

**T.C.  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**TEKSTİL RENKLERİNİN GÖRSEL RENK YÖNETİM SİSTEMİ  
İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**FATMA İPEK**

**DENİZLİ, HAZİRAN - 2018**

**T.C.  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**TEKSTİL RENKLERİNİN GÖRSEL RENK YÖNETİM SİSTEMİ  
İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**FATMA İPEK**

**DENİZLİ, HAZİRAN - 2018**

## KABUL VE ONAY SAYFASI

FATMA İPEK tarafından hazırlanan "TEKSTİL RENKLERİNİN GÖRSEL RENK YÖNETİM SİSTEMİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ" adlı tez çalışmasının savunma sınavı 20.06.2018 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

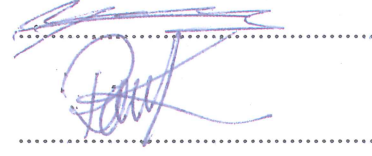
Jüri Üyeleri

İmza

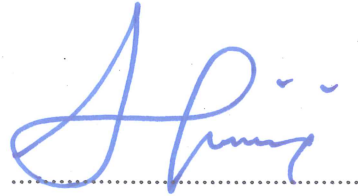
Danışman  
Prof. Dr. Yüksel İKİZ

Üye  
Dr. Öğr. Üyesi Reyhan KESKİN

Üye  
Dr. Saori KITAGUCHI



Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 04/07/2018 tarih ve 27/10..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Prof. Dr. Uğur YÜCEL

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

**Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.**



**FATMA İPEK**

## ÖZET

### TEKSTİL RENKLERİNİN GÖRSEL RENK YÖNETİM SİSTEMİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FATMA İPEK

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI:PROF.DR.YÜKSEL İKİZ)

DENİZLİ, HAZİRAN - 2018

Çalışmada, baskılı ve boyalı ev tekstili ürünlerinin dijital ortamdaki ekran görüntüleri ile gerçekteki görüntüleri arasındaki renk farklılıkları görsel bir renk yönetimi sistemi ile değerlendirilmiştir. Çalışma 5 aşamada gerçekleşmiştir. İlk aşamada; çalışmada kullanılacak numuneler belirlenmiştir. İkinci aşamada; üzerinde kalibrasyonu sağlayan aparat bulunan monitör otomatik olarak kalibre edilmiştir. Üçüncü aşamada; standart renk kartelası ile deneme için hazırlanan renk kartelasındaki Red-Green-Blue (RGB) sayısal değerlerine karşılık gelen renklerin monitör üzerinde Power point dosyası içerisinde görüntüleri oluşturulmuş, oluşturulan renklerin, renk laboratuvarındaki profesyonel renk ölçüm cihazı ile karanlık bir odada renk ölçümleri yapıp ölçüm sonuçları laptoptaki programa aktarılmıştır. Program üzerinde renklerin XYZ koordinatlarındaki değerleri görülmektedir. Her bir renk için ikişer defa ölçüm yapıp ortalama değerleri hesaplanmıştır. Renk farklılığı;  $\Delta E < 0.1$  olduğu ve belirgin renk farklılığının olmadığı tespit edildiği anda bir sonraki aşamaya geçilmiştir. Dördüncü aşamada; profesyonel renk ölçüm cihazı ile karanlık bir ortamda Işık kabini D65 gün ışığı altında numuneler tek dijital ortama aktarılmıştır. Beşinci aşamada; kullanıcılar için bir anket hazırlanmıştır. Anket iki aşamada gerçekleşmektedir. Anketin ilk aşamasında, numune kumaşların farklı markalardaki laptoplarda Windows görsel renk yönetimi sistemiyle kalibre edilmeden görüntüleri ile aynı numune kumaşların kalibrasyonlu monitördeki görüntüleri kullanıcılardan kıyaslamaları istenmiştir. İkinci aşamasında ise Windows görsel renk yönetimi ile kalibre edilen laptoplardaki görüntüler ile kalibrasyonlu monitördeki görüntülerin kıyaslanması istenmiştir. Anket sonucunun ilk aşamasına göre; %90-95 oranında kalibrasyonlu monitördeki görüntünün numuneye benzer olduğu ortaya çıkmıştır. Anketin ikinci aşamasında ise; Windows görsel renk yönetimi ile kalibre edilmiş monitör görüntülerinin numuneye benzerliğinde %50 oranında artış olduğu gözlemlenmiştir. Böylelikle kullanıcının kendi monitöründeki kalibrasyon işlemini daha uygun ve kolay bir metotla yapabileceği tespit edilmiştir.

**ANAHTAR KELİMELER:**Renk, Renk Karakterizasyonu, Red-Green-Blue (RGB), Görsel Renk Yönetimi

## **ABSTRACT**

### **EVALUATION OF THE COLOR OF TEXTILE USING A VISUAL COLOR MANAGEMENT**

**MSC THESIS**

**FATMA İPEK**

**PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE  
TEXTILE ENGINEERING**

**(SUPERVISOR:PROF.DR. YÜKSEL İKİZ)**

**DENİZLİ, JUNE 2018**

In this study; the color differences between printed and dyed home textured products in the digital media and in the real image displays were evaluated with a visual color management system.

The labor was conducted in 5 phases. In the first phase; the samples to be used in the study were determined. In the second phase; the monitor with the calibration tool on it, is automatically calibrated. In third phase; the colors corresponding to the RGB numerical values of the color chart prepared for the experiment with the standard color chart were displayed in the Power Point file on the monitor an the colors produced were measured in a dark room with a professional color meter in the color laboratory an the measurement results were transferred to the program on the laptop. The values of the colors in the XYZ coordinates are visible on the program. For each color, two measurements were made and the average values were calculated. Color difference; when  $\Delta E < 0.1$  and it was determined that, there was no significant color difference, the next step has been passed. In fourth phase; in a dark environment with a professional color measuring device, in a light cabinet, under daylight D65, samples were transferred to digital environment. In the fifth phase; a survey was prepared for the users. The survey consists of two phases. At the beginning of the survey, users were asked to compare the images of the sample fabrics with the images of the calibrated with the Windows Visual Color Management system in different brands of the laptops. In the second phase, comparison of images is desired on the calibrated monitor with those on the laptop calibrated with Windows Visual Color management.

According to the first phase of the survey; it is found that the image on the calibrated monitor is 90-95% similar to the sample.

In the second phase of the survey; with Windows Visual Color Management, it has been observed that calibrated monitor images have increased by 50% in similarity to the sample. Thus, it has been determined that the user can perform the calibration process on his own monitor with a more convenient and easy method.

**KEYWORD:** Color, Color Characterization, RGB, Visual Color Managment

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

İÇİNDEKİLER .....	iii
ŞEKİL LİSTESİ .....	v
TABLO LİSTESİ .....	vii
ÖNSÖZ .....	viii
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>9</b>
1.1. Renk .....	10
1.1.1. Renk Teorisi .....	11
1.1.1.1. I. Derece Renkler .....	18
1.1.1.2. II. Derece Renkler .....	19
1.1.1.3. III. Derece Renkler .....	19
1.1.2. Renk Karışımları .....	19
1.1.2.1. Eklemeli (Additive) Karışım .....	20
1.1.2.2. Çıkarmalı (Subtractive) Karışım .....	21
1.1.2.3. Tamamlayıcı (Complementary) Renkler .....	22
1.1.3. Renk Ölçümünde Kullanılan Yöntemler .....	23
1.1.3.1. Karşılaştırma Yöntemi .....	23
1.1.3.2. Üç Filtreli Ölçme Yöntemi .....	23
1.1.3.3. Spektral Yöntem .....	24
1.1.3.4. Renk Ölçüm Cihazında Ölçümü Etkileyen Faktörler .....	25
1.2. Işık .....	26
1.2.1. Işığın Emilmesi ve Yansıtılması .....	26
1.2.2. Işık ile Cisim Arasındaki Etkileşimler .....	27
1.2.3. Işık Absorpsiyonu, Yansıma ve Renk Arasındaki İlişkiler .....	27
1.3. Renk Uzayı .....	28
1.3.1. Renk Uzaylarına Ait Örnekler .....	28
1.3.1.1. RGB Renk Uzayı .....	29
1.3.1.2. CMY Renk Uzayı .....	29
1.3.1.3. HSV Renk Uzayı .....	30
1.3.1.4. HSL Renk Uzayı .....	31
1.3.1.5. HSI Renk Uzayı .....	32
1.3.1.6. CIE XYZ Renk Uzayı .....	33
1.3.1.7. CIE Lab Renk Uzayı .....	34
1.4. Renk Uzayları Arasında Dönüşüm .....	36
1.4.1. CIE XYZ Renk Uzayından RGB Renk Uzayına Dönüşüm .....	36
1.4.2. CIE XYZ Renk Uzayından CIE Lab Renk Uzayına Dönüşüm .....	38
1.4.3. RGB Renk Uzayından CMY Renk Uzayına Dönüşüm .....	38
1.4.4. RGB renk uzayından HSV Renk Uzayına Dönüşüm .....	39
1.4.5. RGB Renk Uzayından HLS Renk Uzayına Dönüşüm .....	39
1.5. Renk Farklılıklarının Hesaplanması .....	40
1.6. Kalibrasyon Metotları .....	43
1.6.1. Monitör Kalibrasyonu .....	44
1.6.1.1. Manuel Kalibrasyon .....	45
1.6.1.2. Otomatik Kalibrasyon .....	46
1.6.1.3. Kalorimetrik Kalibrasyon .....	46
<b>2. MATERYAL VE METOT .....</b>	<b>48</b>

2.1. Materyal.....	48
2.2. Metot .....	51
<b>3. DEĞERLENDİRME ve SONUÇ .....</b>	<b>59</b>
<b>4. KAYNAKLAR.....</b>	<b>61</b>
<b>5. EKLER.....</b>	<b>63</b>
<b>6. ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>80</b>



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 1.1:Newton'un Işık Deneyi .....	12
Şekil 1.2:Newton'un Renk Çemberi .....	12
Şekil 1.3:Lambert'in renk piramit'i .....	13
Şekil 1.4:Rung'nin renk çemberi .....	13
Şekil 1.5:Young'un ışığın dalga teorisi.....	14
Şekil 1.6:Rood'un renk çemberi .....	14
Şekil 1.7:Ostwald'ın renk sistemi .....	15
Şekil 1.8:Munsell'in renk sistemi .....	16
Şekil 1.9:Manfred Richter diyagram .....	16
Şekil 1.10:Işık kaynağı, cisim ve gözlemci.....	18
Şekil 1.11:Eklemeli renk karışım .....	21
Şekil 1.12:Çıkarmalı renk karışımı .....	22
Şekil 1.13:Tamamlayıcı renkler .....	22
Şekil 1.14:Işığın emilmesi ve yansıması .....	27
Şekil 1.15:Renk uzayları .....	28
Şekil 1.16:RGB renk uzayı .....	29
Şekil 1.17:CMY renk uzayı.....	30
Şekil 1.18:HSV renk uzayı.....	31
Şekil 1.19:HLS renk uzayı .....	32
Şekil 1.20:HSI Renk Uzayı .....	32
Şekil 1.21:CIE lab renk uzayı .....	35
Şekil 2.22:Düz Boyalı Numune .....	48
Şekil 2.23:Düz Boyalı Numune .....	48
Şekil 2.24:Düz Boyalı Numune .....	48
Şekil 2.25:Düz Boyalı Numune .....	48
Şekil 2.26:Düz Boyalı Numune .....	49
Şekil 2.27:Düz Boyalı Numune .....	49
Şekil 2.28:Düz Boyalı Numune .....	49
Şekil 2.29:Düz Boyalı Numune .....	49
Şekil 2.30:Düz Boyalı Numune .....	49
Şekil 2.31:Düz Boyalı Numune .....	49
Şekil 2.32:Düz Boyalı Numune .....	49
Şekil 2.33:Düz Boyalı Numune .....	49
Şekil 2.34:Düz Boyalı Numune .....	50
Şekil 2.35:Düz Boyalı Numune .....	50
Şekil 2.36:Düz Boyalı Numune .....	50
Şekil 2.37:Dijital Baskılı Numune .....	50
Şekil 2.38:Dijital Baskılı Numune .....	50
Şekil 2.39:Dijital Baskılı Numune .....	50
Şekil 2.40:Dijital Baskılı Numune .....	50
Şekil 2.41:Dijital Baskılı Numune .....	50
Şekil 2.42:X-rite Color Checker Renk Kartelası .....	51
Şekil 2.43:Monitör Üzerindeki Renklerin Renk Ölçüm Cihazı İle Ölçülmesi .	52
Şekil 2.44:CA-S25w Monitör Characterization Programı .....	53

Şekil 2.45:CA-S25w Programında Renklerin XYZ Koordinatları .....	53
Şekil 2.46:Windows Renk Yönetim Sistemi Uygulaması .....	57
Şekil 2.47: $\Delta E$ Renk Farklılık Grafiği.....	57
Şekil 3.48: Numunelerin Değerlendirme Sonuçları .....	60

## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

Tablo 1.Kalorimetreler ve Spektrofotometrelerin Karşılaştırılması .....	63
Tablo 2.Görünür alan bölgeleri .....	64
Tablo 3.Standart Renk Değerleri.....	64
Tablo 4.Çalışmada Kullanılan Kumaşlar ve Özellikleri .....	65
Tablo 5.Çalışmada Kullanılan Kumaşlara Proseste Uygulanan İşlemler .....	66
Tablo 6.Çalışmada Kullanılan Cihazlar .....	67
Tablo 7.Standart Veri Örneği Renk Karakterizasyonu .....	68
Tablo 8.Test Veri Örneği Renk Karakterizasyonu.....	69
Tablo 9.Anket.....	71
Tablo 10.Test Numunelerinin Farklı Laptoplardaki Renk Karakterizasyonu...	72
Tablo 11.Kullanıcı Laptopları Anket Değerlendirme Sonuçları.....	75
Tablo 12.Uygulamada Kullanılan Laptop Listesi .....	79

## ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca engin tecrübeleriyle bana her zaman katkıda bulunan, destekleyen, yönlendiren ve büyük bir özveri gösterip bu çalışmanın şekillenmesi ve oluşmasını sağlayan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Yüksel İKİZ'e teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

Tez çalışması boyunca renk bilgisi konusunda desteğini esirgemeyen Kyoto Institute of Technology University Design and Architecture Bölümü öğretim üyesi Sayın Prof. Dr. Tetsuya SATO ve laboratuvar çalışmalarında desteğini esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan Sayın Dr. Saori Kitaguchi'ye teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamı yurt dışında köklü bir üniversitede gerçekleştirme imkânı sunan Pamukkale Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümüne ve ayrıca her türlü imkânı sağlayan ve desteklerini esirgemeyen Menderes Tekstil A.Ş. Genel Müdürü Sayın Ali ATLAMAZ ve Terbiye Fabrika Müdürü Turhan AVDAN'a teşekkür ederim.

Maddi ve manevi olarak desteklerini her zaman yanımda hissettiğim sevgili ailemin tüm fertlerine, özellikle gösterdiği özveri ve derin sevgisinden dolayı canım anneme, anlayış ve desteğinden dolayı canım babama teşekkürü borç bilirim.

Yoğun tez çalışması süresince gösterdiği büyük özveri, destek, sabır ve sonsuz anlayış için Deniz KARAOĞLU'na teşekkür ederim.

## 1. GİRİŞ

İnsanoğlunun en önemli temel gereksinimlerinden birini karşılayan tekstil endüstrisi yaklaşık olarak M.Ö. 5000 yıllarına kadar uzanan bir geçmişe sahiptir. Tekstil endüstrisi, sanayi devriminin ardından üretilen ve her geçen gün yeni tekniklerle donatılan makinaların imalatı ile günümüzün en önemli sanayi dallarından biri olmuştur. Bu gelişmelere paralel olarak insanların beklentileri de artmıştır. Tekstil mamulleri sadece örtünmek için değil güzel görünmek, sağlıklı ürünler kullanmak ve yaşam mekânlarını güzelleştirmek için de kullanılır hale gelmiştir. İnsanlar değişik giysiler kullanarak sosyal statülerini de belli etmektedirler. Tekstil mamullerinden istenen bu kadar özellik boyarmaddelerin tekstilin her aşamasında kullanımını arttırmıştır. Tekstil ürünlerinin alıcıda albeni isteği uyandırmasında en önemli etkenler renk ve desen olmaktadır. Renkler modağa bağılı olarak çok hızlı bir şekilde değişmekte ve tüketiciler üreticilerden farklı renk ve desen çalışmaları yapmalarını istemektedirler. Tekstil materyalinin üretiminin her aşamasında renk çok önemlidir. İplik üretilirken ipliğı oluşturan elyaf rengi, kumaş üretilirken kumaşı oluşturan ipliklerin rengi ve hazır giysiyi üretirken kullanılan kumaşın rengi çok önemlidir. Bu ürünlerin üretim parametreleri, elyaf çeşitleri ve uygulanan boyama işlemleri rengi etkileyen en büyük faktörlerdendir.

Renklendirme boyama ve baskı olarak iki farklı yöntemle gerçekleştirilir. Boyama ve baskı işlemlerinde rengin çekiciliğinin ve parlaklığının yanında haslıkları da önemli etkindir. Tekstil maddeleri elyaftan kumaşa kadar elyaf çekme çözültisinde boyama, elyaf halinde boyama, tops boyama, iplik halinde boyama, kumaş boyama, hazır giysi boyama vb. adımlarında boyanabilmektedir. Tekstil maddelerinin baskı işlemleri; filmdruck baskı, rotasyon baskı, dijital baskı yöntemleri ile kumaş üzerine parça ya da bütün halinde yapılmaktadır. Renkler, kişiye ve hatta kişinin eğitimine bağılı olarak anlaşılırlar. Renk ve özelliklerinin belirlenmesine yönelik olarak 15. yüzyılda başlayan çalışmalar son 20 yılda yerini dijital renk ile ilgili araştırmalara bırakmıştır. Bu süre içerisinde yapılan çalışmalarda rengin, ışığın tanıdığı bilgilerden biri, yani ışığın bir özelliğı olduğu sonucuna varılmıştır. Rengin kişisellikten kurtarılması ve tanımlanması renk ölçüm metotları ile belirlenmektedir.

Tekstil boya ve baskı proseslerinde önemli bir yeri olan reçete hesaplaması, beyazlık derecesi ölçümü, konsantrasyon saptanması ve renk farkı hesaplaması, renk kalite kontrolü ve renk yönetimi gibi işler Renk Ölçüm Biliminin temel görevleri içerisinde sayılmaktadır. Maddelerin özelliklerinin rakamsal değerlerle ifade edilme eğiliminin tekstil boyama ve basma endüstrisinde de giderek arttığı dikkatimizi çekmektedir. Renk ölçümünün tekstil endüstrisinde kullanılmaya başlanması ile koloristler için de çalışmalarını bilimsel bir anlayışla, elle tutulur şekilde yapabilme ve objektif bir değerlendirme yapma olanağı doğmuştur. 20-30 yıl öncesine kadar koloristler değerlendirmelerini sübjektif olarak (gözle) yapmaktaydılar. Renk, öznel bir terim olduğu için ortamın koşullarına ve gözlemcinin o anki psikolojik durumuna göre her zaman aynı görülememektedir. Renk ölçüm aletlerinde yapılan renk ölçümlerinde bütün koşullar sabit olmalıdır. Ölçüm sonucu elde edilen değerlerin, başka zaman tekrar ölçümle elde edilmesi için ortam koşulların sağlanması gerekmektedir. Böylelikle sipariş alım sürecinde üretici ile müşteri birbirini kolaylıkla anlayabilmektedir.

Çalışmada baskılı ve boyalı ev tekstil ürünlerinin renklerini dijital ortama aktarılarak farklı monitör ekranlarında gerçekteki görüntüleri ile dijital ortamdaki görüntüleri arasındaki renk değişimlerinin görsel bir renk yönetim sistemiyle incelenmesi hedeflenmiştir. Çalışmada pamuk polyester karışımı baskılı/ boyalı saten kumaşlar tercih edilmiş olup baskıda dijital baskı, boyada ise pad-batch boyalı kumaşlar tercih edilmiştir.

## **1.1. Renk**

Renk, genel anlamda bir resim ya da desenin temel öğelerinden birisidir. Oluşan bütün renkler belli bir dalga boyu aralığına sahip olup, birbirlerinin içerisine kesintisiz olarak girerler. Işık olmayan yerde renk görülemez. Güneşten gelen ışınlar, ayrı hızlarla titreşerek değişik dalgalar oluştururlar. Rengin zihinde uyandırdığı hisler, ışığın değişik dalga boylarının etkisinden başka bir şey değildir. Siyah, beyaz ve gri, ışığın hiçbir dalga boyunu yansıtmayan nötr tonlarıdır. Bunlara soyut renkler de denebilir. Siyah, üzerine düşen bütün ışınları absorbe eder. Beyaz ise üzerine düşen bütün ışınları yansıtır. Gri ise saf olmayan beyaz olarak düşünülebilir. Sarı,

kırmızı, mavi hiçbir renk karışımından elde edilemeyen ana renkler olup bunlar ana renklerdir.

### **1.1.1. Renk Teorisi**

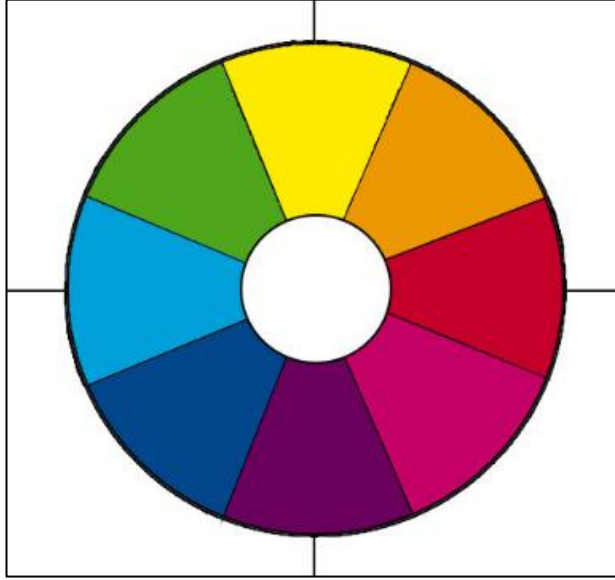
İnsanlar ilk çağlardan beri doğada canlı ve cansız varlıklarda gördükleri muhteşem renklere karşı her zaman hayran kalmışlar ve bu hayranlık duyguları onları süsleme sanatına yöneltmiştir. Önceleri doğada buldukları taşlar, çiçekler, yapraklar ve çeşitli hayvan türleri ile kendilerini ve çevrelerini süsleyerek tatmin olmaya çalışmışlardır. Daha sonraları çevreden buldukları doğal boyarmaddeler ile resim çizmeye, giysilerini ve vücutlarını renklendirmeye başlamışlardır. Elde ettikleri renkleri biriktirme ve topluca bir yerde muhafaza etme istekleri doğmuştur. Bunun sonucunda renk koleksiyonları ortaya çıkmıştır. İnsanoğlu renk materyalleri üzerinde çeşitli renkleri elde etmenin yollarını ararken, bir yandan da renklerin sistematığı üzerinde çalışmalar yapmış ve sonuçta günümüze kadar ulaşan renk sistemleri ortaya çıkmıştır. Nesnelere kendi başlarına renkleri olmadığı gibi tüm renkler ışığa bağlı olmaktadır.

Rengin doğadaki kaynağı güneştir. Rengin, fiziksel bir olayla beyaz ışığın parçalanmasından oluştuğunun bilimsel olarak ilk kanıtını 1670 yılında Newton yapmıştır. Newton tarafından, camdan prizmayla karanlık bir odada keşfedilen ışığın dalga boylarına bölünerek kırılması Şekil 1.1'de bu konudaki çalışma ve araştırmalara yol göstermiştir (Finlay, 2007: 22). Newton araştırmasında, karanlık bir odaya açılan bir delikten verilen güneş ışınlarının bir prizmadan geçirilerek, beyaz bir perdeye düşürülmesi sonucu Mor (Violet), mavi, yeşil, turuncu ve kırmızı renkler görülmüştür.



Şekil 1.1:Newton'un Işık Deneyi

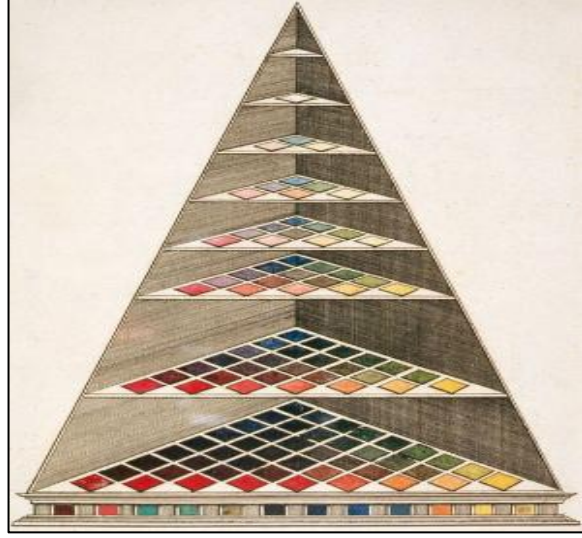
Daha sonrasında Birincil renkleri bu renkleri tamamlayıcı renkler ile renk karışımlarını gösteren bir renk çemberi Şekil 1.2'de verildiği gibi geliştirilmiştir.



Şekil 1.2:Newton'un Renk Çemberi

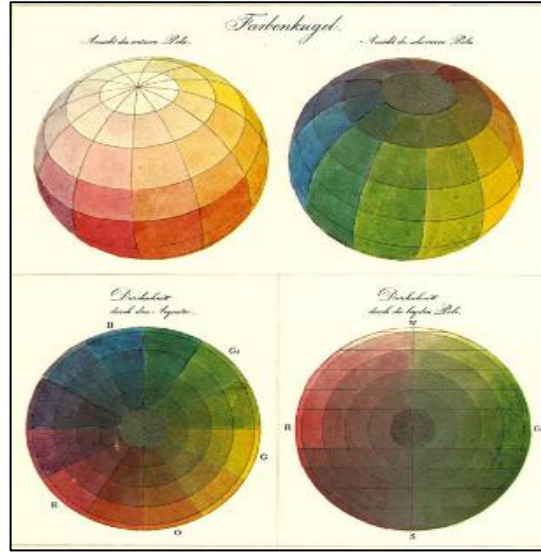
Bilim adamı Johann Heinrich Lambert (1728-1777) renk piramidi Şekil 1.3'de verildiği gibi geliştirilmiştir. Bu sistem tabanında kırmızı, sarı ve mavi renkleri bulunan bir piramit ele alınmıştır. Piramidin merkezinde siyah renk görülmektedir.





Şekil 1.3:Lambert'in renk piramit'i

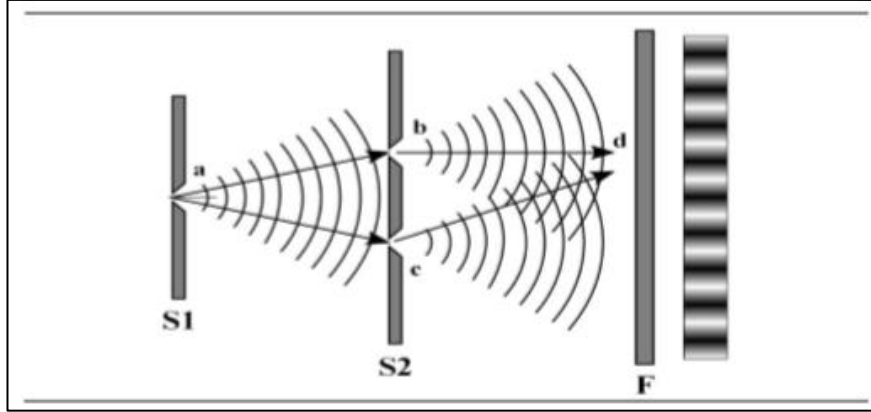
18. Yüzyılda birçok bilim adamı matematikçi, fizikçi, sanatçı ve düşünür temel renk olarak kırmızı, sarı ve maviyi tartışmışlar ve kabul etmişlerdir. Runge ise yalnızca mavi ve sarıyı temel renk olarak Şekil 1.4'de verildiği gibi kabul etmiştir.



Şekil 1.4:Runge'nin renk çemberi

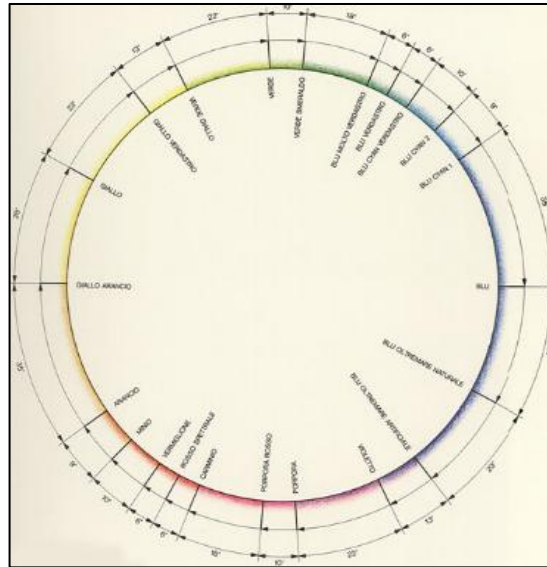
Bilim adamı Thomas Young ise 1802 yılında yaptığı deneyinde, ışığın öncelikle bir delikten sonra da bir inçin belli bir oranı ile ayarlanmış iki adet dar delikten geçmesini sağlamıştır. Deneyde iki delikten geçen ışık bir ekrana gelecek şekilde ayarlanarak yansıtılmıştır. Bunun sonucunda Young, ışınların ayrı ve çakışık olarak belirtildiğini çakışık alanlarda renklerin birbirini izlediğini bulmuştur. Young bu şekilde renkleri ve ışığın dalga boyunu saptayarak, rengin dalga boyuyla ilişkisini

bulmuştur. Newton'un ispatladığı 7 rengin dalga boylarını Şekil 1.5'de verildiği gibi hesaplamıştır böylelikle ışığın dalga teorisini kanıtlamıştır.



Şekil 1.5:Young'un ışığın dalga teorisi

Bilim adamı Ogden Rood (1831-1902), rengin dalga boyu hakkında yaptığı araştırmalarda sadece insanlar üzerinde olan bir etki olarak tanımladığı geniş kapsamlı bir araştırma gerçekleştirmiştir. Rood renk farklılıklarını belirleyen 3 farklı temel değişken belirlemiştir. Bunlar, doygunluk, değer ve ton'dur. Rood yan yana konumlanan renklerin göz tarafından karışık algılandığını Şekil 1.6'da verildiği gibi gözlemlemiş Modern Chromatics adlı kitabında bu konudaki gözlemlerini anlatmıştır.



Şekil 1.6:Rood'un renk çemberi

Koniğin uçlarında beyaz ve siyah noktalar, beyaz-siyah arasında renksizlik eksenini ve peri peri denilen en dış çizgide ise bütün renkler doygun halde bulunurlar.

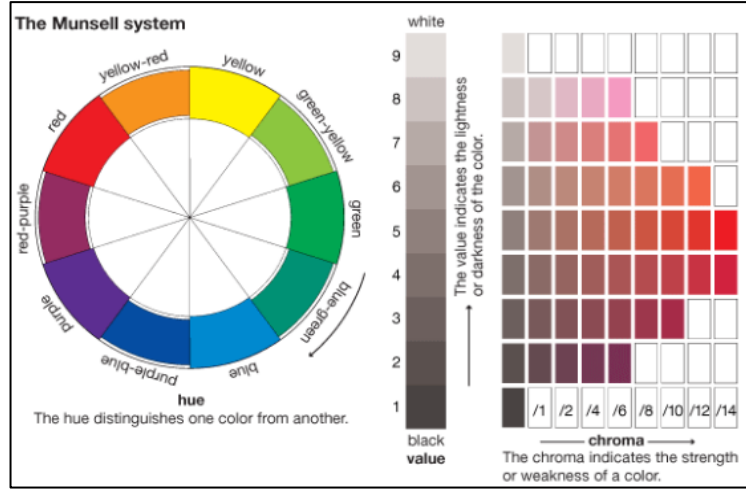
Bu renklere tam doygun (vollfarben) denir. Siyah-beyaz eksenini ile periferi çizgisi arasında tam doygun renklerle siyah ve beyazın çeşitli oranlarda karışımlarından oluşan renkler yer almaktadır. Bu sistemde bütün renkler taban tabana yapıştırılmış iki konik üzerinde Şekil 1.7’de görüldüğü gibi bulunmaktadır.



Şekil 1.7:Ostwald'ın renk sistemi

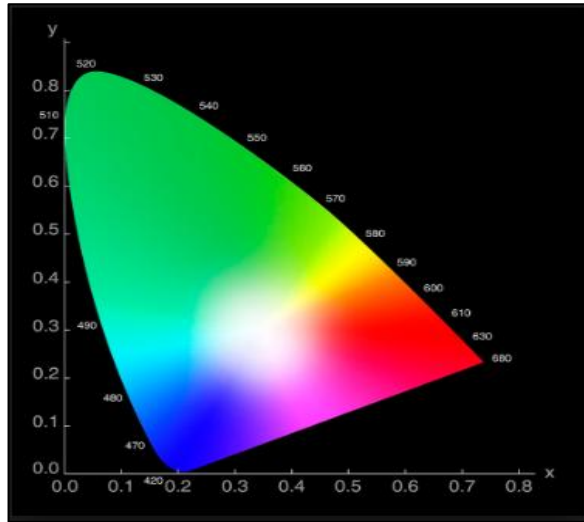
Bu sistem A.B.D.'de gelişmiş ve geniş kullanma alanı bulan sistemdir. Bunda da diğer sistemlerde olduğu gibi merkezde siyah-gri-beyazın oluşturduğu bir eksen bulunmaktadır. Munsell sisteminde eşit açıklığa (parlaklığa) sahip renkler, standart değer sisteminde olduğu gibi aynı düzlem üzerinde bulunurlar. Bütün düzlemlerin hepsi gri eksene bağlıdır. Gri eksenden dışa doğru uzaklaştıkça renklerin doygunluğu artar. Düzlemlerin en dışında yer alan renkler, en doygun renklerdir.

Munsell sisteminde bir renk önce tonu (hue), açıklığı (value) ve doygunluğu (chroma) olmak üzere üç değer ile karakterize edilir. Bu değerleri Munsell sistemi için hazırlanmış olan Şekil 1.8’de görüldüğü gibi diyagramda belirtilmiştir. Bu değerlerin bulunabilmesi önce açıklık değerleri için düzenlenmiş olan tablodan o rengin Munsell açıklık değeri saptanır. Örneğin rengin ait olduğu açıklık düzlemi 5 numaralı düzlem olsun (açıklık değeri=19,8). Bu husus belirtildikten sonra Munsell CIE diyagramında x ve y değerleri yardımıyla renk tonu ve doygunluk bulunur.



Şekil 1.8:Munsell'in renk sistemi

Bu sistem batı Almanya'da 1950 yılında Manfred Richter tarafından yayımlanmıştır. Bu sistem daha önce Alman standartlarında DIN-renk sistemi olarak belirtilmiştir. Bu sistemde belli bir parlaklık derecesine sahip renkler bir grupta toplanmıştır. Burada açıklık değeri olan Y Munsell sisteminde olduğu gibi bir mukayese birimi olarak değil, relatif parlaklık (yani ait olduğu optimal rengin parlaklık değeri). Ait olduğu optimal renkten standart renk tablosunda eşit koordinatlarda (yerlerde) bulunan renklerin en açık olanı anlaşılır.



Şekil 1.9:Manfred Richter diyagram

1965'lerde yapılan detaylı araştırmalar ve denerler neticesinde "göz" de 3 farklı koni hücrelerinin algılandığı tespit edilmiştir. Bu deneyler, Young'ın 3 koni hücreleri üzerine yapmış olduğu araştırmalar ve önermeleri doğrulanmıştır. Yeşil tonlardaki sorun hakkında 1976'da yeni standartlar oluşturulmaya çalışılmış, ancak

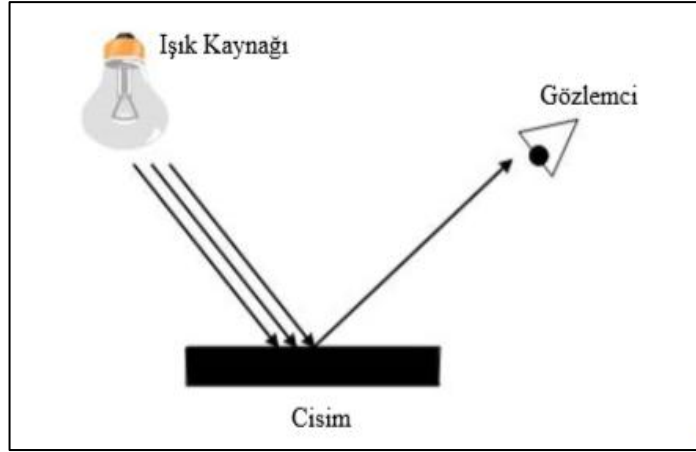
CIE standartları kabul edilmemiş ve bunun sonucunda 1931'da ortaya koyulan standartlar ise evrensel olarak kabul edilmiştir.

Şekil 1.9'da ki grafik CIE'nin x ve y koordinatındaki insanın renk algısını renk uzayında oluşturmaktadır. Işık dalga boyları ile renkler görüldüğü üzere renk evreninin kenarlarına dağılmıştır ve bu dış çerçeve algılanabilen tüm renk özünü kapsamaktadır. Bu şema 1931'deki CIE standartlarına göre hazırlanmıştır. Şema, üç boyutlu renk uzayının 2 boyutlu bir kesitini göstermektedir. X ve Y koordinatlı düzlem renklerin kromatik değerlerini karşılamaktadır. Işıklılık yani rengin koyu ve açık tonlamaları CIE renk evreninin 3. boyutunu açıklamaktadır. Bu durum 2 boyutlu şemada gösterilememektedir. Bu şema RGB ile elde edilen tüm renk tayfları ve bu renklerden elde edilen ikincil Cyan, Yellow ve Magenta ile de tamamlanan ve beyaz merkezli tüm ara tonları göstermektedir. Renk, belli bir ışık türü, bu ışığın insan gözü üzerine etkisi veya algılayıcının zihninde bu etkinin sonucudur. İnsan gözünün, yaklaşık 10 milyon farklı rengi birbirinden ayırt edebildiği tahmin edilmektedir. Bundan dolayı insanın özel bir rengi yeterli derecede tanımlamak için hatırlayamayacağına şüphe yoktur (Hunt, 1995).

Renk ölçüm birimi, bir rengi sayısal olarak ifade edilmek üzerine yapılan çalışmaları kapsar ve fizik, kimya gibi yalnızca malzemeye ait olan bilimlere değil, bunların yanında, psikoloji ve fizyoloji gibi biyolojik bilimleri de içine alır. Renk uygulamaları düşünüldüğünde, mimarlık, boyama, boya teknolojisi ve aydınlatma mühendisliği gibi değişik uygulamalı bilimleri de kapsamaktadır. Bu sebeple renk ölçümü, geniş tabanlı ve geniş uygulama alanındaki bir konu olmaktadır (Hunt, 1995).

Bir rengin algılanabilmesi için:

- Işık kaynağına,
- Cisim,
- Gözlemci,



Şekil 1.10: Işık kaynağı, cisim ve gözlemci

Rengin sayısal olarak ifade edilebilmesi için, bu üç ögenin her birinin sayısal olarak ifade edilmesi Şekil 1.10’da verildiği gibi gerekmektedir.

Renk kısaca, öznel olarak görsel algılamamanın belli ayrımlara dönük bir niteliği ya da nesnel olarak görünen ışınımın, gözlemciye belli nitel ayrımlar yapma imkânı sağlayan özelliği biçiminde açıklanabilir. 1940 yılında Amerika Optik Derneği Renkmetri Komitesi’nin yaptığı tanıma göre; “Renk, mekânsal veya geçici ışık özelliklerini içerir. Işık, gözün retinasının uyarılmasından kaynaklanan ve görsel algılamalar aracılığıyla bir gözlemcinin farkına vardığı ışıksal enerjidir”. Renk, fiziksel ve fizyolojik olarak iki konu başlığı altında incelenebilir. Fiziksel anlamda renk: Elektromanyetik dalgaların insan gözü tarafından algılanabilen bölümüne “görülebilir ışık” denir.

Fizyolojik anlamda renk: Görme olayı elektromanyetik dalgaların göz retinasına etki eden belirli sınırlardaki dalga boylarıyla gerçekleşmektedir. Retinada oluşan görüntü, sinir sistemi ile beynin görme merkezine ulaştırılmakta ve psikolojik görme algılaması sağlanmaktadır. Yani bir obje insan gözünde göz sinirleri yardımıyla retina üzerine odaklanmaktadır.

#### 1.1.1.1. I. Derece Renkler

Renk çemberinin merkezinde yer alan ve diğer renklerle oluşturulması olanaksız olan 3 ana renk ( sarı, kırmızı, mavi) I. Derece renkleri oluşturur. Üç ana

rengin farklı miktarlarda karışımı ile çok ve sınırsız renkler türetilir. Üç ana rengin eşit miktarlarda karışımı ile “gri” elde edilir, bu kirli bir beyazdır

#### **1.1.1.2. II. Derece Renkler**

Ana renklerden herhangi ikisinin karıştırılmasıyla elde edilen renklerdir.

Sarı + Kırmızı = Turuncu,

Sarı + Mavi = Yeşil,

Kırmızı + Mavi = Mor

#### **1.1.1.3. III. Derece Renkler**

Renk çemberinin en dışında yer alan I. Ve II. Derece renklerin karıştırılmasıyla elde edilen renklerdir.

Mavi + Mor = Mavi mor,

Mavi + Yeşil = Petrol mavisi,

Sarı + Yeşil = Sarı yeşil,

Sarı + Turuncu = Sarı turuncu

#### **1.1.2. Renk Karışımları**

Işığın belirtilmesinden sonraki aşama, cisimlerin, görünür radyatif enerji ile etkileşimlerinin karakterizasyonudur. Radyatif enerji ile etkileşim, enerjinin korunumu yasalarına uygun olarak gerçekleşir. Cisme düşen radyatif enerji, sadece üç olaya sebebiyet vermektedir. Bunlar; Absorpsiyon, Refleksiyon ve Transmisyonudur. Bunlar kesin radyometrik büyüklükler yerine yüzde gibi göreceli terimler olarak ölçülürler. Böylece reflektans, yansıtılan enerjinin gelen enerjiye oranı olarak tanımlanabilir.

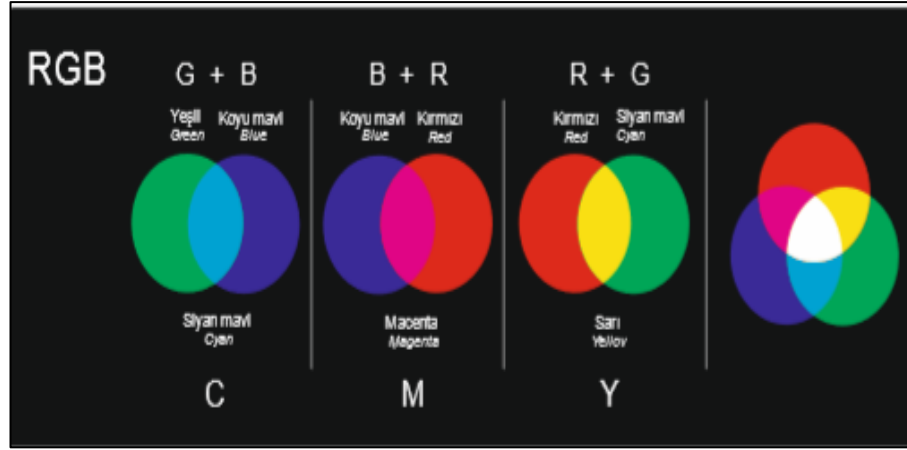
Reflektans ve transmitans sadece dalga boyunun değil aydınlatma ve izleme geometrisinin de fonksiyonudurlar. Parlaklık fenomeni ile de farklılıklar görülebilir. Kolorimetrik verilerin bu etkileşimlerini önlemek için, CIE, kolorimetri için birkaç aydınlatma ve izleme geometrileri belirlemiştir (Fairchild, 1998).

Prizmadan geçirilen beyaz ışık 7 temel renge ayrılmaktadır. Bu 7 renk içerisinde Kırmızı, Yeşil ve Mavi renklerin her biri spektrumun 1/3'ünü oluşturmaktadır. Yani bu üç rengin toplamı beyaz ışığı vermektedir. Bu üç renge (Kırmızı, Yeşil ve Mavi) “Primer Renkler” veya “Spektral Ana Renkler” adı verilmektedir. Diğer renkler bu üç rengin birbirine girişimiyle oluşmaktadır. İnsan gözü bu üç spektral ana renge duyarlı olan sinir hücrelerine sahiptir. Renklerin karıştırılmasını “Aditif” ve “Subtraktif” diye iki şekilde yapmak mümkündür.

#### **1.1.2.1. Eklemeli (Additive) Karışım**

Renkli ışıklarla yapılan karışımlara aditif renk karışımları adı verilir. Uygun filtreler yardımıyla her biri primer renklerden bir tanesini verebilen üç ayrı projeksiyondan çıkan renkli ışıklar üst üste bir beyaz perde üzerine düşürüldüğünde, perde üzerinde herhangi bir renk gözlenemez. Buna karşın beyaz perde üzerine sadece yeşil ve kırmızı renkli ışıklar görüldüğünde, sarı renk gözlenir. Yani sarı renk, yeşil ve kırmızının girişimi sonucu olmuştur. Aynı şekilde mavi ve kırmızıdan magenta ( Mor, Kırmızı), yeşil ve maviden turkuaz renk elde edilir. Bu şekilde iki primer rengin girişimi ile elde edilen sarı, turkuaz ve magenta ya “Sekonder Renkler” adı verilir. Aditif renk karışımlarında iki renkli ışığın karıştırılması ile ortaya çıkacak yeni rengi tahmin etmek kolaylıkla mümkündür. Bütün renklerin aditif olarak karıştırılması ile beyaz, subtraktif karıştırılması ile de kirlili beyaz (gri) meydana gelir. Aditif karışımda iki rengin karışımından çıkan renk önceden bilinebilir. Örneğin Şekil 1.11’de aditif renk karışımını görmekteyiz.

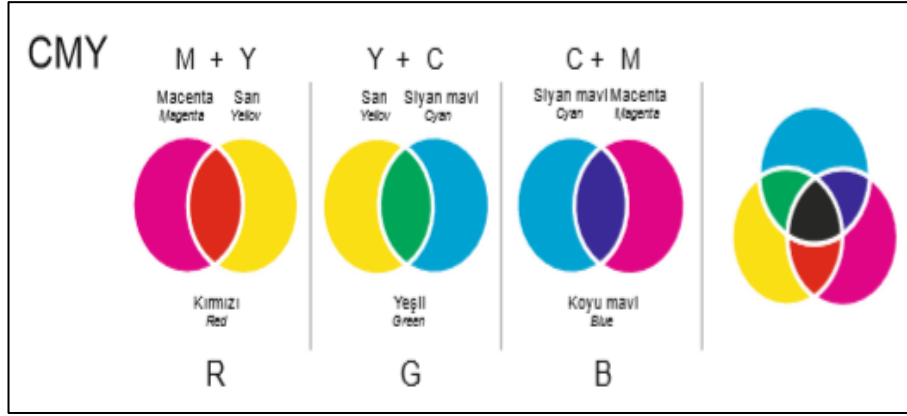




Şekil 1.11:Eklemeli renk karışım

### 1.1.2.2. Çıkarmalı (Subtractive) Karışım

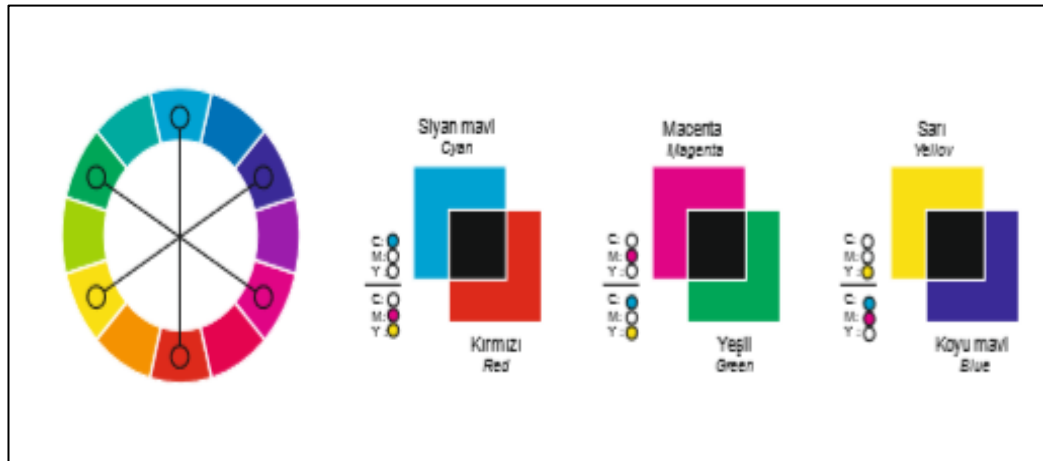
Boyarmaddelerin ve çözeltilerinin karıştırılmasına substraktif renk karışımları adı verilir. Bunu şu şekilde açıklamak mümkündür. İki primer renkle boyanmış filtre alalım. Filtrelerden biri kırmızı, biri yeşil olsun. Kırmızı filtre diğer renkleri absorbe ederken kırmızı, yeşil filtrede yeşili geçirir. Bu iki filtreyi projeksiyon lambasının önüne koyacak olursak, hiçbir rengin görülmediği görülür. Çünkü kırmızı ışık yeşil filtreden geçemezken, yeşil ışık da kırmızıdan geçemez. Aynı şekilde iki boyarmaddeyi bir çözelti içerisinde karıştırmakla veya lif üzerinde birleştirmekle aynı sonuç elde edilir. Yani boyarmaddelerin karıştırılmasında primer renkler değil, sekonder renkler kullanılır. İki sekonder renk karıştırılmasıyla primer renk görülebilir. Başka bir deyişle beyaz ışıktan bazı renklerin çıkartılmasıyla esas renk oluşmaktadır. Örneğin iki sekonder renk olan magenta ile sarının karıştırılmasıyla kırmızı renk elde edilir. Çünkü magenta ve sarı kırmızı ışığın geçmesine izin verirler. Örneğin Şekil 1.12’de görüldüğü gibi.



Şekil 1.12:Çıkarmalı renk karışımı

### 1.1.2.3. Tamamlayıcı (Complementary) Renkler

Bir desene bakıldığında göz daima desen üzerindeki rengin tamamlayıcısını arar. Tamamlayıcı renk dikkati bu nokta üzerinde toplar. Bu renklerin bütünleyici özelliği vardır. Tamamlayıcı renklere örnek olarak, renk çemberindeki numaralı renkler verilebilir. Kontrast renkler aynı zamanda birbirlerinin sıcak ve soğuk renkleridir. Kırmızı ile yeşil, sarı ile mor gibi. Bu renkler, birinden öbürüne geçmek için daima aralarındaki renklerin varyasyonunda istifade etmek gerekir. İki tamamlayıcı renkler bir biri ile karıştırıldığında siyah, yani ışıksızlık durumu Şekil 1.13’de verildiği gibi oluşmaktadır.



Şekil 1.13:Tamamlayıcı renkler

Renk çemberinde karşılıklı gelen renkler birbirlerinin tamamlayıcısı olup en yüksek zıtlığa dayalı renk düzenlemeleri, renk çemberinde birbirinin karşısında bulunan iki rengin bir arada kullanıldığında oluşur.

### **1.1.3. Renk Ölçümünde Kullanılan Yöntemler**

Renk ölçümünde kullanılan başlıca üç yöntem vardır. Bunlar:

1. Karşılaştırma Yöntemi
2. Üç Filtreli Yöntemi
3. Spektral Yöntem

Bütün bu yöntemler gözdeki görme mekanizması ve karşılaştırma sistemi esasına dayanmaktadır. Karşılaştırma yönteminde değerlendirme subjektif olarak yapılmakta ve kişinin değerlendirmesi her defasında yenilenmektedir. Buna karşılık üç filtreli veya spektral ölçme yöntemlerinde bir standart kabul edilmekte bir defaya mahsus olmak üzere ayar yapılmakta ve buna göre ölçüm yapılmaktadır. Karşılaştırma yöntemindeki değerlendirmeler tamamen fizyolojik diğer yöntemlerde ise fiziksel olarak yapılmaktadır.

#### **1.1.3.1. Karşılaştırma Yöntemi**

Bu yöntem renk ölçümünde bugün artık kullanılmamaktadır. Ancak prensibi çok ilginç olduğu için burada kısaca değinilecektir. Karşılaştırma yönteminde prensip olarak değerlendirilecek renk, birkaç rengi aditif olarak karşılaştırmak suretiyle elde edilmeye çalışılır. Yani kolorist değerlendirecek rengin benzerini elde edilinceye kadar saydam renkli prizmaların yerini ayarlar ve neticede söz konusu rengin aynısını elde edildiği anda değerlendirme yapılır.

#### **1.1.3.2. Üç Filtreli Ölçme Yöntemi**

Üç filtreli ölçme yönteminde prensip olarak kırmızı, yeşil, mavi olmak üzere üç filtre bulunmaktadır. Bu filtrelerin her biri ile yapılan ölçüm sonunda bir rengin X, Y, Z değerlerini kolayca elde etmek olanaklıdır. Ancak bunlar remisyon eğrisi çıkarmaya uygun değildir. Üç bölge yöntemi diye de adlandırılan bu yöntemde standart spektral değer eğrilerine %100 uyacak bir "ışık kaynağı ölçme filtresi-fotosel" kombinasyonu elde edilemediği için X, Y, Z hesaplamasında hata katsayıları kullanılır.

$$X = 0,783 R_x + 0,197 R_z$$

$$Y = R_y$$

X, Y, Z değerleri; Standart renk değerleri

$R_x, R_y, R_z$ ; Ölçme neticesinde  $Z = 1,181$  alette okunan değerler,

Yukarda X'in hesaplanmasında  $R_x$ 'in yanında  $R_z$ 'ninde bulunduğu görülmektedir. Bu şöyle açıklanabilir; Filtre diskindeki üç filtre modelsel olarak kabul ettiğimiz insan gözündeki her biri üç temel renge karşı hassas üç ayrı uyarı merkezinin karşılığıdır. Bu durumda X filtresi kırmızı renge karşı hassastır. Kırmızı renk ancak 500-700nm arasında etkisini gösterdiğinden; standart spektral değer eğrisi de ancak 500-700nm sahasını kapsar.

Standart renk değerleri olan X,Y,Z spektral yöntemle göre elde edilen refleksiyon değerlerinden hesap yoluyla elde etmek mümkündür. Fakat bu değerleri refleksiyon değerlerini kullanmadan direkt ölçüm yoluyla üç filtreli renk ölçme aletlerinde olduğu gibi elde etmek de mümkündür. Üç filtreli renk ölçme aletlerinde 3 filtre ve 3 fotoelektriksel alıcı bulunur. Bu yöntemde her üç filtreden de ışığın ayrı ayrı geçirilmesi ile x, y, z uyarıları alınarak ışık enerjileri ölçülmekte ve bu değerler yardımıyla da tristimulus (X, Y, Z) değerleri elde edilmektedir.

Üç filtreli renk ölçme aletleri spektral fotometrelere göre çok daha basit ve ucuzdur. Fakat bu aletlerin pratikte kullanımları da daha kısıtlıdır. Spektral fotometrelere göre oldukça ucuz olan klasik üç filtreli ölçme aletleri özellikle metameri olmayan renklerin kalite kontrolleri için uygundur. Örneğin; üretimde I. Parti referans olarak kabul edilirse, diğer partilerde aynı koşullar altında yapılan boyamaların spektral değerleri referansa benzer. Ölçme aletlerinden kaynaklanan hatalar bütün partilerde aynı oranda olacağından, renk farklılığı hesabında ihmal edilebilir.

### 1.1.3.3. Spektral Yöntem

Bu yöntemde spektrofotetreler ile fiziksel olarak renk ölçümü yapılır. Renk ölçümünün temel yöntemi olarak kabul edilir. Spektral fotoelektriksel ölçümde, ışık kaynağından gönderilen ışınlar (genellikle bu iş için devamlı ışık veren lambası) kullanılır. Işığın dalga boyu aralıkları ölçme aletinin özelliklerine bağlıdır. Fakat bu mesafeler genellikle transmisyon ölçümlerinde 0,5 – 2 nm refleksiyon ölçümlerinde ise 10 nm'ye kadar olabilir. Monokromotordan kırılarak gelen ışınlar ölçülerek renkli numune üzerine (beyaz standart “ideal beyaz” üzerine ) düşer. Gelen ışınlar ölçümü yapılacak numune üzerinde kısmen geçirilir veya yansıtılır. Yansıtılan veya geçirilen ışınlar daha sonra fotoelektriksel alıcı üzerine düşerler. Burada elektrik enerjisinden yararlanılarak direk remisyon değerleri okunur.

#### **1.1.3.4. Renk Ölçüm Cihazında Ölçümü Etkileyen Faktörler**

Renk ölçme cihazında renk ölçümü etkileyen faktörleri şu şekilde sıralamak mümkündür:

*a) Ölçüm yapılan yerin zemini;* Ölçüm yapılacak kumaş, zemini gösterecek şekilde ince ise ölçüm standartlarına göre katlanarak ölçümü yapılmalıdır. Bu durum yapılmaz ise halde zeminin beyaz, siyah veya başka renkte olması ölçüm sonuç değerlerine etki edebilir.

*b)Kumaş yüzeyinin düzgünlüğü;* Ölçme sırasında ölçme yüzeyinin kırışık olması ölçme sonuçlarını olumsuz olarak etkiler. Bu yüzden ölçülecek kumaş yüzeylerinin düz olmasına dikkat edilmelidir.

*c) Kumaştaki nem oranı;* Ölçme sırasında kumaş üzerinde bulunan nem oranlarının farklı olması, ölçme sonuçlarını etkiler. Kumaş üzerindeki nem oranı arttıkça, renk daha koyu gibi görünür. O nedenle ölçümlerin mümkün derece standart olarak kabul edilecek sabit bir nem oranında yapılması gerekir.

*d) Kumaş sıcaklığının etkisi;* Ölçme sırasında kumaşın sahip olduğu sıcaklık da renk koyuluğu ve renk nüansında kaymalara neden olabilmektedir. Örneğin; aynı renkli kumaşın 30°C, 40°C, 50°C, 80°C gibi çeşitli sıcaklıklara sahip olduğu anlarda yapılacak ölçümlerde sonuçlar farklı çıkabilir.

## 1.2. Işık

Görünür ışık, elektromanyetik radyasyonun bir çeşididir ve diğer formlardan farkı, insan gözünün retinası tarafından algılanabilmesidir. Işık ve renk arasındaki ilişkiyi anlamak üzerine ilk gelişme, 1672 yılında Isaac Newton tarafından yayınlanan ve güneşten gelen beyaz ışığın prizma kombinasyonlarından geçirilmesinin etkisini açıklayan bir yayın ile olmuştur (McDonald, 1997; Fairchild, 1998).

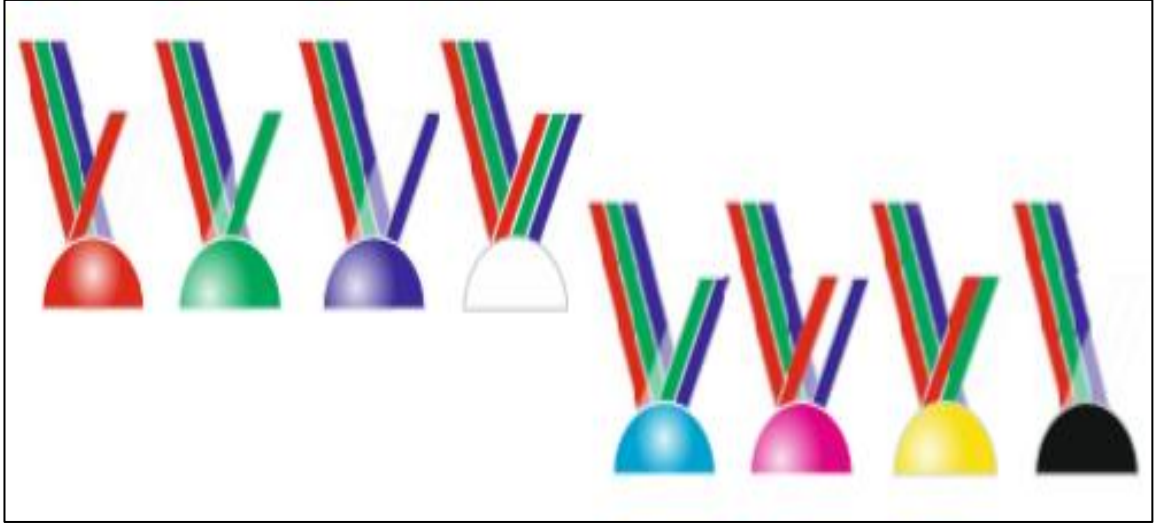
Işığın karakterizasyonuna ait olan önemli parametreler; dalga boyu, frekans, periyod ve dalga sayısı'dır. Gözün hassasiyeti uç noktalarda oldukça düşük olduğu için, uygulamada görünür spektrum 380–780 nm aralığı olarak alınır. Bu uç noktaların ötesi düşünüldüğünde, Tablo 2.'deki gibi 380 nm'nin aşağısı ultraviyole ve 780 nm'nin yukarısı ise infrared olarak adlandırılır. Yapısındaki değişkenliklerden dolayı, renk ölçümünde doğal ışık kaynağı olan güneş kullanılmaz, yapay ışık kaynakları kullanılır (Öner, 2001). Yapay ışık, değişik yöntemlerle elde edilebilir (Hunt, 1995):

- Akkor ışımaya (tungsten filamanlı lamba),
- Gaz deşarjlı (flüoresans lamba, sodyum ve civalı cadde lambaları, civa bazlı stat ve stüdyo lambaları),
- Fotoluminesans (flüoresans lambalar),
- Katodoluminesans (osiloskop ve bazı televizyonlar ile ekranlarda kullanılan katot ışını tüpleri),

### 1.2.1. Işığın Emilmesi ve Yansıtılması

Çevremizde gördüğümüz tüm objeler, aldıkları ışığı yansıttıkları için görünürler. Güneşten yansıyan ışınlar ilk olarak beyaz renkli olarak algılanır. Bazı ışık ışınları emildiğinde, bazıları ise yansıdığı anda renk olarak görünür. Çevremizdeki her şeyin rengi, renk ışıklarının emilmesine ve yansımaya bağlı olarak değişir. Çevremizdeki objelerden gözümüze ulaşan renk farklılıkları da bundan kaynaklanmaktadır (Ketenci ve Bilgili, 2006:193-194). Işık renklerinin üç ana ışık rengi, ikişer ikişer birleştiğinde daha açık diğer üç renk ortaya çıkar ve

üçünün birbiriyle karışmasıyla da beyaz renk, yani ışığın emilmesi ve yansıma Şekil 1.14’de görüldüğü gibi oluşur.



Şekil 1.14: Işığın emilmesi ve yansıması

### 1.2.2. Işık ile Cisim Arasındaki Etkileşimler

Renkli bir boya filminin yüzeyine ışık huzmesi düşürüldüğüne, ışık boyalı yüzeyle karşılaşır karşılaşmaz huzme kırılıma uğrayacak ve bir miktar ışık yansıtılacaktır. Kırılan ışık huzmesi boyalı film tabakasına ulaştığında absorpsiyon ve saçınım oluşacak ve bu iki işlemin sonucu olarak da boyalı tabakanın rengi oluşacaktır (McDonald, 1997). Yüzeyin tüm görünüşünü veren, renk ve parlaklık veya doku özelliklerini de içeren, optik faktörlerin değerlendirilmesi gerekir. Bunun için yüzey ile ışık huzmesi arasındaki ilişkiyi etkileyen kurallar incelenmelidir.

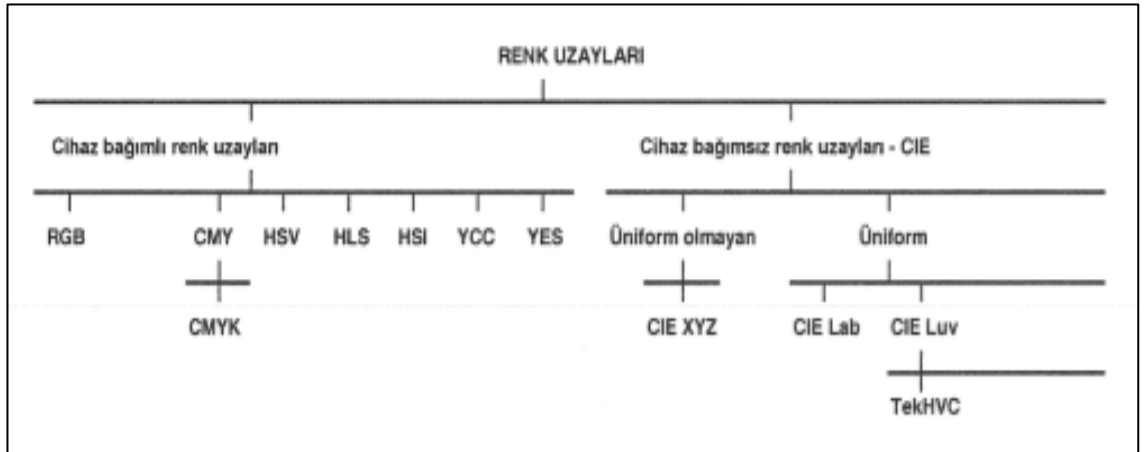
### 1.2.3. Işık Absorpsiyonu, Yansıma ve Renk Arasındaki İlişkiler

Boyanmış veya pigmente edilmiş bir materyalin rengi, elektromanyetik spektrumun görünür alanında, radyasyonun seçimli olarak absorpsiyonu sonucunda oluşmaktadır. Renkli bir numunenin renk tonu ile absorpsiyonun güçlü olduğu dalgaboyları arasında bir ilişkinin varlığı artık bilinmektedir. Normal aydınlatma ve izleme koşullarında, renk, renkli opak numuneden yansıyan radyasyonun spektral enerji dağılımı ile elde edilmektedir. Boyanmamış veya beyaz materyale bir

boyarmaddenin eklenmesiyle, özellikle boyarmaddenin ışığı absorpladığı alanda olmak üzere, reflektans değerlerinde bir düşüş görülür.

### 1.3. Renk Uzayı

Renk uzayları renkleri tanımlamak için kullanılan matematiksel modelleme yöntemi olup bütün renkleri temsil edecek şekilde oluşturulur. Renk uzayları üç boyutlu dizaynı yapılır çünkü renkmetri biliminin temelini oluşturan Grassmann'ın birinci kanununa göre bir rengi belirlemek için birbirinden bağımsız üç değişkene gerek vardır. Renklerin renk uzayındaki oluşumları bu parametrelere göre hesaplanır. Renk uzayları oluşturulurken bir başka renk uzayına doğrusal ya da doğrusal olmayan yöntemlerle dönüşüm yapabilmelidir. Farklı renkleri görüntüleme ve işleme cihazları farklı renk uzayları kullanılır. Renk uzayları genel olarak cihaz bağımlı ve bağımsız renk uzayları olarak Şekil 1.15'de görüldüğü gibi iki gruba ayrılır. Cihaza bağımlı renk uzaylarında renkler cihaza göre tanımlanır. Cihaz bağımsız renk uzayları ise CIE (Commission International de L'Eclairage: Uluslararası Aydınlatma Komisyonu) tarafından geliştirilen ve bütün renkler için renk ölçümünü sağlayan yani renkmetri de kullanılan renk uzaylarıdır. CIE tarafından geliştirilen bu renk uzaylarında renk ile ilgili ortaya konulan ve önerilen tanımlamalar (standart gözlemci ve standart aydınlatıcı gibi) kullanılmıştır.



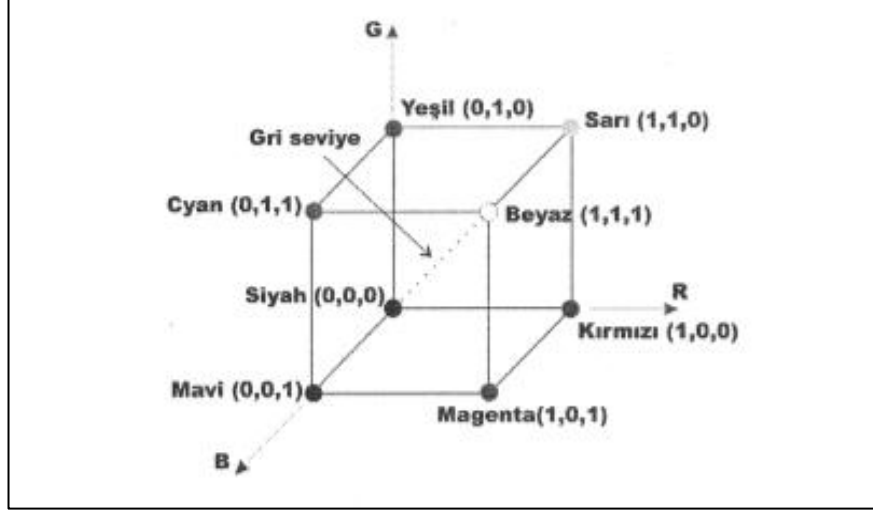
Şekil 1.15:Renk uzayları

#### 1.3.1. Renk Uzaylarına Ait Örnekler



### 1.3.1.1. RGB Renk Uzayı

RGB renk uzayı eklemeli renk karışımı yöntemiyle bir birim küpün içinde renkleri tanımlayarak Şekil 1.16'de verildiği gibi tasarlanmıştır. RGB renk uzayı bilgisayar monitörleri, tarayıcılar ve televizyon tüpleri gibi cihazlarda kullanılır.



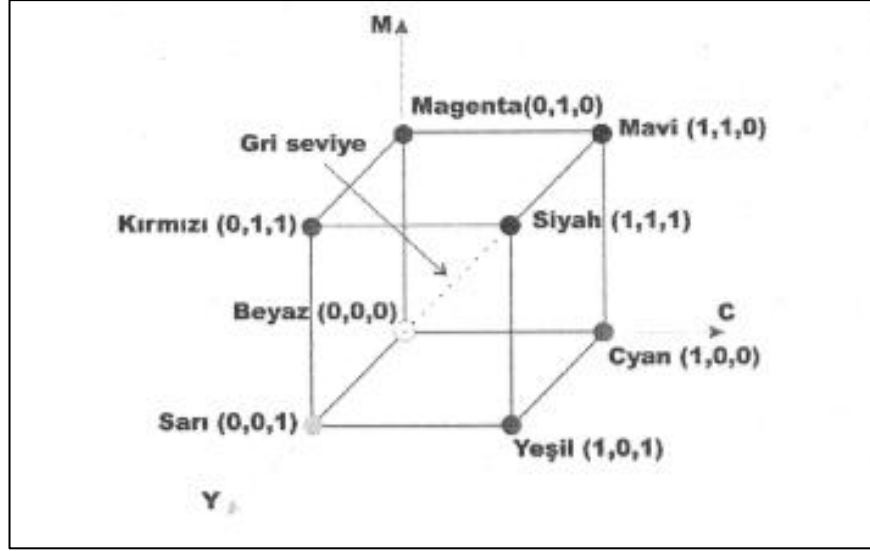
Şekil 1.16:RGB renk uzayı

Herhangi bir rengi bir bilgisayarda veya ekranda görüntülemek için bu üç birincil renkleri belirli yoğunluklarda karıştırılır. RGB renk uzayı koordinat eksenleri kırmızı, yeşil ve mavi olacak 3D bir renk uzayı oluşturularak düşünülebilir. Oluşturulmak istenilen renkler bu üç birincil rengin koordinatları cinsinden ifade edilebilir.

### 1.3.1.2. CMY Renk Uzayı

CMY renk uzayı çıkarmalı renk karışım yöntemi yardımıyla bir birim küpte Şekil 1.17'da verildiği gibi renkler tanımlanmıştır. Cyan, magenta ve sarı renkler CMY renk uzayının eksenleridir. Bu sistem toplamalı renk karışımı yönteminin yani RGB renk uzayının tanımlayıcısıdır. Bunun anlamı CMY renk uzayını oluşturan iki bileşenin karışımıyla RGB renk uzayını oluşturan bir bileşen elde edilmektedir. Örneğin; cyan ve magenta karıştırılınca, cyanın emilmesiyle magenta kırmızıyı, magentanın emilmesiyle cyan yeşili yansıtır. Böylece sadece emilme olmayan bölgede mavi kalır. Benzer olarak cyan ve sarı karışımı yeşili ve magenta ve sarı karışımı kırmızıyı verir. CMY renk uzayı küpünün (1,1,1) noktası siyahı gösterir.

Küpün orjini beyaz (0,0,0) dır. Teorik olarak küpün beyaz ve siyah noktalarını birleştiren diagonal çizgi boyunca ana renklerin eşit oranlarda katılmasıyla gri renkler oluşur.

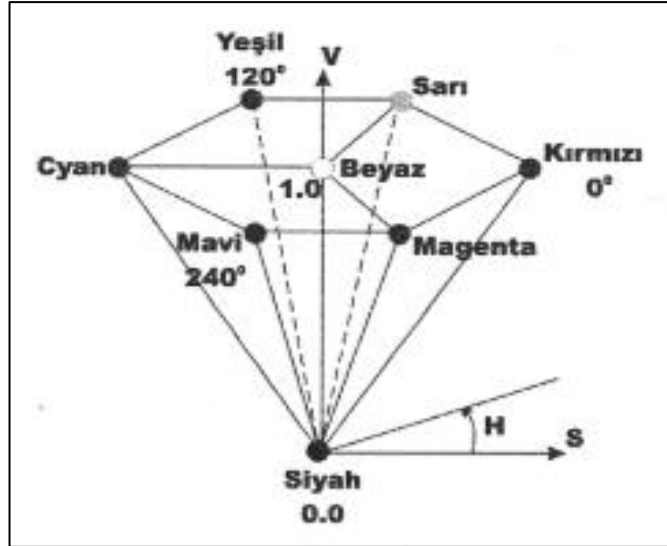


Şekil 1.17:CMY renk uzayı

CMY renk uzayı özellikle renkli baskı ve çoğaltma alanlarında, renkli yazıcılarda ve çizimlerde kullanılır.

### 1.3.1.3. HSV Renk Uzayı

HSV renk uzayının bileşenleri renk adı (H: hue), doygunluk (S: saturation) ve değer (V: value)'dir.

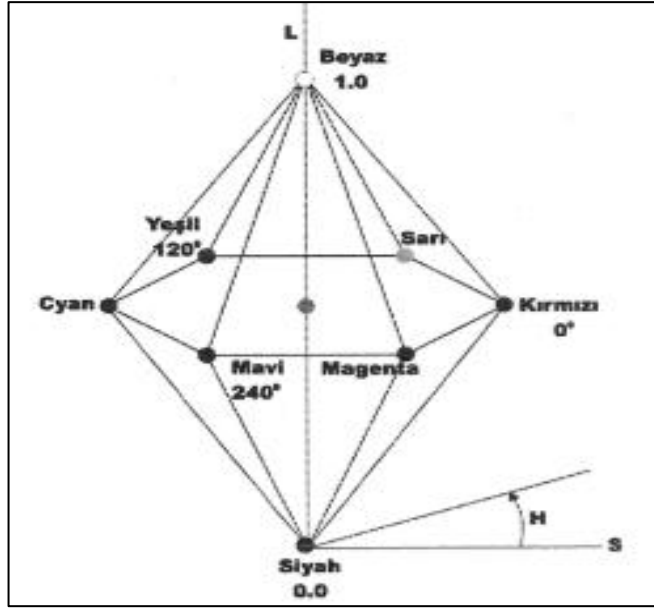


Şekil 1.18:HSV renk uzayı

Renk adı, bir rengi diğer renklerden ayırt eden özelliktir. Bu ayırım rengin karakterine göre yani çeşidine veya tonuna göre yapılır. Doygunluk, bir rengin, aynı değerdeki bir renkten ayırım derecesidir yani renksel doygunlukta denebilir. Değer, açık bir rengi koyu bir renkten ayırt etmekte kullanılır. HSV renk uzayının geometrik şekli Şekil 1.18’de verildiği gibi altıgen konidir. RGB renk küpünün diagonal çizgi boyunca iki boyutlu projeksiyondur. Toplamalı (kırmızı, yeşil, mavi) ve çıkartmalı (cyna, magenta, sarı) ana renkler altıgenin köşelerinde yer alır.

#### 1.3.1.4. HSL Renk Uzayı

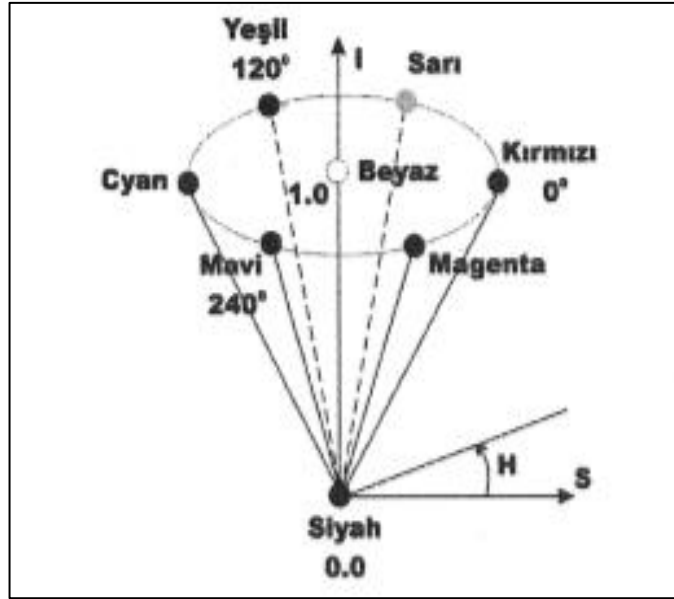
Renk uzayının bileşenleri renk adı (H:hue), değer (L: lightness), doygunluk (S:saturation)’ dur. Bağımsız bir şirket tarafından araştırılıp geliştirilmiştir. HSV renk uzayına benzer. Renk adı ve doygunluk bileşenleri HSV renk uzayındakiyle aynı anlamdadır ve bir renk türünün açıklık-koyuluk ayrımlarını belirlemekte kullanılır. HSL renk uzayının şekli Şekil 1.19’de verildiği gibi ikili altıgen koni şeklindedir.



Şekil 1.19:HLS renk uzayı

### 1.3.1.5. HSI Renk Uzayı

HSV renk uzayına ek olarak geliştirilmiştir. HSV renk uzayının bileşenleri renk adı (H:hue), doygunluk (S:saturation) ve yoğunluk (I: intensity) dir. Yoğunluk, bir renk için gözdeki etkisi en zor tanımlanabilen konudur. Yoğunluk değeri koninin tepesi olarak düşünülen siyahtan olan Şekil 1.20’de verildiği gibi vektörel uzaklıktır.



Şekil 1.20:HSI Renk Uzayı

Yoğunluk I değeri bilgisayar monitöründeki bir pikselin parlaltısı olarak düşünülduğünde bu değeri görüntüdeki renk bilgilerinden yani kırmızı, yeşil ve mavi değerlerinden edilir. Renkli görüntü işleme tekniklerinden bunun en basit hesaplaması  $I=(R+G+B)/3$  şeklindedir.

### 1.3.1.6. CIE XYZ Renk Uzayı

X, Y ve Z değerleri üç ana rengin (kırmızı, yeşil, mavi) algılanmasını sağlayan algı sinirlerinin beyne yolladıkları uyarıların toplamıdır. Her üç algının ayrı ayrı toplam algı miktarına olan oranı rengi tanımlar. Beyin bu üç büyüklüğün bileşimini yaparken, oranlamalar ile de renk duyusunu gerçekleştirir. X, Y ve Z değerlerinin toplamı rengin görsel duyusu toplamına eşittir. Bu toplam içinde;

kırmızının algılanma oranı,

$$x = \frac{X}{X + Y + Z} \quad (1.1)$$

yeşilin algılanma oranı,

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z} \quad (1.2)$$

mavinin algılanma oranı,

$$z = \frac{Z}{X + Y + Z} \quad (1.3)$$

x, y ve z değerleri 0 ile 1 arasındadır.

$x=y=z$  (1/3) noktası teorik olarak beyazdır. Bu noktadan uzaklaştıkça renklerin doymuşluğu artar. CIE tarafından 1931 yılında standart aydınlatıcı tarafından (A,B,C,D<sub>50</sub>,D<sub>65</sub>,E,F) ve standart gözlemci (2<sup>0</sup>,10<sup>0</sup>) tanımları üzerine kurulan CIE XYZ renk uzayının iki boyutlu gösterimi bu esasa dayanır.

Uluslararası Işık Komisyonu CIE tarafından geliştirilen renk sistemi, üzerinde dalga boylarının bulunduğu eğri ile görülmez bölgenin sınırı sayılan çizgi tarafından çevrilen ve yaklaşık üçgen şeklindeki alan içerisinde akla gelebilecek bütün renkleri görmek mümkündür. Yaklaşık olarak üçgenin ağırlık merkezinde “beyaz nokta” denilen kısım bulunur. Beyaz noktadan dikey olarak Beyaz-Gri-Siyahtan oluşan “renksizlik eksenini” geçer.

### 1.3.1.7. CIE Lab Renk Uzayı

CIE- iki boyutlu renk sisteminde  $x$  ve  $y$  değerleri sayesinde renklerin yerlerinin belirlenmesi sağlanmakta, ancak belli bir noktada bulunan renklerin açıklık koyuluk bakımından görünümünde çok büyük farklılıklar olabilmektedir. Bir başka deyişle bir rengin yeri çıkış noktasından o kadar uzaktadır ki, iki rengin birbirinden gözle ayırt edilebileceği doğrusal uzaklık rengin sistemdeki bulunuş yerine göre farklı olabilmektedir. CIE Düzlemsel Renk Sistemi rengin açıklığı-koyuluğu ve nüansı hakkında fikir vermede yetersiz kalarak bunun üzerine 1970’li yıllarda tekstil endüstrisinde geniş bir kullanım alanı bulunan CIELAB sistemi geliştirilmiştir.

CIELAB sisteminde renklerin sayısal olarak ifadesinde kullanılan  $X, Y, Z$  değerlerinden hesaplanan  $L^*, a^*, b^*$  değerleri kullanılmaktadır. Semboller üzerinde yıldız işaretleri aynı sembollerin daha önce başka yerlerde kullanılmış olanlardan ayırt etmek amacıyla konmuştur. Sistemin merkezinde beyaz nokta (U) bulunmaktadır.  $a^*$  (kırmızı-yeşil) ve  $b^*$  (sarı-mavi) eksenleri beyaz nokta üzerinde kesişirler. Üçüncü eksen ise  $a^* - b^*$  eksenlerinin oluşturduğu eksene dik gelen  $L^*$  eksenini olup, rengin açıklığını gösterir. CIELAB renk sisteminde birbirleri ile eşit tonda bulunan renkler aynı düzlem üzerinde bulunurlar. Düzlem üzerinde renksiz noktadan rengin bulunduğu noktaya çizilen doğrunun  $a^*$  eksenini ile yaptığı  $h$  açısı,

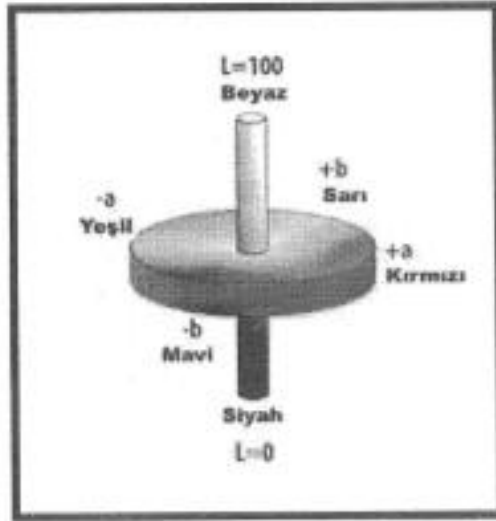
renk tonu (cinsi) için bir ölçektir. Bu açı kırmızıdan sarıya doğru giderek artar. Örneğin:

Kırmızı için  $h = 0$ ,

Sarı için  $h = 90$ ,

Mavi için  $h = 270$ 'dir.

Rengin bulunduğu noktanın, renksiz noktaya olan uzaklığı, rengin  $C^*$  ile ifade edilen doygunluk değerini gösterir. Bu değer rengin belli bir açıklıktaki parlaklığı ve duruluğu için de bir ölçektir. Herhangi bir rengin yeri isteğe bağlı olarak  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  veya  $L^*$ ,  $C^*$ ,  $h$  koordinatları ile tespit edilir. İkinci durumda verilmiş olan renk tonu (cinsi)  $h$  ve doygunluk  $C^*$  koloristik düşüncede gri ve mat renklere uygun olan  $a^*$  ve  $b^*$  nin karşılığı olmaktadır. Her iki durumda da  $L^*$  değeri rengin açıklığı için bir ölçektir.  $L^*$  değeri siyah için sıfır, ideal beyaz için 100'dür.  $a^*$  ve  $b^*$  nin ekstrem değerleri çok canlı (brilliant) renkler için yaklaşık  $\pm 80$  civarındadır. Renksiz noktayı belirleyen daire (yani  $a^* = b^* = 0$  noktası) sabit bir doygunluk değerine sahiptir.



Şekil 1.21:CIE lab renk uzayı

CIE Lab renk uzayının bileşenleri değer (L:lightness), tonlama ve doygunluk (a,b) dir. L, bir rengin açıklığını, a ve b ise rengi Şekil 1.21'de verildiği gibi oluşturmaktadır. Bu değerler CIE XYZ renk uzayına bağımlı olarak hesaplanır. Bu hesaplama için gerekli ilişki beyazın CIE XYZ uzayındaki değerleriyle sağlanır. Dolayısıyla bu değerlerin hesaplanması için yani X, Y ve Z değerlerinden L, a ve b değerlerinin hesaplanması için standart aydınlatıcının ve standart gözlemcinin hangisi olacağına karar verilir.

Renk değer kısımlarından x ve y renklerinin iki boyutlu (düzlemsel) standart renk tablolarının eldesinde de ve rengin tablo üzerindeki yerinin belirlenmesinde kullanılırlar. Bunlarla bir rengin cinsini ve doygunluğunu belirlemek mümkündür. Renk cinsi bir rengin açıklığı koyuluğu hakkında bir şey söyleyemez. Bir rengi x ve y değerleri yardımıyla iki boyutlu renk düzlemi üzerinde göstermek mümkündür. Yaklaşık olarak üçgenin ağırlık merkezinde “beyaz nokta” denilen kısım bulunur. Beyazla-siyah noktayı birleştiren ve beyazdan başlayıp-gri-siyaha kadar renklerin bulunduğu eksene “Renksizlik ekseni” adı verilir.

#### 1.4. Renk Uzayları Arasında Dönüşüm

##### 1.4.1. CIE XYZ Renk Uzayından RGB Renk Uzayına Dönüşüm

CIE XYZ renk uzayında Y bileşeni, insan gözünün parlaklığı karşı duyarlılığına karşı gelir. Y değeri ideal bir beyaz için 100 olarak alınır. Bunun anlamı her standart aydınlatıcıda ve her standart gözlemcide beyaz için  $Y=100$ 'dür. Örneğin  $D_{65}$  standart aydınlatıcısı ve  $2^\circ$  lik standart gözlemci için standart beyazın CIE XYZ renk uzayındaki değerleri Tablo 3'de x, y, ve z değeri için,

$$X_w = \frac{x}{y} Y = \frac{0,3127}{0,3290} 100 = 95.046$$

$$Y_w = Y = 100$$

$$Z_w = \frac{z}{y} Y = \frac{(1-x-y)}{y} Y = \frac{0,3583}{0,3290} 100 = 108.96 \text{ olarak bulunur.}$$

CIE Renk uzayından RGB renk uzayına dönüşümün genel bağıntısı,

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_R & X_G & X_B \\ Y_R & Y_G & Y_B \\ Z_R & Z_G & Z_B \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

(1.4)

dir. Burada dönüşüm matrisinin hesaplanması gerekmektedir. Dönüşüm matrisi,



$$\begin{bmatrix} X_R & X_G & X_B \\ Y_R & Y_G & Y_B \\ Z_R & Z_G & Z_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_R x_R & a_G x_G & a_B x_B \\ a_R y_R & a_G y_G & a_B y_B \\ a_R z_R & a_G z_G & a_B z_B \end{bmatrix}$$

(1.5)

yazılabilir.  $a_R, a_G, a_B$ , değerleri standart beyaza göre hesaplanır. Çünkü standart beyazın  $X_w, Y_w, Z_w$ , değerleri bilinmektedir. R, G, B değerleri ise bu üç değer birbirine eşit olması halinde teorik olarak beyazın elde edileceği bilgisine dayanarak  $R_w = G_w = B_w = 1$  alınabilir. Buradan,

$$\begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_R x_R & a_G x_G & a_B x_B \\ a_R y_R & a_G y_G & a_B y_B \\ a_R z_R & a_G z_G & a_B z_B \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

(1.6)

$$\begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_R & x_G & x_B \\ y_R & y_G & y_B \\ z_R & z_G & z_B \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_R \\ a_G \\ a_B \end{bmatrix}$$

(1.7)

$$\begin{bmatrix} a_R \\ a_G \\ a_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_R & x_G & x_B \\ y_R & y_G & y_B \\ z_R & z_G & z_B \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \end{bmatrix}$$

(1.8)

yazılıp  $a_R$ ,  $a_G$ ,  $a_B$  değerleri bulunur. Bu değerler (5) de yerlerine yazılarak dönüşüm matrisi elemanları bulunmuş olur. Sonuç olarak CIE XYZ renk uzayından RGB renk uzayına dönüşüm,

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_R & X_G & X_B \\ Y_R & Y_G & Y_B \\ Z_R & Z_G & Z_B \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$$

(1.9)

bağıntısıyla yapılır.

#### 1.4.2. CIE XYZ Renk Uzayından CIE Lab Renk Uzayına Dönüşüm

Dönüşüm için öncelikle standart aydınlatıcı ve standart gözlemciye göre beyazın hangi değerlerinin kullanılacağına karar verilmelidir. CIE Lab renk uzayının CIE XYZ renk uzayı değerlerinden elde edilmesini sağlayan bağlantılar,

$$L = 116 \left( \frac{Y}{Y_w} \right) - 16$$

$$a = 500 \left[ f \left( \frac{X}{X_w} \right) - f \left( \frac{Y}{Y_w} \right) \right]$$

$$b = 200 \left[ f \left( \frac{Y}{Y_w} \right) - f \left( \frac{Z}{Z_w} \right) \right]$$

şeklindedir.

#### 1.4.3. RGB Renk Uzayından CMY Renk Uzayına Dönüşüm

Renk karışımı yöntemleri yardımıyla,

$$C=1-R$$

$$M=1-G$$

$$Y=1-B$$

bağıntıları yazılabilir. Çünkü RGB renk uzayı ve CMY renk uzayı birbirinin bütünleridir.

#### 1.4.4. RGB renk uzayından HSV Renk Uzayına Dönüşüm

Dönüşümde,

$$X= \max (R,G,B)$$

$$N= \min (R,G,B)$$

$$V=X$$

$$\text{Eğer } X \neq 0 \text{ ise } S = \frac{(X-N)}{X}$$

$$\text{Eğer } X=0 \text{ ise } S=\infty$$

(R,G,B değerleri 0 ile 255 arasında ise  $S = S*255$  olarak alınır.)

$$D=X-N$$

$$\text{Eğer } X=R \text{ ise } H = \frac{(G-B)}{D}$$

$$\text{Eğer } X=G \text{ ise } H = 2 + \frac{(B-R)}{D}$$

$$\text{Eğer } X= B \text{ ise } H = 4 + \frac{(R-G)}{D}$$

$$H=h*60$$

Eğer  $H < 0$  ise  $H=H+360$  bağıntıları kullanılır.

#### 1.4.5. RGB Renk Uzayından HLS Renk Uzayına Dönüşüm

RGB renk uzayından HLS renk uzayında kullanılan bağıntılar,

$$X=\max (R,G,B)$$

$$N=\min (R,G,B)$$

$$L=\frac{X+N}{L}$$

$$\text{Eğer } X=N \text{ ise } S=0$$

$$\text{Eğer } S=0 \text{ ise } H=\infty$$

$$\text{Eğer } L \leq 0,5 \text{ ise } S=\frac{(X-N)}{(2-X-N)}$$

$$D=X-N$$

$$\text{Eğer } X=R \text{ ise } H=\frac{G-B}{D}$$

$$\text{Eğer } X=G \text{ ise } H=2+\frac{B-R}{D}$$

$$\text{Eğer } X=B \text{ ise } H=4+\frac{R-G}{D}$$

$$H=H*60$$

$$\text{Eğer } H < 0 \text{ ise } H=H+360$$

(R,G,B değerleri 0 ile 255 arasında ise  $L=L*255$ ,  $S=S*255$  olarak alınır)

## 1.5. Renk Farklılıklarının Hesaplanması

1930'lu yıllardan önce, tekstil endüstrinde renk ile ilgili bütün kararlar ağırlıklı olarak göz ile değerlendirilmekteydi (Acar, 2009). Günümüzde, spektrofotometre yardımıyla renk farklılıklarının değerlendirilmesi, dünya ekonomik sistemi içinde önemli bir yere gelmektedir. Eğer yeterli bir doğrulukta, geçme/kalma durumu veya farklılığın değerlendirilmesi ve onaylama prosesleri için objektif bir sonuç sağlamaktadır. Teknolojik renk hesaplamaları için temel varsayım, tristimulus değerleri ve algılanan renk arasındaki, tanımlanabilen ilişkinin varlığıdır. Genellikle renk ölçüm fonksiyonları ve görme arasında doğrudan bir ilişki olduğu düşünülmektedir. Son yüzyılın ortasından itibaren nesnelere renk algılayışlarının

nesnenin yansıtma fonksiyonu ile çok yakından ilişkili olduğuna dair inancın artması ve renk teknolojisi için bu görüşün kabul edilmesidir. Metamerizm ile ilgili basit bir ilişki belirtilmemiştir (Kuehni, 2003).

İki numune, eğer aynı tristimulus değerine sahip ise, belirli bir ışık kaynağı altında ve ölçüm geometrisi ile gözlemlendiğinde, standart gözlemciye birbirlerine benzer olarak gözükeceklerdir. Bunun karşıtı olarak, eğer tristimulus değerlerinden herhangi biri farklı ise, numuneler benzer olarak algılanmayacak ve tristimulus farklılıklarının tümü, numuneler arasında gözlemlenen renk farklılığının bir ölçüsü olacaktır.

Farklılık, Euclid renk düzlemindeki koordinatlar olarak X, Y ve Z'nin alınması yoluyla kolayca hesaplanabilmektedir. Böylece, renk farklılığı, düzlemde standart numune ve ölçüm yapılan (standart numune ile karşılaştırılan) numuneye ait değerler arasındaki mesafedir ve Pythagoras teoreminin üç boyuta uygulanması ile hesaplanabilmektedir (Denklem 3.24) (Öner, 2001):

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta X)^2 + (\Delta Y)^2 + (\Delta Z)^2}$$

Burada  $\Delta$ , farklılığı göstermektedir ve E harfi, Almanca hissetme anlamına gelen *Empfindung* kelimesinden gelmektedir. Renk düzleminin farklı bölgelerinin karşılaştırılmasında ve renk farklılıklarının ölçülmesinde, XYZ düzleminin üniform bir yapıda sahip olmamasından dolayı yukarıdaki denklemin kullanımı, farklı renklerin hassas olarak ölçülmesinde kullanılabilmesinde yeterli olamamaktadır. Renk farklılıklarının sayısal olarak ifade edilmesi problemi üzerinde uzun yıllar çalışılmış ve XYZ değerlerinin, daha üniform özellikteki bir renk düzleminde tanımlanan L, a ve b değerlerine matematiksel transformasyonunu içeren çeşitli denklemler türetilmiştir.

CIELab birimleri cinsinden renk farklılıkları denklem'deki  $\Delta H$  denklemi ile ifade edilmesi uygundur.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

Renk farklılıklarının  $\Delta L$ ,  $\Delta a$  ve  $\Delta b$  şeklinde üç bileşene ayrılmasına rağmen, öncelikle bunlardan birincisi önemlidir e L numune – L standart işleminin değerinin pozitif olması numunenin standarttan daha açık olduğunu, negatif olması ise daha koyu olduğunu göstermektedir (Öner, 2001).

$\Delta C$  (C numune – C standart), değeri hesaplandığında  $\Delta C$ 'nin pozitif olması, numunenin daha yüksek bir kromaya (doygunluğa) sahip olduğunun, negatif olması ise numunenin daha düşük bir kromaya (doygunluğa) sahip olduğunun göstergesidir.

Açısal fark  $\Delta H$ , CIELab birimlerine sahip değildir ve bu yüzden  $\Delta H$  denklemi ile ifade edilmesi uygundur.

$$\Delta H = \sqrt{(\Delta E)^2 + (\Delta L)^2 + (\Delta C)^2}$$

Boyama ve Renk Bilimcileri Derneği'nin (Society of Dyers and Colourists) "Renk Ölçüm Komitesi" (Colour Measurement Committee), 1984 yılında CIELab sistem parametrelerine dayanan aşağıdaki renk farklılığı formülünü önermiştir (Öner, 2001):

$$\Delta E_{CMC(1:c)} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L}{1SL}\right)^2 + \left(\frac{\Delta Cab}{cSC}\right)^2 + \left(\frac{\Delta Hab}{SH}\right)^2}$$

Burada, "1" ve "c"; açıklık/koyuluğa ve kroma'ya ait toleranslardır. Bu toleransların sayısal değerleri bilindiğinde formül CMC(2:1) veya CMC(1:1) şeklinde gösterilebilir.

CIE, 1994 yılında aşağıdaki renk farklılığı formülünü kullanıma sunmuştur:

$$\Delta E_{94} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L}{kLSL}\right)^2 + \left(\frac{\Delta Cab}{kcSC}\right)^2 + \left(\frac{\Delta Hab}{khSH}\right)^2}$$

Burada  $\Delta L$ ,  $\Delta Cab$  ve  $\Delta Hab$ , numune ve standart arasındaki CIELab parlaklık, kroma ve renk farklılıklarıdır. kL, kC ve kH, CMC(1:c) formülündeki 1, c ve h'ye benzerlik gösterirler ve "parametrik faktörler" olarak adlandırılırlar. SL, SC ve SH, ağırlık fonksiyonları olarak ifade edilirler.

Optimize formülün asimetric olmasından, başka bir ifadeyle A ve B gibi iki numunenin renk farklılığının hesaplanmasında, A'nın standart alınması ile elde edilen renk farklılığının B standart alındığında farklı olmasından dolayı  $C_{ab,x}$ , bu çift için CIELab kromalarının geometrik ortalaması olarak tanımlanmaktadır :

$$C_{ab,x} = \sqrt{Cab, A * Cab, B}$$

CIELab sistemi dışında, CMC, CIE94, CIE2000, HunterLab gibi endüstride kullanılmakta olan başka renk farklılığı formülleri de mevcuttur (HunterLab, 1996c).

CIELab sistemi tekstil alanında yaygın olarak benimsenmiştir. CIELab ve Hunter gibi tristimulus değerlerinden matematiksel olarak türetilmiş modeller kabul edilmiş teorilerdir ve detaylı olarak açıklanmışlardır. Bununla birlikte değişik sistemler arasındaki uygulama farklılıkları, sonuçları değerlendiren kişileri

yanılabilmektedir. Bunun yanında, CIE94 renk farkı formülünün kullanışlı olduğu belirtilmekteyse de CIE, 2000 yılında yeni bir formül sunmuştur. CIE, özellikle büyük renk farklılıklarının ( $\Delta E > 1$ ) değerlendirilmesinde, halen, CIELab renk farklılığı formülünü tavsiye etmektedir (Melgosa, 2000; Gibert ve diğerleri, 2005).

$\Delta E$  değerleri, aynı tristimulus değerlerinden hesaplanmasına rağmen, iki çift numune dikkate alınır, renk farkı denklemlerinden biri ile ilk çift daha farklı görünürken, diğer denkleme göre ikinci çift daha farklı görünebilmektedir.

Evensel olarak kabul edilebilir değerlendirme sonuçlarının, tek bir renk farklılık formülünden çıkması beklenmemelidir. Deneysel olarak elde edilen tristimulus değerleri ve algılanan renk farklılığı arasındaki ilişki aynı zamanda materyalin yapısını da ilgilendirmektedir. Buna ek olarak sonuçlar yüksek fluoresans, metalize, parlatılmış, plastik veya perdelik materyal veya kumaşlar için uygun olmayabilir. Günümüzde birçok moda kumaş, oldukça ince ve delikli yüzeylere sahiptir ve ölçüm ile formül arasındaki geçerlilik belli değildir. Elbette çok renkli örme, dokuma ve baskı kumaşlar için, bunlara özgü zorluklar ortaya çıkmaktadır (Melgosa, 2000).

Beyazlığın sayısal olarak değerlendirilmesinde, birbirinden farklı ama birbiriyle ilişkili iki yön vardır. Bunlar, verilen aydınlatma şartlarındaki görünen renklerinin değerlendirilmesi ve beyazlık derecesinin değerlendirilmesidir. Beyazlık derecesinin değerlendirilmesi özel geliştirilmiş formüller ile yapılmaktadır. Ancak, spektrofotometrik ölçümlerle numunelerin beyazlık derecesini belirleme işlemlerinde, cihazların kullanılan ışık kaynağı için kalibre edilmiş parametrelerini dikkate alan beyazlık formüllerinin kullanımı ile daima en iyi sonuçlar elde edilir (Acar, 2009).

## **1.6. Kalibrasyon Metotları**

Kalibrasyon, bir ölçme aletini doğru ölçümü yapabilmesi için bir veya daha fazla standarda göre kontrol etme, ölçümleme, derecelendirme anlamına gelen bir uygulamadır. Daha anlaşılır bir şekilde, bir görüntünün tablette, telefonda, bilgisayar ekranında, notebook ekranında ve baskıda farklı renklerde görülmesi cihazın kalibreli olmamalarından kaynaklanmaktadır. Bu görüntülerin hepsinin aynı renklerde görünmesi için kalibrasyona ihtiyaç olur. Her cihaz kalibre edilerek doğru

renklere ulaşılır. Ekranların cins ve modeli ne olursa olsun, düzenli olarak mutlaka kalibre edilip RGB ve X,Y,Z koordinatlarındaki değerlerin eşitlenmesi bir sonraki işleme hazır hale getirilmesi gerekmektedir. Tüm tasarım ve uygulamalar, montajlar, fotoğraf rötuşları, çizimler ve hatta dijital fotoğraf çekimler de bilgisayar ekranlarında gerçekleştirilmektedir. Ekranların kalibre edilmesi ve renk eşleşmesinin yapılması Renk Yönetim Sisteminin bir parçasını teşkil etmektedir. Tüm cihazlarda kullanılan boyaların ortam, sıcaklık ve nemden direkt olarak etkilenecek kimyasal reaksiyonlara girmeleri ve renk tonlarındaki özelliklerini yitirmeleri Renk Uyuşmazlığı'na sebep olmaktadır. Ekranlarımızda gece gündüz, saatlerce uğraşp hazırladığımız dokümanlardaki renklerin her seferinde ekranlarımızdan çok farklı neticeler vermesi bütün bu makine ve sistemlerin değişik renk genişliklerine sahip olmasından kaynaklanmaktadır.

### **1.6.1. Monitör Kalibrasyonu**

Monitörde doğru renkleri görebilmek ve renk yönetimine göre renklerin başka monitörlerde aynı renkleri algılanabilmesini sağlayabilmek için monitör düzenli aralıklarla kalibre edilmeli ve çalışma ortamının aydınlatması kontrol altında olmalıdır. Monitör ekranındaki renkler ortam aydınlatmasından kolaylıkla etkilenebilir, etkileşim sonrası monitörün içinde bulunduğu ortam aydınlatması gün içinde değişirse bu durum monitör ekranında görülen rengi de etkileyecektir. Birçok çalışma ortamında aydınlatma gün içinde oldukça değişiklik göstermektedir. Ortam ışığının problem yaratmaması mümkün olduğu kadar ortam aydınlatmasının sabit kalmasını sağlamaktır. Buna göre hafif oda aydınlatması ve duvarların doğal renklerde boyanmış olması görülen rengin etkilenmesini minimize edecektir. Son olarak monitör zeminini doğal gri RGB değerleri = 127,127,127. Ayrıca monitörde açık olan çalışmaya zemindeki renklerin karışmasını ve dolayısıyla da rengin görünmesindeki sapmaları önler. Monitör kalibrasyonu için kullanılan üç yöntem vardır. Bunlar; göz ile yapılan manuel kalibrasyon, monitörün kendi kendine yaptığı otomatik kalibrasyon ve ölçüm cihazları yardımı ile yapılan kalorimetri ölçüm kalibrasyon sonucudur.

Gördüğümüz renklerin çevredeki diğer renklerden etkilenmektedir. Ortam ışıklarının renk-sıcaklık değeri 5000 Kelvin dahi olsa, duvar, tavan, yer ve çevredeki



diğer renklerden de doğrudan etkilenir ve gerçek değerini kaybeder. Uluslararası Standart olarak, renk ile ilişkili tüm işyerlerinde ortam duvarları ve çevresinin de mutlaka renklerin tonunu etkilemeyecek MAT NÖTR GRİ renkte olması gerekir. Duvardaki açık sarı bir badana rengi bile 5000 K ışığı, yansımadan dolayı 4000 K değerlerine düşürmektedir. Tavan ve zemin kaplama renkleri ile perde veya jaluzilerin renkleri de bu standartlar göz önünde bulundurarak seçilmelidir. Ayrıca, ortam ışıklarının normalin (500 lux) üstünde olması da ekrandaki renk tonlarının olduğundan daha açık tonda görülmesine sebep olur. Gökyüzünün mavi tonu veya akşam güneşinin kızılığının da ekrandaki renk tonlarımızı etkilememesi için, yer seçimine de dikkat edilmesi gerekir. Bu standartlardaki bütün amaç, gerçek beyaz ışık ortamında gördüğümüz renk tonlarının hiçbir şekilde başka nesnelere tarafından etkilenmemesi ve sabit değerde kalması.

Üretimin başlangıcından bitimine kadar tüm bölüm ve birimlerde kullanılan renk ile ilgili bütün cihaz ve ünitelerin standart değerlerle elde edilebilecek bütün renk tonlarına göre renk genişlikleri düzenlenerek renk uzayları eşit hale getirilmelidir. Bölüm ve birimlerde kullanılan cihaz veya ünitelerin her birinin renk uzayları farklı olabilir. Bu sebeple temel olarak tüm ünite ve cihazların baskıda elde edilebilecek renk uzaylarına göre düzeltilmesi gerekir, baskıda elde edilen renklere göre renk uzaylarının yeniden yapılandırılmalıdır. Renk ölçme aletlerinde ölçmenin kalitesi, ölçülecek malzemenin, ölçme cihazı ve ölçümü yapan elemanın kalitesi tarafından belirlenir. Kalibrasyonda “siyah” ve “beyaz” standartlar kullanılır. Kalibrasyonda kullanılan siyah ve beyaz standartların büyük bir özenle saklanması gerekir. Kalibrasyonun sabit kalması iyi, uzun süreli ölçümler için şarttır. İyi ölçme aletleri eşit kalabilen ölçme değerlerini sağlarlar.

#### **1.6.1.1. Manuel Kalibrasyon**

Manuel yöntemle kalibrasyon için Adobe Gamma ColorSync gibi çok bilinen yazılımların yanında WINDOWS görsel renk yönetim sistemi, renk kalibrasyonu gibi kullanıcıya yardımcı olacak başka birçok programda vardır. Programlar kullanıcının parlaklık ve kontrastlık ayarlarının yanı sıra RGB renk dağılım dengesinin ayarlanması için test alanları sunar.

### **1.6.1.2. Otomatik Kalibrasyon**

Bazı monitörlerde (Eski Apple ColorSync monitörlerde olduğu gibi) girilen kriterler doğrultusunda kendi kendini kalibre etme özelliği mevcuttur. Sistem monitörün kondüsyonu ve çevre aydınlatması gibi faktörleri hesaba kattığı söylene de otomatik kalibrasyon sonrası yapılan ölçümlerde bazı sapmalar ile karşılaşmıştır. Ancak gene de bu yöntem bir çözüm olarak düşünülebilir.

### **1.6.1.3. Kalorimetrik Kalibrasyon**

Kalibrasyon yazılımı öncelikle gamma, renk ısısı ve aydınlatma değeri gibi bir takım temel ayarları kullanıcıya sorar. Kullanıcı bunları sistemine göre ayarladıktan sonra program ekrana bir dizi renk demeti yollar. Bunlar bir spektrofotometre ya da kalorimetre ile ölçülür ve programa geri bildirim yapılır.

Program bu veriler doğrultusunda monitörün RGB ışın dengesini ve buna bağlı olarak da renk sıcaklığını verir. Görülen sapmalar kullanıcı tarafından monitörün RGB kanallarından ayarlanarak düzeltilir. Ardından program kalorimetrik ölçüm cihazına başka renk demetleri daha yollar ve monitörün renk ve ton dağılım eğrisini hesaplayarak ayarlar. Böylelikle cihaz kalibre edilmiş olur. Program çeşitlerine göre işlem bazı farklılıklar gösterse de temel yapı aynıdır. Profesyonel sıfırlama işleminin renk konusunda uzman şirketlerin ürettikleri Ekran Kalibrasyon aletleriyle (Colorimeter) yapılması gerekir. Gretag-Macbeth, X-Rite, Minolta, Colorblind vb. firmaların üretmiş oldukları bu kalibrasyon aletleri CRT veya LCD ekranların orta merkezine yerleştirilir ve önceden bilgisayara yüklenmiş olan bu firmaların özel olarak yazdıkları ekran kalibrasyon programları çalıştırılır. Ekran sıfırlama işleminin otomatik olarak gerçekleştiği bu programda, operatör tarafından yapılması gereken işlemler çok az ve çok basit düzeydedir; ekran ve çevre ışıklandırma koşullarının seçimi, ekran renk sıcaklığının tercihi, parlaklık ve kontrast ayarları ile profil isminin girilmesi. Kalibrasyon cihazı, program dâhilinde özel olarak düzenlenmiş ekrana yansıtılan beyaz, siyah, gri dâhil 1000'e yakın farklı tonda renkleri otomatik olarak ölçerek RGB proton ve fosfor dengeleri ile aradaki farklılıkları hesaplar. Renk ölçümleri sonunda gerekli düzeltme değerlerini saptayarak sistemin monitör renk ayarları kapsamında doğrudan bilgisayarın ekran

kartına yazarak ekran sıfırlama işlemini kısa sürede gerçekleştirmiş olur. İşlem sonunda program tarafından saptanan yeni değerler ekran kartı (video card) üzerine kaydedilmiş olduğu için bilgisayar yeniden başlatıldığında, yeni düzeltilmiş RGB değerler doğrultusunda monitör beyaz, siyah ve gri tonlarla birlikte tüm renkleri sıfırlanmış olarak gerçek değerlerde gösterir. Ancak bu işlemin tamamlanmasından sonra kesinlikle monitörün parlaklık, kontrast ve ışık standartları ayarlarının değiştirilmemesi gerekir. Öte yandan oda içindeki aydınlatmanın da sabit kalması gerekir. Ekran konumu veya oda ışıklandırma değeri ve yerleşimi değiştirildiğinde, ekran kalibrasyon işleminin yeniden yapılması gerekir. Ekran üzerine yansıyan nötr gri renk haricinde tüm renkler kalibrasyonu olumsuz etkiler.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Materyal

Çalışmada kullanılan numune kumaşlar; Ranforce, Saten ve Flanel düz boyalı kumaş tiplerinden farklı renklerde 5'er adet toplamda 15 adet olacak şekilde belirlenmiştir. Baskılı kumaşlardan ise dijital baskılı farklı desenlerde 5 adet numune kumaş belirlenmiş olup toplamda 20 adet boyalı ve baskılı numune kumaş 10 \*10 cm ebadında kesilip çalışma için hazır hale getirilmiştir. Numune kumaşlar uygulama için renk ölçüm cihazı ile görselleri dijital ortama aktarılmıştır, dijital ortama aktarılan numunelerin görüntüleri Şekil 2.22'den Şekil 2.41'ye kadar aşağıda mevcuttur. Uygulama için kullanılan numuneler Menderes Tekstil A.Ş. firmasından alınmıştır.



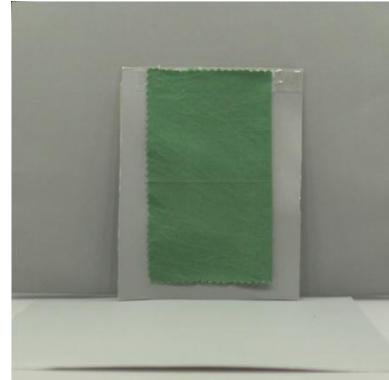
Şekil 2.22:Düz Boyalı Numune



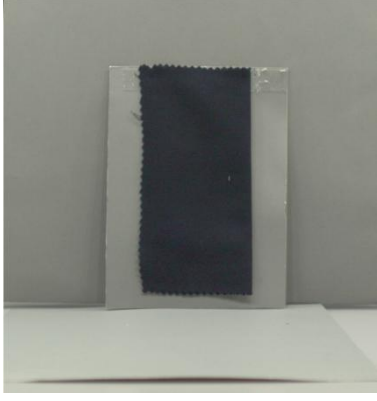
Şekil 2.24:Düz Boyalı Numune



Şekil 2.23:Düz Boyalı Numune



Şekil 2.25:Düz Boyalı Numune



Şekil 2.26:Düz Boyalı Numune



Şekil 2.30:Düz Boyalı Numune



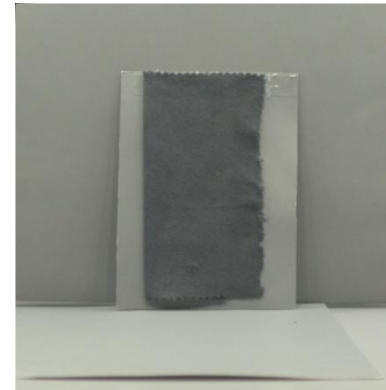
Şekil 2.27:Düz Boyalı Numune



Şekil 2.31:Düz Boyalı Numune



Şekil 2.28:Düz Boyalı Numune



Şekil 2.32:Düz Boyalı Numune



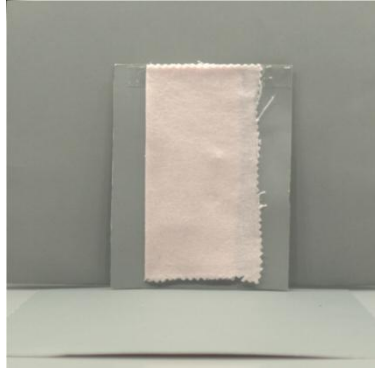
Şekil 2.29:Düz Boyalı Numune



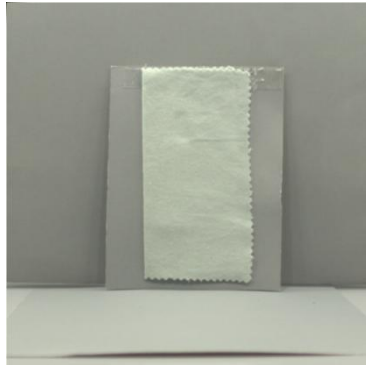
Şekil 2.33:Düz Boyalı Numune



Şekil 2.34:Düz Boyalı Numune



Şekil 2.35:Düz Boyalı Numune



Şekil 2.36:Düz Boyalı Numune



Şekil 2.37:Dijital Baskılı Numune



Şekil 2.38:Dijital Baskılı Numune



Şekil 2.39:Dijital Baskılı Numune



Şekil 2.40:Dijital Baskılı Numune



Şekil 2.41:Dijital Baskılı Numune

Uygulamada kullanılan numunelerin kumaş tiplerine göre boya/baskı öncesi ve sonrası gördükleri işlemler Tablo 5.'de anlatılmaktadır. Uygulamada düz boyalı kumaşlarda Ranforce, Saten, Flanel tip kumaşlar kullanılırken baskılı kumaşlarda ise saten kumaş kullanılmaktadır. Numune kumaşların hangi tiplerde oldukları ise Tablo 4.'te verilmektedir.

## 2.2. Metot

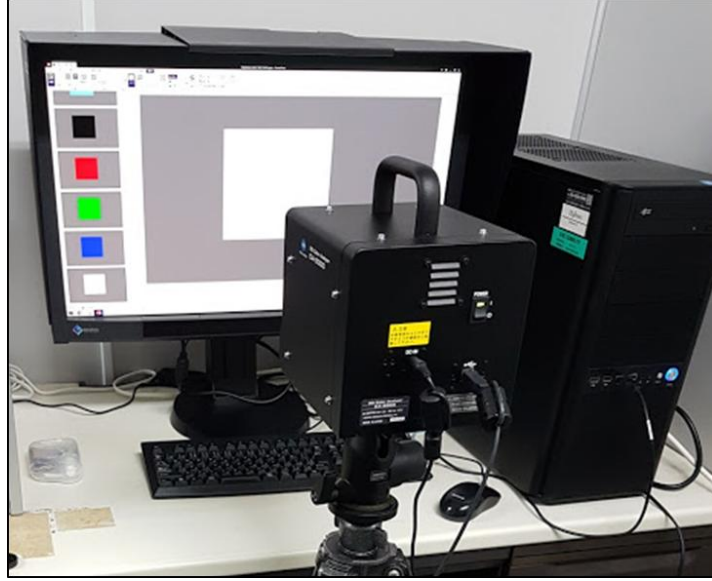
Deneysel uygulamada görsel renk yönetim sistemi kullanılmıştır. Deneysel uygulamanın büyük bir kısmı Kyoto Institute of Technology Üniversitesi Japonya'da gerçekleştirilmiştir. Deneysel uygulama beş adımda gerçekleşmiştir.

Uygulamanın ilk aşamasında 10\*10 cm ebadında 15 adet düz boyalı, 5 adet baskılı olacak şekilde numune kumaşlar hazırlanmıştır. Uygulamanın ikinci aşamasında ise numunelerin dijital ortama aktarımı sağlanmıştır. Bu işlem için ortamdaki Color Analyzer CA-2000 renk ölçüm cihazı ve EIZO marka monitör (birinci monitör) kullanılmıştır. Cihazın sağlıklı sonuçlar verebilmesi için öncelikle monitörün kalibrasyonu yapılmıştır. EIZO marka monitörü kalibre etmek için öncelikle cihaz üzerinde kalibrasyonu sağlayan sabit aparat ile cihazın kalibrasyonu başlatılmıştır. Bu işlem bittikten sonra Şekil 2.42'de X-rite color checker renk kartelası kullanılmıştır.



Şekil 2.42:X-rite Color Checker Renk Kartelası

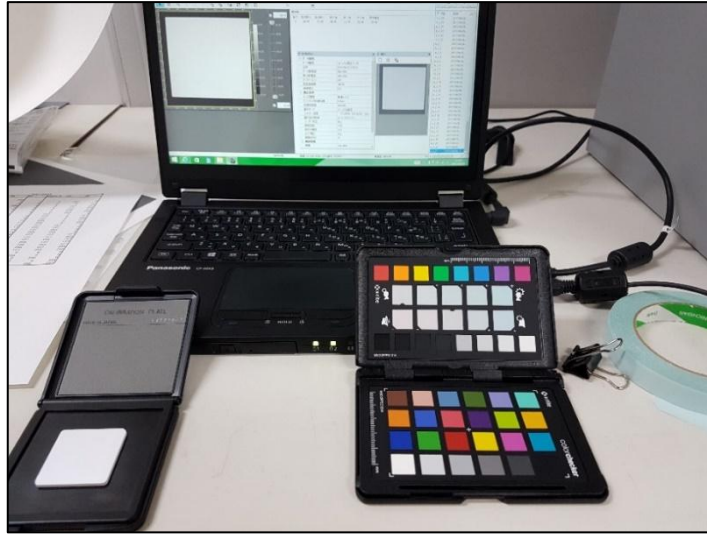
Kartela üzerindeki renklerin RGB (Red, Green, Blue) sayısal değerleri kalibrasyonlu monitör üzerinde tanımlanmıştır. Monitörde tanımlayabilmek için, ekran üzerinde Power Point dosyası oluşturulmuştur. Dosya içerisinde yeni slayt sayfası üzerinde kare kutucuklar oluşturulup, kutucuklar içerisinde Arka planı biçimlendir- Düz Dolgu-Renk- Tüm Renkler-Özel (RGB) seçilerek kartela üzerindeki tüm renklerin sayısal değerleri tek tek Şekil 2.43'deki gibi dosya üzerinde oluşturulmuştur.



Şekil 2.43: Monitör Üzerindeki Renklerin Renk Ölçüm Cihazı İle Ölçülmesi

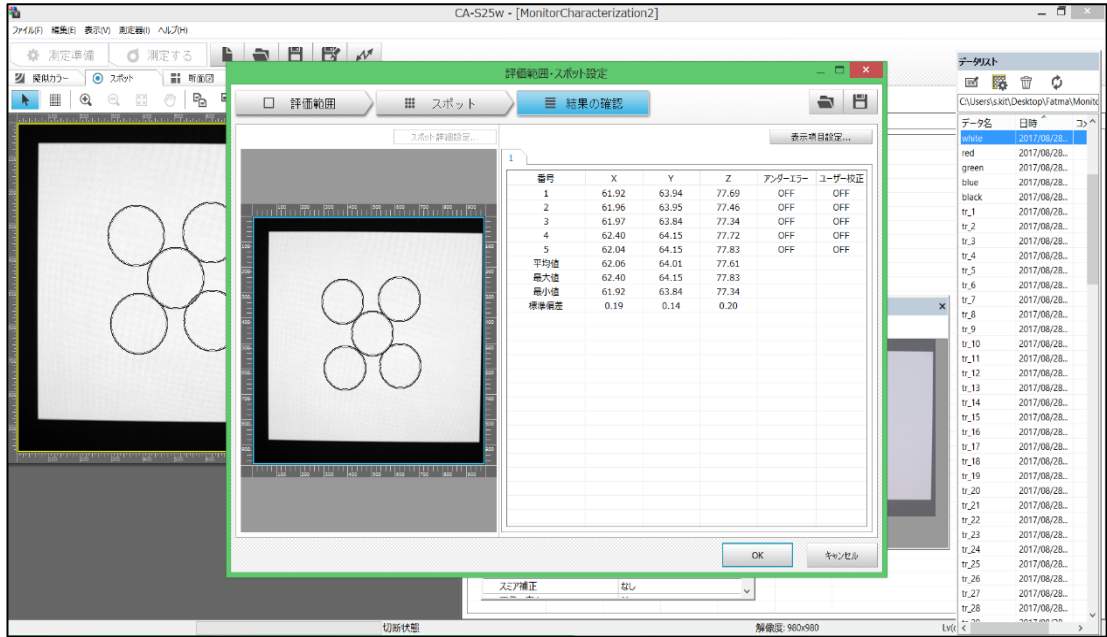
Oluşturulan renkler ekran üzerinde açılır ve Color Analyzer CA-2000 cihazı ile karanlık ortam koşulları sağlanarak, monitör ile renk ölçüm cihazı arasında 50 cm olacak şekilde renk ölçüm cihazı ile ölçüm yapılır. Ölçüm adeta fotoğraf çekme işlemi gibi gerçekleşmektedir. Ekrandaki renkler ölçüm cihazı ile ölçülür ve renk ölçüm cihazının bağlı olduğu ikinci bilgisayara ölçüm yapılan renkler dijital ortamda aktarılır. Bu aktarım sırasında EIZO marka monitör (birinci monitör) ışığı, ekran değerleri, ortam karanlığı yani çalışma koşulları etki etmektedir. Bu etkiyi netleştirebilmek için yapılan işlem yeniden tekrarlanır ve iki ayrı ölçüm Şekil 2.44'deki gibi CA S25w programı olan (ikinci monitör) laptopa aktarılır.





Şekil 2.44:CA-S25w Monitör Characterization Programı

KONİCA MINOLTA CA-2000 2D renk ölçüm cihazının bağlı olduğu program üzerinde renklerin daha önceden bilinen RGB değerlerinin X,Y,Z koordinatlarındaki değerleri Şekil 2.45'deki gibi belirlenmiştir. Yapılan iki ayrı ölçüm için sonuçlar, ayrı ayrı yazılıp renklerin  $\Delta E$  değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 2.45:CA-S25w Programında Renklerin XYZ Koordinatları

Color Checker Renk Kartelasındaki renkler için uygulanan aşamaları kontrol etmek ve yapılan işlemlerin daha kontrollü olması için ayrı bir tabloda yeniden RGB değerleri belirlenen yeni renkler için aynı aşamalar uygulanarak yapılmıştır. Test Örneği RGB renk değerleri, Standart Veri Örneği'nden farklı olup uygulamanın doğrulaması için hazırlanmıştır. Yapılan Standart Veri Örneği ve Test Veri Örneği

renk ölçümlerinin sonuçları ayrı ayrı Tablo 7. ve Tablo 8.'de görüldüğü gibi excel dosyalarına işlenmiştir.

Program üzerinde renklerin farklı noktadaki X,Y,Z değerleri alınıp ortalama  $\Delta E$  değeri hesaplanmıştır.  $\Delta E$  değeri bize renkler arasındaki farklılıkları göstermektedir.  $\Delta E$  değerlerinde renk farklılıklarının 0,1'den küçük olması çalışma için uygundur.

Program üzerinde;

**Tristimulus Değerleri (XYZ):** Ölçülen ve tahmin edilen reflektans değerlerinden hesaplanan tristimulus değerleri arasındaki ortalama %'ler Tablo 7. ve Tablo 8.'de verilmiştir.

Renk değerlerinden  $H_R$ ; Kırmızılık-Yeşillik farkını,  $H_Y$ ; Sarılık-Mavilik farkını, S; Doygunluk farkını, L; Açıklık- koyuluk farkını,  $\Delta E$ ; Toplam Renk Farkını göstermektedir.

Rengi sayısal olarak ifade edebilmek için daha önce söz konusu elde edilen üç unsurun (ışık kaynağı, cisim ve gözlemci) sayısal olarak tanımlanmasının gerekli olduğu belirtilmişti. Işık kaynağı, SED değerleri ile; cisme ait özellik, % Reflektans değerleri ile ve gözlemciye ait özelliklerde Standart Gözlemci'nin renk eşleme fonksiyonları (renk hassasiyet değerleri) ile tanımlanmıştır. Her bir dalgaboyunda bu unsurlara ait büyüklüklerin çarpımlarının toplamı, bize o rengin sayısal değerlerini verecektir (McDonald, 1997). Bu değerler, o rengin tristimulus değerleri olarak adlandırılırlar ve X, Y ve Z ile ifade edilirler (HunterLab, 1996a). X, Y, ve Z : Rengin tristimulus değerlerini belirtmektedir. Her dalgaboyu için x ve y değerleri, renk eşleme fonksiyonu dağılım katsayılarının kullanımı yoluyla hesaplanmaktadır (Duran, 2001). Herhangi bir renk, o renge ait tristimulus oranlarından kromatisite koordinatların hesaplanması yoluyla kromatisite diyagramı içerisinde gösterilebilir (Duran, 2001).

$x = X/(X + Y + Z)$ ,  $y = Y/(X + Y + Z)$ ,  $z = Z/(X + Y + Z)$  olup, her renk için  $x + y + z = 1$ 'dir.

Tek tek kalibrasyonlu monitöre aktarılan değerlerin renk görüntüleri Power point dosyasında hazırlanmıştır. Ölçülen ile tahmin edilen renk değerleri arasındaki farklar çok küçük çıkmıştır. Yapılan hesaplama neticesinde Tablolarda  $\Delta E < 0,1$

olduğu gözlenmektedir. Böylelikle ekran üzerinde renklerin gerçeğe en yakın görüntünün sağlandığı görülmüş, kalibrasyonlu monitör üzerinde renk farklılığının olmadığı tespit edilmiş olup numune kumaşların renk çalışmasına başlanmıştır.

Uygulamanın dördüncü aşamasında JUST marka ışık kabini D65 gün ışığı ayarlanıp numune kumaşlar (Şekil 2.22-2.41) sırasıyla Color Analyzer CA-2000 cihazı ile karanlık ortam koşullarında dijital ortama tek tek aktarılmıştır. Aktarım işlemi için 10\*10 cm hazırlanan numune kumaşlar JUST marka ışık kabini “D65 gün ışığı” içerisine, ışık kabini ile renk ölçüm cihazı arasında 50 cm olacak şekilde ayarlaması yapıp, numune kumaşlar tek tek konulmuştur. Kabin içerisindeki kumaşların her birinden ikişer defa olacak şekilde renk ölçümleri yapılmıştır. Renk ölçüm işlemi daha önce ifade ettiğimiz gibi fotoğraf çekme işlemine benzemektedir. Bir önceki uygulamada ekran değerlerinin hesaplanması ile renk farklılıklarından kaynaklı  $\Delta E$  değerinin 0,1’den küçük olması sonucu uygulamanın son aşamasına geçilmiştir. Böylelikle numune kumaşların dijital ortamda gerçeğe en yakın görüntüsü ekran üzerinde oluşturulmuştur.

Uygulamanın son aşamasında ise çalışmamızın içeriğini oluşturan Windows Görsel Renk Yönetim Sistemi kullanılarak kullanıcı laptoplarında daha kolay bir yöntem ile cihazlarının kalibre edilmesini ve gerçeğe en yakın görüntüye ulaşmalarının sağlanması anlatılmıştır. Mevcutta kalibrasyonlu monitör kullanılarak yapılan işlemi Windows renk yönetim sistemi kullanarak laptoplar kalibre edilmiştir. Uygulama Japon öğrenciler ile birlikte gerçekleştirilmiştir. Öğrenciler için Tablo 9’deki gibi bir anket düzenlenmiştir. Anketin hazırlanması ise birden fazla kullanıcı ve kullanıcı laptoplarında bu özelliğın denenmesi kontrol edilmesi ve uygulanabilirliğinin görülmesi adına hazırlanmıştır. Ankette Saturation (renk doygunluğu), Hue (tonu), Redish (kırmızılılık), Blueish (Mavililik), Greenish (Yeşillilik) değerleri gözlemlenmiştir. Anket Japon öğrencileri için Japonca ve İngilizce hazırlanmıştır.

Windows görsel renk yönetim sistemi kullanıcıların kendi laptop veya bilgisayar ekranlarını kalibre etmeleri için bir uygulama yaptırmaktadır. Bu uygulama Başlat-Renk Yönetimi-Görüntü Ayarı sekmesini tıkladıktan sonra karşımıza Windows tarafından sorular ve görseller Şekil 2.46’deki gibi gelmektedir.


Bu soruları cevapladıktan sonra bilgisayar ekranı herhangi bir kalibre cihazı satın almadan kalibrasyon sağlanmaktadır. Bu uygulamalar şu şekilde olmaktadır.

Gama, ekrana gönderilen kırmızı, yeşil ve mavi renk değerleri ve sonuç olarak ekrandan yayılan ışık miktarı arasındaki matematiksel ilişkiyi tanımlar. Sonraki sayfada gama değerini ayarlarken, resmin aşağıda Gama iyi olarak etiketlenen örnek resimdeki gibi olmasına çalışın. Devam etmek için ileri'yi tıklayın.




Gama fazla düşük      Gama iyi      Gama fazla yüksek

Renk dengesi ayarı, ekranınızda gri gölgelerin nasıl gösterileceğini belirler.




Gri çubuklardan renk saçılmalarını kaldırmak için sonraki sayfada bulunan kırmızı, yeşil ve mavi kaydırıcıları hareket ettirin.

Devam etmek ve renk dengesini ayarlamak için ileri'yi tıklayın.



Çok fazla nötr gri  
Fazla kırmızı      Fazla yeşil      Fazla mavi  
Çok fazla kırmızı ve mavi      Çok fazla mavi ve yeşil      Çok fazla kırmızı ve yeşil

Kırmızı, yeşil ve mavi kaydırıcıları gri çubuklardaki renk saçılmalarını kaldıracak şekilde hareket ettirin.



Bu ayarı önceki ayarla karşılaştırmak için Önceki ayar'ı ve Geçerli ayar'ı tıklayın.

Önceki ayar      Geçerli ayar

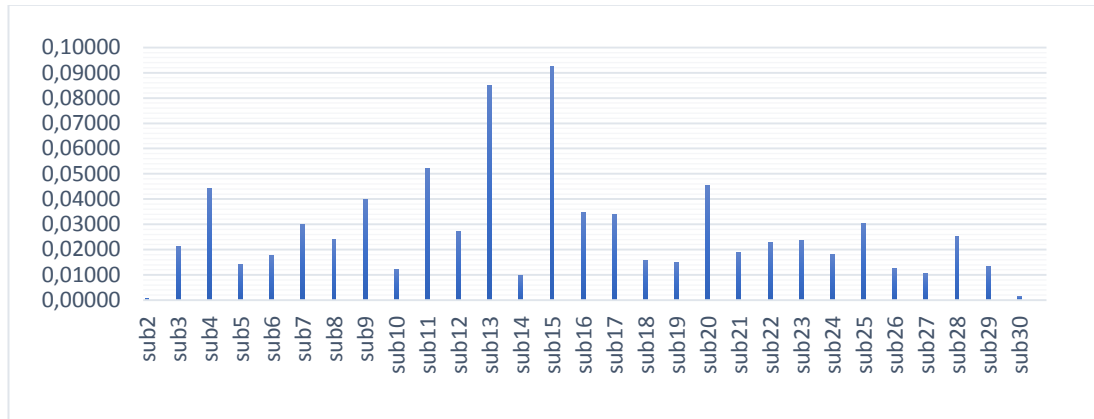
Bu yeni ayardan memnunsanız, kaydetmek ve kullanmak için Son'u tıklayın. Önceki ayarı kullanmak istiyorsanız, İptal'i tıklayın. İptal'i tıkladıysanız, ekran düğmeleri veya ekran menüsü kullanılarak değiştirilen ayarlar korunur. Bu ayarlar otomatik olarak geri yüklenemez.

Metnin düzgün görünmesini sağlamak için Son'u tıkladığımda ClearType Okunurluk Aracını başlat (Önerilir)

Şekil 2.46:Windows Renk Yönetim Sistemi Uygulaması

Anket sonucunda 20 adet numunenin tek tek görüntüleri 30 öğrencinin farklı laptoplarında önce kalibre edilmeden sonra kalibre edilip değerlendirmeleri yapılmıştır. Değerlendirme sırasında EIZO monitör (birinci) uygulamanın ikinci aşamasında kalibrasyonu gerçekleştirilmişti, kullanıcı laptopları ise Windows görsel renk yöntemi ile kalibrasyonu sağlanmıştır. Kullanıcılara hazırlanan ankette Işık kabini içerisindeki gerçek numunenin, EIZO marka (birinci) kalibrasyonlu monitördeki görüntüsü ile kendi laptoplarındaki görsel renk yöntemi ile kalibre etmeden görüntüsünün karşılaştırmaları istenmiştir. Bu karşılaştırma sırasında, ilk soru hangi monitördeki görüntü size göre ışık kabini içerisindeki gerçek görüntüye en yakın olmaktadır. İkinci soruda ise “L”, “S”, “H<sub>R</sub>”, “H<sub>Y</sub>” değerlerine göre “-3,-2,-1,0,1,2,3” puanlama yapmaları istenmiştir. Değerlendirme sonuçları Tablo 11.’de excel tablosunda yer almaktadır. Renk farklılıkları, Cihazların markaları, Öğrencilerin yaşı, Öğrencilerin Eğitim durumları da inceleme sırasında dikkat edilmiştir.

Kullanıcıların farklı laptoplarında uygulama sonucu numunelerin renk karakterizasyonları Tablo 10.’da görülmektedir. Numunelerin  $\Delta E$  renk farklılıkları Şekil 2.47’de mevcuttur.



Şekil 2.47: $\Delta E$  Renk Farklılık Grafiği

Bu grafikte, tüm kullanıcı laptoplarının görsel renk yöntemi sistemine göre kalibre olmadan ve kalibre olduktan sonraki  $\Delta E$  renk farklılıkları incelenmiştir. Numune kumaşların kullanıcı laptoplarının görsel renk yöntemi sistemine göre kalibre olmadan ve kalibre olduktan sonra ikişer defa ölçümleri yapılmıştır. X,Y,Z koordinatlarındaki  $\Delta E$  renk farklılıklarının  $<0,1$ 'den olduğu Tablo 8.’de görülmektedir. Sadece Numune 13 ve Numune 15 teki değerlerin  $0,1$ 'e yaklaştığı

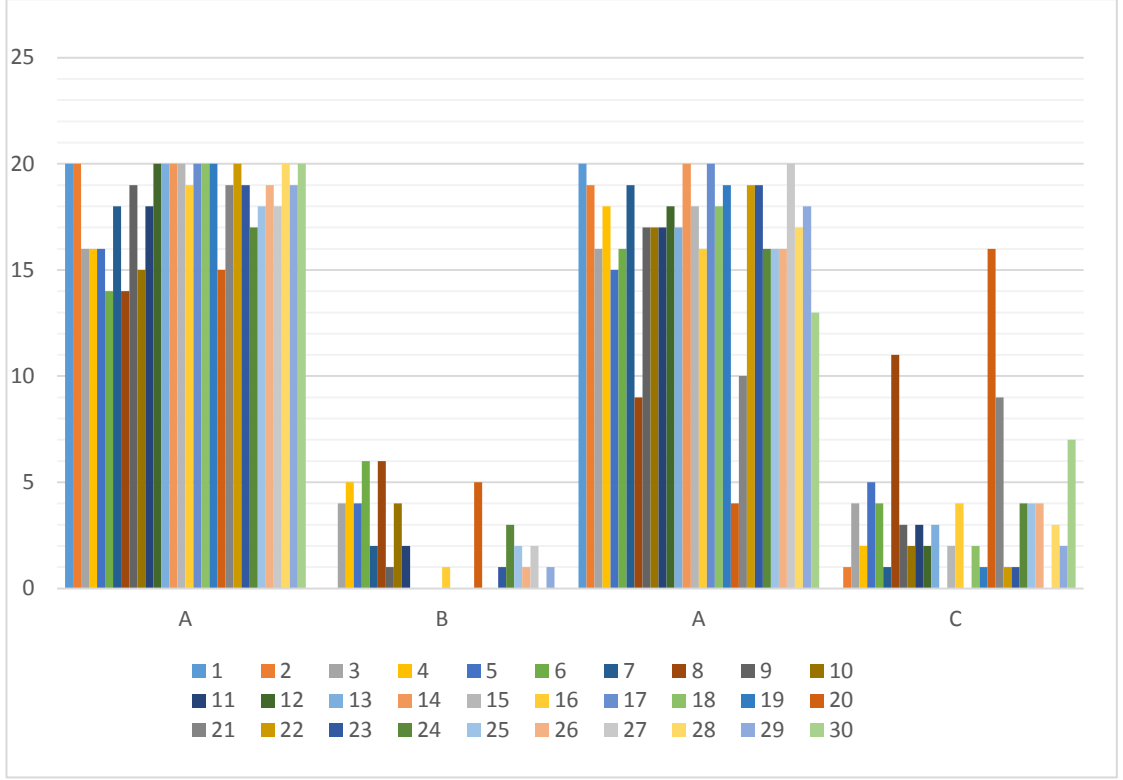
görülmektedir. Grafikte sapma eğrisi vardır. Numunelerin renk uzayındaki değerlerinin gerçeğe yakın olduğu görülmektedir. Böylelikle Windows Görsel Renk Yöntemi programı ile kullanıcı laptoplarının kolaylıkla kalibre edilebileceği görülmektedir.

### 3. DEĞERLENDİRME ve SONUÇ

Çalışmada hazırlanan numuneler için yapılan ölçümler ve sonuçları aşağıda sunulmuştur. Yapılan anket sonuçları değerlendirilmiştir. Anket içerisinde A: Kalibre edilmiş ana monitör, B: Kullanıcı kalibrasyon olmamış monitör, C: Kullanıcı kalibre edilmiş monitörü belirtilmiştir. Çalışmada hazırlanan numunelerin yapılan anket sonucunda renk ölçüm değerleri Tablo 11.'de gösterilmiştir. Anket içerisinde kullanıcıların kullandığı laptoplar kayıt altına alınmıştır. Kullanıcı laptopları Tablo 12.'de belirtilmiştir.

Parametrelerden L (lightness-parlaklık) incelendiğinde, görsel renk yönetim sistemi ile kalibre edildikten sonra 0'a gerçek görüntüye en yakın değere ulaşıldığı tespit edilmiştir. S (Saturation-doygunluk) incelendiğinde ise doygunluk seviyesi gerçeğe yaklaştığı görülmüştür. H<sub>R</sub> (redish/kırmızı-yeşil) ve H<sub>Y</sub> (yellowish/sarı-mavi) parametreleri incelendiğinde küçük farklılıklar gözlenmekle birlikte görsel renk yönetim sistemiyle kalibre olmuş monitördeki görüntünün gerçek numune görüntüsüne yaklaştığı tespit edilmiştir.

Renk değerlerinden hesaplanan, ölçülen ve tahmin edilen renkler arasındaki toplam renk farkı ( $\Delta E$ ) Tablo 10'da incelenmiştir. Renk farklılığı değeri, renk ölçümünde renk kalitesinin kantitatif olarak değerlendirilmesi için tek yöntemdir. Bu nedenle renk farklılığı değerlerinin yorumlanması için bazı limit değerleri vardır. Bu limit değerleri için herhangi bir uluslararası standart yoktur. Bu değerleri belirlemede etken üreticinin kalite politikası ve müşteri ile üreticiler arasındaki ikili anlaşmalardır. Genel olarak insan gözü  $\Delta E=0,1$ 'in üzerindeki renk farklılıklarını fark edebilir. Bu nedenle  $\Delta E$  için herhangi bir limit belirtilmediği durumlarda,  $\Delta E < 0,1$  ise renk kabul edilir,  $\Delta E > 0,1$  ise renk ret edilir. Tablo 8'de görüldüğü gibi renk farklılıkları  $\Delta E < 0,1$  olup kabul edilebilir seviyede olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 3.48: Numunelerin Değerlendirme Sonuçları

Kullanıcı laptoplarının Görsel Renk Yöntemi ile kalibre edildikten sonra gerçeğe yakınlığının arttığını Şekil 3.48’de görülmektedir. Benzerliğin kalibreli monitör kadar eşdeğerde olmaması kullanıcıların renk alanında bilgilerinin yetersiz olması, daha önce bu programı kullanmamış olmaları, bu programda istenilen parametreleri anlamamaları gibi kriterlerin etkili olduğu görülebilir. Yine de bu program ile kalibre edildikten sonra kullanıcı laptoplarında benzerlik artışı olduğu gözlenmektedir.

Bütün sonuçlar incelendikten sonra görsel renk yönetim sistemi ile pahalı monitör kalibre yöntemlerini kullanmak yerine tüm bilgisayar, laptop vb. cihazlarda daha kolay daha pratik bir yöntem olan görsel renk yönetimi kullanılabilir.



#### 4. KAYNAKLAR

Akgün M., Becerir B., Alpay R., “Effect of Fabric Layers on the Relationship between Fabric Constructional Parameters and Percentage Reflectance Values of Polyester Fabrics”, Hindawi, (2014).

Becerir B., “Color Concept in Textiles: A Review”, *Journal of Textile Engineering & Fashion Technology, Uludağ Üniversitesi*,(2017).

Berns S., “Methods for characterizing CRT displays”, (1996).

Duran K., “Tekstilde Renk Ölçümü ve Reçete Çıkarma”, Ege Üniversitesi: *Tekstil-Konfeksiyon Araştırma Uygulama Merkezi Yayını*, İzmir, (2008).

Gille J., Larimer J., “Display Characterization by Eye: Contrast Ratio and Discrimination Throughout the Grayscale”, NASA Ames Research Center, Moffett Field, CA, 94035.

Özdemir E., Duran Z., “Popüler Kamera Kalibrasyonu Yazılımlarının Karşılaştırılması”, *İTÜ İnşaat Fakültesi*.

Per M., “Renk Teorilerine Tarihsel Bir Bakış”, *Sanat Tasarım ve Bilim Dergisi*, 17-26, (2012).

Polat H., “Renk Teorisi ve Temel Yanılgılar”, *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 28/2012.

Sharma G., Member S., IEEE, “LCDs Versus CRTs-Color-Calibration and Gamut Considerations”,(2002).

Yamamoto H., Ban H., “A non-device-specific approach to display characterization based on linear, nonlinear and hybrid search algorithms, *Journal of Vision*”, Kyoto, Japan, (2013).

Yeşil Y., “Melanj Elyaf Karışımlarında Renk Değerlerinin Yeni Bir Algoritma Geliştirilerek Tahmin Edilmesi”, *Çukurova Üniversitesi*, (2010).

Yılmaz İ., Güllü M., Baybura T., Erdoğan O., “Renk Uzayları ve Renk Dönüşüm Programları”, *Afyon Kocatepe Üniversitesi*,19-35.



## 5. EKLER

Tablo 1. Kalorimetreler ve Spektrofotometrelerin Karşılaştırılması

<b>Kalorimetreler</b>	<b>Spektrofotometreler</b>
İnsan gözü-beyin algılaması ile benzer şekilde psiko-fiziksel analiz imkânı sağlarlar. Kolorimetrik değerler doğrudan okunabilir (XYZ, Lab, vb)	Fiziksel analiz imkânı sağlarlar. İnsan algılaması ile ilişki kurmadan, numunenin yansıttığı veya geçirdiği ışığın dalgaboyundan dalgaboyuna spektral analizini gerçekleştirirler. Psiko-fiziksel (kolorimetrik) bilgiler indirekt olarak hesaplanabilir.
Sensör ve basit bir veri işlemci ile kullanılırlar.	Sensör ile veri işlemci veya bilgisayar yazılımı ile kullanılırlar.
Belli bir gözlemci ve ışık kaynağı kombinasyonuna ayarlıdırlar.	Tristimulus ve metameri indeksi gibi hesaplamalarda birçok gözlemci/ışık kaynağı kombinasyonları kullanılabilir
Tristimulus absorpsiyon filtreleri ile geniş bir dalga boyu bandını ayırırlar	Ayrıntılı spektral analizörler ile dar bir dalga boyu bandını ayırırlar.
Spektrofotometrelere göre genellikle daha sağlam ve daha az kompleks cihazlardır.	Kolorimetrelere göre daha kompleks cihazlardır.
Belirli şartlar altında yapılan rutin renk karşılaştırmaları ve küçük renk farklılıklarının ayarlanmasında uygundur.	Renk reçetesi tahmininde, metameri ölçümünde ve farklı ışık kaynağı/gözlemci koşullarında kullanım için uygundur

Tablo 2.Görünür alan bölgeleri

Işık Rengi	Dalga boyu Aralığı
Mor	380-450 nm
Mavi	450-490 nm
Yeşil	490-560 nm
Sarı	560-590 nm
Turuncu	590-630 nm
Kırmızı	630-780 nm

Tablo 3.Standart Renk Değerleri

Renk	X	Y	Z
Kırmızı (R)	0,64	0,33	0,03
Yeşil (G)	0,30	0,60	0,10
Mavi (B)	0,15	0,06	0,79
Beyaz (W)	0,31273	0,329016	0,358271

Tablo 4.Çalışmada Kullanılan Kumaşlar ve Özellikleri

NUMUNE ÖZELLİKLERİ			
No	Boyalı / Baskılı	Kumaş Tipi	Reçete
1	Boyalı	Ranforce	YEL:0.19/RED:0.17/BLUE:0.3
2	Boyalı	Saten	RED:1.7/YEL:1.3/BLUE:2.4
3	Boyalı	Ranforce	RED:0.018/YEL:0.28/TUR:0.97
4	Boyalı	Ranforce	R:1.96/GREEN:27.1/YEL:11.4
5	Boyalı	Ranforce	RED:9.89/BLC:53.1/YEL:3.1
6	Boyalı	Saten	RED:0.12/YEL:0.01/B:0.01
7	Boyalı	Saten	RED:0.041/YEL:0.139/B:0.024
8	Boyalı	Saten	RED:0.43/YEL:0.54/BLUE:0.42
9	Boyalı	Saten	RED:0.30/YEL:0.243/BLU:0.59
10	Boyalı	Ranforce	RED:0.01/YEL:0.07/B:0.54
11	Boyalı	Flanel	RED:2.73/YEL:3.53/BLU:6.33
12	Boyalı	Flanel	RED:0.12/YEL:0.35/BLU:2.34
13	Boyalı	Flanel	RED:5.1/YEL:1.18/BLU:0.46
14	Boyalı	Flanel	RED:0.11/YEL:0.077/BLU:0.007
15	Boyalı	Flanel	RED:0.1/YEL:0.29/BLU:0.22
16	Baskılı	Saten	Dijital
17	Baskılı	Saten	Dijital
18	Baskılı	Saten	Dijital
19	Baskılı	Saten	Dijital
20	Baskılı	Saten	Dijital

Tablo 5.Çalışmada Kullanılan Kumaşlara Proseste Uygulanan İşlemler



Tablo 6.Çalışmada Kullanılan Cihazlar

Cihazın Adı	Markası	İşlevi	Görsel
Kalibrasyonlu Monitör	EIZO Coloredge CG 246	Otomatik kalibrasyon ile renk ve performans ayarı sağlanmaktadır.	
Renk Ölçüm Cihazı	KONICA MINOLTA CA-2000 2D	X,Y,Z ve C,C,D filtrelerine sahip aynı zamanda 2D renk analizörü ile iki boyutlu kromatiklik ve parlaklık dağılımını ölçer.	
Renk Ölçüm Skalası	Colorchecker	Monitörün beyaz ve renk ayarı kalibrasyonunu sağlar.	
Işık Kabini	JUST Normlight LED Color Viewing Light	Farklı aydınlatma koşullarında renk incelemelerini sağlar.	

Tablo 7.Standart Veri Örneği Renk Karakterizasyonu

Test Veri I							
	X	Y	Z	x	y	z	ΔE
Ts_1	2,37	8,86	1,13	0,19	0,72	0,09	0,0040
Ts_1_2	2,4	8,87	1,16	0,19	0,71	0,09	
Ts_2	2,84	0,98	15,2	0,15	0,05	0,80	0,0004
Ts_2_2	2,86	0,98	15,27	0,15	0,05	0,80	
Ts_3	5,12	9,93	16,11	0,16	0,32	0,52	0,0003
Ts_3_2	5,15	9,99	16,19	0,16	0,32	0,52	
Ts_4	15,52	13,36	73,5	0,15	0,13	0,72	0,0001
Ts_4_2	15,61	13,43	73,93	0,15	0,13	0,72	
Ts_5	13,92	42,98	19,49	0,18	0,56	0,26	0,0003
Ts_5_2	13,99	43,26	19,62	0,18	0,56	0,26	
Ts_6	24,28	46,37	76,77	0,16	0,31	0,52	0,0004
Ts_6_2	24,43	46,65	77,33	0,16	0,31	0,52	
Ts_7	8,07	3,83	0,39	0,66	0,31	0,03	0,0024
Ts_7_2	8,11	3,84	0,37	0,66	0,31	0,03	
Ts_8	10,84	4,72	15,58	0,35	0,15	0,50	0,0009
Ts_8_2	10,89	4,76	15,7	0,35	0,15	0,50	
Ts_9	21,13	7,93	72,7	0,21	0,08	0,71	0,0002
Ts_9_2	21,3	8	73,35	0,21	0,08	0,71	
Ts_10	40,68	18,65	16,23	0,54	0,25	0,21	0,0012
Ts_10_2	40,65	18,62	16,31	0,54	0,25	0,22	
Ts_11	50,97	21,85	73,68	0,35	0,15	0,50	0,0005
Ts_11_2	51,01	21,85	73,84	0,35	0,15	0,50	
Ts_12	10,58	12,68	1,19	0,43	0,52	0,05	0,0004
Ts_12_2	10,61	12,73	1,19	0,43	0,52	0,05	
Ts_13	40,26	26,54	1,49	0,59	0,39	0,02	0,0000
Ts_13_2	40,27	26,55	1,49	0,59	0,39	0,02	
Ts_14	19,51	45,99	4,52	0,28	0,66	0,06	0,0002
Ts_14_2	19,56	46,08	4,53	0,28	0,66	0,06	
Ts_15	49,1	59,8	4,85	0,43	0,53	0,04	0,0003
Ts_15_2	49,11	59,87	4,86	0,43	0,53	0,04	
Ts_16	13,42	13,83	16,57	0,31	0,32	0,38	0,0008
Ts_16_2	13,47	13,87	16,67	0,31	0,32	0,38	
Ts_17	23,84	17,24	74,09	0,21	0,15	0,64	0,0003
Ts_17_2	23,95	17,29	74,44	0,21	0,15	0,64	
Ts_18	22,37	47,09	19,99	0,25	0,53	0,22	0,0010
Ts_18_2	22,42	47,16	20,11	0,25	0,53	0,22	
Ts_19	43,14	27,67	17,24	0,49	0,31	0,20	0,0008
Ts_19_2	43,14	27,7	17,31	0,49	0,31	0,20	
Ts_20	52	60,92	20,65	0,39	0,46	0,15	0,0005
Ts_20_2	52,07	61,03	20,74	0,39	0,46	0,15	
Ts_21	53,53	31,06	74,68	0,34	0,20	0,47	0,0001
Ts_21_2	53,62	31,13	74,83	0,34	0,20	0,47	
Ts_22	32,78	50,51	77,58	0,20	0,31	0,48	0,0002
Ts_22_2	32,89	50,62	77,8	0,20	0,31	0,48	
Ts_23	0,19	0,15	0,35	0,28	0,22	0,51	0,0125
Ts_23_2	0,18	0,15	0,33	0,27	0,23	0,50	
Ts_24	37,82	17,72	0,64	0,67	0,32	0,01	0,0011
Ts_24_2	37,88	17,74	0,69	0,67	0,32	0,01	
Ts_25	11,21	42,19	4,46	0,19	0,73	0,08	0,0009
Ts_25_2	11,21	42,26	4,43	0,19	0,73	0,08	
Ts_26	13,23	4,22	73,1	0,15	0,05	0,81	0,0002
Ts_26_2	13,24	4,23	73,25	0,15	0,05	0,81	



Ts_27_2	62,38	64,34	78,08	0,30	0,31	0,38	0,0003
Ts_27_2	62,46	64,4	78,25	0,30	0,31	0,38	

Tablo 8. Test Veri Örneği Renk Karakterizasyonu

Test Veri II							
	X	Y	Z	x	y	z	$\Delta E$
white	62,06	64,01	77,61	0,305	0,3143	0,3810	0,0004
white_2	62,41	64,35	78,14	0,305	0,3141	0,3814	
Red	37,66	17,66	0,63	0,673	0,3156	0,0113	0,0004
Red_2	37,83	17,73	0,65	0,673	0,3154	0,0116	
Green	11,15	41,88	4,42	0,194	0,7290	0,0769	0,0005
Green_2	11,21	42,21	4,46	0,194	0,7293	0,0771	
Blue	13,07	4,18	72,24	0,146	0,0467	0,8072	0,0003
Blue_2	13,26	4,22	73,17	0,146	0,0466	0,8072	
Black	0,17	0,14	0,33	0,266	0,2188	0,5156	0,0209
Black_2	0,19	0,15	0,34	0,279	0,2206	0,5000	
Tr_1	0,19	0,15	0,34	0,279	0,2206	0,5000	0,0092
Tr_1_2	0,19	0,15	0,33	0,284	0,2239	0,4925	
Tr_2	0,21	0,16	0,34	0,296	0,2254	0,4789	0,0279
Tr_2_2	0,2	0,16	0,36	0,278	0,2222	0,5000	
Tr_3	0,27	0,23	0,4	0,300	0,2556	0,4444	0,0238
Tr_3_2	0,26	0,25	0,41	0,283	0,2717	0,4457	
Tr_4	0,42	0,44	0,58	0,292	0,3056	0,4028	0,0054
Tr_4_2	0,41	0,44	0,57	0,289	0,3099	0,4014	
Tr_5	0,68	0,75	0,89	0,293	0,3233	0,3836	0,0037
Tr_5_2	0,69	0,75	0,89	0,296	0,3219	0,3820	
Tr_6	1,09	1,16	1,37	0,301	0,3204	0,3785	0,0037
Tr_6_2	1,1	1,17	1,4	0,300	0,3188	0,3815	
Tr_7	1,59	1,66	1,99	0,303	0,3168	0,3798	0,0014
Tr_7_2	1,59	1,67	2	0,302	0,3175	0,3802	
Tr_8	2,21	2,3	2,75	0,304	0,3168	0,3788	0,0011
Tr_8_2	2,2	2,3	2,74	0,304	0,3177	0,3785	
Tr_9	2,94	3,08	3,65	0,304	0,3185	0,3775	0,0023
Tr_9_2	2,95	3,1	3,64	0,304	0,3199	0,3756	
Tr_10	3,79	3,95	4,72	0,304	0,3170	0,3788	0,0025
Tr_10_2	3,82	3,96	4,78	0,304	0,3153	0,3806	
Tr_11	4,76	4,96	5,92	0,304	0,3171	0,3785	0,0010
Tr_11_2	4,79	4,97	5,95	0,305	0,3164	0,3787	
Tr_12	5,89	6,13	7,27	0,305	0,3178	0,3769	0,0001
Tr_12_2	5,9	6,14	7,28	0,305	0,3178	0,3768	
Tr_13	7,13	7,38	8,84	0,305	0,3161	0,3786	0,0021
Tr_13_2	7,12	7,41	8,8	0,305	0,3176	0,3772	
Tr_14	8,55	8,79	10,58	0,306	0,3148	0,3789	0,0003
Tr_14_2	8,5	8,75	10,52	0,306	0,3151	0,3788	
Tr_15	10,05	10,34	12,44	0,306	0,3150	0,3789	0,0006
Tr_15_2	9,98	10,29	12,35	0,306	0,3155	0,3786	
Tr_16	11,7	12,05	14,49	0,306	0,3151	0,3789	0,0006
Tr_16_2	11,6	11,98	14,38	0,306	0,3156	0,3788	
Tr_17	13,48	13,89	16,7	0,306	0,3152	0,3789	0,0005
Tr_17_2	13,4	13,78	16,57	0,306	0,3150	0,3787	
Tr_18	15,39	15,83	19,12	0,306	0,3145	0,3798	0,0008
Tr_18_2	15,26	15,74	18,95	0,306	0,3151	0,3794	
Tr_19	17,44	17,94	21,71	0,305	0,3142	0,3803	0,0008
Tr_19_2	17,36	17,83	21,54	0,306	0,3143	0,3797	
Tr_20	19,65	20,25	24,43	0,305	0,3148	0,3798	0,0005
Tr_20_2	19,53	20,1	24,23	0,306	0,3148	0,3794	
Tr_21	22,04	22,7	27,38	0,306	0,3148	0,3796	0,0008
Tr_21_2	21,87	22,52	27,09	0,306	0,3151	0,3790	

Tr_22	24,56	25,27	30,5	0,306	0,3146	0,3797	0,0006
Tr_22_2	24,4	25,1	30,24	0,306	0,3148	0,3792	
Tr_23	27,23	28,01	33,88	0,306	0,3143	0,3802	0,0012
Tr_23_2	26,98	27,79	33,46	0,306	0,3150	0,3792	
Tr_24	30	30,9	37,37	0,305	0,3144	0,3803	0,0005
Tr_24_2	29,73	30,64	36,98	0,305	0,3147	0,3799	
Tr_25	32,96	33,99	41,08	0,305	0,3146	0,3803	0,0011
Tr_25_2	32,68	33,69	40,57	0,306	0,3150	0,3794	
Tr_26	36,13	37,22	45,14	0,305	0,3141	0,3810	0,0013
Tr_26_2	35,77	36,87	44,51	0,305	0,3147	0,3799	
Tr_27	39,41	40,58	49,25	0,305	0,3140	0,3811	0,0011
Tr_27_2	39,02	40,19	48,59	0,305	0,3145	0,3802	
Tr_28	42,83	44,16	53,46	0,305	0,3144	0,3806	0,0008
Tr_28_2	42,4	43,7	52,76	0,305	0,3147	0,3800	
Tr_29	46,39	47,85	57,97	0,305	0,3144	0,3809	0,0011
Tr_29_2	45,93	47,37	57,18	0,305	0,3148	0,3800	
Tr_30	50,18	51,71	62,8	0,305	0,3140	0,3813	0,0013
Tr_30_2	49,72	51,21	61,94	0,305	0,3144	0,3803	
Tr_31	54,1	55,78	67,76	0,305	0,3140	0,3814	0,0013
Tr_31_2	53,64	55,24	66,85	0,305	0,3143	0,3804	
Tr_32	57,84	59,62	72,33	0,305	0,3141	0,3811	0,0006
Tr_32_2	58,08	59,82	72,45	0,305	0,3143	0,3806	
Tr_33	62,04	63,99	77,63	0,305	0,3142	0,3812	0,0007
Tr_33_2	62,38	64,27	77,83	0,305	0,3143	0,3806	

Tablo 9.Anket

<b>Questions</b>	
Which image is closer on A/B monitor's image to the textile sample? (Please Choose one)	
1. Monitor A	2. Monitor B
How much close is the image on monitors the textile sample? (Please answer the A and B)	
<b>A(non-calibrated)</b>	<b>B (calibrated)</b>
<b>Darker</b> _____ <b>Lightness</b> _____ <b>Lighter</b>	<b>Darker</b> _____ <b>Lightness</b> _____ <b>Lighter</b>
<b>Dull</b> _____ <b>Saturation</b> _____ <b>Vivid</b>	<b>Dull</b> _____ <b>Saturation</b> _____ <b>Vivid</b>
<b>Greenish/Blueish</b> _____ <b>Hue</b> _____ <b>Redish/Yellowish</b>	<b>Greenish/Blueish</b> _____ <b>Hue</b> _____ <b>Redish/Yellowish</b>
Which image is closer on A/C monitor's image to the textile sample? (Please Choose one)	
1. Monitor A	2. Monitor C

Tablo 10. Test Numunelerinin Farklı Laptoplardaki Renk Karakterizasyonu

		X	Y	Z	x	y	z	sub before			sub after			$\Delta E$
								x1	y1	z1	x2	y2	z2	
sub2	sub2.1.1	86,8	91,7	112,4	0,30	0,32	0,39	0,30	0,32	0,39	0,30	0,32	0,39	0,00
	sub2.1.2	86,7	91,6	112,4	0,30	0,32	0,39							
	sub2.2.1	78,9	83,5	102,5	0,30	0,32	0,39							
	sub2.2.2	80,2	84,9	103,7	0,30	0,32	0,39							
sub3	sub3.1.1	68,0	71,7	96,2	0,29	0,30	0,41	0,30	0,30	0,39	0,29	0,31	0,41	0,02
	sub3.1.2	68,0	71,7	96,3	0,29	0,30	0,41							
	sub3.2.1	67,8	71,7	95,2	0,29	0,31	0,41							
	sub3.2.2	67,8	71,7	95,2	0,29	0,31	0,41							
sub4	sub4.1.1	106,6	111,3	126,5	0,31	0,32	0,37	0,29	0,32	0,41	0,31	0,32	0,37	0,04
	sub4.1.2	106,7	111,3	126,7	0,31	0,32	0,37							
	sub4.2.1	103,7	108,3	123,6	0,31	0,32	0,37							
	sub4.2.2	103,8	108,3	123,7	0,31	0,32	0,37							
sub5	sub5.1.1	107,9	112,1	123,5	0,31	0,33	0,36	0,31	0,33	0,37	0,32	0,33	0,36	0,01
	sub5.1.2	110,5	114,8	124,8	0,32	0,33	0,36							
	sub5.2.1	111,0	115,1	124,7	0,32	0,33	0,36							
	sub5.2.2	111,0	115,1	124,7	0,32	0,33	0,36							
sub6	sub6.1.1	36,2	38,2	45,5	0,30	0,32	0,38	0,32	0,32	0,36	0,31	0,32	0,37	0,02
	sub6.1.2	35,7	37,7	44,5	0,30	0,32	0,38							
	sub6.2.1	36,1	38,0	43,9	0,31	0,32	0,37							
	sub6.2.2	36,2	38,0	43,9	0,31	0,32	0,37							
sub7	sub7.1.1	171,2	181,3	212,8	0,30	0,32	0,38	0,31	0,32	0,38	0,29	0,31	0,40	0,03
	sub7.1.2	171,3	181,3	212,9	0,30	0,32	0,38							
	sub7.2.1	152,9	167,4	213,5	0,29	0,31	0,40							
	sub7.2.2	152,7	167,4	213,5	0,29	0,31	0,40							
sub8	sub8.1.1	258,1	265,5	367,2	0,29	0,30	0,41	0,29	0,30	0,38	0,29	0,31	0,40	0,02
	sub8.1.2	257,2	264,9	364,9	0,29	0,30	0,41							
	sub8.2.1	244,2	258,1	328,9	0,29	0,31	0,40							
	sub8.2.2	244,7	258,6	328,9	0,29	0,31	0,40							
sub9	sub9.1.1	175,3	184,8	205,9	0,31	0,33	0,36	0,29	0,33	0,41	0,30	0,33	0,37	0,04
	sub9.1.2	175,1	184,5	205,7	0,31	0,33	0,36							
	sub9.2.1	269,4	296,4	335,9	0,30	0,33	0,37							
	sub9.2.2	269,3	296,4	335,9	0,30	0,33	0,37							
sub10	sub10.1.1	116,0	124,8	142,6	0,30	0,33	0,37	0,30	0,33	0,36	0,30	0,32	0,38	0,01
	sub10.1.2	116,0	124,8	142,6	0,30	0,33	0,37							
	sub10.2.1	251,7	272,5	315,9	0,30	0,32	0,38							
	sub10.2.2	246,6	267,0	309,4	0,30	0,32	0,38							
sub11	sub11.1.1	332,2	348,2	490,0	0,28	0,30	0,42	0,30	0,30	0,37	0,28	0,30	0,42	0,05
	sub11.1.2	332,0	348,0	489,9	0,28	0,30	0,42							
	sub11.2.1	324,6	340,0	483,1	0,28	0,30	0,42							
	sub11.2.2	324,6	340,3	483,5	0,28	0,30	0,42							
sub12	sub12.1.1	330,9	341,3	526,6	0,28	0,28	0,44	0,28	0,28	0,42	0,27	0,28	0,44	0,03
	sub12.1.2	331,0	341,5	526,6	0,28	0,28	0,44							
	sub12.2.1	328,8	338,9	533,8	0,27	0,28	0,44							
	sub12.2.2	328,7	338,8	533,6	0,27	0,28	0,44							
sub13	sub13.1.1	130,8	137,7	153,5	0,31	0,33	0,36	0,27	0,33	0,44	0,31	0,33	0,36	0,08
	sub13.1.2	130,7	137,7	153,2	0,31	0,33	0,36							
	sub13.2.1	301,2	316,4	351,9	0,31	0,33	0,36							
	sub13.2.2	301,3	316,4	352,2	0,31	0,33	0,36							
sub14	sub14.1.1	111,4	119,8	119,7	0,32	0,34	0,34	0,31	0,34	0,36	0,31	0,34	0,36	0,01
	sub14.1.2	111,7	120,2	120,4	0,32	0,34	0,34							

	sub14.2.1.	93,3	102,3	107,8	0,31	0,34	0,36							
	sub14.2.2	93,0	102,2	107,9	0,31	0,34	0,36							
sub15	sub15.1.1	65,3	70,3	83,7	0,30	0,32	0,38	0,31	0,32	0,34	0,27	0,30	0,42	0,09
	sub15.1.2	65,1	71,6	83,2	0,30	0,33	0,38							
	sub15.2.1.	95,2	102,8	146,9	0,28	0,30	0,43							
	sub15.2.2.	95,0	107,2	148,6	0,27	0,31	0,42							
sub16	sub16.1.1	59,5	61,6	74,0	0,31	0,32	0,38	0,27	0,32	0,38	0,29	0,30	0,41	0,03
	sub16.1.2.	59,6	61,6	74,1	0,30	0,32	0,38							
	sub16.2.1.	48,4	50,5	68,1	0,29	0,30	0,41							
	sub16.2.2	48,4	50,6	68,0	0,29	0,30	0,41							
sub17	sub17.1.1	134,8	144,8	168,2	0,30	0,32	0,38	0,29	0,32	0,38	0,31	0,33	0,36	0,03
	sub17.1.2	134,8	144,8	168,3	0,30	0,32	0,38							
	sub17.2.1	128,4	136,5	146,2	0,31	0,33	0,36							
	sub17.2.2	128,4	136,5	146,2	0,31	0,33	0,36							
sub18	sub18.1.1.	234,7	252,1	300,0	0,30	0,32	0,38	0,31	0,32	0,38	0,30	0,32	0,38	0,02
	sub18.1.2.	234,8	252,1	300,0	0,30	0,32	0,38							
	sub18.2.1	240,2	257,8	307,8	0,30	0,32	0,38							
	sub18.2.2	240,3	257,8	307,8	0,30	0,32	0,38							
sub19	sub19.1.1	221,9	237,2	272,1	0,30	0,32	0,37	0,30	0,32	0,38	0,30	0,31	0,39	0,01
	sub19.1.2.	221,9	238,1	272,1	0,30	0,33	0,37							
	sub19.2.1.	224,2	239,0	295,5	0,30	0,31	0,39							
	sub19.2.2.	224,4	233,4	293,6	0,30	0,31	0,39							
sub20	sub20.1.1.	179,7	187,1	241,5	0,30	0,31	0,40	0,30	0,31	0,37	0,29	0,29	0,41	0,05
	sub20.1.2.	179,6	187,1	241,3	0,30	0,31	0,40							
	sub20.2.1	132,9	132,2	188,2	0,29	0,29	0,42							
	sub20.2.2	131,4	131,0	185,0	0,29	0,29	0,41							
sub21	sub21.1.1	362,2	371,7	514,9	0,29	0,30	0,41	0,29	0,30	0,40	0,29	0,30	0,41	0,02
	sub21.1.2.	362,0	371,7	514,7	0,29	0,30	0,41							
	sub21.2.1	357,4	370,0	515,3	0,29	0,30	0,41							
	sub21.2.2.	356,9	370,0	515,1	0,29	0,30	0,41							
sub22	sub22.1.1	153,9	153,2	246,5	0,28	0,28	0,45	0,29	0,28	0,41	0,28	0,28	0,43	0,02
	sub22.1.2	153,8	153,1	246,5	0,28	0,28	0,45							
	sub22.2.1.	146,2	144,3	222,9	0,28	0,28	0,43							
	sub22.2.2.	146,6	144,5	223,7	0,28	0,28	0,43							
sub23	sub23.1.1.	56,5	55,3	87,4	0,28	0,28	0,44	0,28	0,28	0,45	0,29	0,29	0,42	0,02
	sub23.1.2.	55,3	55,6	87,6	0,28	0,28	0,44							
	sub23.2.1	54,9	54,6	80,5	0,29	0,29	0,42							
	sub23.2.2	54,9	56,6	82,6	0,28	0,29	0,43							
sub24	sub24.1.1	154,6	160,7	215,4	0,29	0,30	0,41	0,29	0,30	0,44	0,28	0,29	0,44	0,02
	sub24.1.2	154,7	160,8	215,5	0,29	0,30	0,41							
	sub24.2.1	135,1	141,3	213,6	0,28	0,29	0,44							
	sub24.2.2	135,1	141,4	213,7	0,28	0,29	0,44							
sub25	sub25.1.1	16,2	17,2	19,8	0,31	0,32	0,37	0,28	0,32	0,41	0,30	0,31	0,39	0,03
	sub25.1.2	16,2	17,2	19,8	0,31	0,32	0,37							
	sub25.2.1	14,6	15,3	19,0	0,30	0,31	0,39							
	sub25.2.2	14,6	15,3	19,0	0,30	0,31	0,39							
sub26	sub261.1.	150,4	162,6	194,4	0,30	0,32	0,38	0,30	0,32	0,37	0,30	0,32	0,38	0,01
	sub26.1.2.	150,4	162,7	194,4	0,30	0,32	0,38							
	sub26.2.1	154,2	167,0	199,7	0,30	0,32	0,38							
	sub26.2.2	154,3	166,8	200,0	0,30	0,32	0,38							
sub27	sub27.1.1	62,7	67,7	85,4	0,29	0,31	0,40	0,30	0,31	0,38	0,29	0,32	0,39	0,01
	sub27.1.2.	62,7	67,7	85,5	0,29	0,31	0,40							

	sub27.2.1	62,8	67,9	84,4	0,29	0,32	0,39							
	sub27.2.2	62,8	67,9	84,4	0,29	0,32	0,39							
sub28	sub28.1.1	158,2	178,6	189,3	0,30	0,34	0,36	0,29	0,34	0,40	0,30	0,33	0,37	0,03
	sub28.1.2	158,2	178,5	189,3	0,30	0,34	0,36							
	sub28.2.1	111,5	122,8	140,3	0,30	0,33	0,37							
	sub28.2.2	111,5	122,7	140,2	0,30	0,33	0,37							
sub29	sub29.1.1	55,4	58,2	65,6	0,31	0,32	0,37	0,30	0,32	0,36	0,31	0,32	0,37	0,01
	sub29.1.2.	55,5	58,1	65,7	0,31	0,32	0,37							
	sub29.2.1	51,3	53,8	60,8	0,31	0,32	0,37							
	sub29.2.2	51,3	53,9	60,7	0,31	0,32	0,37							
sub30	sub30.1.1	29,0	30,5	34,2	0,31	0,33	0,36	0,31	0,33	0,37	0,31	0,32	0,37	0,00
	sub30.1.2.	29,0	30,5	34,2	0,31	0,33	0,36							
	sub30.2.1	28,9	30,4	34,4	0,31	0,32	0,37							
	sub30.2.2	29,0	30,4	34,4	0,31	0,32	0,37							











Tablo 12.Uygulamada Kullanılan Laptop Listesi

No.	Bilgisayar Markaları	No.	Bilgisayar Markaları
1	PANASONIC	16	NEC
2	NEC	17	NEC
3	MICROSOFT	18	FUJITSU
4	FUJITSU	19	PANASONIC
5	DELL	20	FUJITSU SH
6	APPLE	21	PANASONIC
7	DELL	22	PANASONIC
8	MICROSOFT	23	PANASONIC
9	SONY VAIO	24	PANASONIC
10	LENOVA	25	APPLE
11	PANASONIC	26	TOSHIBA
12	PANASONIC	27	TOSHIBA
13	SONY VAIO	28	TOSHIBA
14	SONY VAIO	29	SONY VAIO
15	DELL	30	SONY VAIO

## 6. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Fatma İPEK

Doğum Yeri ve Tarihi : DENİZLİ-15.10.1990

Lisans Üniversite : Çukurova Üniversitesi

Elektronik posta :ftm.ipek00@gmail.com

İletişim Adresi :Yenişafak Mah.1049 Sok. Ihlamur Sit. B/B1  
Blok No:1 K:2 Merkezefendi/DENİZLİ