

TRAFİK GÜVENLİĞİ E-DERSİ İÇİN İÇERİK ETKİLEŞİMİNE DAYALI ÖĞRENCİ TEMELLİ YSA BAŞARIM TAHMİNİ

Prof. Dr. M. Melih İnal
Kocaeli Üniversitesi
minal@kocaeli.edu.tr

Okt. Uğur Yıldız
Kocaeli Üniversitesi
uguryildiz@kocaeli.edu.tr

Özet

Öğrencilerin özellikle Elektronik Ders'lerde (E-Ders) Moodle gibi Öğrenme Yönetim Sistemleri (ÖYS) içinde başarılarının tahminlenmesi gelecekte seçim yapacakları dersler açısından önem arz etmektedir. Bu çalışmada her bir öğrencinin başarımının Yapay Sinir ile Ağları (YSA) ile tahminlenmesi amaçlanmıştır. Her öğrencinin konu bazlı yapmış olduğu uygulamalar sonucunda incelediği her bir materyal üzerinde harcadığı zaman ve incelemiş olduğu slayt sayısı kullanılarak o konu hakkındaki başarımı ölçülmüştür. Bu başarım ölçümleri soru sayısına göre 100 üzerinden puanlanmaktadır. Kocaeli Üniversitesi'nde E-Ders olarak Enformatik Bölümünce yürütülen Trafik Güvenliği dersi için 14 haftalık her bir konunun sonunda bir kısa sınav yapılarak başarımları ölçülmektedir. Elde edilen bu verilerden ilk 8 haftası her bir öğrenci için tanımlanan YSA Sınıflandırıcının tahminleme eğitiminde kullanılmıştır. Geri kalan 6 hafta için öğrencinin başarımı test edilerek; ilgili konular için takip ettiği slayt sayısı ve harcadığı toplam süreye bakılarak başarımı tahminlenmiş ve öğrenciye yönlendirici bir fikir vermesi hedeflenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Uzaktan Eğitim, E-öğrenme, MOODLE, ÖYS.

STUDENT BASED ANN PERFORMANCE ESTIMATION WITH CONTENT INTERACTION FOR TRAFFIC SAFETY E-COURSE

Abstract

Estimation of the success of students especially for Electronic Courses (E-Course) defined in Moodle Learning Management Systems (LMS) is important in terms of the courses they will choose in the future. In this study, it is aimed to estimate the performance of each student with Artificial Neural Networks (ANN). The performance of each topic which is examined with materials by every student is measured with using the number of slides and time which is spent on it. These performance measurements are scored by 100 according to the number of questions. Quizzes are applied for evaluation of the each 14-week content in Traffic Safety E-course conducted by Informatics Department at Kocaeli University. The first 8 weeks of the obtained data were used in the estimation training of the YSA classifier defined for each student. By testing the performance of the student for the remaining 6 weeks; the achievement was estimated by considering the number of slides followed and the total time spent for the related subjects and as a result guiding idea was aimed to give about every student.

Keywords: Distance Learning, E-Learning, MOODLE, LMS.

GİRİŞ

Günümüzde eğitim ile her öğrencinin ihtiyacına göre farklı sürelerde ve şekilde özelleştirilmiş olması tam öğrenmenin sağlanması açısından büyük önem arz etmektedir. Bu amaçla öğrencilerin ilgi ve konuları kavrama nitelik ve çeşitliliğine yönelik olarak her biri için özelleştirilmiş bir modelin geliştirilmesi için Yapay Sinir Ağları (YSA) tabanlı bir model geliştirilmiştir. Kocaeli Üniversitesi 2017 Yaz

Okulu Döneminde Enformatik Bölümünce yürütülen Trafik Güvenliği E-Dersi örnek uygulama olarak seçilmiştir. Trafik Güvenliği E-Dersini seçen öğrencilerin Moodle Öğrenme Yönetim Sistemleri (ÖYS) üzerinden konu etkinliklerine göre katılımları göz önünde bulundurularak her öğrencinin konu sonu kısa sınavlarına göre başarımları analizleri özelleştirilmiş YSA modeli ile yapılmıştır. Çalışmanın ilerleyen bölümlerinde öncelikle YSA modeli yöntem olarak tanıtımı yapılarak, Trafik Güvenliği E-Dersine ait 14 haftalık etkinlik verisine göre her bir öğrenci için oluşturulan YSA modelinin oluşturulma süreçleri açıklanmıştır. Elde edilen sonuçlar bulgular, tartışma ve sonuç bölümlerinde sunulmuştur.

YÖNTEM

Trafik Güvenliği dersi uzaktan eğitim yolu ile Kocaeli Üniversitesi Enformatik Bölümünde 2013 yılı itibarı ile öğrencilere Elektronik Seçmeli Ders (ESD) olarak sunulmaktadır. Trafik Güvenliği dersi Kocaeli Üniversitesinde okuyan öğrencilere 2017 Yaz Okulu döneminde Üniversite Seçmeli Dersi (ÜSD) adı altında Elektronik Seçmeli Ders (ESD) şeklinde tüm bölümlere ortak ders olarak açılmıştır. Ders farklı bölümlerde okuyan 35 öğrenci tarafından bu şube için seçilmiştir. Trafik Güvenliği ders içerikleri ÖYS üzerinden öğrencilere içerik paketlerinin yanı sıra, her haftanın eğitim içeriği sunulduktan sonra bir sonraki konuya geçebilmesi için sınırsız sayıda uygulayabileceği konu sonu kısa sınavından 100 üzerinden 80 veya üzerinde bir puan alması şart koşulmuştur. Ders izlencesi Şekil 1’de sunulmuştur (Kocaeli Üniversitesi, Üniversite Seçmeli Ders İzlencesi).

DERS İZLENCESİ	
Hafta	Konular
1	Trafik ve Trafığı Oluşturan Temel Unsurlar Trafik kavramı ve trafiği oluşturan ana unsurlar hakkında bilgi verilerek trafiğin sosyal bir fenomen olarak ele alınmasına olanak sağlayacak tartışma konuları paylaşılarak öğrencilerin görüşlerini paylaşmalarına olanak sağlanacaktır.
2	Araç ve Yaya Trafığının Davranışsal Özellikleri Trafik ortamının unsurları olarak araç ve yaya trafiğinin temel özellikleri incelenerek, bu iki unsurun kesişme noktaları öğrenciler ile birlikte analiz edilecektir.
3	Yaşamsal Risk Unsuru Olarak Trafik Trafığın yaşamsal risk unsuru boyutu ile ele alınarak, dünyada ve ülkemizde trafiğin yarattığı bu risk ortamının dramatik önemi sayısal veriler ile desteklenerek aktarılacaktır.
4	Sürüş ve Yol Güvenliği Trafikte sürüş ve yol güvenliği konuları kavramsal olarak ele alınırken, bu kavramların ortaya çıkışı ve literatürde bu kavramların sosyolojik, psikolojik ve teknik boyutu ile nasıl ele alındığı aktarılacaktır.
5	Sürüş ve Yol Güvenliği Sürüş ve yol güvenliği kapsamında dünyada ve ülkemizde uygulanan kamusal ve sivil inisiyatif programları ile bu programlar çerçevesinde gerçekleştirilen çalışmalar aktarılacaktır.
6	Saldırgan (Agresif) Sürüş Trafikte saldırgan (agresif) sürüş kavramı açıklanarak, bu kavrama karşılık gelecek şekilde pratikte karşılaşılan durumlar ve bu durumların yol açtığı riskler analiz edilecektir. Öğrenciler trafikte saldırgan tutumun psikolojik ve sosyolojik temeli kapsamında tartışma yaparak, görüşlerini aktaracaklardır.
7	Koruyucu (Pasif) Sürüş Trafikte pasif sürüş tekniklerinin neler olduğu ve yaya pozisyonunda iken pasif korumacı trafik davranış biçiminin neler olabileceği konusunda açıklayıcı bilgiler verilerek, öğrencilerin bu konuda tesbit ettikleri örnekleri ve mevcut deneyimlerini paylaşmalarına olanak sağlanacaktır.
8	Günlük Sürüş Alışkanlıkları Günlük sürüş alışkanlıkları kavramsal olarak ele alınarak, öğrencilerin bu kavram çerçevesinde literatür taramasına yönlendirilerek dünya ve ülkemiz pratiğinde eriştikleri örnekleri paylaşmaları sağlanacaktır.
9	Trafikte Davranış Biçimleri Trafikte sürücü ve yayaların davranış biçimlerinin gelişimi, davranışlara göre trafikteki unsurların sınıflandırılması konusunda yapılmış çalışmalar aktarılırak, ülkemiz özelinde karşılaşılan davranış biçimleri üzerinde tartışmalar yapılacaktır.
10	Trafikte Korunma Bireyin trafikte yaşamsal açıdan risklerini en aza indirmesine ve bedensel bütünlüğünü garanti altına almasına olanak sağlayacak teknikler aktarılırak, bu tekniklerin uygulanması sırasında yaşanabilecek sorunlar paylaşılarak disiplinli ve bağımsız olarak tartışılacak ve çözüm önerileri geliştirilmesine olanak sağlanacaktır.
11	Trafik ve Gençlik Gerek dünyada gerekse de ülkemizde, trafik ortamında gençlerin yüksek risk grubunda olma nedenleri bu alanda yapılmış ulusal ve uluslararası çalışmalar ile birlikte desteklenerek sunulacak, bu çerçevede tartışma yapılacaktır.
12	Güvenli Sürüş Kararı "Güvenli sürüş" ve bireyin "güvenli sürüş kararı" alması kavramları bu konuda uygulanan ulusal ve uluslararası programlar çerçevesinde ele alınarak iyi uygulamaların ülkemizde sürdürülebilir kılınması konusu tartışmaya açılacaktır.
13	Trafikte Saygı Bireylerin trafikte (sürüş ortamında) karşılıklı saygı temelinde yaratabileceği güvenliğin ortamının nasıl oluşturulabileceği, bu konuda yapılan iyi uygulamalardan örnekler paylaşılarak analiz edilecektir.
14	Temel İlyardım Teknikleri Özellikle trafik ortamında karşılaşılan olumsuz durumlarda (kazalarda) ilkyardım bilgisine sahip olan/olmayan bireylerin yapması gerekenler aktarılacaktır. Ayrıca temel ilkyardım teknikleri basit seviyede aktarılırak, bu konuda ehil (uygulayıcı) olmanın yolları hakkında bilgiler verilecektir.
15	Temel İlyardım Teknikleri Özellikle trafik ortamında karşılaşılan olumsuz durumlarda (kazalarda) ilkyardım bilgisine sahip olan/olmayan bireylerin yapması gerekenler aktarılacaktır. Ayrıca temel ilkyardım teknikleri basit seviyede aktarılırak, bu konuda ehil (uygulayıcı) olmanın yolları hakkında bilgiler verilecektir.
16	Final Sınavı

Şekil 1: Ders İzlencesi

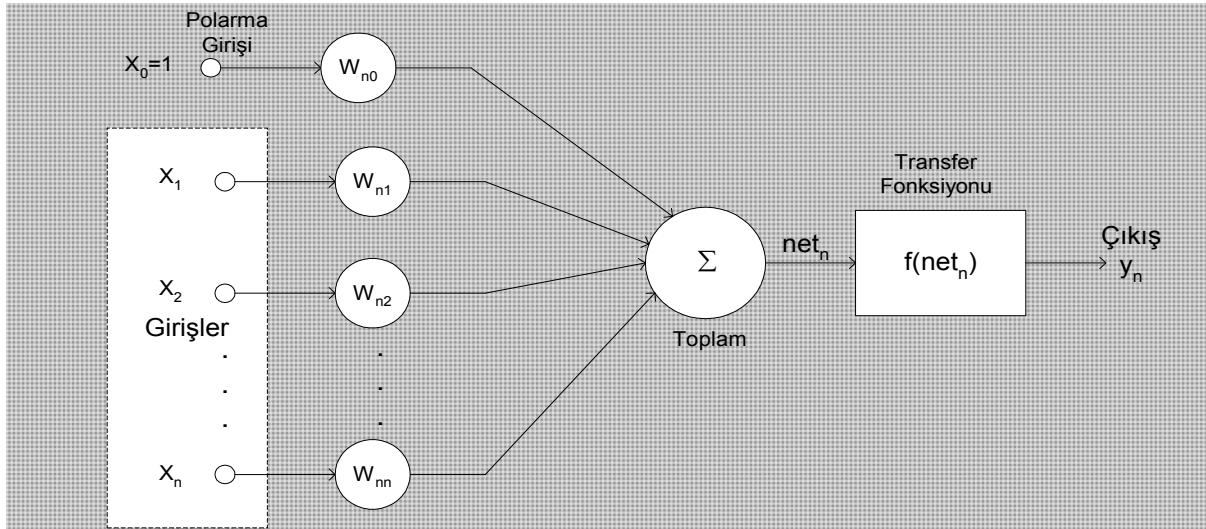
Şekil 2’de sunulan öğrenme çıktıları çerçevesinde 14 haftalık konuların, her konu sonunda uygulanan kısa sınavlarına göre bir sonraki konuya geçilmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla her öğrenci için bir YSA modeli geliştirilerek özelleştirilmiş bir eğitim modeli Moodle ÖYS’den elde edilen veriler üzerinden oluşturularak sağlanmıştır.

DERSİN ÖĞRENME ÇIKTILARI	
Sıra No	
1	İnsan hareketliliğini tarihsel bir bakış açısı ile tanımlar, evrelerine ayırır.
1	İnsan hareketliliğini tarihsel bir bakış açısı ile tanımlar, evrelerine ayırır.
2	Trafik konusunda çalışan bilim dallarını ve yapılan çalışmalarını sıralar.
3	Trafığı bir sistem olarak unsurlarına ayırarak tanımlar.
4	Genel yaşam güvenliği ve trafik güvenliği ile ilgili toplumsal normları eleştirel bakış açısıyla gözden geçirerek örnekler.
5	Trafikte ihmal, hata ve ihlal kavramlarının davranışsal dinamiklerini tanımlar.
6	Trafikteki incinebilir grupları ve özelliklerini tanımlar.
7	Gençlerin trafik güvenliğinin sağlanması konusunda yapabilecekleri söyler.
8	Bir genç olarak kendi trafik güvenliğini sağlamak konusunda yapabileceklerini söyler.
9	Trafığı oluşturan unsurlar ile trafikteki risk faktörlerini kendi rolleri perspektifinden örnekler.
10	Hız, alkol kullanımı, cep telefonu kullanımı, emniyet kemeri ve çocuk bağlama sistemleri, kask, görme ve görünürlük, ve incinebilir grupların trafik güvenliğini sağlanması konulu güvenli davranış kurallarını sayar.

Şekil 2: Öğrenme Çıktıları

Yapay Sinir Ağları

Yapay Sinir Ağları (YSA), biyolojik sinir sisteminin çalışma biçiminden esinlenerek geliştirilmiş, bir sistemi eğitim verisine göre öğrenerek genelleme yapma yeteneğine sahip bilgisayar algoritmalarıdır. Artık günümüzde donanımsal olarak gerçekleşmesi de mümkündür. Bir YSA hücresine gelen girişlerin değeri, belirli bir eşik değeri aştığında hücre iletime geçerek tepki verir. Hücrenin tepkisini arttırıcı yöndeki bağlantılar uyarıcı (excitatory), zayıflatıcı yöndeki bağlantılar ise yasaklayıcı (inhibitory) girişlerden oluşup bu bağlantının yapıldığı noktaya synaps denir (Öztemel, 2003).



Şekil 3: Bir YSA işlem birimi modeli

Bir yapay sinir hücresinin modeli Şekil 3'te görülmektedir. Bu yapı aynı zamanda işlem birimi modeli olarak da anılmaktadır. Burada x_1, x_2, \dots, x_n girişlerinin W_{ni} ile gösterilen ağırlıklarla çarpımının toplamı; genellikle doğrusal olmayan bir transfer fonksiyonundan $f(net)$ geçirilerek işlem biriminin çıkışı aşağıdaki eşitlikte görüldüğü gibi elde edilir (İnal ve Aras 2005):

$$y_n = f(net_n) = f\left(\sum_{i=1}^n w_{ni}x_i + w_{n0}\right)$$

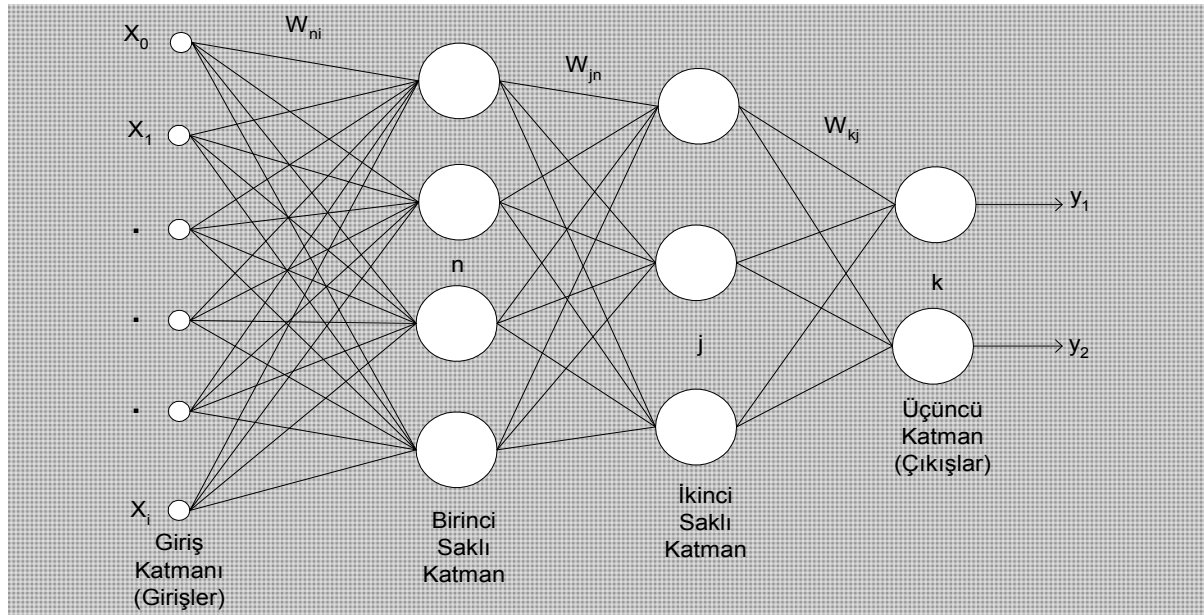
(1)

burada, W_{ni} ve W_{n0} ; n. işlem biriminin ağırlıkları olup, W_{n0} ; $X_0=1$ olarak seçilen polarma girişinin bağlı olduğu polarma ağırlığıdır.

İleri beslemeli YSA'nın en yaygın ve en çok kullanılanı Çok Katmanlı Almaç (ÇKA) modelidir. YSA "öğrenme" ve "genelleme" şeklinde iki temel süreçten oluşur. Öğrenme süreci, istenilen hedefe ulaşmak için YSA ağırlıklarının değiştirilerek hatanın en aza indirildiği öğrenme algoritmalarını içerir. Genelleme, öğrenme sürecinde karşılaşılmayan test verisi için YSA'nın uygun sonuçları üretmesi şeklinde ifade edilir. YSA'da amaca göre; Doğrusal (pureline), doyumlu-doğrusal (limitter), eşik (hardlimitter) ve sigmoid fonksiyonları şeklinde farklı transfer fonksiyonları kullanılmaktadır. Sigmoid transfer fonksiyonları da tek yönlü (sigmoid) ve çift yönlü sigmoid (hiperbolik tanjant) fonksiyonlar olarak kullanılmaktadır. Şekil 4'te giriş katmanı, bir ya da daha fazla saklı katman ve bir de çıkış katmanından oluşan ÇKA modeli görülmektedir.

YSA ÇKA Modelinin Tanımlanması

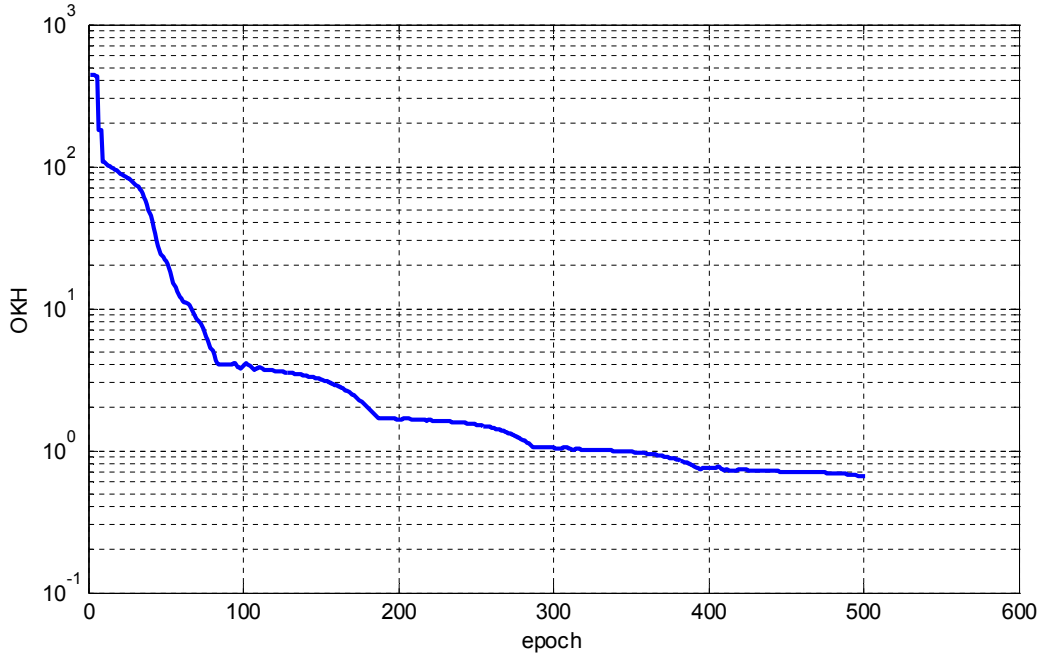
Her öğrenci için haftalık incelediği her konuda toplam inceleme süresi (dakika), her konu sonunda uygulanan kısa sınavı kaç kez tekrarladığı ve o konu ile ilgili kaç slayt incelediği parametreleri o öğrenci için tanımlanan ÇKA modelinin girişlerini oluşturmaktadır. Bu girişlere göre o konudaki öğrencinin 100 üzerinden aldığı puan tahminlenmeye çalışılmıştır. Ağın girişleri belirlenirken öğrencinin kısa sınavı tekrar etme sayısı 1'e bölünerek 100'lük bir değere ölçeklenmesi sağlanmıştır. Dolayısı ile öğrenci kısa sınavı bir kez uygularsa bu giriş 100 olarak belirlenirken eğer iki kez sınavı uygulamış ise 50 olarak belirlenmektedir. Bunun yanında o konu ile ilgili toplam slayt sayısı öğrencinin izlediği slayt sayısına bölünüp 100 değeri ile çarpılarak takip ettiği yüzdelik slayt sayısı belirlenmiştir. Buna göre 14 haftalık verinin ilk 8 haftasına göre Şekil 4'te gösterilen bir YSA ÇKA modeli eğitilmiştir. Daha sonra geriye kalan 6 haftalık veri ile test edilerek her öğrenci için oluşturulan modelin başarımı belirlenmektedir. Her öğrenci için belirlenen model için tek bir saklı katmanda 6 işlem birimi kullanılmış olup transfer fonksiyonları hiperbolik tanjant olarak seçilmiştir. Çıkış katmanı işlem biriminin transfer fonksiyonu doğrusal seçilmiştir.



Şekil 4: YSA Çok Katmanlı Almaç Modeli

BULGULAR

Trafik Güvenliği dersinde her öğrenci için oluşturulan 8 haftalık eğitim ve en az 6 haftalık test verileri ÖYS'den çekilerek elektronik tablolara aktarılmıştır. Eğitim verileri 500 epoch için Ortalama Karesel Hata (OKH) 0 olacak şekilde eğitilmiştir. Bu işlem 35 öğrenci için oluşturulan YSA modelleri için tekrarlanmıştır. Bu veriler ışığında örneğin son öğrencinin eğitim süreci sonucunda oluşan OKH grafiği Şekil 5'te gösterilmiştir. Şekil 5'te gösterildiği gibi OKH değeri ilk adımda 443.2771 iken 500 epoch sonunda 0.00655 değerine ulaşmıştır.



Şekil 5: Eğitim sonucunda oluşan OKH

Yine ilgili öğrenci için eğitim verisi için ÇKA modelinin benzetimi yapılarak 100 üzerinden öğrencinin aldığı puan değeri tahminlenmeye çalışılmıştır. Eğitim verisinin gerçek değeri (G), tahmin edildiği değer (T) ve aralarında oluşan Mutlak Hata (MH) Tablo 1’de sunulmuştur. Ardından ÇKA Modeli eğitimde kullanılmayan 6 haftalık diğer veri ile test edilerek genelleme yapma özelliği kontrol edilmiştir. Bu işleme ilişkin sonuçlar Tablo 2’de gösterilmiştir. Bu veriler ışığında 35 öğrenciye ait eğitim ve test verilerine göre her öğrenci için oluşturulan ÇKA Modelindeki eğitim ve test verisine ilişkin Ortalama Mutlak Hata (OMH) verileri Tablo 3’te gösterilmiştir. Tablo 3’teki verilere göre yüzdelik OMH değeri eğitim ve test verisi için sırasıyla %3.7538 ve %37.4366 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar ışığında ÇKA Modellerinin Eğitim verisinin OMH değerlerine bakıldığında 1. ve 6. Öğrencinin verisinde 0 hata yapılırken en fazla hata ise 3. Öğrencinin verisinde 4.7003 olarak gerçekleşmiştir. Diğer yandan test verisinde oluşan OMH değerlerine bakıldığında ise 6. Öğrencinin verisinde minimum hata 0 iken maksimum hata ise 7. Öğrencinin verisinde 32.7105 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 1: Eğitim Verisinin Tahmini

G	H	MH
100,00	100,02	0,02
100,00	99,66	0,34
80,00	80,42	0,42
100,00	100,01	0,01
80,00	80,04	0,04
80,00	78,37	1,63
100,00	99,95	0,05
80,00	81,52	1,52

Tablo 2: Test Verisinin Tahmini

G	H	MH
100,00	80,51	19,49
80,00	97,48	17,48

80,00	76,87	3,13
80,00	78,29	1,71
100,00	78,27	21,73

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada öğrencilerin ilgi ve konuları kavrama nitelik ve çeşitliliğine yönelik olarak her birine özelleştirilmiş bir modelin geliştirilmesi için Yapay Sinir Ağları (YSA) tabanlı bir model geliştirilmiştir. Bu amaçla Kocaeli Üniversitesi 2017 Yaz Okulu Döneminde Enformatik Bölümünde yürütülen Trafik Güvenliği E-Dersi örnek uygulama olarak seçilmiştir. E-Dersi seçen öğrencilerin ÖYS üzerinden 14 haftalık veri için haftalık ders izlencesinin ardından her hafta uygulanan konu sonu kısa sınavlarına göre başarımlar analizleri özelleştirilmiş YSA modeli ile yapılmıştır. Ders içerikleri farklı bölümlerde okuyan 35 öğrenciye ÖYS üzerinden içerik paketleri sunulduktan sonra bir sonraki konuya geçebilmesi için sınırsız sayıda uygulayabileceği konu sonu kısa sınavından 100 üzerinden 80 veya üzerinde bir puan alması şart koşulmuştur. Eğer öğrenci bu puana ulaşamaz ise ilgili haftanın izlencesini tekrar ederek aynı kısa sınavı tekrarlanması sağlanmıştır. Her öğrenci için oluşturulan ÇKA Modelinde her hafta konu sonu kısa sınavından 100 üzerinden aldığı puan tahminlenmeye çalışılmıştır. Buna göre 14 haftalık verinin ilk 8 haftası eğitimde daha sonra geriye kalan 6 haftalık veri ise test işleminde kullanılarak her öğrenci için oluşturulan modelin başarımlarını belirlenmiştir. Eğitim ve test süreçleri sonunda 35 öğrencinin her birine ait ÇKA Modelindeki eğitim ve test verisine ilişkin OMH incelendiğinde yüzdeler OMH değeri sırasıyla %3.7538 ve %37.4366 olarak hesaplanmıştır. Bu değerle ışığında her öğrenciye yönelik bir ÇKA Modelinin tanımlanması mümkün görünmektedir. Test işleminde ortaya çıkan %37'lik OMH değeri her öğrenci için standart bir ağ yapısı uygulamak yerine kendi verisine özgü farklı mimarilerinde kullanılması ile daha da düşürülebileceği önerilmektedir. Ayrıca genel anlamda öğrencilerin aldıkları hedef not değerleri 80 ile 100 arasında değiştiğinden ekseriyetle başarılı durumlar model tarafından öğrenilmektedir. Test aşamasında bu denli fazla hatanın oluşması ise 80 altındaki notlar için modelin yeterince iyi genelleme yapamadığı düşünülmektedir. Toplam elde edilen 491 verideki başarımlar belirleyen notların %99'u 80 ve üzeri notlardan oluşması da bu durumun bir göstergesidir. Bu nedenle ileriki çalışmalarda 80 puan altındaki durumlar için yapay veri üretilmesi önerilmektedir.

Tablo 3: Ortalama Mutlak Hata

Sıra No	Eğitim	Test
1	0,0000	3,3333
2	3,0556	1,7186
3	4,7003	19,3317
4	0,0007	19,8815
5	0,1198	0,1630
6	0,0000	0,0000
7	1,3197	32,7105
8	0,5685	22,5361
9	0,1822	13,0910
10	0,1303	7,9529
11	3,9244	10,8490
12	1,8085	16,4919
13	2,6337	7,1733
14	0,7984	18,7356
15	0,5227	7,7558
16	3,6716	22,2053
17	2,5958	18,6686
18	0,0332	6,0763
19	0,2120	13,9925
20	3,4166	3,9585

21	2,7411	20,7978
22	0,1894	19,6408
23	0,2229	10,5494
24	2,6021	18,0772
25	0,0166	24,3335
26	2,4770	0,6365
27	0,2541	13,5133
28	3,3271	11,3690
29	0,0308	9,1759
30	0,0011	20,3483
31	0,1483	9,2228
32	0,0614	9,0328
33	3,3109	20,3398
34	0,4046	14,2869
35	0,5022	10,6492

Not: Bu çalışma 26-27 Ekim 2017 tarihlerinde Antalya'da düzenlenen 6'ncı Eğitim ve Öğretim Çalışmaları Dünya Kongresi'nde bildiri olarak da değerlendirilmiştir.

KAYNAKÇA

Kocaeli Üniversitesi, Üniversite Seçmeli Ders Tanım Bilgileri. 22.10.2017 tarihinde <http://ogr.kocaeli.edu.tr/kouubs/bologna/Genel/DersAyrinti.cfm?Dilid=3BC3EC9C0AFF6F4DC6C60C65C74B5135&id=2> adresinden alınmıştır.

İnal, M. Ve Aras, F. (2005). Yalıtkan Malzemelerin Dielektrik Özelliklerinin Yapay Sinir Ağlarıyla Belirlenmesi. 20 (4), 455-462.

Öztemel, E. (2003). Yapay Sinir Ağları. Papatya Yayıncılık, ISBN: 975-6797-39-8.