

T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

DİŞ RENGİ EŞLEŞTİRMESİNDE
BULANIK MANTIK YÖNTEMİNİN KULLANIMI

PELİN ÖZAT

DOKTORA TEZİ

DANIŞMAN

Doç. Dr. Erdal EROĞLU

Bu tez Süleyman Demirel Üniversitesi
Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi tarafından
1851-D-09 Proje numarası ile desteklenmiştir.
Tez No:61

2011-İSPARTA

KABUL VE ONAY

Sağlık Bilimleri Enstitü Müdürlüğüne;

Süleyman Demirel Üniversitesi **Sağlık Bilimleri Enstitüsü Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı Doktora Programı** çerçevesinde yürütülmüş olan bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından **Doktora Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi : / / 2011

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Erdal EROĞLU.....

Süleyman Demirel Üniversitesi

Üye : Prof. Dr. M. Üstün GÜLDAĞ.....

Süleyman Demirel Üniversitesi

Üye : Prof. Dr. Bülent ŞERMET.....

İstanbul Üniversitesi

Üye : Doç. Dr. Ali Muhammed BAYRAKTAROĞLU.....

Marmara Üniversitesi

Üye : Yrd. Doç. Dr. Selçuk ÇÖMLEKÇİ.....

Süleyman Demirel Üniversitesi

ONAY : Bu Doktora tezi, Enstitü Yönetim Kurulu' nca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mehmet Fehmi ÖZGÜNER

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Doktora eğitimin süresince engin bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen, her konuda destek olan çok değerli hocam ve tez danışmanım Doç. Dr. Erdal EROĞLU'na, deneyim ve birikimlerinden faydalanma fırsatı veren değerli hocam Prof. Dr. M. Üstün GÜLDAĞ'a, çalışmadaki değerli katkılarından dolayı Yrd. Doç. Dr. Selçuk ÇÖMLEKÇİ'ye, eğitimimin her aşamasında desteğini ve yardımlarını benden hiç esirgemeyen, sevgili hocalarım Doç Dr. Süha TÜRKAŞLAN'a ve Yrd. Doç Dr. Cenker KÜÇÜKEŞMEN'e, bölümdeki diğer hocalarım Yrd. Doç. Dr. U. Şebnem Büyükkaplan'a, Yrd. Doç. Dr. Hakan Tuna'ya ve Yrd. Doç. Dr. Işın Kürkçüoğlu'na, tez çalışması sürecinde desteğini ve yardımını esirgemeyen değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Hikmet ORHAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Özellikle tez çalışmamda verdiği destekten ötürü Dt. İlkin TUNCEL'e ve eğitimimiz süresince mutlulukları, üzüntü ve endişeleri birlikte paylaştığımız sevgili bölüm arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmama katılan fakültemizde görevli doktora öğrencisi ve araştırma görevlisi arkadaşlarıma teşekkür ederim.

1851-D-09no'lu doktora projesini destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne teşekkür ederim.

Maddi ve manevi desteklerini benden hiçbir zaman esirgemeyen ve her zaman yanımda olduklarını hissettiğim canım aileme teşekkürlerimi sunarım.

Tez hazırlama sürecinde; benden desteğini hiç esirgemeyen, çalışmalarım süresince sonsuz sabır gösterip farklı bakış açıları yakalamama yardımcı olan sevgili eşim Yener'e her an yanımda olduğu için minnettarım.

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	i
ÖNSÖZ	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
RESİMLER DİZİNİ	x
TABLolar DİZİNİ	xi
GRAFİKLER DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Işık	4
2.1.1. Işık Özellikleri.....	5
2.1.1.1. Işığın Abzorbsiyonu	6
2.1.1.2. Işığın Yansıması.....	6
2.1.1.2.1. Düzgün Yansıma	7
2.1.1.2.2. Dağınık Yansıma.....	8
2.1.1.3. Işığın Kırılması.....	8
2.2. Renk.....	9
2.2.1. Rengin Boyutları	10
2.2.1.1. Renk Tonu.....	10
2.2.1.2. Renk Parlaklığı.....	11
2.2.1.3. Renk Yoğunluğu	12
2.2.1.4. Yarı Saydamlık.....	13
2.2.2. Renk Teorileri	13
2.2.2.1. Newton Teorisi.....	13
2.2.2.2. Young Teorisi.....	14
2.2.3. Renk Sentezleri	14
2.2.3.1. Toplamsal Renk Sentezi.....	14
2.2.3.2. Çıkarımsal Renk Sentezi	15
2.2.4. Renk Sistemleri	16
2.2.4.1. Munsell Renk Sistemi	17

2.2.4.2. Ostwald Renk Sistemi	18
2.2.4.3. RGB (Red-Green-Blue)Renk Sistemi	19
2.2.4.4. CMYK (Cyan-Magenta-Yellow-Key) Renk Sistemi.....	20
2.2.4.5. HSL (Hue-Saturation-Luminance) Renk Sistemi	20
2.2.4.6. CIE(Commission Internationale de l'Eclairage) XYZ Renk Sistemi	21
2.2.4.7. CIE L*a*b* Renk Sistemi.....	22
2.3. İnsan Gözünün Rengi Algılayışı	25
2.4. Diş Hekimliğinde Renk Eşleştirmesini Etkileyen Faktörler	27
2.4.1. Kişiyeye Bağlı Faktörler	27
2.4.1.1. Renk Körlüğü	27
2.4.1.2. Yaş.....	28
2.4.1.3. Yorgunluk	29
2.4.1.4. Beslenme	29
2.4.1.5. Duygusal Durum	30
2.4.1.6. Medikasyonlar.....	30
2.4.1.7. İki Göz Arasındaki Renk Algılama Farkları	31
2.4.2. Ortama Bağlı Faktörler	31
2.4.2.1. Aydınlatma	32
2.4.2.2. Işık Şiddeti	32
2.4.2.3. Aydınlatmanın Türü	32
2.4.3. Doğal Diş Rengine Bağlı Faktörler.....	34
2.4.4. Objeye Bağlı Faktörler.....	36
2.4.4.1. Eş Zamanlı Kontrast.....	37
2.4.4.2. Alansal Kontrast.....	38
2.4.4.3. Uzaysal Kontrast	38
2.4.4.4. Ardışık Kontrast	38
2.5. Diş Hekimliğinde Renk Seçimi	39
2.5.1. Görsel Renk Eşleştirmesi	39
2.5.1.1. Vita Lumin Vacuum Renk Rehberi (Vita-Zahnfabrik).....	41
2.5.1.2. Vitapan Classical Renk Rehberi (Vita-Zahfabrik).....	42
2.5.1.3. Chromascop Renk Rehberi (Ivoclar Vivadent).....	43
2.5.1.4. Vitapan 3D-Master Renk Rehberi (Vita-Zahfabrik)	45
2.5.2. Aletsel Renk Eşleştirmesi	47
2.6. Bulanık Mantık.....	48

2.6.1. Bulanık Sistemlerin Gelişimi ve Kullanım Alanları	50
2.6.2. Bulanık Küme Kuramı ve Bulanık Mantık	52
2.6.3. Bulanık Çıkarım	57
2.6.4. Bulanık Mantık Temelli Sistemler	58
2.6.4.1. Bulanıklaştırma	59
2.6.4.2. Kural İşleme Birimi.....	60
2.6.4.3. Durulaştırma.....	61
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	62
3.1. Üzerinde Renk Eşleştirmesi Yapılacak Bireyin Çalışmaya Dahil Edilme Kriterleri	62
3.2. Renk Eşleştirmesi Yapacak Bireylerin Çalışmaya Dahil Edilme Kriterleri....	63
3.3. Renk Eşleştirmesi Yapılacak Ortamın Standardizasyonu	63
3.4. Kullanılan Renk Eşleştirme Yöntemleri.....	65
3.4.1. Görsel Renk Eşleştirme Yöntemi.....	65
3.4.2. Bulanık Mantığa Dayalı Renk Eşleştirmesi	68
3.4.3. İstatistiksel Değerlendirme	72
4. BULGULAR	74
4.1. Görsel Eşleştirme Yöntemiyle Elde Edilen Ölçüm Sonuçları.....	74
4.2. Bulanık Mantık Temelli Renk Eşleştirme Yöntemiyle Elde Edilen Ölçüm Sonuçları.....	78
4.3. İstatistiksel Değerlendirme	88
4.3.1. Yöntemlerin Kendi İçinde 1. ve 2. Ay Ölçümlerinin Karşılaştırması	88
4.3.2. Yöntemlerin Kendi Dönemleri İçinde Karşılaştırması	90
4.3.3. Tekrarlanan Ölçümlü Varyans Analizi İle L^* , a^* , b^* ve ΔE Değişkenlerinin İncelenmesi.....	91
4.3.4. Sonuçların Güvenirlilik Analizi	93
4.3.5. Nitel Değerlerin Tekrarlanabilirlik Analizi	94
5. TARTIŞMA	99
5.1. Renk Eşleştirmesi Yapılacak Bireyin Seçilme Kriterleri	99
5.2. Renk Eşleştirmesi Yapacak Bireylerin Seçilme Kriterleri	101
5.2.1 Yaş ve Cinsiyet	101
5.2.2. Eğitim.....	103
5.2.3. Renk Görüş Yetersizliği.....	104
5.3. Renk Eşleştirmesi İçin Ortamın Standardizasyonu	106

5.4. Görsel Renk Eşleştirme Yöntemi Ölçüm Sonuçlarının Tekrarlanabilirlik Açısından Değerlendirilmesi	108
5.5. Bulanık Mantığa Dayalı Renk Eşleştirmesinin Tekrarlanabilirlik Açısından Değerlendirmesi	114
5.6. Çalışmada Kullanılan Renk Eşleştirme Yöntemlerinin Güvenirlilik Açısından Değerlendirilmesi	119
6. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	123
ÖZET.....	125
ABSTRACT	126
KAYNAKLAR	127
EKLER.....	140
ÖZGEÇMİŞ.....	141

SİMGELER ve KISALTMALAR

<	Küçük
>	Büyük
%	Yüzde
μ_A	Üyelik işlevi
€	Elemanıdır
u	Küme elemanı
U	Kümenin tanımladığı evren
Δa	CIE sistemi kırmızı-yeşil koordinatındaki renk farkı
Δb	CIE sistemi sarı-mavi koordinatındaki renk farkı
ΔE	Renk değişimi miktarı
ΔL	CIE sistemi renk parlaklığı koordinatındaki renk farkı
a^*	CIE sistemi renk değeri (kırmızı-yeşil) koordinatı
ADA	American Dental Association
AO-HRR	American Optical Hardy-Rand-Ritter renk görüş değerlendirme testi
b^*	CIE sistemi renk değeri (sarı-mavi) koordinatı
B	Munsell renk sistemine göre mavi renk
BM	Bulanık mantık
CIE	ComissionInternationale de l'Eclairage(Uluslararası Aydınlanma Komisyonu) (Renk Sistemi)
cm	Santimetre (uzunluk birimi)
CMYK	Cyan-Magenta-Yellow-Key renk sistemi
D65	Renk sıcaklığı 6500 K olan doğal gün ışığına en yakın aydınlatma türü

dk	Dakika
G	Munsell renk sistemine göre yeşil renk
GA	Genetik Algoritma
H	Renk tonu
HSL	Hue-Saturation-Luminance renk sistemi
k	Standart beyaza göre tanımlanmış katsayı
K	Renk sıcaklığı birimi (Kelvin)
L	Renk parlaklığı
L*	CIE sistemi renk değeri (aydınlık) koordinatı
m²	metre kare
mm	Milimetre (uzunluk birimi)
n	Ortamin kırılma indisi
Nm	Nanometre
P	Munsell renk sistemine göre mor renk
R	Munsell renk sistemine göre kırmızı renk
RGB	Red-Green-Blue renk sistemi
S	Renk yoğunluğu
sn	Saniye
US	Uzman sistemler
Xn	Standart beyaz rengin tristimulus değeri (D65 ortamı için 95.04)
Y	Munsell renk sistemine göre sarı renk
Yn	Standart beyaz rengin tristimulus değeri (D65 ortamı için 100.00)
YSA	Yapay sinir ağları
Zn	Standart beyaz rengin tristimulus değeri (D65 ortamı için 108.88)

ŞEKİLLER DİZİNİ

- Şekil 1.** Elektromanyetik spektrumda görünür ışık
- Şekil 2.** Düzgün yansıma
- Şekil 3.** Dağınık yansıma
- Şekil 4.** Işık kaynağı, obje ve insan gözünün bunları algılamasını anlatan diyagram
- Şekil 5.** Renk tonu
- Şekil 6.** Renk parlaklığı
- Şekil 7.** Renk yoğunluğu
- Şekil 8.** Toplamsal renk sentezi
- Şekil 9.** Çıkarımsal renk sentezleri
- Şekil 10.** Munsell renk sistemi
- Şekil 11.** Ostwald renk sistemi
- Şekil 12.** RGB renk sistemi
- Şekil 13.** CMYK renk sistemi
- Şekil 14.** HSL renk sistemi
- Şekil 15.** CIE XYZ renk sistemi
- Şekil 16.** CIE $L^*a^*b^*$ renk sistemi
- Şekil 17.** İnsan gözünün rengi algılayışı
- Şekil 18.** Sıcaklık değerleri için klasik küme örneği
- Şekil 19.** Sıcaklık değerleri için bulanık küme örneği
- Şekil 20.** Bulanık kümelerde örtüşüm
- Şekil 21.** Üyelik işlevi eğrisi
- Şekil 22.** (a) A klasik kümesi (b) B bulanık kümesi
- Şekil 23.** Üçgen, yamuk ve çan eğrisi üyelik işlevleri
- Şekil 24.** Bulanık mantık kuralları
- Şekil 25.** Bulanık sistem (Fuzzy system)

RESİMLER DİZİNİ

- Resim 1:** VitaLuminVacuum renk rehberi
- Resim 2:** VitapanClassical renk rehberi
- Resim 3:** Chromascop renk rehberi
- Resim 4:** Vitapan 3D-Master renk rehberi
- Resim 5:** Renk eşleştirilmesi yapılan standardize ortamın genel görüntüsü
- Resim 6:** Ortam aydınlatmasını ölçen cihazlar (colormeter)
- Resim 7:** Ortam aydınlatmasını ölçen cihazlar (lightmeter)
- Resim 8:** Reflektör kolunun eklem yerlerinin sabitlenmesinde kullanılan materyal
- Resim 9:** Reflektör kolunun eklem yerlerinin sabitlenmesinden görünüm
- Resim 10:** Renk rehberindeki tablaların tanımlayıcı kodlarının gizlenmiş görüntüsü
- Resim 11:** Renk rehberindeki tablaların tanımlayıcı kodlarının gizlenmiş görüntüsü
- Resim 12:** Görsel renk eşleşmesi ve seçilen renk kodunun kaydedilmesi
- Resim 13:** Görsel renk eşleşmesi ve seçilen renk kodunun kaydedilmesi
- Resim 14:** Görsel renk eşleşmesi ve seçilen renk kodunun kaydedilmesi
- Resim 15:** Akrilik rezinden hazırlanan standardizasyon şablonunun görünümü
- Resim 16:** Seçilen renk tablalarının standardizasyon şablonuna yerleştirilmesi
- Resim 17:** Seçilen renk tablalarının standardizasyon şablonuna yerleştirilmesi
- Resim 18:** Renk tablalarının spektrofotometre ile ölçümü
- Resim 19:** Renk tablalarının spektrofotometre ile ölçümü
- Resim 20:** Bulanık mantığa dayalı renk eşleştirme uygulamasının aşamalar
- Resim 21:** Her bireyin ölçümlerinin ayrı ayrı MATLAB programında işlenmesinin basamakları (soldan sağa sırayla)

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1. Temel renklerin dalga boylarına göre dağılımı

Tablo 2. Vita 3D Master renk rehberi L^* , a^* ve b^* değerleri

Tablo 3. Görsel renk eşleştirmesinin 1.ay ölçümlerinin ΔL , Δa , Δb ve ΔE değerleri

Tablo 4. Görsel renk eşleştirmesinin 2. ay ölçümlerinin ΔL , Δa , Δb ve ΔE değerleri

Tablo 5. Görsel yöntemle elde edilen 1. ay ölçümlerin L^* , a^* , b^* ve ΔE değerlerinin değişimlerin aritmetik ortalama, standart sapma ve standart hata ortalamaları

Tablo 6. Görsel yöntemle elde edilen 2. ay ölçümlerin L^* , a^* , b^* ve ΔE değerlerinin değişimlerin aritmetik ortalama, standart sapma ve standart hata ortalamaları

Tablo 7. Bulanık mantığa dayalı yöntemde 1. ay ölçümlerin RGB ve L^* , a^* , b^* değerleri

Tablo 8. Bulanık mantığa dayalı yöntemde 2. ay ölçümlerin RGB ve L^* , a^* , b^* değerleri

Tablo 9. Bulanık mantığa dayalı renk eşleştirmesinin 1.ay ölçümlerinin ΔL , Δa , Δb ve ΔE değerleri

Tablo 10. Bulanık mantığa dayalı renk eşleştirmesinin 2.ay ölçümlerinin ΔL , Δa , Δb ve ΔE değerleri

Tablo 11. Bulanık mantığa dayalı yöntemle elde edilen 1. ay ölçümlerin L^* , a^* , b^* ve ΔE değerlerinin değişimlerin aritmetik ortalama, standart sapma ve standart hata ortalamaları

Tablo 12. Bulanık mantığa dayalı yöntemle elde edilen 2. ay ölçümlerin L^* , a^* , b^* ve ΔE değerlerinin değişimlerin aritmetik ortalama, standart sapma ve standart hata ortalamaları

Tablo 13. Görsel yönteme dayalı ölçümlerin 1. ve 2. aylar arasındaki L^* , a^* , b^* ve ΔE değerlerinin değişimlerin analiz sonuçları

Tablo 14. Bulanık mantığa dayalı yöntemle elde edilen ölçümlerin 1. ve 2. aylar arasındaki L^* , a^* , b^* ve ΔE değerlerinin değişimlerin analiz sonuçları

Tablo 15. Her iki yöntemi kendi içinde 1. ve 2. ay ölçümlerinin L^* , a^* , b^* ve ΔE değerlerinin değişimlerin bağımlı grupların pairedsamples t testi sonuçları

Tablo 16. Uygulanan yöntemlerin birbirleri arasında ölçüm yapılan aylar içindeki L^* , a^* , b^* ve ΔE değerlerinin değişimlerin aritmetik ortalama, standart sapma ve elde edilen değerlerin değişimlerinin bağımsız grupların pairedsamples t testi

Tablo 17. L^* değeri için tekrarlanan ölçümlü varyans analizi sonuçları

Tablo 18. a^* değeri için tekrarlanan ölçümlü varyans analizi sonuçları

Tablo 19. b^* değeri için tekrarlanan ölçümlü varyans analizi sonuçları

Tablo 20. ΔE değeri için tekrarlanan ölçümlü varyans analizi sonuçları

Tablo 21. Her iki yöntemle elde edilen ölçümlerdeki tüm değişken L^* , a^* , b^* ve ΔE değişkenlerinin güvenilirlik analizi sonuçları

Tablo 22. Görsel yöntemle elde edilen nitel verilerin eşleşmesi

Tablo 23. Bulanık mantığa dayalı yöntemle elde edilen nitel verilerin eşleşmesi

Tablo 24. Nitel verilerin tekrarlanabilirlik analizi

GRAFİKLER DİZİNİ

Grafik 1:R değerlerinin 1. ay ölçümleri

Grafik 2:R değerlerinin 2. ay ölçümleri

Grafik 3:G değerlerinin 1. ay ölçümleri

Grafik 4:G değerlerinin 2. ay ölçümleri

Grafik 5:B değerlerinin 1. ay ölçümleri

Grafik 6:B değerlerinin 2. ay ölçümleri

Grafik 7:Beklenen değerlerinin 1. ay ölçümleri

Grafik 8:Beklenen değerlerinin 2. ay ölçümleri

Grafik 9:a) R ve G değerlerinin 1. ve 2. ay ölçümleri. b) R ve B değerlerinin 1. ve 2. ay ölçümleri. c) R ve beklenen değerlerinin 1. ve 2. ay ölçümleri. d) G ve B değerlerinin 1. ve 2. ay ölçümleri. e) G ve beklenen değerlerinin 1. ve 2. ay ölçümleri. f) B ve beklenen değerlerinin 1. ve 2. ay ölçümleri

1. GİRİŞ

Gülmek, insanın en etkili iletişim yeteneklerinden biri olarak kabul edilmektedir. Bireyler dişlerinin sağlıklı olmasıyla yetinmeyip, tüm dişlerin birbiriyle uyum içinde bulunduğu estetik bir görünüm ve gülümseyişe sahip olmak istemektedir (Joiner 2004, Höfel 2006, Eroğlu ve ark., 2007, McLaren 2010). İnsan yaşamında estetik değerlerin giderek önem kazanması, diş hekimliğinde kullanılan materyal, teknik ve tedavi protokollerini de doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle estetik diş hekimliği uygulamaları, başlı başına ilerleyen ve gelişen bir çalışma sahası haline gelmiştir (Preston et al., 1978, Muia 1993b, Mayekar 2001, Moscardo and Alemany 2006, Eroğlu ve ark., 2007, Al-Dosari 2010).

Diş hekimliğinde estetik uygulamaların temel amacı; doğal dişlerin morfolojik, optik ve biyolojik özelliklerini kabul edilebilir düzeyde taklit edebilmek (Wee et al., 2002) ve dişler, dişeti, dudak ve yüz yapısını birbiriyle orantılı ve uyumlu bir hale getirmektir (Preston et al., 1978, Anusavice 1996, Mayekar 2001, Höfel 2006). Bir dental restorasyonun estetiğini oluşturan temel bileşenler restorasyonun genel formu, yüzey yapısı, kullanılan materyalin ışık geçirgenliği ve rengidir. Yapılan çalışmalar, bu temel bileşenlerin taklidi aşamalarında en fazla güçlüğün renk uyumu sırasında gerçekleştiğini ortaya koymuştur (Sorensen and Torres 1987, Rosenblum and Schulman 1997, Yap et al., 1999, Joiner 2004, Jarad et al., 2005, McLaren 2010). Ayrıca bu noktadaki bir başarısızlık, restorasyonun uygulandığı bireylerce de fark edilebilmekte olup bu durum tedavi edilen birey açısından da öncelik taşımaktadır (Douglas and Brewer 1998, Wee et al., 2002, Della Bona et al., 2009). Bu tip bir sorunun en önemli nedeni, rengin seçimi ve restorasyon malzemesinin fiziksel bir özelliği olarak üretilmesi sürecinde henüz istenilen düzeye ulaşamamış olunmasıdır. Son yıllarda renk eşleştirmesinde öznel verilerle elde edilen sonuçlarda kişiden kişiye, hatta aynı kişi içinde bile tutarsızlıklarla karşılaşmıştır. Ancak, bu sorundan hareketle üretilen elektronik cihazlar da henüz renk eşleştirme konusunda tatmin edici sonuçlar üretememişlerdir. (ten Bosch 1987, Bentley et al., 1999, Paravina et al., 2002, Dozic et al., 2003, Hugo et al., 2005).

Renk eşleştirmesinde kullanılan yöntemler arasında en sık kullanılanı, insan görsel algısına dayalı olandır (Kihn et al., 2000, Chu 2003). İnsan görsel sistemi, renk değişikliklerini ve renkler arası minimal farklılıkları tespit etme yeteneğine sahiptir (Kuehni and Marcus 1979). Ancak bireyin renk değerlendirmesinde bir miktar öznellik mevcut olup, aydınlatma koşulları, bulunulan ortamın durumu gibi dış ortam kaynaklı değişkenlerin yanı sıra bireyin yaşı, cinsiyeti ve psikolojik durumu da yapılan işlemi etkileyebilmektedir (Johnston and Kao 1989, Bentley et al., 1999, Ahmad 2000, Chu 2002, Diaz et al., 2008). Bu bilgiden hareketle klinisyenler dış rengindeki değişiklikleri insan görsel sisteminin algısındaki seçicilik özelliğini kullanabilen ve daha nesnel bir biçimde değerlendirebilen yöntemlerin arayışına girmişlerdir (Paul et al., 2002). Cihaz esaslı renk eşleştirme işlemi, laboratuvar çalışmalarında yüksek başarı oranı ile kullanılmaktadır, ancak doğal dış çoğu kez homojen bir renk bütünlüğü sergilemediği için, klinik koşullar altında henüz aynı düzeyde verimlilik gösterememektedir. Renk eşleştirmesi amacı ile kullanılan cihazlar ölçüm sırasında çok hassastır ve yüksek teknik özelliklerine bağlı olarak pahalıdır. Bu aşırı hassasiyet nedeniyle küçük alanlarda tekrarlayan ölçümlerde farklı ölçüm sonuçları verebilmektedirler. Bu sistemlerin kullanımı kolay olmakla birlikte uygulanma şekli elde edilecek sonuçlar için kritik önem arz eder (Schwabacher and Goodkind 1990, Chu 2003).

Özellikle aşırı hassasiyet nedeniyle renk eşleştirmede karşılaşılabilen bu sorunların, uygulamasında uzman desteği alınan ve diğer yöntemlere göre daha esnek bir yaklaşıma sahip bulanık mantık (fuzzy logic) ile daha kolay aşılabileceği düşünülmüştür. Yakın geçmişte, çeşitli ticari ve endüstriyel alanlarda sıkça kullanılmaya başlanan bulanık mantık yönteminin temeli, kullanıldığı alanda insanın herhangi bir sistemi denetlemedeki düşünce ve sezgilerine bağlı davranış kalıplarının benzerinin elde edilmesine dayanmaktadır. Bulanık mantık, belirsizliklerin anlatımı ve belirsizliklerle çalışılabilmesi için kurulmuş matematiksel bir düzen olarak da tanımlanabilir. İnsanın yaşadığı ortamın belirsizliklerle dolu olması ve insanın sonuç çıkarabilme yeteneğini anlayabilmek için belirsizliklerle çalışma gerekliliği, bu açıdan önemlidir (Elmas 2007c). Bulanık mantık teorisi, tıbbi uygulamalarda karşılaşılan belirsizlikleri çözümlenmede önemli bir rol oynamaktadır. Bulanık mantık uygulamaları modern bilgi teknolojilerinde, üretim tekniklerinde, karar vermede,

diagnostikte ve veri analizi gibi konularda gittikçe artan bir ilgi ve kullanım alanına sahiptir (Torres and Nieto 2006, Chen et al., 2007).

Bulanık mantık yönteminin diş hekimliğinde kullanımı oldukça yakın bir geçmişte başlamıştır. Bulanık mantık yöntemi; ortodontik tedavi planlaması yazılımı (Noroozi 2006), dudak-damak yarıklı hastalarda cerrahi karmaşıklığın değerlendirilmesi (Ortiz-Posadas et al., 2009), oral kandidiazis için risk faktörlerinin hesaplanması (Campisi et al., 2008) ve diş ağartma tedavisinde renk değişiminin öngörülmesi (Herrera et al., 2010) gibi konularda kullanılmıştır.

Bulanık mantık yöntemi, belirsizlikleri sayısallaştıran ve nicel olarak ifade eden bir sistemdir. Diş hekimliğinde, diş rengi eşleştirmesinde kullanılan görsel ve aletsel yöntemlerin uygulamasında karşılaşılan belirsizlikler nicel olarak ifade edilememektedir. Renk eşleştirmesinde bulanık mantık esaslı yaklaşım, bu eksikliği gidermek açısından önem taşıyabilir. Bu yöntemin uygulanması, bireylerin renk eşleştirmesi esnasında yaptıkları hatalar hangi dalga boylarında daha fazla gerçekleşmekte olduğunu belirleyip, modelleyerek bir algoritma oluşturulmasını sağlayabilir. Bu algoritmalar da çeşitli yapay zeka uygulamalarının temelini oluştururlar.

Bu çalışmanın amacı, bulanık mantık yönteminin klinik diş rengi eşleştirmesinde kullanımı ve bu yöntemin görsel diş rengi eşleştirme yöntemi ile tekrarlanabilirlik ve güvenilirlik açısından karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesidir.

2. GENEL BİLGİLER

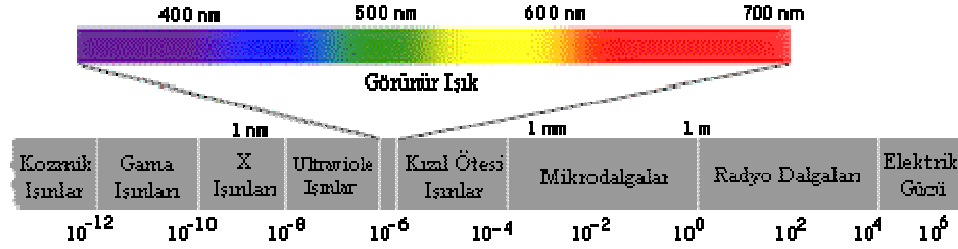
2.1. Işık

Işık yaşamımızın bir parçası olup, tanım olarak gözün retinasını etkileyen dalga boyu sınırları içersindeki radyant enerjinin bir formudur (Berns 2000a, Paravina and Powers 2004a). Işık veya teknik anlatımla elektromanyetik ışığa, uzayda çok büyük bir hızla hareket eden bir enerji türüdür. Bu ışık veya enerji, renk algılamasını etkileyen objelerin aydınlatılmasıyla görevlidir (Rosenstiel and Johnston 1988, Tung et al., 2002). Elektromanyetik ışığın gözle algıladığımız görünür ışık ve ısı şeklinde algıladığımız kızıl ötesi ışığa şeklinde alt birimleri de mevcuttur (Berns 2000a, Chu 2003).

Isaac Newton, beyaz ışık ışınlarının prizmadan geçmesiyle renk bileşenlerini veya dalga boylarını ayırtmıştır (Chu et al., 2004a, Topdemir 2007a). Tersine bir uygulama ile de, ayrılan ışınlar bir mercek vasıtasıyla birbirine yaklaştırıldığında beyaz ışığın elde edildiği gözlenmiştir (Yavuzılmaz 1996, Fondriest 2003, Topdemir 2007a). Bu dalga boylarındaki kırmızı, yeşil ve mavi renk değişimlerinin insan gözü tarafından algılanması üç renk algılayıcı aracılığı ile sağlanmaktadır. İnsan gözünün algılayabildiği bu dalga boylarına 'görünür ışık spektrumu' denir (Chu et al., 2004a, Paravina and Powers 2004a).

Bilimsel olarak ışık dalga boyu nanometre (nm) ile ifade edilmektedir ve 1 nm, metrenin milyarda biridir (Berns 2000a, Chu 2003, Paravina and Powers 2004a, Topdemir 2007b). Görünür ışık spektrumunun altında kalan daha kısa dalga boyuna sahip ışıklara 'mor ötesi ışınlar' denmektedir ve X ışınları, kozmik ışınlar ve gamma ışınları da bu gruba girmektedir. Bu spektrumun üzerinde olan gruba da 'kızıl ötesi ışınlar' denmektedir ve mikro dalga, radyo ve elektrik dalgaları da alt gruplarını oluşturmaktadır (Hunter et al., 1987a, Rosenstiel et al., 2001, Topdemir 2007b). Görünür ışık, elektromanyetik spektrumun yalnızca küçük bir kısmını oluşturur

(Şekil 1). Gözümüzün duyarlı olduğu görünür ışığın dalga boyu aralığı 380-780 nm arasındadır (Tablo 1) (Berns 2000a, Rosenstiel et al., 2001, Chu 2003, Chu et al., 2004a, Paravina and Powers 2004a, Moscardo and Alemany 2006, Topdemir 2007b).



Şekil 1. Elektromanyetik spektrumda görünür ışık

http://www.google.com.tr/imgres?imgurl=http://guide.metu.edu.tr/thinkquest/media/tspec.gif&imgrefurl=http://guide.metu.edu.tr/thinkquest/thist-d1.htm&usg=__n91YzetY1LM3_mTnZVfjaRSOjA=&h=124&w=484&sz=7&hl=tr&start=16&zoo m=1&tbnid=2mVVl_zz

Tablo 1. Temel renklerin dalga boylarına göre dağılımı

RENKLERİN DALGA BOYLARI	
RENK	DALGA BOYU (nm)
KIRMIZI	630-780
TURUNCU	590-630
SARI	560-590
YEŞİL	490-560
MAVİ	460-490
LACİVERT	450-460
MOR	380-450

2.1.1. Işık Özellikleri

Bir obje üzerine düşen ışık demeti; güneş veya yapay ışık kaynaklarından direkt veya yansyarak objeye ulaşır (O'Brien 2002, Chu et al., 2004a). Işık objeye

çarpıtığında geliş doğrultusu, geldiği ortamdaki hızı ve çarpıtığı objenin türüne göre davranır. Objeye çarpan ışık objenin yüzeyinden yansıyabilir, kırılmaya uğrayabilir, obje tarafından abzorbe edilerek objenin içinde yol alabilir veya abzorbe edilen ışık objenin içinde tüm yönlerde dağılıabilir (Berns 2000a, Chu 2003, Paravina and Powers 2004a).

2.1.1.1. Işığın Abzorbsiyonu

Işık, objedeki moleküller veya daha büyük partiküller ile çarpışırsa ışığın bazı dalga boyları emilecek, abzorbe edilecektir (Chu et al., 2004a). Diğer bir deyişle, ışık kaynağından yayılan ışınlar bir objenin üzerine düştüğünde, objenin rengi dışındaki ışık ışınları obje tarafından abzorbe edilir. Elektromanyetik spektrum içinde tüm dalga boylarındaki ışığı abzorbe eden cisim siyah olarak algılanır. Üzerine gelen ışık ışınlarının tamamını yansıtan bir cisim ise beyaz olarak algılanır. Abzorbe edilecek ışığın türünü, sadece objenin içerdiği rengin dalga boyu değil, aynı zamanda ışık kaynağından çıkan ışık demetinin dalga boyu da etkiler. Farklı ışık kaynakları altında objenin rengi farklı algılanabilmektedir (Çal et al., 2004, Westland 2004). Abzorbsiyon özelliği, objenin temel rengini belirler. Örnek vermek gerekirse, gelen ışık demetindeki mavi ve kırmızı ışınları abzorbe ederek sadece yeşil ışınları yansıtan obje yeşil renkte görünür (Chu et al., 2004a).

2.1.1.2. Işığın Yansıması

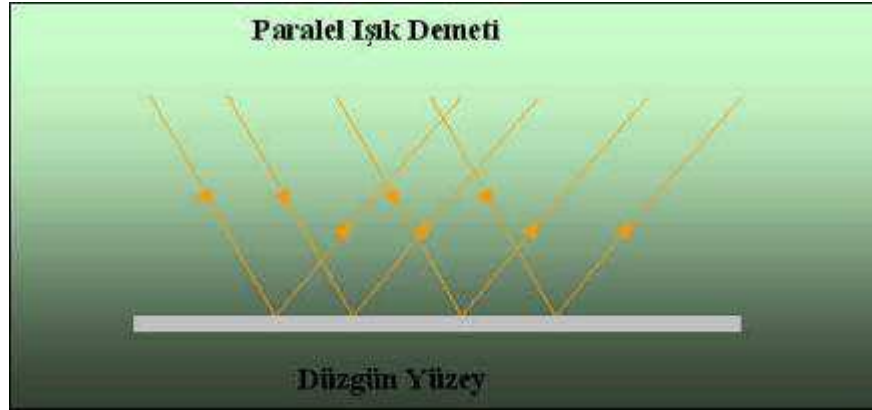
Işık ışınlarının bir yüzeye çarpıp geri dönmesine 'yansıma' denir. Yüzeyden yansıyan ışık demeti, obje tarafından abzorbe edilmeyen ve objenin rengiyle aynı

dalga boyundaki ışık ışınlarını içerir. Yani objenin rengi olarak algıladığımız ışık, yüzeye gelen ışık demetinden yansıyan, absorbe edilmeyen kısımdır. Objenin yüzey özelliklerine bağlı olarak yansıma iki şekilde oluşabilir:

1. Düzgün yansıma
2. Dağınık yansıma (Obregon et al., 1981, Topdemir 2007b).

2.1.1.2.1. Düzgün Yansıma

Düzgün yüzeyli bir obje üzerine gelen ışık demetinin obje üzerine geldiği açının aynısıyla geri yansımasıdır (Şekil 2). Yansıma objelerin yüzeyinde gerçekleştiğinden, düzgün yansımada yansıyan ışık, gelen ışıkla aynı spektral özelliklere sahiptir. Bu kural, renk değerlerini matematiksel olarak ölçmek veya karşılaştırmak amacıyla geliştirilen kolorimetre ve spektrofotometre cihazlarının yapımında göz önüne alınan temel ilkedir (Johnston 2001, Topdemir 2007b).

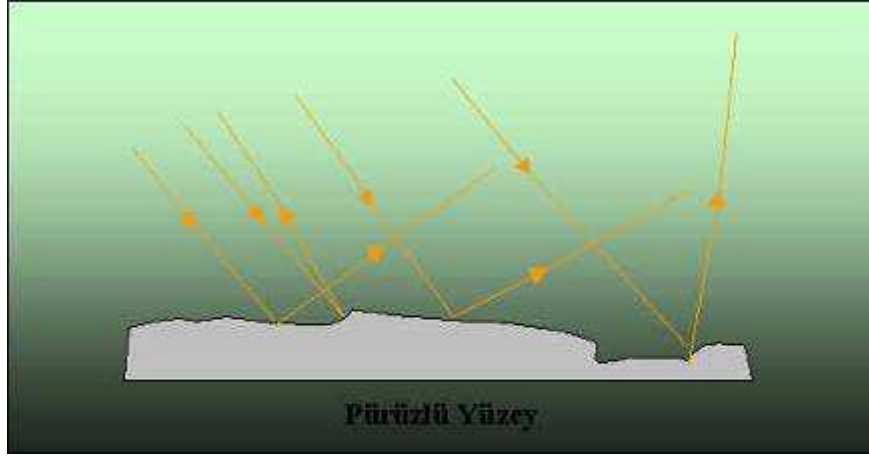


Şekil 2.Düzgün yansıma

<http://img482.imageshack.us/img482/3175/yansi7lf1.jpg>

2.1.1.2.2. Dağınık Yansımaya

Yüzeyi düzgün olmayan bir objeye gelen ışık demetinin değişik açılarla birden fazla yöne dağılmasıdır (Şekil 3) (Johnston 2001, Topdemir 2007b). Başarılı dental restorasyonlar açısından en önemli nokta, restorasyona gelen ışığın dağınık yansımalarının sağlanmasıdır. Çünkü doğal dişlerdeki prizmalarda ışığın diş yapısının içine geçerek içindeki renkleri her yöne yansıtması istenir. Bu şekilde yapılan restorasyona canlı, doğala yakın ve estetik bir görünüm kazandırılmış olur (Çal ve ark., 2005).



Şekil 3. Dağınık yansımaya

<http://img482.imageshack.us/img482/4734/yansi8vl3.jpg>

2.1.1.3. Işığın Kırılması

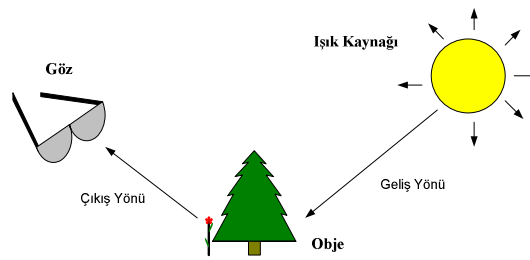
Işığın kırılması, ışığın oblik olarak bir ortamdan diğerine geçerken hızında bir azalma ile birlikte yön değiştirmesi olayıdır. Işığın, farklı yoğunluktaki iki ortam için hız oranları, ortamın kırılma indisini (n) verir. Işığın havadaki kırılma indisi '1' olarak kabul edilir. Bir yüzeye çarpan ışığın çarptıktan sonra hızı artarsa, ışık

normalden uzaklaşarak kırılır. Tersisi olması durumunda ise normale yaklaşarak kırılır(Rosenstiel et al., 2001, Topdemir 2007b).

Doğal dişler birkaç farklı tabaka içeren karmaşık bir histolojik yapıya sahiptir. Mine ve dentin ara yüzeyi önemli bir geçiş alanıdır. Bu geçiş alanları gelen ışık için ayrı kırılma ortamları anlamına gelmektedir. Dental restorasyonlarda kullanılan materyaller, gelen ışığa yönelik benzer bir etkinin elde edilmeye çalışıldığı tipte materyallerdir (Rosenstiel et al., 2001, Chu et al., 2004c).

2.2. Renk

Renk, ışık enerjisinin fiziksel olarak bir obje ile karşılaşması ve bu olayın da bir gözlemci tarafından psikofiziksel olarak algılanması ile oluşur (Şekil 4) (Berns 2000a, Powers 2002, Topdemir 2007b). Renk oldukça aldatıcı niteliklere sahip bir kavramdır (Chu et al., 2004a). Renklerle ilgili ilk bilimsel çalışmalar 17. yüzyılın sonlarında başlamıştır. Bilinen en eski çalışmalardan biri, Isaac Newton tarafından ışığın prizmadan geçirilerek spektrumlarına ayrılmasıdır (Berns 2000a, Topdemir 2007b). Diş hekimliğinde ise renklerle ilgili ilk çalışmalar 20. yüzyılın hemen başlarında yapılmıştır. Geçirilen süreçte diş hekimliği renk konusunda daha donanımlı ve duyarlı bir duruma gelmiş olsa da, günümüzde ulaşılan nokta tatmin edici değildir (Johnston 2001, Chu et al., 2004a).



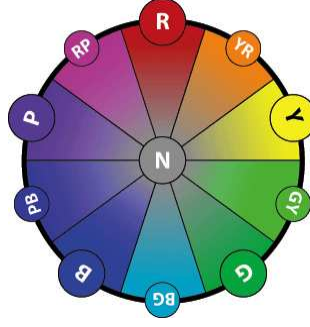
Şekil 4. Işık kaynağı, obje ve insan gözünün bunları algılamasını anlatan diyagram

2.2.1. Rengin Boyutları

Bir kütlenin fiziksel formunun uzunluk, genişlik ve derinlik olarak üç boyutta tanımlanması örneğinde olduğu gibi renkler de, 'renk tonu (hue), renk yoğunluğu (chroma), renk parlaklığı (value)' başlıkları altında üç boyutta tanımlanır (O'Brien et al., 1989, Chiche and Pinault 1994, Berns 2000a, Rosenstiel et al., 2001, Powers 2002, Gürel 2004, Joiner 2004, Paravina and Powers 2004a, Zaimoğlu ve Can 2004, Moscardo and Alemany 2006, http://aces.nmsu.edu/pubs/_c/c-316.html. Erişim Tarihi: 15.12.2010). Bunun yanı sıra yakın zamanda yarı saydamlık (semi-translüsensi) özelliği de bu grup içinde incelenmektedir (Zaimoğlu ve Can 2004).

2.2.1.1. Renk Tonu

Renk tonu bir rengi diğerinden ayıran temel özelliktir, diğer bir deyişle rengin karakteristiğidir, kendisidir. Örnek vermek gerekirse yeşil, mor, sarı gibi (Chiche and Pinault 1994, Yavuzylmaz 1996, Shillingburg et al., 1997, Johnston 2001, Rosenstiel et al., 2001, Powers 2002, Chu et al., 2004a, Dagg et al., 2004, Gürel 2004, Zaimoğlu ve Can 2004, Moscardo and Alemany 2006, http://aces.nmsu.edu/pubs/_c/c-316.html. Erişim Tarihi: 15.12.2010). Dişin renk tonu, dentin ve mine tabakalarının abzorbe ettikleri değişik renklerin bir kompozisyonu olarak karşımıza çıkar (Şekil 5) (Muia 1993a, Chiche and Pinault 1994, Zaimoğlu ve Can 2004).



Şekil 5. Renk tonu

http://www.creativepro.com/files/story_images/20070323_sidebar_fg1.gif

2.2.1.2. Renk Parlaklığı

Temel renk tonunun göreceli olarak aydınlığını ve koyuluğunu ifade eder. Genel olarak parlaklık değeri düşük ise koyu renkleri, parlaklık değeri yüksek ise daha açık, parlak renkleri ifade eder (Chiche and Pinault 1994, Yavuzylmaz 1996, Rosenstiel et al., 2001, Powers 2002, Chu et al., 2004a, Dagg et al., 2004, Gürel 2004, Zaimoğlu ve Can 2004, Moscardo and Alemany 2006, http://aces.nmsu.edu/pubs/_c/c-316.html. Erişim Tarihi: 15.12.2010). Dişin mine tabakası renksiz olup, en dış katmanı oluşturduğundan dolayı dişin parlak görünmesini sağlar (Muia 1993a, Chiche and Pinault 1994, Zaimoğlu ve Can 2004). Parlaklık derecesi doğru saptanmış dişlerde, renk tonu veya renk yoğunluğu seçiminde ortaya çıkabilecek diğer hatalar çok fazla fark edilmeyebilir (Şekil 6) (Shillingburg et al., 1997, Johnston 2001, Chu et al., 2004a). Bu nedenle renk eşleştirme işlemi sırasında önce parlaklık seçimi yapılması önerilmektedir (Baltzer and Kaufmann-Jinoian 2004, http://www.vita-zahnfabrik.de/resourcesvita/shop/en/en_3052484.pdf. Erişim Tarihi: 15.12.2010).



Şekil 6. Renk parlaklığı

http://www.johnchiappone.com/images/humanities/chapter_1/color_value_scale.jpg

2.2.1.3. Renk Yoğunluğu

Bir rengin içerdiği temel renk tonunu, yani rengin doygunluğunu ifade eder (Şekil 7). Genel olarak, cisme gelen benzer dalga boyundaki ışığın yansımaya miktarındaki artış göreceli olarak renk yoğunluğunun arttığının kanıtıdır. Dişte de bu durum, minenin kalınlığı ve ışık geçirgenliği ile dentinin kalsifikasyon durumuna bağlıdır (Muia 1993a, Chiche and Pinault 1994, Yavuzyılmaz 1996, Shillingburg et al., 1997, Berns 2000a, Rosenstiel et al., 2001, Jahangiri et al., 2002, Powers 2002, Chu et al., 2004a, Dagg et al., 2004, Zaimoğlu ve Can 2004, Moscardo and Alemany 2006, http://aces.nmsu.edu/pubs/_c/c-316.html. Erişim Tarihi: 15.12.2010). Buna göre renk eşleştirme sırasında eşleştirme yapılacak dişin mine ve dentin tabakalarına ilişkin kalınlıkların da göz önünde bulundurulması gerekmektedir (Muia 1993a).



Şekil 7. Renk yoğunluğu

http://www.google.com.tr/imgres?imgurl=http://pubs.usgs.gov/of/2006/1195/htmldocs/images/main_fig/igs/value.gif&imgrefurl=http://pubs.usgs.gov/of/2006/1195/htmldocs/munsellcode.htm&usg=__sTayoJ3ueH1QhBnTrpx2gpdQGVk=&h=244&w=144&sz=8&hl=tr&start=103&zoom=1&um=1&itbs=1&tbnid=qlOybpdOzHZCBM:&tbnh=110&tbnw=65&prev=/images%3Fq%3Dhue%2Bchroma%2Bvalue%26start%3D90%26um%3D1%26hl%3Dtr%26sa%3DN%26rlz%3D1R2ACEW_tr%26ndsp%3D18%26tbs%3Disch:1

2.2.1.4. Yarı Saydamlık

Işığın abzorbsiyon ve yansımından ziyade geçirgenlik derecesidir. En yüksek yarı saydamlık ‘transparan’, en düşüğü ise ‘opak’ olarak adlandırılır. Yarı saydamlık arttıkça opaklık azalır. Bu özellik diş hekimliği çalışmalarında doğal görünüşü doğrudan etkilediğinden ötürü, restorasyonun estetik anlamdaki başarısında birinci derecede öneme sahiptir (Seghi et al., 1989a, Hasegawa et al., 2000a, Heffernan et al., 2002, Chu et al., 2004a, Dozic et al., 2004, Rasetto et al., 2004).

2.2.2. Renk Teorileri

Renk eşleştirme uygulaması sırasında diş rengini tanımlayabilmek ve eşleştirme yapabilmek için referans olarak kullanılacak bazı teorilerden faydalanılmaktadır. Bu teoriler, görünür spektrumlarda renkleri tanımlamak ve sınıflamak amacını taşır.

2.2.2.1. Newton Teorisi

Sir Isaac Newton, 1676 yılında yapmış olduğu araştırmalarda tek bir beyaz ışık demetini cam prizmadan geçirerek spektrum renklerine ayrıldığını göstermiştir. Bu şekilde beyaz ışık dalga boylarına göre kırmızıdan mora kadar görünür spektrum renkleri oluşturulmaktadır (Yavuzılmaz 1996, Fondriest 2003, Topdemir 2007b).

2.2.2.2. Young Teorisi

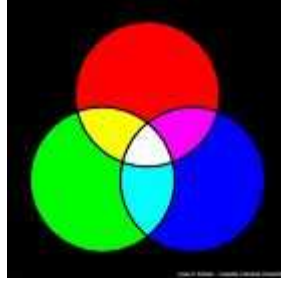
Bu teoride Newton'un yaptığı deneyin tam tersi uygulanmaktadır. Young, beyaz ışığı yeniden oluşturmuştur. Bu amaçla görünür spektrum renklerini beyaz bir fon üzerine düşürerek, beyaz ışığı elde etmeyi başarmıştır (Fondriest 2003).

2.2.3. Renk Sentezleri

Renklerin tanımlanıp sınıflanmasına yönelik teorilerin geliştirilmesi gibi, farklı renklerin elde edilmesini amaçlayan sentez yaklaşımları da mevcuttur.

2.2.3.1. Toplamsal Renk Sentezi

Toplamsal renk sentezi yöntemine göre; üç ana renge ait ışık kaynaklarının üçü de ışık saçarsa beyaz renk elde edilir. Benzer bir biçimde kırmızı ile yeşil ışık saçarsa sarı renk, kırmızı ile mavi ışık saçarsa koyu pembe renk, yeşil ile mavi ışık saçarsa açık mavi (turkuaz) renk elde edilir (Şekil 8) (<http://www.sugoren.net/depo/ncakir2.doc> Erişim Tarihi: 20.06.2010). Birbirlerinin bütünleyicisi olan renkler temelde birbiri ile en az ortak özelliğe sahip olan renklerdir. 'Tamamlayıcı renkler' olarak adlandırılan bu renkler bir araya geldiklerinde, görünümü belirginleştiren bir etki oluştururlar(Chu et al., 2004a).



Şekil 8.Toplamsal renk sentezi

http://www.google.com.tr/imgres?imgurl=http://kingfish.coastal.edu/marine/Animations/Images/Additive-Color-Combinations.png&imgrefurl=http://anjahhle.ifunnyblog.com/additivecolor/&usg=__ZTAWct3g9XweoLUnHPD6-8bA4zQ=&h=700&w=700&sz=29&hl=tr&start=20&zoom=1&um=1&itbs=1&tbnid=vBGlc0xan-LL2M:&tbnh=140&tbnw=140&prev=/images%3Fq%3Dadditive%2Bcolor%2Bsynthesis%26start%3D18%26um%3D1%26hl%3Dtr%26sa%3DN%26rlz%3D1R2ACEW_tr%26ndsp%3D18%26tbs%3Dsch:1

2.2.3.2. Çıkarımsal Renk Sentezi

Çıkarımsal renk sentezi, farklı renkteki ışıkların üst üste gelmesi ile değil, beyaz ışık önüne yerleştirilen şeffaf filtrelerin bazı dalga boyundaki ışığı geçirmeyerek geri kalanını geçirmesi sonucu, renkli ışığın elde edilmesi ilkesine dayanır. (Fondriest 2003). Örneğin beyaz ışık altında bakıldığında kırmızı boya kırmızı görünür, çünkü yalnızca kırmızı ışığı yansıtır, beyaz ışığın yeşil ve mavi bileşenlerini yutar. Başka bir deyişle, kırmızı boya beyaz renkten mavi ve yeşil renkleri çıkararak, görüntüde kırmızı rengi bırakır (Şekil 9) (<http://www.sugoren.net/depo/ncakir2.doc> Erişim Tarihi: 20.06.2010).

Çıkarımsal renk sentezinin temel renkleri; sarı, siyan mavisi (doygun yeşilimsi mavi) ve magentadır (doygun morumsu kırmızı). Beyaz ışığın önüne sarı, siyan mavisi ve magenta renklerindeki şeffaf filtreler yerleştirilerek bu renkler elde edilebilir (<http://www.sugoren.net/depo/ncakir2.doc> Erişim Tarihi: 20.06.2010).



Şekil 9.Çıkarımsal renk sentezleri

<http://static.commentcamarche.net/en.kioskea.net/pictures/video-images-soustr.gif>

2.2.4. Renk Sistemleri

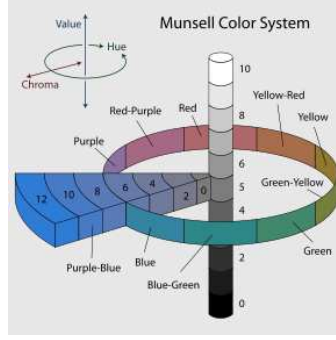
Renk sistemleri, objelerin renk boyutlarını tarif etmek için kullanılırlar. Rengi nesnel bir bakış açısıyla anlayabilmek için düzenli bir sınıflamaya ve terminolojiye ihtiyaç duyulmuştur (Rosenstiel et al., 2001, Joiner 2004). Renklerin matematiksel olarak ölçülebilmesi amacıyla 20. yüzyılın başlarından günümüze kadar farklı sistemler geliştirilmiş ve kullanılmıştır. Her bir renk sistemi içindeki renk dağılımı, belli bir geometrik alan çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. İyi düzenlenmiş bir sistem, objenin bu geometrideki yerini kesin olarak belirler ve aynı zamanda diğer objelerle karşılaştırılmasına da olanak verir (Berns 2000b, Johnston 2001, Rosenstiel et al., 2001, Chu et al., 2004a, Luo 2004, Yuan et al., 2007). Renk eşleştirme işlemleri de bu nedenle renk sistemleri baz alınarak oluşturulur.

2.2.4.1. Munsell Renk Sistemi

Bu renk sistemi Albert H. Munsell tarafından 1905 yılında önerilmiş ve 1945 yılında son şeklini almıştır. Geliştirilen ilk renk sistemi olup, diğer renk sistemleri için örnek teşkil etmektedir (Hunter et al., 1987a, O'Brien et al., 1997, Berns 2000b, Paravina and Powers 2004b).

Munsell renk sistemi, objelerin fark edilen renginin standardize edilmesi ve renk parçacıklarının sistemli bir şekilde ayarlanması temeline dayanmaktadır (Hunter et al., 1987a, Berns 2000b, Tung et al., 2002). Rengin tonunu, rengin parlaklığını ve rengin yoğunluğunu esas alan, esnek, basit, tutarlı ve evrensel olması nedeniyle en çok kabul gören sistemlerden biridir (Jorgenson and Goodkind 1979, Yavuzyılmaz 1996, O'Brien et al., 1997, Rosenstiel et al., 2001, Sproull 2001a, Luo 2004).

Bu renk sistemi, beş rengin temel renk olarak tanımlanmasıyla oluşturulmuştur. Bu renkler kırmızı (R), sarı (Y), mavi (B), yeşil (G) ve mordur (P). Sistem içinde iki ana rengin birleşimiyle oluşan ara renkler de mevcuttur (Berns 2000b, Powers 2002, Tung et al., 2002, Paravina and Powers 2004b, http://daicolor.co.jp/english/color_e/color_e01.html Erişim Tarihi: 20.06.2010). Sistemdeki ana renkler, bir daire içinde saat yönünde sıralanmıştır. Bu renk sisteminde rengin ilk boyutu renk tonudur ve rengi tanıtan, diğer renklerden ayrılmasını sağlayan özelliğidir (Cho et al., 2007). Parlaklık, siyahtan beyaza kadar 10 farklı dereceye ayrılmıştır. Bu derecelerin yer aldığı eksen daireyi tam ortasından dik şekilde kesmektedir (Rosenstiel et al., 2001, Powers 2002, Luo 2004, http://daicolor.co.jp/english/color_e/color_e01.html Erişim Tarihi: 20.06.2010). Renk yoğunluğu ise; dairenin dışından merkeze doğru değerinin azaldığı, dairenin merkezinin en düşük yoğunluk değerini aldığı bir geometrik düzenle ifade edilmiştir (Şekil 10) (Rosenstiel et al., 2001, Luo 2004).



Şekil 10.Munsell renk sistemi

http://1.bp.blogspot.com/_YKO2gL-hVDc/TIGntkQzEJI/AAAAAAAAAFMU/QUtOhgUJPps/s400/290px-Munsell-system.svg.png

2.2.4.2. Ostwald Renk Sistemi

Wilhelm Ostwald tarafından 1916 yılında geliştirilmiş olan bu sistem, 4 ana renk olmak üzere toplamda 24 ara renge bölünmüştür (Şekil 11) (Luo 2004, Paravina and Powers 2004b, http://daicolor.co.jp/english/color_e/color_e01.html Erişim Tarihi: 20.06.2010, http://www.harita.selcuk.edu.tr/arsiv/semppdf/340_350.pdf Erişim Tarihi: 20.06.2010). Bu renkler taban tabana birleşmiş iki koniden oluşan geometrik yapı içerisine dizilidir (Hunter et al., 1987a, Yavuzylmaz 1996, http://www.harita.selcuk.edu.tr/arsiv/semppdf/340_350.pdf Erişim Tarihi: 20.06.2010).

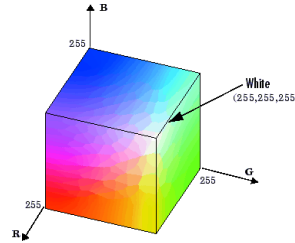


Şekil 11.Ostwald renk sistemi

http://www.georgehernandez.com/h/xzMisc/Color/Media/Ostwald_Hues.jpg

2.2.4.3. RGB (Red-Green-Blue)Renk Sistemi

Renk bilimcilerin çoğu kırmızı, yeşil ve maviyi ana renkler olarak kabul etmektedirler. Diğer renkleri bunların etkileşiminden kaynaklandığını düşünmektedirler. Bu yüzden, bu üç rengin İngilizce sözcüklerinin baş harfleri alınarak oluşturulan sisteme RGB sistemi denir (Chu et al., 2004a, Xie and Ann Heng 2005, http://tr.wikipedia.org/wiki/RGB_renk_uzay%C4%B1 Erişim Tarihi: 20.06.2010). RGB renk sistemi, toplamalı renk sentez yöntemiyle bir birim küpün içinde renkleri tanımlayacak şekilde tasarlanmıştır ve koordinat eksenleri kırmızı, yeşil ve mavi olan üç boyutlu bir uzay olarak düşünülebilir. Oluşturulmak istenilen renkler bu üç ana rengin koordinatları cinsinden ifade edilebilir (Şekil 12) (http://www.harita.selcuk.edu.tr/arsiv/semp_pdf/340_350.pdf Erişim Tarihi: 20.06.2010). Sistemde her bir renk tonu, renk yoğunluğu ve renk parlaklığı 0'dan 255'e kadar artan farklı değerler içerebilir. Bu sistem bilgisayar monitörleri, tarayıcılar ve katodik televizyon tüpleri gibi cihazlarda kullanılır (Chu et al., 2004a, http://tr.wikipedia.org/wiki/RGB_renk_uzay%C4%B1 Erişim Tarihi: 20.06.2010).

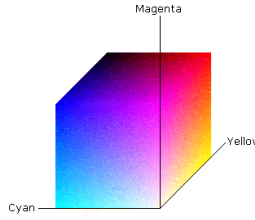


Şekil 12.RGB renk sistemi

<http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/images/color7.gif>

2.2.4.4. CMYK (Cyan-Magenta-Yellow-Key) Renk Sistemi

CMYK renk sistemi, çıkarımsal renk senteziyle birim küpte renklerin tanımlanmasıdır. Cyan, magenta ve sarı CMYK renk sisteminin eksenleridir (Şekil 13). Bu sistem, toplamsal renk sentezi temeline dayanan RGB renk sisteminin tamamlayıcısıdır. CMYK renk sistemini oluşturan iki rengin birleşmesiyle, RGB renk sistemini oluşturan bir renk elde edilmektedir. CMYK renk sisteminde (1, 1, 1) noktası siyahı gösterirken, (0, 0, 0) noktası da beyazı göstermektedir (Chu et al., 2004a, http://www.harita.selcuk.edu.tr/arsiv/semp_pdf/340_350.pdf Erişim Tarihi: 20.06.2010).



Şekil 13.CMYK renk sistemi

<http://image.acasystems.com/color-picker/faq-cmy-color-space-2.gif>

2.2.4.5. HSL (Hue-Saturation-Luminance) Renk Sistemi

RGB sistemine benzerlik gösteren bu sistemin adını oluşturan harflerden 'H' rengin tonunu, 'S' rengin yoğunluğunu ve 'L' rengin parlaklığını temsil etmektedir (Şekil 14). HSL renk sistemi, bilgisayar monitörlerinde rengin düzenlenmesi amacıyla oluşturulmuştur (http://tr.wikipedia.org/wiki/RGB_renk_uzay%C4%B1 Erişim Tarihi: 20.06.2010).



Şekil 14.HSL renk sistemi

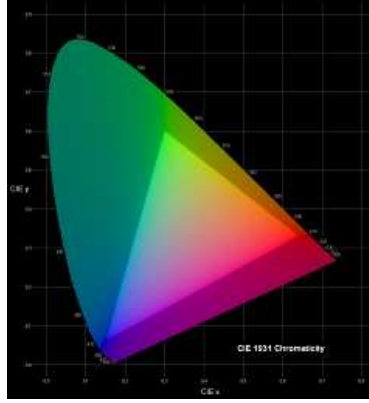
<http://image.acasystems.com/color-picker/faq-hsl-color-space.png> 20.06.2010

2.2.4.6. CIE(Commission Internationale de l'Eclairage) XYZ Renk Sistemi

Renk ve görünüm konusundaki standartları belirlemek üzere kurulmuş bir organizasyon olan International Commission of Illumination veya Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) tarafından yapılan düzenlemede, standart bir ışık kaynağı ve standart bir gözlemci tanımlanmış ve böylece insan gözünün verilen bir renge nasıl tepki verdiğini yansıtan üç uyaranlı (tristimulus) değerlerin hesaplanabilmesi sağlanmıştır (Berns 2000b, Powers 2002, Luo 2004, Paravina and Powers 2004b, Bayindir et al., 2007). Gözlemciler D65 (Daylight 6500 Kelvin) standartaydınlatmada mavi, kırmızı ve yeşil üç ana rengi seçmek için 2° görüş etkinlik alanına sahip bir aparattan bakmışlardır. Standart gözlemci normal bir gözlemciyi betimleyen bir numaralar listesiyle tanımlanmıştır. Böylece CIE standartlarına bağlı olarak 1931 yılında, bir rengi, görüntülerinin tarifi için üç ana renge sayısal olarak dönüştüren üç uyaranlı bir sistem (X, Y, Z) geliştirilmiştir (O'Brien et al., 1997, Berns 2000b, Luo 2004, Paravina et al., 2004, Paravina and Powers 2004b, Xie and Ann Heng 2005).

Sistemin ana renkleri kırmızı, yeşil ve maviden oluşmaktadır. Trikromatik olan bu sistemin bir yelken silüetini andıran grafiğinde yatay X eksenini bir renkteki kırmızı rengin dağılımını, dikey Y eksenini ise yeşil rengin dağılımını göstermektedir. Bu modelde, renklerin parlaklığı gösterilmez. Merkeze doğru yaklaştıkça ara renkler

oluşur (Şekil 15) (Berns 2000b, Powers 2002, Tung et al., 2002). CIE X, Y, Z renk sistemi iki rengin aynı veya farklı olup olmadığını belirlemektedir, fakat rengin görünümünü belirleyememektedir (Hunter et al., 1987b, Berns 2000b, Tung et al., 2002).



Şekil 15. CIE XYZ renk sistemi

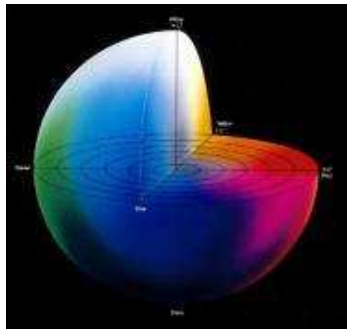
http://polisoftdesign.com/wp-content/uploads/2010/08/CIE_1931_1000.png

2.2.4.7. CIE L*a*b* Renk Sistemi

CIELAB (CIE L*a*b*) renk sistemi, standart bir gözlemci ve koordinat sistemi içeren psikofiziksel bir sistemdir. 1976'da CIE L*a*b* sistemi renk farklılıklarının tanımı için CIE kromasite diagramı ile yapılamayan nümerik tanımlamalar geliştirmiştir. CIE L*a*b* renk uzayı X, Y, Z üç uyaranlı değerlerin üç yeni L*, a* ve b* referans değerine çevrilmesiyle oluşan tek biçimli, düzenli bir renk uzayıdır. Bu sistemde renk eşleştirmesi, renk formülasyonu ve kayıt için bilgiler elde edilir (Seghi et al., 1986, Rosenstiel et al., 2001, Powers 2002, Wee et al., 2002, Joiner 2004, Luo 2004, Paravina and Powers 2004b, Xie and Ann Heng 2005, Park et al., 2006, King and deRijk 2007, Ahn and Lee 2008, Haddad et al., 2011). CIE L*a*b* sisteminde renk dağılımı daha düzgün ve anlaşılır bir sıralama ile yapıldığından diğer

sistemlere oranla daha fazla kabul görmekte ve renkle ilgili çalışmalarda sıklıkla kullanılmaktadır (Rosenstiel et al., 2001, Nayatani 2005).

CIE L*a*b* standart renk sisteminde rengin koordinatlarını tarif eden üç farklı eksen bulunmaktadır. Bu eksenler L*, a* ve b* sembolleriyle ifade edilirler. Bu sistemde L* koordinatı rengin aydınlığını (Lightness), a* kırmızı-yeşil rengin miktarını, b* ise mavi-sarı rengin miktarını tanımlar. L* koordinatı 0'dan (mutlak siyah) 100'e (mutlak beyaz) değerler içeren dikey eksenin üzerinde yer alırken, a* ve b* koordinatları L*'nin etrafındaki eksenlerde döner. a* pozitif değer aldığı anda renk daha kırmızı, negatif değer aldığı anda ise yeşil hale gelir, b* pozitif değer aldığı anda renk sarı, negatif değer aldığı anda ise mavi hale gelir (Şekil 16) (O'Brien et al., 1997, Douglas and Przybylska 1999, Berns 2000b, Eliades et al., 2001, Rosenstiel et al., 2001, Powers 2002, Tung et al., 2002, Joiner 2004, Luo 2004, Paravina and Powers 2004b, Haselton et al., 2005, Xie and Ann Heng 2005, Park et al., 2006, Sarac et al., 2006a, Cho et al., 2007, Karamouzou et al., 2007, Lee et al., 2007, Paravina et al., 2007, Ahn and Lee 2008, Trakyalı et al., 2009, http://www.laboshop.com/fileadmin/media/ga/21886_ga_enu.pdf Erişim Tarihi: 15.12.2010, Ayyıldız ve ark., 2011). CIE L*a*b* sisteminin avantajı, görsel algıdaki seçicilik sağlaması ve klinik olarak anlamlı bir şekilde renk farklılıklarını ifade edebilmesidir (Joiner 2004).



Şekil 16. CIE L*a*b* renk sistemi

<http://www.rpdms.com/cielch/labsphere2.jpg>

Evrensel bir renk sınıflama sistemi olarak kabul gören CIELAB renk sistemi, tüm ışık kaynaklarının standardizasyonunu sağlar ve insanın görsel algılamadaki

değişkenliklerini elimine eder (Rosenstiel et al., 2001). Ayrıca renk farklılıkları birim olarak ifade edilebildiğinden, görsel algılama ve klinik belirginlik ile ilişkilendirilebilir. Bu renk sistemi çok küçük renk değişikliklerini bile tespit etmeye olanak sağlar. Renk farklılığı ΔE ile ifade edilir ve kıyaslanan objeler arasında renk tonu, renk parlaklığı ve renk yoğunluğu ile ilgili farklılıkları ortaya konabilir. Renk değişiminin hesaplanmasında şu formül kullanılır (Brewer et al., 1991, Berns 2000b, Wee et al., 2002, Luo 2004, Paravina and Powers 2004b, Jarad et al., 2005, King and deRijk 2007, Paravina 2008, Al-Dosari 2010, Haddad et al., 2011):

$$\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

ΔL , Δa ve Δb değerleri bir objenin iki hali ya da iki farklı örneğin ilgili parametreleri arasındaki farkları tanımlamaktadır. Renk değişiminin karakteristiği ve yönünü tanımlamak için L^* , a^* ve b^* koordinatları kendi içlerinde karşılaştırılarak daha detaylı bilgi elde edilebilir. (Heydecke et al., 2001, Rosenstiel et al., 2001, Sproull 2001a, Wee et al., 2002).

CIE $L^*a^*b^*$ yöntemi ile yapılan renk eşleştirilmesi ya da ölçümü sonucu ortaya çıkan ΔE değerlerinin insan gözü tarafından ne ölçüde algılanabildiği de araştırmacılar tarafından tartışılmıştır. Araştırmacılar ΔE değerinin büyüklüğüne göre yapılan eşleştirmelerin niteliğini tanımlamaya çalışmışlardır. Bu şekilde ΔE değeri renk eşleştirme yöntemlerinde önemli bir güvenilirlik kriteri olarak yer almaktadır.

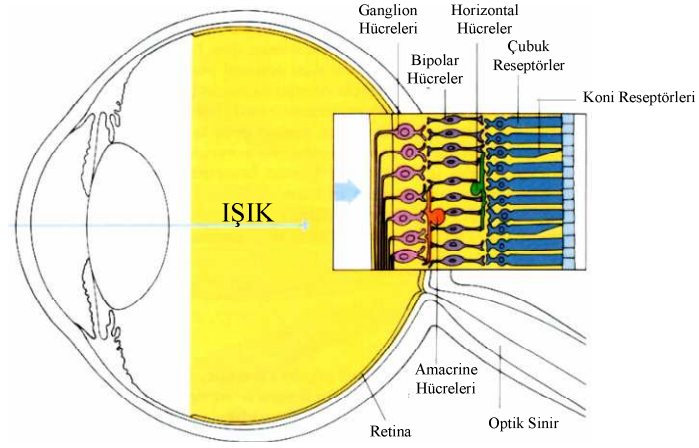
- Test uygulamaları sonrasında bir materyaldeki renk farklılığı $\Delta E=0$ ise renk stabil olarak tanımlanmıştır (Miyasaka et al., 2008).
- $\Delta E \leq 1$ olması, renk değişikliğinin gözlemcilerden sadece % 50 si tarafından algılanabileceğini bildirmektedir ve klinik olarak algılanamaz renk değişikliğini tanımlamaktadır (Seghi et al., 1986, Kim and Um 1996, Doray et al., 1997, Douglas and Przybylska 1999, Karamouzos et al., 2007, Lindsey and Wee 2007).

- $1 \leq \Delta E \leq 2$ arasında olması klinik olarak algılanabilir renk değişimini tanımlamaktadır (Seghi et al., 1989b, Paravina et al., 2004, Lee et al., 2007).
- $\Delta E \leq 3,7$ gözlemcilerin %100'ü tarafından algılanabilir ve klinik olarak kabul edilebilir renk değişimini tanımlamaktadır (Seghi et al., 1989b, Lee et al., 2007, Haddad et al., 2011).
- $\Delta E > 3,7$ klinik olarak kabul edilemez renk değişimi ve çok yetersiz uyum olarak tanımlamaktadır (Powers et al., 1988, Johnston and Kao 1989, Eliades et al., 2001, Paravina et al., 2004, Karamouzos et al., 2007, Miyasaka et al., 2008).

İncelenen çalışmaların çoğunda renk değişiminin klinik olarak kabul edilebilir sınırı 3,7 birim olarak kabul edilmiştir (Eliades et al., 2001, Eliades et al., 2004).

2.3. İnsan Gözünün Rengi Algılayışı

Renk algısı, rengin psikofiziksel gerçekliğidir (Ahmad 1999, Berns 2000a, Gürel 2004). Göze gelen uygun dalga boylarındaki ışık enerjisi, öncelikle kornea, pupil ve lensten geçerek görme reseptörlerinin yoğun olarak bulunduğu retina kısmına odaklanır. Buradan göz sinirleri aracılığıyla beyindeki görme işlevinin anatomik merkezi olan görsel kortekse iletilir. Son aşamada algılanan objenin görüntüsü bir dizi fiziksel, fizyolojik ve psikolojik bütünleştirme sonucu oluşmaktadır (Şekil 17) (Anusavice 1996, Buck 2001, Rosenstiel et al., 2001, Chu et al., 2004a, Paravina and Powers 2004a).



Şekil 17. İnsan gözünün rengi algılayışı

<http://people.csail.mit.edu/fredo/PhotoSeminar05/Lectures/5%20Color.pdf>

Retinadaki görme reseptörleri iki ayrı grupta incelenir:

a) Çubuk (Rod) Reseptörleri: Çubuk şeklinde olan rod reseptörleri, karanlığa ve aydınlığa adaptasyondan sorumlu olup, gece görüşü için özelleşmişlerdir. Noktasal ışığa duyarlıdır. Uyarana yanıtları yavaştır ve renk algılama yetenekleri yoktur (Tremeau and Colantoni 2000, Buck 2001, Carsten 2003, Stanikunas et al., 2004). Temel işlev olarak objenin rengini değil sadece parlaklığının yani açıklığının ya da koyuluğunun algılanmasını sağlarlar (Chu et al., 2004a, Paravina and Powers 2004a).

b) Koni (Kon) Reseptörleri: Koni şeklinde olup, görme keskinliği ve renklerin görülmesinden sorumludurlar (Chu et al., 2004a). Sadece yoğun ışıkta satüre olurlar. Eksensel ışığa duyarlıdır. Koni hücrelerinin uyarana yanıtları hızlıdır (Tremeau and Colantoni 2000, Buck 2001, Carsten 2003, Stanikunas et al., 2004). Renk algısı ile ilgili olan koni reseptör hücreleri 3 çeşittir ve her bir koni hücresi farklı dalga boyuna hassastır. S-koni hücreleri düşük dalga boyu, M-koni hücreleri orta dalga boyu, L-koni hücreleri ise uzun dalga boyundaki ışık ışınlarına hassastır. İnsan gözünün algıladığı tüm renkler bu üç farklı koni hücresinden en az birinin uyarılmasıyla oluşur (Buck 2001, Carsten 2003, Paravina and Powers 2004a, Stanikunas et al., 2004). Yani, sağlıklı bir insanın renk görüşü, üç ayrı cins koni hücresinin uyum içinde çalışmasıyla mümkündür.

Renklerin algılanışı dış koşullara bağlı olarak değişir. Aynı renk, farklı aydınlatmalar altında farklı algılanabilmektedir (Rosenstiel et al., 2001, Chu et al., 2004a). İnsan görsel algısı, ışığın dalga boyundaki değişimleri ayırt etmede oldukça başarılıdır. (Buck 2001, Carsten 2003, Stanikunas et al., 2004).

2.4. Dış Hekimliğinde Renk Eşleştirmesini Etkileyen Faktörler

2.4.1. Kişiyeye Bağlı Faktörler

Renk algısı, kişiden kişiye veya aynı kişinin kendi içinde bile farklılıklar gösterebilen öznel bir olgudur. Renk algısında farklılıklara neden olabilecek etmenleri kısaca açıklamak gerekir (Johnston and Kao 1989, Bentley et al., 1999, Ahmad 2000, Chu et al., 2004c, Gürel 2004).

2.4.1.1. Renk Körlüğü

Renk körlüğü, bir kişinin kırmızı, yeşil, mavi veya bu renklerin karışımıyla ilgili görme kusurlarının mevcut olması demektir. ‘Renk görüş problemi’, genelde “renk körlüğü” teriminin yerine kullanılır. Bunun nedeni, renk körlüğünde kişilerin çoğunun bazı renkleri görebilmesidir. Renk körlüğü, kırmızı, yeşil ve mavi rengi bulmada yardımcı ışığa duyarlı renk pigmentlerinin üç tipinden bir veya daha fazlasının yokluğu veya eksikliğine bağlı oluşur. Bu pigmentler, insan gözünde renk algısına izin veren ışığa duyarlı koni hücrelerinde bulunur (Chu et al., 2004c, Cole 2004, Paravina and Powers 2004d, Moscardo and Alemany 2006).

Renk körlüğü olarak tanımlanan renkleri ayırt etme bozukluğu kadınlardan çok erkeklerde daha sık görülen bir anomalidir (Moser et al., 1985, Wasson and Schuman 1992, Rosenstiel et al., 2001, Paravina and Powers 2004d). Renk körlüğü görülme sıklığı oransal olarak erkeklerde %8, kadınlarda ise %0,4'tür. (Rosenstiel et al., 2001, Paravina and Powers 2004d, <http://www.saglikbilgisi.com/makale/Renk+k%C3%B6rl%C3%BC%C4%9F%C3%BC> Erişim Tarihi: 20.06.2010). En fazla görülen türü kırmızı ile yeşilin ayırt edilememesidir. Ender olarak bazı olgularda tüm renklerin ayırt edilebilirliği bozulmuştur (Johnston and Kao 1989, Rosenstiel et al., 2001, Cole 2004). Renk körlüğünün önemli bir etkisi, birçok insanın aynı gördüğü rengi renk körlüğü olan kişilerin farklı olarak algulamalarıdır. Ayrıca renk tonu, renk yoğunluğu ve renk parlaklığının ayırt edilebilirliği de azalmıştır. Bu da klinisyenler için önem arz etmektedir (Chu et al., 2004c).

2.4.1.2. Yaş

Yaşlanma, renk seçimi üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. Bunun sebebi, gözün kornea ve lensinin yaşlanma sürecinin doğal bir sonucu olarak zaman içerisinde sarılaşmasıdır. Buna bağlı olarak klinik uygulamalarda sarı-kahverengi seçimine eğilim artar. Sarı ile beyazın ayırımına varmak gittikçe zorlaşır. Bu süreç otuzlu yaşlarda başlar, ellili yaşlarda daha çok fark edilir. Altmışlı yaşlar ve sonrasında klinik açıdan önem taşıyan belirgin renk algısı bozukluğuna neden olabilir. Birçok insan altmışlı yaşlardan sonra beyaz, sarı, mavi ve mor renkleri doğru algılamakta zorluklar yaşayabilmektedir (Carsten 2003, Chu et al., 2004c, Gürel 2004, Paravina and Powers 2004d, <http://www.Optident.co.uk/downloads/news/Shade%20selection%20-%20accuracy%20and%20reproducibility.pdf>. Erişim Tarihi: 27.05.2009).

2.4.1.3. Yorgunluk

Renk algısı, fiziksel ve mental yorgunluklar sonucu bozulabilmekte ve kalitesi düşmektedir. Yorgunluk, renk tonu ve renk yoğunluğunun algılanmasını güçleştirerek etkili olmaktadır (Douglas 1997, Chu et al., 2004c, Gürel 2004). Ayrıca yorgunluğa bağlı olarak rengin bulanık algılanması da söz konusudur. Ardışık olarak yapılan renk gözlemleri, göz yorgunluğunun ilk nedenlerinden biri olabilir. Yorgunluk, yanlış renk seçiminin en genel nedenidir (Chu et al., 2004c, Gürel 2004).

2.4.1.4. Beslenme

Kişisel beslenme alışkanlıkları, göz sağlığı açısından çok önemli rol oynamaktadır. Makular dejenerasyon (retina merkezinin fiziksel bir rahatsızlığı, görüşün aşamalı kaybı), doymuş yağda yüksek oranda bulunan maddelerin büyük miktarda vücuda girişiyle ilişkili olduğu belirtilmiştir. Taze meyve ve koyu yeşil yapraklı sebzelerin yenmesi makular dejenerasyonun oluşmasını ertelediği ve şiddetini azalttığı da kanıtlanmıştır. Ayrıca, C ve E vitaminleri gibi antioksidanlarla bazı hastalıkların ilerlemesinin yavaşlatıldığı, çinko ve lutein içerikli besinler ve minerallerin göz sağlığı açısından önemli bir yere sahip olduğu da belirtilmiştir. Kişisel beslenme, gözlerin ve tüm vücudun sağlığı için gerekli faktördür (Chu et al., 2004c).

2.4.1.5. Duygusal Durum

Renk, aynı zamanda bir iletişim biçimi olarak da kullanılabilir. Dünyada birçok yerde kırmızı öfke veya tutkuyu akla getirirken, sarı sevinci, mavi ise hüznü temsil eder.

Genel olarak bilindiği gibi duygusal durumda pupillerin çapı etkilenir, dilatasyon ve konstrüksiyona neden olur (Okubo et al., 1998, Carsten 2003, Chu et al., 2004c).

2.4.1.6. Medikasyonlar

Birçok tedavi şeklinin görsel algıyı etkileyen yan etkilere yol açtığı belirtilmiştir. İlaçla tedaviler, görsel korteksten retinaya kadar görsel sistemin herhangi bir parçasında rol oynayabilir. İlaçların yan etkileri kişiden kişiye değişmektedir. Diş hekimleri, tüm dünyada depresyon tedavisi gören meslek gruplarının başında gelmektedir ve bu da renk algısını etkilemektedir. Bunun yanı sıra ilerleyen yaşa bağlı kullanılan ilaçlardan bazıları Viagra (Pfizer) objenin mavi algılanmasına yola açmaktadır. Bununla beraber mavi ve yeşil renklerin birbirine karıştırılması da gözlenebilir. Kadın klinisyenler için önemli ilaçlardan biri olan oral kontraseptifler, sarı-mavi ve kırmızı-yeşil renkler arasında seçiciliği azaltmaktadır. Bazı antiepileptik ilaçlar da renk algısını etkilemektedir (Girkin and Miller 2001, Carsten 2003, Chu et al., 2004c, Colzato et al., 2004, Paravina and Powers 2004d, Moscardo and Alemany 2006, <http://www.Optident.co.uk/downloads/news/Shade%20selection%20-%20accuracy%20and%20reproducibility.pdf>. Erişim Tarihi: 27.05.2009). Ayrıca ibuprofen (Steinhoff et al., 1997), aspirin, amoksisilin, lidokain temelli ilaçlar rengin algılanmasını olumsuz yönde etkilemektedir (Carsten 2003).

Günlük yaşamda kişilerin kullandığı alkol, kafein içerikli yiyecek ve içeceklerin de renk algısını olumsuz yönde etkilediği bildirilmiştir (Girkin and Miller 2001, Carsten 2003, Chu et al., 2004c, Colzato et al., 2004, Gürel 2004, Moscardo and Alemany 2006).

2.4.1.7. İki Göz Arasındaki Renk Algılama Farkları

Renk algılamasında bireyler arasında farklılıklar olabileceği gibi, aynı bireyin kendi içinde bile farklılıklar görülebilmektedir (Ahmad 2000, Gürel 2004). Bu sağ ve sol göz arasındaki algılama farklılığıdır. Bireyin gözleri arasındaki renk farklılığı çok küçüktür, fakat farklılık mevcutsa da giderilmelidir. Bunun kontrol edilmesi, düzenli aydınlatma altında iki obje alt alta yerleştirilerek yapılmalıdır. Objeler yan yana yerleştirildiği takdirde, sağdaki obje soldakinden az miktarda da olsa daha parlak, yani farklı gözükebilir. İki göz arasındaki renk algılama farklılıkları, objeler yer değiştirdiğinde hala sağdaki daha parlak gözükyorsa o zaman farklılıktan söz edilebilir. Buna göre klinikte, görsel renk eşleştirmesi işlemi yapılırken, renk rehberini dışın yanına değil de, altına veya üstüne yerleştirerek değerlendirmek olası hataların ortaya çıkmamasında yardımcı olur (Chu et al., 2004c, Gürel 2004, Moscardo and Alemany 2006).

2.4.2. Ortama Bağlı Faktörler

Renk algısı, ortamın olumlu ya da olumsuz etkisine oldukça duyarlıdır. Ortamın aydınlatma gerecinin türü, ışığın şiddeti renklerin algılanmasında önemli etmenlerdendir (Ochiai and Sato 2005).

2.4.2.1. Aydınlatma

Renk, aydınlatma olmaksızın ne doğru olarak algılanabilir ne de doğru bir şekilde değerlendirilebilir. Uygun şekilde rengi değerlendirmek için sadece uygun aydınlatmaya sahip olmak yeterli değildir. Fakat aydınlatmanın kalitesinin uygun olması başarı için gereklidir. Bu da doğru ışık şiddeti ve uygun aydınlatma gereci kullanılarak başılır (Carsten 2003, Chu et al., 2004c, Gürel 2004, Houser and Hu 2004).

2.4.2.2. Işık Şiddeti

En doğru renk algısını sağlayan koni hücrelerinin tam olarak işlevsel hale gelebilmesi için pupillerin yeterince açık olması gerekmektedir (Chu et al., 2004c). Işığın şiddeti, görsel algıyı pupiller çapının genişliğini belirleyerek etkilemektedir. Pupil çapının optimal duyarlılığı için en uygun ışık şiddeti 150-200 mumluk aydınlık miktarına eşittir. Renk eşleştirmesinden önce, ortamdaki ışık özel olarak üretilen cihazlarla ölçülerek, doğru renk analizi ve değerlendirmesini kolaylaştırır (Carsten 2003, Chu et al., 2004c, Houser and Hu 2004).

2.4.2.3. Aydınlatmanın Türü

Kullanılan aydınlatma türü de renk algılamasını önemli şekilde etkileyebilir (Carsten 2003, Chu et al., 2004c, Houser and Hu 2004). Farklı aydınlatma koşulları altında objelerin rengi farklı algılanabilir ve bu durum ‘metamerizm’ olarak adlandırılır. Buna göre, bir objenin rengi belirtilirken ışık kaynağının da belirtilmesi gerekmektedir (Powers 2002,

http://www.laboshop.com/fileadmin/media/ga/21886_ga_enu.pdf Erişim Tarihi: 15.12.2010). CIE tarafından renk algısında etkili olan aydınlatma temelli sınıflandırma, bir sistem halinde ilk kez 1931 yılında hazırlanmıştır. Bu raporda, CIE üç standart aydınlatma belirtmiştir ki bunlar A, B ve C'dir. Daha sonra bu seriye D aydınlatması, kuramsal E aydınlatması ve doğrulanmamış floresan serisi olan F aydınlatması eklenmiştir (Chu et al., 2004c). Bu aydınlatma tiplerini kısaca tanımlamak gerekirse;

*A: Yaklaşık 2856 K (Kelvin) değerinde ısı yayan, sarı-kırmızı dalga boyunda ışık veren tungsten lambalardır. Genellikle parlak görme koşullarını taklit eder.

*B: Bir tungsten ışık kaynağı olup, sıvı bir filtreye 4874 K civarı ısı yayan, direkt güneş ışığını taklit etmesi için birleştirilmiştir. Günümüzde çok nadir kullanılır.

*C: Bir tungsten ışık kaynağı olup, sıvı bir filtreye 6774 K civarı ısı yayan, indirekt güneş ışığını taklit etmesi için birleştirilmiştir. Birçok çalışmada kullanılmasına rağmen, güneş ışığı ile arasında mükemmel denebilecek kadar bir benzerlik yoktur.

*D: Renk sıcaklığı 5000 ve 6500 K değerinde olup, bu nedenle D50 ve D65 olarak adlandırılan, pek çok alanda standart aydınlatma cihazı olarak kullanılan lambalardır.

*E: Her bir dalga boyundaki eşit miktarlardaki enerjinin yer aldığı kuramsal ışık kaynağıdır. Bu aydınlanma gerçekte var olamaz, fakat renk kuramcıları tarafından faydalı bir anlam taşır.

*F: Bu sınıfta, tungsten gereçler dışındaki floresan aydınlatma gereçleri bulunur. Standart aydınlatmada kullanılmaları uygun değildir. Çünkü, periyodik olarak bu kaynaklar bir dalga boyunda enerji artışı gösterirler (Chu et al., 2004c, Bayındır ve Wee 2006, Park et al., 2006, http://www.laboshop.com/fileadmin/media/ga/21886_ga_enu.pdf Erişim Tarihi: 15.12.2010).

Renk seçimi sırasında önerilen ışık kaynakları D sınıfındaki gereçlerdir. Bunun nedeni, spektral güç dağılımlarının, homojen gün ışığına oldukça fazla benzerlik

göstermesidir (van Tright 1999, Chu et al., 2004c). Renk eşleştirme işleminin gerçekleştirileceği ortamlar, genellikle sadece aydınlatma gereçlerinden gelen ışığın değil, gün ışığı gibi farklı pek çok başka kaynaktan ulaşan ışığın da etkisindedir. Bu durumda, renk seçiminde aydınlatma gereçleri kullanılacaksa tamamen karartılmış bir alan oluşturulmalı, gün ışığı kullanılacaksa renk eşleştirmesi 10⁰⁰-14⁰⁰ saatleri arasında yapılmalıdır. Aydınlatma gereciyle yapılan renk eşleştirmelerinde ışığın miktarı 150-250 mum arasında olması gerekirken, ortamın renk ısı 6500 K'i geçmemesine dikkat edilmelidir (Chiche and Pinault 1994, Paravina et al., 1997, Carsten 2003).

Bir ortam altında renkleri aynı olan objenin, başka bir ortamda renkleri arasında belirgin şekilde farklılıklar göstermesi olayına 'metamerizm' denir. Metamerizm, gelişen teknolojiye rağmen, dental uygulamalarda sorun oluşturmaya devam etmektedir ve renk seçimini güçleştirmektedir. Metamerizmi engellemek için klinisyenler seçim işlemi sırasında farklı ışık kaynakları kullanılabilirler (Chu et al., 2004c).

2.4.3. Doğal Diş Rengine Bağlı Faktörler

Doğal diş rengi, dentinden kaynaklanan ve mineden yansıyan renk veya renkler şeklinde tanımlanmıştır (Paravina and Powers 2004e).

Doğal dişlerin görüntüsü çok sayıda optik fenomen sonunda ortaya çıkmaktadır. Doğal dişlerin optik özelliklerini ortaya çıkaran ve onu taklit edilmesi güç hale sokan en önemli özelliklerden birisi, doğal dişi oluşturan farklı histolojik yapılarıdır. Optik özelliklerin oluşmasına dişin tabakaları olan mine, dentin ve pulpa katkıda bulunmaktadır. Dentin dişin ana renginin belirlenmesinde, mine ise yüzey özellikleri, geçirgenlik miktarı ve kalınlığı ile renk parlaklığına etki etmektedir. Mine tabakasının geçirgenliği arttıkça dentin renginin belirleyiciliği artmaktadır (Bosch 1987, Goodkind and Schwabacher 1987, van der Burgt et al., 1990, Fondriest 2003,

Chu et al., 2004c, Dozic et al., 2004, Johnston 2004, Joiner 2004, Paravina and Powers 2004e, Dozic et al., 2005, Pohjola et al., 2007). Renk yoğunluğundaki farklılık ise, esas olarak diş hacmindeki farklılıktan kaynaklanır. Genellikle kanin dişler en koyu dişlerdir (Goodkind and Schwabacher 1987, Fondriest 2003, Zaimoğlu ve Can 2004).

Mine tabakası, ağırlık olarak %97 oranında hidroksiapatit kristallerinden oluşmuştur. Bu nedenle minenin ışık geçirgenliği yüksektir. Dentinin ise %30'u kristallerden oluştuğundan ışık geçirgenliği daha düşüktür (Avery 2002). Mine tabakasındaki hidroksiapatit kristalleri ışığın mine içersinde kırılarak dağılmasına ve dentine ulaşmasına neden olur. Yarı geçirgen bu tabaka aynı zamanda dentinden yansıyan ışığın da geçişine izin vererek, doğal diş görüntüsünün oluşmasında en önemli rollerden birini oynar. Mine geçirgenliğindeki azalma tüm rengin olduğundan başka algılanmasına yol açar (Paravina and Powers 2004e).

Genç bireylerde mine tabakası kalın olduğundan ışığı yansıtma eğilimindedir. Böylece dentinin renk yoğunluğunu mümkün olduğunca maskeleymektedir. Zamanla mine tabakası aşınır, incilir ve dentinin rengi daha belirgin bir hal alır (Hasegawa et al., 2000a, Fondriest 2003, Paravina and Powers 2004e, Zaimoğlu ve Can 2004, <http://www.Optident.co.uk/downloads/news/Shade%20selection%20-%20accuracy%20and%20reproducibility.pdf>. Erişim Tarihi: 27.05.2009). Yaşlı dentin veya sklerotik dentin daha koyudur ve rengi daha çok yeşil-mavi renktedir (Goodkind and Schwabacher 1987, Hasegawa et al., 2000a, Paravina and Powers 2004e). Genç bireylerde pulpa odası hacmi ve pulpa dokusu daha geniş olduğundan kırmızı yoğunluğunun fazla olduğu görülür (Fondriest 2003). Buradan yola çıkarak dişlerin kole bölgesinin ana rengi her zaman orta üçlü ve insizal üçlüdeki ana renkten daha fazla bu kırmızı rengin etkisindedir (Goodkind and Schwabacher 1987, Fondriest 2003). Renk yoğunluğu yaşla artarken, renk tonunda herhangi bir değişiklik olmaz (Goodkind and Schwabacher 1987, Fondriest 2003, Zaimoğlu ve Can 2004).

Doğal Dişlerin Translüsentlik Özelliği: Genel olarak translüsentliğin en fazla olduğu dişler yan kesici dişlerdir. Dentin içermeyen insizal kenar ve aproksimal bölgelerin de yüksek oranda ışık geçirgen, translüsent bir görünümü vardır. Dişlerin

en önemli özelliklerinden olan translüsentliğin artması, göze yansıyan ışığın azalmasına bağlı olarak renk parlaklık değerinin azalması anlamına gelir (Fondriest 2003, Paravina and Powers 2004e).

Doğal Dişlerin Floresanslık Özelliği: Bir obje tarafından ışığın absorpsiyonu ve daha sonra uzun bir dalga boyunda yayılması olarak tarif edilebilir. Doğal dişler özellikle dentin tabakasının organik madde içermesi nedeniyle floresan özellik gösterir (Fondriest 2003, Paravina and Powers 2004e).

Doğal Dişlerin Parlaklık Özelliği: Doğal dişlerin yüzeyleri pürüzsüz değildir. Diş yüzeyinde perikimata denen yatay ince oluklar mevcuttur. Bu yapı dişe gelen ışığın davranışını dolayısıyla da diş renginin algılanmasını da etkiler (Sorensen and Torres 1987). Pürüzlü yüzeye gelen ışığın dağınık yansımından dolayı diş düşük bir parlaklığa sahip olacaktır. Dişin parlaklığının en az olduğu alanlar kole ve daha sonra da insizal kenarlardır. Parlaklığın en fazla olduğu bölge ise dişin orta üçte birlik bölümüdür (Fondriest 2003).

Dişlerden Kaynaklanan Renk Eşleştirme Güçlüğü:

- a) Diş renklerinin homojen olmaması
- b) İç yapılarının ve yüzey özelliklerinin karmaşık görünüme sahip olması
- c) Belli bir düzeyde floresan özelliklerinin olması
- d) Şeffaf ve yarı şeffaf alanlar içermesi
- e) Yaşa bağlı olarak form ve renk özelliklerinin değişmesidir (Chu et al., 2004c).

2.4.4. Objeye Bağlı Faktörler

Objelerin rengi, farklı dalga boylarında, farklı ışımaya özellikleri taşıyan bileşenlerden oluşabilir. Algıladığımız renkler, genellikle sadece bir dalga boyunun

baskın olduğu durumlarda oluşmaz. Farklı dalga boylarının birbiriyle etkileşimleri, algıladığımız renkleri oluşturabilir (Leinfelder 2000, Heffernan et al., 2002, Wee et al., 2002, Ertan and Sahin 2005, Wee et al., 2005, Shokry et al., 2006).

Gözler gerçek olmayan şeyleri görmeye ikna edilebilir. Bunlar optik illüzyonlar ve kontrast etkiler şeklinde kategorize edilebilir. Kontrast etkisi, renk algılamasını ve rengi açık ve objektif bir şekilde değerlendirebilme yeteneğini belirgin biçimde değiştirir. Kontrast etkileri temel olarak eş zamanlı, alansal, uzaysal, ardışık olarak dört gruba ayrılır (Gürel 2004, Westland 2004).

2.4.4.1. Eş Zamanlı Kontrast

En az iki obje aynı anda gözlemlendiğinde söz konusudur. Bununda koyu/açık, ton ve yoğunluk (doygunluk) kontrastı olarak alt grupları mevcuttur.

a) Koyu/Açık Kontrastı: Bir objenin açık renkli olması, kontrast sağlayan zemin veya çevrenin açıklığından etkilendiği için, açık renkliliğin görsel olarak değerlendirilmesi güvenilir olmayabilir. Eğer çevreleyen zemin koyu ise obje daha açık renkli, zemin açık renkse obje daha az açık renkli görülür.

b) Ton Kontrastı: İki kromatik renk bir araya getirildiğinde, algılanan ton zeminden çok tamamlayıcı renge daha yakındır. Dışın kırmızı bir zeminde algılanan tonu yeşildir. Bu bilgi doğrultusunda, dışerde baskın olarak bulunan turuncu tonunu daha iyi ayırt etmek için önce açık mavi bir zemine bakarak gözlerimizi hazırlayabiliriz.

c) Doygunluk Kontrastı: Gri zemindeki obje düşük doygunluğa sahip olduğundan daha açık renkli görünür. Kendi ile aynı tondaki zemin üzerinde ise, zeminin doygunluğundaki artıştan dolayı soluk görünür (Chu 2002, Egger 2003, Chu et al., 2004c, Gürel 2004, Paravina and Powers 2004a, Westland 2004).

2.4.4.2. Alansal Kontrast

Görsel renk algılaması objenin büyüklüğünden de etkilenir. Aynı renkte olan iki objeden büyük ebatlı olan daha açık renkli görünürken, küçük olan daha koyu gözüktür. Tam tersi de geçerlidir. Yani, daha açık renkli obje daha büyük görünürken, daha koyu renge sahip obje ise daha küçük gözükecektir (Chu 2002, Chu et al., 2004c, Gürel 2004, Paravina and Powers 2004a).

2.4.4.3. Uzaysal Kontrast

Uzaysal kontrastlık, objenin pozisyonlanmasından etkilenmektedir. Daha geride konumlanmış bir obje daha küçük ve daha koyu renkli algılanırken, gözlemciye daha yakın olan obje daha iri ve parlak görünecektir (Chu 2002, Chu et al., 2004c, Gürel 2004, Paravina and Powers 2004a).

2.4.4.4. Ardışık Kontrast

Üst üste kontrast, bir rengin gözlemlenmesinin hemen ardından bir başka rengin gözlemlenmesi durumunda ortaya çıkan bir olgudur. Göz, objeyi gözlemlemeyi bıraktıktan sonra görsel algılamasının kısa süre ile zihinde devam ettiği bu olguya bir örnektir (Chu 2002, Chu et al., 2004c, Gürel 2004, Paravina and Powers 2004a).

2.5. Diş Hekimliğinde Renk Seçimi

Estetik diş hekimliği, esas olarak diş hekimi ve diş teknisyenlerinin sanatsal becerisine bağlı olmakla beraber konuyla ilgili bilimsel ilkelerin bilinmesi ve uygulanması son derece önemlidir. Diş hekimliğindeki materyallerin renk uyumu, yapılan restorasyonun estetik açıdan başarılı olmasında oldukça önemli yer tutmaktadır. Buna bağlı olarak öncelikle, dental restorasyonun uygulanacağı kişilerin diş renklerinin doğru bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir (Paravina and Powers 2004d). Diş hekimliğinde renk eşleştirmesi, birbirlerini tamamlayan görsel ve/veya aletsel yöntemlerin kullanımıyla gerçekleştirilmektedir (van der Burgt et al., 1990, Brewer et al., 2004a, Chu et al., 2004b, Paravina and Powers 2004c, Karamouzos et al., 2007, Paravina 2008).

2.5.1. Görsel Renk Eşleştirmesi

Doğal dişler ile estetik restoratif materyallerin görsel olarak renk eşleştirmesi, doğal dişlerin restoratif malzemeleri üreten ticari firmalarca üretilmiş renk rehberleriyle karşılaştırılması esasına dayanır ve en sık kullanılan yöntemdir (van der Burgt et al., 1985, van der Burgt et al., 1990, Goodkind and Loupe 1992, Douglas 1997, Rosenstiel et al., 2001, Wee et al., 2002, Cal et al., 2004, Joiner 2004, Cal et al., 2006, Pohjola et al., 2007, Al-Dosari 2010). Görsel renk analizi, gözlemcinin radyant enerji uyarılarına karşı oluşan psikolojik ve fizyolojik cevabına bağlıdır (Culpepper 1970, Douglas 1997, Berns 2000d, Joiner 2004). Yorgunluk, yaşlanma, duygusal durum, aydınlatma şartları, gözün önceki tecrübeleri, cisim ile aydınlatmanın pozisyonu ve metamerizm gibi birçok kontrol edilmesi zor etken tutarsız renk seçimine neden olmaktadır (Seghi et al., 1989a, Douglas 1997, Okubo et al., 1998, Berns 2000d, Russell et al., 2000, Joiner 2004, Cal et al., 2006, Ahn and

Lee 2008). Renk farklılıklarını saptamada çıplak gözle yapılan incelemeler hassas değildir ve gözlem sonuçları kişiden kişiye ve gözlem koşullarına bağlı olarak değişebilir (Seghi et al., 1986, Johnston and Kao 1989, Douglas 1997, Douglas and Brewer 1998, Karamouzos et al., 2007, Khurana et al., 2007, Al-Dosari 2010). Görsel renk eşleştirmesi, diş renklerinin ticari renk rehberlerini standart kabul etmekte ve bu eşleşme, öznel bir değerlendirmeye dayanmaktadır (Okubo et al., 1998, Cal et al., 2004, Al-Dosari 2010).

Renk eşleştirmesiyle ilgili çalışmalar tekrarlanabilirlik ve güvenilirlik üzerine kurulmuştur (Judeh and Al-Wahadni 2009, Lagouvardos et al., 2009). Renk eşleştirmesinde tekrarlanabilirlik çalışmaları, uygulanan yöntemin aynı şartlar sağlanarak belli bir zaman dilimi sonrasında tekrarlanan eşleştirmelerin karşılaştırılması şeklindedir. Güvenirlik çalışmaları ise, taklit edilmesi istenilen doğal diş ile bu iş için eşleştirilen rengin örtüşüp örtüşmediği esasına dayanır.

Görsel değerlendirmelerde Munsell Renk Sistemi kullanılmaktadır. Renk, mevcut renk rehberleriyle karşılaştırılarak eşleştirme yapılır (Brewer et al., 2004a). Görsel renk eşleştirmesi, Munsell Renk Sistemini esas alarak üretilmiş renk rehberleri ile gerçekleştirilir. Ancak görsel eşleştirmede kullanılan bu rehberler aynı zamanda sistemin en zayıf halkalarından birini de oluştururlar (Li and Wang 2007):

a) Eşleştirme yapılacak dişin merkezi ve kenarları arasındaki renk, şekil, yapı farklılıkları ve parlama gibi nedenlerle gözlemciler tarafından farklı yorumlanabilmeleri (Okubo et al., 1998, Paravina et al., 2002, Cal et al., 2004),

b) Görsel yöntemde renk rehberlerinin yeterli renk aralığına sahip olmamaları ve sistematik olmayan dağılım göstermesi (Schwabacher and Goodkind 1990),

c) Renk rehberlerinin yapısını oluşturan katmanların doğal dişlerinkinden farklılık göstermesi (Egger 2003),

d) Mevcut renk rehberlerindeki yetersiz çeşitlilik (Preston et al., 1978, Analoui et al., 2004),

e) Renk rehberlerinin üreticiden üreticiye değişebilmeleri (Sproull 2001b, Paravina 2002, Wee et al., 2002, Schulze et al., 2003, Chu et al., 2004b),

f) Aynı üretici tarafından piyasaya sürülen farklı renk rehberleri arasında bile küçük de olsa renk farklılıklarının mevcudiyeti gibi pek çok dezavantajı vardır(Sproull 2001a, Paravina 2002, Wee et al., 2002, Schulze et al., 2003, Chu et al., 2004b).

Görsel renk tespitinde sıklıkla kullanılan renk rehberlerinin, doğal diş renkleriyle (Schwabacher and Goodkind 1990) ve piyasada bulunan diğer renk rehberleri (Paul et al., 2002) ile birebir uyumunun olmaması, ve renk aralıklarının belli sistematik içersinde bulunmaması (Schwabacher and Goodkind 1990, Okubo et al., 1998) diş hekimleri ve diş teknisyenlerine birtakım sınırlamalar getirmektedir. Tüm bunlara rağmen, kullanımının kolay olması ve oldukça ekonomik olması gibi nedenlerle yaygın olarak kullanılmaktadır (Haywood and Heymann 1989, Eroğlu ve ark., 2007, Al-Dosari 2010).

Renk rehberleri çekilmiş dişlerle karşılaştırıldıklarında daha parlaktır. Aynı zamanda doygunlukları genellikle doğal dişlerden daha azdır. Buna göre renk rehberleri, doğal dişlerle mantıklı bir renk ilişkisi kurabilmek için çok uygun gereçler değildir (Paravina 2002, Wee et al., 2002, Schulze et al., 2003, Chu et al., 2004b). Ancak yine de diş hekimlerinin vazgeçemediği gereçlerdendir. Günümüzde en çok kullanılan renk rehberleri, Vita Lumin, Vitapan Classical, Chromascop, Vitapan 3D-Master, Vita Linearguide 3D-Master'dır (Lee et al., 2001, Chu et al., 2007).

2.5.1.1. Vita Lumin Vacuum Renk Rehberi (Vita-Zahnfabrik)

Vita Lumin renk rehberi, 1960'lı yıllarda (Sproull 1973) renk boyutlarının tanımlanmasında yer alan renk tonuna göre düzenlenmiştir (Brewer et al., 2004b, Park et al., 2006). Bu skalada 16 renk tablası mevcuttur. Renk tonu seçenekleri 4 seçenekte oluşturulmuştur ve A, B, C, ve D harfleriyle ifade edilmektedirler. Bunları açıklamak gerekirse:

A: Turuncu

B: Sarı

C: Sarı-gri

D: Turuncu-gri (Schwabacher and Goodkind 1990, Chu 2002, Wee et al., 2002, Chu et al., 2004b, Chu et al., 2007).

Doygunluk ve parlaklık ise rakamlarla ifade edilmektedir. Bu rehberde de Vitapan Classical renk rehberinde olduğu gibi 1 ile 4 arasında rakamlarla belirtilir (Resim 1). En az doygunluk ve en fazla parlaklığı temsil eden 1 nolu gruptur. Renk rehberinin rakamı arttıkça doygunluğu artmakta ve parlaklığı azalmaktadır (Schwabacher and Goodkind 1990, Lee et al., 2001, Chu 2002, Chu et al., 2004b, Chu et al., 2007).



Resim 1.Vita Lumin Vacuum renk rehberi

<http://www.chandlerscosmeticdentist.com/images/shade-design/vitapan.jpg>

2.5.1.2. Vitapan Classical Renk Rehberi (Vita-Zahfabrik)

Vitapan Classical renk rehberi 1998 yılının başlarında Vita Lumin Vacuum renk rehberinin adının değiştirilmesiyle piyasada yer bulmaya başlamıştır (Sproull 1973, Ahn and Lee 2008). Mevcut renk rehberleri, doğal dişlerin renklerine göre daha sınırlı bir renk dizisine sahiptir (Rosenstiel et al., 2001). Vitapan Classical renk rehberinde renkler, renk tonuna göre dizilmişlerdir (Sproull 1973, Brewer et al., 2004b, Paravina and Powers 2004c, Park et al., 2006, Paravina 2008). Vitapan

Classical renk rehberi 16 farklı renk tablasına sahiptir (Resim 2) (Brewer et al., 2004a).



Resim 2. Vitapan Classical renk rehberi

<http://www.dentexpo.org/images/vitapan-classic.gif>

Renk tonu harflerle kategorize edilmiştir:

A: Turuncu

B: Sarı

C: Sarı-gri

D: Turuncu-gri (kahverengi)

Renk yoğunluğu ve rengin parlaklığı da sistem numaraları ile belirtilmiş olup 1'den 4'e kadarki aralıkta dağılmıştır:

1- En az kromatik, en yüksek parlaklık

4- En fazla kromatik, en düşük parlaklık (Brewer et al., 2004a, Chu et al., 2004b, Gürel 2004, Paravina and Powers 2004c).

2.5.1.3. Chromascop Renk Rehberi (Ivoclar Vivadent)

Chromascop renk rehberinde anlatılan diğer renk rehberleri gibi renk tonu baz alınarak düzenlenmiştir (Brewer et al., 2004b, Paravina and Powers 2004c, Park et

al., 2006). Bu rehberde toplamda 20 renk tablası mevcut olup, renk tonu, doymunluk ve parlaklık rakamlarla ifade edilmektedir. Renk tonu belirlemede kullanılan numaralama sistemi Şu Şekildedir:

100: Beyaz

200: Sarı

300: Turuncu

400: Gri

500: Kahverengi

Sistemde doymunluk ve parlaklık ise farklı bir numaralama sistemiyle (10, 20, 30, 40) belirtilmektedir (Resim 3). Sayı arttıkça doymunluk artarken, parlaklık azalır. Bu numara sistemin iletişimde kullanıldığı hali Şu Şekildedir:

10 En az kromatik, en yksek parlaklık

40 En fazla kromatik, en az parlaklık (Lee et al., 2001, Wee et al., 2002, Brewer et al., 2004a, Chu et al., 2004b, Grel 2004, Paravina and Powers 2004c, Park et al., 2006).



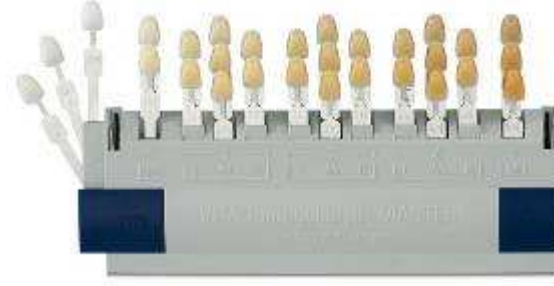
Resim 3.Chromascop renk rehberi

http://euromedicom.com.ua/published/publicdata/PROSTOSADA/attachments/SC/products_pictures/chromascop-1_enl.jpg

2.5.1.4. Vitapan 3D-Master Renk Rehberi (Vita-Zahfabrik)

Vitapan 3D-Master renk rehberi 1998 yılında geliştirilmiş olup, geleneksel olarak harf/numara ile sınıflama yapan bir sistem kullanarak diğer renk rehberlerinden benzersiz şekilde ve olumlu olarak ayrılmaktadır (Paravina et al., 2002, Chu et al., 2004b). Bu rehber farklı sektörlerde renk üzerinde çalışan uzmanların ortak çabalarıyla geliştirilmiştir. Bu rehber ile renk uzayı içerisinde daha sistematik bir dağılım ve doğal diş renklerini daha gerçekçi olarak taklit etmek amaçlanmıştır (Chu 2002, Wee et al., 2002, Marcucci 2003, Chu et al., 2004b, Baltzer and Kaufmann-Jinoian 2005). Bu renk rehberi, diğerlerinden farklı olarak renk parlaklığı temel alınarak düzenlenmiştir (Marcucci 2003, Paravina and Powers 2004c, Baltzer and Kaufmann-Jinoian 2005, Park et al., 2006) ve daha geniş renk sahasına rehberlik ettiği, daha iyi renk dağılımına ve de daha küçük içerik hatalarına sahip olduğu yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (Paravina et al., 2002, Analoui et al., 2004, Paravina 2008). Diş hekimleri arasında yapılan çalışmada yeni rehberin diş rengi ölçümlerinin tekrarlanabilirliği açısından renk tonuna göre tasarlanmış rehberlere oranla daha başarılı olduğu gözlenmiştir (Marcucci 2003, Baltzer and Kaufmann-Jinoian 2005, Park et al., 2006).

Vitapan 3D-Master renk rehberi parlaklık esas alınarak 5 ana gruba ayrılmıştır. Ana grupların alt grupları ise, birinci ve beşinci gruplarda üç, ikinci, üçüncü ve dördüncü renk gruplarında ise yedi renk anahtarı içerir (Resim 4) (Rosenstiel et al., 2001, Chu 2002, Wee et al., 2002, Marcucci 2003, Brewer et al., 2004a, Chu et al., 2004b, Paravina and Powers 2004c).



Resim 4. Vitapan 3D-Master renk rehberi

http://vident.com/files/2009/02/3d_w_bleach_tabs1.jpg

Sistemde renk eşleştirmesi üç aşamada gerçekleştirilir. İlk aşamada renk parlaklığı belirlenir. Rehberde 1'den 5'e kadar olan grup renk parlaklığı seçimi için düzenlenmiştir. Renk seçimi yapılırken komşu doğal dişlerin parlaklığına en yakın grup belirlenir. Gruplar, 1'den 5'e doğru ve kademeli olmak üzere:

1: En parlak

5: En az parlak şeklinde düzenlenmiştir.

Parlaklık belirlendikten sonra rengin yoğunluğu seçilmelidir. Her grubun ortasındaki, M ile ifade edilen grubun renk yoğunluğu dereceleri 1'den 3'e kadar bulunmaktadır. Numaralar büyüdükçe rengin yoğunluğu da artmaktadır. Buna göre doğal dişe en yakın olan numara seçilerek gerçekleştirilir.

En son olarak ise ana renk, yani renk tonu belirlenmektedir. Rehberde M ile ifade edilen grubun sağında ve solunda bulunan L ve R gruplarında ikişer adet renk anahtarı bulunur. L grubu sarı, R grubu ise kırmızı renk tonlarını daha fazla içerir. Renk tonu da tespit edildikten sonra renk eşleştirme işlemi tamamlanır (Lee et al., 2001, Marcucci 2003, Brewer et al., 2004a, Chu et al., 2004b, Paravina and Powers 2004c, Ahn and Lee 2008, http://www.vita-zahnfabrik.com/resourcesvita/shop/en/en_3053249.pdf Erişim Tarihi: 11.04.2011).

2.5.2. Aletsel Renk Eşleştirmesi

Teknolojideki ilerlemeler iletişim teknolojilerini ve biçimlerini etkileyerek modern topluma yön vermektedir. Bu durum günümüz diş hekimliğinde de ilerlemelerin önünü açmaktadır. Öte yandan renk biliminin subjektifliği yıllardır diş hekimlerinin karşısına ciddi bir sorun olarak çıkmaktadır (Chu et al., 2004d). Renk eşleştirmesi, bireysel değişkenlerin etkisine fazlası ile açık olduğundan, bu etkilerden olabildiğince uzak ve nesnel bir yöntemle duyulan gereksinim giderek artmaktadır. Renk ölçüm cihazının kullanılması, bu tip hatalardan arınmaya ve böylece tarafsız, tekrarlanabilir sonuçlar elde etmeye olanak sağlamaktadır (Douglas and Brewer 1998, Hugo et al., 2005).

Estetik restorasyonların renk bileşenlerinin oluşturulması sırasında ölçütlerin doğru olarak tanımlanması ve aktarılması restorasyonun nihai başarısı üzerinde tamamlayıcı rol oynamaktadır. Geleneksel renk seçim prosedürleri, renge ilişkin bilgilerin aktarılmasını kısıtlı seviyede başarabilirken, aletsel renk eşleştirmesi ile standardizasyon sağlanabilmektedir. Görsel sistemle karşılaştırıldığında aletsel sistemler daha ayrıntılı ve tutarlı eşleştirmelerin sağlanmasına yardımcı olmaktadır (Paul et al., 2002, Chu et al., 2004d).

Aletsel renk analizi, dental materyallerdeki renk farklılıklarının incelenmesi için kullanılan hassas bir kantitatif tekniktir. Aletsel renk analizi optik aletlerle test edilen ve örnekten yansıyan ışığın analiz edilmesiyle yapılır. Aletsel renk analizinde temel olarak spektrofotometreler ve kolorimetreler kullanılmaktadır. Renkteki değişiklikler gözün algılama seviyesinin altına indiğinde bile spektrofotometrik ve kolorimetrik renk ölçümleri sayısal değerler verir, tekrarlanabilir ve güvenilir sonuçlar elde edilebilir (Kim and Um 1996, Okubo et al., 1998, Paravina and Powers 2004c, Miyasaka et al., 2008). Tekrarlanabilir, objektif, istatistiksel olarak değerlendirilebilir renk ölçümü verileri standardize edilmiş, kolorimetre ve spektrofotometre gibi renk ölçüm cihazlarıyla sağlanabilir. Munsell ve CIE L*a*b* renk sistemleri aletsel renk analizinde sıklıkla kullanılan sistemlerdir (Kolbeck et al., 2006).

Güncel kolorimetrik ve spektrofotometrik araçlar doğal diş ve dental materyallerin rengini güvenilir bir şekilde ölçebilmektedirler (Khurana et al., 2007, Miyasaka et al., 2008). Bu araçlar, CIEL*a*b* sistemini kullanarak renkleri ölçer ve nesnenin 3 boyutlu renk uzayında yerini ifade edecek biçimde 3 boyutlu koordinat değerleri (L*, a*, b*) olarak gösterirler. L* koordinatı rengin aydınlığını, a* değeri rengin kırmızı veya yeşil doygunluğunu (chroma) ve b* değeri ise rengin sarı veya mavi doygunluğunu (chroma) ifade eder (Douglas and Brewer 1998, Yannikakis et al., 1998, Vichi et al., 2004, Sarac et al., 2006b).

Öte yandan, kolorimetre ve spektrofotometre gibi aletlerin kullanımı çoğunlukla daha karmaşıktır ve çok katmanlı translüent objelerin bu aletler ile ölçümünde çok iyi sonuçlar elde edilmemiştir (Seghi 1990, van der Burgt et al., 1990). Cihazlar göreceli olarak geniştir ve bu nedenle kolayca taşınmaz. Mandibular dişlerin görüntülenmesi cihazın optik kısmının doğru bir şekilde pozisyonlanmasının farklılığından, cihazın boyut olarak büyüklüğünden ve sadece bir yöndeki (gingival-insizal) renk verilerinin okunabilir olmasından dolayı oldukça güçtür. Ayrıca bu cihazların en büyük sıkıntıları arasında aşırı hassas olmaları gelmektedir. Özellikle homojen bir renk dağılımı göstermeyen doğal dişlerde milimetrik oynamalar, oldukça farklı renk eşleştirmeleri ile sonuçlanabilmektedir. Ayrıca, prob çapı 5 mm olması nedeniyle küçük hacimli dişlerin renk ölçümlerinde sıkıntılar yaşanmaktadır (Vita Easy Shade Türkçe Kullanma Kılavuzu, Germany).

2.6. Bulanık Mantık

Her insan, günlük hayatında kesin olarak bilinmeyen, bazen de temelini irdelemeden kesinmiş gibi düşündüğü, ama sonuçta kesinlik arz etmeyen durumlarla karşılaşabilir. Bu durumların sistematik bir şekilde önceden planlanarak sayısal öngörülerin yapılması ancak bir takım kabul ve varsayımlardan sonra mümkün olabilmektedir. Gerçek dünya karmaşıktır (Zadeh 1973, Ross 1995b, Passino and Yurkovich 1998, Şen 2004a, Subaşı ve ark., 2008). İnsan beyni de dünyanın en

karmaşık makinesi olarak kabul edilebilir. İnsan beyni sayısal bir işlemi birkaç dakikada yapabilmesine karşın; idrak etmeye yönelik olayları çok kısa bir sürede yapar. Örneğin, bir araç sürücüsü, yağışlı havada tehlikeden ne kadar uzakta olduğunu sayısal olarak bilemez ama tecrübeleri sayesinde tehlikeyi hissedip hızını azaltır (Şen 2004b, Elmas 2007c). Bulanık mantık temeline dayanan yangın alarm sistemini Almanya'nın devlet dairelerine ait arşivlerin saklandığı alanda kullanılmaktadır. Buna göre, yangın alarmı sigara dumanı algıladığı her durumda devreye girmemektedir. Bulanık mantık yöntemine göre düzenlenen yangın alarmında dumanın varlığı yanında dumanın yoğunluğu, süresi, ani sıcaklık artışı, ortamdaki nesnelere yanma esnasında ortaya çıkan ses gibi birçok etmenin oluşmasıyla devreye girdiği belirtilmektedir (Çömlekçi S2010, Sözlü görüşme). Bu noktada, bir bilgisayar yardımı ile böyle bir yapay zeka üretebilmenin mümkün olup olmadığı akla gelmektedir. Bilgisayarlar çok karmaşık sayısal işlemleri anında çözümleyebilmelerine karşın, idrak etme ve deneyimlerle kazanılmış bilgileri kullanabilme noktasında çok yetersizdirler. Bu olayda insanı ve insan beynini üstün kılan temel özellik, sinirsel algılayıcılar vasıtasıyla kazanılmış ve göreceli olarak sınıflandırılmış bilgileri kullanabilmesidir. Uzman Sistemler (US), Genetik Algoritma (GA), Yapay Sinir Ağları (YSA) ve Bulanık Mantık (BM) gibi yapay zeka alt dalları özellikle son yıllarda geniş bir araştırma ve uygulama alanı bulmaktadır (Şen 2004b, Elmas 2007c).

Bulanık Mantık, insan davranışlarına benzer bir şekilde mantıksal uygulamalarla, bilgisayarlara yardım eden bir bilgisayar mantık devrimidir. Bulanık mantık kavramını basit bir şekilde anlamak için, 'biraz sıcak', 'hemen hemen doğru', 'çok hızlı' vs. cümlelerine bakılacak olursa, bu cümlelerin matematiksel açıdan bir durum ifade etmemelerine karşın, bir problemi çözme açısından günlük hayatta kullanılan ve sıkça karşılaşılan örnekler olduğu görülür. Bulanık mantık, kelime anlamı olarak belirsiz bir durum içeriyor gibi görünse de, matematiksel uygulamalarda oldukça kullanışlı olmaktadır (Zadeh 1988, Altaş 1999).

Bu sistemde uzman bir kişinin bilgi ve deneyimlerinden yararlanılma yoluna gidilir. Uzman kişi az, çok, pek az, pek çok, biraz az, biraz çok gibi günlük hayatta sıkça kullanılan dilsel nitelikler doğrultusunda bir denetim gerçekleştirir (Wu 1994, Ross 1995b, Hines 1997, Elmas 2007c). Bu dilsel ifadeler doğru bir şekilde

bilgisayara aktarırsa hem uzman kişiye ihtiyaç kalmamakta hem de uzman kişiler arasındaki denetim farkı ortadan kalkmaktadır. Böylece denetim mekanizması esnek bir yapıya kavuşmaktadır. Temeli insanın herhangi bir sistemi denetlemedeki düşünce ve sezgilerine bağlı davranışının benzetimine dayanmaktadır. Buna bağlı olarak, bulanık denetim bu tür mantık ilişkileri üzerine kurulmuştur. Gerçek dünyada her an değişen durumlarda değişik sonuçlar elde edilebildiğinden dolayı bulanık mantık için, matematiğin gerçek dünyaya uygulanması denilebilir (Ross 1995b, Elmas 2007a).

Bulanık mantık denetleyicilerinin temeli bu tür sözlü ifadeler ve bunlar arasındaki mantıksal ilişkiler üzerine kurulmuştur. Sözel ifadelerin bilgisayara aktarılması matematiksel bir temele dayanmaktadır. Bu matematiksel temel, bulanık kümeler kuramı ve bulanık mantık olarak adlandırılır. Bulanık mantık bilinen klasik mantık gibi (0, 1) olmak üzere iki seviyeli değil, [0, 1] aralığında çok seviyeli işlemleri ifade etmektedir. Klasik mantık ikili mantık sistemi olmasına karşın, bulanık mantık sadece iki değerli değil çok değerli bir mantık sistemidir. Bir önermenin klasik mantıkta karşılığı ya doğrudur ya da yanlıştır. Klasik mantıkta siyah ve beyaz dünyalar vardır; gerçek asla hem siyah hem beyaz, yani gri olamaz. Bulanık mantık ise gerçeğin her zaman o kadar kesin olmayacağını, doğrunun bir derecesi olduğunu ifade eder. Bir önerme az doğru yada çok doğru türünde ifade edilebilir (Zadeh 1965, 1973, Ross 1995b).

2.6.1. Bulanık Sistemlerin Gelişimi ve Kullanım Alanları

Belirsizliği açıklayıcı öncü kavramlar 1930'lu yıllarda Amerikalı filozof Max Black tarafından geliştirilmiş ve bu yaklaşım ilk defa Amerika Birleşik Devletlerinde düzenlenen bir konferansta 1956 yılında duyurulmuştur (Kıyak ve Kahvecioğlu 2003). Ancak bu konudaki ilk ciddi adım 1965 yılında Lotfi A. Zadeh tarafından yayınlanan bir makalede bulanık mantık veya bulanık küme kuramı adı altında ortaya konulmuştur. Zadeh bu çalışmasında insan düşüncesinin büyük çoğunluğunun

bulanık olduğunu, kesin olmadığını belirtmiştir. Ayrıca Zadeh insanların denetim alanında, mevcut makinelerden daha iyi olduğunu ve kesin olmayan dilsel bilgilere bağlı olarak etkili kararlar alabildiklerini savunmuştur (Zadeh 1965, 1973, 1988, 1997, Allahverdi 2002, Yalçın ve ark., 2004, Elmas 2007a). Zadeh, bulanık küme teorisinin en büyük yaklaşıklıkla insanın karar verme sistemini modelleyebilecek yeterlilikte olduğu fikrini ortaya atmış ve bu doğrultuda çalışmalar gerçekleştirmiştir (Zadeh 1965, Murat 2006). Klasik denetim uygulamalarında karşılaşılan zorluklar nedeniyle, bulanık mantık denetimi alternatif yöntem olarak çok hızlı gelişmiş ve modern denetim alanında geniş uygulama alanı bulmuştur (Yalçın ve ark., 2004, Elmas 2007a).

Bulanık mantığın genel özellikleri Zadeh tarafından şu şekilde ifade edilmiştir;

- 1) Bulanık mantıkta, kesin değerlere dayanan düşünme yerine, yaklaşık düşünme kullanılır.
- 2) Bulanık mantıkta her şey $[0,1]$ aralığında belirli bir dereceyle gösterilir.
- 3) Bulanık mantıkta bilgi büyük, küçük, çok az gibi dilsel ifadeler şeklindedir.
- 4) Bulanık çıkarım işlemi dilsel ifadeler arasında tanımlanan kurallar ile yapılır.
- 5) Her mantıksal sistem bulanık olarak ifade edilebilir.
- 6) Bulanık mantık matematiksel modeli çok zor elde edilen sistemler için çok uygundur (Zadeh 1965, 1973, 1988, Allahverdi 2002).

Bulanık mantığın ilk uygulaması, Mamdani tarafından 1974 yılında bir buhar makinesinin bulanık denetiminin gerçekleştirilmesi olmuştur. İkinci IFSA kongresi, 1987'de yapılmış olup, ilk bulanık mantık denetleyicileri sergilenmiştir. Bulanık kuramının uygulamalarının ürünleri Japonya'da 1990 yılında tüketicilere sunulmuştur. Örneğin, bulanık denetimli çamaşır makinesi, bu makine çamaşır cinsine miktarına, kirliliğine göre en etkili çamaşır yıkama ve su kullanım programını seçebilmektedir (Elmas 2007a). Bulanık mantık son yıllarda birçok mühendislik dallarında, psikolojik çalışmalarda, tıpta uygulama alanı bulmuştur (Passino and Yurkovich 1998, Allahverdi 2002, Kıyakve Kahvecioğlu 2003). Ev aletlerinde, metro ve uçak gibi ulaşım araçlarının işletiminde, veri

tabanlarının sözelleştirilmesinde tele-sekreterlerin cevaplamasında ve daha birçok alanda tüm dünyada kullanılır hale gelmiştir (Kıyak ve Kahvecioğlu 2003, Şen 2004a). Öyle ki 2009 yılında Japonlar tarafından bulanık mantık temelli geliştirilen algoritmayı kullandıkları alan oldukça ilgi çekici ve hayat kurtarıcı olması itibari ile dikkat çekmektedir. Yokohoma City Üniversitesi'nden Kenji Ohshige ve takımının geliştirdiği algoritma, bir kişiyi kısa bir süre dinleyerek ölüp ölmeyeceğine karar verebilmektedir. Programın geliştirilme sebebi ise acil yardım hattını arayan kişilerin ölüm riskini tespit etmek ve yalan söyleyip söylemediklerini ortaya koyabilmektedir. Algoritma telefon konuşmasında kısa bir süre dinlediği hastanın ya da yaralının durumunun ne kadar kritik olduğunu ölçerek, durumun ciddiyetine göre öncelik tanımayı amaçlamaktadır (<http://www.tumgazeteler.com/?a=5697149&cache=1>. Erişim Tarihi: 23.04.2011.).

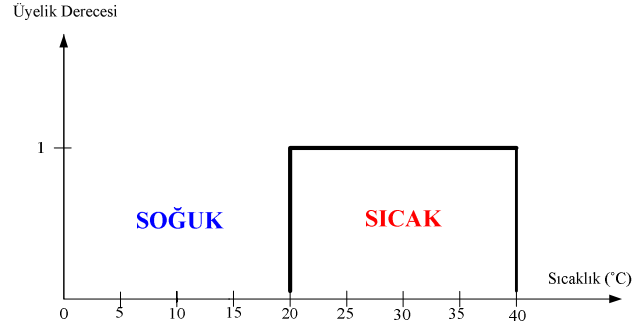
Bulanık mantık temelli sistemler, psikoloji, fen, mühendislik, tıp ve daha birçok alanda da yaygın olarak kullanılmaktadır (Zadeh 1997, Passino and Yurkovich 1998, Yalçın ve ark., 2004). Bulanık mantık yaklaşımı, makinelere insanların özel verilerini işleyebilme ve onların deneyimlerinden ve önsezilerinden yararlanarak çalışabilme yeteneği verir. Bu yeteneği kazandırırken sayısal ifadeler yerine sembolik ifadeler kullanılır. İşte bu sembolik ifadelerin makinelere aktarılması matematiksel temele dayanır. Bu matematiksel temel Bulanık Mantık Kümeler Kuramıdır (Elmas 2007a).

2.6.2. Bulanık Küme Kuramı ve Bulanık Mantık

Klasik küme kuramında bir eleman o kümenin ya elemanıdır ya da değildir. Hiçbir zaman kısmi üyelik olmaz. Nesnenin üyelik değeri 1 ise kümenin tam elemanı, 0 ise elemanı değildir. Bulanık mantık, insanın günlük yaşantısında nesnelere verdiği üyelik değerlerini, dolayısıyla insan davranışlarını taklit eder. Örneğin elini suya sokan bir kişi hiçbir zaman tam olarak ısısını bilemez, onun

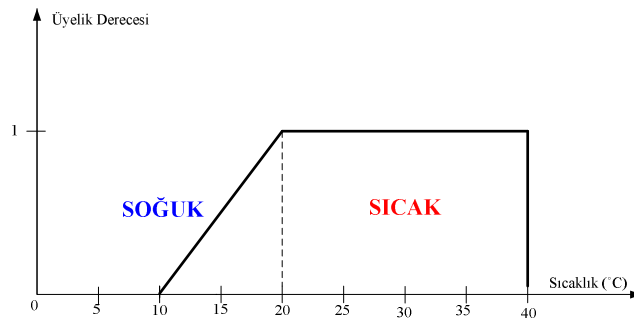
yerine sıcak, az sıcak, soğuk, çok soğuk gibi dilsel niteleyiciler kullanır (Ross 1995a, Elmas 2007b).

Klasik küme mantık kuramına göre sıcaklık 20°C ' nin altına düşerse sıcak değildir (Şekil 18). Doğal olarak bu mantığın hiçbir esnekliği yoktur. Gerçek dünyada ise sınırlar bu kadar keskin değildir.



Şekil 18.Sıcaklık değerleri için klasik küme örneği

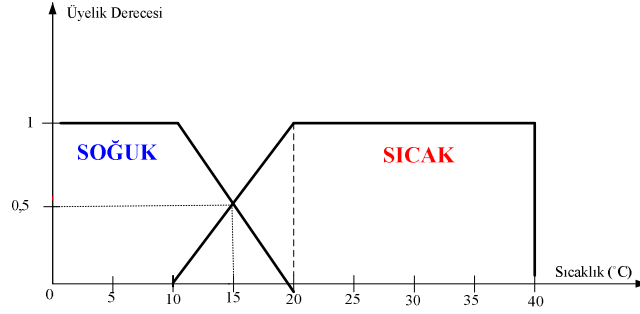
Klasik kümelerin aksine bulanık kümelerde elemanların üyelik dereceleri $[0,1]$ aralığında sonsuz sayıda değişebilir. Bunlar üyeliğin derecelerinin devamlı ve aralıksız bütünüyle bir kümedir. Keskin kümelerdeki soğuk-sıcak, hızlı-yavaş, aydınlık-karanlık gibi ikili değişkenler, bulanık mantıkta biraz soğuk, biraz sıcak, biraz karanlık gibi esnek niteleyicilerle yumuşatılarak gerçek dünyaya benzetilir (Şekil 19) (Ross 1995a, Elmas 2007b).



Şekil 19.Sıcaklık değerleri için bulanık küme örneği

Burada $10-40^{\circ}\text{C}$ arasındaki değerler sıcak kümesine üyedirler. Sıcaklık değerleri $20-40^{\circ}\text{C}$ arasındaki dereceleri 1'dir. Sıcaklıkların $10-20^{\circ}\text{C}$ arasındaki

değerleri ise üyelik dereceleri 0 ile 1 dereceleri arasında değişecektir. Başka deyişle örneğin 11°C az sıcak, 15°C biraz sıcak olarak değerlendirilecektir. Oda sıcaklığı 20°C kabul edilerek, soğuk bulanık kümesi oluşturulduğunda Şekil 20 elde edilir.



Şekil 20. Bulanık kümelerde örtüşüm

Burada, 15°C 0,5 üyelik derecesi ile hem sıcak bulanık kümesine, hem de soğuk bulanık kümesine üyedir. 10-20°C arasındaki değerler hem sıcak hem soğuk kümesine aittirler. Bu da bulanık kümelerin örtüşümü olarak adlandırılır. Bulanık mantık kesin olmayan ya da matematiksel olarak tam modellenemeyen bilgilerle ilgilenmesine rağmen, sözel nitelikli matematiksel kurama dayanmaktadır (Wu 1994, Elmas 2007a).

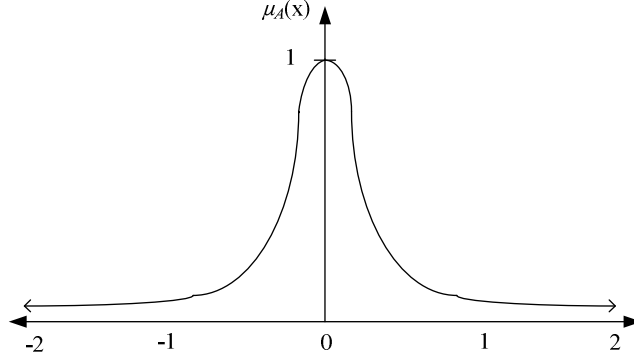
X evrensel kümesinde tanımlanan, bulanık küme A için μ_A üyelik işlevi şöyle ifade edilir;

$$\mu_A: X \rightarrow [0,1]$$

μ_A üyelik işlevi $[0, 1]$ kapalı aralığında gerçek bir sayıyı göstermektedir. Örnek olarak gerçek sayılar kümesinde üyelik işlevi $\mu_A(x)$ belirtilen eşitlikteki gibi tanımlanabilir.

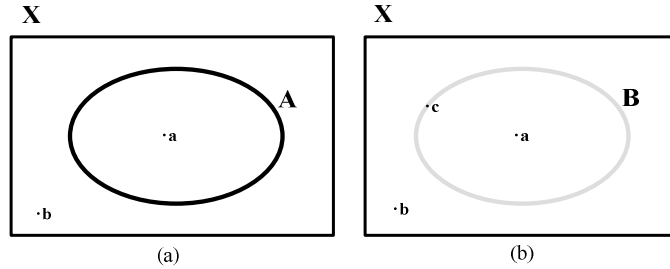
$$\mu_F = 1/1+10x^2$$

Örnek olarak, işlevin eğrisi Şekil 21’de görülmektedir.



Şekil 21.Üyelik işlevi eğrisi örneği

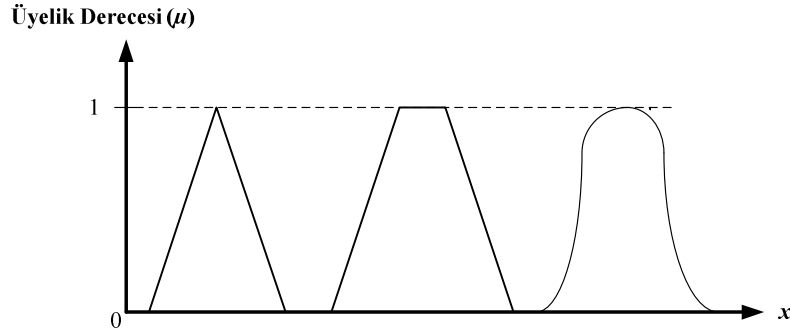
X evrensel kümesinde tanımlanmış A klasik kümesi ile B bulanık kümesi şekil 22’de görülmektedir.



Şekil 22.(a) A klasik kümesi (b) B bulanık kümesi

Bulanık mantık sisteminin temeli, üyelik işlevlerinden ortaya çıkarılan dilsel değişkenlerin oluşturduğu girişleri karar verme sürecinde kullanmaktır. Bu değişkenler, dilsel ‘eğer-o halde’ kurallarının ön şartları tarafından birbirleriyle eşleşirler. Her bir kuralın sonucu, girişlerin üyelik derecelerinden, durulaştırma metoduyla sayısal bir değer elde edilmesiyle belirlenir. Bulanık mantık sisteminin kural listesi ve işlev dizaynı için genellikle uzman işletmenden sağlanan bilgiler kullanılmaktadır. Üyelik işlevleri, şekil 23’de görüldüğü gibi üçgen, yamuk, çan eğrisi olarak kullanılmaktadır. Denetimi yapılan sistemin özelliğine göre bunların

dışında uygun bir işlevde kullanılabilir (Zadeh 1973, Ross 1995b, a, Hines 1997, Passino and Yurkovich 1998, Elmas 2007a).



Şekil 23. Üçgen, yamuk ve çan eğrisi üyelik işlevleri

Bulanık kümelerin üyelik işlevlerinin tanımlanmasında sayısal ve işlevsel olmak üzere iki yol vardır. Sayısal tanımlamada, bulanık kümelerin üyelik işlevini ve üyelik derecesini belirten sayılardan oluşmuş vektör olarak tanımlanır. Bu vektörün boyutu, uzaydaki süreksiz elemanların sayısına bağlıdır. İşlevsel tanımlama ise bulanık kümenin üyelik işlevini, tanım uzayındaki her bir eleman için üyelik derecesini hesaplayabilen analitik deyimlerle tanımlar. Üyelik işlevlerinde genel olarak gerçek sayılar kullanılır. Bu işlevler $[0,1]$ aralığında bir üyelik derecesine sahiptirler. Üyelik işlevleri genellikle küçük, orta, büyük olarak 3, küçük, orta küçük, orta, orta büyük, büyük olarak 5 veya bu şekilde tek sayılı etiketlerle tanımlanmaktadır (Elmas 2007a).

Sonuç olarak bir bulanık küme, o kümenin elemanları ve elemanlarının üyelik dereceleri ile oluşturulabilir. A, bir bulanık küme olmak üzere bu eşitliğin tanımı şu şekildedir;

$$A = \{u / \mu_A(u) \mid u \in U\}$$

Burada u , A kümesinin bir elemanı, $\mu_A(u)$ üyelik işlevi, U ise A kümesinin tanımlandığı evrendir.

2.6.3. Bulanık Çıkarım

Klasik mantıkta, verilen önermelerden bir sonuca varmaya çıkarım denmektedir. Klasik mantıkta önermeler kesin ve açıktır. Çıkarım ise önermelerin birbiri ile tam olarak uyduğu zaman yapılabilir.

Örneğin;

Önerme: Kuşlar uçar

Önerme: Serçe bir kuştur.

Çıkarım: Serçe uçar.

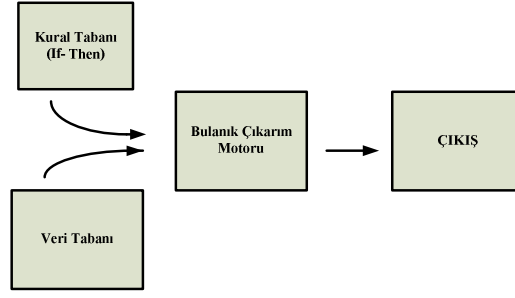
Bulanık sistemlerde girişler orta, soğuk, yüksek gibi dilsel değişkenlerden oluştuğundan dolayı; bu girişler hakkında sonuca varma ve karar verme ancak 'Eğer-O Halde (If-Then)' türünden kuralların kullanılması ile mümkündür (Zadeh 1973, Hines 1997, Passino and Yurkovich 1998, Elmas 2007a, Taşdemir ve Allahverdi 2009). Örneğin;

Bilgi: Çay çok sıcaksa, soğumasını beklerim.

Gerçek: Çay biraz sıcak.

Çıkarım: Biraz soğumasını bekleyin.

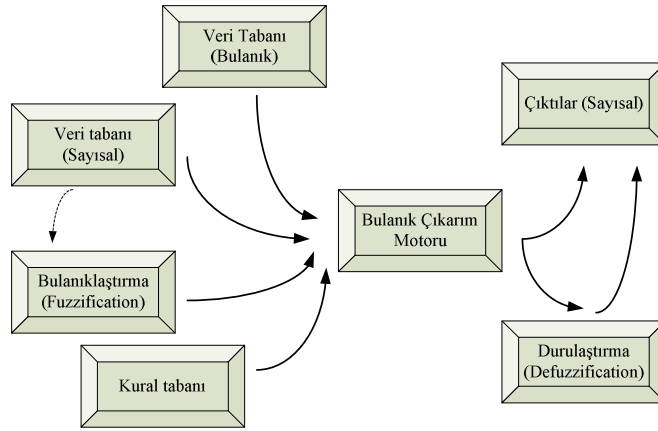
Bu örnekten de anlaşılacağı üzere, eldeki gerçeğin verilen bilgiden biraz farklı olması bulanık çıkarımda bir problem teşkil etmemektedir (Şekil 24) (Elmas 2007a).



Şekil 24. Bulanık mantık kuralları

2.6.4. Bulanık Mantık Temelli Sistemler

Bulanık mantık temelli sistemler genelde çeşitli birimlerden oluşmaktadır. Bu birimler sırasıyla bulanıklaştırma, kural işleme, durulaştırma ve çıktı bilgileridir (Şekil 25) (Ross 1995a, Allahverdi 2002, Murat 2006, Taşdemir ve Allahverdi 2009).



Şekil 25. Bulanık sistem (Fuzzy System)

Bu düzende, bulanıklaştırma sistemin ilk birimi olarak devreye girmektedir. Bu birime giren bilgiler, burada bir ölçek değişikliğine uğrayarak bulanıklaştırılmaktadır. Bu bilgilerin her birine bir üyelik değeri atanıp, dilsel bir yapıya dönüştürülerek buradan kural işleme birimine gönderilir. Kural işleme

birimine gelen bilgiler, kural işleme biriminde depolanmış olarak bulunan bilgi tabanına dayalı ‘eğer...o halde...’ (if...then...) gibi kural işleme bilgileri ile birleştirilir. Buradaki mantıksal önermeler, problemin yapısına göre sayısal değerlerle de kurulabilmektedir. En son olarak, problemin yapısına uygun mantıksal karar önermeleri kullanılarak elde edilen sonuçlar durulaştırıcı birime gönderilir. Bu birimde de bir ölçek değişikliği daha gerçekleştirilerek bulanık haldeki bilgilerin her biri gerçel sayılara dönüştürülür (Ross 1995a, Hines 1997, Kıyakve Kahvecioğlu 2003, Şen 2004a, Murat 2006, Taşdemir ve Allahverdi 2009, http://www.hkmo.org.tr/resimler/ekler/4CO8_3fa5a432ae55c25_ek.pdf Erişim Tarihi: 04.01.2011).

2.6.4.1. Bulanıklaştırma

Pratikte genel olarak, klasik küme şeklinde beliren değişim aralıklarının bulanıklaştırılması, bulanık küme, mantık ve sistem işlemleri için gereklidir. Bunun için, bir aralıkta bulunabilecek öğelerin hepsinin 1’e eşit üyelik derecesine sahip olacak yerde, 0 ile 1 arasında değişik değerlere sahip olması düşünülür. Bu durumda, bazı öğelerin belirsizlik içerdikleri kabul edilir. Bu belirsizliklerin sayısal olmayan durumlardan kaynaklanması halinde bulanıklıktan söz edilir (Ross 1995a, Allahverdi 2002, Kıyakve Kahvecioğlu 2003, Şen 2004c).

Bulanıklaştırma sürecinde ele alınan üyelik fonksiyonları, problemin yapısına ve amacına uygun olmalıdır. Genel anlamda üyelik fonksiyonları sezgisel, matematik, geometrik ya da istatistiksel yaklaşımlara dayandırılabilir (Ross 1995a, Kıyakve Kahvecioğlu 2003, Şen 2004c, http://www.hkmo.org.tr/resimler/ekler/4CO8_3fa5a432ae55c25_ek.pdf Erişim Tarihi: 04.01.2011).

Bulanık kümelerin kullanışlılığı, farklı kavramlara uygun üyelik derecesi fonksiyonlarını oluşturabilme becerisine dayanmaktadır. En sık kullanılan

fonksiyonlar kolaylık açısından ‘üçgen’, ‘yamuk’ ve ‘çan eğrisi’ şeklindedir (Kıyakve Kahvecioğlu 2003).

Bu şekilde çizilen fonksiyonlara bakıldığında, bir bulanık ifadenin üç özelliği anlaşılabilir. Bunlar:

*Bir kümede bulunan öğelerden en az bir tanesinin en büyük üyelik derecesi olan 1’e sahip olması gerekmektedir. Bu durum bulanık kümenin normal olduğunu gösterir.

*Üyelik derecesi 1 olan öğeye yakın sağdaki ve soldaki öğelerinde üyelik dereceleri 1’e yakın olmalıdır. Bu durumda bulanık kümenin monoton olduğu anlaşılır.

*Üyelik derecesi 1’e eşit öğeden sağa ve sola eşit mesafede gidildiğinde, buradaki öğelerinde üyelik derecelerinin birbirine eşit olması gerekir. Bu duruma da bulanık kümenin simetrik özelliği adı verilir (Kıyakve Kahvecioğlu 2003, Şen 2004c).

‘Bulanık küme’ kavramı, hassasiyetin arttırılması ya da esneklik açısından klasik kümelerinkine göre daha uygun olan bir yöntem olarak görülebilir. Aslında bu yaklaşım, klasik küme kuramlarında kullanılan üyelik kavramını rafa kaldırmayı amaçlamamaktadır. İki değerli üyeliği, çok değerli üyeliğe taşıyarak genelleme yapmayı hedeflemektedir (Kıyakve Kahvecioğlu 2003).

2.6.4.2. Kural İşleme Birimi

Bulanık mantıkta kurallar, ‘eğer....., o halde.....’ şeklinde koşullu durumlarla formüle edilirler (Hines 1997). Tüm girdi değişkenleri, sözel değişken değerlere çevrilerek, bulanık sonuç çıkarma adımı, güncel durum için kurallara dayandırılarak uygulanır ve çıkışta sözel değişkenlerin değerleri hesaplanır (Passino and Yurkovich 1998). Ayrıca, bir bulanık kural, ‘eğer....., o halde.....’ şeklinde sözel girdi ve çıktı terimlerine sahip olmalıdır. Buradan da anlaşılacağı gibi ‘eğer....’ kısmı durum, ‘o

halde.....' bölümü de sonuç yada karar kısmı olarak değerlendirilir (Hines 1997, Passino and Yurkovich 1998, Kıyak ve Kahvecioğlu 2003).

Bu durumda bulanık sonuç çıkarma hesaplarının, iki bileşeni olduğu anlaşılır.

1) Kümeleme: Kuralların 'eğer....' bölümlerinin hesaplanması.

2) Düzen: Kuralların 'o halde....' bölümlerinin hesaplanması (Zadeh 1973, Kıyak ve Kahvecioğlu 2003).

Bulanık mantıkta karşılaşılan, bulanık muhasebe yada diğer bir deyişle bulanık kural, bilinen gerçeklerin oluşturduğu bir küme için sonuçların türetildiği bir işlem katıdır (Kıyak ve Kahvecioğlu 2003).

2.6.4.3. Durulaştırma

Pratik uygulamalar için kesin sayısal değerlere gerek duyulmaktadır. Bu çalışmalarda bulanık değişken, küme, mantık ve sistemlerin bulanık olabilecek çıkarımlarının kesin sayılar haline dönüştürülmesi gerekir. Bulanık olan bilgilerin kesin sonuçlar haline dönüştürülmesi için yapılan işlemlerin tümüne birden durulaştırma işlemleri adı verilir (Kıyakve Kahvecioğlu 2003, Murat 2006).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmamıza Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nde farklı anabilim dallarında çalışan ve bu çalışmaya katılmak için gönüllü olandoktora öğrencileri ve araştırma görevlileri dahil edilmiştir. Katılımcılar 22 ile 35 yaş arasında (yaş ortalaması 26.46) seçilmiştir. Gönüllü bireyler, Dünya Tıp Birliği Helsinki Bildirgesi (whqlibdoc.who.int/emro/2004/9290213639_annex1.pdf, erişim tarihi: 17 Nisan 2010) doğrultusunda sözlü olarak bilgilendirilmiş ve her birinden yazılı onam formu alınmıştır. Çalışmamız için Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurulu'ndan onay alınmıştır (23.06.2009 tarih ve 04/08 sayılı karar).

3.1. Üzerinde Renk Eşleştirmesi Yapılacak Bireyin Çalışmaya Dahil Edilme Kriterleri

Çalışmamızdaki renk eşleştirme işlemleri, Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi doktora öğrencilerinden ve kriterlere uygun gönüllü bir (1) kişi üzerinde gerçekleştirilmiştir. Dahil etme kriterleri olarak; renk eşleştirilmesi yapılacak doğal diş (üst sol orta kesici diş) ve komşularının restorasyonsuz olması, ortodontik tedavi görmemiş olması, ağartma işlemi yapılmamış olması, vital olması, çürük lezyonunun mevcut olmaması, aşırı rotasyonlu olmaması, tetrasiklin renkleşmesi olmaması, florozis ve/veya malformasyon olmamasına dikkat edilmiştir. Katılımcı deney süresi boyunca tütün ürünleri, diş ağartma maddesi ve dişlerde renk değişimine neden olan içecekleri kullanmaması yönünde bilgilendirilmiş (Tung et al., 2002, Fani et al., 2007, Li and Wang 2007), ölçümlerden önce dişlerini 1 dk. süresince yumuşak diş fırçası (Oral-B Expert Soft no:35) ve geleneksel bir diş macunu kullanarak (Colgate Total 12 Clean Mint) el ile temizlemesi istenmiştir (Dozic et al., 2004, Moscardo and Alemany 2006, Li and Wang 2007).

3.2. Renk Eşleştirmesi Yapacak Bireylerin Çalışmaya Dahil Edilme Kriterleri

Diş rengi eşleştirmesi yapmak amacıyla Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nde çeşitli anabilim dallarında doktora öğrenimi görmekte olan ya da araştırma görevlisi olarak çalışan 57 birey bu çalışmaya katılmak için gönüllü olmuştur. Gönüllülere Ishiara renk körlüğü testi (Shinobu Ishiara Colour Blindness Test, 1958) uygulanmıştır (Ishihara 1998, Hammad 2003, Paravina 2008, Judeh and Al-Wahadni 2009). Gönüllü katılımcılarımızdan 3 erkek bireyde (%5.26) renk görüş yetersizliği tespit edilmiştir. Renk görüş yetersizliğine sahip bireylerin yüzdesi toplumun renk görüş yetersizliği ile ilgili genel ortalamasıyla örtüşmektedir. Renk görüş yetersizliği bulunmayan bireyler, renk eşleştirme uygulamasına etki edebilecek medikasyonlar açısından değerlendirilmiş ve bu noktada hariç bırakılan olmamıştır. Çalışmamıza 29 kadın ve 25 erkek olmak üzere toplam 54 birey dahil edilmiştir. Tüm gönüllü katılımcılardan yazılı onam formu alınmıştır.

3.3. Renk Eşleştirmesi Yapılacak Ortamın Standardizasyonu

Renk seçiminden önce ortamın standart hale getirilmesine yönelik olarak Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nde bulunan bir özel hasta kliniği, Dekanlık izni ile sadece bu çalışmada kullanılmak üzere günlük kullanımdan çıkarıldı ve aşağıda anlatıldığı gibi tasarlandı. Bu kliniğin iç bölümü, çepeçevre olmak üzere özel bir kabin ve ışık geçirmez siyah kalın kumaşla her türlü ışık kaynağından izole edildi. Bu şekilde dış ortamdan her türlü doğal ve yapay ışığın girişi engellendi. Tüm ölçümler bu klinikte gerçekleştirildi. Tüm eşleştirme işlemleri

için klinikteki dental ünite (Anthos A4, Imola, İtalya) ait, renk sıcaklığı 6500K değerindeki reflektör ışık kaynağı olarak kullanıldı (Resim 5). Colormeter (Sekonic Colormeter C-500 Prodigy Color, Nerima-ku, Tokyo, Japan) ve lightmeter (LX-1308 Light Meter, China) cihazlarıyla her eşleşmeden önce ortam aydınlatması ölçüldü ve standardizasyon sağlandı (Resim 6, 7) (Ryan et al., 2010). Dental ünit üzerindeki reflektör deformasyon özelliği oldukça az olan ölçü maddesiyle (Optosil Comfort Putty, Heraus Kulzer, South Bend, USA) sabitlendi (Resim 8). Böylece ünit, tetiyer ve reflektör çalışmanın sonuna kadar sabit bir şekilde tutuldu (Resim 9). Işık kaynağı, diş rengi eşleştirilecek katılımcının karşısından ve vertikal düzleme 45° açıyla gelecek şekilde ayarlandı. Eşleştirme yapacak kişinin eşleştirme yapılacak dişin tam karşısında durmasına dikkat edildi (Cho et al., 2007). Ölçüm esnasında, gözlemcilerin renk eşleştirmesi yaptıkları dişler ile yaklaşık olarak 50 ile 70 cm. uzaklıkta olacak şekilde konumlanmaları istendi (Judeh and Al-Wahadni 2009). Gözlemci gözlem kabine girdikten sonra gözleri bu karanlık ortama alışana kadar ölçüm öncesi belli bir süre beklendi (Fairchild and Reniff 1995, Paravina 2008).



Resim 5.Renk eşleştirilmesi yapılan standardize ortamın genel görüntüsü



Resim 6 ve 7.Ortam aydınlatmasını ölçen cihazlar (colormeter ve lightmeter)



Resim 8 ve 9.Reflektör kolunun eklem yerlerinin sabitlenmesinde kullanılan materyal ve görünüm

3.4. Kullanılan Renk Eşleştirme Yöntemleri

3.4.1. Görsel Renk Eşleştirme Yöntemi

Görsel renk eşleştirmesi için sıklıkla kullanılan bir eşleştirme rehberi olan Vita 3D-Master renk rehberi (Vita Zahnfabrik) kullanıldı. Renk eşleştirme işleminden önce, renk rehberindeki renk tablalarının üzerinde bulunan ve harf ve rakamlardan oluşan tanımlayıcı kodlar opak bir flaster ile kapatıldı. Daha sonra renk tablaları rehber üzerinde rastgele olacak şekilde konumlandırıldı (Resim 10, 11) (Okubo et al., 1998, Hammad 2003).

Renk eşleştirme işlemleri gözlemcilerin yorgun ve stresli olmadıkları, sabah saat 10⁰⁰ ile 12⁰⁰ arasında gerçekleştirildi (Fani et al., 2007). Gözlemcinin, eşleştirme yapacağı dişle arasında 50-70 cm. mesafe olacak şekilde ve eşleştirme yapacağı dişin tam karşısında olacak şekilde konumlanması sağlandı (Judeh and Al-Wahadni 2009). Daha sonra ışık kaynağı olarak kullanılan reflektör açıldı ve ortamın aydınlatma koşullarının standardizasyonu colormeter (Sekonic Colormeter C-500 Prodigy Color, Nerima-ku, Tokyo, Japan) ve lightmeter (LX-1308 Light Meter, China) cihazlarıyla kontrol edildi. Tablalarındaki renk kodları daha önce opak bir flasterle kapatılmış

olan renk rehberi gözlemciye verildi ve bireyin üst sol santral dişinin orta üçte birlik bölümü baz alınarak renk eşleştirmesi yapılması istendi (Chiche and Pinault 1994, Fairchild and Reniff 1995, Hammad 2003, Paravina 2008). Bu işlem sırasında gözlemcilere herhangi bir zaman sınırlaması getirilmedi. Ancak 10 sn içerisinde renk eşleştirmesi yapamayan gözlemcilerden, gözlerini dinlendirmeleri için gözlerini biraz kapatmaları ve daha sonra nötral gri bir alana bakmaları istendi (Hammad 2003, Paravina and Powers 2004c, Moscardo and Alemany 2006, Fani et al., 2007, Judeh and Al-Wahadni 2009). Gözlemci eşleştirme işlemini tamamladıktan sonra eşleştirilen renk tablasının tanımlayıcı kodunu gizleyen flaster açılarak kaydedildi ve tekrar opak flasterle kapatılarak diğer gözlemci gelmeden yeri değiştirildi (Resim 12, 13, 14).

Bu eşleştirme işlemi, katılımcıların renk hafızasının araştırma üzerindeki olası etkisinin elimine edilebilmesi amacı ile 1 ay sonra tüm basamakları ile tekrarlandı (Hammad 2003). Renk seçimlerinin kaydı sırasında, katılımcıların tekrarlayan eşleştirmede aynı rengi seçme başarısını göstermesi '1', başarısız olması durumunda ise '0' değeri ile kaydedildi ve sonuçlar istatistiksel işleme tabi tutuldu.

Eşleştirme yapılan renk tablalarının renk değerlerinin sayısal ortama aktarılabilmesi için bir spektrofotometre (VITA Easysshade, VITA Zahnfabrik, Germany) ile ölçümlerin yapılması gerekti; bu amaçla renk tablalarına uygun olarak akrilik rezinden (Pan Acryl Self Cure) bir standardizasyon şablonu hazırlandı (Resim 15). Gözlemcilerin seçtiği renk tablaları bu şablona yerleştirilerek spektrofotometre ile 3 kez ardı ardına orta üçlü kısımlarından ölçüm yapıldı (Resim 16, 17, 18, 19). Elde edilen 3 ölçümün L*, a* ve b* değerlerinin ortalaması alınarak kaydedildi. Bu kaydedilen L*, a* ve b* değerleri kullanılarak fabrikasyon tablaların birbirlerine göre renk farklılıklarını belirten ΔE değeri de elde edildi (Brewer et al., 1991, Berns 2000b, Wee et al., 2002, Luo 2004, Paravina and Powers 2004b, Jarad et al., 2005, King and deRijk 2007, Paravina 2008). Renk rehberini oluşturan her bir tablanın (toplam 26 adet) renk farklılığı ΔE formülüyle hesaplandı:

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$



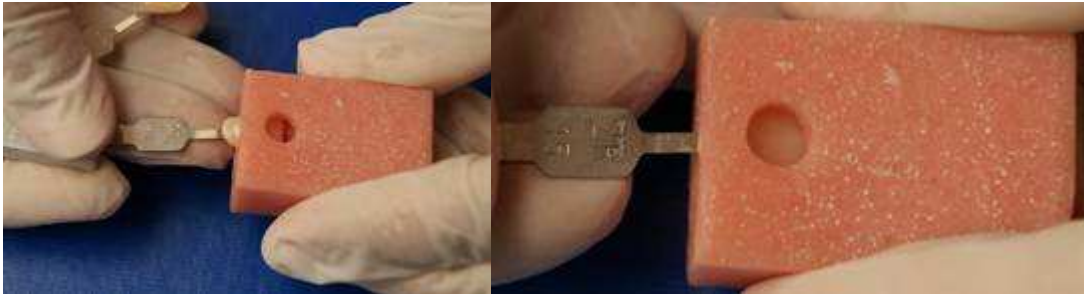
Resim 10 ve 11.Renk rehberindeki tablaların tanımlayıcı kodlarının gizlenmiş görüntüsü



Resim 12, 13 ve 14.Görsel renk eşleştirmesi ve seçilen renk kodunun kaydedilmesi



Resim 15.Akrilik rezinden hazırlanan standardizasyon şablonunun görünümü



Resim 16 ve 17.Seçilen renk tablalarının standardizasyon şablonuna yerleştirilmesi

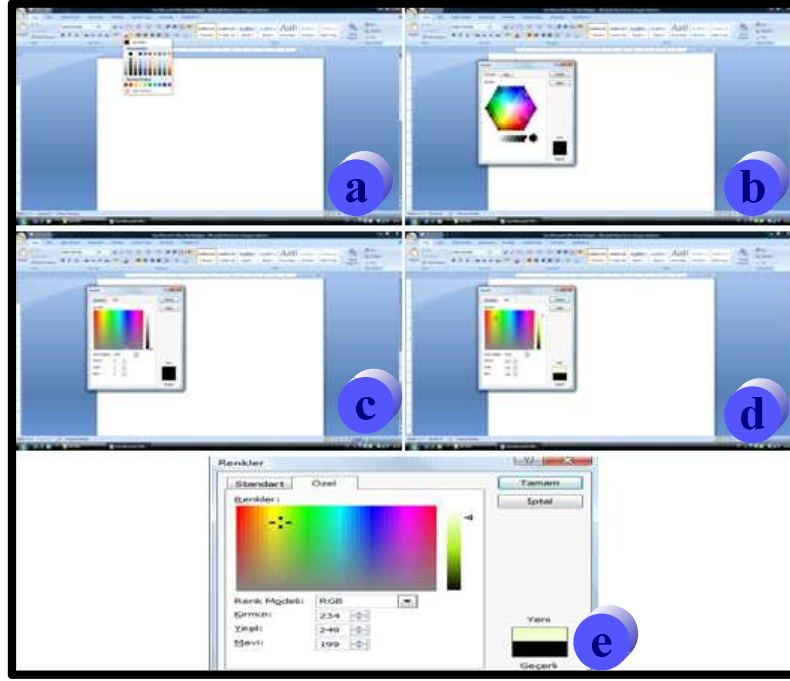


Resim18 ve 19.Renk tablalarının spektrofotometre ile ölçümü

3.4.2. Bulanık Mantığa Dayalı Renk Eşleştirmesi

Bulanık mantık yönteminin esasını oluşturacak belirsizlik alanlarının nicel olarak elde edilebilmesi için, görsel renk eşleştirme işleminin hemen ardından, aynı seansta bireylerden renk rehberinin önceden belirlenmiş tablalarına bağımlı kalmak yerine, bilgisayar ekranında bulunan ve sınırsız renk seçeneği sunan bir renk paleti üzerinden eşleştirme yapmaları istendi. Bunun için klinikte standart bir masa üzerine her zaman şehir elektriğine bağlı olacak şekilde bir dizüstü bilgisayar yerleştirildi. Bu bilgisayar tüm ölçüm işlemleri bitirilmeden hareket ettirilmedi.

Renk eşleştirmesi yapacak gözlemci, katılımcının üst sol santral dişini değerlendirdikten sonra bilgisayar ekranının karşısında konumlandırıldı. Bilgisayar ortamında her bir gözlemci için bir bilgi işlem programı üzerinde (Microsoft Windows Vista Home Basic ®, Microsoft Office 2007 ®, Microsoft Word 2007 – ticari olmayan kullanım) bir dosya açıldı. Burada ‘giriş’ kısmında ‘yazı tipi rengi’ sekmesine gelinip, ‘tüm renkler’ ibaresi seçildi. Alt menüde ‘özel’ şeklinde belirtilmiş kısma gelindiğinde bütün renklerin yer aldığı bir tablaya ulaşıldı. Burada gözlemci kendi inisiyatifi ile gözlemlendiği diş rengine en yakın rengi elde ettiğini düşündüğü anda, ekrandaki görüntü ‘print screen’ tuş komutu ile kaydedildi (Resim 20).



Resim 20.Bulanık mantığa dayalı renk eşleştirme uygulamasının aşamalar

Daha sonra gözlemci karanlık kabinimizden çıkarıldı. Gözlemcilerin bu seçimlerinin RGB renk sistemine göre değerleri verildi ve kaydedildi. Bu aşamada elde edilen veriler, istatistiksel ortamda kıyaslanabilmeleri için RGB renk sisteminden CIE XYZ renk sistemine ve bu sistemden de CIE L*a*b* renk sistemine standart formüller kullanılarak çevrildi (Zhang et al., 1998, Berns 2000c, Paravina and Powers 2004b). Sistemler arası bu dönüşümün açılımı şu şekildedir (Zhang et al., 1998, Berns 2000c, Yılmaz 2002, Luo 2004):

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k1 & k2 & k3 \\ k4 & k5 & k6 \\ k7 & k8 & k9 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

Bu matrisin açılımı(Zhang et al., 1998, Berns 2000c, Yılmaz 2002, Luo 2004, Paravina and Powers 2004b),

$$X=k1R+k2G+k3B$$

$$Y=k4R+k5G+k6B$$

$$Z=k7R+k8G+k9B$$

Buradaki R, G, B değerleri yapılan ölçümlerden elde edilenlerdir. Diğer yandan k1-k9 değerleri ise, standart beyaza göre hesaplanmış olan katsayılardır (Zhang et al., 1998, Berns 2000c, Yılmaz 2002, Luo 2004). Bu şekilde RGB renk sisteminden, 1931 yılında geliştirilmiş CIE XYZ renk sistemine göre dönüşümler yapıldı.

Bu aşamada CIE XYZ renk sistemine göre elde edilen veriler, CIE L*a*b* renk sistemine uygun veriler haline dönüştürüldü (Zhang et al., 1998, Berns 2000b, Luo 2004, Paravina and Powers 2004b). Bu işlem için aşağıdaki formüller kullanıldı. Buna göre kullanılan formüllerimiz ise,

$$L^*= 116(Y/Y_n)^{1/3}-16$$

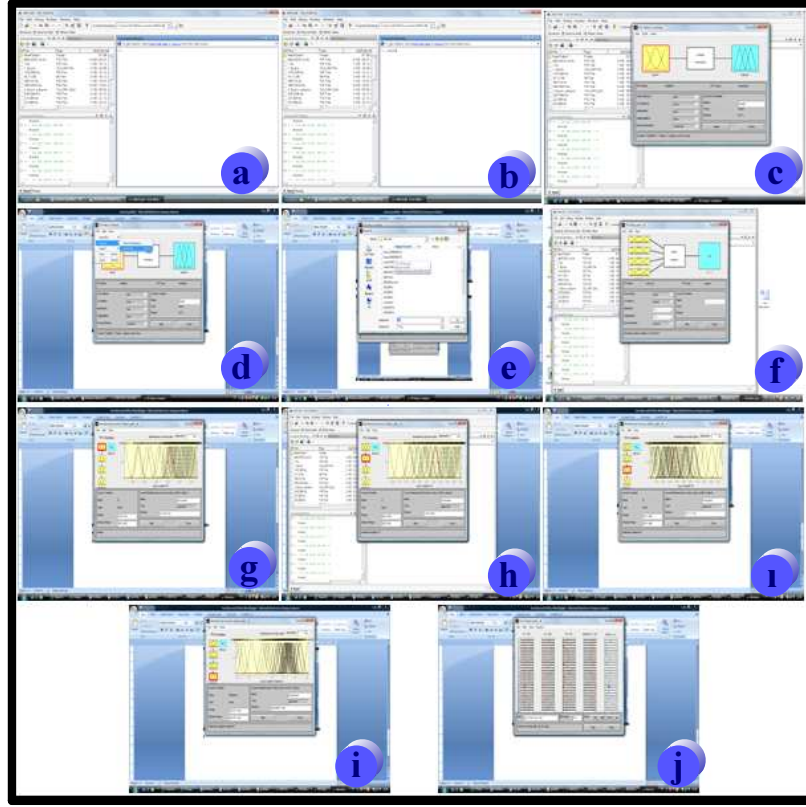
$$a^*= 500[(X/X_n)^{1/3}-(Y/Y_n)^{1/3}]$$

$$b^*= 200[(Y/Y_n)^{1/3}-(Z/Z_n)^{1/3}]$$

Elde edilen X, Y, Z değerlerinin formülde yerleri bellidir. Bunun yanı sıra X_n, Y_n, Z_n standart beyaz rengin tristimulus değeridir (Zhang et al., 1998, Berns 2000b, Paravina and Powers 2004b). Çalışmamız D65 ortamında yapıldığından, bu ortamdaki standart beyaz rengin tristimulus değerleri X_n= 95.04, Y_n= 100.00, Z_n= 108.88 olarak işleme dahil edildi (Berns 2000b, Luo 2004, Paravina and Powers 2004b, <http://en.wikipedia.org/wiki/D65> Erisim Tarihi: 21.03.2011). Bu uygulamalardan sonra işlemlerde kullanmak üzere istenilen L*, a*, b* değerleri elde edilmiş oldu.

Bulanık mantığa dayalı ölçümlerden nitel değerler elde edebilmek için renk değerleri MATLAB Programı ile işlendi. MATLAB Programı Süleyman Demirel

Üniversitesi tarafından lisanslı olarak temin edilmiş olup çalışmanın değişik aşamalarında kullanılmıştır. MATLAB ortamında elde edilen değerler bizim düzenlediğimiz renk kodlarına çevrildi, gereken ve ölçülen renk kodları MATLAB-Fuzzy Toolbox ile işlendi. MATLAB-ANFIS Toolbox ile uygun renk koduna karar verildi ve renk rehberi değeri oluşturuldu. Bilindiği üzere bulanık mantık dilsel bir sınıflandırma yöntemi olması nedeniyle bu işlemleri yaparken değişkenlerin az, çok, ...ve bunun gibi aralıkların belirlenmesinde hata yapılmaması gerekmektedir. Üyelik fonksiyonu denilen bu aralık belirlemelerinde hata yapmamak için adaptif bir öğretim metodunun kullanılması zorunludur. MATLAB programı içerisinde hazır olarak bulunan ANFIS kullanıcıya istediği hata değerine kadar öğrenme sağlayabilmektedir. Bu rahatlıkla kullanıcı istediği hata düzeyinde kendi sınıflandırması için gereken üyelik fonksiyonunu yaratabilmektedir. Buna bağlı olarak oluşturulan rehber değerleriyle ölçüm testleri yapıldı ve hata düzeyleri karşılaştırıldı. Yine bu aşamada da bireylerin dış rengine en yakın değeri bilgisayar ekranında elde ettikleri renklerin renk kodlarını, hazırlanan MATLAB-ANFIS Toolbox sistemine aktararak, her bireyin belirlediği renk kodlarının karşılık geldiği renk rehberi değeri elde edildi (Resim 21). Aynı işlem 1 ay sonra aynı şekilde tekrarlandı. Değerlendirme safhasında bu iki ölçüm birbiri ile eş ise '1', farklı ise '0' değeri verilerek işleme tabi tutuldu.



Resim 21.Her bireyin ölçümlerinin ayrı ayrı MATLAB programında işlenmesinin basamakları (soldan sağa sırayla)

3.4.3. İstatistiksel Değerlendirme

Elde ettiğimiz veriler ışığında Vita 3D-Master renk rehberindeki tablalarının L^* , a^* ve b^* değerleri 3 ölçümün ortalaması alınarak kaydedildi. Ayrıca bilgisayar ekranında RGB olarak tanımlanan değerler bilinen formüllerle CIE $L^*a^*b^*$ değerlerine dönüştürüldü. İstatistiksel değerlendirmeler SPSS istatistik programı (SPSS 15.02006, USA) ve Microsoft Office Excel 2007 (Microsoft Office Excel 2007 ®, USA) kullanılarak yapıldı.

Elde edilen nicel veriler ışığında yöntemlerin her biri için ilk ve ikinci ölçümler arasındaki ilişki bağımlı grupların analizinde kullanılan paired samples t testi ve Pearson korelasyon testi uygulandı. Ayrıca iki farklı yöntemin karşılaştırılması adına

ilk ve ikinci ölçüm sonuçları arasındaki ilişki bağımsız grupların karşılaştırmasında kullanılan t testi uygulandı. Uygulamalarımız sonucu elde edilen L^* , a^* , b^* ve ΔE değerlerinin her biri için hem 1. ve 2. aylar arasındaki ilişki hem de yöntemler arasındaki ilişkiyi görebilmek için SPSS 15.0 programı kullanılarak tekrarlanan ölçümlü varyans analizi yapılmış olup, bunun yanı sıra elde edilen verilerin tutarlılığını göstermek adına güvenilirlik analizi de yapıldı. Elde edilen nitel değerlerin karşılaştırmasında ise Yates düzeltmeli ki-kare testi kullanıldı. İstatistiksel değerlendirmelerde anlamlılık düzeyi $p < 0.05$ olarak kabul edildi.

4. BULGULAR

Diş rengi eşleştirmesi yapılan bu çalışma 54 birey ile gerçekleştirilmiştir. Ölçümler aynı bireyin sol üst orta kesici dişinin orta üçte birlik bölümü temel alınarak hem görsel yöntemle hem de bulanık mantık teorisine dayanan bir yöntemle yapılmıştır.

4.1. Görsel Eşleştirme Yöntemiyle Elde Edilen Ölçüm Sonuçları

Görsel eşleştirme yöntemiyle elde edilen verileri spektrofotometre kullanarak sayısallaştırarak nicel olarak değerlendirme imkanına sahip olunmuştur. Bu iki farklı yöntemin aynı renk parametreleri ile incelenebilmesi için elde edilen ham veriler işlenmiştir. Bireylerin eşleştirme yaptıkları renk tablaları akrilik rezinden hazırladığımız bir şablonun içine yerleştirilerek spektrofotometre ile ardı ardına 3 kez ölçüm yapılmış olup bu ölçümlerin ortalamaları alınmıştır. Buna göre Vitapan 3D-Master renk rehberinin L^* , a^* , b^* değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2.Vita 3D Master renk rehberi L*, a* ve b* değerleri

3D Master	L*	a*	b*
1M1	89,95	-0,34	9,33
1M2	91,06	-0,39	12,72
2L1,5	87,86	-1,79	11,84
2L2,5	81,11	-1,07	20,65
2M1	86,8	-1,92	11,39
2M2	83,75	-1,08	13,76
2M3	85,51	-1,14	16,5
2R1,5	87,62	-2,02	10,66
2R2,5	86,45	-0,6	15,27
3L1,5	83,93	-1,72	18,25
3L2,5	82,46	-1,43	16,92
3M1	80,09	-1,18	16,09
3M2	81,24	-0,47	18,97
3M3	81,72	0,93	24,03
3R1,5	80,31	-0,45	16,21
3R2,5	81,22	0,28	23,22
4L1,5	77,63	0,12	18,93
4L2,5	74,7	1,52	24,89
4M1	74,12	1,15	17,53
4M2	76,03	1,56	18,08
4M3	75,33	1,38	25,54
4R1,5	75,32	1,62	18,73
4R2,5	76,15	2,04	19,95
5M1	71,47	1,84	17,8
5M2	71,83	2,82	23,31
5M3	59,48	2,95	26,89

Katılımcıların görsel yöntemle yaptıkları eşleştirmede seçtikleri spesifik renk tablasının L*, a* ve b* değerleriyle, üst sol orta keser dışın orta üçlü bölgesinden özel şablon yardımıyla spektrofotometre ile ardı ardına 3 kez ölçüm yapılarak elde edilen L*, a*, b* değerleri arasındaki fark hesaplanmıştır. Bunun devamında ΔL , Δa , Δb ve ΔE değerleri elde edilmiş olup bu ölçümler 1. ve 2. aylarda tekrarlanarak kaydedilmiştir. Görsel yöntemler ile elde edilen 1. ay ΔL , Δa , Δb ve ΔE değerleri Tablo 3’de, 2. ay ΔL , Δa , Δb ve ΔE değerleri ise Tablo 4’de gösterilmiştir.

Tablo 3.Görsel renk eşleştirmesinin 1.ay ölçümlerinin ΔL , Δa , Δb ve ΔE değerleri

Bireyler	ΔL	Δa	Δb	ΔE
1	0,305	0,253	5,258	5,273
2	6,404	0,993	0,558	6,505
3	0,305	0,253	5,258	5,273
4	2,744	1,093	2,888	4,131
5	1,125	0,153	5,988	6,095
6	0,305	0,253	5,258	5,273
7	2,744	1,093	2,888	4,131
8	3,455	1,833	7,318	8,298
9	1,125	0,153	5,988	6,095
10	1,125	0,153	5,988	6,095
11	0,305	0,253	5,258	5,273
12	3,455	1,833	7,318	8,298
13	4,565	1,783	3,928	6,281
14	4,565	1,783	3,928	6,281
15	1,125	0,153	5,988	6,095
16	2,744	1,093	2,888	4,131
17	6,404	0,993	0,558	6,505
18	1,365	0,383	4,808	5,013
19	1,125	0,153	5,988	6,095
20	1,365	0,383	4,808	5,013
21	6,184	1,723	0,438	6,434
22	3,455	1,833	7,318	8,298
23	0,305	0,253	5,258	5,273
24	12,374	3,323	0,881	14,117
25	0,305	0,253	5,258	5,273
26	3,455	1,833	7,318	8,298
27	3,455	1,833	7,318	8,298
28	1,125	0,153	5,988	6,095
29	2,744	1,093	2,888	4,131
30	4,565	1,783	3,928	6,281
31	4,565	1,783	3,928	6,281
32	3,455	1,833	7,318	8,298
33	4,565	1,783	3,928	6,281
34	1,125	0,153	5,988	6,095
35	1,125	0,153	5,988	6,095
36	6,404	0,993	0,558	6,505
37	0,305	0,253	5,258	5,273
38	0,305	0,253	5,258	5,273
39	3,455	1,833	7,318	8,298
40	1,125	0,153	5,988	6,095
41	0,305	0,253	5,258	5,273
42	5,384	1,103	4,001	6,798
43	1,125	0,153	5,988	6,095
44	6,404	0,993	0,558	6,505
45	1,365	0,383	4,808	5,013
46	4,565	1,783	3,928	6,281
47	3,455	1,833	7,318	8,298
48	0,044	1,573	1,378	2,092
49	0,305	0,253	5,258	5,273
50	1,125	0,153	5,988	6,095
51	6,404	0,993	0,558	6,505
52	5,384	1,103	4,001	6,798
53	2,744	1,093	2,888	4,131
54	4,565	1,783	3,928	6,281

Tablo 4.Görsel renk eşleştirmesinin 2.ay ölçümlerinin ΔL , Δa , Δb ve ΔE değerleri

Birevler	ΔL	Δa	Δb	ΔE
1	0,305	0,253	5,258	5,273
2	1,125	0,153	5,988	6,095
3	0,305	0,253	5,258	5,273
4	1,125	0,153	5,988	6,095
5	3,455	1,833	7,318	8,298
6	6,404	0,993	0,558	6,505
7	4,565	1,783	3,928	6,281
8	3,455	1,833	7,318	8,298
9	6,404	0,993	0,558	6,505
10	2,744	1,093	2,888	4,131
11	6,404	0,993	0,558	6,505
12	1,125	0,153	5,988	6,095
13	5,384	1,103	4,001	6,798
14	4,565	1,783	3,928	6,281
15	2,744	1,093	2,888	4,131
16	0,305	0,253	5,258	5,273
17	0,305	0,253	5,258	5,273
18	0,305	0,253	5,258	5,273
19	1,365	0,383	4,808	5,013
20	2,744	1,093	2,888	4,131
21	10,464	3,733	1,431	11,202
22	1,365	0,383	4,808	5,013
23	4,565	1,783	3,928	6,281
24	6,404	0,993	0,558	6,505
25	1,125	0,153	5,988	6,095
26	0,305	0,253	5,258	5,273
27	1,125	0,153	5,988	6,095
28	0,305	0,253	5,258	5,273
29	2,744	1,093	2,888	4,131
30	1,125	0,153	5,988	6,095
31	1,365	0,383	4,808	5,013
32	4,565	1,783	3,928	6,281
33	0,984	1,033	0,148	1,434
34	0,305	0,253	5,258	5,273
35	2,744	1,093	2,888	4,131
36	0,984	1,033	0,148	1,434
37	6,404	0,993	0,558	6,505
38	3,455	1,833	7,318	8,298
39	4,565	1,783	3,928	6,281
40	1,365	0,383	4,808	5,013
41	0,305	0,253	5,258	5,273
42	4,565	1,783	3,928	6,281
43	2,744	1,093	2,888	4,131
44	11,174	3,793	2,081	11,982
45	1,125	0,153	5,988	6,095
46	2,744	1,093	2,888	4,131
47	1,365	0,383	4,808	5,013
48	4,565	1,783	3,928	6,281
49	2,744	1,093	2,888	4,131
50	12,374	3,323	0,881	14,117
51	0,305	0,253	5,258	5,273
52	4,565	1,783	3,928	6,281
53	5,384	1,103	4,001	6,798
54	2,744	1,093	2,888	4,131

Görsel yöntemle elde edilen L^* , a^* , b^* ve ΔE değerlerinin 1. ay (Tablo 5) ve 2. ay (Tablo 6) ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalama, standart sapma ve standart hata ortalamaları belirtilmiştir.

Tablo 5.Görsel yöntemle elde edilen 1. ay ölçümlerin L^* , a^* , b^* ve ΔE değerlerinin değişimlerin aritmetik ortalama, standart sapma ve standart hata ortalamaları

	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata Ortalaması
L^*	86.568	3.771	0.513
a^*	-1.214	0.76	0.103
b^*	12.405	2.688	0.365
ΔE	6.196	1.684	0.229

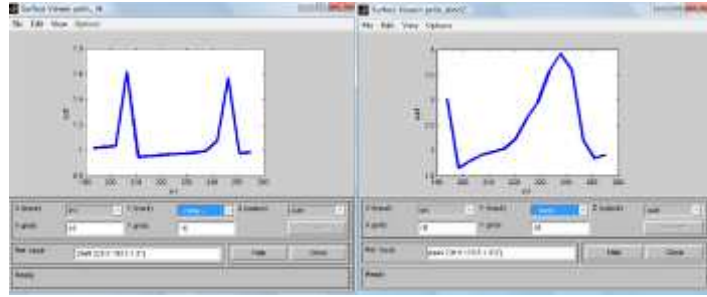
Tablo 6.Görsel yöntemle elde edilen 2. ay ölçümlerin L^* , a^* , b^* ve ΔE değerlerinin değişimlerin aritmetik ortalama, standart sapma ve standart hata ortalamaları

	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata Ortalaması
L^*	85.775	4.152	0.565
a^*	-1.15	0.871	0.118
b^*	13.155	2.692	0.366
ΔE	5.908	2.086	0.283

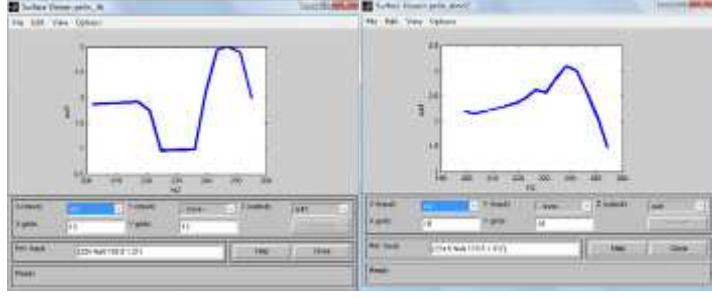
4.2. Bulanık Mantık Temelli Renk Eşleştirme Yöntemiyle Elde Edilen Ölçüm Sonuçları

Bulanık mantığa dayalı yapılan renk eşleştirmesinde ise öncelikle katılımcının eşleştirdiği rengin RGB değerleri elde edilmiştir. MATLAB programında işlenen değerler incelendiğinde RGB sisteminin R değerlerinin 1. ve 2. ay ölçümleri grafik 1 ve 2’de verilmiştir. Burada 1. ay R değeri, bulanıklaştırılmış ölçekleme değerlerini karşılamamıştır. R değerinin 2. ay ölçümünde 200-240 değer aralığında doğrusal bir karşılama mevcutken, 240’ın üzerinde bire bir uyum bozulmuştur. Bu ölçümler

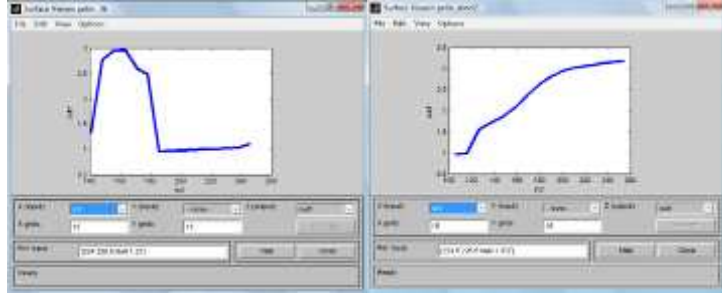
içinde G değerlerinin 1. ay ölçümünde 235'e kadarki aralıkta karşılama gözlemlenmezken 235-240 aralığında iyi bir uyum görülmüştür (Grafik 3). G değerinin 2. ay ölçümlerinde ise 240 bandında en iyi uyum gözlemlenmiştir (Grafik 4). Grafik 5 ve 6'da B değerinin 1. ve 2. ay ölçümlerinin grafiği verilmiştir. Buna göre 1. Aydaki sonuçlar 160'a kadar artmakta, sonra azalmaktadır ama ölçümleri uymayan bulanıklaştırılmış ölçekleme değerleri mevcuttur. İkinci ay ölçümleri ise, 100-250 aralığında çok iyi uyum görülmüştür. Renk eşleştirmede olmasını istediğimiz değerlerin 1. ve 2. ay uyumları da incelenmiştir (Grafik 7, 8). RGB değerlerinin 1. ve 2. aydaki ikili kombinasyonları gösterilmiştir (Grafik 9).



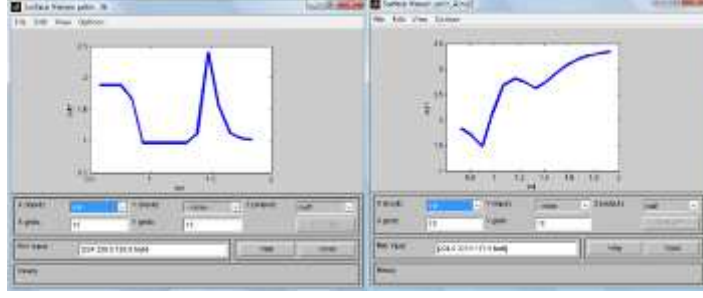
Grafik 1 ve 2: R değerlerinin 1. ve 2. ay ölçümleri. İlk ay ölçüm sonuçlarında iki pik varlığı ve bunların arasındaki değerlerin yatay seyrettiği görülmektedir. Buradan, bulanıklaştırılmış sonuçların beklenen renk rehberi değerlerini karşılamadığı anlaşılmaktadır. İkinci ölçüm sonuçlarındaysa, grafiğin düzgün artan değerleri renk rehberi değerlerini karşılamaktadır. Net bir şekilde görülmektedir ki, pik noktasından sonrası yetersiz olmasına rağmen pike kadar bulanık mantık çıkışı R değerleri renk rehberi değerleri ile uyum içersindedir.



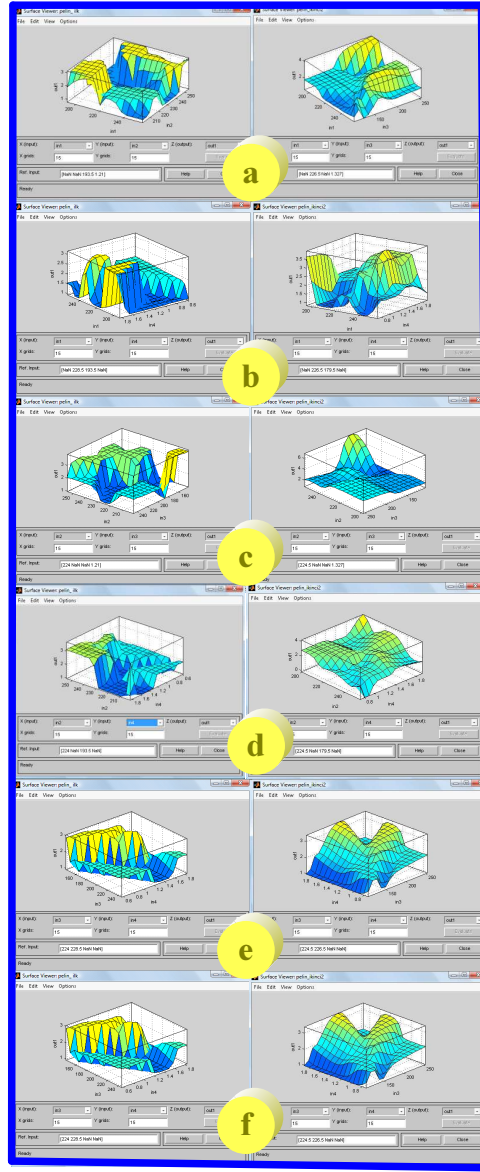
Grafik 3 ve 4: G değerlerinin 1. ve 2. ay ölçümleri. Bu şekilde de 1. ölçümlerde yeterli bir öğrenme olmadığı görülmektedir. Oysa 2. ölçümlerde tepe değere kadar artan, tepe değerden sonra neredeyse lineer azalan bir trend görülmektedir. Yani tepe değere kadar rengin G değerleri renk rehberi değerleri ile pozitif, tepe değerinden sonraysa negatif bir korelasyon göstermektedir. Öğrenmenin düzgün oluşu yeni renk rehberi değerleri için bulanık mantığın kullanılabilir olduğunu belirtmektedir.



Grafik 5 ve 6: B değerlerinin 1. ve 2. ay ölçümleri. B değerleri için 2. ölçümün çok uygun bir şekilde bulanık mantık öğrenme gösterdiği izlenmektedir. 1. ölçümlerimizde hiçbir şekilde renk rehberi değerleri ile bulanık mantığın çıktıları arasında korelasyona rastlanmazken, 2. ölçümlerimizde bu ölçümleri kullandığımız model çok iyi çıkış vermektedir.



Grafik 7 ve 8: Beklenen değerlerinin 1. ve 2. ay ölçümleri. Çalışmanın beklenen değerleri, karşılayan bulanık mantık modellemesi kısmı 1. ölçüm değerleri ile hiç uyum içerisinde değildir. Oysa aralığın belli bir bölgesi için (1,2-1,4 hariç) çok uygun bir karşılama vardır. İdealde renk rehberinin başlangıcından sonuna kadar tam bir karşılama beklenirken, skalanın büyük bir kısmında bu ilişki ile karşılaşılmasına rağmen sadece bir kısmında bu ilişkiyle karşılaşılmamaktadır. Burada amaç 1. ölçümün, 2. ölçümle ne kadar uyum içinde olduğunu anlamaktır.



Grafik 9: a)R ve G değerlerinin 1. ve 2. ay ölçümleri. b) R ve B değerlerinin 1. ve 2. ay ölçümleri. c) R ve beklenen değerlerinin 1. ve 2. ay ölçümleri. d) G ve B değerlerinin 1. ve 2. ay ölçümleri. e) G ve beklenen değerlerinin 1. ve 2. ay ölçümleri. f) B ve beklenen değerlerinin 1. ve 2. ay ölçümleri.

Bu ham veriler çeşitli işlemlerden geçirilerek L^* , a^* ve b^* değerleri hesaplanmıştır. Yine bu değerleri de 1. ve 2. ay ölçümleri ayrı ayrı yapılmıştır. Seçilen renge ait hem RGB değerleri hem de L^* , a^* , b^* değerlerinin 1. ay sonuçları Tablo 7’de olup, 2. ay sonuçları Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 7.Bulanık mantığa dayalı yöntemde 1. ay ölçümlerin RGB ve L*, a*, b* değerleri

Birevler	R	G	B	L*	a*	b*
1	212	202	144	82,846	-4,833	27,605
2	248	249	241	97,933	-1,126	2,365
3	254	255	205	98,938	-7,077	20,487
4	255	254	163	98,101	-11,420	39,069
5	254	253	200	98,407	-6,859	22,083
6	238	254	186	98,168	-8,633	28,317
7	249	239	169	94,427	-6,156	31,260
8	251	254	246	99,329	-1,695	2,114
9	222	250	172	95,229	-19,380	30,611
10	242	242	206	95,225	-4,959	14,773
11	236	223	204	90,563	1,481	8,984
12	236	242	152	93,963	-13,750	38,634
13	254	241	194	95,645	-2,341	21,061
14	204	210	166	84,571	-8,337	18,763
15	238	245	195	95,480	-9,059	20,196
16	236	253	173	96,793	-16,020	32,369
17	232	228	178	90,913	-5,686	21,942
18	249	246	189	96,326	-6,793	24,314
19	232	236	178	92,74	-9,271	24,453
20	246	252	192	97,521	-9,985	24,510
21	236	241	177	94,128	-10,310	26,871
22	233	230	205	91,953	-2,516	10,438
23	232	229	170	91,001	-7,174	25,940
24	231	217	167	88,129	-2,424	23,473
25	238	236	214	93,824	-2,361	8,888
26	224	224	168	89,264	-7,822	24,455
27	233	227	151	90,302	-8,247	34,261
28	205	218	174	86,688	-10,530	17,756
29	248	249	191	96,964	-8,171	24,236
30	237	244	174	94,826	-11,680	29,261
31	244	246	148	95,353	-13,240	42,422
32	251	251	179	97,409	-9,579	30,533
33	243	245	169	95,370	-10,760	32,441
34	235	233	165	92,038	-8,596	29,800
35	231	237	155	92,527	-12,890	35,231
36	232	232	160	91,523	-9,757	31,494
37	241	243	155	94,57	-12,170	38,036
38	247	252	220	98,100	-5,852	12,254
39	250	251	189	97,508	-8,663	25,946
40	247	246	198	96,352	-6,253	20,082
41	249	218	161	89,589	2,409	28,626
42	193	237	169	90,380	-23,520	25,172
43	230	232	162	91,419	-10,180	30,362
44	232	236	178	92,740	-9,271	24,453
45	242	247	179	95,917	-10,740	28,414
46	244	242	146	94,417	-11,710	42,172
47	215	249	153	94,271	-23,600	38,285
48	246	246	184	96,040	-8,390	26,256
49	238	241	193	94,541	-7,564	19,838
50	234	254	160	96,699	-18,650	38,360
51	245	253	141	96,916	-16,630	47,719
52	239	218	191	89,391	2,918	13,593
53	252	253	231	98,863	-3,190	8,304
54	228	221	182	89,107	-3,265	17,457

Tablo 8.Bulanık mantığa dayalı yöntemde 2. ay ölçümlerin RGB ve L*, a*, b* değerleri

Bireyler	R	G	B	L*	a*	b*
1	231	242	176	94,011	-12,500	27,136
2	226	221	208	89,497	-0,129	5,424
3	229	235	234	93,435	-1,555	-1,123
4	232	246	146	94,536	-17,480	42,165
5	239	252	196	97,141	-11,660	22,037
6	237	246	152	94,945	-15,150	39,904
7	242	236	192	93,667	-4,196	19,137
8	239	252	196	97,141	-11,660	22,037
9	244	245	215	96,252	-4,395	11,932
10	249	250	210	97,595	-5,763	16,212
11	236	231	194	92,167	-3,586	16,023
12	237	246	126	94,605	-17,830	51,771
13	235	240	186	93,990	-9,020	22,375
14	237	239	225	94,658	-2,373	4,914
15	247	247	247	97,560	0,401	-0,965
16	227	232	166	91,282	-10,670	28,204
17	255	253	187	98,251	-8,188	27,953
18	230	238	180	93,099	-10,540	23,965
19	252	241	174	95,163	-5,467	29,888
20	212	221	159	87,597	-11,640	26,460
21	194	227	228	89,276	-9,235	-4,658
22	211	227	213	89,984	-6,727	3,610
23	224	242	160	93,302	-16,800	33,768
24	203	203	203	83,638	0,352	-0,846
25	245	249	207	97,055	-6,978	16,818
26	222	206	146	84,563	-2,982	28,969
27	220	223	179	88,959	-7,198	18,623
28	252	254	254	99,263	-0,578	-0,212
29	233	243	201	94,815	-8,917	16,382
30	226	238	188	92,981	-10,740	19,932
31	255	253	165	97,907	-10,760	37,842
32	231	241	105	92,818	-16,640	43,289
33	249	253	227	98,588	-4,675	9,729
34	243	251	205	97,335	-8,753	18,127
35	251	254	240	99,203	-2,599	4,653
36	215	220	168	87,718	-8,990	22,237
37	245	242	199	95,344	-4,979	18,184
38	248	251	217	97,885	-5,533	13,351
39	239	237	187	93,597	-6,270	21,395
40	248	252	192	97,651	-9,351	24,710
41	242	249	231	97,335	-4,422	6,025
42	233	236	194	93,096	-6,790	17,296
43	235	245	143	94,460	-16,370	43,534
44	255	253	153	97,737	-12,060	43,267
45	227	227	175	90,286	-7,268	22,479
46	236	244	136	94,203	-16,330	41,546
47	253	249	177	97,065	-8,301	31,036
48	252	252	186	97,813	-8,836	27,794
49	221	221	193	88,839	-3,954	11,663
50	218	199	150	82,696	-0,573	24,382
51	242	247	175	95,851	-11,240	30,224
52	247	235	191	93,770	-2,280	19,810
53	248	247	201	96,696	-5,978	19,159
54	250	236	202	94,408	-0,310	15,502

Bulanık mantığa dayalı yöntemle elde edilen L^* , a^* ve b^* değerleri ile üst sol orta keser dişin orta üçlü kısmından özel şablon yardımıyla spektrofotometre ile ardı ardına yapıla 3 ölçümün ortalaması alınarak edinilen dişe ait L^* , a^* ve b^* değerleri arasındaki fark bulunmuştur. Buna bağlı olarak rutinde kullanılan formülasyon kullanılarak ΔL , Δa , Δb ve ΔE değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerlerin 1. ay sonuçları Tablo 9'da, 2. ay sonuçları ise Tablo 10'da belirtilmiştir.

Tablo 9. Bulanık mantığa dayalı renk eşleştirmesinin 1.ay ölçümlerinin ΔL , Δa , Δb ve ΔE değerleri

Bireyler	ΔL	Δa	Δb	ΔE
1	3,648	2,660	10,956	11,850
2	11,438	1,047	14,283	18,329
3	12,443	4,904	3,838	13,914
4	11,606	9,247	22,420	26,886
5	11,912	4,686	5,434	13,906
6	11,673	6,460	11,668	17,724
7	7,932	3,983	14,611	17,096
8	12,834	0,478	14,534	19,395
9	8,734	17,207	13,962	23,818
10	8,730	2,786	1,875	9,354
11	4,068	3,654	7,663	9,414
12	7,468	11,577	21,985	25,945
13	9,150	0,168	4,412	10,160
14	1,923	6,164	2,114	6,794
15	8,985	6,886	3,547	11,863
16	10,298	13,847	15,720	23,343
17	4,418	3,513	5,293	7,738
18	9,831	4,620	7,665	13,295
19	6,245	7,098	7,804	12,259
20	11,026	7,812	7,861	15,633
21	7,633	8,137	10,222	15,132
22	5,458	0,343	6,210	8,275
23	4,506	5,001	9,291	11,473
24	1,634	0,251	6,824	7,021
25	7,329	0,188	7,760	10,676
26	2,769	5,649	7,806	10,026
27	3,807	6,074	17,612	19,015
28	0,193	8,357	1,107	8,432
29	10,469	5,998	7,587	14,253
30	8,331	9,507	12,612	17,856
31	8,858	11,067	25,773	29,414
32	10,914	7,406	13,884	19,150
33	8,875	8,587	15,792	20,047
34	5,543	6,423	13,151	15,65
35	6,032	10,717	18,582	22,283
36	5,028	7,584	14,845	17,412
37	8,075	9,997	21,387	24,951
38	11,605	3,679	4,394	12,943
39	11,013	6,490	9,297	15,806
40	9,857	4,080	3,433	11,207
41	3,094	4,582	11,977	13,192
42	3,885	21,347	8,523	23,311
43	4,924	8,007	13,713	16,625
44	6,245	7,098	7,804	12,259
45	9,422	8,567	11,765	17,337
46	7,922	9,537	25,523	28,375
47	7,776	21,427	21,636	31,428
48	9,545	6,217	9,607	14,902
49	8,046	5,391	3,189	10,197
50	10,204	16,477	21,711	29,103
51	10,421	14,457	31,070	35,818
52	2,896	5,091	3,055	6,606
53	12,368	1,017	8,344	14,954
54	2,612	1,092	0,808	2,944

Tablo 9.Bulanık mantığa dayalı renk eşleştirmesinin 2.ay ölçümlerinin ΔL , Δa , Δb ve ΔE değerleri

Bireyler	ΔL	Δa	Δb	ΔE
1	7,516	10,327	10,487	16,526
2	3,002	2,044	11,224	11,797
3	6,940	0,618	17,771	19,088
4	8,041	15,307	25,516	30,823
5	10,646	9,487	5,388	15,244
6	8,450	12,977	23,255	27,939
7	7,172	2,023	2,488	7,856
8	10,646	9,487	5,388	15,244
9	9,757	2,222	4,716	11,063
10	11,100	3,590	0,436	11,674
11	5,672	1,413	0,625	5,879
12	8,110	15,657	35,122	39,300
13	7,495	6,847	5,726	11,655
14	8,163	0,200	11,733	14,295
15	11,065	2,574	17,613	20,959
16	4,787	8,497	11,555	15,121
17	11,756	6,015	11,304	17,383
18	6,604	8,367	7,316	12,928
19	8,668	3,294	13,239	16,164
20	1,102	9,467	9,811	13,678
21	2,781	7,062	21,306	22,618
22	3,489	4,554	13,037	14,244
23	6,807	14,627	17,119	23,523
24	2,856	2,525	17,494	17,905
25	10,560	4,805	0,169	11,603
26	1,931	0,809	12,320	12,497
27	2,464	5,025	1,974	5,934
28	12,768	1,595	16,860	21,209
29	8,320	6,744	0,266	10,713
30	6,486	8,567	3,283	11,236
31	11,412	8,587	21,193	25,556
32	6,323	14,467	26,640	30,967
33	12,093	2,502	6,919	14,155
34	10,840	6,580	1,478	12,767
35	12,708	0,426	11,994	17,480
36	1,223	6,817	5,588	8,899
37	8,849	2,806	1,535	9,409
38	11,390	3,360	3,297	12,325
39	7,102	4,097	4,746	9,474
40	11,156	7,178	8,061	15,523
41	10,840	2,249	10,623	15,343
42	6,601	4,617	0,647	8,081
43	7,965	14,197	26,885	31,429
44	11,242	9,887	26,618	30,539
45	3,791	5,095	5,830	8,621
46	7,708	14,157	24,897	29,660
47	10,570	6,128	14,387	18,875
48	11,318	6,663	11,145	17,225
49	2,344	1,781	4,985	5,789
50	3,798	1,600	7,733	8,763
51	9,356	9,067	13,575	18,816
52	7,275	0,107	3,161	7,933
53	10,201	3,805	2,510	11,173
54	7,913	1,863	1,146	8,210

Bulanık mantığa dayalı yöntemle elde edilen L^* , a^* , b^* ve ΔE değerlerinin 1. ay (Tablo 11) ve 2.ay (Tablo 12) ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalama, standart sapma ve standart hata ortalamaları belirtilmiştir.

Tablo 10.Bulanık mantığa dayalı yöntemle elde edilen 1. ay ölçümlerin L^* , a^* , b^* ve ΔE değerlerinin değişimlerin aritmetik ortalama, standart sapma ve standart hata ortalamaları

	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata Ortalaması
L^*	93.911	3.722	0.506
a^*	-8.56	5.583	0.759
b^*	25.31	10.001	1.361
ΔE	16.236	7.106	0.967

Tablo 11.Bulanık mantığa dayalı yöntemle elde edilen 2. ay ölçümlerin L^* , a^* , b^* ve ΔE değerlerinin değişimlerin aritmetik ortalama, standart sapma ve standart hata ortalamaları

	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata Ortalaması
L^*	93.939	3.931	0.535
a^*	-7.712	4.964	0.675
b^*	21.019	13.085	1.78
ΔE	15.983	7.63	1.038

4.3. İstatistiksel Değerlendirme

4.3.1. Yöntemlerin Kendi İçinde 1. ve 2. Ay Ölçümlerinin Karşılaştırması

Elde edilen L^* , a^* , b^* ve ΔE değerlerinin hem görsel (Tablo 13) hem de bulanık mantığa dayalı (Tablo 14) yöntemlerin farklı zamanlardaki ilişkilerinin incelenmesinde Pearson korelasyonu kullanılmış olup, sonuçları tablolarda

verilmiştir. Yöntemlerin kendi içinde tekrarlanabilirliklerinin incelenmesinde bağımlı grupların paired t testi uygulanmış olup Tablo 15’de gösterilmiştir.

Tablo 12.Görsel yönteme dayalı ölçümlerin 1. ve 2. aylar arasındaki L*, a*, b* ve ΔE değerlerinin değişimlerin analiz sonuçları

1. ve 2. aylar Arasındaki Ölçümlerin Karşılaştırılması	İncelenen Değişkenler	Pearson Korelasyon Testi	Korelasyon	İstatistiki Anlamlılık Düzeyi
	L*		0.215	0.118
a*	0.072	0.607		
b*	0.239	0.082		
ΔE	0.055	0.693		

İncelenen L*, a*, b* ve ΔE değişkenleri için 1. ay ölçümleri ile 2. ay ölçümleri arasında doğrusal artan ilişkinin istatistiksel olarak önemli düzeyde olmadığı görülmüştür. Tüm değişkenler için aralarındaki ilişki çok zayıftır.

Tablo 13.Bulanık mantığa dayalı yöntemle elde edilen ölçümlerin 1. ve 2. aylar arasındaki L*, a*, b* ve ΔE değerlerinin değişimlerin analiz sonuçları

1. ve 2. aylar Arasındaki Ölçümlerin Karşılaştırılması	İncelenen Değişkenler	Pearson Korelasyon Testi	Korelasyon	İstatistiki Anlamlılık Düzeyi
	L*		0.102	0.463
a*	0.209	0.13		
b*	0.447	0.001		
ΔE	0.283	0.038		

- Ölçümlerin 1. ve 2. ay sonuçları arasındaki ilişki incelendiğinde L* ve a* değişkenlerinde doğrusal artan ilişkinin istatistiki olarak anlamlı olmadığı gözlenirken ($p>0.05$), b* ve ΔE değişkenlerinde 1. ve 2. ay ölçümleri arasındaki doğrusal artan ilişkinin istatistiki olarak anlamlı düzeyde farklı olduğu görülmüştür ($b^*=0.001$ ve $\Delta E=0.038$).

Tablo 15. Her iki yöntemi kendi içinde 1. ve 2. ay ölçümlerinin L^* , a^* , b^* ve ΔE değerlerinin değişimlerin bağımlı grupların paired samples t testi sonuçları

Bağımlı Değişken	İncelenen Değişkenler	1. Ay Ölçümlerin Aritmetik Ortalama ve Standart Sapma Değerleri	2. Ay Ölçümlerin Aritmetik Ortalama ve Standart Sapma Değerleri	İstatistiksel Anlamlılık	%95 Güven Aralığı	
					Alt Sınır	Üst Sınır
Görsel Yöntem	L^*	86.568±3.771	85.775±4.152	0.246	-0.563	2.15
	a^*	-1.214±0.76	-1.15±0.871	0.676	-0.368	0.24
	b^*	12.405±2.688	13.155±2.692	0.103	-1.655	0.156
	ΔE	6.196±1.684	5.908±2.086	0.422	-0.424	0.999
Bulanık Mantığa Dayalı Yöntem	L^*	93.911±3.722	93.939±3.931	0.969	-1.428	1.373
	a^*	-8.56±5.583	-7.712±4.964	0.353	-2.663	0.967
	b^*	25.31±10.001	21.019±13.085	0.014	0.899	7.68
	ΔE	16.236±7.106	15.983±7.63	0.834	-2.157	2.664

- Görsel yöntemde 1. ve 2. aylar arasında L^* , a^* , b^* ve ΔE değerleri incelenmiş ve bu ölçümlerin hiçbirinde istatistiksel olarak anlamlı farklılığa rastlanmamıştır.
- Bulanık mantığa dayalı yöntem ile elde edilen verilerin 1. ve 2. ayları arasında değerlendirilen renk koordinatları içinde b^* değeri haricinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmemiştir.
- Tüm bu ölçümleri %95 güven aralığı sütunu da desteklemektedir.

4.3.2. Yöntemlerin Kendi Dönemleri İçinde Karşılaştırması

Görsel ve bulanık mantığa dayalı yöntemlerin, uygulandığı zaman dilimi içersinde eşleştirilen renklerin L^* , a^* , b^* ve ΔE değerlerinin istatistiksel analizi bağımsız grupların t testi kullanılarak yapılmıştır. Uygulanan yöntemlerin birbirleri arasında ölçüm yapılan aylar içindeki L^* , a^* , b^* ve ΔE değerlerinin değişimlerin aritmetik ortalama, standart sapma ve kendi dönemleri içindeki istatistiksel değerlendirmelerin sonuçları Tablo 16'da verilmiştir.

Tablo 16. Uygulanan yöntemlerin birbirleri arasında ölçüm yapılan aylar içindeki L*, a*, b* ve ΔE değerlerinin değişimlerin aritmetik ortalama, standart sapma ve elde edilen değerlerin değişimlerinin bağımsız grupların paired samples t testi sonuçları

Ölçüm Zamanları	İncelenen Değişkenler	Görsel Yönteme Dayalı Ölçümlerin Aritmetik Ortalama ve Standart Sapma Değerleri	Bulanık Mantığa Dayalı Yöntem Ölçümlerinin Aritmetik Ortalama ve Standart Sapma Değerleri	İstatistiksel Anlamlılık	%95 Güven Aralığı	
					Alt Sınır	Üst Sınır
1.ay	L*	86.568±3.771	93.911±3.722	0.000	-8.772	-5.913
	a*	-1.214±0.76	-8.56±5.583	0.000	5.809	8.882
	b*	12.405±2.688	25.31±10.001	0.000	-15.722	-10.08
	ΔE	6.196±1.684	16.236±7.106	0.000	-12.029	-8.052
2.ay	L*	85.775±4.152	93.939±3.931	0.000	-9.706	-6.62
	a*	-1.15±0.871	-7.712±4.964	0.000	5.187	7.935
	b*	13.155±2.692	21.019±13.085	0.000	-11.504	-4.224
	ΔE	5.908±2.086	15.983±7.63	0.000	-12.227	-7.922

- Yöntemler arasındaki ilişki tespiti için kullanılan bağımsız grupların paired t testi sonuçlarına göre 1. ayda yöntemler arası L*, a*, b* ve ΔE değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gözlenmiştir.
- Bu değerler için 2. ay ölçümlerin yöntemler arası kıyaslamasında da istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulgulanmıştır.

4.3.3. Tekrarlanan Ölçümlü Varyans Analizi İle L*, a*, b* ve ΔE Değişkenlerinin İncelenmesi

Hesaplanan her bir L*, a*, b* ve ΔE değerleri 1. ve 2. ay arasındaki ilişki, yöntemler arasındaki ilişki ve ay-yöntem arasındaki ilişki Sphericity Assumed

tekrarlanan ölçümlü varyans analizi ile değerlendirilmiş ve Tablo 17, 18, 19, 20'de gösterilmiştir. Bu değerlendirme değişkenlerin ölçüm değerlerini etkileyip etkilemediğini gözlemlemek için yapılmıştır.

Tablo 17. L* değeri için tekrarlanan ölçümlü varyans analizi sonuçları

Etki	Tekrarlanan	df	OrtalamaSq	F	Sig.	Partial Eta Sq
Aylar arası	Ölçümlü	1	7.915	0.62	0.433	0.006
Ay-yöntem arası	Varyans	1	9.099	0.713	0.400	0.007
Yöntemler arası	Analizi	1	3246.212	184.159	0.000	0.635

Ay ve yöntem bağımsız değişkenlerinin birbirlerini etkileyebilirliği L* değeri için sadece yöntemler arası değerlendirmede istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur.

Faktörlerin, etki büyüklüklerini gösteren, partial eta squared kolonu incelendiğinde, yöntemler arası faktörün (0.635), aylar arası faktörüne göre (0.006), bağımlı değişkenler üzerinde daha etkili olduğu görülmektedir.

Tablo 18. a* değeri için tekrarlanan ölçümlü varyans analizi sonuçları

Etki	Tekrarlanan	df	OrtalamaSq	F	Sig.	Partial Eta Sq
Aylar arası	Ölçümlü	1	11.23	0.987	0.323	0.009
Ay-yöntem arası	Varyans	1	8.311	0.731	0.395	0.007
Yöntemler arası	Analizi	1	2611.259	151.758	0.000	0.589

Bağımsız değişkenlerin birbirini etkileyebilirliği a* değeri için sadece yöntemler arası ilişkide anlamlı istatistiksel farklılıklar olduğu görülmüştür.

Tablo 19. b* değeri için tekrarlanan ölçümlü varyans analizi sonuçları

Etki	Tekrarlanan	df	OrtalamaSq	F	Sig.	Partial Eta Sq
Aylar arası	Ölçümlü	1	169.227	4.094	0.046	0.037
Ay-yöntem arası	Varyans	1	342.892	8.296	0.005	0.073
Yöntemler arası	Analizi	1	5822.894	57.348	0.000	0.351

Ay ve yöntem bağımsız değişkenlerinin birbirlerini etkileyebilirliği b^* değeri için yöntemler arası ve yöntemin aylara göre değişimini etkilemesi istatistiksel olarak anlamlıdır.

Tablo 20. ΔE değeri için tekrarlanan ölçümlü varyans analizi sonuçları

Etki	Tekrarlanan	df	OrtalamaSq	F	Sig.	Partial Eta Sq
Aylar arası	Ölçümlü	1	3.945	0.186	0.667	0.002
Ay-yöntem arası	Varyans	1	0.016	0.001	0.978	0.000
Yöntemler arası	Analizi	1	5462.62	148.651	0.000	0.584

Ay ve yöntem bağımsız değişkenlerinin birbirlerini etkileyebilirliği ΔE değeri için sadece yöntemler arası değerlendirmede istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur.

4.3.4. Sonuçların Güvenirlilik Analizi

Her iki yöntemle de elde edilen L^* , a^* , b^* ve ΔE değerlerinin Cronbach's Alpha güvenirlik testi ile analiz edilmiş ve Tablo 21'de belirtilmiştir.

Tablo 21. Her iki yöntemle elde edilen ölçümlerdeki tüm değişken L^* , a^* , b^* ve ΔE değişkenlerinin güvenirlik analizi sonuçları

Cronbach's Alpha güvenirlik testi	Analiz Edilecek Değişkenler			
	L^*	a^*	b^*	ΔE
	0.734	0.726	0.715	0.76

Cronbach's Alpha güvenilirlik testi ile her bir değişkenin kendi içinde birbiriyle uyumunu yani aynı kişinin ölçümlerinin kendi içindeki uyumunu, ölçüm güvenilirliğini göstermektedir.

Her iki yöntemle de elde edilen ölçümlerdeki L^* , a^* , b^* ve ΔE değerlerinin güvenilirlik analizi sonuçlarının tümü >0.70 olduğundan dolayı kabul edilebilir limitin üzerindedir.

4.3.5. Nitel Değerlerin Tekrarlanabilirlik Analizi

Nitel değerlerin elde edilmesi için de bir takım işlemler yapılmıştır. Öncelikle görsel yöntemle eşleştirilen skala değeri ilk ölçümle ikinci aydaki ölçüm aynı ise buna 1 değeri verilmiştir. Bu ölçüm farklı ise 0 değeri verilerek istatistiksel değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Bu basamaklar Tablo 22'de gösterilmiştir.

Tablo 22. Görsel yöntemle elde edilen nitel verilerin eşleşmesi

Bireyler	1.Ay Skala Değerleri	2. Ay Skala Değerleri	Eşleşme
1	2M1	2M1	1
2	3M1	2R1.5	0
3	2M1	2M1	1
4	2M2	2R1.5	0
5	2R1.5	1M1	0
6	2M1	3M1	0
7	2M2	1M2	0
8	1M1	1M1	1
9	2R1.5	3M1	0
10	2R1.5	2M2	0
11	2M1	3M1	0
12	1M1	2R1.5	0
13	1M2	2L2.5	0
14	1M2	1M2	1
15	2R1.5	2M2	0
16	2M2	2M1	0
17	3M1	2M1	0
18	2L1.5	2M1	0
19	2R1.5	2L1.5	0
20	2L1.5	2M2	0
21	3R1.5	4M2	0
22	1M1	2L1.5	0
23	2M1	1M2	0
24	4M1	3M1	0
25	2M1	2R1.5	0
26	1M1	2M1	0
27	1M1	2R1.5	0
28	2R1.5	2M1	0
29	2M2	2M2	1
30	1M2	2R1.5	0
31	1M2	2L1.5	0
32	1M1	1M2	0
33	1M2	2M3	0
34	2R1.5	2M1	0
35	2R1.5	2M2	0
36	3M1	2M3	0
37	2M1	3M1	0
38	2M1	1M1	0
39	1M1	1M2	0
40	2R1.5	2L1.5	0
41	2M1	2M1	1
42	2L2.5	1M2	0
43	2R1.5	2M2	0
44	3M1	4R1.5	0
45	2L1.5	2R1.5	0
46	1M2	2M2	0
47	1M1	2L1.5	0
48	2R2.5	1M2	0
49	2M1	2M2	0
50	2R1.5	4M1	0
51	3M1	2M1	0
52	2L2.5	1M2	0
53	2M2	2L2.5	0
54	1M2	2M2	0

Bulanık mantığa dayalı yöntemde nitel değerlerin elde edilmesinde MATLAB Programı kullanılmıştır. Ölçümlerimiz bu program yardımıyla bilgisayara tanıtılmış ve tekrarlayan ölçümlerle birlikte bu sisteme renk eşleştirmesi öğretilmeye çalışılmıştır. Bu aşamadan sonra her bir bireyin RGB ölçümleri sisteme yazıldığında, sistem bize bir skala değeri vermiştir. Bu işlemlerin sonucunda nitel değerlerin eldesi Tablo 23’de gösterilmiştir.

Tablo 23. Bulanık mantığa dayalı yöntemle elde edilen nitel verilerin eşleşmesi

Bireyler	1.Ay Skala Değerleri	2. Ay Skala Değerleri	Eşleşme
1	2	2	1
2	3	3	1
3	2	2	1
4	2	3	0
5	3	1	0
6	2	3	0
7	1	1	1
8	1	1	1
9	3	3	1
10	3	2	0
11	2	3	0
12	1	3	0
13	1	1	1
14	1	1	1
15	3	2	0
16	2	2	1
17	3	2	0
18	1	2	0
19	3	1	0
20	1	2	0
21	4	4	1
22	1	1	1
23	2	1	0
24	4	3	0
25	2	3	0
26	1	2	0
27	1	3	0
28	3	2	0
29	2	2	1
30	1	3	0
31	1	1	1
32	1	1	1
33	1	2	0
34	3	2	0
35	3	2	0
36	3	2	0
37	2	3	0
38	2	1	0
39	1	1	1
40	3	1	0
41	2	2	1
42	1	1	1
43	3	2	0
44	3	5	0
45	1	3	0
46	1	2	0
47	1	1	1
48	3	1	0
49	2	2	1
50	3	4	0
51	3	2	0
52	1	1	1
53	2	1	0
54	1	2	0

Nitel verilerin değerlendirilmesinde istatistiksel analizi ki-kare testi kullanılarak yapılmıştır. Tablo 24’de belirtilmiştir.

Tablo 24. Nitel verilerin tekrarlanabilirlik analizi

Tekrarlanabilirlik Analizi		Ölçümlerin Birey Bazında Sayısı	Yüzdesel Değerleri (%)	İstatistiksel Analiz (ki-kare testi)
Görsel Yöntemin Tekrarlanabilirliği	Tekrar sağlanmış	6	11.1	0.000*
	Tekrar sağlanamamış	48	88.9	
	Toplam	54	100	
Bulanık Mantığa Dayalı Yöntemin Tekrarlanabilirliği	Tekrar sağlanmış	20	37	0.057
	Tekrar sağlanamamış	34	63	
	Toplam	54	100	

Görsel yöntemin kendi içindeki nitel verilerinin tekrarlanabilirliği incelendiğinde istatistiksel farklılık anlamlıdır.

Bulanık mantığa dayalı yöntemin tekrarlanabilirliği istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulgulanmamıştır.

5. TARTIŞMA

5.1. Renk Eşleştirmesi Yapılacak Bireyin Seçilme Kriterleri

Bu çalışmada renk eşleşmesi yapılacak bireyin dahil edilme koşulları olarak, renk eşleştirilmesi yapılacak doğal diş (üst sol orta kesici diş) ve komşularının periodontal yönden sağlıklı olması, restoratif uygulama yapılmamış olması, ortodontik tedavi görmemiş olması ve rotasyon bulunmaması, ağartma işlemi yapılmamış olması ve vital olması değerlendirilirken; çürük lezyonu, tetrasiklin renkleşmesi, florozis ve/veya ilgili dişlerde malformasyon bulunmamasına dikkat edilmiştir. Bu seçim kriterleri pek çok araştırmacı tarafından benimsenmiş ve kullanılmıştır (Tung et al., 2002, Yılmaz and Karaagaçlıoğlu 2008, Li et al., 2009). Renk eşleşmesi yapılacak bireyde hariç bırakma kriterlerini ilgili dişlerde dışsal renklenmeler izlenmesi, şiddetli atrizyon varlığı, periodontal hastalığa bağlı kendiliğinden başlayan dişeti kanamalarının kaydedilmesi ve ilgili bireyde hamilelik durumu, psikiyatrik patoloji tanısı, alkolizm ve uyuşturucu bağımlılığı ve hükümlülük durumu şeklinde genişletilmesi de söz konusudur (Diaz et al., 2008). Renk eşleşmesi yapılacak birey açısından çalışmamızda tercih edilen kriterler, literatürdeki benzer in vivo çalışmalar ile özdeşlik göstermekte ve yorumlama kolaylığı sağlamaktadır.

Renk eşleşmesi yapılacak birey kadar, bu bireyde uygulama yapılacak diş veya diş grubunun seçimi de önem taşır. Yapılan çalışmalarda renk eşleşmesi amacı ile üst çene orta keser diş, diğer dişlere oranla labial yüzey morfolojisinin düz olması ve renk eşleştirme işleminin kolay uygulanması açısından ve ayrıca ağız boşluğunda konumu en uygun diş olması nedeni ile sıklıkla tercih edilmiştir (Jahangiri et al., 2002, Tung et al., 2002, Hammad 2003, Dozic et al., 2004, Dozic et al., 2007, Paravina et al., 2007, Diaz et al., 2008, Yılmaz and Karaagaçlıoğlu 2008, Judeh and Al-Wahadni 2009, Li et al., 2009). Ayrıca üst orta keser dişlerin renk parlaklığının yan keser ve kanin dişlere göre daha fazla olduğu belirtilmiştir (Hasegawa et

al.,2000b, Judeh and Al-Wahadni 2009). Diğer taraftan estetik bir gülüş açısından görünümü doğrudan etkileyen üst ön bölge orta keser dişler, yan keser dişler ve kanin dişler arasında renk dağılım ilişkileri açısından çalışmalar yapılmışsa da, renk eşleşmesi için orta keser dişi tercih eden çalışmalar ile kıyaslandığında sayıları oldukça azdır (Dozic et al., 2005). Ön keser dişlerin estetik anlayış ve klinik renk seçimi açısından daha fazla öneme sahip olmalarından ve de renk eşleştirmesine yönelik uygulama kolaylığından ötürü bu çalışmada üst sol orta keser diş tercih edilmiştir.

Doğal dişin anatomik özelliklerinden dolayı renk eşleştirmesi için tercih edilen diş kadar, ölçüm ve değerlendirme yapılan diş bölgesi de önemlidir. İnsanda dişler katmansal anatomik yapılarından dolayı tek bir renge sahip değildir (Goodkind and Schwabacher 1987). Doğal diş, yumuşak doku (pulpa) ve bu dokuyu saran dentin ve mine olarak adlandırılan iki sert dokudan meydana gelmektedir. Mine dokusu dişe gelen ışığın dalga boylarının saçılmasında kısmen rol oynar ve diş renginin karakterine etki eder (Ten Bosch and Coops 1995, Dozic et al., 2004). Dentin dokusu, diş renginin oluşumunda belirleyici niteliktedir. Dentinal tübüllerin oryantasyonu ve büyüklüğü dahi ışığın emilimini ve saçılımını etkileyebilmektedir (Ragain et al., 2001, Dozic et al., 2004). Dentinin diş rengi üzerindeki belirleyici etkisini dikkate alarak, doğal diş anatomisinde mine tabakasının daha ince olduğu servikal kısımdan renk eşleştirmesi yapılmasının, orta kısma göre daha iyi sonuçlar verebileceğini savunan çalışmalar bulunmaktadır (Dozic et al., 2004). Renk eşleştirmesi için genel tercihe uyarak üst çene orta keser dişleri dikkate alıp, ölçüm bölgesi olarak ise servikal-orta üçlü-insizal olmak üzere üç bölgeyi birden değerlendiren araştırmacılar da bulunmaktadır (Hasegawa et al., 2000a, Dozic et al., 2004, 2005). Yakın dönemde yapılan bir çok çalışmada ise, renk rehberi ile yapılan eşleştirmelerde dişlerin orta üçlü kısımlarından ölçüm yapılması tercih edilmiştir (Schwabacher and Goodkind 1990, Jahangiri et al., 2002, Paul et al., 2002, Tung et al., 2002, Paravina et al., 2007). Temelde, dişlerin insizal kısımlarının translüent özelliği nedeni ile arka plandaki ağız boşluğunun doğal karanlığı renk eşleştirme işlemine etki eder, servikal kısımlar ise dişeti dokularının doğal pembeliğini yansıtır (Schwabacher and Goodkind 1990, Mayekar 2001, Cal et al., 2004). Daha farklı açıklamak gerekirse, tüm dişler için insizal kısımlara doğru kırmızı dişeti

dokularından uzaklaştığı için a* değeri ve dentinin sarılık cevabı azalacağı için b* değeri azalır. Yapılan bir araştırmada orta keser ile kanin dişin her bir diş segmentinin tüm L*, a* ve b* değerlerinin her birinin diğeri ile arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuş (p<0.001), orta ve yan keser dişlerin servikal segmentinde b* değeri, orta üçlüsünde L* ve b* değerleri ve insizal segmentte ise L* değerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gösterilmemiştir (sırasıyla p=0.071, p=0.728, p=0.081) (Dozic et al., 2005). Özet olarak, dişlerin basit renklerini sadece orta üçlü kısmının temsil ettiği bildirilmiştir (Mayekar 2001). Dolayısı ile çalışmamızda, özellikle yakın dönem literatürün ışığında renk eşleştirmesi ölçümü için daha çok önerilen dişin orta üçlü kısmının kullanımı tercih edilmiştir.

5.2. Renk Eşleştirmesi Yapacak Bireylerin Seçilme Kriterleri

5.2.1 Yaş ve Cinsiyet

Renk eşleştirmesinde farklı bireylerin farklı eşleştirmeler yapabilmesi ve renk eşleştirmesinin kalitesi açısından uygulamayı yapacak bireyin yaşı ve cinsiyeti önem taşır (Paravina 2002, Hammad 2003). İlgili literatürde bu anlamda net bir fikir birliği ve standardizasyon kaydedilmemiştir.

Dozic et al. (2007), diş renk ölçümü yapan beş farklı cihazın standardize edilmiş ve klinik ortamlardaki performanslarını karşılaştırdıkları çalışmada 19 ile 27 yaşları arasında 15 erkek 10 kadın olmak üzere 25 diş hekimliği öğrencisinde değerlendirmeler yapmıştır. Hammad (2003), iki farklı renk rehberinin, prostodontistlerin ve pratisyen hekimlerin renk seçimlerinde seçiciler arası

güvenilirliğine etkisini değerlendirdikleri çalışmalarında yaş grupları birbirine yakın olacak şekilde 35-45 yaşları arasında tamamı erkek bireylere yer vermiştir. Çeşitli ülkelerde yerleşik 15 üniversitede gerçekleştirilen ve cinsiyet ile mesleki deneyimin renk seçim kalitesine etkisini değerlendiren başka bir çalışmada, diş hekimi ve diş hekimliği öğrencisi olmak üzere 18 ile 47 yaşları arasında 305 kadın ve 309 erkek bireyin renk eşleştirmeleri kaydedilmiş ve cinsiyetin renk eşleştirmesinde önemli bir rol oynadığı gösterilmiştir (Haddad et al., 2009). Yapılan bir çalışmada, yaş ortalaması 37,9 olan 60 erkek ve 103 kadın bireyden oluşan gözlemci grubunda, cinsiyet faktörünün renk seçimi başarısında etkili olmadığını ancak yaş arttıkça gözlemcilerin renk eşleştirmesindeki başarısının azaldığını bildirmişlerdir (Draper et al., 1997). Jahangiri et al. (2002), cilt rengi ile diş rengi arasındaki olası ilişkiyi değerlendiren gözleme dayalı çalışmalarında 18 ile 80 yaşları arasındaki bireyleri çalışmalarına dahil etmişlerdir. Yılmaz and Karaağaçlıoğlu (2008), iki farklı renk eşleştirme yönteminin hassaslığını tekrarlanabilirlik anlamında değerlendirdikleri çalışmalarında 26 ile 59 yaşları arasında 5 kadın ve 5 erkek olmak üzere 10 bireyin ölçümlerini dikkate almışlardır. Donahue et al. (1991), erkek ve kadınlar arasında renk algısı anlamındaki farklılıkları değerlendirdikleri çalışmalarına yaşları 24 ile 35 arasında olan 6 erkek ve 6 kadın olmak üzere toplam 12 bireyi dahil etmiştir. Aynı çalışmada rengin ilgili yaş aralığında en doğru şekilde algılanmakta ve ayırt edilmekte olduğunu vurgulanmıştır. Bu çalışmada da yaşları 22 ile 35 arasında (yaş ortalaması 26.46) değişen, her iki cinsiyetten eşit sayıda birey yer almıştır. Tercih edilen yaş aralığı ve cinsiyete göre sayısal dağılım, benzer çalışmalar ile uyumluluk göstermektedir.

5.2.2. Eğitim

Yaş ve cinsiyetin yanı sıra, mesleki eğitim de bireylerin renk eşleştirmesinde gösterdiği farklılıklar açısından önemli etkenlerden biridir. İnsan gözünün en iyi saptayıcı olduğu belirtilse de, renk algılarını daha iyi hale getirmek ve ince ayrıntıları görebilmek için seçicilerin eğitilmelerinin gerektiği ortaya konmuştur (Berns 2000d). Wee et al. (2005), 2 prostodontist ve 10 eğitimsiz birey üzerinde yapmış oldukları çalışmanın sonucunda, eğitilmiş prostodontistlerin ağız içi ortamda ideal renk eşleştirmelerini daha iyi algılayabildikleri yargısına varmışlardır. Aynı şekilde Yılmaz and Karaağaçlıoğlu (2008), çalışmalarının bir sonucu olarak gözlemcilerin görsel renk eşleştirme tekrarlanabilirliklerinin prostodontistlerde anlamlı düzeyde daha iyi olduğunu belirtmişlerdir. Diğer taraftan, bu bulguların aksi yönde tespitler yapan çalışmalar da bulunmaktadır. Yapılan bir çalışmada 10 prostodontist, 15 pratisyen diş hekimi, 10 diş teknisyeni ve 15 diş hekimliği son sınıf öğrencilerinden oluşan gruba renk tablalarının kodları kapatılmış şekilde renk eşleştirmesi yaptırılmıştır. Bunun sonucunda ise ortalama toplam renk farklılığı (ΔE) en az pratisyen diş hekimlerinde bulunurken prostodontistlerin öğrencilerden de kötü eşleştirme yaptıklarını belirtmişlerdir (Sim et al., 2001).

Mesleki eğitimin renk eşleştirmesindeki etkisi ile ilgili farklı bulgular ortaya korsa da, genel eğilim belli bir mesleki tecrübesi olan ve/veya renk eşleştirmesi ile ilgili olarak belli bir eğitim görmüş olan hekimlerin çalışma gruplarında yer alması yönündedir. Li et al. (2009), beş farklı renk rehberi arasında renk ölçüm hatası açısından in vivo esaslı karşılaştırma yaptıkları çalışmalarına yaş ortalaması 35,5 olan ve 5 yıldan daha fazla mesleki tecrübeye sahip 10 prostodontisti dahil etmiştir. Draper et al. (1997) tarafından yapılan çalışmada diş hekimliği öğrencileri ve diş hekimlerinin renk eşleştirme performansları karşılaştırılmış, tecrübe ve eğitim seviyesinin artmasıyla renk eşleştirme kalitesinde artış olduğu açıkça ortaya konmuştur. Benzer olarak Hammad (2003), yaklaşık 14 yıllık meslek hayatları olan 10 prostodontist ile 10 pratisyen diş hekimini çalışmaya dahil ederek görsel renk eşleştirmesi yapmalarını istemiştir. İlgili çalışmada Vita Lumin Vacuum renk rehberi

ile yapılan ölçümlerde prostodontistlerin tekrarlanabilirlikleri pratisyenlerden anlamlı derecede daha yüksek çıkarken, Vita 3D-Master renk rehberinin kullanımından elde edilen verilerde anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Judeh and Al-Wahadni (2009), eğitilmiş prostodontist, diş teknisyeni ve öğrencilerden oluşan gruplara çalışmalarında yer vermişler, görsel ve dijital uyumluluk en yüksek düzeyde prostodontistlerde görülürken teknisyenlerin de benzer oranda uyumluluk yakaladığı kaydedilmiştir.

Genel bir ifade ile renk eşleştirmesiyle ilgili olarak diş hekimliğinde renk bilimi konusunda bilgi ve deneyim oldukça önemlidir (Da Silva et al., 2008). Diş rengi eşleştirmesi yapması amacıyla çalışmamıza diş hekimliği eğitimi görmüş ve halen çeşitli anabilim dallarında doktora yapmakta olan, yakın sürelerde mesleki deneyime sahip, eğitilmiş diş hekimleri dahil edilmiştir.

5.2.3. Renk Görüş Yetersizliği

Renk eşleştirmesi yapacak bireylerin, renk görüş yetersizliği açısından değerlendirilmesi çok büyük önem taşır. Renk görüş yetersizliği çekinik herediter bir hastalıktır ve X kromozomlarındaki mutasyonel bir anomali sonucu meydana gelmektedir. Aslında bu durum bayanlarda taşıyıcılık ve erkekler de kalıtımla kazanılan renk noksanlığının varlığına işaret etmektedir. Cinsiyet esaslı prevalansı açısından, erkeklerde yaklaşık %8-14 arasında ve kadınlarında %0.5 oranında renk görüş yetersizliği belirtilmiştir (Barna et al., 1981, Moser et al., 1985, Davison and Myslinski 1990, Wasson and Schuman 1992, Paravina 2002). Barna et al. (1981) ise diş hekimlerinde renk görüş defektinin sıklığını değerlendirmiş, yapmış oldukları çalışmada 50 diş hekiminin 7'sinde renk görüş defekti tespit etmişlerdir.

Renk görüş yetersizliklerinin tespitinde çeşitli rehberler kullanılmaktadır. Moser et al. (1985), 1981 ADA (American Dental Association) konferansında

sundukları çalışmalarında kırmızı-yeşil renk yetersizliği için Dvorine Pseudo-Isochromatic plaka testleri kullanılarak 670 diş hekimini kontrol etmiş, buna göre diş hekimlerinin 66'sında (%9.9) belli bir derece renk yetersizliği ve 19'unda (%2.8) şiddetli renk yetersizliği kaydetmiştir. Kadın diş hekimleri üzerinde yapılan test sonuçlarına göre 40 kadın diş hekiminden sadece 1'inde renk yetersizliği gözlemlenmiştir. Aynı plaka testlerini Paul et al.(2002) da renk görüş yetersizliklerinin ortaya çıkartılmasında kullanmışlardır. Lindsey and Wee (2007), yapmış oldukları çalışmada renk görüşünün değerlendirmesinde American Optical Hardy-Rand-Ritter (AO-HRR) testi kullanmıştır. Della Bona et al. (2009), çalışmasına katılan bireylerin yaklaşık %7'si renk görüşünü belirten tüm renk test kartonlarını tanımlamalarında sorun yaşamalarından ötürü çalışmaya dahil etmemişlerdir. Buna göre cinsiyet bakımından erkeklerin %10.4'ü (336 kişiden 35'i) ve bayanların %2.3'ü (306 kişiden 7'si) çalışmaya dahil edilmemiştir. Bu sonuçlar da diğer çalışmalarla uyumludur (Moser et al., 1985, Paul et al., 2002, Ishikawa-Nagai et al., 2005). Donahue et al. (1991) diş hekimliği öğrencilerini dahil ettikleri çalışmalarında, renk görüş defektine sahip bireyleri tespit etmede Farnsworth-Munsell 100 Hue Test ve Farnsworth Panel 15 Testi'ni kullanmışlardır. Buna bağlı olarak elde edilen sonuçlar konjenital kırmızı-yeşil defektinin erkeklerde %5 olduğu konusunda görüş birliği sağlanmıştır. Yapılan bir çalışmada araştırmacılar, 45 diş hekimliği fakültesi öğrencisine Farnsworth 100-Hue Testi uygulayarak renk algısındaki başarılarına göre gruplara ayırmış, ölçüm sonuçlarını karşılaştırmalı olarak incelemişlerdir (O'Neal and Powell 1984). Ayrıca günümüzde yaygın renk görüş testi olarak Ishiara görme testi (Shinobu Ishiara Colour Blindness Test, 1958) kullanılmaktadır (http://www.abledata.com/abledata_docs/Color_Blind.pdf Erişim Tarihi: 05.11.2010, Erişim Tarihi: 05.11.2010). Paravina (2008), yapmış olduğu çalışmaya katılan bireylerin renkleri görüşlerinde yetersizlik olup olmadığını test etmede Ishiara görme testini kullanmıştır. Yine Paravina (2002), pratisyen diş hekimleri, 2 ve 3 yıllık diş hekimliği öğrencilerinden olmak üzere 150 kişilik çalışma grubuna Ishiara kartlarıyla nitelikli renk görüş testleri uygulamıştır. İlgili çalışmada renk görüşü bakımından değerlendirildiğinde normal olarak kabul edilen 129 kişinin 99'u öğrenci olup 30 kişi diş hekimidir. Bunlarında 86'sı bayan (61 öğrenci ve 25 diş hekimi) ve 43'ü erkek (38 öğrenci ve 5 diş hekimi) olarak belirtilmiştir. Ayrıca

Ishiara görme testini kullanan daha birçok çalışma mevcuttur(Hammad 2003, Paravina 2008, Judeh and Al-Wahadni 2009). Bizim çalışmamızda da Ishiara görme testi ile katılımcılarımızdan görüş yetersizliğine sahip kişiler tespit edilerek çalışmaya dahil edilmemiştir. Buna göre 57 gönüllü katılımcı arasından 3 erkek bireyde (%5.26) renk görüş yetersizliği tespit edilmiş olup, bu veri benzer çalışmalarda ortaya konan verilere yakınlık göstermektedir.

5.3. Renk Eşleştirilmesi İçin Ortamın Standardizasyonu

Renk eşleştirilmesi yapılacak ortamın standardizasyonu ile ilgili pek çok görüş mevcuttur. Li and Wang (2007), ortam standardizasyonu için beyaz duvarlara sahip güneş gören bir oda tahsis etmişlerdir. İlgili çalışmada gözlemcilerin makyajlarını temizlemelerini istenmiş ve kıyafetlerinin üzerine gri renkli önlük yerleştirilmiştir. Ayrıca, renk eşleştirmede tekrarlanabilirliği spektrofotometre ile değerlendireceklerinden dolayı cihazın hep aynı bölgeden ölçüm yapmasını sağlamayı amaçlamış, bu amaçla sağlayan aparat silikon kalıp ile hazırlanmıştır. Yapılmış olan bir çalışmada tüm ölçümler renk eşleştirilmesi için özelleştirilen odada, aynı dış ünitinde gerçekleştirilmiştir (Hassel et al., 2009). Bu çalışmada da aynı klinik aynı ünit kullanılmış olup, ayrıca 1 ay sonraki ölçümlerle kıyaslama yapabilmek için ünitenin hareketli kısımları silikon yardımıyla sabitlenmiştir. Ünit ve içinde bulunduğu klinik diğer kullanım amaçlı işlemlerden izole edilmiştir. Pozisyonun sabitlenmesi konusunun renk eşleştirmede kritik öneme sahip olduğu belirtilmiştir (Fani et al., 2007).

Yılmaz and Karaağaçlıoğlu (2008) yapmış oldukları çalışmayı, alanı 3m² ve penceresi olmayan, duvarları nötral renkte bir odada gerçekleştirmişlerdir. Ayrıca hazırlanan test ortamının yanı sıra bireyin makyajının çıkarılıp üzerine nötral renklerde hasta önlüğü yerleştirilmesinin çevresel değişkenler nedeniyle hataları en

aza indirmek adına üzerinde dikkatle durulması gereken hususlar olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmamızda ölçümlerin yapıldığı oda ve çevre koşulları da bu noktalar dikkate alınarak hazırlanmıştır.

Aydınlatma, renk eşleştirmesinin kalitesini anlamlı şekilde etkilediği ve renk algısının temeli olarak bilinir. Rengin görünüşü için standart aydınlatmanın gün ışığı olduğu düşüncesi oldukça yaygındır (Saleski 1972, Paravina 2002). Li and Wang (2007), tüm gözlemcilerin havanın açık olduğu bir günde kuzeyden gelen gün ışığı altında ardışık iki gün içersinde aynı zaman periyodları (10⁰⁰-14⁰⁰) arasında işlemi gerçekleştirmesini sağlamışlardır. Li et al. (2009), diğer çalışmasında da belirttiği gibi güneşli günler tercih edilerek beş gün arka arkaya saat 10⁰⁰ ile 14⁰⁰ arası renk eşleştirme işlemlerini tamamlamışlardır. Ayrıca Çal et al. (2006) da ölçümlerini kuzeyden gelen gün ışığı altında saat 11⁰⁰de yapılacak şekilde planlamışlardır. Cho et al. (2007), çalışmalarında direkt olmayan gün ışığından faydalanmak için saat 17⁰⁰-18⁰⁰ arasında renk eşleştirmesi yapmışlardır. Fakat gün ışığı birkaç safhaya sahip olup, hem nitelik hem de nicelik olarak değişebilmektedir (Saleski 1972, Paravina 2002, Dozic et al., 2004).

Suni aydınlatma koşulları altında görsel renk eşleştirmesi için çeşitli cihazlar üretilerek gün ışığının olmadığı veya oldukça azaldığı durumlarda renk eşleştirmesine olanak sağlanmaktadır (Paravina 2002). Çeşitli çalışmalar, renk eşleştirmesini farklı aydınlatmalar altında yapmanın kesin bir tutarlılık sağlamayacağını, ayrıca renk algısında kısmi aydınlatmanın etkisinin saptanmasının çeşitli farklılıklara yol açacağını rapor etmişlerdir (Culpepper 1970, Barna et al., 1981, Donahue et al., 1991). Bu nedenle, görsel ve aletsel renk değerlendirmesi için kontrol edilmiş ve standardizasyonu sağlanmış aydınlatmalar sıklıkla önerilmektedir (Della Bona et al., 2009). Della Bona et al. (2009), yapmış oldukları çalışmada hem gün ışığı (D65) aydınlatmasını hem de soğuk beyaz floresan aydınlatmasını karşılaştırmışlar ve renk eşleştirmesi için kesin olan en doğru aydınlatma kaynaklarının mevcut olmadığını belirtmişlerdir. Paravina (2002), diş hekimleri ve diş hekimliği öğrencileriyle yaptığı çalışmada suni aydınlatma ile doğal gün ışığını renk eşleştirme işlemi için kıyaslamıştır. İlgili çalışmada suni aydınlatma ile denemede elde edilen sonuçların gün ışığıyla elde edilen sonuçlara göre istatistiksel anlamda daha iyi olduğu belirtilmiştir. Suni aydınlatmalardaki tutarlılığın gün ışığına

göre renk eşleştirme sonuçlarına daha fazla katkıda bulunduğu çeşitli araştırmalarda belirtilmiştir (Saleski 1972, Paravina 2002). Buna bağlı olarak, Yılmaz and Karaağaçlıoğlu (2008) ve Paravina (2008) aydınlatma için D65 floresan lamba kullanmışlardır. Ayrıca Paravina (2008), aydınlanmanın deney süresince periyodik olarak ölçülerek kontrol edilmesini önermiştir.

Çalışmamızda literatürün sağladığı tüm bu verilerin ışığında tek ve standart bir aydınlatmadan (D65) faydalanılmış olup, ortam aydınlatmasını sağlayan bu ışık kaynağının colormeter ve lightmeter cihazları ile periyodik olarak kontrolleri yapılmıştır.

5.4. Görsel Renk Eşleştirme Yöntemi Ölçüm Sonuçlarının Tekrarlanabilirlik Açısından Değerlendirilmesi

Renk eşleştirme için renk rehberlerinin kullanılması, eşleştirmelerin ekonomik ve çabuk bir şekilde yapılması açısından avantajlı bir yöntemdir (Joiner et al., 2008). Ancak, en hassas renk rehberlerinde bile doğal dentisyonun içinde bulunduğu renk aralığına sahip olmamalarına bağlı yetersizliğin yanı sıra (Schwabacher and Goodkind 1990, Hasegawa et al., 2000a, Sproull 2001b, Tung et al., 2002), renklerin rehber boyunca sistematik bir şekilde dağılım göstermemesi de ayrı bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır (Sorensen and Torres 1987, Sproull 2001b, Tung et al., 2002). Kaydedilen bu durum, ampirik değerler temeline dayanmaktadır (Hassel et al., 2005).

Son yıllarda Vitapan 3D-Master adıyla ortaya çıkan yeni tip renk eşleştirme sistemi yoğun olarak tüm kliniklerde kullanılmaktadır. Bu renk rehberi ile eşleştirme işlemlerinin daha kolay bir biçimde gerçekleştirilebildiği belirtilmiştir (Paravina et al., 2001, Hassel et al., 2005). Vitapan 3D-Master renk rehberi, sistematik renk eşleştirme sistemleri içinde renk eşleştirme sürecinde diğerlerine göre daha etkili

görülmesinin yanı sıra (Yuan et al., 2007, Ahn and Lee 2008), tablalarının daha uniform renk aralığına sahip olması (Paravina et al., 2002), çalışmalarda popülasyonun diş rengine daha yakın eşleştirme sağlaması (Bayindir et al., 2007) ve daha tutarlı düzenlemelerle hazırlanışı (Paravina et al., 2002) gibi nedenlerden dolayı konunun uzmanları tarafından önerilmektedir. Wee et al. (2005), D65 aydınlatmasında 2 prostodontist ve 10 gözlemcinin katıldığı çalışmada üç farklı renk rehberi kullanarak porselenden hazırlanmış bir tablanın renk eşleştirmesi yapılmıştır. Elde edilen değerlerin klinik olarak kabul edilebilir eşleştirilme yüzdeleri içinde en yüksek oran Vitapan 3D-Master (%55), bunu takiben Chromascop (%35) ve son olarak Vita Lumin (%20) dir. Bu çalışmalarda eşleştirme için doğal diş yerine tek rengin belirgin ve hakim olduğu standart bir porselen tabladan eşleştirme yapılmıştır. Dolayısıyla çalışmamızla doğrudan bir karşılaştırma yapılması mümkün değildir. Ayrıca eşleştirme yapanların sayısının toplamda 12 birey olması ve bu sayının azlığının yüzdeleri olumlu yönde etkileyeceği de açıktır. Li et al. (2009), Vitapan 3D-Master renk rehberini karşılaştırılan 5 renk rehberi arasında en uygun görsel renk eşleştirmesini gerçekleştiren rehber olduğunu ifade etmişlerdir. Bu nedenler ve benzer araştırmalardaki renk rehberi tercihleri dikkate alınarak, bu çalışmada Vitapan 3D-Master renk rehberi kullanıldı.

Görsel olarak renk eşleştirme sürecinde eksternal ışık aydınlatması, deneyim, yaş ve insanın göz yorgunluğu gibi genel değişkenler ve renk körlüğü gibi fizyolojik değişkenlik tutarsızlıklara yol açmaktadır (Okubo et al., 1998, Berns 2000d). Buna ek olarak, görsel olarak değerlendirilen renk karakteristiklerinin iletimi için standartlaştırılmış sözel araçlar sınırlayıcı etki göstermektedir (Seghi et al., 1989b). Bu sınırlamalara rağmen, insan gözünün iki obje arasındaki en küçük renk farklılıklarını bile saptamada oldukça etkili olduğu bilinmektedir (Paul et al., 2002). Dolayısıyla, bu çalışmada eşleştirme yapması istenen klinisyenlerin uygulama esnasında ilk hafıza algılarına bağlı olası hataları önlemek için, bazı araştırmalarda önerildiği gibi, renk tablalarını tanımlayan kodlar görünmeyecek şekilde kaplanmış ve rastgele rehberlere yerleştirilmiştir (Li and Wang 2007, Sarıkaya ve Güler 2009).

Bazı kriterler göz önünde bulundurularak renk eşleştirme yöntemlerinin karşılaştırıldığı çalışmalar bulunmaktadır (Okubo et al., 1998, Tung et al., 2002). Bu

değerlendirmelerin başlıcası yöntemin tekrarlama özelliğinin irdelenme esasına dayanmaktadır. Genel olarak, rengin tekrarlanabilmesi ve iletişiminin sağlanması için tekrarlanabilirlik (Tung et al., 2002, Derdilopoulou et al., 2007, Khurana et al., 2007) kadar aynı öneme sahip güvenilirlik de değerlendirilmelidir (Johnston 2009).

Hammad (2003) yaptığı çalışmada, 20 klinisyen (10 prostodontist ve 10 pratisyen hekim) iki farklı renk rehberi ile 20 hastanın üst sağ kanin dişinden renk seçimi yapmışlardır. Aynı düzenek üzerinde aynı işlemler 1 ay sonra tekrarlanmıştır. Prostodontistler (%62), Vita Lumin Vacuum renk rehberi ile yapılan ölçümlerde pratisyen hekimlerden (%35) önemli şekilde daha yüksek tekrarlanabilirlik göstermiştir. Prostodontist (%67) ve pratisyen diş hekimleri (%60) tarafından Vitapan 3D-Master renk rehberi ile yapılan ölçümlerde önemli bir farklılık bulunmamıştır. Vitapan 3D-Master renk rehberi (%60) ve Vita Lumin Vacuum (%35) renk rehberi ile pratisyen hekimler tarafından yapılan ölçümler kıyaslandığında tekrarlanabilirlik açısından anlamlı farklılığa rastlanmıştır. Prostodontistlerin aynı renk rehberleri ile yaptıkları ölçümlerde ise önemli bir farklılık görülmemiştir. Bu çalışmadaki renk eşleştiren birey sayısının kısıtlılığı elde edilen oransal değerlerin artışını sağlamaktadır. Klinik gereksinimlerin giderilmesinde Vitapan 3D-Master renk rehberinin kullanımı tercih sebebi olmakla birlikte, renk eşleştirmesi üzerinde eğitim görmüş ve klinik tecrübeye sahip bireylerin daha iyi eşleştirme yapabilmesi ise son derece doğaldır. Klinik deneyimi az olan klinisyenlerin Vitapan 3D-Master ile kıyaslanan diğer geleneksel renk rehberleri kullanıldığında doğru diş rengi seçiminde daha başarılı sonuçlar bulunduğu rapor edilmiştir (Hassel et al., 2005). Paravina (2008), 15 diş hekimini dahil ettiği çalışmada 3 farklı renk rehberinin renk tablalarını skorlayarak renk eşleştirmesi yapılmıştır. Gözlemciler arası tekrarlanabilirlik açısından, yüzdesel olarak hemen hemen eşdeğer kaydedilen Vitapan Classical ($55,4 \pm 24,4$) ve Trubyte ($49,4 \pm 21$) değerleri ile kıyaslama yapıldığında, Bleachguide ($93,8 \pm 12,7$) istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p < 0.001$).

Çalışmamızda Vitapan 3D-Master renk rehberi kullanımıyla elde edilen görsel tekrarlanabilirlik verileri nitel olarak incelendiğinde 54 bireyden sadece 6'sının (%11,1) aynı rengi her iki ayda da belirleyebildiği ve bu farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu kaydedilmiştir. Bu anlamda diğer çalışmalardan farklı olarak

eşleştirme yaptığımız kişinin dişi ve kullanılan renk rehberi standardizasyonun sağlanabilmesi adına tek örnek seçilmiştir. Ayrıca renk tablalarının tanımlayıcı kodlarının kapatılarak kişilere eşleştirme yaptırılması da renk rehberi üreticilerinin önerdiği eşleştirme prensiplerinin dışına çıkması çalışmamızın sonuçlarını etkilediği düşünülmektedir. Buna rağmen bu şekildeki eşleştirmeyi öneren tekrarlanabilirlik çalışmaları mevcuttur. Çalışmamızda özel bir renk rehberinin eşleştirme üzerindeki etkisi incelenmediği için benzer çalışmaların önerileri doğrultusunda tablalar eşleştirme işlemlerinden önce rastgele olarak dağıtılmıştır (Okubo et al., 1998, Hammad 2003, Li and Wang 2007, Sarıkaya ve Güler 2009).

Görsel eşleştirme yönteminin tamamlayıcısı olarak, nitel ölçümün yanı sıra daha kesin istatistiksel sonuçlar veren nicel değerlendirmenin de yapılabilmesi için CIE LAB değerleri üzerinden ölçüm yapıldı. Bu sayede şimdiye kadar nitel değerler üzerinden yapılabilen bu verileri nicel ortamda toplayabilmek mümkün oldu. Nicel verilerin L^* , a^* , b^* ve ΔE değerleri için 1. ay ölçümleri ile 2. ay ölçümlerinin ilişkileri doğrusallık göstermektedir. Tüm veriler için aralarındaki ilişki çok zayıf ve istatistiksel olarak anlamlı değildir. Yine aynı parametrelerin görsel yöntemde 1. ve 2. aylar arasındaki ölçümlerinin hiçbirinde istatistiksel olarak anlamlı farklılığa rastlanmamıştır. Bu sonuçlar ışığında tabla seçimine dayalı eşleştirme yöntemi sırasında nitel değerlerin klasik bir özelliği olan (0,1 / evet-hayır) mantığı çerçevesinde çok düşük bir oranda (%11,1) çıkan eşleştirme sonuçlarının nicel değerler açısından incelendiğinde dar bir aralıkta gerçekleştiği gözlenmektedir. Yani diş hekimleri aynı rengi eşleştirmekte sıkıntı yaşamakla birlikte yaptıkları eşleştirme hataları geniş bir yelpazeye dağılmamıştır.

Diş hekimliğinde renk bilimi uygulamaları objektif diş rengi ölçümlerinde güncel olarak kullanılan CIELAB renk uzayıdır. Birçok araştırmacı farklı ülkelerde yaptıkları çalışmalarda in vivo ölçümlerinde L^* , a^* , b^* değerleriyle rapor etmişlerdir. Genel olarak, bu çalışmalar L^* , a^* ve b^* değerlerinin geniş aralığa sahip olduğunu göstermiş, fakat doğal diş renklerinde sarılık veya b^* değerinin anlamlı katkıları olduğu sürekli olarak gösterilmektedir (Joiner et al., 2008).

Hasegawa et al. (2000), doğal dişlerin Vita Classical renk rehberi ile kıyasladığında servikal kısımlarda daha düşük translüsensi ve artan kırmızılık

sergiledikleri belirtilmiştir. Vita Classical renk rehberinin a^* değeri için doğal dişlere göre iyi dağılım sergileyememesine karşılık 16 renk tablası için parlaklık (L^*) parametresi doğal dişlerle örtüştüğü ifade edilmiştir. Schwabacher and Goodking (1990) ile Hasegawa et al. (2000) yaptıkları çalışmalarda, Vita Lumin renk rehberini de içeren farklı renk rehberlerinin doğal dişlerin kırmızı-yeşil (a^*) kromatikliği ile eşleştirilemedikleri, ve porselen renk rehberlerinin insan dişi için çok fazla sarı olduğu ve renk çeşitliliğinin yetersiz olduğunu ifade etmişlerdir. O'Brien et al. (1989), Bioform ve Vita Lumin renk rehberlerinin negatif a^* değerine sahip olduğunu rapor etmişlerdir. Yuan et al. (2007), Vitapan 3D-Master renk rehberi kullanmış olup, bu kapsamda kromatiklik koordinatında yeşile ($-a^*$) doğru bir yetersizlikten söz edilmektedir.

Analoui et al. (2004), yapmış olduğu çalışmada 150 çekilmiş diş kullanmıştır. Bunun yanı sıra L^* , a^* , b^* renk koordinatları bilinen 3 farklı renk rehberi (Vita Lumin, Trubyte Bioform, Vitapan 3D-Master) ile işlemler yapılmıştır. Buna göre çekilen dişlerin renk uzayı, kullanılan 3 renk rehberinden de daha geniş olduğu bildirilmiştir. Bu çalışmanın sonuçları içinde Vitapan 3D-Master renk rehberinin çekilmiş dişler için en iyi renk örtüşmesini sağladığı ve en düşük ΔE ortalamasına sahip olduğu belirtilmiştir. Analoui et al. (2004), yapmış olduğu çalışmada çekilmiş dişleri kullandığından çekilmemiş dişlerle daha farklı spektral karakteristikler gösterdiğini ifade etmiştir. Çalışmasında çekilmiş dişlerin orta üçlüsünden yaptığı ölçümlerin L^* , a^* ve b^* değerleri sırasıyla 87.8, 1.5, 25.2 şeklinde verilmiştir. Ağız ortamındaki dişlerin renk spektrumlarının bu çalışmada elde edilen değerlerden farklı olduğu rapor edilmiştir. Bunun nedeni olarak, pulpa içeriklerindeki farklılık ve hidrasyon gösterilmiş, buna ek olarak popülasyon boyutu, yaşı ve besinsel rejimlerin farklılığının da rol oynadığı öne sürülmüştür (Analoui et al., 2004). Hasegawa et al. (2000), ağız ortamındaki 87 örneklem içinde L^* , a^* ve b^* değerleri sırasıyla 71.76, 5.5, 17.59 şeklinde rapor etmişlerdir. Başka bir çalışmada, 7 örneklem için ortalama L^* , a^* ve b^* değerleri sırasıyla 53.4-60.8, -0.72-1.44, 1.92-14.7 arasında değişkenlik gösterdikleri belirtmiştir (Douglas 1997). Çalışmamızda ise 1. ay ölçümlerinde elde edilen ortalama L^* , a^* , ve b^* değerleri sırasıyla 86.56, -1.21, 12.4 şeklindeyken, 2. ay ölçümlerimiz yine sırasıyla 85.77, -1.15, 13.15 şeklinde olup önceki çalışmalarla benzerlikler göstermektedir.

Psikofiziksel testler kontrollü şartlarda insan gözünün 1.0 ΔE birim kadarını tespit edebileceğini gösterse de, klinik olarak algılanabilir ve kabul edilebilir eşik değerler çok daha yüksektir (Kuehni and Marcus 1979, Analoui et al., 2004). ADA renk rehberlerinde tolerans sınırı 2.0 ΔE birim olarak belirlemişken, dişlerle ağız içinde eşleştirme yapılan renk rehberleri arasında 3.7 ortalama değer farkı belirlenmiştir (Johnston and Kao 1989). Dental literatürlerde renk farklılığı için klinik olarak kabul edilebilirlik eşiğini 3.3 ΔE birim (Ruyter et al., 1987, Yuan et al., 2007), algılanabilirlik eşiğini 3.7 ΔE birim olarak rapor etmişlerdir (Johnston and Kao 1989). Renk eşleştirme toleransının saptanması amacıyla bazı çalışmalar yapılmıştır (Douglas and Brewer 1998, Ragain and Johnston 2000, Diaz et al., 2008), fakat sadece iki çalışmada algılanabilirlik ve kabul edilebilirlik toleranslarını saptaması yoluna gidilmiştir (Johnston and Kao 1989, Douglas et al., 2007). Bunlardan ilki Johnston and Kao (1989), in vivo olarak klinik senaryo içinde kabul edilebilir renk değerlendirmesini gerçekleştirmişlerdir. Kompozit uygulanmış diş ile komşu diş arasında ortalama renk farklılıklarını 6.8 ΔE birimlik değeri ‘kabul edilebilir uyumsuzluk’ şeklinde ifade etmişlerdir. Diğer bir çalışma ise Douglas et al. (2007) tarafından yapılmış olup ortalama renk farklılığını 5.5 ΔE birim olarak bulmuştur. Bu değere karşılık klinik olarak ‘kabul edilebilir renk uyumu’ ifadesiyle belirtmişlerdir.

Li et al. (2009), üç firmanın ürettiği 5 farklı renk rehberi (Vita Lumin Vacuum, Vitapan 3D-Master, Vintage Halo, Vintage Halo NCC, Chromascop) üzerinde çalışmasını yürütmüştür. Bu çalışmanın sonucunda ortalama renk farklılıkları 3.54 ± 2.13 ile 7.61 ± 2.04 arasında gösterilmiştir. Kıyaslanan beş renk rehberi arasında görsel renk eşleştirmesinde Vitapan 3D-Master renk rehberi ($\Delta E = 3.54 \pm 2.13$) en uygun olanı şeklinde gösterilirken en fazla renk farklılığı Vita Lumin renk rehberinde ($\Delta E = 7.61 \pm 2.04$) gösterilmiştir. Paravina (2009), hem Vitapan 3D-Master hemde Linearguide 3D-Master renk rehberlerinin Vitapan Classical renk rehberine göre anlamlı boyutta daha küçük ΔE değerleri sergilemişlerdir. Bu bulgular klinik diş hekimliğinde ve dental teknolojilerde Vitapan 3D-Master renk rehberi kullanımını desteklemektedir.

Lee et al. (2002), farklı aydınlatma koşulları altında Vita renk rehberi ile ölçümler yapmış ve Vita renk rehberleri için renk farklılıklarının (ΔE) 3.21 ile 6.50

arasında değiştiğini bildirmişleridir. Bayındır et al. (2007), yapmış oldukları çalışmada test edilen 3 renk rehberi arasından Vitapan 3D-Master renk rehberi ($\Delta E=3.93$) ile potansiyel en iyi eşleştirme elde edilmiştir. Bazı renk rehberleri, bazı renk ölçüm cihazlarıyla görsel olarak değerlendirilir (Barrett et al., 2002, Hammad 2003, Hassel et al., 2005, Li et al., 2009). Birkaç çalışmada bu renk rehberlerinin kullanımıyla görsel renk eşleştirmesindeki renk hatalarını nicel olarak değerlendirmişlerdir. Li et al. (2009), 10 prostodontistin dahil olduğu çalışmada görsel renk eşleştirmede renk farklılıklarının kıyaslanmasında ΔE değerleri Vita Lumin için 7.91 ± 2.19 , Vitapan 3D-Master için 4.55 ± 2.37 , Vitage Halo 6.15 ± 2.5 , Chromascop 5.91 ± 2.38 ve Vintage Halo NCC için ise 5.83 ± 2.4 şeklinde belirtilmiştir. Ruyter (1987) tarafından yapılan çalışmada klinik olarak kabul edilemez eşik değerindeki renk farklılığı >3.3 temel olarak alındığını belirtmiştir. Buna göre önceki çalışmanın sonuçları tamamen klinik olarak kabul edilemez bir aralıkta bulunmaktadır.

Ahn and Lee (2008) sürdürdükleri çalışmada her bir renk tablası arasında renk farklılıkları incelenmiş ve 0.9 ile 18.6 ΔE birim arasındaki aralıkta yer aldığı bildirilmiştir. Vitapan 3D-Master renk rehberinin tüm kombinasyonları arasındaki renk farklılığı önceden yapılmış bir çalışmada 19.2 ΔE birim saptanmıştır (Paravina et al., 2002). Bu sonuçlar çalışmamızdan elde ettiğimiz ΔE değerleriyle benzerlik göstermektedir. Bizim çalışmamızda görsel renk eşleştirmesi nitel ortamdan nicel ortama yansıtıldı. Buna göre görsel renk eşleştirmesinde sadece Vitapan 3D-Master kullanıldığından bu renk rehberi için 1. ay ölçümlerinin renk farklılıkları 2.09-14.11 ΔE birimdir. İkinci ay ölçümlerinin sonuçları ise 1.43-11.2 ΔE birim arasında elde edilmiştir.

5.5. Bulanık Mantığa Dayalı Renk Eşleştirmesinin Tekrarlanabilirlik Açısından Değerlendirmesi

Bulanık mantık yöntemi, klasik yöntemlere göre bazı artı ve eksilere sahiptir. Artı yönlerini özetlemek gerekirse:

1) İnsan düşünce sistemine ve tarzına yakındır. Bilindiği gibi denetim işlemlerinin birçoğu dilsel niteleyicilerle yapılmaktadır.

2) Uygulamasında mutlaka matematiksel bir modele gereksinim duymaz.

3) Doğrusal olmayan fonksiyonların modellenmesine izin verebilir.

4) Yazılımın basit olması nedeniyle, sistem daha ekonomik olarak kurulabilir.

5) Bulanık mantık kavramını anlamak kolaydır.

6) Üyelik değerlerinin kullanımı sayesinde, diğer kontrol tekniklerine göre daha esnektir.

7) Kesinlik arz etmeyen bilgilerin kullanımı söz konusudur.

8) Sadece uzman kişilerin tecrübelerinden faydalanılarak, kolaylıkla bulanık mantığa dayalı bir modelleme ya da sistem tasarlanabilir.

9) İnsanların iletişimde kullandıkları sözel ifadelerin bulanık mantıkta kullanımı ile daha olumlu sonuçlar çıkmaktadır.

10) Bulanık mantık yaklaşımında işaretlerin bir ön işlemeye tabi tutulmaları ve geniş bir alana yayılmış değerlerin az sayıda üyelik işlevlerine indirgenmeleri, uygulamaların daha hızlı bir şekilde sonuca ulaşmasını sağlar (Kıyakve Kahvecioğlu 2003, Elmas 2007a, http://www.fbe.dpu.edu.tr/dergi_son/sayilar/fbe_sayi9/09.doc Erişim Tarihi: 13.04.2011).

Bulanık mantık yönteminin, klasik yöntemlere göre eksi yönlerini kısaca ifade etmek gerekirse:

1) Bulanık mantık uygulamalarında mutlaka kuralların uzman deneyimlerine dayanarak tanımlanması gerekir. Üyelik işlevlerini ve bulanık mantık kurallarını tanımlamak her zaman kolay değildir.

2) Üyelik işlevlerinin değişkenlerinin belirlenmesinde kesin sonuç veren belirli bir yöntem ve öğrenme yeteneği yoktur. En uygun yöntem deneme-yanılma

yöntemidir, bu da çok uzun zaman alabilir. Uzun testler yapmadan gerçekten ne kadar üyelik işlevi gerektiğini önceden kestirmek çok güçtür.

3) Sistemlerin kararlılık, gözlemlenebilirlik ve denetlenebilirlik analizlerinin yapılmasında ispatlanmış kesin bir yöntemin olmayışı bulanık mantığın temel sorunudur. Günümüzde bu sadece pahalı deneyimlerle mümkün olmaktadır.

4) Bulanık mantık yaklaşımında üyelik işlevlerinin değişkenleri sisteme özeldir, başka sistemlere uyarlanması çok zordur.

5) Bunun yanı sıra en sık belirtilen dezavantajları ise üyelik işlevlerinin ayarlanmasının uzun zaman alması ve öğrenme yeteneği olmamasıdır (Elmas 2007a).

Bulanık mantık çoğunlukla mühendislik alanlarında kullanılıyor olsa da, son yıllarda tıp ve diş hekimliğinde kullanımı da yaygınlaşmaya başlamıştır. Örneğin bireyden bireye değişkenlik gösteren diş kök kanallarının tespit edilmelerinde ve ölçümlerinde dijital radyografi ve dental endoskopi esaslı birçok yöntem kullanılmıştır (Benyo et al., 2009). Bir araştırmada, ultrasondaki görüntülemeye dayanarak bulanık mantık esaslı kök kanal tespiti yapılmıştır (Endo et al., 2005). Benyo et al. (2009) çalışmasında, alınan verileri CT dilimlerine çevrilmesi, takiben geliştirilmiş bulanık mantık kümelemesine dayalı 2-boyutlu görüntü segmentasyonundan oluşan tam bir görüntü işleme prosedürü tanıtılmaktadır. Sonuç olarak önerilen algoritma kayıtlı görüntü setlerinin %95'inden fazlasını otomatik olarak işleyebilmiş, geri kalanlar ise manuel müdahale gerektirmiştir. Sistemin karar verme mekanizmasındaki bazı noksanlıklardan dolayı kişisel müdahaleye açık bir yazılım programı oluşturulmuştur.

Diğer bir çalışmada da dudak damak yarıklarının cerrahi karmaşıklığını değerlendirmek amacı ile matematiksel bir fonksiyon geliştirilerek, tıbbi ortamda mantıksal-kombinasyonel yaklaşımdan faydalanan bir çalışmada bu tip malformasyona sahip hastaların durumlarını karşılaştırmak için bir benzerlik fonksiyonu modeli oluşturulmuştur. Bu fonksiyonlar bir değişken için belirlenen karşılaştırma kriterine dayalı olarak tanımlanmış ve benzer durumdaki dört ayrı hasta için hesaplanarak kullanılabilirliği test edilmiştir. Ayrıca çalışmada her bir kriterin cerrahi karmaşıklığa ayrı ayrı ne kadar katkıda bulunduğu da öngörülme çalışılmıştır. Sonuçta 18 değişken, bulanık ve kesin farklılık tipinde 6 farklı

karşılaştırma kriteri ile geliştirilen matematiksel modelin gerek bireysel bazda aynı hastada farklı zamanlarda, gerek hastalar arasında karşılaştırmalarda ve cerrahi müdahalelere ait olası öngörülerde kullanışlı olduğu klinik örneklerle dayanarak gösterilmiştir. Dolayısıyla seçilen cerrahi rehabilitasyon sonrası hastaya özgü değişikliklerin öngörülebilmesinin mümkün olduğu öne sürülmüştür (Ortiz-Posadas et al., 2009).

Oral kandidiazis oluşumu ve kronik seyri ile ilişkili bir grup risk faktörünün bulanık mantık yaklaşımı ve istatistiksel geleneksel metodoloji esaslı değerlendirmesini yaparak, multifaktöriyel bir çerçevede dahilinde nedensellik ilişkilerini değerlendirmeyi amaçlayan bir çalışmada, bu tip iki katmanlı (bulanık mantık ve istatistiksel geleneksel metodoloji) bir istatistiksel yaklaşımın oral kandidiazisin risk faktörlerini tanımlamada doğruluk oranı yüksek ve kullanışlı olduğu kaydedilmiştir. Aynı çalışmada belli bir popülasyonda oral kandidiazis tutulumu ve kronik devamlılığı açısından hedef hasta profilinin bulanık mantık içerikli bir modelleme yaklaşımı ile daha net biçimde bireyselleştirilebildiği, özellikle geriatric popülasyonda bu tip bir patoloji ile karşılaşıldığında karar ağacı oluşturmada veya daha genel olarak önleyici stratejiler geliştirmede faydalı olabileceği öne sürülmüştür (Campisi et al., 2008).

Yukarıda ifade edilen bulanık mantık esaslı spesifik uygulamalara benzer biçimde, ortodontik tedavi planlamasında özellikle cerrahi olmayan yaklaşımlarda klinisyenin karar verme yaklaşımının ve hatta uygulanacak ortodontik aparatın seçiminde matematiksel modelleme esaslı bilgisayar yazılımlarının bazı klinik faydaları olabileceği öne sürülmüştür (Akcam and Takada 2002, Noroozi 2006).

Bir başka spesifik uygulama örneği ise, aynı çalışma grubunun önce farklı dental sert dokuların, bulanık mantık algoritması esaslı bilgisayar destekli cihaz ile ayırımının yapılabildiğini gösterdikleri araştırmayı takiben (Kocher et al., 2000), benzer bir uygulama ile in vitro olarak subgingival diş taşı tespitinin mümkün olduğunu gösterdikleri çalışmalarıdır (Meissner et al., 2006).

Bulanık mantık esaslı modelleme yöntemi, diş rengi eşleştirmesinde de daha önce kullanılmıştır (Herrera et al., 2010). Herrera et al. (2010), diş ağartma tedavisinin neden olduğu renk değişikliklerini dişin başlangıç kromatik değerlerine

dayanarak modellemiş vebulanık mantık esaslı yeni bir metodoloji ile var olan belirsizliği doğal bir biçimde ifade etmeyi öneren bir çalışma yapmışlardır. Renk eşleştirmesinde kullanılan bu modelleme dış dokusunda gerçekleşen renk farklılıklarına yönelik olarak hazırlandığı için çalışmamızla karşılaştırmak mümkün olmamıştır.

Dozic et al. (2004), yaptıkları çalışmada bir dış segmentinin L^* , a^* , ve b^* değerleri, diğer bir dış segmentinin L^* , a^* ve b^* değerlerini tahmin etmenin olası bu durum olduğundan bahsetmişlerdir. Buna göre yurt çapında temsil eden örneklerden elde edilen renk verileri dijital renk tahminlerinin ortalaması ile kayıp dış kısmının yerini alacak restorasyonun rengi için eşsiz bir rehber olduğu yolunda görüşlerini bildirmişlerdir. Bu çalışma göz önüne alınarak biz de bilgisayar ortamına çeşitli renk eşleştirme ölçümlerini yükleyip, bulanık mantık prensiplerine göre düzenleyerek bilgisayara bir bireyin renk eşleştirmesinde nasıl karar verdiğini öğretmeyi amaçladık.

Bu çalışmanın aşamalarından biri, katılımcıların önceden renk değerleri tespit edilmiş bir objeyi nicel olarak nasıl algıladıklarını tespit etmektir. Böylece, çalışmamıza katılan 54 bireyin görsel algılarının ne yönde sapma gösterdiği nicel olarak belirlendi. Bulanık mantık temelli MATLAB programına bu veriler yüklendi. Program katılımcıların ortalama olarak renk değerleri üzerinde ne yönde sapma gösterdiğini hafızasına kaydetti. Klasik mantık temelli sınıflandırmada sınıfları belirleyen sınırlar keskindir. Oysa, matematiksel modeli kurulamayan sistemlerin modern çözümlene yöntemi yapay zeka kullanımıdır ki, program bunu bize sağlamaktadır. Bilimsel literatürde kabul görmüş olan ANFIS yöntemi hem öğretim algoritmasıdır hem de sınıflama yapmaktadır. Amaca yönelik olarak ANFIS'in seçilmesiyle klasik mantığın keskin sınıflandırılması yerine insan duyuları gibi dilsel sınıflandırma ve karar verme mekanizması işletilebilmiştir(Jang et al., 1997). Literatürde mevcut bulunmayan renk eşleştirmesi için yumuşak geçişli sınıflandırma metodolojisi ve yaratılan model insan gibi karar verip sonuca gidebilmiştir. Böylece, hem dış hekiminin hangi renk geçişlerinde hata yapabildiği hem de birbirine karıştırılan renk geçişlerinde karar vermeyi kolaylaştırıcı bir model oluşturmuştur. Bunun sonucu olarak herhangi bir bireyin seçtiği renk değerlerini programa

tanıtıldığında, bireyin aslında hangi rengi belirtmek istediğini ortalama olarak bize söyleyebilecek bir yapay zeka geliştirilebilmesi mümkün olabilecektir.

Çalışmamızda kullanılan bulanık mantık modelleme yöntemi diğer çalışmalarda bu amaçla kullanılmamıştır. Bu nedenle bulanık mantık yönteminin renk eşleştirmesinde sağlayabileceği faydalar konusunda referans gösterilebilecek bir başka çalışma yoktur. Ancak çalışmamızın sonuçları, tekrarlanabilirlik düzeyleri incelendiğinde, bulanık mantığa dayalı renk eşleştirme yöntemi (%37) görsel yöntemle (%11,1) kıyasla daha tutarlı olduğu gözlemlenmiştir.

Çalışmamızda 1. ve 2. aylar arasında bulanık mantığa dair renk eşleştirme sonuçları içinde nicel anlamda sadece b* değerinde anlamlı farklılıklara rastlanmıştır. Diğer ölçümlerin hiçbirinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktur. Sadece b* değerindeki bu farklılık hem görsel hem de bulanık mantığa dayalı yöntemde rastlanması, oluşturulan bu ortamda sarı-mavi renkler arasında gözlemcilerin birbirinden farklı ölçümler yaptığını göstermektedir. Bunun nedeni ise ortamın nötral renklerde oluşturulmasına bağlı mavi renk algısındaki farklılık olabileceği gibi dışın sarılığı ile bilgisayar ortamında yakalanmak istenen sarının kişiler arasında farklı yorumlanmasından kaynaklanmış olabilir.

Ortam koşullarının standardizasyon farklılıkları ve kişisel değerlendirmedeki değişkenlikler, insan gözünün algısındaki hata aralığını belirlemede ve yorumlamada değer taşır. Çalışmamızda, bulanık mantık esaslı modelleme sayesinde renk eşleştirme işleminde bireylerin hangi dalga boylarında yorumlama hatası yaptıkları tespit edilmiştir. Bu verilerin ışığında, yeni bir renk rehberi yapımına gerek olmadığı, ancak kullanılan renk rehberlerinin renk dağılımı ve aralığı anlamında yeniden değerlendirilerek yapılandırılması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Yeni renk rehberi düzenlemesinde, bu çalışmada tercih edilenin dışında, farklı ortam şartlarında deneyler yapılması yol gösterici olacaktır.

5.6. Çalışmada Kullanılan Renk Eşleştirme Yöntemlerinin Güvenirlilik Açısından Değerlendirilmesi

Renk rehberlerinde olduğu gibi, renk eşleştirmesi yapan aletler de bir takım sınırlamalara sahiptir. Aletlerin ucundaki fotodetektörlerin insan gözüyle algılanamayan daha küçük renk farklılıklarını ölçebilmesi iyi bir özellik gibi görünse de, klinik uygulamada bu hassasiyet kritik basamaklarda sıkıntılar yaratabilmektedir (Yap et al., 1999). Yüksek derecede kesinlik ve hassaslıktan dolayı bu cihazların üretimi pahalıdır.

İlgili bir çalışmada Vita Lumin renk rehberi kullanılarak görsel güvenilirlik ve Colortron II kolorimetresi kullanılarak da aletsel güvenilirlik değerlendirilmiştir. Aletsel güvenilirlik %50, görsel güvenilirlik %48 olarak belirtilmiş olup, bu iki yöntem arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı rapor edilmiştir (Okubo et al., 1998). Lagouvardos et al. (2009), yaptıkları çalışmada bir kişi tarafından iki farklı renk eşleştirme aleti kullanmış ve ölçümlerde elde edilen renk rehberi sonuçlarını güvenilirlik yönünden karşılaştırmışlardır. Bunun sonucunda Vitapan Classical için elde edilen oran %64,5 iken, Vitapan 3D-Master sistemi için %22,6 oranı elde edilmiştir. Araştırmacılar, oranlardaki bu farklılığın cihazlar arası renk rehberlerinde bulunan bir miktar renk çeşitliliğinden kaynaklandığını ileri sürmüşlerdir. Ayrıca çalışmalarında renk rehberlerinin güvenilirliğine dikkat çekerken, renk eşleştirme aletlerinin tekrarlanabilirliğini kıyaslamışlardır. Çalışmamızda ise kullanılan yöntemler diğer çalışmalardaki yöntemlerden farklı olsa da, bireylerin yöntemlere göre tekrarlanabilirlik düzeyleri incelendiğinde, bulanık mantığa dayalı renk eşleştirme yöntemi (%37) görsel yöntem (%11,1) kıyasla daha tekrarlanabilir olduğu gözlemlenmiştir.

Li and Wang (2007) çalışmalarında, klinik standardizasyon şartlarını sağlandıktan sonra 3 katılımcı (2 prostodontist ve 1 diş teknisyeni) bireyin sol üst orta keser dişinden hem görsel hem de aletsel renk eşleştirmesi yapmışlardır. Buna göre elde edilen L*, a* ve b* değerlerinden ΔE değeri hesaplanmıştır. Aletsel yaklaşımda elde edilen ΔE değeri (3.13 ± 1.17) ile görsel yaklaşımın (3.58 ± 1.03) sonuçları arasında anlamlı bir farklılık bulunmadığını belirtilmiştir. Paul et al. (2002), in vivo olarak 30 birey üzerinde hem görsel hem de aletsel renk eşleştirmesi yapmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre görsel olarak değerlendirilen renklerin ΔE (3.15 ± 1.08) değerlerinin, aletsel olarak değerlendirilenlere (2.09 ± 0.94) göre daha yüksek olduğu ifade edilmiştir. Klinik olarak algılanabilirlik için eşik aralığı 1.0 ile

3.7 ΔE iken (Kuehni and Marcus 1979, Johnston and Kao 1989, Seghi et al., 1989a, Yuan et al., 2007), klinik olarak kabul edilebilirlik 2.72 ile 6.8 ΔE arası olarak belirtilmiştir (Ruyter et al., 1987, Johnston and Kao 1989, Ragain and Johnston 2000, Yuan et al., 2007).

Çalışmamızda farklı yöntemlerin karşılaştırması 1. ve 2. aylar için ayrı ayrı yapılmıştır. Görsel (1. ay $\Delta E=6.196\pm 1.684$, 2. ay $\Delta E=5.908\pm 2.086$) ve bulanık mantığa dayalı renk eşleştirmesinin (1. ay $\Delta E=16.236\pm 7.106$, 2. ay $\Delta E=15.983\pm 7.63$) her iki ayında da ΔE ve diğer parametreler (L^* , a^* ve b^*) için istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gözlemlenmiştir ($p=0.000$). Bu sonuçlar belirtilen çalışmalar ışığında incelendiğinde görsel eşleştirme yönteminin klinik olarak kabul edilebilir güvenilirlik aralığında göstermektedir. Ancak bulanık mantığa dayalı renk eşleştirmesine ilişkin sonuçlar güvenilirliğin kabul edilebilir sınırların (ΔE : 2.72-6.8)oldukça dışında olduğunu göstermektedir. Çalışmamızda güvenilirlik anlamında sonuçlar belli değerler arasında elde edilmiştir. Bu da daha önceki kaynaklarda da yer aldığı gibi gözün hassasiyetinin fazla olduğunu tekrar tekrar kanıtlar niteliktedir. Buna rağmen, güvenilirlikteki bu dar alanın tekrarlanabilirlik sonuçlarını olumsuz etkilediği düşünülmektedir. İlerki çalışmalarda eşleştirme yapan bireylerin sayısı artırılarak güvenilirlik sınırlarının daha net çizilmesi amaçlanmaktadır.

Bazı araştırmacılar aletsel ölçümlerle gözlemci bireylerin ölçümleri arasında korelasyonlar kaydetmiş (Johnston and Kao 1989, Seghi et al., 1989a, van der Burgt et al., 1990, Tung et al., 2002), bazı araştırmacılar ise böyle bir korelasyon olmadığını rapor etmişlerdir (Goldstein and Schmitt 1993, Okubo et al., 1998, Tung et al., 2002).

Çalışmamızda ise yöntemleri kendi içinde aylar arasındaki korelasyonları incelendi ve sonuçta görsel yöntemde incelenen L^* , a^* , b^* ve ΔE değerleri için 1. ay ölçümleri ile 2. ay ölçümleri arasında doğrusal artan ilişkinin istatistiksel olarak önemli düzeyde olmadığı görülmüştür ($p>0.05$). Tüm değişkenler için aralarındaki ilişki çok zayıftır. Bulanık mantığa dayalı renk eşleştirmesinin kendi içindeki korelasyonu açısından ise ölçümlerin 1. ve 2. ay sonuçları arasındaki ilişki incelendiğinde L^* ve a^* değişkenlerinde doğrusal artan ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı gözlenirken ($p>0.05$), b^* ve ΔE değişkenlerinde 1. ve 2. ay

ölçümleri arasındaki doğrusal artan ilişkinin istatistiki olarak anlamlı düzeyde olduğu görülmüştür ($b^*= 0.001$ ve $\Delta E= 0.038$).

Güvenirlilik analizi olarak, Cronbach's alpha değeri yaygın bir şekilde kullanılan bir katsayıdır. Bu ölçüm, her bir bireysel ölçüm korelasyonlarının ne kadar doğru olduğunu yorumlamada kullanılmaktadır. İlgili alpha değerleri 0 ile 1 arasındadır (Yılmaz and Karaağaçlıoğlu 2008). Yılmaz and Karaağaçlıoğlu (2008), görsel renk eşleştirmesinde gözlemcilerin kendi içindeki tekrarlanabilirliklerinin analizinde tüm verilerin ortalama bazında alpha değeri (>0.70) kabul edilebilir düzeyde olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada elde edilen bulgular ışığında, güvenirlik analizinin sonuçları ilgili literatür birikimi ile benzerlik göstermiş, her iki yöntemle de elde edilen tüm parametrelerin alpha değeri kabul edilebilir sınırın (>0.70) üzerinde bulunmuştur.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada elde edilen bulgulara dayanarak;

1) Görsel ve bulanık mantığa dayalı renk eşleştirmesinin kıyaslanmasına yönelik çalışmamızda, her iki yöntemin de kendi içlerindeki tekrarlanabilirlik sonuçlarının uyumlu olduğu görülmüştür. Bunlardan sadece bulanık mantığa dayalı yöntemde aylar arasında sadece b* değerinde anlamlı bir farklılık gözlemlenmiştir.

2) Görsel ve bulanık mantık esaslı yöntemler ile farklı zamanlarda yapılan renk eşleştirmesi sonuçlarının, yöntemlerin kendi içinde benzer sonuçlar gösterdiği ancak iki yöntem arasında eş zamanlı yapılan ölçümler açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu kaydedilmiştir.

3) Çalışmanın güvenilirliğinin analizinde, her iki yöntemle de elde edilen tüm parametrelerin alpha değeri kabul edilebilir sınırın ($>0,70$) üzerinde bulunmuştur.

4) Bireylerin yöntemlere göre tekrarlanabilirlik düzeyleri incelendiğinde, bulanık mantığa dayalı renk eşleştirme yöntemi (%37), görsel yöntem (%11,1) kıyasla daha tutarlı olduğu gözlemlenmiştir. Görsel renk eşleştirme yöntemi geleneksel olarak en sık kullanılan yöntem olsa da, çalışmamızın tekrarlanabilirlik anlamındaki sonuçlarına göre, klinik olarak farklı yöntemlere ihtiyaç duyulduğu ve bulanık mantık esaslı yöntemin bu noktada değer taşıdığı ifade edilebilir.

5) Farklı yöntemlerin güvenilirlik yönünden karşılaştırması 1. ve 2. aylar için ayrı ayrı yapılmıştır. Görsel (1. ay $\Delta E=6.196\pm 1.684$, 2. ay $\Delta E=5.908\pm 2.086$) ve bulanık mantığa dayalı renk eşleştirmesinin (1. ay $\Delta E=16.236\pm 7.106$, 2. ay $\Delta E=15.983\pm 7.63$) her iki ayda da ΔE ve diğer parametreler (L^* , a^* ve b^*) için istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gözlemlenmiştir ($p=0.000$). Bu sonuçlar, görsel eşleştirme yönteminin klinik olarak kabul edilebilir güvenilirlik aralığında olduğunu; ancak bulanık mantığa dayalı renk eşleştirmesinin güvenilirlik anlamında klinik olarak kabul edilebilir sınırların oldukça dışında olduğunu göstermektedir. Bu anlamda bulanık mantık yöntemini tekrarlanabilirlik açısından öne çıkaran temel faktörün güvenilirlik sınırlarındaki bu genişlik olduğu söylenebilir.

6) Bulanık mantığa dayalı yöntem, tüm alanlarda olduğu gibi diş hekimliği ve özellikle renk eşleştirme konusunda geliştirilmeye oldukça açıktır. Bu çalışma bulanık mantık algoritmasının genişletilmesine ve bu algoritmaya uygun olarak renk rehberleri ve renk ölçüm cihazlarının yeniden değerlendirilmesi ve yapılandırılmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır.

7) Sonuçlar göstermektedir ki, hekimin renge karar vermesinde bulanık mantığa dayalı ve elektronik olarak bulanık mantıkla karar veren bir cihaz üretilebilir. Mevcut ticari cihazlar renge karar verirken, dijital elektronik teknolojisini kullanmakta ve burada çalışan algoritma klasik (0, 1) mantığı ile çalışmaktadır. İleride bu çalışma ve benzeri çalışmalardan elde edilen veri tabanı kullanılarak yapay sinir ağı ile öğretilmiş bulanık mantıkla sınıflandırılmış bu ve benzeri çıktılar kullanılacaktır. Bunun için veri kümesi, karar mekanizması, ve elde edilen çıktılar bir bulanık çipe gömülecek, bu ise cihazın küçük, ucuz ve kullanışlı olmasını sağlayacaktır.

8) Çalışmanın ana amaçlarından olan, dijital bir cihazın kesin sınırlarla verdiği eşleştirme kararı yerine az, çok, daha çok gibi dilsel karar vermenin uygun olacağı gerçekleştirilen model ile başarılabilmiştir. Ancak, çalışmanın diğer bir çıkarımlarından olan alternatif bir renk rehberi oluşturmak için daha geniş bir veri tabanına ihtiyaç olduğu da anlaşılmaktadır. Zaten yapay zeka metodolojisinde öğretmenin gerçekleştirilmesi için sınıflandırmanın ötesinde çok sağlam bir veri tabanına ihtiyaç olduğu bilinmektedir.

9) Bulanık mantık yönteminin diş rengi eşleştirmesinde uygulanabilir bir yöntem olduğu, ancak insan gözünün renk algısıyla arasındaki farklılığın azaltılabilmesi için daha geniş bir veri tabanı ile çalışılması gerekmektedir.

10) İleri çalışma olarak, insan gözünün ayırt edebileceği sınıflandırmaya yakın yeni bir algoritmik cihaz üretilebileceği anlaşılmıştır. Bunun için daha geniş bir veri tabanına sahip çalışmalar zinciri yapılarak öğretilmiş bir yazılım ile donanımında bu yazılımı kullanan bir elektronik cihaz yapılmalıdır.

ÖZET

Diş Rengi Eşleştirmesinde Bulanık Mantık Yönteminin Kullanımı

Bu çalışmanın amacı, bulanık mantık yönteminin klinik diş rengi eşleştirmesinde kullanımı ve bu yöntemin görsel diş rengi eşleştirme yöntemi ile tekrarlanabilirlik ve güvenilirlik açısından karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesidir.

Görsel renk eşleştirmesi için Vita 3D-Master renk rehberi kullanıldı. Renk tablalarının üzerindeki tanımlayıcı kodlar flaster ile kapatıldı. Tablalar rehberle rastgele yerleştirildi. Bireyin üst sol santralinin orta üçlüsünden renk eşleştirmesi yapılması istendi İşlemler, 1 ay sonra tekrarlandı. Eşleştirmenin sayısal değerlere dönüştürülmesi için bir spektrofotometre ile akrilik rezinden bir standardizasyon şablonu hazırlanarak ölçüm yapıldı.

Bulanık mantık esaslı renk eşleştirmesi, aynı seansta bilgisayar ekranından ve sınırsız renk seçeneği sunan bir renk paleti üzerinde yapıldı. Ölçülen değerler MATLAB-ANFIS Toolbox ile işlenerek, uygun renk koduna karar verildi.

Nitel veriler için bağımlı grupların analizinde kullanılan paired samples t testi ve Pearson korelasyon testi uygulandı. İki farklı yöntemin karşılaştırılması için bağımsız grupların karşılaştırmasında kullanılan t testi uygulandı. Ayrıca tekrarlanan ölçümlü varyans analizi ile güvenilirlik analizi de uygulanmıştır. Nitel değerlerin karşılaştırmasında ise Yates düzeltilmeli ki-kare testi kullanıldı. İstatistiksel değerlendirmelerde anlamlılık düzeyi $p < 0.05$ olarak kabul edildi.

Görsel yöntemde L^* , a^* , b^* ve ΔE değişkenleri için aylar arasında doğrusal artan ilişkinin istatistiksel olarak önemli düzeyde olmadığı görülmüştür. Bulanık mantığa dayalı olan tüm ilişkiler doğrusal artmakta olup istatistiksel olarak L^* ve a^* değişkenleri arasında anlamlı farklılık olmazken ($p > 0.05$), b^* ve ΔE değişkenleri arasındaki farklılık anlamlıdır ($p < 0.05$).

Yöntemleri kendi içinde aylar arasında değerlendirdiğimizde sadece bulanık mantık temelli b^* değerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklara rastlanmıştır ($p = 0.014$).

İki farklı yöntem güvenilirlik yönünden her iki ay için karşılaştırıldığında, görsel (sırayla $\Delta E = 6.196 \pm 1.684$, $\Delta E = 5.908 \pm 2.086$) ve bulanık mantığa dayalı renk eşleştirmesinin (sırayla $\Delta E = 16.236 \pm 7.106$, $\Delta E = 15.983 \pm 7.63$) ΔE ve L^* , a^* , b^* parametreleri için istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gösterdiği saptanmıştır ($p = 0.000$).

Nitel verilerde tekrarlanabilirlik görselde %11,1 iken bulanık mantık temellide ise %37 olarak bulunmuştur. Yine istatistiksel olarak görsel yöntemde anlamlı farklılıklar gözlenmiştir ($p = 0.000$).

Anahtar Sözcükler: Bulanık mantık, diş rengi eşleştirme, tekrarlanabilirlik, güvenilirlik.

ABSTRACT

Use of Fuzzy Logic Method in Tooth Shade Matching

The aim of this study is to use fuzzy logic method in clinical tooth shade matching and to compare this method with visual shade matching by means of repeatability and reliability.

Vita 3D-Master shade guide was used for visual shade matching. Descriptive codes on color tabs were covered with plaster. Tabs were randomly placed on the shade. Shade matching on mid-third from upper left central incisor of the sample individual was demanded. The whole procedure was repeated one month later. In order to convert matching into numeric values, measurements were done as a standardization template from acrylic resin was prepared.

Fuzzy logic based shade matching was performed in the same session on a color plate offering unlimited color alternatives from computer screen. As a result, values in RGB color system were obtained. These data were converted into CIE $L^*a^*b^*$ system through formulas to make comparisons. Proper color code was decided as recorded values were processed with MATLAB-ANFIS Toolbox.

For quantitative data, paired samples t-test which is used for analysis of dependent groups and Pearson correlation test was performed. For the comparison of two different methods, t-test which used for the comparison of independent groups was performed. Besides, repeated measuring variance analysis and reliability analysis was also performed. Yates-corrected chi-square test was used for the comparison of qualitative values. Significance level was set as $p < 0.05$ in statistical analysis.

Linear increase in relation to L^* , a^* , b^* and ΔE variables between monthly measurements in visual method was not statistically significant. All relations based on fuzzy logic were in linear increase as no statistically difference was found among L^* and a^* variables ($p > 0.05$), while difference among ΔE and b^* variables were found to be statistically significant ($p < 0.05$).

As we compared methods between themselves among months, only on b^* value based on fuzzy logic displayed statistically significant difference ($p = 0.014$).

When two different methods were compared in respect to reliability within both months, shade matching based on visual method ($\Delta E = 6.196 \pm 1.684$, $\Delta E = 5.908 \pm 2.086$ consecutively) and fuzzy logic method ($\Delta E = 16.236 \pm 7.106$, $\Delta E = 15.983 \pm 7.63$ consecutively) exhibited statistically differences for ΔE and L^* , a^* , b^* parameters ($p = 0.000$).

Repeatability in qualitative data was 11.1% in visual method, and 37% in fuzzy logic. Significant differences were observed in visual method ($p = 0.000$).

Key Words: Fuzzy logic, tooth color matching, repeatability, reliability.

KAYNAKLAR

- Ahmad I. Three-Dimensional Shade Analysis: Perspectives of Color- Part I. *Pract Proced Aesthet Dent* 1999; 11(7): 789-796.
- Ahmad I. Three-Dimensional Shade Analysis: Perspectives of Color- Part II. *Pract Proced Aesthet Dent* 2000; 12(6): 557-564.
- Ahn JS, Lee YK. Color distribution of a shade guide in the value, chroma, and hue scale. *J Prosthet Dent* 2008; 100(1): 18-28.
- Akcam MO, Takada K. Fuzzy modelling for selecting headgear types. *Eur J Orthod* 2002; 24(1): 99-106.
- Al-Dosari AF. Reliability of Tooth Shade Perception by Dental Professionals and Patients. *Pakistan Oral & Dental Journal* 2010; 30(1): 244-249.
- Allahverdi N. Olasılık Teorisi, Bulanık Mantık ve Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile Uzman Sistemlerin Tasarlanması. In: *Uzman Sistemler Bir Yapay Zeka Uygulaması*. Allahverdi N., Eds. 1st Ed., İstanbul: Atlas Yayın Dağıtım, 2002: p.145-178.
- Altaş İH. Bulanık Mantık: Bulanıklık Kavramı. *Enerji, Elektrik, Elektromekanik-3e, Bilesim yayıncılık AŞ, İstanbul* 1999; 62: 80-85.
- Analoui M, Papkosta E, Cochran M, Matis B. Designing visually optimal shade guides. *J Prosthet Dent* 2004; 92(4): 371-376.
- Anusavice KJ. Physical Properties of Dental Materials. In: *Phillips' Science of Dental Materials*. Anusavice K. J., Eds. 10th Ed., Philadelphia: W. B. Saunders Company, 1996: p.33-48.
- Avery JK. Structure and Function of the Teeth. In: *Oral Development and Histology*. Steele P. F., Eds. 3rd Ed., New York: Thieme, 2002: p.153-225.
- Ayyıldız S, Güler AU, Özdemir OS, Dede DÖ. Farklı renk skalalarının ve ışık kaynaklarının renk seçimine etkisinin incelenmesi. *Türkiye Klinikleri J Dental Sci* 2011; 17(1): 30-35.
- Baltzer A, Kaufmann-Jinoian V. The Determination of the Tooth Color. *Quintessenz Zahntechnik* 2004; 30(7): 725-740.
- Baltzer A, Kaufmann-Jinoian V. Shading of ceramic crowns using digital tooth shade matching devices. *Int J Comput Dent* 2005; 8(2): 129-152.
- Barna GJ, Taylor JW, King GE, Pelleu GB, Jr. The influence of selected light intensities on color perception within the color range of natural teeth. *J Prosthet Dent* 1981; 46(4): 450-453.
- Barrett AA, Grimaudo NJ, Anusavice KJ, Yang MC. Influence of tab and disk design on shade matching of dental porcelain. *J Prosthet Dent* 2002; 88(6): 591-597.
- Bayındır F, Kuo S, Johnston WM, Wee AG. Coverage error of three conceptually different shade guide systems to vital unrestored dentition. *J Prosthet Dent* 2007; 98(3): 175-185.
- Bayındır F, Wee AG. Diş Rengi Seçiminde Bilgisayar Destekli Sistemlerin Kullanımı. *Hacettepe Dişhekimliği Fakültesi Dergisi* 2006; 30(3): 40-46.

- Bentley C, Leonard RH, Nelson CF ,Bentley SA. Quantitation of vital bleaching by computer analysis of photographic images. *J Am Dent Assoc* 1999; 130(6): 809-816.
- Benyo B, Szilagyi L, Haidegger T, Kovacs L ,Nagy-Dobo C. Detection of the root canal's centerline from dental micro-CT records. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc* 2009; 2009: 3517-3520.
- Berns RS. Defining Color. In: *Billmeyer and Saltzman's Principles of Color Technology*. Berns R. S., Eds. 3rd Ed., New York: John Wiley & Sons, Inc. , 2000a: p.1-30.
- Berns RS. Describing Color. In: *Billmeyer and Saltzman's Principles of Color Technology*. Berns R. S., Eds. 3rd Ed., New York: John Wiley & Sons, Inc. , 2000b: p.31-74.
- Berns RS. Mathematics of Color Technology. In: *Billmeyer and Saltzman's Principles of Color Technology*. Berns R. S., Eds. 3rd Ed., New York: John Wiley & Sons, Inc. , 2000c: p.201-224.
- Berns RS. Measuring Color. In: *Billmeyer and Saltzman's Principles of Color Technology*. Berns R. S., Eds. 3rd Ed., New York: John Wiley & Sons, Inc. , 2000d: p.75-106.
- Bosch J. [The general practitioner and the family: family medicine or family therapy?]. *Schweiz Rundsch Med Prax* 1987; 76(51): 1420-1422.
- Brewer JD, Glennon JS ,Garlapo DA. Spectrophotometric analysis of a nongreening, metal-fusing porcelain. *J Prosthet Dent* 1991; 65(5): 634-641.
- Brewer JD, Ishikawa-Nagai S, Seghi RR ,Wee AG. Color Matching. In: *Esthetic Color Training in Dentistry* Paravina R.D., Powers J. M., Eds. 1st Ed., China: 2004a: p.139-180.
- Brewer JD, Wee A ,Seghi R. Advances in Color Matching. *Dent Clin North Am* 2004b; 48(2): 341-358.
- Buck SL. Rods and Color. What is the Hue of Rod Vision. *Color Res Appl* 2001; 26: 57-59.
- Campisi G, Panzarella V, Matranga D, Calvino F, Pizzo G, Lo Muzio L et al. Risk factors of oral candidosis: a twofold approach of study by fuzzy logic and traditional statistic. *Arch Oral Biol* 2008; 53(4): 388-397.
- Carsten DL. Successful shade matching--what does it take? *Compend Contin Educ Dent* 2003; 24(3): 175-178, 180, 182 passim; quiz 188.
- Chen CA, Li YC, Lin YF, Yu FC, Huang WH,Chiu JS. Neuro-fuzzy technology as a predictor of parathyroid hormone level in hemodialysis patients. *Tohoku J Exp Med.* 2007; 211(1): 81-87.
- Chiche GJ,Pinault A. Communication with the Dental Laboratory: Try-In Procedures and Shade Selection. In: *Esthetics of Anterior Fixed Prosthodontics*. Chiche G. J., Pinault A. , Eds. 1st Ed., China: Quintessence Publishing Co, Inc. , 1994: p.115-142.
- Cho BH, Lim YK, Lee YK. Comparison of the color of natural teeth measured by a colorimeter and Shade Vision System. *Dent Mater* 2007; 23(10): 1307-1312.
- Chu FC, Chow TW, Chai J. Contrast ratios and masking ability of three types of ceramic veneers. *J Prosthet Dent* 2007; 98(5): 359-364.
- Chu SJ. Precision shade technology: contemporary strategies in shade selection. *Pract Proced Aesthet Dent* 2002; 14(1): 79-83; quiz 84.

- Chu SJ. Use of a reflectance spectrophotometer in evaluating shade change resulting from tooth-whitening products. *J Esthet Restor Dent* 2003; 15 (Suppl 1): 43-50.
- Chu SJ, Devigus A ,Mieleszko A. Color Theory. In: *Fundamentals of Color: Shade Matching and Communication in Esthetic Dentistry*. O'Malley K. , Eds. 1st Ed., China: Quintessence Publishing Co, Inc. , 2004a: p.1-18.
- Chu SJ, Devigus A ,Mieleszko A. Conventional Shade Matching. In: *Fundamentals of Color: Shade Matching and Communication in Esthetic Dentistry*. O'Malley K., Eds. 1st Ed., China: Quintessence Publishing Co, Inc. , 2004b: p.51-76.
- Chu SJ, Devigus A ,Mieleszko A. Elements Affecting Color. In: *Fundamentals of Color: Shade Matching and Communication in Esthetic Dentistry*. O'Malley K., Eds. 1st Ed., China: Quintessence Publishing Co, Inc. , 2004c: p.19-50.
- Chu SJ, Devigus A ,Mieleszko A. Technology-Based Shade Matching. In: *Fundamentals of Color: Shade Matching and Communication in Esthetic Dentistry*. O'Malley K., Eds. 1st Ed., China: Quintessence Publishing Co, Inc. , 2004d: p.77-100.
- Cole BL. The Handicap of Abnormal Colour Vision. *Clin Exp optom* 2004; 87(4-5): 258-275.
- Colzato LS, Erasmus V ,Hommel B. Moderate alcohol consumption in humans impairs feature binding in visual perception but not across perception and action. *Neurosci Lett* 2004; 360(1-2): 103-105.
- Culpepper WD. A comparative study of shade-matching procedures. *J Prosthet Dent* 1970; 24(2): 166-173.
- Çal E, Sonugelen M, Guneri P, Kesercioglu A ,Kose T. Application of a digital technique in evaluating the reliability of shade guides. *J Oral Rehabil* 2004; 31(5): 483-491.
- Çal E, Güneri P ,Bıçakçı A. Dişhekimliğindeki Estetik İnkilem: Diş Rengi. *EÜ Dişhek Fak Derg* 2005; 26: 117-125.
- Çal E, Guneri P ,Kose T. Comparison of digital and spectrophotometric measurements of colour shade guides. *J Oral Rehabil* 2006; 33(3): 221-228.
- Da Silva JD, Park SE, Weber HP ,Ishikawa-Nagai S. Clinical performance of a newly developed spectrophotometric system on tooth color reproduction. *J Prosthet Dent* 2008; 99(5): 361-368.
- Dagg H, O'Connell B, Claffey N, Byrne D ,Gorman C. The influence of some different factors on the accuracy of shade selection. *J Oral Rehabil* 2004; 31(9): 900-904.
- Davison SP ,Myslinski NR. Shade selection by color vision-defective dental personnel. *J Prosthet Dent* 1990; 63(1): 97-101.
- Della Bona A, Barrett AA, Rosa V ,Pinzetta C. Visual and instrumental agreement in dental shade selection: three distinct observer populations and shade matching protocols. *Dent Mater* 2009; 25(2): 276-281.
- Derdilopoulou FV, Zantner C, Neumann K ,Kielbassa AM. Evaluation of visual and spectrophotometric shade analyses: a clinical comparison of 3758 teeth. *Int J Prosthodont* 2007; 20(4): 414-416.

- Diaz FJ, Santoro V, Spina E, Cogollo M, Rivera TE, Botts S et al. Estimating the size of the effects of co-medications on plasma clozapine concentrations using a model that controls for clozapine doses and confounding variables. *Pharmacopsychiatry* 2008; 41(3): 81-91.
- Donahue JL, Goodkind RJ, Schwabacher WB ,Aeppli DP. Shade color discrimination by men and women. *J Prosthet Dent* 1991; 65(5): 699-703.
- Doray PG, Wang X, Powers JM ,Burgess JO. Accelerated aging affects color stability of provisional restorative materials. *J Prosthodont* 1997; 6(3): 183-188.
- Douglas RD. Precision of in vivo colorimetric assessments of teeth. *J Prosthet Dent* 1997; 77(5): 464-470.
- Douglas RD ,Brewer JD. Acceptability of shade differences in metal ceramic crowns. *J Prosthet Dent* 1998; 79(3): 254-260.
- Douglas RD ,Przybylska M. Predicting porcelain thickness required for dental shade matches. *J Prosthet Dent* 1999; 82(2): 143-149.
- Douglas RD, Steinhauer TJ ,Wee AG. Intraoral determination of the tolerance of dentists for perceptibility and acceptability of shade mismatch. *J Prosthet Dent* 2007; 97(4): 200-208.
- Dozic A, Kleverlaan CJ, Aartman IH ,Feilzer AJ. Relation in color of three regions of vital human incisors. *Dent Mater* 2004; 20(9): 832-838.
- Dozic A, Kleverlaan CJ, Aartman IH ,Feilzer AJ. Relations in color among maxillary incisors and canines. *Dent Mater* 2005; 21(3): 187-191.
- Dozic A, Kleverlaan CJ, El-Zohairy A, Feilzer AJ ,Khashayar G. Performance of five commercially available tooth color-measuring devices. *J Prosthodont* 2007; 16(2): 93-100.
- Dozic A, Kleverlaan CJ, Meegdes M, van der Zel J ,Feilzer AJ. The influence of porcelain layer thickness on the final shade of ceramic restorations. *J Prosthet Dent* 2003; 90(6): 563-570.
- Draper M, Walters P ,Jasinevicius TR. Comparison of Shade Matching Abilities of Dental Personnel in Dental Office Setting. . *J Dent Res* 1997; 76(IADR Abstract): 339.
- Egger B. Natural Color Concept: A Systematic Approach to Visual Shade Selection *Quintessence of Dental Technology* 2003; 1: 1-10.
- Eliades T, Gioka C, Heim M, Eliades G ,Makou M. Color stability of orthodontic adhesive resins. *Angle Orthod* 2004; 74(3): 391-393.
- Eliades T, Kakaboura A, Eliades G ,Bradley TG. Comparison of enamel colour changes associated with orthodontic bonding using two different adhesives. *Eur J Orthod* 2001; 23(1): 85-90.
- Elmas Ç. Bulanık Mantık. In: *Yapay Zeka Uygulamaları*. Elmas Ç., Eds. Ed., Ankara: Seçkin Yayıncılık A.Ş., 2007a: p.183-202.
- Elmas Ç. Klasik ve Bulanık Kümeler. In: *Yapay Zeka Uygulamaları*. Elmas Ç., Eds. Ed., Ankara: Seçkin Yayıncılık, 2007b: p.201-230.
- Elmas Ç. Yapay Sinir Ağlarına Giriş. In: *Yapay Zeka Uygulamaları*. Elmas Ç. , Eds. Ed., Ankara: Seçkin Yayıncılık A.Ş., 2007c: p.21-38.
- Endo M, Kobashi S, Kondo K ,Hata Y. Dentistry Support Ultrasonic System for Root Canal Treatment Aided by Fuzzy Logic *Proc IEEE Int'l Conf on Systems, Man and Cybernetics* 2005; 2(pp): 1494- 1499.

- Erođlu E, Kūūkeşmen HC ,Uluhan B. S.D.Ü. Diş Hekimliđi Fakūltesi Protetik Diş Tedavisi Kliniđine Mūracaat Eden Hastaların Diş Rengi Dađılıminın Saptanması. *SDÜ Tıp Fak Derg* 2007; 14(2): 28-31.
- Ertan AA ,Sahin E. Colour stability of low fusing porcelains: an in vitro study. *J Oral Rehabil* 2005; 32(5): 358-361.
- Fairchild MD ,Reniff L. Time course of chromatic adaptation for color-appearance judgments. *J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis* 1995; 12(5): 824-833.
- Fani G, Vichi A ,Davidson CL. Spectrophotometric and visual shade measurements of human teeth using three shade guides. *Am J Dent* 2007; 20(3): 142-146.
- Fondriest J. Shade matching in restorative dentistry: the science and strategies. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2003; 23(5): 467-479.
- Girkin CA ,Miller NR. Central disorders of vision in humans. *Surv Ophthalmol* 2001; 45(5): 379-405.
- Goldstein GR ,Schmitt GW. Repeatability of a specially designed intraoral colorimeter. *J Prosthet Dent* 1993; 69(6): 616-619.
- Goodkind RJ ,Loupe MJ. Teaching of color in predoctoral and postdoctoral dental education in 1988. *J Prosthet Dent* 1992; 67(5): 713-717.
- Goodkind RJ ,Schwabacher WB. Use of a fiber-optic colorimeter for in vivo color measurements of 2830 anterior teeth. *J Prosthet Dent* 1987; 58(5): 535-542.
- Gūrel G. Renk. In: *Porselen Laminat Venerler Bilim ve Sanatı*. Gemalmaz D. , Eds. 1st Ed., İstanbul: Quintessence Yayıncılık, 2004: p.157-206.
- Haddad HJ, Jakstat HA, Arnetzl G, Borbely J, Vichi A, Dumfahrt H et al. Does gender and experience influence shade matching quality? *J Dent* 2009; 37 (Suppl 1): 40-44.
- Haddad HJ, Salameh Z, Sadig W, Aboushelib M, Jakstat HA. Allocation of color space for different age groups using three-dimensional shade guide systems. *Eur J Esthet Dent* 2011; 6(1): 94-102.
- Hammad IA. Intrarater repeatability of shade selections with two shade guides. *J Prosthet Dent* 2003; 89(1): 50-53.
- Hasegawa A, Ikeda I ,Kawaguchi S. Color and translucency of in vivo natural central incisors. *J Prosthet Dent* 2000a; 83(4): 418-423.
- Hasegawa A, Motonomi A, Ikeda I ,Satoshi K. Color of Natural Tooth Crown in Japanese People. *Color Res Appl* 2000b; 25(1): 43-48.
- Haselton DR, Diaz-Arnold AM ,Dawson DV. Color stability of provisional crown and fixed partial denture resins. *J Prosthet Dent* 2005; 93(1): 70-75.
- Hassel AJ, Cevirgen E, Balke Z ,Rammelsberg P. Intraexaminer reliability of measurement of tooth color by spectrophotometry. *Quintessence Int* 2009; 40(5): 421-426.
- Hassel AJ, Koke U, Schmitter M, Beck J ,Rammelsberg P. Clinical effect of different shade guide systems on the tooth shades of ceramic-veneered restorations. *Int J Prosthodont* 2005; 18(5): 422-426.
- Haywood VB ,Heymann HO. Nightguard vital bleaching. *Quintessence Int* 1989; 20(3): 173-176.
- Heffernan MJ, Aquilino SA, Diaz-Arnold AM, Haselton DR, Stanford CM ,Vargas MA. Relative translucency of six all-ceramic systems. Part II: core and veneer materials. *J Prosthet Dent* 2002; 88(1): 10-15.

- Herrera LJ, Pulgar R, Santana J, Cardona JC, Guillen A, Rojas I et al. Prediction of color change after tooth bleaching using fuzzy logic for Vita Classical shades identification. *Appl Opt* 2010; 49(3): 422-429.
- Heydecke G, Zhang F ,Razzoog ME. In vitro color stability of double-layer veneers after accelerated aging. *J Prosthet Dent* 2001; 85(6): 551-557.
- Hines JW. Linguistic Descriptions and Their Analytical Form. In: *MATLAB Supplement to Fuzzy and Neural Approaches in Engineering*. Haykin S. , Eds. 1st Ed., New York John Wiley & Sons, Inc. , 1997: p.24-43.
- Houser KW ,Hu X. Visually Matching Daylight Fluorescent Lamplight with Two Primary Sets. *Color Res Appl* 2004; 29(6): 428-437.
- Höfel L. Estetik Psikolojisi. In: *Estetik Psikolojisi*. Höfel L. , Eds. 1st Ed., İstanbul: Vestiyer Yayıncılık, 2006: p.9-20.
- http://aces.nmsu.edu/pubs/_c/c-316.html. Erişim Tarihi: 15.12.2010;
- http://daicolor.co.jp/english/color_e/color_e01.html. Erişim Tarihi: 20.06.2010;
- <http://en.wikipedia.org/wiki/D65>. Erişim Tarihi: 21.03.2011;
- http://tr.wikipedia.org/wiki/RGB_renk_uzay%C4%B1. Erişim Tarihi: 20.06.2010;
- http://www.abledata.com/abledata_docs/Color_Blind.pdf. Erişim Tarihi: 05.11.2010;
- http://www.abledata.com/abledata_docs/Color_Blind.pdf. Erişim Tarihi: 05.11.2010;
- http://www.fbe.dpu.edu.tr/dergi_son/sayilar/fbe_sayi9/09.doc. Erişim Tarihi: 13.04.2011;
- http://www.harita.selcuk.edu.tr/arsiv/semp_pdf/340_350.pdf. Erişim Tarihi: 20.06.2010;
- http://www.hkmo.org.tr/resimler/ekler/4CO8_3fa5a432ae55c25_ek.pdf. Erişim Tarihi: 04.01.2011;
- http://www.laboshop.com/fileadmin/media/ga/21886_ga_enu.pdf. Erişim Tarihi: 15.12.2010;
- <http://www.Optident.co.uk/downloads/news/Shade%20selection%20-%20accuracy%20and%20reproducibility.pdf>. Erişim Tarihi: 27.05.2009;
- <http://www.saglikbilgisi.com/makale/Renk+k%C3%B6r%C3%BC%C4%9F%C3%BC>. Erişim Tarihi: 20.06.2010;
- <http://www.sugoren.net/depo/ncakir2.doc>. Erişim Tarihi: 20.06.2010.
- <http://www.tumgazeteler.com/?a=5697149&cache=1>. Erişim Tarihi: 23.04.2011.
- http://www.vita-zahnfabrik.com/resourcesvita/shop/en/en_3053249.pdf. Erişim Tarihi: 11.04.2011;
- http://www.vita-zahnfabrik.de/resourcesvita/shop/en/en_3052484.pdf. Erişim Tarihi: 15.12.2010;
- Hugo B, Witzel T ,Klaiber B. Comparison of in vivo visual and computer-aided tooth shade determination. *Clin Oral Investig* 2005; 9(4): 244-250.
- Hunter RS, Hunter RS ,Harold RW. Attributes of the Appearance of Objects. In: *The Measurement of Appearance*. Hunter R. S., Hunter R. S., Harold R. W., Eds. 2nd Ed., Canada John Wiley & Son. Inc. , 1987a: p.3-19.
- Hunter RS, Hunter RS ,Harold RW. The CIE Standard Observers. In: *The Measurement of Appearance*. Hunter R. S. , Hunter R. S. , Harold R. W. , Eds. 2nd Ed., Canada John Wiley & Son. Inc. , 1987b: p.95-118.
- Ishikawa-Nagai S, Ishibashi K, Tsuruta O ,Weber HP. Reproducibility of tooth color gradation using a computer color-matching technique applied to ceramic restorations. *J Prosthet Dent* 2005; 93(2): 129-137.

- Jahangiri L, Reinhardt SB, Mehra RV ,Matheson PB. Relationship between tooth shade value and skin color: an observational study. *J Prosthet Dent* 2002; 87(2): 149-152.
- Jang J.S.R, Sun C.T, Mizutani E. Neuro-Fuzzy and Soft Computing. A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence. 1st Ed.,Prentice-Hall International, Inc., 1997
- Jarad FD, Russell MD ,Moss BW. The use of digital imaging for colour matching and communication in restorative dentistry. *Br Dent J* 2005; 199(1): 43-49; discussion 33.
- Johnston SF. Light as a Law-Abiding Quantity. In: *A History of Light and Colour Measurement. Science in the Shadows.* Johnston S. F., Eds. 1st Ed., Cornwall: Institute of Physics Publishing, 2001: p.12-32.
- Johnston WM. Natural Teeth. In: *E.Paravina R.D., Powers J. M., Eds. 1st Ed., Esthetic Color Training in Dentistry: Elsevier Mosby, 2004: p.53-68.*
- Johnston WM. Color measurement in dentistry. *J Dent* 2009; 37 Suppl 1: e2-6.
- Johnston WM ,Kao EC. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *J Dent Res* 1989; 68(5): 819-822.
- Joiner A. Tooth colour: a review of the literature. *J Dent* 2004; 32 Suppl 1: 3-12.
- Joiner A, Hopkinson I, Deng Y ,Westland S. A review of tooth colour and whiteness. *J Dent* 2008; 36 Suppl 1:S2-7.
- Jorgenson MW ,Goodkind RJ. Spectrophotometric study of five porcelain shades relative to the dimensions of color, porcelain thickness, and repeated firings. *J Prosthet Dent* 1979; 42(1): 96-105.
- Judeh A ,Al-Wahadni A. A comparison between conventional visual and spectrophotometric methods for shade selection. *Quintessence Int* 2009; 40(9): e69-79.
- Karamouzos A, Papadopoulos MA, Kolokithas G ,Athanasidou AE. Precision of in vivo spectrophotometric colour evaluation of natural teeth. *J Oral Rehabil* 2007; 34(8): 613-621.
- Khurana R, Tredwin CJ, Weisbloom M ,Moles DR. A clinical evaluation of the individual repeatability of three commercially available colour measuring devices. *Br Dent J* 2007; 203(12): 675-680.
- Kihn PW, Barnes DM, Romberg E ,Peterson K. A clinical evaluation of 10 percent vs. 15 percent carbamide peroxide tooth-whitening agents. *J Am Dent Assoc* 2000; 131(10): 1478-1484.
- Kim HS ,Um CM. Color differences between resin composites and shade guides. *Quintessence Int* 1996; 27(8): 559-567.
- King KA ,deRijk WG. Variations of L*a*b* values among Vitapan Classical Shade Guides. *J Prosthodont* 2007; 16(5): 352-356.
- Kıyak E ,Kahvecioğlu A. Bulanık Mantık ve Uçuş Kontrol Problemlerine Uygulanması. *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi* 2003; 1(2): 63-72.
- Kocher T, Strackeljan J ,Behr D. Feasibility of computer-assisted recognition of different dental hard tissues. *J Dent Res* 2000; 79(3): 829-834.
- Kolbeck C, Rosentritt M, Lang R ,Handel G. Discoloration of facing and restorative composites by UV-irradiation and staining food. *Dent Mater* 2006; 22(1): 63-68.

- Kuehni RG, Marcus RT. An experiment in visual scaling of small color differences. *Color Res Appl* 1979; 4: 83-91 IN Chu SJ. Use of a reflectance spectrophotometer in evaluating shade change resulting from tooth-whitening products. *J Esthet Restor Dent* 2003; 15 (Suppl 1): 43-50.
- Lagouvardos PE, Fougia AG, Diamantopoulou SA, PolyzoisGL. Repeatability and interdevice reliability of two portable color section devices in matching and measuring tooth color. *J Prosthet Dent* 2009; 101(1): 40-45.
- Lee YK, Cha HS ,Ahn JS. Layered color of all-ceramic core and veneer ceramics. *J Prosthet Dent* 2007; 97(5): 279-286.
- Lee YK, Lim BS, Kim CW ,Powers JM. Color characteristics of low-chroma and high-translucence dental resin composites by different measuring modes. *J Biomed Mater Res* 2001; 58(6): 613-621.
- Leinfelder KF. Porcelain esthetics for the 21st century. *J Am Dent Assoc* 2000; 131 Suppl: 47S-51S.
- Li Q ,Wang YN. Comparison of shade matching by visual observation and an intraoral dental colorimeter. *J Oral Rehabil* 2007; 34(11): 848-854.
- Li Q, Yu H ,Wang YN. In vivo spectroradiometric evaluation of colour matching errors among five shade guides. *J Oral Rehabil* 2009; 36(1): 65-70.
- Lindsey DT ,Wee AG. Perceptibility and acceptability of CIELAB color differences in computer-simulated teeth. *J Dent* 2007; 35(7): 593-599.
- Luo MR. Colorimetry. In: *Esthetic Color Training in Dentistry*.Paravina R.D., Powers J.M. , Eds. 1st Ed., China: Elsevier Mosby, 2004: p.17-39.
- Marcucci B. A shade selection technique. *J Prosthet Dent* 2003; 89(5): 518-521.
- Mayekar SM. Shades of a color. Illusion or reality? *Dent Clin North Am* 2001; 45(1): 155-172, vii.
- McLaren EA. Shade Analysis and Communication: 2010. *Inside Dentistry* 2010; May: 58-68.
- Meissner G, Oehme B, Strackeljan J ,Kocher T. In vitro calculus detection with a moved smart ultrasonic device. *J Clin Periodontol* 2006; 33(2): 130-134.
- Miyasaka M, Miura H, Nagatomi H ,Yoshimine M. The Effect of Various Finishing Materials on the Gloss and the Color Change of Indirect Prosthetic Resin Composites. *J Med Dent Sci* 2008; 55: 1-6.
- Moscardo AP ,Alemany IC. Aesthetic Dentistry: Chromatic Appreciation in the Clinic and the Laboratory. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2006; 11: E363-E368.
- Moser JB, Wozniak WT, Naleway CA ,Ayer WA. Color vision in dentistry: a survey. *J Am Dent Assoc* 1985; 110(4): 509-510.
- Muia PJ. Composite Tooth Color. In: *Esthetic Restorations Improved Dentist-Laboratory Communication*.Peppers L.G., Eds. 1st Ed., Singapore: Quintessence Publishing Co, Inc. , 1993a: p.81-138.
- Muia PJ. Preface. In: *Esthetic Restorations Improved Dentist- Laboratory Communication*.Peppers L.G., Eds. 1st Ed., Singapore: Quintessence Publishing Co, Inc. , 1993b: p.9-10.
- Murat YŞ. Sinyalize Kavşaklardaki Taşıt Gecikmelerinin Bulanık Mantık ile Modellenmesi. *İMO Teknik Dergi* 2006; 258: 3903-3916.
- Nayatani Y. Why Two Kinds of Color Order Systems are Necessary? *Color Res Appl* 2005; 30(4): 295-303.

- Noroozi H. Orthodontic treatment planning software. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006; 129(6): 834-837.
- O'Brien WJ. Color and Appearance. In: *Dental Materials and Their Selection*. Dickson A., Eds. 3rd Ed., Canada: Quintessence Publishing Co, Inc., 2002: p.24-36.
- O'Brien WJ, Groh CL ,Boenke KM. One-dimensional color order system for dental shade guides. *Dent Mater* 1989; 5(6): 371-374.
- O'Brien WJ, Hemmendinger H, Boenke KM, Linger JB ,Groh CL. Color distribution of three regions of extracted human teeth. *Dent Mater* 1997; 13(3): 179-185.
- O'Neal SJ ,Powell WD. Color Discrimination and Shade Matching Ability of Third Year Dental Students *J Dent Res* 1984; 63(IADR Abstracts): 174.
- Obregon A, Goodkind RJ ,Schwabacher WB. Effects of opaque and porcelain surface texture on the color of ceramometal restorations. *J Prosthet Dent* 1981; 46(3): 330-340.
- Ochiai N ,Sato M. Effects of Surrounding Brightness on Visual Search for Safety Colors. *Color Res Appl* 2005; 30(6): 400-409.
- Okubo SR, Kanawati A, Richards MW ,Childress S. Evaluation of visual and instrument shade matching. *J Prosthet Dent* 1998; 80(6): 642-648.
- Ortiz-Posadas MR, Vega-Alvarado L ,Toni B. A mathematical function to evaluate surgical complexity of cleft lip and palate. *Comput Methods Programs Biomed* 2009; 94(3): 232-238.
- Paravina R, Stankovic D, Aleksov L, Mladenovic D ,Ristic K. Problems in Standard Shade Matching and Reproduction Procedure in Dentistry: A Review of The State of The Art. *Medicine and Biology* 1997; 4(1): 12-16.
- Paravina RD. Evaluation of a newly developed visual shade-matching apparatus. *Int J Prosthodont* 2002; 15(6): 528-534.
- Paravina RD. New shade guide for tooth whitening monitoring: visual assessment. *J Prosthet Dent* 2008; 99(3): 178-184.
- Paravina RD, Majkic G, Imai FH ,Powers JM. Optimization of tooth color and shade guide design. *J Prosthodont* 2007; 16(4): 269-276.
- Paravina RD, Ontiveros JC ,Powers JM. Accelerated aging effects on color and translucency of bleaching-shade composites. *J Esthet Restor Dent* 2004; 16(2): 117-126; discussion 126-117.
- Paravina RD ,Powers JM. Color and Appearance/ Color. In: *Esthetic Color Training in Dentistry*. Paravina R. D. , Powers J. M., Eds. 1st Ed., China: Elsevier Mosby, 2004a: p.3-16.
- Paravina RD ,Powers JM. Color and Appearance/ Colorimetry. In: *Esthetic Color Training in Dentistry*. Paravina R. D. , Powers J. M., Eds. 1st Ed., China: Elsevier Mosby, 2004b: p.17-38.
- Paravina RD ,Powers JM. Color and Appearance: Matching, Communication, and Reproduction/ Color Matching. In: *Esthetic Color Training in Dentistry* Paravina R. D. , Powers J. M., Eds. 1st Ed., China: Elsevier Mosby, 2004c: p.139-180.
- Paravina RD ,Powers JM. Color and Appearance: Matching, Communication, and Reproduction/ Color Vision, Education, and Training in Dentistry. In: *Esthetic Color Training in Dentistry*. Paravina R. D., Powers J. M., Eds. 1st Ed., China: Elsevier Mosby, 2004d: p.127-138.

- Paravina RD ,Powers JM. Natural Teeth and Esthetic Dental Materials/ Natural Teeth. In: *Esthetic Color Training in Dentistry*.Paravina R. D., Powers J. M., Eds. 1st Ed., China: Elsevier Mosby, 2004e: p.53-68.
- Paravina RD, Powers JM ,Fay RM. Dental color standards: shade tab arrangement. *J Esthet Restor Dent* 2001; 13(4): 254-263.
- Paravina RD, Powers JM ,Fay RM. Color comparison of two shade guides. *Int J Prosthodont* 2002; 15(1): 73-78.
- Park JH, Lee YK ,Lim BS. Influence of illuminants on the color distribution of shade guides. *J Prosthet Dent* 2006; 96(6): 402-411.
- Passino KM ,Yurkovich S. Introduction. In: *Fuzzy Control*.Passino K.M. , Yurkovich S. , Eds. 1st Ed., California: Addison Wesley Longman, Inc. , 1998: p.1-22.
- Paul S, Peter A, Pietrobon N ,Hammerle CH. Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. *J Dent Res* 2002; 81(8): 578-582.
- Pohjola RM, Hackman ST ,Browning WD. Evaluation of a standard shade guide for color change after disinfection. *Quintessence Int* 2007; 38(8): 671-676.
- Powers JM. Optical, Thermal, and Electrical Properties. In: *Restorative Dental Materials*.Craig R. G.,Powers J. M., Eds. 11th Ed., Missouri Mosby, 2002: p.38-66.
- Powers JM, Bakus ER ,Goldberg AJ. In vitro color changes of posterior composites. *Dent Mater* 1988; 4(3): 151-154.
- Preston JD, Ward LC ,Bobrick M. Light and lighting in the dental office. *Dent Clin North Am* 1978; 22(3): 431-451.
- Ragain JC ,Johnston WM. Color Acceptance of Direct Dental Restorative Materials by Human Observer. *Color Res Appl* 2000; 25: 278-285.
- Ragain JC, Ragain JR ,Johnston WM. Accuracy of Kubelka-Munk Reflectance Theory Applied to Human Dentin and Enamel. *J Dent Res* 2001; 80(2): 449-452.
- Rasetto FH, Driscoll CF, Prestipino V, Masri R ,von Fraunhofer JA. Light transmission through all-ceramic dental materials: a pilot study. *J Prosthet Dent* 2004; 91(5): 441-446.
- Rosenblum MA ,Schulman A. A review of all-ceramic restorations. *J Am Dent Assoc* 1997; 128(3): 297-307.
- Rosenstiel SF ,Johnston WM. The effects of manipulative variables on the color of ceramic metal restorations. *J Prosthet Dent* 1988; 60(3): 297-303.
- Rosenstiel SF, Land MF ,Fujimoto J. Color Science, Esthetics, and Shade Selection. In: *Contemporary Fixed Prosthodontics*.Rudolph P., Eds. 3rd Ed., Philadelphia: Mosby Inc. , 2001: p.592-608.
- Ross TJ. Classical Sets and Fuzzy Sets. In: *Fuzzy Logic with Engineering Applications*.Cox L., Morriss J. M., Eds. 1st Ed., Singapore: McGraw-Hill, Inc. , 1995a: p.17-45.
- Ross TJ. Introduction. In: *Fuzzy Logic with Engineering Applications*.Cox L. , Morriss J. M. , Eds. 1st Ed., Singapore: McGraw-Hill, Inc. , 1995b: p.1-16.
- Russell MD, Gulfranz M ,Moss BW. In vivo measurement of colour changes in natural teeth. *J Oral Rehabil* 2000; 27(9): 786-792.
- Ruyter IE, Nilner K ,Moller B. Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. *Dent Mater* 1987; 3(5): 246-251.

- Ryan EA, Tam LE ,McComb D. Comparative translucency of esthetic composite resin restorative materials *J Can Dent Assoc* 2010; 76(a84): 1-6.
- Saleski CG. Color, light, and shade matching. *J Prosthet Dent* 1972; 27(3): 263-268.
- Sarac D, Sarac YS, Kulunk S, Ural C ,Kulunk T. The effect of polishing techniques on the surface roughness and color change of composite resins. *J Prosthet Dent* 2006a; 96(1): 33-40.
- Sarac D, Sarac YS, Yuzbasioglu E ,Bal S. The effects of porcelain polishing systems on the color and surface texture of feldspathic porcelain. *J Prosthet Dent* 2006b; 96(2): 122-128.
- Sarikaya I ,Güler AU. Diş Hekimliği Uygulamalarında Renk Kavramı. *Türkiye Klinikleri Diş Hekimliği Bilimleri Dergisi* 2009; 15(2): 118-129.
- Schulze KA, Marshall SJ, Gansky SA ,Marshall GW. Color stability and hardness in dental composites after accelerated aging. *Dent Mater* 2003; 19(7): 612-619.
- Schwabacher WB ,Goodkind RJ. Three-dimensional color coordinates of natural teeth compared with three shade guides. *J Prosthet Dent* 1990; 64(4): 425-431.
- Seghi RR. Effects of instrument-measuring geometry on colorimetric assessments of dental porcelains. *J Dent Res* 1990; 69(5): 1180-1183.
- Seghi RR, Hewlett ER ,Kim J. Visual and instrumental colorimetric assessments of small color differences on translucent dental porcelain. *J Dent Res* 1989a; 68(12): 1760-1764.
- Seghi RR, Johnston WM ,O'Brien WJ. Spectrophotometric analysis of color differences between porcelain systems. *J Prosthet Dent* 1986; 56(1): 35-40.
- Seghi RR, Johnston WM ,O'Brien WJ. Performance assessment of colorimetric devices on dental porcelains. *J Dent Res* 1989b; 68(12): 1755-1759.
- Shillingburg HT, Hobo S, Whitsett LD, Jacobi R ,Brackett SE. Esthetic Considerations. In: *Fundamentals of Fixed Prosthodontics*. Shillingburg H.T., Hobo S., Whitsett L.D, Jacobi R., Brackett S.E., Eds. 3rd Ed., Canada: Quintessence Publishing Co, 1997: p.419-432.
- Shokry TE, Shen C, Elhosary MM ,Elkhodary AM. Effect of core and veneer thicknesses on the color parameters of two all-ceramic systems. *J Prosthet Dent* 2006; 95(2): 124-129.
- Sim CP, Yap AU ,Teo J. Color perception among different dental personnel. *Oper Dent* 2001; 26(5): 435-439.
- Sorensen JA ,Torres TJ. Improved Color Matching of Metal-Ceramic Restorations. Part 1: A Systematic Method for Shade Determination. *J Prosthet Dent* 1987; 58(2): 133-139.
- Sproull RC. Color matching in dentistry. II. Practical applications of the organization of color. *J Prosthet Dent* 1973; 29(5): 556-566.
- Sproull RC. Color matching in dentistry. Part I. The three-dimensional nature of color. 1973. *J Prosthet Dent* 2001a; 86(5): 453-457.
- Sproull RC. Color matching in dentistry. Part II. Practical applications of the organization of color. 1973. *J Prosthet Dent* 2001b; 86(5): 458-464.
- SPSS Inc. SPSS for Windows. Version 15.0, Chicago, 2006.
- Stanikunas R, Vaitkevicius H ,Kulikowski JJ. Investigation of color constancy with a neural network. *Neural Netw* 2004; 17(3): 327-337.
- Steinhoff BJ, Freudenthaler N ,Paulus W. The influence of established and new antiepileptic drugs on visual perception. 1. A placebo-controlled, double-

- blind, single-dose study in healthy volunteers. *Epilepsy Res* 1997; 29(1): 35-47.
- Subaşı S, Beycioğlu A ,Emiroğlu M. Genleştirilmiş Kil Agregalı Hafif Betonlarda Bulanık Mantık Yöntemiyle Yarmada Çekme Dayanımı Tahmin Modeli Geliştirilmesi. *Bilimde Modern Yöntemler Sempozyumu - BMYS'2008, 15 - 17 Ekim 2008, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi* 2008; 265-272.
- Şen Z. Belirsizlik Kavramı. In: *Mühendislikte Bulanık (Fuzzy) Mantık ile Modelleme Prensipleri*. Şen Z., Eds. 2nd Ed., İstanbul: Su Vakfı Yayınları, 2004a: p.7-23.
- Şen Z. Uzman Sistemler ve Yapay Sinir Ağı Esasları. In: *Yapay Sinir Ağları İlkeleri*. Şen Z. , Eds. 1st Ed., İstanbul: Su Vakfı Yayınları, 2004b: p.7-18.
- Şen Z. Üyelik Fonksiyonları. In: *Mühendislikte Bulanık (Fuzzy) Mantık ile Modelleme Prensipleri*. Şen Z., Eds. 2nd Ed., İstanbul: Su Vakfı Yayınları, 2004c: p.24-37.
- Taşdemir Ş ,Allahverdi N. Bulanık Uzman Sistem Tasarımıyla Benzinli Bir Motorun Performans ve Emisyon Karakteristiklerinin Belirlenmesi *5 Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09) 13-15 Mayıs 2009, Karabük, Türkiye* 2009; 1-5.
- Ten Bosch JJ. General aspects of optical methods in dentistry. *Adv Dent Res* 1987; 1(1): 5-7.
- Ten Bosch JJ ,Coops JC. Tooth Color and Reflectance as Related to Light Scattering and Enamel Hardness. *J Dent Res* 1995; 74(1): 374-380.
- Topdemir HG. Modern Dönem Optik Kuramları. In: *Işığın Öyküsü- Mitolojiden Matematiğe Işık Kuramlarının Tarihsel Gelişimi*. Topdemir H. G. , Eds. 1st Ed., Ankara: TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, 2007a: p.169-320.
- Topdemir HG. Optik Bilimin Temel Kavramları. In: *Işığın Öyküsü- Mitolojiden Matematiğe Işık Kuramlarının Tarihsel Gelişim*. Topdemir H. G., Eds. 1st Ed., Ankara: TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, 2007b: p.343-398.
- Torres A ,Nieto JJ. Fuzzy logic in medicine and bioinformatics. *J Biomed Biotechnol* 2006; 2006(2): 1-7.
- Trakyalı G, Özdemir FI ,Arun T. Enamel Colour Changes at Debonding and After Finishing Procedures Using Five Different Adhesives. *Eur J Orthod* 2009; 31(4): 397-401.
- Tremeau A ,Colantoni P. Regions adjacency graph applied to color image segmentation. *IEEE Trans Image Process* 2000; 9(4): 735-744.
- Tung FF, Goldstein GR, Jang S ,Hittelman E. The repeatability of an intraoral dental colorimeter. *J Prosthet Dent* 2002; 88(6): 585-590.
- van der Burgt TP, ten Bosch JJ, Borsboom PC ,Kortsmit WJ. A comparison of new and conventional methods for quantification of tooth color. *J Prosthet Dent* 1990; 63(2): 155-162.
- van der Burgt TP, ten Bosch JJ, Borsboom PC ,Plasschaert AJ. A new method for matching tooth colors with color standards. *J Dent Res* 1985; 64(5): 837-841.
- van Tright C. Color Rendering, a Reassessment. *Color Res Appl* 1999; 24(3): 197-206.
- Vichi A, Ferrari M ,Davidson CL. Color and opacity variations in three different resin-based composite products after water aging. *Dent Mater* 2004; 20(6): 530-534.
- Vita Easy Shade Türkçe Kullanma Kılavuzu, Vita Zahnfabrik H. Rauter GmbH&Co. Germany.

- Wasson W ,Schuman N. Color vision and dentistry. *Quintessence Int* 1992; 23(5): 349-353.
- Wee AG, Chen WY ,Johnston WM. Color formulation and reproduction of opaque dental ceramic. *Dent Mater* 2005; 21(7): 665-670.
- Wee AG, Monaghan P ,Johnston WM. Variation in color between intended matched shade and fabricated shade of dental porcelain. *J Prosthet Dent* 2002; 87(6): 657-666.
- Westland S. Color. In: *Esthetic Color Training in Dentistry*.Paravina R.D.,Powers J. M., Eds. 1st Ed., China: Elsevier Mosby, 2004: p.3-16.
- Wu JK. Fuzzy Neural Networks. In: *Neural Networks and Simulation Methods*.Thurston M.O., Middendorf W., Eds. 1st Ed., New York: Marcel Dekker Inc. , 1994: p.191-234.
- Xie J ,Ann Heng P. Color image diffusion using adaptive bilateral filter. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc* 2005; 4(3433-3436).
- Yalçın B, Varol R ,Yılmaz N. Demir Esaslı Toz Metal (T/M) Yatakların Aşınma Özelliklerinin Bulanık Mantıkla (BM) Modellenmesi. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi* 2004; 4: 1-8.
- Yannikakis SA, Zissis AJ, Polyzois GL ,Caroni C. Color stability of provisional resin restorative materials. *J Prosthet Dent* 1998; 80(5): 533-539.
- Yap AU, Sim CP, Loh WL ,Teo JH. Human-eye versus computerized color matching. *Oper Dent* 1999; 24(6): 358-363.
- Yavuzyılmaz H. Diş Kesimi. In: *Metal Destekli Estetik (Veneer- Kaplama) Kronlar*.Yavuzyılmaz H. , Eds. 2nd Ed., Ankara: Gazi Üniversitesi, 1996: p.41-109.
- Yılmaz B ,Karaagaçlıoğlu L. Comparison of visual shade determination and an intra-oral dental colourimeter. *J Oral Rehabil* 2008; 35(10): 789-794.
- Yılmaz I. Renk Sistemleri, Renk Uzayları ve Dönüşümler. Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30 Yıl Sempozyumu, 16-18 Ekim 2002, Konya 2002; 340-350.
- Yuan JC, Brewer JD, Monaco EA, Jr. ,Davis EL. Defining a natural tooth color space based on a 3-dimensional shade system. *J Prosthet Dent* 2007; 98(2): 110-119.
- Zadeh LA. Fuzzy Sets. *Information and Control* 1965; 8: 338-353.
- Zadeh LA. Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics* 1973; 3(1): 28-44.
- Zadeh LA. Fuzzy Logic. *IEEE* 1988; April: 83-93.
- Zadeh LA. Toward a Theory of Fuzzy Information Granulation and its Centrality in Human Reasoning and Fuzzy Logic *Fuzzy Sets and Systems* 1997; 90: 111-127.
- Zaimoğlu A ,Can G. Estetik. In: *Sabit Protezler*.Zaimoğlu A., Can G., Eds. 1st Ed., Ankara: Ankara Üniversitesi Basımevi, 2004: p.281-298.
- Zhang J, Sokhansanj S, Wu S, Fang R, Yang W ,Winter P. A Transformation Technique from RGB Signals to the Munsell System for Color Analysis of Tobacco Leaves. *Computers and Electronics in Agriculture* 1998; 19: 155-166.

EKLER

‘Diş rengi eşleştirmesinde bulanık mantık yönteminin kullanımı’

HASTA OLUR FORMU

Sayın katılımcı

Sizi ‘Diş rengi eşleştirmesinde bulanık mantık yönteminin kullanımı’ isimli çalışmamıza katılmaya davet ediyoruz.

Araştırmamızın amacı; bulanık mantık (Fuzzy Logic) yönteminin diş rengi eşleştirmesinde kullanımı ve bu yöntemin geleneksel diş rengi eşleştirme yöntemleri ile tekrarlanabilirlik ve güvenilirlik açısından karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi.

Çalışmamızda katılımcılardan bir (1) kişinin diş rengi, renk skalası ve ağız içi diş rengi eşleşmesi yapan cihaz ile ölçümler yapılacak olup ayrıca kamera sistemiyle görüntülenip bilgisayar ortamında ölçümler yapılacaktır. Diğer katılımcılar ise renk skalası ve diş rengi eşleşmesi yapan cihazı kullanarak diş rengi belirlenecek katılımcının ölçümlerini yapacaktır.

Çalışma boyunca katılımcılara herhangi bir girişimsel işlem yapılmayacaktır. Katılımcılar çalışma başladıktan sonra devam etmeme hakkına sahiptirler.

Katılımcılar araştırmaya katılmama hakkına sahiptir. Çalışmaya dahil olma kriterlerine uymadığı düşünülen katılımcıların rızasına bakılmaksızın araştırma harici bırakılabilecektir. Araştırma sırasında elde edilen bilgiler bilimsel araştırma veya eğitim amacıyla kullanılacaktır. Katılımcılara bir bedel ödenmeyecek veya herhangi bir ücret talebinde bulunulmayacaktır.

Araştırma sırasında oluşabilecek bir sorun durumunda Doç. Dr. Erdal Eroğlu ve Dt. Pelin Özat’a 0 246 2113352 numaralı telefondan ulaşabilirsiniz.

Araştırma hakkında bana sözlü ve yazılı açıklama yapıldı. Öğrenmek ve bilmek istediğim her şeyi sordum ve anladım. Bu araştırmaya katılmayı ve tıbbi bilgilerimin adım kullanılmadan yayınlanmasını, kendi rızamla, hiçbir baskı ve zorlama olmadan kabul ediyorum.

Gönüllünün adı, imzası, adresi, varsa tel, tarih:
imzası:

Açıklamayı yapan araştırmacının adı,

ÖZGEÇMİŞ

28.01.1981 tarihinde Muğla'da doğdum. İlköğrenimimi Marmaris Atatürk İlkokulu'nda, ortaöğrenimimi Marmaris Kenan Evren İlköğretim Okulu ve takiben Marmaris Sabancı Lisesi'nde tamamladım. 2004 yılında Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nden mezun oldum. Yaklaşık 2 yıl kadar özel sektörde çalıştıktan sonra 2006 yılında Süleyman Demirel Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı'nda doktora eğitimime başladım.