

154195

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**RENK ÖZELLİĞİ İLE GÖRÜNTÜ
KÜTÜPHANELERİNDE İÇERİK TABANLI
SORGULAMA SİSTEMİ**

Bilgisayar Müh. Göksel BİRİCİK

**F.B.E. Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Oya KALIPSIZ

Prof. Dr. Oya Kalipsiz
Prof. Dr. Vedat İnançoglu
Yrd. Doç. Dr. Songül Albayrak

İSTANBUL, 2004

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ.....	iv
KISALTMA LİSTESİ.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	vii
ÖNSÖZ.....	viii
ÖZET.....	ix
ABSTRACT.....	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1 İçerik Tabanlı Görüntü Erişim Sistemleri.....	3
1.2 Tezde Önerilen Yöntem.....	7
2. RENK VE RENK ÖZELLİKLERİ.....	10
2.1 Işık ve Renk Tayfı.....	10
2.2 Renk Ve Algılama.....	11
2.3 Renk Uzayları.....	13
2.3.1 RGB.....	14
2.3.2 HSV.....	15
2.3.3 C.I.E. XYZ.....	17
3. RENK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ.....	22
3.1 Renk Kuantalama Problemi.....	22
3.1.1 Renklerin Kuantalamasında Hata Hesabı.....	23
3.2 Kuantalama Metotları.....	24
3.2.1 Uniform Coding (Birbiçimli Kodlama).....	25
3.2.2 Median-Cut (Ortanca Kesme).....	28
3.2.3 Popularity (Yaygınlık).....	30
3.2.4 3.2.4 K-Means (K-Ortalama) Algoritması.....	33
3.3 Tezde Kullanılan Kuantalama Metotlarının Seçimi.....	36
4. RENK ÖZELLİĞİ İLE ÖBEKLEME.....	38
4.1 Renk Uzayında Öbekleme.....	38
4.2 Renk Özellik Vektörleri Tasarımı.....	39
4.3 Veritabanı Tasarımı.....	44
5. ÖZELLİK VEKTÖRLERİ İLE GÖRÜNTÜ SORGULAMA.....	48
5.1 Özellik Vektörlerinin Eşleştirilmesi.....	48

5.2	İçerik Tabanlı Görüntü Erişimi İçin Çok boyutlu Verilerin Endekslenmesi.....	50
5.2.1	Endeksleme Mekanizması.....	51
5.2.2	Arama Mekanizması.....	54
5.3	Performans Analizi.....	55
6.	DENEYSEL SORGULAMA SONUÇLARI.....	59
6.1	Benzerlik Ölçütü.....	59
6.2	Sorgulama Sonuçları	60
7.	SONUÇ ve ÖNERİLER.....	78
KAYNAKLAR.....		82
ÖZGEÇMİŞ		84



SİMGE LİSTESİ

c	Işık hızı
λ	Işığın dalga boyu
ν	Işığın dalga frekansı
C	Bir görüntüdeki tüm renkler
$\overline{C}$	Bir görüntüdeki kuantalanmış renkler
G	Görüntü veritabanındaki bir görüntü
l	P görüntüsü için oluşturulan renk sınıfı sayısı
r_i	renk sınıfını temsil eden değer
K_i	renk sınıfının görüntüdeki kullanım oranı
x_i, y_i	renk sınıfının görüntü üzerindeki ağırlık merkezi koordinatları



KISALTMA LİSTESİ

DVD	Digital Versatile Disk
CIE	Commission Internationale de L'éclairage
RGB	Red Green Blue
HSV	Hue Saturation Value
IBM	International Business Machines
SOM	Self Organizing Maps
YIQ	Luma Inphase Quadrature
SQL	Structured Query Language
ICC	International Color Consortium
JPEG	Joint Photographic Experts Group



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Renk özelliği ile içerik tabanlı sorgulama sistemi için iş akışı	8
Şekil 2.1 Elektromanyetik dalga ve görülebilir ışık tayfları	11
Şekil 2.2 İnsan gözü (Fairchild, 1998)	12
Şekil 2.3 Işığın insan gözü tarafından algılanma oranı	13
Şekil 2.4 RGB renk uzayının küp şeklindeki yapısı	14
Şekil 2.5 RGB uzayında toplamalı karışım	15
Şekil 2.6 Algılanabilir renkler içinde RGB küp uzayının konumu	15
Şekil 2.7 HSV uzayının koni şeklindeki yapısı	16
Şekil 2.8 CIE XYZ uzayının üç boyutlu yapısı	17
Şekil 2.9 C.I.E. Chromaticity Diyagramı	18
Şekil 3.1 Kuantalama metotlarını incelemek üzere kullanılan görüntüler	25
Şekil 3.2 İki boyutlu düzlemde Uniform Coding ile renk kuantalama	25
Şekil 3.3 Uniform Coding ile 16 renge kuantalanan "Baboon" görüntüsü	26
Şekil 3.4 Uniform Coding ile 16 renge kuantalanan "Lenna" görüntüsü	26
Şekil 3.5 Uniform Coding ile 16 renge kuantalanan "Peppers" görüntüsü	27
Şekil 3.6 Median-Cut algoritmasının renk uzayını bölme yöntemi	28
Şekil 3.7 Median-Cut ile 16 renge kuantalanan "Baboon" görüntüsü	29
Şekil 3.8 Median-Cut ile 16 renge kuantalanan "Lenna" görüntüsü	29
Şekil 3.9 Median-Cut ile 16 renge kuantalanan "Peppers" görüntüsü	29
Şekil 3.10 Popularity metodunda temsil renkleri	31
Şekil 3.11 Popularity ile 16 renge kuantalanan "Baboon" görüntüsü	31
Şekil 3.12 Popularity ile 16 renge kuantalanan "Lenna" görüntüsü	32
Şekil 3.13 Popularity ile 128 renge kuantalanan "Peppers" görüntüsü	32
Şekil 3.14 K-Means ile 16 renge kuantalanan "Baboon" görüntüsü	34
Şekil 3.15 K-Means ile 16 renge kuantalanan "Lenna" görüntüsü	34
Şekil 3.16 K-Means ile 16 renge kuantalanan "Peppers" görüntüsü	35
Şekil 4.1 Renk özellik vektörlerinin oluşturulma aşamaları	40
Şekil 4.2 Tezde yaratılan kuantalama sınıfları	41
Şekil 4.3 Baboon görüntüsünde kullanılan renkler	42
Şekil 4.4 Lenna görüntüsünde kullanılan renkler	42
Şekil 4.5 Peppers görüntüsünde kullanılan renkler	42
Şekil 4.6 Baboon görüntüsünde kuantalama işlemi sonucunda oluşan renkler	43
Şekil 4.7 Lenna görüntüsünde kuantalama işlemi sonucunda oluşan renkler	43
Şekil 4.8 Peppers görüntüsünde kuantalama işlemi sonucunda oluşan renkler	44
Şekil 4.9 İçerik tabanlı görüntü erişimi sistemi için E-R diyagramı	45
Şekil 5.1 Norm hesabı ile boyut indirgeme	51
Şekil 5.2 Norm değerlerini tutmak üzere değiştirilmiş "tblColor" tablosu yapısı	53
Şekil 5.3 2 boyutlu uzayda yakınlık sınırı sorgusu örneği	54
Şekil 6.1 "57.jpg" görüntüsü için sonuç görüntüleri ve benzerlik oranları	63
Şekil 6.2 "180.jpg" görüntüsü için sonuç görüntüleri ve benzerlik oranları	65
Şekil 6.3 "243.jpg" görüntüsü için sonuç görüntüleri ve benzerlik oranları	66
Şekil 6.4 "344.jpg" görüntüsü için sonuç görüntüleri ve benzerlik oranları	68
Şekil 6.5 "443.jpg" görüntüsü için sonuç görüntüleri ve benzerlik oranları	70
Şekil 6.6 "503.jpg" görüntüsü için sonuç görüntüleri ve benzerlik oranları	71
Şekil 6.7 "628.jpg" görüntüsü için sonuç görüntüleri ve benzerlik oranları	73
Şekil 6.8 "711.jpg" görüntüsü için sonuç görüntüleri ve benzerlik oranları	74
Şekil 6.9 "809.jpg" görüntüsü için sonuç görüntüleri ve benzerlik oranları	75
Şekil 6.10 "930.jpg" görüntüsü için sonuç görüntüleri ve benzerlik oranları	77

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1 Standart beyaz noktalar ve bunların renk sıcaklıkları	19
Çizelge 2.2 Sık kullanılan çalışma uzaylarında, D50 aydınlığı için tanımlı CIE renkleri	19
Çizelge 3.1 Uniform Coding ile örnek resimlerde elde edilen kuantalama hataları	27
Çizelge 3.2 Median-Cut ile örnek resimlerde elde edilen kuantalama hataları	30
Çizelge 3.3 Popularity algoritması ile örnek resimlerde elde edilen kuantalama hataları	33
Çizelge 3.4 K-Means ile örnek resimlerde elde edilen kuantalama hataları	35
Çizelge 3.5 Kuantalama metotlarının ortalama renk hataları	36
Çizelge 3.6 Kuantalama metotlarının ortalama resim hataları	36
Çizelge 4.1 tblImage tablosu alanları ve veri tipleri	45
Çizelge 4.2 tblMethod tablosu alanları ve veri tipleri	46
Çizelge 4.3 tblColorSpace tablosu alanları ve veri tipleri	46
Çizelge 4.4 tblImageColor tablosu alanları ve veri tipleri	47
Çizelge 4.5 tblColor tablosu alanları ve veri tipleri	47
Çizelge 5.1 Norm bilgisinde yer alacak özelliklerin kombinasyonları	52
Çizelge 5.2 Değiştirilen tblColor tablosu alanları ve veri tipleri	53
Çizelge 5.3 Tezde kullanılan sistemin özellikleri	55
Çizelge 5.4 Seçilen yöntem, uzay ve derinliklerde özellik vektörlerin ortalama çıkarma süreleri (milisaniye)	56
Çizelge 5.5 Seçilen yöntem, uzay ve derinliklerde veritabanında ortalama sorgulama süreleri (milisaniye)	57
Çizelge 5.6 Ortalama Sorgulama Süreleri	58
Çizelge 6.1 “57.jpg” görüntüsü için sorgu seçenekleri	60
Çizelge 6.2 “180.jpg” görüntüsü için sorgu seçenekleri	63
Çizelge 6.3 “243.jpg” görüntüsü için sorgu seçenekleri	65
Çizelge 6.4 “344.jpg” görüntüsü için sorgu seçenekleri	67
Çizelge 6.5 “443.jpg” görüntüsü için sorgu seçenekleri	69
Çizelge 6.6 “503.jpg” görüntüsü için sorgu seçenekleri	70
Çizelge 6.7 “628.jpg” görüntüsü için sorgu seçenekleri	72
Çizelge 6.8 “711.jpg” görüntüsü için sorgu seçenekleri	73
Çizelge 6.9 “809.jpg” görüntüsü için sorgu seçenekleri	75
Çizelge 6.10 “930.jpg” görüntüsü için sorgu seçenekleri	75

ÖNSÖZ

Danışmanım Sayın Prof. Dr. Oya KALIPSIZ'a yüksek lisans programı boyunca beni yönlendirdiği, bilgisini, değerli görüşlerini ve deneyimlerini bana aktardığı için çok teşekkür ederim.

Tez konusu olarak seçtiğim içerik tabanlı görüntü sorgulama konusundaki engin bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan,yol gösteren ve yardımcı olan Sayın Yrd. Doç. Dr. Songül ALBAYRAK'a teşekkür ederim.

Çalışmamın her aşamasında bana destek olan arkadaşım Arş. Gör. Ö. Özgür BOZKURT'a ve Yıldız Teknik Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümündeki bütün arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Hayatım boyunca desteklerini hiçbir zaman eksik etmeyen, beni yüreklendiren ve bana güvenen sevgili anneme, babama ve tüm aileme çok teşekkür ederim.



ÖZET

Bilgiye erişim yıllardır bilgi sistemlerinde incelenen ve araştırılan bir alandır. Son yıllarda özellikle İnternet'in hızla gelişmesi, bilgilerin sunumunu sadece metin tabanlı gösterimden çıkararak görüntü, video, ses gibi çoklu ortam imkanları ile zenginleştirmiştir. Bu yüzden bilgilerin sadece metin tabanlı arama yöntemleri ile taranması yetersiz kalabilmektedir. Çoklu ortamı oluşturan, sadece metin ile temsil edilemeyecek karmaşık veri tipleri için, içerik tabanlı erişim bir gerekliliktir.

Günümüzde, veritabanlarında istenen görüntülere metin tabanlı, diğer bir deyişle anahtar kelimeler kullanarak erişim hâlâ yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sistemlerde görüntünün konusu, içeriğinde bulunan nesneler gibi özellikleri temsil eden anahtar kelimeler her bir görüntü için sistemde tutulmaktadır. Kullanıcı istediği özellikleri anahtar kelimeler ile sisteme verdiğinde, bu kelimelerle temsil edilen görüntüleri sonuç olarak elde edebilir. Ancak bir görüntüyü ifade etmek için uygun kelimeleri seçmek, görüntünün insandan insana değişen algısal farklılığından dolayı kolay bir iş değildir.

Bu çalışmada görüntülerin renk özelliğine dayalı içerik tabanlı görüntü sorgulama sistemi tanıtılacaktır. Geliştirilen sistemde, görüntü veritabanında bulunan tüm resimler RGB, HSV ve C.I.E. XYZ renk uzaylarında Median-Cut ve K-Means algoritmaları kullanılarak değişik renk seviyelerine kuantalanmıştır. Elde edilen belirli sayıda renk ile görüntüler temsil edilmiş, kuantalanmış renklerin görüntüdeki kullanım oranları ve görüntü üzerindeki konumları da renk özelliğine eklenmiştir. Ardından renk özellikleri kullanılarak iki aşamalı, hızlı bir eşleme algoritması ile sorgu sonuçları elde edilmiştir. Sonuçların sorgu görüntüsüne olan benzerliği de, benzeşen renk özellikleri bazında oransal olarak hesaplanmıştır.

Sonuç olarak geliştirilen sistem ile görüntü kütüphanelerinde renk özellikleri kullanılarak hızlı ve duyarlı sorgulamalar gerçekleştirilmiştir.

Anahtar kelimeler: İçerik Tabanlı Görüntü Erişimi, Renk Özelliği, Renk Uzayları, Kuantalama, Eşleme

ABSTRACT

Information retrieval is subject to research and study of information systems for years. Especially, the fast development of Internet enriched text based information presentations, by image, video and voice facilities. For this reason, information searching by only text based methods may be inadequate. Complex multimedia data types, which cannot be represented as text only, requires content based retrieval.

Nowadays, it is still common to access databases using text based search, i.e. the use of keywords, to retrieve desired images. In this kind of systems, keywords representing the features such as the subject of the image and objects in its contents are kept in the system for each image. By submitting the desired features via keywords to the system, user can retrieve the images linked to these keywords. However, as the perception of an image may differ from one person to other, it is not an easy job to choose the appropriate keywords to represent an image.

In this study, a system described as content based image retrieval using color features is presented. Within the developed system, all images in the database are quantized in different color levels in RGB, HSV and C.I.E. XYZ color spaces using Median-Cut and K-Means algorithms. Images are represented with specific number of colors obtained; the usage rates and the location of the quantized colors are added to the color features. Query results are obtained by involving a two phased and fast matching algorithm that uses the color features. The similarity of the results to the query image is calculated as a ratio, based on color similarity

The developed system is used to perform fast and sensitive queries on image libraries using color features

Keywords: Content-Based Image Retrieval, Color Feature, Color Spaces, Quantization, Matching

1. GİRİŞ

Bilişim teknolojilerindeki ilerleme ile birlikte dünyanın sayısal bilgi çağına girmesi, görsel medyanın kolay ulaşılabilir hale gelmesine yol açmıştır. Özellikle İnternet'in sürekli artan bir ivmeyle büyümesi, çok yüksek miktarda veri depolamaya imkan veren disk sunucuları, görsel medyanın taşınması ve insanlara sunulması için geliştirilen DVD gibi teknolojilerin geliştirilmesi ile birlikte görüntü verileri yaygınlaşmış ve sayıları büyük oranda artmıştır.

Savunma ve araştırma amaçlı uydulardan gelen görüntüler, yine bu amaçlarla yapılan uçuşların görüntü kayıtları, bilimsel deneylerden elde edilen sonuçlar, biomedikal endüstrisi ile ilgili görüntü verileri ve eğlence sistemlerinin oluşturduğu görüntüler, görsel medyanın hızlı ve yüksek miktarlarda üretildiği alanlara örnek olarak verilebilir.

Teknolojideki bu hızlı gelişmeler ile birlikte, bu kadar yüksek miktarda görüntü verisinin içerisinde istenen bilgilere erişmek, gittikçe zorlaşan bir problem halini almaktadır. Aranılan görüntüye hızlı ve etkin erişimi sağlamak için, bütün resim arşivini dolaşmak ya da anahtar kelimeler kullanarak arama yapmanın dışında, görüntünün içeriğine dayalı bir arama ve eşleme mekanizması kullanılması kaçınılmaz bir çözümdür.

Görüntülerin benzerliği konusu; resim içeriğinin bilgisayarlar tarafından, insanlarda olduğu gibi algılanamaması yüzünden oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir. İçerik tabanlı görüntü erişimi sistemlerinin esas problemini oluşturan benzerlik, araştırmacılar tarafından üzerinde en çok çalışılan ve çözmek için çok çeşitli yöntemlerin ele alındığı bir konudur.

Görüntü erişim sistemlerinde resimlerle ilintili anahtar kelimeler kullanmak, çözüme ulaşmak için başvurulmuş yöntemlerden biridir. Bu anahtar kelimeler, resmi inceleyen kişi tarafından belirlenerek sisteme elle girilir. Ancak aynı resmi inceleyen farklı gözlemciler, değişik anahtar kelimeler türetebilirler. Bir resmin anlamını herkes farklı yorumlayabileceği gibi, birkaç kelime ile ifade etmek de yetersiz kalabilir. Bu yüzden tercih edilen sorgu metodu anlamsal içerik taşıyanı olmalıdır. Gudivada ve Raghavan'a göre (1995) bir görüntüden anlamsal özellikleri çıkartmak çok güçtür. Görüntülerin bilgisayarla yorumlanmasında henüz, mantıksal anlamlar çıkartılabilecek bir aşamaya erişilememiştir. Bu yüzden görüntüyle ilgili renk, şekil, doku, nesneler ve sınırları gibi nispeten kolay hesaplanabilir içerik özellikleri bulunur ve karşılaştırma için kullanılır. Elde olan resimler için saklanan bu özellikler, sorgu için istenen ölçütlerle karşılaştırılarak sonuçlara ulaşılır.

İçerik tabanlı görüntü erişimi konusunda sistemlerin genel yaklaşımı, iki ana başlık altında

toplanabilir.

- **Nitelik Tabanlı (Attribute Based) Yaklaşım:** İçerik tabanlı görüntü erişim sistemlerinde resimlerin kullanılacak olan özellikleri, bilgisayar kullanılmadan çıkartılarak geleneksel veritabanı yönetim sistemi mantığı ile tutulurlar. Sorgulamalar da bu özellikler kullanılarak yapılır. Nitelik tabanlı yaklaşım, görüntülerin ileri derecede soyutlanmasını gerektirmektedir. Soyutlama seviyesi arttıkça, sistemin kabul ettiği sorgu çeşitleri azalmaktadır. “İçinde fil olan resimleri getir” gibi bir sorguya sistemin yanıt vermesi çok zordur.
- **Özellik Tabanlı (Feature Based) Yaklaşım:** Bu yaklaşım temel olarak, sisteme entegre edilmiş özellik çıkarımı ve nesne tanıma alt sistemlerinin nitelik tabanlı yaklaşımdaki zorlukların üstesinden gelmesi esasına dayanmaktadır. Veritabanına yeni bir resim eklenmesi sırasında bu alt sistemler otomatik olarak çalışarak özellikleri çıkarırlar. Ancak özellik tabanlı görüntü erişim sistemlerinde işlem karmaşıklığı oldukça fazladır ve işlemler uzun zaman almaktadır. Ancak insan faktörünü azalttığı için genellikle bu yöntem tercih edilmektedir. Seçilen otomasyon seviyesine göre yarı ve tam otomatik sistemler gerçekleştirilebilir.

Görüntünün anlamsal (semantic) içeriği bilgisayarlar tarafından tam olarak algılanana kadar doğru sorgu sonuçlarının sistemlerden beklenmesi yanlıştır. Kullanılan özelliklere bağlı olarak, görüntü veritabanında istenene en uygun sonuçlar, sistemin işlettiği benzerlik ölçütlerine bağlı olarak getirilebilir. İçerik tabanlı görüntü erişimi sistemlerinde hedef, özellik tabanlı yaklaşım ışığında, genel arşivlerde istenen görüntülere tam otomatik olarak ulaşmaktır.

Sorgulama ölçütlerinin içerik tabanlı görüntü erişim sistemlerine verilmesi için değişik yollar mevcuttur. Gerçeklenen sistemler, bu yöntemlerden bir ve birkaçını kullanarak kullanıcının erişmek istediği sonuçlar için giriş verisini alabilir. Veri giriş tipleri genel olarak dört başlık altında toplanabilir.

- **Anahtar Kelimelerle Sorgulama:** Her resim için açıklayıcı anahtar kelimeler, daha önceden sisteme girilmiştir. Kullanıcı erişmek istediği resimler hakkında açıklayıcı kelimeleri sisteme veri olarak girer.
- **Özellik Belirterek Sorgulama:** Sistemin resimler hakkında tuttuğu belirleyici özellikler, kullanıcı tarafından istediği aralıklarda olacak şekilde sisteme verilir. Belirleyici kriterleri sisteme verilen aralıklarda olan resimler, benzerlik hesabından yararlanılarak bulunur ve sonuçlar oluşturulur.

- **Örnek Görüntüyle Sorgulama:** İçerik tabanlı görüntü sistemlerinde en çok kullanılan sorgulama çeşididir. Kullanıcı, benzerlerini aradığı bir resmi sisteme verir. İlk aşamada kullanılan belirleyici özellikler sorgu resminden çıkarılır, daha sonra bu özellikler ile veritabanında bulunanlar karşılaştırılır. Kullanılan benzerlik hesabına uygun olarak elde edilen sonuçlar kullanıcıya verilir.
- **Resim Çizerek Sorgulama:** Bazı sistemlerde, kullanıcının veri girişi yapabilmesi için bir çizim ortamı sağlanır. Bu ortamda kullanıcı istediği renkleri ve şekilleri veri giriş cihazlarını kullanarak (klavye, fare gibi) sisteme verir. Çizilen şekil ve kullanılan renklere bağlı olarak sistem gerekli özellikleri hesaplar, veritabanındaki resimler ile karşılaştırır ve eşleşen sonuçları kullanıcıya döndürür.

1.1 İçerik Tabanlı Görüntü Erişim Sistemleri

İçerik Tabanlı Görüntü Erişimi Problemini çözmek amacıyla ticari ve araştırma temelli birçok sistem geliştirilmiştir. Bunlardan bazıları arama için anahtar kelimeler kullanmakta, bazıları renk ile ilgili çeşitli özellikleri kullanmaktadır. Ayrıca doku özelliklerini, şekil bilgilerini, resimdeki nesnelerin konumlarını kullanarak arama yapan sistemler de mevcuttur. Geliştirilmiş olan sistemler, bu özelliklerden birkaçını da arama sonuçlarını iyileştirmek için kullanmaktadır. (Velkamp ve Tanase, 2002)

Özel amaçlı görüntü kütüphaneleri yerine genel görüntü kütüphaneleri kullanan, arama yaparken renk özelliğinden faydalanan, en çok bilinen içerik tabanlı görüntü erişim sistemleri aşağıda alfabetik olarak listelenmiştir.

- CANDID
- C-bird
- CHROMA
- Circus
- Compass
- DrawSearch
- FIDS
- FOCUS
- ImageMiner
- ImageRover
- NETRA
- PicHunter

- PicSOM
- PicToSeek
- QBIC
- Quicklook
- VisualSEEK

CANDID (Comparison Algorithm for Navigating Digital Image Databases): Amerika'da Los Alamos Ulusal Laboratuvarındaki Bilgisayar Araştırma ve Uygulamaları grubu tarafından geliştirilmiştir. Her görüntü belirli özelliklere göre parçalara ayrılır, her parça için renk ve doku özellikleri kullanılarak elde edilen bir imza ile eşleme işlemi gerçekleştirilir. Sistem örnek resim alarak sorgulama yapmaktadır. Sonuçlar, eşleşen bölgeler baz alınarak elde edilir.

C-bird (Content-Based Image Retrieval from Digital libraries): Kanada Burnaby'de Simon Fraser Üniversitesi Bilgisayar Bilimleri Okulunda geliştirilmiştir. Her görüntü için sık kullanılan renk, en çok geçen doku yönü ve kroma değerlerinden oluşan özellik vektörleri tutulmaktadır. Sorgulama için, aranan renk ve doku özellikleri sisteme verilir. Arama başarısını arttırmak için, anahtar kelimelerden de yararlanılmaktadır. Histogram kesişimi yöntemi kullanılarak sonuçlar elde edilir.

CHROMA (Colour Hierarchical Representation Oriented Management Architecture): İngiltere Sunderland Üniversitesi Bilgisayar Bilimleri, Mühendislik ve Teknoloji Okulunda geliştirilmiştir. Çok koyu, çok parlak, beyaz, gri, siyah, kırmızı, kahverengi, sarı, yeşil ve mavi tonlarındaki renkleri birer sınıf olarak alır, her görüntüdeki renkleri kullanım sıklıklarına göre sıralayarak bu sınıflara atar. Sınıflar ve bu sınıflara sahip olan görüntüler, baskınlıklarına göre en genelden en özele doğru bir ağaç yapısı halinde, sistemde tutulurlar. Sorgulama sonucu, bu ağaç yapısında istenen renk özelliklerine sahip düğümde bulunan görüntülerdir.

Circus (Content-based Image Retrieval and Consultation User-centered System): Lausanne Politeknik Okulu Görüntü-Ses Haberleşmeleri Laboratuvarı tarafından geliştirilmiştir. Renk özelliği, C.I.E. Lab uzayında histogram esasına dayanmaktadır. Bunun yanında görüntüye ait doku özellikleri de sorgulama işleminde kullanılmaktadır. Sorgulama örnek görüntü kullanılarak yapılabileceği gibi, istenen renklerin kullanım oranları verilerek de gerçekleştirilebilir.

Compass (Computer Aided Search System): İtalya Trento'da Bilimsel ve Teknolojik

Araştırma Merkezi tarafından geliştirilmiştir. Renk tonu (hue) ve parlaklık (luminance) histogramlarını kullanır. Ayrıca Parlaklık bileşeninin genlik histogramı da doku özelliği için kullanılmıştır. Sorgulama örnek görüntü aracılığı ile yapılır. Birden fazla veritabanı üzerinde arama yapabilir. Kullanıcı sonuçlar üzerinde değerlendirme yaparak, dönmesini istemediği görüntüleri sisteme belirtebilir. Bu geri besleme ile istenmeyen görüntülerin uzaklık değerleri artırılabilir.

DrawSearch: İtalya'da Bari Teknik Üniversitesi Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü tarafından geliştirilmiştir. Görüntüler dörde dörtlük parçalara bölünerek, her parçanın ortalama rengi hesaplanmaktadır. Elde edilen değerler, görüntüye ait renk özelliği olarak kullanılır. Ayrıca doku ve şekil özellikleri de sorgulama için kullanılmaktadır. İstenen renkler ve çizgiler ile sistemin giriş ekranında çizilen şekil, sorgu girdisini oluşturur. Bu şekil ile veritabanında tutulan bilgiler karşılaştırılarak sonuçlar döndürülür.

FIDS (Flexible Image Database System): Amerika Seattle'da Washington Üniversitesi Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği Bölümünde geliştirilmiştir. Renk bilgisi olarak histogram, ten rengi piksellerin oranı, Sobel kenar belirleme maskesi uygulanarak elde edilen histogram değerleri kullanılır. Sorgulama işlemi sisteme örnek görüntü verilerek yapılmaktadır. Sorgu görüntüsü ile veritabanındaki görüntülerin özellikleri arasındaki uzaklığa bakılarak sonuçlar döndürülmektedir.

FOCUS (Fast Object Color-based Query System): Massachusetts Üniversitesi Bilgisayar Bilimleri Bölümü tarafından geliştirilmiştir. Görüntüler yüze yüzölçümüne parçalara bölünerek, her parçanın HSV renk uzayında histogramları alınır. Histogramların tepe noktaları ayırt edici özellik olarak kullanılmaktadır. Sorgulama, örnek görüntü vasıtasıyla yapılır. Sorgu görüntüsünün belirli bir alanı seçilerek, sadece o alana benzeyen sonuçların dönmesi de istenebilir.

ImageMiner: Almanya'da Bremen Üniversitesi Bilişim Teknolojileri Merkezi tarafından geliştirilmiştir. Renk, doku ve çevre çizgileri özellikleri kullanılır. Görüntüler eşit parçalara bölünerek her parçanın histogramı hesaplanır, daha sonra en sık kullanılan renklere göre bu parçalar gruplanır. Her bir grup için boyut, konum, ilgili renk ve renk yoğunluğu gibi bilgiler saklanır. Ayrıca çeşitli doku özellikleri ve şekillerin çevre çizgileri de sorgulama başarısını arttırmak için kullanılmaktadır. Ayırt edici özellikler, bir graf yapısı oluşturacak şekilde saklanırlar. Sorgulama, anahtar kelimeler ve istenen değerlerin SQL dili benzeri bir şekilde sisteme verilmesi ile gerçekleştirilir.

ImageRover: Boston Üniversitesi Bilgisayar Bilimleri Bölümü tarafından geliştirilmiştir. Renk özelliğinin yanında doku yönü bilgisi de kullanılır. Her görüntü; bütün, merkez ve dört köşe olmak üzere toplam altı alt görüntü olarak sistemde işlenir. Her alt görüntü için de C.I.E. Luv renk uzayında 64 renge kuantalama ve histogram alma işlemleri uygulanır. Sorgulama için öncelikle anahtar kelimeler sisteme verilir. Bu indirgeme sonucunda kullanıcıya sunulan görüntülerden biri seçilerek, sorgulama işlemi gerçekleştirilir. Kullanıcı sonuç görüntülerinin doğruluğu konusunda sisteme geri besleme de sağlayabilir.

NETRA: Santa Barbara'da Kaliforniya Üniversitesi Elektrik ve Bilgisayar Mühendisliği Bölümü tarafından geliştirilmiştir. Görüntüler, düzgün renk dağılımı gösteren bölgelere bölünür. Bu bölgelerin her birinden daha sonra renk, doku, şekil ve konumsal bilgiler çıkarılır. Her bir bölgede bulunan renkler ve kullanım oranları, karşılaştırma ölçütleri olarak kaydedilir. Sorgulama için var olan görüntülerden biri seçilir, istenen bir bölgesi işaretlenir ve renk, konum, doku yada şekil özelliklerinden birisi tercih edilir. Renk özellik vektörleri arasındaki uzaklıklar hesap edilerek sorgu sonuçları bulunur.

PicHunter: Amerika'da NEC Araştırma Enstitüsü tarafından geliştirilmiştir. Histogram ve konumsal renk dağılımı bilgilerini kullanır. HSV uzayında 64 renkli histogram yanında, HSV uzayında 256 uzunluklu otokorelogram (autocorrelogram) ve RGB uzayında 128 uzunluklu renk bağlantı vektörü (color coherence vector) ile bir görüntüye ait renk özellikleri tutulur. Ayrıca görüntülere ait anahtar kelimeler de sorgu başarısını arttırmak için kullanılır. Sorgulama için örnek görüntü kullanılır. Sorgu ve veritabanındaki görüntülerin özellik vektörleri arasındaki uzaklık hesabı ile sonuçlar elde edilir. Ayrıca sonuçlar üzerinde kullanıcı sisteme geri besleme yapabilir. Bayes kuralına uygun olarak sistem sonuç setini iyileştirmeye çalışır.

PicSOM: Finlandiya'da Helsinki Teknoloji Üniversitesi Bilgisayar Bilimleri ve Bilişim Laboratuvarında geliştirilmiştir. Her görüntü bir adet merkez ve dört adet kenar olmak üzere beş bölgeye ayrılır. Her bölge için ortalama kırmızı, yeşil ve mavi değerleri hesaplanır. Bunların yanında her bir renk kanalı için renk momentleri de hesaplanır. YIQ uzayında Y parametresi ve komşuluk değerleri kullanılarak doku özellikleri de çıkarılır. Her kategoriye temsil eden örnek görüntülerle sorguya başlanır. Kullanıcının geri beslemesi ile sonuca ulaşıncaya kadar sorgu iterasyonlarına devam edilir. Eşleme ise SOM tekniğine dayalıdır.

PicToSeek: Hollanda'da, Amsterdam Üniversitesi Bilgisayar Bilimleri Bölümünde geliştirilmiştir. Görüntünün açısından, nesnelerin geometrisinden ve aydınlanma şartlarından

etkilenmeyen renk ve şekil özelliklerini bulmaya çalışan bir sistemdir. RGB renk uzayında, bir nesnenin aynı renkli yüzeyine ait piksellerini bütün bir bölüm olarak belirleme esasına dayanır. Renk geçişleri incelenerek şekillere ait sınır çizgileri bulunur. Sorgulama için örnek görüntü ile birlikte benzerlik ölçütünü belirleyecek kriterler de sisteme verilmelidir. Sorgu görüntüsü ile veritabanındaki görüntüler arasındaki yakınlık, histogramlarının kesişimi ile bulunur.

QBIC (Query By Image Content): San Jose'de IBM Almaden Araştırma Merkezi tarafından geliştirilmiştir. RGB, YIQ, C.I.E. Lab ve Munsell renk uzaylarında ortalama renk vektörleri, RGB uzayında 256 renkli histogram bilgisi kullanılan renk özellikleridir. Ayrıca çeşitli doku ve şekil özellikleri de sorgulama performansını arttırmak için kullanılmaktadır. Örnek görüntülerle birlikte kullanıcının çizdiği şekiller ve seçilen renk-doku örnekleri de sorgulama için kullanılabilir. Özellikler arasında iki aşamalı uzaklık hesabı ile eşleşme gerçekleştirilir.

Quicklook: İtalya Milan'da CNR Çokluortam Bilgi Teknolojileri Enstitüsünde geliştirilmiştir. Görüntüler için metinsel belirleyicilerin yanında, 64 seviyeli histogram ve renk bağlantı vektörleri (color coherence vectors), ten rengi piksellerin alanı, renklerin konumsal bilgileri, C.I.E. Lab renk uzayında 11 renk için kullanım miktarı, renk dağılımı bilgileri bulunur. Ayrıca şekillerin çevreleri ve dokularının bulunması için de çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Sorgulama için örnek görüntü kullanılır, seçilen görüntü üzerinde belirlenen bir alanla sonuç seti özelleştirilebilir. Ayrıca sonuç setindeki görüntüler hakkında kullanıcı sisteme geri besleme de sağlayabilir.

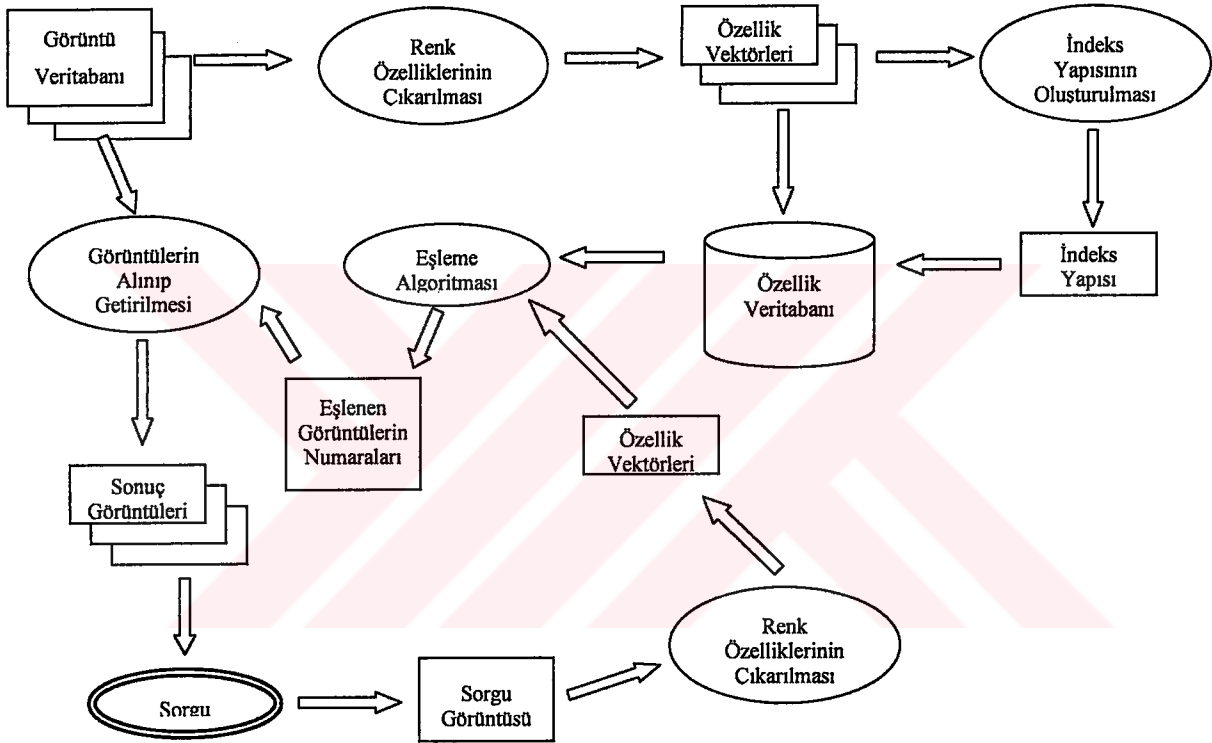
VisualSEEK: New York'ta Columbia Üniversitesi Görüntü ve Gelişmiş Televizyon Laboratuvarı tarafından geliştirilmiştir. Veritabanında görüntüler eşit baskın renklere sahip bölgelere ayrılarak saklanır. HSV renk uzayında görüntüyü en iyi temsil eden 166 renk seçilir. Bu renklere en yakın diğer renkler ile birlikte, görüntü üzerinde renk bölgeleri bulunur. Bölgeyi kaplayan en küçük dikdörtgenin koordinatları da özellik olarak saklanır. Sorgulama için sistemin giriş ekranında kullanıcı istediği bölgeleri, istediği renklerle birlikte işaretler. Bölgeler için boyut tanımı da yapılabilir. Eşleme için verilen özellikler ile veritabanında bulunan özellikler arasındaki uzaklıklar hesap edilir. Bu aşamadan sonra dönen sonuçlardan biri seçilerek, sistemde örnek görüntü bazında da arama yapılabilir.

1.2 Tezde Önerilen Yöntem

Gerçekleştirilecek olan içerik tabanlı görüntü sorgulama sisteminde uygulanması gereken

adımlar genel olarak Şekil 1.1'de görülmektedir. Bilgisayar ortamında bir görüntüyü içerik tabanlı olarak eşleyebilmek için, karakteristiğini betimleyecek bir nicelik vektörü çıkarılması gereklidir. Nicelik vektörünü oluşturan bileşenlerden istenilen özellikler seçilerek, eşleştirme işlemi için kullanılabilir.

Bu çalışmada içerik tabanlı görüntü erişim sistemi oluşturmak için, görüntüyü temsil etmek üzere renk özelliklerinden yararlanılmıştır. Sistemi test etmek üzere; insan, vasıta, doğa, çiçek, hayvan, yemek gibi genel amaçlı 10 resim kategorisinde 100'er resim olmak üzere, toplam 1000 gerçek renkli resimden oluşan bir veritabanı kullanılmıştır.



Şekil 1.1 Renk özelliği ile içerik tabanlı sorgulama sistemi için iş akışı

Renk özelliği ile çalışan içerik tabanlı görüntü erişimi sistemleri çoğunlukla RGB renk uzayında, histogram bilgisinden yararlanmaktadır. Ancak RGB renk uzayı yapısı gereği insanın renkleri algılama şekline çok uygun değildir. Bu yüzden tez çalışmasında RGB renk uzayının yanında, renklerin insan algılamasına daha uygun olarak temsil edildiği HSV renk uzayı ve C.I.E. tarafından geliştirilen, mantıksal bir uzay olan XYZ de sınıflama ve eşleme işlemleri için kullanılmıştır.

Sorgu sisteminin olabildiğince hızlı çalışabilmesi için, hızlı ve etkin bir renk öbekleme algoritması gerekmektedir. Tez çalışmasında, etkin ve hızlı çalışan sınıflama

algoritmalarından Uniform Coding, Median-Cut, Popularity ve K-Means denenmiştir. Elde edilen renk sınıfları ile görüntüler tekrar oluşturulduğunda, gerçek renkli orijinal görüntülere en benzer sonuçları Median-Cut ve K-Means algoritmalarının verdiği gözlenmiştir. Bu yüzden sistemde bu iki yöntem de renkleri sınıflandırmak için seçilebilir durumdadır.

Hangi renk uzayının sorgulamada daha mantıklı sonuçlar oluşturduğunu bulmak için, RGB renk uzayının yanında HSV ve C.I.E. XYZ renk uzaylarında da sınıflama yapılmıştır. Kullanılan görüntü veritabanındaki tüm resimler için, seçilen algoritma ve uzaylarla, renk bilgileri çıkarılarak sorgulamada kullanılmak üzere SQL Server 2000 veritabanında saklanmıştır.

Verilen sorgu görüntüsü ile veritabanındaki görüntülerin belirlenen kriterlere göre eşlenmesi için yeni bir yöntem kullanılmıştır. Renk öbekleme algoritmaları ve renk uzaylarında elde edilmiş olan bilgileri temsil etmek üzere, kullanıcının seçimine uygun ağırlıklarla temsil değerleri oluşturularak, veritabanında endeksli olacak şekilde tutulmaktadır. Sorgu görüntüsünden de kriterlere uygun olacak şekilde temsil değeri üretilmektedir. Sorgu görüntüsü ile veritabanındaki temsil değerlerinden, verilen aralığa uygun düşenler bir kez daha uzaklık kontrolünden geçirilmekte ve sonuç kümesi oluşturulmaktadır. Gerçekleştirilen sistemde, veritabanı üzerinde çalışan bu kontroller ile çok hızlı ve etkin bir eşleştirme yöntemi uygulanmıştır.

Bu çalışmada oluşturulan tezin sonuçlarının doğruluğunu test etmek için de bir benzerlik ölçütü geliştirilmiştir. Sorgu görüntüsü ile eşleşen sonuç görüntüleri; eşleşen renk özellikleri arasındaki ortalama mesafeye göre sıralanarak ekrana getirilmektedir.

2. RENK VE RENK ÖZELLİKLERİ

İçerik tabanlı görüntü sorgulama sisteminde renk özelliği kullanılacağı için, ışık ve renk ile ilgili bilgilerin verilmesi faydalıdır. Bu bölümde renk ve ışık ile ilgili temel bilgilerin yanında, tez çalışmasında kullanılan renk uzayları da tanıtılmaktadır.

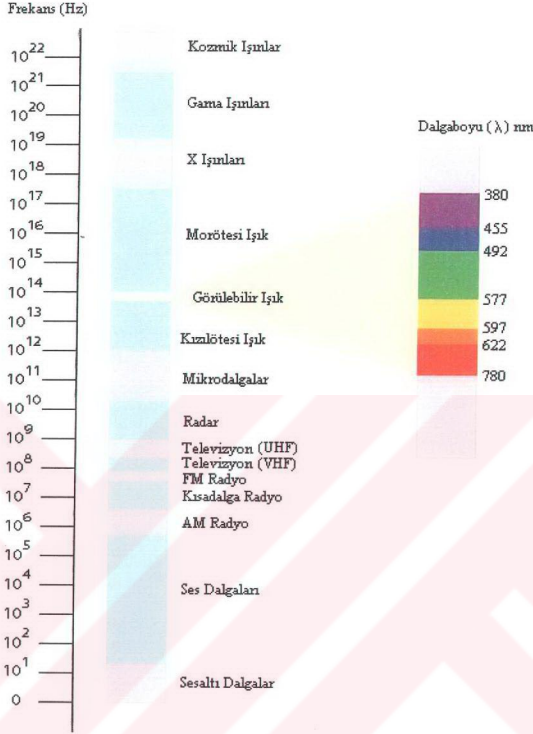
2.1 Işık ve Renk Tayfı

Rengin günümüzdeki tanımı ve anlamı, 1600'lü yıllarda Isaac Newton'un ışığın dağılımsal doğasını keşfetmesine dayanmaktadır. Newton'a göre ışık, parçacılardan oluşan bir demettir. Prizmalar ile yaptığı deneylerde, beyaz ışığın kırılarak çeşitli renklerde ışıklara bölündüğünü saptamıştır. Hava ve cam prizma gibi değişik ortamların kırıcılıkları da farklıdır. Işık bu farklı kırıcılığa sahip ortama girdiğinde, kırılmaktadır. Ancak ışığı oluşturan bileşenler, sahip oldukları enerjiye göre değişik açılarda kırılmaktadır. Bu da, renkleri oluşturmaktadır. Örneğin mavi renk ışınları, cam prizmada kırmızı renk ışınlarından daha fazla kırılmaktadır (Heeger, 2003).

Bütün elektromanyetik dalgalar gibi ışık da bir dalga şeklinde iletilir. Işık enerjisi dalga şeklinde iletilirken, tepe noktaları gibi karşılaştırılabilecek iki noktası arasındaki uzaklık, dalga boyu (λ) olarak tanımlanır. Işığı oluşturan dalgaların dalga boyları geleneksel metrik sistemleri ile göstermek için çok küçüktür. Bu yüzden ışığın dalga boyu, bir metrenin milyarda biri olan nanometre mertebesinde ölçülür (Colourware, 2001). Dalga boyuna ek olarak ışık dalgaları, frekansları (ν) ile de gösterilebilir. Bir dalganın frekansı, bir noktadan bir saniyede geçen bütün dalgaların sayısı olarak tanımlanır. Bir dalganın boyu ve frekansı, hızına (c) bağlıdır (2.1). Işık dalgalarının hızı boşlukta sabit olduğu için, ışığın dalga boyu arttıkça frekansı azalır.

$$c = \lambda \cdot \nu \quad (2.1)$$

İnsan gözü, 380 ile 780 nanometre arasındaki dalga boylarına duyarlıdır. Görülebilir tayf, tüm elektromanyetik tayfin çok küçük bir bölümünü oluşturmaktadır. Şekil 2.1'de tüm elektromanyetik tayf ve görülebilir tayfin bunun içindeki yeri görülmektedir. Görülebilir dalga boyuna sahip ışınlar, renkleri oluşturmaktadır. Daha kısa dalga boyları (380-400 nm), mor ve mavi olarak algılanır. Görülebilir tayftaki en uzun dalga boyları ise (700-780 nm) kırmızı olarak algılanır. Şekil 2.1'de, görülebilir tayfin içinde renklerin dalga boylarına göre yerleri görülmektedir.



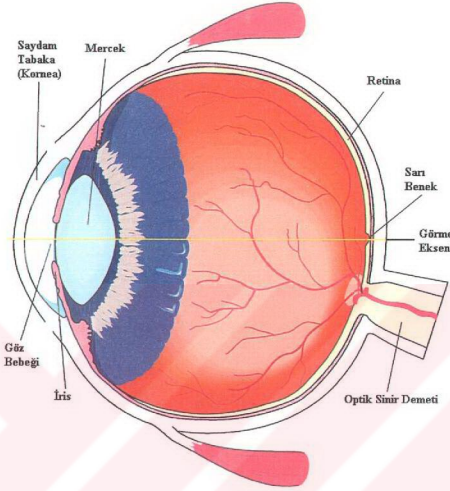
Şekil 2.1 Elektromanyetik dalga ve görülebilir ışık tayfları

2.2 Renk Ve Algılama

Renk, günlük hayatta herhangi bir nesnenin bir özelliği olarak kullanılmaktadır. Ancak renk ve nesneler arasındaki ilişki, sadece beynimizin bir nesnenin yansıttığı renkte olduğunu algılamasıyla sınırlı değildir.

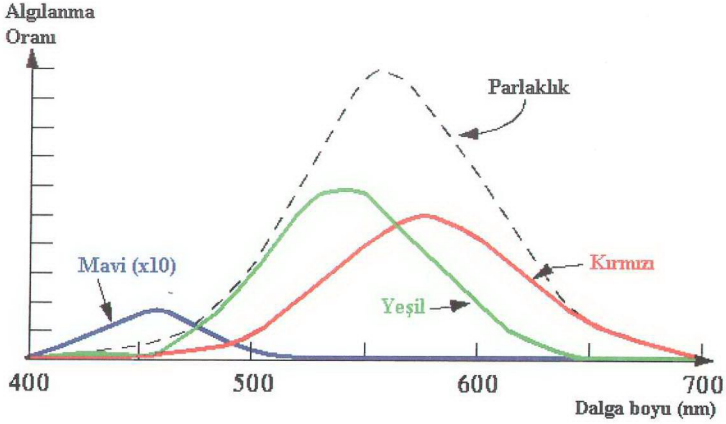
Renklerin algılanması, insan gözünün fiziksel dünyadaki ışığa tepki vermesi ve insan beyninin bu tepkiyi sinirsel işlemlerden geçirmesi ile gerçekleşir. Küre şeklinde olan gözün iç çeperinin neredeyse tamamı, retina adı verilen ışığa duyarlı hücrelerden oluşan bir tabaka ile kaplıdır (Şekil 2.2). Göz bebeğinden girerek kornea'dan geçen ışık, göz merceğinde ters

çevrilerek retina üzerine düşer. Görüntülerin retina üzerindeki netliği, kornea ve göz merceğinin birlikte çalışması ve kalınlığını değiştirmesi ile ayarlanır. Göz bebeği, değişik aydınlık seviyelerine uyum sağlayabilir. Parlak ışıktaki küçülüp az ışıktaki genişleyerek, retina üzerine optimum miktarda ışık düşmesi sağlanır.



Şekil 2.2 İnsan gözü (Fairchild, 1998)

Retina tabakasında, koni ve çubuk şeklinde iki çeşit reseptör hücre grubu bulunmaktadır. Retina tabakasında yaklaşık 6-7 milyon adet bulunan konik hücreler normal aydınlıkta, rengi algılamayı sağlarlar. Görme eksen ile retinanın kesişim noktasına sarı benek ismi verilir ve bu noktada sadece konik hücreler yer alır (Şekil 2.2). Sarı benekte bulunan konik hücrelerin her biri ayrı bir sinir ile beyne bağlıdır. Retinanın geri kalanında bulunan konik hücreler ise tek tek değil, gruplar halinde beyne bağlıdır. 75 milyon civarında olan çubuk reseptörler ise renk algılayamazlar. Ancak ışık şiddetine karşı konik reseptörlerden 10.000 kat daha duyarlıdır. Özellikle çok az aydınlık altında ve gece görmeyi sağlarlar. Tüm reseptörlerden beyne giden sinirlerin gözden çıktığı noktada ise hiç reseptör bulunmaz ve kör nokta olarak bilinir.



Şekil 2.3 Işığın insan gözü tarafından algılanma oranı

Reseptör hücrelerde, ışığın dalga boylarına göre değişik alıcı pigmentler bulunmaktadır (Li, 2000). Renk algılama özelliği olmayan çubuk hücreler, 510nm dalga boyuna sahip ışıktaki en fazla hassasiyete sahip olan pigmentler içerir. Buna karşın konik hücrelerde 430, 530 ve 560nm dalga boylarında en fazla hassasiyete sahip olan üç ayrı çeşit pigment bulunmaktadır. Gerçekte bu dalga boyları mor, mavi-yeşil ve sarı-yeşile denk düşse de, terminolojide mavi, yeşil ve kırmızı alıcı hücreler olarak bilinirler. Bu pigmentlere sahip konik hücrelerin retina üzerindeki dağılımları eşit değildir. Mavi ışığa duyarlı pigmentlerin sayısı, kırmızı ve yeşil ışığa duyarlı pigmentlerin sayısından daha azdır. Bu yüzden insan gözü kırmızı, yeşil ve sarı renklere daha duyarlıyken, mavi renge daha az duyarlıdır (Şekil 2.3). Özellikle renk kuantalama algoritmalarında, gözün yapısındaki algısal sınırları da göz önünde bulundurulur.

2.3 Renk Uzayları

Renklerle ilgili çalışmalar, antik Yunan medeniyetlerine kadar uzanmaktadır. Ancak renklerin üç boyutlu temsil edilmeleri, 18. yüzyılda Isaac Newton ile şekillenmeye başlamıştır. Newton, geliştirdiği renk çarkı ile bütünleyen renkler ve renklerin karışımları ile ilgili ilk çalışmaları yapmıştır. Renk çarkı ve prizmalar ile yaptığı deneyler sonucunda, beyaz ışığın tüm renklerin birleşiminden oluştuğunu da ispatlamıştır.

1860'larda Maxwell yaptığı deneylerde, birbirinden tamamen bağımsız üç temel renkteki ışık kaynağının eklemeli karışımıyla, oldukça geniş bir aralıktaki renklerin elde edilebildiği

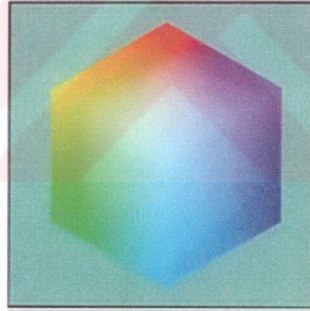
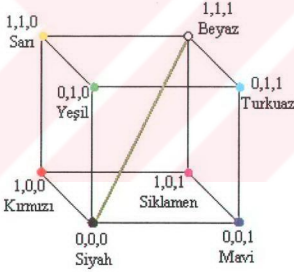
sonucuna varmıştır. Deneyleri sonucunda ayrıca renkli bir yüzeyin ton ve doygunluk değerlerinin, parlaklığından bağımsız olduğunu da bulmuştur. Maxwell'in çalışmaları, renk biliminin temellerini oluşturmıştır.

Young ve Helmholtz ise, Maxwell'in deneylerine dayanarak yaptıkları çalışmalar ve ortaya attıkları teori ile, gözde üç renge duyarlı reseptörlere bağlı olarak eklemeli renk karışımlarının görsel renkleri oluşturduğu sonucuna varmışlardır. Ancak bu sonuçlar 1964'te konik hücreler özel yöntemlerle görüntülenene kadar tam olarak ispatlanamamıştır.

Renkler, saklama ortamları ve uygulamaların gereksinimlerine uygun olacak şekilde çeşitli uzaylarda temsil edilebilir. Şekilleri, kapsamları ve dağılımları farklı da olsa bütün renk uzayları üç boyutludur. Bir rengi bir uzayda temsil etmek için; temel renk bileşenleri, parlaklık, renk tonu, doygunluk gibi değerlerden yararlanılır.

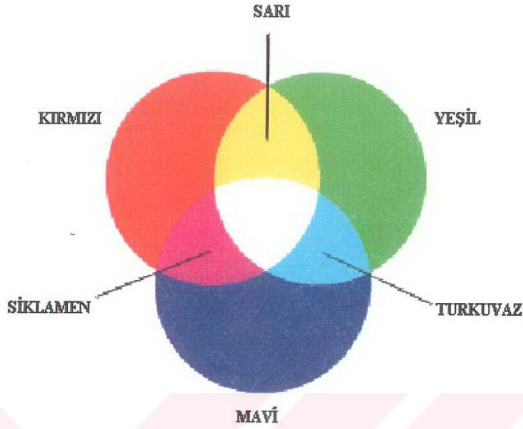
2.3.1 RGB

Renklerin ekranda gösterilmesi için standart olan renk uzayı, RGB (Red Green Blue)'dir. Üç temel renk olan kırmızı, yeşil ve mavi bileşenlerden oluşur. Şekil 2.4'te görüldüğü gibi, her eksen ayrı bir rengi ifade etmektedir.



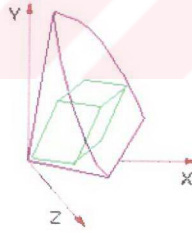
Şekil 2.4 RGB renk uzayının küp şeklindeki yapısı

Üç temel rengin toplamalı karışımıyla diğer renkler elde edilir (Anıl 1989). Şekil 2.5'te, toplanarak elde edilen renkler görülebilir. Kırmızı ile yeşilin toplamından sarı, yeşil ile mavinin toplamından turkuaz, kırmızı ile mavinin toplamından da sıklağan renkleri elde edilir. Üç temel renk toplanırsa, beyaz elde edilmiş olur. Şekil 2.4'teki RGB renk küpünün beyazdan siyaha doğru çizilen diyagonalinde ise, tüm gri tonları yer alır.



Şekil 2.5 RGB uzayında toplamalı karışım

RGB renk uzayının esas kullanım alanı, renkli ekranlardır. Ancak RGB küpündeki renk değişimleri, algısal olarak düzgün dağılım göstermez. Ayrıca uzay, insanlar tarafından algılanabilen tüm renklerin ancak %70'ini kapsayan bir alt kümedir (Şekil 2.6).



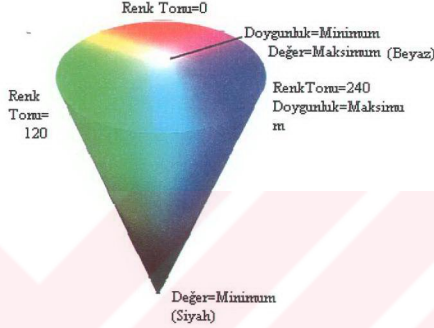
Şekil 2.6 Algılanabilir renkler içinde RGB küp uzayının konumu

2.3.2 HSV

HSV (Hue Saturation Value) renk uzayı kartezyen yerine açısıl bir koordinat sistemine sahiptir. Kırmızı, mavi ve yeşilin doğrusal olmayan bir şekilde yeniden organize edilmiş şeklidir. HSV uzayının esas özelliği, algısal bir renk uzayı olmasıdır (Cardani 2001).

Renklerin uzaydaki dağılımı, insanın algılamasına uygun olarak düzenlenmiştir. Bu sayede pastel pembe, koyu kırmızı gibi betimlenebilir renkler uzayda düzgün dağılım göstermektedir.

Renk uzayı, Şekil 2.7’de görüldüğü gibi bir koni şeklinde ifade edilebilir. Koninin dairesel yüzeyi, renk tonu bilgisini temsil eder. Dairenin merkezinden kenara doğru ise rengin doygunluk bilgisi değişir. Renklerin parlaklığı ise, koninin tabanından sivri noktasına doğru gidildikçe değişmektedir.



Şekil 2.7 HSV uzayının koni şeklindeki yapısı

Renk Tonu (Hue), ana rengin dalga boyunun ölçüsüdür. Açısal bir düzlemde yer aldığı için, 0° ile 360° arası değerler alabilir. Renk tonu 0° olduğunda kırmızı, 120° olduğunda yeşil, 240° olduğunda mavi rengi temsil eder. Aralardaki açılarda ise bunların karışımlarından oluşan renkler yer almaktadır. RGB uzayından H değerini hesaplamak için, ilk olarak (2.2)’deki işlemler gerçekleştirilir. R, G, B değerlerinden birisi minimum olacağı için, bu değerlerden en az bir tanesi sıfır çıkar. Bu durumda H değeri, (2.3) ile hesaplanabilir. Eğer (2.2)’deki değerlerden ikisi 0 çıkarsa, H değeri sıfırdan farklı olan üçüncü renge bağlı açıdır. Değerlerin üçünün de 0 çıkması durumunda, beyaz ile siyah arasında gri tonları oluşacağı açıktır.

$$\begin{aligned} R_h &= R - \min(R, G, B) \\ G_h &= G - \min(R, G, B) \\ B_h &= B - \min(R, G, B) \end{aligned} \quad (2.2)$$

$$H = \frac{(240 \cdot B_h) + (120 \cdot G_h)}{B_h + G_h} \quad (2.3)$$

Doygunluk (Saturation), bir rengin saflık ölçüsüdür. Doygunluk değeri 0 değeri aldığında renk tonu bulunmaz, sadece beyaz renk söz konusudur. Doygunluğun en yüksek değerinde ise (255), renk tamamen saftır, içinde hiç beyaz ışık barındırmaz. RGB uzayından S değerini hesaplamak için, (2.4)'teki eşitlik kullanılır.

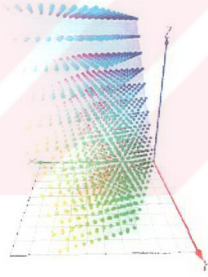
$$S = \frac{\max(R, G, B) - \min(R, G, B)}{\max(R, G, B)} = 1 - \frac{\min(R, G, B)}{\max(R, G, B)} \quad (S \leq 1) \quad (2.4)$$

Değer (Value), rengin parlaklığını verir. RGB uzayından V değerini hesaplamak için ise (2.5)'teki eşitlikten yararlanılabilir.

$$V = \max(R, G, B) \quad (2.5)$$

2.3.3 C.I.E. XYZ

1931 yılında, C.I.E. (Commission Internationale de L'éclairage) tarafından, insan gözünün doğal yapısına ve algılama kabiliyetlerine uyacak, ekranların kapasite ve sınırlamalarından bağımsız standart bir sistem geliştirmiştir. C.I.E.'nin geliştirdiği bu model, birçok nicel renk ölçümü için temel oluşturmuştur.

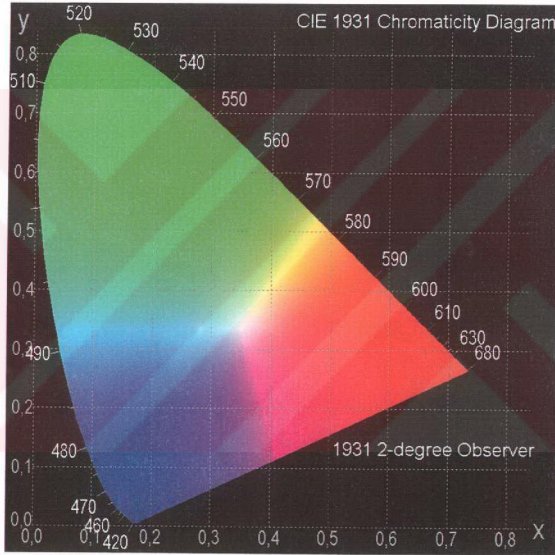


Şekil 2.8 CIE XYZ uzayının üç boyutlu yapısı

C.I.E. tarafından geliştirilen renk sistemindeki en basit uzay, C.I.E. XYZ renk uzayıdır. İnsan gözünün algılaması üzerinde yapılan detaylı araştırmalardan elde edilen sonuçlara dayanarak sanal bir standart gözlemcinin algılayabildiği renklerden oluşmaktadır. Şekil 2.8'de XYZ uzayının üç boyutlu yapısı görülmektedir. Ancak renk ve parlaklık bilgileri, (2.6)'daki dönüşüm ile (X,Y,Z) değerlerinden (x,y,Y) değerlerine dönüştürülebilir. Bu sayede renkle ilgili tüm veriler (chromaticity) (x,y) ile gösterilirken, parlaklık bilgisi de Y ile temsil edilebilir ve anlaşılması zor üç boyutlu yapı, iki boyutlu bir diyagrama dönüştürülebilir. Şekil

2.9’da standart C.I.E. chromaticity diyagramı görülmektedir. At nalı şeklindeki yapının kenarları boyunca belirli dalga boylarına sahip saf renkler yer alır. Beyaz ise, $\left(x = y = z = \frac{1}{3}\right)$ noktasında yer alır.

$$\left. \begin{aligned} x &= \frac{X}{X+Y+Z} \\ y &= \frac{Y}{X+Y+Z} \\ z &= \frac{Z}{X+Y+Z} \end{aligned} \right\} x + y + z = 1 \quad (2.6)$$



Şekil 2.9 C.I.E. Chromaticity Diyagramı

Standart beyaz noktaları ve bunların renk sıcaklıkları, Çizelge 2.1’de verilmiştir. Fotoğrafçılıkta ve gerçek görüntülerde standart olarak 5000°K (D50) beyaz renk sıcaklığı kullanılmaktadır. D50 referans beyazına doğal günışığı beyazı adı da verilir. Ayrıca ICC (International Color Consortium) ve Adobe firmasının Photoshop ürünü de standart olarak D50 beyazını kabul etmişlerdir. Tezde gerçek fotoğraflardan oluşan görüntüler üzerinde çalışıldığından, XYZ renk uzayı dönüşümleri için D50 referans beyazı kullanılmıştır.

çalışıldığından, XYZ renk uzayı dönüşümleri için D50 referans beyazı kullanılmıştır.

Çizelge 2.1 Standart beyaz noktalar ve bunların renk sıcaklıkları

Adı	Renk Sıcaklığı [K]	CIE 1931	
		xw	yw
Illuminant A	2856	0.44757	0.40745
Illuminant B	4874	0.34842	0.35161
Illuminant C	6774	0.31006	0.31616
Illuminant D50	5000	0.3457	0.3585
Illuminant D65	6504	0.312713	0.329016
Direk Güneş Işığı	5335	0.3362	0.3502
Bulutlu Gökyüzü	6500	0.3134	0.3275
Illuminant E	5400	1/3	1/3

Pratikte en çok kullanılan çalışma uzayları ve bunların ana bileşenlerini oluşturmak için kullanılan CIE renk değerleri, Çizelge 2.2’de verilmiştir. Çizelgedeki değerler (xr, yr, Yr), (xg, yg, Yg), (xb, yb, Yb) olarak verilmiştir.

Çizelge 2.2 Sık kullanılan çalışma uzaylarında, D50 aydınlığı için tanımlı CIE renkleri

Çalışma Uzayı		Adobe RGB (1998)	Apple RGB	CIE RGB	Color Match RGB	ECI RGB	NTSC RGB	PAL/ SECAM RGB	sRGB
Kırmızı	x	0.648431	0.634756	0.737385	0.630000	0.670000	0.671910	0.648431	0.648431
	y	0.330856	0.340596	0.264518	0.340000	0.330000	0.329340	0.330856	0.330856
	Y	0.311114	0.255166	0.174658	0.274884	0.320250	0.310889	0.232289	0.222491
Yeşil	x	0.230154	0.301775	0.266802	0.295000	0.210000	0.222591	0.311424	0.321152
	y	0.701572	0.597511	0.718404	0.605000	0.710000	0.710647	0.599693	0.597871
	Y	0.625662	0.672578	0.824754	0.658132	0.602071	0.591737	0.707805	0.716888
Mavi	x	0.155886	0.162897	0.174329	0.150000	0.140000	0.142783	0.155886	0.155886
	y	0.066044	0.079001	0.000599	0.075000	0.080000	0.096145	0.066044	0.066044

	Y	0.063224	0.072256	0.000588	0.066985	0.077679	0.097374	0.059906	0.060621
--	---	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

RGB renk uzayından C.I.E. XYZ renk uzayına lineer bir dönüşüm ile geçilebilir. Bunun için (2.7)'de verilen dönüşüm işlemi, (2.8)'de verilen dönüşüm matrisinden faydalanılarak uygulanır.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = [M] \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (2.7)$$

$$[M] = \begin{bmatrix} X_r & X_g & X_b \\ Y_r & Y_g & Y_b \\ Z_r & Z_g & Z_b \end{bmatrix} \quad (2.8)$$

D50 referans beyazı olarak alındığında, ColorMatchRGB çalışma uzayı ile XYZ arasında dönüşüm;

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.509344 & 0.274884 & 0.0242545 \\ 0.320907 & 0.658132 & 0.108782 \\ 0.133969 & 0.0669845 & 0.692174 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (2.9)$$

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.64229 & -1.11198 & 0.0821698 \\ -1.22343 & 2.05902 & -0.280725 \\ -0.393014 & 0.0159614 & 1.45599 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \quad (2.10)$$

şeklinde dir. Diğer sık kullanılan RGB çalışma uzaylarından ile XYZ uzayı arasındaki dönüşüm için kullanılan matrisler, Çizelge 2.3'te verilmiştir.

Çizelge 2.3 Sık kullanılan RGB çalışma uzaylarından XYZ uzayına dönüşüm matrisleri

RGB Çalışma Uzayı	Referans Beyazı	RGB'den XYZ'ye			XYZ'den RGB'ye		
Adobe RGB (1998)	D65	0.576700	0.297361	0.0270328	2.04148	-0.969258	0.0134455
		0.185556	0.627355	0.0706879	-0.564977	1.87599	-0.118373
		0.188212	0.0752847	0.991248	-0.344713	0.0415557	1.01527
Apple RGB	D65	0.449695	0.244634	0.0251829	2.95176	-1.0851	0.0854804
		0.316251	0.672034	0.141184	-1.28951	1.99084	-0.269456
		0.18452	0.0833318	0.922602	-0.47388	0.0372023	1.09113
CIE	E	0.488718	0.176204	0.000000	2.37067	-0.513885	0.00529818
		0.310680	0.812985	0.0102048	-0.900040	1.42530	-0.0146949
		0.200602	0.0108109	0.989795	-0.470634	0.0885814	1.00940
ColorMatch	D50	0.509344	0.274884	0.0242545	2.64229	-1.11198	0.0821698
		0.320907	0.658132	0.108782	-1.22343	2.05902	-0.280725
		0.133969	0.0669845	0.692174	-0.393014	0.0159614	1.45599
ECI	D50	0.650204	0.320250	0.000000	1.78276	-0.959362	0.0859318
		0.178077	0.602071	0.0678390	-0.496985	1.94780	-0.174467
		0.135938	0.0776791	0.757371	-0.269010	-0.0275807	1.32283
NTSC	C	0.606734	0.298839	0.000000	1.91049	-0.984310	0.0583744
		0.173564	0.586811	0.0661196	-0.532592	1.99845	-0.118518
		0.200112	0.114350	1.11491	-0.288284	-0.0282980	0.898611
PAL / SECAM	D65	0.430587	0.222021	0.0201837	3.06313	-0.969258	0.0678674
		0.341545	0.706645	0.129551	-1.39328	1.87599	-0.228821
		0.178336	0.0713342	0.939234	-0.475788	0.0415557	1.06919
sRGB	D65	0.412424	0.212656	0.0193324	3.24071	-0.969258	0.0556352
		0.357579	0.715158	0.119193	-1.53726	1.87599	-0.203996
		0.180464	0.0721856	0.950444	-0.498571	0.0415557	1.05707

3. RENK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Bu çalışmada içerik tabanlı görüntü erişimi için, resimlerin renk özelliğinden faydalanılmaktadır. Kullanılan görüntü veritabanındaki resimler, gerçek renkli olduğu için, maksimum 16.7 milyon renkten oluşabilir. İnsan gözü ise, bir bakışta en fazla 350,000 rengi birbirinden ayırt edebilir ve fotoğraf şeklindeki doğal görüntülerde hiçbir zaman bu kadar sayıda renk bir arada bulunmamaktadır (Dekker, 1994). Yine de her görüntüde birkaç bin renk olduğu düşünülürse, bunların tümünü veritabanında saklamak ve her bir renk için ayrı özellik vektörleri tutmak verimli değildir. Bununla beraber bu yüksek sayılar, özelliklerin eşleştirme için karşılaştırılmaları sırasında da birçok problemi beraberinde getirecektir. Bunun için, görüntüyü en iyi şekilde temsil edecek belirli sayıda renk seçilerek, veritabanında bunlara ait özellik vektörlerinin tutulması uygun bir çözüm olacaktır. Tezde öncelikle değişik özellikteki görüntüler için değişik renk sayıları denenmiştir. Değişik özelliklerdeki görüntülerin hepsi için ortak sabit bir renk sayısı bulunamamıştır. Bununla birlikte temel renkleri barındıran görüntüler için dört renk, daha karışık görüntüler için de sekiz ve on altı rengin en iyi eşleştirme sonuçlarını verdiği görülmüştür. Sorgulama sisteminde de kullanıcının renk sayısını bu üç değer arasından seçebilmesi olanağı sağlanmıştır.

3.1 Renk Kuantalama Problemi

Yüksek renk çözünürlüğüne sahip bir görüntüyü en iyi temsil eden renkleri seçerek, görüntüyü bu renklerle temsil etmeye renk kuantalama işlemi adı verilir (Erdan, 2001). Renk kuantalamanın esas hedefi, görüntüde meydana gelecek olan bozulmayı görsel açıdan en aza indirmektir (Veravka ve Buchanan, 1995). Renk kuantalama algoritmalarının temel kullanım alanı, gerçek renkli görüntüleri gösteremeyen, belirli sayıda renk gösterebilme kabiliyetine sahip cihazlarda görüntülerin yaratılabilmesidir. Bunun yanında, grafik ve görüntü işleme alanlarında da oldukça fazla kullanım alanı bulunmaktadır. Kuantalanmış görüntülerde saklanması gereken renk bilgisi azaldığı için, disk üzerinde saklanmaları için gerekli alan azalmış olur. Küçülen boyut, görüntülerin ağ üzerinden iletiminde geçen sürelerin azaltılmasını da sağlar. Tez çalışmasında ise görüntülerin eşleştirilebilmesini sağlamak için renklerin kuantalanmasına ihtiyaç duyulmuştur.

Matematiksel olarak renk kuantalama problemi, geniş çaplı bir öbekleme problemidir (Equitz, 1989). Renkler; RGB, HSV ya da C.I.E. XYZ uzaylarından birinde bulunduklarından üç boyutlu vektörlerden oluşmaktadır. Bir görüntüdeki bütün renkler, $(3,1)'$ deki şekilde C ile ifade edilebilir. N, I görüntüsündeki renklerin sayısını ifade etmektedir.

$$C = \{c_i, \quad i = 1, 2, \dots, N\} \quad (3.1)$$

Renklerin kuantalandığı görüntü $\tilde{P}$ da bulunan $\overline{C}$ renkleri ise, K adettir (3.2).

$$\overline{C} = \{\overline{c}_j, j = 1, 2, \dots, K\}, \quad K \ll N \quad (3.2)$$

Bu durumda, renk kuantalama işlemi genel olarak (3.3) ile ifade edilebilir.

$$q: C \rightarrow \overline{C} \quad (3.3)$$

En yakın komşu prensibine uygun olarak, I görüntüsündeki her c rengi, oluşturulan $\overline{C}$ paletinde kendisine en yakın olan $\overline{c}$ rengi ile temsil edilir (3.4).

$$q(c) = \overline{c}_i \Leftrightarrow d(c, \overline{c}_i) \leq d(c, \overline{c}_j), j = 1, 2, \dots, K, \quad i \neq j \quad (3.4)$$

Eşitlikte gösterilen $d(c, \overline{c}_i)$ mesafesi; Euclid mesafesi ölçüsü (3.5), mutlak değer ölçüsü (3.6) ve en büyük değer ölçüsü (3.7) gibi yöntemler ile bulunabilir. Verilen eşitliklerde iki boyutlu düzlemde a ve b gibi iki nokta arasındaki mesafeler gösterilmektedir. Bu çalışmada tüm uzaklık hesapları için Euclid mesafesi ölçüsü (3.5) kullanılmıştır.

$$d_E(a, b) = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (3.5)$$

$$d_A(a, b) = |x_1 - x_2| + |y_1 - y_2| \quad (3.6)$$

$$d_M(a, b) = \max\{|x_1 - x_2|, |y_1 - y_2|\} \quad (3.7)$$

Kuantalama işlemi sonucunda, K adet küme oluşur ve her biri S_k ile gösterilir (3.8). Her bir kümeyi $\overline{c}_k$ temsil eder.

$$S_k = \{c \in C: \quad q(c) = \overline{c}_k\} \quad (3.8)$$

3.1.1 Renklerin Kuantalamasında Hata Hesabı

Renk kuantalama işlemi sonucunda orijinal görüntüdeki renkler, başka renklerle ifade edildiği için, bir bozulma meydana gelmesi kaçınılmazdır. Hata hesabı için, iki ölçüt bulunmaktadır (Albayrak, 2002). Sadece gerçek ve kuantalanan renkler arasındaki hata, (3.9) ile hesaplanabilir ve buna renk kuantalama hatası adı verilir.

$$\varepsilon_q(c, \bar{c}) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N d(c_i - \bar{c}_i) \quad (3.9)$$

Renk kuantalama hatası dışında, renklerin kullanım sıklıkları da dikkate alınarak, gerçek görüntü ile kuantalanmış görüntü arasında da hata hesabı yapılabilir. Buna da görüntü hatası adı verilir ve (3.10) ile hesaplanabilir.

$$\varepsilon_q(c, I) = \frac{1}{\sum_{i=1}^N F(c_i)} \sum_{j=1}^N F(c_j) \cdot d(c_j, \bar{c}_j) \quad (3.10)$$

Renk kuantalama için kullanılan metotların asıl hedefi, oluşan hatayı en aza indirmektir. Ancak içerik tabanlı sorgulama sisteminde, sorgu görüntüsünden renk özelliklerinin çıkarılması için geçen sürenin de en aza indirilmesi, sistemin hızlı çalışması için gereklidir. Bu yüzden efektif olduğu kadar hızlı çalışan renk kuantalama algoritmalarına ihtiyaç duyulmaktadır.

3.2 Kuantalama Metotları

Hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın, renkli görüntülerde kuantalama işlemi genel olarak dört aşamadan oluşur (Heckbert, 1982).

- Görüntü, renk istatistiklerini çıkartmak üzere örneklenir.
- Çıkarılan istatistiklere dayanarak bir renk paleti seçilir.
- Görüntüdeki renkler, yaratılan palette temsil edilen yeni değerlerine eşlenir.
- Renkler kuantalanarak, sonuç görüntüsü oluşturulur.

Son adım, kuantalama yönteminden bağımsız bir işlemdir. Ancak ilk üç işlem birbiriyle sıkı ilişki içerisindedir. İlk ve ikinci adımlar için kullanılan yöntem, üçüncü adımı en iyi şekilde gerçekleştirebilmek için kullanılacak metodu belirler.

Kuantalama metotları, renk uzayını bölme şekline göre temel olarak iki kategoride incelenir.

- **Düzenli Kuantalama :** Bu kategorideki algoritmalar, renk uzayını birbirine eşit parçalara böler. Her bir parça içinde kalan tüm renkler, tek bir değer ile temsil edilir.
- **Düzensiz Kuantalama :** Renk uzayı, algoritmaya bağlı olarak, görüntüdeki renklerin uzaydaki dağılımları da dikkate alınarak, eşit olmayan parçalara bölünür.

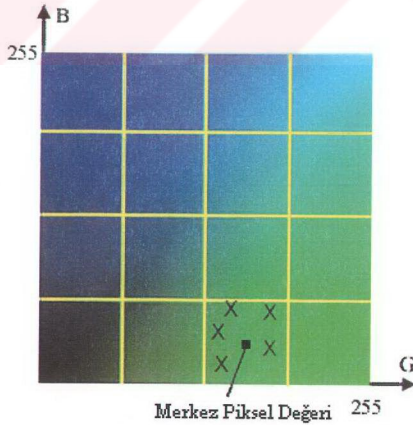
Bu çalışmada, en çok bilinen ve kabul gören dört ayrı algoritma gerçekleştirilmiştir. Üç ayrı renk uzayında, algoritmaların uygulanması ile elde edilen sonuçları ve hataları incelemek üzere kullanılan görüntüler, Şekil 3.1’de görülmektedir.



Şekil 3.1 Kuantalama metodlarını incelemek üzere kullanılan görüntüler

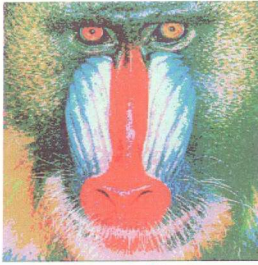
3.2.1 Uniform Coding (Birbiçimli Kodlama)

Düzenli kuantalama metodlarından biri olan Uniform Coding, oldukça basit bir mantığa sahiptir ve çok hızlı çalışır. Ancak sabit renkler kullandığı için, iyi sonuçlar vermez. Renk uzayının her bir eksenini, kuantalanacak renk sayısına uygun olacak şekilde alt parçalara bölünür. Oluşan bölümlerin orta noktaları, gerçek görüntüde o hacim içinde kalan tüm renkleri temsil eder. İki boyutlu eksende Uniform Coding algoritmasının renk kuantalama ve eşleme mekanizması Şekil 3.2’de görülmektedir. Oluşan bazı bölümlerde, gerçek görüntüye ait hiçbir renk olmayabilir. Bu durumda sonuç resminde, hedeflenen renk sayısından daha az sayıda renk oluşabilir.

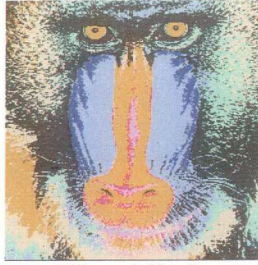


Şekil 3.2 İki boyutlu düzlemde Uniform Coding ile renk kuantalama

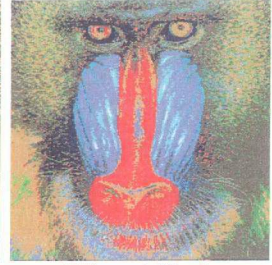
Uniform Coding algoritmasının RGB, HSV ve C.I.E. XYZ uzaylarında örnek resimlere 16 renge indirmek üzere uygulanması ile elde edilen sonuçlar, Şekil 3.3, Şekil 3.4 ve Şekil 3.5’de görülmektedir. Bu örneklerle uygulanan renk kuantalaması sonucunda elde edilen hatalar ise Çizelge 3.1’de görülmektedir.



RGB uzayında 16 renk



HSV uzayında 16 renk



XYZ uzayında 16 renk

Şekil 3.3 Uniform Coding ile 16 renge kuantalanan “Baboon” görüntüsü



RGB uzayında 16 renk

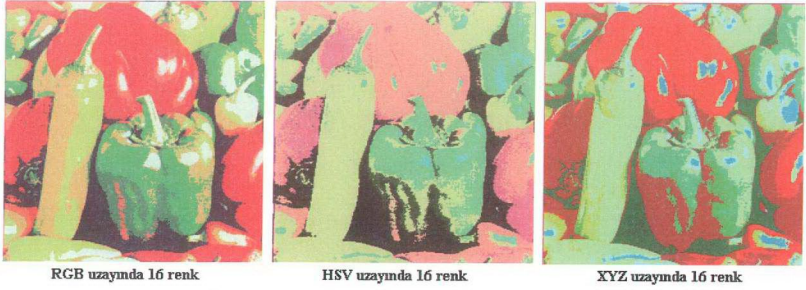


HSV uzayında 16 renk



XYZ uzayında 16 renk

Şekil 3.4 Uniform Coding ile 16 renge kuantalanan "Lenna" görüntüsü



Şekil 3.5 Uniform Coding ile 16 renge kuantalanan “Peppers” görüntüsü

Çizelge 3.1 Uniform Coding ile örnek resimlerde elde edilen kuantalama hataları

Resim	Renk Uzayı	Kuantalanan Renk Sayısı	Renk Hatası $\varepsilon_q(c, \bar{c})$	Görüntü Hatası $\varepsilon_q(c, I)$
Baboon	RGB	13	50.835	50.948
	HSV	16	54.038	58.163
	XYZ	16	48.260	53.814
Lenna	RGB	11	50.592	49.138
	HSV	7	61.134	63.773
	XYZ	15	55.594	70.409
Peppers	RGB	15	47.873	47.838
	HSV	15	57.023	65.046
	XYZ	14	52.240	62.660

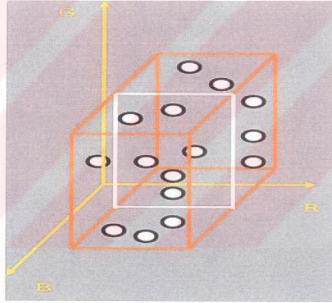
Uniform Coding ile oluşturulan bölümlerden her birinde gerçek görüntüye ait bir renk olmayabilir. Çizelge 3.1’de, örnek görüntüler 16 renge kuantalanırken elde edilen renk sayıları, Baboon görüntüsünün uygulandığı iki uzay haricinde 16’dan düşük çıkmıştır. Bu da, algoritmanın kötü sonuçlar üretmesinin bir diğer sebebidir. Çizelge 3.1’den de anlaşılacağı

gibi, HSV renk uzayı Uniform Coding metodunda en kötü sonuçları vermiştir. Bu renk uzayının kutupsal koordinatları ve konik yapısı yüzünden oluşan alt parçalar eşit hacimlerde olmamaktadır. En yüksek hata değerlerinin HSV renk uzayında elde edilmesinin sebebi budur.

3.2.2 Median-Cut (Ortanca Kesme)

Düzensiz kuantalama metodlarından biri olan Median-Cut, kuantalanan renklerin temsil ettiği gerçek renk değeri miktarını mümkün olduğunca eşit tutmaya çalışır. Hedeflenen sonuç, kuantalanan her bir renk ile gerçek görüntüde eşit sayıda farklı rengi temsil edebilmektir. Median-Cut algoritması, birçok görüntü işleme uygulamasında standart kuantalama yöntemi olarak kullanılmaktadır. Algoritma genel olarak dört adımdan oluşur (Heckbert, 1982).

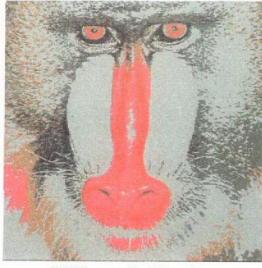
- Renk uzayında, görüntüdeki bütün renkleri kapsayan en küçük hacim bulunur.
- Bulunan hacimdeki değerler, en uzun eksene göre sıralanır.
- Sıralanan değerlerin meydanından, hacim iki eşit parçaya bölünür (Şekil 3.6).
- İndirgenecek renk sayısı kadar hacim elde edilinceye kadar, oluşan hacimler içinde medyandan bölerek ikiye ayırma işlemine devam edilir.



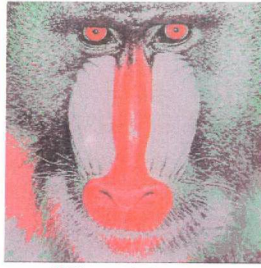
Şekil 3.6 Median-Cut algoritmasının renk uzayını bölme yöntemi

Oluşan her bir hacmi temsil edecek renk, o hacim içerisinde kalan renk değerlerinin ortalaması alınarak bulunur. Gerçek görüntüdeki renkler, elde edilen renk değerleri arasında en yakın olanına eşlenerek sonuç görüntüsü oluşturulur.

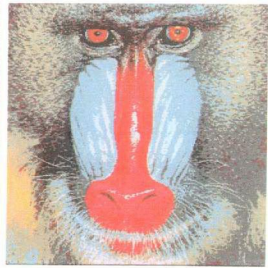
Median-Cut algoritmasının RGB, HSV ve C.I.E. XYZ uzaylarında örnek görüntüleri 16 renge kuantalamak üzere uygulanması ile elde edilen sonuçlar, Şekil 3.7, Şekil 3.8 ve Şekil 3.9'da görülmektedir. Bu örneklerle uygulanan kuantalama sonucunda elde edilen hatalar ise Çizelge 3.2'de verilmiştir.



RGB uzayında 16 renk



HSV uzayında 16 renk



XYZ uzayında 16 renk

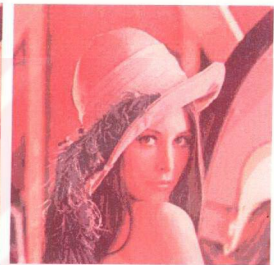
Şekil 3.7 Median-Cut ile 16 renge kuantalanan “Baboon” görüntüsü



RGB uzayında 16 renk



HSV uzayında 16 renk

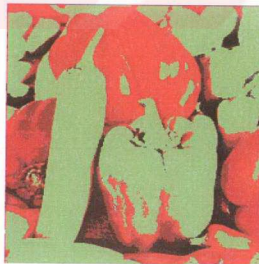


XYZ uzayında 16 renk

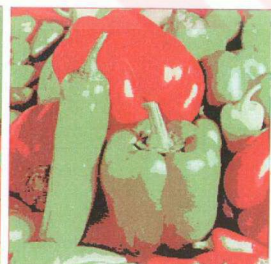
Şekil 3.8 Median-Cut ile 16 renge kuantalanan “Lenna” görüntüsü



RGB uzayında 16 renk



HSV uzayında 16 renk



XYZ uzayında 16 renk

Şekil 3.9 Median-Cut ile 16 renge kuantalanan “Peppers” görüntüsü

Median-Cut algoritması, yeterince hızlı çalışmasının yanında görsel açıdan oldukça tatminkâr sonuçlar üretebilmektedir. Kuantalama sonucunda oluşan hatalar da makul seviyelerdedir.

Algoritma, renk uzayını görüntüde kullanılan tüm renkleri kullanarak böldüğü için, oluşan sonuç görüntüleri tam olarak istenilen renk sayısına sahip olmaktadır.

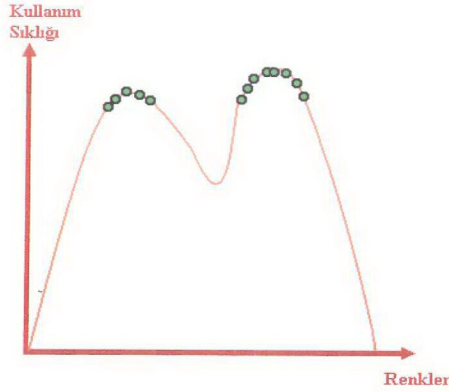
Çizelge 3.2 Median-Cut ile örnek resimlerde elde edilen kuantalama hataları

Resim	Renk Uzayı	Kuantalanan Renk Sayısı	Renk Hatası	Görüntü Hatası
Baboon	RGB	16	47.135	47.634
	HSV	16	44.036	44.500
	XYZ	16	33.498	33.343
Lenna	RGB	16	18.473	17.713
	HSV	16	29.027	28.623
	XYZ	16	15.420	14.420
Peppers	RGB	16	35.127	33.526
	HSV	16	41.643	39.129
	XYZ	16	29.238	28.920

Çizelge 3.2'den de anlaşılacağı gibi, Median-Cut metodunda en düşük hata değerleri C.I.E. XYZ renk uzayında elde edilmiştir.

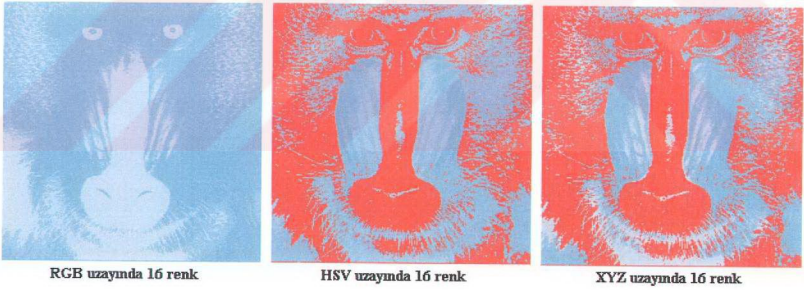
3.2.3 Popularity (Yaygınlık)

Popularity algoritması esas olarak bir görüntüde en fazla kullanılan renkleri bularak kuantalamayı gerçekleştirir. İlk olarak görüntüdeki tüm renklerin kullanım sıklıkları hesaplanır. Renkler daha sonra en çok kullanılanlardan en az kullanılanlara doğru sıralanır. Kuantalanacak renk sayısı kadar en sık kullanılan renk, temsil renkleri olarak belirlenir (Şekil 3.10). Daha sonra görüntüdeki renkler, belirlenen renk değerleri arasından en yakın olanına eşlenerek sonuç oluşturulur.

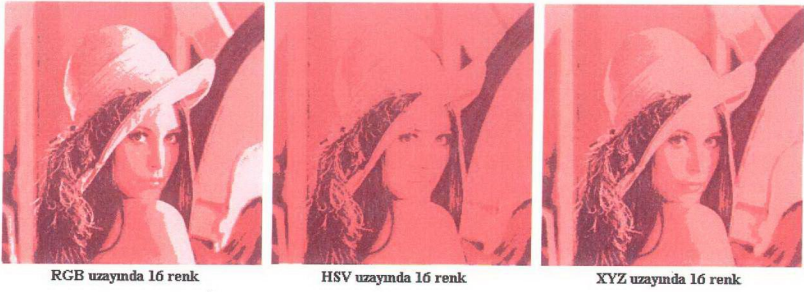


Şekil 3.10 Popularity metodunda temsil renkleri

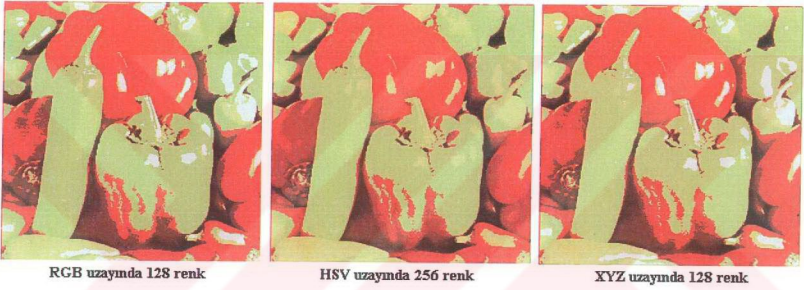
Popularity algoritmasının RGB, HSV ve C.I.E. XYZ uzaylarında örnek görüntüleri 16 renge kuantalamak üzere uygulanması ile elde edilen sonuçlar, Şekil 3.11, Şekil 3.12 ve Şekil 3.13’de görülmektedir. Bu örneklerle uygulanan kuantalama sonucunda elde edilen hatalar ise Çizelge 3.3’de verilmiştir.



Şekil 3.11 Popularity ile 16 renge kuantalanan “Baboon” görüntüsü



Şekil 3.12 Popularity ile 16 renge kuantalanan “Lenna” görüntüsü



Şekil 3.13 Popularity ile 128 renge kuantalanan “Peppers” görüntüsü

Popularity algoritması, içerdiği kullanım sıklığı hesabının da etkisiyle oldukça yavaş çalışır. Elde edilen sonuçlar da tüm yöntemler arasında en yüksek hatalara sahiptir. Örnek resimlerle yapılan denemelerde, genel olarak tatmin edici sonuçlar alınamamıştır. Şekil 3.12’de bulunan “Lenna” görüntüsü, yöntem için en başarılı sonuçları vermiştir. Görüntüyü oluşturan renklerin genel olarak düzgün dağılım göstermesi ve birbirlerine yakın tonlar olması, bu sonucun elde edilebilmesini sağlamıştır. Şekil 3.13’de bulunan “Peppers” görüntüsü ise, Popularity algoritması ile ancak 128 renk seviyesinde anlamlı sonuçlar üretebilmektedir. HSV uzayında ise yakın hataya sahip sonuçlar ancak 256 renk seviyesinde elde edilebilmiştir. Popularity algoritması gerçek renkli görüntüleri belirli bir renk sayısına kuantalamak için uygun bir yöntem değildir. Ancak hâlihazırda fazla renge sahip olmayan görüntülerin daha da az renklere kuantalanmasında (örnek: 256 renkten 16 renge kuantalama) başarılı ve tutarlı sonuçlar elde edilebilir.

Çizelge 3.3 Popularity algoritması ile örnek resimlerde elde edilen kuantalama hataları

Resim	Renk Uzayı	Kuantalanan Renk Sayısı	Renk Hatası	Görüntü Hatası
Baboon	RGB	16	139.612	138.699
	HSV	16	103.209	102.209
	XYZ	16	100.271	99.307
Lenna	RGB	16	23.177	20.654
	HSV	16	43.397	39.618
	XYZ	16	29.519	26.449
Peppers	RGB	128	41.508	36.870
	HSV	256	41.856	37.037
	XYZ	128	42.586	37.749

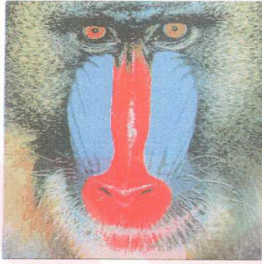
3.2.4 3.2.4 K-Means (K-Ortalama) Algoritması

K-Means metodu ilk olarak genel amaçlı bir öbekleme algoritması olarak ortaya atılmıştır (Linde, Buzo ve Gray, 1980). Metot temel olarak bir uzayda bulunan noktalar ile sınıf merkezi olarak seçilen noktalar arasındaki mesafeye göre benzerlik grupları oluşturarak sınıflandırma işlemini gerçekleştirir. K-Means algoritması, şekil tanıma ve görüntü işleme konularında yaygın biçimde kullanılmaktadır. Wan, Prusinkewicz ve Wong (1990), K-Means algoritmasını renk kuantalama için kullanmışlardır. Algoritma renk kuantalama için temel olarak dört adımdan oluşur.

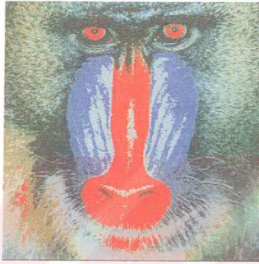
- Kuantalanacak renk sayısı kadar sınıf temsil değeri seçilir. Bir sınıfı temsil eden değer, o küme içinde yer alan renklerin ortalama değeridir. Görüntüyü oluşturan tüm renkler eşit sayıda olacak şekilde sınıflara dağıtılarak ya da rasgele olarak sınıf temsil değerleri belirlenebilir.
- Görüntüdeki her bir renk, tüm sınıf temsil değerleri ile karşılaştırılır. Renk, eski sınıfından alınarak en yakın olduğu sınıfa yerleştirilir.
- Bir önceki adımda sınıfların içerdiği renk değerleri değiştiği için, tüm sınıfların temsil değerleri de tekrar hesaplanır.
- Hiçbir renk sınıf değiştirmeyene ya da belirlenen bir iterasyon sayısına kadar renklerin karşılaştırma ve sınıf değiştirme işlemlerine devam edilir.

Oluşan sınıfların temsil değerleri, sonuç resmini oluşturacak olan renklerdir. Gerçek görüntüdeki renklerin, ait oldukları sınıfın temsil değerine eşlenmesi ile de sonuç görüntüsü oluşturulur.

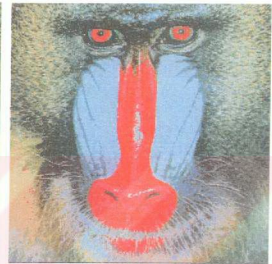
K-Means algoritmasının RGB, HSV ve C.I.E. XYZ uzaylarında örnek resimleri 16 renge kuantalamak için uygulanması ile elde edilen sonuçlar, Şekil 3.14, Şekil 3.15 ve Şekil 3.16'da görülmektedir. Bu örneklerle uygulanan kuantalama sonucunda elde edilen hatalar ise Çizelge 3.4'de verilmiştir.



RGB uzayında 16 renk



HSV uzayında 16 renk



XYZ uzayında 16 renk

Şekil 3.14 K-Means ile 16 renge kuantalanan “Baboon” görüntüsü



RGB uzayında 16 renk

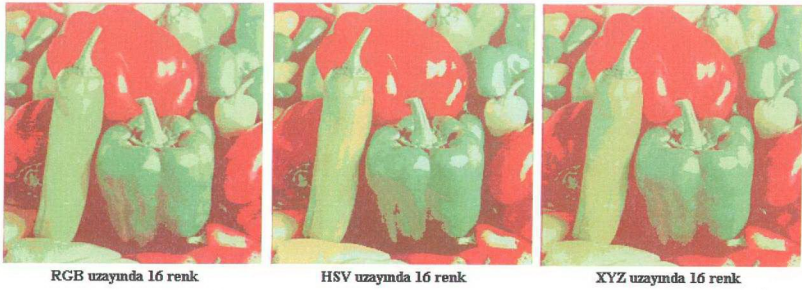


HSV uzayında 16 renk



XYZ uzayında 16 renk

Şekil 3.15 K-Means ile 16 renge kuantalanan “Lenna” görüntüsü



Şekil 3.16 K-Means ile 16 renge kuantalanan “Peppers” görüntüsü

K-Means algoritması yeterince hızlı çalışmakta ve görsel açıdan oldukça iyi sonuçlar üretmektedir. Kuantalanacak renk kadar sınıf temsil değeri oluşturulduğu için genellikle istenilen renk sayısına ulaşılır. Ancak bazı sınıfların içinde hiç renk değerinin bulunmadığı durumlar da olabilir. İçerisinde renk bulunmayan bir sınıfın temsil değeri de olmayacağı için, hedeflenenden daha az sayıda renge kuantalama yapılabilir. Çizelge 3.4’deki hata değerleri incelendiğinde, algoritmanın oluşan renk ve görüntü hatalarını en aza indirdiği için oldukça efektif çalıştığı açıktır.

Çizelge 3.4 K-Means ile örnek resimlerde elde edilen kuantalama hataları

Resim	Renk Uzayı	Kuantalanan Renk Sayısı	Renk Hatası	Görüntü Hatası
Baboon	RGB	16	23.714	23.549
	HSV	16	30.035	30.270
	XYZ	16	24.303	24.148
Lenna	RGB	16	16.978	16.051
	HSV	16	34.870	35.665
	XYZ	16	15.519	17.652
Peppers	RGB	16	24.413	25.527
	HSV	16	21.978	23.492
	XYZ	16	24.242	25.624

3.3 Tezde Kullanılan Kuantalama Metotlarının Seçimi

Tez çalışmasını oluşturan sorgulama sistemi için yeterince hızlı çalışacak ve bunun yanında görüntüleri en iyi şekilde temsil edecek sonuçları üretecek kuantalama metodunun seçimi için, Uniform Coding, Median-Cut, Popularity ve K-Means algoritmaları veritabanındaki görüntülere uygulanmış ve elde edilen sonuç görüntüleri ile hata oranları karşılaştırılmıştır. Algoritmaların, incelenen renk uzaylarında, görüntü veritabanındaki 1000 adet görüntü üzerindeki ortalama renk hataları Çizelge 3.5’de, ortalama görüntü hataları Çizelge 3.6’da verilmiştir.

Çizelge 3.5 Kuantalama metodlarının ortalama renk hataları

	RGB			HSV			XYZ		
	4 renk	8 renk	16 renk	4 renk	8 renk	16 renk	4 renk	8 renk	16 renk
Uniform Coding	82.132	56.963	49.712	84.012	59.004	50.156	100.887	69.968	69.748
Median-Cut	38.013	27.940	22.663	55.432	43.820	37.712	36.648	27.430	21.684
Popularity	140.338	131.652	119.877	139.917	131.443	123.655	136.741	126.576	117.187
K-Means	34.160	25.524	21.726	41.942	29.681	23.245	34.225	25.892	22.441

Çizelge 3.6 Kuantalama metodlarının ortalama resim hataları

	RGB			HSV			XYZ		
	4 renk	8 renk	16 renk	4 renk	8 renk	16 renk	4 renk	8 renk	16 renk
Uniform Coding	88.811	59.537	51.760	105.831	67.193	59.524	109.440	76.016	75.539
Median-Cut	39.728	27.282	21.191	60.193	44.846	37.783	39.658	28.393	21.797
Popularity	102.593	93.786	82.611	102.164	93.554	81.260	99.008	88.662	75.245
K-Means	35.480	26.286	22.463	44.462	30.268	23.343	35.866	27.013	23.449

Çizelge 3.5 ve Çizelge 3.6'daki sonuçlar incelendiğinde, Uniform Coding ve Popularity algoritmalarının tüm renk uzaylarında ve renk derinliklerinde en yüksek ortalama hataları verdiği görülür. Buna karşın hem Median-Cut hem de K-Means algoritmaları, birbirine çok yakın ve düşük ortalama hatalar oluşturmuştur. Bu yüzden tezde gerçekleştirilen içerik tabanlı görüntü erişimi sisteminde, sorgulama için renk özelliklerinin çıkarımında Median-Cut ve K-Means algoritmaları kullanılmıştır. Hangi algoritmanın kullanılarak renk özelliklerinin çıkarılacağı ise kullanıcının tercihi bırakılmıştır.



4. RENK ÖZELLİĞİ İLE ÖBEKLEME

Bu çalışmada içerik tabanlı aramaların genel amaçlı bir görüntü kütüphanesinde yapılması hedeflenmiştir. Bunun için Stanford Üniversitesi ile Pennsylvania State Üniversitesi'nin ortak olarak geliştirdikleri SIMPLIcity isimli görüntü erişimi sisteminde test amaçlı olarak kullanılan 1000 resimlik bir görüntü veritabanı [1] kullanılmıştır. Test veritabanı, 384x256 ve 256x384 boyutlarında, gerçek renkli JPEG formatında resimlerden oluşmuştur. İnsanlar, manzaralar, binalar, araçlar, hayvanlar ve bitkiler gibi konulara ait 10 kategoride, 100'er resim bulunmaktadır. Genel amaçlı veritabanında içerik tabanlı olarak yapılan sorgulamanın verimi ise, aranan görüntüye benzer resimlerin sonuçların ilk sıralarında olması ile ölçülmüştür.

4.1 Renk Uzayında Öbekleme

Tezin giriş bölümünde incelenen görüntü erişim sistemlerinde de görüldüğü gibi, renk özelliği yaygın olarak kullanılmaktadır. Değişik görüntülere ait renklerin eşlenmesi için, aralarındaki mesafelerin hesaplanması gerekmektedir. Ancak mesafe hesabı ve eşleme işleminin karmaşıklığı oldukça fazladır. Sistemin gerçek zamanlı olarak çalışabilmesi, sorgunun sonuçlanması için öbeklemede kullanılacak temsil değerlerinin seçimine dikkat edilmelidir.

Gerçek hayattan alınan görüntülerde algılanan, ayırt edici nesne sayısı genellikle belli sayıdadır. Nesneleri birbirinden ayıran, algılamamızı sağlayan en önemli özellik de sahip oldukları renklerdir. Renk özelliği öbekleme için kullanılırsa, her biri görüntüde baskın olan renklere karşı düşen ayırt edici öbekler elde edilebilir. Kankanhalli'ye (1999) göre de, ortalama renk gibi bütün renk öbeklerini temsil eden renkler, özellik vektörleri olarak kullanılabilir.

Görüntüye ait her bir piksel, aslında üç boyutlu uzayda tanımlı bir renktir. Bu durumda bir görüntüde hâkim olan renk, en fazla pikselde bulunan renktir. Gerçek görüntünün kuantalanmasıyla elde edilen temsil renklerinin görüntüde kapladığı alanlar da öbekleme ve eşlemede ayırt edici bir özellik olarak kullanılabilir.

Renk özelliği, nesnelerin görüntülerde ayırt edilmesini sağladığına göre, belirli renklere sahip olan bir nesnenin konumu da görüntü için ayırt edici bir özellik taşıyabilir. Bu durumda, kuantalama sonucu elde edilen renklerin görüntü üzerindeki konumları hesaplanarak yeni özellik vektörleri oluşturulabilir. Ancak, görüntüdeki bir renk, tek bir alanda bulunmak zorunda değildir. Görüntünün değişik yerlerinde aynı renge sahip nesneler de olabilir. Bu

durumda tek bir renk için birden fazla koordinat bilgisinin hesaplanması gerekecektir. Görüntü veritabanının büyüklüğü de göz önüne alındığında bu yöntem kolay uygulanamaz ve hızlı çözüm üretmez. Bir rengin görüntü üzerindeki dağılımı düşünüldüğünde, ağırlık merkezi kavramından yararlanılabilir. Görüntü düzleminde, belirli bir renge sahip olan tüm piksellerin koordinatlarının ortalaması, o rengin ağırlık merkezini verir. Kuantalama sonucu oluşan renklerin tümü için hesaplanacak ağırlık merkezi değeri, görüntü için ayırt edici özellikler sunar.

4.2 Renk Özellik Vektörleri Tasarımı

Görüntü veritabanındaki tüm renkler için RGB, HSV ve C.I.E. XYZ renk uzaylarında, tezin 3.3 bölümünde seçilen Median-Cut ve K-Means algoritmaları kullanılarak üç farklı renk derinliğinde kuantalama yapılacaktır. Öbekleme işleminin genel notasyonu (4.1)'de gösterilmiştir.

Görüntü veritabanındaki her I görüntüsü için

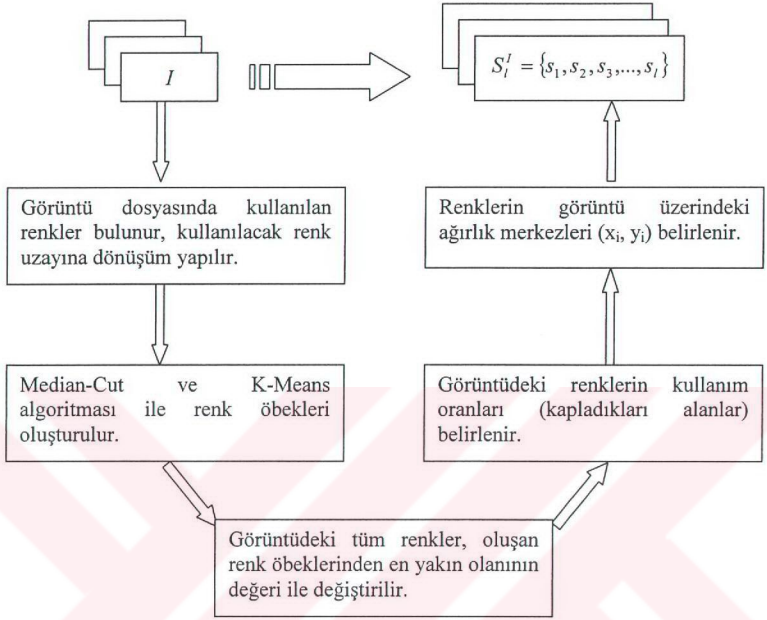
$$S_I^J = \{s_1, s_2, s_3, \dots, s_l\} \quad (4.1)$$

l adet renk özellik vektörü oluşturulur. Renk derinliği olarak 4, 8 ve 16 seçilmiştir. Bu durumda her bir uzay ve renk uzayında yapılacak kuantalama işlemi için toplam 28 adet renk öbeği oluşturulur. Üç adet renk uzayı ve iki adet kuantalama algoritması ile birlikte hesaplandığında, görüntü veritabanındaki her bir I resmi için l değeri 168 olur.

$$s_i = \{r_i, K_i, x_i, y_i\} \quad (4.2)$$

$$r_i = (\alpha_i, \beta_i, \gamma_i) \quad (4.3)$$

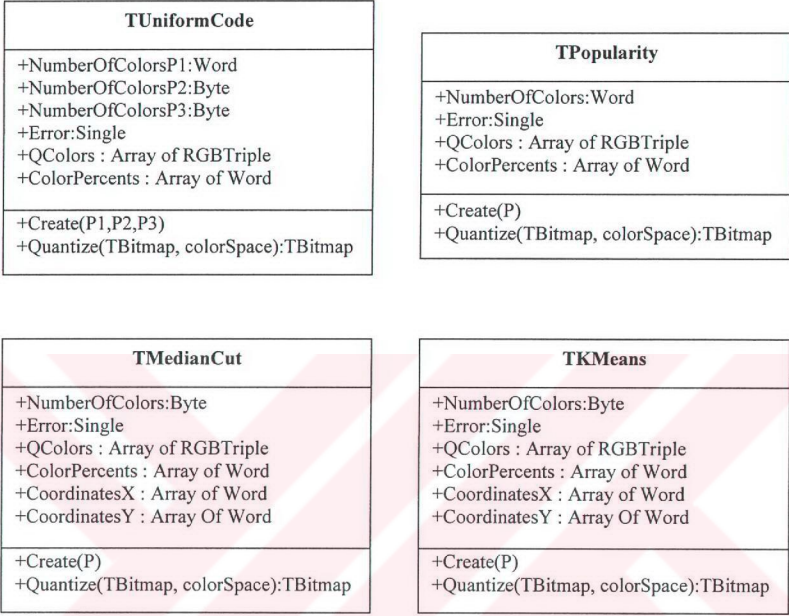
Her renk öbeği için hesaplanacak olan özellikler, (4.2)'de verilmiştir. Burada r_i , öbeği temsil eden renk değeridir ve kullanılan renk uzayının eksenlerine bağlı olarak (4.3)'teki gibi ifade edilir. K_i , renk öbeğinin görüntüdeki kullanım oranını ifade eder. Renk öbeğinin görüntü üzerindeki ağırlık merkezi ise x_i ve y_i ile temsil edilir.



Şekil 4.1 Renk özellik vektörlerinin oluşturulma aşamaları

Renk özellik öbekleri yerine, görüntülere ait ayırt edici özellikleri temsil ettikleri için renk özellik vektörleri tanımını kullanmak uygun olacaktır. Veritabanında bulunan tüm görüntülere ait renk özellik vektörlerini oluşturmak için gerçekleştirilen adımlar, Şekil 4.1'de görülmektedir. Tez çalışmasında bu adımları gerçekleştirmek için Borland firmasının Delphi geliştirme ortamı kullanılmıştır. Object Pascal dili ile tümüyle nesneye yönelik yaklaşıma uygun bir programlama mantığı uygulanmıştır. İki temel görüntü dosyası üzerinde çalışılmış, BMP ve JPEG formatlarını destekleyen genel amaçlı bir kütüphane oluşturulmuştur. Bu kütüphane ile görüntü dosyalarını açmak, içindeki bilgileri okumak, görüntüdeki renkleri belirlemek, renk uzayları arasında dönüşüm yapmak, kullanılan renkler üzerinde maksimum, minimum, medyan bulmak gibi işlemleri gerçekleştirebilmek mümkündür. Görüntü üzerinde yapılacak uygulamalar için farklı işlemlerin yapılması gereken adım, kuantalama algoritmalarıdır. Bu yüzden çalışmada denenen tüm algoritmalar için birer sınıf yapısı

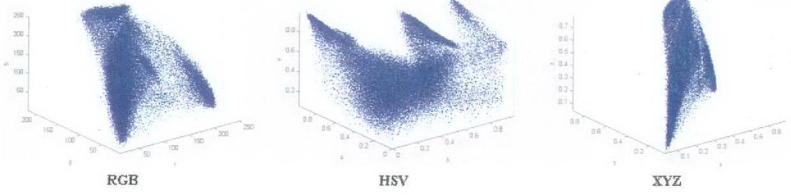
gerçeklenmiştir. Yaratılan sınıfların diyagramları, Şekil 4.2’de görülmektedir.



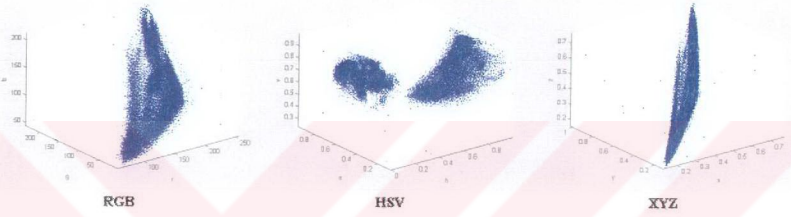
Şekil 4.2 Tezde yaratılan kuantalama sınıfları

Görüntü veritabanındaki bir resme ait renk özelliği vektörlerini oluşturmak üzere, kullanılacak algoritmanın sınıfından, istenilen renk sayısı parametre olarak verilerek bir nesne yaratılır. Nesnenin “Quantize” metoduna da işlenecek olan görüntü dosyası ve çalışılacak renk uzayı parametre olarak verilir. Bu aşamada örnek olarak kullanılan resimler, Şekil 3.1’de görülebilir.

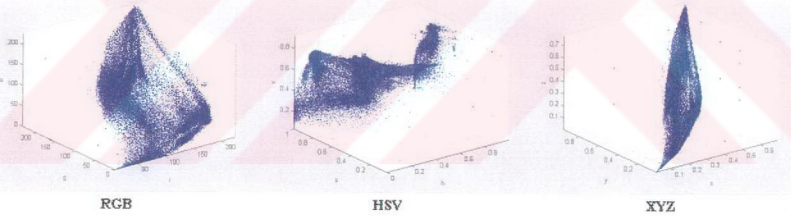
- İlk adımda görüntüde kullanılan renkler, gerçekleştirilen kütüphanenin de yardımıyla bulunur ve çalışılacak olan renk uzayına dönüşüm yapılır. Baboon görüntüsü için üç ayrı renk uzayında ilk adımın çalışması ile elde edilen veriler Şekil 4.3’te, Lenna görüntüsü için Şekil 4.4’te, Peppers görüntüsü için de Şekil 4.5’te MATLAB ortamında çizilerek gösterilmiştir.



Şekil 4.3 Baboon görüntüsünde kullanılan renkler

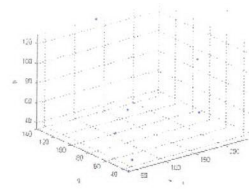


Şekil 4.4 Lenna görüntüsünde kullanılan renkler

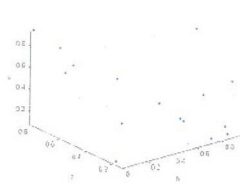


Şekil 4.5 Peppers görüntüsünde kullanılan renkler

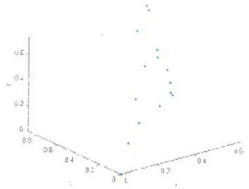
- İkinci aşamada, nesnenin ait olduğu sınıfa bağlı olarak ilgili algoritma ile verilen renk sayısına kuantalama işlemi gerçekleştirilir. Şekil 4.6'da, Baboon görüntüsünün tezde seçilen algoritmalar için tüm uzaylarda 16 renge kuantalanmasıyla elde edilen renkler görülmektedir. Benzer şekilde Lenna görüntüsünün sonuçları Şekil 4.7'de, Peppers görüntüsünün sonuçları da Şekil 4.8'de görülmektedir.



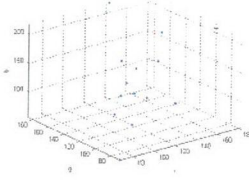
Median-Cut RGB



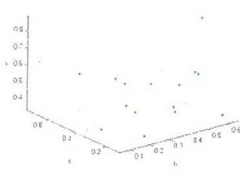
Median-Cut HSV



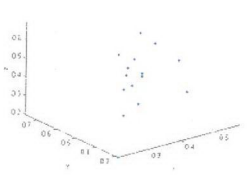
Median-Cut XYZ



K-Means RGB

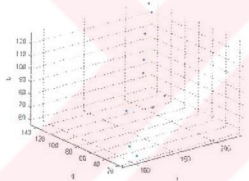


K-Means HSV

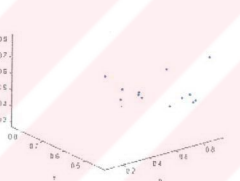


K-Means XYZ

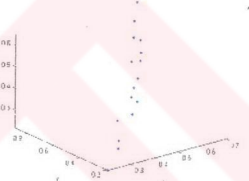
Şekil 4.6 Baboon görüntüsünde kuantalama işlemi sonucunda oluşan renkler



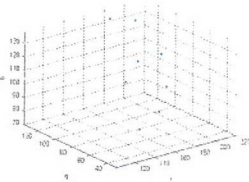
Median-Cut RGB



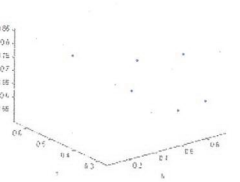
Median-Cut HSV



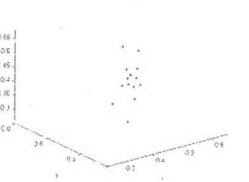
Median-Cut XYZ



K-Means RGB

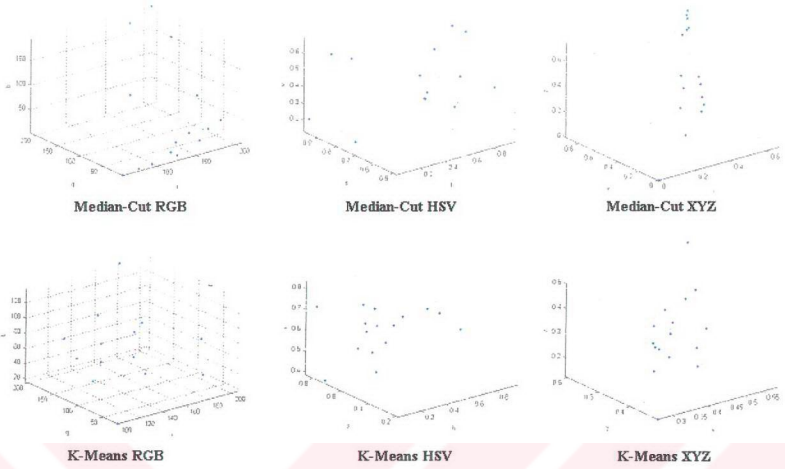


K-Means HSV



K-Means XYZ

Şekil 4.7 Lenna görüntüsünde kuantalama işlemi sonucunda oluşan renkler



Şekil 4.8 Peppers görüntüsünde kuantalama işlemi sonucunda oluşan renkler

- Üçüncü aşamada, görüntüde kullanılan her bir renk, kuantalama işlemi sonucunda elde edilen renklerden en yakın olduğu seviyeye atanır. Burada kullanılan uzaklık hesabı, (3.5)'de verilen Euclid mesafesi kullanılarak yapılır. Üç adım sonunda Baboon görüntüsünün Median Cut algoritması ile kuantalanmış hali Şekil 3.7'de, K-Means ile kuantalanmış hali ise Şekil 3.14'de görülebilir. Lenna görüntüsünün belirlenen algoritmalarla kuantalanmış hali sırasıyla Şekil 3.8 ve 3.15'de bulunmaktadır. Peppers görüntüsünün kuantalanmış hali de Şekil 3.9 ve 3.16'da görülebilir.
- Dördüncü adıma gelindiğinde, görüntü artık belirlenen sayıdaki renkle ifade edilmektedir. Bu renklerin görüntüdeki kullanım oranları (alanları) hesaplanarak renk özellik vektörüne eklenir. Son adımda ise görüntüyü oluşturan renklerin ağırlık merkezleri bulunur.

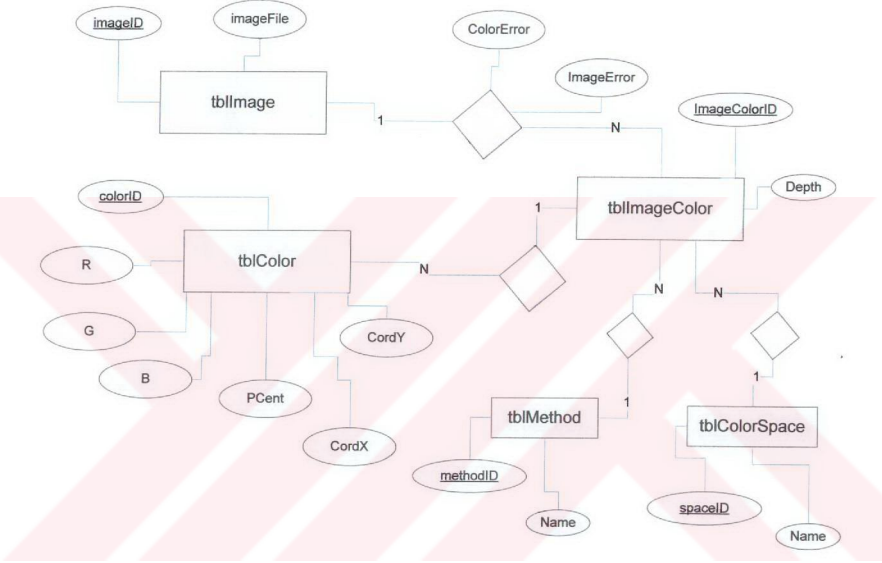
Sonuç olarak görüntü veritabanındaki tüm resimlerden elde edilen renk özellik vektörleri, eşleme işleminde kullanılmak üzere veritabanında saklanmıştır.

4.3 Veritabanı Tasarımı

Tezde gerçekleştirilen içerik tabanlı görüntü erişim sisteminde hedeflerden biri, görüntü kütüphanesi üzerinde hızlı sorgulama yapabilmektir. Bu yüzden, renk özellik vektörleri kadar

bunların sorgulamalarda kullanılmak üzere saklanma şekilleri de önem kazanmaktadır. Hız, güvenilirlik, veri saklama yordamları ve veriye erişim kolaylığı gibi kısıtlar da göz önüne alındığında, veritabanı yönetim sistemi kullanılmasına karar verilmiştir.

Tüm görüntülerin, sorgulamada olabilecek tüm seçenekler için renk özellik vektörleri çıkarıldıktan sonra, Microsoft firmasının SQL Server 2000 veritabanında saklanmıştır. Şekil 4.9'da tasarlanan veritabanının E-R diyagramı görülmektedir.



Şekil 4.9 İçerik tabanlı görüntü erişimi sistemi için E-R diyagramı

Veritabanında görüntü dosyalarının ad ve yerlerini tutan *tblImage* tablosunun alanları ve veri tipleri, Çizelge 4.1'de verilmiştir. Tez çalışmasında kullanılan görüntü veritabanı 1000 adet resimden oluştuğu için, bu tabloda 1000 adet kayıt bulunmaktadır.

Çizelge 4.1 *tblImage* tablosu alanları ve veri tipleri

Alan Adı	Veri Tipi	Boyut (Byte)
<i>imageID</i>	int	4
<i>imageFile</i>	varchar	200

Kullanılan renk kuantalama algoritmalarının isim ve kodları, alanları ve veri tipleri Çizelge 4.2’de verilen tblMethod tablosunda tutulmaktadır. İki algoritma seçildiği için bu tabloda toplam iki kayıt bulunmaktadır. Çalışmada kullanılan renk uzaylarının isim ve kodları da tblColorSpace tablosunda bulunmaktadır. Bu tablonun da alanları ve veri tipleri Çizelge 4.3’de verilmiştir. Toplam üç renk uzayı ile çalışıldığı için, bu tablodaki kayıt sayısı da üçtür.

Çizelge 4.2 tblMethod tablosu alanları ve veri tipleri

Alan Adı	Veri Tipi	Boyut (Byte)
MethodID	varchar	50
MethodName	varchar	200

Çizelge 4.3 tblColorSpace tablosu alanları ve veri tipleri

Alan Adı	Veri Tipi	Boyut (Byte)
SpaceID	varchar	50
SpaceName	varchar	50

Hangi görüntünün, hangi metot ile, hangi renk uzayında, kaç renge kuantalandığı bilgisi tblImageColor tablosunda bulunur. Bu tablonun alanları ve veri tipleri Çizelge 4.4’te görülmektedir. Görüntü üzerinde seçilen kıstaslara uygun kuantalama sonucunda oluşan hatalar da, istatistiki bilgi sağlaması için yine bu tabloda tutulmaktadır. Aynı zamanda bu tablo, sorgulamada kullanılmak üzere çıkarılan tüm olasılıkların renk özellik vektörlerinin kodlarını tutar. Bu yüzden tabloda 1000 resim için, 2 ayrı metot ile 3 ayrı renk uzayında ve 3 farklı renk derinliğinde toplam 18,000 kayıt yer almaktadır.

Çizelge 4.4 tblImageColor tablosu alanları ve veri tipleri

Alan Adı	Veri Tipi	Boyut (Byte)
ImageColorID	int	4
imgID	int	4
MethodID	varchar	50
Depth	tinyint	1
CSPACEID	varchar	50
ColorError	real	4
ImageError	real	4

Tüm görüntüler üzerinde olası tüm kombinasyonlar için üretilen renk özellik vektörleri tblColor tablosunda tutulmaktadır. Çizelge 4.5’de tblColor tablosunun alanları ve veri tipleri verilmiştir. Tablodaki toplam kayıt sayısı; 1000 resim için, 2 ayrı metod ve 3 ayrı renk uzayında, 28’er renk (renk derinlikleri 4, 8 ve 16) için 168,000’dir.

Çizelge 4.5 tblColor tablosu alanları ve veri tipleri

Alan Adı	Veri Tipi	Boyut (Byte)
ColorID	int	4
ImageColorID	int	4
R	tinyint	1
G	tinyint	1
B	tinyint	1
PCent	tinyint	1
CordX	smallint	2
CordY	smallint	2

5. ÖZELLİK VEKTÖRLERİ İLE GÖRÜNTÜ SORGULAMA

İçerik tabanlı sorgulama sisteminde, verilen sorgu resminden çıkarılan özellik vektörleri ile veritabanında bulunan görüntülere ait özellik vektörleri arasında bir uzaklık matrisi tanımlanabilir. Bu matris üzerinde en kısa mesafede eşleşen görüntüler, sorgu görüntüsüne en fazla benzeyen resimlerdir. Özellik vektörlerini bir matris üzerinde eşlemek için çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Ancak hız söz konusu olduğunda, daha efektif çözümlerin bulunması gereklidir.

5.1 Özellik Vektörlerinin Eşleştirilmesi

Kümeler arası eşleme işleminin en temel tanımı, atama problemi (assignment problem) olarak bilinir. Atama problemini optimum olarak çözmek için çeşitli algoritmalar geliştirilmiştir. Bu çözümlerin ortak özelliği ise genel olarak oldukça karmaşık ve gerçekleştirilmesi zor olan algoritmalar olmasıdır.

Atama problemini çözmenin bir yolu, özellik matrisinde olası bütün eşleşmeleri oluşturmaktır. Bunun için $C=[c_{ij}]$ $n \times n$ 'lik matrisinde $n!$ tane permütasyon oluşturulur. Bu permütasyonlardan, (5.1)'deki ifadeyi minimize edecek σ permütasyonu bulunur (Michaels ve Rosen, 1992).

$$Z = \sum_{i=1}^n C_{i\sigma(i)} \quad (5.1)$$

“n” sayısı küçük olduğunda tüm olasılıkları kontrol etmek kolay bir yoldur. Ancak görüntü veritabanında 1000 resim ve bunlara ait çok fazla sayıda özellik vektörü olduğu düşünüldüğünde, işlem süresi çok uzar. Bunu engellemek için daha iyi bir çözüme ihtiyaç duyulur.

Macar metodu, atama probleminin çözümünü iyileştirmek için 1955 yılında Harold Kuhn tarafından bulunmuştur. Algoritmayı oluşturmak üzere teoriler geliştiren Macar matematikçi Denes König'in anısına bu yönteme “Macar Algoritması” adı verilmiştir. İlk olarak $n \times n$ boyutlarındaki, özellik vektörleri uzaklık matrisi olan C indirgenerek $\hat{C}$ matrisi oluşturulur. İlk adım olarak, indirgenmiş matrisi elde etmek için her satırdan bu satırdaki en küçük değerler, her sütundan da bu sütundaki en küçük değerler çıkarılır. $\hat{C}$ matrisindeki bütün sıfırları kapatacak en az sayıda çizgi, matristeki bağımsız sıfırların sayısını verir. 5.2’de verilen örnek, algoritmanın iki adımının çalışmasını göstermektedir.

$$C = \begin{pmatrix} 5 & 4 & 3 \\ 7 & 8 & 6 \\ 2 & 6 & 5 \end{pmatrix} \Rightarrow \hat{C} = \begin{pmatrix} 2 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 \\ 0 & 4 & 3 \end{pmatrix} \Rightarrow \hat{C} = \begin{pmatrix} 2 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 \\ 0 & 4 & 3 \end{pmatrix} \quad (5.2)$$

Bulunan bağımsız sıfırların sayısı matrisin boyutundan küçükse, üzeri çizgilerle kapatılmayan değerler arasından en küçük olanı bulunur ve çizgilerin kapatmadığı değerlerden çıkarılır, iki kez kapatılmış değerlere eklenir. İlk adıma dönülerek işleme devam edilir. Algoritma, sonlu sayıda adım sonunda, çizgilerin sayısı matrisin boyutuna eşit olana dek çalışır. (5.2)'deki matris için ikinci adımın uygulanması (5.3)'de görülmektedir. Sonuçta C[2,1], C[3,2] ve C[1,3] en uygun eşleme olarak bulunur.

$$\hat{C} = \begin{pmatrix} 2 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 \\ 0 & 4 & 3 \end{pmatrix} \Rightarrow \hat{C} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 4 & 4 \end{pmatrix} \Rightarrow \hat{C} = \begin{pmatrix} 1 & 0^* & 0 \\ 0 & 1 & 0^* \\ 0^* & 4 & 4 \end{pmatrix} \quad (5.3)$$

Macar algoritması atama problemi için çok uygun ve etkin bir çözüm sunsa da, yeteri kadar hızlı çalışmamaktadır. Bunun sebebi ise algoritmadaki işlemlerin karmaşıklığıdır. İçerik tabanlı sorgulama sistemi için, daha hızlı bir çözüme ihtiyaç duyulmaktadır.

Sıralı dizi ile çözüm, atama probleminin çözümü için önerilen yöntemlerden biridir. Özellik vektörlerinin uzaklık matrisi olan C sıralanarak satır ve sütun değerleri ile birlikte bir diziye alınır. Bu dizi üzerinde sıralı olarak alınan her değer için satır ve sütunları aynı olan elemanlar silinir. (5.2)'deki matrisin diziye alınmış hali (5.4)'de görülmektedir.

$$\begin{aligned} C &= \{2,3,4,5,5,6,6,7,8\} \\ x &= \{1,3,2,1,3,2,3,1,2\} \\ y &= \{3,1,1,1,3,3,2,2,2\} \end{aligned} \quad (5.4)$$

Daha sonra $z=2_{1,3}+3_{3,1}+8_{2,2}=13$ bulunur. Bu çözümün optimum olup olmadığı, eşleştirmenin elemanları tek tek çıkarılarak incelenir.

$$2_{1,3} \text{ kullanılmazsa, } z=3_{3,1}+6_{2,3}+7_{1,2}=16$$

$$3_{3,1} \text{ kullanılmazsa, } z=2_{1,3}+4_{2,1}+6_{3,2}=12$$

bulunur. İterasyon sonuçlarından $z=2_{1,3}+4_{2,1}+6_{3,2}=12$ optimal çözüm olarak alınır ve tekrar iterasyona devam edilir. Daha iyi bir sonuç bulunamadığından, C[1,3], C[2,1] ve C[3,2] en uygun eşleme olarak bulunur.

Atama problemini sıralı dizi ile çözmek de oldukça karmaşık ve zaman alan bir işlemdir. Ayrıca, atama probleminin çözümünde özellik vektörü ancak tek bir bileşenden oluşabilir. Bir eşlemede sadece renk bilgisi kullanılabilir. Bunun yanında renklerin görüntülerdeki yoğunlukları ve konum bilgileri de tezde oluşturulan renk özellik vektörleri içinde yer almaktadır. Bu açıdan bakıldığında eşleme problemi, 1781 yılında Monge Kantarovich tarafından ortaya atılan taşıma problemi (transportation problem) halini alır. Ancak taşıma probleminin çözümü için işlem karmaşıklığı çok fazladır. Bu da içerik tabanlı görüntü erişiminin performansında çok büyük olumsuzluklara yol açacaktır.

Eşlemenin mümkün olduğunca hızlı yapılabilmesi için, çok boyutlu olan renk özellik vektörlerinin boyutu indirgenebilir. İndirgenmiş özellik vektörleri bir endeks yapısı ile saklanırsa, eşleme için geçecek arama zamanı da en aza indirgenebilir. İndirgenmiş özellik vektörleri eşleşen görüntüler, sonuç kümesi için aday olarak kullanıldığında, bu görüntülere ait tüm özellikler, daha sonra ayrı ayrı uzaklık hesabına tabi tutularak sonuçların daha kesin olması sağlanabilir (Fonseca ve Jorge, 2003).

5.2 İçerik Tabanlı Görüntü Erişimi İçin Çok boyutlu Verilerin Endekslenmesi

İçerik tabanlı görüntü erişimi sisteminde, veritabanında bulunan görüntülerden verilen sorgu görüntüsüne benzer olanlarını getirmek için görüntüleri bir bütün olarak karşılaştırmak neredeyse imkansız denecek kadar karmaşık bir olaydır. Bunun için görüntüyü temsil edecek belirli özellikleri seçilerek özellik vektörleri halinde saklanır. Özellik vektörleri benzeşen görüntülerin birbirlerine benzedikleri söylenebilir. Özellik vektörleri de belirli yöntemlerle indirgenirse, eşleme işlemi oldukça kolaylaşır. İndirgenmiş verilerin endekslenerek saklanmaları ise erişim ve arama zamanını oldukça kısaltan bir diğer yapıdır.

Çok boyutlu özellik vektörlerini tek boyuta indirmek için Euclid Norm değerleri kullanılabilir. Daha sonra bu değerler arama ve erişim süresini en aza indirmek amacıyla, Norm değerleri veritabanında endekli olarak saklanabilir. Verilen aralık dâhilinde olan Normları oluşturan özellik vektörleri, daha sonra aralıksal ya da en yakın k adet şeklinde sorgular ile daha kesin olarak sonuç setini şekillendirebilir.

Birçok endeksleme mekanizması yaklaşık sonuçlar getirirken, iki aşamalı bu yaklaşım hızlı ve kesin sonuçlar getirmektedir. Yöntemin etkin olduğu kadar hızlı çalışması önemli bir avantajdır. Birçok endeksleme mekanizmasında sonuçların doğruluğu arttıkça, hız ve performans azalmaktadır (Yu, vd. 2004).

5.2.1 Endeksleme Mekanizması

Çok boyutlu özellik vektörlerini endekslemek için basit yapıda bir eşleme fonksiyonu kullanmak, hesaplama süresini oldukça azaltır. Fikrin temeli, özellik vektörlerini endekslemek için kullanılacak temsil değerini fazla karmaşık olmayan bir işlem ile belirlemektir. Bunun için (5.5)'te verilen boyut indirgeme işlemini gerçekleştirmek gerekir. Bir P özellik vektöründe bulunan tüm özellikler, (5.6)'da görülmektedir.

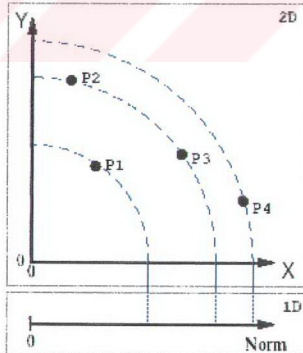
$$R^D \rightarrow R^1 \quad (5.5)$$

$$P = \{p_0, p_1, p_2, \dots, p_{D-1}\} \quad (5.6)$$

Euclid Norm hesabı, özellik vektörlerinin çok boyutlu değerleri tek boyuta indirgemek için kullanılabilecek uygun bir fonksiyondur. P özellik vektörü için Euclid Norm hesabı, (5.7)'de verilmiştir.

$$\|P\| = \sqrt{p_0^2 + p_1^2 + \dots + p_{D-1}^2} \quad (5.7)$$

Tüm özellik vektörleri için norm değerleri hesaplandıktan sonra, veritabanı yönetim sistemi aracılığıyla endekslenerek saklanır. Bu da sorgulama sırasında norm değerlerine olabildiğince hızlı erişimi sağlamaktadır. Şekil 5.1'de norm değerleri aracılığıyla boyut indirgeme işlemi görülmektedir. Örnekte görsel açıdan anlaşılabilir olması için iki boyutlu uzay kullanılmıştır. Özellik vektörünü oluşturan tüm bileşenler, birer eksen olarak norm hesabında yer alır.



Şekil 5.1 Norm hesabı ile boyut indirgeme

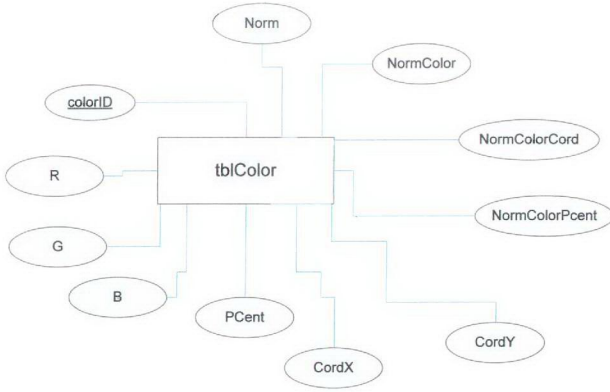
Görüntü veritabanında bulunan resimlerle ilgili olarak oluşturulan özellik vektörlerinde renk,

konum ve kullanım oranı bilgisi olmak üzere üç temel özellik bulunmaktadır. Sorgulama sırasında renk özelliği temel olarak kullanılmaktadır. Bunun için norm hesabında renk özelliği yer alır. Konum ve kullanım oranı bilgilerinin sorgulama kistası olarak kullanılıp kullanılmayacağı ise kullanıcının seçimine bırakılmıştır. Bu yüzden renk ve kullanım oranı özelliklerinin dahil olup olmamasına göre çeşitli norm kombinasyonlarına ulaşılır (Çizelge 5.1). Bu kombinasyonlara göre özellik vektörlerinin norm hesapları da Çizelge 5.1’de bulunan 5.8, 5.9, 5.10 ve 5.11 ile hesaplanır.

Çizelge 5.1 Norm bilgisinde yer alacak özelliklerin kombinasyonları

Renk Bilgisi	Kullanım Oranı Bilgisi	Konum Bilgisi	Norm Hesabı
VAR	YOK	YOK	$\ P\ _r = \sqrt{R^2 + G^2 + B^2}$ (5.8)
VAR	VAR	YOK	$\ P\ _{r,y} = \sqrt{R^2 + G^2 + B^2 + P^2}$ (5.9)
VAR	YOK	VAR	$\ P\ _{r,k} = \sqrt{R^2 + G^2 + B^2 + X^2 + Y^2}$ (5.10)
VAR	VAR	VAR	$\ P\ _{r,y,k} = \sqrt{R^2 + G^2 + B^2 + P^2 + X^2 + Y^2}$ (5.11)

Sorgulamanın hangi özelliklerin kullanılarak yapılacağı belli değildir. Kullanıcı istediği özellikleri seçebilir. Bu yüzden tüm özellik vektörleri için norm hesabını sorgulama sırasında yapmak oldukça pahalı bir çözümdür. Tüm olasılıklar için, tezin 4.2. bölümünde seçilen özellikler ile birlikte temsil eden norm değerlerinin de hesaplanarak veritabanında saklanması sorgu performansı açısından en uygun yoldur. Özellik vektörlerinin saklandığı tabloda, bunları temsil eden norm değerleri de saklanabilir. Bunun için veritabanındaki tablonun yapısını değiştirmek gereklidir. Şekil 5.2’de, ilgili tablonun norm değerlerini de saklamak üzere değiştirilmiş hali verilmiştir. Çizelge 5.2’de ise tblColor tablosunun yeni haline ait alanlar ve veri tipleri verilmiştir.



Şekil 5.2 Norm değerlerini tutmak üzere değiştirilmiş “tblColor” tablosu yapısı

Çizelge 5.2 Değiştirilen tblColor tablosu alanları ve veri tipleri

Alan Adı	Veri Tipi	Boyut (Byte)
ColorID	int	4
ImageColorID	int	4
R	tinyint	1
G	tinyint	1
B	tinyint	1
PCent	tinyint	1
CordX	smallint	2
CordY	smallint	2
Norm	smallint	2
NormColor	smallint	2
NormColorPcent	smallint	2
NormColorCord	smallint	2

5.2.2 Arama Mekanizması

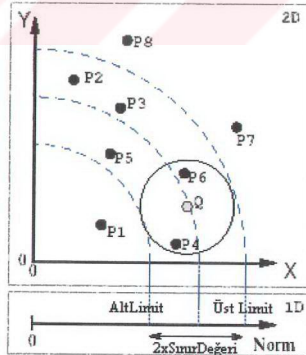
İçerik tabanlı görüntü sorgulama sisteminde renk özellikleriyle arama, verilen sorgu görüntüsünün seçilen özelliklerine uygun vektörlerin oluşturulması ve bunların norm değerlerinin hesaplanmasıyla başlar. Sorgu sırasında sisteme kullanıcı tarafından girilen yakınlık sınırı kullanılarak alt ve üst limit norm değerleri hesaplanır.

$$\text{Alt Limit} = \|Q\| - \text{Yakınlık Sınırı}$$

$$\text{Üst Limit} = \|Q\| + \text{Yakınlık Sınırı}$$

Veritabanında endeksli biçimde tutulan ve tek boyuta sahip norm değerlerinden, sorgu görüntüsünden elde edilen norm değeri baz alınarak, alt ve üst limitler arasında kalanları seçilir. Norm değerlerinin veritabanında endeksli biçimde tutulması, özellikle çok fazla değer arasından sadece istenen aralıkta olanların bulunmasını oldukça hızlandırmaktadır.

Norm değerleri istenen aralıkta olan özellik vektörleri ile sorgu görüntüsüne ait özellik vektörü arasındaki uzaklıklar, 3.5'te verilen Euclid mesafesi ile hesaplanır. Çalışmada, veritabanında tutulan özellik vektörlerinden görüntü üzerinde kapladığı alan %5'ten küçük olanları, ait oldukları görüntü hakkında yeteri kadar temsil edici ve belirleyici özellik taşımadıkları için karşılaştırmaya sokulmamışlardır. Verilen yakınlık sınırından daha küçük mesafelere sahip olan vektörler, sonuç kümesini oluşturur. Sonuç kümesinde bulunan özellik vektörlerinin ait olduğu görüntüler de sorgunun sonuç görüntülerini meydana getirir.



Şekil 5.3 2 boyutlu uzayda yakınlık sınırı sorgusu örneği

Şekil 5.3'de iki boyutlu uzayda örnek bir sorgulama görülmektedir. Tek boyutlu norm değerleri incelendiğinde, verilen yakınlık sınırı içerisinde P2, P3, P4, P5 ve P6 vektörlerinin bulunduğu görülür. İlk aşamada P1, P7 ve P8 vektörleri elenmiştir. Daha sonra seçilen vektörler ile sorgu vektörü arasındaki uzaklıklara bakılır. Mesafesi verilen yakınlık sınırından daha küçük olan P4 ve P6 vektörleri, sonuç kümesini oluşturur.

5.3 Performans Analizi

Tezde gerçekleştirilen sorgulama sisteminin performansını ölçmek için çeşitli denemeler yapılmıştır. Veritabanı yönetim sistemi olarak kullanılan Microsoft® SQL Server 2000, Borland® Delphi ile gerçekleştirilen sorgulama programı ile aynı sistem üzerinde çalışmaktadır. Kullanılan kişisel bilgisayar (PC) sisteminin özellikleri Çizelge 5.3'te verilmiştir.

Çizelge 5.3 Tezde kullanılan sistemin özellikleri

Özellik	Değer
İşlemci	Intel® Pentium-IV 2.4 GHz, 512K Cache
Veriyolu Hızı	533 MHz
Bellek	1 GB, 333MHz
İşletim Sistemi	Microsoft® Windows Server 2003 Standard Edition
Sabit Disk	60 GB, 7200 rpm, 2MB Cache, Ultra-ATA 100

Kullanılan görüntü veritabanında [1] bulunan 10 kategoriye ait birer adet resim rasgele seçilerek, kullanılan tüm kuantalanma metotları, renk uzayları ve renk derinliklerinde sorgu görüntüsünden özellik vektörlerinin çıkarılması ve veritabanında sorgulama için geçen süreler ölçülmüştür. 10'ar adet resim ile yapılan denemeler sonucunda elde edilen, sorgu görüntüsünden ortalama özellik vektörü çıkarım süreleri, Çizelge 5.4'te verilmiştir. Çizelge 5.5'te ise norm bilgilerini kullanarak veritabanındaki 1000 resme ait özellik vektörleri içerisinde yapılan sorgulamanın ve sonuç görüntülerinin bulunmalarına ait ortalama süreler bulunmaktadır.

Çizelge 5.4 Seçilen yöntem, uzay ve derinliklerde özellik vektörlerin ortalama çıkarma süreleri (milisaniye)

Yöntem	Renk Uzaı	Renk Derinliği	Renk Bilgisi	Renk + Kullanım Oranı Bilgisi	Renk + Konum Bilgisi	Renk + Konum + kullanım Oranı Bilgisi
Median-Cut	RGB	4	4,712	4,710	4,807	4,714
		8	5,407	5,476	5,390	5,390
		16	6,035	6,114	6,021	6,040
	HSV	4	7,648	8,220	8,442	6,834
		8	10,187	10,823	10,506	8,229
		16	11,579	12,117	11,556	9,482
	XYZ	4	3,929	4,129	4,159	4,165
		8	4,448	4,842	4,745	4,671
		16	4,889	5,182	5,111	4,898
K-Means	RGB	4	14,343	14,721	14,467	14,326
		8	9,212	9,259	9,207	9,196
		16	7,135	7,218	7,135	7,151
	HSV	4	16,915	18,364	18,725	15,179
		8	11,888	12,725	11,975	9,781
		16	9,306	9,543	8,857	7,418
	XYZ	4	15,978	17,237	16,965	17,053
		8	10,279	11,203	10,964	10,679
		16	7,854	8,251	8,218	7,867

Çizelge 5.5 Seçilen yöntem, uzay ve derinliklerde veritabanında ortalama sorgulama süreleri (milisaniye)

Yöntem	Renk Uzaı	Renk Derinliği	Renk Bilgisi	Renk + Kullanım Oranı Bilgisi	Renk + Konum Bilgisi	Renk + Konum + kullanım Oranı Bilgisi
Median-Cut	RGB	4	465	448	479	356
		8	898	854	901	670
		16	750	790	790	601
	HSV	4	601	648	743	398
		8	1,119	1,225	1,149	707
		16	1,173	1,274	1,173	696
	XYZ	4	473	515	511	417
		8	682	751	811	640
		16	821	893	950	689
K-Means	RGB	4	553	535	564	426
		8	953	890	898	717
		16	771	840	798	612
	HSV	4	631	709	759	411
		8	1,221	1,360	1,267	861
		16	1,334	1,434	1,322	808
	XYZ	4	520	545	570	453
		8	875	959	992	887
		16	820	856	911	648

Çalışmada kullanılan yöntem, renk uzayı ve renk derinliklerinde yapılan sorgulamaların tümünün ortalama süreleri ise Çizelge 5.6'da verilmiştir. Her kategoriden rasgele olarak seçilen 10 adet resimle yapılan örnek sorgulamalar sonucunda, verilen bir sorgu görüntüsünün özellik vektörlerinin çıkarılması için geçen ortalama süre 9,057 milisaniedir (~9 saniye). Veritabanında 1000 adet görüntüye ait özellik vektörlerini kullanarak, verilen sorgu görüntüsüne verilen yakınlıkta bulunan resimleri bulmak için yapılan sorgulama için geçen süre ise 788 milisaniedir (~0.75 saniye).

Çizelge 5.6 Ortalama Sorgulama Süreleri

Yöntem	Renk Derinliği	Ortalama Özellik Vektörü Oluşturma Süresi (milisanie)	Ortalama Sorgulama Süresi (milisanie)
Median-Cut	4	5,539	504
	8	6,676	867
	16	7,418	883
	Ortalama	6,544	751
K-Means	4	16,189	556
	8	10,530	990
	16	7,996	929
	Ortalama	11,571	825
Ortalama	Ortalama	9,057	788

6. DENEYSEL SORGULAMA SONUÇLARI

İçerik tabanlı görüntü erişimi sisteminin asıl hedefi, N adet I görüntüsü bulunan bir görüntü veritabanında ($I = \{I_1, I_2, \dots, I_N\}$), verilen Q sorgu görüntüsü ile renk özelliklerinin benzer olduğu n_q adet ($n_q \ll n$) görüntüyü bulmaktır.

İki görüntünün birbirine benzer olması için, aynı boyutta olmaları gerekli değildir. Aynı veya benzer nesnelere ya da konulara sahip ancak değişik ortam ve açılarda çekilmiş fotoğraflar benzer görüntülere örnek olarak verilebilir. Renk özellikleri göz önüne alındığında, birbirine benzeyen görüntülerin benzer içerikte olmaları şart değildir. Renk, konum ve kullanım yüzdesi bilgileri ele alındığında, tam ortasında sarı renkli bir gül olan fotoğraf ile, yine tam ortasında ve benzer boyutlardaki sarı renkli bir araba fotoğrafı, birbirine benzerdir. Bu durumda renk özelliği ile yapılan içerik tabanlı bir sorgulama sisteminde her zaman anlamsal olarak tutarlı sonuçların dönmesi beklenmemelidir.

6.1 Benzerlik Ölçütü

Sorgulama işlemi sonucunda bulunan görüntülerin, verilen sorgulama görüntüsüne olan mesafelerini tanımlamak için benzerliğin ölçüsünü vermek gereklidir. İki görüntünün birbirine benzer olması için kullanılan vektörler, renk, rengin kullanım oranı ve görüntü üzerindeki yeridir. Sorgulama sisteminde, renk hariç diğer özelliklerin kullanılıp kullanılmayacağı ise kullanıcının seçimine bırakılmıştır. Bu durumda sorgu görüntüsü ile sonuç görüntüleri arasındaki hatanın, sadece seçilen vektörler bazında yapılması gereklidir.

İki görüntünün birbirine olan benzerliğinin hesabında birinci adım, kullanılan özelliklerin birbirlerine olan mesafelerini ölçmektir. Bunun için (3.5)'te verilen Euclid mesafesi kullanılmıştır. Bir sorgu görüntüsü ile, norm değerleri ile temsil edilen özelliklerinin benzer olduğu n_q adet görüntü bulunmaktadır. Sadece tek bir özellik vektörü eşleşen görüntüler, sonuç kümesinin içine alınmamıştır. Her bir I görüntüsüne ait olan mesafelerin ortalaması alınarak, verilen Q sorgu görüntüsünün I görüntüsüne olan ortalama uzaklığı bulunur.

Görüntülerin birbirlerine olan benzerliklerini vermek için yüzde oranı kullanmak, uygun bir yoldur. Bunun için bir önceki adımda bulunan görüntülerin vektörleri arasındaki ortalama uzaklığın 100 ile normalize edilmesi gereklidir. Kullanılan vektörlere bağlı olarak, bu uzaklığın alabileceği en büyük değer bellidir. İki görüntü arasındaki benzerliğin yüzde oranı olarak ifade edilmesi için (6.1)'den yararlanılır.

$$\Pi(I_j, Q) = \frac{\frac{(\max(d_E(I_i, I_j)) - d_E(I_j, Q).100)}{\max(d_E(I_i, I_j))} . a_{ij, Q}}{b_Q} \quad (6.1)$$

Burada $a_{ij, Q}$, karşılaştırılan iki görüntü arasında eşleşen vektörlerin sayısıdır. Bir görüntünün %5'inden daha az alanı kaplayan renklerle ilgili özellik vektörleri, o resim için anlamlı ve ayırt edici özellikler taşımadığı için, bir görüntüde karşılaştırılmak için kullanılan vektör sayısı görüntüye ait toplam vektör sayısından daha az olabilir. Bu durumda toplam vektör sayısı yerine, karşılaştırma için kullanılan vektör sayısının benzerlik ölçütünde kullanılması daha doğru olacaktır. b_Q , bir görüntüyü temsil eden ve %5'ten daha fazla alan kaplayan, benzerlik ölçütünde kullanılan vektör sayısını temsil etmektedir.

6.2 Sorgulama Sonuçları

Bu bölümde, çalışmada seçilen renk kuantalama metotları, renk uzayları ve renk derinliklerinde, renk bilgisi, rengin kullanım oranı ve görüntüdeki konum bilgileri ile yapılan sorgulama sonuçları resimler üzerinde gösterilecektir. Kullanılan görüntü veritabanındaki 10 kategoriden birer resim seçilerek, değişik kıstaslar kullanılarak deneysel sorgulamalar yapılmıştır.

Şekil 6.1-a'da verilen sorgu görüntüsü için, 26 adet sonuç resmi bulunmuştur. Bu sorguda kullanılan seçenekler, Çizelge 6.1'de verilmiştir. Sorgu görüntüsü ile sonuç görüntüleri arasındaki benzerlik oranları da, Şekil 6.1'de her görüntünün altında verilmiştir.

Çizelge 6.1 “57.jpg” görüntüsü için sorgu seçenekleri

Yöntem	Renk Uzayı	Renk Sayısı	Yakınlık Sınırı	Özellikler
Median-Cut	RGB	8	19	Renk, Konum, Kullanım Oranı



(a - %83.33)



(b - %48.52)



(c - %48.35)



(d - %48.21)



(e - %32.42)



(f - %32.38)



(g - %32.35)



(h - %32.35)



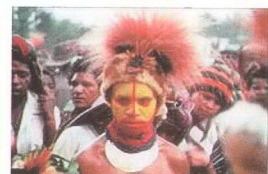
(i - %32.28)



(j - %32.24)



(k - %32.24)



(l - %32.21)

Şekil 6.1 "57.jpg" görüntüsü için sonuç görüntüleri ve benzerlik oranları



(m - %32.21)



(n - %32.21)



(o - %32.17)



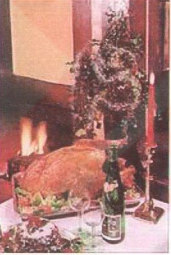
(p - %32.14)



(q - %32.14)



(r - %32.14)



(s - %32.10)



(t - %32.07)



(u - %32.03)



(v - %32.03)



(w - %32.03)

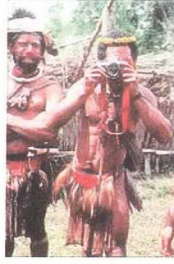


(x - %32.03)

Şekil 6.1 (Devamı) “57.jpg” görüntüsü için sonuç görüntüleri ve benzerlik oranları



(y - %32.03)



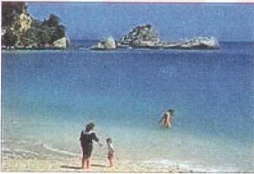
(z - %32.00)

Şekil 6.1 “57.jpg” görüntüsü için sonuç görüntüleri ve benzerlik oranları

Şekil 6.2-a’da verilen sorgu görüntüsü için, 18 adet sonuç resmi bulunmuştur. Bu sorguda kullanılan seçenekler, Çizelge 6.2’de verilmiştir. Sorgu görüntüsü ile sonuç görüntüleri arasındaki benzerlik oranları da, Şekil 6.2’de her görüntünün altında verilmiştir.

Çizelge 6.2 “180.jpg” görüntüsü için sorgu seçenekleri

Yöntem	Renk Uzayı	Renk Sayısı	Yakınlık Sınırı	Özellikler
Median-Cut	XYZ	4	20	Renk



(a - %100.00)

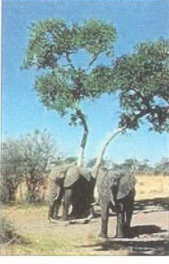


(b - %65.53)



(c - %64.86)

Şekil 6.2 “180.jpg” görüntüsü için sonuç görüntüleri ve benzerlik oranları



(d - %64.48)



(e - %64.48)



(f - %64.48)



(g - %64.25)



(h - %64.25)



(i - %64.10)



(j - %64.10)



(k - %64.10)



(l - %64.10)

Şekil 6.2 (Devamı) “180.jpg” görüntüsü için sonuç görüntüleri ve benzerlik oranları



(m - %64.03)



(n - %64.03)



(o - %63.95)



(p - %63.80)



(q - %63.80)



(r - %63.80)

Şekil 6.2 “180.jpg” görüntüsü için sonuç görüntüleri ve benzerlik oranları

Şekil 6.3-a’da verilen sorgu görüntüsü için, 11 adet sonuç resmi bulunmuştur. Bu sorguda kullanılan seçenekler, Çizelge 6.3’te verilmiştir. Sorgu görüntüsü ile sonuç görüntüleri arasındaki benzerlik oranları da, Şekil 6.3’te her görüntünün altında verilmiştir.

Çizelge 6.3 “243.jpg” görüntüsü için sorgu seçenekleri

Yöntem	Renk Uzayı	Renk Sayısı	Yakınlık Sınırı	Özellikler
K-Means	RGB	16	12	Renk, Konum



(a - %87.50)



(b - %36.96)



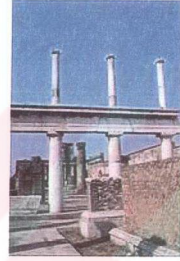
(c - %24.73)



(d - %24.67)



(e - %24.67)



(f - %24.65)



(g - %24.62)



(h - %24.62)



(i - %24.54)



(j - %24.51)



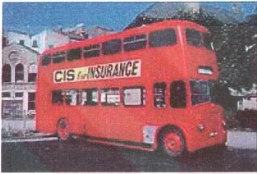
(k - %24.48)

Şekil 6.3 “243.jpg” görüntüsü için sonuç görüntüleri ve benzerlik oranları

Şekil 6.4-a'da verilen sorgu görüntüsü için, 16 adet sonuç görüntüsü bulunmuştur. Bu sorguda kullanılan seçenekler, Çizelge 6.4'te verilmiştir. Sorgu görüntüsü ile sonuç görüntüleri arasındaki benzerlik oranları da, Şekil 6.4'te her görüntünün altında verilmiştir.

Çizelge 6.4 “344.jpg” görüntüsü için sorgu seçenekleri

Yöntem	Renk Uzayı	Renk Sayısı	Yakınlık Sınırı	Özellikler
Median-Cut	HSV	8	20	Renk, Konum, Kullanım Oranı



(a - %100.00)



(b - %57.98)



(c - %38.73)



(d - %38.73)



(e - %38.69)



(f - %38.65)



(g - %38.65)



(h - %38.61)



(i - %38.61)

Şekil 6.4 “344.jpg” görüntüsü için sonuç görüntüleri ve benzerlik oranları



(j - %38.57)



(k - %38.57)



(l - %38.52)



(m - %38.48)



(n - %38.44)



(o - %38.44)



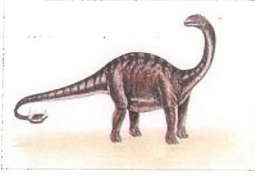
(p - %38.44)

Şekil 6.4 “344.jpg” görüntüsü için sonuç görüntüleri ve benzerlik oranları

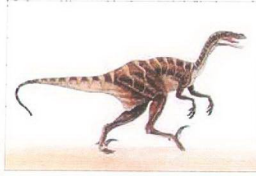
Şekil 6.5-a’da verilen sorgu görüntüsü için, 13 adet sonuç görüntüsü bulunmuştur. Bu sorguda kullanılan seçenekler, Çizelge 6.5’te verilmiştir. Sorgu görüntüsü ile sonuç görüntüleri arasındaki benzerlik oranları da, Şekil 6.5’te her görüntünün altında verilmiştir.

Çizelge 6.5 “443.jpg” görüntüsü için sorgu seçenekleri

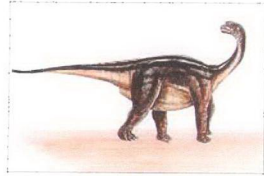
Yöntem	Renk Uzayı	Renk Sayısı	Yakınlık Sınırı	Özellikler
Median-Cut	XYZ	4	12	Renk, Kullanım Oranı



(a - %75.00)



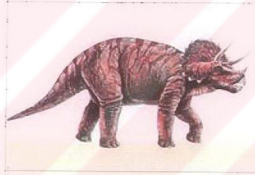
(b - %73.67)



(c - %73.29)



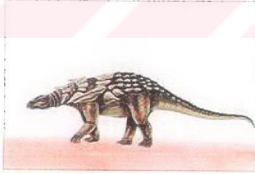
(d - %49.28)



(e - %49.17)



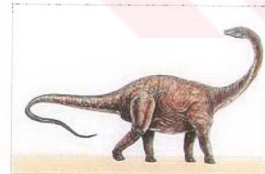
(f - %49.11)



(g - %49.11)

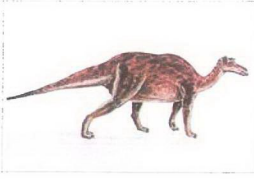


(h - %49.00)

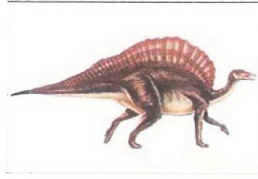


(i - %48.95)

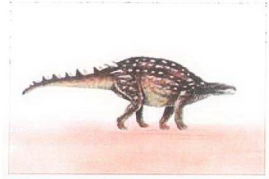
Şekil 6.5 “443.jpg” görüntüsü için sonuç görüntüleri ve benzerlik oranları



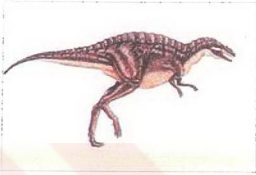
(j - %48.78)



(k - %48.73)



(l - %48.67)



(m - %48.67)

Şekil 6.5 “443.jpg” görüntüsü için sonuç görüntüleri ve benzerlik oranları

Şekil 6.6-a’da verilen sorgu görüntüsü için, 11 adet sonuç görüntüsü bulunmuştur. Bu sorguda kullanılan seçenekler, Çizelge 6.6’da verilmiştir. Sorgu görüntüsü ile sonuç görüntüleri arasındaki benzerlik oranları da, Şekil 6.6’da her görüntünün altında verilmiştir.

Çizelge 6.6 “503.jpg” görüntüsü için sorgu seçenekleri

Yöntem	Renk Uzayı	Renk Sayısı	Yakınlık Sınırı	Özellikler
K-Means	RGB	8	15	Renk, Konum



(a - %100.00)



(b - %61.39)



(c - %36.53)



(d - %36.50)



(e - %36.39)



(f - %24.48)



(g - %24.38)



(h - %24.38)



(i - %24.35)



(j - %24.27)



(k - %24.19)

Şekil 6.6 “503.jpg” görüntüsü için sonuç görüntüleri ve benzerlik oranları

Şekil 6.7-a’da verilen sorgu görüntüsü için, 14 adet sonuç görüntüsü bulunmuştur. Bu sorguda kullanılan seçenekler, Çizelge 6.7’de verilmiştir. Sorgu görüntüsü ile sonuç görüntüleri arasındaki benzerlik oranları da, Şekil 6.7’de her görüntünün altında verilmiştir.

Çizelge 6.7 “628.jpg” görüntüsü için sorgu seçenekleri

Yöntem	Renk Uzayı	Renk Sayısı	Yakınlık Sınırı	Özellikler
K-Means	XYZ	4	27	Renk, Konum, Kullanım Oranı



(a - %100.00)



(b - %95.95)



(c - %95.95)



(d - %72.21)



(e - %71.95)



(f - %71.74)



(g - %48.52)



(h - %48.42)



(i - %48.31)

Şekil 6.7 “628.jpg” görüntüsü için sonuç görüntüleri ve benzerlik oranları



(j - %47.68)



(k - %47.68)



(l - %47.58)



(m - %47.37)



(n - %47.32)

Şekil 6.7 “628.jpg” görüntüsü için sonuç görüntüleri ve benzerlik oranları

Şekil 6.8-a’da verilen sorgu görüntüsü için, 8 adet sonuç görüntüsü bulunmuştur. Bu sorguda kullanılan seçenekler, Çizelge 6.8’de verilmiştir. Sorgu görüntüsü ile sonuç görüntüleri arasındaki benzerlik oranları da, Şekil 6.8’de her görüntünün altında verilmiştir.

Çizelge 6.8 “711.jpg” görüntüsü için sorgu seçenekleri

Yöntem	Renk Uzayı	Renk Sayısı	Yakınlık Sınırı	Özellikler
Median-Cut	RGB	16	20	Renk, Konum



(a - %100.00)



(b - %48.60)



(c - %48.49)



(d - %48.38)



(e - %48.33)



(f - %48.27)



(g - %48.22)



(h - %47.90)

Şekil 6.8 “711.jpg” görüntüsü için sonuç görüntüleri ve benzerlik oranları

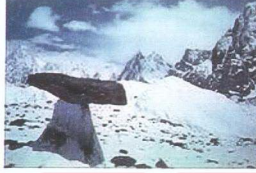
Şekil 6.9-a’da verilen sorgu görüntüsü için, 5 adet sonuç görüntüsü bulunmuştur. Bu sorguda kullanılan seçenekler, Çizelge 6.9’da verilmiştir. Sorgu görüntüsü ile sonuç görüntüleri arasındaki benzerlik oranları da, Şekil 6.9’da her görüntünün altında verilmiştir.

Çizelge 6.9 “809.jpg” görüntüsü için sorgu seçenekleri

Yöntem	Renk Uzayı	Renk Sayısı	Yakınlık Sınırı	Özellikler
Median-Cut	RGB	8	20	Renk, Konum, Kullanım Oranı



(a - %100.00)



(b - %41.29)



(c - %41.26)



(d - %27.46)



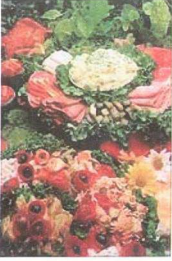
(e - %27.43)

Şekil 6.9 “809.jpg” görüntüsü için sonuç görüntüleri ve benzerlik oranları

Şekil 6.10-a’da verilen sorgu görüntüsü için, 12 adet sonuç görüntüsü bulunmuştur. Bu sorguda kullanılan seçenekler, Çizelge 6.10’da verilmiştir. Sorgu görüntüsü ile sonuç görüntüleri arasındaki benzerlik oranları da, Şekil 6.10’da her görüntünün altında verilmiştir.

Çizelge 6.10 “930.jpg” görüntüsü için sorgu seçenekleri

Yöntem	Renk Uzayı	Renk Sayısı	Yakınlık Sınırı	Özellikler
K-Means	XYZ	16	17	Renk, Konum, Kullanım Oranı



(a - %85.71)



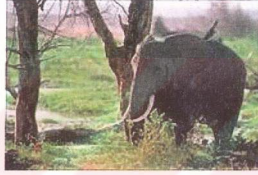
(b - %41.38)



(c - %27.88)



(d - %27.76)



(e - %27.73)



(f - %27.70)



(g - %27.70)



(h - %27.67)

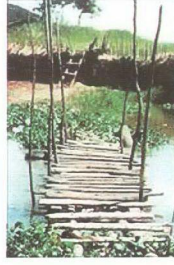


(i - %27.64)

Şekil 6.10 “930.jpg” görüntüsü için sonuç görüntüleri ve benzerlik oranları



(j - %27.64)



(k - %27.58)



(l - %27.58)

Şekil 6.10 “930.jpg” görüntüsü için sonuç görüntüleri ve benzerlik oranları



7. SONUÇ ve ÖNERİLER

Görüntü veritabanında aranan özelliklerdeki resimleri sorgulamak için görüntü erişim sistemlerinde genellikle anahtar kelimelerle erişim yöntemi kullanılmaktadır. Bir görüntünün belirli özelliklerini ifade eden anahtar kelimeler seçilerek resim ile ilişkilendirilir ve daha sonra sorgulamalarda kullanılmak üzere saklanır. Kelime temelli sistemlerde kullanıcı aradığı görüntü tipine göre anahtar kelimeleri sisteme verir, bu anahtar kelimeye sahip olan görüntüler sonuç olarak iletilir. Bu yöntemde resim ile ilgili olarak belirlenen anahtar kelimeler tamamen bunları belirleyen kişinin inisiyatifindedir. Bir görüntüdeki anlamsal içerik kişiden kişiye değişiklik gösterebilir. Bununla beraber bir görüntüyü ifade etmek için bir veya birkaç kelime yetersiz de kalabilir.

Bu tezde içerik tabanlı bir görüntü erişim sistemini gerçekleştirmek için gerekli olan aşamalar ve bu aşamaları gerçekleştirmek için yararlanılabilecek yöntemler önerilmiştir. İçerik tabanlı görüntü erişimi sistemini tasarlamak için izlenen adımlar aşağıda belirtilmiştir.

- Görüntülerin içeriğini temsil edebilecek olan özellik olarak renk özelliği belirlenmiştir.

Tezin 2.bölümünde renk ile ilgili gerekli bilgiler verilerek üç adet renk uzayı tanıtılmıştır. Renkler, RGB uzayında insanın algılamasına uygun bir dağılım göstermemektedir. Ancak renklerin ekranlarda gösterimi için standart bir uzay olduğundan tercih edilmiştir. HSV uzayının işlem karmaşıklığı sahip olduğu kutupsal koordinatlar gereği fazla da olsa, algısal olarak düzgün dağılım göstermektedir. Bu özelliğinden dolayı HSV uzayına da çalışmada yer verilmiştir. C.I.E. XYZ uzayı ise insanların doğal olarak algılayabildiği renkleri kapsamaktadır. Ayrıca uygulamalarda seçiciliği arttırdığı için bu uzay da kullanılmıştır.

- Görüntülerden elde edilen renk bilgileri kuantalanmıştır.

Görüntülerde kullanılan renkler, seçilen üç renk uzayında kuantalanarak görüntülerin belirli sayıda renkle ifade edilmesi sağlanmıştır. Tezin 3. bölümünde renk kuantalama problemi ortaya atılmış ve çözüm için kullanılan yöntemler incelenmiştir. Uniform Coding, Median-Cut, Popularity ve K-Means metotları değişik renk seviyelerinde görüntülere uygulanmış ve oluşan renk ve görüntü hataları incelenmiştir. Median-Cut ve K-Means metotlarının, kullanılan tüm renk uzaylarında en küçük hataları ürettiği görülmüş ve tezde bu iki yöntemin kullanılması kararlaştırılmıştır. Görüntülerin

kuantalanacağı renk sayısı olarak 4, 8 ve 16 denenmiştir. Temel olarak birkaç renk içeren görüntülerde daha düşük renk sayıları başarılı sorgu sonuçları oluştururken, birçok nesne içeren çok renkli karmaşık görüntülerde 8 ve 16 rengin daha başarılı sonuçlar ürettiği görülmüştür. Bu üç renk sayısının da görüntü erişimi sisteminde kullanılmasına karar verilmiştir.

- Görüntü içeriğini daha iyi temsil etmek üzere renk özelliği detaylandırılmıştır.

Görüntünün içeriğini temsil etmek üzere sadece içerdiği renkleri özellik olarak tutmak yeterli değildir. Tezin 4. bölümünde örnek görüntüler üzerinde renklerin dağılımları incelenmiştir. Renklerin ait oldukları görüntüdeki kapladığı alanlar, bir diğer deyişle kullanım oranları da görüntünün içeriği hakkında fikir veren bir parametredir. Bunların yanında renklerin görüntü üzerindeki konumları da benzer renk özellikleri taşıyan görüntüler için ayırt edici bir özellik olarak kullanılabilir. Görüntüde kullanılan renk bilgisinin yanında, renklerin kullanım oranları ve görüntü üzerindeki ağırlık merkezlerinden de gerçekleştirilen sistemde yararlanılmıştır.

- Verilen sorgu görüntüsü ile varolan görüntüler arasında renk özelliklerine bağlı olarak eşleme yapılmıştır.

Tezin 5. bölümünde atama probleminin, görüntülere ait renkleri eşleme problemine olan benzerliği incelenmiştir. Atama probleminin çözümü için bugüne kadar geliştirilen belli başlı yöntemler değerlendirilerek, gerçekleştirilecek olan görüntü erişimi sistemi için oldukça karmaşık ve yavaş oldukları sonucuna varılmıştır.

Eşleme işlemini gerçekleştirebilmek için, iki aşamalı bir çözüm uygulanmıştır. Görüntüler hakkında tutulan özellikleri norm hesabı ile tek boyuta indirgenmiştir. İlk adımda, sorgu görüntüsünden elde edilen norm değeri ile veritabanında saklanan norm değerleri karşılaştırılarak, istenen aralığın dışındaki tüm özellikler elenmiştir. İkinci adımda ise kalan norm değerlerini oluşturan vektörler arasındaki mesafeler hesaplanmıştır. Beklenen aralık dâhilinde kalan özellik vektörlerinin ait olduğu görüntüler, sorgu sonucunu oluşturmaktadır. Uygulanan yöntem ile işlem karmaşıklığı en aza indirgenmiştir. Tamamen veritabanı üzerinde gerçekleştirilen yordamlar ile çalışan eşleme işlemi ile sorgu süresi de en aza indirilmiştir.

Literatürde yapılan araştırmalarda, içerik tabanlı görüntü erişimi sistemlerinin genellikle tezde kullanılandan çok daha fazla miktarda görüntüler ile çalıştığı görülmüştür. Tezde

deneysel amaçlı olarak kullanılan görüntü veritabanı ise 1000 resimden oluşmaktadır. Gerçekleştirilen sistem, çok daha fazla sayıda görüntüyü veritabanında içerik tabanlı erişim için kullanabilir. Eşleme işleminin hızı ve etkinliği, çok daha büyük boyutlardaki görüntü veritabanlarında bile makul sürelerde sonuç görüntülerinin oluşturulmasını sağlayabilir.

- Benzerlik için elde edilen sonuçlar, hata hesabı ile ve sezgisel olarak değerlendirilmiştir.

Tezin 6.bölümünde, sorgulama sisteminde elde edilen sonuç görüntüleri ile sorgu görüntüsü arasındaki benzerliği eşleştiren vektörlere bağlı olarak oluşturabilmek için bir benzerlik ölçütü verilmiştir. Bu sayede sonuç görüntülerinin benzerliği oransal olarak elde edilebilmektedir. Ayrıca yine bu bölümde gerçekleştirilen sistem ile değişik parametreler kullanarak deneysel sorgulamalar yapılmıştır. Görüntü içeriği olarak kullanılan renk özellikleri dikkate alındığında, sistem genel olarak tutarlı ve benzer içerikli resimleri benzerlik sırası içerisinde getirebilmektedir.

Sonuç olarak kuantalama metodu olarak K-Means'in Median-Cut'a göre biraz daha yavaş çalıştığı görülmüştür. XYZ uzayı kullanıldığında, RGB uzayından daha başarılı sonuçlar elde edilebildiği gözlenmiştir. HSV uzayı ise, kutupsal koordinatları yüzünden kuantalama işlemi sonucunda algılanan renk bilgisini bozabilmekte, sorgu sonuçlarının beklenenden daha farklı oluşmasına sebep olabilmektedir. Ayrıca HSV uzayına dönüşüm işlemi, karmaşıklığından ötürü sorgu performansını da düşürmektedir. Fazla sayıda nesne barındırmayan, karmaşık görünümlü olmayan, temel olarak birkaç renkle ifade edilebilecek görüntülerde 4 renk sayısını kullanmanın daha verimli olduğu görülmüştür. Renk dağılımlarının karmaşık olduğu, fazla sayıda nesne barındıran görüntülerde ise 8 ve 16 renk sayılarının en başarılı sorgu sonuçlarını verdiği sonucuna varılmıştır. Renk özelliğinin yanında, sorguda verilen görüntüde bulunan renklerin kullanım oranları ve bulundukları konum bilgileri de sorguda kullanılabilir. Bu durumda bulunan sonuç görüntüleri, verilen sorgu görüntüsünün algılanan içeriğine çok daha uygun olmaktadır.

İçerik tabanlı görüntü erişimi konusunda bundan sonra yapılacak çalışmalarda, özellik vektörlerini eşleme için tezde kullanılan yöntemden yararlanılması özellikle hız açısından tavsiye edilir. Her görüntüye ait farklı sayıda özellik vektörü olsa dahi, bu yöntem ile etkin eşleme yapılabilmektedir. Geliştirilen içerik tabanlı görüntü erişimi sistemini insanın algılamasına daha uygun hale getirmek için, renk özelliğinin yanında doku ve şekil özellikleri

de görüntüleri temsil etmek üzere eklenebilir. Bu özellikler için eşleme mekanizmasının değiştirilmesi gerekliliği de bulunmamaktadır.



KAYNAKLAR

- Albayrak, S., (2002), "A Comparison of 1-D and 2-D Self-Organizing Feature Map Algorithm on Color Image Quantization", 9'th International Conference on Neural Information Processing, Singapur.
- Anıl, K.J., (1989), Fundamentals of Digital Image Processing, Prentice Hall, London.
- Cardani, D., (2001), "Adventures in HSV Space", Buena Software Inc.
- Colourware Ltd, (2001), "Frequently Asked Questions About Colour Physics", Colourware Ltd.
- Dekker, A.H., (1994), "Kohonen-Neural Networks for Optimal Color Quantization", Network : Computation in Neural Systems, Vol. 5 : 351-367
- Equitz, W.H., (1989), "A New Vector Quantization Clustering Algorithm", IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing, Vol. 37 : 1568-1575.
- Erdan, G., Duanqing, X., Jingbin, W., Chun, C., (2001), "Perceptually Based Approach to Color Quantization", The 2nd SPIE International Conference of MIPPR, 22-24 Ekim 2001, Wuhan, Çin.
- Fairchild, M.D., (1998), Color Appearance Models, Addison-Wesley, Massachusetts.
- Fonseca, M.J., Jorge, J.A., (2003), "Indexing High-Dimensional Data for Content-Based Retrieval in Large Databases", 8'th International Conference on Database Systems for Advanced Applications (DASFAA '03), Kyoto, Japonya.
- Gudivada, V. N. ve Raghavan, V. V., (1995), "Content-Based Image Retrieval Systems", IEEE Computer, Vol 28 (9) : 18-22.
- Heckbert, P., (1982), "Color Image Quantization for Frame Buffer Display", Computer Graphics, Vol 16 (3) : 297-303.
- Heeger, D, (2003), "Perception Lecture Notes : Color", Department Of Psychology, New York University, New York.
- Kankanhalli, M.S., Mehtre, B.M., Huang, H.Y., (1999), "Color and Spatial Feature for Content-Based Image Retrieval", PAttern Recognition Letters Vol.20 : 109-118.
- Li, Z.N., (2000), "CMPT365 Multimedia Systems Lecture Notes", School Of Computing Science, Simon Fraser University, Kanada.
- Linde, Y., Buzo, A., Gray, R.M., (1980), "An Algorithm For Vector Quantizer Design", IEEE Transactions on Communication, Vol 28 (4) : 84-95.
- Michaels, J.G., Rosen, K.H., (1992), Applications of Discrete Mathematics, McGraw Hill, New York.
- Veltkamp, R. C. ve Tanase, M., (2002), "Content-Based Image Retrieval Systems: A Survey", Department of Computing Science, Utrecht University, Hollanda.
- Verevka, O., Buchanan, J.W., (1995), "Local K-Means Algorithm for Colour Image Quantization", Proceedings of Graphics Interface : 128-135.

Wan, S.J., Prusinkewicz, P., Wong, S.K.M., (1990), "Variance-based Color Image Quantization for Frame Buffer Display", Color Research and Application, Vol 15 (1) : 52-58.

Yu, C., Bressan, S., Ooi, B.C., Tan, K.L., (2004), "Querying High-Dimensional Data in Single Dimensional Space", The International Journal on Very Large Databases, Vol.13 (2) : 105-119.

INTERNET KAYNAKLARI

[1]<http://wang.ist.psu.edu/~jwang/test1.zip>



ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 10.01.1981

Doğum yeri İstanbul

Lise 1992–1998 Vefa Anadolu Lisesi

Lisans 1998–2002 Yıldız Üniversitesi Elektrik-Elektronik Fak.
Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği BölümüYüksek Lisans 2002- Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı,
Bilgisayar Mühendisliği Programı**Çalıştığı kurum(lar)**2003-Devam ediyor YTÜ Elektrik Elektronik Fakültesi
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
Bilgisayar Yazılımı Anabilim Dalında
Araştırma Görevlisi