SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ

S.Ü. Müh. Bilim ve Tekn. Derg., c.7, s.1, ss. 228-240, 2019
Selcuk Univ. J. Eng. Sci. Tech., v.7, n.1, pp. 228-240, 2019
ISSN: 2147-9364 (Electronic)
DOI: 10.15317/Scitech.2019.194

BİLGİSAYARLI GÖRÜ SİSTEMLERİ İÇİN SİSTEM TASARIMI VE KONTROLÜ

[1]Birkan BÜYÜKARIKAN, [2]İsmail Serkan ÜNCÜ

[1]Selçuk Üniversitesi, Sarayönü Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, KONYA
[2]Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, ISPARTA
[1] birkan@selcuk.edu.tr, [2] serkanuncu@isparta.edu.tr

(Geliş/Received: 21.04.2018 ; Kabul/Accepted in Revised Form: 27.01.2019)

ÖZET: Bilgisayarlı görme uygulamaları için aydınlatma ve sahne önemlidir. Nesnelerin özelliklerini belirlemek ve istenilen kalitede görüntü alabilmek, aydınlatma koşullarının olabildiğince sabit ve kontrollü olması ile sağlanır. Çalışmada bilgisayarlı görü uygulamalarında görüntünün dış koşullardan etkilenmemesi için bir ışık havuzu oluşturulmuştur. Sistemindeki LED aydınlatma armatürlerinin sürülmesi, ışık miktarının ve renk yelpazesinin bilgisayar ile kontrol edilmesi sağlanmıştır. Ayrıca iki farklı aydınlatma kaynağı kullanılarak mesafelere göre ışık havuzunun orta noktasına düşen aydınlık düzeyinin hem lüksmetre hem de görüntü işleme teknikleri ile belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Bilgisayarlı görme, LED aydınlatma, LED sürücü, ışık havuzu, görüntü*

System Design and Control for Computer Vision Systems

ABSTRACT: Lighting and environment are important for computer vision applications. It is necessary to determine the properties of the objects and to get the desired quality images. So as to be provided with constant and controlled lighting conditions. In the study, a pool of light was created so that the image was not affected by external conditions in computer vision applications. LED lighting fixtures driver, the amount of light and the color spectrum provided to control the computer in the system. In addition, two different lighting sources were used, and according to the distance of the center of the light pool of the light level was determined by both the luxury meter and the image processing techniques.

Key Words: *Computer vision, LED lighting, LED driving, lighting pool, image processing*

GİRİŞ (INTRODUCTION)

Bilgisayarlı görme uygulamalarında görüntünün alınması için oluşturulan sistem; bilgisayar, kamera, lens ve sisteme uygun olarak belirlenmiş bilgisayar yazılımından ibaret değildir. Bu yüzden görüntüleme sistemine ek olarak uygun mekanik destekler, ışık kaynağı ve optiğinde kullanılması bir gereklilik oluşturmaktadır (Batchelor, 2012). Bu sistemden elde edilen görüntülerin analizi için görüntü işleme teknikleri kullanılmaktadır. Görüntü işlemeyi matematiksel olarak ifade etmek için, nesnenin ve arka planın parlaklık değerlerinin farklı olması gerekmektedir. Bunu yapabilecek sistem de ışıktır (Jahr, 2006).

Aydınlatma CIE (Commission Internationale de L'eclairage- Uluslararası Aydınlatma Komisyonu)'ye göre; çevrenin ve nesnelerin gerektiği gibi görülmesini sağlamak için ışığın uygulanması olarak tanımlanmıştır (IESNA, 2000). Bilgisayarlı görme sistemlerinde aydınlatma kullanılmasının temel amacı, nesnelerin görebileceği kadar basit ve kusursuz analiz imkânı sağlayabilen bir görüntünün elde

edilmesidir (Harding, 2003). Ancak ışık kaynağı ve görüntüleme aygıtları, görüntünün parlaklık ve renk bilgilerinin değişmesine sebep olmaktadır (Yuntao, 2004; Li-Li ve diğ., 2013). Bu bağlamda harici bir ışık kaynağı tarafından eşit olmayan bir şekilde nesnelerin aydınlatılması, yarardan çok zarara neden olacak ve görüntü işleme teknikleri de yetersiz kalacaktır (Linde ve diğ., 1980; Kopparapu, 2006). Bu yüzden ışık kaynağı ve görüntüleme aygıtlarının seçimi ve yerleştirilmesi, başarılı bir görüntüleme sisteminde önemli bir adımı oluşturmaktadır (Cowan ve diğ., 1992; Kopparapu, 2006). Ancak bir kameranın çözünürlüğü ne kadar iyi olursa olsun veya frame yakalama hızı ne kadar hızlı olursa olsun, görüntünün kalitesi kameraya sunulan ışığa bağlıdır (Lecklider, 2007). Yani renkli bir kameradan algılanan görüntüdeki nesnelerin renkleri, aydınlatma koşullarına göre değişir (Martinkauppi, 2002). Bu durumda, aydınlatma koşullarındaki değişimler nesnenin görüntüsünün farklı algılanmasına sebep olmaktadır (Belhumeur ve Kriegman, 1998). Örneğin Cusano ve diğ., (2016) Raw Food verisetindeki nesnelerin görüntüleri farklı aydınlatma kaynaklarında elde etmişlerdir (Şekil 1). Görülmektedir ki nesneler farklı aydınlatma koşullarında farklı olarak algılanabilir.



a b c d

Şekil 1. Raw Food verisetindeki farklı dimleme ile elde edilen görüntüler (Cusano ve diğ., 2016) (Images with different dimming in Raw Food dataset)
a) D65 (I=%100) b) D65 (I=%75) c) D65 (I=%50) d) D65 (I=%25)

Bu bağlamda aydınlatmayı doğru ve istenilen optik çıktıda tutmak için, akıllı bir kontrol teknolojisine ihtiyaç bulunmaktadır (Huang ve diğ., 2007). Günümüzde Işık Yayan Diyot (LED), bilgisayarlı görme uygulamaları için kullanılan ideal bir ışık kaynağıdır (Li-Li ve diğ., 2013). LED aydınlatma ile ışık yoğunluğu, ışığın rengi ve aydınlatma modeli kolaylıkla kontrol altında tutulabilir (Linnartz ve diğ., 2008).

Bilgisayarlı görünün önemli özniteliğini oluşturan aydınlatma, görüntüsü alınacak nesne ve yakın çevre arasındaki parlaklık farkıyla, kolaylıkla görüntülenebilir (Pritchard, 1999). Bunun için bilgisayarlı görü sistemleri genellikle yarı parlak bir zemine sahiptir. Amaç yansıyan parlamayı en aza indirmek ve yüksek görünürlük elde etmektir. Bu yüzden bu sistemlerde geniş bir alan kullanmak gerekmektedir (Kraehenbuehl, 1949). Bu bağlamda aydınlatma sisteminin amacına uygun olarak çalışabilmesi, ışığın yönetilebilmesi ve görüntüleme sisteminin olabildiğince dış etkenlerden uzaklaştırılmasıyla sisteminin işlevselliği arttırılabilir.

Bu çalışmada bilgisayarlı görü sistemi için 1 m^3'lük bir ışık havuzu oluşturulmuş ve böylece elde edilecek görüntünün dış koşullardan etkilenmemesi, sahne kısıtlanması ile ışığın sabit bir şekilde ortamı aydınlatması sağlanmıştır. Aydınlatmanın kontrolü için bilgisayar kontrollü elektronik bir LED sürücüsü yapılmıştır. Bu LED sürücüsü farklı voltaj ve teknolojideki LED armatürlerin sürülmesi sağlanmıştır. Ayrıca sistemin aydınlık düzeyinin belirlenmesi için görüntü işleme teknikleri kullanılarak Dome ve Coaxial LED armatürlerde sonuçlar verilmiştir.

Yapılan çalışmalar incelendiğinde aydınlatma sistemi tasarımı ve LED ışık kaynağının sürülmesi ve kontrolünü sağlamışlardır. Muthu ve Gaines (2003), çalışmalarında RGB-LED ışık kaynağının uygulanması, sensör yerleşimi, LED sürülmesi ve kontrollerine sahip bir aydınlatma tasarlamışlardır. Teikari ve diğ. (2012) LED ve Arduino ile sürücü tasarlamışlardır ve laboratuvar için görme sistemlerinde uygulamışlardır. Sugiyama ve diğ. (2007), aydınlatma kaynağının parlaklığını kablosuz iletişim teknolojisi ile kontrol edebilen bir sistem oluşturmuşlardır. Sürücü 0-100 değerleri arasında

dimlemeye izin vermişlerdir. Miki ve diğ. (2010), çalışma ormanına yerleştirilen sensörler yardımıyla aydınlık verilerini gerçek zamanlı dağılımını görselleştiren akıllı bir aydınlatma sistemi tasarlayarak çalışanların ihtiyaç duyduğu aydınlığın seviyesinin elde edilmesini sağlamışlardır. Moo ve diğ. (2012) ise 45 W'lık LED lambalar için dimlenebilir bir sürücü tasarlamışlardır. Dimlenme sırasında bile yüksek verimlilik elde etmişlerdir. Ismail ve diğ. (2013) farklı lüks değerlerinin görü işleme ile karşılıklarını bulup regresyon analizi ile karşılaştırma yapmıştır. Yusuf ve diğ. (2018) riskli bölgedeki aydınlatmanın izlenmesi için parlaklık seviyesini gerçek lüks değerleri ile ilişkilendiren görüntü işleme temelli bir teknik önermişlerdir. Kullandıkları aydınlatmaların kombinasyonları ile lüks değerleri ile karşılaştırılmıştır.

Kopparapu (2006) makineli görme uygulamaları için birkaç ışık kaynağı kullanarak görüntü sahnesinde düzgün aydınlatma elde etmek için bir tasarım önermiştir. Çalışmada ışık kaynağının optimum pozisyonu belirlemeye çalışmıştır. Xu ve diğ. (2017) silindir yüzeyin kusurlarını belirlemek için aydınlatma sistemi tasarlamışlardır. Bu sistemde ışık kaynağının pozlama ve konumunun etkisine bakılmıştır.

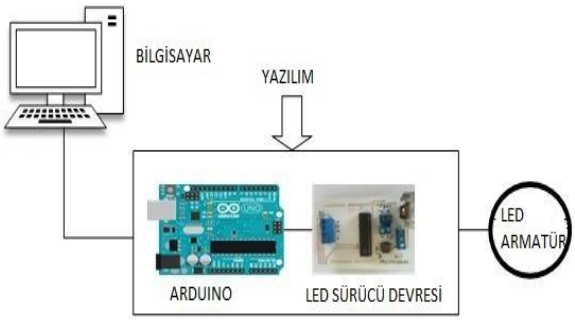
MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

Bilgisayarlı görü uygulamalarının verimli olarak kullanılabilmesi için sabit bir sistem tasarlanması ve kullanılan sahnede istenilen çıktıda ışık üretmesi görüntü işlemedeki çalışma performansını etkileyecektir. Çalışmada LED aydınlatma armatürlerin sürüldüğü bir elektronik kart tasarlanmıştır. Sürücü devresi farklı çalışma prensibine sahip teknolojileri kullanan aydınlatma kaynaklarının hem PWM sinyali hem de makinalı görü LED armatürlerinin bir arada çalışması sağlanmıştır. Elektronik sistem Arduino Mega 2560 üzerine oluşturulan elektronik bir kart bilgisayar yardımıyla yönetilmiştir. Ayrıca sürücü LED aydınlatmalarının parlaklıklarını %0 - %100 arasında dimleme ile kullanımına izin vermektedir. Görüntü alma sırasında kamera ve LED armatürün istenilen yüksekliğe ayarlanabilmesi için bir kol tasarlanmıştır ve step motor yardımıyla bilgisayar tarafından yönlendirilme yapılabilmektedir. Sistemin bilgisayar yardımıyla yönlendirilmesi için Visual Studio C# 2012 programlama dili kullanılmıştır. Görüntü işleme teknikleri kullanılarak aydınlık düzeyi de hesaplanmıştır.

LED Sürücüsü Tasarımı ve Sürülmesi (LED Driver Design and Driving)

Bilgisayarlı görü uygulamalarındaki nesnelerin özellikleri çeşitli optik ve aydınlatma yöntemleriyle kolaylıkla belirlenebilir (Wilson, 1999). Aydınlatma endüstrisi geliştikçe aydınlatma sistemleri için ihtiyaç duyulan akıllı denetleyici ve sürücüler, artan ihtiyaçların karşılanmasını sağlayacaktır (Louw ve Neethling, 2013). Bu yüzden LED aydınlatma sürücüleri, sistemin ışığını dimleme ve ışık yelpazesini değiştirme gibi gelişmiş kontrol işlevselliğini desteklemesinin yanı sıra, sistemin tutarlı ışık kalitesinin de üretilmesini sağlaması gerekmektedir (Louw ve Neethling, 2013; Led-professional, 2018).

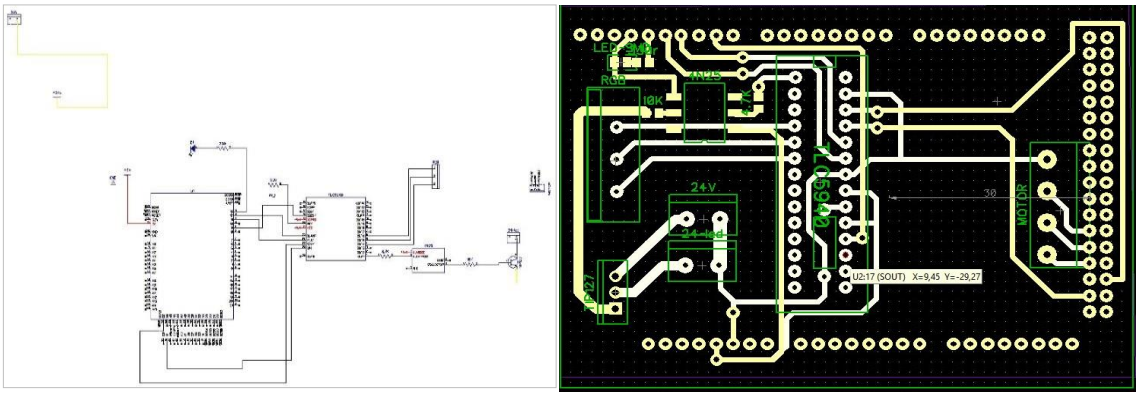
LED armatürlerin istenilen aydınlık düzeyine indirilmesi veya çıkarılabilmesi için dimlemeyi ve farklı renk ışık yelpazesinin istenilen oranlarda ayarlanmasını sağlamak üzere oluşturulan LED sürücüsü devresinin blok diyagramı Şekil 2'de verilmiştir. Çalışmada sabit koşulların olduğu bir sistemde LED armatürlerin istenilen çıktıda sonuç üretebilmesi için sürücü devresi Arduino Mega 2560 ile kontrol edilmiştir.



Şekil 2. LED sürücüsünün blok diyagram şeması (Block diagram of the LED driver)

Arduino, tasarlanmış sistemde bir veri iletişim cihazına benzer şekilde işleve sahip olup; anahtar, buton, joystick, sensörler gibi dışardan gelen analog/dijital girişleri okuyabilmesiyle beraberinde Darbe Genişlik Modülasyonu (PWM) sinyalleri ile LED sürücüsünü kontrol edebilmektedir (Stankus ve diğ. 2010). ATmega2560 tabanlı bir Arduino kartıdır. Bu kart 54 dijital I/O pine sahip olup, bunların 14 tanesi PWM çıkışı olarak kullanılabilir (Arduino, 2018). Arduino tarafından kontrol edilebilen PWM sinyali ile LED'lerin ışıma çıkışını, PWM sinyalinin çalışma döngüsünün fonksiyonuyla doğrusal olacak bir şekilde yönlendirilmektedir ve iyi kalitede ışık miktarıyla birlikte ışığın rengini de belirlemektedir (Teikari ve diğ., 2012). LED kaynaklarının parlaklıkları, PWM veya akım ayarlanması ile üretilebilir. Parlaklıkları ayarlanabilen LED kaynakları ile farklı renklerin sisteme aktarılması sağlanabilir (Narra ve Zinger, 2004). Bu yüzden farklı RGB renklerinin oluşturulması için PWM Switch kullanılmıştır.

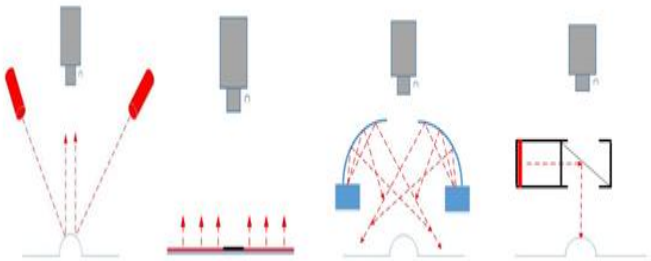
Elektronik sistemde 12 ve 24 Volt ile çalışabilen farklı çalışma prensiplerine sahip armatürlerin aynı devre üzerinden sürülmesi sağlanarak gerekli sistem tasarımı gerçekleştirilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. LED sürücüsünün devresi ISIS ve ARES çıktısı (LED driver circuit ISIS and ARES output)

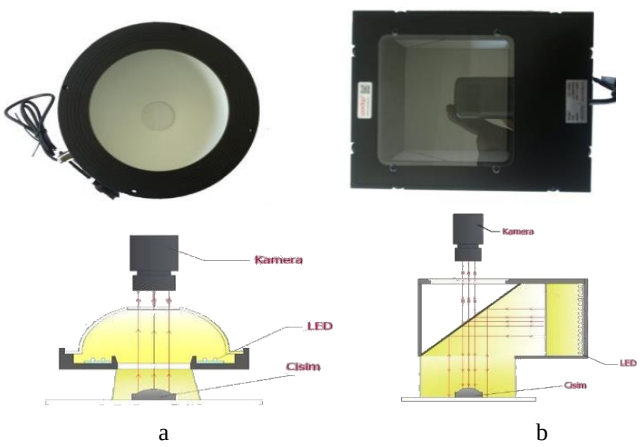
Işık Havuzu Tasarımı (Light Pool Design)

Bilgisayarlı veya makineli görme sistemlerinde, nesne ve kameranın yanı sıra ışık kaynağının yerleştirilmesi de önemlidir. Örneğin ışık kaynağı, nesne ile aynı tarafa yerleştirilmesi ön aydınlatma oluşmaktadır. Böylece gelen ışık nesnenin üzerine düşecektir. Işık kaynağı, nesnenin karşı tarafında ise geri aydınlatmayı ifade eder ve bu aydınlatma türü özellikle şeffaf nesne görüntülerinin elde edilmesinde kullanılmaktadır (Steger ve diğ., 2008). Şekil 4'te aydınlatma şekillerinden; arka aydınlatma, halka aydınlatma, karanlık alan aydınlatması ve ışık difüzyon yöntemleri görülmektedir. Görü sistemlerinde aydınlatma ve optik uygulamalardan başarılı sonuçlar elde edebilmek için bu aydınlatma şekillerin denenmesi bir gerekliliktir (Wilson, 1999).



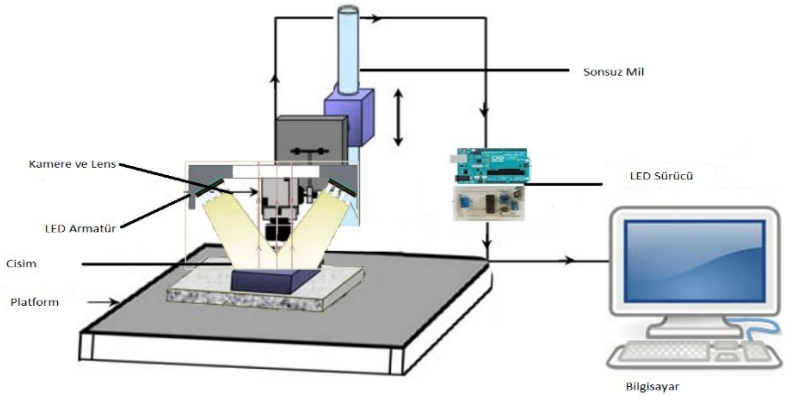
Şekil 4. Aydınlatma şekilleri (Lighting types)

LED armatürler cisimlerin yüzeyine uygun olarak kontrast oluşturarak görüntünün daha net elde edilmesi için uygulanmaktadır (Jun, 2006). Bilgisayarlı görü sistemleri için kullanılan LED aydınlatma armatürleri Şekil 5'te verilmiştir. Dome armatür; yuvarlak bölge, kabartma, desen algılama ve gölge oluşumu olmadan nesneleri aydınlatan ve Coaxial armatür ise metal yüzeylerdeki çukurları, işlenmiş yazıları belirlemektedir.



Şekil 5. Sistemde kullanılan LED armatürler (LED fixtures used in the system)
a) Dome b) Coaxial

Aydınlatma şekillerinin kullanılabilirliğinde sabit bir sistemin kullanılması elde edilen görüntülerin dış koşullardaki çevresel veya kullanıcı bazlı etkilerin azaltılmasını sağlar. Bu yüzden bir ışık havuzu oluşturulmuştur. Kamera, lens, aydınlatma armatürü ve LED sürücüden oluşan ışık havuzunun blok diyagramı Şekil 6'da görülmektedir.



Şekil 6. Aydınlatma havuzunun iç blok diyagramı (Internal block diagram of a lighting pool)

Aydınlatılan nesnenin yüzeyinin parlaması yapılan işin güçleşmesine yol açar. Bu yüzden parlamada aydınlatılmış yüzeyin bir bölümünün diğer bölümlerine oranla daha fazla ışık yansıtmasına sebep olmaktadır (Kocabey, 1999). Nesnenin aydınlatılması sırasında meydana gelebilecek olumsuz etkilerin elimine edilebilmesi için ışık havuzunun içi siyah koton kumaşla kaplanmıştır ve yansıtma katsayısı 0,05'tir

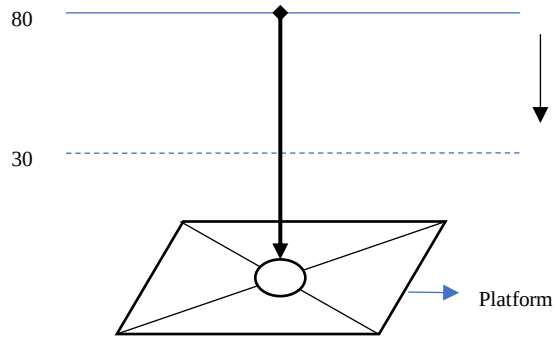
Renklerin yansıtma katsayıları Çizelge 1'de görülmektedir (CIE, 1997).

Çizelge 1. Renklerin yansıtma katsayıları (Reflection coefficients of colors)

Renkler	**Yansıtma faktörü**
Siyah	0,05
Koyu kırmızı	0,10
Orta gri	0,20
Açık kahverengi	0,30
Açık gri	0,40
Gök mavi	0,40
Pembe, Açık yeşil	0,45
Açık sarı	0,70
Beyaz	0,80

Siyah koton kumaş yansıtma faktörü en düşük olan renktir. Sistem böylece dış koşullardan kaynaklanabilecek parlaklığı en aza indirerek nesnenin görüntüsündeki piksel parlaklığını ve bozulmasının etkilerini ortadan kaldıracaktır.

Işık havuzunda görüntü alınması gereken kısmın boyu standartlara göre 80-85 cm'dir (CIE, 1997). Bu yüzden sistem için 1 m^3'lük kabin yapılmıştır. Sistemdeki farklı yükseklerdeki aydınlık düzeyinin ölçülmesi için sonsuz mil kullanarak bir asansör kol oluşturulmuştur. Böylece kamera, lens ve aydınlatma armatürünün hareketli sisteme sahip olması ile farklı mesafelerde görüntü alınması sağlanmıştır. Yani aydınlatma şekillerine göre kullanılan LED Armatürlerin yakınlaştırılması ve uzaklaştırılması da yapılabilmektedir. Ayrıca bu asansör sistemi bilgisayar kontrollü bir düzeneğe sahiptir. Görüntü işleme ile aydınlık düzeyi ölçülürken görüntüler alınmıştır. Şekil 7'de 30 ile 80 cm arasında 10 cm'lik aralıklarla yarı parlak gri bir zemine sahip olan platformun orta noktasından armatürlerin aydınlık düzeyleri ölçülmüştür.



Şekil 7. Aydınlık düzeyi ölçümü (Light level measurement)

LED armatürlerin maksimum vermiş oldukları aydınlık düzeyi (parlaklık %100) değeri ayarlanarak programın belirlediği lüks ve lüksmetrenin ölçtüğü lüks değeri alınarak excel dosyasına kaydedilmiştir.

Görüntü İşleme ile Aydınlık Düzeyi (Luminance Level with Image Processing Techniques)

Aydınlık düzeyi, birim yüzeye düşen ışık akısının dik bileşenini ifade eder ve Denklem 1'de gibi hesaplanmaktadır (Özkaya ve Tüfekçi, 2011).

$$E_{ort} = \frac{\Delta\Phi_d}{\Delta S} \quad (1)$$

Aydınlık düzeyi, lüksmetre ile ölçülebilen bir büyüklüktür. Ancak aydınlatma sistemlerinde bazı fotometrik testlerin yapılması sırasında aydınlık düzeyinin değeri lüksmetreye gerek kalmadan ölçülmesi önemlidir. Bu yüzden görüntü işleme teknikleri ile aydınlık düzeyi ölçülebilir. Elde edilen lüks değerleri ile lüks metre lüks değerleri arasında matematiksel olarak bağlantı kurulması ile aydınlık düzeyleri kolaylıkla belirlenebilecektir.

Görüntü işleme teknikleri ile aydınlık düzeyinin bulunması için elde edilen renkli görüntü Denklem 2 kullanılarak gri seviyede görüntüye çevrilmektedir (Gonzalez ve Woods, 2008).

$$I(x,y) = [0.2989 \quad 0.5870 \quad 0.1140] * \begin{bmatrix} R(x,y) \\ G(x,y) \\ B(x,y) \end{bmatrix} \quad (2)$$

Elde edilen gri seviye $I(x,y)$ görüntüsü değeri, m ve n piksel değerlerinin ortalama fonksiyonu ile Denklem 3 kullanılarak lüks değeri hesaplanır (Ismail ve diğ., 2013).

$$I_{ort} = \frac{1}{mn}\sum_{x=0}^{m-1}\sum_{y=0}^{n-1} I(x,y) \quad (3)$$

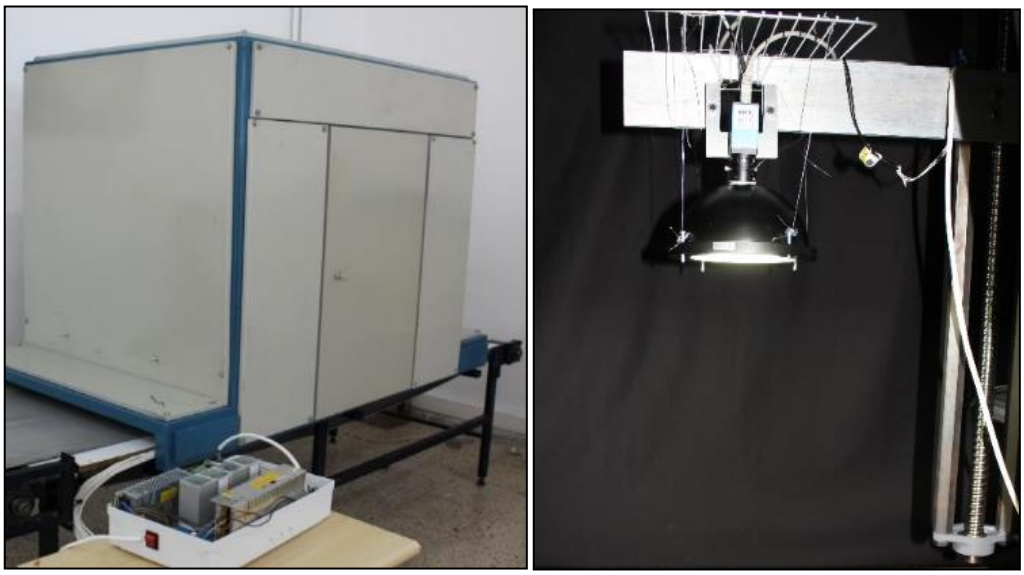
Lüks değerleri arasında bağlantı sağlayacak matematiksel yöntemlerden biri de regresyondur. Çalışmada aydınlık düzeyi ile lüks metrenin ölçtüğü aydınlık düzeyi arasındaki ilişkiyi istatistiksel yöntemlerden biri olan regresyon modeli kullanılmıştır. Regresyon analizinden elde edilen belirlilik katsayısı (R^2) 1'e yaklaştıkça modelin uygunluğu artmaktadır.

BULGULAR (RESULTS)

Işık Havuzu ve LED Sürücü Devresi (Light Pool and LED Driver Circuit)

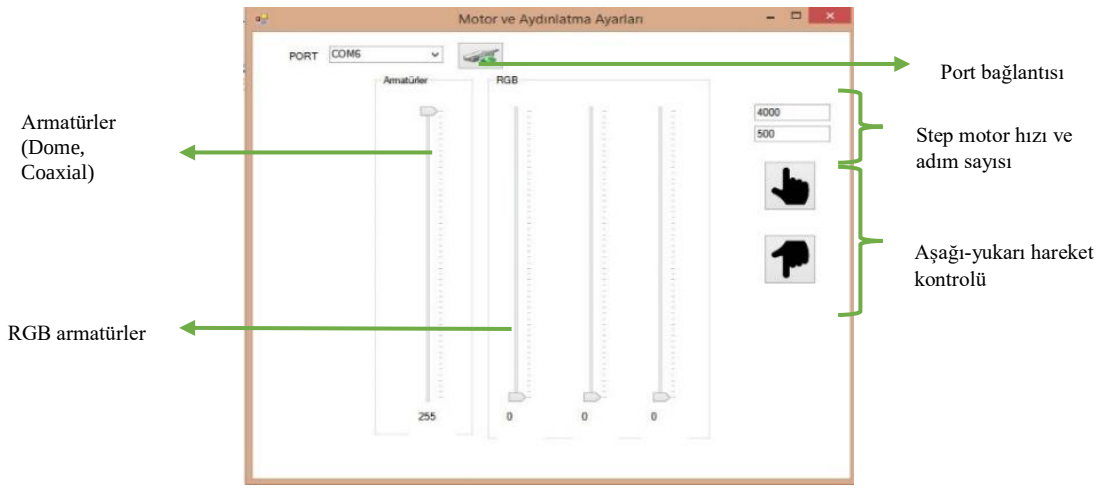
Aydınlatma görme uygulamaları için büyük önem taşıyan bir özelliktir. Nesnelerin muayenesi, ışık kaynağının yeri ile kontrol edilebilmektedir. Aynı nesne farklı aydınlatma armatürleri ve gerekli ayarlarının değiştirilmesiyle nesnelerin özellikleri daha doğru ve kaliteli bir şekilde incelenebilmesi sağlanabilecektir (Jehle ve diğ., 2010). Bilgisayarlı görü uygulamaları gibi ışık kaynağı, kamera, lens ve incelenecek nesneden oluşan sistemlerde kameranın görüş alanındaki nesneye, mümkün olduğunca düzenli ışık verilmesi oldukça önemlidir. Bu yüzden kapalı bir ortam içerisinde aydınlatma yapılması,

aydınlatmanın sabit koşullarını sağlamak için ilk adımı oluşturur. Bu özelliği sağlayan ışık havuzunun mekanik ve elektronik sistemin görünümü Şekil 8'de verilmiştir.



Şekil 8. Işık havuzunun iç ve dış görünüşü (Light pool and electronic system structure)

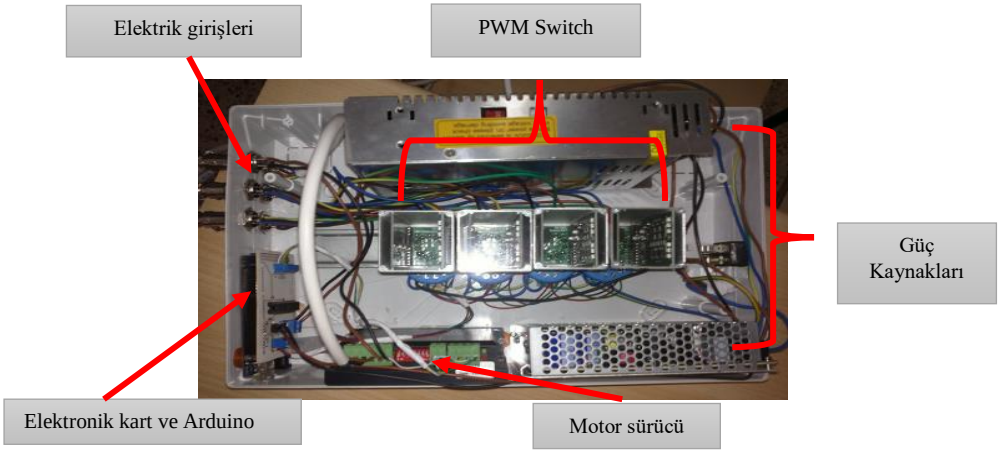
Tasarlanmış görüntüleme sisteminde kullanılan kamera, aydınlatma armatürünün merkezine yerleştirilmiştir. Böylece aydınlatma şekillerine uygun olarak çalışma sağlanmıştır.
Işık havuzunun bilgisayarla kontrolünde armatürlerin ışık miktarları ya da parlaklık düzeyleri 0-255 değer aralığındaki (%0-100) dimleme ve renk yelpazelerine göre ayarlanması yazılım yardımıyla yapılabilmektedir. Böylece havuzdaki nesnelerin üzerine düşecek ışık miktarı kullanıcı tarafından belirlenmektedir (Şekil 9). Ayrıca asansör kol step motor yardımıyla aşağı-yukarı hareketi ve motorun hareketindeki adım sayısı ile hareketin hız kontrolü de yazılım sisteminden ayarlanabilmektedir.



Şekil 9. Motor ve LED armatür sürme arayüzü (Motor and LED armature driving interface)

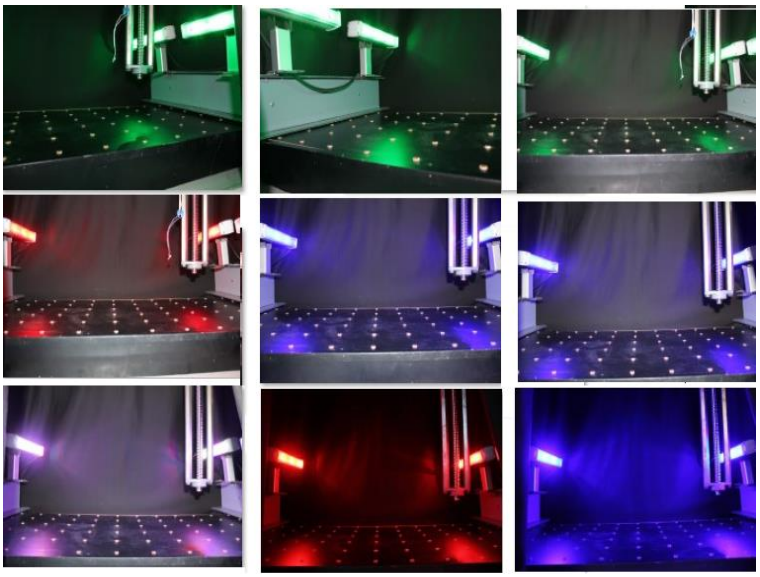
Görüntü işlemede aydınlatma ve görüntü alma sisteminin bir arada ve uyum içinde çalışabilmesi, bilgisayar tarafından kontrol edilen sistemin kumanda edilerek nesnelere ait özniteliklerin alınmasında önemli bir role sahiptir. Şekil 10'da görüldüğü üzere tüm elektronik sistem bir kutuda birleştirilmiştir.

Sistemden çıkan elektrik çıkışlarına görüntüleme sisteminde kullanılan LED armatürlerin bağlanması sonucunda, yazılımla ışık miktarı ve renkleri belirlenebilmektedir.



Şekil 10. Elektronik sistem (Electronic system)

Sistemde bulunan LED sürücü devresinde hem 12V hem de 24V ile çalışan armatürler birlikte sürülebilmiştir. Böylece LED armatürlerin daha verimli çalışabilmesi için sinyallerin kontrollü olması gerekmektedir. Işık havuzunun yan tarafına yerleştirilen LED armatürlerin PWM kontrol sistemleri kullanılarak herhangi bir ışık çıkış seviyesinde renginin korunması da gerçekleştirilmiştir. Şekil 11'de PWM Switchlerle renklerin kontrol edilmesi görülmektedir.



Şekil 11. PWM Switch kullanımı (Using PWM Switch)

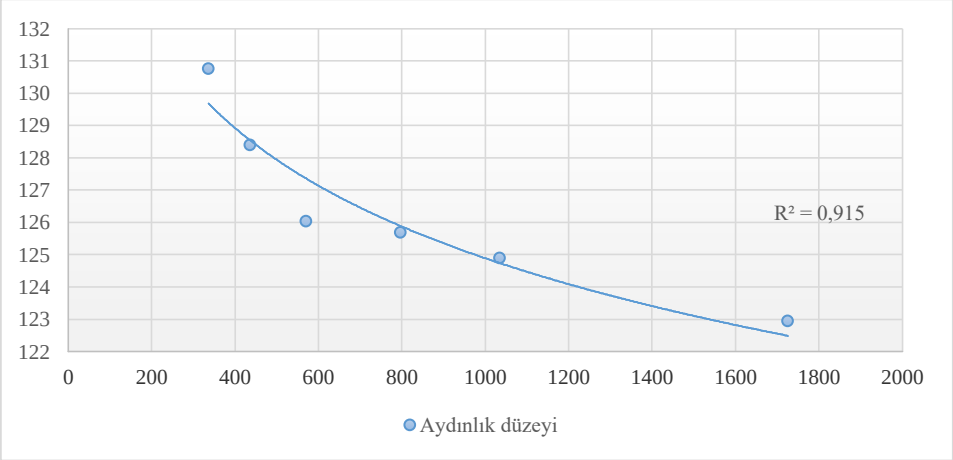
Görüntü İşleme Teknikleri ile Aydınlık Düzeyinin Belirlenmesi (Determination of Luminance Level by Image Processing Techniques)

Bilgisayarlı görü uygulamalarında görüntü üzerindeki kontrastın sağlanması için kullanılan aydınlatma şekilleri ile ışığın sahneye olan etkisi değişmektedir. Amaç ışığın belirli düzeyde olmasını sağlayarak görüntünün özelliklerinin kolaylıkla alınmasıdır. Bu yüzden sahnenin belli noktalarının aydınlık düzeylerinin belirlenmesi için lüksmetre ile ölçüm yapılmaktadır. Ancak aydınlık düzeyini

ölçmek için ölçüm aletinin bulunmadığı veya aydınlık düzeyinin matematiksel formül ile hesaplanması mümkün olmadığı zaman en az hata ile sonucun bulunması bir gerekliliktir. Özellikle bilgisayarlı görü uygulamalarında görüntünün alınması için kullanılan aydınlatmadaki fotometrik testlerin gerekli parametrelerden biri olan aydınlık düzeyinin her seferinde ölçüm yapılacak olması uzun bir zaman almaktadır. Bu yüzden aydınlık düzeyinin belirli noktalara göre değerleri elde edilerek diğer noktalardaki ışık şiddeti yapay zeka teknikleri kullanılarak tahmin edilebileceği gibi farklı mesafelere ve belirli noktalara göre aydınlık düzeyi görüntü işleme teknikleri ile lüks değerleri arasındaki ilişki regresyon yöntemiyle belirlenebilir.

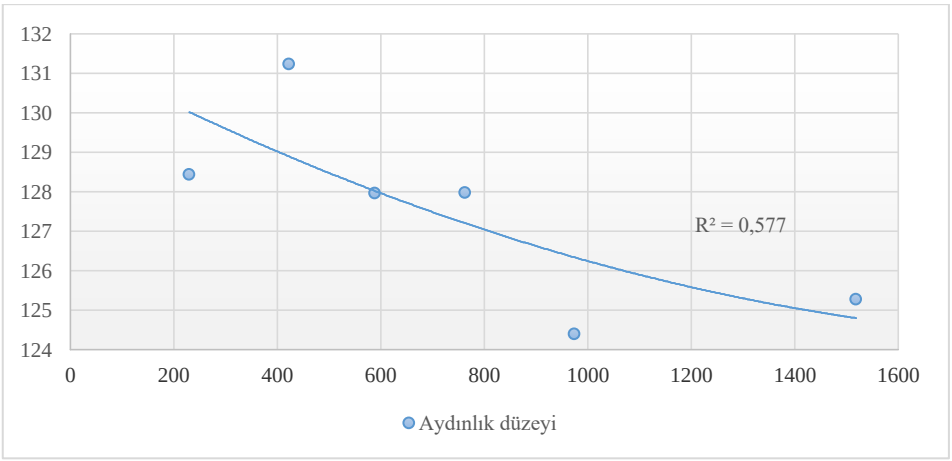
Bilgisayarlı görme uygulamaları için yapılan birçok LED aydınlatma armatürleri vardır. Farklı aydınlatma şekillerini içeren Dome ve Coaxial LED aydınlatma armatürleri kullanılarak aydınlık düzeyinin görüntü işleme teknikleri ve lüksmetrenin ölçtüğü lüks değerleri ile ilişki durumları regresyon analizi ile incelenmiştir. Buna göre bu aydınlatma armatürünün lüksmetre ile ölçülen aydınlık düzeyi (x koordinat) ve görüntü işleme metotları ile oluşturulan aydınlık düzeyi (y koordinat)'dir.

Şekil 12'de Dome LED armatürünün maksimum parlaklık değerine (dimleme ayarı %100) göre belirlilik katsayısı (R^2) 0,915 ve bu ilişkinin denklemi ise y = -4,397ln(x) + 155,26 olarak bulunmuştur.



Şekil 12. Dome LED aydınlatma lüks değerleri (Dome LED lighting luxury values)

Şekil 13'te Coaxial armatürün maksimum parlaklığına göre belirlilik katsayısı 0,577 ve ilişki denklemi y = 2e-06x² - 0,0069x + 131,52 olarak bulunmuştur.



Şekil 13. Coaxial LED aydınlatma lüks değerleri (Coaxial LED lighting luxury values)

SONUÇ ve TARTIŞMALAR (RESULTS and DISCUSSIONS)

Nesnelerin kontrol edilmesi için oluşturulan bir görüntüleme sistemi tasarlanırken, genellikle kameranın özelliklerine dikkat edilmektedir. Ancak bilgisayarlı görü uygulamalarında nesne üzerine düşen ışık miktarının yeterli olmaması neticesinde nesnenin rengi, doku özellikleri gibi elde edilen veriler ile istenilen sonuçlara ulaşılabilmesi zorlaşacaktır. Bu nedenle kaliteli bir görüntü alabilmek için nesnelerin yeterli ve uygun bir şekilde aydınlatılması gerekmektedir. Aydınlatma, çeşitli gerçek zamanlı bilgisayarlı görme uygulamasında ortak bir gereklilik olan, değişmeyen ve düzgün aydınlatılmış ortamın sürdürülmesi için bir gereklidir. Düzgün bir yüzeyde gerçekleştirilmeyen aydınlatma, herhangi bir bilgisayarlı görme uygulamasının ilk adımı olan, gerekli düşük seviye görüntü işleme algoritmalarının dayanıklılığını etkileyebilmektedir.

Aydınlatma armatürleri, nesne yüzeylerinin homojen olarak aydınlatılmasıyla alınacak görüntünün kontrastını optimize edilerek, nesnelerin özniteliklerinin belirlenmesini sağlanabilir. Ayrıca aydınlatma sisteminin dimleme ve farklı renk yelpazelerindeki yönetimi, görüntüleme sistemine potansiyel faydalar sunacaktır. Bu bağlamda LED armatürlerin sürülmesi için oluşturulan elektronik sistem ve bu sistemin bilgisayar kontrollü yönetiminde C# programlama dili kullanılarak aydınlatmanın istenilen düzeyde olması sağlanmıştır. Ayrıca farklı voltaj isteyen LED armatürlerin birlikte kullanılabilir ve sistemin elverişli olması için elektronik sistem oluşturulmuştur. Elektronik sistem ile LED teknolojisinin esnek olarak kullanılması ve aydınlatmanın istenen çıktıda yapılması sağlanarak verimlilik elde edilebilir.

Bilgisayarlı görme sistemlerinde ihtiyaca göre oluşturulan yazılımın önemli olmasının yanı sıra görme sistemi için tasarlanan elektronik düzenek ve aydınlatma ortamı da oldukça önemlidir. Işık frekansı ve aydınlatma alanının düzgün olmaması, görüntü okuma ve görüntü kalitesinin değişmesine neden olmaktadır. Bu yüzden oluşturulan bir ışık havuzu ile dışarıdan belirsiz ortam ışığının kaldırılması, aydınlatma koşullarının her nesne için sabit olmasını ve nesnelerin üzerine düşen ışık miktarlarının aynı oranda olmasını sağlayacaktır. Ayrıca aydınlatma armatürlerinin aydınlatma şekillerine göre yerleştirilebilmesi, nesnelerin farklı aydınlatma şekillerinde görüntülenmesine uygun bir ortam oluşturmaktadır. Bununla birlikte ışık havuzundaki nesnelerin görüntüleme sistemi için kullanılan kamera, lens ve LED armatür, nesne görüntülerinin alınması sırasında yazılımla görü uzaklığının belirlenebilmesi, görüntü yakalamadaki etkinliği arttıracaktır.

Işık havuzunun orta noktasına düşen aydınlatma miktarının her bir LED aydınlatma armatür için farklı mesafelerde lüksmetre ile ölçmek yerine görüntü işleme teknikleri kullanılması sistemin dinamikliğini arttırma yönünde performansını etkileyecektir. Dome ve Coaxial LED armatürlerin aydınlık düzeyi değerleri regresyon modeli kullanılarak değerlendirilmiştir. Oluşturulan sistemde her seferinde aydınlık düzeyinin ölçüm aletiyle ölçülmesi yerine regresyon analizinden elde edilen matematiksel fonksiyona göre değerlerin yerlerine yerleştirilmesiyle yaklaşık gerçek lüks değerleri belirlenebilecektir. Regresyon analizine göre LED aydınlatma armatürlerinin belirlilik katsayısı 1'e yaklaştığı için modelin uygunluğu arttığı söylenebilir.

Çalışmada farklı yüksekliklerde elde edilen aydınlık düzeyi analizi sonucunda belirlilik katsayıları ve ilişki denklemleri farklı olarak bulunmuştur. Dome ve Coaxial LED armatürler farklı aydınlatma şekillerini kullanılarak oluşturulan yapay aydınlatma kaynaklarıdır. Ayrıca bu aydınlatma kaynaklarının renk sıcaklıkları ve renksel geriverimleri farklılıklarından dolayı aydınlık düzeylerinin farklı olarak algılanmasına sebep olabilir.

Literatürdeki diğer çalışmalar tek veya birden fazla aydınlatma kaynağı kullanarak aydınlık düzeyini belirlemeye çalışırken, bu çalışmada genel aydınlatma şekillerini kullanarak aydınlık düzeyi ölçülmesi sağlanmıştır.

Ismail ve diğ. (2013) yapmış oldukları çalışmalarında, 20 farklı lüks değeriyle tek aydınlatma kullanarak görüntü alınmış ve belirlilik katsayısını (R^2) 0,988 olarak bulmuşlardır. Yusuf ve diğ. (2018), görüntü alınan platformu 4 bölgeye ayırarak ve 4 aydınlatma ve bu aydınlatmaların kombinasyonlarına göre aydınlatma yaparak görüntü işleme tekniklerinden elde edilen sonuçlara göre regresyon analizi yapmışlardır. Sonuçlara göre en yüksek R^2 katsayısını 0,722 olarak bulmuşlardır.

KATKI BELİRTME (ACKOWLEDGEMENT)

Bu çalışma 2013-2014 yılları arasında 113E291 proje numaralı TÜBİTAK (TÜRKİYE BİLİMSEL ve TEKNOLOJİK ARAŞTIRMA KURUMU) tarafından finansal olarak desteklenen projenin bir parçasıdır. Maddi desteği için TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

Arduino, *What Arduino Can Do*, http://www.arduino.cc/, ziyaret tarihi: 25.01.2018.

Batchelor, B.G., 2012, Illumination Sources, *Machine Vision Handbook*, Cilt 1, Ed. B.G. Batchelor, Springer Science ve Business Media, New York, 283-318.

Belhumeur, P.N., Kriegman, D. J., 1998, "What is the set of images of an object under all possible illumination conditions?", *International Journal of Computer Vision*, Cilt 28, Sayı 3, ss. 245-260.

CIE (Commission Internationale de L'Eclairage),1997, *Standard Methods for Specifying and Measuring LED Characteristics*, CIE TC 2-34 127, Vienna.

Cowan, C.K., Modayur, B., DeCurtins, J. L., 1992, "Automatic Light-Source Placement For Detecting Object Features", *In Intelligent Robots and Computer Vision XI: Biological, Neural Net, and 3D Methods*, Cilt 1826, Sayı 1, ss. 397-408.

Cusano, C., Napoletano, P., Schettini, R., 2016, "Evaluating color texture descriptors under large variations of controlled lighting conditions", *JOSA A*, Cilt 33, Sayı 1, ss. 17-30.

Gonzalez, R.C., Woods, R.E., 2008, *Digital Image Processing*, Pearson Prentice Hall, New Jersey.

Harding, K.G., 2003, Machine Vision-Lighting, *Encyclopedia of Optical Engineering*, Cilt 2, Ed. R.G. Driggers, Marcel Dekker Inc, New York, 1227-1239.

Huang, B. J., Hsu, P. C., Wu, M. S., Tang, C. W., 2007, "Study of System Dynamics Model and Control of a High-Power LED Lighting Luminaire", *Energy, Elsevier*, Cilt 32, Sayı 11, ss. 2187-2198.

IESNA, 2000, Light and Optics, *The Illuminating Engineering Society of North America Lighting Handbook*, Ed. M.S. Rea, Illuminating Engineering Press, New York, 1-36.

Ismail, A.H., Muhamad Azmi, M.S., Hashim, M.A., Nasir Ayob, M., Hashim, M.S.M., Hassrizal, H.B., "Development of a Webcam Based Lux Meter", *2013 IEEE Symposium on Computers & Informatics*, Langkawi, Malaysia, 70-74, 7-9 April 2013.

Jahr, I., 2006, Lighting in Machine Vision, *Handbook of Machine Vision*, Ed. A. Hornberg, Wiley Publication, ABD, 73-205.

Jehle, M., Sommer, C., Jähne, B., "Learning of Optimal Illumination for Material Classification", *32nd DAGM Symposium*, Darmstadt, Germany, 563-572, 22-24 September 2010.

Jun, L., 2006, *Key Technology of The Lamp in the Machine Vision Field*, (Yüksek Lisans), University of Technology, Tianjin.

Kocabey, S., 1999, *Dâhili Ortamlarda Aydınlık Seviyesinin Kontrolü ile Enerji Tasarrufunun Sağlanması*, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Kopparapu, S. K., 2006, "Lighting Design For Machine Vision Application", *Image and Vision Computing*, Cilt 24, Sayı 7, ss. 720-726.

Kraehenbuehl, J. O., 1949, *Electrical Illumination*, Jon Wiley & Sons. Inc., New York.

Lecklider, T., 2007, Shedding Some Light On Machine Vision, https://www.evaluationengineering.com/shedding-some-light-on-machine-vision Ziyaret Tarihi: 03 Ağustos 2018.

Led-professional, *Human-Centric Lighting: Sensor Technology for Full-Spectrum Lighting Solutions by Ams*, https://www.led-professional.com/resources-1/articles/human-centric-lighting-sensor-technology-for-full-spectrum-lighting-solutions-by-ams, ziyaret tarihi: 25.01.2018.

Li-Li, Z., Yan-Hua, W., Xue-Feng, Z., Hong-Yu, L., "Implementation of a Novel LED Backlight Device Used for Glass Bottle Detection", *2013 Seventh International Conference on Image and Graphics*, Qingdao, China, 766-769, 26-28 July 2013.

Linde, Y. Buzo, A., Gray, R. M., 1980, "An Algorithm for Vector Quantization Design", *IEEE Transactions on Communications*, Cilt 28, Sayı 1, ss. 84-95.

Linnartz, J. P. M. G., Feri, L., Yang, H., Colak, S. B., Schenk, T.C.W., "Communications and Sensing of Illumination Contributions in a Power LED Lighting System", *ICC'08 IEEE International Conference*, Beijing, China, 5396-5400, 19-23 May 2008.

Louw, A.W., Neethling, C., "Digital LED Lighting Solutions", *Domestic Use of Energy Conference (DUE) 2013 Proceedings of the 21st*, Cape Town, South Africa, 1-4, 2-4 April 2013.

Martinkauppi, B., 2002, *Face colour under varying illumination: analysis and applications*, University of Oulu, Finland.

Miki, M., Kasahara, Y., Hiroyasu, T., Yoshimi, M., "Construction of illuminance distribution measurement system and evaluation of illuminance convergence in Intelligent Lighting System," *in IEEE Sensors*, Kona, HI, USA, ss. 2431–2434, 2010.

Moo, C. S., Chen, Y. J., Yang, W. C., 2012, "An Efficient Driver for Dimmable LED Lighting", *IEEE Transactions On Power Electronics,* Cilt 27, Sayı 11, ss. 4613-4618.

Muthu, S., Gaines, J., "Red, Green and Blue LED-based White Light Source: Implementation Challenges and Control Design", *38th IAS Annual Meeting on Conference Record of the Industry Applications Conference*, Salt Lake City, USA. 515-522, 12-16 Oct. 2003.

Narra, P., Zinger, D.S. "An Effective LED Dimming Approach", *Industry Applications Conference, 39th IAS Annual Meeting Conference Record of the*, Seattle, WA, USA, 1671-1676, 3-7 Oct. 2004.

Özkaya, M., Tüfekçi, T., 2011, *Aydınlatma Tekniği*, Birsen Yayın Evi, İstanbul.

Pritchard, D.C., 1999, *Lighting*, Cilt 6, Longman, England.

Stankus, M. Penhaker, M. Cerny, "Low Cost Data Acquisition System for Biomedical Usage", *XII Mediterranean Conference on Medical and Biological Engineering and Computing*, Chalkidiki, Greece, 883-885, 27-30 May 2010.

Steger, C., Ulrich, M., Wiedemann, C., 2008, *Machine Vision Algorithms and Applications*, Wiley Press, ABD.

Sugiyama, H., Haruyama, S., Nakagawa, M., "Brightness Control Methods for Illumination and Visible-Light Communication Systems", *Wireless and Mobile Communications, ICWMC '07. Third International Conference on*, Guadeloupe, France, 78, 4-9 March 2007.

Teikari, P., Najjar, R. P., Malkki, H., Knoblauch, K., Dumortier, D., Gronfier, C., Cooper, H. M., 2012, "An inexpensive Arduino-based LED stimulator system for vision research", *Journal of Neuroscience Methods*, Cilt 211, Sayı 2, ss. 227-236.

Wilson, A., 1999, *Machine Vision Moves Toward Plug-And-Play*, http://www.vision-systems.com/articles/print/volume-4/issue-8/features/feature-article/how-to-select-lighting-and-optics-for-vision-systems.html, ziyaret tarihi: 25.01.2018.

Xu, L.M., Yang, Z.Q., Jiang, Z.H., Chen, Y., 2017, "Light source optimization for automatic visual inspection of piston surface defects", *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Cilt 91, Sayı 5-8, ss. 2245-2256.

Yuntao, G., 2004, "Foundation of Machine Vision Optical", *Fontan Photoelectric Technology Information*, ss. 2-6.

Yusuf, M.A., Azmi, M.M., Ismail, A.H., Ibrahim, I.I., Hashim, M.S.M., Kamarrudin, N.S. "Webcam Based Lux Meter Using Grid-Based Image Processing" *In 2018 International Conference on Computational Approach in Smart Systems Design and Applications (ICASSDA)*, Kuching, Malaysia, 1-6, 15-17 August 2018.