

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**RENK VE DOKU ÖZNİTELİKLERİ KULLANILARAK
İÇERİK TABANLI GÖRÜNTÜ ERİŞİMİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gültekin BÜTÜN

Enstitü Anabilim Dalı : **ELEKTRİK-ELEKTRONİK
MÜHENDİSLİĞİ**
Tez Danışmanı : **Yrd. Doç. Dr. Gökçen ÇETİNEL**

Ocak 2014

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ


RENK VE DOKU ÖZNİTELİKLERİ KULLANILARAK
İÇERİK TABANLI GÖRÜNTÜ ERİŞİMİ


YÜKSEK LİSANS TEZİ


Gültekin BÜTÜN

Enstitü Anabilim Dalı : ELEKTRİK-ELEKTRONİK
MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 10/ 01 /2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.


Yrd. Doç. Dr. Gökçen
ÇETİNEL
Jüri Başkanı


Yrd. Doç. Dr. N. Berna
TEŞNELİ
Üye


Yrd. Doç. Dr. Serap
KAZAN
Üye

ÖNSÖZ

Bu çalışma, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanan “Renk ve Doku Öznitelikleri Kullanılarak İçerik Tabanlı Görüntü Erişimi” isimli tezi içermektedir.

Yüksek lisans tez çalışması süresince her türlü destek ve yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Gökçen ÇETİNEL’e ve çalışmalarına destek veren, maddi manevi desteklerini esirgemeyen aileme ve arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
TABLolar LİSTESİ	vii
ÖZET	viii
SUMMARY	ix
BÖLÜM 1.GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.İÇERİK TABANLI GÖRÜNTÜ ERİŞİM SİSTEMLERİ.....	4
2.1.Giriş	4
2.2.İçerik Tabanlı Görüntü Erişim Sistemlerinin Yapısı.....	13
2.3.İçerik Tabanlı Görüntü Erişim Sistemleri ve Kullanım Alanları.....	15
BÖLÜM 3.GÖRÜNTÜ İÇERİK TANIMLAYICILARI	20
3.1. Renk Öznitelikleri	21
3.2. Doku Öznitelikleri.....	24
3.3. Şekil Öznitelikleri.....	26
3.4. Konumsal Öznitelikler	27
3.5. Özellik Gösterim Şekilleri.....	29
BÖLÜM4. İÇERİK TABANLI GÖRÜNTÜ ERİŞİMİNDE	
RENK ve DOKU ANALİZİ.....	31
4.1. Renk Analizi	32
4.1.1. Renk Uzayı	32
4.1.2. Renk Momentleri.....	35
4.1.3. Renk Histogramı.....	36

4.1.4. Renk Uyum Vektörü	37
4.1.5. Renk Korelogramı	38
4.1.6. Değişmez Renk Özellikleri	39
4.2. Doku Analizi.....	39
4.2.1. Tamura Özellikleri.....	40
4.2.1.1.Kabalık	40
4.2.1.2.Zıtlık	41
4.2.1.3.Yön	42
4.2.2. Wold Özellikleri	43
4.2.3. Gabor Filtresi Özellikleri.....	44
4.2.4. Gri Seviye Eş Oluşum Matrisi Özellikleri (GLCM)	45
BÖLÜM 5. İÇERİK TABANLI GÖRÜNTÜ ERİŞİMİNDE BENZERLİK	
ÖLÇÜTLERİ ve PERFORMANS DEĞERLENDİRME	50
5.1. Öklid Mesafesi	50
5.2. Manhattan Mesafesi	51
5.3. Minkowski Mesafesi	51
5.4. İçerik Tabanlı Görüntü Erişim Sistemlerinin	
Performans Değerlendirmeleri	52
BÖLÜM 6.UYGULAMA VE SONUÇLAR	55
6.1. Geliştirilen Uygulama ve Görüntü Arşivinin Özellikleri	56
6.2. Görüntü Veritabanının Oluşturulması.....	57
6.3. Renk Özniteliklerinin Çıkarılması.....	58
6.4 Doku Özniteliklerinin Çıkarılması	59
6.5. Sorgu Görüntüsü ile Veritabanındaki Görüntülerin Karşılaştırılması	60
6.6 Uygulamaya Ait Performans Sonuçları	62
BÖLÜM 7.SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	64
KAYNAKLAR.....	65
ÖZGEÇMİŞ	69

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

CBIR	Content-Based Image Retrieval
CCV	Color Coherence Vector
CMY	Cyan, Magenta, Yellow
GLCM	Gray Level Correlation Matrix
HSI	Hue, Saturation, Intensity
IBM	International Business Machines
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MPEG	Moving Pictures Experts Group
OKH	Ortalama Kareysel Hata
QBIC	Query By Image Content
RGB	Red, Green, Blue
SQL	Structured Query Language
VTYS	Veri Tabanı Yönetim Sistemi

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. "Oceans" Kelimesi İle Metinsel Arama Sonuçları.....	7
Şekil 2.2. Metin Parametresi ve Şekil Bilgisi Kullanılarak Yapılan Sorgulama Sonucu [15]......	8
Şekil 2.3. İçerik Tabanlı Görüntü Erişiminin Genel Çalışma Yapısı.....	10
Şekil 2.4. İçerik Tabanlı Görüntü Erişim Sistemi İçin Önerilen Sistem Yapısı [20].	13
Şekil 2.5. COREL Görüntü Veritabanında Farklı Sorgulama Yöntemleri [20]......	14
Şekil 2.6. QBIC Mimarisi [23]......	19
Şekil 3.1. RGB Uzayına Göre Renklerin Oluşturulması [29].	22
Şekil 3.2. Görüntüye ait R, G ve B Kanallarındaki Renk Histogramları	24
Şekil 3.3. Şekil Tanımlama Yöntemlerinin Taksonomisi [34].	27
Şekil 3.4. (a) Örnek Şekil, (b) Örnek Şekil Gösterimi, (c) Temel Alfabe [23]......	30
Şekil 3.5. (a) Nesne Alanlarının Düzlemsel Gösterimi (b) Alt-nesne Alanlarının Ağaç Yapısı İle Temsil Edilmesi [23].	30
Şekil 4.1. Temel İçerik Tabanlı Görüntü Erişim Diyagramı [27].	31
Şekil 4.2. "I" Görüntüsüne Ait Gri Seviye Eş Oluşum Matrisi "M"	45
Şekil 4.3. Gri Tonda Bir Görüntünün Üç Farklı Eş Oluşum Matrisi	47
Şekil 5.1. Geribildirimli Ve Geribildirimsiz 4 Farklı Sorgu Sonucuna Göre Anma-Duyarlık Grafiği [25].	53
Şekil 6.1. Uygulamaya ait Temel İşlem Adımları.....	55
Şekil 6.2. Geliştirilen Uygulamaya Ait Ekran Görüntüsü.....	56
Şekil 6.3. COREL Görüntü Arşivine ait Örnek Görüntüler.....	57
Şekil 6.4. COREL Görüntü Arşivinin MySQL Veritabanındaki Renk Momentlerinin Yapısı	58
Şekil 6.5. Sorgu Görüntüsü "478.jpg"nin Renk ve Doku Özellik Vektörleri	60
Şekil 6.6. Sorgu Görüntüleri	62

TABLolar LİSTESİ

Tablo 6.1. Sorgu Görüntülerine ait Duyarlık ve Anma Değerleri.....	63
--	----

ÖZET

Anahtar kelimeler: Görüntü Erişimi, İçerik Tabanlı Görüntü Erişimi, Görüntü Doku Öznitelikleri, Görüntü Renk Öznitelikleri, Öklid Mesafesi

Son yıllarda bilişim dünyasının hızla gelişmesine paralel olarak elde edilen, arşivlenen ve veritabanında saklanan görsel içeriklerin boyutu artmış ve bu içeriklere gerektiğinde ulaşmak büyük önem kazanmıştır. Yüksek boyutta depolama ihtiyaçlarının da karşılanmasıyla görsel içerikler yaşantımızda daha fazla yer almış, bu içeriklere bireysel ve kurumsal anlamda erişimi mümkün hale getirme fikri doğmuştur.

Sayıları çok büyük boyutlara ulaşan görsel içeriklerin saklanması ve gerektiğinde bunlara erişmek bilişim dünyası açısından önemli bir problemdir. Bu probleme çözüm sunmak için içerik tabanlı görüntü erişim sistemleri geliştirilmiştir. Görüntü erişim sistemlerinin amacı, görüntülere ait görsel içerikler çıkarıp elde edilen bu görsel içerikleri kullanarak sorgu görüntüsüne en benzer görüntüleri elde etmektir. Günümüzde bu amaç doğrultusunda geliştirilen uygulamalara örnek olarak IBM Almaden Araştırma Merkezi'nin geliştirdiği "QBIC", Virage firmasının geliştirdiği "VIR Image Engine" ve "Photobook" uygulamaları örnek verilebilir.

Bu tezde öncelikle içerik tabanlı görüntü erişiminin nasıl gerçekleştirildiği incelenmiş ve temel adımları açıklanmıştır. Literatür taraması yapılarak şimdiye kadar bu konuda yapılan çalışmalar incelenmiştir. Gerçekleştirme aşamasında java programlama dili kullanılarak bilgisayar ortamında öncelikle görüntülerin renk ve doku öznitelikleri elde edilmiştir. Daha sonra elde edilen renk ve doku öznitelik vektörü kullanılarak istenilen görüntüye benzer görüntülerin erişimini sağlayabilecek bir içerik tabanlı görüntü erişim yöntemi geliştirilmiştir. Sunulan yöntemin performansı COREL referans görüntü veritabanı üzerinde incelenmiş ve sonuçlar sunulmuştur.

CONTENT BASED IMAGE RETRIEVAL USING COLOR AND TEXTURE FEATURES

SUMMARY

Key Words: Image Retrieval, Content-Based Image Retrieval, Image Texture Features, Image Color Features, Euclidean Distance

In recent years, the rapid development of the IT industry has increased the size of the visual content archived and stored in the database, and also access this content has gained importance. Since high-sized storage needs are met in the visual content, the idea of making possible to access individual and institutional sense was born.

Reaching very large number of images, content storage and access to them as needed is a real problem in the world of IT. Content-based image retrieval systems have been developed to offer a solution to the problem. Image retrieval systems aim to create visual content of the images, and to achieve similar images by using these visual contents of the query image. Today, examples of applications developed for this purpose are, "QBIC" by IBM Almaden Research Center, and "VIR Image Engine" by Virage Company and "Photobook".

In this thesis first how to perform content-based image retrieving has been researched and it's basic steps explained. Literature review was conducted on this work so far. In implementation stage the color and texture of the images were analyzed and an application was developed using color and texture features. Performance of this application is presented on reference COREL image database.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Son yıllarda bilişim dünyasının hızla gelişmesine paralel olarak elde edilen, arşivlenen ve veritabanında saklanan görsel içeriklerin sayısı artmış ve bu içeriklere gerektiğinde ulaşmak büyük önem kazanmıştır. Yüksek boyutta depolama ihtiyaçlarının da karşılanmasıyla görsel içerikler yaşantımızda daha fazla yer almaya başlamış ve bu içeriklere bireysel ve kurumsal anlamda erişimi mümkün hale getirme fikri ortaya çıkmıştır. Sayıları çok büyük boyutlara ulaşan görsel içeriklerin saklanması ve erişimi bilişim dünyası açısından önemli bir problem olmaya başlamıştır.

Görsel bilgi içeriği metinsel olarak tasvir edildiğinde ortaya çıkan algısal boşluklar nedeni ile geleneksel veritabanı işlemlerinin gerçekleştirilememesi görüntü erişim probleminin temel nedenlerinden biridir. Görsel bilgiler ancak sezgisel olarak algılanabilen bir yapıya sahiptir. Dolayısıyla veritabanında bulunan veya arşivlenmiş görsel bir içeriğe erişim, metinsel olarak saklanmış bir bilgiye erişimden daha fazla bilgi gerektirir. Bu nedenle görüntünün içeriği önemli bir erişim parametresi olarak değer kazanmış olur. İçerik tabanlı görüntü erişim sistemleri ile görüntülere ait görsel veri içerikleri kullanılarak erişim sağlayan bir sistemin geliştirilmesi amaçlanmıştır [1].

Geleneksel bilgi sistemleri, yapısı tanımlı veriler üzerine tasarlanır ve gerçekleştirilir. Örnek olarak kişi numarası, adı, kayıt tarihi gibi alanlar tanımlı yapılar olarak belirtilebilir. Yapısı tanımlı bu veri türleri genellikle Veri Tabanı Yönetim Sistemlerinde (VTYS) saklanır. Yapısı tanımlı verilere erişim klasik Yapılandırılmış Sorgu Dili(Structured Query Language - SQL) sorgularıyla sağlanabilir. Ancak, yapısı tanımlı olmayan veriler her ne kadar veritabanlarında saklanabilse de bu verilere erişimde klasik veritabanı yönetim sistemleri yetersiz kalmaktadır. Bilişim dünyasında yapısı tanımlı olmayan veya yarı-tanımlı verilere erişim Bilgi Erişimi

(Information Retrieval) olarak bilinir. Bu amaca yönelik geliştirilen sistemlere ise Bilgi Erişim Sistemleri (Information Retrieval Systems) adı verilir [2].

Son yıllarda içerik tabanlı sistemlerin önem kazanmasının nedeni şu şekilde açıklanabilir. Günümüze kadar olan süreçte sayısal ortamda bulunan bilgiler metin ve sayı tabanlıdır. MPEG gibi yeni standartlar, internetin sağlamış olduğu zengin bilgiler, çeşitli görüntü veritabanları ve tıp dünyasında bulunan görüntü arşivlerinin hızla gelişmesi çoklu ortam ile ilgili bilgileri her geçen gün arttırmıştır. Dolayısıyla klasik metin tabanlı görüntü erişim yöntemleri önemli araştırmalar ve kuruluşlar için yetersiz kalmıştır. Metin tabanlı bir indekslemede belirleyici tanımlamalar yapıyı kuracak kişilerin yorumlama gücüne ve bilgisine bağlıdır. Herhangi bir görüntü için yapılacak tanımlamalar algısal olacağından metin tabanlı indeksleme istenilen sonucu vermeyebilir. Diğer bir deyişle, farklı kişilerin aynı görüntüler için farklı yorumlar yapabilme ihtimali indekslemede hatalara neden olabilir. Bu problemi ortadan kaldırmak için 1990'lı yıllarda içerik tabanlı görüntü erişim fikri doğmuş ve bu amaç için çeşitli sistemler geliştirilmeye başlanmıştır [3].

İçerik Tabanlı Görüntü Erişim Sistemleri görüntülere erişim için görüntülerle ilişkilendirilmiş metinsel bilgilerin yanında asıl olarak görüntünün kendi içyapısını oluşturan renk, şekil ve doku gibi görsel tanımlayıcıları erişim parametresi olarak kullanır. Böylece arşivdeki görüntüler pasif nesne olmaktan çıkar ve erişim sürecine doğrudan katılan aktif nesnelere haline gelir [4].

Görsel bilgi, görüntüye ait üst veri (Meta-Data) ve görsel nitelikler olarak belirtilen görüntünün kendisinin sahip olduğu bilgi olmak üzere iki temel bileşenden oluşmaktadır. Üst veri, metinsel içeriklerden oluşur ve genellikle veritabanları ile ilişkilendirilen bir yapıya sahiptir. Görsel nitelikler ise görüntüden çeşitli işlemler sonucunda elde edilen renk, doku, şekil gibi temel öznitelikleri belirten bilgidir. Bu bilgi görüntü işleme teknikleri ve çeşitli matematiksel hesaplamalar sonucunda elde edilir [5].

Görsel nesnelere, görüntü ve hareketli görüntü olmak üzere iki grupta incelenir [6]. Sayısal ortamda “.jpeg, .tiff, .gif, .bmp” gibi formatlarda arşivlenen fotoğraf, grafik

ve resim gibi dosyalar “görüntü”, “.avi, .mpeg, .mov, .mkv” gibi dosya formatlarıyla arşivlenen video dosyaları ise “hareketli görüntü” olarak tanımlanmaktadır. Hareketli görüntüler birbiri ardına gelen sabit görüntülerden oluşmaktadır. Sesli olabilme ve belirli süre devam etme gibi özellikleri hareketli görüntüleri sabit görüntülerden ayırmaktadır [1].

Bu tezde referans bir veritabanında bulunan farklı kategorilere ayrılmış görüntüler üzerinden erişim sağlayan bir içerik tabanlı görüntü erişim sistemi gerçekleştirilmiştir. Sistemde, veritabanında bulunan görüntülere ait renk ve doku özellikleri çıkarılarak özellik vektörleri oluşturulmuştur. Öncelikle sorgu görüntüsüne ait renk özellik vektörü ile veritabanında bulunan bütün görüntülere ait renk özellik vektörleri karşılaştırılarak sorgu görüntüsüne benzer görüntüler elde edilmiştir. Bu sayede veritabanındaki benzer görüntü sayısı bir miktar düşürülmüştür. Daha sonra filtrelenmiş bu görüntüler arasında doku özellik vektörü karşılaştırılması da yapılarak istenilen görüntüye erişimin en doğru şekilde sağlanması hedeflenmiştir. Yapılan bu çalışmanın renk ve doku özellik vektörü çıkarma ve bu vektörler kullanılarak tasarlanacak erişim sistemleri için yol gösterici bir örnek olması amaçlanmıştır.

Tez şu bölümlerden oluşmaktadır: Bölüm 2’de içerik tabanlı görüntü erişim sistemleri anlatılmıştır. Görüntü içerik tanımlayıcıları Bölüm 3’de tartışılmıştır. Bölüm 4’te içerik tabanlı görüntü erişim sistemlerinde renk ve doku analizi üzerinde durulmuştur. Bölüm 5’te içerik tabanlı görüntü erişim sistemlerinde kullanılan benzerlik ölçütleri verilmiştir ve bu ölçütler kullanılarak performans değerlendirmesinin nasıl yapıldığı açıklanmıştır. Bölüm 6’da tez kapsamında gerçekleştirilen görüntü erişimi uygulaması tanıtılmış ve uygulamaya ait sonuçlar sunulmuştur. Çalışmaya ait sonuçlar ve öneriler Bölüm 7’de tartışılmıştır.

BÖLÜM 2. İÇERİK TABANLI GÖRÜNTÜ ERİŞİM SİSTEMLERİ

2.1. Giriş

Görüntü erişim sistemlerinin amacı ve gerekliliği Bölüm 1’de kısaca açıklanmıştır. Bu bölümde içerik tabanlı görüntü erişim sistemlerinin yapısı ve kullanım alanları üzerinde durulacaktır.

Görüntü erişim sistemleri temel olarak aynı hedefi gerçekleştirmek için çalışsalar da yöntem olarak farklılık gösterebilirler. Örnek olarak IBM Almaden Araştırma Merkezi tarafından geliştirilen QBIC ilk ticari içerik tabanlı görüntü erişim sistemidir. IBM tarafından geliştirilen bu sistem, yapısı ve kullandığı yöntemler itibarıyla daha sonra geliştirilen sistemleri etkilemiştir [7]. Virage Inc tarafından geliştirilen Virage adlı içerik tabanlı görüntü erişim sistemi QBIC’e benzer yapıdadır. Virage’de, QBIC tarafından yapılan işlemler geliştirilmiş ve sorgulamadaki renk, doku ve yapı öğelerinin erişimdeki ağırlıkları kullanıcı tarafından değiştirilerek bir geribildirim olanağını kullanıcıya sunmuştur. İlerleyen zamanlarda çok farklı içerik tabanlı görüntü erişim sistemleri geliştirilmiştir. Bunlara örnek olarak, Blobworld, Chabot, ImageRover, RetrievalRover, RetrievalWare, Photobook, VisualSEEK, Viper, Netra verilebilir [8].

İçerik Tabanlı Görüntü Erişim Sistemleri görüntülere erişim için görüntülerle ilişkilendirilmiş metinsel bilgilerin yanında asıl olarak görüntünün kendi iç yapısını oluşturan renk, şekil ve doku gibi görsel tanımlayıcıları erişim parametresi olarak kullanır. Böylece arşivdeki görüntüler pasif nesne olmaktan çıkar ve erişim sürecine doğrudan katılan aktif nesnelere haline gelir [4].

Şu anda üzerinde çalışılan görüntü erişim sistemlerinde görsel tanımlayıcılar kullanılarak doğruluk oranı yüksek erişim sağlanmaya çalışılmaktadır. Dolayısıyla görsel bilgiye erişim metinsel bir bilgi deposu içerisinde anahtar kelimeler veya kelime grupları kullanılarak sağlanmaz. Görsel içeriğin nesnel ölçümleri referans alınarak ve uygun benzerlik modelleri kullanılarak bir erişim sağlanır. Belirtilen bu görüntü erişim sistemlerinde görüntü işleme, örüntü tanıma ve bilgisayar görmesi sistemin temel ayrılmaz parçalarındandır. Bu çalışma alanları piksel dağılımının nesnel analizlerine ve işlenmemiş duyuşal girdilerinden alınan otomatik çıkarım ölçümlerine izin verir [9].

Bir bilimsel disiplin olarak bilgi erişimi aşağıda maddeler halinde sıralanan temel özellikleri içerir [10]:

- a. Bilgi toplama,
- b. Sınıflama,
- c. Kataloqlama,
- d. Depolama,
- e. Büyük miktardaki verilerden arama yapma ve bu veriler içerisinde istenen bilgiyi üretme.

Bilgi erişim süreçlerinin kararlı yürüyebilmesi için dizinleme ve sınıflama sistemleri oluşturulmakta bu amaçla arama motorları ve arama robotları tasarlanmaktadır. Fakat tasarlanan araçların ve sistemlerin yeterince verimli olmadığı görülmektedir. Metinsel erişimle ilgili problemler bile tam anlamıyla çözümlenememişken, görsel bilgiye erişimin zorluğu açığa çıkmaktadır. Web’de bulunan görüntü sayısının 1997 yılında Sclaroff ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmalar sonucunda 10 ila 30 milyon arasında olduğu tahmin edilmiştir. Günümüzde ise bu sayının üç milyarı aştığı tahmin edilmektedir. Sayısal görüntü miktarındaki bu hızlı artış ve kullanıcıların deneyimlerindeki sınırlamalar görsel bilgi erişim sistemlerinin sorunlarını artırmaktadır [11].

Görüntü erişim sistemleri ile ilgili çalışmaların temeli 1970’lere kadar dayanmaktadır. Zaman içerisinde söz konusu çalışmalara olan ilgi hızla artmaktadır.

Görüntü erişimi üzerine yapılan çalışmalar farklı şekillerde karşımıza çıkmaktadır. Temel olarak üç farklı yaklaşımdan söz edilmektedir [1]. Bunlar;

1. Metin Tabanlı Görüntü Erişimi,
2. Kullanıcı Etkileşimli Görüntü Erişimi,
3. İçerik Tabanlı Görüntü Erişimi'dir.

Metin tabanlı görüntü erişiminde, kelime ya da kelime grupları kullanılarak bir görsel yapıyı bütün yönleriyle ifade edebilmek önemlidir. Kullanıcının söz konusu materyalin farklı özelliklerini öne çıkarabileceği ve bu özellikleri kullanarak bir görsel nesneyi arayabileceği düşünülürse metin tabanlı görüntü erişim sistemlerinin yetersizliği anlaşılmış olur. Bir tek görüntünün erişim açısından her yönüyle ifade edilebilmesi için bile çok fazla dizin terimi gerekmektedir. Dolayısıyla dizinleme işleminin insanlar tarafından yapılması işin zorluğunu artırmaktadır.

Arama motorları ilk kurulduklarında metin tabanlı yapıda oluşturulmuş indekslere göre bir arama mantığı ile çalışmaktaydı. Böyle bir yapıda görüntünün tanımındaki kelimelerle aranan kelimeler arasında metinsel bir eşleştirme yapılarak sonuçlar sunulmaktadır. Artık günümüzde bazı ticari Web arama motorları, bir içerik tabanlı erişim seçeneği ile karşımıza çıkmaktadır: Örneğin Yahoo Excalibur teknolojisine dayanan Image Surfer, ve Virage teknolojisini kullanan Alta Vista AV Photo Finder bu sistemlere örnek olarak gösterilebilir [12]. Şekil 2.1'de "oceans" kelimesi ile metinsel aramanın bir örneği gösterilmektedir.



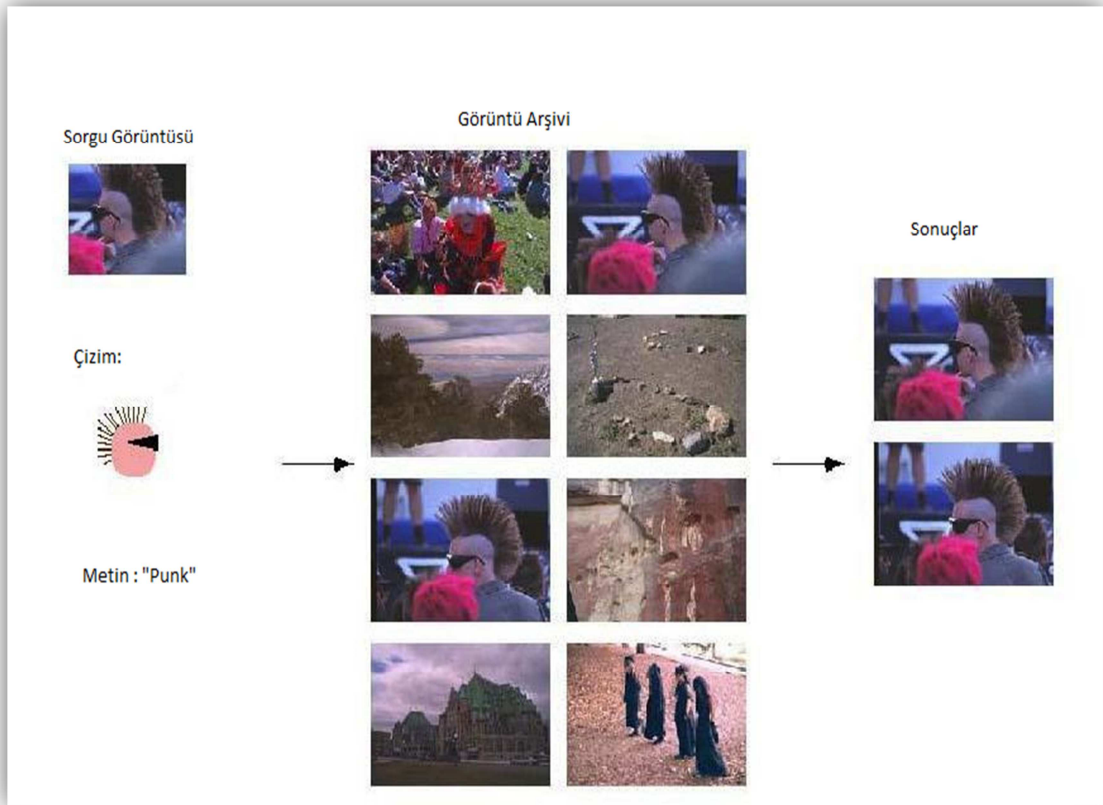
Şekil 2.1. "Oceans" Kelimesi İle Metinsel Arama Sonuçları

Şekil 2.1’de gösterildiği gibi görüntüler metinsel ifadelerle indekslendiği için ”oceans” kelimesi yazılarak yapılan sorgulamada asıl görüntülenmek istenen görüntülerden anlamsal olarak çok farklı sonuçlar listelenmektedir.

Kullanıcı etkileşimli görüntü erişim sistemleri ile farklı disiplinlerde bulunan, birbirinden farklı bilgi gereksinimlerine sahip kullanıcıların sorgu türleri analiz edilebilmektedir. Bu tip sistemlerde kullanıcıların bilgi arama davranışları ile sistemin örtüşmesi hedeflenir. Önemli olan kullanıcının bilgi gereksinimidir ve bu gereksinim kullanıcıların arka plan bilgileri ve ilgi alanları ile örtüşmektedir. Çeşitli disiplinlere yönelik olarak o disiplinin kullanıcılarının gereksinim duyduğu görsel bilgiye erişim sağlamayı kolaylaştıracak sistemler tasarlanmaktadır. Örneğin gazetecilik, kriminoloji, tıp, sanat tarihi gibi alanlar bu tip araştırmalara konu olan alanlardır [13]. Konu ile ilgili literatür incelendiğinde özellikle bahsedilen alanlarda üzerinde durulan yaklaşımın içerik tabanlı görüntü erişimi olduğu görülmektedir. Geniş kapsamlı görsel materyal içeren görüntü veritabanlarının düzenlenmesi için metin tabanlı ve otomatik olmayan sistemlerin kullanımının yetersiz olacağı

görülmüş ve bu nedenle görüntülerin kendi içerikleriyle; örneğin renk, doku ya da şekilleriyle dizinlemesi konusunda çalışmalar yoğunlaşmıştır [14].

İçerik tabanlı görüntü erişim sistemlerinde sorgulanacak görüntünün içeriksel tanımlayıcılarına ek olarak metinsel bilgi de bir sorgulama parametresi olabilir. Şekil 2.2’de sorgu görüntüsüne ait metinsel bilgi ve şekil bilgisi arama kriteri olarak belirtilmiş ve sorgulama yapılmıştır. Küçük bir örnek görüntü üzerinden veya kullanıcıdan alınan bir taslak resim veya indeksleme yapısına göre metinle arama yapabilmek mümkündür. Şekilde "punk" anahtar metni ile yapılan bir tarama ile görüntü arşivinden çıkarılan resimler sonuçlar başlığı altında gösterilmiştir. Görüntü arşivi imge veritabanındaki resimleri temsil etmektedir [15].



Şekil 2.2. Metin Parametresi ve Şekil Bilgisi Kullanılarak Yapılan Sorgulama Sonucu [15].

Görüntünün içeriği temel alınarak erişimin yapıldığı sistemlere ise içerik tabanlı görüntü erişim sistemi adı verilir. Literatürde içerik tabanlı görüntü erişim teriminin ilk kullanımı renk ve şekil öznitelikleriyle bir veritabanından görüntülerin otomatik

erişimi ile ilgili deneylerini tanımlayan Kato'ya aittir [9]. O zamandan beri bu terimin kullanımı, otomatik olarak görüntülerin kendilerinden de çıkarılabilen renk, doku ve şekil gibi özniteliklerin temeline dayanarak büyük bir veritabanı içinden istenilen görüntüye erişim işlemini tanımlamak için yaygınlaşmaya başlamıştır. Erişim için kullanılan öznitelikler, ya ilkel ya da anlamsal olabilmekle beraber seçip çıkarma işlemi, ağırlıklı olarak otomatik olmalıdır. Anahtar sözcükler görüntü içeriğini tanımlasa bile, elle anahtar sözcüklerin belirlendiği görüntülere erişim, sanıldığı gibi aksine içerik tabanlı görüntü erişimi değildir.

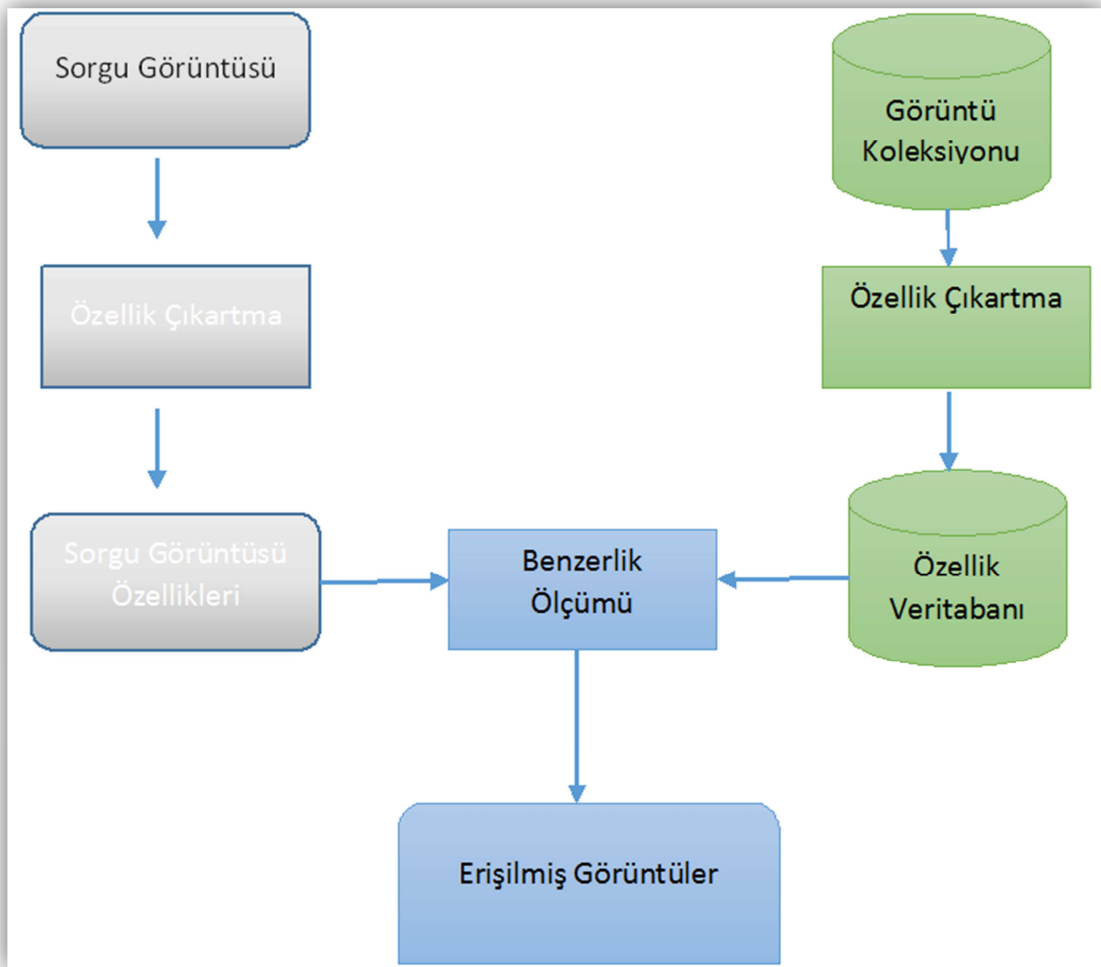
Karakterlerden oluşan veritabanları, çok sayıda bilginin yerel bir depoda saklanmasına ve uygun sorgulama dili yoluyla içeriğe erişime izin verir; bilgi, verimliliğin sağlanması için yapılandırılır. Diğer taraftan CBIR sistemleri yapılaşmamış, metinsel belgelere erişimi sağlar çünkü sayısallaştırılmış görüntüler, bütünüyle kalıtsal bir anlama sahip olmayan piksel yoğunluklarının dizinlerinden oluşur. Görüntü işleme olayı ile ilgili ana konulardan biri de görüntünün içeriği ile ilgili akıl yürütme mümkün olmadan önce özel şekiller, renkler ya da görüntülerin varlığının tanınması gibi işlenmemiş bilgilerden yararlı bilgileri seçip çıkarmaktır. Görüntü veritabanları temelde bu yüzden işlenmemiş materyallerin, ASCII karakter dizileri olarak depolanan kelimelerin, yazar tarafından mantıksal olarak zaten yapılandırıldığı karakter veritabanlarından ayrılır [3].

İçerik tabanlı görüntü erişimi, sorgu görüntüsü ile arşivlenmiş görüntülerin veritabanları arasında doğrudan bir eşleştirme işlemi gerektirir. Bu işlem, görüntünün kendine has özellikleri için öznitelik vektörü hesaplamayı gerektirir. Benzerlik, görüntünün öznitelik vektörleri karşılaştırılarak hesaplanır. Bu işlemin sonucu, öznitelik vektörleri tarafından temsil edilen iki görüntü arasındaki görme uzaklığını ölçen incelenmiş benzerlik derecesidir. Görüntü kodlama, depolama, sıkıştırma, gönderme, görüntüleme, öznitelik çıkarılması ve eşleştirme yapılırken yaşanan görüntü erişim sorunları büyük ölçüde tanımlanmıştır. Bu sorunların çözümleri için yapılan inceleme alanları ve sayıları artmıştır [12].

Görsel bilgi erişimi için ihtiyaç duyulan bilgi oldukça fazladır. Ayrı ayrı ortaya çıkan farklı araştırma alanları görsel bilgi erişimi konusuna önemli katkılarda

bulunmaktadır. Bilgi erişimi, görsel bilgi modelleme ve gösterme, görüntü/video analizi ve işleme, örüntü tanımlama ve bilgisayar görmesi, çoklu ortam veritabanı düzenlemesi, çok yönlü dizinleme, kullanıcı davranışlarının psikolojik modellenmesi, insan-makine etkileşimi ve bilgi görüntüleme yazılım mühendisliği alanları ayrı çalışma alanları olmasına karşın birbirleriyle ilişkili olan bir yolla görsel bilgi aramaya katkıda bulunan en önemli araştırma alanlarıdır [14].

Şekil 2.3'te basit bir CBIR sistemi temsili olarak göstermektedir.



Şekil 2.3. İçerik Tabanlı Görüntü Erişiminin Genel Çalışma Yapısı

Esas olarak içerik tabanlı görüntü erişim sistemleri; görsel öznitelik çıkarımı, yüksek boyutlu indeksleme ve erişim sistemi tasarımı olmak üzere üç temel bileşenden oluşmaktadır [8]. Belirtilen bu temel bileşenler arasında görsel öznitelik çıkarımı

içerik tabanlı erişim sistemlerinin en temel bileşeni olarak bilinmektedir [16]. Bir görüntüye ait görsel öznitelikler çıkarılarak görüntünün renk, doku ve şekil gibi öznitelikleri elde edilir ve bu öznitelikler sistemde kullanılarak bir indeksleme işlemi gerçekleştirilir [19].

Yüksek boyutlu indeksleme, dizinlenecek bilginin erişim sistemine dahil edilmesi için yapılan bir dizi işlemi ifade etmektedir. Bu işlemler temel olarak yüksek boyutlu öznitelik vektörünün boyutunun düşürülmesi (dimension reduction) ve insan algısına yönelik görsel benzerlik hesaplamasını içeren çok boyutlu dizinleme tekniklerini içerir. Boyut düşürülmesi ile erişim kalitesi ve kolaylığı etkilenmeyecek şekilde öznitelik vektörleri üstünde çeşitli matematiksel işlemler yapılarak vektör boyutu azaltılır. Görüntü erişim sistemleri temel olarak şu özelliklerin bir veya daha fazlasını destekleyerek bir erişim sunmaktadır. Rastgele göz gezdirme, örnek sorgu görüntüsünü kullanarak arama, taslak çizim ile arama, metin ile arama ve isteğe göre uyarlanmış görüntü kategorileri arasında gezinme [8].

Görsel bilgi üst veri ve görsel nitelikler olarak adlandırılan iki temel bileşenden oluşmaktadır. Görsel nesneden bir dizi bilgisayar işlemi sonucunda elde edilen görsel nitelikler, kullanıcıların istedikleri görüntülere erişim sağlamalarında önemli rol oynamaktadır [1].

Farklı yöntemler ile talep edilen görüntülere erişim sağlanmaktadır. Bunlardan biri de sıkça kullanılan piksel karşılaştırma yöntemidir. Bu yöntem ile sorgu görüntüsü olarak kullanılan ham görüntünün piksel değerleri kullanılarak bir dizi işlem yapılır ve görüntü arşivleri veya veritabanlarında bulunan görüntüler arasındaki benzerlik araştırılır. Benzerlik oranını belirlemek için kullanılan yöntemlerden biri Ortalama Karesel Hata (OKH) yöntemidir. Ortalama Karesel Hata'nın hesaplama yöntemi aşağıda belirtilmektedir. [17].

$$OKH = \sum_{i=1}^x \sum_{j=1}^y \frac{|a_{ij}-b_{ij}|^2}{x.y} \quad (2.1)$$

Eşitlik 2.1’de geçen $x \cdot y$ çarpımı karşılaştırılan piksel bloğu içindeki toplam piksel sayısını, a_{ij} karşılaştırılan iki piksel bloğundan a-bloğu içinde yer alan pikselin değerini ve b_{ij} de b-bloğu içinde yer alan pikselin değerini ifade etmektedir [1].

Aşağıda, piksel karşılaştırma yöntemini kullanan bir sisteme yöneltilebilecek sorgu örnekleri sıralanmaktadır [5]:

- a. “Eğer portakal renginin ortalama değeri; kırmızı= 225, yeşil=130 ve mavi= 0 olarak tanımlandıysa, 100. ve 200. piksel aralıkları portakal rengi olan tüm görüntüleri bul.”
- b. “Orta bölümünde, örnek olarak gösterilen resimle yaklaşık olarak aynı renge sahip olan tüm görüntüleri bul.” Burada “orta bölüm” koordinatlarla; “yaklaşık olarak aynı renge sahip” ifadesi de renk mesafelerinin hesaplanmasıyla belirlenmektedir.
- c. “Verilen resmin en fazla “D” kadar kaymış hali olan bütün resimleri bul.” D kayma mesafesini ifade etmektedir.

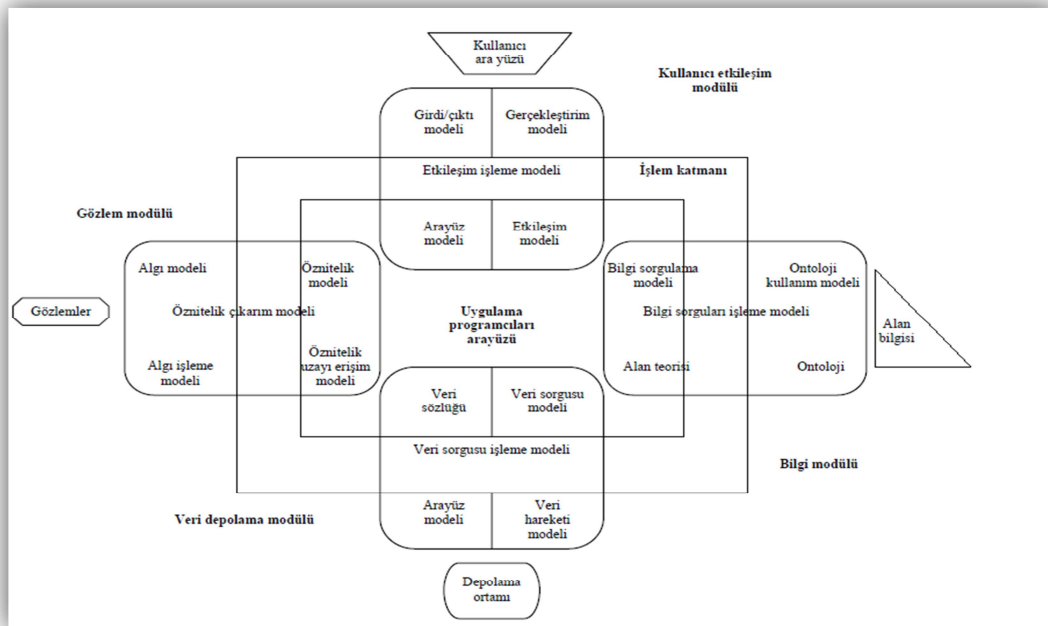
Kullanıcı insiyatifi ile sistemin arama ve sorgulama yapması görüntü erişiminde piksel karşılaştırma yönteminin verimliliğini etkilemektedir. Çünkü kullanıcı bakış açısı ile sistemin arama ve sorgulama yeteneği tam olarak eşleşmemektedir. Kullanıcı gereksinimi yukarıda yer alan örneklerdeki gibi sorgular sonucunda karşılanabiliyorsa görsel bilgi için kullanılan veri modellemesi basittir. Ancak, piksel tabanlı bu modeller çeşitli sorunları da beraberlerinde getirmektedir. Öncelikle gürültüye karşı son derece duyarlıdır. En ufak bir parazit aranan görüntülere erişimi engeller. Bunun yanı sıra görüntüdeki nesnelerin konumundaki değişim durumları ve döndürme (rotation) konusunda da bu sistemlerin eksiklikleri vardır. Talep edilen görüntüye uygun ama farklı bir açı ile görüntülenmiş bir görsel nesne sorgu sonuçları arasında yer almamaktadır. Renk değişimleri ve benzeri görsel durumlardaki farklılıklar, piksel değerlerini büyük ölçüde etkilediğinden yanlış sorgu sonuçlarına neden olurlar [5].

Yukarıda belirtilen nedenlerden dolayı görsel içeriğin kullanıcı yargısına kıyasla basit fakat etkili benzerlik ölçümlerine olanak tanıyacak bir biçimde temsil edilmesi

gerekmektedir. Bunun için görsel nesne özellikleri bir vektör uzayı içindeki vektörlere dönüştürülür [18].

2.2. İçerik Tabanlı Görüntü Erişim Sistemlerinin Yapısı











İçerik tabanlı görüntü erişim sisteminin yapısı, kullanıcı sayısının çok olduğu geniş görüntü arşivlerinde, verilerin ve özniteliklerin isimlendirildiği dosyalar altında tutulmasıyla karmaşık bir yapı gösterebilir. Bu alanda yapılan çalışmalar incelendiğinde Smeulders ve arkadaşlarının önerdiği yapı, oluşturulmak istenilen görüntü erişim sistemi için uygun görülmektedir. Belirtilen yapıda sistem tasarımı için 4 ana modülden oluşan bir yapı önerilmektedir. Bu yapı Şekil 2.4'te gösterilmiştir. Önerilen modüller: Algısal ve özniteliksel hesaplama modülü, alan bilgisi ve yorum modülü, etkileşim ve kullanıcı arayüzü modülü, depolama ve dizinleme modülüdür. Şekil 2.4'te belirtilen bu yapı, içerik tabanlı görüntü erişim sistemleri için referans bir yapı oluşturacağı ifade edilmektedir. Günümüzde bu modüllerin tamamını bünyesinde bulunduran bir sisteme sahip olmanın zor olduğu bilinmekle birlikte, sistem mimarisi açısından etkinliğin artırılması için bu tip bir yapının geliştirilmesi son derece önemlidir [1].



Şekil 2.4. İçerik Tabanlı Görüntü Erişim Sistemi İçin Önerilen Sistem Yapısı [20].

Görüntülerin içyapısı kullanılarak bir erişim sisteminin oluşturulması, sistemin verimliliği açısından önemlidir. Doku, renk ve şekil gibi öznitelikleri tanımlanan görsel nesnel bütünlükleri korunarak sistem içerisinde yer almaktadırlar. Öznitelik vektörleri, her öznitelik vektörüne karşılık bir kayıt olacak şekilde standart ve doğrusal olarak depolanmaktadır. Dizinleme ise, alan bölümlenme (space partitioning), veri bölümlenme (data partitioning), uzaklık tabanlı (distance-based) dizinleme teknikleri kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Alan bölümlenme tekniğinde, özellik alanı ağaç biçimli olarak düzenlenmiştir. Bu ağaç biçimli yapıdaki her düğüm (node) bu alan içerisindeki bir bölgeye denk gelmektedir. Bir bölgedeki noktalar önceden belirlenmiş miktarı aştığında bölge, alt bölgelere ayrılmaktadır. Veri bölümlenme tekniği özellik alanındaki her noktayı, vektöre komşuluk eden bir bölge ile birleştirme özelliğine sahiptir. Uzaklık tabanlı dizin yapılarındaki mantık ise, bir örnek noktanın belirlenip, özellik alanının geri kalanının örnek çevresinde eş merkezli halkalar oluşturacak biçimde bölünmesi biçimindedir [20].

Salt okunur veritabanlarının bir adım sonrası, görsel bilgi erişim için genişletilmiş veritabanı yönetim sistemleri olarak gösterilmektedir. QBIC ve Virage bu sistemler içinde ilk akla gelenlerdendir. Örneğin Şekil 2.5'te COREL görüntü veritabanında kullanılan farklı sorgulamalara yer verilmektedir.

	Örnek Sorgular	Örnek sorguya ait sonuçlar
Tam	Uzamsal İfade/Spatial Predicate 	
	Görüntü İfadesi/Image Predicate Amount of "sky" > 20% and amount of "sand" > 30%	
	Grup İfadesi/Group Predicate Location = "Africa"	
Yaklaşık	Uzamsal Örnek/Spatial Example 	
	Görüntü Örneği/Image Example 	
	Grup Örneği/Group Example pos* neg 	

Şekil 2.5. COREL Görüntü Veritabanında Farklı Sorgulama Yöntemleri [20].

2.3. İçerik Tabanlı Görüntü Erişim Sistemleri ve Kullanım Alanları

Hareketli ve hareketsiz görüntülere tam olarak erişim bazı durumlarda çok önemli olabilmektedir. Bu görüntüler çeşitli uygulama alanlarında kullanılabilir. Tıbbi tanı, suç önleme, askeri donanımlara ait uygulamalar, mühendislik ve mimari tasarımlar, moda ve iç tasarım, gazetecilik ve reklamcılık, coğrafi bilgi sistemleri, tarihi eserler vb. alanlar bu uygulama alanlarına örnek olarak gösterilebilir. Kısaca bu uygulama alanlarına değinelim [12]:

Tıbbi olarak radyoloji, histopatoloji ve bilgisayarlı tomografi gibi tanısal alanlarda modern tıp oldukça gelişmiştir ve bu alanlarda elde edilen medikal görüntüler gün geçtikçe artmaktadır. Elde edilen bu görüntülere ait örneklerden bazıları çok önemli olabilmektedir. Ciddi boyutlara ulaşan bu görüntü arşivlerinden belirlenen bir görüntüye benzer olan görüntülere erişim tıp dünyasında yapılan çalışmalar için önemli olabilmektedir. Medikal görüntüleme sisteminde adı geçen bir hastayla ilgili görüntüyü gösterebilmenin öncelikli olması beklenir. Bunun yanında benzer vakaları tanımlayarak teşhis koymaya yardımcı olması için CBIR tekniklerine olan ilgi gün geçtikçe artırmaktadır ve bu alanda çalışmalar son yıllarda gelişme göstermektedir.

Askeri alanlarda görüntüleme teknolojileri oldukça gelişmiş boyuttadır. Havada, denizde ve karada düşman kuvvetlerinin radar ekranlarından tespit edilmesi, uydudan alınan görüntüler ile askeri hedeflerin tanımlanması, füzeler için güdüm sistemlerinin tedarik edilmesi vb. alanlar, askeri alanlardaki bazı görüntü işleme uygulama alanlarıdır.

Adli vakalarda emniyet mensupları genel olarak sanıkların yüz resimleri, parmak izleri ve ayak izlerini içeren görsel kanıtların bulunduğu geniş arşivlere sahiptirler. Bu alanda çalışan uzmanlar görüntü erişim sistemlerini kullanarak gerekli durumlarda olay yerindeki kanıtların arşivlerdeki kayıtlara olan benzerliklerini karşılaştırabilirler veya kişilere ait kimlik doğrulaması yapabilirler.

Mimarlık ve mühendislik alanlarında tasarım nesnelerini tanımlamak için formatlanmış 2-D ve 3-D modellerinin kullanımı, teknik olmayan alıcılardan faydalanmak için tasarımları görselleştirme gereksinimi ve genelde finansal olan dış kaynaklı kısıtlamalar tasarımcıyı önceki tasarımlardan haberdar olmak mecburiyetinde bırakmaktadır. Bu nedenle bazı şekillere benzer olan veya belirlenmiş kriterlere uygunluk gösteren örnekler, tasarım arşivlerini araştırmada önemli bir yere sahip olabilmektedir.

Görsel ve yazılı medya çok önemli içerikte fotoğraf arşivlerine sahiptir. Bu arşivler çok büyük boyutlu olabilir. Bu görüntülere gerektiğinde erişmek gün geçtikçe problem haline gelmektedir. CBIR teknikleri, bir dizi videoyu tek tek çekimlere bölmek ve her çekim için tanıtıcı kareler oluşturmak için kullanılabilir. Bu şekilde tamamen otomatik araçlarla her video için bir film şeridi oluşturmak mümkündür. Bu uygulama alanı, şu anki CBIR teknolojisinin yaygın kullanımlarından biridir.

Benzer görüntülere erişim, moda ve iç tasarımı kapsayan alanlarda da gözlenebilir. Burada tasarımcı materyallerin seçimi gibi sorumluluklar ile karşı karşıya kalabilir. Belli bir renk karışımını veya dokuyu bulmak için kumaş koleksiyonunu araştırma kabiliyeti, artık tasarım dünyası için bir zorunluluk olarak tanımlanmaktadır. Bu sebeple ihtiyaç doğrultusunda aranılan doku veya renk karışımının bulunabilmesi için görüntü erişim teknikleri kullanılmaktadır.

Coğrafi bilgi sistemleri, uzaktan algılama alanında konumsal öznitelikler yoluyla araştırma yapabilmeye ihtiyaç duyarlar. Örneğin belirli bir bölgede bulunan bir eczaneye en yakın hastanelerin tespiti gibi bir sorgulama ihtiyacı ortaya çıkabilir. Ayrıca uydu görüntülerini analiz eden tek kuruluş ordu değildir. Örnek olarak tarım uzmanları ekinlerin sağlık durumu bilgisini öğrenmek, besin değeri bakımından eksik olan alanları tanımlamak, çiftçilerin nadasa bıraktıkları toprakların oranını tespit etmek gibi pratik amaçlar için uydu görüntülerini büyük ölçüde kullanmaktadırlar. Dolayısıyla yapılan analizler ile mevcut durumu belirten görüntü ile görüntü veritabanındaki diğer durumları belirten görüntüler karşılaştırılarak önemli tahminler yapılabilmektedir.

Müzeler ve sanat galerilerinde çalışan uzmanlar işlerinin doğası gereği görsel nesnelere uğraşmaktadırlar. Belirli kriterler aranarak sorgulanan ve bu kriterlere benzerlik gösteren nesnelere tanımlayabilme yeteneği, hem tarihsel etkileri ortaya koymaya çalışan araştırmacılar için hem de zevklerine hitap eden tabloların ya da heykellerin daha başka örneklerini bulmaya çalışan sanatseverler için yararlı olabilmektedir.

Genel olarak içerik tabanlı görüntü erişim sistemlerinin kullanım alanları yukarıda anlatılanlar olsa da görüntü arşivlerinin hayatımızda her geçen gün daha da çok yer alması ve bu görüntülere benzer görüntülere erişim ihtiyacının artmasına paralel olarak uygulama alanları gün geçtikçe genişlemektedir.

Şu ana kadar çeşitli endüstriyel ve akademik kuruluşlar tarafından geliştirilen birçok içerik tabanlı görüntü erişim sistemi mevcuttur. Bu alanda öne çıkanlara IBM'e ait QBIC, Virage Inc'ye ait VIR Image Engine, MIT'ye ait Photobook, VisualSEEK, MARS ve Excalibur örnek olarak verilebilir. Bu sistemlerden önemli birkaç tanesinin temel özellikleri aşağıda açıklanmıştır.

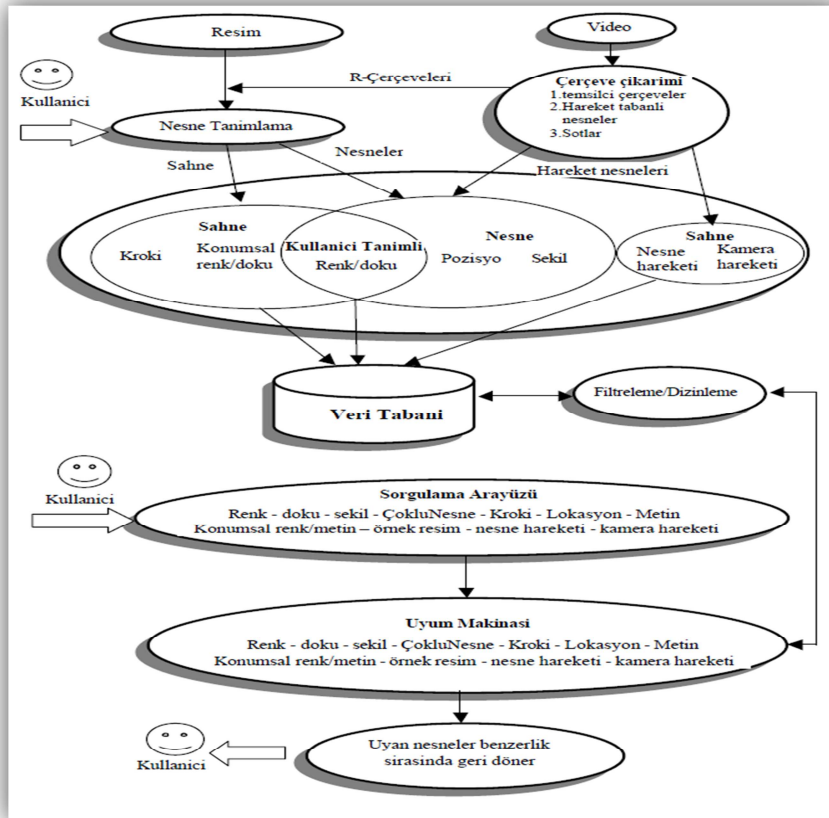
QBIC, IBM Almaden Araştırma Merkezi tarafından geliştirilmiş ilk içerik tabanlı erişim sistemlerinden biridir. Geliştirilen bu sistem kullandığı teknik anlamında daha sonra çıkarılmış olan görüntü erişim sistemlerini etkilemiştir [12] .

QBIC, Ultimedia Manager adı ile ürün haline getirilerek ticari olarak pazarlanmıştır. QBIC projesinde elde edilen bulgular IBM Digital Libraries and DB2 serisi yazılımları ile de entegre edilerek DB2 Extender adı ile kullanıma sunulmuştur. QBIC, büyük resim ve video veritabanlarında içerik tabanlı erişim yöntemlerini kullanan bir dizgedir. Dizgede, örnek resim, kullanıcı tarafından verilen çizim, anahtar sözcük, renk ve doku eşlerine göre sorgulama yapılmaktadır [23].

QBIC geliştirilirken şu temel ilkeler göz önüne alınmıştır: Görüntü algılama ve görüntülere anlamlar atama alanında insanlar bilgisayarlardan daha iyidir. Buna karşılık, birtakım renk, doku, şekil gibi kısmen veya tamamen sayılabilen ölçütlerin

bulunması açısından ise bilgisayarlar insanlara göre daha üstündür. Bu gerçeklerden yola çıkılarak, QBIC insanların iyi olduğu alanlarda insanlardan, bilgisayarların iyi olduğu alanlarda ise bilgisayarlardan yararlanarak çoklu ortam dizgesini oluşturmayı amaçlamıştır. QBIC'te renk, doku, şekil ve resimlerin hareketi gibi hesaplanabilen ve resimlerin içeriğini temsil eden özellikler sorgularda kullanılır ve sorgular grafiksel bir arayüz üzerinden çizilerek, boyanarak veya seçilerek yapılabilir. [23].

QBIC genel dizge yapısı temel olarak iki ana bölümden oluşmaktadır: veritabanı üretimi (database population), ve veritabanı sorgusu. Veritabanı üretimi sırasında, resimler ve videoların içeriklerini tanımlayan renk, doku, şekil gibi özellikler işlenerek ayıklanmakta ve veritabanında saklanmaktadır. Sorgu sırasında ise, kullanıcı sorgusunu grafiksel bir arayüz yardımı ile hazırlamaktadır. Grafiksel sorgudan özellik vektörleri üretilir ve sonra uyum makinesine girdi olarak verilmektedir. Uyum makinesi benzer özellik vektörlerine sahip resim veya videoları bulur. QBIC'in temel dizge mimarisi Şekil 2.6'da gösterilmiştir [23].



Şekil 2.6. QBIC Mimarisi [23].

VIR Image Engine, Virage Inc. tarafından geliştirilmiş genişletilebilir yapıya sahip içerik tabanlı görüntü erişim sistemlerinden biridir. Bu sistem QBIC'e benzer yapı göstermektedir. QBIC tarafından yapılan işlemler biraz daha geliştirilmiş ve sorgulamadaki renk, kompozisyon doku ve yapı öğelerinin ağırlıklarının kullanıcı tarafından değiştirilmesi olanağı sunulmuştur. Sistem bağımsız modüller dizisi şeklinde bir yapı arz eder. Dolayısıyla yeni sorgu arabirim türleri veya görüntülerin belirlenmiş koleksiyonlarını işlemek için isteğe göre ayarlanmış ek modüller yardımıyla sistemi geliştirmek kolaylaştırılmış durumdadır. Görüntüler anlamsal içerik, global renk, doku ve yapı benzerliklerine bağlı olarak sorgulanmaktadır [12].

VIR Image Engine, kullanıcı arayüzlerinin geliştirilmesi için içeriğinde barındırdığı grafiksel kullanıcı arayüzlerinden oluşan bir set geliştiriciye sunar. Bu arayüzler, görüntü ekleme ve sorgulama, tekrar sorgulama işlemlerinde görüntülere ait ağırlık vektörlerinin ayarlanması, anahtar kelimeleri içirme ve popüler görüntü formatlarını desteklemeyi sağlar. Diğer kullanılabilir bileşen ise sorgu tuvalidir. Bu tuval bir bitmap editörden oluşur. Kullanıcı bu editörü kullanarak bir paletten seçtiği araçlar yardımıyla yaptığı normal veya renkli çizimler ile sorgulama yapabilir. Aynı zamanda kullanıcı mevcut bir arşivden seçmiş olduğu görüntü üzerinde modifikasyonlar yaparak da çizim ile sorgulama yapabilir [22].

Photobook, MIT medya araştırma laboratuvarı tarafında geliştirilmiş içerik tabanlı görüntü erişim sistemlerinden biridir. Photobook aracılığıyla görüntü veritabanları üzerinden görüntüye ait içerikler kullanılarak sorgulamalar gerçekleştirilir. Görüntülerin kendisinin aksine görüntülere ilişkili öznitelikler karşılaştırılır. Bu öznitelikler genellikle görüntüye ait renk, doku ve şekil ile ilgilidir. Photobook belirtilen özniteliklerin karşılaştırılmasını sağlamak için bir eşleştirme algoritma kütüphanesi kullanır. Photobook FourEyes adlı bir işleve sahiptir. Bu işlev ile sistemin kullanıcıdan gelen parametreler yardımıyla bir öğrenme yeteneği kazanması hedeflenmiştir. Bu yeteneğinden dolayı Photobook; QBIC ve Virage gibi benzer örneklerinden ayrılmaktadır [24].

BÖLÜM 3. GÖRÜNTÜ İÇERİK TANIMLAYICILARI

İçerik tabanlı görüntü erişim sistemlerinin insan algısına mümkün olduğunca yakın sistemler olması için çalışmalar yapılmaktadır. Bu nedenle insanların algı ya da idrak süreçlerini anlamak önem kazanmaktadır [1].

İnsan dürtülerinden yola çıkarak görüntü erişiminde niteliksel (yüksek seviyeli) öznitelikler ve niceliksel (düşük seviyeli) öznitelikler olmak üzere iki tür öznitelik ayırımından bahsedilmektedir [6]. Bu öznitelikler görüntüye ait içerik tanımlayıcıları olarak bilinmektedir.

Yüksek seviyeli öznitelikler, insan-makine ve insanların kendi arasında şimdilik tam olarak çözülemeyen anlamsal boşluk (semantic gap) nedeniyle günümüzdeki görüntü erişim sistemlerinde fazla kullanılmamaktadır [6]. Bu anlamsal boşluk, insanların görsel bilgi içeren bir varlığı birbirlerinden farklı algılayabilecekleri ya da tanımlayabilecekleri gerçeğine dayanmaktadır. Bunun yanı sıra, insanın kendi değişen bilgi gereksinimleri söz konusu olduğunda, farklı tanımlamalar ya da sorgu biçimleriyle sistemden aynı ya da benzer sonuçları talep etmesi durumu da anlamsal boşluğun oluşmasında etkili olabilmektedir. Bu yüzden söz konusu sistemler düşük seviyeli özniteliklerin çıkarımında etkili olmaya çalışmakta, yüksek seviyeli özniteliklerin sisteme uyarlanması ise bu düşük seviyeli özniteliklerin güçlendirilmesi ile sağlanmaya çalışılmaktadır [1].

İyi bir görsel içerik tanımlayıcısı, istenmeyen etkiler sonucunda oluşacak değişimlere karşı sabit olmalıdır. Örneğin normal koşullarda içerik tanımlayıcısı elde edilmiş bir görüntü ile sahne aydınlığı değişmiş aynı görüntüden elde edilen içerik tanımlayıcısı arasında çok fazla değişikliğin olmaması beklenmektedir. Bu değişmezlik nesne

tanıma gibi Bilgisayar Görmesi alanlarında geniş bir şekilde ele alınmaktadır. Görüntü erişiminde ise henüz çalışmalar yeni sayılmaktadır [26].

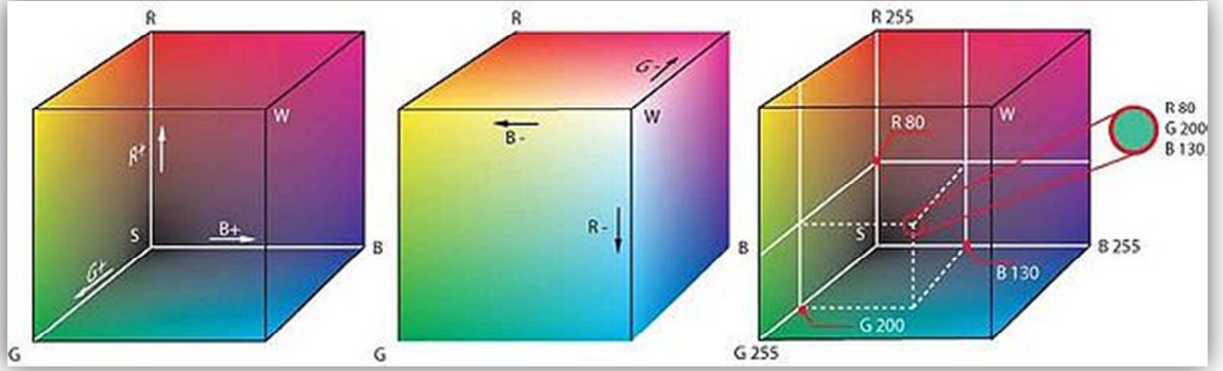
Bir görsel içerik tanımlayıcı global veya yerel olabilir. Global tanımlayıcı görüntünün tamamının görsel özniteliklerini kullanmasına karşın, yerel tanımlayıcı görüntünün belirli bölgelerinin veya görüntüyü temsil eden belirli nesnelerin görsel içeriklerini kullanır. Bir görüntünün yerel görsel tanımlayıcılarını elde etmek için görüntü ilk olarak parçalara ayrılır. Görüntüyü bölmenin en kolay yolu işlenecek görüntüyü eşit büyüklükte ve şekilde karolara ayırmaktır. Bu basit bölümlleme işlemi ile görüntüden algısal olarak anlamlı parçalar üretilmez. Bu yöntem ile görüntünün global öznitelikleri daha ince bir çözünürlükte temsil edilmektedir. Bu kolay görüntü bölme işlemi dışında daha iyi bir görüntü bölme tekniği vardır. Bu teknik “Bölge Bölütleme Algoritmaları (Region Segmentation Algorithms)” olarak bilinmektedir ve bilgisayar görmesi araştırma alanlarından biridir. Bölütleme algoritmaları ile görüntü belirli ölçütlere göre homojen bölgelere ayrılabilir. Bu bölümlleme işleminden de öte yaklaşım ise görüntüye ait her bölümün anlamsal olarak ifade edilmesidir ki bu bölümlleme işlemi henüz başarılmamıştır. [27].

İçerik tabanlı görüntü erişim sistemlerinde düşük seviyeli öznitelikler genel olarak renk, doku ve şekil, olmak üzere üç grupta toplanmaktadır. Aşağıda bu üç öznitelik açıklanmıştır.

3.1. Renk Öznitelikleri

Düşük seviyeli öznitelikler grubu içerisinde bulunan renk özelliği bir resmi tanımlamanın en yaygın özelliklerinden birisidir. Görüntünün renk histogramları elde edilerek görüntüye ait renk haritası çıkarılabilmektedir. Renk, özellikle bir resmin genel özelliklerini yansıtması ve içerisindeki nesnelerin tanımlanabilmesi için son derece güçlü bir özelliktir. Renk özellikleri kullanılmadan önce görüntü içerisindeki renk sayısının düşürülmesi gerekir. Literatürde çeşitli renk düşürme algoritmaları önerilmiştir [28].

Görüntü işleme alanında RGB, YIQ ve HSI gibi bir kaç tane renk uzayı modeli bulunmaktadır. RGB, İngilizce “Red, Green, Blue” kelimelerinin baş harflerinden ismini alan renk uzayıdır. RGB’de bir renk her biri üç temel renk olan kırmızı, yeşil ve mavi olmak üzere birbirinden bağımsız üç eksen üzerinde gösterilir.



Şekil 3.1. RGB Uzayına Göre Renklerin Oluşturulması [29].

Işığı temel alarak, doğadaki tüm renklerin kodları bu üç temel renge referansla belirtilir. Her renk %100 oranında karıştırıldığında beyaz, %0 oranında karıştırıldığında ise siyah elde edilir. Bu uzayda, ana renkler olan kırmızı, mavi ve yeşil belirtilmediği için, bu ana renklerin tanımı değiştikçe, tüm renkler değişir [29].

YIQ renk uzayı, standart televizyon yayınlarında kullanılan modeldir. Bu modelde Y, aydınlanma (luminance); I ve Q ise sırasıyla, renk ile ilgili iki bileşen olan “Inphase” ve “Quadrature” kelimelerini temsil ederler [23]. RGB ve YIQ arasında dönüşüm matrisi yaklaşık olarak aşağıdaki matrislerde belirtilmiştir [30].

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.595716 & -0.274453 & -0.321263 \\ 0.211456 & -0.522591 & 0.311135 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0.9563 & 0.6210 \\ 1 & -0.2721 & -0.6474 \\ 1 & -1.1070 & 1.7046 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} \quad (3.2)$$

HSI renk uzayı modeli ise modeller arasında renkli resimleri manipüle etmek için kullanılır. H (hue) saf rengi temsil eden renk özelliğidir. S (saturation) ise beyaz ışık tarafından ne kadar sulandırıldığına ölçüsüdür. I (intensity) bileşeni ise resimdeki renk bilgisinin oranıdır [23].

HSI renk uzayı, RGB modeline göre göreceli olarak normalize edilmiştir. Normalize edilmiş “RGB” değerleri “rgb” olmak üzere r, g ve b değerleri şöyle tanımlanır [23]:

$$r = \frac{R}{R+G+B} \quad (3.3)$$

$$g = \frac{G}{R+G+B} \quad (3.4)$$

$$b = \frac{B}{R+G+B} \quad (3.5)$$

HSI modelinin Intensity (güç) bileşeni ise şöyle tanımlanır [23]:

$$I = \frac{R+G+B}{3} \quad (3.6)$$

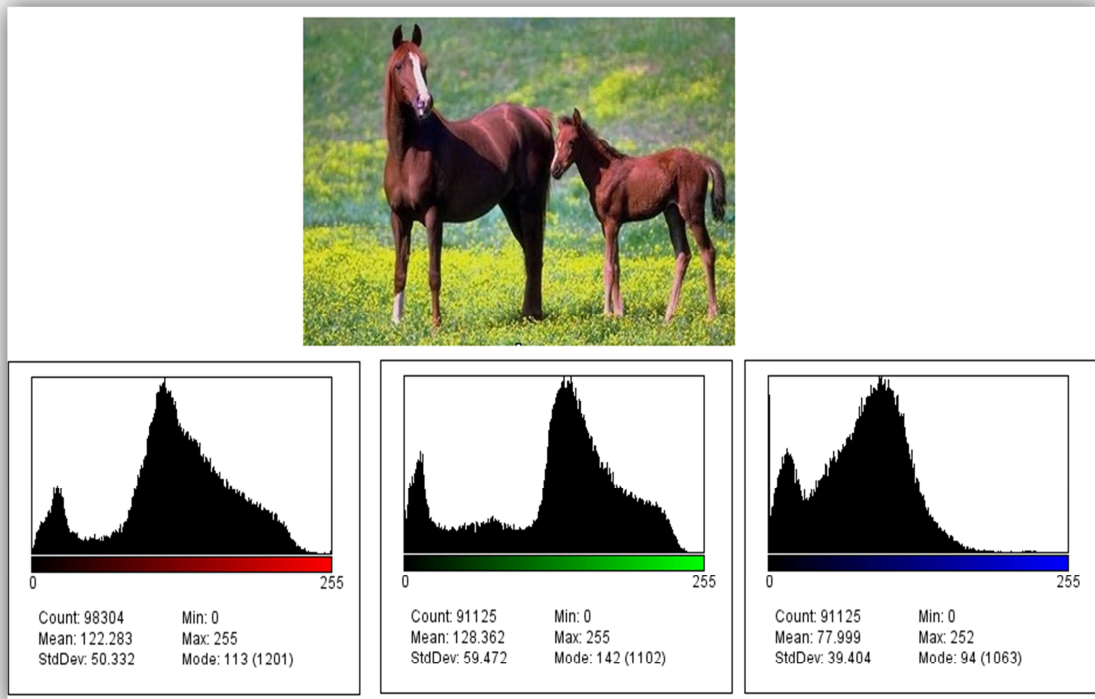
H (ton) ve S (koyuluk), renk özneteliğini tanımlayan iki değişken olarak karşımıza çıkmaktadır. Ton, renklerin birlikte sergiledikleri görüntüyü, koyuluk ise ton içerisindeki saf renge ne kadar gri eklendiğini gösteren değişkendir. Yine görüntü erişiminde renk histogramları, renk momentleri ve renk kümeleri kullanılarak da benzerlik ölçümleri yapılabilir [12].

Aynı zamanda R, G, B değerlerinden H ve S değerleri de elde edilebilir [23]:

$$H = \cos^{-1}\left(\frac{(R-G)+(R-B)}{2[(R-G)^2+(R-G)(G-B)]^{0,5}}\right) \quad (3.7)$$

$$S = 1 - \frac{3x[\min(R,G,B)]}{R+G+B} \quad (3.8)$$

Histogram, sayısal bir resim içerisinde her renk değerinden kaç adet olduğunu gösteren grafikdir. Bu grafiğe bakılarak resmin parlaklık durumu ya da tonları hakkında bilgi sahibi olunabilir. Histogram eşitleme ise renk değerleri düzgün dağılımlı olmayan resimler için uygun bir görüntü iyileştirme metodudur. Resmin tümüne uygulanabileceği gibi sadece belli bir bölgesine de uygulanabilir. Tüm resme uygulanırsa global histogram eşitleme, resmin belli bir bölgesine uygulandığında ise lokal histogram eşitleme adını alır [31].



Şekil 3.2. Görüntüye ait R, G ve B Kanallarındaki Renk Histogramları

3.2. Doku Öznitelikleri

Doku, insanların görsel içerikleri algılamadaki anahtar bileşenlerden biridir. Renk gibi doku da görüntü veritabanlarının sorgulamasında ele alınması gereken önemli özniteliklerden biridir. Herkes bir görüntüye ait dokuyu fark edebilir; fakat dokunun tanımlanması oldukça zordur. Renk özneliğinden farklı olarak doku bir noktadan ziyade belirli bir bölge üzerinde meydana gelir. Doku, yaygın olarak görüntünün gri

renk seviyesine getirilmesiyle tanımlanır. Doku, periyodiklik ve boyut gibi niteliklere sahiptir. Bunlar yön, kabalık, zıtlık vb. özellikler olarak açıklanabilir [32]. Bu özellikler görüntünün doku anlamında ayırt edici yönünü ortaya koyar. Böylelikle dokuya ait görsel öznitelikler çıkarılabilir forma getirilir. Doku özniteliklerinin hesaplanabilmesi için 3 önemli yaklaşım vardır. Bunların ilki: Eş oluşum matrisi istatistiksel yaklaşım; ikincisi, Tamura özniteliklerinin fizyolojik görünümü ve üçüncüsü ise Gabor dalgacıkları ile işaret işleme metotlarıdır. [33]. Belirtilen bu yaklaşımlar renk ve doku analizi bölümünde detaylı incelenecektir.

Doku öznitelikleri görsel nesne üzerindeki parlaklığın dağılımı ile ilgilidir ve tüm görsel yüzeylerin doğal özneliğidir. Yüzeylerin yapısal düzeni ve çevreyle olan ilişkisi hakkında önemli bilgiler içerir. Doku, görüntü işleme ve örüntü algılama alanında derinlemesine incelenmiştir. Farklı resimleri ayırt etmede ve tanımlamada oldukça önemli bir yerinin olduğu gözlemlenmiştir. Bu nedenle çoklu ortam erişiminde kullanılan etkin özelliklerden birisi de dokudur. Dokular sadece resim yüzeyleri değil, aynı zamanda hareketlerin algılanmasında da kullanılmışlardır. Her ne kadar dokuyu tanımlamak için formal bir yapı mevcut değilse de, tek düzelik, kabalık, düzenlilik, yön, frekans ve benzeri kavramlar dokusal özellikleri yansıtan ölçekler olarak kullanılmışlardır [12].

Görüntü işleme alanında herhangi bir görüntüye ait dokunun tanımlanması sürecinde değişik yöntemler önerilmektedir. Doku özelliğini çıkarmak için en yaygın yöntem çeşitli maskeler veya filtreler tasarlanarak doku resmini karakterize edebilecek doku spektrumunun elde edilmesi yöntemidir. Bir resmin yüksek enerjilerinin tanımlanmasıyla bir resimdeki global genel tekrarları yakalamak için Fourier güç spektrumundan özellikler çıkartılmasına dayalı çalışmalar da yapılmıştır [23].

QBIC projesinde, resimlerin dokularını yansıtabilmek için kabalık, yön ve zıtlık kullanılmıştır [12].

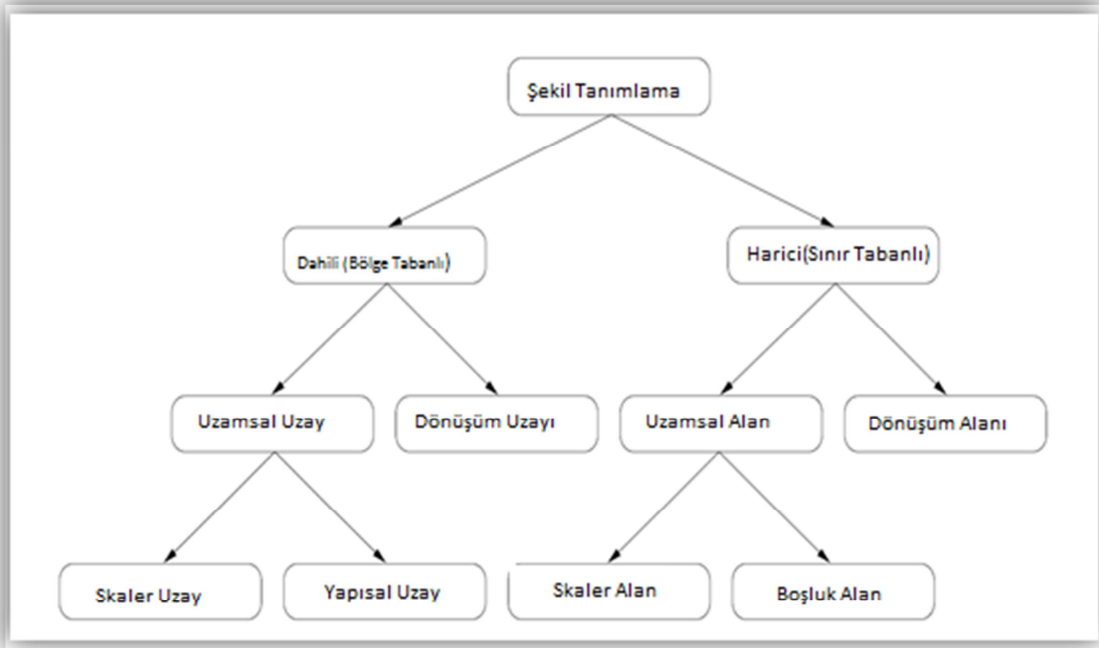
3.3. Şekil Öznitelikleri

Bir görüntüye ait şekil tanımı yaygın olarak bilinmektedir; fakat formal olarak tanımlamak oldukça zordur. Şekil insan algısı için her ne kadar matematiksel olarak düşük seviye öznitelikler arasına katılsa da aslında yüksek seviye öznitelikler grubuna dahildir. Bu nedenle şimdiye kadar şeklin tekdüze bir teorisi bulunamamıştır. Ancak bazı spesifik yapılar tarafından şekil kavramı açıklanabilmektedir. Marshall, Nesne Tanıma (Object Recognition) araştırma alanında şekli, iki boyutlu bir alan içindeki basit bir eğrinin yönü ve pozisyonunun bir fonksiyonu olarak tanımlamaktadır. Açıkça belirtilmesi gerekir ki bu tanım genel bir tanım değildir [34].

Örüntü tanımada, Marshall'ın yaptığı tanım, sınırları veya sınırlarındaki piksel değerleri tanımlanabilen iki boyutlu görüntüler için uygundur. Bu tanımlama şekli tanımlamak veya kodlamak için görüntüde nesnenin olmasını ve bu nesnelerin bölütleme teknikleriyle tanımlanmış olması şartını gerektirir. Bu nedenle manuel veya otomatik bölütleme tekniği genellikle şekil tanımlama işleminden önce gerçekleştirilir. Fakat bu işlem her durumda mümkün olmayabilir [34]

Şekil tanımlama teknikleri çeşitli yollarla sınıflandırılabilir. Genellikle sınır veya bölge tabanlı yöntemler; skalar veya uzay alanı yöntemler; bilgi koruma veya bilgi koruma olmayan teknikler olarak sınıflandırılır. Bu tanımlama teknikleri, iç ve dış tanımlayıcılar olarak kodlanmış bölgenin içinde veya sınırında olup olmadığı durumuna bağlı olarak ikiye ayrılır. Dış ve iç tanımlayıcıların her ikisi mekânsal ve dönüşüm alan metotlarına ayrılır. Belirtilen bu teknikler Fourier ve Wavelet Transform gibi matematiksel dönüşüm tabanlıdır [34].

İç uzamsal alan teknikleri veya uzamsal alan tabanlı yöntemler, şekil tanımı nesnenin sınırı içerisindeki bölgeden yapıldığında kullanılır [34].



Şekil 3.3. Şekil Tanımlama Yöntemlerinin Taksonomisi [34].

Şekil, görsel nesnenin bölgesel ya da sınırsal alanını belirleyen yapıdır. Doku istatistiksel çerçeveyi belirlerken, şekil anlamsal çerçeveyi temsil eder. Her iki özellik de döndürme, ölçeklendirme gibi geometrik değişimlere karşı değişmez yapı sergilemektedir. Örüntü tanıma alanında nesnelerin şekillerinin gösterimi önemli bir araştırma konusudur. Şekiller çoklu ortam erişimlerinde kullanılan bir diğer özelliktir. Örneğin, tıbbi resim arşivlerinde şekil gösterimi, renk ve dokuları aynı olan resimlerin ayırt edilmesinde son derece önemli bir özelliktir. Ama şekil benzerliklerine göre erişimde, belirli uygulamalarda benzerliğin anlamı farklı olarak yorumlanabilmektedir [12].

3.4. Konumsal Öznitelikler

Benzer renk ve doku özelliklerine sahip bölümler veya objeler konumsal kısıtlamalar uygulanarak ayırt edilebilir. Örnek olarak gökyüzüne ait bölümler ve okyanuslar benzer histogramlara sahip olabilirler; fakat bunların görüntüdeki konumsal bölgeleri farklıdır. Bu nedenle bölgelerin veya objelerin konumsal bölümleri veya görüntüdeki çoklu bölgeler arasındaki konumsal ilişkiler görüntülerin aranmasında oldukça kullanışlıdır. En yaygın kullanılan konumsal ilişki gösterimi Chang tarafından

önerilen “2D Strings” yöntemidir. Bu yöntemde görüntü x ve y eksenini boyunca yansıtılır. V ve A sembolleri yansıtılmış yüzeyde belirtilir. V sembolleri görüntüdeki nesnelere temsil ederken A sembolleri ise nesnelere arasındaki konumsal ilişkinin tipini temsil eder. Bu yöntemin bir türevi olan “2D G-string” ise tüm nesnelere minimum sınırlama kutusu boyunca keser ve konumsal ilişkilerini iki konum operatörüne genişletir. Bu setlerden biri yerel konumsal ilişkiyi tanımlarken diğeri set ise global konumsal ilişkiyi tanımlar. İki nesnenin yansıtılarak gösterilmesi aynı pozisyon üzerinde ayrık veya eşleniktir. Ek olarak “2D C-string” kesilen objelerin sayısını minimize etmek için kullanılır. “2D B-string” ise iki sembole sahip bir nesne ortaya koyar. Bunlar nesnenin başlangıç ve bitiş sınırlarının durumudur. Bu yöntemlerin tümü sorgulamaya ait 3 tip sorguyu kolaylaştırır. Birinci tip sorgu O_1, O_2, \dots, O_n objelerini bulan sorgudur. İkinci tip sorgu birbiri arasında belirli bir ilişkiye sahip nesnelere içeren görüntüleri bulan sorgudur. Bu sorgu tipinde nesnelere arasındaki uzaklık hesaba katılmaz. Üçüncü tip sorgu ise birbirleri ile belirli uzaklık ilişkisi olan tüm görüntüleri bulur [36].

“2D string”e ek olarak “spatial quad-tree(konumsal dört ağaç)” ve “symbolic image (temsili görüntü)” yöntemleri de konumsal bilgi gösterimi için kullanılır. Ancak bölgelerin konumsal ilişkileri ele alınarak yapılan görüntü arama işlemi içerik tabanlı görüntü erişiminde zor bir araştırma alanı olmaya devam etmektedir. Çünkü nesnelere veya bölgelerin güvenilir bölütlenmesi sınırlı uygulamalar dışında genellikle mümkün değildir. Bazı sistemler görüntüleri kolayca alt bloklara bölmelerine rağmen, doğa görüntülerinde mekânsal bağlantı olmadığı için konumsal bölümlenmede alt bloklara ayırma işlemi başarımlar oldukça sınırlı olmaktadır. Bu problemi çözmek için “radon dönüşüm (radon transform)” adı verilen bir yöntem kullanılmaktadır. Bu dönüşüm, karmaşık bölütlenme işlemi olmaksızın görsel özelliklerin konumsal dağılımlarından yararlanır [37].

3.5. Özellik Gösterim Şekilleri

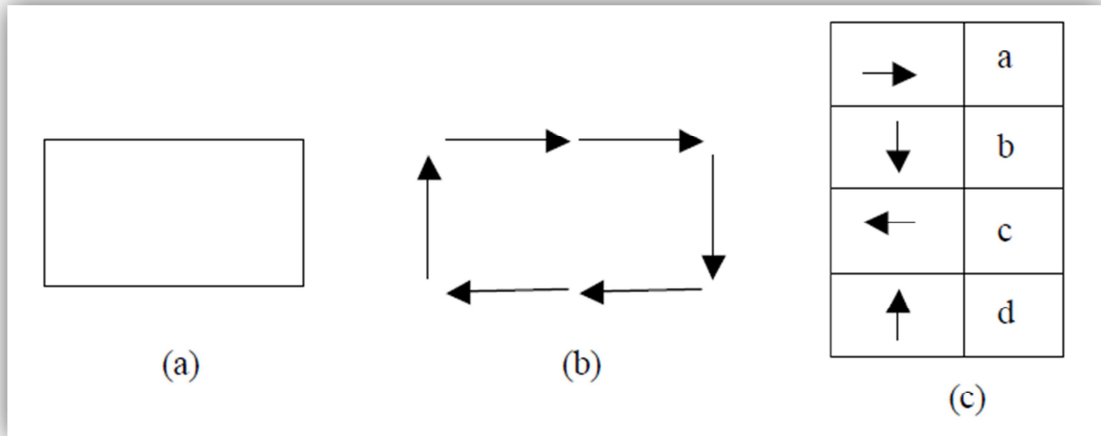
İçerik tabanlı görüntü erişim sistemlerinde görüntü tek bir özellik vektörüyle gösterilebileceği gibi özellik vektörlerinden oluşturulmuş bir özellik vektör kümesi ile de temsil edilebilir [38].

Tek özellik vektörü yöntemiyle görüntünün tamamı bir özellik vektörü ile temsil edilmektedir. Örnek olarak bir görüntünün tamamı için tanımlanmış renk histogramı tek özellik vektörü ile gösterilebilir. Görüntünün tamamının bir özellik vektörü ile gösterilmesinin dışında bazı çalışmalarda görüntünün kullanıcı tarafından tanımlanmış bir parçası veya önceden tanımlanmış bir bölümü özellik vektörü ile temsil edilmektedir. Görüntünün merkezindeki objelerin temsil edilmesi bu duruma örnek gösterilebilir [38].

Çoklu özellik vektörü yöntemiyle görüntü, özellik vektörlerinden oluşturulmuş bir küme ile temsil edilmektedir. Çoklu özellik vektörünü kullanan çoğu yöntem MIL (Multiple Instance Learning) algoritmalarına başvurur. Fakat bazı yöntemlerde bu algorithmadan farklı olarak görüntünün çoklu özellik vektörü ile temsil edilebilmesi için her bir görüntü parçasıyla ilişkili özellik vektörünün tespiti yapılır [38].

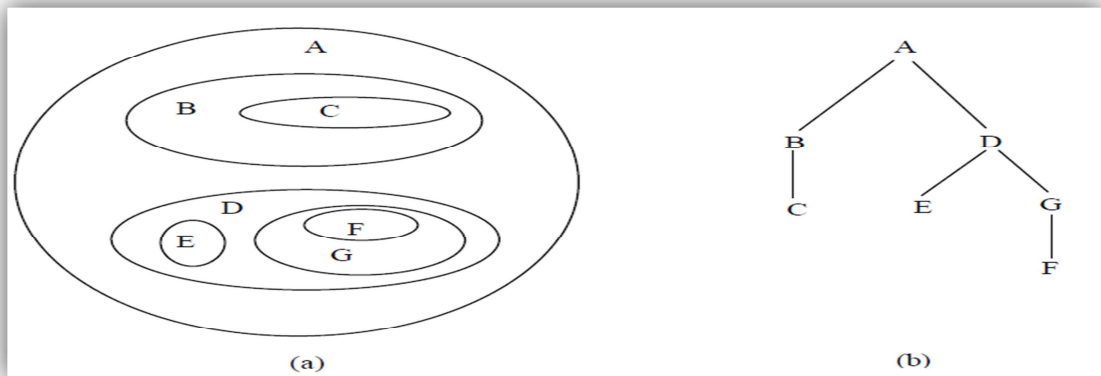
Görüntü içerisinde tespit edilmek istenen objelerin yapısal tanımlamaları örüntü olarak tanımlanmaktadır. Örüntüler renk, doku, şekil gibi bir veya birden fazla özellik ile tanımlanabilmektedir. Uygulamada vektör, dizi veya ağaç yapısı ile örüntüler temsil edilebilmektedir. Örneğin bir görüntüye ait özellik vektörü X ile temsil edilirse, $X = (X_0, X_1, \dots, X_{n-1})$ şeklinde bir vektör ile X 'e ait n adet özellik temsil edilebilir. X özellik vektörünün her bir bileşeninin içeriği ise örüntünün fiziksel tanımlamasında kullanılan ölçüm yöntemine bağlıdır. X özellik vektörüne bir örnek verilecek olursa: Bir görüntüde her bir piksel için 24 bit ayrılmış olsun, RGB renk modeline göre R, G ve B bileşeni için 8'er bit ayrılmış olacaktır. Bu durumda her bir renk bileşeni 0-255 arasında değer alacaktır. Dolayısıyla görüntüye ait ortalama renk dağılım vektörü, $X = (R_{ort}, G_{ort}, B_{ort})$ özellik vektörü olarak temsil edilebilir [23].

Bir görüntüye ait örüntü vektörü, dizi gösterimi olarak da temsil edilebilmektedir. Dizi gösterimi, yapıları basit bağlantılara dayanan görüntülerdeki nesnelerin örüntülerinin gösterimi için uygundur. Örnek olarak Şekil 3.4 (a)'da gösterilen şekil, “a, b, c, d” olarak tanımlandığında Şekil 3.4 (b)'deki gibi ifade edilebilir. Şekil 3.4 (c)'deki temel alfabe kullanılarak belirtilen şekil tek boyutlu dizi olarak şu şekilde gösterilebilir: $w = aabccd$ [23].



Şekil 3.4. (a) Örnek Şekil, (b) Örnek Şekil Gösterimi, (c) Temel Alfabe [23].

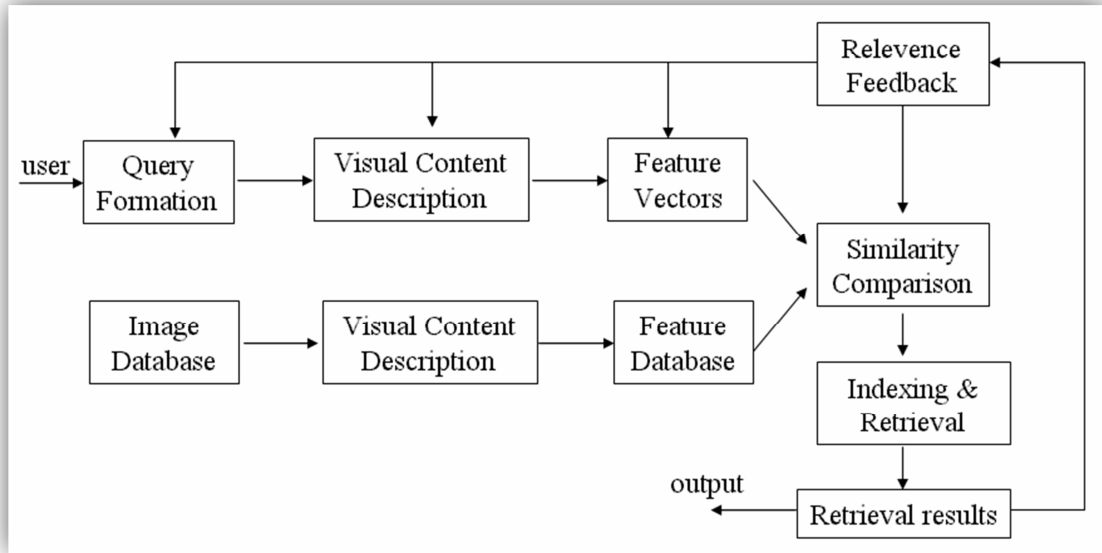
Ağaç yapısında is ayrıık yapılarda bulunan örüntüler gösterilebilmektedir. Bu yöntemde ağacın düğümleri iki tipte bilgi içerir. Birincisi örüntünün fiziksel formunu tanımlarken, ikincisi ise bu yapının diğer alt-yapılar ile olan ilişkilerini gösterir. Örneğin Şekil 3.5 (a)'daki şekil, “içinde” ilişkisi kullanılarak Şekil 3.5 (b)'de gösterilen ağaç ile temsil edilebilir [23].



Şekil 3.5. (a) Nesne Alanlarının Düzlemsel Gösterimi (b) Alt-nesne Alanlarının Ağaç Yapısı İle Temsil Edilmesi [23].

BÖLÜM 4. İÇERİK TABANLI GÖRÜNTÜ ERİŞİMİNDE RENGK ve DOKU ANALİZİ

İçerik tabanlı görüntü erişim sistemleri, görüntüleri indekslemek ve temsil etmek için renk, doku, şekil ve konumsal düzen gibi görsel içerikleri kullanmaktadır. Temel bir içerik tabanlı görüntü erişim sistemi diyagramı Şekil 4.1’de gösterilmektedir.



Şekil 4.1. Temel İçerik Tabanlı Görüntü Erişim Diyagramı [27].

Diyagrama göre veritabanındaki görüntünün görsel içerikleri çıkarılır ve çok boyutlu özellik vektörü tanımlanır. Veritabanındaki görüntülerin özellik vektörleriyle özellik vektörü veritabanı oluşturulur. Görüntülere erişim için kullanıcılar örnek görüntü veya çizilmiş figürler kullanır. Sisteme girdi olarak sağlanan bu örnek görüntülere ait özellik vektörleri çıkarılır. Daha sonra sorgu görüntüsünün özellik vektörü ile veritabanındaki tüm özellik vektörleri arasındaki benzerlik/uzaklık hesap edilir ve erişim bir indeksleme şeması yardımıyla gerçekleştirilir. İndeksleme şeması görüntü veritabanında yapılan sorgulama işlemlerinde etkili bir tekniktir. Son yıllardaki

erişim sistemleri kullanıcılardan gelen uygun geri bildirimlerle erişim işlemlerini düzenleyen bir yapıya sahiptir. Böylelikle algısal ve anlamsal olarak daha verimli erişim sonuçları elde edilmeye çalışılmıştır [28].

Tezin bu bölümünde içerik tabanlı görüntü erişiminde sıklıkla kullanılan renk ve doku görsel içerik tanımlayıcıları üzerinde durulacak ve içerik tabanlı görüntü erişiminde bu içerik tanımlayıcılarına ait temel yöntemler açıklanacaktır.

4.1. Renk Analizi

Renk, görüntü erişiminde en yaygın kullanılan görsel içeriklerden biridir. Renkli bir görüntünün her pikseli üç boyutlu bir değere sahip olacağından tek boyutlu gri değerli görüntülere göre ayırt edicilik noktasında daha önemli bir yere sahiptir. Uygun bir renk tanımlayıcısı seçimine geçilmeden önce renk uzayının iyi irdelenmesi gerekmektedir [27].

4.1.1. Renk Uzayı

Bir görüntüye ait her piksel, üç boyutlu renk uzayında bir nokta olarak temsil edilmektedir. Genellikle görüntü erişimi için kullanılan renk uzayı RGB, Munsell, CIE $L^*a^*b^*$, CIE $L^*u^*v^*$ ve HSV (veya HSL, HSB)'dir. Belirtilen bu renk uzaylarının birbirlerine olan üstünlükleri veya hangisinin en iyi renk uzayı olduğu hakkında bir görüş birliği bulunmamaktadır. Ancak görüntü erişimi için arzu edilen karakteristiklerinden biri renk uzayının sabit olmasıdır (değişmez olması). Değişmezlik, renk uzayında benzerlik uzaklığı eşit renk çiftinin gözlemciler tarafından aynı şekilde algılanmasıdır. Bir başka ifadeyle, renkler arasındaki ölçülen uzaklık direkt olarak aralarındaki psikolojik benzerlik ile ilişkili olmalıdır [39].

RGB renk uzayı görüntü gösteriminde en yaygın kullanılan renk uzayı olarak bilinmektedir. RGB renk uzayı, kırmızı (red), yeşil (green), mavi (blue) renk bileşenlerinden üretilmektedir. RGB uzayındaki bir renk diğer renk bileşimlerinin karışımından oluşturulduğu için “Eklenebilir Bileşenler (additive primaries) “ olarak adlandırılmaktadır. RGB renk uzayından farklı olarak CMY renk uzayı ise daha çok

baskı işlemlerinde kullanılan renk uzayıdır. CMY renk uzayındaki bileşenler ise “Cyan, Magenta ve Yellow”dur. CMY uzayındaki bir renk ışık Emilimi yardımıyla üretileceğinden “Eksiltici Bileşenler” olarak adlandırılmaktadır. RGB ve CMY renk uzayı aygıt bağımlıdır ve algısal olarak homojen değildir [27].

CIE L*a*b* ve CIE L*u*v* renk uzayları donanımdan bağımsızdır ve algısal olarak homojen kabul edilirler. Bu renk uzayları “parlaklık” ve iki renk ile ilgili bileşen “a ve b”, “u ve v” bileşenlerinden oluşur. CIE L*a*b* renk uzayı eksiltici renk karışımlarıyla çalışmak için oluşturulmuşken, CIE L*u*v* renk uzayı ise eklenebilir renk karışımlarıyla çalışmak için tasarlanmıştır. RGB renk uzayının CIE L*u*v* veya CIE L*a*b* renk uzayına dönüşümleri [40]’da belirtilmiştir.

Bilgisayar grafiklerinde ve rengin daha sezgisel bir tanımlanma işlemi söz konusu olduğun da HSV renk uzayı oldukça yaygın kullanılmaktadır. HSV renk uzayında belirtilen bileşenler; hue, saturation, value’dır. Hue aydınlatma ve kameranın yönünde gerçekleşen değişimlerden etkilenmez ve bu nedenler nesne erişiminde oldukça uygun bir parametredir. RGB koordinatları kolay bir şekilde HSV renk uzayına dönüştürülebilmektedir [27]. Bu dönüşümler ile ilgili formüller detaylı olarak aşağıda belirtilmiştir [41].

RGB > HSV :

$R' = R/255, G' = G/255, B' = B/255$ olmak üzere;

$$C_{max} = \max(R', G', B') \quad (4.1)$$

$$C_{min} = \min(R', G', B') \quad (4.2)$$

$$\Delta = C_{max} - C_{min} \quad (4.3)$$

Hue :

$$H = \begin{cases} 60^\circ \times \left(\frac{G' - B'}{\Delta} \text{mod} 6 \right) & , Cmax = R' \\ 60^\circ \times \left(\frac{B' - R'}{\Delta} + 2 \right) & , Cmax = G' \\ 60^\circ \times \left(\frac{R' - G'}{\Delta} + 4 \right) & , Cmax = B' \end{cases} \quad (4.4)$$

Saturation :

$$S = \begin{cases} 0 & , \Delta = 0 \\ \frac{\Delta}{Cmax} & , \Delta <> 0 \end{cases} \quad (4.5)$$

Value:

$$V = Cmax \quad (4.6)$$

HSV > RGB:

$$C = V \times S \quad (4.7)$$

$$X = C \times (1 - |(H / 60^\circ) \text{mod} 2 - 1|) \quad (4.8)$$

$$m = V - C \quad (4.9)$$

$$(R', G', B') = \begin{cases} (C, X, 0) & , 0^\circ \leq H < 60^\circ \\ (X, C, 0) & , 60^\circ \leq H < 120^\circ \\ (0, C, X) & , 120^\circ \leq H < 180^\circ \\ (0, X, C) & , 180^\circ \leq H < 240^\circ \\ (X, 0, C) & , 240^\circ \leq H < 300^\circ \\ (C, 0, X) & , 300^\circ \leq H < 360^\circ \end{cases} \quad (4.10)$$

$$(R, G, B) = (R' + m, G' + m, B' + m) \quad (4.11)$$

Karşıt renk uzayı (R-G, 2B-R-G, R+G+B) eksenini kullanmaktadır. Bu gösterim üçüncü eksen üzerinde parlaklık bilgisini izole etme avantajına sahiptir. İnsanlar renk bilgisine göre parlaklık konusunda daha hassas olduklarından bu çözüm yoluyla, ışık yoğunluğunun ve gölgenin değişimlerinden etkilenmeyen ilk iki renkle ilgili eksen düşürülerek değiştirilebilir.

Görüntü erişiminde en yaygın kullanılan renk tanımlayıcıları şunlardır: Renk histogramı (color histogram), renk uyum vektörü (color coherence vector), renk kolerasyon grafiği (color correlogram) ve renk momentleri (color moments).

4.1.2. Renk Momentleri

Renk momentleri, QBIC gibi çoğu erişim sistemlerinde özellikle görüntü nesne içerdiği vakit başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Bu momentlerin birincisi ortalama (mean), ikincisi varyans (variance), üçüncüsü eğrilik (skewness)'tir. Bu renk momentleri görüntülerin renk dağılımını temsil etmede verimli ve etkili olduğu kanıtlanmıştır [42]. Matematiksel olarak ilk üç renk momenti aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır:

Ortalama (mean):

$$\mu_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N f_{ij} \quad (4.12)$$

Varyans (variance):

$$\sigma_i = \left(\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (f_{ij} - \mu_i)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (4.13)$$

Eğrilik (Skewness):

$$s_i = \left(\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (f_{ij} - \mu_i)^3 \right)^{\frac{1}{3}} \quad (4.14)$$

(4.12), (4.13) ve (4.14) eşitliklerinde belirtilen f_{ij} , görüntü pikseli j 'nin i . renk bileşenine ait değeri ifade ederken, N görüntüdeki piksel sayısını belirtmektedir.

Sadece HSV renk uzayına ait renk momentlerinin kullanılmasının aksine $L^*u^*v^*$ ve $L^*a^*b^*$ renk uzayındaki renk momentlerinin birlikte kullanılması genellikle daha etkili ve verimli sonuçlar ortaya koymaktadır. Eşitlik (4.14)'te belirtilen eğrilik momenti, eşitlik (4.12) ve eşitlik (4.13)'te belirtilen ortalama ve varyans momentlerine göre erişim performansında daha etkilidir. Ancak bazı durumlarda eğrilik momenti özellik gösteriminde sahne değişimlerine karşı oldukça hassas olabilir dolayısıyla bu durum performans düşüklüğüne sebebiyet verebilir.

Görüntünün renk içeriklerini temsil etmek için 3 Boyutlu renk uzayındaki her bir renk bileşenine ait 3 moment olacağından 9 boyutlu bir özellik vektörü oluşturulabilmektedir. Dolayısıyla renk momentleri diğer renk özelliklerine göre karşılaştırılırsa dar kapsamlı bir gösterime sahip olabilir. Genellikle renk momentleri erişim için diğer spesifik renk özellikleri kullanılmadan önce ilk adımda arama uzayını daraltmak için kullanılmaktadır [27].

4.1.3. Renk Histogramı

Renk modeli veri kümesi ile karşılaştırıldığında benzersiz bir biçime sahip ise renk histogramı görüntüye ait renk içeriğini etkili bir şekilde ortaya koyar. Renk histogramı global ve lokal renk dağılımını karakterize etmede etkilidir ve kolay hesaplanmaktadır. Ek olarak döndürme ve eksen kayması gibi durumlardan etkilenmez.

Renk uzaylarında görüntüye ait herhangi bir piksel üç bileşen ile açıklanabildiğinden (örnek olarak; RGB renk uzayındaki red, green, blue veya HSV renk uzayındaki hue, saturation ve value), bir histogram yani piksellerin sayısal dağılımı her renk bileşeni için tanımlanabilir. Açıkça belirtilmesi gerekirse fazla sayıda renk histogramının olması görüntülerin karakteristiklerinin belirlenmesi anlamında güçlü bir özellik sunar. Ancak çok büyük boyutlardaki görüntülere ait histogram hesabı sadece hesaplama maliyetini yükseltmez aynı zamanda görüntü veritabanlarında indekisleme açısından da sorun oluşturabilir. Bundan farklı olarak çok iyi histogram kuantizasyonu yapılsa bile çoğu uygulamada erişim performansını geliştirmez.

Boyutu düşürmenin bir yolu daha az sayıda örneklenecek histogramın parlaklığını etkin kılan karşıt renk uzayını kullanmaktır. Başka bir yol ise bir görüntü kümesi için “K en iyi renkler (K best colors)”e karar veren kümeleme yöntemlerinin kullanılmasıdır. Bu baskın renklerin her birine ait histogramlar hesaplanır. Bu kümeleme işlemi veritabanındaki tüm görüntülerin renk dağılımını dikkate alacağından neredeyse hiç veya çok az piksel sayısında azalma olmaktadır.

Görüntü veritabanı çok sayıda görüntüyü içerdiği zaman histogram karşılaştırması oldukça zaman alacaktır. Bu problemi çözmek için “Ortak Histogram Tekniği (Joint Histogram Technique)” kullanılmaktadır [43]. Ek olarak renk histogramı piksellere ait konumsal bilgileri dikkate almamaktadır. Bundan dolayı farklı görüntüler benzer renk dağılımlarına sahip olabilmektedir. Bu problem büyük ölçekli görüntü veritabanlarında büyük olasılıkla karşılaşılabilecek bir durumdur. Histogram tabanlı yaklaşımın erişimde ayırt etme gücünün artırılması için konumsal bilgi ile birleştirilmesi önerilmektedir. Bunun için en temel yaklaşım görüntünün alt bölgelere ayrılması ve elde edilen bu her bir alt bölge için renk histogramlarının hesaplanmasıdır. Bölümleme temel dikdörtgen bölme olabilir veya daha kompleks olarak bölge veya nesne bölütleme teknikleri kullanılabilir. Görüntüye ait alt bölgelerin miktarının artırılması tüm bölge hakkında elde edilecek bilgiyi de daha yüksek çözünürlükte belirtecektir; fakat hesaplama zamanını ve hafıza gereksinimini arttıracaktır [27].

4.1.4. Renk Uyum Vektörü

Konumsal bilginin renk histogramıyla birleştirilmesinin diğer bir yöntemi olarak renk uyum vektörleri (color coherence vectors CCV) önerilmektedir. Her bir histogram kümesi iki tipe bölünür. Eğer histogram kümesi düzgün dağılımlı renklere sahipse “uyumlu (coherent) tip” değilse “uyumsuz (incoherent) tip” olarak belirtilir. α_i , i . Renk kümesindeki uyumlu piksellerin ifade ederken, β_i , görüntüdeki uyumsuz piksellerin sayısını göstermektedir. Görüntünün renk uyum vektörü şöyle tanımlanmaktadır: $\langle (\alpha_1, \beta_1), (\alpha_2, \beta_2), \dots, (\alpha_N, \beta_N) \rangle$ Görüntüye ait renk histogramı da $\langle \alpha_1 + \beta_1, \alpha_2 + \beta_2, \dots, \alpha_N + \beta_N \rangle$ şeklinde ifade edilmektedir [44].

Ek olarak konumsal bilgi özelliğinden dolayı Renk Uyum Vektörü (Color Coherence Vector) özellikle düzgün renk dağılımlı ya da çoğunlukla belirgin doku bölgelerine sahip görüntüler için renk histogramlarından daha iyi erişim sonucu sağlamaktadır. Bununla birlikte renk histogramı ve renk uyum vektörleri için HSV renk uzayı, CIE L*u*v* ve CIE L*a*b* renk uzayından daha iyi erişim sonucu sağlamaktadır [27].

4.1.5. Renk Korelogramı

Görüntülere ait renk korelasyon grafiğini göstermek için renk korelogramları kullanılmaktadır. Bu grafikte sadece görüntüye ait piksel dağılımları karakterize edilmez aynı zamanda renk çiftlerine ait konumsal korelasyon da gösterilmektedir. Üç boyutlu histogramın birinci ve ikinci boyutu piksel çiftlerinin renklerini ifade ederken üçüncü boyut ise konumsal uzaklığı belirtmektedir. Renk korelogramı renk çiftleri ile indekslenmiş bir tablodan oluşmaktadır. Bu tabloda (i, j) için k . girişi şöyle ifade edilmektedir: Görüntüdeki renk i 'nin bir pikselinden k uzaklığındaki renk j 'nin bulunma olasılığını belirtir. I , görüntü piksellerin tamamını temsil eder ve $I_c(i)$, renkleri $C(i)$ olan piksellerin kümesini belirtmektedir. Buna bağlı olarak renk korelogramı şöyle ifade edilmektedir:

$$\gamma_{i,j}^{(k)} = Pr_{p1 \in I_c(i), p2 \in I} [p2 \in I_c(j) | |p1 - p2| = k] \quad (4.15)$$

Eşitlik 4.15'te belirtilen $i, j \in \{1, 2, \dots, N\}$ kümesine, $k \in \{1, 2, \dots, d\}$ kümesine aitken $|p1 - p2|$ ise $p1$ ve $p2$ pikselleri arasındaki uzaklığı belirtmektedir. Renk çiftlerinin olası tüm kombinasyonları dikkate alınır, renk korelogramının boyutu oldukça büyük olacaktır ($O(N^2d)$). Bu nedenle bunun yerine genellikle özelliği basitleştirilmiş Renk Otokorelogramı (Color AutoCorrelogram) adı verilen versiyon kullanılmaktadır. Renk Otokorelogramı ile yalnızca aynı renkler arasındaki konumsal korelasyon dikkate alınmaktadır. Böylece korelogram boyutu $O(Nd)$ 'ye düşürülmüş olmaktadır.

Renk Otokorelogram'ı Renk histogramları ve Renk Uyum Vektörleri ile karşılaştırıldığında daha iyi erişim sonuçları ortaya koyduğu gözlenmektedir; fakat büyük boyutlu işlemlerden dolayı oldukça yüklü hesaplama maliyetine sahiptir [27].

4.1.6. Değişmez Renk Özellikleri

Renk sadece görüntünün yüzeyine ait materyalleri yansıtmaz ayrıca aydınlığın değişimi, yüzeyin yönü ve kameranın görüntüleme geometrisiyle önemli ölçüde değişebilir. Bu değişiklik hesaba katılmalıdır. Ancak çevresel faktörlere bağlı bu değişkenlikler çoğu renk öznelikleri için dikkate alınmaz.

Değişmez renk gösterimi son yıllarda içerik tabanlı görüntü erişiminde ele alınan konulardan biridir. Nesne erişiminde renk değişmezliklerin bir kümesi nesne yansımalarının Schafer modelini temel alarak türetilmiştir [45]. Speküler yansıma, şekil ve aydınlatma değişmezlik gösterimi “mavi oranı vektörü (blue ratio vector): $(r/b, g/b, 1)$ ” temel alınarak verilir [46]. Bu değişmez renk öznelikleri içerik tabanlı erişim sistemlerine uygulandığında görüntünün renk tanımlayıcılarının gösterimini sahne geometrisi, görüntüleme geometrisi, aydınlatma gibi değişimlerden bağımsız kılar; fakat görüntüler arasındaki bazı kayıplara yol açabilir [27].

4.2. Doku Analizi

Doku, görüntüye ait önemli özneliklerden bir başkasıdır. Çeşitli doku gösterimleri Örüntü Tanıma (Pattern Recognition) ve Bilgisayarla Görme (Computer Vision) çalışma alanlarında araştırılmaktadır. Temel olarak doku gösterim yöntemleri Yapısal (Structural) ve İstatistiksel (Statistical) olmak üzere iki kategoriye alınarak sınıflandırılmaktadır. Yapısal yöntemlerden morfolojik operatör (morphological operator) ve bitişiklik grafiği (adjacency graph) içeren yöntem, dokuyu yapısal ilkelerini ve yerleştirme kurallarını belirleyerek tanımlar. Yapısal yöntemler düzgün dokulara uygulandığında önemli ölçüde verimli sonuçlar ortaya koymaktadır. Fourier power spectra, co-occurrence matrisler, shift-invariant principal component analysis (SPCA), Tamura feature, Wold decomposition, Markov random field, fractal model, Gabor ve Wavelet gibi çoklu çözünürlüklü filtreleme tekniklerini (multi-resolution filtering techniques) içeren istatistiksel yöntemler görüntü yoğunluk dağılımına ait istatistiksel bilgi ile dokuyu karakterize etmektedir. Bu bölümde içerik tabanlı görüntü erişiminde sıkça kullanılan ve verimliliği kanıtlanmış birkaç doku gösterim şekli açıklanacaktır.

4.2.1. Tamura Özellikleri

Görüntüye ait kabalık (coarseness), zıtlık (contrast), yön (directionality), hat-benzerliği (linelikness), düzenlilik (regularity) ve pürüzlülük gibi doku bileşenlerini içeren Tamura Özellikleri, dokunun insan algısı üzerindeki psikolojik çalışmalar doğrultusunda tasarlanmıştır. Tamura özelliklerinin ilk üç bileşeni, oldukça iyi bilinen görüntü erişim sistemlerinden olan QBIC ve Photobook'ta kullanılmıştır [27]. Görüntüye ait dokunun belirtilen bu üç bileşene ait hesaplamalar aşağıda başlıklar halinde açıklanmaktadır.

4.2.1.1. Kabalık

Kabalık, görüntüye ait dokunun tanecikli yapısına ait ölçümdür. Kabalığı ölçmek için öncelikle hareketli ortalamalar (moving averages) $A_k(x, y)$ ölçümü her (x, y) pikseli için pencere boyutu $2^k \times 2^k$ ($k = 0, 1, \dots, 5$) olmak üzere hesaplanır. $A_k(x, y)$ hesaplamasına ait formüller eşitlik (4.16)'da belirtilmiştir:

$$A_k(x, y) = \frac{\sum_{i=x-2^{k-1}}^{x+2^{k-1}-1} \sum_{j=y-2^{k-1}}^{y+2^{k-1}-1} g(i, j)}{2^{2k}} \quad (4.16)$$

Eşitlik (4.16)'da belirtilen $g(i, j)$, (i, j) noktasındaki piksel yoğunluğunu belirtmektedir.

Daha sonra her piksel için yatay ve dikey yönlerde örtüşmeyen hareketli ortalamalar (moving averages) çiftleri arasındaki farklar hesaplanır. Bu hesaplamalar eşitlik (4.17)'de belirtilmektedir:

$$E_{k,h}(x, y) = |A_k(x + 2^{k-1}, y) - A_k(x - 2^{k-1}, y)| \quad (4.17)$$

$$E_{k,v}(x, y) = |A_k(x, y + 2^{k-1}) - A_k(x, y - 2^{k-1})|$$

Bundan sonra her pikselde en iyi boyutu kurmak için yatay ve dikey yönde E 'yi maksimum yapan "k" değeri kullanılır. Belirtilen boyut ifadesi (4.18)'de belirtilmiştir:

$$S_{best}(x, y) = 2^k \quad (4.18)$$

Tüm görüntü üzerindeki S_{best} 'lerin ortalamaları hesaplanarak görüntüye ait kabalık hesaplanmış olur:

$$F_{crs} = \frac{1}{m \times n} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n S_{best}(i, j) \quad (4.19)$$

S_{best} 'in ortalamasının kullanılmasının yerine, S_{best} 'in dağılımını karakterize eden histogram kullanılarak kabalık özelliğinin geliştirilmiş bir versiyonu elde edilebilir. Kabalığı temsil eden tek değer ile histogram tabanlı kabalık gösterim şekli karşılaştırıldığında, histogram tabanlı kabalık gösterim şeklinin kullanılması erişim performansını büyük ölçüde arttırabilir. Böylece daha yararlı görüntü erişim uygulamaları geliştirilebilir [27].

4.2.1.2. Zıtlık

Zıtlık (Contrast), bir görüntüdeki gri seviyelerin dinamik aralığını siyah ve beyaz renk dağılımlarının polarizasyonu ile birlikte yakalamayı amaçlamaktadır. Öncelikle gri seviyelerin standart sapması (standard deviation) ölçülür. İkinci olarak “kurtosis α_4 ” hesaplanır [33].

Zıtlığa ait formül aşağıda belirtilmektedir:

$$F_{con} = \frac{\sigma}{\alpha_4^n} \quad (4.20)$$

$$\alpha_4 = \frac{\mu_4}{\sigma^4} \quad (4.21)$$

μ_4 , ortalama ile ilgili dördüncü momenti temsil ederken, σ^2 ise varyans'ı temsil etmektedir. Deneysel çalışmalarda insan algısına en yakın olması için formülde belirtilen “n” değeri “1/4” ($n = 1/4$) olarak bulunmuştur. Bu formül tüm görüntüye uygulanabileceği gibi görüntünün bir bölümüne de uygulanabilmektedir [33].

4.2.1.3. Yön

Yön bir bölge üzerindeki global özelliklerden biridir. Yön özelliği farklı yönelimlerdeki veya örüntülerdeki ayrımı amaçlamaz, yönün toplam derecesini ölçer. Görüntüdeki kenarların tespiti için iki basit maske kullanılır. Her pikseldeki açı ve genlik hesaplanır. Kenar olasılıklarının histogramı H_d olmak üzere, bu histogram genlik değeri belli bir eşik değerinden büyük ve kenar açılarıyla miktarlandırılan tüm noktaların sayılması ile oluşturulur. Oluşturulan bu histogram görüntüye ait yönün derecesini yansıtır. H_d histogramından bir ölçüm çıkarmak için ikinci momentlerden piklerin keskinliği (sharpness) hesaplanır [33].

Görüntüye ait yön (directionality) ölçmek için görüntü 3x3 iki dizi ile konvolüsyon

işlemine tabi tutulur. Bu diziler $\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$ ve $\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$ dizileridir. Daha sonra

gradient vektör her bir pikselde hesaplanır [27].

Bu vektörün genlik ve açısı aşağıda belirtilmiştir:

$$|\Delta G| = (|\Delta_H| + |\Delta_V|) / 2$$

(4.22)

$$\theta = \tan^{-1}(\Delta_V / \Delta_H) + \pi/2$$

Burada Δ_H ve Δ_V konvolüsyonun yatay ve dikey farklılığını belirtmektedir.

Hd histogramı, genel yön ölçümünü elde etmek için piklerin keskinliğine bağlı olarak özetlendirilir [27]:

$$F_{dir} = \sum_p^{n_p} \sum_{\phi \in w_p} (\phi - \phi_p)^2 H_d(\phi) \quad (4.23)$$

4.2.2. Wold Özellikleri

Wold ayrıştırma, algısal özellikler açısından görüntüye ait dokuyu tanımlayan diğer bir yaklaşımdır. Üç Wold bileşeni harmonik (harmonic), evanescent ve indeterministik (indeterministic) olarak bilinir. Bunlar sırasıyla dokunun periyodiklik, yön ve rastgelelik bileşenlerine denk gelmektedir. Periyodik dokular güçlü harmonik bileşenlere, çok yönlü dokular ise güçlü evanescent bileşenine ve az yapılandırılmış dokular ise daha güçlü indeterministik(rastgelelik) bileşene sahip olma eğilimindedir [47].

Homojen düzenli rastgele bir alan için $\{y(m,n), (m,n) \in Z^2\}$, 2D Wold ayrıştırma, ayrıştırılacak alanı karşılıklı dikey üç bileşene böler:

$$y(m, n) = u(m, n) + d(m, n) = u(m, n) + h(m, n) + e(m, n) \quad (4.24)$$

Eşitlik (4.24)'te belirtilen $u(m,n)$ indeterministik bileşeni belirtirken, $d(m, n)$ deterministik bileşen ise ayrıştırılarak harmonik bileşen $h(m, n)$ ve evanescent bileşen $e(m, n)$ 'yi oluşturur. Frekans uzayında, benzer ifadeler yer almaktadır:

$$F_y(\xi, \eta) = F_u(\xi, \eta) + F_d(\xi, \eta) = F_u(\xi, \eta) + F_h(\xi, \eta) + F_e(\xi, \eta) \quad (4.25)$$

Eşitlik (4.25)'te belirtilen $F_y(\xi, \eta)$, $F_u(\xi, \eta)$, $F_d(\xi, \eta)$, $F_h(\xi, \eta)$, $F_e(\xi, \eta)$ ifadeleri sırasıyla $\{y(m, n)\}$, $\{u(m,n)\}$, $\{d(m, n)\}$, $\{h(m,n)\}$ ve $\{e(m, n)\}$ fonksiyonlarının spektral dağılım fonksiyonudur.

Konumsal alanda üç dikey bileşen, yüksek dereceden AR işlemlerini içeren, işlevsel maliyeti minimize eden ve lineer eşitlikleri çözen en büyük olasılık kestirimi

yöntemi kullanılarak elde edilebilir. Frekans alanında Wold bileşenleri görüntünün Fourier spektral genliklerinin global eşik değerlerinden elde edilir [47].

4.2.3. Gabor Filtresi Özellikleri

Gabor filtresi özellikle doku özellikleri olmak üzere yaygın bir şekilde görüntü özelliklerinin çıkarılmasında kullanılmaktadır. Bu filtre frekansta belirsizlikleri en aza indirmek açısından uygundur ve genellikle ayarlanabilir kenar ve hat belirleyicinin yönelimini ve ölçeklendirilmesi sağlar. Gabor filtresi kullanılarak görüntülere ait dokuları karakterize eden oldukça fazla yaklaşım vardır. Görüntülere ait doku özelliklerini çıkarmak için temel Gabor filtresinin kullanımı aşağıda belirtilmiştir [27]:

İki boyutlu Gabor fonksiyonu $g(x, y)$ olmak üzere:

$$g(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x^2}{\sigma_x^2} + \frac{y^2}{\sigma_y^2}\right) + 2\pi jWx\right] \quad (4.26)$$

Eşitlik (4.26)'da σ_x ve σ_y $-x$ ve y yönünde Gauss zarflarına ait standart sapmaları belirtmektedir.

$g(x, y)$ 'nin uygun açılımı ve rotasyonları ile Gabor filtresine ait set aşağıdaki gibi belirtilir:

$$\begin{aligned} g_{mn}(x, y) &= a^{-m}g(x', y') \\ x' &= a^{-m}(x\cos\theta + y\sin\theta) \\ y' &= a^{-m}(-x\sin\theta + y\cos\theta) \end{aligned} \quad (4.27)$$

Eşitlik (4.27)'de $a > 1$, $\theta = n\pi/K$, $n = 0, 1, \dots, K-1$ ve $m = 0, 1, \dots, S-1$

K ve S yönelme ve ölçekleme sayısıdır. Ölçekleme faktörü a^{-m} enerjinin m 'den bağımsız olduğunu sağlamak içindir.

Verine bir görüntünün $(I(x, y))$ Gabor dönüşümü aşağıdaki gibi gösterilmektedir:

$$W_{mn}(x, y) = \int I(x, y) g_{mn}^*(x - x_1, y - y_1) dx_1 dy_1 \quad (4.28)$$

Eşitlik (4.28)'de "*" kompleks eşleniği belirtmektedir. μ_{mn} ve σ_{mn} $W_{mn}(x, y)$ 'nin genliğinin sırasıyla ortalaması ve standart sapmasıdır.

Yani $f = [\mu_{00}, \sigma_{00}, \dots, \mu_{mn}, \sigma_{mn}, \mu_{S-1K-1}, \sigma_{S-1K-1}]$ fonksiyonu homojen bir doku bölgesinin doku özelliğini temsil etmek için kullanılabilir [27].

4.2.4. Gri Seviye Eş Oluşum Matrisi Özellikleri (GLCM)

Gri seviye eş oluşum matrisi R.M Harlick tarafından önerilmiştir ve görüntüye ait dokunun konumsal açıdan gri seviye bağımlılığını ölçmektedir. Şekil 4.2'de "I" görüntüsüne ait gri seviye eş oluşum matrisi gösterilmektedir.

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	2	0	0	1	0	0	0
2	0	0	1	0	1	0	0	0
3	0	0	0	0	1	0	0	0
4	0	0	0	0	1	0	0	0
5	1	0	0	0	0	1	2	0
6	0	0	0	0	0	0	0	1
7	2	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	1	0	0	0

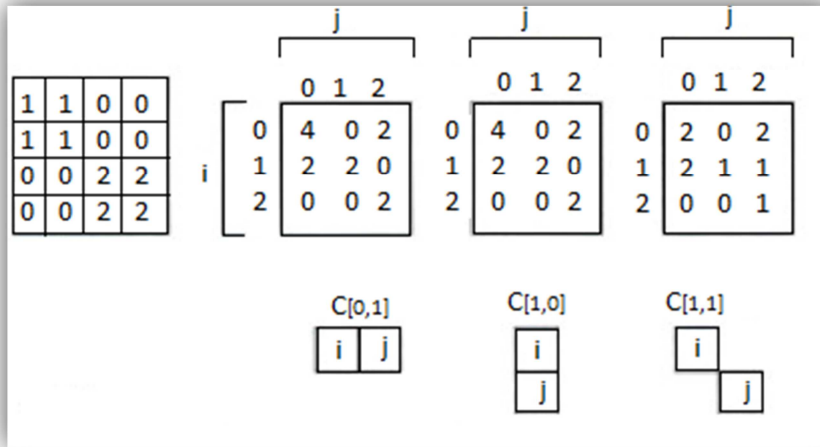
Şekil 4.2. "I" Görüntüsüne Ait Gri Seviye Eş Oluşum Matrisi "M"

Gri seviye eş oluşum matrisi yöntemini kullanılarak doku analizi yapan uygulamalarda öncelikle gri seviye düşürülen görüntünün eş oluşum matrisi oluşturulur. Bu matris oluşturulurken görüntünün pikselleri arasındaki yönelim ve uzaklık önemli parametrelerdir. Oluşturulan eş oluşum matrisinden istatistiksel sonuçlar elde edilerek görüntüye ait doku özellikleri oluşturulmaktadır.

Dokusal sınıflandırma için birçok doku özelliği belirlenmiştir. R.M. Haralick tarafından önerilen doku özellikleri: Açısal İkinci Moment (Angular Second Moment), Kontrast (Contrast), Korelasyon (Correlation), Varyans (Variance), Ters Diferansiyel Moment (Inverse Difference Moment), Toplam Ortalama (Sum Average), Toplam Varyans (Sum Variance), Toplam Entropi (Sum Entropi), Entropi, Diferansiyel Varyans (Difference Variance), Diferansiyel Entropi (Difference Entropi), Birinci Korelasyon Ölçüsü (First Correlation Measurement), İkinci Korelasyon Ölçüsü (Second Correlation Measurement), Maksimum Korelasyon Katsayısı (Maximal Correlation Coefficient)'dır [48]. Görüntülere ait belirtilen bu doku özellikleri hesaplanarak özellik vektörleri oluşturulmaktadır.

Gri seviye eş oluşum matrisi yaklaşımı, piksel yoğunluk dağılımı ve istatistik çalışmalarına dayanmaktadır. Renk histogramlarında olduğu gibi sadece piksel istatistiği dokunun pratik uygulamalarıyla alakalı yeterli ölçüde açıklama sağlayamamaktadır. Bu nedenle birbirleriyle belli konumsal ilişki içinde olan piksel çiftleri düşünülerek elde edilmiş istatistikleri dikkate almak gerekmektedir. Gri seviye eş oluşum matrisleri; (d, θ) göreceli kutupsal koordinatlara sahip olan iki pikselin " i, j " yoğunluklarıyla ortaya çıktığı $C(i, j | d, \theta)$ göreceli frekansları ya da olasılıkları ifade eder [12].

Şekil 4.3'te 4×4 boyutundaki "I" görüntüsüne ait 3 farklı (d, θ) değerine bağlı olarak üç adet gri seviye eş oluşum matrisi gösterilmektedir. Her matris; görüntüden her çift gri seviyenin, d ayrımında ve θ tarafından belirlenen yönde kaç kez oluştuğu sayılarak hesaplanır.



Şekil 4.3. Gri Tonda Bir Görüntünün Üç Farklı Eş Oluşum Matrisi

Şekil 4.3'te $C[0,1]$ gri seviye eş oluşum matrisinde $[1,0]$ pozisyonu, $j=0$ 'ın görüntüde iki kez $i = 1$ 'in doğrudan sağ tarafında görüldüğünün belirtisi olan 2 değerine sahiptir. Ancak $[0,1]$ pozisyonu, $j = 1$ 'in $i = 0$ 'ın doğrudan sağında görünmediğinin belirtisi olan 0 değerine sahiptir. En büyük eş oluşum değeri olan 4, bir 0'ın diğer bir 0'ın tam sağında dört kez görüldüğünün belirtisi olan $[0,0]$ pozisyonundadır [12]. Gri seviye eş oluşum matrislerinin iki önemli türevi vardır. Bunlardan ilki normalize edilmiş gri seviye eş oluşum matrisi "Nd"dir. Nd'ye ait hesaplama eşitlik (4.29)'da belirtilmektedir:

$$N_d[i, j] = \frac{C_d[i, j]}{\sum_i \sum_j C_d[i, j]} \quad (4.29)$$

İkincisi simetrik gri ton S_d matrisidir. Simetrik komşu çiftlerini gruplandıran S_d matrisi eşitlik (4.30)'da belirtilmektedir:

$$S_d[i, j] = C_d[i, j] + C_{-d}[i, j] \quad (4.30)$$

Heraldick ve diğerleri tarafından görüntüye ait dokunun gri seviye eş oluşum matrisi kullanılarak 14 adet özelliği çıkarılmıştır. Fakat 1980 yılında Connors ve Harlow bu özellik ölçütlerinden "Açısal İkinci Moment, Entropi, Korelasyon(İlinti), Yerel Homojenlik ve Eylemsizlik" özelliklerinin daha çok kullanıldığını tespit etmişlerdir.

[49]. Herhangi bir görüntüye ait dokunun özellik vektörünün çıkarılmasında bu özellikler iyi sonuçlar ortaya koyabilir.

Yukarıda belirtilen doku özelliklerine ait açıklayıcı bilgiler ve hesaplamalar aşağıda belirtilmektedir:

Açısal İkinci Moment veya Enerji: Görüntünün homojenliğinin ölçüsüdür. Görüntünün homojenliği arttıkça bu değer büyümektedir.

$$\text{Enerji, ASM} = \sum_i \sum_j N_d^2[i, j] \quad (4.31)$$

Entropi: Görüntünün karmaşıklık ölçüsünü verir. Karmaşık dokulu görüntüler yüksek entropiye sahiptir.

$$\text{Entropi} = - \sum_i \sum_j N_d[i, j] \log_2 N_d[i, j] \quad (4.32)$$

Kontrast: Görüntü zıtlığının bir ölçümüdür.

$$\text{Kontrast (Zıtlık)} = \sum_i \sum_j (i - j)^2 N_d[i, j] \quad (4.33)$$

Homojenlik: Görüntünün farklı bölgelerindeki benzerliğinin bir ölçüsüdür.

$$\text{Homojenlik} = \sum_i \sum_j \frac{N_d[i, j]}{1 + |i - j|} \quad (4.34)$$

Korelasyon: Görüntünün doğrusallığının bir ölçüsüdür. “0” yönündeki doğrusal yönlü yapılar bu yönde büyük korelasyon değerleri meydana getirmektedir.

$$\text{Korelasyon} = \frac{\sum_i \sum_j (i - \mu_i)(j - \mu_j) N_d[i, j]}{\sigma_i \sigma_j} \quad (4.35)$$

Eşitlik (4.35)'te μ_i , μ_j , ortalamalar σ_i ve σ_j , $N_d[i]$ satırlarının ve $N_d[j]$ sütunlarının standart sapmaları olmak üzere $N_d[i]$ ve $N_d[j]$ toplamları şu şekilde gösterilir:

$$N_d[i] = \sum_j N_d[i,j] \quad (4.36)$$

$$N_d[j] = \sum_i N_d[i,j] \quad (4.37)$$

Gri seviye eş oluşum matrisi kullanılarak yapılan doku analizi ile görüntüye ait gri seviye pikselleri arasındaki konumsal ilişki tanımlanmaktadır. Bu eş oluşum yaklaşımı büyük parçalardan oluşan dokular için uygun olmayabilir. Yön açısından 4 adet yön (0° , 90° , 180° , 270°) yeterli olmasına rağmen pikseller arasındaki adım boyutu “d” değerleri önemli rol oynamaktadır. Bazı dokular “d”nin küçük değerleri ile tanımlanabilirken bazı dokular ise “d”nin büyük değerlerinde tanımlanabilmektedir. Optimal “d”nin seçimi tamamen dokuya bağlıdır [12].

BÖLÜM 5. İÇERİK TABANLI GÖRÜNTÜ ERİŞİMİNDE BENZERLİK ÖLÇÜTLERİ ve PERFORMANS DEĞERLENDİRME

Bu bölümde içerik tabanlı görüntü erişiminde özellik çıkarımı yapılmış görüntülerin birbirleri arasındaki benzerliği ölçen yöntemlerin analizi yapılmaktadır. Görüntüler arasındaki benzerlikler ölçülürken genel olarak karşılaştırılan görüntüler için çıkarılmış özellik vektörlerinin bir birlerine olan uzaklığı hesaplanmaktadır. Böylece görüntüler arasındaki hesaplanan bu mesafelere bağlı olarak birbirlerine olan benzerliği hakkında bir metrik elde edilmiş olmaktadır. Literatürde yaygın olarak iki vektör arasındaki uzaklığı ölçen yöntemler şunlardır:

- Öklid Mesafesi (Euclidean Distance)
- Manhattan Mesafesi (Manhattan Distance)
- Minkowski Mesafesi (Minkowski Distance)

Bu tez kapsamında elde edilen özellik vektörleri arasındaki mesafe ölçümü Öklid Mesafesi kullanılarak hesaplanmıştır.

5.1. Öklid Mesafesi

Öklid Mesafesi iki nokta arasındaki doğrusal uzaklığı ölçmek için kullanılmaktadır. Yaygın olarak kullanılan uzaklık hesaplama yöntemlerinden biridir.

$p = (p_1, p_2, \dots, p_n)$ ve $q = (q_1, q_2, \dots, q_n)$ olarak belirtilen “ n ” boyutlu iki nokta arasındaki uzaklık $d(p,q)$ veya $d(q,p)$ olarak gösterilmek üzere; $d(p,q)$ Öklid Mesafesi eşitlik (5.1)’de belirtildiği şekilde hesaplanmaktadır [50].

$$d(\mathbf{p}, \mathbf{q}) = d(\mathbf{q}, \mathbf{p}) = \sqrt{(q_1 - p_1)^2 + (q_2 - p_2)^2 + \cdots + (q_n - p_n)^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (q_i - p_i)^2}. \quad (5.1)$$

5.2. Manhattan Mesafesi

Manhattan Mesafesi, Taxis Mesafesi olarak bilinmektedir. p ve q n boyutlu iki vektör olmak üzere;

$$p = (p_1, p_2, \dots, p_n)$$

$$q = (q_1, q_2, \dots, q_n)$$

p ve q arasındaki $d(p, q)$ uzaklığı eşitlik (5.2)'de belirtilmiştir:

$$d(p, q) = \|p - q\| = \sum_{i=1}^n |p_i - q_i| \quad (5.2)$$

Örnek olarak (p_1, p_2) ve (q_1, q_2) noktaları arasındaki uzaklık $|p_1 - q_1| + |p_2 - q_2|$ olarak verilmektedir.

5.3. Minkowski Mesafesi

Minkowski Mesafesi, Öklid Mesafesi ve Manhattan Mesafesi'nin bir genelleştirilmesi ile oluşturulur.

p ve q n boyutlu iki vektör olmak üzere;

$$p = (x_1, x_2, \dots, x_n)$$

$$q = (y_1, y_2, \dots, y_n)$$

p ve q arasındaki $d(p, q)$ uzaklığı eşitlik (5.3)'de belirtilmiştir:

$$d(p, q) = \left(\sum_{i=1}^n |x_i - y_i|^p \right)^{1/p} \quad (5.3)$$

Minkowski Mesafesinde p 'değeri çoğunlukla 1 veya 2 seçilmektedir [51].

5.4. İçerik Tabanlı Görüntü Erişim Sistemlerinin Performans Değerlendirmeleri

Sorgu neticesinde ortaya çıkan erişim performansının değerlendirilmesi içerik tabanlı görüntü erişim sistemlerinde kritik bir problemdir. Bu sistemlerin performanslarının değerlendirilmesi için araştırmacılar tarafından birçok yöntem oluşturulmuş ve kullanılmıştır [25].

İçerik tabanlı erişim sistemlerinin değerlendirilmesinde temel bazı problemler mevcuttur. Bunlardan ilki genel bir görüntü arşivi oluşturulurken karşılaşılan güçlüklerdir. Görüntüler Web’de yer alma ve yayınlarda kullanılma ihtimalinden dolayı görüntülerin herhangi bir telif hakkı kısıtlaması olmaması gerekmektedir. Diğer bir sorun ise içerik tabanlı görüntü erişimi için özel etkiye sahip medikal, araba ve yüz tanıma vb. görüntüler ile ilgili yeterli çeşitlilikte görüntüleri bir araya getirmektir. Günümüzde içerik tabanlı görüntü erişimi için referans görüntü veritabanlarından biri Corel Fotoğraf Galerisi’dir. Bu veritabanında 10800 görüntü 80 gruba ayrılmıştır. Örnek gruplar: Sonbahar, havacılık, kale, bulut, köpek, fil, buzdağı, primitler, gemi, sarkıt, buhar makinesi, kaplan, tren, şelale gibi. Görüntü erişiminde aynı grupta olanlar ve bu grupta birbirine benzeyen görüntüler tespit edilmeye çalışılmaktadır [25].

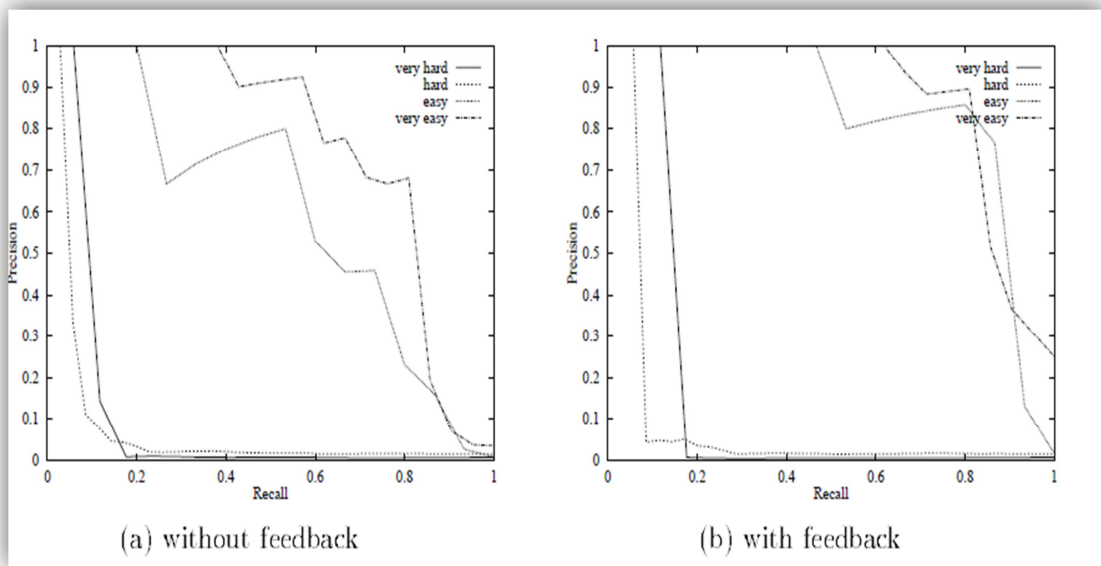
Bilgi erişim sistemlerinde en genel değerlendirme ölçümleri duyarlık (precision) ve anma (recall) ölçütleridir.

Duyarlık, sistemin sadece gerekli uygun görüntülere erişimdeki gücünü ifade ederken; Anma sistemin tüm uygun görüntülere erişimdeki gücünü ifade etmektedir. Duyarlık ve anma ölçütlerine ait eşitlikler Eşitlik 5.4 ve Eşitlik 5.5’te gösterilmiştir [25].

$$\text{Duyarlık (Precision)} = \frac{\text{Erişilen Uygun Görüntü Sayısı}}{\text{Erişilen Toplam Görüntü Sayısı}} \quad (5.4)$$

$$\text{Anma (Recall)} = \frac{\text{Erişilen Uygun Görüntü Sayısı}}{\text{Görüntü Arşivindeki Toplam Uygun Görüntü Sayısı}} \quad (5.5)$$

Genellikle bu ölçütler duyarlılığa göre anma grafiği ile gösterilmektedir. Bu grafik PR(Precision-Recall) olarak adlandırılmaktadır. PR grafiği ile araştırmacılar bu alanda çıkacak yorum problemlerine neden olmayacak bilgiye erişebilirler. Şekil 5.1’de örnek bir sisteme ait geribildirimli ve geribildirimsiz olmak üzere 4 farklı sorgu sonucuna ait anma-duyarlık grafiği gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Geribildirimli Ve Geribildirimsiz 4 Farklı Sorgu Sonucuna Göre Anma-Duyarlık Grafiği [25].

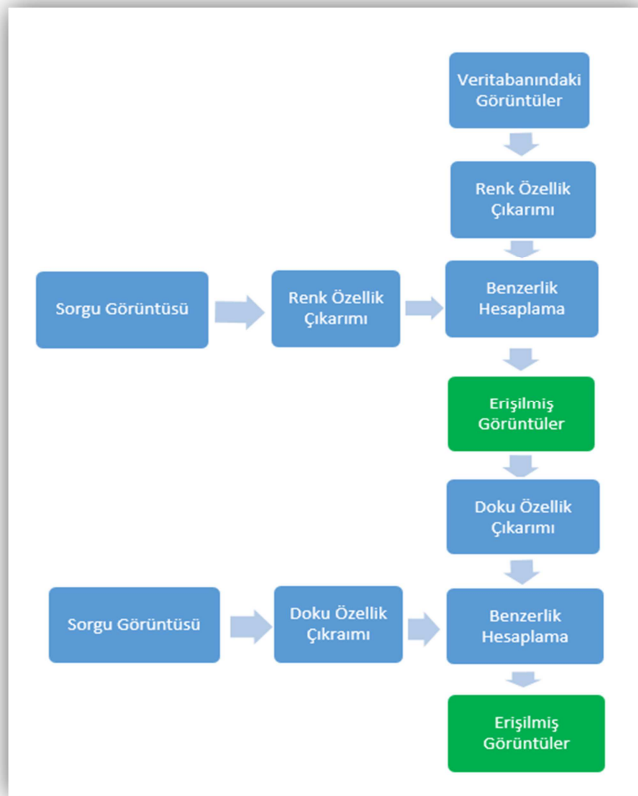
PR grafiği arzu edilen tüm bilgileri içermeyeceğinden; ortalama duyarlık, 0.5 duyarlıktaki anma değeri, 0.5 duyarlığın altındaki anma değeri, erişilen görüntü sayısının 1000 olduğu durumdaki anma değeri gibi ölçümler de kullanılmaktadır. Bu yaklaşımlar ile farklı sistemler anlamlı bir şekilde karşılaştırılabilmektedir [25].

Belirtilen bu ölçütler genel olarak sistemlerin değerlendirilmesi için yararlı olmaktadır; fakat görüntü erişimi söz konusu olduğunda, metin tabanlı bilgi erişim sistemlerinin değerlendirilmesinden daha fazla sorunla karşı karşıya kalınmaktadır. Çünkü gelen sonuç kümesinden uygun olarak seçileceklerin belirlenmesi zor bir işlemdir. Burada görsel nesnenin anlamını tanımlamadaki güçlükler ve kullanıcıların

farklı bakış açıları ön plana çıkmaktadır. Dilsel içerikten bağımsız olarak yapılan yorumlama, insan algısının devreye girmesi bu zorlukların oluşmasında etkilidir [12].

BÖLÜM 6. UYGULAMA VE SONUÇLAR

Bu bölümde tez kapsamında geliştirilen uygulama aracı ve bu aracın sonuçları tartışılacaktır. Uygulama aracının detaylı yapısı ve kullandığı yöntemler açıklanacaktır. Temel olarak renk ve doku öznitelikleri kullanılarak bir içerik tabanlı görüntü erişimi uygulamasının geliştirilmesi amaçlanmıştır. Öncelikle renk analizi yapılarak sorgu görüntüsü ve veritabanındaki görüntülere ait renk öznitelikleri çıkarılarak bir benzerlik sıralaması yapılmış daha sonra doku analizi yapılarak renk öznitelikleri kullanılarak benzerlik ölçümü yapılmış görüntülerin doku öznitelikleri çıkarılmıştır ve elde edilen görüntülerin sorgu görüntüsüne benzerliği ölçülmüştür. Uygulamaya ait temel işlem adımları Şekil 6.1’de gösterilmiştir.

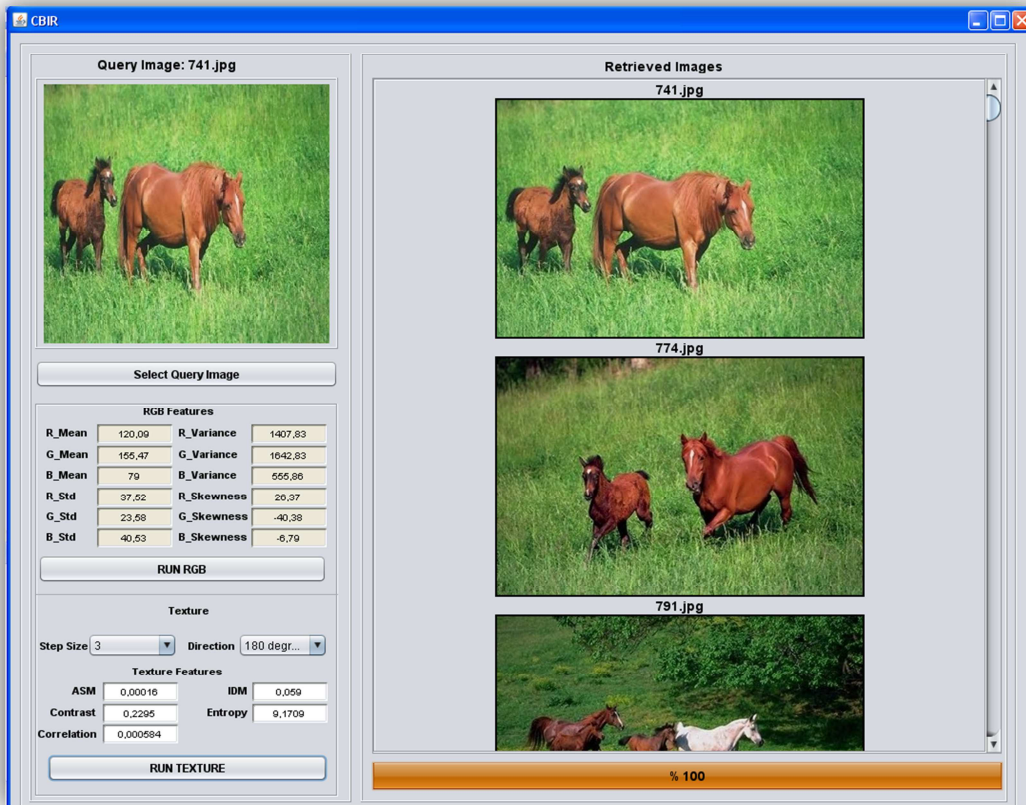


Şekil 6.1. Uygulamaya ait Temel İşlem Adımları

6.1. Geliştirilen Uygulama ve Görüntü Arşivinin Özellikleri

Tez kapsamında geliştirilen uygulamada temelde iki aşamadan oluşmaktadır. Bunlardan ilki renk analizi ikincisi ise doku analizidir. Renk analizi ile renk özniteliklerinin çıkarılmasında “Renk Momentleri” yöntemi kullanılarak arşivlenmiş bütün görüntülere ait renk momentleri hesaplanmış ve veritabanında tutulmuştur. Doku analizi ile doku özniteliklerinin çıkarılmasında “Gri Seviye Eş Oluşum Matrisi” yöntemi kullanılarak doku öznitelikleri çıkarılmıştır. Renk Momentleri ve Gri Seviye Eş Oluşum Matrisi yöntemlerine ait algoritmalar ve gerekli diğer hesaplamalar bölüm 5’te detaylı olarak açıklanmıştır.

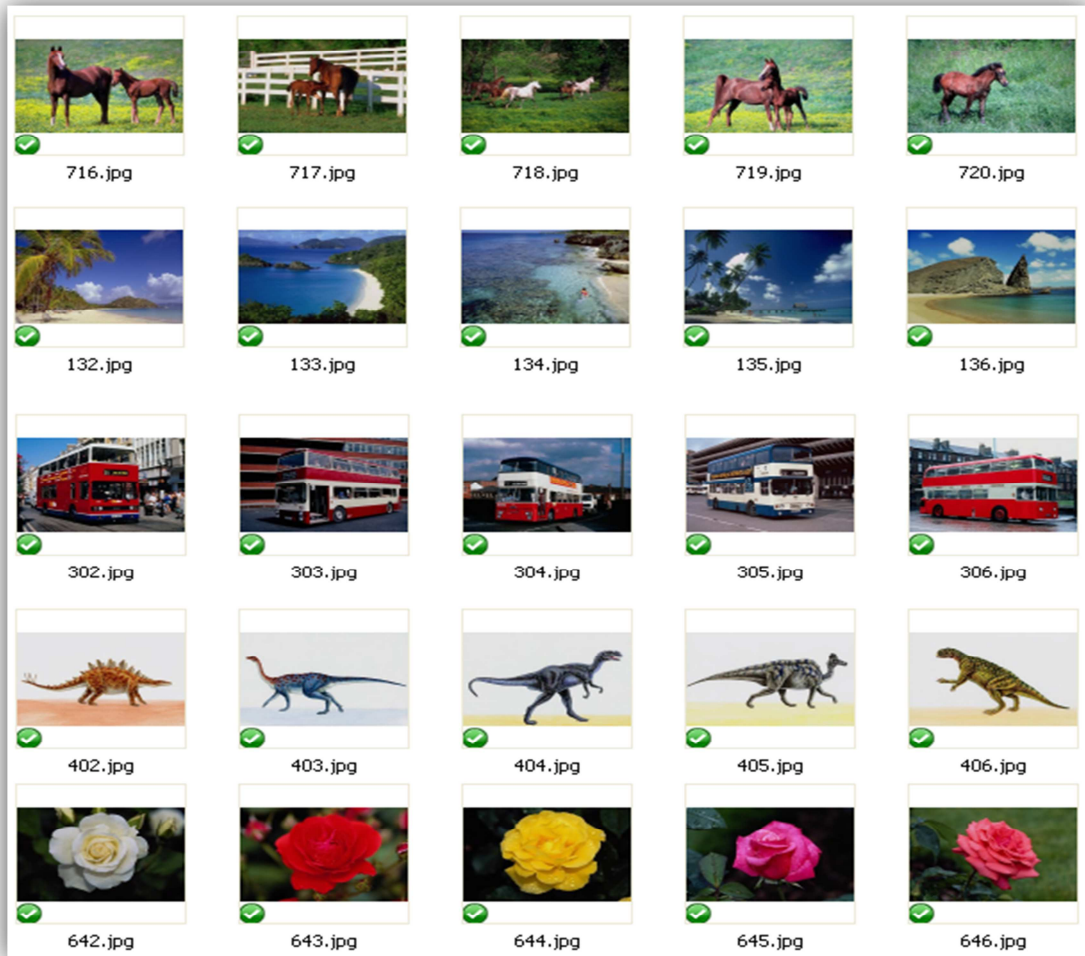
Uygulama Java programlama diliyle geliştirilmiş olup görüntülere ait özniteliklerin saklanmasında ve gerektiğinde erişiminde “MySQL” ilişkisel veritabanı kullanılmıştır. Geliştirilen uygulamaya ait ekran görüntüsü Şekil 6.2’de gösterilmiştir.



Şekil 6.2. Geliştirilen Uygulamaya Ait Ekran Görüntüsü

6.2. Görüntü Veritabanının Oluşturulması

İçerik tabanlı erişim sistemlerinde erişim performansının ölçülmesi için görüntü veritabanının oluşturulmasının önemi oldukça fazladır. Dolayısıyla geliştirilen uygulamaların hitap ettiği görüntü arşivinin referans bir görüntü arşivi olması uygulamaların birbirleri arasındaki kıyaslama işlemi için önemli olacaktır. Bu tez kapsamında içerik tabanlı görüntü erişim sistemleri için referans veritabanı niteliğinde olan COREL görüntü veritabanı kullanılmıştır. Bu görüntü arşivinde farklı kategorilere ayrılmış 1000 adet görüntü bulunmaktadır. Her kategori 100 adet birbiriyle ilişkili görüntüye sahiptir. Dolayısıyla elde edilen bu görüntü arşivinde 10 kategori bulunmaktadır. COREL görüntü arşivinde bulunan örnek görüntüler Şekil 6.3’de gösterilmiştir.



Şekil 6.3. COREL Görüntü Arşivine ait Örnek Görüntüler

COREL görüntü arşivine ait tüm görüntüler MySQL veritabanında Şekil 6.4'te belirtilen yapıda tutulmuştur.

id	image_name	image_path	r_mean	g_mean	b_mean	r_std	g_std	b_std	r_variance	g_variance	b_variance	r_skewness	g_skewness	b_skewness	b_comp	g_comp	r_comp	
247	320.jpg	D:\development\veclipse\WS\CBIL...	129.46...	78.600...	88.33...	73.780...	79.8118...	80.4159...	5443.54...	6466.717...	6369...	-53.46511...	69.1832...	65.47...	BL00	BL00	BL00	
747	771.jpg	D:\development\veclipse\WS\CBIL...	33.946...	53.077...	25.27...	50.288...	43.1832...	45.2642...	2528.95...	2048.847...	1864...	69.16007...	49.7113...	62.41...	BL00	BL00	BL00	
530	576.jpg	D:\development\veclipse\WS\CBIL...	122.69...	114.75...	78.70...	55.198...	39.3159...	42.7697...	3046.82...	1829.252...	1545...	-37.26730...	-32.0691...	34.05...	BL00	BL00	BL00	
565	607.jpg	D:\development\veclipse\WS\CBIL...	100.67...	66.027...	61.96...	78.753...	53.2492...	52.0793...	6202.14...	2712.254...	2835...	49.74481...	47.0741...	52.06...	BL00	BL00	BL00	
566	608.jpg	D:\development\veclipse\WS\CBIL...	129.78...	32.923...	40.64...	63.873...	26.8737...	44.7397...	4079.85...	2001.642...	722.1...	-52.94330...	49.2275...	24.94...	BL00	BL00	BL00	
751	775.jpg	D:\development\veclipse\WS\CBIL...	101.54...	121.39...	67.62...	64.397...	39.4652...	65.5299...	4147.04...	4294.178...	1557...	-28.63632...	-31.0352...	26.49...	BL00	BL00	BL00	
770	792.jpg	D:\development\veclipse\WS\CBIL...	50.462...	65.163...	29.14...	50.801...	37.8513...	44.4446...	2580.80...	1975.328...	1432...	58.41837...	36.6309...	51.97...	BL00	BL00	BL00	
183	263.jpg	D:\development\veclipse\WS\CBIL...	70.966...	81.869...	100.9...	49.664...	54.5634...	45.4531...	2466.56...	2065.991...	2977...	55.48143...	43.6279...	-15.44...	BL00	BL00	BL00	
695	724.jpg	D:\development\veclipse\WS\CBIL...	83.347...	80.113...	59.15...	55.297...	49.0592...	48.8017...	3057.81...	2381.610...	2406...	59.32574...	49.8327...	59.91...	BL00	BL00	BL00	
304	372.jpg	D:\development\veclipse\WS\CBIL...	112.81...	80.273...	75.62...	79.506...	72.5369...	77.4102...	6321.23...	5992.345...	5261...	-34.83884...	67.0744...	64.60...	BL00	BL00	BL00	
18	114.jpg	D:\development\veclipse\WS\CBIL...	75.656...	83.297...	86.09...	63.907...	68.0390...	65.0736...	4084.18...	4234.585...	4629...	61.71220...	63.6283...	61.87...	BL00	BL00	BL00	
529	575.jpg	D:\development\veclipse\WS\CBIL...	130.53...	101.68...	76.09...	49.832...	54.5491...	49.0846...	2483.31...	2409.300...	2975...	-16.90190...	48.9051...	65.54...	BL00	BL00	BL00	
704	732.jpg	D:\development\veclipse\WS\CBIL...	71.953...	95.400...	55.74...	43.079...	41.5396...	40.0850...	1855.83...	1606.808...	1725...	50.07250...	30.8185...	52.22...	BL00	BL00	BL00	
745	77.jpg	D:\development\veclipse\WS\CBIL...	121.27...	101.71...	92.39...	63.132...	55.2107...	57.3571...	3985.68...	3289.845...	3048...	30.50008...	39.9447...	41.97...	BL00	BL00	BL00	
764	787.jpg	D:\development\veclipse\WS\CBIL...	66.452...	75.208...	59.89...	57.459...	44.5678...	44.5678...	72.2208...	6999.06...	5215.852...	3064...	-32.98899...	55.4156...	55.45...	BL00	BL00	BL00
951	955.jpg	D:\development\veclipse\WS\CBIL...	112.66...	81.003...	51.38...	83.660...	55.3623...	55.3623...	44.5678...	6999.06...	5215.852...	3064...	-32.98899...	55.4156...	55.45...	BL00	BL00	BL00
883	894.jpg	D:\development\veclipse\WS\CBIL...	51.809...	88.735...	116.2...	44.251...	56.2126...	47.2931...	1958.22...	2236.643...	3159...	41.24295...	29.2240...	26.73...	BL00	BL00	BL00	
42	136.jpg	D:\development\veclipse\WS\CBIL...	94.305...	117.51...	118.8...	51.136...	49.4823...	40.9765...	2614.89...	1679.074...	2448...	31.25939...	-12.6183...	-28.86...	BL00	BL00	BL00	
679	71.jpg	D:\development\veclipse\WS\CBIL...	125.30...	119.58...	102.6...	51.095...	52.9940...	58.7185...	2610.72...	3447.868...	2808...	-25.34308...	-27.5402...	42.60...	BL00	BL00	BL00	
789	809.jpg	D:\development\veclipse\WS\CBIL...	57.950...	101.94...	118.6...	67.893...	53.1839...	51.8631...	4609.48...	2689.787...	2828...	68.45137...	50.4378...	24.86...	BL00	BL00	BL00	
999	999.jpg	D:\development\veclipse\WS\CBIL...	83.519...	73.844...	44.66...	70.241...	49.2365...	49.2365...	59.2633...	596.23...	3630.893...	2845...	51.55979...	51.4306...	69.84...	BL00	BL00	BL00

Şekil 6.4. COREL Görüntü Arşivinin MySQL Veritabanındaki Renk Momentlerinin Yapısı

Görüntülere ait özellik vektörlerinin ilişkisel veritabanında tutulmasıyla verilere erişim daha hızlı hale getirilmiş ve sistematik bir yapı oluşturulmuştur.

6.3. Renk Özniteliklerinin Çıkarılması

Geliştirilen uygulama yardımıyla öncelikle görüntülerin RGB (Red, Green, Blue) renk uzayı elde edilip Renk Momentleri yöntemi kullanılarak RGB uzayındaki her bir bileşen için ortalama (mean), standart sapma (standard deviation), varyans (variance), eğrilik (skewness) hesaplamaları yapılmış ve görüntünün renk özniteliklerine bağlı olarak özellik vektörü oluşturulmuştur.

Görüntülere ait renk özellik vektörü “r_mean, g_mean, b_mean, r_std, g_std, b_std, r_variance, g_variance, b_variance, r_skewness, g_skewness, b_skewness” bileşenlerinden oluşmaktadır. Bu bileşenlerin tanımları:

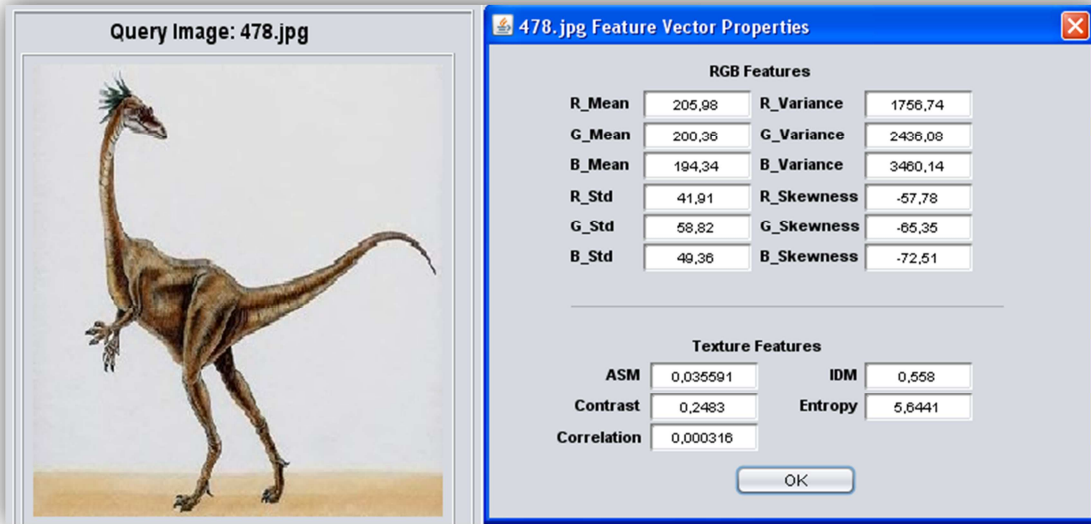
r_mean: Görüntünün kırmızı bileşenine ait piksel değerlerinin ortalaması,
 g_mean: Görüntünün yeşil bileşenine ait piksel değerlerinin ortalaması,
 b_mean: Görüntünün mavi bileşenine ait piksel değerlerinin ortalaması,
 r_std: Görüntünün kırmızı bileşenine ait piksel değerlerinin standart sapması,
 g_std: Görüntünün yeşil bileşenine ait piksel değerlerinin standart sapması,
 b_std: Görüntünün mavi bileşenine ait piksel değerlerinin standart sapması,
 r_variance: Görüntünün kırmızı bileşenine ait piksel değerlerinin varyansı,
 g_variance: Görüntünün yeşil bileşenine ait piksel değerlerinin varyansı,
 b_variance: Görüntünün mavi bileşenine ait piksel değerlerinin varyansı,
 r_skewness: Görüntünün kırmızı bileşenine ait piksel değerlerinin eğrilik derecesi,
 g_skewness: Görüntünün yeşil bileşenine ait piksel değerlerinin eğrilik derecesi,
 b_skewness: Görüntünün mavi bileşenine ait piksel değerlerinin eğrilik derecesi,
 Olarak belirtilmiştir.

6.4. Doku Özniteliklerinin Çıkarılması

Görüntülere ait doku özniteliklerinin çıkarılmasında Gri Seviye Eş Oluşum Matrisi (Gray Level Correlation Matrix - GLCM) yöntemi kullanılmaktadır. Gri seviye eş oluşum matrisi yöntemini kullanılarak doku analizi yapan uygulamalarda öncelikle gri seviye düşürülen görüntünün eş oluşum matrisi oluşturulur. Bu matris oluşturulurken görüntünün pikselleri arasındaki yönelim ve uzaklık önemli parametrelerdir. Oluşturulan eş oluşum matrisinden istatistiksel sonuçlar elde edilerek görüntüye ait doku özellikleri oluşturulmaktadır. Renk analizi neticesinde benzerlik ölçümü yapılmış görüntülerden ilk 100 tanesi doku analizine girmek üzere ayrılmış ve sorgu görüntüsü ile birlikte bu filtrelenmiş 100 görüntüye ait Gri Seviye Eş Oluşum Matrisi özellikleri hesaplanmış ve belirlenen bu görüntüler için doku özellik vektörü oluşturulmuştur. Doku özellik vektörü görüntüye ait eş oluşum matrisinin “Açısal İkinci Moment (Angular Second Moment), Zıtlık (Contrast), Korelasyon (Correlation), Entropi (Entropy), Ters Diferansiyel Moment (Invers Differential Moment)” bileşenlerinden oluşmaktadır. Görüntü arşivindeki görüntülerin zıtlık bileşeni diğer doku özellik vektörü bileşenlerinden değer olarak önemli ölçüde büyük olduğundan benzerlik ölçümünde diğer bileşenlerin etkisini azaltmaktadır. Bu nedenle görüntü arşivindeki bütün görüntülerin zıtlık parametresi

normalizasyona tabi tutulmuştur. Böylelikle doku analizi için zıtlık parametresi 0 ile 1 aralığında bir değere sahip olmuştur.

Renk ve doku analizi yapılmış bir görüntüye ait özellik vektörleri Şekil 6.5'te verilmiştir.



Şekil 6.5. Sorgu Görüntüsü "478.jpg"nin Renk ve Doku Özellik Vektörleri

6.5. Sorgu Görüntüsü ile Veritabanındaki Görüntülerin Karşılaştırılması

Geliştirilen uygulamaya ait temel işlem adımları Şekil 6.1'de gösterilmiştir. Bu diyagrama göre öncelikle sorgu görüntüsünün ve veritabanındaki diğer görüntülerin renk analizi yapılmakta ardından renk analizi sonucunda sorgu görüntüsüne benzer en yakın 100 görüntü doku analizi için ayrılmaktadır. Doku analizine alınan 100 görüntünün sorgu görüntüsüne en yakın 60 tanesi erişim sonucu olarak kullanıcıya sunulmaktadır. Sorgu görüntüsü ile görüntü arşivi arasındaki benzerlik durumu özellik vektörleri arasındaki Öklid Mesafesi'ne bağlı olarak belirlenmektedir. İki görüntü arasındaki Öklid Mesafesi azaldıkça görüntülerin birbirlerine olan benzerlik oranı artmaktadır.

Sorgu görüntüsü ile görüntü arşivindeki diğer görüntüler arasındaki renk ve doku benzerlik durumunu belirten formülasyonlar aşağıda belirtilmektedir.

Sorgu görüntüsüne ait renk özellik vektörü:

$$C_FV_Q = [r_q_mean, g_q_mean, b_q_mean, r_q_std, g_q_std, b_q_std, r_q_variance, g_q_variance, b_q_variance, r_q_skewness, g_q_skewness, b_q_skewness]$$

İ'nci görüntüye ait renk özellik vektörü:

$$C_FV_i = [r_i_mean, g_i_mean, b_i_mean, r_i_std, g_i_std, b_i_std, r_i_variance, g_i_variance, b_i_variance, r_i_skewness, g_i_skewness, b_i_skewness]$$
 olmak üzere

Sorgu görüntüsü ile görüntü arşivindeki görüntüler arasındaki benzerliğin ölçüsünü belirleyen uzaklık vektörü $C_Di = |C_FV_Q - C_FV_i|$ eşitlik 6.1'de belirtilmiştir:

$$C_Di = \sqrt{\sum_{i=1}^N (C_FV_Q - C_FV_i)^2} \quad (6.1)$$

Sorgu görüntüsüne ait doku özellik vektörü:

$$T_FV_Q = [(ASM)_q, (Contrast)_q, (Corelation)_q, (Entropi)_q, (IDM)_q]$$

İ'nci görüntüye ait doku özellik vektörü:

$$T_FV_i = [(ASM)_i, (Contrast)_i, (Corelation)_i, (Entropi)_i, (IDM)_i]$$

Sorgu görüntüsü ile renk analizi neticesinde elde edilmiş görüntüler arasındaki benzerliğin ölçüsünü belirleyen uzaklık vektörü $T_Di = |T_FV_Q - T_FV_i|$ eşitlik 6.2'de belirtilmiştir:

$$T_Di = \sqrt{\sum_{i=1}^N (T_FV_Q - T_FV_i)^2} \quad (6.2)$$

6.6. Uygulamaya Ait Performans Sonuçları

Görüntü erişim sistemlerinde performans değerlendirmesi için en genel değerlendirme yöntemleri duyarlık (precision) ve anma (recall) değerlerine ait ölçütleridir.

Duyarlık, sistemin sadece gerekli uygun görüntülere erişimdeki gücünü ifade ederken; Anma sistemin tüm uygun görüntülere erişimdeki gücünü ifade etmektedir. Duyarlık ve Anma ölçütlerine ait eşitlikler Bölüm 5'te eşitlik (5.4) ve (5.5)'te verilmiştir.

Tez kapsamında geliştirilen uygulamaya ait algoritmaların performansı Şekil 6.6'da belirtilen ve rastgele seçilen farklı kategorilerdeki sorgu görüntüleri için Tablo 6.1'de belirtilmiştir.



Şekil 6.6. Sorgu Görüntüleri

Tablo 6.1. Sorgu Görüntülerine ait Duyarlık ve Anma Değerleri

Görüntü Adı	Duyarlık	Anma
719.jpg	0,72	0,43
435.jpg	0,93	0,56
618.jpg	0,73	0,44
192.jpg	0,53	0,32
60.jpg	0,42	0,25
316.jpg	0,63	0,38
528.jpg	0,30	0,18
934.jpg	0,32	0,19
875.jpg	0,23	0,14

BÖLÜM 7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında içerik tabanlı görüntü erişim kavramının temelleri üzerinde durulmuştur. İçerik tabanlı görüntü erişiminde daha önceden yapılan çalışmalar incelenmiş ve erişim sistemlerini oluşturan görüntü içerik tanımlayıcıları anlatılmıştır. Çalışma kapsamında renk ve doku görüntü içerik tanımlayıcılarına ait öznitelikler kullanılarak bir içerik tabanlı görüntü erişim uygulaması geliştirilmiştir. Geliştirilen uygulamanın COREL referans görüntü veritabanı üzerindeki performansına ait sonuçlar aktarılmıştır. Günümüzde görüntü erişiminde daha çok düşük düzeyli renk, doku ve şekil görüntü içerik tanımlayıcıları kullanılmaktadır. Görüntüler arasındaki benzerliğe karar verme sezgisel olduğundan bu düşük düzeyli görüntü içerik tanımlayıcıları yetersiz kalabilmektedir. Dolayısıyla sezgisel boşluğu kapatacak yüksek düzeyli görüntü içerik tanımlayıcılarının araştırılarak sistemlere entegre edilmesi erişim başarımlarını arttıracaktır.

KAYNAKLAR

- [1] İ. SOYDAL, U. SEZEN, U. AL, “İçerik Tabanlı Görüntü Erişim Sistemleri”, Bilgi Dünyası, 6(2): 155-170, Ekim 2005.
- [2] T. BERBER, A. ALPKOÇAK, “Mamografi Raporları için Mantıksal Bilgi Erişim Sistemi”, 14. Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Toplantısı, İzmir, 2009.
- [3] C. C. VENTERS, M. COOPER, “A review of content-based image retrieval systems”, JISC Technology Applications Programme, University of Manchester, 1999
- [4] A. ALPKOÇAK, T. BERBER, “Tıbbi Görüntü Arşivleri İçin İçerik Tabanlı Görüntü Erişim Yöntemleri”, Sağlık ve Hastane Yönetimi 2. Kongresi Bildiriler Kitabı, Ankara, 2005
- [5] A. GUPTA, R. JAIN, “Visual information retrieval”, Communications of the ACM. 40(5), 70-79, 1997.
- [6] H. EIDENBERGER, “A new perspective on visual information retrieval”, SPIE Electronic Imaging Symposium, San Jose, 2004.
- [7] O. MARQUES, B. FURTH, “a content-based image search and retrieval system using relevance feedback”, Multimedia Tools and Applications, 17, 21-50, 2002.
- [8] Y. RUI, T.S. HUANG, S.F. CHANG, “Image retrieval: past, present and future”, International Symposium on Multimedia Information Processing, Taiwan, 1997.
- [9] A. D. BIMBO, M. KAUFMANN, “Visual Information Retrieval”, Morgan Kaufmann Publishers, 1999.
- [10] Y. TONTA, “Bilgi erişim sorunu: 21. yüzyıla girerken enformasyon olgusu”, 195-206, Ankara, 2001.
- [11] C.C. VENTERS, M. COOPER, “A review of content-based image retrieval systems”, JISC Technology Applications Programme, University of Manchester, 1999.
- [12] M. BAYKARA, “Tıbbi görüntülerde içerik tabanlı görüntü erişim için özellik çıkarım yöntemleri”, 2009.
- [13] H. CHEN, “An Analysis of image queries in the field of art history”, American Soc. for Inf. Sci. and Tech., 260-273, 2001.
- [14] A. SEMULDERS, R. JAIN, “Image Databases and Multi-Media Search”, World Scientific, 1997.

- [15] S. SIGGELKOW, "Feature histograms for content-based image retrieval", PhD Thesis, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg/Almanya, 2002.
- [16] C. ZHANG, T. CHEN, "An active learning framework for content-based information retrieval", IEEE Transactions on Multimedia, 260-268, 2002.
- [17] K-F. LI, T-S. CHEN, K-H. CHE, "Fractal image process based image comparison search engine", Journal of Information Science and Engineering, 19,1-14, 2003.
- [18] N. FUHR, "Information retrieval methods for multimedia objects", State-of-the-art in content-based image and video retrieval, 191-212, 2001.
- [19] W-B. PARK, E-J. RYU, Y-J. SONG, J.H. AHN, "Visual feature extraction under wavelet domain for image retrieval", Key Engineering Materials, 277-279, 206-211, 2005.
- [20] A.W.M. SMEULDERS, M. WORRING, , S. SANTINI, , A. GUPTA, R. JAIN, "Content-based image retrieval at the end of the early years", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 22(12), 1349-1380, 2000.
- [21] Y. M. WONG, S.C.H HOI, M.R. LYU, "An Empirical Study on Large-Scale Content-Based Image Retrieval", Multimedia and Expo, 2007 IEEE International Conference, 2007.
- [22] Content-Based Image Retrieval Systems: A Survey, 07.08.2013, <http://www.aalab.cs.uu.nl/cbirsurvey/cbir-survey/>, Erişim Tarihi: 09.09.2013
- [23] A. Alpkoçak, Koşut Çoklu Ortam Bilgi Gösterim Ve Erisim Dizgesi. Doktora Tezi, E.Ü. Eğitim Bilimleri Enstitüsü, 1997.
- [24] Photobook 07.08.2013: <http://vismod.media.mit.edu/vismod/demos/photobook/>, Erişim Tarihi: 10.10.2013
- [25] H. MÜLLER, W.G. MÜLLER, D. M. SQUIRE, "Performance Evaluation in Content-Based Image Retrieval-Overview and Proposals, 1999.
- [26] H. BURKHARDT, AND S. SIGGELKOW, "Invariant features for discriminating between equivalence classes," Nonlinear Model-based Image Video Processing and Analysis, John Wiley and Sons, 2000.
- [27] F. LONG, H. ZHANG, D. D. FENG, "Fundamentals Of Content Based Image Retrieval", 2003.
- [28] M.T. ORCHARD, C.A. BOUMAN, "Color quantazation of Images", IEEEEn Transactions on Signal Processing, 39(12). 1991.
- [29] RGB Renk Uzayı: http://tr.wikipedia.org/wiki/RGB_renk_uzay%C4%B1, Erişim Tarihi: 12.09.2013
- [30] YIQ Renk Uzayı: <http://en.wikipedia.org/wiki/YIQ>, Erişim Tarihi: 11.11.2013
- [31] C. FALOUTSOS, R. BARBER, M. FLICKNER, J. HAFNER, "Efficient and effective querying by image content", Journal of Intelligent Information Systems, 3:231-262, 1994.

- [32] H. TAMURA, S. MORI, T. YAMAWAKI, "Textural features corresponding to visual perception", IEEE Trans on Systems, Man and Cybernetics 8, 460-472, 1978.
- [33] P. HOWARTH, S. RUGER, "Evaluation of Texture Features for Content-Based Image Retrieval", CIVR, 2004.
- [34] S. BRANDT, "Use of Shape Features in Content-Based Image Retrieval", Master Thesis, 1999.
- [35] D. PETKOVIC, "Recent application of IBM's query by Image Content (QBIC)", IBM Research Report, RJ-10006 (890095), 1996.
- [36] S. K. CHANG, Q. Y. SHI, AND C. Y. YAN, "Iconic indexing by 2-D strings", IEEE Trans. on Pattern Anal. Machine Intell., Vol.9, No.3, pp. 413-428, May 1987.
- [37] F. GUO, J. JIN, AND D. FENG, "Measuring image similarity using the geometrical distribution of image contents", Proc. of ICSP, pp.1108-1112, 1998.
- [38] H. ZHANG, R. RAHMANI, S. R. CHOLLETI, S. A. GOLDMAN, "Local Image Representations Using Pruned Salient Points with Applications to CBIR", MM'06, October 23-27, 2006.
- [39] E. MATHIAS, "Comparing the influence of color spaces and metrics in content-based image retrieval," Proceedings of International Symposium on Computer Graphics, Image Processing, and Vision, pp. 371 -378, 1998.
- [40] A. K. JAIN, Fundamental of Digital Image Processing, Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1989.
- [41] Color Conversion, 02.11.2013, [Çevrimiçi]: <http://www.rapidtables.com/convert/color> [Erişim Tarihi: 11.11.2013]
- [42] M. STRICKER, AND M. ORENGO, "Similarity of color images," SPIE Storage and retrieval for Image and Video Databases III, vol. 2185, pp.381-392, Feb. 1995.
- [43] G.PASS, AND R. ZABITH, "Comparing images using joint histograms," Multimedia Systems, Vol.7, pp.234-240, 1999.
- [44] G. PASS, AND R. ZABITH, "Histogram refinement for content-based image retrieval," IEEE Workshop on Applications of Computer Vision, pp. 96-102, 1996.
- [45] T. GEVERS, AND A.W.M.SMEULDERS, "Pictoseek: Combining color and shape invariant features for image retrieval," IEEE Trans. on image processing, Vol.9, No.1, pp102-119, 2000.
- [46] G. D. FINLAYSON, "Color in perspective," IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.8, No. 10, pp.1034-1038, Oct. 1996.

- [47] F. LIU, AND R. W. PICARD, "Periodicity, directionality, and randomness: Wold features for image modeling and retrieval," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Learning, Vol. 18, No. 7, July 1996.
- [48] R. M HARALICK, K. SHANMUGAM, I. DINSTEIN, "Textural features for Image classification", IEEE Transactions on System Man Sybernetics, SMC-3(6):610-621, 1973.
- [49] E. KULAK, "Analysis of Textural Image Features For Content Based Retrieval", MS Thesis, Sabancı University, İstanbul, 2002.
- [50] Euclidean distance, http://en.wikipedia.org/wiki/Euclidean_distance, Erişim Tarihi: 02.11.2013
- [51] Minkowski mesafesi, http://tr.wikipedia.org/wiki/Minkowski_mesafesi, Erişim Tarihi: 02.11.2013

ÖZGEÇMİŞ

Gültekin Bütün, 02.09.1985 tarihinde Malatya’da doğdu. 2004 yılında başladığı Uludağ Üniversitesi Elektronik Mühendisliği bölümünü 2008 yılında bitirdi. 2011 yılında Sakarya Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği yüksek lisans programına girdi. 2008-2011 yılları arasında Uludağ Üniversitesi Bilgi İşlem Merkezinde çalıştı. 2011 yılından beri TÜBİTAK BİLGEM Yazılım Test ve Kalite Değerlendime Merkezi’nde araştırmacı olarak çalışmaktadır.