

# Yol Aydınlatma Sistemlerinde Parıltının YSA ile Tahmini

## ANN Prediction of Luminance in Road Lighting Systems

Züleyha Ok Davarcı<sup>1\*</sup>, Mustafa Sahin<sup>2</sup>, Onur Akar<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup>Department of Electrical and Electronics Engineering, Ok Engineering, Kırıkkale, Turkey. e-mail: [okmuhendislik@hotmail.com](mailto:okmuhendislik@hotmail.com)  
<sup>2</sup>Department of Electronics and Automation, University of Health Sciences, İstanbul, Türkiye. (e-mail: [mustafasahin4@sbu.edu.tr](mailto:mustafasahin4@sbu.edu.tr))  
<sup>3</sup>Department of Electronics and Automation, Marmara University, İstanbul, Turkey. (e-mail: [onur.akar@marmara.edu.tr](mailto:onur.akar@marmara.edu.tr))

### Özet

*Yol aydınlatması, tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de şehir aydınlatmasının en önemli kısmını oluşturmaktadır. Doğru bir yol aydınlatması, ulaşımında oluşan kaosu çözerken, şehir içi trafik akışının da düzgün olmasını sağlar. Ayrıca iyi yol aydınlatması kişilerin konforlu ve güvenli bir yolculuk geçirmesini sağlar. Akşam saatlerinde kaza sayılarının azaltılabilmesi için sürücülere güvenli sürüş ve görsel konforun sağlanması gerekmektedir. Aşırı aydınlatma, yetersiz yol aydınlatmasının yanı sıra kazalara ve elektrik enerjisinin israfına da neden olmaktadır. Yoldaki nesnelerin iyi görülebilmesi ve sürücülerin görüş rahatlığı için doğru yol aydınlatması, yol yüzeyinde eşit bir parlaklık dağılımı sağlanarak mümkündür. Bu makalede, yol aydınlatmasının parlaklık düzeyinin ölçülmesinde kullanılan yöntemler sistematik olarak araştırılmış ve literatürde olmayan yol aydınlatmasının YSA ile tahminine örnek bir uygulama çalışması yapılmıştır.*

**Anahtar Kelimeler:** Yol Aydınlatması, Parıltı, YSA

### Abstract

*Road lighting is the most important part of city lighting in our country as well as all over the world. A correct road lighting solves the chaos in transportation and ensures that the traffic flow in the city is smooth. In addition, good road lighting ensures that people have a comfortable and safe journey. In order to reduce the number of accidents in the evening hours, drivers must be provided with safe driving and visual comfort. Excessive lighting causes accidents as well as insufficient road lighting and also causes wastage of electrical energy. Good visibility of objects on the road and correct road lighting for drivers' visibility is possible by providing an even distribution of brightness on the road surface. In this article, different methods used to measure the brightness level of road lighting have been systematically investigated and contributed to the literature from various aspects. In addition, a sample application study has been made about the estimation of road lighting with ANN.*

**Keywords:** Road Lighting, Luminance, ANN

### 1.Giriş

Dünyada teknolojik alandaki gelişmeler her geçen gün artmaktadır. Bu gelişmelerle birlikte aydınlatma ihtiyacı da artmaktadır. Bu durum artan enerji talebini ve enerji kaynaklarının verimli kullanılması ihtiyacını doğurmaktadır. Kötü tasarlanmış aydınlatma sistemleri toplumda birçok sorunun nedenidir [1-5]. Yol üzerinde gereksiz aydınlatmaların bulunması, aydınlatılan yeri ve doğal çevreyi olumsuz etkileyen ışık kirliliğine neden olmakta ve insanların ruh sağlığı, ekosistem ve astronomi üzerinde çeşitli olumsuz etkileri bulunmaktadır. Ayrıca ekonomi, ekoloji ve enerji üzerinde de

etkileri vardır [6,7]. İnsanlar üzerindeki bu olumsuz etkilerden bazıları hormonal bozulma, uyku bozukluğu, kanser, güvensiz sürüş vb. Bu nedenle yol aydınlatmasında, trafik durumuna göre kullanıcılar için en uygun görüşün sağlanması, güvenli bir gece sürüşü için de büyük önem taşımaktadır.

İstatistiklere göre, yanlış aydınlatılmış bir yolda meydana gelen kaza oranı, gündüz meydana gelen kaza oranının üç katıdır. Bu da iyi aydınlatılmış bir yolun gece kazalarını %30 oranında azalttığını göstermektedir [9,10]. Ayrıca gece ölümlü kazaları %65, yaralanmalı kazaları %30 ve maddi hasarlı kazaları %15 oranında azalttığı sonucuna varılmıştır [11,12]. Şehir içi yollarda olduğu gibi şehirlerarası yolların da aydınlatılması gerekliliği önemli bir gerçektir. Yol aydınlatmasının amaçları, yol yüzeyinin ve yol üzerindeki ve çevresindeki tüm nesnelerin aydınlatılması ve çeşitli trafik koşullarında sürücü ve yayalar için en iyi görüşün sağlanmasıdır [13-15]. Bu konuda yapılan istatistiksel çalışmalara göre, şehir içi yolların ve alanların kriterlere uygun olarak aydınlatılmasının suç oranını %20, suç şiddetini ise %40 oranında azalttığı sonucuna varılmıştır [16]. Farklı bir çalışmada ise dikkat dağınıklığı nedeniyle sürüşün aksaması ve buna bağlı olarak kazaların meydana gelmesi incelenmiştir. Kaza sonrası sürücülerden elde edilen verilere göre, yolcularla konuşmak, müzik dinlemek gibi işitsel faktörlerin yoğun dikkat dağıtıcı faktörler olduğu sonucuna varılmıştır [17]. Ayrıca sürücülerin yolda rahat sürüş deneyimi için yolun ışık seviyesinin belirli bir aralıkta olması ve parlaklık dağılımının mümkün olduğunca homojene yakın olması istenmektedir [18,19].

Yol aydınlatmasında parıltıyı ölçmek için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler;

- Parlaklık ölçer ile parıltı ölçümü
- CCD tabanlı görüntüleme fotometrisi ile parıltı ölçümü
- İnsansız hava aracı (İHA) kullanılarak parıltı ölçüm
- 3D nokta bulutu ve 3D entegrasyon kullanılarak parıltı ölçümü
- Yersel lazer tarayıcı cihazı ile parıltı ölçümü
- PC tabanlı tahmin yöntemleri ile parıltının belirlenmesi
  - Sonsuz Elemanlar Yöntemiyle Parıltı hesabı
  - Dialux programı kullanılarak parıltı hesabı [20-31]

Çalışmamızda, yukarıda belirtilen yöntemlerden farklı olarak YSA ile parıltı tahmini incelenecektir. Bunun için belirlenen dört farklı yol üzerinde noktalar belirlenerek parıltı ölçümleri yapılmıştır. Ağırlık ve Hedef değerleri belirlenerek eğitilmiş YSA ile tahmin yapılmıştır.

### 2. Materyal ve Metod

Yeni yol aydınlatma tesisatlarında, yol yüzeyinde parıltı ölçümleri yapılmaktadır. Ölçümler, CIE-140:2000 ve TSE EN 13201-3 yayınlarında belirtildiği gibi yol üzerinde işaretlenmiş

çok sayıda noktada, konumlandırılmış kalibrasyonu yapılmış lüminansmetre ile yapılmaktadır [32]. Yol aydınlatmasında parlıtyı inceleyebilmek için çok sayıda yolda ölçüm yapılması daha iyi sonuç alınmasını sağlayacaktır. YSA ile çalışmak hem maliyet hem de zaman kullanımı açısından sayısal ve deneysel çalışmalarda daha uygun olmaktadır. Yapılan çalışmada, makine öğrenmesi yöntemi kullanılarak belirli noktalarda yol üzerinde parlıtyı değerini tahmin etmekte ve bu şekilde yol trafik akışı aksatmamaktır.

### 2.1. Parlıtyı (cd/m<sup>2</sup>)

Parlıtyı, yoldaki metrekaire başına toplam ışık şiddeti olarak tanımlanır. Parlıtyı, L harfi ile gösterilmekte olup birimi cd/m<sup>2</sup>'dir. Bir yüzeyin göze ne kadar parlak görüldüğünün bir ölçüsüdür. Doğrultuya bağlı bir büyüklüktür.

Yol ve tünel gibi alanların aydınlatmalarında parlıtyı (cd/m<sup>2</sup>) birimi kullanılır. Yol ve tünel aydınlatmalarında cd/m<sup>2</sup> biriminin kullanılmasının en büyük sebebi yol yüzeyinin parlaklığının algılanan parlaklığa etkisidir. Parlıtyı bize belirli bir açıdan ya da bakış açısından ışıklı olan bir yüzeye bakmakta olan bir göz tarafından ne kadar ışığın algılandığını ifade etmektedir. Kısaca yüzeyden algılanan parlaklığıdır. Bu yüzden cisimlerin iyi görülebilmeleri ve sürücülere görme konforunun sağlanabilmesi bakımından yol yüzeyinde mümkün olduğu kadar düzgün bir parlıtyı dağılımı istenir.

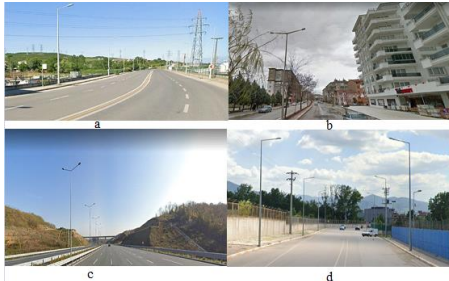
Parlıtyı değeri, ölçüm yapılacak yolun ölçüm noktaları belirlendikten sonra şerit sayısına göre gözlemci belirlenerek yapılmaktadır. Her şeridin gözlemcisi, bulunduğu noktadan bütün şeritler için ölçüm yapılmaktadır.

### 2.2. Yapay Sinir Ağı (YSA)

Yapay nöron, insan beyni ve gerçek nöronların bilgi işleme teknolojisinden esinlenerek biyolojik sinir sisteminin çalışma şeklinin simüle edilmesiyle geliştirilmiş bir veri işleme teknolojisidir. YSA, çözülmesi zor olan karmaşık problemlerin çözümünde oldukça kabul gören bir yöntemdir.

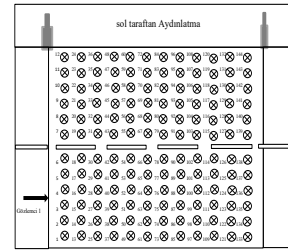
#### a. Yapay Sinir Ağında Kullanılan Değişkenler

Bu çalışmada farklı teknik özellik ve sınıflardaki yollarda yapılan ölçümlerle elde edilen parlıtyı değerleriyle yol parlıtyı düzeyinin YSA tahmini ve bu tahminlerden elde edilen verilerle sistemin bakım zamanının gelip gelmediğinin tespit edilebilmesi amaçlanmıştır. Bu bilgilerden yola çıkarak öncelikle yapay sinir ağının eğitiminde kullanılacak olan verilerin belirlenmesi için yollar seçilmiştir. Ölçümler gece yapılmakta fakat ölçüm düzenineğinin net görüntüsü için cihazın resmi gündüz çekilmiştir. Ölçüm için seçilen yollara ait resimler aşağıdaki gibidir;

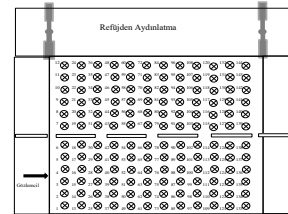


Şekil 1. a. Ölçüm yapılan 1.yola ait resim, b. Ölçüm yapılan 2.yola ait resim, c. Ölçüm yapılan 3.yola ait resim, d. Ölçüm yapılan 4.yola ait resim

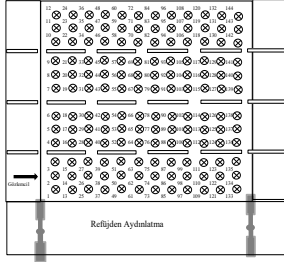
Şekil 1.a'daki, çift şeritli otoyol olup her bir şerit genişliği 4,50 m'dir. Aydınlatma armatürleri 14 m yüksekliğinde direk üzerine 2 m uzunluğundaki 0° açılı konsollarla ile tesis edilmiştir. Tek tarafı 1x64 W'lık Power Led armatürler ile aydınlatılmaktadır. Şekil 1.b'deki yol, 2 şeritli yol olup her bir şerit genişliği 3,50 m'dir. Aydınlatma armatürleri, 4 m yüksekliğinde direk üzerine 2 m uzunluğunda 0° açılı konsollarla ile tesis edilmiştir. Yol, 1x122,9 W'lık Power Led armatürler ile her iki tarafı refüjden çift tarafı armatür ile aydınlatılmaktadır. Şekil 1.c'de, 4 şeritli anayol olup her bir şerit genişliği 3.75 m'dir. Aydınlatma armatürleri, yolun orta refüjünde 14 m yüksekliğinde direk üzerine 2 m uzunluğundaki 0° açılı konsollar ile tesis edilmiştir. Ana yol orta refüjden çift tarafı olarak 300 W armatür ile aydınlatılmaktadır. Şekil 1.d'deki tek yön gidiş geliş ara yol olup her bir şerit genişliği 6 m'dir. Aydınlatma armatürleri, yolun kenarında 14 m yüksekliğinde direk üzerine 2 m uzunluğundaki 0° açılı konsollarla ile tesis edilmiştir. Yol, 250 W'lık her iki tarafında tek tarafı armatürlerle yolun her iki kenarından aydınlatılmaktadır. İlk olarak farklı özellikteki yollar araştırılıp, Şekil 1.a, Şekil 1.b, Şekil 1.c ve Şekil 1.d'de belirlenen yollarda ölçüm yapılarak yol yüzeyindeki parlıtyı değerleri (cd/m<sup>2</sup>) ölçülmüştür. Bu ölçümler her yol için toplam olarak 12x12 olmak üzere 144 noktada gerçekleştirilmiştir. Dört farklı yolda ölçüm yapıldığına göre toplam 144x 4= 576 noktada ölçüm yapılmıştır. Şekil 2.'den başlayarak Şekil 5'e kadar olan şekillerde dört farklı noktadan aydınlatma türüne göre ölçüm yapılacak noktalar belirlenmiştir. Dört farklı yerden aydınlatma seçilmesindeki amaç sonucun değişmediğini göstermektedir. Bütün yollarda ölçüm yapılan noktalar aşağıda görüldüğü gibi belirlenmiştir; İlk olarak farklı özellikteki yollar araştırılıp, Şekil 1.a, Şekil 1.b, Şekil 1.c, ve Şekil 1.d'de belirlenen yollarda ölçüm yapılarak yol yüzeyindeki parlıtyı değerleri (cd/m<sup>2</sup>) ölçülmüştür. Bu ölçümler her yol için toplam olarak 12x12 olmak üzere 144 noktada gerçekleştirilmiştir. Dört farklı yolda ölçüm yapıldığına göre toplam 144x 4= 576 noktada ölçüm yapılmıştır. Şekil 2.'den başlayarak Şekil 5'e kadar olan şekillerde dört farklı noktadan aydınlatma türüne göre ölçüm yapılacak noktalar belirlenmiştir. Dört farklı yerden aydınlatma seçilmesindeki amaç sonucun değişmediğini göstermektedir. Bütün yollarda ölçüm yapılan noktalar aşağıda görüldüğü gibi belirlenmiştir;



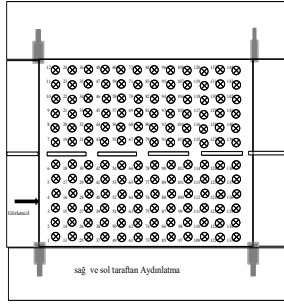
Şekil 2. Birinci yola ait ölçüm noktaları



Şekil 3. İkinci yola ait ölçüm noktaları



Şekil 4. Üçüncü yola ait ölçüm noktaları

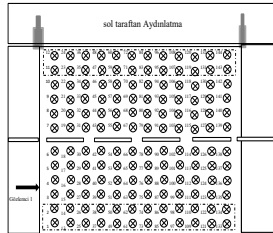


Şekil 5. Dördüncü yola ait ölçüm noktaları

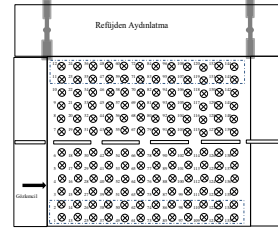
Ölçüm yapılan noktaların, yol üzerindeki dağılımı Şekil 2'den Şekil 5.'e kadar olan Gözetici 1 tarafından ölçülen değerler işleme alınmıştır. Yollarda ölçümler 144 noktada, yerden yüksekliği 1,5 m'den ölçümler LMT GmbH-LN3 kalibrasyon sertifikasına sahip lüminans metre ile gerçekleştirilmiştir. Bu lüminans metre açısal alanlar (3°, 1°, 20', 6') seçilebilmektedir. 2x107 ekran aralığı  $cd/m^2$  ile  $0,0001 cd/m^2$  ye kadar ölçüm yapılabilmektedir. Ölçüm yapılan cihaz yerden 1,5m yüksektedir. Nedeni ise, araç kullananların koltuklarının oturur vaziyette yere 1,5 m yükseklikte olmalarındandır. Kısacası ölçümler sürücü görüş aralığında yapılmaktadır. Böylelikle yol yüzeyindeki gerekli olan parlıltı düzeyi de ölçülebilmektedir [32].

#### b. YSA'nın Eğitilmesi ve Tahminin yapılması

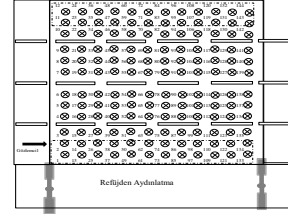
Yapay sinir ağlarıyla tahmin için önce YSA'nın eğitilmesi gerekmektedir. Ölçümlerde elde edilen değerlerin %80'i eğitim %20'si test amaçlı kullanılmaktadır. YSA eğitimi için kullanılanlar girdi (ağırlık) değerleri ve çıktı (hedef) değerleridir. Yol trafiğini bozmamak ve yolun kapanmasını önlemek için belirlenen yolun sağ ve sol kenarında belirlenen noktalı çizgilerle işaretlenmiş yerlerde ölçümler yapılmıştır. Bu değerler YSA'da alınan ağırlık değerleridir. Şekil 6'dan, Şekil 9'a kadar olan şekillerde görülebilmektedir. Yolun tamamında ölçülen parlıltı değerleri YSA hedef değerleridir.



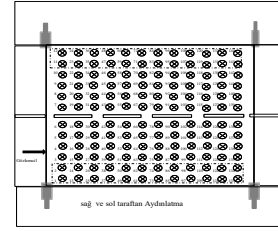
Şekil 6. Birinci yola ait YSA'ya verilen ağırlık değerlerinin ölçüm noktaları



Şekil 7. İkinci yola ait YSA'ya verilen giriş (Ağırlık) değerlerinin ölçüm noktaları

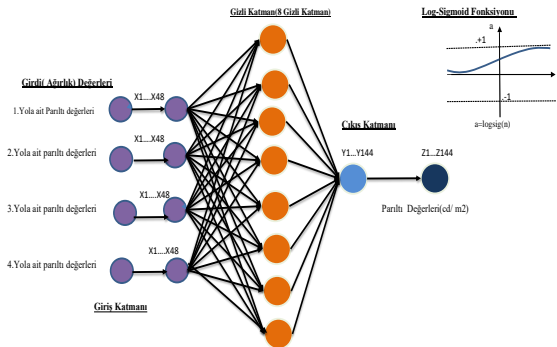


Şekil 8. Üçüncü yola ait YSA'ya verilen giriş (Ağırlık) değerlerinin ölçüm noktaları



Şekil 9. Dördüncü yola ait YSA'ya verilen giriş (Ağırlık) değerlerinin ölçüm noktaları

Eğitim işlemi tamamlandıktan sonra YSA'na veriler tahmin ettirilmiştir. Oluşturulan YSA Modeline ait ağırlık ve hedef değerleri Şekil.10'da görüldüğü gibidir.



Şekil 10. Parlıltı değerleri ( $cd/ m^2$ ) tahmini için YSA modelinin ağırlık ve hedef değerleri

İkinci adım olarak, YSA eğitiminde kullanılacak olan yol yüzeyinden ölçülen parlıltı değerleriyle kayıt altına alınan ölçüm yapılan yola ait veriler bir araya getirilerek, matris formatına dönüştürülmüştür.

### 3.UYGULAMA

Oluşturulmuş YSA'nda ağırlık değerleri olarak oluşturulan matrislerde noktalı olarak işaretlenen veriler kullanılmaktadır. Hedef değeri olarak ise yolların tüm yüzeyinden ölçülen parlıltı değeri kullanılmıştır. Şekil 11, Şekil 12, Şekil 13., Şekil 14'de görülmektedir.

1,33	1,39	1,41	1,39	1,38	1,36	1,35	1,31	1,27	1,24	1,25	1,23
1,36	1,36	1,32	1,30	1,30	1,29	1,31	1,32	1,31	1,32	1,32	1,33
1,23	1,20	1,11	1,08	1,05	1,07	1,13	1,19	1,21	1,27	1,25	1,24
1,09	1,06	0,98	0,92	0,91	0,90	0,94	1,05	1,09	1,12	1,14	1,12
1,00	0,95	0,86	0,83	0,80	0,76	0,80	0,88	0,94	0,93	1,02	1,04
0,89	0,83	0,78	0,76	0,72	0,69	0,71	0,75	0,79	0,83	0,87	0,92
1,08	1,14	1,21	1,26	1,29	1,31	1,31	1,26	1,22	1,15	1,15	1,18
1,59	1,65	1,60	1,56	1,54	1,50	1,49	1,48	1,47	1,46	1,48	1,51
1,55	1,54	1,45	1,40	1,36	1,31	1,33	1,38	1,39	1,46	1,45	1,43
1,31	1,29	1,17	1,10	1,09	1,06	1,11	1,19	1,22	1,27	1,27	1,27
1,11	1,07	0,97	0,93	0,91	0,86	0,90	1,00	1,04	1,03	1,09	1,11
0,94	0,89	0,84	0,81	0,78	0,74	0,77	0,82	0,85	0,88	0,93	0,97

Şekil 11. Birinci yolda ölçülen parlıt(cd/m<sup>2</sup>) değerleri

2,19	2,25	2,42	2,74	2,97	2,97	2,87	2,70	2,47	2,23	2,11	2,14
2,30	2,34	2,42	2,66	2,88	2,91	2,80	2,64	2,50	2,33	2,24	2,24
2,05	2,02	1,97	2,14	2,34	2,59	2,55	2,51	2,26	2,11	2,13	2,08
1,81	1,74	1,63	1,66	1,71	1,80	1,86	1,92	1,89	1,93	1,90	1,84
1,57	1,47	1,34	1,34	1,38	1,43	1,47	1,56	1,56	1,65	1,63	1,65
1,38	1,27	1,13	1,12	1,15	1,18	1,19	1,26	1,29	1,30	1,38	1,43
1,96	2,01	2,18	2,53	2,84	2,91	2,81	2,66	2,42	2,18	2,06	2,04
2,30	2,37	2,52	2,79	3,00	3,04	2,93	2,74	2,56	2,36	2,25	2,26
2,37	2,43	2,47	2,65	2,80	2,78	2,67	2,55	2,46	2,32	2,26	2,24
2,04	2,01	1,96	2,06	2,16	2,15	2,11	2,13	2,04	2,05	2,03	1,96
1,73	1,68	1,57	1,54	1,59	1,65	1,65	1,72	1,69	1,75	1,71	1,74
1,45	1,38	1,26	1,25	1,26	1,32	1,30	1,38	1,38	1,40	1,44	1,44

Şekil 12. İkinci yolda ölçülen parlıt(cd/m<sup>2</sup>) değerleri

0,95	0,95	0,97	0,98	0,97	0,95	0,97	0,95	0,94	0,95	0,94	0,99
1,14	1,13	1,11	1,11	1,09	1,07	1,08	1,08	1,09	1,09	1,13	1,19
1,35	1,34	1,26	1,24	1,24	1,21	1,22	1,25	1,27	1,30	1,33	1,35
1,57	1,55	1,43	1,39	1,40	1,40	1,42	1,43	1,48	1,55	1,56	1,58
1,81	1,77	1,64	1,57	1,60	1,61	1,65	1,69	1,74	1,84	1,83	1,86
2,11	2,04	1,83	1,80	1,86	1,85	1,91	1,98	2,05	2,17	2,16	2,18
2,41	2,33	2,07	2,03	2,15	2,15	2,17	2,29	2,43	2,46	2,50	2,53
2,66	2,62	2,30	2,32	2,39	2,39	2,47	2,60	2,79	2,77	2,80	2,75
2,81	2,79	2,56	2,60	2,64	2,62	2,69	2,86	3,07	3,04	2,97	2,90
2,95	2,97	2,82	2,88	2,93	2,95	2,96	3,03	3,18	3,14	3,07	2,99
2,97	3,01	3,10	3,19	3,27	3,25	3,18	3,19	3,21	3,13	3,02	2,96
2,74	2,83	2,99	3,27	3,36	3,31	3,14	3,11	3,02	2,93	2,80	2,79

Şekil.13. Üçüncü yolda ölçülen parlıt(cd/m<sup>2</sup>) değerleri

3,42	3,21	3,25	3,57	3,67	4,07	5,00	4,91	4,48	4,15	3,83	3,65
4,13	4,11	3,98	4,44	4,49	5,11	5,50	5,34	5,17	4,87	4,77	4,25
4,12	4,20	4,11	4,24	4,44	4,78	4,92	4,88	4,84	5,00	4,63	4,20
4,42	4,60	4,59	4,74	5,12	5,31	5,47	5,39	5,16	5,20	4,85	4,35
4,45	4,63	4,77	5,37	5,97	6,20	6,68	6,11	5,85	5,27	5,06	4,56
3,04	2,77	2,69	3,01	3,31	3,59	4,56	4,65	4,42	4,06	3,69	3,45
3,04	2,77	2,69	3,01	3,32	3,59	4,57	4,67	4,42	4,06	3,69	3,45
4,45	4,64	4,77	5,35	6,15	6,20	6,67	6,10	5,83	5,25	5,03	4,56
4,41	4,59	4,59	4,74	4,84	5,31	5,47	5,38	5,16	5,20	4,85	4,35
4,13	4,20	4,11	4,24	4,44	4,78	4,92	4,88	4,84	5,00	4,63	4,20
4,14	4,09	3,98	4,45	4,55	5,11	5,51	5,35	5,19	4,88	4,80	4,25
3,41	3,20	3,24	3,57	3,67	4,06	4,94	4,84	4,45	4,12	3,82	3,64

Şekil 14. Dördüncü yolda ölçülen parlıt(cd/m<sup>2</sup>) değerleri

YSA eğitiminde Levenberg- Marquardt (LM) algoritmasının tercih edilmiştir. Bunun temel nedeni ise sağlamış olduğu hız ve kararlılık özelliğidir. Tablo 1. de çalışma için eğitilen YSA modeline ait parametreler verilmiştir. Tablo 2.'de YSA eğitiminde kullanılan ağırlık ve hedef değerleri görülmektedir.

Tablo 1. YSA eğitiminde kullanılan parametreler

Ağ Özellikleri	
Ağ Tipi	: İleri Beslemeli Geri Yayılım
Eğitim Algoritması	: Levenberg-Marquardt (trainlm)
Adaptasyon Öğrenme Fonksiyonu	: LEARNNGDM
Performans Fonksiyonu	: MSE
Katman Sayısı	: 2
Özellikler	: Katman 1
Transfer Fonksiyonu	: LOGSIG

Tablo 2. YSA eğitiminde kullanılan ağırlık, hedef verilerinin Mak. ve Min. değişim aralığı.

Girişler	Ağırlık ve Hedef Değerleri	Min.	Mak.
X1	Birinci yolda ölçülen değerler	0,69	1,65
X2	İkinci yolda ölçülen değerler	1,12	3,04
X3	Üçüncü yolda ölçülen değerler	0,93	6,68
X4	Dördüncü yolda ölçülen değerler	2,69	6,68
Y1	Yolun tamamına ait parlıt değerleri	0,69	6,68

Ağ eğitiminde kullanılacak ağırlık ve hedef verileri belirli işlemlerden geçirilmek suretiyle YSA'nın eğitimi daha verimli hale getirilebilmektedir. Bu işleme normalizasyon işlemi denilmektedir. Normalizasyon işlemi ham eğitim verilerine uygulanır. Çünkü ham eğitim verileri doğrudan YSA eğitiminde kullanılamaz. Bu çalışmada Min- Max normalizasyon yöntemi kullanılarak eğitim verileri [0,1] aralığı'na düşürülmektedir. Eğitim değerleri bu aralıklara 1' nolu denklem kullanılarak düşürülmektedir.

$$X' = \frac{(X_i - X_{min})}{(X_{max} - X_{min})} \quad (1)$$

Formüle;

X':Normalize edilmiş olan değer,

Xi: YSA ağırlık değeri,

Xmin: Ağırlık değerlerinin en küçük olanı,

Xmax: Ağırlık değerlerinin en büyüğü kullanılmıştır [32].

Bu işlem sonrasında ters dönüşüm yapılarak gerçek değerler bulunmuştur. Min-Max normalizasyonu kullanılmıştır. YSA eğitiminde normalize olmuş ağırlık değerleri ve hedef değerleri kullanılmıştır. Tablo 3.' de normalize edilmiş bu değerlerin minimum (min.) ve maksimum (max.) değerleri görülmektedir.

Tablo 3. Normalizasyon yapılmış ağırlık ve hedef değerlerinin Mak.-Min. Değerleri.

Girişler	Ağırlık ve Hedef Değerleri	Min.	Mak.
X1	Birinci yolda norm. değerler	1	0
X2	İkinci yolda norm. değerler	1	0
X3	Üçüncü yolda norm. değerler	1	0
X4	Dördüncü yolda norm. değerler	1	0
Y1	Yolun tamamına ait parlıt değerleri	1	0

Ağ eğitimi sonucunda en az hata oranı için birden fazla denemelerden sonra 20. iterasyonda istenen sonuç elde edilerek kaydedilmiştir. Ağırlık değerlerine ait YSA eğitim değeri 0,99945 regression ile gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan YSA tahminini doğrulama değeri 0,99908 ve hedef değerlerinin test regression değerleriye 0,99923 gibi yüksek bir geçerlilik ile gerçekleşmiştir. Tüm girişin regression değeri ise 0,99934 olarak bulunmuştur. Bu durumdan eğitim değerlerinin %99,95 oranında doğru çıktığı gözlemlenmiştir. Korelasyon değeri bire eşit olduğu için ağ çıkışı ile hedef çıkışı arasında mükemmel bir benzerlik olduğunu görülmektedir. Geliştirilen modelde en iyi performans değeri 0,00026261 olarak tespit edilmiştir. Buradaki yapılan eğitimde istenen değerlerle tahmin edilen değerlerin ile referans değerler bire bir örtüşüğünü Şekil 15'de görülmektedir. Buradaki istenen değer olarak belirtilen test değerleri ölçüm yapılan yollardan birine ait alınan parlıt değerleridir. İstenen çıkış ve YSA tarafından tahmin edilen değerler Tablo 4'deki gibidir. İstenen çıkış ile tahmin edilen çıkış arasındaki farkı gösteren grafiği Şekil.15'de görüldüğü gibi tahmin değeri birebir örtüşmektedir. Başarılı bir tahmin elde edilmiştir.

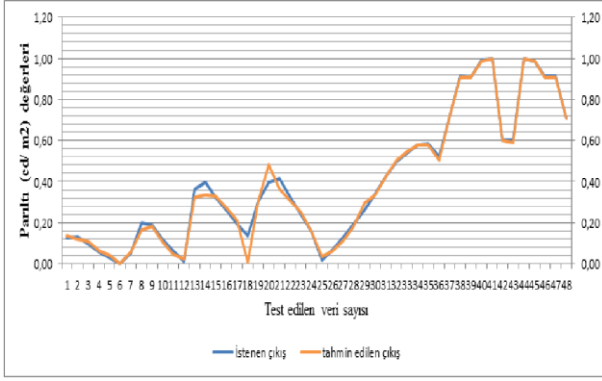
Tablo 4.İstenen çıkış ve YSA tarafından tahmin edilen değerler

Ölçülen Noktalar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Ölçülen parlıt değeri (cd/m <sup>2</sup> )	0,12	0,17	0,10	0,06	0,03	0,09	0,05	0,20	0,19	0,12	0,06	0,01	0,37	0,40	0,33	0,24	0,19	0,14	0,30	0,40	0,42	0,32	0,24	0,16
YSA Tahmin edilen değeri(cd/m <sup>2</sup> )	0,14	0,11	0,11	0,05	0,04	0,00	0,06	0,18	0,18	0,11	0,05	0,02	0,32	0,33	0,33	0,27	0,21	0,01	0,30	0,48	0,36	0,30	0,25	0,16

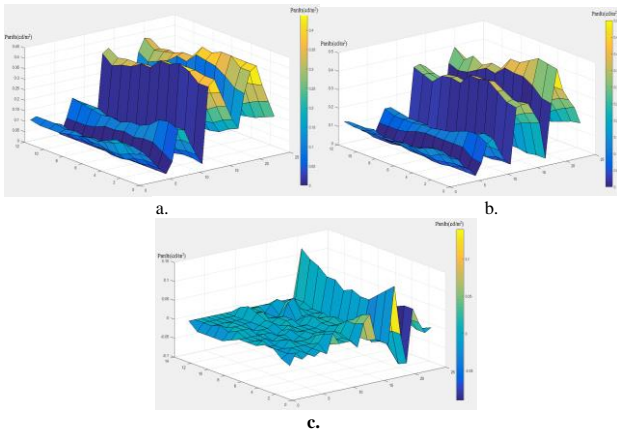
Ölçülen Noktalar	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Ölçülen parlıt değeri (cd/m <sup>2</sup> )	0,02	0,07	0,13	0,19	0,26	0,34	0,43	0,50	0,54	0,58	0,58	0,52	0,71	0,91	0,91	0,91	0,99	1,00	0,68	1,00	0,99	0,91	0,91	0,71
YSA Tahmin edilen değeri(cd/m <sup>2</sup> )	0,04	0,06	0,12	0,18	0,25	0,34	0,43	0,51	0,54	0,58	0,58	0,51	0,71	0,91	0,91	0,99	1,00	0,68	0,99	1,00	0,99	0,91	0,91	0,71





Şekil 15. Yapay sinir ağı istenen ve tahmin edilen değerlerin fark grafiği

Şekil 16.a.'da istenen parlıtı değerleri ve Şekil 16.b.'de tahmin edilen parlıtı değerleri üç boyutlu olarak MATLAB ortamında modellenmiştir. Yol yüzeyindeki ölçülen gerçek parlıtı değeri dağılımı ile YSA'nın tahmin ettiği parlıtı değeri dağılımı farkı ise Şekil 16.c.'de görüldüğü gibi oluşturulan YSA hata grafiğini oluşturmuştur. Bu hata oran %1 olarak tespit edilmiştir. Oluşturulan YSA modeli ile %1'lik bir hata oranı ile parlıtı değerinin tahmin edebildiği görüldüğünden bu çalışmadan başarılı bir sonuç elde edilmiştir.



Şekil 16. a.İstenen Parlıtı (cd/m<sup>2</sup>) değerleri, b. Tahmin edilen parlıtı (cd/m<sup>2</sup>), c. Yapay sinir ağı hata dağılımı grafiği.

#### 4.Sonuçlar

Bu çalışmada yol yüzeyindeki parlıtı değerlerinin tahmini için bir YSA modeli oluşturularak bu doğrultuda bir eğitim gerçekleştirilmiş ve eğitimin sonucunun %99,945 oranında doğru çıktığı görülmüştür. Doğrulama değeri için baktığımızda ALL yani totalde %99,93 oranında doğru çıktığı gözlemlenmiştir. Tüm bunların yanında oluşturulan YSA modeli kullanılarak tahmin edilen parlıtı değerleri ile gerçek parlıtı değerleri karşılaştırılmış olup %1'lik bir hata oranı ile doğru sonuca ulaşılmıştır. Bu yöntem, belirlenen yolda belirli noktalarda parlıtı ölçümüyle tüm yol parlıtı değerlerini bulmayı sağlamıştır. Buda yol parlıtı değerlerini kısa zamanda minimum hatayla tahmin etmeyi mümkün kılmıştır. Yol aydınlatma sistemlerinde trafik akışı sebebiyle uzun zaman alan ölçüm değerlerine daha az zamanda ve güvenilir bir şekilde yapılmasına olanak sağlamıştır. Bütün yol yüzeyinde ölçüm yapılmasına gerek kalmadığından yol aydınlatma lambaların

bakım zamanlarının gelip gelmediğinin belirlenmesi de daha kolay olacaktır. Yol yüzeyindeki parlıtı değerlerinin tahmininde YSA kullanımının başarılı bir yöntem olduğu kanıtlanmış olmaktadır.

#### Kaynaklar

- [1] Jin, H., Jin S., Chen L., et al., "Research on the Lighting Performance of LED Street Lights With Different Color Temperatures", IEEE Photonics Journal, vol. 7, no. 6, pp. 1- 9, 2015.
- [2] Dursun S., Terzi U. K., Akar O., "Comparative Analysis of Lighting Elements' Effects on Electric System", European Journal of Technique (EJT), Vol.11, No.2, 2021.
- [3] Onaygil S., Güler Ö.,Erkin E., "Cost Analyses Of Led Luminaires In Road Lighting", Light & Engineering, Vol. 20, No. 2, pp. 39-45, 2012.
- [4] Cengiz M. S., "The Relationship between Main-tenance Factor and Lighting Level in Tunnel Lighting", Light& Engineering, 2019, Vol.27, Issue 3, pp.75-88.
- [5] Pracki P., "A proposal to classify road lighting energy efficiency", Lighting Research & Technology, Sep2011, Vol. 43 Issue 3, p271-280. 10p, 8 Charts, 1 Graph, 2011.
- [6] Falchi F., Cinzano P., Elvidge C. D., et. al., "Limiting the impact of light pollution on human health, environment and stellar visibility", Journal of Environmental Management.; 92(10): 2714-2722, 2011.
- [7] Akgun I., Ustaoglu E., "Multi-Methodological Design Framework For Roadway Illumination", Light &Engineering, Vol. 30, No. 1, pp. 39-50, 2022.
- [8] International Dark Sky Association,"Visibility, Environmental and Astronomical Issues Associated with Blue Rich White Outdoor Lighting", Technical Report, 2010.
- [9] CIE (Commission Internationale de l'Eclairage), "Road lighting as an accident countermeasure", Vienna (Austria): CIE No. 093-1993, pp. 1-43, 1993.
- [10] Elvik R., "Meta-analysis of evaluation of public lighting as accident countermeasure", Transp Res Rec. 1485:112-123,1995.
- [11] Wanvik A., "Effects of road lighting: an analysis based on Dutch accident statistics1987-2006", 2006.
- [12] Sun C., Lee X., Moreno I., et. al., "Design of LED Street Lighting Adapted for Free-Form Roads", IEEE Photonics Journal, vol. 9, no. 1, pp. 1-13, (2017).
- [13] Gan F., Grabosky P., "Improved Street Lighting and Crime Reduction, The Promise of Crime Prevention", 2nd ed. ISBN 0 642 24172 4; ISSN 1326-6004 Canberra, Australian Institute of Criminology, 2000.
- [14] Güler Ö., Onaygil S., "The effect of luminance uniformity on visibility level in road lighting", Lighting Research & Technology, Sep2003, Vol. 35 Issue 3, p199-215. 17p, 2003.
- [15] Hirakawa S., Karasawa Y., Funaki T., et al., "Evaluation Index of Visibility in Tunnel Lighting", Journal of Light & Visual Environment Vol.38, 2014.
- [16] Painter K. A., Farrington D. P., "Evaluating Situational Crime Prevention A Young People's Survey", The British Journal of Criminology, London. V. 41, No:2, 266-284, Spring 2001.
- [17] Robbins C. J., Fotios S., "Road lighting and distraction whilst driving: Establishing thesignificant types of distraction roads", Lighting Research & Technology, APR 8, 2020.
- [18] Ekriasa A., Eloholmaa M., Halonena L., et al., "Road lighting and headlights: Luminance measurements and automobile lighting simulations", Building and Environment, Elsevier, Volume 43, Issue 4, April 2008, Pages 530-536, 2008.
- [19] Nikunen H., Correspondence: "A proposed new LED road lighting concept", Lighting Research & Technology, Apr2014, Vol.46 Issue 2, p238-239. 2p, 2014.
- [20] Eloholma M., Ketomäki J., Halonen L., "Road lighting luminance and visibility measurements", Report 29 HUT Lighting Laboratory, 2001, ISBN:951-22-5736-X, 2001.
- [21] Bhattacharya S., Chakraborty S., Ray S., "An Approach To Comparative simulation Of Road Lighting And Estimation Of Associated Quality Parameters", Light& Engineering, Vol. 29, No. 1, pp. 77-87, 2021.
- [22] Markvica K., Richter G., Lenz G., "Impact of urban Street lighting on road users' perception of public space and mobility behavior", Elsevier In Building and Environment, volume154, pages32-43, 2019.
- [23] Xu B., Yang S., Lai G., et al., "Towards Autonomous Driving Technology: A Method to Enhance Visibility in Fog Based on Low-Position Road Lighting", 2018 IEEE 3rd Optoelectronics Global Conference (OGC), 205-208, Sep 2018.
- [24] Bellia L., Cesarano A., Minichiello F., Sibilio S., "Setting up CCD photometer for lighting research and design", Building and Environment, volume 37, November 2002, Pages 1099-1106, 2002.
- [25] Rempel A. G., Mautiuk R., "Display considerations for improved night vision performance", in Proc. 19th Color Imag. Conf.: Color Sci. Eng. Syst., Technol., Appl. (CIC), Atlanta, CA, USA, pp. 191-194, 2011.
- [26] Cengiz C., Puolakka M., Halonen L., et al., "Combined eye-tracking and luminance measurements while driving on a rural road: Towards determining mesopic adaptation luminance", Lighting Research & Technology, September 26,2013.
- [27] Kulawiak M., Kulawiak M., Lubniewski Z., "Integration, Processing and Dissemination of LiDAR Data in a 3D WebGIS", ISPRS International Journal of Geo-Information, Vol 8, Iss 3, p 144, 2019.
- [28] Micheletti J N., Chandler J. H., Lane S., "Investigating the geomorphological potential of freely available and accessible structure-from-motion photogrammetry using a smartphone", Earth Surf. Proc. Land. 40 (4), 473- 486, 2015.
- [29] Acharya R., Han J., Brennan J. J., et al., "Structural response of a low-fill box culvert under static and traffic loading Journal of Performance of Constructed Facilities", 30 (1): 04014184, 2016.
- [30] Yoomak S., A. Ngaopitakkul, "The Study of Lighting Quality of LED and HPS Luminaires Based on Various Road Surface Properties", E3S Web of Conferences, Vol 72, p 01005 (2018); EDP Sciences, 2018.
- [31] Medsker L. R., "The future of artificial neural networks could be bright", Computers/Control engineering, 10, 28-9, 1997.
- [32] Ok Davarci Z., "Yol Aydınlatma Sistemlerine Ait Etkinlik Faktörlerinin Ve Parlıtı Düzgünlüğünün Yapay Sinir Ağları İle Tahmini", Afyon Kocatepe Üniversitesi,Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans, 163syf,2022.