



**T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**VIDEO ÜZERİNDE YÜZ İFADELERİNİN HIZLANDIRILMIŞ
İSTATİKSEL ANALİZİ İÇİN YENİ BİR ALGORİTMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SÜMEYYE BAYRAKDAR

ARALIK 2015

DÜZCE

KABUL VE ONAY BELGESİ

Sümeyye BAYRAKDAR tarafından hazırlanan VİDEO ÜZERİNDE YÜZ İFADELERİNİN HIZLANDIRILMIŞ İSTATİKSEL ANALİZİ İÇİN YENİ BİR ALGORİTMA isimli lisansüstü tez çalışması, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 28 / 12 / 2015 tarih ve 2015 / 1118 sayılı kararı ile oluşturulan jüri tarafından Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Üye
(Tez Danışmanı)
Doç. Dr. İbrahim YÜCEDAĞ
Düzce Üniversitesi

Üye
(Eş Danışmanı)
Yrd. Doç. Dr. Devrim AKGÜN
Sakarya Üniversitesi

Üye
Doç. Dr. Pakize ERDOĞMUŞ
Düzce Üniversitesi

Üye
Yrd. Doç. Dr. Ali ÇALHAN
Düzce Üniversitesi

Üye
Yrd. Doç. Dr. Fatih ÇELİK
Sakarya Üniversitesi

Tezin Savunulduğu Tarih : 31.12.2015

ONAY

Bu tez ile Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Sümeyye BAYRAKDAR'ın Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans derecesini almasını onamıştır.

Prof. Dr. Haldun MÜDERRİSOĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

31 Aralık 2015

Sümeyye BAYRAKDAR

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim ve tez çalışmam süresince gösterdiği her türlü destek ve yardımından dolayı değerli Hocam Doç. Dr. İbrahim YÜCEDAĞ'a en içten dileklerle teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca bilgi ve tecrübelerini esirgemeyerek çalışmalarımın çok değerli katkıları sağlayan eş danışmanım Yrd. Doç. Dr. Devrim AKGÜN'e teşekkürlerimi sunarım.

Lisans eğitimimden itibaren bana bütün çalışmalarımın yardımcı olan, beni yönlendiren, akademik hayata uyumumu sağlayan ve desteğini hiç esirgemeyen çok değerli eşim Muhammed Enes BAYRAKDAR'a en içten dileklerle teşekkür ederim.

Bu günlere gelmemde sonsuz emeği olan ve maddi-manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme saygı, sevgi ve şükranlarımı sunarım.

Ayrıca, BİDEB 2228-A Son Sınıf Lisans Öğrencileri için Yüksek Lisans Burs Programı kapsamında sağlamış olduğu maddi destekten dolayı Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'na (TÜBİTAK) teşekkür ederim.

31 Aralık 2015

Sümeyye BAYRAKDAR

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİL LİSTESİ.....	iv
ÇİZELGE LİSTESİ.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vii
ÖZET.....	1
ABSTRACT.....	2
EXTENDED ABSTRACT.....	3
1. GİRİŞ.....	6
1.1. AMAÇ VE KAPSAM.....	6
1.2. LİTERATÜR TARAMASI.....	8
2. YÜZ İFADE ANALİZİ.....	11
2.1. YÜZ BELİRLEME.....	11
2.2. YÜZ ÖZELLİKLERİNİN ELDE EDİLMESİ.....	13
2.3. YÜZ İFADESİ TANIMA.....	14
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	15
3.1. TEMEL İŞLEMLER.....	15
3.1.1. Yüz Tespiti.....	15
3.1.1.1. Ten rengi-tabanlı Yüz Tespiti.....	15
3.1.1.2. Haar-cascade ile Yüz Tespiti.....	17
3.1.2. Göz ve Ağız Tespiti.....	16
3.1.2.1. Geometrik Özellikler Yaklaşımı ile Göz ve Ağız Tespiti.....	16
3.1.2.2. Haar-cascade ile Göz ve Ağız Tespiti.....	17
3.2. YÜZ İFADESİNİN BELİRLENMESİ.....	15
3.2.1. Bezier Eğrileri.....	18
3.2.2. Göz ve Ağız Görüntülerinden Kübik Bezier Eğrilerinin Çıkarılması...21	

3.2.3. Yüz İfadesi Tanıma	22
3.3. HIZLANDIRILMIŞ YÜZ İFADE ANALİZİ	22
3.3.1. Çok-çekirdekli Hızlandırma	22
3.3.2. Frame-tabanlı Hızlandırma	26
4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR	28
4.1. ARAYÜZÜN TANITILMASI	28
4.2. İSTATİKSEL ANALİZ.....	33
4.3. PARALEL BAŞARIM ANALİZİ	36
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	39
6. KAYNAKLAR.....	41
ÖZGEÇMİŞ	46

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. Dikdörtgen özellikleri ve bu özelliklerin yüz görüntüsüne uygulanması	11
Şekil 2.2. İntegral görüntünün oluşturulması	12
Şekil 3.1. Yüz üzerindeki oranlar	16
Şekil 3.2. Örnek yüz görüntüsü üzerinde yüz, göz ve ağız tespiti	17
Şekil 3.3. Bezier eğrileri	18
Şekil 3.4. Dört ve yedi nokta ile tanımlanmış örnek Bezier eğrileri	19
Şekil 3.5. Göz ve ağız görüntülerinden kübik Bezier eğrilerinin çıkarılması	21
Şekil 3.6. Kübik Bezier eğrileri ile elde edilen örnek göz ve ağız şekilleri	22
Şekil 3.7. Yüz ifade analiz sisteminin seri gerçekleştirme akış diyagramı	24
Şekil 3.8. Yüz ifade analiz sisteminin paralel gerçekleştirme akış diyagramı	25
Şekil 3.9. Yüz ifade analiz sisteminin frame-tabanlı hızlandırma akış diyagramı	27
Şekil 4.1. Yüz ifadelerinin istatistiksel analizi için gerçekleştirilen arayüz	29
Şekil 4.2. Yüz ve yüz özellikleri tespitinde kullanılan algoritmaların tasarlanan arayüz üzerinde test edilmesi	30
Şekil 4.3. Şaşkınlık ifadesi ağırlıklı video için istatistiksel analiz sonuçlarına ait pasta grafik	31
Şekil 4.4. Mutluluk ifadesi ağırlıklı video için istatistiksel analiz sonuçlarına ait pasta grafik	31
Şekil 4.5. Hata analizi için tasarlanana arayüz bölümü	32
Şekil 4.6. İstatistiksel analiz sonuçları üzerinde hata düzeltme	33
Şekil 4.7. Yüz ifade analizinde hata düzeltme işleminin tasarlanan arayüz üzerinde gerçekleştirilmesi	34
Şekil 4.8. Analizde kullanılan Intel i7 işlemcisinin blok yapısı	37

Şekil 4.9. Yüz ifadesi analizinin paralel hızlandırma grafiği-1

38

Şekil 4.10. Yüz ifadesi analizinin paralel hızlandırma grafiği-2

38



ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 4.1. Frame-tabanlı hızlandırma analiz sonuçları-1	35
Çizelge 4.2. Frame-tabanlı hızlandırma analiz sonuçları-2	36
Çizelge 4.3. Yüz ifade analizinin seri ve paralel gerçekleştirilmesine ait çalışma süreleri (ms)	37



SİMGELER VE KISALTMALAR

AdaBoost	Adaptive Boosting
AUs	Eylem Birimleri (Action Units)
FACS	Yüz Eylemleri Kodlama Sistemi (Facial Actions Coding Systems)
FAP	Yüz Animasyon Parametresi (Facial Animation Parameter)
HMM	Saklı Markov Modeli (Hidden Markov Model)
kNN	k-En Yakın Komşular (k-Nearest Neighbors)
LDA	Lineer Diskriminant Analizi (Linear Discriminant Analysis)
NN	Sinir Ağı (Neural Network)
SVM	Destek Vektör Makineleri (Support Vector Machine)
TAN	Ağaç Artırılmış Naive Bayes (Tree-Augmented Naive Bayes)

ÖZET

VIDEO ÜZERİNDE YÜZ İFADELERİNİN HIZLANDIRILMIŞ İSTATİKSEL ANALİZİ İÇİN YENİ BİR ALGORİTMA

Sümeyye BAYRAKDAR

Düzce Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. İbrahim YÜCEDAĞ

Eş Danışman: Yrd. Doç. Dr. Devrim AKGÜN

Aralık 2015, 57 sayfa

Yüz ifadeleri, duygulara kişilerarası iletişimde anlam bütünlüğü kazandıran evrensel işaretlerdir. Yüz ifade analizinin; insan davranışlarının analizi, insan-insan etkileşimi ve insan-bilgisayar etkileşimi gibi çok geniş bir uygulama yelpazesi vardır. Son zamanlarda özellikle insan-bilgisayar etkileşiminde yaşanan gelişmelerle birlikte, insanlara ait duyguların bilgisayarlar tarafından anlaşılması elzem bir konu haline gelmiştir. Bunun yanında psikoloji, eğitim, güvenlik, sağlık, oyun ve robotik gibi birçok çalışma alanında da yüz ifadelerinin analizine duyulan ihtiyaç giderek artmaktadır. Bu nedenlerden dolayı, yüz ifadelerinin hızlı ve doğru bir şekilde analiz edilmesi farklı uygulama alanlarında birçok yazılım sistemi için kritik bir rol oynamaktadır. Bu tez çalışmasında, kübik Bezier eğrileri kullanılarak gerçekleştirilen video tabanlı yüz ifade analizinin hızlandırılması için yeni bir algoritma önerilmiştir. Analiz edilen toplam frame sayısı azaltılarak, paralel iş parçacıkları ile hızlandırılan ifade analizinin çok-çekirdekli bilgisayar üzerinde başarımlı değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca istatistiksel analiz sonuçları üzerinde hata analizi yapılarak hatalı olduğu tespit edilen framelere ait sonuçlar düzeltilmiştir.

Anahtar sözcükler: Çok-çekirdekli hızlandırma, Kübik Bezier eğrileri, Paralel programlama, Yüz ifade analizi

ABSTRACT

A NEW ALGORITHM FOR THE ACCELERATED STATISTICAL ANALYSIS OF FACIAL EXPRESSIONS ON VIDEO

Sümeyye BAYRAKDAR

Duzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Computer
Engineering

Master of Science Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. İbrahim YÜCEDAĞ

Co-Advisor: Assist. Prof. Dr. Devrim AKGÜN

December 2015, 57 pages

Facial expressions are universal symbols of emotions that provide cohesion to interpersonal communication. Facial expression analysis has widespread range of application in areas such as analysis of human behaviors, human-human interaction and human-computer interaction. Lately, especially due to developments in human-computer interaction, the understanding of human emotions by computer has become an indispensable issue. Besides, analysis and recognition of facial expressions has prevailed in various areas such as security, psychology, education, health, entertainment, and robotics. For these reasons, the analyzing of facial expressions quickly and the recognition of facial expressions correctly according to the analyzed facial expressions play a critical role for many software systems in different applications. In this thesis, a new algorithm is proposed for the acceleration of video-based facial expression analysis that is performed using cubic Bezier curves. By reducing the total number of analyzed frames, performance evaluation of the expression analysis accelerated with parallel thread on multi-core computer was performed. Additionally, the results of frames which were found to be incorrect were fixed by performing error analysis on the results of statistical analysis.

Keywords: Multi-core acceleration, Cubic Bezier curves, Parallel programming, Facial expression analysis

EXTENDED ABSTRACT

A NEW ALGORITHM FOR THE ACCELERATED STATISTICAL ANALYSIS OF FACIAL EXPRESSIONS ON VIDEO

Sümeyye BAYRAKDAR

Duzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Computer
Engineering

Master of Science Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. İbrahim YÜCEDAĞ

Co-Advisor: Assist. Prof. Dr. Devrim AKGÜN

December 2015, 57 pages

1. INTRODUCTION:

Facial expressions that have an important place in interpersonal communication also include information about feelings, thoughts and mental states of people. Although facial expression analysis is of a research topic for psychologists when it is first introduced, with the development of technology it has also become an important issue in computer science.

Facial expression analysis consists of three basic steps; namely first locating the face, then obtaining facial features, and finally recognition of facial expressions. In the new studies on these areas, new methods that are easy to calculate, using less memory, and running faster are aimed to be developed.

In this thesis, the statistical analysis of the facial expressions performed on video files has been accelerated by multi-core computing on parallel threads. Besides, acceleration is achieved by reducing the total number of frames being analyzed. Additionally, the results of frames which were found to be incorrect were fixed by performing error analysis on the results of statistical analysis.

2. MATERIAL AND METHODS:

In facial expressions analysis systems, in order to determine identify facial expression first the determination of the face should be realized and then features that will be used

later in the expression recognition is required to be determined. In this study, the eye and mouth area is evaluated as facial features. Because, most of the facial expressions appear as the changes in these areas.

In this thesis, for the detection of the face and facial features two different methods have been used. In the first method, face is determined by the skin-color. Eye and mouth are detected by using the geometric properties approach. In the second method, EmguCV library is used. EmguCV is the adapted version of OpenCV library designed for the C # programming language. “haarcascade_frontalface_default.xml” file is for the face detection process, “haarcascade_eye.xml” file is for the eyes detection process, and “Mouth.xml” file is used to mouth detection process. These detectors proposed by Viola and Jones are based on Haar wavelets. In the determination of facial expressions, cubic Bezier curves has been applied to eye and mouth images.

In order to accelerate the facial expression analysis on video files, two different algorithm performed with multi-core processors and based on number of frames of processed image have been proposed.

In this thesis, for the realization of the implementation and monitoring of the results the interface is designed in Visual Studio 2012 platform with Visual C # programming language. In addition, the .NET Framework version 4.5 has been used for the parallelization process in the proposed acceleration algorithm.

3. RESULTS AND DISCUSSIONS:

In the experimental studies, an interface that offers a quick and easy modification for the statistical analysis of facial expression has been developed. The interface also makes evaluating the effects of parallelization analysis easier. The results obtained from the experimental studies, it is seen that the intended parallelization process is based on the number of cores in processor. According to the sequential analysis of facial expressions, approximately acceleration rate of 3.5 for four core processor with Hyper-Threading support is accomplished.

4. CONCLUSION AND OUTLOOK:

In this thesis, statistical analysis of facial expression on video has been performed faster by using parallel algorithms on a multi-core processor. Performance evaluation of

parallel algorithms has been carried out by using the Intel® Core™ i7-4700HQ processor. As a result of the parallelization analysis of the facial expression, noteworthy results have been achieved.

In the subsequent studies; analysis of facial expression for more than one person in the video may be realized, and acceleration of these procedures may be carried out by utilizing graphics processing unit (GPU).



1. GİRİŞ

1.1. AMAÇ VE KAPSAM

İnsanlar arası iletişim sözlü ve sözsüz olarak iki ana biçimde ifade edilmektedir. Sözlü iletişim temelde yazılı veya sözlü kelimeler ile sağlanırken, sözsüz iletişim yüz ifadeleri, beden dili ve tonlama gibi farklı unsurların etkisi ile oluşmaktadır. Yapılan araştırmalara göre, insanlar arası iletişim bir bütün olarak ele alındığında; yüz ifadelerinin %55, ses tonunun %38, kelimelerin ise sadece %7 oranında etkili olduğu saptanmıştır [1]. Kişilerarası iletişimde önemli bir yere sahip olan yüz ifadeleri, aynı zamanda insanların duygu, düşünce ve ruhsal durumları ile ilgili bilgiler de içermektedir. "İnsan ve Hayvanlarda Duyguların İfadesi" adlı kitabında Charles Darwin, insanlar ve hayvanlarda doğuştan gelen bazı duygulara ait yüz ifadelerinin bütün dünyada aynı şekilde algılandığını belirterek, yüz ifadelerinin evrensel olduğunu vurgulamıştır [2]. Bu tespit yüz ifadeleri ile ilgili çalışmalarının dayanağını oluşturmuş ve yüz ifade analizi birçok davranış bilimci için yaygın bir araştırma konusu haline gelmiştir. Literatürde yapılan çeşitli çalışmalarda, farklı yüz ifadelerini ortaya çıkaran altı temel duygudan bahsedilmiş ve bu duygular "mutluluk", "üzüntü", "korku", "öfke", "iğrenme" ve "şaşkınlık" olarak tanımlanmıştır [3, 4].

Yüz ifade analizi ilk kullanılmaya başlandığı zamanlarda daha çok psikologlar için bir araştırma konusu olsa da, teknolojinin gelişmesiyle birlikte bilgisayar bilminde de önemli bir konu haline gelmiştir. Nispeten ucuz hesaplama gücüne ek olarak, yüz algılama (face detection), yüz izleme (face tracking) ve yüz tanıma (face recognition) ile ilgili çeşitli araştırma alanlarındaki başarılı gelişmeler yüz ifade analizi ile ilgili çalışmalara hız kazandırmıştır [5].

Literatürde "yüz ifadesi tanıma" yerine sık sık "duygu tanıma" terimi kullanılsa da aslında ikisini birbirinden ayırt etmek gerekir. Yüz ifadesi tanıma, tamamen görsel bilgilere dayanan yüz hareketlerinin analizi ve yüzdeki şekilsel değişimlerin sınıflandırılması ile ilgili iken; insan duygularında birçok farklı etken söz konusu olabilmektedir. Ayrıca insan duyguları jestler, ses, bakışların yönü, poz ve yüz ifadeleri gibi farklı kanallar ile ortaya çıkabilir ya da hiç çıkmayabilir. Bu yüzden, duygu tanıma,

yüz ifadesi tanımının aksine, bir yorumlama girişimidir ve genellikle tam bağlamsal bilginin kullanılabilirliği ile birlikte belirli bir durumun anlaşılmasını gerektirir [5].

Yüz ifadeleri, yüzün özellikle belirli bölgelerinde oluşan şekilsel değişimler ile ortaya çıkmaktadır. Bir ya da daha fazla yüz kasının kasılmasıyla; kaşlar, göz çevreleri, burun, dudak ve çene bölgeleri ile yüz derisinde oluşan bu geçici değişimlerin belirlenmesi ve ölçülmesi yüz ifadesi tanıma çalışmalarının temelini oluşturmaktadır. Bu alanda yapılan yeni çalışmalarda ise, hesaplaması kolay, daha az bellek kullanan ve daha hızlı çalışan yeni yöntemlerin geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

Yüz ifadesi analiz sistemlerinin tamamında, ifadeyi belirli bir duygunun içine sınıflandırmadan önce gerçekleştirilmesi gereken temel adımlar vardır. Bunlardan ilki, görüntü veya görüntü dizilerinden yüzün belirlenmesi işlemidir. Yüz görüntüleri, yüz analizi sırasında poz, ölçek ve aydınlatma faktörü gibi istenmeyen durumları ortadan kaldırmak için bazı ön işlemlerden geçirilerek normalize edilir [6]. Yüz belirlendikten sonra ise yüz ifadesini oluşturan yüz özniteliklerinin çıkarılması ya da yüzdeki kas veya görünüm değişimlerinin izlenmesi ve bu değişimlerin ifade edilmesi gerekmektedir. Son olarak da yüz görüntülerinden elde edilen özellik seti yüz ifadelerini tanımlamak için uygun algoritmalar kullanılarak sınıflandırılır.

Yapılan bu tez çalışması ile video dosyaları üzerinden istatistiksel yüz ifade analizi gerçekleştirilmesi ve analizin çok çekirdekli bilgisayar üzerinde paralel iş parçacıkları ile hızlandırılması amaçlanmıştır. Bu sayede çeşitli video görüntüleri yüz ifadeleri açısından hızlı bir şekilde analiz edilerek, kişinin genel duygusu hakkında fikir sahibi olunabilecektir. Ayrıca analiz sonuçları üzerinde hata düzeltme işlemi gerçekleştirilerek sonuçlar iyileştirilmiştir. Bu çalışma özellikle insan-bilgisayar etkileşimi temelli çalışmalara entegre edilerek farklı uygulamalarda kullanılabilir niteliktedir.

Tezin birinci bölümde yüz ifadeleri ile ilgili genel bilgiler verilerek ifade analiz çalışmalarının nasıl ortaya çıktığından ve kısaca gelişiminden bahsedilmiştir. Daha sonra tezin amaç ve kapsamı açıklanarak, bu konuda literatürde yapılan bazı çalışmalara yer verilmiştir.

İkinci bölümde, yüz ifade analizinin temelinde bulunan yüz belirleme, yüz görüntülerine ait özelliklerin elde edilmesi ve ifade tanıma aşamaları açıklanmış ve bu aşamalarda kullanılan yöntemlerden bahsedilmiştir.

Üçüncü bölümde, C# programlama dili ile video dosyaları üzerinde gerçekleştirilen istatistiksel yüz ifade analizinin, yüz tespiti ve yüz özellikleri çıkarımı gibi temel işlemlerine yer verilerek Bezier eğrileri ile yüz ifadesinin sınıflandırılması açıklanmıştır. Ayrıca yüz ifade analizinin hızlandırılması için önerilen frame-tabanlı ve çok-çekirdekli hızlandırma algoritmalarına yer verilmiştir.

Dördüncü bölümde, uygulama arayüzü tanıtılarak elde edilen istatistiksel ve paralel başarımların analiz sonuçları verilmiştir. Ayrıca istatistiksel analiz sonuçları üzerinde gerçekleştirilen hata düzeltme işlemi açıklanmış ve önerilen algoritmaların başarımların performansları değerlendirilmiştir.

Son bölümde ise çalışmanın öneminden bahsedilmiş ve literatüre olan katkısı vurgulanmıştır. Ayrıca gelecekte yapılabilecek çalışmalara değinilmiş ve öneriler sunulmuştur.

1.2. LİTERATÜR TARAMASI

Son yıllarda özellikle insan-bilgisayar etkileşimi konusunda önemli araştırma alanlarında biri olan yüz ifade analizi çalışmalarının temeli 19. yüzyıla dayanmaktadır. Geçmişten günümüze kadar yüz ifadesi tanıma problemi için literatürde çok çeşitli özellik çıkarma teknikleri önerilmiş ve farklı sınıflandırma yöntemlerinin kullanıldığı birçok çalışma yapılmıştır. Bu konuda incelenen önemli bazı çalışmalar aşağıda detaylandırılmıştır.

1971 yılında Ekman ve Friesen, yaptıkları çalışmalarda benzersiz yüz ifadeleri ile her biri kendine özgü içeriğe sahip altı temel duygudan bahsetmişlerdir [3]. 1978 yılında ise yüz ifadelerini belirlemek için, yüzün her bir bağımsız kas aktivitesine karşılık 46 farklı eylem birimi (AUs) tanımlamışlardır. Yüz anatomisine dayanan bu eylem birimlerini kullanarak da yüz eylemlerini kodlama sistemi (FACS) geliştirmişlerdir [7]. FACS, yüz kaslarındaki hareketleri temel alarak çalışan objektif bir yöntemdir ve tanımlanan eylem birimlerinin 7.000'den farklı kombinasyonu gözlemlenmiştir [8].

Yacoob ve Davis, görüntü dizilerinden yüz ifadelerini tanımak amacıyla yüz dinamiklerinin gösterimi ve analizi ile ilgili bir yaklaşım sunmuşlardır [9]. Bu yaklaşım, yüzün belirli bölgelerinin nitel olarak izlenmesine ve yüksek yoğunluklu eğitim noktalarındaki akış hesaplamalarına dayanmaktadır. Çalışmalarında, yüz ifadelerinin yüzde neden olduğu değişim hareketlerinin yönünü belirlemek için optik akış

hesaplaması kullanılmışlardır. Sundukları yaklaşım, tek tek nokta hareketlerini izlemeye değil, yüzün belirlenen bölgelerindeki hareket şekillerinin istatistiksel karakterizasyonuna dayalı olduğundan, başlıca yüz özelliklerini kapsayan dikdörtgenler için bir bölge izleyici geliştirmişlerdir.

Cohen ve arkadaşları video görüntülerinden yüz ifadelerinin otomatik olarak bölütlenmesi ve tanınması için yeni bir Saklı Markov Modeli (HMM) mimarisi önermişlerdir [10]. Bu mimarideki yenilik, yüz ifadelerini bölütleme ve tanınma işlemlerinin otomatik olarak çok seviyeli HMM (multilevel HMM) kullanılarak yapılmasıdır. Aynı zamanda çalışmalarında sürekli video görüntülerinde farklı yüz bölgelerindeki değişimler ile ifadeler arasındaki korelasyonu öğrenmek için bir Gaussian Ağacı-Artırımlı Naive Bayes sınıflandırıcı (Gaussian TAN) kullanmışlardır.

Lajevardi ve Lech görüntü kareleri dizilerinden yüz tanıma, maksimum uyarılma algılama, özellik çıkarımı, optimum özellikler seçimi ve yüz ifadesi tanıma modüllerine sahip otomatik bir ifadesi tanıma sistemi önermişlerdir [11]. Önerdikleri sistemde yüz tanıma modülü Haar-like özellikleri ve AdaBoost algoritmasına dayanmaktadır. Yüz ifadeleri ise Naive Bayesian (NB) sınıflandırıcı kullanılarak sınıflandırılmıştır.

Khan ve Bhuiyan, insan-robot etkileşiminde yüz ifadelerini tanımak için gerçekleştirdikleri çalışmada ilk olarak bulanık sınıflandırmaya dayalı önerdikleri yeni bir renk segmentasyonu algoritması ile yüz algılama işlemini gerçekleştirmişlerdir. Daha sonra yüz görüntülerinden çıkardıkları özelliklere üçüncü dereceden Bezier eğrilerini uygulayarak tanımladıkları yüz ifadelerini komut olarak manipülatör robota göndermişlerdir [12].

Video tabanlı yüz ifadesi tanıma sistemlerinde doku özellikleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Çünkü doku özelliklerinin çıkarılması ile cilt deformasyonu ortaya çıkan görüntü yoğunluk değişiklikleri yakalanabilir. Fakat mevcut doku özelliklerinde, aklık derecesi (albedo) ve aydınlatma varyasyonu ile ilgili çeşitli sorunlarla karşılaşabilmektedir. Her iki sorunu da çözmek için Song ve arkadaşları, görüntü oran özellikleri olarak adlandırılan yeni bir doku özelliği önermişlerdir [13]. Ayrıca görüntü oran özelliklerine dayanan yüz ifadesi tanıma doğruluğunu artırmak için, yüz özellik noktalarının geometrik hareketlerini açıklayan yüz animasyon parametreleri (FAP) görüntü oranı özellikleri ile birleştirilmiştir.

Patil ve arkadaşları bir sinir ağı kullanarak gerçekleştirdikleri yüz ifadesi sınıflandırma sisteminde özellik çıkarımı için Gabor Filtrelerini kullanmışlardır. Önerdikleri yöntemde görüntü dizileri görüntü çerçevelerine dönüştürüldükten sonra her bir görüntü karesi çeşitli ön işlemlere tabi tutulmuştur [14]. Bu sayede yüz ifadeleri, baş hareketleri elimine edilerek tanınmış olmaktadır.

Özmen ve Kandemir yaptıkları çalışmada, haar dalgacıkları ve geometrik özellikler yaklaşımını birlikte kullanarak yüz görüntülerinden göz ve ağız bölgelerini tespit etmişlerdir. Daha sonra yüz görüntülerinden kesilen göz ve ağız görüntüleri üzerine dört kontrol noktasına sahip kübik Bezier eğrilerini uygulayarak yüz ifadesi tanıma işlemini gerçekleştirmişlerdir [15].

Rai ve Dixit Bezier eğrisine dayanan bir gülümseme algılama yöntemi sunmuşlardır [16]. Çalışmalarında Viola-Johns algoritması ile yüz tespit edildikten sonra ağız köşe noktaları minimum matris öz değeri (eigenvalue) kullanılarak Shi ve Tomasi yöntemi ile belirlenmiştir. Daha sonra belirlenen ağız ilgili noktaları ile Bezier eğrisi oluşturulmuş ve sonuçta türev işlemi ile gülümseme olup olmadığı tespit edilmiştir.

Bao ve Ma, Bezier eğrisine dayalı yeni bir özellik çıkarma yöntemi önermişlerdir [17]. Yerel özelliklerin gösterimine ve Bezier eğrilerine dayanan bu yöntemle birkaç Bezier kontrol noktası kullanılarak yüzün önemli parçaları doğru olarak tasvir edebilmektedir. Bu sayede daha az hesaplama gerektiren bir yöntem kullanılarak ideal bir yüz ifadesi tanıma oranı elde edilmiştir.

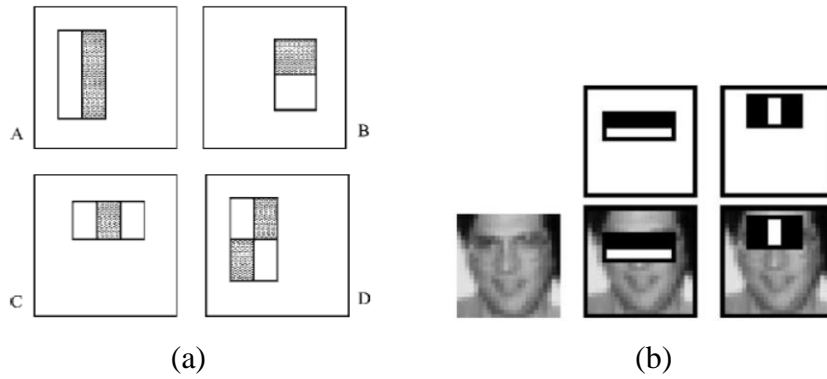
Chen ve Cheng yüz ifadesi tanıma için kenar belirleme yöntemlerine dayalı bir algoritma kullanmışlardır [18]. Çalışmalarında, ten rengi modeli ile bulunan yüz görüntülerindeki gözler ve dudak tespit edilerek işaretlenmiş ve kenar özellikleri çıkarılmıştır. Kenar belirleme için yaygın olarak kullanılan Canny, Laplace, Sobel ve Robert operatörleri karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre Canny operatörü kenar belirlemede karmaşık, Robert operatörü basit, Laplace ve Sobel operatörleri ise belirsizdir. Mutluluk, normal, üzüntü ve şaşırma ifadelerini tanımak için yapılan test sonuçlarına göre en yüksek ifade tanıma oranları Canny operatörü ile elde edilmiştir. Gözlerin ve dudanın ana hatlarının net olarak tespit edilebilmesi, öncelikle yüz bulma doğruluğuyla ilgili olmakla birlikte, hassas ve anti-gürültü yeteneğine sahip iyi bir kenar algılama operatörü seçimiyle de doğrudan ilgilidir.

2. YÜZ İFADE ANALİZİ

2.1. YÜZ BELİRLEME

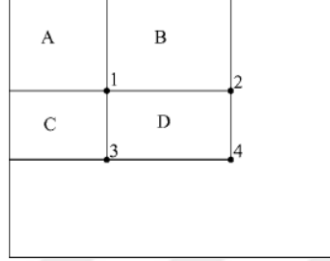
Yüz ifadesi analiz sistemlerinde bir yüz ifadesinin sınıflandırılabilmesi için öncelikle yüz bölgesinin bulunması gerekmektedir ve yüz ifadesinin belirlenmesi görüntülerdeki yüzün doğru olarak tespit edilebilmesiyle doğrudan ilişkilidir. Bundan dolayı kullanılan yüz belirleme algoritmaları en az ifade sınıflandırmada kullanılan yöntemler kadar önem taşımaktadır. Literatürde yüz tespiti üzerine farklı algoritma ve yöntemler kullanılarak gerçekleştirilen çok çeşitli çalışmalar yapılmıştır [19-23]. Yüz belirleme yöntemleri genel olarak bilgi, öznitelik, şablon ve görünüm tabanlı yöntemler olmak üzere dört kategori içinde sınıflandırılmaktadır [24].

Yüz belirleme çalışmalarında literatürde en çok kullanılan yüksek performanslı yöntemlerden birisi Viola-Jones algoritmasıdır. 2004 yılında Viola ve Jones, ön cepheden olan yüz görüntülerini algılamak için Haar dalgacık şablonlarına benzeyen dikdörtgen özellikleri kullanarak, öğrenme algoritması temelli oldukça hızlı sonuç verebilen ve güvenilir bir yüz belirleme yöntemi geliştirmişlerdir [25]. Şekil 2.1'de çalışmalarında kullandıkları iki-dikdörtgen, üç-dikdörtgen ve dört-dikdörtgen özelliklerine ait alt pencereler ve dikdörtgen özelliklerin yüz görüntüsü üzerinde kullanımını gösterilmektedir.



Şekil 2.1. Dikdörtgen özellikleri ve bu özelliklerin yüz görüntüsüne uygulanması [25].

Şekil 2.1(a)'da (A) ve (B) alt pencerelerinde gösterilen iki-dikdörtgen özelliğinin değeri, dikdörtgen bölgelerin kendi içindeki piksellerin toplamı arasındaki farka eşit olurken; (C) alt penceresinde gösterilen üç-dikdörtgen özelliğinin değeri, dıştaki iki dikdörtgen bölgenin piksel toplamalarının merkezdeki dikdörtgen içindeki piksellerin toplamından çıkarılmasıyla elde edilir. (D) alt pencerelerinde gösterilen dört-dikdörtgen özelliğinin değeri ise çapraz dikdörtgen çiftleri arasındaki fark kullanılarak hesaplanır [25].



Şekil 2.2. İntegral görüntünün oluşturulması [25].

Viola ve Jones, dikdörtgen özelliklerini çok hızlı bir şekilde hesaplamak için “integral görüntü (integral image)” olarak adlandırdıkları bir ara görüntü temsili tanımlamışlardır [25]. İntegral görüntüyü kullanarak geliştirdikleri yöntem görüntüdeki piksel değerlerinin toplamlarına dayanmaktadır. Şekil 2.2’de bir integral görüntünün hesaplanması gösterilmiştir. Elde edilen integral görüntüdeki her bir piksel, kendisinin solunda ve yukarısında bulunan tüm piksel değerlerinin toplamından oluşmaktadır. Örneğin 1 konumdaki integral görüntünün değeri A bölgesindeki piksellerin toplam değerine eşit olurken 2 konumdaki integral görüntünün değeri A ve B bölgelerindeki piksellerin toplam değerine eşit olmaktadır. Benzer şekilde 3 konumdaki integral görüntünün değeri A ve C bölgelerindeki toplam piksel değerinde, 4 konumdaki integral görüntünün değeri ise A, B, C ve D bölgelerindeki toplam piksel değerine eşittir.

Viola-Jones algoritmasında, yeni bir görüntü gösterimi olan integral görüntü hesaplandıktan sonra, potansiyel özelliklerin çok geniş bir kümesinden daha az sayıda olan önemli görsel özellikleri seçmek için AdaBoost öğrenme algoritması kullanılarak basit ve etkili bir sınıflandırıcı inşa edilmiştir. AdaBoost algoritmasının amacı, eğitim seti üzerindeki örneklerden hesaplanan bir D dağılımına bağlı olarak, zayıf sınıflandırıcılar oluşturmaktır. D dağılımı algoritmanın eğitim setindeki her bir örneğe karşılık verdiği katsayılar kümesidir. Algoritma her bir eğitim örneği için eşit bir D dağılımı oluşturarak çalışmaya başlar. Her iterasyonda sınıflama performansı göz önüne

alınarak en iyi zayıf sınıflayıcı bulunur ve ağırlıklar güncellenerek bir olasılık dağılım fonksiyonu oluşturulur. Sonraki iterasyonlarda aynı işlemler tekrarlanır ve belirli sayıda iterasyon sonucunda bulunan en güçlü zayıf sınıflayıcılar bir araya getirilerek güçlü bir sınıflayıcı oluşturulur [26]. Viola-Jones algoritmasının bir sonraki aşamasında ise sınıflayıcıları art arda birleştiren “kaskat (cascade)” bir yapı kullanılır. Bu yapı, görüntünün arka planının çıkarılarak yüz olması muhtemel bölgelerde daha fazla hesaplama yapılmasına olanak sağlar ve bu sayede görüntüde yüz olma olasılığı yüksek olan bölgelere odaklanan detektörün hızı ciddi bir şekilde artırılmış olur. Viola ve Jones Haar-benzeri özellikleri ve kaskat hızlandırmayı birlikte kullanarak yüz belirleme çalışmalarında önemli bir aşama kaydetmişlerdir.

2.2. YÜZ ÖZELLİKLERİNİN ELDE EDİLMESİ

Yüz görüntüleri büyük miktarda veri içerdiğinden, önce bu verileri analiz etmek ve elde edilen somut bilgileri “özellik uzayı (feature space)” olarak adlandırılan veri setleri içine sentezlemek gerekmektedir. Yüz ifade analiz sistemlerinin performansları da oluşturulan özellik uzayı ile doğrudan ilişkilidir. Özellik uzayının amaca yönelik, doğru ve öz verilerden oluşması sistemin performansını iyileştirmekle birlikte güvenilirliğini de artırmaktadır [27].

Yüz ifade analiz sistemlerinde özelliklerin çıkarılması aşamasında, ifadelerinin neden olduğu değişimleri temsil etmek için görüntü veya görüntü dizilerinden yüz özellikleri elde edilir. Video temelli bazı çalışmalarda bu özellikler ardışık görüntülerde takip edilerek ve değişimlerin sebep olduğu hareket verileri incelenmektedir. Yüz ifadelerine ait özelliklerin çıkarılmasında Geometrik Özellikler (Geometric Features) ve Görünüm-tabanlı Özellikler (Appearance-based Features) olmak üzere kullanılan 2 temel yaklaşım vardır [28].

Geometrik Özellikler yaklaşımında, yüz ifadelerine ait verileri elde etmek için ağız, göz, kaş ve burun gibi yüz bileşenlerinin şekil ve yer bilgileri kullanılır. Yüz görüntülerinden bu bilgileri elde etmek için ise yüz geometrisinden faydalanılmaktadır. Çünkü ideal bir insan yüzünde, bedeninde olduğu gibi, doğru kabul edilen belirli oranlar vardır. Gözlerin baş yüksekliğinin tam ortasında bulunması; iki göz arasındaki uzaklığın bir gözün uzunluğuna kadar olması ve aynı zamanda bu uzunluğun burun genişliğine eşitliği gibi geometrik oranlar ile yüz yüksekliği/yüz genişliği, ağız uzunluğu/burun

genişliği gibi altın oranlar yüz özelliklerinin elde edilmesinde kullanılan oranlardan bazılarıdır [26]. Bu yaklaşıma dayanan yöntemlerde yüz bileşenleri ya da yüz özellik noktaları, yüz geometrisini temsil eden bir özellik vektörü kullanılarak çıkartılır. Geometrik özelliklerin ölçümü genellikle yüz bölgesinin analizine, özellikle de yüz bölgesindeki önemli noktaları bulunmasına ya da izlemesine bağlıdır.

Görünüm-tabanlı özellikler yaklaşımında, özellikle göz ve ağız çevresinde oluşan izler gibi cilt dokusunda meydana gelen değişimler esas alınır ve yüz dokusu üzerinde görülen bu değişimler ifade sınıflandırma için kullanılır. Bu yaklaşıma dayanan yöntemlerde özellik vektörü, yüz görüntülerindeki yüzün tamamından ya da belirli yüz bölgelerinden görünüm özellikleri çıkarılarak oluşturulur [28].

Yüz ifadesi analiz sistemlerinde yüz özelliklerini temsil etmek için, sadece geometrik özellikler ya da sadece görüntüm-tabanlı özellikler kullanılabildiği gibi ikisinin birleşimi olan hibrit özellikler de kullanılabilmektedir [29-31]. Araştırmalar geometrik özelliklerin ve görünüm-tabanlı özelliklerin birlikte kullanıldığı hibrit özelliklerin özellikle bazı ifadeler için çok daha iyi sonuç verdiğini göstermiştir [28]. Ancak, bu özelliklerin belirlenmesi hesaplama yükünü ve dolayısıyla çalışma zamanını artırmaktadır.

2.3. YÜZ İFADESİ TANIMA

Yüz ifade analiz sistemlerinin son işlem bloğunda, yüz ifadelerini tanımlamak için bir önceki aşamada elde edilen yüz ifadelerine ait özellik setleri kullanılır ve özellik verileri arasındaki benzerlikten faydalanarak bir sınıflandırma işlemi gerçekleştirilir. Yüz ifadelerini tanımada ve sınıflandırmada Bezier Eğrileri, k-En Yakın Komşular (kNN) algoritması, Destek Vektör Makineleri (SVM), Sınır Ağı (NN), Lineer Diskriminant Analizi (LDA) ve Saklı Markov Modeli (HMM) gibi çok çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Sınıflandırma işlemi denetimli bir eğitim gerektirdiğinden öncelikle etiketli verilerden oluşan bir eğitim seti hazırlanmalıdır. Eğitim seti kullanılarak sınıflandırıcı eğitimi tamamlandıktan sonra sistem, giriş görüntülerindeki yüzleri ifadelerine göre sınıflandırarak tanıyabilir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. TEMEL İŞLEMLER

Yüz ifadesi analiz sistemlerinde, yüz ifadesinin belirlenebilmesi için öncelikle yüzün tespit edilmesi ve ifade tanımada kullanılacak özelliklerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu bölümde, tez çalışmasında gerçekleştirdiğimiz yüz ifadesi analiz sisteminde kullanılan yüz, göz ve ağız tespiti işlemleri anlatılacaktır. Her işlem için 2 farklı algoritma kullanılmıştır. Yüz üzerinde göz ve ağız görüntüleri tespit edilerek çıkartılan özellikler, yüz ifadesi tanıma işlemi gerçekleştiren fonksiyonun parametreleri olarak kullanılmıştır.

3.1.1. Yüz Tespiti

3.1.1.1. Ten rengi-tabanlı Yüz Tespiti

Ten rengi insan yüzlerinin önemli bir özelliğidir ve yüz algılamada bir özellik olarak kullanılmasının birçok avantajı vardır. Öncelikle renk işleme diğer yüz özelliklerini işlemeye göre daha hızlıdır. Ayrıca renk bilgisi, belirli aydınlatma koşulları altında değişmez bir oryantasyona sahiptir ve dönme, yansıma, çevirme gibi etkenlerden bağımsızdır [32]. Ancak, renk sabitlemesi ten rengi ile tanıma sistemlerinin sorunlarından biridir. Çünkü ten rengi, ırklara bağlı olarak farklılıklar göstermektedir.

Tez çalışmasında kullandığımız ten rengi tabanlı yüz tespiti algoritmasında girdi görüntüsü üzerinde ilk önce karşıtlık (contrast) işlemleri uygulanmıştır. Daha sonra YCrCb renk uzayı kullanılarak renk segmentasyonu ile ten rengi bulunmuş ve en büyük bağlı bölge tespit edilerek yüz olması muhtemel bölge belirlenmiştir. Son olarak da yüz olması muhtemel bölge binary görüntüye çevrilerek pikseller üzerinde yapılan tarama işlemleri ile alından başlayarak sadece gözleri, burnu ve ağzı içeren yüz görüntüsüne ulaşılmıştır. Burada yüz görüntüsünün yükseklik/genişlik oranının 0.8 ile 1.5 arasında olduğu bilgisi kullanılmıştır [33].

3.1.1.2. Haar-cascade ile Yüz Tespiti

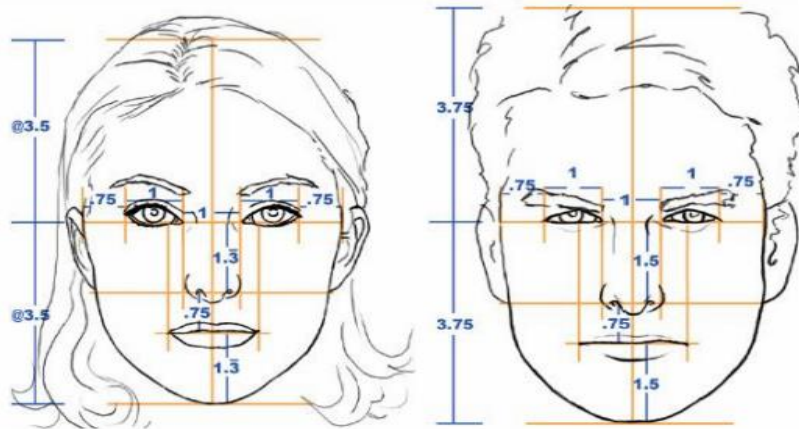
Yüz tespiti için ikinci yöntemde EmguCV Kütüphanesi kullanılmıştır. EmguCV, OpenCV kütüphanesinin C# programlama dili için uyarlanmış halidir [34]. EmguCV kütüphaneleri için gerekli referanslar uygulamaya dahil edildikten sonra “haarcascade_frontalface_default.xml” dosyası yüz algılama işlemi için kullanılmıştır. OpenCV ve EmguCV’de yer alan yüz dedektörü bir önceki bölümde açıklanan Haar özelliklerine dayanmaktadır [35, 36].

3.1.2. Göz ve Ağız Tespiti

3.1.2.1. Geometrik Özellikler Yaklaşımı ile Göz ve Ağız Tespiti

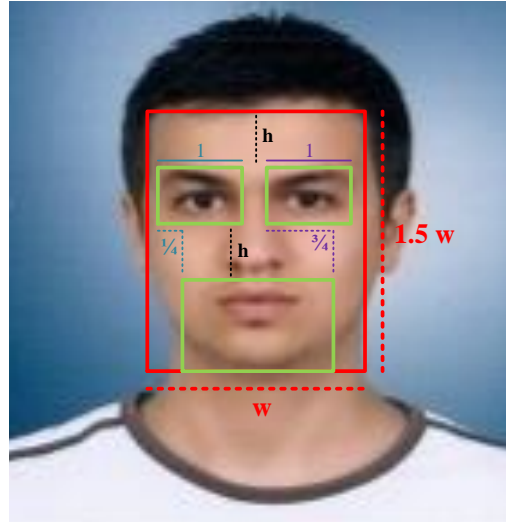
Yüz ifadesinin belirlenmesinde ifadenin yüzde neden olduğu değişimlerin en belirgin bölgeleri, ifadenin doğru olarak tanınmasında oldukça önemlidir. Bu yüzden özellikle gözlerin ve ağız çevresinin doğru olarak belirlenmesi gerekir. Göz ve ağız bölgelerinin belirlenmesinde yüzdeki bazı geometrik özelliklerden ve binary görüntü üzerindeki piksel değerlerinin değişiminden yararlanılmıştır [37, 38].

Göz tespiti için, ilk olarak bir önceki aşamada ten rengi-tabanlı yüz belirleme algoritması ile bulunan yüzün genişlik ve yükseklik bilgileri alınmıştır. Daha sonra gözlerin birbirleri arasındaki ve yüz üzerindeki bağıl mesafeleri ile yüz üzerindeki geometrik oranlar kullanılarak, binary yüz görüntüsü üzerindeki ilgili bölgelerde siyah ve beyaz pikseller taranmıştır. Sonuçta sağ ve sol göz için bulunan üst, alt, sağ ve sol noktalarını içeren göz çerçevesi görüntüden çıkartılmış ve gözler belirlenmiştir. Şekil 3.1’de ideal bir yüzdeki oranlar gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Yüz üzerindeki oranlar [39].

Ağız tespiti, gözleri belirlemede kullanılan işlemlere benzer şekilde yüzdeki geometrik oranlardan faydalanılarak gerçekleştirilmiştir. Ağız görüntüsünü içerecek çerçevenin yatay düzlemdeki başlangıç noktası, sol tarafta bir önceki aşamada tespit edilen göz çerçevesinin $\frac{1}{4}$ 'ünden başlatılmıştır. Bitişi ise sağ taraftaki göz çerçevesinin $\frac{3}{4}$ 'ü olacak şekilde belirlenmiştir. Ağız çerçevesinin üst noktası alın ve göz arasındaki mesafenin gözü içeren çerçevenin alt sınırına eklenmesi ile bulunmuştur. Alt noktası ise yüz görüntüsünün sonu olarak seçilmiştir. Örnek bir yüz görüntüsü üzerinde geometrik oranlar ile gerçekleştirilen yüz, göz ve ağız tespiti Şekil 3.2'de gösterilmektedir.



Şekil 3.2. Örnek yüz görüntüsü üzerinde yüz, göz ve ağız tespiti.

3.1.2.1. Haar-cascade ile Göz ve Ağız Tespiti

EmguCV kütüphanesinin “haarcascade_eye.xml” dosyası ile gözler tespit edilmiştir. Ağız tespiti için Santana ve arkadaşları tarafından oluşturulan “Mouth.xml” dosyası kullanılmıştır [40-42]. Göz ve ağız tespiti için kullanılan dedektörler Haar özelliklerine dayanmaktadır.

3.2. YÜZ İFADESİNİN BELİRLENMESİ

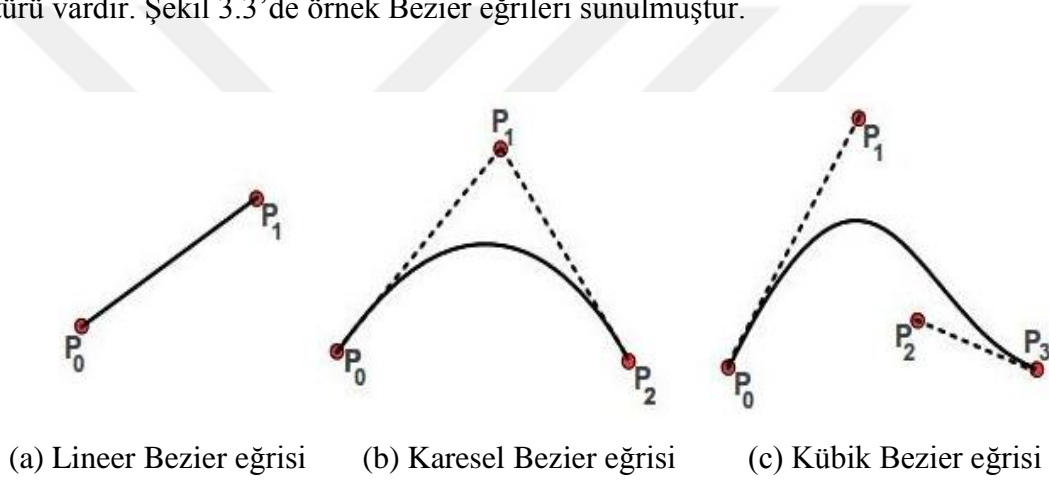
Bu tez çalışmasında yüz ifadenin belirlenmesi için göz ve ağız görüntüleri üzerinden kübik Bezier eğriyi oluşturulmuştur. Çünkü yüz ifadeleri en çok göz ve ağız bölgelerinde belirgin olarak ortaya çıkmaktadır. Bezier eğrileri de yüz ifadesine göre değişen göz ve ağız özelliklerini belirlemede ve ifadeleri analiz etmede kullanılacak makul yöntemlerden biridir.

3.2.1. Bezier Eğrileri

1962 yılında Fransız mühendis Pierre Bezier tarafından kullanılan Bezier eğrileri özellikle bilgisayar grafikleri ve görüntü işleme alanlarında sıkça kullanılan parametrik bir eğri biçimidir [43].

Bezier eğrileri, bir temel fonksiyon ve kontrol noktaları ile tanımlanmaktadır. Seçilen ilk ve son kontrol noktası aynı zamanda eğrinin başlangıç ve bitiş noktalarını oluşturur. Aradaki diğer noktalar ise eğrinin yapısını belirlemek için kullanılırlar ve genellikle eğrinin üzerinde yer almazlar.

Bezier eğrilerinin Lineer, Karesel ve Kübik olmak üzere yaygın olarak kullanılan üç türü vardır. Şekil 3.3’de örnek Bezier eğrileri sunulmuştur.

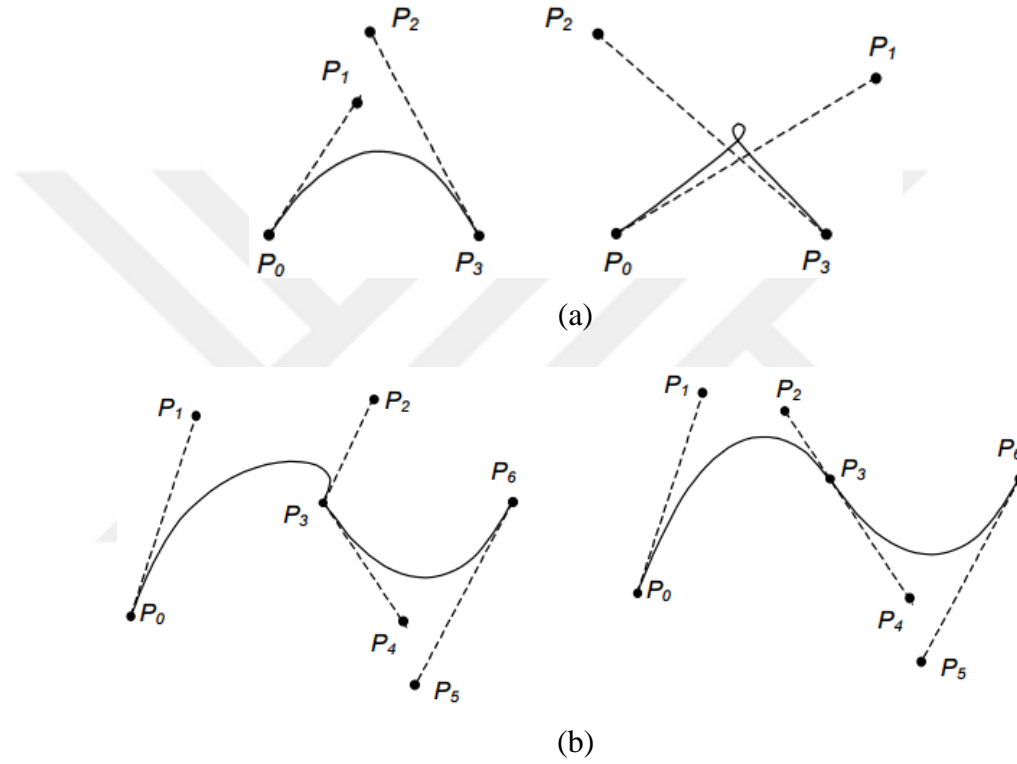


Şekil 3.3. Bezier eğrileri [44].

Lineer Bezier eğrileri iki nokta ile belirtilir ve herhangi bir eğim bilgisi içermez. Bu yüzden ilk nokta ile başlayarak son nokta ile biten bir doğru parçası oluştururlar. Şekil 3.3 (a)’da P_0 ve P_1 lineer Bezier eğrisinin başlangıç ve bitiş noktalarını temsil etmektedir. Ayrıca lineer Bezier eğrileri birinci dereceden denklemler ile ifade edilmektedir.

Karesel Bezier Eğrileri ise üç nokta ile belirtilir ve ikinci dereceden denklem meydana getirdikleri için parabolik bir şekil oluştururlar. Şekil 3.3 (b)’de P_0 ve P_2 karesel Bezier eğrisinin başlangıç ve bitiş noktalarını temsil ederken P_1 kontrol noktası olarak ifade edilebilir.

Üçüncü dereceden denklemler ile ifade edilebilen kübik Bezier eğrileri ise dört nokta ile belirtilir ve büküm özelliğine sahip oldukları için diğer türlere oranla daha çok tercih edilmektedir. Şekil 3.3 (c)'de P_0 ve P_3 kübik Bezier eğrisinin başlangıç ve bitiş noktaları, P_1 ve P_2 ise kontrol noktalarıdır. Ayrıca kübik eğrileri daha sonra daha yüksek derecede polinomlara genişletmek oldukça kolaydır [45]. Şekil 3.4 (a)'da dört kübik Bezier eğrileri (b)'de ise yedi noktalı Bezier eğrileri örnek olarak gösterilmektedir.



Şekil 3.4. Dört ve yedi nokta ile tanımlanmış örnek Bezier eğrileri.

Bezier eğrilerindeki her bir noktanın koordinatı $P(i) = \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \end{bmatrix}$ şeklinde bir vektör ile gösterilsin. Bu koordinatlar parametrik olarak Denklem 3.1'deki gibi ifade edilebilir.

$$P(u) = \begin{cases} x(u), \\ y(u), \end{cases} \quad 0 \leq u \leq 1 \quad (3.1)$$

n . Dereceden bir Bezier polinomu $n+1$ nokta ile belirlenir ve Bezier eğrilerine ait p_i kontrol noktası ile kontrol edilebilen $P(u)$ polinomu Denklem 3.2'de verilmiştir [45].

$$P(u) = \sum_{i=0}^n \binom{n}{i} (1-u)^{n-1} u^i p_i \quad (3.2)$$

Denklem 3.2'deki $\binom{n}{i}$ kombinasyonu Denklem 3.3'deki gibidir.

$$\binom{n}{i} = \frac{n!}{i!(n-i)!} \quad (3.3)$$

$P(u)$ denklemi aslında bir Bernstein polinomudur ve Bernstein polinomlarının genel ifadesi Denklem 3.4 verilmiştir [46].

$$B_{i,n}(u) = \frac{n!}{i!(n-i)!} u^i (1-u)^{n-1} \quad (3.4)$$

$n=3$ için p_0, p_1, p_2 ve p_3 noktalarıyla tanımlanan kübik Bezier eğrileri için Bezier polinomu Denklem 3.5'teki gibi ifade edilebilir.

$$P(u) = (1-u)^3 p_0 + 3(1-u)^2 u p_1 + 3(1-u) u^2 p_2 + u^3 p_3 \quad (3.5)$$

$P(u)$ kübik Bezier eğrisine ait $x(u)$ ve $y(u)$ ifadeleri Denklem 3.6'da verilmiştir.

$$x(u) = (1-u)^3 x_0 + 3(1-u)^2 u x_1 + 3(1-u) u^2 x_2 + u^3 x_3 \quad (3.6)$$

$$y(u) = (1-u)^3 y_0 + 3(1-u)^2 u y_1 + 3(1-u) u^2 y_2 + u^3 y_3 \quad (3.7)$$

Bezier eğrilerini daha ayrıntılı olarak tanımlamak için daha fazla kontrol noktası kullanmak mümkündür. Fakat Bezier eğrilerinde kontrolün geniş çaplı yapılması gerekmektedir. Ayrıca polinomun derecesi arttıkça matematiksel hesaplamalar karmaşıklaşmaktadır. Bu nedenlerden dolayı kontrol noktalarının sayısının çok fazla olması tercih edilmez ve kübik Bezier eğrileri daha yüksek dereceden Bezier eğrilerine göre çok daha yaygın olarak kullanılmaktadır.

Yapılan tez çalışmasında, yüz ifade analizi için yüz görüntülerinden göz ve ağız şekillerini tanımlamada kübik Bezier eğrileri kullanılmıştır.

3.2.2. Göz ve Ağız Görüntülerinden Kübik Bezier Eğrilerinin Çıkarılması

Önceki aşamalarda tespit ettiğimiz gözü içeren görüntü çerçevesinde göz ile birlikte kaşın tamamının ya da bazı kısımlarında bulunduğu görülmüştür. Bu nedenle binary görüntüye çevrilen göz görüntüsü üzerinde orta noktadan başlanarak dikeyde devam eden ilk siyah piksellerden sonra gelen devam eden beyaz pikseller taranır. Daha sonra sürekli siyah piksellere gelindiğine gözün üst noktaları bulunmuş olur ve ilk bulunan devam eden siyah pikseller görüntüden çıkarılır. Artık görüntü çerçevesinde sadece göz ve belki de siyah piksellerden oluşan çok küçük noktalar kalmıştır. Bu yüzden görüntü üzerinde en büyük bağlı bölge bulunarak bu bölgeye ait kübik bezier eğrileri çıkarılır.










Kübik bezier eğrileri oluşturulurken ilk olarak gözün yataydaki başlangıç ve bitiş pikselleri bulunur. Daha sonra, bu piksellerden gözün üst kısmı ve alt kısmı için kübik Bezier eğrileri çizilir. Her bir kübik Bezier eğrisini tanımlayan dört nokta olduğundan ve bu noktalardan ikisi başlangıç ve bitiş noktaları olup ortak olduğundan toplamda altı nokta ile göz görüntüleri için göz şekli elde edilmiş olur.

Göz görüntüleri üzerindeki işlemler benzer olarak ağız görüntüsü üzerinde de uygulanır. Üst ve alt dudak için ayrı ayrı kübik Bezier eğriler çizilerek ağız şekli elde edilir. Şekil 3.5'te göz ve ağız şekillerinin elde edilmesi aşamalar halinde gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Göz ve ağız görüntülerinden kübik Bezier eğrilerinin çıkarılması.

Farklı yüz görüntülerinden farklı yüz ifadeleri için kübik Bezier eğrileri ile elde edilen bazı göz ve ağız şekilleri Şekil 3.6'da sunulmuştur.

Mutluluk			
Şaşkınlık			
Üzüntü			

(a) Sol göz (b) Sağ göz (c) Dudak

Şekil 3.6. Kübik Bezier eğrileri ile elde edilen örnek göz ve ağız şekilleri.

3.2.3. Yüz İfadesi Tanıma

Yüz ifade analizi için, yüz görüntüsünden ilgili özellikler çıkarıldıktan sonra yüz ifadesini tanıma işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu işlemi için; normal, mutlu, şaşırılmış ve üzgün olmak üzere dört farklı yüz ifadesi kullanılmıştır.

Yüz ifadesi tanıma aşamasında ilk olarak belirgin yüz ifadelerine ait kübik bezier eğrileri ile veritabanı eğitilmiştir. Eğitilen veritabanında göz ve ağız eğrilerine ait, eğrileri oluşturan altı nokta bilgisi ile gözlerin ve ağzın genişlik-yükseklik değerleri yer almaktadır. Test aşamasında, elde edilen göz ve ağız Bezier eğrilerine ait veriler veritabanındaki eğitim verileri ile karşılaştırılır. Daha sonra çeşitli hesaplamalar sonucunda test verilerine ait en uygun yüz ifadesi bulunur. Eğer herhangi bir yakınsayan sonuç bulunamazsa yüz ifadesi “Belirsiz” olarak nitelendirilmektedir. Yüzün ya da yüz özelliklerinin tespit edilememesi ya da hatalı tespit edilmesi gibi durumlarda ise ilgili görüntü için “Hata” sonucu üretilmektedir.

3.3. HIZLANDIRILMIŞ YÜZ İFADE ANALİZİ

Video dosyaları üzerinde yüz ifade analizinin hızlandırılması için çok-çekirdekli işlemciler ile gerçekleştirilen ve işlenen görüntü frame sayısının azaltılmasını temel alan iki farklı algoritma önerilmiştir.

3.2.3. Çok-çekirdekli Hızlandırma

Çok çekirdekli işlemci teknolojisinin gelişmesiyle birlikte paralel programlama yaklaşımının kullanımı giderek yaygınlaşmıştır. Yüksek performans gerektiren birçok

uygulamada paralel hesaplamalar ile önemli iyileştirmeler sağlanmaktadır [47]. Genel anlamda paralel programlama bir işlemin gerçekleştirilmesinde birden fazla işlemcinin aynı anda çalıştırılmasını gerektirir. Gerçekleştirilecek olan işlem, işlemcinin çekirdek sayısı dikkate alınarak iş parçacıklarına ayrılır ve her iş parçacığı farklı bir işlemci üzerinde eş zamanlı çalıştırılır. Çok çekirdekli işlemcilerden yararlanabilmek için paralel program yazılımları kullanılmalıdır. Bu sayede her bir işlemciye düşen iş sayısı azaltılarak çalışma süresini de kısaltmak mümkün olmaktadır [48].

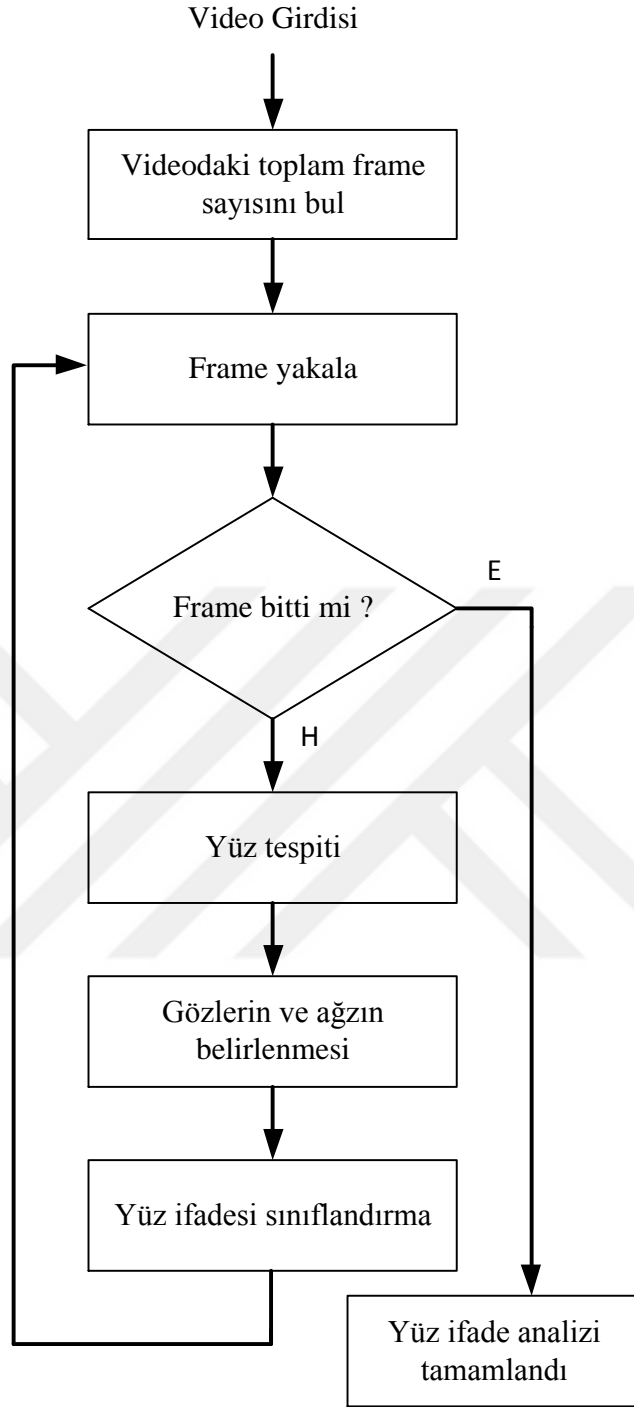
Yapılan tez çalışmasında yüz ifade analizinin hızlandırılması C# “Parallel” sınıfının “For” metodu ile gerçekleştirilmiştir. Normal çalışan bir *for* döngüsünün paralel kullanımı örnek olarak aşağıda verilmiştir.

```
for (int i = 0; i < isSayisi; i++)
{
    // işlem kodları
}

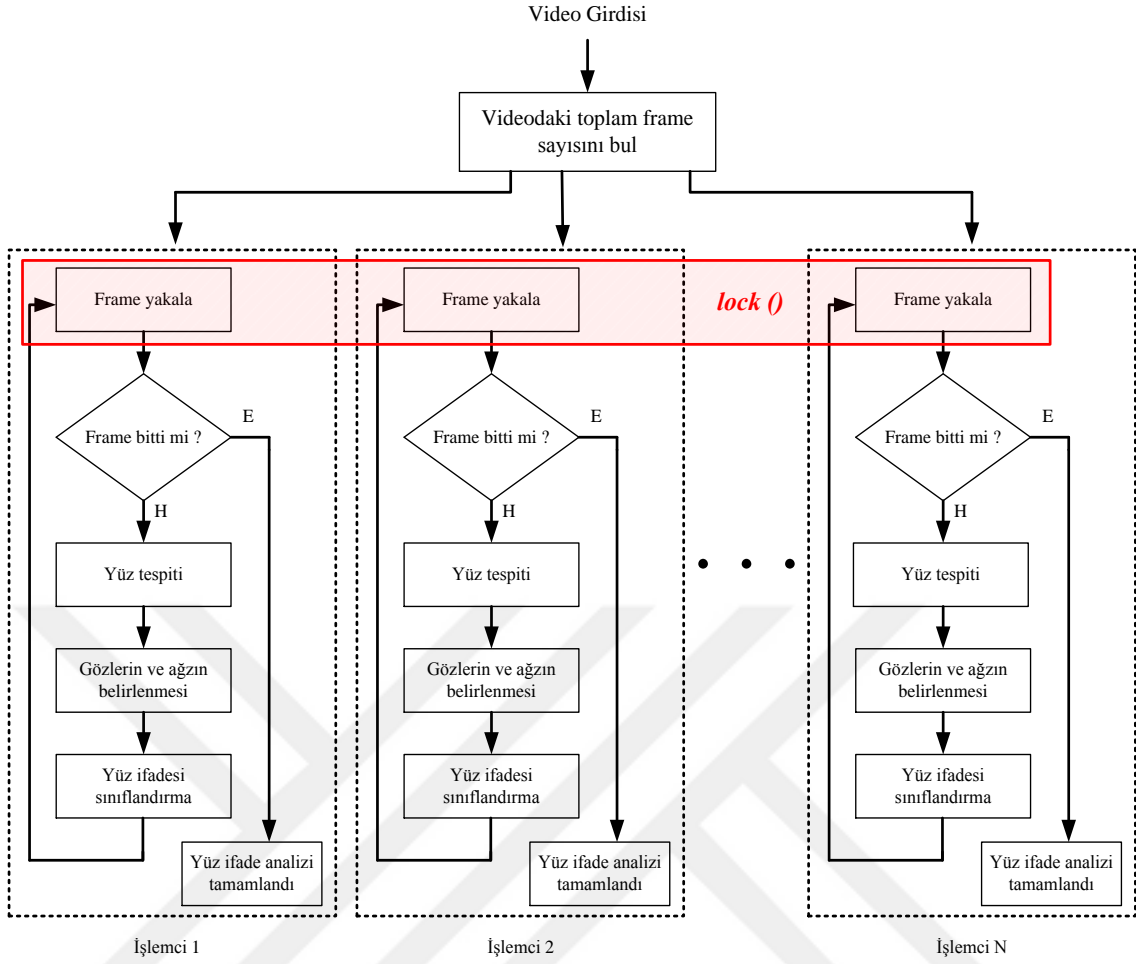
Parallel.For(0, isSayisi, (i) =>
{
    // işlem kodları
});
```

Normal *for* yapısına ait işlem kodları “*i*” değişkeninin değerine bağlı olarak sıra ile çalışırken *Parallel.For* yapısı “*i*” değişkeninin farklı değerlerini iş parçacıklarına göndererek, işlemci özelliklerine göre, birden fazla iş parçacığının eş zamanlı olarak çalışmasını sağlamaktadır. Çalıştırılmak istenen paralel işlemci sayısı ise *ParallelOptions* sınıfının *MaxDegreeOfParallelism* özelliği kullanılarak belirlenebilir.

Yüz ifade analiz sisteminin seri ve paralel gerçekleştirme akış diyagramları sırasıyla Şekil 3.7 ve Şekil 3.8’de gösterilmektedir.



Şekil 3.7. Yüz ifade analiz sisteminin seri gerçekleştirme akış diyagramı.



Şekil 3.8. Yüz ifade analiz sisteminin paralel gerçekleştirme akış diyagramı.

Yüz ifade analiz sisteminin paralel gerçekleştirilmesinde, videodan frame lerin yakalanması anında oluşabilecek kilitlenmeyi önlemek amacıyla *lock()* senkronizasyon mekanizması kullanılmıştır. Bu sayede farklı işlemciler üzerinden aynı video frame lerine erişim engellenmiş olmaktadır.

Lock ile bloklanmış olan işlemler bir işlemci üzerinde tamamlanıncaya kadar çalışırlar. Bu süre içinde başka işlemciler üzerinde çalışan işlemler, bloklanmış olan işlemin bitmesini bekler ve işlem sonlandığında diğer işlemciler üzerindeki fonksiyonlar çalışmaya devam ederler. Bu şekilde işlemciler arası senkronizasyon sağlanmış olup, ortaya çıkabilecek hatalar engellenmiştir.

İfade analiz sisteminin hızlandırılmasına önerilen bu yöntemin *Paralell.For* yapısına ve senkronizasyon işleminde kullanılan *lock()* mekanizmasına ait *C#* kod bloğu aşağıdaki gibi gerçekleştirilmiştir.

```

static object Lock = new object();

Parallel.For(0, toplamFrameSayisi, new ParallelOptions {
    MaxDegreeOfParallelism = (int)numericUpDown1.Value }, i =>
{
    lock (Lock)
    {
        frame = capture.QueryFrame();
    }

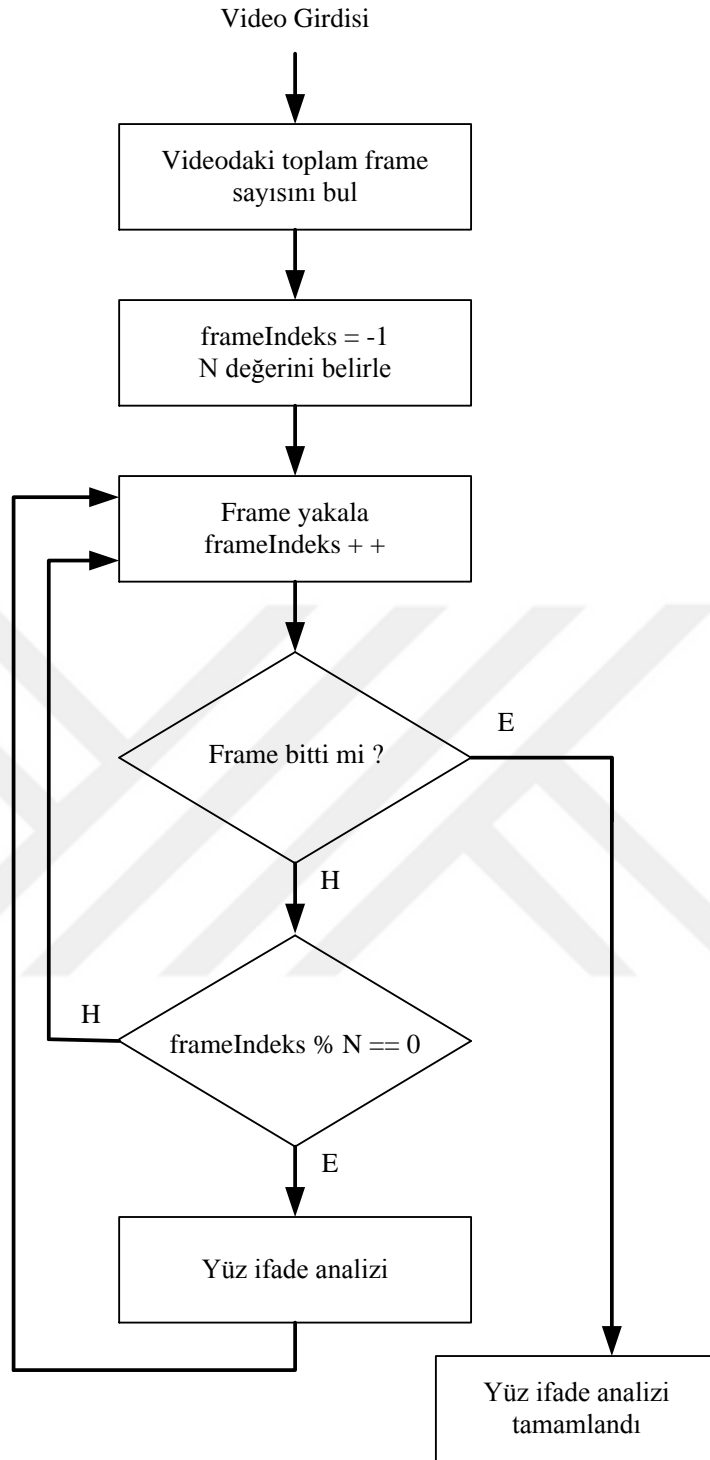
    // Yüz tespiti ()
    // Gözlerin ve ağzın belirlenmesi ()
    // Yüz ifadesi sınıflandırma ()
});

```

3.2.3. Frame-tabanlı Hızlandırma

Yüz ifade analizinin hızlandırılması için önerilen bir diğer yöntem, işlenen video framelerinin sayısını azaltmaktır. Çünkü bir videodaki her framede yüz ifadesinin değişmesi mümkün değildir. Bu yaklaşıma dayanarak videonun bütün framelerini işlemek yerine, belirlenen frame sayısına (N) göre her N. Framde bir frame ifade analiz işlemi için kullanılmıştır. Örneğin N=2 olduğunda her iki frameden biri N=3 olduğunda ise her üç frameden biri analiz edilmiştir. Bu sayede N değeriyle yaklaşık aynı oranda hızlandırma sağlanmıştır. Fakat N değeri arttıkça, analiz edilen frame sayısı azalacağından istatistiksel sonuçların doğruluğu da azalmış olacaktır. Bu da istenmeyen bir durumdur.

Yüz ifade analiz sisteminin frame-tabanlı hızlandırılmasına ait algoritmanın akış diyagramı Şekil 3.9'da gösterilmektedir. Burada yüz ifade analizi; yüz tespiti, gözlerin ve ağzın belirlenmesi ve ifade sınıflandırma işlemlerini içermektedir.



Şekil 3.9. Yüz ifade analiz sisteminin frame-tabanlı hızlandırma akış diyagramı.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

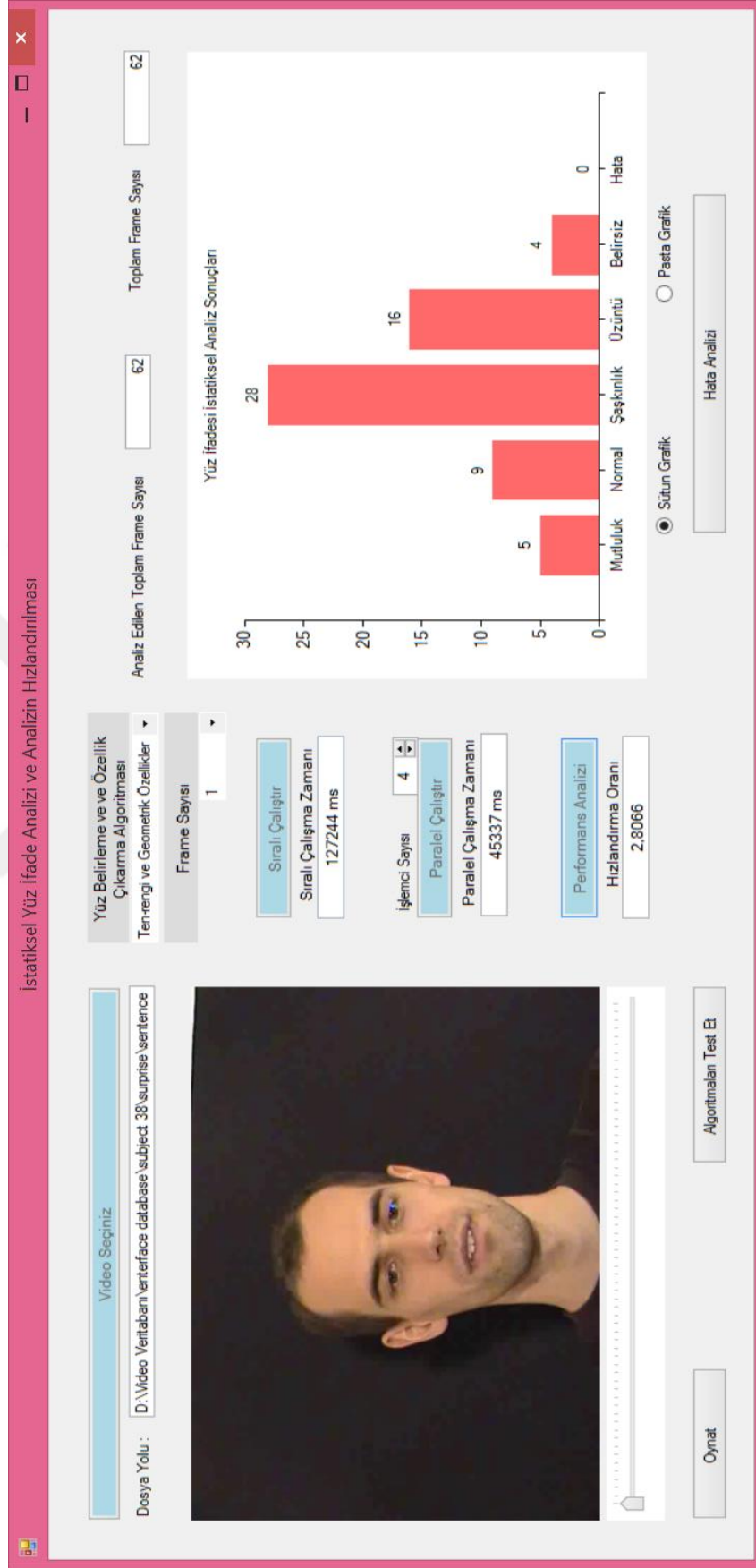
4.1. ARAYÜZÜN TANITILMASI

Microsoft tarafından 2000 yılında tanıtılmış olan .NET platformu, programlama dilinden ve çalıştırılacak sistemden bağımsız olarak uygulama geliştirmeyi amaçlayan bir altyapıdır. Bu platform Visual Basic, C, C++, C# ve ASP gibi birçok programlama dili ile Windows, web ve mobil platformlara yönelik farklı uygulamalar geliştirmeye olanak tanır.

Microsoft Visual C#, tamamen nesne yönelimli olarak tasarlanmıştır ve kuşkusuz .NET platformunun son yıllardaki en gözde programlama dilidir.

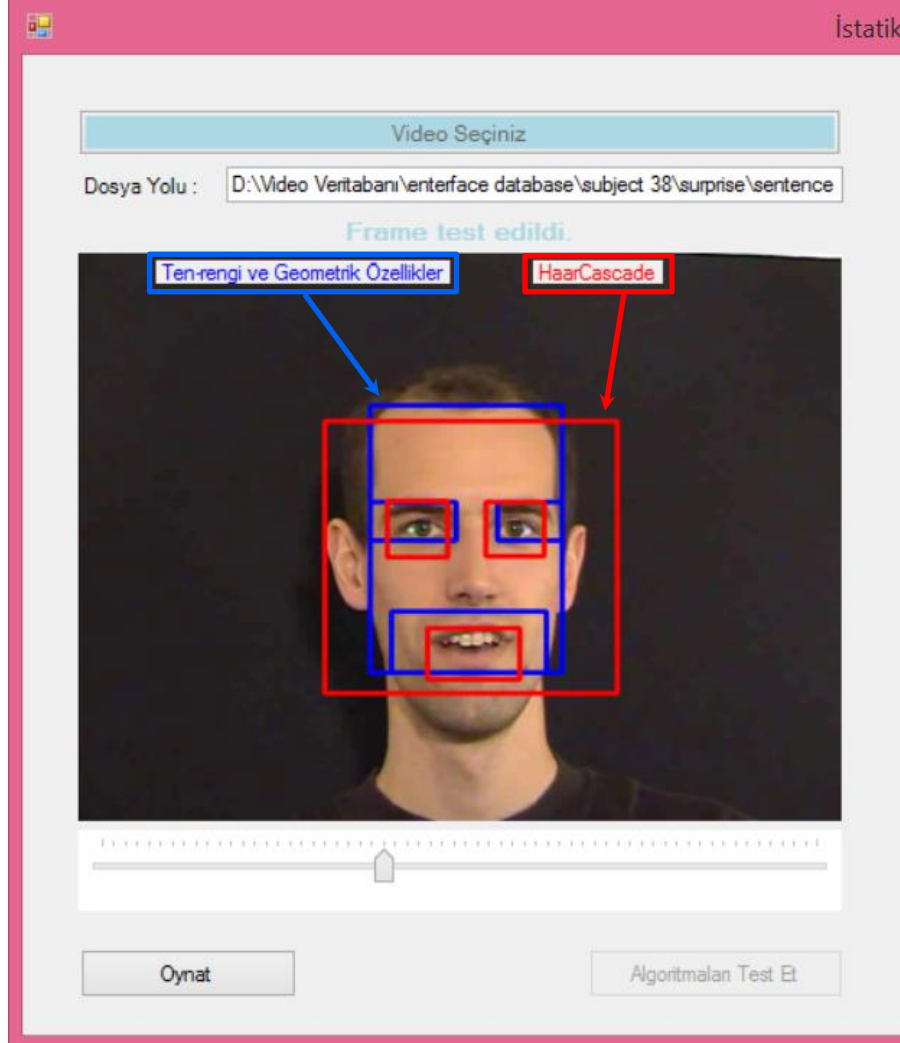
Yapılan tez çalışmasında, uygulamanın gerçekleştirilmesi ve sonuçların gözlemlenmesi için Visual Studio 2012 platformunda, Visual C# programlama dili ile bir arayüz tasarlanmıştır. Ayrıca önerilen hızlandırma algoritmasında paralelleştirme işlemi için .NET Framework 4.5 sürümü kullanılmıştır.

Visual Studio 2012 Ultimate versiyonu kullanılarak geliştirilen programın arayüz tasarımı Şekil 4.1’de gösterildiği gibidir. Arayüzde analiz edilmek istenen video seçimi yapıldıktan sonra, yüz ve yüz özellikleri tespitinde kullanılacak algoritma ile kaç framede bir analiz yapılacağı belirlenmelidir. Bu özelliklere göre ifade analizini seri, paralel ya da performans analizi modunda çalıştırmak mümkündür. Uygulamayı paralel veya performans analizi modunda çalıştırmak için işlemci sayısı seçilmelidir. Performans analizi çalıştırıldığında seçilen özelliklere göre uygulama önce seri daha sonra işlemci adedine bağlı olarak paralel çalıştırılır ve çok çekirdekli işlemciler ile sağlanan hızlandırma oranı hesaplanır. İşlemci sayısı, uygulamanın üzerinde çalışacağı donanıma bağlıdır.



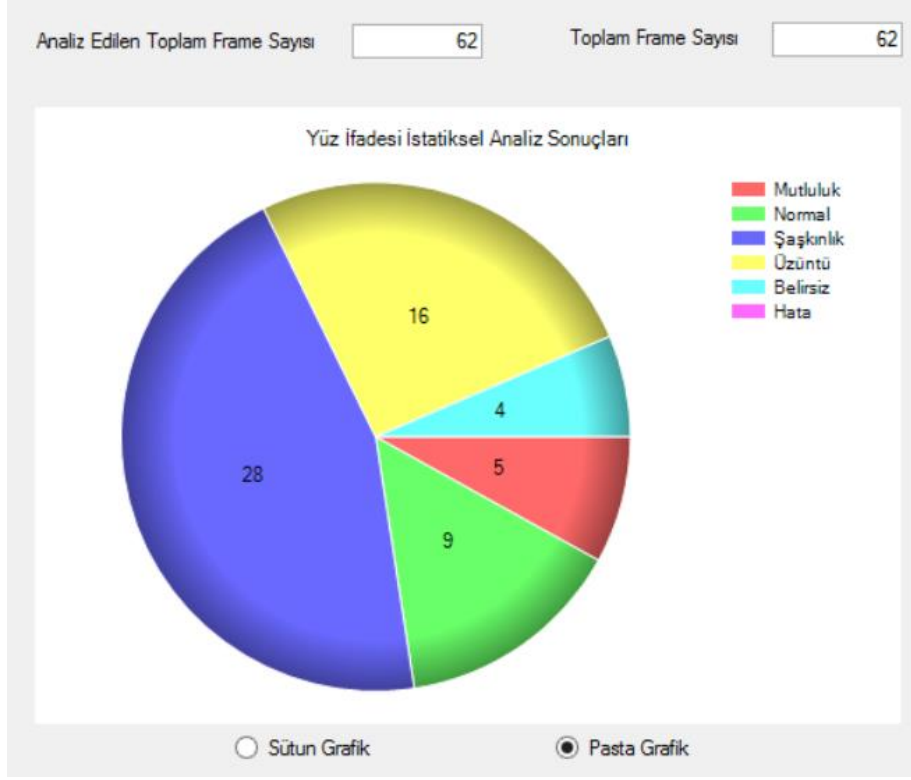
Şekil 4.1. Yüz ifadelerinin istatiksel analizi için gerçekleştirilen arayüz.

Şekil 4.2’de yüz ve yüz özellikleri tespitinde kullanılan algoritmaların analiz edilmek istenen videodaki bir frame üzerinde test edilmesi gösterilmektedir.

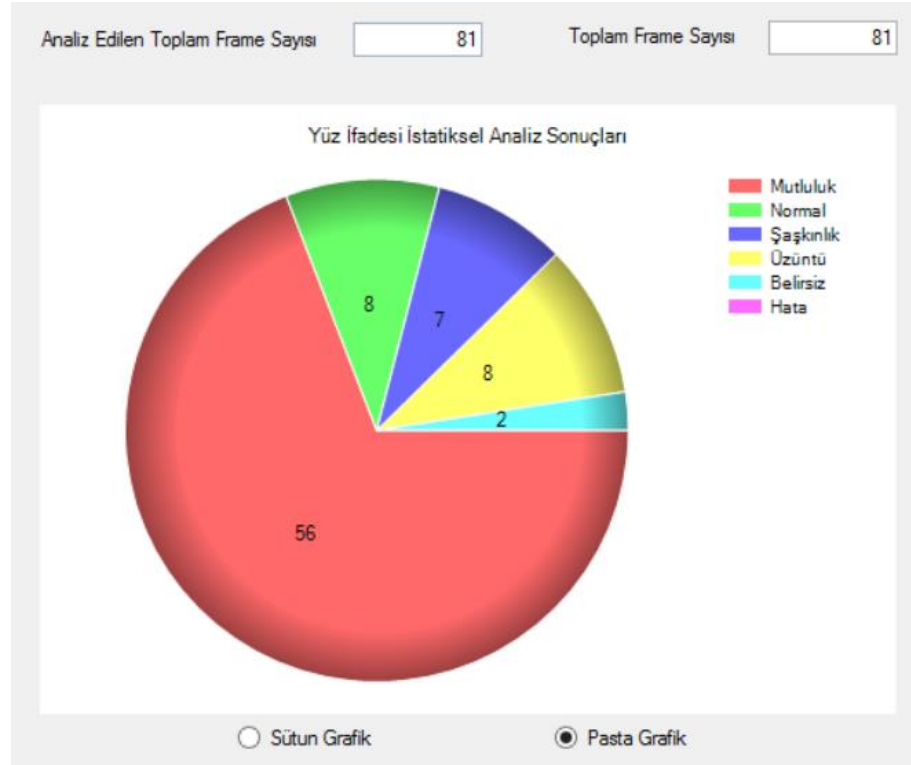


Şekil 4.2. Yüz ve yüz özellikleri tespitinde kullanılan algoritmaların tasarlanan arayüz üzerinde test edilmesi.

Tasarlanan arayüzde istatistiksel yüz ifadesine ait analiz sonuçları sütun ve pasta grafik olmak üzere iki farklı şekilde sunulmuştur. Şekil 4.3 ve Şekil 4.4’te sırasıyla şaşkınlık ve mutluluk ağırlıklı yüz ifadeleri içeren videolara ait istatistiksel analiz sonuçlarının pasta grafik sunumları gösterilmektedir.



Şekil 4.3. Şaşkınlık ifadesi ağırlıklı video için istatiksel analiz sonuçlarına ait pasta grafik.



Şekil 4.4. Mutluluk ifadesi ağırlıklı video için istatiksel analiz sonuçlarına ait pasta grafik.

Yüz ifade analiz sonuçlarının görsel olarak sunulması videoda hangi yüz ifadelerinin hangi oranlarda bulunduğunu yorumlamada kolaylık sağlamak ve analiz sonuçlarının anlaşılabilirliğini artırmaktadır.

Yüz ifadesi istatistiksel analiz sonuçları üzerinde hata düzeltme işlemi için tasarlanan hata analiz bölümü Şekil 4.5 gösterilmiştir. Bu bölüme bütün framlerin analiz işlemi bittikten sonra aktif olan “Hata Analizi” butonu ile geçilmektedir. Hata analizi sonucunda videonun bütün framelerine ait yüz ifadeleri sıralı bir şekilde sunulmuştur.

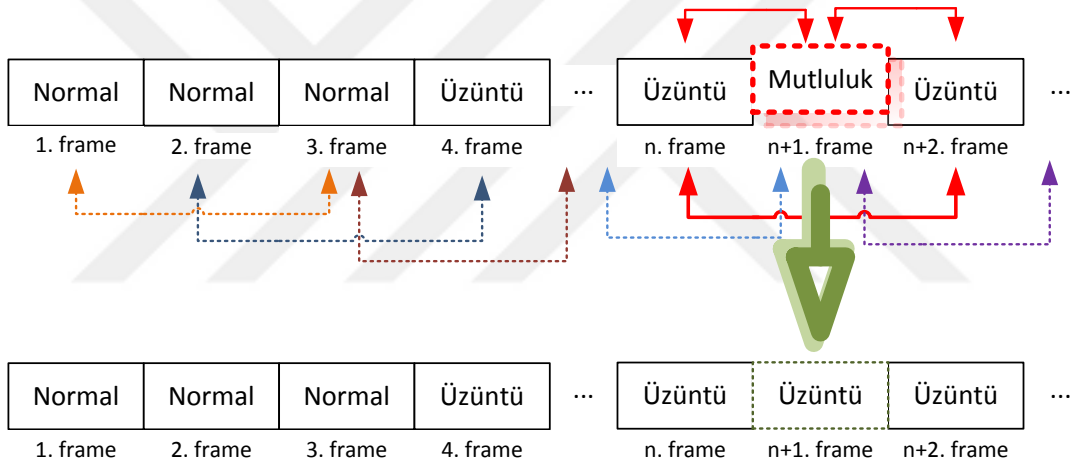


Şekil 4.5. Hata analizi için tasarlanana arayüz bölümü.

4.2. İSTATİKSEL ANALİZ

Bu çalışmada gerçekleştirilen yüz ifadesi analiz sisteminin test aşamasında 14 farklı milletten 42 deneğe ait videolardan oluşan eNTERFACE'05 veritabanı kullanılmıştır [49]. Videolar oluşturulurken her bir deneğe belirli bir duyguyu ortaya çıkarmak için kısa hikayeler dinletilip istenilen tepkileri hem yüz ifadesi hem de ses tonu ile vermeleri istenmiştir. Video kayıtları 800.000 piksel çözünürlüğe sahip kamera ve yüksek kalitede mikrofon kullanılarak elde edilmiştir [50].

Oluşturulan yüz ifadesi analiz sisteminde test edilmek istenen video dosyası işlenerek yüz ifadelerine ait istatistiksel analiz sonuçları elde edilmektedir. Sonuçlar ayrıntılı olarak incelendiğinde bazı frame sonuçlarının hatalı olarak tespit edildiği anlaşılmıştır. Hatalı olduğu düşünülen frame sonuçlarının tespit edilmesi ve düzeltilmesi Şekil 4.6'da özetlenmiştir.



Şekil 4.6. İstatistiksel analiz sonuçları üzerinde hata düzeltme.

Hata analizi işlemi video dosyasındaki bütün frame sonuçlarının seri olarak işlendiği duruma ait yüz ifadesi sonuçları üzerinde yapılmaktadır. Eğer n. ve (n+2). framede aynı yüz ifadesi bulunuyorsa (n+1). framede de bu yüz ifadesi bulunmalıdır. Aksi durumda ilgili framedeki yüz ifadesi hatalı tespit edilmiştir. Sonuç doğru ifade ile değiştirilir. Tasarlanan arayüz üzerinde örnek test videosu için hata düzeltme işlemi sonrasında ortaya çıkan yeni sonuçlar ve bu sonuçlara ait grafikler Şekil 4.7'de gösterilmektedir.



Şekil 4.7. Yüz ifade analizinde hata düzeltme işleminin tasarlanan arayüz üzerinde gerçekleştirilmesi

Yüz ifade analizinin hızlandırılması için önerilen frame-tabanlı hızlandırma yönteminde, seçilen frame sayısına göre üç farklı video için alınan sonuçlar Çizelge 4.1’de verilmiştir. Yüz ve yüz özellikleri tespiti için ten rengi ve geometrik özellikler yaklaşımının kullanıldığı analiz işlemi seri olarak gerçekleştirilmiştir. Seçilen frame sayısı videonun kaç framede bir analiz edildiğini göstermektedir. Analiz işlemi her video için 5 kez tekrarlanmış ve sonuç değerlerin ortalamaları alınmıştır. Hızlandırma oranları ise bütün framelerin seri olarak analiz edildiği durumlara ait süreler temel alınarak hesaplanmıştır. Benzer şekilde, aynı videolar ile yüz ve yüz özellikleri tespitinde Haar-cascade kullanılarak elde edilen sonuçlar Çizelge 4.2’de sunulmuştur.

Çizelge 4.1. Frame-tabanlı hızlandırma analiz sonuçları-1.

	Ten Rengi ve Geometrik Özellikler Yaklaşımı								
	2 Frame			3 Frame			5 Frame		
	Video1 72 frame	Video2 62 frame	Video3 87 frame	Video1 72 frame	Video2 62 frame	Video3 87 frame	Video1 72 frame	Video2 62 frame	Video3 87 frame
Analiz Edilen Frame Sayısı	36	31	44	24	21	29	15	13	18
Çalışma Süresi (ms)	52417	42623	63013	34828	30781	42207	21817	19026	25757
Hızlandırma Oranı	2,000	2,025	1,988	3,010	2,936	2,967	4,789	4,850	4,863
En Belirgin Yüz İfadesi	Mutluluk	Şaşkınlık	Üzüntü	Mutluluk	Şaşkınlık	Üzüntü	Mutluluk	Şaşkınlık	Üzüntü

Çizelge 4.1’deki sonuçlar incelendiğinde; iki ve üç frame seçilerek elde edilen hızlandırma oranlarının beklenen değerlerin üzerine olduğu görülmektedir. Bu durum video içeriği ile ilgili olup ve her frame üzerinde harcanan sürenin farklı olmasından kaynaklanmaktadır.

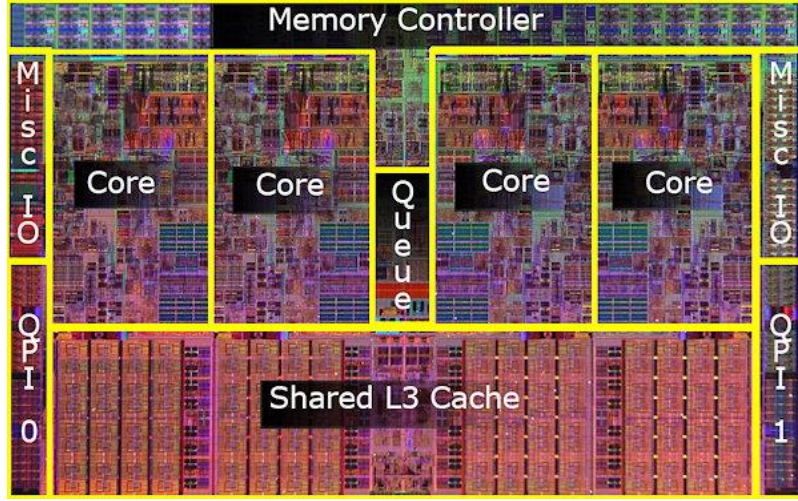
Çizelge 4.2. Frame-tabanlı hızlandırma analiz sonuçları-2.

Haar-Cascade									
	2 Frame			3 Frame			5 Frame		
	Video1	Video2	Video3	Video1	Video2	Video3	Video1	Video2	Video3
	72 frame	62 frame	87 frame	72 frame	62 frame	87 frame	72 frame	62 frame	87 frame
Analiz Edilen Frame Sayısı	36	31	44	24	21	29	15	13	18
Çalışma Süresi (ms)	19854	16215	29351	13150	11247	20157	8392	6820	12551
Hızlandırma Oranı	1,986	2,031	2.052	2,998	2,928	2,988	4,698	4,829	4,799
En Belirgin Yüz İfadesi	Mutluluk	Şaşkınlık	Üzüntü	Mutluluk	Şaşkınlık	Üzüntü	Mutluluk	Şaşkınlık Üzüntü	Normal

Beş frameden daha büyük frame sayısı ile elde edilen test sonuçlarında, hızlandırma oranlarının frame sayısı ile doğru orantılı olarak arttığı fakat analiz sonuçlarının farklılaştığı görülmüştür. Bu yüzden, beş frameden daha fazla frame ile elde edilen test sonuçları değerlendirmeye alınmamıştır. Ayrıca Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2 karşılaştırıldığında; Haar-cascade ile yapılan ifade analizinin ten rengi ve geometrik özellikler yaklaşımına göre daha kısa sürdüğü görülmektedir. Haar-cascade, yüz ve yüz özelliklerinin belirlenmesinde kullanılmış olup ifade tanıma işlemi her iki yöntem için de kübik Bezier eğrileri ile gerçekleştirilmiştir.

4.3. PARALEL BAŞARIM ANALİZİ

Yapılan tez çalışmasında paralel başarımlı analiz, Intel® Core™ i7-4700HQ işlemcisi ile 64-bitlik işletim sistemine sahip bilgisayar üzerinde gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.2’de kullanılan Intel i7 işlemcisinin iç yapısı gösterilmektedir. İşlemci 6 MB büyüklüğünde L3 ön belleğe sahip olup dört çekirdekte oluşmaktadır [51]. İşlemci üzerinde Hyper-Threading özelliği ile 8 iş parçacığı tanımlanabilmektedir. Deneysel sonuçlardaki dört çekirdekte sonra elde hızlandırma oranlarında, sanal çekirdeklerin paralelleştirmeye olan etkileri gözlemlenmiştir.

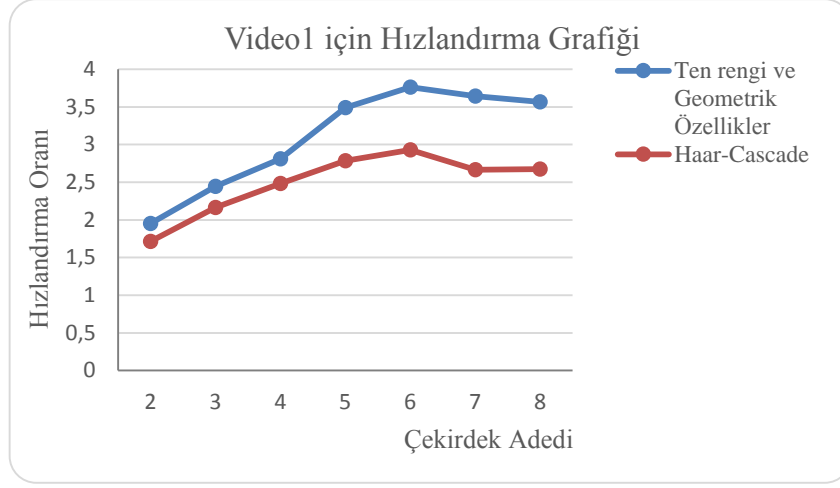


Şekil 4.8. Analizde kullanılan Intel i7 işlemcisinin blok yapısı [52].

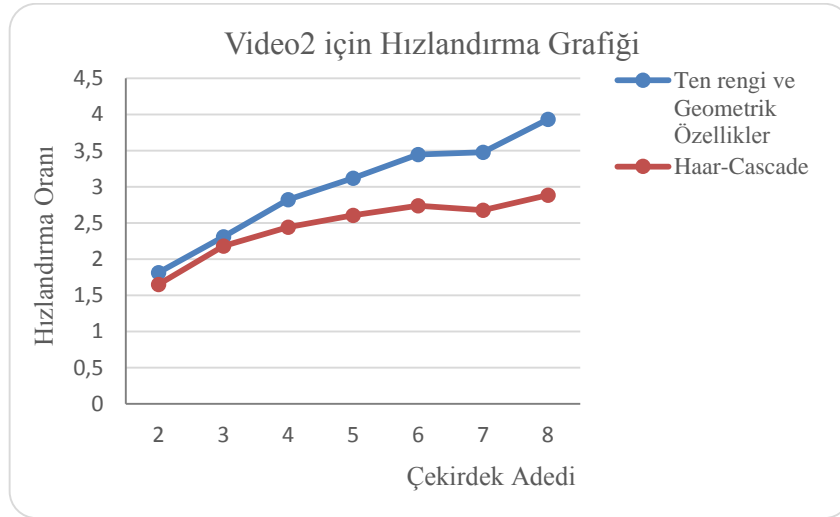
Yüz ifade analizinin eNTERFACE'05 veritabanının seçilen iki farklı test videosu üzerinde seri ve paralel gerçekleştirilmesine ait çalışma süreleri Çizelge 4.3'de sunulmuştur. Videolar her bir işlem için 5 kez test edilerek ortalama çalışma süreleri hesaplanmıştır. Yüz ifade analizinin Video1 ve Video2 için çok-çekirdekli işlemci ile hızlandırılmasına ait grafikler sırasıyla Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.3. Yüz ifade analizinin seri ve paralel gerçekleştirilmesine ait çalışma süreleri (ms).

Analiz Türü		Seri	Paralel						
Çekirdek Adedi		1	2	3	4	5	6	7	8
Ten rengi ve Geometrik Özellikler Yaklaşımı	Video1 62 frame	84359	43219	34514	30012	24177	22414	23170	23659
	Video2 81 frame	127320	70177	55102	45085	40786	36911	36599	32360
Haar-Cascade	Video1 62 frame	32611	19017	15084	13140	11713	11136	12237	12201
	Video2 81 frame	38224	23184	17525	15645	14672	13961	14274	13255



Şekil 4.9. Yüz ifadesi analizinin paralel hızlandırma grafiği-1.



Şekil 4.10. Yüz ifadesi analizinin paralel hızlandırma grafiği-2.

Şekil 4.9 ve Şekil 4.10 incelendiğinde, ten rengi ve geometrik özellikler yaklaşımında paralel verimliliğin daha yüksek olduğu görülmektedir. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda sıralı şekilde çalışan ifade analizinin paralelleştirilmesi ile ortalama 2.7 kata kadar hızlandırma sağlanmıştır. i7 işlemcisinin Hyper-Threading özelliği sayesinde hızlandırma oranı 3.5 kata kadar artırılmıştır.

Şekil 4.9 ayrıntılı olarak incelendiğinde, sanal çekirdekler ile iş parçacıkları sayısının 7 ve 8'e çıkarılmasında hızlandırmanın aksine hızlandırma oranında bir azalmanın olduğu görülmüştür. Bu durum artan iş parçacıklarının yönetiminin zorlaşması ve ayrıca iş parçacıklarının video framelerinin okunması sırasında birbirini beklemesinden dolayı (lock senkronizasyon mekanizması) yaşanan zaman kayıpları ile açıklanabilir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan bu tez çalışmasında, video dosyaları üzerinde istatistiksel yüz ifade analizi gerçekleştirilerek analiz sonuçları grafiksel olarak sunulmuştur. Yüz ifade analizinin hızlandırılması için önerilen frame-tabanlı ve paralel hesaplamaya dayalı iki farklı yaklaşım test edilmiştir. Uygulamanın gerçekleştirilmesi ve sonuçların incelenmesi için Visual Studio 2012 ortamında C# tabanlı bir arayüz hazırlanmıştır. Önerilen frame-tabanlı hızlandırma yaklaşımında işlenen frame sayısı azaltılmış ve paralel başarımlı analiz dört çekirdekli 8 işparçacığına sahip Intel® Core™ i7-4700HQ işlemcisi kullanılarak elde edilmiştir.

Yüz ve yüz özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan 2 farklı yöntemin ilgili özellikleri farklı boyutlarda çerçeveler ile tespit ettiği görülmüştür. Haar-cascade yöntemi, ten rengi ve geometrik özellikler yaklaşımının kullanıldığı algoritmaya göre yüzü daha geniş bir çerçevede bulurken yüz özelliklerini daha küçük çerçeveler ile sınırlandırılmıştır. Bu durum bazı framerde yüz özelliklerinin tam olarak elde edilememesine neden olmuştur. Dolayısıyla oluşturulan Bezier eğrilerinde farklılıklar ortaya çıkmış ve bu farklılıklar analiz sonuçlarına yansımıştır. Haar-cascade, ten-rengi ve geometrik özellikler yaklaşımının kullanıldığı algoritmaya göre daha hızlı çalışmasına karşın istatistiksel analiz sonuçlarında hatalar ortaya çıkmıştır.

İstatistiksel yüz ifade analiz sonuçları üzerinde gerçekleştirilen hata düzeltme işlemi ile video dosyalarına ait analiz sonuçları iyileştirilmiştir.

Önerilen frame-tabanlı hızlandırma yönteminde, beş frameden daha büyük aralıklarla gerçekleştirilen analiz işleminde sonuçların doğruluğu azaldığından, beş frameden daha fazla frame ile elde edilen test sonuçları değerlendirmeye alınmamıştır.

Deneysel çalışmalar sonucunda istatistiksel yüz ifade analizinin frame-tabanlı hızlandırılması ve çekirdek adedine bağlı olarak paralelleştirilmesi ile başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Sıralı yapıda çalışan analiz işlemi dört çekirdekli Hyper-Threading destekli işlemci ile 3.5 kat hızlandırılmıştır.

Tez çalışmasında ele alınan istatistiksel yüz ifade analizi hızlandırma yöntemleri bu alanda yapılabilecek yeni çalışmalara yol göstermesi açısından önemlidir. Bundan sonraki çalışmalarda; videolarda birden fazla kişi için yüz ifade analizinin yapılması ve bu işlemlerin grafik işlemci birimi (GPU) ile hızlandırılması gerçekleştirilebilir.



6. KAYNAKLAR

- [1] Mehriban A., Communication without words, *Psychology Today*, 2 (4) (1968) 53-56.
- [2] Darwin C., *Expression of the Emotions in Man and Animals*, London: John Murray, (1872).
- [3] Ekman P., Friesen W. V., Constants across cultures in the face and emotion, *Journal of Personality and Social Psychology*, 17 (2) (1971) 124-129.
- [4] Ekman P., Universals and cultural differences in facial expressions of emotion, *Nebraska Symposium on Motivation*, (1972).
- [5] Suwa M., Sugie N., Fujimora K., A preliminary note on pattern recognition of human emotional expression, *Proceedings of the Fourth International Joint Conference on Pattern Recognition*, Kyoto- Japan, (1978) 408-410.
- [6] Murtaza M., Sharif M., Raza M., Shah J. H., Analysis of face recognition under varying facial expression: a survey, *The International Arab Journal of Information Technology*, 10 (4) (2013) 378-388.
- [7] Ekman P., Friesen W. V., *Facial Action Coding System: A Technique for the Measurement of Facial Movement*, Consulting Psychology Press., (1978).
- [8] Scherer K. ve Ekman P., *Methods for Measuring Facial Action*, Handbook of Methods in Nonverbal Behavior Research, Cambridge University Press., (1982).
- [9] Yacoob Y., Davis L. S., Recognizing human facial expressions from long image sequences using optical flow, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 18 (6) (1996) 636-642.
- [10] Cohen I., Garg A., Huang T. S., *Emotion Recognition from Facial Expressions using Multilevel HMM*, Neural Information Processing Systems (NIPS), (2000).
- [11] Lajevardi S. M., Lech M., Facial expression recognition from image sequences using optimized feature selection, *IEEE 23rd International Conference Image and Vision Computing (IVCNZ)*, Christchurch, (2008) 1-6.

- [12] Khan M. I., Bhuiyan A., Facial expression recognition for human-robot interface, *International Journal of Computer Science and Network Security (IJCSNS)*, 9 (4) (2009) 300-306.
- [13] Song M., Tao D., Liu Z., Li X., Zhou M., Image ratio features for facial expression recognition application, *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics-Part B: Cybernetics*, 40 (3) (2010) 779-788.
- [14] Patil K. K., Giripunje S. D., Bajaj P. R., Facial expression recognition and head tracking in video using gabor filter, *IEEE 3rd International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology*, Goa, (2010) 152-157.
- [15] Özmen G., Kandemir R., Haar dalgacıkları ve kübik bezier eğrileri ile yüz ifadesi tespiti, *Elektrik - Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu (ELECO)*, Bursa, (2012) 529-533.
- [16] Rai P., Dixit M., Smile detection via bezier curve of mouth interest points, *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, 3 (7) (2013) 802-806.
- [17] Bao H., Ma T., Feature extraction and facial expression recognition based on bezier curve, *IEEE International Conference on Computer and Information Technology (CIT)*, Xi'an, (2014) 884-887.
- [18] Chen X., Cheng W., Facial expression recognition based on edge detection, *International Journal of Computer Science & Engineering Survey (IJCSES)*, 6 (2) (2015) 1-9.
- [19] Li Y., Gong S., Sherrah J., Liddell H., Multi-view face detection using support vector machines and eigenspace modelling, *Fourth IEEE International Conference on Knowledge-Based Intelligent Engineering Systems & Allied Technologies*, Brighton, (2000) 241-244.
- [20] Widjojo W., Yow K. C., A Color and feature-based approach to human face detection, *Seventh International Conference on Control, Automation, Robotics And Vision (ICARCV'02)*, (2002) 508-513.
- [21] Chen J., Shan S., Yang P., Yan S., Chen X., Gao W., *Novel Face Detection Method Based on Gabor Features*, *Advances in Biometric Person Authentication*, (SINOBIOMETRICS), (2004).

- [22] Bing H., Xianfeng H., Ruizhen H., Research of face detection based on AdaBoost and ASM, *The Open Cybernetics & Systemics Journal*, 8 (1) (2014) 183-190.
- [23] Shuang L., A novel face detection algorithm based on PCA and Adaboost, *IEEE Sixth International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation (ICMTMA)*, Zhangjiajie, (2014) 38-41.
- [24] Yang M. H., Kriegman D. J., Ahuja N., Detecting faces in images: a survey, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 24 (1) (2002) 34-58.
- [25] Viola P., Jones, M. J. Robust real-time face detection, *International Journal of Computer Vision*, 57 (2) (2004) 137-154.
- [26] Özmen G., Kübik bezier eğrileri ile yüz ifadesi tanıma, *Yüksek Lisans Tezi*, Trakya Üniversitesi, Edirne-Türkiye, (2012).
- [27] Khan N. U., A Comparative analysis of facial expression recognition techniques, *3rd IEEE International Advance Computing Conference (IACC)*, Ghaziabad, (2013) 1262-1268.
- [28] Tian Y. L., Kanade T., Cohn J. F., *Facial Expression Analysis*, Handbook of Face Recognition, Springer, (2005).
- [29] Bermani A. K. K., Ghalwash A. Z., Youssif A. A. A., Automatic facial expression recognition based on hybrid approach, *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)*, 3 (11) 2012.
- [30] Ulukaya S., Erdem Ç. E., A Hybrid facial expression recognition method based on neutral face shape estimation, *IEEE 20th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*, Mugla, (2012) 1-4.
- [31] Happy S. L., Routray A., Robust facial expression classification using shape and appearance features, *Eighth IEEE International Conference on Advances in Pattern Recognition (ICAPR)*, Kolkata, (2015) 1-5.
- [32] Ghimire D., Lee J., A robust face detection method based on skin color and edges, *Journal of Information Processing Systems*, 9 (1) (2013) 141-156.
- [33] Patil G. A., Patil S. A., Face detection using RGB ratio model, *IJCA*

Proceedings on National Conference on Advances in Communication and Computing, NCACC (1) (2014) 18-20.

- [34] Anonim, <http://www.emgu.com> (Erişim Tarihi:12 Aralık 2015).
- [35] Anonim, <http://www.emgu.com/wiki/files/3.0.0/document/html/a416543d-c5d3-ca69-16c8-05927f750968.htm> (Erişim Tarihi:12 Aralık 2015).
- [36] Anonim, <http://www.emgu.com/wiki/files/3.0.0/document/html/b940bc22-751b-d7bf-e9a4-8798e6f7ccb3.htm> (Erişim Tarihi:12 Aralık 2015).
- [37] Pramanik S., Bhattacharjee D., Geometric feature based face-sketch recognition, *IEEE International Conference on Pattern Recognition, Informatics and Medical Engineering (PRIME)*, Salem-Tamilnadu, (2012) 409-415.
- [38] Sharma C. K., Aswini T., Vinodhini A., Selvi V., Accurate emotion detection of digital images using bezier curves, *International Journal of Advanced Research in Computer Engineering and Technology (IJARCET)*, 4 (3) (2015) 929-933.
- [39] Kandemir R., Özmen G., Facial expression classification with haar features, geometric features and cubic bezier curves, *Istanbul University-Journal of Electrical & Electronics Engineering (IU-JEEE)*, 13 (2) (2013) 1667-1673.
- [40] Castrillón M., Déniz O., Guerra C., Hernández M., ENCARA2: real-time detection of multiple faces at different resolutions in video streams, *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 18 (2) (2007) 130-140.
- [41] Castrillón M., Déniz O., Lorenzo J., Hernández D., Using incremental principal component analysis to learn a gender classifier automatically, *Proceedings of the First Spanish Workshop on Biometrics*, Girona-Spain. (2007).
- [42] Castrillón-Santana M., Déniz-Suárez O., Antón-Canalís L., Lorenzo-Navarro J., Face and facial feature detection evaluation, *Third International Conference on Computer Vision Theory and Applications (VISAPP'08)* (2008).
- [43] Anonim, https://tr.wikipedia.org/wiki/Bézier_eğrisi (Erişim Tarihi:13 Aralık 2015).
- [44] Anonim, <http://thatsmaths.com/2014/02/06/french-curves-and-bezier-splines/> (Erişim Tarihi:13 Aralık 2015).
- [45] Andersson F., *Bezier and B-spline Technology*, (2003).

- [46] Joy K. I., *Bernstein Polynomials*, On-Line Geometric Modeling Notes, University of California, (2000).
- [47] Akgün D., Paralel görüntü filtreleme için çok çekirdekli bilgisayar üzerinde başarıml analizi, *Düzce Üniversitesi İleri Teknoloji Bilimler Dergisi*, 2 (1) (2013) 76-83.
- [48] Yıldız H., Paralel genetik algoritma ile sayısal filtre optimizasyonunun karşılaştırılmalı analizi, *Yüksek Lisans Tezi*, Düzce Üniversitesi, Düzce-Türkiye, (2013).
- [49] Anonim, <http://www.enterface.net/enterface05/main.php?frame=emotion> (Erişim Tarihi:17 Aralık 2015).
- [50] Martin O., Kotsia I., Macq B., Pitas I., The eINTERFACE'05 audio-visual emotion database, *Proceedings of the First IEEE Workshop on Multimedia Database Management*, (2006).
- [51] Intel, http://ark.intel.com/tr/products/75116/Intel-Core-i7-4700HQ-Processor-6M-Cache-up-to-3_40-GHz#@specifications (Erişim tarihi 18.12.2015).
- [52] Intel, <http://www.intel.com/pressroom/archive/releases/2010/20100330comp> (Erişim tarihi 05.06.2013).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : BAYRAKDAR Sümeyye
Uyruğu : T.C.
Doğum Tarihi ve Yeri : 09.07.1991 / Çanakkale
Telefon : 0 (380) 542 11 00 / 2507
Faks : 0 (380) 542 11 34
E-posta : sumeyyebayrakdar@duzce.edu.tr

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Kocaeli Üniversitesi	2013
Lise	Biga Atatürk Anadolu Lisesi	2009

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2013 - ...	Düzce Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

Yabancı Dil

İngilizce (YDS : 58.75)

Yayınlar

1. Bayrakdar M. E., **Bayrakdar S.**, Yücedağ İ., Çalhan A., *Bilişsel Radyo Kullanıcıları için Bulanık Mantık Yardımıyla Kanal Kullanım Olasılığı Hesabında Farklı Bir Yaklaşım*, Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 3(1) (2015).

2. Gümüş A., Ersöz G., Yücedağ İ., **Bayrakdar S.**, Altındal Ş., *Comparative Study of Temperature-Dependent Dielectric Properties of Au/PPy/n-Si (MPS) Type Schottky Barrier Diodes (SBDs)*, Journal of Korean Physical Society, 67(5) (2015).
3. Ersöz G., Yücedağ İ., **Bayrakdar S.**, Altındal Ş., Gümüş A., *The Effects of Polypyrrole Interfacial Layer and Illumination on the Main Electrical Parameters of the Au/PPy/n-Si (MPS) type Schottky Barrier Diodes (SBDs) at Room Temperature*, Journal of Electronic Materials, (UNDER REVIEW).
4. **Bayrakdar S.**, Akgün D., Yücedağ İ., *Otomatik Yüz İfade Analizi Üzerine Bir Literatür Taraması*, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, (KABUL EDİLDİ).

Bildiriler

1. **Bayrakdar S.**, Çomak B., Başol D., Yücedağ İ., *Determination of Type and Quality of Hazelnut using Image Processing Techniques*, IEEE 23th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 2015.
2. Bayrakdar M. E., **Bayrakdar S.**, *A Cooperative Communication Approach for Voluntary Secondary users in Cognitive Radio Networks*, IEEE 23th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 2015.