

TRAFİK KAZALARINDA YARALANMA SEVİYELERİNİN YAPAY SİNİR AĞI İLE SINIFLANDIRILMASI: ISPARTA İL MERKEZİNDE UYGULAMA

INJURY LEVELS WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORK
CLASSIFICATION IN TRAFFIC ACCIDENTS: CASE IN THE CITY
CENTER OF ISPARTA

Meltem KARAATLI¹

Nazlı DEMİRCİ²

Nuri ÖMÜRBEK³

ÖZET

Trafik kazaları hem ülkemizde hem de dünyada can kayıplarına, yaralanmalara, sosyal ve psikolojik yıkımlara ve maddi kayıplara neden olan önemli bir problemdir. Trafik kazaları sonuçlarına göre ölümlü, yaralanmalı ve maddi hasarlı olmak üzere üç gruba ayrılarak incelenebilir. Trafik kazalarının bu sonuçları arasında insan yaşamı bakımından oldukça önemli farklar bulunmaktadır. Bu çalışmada 2007- 2012 yılları arasında Isparta il merkezinde meydana gelen kazalar incelenmiştir. İnceleme sonucunda iki aracın karıştığı 3083 kaza çalışmaya dahil edilmiştir. Çalışma iki ayrı açıdan ele alınmıştır. İlk olarak yıl bazında ayrı ayrı inceleme yapılmıştır. İkincisinde ise tüm yıllar birlikte değerlendirmeye alınmıştır. Meydana gelen kazalardaki yaralanma seviyeleri yapay sinir ağı yöntemi kullanılarak sınıflandırılmıştır. Bu çalışmada yapılan sınıflandırmanın amacı herhangi bir trafik kazasının birden fazla sınıf içerisinde hangisinde yer aldığı belirlenmesidir. Bu bağlamda da yapay sinir ağları yönteminin belirli sayıdaki veri grubundan yola çıkarak çok daha fazla veri hakkında karar vermeye yardımcı olan bir yöntem olabileceği ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: *Trafik Kazalarının Yaralanma Seviyeleri, Yapay Sinir Ağları, Sınıflandırma*

¹ Süleyman Demirel Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Yrd. Doç. Dr.

² Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, YL.

³ Süleyman Demirel Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Doç. Dr.

ABSTRACT

Traffic accidents are really a very considerable problem casualties, injuries, social and psychological destructions and financial losses both in our country and all over the world. Traffic accidents are viewed in three groups as fatal, injury and property damage according to their results. Among the results of traffic accidents here there have been quite notable differences in terms of human life. In this study between the years 2007-2012 the accidents happened in Isparta city center are studied. As a result of the research 3083 accidents in which two vehicles got involved have been included. The research has been handled in two different aspects. Firstly the research has been done separately in terms of years. Secondly, all the years have been studied altogether. The injury levels in the accidents happened have been classified using artificial neural network method. The aim of the classification in this study is to determine in which classification any traffic accident is taking place within more than one classification. Hence, artificial neural network method is pointed out that it is a good method to help to decide on vast amount of data by setting out the data group of a fixed number.

Keywords: *Levels of Traffic Accident Injuries, Artificial Neural Networks, Classification*

1.GİRİŞ

Trafik kazaları, birey ve toplum yaşamı üzerindeki olumsuz etkileriyle günümüzde çok önemli bir sosyal problemdir. Trafik kazaları yüksek oranda ölüm, yaralanma ve sakatlanmalara neden olmakla birlikte büyük miktarlarda ekonomik kayıplara neden olmaktadır (Erjem, 2007:2).

Trafik kazalarında meydana gelen ölümler, yaralanmalar ve maddi kayıplar ülkemizin en önemli sorunlarından biri olmayı sürdürmektedir. Artan nüfusa ve araç sayısına bağlı olarak meydana gelen kaza sayısı da giderek artmaktadır. Buna bağlı olarak ölümlü ve yaralanmalı kaza sayısında da artış gözlenmektedir. Türkiye’de, 2007- 2012 yılları arasında 6460790 trafik kazası olmuş, 25197 kişi trafik kazalarında ölürken, 1292554 kişi yaralanmıştır (www.tuik.gov.tr, Erişim Tarihi:15.07.2013). Bu rakamlar kaza yerindeki ölümleri yansıtmakta olup, hastanelerde gerçekleşen ölümleri kapsamamaktadır. Birçok Avrupa ülkesinde, trafik kazasından sonra belli bir süre kaza takip süresi olarak belirlenmiştir. Bu süreç içerisinde meydana gelen ölümler de kaza kayıtlarına geçmektedir. Fakat ülkemizde kaza sonrası takip süresi olmadığı için istatistiki rakamlara göre daha fazla ölüm meydana gelmektedir (Atalay ve Tortum, 2010:335). Tablo 1.’de de 2002-2012 yılları arasında meydana gelen kaza sayısı, yaralı sayısı ve ölü sayıları görülmektedir.

Tablo 1. 2002- 2012 Yılları Arasında 'Türkiye' de Meydana Gelen Kaza, Yaralı ve Ölü Sayısı

Yıl	Toplam Kaza Sayısı	Maddi Hasarlı Kaza Sayısı	Ölümlü, Yaralanmalı Kaza Sayısı	Ölü Sayısı	Yaralı Sayısı
2002	439 777	374 029	65 748	4 093	116 412
2003	455 637	388 606	67 031	3 946	118 214
2004	537 352	460 344	77 008	4 427	136 437
2005	620 789	533 516	87 273	4 505	154 086
2006	728 755	632 627	96 128	4 633	169 080
2007	825 561	718 567	106 994	5 007	189 057
2008	950 120	845908	104 212	4 236	184 468
2009	1053346	942225	111 121	4 324	201 380
2010	1106201	989397	116 804	4 045	211 496
2011	1228928	1097083	131 845	3 835	238 074
2012	1296634	1143082	153 552	3 750	268 079

Kaynakça: www.tuik.gov.tr, Erişim Tarihi: 15.07.2013

Trafik kazaları hakkında tutulan veriler ve hesaplanan istatistikler, trafik kazaları hakkında genel bilgiler vermektedir. Oysa trafik kazalarının vermiş olduğu zararlar ayrı ayrı değerlendirilmelidir. Dolayısıyla trafik kazalarının vermiş oldukları zararların büyüklüğü daha fazla önem göstermektedir. Çünkü maddi hasarlı trafik kazalarının insan yaşamına vermiş olduğu zarar ne kadar büyük olursa olsun, ölüm ya da yaralanma (sakat kalma) ile sonuçlanan trafik kazalarına oranla daha önemsiz olarak değerlendirilebilir. Bu durumda, farklı tipteki sonuçlara neden olan trafik kazalarının nedenlerinin bu tiplere göre ayrı ayrı incelenmesi oldukça önem kazanmaktadır (Alp ve Engin, 2011: 66). Bu incelemelerin yapılması trafik güvenliğinin sağlanmasında önemlidir. Bunun için hazırlanan istatistiklerin çok önemli bir yeri vardır. Doğru ve zamanında hazırlanmış trafik istatistikleri; sorunun çözülmesini ve istenilen hedefe kısa sürede ulaşılmasını sağlamaktadır. Hazırlanan istatistikler doğrultusunda, tespit edilen sorunların, çözümüne yönelik yapılacak çalışmalar ve yatırımlar ile trafik; korku duyulan bir olgu olmaktan çıkarılacak ve insana hizmet verecek hale getirilecektir (Karpat ve Yılmaz, 2002; Atalay ve Tortum, 2010:335).

Kurallara uyulmaması ya da dikkatsizlik sonucu oluşan yanlış hareketler çoğunlukla trafik kazası olarak tanımlanan sonuca ulaşmaktadır. Trafik kazaları, taşıt ya da yayaların karıştığı kural dışı hareketler sonucu oluşan olgulardır. Kazaların genel nedeni olarak resmi kayıtlarda beş ana unsur tanımlanmıştır. Bunlar; sürücü kusuru, yolcu kusuru, yaya kusuru, yol kusuru, araç kusuru olarak belirtilmiştir. Son 10 yılın resmi kayıtlarına

Trafik Kazalarında Yaralanma Seviyelerinin Yapay Sinir Ağı İle Sınıflandırılması: Isparta İl Merkezinde Uygulama

göre trafik kazalarının nedenleri; sürücü kusurları % 95 oranında, yaya kusurları % 4 oranında ve yolcu, yol ve araç kusurları da % 1 oranında yer almaktadır (TÜİK 2011) (www.tuik.gov.tr, Erişim Tarihi:15.07.2013). Emniyet Genel Müdürlüğü (EGM) (2012) verilerine göre 2011 yılında trafik kazaları yaklaşık % 90 oranında sürücü, % 9 oranında yaya ve % 1 oranında da yolcu, yol ve araç kusurları sebebiyle gerçekleşmiştir. Trafik denetimleri ile sürücü kusurlarının azaltılacağı ve trafik kazalarının önlenebileceği öngörülmektedir.

Trafik kazaları ile ilgili yapılan farklı çalışmalar ve bu çalışmalarda kullanılan farklı yöntemler bulunmaktadır. Yapay sinir ağı da bu yöntemlerden biridir. Trafik kazaları ile ilgili yapılan bazı çalışmalar aşağıda verilmiştir.

Mussone, Ferrari ve Oneta yapmış oldukları çalışmada İtalya'nın Milano kentinde 1992 - 1995 yılları arasında meydana gelen kazalarını incelemek ve kaza modeli geliştirmek için yapay sinir ağı yönteminden yararlanmışlardır (Mussone vd.,1999:705-718).

Shon ve Lee yaptıkları çalışmada Kore'de meydana gelen trafik kazalarının şiddetini sınıflandırmada sinir ağları ve karar ağacı kullanmışlardır. Yolun genişliği, araba gövdesinin şekli, kaza kategorisi, kaza öncesi hızı, güvenlik sistemi gibi değişkenler dikkate alınmıştır (Shon ve Lee, 2003: 1-14).

Delen, Sharda ve Bessonov yaptıkları çalışmada yapay sinir ağları yöntemi ile trafikte yaralanma şiddetini belirleyen etmenleri araştırmışlardır. ABD'de bir yerleşim bölgesinde polis tarafından merkeze bildirilen 1995-2000 yılları arasında 30358 kaza dikkate alınmıştır. Çalışmada bağımlı değişken yaralanma şiddeti olarak düşünülmüştür. Trafik kazaları; yaralanma yok, az yaralanma, sakatlık olmayan yaralanma, sakatlık yaratan yaralanma ve ölüm olmak üzere 5 sınıfa ayrılmıştır. Bağımsız değişkenler kazayı yapan kişiyle ilgili bilgiler; cinsiyet ve alkol durumu, araçla ilgili değişkenler; aracın yaşı, aracın tipi ve emniyet sisteminin kullanılıp kullanılmadığı, çevreyle ilgili değişkenler; kazanın eyaletler arası karayolunda olup olmadığı, yüzeyin kaygan olup olmadığı, gündüz yada gece meydana geldiği, kazayla ilgili bilgiler; tekli veya çoklu araç çarpışması, aracın çarpışma noktası, aracın 90 derece dönüp dönmediği, araçların birbirleriyle çarpışma noktası ve diğer bilgiler olmak üzere çeşitli değişkenler dikkate alınmıştır. Çok katmanlı bir sinir ağı kullanılmıştır (Delen vd., 2006:434-444).

Chiou iki araç çarpışmalı kazaların değerlendirilmesi için uzman sisteme dayalı yapay sinir ağı üzerinde çalışmıştır. Yazar çalışmasında iki araç çarpışmalı 537 kazayı dikkate almıştır. Çalışmasında kazanın geçmişi, demografik özellikler, ihlaller, davranışlar, kanıtlar, olmak üzere ana

değişkenleri çeşitli alt değişkenlere ayırmıştır. Kazanın geçmişi, demografik özellikler, ihlaller, davranışlar ve kanıtlar şeklinde sınıflandırılmıştır. Bu değişkenlerden %5 anlamlılık düzeyine göre 12 tanesi seçilmiştir. Yolun sağ (the right of way), hareketin yönü, kazanın yeri, hız, alkol kullanımı gibi değişkenler ön plana çıkmıştır. Çalışmada geri yayımlı ağ kullanılmıştır. İki farklı yapay sinir ağı üzerinde çalışılmıştır. Birinci tip yapay sinir ağı modelinde öğrenme %85,72 oranında sağlanmış ve test grubunda %77,91 oranında doğru tahminleme yapılmıştır. İkinci yapay sinir ağı modelinde öğrenme %82,43 oranında sağlanmış, test grubunda %68,75 oranında doğru tahminleme yapılmıştır. Ayrıca çalışmada diskriminant analizi de yapılmıştır. Her iki ağın başarısının da diskriminant analizinden üstün olduğu ortaya konulmuştur (Chiou, 2006:777-785).

Akgüngör ve Doğan yılındaki çalışmalarında 1986 ve 2005 yılları arasındaki kaza verilerini kullanarak Türkiye'nin 3 büyük şehrindeki (İstanbul, Ankara ve İzmir) trafik kazalarının ölümlerine sonuçlananların tahminini yapay sinir ağı yöntemi ile yapmışlardır. Yapay sinir ağı yöntemi ile beraber Smeed modeli ve Andreassen modeli de kullanılmıştır. Model geliştirme, araç sayısı ve populasyon araştırmanın bağımsız değişkenleridir. Analizde ileri- geri yayılım algoritması kullanılmıştır (Akgüngör ve Doğan, 2009:906-913).

Bayata ve Hattatoğlu yapay sinir ağları ile çok değişkenli istatistik yöntemleri kullanılarak trafik kazalarının modellenmesi üzerinde çalışmışlardır. Bu çalışmada 1974–2007 yılları arasındaki ceza alan sürücü sayıları ile kaza sayıları dikkate alınarak modelleme yapılmıştır. Çalışmanın bağımlı değişkeni kaza sayısı iken bağımsız değişkenleri ceza alan sürücü sayısı ve zaman (yıl olarak)'dır (Bayata ve Hattatoğlu, 2010:207-219).

Akgüngör ve Doğan yapmış oldukları çalışmada yapay sinir ağı, regresyon analizi ve genetik algoritma kullanarak İzmir ili için kaza tahmin modeli geliştirmişlerdir. Model geliştirilirken araç sayısı, nüfus ve kaza sayısı dikkate alınmıştır. 1986 ve 2005 yılları arasındaki verilerden yararlanılmıştır. Yapay sinir ağında yapılan analizde ağın eğitiminde ileri beslemeli geri yayılım algoritmasından yararlanılmıştır (Akgüngör ve Doğan, 2010:16-22).

Ona vd. İspanya'da Granada şehrindeki kırsal karayollarında Bayes Ağlarını kullanarak trafik kazası yaralanma şiddetini belirlemeye çalışmışlardır. Trafik kazalarında yaralanma şiddetini etkileyen etmenler olarak karayolu özellikleri, araç özellikleri, kaza özellikleri, atmosferik faktörler gibi özellikler dikkate alınmıştır. 2003-2005 yılları arasında meydana gelen 3302 kazadan bazıları eksik bilgiler sebebiyle elimine edilmiştir. 1536 kaza dikkate alınmıştır. Trafik kazası yaralanma şiddetleri; hafif yaralı, ölü ve ağır yaralı olmak üzere üç sınıfa ayrılmıştır. Kaza tipi, kaza yapanın yaşı, hava şartları, kazanın nedeni, kazanın günü, kaza

Trafik Kazalarında Yaralanma Seviyelerinin Yapay Sınır Ağı İle Sınıflandırılması: Isparta İl Merkezinde Uygulama

yapanın cinsiyeti, şerit genişliği, ışıklandırma, kazanın yapıldığı mevsim, yaralı sayısı, kaldırım genişliği, trafik işaret durumu, görüş mesafesi, araç sayısı gibi birçok değişken dikkate alınmıştır. Yaralanma şiddeti ile ilgili değişkenler, yol bilgisi ile ilgili değişkenler, hava bilgisi ile ilgili değişkenler, sürücü ile ilgili değişkenler olmak üzere 18 farklı değişken kullanılmıştır (Ona vd., 2011:402-411).

Chang ve Wang yaptıkları çalışmada trafik kazalarında yaralanmaları sınıflandırmada regresyon ağacı (CART) yöntemini kullanmışlardır. Tayvan'ın Taipei kentinde 2001 yılında meydana gelen kaza verilerinden yararlanılmıştır. Sürücünün yaşı ve cinsiyeti, alkol alıp-alınmaması, kaza yeri, araç özelliği, çarpışma özelliği çalışmanın bağımsız değişkenleri; yaralanma seviyesi (yaralı var, yaralı yok ve ölü durumu) çalışmanın bağımlı değişkenleridir. CART modeli ölümcül sonuçlanan koşulları tanımlamak için başarısız olarak değerlendirilmiştir (Chang ve Wang, 2006:1019-1027).

Erjem yaptığı çalışmada Türkiye'de trafiğin bir sistem olarak nasıl işlediğini ortaya koyarak, trafik kazalarını bu sistemin işleyişi ve sorunları çerçevesinde açıklamaya çalışmıştır. Saha araştırması yaparak çalışmada sürücü, yaya, trafik polisi, sürücü kursu öğretmeni ve sürücü kursu yöneticisinden oluşan 681 kişiden anket ve mülakat teknikleri ile veriler elde etmiştir. Araştırma sonucunda, trafik kazası yapma ile cinsiyet, öğrenim düzeyinin düşüklüğü, sürücülüğü meslek olarak yapma, kadercilik olma, trafik eğitimini geleneksel yöntemlerle alma arasında ilişkiler bulunmuştur (Erjem, 2007:1-25).

Alp ve Engin yaptıkları çalışmada trafik kazalarının nedenleri ve sonuçları arasındaki ilişki TOPSIS ve AHP yöntemleri ile analiz edilmiştir. Trafik kazaları konusunda bilirkişilik yapan akademisyenlere anket uygulanmıştır. Çalışmada kullanılan kriterler, hatalı sollama, aşırı hız, alkol, uykusuzluk, kurallara uymama, taşıt kusuru, yaya kusuru ve yol kusurudur. Çalışmada kullanılan yöntemlerde, trafik kazaları sonuçlarına göre gruplandırılarak (ölümlü, maddi hasarlı ve yaralamalı) analiz edilmiştir. Kaza nedeni olarak belirlenen etkenler içinde alkol ve aşırı hız tüm kaza sonuçlarında en yüksek değerler olarak ön plana çıkmıştır. Bu iki nedeni sırasıyla uykusuzluk, hatalı sollama ve kurallara uymama izlemektedir. Yine sırasıyla yaya kusuru, yol kusuru ve taşıt kusuru en az etkili nedenler olarak sıralanmaktadır (Alp ve Engin, 2011: 65-87).

Kıyıldı ve Sivrikaya yılında yaptıkları çalışmada 2006-2011 yıllarında Niğde ilinde meydana gelen trafik kazaları incelenmiştir. Kazanın yıllara göre dağılımı, kazanın haftalara göre dağılımı, kazanın günün saatlerine göre dağılımı, kazaların olduğu andaki gün durumu, kazaların meydana geldiği andaki hava durumu, kazaların olduğu andaki yol yüzeyi durumu, kazaların mevsimlere göre dağılımı, kaza yapan sürücülerin alkol

durumu, kazaların nedenlerine göre dağılımı araştırmanın kriterlerini oluşturmaktadır. Bu araştırmadan çıkan sonuçlar doğrultusunda trafik denetimlerinin yoğun olarak yapılması gereken aylar, günler ve saatler belirlenebilmektedir (Kıyıldı ve Sivrikaya, 2013:27-38).

Abellan vd. karar ağacı kullanarak trafik kaza şiddetlerini analiz etmişlerdir. 2003-2009 yılları arasında İspanya da Granada iki şeritli kırsal karayolunda yapılmıştır. Çalışmada kavşaklarda meydana gelen kazalar dikkate alınmamıştır. Toplam 1801 kaza incelemeye alınmıştır. Çalışmada 19 değişken dikkate alınmıştır. Sürücünün yaşı ve cinsiyeti, kazanın meydana geldiği gün, ay, zaman, yaralanma sayısı, kazaya karışanlarda dahil kazanın tipi ve nedeni, yol (güvenlik bariyerleri, kaldırım genişliği, şerit genişliği, omuz genişliği, omuz tipi, yol işaretleri ve görüş mesafesi); araç(arac tipi) ve çevre (atmosferik faktörler ve aydınlatma koşulları) gibi değişkenler çalışmaya dahil edilmiştir. Bağımlı değişken hafif yaralanma ve ağır yaralı ve ölüm olmak üzere üç sınıfa ayrılmıştır (Abellan vd., 2013:6047-6054).

2.YAPAY SINİR AĞLARI

Yapay sinir ağları biyolojik sinir sisteminden esinlenerek geliştirilmiş, oldukça karmaşık doğrusal olmayan fonksiyonları modelleyebilme kabiliyeti olan, son derece gelişmiş analitik tekniklerdir. Sinir ağları, mevcut verilerden öğrenme süreci olarak bilinen sürecin gerçekleştirilmesinden sonra diğer gözlemlerden yeni gözlemler tahmin edebilme yeteneğine sahiptir. Ayrıca beynin nörolojik işlevlerinin ve bilişsel sistemlerde öğrenme sürecinden sonra modellenen analitik tekniklerdir (Delen vd., 2006:437).

Yapay sinir ağları yöntemi, insan davranışlarının temelindeki öğrenme mekanizmasına başvurarak bir bilgisayarda bu fonksiyonların aynısını deneyen ve insanın beyin fonksiyonlarına benzetmeye çalışan bir yöntemdir (Kalyoncuoğlu ve Tiğdemir, 2004:354).

Yapay sinir ağları genellikle katmanlardan oluşmakta ve bu katmanlar bir aktivasyon fonksiyonu içeren birbirleriyle bağlantılı düğümlerden (sinirlerden) oluşmaktadır. Giriş vektörü, gizli katmanlarla iletişim halindeki girdi katmanında ağa sunulur. Gerçek süreç gizli katmandaki ağırlıklandırılmış bağlantılar sistemi üzerinden yapılmaktadır (Lu vd., 2012:4776). Gizli katmanlar da, çıktı katmanı ya da katmanlarıyla bağlantılıdır. Çıktı katmanı dış dünyaya ya da kullanıcıya çıktı üreten bir katmandır. Gizli katmanlar giriş ve çıkış arasındaki ilişkiyi bağlayabilmek için bir kara kutu gibi davranmaktadır. Giriş ve çıkış değişkenleri arasındaki ilişki doğrusal olmadığına gizli katman genelleme yapmayı kolaylaştırmakta ve yüksek kalitede çıktı üretmeye yardımcı olmaktadır (Efendigil vd., 2009:6699). Bir sinir ağında ağın öğrenmesi için arzu edilen bir

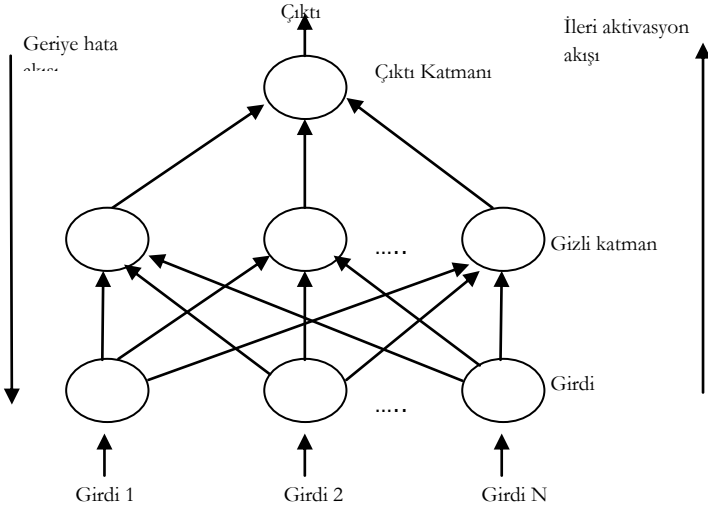
Trafik Kazalarında Yaralanma Seviyelerinin Yapay Sinir Ağı İle Sınıflandırılması: Isparta İl Merkezinde Uygulama

çıkıtı kullanılırsa öğrenme sürecine “denetimli öğrenme” denmekte aksi durumda ise bu süreç “denetimsiz öğrenme” adını almaktadır (Paliwal ve Kumar, 2009:7867).

Yapay sinir ağları birçok problem tipine çözüm bulabilen teknikler olarak bilinmektedir. Özellikle sınıflandırma ve tahmin problemleri için literatürde geri yayımlı (backpropagation network) sinir ağı olarak da bilinen çok katmanlı ağlar kullanılmaktadır (Wu, 2009:9106).

Çok Katmanlı Ağ Modeli Rumelhart ve arkadaşları tarafından geliştirilmiş olup, bu modele hata yayma modeli veya geri yayılım modeli (backpropagation network) de denilmektedir (Öztemel, 2006:76). Çok katmanlı ileri beslemeli sinir ağı birçok katmandan oluştuğu için çok katmanlı sinir ağı denilmektedir. Çok katmanlı ağlar genellikle hatayı geriye doğru yaydığı için geri yayımlı ağlar (back-propagation network) olarak da bilinmektedir. Bu ağ, dik iniş algoritması (gradient descent algorithm) olarak da bilinen bir algoritma kullanılmaktadır. Bu algoritma, çeşitli sinirler üzerinden global hatayı yerel hata olarak dağıtarak ağırlıkları günceller. Arzu edilen ve gerçek çıktılar birbirlerine yakınsayınca kadar ağırlıklar sürekli değiştirilir. Bu sürece öğrenme süreci denilmektedir. Çok katmanlı ileri beslemeli sinir ağı şematik olarak Şekil 1.de verilmiştir (Paliwal ve Kumar, 2009:7867-7868).

Şekil 1. Çok Katmanlı İleri Beslemeli Sinir Ağı



Kaynak: (Hamid ve Iqbal, 2004:1118).

3. ISPARTA İLİNDEKİ TRAFİK KAZALARINDA YARALANMA SEVİYELERİNİN SINIFLANDIRILMASI İLE İLGİLİ BİR UYGULAMA

Bu çalışmanın amacı; Isparta il merkezinde meydana gelen kazalarda yaralanma seviyelerinin sınıflandırılmasıdır. Bu amaçla yapay sinir ağı yöntemi kullanılmıştır. Sınıflandırma ve kümeleme birbirine benzemekle birlikte önemli bir farklılığı bulunmaktadır. Kümele birbiri ile benzerlik gösteren nesnelerin bir grupta toplanması; sınıflandırma ise herhangi bir nesnenin birden fazla sınıf içerisinde hangi sınıfa ait olduğunun belirlenmesidir. Sınıflandırmanın kümelemeden farkı, sınıflandırma işleminde sınıfların tanımı önceden bilinmektedir. Kümelemede ise gruplar hakkında herhangi bir bilgi olmadan eldeki veriye göre gruplamanın yapılmasıdır (Hamzaçebi, 2011:24).

3.1. Veri

Çalışmada yapılan literatür taraması sonucunda Delen vd. (2006:434-444), Ona vd. (2011:402-411) ve Chang ve Wang'ın (2006:1019-1027) yaptıkları çalışmalar baz alınarak bağımlı ve bağımsız değişkenler belirlenmiştir. Çalışmanın bağımsız değişkenlerini; kazanın meydana geldiği yıl, ay, gün ve saat (saat aralığı), kazaya karışan sürücünün yaşı ve cinsiyeti, kaza yapan aracın cinsi ve modeli, kazanın meydana geldiği yer, kazaya neden olan etkenler, hasar türü ve hava durumu oluşturmaktadır. Çalışmanın bağımlı değişkenleri ise yaralanma türüdür. Çalışmada bağımlı değişken; yaralanma var, yaralanma yok (maddi hasarlı kazalar) ve ölü olmak üzere üç şekilde sınıflandırılmıştır. Tablo 2.'de çalışmanın değişkenleri görülmektedir.

Tablo 2. Çalışmanın Değişkenlerinin Tanımlanması

Kaza Değişkenleri	Çeşitleri
Yaralanma Seviyesi	1.Yaralanma var; 2.Yaralanma yok; 3. Ölü
Kazanın Meydana Geldiği Zaman	
Yıl	Kazanın meydana geldiği yıl (2007-2012)
Ay	1.Ocak; 2.Şubat; 3.Mart; 4.Nisan; 5.Mayıs; 6.Haziran; 7.Temmuz; 8.Ağustos; 9. Eylül; 10.Ekim; 11.Kasım; 12.Aralık
Gün	1.Pazartesi; 2. Salı; 3. Çarşamba; 4. Perşembe; 5. Cuma; 6. Cumartesi; 7. Pazar
Saat Aralığı	1. 06:01-12:00; 2. 12:01-18:00; 3. 18:01-24:00; 4. 00:01-06:00

Trafik Kazalarında Yaralanma Seviyelerinin Yapay Sinir Ağı İle Sınıflandırılması: Isparta İl Merkezinde Uygulama

Sürücünün Özelliği	
Sürücünün Cinsiyeti	1.Erkek; 2. Kadın
Sürücünün Yaşı	
Araç Özelliği	
Araç Tipi	1.Bisiklet; 2.Elektrikli Bisiklet; 3.Motobisiklet; 4. Motosiklet; 5. Otomobil; 6. Minibüs; 7.Kamyonet; 8.Kamyon; 9.Çekici, 10.Otobüs; 11.Traktör; 12.Arazi taşıtı; 13.İş makinası; 14.Ambulans; 15.Tanker; 16.Triporter; 17.At arabası; 18. Tekerlekli sandalye
Araç Modeli	
Hava Durumu	1.Açık; 2.Bulutlu; 3.Sisli; 4.Yağmurlu; 5. Karlı; 6. Fırtınalı
Kazanın Meydana Geldiği Yer	1.Kavşak; 2.Cadde; 3.Sokak;4.Otopark ve Acil çıkışı
Hasar Yönü	1.Devrilme; 2.Takla atma; 3.Yan yatma; 4.Ön; 5.Sağ ön; 6.Sol ön, 7.Arka; 8.Sağ arka; 9.Sol arka; 10.Sağ yan; 11.Sol yan; 12.Alt
Kazaya Neden Olan Etkenler	1.Yol kusuru; 2.Yaya kusuru; 3.Park edilmiş araca çarpma; 4.Alkol ve ilaç kullanımı; 5.Hız; 6.Alkol ve hız; 7.Dikkatsizlik; 8.Kavşaklarda geçiş önceliğine uymama; 9.Trafik işaret ve levhalarına uymama; 10.Geçme kurallarına uymama; 11.Arkadan çarpma; 12.Dönüş kurallarına uymama; 13.Direksiyon hakimiyetini kaybetme; 14.Şeride tecavüz etme; 15.Kaygan zemin

Belirlenen değişkenleri elde etmek amacıyla Isparta il merkezinde meydana gelen kaza tespit tutanakları ele alınmıştır. Isparta İl Emniyet Müdürlüğünden izin alınarak 2007- 2012 yılları arasında meydana gelen 5300 kaza tespit tutanağı detaylı bir şekilde incelenmiştir. Ağın eğitilmesinde zorluk yaşanması nedeniyle sadece iki aracın karıştığı 3083 tane kaza ile analiz yapılmıştır.

Tutanaklardan elde edilen bilgiler Microsoft Excel programına kaydedilip normalizasyon işlemi yapıldıktan sonra MATLAB 2009b sürümünde toolbox kullanılarak yapay sinir ağı analizi yapılmıştır. Programlama veri girişi yalnızca normalizasyon işlemi ile mümkündür.

Tablo3. 2007-2012 Yılları Arasında Meydana Gelen Yaralanmalı, Maddi Hasarlı ve Ölümlü Trafik Kazalarının Sayısı

Yıllar	Yaralanmalı Kaza Sayısı (1)	Maddi Hasarlı Kaza Sayısı (Yaralanma Yok) (2)	Ölümlü Kaza Sayısı (3)
2007	166	987	2
2008	170	319	2
2009	197	89	1
2010	197	86	Yok
2011	264	102	2
2012	337	162	Yok
2007-2012	1332	1748	7

3.2. Yöntemin Uygulanması ve Sonuçları

Bu çalışma iki farklı açıdan ele alınmıştır. İlk olarak 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 ve 2012 yıllarının tamamı tek tek baz alınarak yapay sinir ağları uygulaması yapılmıştır. Dolayısıyla her yıl kendi içinde değerlendirmeye alınmıştır. Bu sebeple her yıl için farklı yapay sinir ağı modelleri uygulanmıştır. Veri normalleştirme (data normalization) işlemi öğrenme süreci başlamadan önce uygulanır. Veriler öğrenme ve test grubu olarak ikiye ayrılmıştır. Bu ayrım yapılırken veri sayısı çok önem arz etmektedir (Hamzaçebi, 2011: 77). Bu çalışmada da veri sayısı yeterli büyüklükte olduğu için genellikle %60 öğrenme ve %40 'ı test verisi olarak ayrılmıştır. Tablo 4'de öğrenme ve test için ayrılan veri sayısı ve yüzdeleri belirtilmiştir. Öğrenme işlemi gerçekleştikten sonra test verisi ile tahmin yapılmıştır. Ağın ürettiği çıktı ile gerçek çıktı karşılaştırılmış ve performans göstergeleri hesaplanmıştır. Son olarak doğrulama yüzdeleri hesaplanarak yöntemin başarısı ortaya konulmuştur. Tablo 5.'de yapılan uygulamayla ilgili detaylar ve uygulama sonuçları ayrıntılı bir şekilde verilmiştir.

Tablo 4. Analiz İçin Ayrılan Öğrenme ve Test Veri Sayısı ve Yüzdeleri

Yıllar	Toplam Veri Sayısı	Öğrenme için Ayrılan Veri Sayısı	Test için Ayrılan Veri Sayısı	Öğrenme Verisinin Yüzdesi (%)	Test Verisinin Yüzdesi (%)
2007	1155	690	465	% 59.7	% 40.3
2008	491	294	197	% 59.8	% 40.1
2009	287	173	114	% 60.3	% 39.7
2010	283	173	110	% 61	% 39
2011	368	220	148	% 59.8	% 40.2
2012	499	251	248	% 50.3	% 49.7
2007-2012	3083	1803	1280	% 58.5	% 41.5

Trafik Kazalarında Yaralanma Seviyelerinin Yapay Sinir Ağı İle Sınıflandırılması: Isparta İl Merkezinde Uygulama

Tablo 5. Yıllar İtibariyle Analiz Sonuçları

Yıl	Toplam Veri Sayısı	Giriş Katmanındaki Nöron Sayısı	Gizli Katmandaki Nöron Sayısı	Çıktı Katmanındaki Nöron Sayısı	Öğrenme Yüzdesi	MSE(Hata Kareleri Ortalaması)	RMSE (Hata Kareleri Ortalamasının Karekökü)	MAPE (Mutlak Hata Oranlarının Ortalaması)	Doğrulama Yüzdesi
2007	1155	15	85	1	%93.7	0.146237	0.382409	%13.76	%85.59
2008	491	15	50	1	%89.7	0.269036	0.518686	%16.83	%73.09
2009	287	15	14	1	%84	0.307018	0.554092	%15.35	%69.29
2010	283	15	34	1	%90	0.309091	0.555959	%15.90	%69.09
2011	368	15	32	1	%92	0.337838	0.581238	%17.68	%68.24
2012	499	15	20	1	%93	0.270161	0.51977	%15.32	%73.38

Tablo 5.'de sınıflandırma performansı için her bir yıl için kullanılan veri sayısı, giriş katmanı, ara katmanı ve çıktı katmanında kaç nöron kullanıldığı, analiz sonucunda elde edilen öğrenme yüzdesi, MSE (Hata Kareleri Ortalaması) değeri, RMSE (Hata Karelerinin Ortalamasının Karekökü), MAPE oranı (Mutlak Hata Oranlarının Ortalaması) ve doğrulama yüzdesi görülmektedir. Tablo 5. dikkate alındığında 2008 yılından itibaren meydana gelen kazalarda tarafların anlaşması sonucu tutanaklar kazaya karışan bireyler tarafından tutulmaya başlanmıştır. Bu nedenle 2007 yılında elde edilen veriler diğer yıllardan daha fazladır.

Yapay sinir ağlarında, girdi katmanındaki nöron sayısı bağımsız değişken sayısını, çıktı katmanındaki nöron sayısı ise bağımlı değişken sayısını göstermektedir. Ancak gizli katman sayısı ve bu katmanlarda yer alacak nöron sayıları problemin yapısına göre değişmektedir. Dolayısıyla bu çalışmada birçok ağ yapısı denenmiş ancak en iyi ağ yapısını belirleyebilmek için tahmin performans ölçümlerine bakılmıştır. Bu ölçümler ne kadar küçükse problemin ürettiği çıktı o kadar kaliteli olacaktır. Bu çalışmada kullanılan nöron sayıları yıllar itibariyle Tablo 5.'de gösterilmiştir. Çünkü tahmin performans ölçümleri minimum düzeyde olan bu ağ yapıları olmuştur. Tahmin performans ölçümleri için literatürde en çok 1 numaralı formül RMSE (Hata Kareleri Ortalamasının Karekökü), 2 numaralı formül MAPE (Mutlak Hata Oranları Ortalaması) ve 3 numaralı formül MSE (Hata Kareleri Ortalaması) formülleri kullanılmaktadır. (Zhang ve Yu, 1997:500, Cho, 2003:328, De Lurgio, 1998:53).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (y_t - \hat{y}_t)^2}{T}} \quad (1)$$

$$MAPE = \frac{1}{T} \sum \left| \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right| \times 100 \quad (2)$$

$$MSE = \frac{\sum (y_t - \hat{y}_t)^2}{T} \quad (3)$$

Formüllerde;

y_t = Gerçek gözlem değerleri,

\hat{y}_t = Tahmin edilen değerleri,

T = Tahmin sayısıdır.

Bu ölçümlere göre Witt ve Witt (2000) MAPE değerleri %10'un altında olan tahmin modellerini "yüksek doğruluk" derecesine sahip, %10 ile %20 arasında olan modelleri ise "doğru tahminler" olarak sınıflandırmıştır.

Benzer şekilde Lewis (2002), MAPE değerleri %10'un altında olan modelleri "çok iyi", %10 ile %20 arasında olan modelleri "iyi", %20 ile %50 arasında olan modelleri "kabul edilebilir" ve %50'nin altında olan modelleri ise "yanlış ve hatalı" olarak sınıflandırmıştır (Çuhadar ve Kayacan, 2005:29).

Tablo 5 incelendiğinde öğrenme yüzdeleri yıllar itibariyle sırasıyla %93.7, %89.7, %84, %90, %92 ve %93 olduğu görülmektedir. Öğrenme yüzdesi, öğrenme için ayrılan veri grubunda öğrenmenin ne düzeyde gerçekleştiğini gösteren bir bilgidir. Bu değer %100'e ne kadar yakınsa o kadar başarılı bir öğrenme gerçekleştiği anlamına gelmektedir. Aynı tabloda MSE (Hata Kareleri Ortalaması) değerleri yıllar itibariyle sırasıyla 0.146237, 0.269036, 0.307018, 0.309091, 0.337838, 0.270161 ve RMSE (Hata Kareleri Ortalamasının Karekökü) değerleri yine sırasıyla 0.382409, 0.518686, 0.554092, 0.555959, 0.581238 ve 0.519770 olduğu görülmektedir. MAPE (Mutlak Hata Oranları Ortalaması) değerlerinin ise %13.76, %16.83, %15.35, %15.90, %17.68, %15.32 olduğu ortaya konulmuştur. MAPE değerlerine bakıldığında literatüre göre ortaya konulan modellerin "iyi" olduğu söylenebilir. Yine aynı tabloya bakıldığında modellerin doğrulama yüzdelerinin %85.59, %73.09, %69.29,

Trafik Kazalarında Yaralanma Seviyelerinin Yapay Sinir Ağı İle Sınıflandırılması: Isparta İl Merkezinde Uygulama

%69.09, %68.24 ve %73.38 olduğu görülmektedir. Yani belirtilen bu oranlar düzeyinde doğru sınıflandırma yapılmıştır.

2007–2012 yıllarının tamamının bir bütün olarak ele alındığı durumda yıl bağımsız değişkeni de analize katılmıştır. Yılların tamamının bütün olarak ele alındığı uygulamayla ilgili detaylar ve sonuçlar Tablo 6 'da görülmektedir.

Tablo 6. 2007- 2012 Yıllarının Bütün Olarak Değerlendirilmesi

Yıl	Toplam Veri Sayısı	Giriş Katmanındaki Nöron	Gizli Katmandaki Nöron Sayısı	Çıktı Katmanındaki Nöron	Öğrenme Yüzdesi	MSE(Hata Kareleri Ortalaması)	RMSE (Hata Kareleri Ortalamasının Karekökü)	MAPE (Mutlak Hata Oranlarının Ortalaması)	Doğrulama Yüzdesi
2007-2012	3083	16	30	30	1	%89	0.271875	0.521416	%17.63 82

Tablo 6.'de sınıflandırma performansı için 2007-2012 yıllarından elde edilen veri sayısı, giriş katmanı, ara katman ve çıktı katmanında kaç nöron kullanıldığı, analiz sonucunda elde edilen öğrenme yüzdesi, MSE (Hata Kareleri Ortalaması) değeri, RMSE (Hata Karelerinin Ortalamasının Karekökü), MAPE oranı (Mutlak Hata Oranlarının Ortalaması) ve doğrulama yüzdesinin değerleri görülmektedir.

Tablo 6 incelendiğinde toplam veri sayısının 3083 olduğu görülmektedir. Uygulamada birçok ağ yapısı üzerinde çalışılmış, tahmin performans ölçümleri (1, 2 ve 3 numaralı formül) dikkate alınarak en iyi ağ yapısı yani katmanlarda bulunacak nöron sayıları belirlenmiştir. Modelin öğrenme başarısının %89 olduğu görülmektedir. Öğrenme için ayrılan veri grubunun başarılı bir performans gösterdiği söylenebilir. Aynı tablodaki MSE (Hata Kareleri Ortalaması) değerinin 0.271875, RMSE (Hata Kareleri Ortalamasının Karekökü) 0.521416 olduğu görülmektedir. MAPE (Mutlak Hata Oranları Ortalaması) %17.63 olarak görülmektedir. Literatüre göre bu oran modelin “iyi” olduğunu göstermektedir. Modelin doğrulama yüzdesi %73.82 olarak hesaplanmıştır.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada yapay sinir ağı yöntemi kullanarak Isparta İl Merkezinde meydana gelen kazalardaki yaralanma seviyeleri sınıflandırılmıştır. Bunun için Isparta İl Emniyet Müdürlüğünden izin alınarak 2007 - 2012 yılları arasında meydana gelen 5300 kaza tespit tutanağı incelenmiştir. Değişken olarak kazaların meydana geldiği yıl, ay, gün ve saat, kaza olduğu andaki hava durumu, kazanın meydana geldiği yol, kazaların nedenleri, kaza yapan sürücülerin ve araçların özellikleri dikkate alınmıştır. Ağın eğitilmesinde zorluk yaşanması nedeniyle sadece iki aracın karıştığı 3083 tane kaza dikkate alınmıştır.

Çalışmada sınıflandırma problemleri için literatürde oldukça fazla kullanılan çok katmanlı ağ (geri yayımlı ağ) tercih edilmiştir. Çalışma iki ayrı açıdan değerlendirilmiştir. Birincisinde, 2007-2012 yılları arasındaki yıllar ayrı ayrı değerlendirmeye alınmıştır. Uygulamada 2007 yılı için 1155 kaza tutanağı, 2008 yılı için 491, 2009 yılı için 287, 2010 yılı için 283, 2011 yılı için 368, 2012 yılı için ise 499 kaza tutanağı incelemeye tabi tutulmuştur. Uygulama sonucunda gerçek ve tahmin değerleri karşılaştırıldığında doğrulama yüzdesi 2007 yılı için % 85.59, 2008 yılı için % 73.09, 2009 yılı için % 69.29, 2010 yılı için % 69.09, 2011 yılı için % 68.24, 2012 yılı için ise % 73.38 olduğu ortaya konulmuştur. İkincisinde yani 2007-2012 yıllarının tamamı ele alındığında toplam 3083 kaza tutanağı incelenmiştir. Yani bu yıllardaki veriler bir bütün olarak değerlendirilmiştir. Uygulamanın sonucunda ise gerçek ve tahmin değerleri karşılaştırıldığında doğrulama yüzdesi % 73.82 olarak hesaplanmıştır.

Bu çalışmada veri grubu manuel olarak değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda yaralanma var, yararlanma yok ve ölü olmak üzere üç sınıf belirlenmiştir. Öğrenme işleminin ardından test verisi ile simülasyon yapılmıştır. Ağın ürettiği çıktı ile gerçek çıktı karşılaştırılmış ve performans göstergeleri hesaplanmıştır. Son olarak doğrulama yüzdeleri hesaplanarak yöntemin başarısı ortaya konulmuştur. Bu çalışmanın temel amacı, yapay sinir ağları yönteminin belirli sayıdaki veri grubunu kullanarak çok daha fazla veri hakkında karar vermeye yardımcı olan bir yöntem olabileceğini göstermektir. Çalışmada da doğrulama yüzdelerinin yüksek denilebilecek düzeyde çıkması bu amaca ulaşıldığını göstermektedir. Çalışmada sadece Isparta il merkezinde meydana gelen kazalar dikkate alınmıştır. Dolayısıyla çok daha büyük boyutlu bir çalışma düşünüldüğünde verilerin manuel olarak değerlendirilmesi oldukça zor olacağından dolayı yapay sinir ağları yöntemi ile geniş veri gruplarının değerlendirilmesi mümkün olabilmektedir.

KAYNAKÇA

- ABELLÁN, J., LÓPEZ, G., OÑA, J. DE (2013) Analysis of Traffic Accident Severity Using Decision Rules Via Decision Trees, *Expert Systems with Applications*, 40 (15), 6047–6054.
- AKGÜNGÖR, A. ve P.,DOĞAN, E. (2009) An Application of Modified Smeed, Adapted Andreassen and Artificial Neural Network Accident Models to Three Metropolitan Cities of Turkey, *Scientific Research and Essay*, 4 (9), 906-913.
- AKGÜNGÖR , A. ve P.,DOĞAN, E. (2010) Farklı Yöntemler Kullanılarak Geliştirilen Trafik Kaza Tahmin Modelleri Ve Analizi, *International Journal of Engineering Research & Development* ,2 (1), 16- 22.
- ALP, S. ve ENGIN,T. (2011) Trafik Kazalarının Nedenleri ve Sonuçları Arasındaki İlişkinin TOPSIS ve AHP Yöntemleri Kullanılarak Analizi ve Değerlendirilmesi, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 10 (19), 65-87.
- ATALAY, A. ve TORTUM, A. (2010) Türkiye'deki İllerin 1997-2006 Yılları Arası Trafik Kazalarına Göre Kümeleme Analizi, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16 (3), 335-343.
- BAYATA, H.F. ve HATTATOĞLU, F. (2010) Yapay Sinir Ağları ve Çok Değişkenli İstatistik Yöntemlerle Trafik Kaza Modellemesi, *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 3 (2), 207-219.
- CHANG, L.Y. ve WANG, H.W. (2006) Analysis of Traffic Injury Severity: An Application of Non-Parametric Classification Tree Techniques, *Accident Analysis and Prevention*, 38 (5), 1019–1027.
- CHIOU, Y.C. (2006) An Artificial Neural Network-Based Expert System For The Appraisal of Two-Car Crash Accidents, *Accident Analysis and Prevention*, 38 (4), 777–785.
- CHO, V. (2003) A Comparison of Three Different Approaches To Tourist Arrival Forecasting, *Tourism Management*, 24: 323-330.
- ÇUHADAR, M. ve KAYACAN, C. (2005) Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Konaklama İşletmelerinde Doluluk Oranı Tahmini: Türkiye'deki Konaklama İşletmeleri Üzerine Bir Deneme, *Anatolia: Turizm Araştırmaları Dergisi*, 16 (1), 24-30.
- DE LURGIO, S.A. (1988) Forecasting Principles and Applications, Irwin McGraw- Hill, Singapore.
- DELEN, D., SHARDA, R., BESSONOV, M. (2006) Identifying Significant Predictors of Injury Severity İn Traffic Accidents Using A Series of Artificial Neural Network, *Accident Analysis and Prevention*, 38 (3), 434–444.
- EFENDİGİL, T., ÖNÜT, S., KAHRAMAN, C. (2009) A Decision Support System For Demand Forecasting With Artificial Neural

- Networks and Neuro-Fuzzy Models: A Comparative Analysis, *Expert Systems with Applications*, 36 (3), 6697–6707.
- ERJEM, Y. (2007) Sociological Study On The Course of The Traffic System and The Traffic Accidents, *International Journal of Human Sciences*, 4 (1).
- HAMID, S.A. ve IQBAL, Z. (2004) Using Neural Networks For Forecasting Volatility of S&P 500 Index Futures Prices, *Journal of Business Research*, 57 (10), 1116-1125.
- HAMZAÇEBİ, Ç. (2011), Yapay Sinir Ağları, Ekin Yayınevi, Bursa
- KALYONCU, S.F. ve TİĞDEMİR, M. (2004) An Alternative Approach For Modelling and Simulation of Traffic Data: Artificial Neural Networks, *Simulation Modelling Practice and Theory*, 12 (5), 351–362.
- KIYILDI R. K. ve SİVRİKAYA, O. (2013) 2006-2011 Yıllarında Niğde’de Meydana Gelen Trafik Kazalarının Analizi, *Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2 (1), 27-38.
- LU, J., CHEN, S., WANG, W., ZUYLEN H.V. (2012) A Hybrid Model of Partial Least Squares and Neural Network For Traffic Incident Detection, *Expert Systems with Applications*, 39 (5), 4775–4784.
- MUSSONE, L., FERRARIA, A., ONETA, M., (1999) An Analysis of Urban Collisions Using An Artificial Intelligence Model, *Accident Analysis & Prevention*, 31(6), 705-18.
- O’NA, J., MUJALLI, R. O., CALVO, F.J. (2011) Analysis of Traffic Accident Injury Severity On Spanish Rural Highways Using Bayesian Network, *Accident Analysis and Prevention*, 43 (1), 402–411.
- ÖZTEMEL, E. (2006) Yapay Sinir Ağları, Papatya Yayınları, İstanbul.
- PALIWAL, M. ve KUMAR, U.A. (2009) A Study of Academic Performance of Business School Graduates Using Neural Network and Statistical Techniques, *Expert Systems with Applications*, 36 (4), 7865–7872.
- SOHN, S.Y. ve LEE, S.H. (2003) Data Fusion, Ensemble and Clustering To Improve The Classification Accuracy For The Severity of Road Traffic Accidents In Korea, *Safety Science*, 41 (1), 1–14.
- WU, D. (2009) Supplier Selection: A Hybrid Model Using Dea, Decision Tree and Neural Network, *Expert Systems with Applications*, 36 (5), 9105–9112.
- ZHANG, G. ve HU, M.Y. (1998) Neural Network Forecasting of The British Pound/US Dollar Exchange Rate, *Omega Int. J. Mgmt. Sci.*, 26(4), 495-506.
- www.tuik.gov.tr, Erişim Tarihi: 15.07.2013.