



BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ

Fen Bilimleri Enstitüsü

Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı

**GÖRÜNTÜ İŞLEME TABANLI AYDINLATMA ÖLÇÜM
SİSTEMİ TASARIMI VE UYGULAMASI**

Yavuz BÜYÜKKOÇAK

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Ümit Çiğdem TURHAL

BİLECİK, 2018

Ref. No: 10204335



BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ

Fen Bilimleri Enstitüsü

Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı

**GÖRÜNTÜ İŞLEME TABANLI AYDINLATMA ÖLÇÜM
SİSTEMİ TASARIMI VE UYGULAMASI**

Yavuz BÜYÜKKOÇAK

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Ümit Çiğdem TURHAL

BİLECİK, 2018



BİLECİK ŞEYH EDEBALI UNIVERSITY

Institute of Natural Sciences

Department of Energy Systems Engineering

**IMAGE PROCESSING BASED LIGHTNING MEASUREMENT
SYSTEM DESIGN AND AN APPLICATION**

Yavuz BÜYÜKKOÇAK

Master's Thesis

Thesis Advisor

Assistant Professor Ümit Çiğdem TURHAL

BİLECİK, 2018



**BİLECİK ŞEYH EDEBALI
ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS
JÜRİ ONAY FORMU**

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun 03.05.2018 tarih ve 30. sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 28.06.2018 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Yavuz BÜYÜKKOÇAK'ın "*Görüntü İşleme Tabanlı Aydınlatma Ölçüm Sistemi Tasarımı ve Uygulaması*" başlıklı tez çalışması Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak oy birliği/ ~~oy~~ ~~çokluğu~~ ile kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE (TEZ DANIŞMANI) : Dr. Öğr. Üyesi Ümit Çiğdem TURHAL

ÜYE : Doç. Dr. Sıddıka ÖZKALDI KARAKUŞ

ÜYE : Doç. Dr. Mehmet Recep BOZKURT

ONAY

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun
.../.../... tarih ve .../.../... sayılı kararı.

İMZA/ MÜHÜR

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasında emeği geçen, özellikle fikir aşaması olmak üzere yardımını hiç esirgemeyen, çalışmaları ve eleştirileri ile tezime yön veren tez danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ümit Çiğdem TURHAL'a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca tezin yazımı sırasında destekte bulunan arkadaşlarıma, Elektrik Elektronik Mühendisi Sayın Yakup ORHAN ve Hilmi GÜNEY'e, Endüstri Mühendisi Büşra Gülnihan DAŞÇIOĞLU'na ve hayatım boyunca desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme, sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yavuz BÜYÜKKOÇAK



ÖZET

Işık, görme olayının gerçekleşmesi için göze gelen ve görsel duyulanmaya neden olan optik radyasyon şeklinde tanımlanabilir. Bu durumda ışık kaynağı, ışık yaymak suretiyle etrafını aydınlatan ve bu suretle görme işleminin gerçekleşmesine neden olan her şeydir. Aydınlatma ise, bir ortamdaki nesnelerin görülebilmesine olanak sağlayacak şekilde dizayn edilmiş ışık uygulamaları olarak adlandırılırken aydınlatma tasarımları ile amaç aslında, nesnelerin ve çevrenin en iyi şekilde algılanmasını sağlamaktır. Doğru aydınlatma tasarımları sayesinde kazaların azaltılması, iş veriminde artış sağlanması, insan psikolojisi ve fizyolojisi üzerindeki olumsuz etkilerin ortadan kaldırılması ve aydınlatma için gerekli enerjinin azaltılması gibi faydalar sağlanabilir.

Günümüzde aydınlatma ürünlerinin elektrik enerjisi tüketiminde %25'lik bir paya sahip olması sebebi ile daha az enerji tüketen ve çevreye daha az zarar veren aydınlatma ürünlerinin geliştirilmesi önem kazanmaktadır. Bu da ekonomik çözüm odaklı fotometrik ölçüm sistemlerine olan ihtiyacı artırmaktadır. Fotometrik ölçüm sistemleri ile elektromanyetik spektrumun 380nm ile 780nm dalgaboyları arasındaki insan gözünün algılayabildiği dalgaboylarındaki ışık ışınlarının ölçümleri gerçekleştirilmektedir. Bu ölçümlerin başlıcaları ışık şiddeti, ışık akısı, aydınlık düzeyi vb. gibidir. Klasik fotometrik ölçüm sistemlerinde kullanılan ölçüm aletleri noktasal bazda ölçüm yapmaktadır. Son yıllarda daha ekonomik olan kamera yardımı ile yüzeysel alan tabanlı fotometrik ölçüm sistemleri üzerine çeşitli çalışmalar gerçekleştirilmektedir.

Bu tez çalışmasında iç mekan aydınlatma şiddetinin ölçümünün geleneksel ölçüm yöntemleri yerine sayısal görüntü işleme teknikleri kullanılarak gerçekleştirildiği bir çalışma sunulmaktadır. Bu amaçla, uygulamalarda öncelikle ölçümlerin yapılacağı ortam belirlenerek geleneksel aydınlık ölçümü yöntemlerinin kullanılması ile aydınlık ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Daha sonra ise, webcam aracılığı ile ölçüm yapılacak olan alandan farklı açılarda görüntüler alınarak bilgisayar ortamına aktarılmış ve geliştirilen görüntü işleme yazılımı ile görüntüler üzerinden ortam aydınlatma şiddeti ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Geleneksel ölçüm yönteminden ve tez çalışmasında sunulan yöntemden elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak verilmiş, önerilen ölçüm yönteminin tutarlılığı ve uygulanabilirliği t-testi istatistiksel analiz yöntemi ile değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre sunulan yöntemin uygulanabilir sonuçlar sağladığı gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler Fotometrik Ölçümler; Lüksmetre; Sayısal Görüntü İşleme; HSV Renk Uzayı; Homomorfik Filtreleme; YUV Renk Uzayı; RGB Renk Uzayı



ABSTRACT

The light can be defined as the optical radiation that causes the visual impression to come to the visual phenomenon. In this case, the light source is anything that illuminates the surroundings by radiating light and causes this visualization to occur. Lighting is called light applications designed to allow objects in an environment to be viewed, while lighting objects are in fact the best way to perceive objects and surroundings. Accurate illumination designs can reduce accidents, increase work efficiency, eliminate negative effects on human psychology and physiology, and reduce the energy required for lighting.

Nowadays, lighting products have a share of 25% in the consumption of electrical energy, so the development of lighting products that consume less energy and cause less harm to the environment is gaining importance. This increases the need for economical solution focused photometric measurement systems. Photometric measurement systems measure the light rays of the electromagnetic spectrum at wavelengths between 380nm and 780nm wavelengths that the human eye can perceive. The main ones of these measurements are light intensity, light flux, light level and etc. The measuring instruments used in classical photometric measuring systems make measurements on a point-by-point basis. In recent years, various studies have been carried out on surface area based photometric measurement systems with the help of a camera that is more economical.

In this thesis, a study is carried out in which the measurement of indoor lighting intensity is performed by using digital image processing techniques instead of traditional measurement methods. For this purpose, in the applications, firstly the setting of the measurements is made, and the measurements are performed by using the traditional methods. Afterwards, the images were taken at different angles from the area by webcam and transferred to the computer environment and lighting intensity measurements were performed on the images with developed image processing software. The results obtained from the traditional measurement method and the method presented in the thesis study are given comparatively and the consistency and applicability of the proposed measurement method is evaluated by the statistical analysis method of t-test. According to the results obtained, it has been observed that the presented method provides feasible results.

Key Words Photometric Measurements; Luxmeter; Digital Image Processing; HSV Color Space; Homomorphic Filtration; YUV Color Space; RGB Color Space



İÇİNDEKİLER

Sayfa No

JÜRİ ONAY SAYFASI

TEŞEKKÜR

ÖZET.....I

ABSTRACT III

İÇİNDEKİLER V

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ..... VI

ŞEKİLLER LİSTESİ..... VII

ÇİZELGELER LİSTESİ..... VIII

1. GİRİŞ 1

2. LİTERATÜR TARAMASI 3

3. AYDINLATMA, FOTOMETRİK NİCELİKLER VE ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ 6

3.1. Aydınlatma Türleri 6

3.1.1. Amacı bakımından aydınlatma 6

3.1.2. Kökeni bakımından aydınlatma 7

3.1.3. Ortam cinsi bakımından aydınlatma 8

3.2. İyi Yapılmış Aydınlatma ve Faydaları 9

3.3. Fotometrik Nicelikler 9

3.4. Aydınlatma Düzeyi Ölçüm Yöntemler 10

4. SAYISAL GÖRÜNTÜ İŞLEME (SGİ) TEKNİKLERİ 13

4.1. Tez Çalışmasında Kullanılan SGİ Teknikleri 15

5. MATERYAL VE METOT 21

5.1. Materyal 21

5.2. Metotlar 24

5.3. İstatistiksel Analiz 25

5.3.1. T-testi 25

5.3.2. Hipotez testleri 26

5.3.3. Normal dağılım 27

6. BULGULAR VE TARTIŞMA 28

6.1. Uygulamanın İstatistiksel Analiz 30

7. SONUÇ VE GELECEK ÇALIŞMALAR 31

KAYNAKLAR 32

EK-1: 36

ÖZGEÇMİŞ

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Simgeler

Φ : Işık Akısı

μ : Ortalama

Kısaltmalar

CIE : Uluslararası Aydınlatma Komisyonu

HDR : Yüksek Dinamik Aralık

LED : Işık Yayan Diyot

RGB : Kırmızı, Yeşil, Mavi Renk Uzayı

ADC : Analog-Digital Dönüştürücü

DAC : Digital-Analog Dönüştürücü

lx : Aydınlik Düzeyi

lm : Işık Akısı

cd : Candela

I : Işık Şiddeti

E : Aydınlik Düzeyi

L : Aydınlik Şiddeti, Parlaltı

RGB : Kırmızı, Yeşil, Mavi Renk Uzayı

YUV : Siyah-Beyaz, Mavi, Kırmızı Renk Uzayı

HSV : Renk Özü, Doygunluk ve Parlaklık

SGİ : Sayısal Görüntü İşleme

PAL : Phase Alternating Line (Faz Değıştiren Hat)

NTSC : National Television System Committee (Ulusal Televizyon Sistem Komitesi)

SECAM : Sequential Colour With Memory (Hafızalı Sıralı Renk)

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 3.1. Lüksmetre	11
Şekil 4.1. Görüntü işleme temel blok şeması.....	13
Şekil 4.2. a. Sayısal görüntü matrisi, b. Sayısal görüntü fonksiyonu	14
Şekil 4.3 . YUV renk uzayı.....	16
Şekil 4.4. a. RGB görüntü, b. YUV Renk uzayında Y bileşeni.....	17
Şekil 4.5. a. RGB görüntü, b. Gri seviye görüntü.....	17
Şekil 4.6. HSV renk uzayı	18
Şekil 4.7. a. RGB görüntü, b. HSV Renk uzayında V bileşeni.....	19
Şekil 4.8. Homomorfik filtrelemenin blok diyagramı	20
Şekil 4.9. a. Gri skala görüntü, b. Homomorfik filtreleme ile alçak frekans bileşeni ($i(x,y)$)	20
Şekil 5.1. Aynı kaynak altında farklı aydınlatmalarda kaynak konumları	21
Şekil 5. Aynı kaynak altında farklı aydınlatma açıları	22
Şekil 5.3. Farklı kaynaklar için aynı noktadan aydınlatma a. b. LED aydınlatma, c. akkor lamba aydınlatma, d. floresan lamba aydınlatma.....	22
Şekil 5.4. Kullanıcı arayüzü.....	23
Şekil 5.5. 1. Arayüzde ölçüm ortamının kamera görüntüsünün alınması, 2. Uygulama sonuç ekranı, 3. Yazılım kullanıcı arayüzü	24
Şekil 5.6. İstatistiksel Hata Tablosu.....	27
Şekil 5.7. a. YUV olasılık çizgisi, b. YUV histogram grafiği	27

ÇİZELGELER LİSTESİ

Sayfa No

Çizelge 3.1. Aydınlatma türleri.....	8
Çizelge 3.2. Aydınlatma ölçümlerinin sınır değerleri.....	12
Çizelge 5.2.1. YUV renk uzayında ölçüm metodunun kaba kodları	24
Çizelge 5.2.2. Gri seviye metodun kaba kodları	24
Çizelge 5.2.3. HSV renk uzayında ölçüm metodunun kaba kodları	25
Çizelge 5.2.4. Gri seviye görüntüden homomorfik filtreleme ile ölçüm metodunun kaba kodları.....	25
Çizelge 6.1. LED 1055 lümen Işık Kaynağının Ölçüm Sonuçları.....	26
Çizelge 6.2. LED 806 lümen Işık Kaynağının Ölçüm Sonuçları.....	26
Çizelge 6.3. LED 470 lümen Işık Kaynağının Ölçüm Sonuçları.....	26
Çizelge 6.4. AKKOR 2135 lümen Işık Kaynağının Ölçüm Sonuçları	26
Çizelge 6.5. AKKOR 625 lümen Işık Kaynağının Ölçüm Sonuçları	27
Çizelge 6.6. AKKOR 235 lümen Işık Kaynağının Ölçüm Sonuçları	27
Çizelge 6.7. Floresan 1300 lümen Işık Kaynağının Ölçüm Sonuçları.....	27
Çizelge 6.8. Floresan 900 lümen Işık Kaynağının Ölçüm Sonuçları.....	27
Çizelge 6.9. Floresan 650 lümen Işık Kaynağının Ölçüm Sonuçları.....	27
Çizelge 6.10. Hipotez Testleri	31
Çizelge 6.11. Test Sonuçları	31

1. GİRİŞ

Aydınlatma, Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE) tarafından “çevrenin ve nesnelerin gereği gibi görülmesini sağlamak amacıyla ışık uygulamak” şeklinde tanımlanmıştır. İnsanın duyuşsal ve algısal verileri kapsamında, aydınlatma ile görsel algılama önemli bir yer tutmaktadır. Bütün algılamaların % 80 ile %90’ı görme ile gerçekleşmektedir. Görme duyularını ise, renk ve ışık uyaranları meydana getirmektedir. Bu nedenle çalışanların, optimal aydınlatma koşullarında çalışması onların göz sağlığı ve görme yeteneğini koruması açısından önemlidir ve buna bağlı olarak mekanda kullanım amacına uygun bir aydınlatma yapılması gerekmektedir (Çetin ve ark., 2003).

Elektrik enerjisinin kullanımında %25’lik bir pay aydınlatma ürünlerine aittir. Bu durum araştırmacıları daha az enerji tüketen aydınlatma ürünlerini geliştirmeye teşvik etmiştir. Elektrik enerjisinin üretim ve kullanım maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle verimli kullanımı gerekmektedir (Akella vd., 2009). Bu amaçla yapılan birçok çalışma aydınlatma sistemlerinde enerji tasarrufu ile alakalıdır (Matta ve Mahmud, 2010; Galasiu ve ark., 2007; Dubin, 1990; Jafrancesco ve ark., 2008; Dounis vd., 2011; Gençoğlu, 2005; Özbudak vd., 2003; Singh ve Garg, 2010; Kazanasmaz ve ark., 2009; Krainer ve ark., 2006). Bu amaçla yapılan çalışmalar, ışık kaynaklarının fotometrik nicelikleri üzerinden gerçekleştirilmektedir. Klasik yaklaşımlarla ışık kaynaklarına ait fotometrik niceliklerin belirlenmesi, noktasal yaklaşımlı ölçüm aletleri kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Son zamanlarda, klasik yaklaşımlar yerine yüzeysel alan tabanlı ölçümler gerçekleştirmeye elverişli ve ortalamaya dayalı ışık üzerine kurgulanmış olan kamera tabanlı çalışma prensipleri kullanılmaya başlanmıştır. Bu sistemlerde ortam aydınlatmasında kullanılan ışık ışınlarının fotometrik niceliklerinin tespiti, kamera ile elde edilen görüntüler üzerinden, sayısal görüntü işleme yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bu sistemin klasik sisteme göre avantajları noktasal ölçüm yerine, yüzeysel alan tabanlı ölçümlerin gerçekleştirilmesi, aynı anda çok sayıda fotometrik ölçümün gerçekleştirmesi, maliyetinin daha düşük olması ve kontrol aralıklarının kullanıcıya göre ayarlanabiliyor olmasıdır.

Bu tez çalışmasında, kameralar yardımı ile elde edilen görüntüler üzerinden, sayısal görüntü işleme tekniklerinin kullanımı ile aydınlık miktarının ölçülmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. Özellikle, iç mekanlardaki yapay ve doğal aydınlatmanın ölçümü

yapılırken geleneksel cihazlarla ölçüm yöntemi yerine, görüntü işleme metodu kullanılarak aydınlık şiddeti değerinin hesaplanmasıyla çok daha kısa sürede ve gerçeğe yakın sonuçlara ulaşan bir modelin oluşturulması hedeflenmiştir. Bunun için öncelikle görüntü işleme ve aydınlık şiddeti ölçüm metodları incelenmiş, bu bilgiler doğrultusunda yöntem belirlenerek algoritma tasarımı yapılmıştır. Elde edilen sonuçların tutarlılığının belirlenmesi adına aydınlatma ölçümleri klasik ölçüm yöntemlerinden lüksmetre kullanılarak da yapılmış ve sonuçlar karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Çalışmanın uygulanabilirliği yorumlanmış ve elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde önerilen sistemin uygulanabilir olduğu verdiği sonuçlar ile görülmüştür.

Çalışmanın ikinci bölümünde, konu ile ilgili literatürde yapılmış olan çeşitli görüntü işleme ve akıllı uygulamalara yer verilmiştir. Üçüncü bölümde, aydınlık düzeyi ve fotometrik ölçümler ile ilgili bilgiler verilmiştir. Dördüncü bölümde, sayısal görüntü işlemeyle ilgili teknik bilgiler verilirken aynı zamanda bu proje kapsamında kullanılan sayısal görüntü işleme teknikleri açıklanmıştır. Beşinci bölümde materyal ve metod verilirken 6. bölümde bulgular ve tartışma verilmiştir. Son bölümde ise karşılaştırmalı sonuçlar ve gelecek çalışmalarda neler yapılabileceğiyle alakalı görüşler sunulmuştur.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Literatürde sayısal görüntü işleme tekniklerinin, fotometrik ölçümlerde kullanıldığı çeşitli uygulamalar bulunmaktadır. Aşağıda bu çalışmalar ve aynı zamanda verimli aydınlatma uygulamalarının gerçekleştirildiği çeşitli akıllı sistem uygulamalarından bazıları verilmiştir.

Dijital kameraların lüksmetrelerin yerini alması için yapılan çalışmalarda kullanılan kameralar yüksek çözünürlüğe sahip oldukları için oldukça pahalı ve ulaşılması güç aygıtlardır. Bu sorunun çözümü için Wuller ve Gabele (2007) geliştirdikleri algoritma ile dijital sabit kameraların aydınlık ölçümünde kullanılmasını sağlamayı amaçladılar. Uyguladıkları algoritmanın sonuçlarını dijital fotoğraf makinelerini kullanarak parlaklığın ölçülebilme olasılığını analiz etmişlerdir.

Üncü ve ark. (2011), kontrollü ortamlarda alınan tekli ya da çoklu LED fotoğrafları üzerinden, ışık şiddeti, aydınlık düzeyi, renk sıcaklığı, renksel geri verim ve parlaklık gibi fotometrik özelliklerini sayısal görüntü işleme yöntemleri kullanarak belirlemişlerdir. Ayrıca oluşturdukları sistemin seri üretim sonunda kontrol mekanizması olarak kullanılabileceğini öngörmüşlerdir. Yaptıkları çalışmada LED board üzerinde bulunan LED'lerin görüntüleri üzerinden LED'ler için parlaklık derecelendirmesi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra ise, belirlenen parlaklık derecelendirmesi ve her bir LED bölgesi için ayrı ayrı tespit edilmiş olan ışıklı bölgenin, çap hesabı yapılarak ışık akısı ve renk sıcaklığı belirlenmiştir. Renk sıcaklığı için ise farklı bir sistem oluşturularak yine görüntü üzerinden sayısal görüntü işleme yöntemleri kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır.

Kim ve ark. (2014), görüntü işleme tekniği olan yüksek dinamik aralık (HDR), yüzey parlaklığı ve nokta parlaklığını ölçmek için de CS-100 aleti kullanılarak parlaklık ve ışık kaynağının ölçüm mesafesi arasındaki korelasyon hesabı üzerinde çalışmışlardır.

Poynton (2003) yapmış olduğu çalışmada, sayısal bir RGB görüntü üzerinden parlaklık hesabı gerçekleştirmiştir. Parlaklık değeri, deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen doğrusal ve doğrusal olmayan denklemler vasıtası ile her piksel için içerdiği RGB değerleri kullanılarak hesaplanmıştır. Daha sonra tüm piksellerin parlaklıklarının ortalaması alınarak sayısal görüntü için parlaklık değeri elde edilmiştir.

Carrillo ve ark. (2013), mağaza vitrinleri için bir kapalı döngü aydınlatma sistemi sunmuşlardır. Bu sistemde dijital kamera parlaklık ölçer olarak kullanılmış ve vitrin içi

ile dış ortam arasındaki kontrastı sabit tutmaya çalışmışlardır. Bunun için, vitrin içine yerleştirilen bir kamera yardımı ile vitrin içinden alınan görüntülerden belirli bir bölge belirlemiş ve bu bölge içerisindeki parlaklığı ve dış ortam aydınlatmasının bu bölgedeki katkı miktarını tahmin etmişlerdir. Elde edilen bu parametrelere göre belli aralıklarla alınan görüntüler üzerinden vitrin içi ile dış ortam arasındaki contrast sabit kalacak şekilde vitrin aydınlatmasını otomatik olarak kontrol etmişlerdir. Araştırmacılar önerdikleri sistemi, gerçek çalışma koşullarının simüle edildiği bir vitrin prototipinde test etmişlerdir.

Kocabey (1999), yaptığı yüksek lisans tezinde bu tanımlamadan yola çıkarak elektrik enerjisi tüketimini en aza indirgerken günışığına bağlı olarak yapay aydınlatmanın kontrolünü sağlamıştır.

Özbudak ve ark. (2003), renk ve ışık kavramlarını açıklayarak bunların birbiri üzerindeki etkilerini araştırmaya yönelik bir çalışma yapmışlardır. Yaptıkları çalışmada, iç mekan aydınlatma sistemlerini tasarlarken mekanın kullanım amacına uygun renk seçiminin uygunluğu üzerinde çalışıp, bu renklerin aydınlatma sistemine olası etkilerini özetlemişlerdir.

Topuz ve ark. (2007), bir çalışma ortamına ait aydınlatma miktarının hesaplanması için aydınlatma belirleme yöntemi adını verdikleri simülasyon tabanlı bir yapay sinir ağı modeli tasarlamışlardır Model için girdi parametreleri olarak armatürlerin bakım faktörü, çalışma düzlemi, süspansiyon yüksekliği seçilmiştir. Çıkış parametreleri olarak da ışık parlaklığının oluşturulmasında ve bakımında etkili olan parametreler seçilmiştir. Bu parametreler, çalışma düzleminin ortalama düzeyde aydınlatılması, minimum düzeyde aydınlatılması ve maksimum düzeyde aydınlatılması olarak tanımlanmıştır. Tasarlanan modelin, mevcut simülasyon programlarına alternatif olarak kullanılması hedeflenmiştir.

Yılmaz (2007), yaptığı çalışmada, Profibus-DP ağı kullanarak bina içinde dinamik aydınlatma denetimi yapmıştır. Dimlenebilir armatürler yardımıyla istenen aydınlık düzeyi sağlanmıştır. Bu çalışmada, Profibus-DP ağından merkezi denetim ünitesine aktarılan aydınlık düzeyi bilgileriyle denetim sağlanmış ve aydınlatma kontrolünün uzaktan denetimi sağlanarak enerjinin optimum düzeyde kalması garanti altına alınmıştır.

Kocabey (2008), yaptığı doktora tezinde Sonlu Elemanlar Yöntemini iç aydınlatma hesaplarını yapabilecek şekilde modifiye etmiştir. Çalışmada amaç, düzgün aydınlık dağılımı sağlanarak, yeterli aydınlık düzeyinin elde edilmesi olarak tanımlanmıştır. Çalışma düzleminde iç hacim iki ve üç boyutlu aydınlık düzeylerinin ölçümleri yapılırken uluslararası standartlar dikkate alınmıştır. Sonlu Elemanlar Yöntemi ve yüksek dereceden polinomsal yaklaşım işlevi kullanılarak yapılan sayısal çözümlemeden elde edilen sonuçlar tezin sonucunda karşılaştırılarak sunulan modifiye edilmiş yöntemin güvenilirliği test edilmiştir.

Güner (2008), İzmir’de 10 konfeksiyon işletmesinde Çalışma Bakanlığının çalışma ortamları için hazırladığı tüzükleri ve standart değerleri dikkate alarak, işletmelerin üretim sürecinde çalışma ortamlarındaki aydınlatma değerlerini kontrol etmiştir. Bu çalışma yapılırken yazar, işletmelerdeki aydınlatma değerleri ve çeşitlerini saptayarak mevcut koşulları bakanlığın belirlediği değerlerle karşılaştırmıştır. Standartlara uymayan işletmeler için gerekli önlemlerin alınması sağlanmıştır.

Şahin ve ark. (2014), duvar rengi seçiminin iç mekan aydınlatmasına olan ekonomik ve ergonomik etkilerinin ilişkisi üzerinde araştırma yapmışlardır. Çalışma için seçilen aynı fiziksel koşullara sahip ortamlarda duvar renkleri şampanya, krem ve bej renklerine boyanarak yerden 90 cm sabit yükseklikte birden fazla noktadan aydınlık düzeyi ölçülmüş; sonuçlar MATLAB ortamında üç boyutlu modelleme yöntemiyle modellenerek karşılaştırılmış ekonomik ve ergonomik olarak özetlenmiştir. Bu çalışmada aydınlatma türü olarak yarı indirekt aydınlatma türü kullanılmıştır.

Şahin ve ark. (2015), bir diğer çalışmasında iç mekan aydınlatmasında farklı aydınlatma türlerinin seçiminin mekanın aydınlatmasına katkısı üzerinde yaptıkları çalışmada tüm fiziksel ortam koşullarının aynı tutulduğu iki farklı ortamdan birinde yarı direkt diğerinde karma aydınlatma türlerini kullanarak testlerini gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada, yerden 90 cm sabit yükseklikten birçok farklı noktada aydınlık miktarını ölçerek sonuçları MATLAB programında 3D grafikler yardımıyla karşılaştırmışlardır.

3. AYDINLATMA, FOTOMETRİK NİCELİKLER VE ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

Işık, görme olayının gerçekleşmesi için göze gelen ve görsel duyulanmaya neden olan optik radyasyon olarak tanımlanabilir (Rea, 2000). Bu durumda, ışık yaymak suretiyle etrafını aydınlatan ve bu suretle görme işleminin gerçekleşmesine neden olan her şey de ışık kaynağı olarak tanımlanabilmektedir. Aydınlatma ise, bir ortamdaki nesnelerin görülebilmesine olanak sağlayacak şekilde dizayn edilmiş ışık uygulamalarıdır. Aydınlatma tasarımlarının amacı, ortamdaki nesnelerin ve çevrenin en iyi şekilde algılanmasını sağlamaktır. Aydınlatma ürünlerinin elektrik enerjisinin tüketimindeki payı, araştırmacıları daha az enerji tüketen ve çevreye daha az zarar veren aydınlatma ürünlerinin geliştirilmesine yönlendirmekte, bu durum da beraberinde ekonomik çözüm odaklı fotometrik ölçüm sistemlerine olan ihtiyacı arttırmaktadır (Üncü vd.).

Fotometri, elektromanyetik spektrumda 380nm ile 780nm dalga boyları arasındaki insan gözünün algılayabildiği dalga boylarındaki ışık ölçümleridir. Bu alanda sıklıkla kullanılan başlıca fotometrik nicelikler ışık şiddeti (cd), ışık akısı (lm), aydınlık düzeyi (lx) ve aydınlık şiddeti (cd/m^2) şeklinde sıralanabilir (Türkoğlu ve Çalkın, 2008.) Bu bölümde temel olarak aydınlatmadan söz edilirken fotometrik nicelikler ve klasik yöntemdeki ölçüm şekilleri üzerinde durulacaktır.

3.1. Aydınlatma Türleri

Aydınlatma türleri aydınlatmanın, amacı bakımından, kökeni bakımından, aydınlatılacak olan ortamın cinsi bakımından çeşitlenebilir.

3.1.1. Amacı bakımından aydınlatma

Amacı bakımından aydınlatma türleri fizyolojik, dekoratif ve dikkati çeken aydınlatma olmak üzere üçe ayrılabilir.

- Fizyolojik aydınlatma

Bu aydınlatma türü nesneleri, rahat ve net olarak şekil, renk ve ayrıntıları bakımından görmeyi amaçlar. Diğer bütün aydınlatma türleri gibi bu aydınlatma türünde de görme yetisinin bozulmasına neden olabilecek rahatsızlıklardan kaçınılmalıdır.

- Dekoratif aydınlatma

Fizyolojik aydınlatmadan farklı olarak nesnelerin tüm ayrıntılarını göstermekten ziyade estetik olarak göstermektir. Kullanıcının estetik zevklerine göre ışık ve nesneler kullanılarak çeşitli kombinasyonlar bu aydınlatma türünde kullanılmaktadır.

- Dikkati çeken aydınlatma

Dekoratif aydınlatmayı bir üst seviyeye taşıyarak, kişilerin dikkatini çekmektedir. Bu aydınlatma türünde renkli, değişen ışıklar, değişen şekiller, yanıp sönen veya yüksek aydınlık düzeyine sahip düzenekler kullanılır. Genellikle ürünlerin satışının amaçlandığı mağazalar veya sergilerde kullanılır.

3.1.2. Kökeni bakımından aydınlatma

Doğal ve yapay aydınlatma olarak ikiye ayrılmaktadır.

- Doğal aydınlatma

Güneş, bu aydınlatma türünün en temel kaynağıdır. Amaç, doğal ışığın en uygun şekilde kullanılmasıdır. Gün ışığı kullanılırken ışığın yönü ve derecesi dikkate alınmalıdır. İç mekan aydınlatılırken ışığın kamaşma ya da parlama yapması ve göze doğrudan gelmesi engellenmelidir. Gün ışığının özellikleri aydınlatmanın çeşidine göre, ışık rengi, aydınlık düzeylerinin dağılımı, ışık akısının yapısı ve gölge özellikleri açısından farklılık gösterebilir. Bu ışık türü iç mekanlara kapı, pencere gibi alanlardan girmektedir. Mekanlarda verimli ve rahat yaşama ve çalışma ortamı oluşturulmasını sağlamaktadır. Ayrıca doğru şekilde tasarlanan bir yapıda, yapı içerisinde yaşayan bireylerin yaşamlarını daha kaliteli yaşamalarını sağlarken yapıda enerji tüketimini azaltarak mevsimlere göre binanın ısınma ve soğuma gibi aktivitelerini de düzenleyebilmektedir. Gün boyunca elektrik ile aydınlatmaya gerek duyulmadığından elektrik enerjisi korunur ve enerjinin korunması sonucunda da, çevreye salınan zararlı atıkların neden olduğu asit yağmurları, hava kirliliği ve küresel ısınma bu sayede azaltılmış olur (Leslie, 2003).

- Yapay aydınlatma

Elektrik kullanan ışık kaynakları, yapay aydınlatma türleri olarak sınıflandırılmaktadır. Bu ışık kaynakları türlerine göre akkor telli lambalar, deşarj lambalar ve floresan lambalar olarak üçe ayrılmaktadırlar. Bu aydınlatma grubunun en

önemli ayırt edici özelliği lamba türleridir. Farklı lamba türlerinin kullanımı kullanıcının rahatı, yaşam kalitesi ve maliyet olarak farklılık gösterir. Doğal aydınlatma kaynağı olan gün ışığı, bina içerisini aydınlatmada yeterli olmadığı durumda bu ışık kaynaklarına başvurulur. Aydınlik düzeyi ve bunun dağılımı belirlenmiş bazı özelliklere uymadığında canlıların sağlığı için zararlı olabilmektedir. Bu aydınlatma sınıfı kendi içinde aydınlık düzeylerine göre beş gruba ayrılmaktadır. Bu gruplar Çizelge 3.1’de açıklanmıştır.

Çizelge 3.1. Aydınlatma türleri.

Direkt Aydınlatma	Işığı aydınlatma aracından, aydınlatılacak bölgeye doğrudan yollayan ve bu ışığın %90’dan %100’üne kadarını aydınlatılacak noktaya yansıtabilen aydınlatma çeşididir. Bu aydınlatma türünün en önemli örneklerinden biri aydınlatılan nesneye sert gölgeler ve sınırlar sağlayan spotlardır.
Yarı direkt Aydınlatma	Tavan aydınlatmaları gibi aydınlatılacak yüzeye ışığın %60 ile %90’ını yansıtan aydınlatma türüdür.
Karma Aydınlatma	Bu aydınlatma türü, ışığın %40’ından %60’ına kadar aydınlatılacak alana yansıtan aydınlatma türüdür. Karma aydınlatmalara tavan ve duvar yansıtıcıları örnek olarak verilebilir (Yapar, 2007).
Yarı Endirekt Aydınlatma	Loş bir ortam sağlayan bu aydınlatma türü ışığı %10’dan %40’a kadar yansıtabilmektedir.
Endirekt Aydınlatma	Dolaylı ışık türü olarak da adlandırılan bu grup ışığın %0-10’unu aşağıya kalan kısmını ise duvar veya tavana yansıtan aydınlatma biçimidir. Yansıtma etkeni yüksek olan binalarda ve ortamlarda tercih edilir.

3.1.3 Ortam cinsi bakımından aydınlatma

Diğer bir sınıflandırma türü ise aydınlatılan mekana göre yapılan sınıflandırmadır. İç ve dış aydınlatma olarak ikiye ayrılmıştır.

- Dâhili (İç) aydınlatma

İç aydınlatma türünün kullanıldığı yerler ev, okul, iş yerleri, hastane vs. gibi kapalı alanlardır. Işığın açısına göre kendi içinde beş gruba ayrılır. Yapay aydınlatmada olduğu gibi direkt, yarı direkt, karma, endirekt ve yarı endirekt olarak sınıflandırılmıştır.

- Harici (Dış) aydınlatma

Dış aydınlatma adından da anlaşılacağı üzere, açık alanları kapsayan aydınlatma grubudur. Yollar, meydanlar, otoparklar, bahçeler vb. bu aydınlatma sınıfında kapsanan alanlardır. Gündüzleri dış ve iç mekanlar güneş ve gökyüzü yani doğal aydınlatma kaynaklarıyla aydınlanırken, geceleri yapay aydınlatma kaynaklarına ihtiyaç duyulmaktadır. Dış aydınlatma açık alanların aydınlatılmasıdır. Aydınlatılacak yüzey

genellikle ışık kaynaklarından gelen direkt ışıklar tarafından aydınlatılır. Yol, meydan, tünel, binaların dış yüzeyleri ve çevreleri, spor sahaları, gar, rıhtım ve benzeri yerlerin aydınlatılması bu sınıfa girer (Yapar, 2007).

3.2. İyi Yapılmış Aydınlatma ve Faydaları

Aydınlatmanın, kullanıcıların görme duyusunu olumsuz etkilememesi için kullanım amacının doğru tanımlanması ve buna uygun ayarlanması gerekmektedir. İyi bir aydınlatma sistemi ışığın üretilmesi, dağıtılması, ışığın kendisi, ekonomisi, verimliliği, ölçülmesi ve canlılar üzerinde yarattığı etkiler baz alınarak tanımlanabilir. Yani iyi bir aydınlatma için, aydınlatmanın yeterli seviyede olması tek koşul değildir. Bunun yanısıra kullanılan ışığın niteliğinin uygunluğu, aydınlatmanın tekdüzeliği, durağanlığı ve göz kamaşmalarına sebep olmaması sayılabilir. Gün ışığı en iyi ışık kaynağıdır. Bu nedenle gün ışığından elverdiğince yararlanmalı yetersiz kaldığı noktalarda gün ışığına en yakın yapay ışık kaynakları kullanımı tercih edilmelidir. Aydınlatmanın tekdüzeliği, insan gözünün aydınlatmaya uyumunun sağlanması açısından önem taşımaktadır. Aydınlatmada tek düzeliğin sağlanması için yaygın ışık veren birden fazla birbirine yakın yerleştirilmiş ışık kaynakları kullanmak gerekmektedir. Yine aydınlatmanın durağanlığı insan gözünün uyumunun sağlanması açısından önemlidir. Yine göz kamaşmalarını engelleyebilmek için de görme alanı içine düşen ışık kaynaklarının maskelenmesi gerekir.

İyi bir aydınlatma sistemi kurulurken amaca uygun aydınlatma ölçümlerinin yapılması gerekmekte ve çıkan sonuca göre uygun aydınlatma seçilmelidir. Aydınlatmanın verimini etkileyen faktörler aydınlık düzeyi, eş düzeyde aydınlatma, ışıktan yararlanma, ışığın yönü ve gölgesi, ışığın dağılımı, ışığın rengidir. Bu gereklere uygun olarak tasarımlarda uygulanacak olan aydınlatma sistemleri, mekânın kurgusuna ve mimari özelliklerine göre etüt edilmelidir. İşlevsel ve yapısal olarak incelenmeli, ortamın aydınlık düzeyi gereksinimi belirlenmeli ve bunun sonucunda doğru aydınlatmaya ulaşılmalıdır (Özlü, 2008).

İyi bir aydınlatmanın insan üzerinde fiziksel ve psikolojik bakımdan birtakım faydalar sağlayacağı açıktır. Bunlar fiziksel açıdan, görme yeteneğinin artması, göz sağlığının korunması, görsel performans artışına bağlı iş verimi artışı ve kazaların engellenmesi olarak sıralanabilir. Psikolojik açıdan ise görsel konfor sağlandığında insanın kendini daha mutlu hissetmesi ve güvenlik duygusunun sağlanması olarak sıralanabilir.

3.3. Fotometrik Nicelikler

Fotometri alanındaki başlıca nicelikler aşağıda sıralanmıştır.

a. Işık akısı (Φ)

Yedi temel SI (Uluslararası Birimler Sistemi) ölçüm biriminden biri ve fotometri alanındaki temel niceliklerdir. Birimi lümen (lm) olan ışık akısı Φ ile gösterilir. Işık kaynağından verilen ve tayfların göz hassasiyeti ile değerlendirilen ışıyan güç olarak tanımlanır.

b. Işık şiddeti (I)

Noktasal ışık kaynaklarından yayılan ışığın yoğunluğunu tanımlamak için kullanılır. I harfi ile gösterilir ve birimi candela (cd)'dir.

c. Aydınlik düzeyi (E)

Görme olayını sağlayan temel etkenlerden biri de birim yüzeye gelen ışık akısı olarak tanımlanan aydınlık düzeyidir (Özlü, 2008). Aydınlik düzeyi, birim yüzeye düşen ışık akısı miktarıdır. E harfi ile gösterilir. Birimi lüks (lx)'tür.

d. Aydınlik Şiddeti, Parıltı (L)

M^2 başına düşen ışık şiddeti miktarını ifade etmektedir. Işık kaynakları ya da yüzeyler için tanımlanabilen aydınlatma yoğunluğudur. L ile gösterilir. Işık kaynakları için tanımlanan fotometrik niceliklerden görsel olarak algılanan tek niceliklerdir.

3.4. Aydınlatma Düzeyi Ölçüm Yöntemleri

Aydınlatma düzeyi ölçümü, ölçümün yapıldığı ortamdaki ışık şiddeti miktarının 1475 sayılı Kanun'un ilgili hükümleri gereğince 11.01.1974 tarih ve 14765 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlüğe giren "İş Sağlığı ve Güvenliği Tüzüğü" gereğince uygunluğunun tespiti için yapılan bir testir. Belirtilen tüzükte yaşam ve çalışma ortamları için en az aydınlık düzeyleri tespit edilmiştir. Buna göre, bu ortamlardaki aydınlatma şartlarının da gereken şekilde yapılması zorunludur. Bir fotometrik ölçüm kavramı olan aydınlatma düzeyi ölçümleri, belli bir yüzey alanı üzerine düşen ışık akısı büyüklüğü ile ilgili ölçmeleri kapsamakta ve ölçümler lüksmetre kullanılarak yapılmaktadır (Şekil 3.1). Aydınlatma düzeyi ölçüm noktaları aydınlatmanın yapılacağı zemin üzerinde seçilir. Örneğin, ofislerde masalar üzerinde, imalat yapılan yerlerde imalat makinelerinin üzerinde ve boş mahallerde yerden 80cm yükseklikte olacak şekilde yapılır. Lüksmetre ile ölçüm yapılırken güneş ışığının direk lüksmetre üzerine gelmemesine dikkat edilmelidir.

Değişik aydınlık düzeyi ölçme teknikleri vardır. Bunlardan, yatay bir düzlem üzerindeki aydınlık düzeyinin ölçülmesi en yaygın olanıdır. Düzlem üzerinde ölçüm yapılırken, noktada aydınlık düzeyi ve ortalama aydınlık düzeyi gibi iki genel büyüklükten söz edilebilir. Aydınlık düzeyi yatay düzlemde belirlenebileceği gibi duvar ve tavan gibi düşey silindirsel, yarı silindirsel ve yarı küresel aydınlık düzeyi ölçmeleri de mümkündür. Örneğin sahnedeki insanların aydınlatılması, gün ışığı ile ilgili tasarımlar vb. gibi. Bu tür ölçmeler için lüksmetrelerin özel aksesuarları bulunmaktadır.

Bir lüksmetre, bir foto elektrik pil ve bir mili ampermetreden oluşmaktadır. Burada mili ampermetre de çok duyarlı ve flüksel olarak kalibre edilmişken foto elektrik pil sayesinde de ışık enerjisi elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. Lüksmetrenin filtre sistemi, insan gözünden esinlenilerek yapılmıştır. Öyle ki her ikisinin de spektral duyarlılığı aynıdır. Lüksmetre ile bir yüzeyin aydınlatma düzeyi ölçülmek istendiğinde lüksmetrenin dedektörünün, ölçümün yapılacağı yüzeye doğru çevrilmesi yeterlidir. Bundan sonrası göstergeden lüks değerinin okunmasından ibarettir.



Şekil 3.1. Lüksmetre (<http://www.infotek.com.tr/isik.htm>).

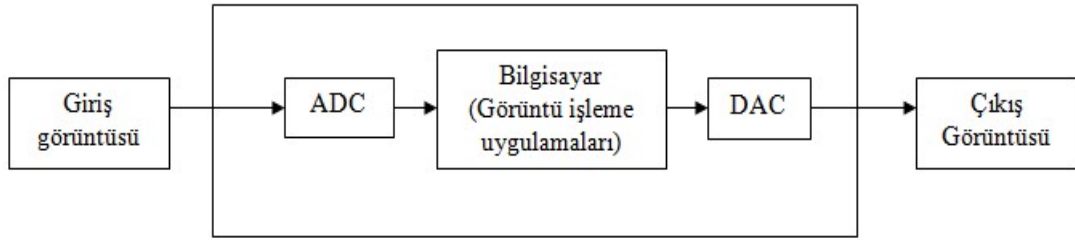
Çizelge 3.2.'de yapılan işlere göre hesaplanan aydınlatma ölçümlerindeki sınır değerler açıklanmıştır (<http://www.prosafety.com.tr/hizmetlerimiz/aydinlatma-olcumleri/>).

Çizelge 3.2. Aydınlatma ölçümlerinin sınır değerleri

Yapılan İşler	Lüks
İşyerindeki avlular, açık alanlar, dış yollar, geçitler ve benzeri yerler	20
Kaba malzemelerin taşınması, aktarılması, depolanması ve benzeri kaba işlerin yapıldığı yerler ile iş geçit, koridor, yol ve merdivenler	50
Kaba montaj, balyaların açılması, hububat öğütülmesi, kazan dairesi, makine dairesi, insan ve yük asansör kabinleri malzeme stok ambarları, soyunma ve yıkanma yerleri, yemekhane ve tuvaletler	100
Normal montaj, kaba işler yapılan tezgahlar, konserve kutulama ve benzeri işler	200
Ayrıntıların yakından seçilebilmesi gereken işlerin yapıldığı yerler	300
Koyu renkli dokuma, büro ve benzeri sürekli dikkati gerektiren ince işlerin yapıldığı yerler	500
Hassas işlerin sürekli olarak yapıldığı yerler	1000

4. SAYISAL GÖRÜNTÜ İŞLEME (SGİ) TEKNİKLERİ

Görüntü, gerçek yaşamdaki üç boyutlu nesnelerden oluşan bir sahnenin iki değişkenli bir fonksiyon olarak tanımlanmasıdır. Yani üç boyutlu görünümün iki boyut üzerine haritalanmasıdır. Görüntü işleme ise gerçek bir görüntünün sayısal ortama aktarılması, özelliklerinin ve görüntüsünün değiştirilmesi gibi işlemlerin tamamını kapsamaktadır. Bu nedenle görüntünün bilgisayarda işlenebilmesi için öncelikle sayısallaştırılması gerekmektedir. Temel bir görüntü işleme blok şeması Şekil 4.1.'de görüldüğü gibidir. Şekilden de görüldüğü gibi analog yapıda olan giriş görüntüsü öncelikle analog-dijital dönüştürücü (ADC) ile sayısallaştırıldıktan sonra bilgisayarda görüntü işleme teknikleri ile işlenmekte daha sonra eğer isteniyorsa işlenmiş çıkış görüntüsü digital-analog dönüştürücüler (DAC) ile tekrar analog görüntüye dönüştürülebilmektedir.



Şekil 4.1. Görüntü işleme temel blok şeması.

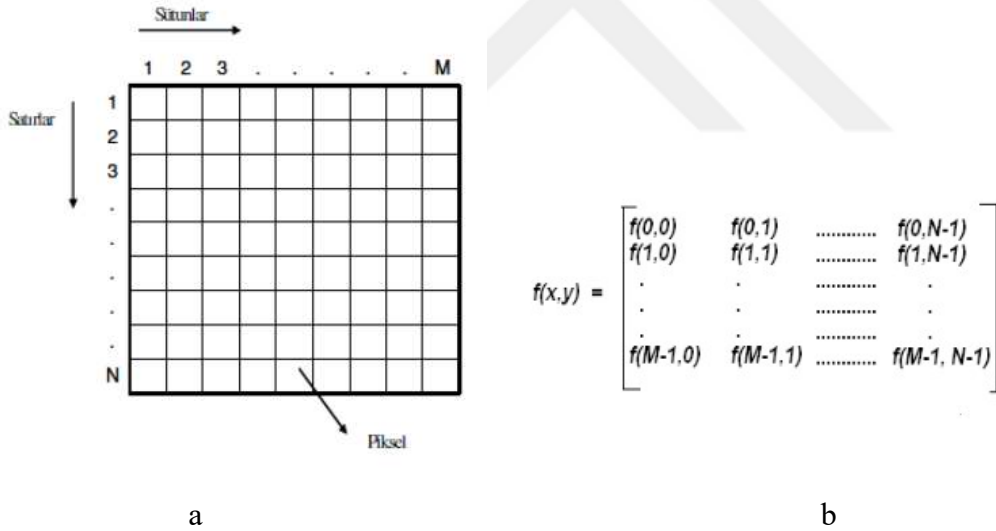
Görüntü işleme ile, kaydedilmiş görüntüler üzerinde işlemler yapılabildiği gibi, anlık olarak alınan görüntüler üzerinde de gerçek zamanlı işlemler yapılabilmektedir. Görüntü işleme ile sayısal görüntü üzerinde çok çeşitli uygulamalar yapılabilmektedir. Bu uygulamaları üç temel gruba ayırmak mümkündür. Bunlar alt düzey, orta düzey ve üst düzey görüntü işleme uygulamaları olarak adlandırılabilir. Alt düzey görüntü işleme uygulamaları daha çok görüntü üzerinde histogram eşitleme, görüntü keskinleştirme, görüntü bulanıklaştırma vb. gibi filtre uygulamalardan oluşmaktadır. Bu işlemler daha çok görüntü ön işleme olarak da adlandırılmaktadır. Bu uygulamaların amacı, daha çok bilgisayar ve insan algısı için görüntülerin iyileştirilmesi, daha üst düzey seviyede yapılacak işlemler için görüntünün daha uygun hale getirilmesidir. Alt düzey görüntü işlemede sistemin hem girdisi hem de çıktısı görüntü olmaktadır. Orta düzey görüntü işleme uygulamalarında, daha çok nesne tanıma, bölütleme gibi uygulamalar yer alırken sistemin girdisi görüntü, çıktısı ise öznitelikler olmaktadır. Üst düzey görüntü işleme

uygulamaları yazı içeriği anlama, sürücüsüz taşıt kullanma, elektronik denetleme sistemleri ve benzeri gibi çalışmaları kapsamaktadır. Bu düzeydeki uygulamalarda ise girdi öznitelikler olurken çıktı ise anlama'dır.

Bir sayısal görüntü iki boyutlu bir $f(x, y)$ fonksiyonu şeklinde tanımlanabilir (Eşitlik 4.1.) ve Şekil 4.2.'de görüldüğü gibi satır ve sütunlardan oluşan ve en küçük parçası piksel olarak adlandırılan bir matris formunda düşünülebilir.

$$f(x, y) = i(x, y) r(x, y) \quad (4.1.)$$

Burada $0 < i(x, y) < \infty$ eşitliği görüntüdeki aydınlatma bileşenini ve $0 < r(x, y) < 1$ eşitliği görüntüdeki yansıma bileşenini ifade etmektedir. x ve y pikselin koordinat bilgilerini verirken $f(x, y)$ (Şekil 4.2.a) hem görüntünün tamamını ifade etmek için kullanılan bir fonksiyon ve hem de (x, y) noktasındaki piksel parlaklık değerini tanımlamak için kullanılan bir ifadedir. Sayısal görüntüde her bir piksel içinde bulunan renkler rakamsal karşılıklarının ortalaması olan bir sayı değeri ile tanımlanmaktadır (Şekil 4.2.b).



Şekil 4.2. a. Sayısal görüntü matrisi, b. Sayısal görüntü fonksiyonu

Görüntü işleme günümüzde birçok alanda aktif olarak kullanılmaktadır. Sağlık alanında tümör, damar belirlenmesi, askeri endüstride yabancı nesne tespiti, güvenlik amacıyla yüz tanıma, gıda sektöründe kalite tayini bunlardan başlıcaları ve en çok bilinenleridir.

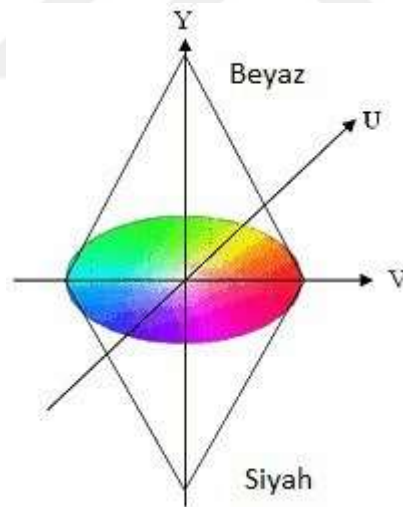
4.1. Tez Çalışmasında Kullanılan SGI Teknikleri

Ortam aydınlatma ölçümleri geleneksel ölçüm yöntemi olan lüksmetre kullanımı ile gerçekleştirilmektedir. Ancak teknolojinin gelişmesi ile birlikte ortaya çıkan bilgisayar yazılımlarına dayalı akıllı uygulamalar birçok işlemde geleneksel yöntemlerin yerini almaya başlamıştır. Bu bağlamda sayısal görüntü işleme tekniklerinin günlük hayattaki akıllı uygulamalarından bir tanesi de ortam aydınlık miktarlarının ölçümü olarak karşımıza çıkmıştır. Bu amaçla çekilen kamera görüntüleri üzerinden ortam aydınlatma miktarlarını hesaplayan bir takım çalışmalar literatürde karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmada, sayısal görüntü üzerinden ortam aydınlatma miktarlarını hesaplamak için dört farklı sayısal görüntü işleme tekniği kullanılmıştır. İlk üç yöntemde görüntünün farklı renk uzayları kullanılmıştır. Renk uzayları renkleri gruplamak ve standartlaştırmak için ortaya çıkmış bir kavram olup her renk uzayı, renk kümesini tanımlamak için kendine özgü bir yapıya sahiptir. Bu çalışmada sayısal görüntü üzerinden ortam aydınlatmasının hesaplanması için kullanılan renk uzayları YUV, RGB ve HSV renk uzaylarıdır. YUV renk uzayında uzayın Y bileşeni üzerinden, RGB renk uzayında Gri seviye görüntü dönüşümü üzerinden ve HSV renk uzayında da V bileşeni üzerinden ortalama parlaklık değerine dayalı olarak ortam aydınlatma miktarı hesapları yapılmıştır. Buna benzer çalışmalar literatürde yer almaktadır. Bu tez çalışmasında dördüncü yöntem olarak daha önceki çalışmalardan farklı olarak ortam aydınlatma miktarının gri seviye görüntüsü üzerinde homomorfik filtreleme uygulanarak bu bileşen üzerinden ortalama parlaklık değerini tespit etmeye dayalı bir yöntem uygulanmıştır. Aynı zamanda uygulamada kullanılan kamera görüntülerinin çekildiği ortam koşullarında, lüksmetre ile ölçümler yapılmış ve sunulan yöntemlerin tutarlılığı lüksmetre sonuçları ile karşılaştırma yolu ile analiz edilmiştir.

1. YUV Renk Uzayı Kullanımı: Bu yöntemde RGB renk uzayından YUV renk uzayına dönüşüm gerçekleştirilmiştir. Daha sonra bu bileşenlerden parlaklığı veren Y bileşeni çekilerek bu bileşen üzerinden piksel parlaklık değerlerinin ortalaması hesaplanarak ortam aydınlatma miktarı olarak kullanılmıştır.
2. Gri Seviye Görüntü Kullanımı: Bu yöntemde RGB renk uzayındaki görüntü gri seviye görüntüye dönüştürülmüştür. Daha sonra gri seviye görüntü üzerinden piksel gri seviye parlaklık değerlerinin ortalaması hesaplanarak ortam aydınlatma miktarı olarak kullanılmıştır.

3. HSV Renk Uzayı Kullanımı: Bu yöntemde RGB renk uzayından HSV renk uzayına dönüşüm gerçekleştirilmiştir. Daha sonra bu bileşenlerden parlaklığı veren V bileşeni çekilerek bu bileşen üzerinden piksel parlaklık değerlerinin ortalaması hesaplanarak ortam aydınlatma miktarı olarak kullanılmıştır.
4. Homomorfik Filtreleme Kullanımı: Son olarak da sayısal görüntü üzerinde homomorfik filtreleme yolu ile görüntünün aydınlatma bileşeni elde edilmiş ve bu bileşen üzerinden piksel parlaklık değerlerinin ortalaması hesaplanarak ortam aydınlatma miktarı olarak kullanılmıştır.

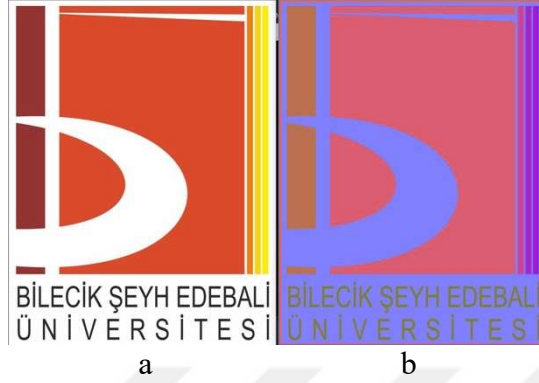
1. Metot: YUV renk uzayı (Şekil 4.3.) PAL, NTSC, SECAM kompozit renkli video standartlarında kullanılmaktadır. Bu renk uzayındaki bileşenler RGB görüntüden türetilmekte olup Y, ışıklılık (luma); U ve V renklilik (chrominance) bileşenlerini temsil etmektedir. Y bileşeni ortalama parlaklığı vermekte olup R, G, B bileşenlerinin ağırlıklı ortalaması ile elde edilmektedir. U, mavi bileşeninden (B) Y'nin; V ise, kırmızı bileşeninden (R) Y'nin çıkartılması ile elde edilen fark bileşenleridir.



Şekil 4.3. YUV renk uzayı.

Bu renk uzayında, Y; görüntüdeki siyah-beyaz bilgisini, U mavi renge ait ve V kırmızı renge ait renk bilgilerini ifade etmektedir. RGB renk uzayından YUV renk uzayına dönüşümü gerçekleştirmek için kullanılan formüller Eşitlik 4.2.'de verildiği gibidir. Şekil 4.4.'de bir RGB görüntü ve bu görüntünün YUV renk uzayındaki Y bileşeni görülmektedir.

$$\begin{aligned}
 Y &= 0.2215 * R + 0.7154 * G + 0.0721 * B \\
 U &= -0.1145 * R - 0.3855 * G + 0.0500 * B \\
 V &= 0.5016 * R - 0.4556 * G - 0.0459 * B
 \end{aligned}
 \tag{4.2.}$$



Şekil 4.4. a. RGB görüntü, b.YUV Renk uzayında Y bileşeni

2. Metot: Gri Seviye görüntü RGB görüntüden 4.3.'de verilen dönüşüm formula kullanılarak geçiş yapılmaktadır. Gri seviye görüntü piksel parlaklık değerleri 0-255 arasında değişen sayı değerlerinden oluşmaktadır. Burada 0 siyaha karşılık gelirken 255 beyaza karşılık gelmekte olup aradaki değerler ise siyah ile beyaz arasında değişen gri seviye renk değerlerini meydana getirmektedir. Şekil 4.5.'de bir RGB görüntü ve onun gri seviye dönüşümü görülmektedir.

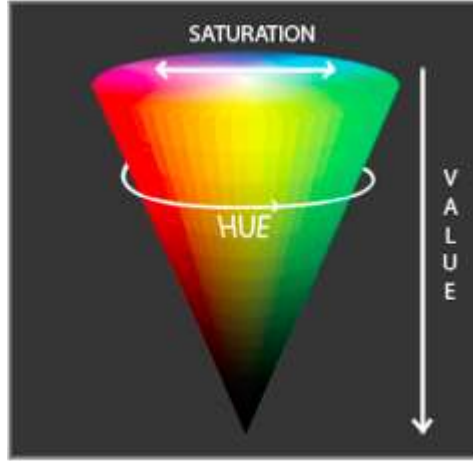
$$\text{Gri Seviye görüntü}(x, y) = \left(\frac{R(x,y) + G(x,y) + B(x,y)}{3} \right)
 \tag{4.3.}$$

Burada x, y piksel koordinatlarını göstermektedir.



Şekil 4.5. a. RGB görüntü, b. Gri seviye görüntü

3. Metot: HSV renk uzayında (Şekil 4.6.) her bir renk H (Renk özü), S (Doygunluk) ve V (Parlaklık) terimleri ile tanımlanmaktadır. Burada renk özü ile rengin hangi renk olduğu, doygunluk ile rengin canlılığı ve parlaklık ile ise rengin aydınlığı ifade edilmektedir.



Şekil 4.6. HSV renk uzayı

HSV uzayında siyah renk için parlaklık değeri sıfırken beyaz renk için ise parlaklık değeri 255'dir. HSV renk uzayı daha çok bilgisayarlı görü uygulamalarında belirli renkteki nesneleri H bileşenini kullanmak suretiyle elde etmekte kullanılmaktadır. Bu çalışmada ise V parlaklık bileşenini kullanmak suretiyle sayısal görüntü üzerinden ortam aydınlatma miktarının hesabı için kullanılmıştır. HSV'den RGB sistemine geçişte kullanılabilecek formüller Eşitlik 4.4.'de verildiği gibidir. Şekil 4.7.'de bir RGB görüntü ve bu görüntünün HSV renk uzayındaki V bileşeni görülmektedir.

$$\begin{aligned}
 &MAX = \max \{R, G, B\}, \quad MIN = \min \{R, G, B\} \quad \text{olmak üzere} \\
 &H = \begin{cases} \text{tanımsız,} & \text{eğer } MAX = MIN \text{ ise} \\ 60 \frac{G - B}{MAX - MIN} + 0, & \text{eğer } MAX = R \text{ ve } G \geq B \text{ ise} \\ 60 \frac{G - B}{MAX - MIN} + 360, & \text{eğer } MAX = R \text{ ve } G < B \text{ ise} \\ 60 \frac{B - R}{MAX - MIN} + 120, & \text{eğer } MAX = G \text{ ise} \\ 60 \frac{R - G}{MAX - MIN} + 240, & \text{eğer } MAX = B \text{ ise} \end{cases} \\
 &S = \begin{cases} 0, & \text{eğer } MAX = 0 \text{ ise} \\ 1 - \frac{MIN}{MAX}, & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \\
 &V = MAX
 \end{aligned} \tag{4.4.}$$



Şekil 4.7. a. RGB görüntü, b.HSV Renk uzayında V bileşeni

4. Metot: Homomorfik filtre uygulamaları sayısal görüntünün frekans domeninde alçak frekans ve yüksek frekans bileşenlerine ayrıştırılmasına olanak sağlamaktadır. Sayısal görüntünün yüksek frekans bileşenleri sayısal eşitliği Eşitlik 4.5.'de verilmiş olan görüntüde yansıma bileşenine ($r(x, y)$) karşılık gelirken, alçak frekans bileşenleri ise ortam aydınlatması ($i(x, y)$) bileşenine karşılık gelmektedir.

Eşitlik 4.1.'de verilen sayısal görüntü ifadesi $f(x, y)$ denkleminde eşitliğin her iki tarafın e tabanında logaritmasının alınması ile logaritmik düzlemde Eşitlik 4.5.'deki gibi ifade edilebilir.

$$\ln(f(x, y)) = \ln(i(x, y)) + \ln(r(x, y)) \quad (4.5.)$$

Tez çalışmasında Eşitlik 4.5.'de matematiksel formülü verilmiş olan sayısal görüntünün $i(x, y)$ bileşeni tespit edilerek bu bileşen üzerinden ortam aydınlatmasının tespiti yapılmaya çalışılacaktır. Bu amaçla literatürde, formülü Eşitlik 4.1. ile verilen sayısal görüntüden aydınlatma bileşenini ayırma işlemini yapan pek çok çalışma literatür taramasında verilmiştir. Burada homomorfik filtreleme kullanılarak Eşitlik 4.1. ile verilen sayısal görüntüden ortam aydınlatması miktarı hesaplanmaya çalışılacaktır.

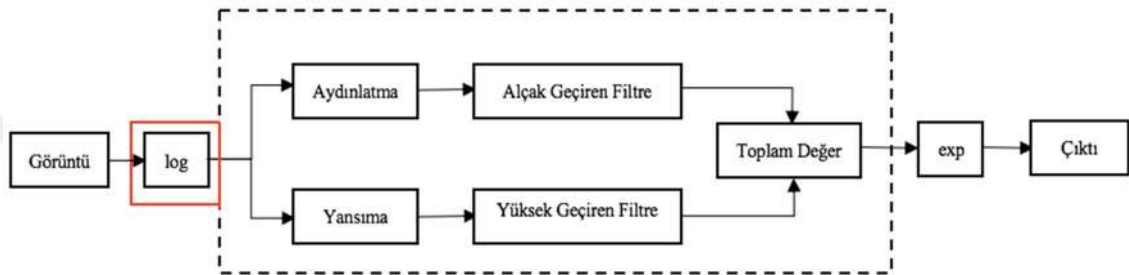
Temelde homomorfik filtreleme görüntüyü gürültüden temizlemek için kullanılan bir görüntü iyileştirme tekniğidir. İçeriğine gürültü karışmış bir görüntü aşağıdaki gibi modellenir:

$$\tilde{f}(x, y) = f(x, y) + n(x, y) \quad (4.6.)$$

Burada $\tilde{f}(x,y)$ fonksiyonu gürültü karışmış görüntüyü, $f(x,y)$ fonksiyonu gürültü karışmamış görüntüyü ve $n(x,y)$ gürültü şeklinde tanımlanabilir. Fakat eğer gürültü modellenmesi çarpım şeklinde ifade edilirse:

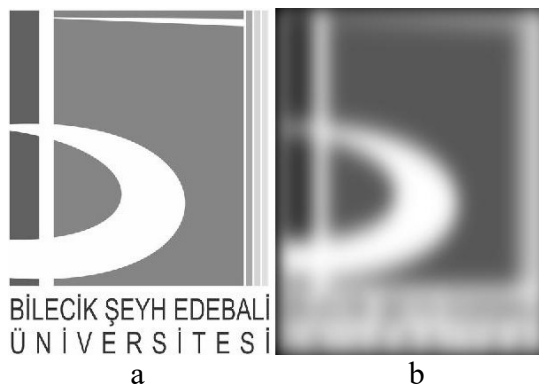
$$\tilde{f}(x,y) = f(x,y) * n(x,y) \quad (4.7.)$$

Bu durumda homomorfik filtreleme görüntüden gürültüyü ayırabilen bir teknik olarak karşımıza çıkmaktadır. Bir homomorfik filtreleme işleminin blok diyagramı aşağıdaki şekilde verilmiştir.



Şekil 4.8. Homomorfik filtrelemenin blok diyagramı

Şekil 4.8.'den de görülebildiği gibi matematiksel ifadesi Eşitlik 4.1.'de verilmiş olan görüntü öncelikle logaritmik uzaya dönüştürülür. Logaritmik uzayda Fourier dönüşümü alınarak frekans düzleminde ifade edilebilir. Bir görüntünün logaritmik uzayda düşük frekans bileşenleri aydınlatma bileşenlerini temsil ederken yüksek frekans bileşenleri de yansıma elemanlarını temsil etmektedir. Şekil 4.9.'da bir gri skala görüntü ve bu görüntünün alçak frekans bileşeni görülmektedir.

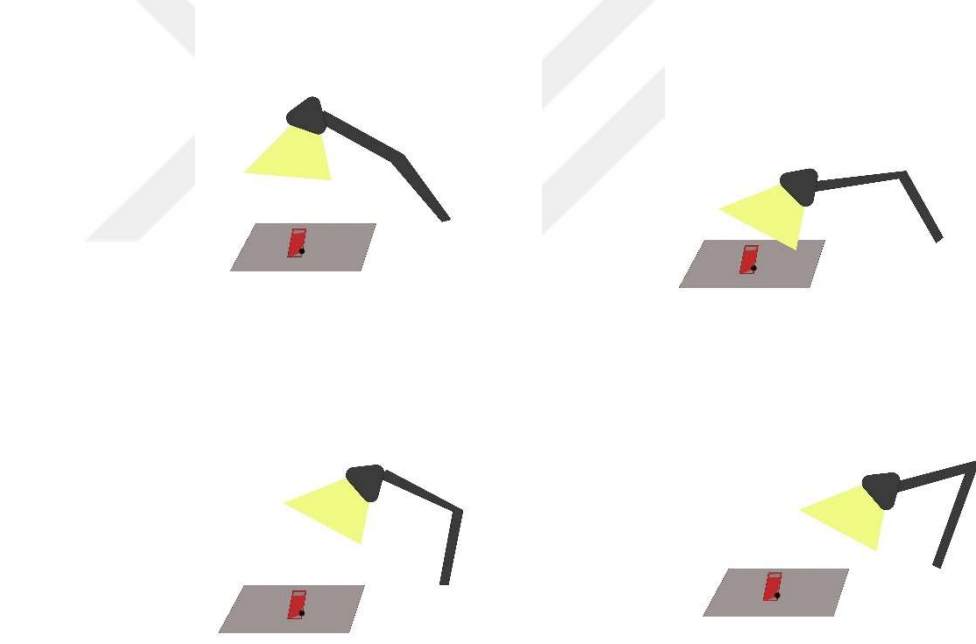


Şekil 4.9. **a.** Gri skala görüntü, **b.** Homomorfik filtreleme ile alçak frekans bileşeni ($i(x,y)$).

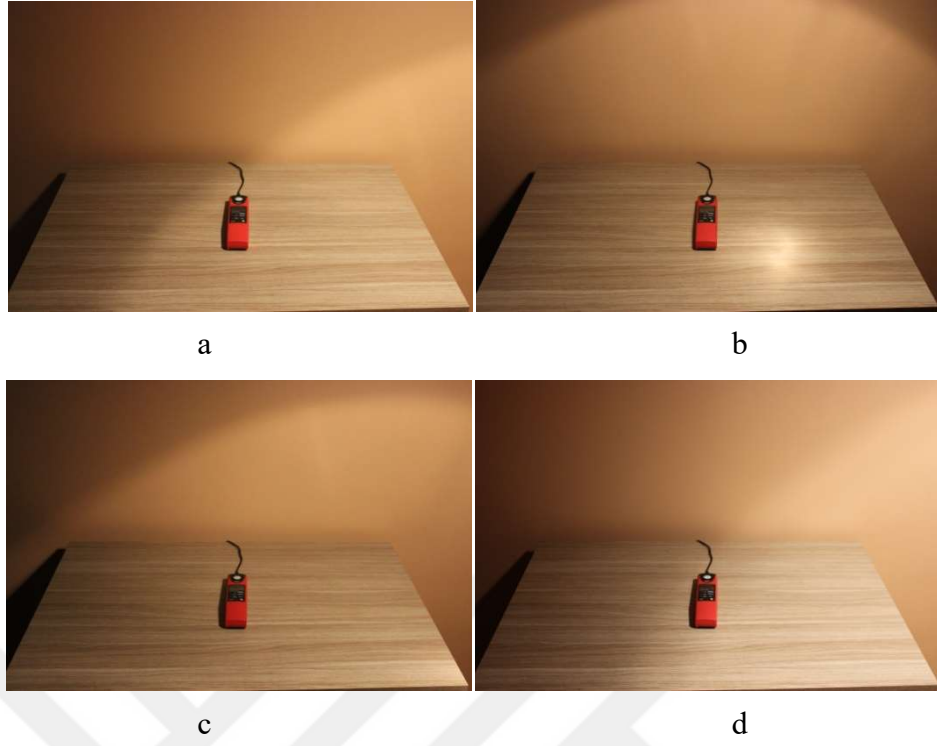
5. MATERİYAL VE METOT

5.1. Materyal

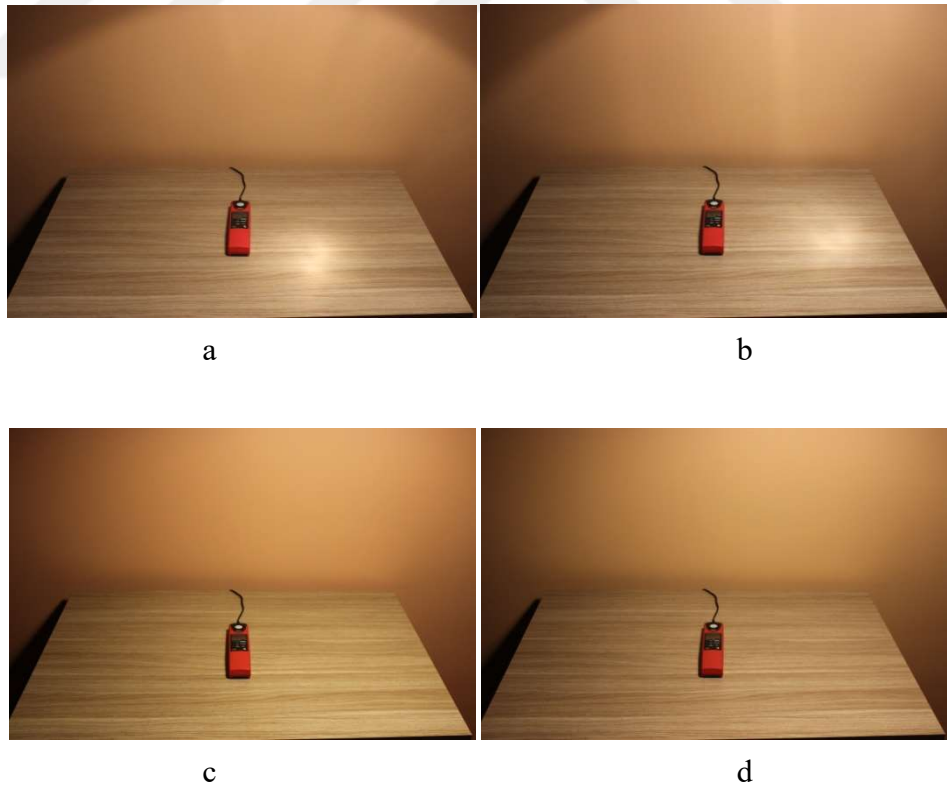
Bu çalışmada dışarıdan aydınlatma almayan kapalı ve kontrollü bir ortam içerisinde bir çalışma masası üzerinde aydınlık düzeyi ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ölçümler toplamda 9 farklı ışık kaynağı için dörder farklı açısal konumda ışıklandırmalar için toplam olarak 36 örnek üzerinden gerçekleştirilmiştir. Işık kaynakları olarak LED, akkor ve floresan lamba olmak üzere her birinden üçer farklı güçte kaynak kullanılmıştır. Bu kaynaklar LED (1055, 806 ve 470 lümen) akkor (2135, 625 ve 235 lümen) ve floresan (1300, 900 ve 650 lümen) olacak şekilde kullanılmıştır. Örnek olarak aynı kaynak için farklı açılardan çekilmiş kamera görüntüleri Şekil 5.1 verilmiştir. Buna göre kaynak yerleşimlerinin dört farklı açıdan çeşitlendirilmesi Şekil 5.2’de verilirken farklı kaynaklar için ölçüm yapılan ortam Şekil 5.3’de verilmiştir.



Şekil 5.1. Aynı kaynak altında farklı aydınlatmalarda kaynak konumları



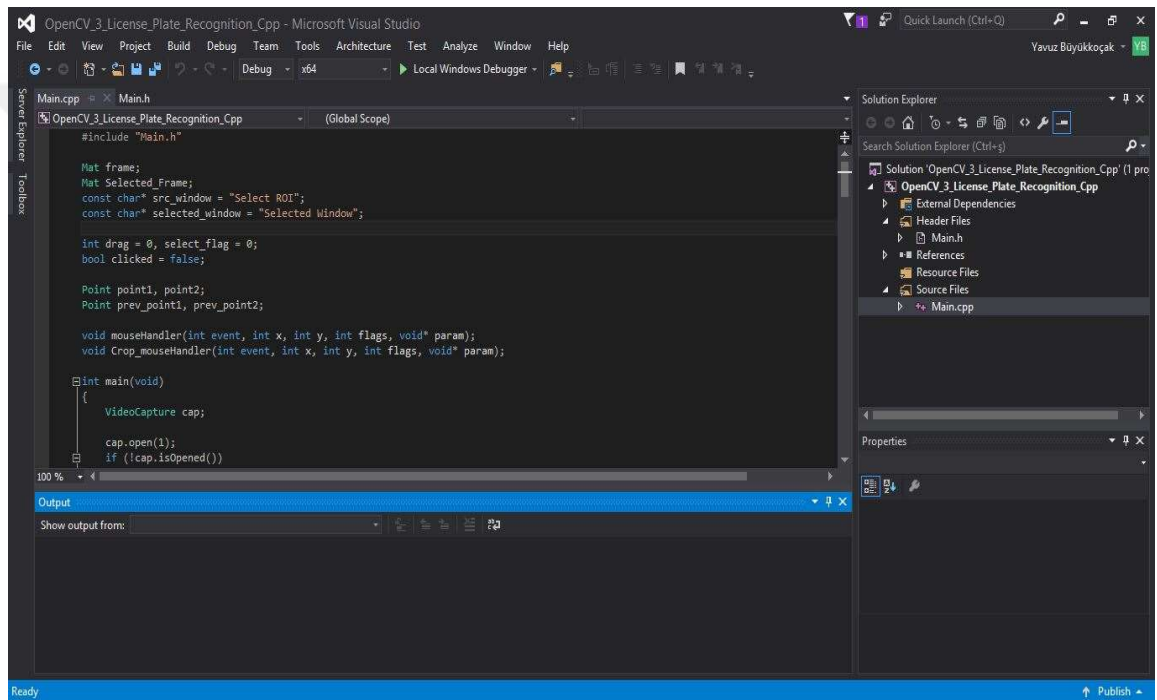
Şekil 5.2. Aynı kaynak altında farklı açılardan aydınlatma



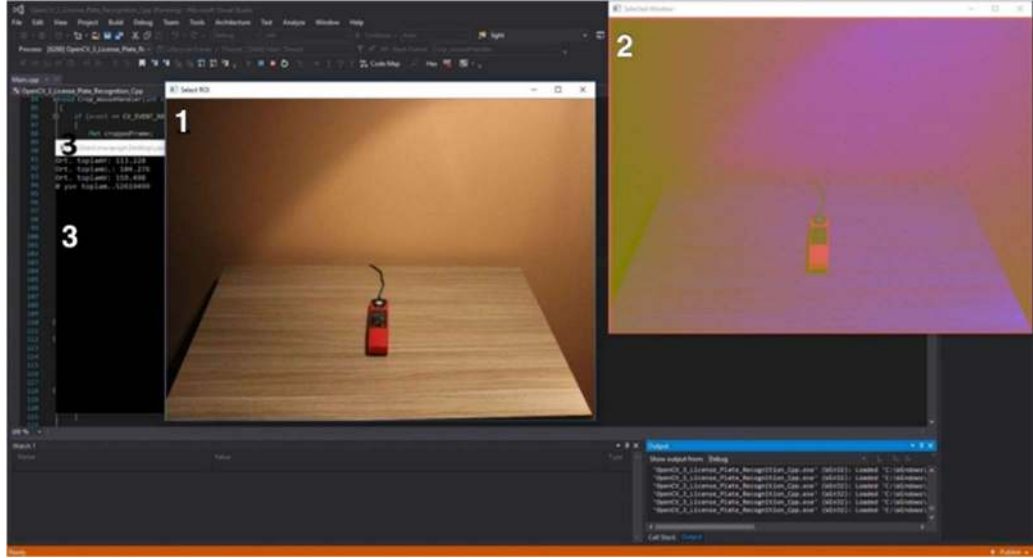
Şekil 5.3. Farklı kaynaklar için aynı noktadan aydınlatma a.&b. LED ışık kaynağı ile aydınlatma, c. akkor ışık kaynağı ile aydınlatma, d. floresan ışık kaynağı ile aydınlatma

Bu çalışmada, görüntü işleme uygulamaları C++ yazım dili ve MATLAB kullanılarak gerçekleştirilmiş, aynı zamanda Open CV kütüphanelerinden de faydalanılmış ve geliştirme ortamı olarak Visual Studio ve MATLAB kullanılmıştır. Bu seçimler yapılırken, kullanılan programın kolay ulaşılabilir ve ücretsiz olması, farklı platformlarda ve farklı işletim sistemlerinde sorunsuz çalışabilmesi gibi özellikler göz önünde bulundurulmuştur.

Şekil 5.4.'de programın kullanıcı arayüzü görülmektedir. Program çalıştırıldığında Şekil 5.5.'de görüldüğü gibi çalışma masası üzerinde yerleştirilmiş olan kameradan alınan görüntü arayüzde görünmektedir.



Şekil 5.4. Kullanıcı arayüzü.



Şekil 5.5. 1. Arayüzde ölçüm ortamının kamera görüntüsünün alınması, 2. Uygulama sonuç ekranı, 3. Yazılım kullanıcı arayüzü.

Tez çalışması kapsamında geliştirilen arayüzün kullanımı açıklanacak olursa, programın çalıştırılmasıyla beraber Şekil 5.5’de görülen 1 kodlu pencerede kamera görüntüsü alınmaktadır. Daha sonra farenin sol tuşuna basılı tutarak ölçüm yapmak istenilen alan seçilmektedir. Seçim yapılan alan 2 kodlu pencerede, yazılım tarafından aydınlatma düzeyinin hesaplanma kodları ise 3 kodlu pencerede görülmektedir.

5.2. Metotlar

1. Metot: Aşağıda uygulanan dört farklı yöntem için kaba kodlar ve program çıktıları verilmiştir. Bu metoda ilişkin kaba kod Çizelge 5.2.1.’de verilmiştir.

Çizelge 5.2.1. YUV renk uzayında ölçüm metodunun kaba kodları.

Girdi: R, G, B

Çerçeve ölçüleri

Çıktı: Y

1. Video görüntüsünü yakala.
2. Yakalanan görüntü tanımlanan *çerçeve* değerinden daha büyükse *çerçeveye* sığdır, Değilse 3. Adıma geç.
3. Formül no 4.2.’yi kullanarak R, G, B değerlerinden Y bileşeni değerini hesapla
4. Y bileşeni için ortalama Y değerini hesapla. Hesaplanan değeri ekrana yazdır ve Dur.

2. Metot: Bu metoda ilişkin kaba kod Çizelge 5.2.2.'de verilmiştir.

Çizelge 5.2.2. Gri seviye metodunun kaba kodları.

Girdi: R,G,B

Çıktı: gray(y')

1. R,G,B görüntüsünü formül 4.3.'ü kullanarak gri seviye görüntüsüne dönüştür.
2. Gri seviye görüntü üzerinden ortalama parlaklık değerini hesapla
Hesaplanan değeri ekrana yazdır ve Dur.

3. Metot: Bu metoda ilişkin kaba kod Çizelge 5.2.3.'de verilmiştir.

Çizelge 5.2.3. HSV renk uzayında ölçüm metodunun kaba kodları.

Girdi: R,G,B

Çıktı: V

1. R,G,B görüntüsündeki her piksel değeri için formül 4.4.'ü kullanarak min ve max değerleri hesapla.
2. $V = \text{Max}$ atamasını yap .
3. V bileşeni için ortalama piksel değerini hesapla.
Hesaplanan değeri ekrana yazdır ve Dur.

4. Metot: Bu metoda ilişkin kaba kod Çizelge 5.2.4.'de verilmiştir.

Çizelge 5.2.4. Gri seviye görüntüden homomorfik filtreleme ile ölçüm metodunun kaba kodları.

Girdi: *orijinal fotoğraf*

Çıktı: *filtrelenmiş fotoğraf*

1. *Orijinal fotoğrafın* değerlerini logaritmik düzlemde ifade et.
2. Logaritmik düzlemde Fourier dönüşümü ile frekans uzayına geçiş yap.
3. Alçak geçiren filtre uygulaması ile görüntünün aydınlatma bileşeni elde et.
4. Ters Fourier dönüşümü ile logaritmik düzleme geçiş yap.
Üstel dönüşümü uygulaması ile görüntünün uzaysal domenine geçiş yap.
Hesaplanan değeri ekrana yazdır ve Dur.

5.3. İstatistiksel Analiz

5.3.1 T-testi

T-testi ilk kez 1908 yılında bir bira firmasının kalitesinin ölçülmesi amacıyla William Sealy Gosset tarafından bulunmuş ve kullanılmaya başlanmıştır. Eşitlik 5.3'de verilen denklemde n , örneklemdeki değişken sayısı; $\bar{X}$, örneklem ortalaması; μ , kitle ortalaması; $\bar{X} - \mu_0$ farkına örneklem hatası ve S_x , örneklem standart sapması olmak

üzere $n - 1$ serbestlik derecesinde t dağılımı matematiksel olarak hesaplanmış olur (Akdeniz, 2013).

$$t_{n-1} = \frac{\bar{X} - \mu_0}{s_x / \sqrt{n}} \quad (5.3.)$$

5.3.2 Hipotez testleri

Örnekleme teorisi, istatistik hipotezlerin ve anakütle parametrelerinin tahmin edilmesini sağlamaktadır. Bu bağlamda kurulan hipotez testleri, eldeki örnek veriler yardımıyla ana kütle parametreleri hakkında belirli anlamlılık düzeyinde örneklem gruplarının araştırılmasını ve karara varılmasını sağlamaktadır. Hipotez, parametre hakkındaki inanışı temsil etmektedir. Örneklem grupları arasında fark olup olmadığını, şayet fark varsa bu farklılığın istatistiksel olarak kayda değer olup olmadığı hakkında karar verilmesini sağlar. İnanılan ve ispat edilmek istenen durum H_0 hipotezi ile ifade edilir ve aksi ispat edilmedikçe bu hipotez doğru olarak kabul edilir. Farklılık anlamlı ise kurulan H_0 hipotezi reddedilir; aksi halde ise kabul edilir. İddia edilen ve kendisini kanıtlama zorunluluğuna sahip olan hipotez ise “alternatif hipotez” yani H_1 hipotezi olarak ifade edilir.

Verilen örneklem değerleriyle oluşturulan hipotezler hakkında karar verilirken yapılan yorumlar hatalı olabilir. Bu hatalar Şekil 5.6’daki tabloda verilmiştir. Tablodaki α değeri doğru olan hipotezin yanlışlıkla reddedilme olasılığı; β değeri ise yanlış olan hipotezin yanlışlıkla kabul edilme olasılığı olarak tanımlanır. 1. tür hata çeşidinde H_0 hipotezi doğru olduğu halde reddedilerek H_1 hipotezi kabul edilir; 2. tür hata çeşidinde ise yanlış olan H_0 hipotezi kabul edilir (İnal ve ark., 1978).

	H_0 Doğru	H_1 Doğru
H_0 Kabul	Doğru Yorum ($1-\alpha$)	2. Tür Hata (β)
H_1 Kabul	1. Tür Hata (α)	Doğru Yorum ($1-\beta$)

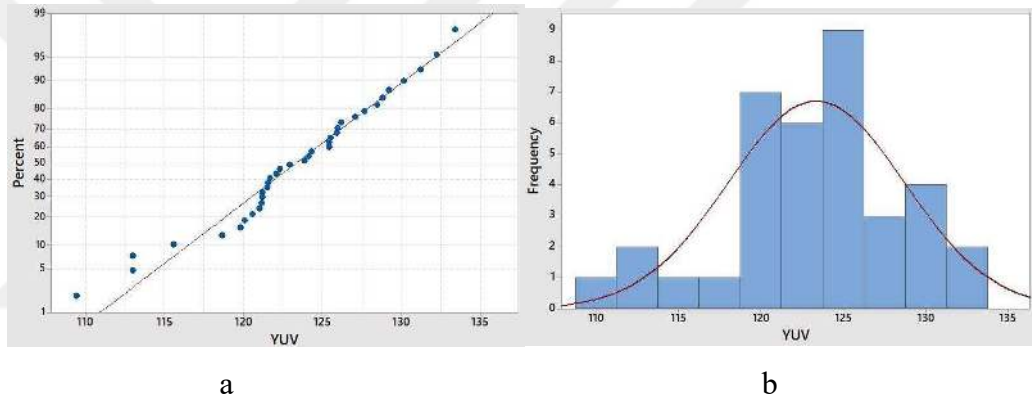
Şekil 5.6. İstatistiksel Hata Tablosu (İnal ve ark., 1978).

5.3.3. Normal dağılım

Bu dağılım, ilk kez 1733 yılında De Moivre sonrasında 1809 yılında Gauss tarafından bulunmuş olup “Gauss” veya normal dağılım olarak adlandırılmaktadır. Dağılıma ait grafiğe normal eğri adı verilir. Dağılımın incelenmesi, grafiğin çizilmesi,

ortalama, mod, medyan değerlerinin karşılaştırılması, basıklık ve çarpıklık katsayılarının hesaplanmasıyla araştırılabilir. Dağılımın simetrik olmadığı durumlarda, sağa-sola çarpıklığı, sivri veya basık olup olmadığına bakılması açısından bu hesaplamaların yapılması, verilerin normal dağılıp dağılmadığı konusunda daha sağlıklı yargıya varılmasına neden olur.

T-testi yapılmadan önce değerlerin normal dağılıma uygun olduğunun test edilmesi gerek şarttır. Bu çalışmada her dört yöntem için de verilerin normal dağılıma uygunluk değerlendirmesi yapılmıştır. Bu değerlendirmelere örnek olması amacıyla YUV yönteminin kullanıldığı çalışmanın değerlendirmesi aşağıda verilmiştir. YUV renk uzayının sonuçlarına ait olasılık çizgisi ve histogram grafiği Şekil 5.7.a. ve 5.7.b.'de verilmiştir.



Şekil 5.7. a. YUV olasılık çizgisi, b. YUV histogram grafiği.

YUV renk uzayının sonuçlarına bakıldığında; medyan değeri ve ortalama değeri 123,4, mod değeri 113 çıkmıştır. Değerler birbirine yakındır ama $Mod < Medyan = Ortalama$ olduğu için serinin sağa eğilimi olan bir frekans dağılımı olduğu söylenebilir. Çarpıklık ve basıklık değerleri sırasıyla, -0,5 ve 0,52'dir. Buna bakıldığında dağılımın asimetrisi negatif yöne eğilimli ve normale göre daha basık olduğu söylenebilir ama değerler (-1, +1) aralığında kaldığı için dağılımın normal dağılıma uyduğu söylenebilir (Akdeniz, 2013). Bu analizler diğer sonuçlar için de ayrı ayrı yapılmış ve hepsinin de normal dağılıma uyduğu görülmüştür.

6. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, dört farklı sayısal görüntü işleme uygulaması ile sayısal görüntüden ortam aydınlatma ölçümleri 9 farklı ışık şiddetindeki ışık kaynaklarıyla yapılmıştır. Yapılan ölçümlerin gerçek değerler ile tutarlılığının incelenmesi için ortam aydınlatmaları lüksmetre ile de ölçülmüştür.

LED lamba (1055, 806 ve 470 lümen) kullanılarak elde edilen ölçüm sonuçları dört farklı yöntem ve lüksmetre için sırasıyla Çizelge 6.1., 6.2. ve 6.3.'de, akkor lamba (2135, 625 ve 235 lümen) için Çizelge 6.4., 6.5. ve 6.6.'da ve son olarak da floresan lamba (1300, 900 ve 650 lümen) için Çizelge 6.7., 6.8. ve 6.9.'da verilmiştir.

Çizelge 6.1. LED 1055 lümen ışık kaynağının ölçüm sonuçları.

Ölçüm No	LED 1055 lümen				
	YUV	Gri Seviye	HSV	Homomorfik	Lüksmetre
1	121,188	121,088	159,486	113,4703	312
2	115,579	115,569	152,437	108,4508	222
3	112,98	112,912	149,63	105,7997	193,8
4	109,395	109,29	146,101	102,4402	134,8

Çizelge 6.2. LED 806 lümen ışık kaynağının ölçüm sonuçları.

Ölçüm No	LED 806 lümen				
	YUV	Gri Seviye	HSV	Homomorfik	Lüksmetre
1	121,485	121,423	157,275	123,7909	259
2	120,986	120,836	155,807	113,8761	179,6
3	120,574	120,411	154,375	113,1982	148,4
4	118,654	118,589	154,12	112,7127	104,7

Çizelge 6.3. LED 470 lümen ışık kaynağının ölçüm sonuçları.

Ölçüm No	LED 1055 lümen				
	YUV	Gri Seviye	HSV	Homomorfik	Lüksmetre
1	133,404	133,315	171,259	122,6334	143
2	132,237	132,185	167,574	120,5171	99,6
3	131,208	131,033	165,764	117,5444	79,7
4	128,777	128,644	163,345	114,4745	54,6

Çizelge 6.4. AKKOR 2135 lümen ışık kaynağının ölçüm sonuçları.

Ölçüm No	AKKOR 2135 lümen				
	YUV	Gri Seviye	HSV	Homomorfik	Lüksmetre
1	125,481	125,444	165,935	119,1556	552
2	123,869	123,8	164,363	117,4652	336
3	122,071	122,096	163,564	116,037	333
4	121,112	121,002	160,108	113,6957	227

Çizelge 6.5. AKKOR 625 lümen ışık kaynağının ölçüm sonuçları.

Ölçüm No	AKKOR 625 lümen				
	YUV	Gri Seviye	HSV	Homomorfik	Lüksmetre
1	127,036	127,06	168,448	121,0028	150
2	126,186	126,109	166,408	119,634	101
3	125,394	125,359	166,328	116,0947	83
4	121,528	121,405	160,271	114,5184	58,6

Çizelge 6.6. AKKOR 235 lümen ışık kaynağının ölçüm sonuçları.

Ölçüm No	AKKOR 235 lümen				
	YUV	Gri Seviye	HSV	Homomorfik	Lüksmetre
1	129,198	129,16	169,423	117,9615	51,6
2	127,617	127,655	167,66	113,7692	29,5
3	124,127	123,999	164,271	113,4747	26,2
4	122,305	122,209	162,886	112,5232	17,24

Çizelge 6.7. Floresan 1300 lümen ışık kaynağının ölçüm sonuçları.

Ölçüm No	FLORESAN 1300 lümen				
	YUV	Gri Seviye	HSV	Homomorfik	Lüksmetre
1	124,307	124,228	162,379	121,9888	369
2	121,653	121,514	158,421	117,8806	239
3	121,197	121,068	158,321	115,1641	165,2
4	120,046	120,023	157,511	112,0678	114,3

Çizelge 6.8. Floresan 900 lümen ışık kaynağının ölçüm sonuçları.

Ölçüm No	FLORESAN 900 lümen				
	YUV	Gri Seviye	HSV	Homomorfik	Lüksmetre
1	128,451	128,45	169,515	228,866	267
2	125,93	125,886	166,887	115,1301	157
3	125,914	123,023	161,646	114	134
4	119,799	119,63	158,897	109,506	89,5

Çizelge 6.9. Floresan 650 lümen ışık kaynağının ölçüm sonuçları.

Ölçüm No	FLORESAN 650 lümen				
	YUV	Gri Seviye	HSV	Homomorfik	Lüksmetre
1	130,154	130,14	169,166	228,263	250
2	125,424	125,811	164,338	120,198	149,5
3	122,913	125,278	162,511	112,502	115
4	112,98	122,786	160,604	72,9	68,7

6.1. Uygulamanın İstatistiksel Analizi

Bu tez çalışmasında, birbirinden bağımsız örneklem ortalamaları arasında istatistiksel olarak fark olup olmadığını incelemek için parametrik bir test tekniği olan t-testi kullanılmıştır. Bilinmeyen varyanslı ve μ ortalamasına sahip normal dağılım 36 birimlik örneklem sonuçlarına dayanarak 0,01 α anlam düzeyinde H_0 ve H_1 hipotezleri

(Çizelge 6.10) kurulmuş ve Minitab programıyla test edilmiştir. Böylece ortam aydınlatma ölçümlerinde, geleneksel olarak kullanılan lüksmetre ölçüm sonuçları ile tez çalışmasında önerilen yöntemler arasında, %99 güven aralığı sınırlarında anlamlı bir fark olup olmadığının tutarlılık analizleri yapılmıştır. Yapılan testin sonuçları Çizelge 6.11.'de verilmiştir.

Çizelge 6.10. Hipotez testleri.

Metot	H ₀ Hipotezi	H ₁ Hipotezi
1.YUV renk uzayı kullanımı	$\mu_{YUV} - \mu_{Luksmetre} = 0$	$\mu_{YUV} - \mu_{Luksmetre} \neq 0$
2.Gri seviye görüntü kullanımı	$\mu_{Gri\ seviye} - \mu_{Luksmetre} = 0$	$\mu_{Gri\ seviye} - \mu_{Luksmetre} \neq 0$
3.HSV renk uzayı kullanımı	$\mu_{HSV} - \mu_{Luksmetre} = 0$	$\mu_{HSV} - \mu_{Luksmetre} \neq 0$
4.Homomorfik filtre kullanımı	$\mu_{H.filtre} - \mu_{Luksmetre} = 0$	$\mu_{H.filtre} - \mu_{Luksmetre} \neq 0$

Çizelge 6.11. T-Testi'nin sonuçları.

Örnek	Örneklem Sayısı	Ortalama (μ)	Standart Sapma	T-Değeri	P-Değeri
1. Metodun Sonucu	36	123,37	5,35	-2,3	0,028
2. Metodun Sonucu	36	123,57	5,05	-2,29	0,028
3. Metodun Sonucu	36	161,86	5,89	-0,27	0,786
4. Metodun Sonucu	36	120,4	27,9	-2,39	0,022
Lüksmetre Sonuçları	36	167	114		

Çizelge 6.10'da elde edilen sonuçlarda p (anlamlılık) değerine bakılmış ve hipotezler için karar verilmiştir. Buna göre yapılan t-testi sonuçları sırasıyla ($t_{(0,01,35)} = -2,3, p > 0,01$); ($t_{(0,01,35)} = -2,29, p > 0,01$); ($t_{(0,01,35)} = -0,27, p \gg 0,01$); ($t_{(0,01,35)} = -2,39, p > 0,01$) şeklinde bulunduğu için 1., 2., ve 4. testlerin sıfır hipotezleri reddedilemez; 3. testin sıfır hipotezi 0,1 değerinden daha büyük olduğu için HSV ve Lüksmetre değerleri arasında elde edilen fark tesadüfen elde edilmiştir, bu iki teknik arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olup olmadığı söylenemez. T-testi sonucunda elde edilen değerlere bakıldığında, ortam aydınlatma miktarlarının tespitinde YUV, Gri Seviye ve Homomorfik Filtreleme algoritmalarının lüksmetrenin olmadığı durumlarda kullanılabilir olduğu görülürken, HSV algoritmasının kullanım kararı ise kullanıcıya bırakılmaktadır.

7. SONUÇ VE GELECEK ÇALIŞMALAR

Bu tez çalışmasında amaçlanan, günümüzde kullanılan geleneksel aydınlık düzeyi ölçme metotları yerine gerçek zamanlı sonuçlar verebilecek ve yüksek doğrulukla çalışan alternatif bir çözüm yöntemi geliştirmektir. Uygulanan geleneksel ölçüm yöntemleri gerçek zamanlı çalışmamaktadır. Ölçümler belirli zaman aralıkları ile tekrarlanmakta ve bu tekrarlanmakta süreleri arasında kalan zamanlarda herhangi bir sorun yaşandığı takdirde gerçek zamanlı olarak müdahale yapılamamaktadır. Bu durum da ortamda bulunan ya da ortamı örneğin, kamera yolu ile dışarıdan izleyen kişilerin görüş konforunu ve sağlığını etkileyebilmektedir. Bu anlamda spor sahalarında, stüdyolarda, ortak kullanım alanlarında, ofislerde, eğitim kurumlarında, kısacası doğal veya yapay olarak aydınlanan her alanda ortam aydınlatma düzeylerinin gerçek zamanlı kontrolü büyük önem taşımaktadır. Gerçek zamanlı olmayan uygulamalarda yapılan ölçümler sonucunda gerekli düzeltmeler yapılmakta ve fakat aradan zaman geçtikçe değişen şartlar, bu kalitenin sürekliliğini olumsuz etkilemektedir.

Bu çalışmada, aydınlatma şiddeti ile ilgili yaşanan problemler göz önüne alınarak daha kaliteli, sağlıklı ve ekonomik bir ölçüm yönteminin tasarlanması amaçlanmıştır. Bu amaç için dört farklı görüntü işleme metodu ile elde edilen değerler, lüksmetre ölçüm değerleriyle karşılaştırılmıştır. Görüntü işleme yöntemleri ile elde edilen sonuçların lüksmetre sonuçları ile tutarlılığının incelenmesi için görüntü işleme metotları ve lüksmetre ile elde edilen aydınlatma ölçüm sonuçları t-testi kullanılarak incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda önerilen dört görüntü işleme yönteminden üçü ile elde edilen ölçüm sonuçlarının istatistiksel olarak kabul edilebilir olduğu bir tanesinin kullanımının ise kullanıcıya bırakıldığı gözlemlenmiştir. Bu nedenle aydınlatma ölçümlerinde lüksmetrenin olmadığı durumlarda önerilen üç görüntü işleme yönteminin ortam aydınlatma miktarlarının ölçümünde kullanılabilir oldukları görülmüştür. Gelecek çalışmalarda ise ortam aydınlatma miktarı ölçümlerinin, video görüntüleri üzerinden gerçek zamanlı olarak gerçekleştirilmesi planlanmaktadır.

KAYNAKLAR

- Akdeniz, F., “İstatistiksel Sonuç Çıkarma: Hipotez Testi”, Olasılık ve İstatistik, *Nobel Kitabevi*, Adana, 399-403 (2013).
- Akella, A. K., Saini, R. P., Sharma, M. P. “Social, Economical and Environmental Impacts of Renewable Energy Systems”, *Renewable Energy*, 34(2): 390-396 (2009).
- Aksoy, E. <http://www.prosafety.com.tr/hizmetlerimiz/aydinlatma-olcumleri/>, (05 Mart, 2018).
- Carrillo, C., Diaz-Dorado, E., Cidrás, J., Bouza-Pregal, A., Falcón, P., Fernández, A., Álvarez-Sánchez, A. “Lighting Control System Based on Digital Camera For Energy Saving In Shop Windows”, *Energy and Buildings*, 59:143–151 (2013).
- Çetegen D., Batman A. “Işık Kirliliği”, *İTÜ Elektrik-Elektronik Fakültesi*, Elektrik Mühendisliği Bölümü, (2005).
- Çetin F.D., Gümüş B., Özbudak Y.B. “Aydınlatma Özelliklerinin Ergonomik Açıdan Değerlendirilmesi”, *II. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu ve Sergisi Bildirileri*, Diyarbakır, Türkiye (2003).
- Commission Internationale de L’Eclairage. “The Correlation of Models of Vision and Visual Performance”, *CIE Publication*, Avusturya (2002).
- Dounis, A.I., Tiropanis, P., Argiriou, A., Diamantis, A. “Intelligent Control System For Reconciliation Of The Energy Savings With Comfort In Buildings Using Soft Computing Techniques”, *Energy and Buildings*, Greece 43: 66–74 (2011).
- Dubin, F.S. “Energy-Efficient Building Design. Innovative HVAC, Lighting, Energy-Management Control, And Fenestration”, *Elsevier*, USA., 36: 11-20 (1990).
- Finlayson, G.D., Hordley, S.D., Drew, M.S. “Removing Shadows From Images” *Proc. of the European Conference on Computer Vision (ECCV)*, 823-836 (2002).
- Finlayson, G.D., Drew, M.S., Lu, C. “Intrinsic Images by Entropy Minimization” *Proc. of the European Conference on Computer Vision (ECCV)*, 582-595 (2004).
- Galasiu, A.D., Newsham, G.R., Suvagau, C. And Sander, D.M. “Energy Saving Lighting Control Systems For Open-Plan Offices: A Field Study”, *Leukos*, Canada, 4: 7-29 (2007).
- Gençoğlu M.T. “İç Aydınlatmada Enerji Tasarrufu”, *III. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu ve Sergisi*, Ankara, (2005).

KAYNAKLAR (Devam ediyor)

- Güner, M. “Konfeksiyon işletmelerinde aydınlatma koşullarının belirlenmesi”, *Tekstil ve Konfeksiyon* 18(1):56-61 (2008).
- Hrbac, R., Kolar, V., Novak, T., Hamacek, S. “Testing the Properties Of Illuminance Sensors Designed For Controllable Lighting Systems”, *12th IFAC Conference on Programmable Devices and Embedded Systems The International Federation of Automatic Control*, Çek Cumhuriyeti, (2013).
- İnal, C., Günay, S., Olasılık ve Matematiksel İstatistik, *Hacettepe Üniversitesi Fen Fakültesi Basımevi*, Ankara, 306 (1978).
- Infotek, <http://www.infotek.com.tr/isik.htm>, (5 Mart, 2018).
- Jafrancesco, D., Mercatelli, L., Fontani, D., Francini, F., Sansoni, P. “Indoor Illumination By Solar Light Collectors”, *Chartered Institution of Building Services Engineers, Lighting Research & Technology*, Italy, 40: 323–332 (2008).
- Kazanasmaz, T., Günaydın, M., Binol, S. “Artificial Neural Networks To Predict Daylight Illuminance In Office Buildings”, *Building and Environment* 44(8):1751-1757 (2009).
- Kim, G., Amina, I., Lim, H.S., Kim, J.T. “The impact of distance on the accuracy of luminance measurement”, *Energy Procedia*, 62: 612 – 618 (2014).
- Kocabey, S. “Dahili Ortamlarda Aydınlik Seviyesinin Kontrolü İle Enerji Tasarrufunun Sağlanması”, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* İstanbul, (1999).
- Kocabey, S. “İç hacimlerde aydınlık düzeyi dağılımının bulunması ve sonlu elemanlar yöntemi ile incelenmesi”, Doktora Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* İstanbul, (2008).
- Krainer, A., Peternej, B., Lah, J., Zupančič, M.T. “Daylight Illuminance Control With Fuzzy Logic”, *Solar energy, Slovenia*, 80: 307-321 (2006).
- Leslie, R.P.: “Capturing the Daylight Dividend in Buildings: Why and How?”, *Building and Environment* 381-385 (2003).
- Matta, S., Mahmud, S.M. “An Intelligent Light Control System For Power Saving”, *36th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society*, Detroit, Michigan, USA.: 3316 – 332, (2010).

KAYNAKLAR (Devam ediyor)

- Özbudak Y.B., Gümüş B., Çetin F.D. “İç Mekan Aydınlatmasında Renk ve Aydınlatma Sistemi İlişkisi”, *II. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu*, Elektrik Mühendisleri Odası, İstanbul (2003).
- Özlü, K. “Konut Yaşama Mekânlarında Yapay Aydınlatma”, *Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Türkiye (2008).
- Perdahçı, C., U. Hanlı. “Verimli Aydınlatma Yöntemleri”, *EVK 2009, III. Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu*, 323-327 (2009).
- Poynton, C. “YUV And Luminance Considered Harmful”, *Digital Video and HDTV Algorithms and Interfaces*, 595-600 (2003).
- Rea M. S. “IESNA Lightning Handbook: Reference and Application” *Illuminating Engineering Society of North America*, New York (2000).
- Şahin, M., Oğuz, Y., Büyüktümtürk, F. “Yarı Direkt Ve Karma Aydınlatma Türlerinin Teknik Yönden Karşılaştırılması”, *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11(1): (2015).
- Şahin, M., Oğuz, Y., Büyüktümtürk, F., Şahin, E. “Yarı Endirekt Aydınlatma Türü Ve İç Mekan Rengi İlişkisinin Bina Enerji Tüketimi Ve Ergonomisi Açısından İncelenmesi”, *Erzincan Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8(2): 148-165 (2014).
- Singh, M.C., Garg, S.N. “Illuminance Estimation And Daylighting Energy Savings For Indian Regions”, *Renewable Energy, India* 35: 703-711 (2010).
- Topuz, V., Atış, S., Kocabey, S., Tektaş, M. “Determination of illuminance level using ANN model”, *Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems* (2007).
- Türkoğlu A.K., Çalkın Y. “Fotometride Ölçüm Belirsizliğini Etkileyen Faktörler”, *VII. Ulusal Ölçüm Bilim Kongresi, İzmir*, 455-461 (2008).
- Wuller D., Gabele, H. “The Usage Of Digital Cameras As Luminance Meters” *SPIE 6502 Konferansı, California, ABD*, (2007).
- Üncü İ.S., Coşkunsu S., Uysal S. “Ekonomik Çözüm Odaklı Fotometrik Ölçüm Sistemleri.” *Ulusal Aydınlatma Kongresi, İstanbul*, (2013).

KAYNAKLAR (Devam ediyor)

- Üncü, İ. S., İ. Taşçı. "Işık Kaynaklarının Renksel Geriverimlerinin Görüntü İşleme Teknikler Kullanılarak Belirlenmesi", **8. Ulusal Aydınlatma Kongresi, İstanbul**, (2011).
- Yapar, T.: "Aydınlatma Otomasyonu İle Enerji Tasarrufu", *Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Türkiye (2007).
- Yılmaz, C. "Bina İçi Mekanlarda Profibus-Dp Ağı Üzerinden Dinamik Aydınlatma Denetimi", *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilim Dergisi*, 13(1): 7-13 (2007).



EK-1: Uygulanan metotlar sonucu elde edilen ekran çıktıları.



Örnek-1, Metot-1 Sonuçları



Örnek-2, Metot-2 Sonuçları



Örnek-3, Metot-3 Sonuçları



Örnek-4, Metot-4 Sonuçları

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Yavuz BÜYÜKKOÇAK

Doğum Yeri ve Tarihi : Bilecik 16.08.1991



Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Sakarya Üniversitesi Elektrik-Elektronik Müh.

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

Bilimsel Faaliyetleri : Turhal Ü.Ç., Büyükköçak Y. “Decomposing Lighting Component of an Image: A Review” (2017) *ICAT17-0060*.

İş Deneyimi

Stajlar :

-Seranit Seramik A.Ş.

07.2012-08.2012 (1 ay) | Bilecik - Türkiye

Elektrik-Elektronik Birimi, Bakım ve Üretim Stajı

-Seranit Seramik A.Ş.

07.2011-08.2011 (1 ay) | Bilecik - Türkiye

Elektrik-Elektronik Birimi Otomasyon Stajı

Projeler :

-PIC ile robotik çalışmalar

-Hidromobil aracı için elektronik donanım tasarımı ve programlanması

-Raspberry Pi ve BeagleBone üzerinde Linux tabanlı projeler

-Gömülü sistem uygulamaları

Çalıştığı Kurumlar:

-3BHUB 3 Boyutlu Teknoloji Hizmetleri (07.2014-07.2016)

-Larges Artware Solutions (07.2016-02.2017)

-Mavi Proje Müh. Müş. Ltd. Şti (03.2017- halen)

İletişim

E-Posta Adresi : yavuzbuyukkocak@gmail.com

Akademik Çalışmaları

- Turhal Ü.Ç., Büyükkocak Y. “Decomposing Lighting Component of an Image: A Review” (2017) *ICAT17-0060*.

Tarih:2018