

# EKONOMİK ÇÖZÜM ODAKLI FOTOMETRİK ÖLÇÜM SİSTEMLERİ

Yrd. Doç. Dr. İsmail Serkan ÜNCÜ Safinur COŞKUNSU Serhat UYSAL

## Photometric Measurement Systems with Economic Solution

*These studies have focused on photometric measurements to be solution oriented and to be able to gather effective results. The main factor behind the economic systems is that the cameras are used efficaciously in the study. Unlike conventional light sources, since LEDs are produced in small-sized, narrow-angle, limited wavelengths it has become possible to determine the photometric characteristics of the LEDs with the camera. In the created systems, multi-and single-LED are measured. To avoid exposure to ambient light measurements, photography pools are established in accordance with the measured LED system. Photometric properties are determined by the image processing algorithms prepared by using C # programming language and performing analysis on photographs taken with the camera.*

**Anahtar kelimeler:** LED, fotometrik ölçüm, görüntü işleme

## 1. GİRİŞ

Günümüzde elektrik enerjisinin tüketimindeki %25'lik paya aydınlatma ürünleri sahiptir [1]. Enerji verimliliğinin önem kazanmasından dolayı sürekli olarak daha az enerji tüketen ve çevreye daha az zarar veren aydınlatma ürünleri geliştirilmektedir. LED'ler enerji verimlilikleriyle, uzun ömürlüleriyle ve çevreci olmalarıyla diğer aydınlatma ürünlerinin önüne geçmektedir. Bu sebeple iç ve dış aydınlatmada LED'li aydınlatma ürünlerinin kullanımı giderek artmaktadır.

Geleneksel ışık kaynaklarından farklı olarak LED'lerin küçük yapılı, dar açılı ve sınırlı dalga boylarında üretiliyor olmalarından dolayı LED'lerin fotometrik özelliklerinin belirlenmesinde yeni yöntemler geliştirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada ekonomik çözüm odaklı fotometrik ölçüm sistemleri ile LED fotometrik özelliklerinin tespit edilebilmesi üzerine çalışılmıştır. Sistemin maliyetinin düşük olmasındaki en büyük etken kameraların etkin bir şekilde çalışmada kullanılmış olmasıdır. Klasik ölçüm sistemlerinde noktasal yaklaşımlı ölçüm aletleri kullanılırken, kameralar yüzey alan tabanlı ortalamaya dayalı ışık üzerine kurgulanmış çalışma prensipleri ile birçok fotometrik ölçümü aynı anda yapabilmeye özelliklerine sahiptir. Aynı sebepten dolayı kameralarla yapılan LED fotometrik ölçümlerinde tek bir LED'in ölçümü yapılabildiği gibi, çoklu LED sistemlerinin de ölçümleri gerçekleştirilebilmektedir.

Kontrollü ortamlarda alınan tekli ya da çoklu LED fotoğrafları üzerinde çeşitli görüntü işleme algoritmaları kullanılarak istenilen fotometrik özellikler sayısal olarak karşılaştırılabilir. Geliştirilen yazılımlarla kalibre edilebilir. Elde edilen fotometrik veriler mesafe ve alan büyüklükleri kullanılarak fotometrik değişkenlerden ışık şiddeti, aydınlık düzeyi, renk sıcaklığı, renksel geri verim ve parlaklık gibi verilere dönüştürülebilir.

## 2. LED, LED ÇEŞİTLERİ VE ÖNEMLİ ÖZELLİKLERİ

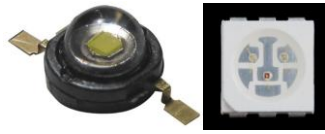
Yarı iletken teknolojisinin gelişmesi ile birlikte aydınlatmada yüksek verimliliğe sahip ve renk portföyü geniş aydınlatma ürünleri elde edilmektedir. LED'ler bu gelişmenin ürünüdür

[2]. LED'ler klasik aydınlatma sistemlerine göre düşük enerji tüketimi, uzun ömür, sağlamlık, küçük boyut, hızlı anahtarlama, yüksek dayanıklılık ve güvenilirlik gibi çeşitli avantajlara sahiptir [3]. Alçak gerilimde çalışmaları, ısınma sorunlarının bulunmaması ve tamamıyla kapalı bir yapı içinde yer alıyor olmaları, LED'leri basit armatürlerle yapılan dış mekan aydınlatmalarında alternatif mükemmel bir çözüm haline getirmektedir [4].

Işık dalga boylarının ultraviyole (UV, morötesi), görünür ve kızılötesi (IR) bölgelerinde ışık üreten LED'ler üretilmektedir. Bu özelliklerinde dolayı LED'lerin kullanım alanı genişlemiştir. Örneğin LED'ler optik cihazların test edilmesinde, aydınlatma sistemlerinde, kontrol ve ölçüm sistemlerinde, sensör ve dönüştürücülerde, temassız nesne özelliklerinin belirlenmesinde kullanılırlar [5].

Paket yapılarına göre LED'ler iki gruba ayrılmaktadır. SMD (Surface mount device) LED grubundaki LED'ler baskı devre kartı üzerine doğrudan montaj edilirler. DIP (Dual in-Line Package) grubundaki LED'ler ise bacak yapılarından dolayı elektronik baskı devre kartının alt yüzeyinden lehimlenirler.

Bu çalışmada SMD LED grubunda yer alan Power LED'ler ve SMT LED'ler üzerinde fotometrik ölçüm çalışmaları yapılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Power LED ve RGB SMT LED

### 3. GÖRÜNTÜ İŞLEME

Görüntü işleme, yapay görü ekipmanlarıyla kaydedilmiş olan dijital görüntü verilerini bilgisayar ortamında amaca uygun şekilde değiştirmeye yönelik yapılan çalışmalardır. Görüntü işleme teknolojinin ilerlemesiyle beraber artık daha hızlı yapılabilmekte, geliştirilen algoritmalarla doğruluk payı yüksek olmakta ve kullanım alanları giderek artmaktadır. Bu alanlardan bazıları endüstriyel otomasyon, savunma sanayi, güvenlik, trafik denetimi, sanat, fizik gibidir.

### 4. FOTOMETRİK ÖLÇÜM SİSTEMLERİ

Elektromanyetik tayfin kızılötesi ve morötesi bölgeleri arasında kalan insan gözünün algılayabildiği 380 nm ile 780 nm dalga boyları arasındaki ışık ölçümleri 'fotometri' alanının konusudur. Bu alandaki temel nicelik yedi temel SI (Uluslararası Birimler Sistemi) ölçüm biriminden biri olan ve "kandela" ( $cd$ ) birimi cinsinden ifade edilen Işık Şiddeti ( $I_v$ )'tir. Sıklıkla kullanılan diğer başlıca fotometrik nicelikler, lümen ( $lm$ ) cinsinden ışık akısı, lüks ( $lx$ ) cinsinden aydınlık düzeyi ve  $cd/m^2$  cinsinden aydınlık şiddeti (parıltı)'dir [6].

LED karakteristiklerini belirlemeye yönelik yapılan ölçüm tekniklerini üç başlıkta toplama mümkündür [7].

- ✓ Toplam ışık akısını ölçme

- ✓ Renk karakteristiklerini ölçme
  - Renkserliğin (üçtürsel koordinatların) ölçülmesi
  - Benzer renk sıcaklığının ölçülmesi
  - Renksel geri verim indisinin ölçülmesi
- ✓ Işık şiddet dağılımının ölçülmesi

Yukarıdaki ölçümlerin gerçekleştirilebilmesinde goniofotometreler, spektrometreli küre, fotometreli küre, goniospektrometre ve gonio-kolorimetre kullanılabilir.

Aydınlatmada enerji verimliliğini iyileştirme imkanı veren LED'ler hem tekil ışık kaynağı hem de armatür şeklinde kullanılmaları ve LED'lerin ışığının belirli bir açıda olması nedeniyle aydınlatmada geleneksel ışık kaynaklarından daha farklı şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir. LED'lerin geleneksel ışık kaynaklarından farklıları nedeniyle LED'li ışık kaynaklarının karakteristiklerini belirlemede yeni yöntemlerin geliştirilmesine ve LED'li ışık kaynaklarına özel birtakım ölçüm standartlarının oluşturulmasına ihtiyaç duyulmaktadır[7].

## 5. EKONOMİK ÇÖZÜM ODAKLI FOTOMETRİK ÖLÇÜM SİSTEMLERİ

Tekli ve çoklu LED fotometrik ölçümleri için çeşitli sistemler geliştirilmiştir. Bu sistemler yazılım ve donanım olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Donanım kısımlarında fotometrik ölçümlerin doğru yapılabilmesi için ortam ışığından yalıtılmış fotoğraf çekme havuzları oluşturulmuştur. Ölçümü yapılacak LED'lerin enerjilendirilmesinin doğru bir şekilde yapılabilmesi için kullanılan LED'li ürüne uygun sistemler geliştirilmiştir. Yazılım da ise C# programlama dili kullanılarak hazırlanmıştır. Yazılım ile kontrollü ortamlarda kameradan alınan fotoğraf üzerinde çeşitli görüntü işleme algoritmaları kullanılarak belirlenen LED'lerin fotometrik özellikleri sayısal olarak elde edilebilir. Bu fotometrik veriler mesafe ve alan büyüklükleri kullanılarak fotometrik değişkenlerden ışık şiddeti, aydınlık düzeyi, renk sıcaklığı, renksel geri verim ve parlaklık gibi verilere dönüştürülebilir. Aynı zamanda oluşturulan sistemler seri üretim sonunda kontrol mekanizması olarak kullanılabilir.

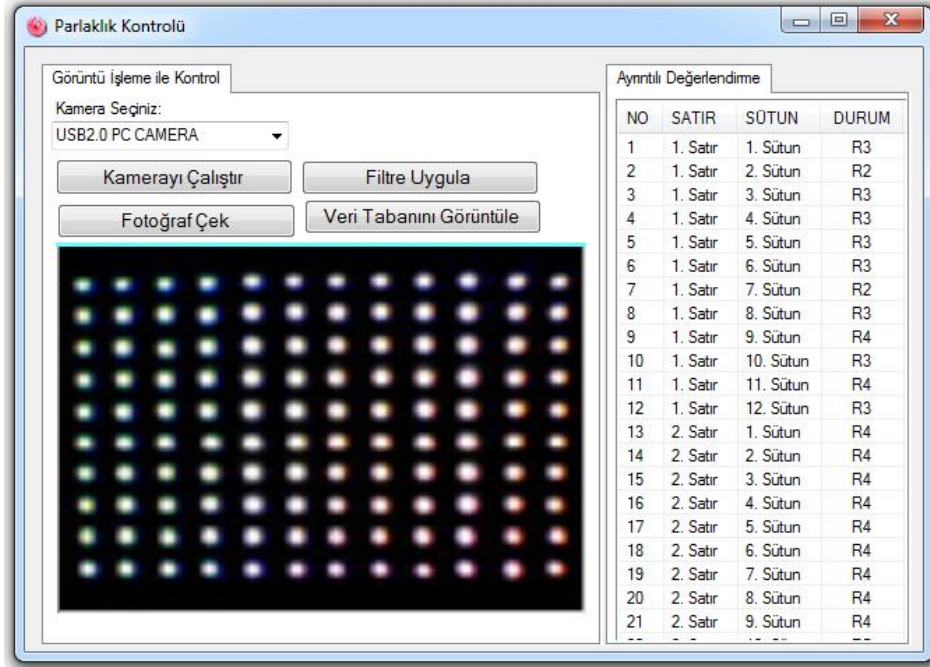
Görüntü işleme fotometrik ölçümlerle alansal değer atama kavramını da getirmiştir. Bu kavram ile normal göz ile görülen alandaki noktaların üzerine fotometrik değerler yazılarak kullanıcı ekrandaki fotoğraftan tüm alandaki değişimleri noktasal olarak anında inceleyebilir hale getirilmiştir. Hatta bölge renklere göre haritalandırılabilir hale getirilmiştir.

Çoklu LED fotometrik ölçümleri için geliştirilen sistemde SMT LED'lerin bulunduğu LED Board üzerinde çalışılmıştır (Şekil 2). Bu tip LED sistemlerinde karşılaşılan en büyük sorun her bir LED'i tek başına değerlendirmedeki güçlülüdür. Ölçümlerin daha sağlıklı yapılabilmesi için çoklu LED ölçümlerinde kullanılan kameraya donanımsal ayarlamalar yapılarak her bir LED'in ayrı ayrı değerlendirilmesi sağlanmıştır.



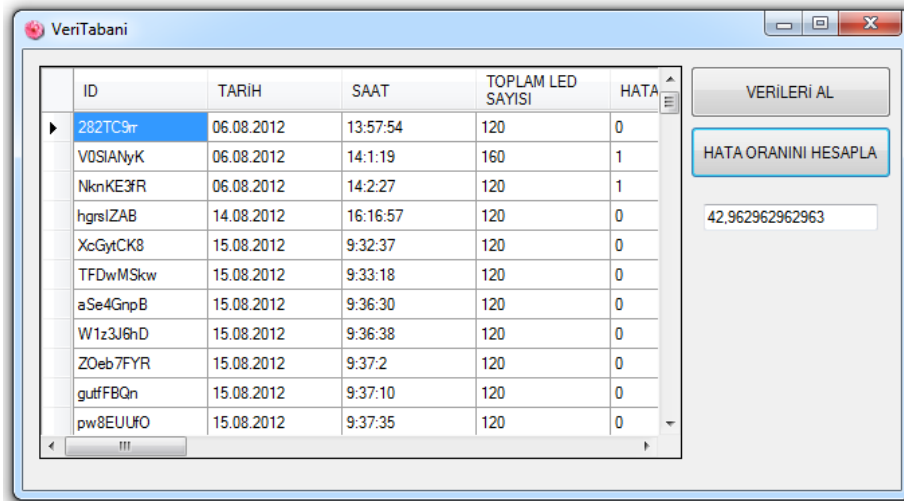
Şekil 2. SMT LED Board

Alınan fotoğraflardan her bir LED'in kaplandığı alan görüntü işleme yöntemleriyle tespit edilerek parlaklık kontrolü gerçekleştirilmiştir (Şekil 3). Elde edilen veriler sayısallaştırılarak LED parlaklıkları R1 - R5 arası değişen bir sistem kullanılarak sınıflandırılmıştır. Bu sisteme göre R5 en parlak LED için kullanılmıştır. R1 ise çok az yanan ya da sönük olan LED'lerin değerlendirilmesinde kullanılmıştır. Analiz sonuçlarına göre kontrol edilen LED sisteminin hata durumu hakkında bilgi edinilebilmektedir.



Şekil 3. Parlaklık kontrol programı ara yüzü

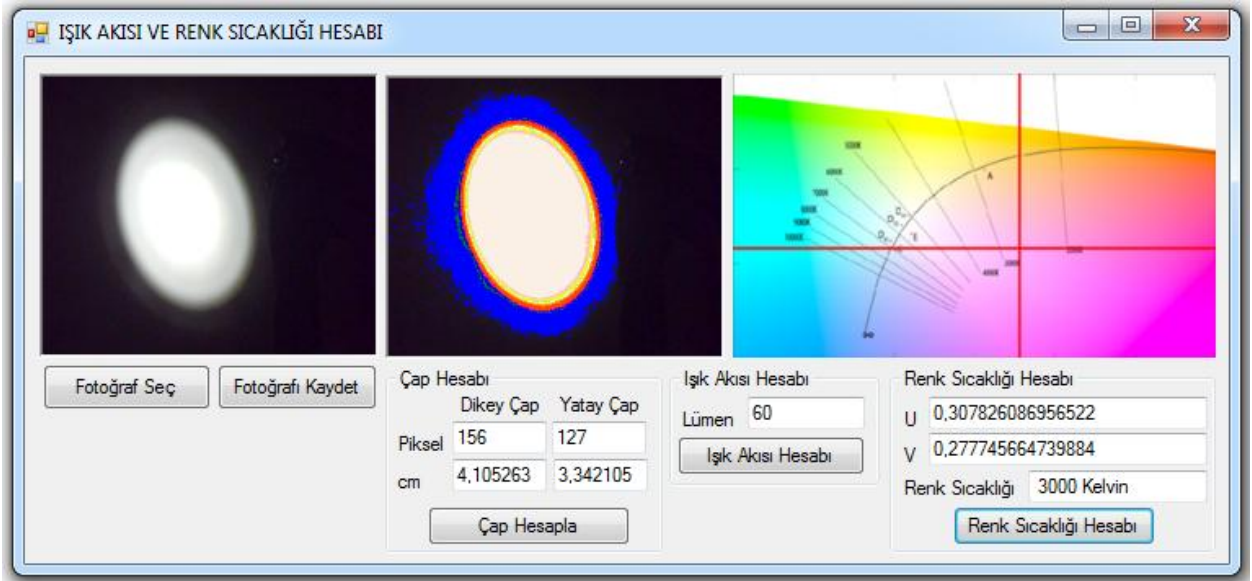
Analiz tamamlandığında değerlerin otomatik olarak veri tabanına kaydı gerçekleştirilmektedir (Şekil 4). Kaydedilen veriler ise, her bir LED Board'a tanımlanan benzersiz ID, analiz yapılan tarih ve saat, LED Board'daki LED sayısı, hata durumu ve parlaklık sınıflandırılması yapılan LED sayılarıdır. Veri tabanı ara yüzünde istenirse o zamana kadar yapılan analizlerdeki hata oranı da hesaplanabilmektedir. Bu sistem üretim bantlarının sonunda kontrol mekanizması olarak da kullanılabilir.



Şekil 4. Veri tabanı ara yüzü

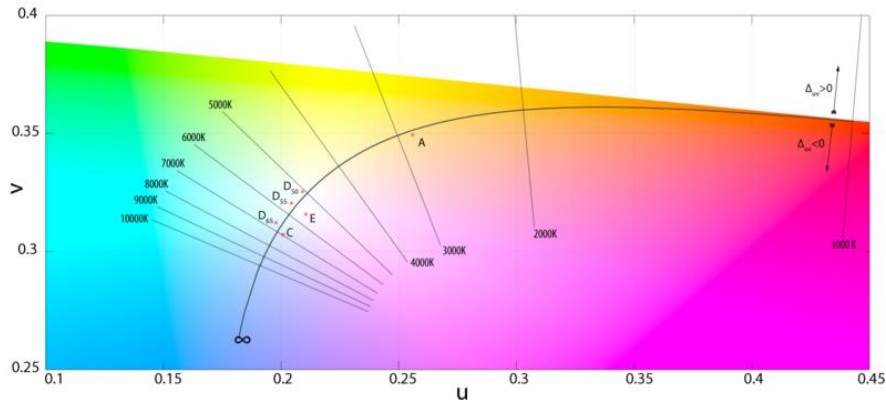
Işık akısı bir fiziksel nicelik ve insan gözünün algıladığı ışık gücünün miktarını ifade eder. Bu tanımdan da anlaşıldığı gibi, ışık akısı hem ışınım yapan kaynağın gücüne hem de insan gözünün özelliğine bağlıdır[8]. Başka bir ifadeyle ışık akısı açısal ışık şiddetlerini toplamıdır[9]. Ancak LED'lerin ışık açıları dar olduğundan kamera ile ışık akısı ölçümleri gerçekleştirilebilecektir.

Geliştirilen yazılımda ışığın direk olarak ölçümünü nispeten gerçekleştiren küre içinde çekilen LED fotoğrafları görüntü işleme ile analiz edilerek yatay ve dikey çap hesabı ile parlaklık derecelendirmesinden yola çıkılarak lümen hesabı gerçekleştirilmiştir (Şekil 5). Yazılımın ışık akısını hesaplarken kullanan değerler ışık akısı bilinen LED'ler referans alınarak hesaplanmıştır. Böylece hata payı en aza indirilmeye çalışılmıştır.



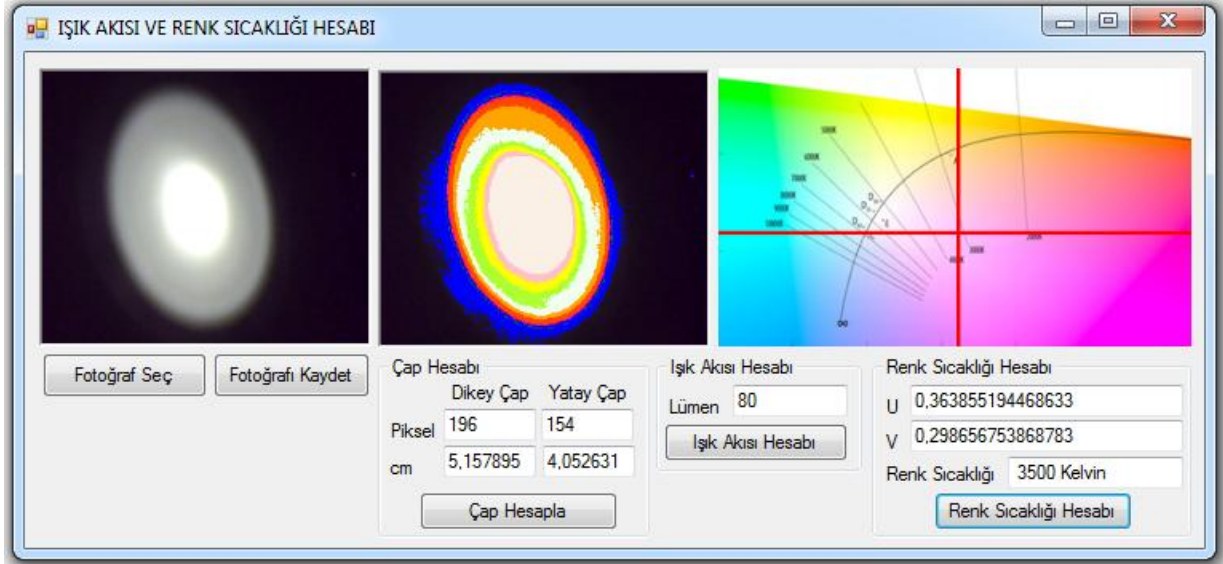
Şekil 5. Işık akısı ve renk sıcaklığı hesabı ara yüzü (1)

İnsan gözü spektral duyarlılık eğrisine göre bir ışık kaynağı 380nm ve 780 nm aralıklarında dalga boylarını içeriyorsa ışınım renkli olarak görülebilir. Tanımsal olarak, belli bir sıcaklıktaki siyah cismin ışınım rengi ile aynı renk koordinatlarına sahip bir ışık kaynağının sıcaklığı, 'Renk Sıcaklığı' olarak adlandırılmaktadır [10]. Işık kaynaklarının renk sıcaklığı aşağıdaki CIE'ye göre düzenlenen eğrileri kullanarak çıkartılmaktadır (Şekil 6).



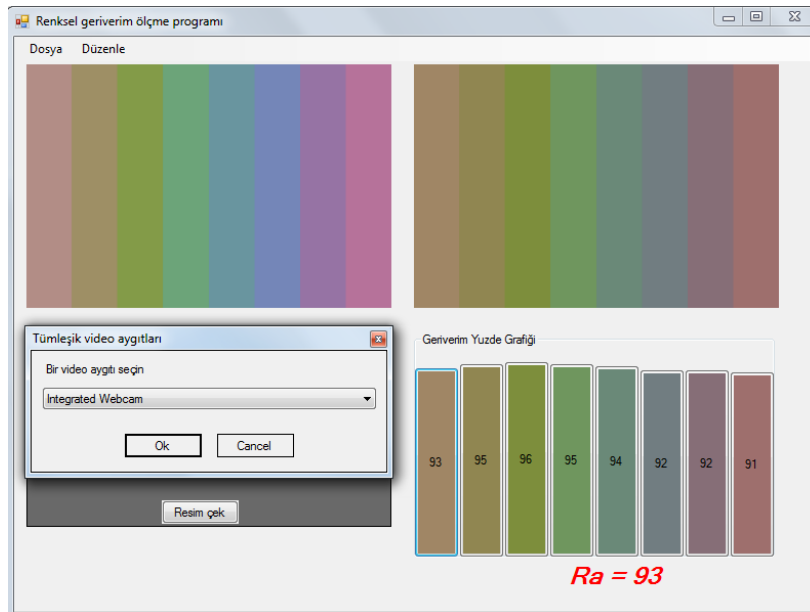
Şekil 6. The Planckian locus on the MacAdam (u, v) chromaticity diagram[11]

Hazırlanan sistemde görüntü işleme tekniklerinden yararlanılarak LED renk sıcaklığı ölçümü gerçekleştirilmiştir [12]. Sistem bir kamera, ışığın direk olarak ölçümünü nispeten gerçekleştiren küre ve ölçümü CIE grafiklerinden oluşturulmuş bir veri tabanı kullanarak yapabilen bir yazılımdan oluşmaktadır (Şekil 7).



Şekil 7. Işık akısı ve renk sıcaklığı hesabı ara yüzü (2)

Işığın renksel geriveriminin bilinmesi ile fotoğraf ve kamera çekimleri, tekstil, boya, kimya gibi sektörlerin endüstriyel ölçümlerinin sağlıklı olabilmesi ve tüm hayatımızdaki renklerin gerçek renkleri olup olmadığı konusunda bir farkındalık oluşabilir [13]. Bir ışığın geriverimi, o ışığın renkleri öz renklerine yakın gösterme özelliğine bağlıdır [14]. Hazırlanan yazılımda CIE renk test sistemi kullanılarak renksel geri verim standardı hazırlanmıştır. Işık havuzu içine konan renk paletinin alınan fotoğrafları görüntü işleme teknikleri ile analiz edilerek renksel geri verim hesaplanır (Şekil 8). Renksel geri verim, öz renkten sapma yüzdesi bulunarak rakamsal olarak belirlenir.



Şekil 8. CIE standartına göre hazırlanan renk paleti ve hazırlanan ara yüz

Bu çalışmalardan farklı olarak yapılabilecek başka bir ölçüm sistemi ise LED stres testleri gerçekleştirilirken her bir adım fotoğraflanarak LED'de meydana gelen değişimler görüntü işleme metotları ile tespit edilebilir.

## 6. SONUÇ

Elektrik enerjisinin kullanımındaki büyük bir paya aydınlatma ürünlerinin sahip olmasından dolayı giderek daha az enerji tüketen aydınlatma ürünleri geliştirilmektedir. Bu ilerlemenin en son ürünü ise LED'dir. LED'lerin yapısı diğer aydınlatma ürünlerinden farklı olduğundan dolayı fotometrik özelliklerinin belirlenmesinde yeni sistemler geliştirilmelidir. Yapılan çalışmalarda ekonomik çözüm odaklı sistemler ile LED fotometrik özellikleri tespit edilmiştir. Sistemin ekonomik olmasındaki en büyük etken kameraların etkin bir şekilde çalışmalarda kullanılmış olmasıdır. Kameralar, klasik fotometrik ölçümlerinin aksine yüzeysel alan tabanlı ışık üzerine kurgulanmış çalışma prensiplerine sahiptir. Bu özellikleri sayesinde kameralar birden çok fotometrik analizi aynı anda yapabilmektedirler.

Oluşturulan sistemlerde çoklu ve tekli LED ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Çoklu LED ölçümlerinde LED Board üzerindeki her bir LED'in ayrı ayrı parlaklıkları hesaplanarak veri tabanına kaydı gerçekleştirilmiştir. Tekli LED ölçümlerinde görüntü işleme teknikleri ile çap hesaplanarak ve parlaklık derecelendirilmesinden yola çıkılarak ışık akısı belirlenmiş ve renk sıcaklığı tespit edilmiştir. Ayrıca yine kameralı bir sistem ile renksel geri verim hesaplanmıştır.

Yapılan bu çalışmalar ile fotometrik ölçümlerin ekonomik bir şekilde yapılabileceği kanıtlanmıştır.

## KAYNAKÇA

1. C. Perdahçı, U. Hanlı, Verimli Aydınlatma Yöntemleri, III. Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu Bildirileri, Kocaeli, Mayıs 2009, 323-327.
2. MEGEP, 2008. Milli Eğitim Bakanlığı. Aydınlatma Elemanları, [http://megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/modul\\_pdf/214T00028.pdf](http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/modul_pdf/214T00028.pdf) Erişim Tarihi : 06 Mart 2013.
3. Y. Erol, T. Canbolat, Aydınlatma Sektöründe Yeni Nesil Power Led Teknolojileri, Elektrik - Elektronik ve bilgisayar Sempozyumu, Elazığ, 2011, 239-242.
4. M.T. GENÇOĞLU, E. ÖZBAY, Aydınlatmada Enerji Verimliliği Yöntemleri, XII. Elektrik, Elektronik, Bilgisayar, Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Kongresi, Eskişehir, Kasım, 2007.
5. E. Musayev, LED Işığının Homojenliğinin Araştırılması, Elektrik- Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu, Bursa, Aralık 2004.
6. A.K. Türkoğlu, Y. Çalkın, Fotometriye Ölçüm Belirsizliğini Etkileyen Faktörler, VII. Ulusal Ölçüm Bilim Kongresi, İzmir, 2008, 455-461.
7. M. Akbulut, Ö. Gül, LED'li Işık Kaynaklarının Karakteristiklerini Belirlemeye Yönelik Ölçümler, İstanbul Teknik Üniversitesi.
8. Işık Akısı, [http://tr.wikipedia.org/wiki/I%C5%9F%C4%B1k\\_ak%C4%B1s%C4%B1](http://tr.wikipedia.org/wiki/I%C5%9F%C4%B1k_ak%C4%B1s%C4%B1), Erişim Tarihi : 06 Mart 2013.
9. A. K. Türkoğlu, K. Benlioğlu, T. Baskan, Pratikte Aydınlatma Kavramları Ve Terimleri, İSO - ATMK - AGİD Sektör Toplantısı, Haziran 2011.

10. CIE 17.4, International Lighting Vocabulary, 1987
11. MacAdam D L, J Opt Soc Am 27, 294-299,1937.
12. İ. S. Üncü, İ. Taşçı, Led Işık Kaynaklarının Renk Sıcaklığının Görüntü İşleme Teknikleri Kullanılarak Belirlenmesi, 8. Ulusal Aydınlatma Kongresi, İstanbul, Nisan 2011.
13. İ. S. Üncü, İ. Taşçı, Işık Kaynaklarının Renksel Geriverimlerinin Görüntü İşleme Teknikleri Kullanılarak Belirlenmesi, 8. Ulusal Aydınlatma Kongresi, İstanbul, Nisan 2011.
14. Ş. SİREL, “Müzelerde ve Bürolarda Aydınlatma”, <http://www.yfu.com/booklet-8.html>, Erişim Tarihi: 06 Mart 2013.

Yrd. Doç. Dr. İsmail Serkan Üncü Süleyman Demirel Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Batı Yerleşkesi 32260, Isparta Tel: 0 246 211 16 20 E-posta: serkanuncu@sdu.edu.tr	Safinur Coşkunsu Toberli Ar-Ge Süleyman Demirel Üniversitesi Doğu Yerleşkesi Göller Bölgesi Teknokenti 32260, Isparta Tel: 0 246 211 84 15 E-posta: safinur@toberli.com	Serhat Uysal Toberli Ar-Ge Süleyman Demirel Üniversitesi Doğu Yerleşkesi Göller Bölgesi Teknokenti 32260, Isparta Tel: 0 246 211 84 15 E-posta: serhatuysal@toberli.com
---	--	--