

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	iv
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	viii
ÖNSÖZ	ix
ÖZET	x
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ	1
1.1 Öğrenme Alt Sistemi	4
1.2 Özetleme Alt Sistemi	5
2. ÖĞRENME ALT SİSTEMİ.....	7
2.1 Dominant Renk Tespiti	7
2.2 Logo Şablonunun Oluşturulması	12
2.2.1 Logo Geçiş Serisi Adaylarının Elde Edilmesi	13
2.2.2 Hareket Özniteliklerinin Hesaplanması	14
2.2.3 Logo Geçiş Serisi Adaylarının Hizalanması	16
2.2.4 Logo Şablonunun Çıkarılması.....	17
3. ÖZETLEME ALT SİSTEMİ	19
3.1 Görünüm Sınıflandırma	19
3.2 Saha Alanı Sınıflandırma	24
3.3 Tekrar Gösterimlerin Ayrılması	28
3.4 Anlamli Analizlerin Gerçekleştirilmesi	30
4. FUTBOL VİDEO ÖZETLEME UYGULAMASI	34
4.1 FVS Uygulaması UML Modeli	34
4.1.1 BasicImageOperations Sınıfı.....	34
4.1.2 Histogram Sınıfı	36
4.1.3 DominantColorDetector Sınıfı	37
4.1.4 ViewClassifier sınıfı	38
4.1.5 PlayfieldClassifier sınıfı.....	39
4.1.6 LineDetector Sınıfı	41
4.1.7 ReplayDetector Sınıfı	42
4.1.8 FrameBuffer Sınıfı.....	43
5. DENEYSEL SONUÇLAR.....	46
5.1 Öğrenme Alt Sistemi Deneysel Sonuçları	47
5.1.1 Dominant Renk Tespiti Deneysel Sonuçları	47

5.1.2	Logo Şablonunun Oluşturulmasına Ait Deneysel Sonuçlar	48
5.2	Özetleme Alt Sistemi Deneysel Sonuçları	48
5.2.1	Görünüm Sınıflandırma Deneysel Sonuçları	48
5.2.2	Görünüm Sınıflandırma Başarımını Etkileyen Faktörler.....	50
5.2.3	Görünüm Sınıflandırma Başarımını Arttırmak İçin Yapılan Deneyler	52
5.2.4	Saha Alanı Sınıflandırma Deneysel Sonuçları	53
5.2.5	Saha Alanı Sınıflandırma Başarımını Etkileyen Faktörler	55
5.2.6	Tekrar Gösterimlerin Ayrılması Deneysel Sonuçları	56
5.3	Özetleme İşlemi Deneysel Sonuçları	57
6.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	59
7.	KAYNAKLAR.....	61
	ÖZGEÇMİŞ.....	63

SİMGE LİSTESİ

KISALTMA LİSTESİ

CDT	C/C++ Development Tooling
FVS	Football Video Summarization
GMM	Gaussian Mixture Model
HMM	Hidden Markov Model
HSI	Hue Saturation Intensity
RGB	Red Green Blue
SVM	Support Vector Machine
UML	Unified Modeling Language

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1-1 Futbol video özetleme sistemi genel modeli	4
Şekil 2-1 İki ayrı futbol sahası için sırasıyla kırmızı, yeşil, mavi renk bileşen histogramları ...	7
Şekil 2-2 Renk özü bileşeni renk aralığı	10
Şekil 2-3 Doygunluk bileşeni renk aralığı	11
Şekil 2-4 Şiddet bileşeni renk aralığı	11
Şekil 2-5 Dominant renklerin hesaplanması; a) 1. dominant renk değeri, b) 2. dominant renk değeri, c) 3. dominant renk değeri	12
Şekil 2-6 Logo geçişi örnekleri	13
Şekil 2-7 Ardışık video karelerinin şiddet fark değerleri.....	14
Şekil 2-8 Optik akış özellikleri (Bai v.d., 2006).....	15
Şekil 2-9 Örnek logo şablonları.....	18
Şekil 3-1 Futbol videosu içerisindeki görünüm tipleri: (a), (b) Genel görünüm, (c), (d) Saha içi görünüm, (e), (f) Saha dışı görünüm	19
Şekil 3-2 Çim piksel tespiti; a) video karesi, b) silindirik metrik ile çim piksellerin tespit edilmesi, c) medyan filtrenin uygulanması	21
Şekil 3-3 Genel görünüm olarak yanlış işaretlenmiş saha içi görünüm.....	22
Şekil 3-4 Kayan pencere işlemi (a) video karesi, (b) çim piksel tespiti, (c) 3:5:3 oranında bölünmüş kare, (d) kayan pencere işlemi ilk adımı, (e) kayan pencere işlemi ikinci adım, (f) kayan pencere işlemi son adım	23
Şekil 3-5 Görünüm Sınıflandırma algoritması	24
Şekil 3-6 Saha alanı çizgileri için açı değerinin hesaplanması	25
Şekil 3-7 Futbol sahası alanları : a) Sol alan, b) Orta alan, c) Sağ alan.....	25
Şekil 3-8 Futbol sahası çizgileri için açı değerleri.....	26
Şekil 3-9 Closing ve opening işlemleri; a) video karesi, b) çim piksellerin ayrılması, c) closing işlemi, d) opening işlemi	27
Şekil 3-10 Saha alanı sınırının işaretlenmesi; a) closing ve opening işlemleri sonucu, b) saha alanı sınırının belirlenmesi	28
Şekil 3-11 Saha alanı çizgilerinin tespit edilmesi; a) ikili modda işaretlenmiş resim, b) saha alanı dışındaki alanların çıkarılması, c) saha alanı çizgilerinin tespit edilmesi	28
Şekil 3-12 Logo şablonu ve tespit edilmiş olan logo kareleri	30
Şekil 3-13 Futbol yayın modeli (Ren v.d., 2005)	31
Şekil 3-14 Atak yayın modeli.....	31
Şekil 3-15 Orta seviye tanımlayıcılar ile atak yayın modeli	31

Şekil 3-16 Örnek atak pozisyonu.....	32
Şekil 4-1 BasicImageOperations sınıfı UML diyagramı	35
Şekil 4-2 Histogram sınıfı UML diyagramı	36
Şekil 4-3 DominantColorDetector sınıfı UML diyagramı	37
Şekil 4-4 ViewClassifier sınıfı UML diyagramı	39
Şekil 4-5 PlayfieldClassifier sınıfı UML diyagramı.....	40
Şekil 4-6 LineDetector sınıfı UML diyagramı	41
Şekil 4-7 ReplayDetector sınıfı UML diyagramı	42
Şekil 4-8 FrameBuffer sınıfı UML diyagramı	44
Şekil 5-1 Sistem başarımlı performansının ölçülmesi için kullanılan futbol videolarından kareler.....	47
Şekil 5-2 Genel görünüm olarak sınıflandırılmış olan video kareleri	49
Şekil 5-3 Saha içi görünüm olarak sınıflandırılmış olan video kareleri	49
Şekil 5-4 Saha dışı görünüm olarak sınıflandırılmış olan video kareleri.....	49
Şekil 5-5 Görünüm sınıflandırma metodunda yayıncı kuruluştan kaynaklanan başarısız sonuçlar	51
Şekil 5-6 Görünüm sınıflandırma metodunda gündüz maçlarında stadyumdan kaynaklanan başarısız sonuçlar	52
Şekil 5-7 Orta alan olarak sınıflandırılmış olan video kareleri	54
Şekil 5-8 Sol alan olarak işaretlenmiş olan video kareleri.....	54
Şekil 5-9 Sağ alan olarak işaretlenmiş olan video kareleri	54
Şekil 5-10 Saha alanı çizgisinin yer almadığı video karesi.....	56
Şekil 5-11 Bulanık şekilde görüntülenmiş orta alan çizgisi.....	56
Şekil 5-12 Bulanık şekilde görüntülenmiş olan sol alan çizgisi.....	56

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3-1 Saha alanı sınıflandırma kuralı	26
Çizelge 4-1 BasicImageOperations sınıfı öznitelikleri	35
Çizelge 4-2 BasicImageOperations sınıfı fonksiyonları	36
Çizelge 4-3 Histogram sınıfı fonksiyonları	37
Çizelge 4-4 DominantColorDetector sınıfı öznitelikleri	38
Çizelge 4-5 DominantColorDetector sınıfı fonksiyonları	38
Çizelge 4-6 ViewClassifier sınıfı fonksiyonları	39
Çizelge 4-7 PlayfieldClassifier sınıfı öznitelikleri	40
Çizelge 4-8 PlayfieldClassifier sınıfı fonksiyonları	41
Çizelge 4-9 LineDetector sınıfı fonksiyonları	41
Çizelge 4-10 ReplayDetector sınıfı öznitelikleri	42
Çizelge 4-11 ReplayDetector sınıfı fonksiyonları	43
Çizelge 4-12 FrameBuffer sınıfı öznitelikleri	44
Çizelge 4-13 FrameBuffer sınıfı fonksiyonları	45
Çizelge 5-1 Dominant renk tespiti performans testleri	47
Çizelge 5-2 Logo şablonunun oluşturulması performans testi	48
Çizelge 5-3 Görünüm tipi dağılımları	50
Çizelge 5-4 Görünüm sınıflandırma test sonuçları	50
Çizelge 5-5 Görünüm sınıflandırma test sonuçları	53
Çizelge 5-6 Saha alanı tipi dağılımları	55
Çizelge 5-7 Saha alanı sınıflandırma test sonuçları	55
Çizelge 5-8 Logo geçişlerinin yakalanması test sonuçları	57
Çizelge 5-9 Video özetleme süreleri	57
Çizelge 5-10 Atak pozisyonlarının tespit edilmesi test sonuçları	58

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması kapsamında “Futbol Videoları İçin Otomatik Özetleme Sistemi” geliştirmek amacıyla ihtiyaç duyulan metodları ve yaklaşımları tasarlamayı hedefledim. Gerçekleştirmiş olduğum çalışma sonucunda gelecekteki birçok akademik ve ticari çalışma için temel oluşturabilecek bir tez çalışması ürettiğime inanıyorum.

Bu tez çalışmasını yaparken elinden gelen hiçbir gayreti esirgemeyen ve beni hem bu tez çalışması sırasında hem de Yıldız Teknik Üniversitesi’ndeki lisans ve yüksek lisans öğrenimim boyunca sürekli destekleyen değerli danışmanım A. Gökhan Yavuz ve M. Elif Karslıgil’e teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Serhat Aydın
Ağustos, 2008

ÖZET

FUTBOL VİDEOLARININ ORTA SEVİYELİ TANIMLAYICILAR İLE ANALİZİ VE ÖZETLENMESİ

Serhat Aydın
Bilgisayar Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi

Son yıllarda teknoloji alanındaki gelişmeler ile sayısal video içeriği ve buna paralel olarak bu içeriğe erişim için kullanılan sayısal ürün ve ortam çeşitliliği oldukça artmıştır. Sayısal video içeriğinde, çok fazla insana hitap etmesi nedeniyle spor videoları önemli bir yer tutmaktadır. Spor müsabakalarının sayısı, çeşitliliği ve süreleri göz önüne alındığında izleyicilerin tüm spor müsabakalarını takip etmeleri mümkün görünmemektedir. Dolayısıyla, günümüzde spor müsabakalarına ait videoların otomatik olarak özetlenmesi ve bu özet görüntülerin çeşitli sayısal ürün ve ortam aracılığıyla izleyicilere ulaştırılması önem kazanmıştır.

Spor müsabakaları içerisinde en çok ilgi çeken her zaman futbol olmuştur. Dolayısıyla futbol, günümüzde bilimsel araştırma grupları ve piyasa tarafından özetleme konusunda en fazla ilgiyi gören spor dalıdır. Bu tez kapsamında futbol videosu özetleme işlemi için ihtiyaç duyulan metodolojiler ve yaklaşımlar tasarlanmış ve özetleme işlemini gerçekleştiren bir uygulama geliştirilmiştir.

Özetleme işlemi için futbol videosu içerisindeki görünüm tipi, saha alanı, tekrar gösterim gibi orta seviye tanımlayıcılar elde edilip bu tanımlayıcılar üzerinde anlamlı analizler gerçekleştirilmiştir. Bu anlamlı analizler ile video içerisindeki ilgi çekici bölümlerin bulunmasını ve dolayısıyla videonun özetlenmesini sağlayan sinematik özniteliklere dayalı bir sistem geliştirilmiştir. Geliştirilen sistem Öğrenme Alt sistemi ve Özetleme Alt sistemi olmak üzere 2 ayrı modülden oluşmaktadır.

Öğrenme alt sistemi dominant renk tespiti ve logo şablonunun oluşturulması işlemlerini gerçekleştirip özetleme alt sistemine veri sağlamak amacıyla tasarlanmıştır.

Özetleme alt sistemi ise öğrenme alt sisteminden aldığı verilerle öncelikle video içerisindeki görünüm tipi, saha alanı tipi ve tekrar gösterim orta seviye tanımlayıcılarını elde eder. Daha sonra bu tanımlayıcılar üzerinde anlamlı analizler gerçekleştirerek futbol özetleme işlemini gerçekleştirir.

Anahtar Kelimeler: Futbol videosu özetleme, sinematik özellikler, görünüm sınıflandırma, tekrar gösterim tespiti

JÜRİ:

1. Yrd. Doç. Dr. A. Gökhan YAVUZ (Danışman)

Tarih : 24.11.2008

2. Yrd. Doç. Dr. Yusuf Sinan AKGÜL

Sayfa sayısı : 63

3. Yrd. Doç. Dr. Soner ÖZGÜNEL

ABSTRACT

ANALYSIS AND SUMMARIZATION OF SOCCER VIDEOS WITH MID-LEVEL DESCRIPTORS

Serhat Aydın

Computer Engineering, M.S. Thesis

In recent years, the amount of digitized video content and the variety of digitized equipments that providing access to video content have been increasing rapidly. Soccer videos are important part of the video content, because sports video appeal to large audiences. It is impossible for the audiences to watch all sports video by reason of the variety and duration of these videos. Therefore, automatically summarizing sports video and delivering them to audiences by digitized equipments and media has been a coming requirement.

Soccer is the most popular sport event in recent years and soccer video summarization has attracted a lot of attention among the researchers. In the context of this thesis, necessary methodologies and approaches were studied to design a soccer video summarization system.

Mid-level descriptors such as view type, playfield zone and replay are extracted from the soccer video and semantic analysis are performed on these descriptors. Later, highlights in the soccer video is extracted by semantic analysis. As a result, an automatic soccer video summarization system which are based on the cinematic features is proposed. The system consists of two modules named as Learning Sub System and Summarization Sub System.

Learning Sub System is designed to implement dominant color detection and logo template generation processes and supply the necessary data to Summarization Sub Sytem for summarization process.

Summarization Sub System extracts view type, playfield zone and replay mid-level descriptors by using the input data from Learning Sub System and summarizes the video by performing semantic analysis on these descriptors.

Keywords: Soccer video summarization, cinematic features, view classification, play detection

JURY:

1. Assist. Prof. A. Gökhan YAVUZ (Supervisor)

Date : 24.11.2008

2. Assist. Prof. Yusuf Sinan AKGÜL

Page : 63

3. Assist. Prof. Soner ÖZGÜNEL

1. GİRİŞ

Spor müsabakaları, geçmiş yıllardan günümüze kadar geçen süre içerisinde her zaman insanların ilgisini çekmiştir. Son yıllarda, teknoloji alanındaki ilerlemeler ile dijital medya ürünlerinin çeşitliliği artmış ve buna bağlı olarak spor müsabakalarının izlenme oranı da oldukça yükselmiştir. Spor müsabakalarının sayısı, çeşitliliği ve süreleri düşünüldüğünde, seyircilerin tüm müsabakaları takip etme imkanı bulunmamaktadır ve genellikle bu müsabakalara ait sadece ilgi çekici bölümlerden oluşan özet görüntüleri izlemeyi tercih etmektedirler. Dolayısıyla, günümüzde spor müsabakalarına ait videoların otomatik olarak özetlenmesi ve bu özetlerin televizyon, mobil cihazlar veya internet aracılığıyla seyircilere ulaştırılması ihtiyacı doğmuştur. Spor müsabakaları ertesinde yayınlanan ve bu müsabakaları değerlendiren televizyon programları ve gazete eleştirileri de düşünüldüğünde spor videolarının özetlenmesi ihtiyacı daha da artmaktadır. Ayrıca elde edilen özet görüntüler müsabaka içerisindeki sadece ilgi çekici bölümlerden oluştuğu için spor müsabakalarının yer aldığı video indeksleme sistemleri için de çok önemli bir girdi oluşturmaktadırlar.

Spor müsabakaları içerisinde en çok ilgi çeken her zaman futbol olmuştur. Dolayısıyla spor videolarının özetlenmesi konusunda üzerinde en çok araştırma yapılmış spor dalı da futboldur. Futbol videolarının özetlenmesi konusunda geçmişte yapılan çalışmalar temel olarak video içerisindeki *nesne tabanlı* özniteliklerin ve *sinematik* özniteliklerin elde edilmesi ve elde edilen bu öznitelikler üzerinde anlamlı analizlerin gerçekleştirilmesi üzerine kurulmuştur.

Literatürde nesne tabanlı özniteliklerin kullanıldığı çalışmalara bakıldığında, elde edilen nesnelerin renk, doku ve şekil gibi uzaysal, hareket ve etkileşim gibi mekansal-zamansal özniteliklerinden yararlanıldığı görülmektedir. Nesne tabanlı özniteliklerin kullanıldığı çalışmalarda genellikle nesne olarak bir futbol müsabakasının temel unsurları olan futbol topu, futbolcular ve hakem kullanılmıştır. (Yow vd., 1995), video içerisinde futbol topunun saha içerisindeki yörüngesini bulmayı amaçlamıştır. Bu çalışmada öncelikle video içerisindeki tüm kareler incelenerek kale direklerinin görüntülediği kareler bulunmuş ve futbol topunun yörüngesi sadece bu kareler üzerinde incelenmiştir. Bir kare üzerinde futbol topunun daha kolay tanınması için kamera dengeleme tekniğinden yararlanılmıştır. Bu teknik ile arka arkaya gelen karelerin farkı alınarak hareket eden nesneler daha belirgin bir hale getirilmiş ve her bir karede topun konumu belirlenerek yörüngesi elde edilmiştir. Sonuç olarak topun yörüngesine bakılarak maç içerisinde gol olan ve gole yakın olan pozisyonlar ayrılmıştır.

(Assfalg vd., 2002), video özetinin oluşturulmasında HMM (Hidden Markov Model – Saklı Markov Modeli)’den faydalanarak maç içerisindeki serbest vuruş, köşe vuruşu ve penaltı vuruşu pozisyonlarını ayırmıştır. Modelin oluşturulması amacıyla futbol sahası belirli bölgelere ayrılmış, futbolcuların ve topun bu bölgeler içerisindeki yer değiştirmesi izlenmiştir. Daha sonra bu yer değiştirme bilgileri futbol maçının görüntülenmesi sırasında kullanılan kameranın yatay hareketi, öne ve arkaya eğimi ve zumlama gibi kamera hareketleri ile birleştirilerek serbest vuruş HMM, köşe vuruşu HMM ve penaltı vuruşu HMM şeklinde 3 ayrı model oluşturulmuştur.

(Ekin vd., 2003), sarı kart, kırmızı kart ve penaltı pozisyonlarında hakemin yakın çekimde görüntülenmesinden yola çıkarak, video içerisinde hakemin görüntülediği kareleri ve dolayısıyla maçın içerisinde sarı kart, kırmızı kart ve penaltı pozisyonlarının gerçekleştiği bölümleri elde etmeye çalışmıştır. Hakemin maç içinde diğer takımların üniformalarından farklı renkte bir üniforma giymesi kuralından faydalanılarak kare üzerinde yatay ve dikey izdüşüm alma işlemi gerçekleştirilmiş ve hakemin yer aldığı bölge tespit edilmiştir.

Sinematik öznitelikler maçın görüntülenmesi sırasında kullanılan belirli video çekim kuralları sonucunda oluşurlar. Maç içerisindeki tekrar görüntüleri, video karesinin görüntülenme şekli (yakın çekim, uzak çekim), seyircilerden gelen sesler, ekranda beliren metinler sinematik özniteliklere örnek olarak gösterilebilir. Literatürde sinematik özniteliklerin kullanıldığı pek çok çalışma mevcuttur. Bu çalışmalarda sinematik öznitelikler genel olarak 2 kategoride incelenmiştir; işitsel öznitelikler ve görsel öznitelikler.

(Xiong vd., 2003), işitsel öznitelikleri sınıflandırmak için GMM (Gaussian Mixture Model - Gauss Karışım Modeli) kullanmıştır. Video içerisindeki sessiz olmayan her saniye 5 sınıftan biriyle etiketlenmiştir. Bu sınıflar; seyirci reaksiyon sesi (alkış, tezahürat vb), müzik, konuşma, müzikle birlikte konuşma ve diğerleri şeklinde belirlenmiştir. Etiketlenen bu bölümler için GMM kullanılarak video içerisindeki ilgi çekici bölümler elde edilmiştir.

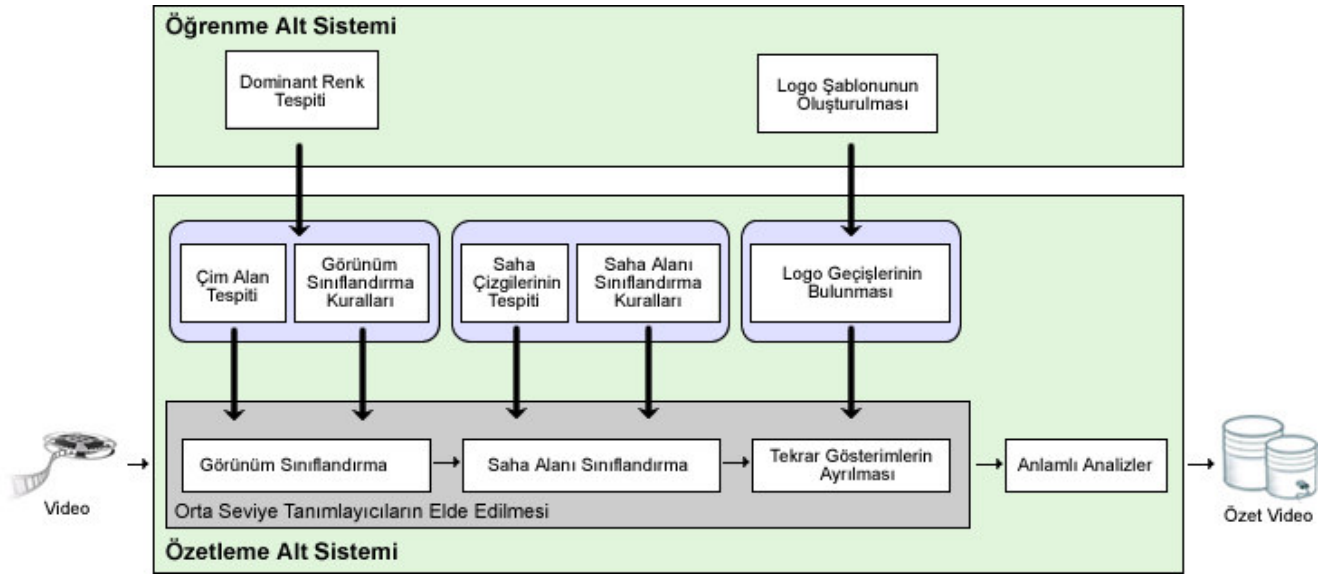
(Xu vd., 2003), SVM (Support Vector Machine – Destek Vektör Makineleri)’den faydalanarak hakemin düdük sesi, maçı anlatan spikerin sesi ve seyircilerin sesleri için 7 adet anahtar öznitelik oluşturmuş ve her anahtar özneliği maç içerisindeki potansiyel olaylarla eşleştirmiştir. Anahtar öznitelikler; uzun süreli hakem düdüğü, çift hakem düdüğü, çoklu hakem düdüğü, heyecanlı spiker sesi, heyecanlı seyirci sesi, sade spiker sesi ve sade seyirci sesi olarak belirlenmiştir. Anahtar öznitelik - Potansiyel olay eşleştirmeleri ile birlikte buluşsal yöntemler kullanılarak maç içerisindeki anlamlı olaylar ortaya çıkartılmıştır.

(Wang vd., 2004), işitsel ve görsel özniteliklerin bir arada kullanıldığı bir çalışma ortaya koymuştur. Video içerisinde sadece tüm oyun alanını gösteren ana kameranın kaydettiği görüntüler kullanılarak özetleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Öncelikle düşük seviyeli işitsel ve görsel öznitelikler analiz edilerek orta seviye anahtar öznitelikler elde edilmiştir. Anahtar öznitelikler olarak; aktif oyun alanı, topun yörüngesi, kale ağzı, hareket aktivitesi ve ses kullanılmıştır. Daha sonra bu anahtar öznitelikler belirli kurallara göre gruplanarak atak, faul ve diğer olmak üzere 3 adet sınıflandırıcı oluşturulmuştur. Sınıflandırma işlemi için Gauss çekirdeği ile SVM kullanılmıştır. SVM'in eğitimi için bir eğitim videosu oluşturulmuş, maç içerisindeki ilgi çekici ve ilgi çekici olmayan bölümler elle işaretlenmiştir. Sonuç olarak, eğitilen SVM aracılığıyla oluşturulan sınıflara uyan bölümler ayrıştırılmış ve özetleme işlemi gerçekleştirilmiştir.

(Pan vd., 2001), maç yayını sırasında önemli pozisyonların tekrar gösterildiği bilgisinden yararlanarak video içerisindeki yavaşlatılmış tekrar gösterimleri (slow motion replay) bulmayı hedefleyen bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışma kapsamında yavaşlatılmış tekrar gösterimlerin yapısı incelenmiş ve bu yapıya eş bir HMM oluşturulmuştur. HMM oluşturulurken ardı ardına gelen video karelerinin farkı alınarak, bu farkın değişiminin frekansı ve genliği kullanılmıştır. Sonuç olarak elde edilen tekrar gösterimler birleştirilerek video özeti oluşturulmuştur.

(Zhao, 2006 v.d.)'de tekrar gösterimler üzerine bir çalışma gerçekleştirmiştir. Tekrar gösterim bölümlerini bulmak için tekrar gösterimlerin başında ve sonunda görüntülenen logo geçiş efektini yakalamayı tercih etmiştir. Video içerisindeki tüm logo çiftlerinin yeri ve dolayısıyla tekrar gösterimler elde edildikten sonra, tekrar gösterimlerin önem seviyesinin belirlenebilmesi için bir olay-tekrar yapısı oluşturulmuştur. Olay-tekrar yapısının oluşturulması sırasında ses enerjisi ve hareket aktivitesi öznitelikleri kullanılmıştır. Elde edilen tekrar gösterimler önem derecesine göre birleştirilerek video özeti elde edilmiştir.

Nesne tabanlı özniteliklerin ve sinematik özniteliklerin kullanıldığı çalışmalar için gerçekleştirilen performans analizleri incelendiğinde sinematik özniteliklerin kullanıldığı çalışmaların daha başarılı olduğu görülmektedir. Nesne tabanlı özniteliklerin çıkarılması çok daha fazla işlem gücü ve zaman gerektirmektedir. Dolayısıyla performans kriteri göz önüne alınarak, son yıllarda yapılan çalışmalarda daha çok sinematik özellikler tercih edilmektedir.



Şekil 1-1 Futbol video özetleme sistemi genel modeli

Bu tez çalışması kapsamında futbol videosu içerisindeki orta seviye tanımlayıcıları elde eden ve bu tanımlayıcılar üzerinde anlamlı analizler gerçekleştirilerek, maç içerisindeki ilgi çekici bölümlerin bulunmasını ve dolayısıyla videonun özetlenmesini sağlayan sinematik özniteliklere dayalı bir sistem geliştirilmiştir. Geliştirilen sistem

Şekil 1-1’de görüldüğü gibi öğrenme alt sistemi ve özetleme alt sistemi olmak üzere 2 ayrı bölümden oluşmaktadır.

1.1 Öğrenme Alt Sistemi

Öğrenme alt istemi, özetleme alt sistemine video özetleme işlemini gerçekleştirmesi esnasında kullanacağı verileri sağlamak amacıyla geliştirilmiştir. Öğrenme alt sistemi özetlenecek olan video üzerinde dominant renk tespiti ve logo şablonunun oluşturulması işlemlerini gerçekleştirir. Video özetleme işlemi sırasında her bir video karesi kameranın çekim şekline göre belirli görünüm sınıflarına ayrılmıştır (

Şekil 1-1 Görünüm Sınıflandırma). Görünüm sınıflandırma işlemi için video karesinde futbol sahasına ait bölgenin ne kadar yoğunlukta olduğu bilgisi kullanılmıştır. Bu yoğunluk bilgisinin elde edilmesi için video karesi içerisindeki futbol sahası renginde olan piksellerin diğer piksellere olan oranı tespit edilir. Futbol sahaları çim alanlardan dolayısıyla yeşilin tonlarındaki renklerden oluşmaktadır. Futbol sahası için yeşil rengin tonu stadyumdan stadyuma, hatta aynı stadyum içerisindeki hava koşullarına ve ışık değişimine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Futbol videoları incelendiğinde video boyunca dominant rengin

futbol sahasının, yani yeşilin tonlarındaki çim alanların rengi olduğu kolaylıkla görülmektedir. Dolayısıyla öğrenme alt sistemi kapsamında video üzerinde dominant rengin elde edilmesi işlemi gerçekleştirilmiştir.

Öğrenme alt sisteminin diğer bir görevi video içerisindeki tekrar gösterimlerin elde edilmesi sırasında kullanılan logo şablonunu oluşturmaktır. Logo şablonunun oluşturulması için video boyunca ard arda gelen video karelerinde için ortalama şiddet değerlerinin farkı hesaplanır. Bu farkın yüksek olması o kareler boyunca bir sahne geçişinin veya logo geçiş efektinin var olduğu anlamına gelmektedir (Tong vd., 2004). Dolayısıyla fark değerinin belirli bir eşik değerini geçtiği anlardaki video karesi serileri logo geçiş serisi adayları olarak saklanır. Daha sonra elde edilen tüm logo geçiş serisi adayları için dinamik programlama kullanılarak seri hizalama işlemi gerçekleştirilir ve sadece logo geçiş efektinin yer aldığı seriler elde edilir. Son olarak elde edilen seriler içerisinde logo şablonu çıkartılır.

1.2 Özetleme Alt Sistemi

Özetleme alt sistemi, özetleme işlemi için orta seviye tanımlayıcıları elde ederek bu tanımlayıcılar üzerinde anlamlı analizler gerçekleştirir. Özetleme alt sisteminde orta seviye tanımlayıcıların kullanılmasının nedeni tek başına düşük seviye tanımlayıcıların veya yüksek seviye özniteliklerin yeterli olmamasıdır. Düşük seviye tanımlayıcılar ham veriden elde edilebilecek renk, doku v.b. özniteliklerdir. Düşük seviye tanımlayıcılar anlamlı bilgi içermediğinden özetleme alt sisteminde bu tanımlayıcıların orta seviye tanımlayıcılar ile güçlendirilmesi tercih edilmiştir. Yüksek seviye öznitelikler ise insanlar ve insanlar veya makineler ve insanlar arasındaki anlamsal uçurum nedeniyle günümüzdeki sistemlerde fazla kullanılmamaktadır. Bu uçurumun oluşmasında insanların görsel bilgi içeren bir varlığı birbirlerinden farklı algılayabilecekleri veya tanımlayabilecekleri gerçeği etkilidir (Soydal vd., 2005; Eidenberger, 2004). Özetleme alt sistemi kapsamında, *görünüm tipi*, *saha alanı* ve *tekrar gösterim* orta seviye tanımlayıcıları kullanılmıştır (

Şekil 1-1, görünüm sınıflandırma, saha alanı sınıflandırma, tekrar gösterimlerin ayrılması).

Görünüm sınıflandırma işlemi sırasında her bir video karesi *genel görünüm*, *saha içi görünüm* ve *saha dışı görünüm* sınıflarından bir tanesine ayrılır. Görünüm sınıflandırma için öğrenme alt sisteminin sağlamış olduğu dominant renk yani çim rengi bilgisi kullanılır. Video karesinde yer alan her bir pikselin renk değeri dominant renk ile karşılaştırılır ve dominant renge yakın olan pikseller çim piksel olarak kabul edilir. Yeni bir karede çim pikseller ve çim

olmayan pikseller ikili modda işaretlenir. Çim pikseller belirlendikten sonra çim piksel sayısının video karesindeki tüm piksel sayısına oranı ve tanımlanmış olan görünüm sınıflandırma kuralları uygulanarak, video karesi daha önce tanımlanmış olan 3 görünüm sınıfından biri ile işaretlenir.

Saha alanının sınıflandırması için görünüm sınıflandırma ile genel görünüm olarak işaretlenmiş olan ikili video kareleri kullanılmıştır. Genel görünüm, futbol müsabakasının görüntülenmesi sırasında topun olduğu bölgeyi yukarıdan gösteren ana kameranın elde ettiği görüntülerden oluşur. Futbol sahası her bir takıma ait olan alanlar ve orta alan olmak üzere toplam 3 temel alandan oluşmaktadır. Dolayısıyla saha alanının sınıflandırılması için sol alan, sağ alan ve orta alan olmak üzere 3 adet sınıf tanımlanmıştır. İkili video karesi üzerinde futbol sahasının sınırları elde edilerek saha dışında kalan alanlar video karesinden çıkartılmıştır. Daha sonra Hough transform metodu kullanılarak saha üzerinde yer alan saha çizgileri tespit edilir. Tespit edilen saha çizgileri ve tanımlanmış olan saha alanı sınıflandırma kuralları kullanılarak, video karesi tanımlanmış olan 3 saha alanı sınıfından biri ile işaretlenir.

Tekrar gösterimlerin ayrılması işlemi video içerisinde logo geçişlerinin yer aldığı karelerin tespit edilmesiyle gerçekleştirilir. Futbol videoları incelendiğinde maç içerisinde oluşan ilgi çekici pozisyonların tekrar gösterimlerinin yer aldığı ve bu tekrar gösterimlerin genel olarak bir logo geçiş efektiyle başlayıp, aynı logo geçiş efektiyle sona erdiği görülür. Dolayısıyla bu çalışma kapsamında tekrar gösterimlerin ayrılması için logo geçiş çiftlerinin tespit edilmesi tercih edilmiştir. Öğrenme alt sistemi tarafından futbol videosu analiz edilerek logo geçiş efektiinde kullanılan logo için bir şablon elde edilir. Özetleme alt sistemi ard arda gelen her video karesini logo şablonunun yer aldığı kare ile karşılaştırır. Karşılaştırma işlemi sırasında video karesi ve logo şablonu karesinin piksel değerlerinin farkının ortalaması alınır. Fark değerinin belirli bir eşik değerinin altına düştüğü andaki video karesi, logo şablonu ile belirtilen logonun yer aldığı karedir. Dolayısıyla video içerisindeki logo geçişi yakalanmıştır. Böylece ard arda gelen 2 logo geçişi arasındaki bölüm tekrar gösterim olarak ayrılmıştır.

Özetleme alt sistemi son adım olarak elde edilen görünüm tipi, saha alanı ve tekrar gösterim orta seviye tanımlayıcıları üzerinde anlamlı analizler gerçekleştirerek videonun özetlenmesi işlemini gerçekleştirir.

Bu tez çalışması kapsamında Bölüm 2’de öğrenme alt sistemi, Bölüm 3’de ise özetleme alt sistemi tanıtılmaktadır.

4. bölümde ise tez kapsamında geliştirilen otomatik futbol video özetleme sistemi “FVS –

Football Video Summarization” detaylı olarak anlatılmaktadır.

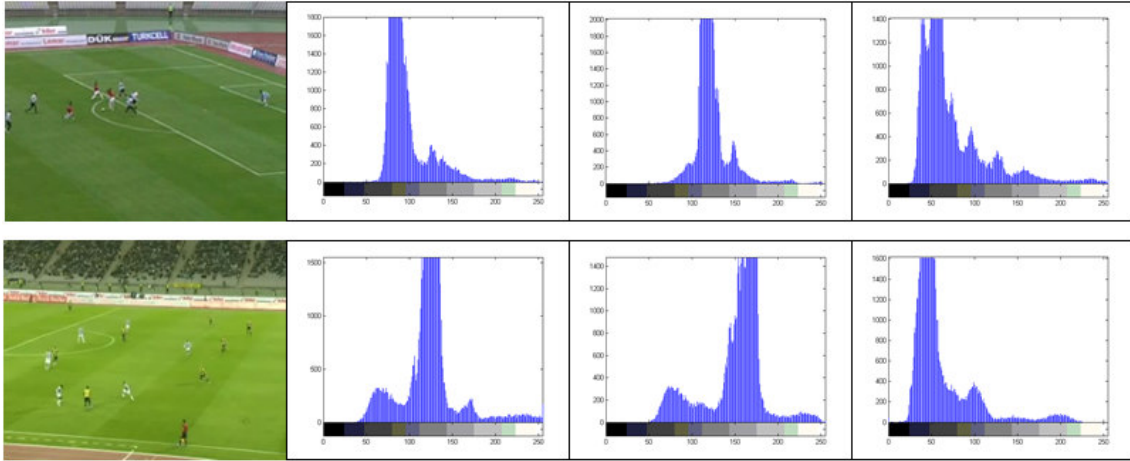
5. bölümde ise “Football Video Summarization” uygulaması ile elde edilen deneysel sonuçlar, 6. bölümde tez çalışmasının sonuçları ve gelecekteki benzer çalışmalar için öneriler yer almaktadır.

2. ÖĞRENME ALT SİSTEMİ

Bu bölümde video özetleme işlemi için kullanılacak olan ön verilerin hazırlandığı öğrenme alt sisteminin tasarım ve gerçekleştirme detayları anlatılmıştır. Öğrenme alt sisteminin, özetleme alt sistemine sağladığı veriler dominant renk bilgisi ve logo şablon bilgisidir.

2.1 Dominant Renk Tespiti

Özetleme alt sistemi her bir video karesi için görünüm sınıflandırma işlemini gerçekleştirirken video karesinde yer alan çim piksellerin yoğunluk bilgisinden yararlanır. Çim piksellerin ayrılması için bu piksellerin yeşil renkte olması bilgisinden faydalanılır. Şekil 2-1’de de görüldüğü gibi futbol sahalarındaki yeşil rengin tonu stadyumdan stadyuma, hatta aynı stadyum içersindeki hava koşullarına ve ışık değişimine bağlı olarak farklılık göstermektedir.



Şekil 2-1 İki ayrı futbol sahası için sırasıyla kırmızı, yeşil, mavi renk bileşen histogramları

Bu nedenle futbol sahası için belirli bir renk tonu belirlemek ve bunu tüm videolar için kullanmak genel bir çözüm olmayacaktır. Şekil 2-1’deki video karelerinde dominant rengin futbol sahasının rengi olduğu açıkça görülmektedir. Bu bilgiden yola çıkılarak daha genel bir çözüm içermesi amacıyla belirli bir renk yerine her video için dominant rengi elde eden bir sistem geliştirilmiştir.

Dominant rengin tespiti için (Ekin v.d., 2003) tarafından geliştirilen metod kullanılmıştır. Geliştirilen metod HSI (Hue, Saturation, Intensity – Renk özü, Doygunluk, Şiddet) renk uzayını kullanmaktadır. Dolayısıyla dominant rengin tespiti sırasında video karelerinin RGB uzayından HSI uzayına dönüştürülmesi ihtiyacı doğmuştur. RGB ve HSI renk uzayları arasındaki dönüşümler için aşağıda verilen eşitlikler kullanılmıştır.

$$H = \begin{cases} \theta & B \leq G \\ 360 - \theta & B > G \end{cases}$$

$$\theta = \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2}[(R - G) + (R - B)]}{\left[(R - G)^2 + (R - B)(G - B) \right]^{1/2}} \right\}$$

(2.1)

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

$$I = \frac{1}{3}(R + G + B)$$

$$\begin{aligned}
0^\circ \leq H < 120^\circ \quad & B = I(1 - S) \\
& R = I \left[1 + \frac{S \cos(H)}{\cos(60^\circ - H)} \right] \\
& G = 3I - (R + B) \\
120^\circ \leq H < 240^\circ \quad & H = H - 120 \\
& R = I(1 - S) \\
& G = I \left[1 + \frac{S \cos(H)}{\cos(60^\circ - H)} \right] \\
& B = 3I - (R + G) \\
240^\circ \leq H < 360^\circ \quad & H = H - 240 \\
& G = I(1 - S) \\
& B = I \left[1 + \frac{S \cos(H)}{\cos(60^\circ - H)} \right] \\
& R = 3I - (G + B)
\end{aligned} \tag{2.2}$$

Dominant rengin tespiti HSI uzayındaki her bir renk bileşeni için histogram oluşturulup ortalama renk değerinin hesaplanması işlemine dayanır. Ortalama değerin hesaplanması için her bir histograma ait maksimum değer hesaplanır. i_{peak} maksimum değerin indeksini, H histogramı, $H[i_{peak}]$ maksimum değeri gösterir. Daha sonra her bir maksimum değer için (2.3)-(2.9) şartlarını sağlayan $[i_{min}, i_{max}]$ aralığı tanımlanır. Bu değerler hesaplanırken kullanılan K değeri, maksimum histogram değerine ne kadar yakınlıktaki değerlerin ortalama renk hesabına katılacağını gösterir. Geliştirilen metodda K değeri deneysel sonuçlar değerlendirilerek 0.2 olarak sabitlenmiştir.

$$H[i_{min}] \geq K * H[i_{peak}] \tag{2.3}$$

$$H[i_{max} - 1] < K * H[i_{peak}] \tag{2.4}$$

$$H[i_{max}] \geq K * H[i_{peak}] \tag{2.5}$$

$$H[i_{max} + 1] < K * H[i_{peak}] \tag{2.6}$$

$$i_{min} \leq i_{peak} \tag{2.7}$$

$$i_{max} \geq i_{peak} \tag{2.8}$$

$$ortalama\ renk = \frac{\sum_{i=i_{min}}^{i_{max}} H[i] * i}{\sum_{i=i_{min}}^{i_{max}} H[i]} \quad (2.9)$$

Her bir HSI renk bileşeni için ortalama renk değeri hesaplandıktan sonra video karesi için dominant renk elde edilmiş olur. Özetleme alt sisteminin kullanacağı dominant rengin tespit edilmesi için bu işlem eğitim seti içerisindeki her bir video karesi için tekrarlanır ve hesaplanan tüm dominant renklerin ağırlıklı ortalaması alınır. Dominant renk tespiti sırasında eğitim seti olarak özetlenecek olan videonun ilk 5 dakikası kullanılmıştır. Her bir video karesi için dominant rengin hesaplanması sırasında doğal olarak her video karesi sadece futbol sahası görüntüsünden oluşmamaktadır. Bazı video kareleri futbol sahası dışındaki seyirciler, teknik direktörler, yedek kulubesindeki oyunculardan oluşan görüntüler de içermektedir ve bu video kareleri için hesaplanan dominant renk futbol sahasına ait dominant renkten çok farklı bir değerdedir. Bu nedenle eğitim seti içerisinde futbol sahası dışındaki görüntülerden oluşan video kareleri dominant rengin doğru hesaplanmasını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu olumsuzluğu gidermek için her bir video karesi için hesaplanan dominant rengin yeşil rengin tonlarında olup olmadığı kontrol edilmiş ve yeşil renk tonunda olmayan dominant renkler ayrılmıştır.

Hesaplanan bir dominant rengin yeşil renk tonunda olup olmadığının anlaşılması için HSI renk bileşenlerinden renk özü ve doygunluk bileşenlerinin değerleri kontrol edilmiştir. HSI renk uzayında renk özü bileşeni baskın renk dalga boyunu gösterir. Şekil 2-2’de renk özü renk bileşeni için renk aralığı gösterilmiştir. Bu renk aralığı incelendiğinde yeşil rengi oluşturan aralık kolaylıkla görülmektedir.



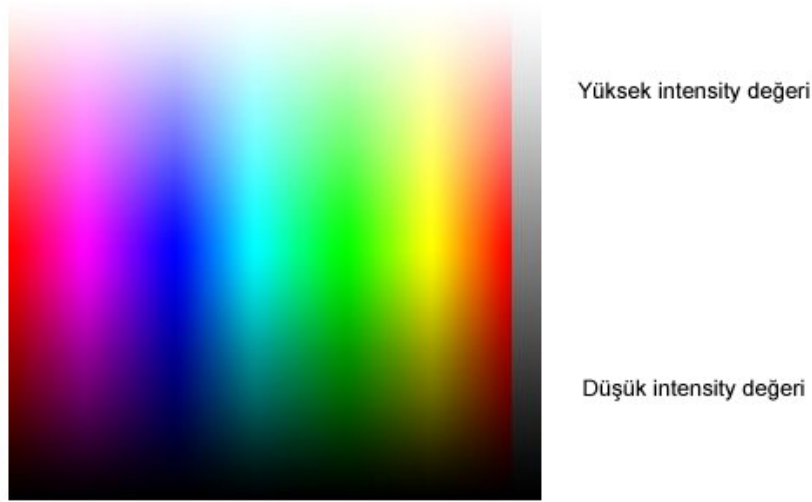
Şekil 2-2 Renk özü bileşeni renk aralığı

Doygunluk bileşeni Şekil 2-3’de görüldüğü gibi saf rengin beyaz ışık ile hangi oranda karıştığını gösterir. Doygunluk değeri azaldıkça bütün renkler griye doğru yaklaşmaya başlar.



Şekil 2-3 Doygunluk bileşeni renk aralığı

Şiddet bileşeni ise rengin içerdiği ışık miktarıdır. Şiddet değeri yükseldikçe bütün renkler beyaza doğru yaklaşır.



Şekil 2-4 Şiddet bileşeni renk aralığı

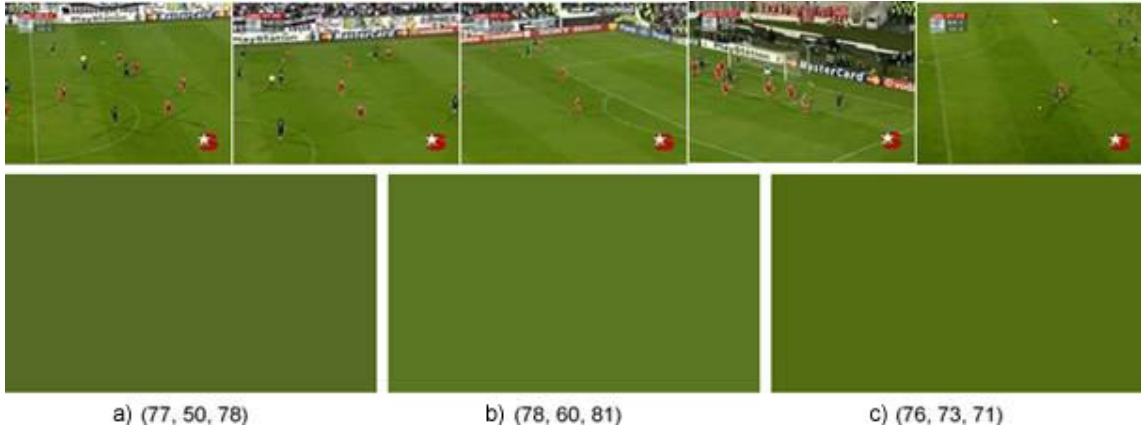
Bu bilgilerden yola çıkılarak yapılan testler ile renk özü ve doygunluk bileşenleri için yeşil rengi oluşturan renk aralıkları hesaplanmıştır. Bu aralıklar renk özü için 60-125, Doygunluk için 25-100 olarak belirlenmiştir. Renk özü ve doygunluk değerleri bu renk aralıklarına düşen dominant renklerin yeşil tonunda olduğuna karar verilmiştir.

Elde edilen dominant renk kullanılarak yapılan testlerde tek bir dominant renk kullanmanın bazı dezavantajları olduğu görülmüştür. Futbol sahasının bazı bölümlerine düşen ışığın daha farklı olması, futbol sahasının birbirinden farklı yeşil tona sahip dikey bölümlerden oluşması veya tribünlerden saha üzerine düşen gölgelerden dolayı bazı bölümlerdeki yeşil tonu, dominant renge uzak kalmaktadır ve çim alan tespitinde bu bölgeler için sonuçlar başarısız olmaktadır. Bu nedenle dominant renk tespiti için kullanılan metod biraz daha geliştirilmiş ve birden fazla dominant renk elde edilme yoluna gidilmiştir. Bu işlem aşağıdaki adımlardan

oluşmaktadır;

1. Her bir video karesi için dominant renk değeri hesaplanır ve yeşil renk tonunda olan dominant renkler belirlenir.
2. Yeşil renk tonunda olan dominant renk değerleri k-ortalama gruplaması (k-means clustering algoritması) kullanılarak belirlenen sayıda ayrı sınıfa ayrılır.
3. Her bir sınıftaki dominant renk değerleri için, renk bileşenlerinin ortalamaları alınarak belirlenen sayıda ayrı dominant renk elde edilmiş olur.

Şekil 2-5’de örnek bir videodan kareler ve elde edilen 3 ayrı dominant renk HSI değerleriyle birlikte gösterilmektedir. Kullanılacak olan dominant renk sayısı çim alan piksellerin tespiti sırasında en verimli sonucu alacak şekilde belirlenir.



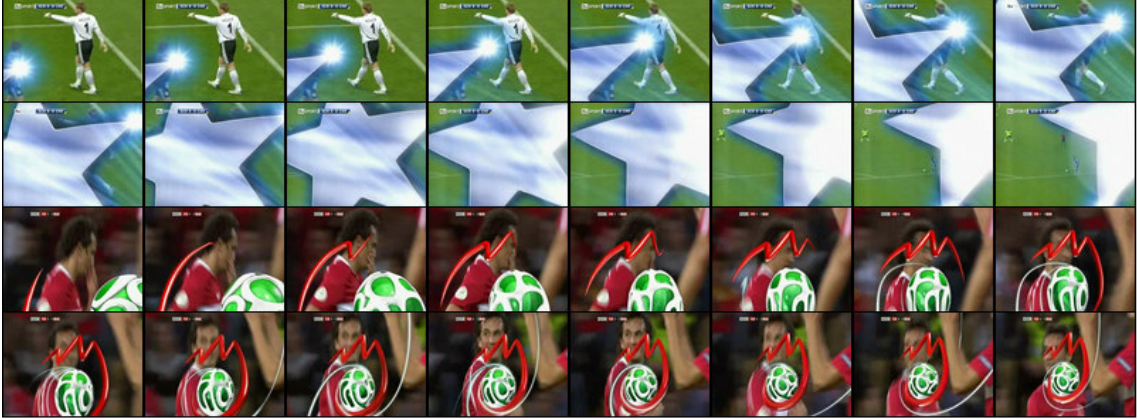
Şekil 2-5 Dominant renklerin hesaplanması; a) 1. dominant renk değeri, b) 2. dominant renk değeri, c) 3. dominant renk değeri

2.2 Logo Şablonunun Oluşturulması

Futbol müsabakalarının yayını sırasında tekrar gösterimlerin başında ve sonunda yayıncı kuruluş tarafından belirli bir logo geçiş efekti kullanılır. Dolayısıyla futbol videoları analiz edilirken bu logo geçiş efektlerini tespit etmek tekrar gösterimlerin bulunması için sıkça kullanılan bir tekniktir. Şekil 2-6’da iki ayrı futbol videosu için logo geçiş efektlerinin yer aldığı video kareleri gösterilmiştir. Logo geçişi tüm futbol müsabakalarında aynı karakteristik özelliklere sahiptir (Bai v.d, 2006):

1. Tekrar gösterimlerin başında ve sonunda kullanılırlar.

2. Tüm video boyunca aynı logo nesnesi kullanılır.
3. Logo nesnesi arka plandaki görüntüden daha hızlı hareket eder ve logo geçiş efektinin yer almadığı video karelerinden renk, parlaklık v.b özellikler bakımından farklıdır.
4. Logo geçiş efektinin süresi yaklaşık 1 saniyedir.



Şekil 2-6 Logo geçişi örnekleri

Logo geçiş efektlerinin bu karakteristik özelliklerinden faydalınarak logo şablonunun oluşturulması için aşağıdaki temel adımlardan oluşan bir metod geliştirilmiştir :

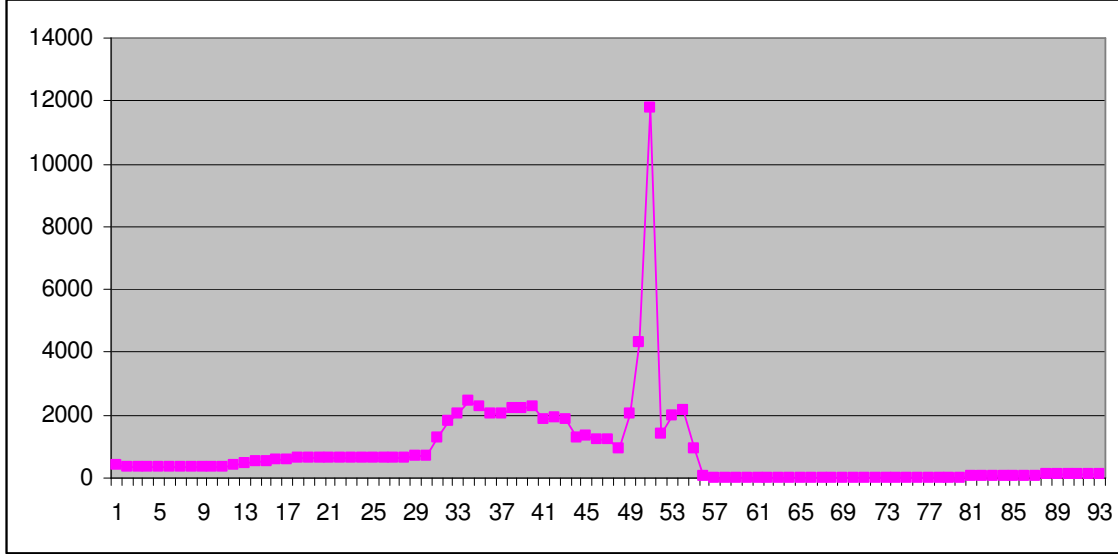
1. Video içerisindeki tüm logo geçişi serisi adayları elde edilir.
2. Logo geçişi serisi adayları için hareket öznitelikleri hesaplanır.
3. Logo geçişi serisi adayları dinamik programlama ile hizalanır.
4. Gerçek logo geçişi serisi bulunur ve logo şablonu oluşturulur.

2.2.1 Logo Geçiş Serisi Adaylarının Elde Edilmesi

Logo şablonunun oluşturulması için öncelikle logo geçişlerinin yer aldığı video karelerinin, yani logo geçiş serilerinin ayrı ayrı bulunması gerekmektedir. Logo geçişlerinin yer aldığı karelerde logo geçiş efektinden dolayı ard arda gelen video kareleri için HSI uzayındaki şiddet bileşeni değerleri birbirinden farklıdır (Tong vd., 2004). Şekil 2-7’de de görüldüğü gibi ard arda gelen video kareleri için ortalama şiddet değerlerinin farkına bakıldığında logo geçişinin yer aldığı karelerde fark değerinin yükseldiği görülmektedir. Fark değeri, eşitlik (2.10)’da belirtildiği gibi, ard arda gelen iki video karesi için tüm piksellerin şiddet değerlerinin farkının toplam piksel sayısına oranı ile hesaplanmıştır. Eşitlikte $I_k(i, j)$, k . video

karesinde i, j konumundaki pikselin şiddet bileşeninin değerini, D ortalama şiddet fark değerini, M video karesinin piksel sayısı olarak genişliğini, N ise yüksekliğini göstermektedir.

$$D = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N |I_k(i, j) - I_{k-1}(i, j)|}{M \times N} \quad (2.10)$$



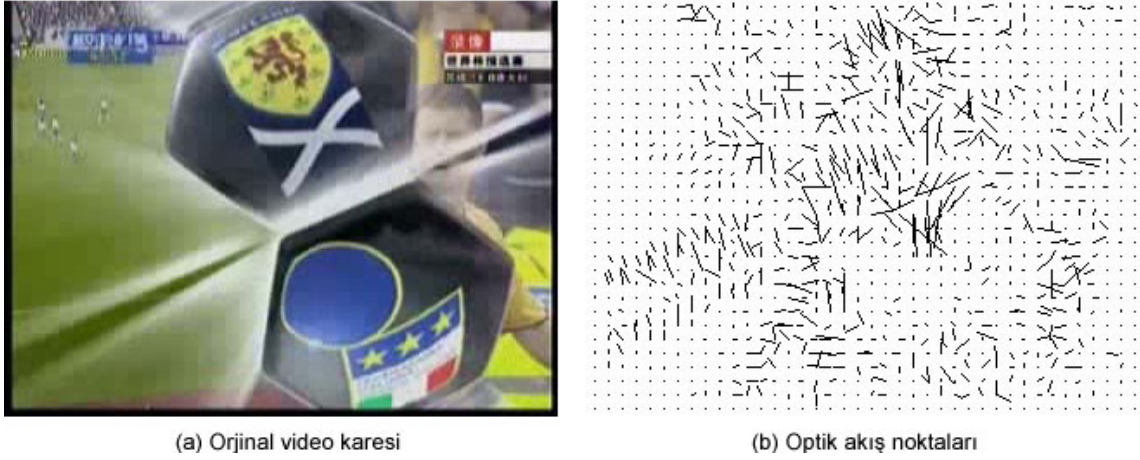
Şekil 2-7 Ardışık video karelerinin şiddet fark değerleri

Futbol videolarında kullanılan logo geçiş efektleri yaklaşık 20 video karesinden oluşmaktadır. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda logo geçiş efekti sırasında bu 20 video karesi içerisinde en az 10 tanesi için ortalama şiddet fark değerinin 1000'in üzerinde olduğu görülmüştür. Bu bilgiden yola çıkarak video boyunca her video karesi için şiddet fark değeri hesaplanmış ve ard arda gelen 20 video karesi içinde 10 adet 1000'in üzerinde değere sahip video karesi tespit edildiğinde bu 20 karelik seri logo geçişi serisi adayı olarak ayrılmıştır. Elde edilen serilerin doğrudan logo geçişi serisi olarak ayrılmamasının sebebi video boyunca logo geçişi serisi dışındaki bazı video karesi serilerinin de bu kurala uyabiliyor olmasıdır.

2.2.2 Hareket Özniteliklerinin Hesaplanması

Şekil 2-6'daki logo geçişlerinde de görüldüğü gibi, aynı süre içerisinde logonun yer değiştirme miktarı arka planda yer alan görüntüden çok daha fazladır. Dolayısıyla sadece logonun izlediği yol belirgin bir şekilde görülmektedir. Tüm video boyunca kullanılan logo geçişi efektinin de aynı şekilde olduğu düşünüldüğünde logonun hareket şekli logo geçişinin belirlenmesi için ayırdedici bir özellik olarak ortaya çıkmaktadır (Bai v.d., 2006). Logo

geçişinin bu ayırdedici özelliğinden faydalanmak amacıyla daha önce elde edilmiş olan logo geçişi serisi adaylarına ait tüm video kareleri için optik akış değerleri hesaplanmıştır. Optik akış değerlerinin hesaplanması için Lucas-Kanade metodu kullanılmıştır (Lucas v.d, 1981). Şekil 2-8 (a)'da logo geçişinin yer aldığı bir kare, Şekil 2-8 (b)'de ise bu kare için hesaplanmış olan optik akış değerleri görülmektedir. Şekil 2-8 (b)'de yer alan çizgiler her bir piksel için hesaplanmış olan hareket uzunluğunu ve hareket yönünü göstermektedir. Bu hesap t anında (x, y) noktasındaki bir pikselin $t+dt$ anındaki $(x+dx, y+dy)$ noktasının hesaplanması temeline dayanır.



Şekil 2-8 Optik akış özellikleri (Bai v.d., 2006)

Hareket özniteliklerinin hesaplanması için öncelikle her bir video karesi 40×40 'lik bloklara bölünmüştür. Her bir blokta yer alan tüm pikseller için optik akış değerleri ve her bir blok için hareket miktarı ve dominant yön değeri hesaplanmıştır. (2.11)'deki eşitlikte I değişkeni blok için hareket miktarını, (2.12)'deki eşitlikte α_i değişkeni blok içerisindeki i pikselinin optik akış yönünü göstermektedir. Yön bilgisi için 16'lık histogram kullanılmıştır; yani her bir yön bilgisi 16 yönden biriyle belirtilmiştir. Blok içerisinde en fazla sayıda piksel için aynı olan yön, o blok için dominant yön olarak tespit edilmiştir.

$$I = \sum_{i \in \text{blok}} \sqrt{d_{xi}^2 + d_{yi}^2} \quad (2.11)$$

$$\alpha_i = \arctan(d_{yi} / d_{xi}) \quad (2.12)$$

Sonuç olarak her bir blok için hareket miktarı ve dominant yön değeri hesaplanmıştır.

2.2.3 Logo Geçiş Serisi Adaylarının Hizalanması

Logo geçiş serisi adaylarının hizalanmasındaki amaç birbirine en çok benzeyen serileri yani gerçek logo geçiş serilerini diğer serilerden ayırmaktır. Bu amaç doğrultusunda hizalama işlemi için dinamik programlama ilkeleri kullanılmıştır. Öncelikle iki ayrı seri içerisindeki iki video karesinin benzerliğinin karşılaştırılabilmesi için bir metod tanımlanmıştır. Bu metoda göre;

1. Her iki karedeki bloklar daha önce hesaplanmış olan hareket miktarına göre sıralanır.
2. Hareket miktarı yüksek olan bloklardan itibaren %10'luk kısımlar ayrılır.
3. Blok indeksi aynı olan bloklar için dominant yönler karşılaştırılır. Aynı dominant yöne sahiplerse benzerlik derecesi 1 artırılır.
4. Benzerlik derecesinin karşılaştırılan blok sayısına oranı iki karenin benzerlik oranını gösterir.

Serilerin hizalanması işlemi için en çok kullanılan dinamik programlama algoritmalarından biri olan Wunsch-Sellers algoritması (Needleman v.d., 1970) kullanılmıştır. Bu algoritma kapsamında (2.13)'deki eşitlik baz alınarak bir değiştirme matrisi oluşturulur.

$$D_{i,j} = \max \begin{cases} D_{i-1,j-1} + SC_{frame}(i,j) \\ D_{i,j-1} + w \\ D_{i-1,j} + w \end{cases} \quad (2.13)$$

$D_{i,j}$, değiştirme matrisinin i,j gözünü belirtmektedir. $D_{0,0} = 0$ olarak ilklendirilmiştir. $SC_{frame}(i,j)$ kare i ve kare j arasındaki benzerlik oranını göstermektedir. İki dizinin karşılaştırılması sonucunda elde edilen benzerlik oranı ise (2.14)'deki eşitlikte $SC_{seq}(S_i, S_j)$ ile tanımlanmıştır.

$$SC_{seq}(S_i, S_j) = D_{M,N} \quad (2.14)$$

Burada M, N değerleri sırasıyla karşılaştırılan iki serinin uzunluğunu, $D_{M,N}$ ise değiştirme matrisinin son elemanını göstermektedir. Bu şekilde tüm logo geçiş serisi adayları

birbirleriyle hizalanırlar. Sonuç olarak her bir seri diğer tüm serilerle hizalanır ve her bir seri için toplam hizalama değeri elde edilir.

2.2.4 Logo Şablonunun Çıkarılması

Seri hizalama işleminin sonucunda, logo geçişi efektinin yer aldığı seriler için hesaplanan toplam hizalama değerlerinin doğal olarak diğer serilere oranla daha yüksek olması gerekmektedir. Dolayısıyla tüm seriler toplam hizalama değerlerine göre büyükten küçüğe sıralandığında en başta yer alan seriler logo geçişi serileridir. Bu serilerden logo şablonunun çıkarılması için aşağıdaki adımlardan oluşan metod geliştirilmiştir;

1. Öncelikle en yüksek toplam hizalama değerine sahip olan ilk R seri ayrılır.
2. En yüksek toplam hizalama değerine sahip olan serinin ortasındaki kare logo şablon karesi (F_{T1}) olarak belirlenir.
3. F_{T1} logo şablon karesi ile diğer $R-1$ seri içerisindeki her bir video karesi arasındaki ortalama piksel renk farkı hesaplanarak her bir seri için fark değerinin en az olduğu kareler $F_{T2}, F_{T3}, \dots, F_{TR}$ logo şablon kareleri olarak belirlenir.
4. Belirlenen tüm logo şablon kareleri gri tonlara dönüştürülür.
5. Tüm logo şablon kareleri ikili olarak karşılaştırılır ve her bir piksel için renk fark değeri hesaplanır. Tüm karşılaştırmalarda fark değeri T_c eşik değerinden küçük olan pikseller logo şablon pikseli (L_i) olarak işaretlenir.

Yapılan testler sonucunda logo şablonunun oluşturulması için optimum T_c eşik değeri 15 olarak belirlenmiştir. Şekil 2-9'da oluşturulan logo şablonlarına ait örnekler gösterilmektedir.



Şekil 2-9 Örnek logo şablonları

3. ÖZETLEME ALT SİSTEMİ

Bu bölümde özetleme alt sisteminin tasarım ve gerçekleştirme detayları anlatılmıştır.

3.1 Görünüm Sınıflandırma

Futbol müsabakaları görüntülenirken kameranın gösterim şekli anlamsal olarak çok fazla şey ifade etmektedir. Müsabakanın büyük bir bölümü yukarıdan çekim yapan ana kameradan gösterilmekle beraber, zaman zaman daha ayrıntılı gösterimler için sahaya yakın çekimler de kullanılmaktadır. Bu bilgiden yola çıkılarak, video içerisindeki her bir kare aşağıda tanımlanmış olan 3 görünüm tipinden biriyle işaretlenmiştir.

1. Genel görünüm : Ana kamera tarafından elde edilen görüntülerden oluşur. Ana kamera tarafından müsabaka boyunca aktif oyun alanı yani topun olduğu alan görüntülenir. (Şekil 3-1 (a), (b))
2. Saha içi görünüm : Saha içerisindeki bir veya birden fazla futbolcuyu görüntülemek için kullanılan görünümdür. (Şekil 3-1 (c), (d))
3. Saha dışı görünüm : Seyircileri veya saha kenarındaki teknik direktör ve yedek futbolcuların görüntülerini içerir. (Şekil 3-1 (e), (f))



Şekil 3-1 Futbol videosu içerisindeki görünüm tipleri: (a), (b) Genel görünüm, (c), (d) Saha içi görünüm, (e), (f) Saha dışı görünüm

Görünüm tipinin belirlenmesi için video karesindeki futbol sahasına ait olan çim piksellerinin tüm piksel sayısına oranı hesaplanmıştır. Çim piksellerinin tespit edilmesi için öğrenme alt sistemi tarafından hesaplanmış olan dominant renk değerleri kullanılır. Video karesi

üzerindeki piksellerin renk değerlerinin dominant renklere olan yakınlığı silindirik metrik (Plataniotis v.d., 2000) kullanılarak hesaplanır ve çim pikseller tespit edilir (Ekin v.d., 2003). Geliştirilen metod HSI uzayında çalıştığı için renksizlik de ele alınmıştır. Eğer piksel için doygunluk ve şiddet değerleri renksiz alana yani doygunluk için 25, şiddet için 50 değerinin altına düşüyorsa bu pikseller için sadece eşitlik (3.1)'deki uzaklık hesaplanmıştır. Renkli pikseller için ise eşitlik (3.1) ve (3.2) birlikte kullanılmıştır.

$$d_{intensity}(j) = |I_j - \bar{I}| \quad (3.1)$$

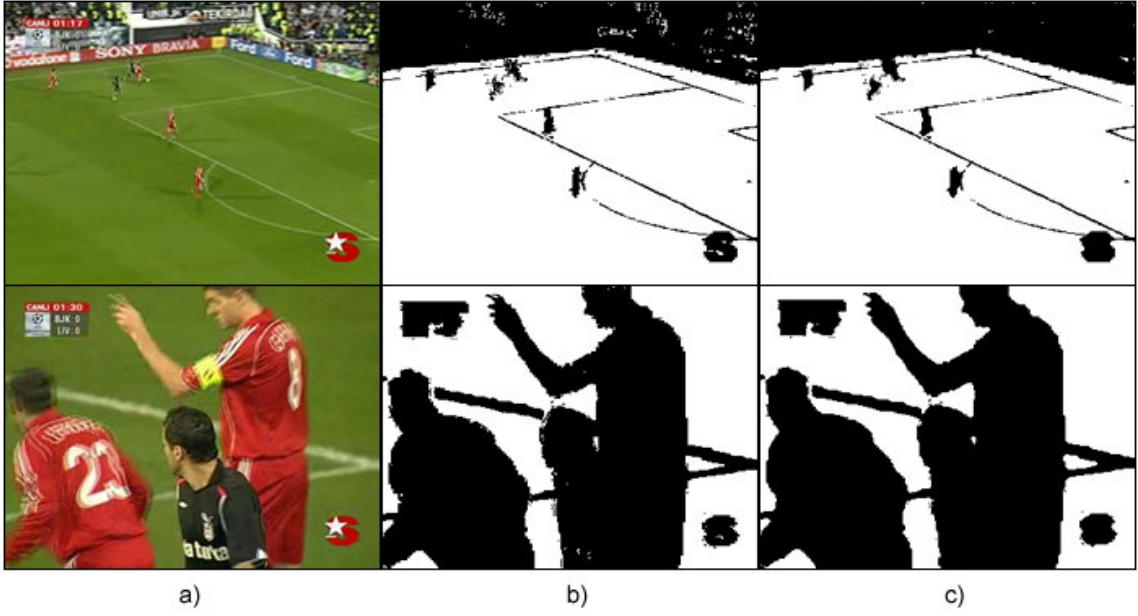
$$d_{chroma}(j) = \sqrt{(S_j)^2 + (\bar{S})^2 - 2S_j\bar{S}\cos(\theta(j))} \quad (3.2)$$

$$d_{cylindrical}(j) = \sqrt{(d_{intensity}(j))^2 + (d_{chroma}(j))^2} \quad (3.3)$$

$$\theta(j) = \begin{cases} \Delta(j) & \text{if } \Delta(j) \leq 180^\circ \\ 360^\circ - \Delta(j) & \text{diger} \end{cases} \quad (3.4)$$

$$\Delta(j) = |\overline{Hue} - Hue_j| \quad (3.5)$$

Yukarıdaki eşitliklerde Hue, S ve I video karesindeki j . piksel için sırasıyla renk özü, doygunluk ve şiddet değerlerini, $\overline{Hue}$, $\bar{S}$ ve $\bar{I}$ ise dominant renge ait renk özü, doygunluk ve şiddet değerlerini göstermektedir. $d_{cylindrical} < T_{color}$ eşitliğini sağlayan pikseller çim piksel olarak yeni bir resim üzerinde ikili modda işaretlenir. Çim pikseller tespit edildikten sonra küçük gürültülerin temizlenmesi için medyan filtreleme kullanılmıştır. Şekil 3-2'de iki ayrı video karesi için sırasıyla çim piksel tespiti ve filtreleme sonuçları gösterilmiştir. T_{color} değeri önceden tanımlanan bir eşik değeridir ve her bir futbol videosu için optimum değere getirilir.



Şekil 3-2 Çim piksel tespiti; a) video karesi, b) silindirik metrik ile çim piksellerin tespit edilmesi, c) medyan filtrenin uygulanması

Çim piksellerin tespitinden sonra, eşitlik (3.6) kullanılarak video karesinde yer alan çim piksellerin oranı R_{frame} hesaplanmış ve görünüm tipinin belirlenmesi için (Xu v.d., 2001) tarafından tanımlanmış olan $T_{out} = 0.1$ ve $T_{in} = 0.4$ eşik değerleri kullanılmıştır. Eşitlik (3.6)'da $P(i, j)$, ikili modda işaretlenmiş resimde i, j konumundaki piksel renk değerini göstermektedir. Bu değer çim pikseller için 1, çim olmayan pikseller için ise 0'dır. M resmin piksel sayısı olarak genişliğini, N ise yüksekliğini göstermektedir.

$$R_{frame} = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N P(i, j)}{M \times N} \quad (3.6)$$

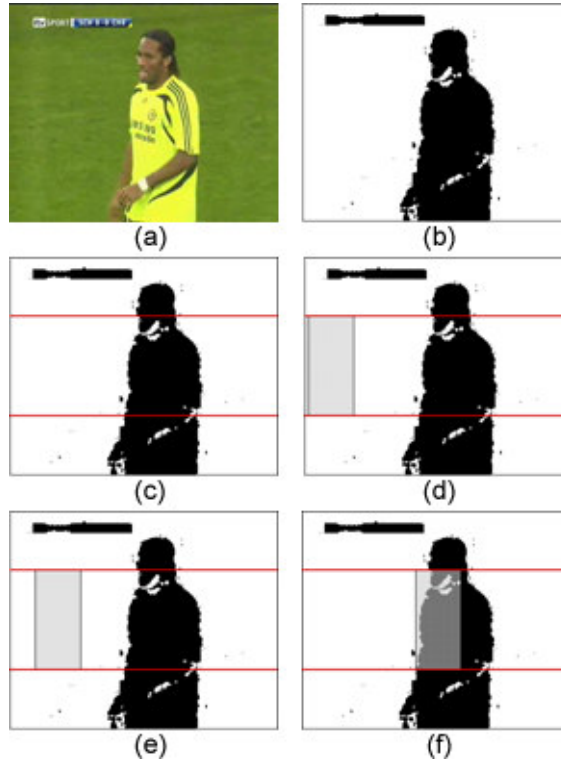
R_{frame} değerinin, T_{out} 'dan küçük olduğu video kareleri saha dışı görünüm, T_{out} ve T_{in} arasında kaldığı video kareleri saha içi görünüm, T_{in} 'den büyük olduğu video kareleri ise genel görünüm olarak işaretlenmiştir. Sadece çim piksel oranı kullanılarak saha dışı görünümler kolaylıkla işaretlenmiştir. Fakat Şekil 3-3'deki gibi R_{frame} oranının yüksek olduğu bazı saha içi görünümler bu metodla yanlış bir şekilde genel görünüm olarak işaretlenmiştir.



Şekil 3-3 Genel görünüm olarak yanlış işaretlenmiş saha içi görünüm

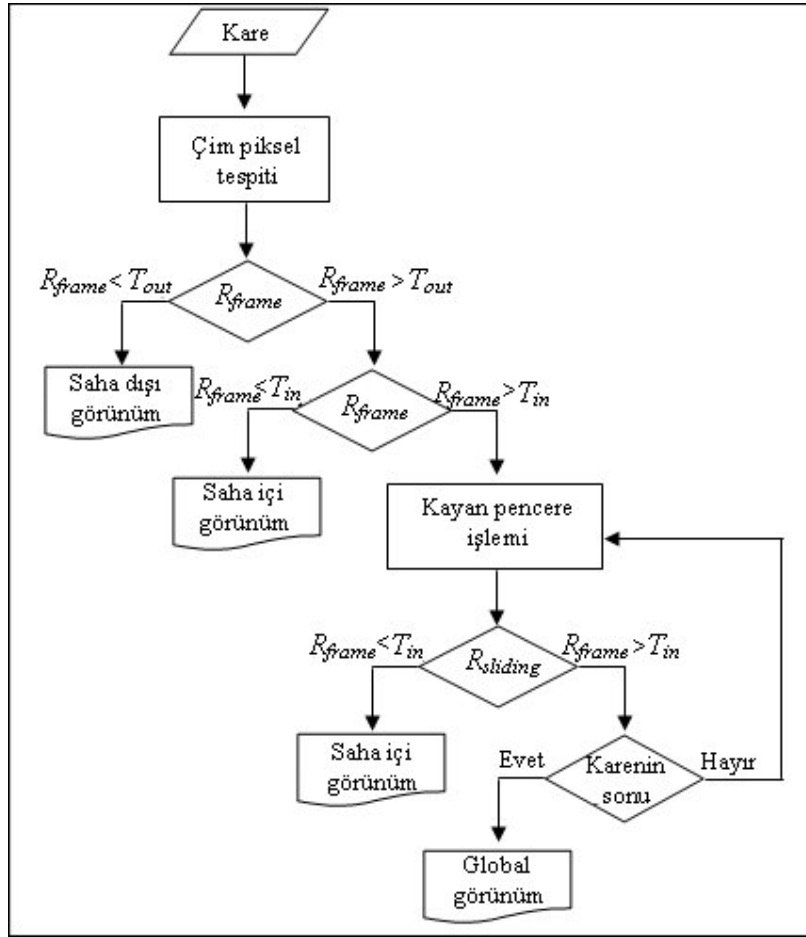
Özetleme sistemi için görünüm tiplerinin doğru belirlenmesi çok önemli bir adımdır. Bu yüzden hatalı işaretlenen yüksek çim piksel oranına sahip saha içi görüntülerin de doğru işaretlenmesi için yeni bir algoritma geliştirilmiştir. Çim piksel oranı ile genel görünüm olarak işaretlenen video kareleri için daha doğru bir sonuç almak için ikinci adım olarak bu algoritma kullanılmıştır.

Yayıncı kuruluşlar görüntüleme esnasında altın kesim kuralından faydalanırlar (Millerson, 1990). Bu kural ekranı her iki yönde 3:5:3 oranında bölmeyi ve görüntülenecek olan nesneyi merkezdeki alanda tutmayı tavsiye eder. Futbol videolarında da yakın çekimlerde bu kural uygulandığından, bu kuraldan esinlenilerek öncelikle video karesi dikey yönde 3:5:3 oranında 3 bölgeye ayrılmıştır. Orta bölge için bir kayan pencere tanımlanmış ve kare boyunca Şekil 3-4’da görüldüğü gibi yatay olarak hareket ettirilmiştir.



Şekil 3-4 Kayan pencere işlemi (a) video karesi, (b) çim piksel tespiti, (c) 3:5:3 oranında bölünmüş kare, (d) kayan pencere işlemi ilk adımı, (e) kayan pencere işlemi ikinci adım, (f) kayan pencere işlemi son adım

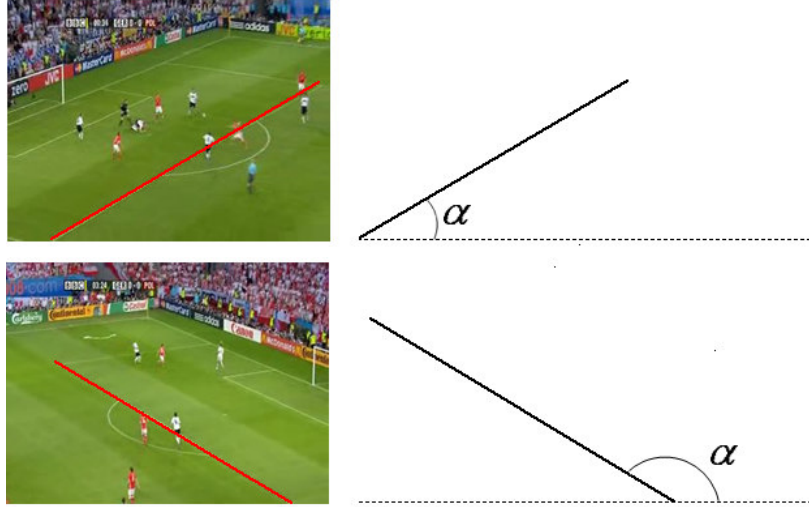
W_{frame} karenin genişliğini göstermek üzere, kayan pencerenin boyutu $W_{kare}/8$ olarak tanımlanmış ve her bir adımda $W_{frame}/40$ piksel kaydırılmıştır. Kayan pencere işlemi boyunca her bir adımda kayan pencere içerisindeki çim piksel oranı $R_{sliding}$ hesaplanmış ve T_{in} değeriyle karşılaştırılmıştır. $R_{sliding}$ değerinin T_{in} 'in altında olduğu anda kayan pencere işlemi sonlandırılmış ve video karesi saha içi görünüm olarak işaretlenmiştir. $R_{sliding}$ değeri hiçbir adımda T_{in} 'in altına düşmezse video karesi genel görünüm olarak işaretlenmiştir. Şekil 3-5'de görünüm sınıflandırma algoritmasına ait akış diyagramı verilmiştir.



Şekil 3-5 Görünüm Sınıflandırma algoritması

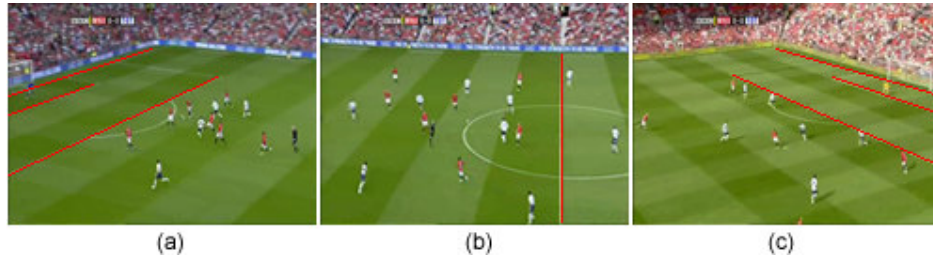
3.2 Saha Alanı Sınıflandırma

Futbol sahası Şekil 3-7’de görüldüğü gibi her bir takıma ait olan alanlar ve orta alan olmak üzere toplam 3 temel alandan oluşmaktadır ve bu alanlar futbol sahası üzerinde bulunan çizgilerle ayrılmaktadır. Bu bilgiden yola çıkılarak, saha alanının sınıflandırılması için genel görünüm olarak işaretlenmiş olan video kareleri kullanılmıştır. Bu kareler üzerinde futbol sahası çizgileri tespit edilmiş ve bu çizgilerin açı değerleri hesaplanmıştır. Şekil 3-6’da α açısı hesaplanacak olan değerini göstermektedir.



Şekil 3-6 Saha alanı çizgileri için açı değerinin hesaplanması

Daha sonra bu açı değerleri kullanılarak video karesinde görüntülenen saha alanının, 3 temel alandan hangisine denk düştüğü belirlenmiştir. Şekil 3-7 (b)'de görüldüğü gibi orta alanda genel görünümde her zaman dikey olarak görüntülenen orta saha çizgisi yer almaktadır. Sol ve sağ alanda ise Şekil 3-7 (a) ve (c)'de görüldüğü gibi birbirine paralel 3 saha çizgisi : gol çizgisi, kale alanı çizgisi ve ceza alanı çizgisi bulunmaktadır ve bu çizgiler genel görünümde diyagonal bir şekilde görüntülenmektedir.



Şekil 3-7 Futbol sahası alanları : a) Sol alan, b) Orta alan, c) Sağ alan

Futbol sahası çizgilerinin açı değerlerinin genel görünümde hangi aralıklara denk düştüğünün belirlenmesi amacıyla ayrı futbol sahaları üzerinde çizgiler tespit edilmiş, video boyunca görüntülenen minimum ve maksimum açı değerleri hesaplanmıştır. Şekil 3-8'de 4 ayrı futbol sahası için hesaplanmış olan minimum ve maksimum açı değerleri gösterilmektedir.



Şekil 3-8 Futbol sahası çizgileri için açı değerleri

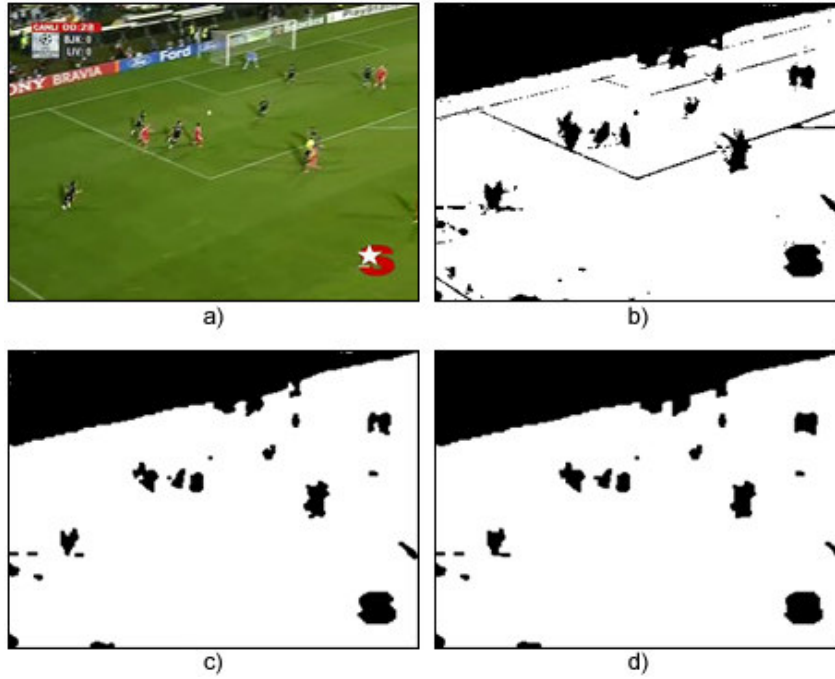
Bu açı değerlerinden yola çıkılarak her bir saha alanı için açı değeri aralıkları belirlenmiş ve Çizelge 3-1’deki kural tanımlanmıştır.

Çizelge 3-1 Saha alanı sınıflandırma kuralı

Saha alanı	Açı aralığı
Sol alan	10° – 40°
Orta alan	80° – 100°
Sağ alan	140° – 170°

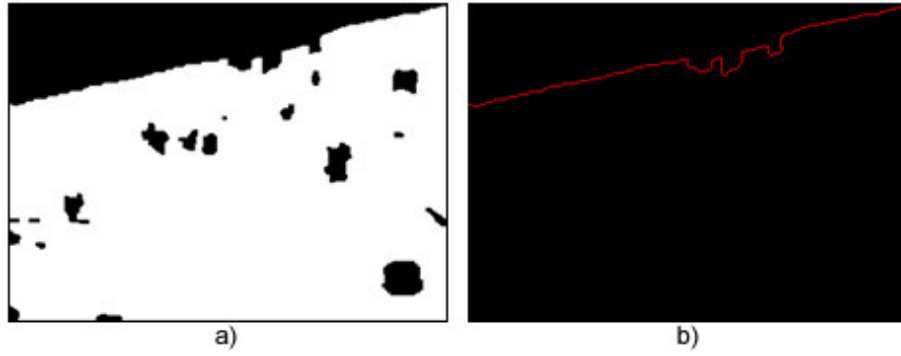
Bu kural ile her bir genel görünüm, saha çizgilerinin açısına göre tanımlanan 3 sınıftan birine ayrılmıştır.

Video kareleri üzerinde futbol sahası çizgilerinin tespit edilmesi için çim piksel olan ve çim piksel olmayan alanların ikili modda işaretlenmiş olduğu resim kullanılmıştır. Öncelikle bu resim üzerinde futbol sahası alanının ve futbol sahası dışında kalan alanların daha belirgin olarak ayrılabilmesi için morfolojik işlemlerden faydalanılmıştır. Öncelikle ikili modda işaretlenmiş resim üzerinde closing ardından opening işlemi gerçekleştirilir. Şekil 3-9'da görüldüğü gibi closing ve opening işlemlerinin ardından saha alanı ve saha dışında kalan alan daha belirgin bir hale gelir.



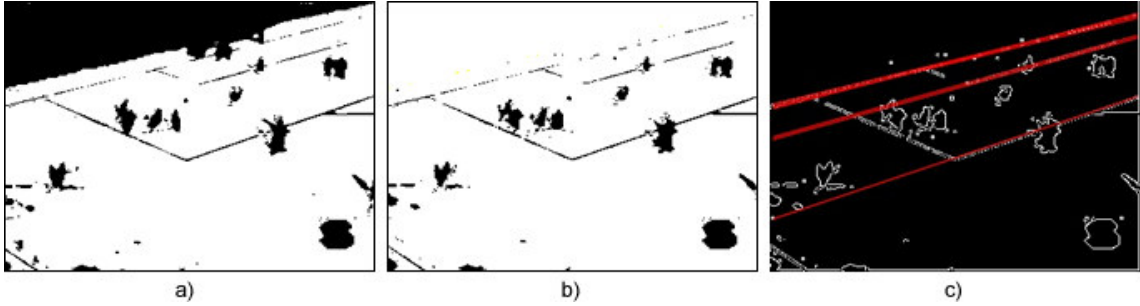
Şekil 3-9 Closing ve opening işlemleri; a) video karesi, b) çim piksellerin ayrılması, c) closing işlemi, d) opening işlemi

Daha sonra closing ve opening işlemlerinin ardından elde edilen resim kullanılarak saha alanı sınırı işaretlenir (Şekil 3-10).



Şekil 3-10 Saha alanı sınırının işaretlenmesi; a) closing ve opening işlemleri sonucu, b) saha alanı sınırının belirlenmesi

Saha alanı sınırı belirlendikten sonra, iki modda işaretlenmiş resim üzerinde saha alanı çizgilerinin daha kolay tespit edilmesini sağlamak amacıyla saha alanı dışında kalan alan çıkarılır. Sonuç olarak elde edilen resim üzerinde saha alanı çizgileri tespit edilir (Şekil 3-11).



Şekil 3-11 Saha alanı çizgilerinin tespit edilmesi; a) ikili modda işaretlenmiş resim, b) saha alanı dışındaki alanların çıkarılması, c) saha alanı çizgilerinin tespit edilmesi

Saha alanı çizgilerinin tespit edilmesi için Hough transform (Ballard, 1981) metodu kullanılmıştır.

3.3 Tekrar Gösterimlerin Ayrılması

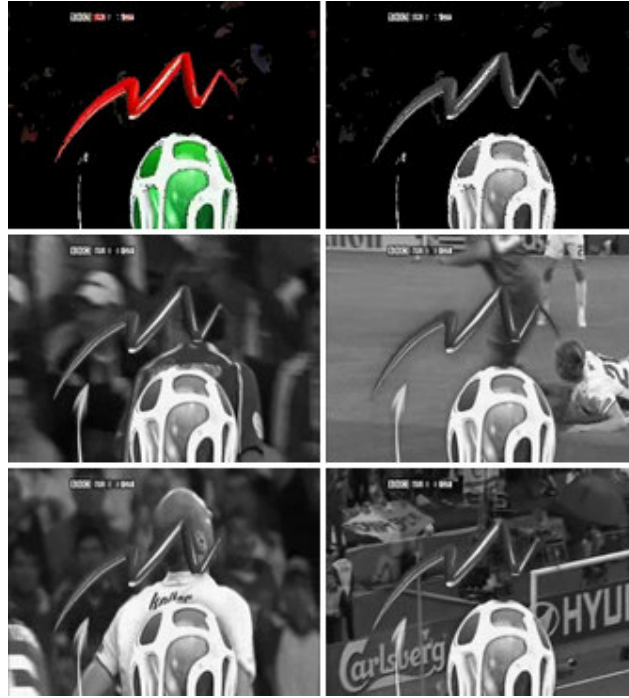
Tekrar gösterimlerin ayrılması için daha önce elde edilmiş olan logo şablonu kullanılmıştır. Futbol videolarında tekrar gösterimler başlamadan önce ve tekrar gösterim sonlandığında video kareleri üzerinde bir logo geçiş efekti görüntülenir. Bu bilgiden yola çıkılarak bir logo geçişi çifti arasındaki bölümün tekrar gösterim olduğu kuralı tanımlanabilir. Dolayısıyla tekrar gösterimlerin ayrılması için öncelikle logo geçişleri tespit edilmiştir. Bu amaçla video boyunca her bir video karesi daha önce oluşturulmuş olan logo şablonu ile eşleştirilmiştir.

Eşitlik (3.7)'de belirtildiği gibi, logo şablonu üzerinde logoya ait olan pikseller ile video karesi üzerinde bu piksellerin konumuna denk düşen piksellerin renk değerlerinin farkı hesaplanarak ortalama piksel fark değeri bulunmuştur. Eşitlikte $P_t(i, j)$ logo şablon resminde i, j konumundaki piksel renk değerini, $P_v(i, j)$ video karesinde i, j konumundaki piksel renk değerini, Pd hesaplanan ortalama piksel fark değerini, M video karesinin piksel sayısı olarak genişliğini, N ise yüksekliğini göstermektedir.

$$Pd = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N |P_t(i, j) - P_v(i, j)|}{M \times N} \quad (3.7)$$

Hesaplanan ortalama piksel fark değerinin T_p eşik değerinin altına düştüğü video kareleri logo şablonunda yer alan logonun görüntülediği bölümdür. T_p eşik değerini sabitlemek için, birbirinden farklı logo geçişleri için video görüntüleri içerisindeki logo kareleri elle çıkartılmış ve her bir logo karesi ile logo şablonu karesi arasındaki ortalama piksel renk değeri hesaplanmıştır. Hesaplanan ortalama piksel fark değerleri sonucunda T_p minimum değer olan 10'a sabitlenmiştir.

Logo şablonunun ve video karelerinin karşılaştırılması işleminin daha verimli olması için logo şablonu ve video kareleri gri tonlara dönüştürülmüş ve böylece karşılaştırılacak olan pikseller için renk aralığı azaltılmıştır. Şekil 3-12'de logo şablonu ve bu logo şablonu kullanılarak video içinde tespit edilmiş olan logo kareleri yer almaktadır.



Şekil 3-12 Logo şablonu ve tespit edilmiş olan logo kareleri

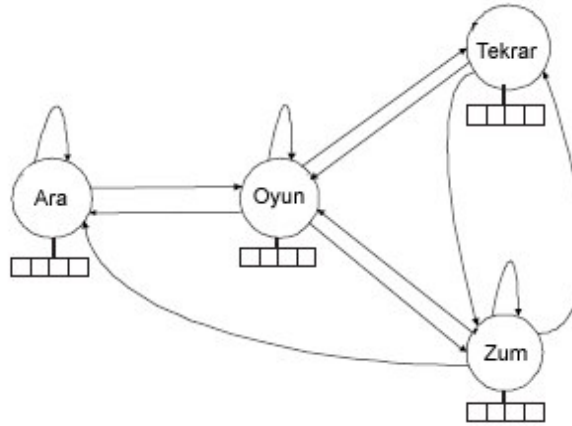
3.4 Anlamlı Analizlerin Gerçekleştirilmesi

Özetleme işleminin son adımı video karelerinden elde edilen *görünüm tipi, saha alanı ve tekrar gösterim* orta seviye tanımlayıcıları için anlamlı analizlerin gerçekleştirilmesidir. Anlamlı analizler futbol müsabakaları görüntülenirken kullanılan teknikler baz alınarak gerçekleştirilmiştir. Bir futbol müsabakası boyunca en ilgi çekici anlar takımların gol atmak amacıyla gerçekleştirdiği ‘atak’ ismi verilen hareket serileridir. Futbol müsabakalarını görüntüleyen yayıncının temel amacı atak görüntülerini kaçırmamak ve gerektiğinde tekrar gösterimleri oluşturmaktır. Şimdiye kadar yayıncı kuruluşlar tarafından görüntülenmiş olan futbol videoları incelendiğinde 4 temel yapıdan oluşan bir modelin kullanıldığı görülmektedir (Ren vd., 2005) :

1. **Oyun** : Oyun, ana kamera tarafından kaydedilen genel görünümlerden oluşur. Amaç topun oyunda olduğu alanın görüntülenmesidir.
2. **Zum** : Zum, saha içi ve saha dışı görünümlerden oluşur. Gerçekleşen bir olayın veya herhangi bir futbolcunun detaylı gösterilmesi amacıyla, oyunun durduğu kısa aralarda kullanılır.
3. **Tekrar** : Maç içerisindeki önemli pozisyonların tekrarlarından oluşur.

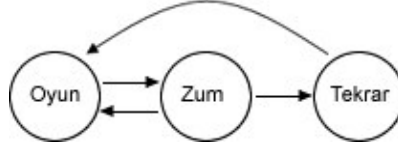
4. **Ara** : Maç dışındaki, röportaj ve reklam bölümlerinden oluşur.

Şekil 3-13'te bu 4 yapının birbirleriyle ilişkileri gösterilmiştir.



Şekil 3-13 Futbol yayın modeli (Ren v.d., 2005)

Bu model incelendiğinde maç içerisindeki atak görüntülerinin de bu model yapılarından oluştuğu görülmektedir (Şekil 3-14).



Şekil 3-14 Atak yayın modeli

Şekil 3-14'te verilen atak yayın modeli, orta seviye tanımlayıcılarla ifade edildiğinde Şekil 3-15'da görüntülenen model ortaya çıkmaktadır.



Şekil 3-15 Orta seviye tanımlayıcılar ile atak yayın modeli

Modelin bu şekilde oluşturulmasının altında yatan sebep şu şekilde açıklanabilir; yayıncı maç boyunca genel görünümü kullanarak topun aktif olduğu alanı takip eder. Eğer takımlardan bir

tanesi bir atak geliştirirse yani gol olursa veya gole yakın bir pozisyon oluşursa, pozisyon sonlandıktan sonra pozisyonun kahramanı, yedek kulübesi veya seyirciler saha içi veya saha dışı görünüm ile görüntülenirler. Bu arada arka planda pozisyonun tekrarı oluşturulur ve tekrar gösterim ile görüntülenir. Şekil 3-16'da maç içerisindeki bir atak pozisyonundan alınmış video karelerinde, bahsedilen atak yayın modeli görülebilmektedir. Dolayısıyla bu modelden yola çıkılarak orta seviye tanımlayıcılar üzerinde atak pozisyonlarını elde etmek için anlamlı analizler gerçekleştirilebilir.



Şekil 3-16 Örnek atak pozisyonu

Bir takımın atak yapması; gole yaklaşması yani rakip ceza sahası yakınlarında pozisyon bulması anlamına gelmektedir. Dolayısıyla atak sonunda saha içi ve ya saha dışı görünüme geçilmeden önceki en son görünüm atak yapılan sağ ve ya sol alanın yer aldığı genel görünümdür. Bu amaçla daha önceki bölümlerde de anlatıldığı gibi her bir genel görünüm video karesi üç saha alanı sınıfından birine ayrılmıştır ve son görüntülenen saha alanı bilgisi video boyunca güncellenmiştir.

Sonuç olarak bu tez çalışması kapsamında yukarıda bahsedilen yayın modeli orta seviye tanımlayıcılar ile birlikte kullanılarak video içerisindeki atak pozisyonları elde edilerek özetleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Atak pozisyonlarının elde edilmesi için Şekil 3-15'deki model baz alınarak aşağıda belirtilen kural tanımlanmıştır:

Tespit edilen tekrar gösterim video karelerinden önce, ard arda gelen saha içi ve ya saha dışı video kareleri ve bu karelerden önce de sağ alan ve ya sol alan içeren genel görünüm yer alıyorsa bir atak pozisyonu tespit edilmiştir.

Özetleme işlemi sonucunda müsabaka boyunca gelişen tüm atak pozisyonları elde edilmiştir.

4. FUTBOL VIDEO ÖZETLEME UYGULAMASI

Bu bölümde bu tez kapsamında geliştirilen futbol video özetleme uygulaması tanıtılmıştır. Söz konusu uygulama bir linux dağıtımı olan Ubuntu 8.04 üzerinde Eclipse tümleşik geliştirme platformu ile birlikte CDT (C/C++ Development Tooling) plugin'i kullanılarak geliştirilmiştir.

Uygulama “FVS – Football Video Summarization” olarak isimlendirilmiştir ve bu bölümün ilerleyen kısımlarında “FVS” kısaltması ile ifade edilecektir.

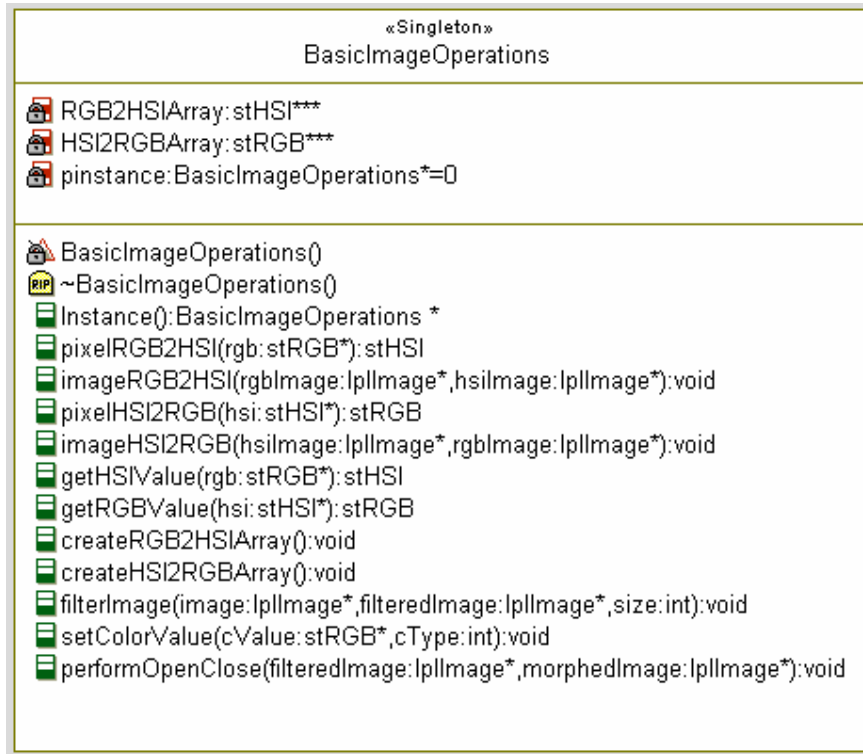
FVS'nin geliştirilmesi sırasında bazı temel görüntü işleme fonksiyonları için Intel firması tarafından geliştirilmiş olan açık kaynak kodlu OpenCV görüntü işleme kütüphanesinden faydalanılmıştır.

4.1 FVS Uygulaması UML Modeli

Bu bölümde FVS uygulaması kapsamında geliştirilen sınıflar UML notasyonu ile anlatılmıştır.

4.1.1 BasicImageOperations Sınıfı

BasicImageOperations sınıfı temel filtreleme işlemleri, morfolojik işlemler ve renk uzayı dönüşüm işlemlerinin gerçekleştirildiği sınıftır. Tüm uygulamada bu işlemler için tek bir nesnenin kullanılması yeterli olacağı için sınıf singleton olarak tasarlanmıştır. Şekil 4-1'de BasicImageOperations sınıfına ait UML diyagramı yer almaktadır.



Şekil 4-1 BasicImageOperations sınıfı UML diyagramı

BasicImageOperations sınıfında yer alan öznitelik ve fonksiyonların amaç ve işlevleri Çizelge 4-1 ve Çizelge 4-2’de verilmiştir.

Çizelge 4-1 BasicImageOperations sınıfı öznitelikleri

Öznitelik	Amaç ve işlev
RGB2HSIArray	Video karelerinin RGB uzayından HSI uzayına dönüştürülmesi işleminde kullanılmak üzere tanımlanmıştır. Dönüştürme işleminin hızlı bir şekilde gerçekleştirilmesi için tüm RGB değerlerine karşılık gelen HSI değerleri bir kere hesaplanıp dizi içerisine yerleştirilmiştir. Dönüşüm ihtiyacı olduğunda tek bir erişim ile dönüşüm değerine erişilir.
HSI2RGBArray	Video karelerinin HSI uzayından RGB uzayına dönüştürülmesi işleminde kullanılmak üzere tanımlanmıştır. Dönüştürme işleminin hızlı bir şekilde gerçekleştirilmesi için tüm HSI değerlerine karşılık gelen RGB değerleri bir kere hesaplanıp dizi içerisine yerleştirilmiştir. Dönüşüm ihtiyacı olduğunda tek bir erişim ile dönüşüm değerine erişilir.
pinstance	BasicImageOperations sınıfından oluşturulacak olan nesnenin adresini tutan göstericidir.

Çizelge 4-2 BasicImageOperations sınıfı fonksiyonları

Fonksiyon	Amaç ve işlev
instance	BasicImageOperations nesnesini ilk çağırıldığında oluşturan ve daha sonra çağırıldığında bu nesneyi döndüren fonksiyondur.
pixelRGB2HSI	RGB uzayındaki bir pikselin değerini HSI uzayına çevirir.
imageRGB2HSI	RGB uzayındaki bir video karesini HSI uzayına çevirir.
pixelHSI2RGB	HSI uzayındaki bir pikselin değerini RGB uzayına çevirir.
imageHSI2RGB	HSI uzayındaki bir video karesini RGB uzayına çevirir.
getHSIValue	Parametre olarak verilen RGB uzayındaki değer için RGB2HSIArray dizisinden HSI karşılığını getirir.
getRGBValue	Parametre olarak verilen HSI uzayındaki değer için HSI2RGBArray dizisinden RGB karşılığını getirir.
createRGB2HSIArray	RGB2HSIArray dizisini yaratır ve ilklendirir.
createHSI2RGBArray	HSI2RGBArray dizisini yaratır ve ilklendirir.
filterImage	Video karesi üzerinde filtreleme işlemini gerçekleştirir.
setColorValue	Herhangi bir RGB değişkenini parametre olarak verilen renk değeri ile ilklendirir.
performOpenClose	Video karesi üzerinde opening ve closing işlemlerini gerçekleştirir.

4.1.2 Histogram Sınıfı

Histogram sınıfı HSI uzayında histogram alma işlemi için tasarlanmıştır. Şekil 4-2’de Histogram sınıfına ait UML diyagramı yer almaktadır.



Şekil 4-2 Histogram sınıfı UML diyagramı

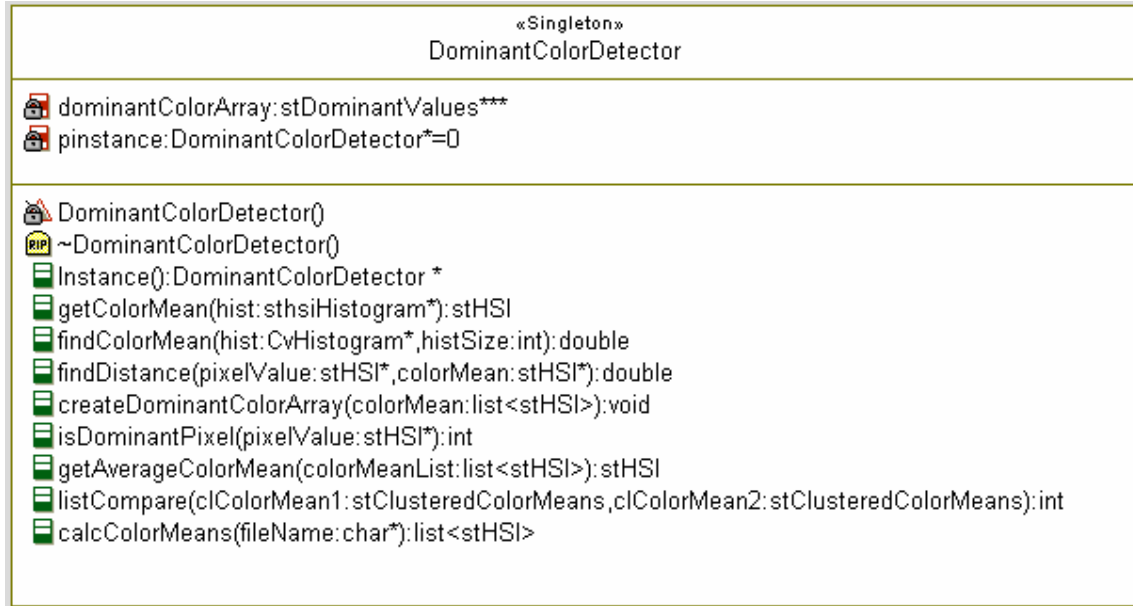
BasicImageOperations sınıfında yer alan öznitelik ve fonksiyonların amaç ve işlevleri Çizelge 4-3’de verilmiştir.

Çizelge 4-3 Histogram sınıfı fonksiyonları

Fonksiyon	Amaç ve işlev
calculateHistogram	HSI uzayındaki video karesi üzerinde her bir renk bileşeni için histogram alma işlemini gerçekleştirir.

4.1.3 DominantColorDetector Sınıfı

DominantColorDetector sınıfı, çim piksellerin ayrılmasında kullanılan dominant rengin hesaplanması için tasarlanmıştır. Şekil 4-3’de BasicImageOperations sınıfına ait UML diyagramı yer almaktadır.



Şekil 4-3 DominantColorDetector sınıfı UML diyagramı

BasicImageOperations sınıfında yer alan öznitelik ve fonksiyonların amaç ve işlevleri Çizelge 4-4 ve Çizelge 4-5’de verilmiştir.

Çizelge 4-4 DominantColorDetector sınıfı öznitelikleri

Öznitelik	Amaç ve işlev
dominantColorArray	dominantColorArray 3 boyutlu ve her bir boyutunun indisi HSI uzayındaki renk bileşenlerinden oluşan bir dizidir. Dominant renk hesaplandıktan sonra her bir HSI renk değerinin çim piksel olup olmadığı hesaplanır ve bu dizi içerisinde işaretlenir. Böylece çim piksellerin ayrılması işlemi sırasında her piksel için çim piksel olup olmadığının hesaplanması yerine dominantColorArray dizisi içerisinde tek erişim ile sonuca ulaşılır. Bu tasarım ile sistem performansında önemli bir kazanç sağlanmıştır.
pinstance	DominantColorDetector sınıfı singleton olarak tasarlandığından, bu sınıftan oluşturulacak olan nesnenin adresini tutan göstericidir.

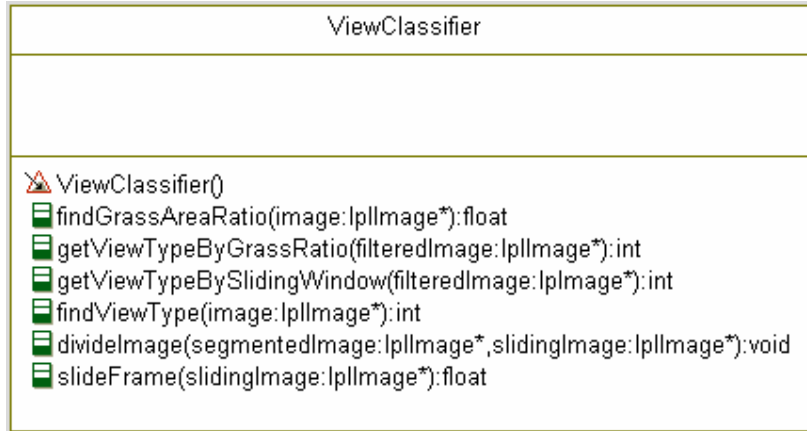
Çizelge 4-5 DominantColorDetector sınıfı fonksiyonları

Fonksiyon	Amaç ve işlev
instance	DominantColorDetector nesnesini ilk çağırıldığında oluşturan ve daha sonra çağırıldığında bu nesneyi döndüren fonksiyondur.
calcColorMeans	Verilen video içerisindeki tüm video karelerini analiz ederek dominant renkleri hesaplar.
getColorMean	Tek bir video karesi için dominant rengi döndürür.
findColorMean	HSI bileşenlerinden birine ait olan histogram için dominant renk bileşenini hesaplar.
findDistance	Herhangi bir piksel değerinin dominant renk değerine olan uzaklığını hesaplar.
createDominantColorArray	dominantColorArray dizisini yaratır ve ilklendirir.
isDominantPixel	Verilen bir pikselin çim piksel olup olmadığı sonucunu döndürür.
getAverageColorMean	Verilen dominant renkler listesi için ortalama renk değerini hesaplar.
listCompare	İki dominant renk listesini boyut açısından karşılaştıran fonksiyondur.

4.1.4 ViewClassifier sınıfı

ViewClassifier sınıfı, görünüm tipi orta seviye tanımlayıcının elde edilmesi için kullanılır. Video karesindeki çim piksel yoğunluğu bilgisini ve kayan pencere metodunu kullanarak o kare için görünüm tipini belirler. Çim pikseller ve çim olmayan piksellerin ikili modda işaretlenmiş olduğu video karesi üzerinde çalışır. Şekil 4-4'de ViewClassifier sınıfına ait

UML diyagramı yer almaktadır.



Şekil 4-4 ViewClassifier sınıfı UML diyagramı

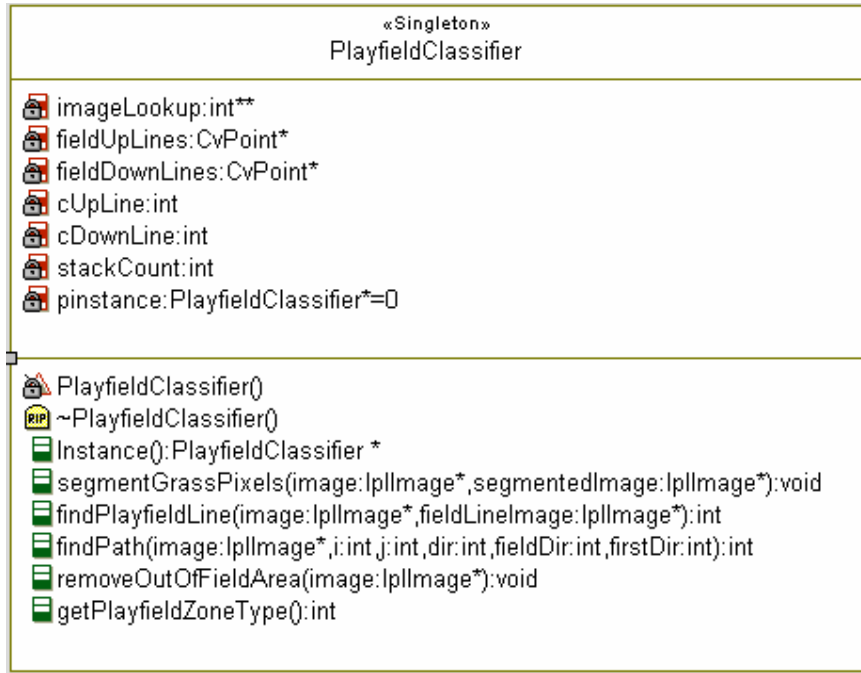
ViewClassifier sınıfında yer alan fonksiyonların amaç ve işlevleri Çizelge 4-6’da verilmiştir.

Çizelge 4-6 ViewClassifier sınıfı fonksiyonları

Fonksiyon	Amaç ve işlev
findGrassAreaRatio	Parametre olarak verilen ikili modda işaretlenmiş video karesi için çim piksel oranını hesaplar.
getViewTypeByGrassRatio	Çim piksel oranını kullanarak görünüm tipini belirler.
getViewTypeBySlidingWindow	Kayan pencere metodunu kullanarak görünüm tipini belirler.
findViewType	Görünüm tipini döndürür.
divideImage	Video karesini kayan pencere metodu tarafından kullanılabilmesi için 3:5:3 oranında bölümlere ayırır.
slideFrame	Kayan pencere metodunun gerçekleştirildiği fonksiyondur.

4.1.5 PlayfieldClassifier sınıfı

PlayfieldClassifier sınıfı, saha alanı tanımlayıcısını elde edilebilmesi amacıyla tasarlanmıştır. Futbol sahası üzerinde yer alan çizgilerin daha rahat tespit edilebilmesi için video karesinden saha alanının yer aldığı bölümü ayırır. Daha sonra LineDetector sınıfı ile haberleşerek saha alanını sınıflandırma işlemini gerçekleştirir. Şekil 4-5’de PlayfieldClassifier sınıfına ait UML diyagramı yer almaktadır.



Şekil 4-5 PlayfieldClassifier sınıfı UML diyagramı

PlayfieldClassifier sınıfında yer alan öznitelik ve fonksiyonların amaç ve işlevleri Çizelge 4-7 ve Çizelge 4-8’de verilmiştir.

Çizelge 4-7 PlayfieldClassifier sınıfı öznitelikleri

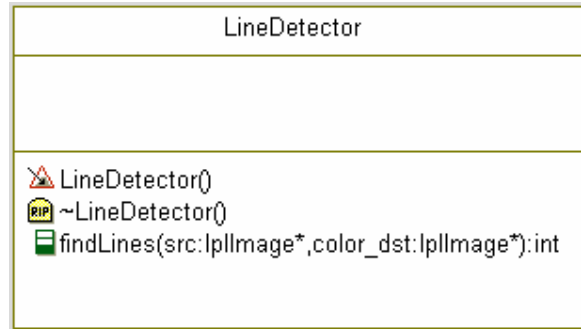
Öznitelik	Amaç ve işlev
imageLookup	Saha alanının elde edilmesi sırasında kullanılan arama dizisi
fieldUpLines	Saha alanı üst sınırını belirleyen piksellerin saklandığı değişken.
fieldDownLines	Saha alanı alt sınırını belirleyen piksellerin saklandığı değişken.
cUpLine	Saha alanı üst sınırını belirleyen piksellerin sayısı.
cDownLine	Saha alanı alt sınırını belirleyen piksellerin sayısı.
pinstance	PlayfieldClassifier sınıfı singleton olarak tasarlandığından, bu sınıftan oluşturulacak olan nesnenin adresini tutan göstericidir

Çizelge 4-8 PlayfieldClassifier sınıfı fonksiyonları

Fonksiyon	Amaç ve işlev
instance	PlayfieldClassifier nesnesini ilk çağırıldığında oluşturan ve daha sonra çağırıldığında bu nesneyi döndüren fonksiyondur.
segmentGrassPixels	Video karesi üzerindeki çim piksellerin ayrılması için kullanılan fonksiyondur.
findPlayfieldLine	Saha alanı sınırlarını elde eden fonksiyondur.
findPath	Saha alanı sınırlarını oluşturan pikselleri bulan fonksiyondur.
removeOutOfFieldArea	Video karesinden saha alanı dışında kalan bölümleri çıkaran fonksiyondur.
getPlayfieldZoneType	Saha alanı tipini döndüren fonksiyondur.

4.1.6 LineDetector Sınıfı

LineDetector sınıfı, futbol sahası çizgilerinin elde edilmesi için kullanılır. Bu işlemi gerçekleştiren tek bir fonksiyondan oluşur. Şekil 4-6'de LineDetector sınıfına ait UML diyagramı yer almaktadır.



Şekil 4-6 LineDetector sınıfı UML diyagramı

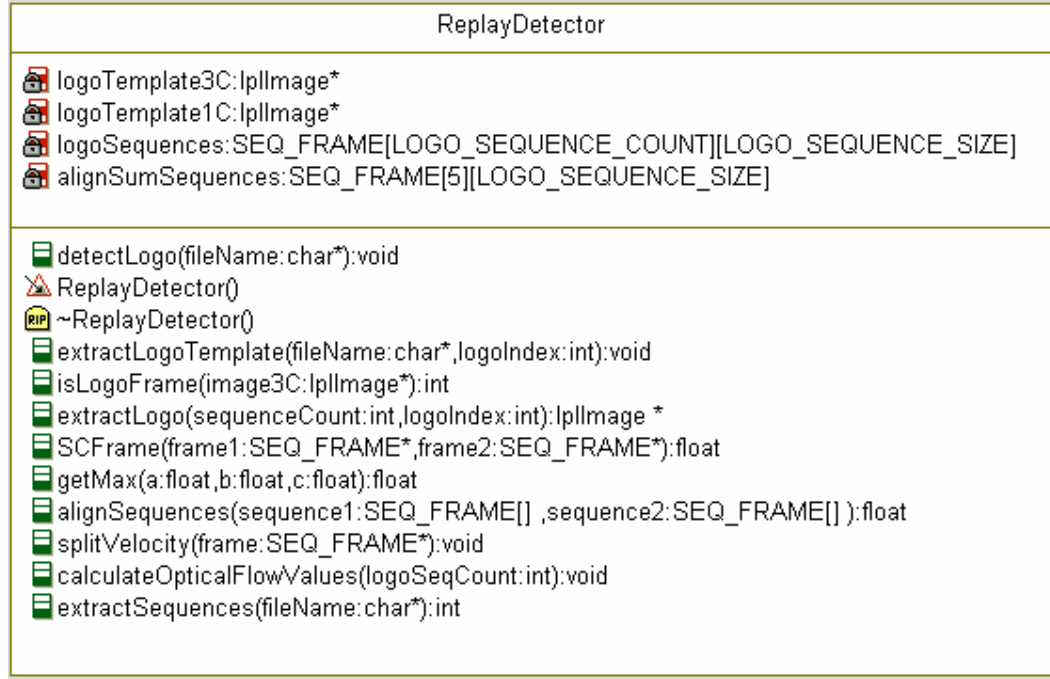
LineDetector sınıfında yer alan fonksiyonların amaç ve işlevleri Çizelge 4-9'de verilmiştir.

Çizelge 4-9 LineDetector sınıfı fonksiyonları

Fonksiyon	Amaç ve işlev
findLines	Hough transform metodu ile saha üzerindeki çizgileri bulur ve bu çizgilere ait açı değerlerini döndürür.

4.1.7 ReplayDetector Sınıfı

ReplayDetector sınıfı, logo şablonunun çıkarılması ve bu logo şablonu aracılığıyla video içerisindeki tekrar gösterimlerin elde edilmesi işlemlerini gerçekleştirir. Şekil 4-7’de ReplayDetector sınıfına ait UML diyagramı yer almaktadır.



Şekil 4-7 ReplayDetector sınıfı UML diyagramı

ReplayDetector sınıfında yer alan öznitelik ve fonksiyonların amaç ve işlevleri Çizelge 4-10 ve Çizelge 4-11’de verilmiştir.

Çizelge 4-10 ReplayDetector sınıfı öznitelikleri

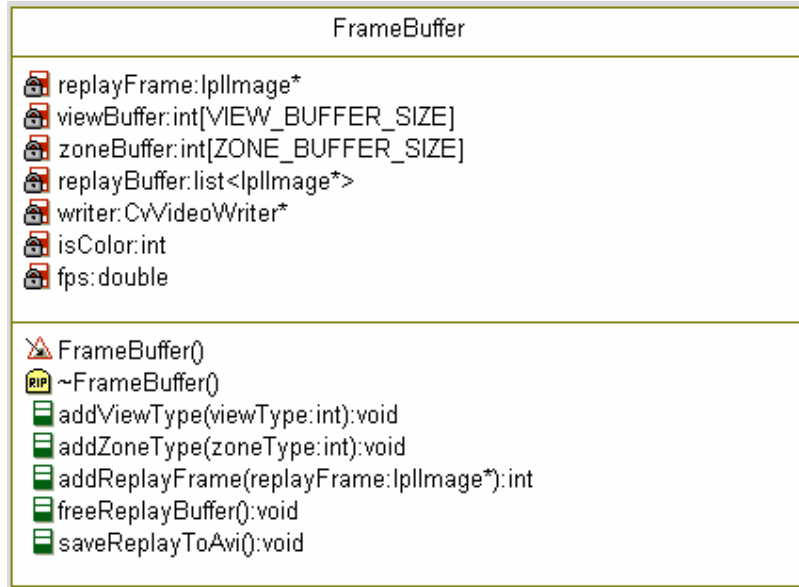
Öznitelik	Amaç ve işlev
logoTemplate3C	Elde edilen logo şablonunun renkli olarak saklandığı özniteliktir.
logoTemplate1C	Elde edilen logo şablonunu ikili modda saklandığı özniteliktir.
logoSequences	Video içerisinde elde edilen logo geçişi serisi adaylarının saklandığı özniteliktir.
alignSumSequences	Logo geçişi serilerinin saklandığı özniteliktir.

Çizelge 4-11 ReplayDetector sınıfı fonksiyonları

Fonksiyon	Amaç ve işlev
extractLogoTemplate	Logo şablonu çıkarma işlemini başlatan fonksiyondur. Sırasıyla, serilerin çıkarılması, optik akışın hesaplanması ve logonun elde edilmesi adımlarını çalıştırır.
extractSequences	Video boyunca logo geçişi serisi adaylarını tespit eder ve logoSequences dizisi içerisinde saklar.
calculateOpticalFlowValues	Elde edilen logo geçişi serisi adayları için optik akış değerlerini hesaplar.
alignSequences	Logo geçişi serisi adaylarının dinamik programlama ile hizalanması işlemini gerçekleştirir.
SCFrame	İki video karesinin benzerlik oranını hesaplar.
splitVelocity	Video karesini hizalama işlemi için gerekli olan 40x40'lık parçalara ayrılması işlemini gerçekleştirir.
extractLogoSequences	logoSequences dizisi içerisinde yer alan tüm seriler içerisinde gerçek logo geçişi olan serileri elde eder.
isLogoFrame	Parametre olarak verilen video karesinin logo geçişi olup olmadığına karar verir.

4.1.8 FrameBuffer Sınıfı

FrameBuffer sınıfı, video boyunca elde edilen orta seviye tanımlayıcı değerlerinin anlamlı analizlerde kullanılması amacıyla saklanması için tasarlanmıştır. Daha önceden tanımlanmış olan sayıda video karesi için görünüm tipi ve saha alanı değerleri ilgili dizilerde saklanır ve bu değerler video ilerledikçe yeni değerler ile güncellenir. Ayrıca elde edilen tekrar gösterimlerde bu sınıf tarafından kaydedilir. Şekil 4-8'de FrameBuffer sınıfına ait UML diyagramı yer almaktadır.



Şekil 4-8 FrameBuffer sınıfı UML diyagramı

FrameBuffer sınıfında yer alan öznitelik ve fonksiyonların amaç ve işlevleri Çizelge 4-12 ve Çizelge 4-13’de verilmiştir.

Çizelge 4-12 FrameBuffer sınıfı öznitelikleri

Öznitelik	Amaç ve işlev
viewBuffer	Video özetleme işlemi sırasında son VIEW_BUFFER_SIZE adet video karesi için görünüm tipinin saklandığı dizidir.
zoneBuffer	Video özetleme işlemi sırasında son ZONE_BUFFER_SIZE adet video karesi için saha alanı değerinin saklandığı dizidir.
replayBuffer	Tespit edilen tekrar gösterime ait video karelerinin saklandığı dizidir.
writer	Özetleme işlemi sonucu elde edilen video görüntülerinin kaydedileceği dosya işaretçisidir.
isColor	Kaydedilecek olan video görüntülerinin renkli olup olmayacağını belirten değişkendir.
fps	Kaydedilecek olan video görüntülerinin saniyedeki kare sayısını belirten değişkendir.

Çizelge 4-13 FrameBuffer sınıfı fonksiyonları

Fonksiyon	Amaç ve işlev
addViewType	Video karesi için görünüm tipini viewBuffer'a ekler.
addZoneType	Video karesi için saha alanı değerini zoneBuffer'a ekler.
addReplayFrame	Tekrar gösterime ait video karesini replayBuffer'a ekler.
freeReplayBuffer	replayBuffer'ı boşaltır.
saveReplayToAvi	replayBuffer'da yer alan video karelerini belirtilen avi dosyasına kaydeder.

5. DENEYSEL SONUÇLAR

Geliştirilen ‘Football Video Summarization’ uygulamasının başarımlarının analizi üç farklı yaklaşımla gerçekleştirilmiştir.

1. Öğrenme alt sisteminin başarımlarının bağımsız olarak analiz edilmesi.
2. Özetleme alt sisteminin başarımlarının bağımsız olarak analiz edilmesi.
3. Öğrenme alt sistemi ve özetleme alt sistemlerinin FVS uygulaması kapsamında çalıştırılması ile elde edilen başarımlarının analiz edilmesi.

Öğrenme alt sisteminin başarımlarının test edilmesi sırasında dominant renk tespiti ve logo şablonunun oluşturulması adımları ayrı ayrı ele alınmıştır. Dominant renk tespitinin başarımlarının test edilmesi için farklı stadyumlardan alınmış olan video görüntüleri kullanılmıştır. Logo şablonu oluşturulması adımı için ise birbirinden farklı logo geçişleri içeren video görüntüleri kullanılmıştır.

Özetleme alt sisteminin başarımlarının test edilmesi için görünüm sınıflandırma, saha alanı sınıflandırma ve tekrar gösterimlerin ayrılması adımları ayrı ayrı test edilmiştir. Görünüm sınıflandırma metodunun test edilmesi için farklı futbol müsabakalarına ait video kareleri elle işaretlenmiş ve uygulama tarafından üretilen sınıflandırma sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Saha alanı sınıflandırma için de benzer şekilde elle işaretlenmiş video kareleri kullanılmıştır. Tekrar gösterimlerin ayrılması adımının test edilmesi için ise farklı futbol müsabakalarına için müsabakanın tamamını içeren videolar kullanılmıştır.

Başarımlarının test edilmesinde toplam 9 farklı futbol video görüntüsü kullanılmıştır (Şekil 5-1). Tüm video görüntüleri mpeg4 formatında, 320x240 çözünürlükte ve saniyede 25 video karesi içermektedir. Sistem performansının farklı durumlar için test edilmesi amacıyla, seçilen futbol videolarının farklı stadyumlarda, farklı yayıncı kuruluşlar tarafından çekilmiş olmasına özen gösterilmiştir. Tüm testler Intel Pentium 4, 2.4 GHz işlemcili kişisel bilgisayar ortamında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5-1 Sistem başarımlı performansının ölçülmesi için kullanılan futbol videolarından kareler

5.1 Öğrenme Alt Sistemi Deneysel Sonuçları

Bu bölümde öğrenme alt sisteminin başarımlı performansının nasıl analiz edildiği anlatılmış ve analiz sonuçları değerlendirilmiştir.

5.1.1 Dominant Renk Tespiti Deneysel Sonuçları

Dominant renk tespiti adımının başarımlı performansının ölçülmesi amacıyla her bir futbol videosuna ait dominant rengin hesaplanması için geçen süreler ölçülmüştür.

Çizelge 5-1’de her bir videoya ait dominant renk değerlerinin tespiti ve RGB uzayından HSI uzayına geçiş için kullanılan kontrol tablosunun oluşturulması için geçen toplam süreler verilmektedir.

Çizelge 5-1 Dominant renk tespiti performans testleri

Video görüntüsü	Tespit süresi (dk:sn)
Galatasaray-Arsenal	2 : 54
Almanya-Polonya	2 : 58
Beşiktaş-Liverpool	2 : 57
Liverpool-Beşiktaş	2 : 54
Portekiz-Türkiye	2 : 57
Uruguay-Senegal	3 : 05
Yunanistan-Rusya	2 : 58
Schalke-Chelsea	2 : 58
Ortalama	2 : 57

Dominant renk tespiti sırasında RGB uzayından HSI uzayına geçiş için her video karesinde dönüşüm işlemlerini uygulamak yerine her RGB değerine karşılık gelen HSI değerini içeren bir kontrol tablosu kullanılması performansın yüksek olmasında önemli bir etkindir.

5.1.2 Logo şablonunun Oluşturulmasına Ait Deneysel Sonuçlar

Logo şablonunun oluşturulması adımının başarım performansının ölçülmesi amacıyla her bir futbol videosuna ait logo şablonunun oluşturulması için geçen süreler ölçülmüştür.

Çizelge 5-2’de her bir videoya ait logo şablonunun oluşturulması için geçen süreler verilmektedir.

Çizelge 5-2 Logo şablonunun oluşturulması performans testi

Test videosu	Logo şablonunun Oluşturulma Süresi (dk : sn)
Galatasaray-Arsenal	11 : 06
Almanya-Polonya	10 : 43
Beşiktaş-Liverpool	11 : 08
Liverpool-Beşiktaş	10 : 54
Portekiz-Türkiye	10 : 58
Uruguay-Senegal	11 : 11
Yunanistan-Rusya	10 : 24
Schalke-Chelsea	10 : 58
Ortalama	10 : 55

5.2 zetleme Alt Sistemi Deneysel Sonuçları

Bu bölümde özetleme alt sisteminin başarım performansının nasıl analiz edildiği anlatılmış ve analiz sonuçları değerlendirilmiştir.

5.2.1 Görünüm Sınıflandırma Deneysel Sonuçları

Görünüm sınıflandırma metodunun başarım performansını test etmek için 4 ayrı futbol müsabakasına ait video görüntülerinden bölümler kullanılmıştır. Her bir video içerisindeki video kareleri için görünüm tipi elle işaretlenmiş ve daha sonra FVS tarafından üretilen sonuçlar ile karşılaştırılarak görünüm sınıflandırma metodunun başarım performansı ölçülmüştür. şekil 5-2, şekil 5-3 ve şekil 5-4’de sırasıyla genel görünüm, saha içi görünüm ve saha dışı görünüm olarak sınıflandırılmış olan video karelerine örnekler verilmiştir.



Şekil 5-2 Genel görünüm olarak sınıflandırılmış olan video kareleri



Şekil 5-3 Saha içi görünüm olarak sınıflandırılmış olan video kareleri



Şekil 5-4 Saha dışı görünüm olarak sınıflandırılmış olan video kareleri

Çizelge 5-3’de testte kullanılan her bir videonun süresi ve video boyunca görünüm tiplerinin dağılımları yer almaktadır.

Çizelge 5-3 Görünüm tipi dağılımları

Test videosu (dk:sn)	Video karesi sayısı		
	Genel	Saha içi	Saha dışı
Beşiktaş-Liverpool (11:11)	10249	4426	2100
Liverpool-Beşiktaş (9:51)	9025	4481	1269
Schalke-Chelsea (13:41)	11246	6258	3021
Portland-Man. United (7:03)	4217	3811	2547

Çizelge 5-4'te her bir video görüntüsü ve görünüm tipi için görünüm sınıflandırma sonuçları doğruluk ve duyarlık oranları ile birlikte verilmiştir.

Çizelge 5-4 Görünüm sınıflandırma test sonuçları

Video görüntüsü	Genel		Saha içi		Saha dışı	
	Doğruluk	Duyarlık	Doğruluk	Duyarlık	Doğruluk	Duyarlık
Beşiktaş Liverpool	%97,2	%99,1	%94,2	%88,3	%94,5	%90,3
Liverpool Beşiktaş	%95,2	%96,3	%84,5	%81,2	%95,1	%91
Schalke Chelsea	%92,3	%88,9	%94,1	%92,1	%94,1	%92,3
Portland Man. Untd	%89,3	%88,5	%82,1	%73,3	%99,1	%94,4
Ortalama	%93,5	%93,2	%88,7	%83,7	%95,7	%92

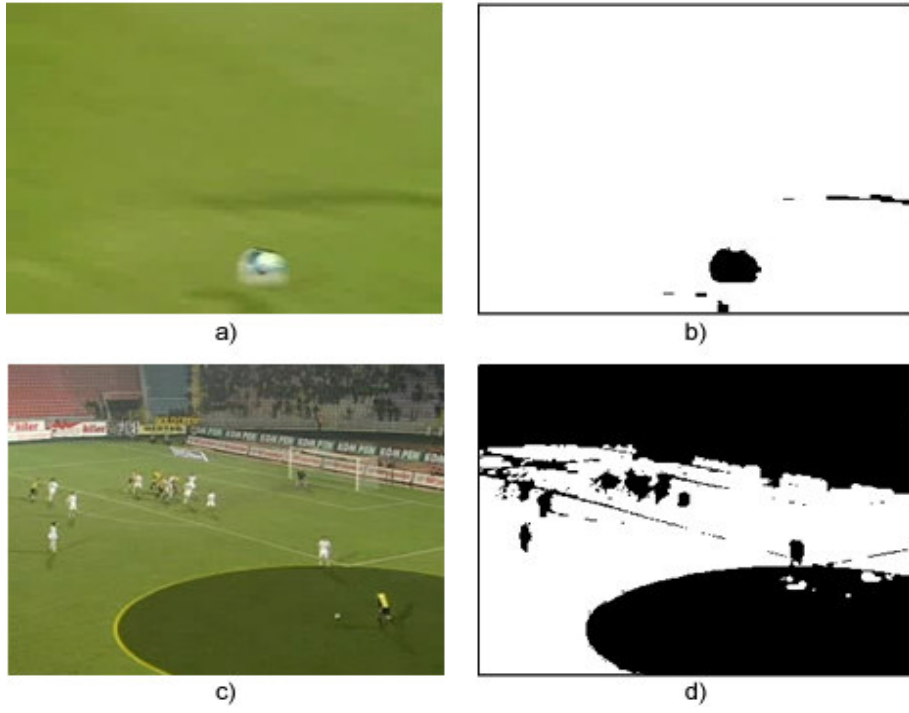
Görünüm sınıflandırma test sonuçları için elde edilen ortalama oranlar geliştirilen metodun başarımının yüksek olduğunu göstermektedir.

5.2.2 Görünüm Sınıflandırma Başarımını Etkileyen Faktörler

Görünüm sınıflandırma ile ilgili testler gerçekleştirilirken aynı zamanda görünüm sınıflandırma metodunun ne gibi durumlarda başarısız çalıştığı da incelenmiştir. Görünüm sınıflandırma işleminde ortaya çıkan başarısız sonuçlar genellikle yayıncı kuruluştan ve stadyum koşullarından kaynaklanır. Yayıncı kuruluştan kaynaklanan başarısız sınıflandırma işlemlerinin temel nedenleri aşağıdaki gibi özetlenebilir:

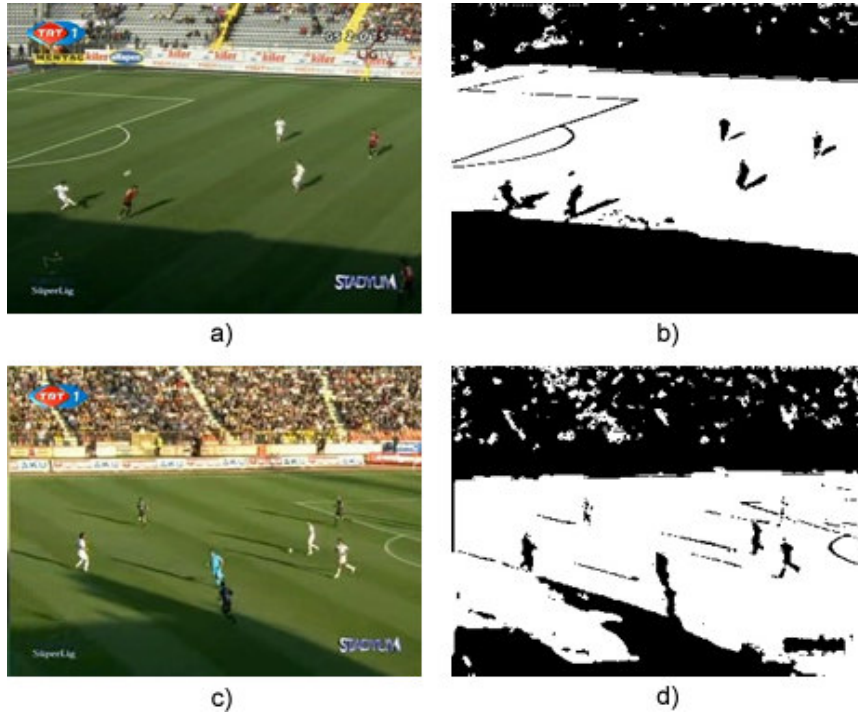
1. Kameranın yakın çekim yaptığı sırada futbolcuyu kaçırmaması sonucunda saha içi olması gereken kare genel görünüm olarak işaretlenmiştir. (Şekil 5-5 (a), (b))
2. Yayıncı kuruluş tarafından futbol sahası üzerinde kullanılan efektler sonucunda genel görünüm olması gereken kare saha içi görünüm olarak işaretlenmiştir. (Şekil 5-5 (c),

(d))



Şekil 5-5 Görünüm sınıflandırma metodunda yayıncı kuruluştan kaynaklanan başarısız sonuçlar

Stadyum kaşullarından kaynaklanan başarısız sınıflandırma işlemleri genellikle gündüz oynanan futbol müsabakalarında ortaya çıkmaktadır. Gündüz maçlarında güneş ışığının çok fazla olduğu zamanlarda stadyum tribünlerinin gölgesi futbol sahasının üzerine düşer ve ortaya çıkan koyu renklerden dolayı görünüm sınıflandırma işlemini olumsuz etkiler (Şekil 5-6 (a), (b), (c), (d)).



Şekil 5-6 Görünüm sınıflandırma metodunda gündüz maçlarında stadyumdan kaynaklanan başarısız sonuçlar

5.2.3 Görünüm Sınıflandırma Başarımını Arttırmak İçin Yapılan Deneyler

Görünüm sınıflandırma başarımlarını test etmek için Bölüm 5.2.1’de de bahsedildiği gibi video içerisindeki her bir video karesi için görünüm tipi elle işaretlenmiş ve sistemin ürettiği sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Futbol müsabakasının çekimi sırasında kamera belirli süre aralıklarında aynı görünüm tipinde sabitlenmekte ve saha içinde gerçekleşen olaylara bağlı olarak görünüm tipi değiştirilmektedir. Dolayısıyla aslında ard arda gelen video kareleri için görünüm tipi belirli bir süre aynı kalmaktadır. Bu bilgiden yola çıkılarak her bir video karesi için görünüm tipini hesaplamak yerine görünüm tipinin değiştiği anları yakalayıp sadece ilk video kareleri için görünüm tipini hesaplamak yoluna gidilmiş ve başarımlarını artırılmıştır.

Video boyunca görünüm tipinin değiştiği anları yakalamak için logo geçişlerinin yakalanması işleminde olduğu gibi ard arda gelen video kareleri için ortalama şiddet değerlerinin farkı hesaplanmıştır. Fark değeri, eşitlik (5.1)’de belirtildiği gibi, ard arda gelen iki video karesi için tüm piksellerin şiddet değerlerinin farkının toplam piksel sayısına oranı ile hesaplanmıştır. Eşitlikte $I_k(i, j)$, k . video karesinde i, j konumundaki pikselin şiddet bileşeninin değerini, D ortalama şiddet fark değerini, M video karesinin piksel sayısı olarak

genişliğini, N ise yüksekliğini göstermektedir.

$$D = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N |I_k(i, j) - I_{k-1}(i, j)|}{M \times N} \quad (5.1)$$

Video boyunca görünüm tipinin değişimi çok keskin bir şekilde olduğu ve bu anda ekranda görüntülenen alan tamamen değiştiğinden D ortalama şiddet fark değeri yükselmektedir. Yapılan testler sonucunda D değerinin 2000'in üzerine çıktığı anlar görünüm tipinin değiştiği anlar olarak kabul edilmiştir.

Bu yaklaşım sonucunda; özellikle Şekil 5-5'de de belirtilen, yayıncı kuruluştan kaynaklanan başarısız sınıflandırma sonuçları ortadan kaldırılmıştır. Yapılan testler ile görünüm sınıflandırma işleminde başarımların yükseldiği görülmüştür. Çizelge 5-5'deki sonuçlar ile Çizelge 5-4'deki sonuçlar karşılaştırıldığında başarımlardaki artış oranı görülmektedir.

Çizelge 5-5 Görünüm sınıflandırma test sonuçları

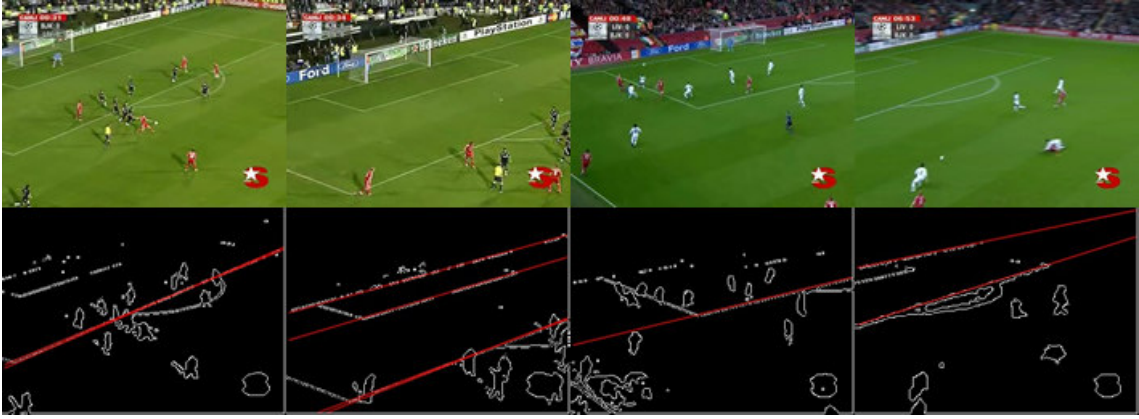
Video görüntüsü	Genel		Saha içi		Saha dışı	
	Doğruluk	Duyarlık	Doğruluk	Duyarlık	Doğruluk	Duyarlık
Beşiktaş Liverpool	%98,5	%99,5	%96,3	%90,5	%95,9	%91,8
Liverpool Beşiktaş	%96,3	%97,5	%86,6	%93,1	%97,2	%94,7
Schalke Chelsea	%93,6	%90,8	%95,8	%94	%95,2	%93,6
Portland Man. Untd	%91,8	%91,3	%85,6	%77,2	%99,2	%94,8
Ortalama	%95	%94,77	%91	%88,7	%96,8	%93,7

5.2.4 Saha Alanı Sınıflandırma Deneysel Sonuçları

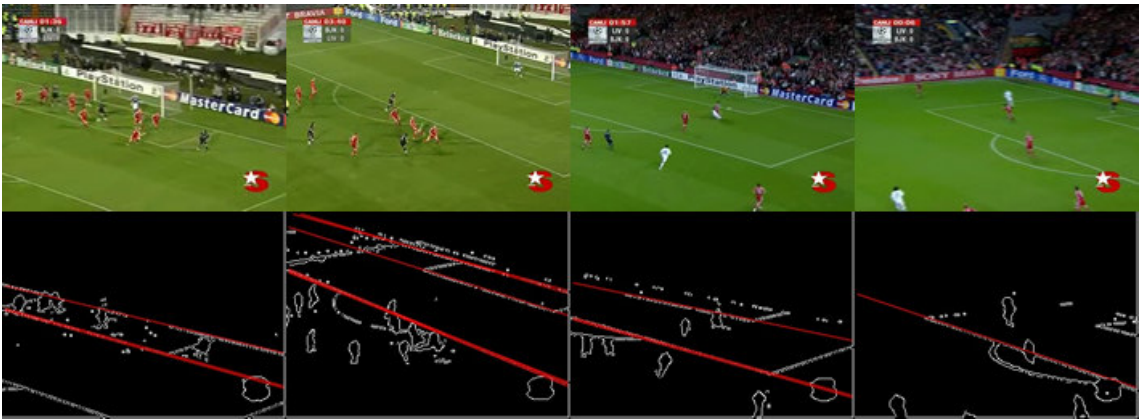
Görünüm sınıflandırma metodunun başarımlarını test etmek için görünüm sınıflandırma ile genel görünüm olarak işaretlenmiş olan video kareleri kullanılmıştır. Her bir video karesi için saha alanı tipi elle işaretlenmiş ve daha sonra FVS tarafından üretilen sonuçlar ile karşılaştırılarak saha alanı sınıflandırma metodunun başarımlarını ölçülmüştür. Şekil 5-7, Şekil 5-8 ve Şekil 5-9'de sırasıyla orta alan, sol alan ve sağ alan olarak sınıflandırılmış olan video karelerine örnekler verilmiştir.



Şekil 5-7 Orta alan olarak sınıflandırılmış olan video kareleri



Şekil 5-8 Sol alan olarak işaretlenmiş olan video kareleri



Şekil 5-9 Sağ alan olarak işaretlenmiş olan video kareleri

Çizelge 5-6'da testte kullanılan her bir video için saha alanı tiplerinin dağılımları yer almaktadır.

Çizelge 5-6 Saha alanı tipi dağılımları

Test videosu	Video karesi sayısı		
	Sol alan	Orta alan	Sağ alan
Beşiktaş-Liverpool	2596	3532	3849
Liverpool-Beşiktaş	3548	4520	2271

Çizelge 5-7’te her bir video görüntüsü ve görünüm tipi için görünüm sınıflandırma sonuçları doğruluk ve duyarlık oranları ile birlikte verilmiştir.

Çizelge 5-7 Saha alanı sınıflandırma test sonuçları

Test videosu	Sol alan		Orta alan		Sağ alan	
	Doğruluk	Duyarlık	Doğruluk	Duyarlık	Doğruluk	Duyarlık
Beşiktaş Liverpool	%92	%89	%89	%79	%92	%88
Liverpool Beşiktaş	%95	%88	%92	%89	%93	%84
Ortalama	%93,5	%88	%90	%84	%92	%86

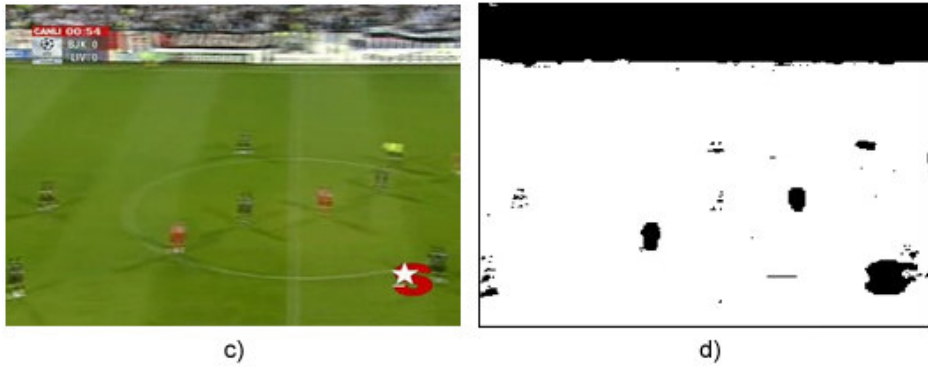
5.2.5 Saha Alanı Sınıflandırma Başarımını Etkileyen Faktörler

Saha alanı sınıflandırma ile ilgili testler gerçekleştirilirken aynı zamanda saha alanı sınıflandırma metodunun ne gibi durumlarda başarısız çalıştığı da incelenmiştir. Başarısız saha alanı sınıflandırma işlemlerinin temel nedenleri aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1. Video karesinde görüntülenen alanda saha çizgisinin yer almaması. (Şekil 5-10)
2. Kameranin hızlı hareket ettiği durumlarda video karesinin bulanıklaşması ve çizgilerin ayırt edilemez olması. (Şekil 5-11, Şekil 5-12)



Şekil 5-10 Saha alanı çizgisinin yer almadığı video karesi



Şekil 5-11 Bulanık şekilde görüntülenmiş orta alan çizgisi



Şekil 5-12 Bulanık şekilde görüntülenmiş olan sol alan çizgisi

5.2.6 Tekrar Gösterimlerin Ayrılması Deneysel Sonuçları

Tekrar gösterimlerin ayrılması adımının başarımlı performansı logo geçişlerinin yakalanmasının başarımlı performansı ile doğru orantılıdır. Dolayısıyla tekrar gösterimlerin ayrılması adımının başarımlı performansını test etmek amacıyla öncelikle video içerisindeki

logoların ne kadar başarı ile yakalandığı test edilmiştir.

Çizelge 5-8’de her bir video görüntüsü için logo geçişinin yakalanması test sonuçları doğruluk ve duyarlılık oranları ile birlikte verilmiştir. Çizelgede de görüldüğü gibi test edilen videoların tamamında tüm logo geçişleri başarılı bir şekilde tespit edilmiş dolayısıyla tüm tekrar gösterimler %100 başarı ile tespit edilmiştir.

Çizelge 5-8 Logo geçişlerinin yakalanması test sonuçları

Test videosu	Logo geçişi sayısı	Tespit edilen	Kaçırılan	Yanlış tespit	Doğruluk	Duyarlık
Galatasaray-Arsenal	72	72	0	0	%100	%100
Almanya-Polonya	106	106	0	0	%100	%100
Beşiktaş-Liverpool	98	98	0	0	%100	%100
Liverpool-Beşiktaş	70	70	0	0	%100	%100
Portekiz-Türkiye	122	122	0	0	%100	%100
Uruguay-Senegal	69	69	0	0	%100	%100
Yunanistan-Rusya	130	130	0	0	%100	%100
Schalke-Chelsea	85	85	0	0	%100	%100
Ortalama					%100	%100

5.3 Özetleme İşlemi Deneysel Sonuçları

Özetleme işlemi başarımlı performansının test edilmesi için her bir videonun ne kadar sürede özetlendiği ve özetleme işlemi sonucunda tespit edilen atak pozisyonlarının doğruluk ve duyarlılık oranları incelenmiştir.

Çizelge 5-9’de her bir test videosu için özetleme süresi verilmiştir.

Çizelge 5-9 Video özetleme süreleri

Test videosu	Özetleme süresi (dk:sn)
Galatasaray-Arsenal	18 : 39
Almanya-Polonya	21 : 50
Beşiktaş-Liverpool	21 : 27
Liverpool-Beşiktaş	16 : 46
Portekiz-Türkiye	22 : 55
Uruguay-Senegal	21 : 02
Yunanistan-Rusya	23 : 26
Schalke-Chelsea	20 : 19
Ortalama	21 : 55

Özetleme işlemi sonucunda test videoları içerisinde geçen atak pozisyonlarının hangi başarımla oranın ile tespit edildiğinin belirlenmesi için video içerisinde atak yayın modeline uygun olan pozisyonlar belirlenmiş ve bu pozisyonlar için özetleme sisteminin ürettiği sonuçlar incelenmiştir.

Çizelge 5-10'da atak pozisyonlarının tespit edilmesi işlemi için elde edilen test sonuçları verilmiştir.

Çizelge 5-10 Atak pozisyonlarının tespit edilmesi test sonuçları

Test videosu	Atak sayısı	Tespit edilen	Kaçırılan	Yanlış tespit	Doğruluk	Duyarlık
Galatasaray-Arsenal	23	20	3	0	%86,9	%100
Almanya-Polonya	35	30	5	0	%85,7	%100
Beşiktaş-Liverpool	26	24	2	1	%92,3	%96
Liverpool-Beşiktaş	30	27	3	2	%90	%93,1
Portekiz-Türkiye	21	19	2	1	%90,4	%95
Uruguay-Senegal	22	18	4	2	%81,8	%90
Yunanistan-Rusya	25	21	4	2	%84	%91,3
Schalke-Chelsea	32	29	3	3	%90,6	%90,6
Ortalama					%87,7	%94,5

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması kapsamında futbol videosu içerisindeki orta seviye tanımlayıcıları elde eden ve bu tanımlayıcılar üzerinde anlamlı analizler gerçekleştirerek, maç içerisindeki ilgi çekici bölümlerin bulunmasını ve dolayısıyla videonun özetlenmesini sağlayan sinematik özniteliklere dayalı bir sistem geliştirilmiştir.

Geliştirilen sistem 2 ayrı modülden oluşmaktadır:

1. Öğrenme alt sistemi
2. Özetleme alt sistemi

Öğrenme alt sistemi dominant renk tespiti ve logo şablonunun oluşturulması işlemlerini gerçekleştirip özetleme alt sistemine veri sağlamak amacıyla tasarlanmıştır.

Özetleme alt sistemi ise öğrenme alt sisteminden aldığı verilerle öncelikle video içerisindeki görünüm tipi, saha alanı tipi ve tekrar gösterim orta seviye tanımlayıcılarını elde eder. Daha sonra bu tanımlayıcılar üzerinde anlamlı analizler gerçekleştirerek futbol özetleme işlemini gerçekleştirir.

Geliştirilen sistemin performansını test etmek için öğrenme alt sistemi ve özetleme alt sistemi ayrı ayrı ele alınmıştır. Öğrenme alt sistemi performans testleri sonucunda dominant renk tespiti adımının Intel Pentium 4, 2.4 GHz işlemcili kişisel bilgisayar ortamında ortalama **2 dk 57 sn**'de tamamlandığı görülmüştür. Öğrenme alt sisteminin bir diğer adımı olan logo şablonu oluşturma işleminin ise ortalama **10 dk 55** saniyede tamamlandığı gözlemlenmiştir.

Özetleme alt sistemi performansı ise saha alanı sınıflandırma, görünüm sınıflandırma ve tekrar gösterimlerin ayrılması adımlarının ayrı ayrı test edilmesi ile ölçülmüştür. Saha alanı sınıflandırma metodunun testi için ayrı videolar içerisinde görünüm tipleri elle işaretlenmiş video kareleri kullanılmıştır. Geliştirilen sistem tarafından üretilen sonuçlar ile elle işaretlenmiş olan görünüm tipleri karşılaştırılmış ve başarı oranlarının genel görünüm için ortalama **%93,5** doğruluk, **%92** duyarlık, saha içi görünüm için **%88,7** doğruluk, **%83,7** duyarlık ve saha dışı görünüm için **%95,7** doğruluk, **%92** duyarlık olduğu görülmüştür. Saha alanı sınıflandırma adımının testi için, görünüm sınıflandırma adımı sonucunda genel görünüm olarak işaretlenmiş olan video kareleri kullanılmıştır. Tüm video kareleri saha alanı tiplerine göre elle işaretlenmiş ve geliştirilen sistem tarafından üretilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Başarı oranlarının sol alan için **%93,6** doğruluk, **%88,8** duyarlık, orta alan için **%90,8** doğruluk, **%84,6** duyarlık ve sağ alan için **%92,6** doğruluk, **%86,5** duyarlık

olduğu görülmüştür. Özetleme alt sisteminin bir diğer adımı olan tekrar gösterimlerin ayrılması adımının başarımlı performansı, logo geçişlerinin tespit edilmesinin başarımlı performansına bağılıdır. Yapılan testler sonucunda tüm videolar içerisindeki logo geçişleri **%100** doğruluk ve duyarlılık ile tespit edilmiştir. Dolayısıyla tüm videolardaki tekrar gösterimler **%100** başarı ile ayrılmıştır.

Anlamalı analizler sonucunda gerçekleştirilen özetleme işleminin başarımlı performansının değerlendirilmesi için video içerisindeki atak pozisyonlarının tespitindeki başarımlı oranı ve özetleme işlemi için harcanan süre incelenmiştir. Özetleme işlemi sonucunda video içerisindeki atak pozisyonlarının **%87,7** doğruluk ve **%94,5** duyarlılık ile tespit edildiği görülmüştür. Özetleme alt sisteminden gelen dominant renk ve logo şablonu verileri ile özetleme işlemi için harcanan süre ortalama **21 dk 55 sn**'dir. Bu süreye ortalama dominant renk tespiti ve logo şablonu oluşturma süreleri de eklendiğinde **90 dk**'lık bir futbol videosu için toplam özetleme süresi **35 dk 47 sn**'dir.

Bu tez çalışmasında sonuç olarak bir otomatik futbol video özetleme sisteminin ihtiyaçlarını ve hedeflerini karşılayacak bir uygulama geliştirilmiştir. Uygulamanın başarımlı en yüksek seviyelere çıkaracak yöntemler tespit edilmiş ve uygulanmıştır. Bu yöntemler geliştirilirken uygulamanın yüksek performans ve hızla çalışması gerektiği de hiçbir zaman gözden kaçırılmamıştır.

7. KAYNAKLAR

Yow, D., Yeo B-L., Yeung M. ve Liu B., (1995), “Analysis and Presentation of Soccer Highlights From Digital Video”, *Second Asian Conference on Computer Vision (ACCV '95)*

Assfalg J., Bertini M., Del Bimbo A., Nunziati W. ve Pala P., (2002), “Soccer Highlights Detection and Recognition Using HMMs”, in *Proc. of Int'l Conf. on Multimedia and Expo (ICME2002)*, 825-828, Switzerland

Plataniotis K.N. ve Venetsanopoulos A. N., (200), “Color Image Processing and Applications”, 25-32, 260-275, Berlin, Germany

Ekin A, Tekalp A.M. ve Mehrotra R., (2003), “Automatic Soccer Video Analysis and Summarization”, *IEEE Trans. Image Process*, 995-998

Gonzales, R.C. ve Woods R.E, Digital Image Processing, Prentice Hall

Millerson G., (1990), “The Technique of Television Production”, New York

Xiong Z, Radhakrishnan R., Divakaran A., (2003), “Generation of Sports Highlights Using Motion Activity in Combination with a Common Audio Feature Extraction Framework”.

Xu, M., Maddage, N.C., Xu C., Kankanhalli M. ve Tian Q., (2003), “Creating Audio Keywords for Event Detection in Soccer Video”, *Proceedings of the 2003 International Conference on Multimedia and Expo - Volume 1*, 281-284

Wang J, Xu C., Chng E., Wan K. ve Tian Q., (2004), “Automatic Replay Generation for Soccer Video Broadcasting”, *Proceedings of ACM Multimedia*, 311-314

Pan H., van Beek P. ve Sezan M. I., (2001), “Detection of Slow-Motion Replay Segments in Sports Video for Highlights Generation”, *ICASSP2001*, Salt Lake City, UT

Zhao Z., Jiang S., Huang Q. Ve Zhu G., (2006), “Highlight Summarization in Sports Video Based on Replay Detection”

Tong X., Lu H., Liu Q., ve Jin H., (2004), “Replay Detection in Broadcasting Sports Video”, *ICIG 2004*, 337-340, Hong Kong

Soydal İ., Al, U. ve Sezen U., (2005), “İçerik Tabanlı Görüntü Erişim Sistemleri”,

Eidenberger H., (2004), “A New Perspective on Visual Information Retrieval”, *SPIE Electronic Imaging Symposium*, San Jose

Bai H., Hu W., Wang T., Tong X., Liu C. ve Zhang Y., (2006), “A Novel Sports Video Logo Detector Based on Motion Analysis”, *ICONIP 2006*, Hong Kong

Lucas B. D. ve Kanade T., (1981), “An Iterative Image Registration Technique with an Application to Stereo Vision”, *DARPA Image Understanding Workshop*, 121-130

Needleman S. B. Ve Wunsch C.D., (1970), “A General Method Applicable to the Search for Similarities in the Amino Acid Sequence of Two Proteins”, *Journal of Molecular Biology*, 48, 443-453

Ballard D.H., (1981), “Generalizing the Hough Transform to Detect Arbitrary Shapes”, *Pattern Recognition Vol. 13 No. 2*, 111-122

Ren R. ve Jose J. M., (2005), “Football Video Segmentation Based on Video Production strategy”

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi	30.09.1982	
Doğum Yeri	Bursa	
Lise	1996 – 2000	Yalova Lisesi
Lisans	2001 – 2005	Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2005 – 2008	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
Çalıştığı Kurumlar	2005 – 2008	TÜBİTAK MAM BTE – Araştırmacı
İletişim Bilgileri	Adres	Ahmet Çelebi Mah. Tahririye Sok. Birlik Apt. N : 9 D:3 Üsküdar / İstanbul
	Telefon	(+90) 533 426 20 96