

ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SOKAK AYDINLATMA SİSTEMLERİNDE GÜÇ TÜKETİMİNİN AKILLI
SİSTEMLER İLE OPTİMİZE EDİLMESİ**

ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

UĞUR ALKAN

AĞUSTOS 2021

ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SOKAK AYDINLATMA SİSTEMLERİNDE GÜÇ TÜKETİMİNİN AKILLI
SİSTEMLER İLE OPTİMİZE EDİLMESİ**

ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Uğur ALKAN

DANIŞMAN: Doç. Dr. Hakan KAYA

ZONGULDAK
Ağustos 2021

KABUL:

Uğur ALKAN tarafından hazırlanan “Sokak Aydınlatma Sistemlerinde Güç Tüketiminin Akıllı Sistemler İle Optimize Edilmesi” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir. 27/08/2021

Danışman: Doç. Dr. Hakan KAYA

.....

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü

Üye: Doç. Dr. Nihat PAMUK

.....

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Necati BAŞMAN

.....

İskenderun Teknik Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Havacılık Elektrik ve Elektronik Bölümü

ONAY:

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

..../..../20....

Prof. Dr. Ahmet ÖZARSLAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Uğur ALKAN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SOKAK AYDINLATMA SİSTEMLERİNDE GÜÇ TÜKETİMİNİN AKILLI SİSTEMLER İLE OPTİMİZE EDİLMESİ

Uğur ALKAN

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Hakan KAYA

Ağustos 2021, 57 sayfa

Sosyo-ekonomik ve kültürel önemi yüksek alanlarda (yollar, bahçeler, kalabalık kaldırımlar) alacakaranlıkta sokak aydınlatmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu alanlarda yayaların veya araçların güvenliğini sağlamak amacıyla ortamın uygun bir aydınlık düzeyi ile aydınlatılması gerekmektedir. Aynı zamanda sokak lambalarının hemen her yerde olduğu düşünülürse elektrik enerjisinin gereksiz yere kullanılması elektrik enerjisinin verimli kullanılmamasına neden olmaktadır. Bu tez çalışmasında sokak lambalarını akıllı hale getirmek ve gerektiğinde uygun ışık seviyelerinde aktif olarak kullanmak amaçlanmıştır. Yayaların direklere olan konumlarına göre armatürlerin çalışması gereken güç değerleri belirlenmiştir. Bu değerler farklı mesafelerinde armatürlerin tükettiği normal zamandaki güç durumuna göre karşılaştırılmıştır. LED tipi sokak armatürlerinde elektrik enerjisi tasarrufu oranının artırılması amacıyla armatürlerin etrafında olması gereken aydınlık şiddetine göre armatür güç seviyelerinin analizi yapılmıştır. Yapay Sinir Ağı (YSA) yöntemleri ile bu analiz detaylandırılmıştır. Alınan verilerle sistem eğitilerek değerler optimize edilmiştir.

ÖZET (devam ediyor)

Anahtar Kelimeler: Verimlilik, LED aydınlatma, Akıllı Sokak Armatürleri

Bilim Kodu: 608.04.00



ABSTRACT

M. Sc. Thesis

OPTIMIZING POWER CONSUMPTION IN STREET LIGHTING SYSTEMS WITH SMART SYSTEMS

Uğur ALKAN

**Zonguldak Bülent Ecevit University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Electrical and Electronics Engineering**

Thesis Advisor: Assoc. Prof. Dr. Hakan KAYA

August 2021, 57 pages

Street lighting is needed at dusk in areas of high socio-economic and cultural importance (roads, gardens, crowded sidewalks). In order to ensure the safety of pedestrians or vehicles in these areas, the environment should be illuminated with an appropriate level of illumination. At the same time, considering that street lamps are almost everywhere, unnecessary use of electrical energy will lead to inefficient use of electrical energy. In this thesis, it is aimed to make street lamps smart and to use them actively at appropriate light levels when necessary. The power values at which the luminaires should operate were determined according to the positions of the pedestrians to the poles. These values are compared according to the normal time power consumed by luminaires at different distances. In order to increase the electrical energy saving rate in LED type street luminaires, the luminaire power levels were analyzed according to the luminous intensity that should be around the luminaires. This analysis is detailed with Artificial Neural Network (ANN) methods. The values were optimized by training the system with the received data.

ABSTRACT (continued)

Keywords: Efficiency, LED lighting, Smart Street Luminaires

Science Code: 608.04.00



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenim hayatım ve tez çalışmam sürecinde bilgi birikimi ve tecrübesiyle bana ışık tutan, titiz çalışması ve özverisi ile büyük katkı sağlayan saygıdeğer tez danışmanım Doç. Dr. Hakan KAYA'ya içtenlikle teşekkür ederim.

Eğitim hayatımı aksatmadan iş hayatımı da sürdürmeme yardımcı olan Gersan Elektrik Tic. ve San. A.Ş. Müdürü Neşat ŞAHİN'e ve sevgili meslektaşım Levent ÖZCAN'a teşekkür ederim.

Eğitim-öğretim hayatım boyunca her zaman yanımda olup benden maddi manevi desteklerini esirgemeyen eşim Uzman Hemşire Tülin KURT ALKAN'a, annem Fatma ALKAN'a ve babam İsmail ALKAN'a ayrı ayrı teşekkür ederim.

Bu çalışmayı (Proje No: 2020-75737790-03) destekleyen Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Rektörlüğüne, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne (BAP) teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL:.....	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvii
BÖLÜM 1 GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2 LED TEKNOLOJİSİ	5
2.3 LED ÇEŞİTLERİ	7
2.3.2 Orta Güçlü LED’ler	7
2.3.3 Yüksek Güçlü LED’ler	8
2.4 LED’İN ÇALIŞMA PRENSİBİ	8
2.5 LED’LERİN AYDINLATMADA KULLANIMI.....	9
2.6 LED AYDINLATMANIN KLASİK SOKAK AYDINLATMA KAYNAKLARI İLE KARŞILAŞTIRILMASI	9
2.7 AKILLI SOKAK AYDINLATMA SİSTEMİ	11
BÖLÜM 3 YAPAY SİNİR AĞI	13
3.2 YAPAY SİNİR AĞLARIN GRUPLANDIRILMASI	15
3.2.1 Ağ Mimarisine Göre Gruplandırma.....	15
3.2.2 Kullanılan Öğrenme Algoritmasına Göre Gruplandırma	16

İÇİNDEKİLER (deavam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
3.3 YAPAY SİNİR AĞI MODELLERİ.....	17
3.3.1 Çok Katlı Perseptronlar (MLP).....	17
3.3.2 Radyal Tabanlı Fonksiyon Ağları.....	17
3.3.3 LVQ Ağı (Learning Vector Quantization).....	18
3.3.4 SOM Ağı (Self Organising Map).....	18
3.3.5 Hopfield Ağı	18
3.3.6 Elman Ve Jordan Ağları.....	19
3.4 ÖĞRENME ALGORİTMALARI	19
3.4.1 Geri Yayılım Algoritması	19
3.4.2 Levenberg-Marquardt Geri Yayılım Algoritması	21
3.4.3 Bayesian Regulation Geri Yayılım Algoritması	22
3.4.4 Birleşik Gradyent Geri Yayılım Algoritmaları	22
BÖLÜM 4 SİSTEM MODELİ.....	25
4.1 UYGULAMA ALANINA İDEAL GÜÇTE LED ARMATÜR SEÇİMİ	26
4.1.1 İstenilen Aydınlatma Şiddetine Uygun Armatürün Seçilmesi.....	27
4.1.2 Güçlere Göre Armatür Kullanımının Analiz Edilmesi	28
4.2 SİSTEMİN ARMATÜR KESİM NOKTALARINDA VERECEĞİ TEPKİLER.....	30
4.3 GÜÇ VERİMLİĞİ AÇISINDAN HARCAMA VERİLERİN ELDE EDİLMESİ	31
4.3.1 20 Lüks Aydınlatma Çalışması İçin Elde Edilen Veriler	32
4.3.2 10 Lüks Aydınlatma Çalışması İçin Elde Edilen Veriler	34
4.3.3 5 Lüks Aydınlatma Çalışması İçin Elde Edilen Veriler	36
4.4 ELDE EDİLEN VERİLERİN KARŞILAŞTIRILMASI	37
4.4.1 20 Lüks İçin Elde Edilen Verilerin Karşılaştırılması	37
4.4.2 10 Lüks İçin Elde Edilen Verilerin Karşılaştırılması	40
4.4.3 5 Lüks İçin Elde Edilen Verilerin Karşılaştırılması	44
4.5 YSA KULLANARAK ARMATÜRLERİN HARCANAN GÜÇLERİNİN OPTİMİZE EDİLMESİ.....	46
4.5.1 Sistemin Kararlı Çalışabilmesi İçin Seçilen Öğrenme Algoritması	46

İÇİNDEKİLER (deavam ediyor)

Sayfa

4.5.2 Uygun Öğrenme Algoritmasına Göre Ara Değerlerin Elde Edilmesi	48
BÖLÜM 5 SONUÇLAR.....	51
KAYNAKLAR.....	53
ÖZGEÇMİŞ	57





ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 LED'in iç yapısı	8
Şekil 2.2 Lamba Çeşitlerinin Işık Verimlerinin Karşılaştırılması.....	10
Şekil 3.1 Yapay nöronun yapısı.	14
Şekil 3.2 Çok katmanlı perseptronlar.....	17
Şekil 4.1 a)Örnekleme Alanı, b) Armatürlerin Bağlı Oldukları Direk Tipi.....	23
Şekil 4.2 Sokak armatürlerinin AutoCAD ile gösterimi.	24
Şekil 4.3 Çalışma yapılacak alanın simülasyon gösterimi	24
Şekil 4.4 20W LED armatürün Değer Eğrileri (E).....	25
Şekil 4.5 40W LED armatürün Değer Eğrileri (E).....	25
Şekil 4.6 70W LED armatürün Değer Eğrileri (E).....	25
Şekil 4.7 70W LED armatürün yanlış renklerin görüntülenmesi (Lx).....	27
Şekil 4.8 60W LED armatürün yanlış renklerin görüntülenmesi (Lx).....	27
Şekil 4.9 50W LED armatürün yanlış renklerin görüntülenmesi (Lx).....	27
Şekil 4.10 40W LED armatürün yanlış renklerin görüntülenmesi (Lx).....	27
Şekil 4.11 30W LED armatürün yanlış renklerin görüntülenmesi (Lx).....	28
Şekil 4.12 20W LED armatürün yanlış renklerin görüntülenmesi (Lx).....	28
Şekil 4.13 Aydınlık Renk Cetveli (Lx).	28
Şekil 4.14 20w'dan 70w' a kadar 4m de değer grafikleri..	30
Şekil 4.15 20w'dan 70w' a kadar 3m de değer grafikleri..	31
Şekil 4.16 20w'dan 70w' a kadar 2m de değer grafikleri..	32
Şekil 4.17 a) 5 Lüks İçin Eğitim Aşaması, b) 5 Lüks için Çıkan Sonuçlar.....	32
Şekil 4.18 a) 10 Lüks İçin Eğitim Aşaması, b) 10 Lüks için Çıkan Sonuçlar.....	32
Şekil 4.19 a) 20 Lüks İçin Eğitim Aşaması, b) 20 Lüks için Çıkan Sonuçlar.....	32



ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.1 Yaya alanlarındaki değişik yol tipleri için aydınlatma sınıfları ve önerilen aydınlık düzeyi değerleri	25
Çizelge 4.2 Farklı güç değerlerindeki LED armatürlerin ,20 lüks, 10lüks ,5lüks aydınlatma düzeylerinin ölçüldüğü mesafeler	28
Çizelge 4.3 5 lüks sağlamak için konumlara göre armatürlerin çalışma güçleri	29
Çizelge 4.4 10 lüks sağlamak için konumlara göre armatürlerin çalışma güçleri	29
Çizelge 4.5 20 lüks sağlamak için konumlara göre armatürlerin çalışma güçleri	29
Çizelge 4.6 Sokak armatürlerin ilerisinde 4m' den geçen yayanın 20 Lüks aydınlık düzeyinde armatürlerin enerji seviyesine göre aldıkları yol (mm).	31
Çizelge 4.7 Sokak armatürlerin ilerisinde 3m' den geçen yayanın 20 Lüks aydınlık düzeyinde armatürlerin enerji seviyesine göre aldıkları yol (mm).	32
Çizelge 4.8 Sokak armatürlerin ilerisinde 2m' den geçen yayanın 20 Lüks aydınlık düzeyinde armatürlerin enerji seviyesine göre aldıkları yol (mm).	32
Çizelge 4.9 Sokak armatürlerin ilerisinde 4m' den geçen yayanın 10 Lüks aydınlık düzeyinde armatürlerin enerji seviyesine göre aldıkları yol (mm).	32
Çizelge 4.10 Sokak armatürlerin ilerisinde 3m' den geçen yayanın 10 Lüks aydınlık düzeyinde armatürlerin enerji seviyesine göre aldıkları yol (mm).....	34
Çizelge 4.11 Sokak armatürlerin ilerisinde 2m' den geçen yayanın 10Lüks aydınlık düzeyinde armatürlerin enerji seviyesine göre aldıkları yol (mm).....	34
Çizelge 4.12 Sokak armatürlerin ilerisinde 6,5m' den geçen yayanın 10Lüks aydınlık düzeyinde armatürlerin enerji seviyesine göre aldıkları yol (mm).	34
Çizelge 4.13 Sokak armatürlerin ilerisinde 4m' den geçen yayanın 5 Lüks aydınlık düzeyinde armatürlerin enerji seviyesine göre aldıkları yol (mm).....	35
Çizelge 4.14 Sokak armatürlerin ilerisinde 5m' den geçen yayanın 5 Lüks aydınlık düzeyinde armatürlerin enerji seviyesine göre aldıkları yol (mm).....	35
Çizelge 4.15 Sokak armatürlerin ilerisinde 6,5 m' den geçen yayanın 5 Lüks aydınlık düzeyinde armatürlerin enerji seviyesine göre aldıkları yol (mm).	36
Çizelge 4.16 20 Lüks 4m'de gerçekleştirilen simülasyonda harcanan enerjinin normal durum ile karşılaştırılması.).....	36

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.17 20 Lüks 3m’de gerçeklenen simülasyonda harcanan enerjinin normal durum ile karşılaştırılması.).....	37
Çizelge 4.18 20 Lüks 2m’de gerçeklenen simülasyonda harcanan enerjinin normal durum ile karşılaştırılması.).....	39
Çizelge 4.19 10 Lüks 6,5m’de gerçeklenen simülasyonda harcanan enerjinin normal durum ile karşılaştırılması.).....	39
Çizelge 4.20 10 Lüks 4m’de gerçeklenen simülasyonda harcanan enerjinin normal durum ile karşılaştırılması.).....	39
Çizelge 4.21 10 Lüks 3m’de gerçeklenen simülasyonda harcanan enerjinin normal durum ile karşılaştırılması.).....	40
Çizelge 4.22 10 Lüks 2m’de gerçeklenen simülasyonda harcanan enerjinin normal durum ile karşılaştırılması.).....	41
Çizelge 4.23 5 Lüks 4m’de gerçeklenen simülasyonda harcanan enerjinin normal durum ile karşılaştırılması.).....	41
Çizelge 4.24 5 Lüks 5m’de gerçeklenen simülasyonda harcanan enerjinin normal durum ile karşılaştırılması.).....	42
Çizelge 4.25 5 Lüks 6,5m’de gerçeklenen simülasyonda harcanan enerjinin normal durum ile karşılaştırılması.).....	43
Çizelge 4.26 5 Lüks İçin Kullanılan Algoritma ve Nöron sayısına göre doğruluk oranları	44
Çizelge 4.27 10 Lüks İçin Kullanılan Algoritma ve Nöron sayısına göre doğruluk oranları ..	44
Çizelge 4.28 20 Lüks İçin Kullanılan Algoritma ve Nöron sayısına göre doğruluk oranları ..	45
Çizelge 4.29 5 Lüks İçin Öğrenme sonuçlarının Karşılaştırılması (10 Veri)	46
Çizelge 4.30 10 Lüks İçin Öğrenme sonuçlarının Karşılaştırılması (10 Veri)	47
Çizelge 4.31 20 Lüks İçin Öğrenme sonuçlarının Karşılaştırılması (10 Veri)	48

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

MWh	: Mega Watt Saat
W	: Watt
°C	: Derece Celsius
V	: Volt
mA	: MiliAmper
U	: Gerilim
K ohm	: Kilo ohm
GaAs	: Galyum Arsenit
GaSb	: Glyum Arsenit
GaAsP	: Galyum Arsenit Fosfit
lm	: Lümen
Lux	: Aydınlatma Şiddeti Birimi
KM/s	: 1 Saatdeki Kilometre
m	: Metre
mm	: Milimetre

KISALTMALAR

CAD	: Bilgisayara Destekli Tasarım
IR	: Kızılötesi
LED	: Işık Yayan Diyot
UV	: Ultraviyole
YBSB	: Yüksek Basıncılı Sodyum Buharlı
YSA	: Yapay Sinir Ağları



BÖLÜM 1

GİRİŞ

Günümüzde kentleşmenin hızlanmasıyla birlikte enerjiye olan talep de artmaktadır. Tüm gelişen ve gelişmekte olan ülkelerin ortak sorunu, artan enerji talebinin karşılanamaması ve enerji açığıdır. Özellikle sokak ve caddelerin artmasıyla birlikte enerji gerektiren bu alanlarda yeni aydınlatma tesisleri kurulmaktadır. Kamu aydınlatması da enerji kullanımının büyük bir bölümünü oluşturmaktadır. Kamu alanlarının aydınlatması amacıyla kurulan aydınlatma tesisleri için harcanan elektrik enerjisi, genel harcanan elektrik enerjisi içerisindeki oranı oldukça fazladır [1].

2021 yılında Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu'na yayınlanan 2020 yılına ait Elektrik Piyasası Gelişim Raporu'na göre toplam tüketilen elektrik enerjisinin %2,18'i, genel aydınlatma olan yol ve sokak aydınlatmalarında kullanılmıştır. COVID-19 pandemisine rağmen 2020 yılında 5.095.836 MWh elektrik enerjisi harcanmıştır. Bu rakam harcanan miktarın 2020 yılında bir önceki yıla göre %0,8 oranında artmış olduğunu göstermektedir [2].

Günümüzde ihtiyaç duyulan enerjinin büyük bir kısmı hidroelektrik santrallerden ve termik santrallerden sağlanmaktadır. Ana enerji kaynağı olarak fosil yakıt tercih edilmektedir. Bunun sonucunda fosil yakıt rezervleri tükenme noktasına gelmiştir. Fosil yakıtlar kullanım sürecinde birçok çevre sorununa neden olmuş ve olmaya da devam etmektedir. Fosil yakıtların enerji üretim sürecinden dolayı çevreye karbondioksit gazı salınmaktadır. Tükenme riski taşıyan fosil yakıtların gaz emisyonları tehlikeli boyutlara ulaşmıştır. Bu nedenlerle fosil yakıt tüketiminin sınırlandırılması gerekmektedir. Fosil yakıtların alternatifi olarak temiz ve yenilenebilir enerji kaynakları kullanılmaya başlanmıştır. Ancak kesintili üretim, enerji üretiminde devamlılığın olmaması ve ileriye dönük net kapasite verilerinin elde edilememesi yenilenebilir enerji ile ilgili en büyük problemlerdir [3]. Enerji için böyle bir talep var iken günümüz koşullarında kullanılan enerjinin en verimli ve ekonomik şekilde kullanılması gerekmektedir. Hammadde maliyetlerinin artması ile üreticilerin maliyet tasarrufuna gitmeye

alışması ve toplumsal bilincin artması ile çevreye saygı duymaya yönelik teknolojilerin geliştirilmesine yönelik çeşitli çözümler sunulmaktadır. Bu zm onerilerinden biri de aydınlatma için Işık Yayan Diyot (Light Emitting Diode – LED) teknolojisidir [4].

LED teknolojisinde her geçen gün yeni yöntemler geliştirmektedir. LED'ler ayrıca uzun ömür, yüksek verimlilik, düşük maliyet ve geniş uygulanabilirlik açısından dünyada geniş bir aē yelpazesine sahiptir. LED'lerin üretim maliyetinin düşmesi ve geleneksel aydınlatmaya göre daha verimli olması nedeniyle, i ve dış aydınlatma giderek yerini LED aydınlatmaya bırakmaktadır. Beyaz, parlak ve yüksek güçlü LED'lerin üretimi, sokak aydınlatmasında LED'lere olan talebi daha da artırmıştır. Ayrıca günümüz LED teknolojisi verimlilik açısından çok büyük ilerlemeler kaydetmiştir. Artık G LED'ler üretilmektedir. Bu LED'ler yüksek gvenilirliēe, güçlü ışık kontrol zelliēine ve uzun ömre (50.000 ila 100.000 saat) sahiptir [5]. Farklı bir yöntem olarak kullanılan akıllı sokak lambası sistemi, kamu sokak aydınlatmasının maliyetini %50-70 oranında azaltabilmektedir [6]. LED teknolojisi ile akıllı sokak aydınlatması birlikte kullanılabilmektedir [7]. Sokak aydınlatma direēine yerleştirilen sokak aydınlatma denetleyicisi, LED sokak ışıklarını trafik akışına göre kontrol etmektedir. Sistemi izlemek amacıyla sokak aydınlatma kontrolöründen baz istasyonuna kablosuz teknoloji ile veri iletilir. Kontrol sistemin çalışması, otomatik mod ve manuel mod şeklindeyir. Kontrol sistemi sayesinde ışık istenilen zamanlarda açılıp kapanabilecek ve gerektiēinde sokak lambasının yoēunluēu deēiřtirmektedir [8].

Fuji ve diēerlerinin 2013 yılındaki çalışmasında, gün ıřıēı sensörleri, hareket sensörleri ve lambalar arasındaki haberleşme yoluyla bir aē oluşturulmuştur. Bir yaya sokaēa girdiēinde, sensör bu bilgiyi algılayacak ve bu bilgiyi yayanın ilerisinde bulunan tüm lambalara iletilmektedir. Lambaların sırayla açılıp kapanması ile tasarruf saēlanmıřtır [9].

Bhangdiya, 2017 yılında yaptıēı çalışmada akıllı kontrol sistemi ile düşük güç tüketimi saēlamak için sokak aydınlatmasında LED lambaları tercih etmiştir. Sisteminde hareket sensörleri kullanılmıştır. Hareket sensörü, LED ıřıēının parlaklıēını deēiřtirmek için kullanılır. Herhangi bir hareket algılanmadıēında lambanın parlaklıēı kısarak enerji tasarruf moduna geçmesi, bir hareket algılandıēında ise tam enerji ile çalışması hedeflenmiştir. Bu şekilde g tasarrufu saēlanmıřtır [10].

Demirtaş M ve Çelik (2017), LED sokak aydınlatma sistemini kullanarak yayaların ve araçların trafik yoğunluğunu algılayabilen, çalışma saatlerini belirleyip kontrol edebilen akıllı bir LED sokak aydınlatma sistemi tasarlamıştır. Önerilen sistemin amacı, aydınlatılacak yerin yoğunluk haritasını çıkarmak ve bu haritaya dayalı olarak aydınlatma karakteristiklerini oluşturmaktır. Bu çalışmada yoğunluk süresine dayalı LED aydınlatma ile klasik LED aydınlatma çalışmaları karşılaştırılmıştır. Hesaplamalara göre %36 oranında güç tasarrufu sağlanmaktadır [11].

Bu tez çalışmasında sokak LED armatürleri kullanılması ile yapılan tasarrufun, armatürlerin yayaların veya araçların konumlarına göre vereceği tepkiler detaylandırılmış ve bu detaylar sisteme öğretilerek daha fazla enerji tasarrufu sağlanması hedeflenmiştir.

Bundan sonraki bölümlerde;

Bölüm 2’ de Led teknolojisini özellikleri, tarihsel gelişimleri, led çeşitleri, sokak aydınlatmada kullanımının klasik sokak aydınlatmalar ile karşılaştırılması ve günümüzde kullanılan akıllı sokak armatürleri ile ilgili bilgiler verilmiştir.

Bölüm 3’ te sistemin öğretilmesi için yapay sinir ağları nedir, yapay sinir ağlarının gruplandırılması, yapay sinir ağ modelleri, öğrenme algoritmaları hakkında bilgiler verilmiştir.

Bölüm 4’ te simülasyonu gerçekleştirip veriler alabileceğimiz ortamın detaylarından bahsedilmiştir. Normal şartlar altında ortamın aydınlatma sınıfına uygun olacak şekilde ortalama aydınlatma düzeyi seviyesinde ne kadar güçte bir armatür olması gerektiği, aydınlatma çalışması yapılarak elde edilmiştir. Bu değer armatürün aydınlatması gereken en uzak nokta için harcadığı maximum gücü ifade etmektedir. Çalışmada bir yayanın örnekleme alanı boyunca direklere olan farklı mesafelerden geçmesiyle led armatürlerin vermesi gereken tepkiler ve led armatürlerin harcadığı güçler sıradan duruma göre karşılaştırılmıştır. Ayrıca yayanın alanındaki konumlarına göre armatürlerin birlikte çalışması gereken güçler belirlenmiştir. Ayrıca YSA kullanarak alandaki konumlandırmada belirli noktalar haricindeki tüm noktalarda armatürlerin çalışma güçleri ortaya konmuştur.



BÖLÜM 2

LED TEKNOLOJİSİ

Işık Yayan Diyot, (Light Emitting Diode, LED) diyot temelli, çoğunlukla ışık yayan yarıiletken bir elektronik devre elemanıdır [12]. LED çipi, P tipi ve N tipi yarı iletkenlerin bir kombinasyonundan oluşur. Foton emisyonu, elektronların negatif kısımdan pozitif kısma geçmesi ve deliklerle birleşmesinin sonucu ile oluşur.

2.1 LED'İN ÖZELLİKLERİ VE FAYDALARI

LED teknolojisinin geleneksel aydınlatma kaynaklarıyla birlikte kullanılması ve hızla gelişmesi, insanların hayatlarını ve birçok geleneksel uygulamayı olumlu yönde değişmesine neden olmuştur. LED'in genel özellikleri aşağıda maddeler halinde belirtilmiştir [13].

1. Ledler yarı iletkenlerdir.
2. Silisyum ana maddeleridir.
3. İçlerinden akım geçtiğinde fotonlar açığa çıkar ve ışık yayarlar.
4. Değişik açılardan ışık verebilirler.
5. LED'in voltaj-akım grafiği üsteldir. Doğru çalışma noktasında LED'de az bir gerilim değişikliğinde oldukça fazla akım değişikliğine sebep olacaktır. Fazla akımdan kaynaklı bozulmayı önlemek için LED'e akımı sınırlamak için seri şekilde direnç bağlanır. Bu durum değişken olan gerilimlerde LED'lerin bozulmasını önler.
6. LED, aynı Zener diyot gibi üzerinde sabit bir gerilim ile çalışır [12].
7. Işık gerekli dalga boyuna sahip olduğundan, renkleri ayırmak için filtrelemlere veya prizmalara ihtiyaç duymazlar.
8. Tüm ışıklar kullanılır. Diğer sıradan lambalarda birazı filtrelenebilir.
9. Enerji tasarrufu sağlamaktadır. 75 W'lık bir lambayı değiştirmek için 10W'lık bir LED yeterlidir. (Ürüne ve tasarımına göre)
10. Yanıtları çok hızlıdır (200 milisaniye).

11. Laboratuvar ortamında test edildiğinde ömürleri uzundur. 100.000 saat kadar çalışabilirler.
12. Ufak boyutu nedeniyle birçok tasarım özelliğine sahiptir.
13. Isınma durumları az olduğundan enerji kaybı az olur. Akkor lambalarda bu değer 2700°C kadar yüksektir.
14. Işık yoğunluğu kolayca ayarlanabilir.
15. Plastik kabuk sayesinde darbe dayanımına sahiptir.
16. Diğer lambalardaki cıva gibi çevreye zararlı ağır metaller içermez [14].

2.2 LED LAMBANIN TARİHSEL GELİŞİMİ

LED'lerin tarihsel gelişim aşamaları aşağıda kronolojik sırayla listelenmiştir.

- LED teknolojisinin uzun bir gelişim geçmişi vardır. 1891'de silisyum karbürün sentezi LED teknolojisinin temelini atmıştır. Daha sonra, 1907'de Henry Joseph Round tarafından yapılan bir deneyde, sarı ışık elde etmek için silikon karbürden bir elektrik akımı geçti. İlk LED bu şekilde ortaya çıkmıştır [12].
- 1920'de Rus bilim adamı Oleg Vladimirovich Losev diyotun ışık yayacağını fark etmiştir. İkinci Dünya Savaşı'nın başlamasından bu yana 39 yaşında ölmüştür ve çalışmaları tamamlanamamıştır.
- 1961'de Gary Pittman ve Bob Biard, Galyum Arsenide (GaSb) alaşımına enerji sağlayarak kızılötesi radyasyonu gerçekleştirdiler. Bu tip LED'ler için patent başvurusunda bulunmuşlardır.
- 1962'de Nick Holonyak Jr, ilk görünür ışık LED'ini icat etmiştir. Bu ona "LED'in Babası" unvanını kazandırmıştır. Galyum arsenit fosfit (GaAsP) katkı maddelerinin kullanılması nedeniyle LED kırmızı ışık yaymaktadır. LED'ler elektronik ürünlerde de artık kullanılmaktadır.
- 1964 yılında LED tipi ekranların ticareti başlamıştır. Bu cihazlar ile el ile imal edildikleri için pahalıdır.
- 1970'lerde hesap makinelerinde ve dijital saat göstergelerinde küçük kırmızı LED'ler gösterge olarak kullanılmaya başlanmıştır.
- 1972'de Siemens Semiconductor Division tarafından ilk kez radyal kılıflı LED üretilmiştir.

- 1980'lerde GaAlAsP malzemeleri kullanılarak ilk nesil kırmızı, sarı ve yeşil süper parlak LED'ler üretilmiştir.
- 1990'larda, InGaAlP malzemeleri kullanılarak ilk nesil turuncu-kırmızı, turuncu, sarı ve yeşil ultra parlak LED'ler üretilmiştir.
- 1991'de Shuji Nakamura, beyaz LED aydınlatma geliştirerek bu alanda diğerlerinden farklı bilimsel çalışma yapmıştır. İlk kez oldukça parlaklığa sahip LED'i tanıtmıştır. İlk mavi LED, yüksek parlaklıkta ışık yayan Nakamura Shuji tarafından geliştirilmiştir.
- 1995 yılında Alberto Barbieri ilk kez beyaz renkli LED'i icat etmiştir.
- Şimdiki zamanda 1 watt ile 3 watt arasında çalışan güç led'ler kullanılmaktadır. Bunun sayesinde yeterli aydınlatma ışığı elde edilmektedir [15].

2.3 LED ÇEŞİTLERİ

LED'ler elektrik güçlerine göre üç farklı başlığa ayrılmaktadır: düşük güçlü, orta güçlü ve yüksek güçlü LED'ler [16].

2.3.1 Düşük Güçlü LED'ler

LED'in gücü 1W'ın altındaysa düşük güçlü LED grubuna girmektedir. Bu LED'ler boyut olarak çok küçüktür, sadece birkaç milimetre çapındadır ve yapıları tek bir yarı iletken oluşmaktadır. Düşük güçlü LED'ler, yüzeye montaj tipi ve ayak tipi olarak tasarlanmaktadır. Ayak tipi 3 mm, 5 mm, 8 mm ve 10 mm taban çaplarına sahiptir. Küçük boyutları nedeniyle bu LED'ler aydınlatma uygulamaları için uygun değildir. Akımları genellikle 1 ile 20 mA arasındadır [17,18].

2.3.2 Orta Güçlü LED'ler

LED'in gücü 1 - 3 W arasında ise orta güçlü LED grubuna aittir. Akımları ise 30 mA / 75 mA / 100 mA / 150 mA seviyelerindedir. Bu LED'ler genellikle yüksek parlaklık gerektirmeyen iç mekan aydınlatmaları için tasarlanmıştır. LED çok parlak olduğu için ev aydınlatmasında insan sağlığına olumsuz etkisi olacağı düşünüldüğünde ara tip bir LED haline gelmiştir [17].

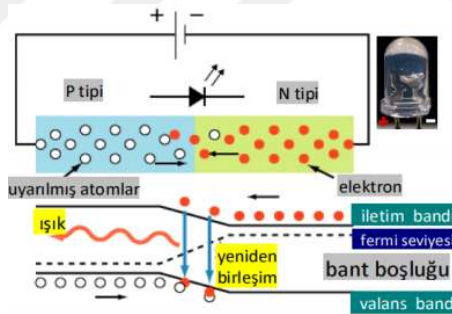
Ayrıca orta güçlü LED'ler acil aydınlatma ürünleri, ışık panelleri ve otomobillerde kullanım alanlarına örnek olarak verilmektedir [16,19].

2.3.3 Yüksek Güçlü LED'ler

Yüksek güçlü LED'lerin gerilimi 3,5V 'a ileri akımı 2A'e kadar ulaşmaktadır. Bu tip LED'in ışık verimliliği 190 lm/W'a kadar çıkabilmektedir. Yüksek güçlü LED'lerin ısı üretimi, LED'lere zarar verebileceğinden ve aynı zamanda ışık verimini azaltabileceğinden, genellikle LED'lerden fazla ısıyı uzaklaştırmak için ısı emicilerle birlikte kullanılmaktadır [19].

2.4 LED'İN ÇALIŞMA PRENSİBİ

Özetle LED'e çalışma prensibi açısından baktığımızda; gerekli voltaj doğru yönde ve doğru değerde uygulandığında aşağıdaki şekilde kırmızı ile gösterilen elektronlar olarak açığa çıkan enerji karşındaki beyaz alana hareket eder. Bu hareket ile açığa çıkan enerjinin, chip içerisinde bulunan kimyasalların etkisiyle foton adı verilen ışık kaynağına dönüşmesi eylemidir.



Şekil 2.1 LED'in İç Yapısı [20].

LED tarafından yayılan ışık, LED çipinin içindeki maddelerin katkıları ilgilidir. LED'in nasıl tipte ışık yanması bekleniyorsa, yarı iletken malzemeye galyum, arsenit, alüminyum, fosfat, indiyum ve nitrit gibi kimyasal maddeler uygun oranda eklenir [21].

Bu, LED çipinin istenen dalga boyunda yayılmasını sağlar. Örneğin kırmızı için (660nm) GaAlAs, sarı (595nm) için InGaAlP, yeşil (565nm) için GaP ve mavi (430nm) için GaN kullanılmaktadır. LED üreten firma, ürün verisinde LED'in yaydığı ışığın dalga boyunu vermektedir. LED çipinde kullanılan katkı maddelerine bağlı olarak aynı renk LED'in dalga boyu farklıdır. Örneğin, InGaAlP katkılı LED'in dalga boyu 640nm'dir; 660nm dalga boyuna

sahip GaAlAs katkılı LED; GaP katkılı LED, 700nm dalga boyuna sahip kırmızı ışık yaymaktadır. Diğer ışık kaynaklarının aksine, LED'ler yalnızca bir renk üretmektedir. Bilinen gibi gün ışığı tüm renklerin karışımıdır. Bu karışım beyaz ışık üretmektedir [21].

Örneğin diğer ışık kaynaklarından kırmızı ışık almak istenirse beyaz ışığın önüne yerleştirilen kırmızı tabaka sadece kırmızı renkteki ışığın geçmesine izin verirken diğer ışık içeride kalacaktır. Diyotların aydınlatmaya en önemli katkısı, ek bir renk değil, sadece bir renk üretmeleridir. LED, kırmızı, yeşil ve mavi gibi tek bir ışık rengi yaymaktadır [21].

Ancak görünmeyen frekanslarda ışık yayan kızılötesi (IR) veya ultraviyole (ultraviyole, UV) LED'ler de vardır [22].

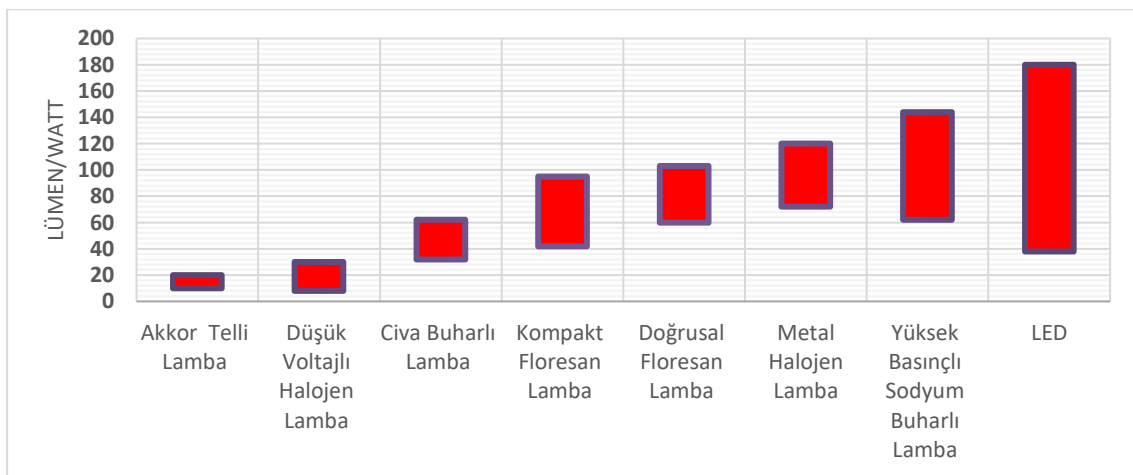
2.5 LED'LERİN AYDINLATMADA KULLANIMI

LED'ler iç ve dış aydınlatma için farklı şekillerde kullanılmaktadır. Evlerde ve ofis gibi iç mekanlarda kullanılan aydınlatma LED'leri, 5W dış mekan aydınlatma LED'lerinden farklıdır. Bunun nedeni 5W LED'in yüksek ışık yoğunluğuna sahip olması ve aydınlatıcı ışığın neredeyse tamamının tek bir noktadan yayılmasıdır. Göz sağlığı için bu elverişsiz durumdan dolayı iç aydınlatma 0,2W gücünde LED'ler kullanılmaktadır. Işık çıkışı ise geniş bir bölüme dağılmaktadır. Dış aydınlatma, iç aydınlatmadan biraz farklıdır. Sokak aydınlatması gibi dış mekan aydınlatmalarında aydınlatma direkleri yüksek güçlü LED'lerden yapılmaktadır. Çünkü gereken ışık miktarı yüksek olmasına rağmen LED lamba gövdesinin sınırlaması keskin ve küçüktür. Ayrıca 20 metre yüksekliğe kadar olan aydınlatma direkleri kullanılırken bu yüksekliğe ulaşmak için daha büyük bir lamba alanına ihtiyaç duyulmaktadır. Uygulamada, insanlar daha az LED kullanmak istemekteler, bu nedenle yüksek güçlü LED'ler genellikle dış mekan aydınlatması için ilk tercihtir. Yüksek güçlü LED'lerin yüksek güç yoğunluğu nedeniyle aktif veya pasif soğutma sistemleri ile soğutulmaları gereklidir. Aksi takdirde zarar görmekte ve ömürleri kısalmaktadır [23].

2.6 LED AYDINLATMANIN KLASİK SOKAK AYDINLATMA KAYNAKLARI İLE KARŞILAŞTIRILMASI

LED teknolojisi ile geliştirilen sokak lambaları, yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların iyi bir alternatifidir. Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar, sokak aydınlatmasında uzun

yıllardır, yüksek ışık çıkışı ve uzun ömürlü olarak kullanılmaktadır. Daha önceki çalışmalar bu geçişin gereksiz olduğunu bulsa da günümüzde kullanılan LED teknolojileri daha verimli ve istikrarlı bir aydınlatma türü haline gelmiştir. Bu kısımda en son LED aydınlatma çözümleri halihazırda kullanılan geleneksel aydınlatma ile karşılaştırılmıştır; sonucun 5 yıl gibi bir sürede sağlanacak faydaların bugünkü değerinin geleneksel aydınlatmanın bugünkü değerinden büyük olduğu sonucuna varılmıştır. Dolayısı ile ülkemizde yapılması planlanan sokak lambası renovasyonu için yapımının uygun olduğu sonucuna varılmaktadır. LED sokak lambalarının faydaları, enerji tüketimi, aydınlatma maliyetleri ve bakım maliyetleri ile sınırlı değildir. LED'ler yönlü ışık kaynakları oldukları için ışık kirliliğinin azaltılmasına da yardımcı olmaktadır. LED'ler uzun ömürlü (50.000, 60.000 veya 90.000 saat) olmasına rağmen bir sisteme dâhil edildiklerinde giriş voltajı, sürücü akımı, sıcaklık gibi faktörlerden dolayı ömürleri kısalmaktadır. Üreticiler, ürünün hizmet ömrünü ve garanti süresini belirlerken bu faktörleri de göz önünde bulundurmaktadırlar. Sokak lambası dönüşümünün üreticisi daha uzun bir garanti süresi (8, 10, 12 yıl) istemektedir. Bu sayede verimlilik ve maliyet-fayda oranı artacaktır. Öte yandan Sokak LED armatürlerinde lambalarının kullanım ömrünü uzatmak için sektör genelinde standardizasyon çalışmaları yapılmalıdır. LED modülü ve elektronik kontrol cihazı (LED sürücüsü) için standart bir ara yüz (LED dizisinin dağılımı, elektriksel özellikler, boyutlar, vida delikleri vb.) oluşturulursa, aydınlatma armatüründe kullanılan bileşenlerin tam değiştirile birliğini sağlamaktadır. Bu sayede bir üretici tarafından sağlanan bir lambadaki bir LED modülü veya LED sürücüsü arızalandığında, başka bir üretici tarafından sağlanan parçalar onarım için kullanılabilir. Böylece LED'i dış etkenlerden koruyan ve çalışması için gerekli koşulları sağlayan lambanın ana gövdesi uzun yıllar kullanılabilir [24].



Şekil 2.2 Lamba Çeşitlerinin Işık Verimlerinin Karşılaştırılması [25].

1968'den beri, yol aydınlatması için yüksek basınçlı sodyum buharlı (HPB) lambalar kullanılmaktadır. Şekil 2.2' de gösterildiği gibi 2009 yılında Çin'de yapılan bir çalışmada, yol aydınlatmasında HPB yerine mevcut aydınlatma verimliliğindeki LED sokak armatürleri kullanıldığında enerji verimliliği ne kadar olacağı, YBSB ve LED armatürlerin verimleri kıyaslanmıştır. Yol aydınlatmasında kullanılan YBSB tipin armatür verimi 70,1 lm/W, LED tipi armatürlerin ise 72,9 lm/W olarak belirlenmiştir. Başlangıç maliyeti, kullanım ömrü, sıcaklık ve aydınlatma verimliliği açısından yapılacak iyileştirmelerle yakın gelecekte LED'lerin en ekonomik ışık kaynağı olacağı öngörülmektedir [26].

2.7 AKILLI SOKAK AYDINLATMA SİSTEMİ

Mevcut durumun aksine sokak aydınlatmalarında uzaktan kumanda ve izleme ve otomasyon sistemlerinin kullanılması bir trend haline gelmiştir. Çoğu kamusal aydınlatmada klasik ışık kaynakları dediğimiz eski tarz aydınlatma kullanılmaktadır. Bu mevcut aydınlatma cihazları da birçok soruna neden olmuştur. Kullanılan bu armatürler insan sağlığına zararlı civa kurşun gibi maddeler içerdiğinden doğaya ve insanlara zararlıdır. Hepimizin bildiği gibi sokak aydınlatması; doğal aydınlatma belli bir seviyenin altına düştüğünde sokak ve caddelerin yapay olarak aydınlatılmasıdır. Ancak sokak lambalarının gün ışığı kaybolmadan önce yanması büyük bir sorun olan enerji israfına neden olmaktadır. Sokak aydınlatması, kullanıcının çevresini daha güvenli hale getirmektedir. Gece trafik kazalarının azaltılması ve yayaların sokakta kendilerini daha güvende hissetmelerini sağlamak sokak aydınlatmasının önemini göstermektedir. Ancak geceleri yolda hareket olmadığında, elektrik israfı anlamına gelmektedir. [27].

Sokak ışıklarını kontrol etmenin birçok yolu vardır. Önce akla manuel kontrol gelmektedir. Ancak bu şekilde yapılan kontrolde hata olasılığı artmakta ve aynı zamanda enerji israfı olmaktadır. Ayrıca, gece boyunca belirli bir zamanda parlaklığı manuel olarak kısmak ve manuel olarak dinamik olarak izlemek mümkün değildir. Türkiye'de yaklaşık 11 milyon sokak lambası vardır. Mevcut durumda herhangi bir alandaki bir veya birden fazla lambanın olası arızalarını tespit edebilmek için vatandaşların veya arıza gruplarının aydınlatma alanını sürekli olarak izlemesi gerekmektedir. Bu durum genel aydınlatma alanlarında güvenlik sorunlarına neden olmuştur. Aydınlatma alanındaki bu sorunlara analitik bir yaklaşım getirmek gerekmektedir [27, 28, 29].

Bu tip sıradan LED sokak aydınlatma sistemi yerine her bir sokağın yoğunluk dağılımı çıkarılarak yoğunluk süresine göre akıllı LED aydınlatma armatürlerinden oluşan bir sistem tasarlamak mümkündür. Belirlenen trafik yoğunluğuna göre LED lambaların parlaklık şiddetin değiştiren bir planlama oluşturulmuştur. LED armatürün çalışması, LED armatürün dimleme fonksiyonu kullanılarak yoğunluk seviyesine göre aydınlatma seviyesi ayarlanarak oluşturulan planlamaya göre tasarlanmıştır. Ve geleneksel LED sokak lambalarından daha fazla enerji tasarrufu sağlamıştır [10].

Ekonominin gelişmesi ve şehirleşme ile birlikte sokak aydınlatma sistemi en önemli unsurlardan biri haline gelmiştir. Bu nedenle sokak aydınlatma sistemlerinde verimli aydınlatma yönetimi ve enerji tasarruflu kontrol sistemlerine geçilmesi oldukça önemlidir [30].

BÖLÜM 3

YAPAY SİNİR AĞI

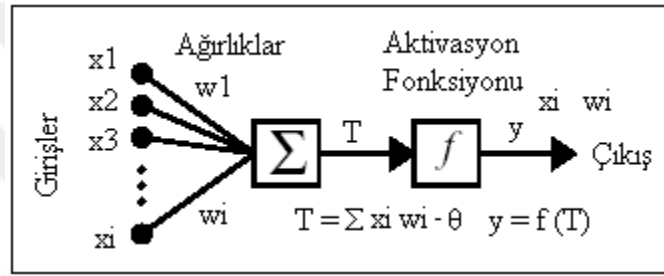
Teknolojik gelişimin temel taşı olarak kabul edilen transistörün icadından bu yana, bilim dünyası, insan beyni gibi kendi kendine karar verebilen yapay bir sistem ve zekayı tasarlamak ve gerçekleştirmek istemektedir. Bu doğrultuda çalışmaya devam etmektedir. Bu çalışmalara ilham kaynağı olarak beynin seçilmesinin temel nedeni, insan beyninin güçlü düşünme yeteneği, geçmiş bilgi ve deneyimlere dayanmaktadır. Genelleme yapma ve sonuç çıkarma ve karar verme gibi becerilere sahip olması ve kısa sürelerde tepki verebilmesidir. Bugün bile insanoğlunun beyni, kapasitesi ve becerileri sınırlamaları daha net olarak anlaşılamamıştır. Bu bağlamda bilim insanları beynin yapısını inceler. Beynin gizemliliğini ortaya çıkarmaktadırlar. Bunu çözmek için ise matematikçiler matematiksel modelini çıkarmak için çalışmalar yapmaktadırlar [31, 32].

Yapay sinir ağlarının (YSA) temeli ilk olarak 1943 yılında atılmıştır. Nörobiyolog Warren McCulloch ve ile başlayarak, Yapay sinir ağlarını göstermek için von Neumann ve Minsky ile işbirliği ile süren çalışmalar bu konuda atılan önemli adımlardandır. 1970'lerde Pratik problemlerin çözümünde öğrenme algoritmalarının olmaması ve Mevcut sınırlı teknik olanaklar nedeniyle, yapay sinir ağları üzerine araştırmalar azalmıştır. 1980'lerin ikinci yarısından sonra bilişim teknolojisinin gelişmesiyle birlikte yapay sinir ağlarının gelişimi yeniden hızlanmıştır. 1986 yılında geri yayılım öğrenme algoritmalarının geliştirilmesi ile karmaşık problemleri çözmek için eğitilmiş çok katmanlı ağ sistemleri kullanılabileceği ispatlanmıştır [31, 32].

3.1 YAPAY NÖRON

Nöron, Şekil 3.1'deki blokta gösterildiği gibi, üç bölümden oluşmaktadır ve YSA'nın temel yapı taşıdır. Bu üç bölüm, toplayıcı birim, ağırlık ve aktivasyon fonksiyonudur. Ağırlık, komşu nöronların çıktısının hazırdaki nöron üzerindeki etkisini belirlemektedir. Her komşu

nöronun çıktısı, mevcut nöronun girdisi olarak kullanıldığında, belirli bir ağırlıkla çarpılır, böylece nöron çıktısı üzerindeki etkiler birbirinden farklı olur. Nöronlar maddelerde farklı önemdeki maddeler bu sebepten ağırlıklandırılır. Belirli bir eşik seviyesi ile toplanmakta ve karşılaştırılmaktadır. Toplam değer eşik seviyesinden yüksekse yukarıdakiler transfer fonksiyonu aracılığıyla, aksi takdirde hücre Girişe yanıt vermemektedir. Ağırlıklı toplamın oluşturulması Denklem 3.1'de açıklanmıştır. Yapay nöronun çıktısı, f nöronun transfer fonksiyonunu temsil ettiği Denklem 3.2'de verilmiştir [K1, K2]. Girdi bilgisindeki her değişiklik çıktıyı etkileyecektir. Bu etkinin büyüklüğü, girişin etki derecesini belirleyen ağırlıklara (w_i), yapay nöronun aktivasyon fonksiyonuna (f) ve toplayıcının eşik değerine (Θ) bağlıdır [31, 32].



Şekil 3.1. Yapay Nöronun Yapısı [32].

$$T = w_1x_1 + w_2x_2 + \dots + w_ix_i - \theta = \sum_{n=1}^i w_nx_n - \theta \quad (3.1)$$

$$y = f(T) \quad (3.2)$$

Yapay nöronların davranışını belirleyen önemli faktörlerden biri aktivasyon fonksiyonudur. Biyolojik nöronlarda, hücre gövdesinin toplam girdisi belirli bir değeri geçtiğinde, nöron kısa darbeler göndermektedir. Benzer şekilde, yapay nöronlar, girdilerin toplamı belirli bir değeri aştığında nöron çıktısına bilgi göndermek için farklı aktivasyon fonksiyonlarına sahiptir. Nöron tasarımında aktivasyon fonksiyonu seçiminde fonksiyonun tek yönlü veya çift yönlü olması, lineer olup olmaması önemlidir.

3.2 YAPAY SİNİR AĞLARIN GRUPLANDIRILMASI

Daha önce de belirtildiği gibi, yapay sinir ağları birbirine bağlı birçok nörondan oluşmaktadır. Ara bağlantı yürütme yöntemi, yapay sinir ağlarının sınıflandırılmasında önemli olan ağın mimarisini belirler. Ayrıca ağ eğitim sürecinde kullanılan öğrenme algoritması da sınıflandırma için bir diğer önemli kriterdir. Aşağıda, yapay sinir ağının mimarisine ve öğrenme algoritmasına dayalı sınıflandırmaların kısa bir açıklamaları yer almaktadır [31, 33].

3.2.1 Ağ Mimarisine Göre Gruplandırma

Yapılan çalışmalarda ileri beslemeli (feed forward), tek katmanlı ileri beslemeli (single layer feed forward), çok katmanlı ileri beslemeli (multi layer feed forward), geri beslemeli (feed back), basit tekrarlamalı (simple recurrent) birçok ağ mimarisi vardır [31, 34].

3.2.1.1 İleri Beslemeli Ağlar (Feed Forward)

İleri beslemeli yapıda ilk katmana girdi bilgisi uygulanır ve son katmandan çıktı bilgisi alınır. Orta katman, girdi katmanı ile çıktı katmanı arasındaki bağlantıyı sağlar ve dış katmanla bilgi alışverişi yapmamaktadır. İleri beslemeli ağ modelinde, herhangi bir katmanda veya katmanlar arasında çıktıdan girdiye geri besleme yoktur, tüm bağlantılar girdiden çıktıya bir veri akışı sağlamak içindir. Literatürde ileri beslemeli ağ modellerini eğitmek için birçok öğrenme algoritması bulunmaktadır. Çok katmanlı algılayıcı (Multi Layer Perceptron, MLP) ve LVQ (Learning Vector Quantization) ağları, bu öğrenme algoritmaları kullanılarak eğitilebilen ileri beslemeli ağ modellerine örnek olarak kullanılmaktadır [31, 32].

3.2.1.2 Geri Beslemeli Ağlar (Feed Back)

İleri beslemeli ağlardan farklı olarak, çıktıdan girdiye katmanlar arasında ve girdiden çıktıya bağlantılar arasında geri besleme vardır. Geri besleme nedeniyle, herhangi bir zamanda çıktı, mevcut ve önceki girdilerden etkilenecektir. Ağ mimarisindeki geri beslemeden dolayı çıktının geçmiş girdiye bağlı olduğundan ağ üzerinde dinamik bellek bulunduğu bahsedilmektedir. Geri besleme ağları çoğunlukla uygulamaları tahmin etmek ve optimizasyon problemlerini çözmek için kullanılmaktadır. Hopfield, Elman ve Jordan ağları bu tür ağlara örnek olarak kullanılabilir [31, 35].

3.2.2 Öğrenme Algoritmasına Göre Gruplandırması

Yapay sinir ağının, modellenecek sisteme ait giriş ve çıkış veriler kullanılarak en az hata ile çıkış üretmek için yapılan ağırlıklarının ayarlanması süreci öğrenme olarak belirtilmektedir. Modellenecek sistemin giriş ve çıkış verileri kullanılarak yapay sinir ağı en küçük hatayla çıktı üretmek için ağırlıklarının belirlenmesi sürecini öğrenme olarak tanımlanır. Öğrenme sürecinin değerlendirme aşamasında, istenilen çıktının elde edilen çıktıya ne kadar yakın olduğuna bakılarak işlemin başarılı olup olmadığını belirlenmektedir. Bu noktada izlenecek yola bağlı olarak üç farklı öğrenme algoritması bulunmaktadır [31].

3.2.2.1 Denetimli Öğrenme (Supervised Learning)

Denetimli öğrenmede, ağ girişine uygulanan girişe yanıt verebilmesi gereken yanıt değerleri de verilmektedir. Ağ tarafından üretilen çıktı ile üretmesi gereken çıktı arasındaki hata miktarı belirlenerek ağın ağırlıkları daha sonra ayarlanmaktadır. Danışman, hata miktarlarının kontrol noktasında etkinleştirmekte ve durumu değerlendirmektedir [31, 36].

3.2.2.2 Denetimsiz Öğrenme (Unsupervised Learning)

Ağa yalnızca giriş verileri uygulanmaktadır ve beklenen çıkış olmadan ağın çıkışı elde edilmektedir. Bu öğrenme türünde girdi verileri arasındaki benzerliğe bakılarak ağın ağırlığı değiştirilmektedir. Başka bir deyişle, ağ bağlantısı ağırlığı aynı niteliklere sahip dokuları temsil etmektedir. Bunları bu şekilde düzenleyerek onları ayırabilmektedir veya maddelerden sonuçlar çıkarabilmektedir. Bu şekilde öğrenme süreci tamamlanmaktadır. Ağ tarafından üretilen çıktı ile gerçek çıktı arasında karşılaştırma için uzmana gerek yoktur [31, 36].

3.2.2.3 Takviyeli Öğrenme (Reinforcement Learning)

Bu öğrenme türünde, ağ tarafından her yinelemenin sonunda verilen girdiye karşılık ağın ürettiği çıktı ile olması gereken çıktı ile arasındaki hata oranı belirlenmektedir. Hesaplanan hata oranı uzmanlar yerine önceden belirlenmiş kriterlere dayalı değerlendirilmektedir. Değerlendirme sonucuna göre ağırlıklar değiştirilmektedir. Takviyeli öğrenmede ağ öğrenimini güçlendirmek için; sonuçlar çıkararak ve modelleme sisteminin girdi ve çıktı verilerini öğrenerek iterasyona devam edilmektedir [31, 36].

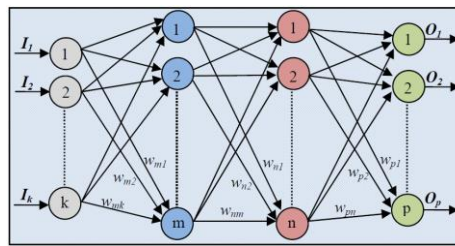
3.3 YAPAY SİNİR AĞI MODELLERİ

Günümüzde yapay sinir ağlarına dayalı uygulamalarda popüler ağ modelleri Çok Katmanlı Preceptron (MLP), radyal tabanlı fonksiyon ağı, LVQ ağı (Learning Vector Quantization), SOM ağı (Self Organising Map), Hopfield ağı, Elman ve Jordan ağıdır. Birçok farklı eğitim algoritması ile Çok Katlı Perseptron yapısı, kullanılabildiği için diğer ağ modellerinden daha iyidir [31, 32].

3.3.1 Çok Katlı Perseptronlar (MLP)

Uygulamada MLP ağının blok diyagramı Şekil 3.2'de gösterilmiştir. Giriş, bir veya birden fazla araya ve çıkış aşamasına sahip olup, öğrenme algoritmaları açısından ileri beslemeli mimariye ve denetimli öğrenme ağına aittir. Daha önce bahsedildiği gibi bu ağ yapısında eğitim için çeşitli öğrenme algoritmaları kullanılabilir; giriş katmanı, çıkış katmanı ve ara katmandaki nöron sayısı problemin karmaşıklığı ile ilgilidir ve bu sayı deneyim temel alınarak belirlenmektedir.

MLP ağında, uygulama girişi için üretilen çıkış ile istenilen çıkış arasındaki hata, kullanılan öğrenme algoritmasına göre yeniden değerlendirilmektedir; hatanın en küçük veya belirtilen iterasyon sayısı olana kadar ağı ağırlığı sürekli değiştirilir. Ek olarak, ağdaki ara bağlantı girişten çıkışa olduğundan, herhangi bir zamanda çıkış sadece mevcut girişin bir fonksiyonu şeklinde ifade edilmektedir. Bu nedenle bu tür ağlara statik ağ da denmektedir [31, 37].



Şekil 3.2 Çok Katmanlı Perseptronlar [31].

3.3.2 Radyal Tabanlı Fonksiyon Ağları

Bu ağlar, ileri beslemeli yapıların örnekleridir ve üç katmanlıdır. Genel olarak konuşursak, bu MLP benzeri ağlar, arayüz nöronları ile MLP'den ayrılmaktadır. Bahsedilen fark, arayüz

nöron tarafından belirlenen merkez adı verilen bir parametre vektörüdür. İşlem, girdi vektörü ile merkez arasındaki öklid mesafesini hesaplamaktır. Arayüz ve giriş birimi arasındaki işlem doğrusal değildir. Fakat çıkış birimi ile ara birim arasındaki hesaplamalar doğrusaldır. Ağın nihai yanıtı, girişin çıkış birimine olan değeri değerlendirilerek belirlenmektedir [31, 32].

3.3.3 LVQ Ağı (Learning Vector Quantization)

Kohonen tarafından geliştirilen ve sınıflandırma problemlerini çözmek için uygulanan LVQ ağı, girdi örneklerinin daha eskiden tanımlanan vektör temsil teknolojisine kadar dayanmaktadır. Öğrenme işlemi bittiğinde, referans vektörünü bulunur. Eğitim sırasında, her girdi vektörü tüm hücrelere uygulanmaktadır. Bu sırada giriş değeri ile nöron arasındaki mesafe hesaplanır, en yakın nöron 1 değerini, diğer nöronlar 0 değerini almaktadır. Girdi vektörü sınıfına 1 değerine sahip bir nöron dahil edilirse girdi vektörüne taşınır, aksi takdirde eğitim vektöründen çıkarılmaktadır. Bu eğitim sürecinde nöronlar kendileriyle ilgili alanlara taşınır ve sınıflandırma sağlanmaktadır [31, 34].

3.3.4 SOM Ağı (Self Organising Map)

Kohonen tarafından geliştirilen bir diğer ağ yapısı SOM ağıdır. SOM ağı, kümeleme işlemlerinde oldukça başarılı olan denetimsiz bir sinir ağı modelidir. Nöronlar n-boyutlu düzenlenmiştir ve her nöron, ağırlığı olmasa bile, diğer tüm nöronlara tamamen bağlıdır. Burada, yanıt veren bir nöron, öğrenme deneyimini komşu nöronlarla paylaşmaktadır. Komşularla öğrenme süreci, Meksika şapkasına (Gauss Eğrisi) benzer ortak bir işlevde gerçekleşir. Mevcut girdi vektörüne en yakın ağırlık vektörünü bularak, bu vektörü ve diğer ağırlık vektörlerini komşuluğunda eğiti. Öğrenme oranını kademeli olarak azaltarak, komşuluğun boyutu da önceden belirlenmiş her döngüde azaltılır. Bu süreç öğrenme kararlı hale gelene kadar devam etmektedir [31, 38].

3.3.5 Hopfield Ağı

Tek katmanlı bir ağıdır. Bu katmandaki her nöron diğer nöronlarla bağlantılıdır. Bu ağın bir özelliği de bir geri bildirim yapısı göstermesi ve eğitiminin yalnızca bir adımda tamamlanması gerektiğidir [31, 34].

3.3.6 Elman Ve Jordan Ağları

Bu ağ yapı olarak MLP'ye benzer ve çok katmanlıdır. Elman ve Jordan ağında arayüz katmanına ek olarak durum katmanı olarak adlandırılan katman da vardır. Geri besleme ağlarını almak için başka bir özel gizli katman daha vardır. Geri bildirmeli ağı bu iki örnek ağda, durum katmanındaki nöronların çıktısı ileriye gizli bir katman verilmektedir. Bağlantıları yalnızca her iki ağda da yönlendirmektedir. Geri besleme bağlantısı dikkate alınmakta ve sabit bir değer verilirse, bu ağlar ortak bilinen ileri beslemeli bir ağ olmaktadır. Ayrıca Jordan ağının durum katmanındaki her bir nöronun kendisine bir bağlantısı vardır [31, 34].

3.4 ÖĞRENME ALGORİTMALARI

Bu bölümde yapay sinir ağları eğitiminde en çok tercih edilen geri yayılım (Back Propagation, BP) ele alınmaktadır. Yayılım, öğrenme algoritması anlatılacaktır.

3.4.1 Geri Yayılım Algoritması

Frank Rosenblatt tarafından önerilen perseptron öğrenme kuralları ve Bernard Widrow ve Marcian Hoff tarafından önerilen LMS algoritması, tek katmanlı bir ağ yapısını eğitmek için tasarlanmıştır. Öte yandan, tek katmanlı ağların sınırlamaları vardır, örneğin, yalnızca doğrusal olarak ayrıştırılabilir sınıflandırma problemlerini çözebilmektedir. Widrow ve Rosenblatt bu kısıtlamaları aşmaya çalıştılar ancak algoritmalarını çok katmanlı bir yapıya uyarlayamamışlardır. Bu alg temel olarak Widrow ve Hoff tarafından tanıtılan LMS öğrenme kurallarını çok katmanlı bir ağa uygulanarak elde edilmiştir [32, 39].

Ağ çıkışındaki hataları ağ üzerinde geriye doğru dağıtan geri yayılım algoritması, matematiksel olarak ispatlanması kolay bir öğrenme algoritmasıdır. Birinci kat Nöron, x_i giriş sinyali hiçbir şey yapmaz, sadece girişle ara katmanlar oluşturmaktadır. Arasında tampon görevi görmekteler.

Orta katmandaki j indeks nöronunun girişine aktarılan girişteki değerler w_{ji} ağırlığı ile çarpılır ve ardından toplanır ve toplam bir $f(y_i)$ fonksiyonudur [31].

$$y_i = f\left(\sum w_{ji} x_i\right) \quad (3.3)$$

Hesaplanan çıktıya göre i . ve j . katlar arası ağırlık değişimi $\Delta w_{ji}(t)$, geri yayılım algoritmaya göre aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\Delta w_{ij}(t) = \eta \delta_i x_i + \beta \Delta w_{ji}(t-1) \quad (3.4)$$

η öğrenme katsayısı, β momentum katsayısı ve δ_j , j indisli nöronun çıkış nöronu veya gizli kat nöronu olup olmamasına bağlı olan bir faktördür [32]. Çıkış nöronları için:

$$\delta_j = \left(\frac{\partial f}{\partial net_j}\right) (y_j^{(t)} - y_j) \quad (3.5)$$

ara birim nöronları için ise:

$$\delta_j = \left(\frac{\partial f}{\partial net_j}\right) \sum_q w_{qj} \delta_q \quad (3.6)$$

ile verilir.

$$net_j = \sum x_j w_{ji} \text{ ve} \quad (3.7)$$

İfadelerde 3.7 denkleminin $y_j^{(t)}$ j . dizin işleme ögesinin hedef çıktısıdır.

Arayüzdeki nöronun herhangi bir hedefi olarak Denklem 3.5 yerine Denklem 3.6'yı kullanılmaktadır. Kendisine bağlı çıktı katmanından başlayarak, tüm nöronların δ_j 'sini hesaplayarak Formül 3.4'e göre tüm bağlantılar için ağırlık güncellemesi yapılmaktadır [31, 32, 39].

3.4.2 Levenberg-Marquardt Geri Yayılım Algoritması

Levenberg-Marquardt (LM) algoritması, Gauss-Newton (GN) algoritması ile gradyan azaltma yönteminin bir birleşimidir. LM algoritmasının Hessian matrisini hesaplamasına gerek yoktur ve birçok uygulamada GN algoritmasından daha kararlı çalışmakta ve daha iyi sonuçlar bulmaktadır [32]. Bu matris, her yinelemede ağ parametre performansının ikinci türevini belirtmektedir. Bu algoritmaların geliştirme ifadeleri aşağıdaki formüllerle verilebilir:

$$X_{k+1} = X_k + \beta p_k \quad (3.8)$$

Burada p_k , arama yönünün performansını azaltmak için seçilen bir faktördür ve β arama yönü boyuncadır. Newton'un ikili türev yöntemleri daha hızlı yakınsasa da, Hessian matrisini hesaplamının zor olması nedeniyle tercih edilen yöntemdir. Birçok ileri beslemeli sinir ağı gibi, performans fonksiyonunun karesi toplam olarak yazılabildiği zamanlarda Hessian matrisi formül 3.9' deki gibi tahmin edilir. Ve türevinde ise formül 3.10'daki yaklaşım kullanılır.

$$H = J^T J \quad (3.9)$$

$$g = J^T e \quad (3.10)$$

Burada J jakobian matrisi, e ise hata değeridir.

Parametrelerin yakınsamasında formül 3.11' daki yaklaşım kullanılır.

$$x_{k+1} = x_k - [J^T J + \mu I]^{-1} J^T e \quad (3.11)$$

μ büyükse, minimuma yaklaşma adımı küçüktür. Bu nedenle başarılı adımda μ değeri azaltılmalı, performans fonksiyonu artarsa μ değeri artırılmalıdır. Ancak, çok büyük Jacobian matrisi, artan hesaplama süresi ve yerden tasarruf bu yöntemin başlıca dezavantajlarıdır [32, 40].

3.4.3 Bayesian Regulation Geri Yayılım Algoritması

Bayesian kuralı (BR) algoritması, ağırlığı ve polarite değerlerini, LM Güncellemek için bir algoritma kullanan bir algoritmadır. Ağırlıklar ve kare hataları BR algoritması, doğrusal kombinasyonu daraltır ve ardından en küçük hatayla bir çıktı üretecek bir ağı yapısı oluşturmak için ağırlıklar ve karesel hatalar arasındaki doğru kombinasyonu belirlemektedir [32, 39, 40].

Ağırlık ve polarite değeri X ile temsil ediliyorsa, BR algoritmasını kullanarak hesaplanan Jacobian matrisi J_X aşağıda gösterilmiştir. Denklemdaki E ağı hatasını, I özdeş matrisi ifade etmektedir.

$$\begin{aligned} J_J &= J_X * J_X \\ J_E &= J_X * E \\ dX &= -(J_J + I * \mu) / J_E \end{aligned} \tag{3.12}$$

Denklem 3.12'deki μ parametresinin değeri değiştirildiğinde, algoritmanın hızı ve hafızası değişecektir. Kullanım esnasında bir denge oluşturulur. BR algoritmasını kullanma sürecinde yeterli eğitimi, birden fazla parametre gerekli değerlere ulaşana kadar devam etmelidir. Maksimum adım boyutuna ulaşmak, karesel hatanın veya kare alma işlemine toplamının birkaç iterasyondan sonra ağırlıkların toplamının aynı kaldığı durumlar algoritmanın optimal çözümü bulunduğunu göstermektedir [39].

3.4.4 Birleşik Gradyent Geri Yayılım Algoritmaları

Temel geri yayılım algoritması, ağırlığı en dik iniş yönünde (gradyentin negatif kısmında) değiştirir. Gradyentin negatif kısmında performans fonksiyonu çok hızlı düşse de, bu en hızlı yakınsamaya yol açmaz. Birleşik gradyan algoritmasında, arama birleşik yön boyunca gerçekleştirilir ve en dik azalan yöne göre daha hızlı yakınsama ile sonuçlanmaktadır [39,41].

Birçok öğrenme algoritması, ağırlıkları güncellemek için gereken süreyi (adım boyutu) belirleyen bir öğrenme oranı parametresine sahiptir. Çoğu bileşik gradyan algoritmasında, adım boyutu her yineleme için ayarlanır. Çözüm uzayında performans fonksiyonunun

minimum değerine ulaşmak için, birleşik gradyan yönünde adım boyutunun değerini belirlemek için bir arama yapılır. Bu amaçla farklı araştırma algoritmaları geliştirilmiştir. Bu arama algoritmalarından bazıları, mevcut eğitim algoritmalarının ihtiyaçlarını karşılar, ancak en iyi seçim, belirli uygulamaya bağlı olarak değişebilmektedir. Bileşik gradyan algoritması, sonuçlar bir problemde diğerine değişse de, diğer değişken öğrenme oranlı geri yayılım algoritmalarından daha hızlı çalışmaktadır. Gerçek řu ki; bileşik gradyan algoritması daha az bellek gerektirir. Dolayısıyla çok sayıda nörona sahip bir ağın eğitiminde bu algoritmaların seçilmesi yanlış bir seçim olmayacaktır [39, 42].





BÖLÜM 4

SİSTEM MODELİ

Bu tez çalışmasında sokak armatürlerinin ortamdaki kişi yoğunluğuna bağlı olarak uygun ışık seviyelerinde değişken güç değerleri ile kullanması amaçlanmıştır. Yayaların direklere olan konumlarına göre aydınlık düzeyler ve buna bağlı olarak armatürlerin çalışması gereken güç değerleri belirlenmiştir. LED tipi sokak armatürlerinde elektrik enerjisi tasarrufu oranının artırılması amacıyla armatürlerin etrafında olması gereken aydınlık şiddetine göre armatür güç seviyelerinin analizi yapılmıştır. Bu çalışmaların yapılabilmesi için öncelikle bir uygulama alanı belirlenmiştir.



(a)

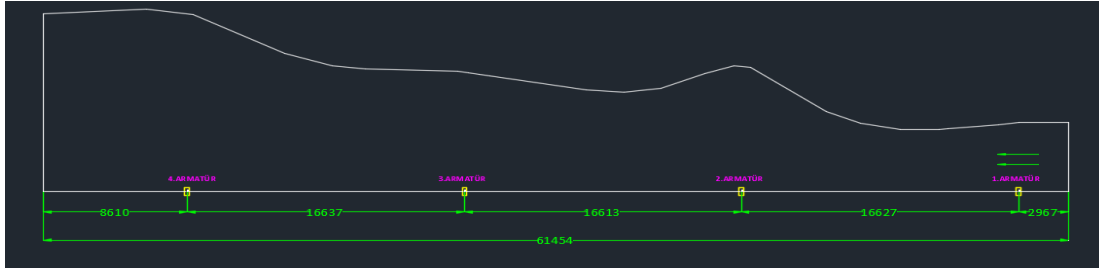


(b)

Şekil 4.1 a) Örnekleme Alanı, b) Armatürlerin Bağlı Oldukları Direk Tipi.

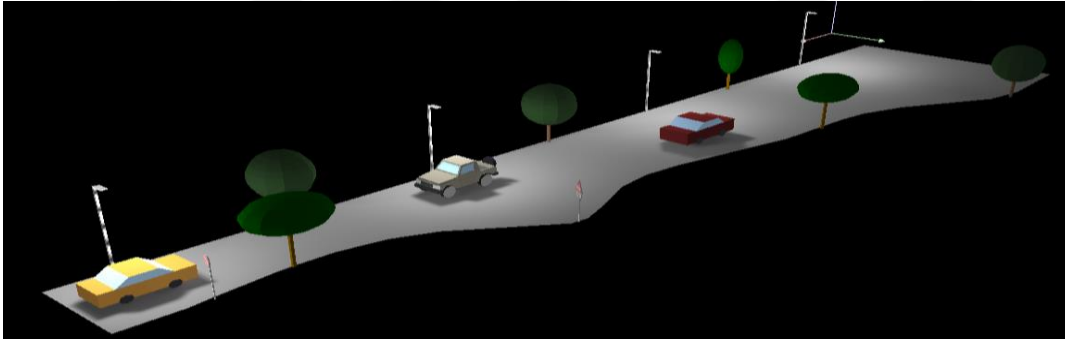
Şekil 4.1’ de gösterilen uygulama alanı 61 metre boyundadır. Direk boyları 5 metre, direklerin kol açıklıkları 1,5 metredir. Kullanılan LED armatürler 20W - 70W arasında güçte enerji tüketmektedirler. Bu kullanılan armatürlerin direklerin etrafında oluşturduğu aydınlık düzeyleri belirlenebilmesi için direk boyu, direk aralığı, direk kol uzunluğu, armatürün açısı,

armatürün cinsi gibi veriler dikkate alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Uygulama alanı farklı değerlerdeki simülasyon çalışmalarını gerçekleyebilmek için bilgisayar ortamına aktarılmıştır.



Şekil 4.2 Sokak Armatürlerinin AutoCAD ile Gösterimi.

Şekil 4.2’de gösterildiği gibi alanın gerçek ölçekte çizimi, AutoCAD programında 4 adet armatürlerin, yolun ve yaya yolunun konumları belirtilmiştir. Alanda direkler arası mesafe 17 metredir. Bu alandaki armatürlerde hali hazırda bulunan sıradan sokak lambaları çalışma şartlarına uygun nitelikte LED sokak armatürleri ile değiştirilmiştir. Bu LED armatür maksimum 70W gücünde, 9500LM (+/-%10) ışık akısı olan, 3000-6500K arasında sıcaklığında, güç değeri değiştirilebilir özelliklere sahiptir [43].



Şekil 4.3 Çalışma Yapılacak Alanın Simülasyon Gösterimi [44].

Çizimi yapılan alan aydınlatma çalışmasının yapılabilmesi için DIALUX ortamına aktarılmıştır. Şekil 4.3’te gösterildiği gibi gerçek ölçülerde konumlanmış, kaldırımı ve etrafında ağaçların olduğu araç ve yaya trafiğine açık ortamında simülasyon yapılmıştır [44].

4.1 UYGULAMA ALANINA İDEAL GÜÇTE LED ARMATÜR SEÇİMİ

LED armatürlerin çalışması gereken güç değerleri belirlenirken; Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Elektrik Dış Aydınlatma Yönetmeliğine göre, yaya alanlarındaki değişik yol tipleri

Çizelge 4.1 Yaya Alanlarındaki Değişik Yol Tipleri İçin Aydınlatma Sınıfları ve Önerilen Aydınlik Düzeyi Değerleri [45].

4.1.1 İstenilen Aydınlatma Şiddetine Uygun Armatürün Seçilmesi

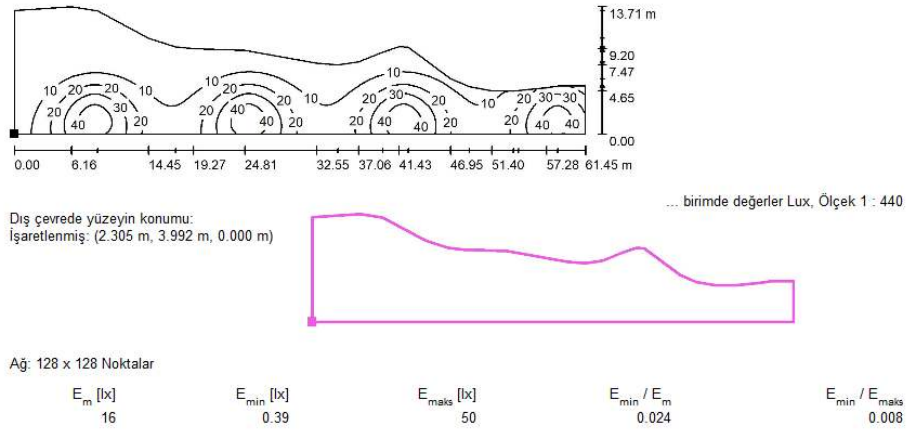
... birimde değerler Lux, Ölçek 1 : 440

Dış çevrede yüzeyin konumu:
 İşıretlenmiş: (2.305 m, 3.992 m, 0.000 m)

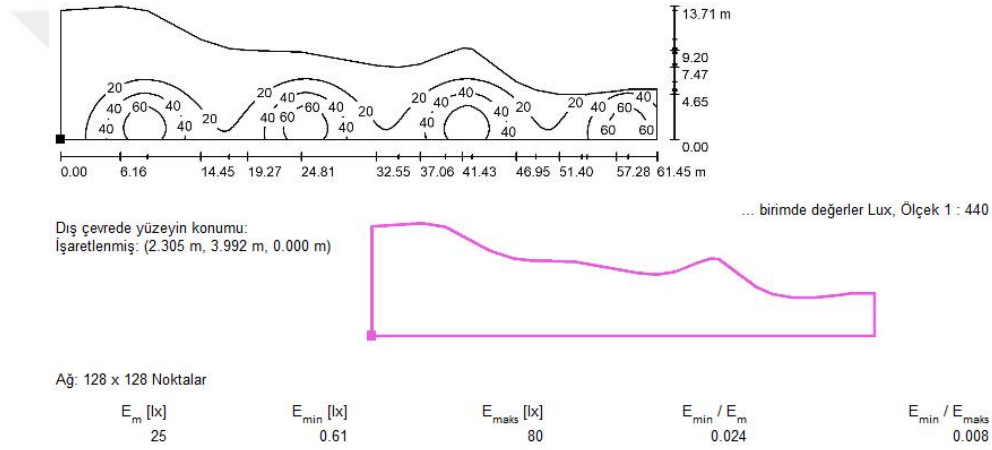
Ağ: 128 x 128 Noktalar

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{maks} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{maks}
8.79	0.22	28	0.024	0.008

Şekil 4.4 20W LED Armatürün Değer Eğrileri (E).



Şekil 4.5 40W LED armatürün Değer Eğrileri (E).

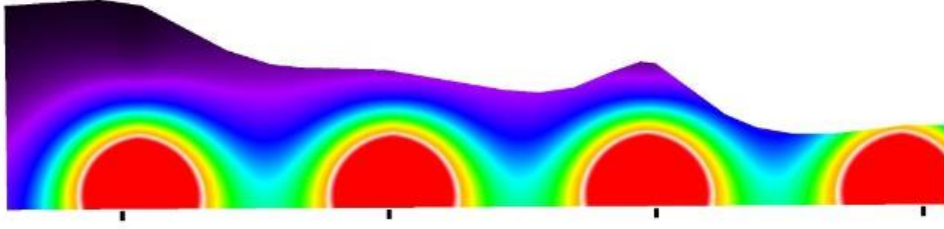


Şekil 4.6 70W LED Armatürün Değer Eğrileri (E).

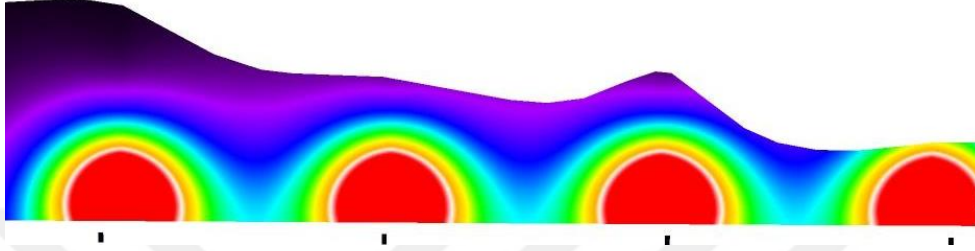
Şekil 4.4, Şekil 4.5, Şekil 4.6 Aydınlatma çalışması değer eğrilerinden yola çıkarak aydınlatması gereken, iki direğin arasını eşit iki parçaya bölecek kenarortayın en son noktanın 20 lüks aydınlatma şiddetinde aydınlatabilmek için maksimum 70W LED armatürün, 10 lüks aydınlatma şiddetinde aydınlatabilmek için maksimum 70W LED armatürün, 5 lüks şiddetinde aydınlatabilmek için maksimum 50W LED armatürün kullanılması gerektiği anlaşılmıştır.

4.1.2 Güçlere Göre Armatür Kullanımının Analiz Edilmesi

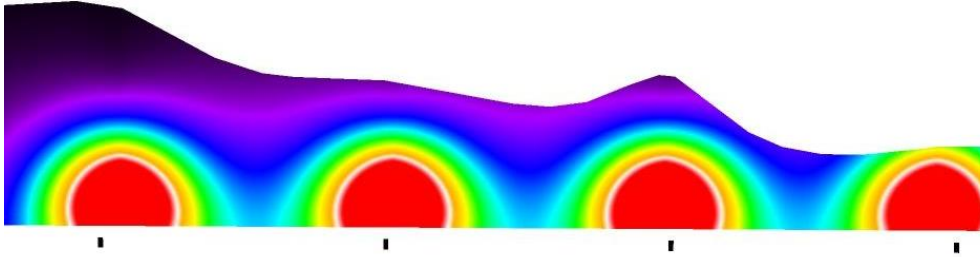
Uygulama alanında kullanılan 4 adet armatürlerin hepsi aynı anda 70W'dan daha düşük seviyelerde kullanılması ile aydınlatma düzeylerinde yaşanan farklılıklar Şekil 4.7' den Şekil 4.12' ye kadar gösterilmiştir. Şekil 4.13' te renklerin aydınlık düzeyinde kaç lüks olduğu belirtilmiştir.



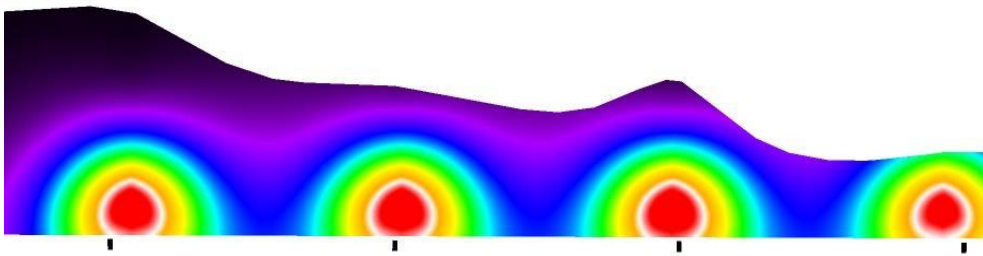
Şekil 4.7 70W LED Armatürün Yanlış Renkler Görüntülenmesi (Lx).



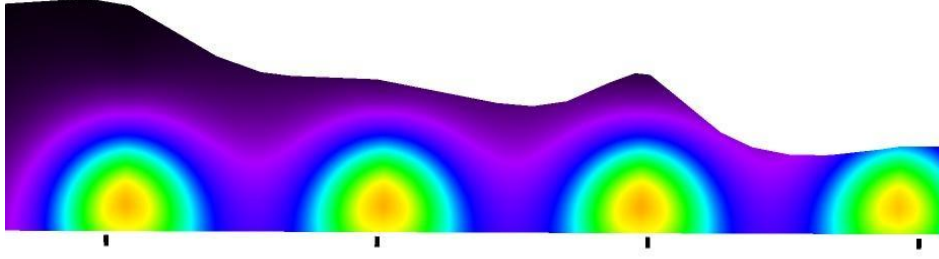
Şekil 4.8 60W LED Armatürün Yanlış Renkler Görüntülenmesi (Lx).



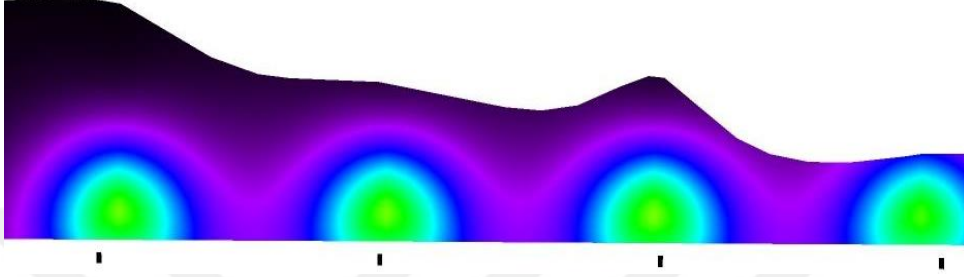
Şekil 4.9 50W LED Armatürün Yanlış Renkler Görüntülenmesi (Lx).



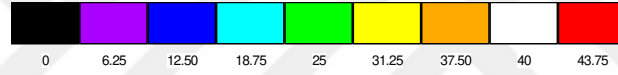
Şekil 4.10 40W LED Armatürün Yanlış Renkler Görüntülenmesi (Lx).



Şekil 4.11 30W LED Armatürün Yanlış Renkler Görüntülenmesi (Lx).



Şekil 4.12 20W LED Armatürün Yanlış Renkler Görüntülenmesi (Lx).



Şekil 4.13 Aydınlik Renk Cetveli (Lx).

Şekil 4.7 – 4.12’ den anlaşıldığı gibi istenilen yerdeki aydınlatma düzeyinin, aydınlatma kaynağına olan uzaklıkları artıka LED sokak armatürlerinin güçlerinin artması gerekmektedir. Bu durumda aydınlatma kaynağına yakın mesafeden geçen bir araç veya yaya için gereksiz bir aydınlık seviyesi olacak ve enerji tüketiminin boşa harcanmasına sebep olacaktır.

4.2 SİSTEMİN ARMATÜR KESİM NOKTALARINDA VERECEĞİ TEPKİLER

Önerilen sistemde iki armatürün aydınlatılan yüzeylerinin birleşim noktalarında istenilen aydınlatma şiddetinin (5, 10, 20 lüx) olabilmesi için iki armatür beraber belirli oranlarda kısılıp açılarak çalışmaktadır. Yaya veya araçların iki armatür arasındaki hangi konumlarda armatürlerin ne kadar bir güç ile çalışması gerektiği simülasyon değerleri işlenerek elde edilmiştir.

Çizelge 4.2 5 Lüks Sağlamak İçin Konumlara Göre Armatürlerin Çalışma Güçleri.

[illegible]

Çizelge 4.3 10 Lüks Sağlamak İçin Konumlara Göre Armatürlerin Çalışma Güçleri.

[illegible]

Çizelge 4.4 20 Lüks Sağlamak İçin Konumlara Göre Armatürlerin Çalışma Güçleri.

[illegible]

Armatürlerden biri X:0, Y:0 noktasında diğeri ise X:17, Y:0 noktasındadır. Çizelge 4.4' den örnek verilirse X:7, Y:1 noktasında 20 lüks aydınlatma şiddetinin sağlanabilmesi için 1. Armatürün 60W ikinci armatürün 50W gücünde çalışması gerektiği çıkartılmaktadır. Bu tablolar oluşturulurken iki farklı değerlerin aynı noktaya gelmesi durumunda düşük güç watt değeri seçilmiştir.

4.3 GÜÇ VERİMLİĞİ AÇISINDAN HARCAMA VERİLERİN ELDE EDİLMESİ

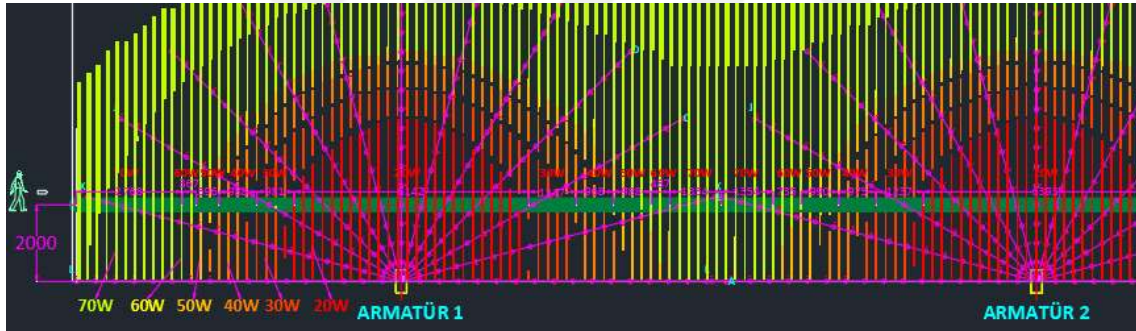
Yapılan çalışmada bir yayanın örnekleme alanında 61 mt boyunca yürümesinde yayanın önü 20 lüks, 10 lüks ve 5 lüks aydınlatma şiddetlerine uygun olacak şekilde armatürlerin ne kadar

sürede ne kadarlık güç ile yanması gerektiği Çizelge 4.2 - 4.4' e göre analiz edilmiştir. Analiz boyunca sokak armatürünün altında yaya yok iken armatürler en düşük seviye olan 20W gücünde yanmaktadırlar.

4.3.1 20 Lüks Aydınlatma Çalışması İçin Elde Edilen Veriler

61 metre boyunca 20 lüks aydınlatma şiddeti ile aydınlatılması için örnek değerler alınırken sokak armatürlerine aydınlatılması gereken 2 m mesafeden, 3 m mesafeden, 4 m mesafeden geçen yaya için armatürlerin harcadığı enerji değerleri çıkartılmıştır.

Sokak armatür direklerden 2 m ileri mesafeden yürüyen yayanın 61 m boyunca önünün 20 lüks seviyesinde kalması sağlanacak şekilde armatürlerin simülasyona göre harcadığı enerji tüketimi hesaplanmıştır. Simülasyon programından alınan değer eğrileri ve armatürleri belirli mesafelerde lüks değerlerini gösteren çizelge Şekil 4.14' deki gibidir.

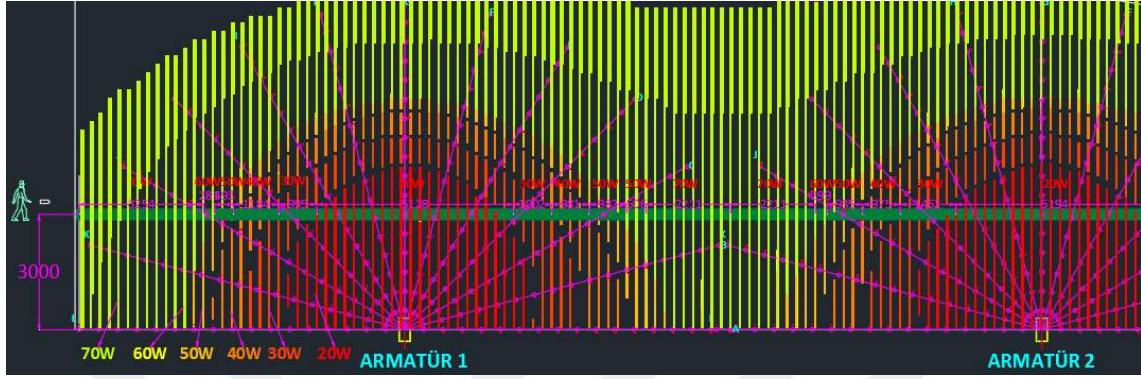


Şekil 4.14 20w'dan 70w' a Kadar 2m de Değer Grafikleri.

Çizelge 4.5 2m' den geçen yayanın 20 Lüks aydınlık düzeyinde armatürlerin enerji seviyesine göre aldıkları yol (mm).

2m'DEKİ DEĞERLER								
GÜÇ	4. ARMATÜR (mm)		3. ARMATÜR (mm)		2. ARMATÜR (mm)		1. ARMATÜR (mm)	
20w	6142		6393		6664		5695	
30w	981	1247	1237	1217	1053	1021	1121	
40w	988	968	975	393	849	979	1237	
50w	596	988	990	738	972	744	1013	
60w	367	487	735	722	749	965	706	
70w	2768	1354	1354	1359	1359	1235	1235	

Sokak armatür direklerden 3 m ileri mesafeden yürüyen yayanın 61 m boyunca önünün 20 lüks seviyesinde kalması sağlanacak şekilde armatürlerin simülasyona göre harcadığı enerji tüketimi hesaplanmıştır. Simülasyon programından alınan değer eğrileri ve armatürleri belirli mesafelerde lüks değerlerini gösteren çizelge Şekil 4.15’ deki gibidir.

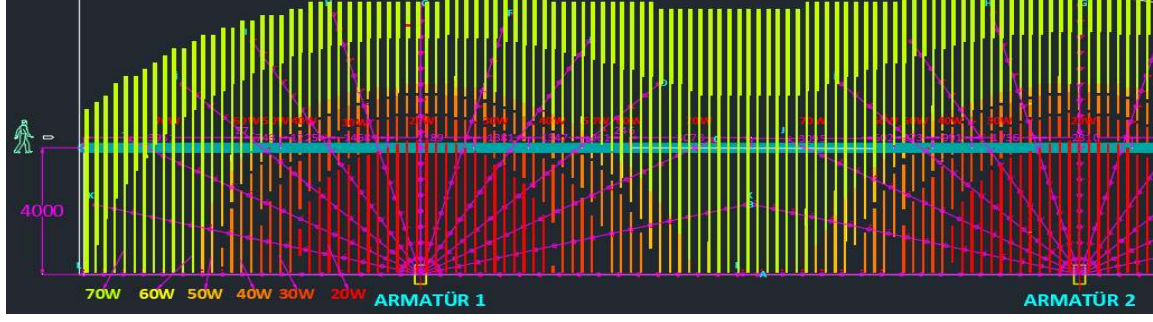


Şekil 4.15 20w’den 70w’ a Kadar 3m de Değer Grafikleri.

Çizelge 4.6 3m’ den Geçen Yayanın 20 Lüks Aydınlık Düzeyinde Armatürlerin Enerji Seviyesine Göre Aldıkları Yol (mm).

3m’DEKİ DEĞERLER								
GÜÇ	4. ARMATÜR (mm)		3. ARMATÜR (mm)		2. ARMATÜR (mm)		1. ARMATÜR (mm)	
20w	5128		5194		5439		4466	
30w	995	1002	1452	1217	1231	1183	1197	767
40w	1184	981	975	985	1011	987	1227	
50w	493	982	935	498	724	990	897	
60w	281	506	299	600	485	261	585	
70w	3254	2211	2211	2155	2155	2078	2078	

Sokak armatür direklerinden 4 m ileri mesafeden yürüyen yayanın 61 m boyunca önünün 20 lüks seviyesinde sağlanacak şekilde armatürlerin simülasyona göre harcadığı enerji tüketimi hesaplanmıştır. Herhangi bir yaya veya araç olmadığı durumlarda armatürler 20W gücünde bekleme aydınlık seviyesinde yanmaya devam edeceklerdir. Bir yaya ortalama 4 KM/s hız ile yürümektedir. Simülasyon programından alınan değer eğrileri ve armatürleri belirli mesafelerde lüks değerlerini gösteren çizim Şekil 4.14’ deki gibidir.



Şekil 4.17 20w'dan 70w' a Kadar 4m de Değer Grafikleri.

Çizelge 4.7 Sokak Armatürlerin İlerisinde 4m' den Geçen Yayanın 20 Lüks Aydınlatma Düzeyinde Armatürlerin Enerji Seviyesine Göre Aldıkları Yol (mm).

4m'DEKİ DEĞERLER (20 lüks)								
GÜÇ	4. ARMATÜR (mm)		3. ARMATÜR (mm)		2. ARMATÜR (mm)		1. ARMATÜR (mm)	
20w	2189		2310		2705		1979	
30w	1468	1381	1736	1820	1466	1478	1709	1712
40w	1225	1347	991	983	1233	997	1239	
50w	743	961	973	771	893	726	971	
60w	271	246	502	498	523	490	490	
70w	3951	3073	3095	3066	2797	3075	3075	

Örneğin Çizelge 4.7' de gösterildiği gibi yaya 2189 mm aldığı yol boyunca 4. Armatür 20W gücünde çalışmaktadır. Aynı şekilde 2849 mm boyunca aldığı yolda ise 4. Armatür 30W gücünde yanacaktır. Burada alınan yol yayanın ortalama yürüme hızına göre ne kadar süre boyunca yandığını çıkarmak amaçlı bulunması gereken veridir.

4.3.2 10 Lüks Aydınlatma Çalışması İçin Elde Edilen Veriler

61 metre boyunca 10 lüks aydınlatma şiddeti ile aydınlatılması için örnek değerler alınırken sokak armatürlerine aydınlatılması 2 m mesafeden, 3 m mesafeden, 4 m mesafeden ve gereken maksimum nokta olan 6,5 m mesafeden geçen yaya için armatürlerin harcadığı enerji değerleri çıkartılmıştır.

Sokak armatür direklerinden 2 m ileri mesafeden yürüyen yayanın 61 m boyunca önünün 10 lüks seviyesinde sağlanacak şekilde armatürlerin simülasyona göre harcadığı enerji tüketimi hesaplanmıştır.

Çizelge 4.8 Sokak Armatürlerin İlerisinde 2m’ den Geçen Yayanın 10 Lüks Aydınlik Düzeyinde Armatürlerin Enerji Seviyesine Göre Aldıkları Yol (mm).

2m'DEKİ DEĞERLER (10 lüks)								
GÜÇ	4. ARMATÜR (mm)		3. ARMATÜR (mm)		2. ARMATÜR (mm)		1. ARMATÜR (mm)	
20w	15000		13000		13000		11000	
30w	900	700	700	700	700	700	700	400
40w	15000		13000		13000		11000	

Sokak armatür direklerinden 3 m ileri mesafeden yürüyen yayanın 61 m boyunca önünün 10 lüks seviyesi sağlanacak şekilde armatürlerin simülasyona göre harcadığı enerji tüketimi hesaplanmıştır. 10 lüks değeri 20 lüks aydınlatma şiddetine göre düşük olduğundan ve 3 metre ileri baz alındığından armatürler maksimum 50W gücünde çalışmaktadır.

Çizelge 4.9 Sokak Armatürlerin İlerisinde 3m’ den Geçen Yayanın 10 Lüks Aydınlik Düzeyinde Armatürlerin Enerji Seviyesine Göre Aldıkları Yol (mm).

3m'DEKİ DEĞERLER (10 lüks)								
GÜÇ	4. ARMATÜR (mm)		3. ARMATÜR (mm)		2. ARMATÜR (mm)		1. ARMATÜR (mm)	
20w	12000		10000		10000		7000	
30w	1200	1000	1000	1000	1000	1000	1000	800
40w	1200	1000	1000	1000	1000	1000	1800	
50w	950	750	750	750	750	750	1300	

Sokak armatür direklerinden 4 m ileri mesafeden yürüyen yayanın 61 m boyunca önünün 10 lüks seviyesi sağlanacak şekilde armatürlerin simülasyona göre harcadığı enerji tüketimi hesaplanmıştır. Herhangi bir yaya veya araç olmadığı durumlarda armatürler 20W gücünde bekleme aydınlık seviyesinde yanmaya devam edeceklerdir. Bir yaya ortalama 4 KM/s hız ile yürümektedir.

Çizelge 4.10 Sokak Armatürlerin İlerisinde 4m’ den Geçen Yayanın 10 Lüks Aydınlik Düzeyinde Armatürlerin Enerji Seviyesine Göre Aldıkları Yol (mm).

4m'DEKİ DEĞERLER (10 lüks)								
GÜÇ	4. ARMATÜR (mm)		3. ARMATÜR (mm)		2. ARMATÜR (mm)		1. ARMATÜR (mm)	
20w	14000		11100		11000		11000	
30w	1050	875	875	875	875	875	1575	
40w	1000	750	750	750	750	750	1250	
50w	700	500	500	500	500	500	800	

Sokak armatür direklerinden 6,5 m ileri mesafeden yürüyen yayanın 61 m boyunca önünün 10 lüks seviyesi sağlanacak şekilde armatürlerin simülasyona göre harcadığı enerji tüketimi hesaplanmıştır. Herhangi bir yaya veya araç olmadığı durumlarda armatürler 20W gücünde bekleme aydınlık seviyesinde yanmaya devam edeceklerdir. Bir yaya ortalama 4 KM/s hız ile yürümektedir. Armatürlerin kesişim noktalarında da 10 lüks aydınlatma şiddeti istendiğinden max 70W gücünde çalışmaktadır.

Çizelge 4.11 Sokak Armatürlerin İlerisinde 6,5 m’ den Geçen Yayanın 10 Lüks Aydınlık Düzeyinde Armatürlerin Enerji Seviyesine Göre Aldıkları Yol (mm).

6,5 m’ DEKİ DEĞERLER (10 lüks)								
GÜÇ	4. ARMATÜR (mm)		3. ARMATÜR (mm)		2. ARMATÜR (mm)		1. ARMATÜR (mm)	
40w	2650	2325	2325	2325	2325	2325	4325	
50w	2100	1800	1800	1800	1800	1800	3300	
70w	3900	3500	3500	3500	3500	3500	6600	

4.3.3 5 Lüks Aydınlatma Çalışması İçin Elde Edilen Veriler

65 metre boyunca 5 lüks aydınlatma şiddeti ile aydınlatılması için örnek değerler alınırken değerlerin düşük olmasından kaynaklı olarak sokak armatürlerine 4 m mesafeden, 5 m mesafeden, 6,5 m mesafeden geçen yaya için armatürlerin harcadığı enerji değerleri çıkartılmıştır.

Sokak armatür direklerinden 4 m ileri mesafeden yürüyen yayanın 61 m boyunca önünün 5 lüks seviyesinde sağlanacak şekilde armatürlerin simülasyona göre harcadığı enerji tüketimi hesaplanmıştır. Herhangi bir yaya veya araç olmadığı durumlarda armatürler 20W gücünde bekleme aydınlık seviyesinde yanmaya devam edeceklerdir.

Çizelge 4.12 Sokak Armatürlerin İlerisinde 4m’ den Geçen Yayanın 5 Lüks Aydınlık Düzeyinde Armatürlerin Enerji Seviyesine Göre Aldıkları Yol (mm).

4m’DEKİ DEĞERLER (5 lüks)								
GÜÇ	4. ARMATÜR (mm)		3. ARMATÜR (mm)		2. ARMATÜR (mm)		1. ARMATÜR (mm)	
20w	17000		15000		15000		14000	

Sokak armatür direklerinden 5 m ileri mesafeden yürüyen yayanın 61 m boyunca önünün 5 lüks seviyesinde sağlanacak şekilde armatürlerin simülasyona göre harcadığı enerji tüketimi hesaplanmıştır.

Çizelge 4.13 Sokak Armatürlerin İlerisinde 5 m’ den Geçen Yayanın 5 Lüks Aydınlik Düzeyinde Armatürlerin Enerji Seviyesine Göre Aldıkları Yol (mm).

5 m’DEKİ DEĞERLER (5 lüks)								
GÜÇ	4. ARMATÜR (mm)		3. ARMATÜR (mm)		2. ARMATÜR (mm)		1. ARMATÜR (mm)	
20w	12700		12250		12250		11800	
30w	1850	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1150

Sokak armatür direklerden 6,5 m ileri mesafeden yürüyen yayanın 61 m boyunca önünün 5 lüks seviyesinde sağlanacak şekilde armatürlerin simülasyona göre harcadığı enerji tüketimi hesaplanmıştır.

Çizelge 4.14 Sokak Armatürlerin İlerisinde 6,5 m’ den Geçen Yayanın 5 Lüks Aydınlik Düzeyinde Armatürlerin Enerji Seviyesine Göre Aldıkları Yol (mm)

6,5m’DEKİ DEĞERLER (5 lüks)								
GÜÇ	4. ARMATÜR (mm)		3. ARMATÜR (mm)		2. ARMATÜR (mm)		1. ARMATÜR (mm)	
20w	8500		7000		7000		5500	
30w	3000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	1500
40w	3000	2000	2000	2000	2000	2000	3500	

4.4 ELDE EDİLEN VERİLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Uygulama alanında yürüyen yayanın aldığı yollara göre armatürlerin harcadığı güçler elde edilmişti. Bu yol mesafeleri yayanın hızının 4 KM/s oranlayarak kaç watt güçte armatürün çalıştığı verileri kullanılarak toplam güç tüketimleri karşılaştırılmıştır.

4.4.1 20 Lüks İçin Elde Edilen Verilerin Karşılaştırılması

Yayaların 4 adet direklerin doğrultusuna olan dik 4 metre uzaklıktaki mesafe için, simülasyon gerçekleştirilerek elde edilen değerlere ve yapılan analizlere göre ulaşılan sonuçlar çizelge 4.15’ de verilmiştir. Ortalama yürüme hızında yürüyen bir yaya yaklaşık 55 saniye boyunca ilerlemiş ve yayanın önü 20 lüks seviyesindeki aydınlatma şiddetinde sabit kaldığı

düşünülmüştür. Bu süre boyunca her bir LED sokak armatürü ortalama 24W-28W arasındaki bir seviyede güç tüketimi sağlamıştır.

Çizelge 4.15 20 Lüks 4 m’ de Gerçeklenen Simülasyonda Harcanan Enerjinin Normal Durum İle Karşılaştırılması.

	4. ARMATÜR		3. ARMATÜR		2. ARMATÜR		1. ARMATÜR		
20w	1,972		2,081		2,436		1,782		SANİYE
30w	1,322	1,244	1,563	1,639	1,320	1,331	1,539	1,543	SANİYE
40w	1,103	1,213	0,892	0,885	1,110	0,891	1,116		SANİYE
50w	0,669	0,865	0,876	0,694	0,804	0,654	0,874		SANİYE
60w	0,244	0,221	0,452	0,448	0,471	0,441	0,441		SANİYE
70w	3,559	2,768	2,788	2,762	2,519	2,770	2,770		SANİYE
TOPLAM SÜRE(s)	15,184		15,085		14,759		10,067		55,097
20W YANACAĞI SÜRE(s)	39,912		40,011		40,337		45,029		
TOPLAM HARCANAN ENERJİ(W55s)	1555,036		1530,243		1513,418		1337,502		
ORTALAMA HARCANAN ENERJİ (Wh)	28,22		27,77		27,47		24,28		
SİSTEM OLMADAN ÇALIŞMASI GEREKEN (Wh)	70		70		70		70		
TASARRUF ORANI (%)	59,68%		60,32%		60,76%		65,32%		

Uygulama alanında kullanılan 70W LED armatür standart kullanımda test süresi boyunca yaklaşık 55 saniye boyunca tam güç harcayacaktır. Önerilen sistem ile; 1. Armatür bu sürenin 15,18 saniyesinde değişken güçler kullanmış 39,91 saniyesinde ise en düşük güç olan 20W gücünde çalışmıştır. Tüm bu süre boyunca ortalama 28,22W gücünde çalışarak %59,68 oranında tasarruf sağlamıştır. Diğer tüm armatürlerde bu şekilde hesaplandıklarında toplam %61 oranında enerji tasarrufu sağladığı görülmektedir.

Yayaların 4 adet direklerin doğrultusuna olan dik 3 metre uzaklıktaki mesafe için, simülasyon tekrarlanmıştır. Elde edilen değerlere ve yapılan analizlere göre ulaşılan sonuçlar çizelge 4.16’ de verilmiştir. Ortalama yürüme hızında yürüyen bir yaya yaklaşık 55 saniye boyunca ilerlemiş ve yayanın önü 20 lüks seviyesindeki aydınlatma şiddetinde sabit kalmıştır. Bu süre boyunca her bir LED sokak armatürü ortalama 23W-26W arasındaki bir seviyede güç tüketimi sağlamıştır.

Çizelge 4.16 20 Lüks 3 m’ de Gerçeklenen Simülasyonda Harcanan Enerjinin Normal Durum ile Karşılaştırılması.

	4. ARMATÜR		3. ARMATÜR		2. ARMATÜR		1. ARMATÜR		
20w	4,619		4,67927		4,921		4,023		SANİYE
30w	0,896	0,902	1,308	1,096	1,109	1,065	1,078	0,690	SANİYE
40w	1,066	0,883	0,878	0,887	0,910	0,889	1,105		SANİYE
50w	0,444	0,884	0,842	0,448	0,652	0,891	0,808		SANİYE
60w	0,253	0,455	0,269	0,540	0,436	0,235	0,527		SANİYE
70w	2,931	1,991	1,998	1,941	1,941	1,872	1,872		SANİYE
TOPLAM SÜRE(s)	15,330		14,883		14,904		10,105		55,224
20W YANACAĞI SÜRE(s)	39,893		40,340		40,319		45,118		
TOPLAM HARCANAN ENERJİ(W55s)	1475,882		1431,639		1426,117		1283,216		
ORTALAMA HARCANAN ENERJİ (Wh)	26,79		25,98		25,88		23,29		
SİSTEM OLMADAN ÇALIŞMASI GEREKEN (Wh)	70		70		70		70		
TASARRUF ORANI (%)	61,73%		62,88%		63,02%		66,73%		

Yapılan hesaplamalara göre %63 oranında tasarruf sağlanmıştır.

Son olarak ise yayaların 4 adet direklerin doğrultusuna olan dik 2 metre uzaklıktaki mesafeden geçen bir yayaya göre simülasyon tekrarlanmıştır. Elde edilen değerlere ve yapılan analizlere göre ulaşılan sonuçlar çizelge 4.17’de verilmiştir. Ortalama yürüme hızında yürüyen bir yaya yaklaşık 55 saniye boyunca ilerlemiş ve yayanın önü 20 lüks seviyesindeki aydınlatma şiddetinde sabit kalmıştır. Bu süre boyunca her bir LED sokak armatürü ortalamada 22W-25W arasındaki bir seviyede güç tüketimi sağlamıştır.

Çizelge 4.17 20 Lüks 2 m’ de Gerçeklenen Simülasyonda Harcanan Enerjinin Normal Durum İle Karşılaştırılması.

	4. ARMATÜR		3. ARMATÜR		2. ARMATÜR		1.ARMATÜR		
20w	5,533		5,759		6,003		5,130		SANİYE
30w	0,883	1,123	1,114	1,096	0,948	0,919	1,009	0	SANİYE
40w	0,890	0,872	0,878	0,354	0,764	0,881	1,114		SANİYE
50w	0,536	0,890	0,891	0,664	0,875	0,670	0,912		SANİYE
60w	0,330	0,438	0,662	0,650	0,674	0,869	0,636		SANİYE
70w	2,493	1,218	1,219	1,224	1,224	1,116	1,126		SANİYE
TOPLAM SÜRE(s)	15,212		14,516		14,945		9,916		54,590
20W YANACAĞI SÜRE(s)	39,378		40,074		39,645		44,674		
TOPLAM HARCANAN ENERJİ(W55s)	1406,396		1359,990		1368,432		1232,657		
ORTALAMA HARCANAN ENERJİ (Wh)	25,53		24,68		24,84		22,37		
SİSTEM OLMADAN ÇALIŞMASI GEREKEN (Wh)	70		70		70		70		
TASARRUF ORANI (%)	63,53%		64,74%		64,52%		68,04%		

Yapılan hesaplamalara göre %65 oranında tasarruf sağlanmıştır.

4.4.2 10 Lüks İçin Elde Edilen Verilerin Karşılaştırılması

4 adet direklerin doğrultusuna olan dik 6,5 metre uzaklıktaki mesafeden geçen bir yayaya göre simülasyon gerçekleştirilerek elde edilen değerlere ve yapılan analizlere göre ulaşılan sonuçlar çizelge 4.18’ de verilmiştir. Ortalama yürüme hızında yürüyen bir yaya yaklaşık 55 saniye boyunca ilerlemiş ve yayanın önü 10 lüks seviyesindeki aydınlatma şiddetinde sabit kaldığı düşünülmüştür. Bu süre boyunca her bir LED sokak armatürü ortalamada 28W-29W arasındaki bir seviyede güç tüketimi sağlamıştır.

Çizelge 4.18 10 Lüks 6,5 m’de Gerçeklenen Simülasyonda Harcanan Enerjinin Normal Durum İle Karşılaştırılması.

	4. ARMATÜR		3. ARMATÜR		2. ARMATÜR		1. ARMATÜR		
40w	2,387	2,094	2,094	2,094	2,094	2,094	3,896	0	SANİYE
50w	1,891	1,621	1,621	1,621	1,621	1,626	2,972		SANİYE
70w	3,513	3,153	3,153	3,153	3,153	3,153	5,945		SANİYE
TOPLAM SÜRE (s)	14,665		13,738		13,738		12,815		54,954
20W YANACAĞI SÜRE (s)	40,292		41,216		41,216		42,139		
TOPLAM HARCANAN ENERJİ (W55s)	1627,477		1595,498		1595,495		1563,513		
ORTALAMA HARCANAN ENERJİ (Wh)	29,54		28,96		28,96		28,38		
SİSTEM OLMADAN ÇALIŞMASI GEREKEN (Wh)	70		70		70		70		
TASARRUF ORANI (%)	57,80%		58,63%		58,63%		59,46%		

Yapılan hesaplamalara göre %58 oranında tasarruf sağlanmıştır.

4 adet direklerin doğrultusuna olan dik 4 metre uzaklıktaki mesafeden geçen bir yayaya göre simülasyon gerçekleştirilerek elde edilen değerlere ve yapılan analizlere göre ulaşılan sonuçlar çizelge 4.19’ da verilmiştir. Ortalama yürüme hızında yürüyen bir yaya yaklaşık 55 saniye boyunca ilerlemiş ve yayanın önü 10 lüks seviyesindeki aydınlatma şiddetinde sabit kaldığı düşünülmüştür. Bu süre boyunca her bir LED sokak armatürü ortalamada 22W-23W arasındaki bir seviyede güç tüketimi sağlamıştır.

Çizelge 4.19 10 Lüks 4m’de Gerçeklenen Simülasyonda Harcanan Enerjinin Normal Durum İle Karşılaştırılması.

	4. ARMATÜR		3. ARMATÜR		2. ARMATÜR		1. ARMATÜR		
20w	12,612		10,127		9,909		9,909		SANİYE
30w	0,945	0,788	0,788	0,788	0,788	0,788	1,418	0	SANİYE
40w	0,900	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	1,126		SANİYE
50w	0,630	0,450	0,450	0,450	0,450	0,456	0,720		SANİYE
TOPLAM SÜRE (s)	17,004		13,828		13,738		13,175		57,747
20W YANACAĞI SÜRE (s)	40,743		43,918		44,009		44,572		
TOPLAM HARCANAN ENERJİ (W55s)	1236,261		1224,774		1224,774		1213,28		
ORTALAMA HARCANAN ENERJİ (Wh)	22,44		22,23		22,23		22,02		
SİSTEM OLMADAN ÇALIŞMASI GEREKEN (Wh)	70		70		70		70		
TASARRUF ORANI (%)	67,95%		68,24%		68,24%		68,54%		

Yapılan hesaplamalara göre %68 oranında tasarruf sağlanmıştır.

4 adet direklerin doğrultusuna olan dik 3 metre uzaklıktaki mesafeden geçen bir yayaya göre simülasyon gerçekleştirilerek edilen değerlere ve yapılan analizlere göre ulaşılan sonuçlar çizelge 4,20’ de verilmiştir. Ortalama yürüme hızında yürüyen bir yaya yaklaşık 55 saniye boyunca ilerlemiş ve yayanın önü 10 lüks seviyesindeki aydınlatma şiddetinde sabit kaldığı düşünülmüştür. Bu süre boyunca her bir LED sokak armatürü ortalamada 20W-21W arasındaki bir seviyede güç tüketimi sağlamıştır.

Çizelge 4.20 10 Lüks 3 m’de Gerçeklenen Simülasyonda Harcanan Enerjinin Normal Durum İle Karşılaştırılması.

	4. ARMATÜR		3. ARMATÜR		2. ARMATÜR		1.ARMATÜR		
20w	10,810		9,009		9,009		6,306		SANIYE
30w	1,081	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900	0,720	SANIYE
40w	1,081	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900	1,621		SANIYE
50w	0,855	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	1,171		SANIYE
TOPLAM SÜRE(s)	16,306		13,963		13,963		10,720		54,954
20W YANACAĞI SÜRE(s)	38,648		40,99		40,990		44,234		
TOPLAM HARCANAN ENERJİ(W55s)	1204,504		1193,693		1193,699		1182,882		
ORTALAMA HARCANAN ENERJİ (Wh)	21,92		21,72		21,72		21,52		
SİSTEM OLMADAN ÇALIŞMASI GEREKEN (Wh)	70		70		70		70		
TASARRUF ORANI (%)	68,69%		68,97%		68,97%		69,25%		

Yapılan hesaplamalara göre %70 oranında tasarruf sağlanmıştır.

4 adet direklerin doğrultusuna olan dik 2 metre uzaklıktaki mesafeden geçen bir yayaya göre simülasyon gerçekleştirilerek elde edilen değerlere ve yapılan analizlere göre ulaşılan sonuçlar çizelge 4.21’ de verilmiştir. Ortalama yürüme hızında yürüyen bir yaya yaklaşık 55 saniye boyunca ilerlemiş ve yayanın önü 10 lüks seviyesindeki aydınlatma şiddetinde sabit kaldığı düşünülmüştür. Bu süre boyunca her bir LED sokak armatürü ortalamada 20W seviyede güç tüketimi sağlamıştır.

Çizelge 4.21 10 Lüks 2 m’de Gerçeklenen Simülasyonda Harcanan Enerjinin Normal Durum İle Karşılaştırılması.

	4. ARMATÜR		3. ARMATÜR		2. ARMATÜR		1.ARMATÜR		
20w	13,513		11,711		11,711		9,909		SANİYE
30w	0,810	0,630	0,630	0,637	0,630	0,630	0,630	0,360	SANİYE
40w	0,315	0,279	0,279	0,279	0,279	0,279	0,540		SANİYE
TOPLAM SÜRE(s)	15,549		13,531		13,531		11,441		54,054
20W YANACAĞI SÜRE(s)	38,504		40,522		40,522		42,612		
TOPLAM HARCANAN ENERJİ(W55s)	1107,387		1104,864		1104,864		1101,801		
ORTALAMA HARCANAN ENERJİ (Wh)	20,10		20,05		20,05		20,00		
SİSTEM OLMADAN ÇALIŞMASI GEREKEN (Wh)	70		70		70		70		
TASARRUF ORANI (%)	71,29%		71,35%		71,35%		71,43%		

Yapılan hesaplamalara göre %71 oranında tasarruf sağlanmıştır.

4.4.3 5 Lüks İçin Elde Edilen Verilerin Karşılaştırılması

4 adet direklerin doğrultusuna olan dik 4 metre uzaklıktaki mesafeden geçen bir yayaya göre simülasyon gerçekleştirilerek elde edilen değerlere ve yapılan analizlere göre ulaşılan sonuçlar çizelge 4.22’ de verilmiştir. Ortalama yürüme hızında yürüyen bir yaya yaklaşık 55 saniye boyunca ilerlemiş ve yayanın önü 5 lüks seviyesindeki aydınlatma şiddetinde sabit kaldığı düşünülmüştür. Bu süre boyunca her bir LED sokak armatürü ortalamada 19,95W seviyede güç tüketimi sağlamıştır.

Çizelge 4.22 5 Lüks 4 m’ de Gerçeklenen Simülasyonda Harcanan Enerjinin Normal Durum İle Karşılaştırılması.

	4. ARMATÜR	3. ARMATÜR	2. ARMATÜR	1.ARMATÜR	
20w	15,315	13,513	13,513	12,612	SANİYE
TOPLAM SÜRE(s)	15,315	13,513	13,513	12,612	54,954
20W YANACAĞI SÜRE(s)	39,639	41,441	41,441	42,342	
TOPLAM HARCANAN ENERJİ(W55s)	1099,099	1099,099	1099,099	1099,099	
ORTALAMA HARCANAN ENERJİ (Wh)	19,95	19,95	19,95	19,95	
SİSTEM OLMADAN ÇALIŞMASI GEREKEN (Wh)	50	50	50	50	
TASARRUF ORANI (%)	60,10%	60,10%	60,10%	60,10%	

Yapılan hesaplamalara göre %60 oranında tasarruf sağlanmıştır.

4 adet direklerin doğrultusuna olan dik 5 metre uzaklıktaki mesafeden geçen bir yayaya göre simülasyon gerçekleştirilerek elde edilen değerlere ve yapılan analizlere göre ulaşılan sonuçlar çizelge 4.23’ te verilmiştir. Ortalama yürüme hızında yürüyen bir yaya yaklaşık 55 saniye boyunca ilerlemiş ve yayanın önü 5 lüks seviyesindeki aydınlatma şiddetinde sabit kaldığı düşünülmüştür. Bu süre boyunca her bir LED sokak armatürü ortalamada 20W-21W arasındaki bir seviyede güç tüketimi sağlamıştır.

Çizelge 4.23 5 Lüks 5 m’de Gerçeklenen Simülasyonda Harcanan Enerjinin Normal Durum İle Karşılaştırılması.

	4. ARMATÜR		3. ARMATÜR		2. ARMATÜR		1.ARMATÜR		
20w	11,441		11,036		11,036		10,630		SANİYE
30w	1,666	1,351	1,353	1,351	1,351	1,351	1,351	1,036	SANİYE
TOPLAM SÜRE(s)	14,45		13,738		13,738		13,01		54,955
20W YANACAĞI SÜRE(s)	40,495		41,216		41,216		41,936		
TOPLAM HARCANAN ENERJİ(W55s)	1129,279		1126,126		1126,126		1122,972		
ORTALAMA HARCANAN ENERJİ (Wh)	20,50		20,44		20,44		20,38		
SİSTEM OLMADAN ÇALIŞMASI GEREKEN (Wh)	50		50		50		50		
TASARRUF ORANI (%)	59,00%		59,12%		59,12%		59,12%		

Yapılan hesaplamalara göre %59 oranında tasarruf sağlanmıştır.

4 adet direklerin doğrultusuna olan dik 6,5 m uzaklıktaki mesafeden geçen bir yayaya göre simülasyon gerçekleştirilerek elde edilen değerlere ve yapılan analizlere göre ulaşılan sonuçlar çizelge 4.24’ de verilmiştir. Ortalama yürüme hızında yürüyen bir yaya yaklaşık 55 saniye boyunca ilerlemiş ve yayanın önü 5 lüks seviyesindeki aydınlatma şiddetinde sabit kaldığı düşünülmüştür. Bu süre boyunca her bir LED sokak armatürü ortalamada 21W-22W arasında güç tüketimi sağlamıştır.

Çizelge 4.24 5 lüks 6,5 m’ de Gerçeklenen Simülasyonda Harcanan Enerjinin Normal Durum İle Karşılaştırılması.

	4. ARMATÜR		3. ARMATÜR		2. ARMATÜR		1.ARMATÜR		
20w	11,441		11,036		11,036		10,630		SANİYE
30w	1,666	1,351	1,351	1,351	1,351	1,351	1,351	1,036	SANİYE
40w	1,666	1,351	1,351	1,351	1,351	1,351	2,387		SANİYE
TOPLAM SÜRE(s)	16,666		13,513		13,513		11,261		54,954
20W YANACAĞI SÜRE(s)	38,288		41,441		41,441		43,695		
TOPLAM HARCANAN ENERJİ(W55s)	1234,234		1207,207		1207,207		1193,693		
ORTALAMA HARCANAN ENERJİ (Wh)	22,40		21,91		21,91		21,67		
SİSTEM OLMADAN ÇALIŞMASI GEREKEN (Wh)	50		50		50		50		
TASARRUF ORANI (%)	55,20%		56,18%		56,18%		56,66%		

Yapılan hesaplamalara göre %56 oranında tasarruf sağlanmıştır.

4.5 YSA KULLANARAK ARMATÜRLERİN HARCANAN GÜÇLERİNİN OPTİMİZE EDİLMESİ

Simülasyon programı aracılığı ile yayanın veya aracın direğe olan mesafelerine göre armatürlerin güç tüketim verileri 5 lüks için Çizelge 4.2’ de 10 lüks için Çizelge 4.3’ te 20 lüks için ise Çizelge 4.4’ te elde edilmiştir. Elde edilen veriler sabit değerlere karşılık armatürlerin kaç watt güçle çalıştığını içermektedir. Yani ara değer veriler hakkında sistemin cevabı bilinmemektedir. Bilinmeyen ara değerler YSA yöntemlerinden olan değerleri en doğru şekilde bulabilecek algoritmayla elde edilmiştir.

4.5.1 Sistemin Kararlı Çalışabilmesi İçin Seçilen Öğrenme Algoritması

5 lüks, 10 lüks ve 20 lüks için 3 farklı öğrenme algoritmaları daha önce elde edilen veriler kullanılarak eğitimleri denenmiştir. Doğruluk oranı yüksek olan algoritma yöntemi ve nöron seçilmiştir.

Çizelge 4.25 5 Lüks İçin Kullanılan Algoritma ve Nöron Sayısına Göre Doğruluk Oranları.

Lüks Değeri	Kullanılan Algoritma	Nöron Sayısı	Doğruluk Oranı
5	Levenberg -Marguardt	2	0,797
5	Levenberg -Marguardt	4	0,859
5	Levenberg -Marguardt	8	0,904
5	Levenberg -Marguardt	16	0,934
5	Levenberg -Marguardt	32	0,939
5	Levenberg -Marguardt	64	0,929
5	Bayesian Regularization	2	0,798
5	Bayesian Regularization	4	0,884
5	Bayesian Regularization	8	0,939
5	Bayesian Regularization	16	0,951
5	Bayesian Regularization	32	0,954
5	Bayesian Regularization	64	0,933
5	Scaled Conjugate Gradient	2	0,671
5	Scaled Conjugate Gradient	4	0,732
5	Scaled Conjugate Gradient	8	0,868
5	Scaled Conjugate Gradient	16	0,815
5	Scaled Conjugate Gradient	32	0,916
5	Scaled Conjugate Gradient	64	0,889

Çizelge 4.26 10 Lüks İçin Kullanılan Algoritma ve Nöron Sayısına Göre Doğruluk Oranları.

Lüks Değeri	Kullanılan Algoritma	Nöron Sayısı	Doğruluk Oranı
10	Levenberg -Marguardt	2	0,693
10	Levenberg -Marguardt	4	0,839
10	Levenberg -Marguardt	8	0,901
10	Levenberg -Marguardt	16	0,917
10	Levenberg -Marguardt	32	0,925
10	Levenberg -Marguardt	64	0,911
10	Bayesian Regularization	2	0,764
10	Bayesian Regularization	4	0,871
10	Bayesian Regularization	8	0,918
10	Bayesian Regularization	16	0,949
10	Bayesian Regularization	32	0,956
10	Bayesian Regularization	64	0,963
10	Scaled Conjugate Gradient	2	0,578
10	Scaled Conjugate Gradient	4	0,733
10	Scaled Conjugate Gradient	8	0,554
10	Scaled Conjugate Gradient	16	0,843
10	Scaled Conjugate Gradient	32	0,898
10	Scaled Conjugate Gradient	64	0,886

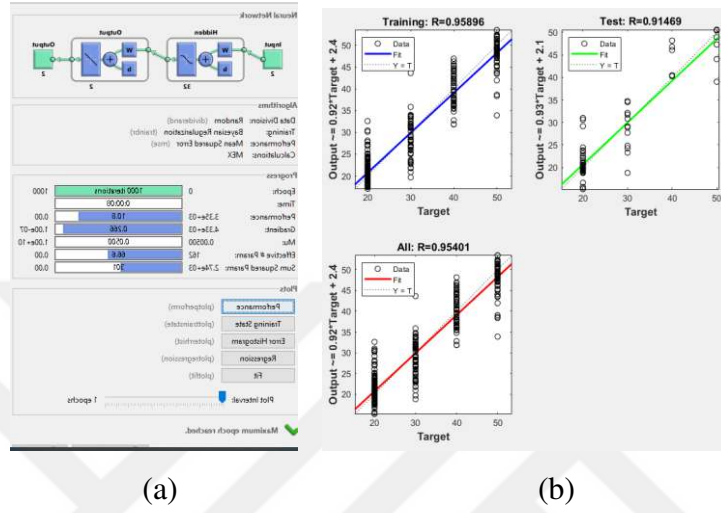
Çizelge 4.27 20 Lüks İçin Kullanılan Algoritma ve Nöron sayısına Göre Doğruluk Oranları.

Lüks Değeri	Kullanılan Algoritma	Nöron Sayısı	Doğruluk Oranı
20	Levenberg -Marguardt	2	0,666
20	Levenberg -Marguardt	4	0,735
20	Levenberg -Marguardt	8	0,821
20	Levenberg -Marguardt	16	0,799
20	Levenberg -Marguardt	32	0,816
20	Levenberg -Marguardt	64	0,772
20	Bayesian Regularization	2	0,668
20	Bayesian Regularization	4	0,738
20	Bayesian Regularization	8	0,803
20	Bayesian Regularization	16	0,813
20	Bayesian Regularization	32	0,821
20	Bayesian Regularization	64	0,837
20	Scaled Conjugate Gradient	2	0,665
20	Scaled Conjugate Gradient	4	0,692
20	Scaled Conjugate Gradient	8	0,756
20	Scaled Conjugate Gradient	16	0,701
20	Scaled Conjugate Gradient	32	0,738
20	Scaled Conjugate Gradient	64	0,707

5 lüks aydınlatma şiddeti verileri için Çizelge 4.25’ de gösterildiği gibi hata oranı en düşük Bayesian Regularization Öğrenim algoritması 32 nöronlu kullanımı olmuştur. 10 lüks aydınlatma şiddeti verileri için Çizelge 4.26’ da gösterildiği gibi hata oranı en düşük Bayesian Regularization Öğrenim algoritması 64 nöronlu kullanımı olmuştur. 20 lüks aydınlatma şiddeti verileri için ise Çizelge 4.27’ de gösterildiği gibi hata oranı en düşük Bayesian Regularization Öğrenim algoritması 64 nöronlu kullanımı olmuştur.

4.5.2 Uygun Öğrenme Algoritmasına Göre Ara Değerlerin Elde Edilmesi

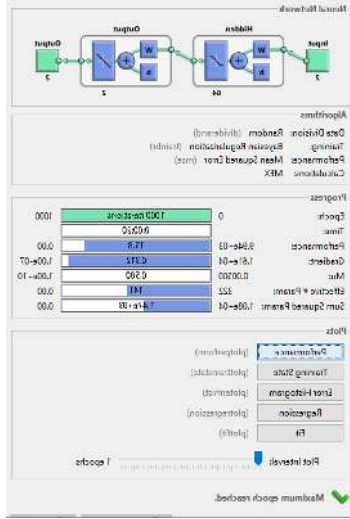
YSA yöntemlerinden biri olan Bayesian Regulation Geri Yayılım Algoritmasının' a göre eğitilen veriler ile tüm istenen ara değerler elde edilmiştir. Yapılan öğrenim sonucunda hata oranının düşük olması bu YSA yönteminin seçilmesinde etkindir.



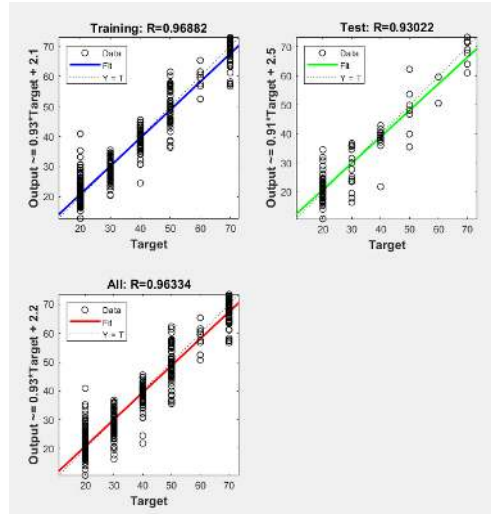
Şekil 4.17 a) 5 Lüks İçin Eğitim Aşaması, b) 5 Lüks için Elde Edilen Sonuçlar.

Çizelge 4.28 5 Lüks İçin Öğrenme sonuçlarının Karşılaştırması (10 Veri).

LÜX	ALANDA İSTENİLEN KONUM		1. VE 2. ARMATÜRLERİN GÜÇ DEĞERLERİ		ÖĞRENME SONUÇLARI	
	X	Y	A1	A2	YSA- A1	YSA- A2
5	0	7,5	30	20	27,2882	23,5879
5	1,5	7	20	20	23,3989	19,9210
5	3	8	50	20	49,3272	21,9159
5	4,5	8	50	20	45,0106	20,6461
5	5,5	7,5	50	20	48,8664	24,3054
5	6,5	5,5	30	20	34,8666	23,0129
5	7	8	50	50	50,9975	48,6955
5	8	5	20	30	17,9609	33,4890
5	9	4	20	20	19,9430	22,3405
5	11,5	7,5	20	50	24,9655	53,3464



(a)

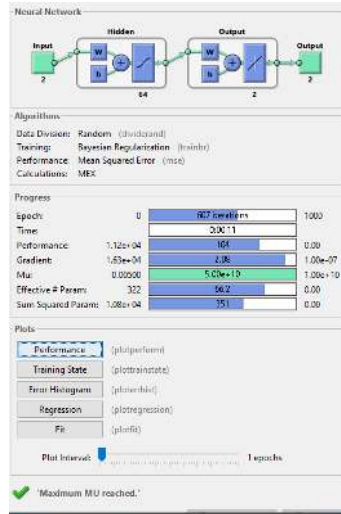


(b)

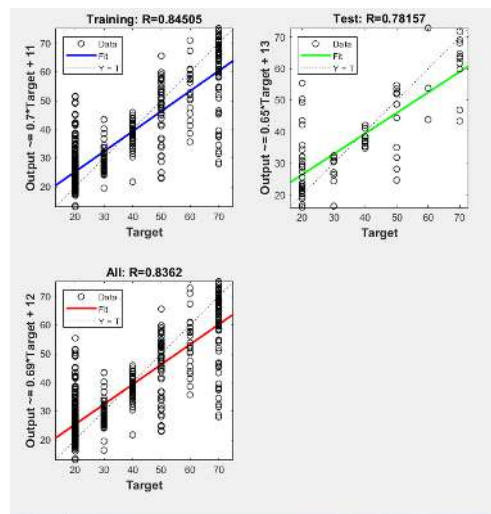
Şekil 4.18 a) 10 LUX İçin Eğitim Aşaması, b) 10 LUX için Elde Edilen Sonuçlar.

Çizelge 4.29 10 LUX İçin Öğrenmesonuçlarının Karşılaştırması (10 Veri).

LÜX	ALANDA İSTENİLEN KONUM		1. VE 2. ARMATÜRLERİN GÜÇ DEĞERLERİ		ÖĞRENME SONUÇLARI	
	X	Y	A1	A2	YSA- A1	YSA- A2
10	1	7	50	20	53,0096	20,9842
10	2	7,5	70	20	68,3620	22,2902
10	3	5	30	20	27,8257	20,2435
10	4	6,5	50	20	57,2148	22,7166
10	5	4	30	20	29,3479	18,8349
10	5,5	4,5	40	20	37,1546	19,1753
10	8,5	5,5	50	70	48,2388	67,8866
10	10	0,5	20	30	20,3621	28,8606
10	11,5	3,5	20	30	21,0700	29,5928
10	12,5	4,5	20	30	20,7400	29,6287



(a)



(b)

Şekil 4.19 a) 20 LUX İçin Eğitim Aşaması, b) 20 LUX için Elde Edilen Sonuçlar.

Çizelge 4.30 20 LUX İçin Öğrenmesonuçlarının Karşılaştırılması (10 Veri).

LÜX	ALANDA İSTENİLEN KONUM		1. VE 2. ARMATÜRLERİN GÜÇ DEĞERLERİ		ÖĞRENME SONUÇLARI	
	X	Y	A1	A2	YSA- A1	YSA- A2
20	0	6	50	20	52,5552	17,0023
20	2,5	3,5	30	20	27,9979	21,9229
20	3	5	50	20	54,1431	22,7208
20	4	3,5	40	30	37,0092	26,0468
20	4	5	70	40	72,5902	32,7452
20	6,5	2,5	70	50	71,2081	46,1105
20	10	1,5	20	70	20,8936	64,0440
20	12	2,5	20	40	30,3166	39,4540
20	12,5	3,5	30	40	26,1769	41,8969
20	15,5	6	20	60	23,1598	56,8815

Ulaşılan verilere göre ilgili alanda bulunan yayaların konumu fark etmeksizin aradaki değerlerde de armatür güç seçimi YSA yardımıyla sisteme öğretilmiştir. Böylece armatür altında bulunan yayaların aydınlatma şiddeti değerleri istenilen şiddette göre optimize olarak çalışacaktır.

BÖLÜM 5

SONUÇLAR

Kademeli uzaklıklardan alınan değerlere göre sistemin harcadığı enerji üzerine akıllı sokak armatürlerinin etkilerinin incelendiği bu araştırmadan elde edilen bulgular doğrultusunda; 20 lüks için alınan değerlere göre sistemin harcadığı enerji normal sisteme göre % 63 oranında, 10 lüks için alınan değerlere göre sistemin harcadığı enerji normal sisteme göre % 67 oranında 5 lüks için alınan değerlere göre sistemin harcadığı enerji normal sisteme göre % 58 oranında tasarruflu olduğu görülmüştür. Yani armatür altından geçen bir yayayı örnek alırsak, yayanın direklere olan mesafesine göre sağlanan tasarruf oranları da değişiklik gösterecektir. Akıllı sokak armatürlerinin kullanımı ile enerji kullanımının düştüğü sonucuna varılmıştır.

Bu tasarruf sağlanırken aydınlatma armatürlerin altının mesafeye bakılmaksızın istenilen aydınlatma seviyesinde tutulmuştur. Enerjiden yapılan tasarrufun yanında yaya ve araçların güvenliğini tehlikeye düşüren parlak ve göz alıcı ışık şiddetlerinin yol açtığı kazalarda önlenmiş olacaktır.

YSA yöntemleri kullanılarak mesafenin değişken hallerine göre armatürlerin olması gereken güç değerleri sisteme öğretilerek sistemin daha kararlı çalışması sağlanmaktadır.

Akıllı sokak armatürlerinin olumlu etkilerini destekleyen daha fazla araştırmanın yapılması, buna yönelik kurumsal politika ve stratejilerinin geliştirilmesi ve akıllı sokak armatürlerinin aktif kullanımının sağlanması önerilmektedir.



KAYNAKLAR

- [1] **Başaran C L, Sezer M ve Koçak K F** (2014) Kent Parkları Ve Organize Sanayi Bölgeleri Örneklerinde Dış Aydınlatmalar İçin Akıllı Kontrol Sistemleri Ve Enerji Tasarrufu Uygulamaları. 2. *Uluslararası İstanbul Akıllı Şebekeler Ve Şehirler Kongre Ve Fuarı*, 8-9 Mayıs 2014, İstanbul, Türkiye, 2. *Uluslararası İstanbul Akıllı Şebekeler Ve Şehirler Kongre Ve Fuarı Bildiriler Kitabı*, 84-90.
- [2] **Elektrik piyasası 2015 yılı piyasa gelişim raporu.** (2021) *Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu*. Adres: <http://epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-0-102/yillik-rapor-elektrik-piyasasi-gelisim-raporlari>
- [3] **Oğuz H H** (2012) Hibrit Rüzgâr – Güneş Güç Üretim Ünitesinin Kurulumu ve Enerjinin Verimli Kullanılması için Genel Aydınlatma Sisteminin PIC16F877 Kontrolör ile Denetimi. *Yüksek Lisans Tezi*, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yenilenebilir Enerji Sistemleri Anabilim Dalı, Afyon, 116 s.
- [4] **Leccese F** (2013) Remote-control system of high efficiency and intelligent street lighting using a ZigBee network of devices and sensors. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 28 (1): 21–28.
- [5] **LED pilot projeleri.** (t.y) *Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı* Adres: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.eie.gov.tr%2Fdu_yurular_haberler%2Fh_2014_led_pilot_projeler.aspx&date=2016-11-14, Ziyaret tarihi:09.07.2021.
- [6] **Anand S and Jain N** (2015) Intelligent street light system using RF transmission. *International Journal of Advanced Research in Electronics and Communication Engineering (IJARECE)*, 5 (5): 1450-1454.
- [7] **Soni E, Soni V and Annapurna D** (2016) Remotely Controlled Automated Street Lights: A Novel Approach Towards Iot (Internet of Things)., *Recent Innovations In Science And Engineering Bildiri Kitabı*, 79-83.
- [8] **Anand S and Jain N** (2015) Intelligent street light system using wireless transmission: A review. *International Journal of Advanced Research in Electronics and Communication Engineering (IJARECE)*, 4 (2): 271-275.
- [9] **Bhangdiya V** (2017) Low Power Consumption of LED Street Light Based on Smart Control System. *IEEE*, 2017.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- [10] **Demirtaş M ve Çelik K** (2017) Sokak Aydınlatması İçin Akıllı LED Aydınlatma Sistemi Tasarımı Ve Verimlilik Analizi. *9. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu*, 18-19 Ekim 2017, İzmir, Türkiye, 9. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 62-69.
- [11] **Fuji Y, Yoshiura N, Takita A and Ohta N** (2013) Smart Street Light System With Energy Saving Function Based On The Sensor Network. *e-Energy '13: Proceedings of the fourth international conference on Future energy system*, 21-24 May 2013, California, ISBN: 978-1-4503-2052-8, USA, 271-272.
- [12] **LED** (29.06.2021). *Wikipedia*. Adres: <https://tr.wikipedia.org/wiki/LED>
- [13] **Mottier P** (2010) LED for Lighting Applications. USA: Wiley.
- [14] **Demir R** (2011) LED Teknolojisi. ARED Açık hava Reklamcılar Derneği. Adres: <https://www.ared.org.tr/app/uploads/pdf/led-teknolojisi-baski-hali-136.pdf>, Ziyaret tarihi: 09.07.2021.
- [15] **LED lambanın tarihçesi**. (23.12.2017) Fenbilimleri.net. Adres: <https://www.fenbilim.net/2017/12/led-lambann-tarihcesi.html>, Ziyaret tarihi: 09.07.2021.
- [16] **Mach L, Clemens J and Poppe A** (2014) Thermal Management for LED Applications, Springer Science-Business media, ISBN 978-1-4614-5090-0, New York, 7-18.
- [17] **Krarti M** (2012) Weatherization and Energy Efficiency Improvement for Existing Homes. CRC Press, ISBN 978-1-4398-5163-0, Boca Raton, 89-91.
- [18] **Aktaş İ** (2012) Dinamik Aydınlatmanın İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri. *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı, Elektrik Tesisleri Programı, İstanbul, 109 s.
- [19] **Çelik K** (2016) Enerji Verimliliği İçin Bir Merkezden Kontrollü Sokak Aydınlatma Sisteminin Geliştirilmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Ankara, 124 s.
- [20] **Censur Ç** (2018) Akıllı Kent İçin Iot Tabanlı Akıllı Sokak Aydınlatma Sisteminin Tasarlanması. *Yüksek Lisans Tezi*, Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Mersin, 93 s.
- [21] **LED teknolojisi**. (2011) ARED Açık hava Reklamcılar Derneği. Adres: <https://www.ared.org.tr/app/uploads/pdf/led-teknolojisi-baski-hali-136.pdf>
- [22] **Erol Y** (2010) Current Regulated LED Tester Design. *Electrical, Electronics and Computer Engineering Symposium, National Conference. 8th 2010*. 2-5 Aralık 2010, Bursa, Türkiye, 370-374.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- [23] **Keysan O ve Ertan H B** (2012) Asenkron Motorlarda Oluk Sayısının Gövde Dışına Takılan Bir Bobinle Belirlenmesi. *EMO Bilimsel Dergi*, 2 (3): 37-43.
- [24] **Yılmaz E, Erden O ve Kocadağ N Y** (2019) Sokak Aydınlatması Dönüşümü Fayda Maliyet Analizi Üzerine Bir Mühendislik Ekonomisi Çalışması. *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 5 (3): 280-289.
- [25] **Kılıç A** (2013) Kentsel Dış Mekânlarda LED Aydınlatma Sistemlerinin Değerlendirilmesi Üzerine Örnek Bir Çalışma. *Yüksek Lisans Tezi*, Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [26] **F Li, D Chen, X Song and Y Chen** (2019) LEDs: a Promising Energy-Saving Light Source for Road Lighting. *Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference*, 27-31 Marc 2009, Wuhan [Online], China, IEEE.
- [27] **Scalzi S, Bifaretti S and Verrelli C M** (2015) Repetitive learning control design for LED light tracking. *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, 23 (3): 1139-1146.
- [28] **Tan Y K, Huynh T P and Wang Z** (2013) Smart personal sensor network control for energy saving in DC grid powered LED lighting system. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 4 (2): 669-676.
- [29] **Tähkämö L and Halonen L** (2015) Life cycle assessment of road lighting luminairescomparison of light-emitting diode and high-pressure sodium technologies. *Journal of Cleaner Production*, 93: 234-242.
- [30] **Badgaiyan C and Sehgal P** (2015) Smart Street Lighting System. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 4 (7)
- [31] **Dalkıran İ** (2003), Yapay Zeka Tekniği Kullanan Bilgisayar Tabanlı Yüksek Hassasiyetli Sıcaklık Ölçme Birimi Tasarımı, *Yüksek Lisans Tezi*, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri
- [32] **Hagan M T, Demuth H B and Beale M** (1995) *Neural Network Design*, PWS Publishing Company, Boston.
- [33] **Looney C G and Pattern Recognition** (1997) *Using Neural Networks*, Oxford University Press, New York.
- [34] **Ham F M and Kostanic I** (2001) *Principles of Neurocomputing for Science and Neurocomputing*, Mcgraw-Hill, New York.
- [35] **Hopfield J J** (1982) *Neural Networks and Physical Systems with Emergent Collective Computational Capabilities*, In. *Proc. National Academy Of Sciences*, 79.
- [36] **Vas P** (1999) *Artificial Intelligence Based Electrical Machines and Drivers*, Oxford University Press, New York.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- [37] **Zurada J M** (1992) Introduction to Artificial Neural Networks, West Publishing Company.
- [38] **Kohonen T** (1989) Self-Organization And Associative Memory, Springer-Verlag, 1989.
- [39] **Demuth H and Beale M** (2000) Neural Network Toolbox For Use with MATLAB, TheMathWorks, Inc., MA, USA.
- [40] **Hagan M T and Menhaj M** (1994) Training Feedforward Networks With The Marquart Transactions On Neural Networks, 5 (6), 989-993.
- [41] **Al Bayati A Y, Sulaiman N A and Sadiq G W** (2009) A Modified Conjugate Gradient Formula for Back Propagation Neural Network Algorithm, Journal of Computer Science, 5 (11), 849-856.
- [42] **Caruana R, Lawrence, S and Giles C L** (2001) Overfitting in Neural Networks: Backpropagation, Conjugate Gradient, and Early Stopping, NIPS 2000, Advances in Neural Information Processing Systems, Denver, USA, 402-408.
- [43] **Ger-Led sokak aydınlatma ışıklık dataları.** (t.y.) *Gersan Elektrik Tic. San. A.Ş.* Adres: <https://gersan.com.tr/page/led-bus-aydinlatma>
- [44] **DIA luxand product catalogues.** (2021) *Dialux*. Adres: www.dialux.com/en-GB/download
- [45] **Elektrik dış aydınlatma yönetmeliği.** (2013) *Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı*. Adres: https://tug.tubitak.gov.tr/sites/images/tug/enerji_ve_tabii_kaynaklar_bakanligi_dis_aydinlatma_yonetmeliği.html

ÖZGEÇMİŞ

Uğur ALKAN, İlkokul ve orta öğretimini Zonguldak'ta tamamladı. 2010 yılında Mehmet Çelikel Anadolu Lisesi'nden mezun olduktan sonra 2011 yılında Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü'ne girdi. 2016 yılında Elektrik Elektronik Mühendisliği'nden mezun oldu ve lisans diplomasını aldı. 2017 yılından beri Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı Tezli Yüksek Lisans Bölümünde yüksek lisans öğrenimini sürdürmektedir.