

İZOLE SİNYALİZE KAVŞAKLARDAKİ ORTALAMA TAŞIT GECİKMELERİNİN YAPAY SİNİR AĞLARI İLE MODELLENMESİ

Y.Şazi MURAT¹, Özgür BAŞKAN²

SUMMARY

In this study, the feedforward Artificial Neural Network (ANN) model is used to estimate average delay in isolated signalized intersections. In the scope of the study, delay times of vehicles in isolated signalized intersections are observed, the effective parameters are determined and a model estimating the average vehicle delays by using ANN according to these parameters is developed. The model parameters are obtained by making field studies. Part of the data are used for ANN model development, and the rest are used for model testing. The estimations of the model are also compared with the observations and encouraging results are obtained, and the average relative error is obtained as %12 from these comparisons.

ÖZET

Bu çalışmada, izole sinyalize kavşaklardaki ortalama gecikmeyi tahmin edebilmek için ileri beslemeli Yapay Sinir Ağları (YSA) kullanılmıştır. Çalışma kapsamında, izole sinyalize kavşaklarda taşıtların gecikme süreleri gözlenmiş, etken parametreler belirlenmiş ve bu parametrelere bağlı olarak YSA ile ortalama taşıt gecikmelerini tahmin eden bir model geliştirilmiştir. Model için arazi çalışmaları yapılarak ilgili veriler toplanmıştır. Ölçülen veri gruplarının bir kısmı ağı eğitmek amacıyla, kalan diğer kısmı ise YSA modelini test etmek için kullanılmıştır. YSA model sonuçları ile gözlem gecikme değerleri karşılaştırılmış ve ortalama %12 düzeyinde hata değeri elde edilmiştir.

1.GİRİŞ

İnsan hayatını günlük yaşamda etkileyen en önemli faktörlerden biri ulaşım sorunlarıdır. Gittikçe artan şehirleşme ile birlikte ortaya çıkan trafik sıkışıklığını ve ulaşımında karşılaşılan karmaşık problemleri çözebilmek için optimum ölçülerde bir ulaşım planlaması yapabilmek zor mühendislik problemlerinden biri haline gelmiştir.

¹ Yrd.Doç. Dr., Paü, Müh. Fak., İnş. Müh. Böl., Denizli, Türkiye e-posta: ysmurat@pamukkale.edu.tr

² Araş.Gör., Paü, Müh. Fak., İnş. Müh. Böl., Denizli, Türkiye e-posta: obaskan@pamukkale.edu.tr

Kavşaklarda meydana gelen taşıt gecikmeleri tüm trafik sistemini etkiler. Gecikme sürelerinin fazla olması, doğal olarak sürücülerin güzergah (rota) seçiminde ve trafiğin yol ağı üzerindeki dağılımında esas rolü oynarlar.

İzole sinyalize kavşaklardaki trafik akımlarına en uygun sinyal sürelerinin verilmesi, kavşaktaki taşıt gecikmelerinin gerçeğe yakın bir şekilde tahmin edilmesine dayanır. Bu kavşak kapasitesinin tam olarak kullanılabilmesini ve toplam gecikmenin minimuma indirilmesini sağlar. Gecikme tahmini özellikle sinyal tasarımı ve trafik yönetiminde oldukça önemlidir. Bu tahmin doğrultusunda kavşak denetimi değiştirilebilmekte, daha etkin ve verimli hale getirilebilmektedir. Ayrıca, gerektiği durumlarda, kavşağın denetim sistemi tamamen değiştirilebilmektedir (örneğin izole sistemin koordine hale dönüştürülmesi).

Sinyalize kavşaklardaki gecikme konusu, çok boyutlu ve doğrusal olarak kolayca tanımlanamayacak bir niteliğe sahiptir. Taşıtların hareket kabiliyetleri, sürücü davranış ve psikolojisi, grup veya dağınık hareket durumu, trafik hacmi, şerit genişliği, trafik kompozisyonu, kavşak yakınında toplu taşıma durağı olup olmaması, yol içi durma ve park etme, sinyal süreleri (devre, yeşil, kırmızı), kuyruk oluşumu ve hava durumu gibi pek çok parametre gecikmeyi etkilemektedir. Bu parametrelerin bir kısmı birbiriyle ilişkili, bir kısmı ise tamamen bağımsızdır. Dolayısı ile çok detaylı bir analiz gerektirmektedir.

Literatürdeki gecikme hesaplamaları için kullanılan analitik formüller, gecikmenin doğrusal olmayan yapısını tam olarak formüle edemedikleri için, özellikle doymuş üstü durumdaki gecikme tahmininde çoğu zaman yetersiz kalmaktadırlar.

Tüm bunların yanında gecikmeyi arazi çalışmaları ile ölçmek de kolay değildir. Ancak elektronik sayaçlar ile detaylı ve gerçeği tam olarak yansıtabilen ölçümler yapılabilmektedir. Fakat bu yöntem ise oldukça pahalıdır ve dünyadaki tüm ülkelere ve kentlere hitap etmemektedir. Dolayısıyla, gecikme değerini gerçeğe yakın belirlemek güç ve maliyetli bir iştir.

Bu çalışmanın amacı, izole sinyalize kavşaklardaki ortalama taşıt gecikmelerinin YSA ile modellenmesidir. Bu çalışma ile özellikle doymuş üstü durumlarda, analitik modellere göre, gözlemlere dayanan gerçek gecikme değerlerini, YSA ile daha yakın tahmin eden bir model geliştirmek amaçlanmıştır.

Gecikmeyi etkileyen parametrelerin doğrusal olmayan bir yapıya sahip olmasından dolayı gecikme tahmininde YSA kullanılmıştır. İlk önce veri setlerinin çıktı değerleri (ortalama gecikme), kullanılan aktivasyon fonksiyonunun özelliğinden dolayı (0-1) arasında normalize edilmiştir. Veri setlerinin hazırlanmasından sonra ağ eğitilmiş, eğitim sırasında 84 adet veri kullanılmış, en uygun sonucu bulana kadar ağı mimarisi, gizli tabaka sayısı, nöron sayısı ve iterasyon sayısı deneme yanılma yolu ile bulunmuştur. Uzun denemeler sonucunda, ağ mimarisi olarak ileri beslemeli ağ yapısı seçilmiş, tek gizli katman ve bu katmanda 16 nöron kullanılmış ve 5000 iterasyon sonucunda ağı eğitimi tamamlanmıştır. Eğitim işleminden sonra test işlemine geçilmiş ve daha önceden eğitimde kullanılmayan 14 adet veri ağı testi için kullanılmıştır. Test işleminin sonunda, gözlem gecikme değerleri ile YSA ortalama taşıt gecikmeleri model sonuçları arasındaki mutlak hata 0,12 olarak bulunmuştur.

Bu çalışma beş bölümden oluşmaktadır. Gelecek (ikinci) bölümde gecikmenin tanımı ve mevcut yaklaşımlar, üçüncü bölümde YSA, dördüncü bölümde gecikmenin YSA ile modellenmesi, ve son bölümde de sonuçlar ve öneriler yer almaktadır.

2. GECİKME TAHMİNİNDE KULLANILAN MEVCUT YAKLAŞIMLAR

Bir taşıt için gecikme, kavşağa yaklaşırken beklemeden yaptığı seyir süresi ile bekleyerek yaptığı seyir süreleri arasındaki fark olarak ifade edilmektedir. Bu ifade, taşıtın hızlanması ve yavaşlaması sırasındaki gecikmesini içermektedir. Gecikme hesabı için, Webster, Avustralya (Akçelik) ve HCM yöntemleri geliştirilmiş ve yaygın olarak kullanılmıştır.

2.1. Avustralya (Akçelik) Yöntemi ile Gecikme Hesabı

Bu yöntemde göre bir akımdaki araçların ortalama gecikmesini bulabilmek için öncelikle bu akımın oluşturduğu kuyruk uzunluğunun hesaplanması gerekmektedir. Kuyruk uzunluğu değeri denklem (1) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$N_0 = \frac{QT_f}{4} \left(z + \sqrt{z^2 + \frac{12(x + x_0)}{QT_f}} \right) \quad (1)$$

Eğer $X_0 > X$ ise N_0 değeri 0 olmaktadır. Denklem (1)'de kullanılan notasyonlar şu anlamları ifade etmektedir:

- N_0 = Araç cinsinden ortalama kuyruk uzunluğu (birden fazla şerit varsa, tüm şeritlerdeki araç sayısı toplamı),
- Q = Araç/saat cinsinden kapasite,
- T_f = Akım süresi, yani saat cinsinden zaman, q değerinin elde edildiği süre,
- QT_f = T_f süresi boyunca geçebilecek maksimum araç sayısı,
- X = q/Q doyumluk derecesi,
- Z = $x-1$,
- x_0 = Kuyruğun yaklaşık olarak 0 olduğu en büyük doyumluk derecesi,

$$x_0 = 0.67 + sg / 600 \quad (2)$$

bağıntısıyla hesaplanır. Bu bağıntıda;

- s = Araç/saniye cinsinden doyum akımı,
- g = Etkin yeşil süreyi

ifade etmektedir. Toplam gecikme değeri aşağıdaki denklemle ifade edilir:

$$D = \frac{qc(1-u)^2}{2(1-y)} + N_0x \quad (3)$$

Burada;

- D = Toplam gecikme,
- qc = Her devrede gelen ortalama araç sayısı (q = Araç/saniye biriminden akım),
- c = Saniye biriminden devre süresi,
- u = Yeşil zaman oranı ($=g/c$),
- y = Akım oranı ($=q/s$).

Ayrıca her araç sayısı için ortalama gecikme ise;

$$d=D/q \quad (4)$$

şeklinde hesaplanmaktadır. (4) denkleminde kullanılan D toplam gecikmeyi, q ise araç/saniye cinsinden akımı ifade etmektedir [1].

2.2. İngiliz (Webster) Yöntemi ile Gecikme Hesabı

Sinyal kontrollü bir kavşaktaki yaklaşım kolundan geçen trafik miktarı, trafik tarafından kullanılabilen yeşil zamana ve yeşil periyot esnasında duruş hattından geçen maksimum taşıt oranına bağlı olmaktadır. Genel yaklaşım olarak, İngiliz Yöntemi'nin Avustralya Yöntemiyle birçok benzer yönü görülmektedir.

Önceden ayarlı bir sinyalizasyon sisteminde gecikme hesaplarını yapmak için çeşitli akımlar, doymun akımlar ve sinyal düzenlemeleri göz önüne alınmış ve sonuç olarak herhangi bir tekil yaklaşım kolundaki ortalama gecikme için şu formül elde edilmiştir.

$$d = \frac{C(1-\lambda)^2}{2(1-\lambda x)} + \frac{x^2}{2q(1-x)} - 0,65(C/q^2)^{1/3} x^{2+5\lambda} \quad (5)$$

Bu formülde;

- d = Her koldaki her bir taşıt için ortalama gecikmeyi,
- λ = Etkin yeşilin devre süresine oranı,
- x = Doygunluk derecesini ifade etmektedir,
- C = Devre Süresi (sn),
- q = Her bir koldaki akım (ta/sa).

Doygunluk derecesi akımın maksimum mümkün akıma oranıdır ve $x = \frac{q}{\lambda S}$ ile ifade edilir.

Denklemin son kısmı gecikmenin %5'i ile %15'i arasında bir değeri ifade etmektedir.[2]

2.3. Doherty Gecikme Formülü

Doherty (1977), sinyalizasyon kavşaklardaki taşıtların ortalama gecikmesini hesaplamak amacıyla Denklem (6)'da verilen gecikme formülünü geliştirmiştir.

$$D(x,t) = A + \frac{N-M}{4Q} \quad (6)$$

$$M = 2C + tQ(1-x) \quad (7)$$

$$N = (M^2 + 8CQtx)^{1/2} \quad (8)$$

Burada;

- t = Taşıt geliş süresi (sn),
- x = Doygunluk derecesi,
- C = Taşıt geliş ve servis zamanına bağlı bir sabit,
- Q = Yaklaşım kolu kapasitesi($\lambda.s$),
- A = Çok düşük akımlarda taşıt başına ortalama gecikmeyi temsil eden bir sabit,

c = Devre süresi (sn),
 λ = Etkin yeşilin devre süresine oranı (sn).

$$A = c / 2(1 - \lambda)^2 \quad (9)$$

Doherty'nin geliştirdiği gecikme formülü, ilk kuyruk uzunluğu (0) alınmak şartıyla, x doyumluk derecesi ve t zamanında gelen taşıtların ortalama gecikmesini verir [3].

2.4. Highway Capacity Manual (HCM-2000) Gecikme Formülü

HCM (2000)'e göre bir şeritteki ortalama gecikme aşağıdaki formülle ifade edilir;

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3 \quad (10)$$

Burada;

d = Taşıt başına kontrol gecikmesi(sn/ta),
 d_1 = Üniform varışlar kabulüyle üniform kontrol gecikmesi(sn/ta),
 PF = Üniform gecikme dizisi düzeltme faktörü (sinyal süreci etkilerini açıklamak için),
 d_2 = Rastgele varışların ve doyum akımdaki kuyrukların etkisini açıklamak için eklenik gecikme. Burada gecikme bileşeni analiz periyodunun başlangıcında, şerit grubu için başlangıç kuyruk durumunun olmadığını farz eder,
 d_3 = Analiz süresi başlangıcındaki başlangıç kuyruğundan dolayı tüm araçlara etkileyen gecikme değeri.

2.4.1 Sinyal Koordine Düzeltme Faktörü (Progression Factor)

İyi bir koordine sinyal sistemi, yeşilde gelen araçların sayısını arttırmaktadır. Sinyal koordine düzeltme faktörü, yarı etkileşimli kontrol sistemlerinde, etkileşimsiz şerit grupları ile sabit zaman kontrollü tüm koordine şerit gruplarına uygulanmaktadır. Etkileşimli şerit grupları için koordine kontrolün sağlandığı durumlarda da, bu şerit gruplarına Progression Factor (PF) uygulanabilir. PF'in değeri;

$$PF = \frac{(1 - P) f_{PA}}{1 - \frac{g}{c}} \quad (11)$$

şeklinde ifade edilir ve burada;

P = Yeşilde gelen araçların oranı,
 g/c = Yeşil sinyal süresinin devre süresine oranı,
 f_{PA} = Yeşil süre sırasında gelen araçlar için tamamlayıcı düzeltme katsayısı.

Üniform Gecikme: Denklem (12)'deki gecikme tahmin ifadesi, üniform gelişler, stabil akım ve başlangıçta kuyruk olmaması durumu içindir. Webster'ın gecikme formülünün birinci terimine dayanır ve üniform varışların olduğu ideal durum için gecikmenin bulunuşunu ifade eder.

$$d_1 = \frac{0,5c(1 - \frac{g}{c})^2}{1 - [\min(1, x) \frac{g}{c}]} \quad (12)$$

Burada;

- d_1 = Üniform gelişler kabulüyle üniform kontrol gecikmesi (sn),
- c = Devre süresi (sn),
- g = Şerit grupları için verimli yeşil süre (sn),
- x = Şerit için doygunluk oranı,

Eklenik gecikme: Denklem (13)'de verilen formül ile üniform olmayan gelişlerle rastgele gecikmelere bağlı eklenik gecikmeler ve doygun akım gecikmeleri tahmin edilir. Bu denklemde, analiz periyodunun başlangıcında kuyruk oluşumuna sebep olacak beklenmedik bir talebin olmadığı kabul edilir. Eğer başlangıç kuyruğu yok ise d_3 değeri de 0 alınır. Aksi takdirde d_3 'ün hesaplanması için HCM (2000)'nin Ek F kısmından yararlanılabilir.

$$d_2 = 900T[(x-1) + \sqrt{(x-1)^2 + \frac{8klx}{cT}}] \quad (13)$$

Burada;

- d_2 = Rastgele gelişlerin etkisini açıklamak için eklenik gecikme. Bu gecikme bileşeni analiz periyodunun başlangıcında şeritte başlangıç kuyruk durumunun olmadığını farz eder,
- T = Analiz periyodu süresi,
- k = Eklenik gecikme faktörü,
- l = Ölçüm düzeltme faktörü,
- c = Şerit grubu kapasitesi (ta/sa),
- X = Doygunluk derecesi.

Eklenik Gecikme Kalibrasyon Faktörü: Denklem (13)'e dahil edilmiş olan kalibrasyon katsayısı (k) kontrol tipinin gecikmeye etkisini ifade eder. Sabit zamanlı sinyalizasyon sistemlerinde $k=0,5$ alınır.

Ölçüm Düzeltme Faktörü: İzole kavşakların sinyal analizinde ölçüm düzeltme faktörü $I=1$ olarak alınmaktadır [4].

3. YAPAY SİNİR AĞLARI(YSA)

İnsan beyni bilinen en gizemli ve karmaşık hesaplayıcıdır. YSA, insan beyninin işleyişini taklit ederek modellemeye kullanılan yeni bir yaklaşımdır. Tüm YSA yapılarının esin kaynağı biyolojik sinir ağlarının işleyiş yöntemidir. YSA basit bir anlatımla birçok basit işlemci elemandan oluşan yapılardır. Bu elemanlar farklı formlarda ifade edilebilen nümerik verileri taşıyan bağlantılar ve ağırlıklar ile birbirlerine bağlıdır. YSA'daki gelişmelerin ana kaynağı, insan beyninin rutin olarak gerçekleştirdiği karmaşık hesapları yapabilen yapay sistemlerin yapılabileceği ümididir.

YSA'nın çok farklı problemlerin çözümünde kolaylıkla kullanılabileceğinin anlaşılmasıyla konuya olan ilgi artmış ve çok farklı alanlarda çalışmalar yapılmıştır. Genel olarak matematiksel modelleri oluşturulamayan veya çok zor tanımlanabilen

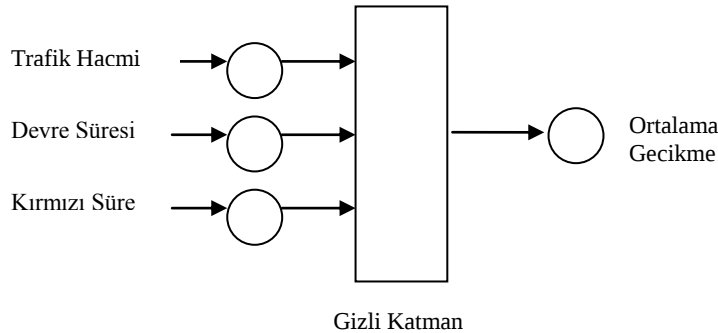
problemlerin çözümü için kullanılır. YSA kavramını çekici kılan özellikler aşağıda sıralanmıştır:

1. Birinci özellik, sistemin paralelliği ve toplamsal işlevin yapısal olarak dağılımlılığıdır. Başka bir deyişle, bir çok nöron eşzamanlı olarak çalışır ve karmaşık bir işlev çok sayıda küçük nöron aktivitesinin bir araya gelmesinden oluşur. Bu da, zaman içerisinde herhangi bir nöronun işlev dışı kalması durumunda ağ başarımının dikkate değer ölçüde etkilenmeyeceği anlamına gelir.
2. İkinci özellik ise, genelleme yeteneğidir. Başka bir deyişle ağ yapısının, eğitim esnasında kullanılan nümerik bilgilerden eşleştirmeyi betimleyen kaba özellikleri çıkarsaması ve böylelikle eğitim sırasında kullanılmayan girdiler için de anlamlı yanıtlar üretebilmesidir.
3. Bir başka özellik ise, ağ fonksiyonunun doğrusal olmayışdır. Yapı üzerinde dağılmış belli tipteki doğrusal olmayan alt birimler özellikle, istenen eşleştirmenin denetim yada tanımlama işlemlerinde olduğu gibi doğrusal olmaması durumunda işlevin doğru biçimde yerine getirilebilmesini matematiksel olarak olası kılar. Burada işlevin doğru biçimde gerçekleştirilebilmesi için yapısal bir esneklik gerekliliği vurgulanmalıdır. Yani ağ parametreleri, başarıyı arttıracak yada maliyeti azaltacak şekilde değiştirilebilmelidir [5].

4. YSA İLE ORTALAMA TAŞIT GECİKMELERİ TAHMİN MODELİ

4.1. YSA Model Parametreleri

YSA, insanlar gibi örnekler ile eğitildikleri için eğitim sırasında yeterli ve geniş bir veri setinin kullanılması ile çok iyi sonuçlar elde edilebilmektedir. YSA'nın eğitilmesinde girdi parametreleri olarak devre süresi, kırmızı sinyal süresi ve trafik hacmi; çıkış parametresi olarak da taşıt başına ortalama gecikme kullanılmıştır. Trafik hacmi, gecikme hesaplarında çeşitli biçimlerde (doğunluk derecesi gibi) ele alınan başlıca parametrelerdendir. Devre süresi ise, literatürdeki bütün gecikme formülasyonlarında kullanılan ana faktörlerden biridir. Kırmızı süre de, taşıtların toplam gecikmesini oluşturan etkenlerden biri olan durma gecikmesini temsil eden bir parametredir. Ağda kullanılan bu parametreler Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1: Model Parametreleri

4.2 Model Arazi Çalışmaları

Model çalışması için gerekli olan gözlem gecikme değerleri İzmir ili Çankaya kavşağı, Denizli'deki izole olarak tesis edilmiş çeşitli kavşaklarda yapılan gecikme etüdüleri ve Gökdağ (1996)'dan sağlanmıştır.

Gözlemler sabah (7.30-8.30), öğle (12.30-13.30) ve akşam (16.30-17.30) olmak üzere zirve saatlerde yapılmıştır. Gözlem süresi boyunca (1 saat) her bir kavşak kolunda kırmızı, sarı ve yeşil süreler ölçülerek gözlem föyüne yazılmıştır. Gecikme değerleri gözlenirken kavşak kolunda oluşan kuyruk uzunluğuna göre ve bu uzunluğun dışında kalmak üzere bir nokta seçilmiş ve taşıtın bu noktadan geçiş zamanı ile kavşağı terk edişi arasında geçen zaman o taşıtın gecikmesi olarak gözlem föyüne yazılmıştır. Ayrıca gözlem süresi boyunca (1 saat) kavşaktan geçen toplam araç sayısı gözlenmiş ve ortalama gecikme değeri, gözlem süresi boyunca geçen taşıtların toplam gecikmelerinin toplam taşıt sayısına bölünmesiyle bulunmuş ve föye yazılmıştır.

4.3. Model Yapısı

Ortalama taşıt gecikmelerinin tahmini için kullanılan örnek eğitim verileri Tablo 1'de verilmiştir. Model oluşturulurken en uygun sonucu elde etmek için ağırlıklar, gizli katman sayısı, her bir gizli katmandaki nöron sayısı, öğrenme derecesi ve momentum katsayısı deneme yanılma yolu ile bulunmuştur. YSA eğitilirken aktivasyon fonksiyonu olarak aşağıda verilen sigmoid tipi aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır.

$$\psi(S) = \frac{1}{1 + e^{-s}} \quad (14)$$

Kullanılan sigmoid tipi aktivasyon fonksiyonunun özelliğinden dolayı, eğitim ve test çıktı verileri (0-1) arasında normalize edilmiştir. Bunun için her bir giriş ve çıkış değerlerinin maksimum ve minimum değerleri bulunarak aradaki değerler normalize edilmiştir. Buna bağlı olarak yapay sinir ağlarının üreteceği sonuç değerleri de (0-1) arasında elde edilmiştir. Bu durumda başlangıçta yapılan normalize işlemi tersine çevrilerek çıkış değerleri bulunmuştur. Ağın eğitiminde 84 adet veri kullanılmış ve bunlardan örnek olarak 10 adedi Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Yapay Sinir Ağları Örnek Eğitim Verileri

No	Trafik Hacmi (ta/sa)	Devre Süresi (sn)	Kırmızı Süre (sn)	Ortalama Gecikme (sn/taşıt)
1	237	84	49	18,89
2	351	87	52	33,87
3	263	91	56	27,40
4	385	108	66	88,45
5	350	101	53	22,00
6	500	104	41	12,95
7	624	88	42	51,30
8	895	87	36	54,90
9	750	78	33	12,48
10	695	88	42	53,31

Ayrıca yapılan bu çalışmada, YSA mimarisi olarak ileri beslemeli sinir ağı, öğrenme tipi olarak denetimli öğrenme, öğrenme algoritması olarak da hatayı geriye yayma algoritması kullanılmıştır. YSA'nın eğitimi tamamlandıktan sonra test işlemine geçilmiştir. Test işleminde daha önceden eğitimde kullanılmayan 14 tane veri grubu kullanılmıştır. Test verileri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2: Yapay Sinir Ağı Test Verileri

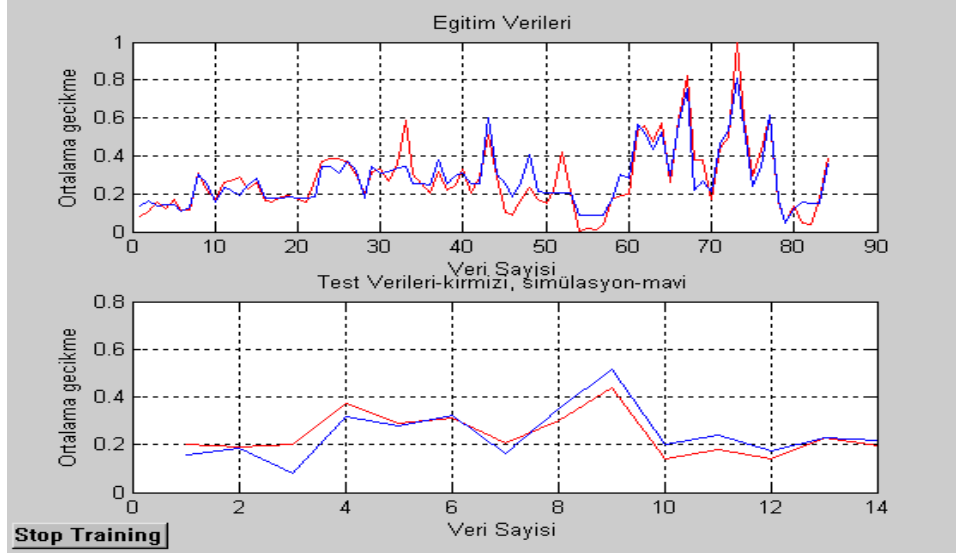
No	Trafik hacmi (ta/sa)	Devre Süresi (sn)	Kırmızı Süre (sn)	Ortalama Gecikme (sn/taşıt)
1	72	87	52	25,41
2	140	84	38	25,32
3	154	91	56	24,45
4	169	84	49	20,60
5	175	91	56	20,64
6	194	91	56	23,54
7	210	90	58	38,75
8	235	87	52	27,40
9	242	102	65	32,10
10	274	102	65	34,00
11	283	87	52	24,71
12	432	87	36	25,75
13	620	87	36	33,16
14	742	88	42	44,20

Yapay sinir ağlarının eğitim ve test işleminde Matlab 6.5 paket programının Yapay Sinir Ağları İşlev Kutusu (Neural Network Toolbox) kullanılmıştır.

Çalışmada, gizli katman sayısı 1, bu katmandaki nöron sayısı 16, öğrenme derecesi 0.1, momentum katsayısı 0.6 ve iterasyon sayısı ise 5000 alınmıştır.

4.4. YSA Modeli, Gerçek Gecikme Değerleri ve Analitik Yöntemlerin Karşılaştırılması

YSA modeli ile, gerçek gecikme değerleri ve analitik yöntemlerle bulunan gecikme değerlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Tablo 1 ve 2'deki eğitim ve test verileri kullanılarak programdan alınan ilk eğitim ve test çıktı grafiği Şekil 2'deki gibidir.



Şekil 2: Eğitim ve Test Verilerinin Matlab Ortamında Karşılaştırılması

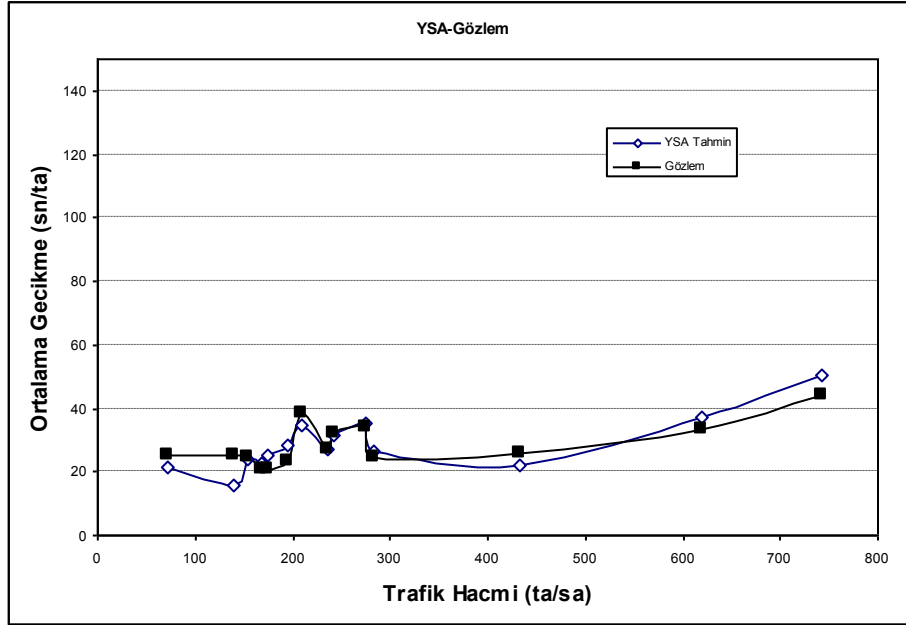
Şekil 2’de görüldüğü üzere, eğitim verileri ile gözlem gecikme değerleri oldukça uyumludur. Karşılaştırmadan elde edilen ortalama hata değeri 0,12’dir. Bu hata değerine göre modelin tahmin amaçlı kullanılabileceği kararı verilmiştir.

Test işleminden sonra elde edilen YSA çıktıları ile gözlem gecikme değerleri arasındaki ilişki Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3: Gözlem ve YSA Gecikme Değerlerinin Karşılaştırılması

Test Veri Sayısı	Devre Süresi (sn)	Kırmızı Süre (sn)	Trafik Hacmi (ta/sa)	Ortalama Gecikme (sn/ta)	YSA Gecikme (sn/ta)	Mutlak Hata
1	87	52	72	25,41	21,58	0,15
2	84	38	140	25,32	15,55	0,38
3	91	56	154	24,45	23,77	0,02
4	84	49	169	20,60	22,93	0,11
5	91	56	175	20,64	25,27	0,22
6	91	56	194	23,54	28,19	0,19
7	90	58	210	38,75	34,41	0,11
8	87	52	235	27,40	27,41	0,0005
9	102	65	242	32,10	31,51	0,018
10	102	65	274	34,00	35,08	0,032
11	87	52	283	24,71	26,66	0,079
12	87	36	432	25,75	22,25	0,135
13	87	36	620	33,16	36,87	0,11
14	88	42	742	44,20	50,14	0,13

Bu değerler grafik olarak Şekil 3’de verilmiştir.



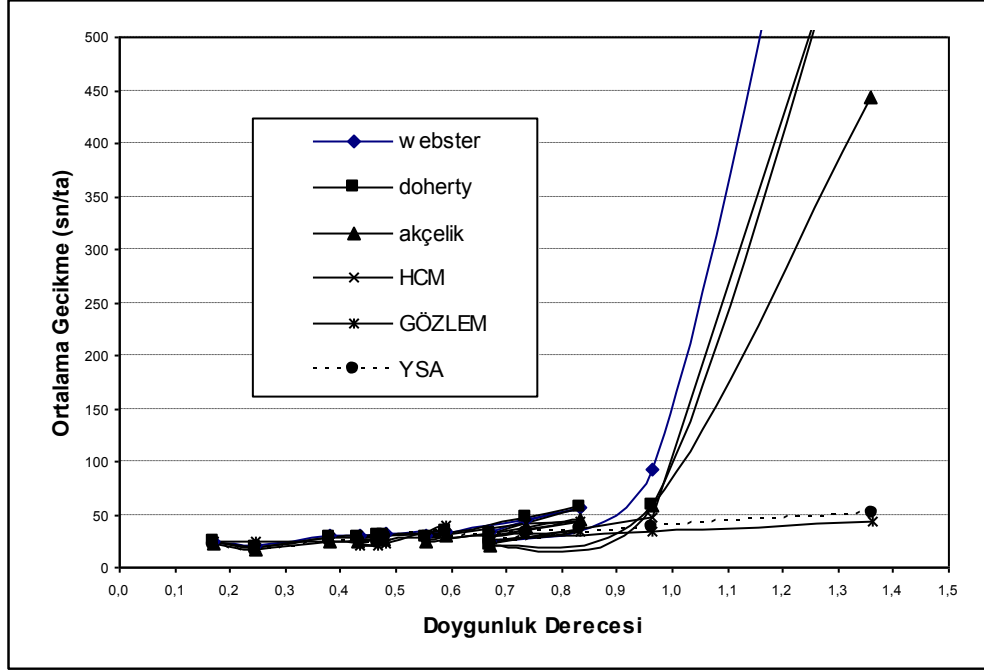
Şekil 3: Gözlem ve YSA Gecikme Değerlerinin Karşılaştırılması

Bu değerlendirmelerden sonra, çalışmanın esas amacı olan analitik gecikme modellerine dayalı gecikme değerleri, gözlem ve YSA çıktı sonuçlarının karşılaştırılması Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4: Analitik Formüller, Gözlem ve YSA Gecikme Değerlerinin Karşılaştırılması

Test Verileri	Devre Süresi (sn)	Kırmızı Süre(sn)	Trafik Hacmi(ta/sa)	Ortalama Gecikme (sn/ta)					
				Akçelik	Webster	Doherty	HCM 2000	Gözlem	YSA
1	87	52	72	23,05	25,42	24,41	24,88	25,41	21,58
2	84	38	140	16,83	19,93	18,38	19,39	25,32	15,55
3	91	56	154	25,07	29,83	28,13	28,80	24,45	23,77
4	84	49	169	25,68	30,47	29,46	29,10	20,6	22,94
5	91	56	175	25,36	30,50	28,78	29,38	20,64	25,27
6	91	56	194	25,74	31,16	29,47	29,95	23,54	28,19
7	90	58	210	29,30	34,89	34,41	32,95	38,75	34,41
8	87	52	235	24,96	30,40	28,80	29,00	27,4	27,42
9	102	65	242	38,29	45,86	46,68	40,99	32,10	31,51
10	102	65	274	44,55	56,32	56,74	44,27	34,00	35,09
11	87	52	283	27,66	33,10	31,96	30,86	24,71	26,67
12	87	36	432	20,05	24,63	21,17	23,58	25,75	22,25
13	87	36	620	58,61	92,69	58,75	47,46	33,16	36,88
14	88	42	742	444,09	∞	676,70	681,82	44,20	50,14

Doygunluk derecesi ve gecikmeye göre karşılaştırmalar Şekil 4’de verilmiştir.



Şekil 4: Analitik Formüller, Gözlem ve YSA Gecikme Değerlerinin Karşılaştırılması

Şekil 4’de verilen karşılaştırmalar sonucunda, geliştirilen YSA gecikme tahmin modelinin, arazide ölçülen gözlem değerlerine oldukça yakın sonuçlar verdiği anlaşılmıştır..

5. Sonuçlar ve Öneriler

5.1 Sonuçlar

Çalışma sonucunda elde edilen bulguları aşağıda verilmiştir.

- İzole sinyalize kavşaklardaki ortalama taşıt gecikmelerini tahmini için oluşturulan YSA modeli diğer analitik formüllere göre daha iyi sonuç vermiştir.
- YSA’nın testinden elde edilen gecikme değerleri ile gözlem gecikme değerleri arasındaki mutlak hata 0,12 dir.
- Özellikle doyunluk derecesinin $x > 1$ olduğu durumda analitik formüllerle elde edilen gecikme değerleri gözlem değerlerinden uzaklaşırken, YSA ile elde edilen gecikme değerlerinin gözlem değerleri ile uyum sağladığı görülmüştür.
- YSA, izole sinyalize kavşaklardaki ortalama taşıt gecikmelerinin tahmininde farklı bir yaklaşım sağlamıştır. Özellikle veri setinin genişletilmesi ile çok daha iyi sonuçlara ulaşılacağı anlaşılmaktadır. Çünkü, YSA, problemi çözerken

mevcut veriler dışında başka bir bilgiye ihtiyaç duymaz, bu nedenle veri seti ne kadar geniş olursa, tahmin de o kadar gerçeğe yaklaşır.

5.2 Öneriler

Yapılan bu çalışma, izole sinyalizasyon olarak kurulmuş olan kavşakların performans değerlendirilmesinde ve yeni tasarlanacak izole sinyalizasyon olarak tesis edilecek kavşaklar için önceden tahmin modeli olarak kullanılabilir. YSA'nın eğitiminde kullanılan veri seti genişletilerek daha kapsamlı ve gelişmiş modeller kurulabilir. YSA'nın girdi parametreleri değiştirilerek veya daha fazla parametre kullanılarak daha iyi sonuç veren modeller oluşturulabilir. YSA'da kullanılan eğitim algoritması ve aktivasyon fonksiyonunun tipi değiştirilerek yeni deneyimler yapılabilir ve izole sinyalizasyon yerine koordine edilmiş sinyalizasyon sistemleri dikkate alınarak modeller tasarlanabilir. Literatürde mevcut olan yazılımlar (HCM, SIDRA, TRANSYT) mevcut yaklaşımları kullanmaktadır. Geliştirilen gecikme modelinin mevcut yazılımlara ilavesi veya yeni bir yazılım geliştirilmesiyle gecikme tahminleri daha gerçekçi olabilecektir.

KAYNAKLAR

1. Murat, Y. Ş., Denizli Şehiriçi Kavşaklarındaki Trafik Akımlarının Bilgisayarla İncelenmesi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Denizli, 1996.
2. Ayfer, M. Ö., Trafik Sinyalizasyonu, T.C. Bayındırlık Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü, Yayın No:226, 182 s., Ankara, 1977.
3. Doherty, A. R., "Comprehensive Junction Delay Formulae", LRT1 Working Paper, Department of Transport, 1977.
4. TRB, Special Report 209: Highway Capacity Manual, Transportation Research Board, National Research Council, Washington D.C., USA, 2000.
5. Sağiroğlu, Ş., Beşdok, E. ve Erler, M., Mühendislikte Yapay Zeka Uygulamaları-I Yapay Sinir Ağları, Ufuk Kitap Kırtasiye Yayıncılık Tic. Ltd. Şti., ISBN 975-95948-5-4, 426 s., Kayseri, 2003.
6. Akçelik, R., Traffic Signals: Capacity and Timing Analysis, Research Report ARR No:123, ISBN 00 869910 015 7, 108 p., Australia, 1993.
7. Akçelik, R., Traffic Signals: Capacity and Timing Analysis, Research Report 123, Australian Road Research Board, Melbourne, Australia, 1981.
8. Başkan, Ö., "İzole Sinyalizasyon Kavşaklarındaki Ortalama Taşıt Gecikmelerinin Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesi", Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Denizli, 2004.
9. Gökdağ, M. ve Haşiloğlu, A., Sinyalizasyon Kavşaklarındaki Taşıt Gecikmelerinin Yapay Bulanık Sinir Ağı ile Tahmin Edilmesi, Türkiye İnşaat Mühendisliği XVI. Teknik Kongre ve Sergisi, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, Ankara, 2001.
10. Gökdağ, M., Sinyalizasyon Kavşaklarında Meydana Gelen Taşıt Gecikmelerinin Simülasyon Modellemesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Trabzon, 1996.
11. Murat, Y. Ş., Prediction of Traffic Volumes In Bosphorus Bridge Using Artificial Neural Networks, Proceedings of The 11th Mini-EURO Conference on Artificial Intelligence In Transportation Systems And Science, And The 7th EURO-Working

Group Meeting On Transportation, Helsinki University Of Technology Espoo, 43-47 p., Finland, 1999.

12. Murat, Y. Ş., Sinyalize Kavşaklarda Bulanık Mantık Tekniği ile Trafik Uyumlu Sinyal Devre Modeli, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Ulaştırma Mühendisliği Programı Doktora Tezi, İstanbul, 2001.
13. Webster, F. V., Traffic Signal Settings, Road Research Technical Paper, No 39, Road Research Laboratory, Her Majesty Stationary Office, London, UK, 1958.
14. Webster, F. V., Traffic Signal Settings, Road Research Technical Paper, No 39, Road Research Laboratory, Her Majesty Stationary Office, London, UK, 1966.
15. TRB, Special Report 209: Highway Capacity Manual, Transportation Research Board, National Research Council, Washington D.C., USA, 1994.