

T.C.
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

YAPAY SİNİR AĞLARI YAKLAŞIMI İLE TÜRKİYE'DEKİ
ULAŞTIRMA TALEBİNİN TAHMİNİ

TOLGA GÜRBÜZ

MAYIS 2008

Fen Bilimleri Enstitü Müdürünün onayı.

15/05/2008

Doç. Dr. Burak BİRGÖREN

Müdür V.

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak İnşaat Anabilim Dalı standartlarına uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Mustafa Yılmaz KILINÇ

Anabilim Dalı Başkanı

Bu tezi okuduğumuzu ve Yüksek Lisans tezi olarak bütün gerekliliklerini yerine getirdiğini onaylarız.

Yrd. Doç. Dr. Ali Payıdar AKGÜNGÖR

Danışman

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Mustafa Yılmaz KILINÇ

Yrd. Doç. Dr. Ali Payıdar AKGÜNGÖR

Yrd. Doç. Dr. Osman YILDIZ

ÖZET

YAPAY SİNİR AĞLARI YAKLAŞIMI İLE TÜRKİYE'DEKİ ULAŞTIRMA TALEBİNİN TAHMİNİ

GÜRBÜZ, Tolga

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ali Payıdar AKGÜNGÖR

Mayıs 2008, 97 Sayfa

Bu tez çalışmasında, Türkiye'de 2020 yılına kadar şehirlerarası yolcu ve yük hareketleri yapay sinir ağları yöntemi kullanılarak tahmin edilmiş ve gelecekte olması muhtemel senaryolar göz önüne alınarak ulaştırma sistemleri arasında talep tahminlerinde bulunulmuştur.

Türkiye'de yolcu ve yük taşıma sistemi ağırlıklı olarak karayolu ulaştırması ile sağlandığından dolayı bu sisteme ait yolcu-km, ton-km tahminlerine ilave olarak araç-km tahminleri de yapılmıştır. Demiryolu ulaştırması için yolcu-km ve ton-km, havayolu ulaştırması için ise iç hatlar ve dış hatlar şeklinde yolcu-km ve ton-km değerleri tahmin edilmiştir. Denizyolu ulaştırma sistemine ait sağlıklı verilere ulaşılamadığından, ayrıca yolcu ve yük taşımacılığında önemli bir paya sahip olmadığından bu sisteme ait model

ve tahminlerde bulunulmamıştır. Yapay sinir ağı modellerinin geliştirilmesinde karayolu ve demiryolu için 1980-1999 yılları verileri, havayolları için 1990-1999 yılları verileri, geliştirilen modellerin uygunluğunun tespiti için de 2000-2005 yılları verileri kullanılmıştır. Tüm ulaştırma sistemlerine ait modeller için Nüfus (N) ve Gayri Safi Milli Hasıla (GSMH) ortak bağımsız değişken olarak seçilmişken diğer bağımsız değişkenler ulaştırma sistemlerinin özelliklerine bağlı olarak farklılık göstermiştir. Bağımlı değişkenler olarak da ulaştırma sistemlerine göre yolcu-km, ton-km ve araç-km alınmıştır. Yapay sinir ağı tekniği ile bulunan sonuçların gerçek değerlerle karşılaştırmasında, hem eğitim yıl verileri hem de test yılı verileri için Ortalama Mutlak Yüzde Hata (OMYH), Ortalama Mutlak Hata (OMH), Ortalama Hata Kareleri Kökü (OHKK) kullanılmıştır.

Türkiye'deki ulaştırma sistemleri için yapay sinir ağları ile elde edilen değerlerin belirtilen hata kavramlarıyla karşılaştırılmasıyla gerçek değerlere yakın sonuçlar çıkarmada başarılı olduğu görülmüştür. Yolcu taşımacılığı için 3 adet yük taşımacılığı için 2 adet senaryo kurularak gelecekte Türkiye'deki ulaştırma sistemlerinin değerlendirilmesi yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ulaştırma Talep Tahmini, Yapay Sinir Ağları, Karayolu, Demiryolu, Havayolu

ABSTRACT

THE ESTIMATION OF TRANSPORTATION DEMAND IN TURKEY WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS APPROACH

GÜRBÜZ, Tolga

Kırıkkale University

Graduate School Of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Engineering, M. Sc. Thesis

Supervisor : Asst. Prof. Dr. Ali Payıdar AKGÜNGÖR

May 2008, 97 pages

In this thesis, intercity passenger and freight movements are estimated using artificial neural networks in Turkey until the year of 2020 and demands among transportation systems are predicted with considering expected future scenarios.

Because highway transportation is mostly used in Turkey for the passenger and freight movements, in addition to the estimation of passenger-kilometers and ton-kilometers, vehicle-kilometers are also estimated for highway transportation. Meanwhile, it is estimated passenger-kilometers and ton-kilometers for both railway transportation and airway transportation including domestic and international flights. Models and estimates of the seaway transportation are not investigated since reliable data can not be reached, and this system does not have an important share for passenger

and freight transportation. For the development of models using artificial neural networks, data between 1980 and 1999 for the railway and highway transportation, and the data between 1990 and 1999 for the airway transportation are utilized. The rest of data including the years of 2000-2005 are employed to determine the convenience of the already developed models. Population and Gross National Product (GNP) are chosen as common independent variables for models development of selected transportation systems. However other independent variables differ from each other with respect to the properties of the type of the transportation system. For the dependent variables, passenger-kilometers, ton-kilometers and vehicle-kilometers are chosen. The results obtained from the artificial neural network and real data are compared in terms of Mean Absolute Percent Error (MAPE), Mean Absolute Error (MAE) and Root Mean Squared Error (RMSE).

For the transportation systems in Turkey, it is clearly seen that, results which are found with the technique of artificial neural network are very close the exact values by considering the error criteria. With considering three scenarios for the passenger transportation and two scenarios for the freight transportation, the transportation systems in Turkey are evaluated.

Key Words: Transportation Demand Estimate, Artificial Neural Networks, Highway, Railway, Airway

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren sayın danışmanım Yrd. Doç. Dr. Ali Payıdar AKGÜNGÖR'e yine kıymetli tecrübelerinden faydalandığım bölüm başkanımız Prof. Dr. Mustafa Yılmaz KILINÇ ve Yrd. Doç. Dr. Osman YILDIZ 'a, ayrıca iş yerimde görevli tüm çalışma arkadaşlarıma, hayatımın her döneminde yanımda olan ve destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan çok değerli aileme ayrıca TÜBİTAK-BİDEB'e teşekkürü bir borç bilirim.

SİMGELER DİZİNİ

N Nüfus

KISALTMALAR

YSA	Yapay Sinir Ağları
OMYH	Ortalama Mutlak Yüzde Hata
OMH	Ortalama Mutlak Hata
OHKK	Ortalama Hata Kareleri Kökü
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
KGM	Karayolları Genel Müdürlüğü
TCDD	Türkiye Cumhuriyet Devlet Demiryolları
GSMH	Gayri Safi Milli Hasıla

ŞEKİLLER DİZİNİ

ŞEKİL

2.1	Türkiye İçin Yıllara Göre Nüfus Değerleri.....	14
2.2	Türkiye İçin Yıllara Göre Gayri Safi Milli Hasıla Değerleri	14
2.3	Türkiye İçin Yıllara Göre Otomobil, Otobüs, Minibüs Toplamları Değerleri.....	15
2.4	Türkiye İçin Yıllara Göre Karayolu Yolcu-Km Değerleri.....	15
2.5	Türkiye İçin Yıllara Göre Kamyon, Kamyonet Toplamları Değerleri.	19
2.6	Türkiye İçin Yıllara Göre Karayolu Ton-Km Değerleri	19
2.7	Türkiye İçin Yıllara Göre Otomobil, Otobüs, Minibüs, Kamyon, Kamyonet Toplamları Değerleri.....	22
2.8	Türkiye İçin Yıllara Göre Karayolu Araç-Km Değerleri.....	22
2.9	Türkiye İçin Yıllara Göre Demiryolu Yolcu Sayısı Değerleri.....	26
2.10	Türkiye İçin Yıllara Göre Demiryolu Yolcu-Km Değerleri.....	26
2.11	Türkiye İçin Yıllara Göre Demiryolunda Taşınan Ton Değerleri.....	29
2.12	Türkiye İçin Yıllara Göre Demiryolu Ton-Km Değerleri	29
2.13	Türkiye İçin Yıllara Göre Havayolu İç Hat Uçuş Sayısı Değerleri...	33
2.14	Türkiye İçin Yıllara Göre Havayolu İç Hat Uçulan Km Değerleri.....	33
2.15	Türkiye İçin Yıllara Göre Havayolu İç Hat Yolcu Sayısı Toplam Değerleri.....	34
2.16	Türkiye İçin Yıllara Göre Havayolu İç Hat Yolcu-Km Değerleri.....	34

2.17	Türkiye İçin Yıllara Göre Havayolu İç Hat Taşınan Yük Toplam Değerleri.....	37
2.18	Türkiye İçin Yıllara Göre Havayolu İç Hat Ton-Km Değerleri.....	37
2.19	Türkiye İçin Yıllara Göre Havayolu Dış Hat Uçuş Sayısı Değerleri.	40
2.20	Türkiye İçin Yıllara Göre Havayolu Dış Hat Uçulan Km Değerleri..	40
2.21	Türkiye İçin Yıllara Göre Havayolu Dış Hat Taşınan Yolcu Sayısı Toplam Değerleri.....	41
2.22	Türkiye İçin Yıllara Göre Havayolu Dış Hat Yolcu-Km Değerleri.....	41
2.23	Türkiye İçin Yıllara Göre Havayolu Dış Hat Taşınan Yük Toplam Değerleri.....	44
2.24	Türkiye İçin Yıllara Göre Havayolu Dış Hat Ton-Km Değerleri.....	44
2.25	Biyolojik Sinir Sisteminin Blok Gösterimi.....	46
2.26	Biyolojik Nöron ve Bileşenleri.....	47
2.27	Yapay Nöron.....	48
2.28	Doğrusal Aktivasyon Fonksiyonu.....	50
2.29	Sigmoid Aktivasyon Fonksiyonu.....	51
2.30	Tanjant Hiperbolik Aktivasyon Fonksiyonu.....	51
2.31	İleri Beslemeli Ağ.....	52
2.32	Geri Beslemeli Ağ.....	53
2.33	Çok Katmanlı YSA Yapısı (MLP).....	54
2.34	Geri Yayılım Algoritması İşleyiş Şeması.....	57
3.1	Karayolu Yolcu-Km İçin YSA Modeli.....	60
3.2.	Karayolu Yolcu-Km Gerçek Değerler ve YSA Tahminleri.....	61
3.3.	Karayolu Ton-Km İçin YSA Modeli.....	62

3.4	Karayolu Ton-Km Gerçek Değerler ve YSA Tahminleri.....	63
3.5	Karayolu Araç-Km İçin YSA Modeli.....	64
3.6	Karayolu Araç-Km Gerçek Değerler ve YSA Tahminleri.....	65
3.7	Demiryolu Yolcu-Km İçin YSA Modeli.....	68
3.8	Demiryolu Yolcu-Km Gerçek Değerler ve YSA Tahminleri.....	69
3.9	Demiryolu Ton-Km İçin YSA Modeli.....	70
3.10	Demiryolu Ton-Km Gerçek Değerler ve YSA Tahminleri.....	71
3.11	Havayolu İç Hat Yolcu-Km İçin YSA Modeli.....	73
3.12	Havayolu İç Hat Yolcu-Km Gerçek Değerler ve YSA Tahminleri..	74
3.13	Havayolu İç Hat Ton-Km İçin YSA Modeli.....	75
3.14	Havayolu İç Hat Ton-Km Gerçek Değerler ve YSA Tahminleri....	76
3.15	Havayolu Dış Hat Yolcu-Km İçin YSA Modeli.....	78
3.16	Havayolu Dış Hat Yolcu-Km Gerçek Değerler ve YSA Tahminleri.	79
3.17.	Havayolu Dış Hat Ton-Km İçin YSA Modeli.....	80
3.18	Havayolu Dış Hat Ton-Km Gerçek Değerler ve YSA Tahminleri...	81

ÇİZELGELER DİZİNİ

ÇİZELGE

- 2.1 Türkiye İçin Yıllara Göre Nüfus, Gayri Safi Milli Hasıla ve Otomobil, Otobüs, Minibüs Toplamı Değerleri..... 13
- 2.2 Türkiye İçin Yıllara Göre Nüfus, Gayri Safi Milli Hasıla ve Kamyon, Kamyonet Toplamı Değerleri..... 18
- 2.3 Türkiye İçin Yıllara Göre Nüfus, Gayri Safi Milli Hasıla ve Otomobil, Otobüs, Minibüs, Kamyon, Kamyonet Toplamı Değerleri..... 21
- 2.4 Türkiye İçin Yıllara Göre Nüfus, Gayri Safi Milli Hasıla ve Demiryolu Yolcu Sayısı Değerleri..... 25
- 2.5 Türkiye İçin Yıllara Göre Nüfus, Gayri Safi Milli Hasıla ve Demiryolu Taşınan Ton Miktarı Değerleri..... 28
- 2.6 Türkiye İçin Yıllara Göre Nüfus, Gayri Safi Milli Hasıla, İç Hatlar İçin Uçuş Sayısı, Uçulan Km ve Havayolu Yolcu Sayısı Toplam Değerleri..... 32
- 2.7 Türkiye İçin Yıllara Göre Nüfus, Gayri Safi Milli Hasıla, İç Hatlar İçin Uçuş Sayısı, Uçulan Km ve Havayolu Taşınan Yük Toplam Değerleri..... 36
- 2.8 Türkiye İçin Yıllara Göre Nüfus, Gayri Safi Milli Hasıla, Dış Hatlar İçin Uçuş Sayısı, Uçulan Km ve Havayolu Yolcu Sayısı Toplam Değerleri..... 39

2.9	Türkiye İçin Yıllara Göre Nüfus, Gayri Safi Milli Hasıla, Dış Hatlar İçin Uçuş Sayısı, Uçulan Km ve Havayolu Taşınan Yük Toplam Değerleri.....	43
3.1	Karayolu Yolcu-Km Gerçek Değerler ve YSA Tahminleri.....	61
3.2	Karayolu Ton-Km Gerçek Değerler ve YSA Tahminleri.....	63
3.3	Karayolu Araç-Km Gerçek Değerler ve YSA Tahminleri	65
3.4	Karayolu İçin Hata Değerleri.....	67
3.5	Demiryolu Yolcu-Km Gerçek Değerler ve YSA Tahminleri.....	69
3.6	Demiryolu Ton-Km Gerçek Değerler ve YSA Tahminleri.....	71
3.7	Demiryolu İçin Hata Değerleri	72
3.8	Havayolu İç Hat Yolcu-Km Gerçek Değerler ve YSA Tahminleri..	74
3.9	Havayolu İç Hat Ton-Km Gerçek Değerler ve YSA Tahminler.....	76
3.10	Havayolu İç Hatlar İçin Hata Değerleri	77
3.11	Havayolu Dış Hat Yolcu-Km Gerçek Değerler ve YSA Tahminleri..	79
3.12	Havayolu Dış Hat Ton-Km Gerçek Değerler ve YSA Tahminleri...	81
3.13	Havayolu Dış Hatlar İçin Hata Değerleri.....	82
3.14	YSA Tahminlerine göre 2020 Yılına Kadar Oluşması Beklenen Yolcu-Km Yüzdeler Dağılımları.....	83
3.15	Senaryo 1 Sonucunda Ulaştırma Sistemlerinde 2020 Yılına Kadar Oluşması Beklenen Yolcu-Km Yüzdeler Dağılımları.....	85
3.16	Senaryo 2 Sonucunda Ulaştırma Sistemlerinde 2020 Yılına Kadar Oluşması Beklenen Yolcu-Km Yüzdeler Dağılımları.....	86
3.17	Senaryo 3 Sonucunda Ulaştırma Sistemlerinde 2020 Yılına Kadar Oluşması Beklenen Yolcu-Km Yüzdeler Dağılımları.....	87

3.18	YSA Tahminlerine göre 2020 Yılına Kadar Oluşması Beklenen Ton-Km Yüzelik Dağılımları.....	88
3.19	Senaryo 1 Sonucunda Ulaştırma Sistemlerinde 2020 Yılına Kadar Oluşması Beklenen Ton-Km Yüzelik Dağılımları.....	90
3.20	Senaryo 2 Sonucunda Ulaştırma Sistemlerinde 2020 Yılına Kadar Oluşması Beklenen Ton-Km Yüzelik Dağılımları.....	91

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
SİMGELER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
İÇİNDEKİLER	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Kaynak Özetleri.....	2
1.2. Çalışmanın Amacı	7
2. MATERYAL VE YÖNTEM	9
2.1. Ulaştırma Sistemleri ve Kullanılan Veriler	9
2.1.1. Karayolu	10
2.1.1.1. Karayolu Yolcu.....	10
2.1.1.2. Karayolu Yük.....	16
2.1.1.3. Karayolu Araç	20
2.1.2. Demiryolu.....	23
2.1.2.1. Demiryolu Yolcu	23
2.1.2.2. Demiryolu Yük	27

2.1.3. Havayolu.....	30
2.1.3.1 Havayolu İç Hat	30
2.1.3.1.1. Havayolu İç Hat Yolcu.....	31
2.1.3.1.2. Havayolu İç Hat Yük.....	35
2.1.3.2. Havayolu Dış Hat.....	38
2.1.3.2.1. Havayolu Dış Hat Yolcu.....	38
2.1.3.2.2. Havayolu Dış Hat Yük	42
2.1.4. Denizyolu	45
2.2. Yapay Sinir Ağları	45
2.2.1. YSA Tanımı ve Tarihi	45
2.2.2. Biyolojik Nöron.....	46
2.2.3. Yapay Nöron	47
2.2.3.1. Girdiler.....	48
2.2.3.2. Ağırlıklar.....	48
2.2.3.3. Toplama Fonksiyonu.....	49
2.2.3.4. Aktivasyon Fonksiyonu.....	49
2.2.3.4.1. Doğrusal Aktivasyon Fonksiyonu...	50
2.2.3.4.2. Sigmoid Aktivasyon Fonksiyonu.....	50
2.2.3.4.3. Tanjant Hiperbolik Aktivasyon Fonksiyonu.....	51
2.2.3.5. Çıktı	52
2.2.4. YSA'nın Yapılarına Göre Sınıflandırılması.....	52
2.2.4.1 İleri Beslemeli Ağlar.....	52
2.2.4.2. Geri Beslemeli Ağlar.....	53

2.2.5. YSA Yapıları	53
2.2.5.1 Çok Katlı Perseptronlar (MLP).....	54
2.2.6. Öğrenme Algoritmaları.....	54
2.2.6.1. Geri Yayılım Algoritması (BP).....	55
2.2.7. YSA'nın Üstünlükleri.....	58
2.2.8. YSA'nın Uygulama Alanları.....	58
3. ARAŞTIRMA BULGULARI	59
3.1. Karayolu	59
3.1.1. Karayolu Yolcu-Km	59
3.1.2. Karayolu Ton-Km	62
3.1.3. Karayolu Araç-Km.....	64
3.1.4 Karayolu Tahminleri İçin Hata Analizleri.....	66
3.2. Demiryolu	67
3.2.1. Demiryolu Yolcu-Km.....	67
3.2.2. Demiryolu Ton-Km	70
3.2.3. Demiryolu Tahminleri İçin Hata Analizleri	72
3.3. Havayolu.....	72
3.3.1. Havayolu İç Hat Yolcu-Km	72
3.3.2. Havayolu İç Hat Ton-Km.....	75
3.3.3. Havayolu İç Hat Tahminleri İçin Hata Analizleri.....	77
3.3.4. Havayolu Dış Hat Yolcu-Km	77
3.3.5. Havayolu Dış Hat Ton-Km	80
3.3.6. Havayolu Dış Hat Tahminleri İçin Hata Analizleri.....	82

3.4. Türkiye İçin Ulaştırma Senaryoları.....	82
3.4.1. Yolcu Taşımacılığı Senaryoları.....	83
3.4.2. Yük Taşımacılığı Senaryoları	87
4. TARTIşMA VE SONUÇ	92
KAYNAKLAR	95

1. GİRİŞ

Ulaştırma; “Bir yarar sağlamak üzere kişi ve eşyanın ekonomik, hızlı ve güvenli olarak yer değiştirmesi” olarak ifade edilmektedir. Ulaştırma; talebi başka sektörler tarafından yaratılan bir hizmet etkinliği olup, sanayi, ticaret, tarım ve turizm bu anlamda talep doğuran en önemli sektörler arasında yer almaktadır. Ülke ekonomilerinin dinamizmi, ulaştırma biçimi ve yenilenme gücü ile doğrudan ilişkilidir. Bunun içinde ulaştırma faaliyetlerinin, ülkenin özellikleri ve gereksinimleri dikkate alınarak hazırlanan, uygulanabilir planlar doğrultusunda yürütülmesi gerekmektedir.⁽¹⁾

Bu gün ülkemizde karayolu ağırlıklı bir ulaştırma sistemi mevcut olup yolcu taşımacılığının yaklaşık %95’i, yük taşımacılığının ise %91’i bu ulaştırma sistemi ile gerçekleştirilmektedir. Karayolu dışındaki ulaştırma sistemlerinin payı çok düşük oranlarda kalmıştır. Ülkemiz coğrafi konumu itibariyle diğer ulaştırma sistemlerinin ve özellikle de denizyolu ulaştırma sisteminin, gelişimine müsait olmasına rağmen maalesef karayolu ağırlıklı bir ulaşım sistemi üzerinde yolcu ve yük taşıma talepleri karşılanmaya çalışılmıştır. Karayolu ağırlıklı ulaştırma talebi başta trafik kazaları olmak üzere birçok problemi de beraberinde getirmiştir. Bu durum ise ulaştırmanın ana amaçlarından olan ekonomik, hızlı ve güvenli ulaşım prensiplerine ters düşmektedir. Oysaki ulaştırma sistemleri arasında yolcu ve yük taşımacılığının belirli oranlarda birbirini tamamlayacak biçimde dağılması kapasite kullanımını da arttıracaktır.

Ülkemizde olduğu gibi dünyada da gelişmiş ülkeler dâhil olmak üzere karayolunda bir artış trendi gözlemlenmektedir. Bu trend karayolunun yarattığı olumsuz etkiler düşünüldüğünde ülkelerin ekonomilerinde negatif bir etkiye neden olmaktadır. Ulaştırma sistemlerinin belirli bir plan dâhilinde gelişmesi ve her ulaştırma sisteminin birbiri ile koordineli biçimde çalışması ile birçok kazanım elde etmek mümkündür.

Ulaştırma sistemleri ile ilgili planlama ve politikaların belirlenmesinde, ileriye yönelik ulaştırma taleplerinin bilinmesi gerekmektedir. Ulaştırma taleplerinin güvenilirliği ise talebi etkileyen faktörlerin doğru olarak tespitine, bu faktörlere ait verilerin güvenilirliğine ve talep tahmininde kullanılan yöntemlerin doğruluklarına bağlıdır. Son yıllarda başta mühendislik olmak üzere birçok bilim dalı ile ilgili problemlerinin çözümünde kullanılan Yapay Sinir Ağlarının (YSA)'nın ise ileriye yönelik tahminlerde güvenilir bir yöntem olduğu bilinmektedir.

1.1. Kaynak Özetleri

Ulaştırma alanında birçok farklı metotlar kullanılarak geleceğe yönelik tahminler yapılsa da son yıllarda YSA ilgi çeken bir metot olmuştur. Aşağıda yapay sinir ağlarının trafik ve ulaşım mühendisliğindeki uygulamalarına yer verilmektedir.

Demir⁽²⁾ yapmış olduğu çalışmada YSA'nın ulaştırma planlamasında kullanılıp kullanılmayacağını araştırmıştır. Ulaştırma planlamasında en önemli safalardan birisi olan ulaştırma talebinin modellenmesinde hem regresyon analizi hem de YSA'nı kullanarak üç adet uygulama yapmış ve

elde ettiği sonuçları birbirleri ile karşılaştırmıştır. Sonuç olarak YSA'nın regresyon analizine göre daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmiştir.

Haldenbilen ve Ceylan⁽³⁾ şehirlerarası ulaşım taleplerini belirleyebilmek için yapay zekanın diğer bir alt kolu olan genetik algoritma yöntemi ile sosyo ekonomik verileri kullanan Genetik Algoritma Talep Tahmin modelleri geliştirmişlerdir. Seçilen modellerin yardımı ile 2025 yılına kadar ülkemizde şehirlerarası yollarda beklenen yolcu, yük ve taşıt hareketlerini tahmin etmeye çalışmışlar, değerleri Avrupa Birliği ülkeleriyle karşılaştırarak uzun dönemli planlama açısından değerlendirme yaparak öneriler sunmuşlardır.

Dougherty⁽⁴⁾ YSA'nın ulaşırma ile ilgili uygulamalarının yer aldığı çok sayıda araştırma makalesine ait bulguları özetlemiştir. Yapılmış olan araştırmalarda, hem yararlı olan uygulama alanlarını belirtmiş hem de kullanılan sinir ağı örneklerini sıralamıştır. YSA'nın diğer tekniklerle kıyaslandığında olaylara daha özenli yaklaştığını ve YSA'nın tasarımında kullanılan yöntemin en iyi uygulama olduğunu belirtmiş, gelecek araştırmalara yön vermede de yardım edecek olduğunu kabul etmiştir.

Faghri ve Hua⁽⁵⁾ yapay zekânın bir dalı olarak YSA'nın ulaşırma mühendisliği alanındaki yerini tartışmışlar ve sırasıyla YSA, biyolojik sinir ağları ve uzman sistemler arasındaki farklılıkları ele almışlardır. Farklı alanlara uygulanan YSA'nın özelliklerini tartışmışlar ve onların ulaşırma mühendisliğindeki potansiyel uygulamalarını keşfetmişlerdir. Yolculuk üretim tahmini ile ilgili olan örnek bir çalışmada bir geleneksel metot ve iki adet YSA modellerini kullanarak, YSA'nın ulaşırma mühendisliğindeki uygulamalarını

göstermişlerdir. Her bir metottan elde ettikleri sonuçları karşılaştırmışlar ve analiz etmişlerdir.

Schmueli ⁽⁶⁾ YSA'nın ulaştırma planlamasındaki bir uygulamasını İsrail örneğinde ele almış ve değerlendirmiştir.

Doğan ⁽⁷⁾ Smeed ve Andreassen model formlarını geliştirmek için kullanılan regresyon analizi, YSA ve genetik algoritma tekniklerini kullanarak Türkiye ve seçilen bazı büyük şehirlerde meydana gelen trafik kazaları ve bu kazalar sonucunda meydana gelen yaralı ve ölü sayılarını tahmin eden modeller geliştirmiştir. Geliştirdiği modelleri 5 yıllık bir zaman dilimi için ortalama karesel hatalar yöntemiyle karşılaştırmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda yapay zeka tekniği kullanarak oluşturduğu modellerin çok daha küçük hatalarla sonuca yaklaştığını gözlemlemiştir. Ayrıca araç sayılarının değişimine bağlı olarak geliştirmiş olduğu senaryolarda 2015 yılına kadar ki olan zaman diliminde kaza, yaralı ve ölü sayılarını tahmin etmeye çalışmıştır.

Çelikoğu ve Cıgızoğlu ⁽⁸⁾ günlük yolculuk akımlarının tahmini için YSA'nın bir kolu olan genellenmiş regresyon sinir ağı ile stokastik bir metodun karşılaştırmasını yapmışlardır. Çalışmanın sonunda YSA tahminlerinin gözlem sonuçlarına oldukça yakın olduğu, seçilen stokastik model performansının ise çok zayıf olduğu sonucuna varmışlardır.

Nijkamp, Reggiani ve Tritapepe ⁽⁹⁾ yapmış oldukları çalışmada türel dağılım problemini geleneksel logit model ve YSA modeli ile analiz etmişlerdir. İtalya'da yüksek hızlı tren teknolojisi ile de ilişkili olarak demiryolu ve karayolu ulaşım modları arasındaki türel dağılımın bulunmasını

amaçlamışlardır. YSA modelinin uygulanmasında özünde bulunan problemlere rağmen daha iyi performans çıkarttığını belirtmişlerdir.

Tortum ⁽¹⁰⁾ şehirlerarası yük taşımacılığında tür seçimini YSA ve birleştirilmiş bulanık sistemler ile modellemiş ve elde ettiği sonuçları klasik modellerle karşılaştırmıştır. YSA ve birleştirilmiş bulanık sistemler modellerinin klasik modellere göre yük taşımacılığının doğrusal olmayan davranışını temsil etmede daha başarılı olduğunu ifade etmiştir.

Clark, Dougherty ve Kirby ⁽¹¹⁾ kısa dönem tahmin için ARIMA zaman serisine karşı YSA'nı kıyaslamışlardır. Çeşitli uyum ölçülerini kullanmışlar ve en iyi tekniğin sonuç ölçümüne nasıl ilgi gösterdiğine bağlı olarak değiştiğini belirtmişlerdir.

Smith ve Demetsky ⁽¹²⁾ kısa dönemde trafik hacminin tahmini için geri yayımlı YSA ile geleneksel metotlar olan veri tabanı algoritması ve zaman serisi modellerini kıyaslamışlardır. Geri yayılım modelinin diğer modellere göre daha üstün olduğunu ve tahminlerinin gerçek zamanlı akıllı araç karayolu sistemleri uygulamalarının kullanımında düşünülebilecek bir potansiyeli olduğunu belirtmişlerdir.

Faghri ve Hua ⁽¹³⁾ trafik akımının mevsimsel değişiminin analizi için YSA bir çeşidi olan uyarlanabilen rezonans teorisi (URT), kümeleme analizi ve regresyon analizini kullanmışlar, bu üç metodu aynı veritabanına uygulayıp her bir metodun sonuçlarını kıyaslamışlardır. Verilen problemde URT performansının klasik metotların performansını aştığı sonucuna varmışlardır.

Hartani ve diğlerleri ⁽¹⁴⁾ bir metro treninin hızlanma ve yavaşlamasının kontrolünde bulanık mantık ve YSA birleşiminin kullanılabilirliğini araştırdıkları çalışmalarında, LVQ'ya (Learning Vector Quantisation) benzer sinir ağı yapısını içeren kompleks hiyerarşik karma karar verme sistemini tanımlamışlardır.

Pehlivan ⁽¹⁵⁾ GPS'in (Küresel Konum Belirleme Sistemi) Türkiye ve diğler ülkelerde kara ulaşım sistemindeki uygulamalarını araştırmıştır. Kara ve demiryolu altyapı-üstyapı haritalarının hazırlanması, trafik problem çözümleri için veri sağlanması, araç takip sistemi çözümleri, acil durum olaylarının yönetimi ve şehir içi ortamlarda yapay zekâ uygulamalarından birisi olan YSA'nın ulaşımdaki kullanım alanlarını incelemiştir.

Duliba ⁽¹⁶⁾ YSA ile regresyon tekniklerini karşılaştırdığı çalışmasında birbirleriyle çelişen sonuçlara ulaşmış, bir sinir ağını ulaşım sanayindeki performansının bütün seviyelerini tahmin etmesi için eğitmiştir. YSA'nın, rasgele etkili regresyon modeline göre daha iyi performans gösterirken sabit etkili regresyon modeline göre ise daha kötü performans gösterdiğini belirtmiştir.

Ledoux ⁽¹⁷⁾ gerçek zaman uyarlamalı şehir içi trafik kontrol sistemine entegre edilebilen YSA trafik akım modeline dayanan bir öneri sunmuştur. Bir dakika ilerideki kuyruk uzunluğu tahminleri ve çıkış akımları düzgün bir biçimde elde edilmiş ama yine de ileriki çalışmalarda bu tekniklerin gerçek veriler üzerinde araştırılması gerektiği vurgulanmıştır.

Sezgin ⁽¹⁸⁾ karayolu üstyapıları için çok önemli olan defleksiyon değerlerinin yorumlanmasını YSA ile daha gerçekçi bir hale getirmiştir.

SDUFEM sonlu eleman analizini esas alan program üzerine FORTRAN programlama dili ile yazılmış YSA'nı esas alan programı granüller tabaka için uygulamış ve karşılaştırmasını yapmıştır.

Başkan ⁽¹⁹⁾ yapmış olduğu çalışmada YSA yardımı ile geliştirmiş olduğu modelde, arazi gözlemlerinden elde ettiği gecikme verilerini kullanarak YSA ile izole sinyalize kavşaklardaki taşıt gecikmelerini tahmin etmiştir. YSA model sonuçları ile gözleme ait gecikme değerlerini karşılaştırdığında ise ortalama % 12 seviyesinde bir hataya sahip olduğunu görmüştür.

1.2. Çalışmanın Amacı

Bu tezin temel amacı, Türkiye de ulaştırma sektöründeki kapasite artırımını sağlamak, şehirlerarası ulaşım talep tahminlerini farklı ulaştırma sistemleri (karayolu, demiryolu ve havayolu ulaştırmaları) için belirlemek ve farklı ulaşım senaryoları üreterek ulaşım sistemlerinin gelecek için daha etkili bir şekilde planlanmasına olanak vermektir.

Bu çalışmanın yapılmasıyla birlikte ulaşım taleplerinin sosyo ekonomik ve ulaştırma göstergelerine bağlı olarak aralarındaki ilişkinin incelenmesi, mevcut ulaştırma sistemlerinin incelenerek gelecek için yapılması gerekenlerin ortaya konulması gibi hedeflere de ulaşılmaya çalışılacaktır.

Bu çalışmanın temel amaçlarından bir diğeri de, ulaştırma taleplerini etkileyen çeşitli verileri kullanarak, YSA metodu ile ulaştırma sistemleri için Türkiye'de gelecekte meydana gelmesi muhtemel yolcu-km, araç-km ve ton-km değerlerini tahmin etmeye çalışmaktır.

YSA'nın ulaştırma sistemleri için yaptığı tahminler üzerinden hazırlanan geleceğe yönelik senaryolar dâhilinde, ulaştırma sistemleri arasında yolcu ve yük taleplerindeki kaymalarda göz önüne alınarak değerlendirmeler yapılmıştır. Kurulan senaryolar, geleceğe ait ulaştırma planlarının değerlendirilmesinde ve gerekli yeni düzenlemelerin yapılarak stratejilerin geliştirilmesinde karar vericilere ışık tutacaktır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde, öncelikle hangi ulaştırma sistemlerinin kullanıldığı, kullanılan ulaştırma sistemleri için ne gibi verilerin ele alındığı açıklanacak, daha sonra sistemlere ait tahminlerin elde edilmesinde kullanılan yöntem olan YSA hakkında bilgi verilecektir.

2.1. Ulaştırma Sistemleri ve Kullanılan Veriler

Ulaştırma sistemleri olarak karayolu, demiryolu ve havayolu değerlendirme ve analizler için ele alınmıştır. Bu sistemlerden karayolu kendi için de yolcu, yük ve araç olarak, demiryolu yolcu ve yük olarak, havayolu ise iç hat ve dış hat yolcu ve yük olarak ayrılmıştır.

Her bir sistem ve her bir sistemin bölümleri için nüfus ve gayri safi milli hâsıla ortak bağımsız değişkenleri oluştururken diğer bağımsız değişkenler ulaştırma sistemleri ve alt bölümleri için farklılık göstermiştir. Bağımlı değişkenler ise alt bölümlere göre yolcu-km, ton-km ve araç-km şeklinde seçilmiştir. Bağımlı ve bağımsız değişkenler aşağıdaki kısımlarda ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

Nüfus ve gayri safi milli hâsıla değerleri her bir sistem için ortak veriler olmasından dolayı sadece karayolu yolcu bölümünde yorumlanmış, diğer bölümlerde tekrar yorumlanmamıştır. Ulaştırma sistemlerine ait verilerin bulunduğu tablo ve çizelgeler ise ilgili bölümlerde verilmiştir.

2.1.1. Karayolu

Türkiye'deki mevcut ulaştırma sistemleri içinde önemli bir paya sahip olan karayolu ulaştırması, bu çalışmada karayolu yolcu, karayolu yük ve karayolu araç olmak üzere üç bölümde ele alınmıştır. Her bir bölüm için mevcut veriler ışığında YSA ile gelecek yıllara ait tahminler yapılmıştır.

2.1.1.1. Karayolu Yolcu

Türkiye de yolcu taşımacılığının yaklaşık %95'i karayolu ile gerçekleşmektedir. Türkiye için böylesine önemli olan bu ulaştırma sisteminin gelecek yıllara ait tahminlerinin yapılması kuşkusuz ki planlama açısından büyük fayda sağlayacaktır.

Karayolu yolcu taşımacılığı için bağımsız değişkenler nüfus, gayri safi milli hâsıla ve otomobil, otobüs, minibüs sayılarının toplamı şeklinde ele alınırken, bağımlı değişken olarak ise yolcu-km alınmıştır.

Nüfus tüm ulaştırma sistemlerini etkileyen çok önemli bir bağımsız değişken olarak göze çarpmaktadır. Nüfusun artması ile birlikte ulaştırma sistemlerine olan talebin artacağı da açıktır. Bu nedenle nüfus verileri tüm sistemler için ana veri olarak ele alınmıştır. Türkiye için nüfus verileri 1980-2005 yılları arasında 26 yıllık zaman serisi olarak Türkiye İstatistik Kurumu'ndan (TÜİK)⁽²⁰⁾ alınmış ve yıllara göre aldığı değerler Şekil 2.1 de gösterilmiştir. Bağımlı değişken olan yolcu-km değerlerinin 2020 yılına kadar tahminin yapılabilmesi için YSA çalışma prensibi olarak bu yıllar arasında ki nüfus değerlerinin de sisteme girdi olarak verilmesi gerekmektedir. İhtiyaç duyulan 2020 yılına kadarki nüfus değerlerini elde edebilmek için nüfusa ait

projeksiyonlar dikkate alınmış, nüfus artış yüzdeleri hesaplanmış ve nüfustaki artışın azalma eğiliminde olması göz önünde bulundurularak projeksiyon dışında kalan ara değerler hesaplanmıştır. Mevcut verilere bakıldığında Türkiye de nüfusun 1980 yılından 2005 yılına kadar olan süreç de % 61 oranında arttığı görülmektedir. 2020 yılı için öngörülen nüfusun ise 2005 yılına göre % 17 oranında artış göstereceği tahmin edilmektedir. YSA için nüfus verilerinin ihtiyaç duyulan maksimum ve minimum değerleri belirlenmiş ve Denklem 1 de ifade edilen bağıntı kullanılarak 0,1-0,9 arasında normalize edilmiştir. Böylece nüfus verileri YSA'na öğretmen veri olarak girmeye hazır hale getirilmiştir. Bu işlem bütün bağımlı ve bağımsız değişkenler için gerçekleştirilmiştir.

$$\frac{(x-x_{\min})*(0,9-0,1)}{(x_{\max}-x_{\min})}+0,1 \quad 1$$

Burada x mevcut gerçek verileri ifade etmektedir.

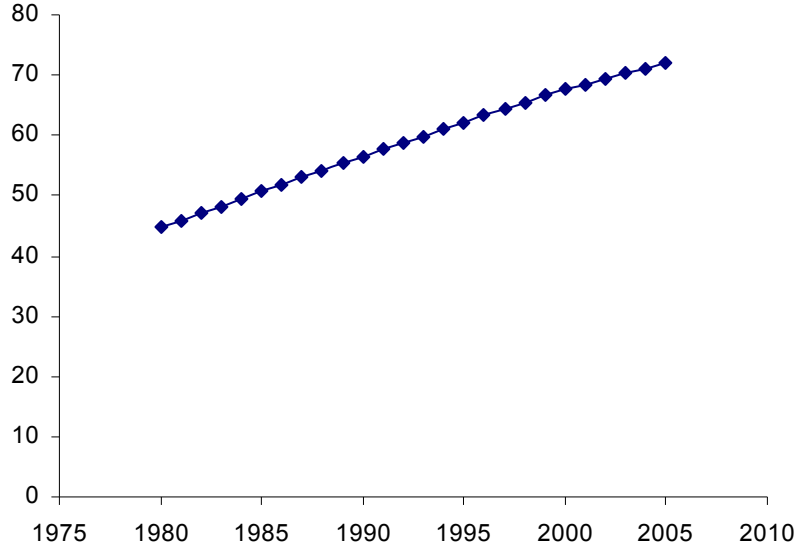
Gayri safi milli hasıla değeri de kişilerin ulaştırma sistemlerinin seçimine önemli derece de etkisi olan bir bağımsız değişken olarak ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle gayri safi milli hasıla değerleri tüm sistemler için ana veri olarak ele alınmıştır. Gayri safi milli hasıla verileri Türkiye için 1980-2005 yılları arasında 26 yıllık zaman serisi olarak TÜİK'den alınmıştır. Bağımlı değişken olan yolcu-km değerlerinin 2020 yılına kadarki gayri safi milli hasıla değerleri, 1980-2005 yıllarına ait gayri safi milli hasıla verilerinin tabloya işlenip x-y dağılım grafiğinin çizilmesi ile birlikte üstel fonksiyon eğilim çizgisi geçirilerek elde edilmiş ve Şekil 2.2 de grafiksel gösterimi yapılmıştır. Projeksiyonlarla ilgili resmi kurumlarca yüzdeler artış veya azalış oranları

verilmeyen bütün değişkenlerin ileriye yönelik tahminlerinde bu yöntem kullanılmıştır. Gayri safi milli hâsıla, 2005 yılı verilerine göre kişi başına 5008 dolar civarında çıkmıştır. Mevcut verilere bakıldığında Türkiye de gayri safi milli hasıla 1980 yılından 2005 yılına kadar olan süreç de % 417 oranında artmıştır. 2020 yılı için öngörülen gayri safi milli hasıla ise 2005 yılına göre % 152 oranında artış göstermiştir.

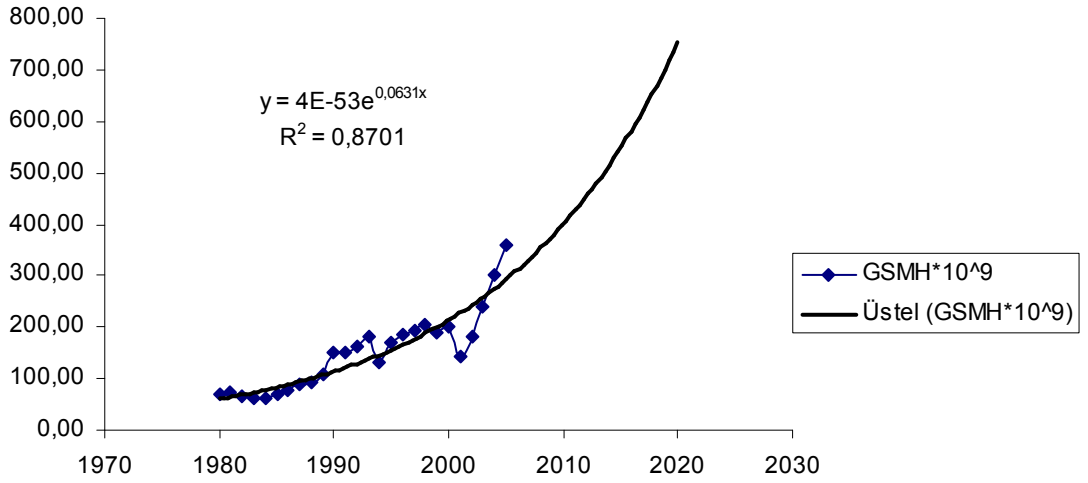
Otomobil, otobüs, minibüs sayıları toplamı karayolunda ki yolcu taşımacılığını etkileyen önemli bir bağımsız değişkendir. Talebe bağlı olarak söz konusu araç sayılarının artması ya da azalması bağımlı değişken olan yolcu-km değerini etkileyeceği açıktır. Otomobil, otobüs, minibüs sayılarının toplamı Türkiye için 1980-2005 yılları arasında 26 yıllık zaman serisi olarak Karayolları Genel Müdürlüğü'nden (KGM)⁽²¹⁾ alınmış ve bu verilerin yıllara göre değişim grafiği Şekil 2.3 de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 Türkiye İçin Yıllara Göre Nüfus, Gayri Safi Milli Hasıla ve Otomobil, Otobüs, Minibüs Toplamı Değerleri

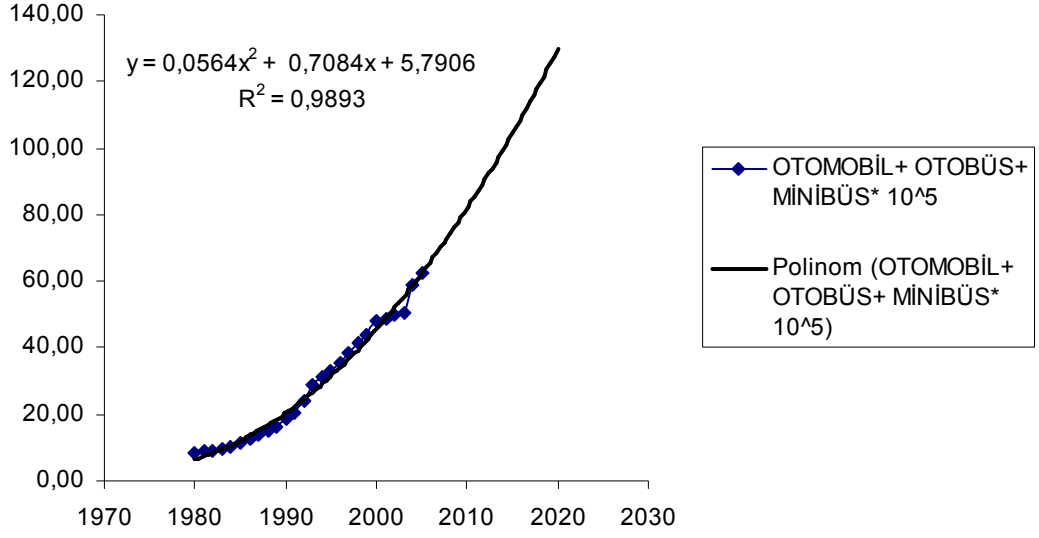
YILLAR	NÜFUS (N) *10 ⁶	GAYRİ SAFİ MİLLİ HASILA (GSMH) *10 ⁹	OTOMOBİL+ OTOBÜS+ MİNİBÜS *10 ⁵
1980	44,74	69,75	8,40
1981	45,92	72,77	8,77
1982	47,11	65,94	9,16
1983	48,29	62,13	9,68
1984	49,48	60,76	10,44
1985	50,66	68,20	11,12
1986	51,83	76,46	12,36
1987	52,99	87,73	13,53
1988	54,15	90,97	14,79
1989	55,31	108,68	16,12
1990	56,47	152,39	18,39
1991	57,60	152,35	20,67
1992	58,74	160,75	24,02
1993	59,87	181,99	28,64
1994	61,00	131,14	31,16
1995	62,14	171,98	33,22
1996	63,27	184,72	35,52
1997	64,40	194,36	38,69
1998	65,54	205,98	41,58
1999	66,67	187,66	44,06
2000	67,80	201,46	47,77
2001	68,36	144,61	48,93
2002	69,30	182,93	49,62
2003	70,23	238,41	50,69
2004	71,15	301,64	58,72
2005	72,06	360,88	62,75
2006	73,00	375,36	66,03
2007	73,89	399,81	69,84
2008	74,77	425,85	73,77
2009	75,64	453,59	77,80
2010	76,49	483,13	81,95
2011	77,31	514,60	86,21
2012	78,12	548,11	90,59
2013	78,92	583,82	95,07
2014	79,71	621,84	99,67
2015	80,50	662,34	104,39
2016	81,28	705,48	109,21
2017	82,04	751,43	114,15
2018	82,80	800,38	119,20
2019	83,56	852,51	124,37
2020	84,30	908,04	129,64



Şekil 2.1 Türkiye İçin Yıllara Göre Nüfus Değerleri

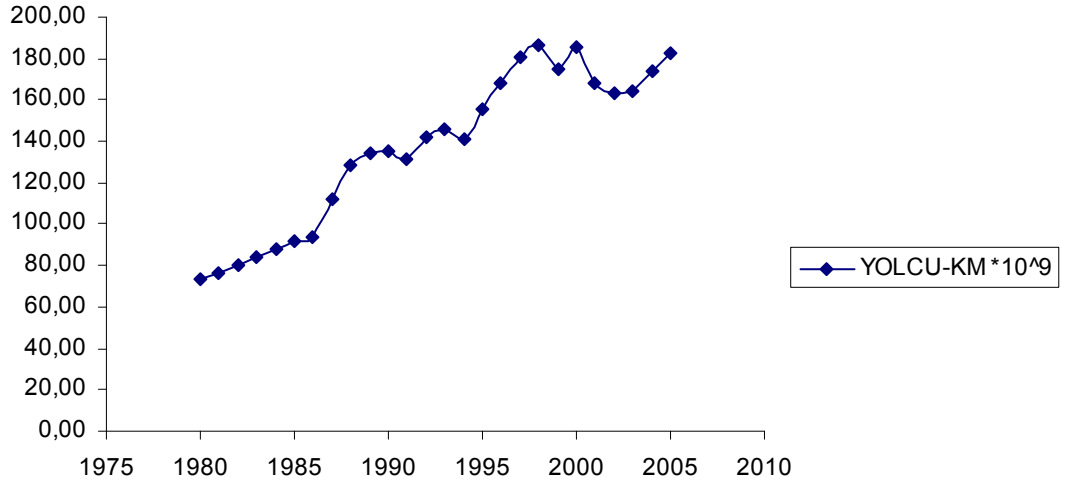


Şekil 2.2 Türkiye İçin Yıllara Göre Gayri Safi Milli Hâsıla Değerleri



Şekil 2.3 Türkiye İçin Yıllara Göre Otomobil, Otobüs, Minibüs

Toplamları Değerleri



Şekil 2.4 Türkiye İçin Yıllara Göre Karayolu Yolcu-Km Değerleri

Türkiye’de şekil 2.4 de görüldüğü üzere karayolu yolcu-km değerleri 1980 yılından 2005 yılına kadar olan süreç de bazı yıllarda düşüş olmakla

birlikte genelde artış eğiliminde olmuştur. 1980 yılında $73,13 * 10^9$ olan yolcu-km değeri % 149'luk bir artışla 2005 yılında $182,15 * 10^9$ değerine ulaşmıştır. Böylesine önemli bir oran da artış gösteren karayolu yolcu-km değerlerinin gelecek yıllarda değerlerinin ne olacağını bilmesi ülkemiz için son derece önemlidir. Normalize edilen yolcu-km değerleri YSA da birçok kez farklı ağ mimarileri ve ağırlıklar atanarak çalıştırılmış ve birçok sonuç elde edilmiştir. Bu sonuçların en uygun olduğu düşünüleni YSA tahmini olarak alınmıştır. YSA'nın çalıştırılmasıyla elde edilen yolcu-km çıktıları aşağıda verilen denklem kullanılarak denormalize edilmiştir. Diğer bağımlı değişkenler içinde Denklem 2 de verilen bağıntı kullanılmıştır.

$$\frac{(y-0,1)*(x_{\max}-x_{\min})}{(0,9-0,1)} + x_{\min} \quad 2$$

Burada y, YSA'nın çalıştırılması ile elde edilen normalize sonucu ifade etmektedir.

2.1.1.2. Karayolu Yük

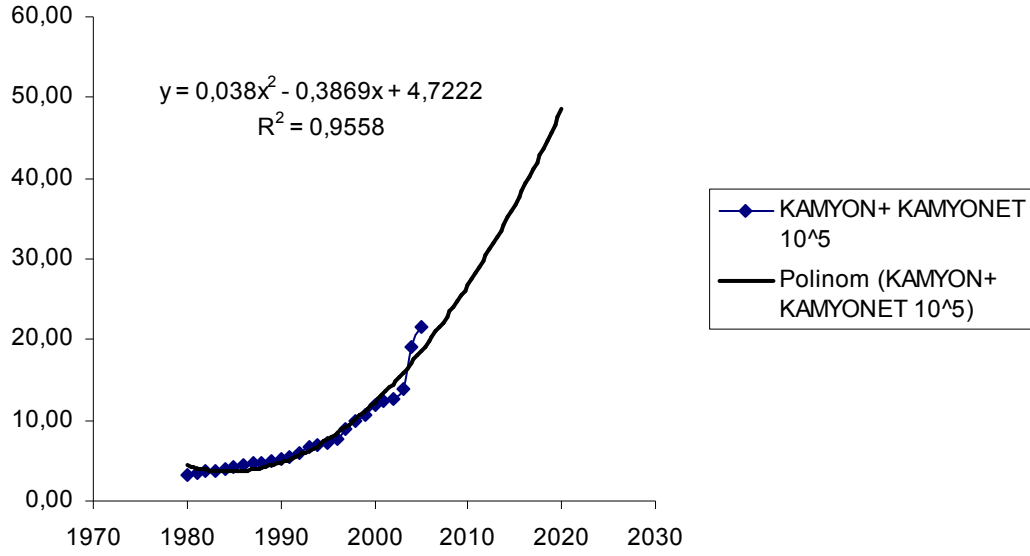
Türkiye de yük taşımacılığının %91'i karayolu ile gerçekleşmekte olup, diğer sistemlerle kıyaslandığında yük taşımacılığında lider konumda bulunmaktadır. Karayolu yük taşımacılığı için bağımsız değişkenler nüfus, gayri safi milli hasıla ve kamyon, kamyonet sayılarının toplamı şeklinde ele alınırken, bağımlı değişken olarak ise ton-km alınmıştır.

Bağımsız değişkenlerden olan nüfus ve gayri safi milli hâsıla hakkındaki bilgiler için, Bkz. Blm.2.1.1.1.

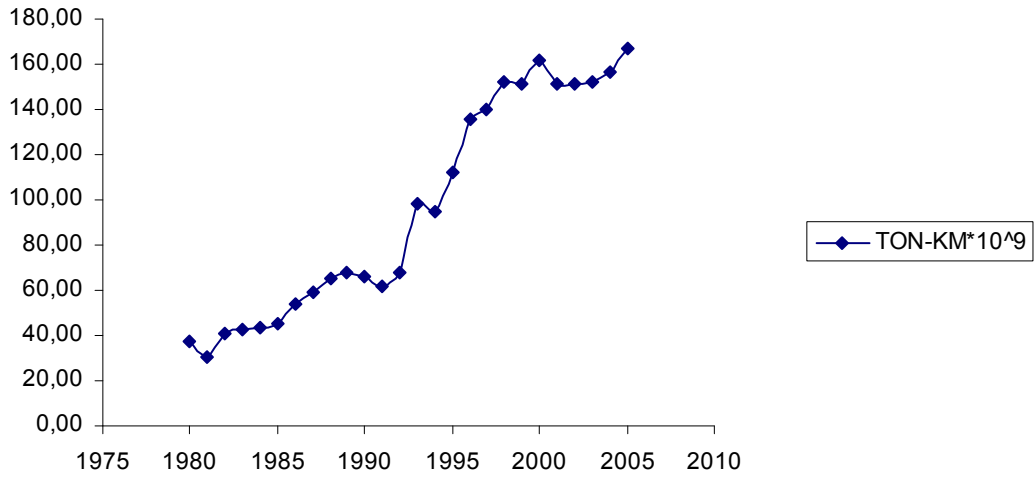
Karayolundaki yük taşımacılığın da çoğunlukla kamyon, kamyonet gibi ağır vasıta araçları kullanılmaktadır. Bu açıdan bakıldığında kamyon, kamyonet sayıları toplamı karayolunda ki yük taşımacılığını etkileyen önemli bir bağımsız değişken olarak ortaya çıkmaktadır. Söz konusu araçlardaki artma ya da azalmaların bağımlı değişken olan ton-km değerini etkileyeceği açıktır. Kamyon, kamyonet sayılarının toplamı Türkiye için 1980-2005 yılları arasında 26 yıllık zaman serisi olarak KGM'den alınmıştır. Kamyon, kamyonet sayıları verilerine polinom fonksiyon eklenmesiyle elde edilen grafik Şekil 2.5 de gösterilmiştir.

Çizelge 2.2 Türkiye İçin Yıllara Göre Nüfus, Gayri Safi Milli Hasıla ve Kamyon, Kamyonet Toplamı Değerleri

YILLAR	NÜFUS (N) *10 ⁶	GAYRİ SAFİ MİLLİ HASILA (GSMH) *10 ⁹	KAMYON+ KAMYONET *10 ⁵
1980	44,74	69,75	3,31
1981	45,92	72,77	3,45
1982	47,11	65,94	3,60
1983	48,29	62,13	3,77
1984	49,48	60,76	3,96
1985	50,66	68,20	4,18
1986	51,83	76,46	4,42
1987	52,99	87,73	4,59
1988	54,15	90,97	4,75
1989	55,31	108,68	4,90
1990	56,47	152,39	5,21
1991	57,60	152,35	5,54
1992	58,74	160,75	5,95
1993	59,87	181,99	6,60
1994	61,00	131,14	6,88
1995	62,14	171,98	7,19
1996	63,27	184,72	7,76
1997	64,40	194,36	8,83
1998	65,54	205,98	9,97
1999	66,67	187,66	10,72
2000	67,80	201,46	11,89
2001	68,36	144,61	12,30
2002	69,30	182,93	12,74
2003	70,23	238,41	13,78
2004	71,15	301,64	19,07
2005	72,06	360,88	21,52
2006	73,00	375,36	21,98
2007	73,89	399,81	23,68
2008	74,77	425,85	25,46
2009	75,64	453,59	27,32
2010	76,49	483,13	29,25
2011	77,31	514,60	31,25
2012	78,12	548,11	33,34
2013	78,92	583,82	35,50
2014	79,71	621,84	37,73
2015	80,50	662,34	40,04
2016	81,28	705,48	42,43
2017	82,04	751,43	44,89
2018	82,80	800,38	47,43
2019	83,56	852,51	50,05
2020	84,30	908,04	52,74



Şekil 2.5 Türkiye İçin Yıllara Göre Kamyon, Kamyonet Toplamları Değerleri



Şekil 2.6 Türkiye İçin Yıllara Göre Karayolu Ton-Km Değerleri

Türkiye’de Şekil 2.6 da görüldüğü üzere karayolu ton-km değerleri 1980 yılından 2005 yılına kadar olan süreç de bazı yıllarda düşüş olmakla

birlikte genelde artış eğiliminde olmuştur. 1980 yılında $37,51 * 10^9$ olan ton-km değeri % 345'lik bir artışla 2005 yılında $166,83 * 10^9$ değerine ulaşmıştır.

2.1.1.3 Karayolu Araç

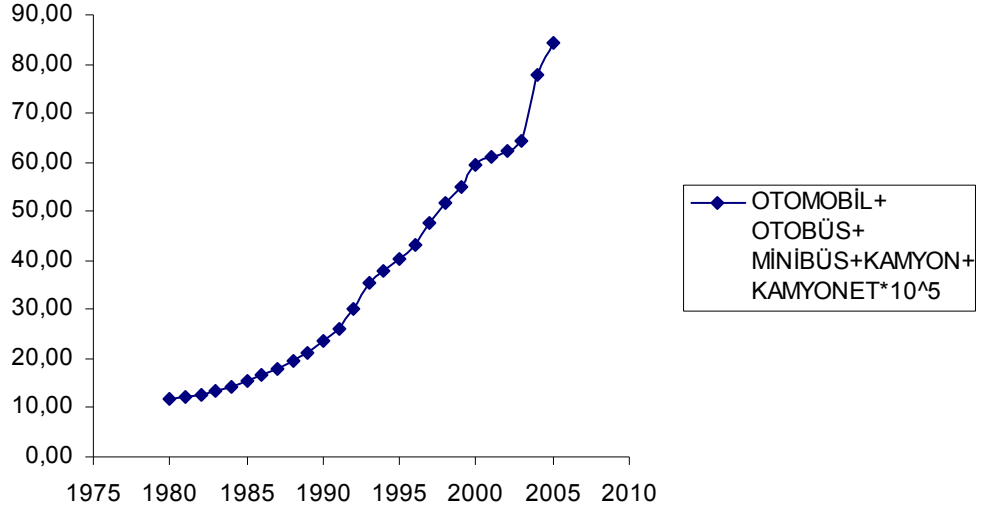
Türkiye karayollarında kullanılan araç sayısı bakımından ciddi değerlere ulaşmıştır. Karayolunda araçlarla ilgili tahmin için bağımsız değişkenler nüfus, gayri safi milli hasıla ve otomobil, otobüs, minibüs, kamyon, kamyonet sayılarının toplamı olurken, bağımlı değişken olarak ise araç-km alınmıştır.

Bağımsız değişkenlerden olan nüfus ve gayri safi milli hasıla hakkındaki bilgiler için, Bkz. Blm.2.1.1.1.

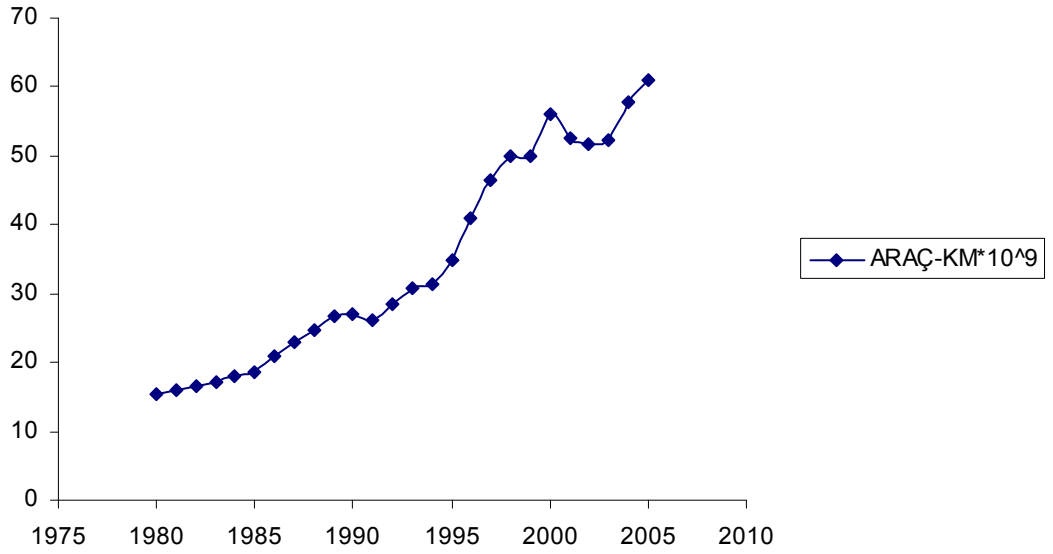
Diğer bir bağımsız değişken olan otomobil, otobüs, minibüs, kamyon, kamyonet sayılarının toplamı 1980 ile 2005 yılları için olan mevcut verilerde karayolu yolcu taşımacılığı kısmında verilen otomobil, otobüs, minibüs sayılarının toplamı ile karayolu yük taşımacılığı kısmında verilen kamyon, kamyonet sayılarının toplamının birbirlerine eklenmesi ile elde edilmiş ve çıkan değerler Şekil 2.7 de gösterilmiştir.

Çizelge 2.3 Türkiye İçin Yıllara Göre Nüfus, Gayri Safi Milli Hasıla ve Otomobil, Otobüs, Minibüs, Kamyon, Kamyonet Toplamı Değerleri

YILLAR	NÜFUS (N) *10 ⁶	GAYRİ SAFİ MİLLİ HASILA (GSMH) *10 ⁹	OTOMOBİL+ OTOBÜS+ MİNİBÜS KAMYON+ KAMYONET *10 ⁵
1980	44,74	69,75	11,71
1981	45,92	72,77	12,22
1982	47,11	65,94	12,76
1983	48,29	62,13	13,45
1984	49,48	60,76	14,40
1985	50,66	68,20	15,30
1986	51,83	76,46	16,78
1987	52,99	87,73	18,12
1988	54,15	90,97	19,54
1989	55,31	108,68	21,02
1990	56,47	152,39	23,60
1991	57,60	152,35	26,21
1992	58,74	160,75	29,97
1993	59,87	181,99	35,24
1994	61,00	131,14	38,04
1995	62,14	171,98	40,41
1996	63,27	184,72	43,28
1997	64,40	194,36	47,52
1998	65,54	205,98	51,55
1999	66,67	187,66	54,78
2000	67,80	201,46	59,66
2001	68,36	144,61	61,23
2002	69,30	182,93	62,36
2003	70,23	238,41	64,47
2004	71,15	301,64	77,79
2005	72,06	360,88	84,27
2006	73,00	375,36	88,01
2007	73,89	399,81	93,52
2008	74,77	425,85	99,23
2009	75,64	453,59	105,12
2010	76,49	483,13	111,20
2011	77,31	514,60	117,47
2012	78,12	548,11	123,92
2013	78,92	583,82	130,57
2014	79,71	621,84	137,41
2015	80,50	662,34	144,43
2016	81,28	705,48	151,64
2017	82,04	751,43	159,04
2018	82,80	800,38	166,63
2019	83,56	852,51	174,41
2020	84,30	908,04	182,38



Şekil 2.7 Türkiye İçin Yıllara Göre Otomobil, Otobüs, Minibüs, Kamyon, Kamyonet Toplamları Değerleri



Şekil 2.8 Türkiye İçin Yıllara Göre Karayolu Araç-Km Değerleri

Şekil 2.8 de de görüldüğü üzere Türkiye’de karayolu araç-km değerleri 1980 yılından 2005 yılına kadar olan süreç de bazı yıllarda düşüş

göstermekle birlikte genelde artış eğiliminde olmuştur. 1980 yılında $15,34 \cdot 10^9$ olan araç-km değeri % 299'luk bir artışla 2005 yılında $61,13 \cdot 10^9$ değerine ulaşmıştır.

2.1.2. Demiryolu

Türkiye'deki mevcut ulaştırma sistemleri arasında önümüzdeki yıllarda hızlı tren teknolojisinin devreye girmesi ve mevcut sistemlerin iyileştirilmesiyle büyük bir atılım içerisinde olması beklenen demiryolu ulaştırma sistemi, bu çalışmada demiryolu yolcu ve demiryolu yük olmak üzere iki bölümde ele alınmıştır. Her bir bölüm için mevcut veriler ışığında YSA ile gelecek yıllara ait tahminler yapılmıştır.

2.1.2.1. Demiryolu Yolcu

Türkiye de 1940'lı yıllardan önceki zaman dilimi göz önüne alındığında demiryolu yolcu taşımacılığının büyük bir paya sahip olduğu görülür. Günümüze gelinceye kadar yolcu taşımacılığında demiryolunun payı düşmüş ve egemenliği karayolu almıştır. Son yıllarda hızlı tren teknolojisinin Türkiye'de de kullanılmaya başlanması, mevcut şartların iyileştirilmesiyle birlikte tekrar yolcu taşımacılığında ki payını artırması beklenmektedir.

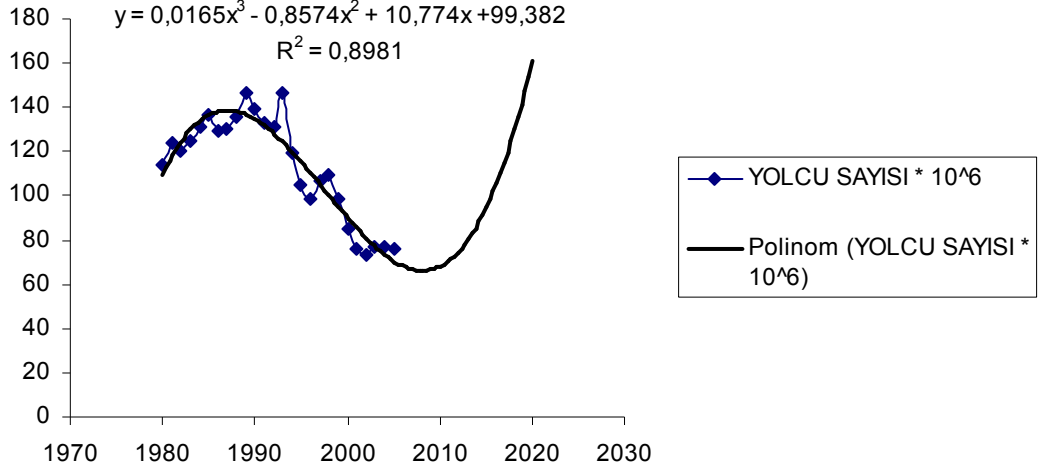
Demiryolu yolcu taşımacılığına ait talep tahmin edilirken, bağımsız değişkenler olarak nüfus, gayri safi milli hâsıla ve yolcu sayısı; bağımlı değişken olarak da yolcu-km alınmıştır.

Bağımsız değişkenlerden olan nüfus ve gayri safi milli hasıla hakkındaki bilgiler için, Bkz. Blm.2.1.1.1.

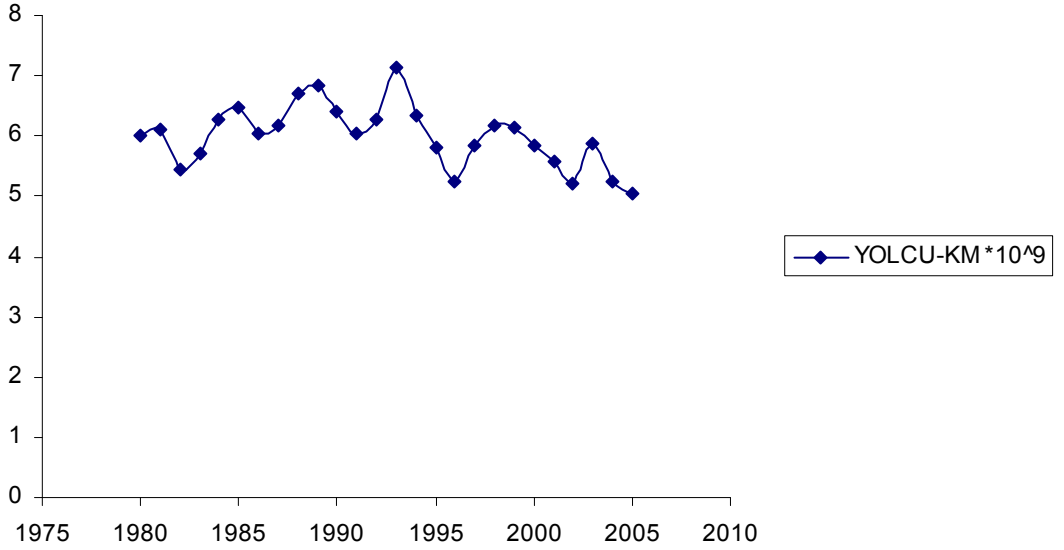
Bağımlı değişken olan yolcu-km değerinin tahmininde yolcu sayısının önemli bir parametre olduğu görölmektedir. Yolcu sayısındaki artma ya da azalma direkt olarak yolcu-km değerini etkilemektedir. YSA'nda kullanılmak üzere gelecek yıllara ait yolcu sayılarını gösteren grafik Şekil 2.9 da verilmektedir. Mevcut verilere göre azalan bir eğri göstermesine rağmen artan polinom seçilmesinin nedeni ileriki yıllarda hızlı tren teknolojilerinden dolayı yolcu sayılarında bir artışın beklenmesidir. Yolcu sayısı, 1980-2005 yılları arasında 26 yıllık zaman serisi olarak Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları'ndan (TCDD)⁽²²⁾ alınmıştır.

Çizelge 2.4 Türkiye İçin Yıllara Göre Nüfus, Gayri Safi Milli Hasıla ve Demiryolu Yolcu Sayısı Değerleri

YILLAR	NÜFUS (N) *10⁶	GAYRİ SAFİ MİLLİ HASILA (GSMH) *10⁹	YOLCU SAYISI * 10⁶
1980	44,74	69,75	113,938
1981	45,92	72,77	123,714
1982	47,11	65,94	120,29
1983	48,29	62,13	125,254
1984	49,48	60,76	131,442
1985	50,66	68,20	136,354
1986	51,83	76,46	129,352
1987	52,99	87,73	129,909
1988	54,15	90,97	135,706
1989	55,31	108,68	146,359
1990	56,47	152,39	139,089
1991	57,60	152,35	133,243
1992	58,74	160,75	131,252
1993	59,87	181,99	146,318
1994	61,00	131,14	119,533
1995	62,14	171,98	104,635
1996	63,27	184,72	98,315
1997	64,40	194,36	107,053
1998	65,54	205,98	109,774
1999	66,67	187,66	98,931
2000	67,80	201,46	85,343
2001	68,36	144,61	76,322
2002	69,30	182,93	73,088
2003	70,23	238,41	76,993
2004	71,15	301,64	76,756
2005	72,06	360,88	76,306
2006	73,00	375,36	90,005
2007	73,89	399,81	91,060
2008	74,77	425,85	93,173
2009	75,64	453,59	96,442
2010	76,49	483,13	100,966
2011	77,31	514,60	106,844
2012	78,12	548,11	114,176
2013	78,92	583,82	123,060
2014	79,71	621,84	133,595
2015	80,50	662,34	145,880
2016	81,28	705,48	160,014
2017	82,04	751,43	176,096
2018	82,80	800,38	194,226
2019	83,56	852,51	214,502
2020	84,30	908,04	237,023



Şekil 2.9 Türkiye İçin Yıllara Göre Demiryolu Yolcu Sayısı Değerleri



Şekil 2.10 Türkiye İçin Yıllara Göre Demiryolu Yolcu-Km Değerleri

Türkiye’de şekil 2.10 da görüldüğü üzere yolcu-km değerleri 1980 yılından 2005 yılına kadar olan süreç de bazı yıllarda artış olmakla birlikte genelde azalma eğiliminde olmuştur. 1980 yılında $6,011 * 10^9$ olan yolcu-km

değeri % 16'lık bir azalmayla 2005 yılında $5,036 * 10^9$ değerine ulaşmıştır. Mevcut verilere bakıldığında azalma gösteren demiryolu yolcu-km talebinin önümüzdeki yıllarda hızlı tren teknolojisinin ülkemizde gelişmesi ile artacak olması bilinen bir gerçektir.

2.1.2.2. Demiryolu Yük

Demiryolu ile yük taşımacılığı birçok ülkede diğer ulaştırma sistemlerine oranla yaygın olarak kullanılan bir sistem olmuştur. Türkiye'de ise demiryolu ile yük taşımacılığı geçmiş yıllarda daha fazla pay almasına rağmen düşüş trendine girmiş, ancak son yıllarda yine artış eğilimi göstermiştir. Mevcut şartların iyileştirilmesi ile birlikte demiryolunun Türkiye'deki yük taşımacılığında önemli bir paya sahip olacağı düşünülmektedir.

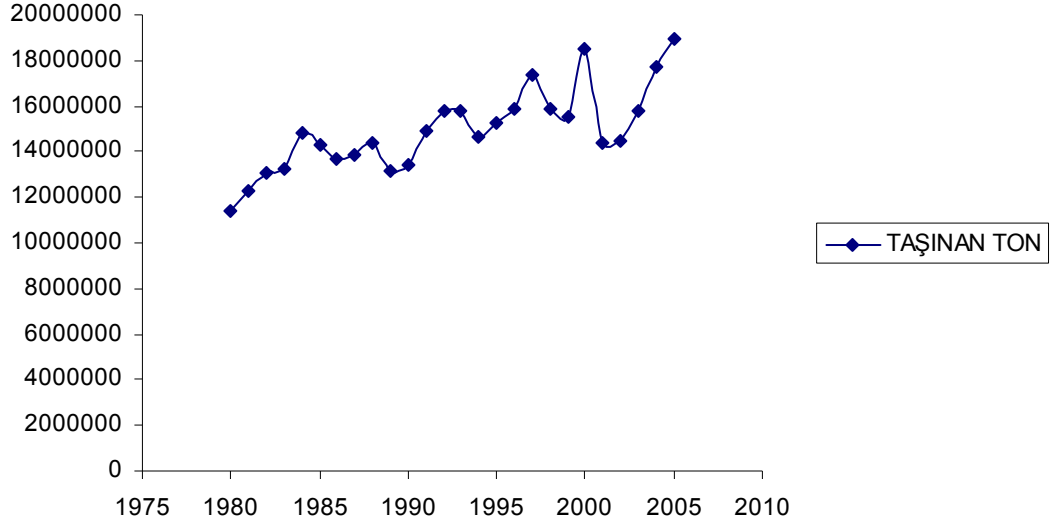
Demiryolu yük taşımacılığı için bağımsız değişken olarak nüfus, gayri safi milli hâsıla ve taşınan ton miktarları seçilmiş, bağımlı değişken ise ton-km alınmıştır.

Bağımsız değişkenlerden olan nüfus ve gayri safi milli hâsıla hakkındaki bilgiler için, Bkz. Blm.2.1.1.1.

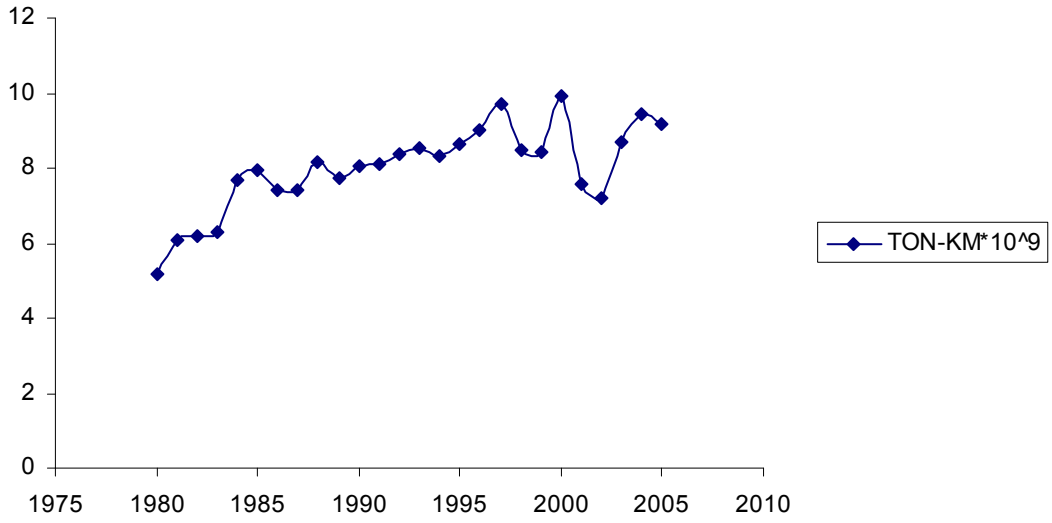
Bağımlı değişken ton-km değerlerinin tahmini için ihtiyaç duyulan 1980-2005 yıllarına ait taşınan ton miktarı TCDD verilerinden alınmıştır. 2006-2020 yılları arasındaki bu değişkene ait olan veriler TCDD'de taşınan ton miktarlarıyla ilgili Dairenin tahminlerinden alınmış ve yıllara göre aldığı değerler Şekil 2.11 de gösterilmiştir.

Çizelge 2.5 Türkiye İçin Yıllara Göre Nüfus, Gayri Safi Milli Hasıla ve Demiryolu Taşınan Ton Miktarı Değerleri

YILLAR	NÜFUS (N) *10⁶	GAYRİ SAFİ MİLLİ HASILA (GSMH) *10⁹	TAŞINAN TON
1980	44,74	69,75	11.446.819
1981	45,92	72,77	12.319.944
1982	47,11	65,94	13.074.140
1983	48,29	62,13	13.236.533
1984	49,48	60,76	14.828.423
1985	50,66	68,20	14.321.793
1986	51,83	76,46	13.708.208
1987	52,99	87,73	13.887.000
1988	54,15	90,97	14.353.286
1989	55,31	108,68	13.146.000
1990	56,47	152,39	13.464.000
1991	57,60	152,35	14.880.000
1992	58,74	160,75	15.775.000
1993	59,87	181,99	15.818.000
1994	61,00	131,14	14.675.000
1995	62,14	171,98	15.288.000
1996	63,27	184,72	15.856.000
1997	64,40	194,36	17.405.000
1998	65,54	205,98	15.850.000
1999	66,67	187,66	15.549.000
2000	67,80	201,46	18.533.000
2001	68,36	144,61	14.369.000
2002	69,30	182,93	14.431.000
2003	70,23	238,41	15.760.000
2004	71,15	301,64	17.713.000
2005	72,06	360,88	18.948.000
2006	73,00	375,36	20.415.000
2007	73,89	399,81	22.048.200
2008	74,77	425,85	28.662.660
2009	75,64	453,59	31.528.926
2010	76,49	483,13	34.681.819
2011	77,31	514,60	38.150.000
2012	78,12	548,11	42.346.501
2013	78,92	583,82	47.004.616
2014	79,71	621,84	52.175.123
2015	80,50	662,34	57.914.387
2016	81,28	705,48	64.284.969
2017	82,04	751,43	71.356.316
2018	82,80	800,38	79.205.511
2019	83,56	852,51	87.918.117
2020	84,30	908,04	97.589.110



Şekil 2.11 Türkiye İçin Yıllara Göre Demiryolunda Taşınan Ton Değerleri



Şekil 2.12 Türkiye İçin Yıllara Göre Demiryolu Ton-Km Değerleri

Türkiye’de şekil 2.12 de görüldüğü üzere ton-km değerleri 1980 yılından 2005 yılına kadar olan süreç de bazı yıllarda azalma olmakla birlikte

genelde artma eğiliminde olmuştur. 1980 yılında $5,167 * 10^9$ olan ton-km değeri % 77'lik bir artışla 2005 yılında $9,152 * 10^9$ değerine ulaşmıştır. Gelecek yıllarda yük taşımacılığında büyük pay sahibi olması beklenen demiryolunun ton-km değerlerinin ne olacağının tahmini muhakkak ki çok yararlı olacaktır.

2.1.3. Havayolu

Türkiye'de son yıllarda atılım gösteren ulaştırma sistemlerinden biriside havayolu ulaştırmasıdır. Yolcu taşımacılığında, zaman tasarrufu özelliği ile uzun mesafe taşımaların vazgeçilmez sistemi olmuştur. Dış hatlarda büyük öneme sahip olan havayolu ulaştırma sistemi özel sektörlerin de taşımacılık faaliyetlerine başlamasıyla birlikte iç hat taşımacılığında da büyük bir atılım içerisine girmiştir. Bu çalışma da havayolu ulaştırma sistemi, iç hatlar ve dış hatlar olmak üzere ikiye ayrılarak incelenmiştir. Havayolu iç ve dış hatlar kendi içerisinde de iç hat yolcu, iç hat yük ve dış hat yolcu, dış hat yük olmak üzere ikiye ayrılmıştır.

Havayolu ulaştırma sistemi için veriler, iç hatlar ve dış hatlarda özel havayolu şirketlerinin sektöre giriş yılı olan 1990 yılından itibaren alınmıştır.

2.1.3.1. Havayolu İç Hat

Havayolu iç hatlar taşımacılığı, iç hat yolcu ve iç hat yük olmak üzere iki bölümde incelenmiştir.

2.1.3.1.1. Havayolu İç Hat Yolcu

Türkiye’de iç hatlar yolcu taşımacılığında havayolu, özel şirketlerin de sektöre girmesiyle birlikte payını artıran bir sistem haline gelmiştir. Gelecek yıllarda da yolcu taşımacılığındaki payını artırmaya devam edeceği düşünülmektedir. Bu nedenle ileriki yıllardaki değerlerinin tahmininin birçok açıdan önemli olacağı ortaya çıkmaktadır.

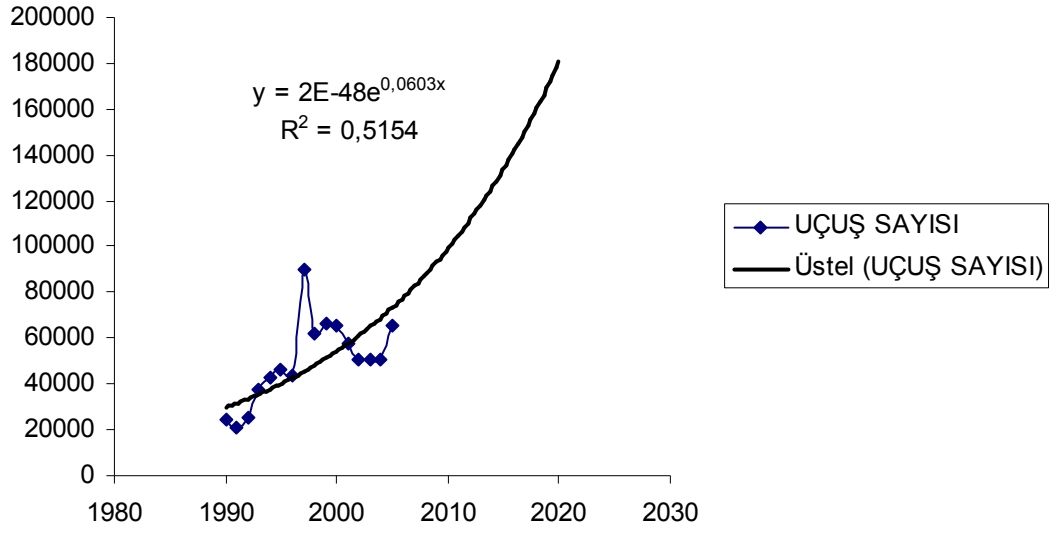
Havayolu iç hat yolcu taşımacılığı için bağımsız değişkenler nüfus, gayri safi milli hâsıla, uçuş sayısı, uçulan km, yolcu sayısı toplamı olarak seçilmiş, bağımlı değişken ise yolcu-km alınmıştır.

Tüm sistemler için ortak veri konumunda olan nüfus ve gayri safi milli hasıla değerleri havayolu taşımacılığında 1990-2005 yılları için ele alınmıştır. Diğer ulaştırma sistemlerinde gayri safi milli hasıla için gelecek yıllara ait tahminlerde 1980-2005 yılları verilerinden faydalanılmıştır. Havayolunda ise gelecek yıl tahminleri için 1990-2005 yıllarına göre tekrar işlem yapılması, diğer ulaştırma sistemleri için gelecek yıllara ait alınan verilerle farklılık yaratacağından dolayı tekrar ekstra bir işlem yapılmamış, diğer sistemler için bulunan değerler alınmıştır. Bağımsız değişkenlerden olan nüfus ve gayri safi milli hasıla hakkındaki bilgiler için, Bkz. Blm.2.1.1.1.

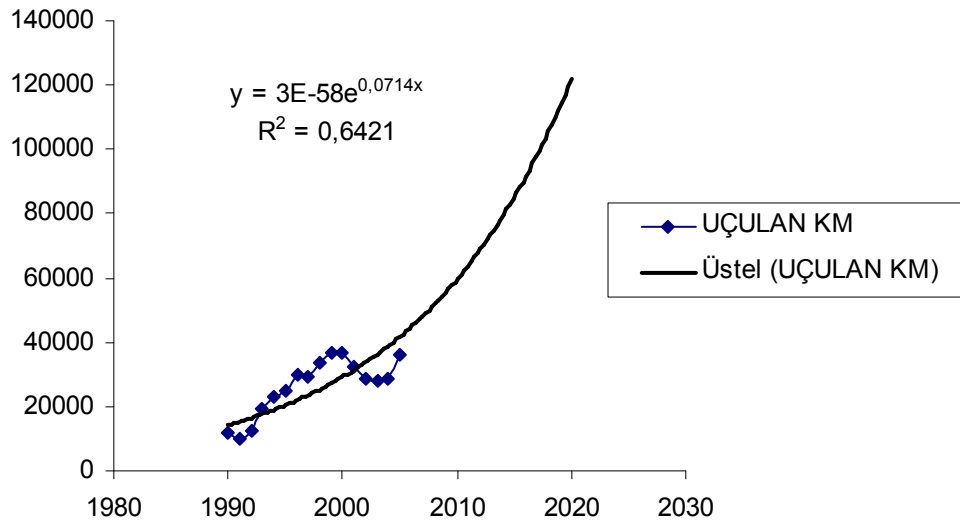
Bağımsız değişken olarak seçilen uçuş sayısı, uçulan km ve yolcu sayısı değerlerindeki artma ya da azalmaların, bağımlı değişken olan yolcu-km değerini direkt olarak etkileyeceği düşünülmüştür. Uçuş sayısı, uçulan km ve yolcu sayısı değerleri, sırasıyla Şekil 2.13, 2.14 ve 2.15 de gösterilmiştir. Mevcut veriler Türkiye için 1990-2005 yılları arasında 16 yıllık zaman serisi olarak TÜİK Ulaştırma İstatistikleri Özetleri⁽²³⁾ kitaplarından alınmıştır.

Çizelge 2.6 Türkiye İçin Yıllara Göre Nüfus, Gayri Safi Milli Hasıla, İç Hatlar İçin Uçuş Sayısı, Uçulan Km ve Havayolu Yolcu Sayısı Toplam Değerleri

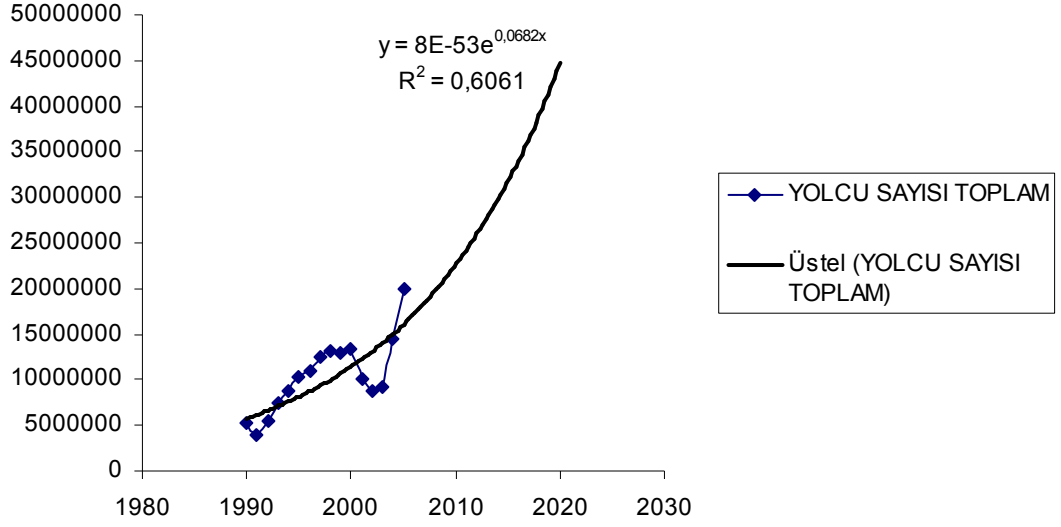
YILLAR	NÜFUS (N) *10 ⁶	GAYRİ SAFİ MİLLİ HASILA (GSMH) *10 ⁹	UÇUŞ SAYISI	UÇULAN KM	YOLCU SAYISI TOPLAM
1990	56,47	152,39	24.681	11.512	5.347.743
1991	57,60	152,35	20.891	10.003	4.009.724
1992	58,74	160,75	25.535	12.219	5.445.021
1993	59,87	181,99	37.764	19.039	7.393.941
1994	61,00	131,14	42.696	22.887	8.784.310
1995	62,14	171,98	45.927	24.783	10.354.828
1996	63,27	184,72	43.885	29.940	10.862.498
1997	64,40	194,36	89.527	28.979	12.413.720
1998	65,54	205,98	62.202	33.772	13.238.832
1999	66,67	187,66	66.286	36.478	12.931.771
2000	67,80	201,46	65.862	36.704	13.339.039
2001	68,36	144,61	57.547	32.126	10.057.808
2002	69,30	182,93	50.981	28.553	8.697.894
2003	70,23	238,41	50.313	28.180	9.125.298
2004	71,15	301,64	50.618	28.489	14.427.969
2005	72,06	360,88	65.104	35.886	19.942.692
2006	73,00	375,36	68.245	47.910	20.824.310
2007	73,89	399,81	72.487	51.456	22.294.077
2008	74,77	425,85	76.992	55.264	23.867.580
2009	75,64	453,59	81.778	59.354	25.552.140
2010	76,49	483,13	86.861	63.747	27.355.594
2011	77,31	514,60	92.260	68.465	29.286.336
2012	78,12	548,11	97.994	73.532	31.353.348
2013	78,92	583,82	104.085	78.974	33.566.249
2014	79,71	621,84	110.554	84.819	35.935.334
2015	80,50	662,34	117.426	91.097	38.471.629
2016	81,28	705,48	124.725	97.839	41.186.933
2017	82,04	751,43	132.477	105.080	44.093.883
2018	82,80	800,38	140.711	112.857	47.206.002
2019	83,56	852,51	149.457	121.210	50.537.774
2020	84,30	908,04	158.746	130.180	54.104.700



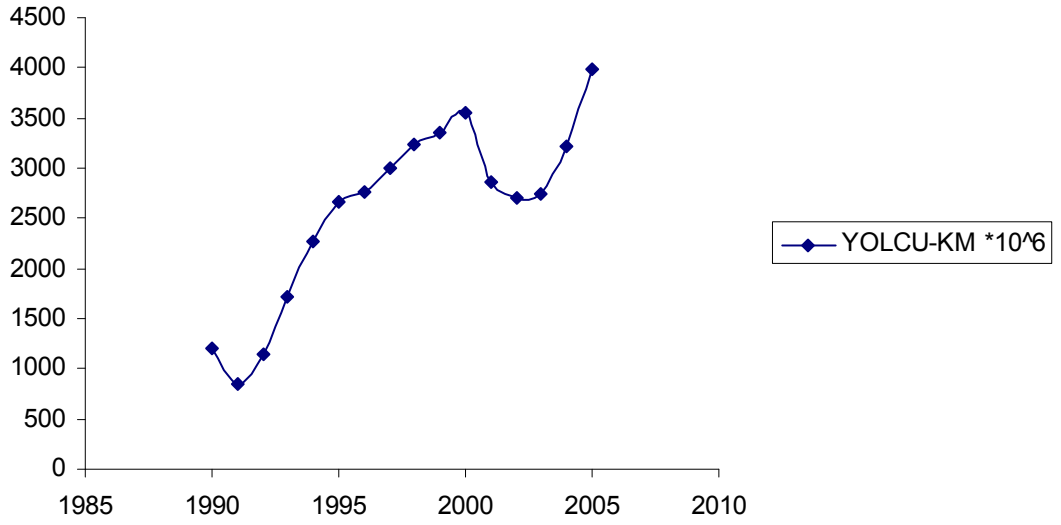
Şekil 2.13 Türkiye İçin Yıllara Göre Havayolu İç Hat Uçuş Sayısı Değerleri



Şekil 2.14 Türkiye İçin Yıllara Göre Havayolu İç Hat Uçulan Km Değerleri



Şekil 2.15 Türkiye İçin Yıllara Göre Havayolu İç Hat Yolcu Sayısı Toplam Değerleri



Şekil 2.16 Türkiye İçin Yıllara Göre Havayolu İç Hat Yolcu-Km Değerleri

Türkiye’de şekil 2.16 da görüldüğü üzere havayolu iç hat yolcu-km değerleri 1990 yılından 2005 yılına kadar olan süreç de bazı yıllarda azalma

olmakla birlikte genelde büyük bir artma eğiliminde olmuştur. 1990 yılında $1208 \cdot 10^6$ olan yolcu-km değeri % 230'luk bir artışla 2005 yılında $3992 \cdot 10^6$ değerine ulaşmıştır. Büyük bir artış gösteren iç hat yolcu-km değerlerinin gelecek yıllarda da artması beklenen bir durumdur.

2.1.3.1.2. Havayolu İç Hat Yük

Türkiye'de iç hatlar yük taşımacılığında havayolu, çok düşük düzeyde bir paya sahip olmasına rağmen yıllar geçtikçe payını artırmıştır ancak yine de diğer sistemlere bakıldığında arzulanan seviyeye çıkamamıştır. Dengeli ulaştırma sistemlerinin kullanımına yönelik planlamaların başlaması ile birlikte ileriki yıllarda havayolu yük taşıma payının ne olacağının tahmini de önem kazanmıştır. Havayolu iç hat yük taşımacılığı için bağımsız değişkenler nüfus, gayri safi milli hasıla, uçuş sayısı, uçulan km, taşınan yük toplamı olarak seçilmiş, bağımlı değişken ise ton-km alınmıştır.

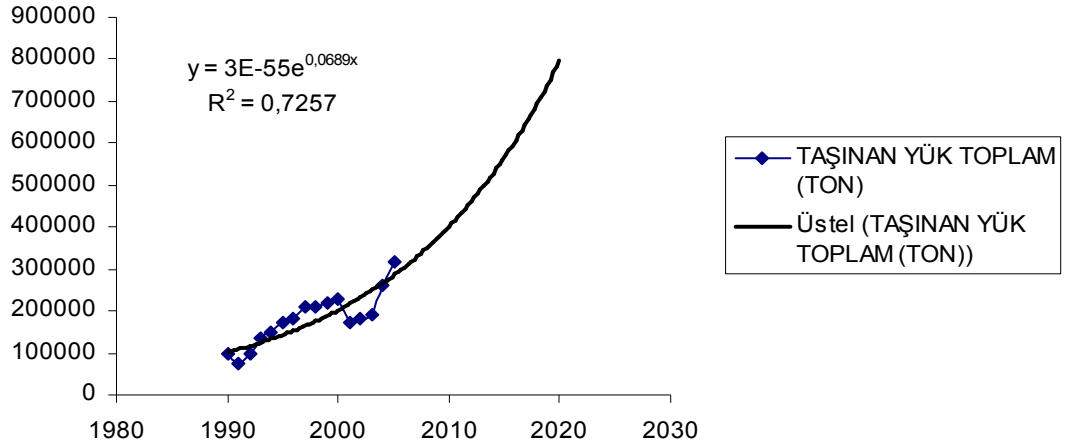
Bağımsız değişkenlerden olan nüfus ve gayri safi milli hasıla hakkındaki bilgiler için, Bkz. Blm.2.1.1.1.

Diğer bağımsız değişkenlerden olan uçuş sayısı ve uçulan km değerleri iç hatlar için, alınan kaynaklarda yolcu ve yük şeklinde ayrılmamasından dolayı uçuş sayısı ve uçulan km değerleri hem iç hat yolcu hem de iç hat yük taşımacılığı için kullanılmıştır. Bağımsız değişkenlerden olan uçuş sayısı ve uçulan km hakkındaki bilgiler için, Bkz. Blm. 2.1.3.1.1.

Bağımlı değişken olan ton-km değerine ulaşabilmek için son bağımsız değişken olarak iç hatlarda taşınan yük toplamı seçilmiştir. Taşınan yükteki değişmelerin ton-km değerlerini etkileyeceği düşünülmüştür.

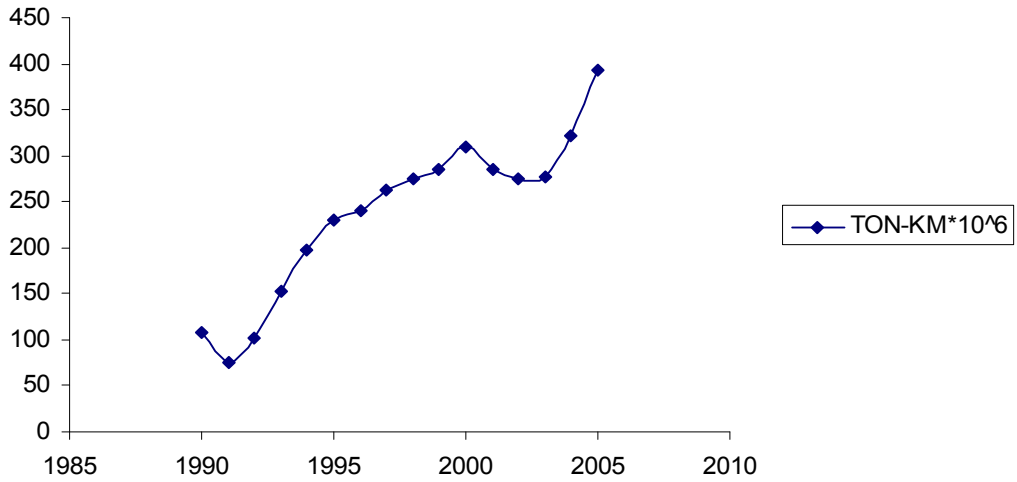
Çizelge 2.7 Türkiye İçin Yıllara Göre Nüfus, Gayri Safi Milli Hasıla, İç Hatlar İçin Uçuş Sayısı, Uçulan Km ve Havayolu Taşınan Yük Toplam Değerleri

YILLAR	NÜFUS (N) *10 ⁶	GAYRİ SAFİ MİLLİ HASILA (GSMH) *10 ⁹	UÇUŞ SAYISI	UÇULAN KM	TAŞINAN YÜK TOPLAM (TON)
1990	56,47	152,39	24.681	11.512	99.549
1991	57,60	152,35	20.891	10.003	72.843
1992	58,74	160,75	25.535	12.219	96.554
1993	59,87	181,99	37.764	19.039	135.300
1994	61,00	131,14	42.696	22.887	151.441
1995	62,14	171,98	45.927	24.783	171.384
1996	63,27	184,72	43.885	29.940	181.911
1997	64,40	194,36	89.527	28.979	211.997
1998	65,54	205,98	62.202	33.772	209.486
1999	66,67	187,66	66.286	36.478	217.558
2000	67,80	201,46	65.862	36.704	226.313
2001	68,36	144,61	57.547	32.126	171.411
2002	69,30	182,93	50.981	28.553	181.198
2003	70,23	238,41	50.313	28.180	188.936
2004	71,15	301,64	50.618	28.489	262.646
2005	72,06	360,88	65.104	35.886	315.858
2006	73,00	375,36	68.245	47.910	318.008
2007	73,89	399,81	72.487	51.456	340.691
2008	74,77	425,85	76.992	55.264	364.993
2009	75,64	453,59	81.778	59.354	391.027
2010	76,49	483,13	86.861	63.747	418.919
2011	77,31	514,60	92.260	68.465	448.800
2012	78,12	548,11	97.994	73.532	480.812
2013	78,92	583,82	104.085	78.974	515.108
2014	79,71	621,84	110.554	84.819	551.850
2015	80,50	662,34	117.426	91.097	591.213
2016	81,28	705,48	124.725	97.839	633.384
2017	82,04	751,43	132.477	105.080	678.563
2018	82,80	800,38	140.711	112.857	726.964
2019	83,56	852,51	149.457	121.210	778.818
2020	84,30	908,04	158.746	130.180	834.370



Şekil 2.17 Türkiye İçin Yıllara Göre Havayolu İç Hat Taşınan Yük

Toplam Değerleri



Şekil 2.18 Türkiye İçin Yıllara Göre Havayolu İç Hat Ton-Km Değerleri

Türkiye'de şekil 2.18 de görüldüğü üzere havayolu iç hat ton-km değerleri 1990 yılından 2005 yılına kadar olan süreç de bazı yıllarda azalma olmakla birlikte genelde büyük bir artma eğiliminde olmuştur. 1990 yılında 107 * 10⁶ olan ton-km değeri % 266'lık bir artışla 2005 yılında 392 * 10⁶

değerine ulaşmıştır. Büyük bir artış gösteren iç hat ton-km değerlerinin gelecek yıllarda da artması beklenen bir durum olmuştur.

2.1.3.2. Havayolu Dış Hat

Havayolu dış hatlar taşımacılığı, dış hat yolcu ve dış hat yük olmak üzere iki bölümde incelenmiştir.

2.1.3.2.1. Havayolu Dış Hat Yolcu

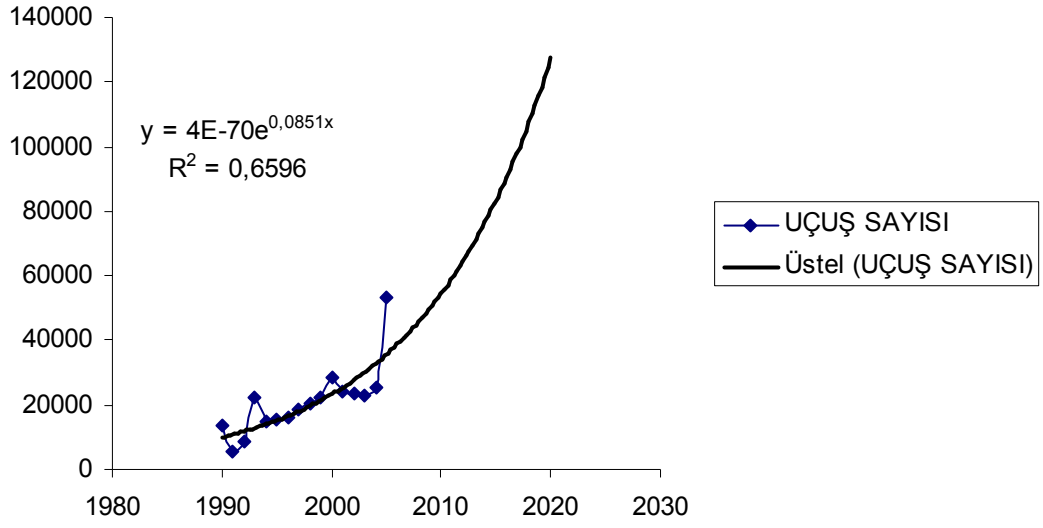
Türkiye’de dış hatlar yolcu taşımacılığında havayolu diğer sistemlere oranla büyük bir üstünlük kurmuştur. Dış hatlar için yolcu taşımacılığın da böylesine önemli bir konumda olan havayolunun, ileriki yıllarda ki değerlerinin tahmini birçok açıdan önemli olacaktır. Havayolu dış hat yolcu taşımacılığı için bağımsız değişkenler nüfus, gayri safi milli hasıla, uçuş sayısı, uçulan km, yolcu sayısı toplamı olarak seçilmiş, bağımlı değişken ise yolcu-km alınmıştır.

Bağımsız değişkenlerden olan nüfus ve gayri safi milli hasıla hakkındaki bilgiler için, Bkz. Blm.2.1.1.1.

Havayolu dış hat yolcu için alınan bağımsız değişkenler havayolu iç hat yolcu için alınan bağımsız değişkenlerle aynı olduğu için değerler farklı olmasına rağmen açıklamalar birbirinin aynısıdır bu bağımsız değişkenlerin açıklamaları için, Bkz. Blm. 2.1.3.1.1. Değerlerle ilgili çizelge ve şekiller aşağıda verilmiştir. Şekil 2.19, Şekil 2.20 ve Şekil 2.21 de sırasıyla dış hatlar için uçuş sayısı, uçulan km ve yolcu sayılarının yıllara göre aldığı değerler gösterilmektedir.

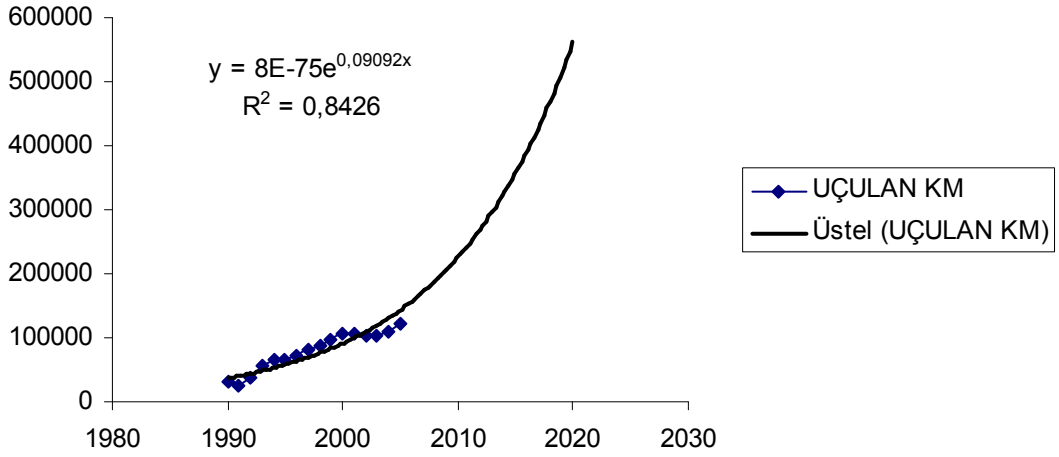
Çizelge 2.8 Türkiye İçin Yıllara Göre Nüfus, Gayri Safi Milli Hasıla, Dış Hatlar İçin Uçuş Sayısı, Uçulan Km ve Havayolu Yolcu Sayısı Toplam Değerleri

YILLAR	NÜFUS (N) *10 ⁶	GAYRİ SAFİ MİLLİ HASILA (GSMH) *10 ⁹	UÇUŞ SAYISI	UÇULAN KM	YOLCU SAYISI TOPLAM
1990	56,47	152,39	13.907	32.648	8.282.242
1991	57,60	152,35	5.737	25.012	7.009.740
1992	58,74	160,75	8.952	38.973	11.050.037
1993	59,87	181,99	22.140	55.967	13.270.590
1994	61,00	131,14	15.093	64.203	13.549.976
1995	62,14	171,98	15.298	65.973	17.429.851
1996	63,27	184,72	16.415	71.410	19.918.123
1997	64,40	194,36	18.629	80.627	21.982.614
1998	65,54	205,98	20.285	87.394	20.960.847
1999	66,67	187,66	22.026	95.620	17.079.887
2000	67,80	201,46	28.349	107.456	21.633.495
2001	68,36	144,61	23.981	105.701	23.562.640
2002	69,30	182,93	23.648	102.485	24.927.281
2003	70,23	238,41	23.214	101.738	25.141.870
2004	71,15	301,64	25.105	109.038	30.361.171
2005	72,06	360,88	53.575	122.899	34.583.035
2006	73,00	375,36	55.047	129.454	34.927.624
2007	73,89	399,81	59.936	141.775	38.135.211
2008	74,77	425,85	65.260	155.270	41.637.368
2009	75,64	453,59	71.057	170.049	45.461.146
2010	76,49	483,13	77.369	186.234	49.636.082
2011	77,31	514,60	84.241	203.960	54.194.424
2012	78,12	548,11	91.724	223.373	59.171.383
2013	78,92	583,82	99.871	244.634	64.605.402
2014	79,71	621,84	108.742	267.919	70.538.455
2015	80,50	662,34	118.402	293.420	77.016.372
2016	81,28	705,48	128.919	321.348	84.089.190
2017	82,04	751,43	140.370	351.934	91.811.543
2018	82,80	800,38	152.839	385.432	100.243.079
2019	83,56	852,51	166.415	422.118	109.448.928
2020	84,30	908,04	181.197	462.295	119.500.198



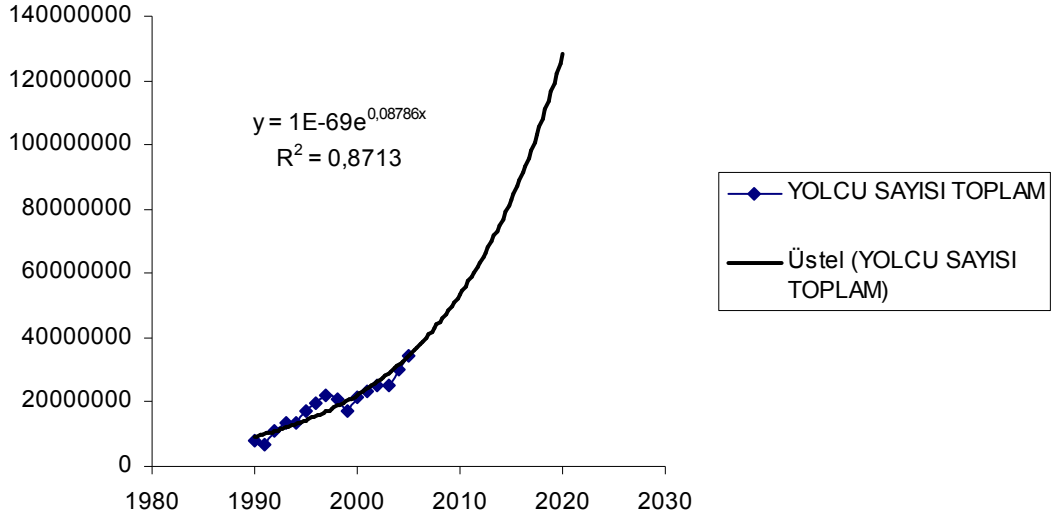
Şekil 2.19 Türkiye İçin Yıllara Göre Havayolu Dış Hat Uçuş Sayısı

Değerleri

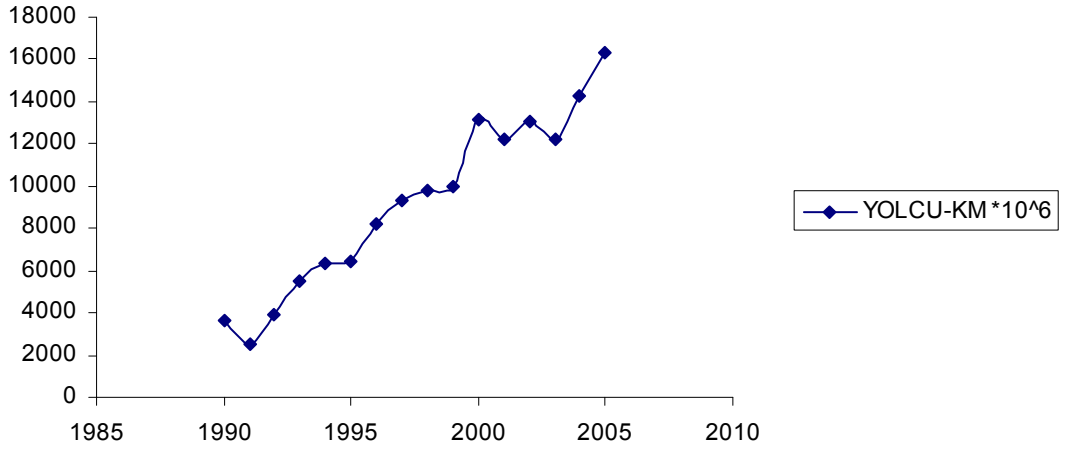


Şekil 2.20 Türkiye İçin Yıllara Göre Havayolu Dış Hat Uçulan Km

Değerleri



Şekil 2.21 Türkiye İçin Yıllara Göre Havayolu Dış Hat Taşınan Yolcu Sayısı Toplam Değerleri



Şekil 2.22 Türkiye İçin Yıllara Göre Havayolu Dış Hat Yolcu-Km Değerleri

Türkiye'de şekil 2.24 de görüldüğü üzere havayolu dış hat yolcu-km değerleri 1990 yılından 2005 yılına kadar olan süreç de bazı yıllarda azalma

olmakla birlikte genelde büyük bir artma eğiliminde olmuştur. 1990 yılında $3624 * 10^6$ olan yolcu-km değeri % 351'lik bir artışla 2005 yılında $16360 * 10^6$ değerine ulaşmıştır. Büyük bir artış gösteren dış hat yolcu-km değerlerinin gelecek yıllarda da artması beklenilmektedir.

2.1.3.2.2. Havayolu Dış Hat Yük

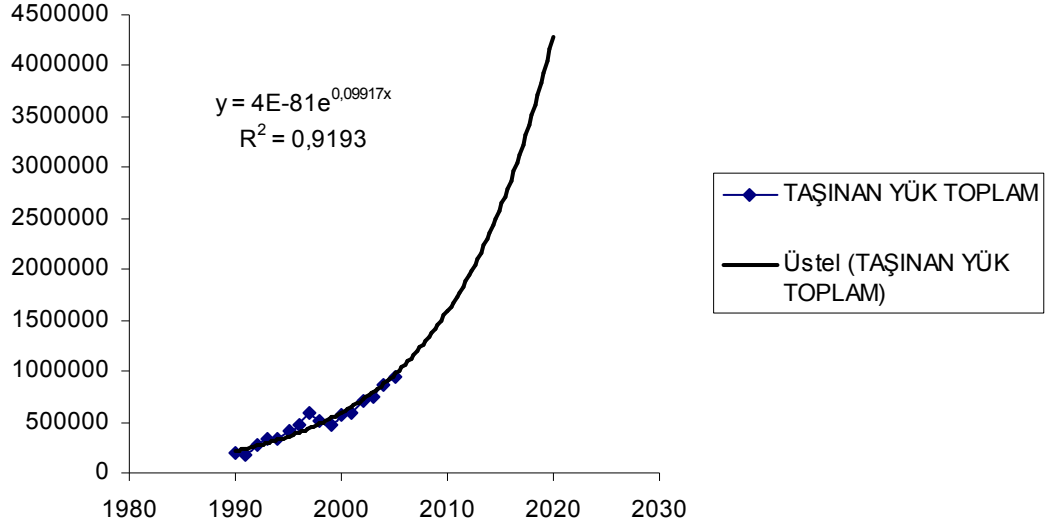
Dış hatlar için yük taşımacılığında diğer sistemlerle birlikte havayolu da kullanılmaktadır. Havayolu dış hat yük taşımacılığı için bağımsız değişkenler nüfus, gayri safi milli hasıla, uçuş sayısı, uçulan km, taşınan yük toplamı olarak seçilmiş, bağımlı değişken ise ton-km alınmıştır.

Bağımsız değişkenlerden olan nüfus ve gayri safi milli hasıla hakkındaki bilgiler için, Bkz. Blm.2.1.1.1.

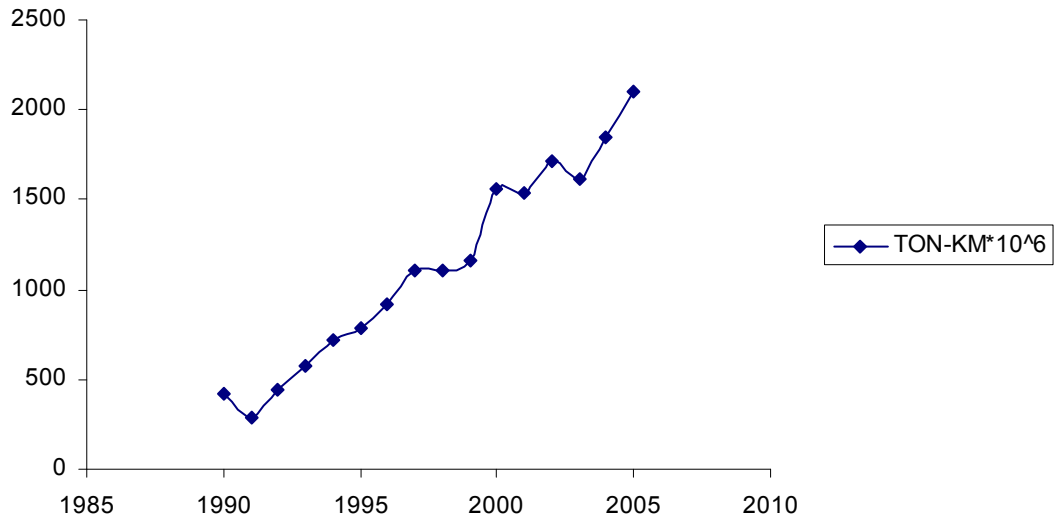
Havayolu dış hat yük için alınan bağımsız değişkenler havayolu iç hat yük için alınan bağımsız değişkenlerle aynı olduğu için açıklamalar aynısıdır. Bağımsız değişkenlerin açıklamaları için, Bkz. Blm.2.1.3.1.2. Uçuş sayısı ve uçulan km değerleri dış hatlar için, alınan kaynaklarda yolcu ve yük şeklinde ayrılmamasından dolayı uçuş sayısı ve uçulan km değerleri hem dış hat yolcu hem de dış hat yük taşımacılığı için kullanılmıştır. Bağımsız değişkenlerden olan uçuş sayısı ve uçulan km şekilleri için Bkz. Blm. 2.1.3.2.1. Bu bölümde bağımsız değişkenlerden sadece diğer bölümlerden farklı olan dış hat taşınan toplam yük ile ilgili Şekil 2.23 verilecektir.

Çizelge 2.9 Türkiye İçin Yıllara Göre Nüfus, Gayri Safi Milli Hasıla, Dış Hatlar İçin Uçuş Sayısı, Uçulan Km ve Havayolu Taşınan Yük Toplam Değerleri

YILLAR	NÜFUS (N) *10 ⁶	GAYRİ SAFİ MİLLİ HASILA (GSMH) *10 ⁹	UÇUŞ SAYISI	UÇULAN KM	TAŞINAN YÜK TOPLAM (TON)
1990	56,47	152,39	13.907	32.648	201854
1991	57,60	152,35	5.737	25.012	172286
1992	58,74	160,75	8.952	38.973	267438
1993	59,87	181,99	22.140	55.967	326456
1994	61,00	131,14	15.093	64.203	340310
1995	62,14	171,98	15.298	65.973	405344
1996	63,27	184,72	16.415	71.410	470086
1997	64,40	194,36	18.629	80.627	579780
1998	65,54	205,98	20.285	87.394	516424
1999	66,67	187,66	22.026	95.620	468456
2000	67,80	201,46	28.349	107.456	570271
2001	68,36	144,61	23.981	105.701	591745
2002	69,30	182,93	23.648	102.485	699934
2003	70,23	238,41	23.214	101.738	742255
2004	71,15	301,64	25.105	109.038	863461
2005	72,06	360,88	53.575	122.899	933697
2006	73,00	375,36	55.047	129.454	996418
2007	73,89	399,81	59.936	141.775	1100298
2008	74,77	425,85	65.260	155.270	1215009
2009	75,64	453,59	71.057	170.049	1341678
2010	76,49	483,13	77.369	186.234	1481554
2011	77,31	514,60	84.241	203.960	1636012
2012	78,12	548,11	91.724	223.373	1806572
2013	78,92	583,82	99.871	244.634	1994915
2014	79,71	621,84	108.742	267.919	2202893
2015	80,50	662,34	118.402	293.420	2432553
2016	81,28	705,48	128.919	321.348	2686156
2017	82,04	751,43	140.370	351.934	2966199
2018	82,80	800,38	152.839	385.432	3275437
2019	83,56	852,51	166.415	422.118	3616914
2020	84,30	908,04	181.197	462.295	3993992



Şekil 2.23 Türkiye İçin Yıllara Göre Havayolu Dış Hat Taşınan Yük Toplam Değerleri



Şekil 2.24 Türkiye İçin Yıllara Göre Havayolu Dış Hat Ton-Km Değerleri

Türkiye’de şekil 2.24 de görüldüğü üzere havayolu dış hat ton-km değerleri 1990 yılından 2005 yılına kadar olan süreç de bazı yıllarda azalma

olmakla birlikte genelde büyük bir artma eğiliminde olmuştur. 1990 yılında $415 * 10^6$ olan yolcu-km değeri % 407'lik bir artışla 2005 yılında $2104 * 10^6$ değerine ulaşmıştır. Büyük bir artış gösteren dış hat yolcu-km değerlerinin gelecek yıllarda da hızla artması beklenmektedir.

2.1.4 Denizyolu

Diğer bir ulaştırma sistemi olan denizyolu gerek yolcu ve yük taşımacılığındaki payının çok düşük seviyede olmasından, gerekse eski yıllara ait verilerin temin edilmesindeki zorluklardan dolayı ele alınamamıştır.

2.2. Yapay Sinir Ağları

YSA teknolojisi, problemlerin çözümlenmesine getirdiği kolaylıklar, farklı alanlara uygulanabilme ve kullanım rahatlığının anlaşılması gibi nedenlerle birlikte birçok alana uygulanmış ve YSA ile pek çok çalışmalar yapılmıştır.

2.2.1. YSA Tanımı ve Tarihi

YSA'nın herkes tarafından kabul gören bir tanımı bulunmamakla birlikte yaygın olarak kabul görmüş tanımları mevcuttur. YSA, beyindeki sinirlerin çalışmasını taklit ederek sistemlere öğrenme, genelleme yapma, hatırlatma gibi yetenekler kazandırmayı amaçlayan bilgi işletim sistemleri olarak ⁽²⁴⁾ tanımlanabilir.

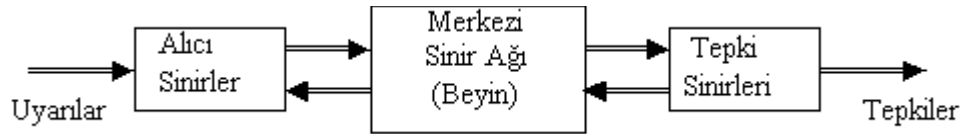
YSA'nın dayandığı ilk hesaplama modellerinin temelleri 1940'ların başında W.S. Mc Culloch ve W.A. Pitts'in, 1943 yılında yayınladıkları bir makaleyle atılmıştır. Daha sonra 1954 yılında B.G. Farley ve W.A. Clark

tarafından bir ağ içerisinde uyarılara tepki veren, uyarılara adapte olabilen model oluşturulmuştur. 1960 yılı ise ilk neural bilgisayarın çıkış yılıdır. 1963 yılında basit modellerin ilk eksiklikleri fark edilmiş, ancak başarılı sonuçların alınması 1970 ve 1980'lerde termodinamikteki teorik yapıların doğrusal olmayan ağların geliştirilmesinde kullanılmasına kadar gecikmiştir. 1985 YSA'nın oldukça tanındığı, yoğun araştırmaların başladığı yıl olmuştur. ⁽²⁵⁾

2.2.2. Biyolojik Nöron

Biyolojik sinir sistemini taklit eden ondan esinlenerek üzerine çalışmalar yapılan YSA'nı anlayabilmek için biyolojik nöronların iyi kavranılmasının yararlı olacağı düşünülmüştür.

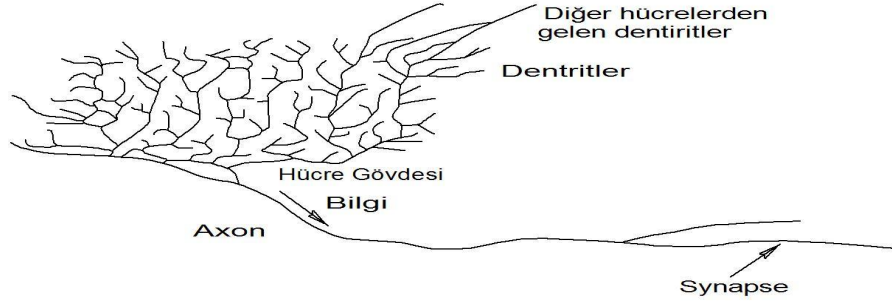
Biyolojik sinir sistemi, bilgiyi alan yorumlayan ve uygun bir karar üreten bir merkez ve bu merkezin kontrolünde bulunan alıcı ve tepki sinirlerden oluşur. Alıcı sinirler (reseptör), iç veya dış ortamlardan algıladıkları uyarıları, elektriksel sinyallere dönüştürerek beyine iletirler. Tepki sinirleri (efektör) ise, beyinin ürettiği elektriksel sinyalleri çıktı olarak uygun tepkilere dönüştürür. ⁽²⁶⁾



Şekil 2.25 Biyolojik Sinir Sisteminin Blok Gösterimi

Sinir hücreleri olarak bilinen nöron, sinir sisteminin temel elemanıdır. Nöronlar, bilgileri alıp bilgilerin ileri seviyede işlenmesinde görev yapan gövde, ağaç köküne benzeyen diğer hücrelerden aldığı bilgileri hücre

gövdesine ileten dentrit ve hücre çıktısını diğer hücelere iletmeye yarayan akson olmak üzere başlıca 3 kısımdan oluşur. Ayrıca diğer sinirlerden sürekli bilgi alan ve geçmişteki tecrübeleri depolayan, akson ile dentritin birleştiği nokta olan synapselar da sinir hücresinin bir bileşenidir.

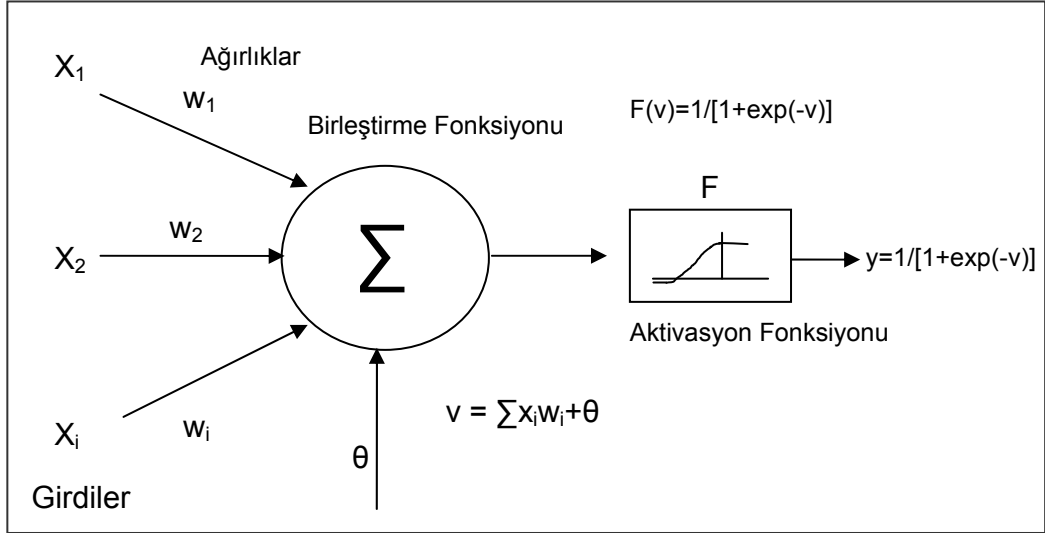


Şekil 2.26 Biyolojik Nöron ve Bileşenleri

2.2.3. Yapay Nöron

Yapay nöronlar YSA'nı oluşturan temel birimlerdir. Yapay nöronların aralarında bir bağlantı oluşturmak kaydıyla katmanlar halinde kümelenmesiyle YSA oluşmaktadır.

Bir yapay nöron en temel haliyle beş bileşenden oluşmaktadır. Bu beş bileşen girdiler, ağırlıklar, toplama fonksiyonu, transfer fonksiyonu ve çıkış olmak üzere sıralanabilir. Şekil 2.27 de bir yapay nöron şekli görülmektedir.



Şekil 2.27 Yapay Nöron

2.2.3.1 Girdiler

Bir sonuç üretebilmek için bulunması gereken en temel verilerdir. Dış ortamlardan girebileceği gibi diğer hücrelerden gelen bilgiler de olabilir.

2.2.3.2. Ağırlıklar

Yapay nörona verilen bilgiler, linkler üstünde bulunan ağırlıkların üzerinden hücreye girerler ve bu ağırlıklar bulunduğu girişin hücre üzerindeki etkisini tayin etmede etkili olurlar. Ağırlıkların bir başka özelliği de nöronda girdi olarak kullanılacak değerlerin matematiksel katsayısını göstermesidir. Girdilerle nöronlar arasında iletimi sağlayan bütün linklerin değişik ağırlık değerleri olması nedeniyle ağırlıklar her bir işlem elemanının bütün girdileri üzerinde etkili olmaktadır.

2.2.3.3. Toplama Fonksiyonu

Biyolojik nöronda yer alan dendritlerin yaptığı görevi yapan toplama fonksiyonu aslında birleştirme fonksiyonunun en yaygın kullanılan türüdür. Bir hücreye gelen net girdileri hesaplayan bir fonksiyondur ve genellikle net girdi, girişlerin ilgili ağırlıkla çarpımının toplamı şeklinde ifade edilir.

$$v = \sum_{i=1}^n x_i w_{ij} + \theta \quad 3$$

Burada; v: Nöronun net girdisi

x: Girdi matrisi

w: Ağırlık matrisi

θ : Bias değeri

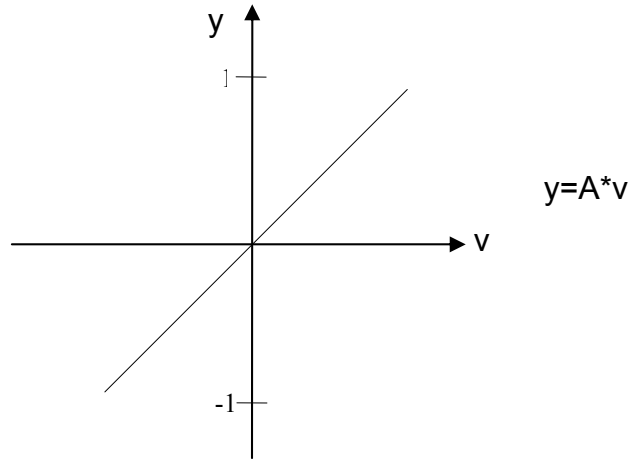
2.2.3.4. Aktivasyon Fonksiyonları

Aktivasyon fonksiyonları transfer fonksiyonları olarak da bilinmektedir. Toplam fonksiyonundan gelen net girdiyi bir işleme tabi tutarak nöronun çıktısını belirleyen ve genellikle doğrusal olması tercih edilmeyen bir fonksiyondur. Bu fonksiyonların türevinin alınabilir ve sürekli olması da önemlidir. Aktivasyon fonksiyonu olarak hangi fonksiyonun seçileceği YSA'nın verilerine ve ne öğrenmek istediğine bağlı olarak değişmektedir. En çok kullanılan türleri doğrusal, sigmoid ve tanjant hiperbolik fonksiyonudur.

Aktivasyon fonksiyonları çıktı değerlerinin belirli sınırlar içerisinde kalmasına neden olur ve bu değerler seçilen aktivasyon fonksiyonuna bağlı olarak değişmekle birlikte [0, 1] ve [-1, +1] arasında olmaktadır.

2.2.3.4.1. Doğrusal Aktivasyon Fonksiyonu

YSA'nın çıkış katmanında kullanılan doğrusal aktivasyon fonksiyonu, hücrenin net girdisini hücre çıkışı olarak verir. Doğrusal aktivasyon fonksiyonu matematiksel olarak ifade edilirse $y=A.v$ şeklinde ifade edilebilir. Burada A sabit bir katsayıdır.



Şekil 2.28 Doğrusal Aktivasyon Fonksiyonu

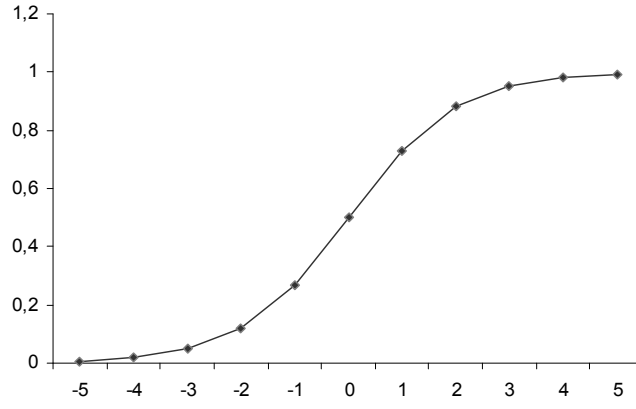
2.2.3.4.2. Sigmoid Aktivasyon Fonksiyonu

YSA birçok aktivasyon fonksiyonu olmasına rağmen en çok kullanılan fonksiyon sigmoid fonksiyonudur. Türevinin alınabilmesi, sürekli olması ve doğrusal olmaması sigmoid fonksiyonunun çok tercih edilmesinin nedenleridir. Sigmoid aktivasyon fonksiyonunun denklemini ise,

$$y = \frac{1}{(1 + e^{-v})}$$

4

şeklindedir.



$$y = \frac{1}{(1 + e^{-v})}$$

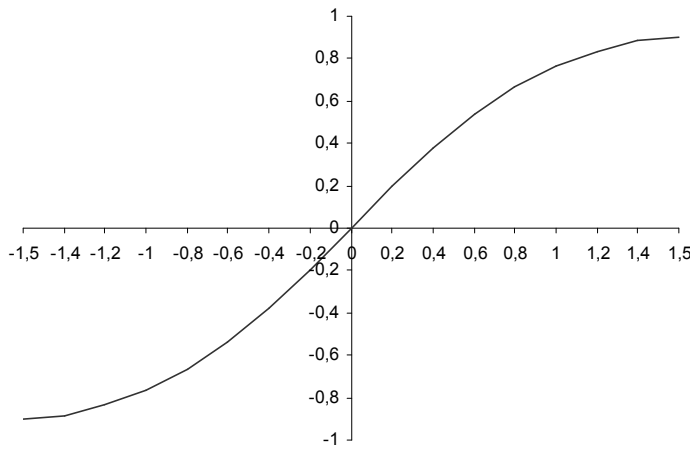
Şekil 2.29 Sigmoid Aktivasyon Fonksiyonu

2.2.3.4.2. Tanjant Hiperbolik Aktivasyon Fonksiyonu

YSA'nda en çok kullanılan aktivasyonlardan bir diğeri ise tanjant hiperbolik aktivasyon fonksiyonudur. Giriş uzayının genişletilmesinde etkili bir fonksiyondur ve $[-1,+1]$ arasında değerler alır. Bu özelliği sebebiyle çift kutuplu fonksiyon olarak ta bilinir. Tanjant hiperbolik aktivasyon fonksiyonunun denklemini ise aşağıda verilmektedir.

$$y = \frac{1 - e^{-2v}}{1 + e^{-2v}}$$

5



$$y = \frac{1 - e^{-2v}}{1 + e^{-2v}}$$

Şekil 2.30 Tanjant Hiperbolik Aktivasyon Fonksiyonu

2.2.3.5. Çıktı

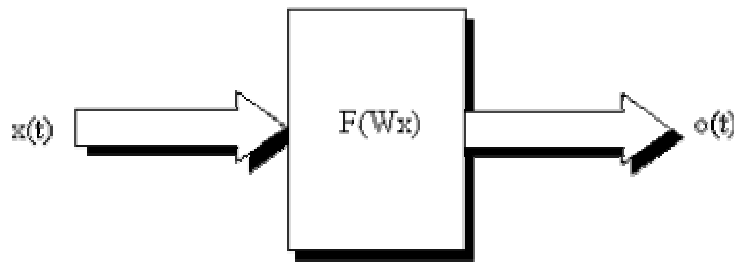
Doğrusal aktivasyon fonksiyonundan geçtikten sonra elde edilen değer çıktıyı vermektedir.

2.2.4. YSA'nın Yapılarına Göre Sınıflandırılması

YSA yapılarına göre ileri beslemeli ağlar ve geri beslemeli ağlar olmak üzere ikiye ayrılır.

2.2.4.1. İleri Beslemeli Ağlar

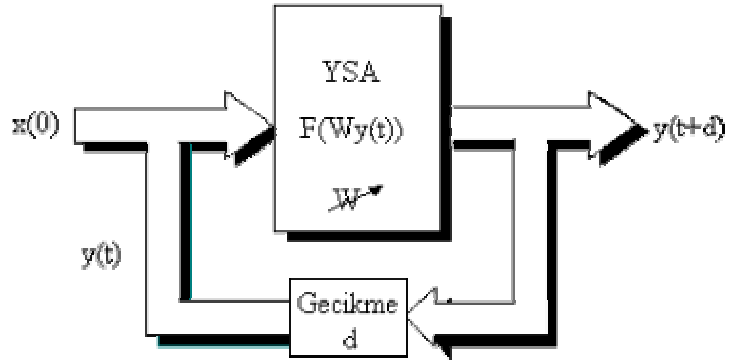
İleri beslemeli bir ağda işlemci elemanlar genellikle katmanlara ayrılmışlardır. İşaretler, giriş katmanından çıkış katmanına doğru tek yönlü bağlantılarla iletilir. İşlemci elemanlar bir katmandan diğer bir katmana bağlantı kurarlarken, aynı katman içerisinde bağlantıları bulunmaz. Şekil 2.31 de ileri beslemeli ağ için blok diyagram gösterilmiştir. İleri beslemeli ağlara örnek olarak çok katmanlı perseptron (MLP) ve LVQ (Learning Vector Quantization) ağları verilebilir. ⁽²⁶⁾



Şekil 2.31 İleri Beslemeli Ağ

2.2.4.2. Geri Beslemeli Ağlar

Bir geri beslemeli sinir ağı, çıkış ve ara katlardaki çıkışların, giriş birimlerine veya önceki ara katmanlara geri beslendiği bir ağ yapısıdır. Böylece, girişler hem ileri yönde hem de geri yönde aktarılmış olur. Şekil 2.32 de bir geri beslemeli ağ görülmektedir. Bu çeşit sinir ağlarının dinamik hafızaları vardır ve bir andaki çıkış hem o andaki hem de önceki girişleri yansıtır. Bundan dolayı, özellikle önceden tahmin uygulamaları için uygundur. Bu ağlar çeşitli tipteki zaman-serilerinin tahmininde oldukça başarı sağlamışlardır. Bu ağlara örnek olarak Hopfield, SOM (Self Organizing Map), Elman ve Jordan ağları verilebilir. ⁽²⁶⁾



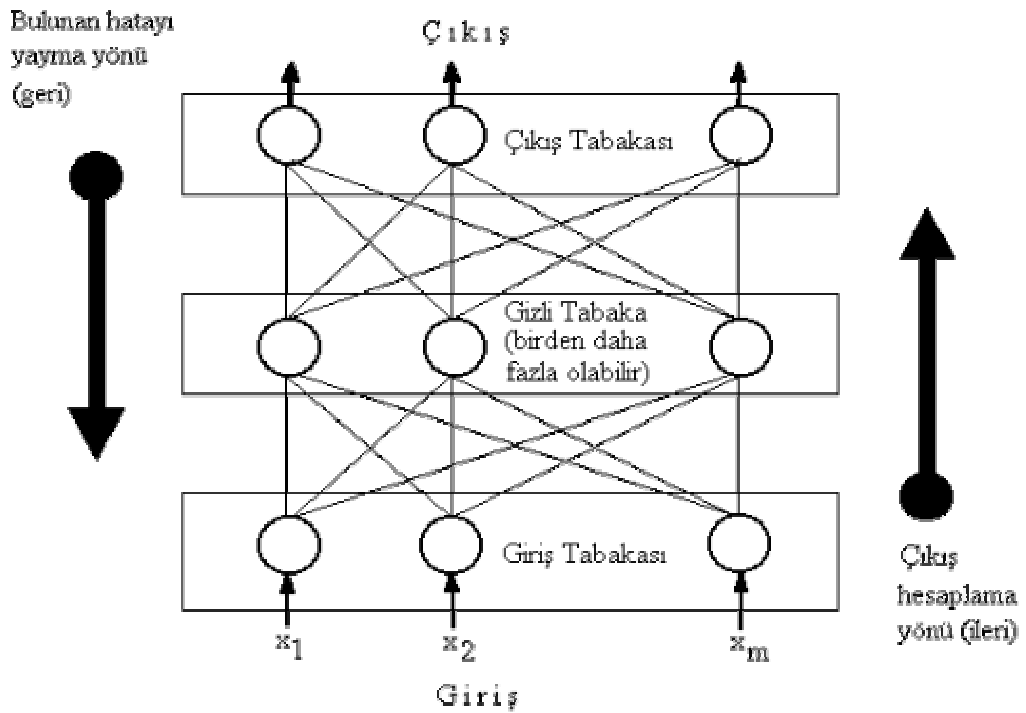
Şekil 2.32 Geri Beslemeli Ağ

2.2.5. YSA Yapıları

Literatürde birçok YSA yapısı bulunmaktadır. Burada tez içerisinde kullanılan ve ileri beslemeli ağın bir çeşidi olan MLP açıklanacaktır.

2.2.5.1. Çok Katlı Perseptronlar (MLP)

İleri beslemeli bir ağı olan çok katlı perseptronlar özellikle mühendislik uygulamalarında en fazla tercih edilen model olmuştur. Bunun sebebi ise bir çok öğrenme algoritmasının kullanılabilmesidir. Şekil 2.33 de bir MLP modeli görülmektedir. Bir MLP modeli bir giriş, bir veya daha çok ara ya da gizli katman, bir de çıkış katmanından oluşur ayrıca her katmanda bir veya daha fazla işlemci eleman ya da nöron bulunabilir. Bu durum uygulanan probleme göre değişiklik göstermektedir. Bilgi akışının ileri doğru olup geri besleme olmaması nedeniyle ileri beslemeli sinir ağı olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 2.33 Çok Katmanlı YSA Yapısı (MLP)

2.2.6. Öğrenme Algoritmaları

YSA'nı eğitmede kullanılan birçok farklı öğrenme algoritması mevcuttur. Mevcut öğrenme algoritmalarının çoğu Hebb, Delta, Kohonen ve

Hopfield öğrenme kurallarını temel alarak geliştirilmiştir. Çok fazla sayıda bulunan öğrenme algoritmalarından bu tezde kullanılan geri yayılım algoritmasının açıklamaları yapılacaktır.

2.2.6.1. Geri Yayılım Algoritması (BP)

Uygulamalarda en yaygın olarak kullanılan algoritmalarındandır. YSA'ndaki tahmin çalışmalarında geri yayılım algoritması idealdir. Bu algoritma hataları geriye doğru yani çıkıştan girişe azaltma çabasıyla dolaylı olarak geri yayılım olarak isimlendirilmiştir. Bu algoritmanın işleyiş şeması şekil 2.34 de görülmektedir. Eğitim ve test çalışmaları bu şemaya göre yapılmaktadır.

Geri yayılım algoritmasında öncelikle örnekler ağıya öğretilir ağıya bir hedef değeri girilir, öğrenme algoritmasının çıktısı değeri ile hedef değeri karşılaştırılmasıyla çıkan hata değeri ağıya geri besleme şeklinde verilir ve hata minimum oluncaya kadar ağırlıklar değiştirilir.

Bu algoritmadaki hesaplamalar farklı formüllerle elde edilmektedir. i ve j olarak ifade edilen katman elemanları arasındaki fark $\Delta w_{ji}(t)$ ile hesaplanır. Bu hesap,

$$\Delta w_{ji}(t) = \eta \delta_j x_i + \alpha \Delta w_{ji}(t-1) \quad 6$$

şeklinde dir. 6 nolu eşitlikteki η öğrenme katsayısını, α momentum katsayısını, δ_j ara ya da çıkış katmanındaki herhangi bir j nöronuna ait bir faktörü ifade etmektedir. Çıkış katmanı için bu faktör denklem 7 de gösterilmektedir.

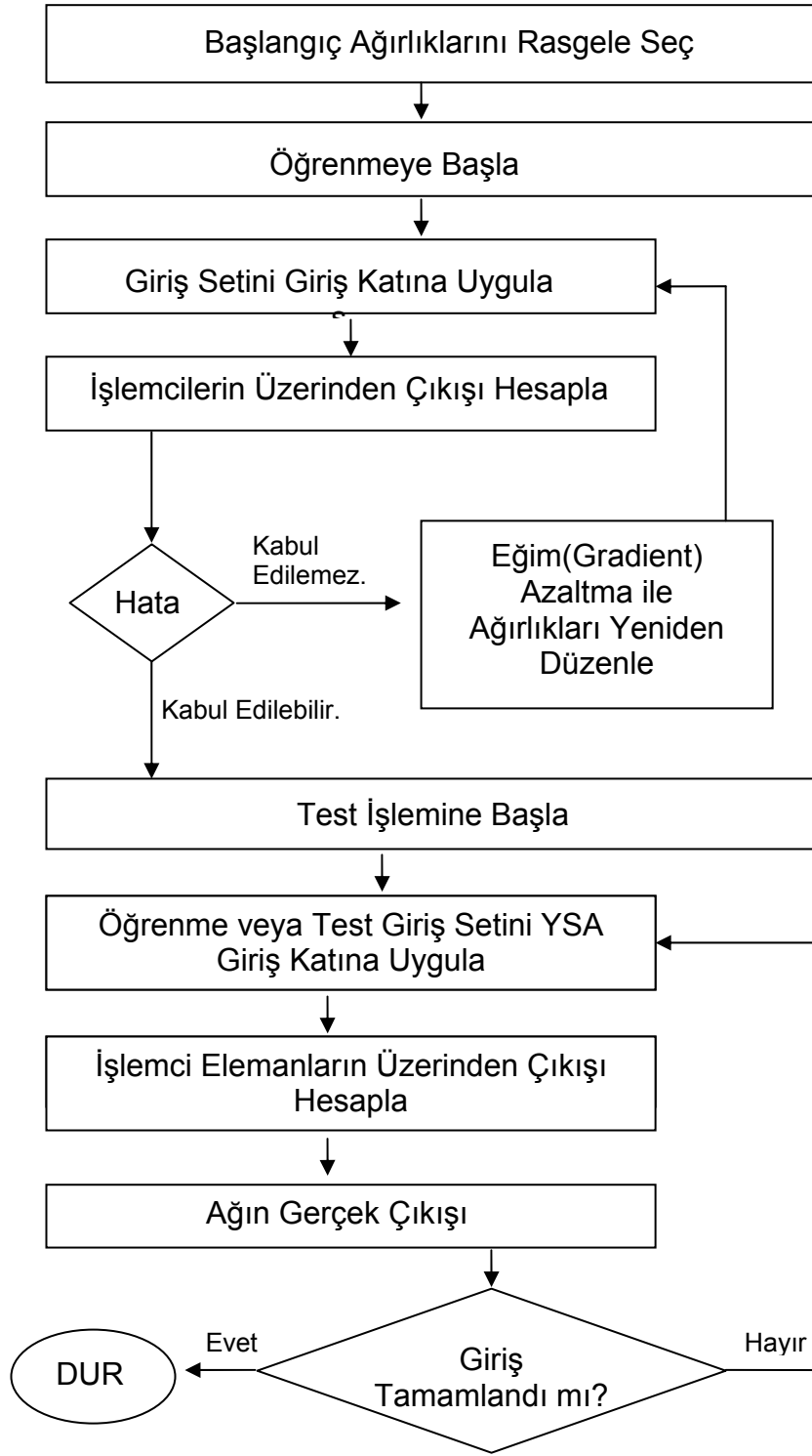
$$\delta_j = \frac{\partial f}{\partial net_j} (y_j^{(t)} - y_j) \quad 7$$

Burada $net_j = \sum x_j \cdot w_{ji}$ ve y_j^t j işlemci elemanının hedef çıktısıdır. Ara katlardaki nöronlar için ise bu faktör,

$$\delta_j = \frac{\partial f}{\partial net_j} (\sum w_{qi} \delta_q) \quad 8$$

olarak gösterilmektedir.

α ve β değerlerinin seçimi eğitim sürecinin hız ve başarısı açısından önemlidir. Geri yayılımın öğrenme yetisi bu iki katsayıdan çok etkilenir. Bu değerlerin seçimi deneysel olarak gerçekleştirilse de, uygulama ve problemlere bağlı olarak ta değişmektedir. Öğrenme katsayısı değerleri 0.01 ve 0.9 arasında değişmesine rağmen karmaşık ve zor çalışmalarda daha küçük değerlerin seçilmesi önerilir.



Şekil 2.34 Geri Yayılım Algoritması İşleyiş Şeması ⁽²⁶⁾

2.2.7. YSA'nın Üstünlükleri

YSA diğer sistemlerle karşılaştırıldığında birtakım üstün özellikleri bulunmaktadır. Bu özellikler, doğrusal olmama, uygulanan örneklerden öğrenmeye çalışma, genelleme yapma, uyarlanabilme, veri dağıtılmış birleşik hafıza yapısı, paralel işlem yapma özelliği, hatayı tolere etme yeteneği, donanımlarının kolay elde edilebilmesi, hız, analiz ve tasarım kolaylığı ile hazır paket programlar şeklinde sıralanabilir.

2.2.8. YSA'nın Uygulama Alanları

YSA uygulamaları genelde tahmin, sınıflandırma, veri ilişkilendirme, veri yorumlama, veri filtreleme, genelleme, optimizasyon, özellik belirleme gibi alanlar sayılabilir. YSA çok değişik alanlara uygulanabilmektedir. Havacılık ve uzay, bankacılık, otomotiv sektörü, savunma sanayi, tıp, meteoroloji, coğrafi bilgi sistemleri, haberleşme, otomasyon ve kontrol, üretim, tabii ki mühendislik alanları uygulanan alanlarından bazılarıdır.

Mühendislik alanlarına da kimya mühendisliği, elektrik ve elektronik mühendisliği, imalat ve makine mühendisliği, harita mühendisliği, bilgisayar mühendisliği, sistem ve kontrol mühendisliği ile inşaat mühendisliği örnek verilebilir. Tabii ki daha farklı mühendislik alanlarına da uygulanabilir.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

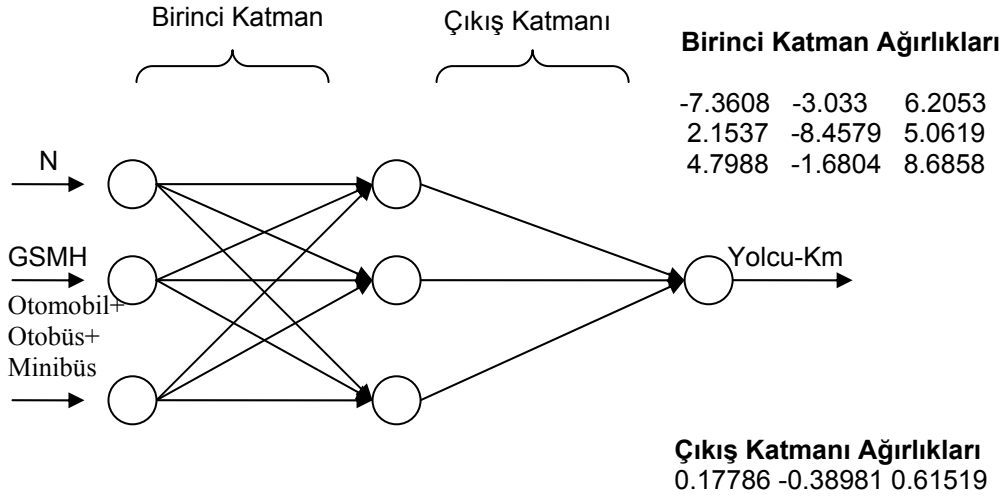
Bu bölümde, öncelikle yapay sinir ağlarından elde edilen sonuçlara yer verilecek daha sonra ise kurulan senaryolara bağlı olarak sonuçlar değerlendirilecektir.

3.1. Karayolu

Karayolu yolcu-km, yük-km ve araç-km için bulunan sonuçlar aşağıda ayrıntılı olarak verilmektedir.

3.1.1. Karayolu Yolcu-Km

Karayolu yolcu-km tahminleri için kullanılan YSA mimarisi, bağımsız değişkenler, nöron sayıları ve ağırlıkları Şekil 3.1'de verilmektedir. Gerek karayolu yolcu-km'sine ait bu ağ mimarisi için gerekse de bundan sonraki diğer ulaştırma sistemlerine ait yolcu-km ve ton-km' sine ait bütün ağ mimarileri için birinci katmanda sigmoid çıkış katmanında ise doğrusal fonksiyon, aktivasyon fonksiyonu olarak kullanılmıştır.

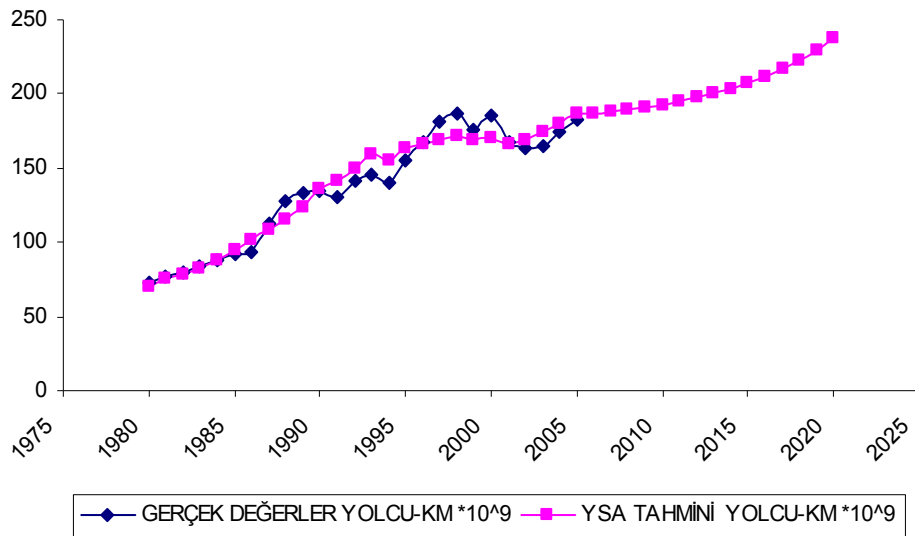


Şekil 3.1 Karayolu Yolcu-Km İçin YSA Modeli

Çizelge 3.1 de Türkiye de karayolu yolcu-km için gerçek değerler ile YSA tahminlerine yer verilmiş, Şekil 3.2 de ise bu değerlerin grafiksel gösterimi yapılmıştır.

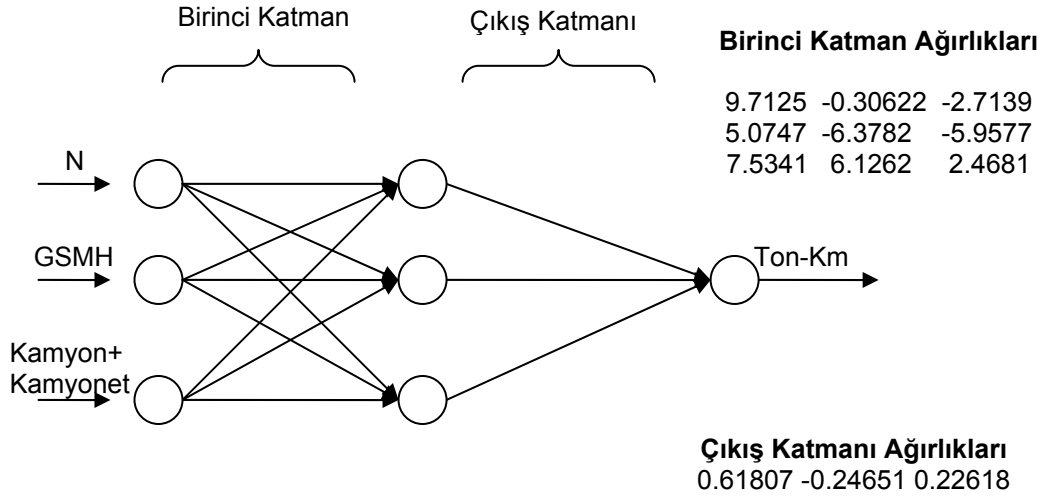
Çizelge 3.1 Karayolu Yolcu-Km Gerçek Değerler ve YSA Tahminleri

KARAYOLU YOLCU-KM*10 ⁹					
EĞİTİM KISMI DEĞERLERİ			TEST KISMI DEĞERLERİ VE GELECEĞE AİT YSA TAHMİNLERİ		
YILLAR	GERÇEK DEĞERLER	YSA TAHMİN	YILLAR	GERÇEK DEĞERLER	YSA TAHMİN
1980	73,13	70,56	2000	185,68	170,86
1981	76,49	75,23	2001	168,21	165,53
1982	80,01	78,73	2002	163,33	168,64
1983	83,69	83,04	2003	164,31	174,18
1984	87,54	88,31	2004	174,31	180,00
1985	91,57	94,44	2005	182,15	186,85
1986	93,59	101,71	2006	-	186,84
1987	112,03	109,01	2007	-	188,11
1988	128,20	115,31	2008	-	189,51
1989	133,83	123,17	2009	-	191,05
1990	134,99	135,86	2010	-	192,82
1991	131,03	141,82	2011	-	194,90
1992	142,17	149,53	2012	-	197,32
1993	146,03	158,94	2013	-	200,15
1994	140,74	155,66	2014	-	203,46
1995	155,20	162,97	2015	-	207,33
1996	167,87	166,45	2016	-	211,85
1997	180,97	169,15	2017	-	217,08
1998	186,16	171,36	2018	-	223,05
1999	175,24	169,36	2019	-	229,77
			2020	-	237,18



3.1.2. Karayolu Ton-Km

Karayolu ton-km değerlerini tahmin edebilmek için kullanılan YSA mimarisi, bağımsız değişkenler, nöron sayıları ve ağırlıkları Şekil 3.3 de gösterilmektedir.

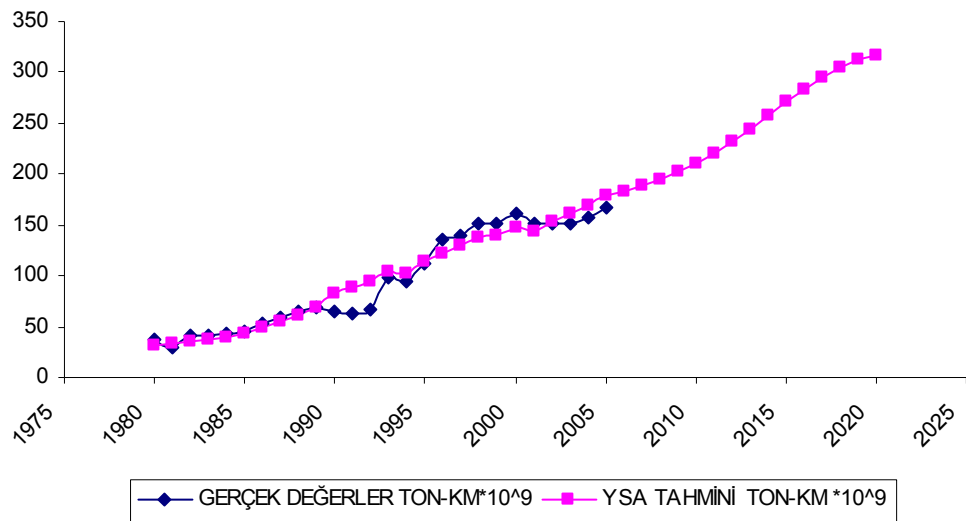


Şekil 3.3 Karayolu Ton-Km İçin YSA Modeli

Çizelge 3.2 de Türkiye de karayolu ton-km için YSA tahminleri ile birlikte gerçek sonuçlara yer verilmiş, Şekil 3.4 de ise bu değerlerin grafiksel gösterimi yapılmıştır.

Çizelge 3.2 Karayolu Ton-Km Gerçek Değerler ve YSA Tahminleri

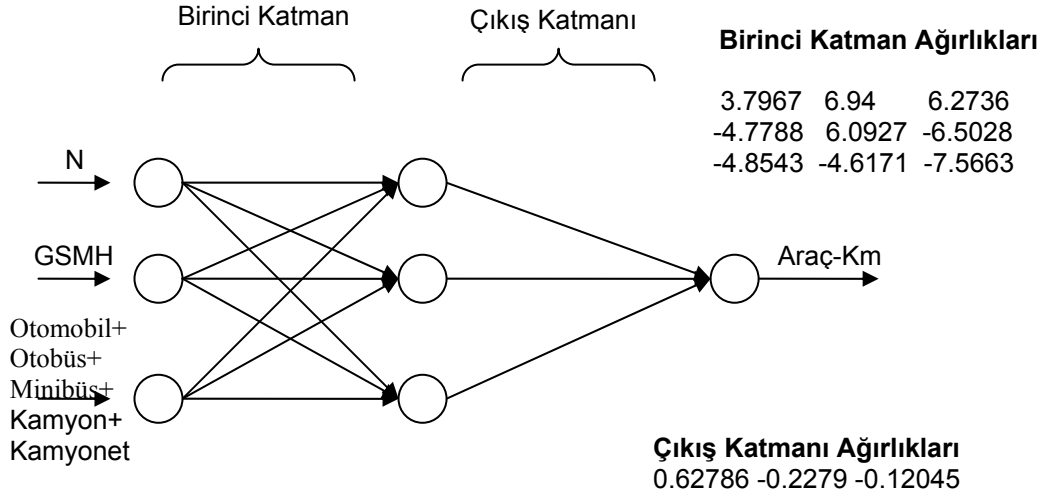
KARAYOLU TON-KM*10 ⁹					
EĞİTİM KISMI DEĞERLERİ			TEST KISMI DEĞERLERİ VE GELECEĞE AİT YSA TAHMİNLERİ		
YILLAR	GERÇEK DEĞERLER	YSA TAHMİN	YILLAR	GERÇEK DEĞERLER	YSA TAHMİN
1980	37,51	30,77	2000	161,55	147,35
1981	30,01	33,06	2001	151,42	144,21
1982	40,57	34,58	2002	150,91	152,83
1983	42,19	36,72	2003	152,16	161,73
1984	43,88	39,53	2004	156,85	169,80
1985	45,63	43,93	2005	166,83	178,18
1986	54,01	48,98	2006	-	182,51
1987	58,83	54,94	2007	-	188,26
1988	65,46	60,02	2008	-	194,66
1989	68,24	68,11	2009	-	201,94
1990	65,71	81,98	2010	-	210,34
1991	61,97	87,55	2011	-	219,99
1992	67,70	95,00	2012	-	231,07
1993	97,84	105,03	2013	-	243,49
1994	95,02	101,50	2014	-	256,88
1995	112,51	114,50	2015	-	270,55
1996	135,78	122,38	2016	-	283,58
1997	139,79	129,79	2017	-	295,14
1998	152,21	137,08	2018	-	304,63
1999	150,97	140,32	2019	-	311,82
			2020	-	316,82



Şekil 3.4 Karayolu Ton-Km Gerçek Değerler ve YSA Tahminleri

3.1.3. Karayolu Araç-Km

Karayolu araç-km tahminleri için kurulan YSA ağ mimarisinin yapısı, bağımsız değişkenleri, nöron sayıları ve ağırlıkları aşağıda verilmektedir.

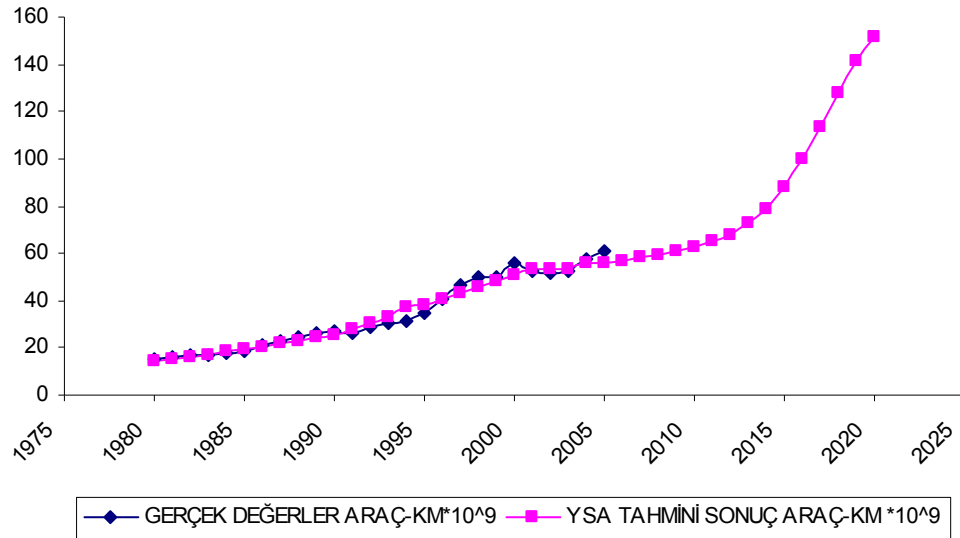


Şekil 3.5 Karayolu Araç-Km İçin YSA Modeli

Çizelge 3.3 de Türkiye de karayolu araç-km için gerçek değerler ve YSA tahminlerine yer verilmiş, Şekil 3.6 da ise bu değerlerin grafiksel gösterimi yapılmıştır.

Çizelge 3.3 Karayolu Araç-Km Gerçek Değerler ve YSA Tahminleri

KARAYOLU ARAÇ-KM*10 ⁹					
EĞİTİM KISMI DEĞERLERİ			TEST KISMI DEĞERLERİ VE GELECEĞE AİT YSA TAHMİNLERİ		
YILLAR	GERÇEK DEĞERLER	YSA TAHMİN	YILLAR	GERÇEK DEĞERLER	YSA TAHMİN
1980	15,34	14,49	2000	56,15	50,94
1981	15,96	15,22	2001	52,63	53,37
1982	16,59	16,26	2002	51,66	53,49
1983	17,26	17,33	2003	52,35	53,21
1984	17,95	18,50	2004	57,77	55,46
1985	18,67	19,47	2005	61,13	55,82
1986	20,85	20,67	2006	-	56,90
1987	23,02	21,80	2007	-	58,09
1988	24,55	23,27	2008	-	59,36
1989	26,61	24,43	2009	-	60,80
1990	27,04	25,42	2010	-	62,58
1991	26,06	27,67	2011	-	64,88
1992	28,51	30,30	2012	-	68,06
1993	30,81	33,31	2013	-	72,57
1994	31,25	37,39	2014	-	78,99
1995	34,83	38,51	2015	-	87,90
1996	41,01	40,64	2016	-	99,53
1997	46,38	43,36	2017	-	113,36
1998	49,95	45,78	2018	-	127,89
1999	49,87	48,67	2019	-	141,08
			2020	-	151,44



Şekil 3.6 Karayolu Araç-Km Gerçek Değerler ve YSA Tahminleri

3.1.4. Karayolu Tahminleri İçin Hata Analizleri

Karayolu yolcu-km, ton-km ve araç-km gerçek değerleri ve YSA tahminleri önceki bölümlerde ayrıntılı olarak verilmiştir. Bu bölümde ise karayolu yolcu-km, ton-km ve araç-km için gerçek değerler ile YSA tahminlerine dayanılarak bazı hata değerleri analiz edilecek ve yorumlamaları yapılacaktır. Bu tezde kıyaslama yapılabilmesi amacıyla aşağıdaki hata değerleri kullanılmış ve Çizelge 3.4 de ise Karayolu için bulunan sonuçlarla ilgili hata değerleri özetlenmiştir. Tablodaki hata değerlerinden OMH ve OHKK 10⁹ mertebesinde dir.

OMYH: Ortalama Mutlak Yüzde Hata

$$OMYH = \frac{1}{n} \sum_1^n \left| \frac{YSA_T - G_D}{G_D} \right|$$

9

OMH : Ortalama Mutlak Hata

$$OMH = \frac{1}{n} \sum_1^n |YSA_T - G_D| \quad 10$$

OHKK: Ortalama Hata Kareleri Kökü

$$OHKK = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_1^n |YSA_T - G_D|^2} \quad 11$$

n: Veri Sayısı

G_D: Gerçek Değerler

YSA_T: YSA Tahmini

Çizelge 3.4 Karayolu İçin Hata Değerleri

	KARAYOLU					
	EĞİTİM (1980-1999)			TEST (2000-2005)		
	OMYH	OMH	OHKK	OMYH	OMH	OHKK
YOLCU-KM	0,049	6,632	8,338	0,041	7,181	8,237
TON-KM	0,125	8,789	11,393	0,060	9,535	10,372
ARAÇ-KM	0,057	1,716	2,284	0,048	2,710	3,299

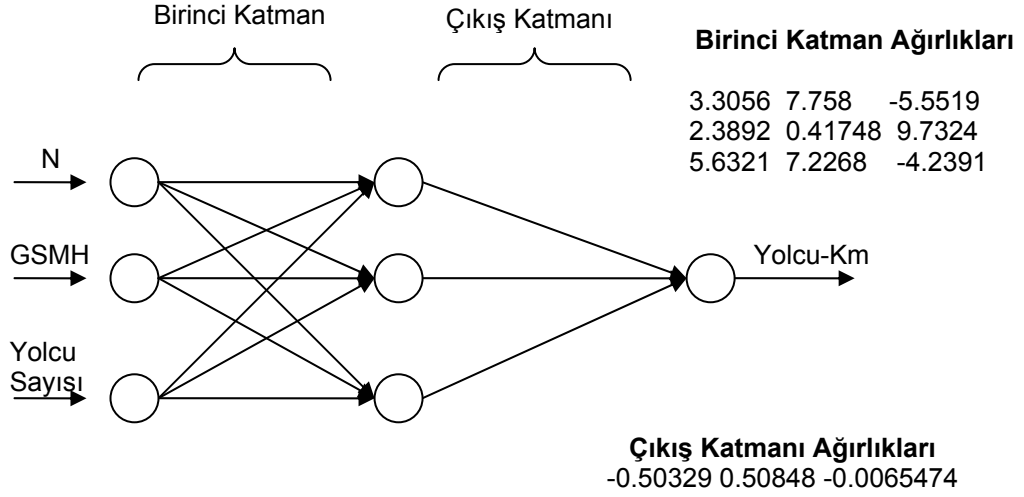
Hata analizleri eğitim ve test verileri için yapılmıştır. OMYH için hata oranlarına bakıldığında test kısmı tahminlerinin eğitim kısmına göre daha başarılı olduğu görülmektedir. En düşük OMYH oranını karayolu yolcu-km değerleri verirken, en yüksek OMYH oranını ton-km değerlerinde çıkmaktadır. Ton-km tahminlerinin ise yolcu-km ve araç-km değerlerine göre kısmen daha başarısız olduğu gözlenmektedir.

3.2. Demiryolu

Demiryolu için bulunan sonuçlar aşağıda ayrıntılı olarak verilmektedir.

3.2.1. Demiryolu Yolcu-Km

Demiryolu yolcu-km değerlerine ait tahminlerde bulunabilmek için kullanılan YSA mimarisini, bağımsız değişkenleri, nöron sayılarını ve ağırlıklarını gösterir Şekil 3.7 verilmektedir.

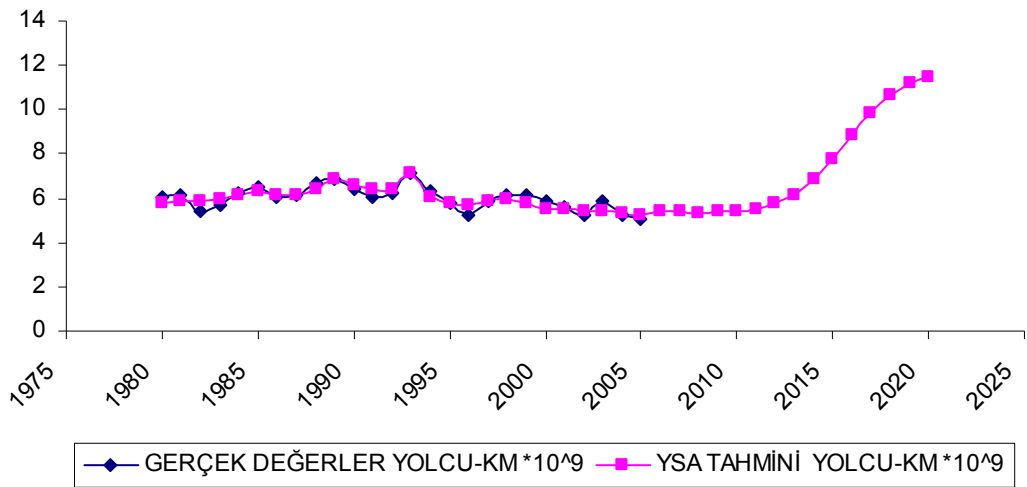


Şekil 3.7 Demiryolu Yolcu-Km İçin YSA Modeli

Çizelge 3.5 de Türkiye de demiryolu yolcu-km için gerçek sonuçlar ve YSA tahminleri gösterilmiş, Şekil 3.8 de ise bu değerlerin grafiksel haline yer verilmiştir. Gerek tablo gerekse de grafikten görüldüğü üzere YSA gerçek sonuçlardaki talep artışlarını ve azalışlarını net bir şekilde yakaladığı gözükmektedir.

Çizelge 3.5 Demiryolu Yolcu-Km Gerçek Değerler ve YSA Tahminleri

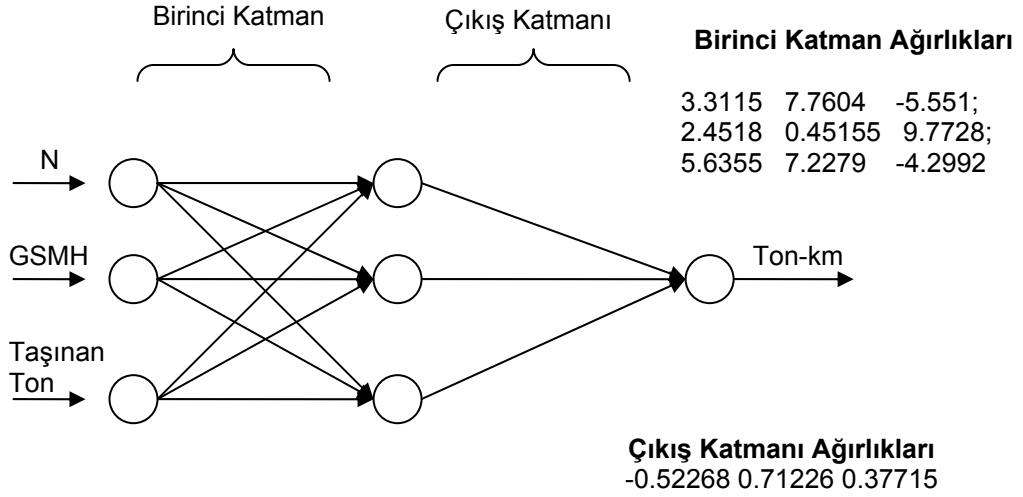
DEMİRYOLU YOLCU-KM*10 ⁹					
EĞİTİM KISMI DEĞERLERİ			TEST KISMI DEĞERLERİ VE GELECEĞE AİT YSA TAHMİNLERİ		
YILLAR	GERÇEK DEĞERLER	YSA TAHMİN	YILLAR	GERÇEK DEĞERLER	YSA TAHMİN
1980	6,01	5,75	2000	5,83	5,55
1981	6,11	5,91	2001	5,57	5,50
1982	5,44	5,86	2002	5,20	5,45
1983	5,72	5,97	2003	5,88	5,43
1984	6,28	6,14	2004	5,24	5,34
1985	6,49	6,32	2005	5,04	5,21
1986	6,05	6,14	2006	-	5,43
1987	6,17	6,18	2007	-	5,39
1988	6,71	6,40	2008	-	5,37
1989	6,85	6,89	2009	-	5,38
1990	6,41	6,62	2010	-	5,43
1991	6,05	6,42	2011	-	5,55
1992	6,26	6,39	2012	-	5,78
1993	7,15	7,12	2013	-	6,19
1994	6,34	6,08	2014	-	6,83
1995	5,80	5,78	2015	-	7,73
1996	5,23	5,70	2016	-	8,83
1997	5,84	5,85	2017	-	9,88
1998	6,16	5,92	2018	-	10,68
1999	6,15	5,74	2019	-	11,18
			2020	-	11,45



Şekil 3.8 Demiryolu Yolcu-Km Gerçek Değerler ve YSA Tahminleri

3.2.1. Demiryolu Ton-Km

Demiryolu ton-km tahmini için kullanılan YSA mimarisi Şekil 3.9' da verilmektedir.

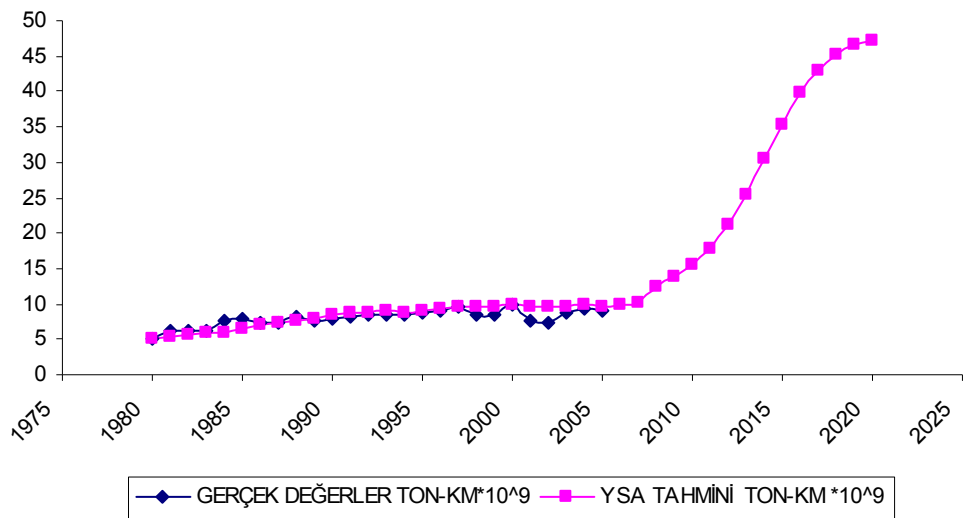


Şekil 3.9 Demiryolu Ton-Km İçin YSA Modeli

Çizelge 3.6 da Türkiye de demiryolu ton-km için YSA tahminleri ile birlikte gerçek sonuçlara yer verilmiş, Şekil 3.10 da ise bu değerlerin grafiksel gösterimi gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.6 Demiryolu Ton-Km Gerçek Değerler ve YSA Tahminleri

DEMİRYOLU TON-KM*10 ⁹					
EĞİTİM KISMI DEĞERLERİ			TEST KISMI DEĞERLERİ VE GELECEĞE AİT YSA TAHMİNLERİ		
YILLAR	GERÇEK DEĞERLER	YSA TAHMİN	YILLAR	GERÇEK DEĞERLER	YSA TAHMİN
1980	5,17	5,08	2000	9,90	9,94
1981	6,09	5,43	2001	7,56	9,48
1982	6,21	5,60	2002	7,22	9,54
1983	6,30	5,86	2003	8,67	9,65
1984	7,68	6,07	2004	9,42	9,76
1985	7,96	6,54	2005	9,15	9,66
1986	7,40	6,97	2006	-	9,92
1987	7,40	7,36	2007	-	10,18
1988	8,15	7,62	2008	-	12,44
1989	7,71	7,99	2009	-	13,72
1990	8,03	8,46	2010	-	15,47
1991	8,09	8,63	2011	-	17,82
1992	8,38	8,83	2012	-	21,22
1993	8,51	9,03	2013	-	25,49
1994	8,34	8,88	2014	-	30,40
1995	8,63	9,16	2015	-	35,38
1996	9,02	9,31	2016	-	39,75
1997	9,72	9,55	2017	-	43,05
1998	8,47	9,48	2018	-	45,21
1999	8,45	9,51	2019	-	46,49
			2020	-	47,22



Şekil 3.10 Demiryolu Ton-Km Gerçek Değerler ve YSA Tahminleri

3.2.3. Demiryolu Tahminleri İçin Hata Analizleri

Bu bölümde demiryolu yolcu-km ve ton-km için gerçek değerler ile YSA tahminleri temel alınarak bazı hata değerlerine yer verilmekte ve yorumlamaları yapılmaktadır. Aşağıdaki Çizelge 3.7 de Demiryolu yolcu-km ve ton-km için hata sonuçları eğitim ve test verileri için gösterilmiştir. Tablodaki hata değerlerinden OMH ve OHKK 10^9 mertebesindedir.

Çizelge 3.7 Demiryolu İçin Hata Değerleri

	DEMİRYOLU					
	EĞİTİM (1980-1999)			TEST (2000-2005)		
	OMYH	OMH	OHKK	OMYH	OMH	OHKK
YOLCU-KM	0,034	0,201	0,246	0,039	0,218	0,251
TON-KM	0,075	0,583	0,706	0,130	1,016	1,313

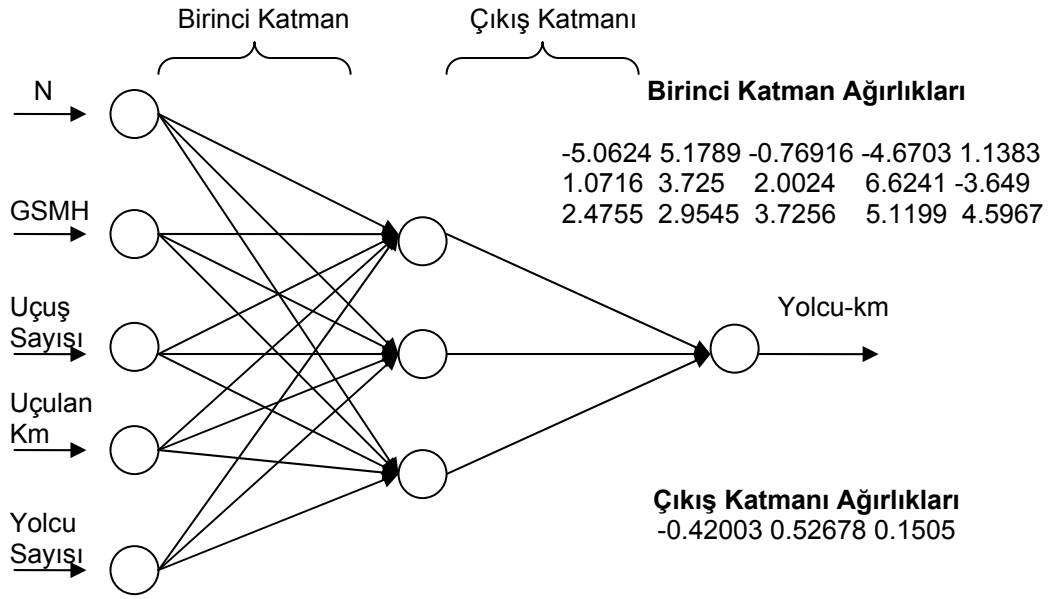
Demiryolu için ölçülen hata oranlarının eğitim kısmında test kısmına göre daha düşük hatalara sahip olmakla birlikte genel olarak tahminlerin çok başarılı olduğu görülmektedir. Hata oranlarına bakıldığında yolcu-km tahminleri de ton-km tahminlerine göre daha başarılı çıkmıştır.

3.3. Havayolu

Havayolu için bulunan sonuçlar bu bölümde de havayolu iç hat ve havayolu dış hat olmak üzere aşağıda ayrıntılı olarak verilmektedir.

3.3.1. Havayolu İç Hat Yolcu-Km

Havayolu iç hat yolcu-km tahminleri için kullanılan ağ mimarisinin yapısı, bağımsız değişkenleri, nöron sayılarını ve ağırlıkları Şekil 3.11 de gösterilmektedir.

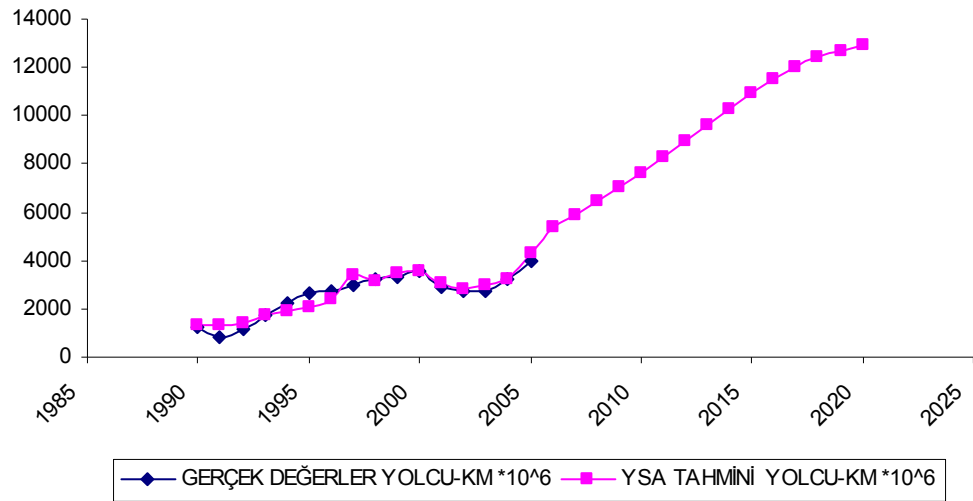


Şekil 3.11 Havayolu İç Hat Yolcu-Km İçin YSA Modeli

Çizelge 3.8 de Türkiye de havayolu iç hatlar yolcu-km için gerçek sonuçlar ve YSA tahminleri gösterilmiş, Şekil 3.12 de ise bu değerlerin grafiksel haline yer verilmiştir. YSA yolcu-km tahminlerinin 2001-2004 yıllarındaki düşüşü yakaladığı ve diğer yıllardaki dalgalanmaları yansıttığı ilgili grafikten gözükmektedir.

Çizelge 3.8 Havayolu İç Hat Yolcu-Km Gerçek Değerler ve YSA Tahminleri

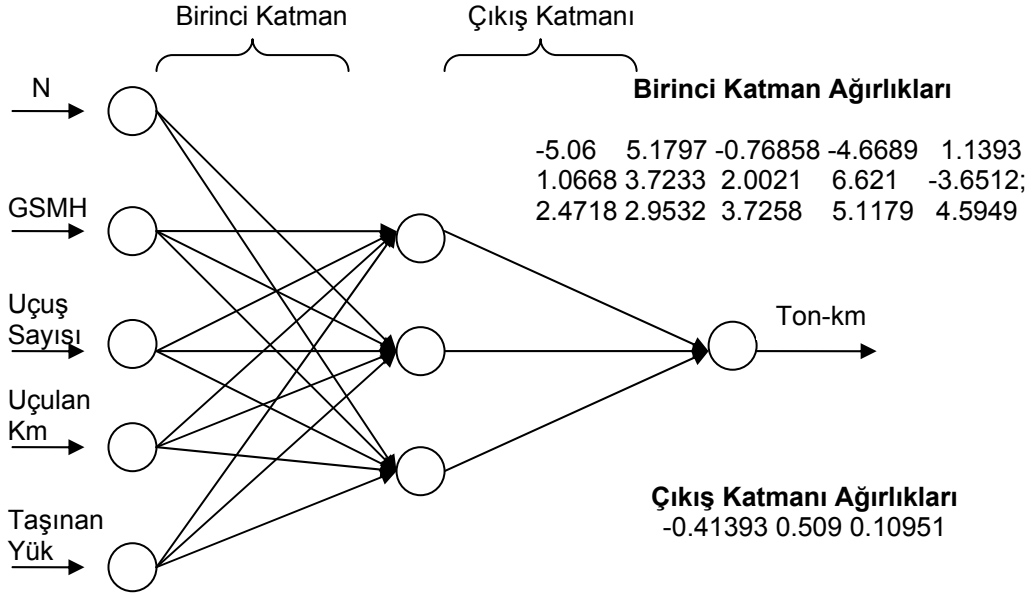
HAVAYOLU İÇ HAT YOLCU-KM*10 ⁶					
EĞİTİM KISMI DEĞERLERİ			TEST KISMI DEĞERLERİ VE GELECEĞE AİT YSA TAHMİNLERİ		
YILLAR	GERÇEK DEĞERLER	YSA TAHMİN	YILLAR	GERÇEK DEĞERLER	YSA TAHMİN
1990	1208,00	1326,64	2000	3555,00	3589,77
1991	845,00	1309,96	2001	2859,00	3035,97
1992	1138,00	1406,34	2002	2706,00	2847,29
1993	1721,00	1747,14	2003	2752,00	3008,28
1994	2268,00	1886,83	2004	3223,00	3215,95
1995	2666,00	2109,24	2005	3992,00	4266,40
1996	2754,00	2381,53	2006	-	5379,86
1997	3007,00	3415,11	2007	-	5895,67
1998	3243,00	3151,34	2008	-	6439,53
1999	3349,00	3460,73	2009	-	7014,81
			2010	-	7624,70
			2011	-	8265,47
			2012	-	8932,87
			2013	-	9611,81
			2014	-	10280,45
			2015	-	10913,77
			2016	-	11486,39
			2017	-	11980,73
			2018	-	12388,09
			2019	-	12709,01
			2020	-	12951,83



Şekil 3.12 Havayolu İç Hat Yolcu-Km Gerçek Değerler ve YSA Tahminleri

3.3.2. Havayolu İç Hat Ton-Km

Havayolu iç hat ton-km tahminleri için kullanılan YSA ağ yapısı ve bu yapıya ait olan özellikler Şekil 3.13'de verilmektedir.

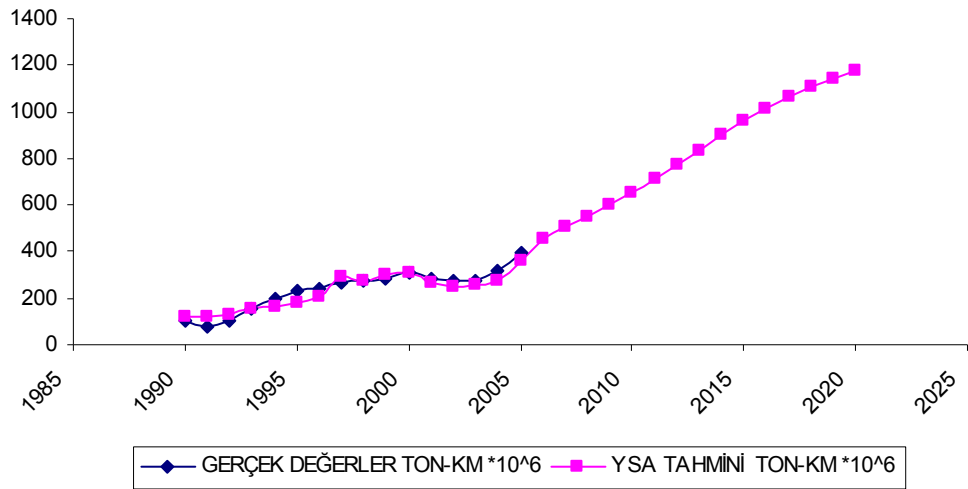


Şekil 3.13 Havayolu İç Hat Ton-Km İçin YSA Modeli

Çizelge 3.9 da Türkiye de havayolu iç hat ton-km için YSA tahminleri ile birlikte gerçek sonuçlara yer verilmiş, Şekil 3.14 de ise bu değerlerin grafiksel gösterimi gerçekleştirilmiştir. Gerçek değerlerle YSA tahminleri incelendiğinde kurulan modelin başarılı olduğu talepteki dalgalanmaları yansıttığı görülmektedir.

Çizelge 3.9 Havayolu İç Hat Ton-Km Gerçek Değerler ve YSA Tahminleri

HAVAYOLU İÇ HAT TON-KM*10 ⁶					
EĞİTİM KISMI DEĞERLERİ			TEST KISMI DEĞERLERİ VE GELECEĞE AİT YSA TAHMİNLERİ		
YILLAR	GERÇEK DEĞERLER	YSA TAHMİN	YILLAR	GERÇEK DEĞERLER	YSA TAHMİN
1990	107,00	117,17	2000	310,00	307,56
1991	76,00	116,87	2001	285,00	265,68
1992	102,00	124,73	2002	275,00	245,12
1993	152,00	152,94	2003	276,00	257,24
1994	198,00	165,49	2004	321,00	271,02
1995	231,00	183,85	2005	392,00	357,00
1996	240,00	207,28	2006	-	458,94
1997	263,00	290,88	2007	-	503,04
1998	274,00	271,99	2008	-	549,98
1999	286,00	297,48	2009	-	600,19
			2010	-	654,10
			2011	-	711,52
			2012	-	772,29
			2013	-	835,26
			2014	-	898,61
			2015	-	960,10
			2016	-	1017,20
			2017	-	1067,89
			2018	-	1110,86
			2019	-	1145,63
			2020	-	1172,55



Şekil 3.14 Havayolu İç Hat Ton-Km Gerçek Değerler ve YSA Tahminleri

3.3.3. Havayolu İç Hat Tahminleri İçin Hata Analizleri

Bu bölümde havayolu iç hatlar için yolcu-km ve ton-km için gerçek değerler ile YSA tahminlerine dayanan bazı hata değerlerine değinilecek ve bunların yorumlamaları yapılacak. Çizelge 3.10 da Havayolu iç hatlar için bulunan sonuçlarla ilgili hata değerleri verilmiştir. Tablodaki hata değerlerinden OMH ve OHKK 10^6 mertebesindedir.

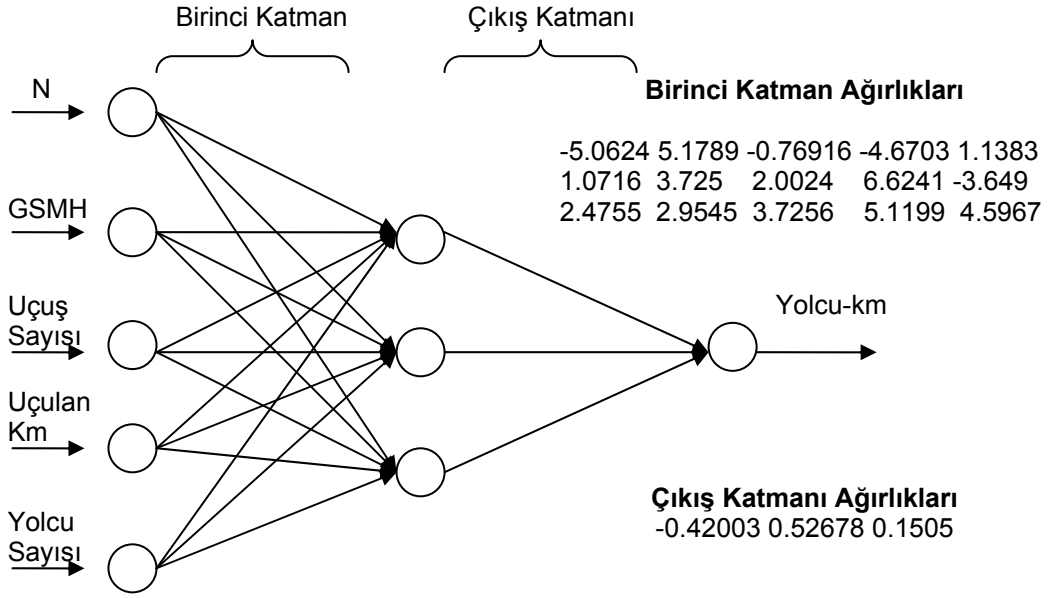
Çizelge 3.10 Havayolu İç Hatlar İçin Hata Değerleri

	HAVAYOLU İÇ HAT					
	EĞİTİM (1990-1999)			TEST (2000-2005)		
	OMYH	OMH	OHKK	OMYH	OMH	OHKK
YOLCU-KM	0,161	279,997	329,301	0,048	148,457	179,587
TON-KM	0,152	22,847	27,488	0,083	25,896	29,851

Havayolu iç hatlar için hata oranları eğitim kısmında test kısmına göre daha yüksek oranlarda çıkmıştır. En yüksek OMYH oranı yolcu-km eğitim kısmında en düşük OMYH oranı ise yolcu-km eğitim kısmındadır. Genel itibariyle yolcu-km tahminlerinin ton-km tahminlerine göre daha başarılı olduğu söylenebilir.

3.3.4. Havayolu Dış Hat Yolcu-Km

Havayolu dış hat yolcu-km için kurulan YSA ağ mimarisi ve bağımsız değişkenleri, nöron sayıları gibi ilgili parametreleri Şekil 3.15' gösterilmektedir.

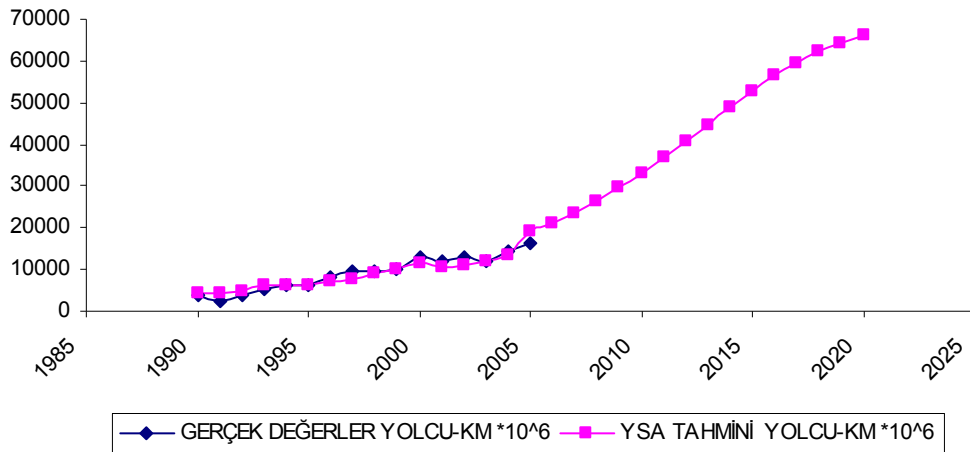


Şekil 3.15 Havayolu Dış Hat Yolcu-Km İçin YSA Modeli

Çizelge 3.11 de Türkiye de havayolu dış hatlar yolcu-km için gerçek sonuçlar ve YSA tahminleri gösterilmiş, Şekil 3.16 da ise bu değerlerin grafiksel haline yer verilmiştir.

Çizelge 3.11 Havayolu Dış Hat Yolcu-Km Gerçek Değer ve YSA Tahminleri

HAVAYOLU DIŞ HAT YOLCU-KM*10 ⁶					
EĞİTİM KISMI DEĞERLERİ			TEST KISMI DEĞERLERİ VE GELECEĞE AİT YSA TAHMİNLERİ		
YILLAR	GERÇEK DEĞERLER	YSA TAHMİN	YILLAR	GERÇEK DEĞERLER	YSA TAHMİN
1990	3624,00	4453,10	2000	13182,00	11650,55
1991	2514,00	4152,80	2001	12212,00	10742,83
1992	3939,00	4726,10	2002	13020,00	10989,50
1993	5502,00	6135,95	2003	12224,00	11758,78
1994	6307,00	6074,53	2004	14227,00	13524,50
1995	6469,00	6458,68	2005	16360,00	19263,35
1996	8238,00	7010,53	2006	-	20919,88
1997	9367,00	7906,55	2007	-	23624,53
1998	9792,00	8879,60	2008	-	26562,20
1999	10002,00	9956,00	2009	-	29732,90
			2010	-	33149,30
			2011	-	36809,45
			2012	-	40707,50
			2013	-	44774,23
			2014	-	48880,93
			2015	-	52853,08
			2016	-	56496,65
			2017	-	59666,38
			2018	-	62286,20
			2019	-	64367,83
			2020	-	65987,30

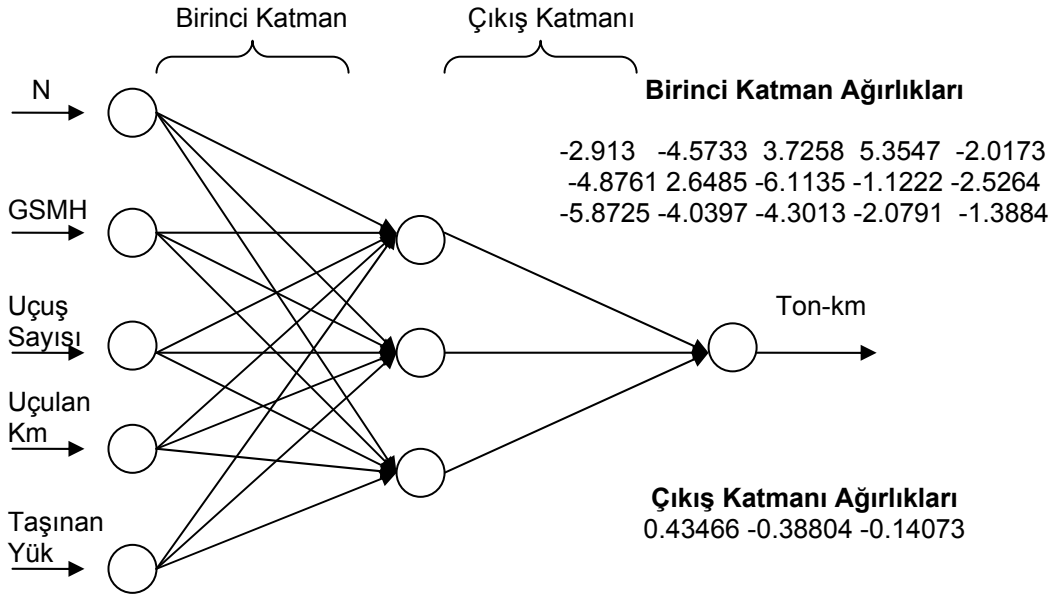


Şekil 3.16 Havayolu Dış Hat Yolcu-Km Gerçek Değerler ve YSA

Tahminleri

3.3.5. Havayolu Dış Hat Ton-Km

Havayolu dış hat ton-km hedefine ulaşabilmek için kullanılan YSA mimarisini, bağımsız değişkenleri, nöron sayılarını ve ağırlıklarını gösteren YSA modeli Şekil 3.17 aşağıda verilmektedir.

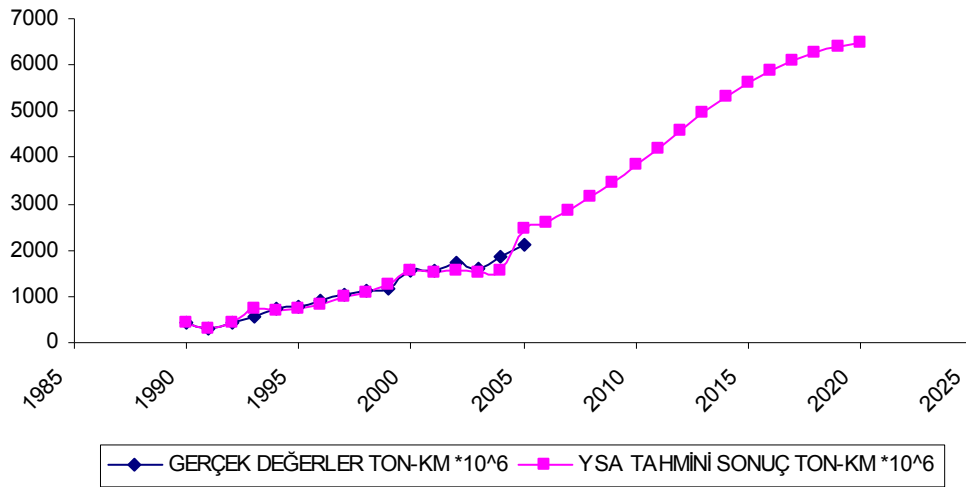


Şekil 3.17 Havayolu Dış Hat Ton-Km İçin YSA Modeli

Çizelge 3.12 de Türkiye de havayolu dış hat ton-km için YSA tahminleri ile birlikte gerçek değerleri verilmiş, Şekil 3.18 de ise bu değerlerin grafiksel gösterimi gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.12 Havayolu Dış Hat Ton-Km Gerçek Değerler ve YSA Tahminleri

HAVAYOLU DIŞ HAT TON-KM*10 ⁶					
EĞİTİM KISMI DEĞERLER			TEST KISMI DEĞERLER VE GELECEĞE AİT YSA TAHMİNLERİ		
YILLAR	GERÇEK DEĞERLER	YSA TAHMİN	YILLAR	GERÇEK DEĞERLER	YSA TAHMİN
1990	415,00	414,50	2000	1562,00	1540,56
1991	291,00	295,92	2001	1541,00	1506,54
1992	445,00	414,74	2002	1714,00	1538,86
1993	572,00	722,87	2003	1618,00	1518,45
1994	718,00	701,36	2004	1849,00	1577,01
1995	783,00	743,89	2005	2104,00	2466,51
1996	919,00	837,32	2006	-	2596,03
1997	1049,00	989,44	2007	-	2861,27
1998	1108,00	1100,73	2008	-	3154,33
1999	1166,00	1245,56	2009	-	3477,03
			2010	-	3828,04
			2011	-	4198,86
			2012	-	4580,74
			2013	-	4957,75
			2014	-	5312,04
			2015	-	5627,94
			2016	-	5894,15
			2017	-	6107,38
			2018	-	6270,80
			2019	-	6391,94
			2020	-	6479,90



Şekil 3.18 Havayolu Dış Hat Ton-Km Gerçek Değerler ve YSA Tahminleri

3.3.6. Havayolu Dış Hat Tahminleri İçin Hata Analizleri

Bu bölümde havayolu dış hatlar için yolcu-km ve ton-km için gerçek değerler ile YSA tahminlerini temel alan bazı hata değerleri verilecek ve bunların yorumlamaları yapılacak. Çizelge 3.13 de Havayolu dış hatlar için bulunan sonuçlarla bağlantılı hata değerleri verilmiştir.

Çizelge 3.13 Havayolu Dış Hatlar İçin Hata Değerleri

	HAVAYOLU DIŞ HAT					
	EĞİTİM (1990-1999)			TEST (2000-2005)		
	OMYH	OMH	OHKK	OMYH	OMH	OHKK
YOLCU-KM	0,164	777,808	944,608	0,110	1517,033	1720,762
TON-KM	0,064	47,036	64,892	0,087	160,848	203,152

Havayolu dış hatlar için yapılan tahminlerin başarısı hata değerlerine göre eğitim ve test kısımları için farklılık göstermektedir. Yolcu-km ve ton-km olarak bakıldığında ise dış hatlar için ton-km tahminlerinin daha iyi olduğunu söylemek mümkündür. OMYH olarak en yüksek değer yolcu-km'nin eğitim kısmında gerçekleşmişken en düşük değer ise ton-km'nin eğitim kısmındadır. OMH ve OHKK değerleri 10⁶ mertebesindedir.

3.4. Türkiye İçin Ulaştırma Senaryoları

Bundan önceki bölümlerde açıklandığı üzere veriler 1980-2005 yılları arasında alınmış tahminler ise 2020 yılına kadar yapılmıştı. 2020 yılına kadar olan YSA tahminleri üzerinde oynamalar gerçekleştirilerek geleceğe yönelik senaryolar kurulmuştur. Senaryolar yolcu ve yük olmak üzere iki kısım halinde gerçekleştirilmiştir. Birinci kısımda yolcu taşımacılığına yönelik olarak

3 adet, ikinci kısımda ise yük taşımacılığına yönelik olarak 2 adet senaryo kurulmuştur.

3.4.1. Yolcu Taşımacılığı Senaryoları

Yolcu taşımacılığına yönelik olarak karayolu, demiryolu ve havayolu iç hatlar yolcu-km için YSA'nın 2020 yılına kadar olan tahminleri üzerinde çeşitli öngörülerin değerlendirilmesiyle 3 adet senaryo oluşturulmuştur.

Çizelge 3.14 YSA Tahminlerine göre 2020 Yılına Kadar Oluşması Beklenen Yolcu-Km Yüzdeler Dağılımları

Olağan Durum Yüzdeler Paylar			
YILLAR	Karayolu Yolcu-Km %	Demiryolu Yolcu-Km %	Havayolu Yolcu-Km %
2006	94,53	2,74	2,72
2007	94,34	2,70	2,96
2008	94,13	2,67	3,20
2009	93,91	2,64	3,45
2010	93,66	2,64	3,70
2011	93,38	2,66	3,96
2012	93,06	2,73	4,21
2013	92,68	2,87	4,45
2014	92,24	3,09	4,66
2015	91,75	3,42	4,83
2016	91,25	3,80	4,95
2017	90,85	4,14	5,01
2018	90,63	4,34	5,03
2019	90,58	4,41	5,01
2020	90,67	4,38	4,95

YSA'na girilen bağımsız değişkenlerin ışığında YSA'nın 2020 yılına kadar olan tahminleri sonucu oluşması beklenen karayolu, demiryolu ve havayolu payları yukarıda gösterilmektedir. Tabloya bakıldığında taşıma sistemleri arasında karayolunun çok yüksek oranda pay aldığı görülmektedir. İlk yıllardaki payının bir kısmının sonraki yıllarda cüzi miktarlarda demiryolu

ve havayoluna kaydığı söylenebilir ancak karayolunun hâkimiyeti devam etmektedir. Demiryolları ve havayolları açısından değerlendirildiğinde ise havayolunun demiryollarına gelecek yıllarda demiryolunun daha fazla atılım yapmaması halinde üstünlük sağlayacağı tahmin edilmektedir.

Kurulan birinci senaryoda, demiryollarında son yıllardaki atılımlar ve hızlı tren projesi düşünülerek YSA tahminleri sonucu bulunan 2020 yılına kadarki yolcu-km değerlerini her yıl kümülatif olarak % 10 oranında artıracığı, havayolunun ise özel sektörün yolcu taşımacılığına yapmış olduğu yatırımların artacağı ve havayolu taşımacılığının yaygınlaşacağı öngörülerek 2020 yılına kadar YSA tahminlerindeki yolcu-km verilerini her yıl kümülatif olarak yüzde 5 oranında artıracığı öngörülmüştür. Demiryolu ve havayollarında meydana gelecek artışın karayollarının 2020 yılına kadar YSA ile tahmini yapılan yolcu-km verilerinde düşüş meydana getireceği düşünülerek senaryo 1 kurulmuştur. Kurulan senaryo 1 sonucunda ulaştırma sistemlerinin alacağı öngörülen payları Çizelge 3.15 de gösterilmektedir.

Çizelge 3.15 Senaryo 1 Sonucunda Ulaştırma Sistemlerinde 2020 Yılına Kadar Oluşması Beklenen Yolcu-Km Yüzdelerinin Dağılımları

Senaryo 1 Sonrası Yüzdeler			
YILLAR	Karayolu Yolcu-Km %	Demiryolu Yolcu-Km %	Havayolu Yolcu-Km %
2006	94,12	3,02	2,86
2007	93,50	3,24	3,25
2008	92,85	3,47	3,68
2009	92,16	3,70	4,14
2010	91,42	3,95	4,63
2011	90,60	4,25	5,15
2012	89,68	4,64	5,69
2013	88,61	5,16	6,23
2014	87,36	5,88	6,76
2015	85,91	6,84	7,24
2016	84,35	7,98	7,67
2017	82,88	9,10	8,02
2018	81,71	9,98	8,30
2019	80,91	10,57	8,52
2020	80,39	10,95	8,66

Yolcu taşımacılığına yönelik olarak kurulan ikinci senaryoda tahmini yapılan demiryolu yolcu-km değerlerinin 2015 yılına kadar kümülatif olarak % 7,5 oranında arttığı 2016-2020 yılları arasında ise 2015 yılına kadar olan kümülatif artışa ek olarak yine kümülatif olarak her yıl % 12,5 oranında artacağı öngörülmektedir. Bu şekilde artış düşünülmesinin sebebi 2016 yılına kadar imkanların gelişmesinin az bir artış getireceği bu yıldan sonra ise hızlı trenin daha yaygın olarak kullanılması ve yaygınlaşması ile birlikte daha fazla bir artışın beklenilmesidir. Havayolu için öngörülen durum ise artışın 2020 yılına kadar kümülatif olarak yüzde 7,5 oranında artacağı şeklindedir burada kademeli bir artış öngörülmemektedir. Yine havayolu ve demiryolunda

meydana gelen artışları karayolundan alacağı düşünülmektedir. Kurulan senaryo 2 sonucunda ulaştırma sistemlerinin alacağı öngörülen payları Çizelge 3.16 da gösterilmektedir.

Çizelge 3.16 Senaryo 2 Sonucunda Ulaştırma Sistemlerinde 2020 Yılına Kadar Oluşması Beklenen Yolcu-Km Yüzdeler Dağılımları

Senaryo 2 Sonrası Yüzdeler Payları			
YILLAR	Karayolu Yolcu-Km %	Demiryolu Yolcu-Km %	Havayolu Yolcu-Km %
2006	94,12	2,95	2,93
2007	93,49	3,11	3,40
2008	92,81	3,27	3,92
2009	92,08	3,44	4,48
2010	91,28	3,62	5,09
2011	90,27	3,99	5,74
2012	89,14	4,43	6,42
2013	87,86	5,01	7,12
2014	86,39	5,80	7,81
2015	84,70	6,84	8,45
2016	82,89	8,08	9,03
2017	81,17	9,30	9,53
2018	79,75	10,31	9,94
2019	78,71	11,01	10,27
2020	77,98	11,49	10,52

Yolcu taşımacılığına yönelik olarak kurulan son senaryoda ise diğer senaryolara göre daha farklı bir yol izlenmektedir. Karayolunda çok fazla oranda kaza olmakta, maddi ve manevi kayıplara yol açmaktadır. Mevcut kazalar, ilerleyen yıllarda diğer ulaştırma sistemlerindeki atılım, karayolunun petrole yönelik bir ulaştırma sistemi olması nedeniyle önümüzdeki yıllarda yaşanacak petrol sıkıntısı gibi nedenlerle karayolunda 2010 yılına kadar YSA tahminleri üzerinden her yıl kümülatif olarak % 5, 2011-2015 yılları arasında 2010 yılına kadarki azalmaya ek olarak yine kümülatif olarak % 1 lik, 2016-2020 yılları arasında da diğer yıllardaki kayıplara ek olarak % 1,5 oranında

kümülatif olarak azalma öngörülmektedir. Karayolları için bu kayıp miktarın demiryollarının daha fazla atılım yapacağı düşünülerek % 75'ni alacağı havayolunun ise % 25'ni alacağı düşünülmektedir. Senaryo 3 kurulmasıyla birlikte 2020 yılına kadar ulaştırma sistemlerinin alacağı yüzdelik paylar Çizelge 3.17 de gösterilmektedir.

Çizelge 3.17 Senaryo 3 Sonucunda Ulaştırma Sistemlerinde 2020 Yılına Kadar Oluşması Beklenen Yolcu-Km Yüzdelik Dağılımları

Senaryo 3 Sonrası Yüzdelik Payları			
YILLAR	Karayolu Yolcu-Km %	Demiryolu Yolcu-Km %	Havayolu Yolcu-Km %
2006	94,06	3,10	2,84
2007	93,40	3,41	3,19
2008	92,72	3,73	3,55
2009	92,03	4,05	3,92
2010	91,32	4,39	4,29
2011	90,11	5,11	4,78
2012	88,87	5,87	5,26
2013	87,59	6,69	5,73
2014	86,25	7,59	6,16
2015	84,87	8,58	6,55
2016	83,04	9,96	7,00
2017	81,31	11,29	7,40
2018	79,75	12,50	7,75
2019	78,17	13,62	8,21
2020	76,16	15,26	8,58

3.4.2. Yük Taşımacılığı Senaryoları

Yük taşımacılığına yönelik olarak karayolu, demiryolu ve havayolu iç hatlar ton-km için 2020 yılına kadarki YSA tahminleri temel alınmak suretiyle çeşitli düşüncelerin ışığında 2 adet senaryo kurulmuştur.

Tüm sistemlere ait YSA tarafından yapılan tahminler üzerinde herhangi bir değişiklik olmamış hali ile almaları beklenen yüzdelik payları Çizelge 3.18 de verilmiş ve yorumları yapılmıştır. Eğer her şey mevcut

koşullar altında devam ederse önümüzdeki yıllarda bu 3 sistem arasındaki yük taşımacılık paylarının çizelgedeki gibi oluşması beklenmektedir. Yük taşımacılığına yönelik başka sistemler olmasına rağmen burada ele alınamamıştır onun için bu 3 sistemin yük taşımacılığının yüzde yüzünü alacağı düşünülmüştür.

Çizelge 3.18 YSA Tahminlerine göre 2020 Yılına Kadar Oluşması Beklenen Ton-Km Yüzdeler Dağılımları

Olağan Durum Yüzdeler Paylar			
YILLAR	Karayolu Ton-Km %	Demiryolu Ton-Km %	Havayolu Ton-Km %
2006	94,62	5,14	0,24
2007	94,63	5,12	0,25
2008	93,74	5,99	0,26
2009	93,38	6,34	0,28
2010	92,88	6,83	0,29
2011	92,23	7,47	0,30
2012	91,31	8,38	0,31
2013	90,24	9,45	0,31
2014	89,14	10,55	0,31
2015	88,16	11,53	0,31
2016	87,43	12,26	0,31
2017	87,00	12,69	0,31
2018	86,80	12,88	0,32
2019	86,75	12,93	0,32
2020	86,75	12,93	0,32

YSA'na girilen bağımsız değişkenlere bağlı olarak YSA'nın 2020 yılına kadarki tahmini sonucu yük taşımacılığında oluşması beklenen karayolu, demiryolu ve havayolu payları yukarıda gösterilmektedir. Tablodaki verilere göre yolcu taşımacılığında olduğu gibi yük taşımacılığında da karayolunun çok yüksek oranda pay aldığı görülmektedir. Havayolunun yük taşıma payı ise oldukça düşük oranda kalmıştır. Tabloda dikkat çekici bir durum yük

taşımacılığındaki karayolu payının demiryollarına kayma gsterdiğidir ancak yine de karayolunun payı oldukça fazladır.

Yük taşımacılığına yönelik olarak kurulan ilk senaryoda demiryollarında mevcut Őartların iyileştirilmesi ve hızlı tren işletmeciliğinin devreye girmesiyle birlikte mevcut yolların yük taşımacılığına yönelik olarak daha fazla kullanılması gibi dūřüncelerle 2020 yılına kadar kümülatif olarak her yıl % 5 oranında artacağı dūřünülmektedir. Havayolunda da taşımacılığın ucuzlamasıyla birlikte yük taşımacılığına da etkisi olacağı dūřünülmektedir. Havayolunun yük taşımacılığındaki payının çok dūřük olması nedeniyle bu artışın etkisi sınırlı kalmaktadır. Demiryolları ve havayollarındaki artışın ise karayolu yük taşımacılığında dūřüş meydana getireceği öngörülmektedir. Senaryo 1 sonucunda mevcut ulaştırma sistemlerinin yük taşımacılığından alması beklenen paylar izelge 3.19 da gösterilmektedir.

Çizelge 3.19 Senaryo 1 Sonucunda Ulaştırma Sistemlerinde 2020 Yılına Kadar Oluşması Beklenen Ton-Km Yüzdeler Dağılımları

Senaryo 1 Sonrası Yüzdeler Paylar			
YILLAR	Karayolu Ton-Km %	Demiryolu Ton-Km %	Havayolu Ton-Km %
2006	94,35	5,40	0,25
2007	94,09	5,63	0,28
2008	92,81	6,89	0,30
2009	92,05	7,61	0,33
2010	91,10	8,54	0,36
2011	89,90	9,71	0,39
2012	88,27	11,32	0,41
2013	86,34	13,23	0,43
2014	84,25	15,29	0,45
2015	82,24	17,29	0,47
2016	80,52	19,00	0,49
2017	79,19	20,30	0,50
2018	78,22	21,26	0,52
2019	77,47	21,99	0,54
2020	76,81	22,63	0,56

Yük taşımacılığına yönelik olarak kurulan ikinci senaryoda ise karayollarında kazalara en fazla sebep olan ağır vasıtaların yük taşımacılığına kısıtlamalar getirileceği, demiryollarının yük taşımacılığından büyük bir pay almak için çok fazla yatırım yapacağı öngörülerek 2020 yılına kadar demiryolları verileri kümülatif olarak her yıl % 10 oranında artış göstereceği öngörülmektedir. Tüm gelişmiş ülkelerde de demiryollarının yük taşımacılığındaki payı çok fazla olmakta, Avrupa Birliği sürecindeki Türkiye'nin de buna ayak uyduracağı düşünülmektedir. Havayollarının yük taşımacılığında sınırlı kullanımı nedeniyle 2020 yılına kadar her yıl kümülatif olarak % 3 oranında artacağı ve tüm bu sistemlerdeki artışın da karayolunun payında azalma meydana getireceği öngörülmektedir. Bu senaryo

sonucunda 2020 yılına kadar oluşması beklenen yüzdeler paylar Çizelge 3.20'de gösterilmektedir.

Çizelge 3.20 Senaryo 2 Sonucunda Ulaştırma Sistemlerinde 2020 Yılına Kadar Oluşması Beklenen Ton-Km Yüzdeler Dağılımları

Senaryo 2 Sonrası Yüzdeler Paylar			
YILLAR	Karayolu Ton-Km %	Demiryolu Ton-Km %	Havayolu Ton-Km %
2006	94,10	5,65	0,25
2007	93,59	6,14	0,27
2008	91,92	7,79	0,29
2009	90,81	8,88	0,31
2010	89,42	10,25	0,33
2011	87,70	11,95	0,35
2012	85,38	14,25	0,37
2013	82,61	17,00	0,38
2014	79,56	20,04	0,40
2015	76,54	23,06	0,41
2016	73,84	25,74	0,42
2017	71,66	27,92	0,43
2018	69,93	29,63	0,44
2019	68,51	31,04	0,45
2020	67,21	32,32	0,47

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, Türkiye'de bulunan ulaştırma sistemlerinden karayolu için yolcu-km, ton-km ve araç-km, demiryolu için yolcu-km, ton-km, havayolu için iç hatlar ve dış hatlar olmak üzere yolcu-km ve ton-km şeklinde 1980-2005 yılları arasındaki veriler yardımı ile geleceğe ait talep tahminleri yapılmıştır. Bulunan birçok sonuç çeşitli hata kavramları ve öngörüler ile değerlendirilerek en iyi sonucu verdiği inanan tahminin elde edilmesine çalışılmıştır. Hata oranlarına bakıldığında YSA tahminlerinin başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür. Elde edilen sonuçlar üzerinde ulaştırma sistemlerindeki gelişmelere bağlı olarak sistemler arasındaki taleplerde kaymaların olabileceği öngörüsünde bulunarak yolcu taşımacılığı için 3, yük taşımacılığı için ise 2 adet senaryo kurularak olası durumlar değerlendirilmiştir.

Türkiye de ulaştırma sistemleri için elde edilen sonuçlar incelendiğinde bütün sistemler için artan nüfus ve gayri safi milli hâsılayla birlikte bir artış trendi gözlemlenmiştir. Mevcut şartların devam etmesi durumunda, havayollarının yolcu taşımacılığında başlayan atılımının devam edeceği ve uzun yıllar sonra demiryollarını geçebileceği, ihtimaller arasında görülmektedir. Demiryollarının yapılan yatırımlar ve hızlı tren projesinin gelişip yaygınlaşması ile yolcu taşımacılığında eski parlak dönemlere geri dönebileceği düşünülmektedir. Demiryollarının yük taşımacılığında ise karayolunun üzerindeki yükü hafifletme yönünde bir atağının olacağı tahmin edilmektedir. Karayolları yolcu taşımacılığında da yük taşımacılığında da payının bir kısmını diğer sistemlere kaptırsa da yine hakim bir ulaştırma

sistemi olarak hizmet etmeye devam edeceği görülmektedir. Ulaştırma planlaması üzerine yapılacak olan çalışmalarda bu çalışmanın faydalı olacağı umulmaktadır.

Ulaştırma sistemlerinden karayolu, demiryolu ve havayoluna ait gerçek değerler ve YSA tahminlerine ait karşılaştırmalar incelendiğinde YSA karayolu yolcu-km tahminleri bazı yıllar dışında gerçek değerler ile örtüşmektedir. YSA tahminlerinin gerçek değerlerdeki azalış ve artışları yakaladığı görülmektedir. Karayolunun yolcu-km değerlerinin artmaya devam edeceği mevcut tahminler ışığında söylenilebilmektedir.

Karayolu ton-km verilerine bakıldığında tahminlerin gerçek sonuçlara yakın gittiği ve gelecekte de hızlı artışına devam edeceği kanısı ortaya çıkmaktadır.

Karayolu araç-km tahminlerinin hata analizleri neticesinde oldukça başarılı sonuçlar verdiği ortaya çıkmaktadır. Araç-km verilerine göre de karayolunda araçların artmaya devam edeceği görülmektedir. Karayolunda araç miktarındaki artışın beraberinde birçok sorunu getireceği için bu artışın hızının azaltılması adına birtakım önlemlerin alınmasının gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Demiryolu yolcu-km verileri mevcut ulaştırma sistemlerinin tahminleri arasında en iyi tahminlerin yapıldığı bölümdür. Demiryolu yolcu-km sonuçlarının durağan giden bir süreçten sonra artacağı tahmin edilmektedir.

Demiryolu ton-km verilerinin de yüksek bir başarı oranı ile tahmini gerçekleştirilmiştir. Demiryolunun yük taşımacılığında bir atılım yapacağı beklenilmektedir.

Havayolu iç hatlar için yapılan tahminlerin özellikle test kısmında gerçek sonuçlarla uyumlu bir biçimde olduğu analizler neticesinde ortaya çıkmıştır. Geleceğe yönelik tahminlerden havayolunun iç hatlar yolcu taşımacılığında yükselişini devam ettireceği de anlaşılmaktadır.

Havayolunun iç hatlarda yük taşımacılığındaki payı çok küçük bir düzeyde kalmıştır. Tahminler, gerçek sonuçlara oldukça yakındır ve yük taşımacılığında havayolunun payını artıracığı yönündedir. Ancak havayolunun yük taşımacılığındaki payı şu anda çok düşük düzeyde olduğu için bu sistemdeki hızlı talep artışları bile tüm ulaştırma sistemleri göz önüne alındığında etkisiz kalmaktadır.

Dış hatlarda havayolu çoğunlukla tercih edilen bir ulaşım sistemi olmaya devam etmekte ve yolcu-km değerlerini sürekli olarak artırmaktadır. Serbest dolaşım hakkının elde edilmesinin bu değerlerin artışına daha fazla etki etmesi beklenilmektedir.

Dış hatlarda havayolu ton-km değerlerinin YSA tarafından tahmini başarılı bir biçimde yapılmış olup gelecekte de havayolu ton-km değerlerinin yükseleceği öngörülmektedir.

Ulaştırma sistemlerine ait tüm talep tahminleri temel alınarak çeşitli senaryolar dahilinde de olması muhtemel durumlar ortaya konmuştur.

Bu çalışmada tahminler için YSA tekniği kullanılmıştır ancak literatürde tahmin için kullanılan çok fazla sayıda teknik bulunmaktadır ileriki zamanlarda yapılacak olan araştırmalarda bu tekniklerden yararlanılıp farklı değişkenler kullanılarak yeni çalışmalar yapılabilir.

KAYNAKLAR

1. E. Ablak, "Dünyada ve Türkiye'de Ulaştırma Sektörü: Dünden bugüne, bugünden 2023'e", Siemens Güvercin, **Şubat**, (2007).
2. Y.K. Demir, Yapay Sinir Ağları ile Ulaştırma Taleplerinin Modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 1997.
3. H. Ceylan, S. Haldenbilen, "Şehirler Arası Ulaşım Talebinin Genetik Algoritma ile Modellenmesi", İMO Teknik Dergi, **yazı 238**, 3599-3618 (2005).
4. M. Dougherty, "A review of neural networks applied to transport", Transportation Research Part C: Emerging Technologies, **3(4)**, 247-260, (1995).
5. A. Faghri, J. Hua, "Evaluation of artificial neural network applications in transportation engineering", Transportation Research Record, **1358**, 71-80, (1992).
6. D. Schmueli, "Applications of Neural Networks in Transportation Planning", Progress in Planning, **50(3)**, 141-204, (1998).
7. E. Doğan, Regresyon Analizi ve Yapay Zeka Yaklaşımı ile Türkiye ve Seçilen Bazı Büyük İller İçin Trafik Kaza Tahmin Modelleri. Yüksek Lisans Tezi. Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, 2007.
8. H. B. Çelikoğlu, H. K. Cıgızoğlu, "Public transportation trip flow modeling with generalised regression neural networks", Advances in Engineering Software, **38(2)**, 71-79, (2007).
9. P. Nijkamp, A. Raggiani, T. Tritapepe, "Modelling inter-urban transport flows in Italy: A comparison between neural network analysis and logit analysis", Transportation Research Part C: Emerging Technologies, **4(6)**, 323-338, (1996).
10. A. Tortum, Yapay Sinir Ağları ve Birleştirilmiş Sinirsel Bulanık Sistemler ile Şehirlerarası Yük Taşıma Tür Seçiminin Modellenmesi. Doktora Tezi. Atatürk Üniversitesi, Erzurum, 2003.

11. S. D. Clark, M. S. Dougherty, H. R. Kirby, "The use of neural network and time series modes for short term forecasting: a comparative study. Proc. PTRC Summer Meeting, Manchester, 1993.
12. B. L. Smith, M. J. Demetsky, "Short-term traffic flow prediction: Neural network approach", Transportation Research Record, **1453**, 98-104, (1994).
13. A. Faghri, J. Hua, "Roadway Seasonal Classification Using Neural Networks, Journal of Computing in Civil Engineering, **9(3)**, 209-215, (1995).
14. R. Hartani, S. Hayat, S. Selam, B. Bouchon-Meunier ve P. Gallianari, "Regulation de trafic de lignes de metro basee sur la logique floue et les reseaux de neurones", Proc. 14th Int. Conf. On Artificial Intelligence, Expert Systems and Natural Language (AI and Transportation Conclave), Paris, 1994.
15. H. Pehlivan, "Kara Ulaşımında Gps Teknolojisi Uygulamaları", Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Mühendislik Ölçmeleri STB Komisyonu 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, 544-551 (2005).
16. K. A. Duliba "Contrasting neural nets with regression in predicting performance in the transportation industry", 24th Int. Conf. On System Sciences, Hawaii, **4** , 163-170, (1991).
17. C. Ledoux, "An urban traffic flow model integrating neural Networks", Transportation Research Part C: Emerging Technologies, **5(5)**, 287-300, (1997).
18. H. Sezgin, "Karayolu Esnek Üstyapılarında Alttemel Tabakasının Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Modellenmesi", Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, 2003.
19. Ö. Başkan, "İzole Sinyalize Kavşaklardaki Ortalama Taşıt Gecikmelerinin Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesi" Yüksek Lisans Tezi. Pamukkale Üniversitesi, Denizli, 2004.
20. Türkiye İstatistik Kurumu internet sayfası, www.tuik.gov.tr
21. Karayolları Genel Müdürlüğü internet sayfası "Trafik ve Ulaşım Bilgileri. www.kgm.gov.tr

- 22.** Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları “İstatistik Yıllığı” Yayınları 1980-2005
- 23.** Türkiye İstatistik Kurumu “Ulaştırma İstatistikleri Özetleri” kitapları 1980-2005
- 24.** T. Saraç, “Yapay Sinir Ağları”, Seminer Projesi. Gazi Üniversitesi, Ankara, 2004.
- 25.** M.P. Wah, W. Benjamin, Artificial Neural Networks Concepts and Theory, IEEE Computer Society Pres, Washington, 1992.
- 26.** Ş. Sağıroğlu, E. Beşdok, M. Eler, Mühendislikte Yapay Zeka Uygulamaları 1 Yapay Sinir Ağları, Ufuk Kitapevi Ltd. Şti., Kayseri, 2003.