

Yapay Sinir Ağı Yardımıyla Araçların Değişik Yol Koşullarındaki Ortalama Hız Tahmini

¹Dursun Ekmekçi, ^{*2}Fuat Şimsir, ³Hasan Kaçamak

¹Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği, Karabük Üniversitesi, Türkiye

^{*2}Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği, Karabük Üniversitesi, Türkiye

³Bilgisayar ve Bilişim Bilimleri Fakültesi, Sakarya Üniversitesi, Türkiye

Özet

Taşımacılık, seyahat ve lojistik alanlarında tartışmasız en çok kullanılan ulaşım türü karayolu ulaşımıdır. Herhangi bir araç için, böylesi bir yolculuğa başlamadan önce, muhtemel hızı ve buna bağlı olarak tahmini varış süresi bilgileri sürücü açısından önemli bir önbilgi sayılabilir. Bu çalışmada, otomobil, kamyon ve otobüs araçlarının, yolun, eğim, viraj yarıçapı ve kaplama cinsi gibi değişik fizikî ve geometrik durumlarındaki hızları yapay sinir ağı (YSA)'nın ileri beslemeli geri yayılım algoritmalarından Levenberg-Marquardt, Resilient Backpropagation ve Polak-Ribiére Conjugate Gradient algoritmalarıyla karşılaştırmalı olarak tahmin edilmeye çalışılmıştır. Tespit edilen yollara ait, Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM)'nün hassas ölçümlerle elde ettiği fizikî ve geometrik bilgiler, oluşturulan modele giriş parametreleri olarak uygulanmış ve elde edilen sonuçlar, yine KGM'nin bu yollarda 2004, 2005 ve 2006 yıllarındaki hassas ölçümlerle elde ettiği gerçek araç hızı verileriyle kıyaslanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hız Tahmini, YSA

Estimation of Average Velocity of Vehicles for Different Road Conditions Using Artificial Neural Networks

Abstract

It is unarguable that land transportation is the most used method for transportation, travelling and logistic sectors. Before starting such a journey, the possible speed and predicted arrival time according to that speed could be an important foreknowledge for the driver, for any vehicle. In this study, the speeds of automobile, truck and bus vehicles, within different physical and geometrical situations like grade, bend radius and pavement of the road are comparatively tried to be predicted by the feedforward back propagation algorithms of artificial neural networks which are Levenberg-Marquardt, Resilient Backpropagation and Polak- Ribiére Conjugate Gradient algorithms. The physical and geometrical information for the specified roads which are obtained accurately by the General Directorate of Highways (GDH) are implemented as input parameters for the model and obtained results are again compared with the real vehicle speed data which are obtained in 2004, 2005 and 2006 by GDH at given roads.

Key words: Velocity Estimation, Artificial Neural Networks

1. Giriş

Ulaşım, her ne kadar hava yolu, deniz yolu ve demir yoluyla da sağlanabiliyor olsa bile en büyük pay yine karayolu ulaşımındadır. Bu nedenle ulaşım problemleri çözümünde öncelikle üzerinde durulması gereken konu, karayolu ulaşımındaki sorunların çözümüne yönelik olmalıdır. Bu yöndeki çalışmalar, eğitim, sosyal, psikoteknik ve teknik alanlarda devam etmektedir. Mühendisliğin değişik disiplinlerinde yapılan teknik çalışmalar, zamanla yapay zekâ metotlarını da içermiş ve değişik türlerde “akıllı” sistemler oluşturulmuştur.

Literatürde trafik alanında yapılan çalışmalar genellikle trafik sıkışıklığını çözümlenmeye ve trafik yoğunluğunu düzenlemeye yöneliktir. Kaza ya da benzeri herhangi bir sebeple yolun bir bölümünün trafiğe kapandığı ya da yol üzerinde dar boğazların olduğu durumlar için trafik akışı kontrol edilmeye çalışılmış ve bu tür durumları kontrol etmek için elektronik kontrol cihazları kullanılmıştır[1, 2, 3, 4]. Los Angeles ve Minneapolis'teki trafik yoğunluğunu düzenlemek için yolun değişik noktalarına yerleştirilen elektronik gözlem ve kontrol cihazlarıyla, trafik hacmi ve trafiği aksatan sebepler örüntü tanıma teknikleri de kullanılarak takip edilmeye çalışılmıştır[5, 6]. Benzer çalışmalar birkaç aylık dönemlerde ve 3-5 dakikalık periyodik aralıklarla körfez ve otopan üzerinde yine elektronik takip cihazlarıyla yapılmıştır[7, 8]. Temel trafik parametreleriyle, trafik hacmini ve trafik tıkanıklık seviyesini belirleyerek akışı düzenlemeye yönelik çalışmalarda genellikle optimizasyon, bulanık mantık, YSA ve uzman sistem yaklaşımları bir arada kullanılmıştır. Gerçek zamanlı veriler kullanılarak köprü ve tünellerdeki tıkanıklıkların giderilmeye çalışıldığı çalışmalarda, çözüm iki kısımdan oluşmuş, ilk kısımda yapay sinir ağı ve bulanık mantık yaklaşımıyla akıllı sistem tasarlanmış, ikinci kısımda ise optimizasyon teknikleri kullanılmıştır[9, 10, 11, 12]. Otomobillerin gerçek zamanlı hız tahmini için bulanık uzman sistem yaklaşımı denenmiş, çalışmada yatay bir hız değeri ile güvenilir bir izleme sistemi oluşturulmaya çalışılmıştır[13]. Polisiye faaliyetlere yardımcı olabilmek için yapılan bir çalışmada da yine bulanık mantık ve YSA yaklaşımları birlikte kullanılmıştır[14]. Literatürde bu alandaki bir takım çalışmalarda doğal yaşamdaki sürü halinde yaşayan biyolojik organizmalar model alınarak trafik ve ulaşımdaki karmaşık durumlar çözümlenmeye çalışılmış, arı ve bulanık karınca sistemlerinin trafik ve ulaşım mühendisliği alanındaki etkileri tartışılmıştır[15, 16].

Bu çalışmanın amacı; otomobil, otobüs ve kamyon taşıtlarının belirli bir yoldaki ortalama hızını tahmin edebilmek, dolayısıyla bu taşıt sürücüsüne, yolculuğa başlamadan önce, o yoldaki muhtemel hızı ve tahmini varış süresi hakkında bilgi verebilmektir. Ortalama sürücü hızını tahmin için YSA'nın ileri beslemeli geri yayılım algoritmaları uygulanmış ve elde edilen sonuçlar, karayollarında ölçülen gerçek sürücü hızlarıyla kıyaslanmıştır.

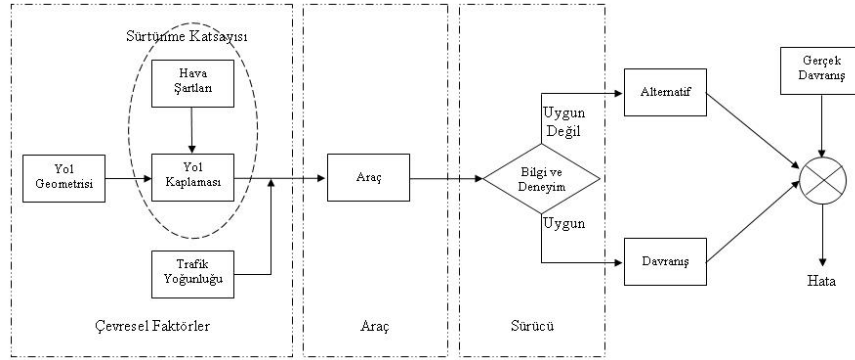
2. Araç Hızını Etkileyen Faktörler

Trafik; sürücü, araç ve çevrenin etkileşiminden oluşur. Sürücü, hareketine, bulunduğu ortam şartlarını, kullandığı aracı da düşünerek bilgi, deneyim ve zekâsıyla karar verir. Virajlı ve/veya eğimli bir yoldaki davranışıyla düz bir yoldaki davranışı aynı olmayacak ya da otomobille yaptığı hızı kamyonla da denemeye kalkmayacaktır. Hıza etki eden bir diğer unsur da yol kaplamasıdır. Sürücü, yolun trafik yoğunluğunu ve fiziki şartlarını göz önüne alarak tercihini yapan sürücü,

mevcut durum kişisel tercihinine uygunsa hareketine devam eder, değilse alternatif yol seçer. Tüm bu durumlar düşünülerek sürücünün davranış modeli Şekil-1'deki gibi oluşturulmuştur[17].

2.1. Çevresel Faktörler

Araç hızını etkileyecek çevresel faktörler, en genel anlamda, yolun eğimi, yoldaki virajlar ve yolun sürtünme katsayısıdır. Yolun herhangi bir bölümünde, değişik sebeplerle oluşmuş bir tıkanıklık varsa, sürücü, hızını trafik akışına uydurur, tıkanıklık olmayan bir yolda ise yolun fizikî ve geometrik özelliklerine dikkat etmek zorundadır. Bu bağlamda en önemli konu virajlardır.



Şekil 1. Sürücü davranış modeli

2.1.1. Viraj Yarıçapı

Bir aracın yaklaşmakta olduğu virajı geçebilmek için yapabileceği en yüksek hız sınırı Newton'un II. yasasına göre hesaplanabilir. Buna göre r yarıçaplı dairesel bir yörüngede hareket eden cisim a ivmesine sahiptir ve a vektörü dairenin merkezine yönelir. $a_r = v^2 / r$ Newton'un bu yasası yarıçap doğrultusu boyunca uygulandığında, hesaplanacak merkezci ivmeye sebep olan net kuvvetin değeri bulunabilir.

$$\sum F_r = m \cdot a_r = m \cdot v^2 / r \quad (\sum F_r = \text{Net kuvvet, } m = \text{aracın kütlesi}) \quad 1$$

Bir aracın dairesel yörüngede hareket etmesine imkân sağlayan merkezci kuvvet statik sürtünme kuvvetidir. Buna göre 1 eşitliğinden sürtünme kuvveti bulunur:

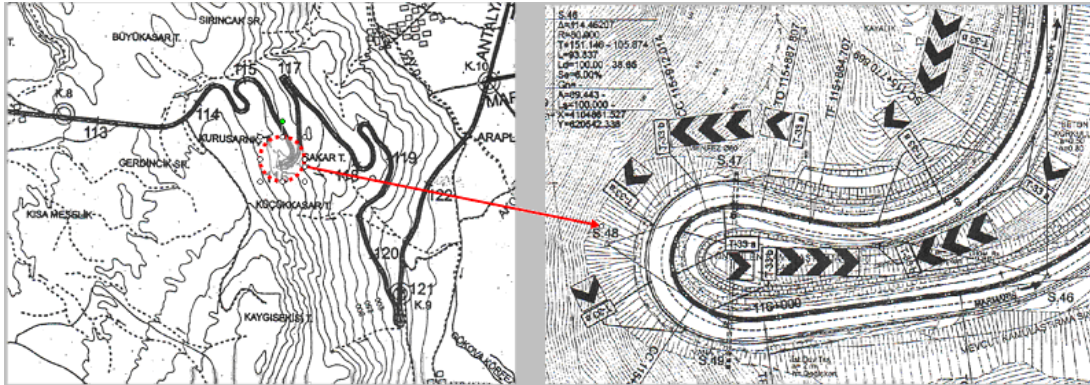
$$f_s = m \cdot v^2 / r \quad (f_s = \text{sürtünme kuvveti, } v = \text{aracın hızı}) \quad 2$$

Aracın virajı dönebileceği en yüksek hız, aracın yoldan dışarı doğru kaymasına karşı gelen hızdır. Bu noktada statik sürtünme kuvveti en yüksek değere sahiptir: $f_{s,mak} = \mu_s \cdot n$ Bu durumda n doğal kuvvet, ağırlığa eşit olduğundan 2 eşitliğinde yerine konularak en yüksek hız bulunur [17]:

$$v_{mak} = \sqrt{(f_{s,mak} \cdot r) / m} = \sqrt{(\mu_s \cdot m \cdot g \cdot r) / m} = \sqrt{\mu_s \cdot g \cdot r}$$

2.1.2. Yol Eğimi

Otoyol, devlet yolu ve il yolu gibi karayolu taşımacılığı alanında çalışmalarını titizlikle sürdüren Karayolları Genel Müdürlüğü, yolun fizikî ve geometrik özelliklerini ve yol üzerindeki trafik bilgilerini de takip etmektedir[18]. Örnek olarak Şekil 2a'da Muğla-Marmaris yolunun bir bölümü büyük ölçekli harita şeklinde ve bu yola ait geometrik detay ise Şekil 2b'de küçük ölçekli harita şeklinde sunulmaktadır[19].



Şekil 2.a Muğla-Marmaris yol ayrımı (büyük ölçek) Şekil 2.b Muğla-Marmaris yol ayrımı (küçük ölçek)

Haritadan hareketle yola ait ortalama viraj yarıçapı ve ortalama eğimler şu şekilde hesaplanmıştır: Yola ait ortalama viraj yarıçapı: $\sum(r.l) / \sum l$ (l: yol uzunluğu, r: uzunluğa ait viraj yarıçapı), Yolun ortalama eğimi: $\sum(\beta.l) / \sum l$ (β : uzunluğa ait eğim)

2.2. Araç Türü

Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından yapılan trafik sayımları, seyyar, sabit ve özel sayımlar olmak üzere üç farklı şekilde yapılmaktadır. Sabit sayımlar, yıl içerisinde sürekli yapılan sayımlar; seyyar sayımlar, kısa süreli sayımlar olup 4 mevsim, 7 gün ve 24 saat yapılan sayımlar; özel sayımlar ise genellikle cihazlı sayımlarda 48 saat, el sayımlarında 8 saat süreyle yapılan sayımlardır[18].

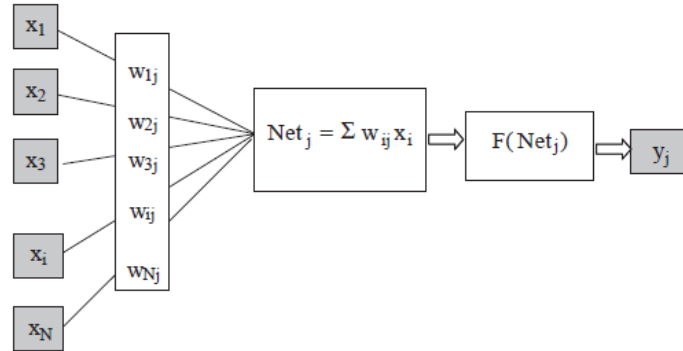
Hassas cihazlarla yapılan çalışmalarda hız ölçümleri yapılan 3 araç tipi şu şekilde tanımlanmıştır: Otomobil: Otomobil, pikap, kamyonet, cip, toplam yüklü ağırlığı 3,5 tonu geçmeyen taşıtlar ve yolcu taşıma kapasitesi yaklaşık 8–14 kişi olan taşıtlar (minibüs v.b), Otobüs: Yolcu taşıma kapasitesi yaklaşık 25 kişiden fazla olan taşıtlar, Kamyon

3. Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları, insan beyninin çalışma prensibini temel alan ve beynin gerçekleştirdiği temel işlemlere belirli bir yazılımla ulaşmayı hedefleyen programlama tekniğidir[20]. Biyolojik bir sinir hücresi; temel olarak akson, dendrit ve sinapslardan oluşur. Dendrit olarak adlandırılan yapı kendisine gelen uyarıları alan girişlerdir. Diğer sinir hücrelerine bilgi taşıyan elemanlar

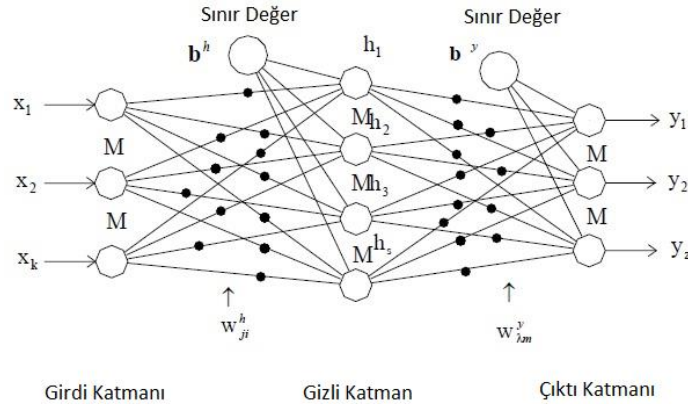
aksonlardır. Aksonla dendrid arasındaki bağlantı sinapslar aracılığıyla sağlanır. Beyin, tüm bu işlemleri elektrokimyasal süreçlerle gerçekleştirir[21].

Yapay sinir ağları da bu model baz alınarak tasarlanmıştır. Bir sinir hücresi Şekil-3'te gösterildiği gibi, N adet x_i girişinin ağırlıklı w_{ij} toplamını alarak bu toplamı doğrusal olmayan bir $f(.)$ fonksiyondan geçirir ve bir y_j çıktısı üretir[21].



Şekil 3. Yapay sinir hücresi

Yapay sinir ağları, kullanılan hücre modeli, bu hücrelerin ağ yapısında bir arada bağlanma şekli (ağ topolojisi), ağırlıkların ayarlanması için öğrenme kuralının belirlenmesi ve hatırlama ile karakterize edilir[21]. Girdiler ve çıktılar arasında gizli katman(lar) vardır. Her katmanın girdisi, bir aktivasyon fonksiyonuna girerek çıktıyı oluşturur. Seviyeler arasında ağırlıklı toplamlar ile çıktılar bulunur. Her sinir hücresinin bir ağırlık ve yanlılık değerleri vardır. Yapay sinir ağlarındaki bu ağırlıkları bulmak için değişik algoritmalar kullanılır[22]. YSA, girdi ve çıktı değişkenleri arasında herhangi bir ön bilgiye ihtiyaç duymadan, herhangi bir varsayımda bulunmadan, doğrusal olmayan (nonlinear) modellemeyi sağlayabilmektedir[23].



Şekil 4. İleri beslemeli denetimli bir yapay sinir ağı

Yapay sinir ağları belirli bir algoritma çerçevesinde programlanmazlar[24]. Dolayısıyla oluşturulan bir YSA'nın istenen davranışı gösterebilmesi için ilgilendiği problemten aldığı eğitim örneklerini kullanarak problemi öğrenmesi gerekmektedir[25]. Bir başka deyişle, ağ'a,

girdi bilgileri ve bu girdilere karşılık gelen hedef değerleri verilerek ağı, girdi/çıkış arasındaki ilişkiyi öğrenmesi sağlanmakta, böylece ağı eğitimi gerçekleştirilmektedir. Denetimli (öğreticili) öğrenme olarak adlandırılan bu yöntem, genelde tercih edilen yöntemdir[26]. Basitliği ve uygulamadaki görüş açısı gibi başarılarından dolayı[27] ağ eğitimi için en yaygın kullanılan modeli, ileri beslemeli-geri yayılım algoritmasıdır[22]. Geri yayılım algoritması, hataları geriye doğru (çıkıştan girişe) azaltmaya çalışmasından dolayı “geri yayılım” ismini almıştır. Geri yayımlı öğrenme kuralı, ağ çıkışındaki mevcut hata düzeyine göre her bir tabakadaki ağırlıkları yeniden hesaplamak için kullanılmaktadır. Geri yayımlı bir ağ modelinde giriş, gizli ve çıkış olmak üzere 3 katman bulunmakla birlikte, problemin özelliklerine göre gizli katman sayısını artırabilmek mümkündür[28]. Gizli katmandaki hücre sayısını belirlemede farklı yaklaşımlar ileri sürülse de genel olarak hücre sayısı, deneme-yanılma yoluyla belirlenmektedir. Şekil-4’te örneklenen ileri beslemeli denetimli bir sinir ağında, tek ara katman ve bu katmanda s adet sinir hücresi bulunmaktadır[29].

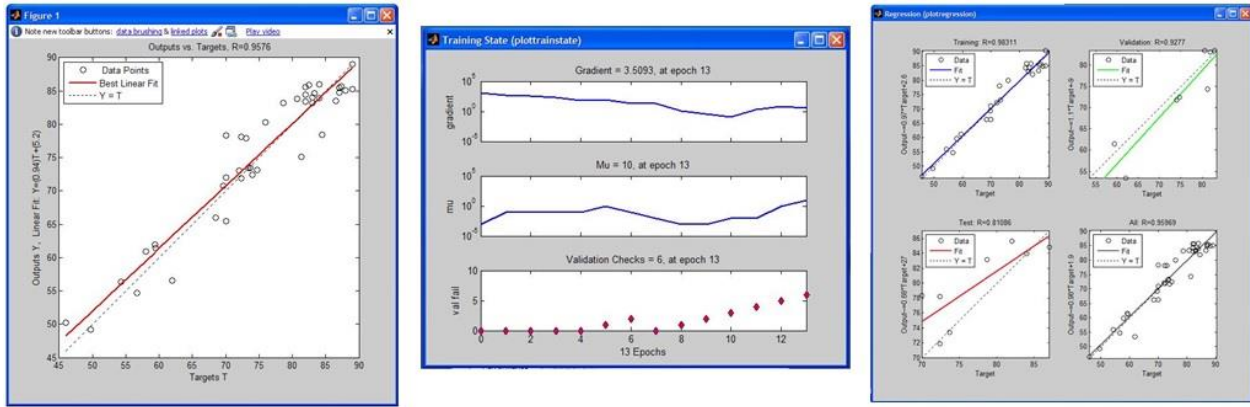
4. Uygulama

Türkiye genelinde, farklı bölgelerde bulunan 33 il sınırı içinde, devlet yolları üzerindeki 42 nokta tespit edilmiştir. Tespit edilen bu yolların geometrik bilgileri ve bu yollardan 2004, 2005 ve 2006 yıllarında geçen kamyon, otobüs ve otomobil araçlarına ait ortalama hız verileri, KGM’nin hassas ölçümleriyle belirlenmiştir. Araçların, tespit edilen bu yollardaki ortalama hızlarını tahmin etmek için Matlab2008b® programında, 4 giriş, 1 çıkış parametrelili ve her katmanında 4 sinir hücresi bulunan 3 gizli katmanlı YSA modeli hazırlanmıştır. Modelde araç türü, yolun ortalama viraj yarıçapı, yolun ortalama eğimi ve yolun kaplama türü bilgileri giriş verileri olarak belirlenmiş, çıkış bilgisi olarak araç hızı tahmin edilmeye çalışılmıştır. YSA modeli için sonlandırma koşulu olarak en çok 100 iterasyon yapması istenmiş ve ileri beslemeli geri yayılım algoritmaları olan Levenberg-Marquardt, Resilient Backpropagation ve Polak-Ribiére Conjugate Gradient algoritmalarıyla ayrı ayrı denenmiştir. Toplam 42 adet veri setinden, 30’unun eğitim, 12’sinin test için kullanıldığı uygulamadan elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak Tablo 1’de sunulmaktadır.

Tablo 1 Uygulamadan elde edilen verilerin farklı YSA algoritmalarıyla karşılaştırmalı sonucu

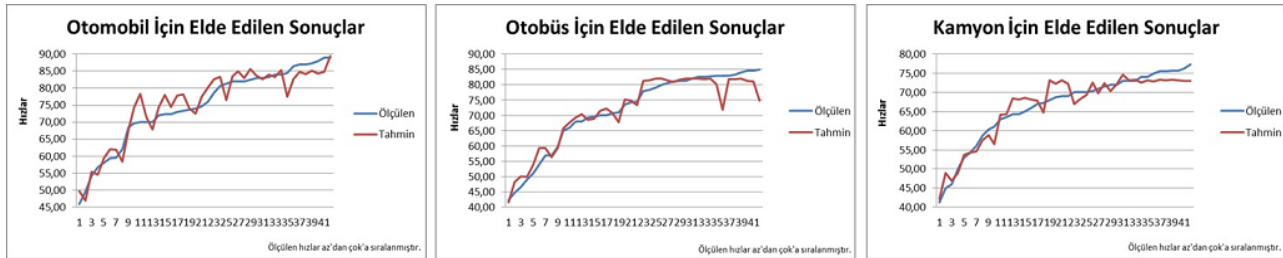
	Levenberg-Marquardt			Resilient Backpropagation			Polak-Ribiére Conjugate Gradient		
	Otomobil	Otobüs	Kamyon	Otomobil	Otobüs	Kamyon	Otomobil	Otobüs	Kamyon
İterasyon	13	10	14	34	12	11	15	17	19
Zaman	00:00:03	00:00:01	00:00:02	00:00:01	00:00:01	00:00:01	00:00:01	00:00:02	00:00:02
Performans	8,06	9,41	6,74	7,63	75,90	37,90	43,60	10,20	5,85
Doğruluk (%)	95,76	96,42	95,92	90,40	86,90	70,30	76,74	96,39	96,13
Gradient	3,51	15,50	7,44	8,47	40,50	26,20	57,00	17,20	5,61

Otomobil aracının hız tahmini için Levenberg-Marquardt algoritmasıyla elde edilen performans, eğitim durumu ve regresyon sonuç grafikleri Şekil-5'te gösterilmektedir.



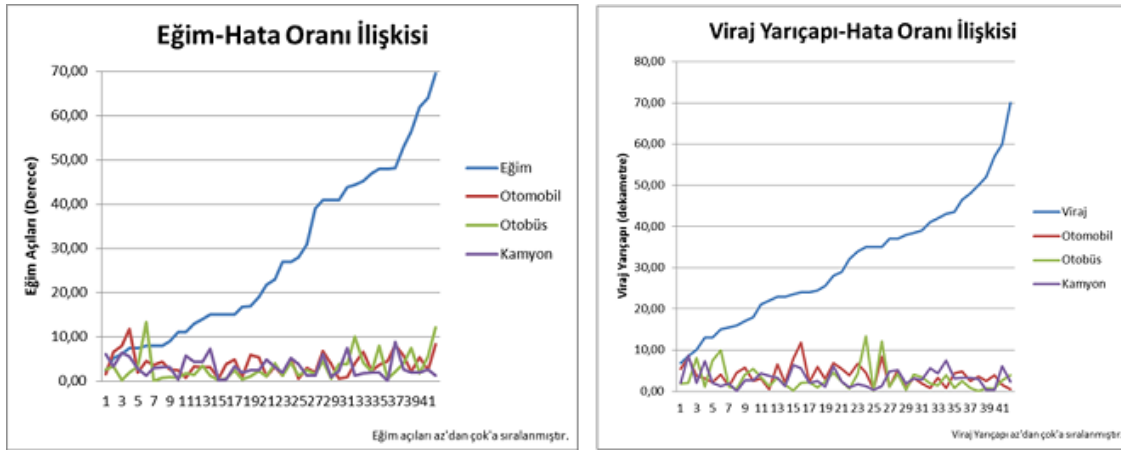
Şekil 5 Uygulamadan elde edilen verilerin farklı YSA algoritmalarıyla karşılaştırmalı sonucu

Her üç araç türü için de araçların ölçülen değerleriyle modelden elde edilen değerler kıyaslandığında hızların artan değerlerinde, tahminlerde yanılmaların arttığı gözlemlenmektedir. Buna karşın daha düşük hızlarda hız tahminleri hemen hemen gerçek değere yakındır. Buna ait durum Şekil-6'da sunulmaktadır.



Şekil-6 Araçların gerçek zamanlı ölçülen hız değerleriyle, tahmin edilen sonuç değerleri grafiği

Modelden elde edilen sonuçlar, yolun, fizikî ve geometrik özelliklerine göre değerlendirildiğinde ise; eğim açısının %10 ila %40 arasındaki durumu ile viraj yarıçapının 350 metreden daha geniş seviyelerdeki şartlarında daha başarılı sonuçlar elde edildiği gözlemlenmektedir. Elde edilen sonuç grafikleri Şekil-7'de sunulmaktadır.



Şekil-7 Tahminlerdeki hata oranının, yolun değişik geometrik ve fiziki şartlarında seviyeleri

Araçların, gerçek zamanlı ölçülen hızları ve bu hızları tahmin edebilmek için oluşturulan modelden elde edilen sonuçlar Tablo-4'te sunulmuştur.

Şekil-12 Tahminlerdeki hata oranının, yolun değişik geometrik ve fiziki şartlarında seviyeleri

Yol Bilgileri					2004, 2005 ve 2006 Yıllarında Ölçülen Hızların Aritmetik Ortalamaları (km/sa)			Modelden Elde Edilen Hız Tahminleri (Otomobil ve Otobüs için Levenberg-Marquardt, Kamyon için Polak-Ribiére Conjugate Gradient)					
İl	KKNo	Eğim Açısı (Derece)	Viraj Yarıçapı (m)	Yol	Otomobil	Otobüs	Kamyon	Otomobil	Hata Oranı (%)	Otobüs	Hata Oranı (%)	Kamyon	Hata Oranı (%)
Kırıkkale	753-01	48,24	85	Beton	46,00	49,00	45,00	49,76	8,18	49,99	2,03	48,93	8,74
Şırnak	400-31	62,00	68	Asfalt	49,67	42,33	41,33	46,98	5,42	41,57	1,81	42,15	2,00
Düzce	010-05	56,50	130	Asfalt	54,33	46,67	50,00	55,49	2,13	50,15	7,45	49,02	1,96
Artvin	010-27	48,00	101	Asfalt	56,67	44,67	46,00	54,58	3,68	48,26	8,03	46,91	1,98
Malatya	300-22	64,00	180	Asfalt	58,00	51,00	56,00	59,42	2,45	53,79	5,47	54,54	2,61
Gaziantep	400-22	48,00	160	Asfalt	59,33	59,67	54,33	61,98	4,46	59,31	0,60	54,32	0,03
Kastamonu	765-02	44,42	150	Asfalt	59,50	54,00	53,00	61,86	3,97	59,39	9,98	53,63	1,19
Batman	955-11	53,00	170	Beton	62,00	57,00	60,33	58,42	5,78	59,32	4,07	58,78	2,57
Çorum	785-03	27,00	155	Asfalt	68,50	57,00	58,67	67,66	1,23	56,34	1,16	57,53	1,94
Giresun	010-19	41,00	280	Beton	69,67	71,00	64,33	74,39	6,77	67,86	4,42	68,19	5,99
Balıkesir	550-06	7,41	240	Asfalt	70,00	68,00	65,00	78,26	11,8	69,32	1,94	68,60	5,54
Kastamonu	030-04	46,94	240	Asfalt	70,00	70,00	63,00	71,57	2,24	71,48	2,11	64,23	1,96
Şanlıurfa	885-13	15,00	130	Asfalt	70,00	65,00	61,00	67,79	3,16	65,76	1,16	56,52	7,34
Bitlis	300-32	14,04	210	Beton	72,00	68,00	70,00	74,26	3,14	70,33	3,43	66,99	4,30
Adana	815-65	6,00	235	Asfalt	72,33	70,67	64,33	78,04	7,89	70,80	0,19	68,42	6,36
Artvin	950-01	30,96	255	Beton	72,33	66,00	67,00	74,45	2,93	67,57	2,39	67,78	1,17
Balıkesir	550-97	5,14	230	Asfalt	73,00	70,00	66,00	77,78	6,54	72,29	3,27	68,18	3,31
Ağrı	965-08	45,29	340	Beton	73,33	84,67	71,00	78,20	6,64	81,13	4,18	69,73	1,78
Aydın	515-02	28,00	220	Asfalt	73,67	69,67	67,33	74,05	0,51	68,84	1,19	64,78	3,78
Diyarbakır	360-08	39,00	230	Asfalt	74,00	74,50	63,50	72,52	1,99	73,30	1,61	64,27	1,21

Muğla	400-03	41,02	320	Beton	74,67	74,33	70,00	77,55	3,85	74,75	0,56	69,37	0,91
Elazığ	300-24	19,00	290	Asfalt	76,00	73,50	72,00	80,09	5,38	75,21	2,33	70,29	2,38
İzmir	240-01	27,00	370	Asfalt	78,67	78,00	68,67	82,68	5,10	81,24	4,15	72,23	5,19
Balıkesir	550-07	23,00	385	Asfalt	80,67	78,33	70,33	83,28	3,24	81,51	4,06	72,54	3,15
Ankara	180-07	17,00	245	Beton	81,33	69,22	70,00	76,50	5,94	68,53	0,99	68,27	2,47
Adana	400-20	7,41	390	Asfalt	82,00	83,00	75,00	83,51	1,85	80,21	3,36	72,86	2,86
Amasya	805-10	8,00	500	Asfalt	82,00	82,00	75,50	84,92	3,56	82,01	0,01	73,28	2,95
Mersin	400-18	21,80	370	Asfalt	82,00	80,50	69,00	82,93	1,13	81,41	1,14	72,35	4,85
Afyon	665-02	15,00	570	Asfalt	82,50	82,50	73,00	85,66	3,83	82,03	0,56	73,22	0,30
Kayseri	300-18	43,83	430	Asfalt	83,00	84,50	68,00	83,71	0,85	81,27	3,83	73,09	7,49
Sivas	010-15	15,00	350	Asfalt	83,00	81,00	72,00	82,59	0,50	80,89	0,13	72,18	0,25
Trabzon	010-21	11,00	410	Asfalt	83,33	83,33	77,33	83,94	0,73	81,81	1,83	72,97	5,64
Kayseri	825-01	16,70	380	Asfalt	84,00	81,33	74,00	83,33	0,80	81,61	0,34	72,59	1,90
Konya	695-08	2,29	600	Asfalt	84,00	80,00	69,00	85,27	1,51	82,05	2,57	73,20	6,09
Uşak	595-11	69,68	350	Asfalt	84,50	85,00	74,00	77,41	8,39	74,77	12,0	73,09	1,22
Düzce	100-11	8,00	350	Asfalt	86,50	83,00	71,50	82,65	4,45	71,89	13,4	72,36	1,20
Denizli	585-06	9,00	480	Asfalt	87,00	81,33	75,67	84,78	2,55	81,99	0,81	73,25	3,20
Eskişehir	675-01	13,00	420	Asfalt	87,00	83,00	76,33	84,12	3,31	81,85	1,39	73,01	4,35
Karabük	100-14	11,00	520	Asfalt	87,33	82,67	73,00	85,19	2,45	82,02	0,79	73,27	0,36
Eskişehir	200-08	8,00	435	Asfalt	88,00	82,50	75,50	84,24	4,28	81,91	0,72	73,13	3,13
Aydın	320-01	15,00	465	Asfalt	89,00	84,00	75,67	84,76	4,76	81,94	2,45	73,18	3,28
Kırıkkale	200-14	41,02	700	Asfalt	89,00	79,00	73,00	89,46	0,52	82,05	3,86	74,67	2,29

5. Sonuçlar

Oluşturulan model; araç hızının trafik akışına bağlı olmadığı yollarda, GPS sistemleri gibi yola ait fizikî bilgileri edinebilen sistemlerle etkileşimli kullanıldığında, göz ardı edilebilir hata oranıyla başarılı sonuçlar elde edebilir. Bu bağlamda, model ile ortalama bir sürüş için, başlangıç-bitiş noktaları arasındaki en kısa yol tespiti kolaylaşacak ve tahmini yolculuk süresi belirlenebilecektir. Ayrıca herhangi bir sürücü için, kullandığı araca göre yolun değişik fizikî durumlarındaki hız bilgileri veri tabanına kaydedilebilirse, ilgili sürücünün daha önce gitmediği bir yoldaki ortalama hızı ve buna bağlı olarak ulaşım süresi tahmin edilebilecektir.

Kaynaklar

- [1] DUDEK, C. L., "Beter management of traffic incidents – scope of the problem," Summer meeting of Transport Res. Board, 1974.
- [2] MAY, A. D., CHOW, W. M., ELDOR, M., LU, C. K., and SAKASITA, M., "Optimal design and operation of freeway incident detection-service systems," Dep. Transportation Rep. DOT TST-75-92, 1975.
- [3] McDERMOTT, J. M., "Incident Surveillance and control on Chicago area freeways," Proc. Summer Meeting of Transport Res. Board, 1974.
- [4] PAYNE, H. J., "Freeway incident detection based upon pattern classification," Proc. IEEE Con\$ Decision Control, 1975.
- [5] COOK, A. R. And CLEVELAND, D. E., "Detection of freeway capacity-reducing incidents by traffic-stream measurements," Transport Res. Rec. 495, 1974.

- [6] PAYNE, H. J., HLFENBEIN, E. D., KNOBEL, H. C., "Development and testing of incident detection algorithms," Final Report FHWA Contract FH-I I- 8278, 1976.
- [7] DUDEK, C. L., MESSER, C. J., and NUCKLES, N. B., "Incident detection on urban freeways," *Transport Res. Rec.* 495, 1974.
- [8] DUDEK, C. L., MESSER, C. J., and DUTT, A. K., "Study of detector reliability for a motorist information system on the gulf freeway," *Transport Res. Rec.* 495, 1974.
- [9] XUE, D., DONG, Z., "An Intelligent Contraflow Control Method for Real Time Optimal Traffic Scheduling Using Artificial Neural Network, Fuzzy Pattern Recognition, and Optimization", *IEEE*, 1063-6536/00\$10.00, 2000.
- [10] LU, J., CAO, L., "A Quantization Method of Traffic Congestion Evaluation Based on Fuzzy Logic", *IEEE*, 0-7803-7952-71031817.00, 2003.
- [11] BINGHAM, E., "Reinforcement Learning in Neurofuzzy Traffic Signal Control", 0377-2217/01, 2001.
- [12] ZANG, L., JIA, L., LUO, Y., "An Intelligent Control Method for Urban Traffic Signal Based on Fuzzy Neural Network", *IEEE*, 1-4244-033204/06, 2006.
- [13] BASSET, M., ZIMMER, C., GISSINGER, G. L., "Fuzzy Approach to the Real Time Longitudinal Velocity Estimation of a FWD Car in Critical Situation", *IEEE, Vehicle System Dynamics*, pp 477-489, 1997.
- [14] CATANIA, V., FICILI, G., PANNO, D., "An Assessment of Resource Exploitation Using Artificial Intelligence Based Traffic Control Strategies", *IEEE*, 0-8186-7852-6/97, 1997
- [15] LUCIC, P., TEODEROVIC, D., "Transportation Modeling: An Artificial Life Approach", *IEEE*, 1082-3409/02, 2002.
- [16] SIRINIVASAN, D., CEU, R. L., POH, Y. P., NGA., K. C., "Development of An Intelligent Technique for Traffic Network Incident Detection", *IEEE*, 0952-1976/00, 2000.
- [17] http://www.cellotin.com/forum/fen_fizik/duzgun_dairesel_hareket-t14059.0.html
- [18] 2006 Trafik ve Ulaşım Bilgileri, Otoyollar ve Devlet Yollarının Trafik Dilimlerine Göre Yıllık Ortalama Günlük Trafik Değerleri ve Ulaşım Bilgileri, Strateji Geliştirme Daire Başkanlığı Ulaşım ve Maliyet Etüdüleri Şubesi Müdürlüğü, Temmuz 2007.
- [19] Muğla-Marmaris Ayrımı Yolu KM=99+700.000-122+958.115 Trafik Projeleri, T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü 2. Bölge Müdürlüğü
- [20] Civalek, Ö., "Nöro-Fuzzy Tekniği ile Dikdörtgen Plakların Analizi", III. Ulusal Hesaplamalı Mekanik Konferansı, 16-18 Kasım, İstanbul, 518-524, 1998.
- [21] Ülker, M., Civalek, Ö., "Yapay Sinir Ağları ile Eksenel Yüklü Kolonların Burkulma Analizi", *Turkish J. Eng. Env. Sci.* 26 (2002), 117-125. Tubitak
- [22] Barış, İ., Erdamar, M., Sümer, E., Erdem, H., "Ses İşaretlerinin Yapay Sinir Ağları ile Tanınması ve Kontrol İşlemleri İçin Kullanılması",
- [23] Kaastra, I., Boyd, M., "Designing a Neural Network for Forecasting Financial and Economic Time Series", *Neurocomputing*, Cilt 10, 215-236, 1996.
- [24] Rojas, R., "Neural Networks, A Systematic Introduction", Springer, Germany, 1996.
- [25] Ergezer, H., Dikmen, M. ve Özdemir, E. (2003). "Yapay Sinir Ağları ve Tanıma Sistemleri" *PiVOLKA*, 2(6), 14-17.
- [26] Haykin, S., "Neural Networks: A Comprehensive Foundation", Prentice Hall, New Jersey, 1999.
- [27] Aktaş, M., Okumuş, H. İ. (2003). "Doğrudan Moment Kontrollü Asenkron Motorun Stator Direncinin Yapay Sinir Ağı ile Kestirimi", International XII. Turkish Symposium on Artificial Intelligence and Neural Networks.
- [28] Keleşoğlu, Ö., Fırat, A., "Tuğla Duvarındaki ve Tesisattaki Isı Kaybının Yapay Sinir Ağları İle Belirlenmesi", *Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Der.* 18 (1), 133-141, 2006.
- [29] Koç, M. L., Balas, C. E., Arslan, A., "Taş Dolgu Dalgakıranların Yapay Sinir Ağları ile Ön Tasarımı", *İMO Teknik Dergi*, 2004 3351-3375, Yazı 225