle karşılaşılan şekilde bir yığma yapı projesi hazırlanmıştır. Yapılan projeye benzer mimari yapıya sahip ve farklı boyutlarda 21 tane proje daha hazırlanmıştır. Her proje için metrajlar çıkarılarak, Bayındırlık Bakanlığına ait birim fiyat listesi kullanılarak inşaat maliyet değerleri hazırlanmıştır. YSA modelinde yapı alanı, yapı dış boyutları ve temel yapı karakteristikleri bağımsız değişkenleri oluştururken; inşaat maliyeti ise bağımlı değişken olarak kullanılmıştır. Yapılan analizler sonrasında Yapılan analizler sonucunda %5'lik bir hata payıyla kabul görülecek düzeyde maliyet değerleri elde edilmiştir.

Cansız ve Easa (2011), bu çalışmanın amacı, yapay sinir ağı yöntemleri kullanılarak dikey eğrilerle birleştirilmiş yatay teğetlerde çarpışma sıklığını tahmin etmektir. Önerilen YSA modelleri mevcut regresyon modelleri ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, YSA modelleri çarpışma sıklığını tahmin etmek için istatistiksel modellerden daha iyi istatistiksel performanslara sahiptir. Bu makalede sunulan YSA modelleri, yatay teğetler üzerindeki 3B hizalama öğelerinin güvenlik üzerindeki etkilerini değerlendirmek için önerilmektedir.

Bahadır (2013), bu çalışmada 2011 yılına ait 100 adet farklı işe ait proje verilerini kullanmıştır. Oluşturduğu YSA modelinde bu projelerden 80 tanesi ile ağı eğitmiş ve 20 tanesi ile de test etmiştir. Projelerin yapı yüksekliği, nakliye giderleri, metraj bilgileri ve m² başına malzeme fiyatları bağımsız değişken olarak kullanmıştır. YSA modelinin performans değerlendirme kriteri olarak Ortalama Mutlak Yüzde Hata (OMYH) kullanmıştır. Yapılan analizler sonrasında en iyi sonucu veren YSA modeli 11 adet nöronu bulunan tek katman ve

çıktıdan oluşan, transfer fonksiyonu olarak sigmoid kullanılan model seçilmiştir. 20 tane test veri setine ait en iyi YSA modelinde ise OMYH değeri sonucu %4,10 olarak bulunmuştur. Aynı veriler ile regresyon analizi de yapılmış ve OMYH değeri %38,87 olarak elde etmiştir. YSA ve regresyon analizi yöntemleri ile yapılan analizlerde belirlenen hata değerleri göz önüne alındığında YSA modeli daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Cansız ve ark. (2019) bu çalışmada demiryollarına ait enerji tüketimi değerlerinin tahmini yapılmıştır. Çalışmada kullanılan veriler TÜİK ve Enerji Bakanlığı'na ait 2005-2016 yılları arasındaki değerlerdir. Kullanılan bağımsız değişkenler; mevcut hat uzunlukları, lokomotif sayısı, tren-km, yolcu sayısı, yolcu-km, taşınan yük miktarı ve yük-km değerleridir. Çalışma sonucunda elde edilen değerler göz önüne alındığında YSA metodu lineer regresyon metodlarına göre daha iyi sonuçlar verdiği ortaya konulmuştur.

Göktepe ve ark. (2011), bu çalışmada esnek üstyapı katmanlarındaki mekanik özelliklerin FWD verileri ile yapay zekâ yöntemlerinin kullanımı ile ilgili detaylı bilgiler verilmiş ve YSA yardımı ile bir problem çözülerek sonuçları tartışılmıştır. Oluşturulan YSA modelinin eğitimi için gerekli olan veri seti sonlu elamanlar yöntemi ile elde edilmiştir. Esnek üstyapı bakım-onarım maliyetleri konusunda çalışsan ulaştırma mühendislerine yeni bir bakış açısı sunulması amaçlanmıştır.

Cansız ve Kılıç (2019) yapılan bu çalışmada Amerika ülkesinde oluşan trafik kaza sayısı tahmini yapılmıştır. Analizler için logaritmik regresyon ve çok değişkenli lineer regresyon metodları kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucu hataların karelerinin ortalaması (HKO), korelasyon katsayısı (R) ve yüzde hataların ortalaması (YHO) kriterleri göz önüne alınarak kıyaslama yapılmıştır. Kıyaslamalar sonucunda çok değişkenli lineer regresyon metodlarından biri olan quadratic regresyon metodu diğer metotlara ve logaritmik regresyon metoduna göre daha iyi sonuçlar verdiği ortaya konmuştur.

Yılmaz ve ark. (2016), bu çalışmasında sınırlı bakım ve onarım maliyetlerinin etkin bir şekilde kullanımını sağlamak için, yaklaşık maliyet, onarımın tipi, işin yapıldığı ihale tarihi, idare, il ve işin bitiş süresi gibi parametreler etkisinde ihale maliyetinin tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Analizler için bir kamu kuruluşunun 2015 yılında gerçekleştirdiği 211 ihaleye ait veriler ile regresyon analiz yöntemi kullanılarak ihale maliyet değerleri tahmin edilmeye çalışılmıştır. Veriler YSA yöntemiyle de test edilerek karşılaştırma yapılmıştır.

Demirel (2007), bu çalışmada Türkiye Konut Yapı Kooperatifleri Birliği tarafından inşa edilen konut maliyetlerinin YSA modeli oluşturularak tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Bu konutların projeleri göz önünde bulundurularak hesaplanan; tip kat alan değerleri, yapı yükseklikleri ve toplam dış cephe alan değerleri YSA modelinde bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. YSA modeline hesaplatılan maliyet tahmin sonuçları, regresyon analizi ve Birim Fiyat Yöntemi (BFY) ile yapılan analizler ile karşılaştırma yapılmış ve YSA modelinin sağlamış olduğu performans değerlendirilmiştir. YSA modelinin her iki yöntemle göre daha az hata ile iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Cansız ve ark. (2017), yapılan çalışmada Emniyet Genel Müdürlüğü ve TÜİK'ten alınan veriler kullanılmıştır. Bu veriler ile regresyon ve YSA yöntemleri kullanılarak yaralı sayısı için tahmin modelleri oluşturulmuştur. Ele alınan bu çalışmada bağımsız değişken olarak sürücü sayısı, nüfus, taşıt sayısı ve taşıt-km verileri kullanılırken, bağımlı değişken olarak ise yaralı sayısı kullanılmıştır. Bu değişkenler kullanılarak YSA ve regresyon modelleri oluşturulmaktadır. Oluşturulan modeller analiz edilmiştir. Analizler sonucunda YSA modeli regresyon modeline göre daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir.

Çalışıcı ve ark. (2017) bu çalışmada modifiye bitümden elde edilen Marshall Stabilite ve Akma Testi sonuçlarının regresyon ve YSA metotları ile tahmin modelleri oluşturulmuştur. Çalışmada kullanılan veri seti önceden laboratuvarında yapılan 51 adet deneye aittir. Regresyon ve YSA yöntemleri ile daha önceden üzerinde TFOT, viskozite, penetrasyon, yumuşama noktası, düktilite ve Marshall testleri uygulanan numunelerin test sonuçlarının girdi ve çıktı değişkenleri göz önüne alınarak modeller oluşturulmuş ve deney sonucunda elde edilen marshall stabilite değerleri tahmin edilmeye çalışılmıştır.

Bouabaz ve Hamami (2008), bu çalışmada gelişmekte olan ülkelerde köprülerin onarımı ve bakımı için daha doğru bir tahmin modelinin geliştirilmesine odaklanarak bir YSA modeli oluşturulmaktadır. 40 farklı projenin verilerinden yola çıkarak oluşturdukları ve gerçek değerler ile tahmin değerleri arasında %96 gibi bir yüksek doğruluk değerine ulaşan bu yapay sinir ağ modeli elemental ve parametrik modellere kıyasla erken aşamada maliyet tahmini gibi birtakım belirsizliklerden kaynaklanan problemleri çözmek için uygun bir model olabilmektedir.

Cansız ve ark. (2009), bu çalışmada nüfus ve motorlu taşıtlar kullanılarak motorlu taşıt kazalarında ölümcül yaralananların sayısını tahmin etmek için bir YSA modeli geliştirmişlerdir. YSA modelini oluşturmak için, YSA modelinin farklı transfer fonksiyonları, farklı nöron sayısı ve farklı eğitim algoritmaları ile ayrı ayrı tasarlanması sonucunda 14 nöronlu, Tansig transfer fonksiyonlu ve Levenberg-Marquardt (LM) eğitim algoritmali modelin test verilerinin en iyi değerleri verdiği görülmüştür. Çalışma içinde oluşturulan YSA modelinin tahminlerinin Revize Smeed Denklem (RSE) sonuçları ile karşılaştırılmasının sonuçları YSA modelinin motorlu araç kazalarında ölümleri tahmin etmede uygun bir yaklaşım olduğunu göstermektedir.

Xiao-chen ve ark. (2010), BP sinir ağına dayalı olarak, bu makale karayolu mühendisliğinin maliyet tahmini modelini oluşturmaktadır. BP sinir ağı modeli, gerçek hızlı maliyet tahmini yapmak için gerçekleştirilen bazı tipik mühendislikten elde edilen örnek verilerle eğitilmiştir. Yöntemin pratik olduğundan ve tahmin sonuçlarının birçok örneğe göre güvenilir olduğundan emin olunmuştur. BP Sinir Ağı'nın inşaat mühendisliğinin maliyet tahmininde gelecek vaat eden perspektifini göstermektedir.

Cansız ve ark. (2018) bu çalışmada 2002-2016 yılları arasına ait veri seti kullanılarak ölü sayısı tahmini yapılmıştır. Çalışmada kullanılan yöntem YSA ve regresyon analizi yöntemidir. Bu sonuçlara göre yapay sinir ağları kullanılarak oluşturulan model, çok değişkenli lineer regresyon yönteminden daha iyi sonuçlara ulaşıldığı görülmüştür.

Hamzaçebi ve Kutay (2013), bu çalışmada elektrik enerjisi tüketimi verileri kullanılarak tahmin modeli oluşturmak için YSA yönteminin kullanılması araştırılmıştır. YSA metodu sonucu elde edilen değerler, Box-Jenkins yöntemine ait modeller ve regresyon analizi ile karşılaştırma yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar YSA modelinin elektrik enerjisi tüketimi için iyi bir tahmin yöntemi olduğu gösterilmiştir.

Cansız ve ark. (2018) bu çalışmada karayollarına ait yıllık bakım ve işletme maliyetinin tahmini için modeller oluşturulmuştur. Yıllık maliyeti etkileyebilecek toplam 43 adet değişkenin 2006 ile 2017 yılları arasındaki verileri kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda elde edilen YSA modelinin hataların karelerinin ortalaması, ortalama yüzde hata ve korelasyon değerleri sırasıyla 0.005, %2,27 ve 0,98 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre YSA modeli ile başarılı bir şekilde tahmin ettiği gözlemlenmiştir.

Elbeltagi ve ark. (2014), bu çalışmanın amacı, karar vericileri Libya'daki otoyol inşaat projelerinin kavramsal maliyetini tahmin etmede desteklemektir. Başlangıçta, karayolu inşaatını önemli ölçüde etkileyen faktörler tanımlanmıştır. Daha sonra, maliyeti tahmin etmek için yapay bir sinir ağı modeli geliştirilmiştir. Ağ, toplam 67 proje geçmiş verisi ile eğitilmiş ve test edilmiştir. Modelin eğitimi geri yayılma algoritması ile yapılmıştır. Sinir Ağı modeline, öngörülen maliyetin hatasını en aza indirmek amacıyla bir optimizasyon modülü de eklenmiştir. Daha sonra model doğrulanıp sonuçlar Libya'daki otoyol projelerinin kavramsal maliyetinin daha iyi tahminlerini göstermiştir.

Cansız ve ark. (2018) bu çalışmada, toplu taşıt sayısının belirlenmesinde YSA ve regresyon yöntemleri kullanılmıştır. Veri seti 16 ayrı hattan alınan verilerle oluşturulmuştur. Analizler sonucunda elde edilen değerler doğrultusunda purequadratic regresyon yöntemi kullanılarak oluşturulan model YSA ve çok değişkenli lineer regresyon modeline göre daha iyi sonuç vermektedir.

Cansız (2011), Smeed Denklemi (SE), nüfusun bağımsız değişkenleri ve araç sayısı ile ölü sayısının bağımlı değişkeninden oluşan kazaların ölü sayısının tahminini geliştirmek için kullanılan ilk modeldir. Bu çalışmada, SE'deki nüfus değişkeni sürücü sayısı ile değiştirilmiştir. İlk olarak, SE, ABD verileri için uygun hale getirilir ve Revize Edilmiş SE elde edilir. Daha sonra, katsayılar, sürücülerin sayısının nüfusla değiştirilmesiyle tekrar hesaplanır ve Geliştirilmiş SE elde edilir. Daha sonra, hem değişken nüfus gruplarında hem de sürücü sayısında Yapay Sinir Ağı (YSA) modelleri oluşturulur. Girdileri araç ve sürücü sayısı olan en iyi YSA modelinde 19 nöron, tan-sig transfer fonksiyonu ve Levenberg-Marquardt eğitim algoritması bulunmaktadır. Sonuç olarak, sürücü değişkeni sayısının nüfusla değiştirilmesi, araç kazalarında ölü sayısının tahmin edilmesine katkıda bulunmaktadır.

Cansız ve ark. (2020) bu çalışmada köprü gelirlerinin tahmini için YSA metodu ve çok değişkenli lineer regresyon metodu kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan bağımsız değişkenler; nüfus, dolar kuru, net asgari ücret, toplam gider ve köprüden geçen toplam araç sayısı değişkenleridir. Analizler korelasyon katsayısı (R), hatalarının karelerinin ortalaması (HKO) ve yüzde hatalarının ortalaması (YHO) kriterleri baz alınarak yapılmıştır. Elde edilen analiz sonuçlarına göre R, HKO ve YHO değerlerine bağlı olarak en iyi sonucu veren metot çok değişkenli lineer regresyon metodu olduğu gözlemlenmiştir.

Bayata ve Hattalođlu (2011), Bu çalıřmada 1974–2007 tarihleri arasında kalan kaza sayıları ve ceza alan sűrűcű sayıları ile bir veri seti oluřturularak, regresyon analizi ve YSA yűntemi ile modeller oluřturulmuřtur. Ceza alan sűrűcű sayılarının artıř gűstermesi, kaza sayısında herhangi bir azalma olmadıđı aksine artıř olabildiđi tespit edilmiřtir. Analizler sonucunda, YSA modelinin, regresyon yűntemine gűre regresyon katsıyı (R^2) deđeri ve ortalama karesel hatanın daha iyi olduđu gűzlemlenmiřtir.

Cansız ve ark. (2017) bu çalıřmada marshall deneyi sonucunda elde edilen deđerleri için tahmin modelleri incelenmiřtir. Marshall stabilite testinin asfalt bađlayıcının deđiřen kimyasal özelliklerinden dolayı her malzeme alımından sonra yeniden yapılması gerekliliđi oluřmaktadır. Bu amaç ile istatistiksel yűntemlerden farklı regresyon modelleri oluřturulmuřsa da istenilen seviyeye ulařılamamıřtır. Karmařık problem çözmede oldukça bařarılı olan YSA modelinin kullanım alanı giderek artmaktadır. Bu alıřmada KGM 5. Bűlge tarafından önceden yapılmıř olan 729 Marshall deneyi veri seti kullanılmıřtır. Analizler için regresyon analizi ve YSA metodu kullanılmıřtır. Regresyon modellerinde veri setinin tamamı kullanılırken, YSA'da veri setinin %40'ı eđitim bűlűműne, %30'unu dođrulama ve geriye kalan %30'luk kısmı da test bűlűmű için ayrılmıřtır. Sonuç olarak YSA, stabilite deđerlerinin tahmininde regresyon analizine gűre daha iyi sonuçlar verdiđi gűzlemlenmiřtir.

Alqahtani ve Whyte (2016), bu çalıřmanın amacı iyileřtirilmiř dođruluk için bina projelerinin iřletme maliyetini tahmin etmek için regresyon ve YSA yűntemlerinin performansını karřılařtırmaktır. Bu iki modelin iřletme maliyetini tahmin etmede performansını test etmek için 20 bina projesi veri seti kullanılmıřtır. Maliyet açısından önemli kalemler kavramı, tahmine yardımcı olarak önemli olarak tanımlanmaktadır. Ek olarak, regresyon modellemedeki önemsiz faktűrleri ortadan kaldırmak için ařamalı bir teknik kullanılmıřtır. YSA'ların performansında maliyet faktűrlerinin önemini belirlemek için bir bađlantı ađırlıđı yűntemi uygulanmıřtır. Sonuçlar, belirleme katsayısının deđerinin ANN modelleri için %99,75 olduđunu ve çoklu regresyon modelleri kullanılarak %98,1'lik bir deđer olduđunu gűstermektedir. İkincisi, bir test ařamasında ANN'ler için ortalama yűzde hatası 0,179 bu, 1,28 çoklu regresyon modellemesi yoluyla kazanılan ortalama yűzde hatasınınkinden daha azdır. Ŭűncű olarak, ortalama dođruluk YSA modelleri için %99 ve çoklu regresyon modelleri için % 97'dir. Bu sonuçlara dayanarak, bir YSA modelinin bina

projelerinin işletme maliyetini tahmin ederken çoklu regresyon modelinden daha üstün olduğu sonucuna varılmıştır.

Cansız ve ark. (2019) bu çalışmada, YSA ve regresyon analizi modelleri kullanılarak ve 2004-2017 yılları arasındaki verilere bağlı olarak yolcu sayısı tahmini yapılmıştır. Veri setinde kullanılan bağımsız değişkenler; havaalanı sayısı, uçak sayısı, uçak trafiği, koltuk kapasitesi, nüfus ve kişi başına gayrisafi yurtiçi hâsıladır. Analizler sonucunda elde edilen değerlere göre YSA modeli, regresyon modellerine göre daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Cansız (2018), Türkiye'de karayollarında meydana gelen trafik kazaları maddi ve manevi olarak zarara neden olmaktadır. Bu çalışmada 1970'den 2007'ye kadar demografik ve trafik verileri kullanılmıştır. Bu veriler bağımlı ve bağımsız değişkenlerden oluşmaktadır. Bağımlı değişken ölüm sayısı, bağımsız değişkenler nüfus, kayıtlı araç sayısı, araç-km, sürücü sayısıdır. Modeller Smeed tarafından geliştirilen Yapay Sinir Ağı (YSA) ve Logaritmik Regresyon (LR) kullanılarak geliştirilmiştir. Gerçek değerlerin logaritması alınarak geliştirilen PVNVKDN modeli, LR tekniğinde modellerin en iyi performanslıdır. Geçmiş veri kümeleri kullanılarak oluşturulan VKDN, YSA tekniğinin en iyi modelidir. Rastgele seçilen verilerle oluşturulan modellere gelince, en iyi model VKDN'dir. En iyi modellerin performansları karşılaştırıldığında, en düşük hata oranı nedeniyle VKDN en iyi model olarak belirlenmiştir.

Oladelea ve ark. (2011), bu çalışmanın amacı gelişmekte olan tipik bir ülkede bakım maliyetini tahmin eden bir model sunmaktır. Bakım maliyeti bağımlı değişken olarak model geliştirmek için Çoklu Regresyon tekniği kullanılmıştır ve yolun kilometre cinsinden uzunluğu, yol kusurlarının türü, yol genişliği, arazi, bakım sözleşmesinin verildiği yıl bağımsız değişkenler olarak kullanılmıştır. Nijerya yolların mevcut Mühendislik Ölçümleri ve Değerlendirme Faturalarından (BEME) çıkarılan ilgili girdi verileri Ekonometrik Görüşler (EViews) paketi kullanılarak analiz edilmiştir. Geliştirilen modeller Güney Batı Nijerya'daki bazı yollara uygulanmıştır. Yollar, karayolu ağı planlaması ve yatırım optimizasyonu ile ilgili karayolu bakım maliyetlerini tahmin etmek için aynı jeolojik alana sahiptir. Sonuçlar, modellerin bakım maliyetlerinin makul bir doğrulukla hızlı bir şekilde tahmin edilebildiğini, kullanımının nispeten basit olduğunu ve uygulamalarının ve veri gereksinimlerinin potansiyel kullanıcıların yetenekleri dâhilinde olduğunu göstermiştir.

Cansız ve ark. (2017) yapılan çalışmada kaza sayısı için tahmin modelleri oluşturulmuştur. Bunun için YSA ve regresyon metotları kullanılmıştır. Yöntemde kullanılacak veri seti EGM ve TÜİK'ten alınmıştır. Veri setinde bulunan bağımsız değişkenler; nüfus, sürücü sayısı, taşıt-km ve taşıt sayısıdır. Regresyon modellerinde hem gerçek değerler hem de logaritması alınarak analizler yapılmıştır. Regresyon ve YSA modelleri sonucu elde edilen değerlere göre YSA modeli regresyona kıyasla daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Doğan ve ark. (2017), serbest titreşim analizini tahmin etmede regresyon yöntemini sunmakta ve SDSST yöntemiyle karşılaştırılmaktadır. Bu çalışmada, çapraz katlı lamine kompozit silindirik sığ kabukların serbest titreşim analizi, kesme deformasyonu sığ kabuk teorisi (SDSST) kullanılarak araştırılmıştır. Regresyon yönteminin ve SDSST yönteminin serbest titreşimi laminat sayısı, en boy oranı, kalınlık oranı, eğrilik oranı ve ortotropik oran değişkenleri ile tahmin etme yetenekleri farklı ve benzer yönleriyle karşılaştırılmıştır. Çok değişkenli lineer regresyon yaklaşımıyla oluşturulan lineer, interaction, quadratic ve purequadratic modellerle karşılaştırıldığında, quadratic model daha iyi sonuçlar vermiştir. Yavuz ve Deveci (2012), Bu çalışmada YSA'nın genel olarak yapısı ve çalışma prensibi anlatılmıştır. Örnek olarak YSA ile Adana iline ait hava sıcaklık değerleri ile tahmin modelleri oluşturulmuştur. YSA, çeşitli normalizasyon öğrenme yöntemleri ile birlikte kullanılmıştır. Analizler sonucunda, YSA'nın veri normalizasyon metotları ve öğrenme ile tahmin etme için başarılı bir şekilde kullanılabileceği gözlemlenmiştir.

Cansız ve ark. (2019) bu çalışmada demiryollarında meydana gelen kaza sayısı tahmini yapılmıştır. Yapılan tahminler için YSA ve regresyon yöntemleri kullanılmıştır. Kullanılan veri seti 2004-2017 yıllarını kapsamaktadır. Kullanılan bağımsız değişkenler; hat uzunluğu, yolcu sayısı, yolcu-km, yük miktarı, koltuk-km ve vagon sayısı verileridir. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen değerlere göre çok değişkenli lineer regresyon yöntemi YSA'ya göre daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Sodikov (2005), proje geliştirmenin kavramsal aşamasında yüksek doğrulukta karayolu projelerinin maliyet tahmini, planlama ve fizibilite çalışmaları için çok önemlidir. Bununla birlikte, kavramsal aşamada maliyet tahmini yapılırken bir takım zorluklar ortaya çıkmaktadır. Karşılaşılan başlıca sorunlar, ön bilgi eksikliği, yol çalışması maliyetleri veri tabanının eksikliği, veri eksikliği, uygun maliyet tahmin yöntemlerinin eksikliği ve belirsizliklerin dâhil edilmesidir. Önemi göz önüne alındığında, problemi çözmek için

regresyon analizi gibi geleneksel araçlar yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, son istatistiksel çalışmalar maliyet tahminindeki hataların azalmadığını göstermektedir. Bu çalışma, kavramsal sinirsel süreçte yapay sinir ağları kullanarak gelişmekte olan ülkelerde otoyol projeleri için daha doğru bir tahmin tekniğinin geliştirilmesine odaklanmaktadır.

Cansız ve ark. (2019) bu çalışmada 2003-2018 yılları arasında ülkemiz demiryollarına ayrılan ödenek miktarları dikkate alınarak tahmin modelleri oluşturulmuştur. Yapılan çalışmada demiryolu hat uzunluğu, bakım ve yenileme yapılan hat uzunluğu, toplam vagon sayısı, onarılan vagon sayısı, demiryollarında toplam ihracat miktarı, demiryollarında toplam ithalat miktarı ve enflasyon oranı verileri bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. Analiz için yapay sinir ağları ve çok değişkenli lineer regresyon metotları kullanılmıştır. Analizler sonucunda modeller hataların karelerinin ortalaması, korelasyon katsayısı ve yüzde hataların ortalaması kriterleri göz önüne alınarak kıyaslama yapılmıştır. Kıyaslamalar sonucunda YSA'nın regresyon modellerine göre daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Üneş (2010), bu çalışmada, yapay sinir ağı (YSA), çok doğrusal regresyon (MLR) ve iki boyutlu hidrodinamik model yaklaşımları, dalma noktasını ve derinliğini modellemek için kullanılmıştır. YSA yapısı olarak çok katmanlı bir algılayıcı (MLP) kullanılmıştır. İki boyutlu bir model, eğimli bir tabana sahip bir haznedeki akış yoğunluğunun akışını simüle etmek için uyarlanmıştır. Modelde, doğrusal olmayan ve kararsız süreklilik, momentum, enerji ve k - e türbülans denklemleri Kartezyen koordinatlarında formüle edilmiştir. Hız, dalma noktaları ve dalma derinlikleri gibi yoğunluk akış parametreleri simülasyon ve model sonuçlarından belirlenir ve bunlar önceki deneysel ve model çalışmalarıyla karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, ANN model tahminlerinin deneysel verilere MLR ve matematiksel model tahminlerinden çok daha yakın olduğunu göstermiştir.

Cansız ve ark. (2019) yapılan çalışmada toplu taşımada günlük yolcu sayısı tahmini yapılmıştır. Bunun için kullanılan metotlar YSA ve regresyon analizidir. Bağımsız değişkenler; hatta çalışan araç sayısı, araçların günlük atmış oldukları tur sayısı, hat uzunluğu, günlük yapılan toplam kilometre, sefer sıklıkları, sivil fiyat tarifesi ve öğrenci fiyat tarifesi kullanılmıştır. Analizler sonucunda elde edilen değerler ışığında YSA modeli, regresyon modellerine göre daha sonuçlar ortaya çıkardığı gözlemlenmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Yapılan bu çalışmada İstanbul iline ait 2003-2018 yılları arasındaki veriler kullanılarak bir veri seti oluşturulmuştur. Bağımsız değişkenler belirlenirken bağımlı değişken ile arasındaki çapraz korelasyon değerlerine bakılarak karar verildi. Bu değerlere bağlı olarak seçilen bağımsız değişkenler; nüfus, dolar kuru, net asgari ücret, toplam gider ve köprüden geçen toplam araç sayısıdır. Seçilen bağımsız değişkenlerin çapraz korelasyon değerleri Çizelge 3.1’de verilmektedir. Değerler arasında Geçen Araç Sayısı değişkeninin çapraz korelasyon değeri düşük olmasına rağmen kullanmamızın sebebi geliri doğrudan etkiliyor olmasından kaynaklanmaktadır. Bağımlı değişken ise yıllık gelir olarak alınmıştır. Köprülerden geçen araç sayısı her iki yön için alınmıştır. Toplam giderler arasında; personel giderleri, malzeme giderleri, bakım-onarım giderleri yer almaktadır. Çalışmada kullanılan veri seti Çizelge 3.1’de verilmiştir. Kullanılan yöntemler çok değişkenli regresyon yöntemlerinden lineer, interaction ve purequadratic türleri ve YSA yöntemidir.

Çizelge 3.1. Bağımsız değişkenlerin çapraz korelasyon değerleri

Bağımsız Değişkenler	Çapraz Korelasyon Değerleri
Nüfus Sayısı	0,823797591
Geçen Araç Sayısı	-0,242082859
Dolar Kuru (TL)	0,946691419
Net Asgari Ücret (TL)	0,931672021
Toplam Gider (TL)	0,790241054

3.1. Çalışmanın Amacı

Yapılan çalışmadaki amaç: otoyol ve köprü gelirlerini yapay zekâ tekniklerini ve istatistiksel metotları karşılaştırarak tahmin açısından hangisinin daha olduğunu belirlemek ve bu tahminlere bağlı olarak ulaşım politikalarına katkı sağlamak amacıyla yapılmaktadır.

Çizelge 3.2. Köprü yıllık gelir tahmininde kullanılan veriler (TÜİK, KGM)

Yıllar	Nüfus Sayısı	Geçen Araç Sayısı	Dolar Kuru (TL)	Net Asgari Ücret (TL)	Toplam Gider (TL)	Net Gelir (TL)
2003	11699172	126180632	1,4916	225,99	6473628	146608910
2004	11910733	133984528	1,4219	318,23	6931688	173708075
2005	12128577	136669864	1,3408	350,15	15415662	182183047
2006	12351506	139354186	1,4318	380,46	11475330	201194082
2007	12573836	147355028	1,3015	419,15	10555655	243258515
2008	12697164	146037378	1,2930	503,26	8702023	201844886
2009	12915158	144116740	1,5474	546,48	16090093	183375918
2010	13255685	148156872	1,5011	599,12	13787066	262457309
2011	13624240	151969052	1,6708	658,95	13695653	269918880
2012	13854740	149101262	1,7921	739,79	13681055	267140538
2013	14160467	152400194	1,9020	803,68	15974439	266869561
2014	14377018	150133024	2,1881	891,03	12502491	285537933
2015	14657434	141036112	2,7209	1000,54	17253424	271014697
2016	14804116	134920661	3,0223	1300,99	20158737	360715255
2017	15029231	149409456	3,6491	1270,75	21460051	453585791
2018	15067724	118202658	4,8116	1603,12	21789278	586942436

3.2. Bulanık Mantık

Bulanık küme mantığı ilk kez Zadeh (1965) tarafından ele alınmıştır. Bu nedenle Zadeh belirsizlik kavramının ele alınmasında önemli bir kişi olarak kabul edilmektedir. Zadeh tarafından yapılan bu çalışma kesin sınırlara sahip olmayan çalışmaların oluşturduğu bulanık mantık fikrini ortaya koymaktadır. Bu çalışmanın ön plana çıkması sadece olasılık teorisine bir alternatif olmasından değil, ayrıca o güne kadar genel olarak tüm bilimlere temel sağlayan Aristo mantığına karşı bir alternatif olabilme potansiyeline sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Günümüzde başta elektronikte, kontrol sistemlerinde olmak üzere hemen hemen tüm disiplinlerde yerini almış ve konu ile ilgili çok sayıda bilimsel çalışma yayınlanmıştır.

Yapılan bu çalışmamızda Bulanık Mantığın SMGRT yöntemi uygulanmaktadır. SMGRT yöntemi Toprak (2009) tarafından ele alınmıştır. Sunulan bir bulanık mantık probleminde temel soru, problemin çözümü için en iyi sonucu veren bulanıklık kurallarının (FRs) ve

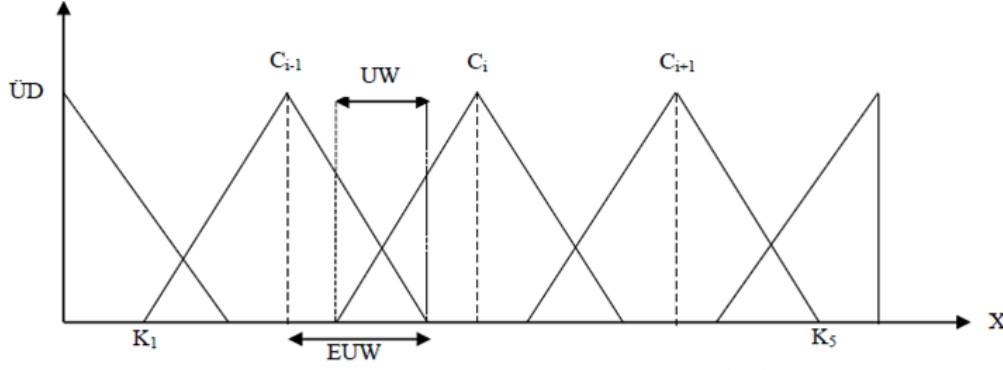
üyelik fonksiyonu (MFs) nasıl yapılacağıdır (Toprak, 2009). Bir bulanık problemdeki MFs ve FRs'lerin mantığına, adedine ve şekline karar verme gibi zorlukları aşmak için SMRGT yöntemi oluşturulmuştur. Bu yeni bulanık metotta girdi ve çıktı verilerinin üyelik fonksiyonları için üretilen anahtar sayılara dayanmaktadır. Bu anahtar sayılar üyelik fonksiyonların durulaştırma metoduna ve şekline (yamuk, üçgen vb.) bağlıdır (Toprak, 2009). Toprak 2009' da sunduğu SMGRT yöntemini aşağıdaki adımlarla açıklamaktadır.

- Analiz için kullanılacak bağımsız ve bağımlı değişkenler belirlenir.
- Her değişken için maksimum ve minimum değerler (varyasyon etki alanı) belirlenir.
- Üyelik fonksiyonların (MF) şekline karar verilir (örneğin, üçgen, yamuk, vb.).
- Her bağımsız değişken için MF'nin sayısına karar verilir (en az 3 adet MF gerekir).
- Her bağımsız değişken için MF değerlerinin genişliğini ve çekirdeğini anahtar değerleri ile belirlenir. Anahtar değerlerin sayısının, her bağımsız değişken için MF sayısına eşit olacağı unutulmamalıdır. MF'lerin simetrik biçimde olması gerekmez.
- Bu anahtar değerler bulanık modelin girdileridir.
- Bulanık model, her bağımsız değişken için başlangıç ve bitiş MF'lerin değerleri arasında dağıtılan veriler için geçerlidir.
- Ardından, bulanık kural (FR) sayısını ve çıktının anahtar değerlerini veren bir tablo hazırlanır.
- Çıktının MF değerleri, MF girişleri için üretilir. Çıktı için anahtar değerlerin minimum değeri, ilk MF'nin merkez değeridir. Anahtar değerlerin maksimum değeri, son MF'nin merkez değeridir. Ara anahtar değerleri, orta MF'lerin merkez değerleridir. FR sayısı, çıktının MF sayısına eşitse, model daha iyi sonuçlar verir.

SGMRT yöntemi ile üyelik fonksiyonları aşağıdaki formüller yardımı ile hesaplanmaktadır. Şekil 3.1'de üyelik fonksiyonların görünümü ve formüldeki değişkenlerin nereye denk geldiğini göstermektedir. Formüller Toprak (2009) tarafından bulunmuştur.

- $V_R = V_{max} - V_{min}$,
- $UW = V_R/nu$
- $EUW = 3UW/2$
- $K_1 = V_{min} + EUW/3$
- $K_5 = V_{max} - EUW/3$

- $C_i = K_i = V_R/2 + V_{min}$,
- $C_{i+1} = K_{i+1} = V_{max} - (V_{max} - K_i / 2)$,
- $C_{i-1} = K_{i-1} = K_i - V_{min}/2 + V_{min}$



Şekil 3.1. SMGRT formüllerindeki değişkenlerin gösterimi

3.3. Çok Değişkenli Linear Regresyon (MLR)

MLR yöntemi; birden fazla bağımsız değişkene sahip veri setinde tahmin edilecek değişkene etki eden değişkenler sabit değer olarak kabul edilerek işlemler yapılmaktadır. Bu bağımsız değişkenlerin tahmin edilecek değişkene nasıl etki ettiği bir katsayı ile gösterilmektedir. Bu katsayı değerine ise tahmin edilecek değişkenin regresyon katsayısı denir ve değişkenin bağıllık derecesini göstermektedir. Regresyon analizinde önemli olan bağımsız ve bağımlı değişken arasında bir sebep sonuç ilişkisinin bulunmasıdır.

Regresyon analizi, birbirleri arasında neden-sonuç bağlantısı bulunan bir veya birden fazla değişkenin arasındaki bağlantıyı belirlemek ve bu bağlantıyı kullanarak tahminler yapabilmesi için kullanılan istatistiksel bir yöntemdir. Bu Analiz türünde, bağımsız ve bağımlı değişkenler arasındaki bağlantıyı matematiksel olarak açıklamayı ve bu bağlantıyı bir modelle tanımlayabilmeyi amaçlamıştır. Eş 3.1’de çok değişkenli lineer regresyonun genel formülü yer almaktadır.

$$Y_i = (\beta_0 + \sum_{i=0}^N \beta_i * x_i + \sum_{i<j}^N \beta_{ij} * x_i * x_j + \sum_{i=0}^N \beta_{ii} * x_i^2 + \epsilon) \quad (3.1)$$

Bu eşitlikte, x_i ($i = 1, \dots, N$) bağımsız değişkenleri, y bağımlı değişkeni, β regresyon katsayılarını ve ϵ hatayı temsil etmektedir.

Çok değişkenli lineer regresyon metotlarından lineer, interaction ve purequadratic metotları ile MATLAB programında Çizelge 3.1'de verilen veriler kullanılarak analizler yapılmaktadır. Bu analizler sonucunda modellerin katsayıları hesaplanıp ve bu yöntemlerin formülleri oluşturulmaktadır. Çok değişkenli lineer regresyon metodunda kullanılan bağımsız değişkenler için oluşturulan formül Eş 3.2'de verilmiştir.

$$Y_i = (\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5) \quad (3.2)$$

Interaction regresyon metodu için kullanılan formül Eş 3.3'te verilmektedir.

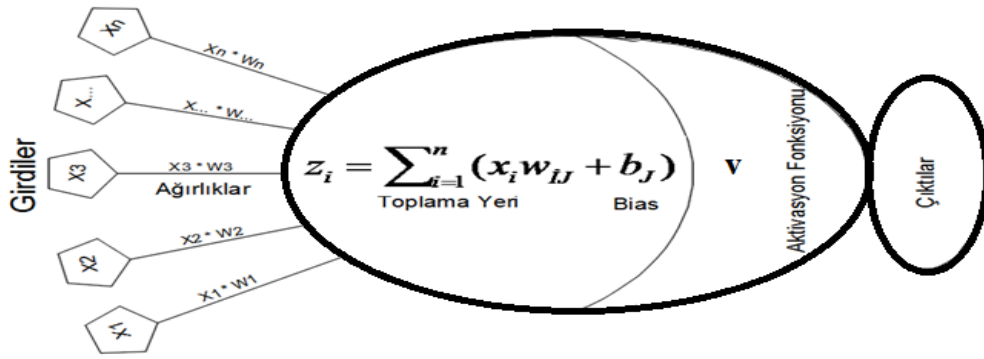
$$Y_i = (\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_1 X_2 + \beta_7 X_1 X_3 + \beta_8 X_1 X_4 + \beta_9 X_1 X_5 + \beta_{10} X_2 X_3 + \beta_{11} X_2 X_4 + \beta_{12} X_2 X_5 + \beta_{13} X_3 X_4 + \beta_{14} X_3 X_5 + \beta_{15} X_4 X_5) \quad (3.3)$$

Eş 3.4'te ise çok değişkenli purequadratic regresyonun metodunun formülü yer almaktadır.

$$Y_i = (\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_1^2 + \beta_7 X_2^2 + \beta_8 X_3^2 + \beta_9 X_4^2 + \beta_{10} X_5^2) \quad (3.4)$$

3.4. Yapay Sinir Ağları (YSA)

Matematiksel hesaplamaların insan beyninin hücresel çalışmaları esası ile sayısallaştırma yöntemlerinin başlangıcı olarak Warren McCulloch ve Walter Pitts'in 1943 yılındaki oluşturdukları yapay sinir ağ modeli gösterilmektedir. Wiener tarafından 1948 yılında kaleme alınan Cybernetics'te ise sinirsel çalışmalar üzerinde durulmaktadır. Öğrenme hakkındaki esas teori 1949 yılında Hebb ile birlikte kendi kitabı olan "Organization of Behavior" da üzerinde incelemelerde bulunduğu görülmektedir (Yavuz ve Deveci, 2012; Elmas, 2003). YSA'ya yaptırılanlarının arasında optimizasyon, analiz, öğrenme, sınıflandırma ve benzeri çalışmaların yanı sıra önemli bir çalışma türü de tahmindir. YSA genelleme yapabilme ve öğrenebilme yetisi gibi özellikleri sayesinde günümüzde birçok alanda geniş uygulama olanağı bulmuş ve bu problemleri başarılı bir şekilde çözebilmektedir. YSA'da tıpkı insan beyninde olan nöronlar gibi yapay nöronları vardır. Bu yapay nöronlar birbirlerine çeşitli şekillerde bağlanarak YSA'yı oluşturmaktadır. YSA, insan beyni gibi çalıştığı için başarılı tahminler yapabilme yetisine sahiptir. Şekil 3.2'de bir YSA nöronun yapısı gösterilmektedir.



Şekil 3.2. Yapay Sinir Ağı Hücresi

YSA yönteminin avantajları;

- İnsanlar gibi öğrenme kabiliyeti vardır.
- Önceden görülmemiş problemler hakkında bilgi üretebilmektedir.
- Lineer olmayan çok boyutlu ve eksik bilgili gibi durumlarda analiz yapma konusunda başarılıdır.
- Bir problem analizi için ağ modeli oluşturulacağı zaman herhangi bir bilgiye ihtiyaç duymaz elde örnek olması yeterlidir.
- Fonksiyonel modele ihtiyaç duymaz.
- YSA yönteminin uygulanması oldukça pratiktir.

YSA yönteminin dezavantajları ise;

- YSA ile bir model oluşturulurken, model seçimi ve ağın topolojisini belirlemek için belli bir kural yoktur. Doğru seçimlerin yapılması tamamen tecrübeye bağlıdır.
- Kapalı kutu olarak adlandırılır. YSA, regresyon metotlarında olduğu gibi bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki etkisi hakkında bilgi veremez.
- Genel minimum değeri bulamama riski vardır ama genel minimum değere yakın yerel minimum değerleri bulmada da oldukça iyi sonuçlar verebilmektedir.
- Analizi yapılacak problemin ağa gösterimi önemli bir etkidir. YSA sadece sayısal veriler ile çalışmakta ve problemin sayısal değerlere çevrilmesi gerekmektedir.

4. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Yapılan bu çalışmada kullanılan veriler İstanbul Boğazı'nda bulunan iki köprüye aittir. Üçüncü köprü olan Yavuz Sultan Selim Köprüsü yakın tarihte faaliyete geçmesinden dolayı verileri bulunamamaktadır. Bu amaçla veri setinde bulunan değerler sadece Fatih Sultan Mehmet Köprüsü ve 15 Temmuz Şehitler Köprüsü'ne aittir.

4.1. Çok Değişkenli Linear Regresyon İle Gelirin Tahmin Edilmesi

2003-2018 yılları arasındaki verilerden yararlanılarak, çok değişkenli lineer regresyon analizleri yapılmaktadır.

Çok değişkenli lineer regresyon modelinin denkleminde; yıllık gelir (YG), nüfus sayısı (NS), dolar kuru (DK), net asgari ücret (AÜ), toplam giderler (TG) ve köprüden geçen toplam araç sayısı (GA) regresyon katsayıları kullanılarak modelin denklemi oluşturulmuştur. Yapılan analizler sonucunda elde edilen katsayılar Eş 3.2' de yerine yazılarak Eş 4.1 oluşturulmuştur.

$$YG=5,2997*10^8+(-107,1831*NS+5,2284*DK+9,8647*10^7*AÜ+3,6438*10^5*TG+(-1,8835)*GA \quad (4.1)$$

Çok değişkenli interaction regresyon modelinin denkleminde; YG, NS, DK, AÜ, TG ve GA regresyon katsayıları kullanılarak modelin denklemi oluşturulmuştur. Yapılan analizler sonucunda elde edilen katsayılar Eş 3.3'te yerine yazılarak Eş 3.2 oluşturulmuştur.

$$YG=1,*10^{10}+(-1,4961*10^3)*NS+(186,3123)*DK+(6,9117*10^9)*AÜ+1,4719*10^7*TG+519,0682*GA+1,5226*10^{-5}*NS*DK+296,4766*NS*AÜ+(-1,5945)*NS*TG+2,2177*10^{-5}*NS*GA+24,8307*DK*AÜ+(-0,0093)*DK*TG+(-5,0926*10^{-6})*DK*GA+1,6753*10^6*AÜ*TG+(-150,1391)*DK*GA+0,2807*TG*GA \quad (4.2)$$

Çok değişkenli purequadratic regresyon modelinin denkleminde; YG, NS, DK, AÜ, TG ve GA regresyon katsayıları kullanılarak modelin denklemi oluşturulmuştur. Elde edilen katsayılar Eş 3.5'te yerine yazılarak Eş 4.3 oluşturulmuştur.

$$YG=(-4,9666*10^9+491,6483*NS+19,8000*DK+(2,2922*10^7)*A\ddot{U}+(1,0805*10^6)*TG+6,2188*GA+(-1,5616*10^{-5})*NS^2+(-5,0424*10^{-8})*DK^2+1,0778*10^7*A\ddot{U}^2+643,8973*TG^2+(-2,9890*10^{-7})*GA^2 \quad (4.3)$$

Analiz sonucunda modeller karşılaştırılırken HKO, R ve YHO kriterleri kullanılmıştır. Çok değişkenli lineer regresyon metotları sonucu elde edilen kriter değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

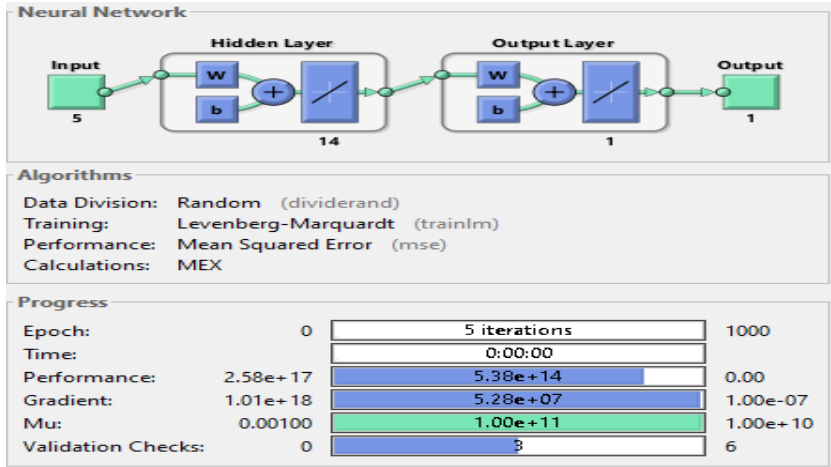
Çizelge 4.1. Köprü yıllık gelir tahmini için MLR metotların karşılaştırması

Modeller	HKO	YHO (%)	R
Lineer Regresyon	603047344915727	8,51	0,9746
İnteraction Regresyon	$1,2*10^{-11}$	$4*10^{-12}$	1,00
Purequadratic Regresyon	106006178076566	3,52	0,9956

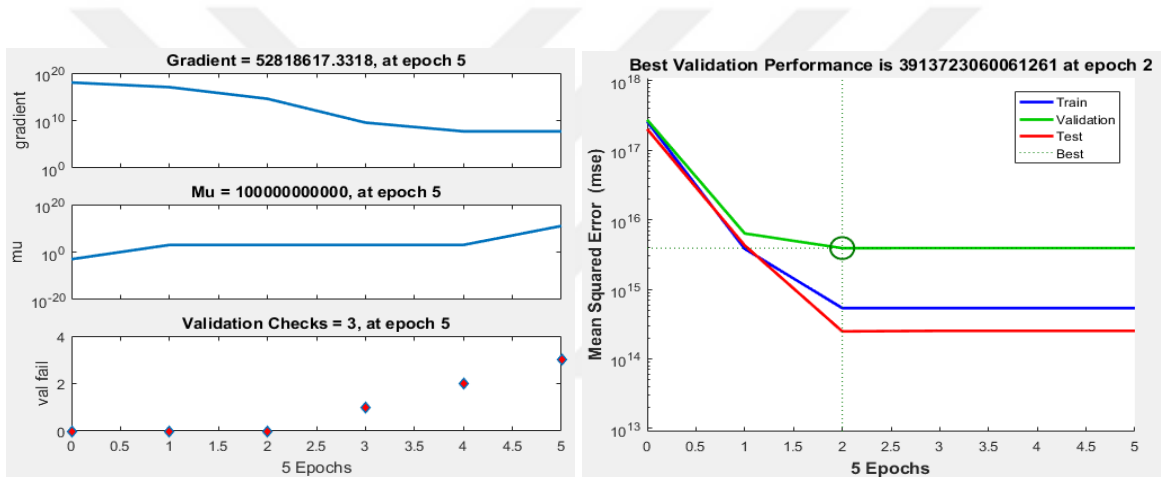
Çizelge 4.1’den anlaşılacağı gibi çok değişkenli lineer regresyon modellerinden interaction regresyon metodu diğer çok değişkenli lineer regresyon metotlarına göre daha iyi sonuç değerleri verdiği gözlemlenmiştir.

4.2. Yapay Sinir Ağları İle Gelirin Tahmin Edilmesi

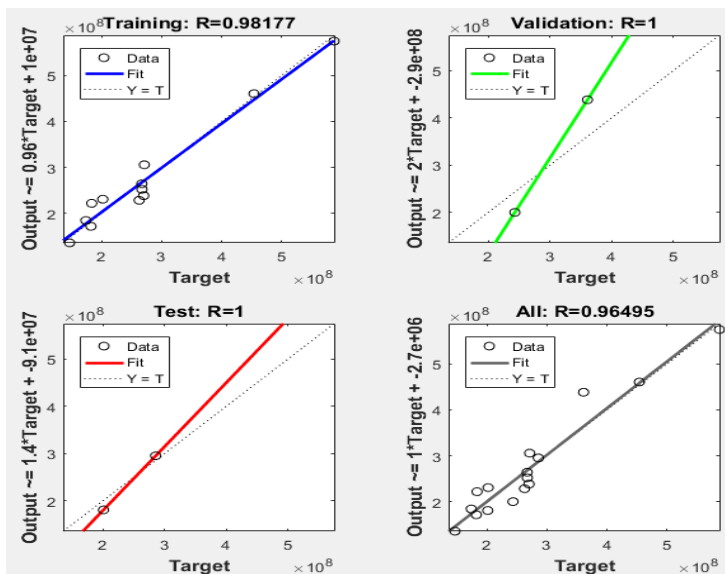
Bu tez çalışmasında köprü yıllık gelir tahmini için, 2003-2018 yılları arasındaki veri seti kullanılarak yapılan analizler sonucunda tek gizli katmana sahip ve bu katmanda 14 adet nöronu bulunan model en iyi sonucu vermektedir. Bu modelde girdi ve çıktıda sırası ile tanjant sigmoid ve tanjant sigmoid transfer fonksiyonu kullanılmaktadır. Analizler sonucunda bu modelin eğitim algoritması Levenberg-Marquardt (LM) olarak belirlenmektedir. Yapılan analizler sonucunda elde edilen R değeri 0,9649, HKO değeri 923528331783739 ve OYH değeri %9,6665 olarak hesaplanmaktadır. YSA’ ya ait model görünümü, performans ve eğitim grafikleri ve regresyon katsayısı grafiği Şekil 4.1, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3’te verilmektedir.



Şekil 4.1. Köprü gelir tahmini için YSA model görünümü



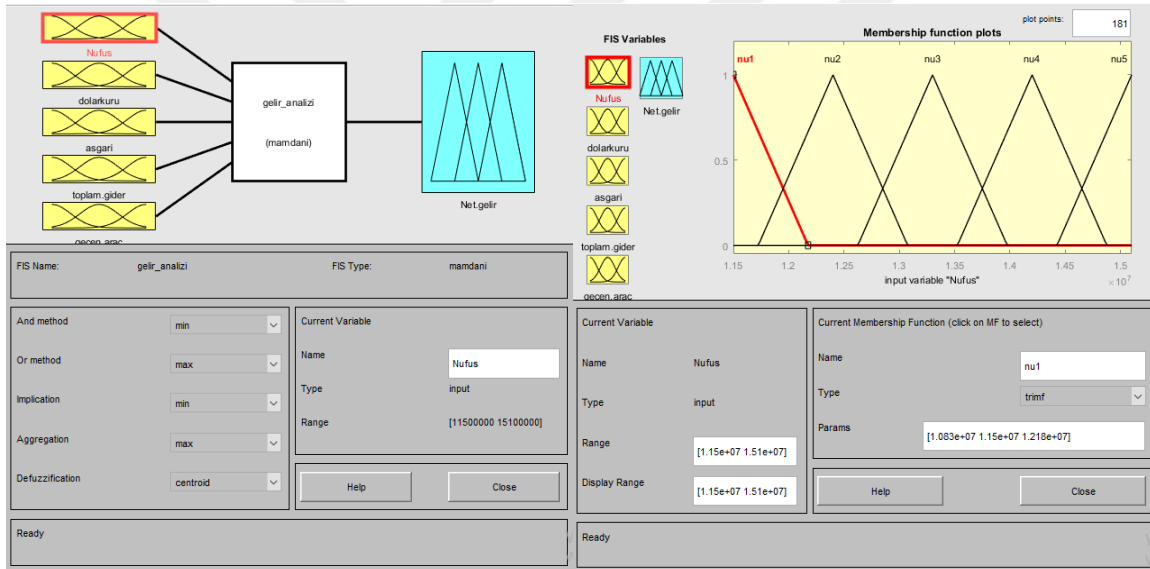
Şekil 4.2. Köprü gelir tahmini için YSA modelinin performans ve eğitim görünümü



Şekil 4.3. Köprü gelir tahmini için YSA modelinin regresyon katsayısı grafiği

4.3. Bulanık Mantık İle Gelirin Tahmin Edilmesi

Bu çalışmada otoyol ve köprü gelirleri tahmini için bulanık mantık ile yapılan analizler sonucunda elde edilen modelde Mamdani yöntemi kullanılmaktadır. Üyelik Fonksiyonu üçgen model olarak seçilip girdi ve çıktı katmanları için 5 adet olarak belirlenmektedir. Çıktı değerlerinin hesaplanmasında centroid yöntemi kullanılmaktadır. Yapılan çalışma sonucunda tahmin değerlerinin hesaplanması için 95 adet kural oluşturulmaktadır. Otoyol ve köprü geliri tahmini için yapılan bu model sonucunda elde edilen R değeri 0,9518, HKO değeri 969567850907348 ve OYH değeri %5,0739 olarak hesaplanmaktadır. Analizler sonucunda elde edilen modelin görünümü, üyelik fonksiyon görünümü, kural tablosu ve saçılım grafiği Şekil 4.4, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da verilmektedir.



Şekil 4.4. Otoyol ve köprü gelir tahmininde bulanık model ve üyelik fonksiyonlarının görünümü

1. If (Nufus is nu1) and (dolarkuru is kur1) and (asgari is as1) and (toplaml.gider is gider1) and (gecen.arac is arac2) then (Net.gelir is gelir1) (1)
2. If (Nufus is nu1) and (dolarkuru is kur2) and (asgari is as1) and (toplaml.gider is gider1) and (gecen.arac is arac2) then (Net.gelir is gelir1) (1)
3. If (Nufus is nu1) and (dolarkuru is kur1) and (asgari is as1) and (toplaml.gider is gider1) and (gecen.arac is arac3) then (Net.gelir is gelir1) (1)
4. If (Nufus is nu1) and (dolarkuru is kur1) and (asgari is as2) and (toplaml.gider is gider1) and (gecen.arac is arac3) then (Net.gelir is gelir1) (1)
5. If (Nufus is nu1) and (dolarkuru is kur1) and (asgari is as1) and (toplaml.gider is gider3) and (gecen.arac is arac3) then (Net.gelir is gelir1) (1)
6. If (Nufus is nu1) and (dolarkuru is kur1) and (asgari is as2) and (toplaml.gider is gider3) and (gecen.arac is arac3) then (Net.gelir is gelir1) (1)
7. If (Nufus is nu1) and (dolarkuru is kur1) and (asgari is as1) and (toplaml.gider is gider4) and (gecen.arac is arac3) then (Net.gelir is gelir1) (1)
8. If (Nufus is nu1) and (dolarkuru is kur1) and (asgari is as2) and (toplaml.gider is gider4) and (gecen.arac is arac3) then (Net.gelir is gelir1) (1)
9. If (Nufus is nu2) and (dolarkuru is kur1) and (asgari is as1) and (toplaml.gider is gider2) and (gecen.arac is arac3) then (Net.gelir is gelir1) (1)
10. If (Nufus is nu2) and (dolarkuru is kur1) and (asgari is as2) and (toplaml.gider is gider2) and (gecen.arac is arac3) then (Net.gelir is gelir1) (1)
11. If (Nufus is nu2) and (dolarkuru is kur1) and (asgari is as1) and (toplaml.gider is gider3) and (gecen.arac is arac3) then (Net.gelir is gelir1) (1)
12. If (Nufus is nu2) and (dolarkuru is kur1) and (asgari is as2) and (toplaml.gider is gider3) and (gecen.arac is arac3) then (Net.gelir is gelir1) (1)
13. If (Nufus is nu2) and (dolarkuru is kur1) and (asgari is as1) and (toplaml.gider is gider4) and (gecen.arac is arac3) then (Net.gelir is gelir1) (1)
14. If (Nufus is nu2) and (dolarkuru is kur1) and (asgari is as2) and (toplaml.gider is gider4) and (gecen.arac is arac3) then (Net.gelir is gelir1) (1)
15. If (Nufus is nu2) and (dolarkuru is kur1) and (asgari is as2) and (toplaml.gider is gider1) and (gecen.arac is arac4) then (Net.gelir is gelir1) (1)

If Nufus is and dolarkuru is and asgari is and toplaml.gider is and gecen.arac is

nu1 kur1 as1 gider1 arac1
nu2 kur2 as2 gider2 arac2
nu3 kur3 as3 gider3 arac3
nu4 kur4 as4 gider4 arac4
nu5 kur5 as5 gider5 arac5
none none none none none

not not not not not

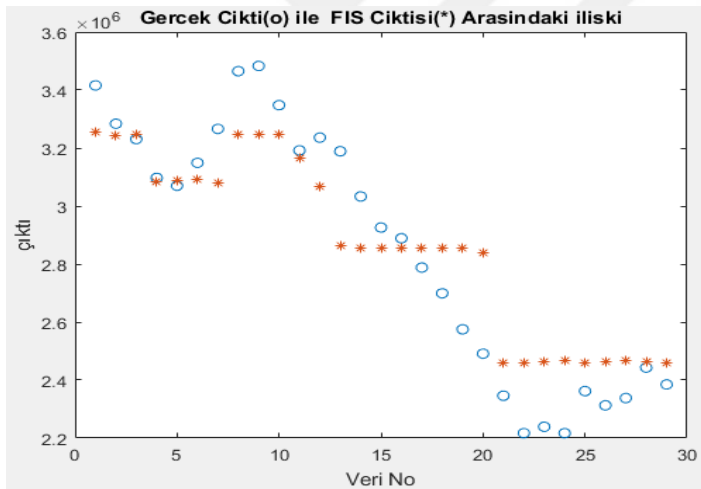
Connection: or and

Weight: 1

Delete rule Add rule Change rule

FIS Name: gelir_analizi Help Close

Şekil 4.5. Otoyol ve köprü gelir tahmininde bulanık modelin kural tablosu



Şekil 4.6. Otoyol ve köprü gelir tahmininde bulanık modelin yaralı sayısı saçılım grafiği

4.4. Otoyol ve Köprü Geliri Tahmin Modellerinin Karşılaştırılması

Yapılan bu çalışmada; otoyol ve köprü geliri tahmini için kullanılan yöntemlerden ilki çok değişkenli lineer regresyon yöntemlerinden lineer, interaction ve purequadratic metotları, ikinci yöntem YSA ve üçüncü yöntem olarak ta Bulanık Mantık yöntemi kullanılmaktadır. Kullanılan bu yöntemler R, HKO ve OYH kriterleri baz alınarak karşılaştırma yapılmaktadır. Analizler sonucu elde edilen değerler göz önünde bulundurularak otoyol ve köprü geliri tahmininde en iyi sonucu veren yöntem, çok değişkenli lineer regresyon

metotlarından biri olan interaction regresyon metodudur. Kullanılan yöntemler ile elde edilen R, HKO ve OYH değerleri Çizelge 4.2’de verilmektedir.

Çizelge 4.2. Otoyol ve köprü geliri tahmini için modellerin karşılaştırması

Modeller	HKO	YHO (%)	R
Lineer Regresyon	603047344915727	8,51	0,9746
İnteraction Regresyon	$1,2*10^{-11}$	$4*10^{-12}$	1,00
Purequadratic Regresyon	106006178076566	3,52	0,9956
Yapay Sinir Ağları	923528331783739	9,6665	0,9649
Bulanık Mantık	969567850907348	5,0739	0,9518

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, nüfus, dolar kuru, net asgari ücret, köprüden geçen toplam araç sayısı ve toplam giderler makro değişkenleri bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. Bu değişkenler kullanılarak köprü yıllık gelir tahmini yapılmıştır. Köprü gelirini tahmin etmek için YSA, çok değişkenli lineer regresyon metotları kullanılmıştır. Çok değişkenli lineer regresyon modelinin, lineer, interaction ve purequadratic türleri uygulanmıştır. Modeller arası karşılaştırmalar R katsayısı, YHO ve HKO ile yapılmıştır.

Köprü gelir tahmini için yapılan analizler sonucunda MLR modelinin lineer metodunun sonuçlarına bakıldığında korelasyon katsayısı (R) 0,9746, hataların karelerinin ortalaması (HKO) değeri 603047344915727 ve yüzde hataların ortalaması (YHO) değeri ise %8,51 olarak hesaplanmaktadır. İnteraction metodunun sonuçlarına bakıldığında R değeri 1,00, HKO değeri $1,2 \cdot 10^{-11}$ ve YHO değeri ise $4 \cdot 10^{-12}$ olarak hesaplanmaktadır. Purequadratic metodunun sonuçlarına bakıldığında R değeri 0,9956, HKO değeri 106006178076566 ve YHO değeri ise %3,52 olarak hesaplanmaktadır. YSA ile yapılan analizler sonucunda, 14 nörona, tansig transfer fonksiyonuna, Levenberg-Marquardt eğitim algoritmasına sahip olan model en iyi sonucu vermektedir. Bu sonuçlara göre elde edilen R değeri 0,9649, YHO değeri %9,6665 ve HKO değeri ise 923528331783739 olarak hesaplanmaktadır. Bulanık Mantık analizi sonucunda edilen R değeri 0,9518, YHO değeri %5,0739 ve HKO değeri ise 969567850907348 olarak hesaplanmaktadır. Bu sonuçlara göre R,HKO ve YHO kriterlerine bağlı olarak en iyi sonucu veren yöntem çok değişkenli lineer regresyon yöntemlerinden interaction metodu olarak belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- ALPASLAN, H. İ., & LAÇİNYURT, J. ÜÇÜNCÜ BOĞAZ KÖPRÜSÜ'NÜN FİNANSAL ANALİZİ. *İstanbul Sosyal Bilimler Dergisi*, (10), 43-64.
- Alqahtani, A., and Whyte, A. (2016). Estimation of life-cycle costs of buildings: regression vs artificial neural network. *Built Environment Project and Asset Management*.
- Bahadır, Y. (2013). *Cam Elyaf Katkılı Cephe Kaplama Elemanlarına Yönelik Teklif Fiyatı Tahmininde Yapay Sinir Ağlarının (Ysa) Kullanılması* (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Bayata, H. F., ve Hattatoğlu, F. (2011). Yapay sinir ağları ve çok değişkenli istatistik yöntemlerle trafik kaza modellenmesi.
- Bouabaz, M., and Hamami, M. (2008). A cost estimation model for repair bridges based on artificial neural network. *American Journal of Applied Sciences*, 5(4), 334-339.
- Bozlağan, R. (2012). *İstanbul: Derinlik, Değişim ve Güç*. İstanbul: Hayat Yayınları.
- Cansız, Ö. F. (2018). By Using Logarithmic Regression and Artificial Neural Network to Improve Prediction Model of Dead Number Resulted from Road Traffic Accidents in Turkey. *Karaelmas Science and Engineering Journal*, 8(2), 446-453.
- Cansız, Ö. F. Kılıç, H. Kaza Sayısı Tahmininde Logaritmik Regresyon İle Çok Değişkenli Lineer Regresyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması. 6. *Uluslararası Multidisipliner Çalışmaları Kongresi*, 273-278.
- Cansız, Ö. F., Çalışıcı, M., Duran, D. ve Ünsalan, K, 2017, 'Marshall Deneyi Sonuçları İçin Oluşturulan Tahmin Modellerinin İncelenmesi', 2. Uluslararası Mühendislik ve Tasarım Kongresi, 523-524.
- Cansız, Ö. F., Çalışıcı, M., Ünsalan, K. And Erginer, İ. Demiryolu Sektöründe Ödenek Miktarlarının İstatistiksel Yöntemler ve Yapay Zeka Teknikleri İle Tahmin Edilmesi. *Uluslararası 1. İnşaat Mühendisliğinde İnovasyon, Sürdürülebilirlik, Teknoloji ve Eğitim Konferansı*, 1053-1057.
- Cansız, Ö. F., Çalışıcı, M., Ünsalan, K. ve Erginer, İ, 2017, 'Türkiye İçin Trafik Kaza Sayısı Tahmin Modellerinin Oluşturulması', 2. Uluslararası Mühendislik ve Tasarım Kongresi, 615-616.
- Cansız, Ö. F., Erginer, İ. And Atasoy, M. Havayolu Taşımacılığında Yolcu Sayılarının Yapay Sinir Ağları İle Tahmini. III. *Uluslararası Avrasya Multidisipliner Çalışmalar Kongresi*, 604-611.
- Cansız, Ö. F., Erginer, İ. And Aygün, C. Türkiye Demiryollarında Meydana Gelen Kaza Sayısının Tahmini. III. *Uluslararası Avrasya Multidisipliner Çalışmalar Kongresi*, 612-616.

- Cansız, Ö. F., Erginer, İ. And Genç, G. G. Ulaştırma Sektöründe Demiryollarında Tüketilen Enerji Miktarının Yapay Sinir Ağları İle Tahmini. *III. Uluslararası Avrasya Multidisipliner Çalışmalar Kongresi*, 627-633.
- Cansız, Ö. F., Erginer, İ. And GÜNDOĞDU, H. Karayollarının Yıllık Bakım, İşletme ve Ücret Toplama Maliyetinin Yapay Sinir Ağları İle Tahmin Edilmesi. *International Congress on Engineering and Architecture*, 2258-2274.
- Cansız, Ö. F., Erginer, İ. And Güven, M. 15 Temmuz Şehitler Köprüsü Ve Fatih Sultan Mehmet Köprüsü'nden Geçen Araç Sayısının Tahmin Edilmesi. *III. Uluslararası Avrasya Multidisipliner Çalışmalar Kongresi*, 646-651.
- Cansız, Ö. F., Erginer, İ. And Güven, M. Uçak Kazalarında Meydana Gelen Ölü Sayısının Yapay Sinir Ağları Metodu İle Tahmin Edilmesi. *International Congress on Engineering and Architecture*, 2250-2257.
- Cansız, Ö. F., Erginer, İ. And Öztekin, N. Lastik Tekerlekli Toplu Taşıma Sistemlerinde Günlük Yolculuk Sayısının Belirlenmesinde Yapay Sinir Ağları Ve Çok Değişkenli Lineer Regresyon Tekniklerinin Karşılaştırılması. *III. Uluslararası Avrasya Multidisipliner Çalışmalar Kongresi*, 617-626.
- Cansız, Ö. F., Erginer, İ. And Öztekin, N. Toplu Taşıma Hatlarında Optimum Taşıt Sayısının Belirlenmesinde Yapay Sinir Ağları İle Çok Değişkenli Lineer Regresyon Tekniklerinin Karşılaştırılması. *International Congress on Engineering and Architecture*, 2275-2287.
- Cansız, Ö. F., Güven, M. And Gündoğdu, H. Köprü Gelirlerinin Tahmininde Çok Değişkenli Lineer Regresyon ve Yapay Sinir Ağlarının Kullanımı: İstanbul Örneği. *5th International Conference on Multidisciplinary Sciences (icomus)*, 361-370.
- Cansız, Ö.F., Çalışıcı, M., ve Ünsalan, K., 2017 'Türkiye Karayollarında Meydana Gelen Kazalarda Oluşan Yaralı Sayısı için Tahmin Modellerinin Oluşturulması', 2. Uluslararası Mühendislik ve Tasarım Kongresi, sayfa:498-499.
- Cansız, O. F. (2011). Improvements in estimating a fatal accidents model formed by an artificial neural network. *Simulation*, 87(6), 512-522.
- Cansız, O. F., and Easa, S. M. (2011). Using artificial neural network to predict collisions on horizontal tangents of 3D two-lane highways. *International Journal of Engineering and Applied Sciences*, 7(1), 47-56.
- Cansız, O. F., Çalışıcı, M., and Miroglu, M. M. (2009, December). Use of artificial neural network to estimate number of persons fatally injured in motor vehicle accidents. In Proceedings of the 3rd International Conference on Applied Mathematics, Simulation, Modeling, Circuits, Systems and Signals (pp. 136-142). World Scientific and Engineering Academy and Society (WSEAS).
- Çalışıcı, M., cansız, Ö. F., Erginer, İ. ve Ünsalan, K., 2017 'Modifiye Bitümlü Karışımların Marshall Stabilite Değerlerinin Yapay Sinir Ağları Modeli İle Tahmini', 2. Uluslararası Mühendislik ve Tasarım Kongresi, 515-516.

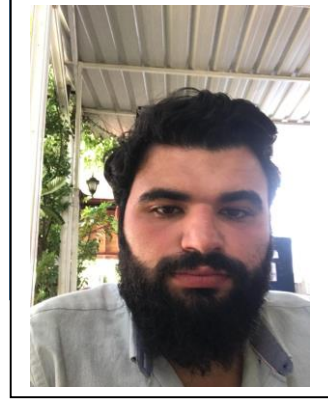
- Davutoğlu, A. (2013). *Stratejik Derinlik Türkiye'nin Uluslararası Konumu*. İstanbul: Küre Yayınları.
- Demirel, Y. (2007). TOPLU KONUT İNŞAAT MALİYETLERİNİN YAPAY SİNİR AĞLARI İLE TAHMİNİ. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 22(4), 53-60.
- Dogan, A., Cansiz, O. F., Unsalan, K., and Karaca, N. (2017). Investigation of Multi Linear Regression Methods on Estimation of Free Vibration Analysis of Laminated Composite Shallow Shells. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 4(12).
- Elbeltagi, E., Hosny, O., Abdel-Razek R., and El-Fitory, A.(2014). Conceptual Cost Estimate Of Libyan Highway Projects Using Artificial Neural Network, *Emad Elbeltagi et al Int. Journal of Engineering Research and Applications*, Vol. 4, Issue 8(Version 5), pp.56-66
- Elmas, Ç. (2003). *Yapay sinir ağları: (kuram, mimari, eğitim, uygulama)*. Seçkin Yayıncılık.
- GÖKTEPE, A. B., AĞAR, E., ve LAV, A. H. (2011). Esnek üstyapılarda mekanik özelliklerin yapay sinir ağları kullanılarak geri-hesaplanması. *İTÜDERGİSİ/d*, 4(2).
- Hamzaçebi, C., ve Kutay, F. (2013). Yapay sinir ağları ile türkiye elektrik enerjisi tüketiminin 2010 yılına kadar Tahmini. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi; Cilt 19, Sayı 3 (2004)*.
- http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1059
- <https://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Istatistikler/YapimBakimIsletmeMaliyet.aspx>
- KGM. (t.y.). *Boğaziçi Köprüsü Proje Bilgileri*.
- KGM. (t.y.). *Fatih Sultan Mehmet Köprüsü'nün Tarihçesi*.
- Kutlu, B., ve Badur, B. (2009). YAPAY SİNİR AĞLARI İLE BORSA ENDEKSİ TAHMİNİ. *Yönetim Dergisi*, 20(63), 45-40.
- Oladelea, A. S., Adedimilab, A. S., and Egwurubec, J. A. (2011). HIGHWAY MAINTENANCE COST ESTIMATION MODELING FOR DEVELOPING COUNTRIES: A CASE STUDY OF NIGERIA. *Botswana Journal of Technology*.
- Sodikov, J. (2005). Cost estimation of highway projects in developing countries: artificial neural network approach. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 6, 1036-1047.
- Tapan, M. (1995). Anılarımdaki Köprü Tartışmaları. *İstanbul Dergisi*. 14, 92-95.
- Tezer, S. (2013). Kent Biçiminin Köprüler Üzerinde Değişiminin İncelenmesi, Floransa Örneği, *Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi FBE.

- Toprak, Z. F. (2009). Flow discharge modeling in open canals using a new fuzzy modeling technique (SMRGT). *CLEAN–Soil, Air, Water*, 37(9), 742-752.
- Toprak, Z. F., TOPRAK, A., ve AYKAÇ, Z. (2017). Bulanık SMRGT yönteminin pratik uygulamaları. *DÜMF Mühendislik Dergisi*, 8(1), 123-132.
- Uğur, L. O., Baykan, U. N., ve Korkmaz, S. (2011). Yığma Konutların Maliyet Tahmininde Yapay Sinir Ağlarının (YSA) Kullanılması, 6. *İnşaat Yönetim Kongresi, Bursa*.
- Ünes, F. (2010). Prediction of density flow plunging depth in dam reservoirs: an artificial neural network approach. *Clean–Soil, Air, Water*, 38(3), 296-308.
- Xiao-chen, D. U. A. N. (2010). Application of neural network in the cost estimation of highway engineering. *J. Comput*, 5(11), 1763.
- Yavuz, S., ve Deveci, M. (2012). İstatiksel Normalizasyon Tekniklerinin Yapay Sinir Ağı Performansına Etkisi. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (40), 167-187.
- YILMAZ, M., KANIT, R., ERDAL, M., YILDIZ, S., ve BAKIŞ, A. (2016). Bina Bakım Onarım Ödeneklerinin Etkin Kullanımı Maksadıyla İhale Bedelini Etkileyen Faktörlerin Yapay Sinir Ağları ve Lineer Regresyon Yöntemleri ile Belirlenmesi. *Politeknik Dergisi*, 19(4), 461-470.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : GÜVEN, Mahmut
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 01.03.1995 / İskenderun
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 0 (543) 535 30 00
 Faks : -
 e-mail : mahmut_guven3000@hotmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	İskenderun Teknik Üniversitesi / İnşaat Mühendisliği	Devam ediyor
Lisans	İskenderun Teknik Üniversitesi / İnşaat Mühendisliği	2017
Lise	İbni Sina Anadolu Lisesi / İskenderun	2013

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2017-2018	İmfalt Asphalt A.Ş.	Mühendis
2018-2020	İsos Yapı Denetim	Mühendis

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Yüzme, kitap okuma, bisiklet sürme

DİZİN

A

Abstract · v
 Analiz · iv, v, ix, 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8,
 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17,
 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26,
 30, 31, 33, 35, 36, 37, 38, 39,
 40, 41, 42, 44, 45, 46, 48, 49,
 50, 51

B

Bulanık Mantık · iv, v, ix, x, xii,
 xiii, 3, 8, 32

E

Eğitim · xii, 9, 14, 17, 25, 26, 31,
 40, 41, 42, 43

İ

Interaction · iv, vi, 2, 27, 28, 29,
 35, 36, 38, 48, 49, 50

K

Karayolları · iv, ix, xi, xiii, 1, 24,
 27, 28, 29

L

Lineer · iv, v, ix, x, xi, 2, 27, 28,
 29, 30, 34, 36, 37, 38, 39, 48,
 49, 520, 51

M-N

Model · iv, v, vi, vii, xi, xii, 2, 3, 4,
 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14,
 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22,
 23, 24, 25, 26, 30, 31, 32, 33,
 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42,
 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50,
 51
 Nüfus · iv, 1, 5, 11, 27, 28, 29, 35,
 36, 38, 50

Ö

Özet · iv
 Ölüm Sayısı · iv, v, ix, x, xi, xii,
 28, 36, 38, 41, 42, 45, 46, 48,
 49, 50, 51

P

Purequadratic · iv, vi, 2, 27, 28,
 29, 31, 35, 36, 37, 38, 39, 48,
 49, 50, 51

R

Regresyon · iv, v, ix, x, xi, xii, 2,
 4, 5, 6, 7, 8, 10, 14, 15, 17, 19,
 21, 23, 27, 28, 29, 30, 31, 32,
 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42,
 43, 48, 49, 50, 51

T

Trafik · iv, v, vi, vii, viii, ix, x, xi,
 xii, xiii, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9,
 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17,
 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25,
 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33,
 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41,
 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49,
 50, 51
 Taşıt Sayısı · iv, 27, 28, 29, 50
 Tahmin · iv, v, ix, x, xi, xii, 1, 2, 3,
 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14,
 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23,
 24, 25, 30, 31, 32, 35, 36, 38,
 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 48,
 49, 50, 51

Y

Yaralı Sayısı · iv, v, ix, x, xi, xii,
 29, 42, 43, 46, 47, 48, 49, 50,
 51



TEKNOVERSITE



teknoversite **AYRICALIĞINDASINIZ**

İSTE

