

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ
ENSTİTÜSÜ

GERÇEK ZAMANLI
KIOSK YÜZ TANIMA SİSTEMİ

İlkay Melek YAZICI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

GEBZE
2008

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ
ENSTİTÜSÜ

GERÇEK ZAMANLI
KIOSK YÜZ TANIMA SİSTEMİ

İlkay Melek YAZICI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI
Yrd. Doc. Dr. Mehmet GÖKTÜRK

GEBZE
2008



GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ
ENSTİTÜSÜ

MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JÜRİ ONAY FORMU

JÜRİ

ÜYE (BAŞKAN) : Yrd. Doç. Dr. Mehmet GÖKTÜRK

ÜYE : Yrd. Doç. Dr. Yusuf Sinan AKGÜL

ÜYE : Yrd. Doç. Dr. S. Süer ERDEM

Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 23 / 06 / 2008 tarih ve 2008 / 22 sayılı kararı ile yukarıdaki öğretim elemanlarından oluşmuş jüri tarafından düzenlenen 07 / 07 / 2008 tarihli Tez Savunma Tutanağı neticesinde Yüksek Lisans / Doktora öğrencisi İlkay Melek YAZICI' nın çalışması GYTE Mühendislik ve Fen Bilimleri Yönetim Kurulu'nun / / tarih ve / sayılı kararıyla Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans/Doktora tezi olarak onaylanmıştır.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

TEZİN BAŞLIĞI : GERÇEK ZAMANLI KIOSK YÜZ TANIMA SİSTEMİ

YAZAR ADI : İlkay Melek YAZICI

Dördüncü nesil bilgi teknolojilerini gelişimi ile insan bilgisayar etkileşiminin en üst seviyede olduğu akıllı sistemler günlük yaşantımızın bir parçası olacak şekilde geliştirilmektedir. Bu sistemlerde bireyin tanınması ve doğrulanması esastır ve bu amaçla günümüzde yaygın olarak parolaya dayalı sistemler kullanılmaktadır. Parolaya dayalı sistemlerde görülen parola unutma, çaldırma gibi olumsuz durumlar, bireyin kendine özgü fiziksel belirleyicilerinin kullanıldığı biyometrik sistemler üzerinde çalışmaların yoğunlaşmasına yol açmıştır.

Bu çalışmada, pazarlama sektöründe kullanılmak üzere, alışveriş merkezleri ve mağazalar gibi müşteri memnuniyetinin üst düzeyde olması amaçlanan sektörlerle hizmet edecek şekilde, yüz biyometrik belirleyicisinin kullanıldığı akıllı bir ortam oluşturulmakta, video görüntülerinin gerçek zamanlı olarak kullanıldığı bir müşteri yüz tanıma sistemi sunulmaktadır. Sistem, bir kiosk ile bütünleşik çalışabilecek şekilde tasarlanmış olup, çalışma ile müşteri tanıma uygulamalarında yüz belirleyicisinin kullanılmasının avantaj ve dezavantajlarının ortaya çıkarılması amaçlanmaktadır. Sistem içerisinde kullanılan yüz teknolojileri ve yüz tanıma algoritmaları, varolan ve son yıllarda geliştirilen, yüz tanıma alanında en çok etki yaratan ve en çok izlenen yöntemler arasından seçilmiş olup bu çalışma ile uygulamaya yönelik bir yenilik yapılmaktadır. Sistem esas olarak Temel Bileşen Analizi (TBA) yöntemi üzerine kurulmaktadır. Müşteri tanıma sonucunun müşteri tekrarlı giriş sayısının hesaplanması, son geliş tarihinin belirlenmesi veya sesli mesajla karşılanması gibi sistem yöneticisinin tercih ettiği bir sistem çıkışı uygulamasına verilmesi sağlanabilmektedir. Çalışma sonucunda, pazarlama sektöründe kullanılacak bir müşteri tanıma uygulamasında yüz nesnesinin kullanılması ile oluşturulabilecek çıkış senaryoları ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmektedir.

Elde edilen sonuçların, kiosk yüz tanıma sisteminin gerçek ortam uygulamasına dönüştürülebileceğini gösterir nitelikte olmasından yola çıkılarak, sistemin bu konuda yapılacak çalışmalar için bir ön çalışma niteliği taşıyacağı öngörülmektedir.

SUMMARY

THESIS TITLE : REAL TIME KIOSK FACE RECOGNITION SYSTEM

AUTHOR : İlkay Melek YAZICI

Smart environments at which human computer interactions are highest standard are being improved with the help of the fourth generation of computing and information technology development. In this environments, the principal is identifying and verifying the individual and today password/ pin systems are commonly used to realize this aim. The situations such as forgetting or being stolen the password have caused focusing on researches on the biometric systems using for physical characteristics of individuals.

In this study, a costumer face identifier system with real time video images is presented and a smart environment at which the face biometric identifier is used is constituted to be used in marketing area , especially that need higher satisfaction of customers. The system was planned to work integratedly with a kiosk and with the help of this study the advantages and the disadvantages of face characteristic that is used for customer identifier application are aimed at being revealed. Face technologies and face identifier algorithms using in this system are elective among the systems existing or being developed recently, affecting the face identification area mostly.

With this study an innovation intended for practise is being formed .The system is constituted on the Principal Component Analysis (PCA) .The transferring of the result of costumer identification to a system output application preferred by the system manager such as determining the last visiting date or responding with greeting loud voice message can be provided. After this working, output scenarios that can be made up by using a face object in a face identifier application using in marketing area and the consequences are evaluated. By aid of these results revealing the capability of the elevating of the kiosk face identifier system to a real environment application, the system is envisioned for being a preliminary study for other studies will be done in future.

TEŞEKKÜR

Hazırlanan tez çalışması boyunca, akademik bilgi birikimi ve ilgisi ile desteğini her zaman hissettiren danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Mehmet GÖKTÜRK' e, değerli yönlendirmeleri ile her istediğimde desteğini edindiğim sevgili hocam Yrd. Doç.Dr. M. Elif KARSLIGİL' e, huzurlu bir iş ortamı içerisinde çalıştığım ve tez çalışması içerisinde kullandığım yüz veri tabanına değerli katkılarını sağlayan TÜBİTAK-MAM Bilişim Teknolojileri Enstitüsü ARGE2004 proje ekibine ve en önemlisi beni bugünlere getiren ve desteklerini hep hissettiren canım aileme çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
1 GİRİŞ	
1.1 Tez Çalışmasının Amaçları	4
1.2 Tez Çalışmasının Katkıları	5
1.3 Genel Bakış	6
2 PAZARLAMA SEKTÖRÜNDE MÜŞTERİ TANIMA	7
2.1 Birebir Pazarlama	7
2.1.1 Müşteri Tanımlama	9
2.1.2 Müşteri Farklılaştırma	10
2.1.3 Müşteri İle Etkileşim	11
2.1.4 Müşteri Kişiselleştirme	12
2.2 Geçmiş Çalışmalar	12
3 YÜZ TANIMA TEKNOLOJİLERİ	15
3.1 Karşılaşılan Zorluklar	16
3.1.1 Poz Açısı	16
3.1.2 Işıklandırma Koşulları	17
3.1.3 İfade Çeşitlilikleri	18
3.1.4 Kapanma Etkisi	19
3.2 Yüz Tanıma Adımları	19
3.2.1 Yüz Tespiti	20

3.2.2	Özellik Çıkarımı	20
3.2.3	Yüz Tanıma	21
4	HİPOTEZ	27
5	KİOYTS SİSTEM TASARIMI	29
5.1	KioYTS Sistem Modülleri	30
5.1.1	Video Görüntüsü Alma Modülü	30
5.1.2	Yüz Tespiti	31
5.1.3	Tanıma Modülü	51
5.2	KioYTS Kullanıcı Grafik Arayüzü	61
5.2.1	Kiosk Modu	61
5.2.2	Geliştirici Modu	75
6	KİOYTS DEĞERLENDİRME VERİLERİ	81
6.1	ORL Veri Tabanı	81
6.2	KioYTS Veri Tabanı	82
7	KİOYTS SİSTEM SONUÇLARI	84
8	SONUÇ	87
9	GELECEK ÇALIŞMALAR	88
10	KAYNAKLAR DİZİNİ	89
11	ÖZGEÇMİŞ	91

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

KioYTS	:	KIOSK Yüz Tanıma Sistemi
TBA	:	Temel Bileşen Analizi
HE	:	Histogram Eşleme
KioYTS_KGA	:	KioYTS Kullanıcı Grafik Arayüzü

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1 Biyometrik belirleyici özellikleri	1
1.2 Biyometrik belirleyicilerin uyumluluğu	2
2.1 Birebir pazarlama unsurları	9
3.1 Yüz körlüğu örneği	15
3.2 CMU PIE veritabanı, poz açısı faktörü	16
3.3 CMU PIE veritabanı, ışılandırma faktörü	18
3.4 Cohn-Kanade AU ifade veritabanı	18
3.5 AR yüz veri tabanı, kapanma etkisi	19
3.6 Genel otomatik yüz tanıma adımları	20
3.7 Çeşitli şekillerde bozulmuş görüntüler	22
3.8 Görüntülerin kovaryans matrisi dağılımı	23
3.9 Kovaryans matrisi temel bileşenleri	23
5.1 KioYTS sistem şeması	30
5.2 KioYTS yüz tespit modülü alt modülleri	31
5.3 RGB ve YCbCr renk dağılımları	33
5.4 Haar-Like öznitelikler	34
5.5 Öznitelik eşik değeri	35
5.6 Haar-Like sınıflandırıcı kademeli dizi işleyişi	36

5.7	KioYTS verisi üzerinde yüz tespiti	37
5.8	36 Yüz ifadesi, Louis Boilly eseri üzerinde yüz tespiti	37
5.9	KioYTS verisi üzerinde yeniden ölçeklendirme	38
5.10	Ağız bölgesi tespit modülü akışı	38
5.11	Ağız haritasının uygulanması	39
5.12	Histogram eşleme örneği	41
5.13	Ağız haritası üzerinden histogram eşlenmesi	42
5.14	AğızHrtHE_Yüz bağlantılı bileşen sonuc	43
5.15	Tespit edilen ağız bölgesi	44
5.16	Göz bölgeleri tespit modülü akışı	45
5.17	Göz haritasının uygulanması	46
5.18	Göz haritası üzerinden histogram eşlenmesi	47
5.19	GözHrtHE_Yüz bağlantılı bileşen sonucu	47
5.20	Yüz bölümlenmesi	48
5.21	Tespit edilen göz bölgeleri	49
5.22	Yüz üçgeni	50
5.23	Tanım modülü bileşenleri ve genel akış	51
5.24	Sistem eğitimi işlemleri	51
5.25	KioYTS eğitim verileri örneği,1-5	52
5.26	Görüntü kaydetme	53
5.27	KioYTS verileri ve ortalama görüntü	54

5.28	KioYTS ortalanmış görüntüleri	55
5.29	Sistem testi işlemleri	57
5.30	KioYTS_KGA kiosk modu	62
5.31	Hakkında ekranı	64
5.32	Beni tanı , akış 1	65
5.33	Beni tanı, akış 2, sonraki durum	66
5.34	Ben değilim , akış 1	67
5.35	Ben değilim, akış 2, sonraki durum	68
5.36	Eğitim görüntüsü al, akış1	70
5.37	Eğitim görüntüsü al, akış 2	71
5.38	Eğitim görüntüsü al, akış 3	73
5.39	Eğitim görüntüsü al, akış 4	74
5.40	KioYTS_KGA geliştirme modu	76
5.41	Eğitim kümesi listesi elemanı	78
6.1	ORL veri tabanı, örnek 1	82
6.2	ORL veri tabanı, örnek 2	82
6.3	KioYTS veri tabanı, eğitim verileri örnek	83
6.4	KioYTS veri tabanı, test verileri örnek	83
7.1	Kiosk modu ana işlev tuşları	85
7.2	Bilgilendirme mesajı örneği, eğitim görüntüsü al, akış 4	85
7.3	Yönlendirme mesajı örneği, eğitim görüntüsü al, akış 1	86

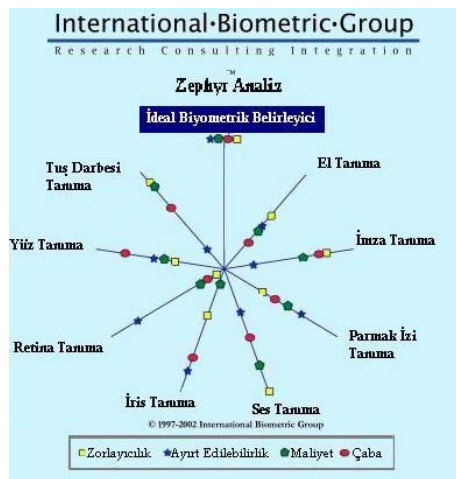
ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
5.1 Kiosk Modu Arayüz Elemanları	62
5.2 Geliştirme Modu Arayüz Elemanları	76
7.1 KioYTS Performans Değerleri	84

1 GİRİŞ

Bireylerin, insanlardan çok bilgisayarlar ile etkileşim halinde olacağını öngören dördüncü nesil bilgi teknolojilerinin (Pentland, Choudhury, 2000) bir getirisi olarak günümüzde, günlük yaşamın her alanında kullanılmak üzere akıllı ortamlar geliştirilmekte, insan faktörünün günlük hayattaki etkisine yönelik çalışmaların sayısı artmaktadır. Geliştirilen akıllı ortamlardaki etkileşimin ana unsurunu bireylerin tanınması, kimliklendirilmesi ve yorumlanması oluşturmaktadır. Bireyin tanınması ve doğrulanması için günümüzde yaygın olarak parolaya dayalı sistemler kullanılmaktadır. Ancak kullanılan parolaların unutulması, çalınması, süresinin dolması, kaybedilmesi ve diğer bireylere aktarılması gibi sıkıntılar biyometrik sistemler üzerinde çalışmaların yoğunlaşmasına yol açmıştır.

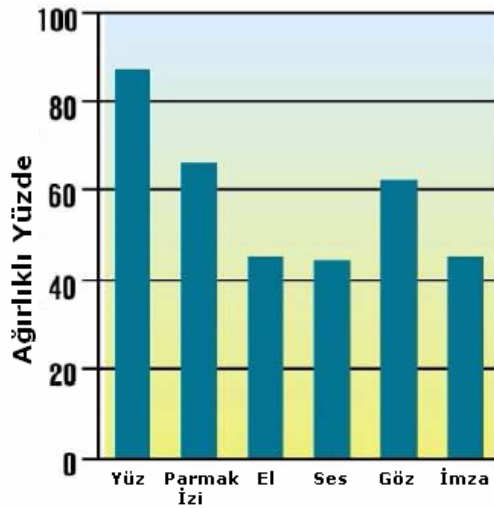
Biyometri, Yunanca hayat (bio) ve metrik(metric) kelimelerinin birleşimi ile ortaya çıkan, biyolojik karakteristikler kullanılarak kimliklendirme temeline dayanan bir çalışma alanıdır. Biyometrik belirleyiciler yüz, parmak, el, ses, retina gibi bireye özgü özelliklerdir (Lu, 2001). Farklı tip biyometrik belirleyiciler, algılama kolaylığı, maliyet, doğrulama gibi çeşitliliklerine göre farklı kimliklendirme uygulamalarında kullanılır. Uluslararası Biyometrik Grup tarafından yapılan bir çalışmada biyometrik belirleyici tipleri ile bir kısım çeşitlilikler ilişkilendirilmiş ve Zephyr şeması ile ifade edilmiştir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 Biyometrik belirleyici özellikleri

Şemada zorlama dereceleri, ayırt edicilik, maliyet ve emek açısından biyometrik belirleyiciler ele alınmıştır. İdeal durum 4 unsurun da merkezden en uzakta toplanması şeklinde olacaktır.

Uluslararası Sivil Havacılık Organizasyonu (International Civil Aviation Organisation), makine tarafından okunabilen, pasaport gibi seyahat kartlarının kullanımına yönelik çalışmalar sürdürerek, bu kartların okunması ve kimlik kontrollerinin yapılması için biyometrik belirleyicilerin kullanıldığı akıllı ortamların gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Bu konuda yapılan bir çalışma ile, 6 adet biyometrik belirleyici, Makina Tarafından Okunabilir Dokümanlar (Machine Readable Travel Documents) uyumluluğuna göre değerlendirilmiş, kimlik doğrulamada yüz özniteliklerinin en yüksek uyumluluğu taşıdığı sonucuna ulaşılmıştır (Lu, 2001).



Şekil 1.2 Biyometrik belirleyicilerin uyumluluğu

Ancak biyometrik sistemler içerisinde bireylerden fazladan bir çaba istenmesi, fiziksel ya da sosyal olarak bir zorlama içerisine sokulması bu teknolojiler için bir dezavantaj halini almaktadır. Bireylerden sistem içerisinde, ilgili biyometrik belirleyicinin algılanması için bir süre beklemeleri istenerek kendilerini belirleyici kısıtı ile ifade etmeleri sağlanır. Bu şekilde bir etkileşim “ Dur Ve İfade Et (Pause & Declare) ” şeklinde tanımlanır (Pentland, Choudhury, 2000) .

Retina, parmak izi gibi biyometrik belirleyicilerin kullanıldığı bu tip sistemlerde, bireyler günlük hayatlarında birbirlerini bu belirleyicilerle

tanımadıklarından dolayı kendilerini doğal olmayan bir ortamda bularak bir zorlama içerisinde hissetmektedirler.

Dördüncü nesil bilişim teknolojileri içerisinde yer alan akıllı ortamlar içerisinde biyometrik tanımlayıcılar kullanılırken bu hususlar dikkate alınarak belirleyici olarak yüz, ses gibi doğal belirleyicilerin doğal yerlerini alması sağlanmaktadır. Örneğin akıllı ev sistemleri gibi, Dur ve İfade Et etkileşimini kaldıran ya da en aza indiren, bireylerin gözüne çarpmadan doğal hayat akışları içerisinde hareketlerini kısıtlamadan, aktif bir sistem olarak değil pasif bir sistem olarak fonksiyonlarını yerine getiren sistemlerde bu çeşit doğal belirleyiciler kullanılmaktadır.

İnsan bilgisayar etkileşimli sistemlerde, nesnenin insan olması itibarıyla en önemli husus, bireylerin bu sistem içerisinde kendini rahat hissetmesidir. Bireyin diğer bireyleri tanıırken kullandığı biyometrik belirleyicileri(yüz, ses) kullanan sistemler içerisinde, benzer anlamda tanıma gerçekleştiğinden dolayı birey kendini daha rahat hissetmektedir (Pentland, Choudhury, 2000).

Yapılan araştırmalar yüz nesnesinin etkin bir biyometrik belirleyici olduğunu göstermekte (Lu, 2001) ve geçtiğimiz 30 yıl boyunca yüz tanıma konusunda yürütülen araştırmalar ve gerçekleştirilen ticari uygulamalar, yüzün en fazla tercih edilen biyometrik belirleyici olduğu yargısını desteklemektedir (Zhao, 2003) .

Bu çalışmada geliştirilen yüz tanıma akıllı ortamında biyometrik belirleyici olarak yüz belirleyicisi kullanılmıştır. Sistem içerisinde yüz belirleyicisinin seçilme nedenlerinin başında tanıma yapılacak ortam şartları gelmektedir. Yüz belirleyicisi sisteme alınırken, sistemi kullanacak olan müşteriden herhangi bir davranış değişikliği ve ekstra çaba istenmemesi, yüz görüntüsünün özel bir donanıma ihtiyaç duyulmadan, bir video kamera ile başarılı bir şekilde alınabilmesi en önemli sebeptir. İkinci olarak müşteri uyumu gerektirmemesinin bir sonucu olarak Bekle ve İfade Et (Pause And Declare) etkileşimini en aza indirerek hızlı bir şekilde yüz görüntüsü alınabilmesi ve mağaza, alışveriş merkezi gibi ortamlarda günlük akışı aksatmadan sistemin çalışabilmesidir.

Sistem, bir kiosk otomatı ile bütünleşik çalışacak şekilde tasarlanmış olup bir kamera donanımı ile sistemin kullanılacağı alana yerleştirilmesi öngörülür. Kullanılan ortama tekrarlı geliş yapan müşterilerin promosyonlardan yararlanmaları, geliş sayısına göre ürün indirimleri ile karşılaşmaları ya da mağazaya girdiklerinde sesli bir mesaj ile karşılanmaları gibi istenen bir çıkış uygulaması ile birleştirilerek, müşteri odaklı sektörlerde müşteri hizmet kalitesinin mümkün olduğunca yükseltilmesini amaçlanmıştır.

Kiosk Gerçek Zamana Yüz Tanıma Sistemi başlığı ile geliştirilen sistem (Yazıcı, Göktürk, 2008), çalışmanın bundan sonraki kısımlarında KioYTS kısaltması ile anılacaktır.

1.1 Tez Çalışmasının Amaçları

Bu tez çalışmasının genel amacı, pazarlama sektöründe kullanılmak üzere insan bilgisayar etkileşimini esas alan ve biyometrik belirleyici olarak yüz belirleyicisini kullanan, ticari olarak kullanılabilir kapasitede gerçek zamanlı bir müşteri tanıma sisteminin geliştirilip geliştirilemeyeceğini incelemektir.

KioYTS ile, kullanılan ortama tekrarlı geliş yapan müşterilerin avantajlardan yararlanmaları, geliş sayısına göre ürün indirimleri ile karşılaşmaları ya da mağazaya girdiklerinde sesli bir mesaj ile karşılanmaları gibi istenen bir çıkış uygulaması ile birleştirilerek, müşteri odaklı sektörlerde müşteri hizmet kalitesinin mümkün olduğunca yükseltilmesini amaçlanmıştır.

Bu çalışma ile hedeflenenler şunlardır;

- Pazarlama sektöründe kullanılmak üzere oluşturulan yüz tanıma sistemi ile varolan yüz tanıma teknolojilerini kullanarak, daha önce kullanım alanı olmayan yeni bir alanda bir yüz tanıma sistemi geliştirilerek, müşterilerin yüzlerini tanımaya yönelik bir uygulama yeniliği yapmak. Yüz tanıma avantajını güvenlik ve izleme alanları dışında, doğrulama ve yetkilendirme ihtiyaçlarının gözetilmediği, %100 başarı gerektirmeyen yeni bir yüz tanıma uygulama alanını bulmaya çalışmak.

- Yüz tanıma teknolojileri konusunda yeni bir teknik ya da algoritma ya da iyileştirmede bulunmak değil, bu teknolojilerin farklı bir alanda kullanılmasını sağlamak.
- Gerçek zamanlı oluşturulacak bir sistem içerisinde sistem performansının üst seviyeye taşınmasına yönelik düzenlemeler yapmak.
- Yüz tanıma sonuçlarına göre kendi kendine öğrenebilen dinamik bir yapıyı sisteme kazandırmak
- Literatürde sıkça geçen, başarısı akademik çalışmalar ve yayınlar ile kanıtlanmış yüz tanıma teknolojilerini KioYTS içerisinde gerçeklemek.
- Gelecekte, üzerinde çalışılan ve başarısını akademik yayınlar ile göstermiş yeni yüz tanıma teknolojilerinin sisteme adapte edilmesini sağlamak.
- KioYTS sistem sonucunun, ortama tekrarlı geliş yapan müşterilerin promosyonlardan yararlanmaları, geliş sayısına göre ürün indirimleri ile karşılaşmaları ya da mağazaya girdiklerinde sesli bir mesaj ile karşılanmaları gibi sistem sahibi tarafından tercih edilen bir çıkış uygulaması ile birleştirilmesini sağlamak.

1.2 Tez Çalışmasının Katkıları

Tezin temel katkıları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Pazarlama sektöründe üzerinde sıkça çalışılan ve son yıllarda büyük önem taşıyan ve müşteri odaklı pazarlama kavramı içerisinde ana başlık olarak yer alan müşteri tanımanın, günümüzde özellikle büyük mağazalarda ve marketlerde yer alan akıllı bir sistem şeklinde uygulanması ile ihtiyaç duyulan bir alana hizmet edecektir.
- Pazarlama sektörü dışında da yapılan küçük düzenlemeler ile hastane, devlet dairesi gibi hizmet alan kişilerin tanınmasının önemli olduğu alanlarda da benzer ihtiyacı karşılamak için uygulanabilecektir.

1.3 Genel Bakış

Bu çalışmada KioYTS' nin önemi, tasarım ve gerçekleştirme aşamalarında izlenen adımlar anlatılmakta, KioYTS kullanıcı arayüzü sunulmakta ve son bölümlerde de sistem sonuçları değerlendirilmektedir.

Bölüm 1'de, akıllı sistemler ve biyometri konuları üzerinde genel bilgiler verilerek, yüz tanıma sistemlerinin önemi üzerinde durulmaktadır.

Bölüm 2'de, pazarlama sektöründe müşteri tanımının önemi irdelenmekte, KioYTS sisteminin bu noktada bir açığı kapatacağı üzerine yapılan araştırmalar üzerinde durulmaktadır.

Bölüm 3' de, yüz tanıma teknolojileri, karşılaşılan zorluklar ve bu alandaki gelişmeler ve önemli yaklaşımlar anlatılmaktadır.

Bölüm 4' de, sistemin tasarlanması ve oluşturulması aşamalarında sistemin kullanılabilirliği ve gerçekleştirilebilirliği konularında bulunan hipotezlere yer verilmiştir.

Bölüm 5'te, KioYTS sistem yapısı sunulmakta, kullanıcı grafik arayüzü ve sistem modülleri detaylı olarak anlatılmaktadır.

Bölüm 6' te sistem içerisinde kullanılan giriş verileri değerlendirilmekte ve bu verilerin özelliklerine değinilmektedir.

Bölüm 7' de, sistemin gerçekleştirilmesinin ardından yapılan performans değerlendirmeleri ve sonuçları, Bölüm 4' de sunulan hipotezlerin savunmaları şeklinde açıklanmaktadır.

Bölüm 8' de, gerçekleştirilen sistem üzerinden varılan sonuçlar ve gelinen nokta anlatılmaktadır.

2 PAZARLAMA SEKTÖRÜNDE MÜŞTERİ TANIMA

Geçmişte mahalle bakkal gibi küçük esnaflar müşterilerini sima ve isim olarak tanırlar, özel ilgi ve ihtiyaçlarını bilerek ona göre hizmette bulunurlar hatta onları kapıda karşılardı. Ticari başarıyı bu şekilde karşılıklı olarak tanıştıkları müşterilerinin sadakati üzerine yapılandırırlardı. Müşteriler ise gerek veresiye hesaplar açtırarak, gerekse fiyat indirimleri talep ederek bu sadakati kendi avantajlarına döndürerek iki taraf içinde faydalı olan bir ilişki içinde bulunurlardı.

Günümüzde çoğu alışveriş merkezi küçük ticarethanelere kıyasla, gerek fiziksel anlamda gerekse hedef kitle açısından gözle görünür şekilde büyümüş olup bu durum geleneksel müşteri tanıma alışkanlığını oldukça güçleştirerek müşteri sadakatini azaltmış ve dolayısıyla pazar payı düşmeye başlamıştır. Bu açığı kapatmak amacıyla son yıllarda pazarlama konusunda çeşitli araştırmalar yapılarak çeşitli çözüm önerileri içeren yeni yöntemler sunulmaktadır.

Müşteri Pazarlama uygulamalarında son yıllardaki en önemli gelişme satış odaklanmanın yerini müşteriye odaklanmaya bırakması olmuştur. Müşteri bağımlılığının kazanılmasıyla alışveriş firmalarına müşterinin bir yaşam döngüsü içerisinde sıklıkla ve fazla sayıda gelmesini sağlayan müşteri odaklı yaklaşım pazarlama konusunda vazgeçilmez bir unsur haline gelmiştir. Bu değişim pazarlama sektöründe CRM (Customer Relationship Management) ve birebir pazarlama (One To One Marketing) kavramlarının doğmasına neden olmuştur (Karaduman, 2007).

KioYTS ile amaçlanan, müşteri sadakatinin sağlanması aşamasında mahalle bakkalı örneğinde olduğu gibi doğal bir akış izlenmesini gerçekleştirmektir. Bu kapsam tez çalışması içerisinde, KioYTS çalışmasının doğrudan ilişkili olduğu birebir pazarlama kavramı üzerinde durulmuş olup bu konuda yapılan araştırmalar bu bölümde sunulmaktadır.

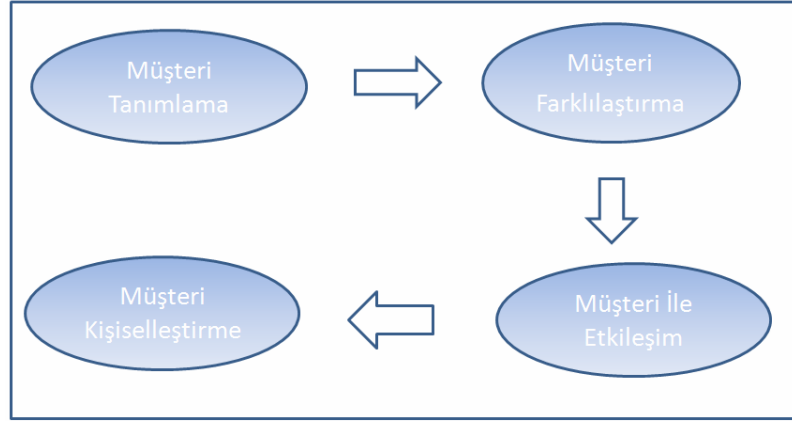
2.1 Birebir Pazarlama

Birebir pazarlama, tüm stratejileri müşteriden başlayarak oluşturulan, her müşterinin ayrı ayrı tanınarak ayrı ayrı muamele yapıldığı ve bunun yapılması için

ürünün değil müşterinin düşünüldüğü bir stratejik anlayış ve bir düşünce tarzıdır (Karaduman, 2007). Kimi görüşlere göre CRM ise birebir pazarlama ile aynı amaç güdülerek oluşturulan ancak şirket yapılanmasına göre farklılaşarak uygulanabilen bir yaklaşımdır (Coravue, 2003). Diğer bir görüşe göre birebir pazarlama ve CRM içiçe girmiş birbirinin tamamen aynı iki kavramdır (Coravue, 2003). Her iki görüşün kesişim kümesine bakılarak denilebilir ki birebir pazarlama, CRM kavramını içeren, daha genel bir yaklaşım şeklindedir.

Geleneksel pazarlamada müşterinin bir davranışı ile diğer davranışı arasında ilişki kurma çabası gösterilmeksizin kar marjını maksimize etmek şeklinde iken birebir pazarlamada uzun dönemli ilişkilerin kurulmasının önemine değinilmektedir (Odabaşı,2005). Birebir pazarlama ile amaçlanan, müşteri ile firma arasında sağlıklı, verimli, karlı ve güvene dayalı uzun soluklu bir ilişkinin oluşturulması olup bu çeşit pazarlama anlayışında müşteri merkeze alınarak ona yakın olmak ve özen göstermek temeline dayanır (Coravue, 2003). Bu ilişkide her bir müşteri ile istatistiksel olarak elde edilen müşteri bilgileri doğrultusunda tek tek ilgilenilerek gerçekleştirilir ve tekrarlı alışverişlerde bu ilginin devamı sağlanır.

Birebir pazarlama yaklaşımının ortaya çıkmasında, her bir müşterinin tek tek analiz edilmesi imkanını veren teknolojik gelişmelerin etkisi olmuştur. Özellikle son 15 yıl içerisinde gelişen teknolojinin sağladığı olanaklardan faydalanılarak, günümüz büyük çaplı alışveriş firmalarının, mahalle bakkalının müşterilerini tanımak için kullandığı bilgilere benzer bilgilerin elde edilmesi ile bunların yüksek boyutlu elektronik ortamlarda, veri tabanlarında saklanması ve gerektiğinde bu bilgilerin verilecek kararlarda kullanılarak müşteri bağımlılığının elde edilmesi sağlanmaktadır. Birebir pazarlama 4 temel unsurdan oluşur (Şekil 2.1). Bu unsurlar; müşteri tanıma, müşteri farklılaştırma, müşteri ile etkileşim ve müşteri kişiselleştirmedir.



Şekil 2.1 Birebir pazarlama unsurları

2.1.1 Müşteri Tanımlama

Müşteri odaklı pazarlamanın temelinde müşterinin tanınması ve tanımlanması gelmektedir. Müşterinin tanımlanması müşterilerin kim olduklarının anlaşılması, kimliklerinin bilinmesidir. Müşteri kimliğinin bilinmesi, müşterinin isim, soy isim gibi kimlik bilgilerinin bilinmesinden ziyade, ilgili alışveriş merkezi ile müşterinin ilişkisinin çözülmesi, müşteri bilgilerinin öğrenilmesi anlamına gelmektedir. Müşteri bilgilerinin öğrenilmesi için, fırsat bulunulan her etkileşim ortamında müşteri ilgileri ile ilgili bilgilerin edinilebilmesi şarttır. Bu tip bilgilerin edinilmesi için ciddi çabalar harcanmaktadır. Bu çabalar içerisinde, müşterinin alışveriş merkezlerinde yer alan satın alma bilgilerinin değerlendirilmesi, doldurulan müşteri tanıma formlarının dikkate alınması ve elektronik ortamların ya da alışveriş merkezi çalışanlarının gözlemlediği kişisel davranışların yorumlanması sayılabilir.

Müşteri ile alışveriş merkezinin ilişkisinin çözülmesi için her bir birey için özgün olacak şekilde bir müşteri tanımlama anahtarı kullanılır. Bu anahtar kullanılarak, geçmiş çalışmalar ile yukarıda belirtilen şekilde oluşturulan müşteri kimlik bilgilerine erişilerek akıllı ortam içerisinde gerekli durumlarda bu bilgilerin kullanılması gerçekleştirilmiş olur.

Birebir pazarlama metodlarının izlendiği sektör alanlarında müşteri tanımlama anahtarı genel olarak müşteri nüfus kimlik bilgileridir. Ancak müşterinin nüfus kimlik bilgileri gibi belirleyici bilgilerinin kurum tarafından elde edilmesi için ilk olarak müşterinin güveninin kazanılmış olması gerekmektedir. Günümüzde çoğu

birey kimlik bilgileri gibi önemli bilgilerinin kamuya açık alanlarda kullanılmasından rahatsızlık duymaktadır.

Müşteri tanımlama sonucunda elde edilen bilgiler, bilgisayar veri tabanlarında düzenli bir şekilde saklanarak, bu verilerin yönetimi ve karar durumlarında kullanılmaları sağlanır.

Mahalle bakkalı örneğine geri dönüldüğünde, müşteri tanımlama anahtarı olarak kişilerin yüz bilgilerinin kullanıldığı görülmektedir. Hangi müşterinin hangi sütü tercih ettiği, hangi müşterinin ne sıklıkla geldiği gibi müşteri ilgilerini ve geçmiş davranışları içeren müşteri kimlik bilgileri doğal bir akış içerisinde, müşteriden bire bir edinilen bir bilgi olmaksızın zaman içerisinde edinilmekte ve zaman içerisinde kurulan bu ilişki müşteriye rahatsız etmemektedir. Müşteri nüfus kimlik bilgilerinin ise, müşteri sadakatinin bir sonucu olarak edinildiği ve gerekli durumlarda kullanıldığı gözlemlenir.

Benzer şekilde doğal bir süreç içerisinde gelişen bir pazarlama anlayışı güdülen KioYTS içerisinde de müşteri kimliği içerisinde yer alan temel bilgi, müşterinin tekrarlı gelişlerinin sayısı şeklindedir. Müşteri ile ilişki kurulurken, müşterinin sadece yüz görüntüsü alınmakta ve sistem ile ilişkisinin çözülmesi için yüz görüntüsü giriş verisi olarak kullanılmaktadır. Bu ilişki içerisinde, müşterinin sistem içerisinde varolan bir müşteri olup olmadığı, varolan bir müşteri ise bireyin tekrarlı geliş sayısı, en son geliş tarihi, geliş sıklığı gibi geçmiş davranışlarına bakılmakta, yeni bir müşteri ise yeni bir müşteri profili oluşturulmaktadır. Müşterilerin isim, soy isim gibi bilgilerinin tanımlama için kullanılması tercihen gerçekleştirilebilecek olup kimliklerinin bilinmesinin verdiği rahatsızlık giderilerek müşterilerin KioYTS hizmetinden yararlanırken çekingen davranmamaları sağlanabilecektir. Müşteri Müşteri tanımlamada kullanılacak diğer müşteri kimlik bilgileri KioYTS yetkilisi tarafından belirlenebilecek, bu bilgiler KioYTS ortamında saklanarak, verilerin karar aşamalarında ve gerekli durumlarda kullanılması gerçekleştirilmektedir.

2.1.2 Müşteri Farklılaştırma

Geleneksel pazarlamada ve birebir pazarlamada müşteri devamlılığın şartıdır. Ancak müşteriler arasında farklılıklar vardır. Her müşterinin müessese için değeri

farklıdır. Müşteriyi odak noktası haline getiren birebir pazarlamada bu durum değerlendirilmekte ve her bir müşterinin karlılık durumlarına göre sınıflandırılması yapılmakta ve her bir sınıf için bir pazarlama stratejisi geliştirilmektedir (Karaduman, 2007). Bu strateji doğrultusunda müşterilere sunulan ayrıcalıklar değişmekte ve müşteri farklılıkları oluşturulmaktadır. Bu farklılıklara göre müşteriler kategorilere ayrılmakta ve en çok çabanın en çok avantaj sağlanacak kesime yöneltilmesi sağlanmaktadır. Müşteri kategorileri müşteri özelliklerine ve müessese isteklerine göre değişebilmekte ve düzenlenebilmektedir.

2.1.3 Müşteri İle Etkileşim

Müşteri ile çift yönlü iletişime geçmektir. Bu diyalog sayesinde müşteri hakkında özel bilgiler edinilerek özel hizmet verilmesi sağlanmaktadır (Coravue, 2003). Birebir pazarlama içerisinde bu etkileşimin maksimum değere çıkarılması amaçlanır. Müşteri ile girilen her etkileşimin müşteri hakkında bilgi edinmek için bir fırsat olduğunun unutulmaması gerekmektedir. Bu şekilde öğrenen bir ilişki kurularak stratejinin dinamik bir yapı kazanması sağlanarak müşterinin de sürecin içerisine dahil edilmesi gerçekleştirilmiş olmaktadır. Ancak dikkat edilmesi gerek 3 temel unsur mevcuttur (Odabaşı,2005) ;

- Etkileşim müşteriyi rahatsız etmemelidir.
- Müşteri bu etkileşimden birşeyler kazanmalıdır.
- Etkileşim sonucunda müessesenin müşteriye karşı tutumunda değişiklik olmalıdır.

KioYTS ile müşteri, kiosk üzerinde bütünleşik olarak çalışan bir kullanıcı grafik arayüzü ile etkileşime geçmekte, tanıma ve karar verme işlemlerinin mümkün olan en basit adımlarla gerçekleşmesi sağlanmaktadır.

KioYTS içerisinde; müşteri ekstra bir çaba göstermeksizin davranış değişikliğinde bulunmadan, rahatsız edilmeden tanınmaktadır. Müşteri tanınması ile müşteri kendine özel avantajlardan yararlanmakta, tekrarlı gelişleri ile bu etkileşim artmakta ve devamlık oluşturularak sistem içerisinde sürekli öğrenen bir yapı oluşmaktadır. Sürekli öğrenen bu yapı ile müşterinin tekrarlı gelişleri ile orantılı

olarak yer alacağı kategori yeniden düzenlenmekte ve sahip olacağı avantajlar farklılık göstermektedir.

2.1.4 Müşteri Kişiselleştirme

Müşteri kişiselleştirme, müşteri farklılaştırmanında ötesinde, gerçek anlamda birebir pazarlamanın yapılmasıdır. Müesseselerin tam manasıyla bireysel müşteriler için üretim ve hizmet yapması, müşterilere gönderilen mesajların ve pazarlama iletişim faaliyetlerinin kişiselleştirilmesidir.

Örneğin ABD’ de bir hastanede yapılan bir çalışmada hastalara gönderilen faturalar ile hastaların rahatsızlıkları ilişkilendirilmekte ve faturaya hasta bilgilendirme mesajları otomatik olarak işlenmektedir (Karaduman,2007).

Diğer bir örnekte ise, Dell firması, Kendi Sistemini İnşa Et sloganı ile internet sitesi üzerinden kişiye özel bilgisayar konfigürasyonlarının oluşturulmasını ve üretilmesini sağlayarak bu kişiselleştirmeden ciddi paralar kazanmaktadır (Karaduman,2007). İnternet üzerinden satış yapan çoğu firmanın gerçekleştirdiği bir uygulama ile kişinin geçmişte yaptığı alışveriş bilgileri değerlendirilerek, örneğin sıkça aldığı bir yazarın kitabı öneri olarak sunulabilmektedir.

KioYTS kapsamı içerisinde, müşteri kimliklendirme için geliş bilgisi, son geliş tarihi gibi müesseseye tekrarlı giriş bilgileri temel alındığından dolayı müşteri kişiselleştirme bir noktadan sonra benzerlikler göstermeye başlamaktadır. Örneğin aynı sıklıkta müesseseye gelen ve son geliş tarihi aynı olan müşteriler aynı kategoride değerlendirilecek ve müşterileri birbirinden ayırt edecek diğer bir bilgi bulunmayacaktır. Müşterilerin müessese içerisindeki davranışları ve alışveriş içeriği geçmişleri gibi verilerin tutulması ve değerlendirilmesi KioYTS kapsamı dışındadır.

2.2 Geçmiş Çalışmalar

Pazarlama sektöründe, KioYTS’ nin çalışmasına yönelik, sanal olmayan alışveriş ortamlarında müşteri tanımaya yönelik çalışmalar yapılmaktadır ancak ticari olarak ortaya konulan ürünler mevcut değildir. Ancak oluşturulması planlanan ürünlere ait patentler kayıtlı olarak bulunmaktadır (Amerikan Patent Ofisi).

- **Birleşik Devletler Patenti, 6513015, Kimliklendirme Ve Görsel Veri Aktarımının Kablosuz Olarak Yapıldığı Müşteri Tanıma Sistemi:**

Fujitsu Şirketi'nden Nobuo Ogasawa' nın patent sahibi olduğu sistem, 09/25/1998 tarihinde kayıt altına alınmıştır. Sistem içerisinde, tanıma işlemi gerçekleşecek olan müşterilerin, her müşteri için tekil bir numara içeren müşteri kimlik kartlarını yanlarında bulundurmaları gerekmektedir.

Müşterinin ortama girmesi ile, müşteri giriş görüntüsü kamera görüntüsü alınan müşterilerin bu görüntüleri müşteri kimlik numarası ile ilişkilendirilmektedir. Müşteri kimlik numarası, ağ sunucusunda bulunan bir veritabanı içerisinde değerlendirilerek müşteri profil bilgileri çıkarılır. Bu bilgiler içerisinde, müşteri ismi, ilişkili müşteri bilgileri, müşteri geçmiş davranışları gibi bilgiler yer almaktadır. Müşteri görüntüsü, kimlik numarası ve veri tabanından edinilen bilgiler, mağaza içerisindeki personel ekranına gönderilerek, personel tarafından müşteri tanımanın gerçekleşmesi sağlanmaktadır (Amerikan Patent Ofisi).

- **Wipo Patenti, WO/2008/005834, Müşteri Tanımda Biyometrik Destek:**

InterTech Grup' dan Jerry Zucker' in patent sahibi olduğu sistem, 29/06/2007 tarihinde kayıt altına alınmıştır. Sistem, tanıma birimi ve karşılama biriminden oluşmaktadır. Müşteri Tanıma Sistemi (Customer Recognition System) ile bütünleşik çalışan karşılama sistemi ile mağaza ya da alışveriş merkezine giriş yapan müşterilerin karşılanması hedeflenmektedir.

Müşteri Tanıma Sistemi, müşteri tanımayı gerçekleştirerek, ilgili müşteri bilgilerini karşılama sistemine gönderir. Karşılama sistemi, müşteri için özelleşmiş bir karşılama mesajı üreterek, müşteriyi karşılar (Amerikan Patent Ofisi).

KioYTS, özellikle 2. sistem ile benzerlik göstermekte fakat bazı temel özellikler bakımından farklılıklar taşımaktadır. 2. sistem içerisinde sadece müşteri karşılama amaçlanmakta iken, KioYTS ile, tanıma sonucu istenen bir çıkış uygulaması ile

birleştirilebilecek yapıda olacaktır. Bu uygulama daha önce de bahsedildiği üzere, müşterinin tekrarlı giriş sayısı, son geliş tarihi gibi bilgileri gibi sistem sahibi tarafından belirlenecek bilgileri de kullanabilecek ve dinamik olarak güncelleyebilecektir. Tanıma sonucu da yine KioYTS içerisinde değerlendirilerek, 2. bir birim bu iş için kullanılmayacaktır.

3 YÜZ TANIMA TEKNOLOJİLERİ

Yüz algılama, insan algılama sistemi içerisinde özel bir bölümdür. Bireylerin hayatının çok büyük bir kısmında gerçekleşen bu rutin fonksiyonun bilgisayar sistemlerine yansıtılabilmesi hala canlı bir çalışma alanıdır. Yüz algılama sadece bilgisayar dünyasının değil psikiyatri ve nöroşirurji bilim dallarının da önemli bir çalışma alanıdır. Son 30 yıl içerisinde, bu bilim adamlarından oluşan geniş bir araştırmacı grubu, insan ve makinalar arasındaki yüz algılama davranışlarını ve farklılık gösteren taraflarını incelemektedir (W.Zhao, 2003). Bu inceleme konularından birisi insan beyninde gerçekleşen yüz algılama işleminin bütünsel mi yoksa öznitelik tabanlı mı olduğudur. Geline sonuç, yüz tanımanın diğere nesnelere tanımayaya göre özelleşmiş bir algı olduğudur. Bunun bir kanıtı olarak Yüz Körlüğü (Prosopagnosia) hastaları gösterilebilir. Bu hastalarda beyin içerisinde yüz algılama için özelleşmiş bölgenin çalışmamasından dolayı yüz tanıma gerçekleşmemektedir. Yüz Körlüğü hastalığına sahip hastalar, bireyleri ses, saç, siluet gibi unsurlar ile tanıyabilmektedirler. Dünya popülasyonunun %3' ü bu hastalıktan muzdarip iken, ABD' de bu sayı 30 milyona ulaşmaktadır. Hastalık sebebi, Harvard Üniversitesi' nde yapılan araştırmalar ışığında, kafa travması, fel gibi rahatsızlıkların sonucunda görülen beyin hasarı ve genetik faktörlerdir (Harvard Üniversitesi Yüz Körlüğü Araştırma Merkezi).



Şekil 3.1 Yüz körlüğü örneği

Bilgisayarlı görme ve görüntü analizinde, özellikle son 10 yıl içerisinde, en başarılı uygulama alanlarının başında yüz tanıma uygulamaları gelmektedir (Zhao, Chelappa, 2000). Ancak multimedya dünyasının giderek gelişmesi ile, yüz tanıma uygulamaları daha da önem taşımaya başlamış ve günlük hayatımıza girmiştir. Bu

uygulamaların başında güvenlik uygulamaları ve izleme uygulamaları gelmektedir (Zhao, Chelappa, 2000). Yüz tanıma uygulamalarına gösterilen özel ilgi, AFGR, AVBPA gibi yüz tanıma konferanslarının düzenlenmesi ve yüz tanıma teknolojilerinin sistematik olarak değerlendirildiği özel FERET ve XM2VTS gibi değerlendirmelerin varlıkları ile kanıtlanmaktadır (Zhao, Chelappa, 2000).

3.1 Karşılaşılan Zorluklar

Yüz tanıma uygulamalarında dış etkenler önemli sonuçlar doğurarak yüz tanıma sonuçlarını etkiler (Gross, Shi, Cohn, 2001). Bu etkenler ve KioYTS ortamında varsayılan değerler bu bölümde açıklanmaktadır.

3.1.1 Poz Açısı

Yüz 3 boyutlu bir obje olduğundan kamera açısının değişmesi ile birlikte yüz görüntüsü değişikliklere uğramaktadır. Bu sebeble kamera açısı ve poz değişiklikleri yüz tanıma uygulamalarında başarı oranını etkiler. Yüzleri sadece bir açıdan öğrenmiş olsaydık, aynı yüzü diğer bir açıdan gördüğümüz zaman tanıma zorluğu çekerdik. Aynı şekilde bir açıdan alınan ve sisteme kayıtlanan yüz görüntüsü mevcutken, farklı bir açıdan alınan tekrarlı giriş görüntüsü mevcut eğitim kümesi ile kıyaslanırken açı değerleri tutarlı olmadığından başarı oranını düşürür. Yapılan bir çalışma, 32 derece' den az şekilde dönmüş yüz açısı bulunan görüntülerde, 32 dereceden fazla dönmüş yüz açısı bulunanlara oranla, yüz tanıma başarısının arttığını göstermektedir (Gross, Shi, Cohn, 2001).



Şekil 3.2 CMU PIE veritabanı, poz açısı faktörü

Şekil 3.2' de c27 ve c37 kod numaralı 2 farklı örneği görülen farklı poz açılarından çekilmiş yüz görüntüleri, 0-180 derece aralığında poz açısı farklılıklarının 3 boyutlu olarak görüntülediği bir veri tabanı olan CMU PIE veritabanından alınmıştır (Gross, Shi, Cohn, 2001).

KioYTS ortamında, müşterilerden ön yüz görüntüsü vermeleri istenmekte ve uygun görüntünün alınması gerçekleşmektedir. Ancak eğitim kümesi oluşturulurken, bir kişiye ait olarak kullanılan $n > 4$ adet eğitim görüntüsünden en az 1 tanesinin en fazla 32 derece dönmüş olmasına dikkat edilmektedir. KioYTS müşteri görüntü veri tabanı ve içeriğinden ilerleyen başlıklarda bahsedilecektir.

3.1.2 Işıklandırma Koşulları

Yüz tanıma uygulamalarında alınan görüntü üzerinde, iç-dış ortam farklılıkları, zaman farklılıkları gibi koşulların değişmesi ile ışıklandırma çeşitlilikleri kaçınılmaz olarak oluşmaktadır. Yüzün 3 boyutlu yapısından dolayı, doğrudan ışık veren bir kaynak ile yüz üzerinde gölgeler oluşabilmekte ve bu gölgeler ile yüz öğeleri çok vurgulanabilmekte ya da tam tersi ayırt edilemez olabilmektedir.

Yüz tanıma teknolojileri ile ilgilenen çalışma gruplarının çalışmalarının yer aldığı, ortak olarak izledikleri ve senelik çalışmalarının ve test sonuçlarının yayınlandığı bir test olan, Facial Recognition Vendor Test (FVRT) ismini taşıyan raporda da ışık etkilerinden bahsedilmiş ve tanıma başarısını azalttığı bilgisi yer almıştır (Gross, Shi, Cohn, 2001). Ancak ışıklandırma koşullarının yorumlanması oldukça güçtür. Işıklandırma farklılığı 2 şekilde oluşabilir. İlki, yüzden yansıyan ışık miktarı ile, diğeri gamma düzeltmesi, kontrast ayarı gibi dahili kamera kontrolleri üzerindeki tutarsızlıktan dolayı oluşur. Her ikisinde yüz görünümü üzerinde büyük etkileri oluşmaktadır. Ancak ikinci faktör insan gözü ile algılanamamakta ve bilgisayarlı görme yöntemleri ile değerlendirilmektedir (Gross, Shi, Cohn, 2001).



Şekil 3.3 CMU PIE veritabanı, ışıklandırma faktörü

Yine CMU PIE veritabanında yer alan ışıklandırma faktörüne göre çeşitlendirilmiş 2 adet yüz görüntüsü yukarıda görülmektedir. Bu görüntülerden ilki normal oda koşullarında, diğeri ise flash kullanılarak görüntülenmiştir (Gross, Shi, Cohn, 2001).

KioYTS sisteminde, ışıklandırma farklılığı olarak birinci faktör ele alınmakta ve görüntü alınacak olan ortamın ışıklandırma koşullarının optimum tutularak sabitlenmesi ile bu şekilde bir ışıklandırma farklılığının önlenmesi sağlanmaktadır.

3.1.3 İfade Çeşitlilikleri

Yüz değişken ve hareketli bir öge olduğundan, yüz ifade çeşitlilikleri yüz tanıma uygulamalarını çeşitli şekillerde etkiler. İnsan yüzünde yer alabilecek ifade çeşitlilikleri binlerle ifade edilmektedir. İfadelerin yüz tanımaya olan etkileri hala tam anlaşılmamaktadır (Zhao, Chelappa, 2003), bu yüzden dolayı yüz tanıma çalışmalarının çoğunda nötr ifadeler ve tebessüm ifadeleri dışında iddialı yüz ifadeleri tercih edilmemektedir.



Şekil 3.4 Cohn-Kanade AU ifade veritabanı

Cohn-Kanade AU yüz ifade veritabanı içerisinde yer alan bazı ifadeler Şekil 3.4'de gösterilmektedir (Gross, Shi, Cohn, 2001). İlk sırada yer alan ifade nötr yüz ifadesidir. KioYTS içerisinde ifade çeşitliliklerinin etkilerini en aza indirmek için mimik içermeyen, nötr yüz ifadesi alınmaktadır. Ancak eğitim seti içerisinde hafif tebessüm içeren yüz görüntülerine de yer verilmektedir.

3.1.4 Kapanma Etkisi

Yüz objesinin görüntü alınması aşamasında şapka, gözlük gibi aksesuarlara sahip olması ya da diğer yüz objeleri ile kesişmesi kapanma durumunu ortaya çıkarır. Kapanma etkisi istemli ya da istemsiz olabilir. Kapanma etkisi yüz görüntüsü üzerinden veri kaybı anlamına gelmekte olup, tanımayı olumsuz etkilemektedir.



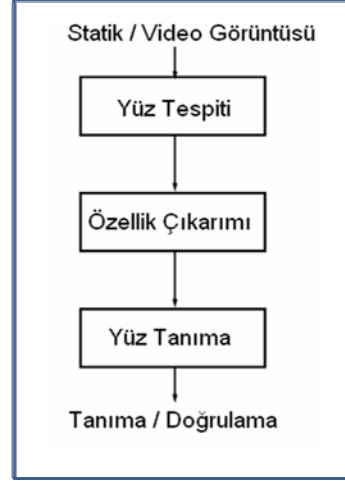
Şekil 3.5 AR yüz veri tabanı, kapanma etkisi

Kapanma etkisine örnek olarak yukarıdaki şekilde yer alan atkı ve gözlük kapanmaları gösterilebilir(Gross, Shi, Cohn, 2001).

KioYTS'ye girdi olarak alınan yüz görüntüsünün kapanmaya yol açacak etkileri (gözlük, atkı, .. vs) barındırmayacağı varsayılarak görüntü içerisinde birden fazla yüz objesi olması durumunda, sistem tarafından algılanan en yakın ön yüz görüntüsünün alınması sağlanır.

3.2 Yüz Tanıma Adımları

Yüz tanıma problemi genel anlamda, statik bir görüntüden ya da bir video görüntüsünden sahne üzerinde bir veya daha fazla kişiyi, veri tabanında yer alan yüz görüntülerini kullanarak kimliklendirmek ya da doğrulamaktır.



Şekil 3.6 Genel otomatik yüz tanıma adımları

Yüz tanıma sistemleri genel olarak 3 adımdan oluşmaktadır (Şekil 3.6). Bu adımlar; yüz görüntüsünün giriş görüntüsünü oluşturan statik görüntü ya da video girişindeki sahne üzerinden tespit edilmesi, yüz ayırt edici özelliklerinin çıkarılması ve kimliklendirme, doğrulama yapılmasıdır. Bu adımlar temel adımlar olmakta ve bazı uygulamalarda bazı adımlar birleştirilmekte, bazı uygulamalarda ise başka adımlar eklenebilmektedir. Otomatik yüz tanıma sistemlerinde yüz tanıma adımı en önemli adımını oluşturmaktadır.

3.2.1 Yüz Tespiti

Otomatik yüz tanıma sistemlerinde gerçekleştirilen ilk adımdır. Sahne içerisinde yüz görüntüsünün arka plan görüntüsünde tespit edilerek ayrılır. Yüz tespitinde en sık kullanılan yaklaşımlar, yüz şablonu kullanılması, ten rengi kullanılması ve yapay sinir ağları kullanılması şeklindedir (Zhao, Chelappa, 2003).

KioYTS içerisinde yüz tespitinde ten rengi kullanılmaktadır. Detaylı anlatım, KioYTS Yüz Tespit modülü bölümünde yer almaktadır.

3.2.2 Özellik Çıkarımı

Genel olarak yüz görüntüsü içerisinde en karakteristik yüz unsurlarının belirlenmesidir. Bu yüz unsurları, göz, ağız, burun gibi unsurlardır. Yüz özellik çıkarımında izlenen temel methodlar; köşe, çizgi, kıvrım öğeleri kullanılarak yüz özelliklerinin çıkarılması, öznitelik şablonları kullanılarak yüz özelliklerinin

çıkarılması ve yüz özelliklerinin geometrik yapıları kullanılarak yüz özelliklerinin çıkarılmasıdır (Zhao, Chelappa, 2003).

KioYTS içerisinde, yüz özelliklerinin çıkarımı, KioYTS Tanıma modülü içerisinde, Eğitim ve Test alt modülleri içerisinde, uygun yüz görüntülerinin tespit edilmesi için kullanılmaktadır. KioYTS içerisinde kullanılacak Bütüncül Yaklaşım'ın gereği olarak, ölçeklendirilmiş yüz içerisinde yer alan göz, ağız gibi yüz özelliklerinin konumlarının aynı olması gerekmektedir. Detaylı anlatım KioYTS Yüz Tespit modülü içerisinde anlatılmaktadır.

3.2.3 Yüz Tanıma

Tespit edilen ve özellik çıkarımı yapılan yüz nesnelere, hazırlanan eğitim kümesi üzerinden tanıma işlemi bu adımda gerçekleşir. 2 kategoride değerlendirilmektedir (Gross, Shi, Cohn, 2001).

3.2.3.1 Bütünsel Yaklaşımlar

Şablon tabanlı yaklaşımlar ya da istatistiksel yaklaşımlar olarak da adlandırılmaktadır. Bir test yüz görüntüsü ile varolan yüz şablonlarının korelasyonunun hesaplanması ile tanıma yapılmasıdır. Bu şablonlar yüz öznitelikleri olarak değerlendirildiklerinde, yüzün genel özniteliklerinden oluşmaktadır ve yüzün bazı bölgeleri değil bütünü değerlendirilmektedir.

Başlık içerisinde, KioYTS Tanıma modülü içerisinde kullanılan Temel Bileşen Analizi başlığı diğer başlıklara göre daha detaylı anlatılmakta, diğer tanıma yöntemleri hakkında özet bilgi verilmektedir.

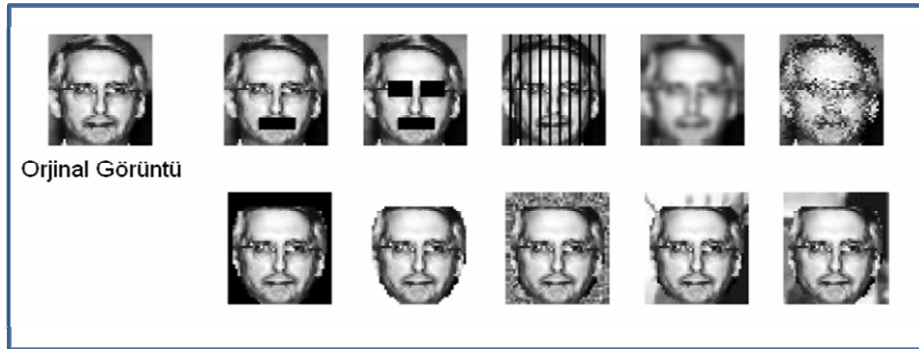
3.2.3.1.1 Temel Bileşen Analizi (TBA)

Tanıma işleminde yapılacak en basit sınıflandırma, test görüntüsünün eğitim kümesindeki en yakın komşusunun bulunması şeklindedir. Bu sınıflandırma işlemi için varolan görüntü boyutu kadar işlem yapılmalı ve görüntüler arasındaki korelasyona bakılmalıdır ve bu işlem hesap maliyetini artırmaya sebep olmaktadır.

TBA ile tanıma görüntüsünün boyutunun azaltılması ve yeniden ifade edilmesi gerçekleştirilir. Sirovich ve Kirby tarafından 1987 senesinde ortaya atılmıştır ve

günümüzde yüz tanıma uygulamalarında kullanılan temel yaklaşımdır (Gross, Shi, Cohn, 2001). Karhunen-Loeve metodu olarak isimlendirilir (Belhumeur, 1997). Görüntüler, görüntü matrisi şeklinde ifade edilerek, görüntü matrisinin temel bileşenleri olan özvektörler ve özdeğerler bulunur, görüntü bu temel bileşenlere göre yeniden düzenlenir ve özgörüntü elde edilir. Turk ve Pentland tarafından 1991 senesinde gerçekleştirilen ve gerçek anlamda gerçekleştirilen ilk yüz tanıma uygulaması olan çalışmada özgörüntüler kullanılmıştır. Özgörüntü yerini özyüz kavramına bırakmıştır (Zhao, Chelappa, 2003). Amaç görüntü uzayındaki bir görüntünün özyüz uzayına yansıtılması ve işlemlerin düşük boyutlu bu uzayda yapılmasıdır.

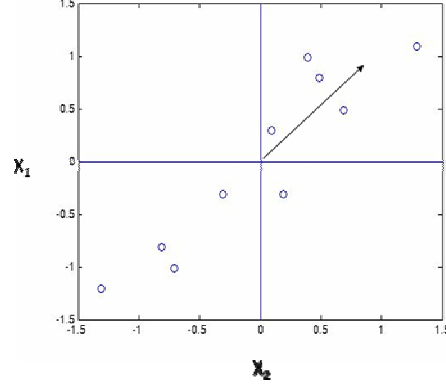
Görüntünün temel bileşenler şeklinde ifade edilmesinin en önemli avantajı, görüntünün genel özellikleri ele alındığından dolayı gürültüye karşı duyarlılığı azalmaktadır (Zhao, Chelappa, 2003). Bulanıklık, kısmi kapanma ve arka plan değişiklikleri gibi koşullar altında özyüz tabanlı sistemler başarılı performans sergilemiştir (Gross, Shi, Cohn, 2001) ve Şekil 3.7’ de bu çalışmadan alınan, orjinal görüntü üzerinde oynanarak bozulmuş ve doğru kimliklendirilmiş görüntüler görülmektedir.



Şekil 3.7 Çeşitli şekillerde bozulmuş görüntüler

Eğitim kümesi içerisinde yer alan görüntüler, boyut azaltılma işleminden sonra özyüzler şeklinde ifade edilmekte ve özyüz uzayını oluşturmaktadır. Özyüz uzayında yer alabilecek maksimum özyüz sayısı, eğitim kümesi içerisindeki görüntü sayısı kadardır.

Görüntü uzayındaki görüntülerin temel bileşenleri (özdeğer, özvektör) hesaplanırken, ilk olarak eğitim kümesini oluşturan görüntülerin kovaryansı hesaplanır, ve kovaryans matrisi üzerinden temel bileşenler bulunur.

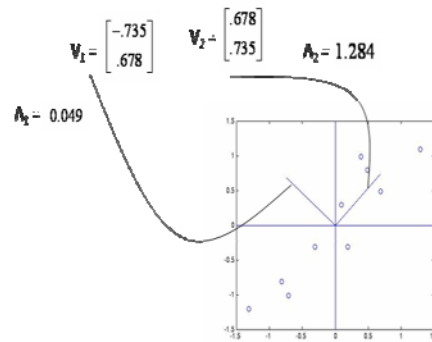


Şekil 3.8 Görüntülerin kovaryans matrisi dağılımı

Temel bileşenler hesaplanırken, dağılım içerisinde her yöne özvektörler çizilerek, kovaryans matrisinin (Ω) bu özvektörler (V) ve ilişkili özdeğerlerle (Λ) ifade edilmesi sağlanır.

$$\Omega V = \Lambda V \quad (3-1)$$

Şekil 3.8' de örnek bir kovaryans dağılımı, ve dağılımı ifade eden bir özvektör görülmektedir. Şekildeki gibi dağılımı düzgün olarak ifade eden özvektörler sınıflandırma için başarılı bir şekilde kullanılabilirler.



Şekil 3.9 Kovaryans matrisi temel bileşenleri

Şekil 3.9' da gösterilen V_2 özvektörü kovaryans dağılımını düzgün bir şekilde ifade etmediği, özdeğerinin sıfıra çok yakın bir değer olmasından anlaşılmaktadır.

Dağılımı ifade eden özvektörler, özdeğerleri sıfırdan farklı olanlardır. Özüzyay içerisinde özvektörler (özüzyay) sıralanırken, özdeğerleri en yüksek olan özvektörlerden, özdeğerleri en düşük olanlara doğru alınır.

Özyüz uzayında gerçekleştirilen adımlar;

- Özyüz uzayının ilklendirilmesi
- Test görüntüsü geldiğinde, görüntünün özyüz uzayına yansıtılması ve her bir özyüz ile ağırlık farkının hesaplanması
- Farkların Öklit (Euclidean) uzaklığına bakılarak, en yakın bulunduğu özyüz ile arasındaki ağırlık farkı bir eşik değerinin altında ise, ilgili özyüz ile ilişkilendirilmesi

Ancak özyüz yaklaşımında sınıf içi dağılım dikkate alınmamakta, sadece sınıflar arası dağılım ilgi konusu olmaktadır.

KioYTS Tanıma modülünde, en temel ve başarısını kanıtlamış (Turk, Pentland, 1991) yüz tanıma yöntemi olan temel bileşen analizi ile özyüz uzayı yapılandırılacaktır. Konu ile ilgili detaylı anlatım ve yapılan algoritma iyileştirmeleri ilerleyen bölümlerde yer almaktadır.

3.2.3.1.2 Doğrusal Ayırıcı Analizi

Özyüz yaklaşımına alternatif bir yaklaşımdır. Fisher Doğrusal Ayırıcı (FDA) analizi olarak isimlendirilmektedir. 1939 senesinde Robert Fisher tarafından, model tanıma tekniği olarak yayınlanmış bir yaklaşımdır (Turk, Pentland, 1991). Kullanılan özelliklerin değişimi ile bilgisayarlı görme ve yüz tanıma alanlarında da kullanılmaktadır. Yüz tanıma alanında ilk gerçekleşmesi ile, Belhumeur tarafından Fisher-yüz (Fisherfaces) kavramı ortaya çıkmıştır ve TBA+FDA yaklaşımı da denilmektedir (Turk, Pentland, 1991).

FDA ile, farklı sınıflara ait verilerin birbirlerinden uzaklaştırılmalarını ve aynı sınıfa ait verilerin birbirlerine yaklaştırılmalarını sağlayan en iyi dönüşümün yapılması amaçlanmaktadır.

Sınıf içi dağılım (S_w) ve sınıflar arası dağılımlar (S_B) hesaplanarak, bu dağılımlar arası ilişki kurulmakta ve ilişkinin özdeğer ve özvektörleri hesaplanmakta ve Fisher-yüz uzayı oluşturulmaktadır (3-2).

$$S_B V = \Lambda S_w V \quad (3-2)$$

Fisher-yüz yöntemi içerisinde, görüntü uzayındaki eğitim görüntüleri yüz uzayına yansıtılırken, TBA yöntemi kullanılarak boyut azaltımı yapıldıktan sonra, doğrusal ayırıcı uzayına yansıtılır. Özüzy yaklaşımına göre işlem karmaşıklığı daha fazladır (Chelappa, Wilson, 1995).

Fisher-yüz yaklaşımında, özyüz yaklaşımına göre hata oranı daha düşüktür (Shakhnarovich, 2004). Fisher-yüz yaklaşımı, özyüz yaklaşımına göre farklı ışık koşulları ve farklı ifadelerde daha başarılıdır. Ancak KioYTS içerisinde yer alan ışık ifade gibi koşulların varsayımları sonucunda, zaten çeşitliliğin kısıtlandığı görülmektedir.

3.2.3.2 Özellik Temelli Yaklaşımlar

Her bir görüntü için, görüntüye ait özellik değerlerinin saklanması ve sınıflandırma için kullanılmasıdır. Saklanacak veri boyutu ciddi oranda azalmaktadır. Manjuath'ın çalışmasında, Gabor dalgacıklarını kullanarak, 35-45 adet yüz özelliği çıkarılmıştır (Chelappa, Wilson, 1995).

Tanım aşamasında, özelliklerin topolojik bilgileri kullanılır. Bu bilgiler $\{S, q\}$ bilgileridir ve özellik noktaları $i = \{1, 2, 3, \dots, \text{özellik sayısı}\}$ olmak üzere, V_i düğümleri şeklinde ifade edilir. S , özellik noktasının uzaysal konumu, q ise özellik vektörüdür. i . özellik noktasına ait özellik vektörünün (q_i), N adet en yakın komşuya olan uzaklığı, açısal ve konumsal uzaklık olarak, j . en yakın komşu için, $Q_j(x, y, \theta_j)$ şeklinde ifade edilir.

$$q_i = [Q_i(x, y, \theta_1), \dots, Q_i(x, y, \theta_N)] \quad (3-3)$$

Giriş düğümlerinden oluşan giriş çizgesi (I) ile kıyaslama yapılacak çıkış çizgeleri (O) arasındaki korelasyonlar hesaplanarak yüz tanıma gerçekleşmiş olur.

3.2.3.3 Yapay Sinir Açı Yaklaşımları

Yüz tanıma uygulamalarında yapay sinir açı yaklaşımları, cinsiyet tanıma ve yüz ifade tanıma gibi daha özelleşmiş problemlerde başarılıdır. Kohonen tarafından yapılan bir çalışma ile yüz tanıma uygulamalarında ilk kez yapay zeka yaklaşımı gerçeklenmiştir. Büyük veri kümeleri için uygun değildir, çünkü veri sayısı arttıkça, yapay sinir açı düğüm sayısı artmaktadır (Zhao, Chelappa, 2003).

4 HİPOTEZ

Tez çalışmasında, pazarlama sektöründe müşteri tanıma problemi üzerinde durulmakta, yüz tanıma teknolojilerinin bu problemi adresleyen bir çözüm olup olmadığı değerlendirilmektedir. Çalışma içerisinde, 3 temel hipotezde bulunulmakta ve çalışma sonucunda elde edilen veriler, deneysel sonuçlar ve gözlemler sonucunda hipotezler değerlendirilmektedir.

Hipotez 1: Yüz Tanıma etkin bir biçimde müşteri tanıma uygulamalarında kullanılabilir.

- Çalışmanın başında yer alan araştırmaların sonuçlarına dayanarak, yüz biyometrik belirleyicisinin en etkin biyometrik belirleyici olması.
- Bireylerin, tanıma yapılan ortam içerisinde, tanınmaları gerçekleşirken, akıllı ortamın bireye özgü doğal bir tanıma yaklaşımında bulunmasından dolayı rahatlıkla sistemi kullanabilecek olması.
- Müşteri tanıma uygulamalarının, kimliklendirme ve yetkilendirme alanlarının aksine, %100 başarı gerektirmeyen bir çalışma alanı olması.
- Son 30 sene içerisinde, büyük bir hızla gelişmekte olan yüz tanıma teknolojileri ile yüz tanıma uygulamalarında önemli başarılar elde edilmesi ve hata oranının düşük olması.

Bu hipotez öne sürülürken dikkate alınan noktalardır.

Hipotez 2: Müşteriler, bir akıllı ortam olarak geliştirilen yüz tanıma sistemini, geliştirilen basit bir kullanıcı grafik arayüzü yardımı ile kolayca kullanabilir ve sistemden yararlanabilirler.

- Sistemin bazı temel adımlardan oluşmasından dolayı fonksiyonel olarak gruplanmış ve sayısı minimuma indirilmiş kullanıcı grafik arayüzü elemanlarından oluşturulmaya müsait olması ve bu sayede kullanımının kolaylıkla kavranabilir yapıda olması.

- Yüz tanıma adımlarının, en basit haliyle oluşturulabilecek bir kullanıcı grafik arayüzü kullanırken, bilgi ve yönlendirme mesajları ile gerçekleştirilmek için uygun olması.

Bu hipotez öne sürülürken dikkate alınan noktalardır.

Hipotez 3: Bir yüz tanıma uygulaması şeklinde gerçekleştirilen müşteri tanıma sistemi, kabul edilebilir bir hızla çalışacaktır.

- Gerçek zamanlı bir yüz tanıma uygulaması şeklinde oluşturulacak bir müşteri tanıma sistemi içerisinde, müşterilerden ekstra bir çaba istenmeden, müşterilerde davranış değişikliği oluşturulmadığından Bekle ve İfade Et süresinin düşük olması ve sistemde kullanılacak giriş verisinin müşteri bekletilmeden alınması.
- Giriş verisi için çok sayıda uygun görüntü alınmaması bunun yerine uygun giriş görüntüsünün içerisindeki görüntü dizilerinden çıkarılacağı bir video görüntüsü alınması bu sayede bireyin görüntü çekimi için daha az zaman harcanması.
- Yüz tanıma teknolojileri konusunda başarısı kanıtlanmış, işlem süresi kabul edilebilir bir aralıkta olan algoritmaların gerçekleştirilecek olması.

Bu hipotez öne sürülürken dikkate alınan noktalardır.

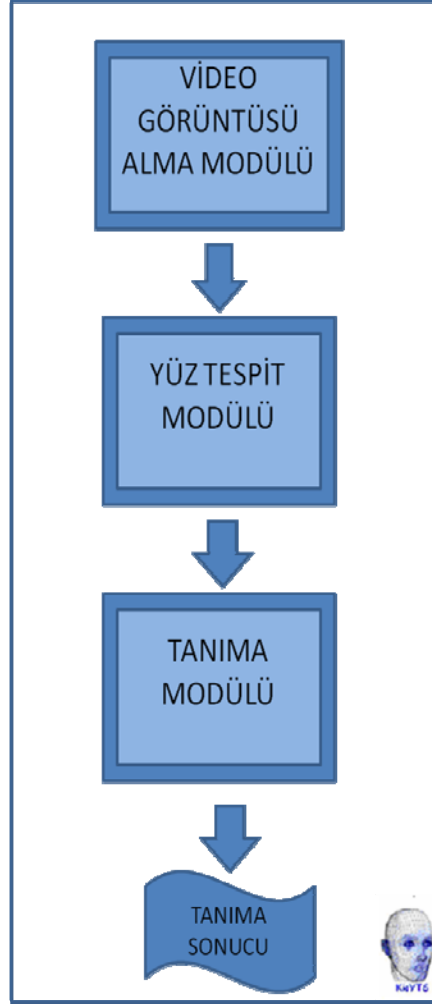
5 KİOYTS SİSTEM TASARIMI

Tez kapsamında geliştirilen Kiosk Yüz Tanıma Sistemi, bir kiosk otomatu ile bütünleşik çalışacak şekilde tasarlanmış olup bir kamera donanımı ile sistemin kullanılacağı alana yerleştirilmesi öngörülür. Bu donanım ile alınan video görüntüsü üzerinden müşterilerin yüz biyometrik belirleyicisi kullanılarak tanınmaları gerçekleştirilir. KioYTS, alışveriş merkezinin optimum çevresel faktörlere sahip bir alanına konumlandırılarak, bu ortamın bulunduğu alan tez çalışmasında KioYTS ortamı şeklinde anılacaktır.

KioYTS temel olarak 4 ana modülden oluşur. Bu modüller sırası ile ortamdaki video görüntüsünün alınmasını içeren Video Görüntüsü Alma modülü, sağlanan video görüntüsünden yüz görüntüsünün tespit edilmesini ve çıkarılmasını içeren Yüz Tespit modülü, tanıma uzayını oluşturacak eğitim yüz görüntüleri üzerinden, özgün yüz bilgileri olan temel özellik değerlerinin çıkarılması ve özyüz (eigenface) uzayının oluşturulmasını içeren Yüz Özellik Çıkarımı modülü, sisteme yüz tanıma girişi olarak verilen test görüntüsü üzerinden, özyüz uzayı değerlerine göre tanıma işleminin yapıldığı Tanıma modülüdür.

KioYTS sisteminde, ortama ilk defa gelen müşterilerin görüntüleri, Video Görüntüsü Alma modülü ile alınarak bu görüntüler ile eğitim kümesi oluşturulur. Eğitim kümesini oluşturan yüz görüntüleri tekrarlı girişlerde tanıma işlemine alınacak müşterilerin görüntüleri olacaktır. Yüz Özellik Çıkarımı modülü eğitim kümesi görüntüleri üzerinden çevrimdışı olarak çalışarak, yüz özellik uzayının özellik değerlerini oluşturarak KioYTS' i gerçek zamanlı Yüz Tanıma modülü için hazır hale getirir.

Yüz Tanıma modülünde, giriş test görüntüsü, Video Görüntüsü Alma modülü ile alınır ve özyüz uzayına yansıtılarak özyüz uzayı elemanları ile kıyaslanması ile tanıma işlemi yapılır. Belirlenen bir eşik değerine bağlı olarak tanımlanamayan bir yüz olarak etiketlenmişse, sistem alacağı geri besleme sonucunda bu yüzü eğitim kümesine ekleyerek, bir sonraki tanıma uygulamasında özyüz uzayına eklenmesini ve sonraki uygulamalarda tanınabilmesi sağlar. Bu şekilde KioYTS kendi kendine öğrenme yeteneği kazanmış olur.



Şekil 5.1 KioYTS sistem şeması

Şekil 5.1’de KioYTS ‘yi oluşturan modüller gösterilmektedir. İlerleyen bölümlerde her bir modül detaylı bir şekilde anlatılacaktır.

5.1 KioYTS Sistem Modülleri

KioYTS 4 ana modülden oluşmaktadır, bu bölümde modüller incelenmektedir.

5.1.1 Video Görüntüsü Alma Modülü

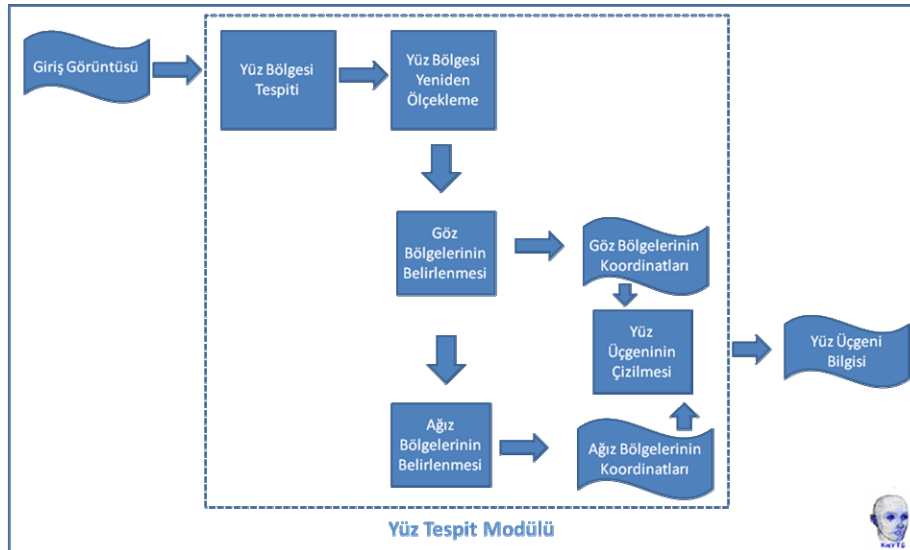
KioYTS sistem girdisini video girişi oluşturmaktadır. Kiosk ile bütünleşik olarak çalışan sabitlenmiş bir video kamera ile kişilerin mimik içermeyen, nötr ön yüz görüntüleri alınmaktadır. Yüz tanıma sisteminin girişinin video verisi olması, sistemin verimli çalışmasını sağlamaktadır.

Bunun yanında video tabanlı yüz tanıma sistemleri, özellikle bilgi güvenliği, izleme ve erişim kontrolleri uygulamalarında statik görüntü tanıma sistemlerine göre daha avantajlıdır(Zhao, Chelappa, 2003). Tek bir görüntü alınmasının sistem için uygun görüntüyü oluşturmama durumu göz önüne alınarak, video içerisindeki görüntü dizisi içerisinde en uygun yüz görüntüsünün alınması sağlanmaktadır. En uygun yüz görüntüsünün alınması sırasında, yakalanan görüntü eş zamanlı olarak Yüz Tespiti modülü tarafından işlenir.

5.1.2 Yüz Tespiti

Video Görüntüsü Alma modülü ile görüntü dizisi içerisinde yakalanan görüntünün içerisinde uygun yüz görüntüsünün tespit edilmesi ve çıkarılması bu modül tarafından gerçekleştirilir.

Gerçek zamanlı yüz tanıma uygulamalarında yüz tespitinin doğru şekilde yapılması en önemli adımdır ve yüz tanıma performansını doğrudan etkiler(Zhao, Chelappa, 2003). KioYTS yüz tespit modülü içerisinde, video içerisindeki her bir görüntü için, tanıma içerisinde uygun yüz tespit edilene kadar, sırası ile Şekil 5.2' deki adımlar uygulanır.



Şekil 5.2 KioYTS yüz tespit modülü alt modülleri

KioYTS içerisinde görüntü işleme adımları gerçekleştirirken YCbCr renk uzayı tercih edilmektedir. Yüz tespiti için izlenen yöntemin yer aldığı çalışmada RGB renk uzayının yüz tespiti için uygun olmadığı gözlemlenerek YCbCr renk uzayı üzerinden işlemler gerçekleştirilmiştir (Hsu, Mottaleb, 2002).

5.1.2.1 YCbCr Renk Uzayı

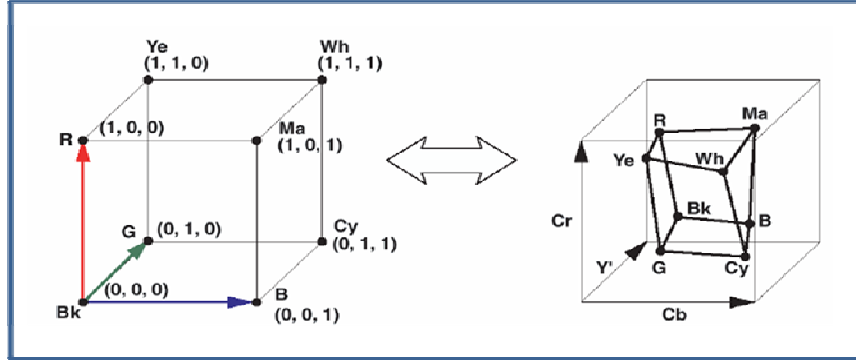
YCbCr renk uzayı MPEG, JPEG gibi video sıkıştırma standartlarında en yaygın kullanılan, düzgün dağılımlı bir uzaydır. Yüz bölgesinin tespiti için bu modül tarafından yapılan işlemler KioYTS giriş görüntülerine uygulanır.

YCbCr renk uzayı, video ve dijital fotoğrafılıkta kullanılan bir renk uzayıdır. Y ile ifade edilen parlaklık, yoğunluk değeri iken, Cb ile mavi , Cr ile kırmızı renklilik durumu ifade edilir.

Video CRT görüntüleme, kırmızı, mavi ve yeşil voltaj sinyalleri kullanılır ancak bu RGB sinyalleri depolama ve aktarım için verimli değildir çünkü fazlalık içermektedir. YCbCr uzayında ise, parlaklık değeri(Y) yüksek çözünürlükte depolanarak yüksek bant genişliklerinde gönderilebilmekte, renk bileşenleri (CrCb) ise, sistem verimini artırmak için düşük bant genişliklerinde, örneklenerek, sıkıştırılarak ya da ayrılarak gönderilebilir.

Y ile ifade edilen parlaklık değeri, tek boyutlu gri değerdir. YCbCr renk uzayı mutlak bir renk uzayı olmamakta RGB renk uzayından bir dönüşüm ile elde edilmektedir(5-1)(5-2)(5-3). Cisimlerin asıl algılanan renkleri RGB ile ifade edilmektedir.

Cb değeri, gri parlaklık değerinin mavi-sarı eksen üzerindeki renk sapma değeri, Cr ise gri parlaklık değerinin kırmızı-cam göbeği eksen üzerindeki renk sapma değeridir. Genel olarak YUV renk uzayı ile karıştırılır. YUV renk uzayı, analog ortam aktarımlarında kullanılan bir renk uzayıdır.



Şekil 5.3 RGB ve YCbCr renk dağılımları

$$Y = 0.2570R + 0.5045G + 0.0980B + 16 \quad (5-1)$$

$$Cr = 0.4373R - 0.3662G - 0.0711B + 128 \quad (5-2)$$

$$Cb = -0.1476R - 0.2897G + 0.4373B + 128 \quad (5-3)$$

5.1.2.2 Yüz Bölgesinin Tespiti

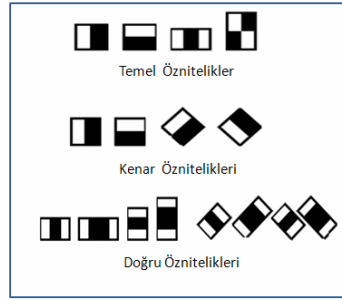
KioYTS içerisinde, giriş görüntüleri üzerinde yüz bölge tespitlerinin yapılabilmesi için Haar-like öznitelikleri kullanan Haar-like Sınıflandırıcı kullanılmaktadır.

5.1.2.2.1 Haar-Like Sınıflandırıcı

Genel olarak nesne tespit işlemlerinde sadece imge üzerindeki parlaklık değerleri ile çalışılmakta ve bu durum maliyeti artırmaktadır. Papagerorgio(Mita, Kaneko, 2005), yaptığı bir çalışmada tanıma işlemi için geleneksel parlaklık değerleri yerine öznitelik kümelerinin kullanılmasını önermiştir. Bu öznitelik kümeleri, görüntü üzerindeki ilgi bölgelerine odaklanması ve bu bölgelerin parlaklık değerlerinin ayrı ayrı toplanmak suretiyle ele alınması esasına dayanmaktadır. İlgi bölgeleri, dikdörtgenlerden oluşmaktadır. İlgi bölgeleri, örneğin insan yüzü için göz, saç gibi bölgeler iken, bir yapı için pencereler olabilmektedir. İnsan yüzü içerisinde göz ve saç bölgelerinin öznitelik kümesine bakıldığında, yüzün

diğer bölgelerine göre yüksek parlaklık değerlerine sahip olduğu görülür. Bu şekilde, nesnelere ait öznelik kümelerinin oluşturulması için, nesnelere kategorilere ayrılması ve bu kategorilerde yer alabilecek ilgi bölgelerinin iteratif olarak farklı tip bir ilgi bölgesi ile güncellenebilmesi gerekmektedir. Bu şekilde tespit edilmesi istenen sınıf hakkında bazı temel bilgilerin kodlanması gerçekleştirilerek, özneliklerin tespiti yönünde sistem veriminin artırılması sağlanmaktadır.

Haar-like öznelikler, imge üzerindeki ilgi bölgelerine ait öznelik kümelerinin değerlerini tespit modülüne kodlayarak ilgili sınıfın tespit işleminin yapılmasını kolaylaştırmakta ve sistem veriminin artırılmasını sağlamaktadır. Haar-like öznelikler ismi, özneliklerin Haar Dalga Dönüşümleri katsayılarına benzer şekilde hesaplanmalarından kaynaklanmaktadır. Haar-like öznelikler kullanılarak yapılan sınıflandırma işlemi, Haar-like sınıflandırıcı tarafından gerçekleştirilmektedir.



Şekil 5.4 Haar-Like öznelikleri (www.intel.com)

İlgi noktalarına ait öznelik kümelerinin değerlerinin hesaplanmasında, kenar, çizgi örnekleri gibi özel örnekler kullanılır. İmge alt pencerelere bölünerek taranarak belirlenen örneklerin imge üzerinde yer alıp alınmadığına bakılmaktadır. Öznelik değerleri hesaplanırken, Haar-like örnek özneliklerinden biri ya da birkaçı kullanılmaktadır.

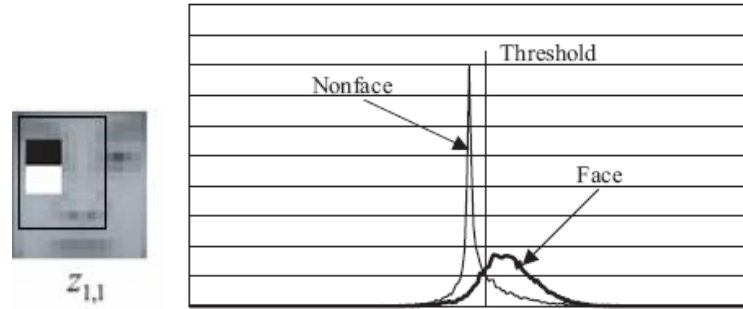
Her bir Haar-Like özneliği Beyaz ve Siyah alandan oluşmaktadır. Öznelik değeri hesaplanırken, siyah ve beyaz alanların içlerindeki, gri parlaklık değerlerinin farkı alınır.

$$f(x) = \text{Toplam}_{\text{siyahalan}} (\text{Piksel Gri Değeri}) - \text{Toplam}_{\text{beyazalan}} (\text{Piksel Gri Değeri}) \quad (5-4)$$

5-4' de görüldüğü gibi, geleneksel yöntemlerde imgenin tümünün parlaklık değerlerinin birlikte ele alınmasının aksine bu şekilde bir yol izlenmesi ile öznelik bölgelerinin birbirlerine göre yakınlık ve uzaklık değerleri de hesaplanmış olmaktadır.

İlgili sınıfa ait pozitif ve negatif imgelerin bulunduğu bir küme içerisinde, seçilen öznelik kümesine ait değerleri hesaplayarak her bir öznelik için bir olasılık değerinin hesaplanması ile eşik değerleri belirlenerek sınıflandırıcının eğitimi yapılmaktadır. Eğitim sonunda, ilgili sınıfa ait en ayırt edici öznelikler, ve her bir özneliğin bulunduğu nokta ve öznelik ölçüğü hesaplanır.

Örneğin, $z_{1,1}$ öznelik örneğinin imge alt pencerelerinden birinin üzerine uygulanması ile ortaya çıkan eşik değeri şekilde gösterilmektedir.



Şekil 5.5 Öznelik eşik değeri (Mita, Kaneko, 2005)

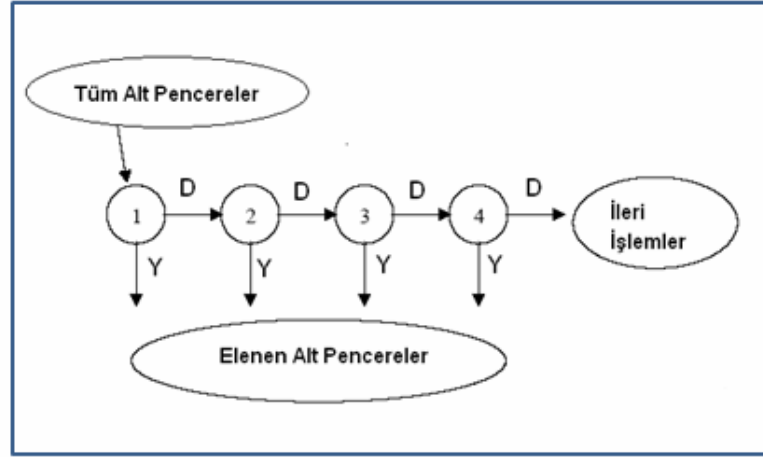
Bu şekilde imge üzerinde yüz olan ve olmayan bölgelerin başarılı şekilde ayrıldığı öznelik örnekleri sınıflandırıcı tarafından o sınıf için kullanılır.

KioYTS içerisinde kullanılan Haar-Like Sınıflandırıcı, OpenCV bilgisayarlı görme kütüphanesi tarafından sağlanmaktadır. OpenCV kütüphanesinin yüz tespiti için kullanılmasının sebebi aşağıdaki şekilde sıralanmaktadır.

- Gerçekleşmiş ve hazır bir yüz tespit sınıflandırıcısıdır.
- Tekrar eğitim yapılmaksızın, varolan bir xml dosyasında eğitim verileri saklanmakta ve eğitim verileri bu dosyadan alınmaktadır.

- Herhangi bir boyutta yüz tespit işlemini gerçekleştirir.
- 384*288 piksel boyutunda görüntü için, bir video üzerinden saniyede 15 imge işleyerek yüz tespit işlemini gerçekleştirir. KioYTS içerisinde gerçek zamanlılık önemli bir kavram olduğundan hız önem taşımaktadır.

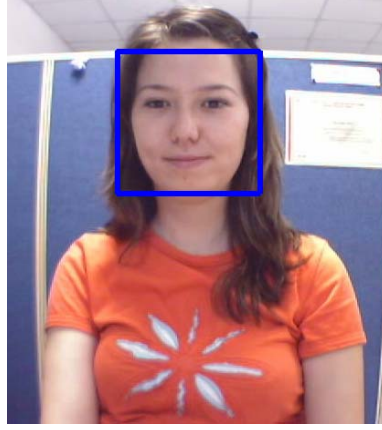
OpenCV Haar-Like sınıflandırıcı işleyişinde ilk olarak kullanılacak her bir öznelik bir basit sınıflandırıcı ile ilişkilendirilir. Bu basit sınıflandırıcılar ard arda imge alt pencereleri üzerinde işletilmekte ve bu işlem kademeli dizi işlemi (cascade) olarak adlandırılmaktadır. Kademeli dizi işlemi ile, yüz özelliği göstermeyen negatif alt pencerelerin elenmesi sağlanarak yüz tespit işleminin hız kazanması sağlanır.



Şekil 5.6 Haar-Like sınıflandırıcı kademeli dizi işleyişi (Viola, Jones, 2001)

OpenCv içerisinde yer alan Haar-Like sınıflandırıcıların kullandığı eğitim kümeleri tespit edilecek nesneye göre farklılık göstermektedir. Örneğin bütün bir bedenin sınıflandırılabilmesi için ayrı, ön yüz görüntüsünün sınıflandırılabilmesi için ayrı eğitim kümeleri yani xml dosyaları kullanılır. KioYTS içerisinde, *haarcascade_frontalface_alt.xml* dosyası eğitim kümesi olarak kullanılmaktadır.

Alt modül çıktısı olarak tespit edilen yüz bölgesi, uygun yüz bulunana kadar bir döngü şeklinde diğer alt modüle verilmektedir.



Şekil 5.7 KioYTS verisi üzerinde yüz tespiti

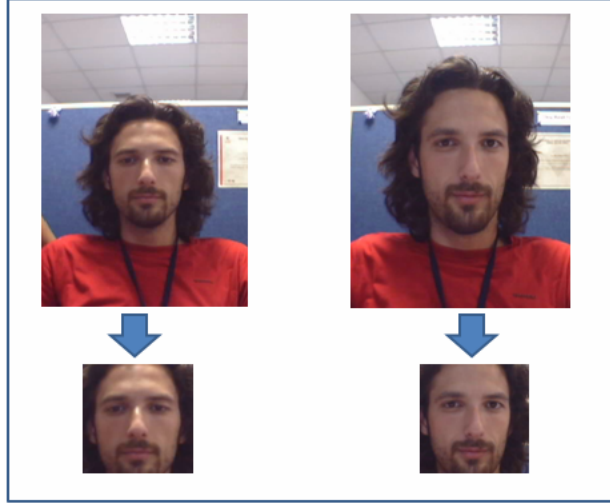


Şekil 5.8 36 Yüz ifadesi, Louis Boilly eseri üzerinde yüz tespiti

5.1.2.3 Yüz Bölgesinin Yeniden Ölçeklendirilmesi

Yüz bölgesinin tespit edilmesinden sonra her bir yüz görüntüsü $n*n$ boyutuna getirilerek yeniden ölçeklendirilir. Bu işlem sonucunda kameraya farklı mesafelerde bulunan 2 yüz nesnesinin değerlendirmeye alınırken aynı boyuta getirilmesi sağlanmaktadır.

Burada kabul edilen bir varsayım, insanların yüz boyutlarının ortalama olarak aynı ölçülerde olduğudur.

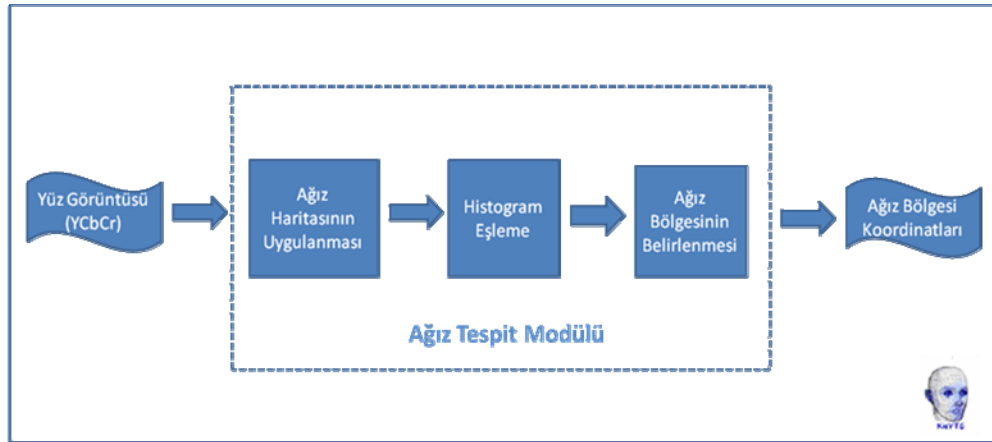


Şekil 5.9 KioYTS verisi üzerinde yeniden ölçeklendirme

KioYTS içerisinde, yeniden ölçeklendirme için kullanılan n değeri 300 pikseldir.

5.1.2.4 Ağız Bölgesinin Tespiti

Alt modül içerisinde yeniden ölçeklendirilmiş yüz görüntüsü giriş verisi olarak alınması ile bir dizi işlem yapılarak ağız bölgesi tespit edilmektedir.



Şekil 5.10 Ağız bölgesi tespit modülü akışı

5.1.2.4.1 Ağız Haritasının Uygulanması

Girdi olarak alınan ve YCbCr renk uzayında olan tespit edilmiş yüz görüntüsünün ağız haritası çıkarılarak ağız tespitinin yapıldığı alt modüldür.

Yüz içerisinde ağız bölgesi, diğer yüz öğelerine göre daha fazla kırmızı renk değeri içerir. Bu nedenle YCbCr uzayında, kırmızı renk işareti (C_r), mavi renk işaretinden (C_b) daha güçlüdür. Bu özelliğe göre ağız haritası oluşturulur (Hsu, Mottaleb, 2002).

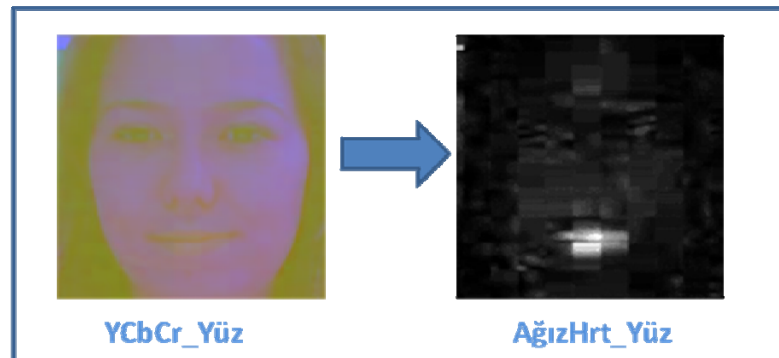
$$\text{Ağız Haritası} = C_r^2 \cdot (C_r^2 - \eta \cdot C_r / C_b)^2 \quad (5-5)$$

$$\eta = 0.95 \cdot (m_1 / m_2) \quad (5-6)$$

$$m_1 = 1/N \cdot \sum_{(x,y) \in \text{YB}} C_r(x,y)^2 \quad (5-7)$$

$$m_2 = 1/N \cdot \sum_{(x,y) \in \text{YB}} C_r(x,y) / C_b(x,y) \quad (5-8)$$

Belirtilen denklem dizisinde, ilk olarak yüz bölgesi (YB) içerisinde bulunan her bir piksel için m_1 ve m_2 ortalama değerleri hesaplanmaktadır (5-7)(5-8). m_1 değeri hesaplanırken her bir pikselin tanımlı olan kırmızı renk işaretinin (C_r) karesi alınarak (C_r^2), tüm pikseller için bu değerlerin ortalaması alınmaktadır. m_2 değeri hesaplanırken yine her bir pikselin kırmızı renk işaretinin mavi renk işaretine oranı alınarak (C_r / C_b) tüm pikseller için bu değerlerin ortalaması alınmaktadır. Ortalama değerlerinin hesaplanmasının ardından, η değeri bu ortalamaların oranlanması ve bir katsayı ile çarpılması ile elde edilir (5-6). Bu katsayının elde edilmesi ile tüm pikseller için ağız haritası çıkarılır (5-5). Bu işlem gerçekleştirirken (C_r^2) ve (C_r / C_b) değerleri [0,255] arasında normalleştirilir.



Şekil 5.11 Ağız haritasının uygulanması

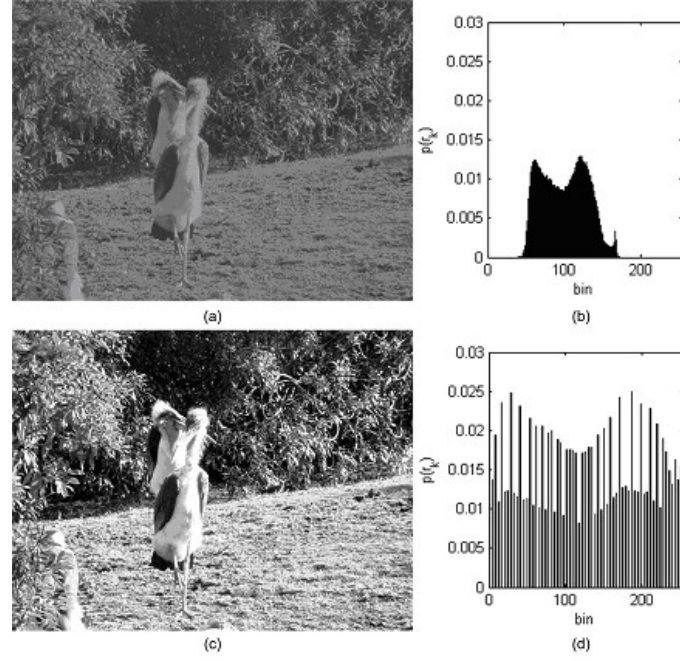
Şekil 5.11’ de görüldüğü gibi, ağız haritasının uygulanması ile, yüz içerisinde ağız bölgesi belirginleşmektedir. Bir sonraki adım ile histogram eşleme gerçekleştirilecektir.

5.1.2.4.2 Histogram Eşleme

KioYTS içerisinde, ağız haritasının uygulanmasının ardından oluşan AğızHrt_Yüz görüntüsü üzerinde ağız bölgesinin doğru şekilde tespit edilmesi için histogram eşlemeye gerek duyulmaktadır.

Histogram, sayısal bir görüntü üzerindeki renk değerlerinin dağılımını gösteren bir grafiştir. Histogramı düzenli olmayan görüntülerde kontrast sorunu mevcuttur ve iyileştirme yapılması gerekmektedir. Histogram eşleme (HE), düzgün bir renk dağılımı oluşturmak için yapılan kontrast iyileştirme yöntemidir (Levman, Alirezaie, Khan).

Şekil 5.12’de, (a) görüntüsü (b) histogramına sahip ve düzgün dağılıma sahip olmayan bir görüntüdür. Histogramdan da görüldüğü üzere, tüm pikseller yaklaşık olarak 50-150 gri değerleri arasında yer almakta ve kontrast sorunu yaşanmaktadır. (a) görüntüsüne HE uygulanarak oluşturulan (c) görüntüsünün kontrastının iyileştirildiği, (d) histogramında görülmektedir. Yeni oluşan histogram içerisindeki gri renk dağılımına bakıldığında, renk değerlerinin [0-256] aralığında düzgün şekilde dağıldığı, her renk değerinden en az 1 piksel olduğu gözlemlenir.



Şekil 5.12 Histogram eşleme örneği

AğızHrt_Yüz görüntüsü üzerinde yapılmakta olan histogram eşleme ile görüntülerin 0 ya da 255 renk değerine sahip olmasını sağlayarak, ikili bir imge oluşturularak ağız bölgesinin kolayca tespit edilebilmesi sağlanmaktadır.

Kod 5.1 ile sözde kodu verilen histogram eşleme algoritmasında, kümülatif olasılık değeri $P_k = 0.99$ ' dan büyük olan gri piksel değerlerine 255 gri değerinin atanması gerçekleşmektedir. Bunun sebebi, AğızHrt_Yüz görüntüsünden de net olarak anlaşılabilir gibi, ağız bölgesinin piksel değerlerinin 255' e en yakın değerleri içermesidir. Yüz imgesine oranla ağız bölgesini oluşturan piksel değerlerinin az olması ile gri değer 255' e yaklaştıkça, kümülatif olasılık değeri P_k ' yı geçmektedir. Ağız haritasında kullanılan P_k değeri, KioYTS geliştirme sırasında çok sayıda görüntü üzerinde işlem yapılarak elde edilmiş bir değerdir.

```

FUNCTION Histogram Eşleme ()
FOR griDeğeri = 0 to 255
  Gri değerin bulunma olasılığını hesapla
END FOR

FOR griDeger = 0 to 255
  griDeger – 1' e kadar olan gri değer bulunma olasılıklarını
  toplayarak griDegerKümülatifOlasılığı değerini hesapla
END FOR

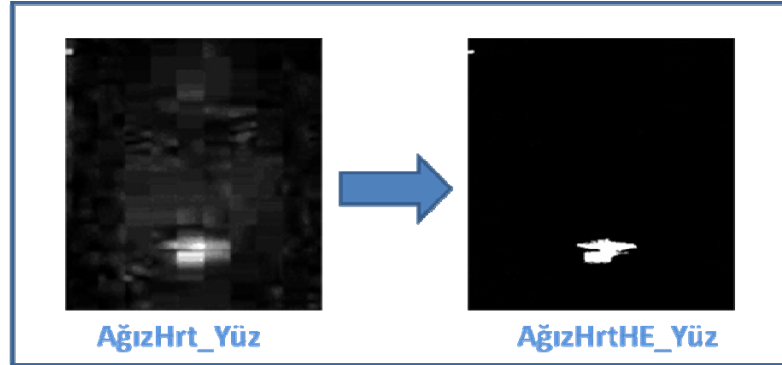
FOR griDeger = 0 to 255
  IF ( griDegerKümülatifOlasılığı > 0.99 )
    griDeger ' e sahip tüm piksellerin yeni piksel değerine 255 ata.
  ELSE
    griDeger ' e sahip tüm piksellerin yeni piksel değerine 0 ata.
  END IF
END FOR

END FUNCTION

```

Kod 5.1 Histogram eşleme sözde kodu

Histogram eşleme sonucunda oluşan ikili görüntü üzerinde elde edilen başarı Şekil 5.13' de gösterilmektedir.



Şekil 5.13 Ağız haritası üzerinden histogram eşlenmesi

5.1.2.4.3 Ağız Bölgesinin Belirlenmesi

AğızHrtHE_Yüz görüntüsü üzerinden ağız bölgesinin çıkarılması için Bağlantılı Bileşen (Connected Component) algoritması kullanılmaktadır. Bağlantılı Bileşen algoritması çeşitli alanlarda çok sık kullanılan bir algoritma olup isminden de anlaşılacağı üzere imge içerisindeki bağlantılı unsurların belirlenmesini sağlamaktadır. KioYTS içerisinde gerçekleştirilen Bağlantılı Bileşen algoritmasına ait sözde kod Kod 5.2 ' de verilmektedir.

```

FUNCTION Bağlantılı Bileşen Bul()
  etiketDegeri = İLK_DEĞER
  FOR piksel = 1 TO TOPLAM_PİKSEL_SAYISI
    FOR komşu = 1 TO KOMŞU_SAYISI
      IF( etiketlenmiş komşu var )
        piksel' i ve etiketDegeri ile etiketlenen tüm pikselleri komşu
        etiketi ile etiketle
      ELSE
        piksel' i etiketDegeri ile etiketle
        etiketDegeri' ni 1 artır.
      END IF
    END FOR
  END FOR
END FUNCTION

```

Kod 5.2 Bağlantılı bileşen sözde kodu

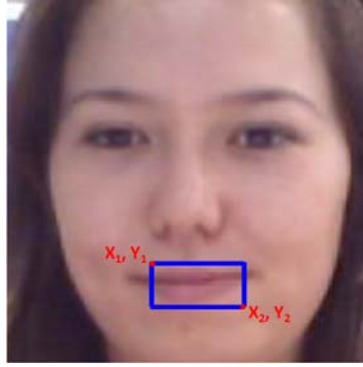
AğızHrtHE_Yüz görüntüsü üzerinden Bağlantılı Bileşen algoritması koşturulduğu zaman ortaya çıkan sonuç Şekil 5.14' de görülmektedir. Algoritma sonucunda farklı etiket değerlerine sahip 2 adet bileşen bulunmuş olup 1. bileşende yer alan piksel sayısı 938 iken 2. bileşende yer alan piksel sayısı 18 tanedir.



Şekil 5.14 AğızHrtHE_Yüz bağlantılı bileşen sonucu

$$\text{Ağız Etiketi} = \text{MAX} (\text{etiket grubuna ait piksel sayısı}) \quad (5-9)$$

Ağız etiketinin maksimum sayıda piksele sahip etiket olarak belirlenmesinin ardından ağız bölgesinin imge üzerindeki yeri, ağız bölgesinin oturacağı en küçük dikdörtgenin koordinatları ile belirtilir (5-10)(5-11)(5-12)(5-13).



Şekil 5.15 Tespit edilen ağız bölgesi

$$X_1 = \text{MIN}_x (\text{Ağız Etiketine Sahip Piksel}) \quad (5-10)$$

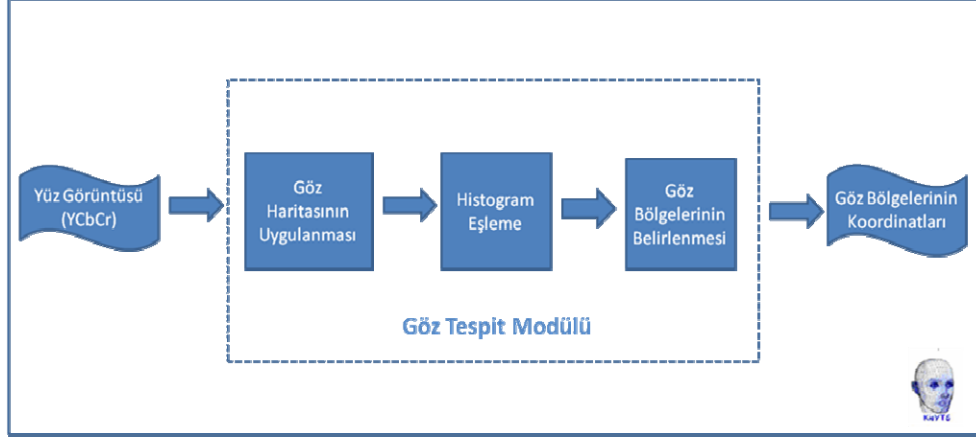
$$Y_1 = \text{MIN}_y (\text{Ağız Etiketine Sahip Piksel}) \quad (5-11)$$

$$X_2 = \text{MAX}_x (\text{Ağız Etiketine Sahip Piksel}) \quad (5-12)$$

$$Y_2 = \text{MAX}_y (\text{Ağız Etiketine Sahip Piksel}) \quad (5-13)$$

5.1.2.5 Göz Bölgelerinin Tespiti

Alt modül içerisinde yeniden ölçeklendirilmiş yüz görüntüsü giriş verisi olarak alınması ile bir dizi işlem yapılarak göz bölgeleri tespit edilmektedir.



Şekil 5.16 Göz bölgeleri tespit modülü akışı

5.1.2.5.1 Göz Haritasının Uygulanması

Girdi olarak alınan ve YCbCr renk uzayında olan tespit edilmiş yüz görüntüsünün göz haritası çıkarılarak göz bölgelerinin tespitinin yapıldığı alt modüldür.

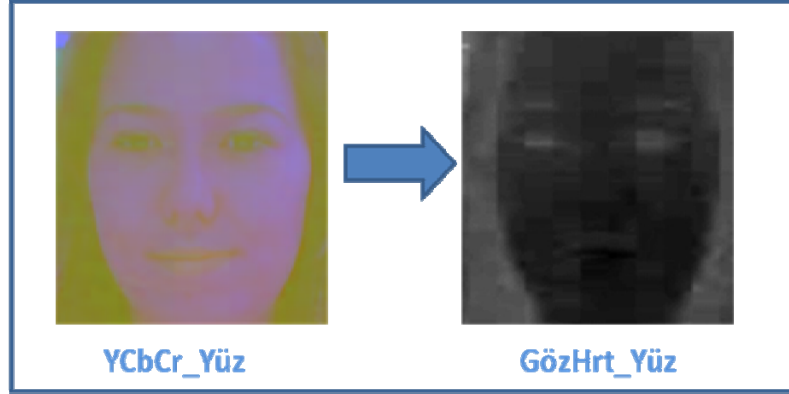
Yüz içerisinde göz bölgesi, koyu renk içeren bölgedir. Bu nedenle YCbCr uzayında, mavi renk işareti (C_b), kırmızı renk işaretinden (C_r) daha güçlüdür. Bu özelliğe göre göz haritası oluşturulur (Hsu, Mottaleb, 2002).

$$\text{Göz Haritası} = 1/3 \{ (C_b^2) + (C_r^2) + (C_b / C_r) \} \quad (5)$$
(5-14)

$$C_r = 255 - C_r$$
(5-15)

Belirtilen denklem dizisi içerisinde, (5-14) yüz imgesi üzerindeki her bir piksel için uygulanır. C_r şeklinde belirtilen değer, pikselin kırmızı olmama durumunu yani kırmızı renk değerinin tersini ifade eder.

Her bir piksel için hesaplanan mavi renk değerinin karesi (C_b^2), kırmızı renk değerinin tersinin karesi (C_r^2), mavi renk değeri ile kırmızı renk değerinin oranı (C_b / C_r) tüm pikseller arasında [0-255] arasında normalleştirilerek işleme sokulur.

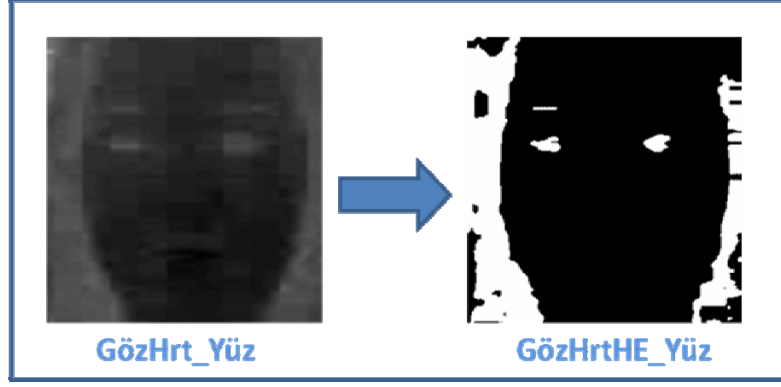


Şekil 5.17 Göz haritasının uygulanması

5.1.2.5.2 Histogram Eşleme

KioYTS içerisinde, göz haritasının uygulanmasının ardından oluşan GözHrt_Yüz görüntüsü üzerinde göz bölgelerinin doğru şekilde tespit edilmesi için histogram eşlemeye gerek duyulmaktadır.

Histogram eşleme, Bölüm 5.1.2.4.2' de anlatıldığı gibi, ağız haritasının uygulanmasının ardından gerçekleştirildiği şekliyle gerçekleştirilir. (Kod 5.1) Ancak bazı farklılıklar mevcuttur. GözHrt_Yüz görüntüsünden de anlaşıldığı gibi, göz haritası uygulanması, ağız haritası uygulanmasına göre başarısı düşük bir uygulamadır. Göz, yüz içerisinde koyu renk değerlerinden oluşması itibarıyla, saç unsuru ile aynı özelliği taşımaktadır. Dolayısıyla, ağız haritası üzerinde kullanılan $P_k = 0.99$ değeri, GözHrt_Yüz görüntüsü için $P_k = 0.8$ değerine düşmektedir. Kümülatif olasılık değeri $P_k = 0.8$ ' dan büyük olan gri piksel değerlerine 255 gri değerinin atanması gerçekleşmektedir. Göz haritasında kullanılan P_k değeri, KioYTS geliştirme sırasında çok sayıda görüntü üzerinde işlem yapılarak elde edilmiş bir değerdir.



Şekil 5.18 Göz haritası üzerinden histogram eşlenmesi

Histogram eşleme sonucunda oluşan ikili görüntü üzerinde elde edilen başarı Şekil 5.18' de gösterilmektedir.

5.1.2.5.3 Göz Bölgelerinin Belirlenmesi

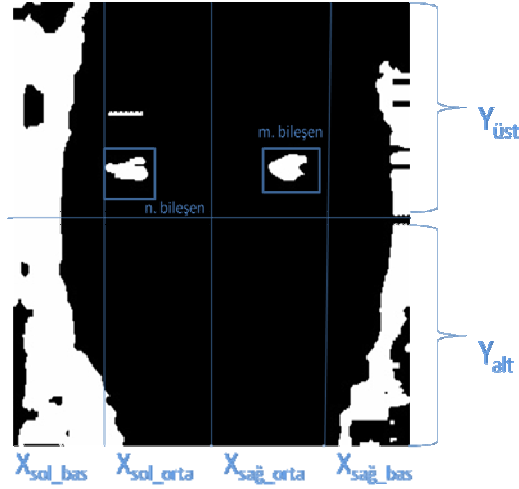
GözHrtHE_Yüz görüntüsü üzerinden göz bölgelerinin çıkarılması için, ağız bölgesi tespitine benzer şekilde Bağlantılı Bileşen (Connected Component) algoritması kullanılmaktadır (Kod 5.2).

GözHrtHE_Yüz görüntüsü üzerinden Bağlantılı Bileşen algoritması koşurulduğu zaman algoritma sonucunda farklı etiket değerlerine sahip 2' den fazla bileşen bulunmuş olup, ağız haritasında kullanıldığı gibi bileşenlerin piksel değerlerinin maksimum olanı göz bölgesidir denilemez. Bunun sebebi, daha önce de bahsedildiği gibi, saç unsurunun da göz ile aynı özelliği göstermesidir. Bu nedende bağlantılı bileşen uygulanmasının ardından, göz bölgesinin tespit edilmesinde fazladan bir yöntem daha uygulanır.



Şekil 5.19 GözHrtHE_Yüz bağlantılı bileşen sonucu

Uygulanan bu yöntem, KioYTS içerisinde deneysel olarak ortaya çıkarılmış değerlere göre yüz bölgesinin bölümlenmesi sonucunda birinci gözü $Y_{üst}$ bölgesi ile X_{sol_orta} bölgesinin kesişiminde, ikinci gözü $Y_{üst}$ bölgesi ile $X_{sağ_orta}$ bölgesinin kesişiminde aranması şeklindedir (Kod 5.3). Aramaya her iki kesişim bölgesinin başlangıç noktalarından başlanır.



Şekil 5.20 Yüz bölümlenmesi

```

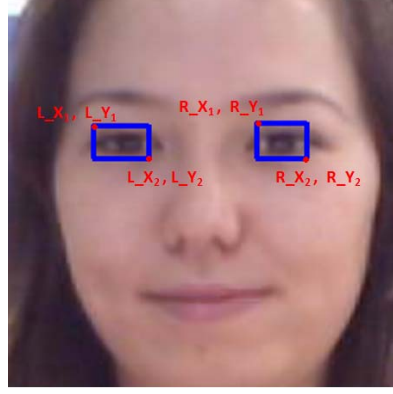
FUNCTION Goz Ara ()
    WHILE ( Ybolgesi == Y_ust)
        WHILE ( Xbolgesi == X_sol_orta)
            Sol göz için etiketlenmiş piksel ara.
        END WHILE
        WHILE ( Xbolgesi == X_sağ_orta)
            Sağ göz için etiketlenmiş piksel ara.
        END WHILE
    END WHILE
END FUNCTION

```

Kod 5.3 Göz arama sözde kodu

Göz arama algoritmasının GözHrtHE_Yüz görüntüsü üzerinde koşturulması ile sol göz için bulunan etiket n. bağlantılı bileşene, sağ göz için bulunan etiket m. bağlantılı bileşene aittir.

Ağız tespitinde yapılabildiği benzer şekilde, göz bölgelerinin yerleri tanımlanırken, her bir göz bölgesinin içerisine oturtulabildiği en küçük dikdörtgenin yüz imgesi üzerindeki koordinatları kullanılır(5-16)(5-17)(5-18)(5-19)(5-20)(5-21)(5-22)(5-23).



Şekil 5.21 Tespit edilen göz bölgeleri

$$L_X_1 = \text{MIN}_x \text{ (Sol Göz Etiketine Sahip Piksel)} \quad (5-16)$$

$$L_Y_1 = \text{MIN}_y \text{ (Sol Göz Etiketine Sahip Piksel)} \quad (5-17)$$

$$L_X_2 = \text{MAX}_x \text{ (Sol Göz Etiketine Sahip Piksel)} \quad (5-18)$$

$$L_Y_2 = \text{MAX}_y \text{ (Sol Göz Etiketine Sahip Piksel)} \quad (5-19)$$

$$R_X_1 = \text{MIN}_x \text{ (Sağ Göz Etiketine Sahip Piksel)} \quad (5-20)$$

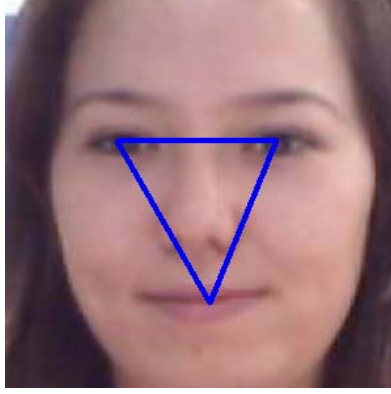
$$R_Y_1 = \text{MIN}_y \text{ (Sağ Göz Etiketine Sahip Piksel)} \quad (5-21)$$

$$R_X_2 = \text{MAX}_x \text{ (Sağ Göz Etiketine Sahip Piksel)} \quad (5-22)$$

$$R_Y_2 = \text{MAX}_y \text{ (Sağ Göz Etiketine Sahip Piksel)} \quad (5-23)$$

5.1.2.6 Yüz Üçgeninin Çizilmesi

Göz bölgeleri koordinatları ve ağız bölgesi koordinatları belirlenen yüz görüntüsü üzerinde, sol göz bölgesi merkezi, sağ göz bölgesi merkezi, ağız bölgesi merkezi köşeleri oluşturacak şekilde bir yüz üçgeni çizilir.

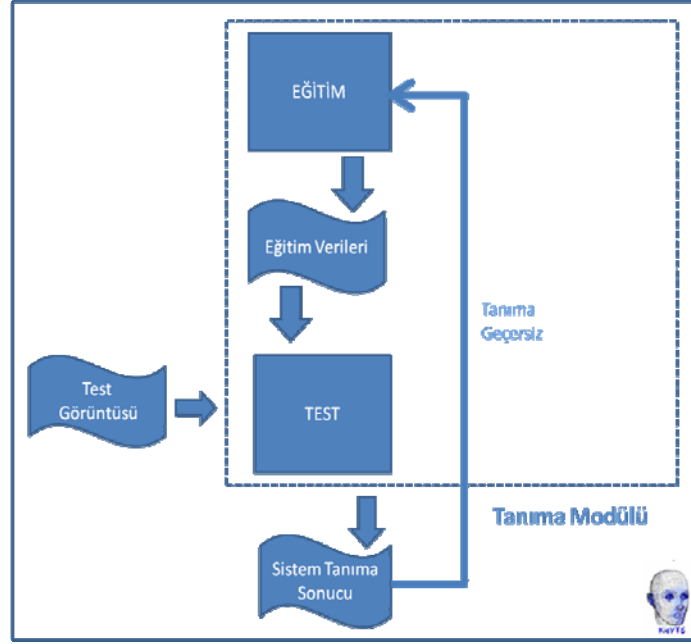


Şekil 5.22 Yüz üçgeni bilgisi

Şekil 5.22' deki şekilde oluşturulan yüz üçgeni bilgisi Yüz Tanıma modülüne girdi olarak verilmektedir.

5.1.3 Tanıma Modülü

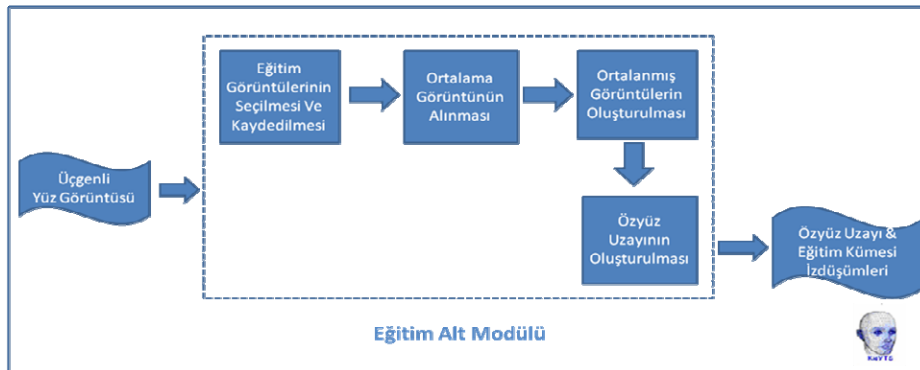
KioYTS Tanıma modülü, eğitim ve test aşamalarından oluşmaktadır. KioYTS, tanıma işlemi gerçekleştirilecek bireylere ait eğitim görüntüleri ile eğitilmekte ve test görüntüsü üzerinden tanıma yapılmasını sağlamaktadır. Eğitim ve Test alt modüllerinden oluşmaktadır.



Şekil 5.23 Tanıma modülü bileşenleri ve genel akış

KioYTS Tanıma modülü içerisinde Temel Bileşen Analizi algoritmaları kullanılmaktadır.

5.1.3.1 Sistem Eğitimi



Şekil 5.24 Sistem eğitimi işlemleri

Bu modülde Temel Bileşen Analizi ile Özyüz Uzayı oluşturularak sistem eğitimi gerçekleştirir. Karhunen-Loève dönüşümü olarak da bilinen Temel Bileşenler Analizi (TBA) yönteminde, veri kümesini en iyi temsil edecek vektörleri bulmak üzere ortak-varyans analizi uygulanmaktadır. Ortak-varyans matrisinin öz-vektörleri hesaplandıktan sonra, küçük öz-değerli öz-vektörler uzay temsilinden elenerek veri boyutu küçültülmektedir(Turk, Pentland, 1991). TBA' nın genel yapısından 3.3.2.3.1.1' de detaylı olarak bahsedilmektedir.

Sistem eğitilirken izlenen adımlar Şekil 5.24' de gösterilmektedir.

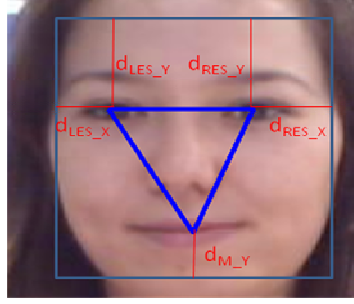
5.1.3.1.1 Eğitim Görüntülerinin Seçilmesi Ve Kaydedilmesi

Eğitim görüntülerinin N adet bireye ait, mümkün olduğunca mimik içermeyen önyüz görüntüleri şeklinde seçilmesine dikkat edilmektedir. Eğitim görüntüleri alınırken, her bir bireye ait T adet görüntü seçilir. Görüntüler seçilirken, kişinin yüz üçgen bilgisini doğru oluşturulmasına, yani sol üçgen köşesinin sol göz merkezine, sağ üçgen köşesinin sağ göz merkezine, alt köşenin ise ağız merkezine gelmesine dikkat edilmektedir.



Şekil 5.25 KioYTS eğitim verileri örneği,1-5

Şekil 5.25'de, KioYTS içerisinde kullanılan örnek eğitim görüntüleri verilmektedir. Verilen görüntülerden görüldüğü gibi, yüz üçgeninin doğru oluşması sadece önyüz görüntülerinde değil, hafif tolerans içeren görüntülerde de gözlemlenmiş ve bu veriler de eğitim kümesine dahil edilmiştir (3. ve 4. yüz görüntüsü). Eğitim görüntüleri kaydedilirken yüz üçgeni bilgisi kullanılır.



Şekil 5.26 Görüntü kaydetme

Şekil 5.26’ de, üçgen bilgisi ile yüz kayıt sınırı arasında yer alan uzaklık bilgileri gösterilmektedir. Uzaklık bilgileri seçilirken, y değeri düşük olan göz merkezinin y koordinat bilgisi kullanılır. KioYTS içerisinde kullanılan uzaklık değerleri, d_{LES_Y} ya da d_{RES_Y} için en az 50, d_{RES_X} için 35, d_{LES_X} için 35, d_{M_X} için 30 piksel şeklindedir.

KioYTS içerisinde yapılan gözlemler sonucu, tanıma ve test işlemleri için kullanılacak yüz görüntüsünün ayırt ediciliğini yansıtan en uygun kayıt değerlerinin bu değerler olduğuna karar verilmiştir.

Yüz görüntüsünün sınır pikselleri kayıt değerlerine göre belirlenerek, gri seviyesinde görüntü kayıt edildikten sonra yapılan son işlem bu görüntünün 48×48 ölçülerine yeniden ölçeklendirilmesidir. Eğitim ve test işlemlerinde aynı boyutta veri işlenmesi gerektiğinden, yeniden ölçeklendirme yapılır.

5.1.3.1.2 Ortalama Görüntünün Alınması

Eğitim işlemine sokulacak yüz görüntülerinin ortalama görüntüsü alınır. Ortalama görüntü oluşturulurken, eğitim kümesini oluşturan N boyutlu P adet görüntünün piksel toplamları alınarak, P değerine bölünmektedir. Eğitim kümesi oluşturulurken eğitim imgeleri tek boyutlu olarak düşünülür.

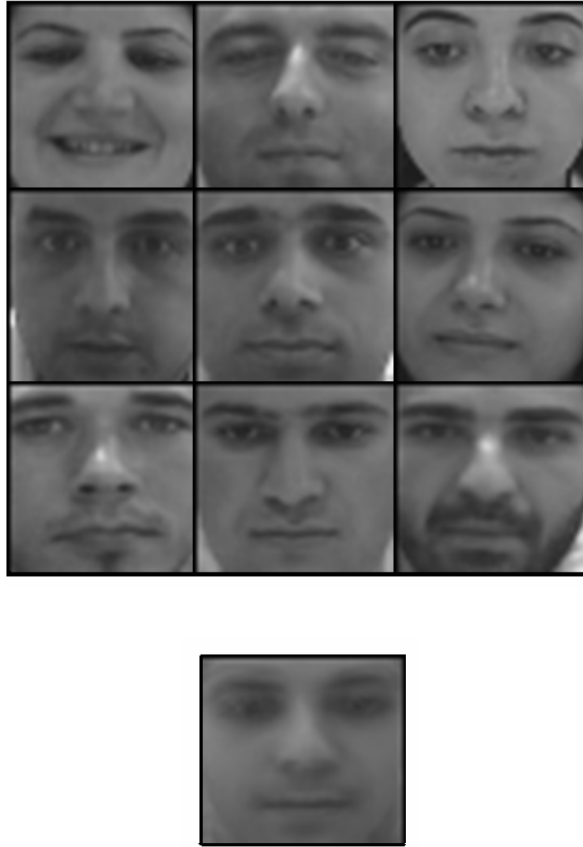
İlk olarak eğitim kümesini oluşturan her bir görüntüye ait pikseller N boyutlu bir dizi şekline getirilir (5-24).

$$\mathbf{x}^i = [x_1^i \dots x_N^i]^T \quad (5-24)$$

$\{ x^i \}$ şeklinde ifade edilen P adet görüntünün piksel değerleri toplanarak m ortalama değeri hesaplanır (5-25).

$$m = 1/P \cdot \sum_{i=1}^P x^i \quad (5-25)$$

Şekil 5-27' da, 9 adet KioYTS veri tabanı verisi ve bunlardan elde edilen ortalama görüntü görülmektedir.



Şekil 5.27 KioYTS verileri ve ortalama görüntü

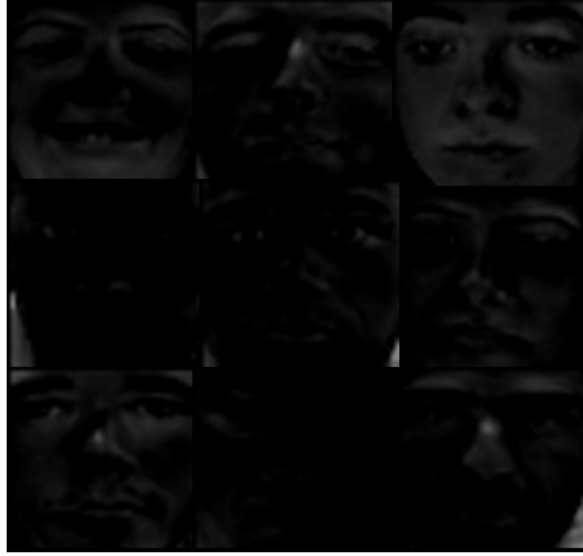
5.1.3.1.3 Ortalanmış Görüntülerin Oluşturulması

Ortalanmış görüntü (x_m^i), ortalama görüntü ile eğitim görüntülerinin her birinin farkının alınması ile oluşturulmaktadır.

$$x_m^i = x^i - m \quad (5-26)$$

5-25 eşitliğinde görülen m önceki adımda oluşturulan ortalama görüntü iken, x^i i. eğitim görüntüsüdür. Bu şekilde her bir eğitim görüntüsünden, ortalama görüntü çıkarılarak X_m matrisi oluşturulur (5-27).

$$X_m = [x_m^1 | x_m^2 | \dots | x_m^i] \quad (5-27)$$



Şekil 5.28 KioYTS ortalanmış görüntüleri

Şekil 5.28’ da, Şekil 5.27’ de gösterilen 9 adet KioYTS eğitim verisinin ortalanmış görüntüleri gösterilmektedir.

5.1.3.1.4 Özyüz Uzayının Oluşturulması

Ortalanmış eğitim görüntüleri kullanılarak özyüz uzayı oluşturulmaktadır. Özyüz uzayı eğitim görüntülerinin boyutlarının küçültülmesi temeline dayanır ve özyüz değerleri olan özvektörler ve özdeğerlerden oluşur.

$$\Omega = X_m \cdot X_m^T \quad (5-28)$$

Ortalanmış görüntülerden oluşan matris (X_m) ile bu matrisin devriği (X_m^T) çarpılarak kovaryans matrisi (Ω) elde edilir (5-28). Kovaryans matrisi ile eğitim verilerinin dağılımı ifade edilmiş olur.

$$\Omega V = \Lambda V \quad (5-29)$$

Kovaryans matrisinin özdeğerleri (Λ) ve özdeğerlere ait özvektörler(V) hesaplanır (5-29). Ortaya çıkan özvektörler, özdeğerlerine göre büyükten küçüğe sıralanarak bir V matrisi şeklinde ifade edilir ve özyüz uzayı oluşturulmuş olur (5-30). V matrisi içerisinde sıfırdan farklı özdeğerlere ait özvektörler yer almaktadır ve bu değer P-1' e denk gelmektedir. Özvektör özyüz şeklinde de adlandırılmaktadır ve eğitim kümesinde yer alan yüz görüntülerinin dağılımını ifade eden vektörlerdir.

$$V = [v_1 | v_2 | \dots | v_P] \quad (5-30)$$

Özyüz uzayı oluşturulurken, her bir eğitim görüntüsünün özyüz uzayına izdüşümü (X_o^i) özvektör matrisinin devriği ile ortalananmış görüntünün çarpımı şeklinde hesaplanır (5-31).

$$X_o^i = V^T X_m^i \quad (5-31)$$

Ancak özyüz uzayının oluşturulması sırasında KioYTS tarafından dikkate alınan 2 durum ve bu konuda yapılan iyileştirmeler söz konusudur.

Durum 1 : N değerinin yüz görüntüsü içerisinde yer alan piksel sayısını, P değerinin eğitim kümesinde yer alan görüntü sayısını gösterdiğinden yola çıkılarak, X_m ortalananmış görüntü matrisinin boyutu N*P olduğu için 5-28' deki şekilde hesaplanan kovaryans matrisinin(Ω) boyutunun N*N olması ve bu matris üzerinden gerçekleştirilen özyüz uzayı işlemlerinin maliyetinin yüksek olması.

Örneğin 48*48' lik bir yüz imgesi için kovaryans matrisinin boyutu 2304 * 2304 şeklinde olacaktır. Yüz imgesinin boyutunun büyümesi ile kovaryans matrisinin boyutuda giderek artacaktır ve maliyet bu oranda büyüyeceğinden öngörülebilir olamayacaktır.

İyileştirme 1 : P << N olması durumunda, P-1 adet sıfır dışında özdeğer bulunmasından yola çıkılarak, Φ kovaryans matrisinin Şekil ' deki gibi, birinci ve ikinci çarpan değerinin yer değiştirmesi ile hesaplanması boyutun PxP şekline getirilerek azaltılmasını sağlamaktadır (Hsu, Mottaleb, 2002).

$$\Phi = X_m^T X_m \quad (5-32)$$

Ancak oluşturulan kovaryans matrisinden (Φ) elde edilen özyüz uzayı değerlerinin (V_d, Λ_d), iyileştirme öncesi kovaryans matrisinden (Ω) elde edilen asıl özyüz uzayı değerlerine (V, Λ) eşitlenebilmesi için ikincil işlemlerden geçmesi gerekmektedir.(5.34)(5.35)

$$\Phi V_d = \Lambda_d V_d \quad (5-33)$$

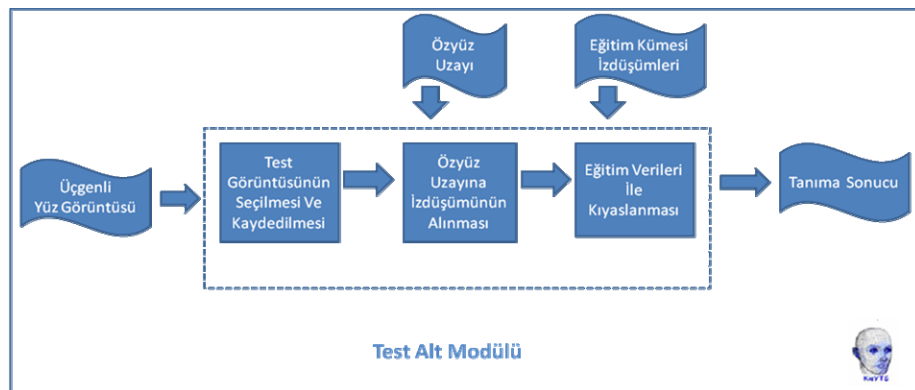
$$V = X_m V_d \quad (5-34)$$

$$\Lambda = \Lambda_d \quad (5-35)$$

Durum 2 : Boyutu P-1 olan özyüz uzayı özvektör değerlerinin çok sayıda eğitim görüntüsü mevcut iken hesaplama maliyetini yüksek hale getirmesi ve özvektör kalitesini düşürmesi

İyileştirme 2 : Eğitim görüntülerinin dağılımını en iyi ifade eden, en etkin k adet özvektörün seçilmesi ve diğerlerinin elenmesi ile işlem maliyetini düşürülmekte ve yüksek özdeğere sahip kaliteli özvektörler kullanılmaktadır (Hsu, Mottaleb, 2002). Optimal k değerinin seçilmesi için KioYTS içerisinde deneysel sonuçların elde edilmesi üzerine hala çalışılmaktadır.

5.1.3.2 Sistem Testi



Şekil 5.29 Sistem testi işlemleri

Sistem testi, KioYTS Yüz Tespit modülünden alınan yüz görüntüsünün eğitim kümesi verileri ile kıyaslanarak tanıma işleminin gerçekleşmesidir.

5.1.3.2.1 Test Görüntüsünün Seçilmesi Ve Kaydedilmesi

Test görüntüsünün, video giriş verisi içerisindeki görüntü dizisi içerisinde test işlemine uygun şekilde seçilmesi gerekmektedir. Görüntü seçilirken, KioYTS içerisinde yapılan incelemeler sonucu hesaplanan, önyüz görüntüsünü ifade eden değerlerin uygunluğu dikkate alınmaktadır.

```

FUNCTION UygunYuzBul

    uygunMu = FALSE

    WHILE ( FALSE == uygunMu)

        dLEM = Hesapla sol goz-agiz mesafesi
        dREM = Hesapla sag goz-agiz mesafesi
        dEE = Hesapla sag goz-sol goz mesafesi

        IF (( T1 > dLEM - dREM ) && ( T2 < dEE ) )

            uygunMu = true

        ELSE

            Diger yuze gec

    END WHILE

END FUNCTION

```

Kod 5.4 Uygun yüz bulma sözde kodu

Test işleminde kullanılacak uygun görüntü Kod 5.4' deki sözde kodda anlatıldığı şekilde seçilmektedir. T_1 ve T_2 değerleri KioYTS içerisinde yapılan incelemeler ile seçilmektedir.

Seçilen görüntü, test işleminde kullanılmadan önce Bölüm 5.1.3.1.1' de anlatıldığı gibi, eğitim verilerine benzer şekilde, yüz üçgeni üzerinden aynı sınır değerleri kullanılarak kaydedilir ve 48*48 boyutuna yeniden ölçeklendirilir.

5.1.3.2.2 Özyüz Uzayına İzdüşümünün Alınması

Özyüz uzayına test izdüşümünün alınması, test görüntüsünün özyüz uzayındaki eğitim kümesi ile kıyaslanması için gereklidir.

Test görüntüsünün (y) izdüşümü alınırken, ilk olarak test görüntüsü ile ortalama eğitim görüntüsünün farkı alınarak ortalanmış görüntüsünün (y_m) alınması gerçekleşir.

$$y_m = y - m \quad (5-36)$$

Ortalanmış yüz görüntüsü ile eğitim özuzayı değerlerini oluşturan özvektör matrisinin (V) devriği ile çarpılarak test görüntüsünün özuzaya izdüşümü (Y_o) alınmış olur.

$$Y_o = V^T y_m \quad (5-37)$$

5.1.3.2.3 Eğitim Verileri İle Kıyaslanması

Eğitim görüntülerinin özyüz uzayına izdüşümleri ile test görüntüsünün özyüz uzayına izdüşümü farklarına bakılarak kıyaslama yapılır.

Kıyaslama ile test görüntüsünün en yakın uzaklıkta olduğu k adet en yakın eğitim görüntüsü çıkarılır. k adet eğitim görüntüsü K En Yakın Komşu (K - Nearest Neighbor) algoritması ile belirlenir.

```

FUNCTION BulEnYakinKomsu (K)
  FOR egImg = ILK_EGT_IMG : SON_EGT_IMG
    uzaklik = Uzakligi hesapla ( egImg, testImg)
    IF( TRUE == EnYakinKKomsuArasindaMi( uzaklik ))
      egImg' yi en yakin k komsu arasina al.
    END IF
  END FOR
END FUNCTION

```

Kod 5.5 En yakın k komşu bulma sözde kodu

En yakın k komşunun hesaplanmasından sonra, test görüntüsü k değer içerisinde en fazla komşuluk gösterdiği eğitim görüntüsünün sınıfı ile sınıflandırılır.

Tez çalışmasında kullanılan k değeri, sistem içerisinde yapılan incelemeler sonucu ideal değer olarak seçilmiş ve k=5 değeri kullanılmıştır. k değerinin özellikle tek bir sayı olması, sistem içerisinde en yakın komşu değerlendirilmesinde en fazla komşuluk taşıdığı sınıfın rahat ayrışması için önemlidir. Çift sayı olma durumunda yarı yarıya 2 ayrı sınıfa aitlik taşıması durumu ortaya çıkabilmektedir.

KioYTS içerisinde, test sonucunun gerçek müşteri tanıma sonucu olmaması durumunda, müşteri eğitim kümesinde mevcut değildir ya da tanıma sonucu yanlıştır. Bu durumda müşteri isteği ile eğitim kümesine dahil edilmesi için eğitim görüntüleri alınır. Alınan eğitim görüntüleri gün sonunda çevrim dışı olarak eğitilecek ve eğitim kümesine alınacaktır.

Bu şekilde KioYTS ' ye dinamik bir öğrenme yetisi kazandırılmış olur.

5.2 KioYTS Kullanıcı Grafik Arayüzü

KioYTS ile kullanıcı etkileşimi, akıllı ortam üzerinde bulunan, dokunmatik bir ekran şeklinde tasarlanmış bir grafik arayüzü ile gerçekleştirilmektedir. KioYTS Kullanıcı Grafik Arayüzü (KioYTS_KGA) kullanıcı tarafından kullanımı kolay kavranabilecek, temel işlemlerin az sayıda etkileşim ile gerçekleştirildiği, mümkün olan en az kullanıcı grafik unsuru ile tasarlanmaktadır.

Temel amaç olarak basitlik üzerinde durulmakta, kullanıcıların mümkün olan en kısa sürede sistemden faydalanmaları amaçlanmaktadır. Kullanıcı ile doğrudan etkileşim sağlanan arayüz unsurları kullanıcının dikkatini çekmesi ve kolay anlaşılması için temel renklerde tasarlanmıştır.

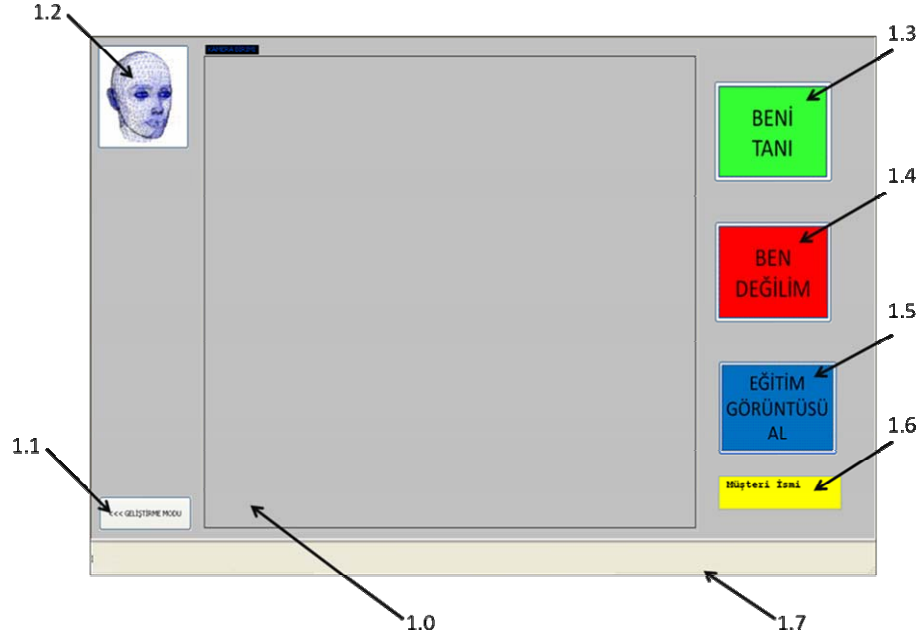
Kullanıcı sistem ile etkileşimde iken, yapılacak işlemler için sistem yönlendirmeleri ve bilgilendirmeleri kullanıcıya rehberlik etmektedir.

KioYTS_KGA içerisinde 2 mod mevcuttur. Bu modlar, KioYTS sistem sahibi ya da geliştiricisi tarafından kullanmaya yönelik, üst düzey sistem tasarımı, sistem testleri ya da eğitim işlemlerinin yapıldığı Geliştirici Modu ve doğrudan hedeflenen kullanıcı kitlesi olan müşteriler tarafından kullanılmaya yönelik, amaçlanan sistem adımlarının gerçekleştirildiği Kiosk Modu' dur. Bu bölümde bu modlar detaylı olarak anlatılmaktadır.

5.2.1 Kiosk Modu

Sistemin müşterilerin kullanımına sunulan, yüz tanıma sisteminin adımlarının gerçekleştirildiği moddur.

KioYTS_KGA kiosk modu ekranı, bilgisayar üzerinde oluşturulmuş, 1280*800 boyutlarında bir ekran olup arayüz, 8 elemandan oluşmaktadır.



Şekil 5.30 KioYTS_KGA kiosk modu

Numara	Arayüz Elemanı
1.0	Kamera Birimi
1.1	Geliştirme Modu Tuşu
1.2	Hakkında Tuşu
1.3	Beni Tanı Tuşu
1.4	Ben Değilim Tuşu
1.5	Eğitim Görüntüsü Al Tuşu
1.6	Müşteri İsim Giriş Alanı
1.7	Bilgilendirme Çubuğu

Tablo 5.1 Kiosk modu arayüz elemanları

Sistem ilk açıldığında, 1.5 ve 1.6 elemanları görünmemektedir. Arayüz elemanları ve elemanlar ile ilişkilendirilmiş akışlar detaylı olarak aşağıda anlatılmaktadır.

5.2.1.1 Kamera Birimi (1.0):

Tanım: Kamera birimi, 800*700 boyutlarında oluşturulmuş, Kiosk Mod ekranının en önemli unsurudur. Önemi ve fonksiyonallitesi itibariyle arayüz üzerinde en büyük alana sahiptir. KioYTS sistemi çalışır durumda iken her zaman aktif bir alandır.

KioYTS içerisinde, sistemin gerçek zamanlı yüz tanıma işlevi doğrultusunda kiosk ile bütünleşik olarak çalışan harici kameradan alınan gerçek zamanlı müşteri görüntülerin yansıtıldığı birimdir. Bu birim tarafından verilen gerçek zamanlı görüntü üzerinden müşteri yönlendirilmekte ve tanıma işlemi gerçekleşmektedir.

Bu birimin açılması ya da kapatılması gibi ayarlamalar için kullanıcıya yetki verilmemiştir.

5.2.1.2 Geliştirme Modu Tuşu (1.1):

Tanım: Bu tuş ile Kiosk Modu'ndan Geliştirme Modu'na geçilmektedir. Tuş kullanıcıların kullanımına yönelik bir tuş değil sistem seviyesinde geliştiriciler tarafından kullanılan bir tuştur.

Akış 1 : KioYTS_KGA üzerinde, Kiosk Modu'ndan Geliştirme Modu'na geçilmesini sağlar.

Önceki Durum:

- Kiosk Modu aktif moddur.

Sonraki Durum:

- Geliştirme Modu aktif moddur.

5.2.1.3 KioYTS Hakkında Tuşu (1.2)

Tanım: KioYTS sembol görüntüsüne sahip olan bu tuş Hakkında Ekranı' nı aktif hale getirmektedir. Hakkında Ekranı üzerinde gösterilen bilgiler ve ekran görüntüsü Şekil 5.31' de gösterilmektedir.

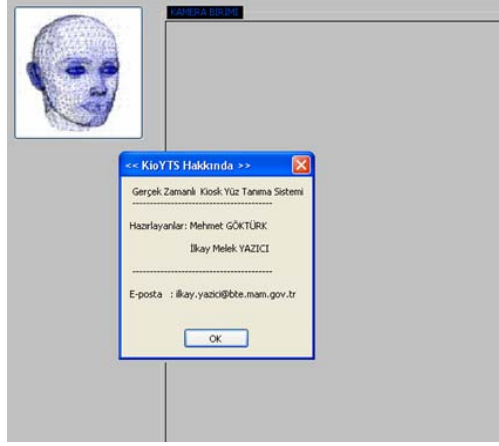
Akış1 : Tuşa basılması ile Hakkında Ekranı açılır.

Önceki Durum:

- Hakkında Ekranı açık değildir.

Sonraki Durum:

- Hakkında Ekranı açıktır, ekran üzerindeki Tamam tuşu ile ekran kapanır.



Şekil 5.31 Hakkında ekranı

5.2.1.4 Beni Tanı Tuşu (1.3)

Tanım: Bu tuş ile KioYTS sistemi üzerinde müşterinin tanınma olayı gerçekleşir. Sistem tarafından video görüntü dizisi alınan müşteri, bu dizi içinden tanıma için uygun olan yüz görüntüsünün alınması ile tanıma işlemi başlatılır. Uygun yüz görüntüsünün alınabilmesi için müşteriden ön yüz görüntüsü vermesi beklenir ve ortalama 3 sn içinde tanıma işlemi gerçekleştirilir.

Akış 1: Sistemin ve Kamera Birimi' nin aktif hale getirilmesi için bir defa tuşa basılır. Bu işlem KioYTS yetkilisi tarafından gerçekleştirilir. Sistemin çalışma süres, boyunca bir daha böyle bir işleme gerek kalmayacaktır.

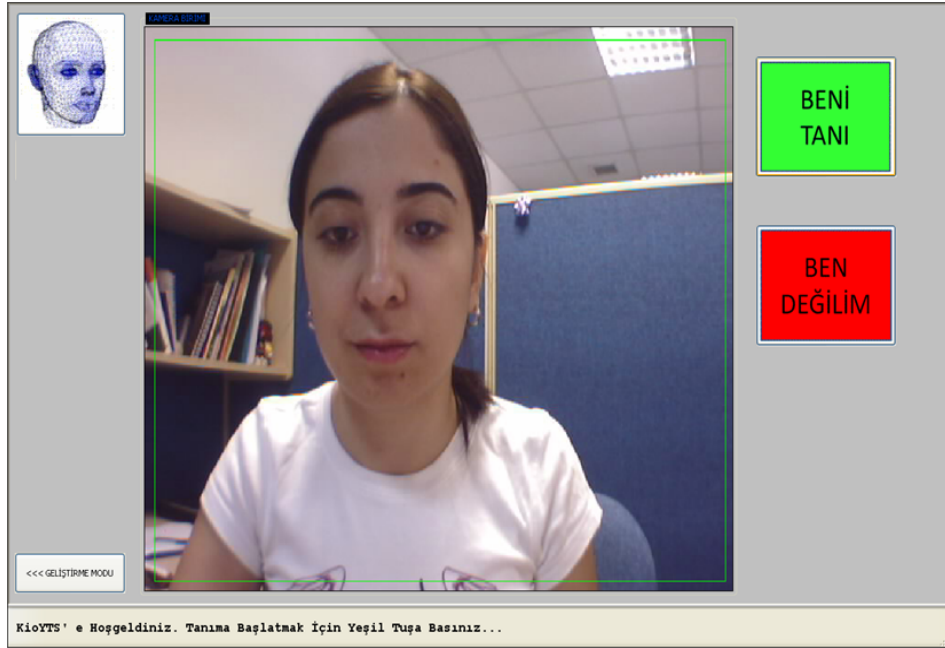
Önceki Durum :

- Kamera Birimi aktif değildir.

Sonraki Durum :

- Kamera Birimi aktiftir.

- Bilgilendirme Çubuğu'nda "KioYTS' e Hoşgeldiniz. Tanıma Başlatmak İçin Yeşil Tuşa Basınız..." mesajı görülür.



Şekil 5.32 Beni tanı , akış 1

Akış 2 : Sistem içerisinde yapılacak her bir müşteri tanıma işlemi için giriş akışıdır. Tuşa Kamera Birimi ilklendirmek için yapılan ilk basıştan sonraki tüm basışlar tanıma işlemi başlatmaktadır. Akış boyunca Ben Değilim tuşu aktif değildir.

Önceki Durum :

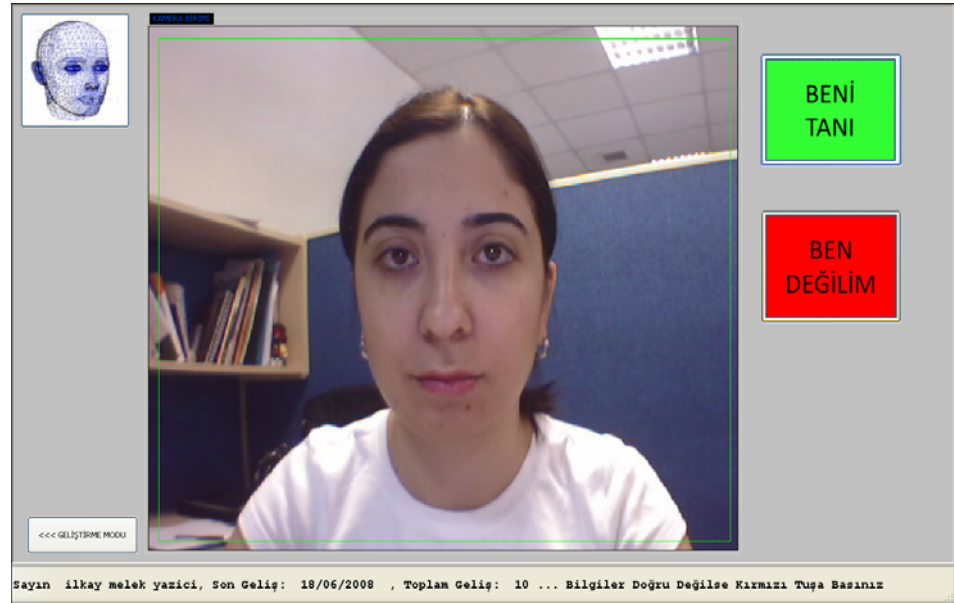
- Aktif bir tanıma işlemi yoktur. Bilgilendirme Çubuğu'nda "KioYTS' e Hoşgeldiniz. Tanıma Başlatmak İçin Yeşil Tuşa Basınız..." mesajı görülür.

Sonraki Durum :

- Gerçekleştirilen tanıma işlemi sonucunda Bilgilendirme Çubuğu'nda, Müşteri ismi, son geliş tarihi ve geliş sayısı bilgileri sırasıyla kullanılarak, " Sayın ... Son Geliş ... Toplam Geliş:... Bilgiler Doğru Değilse Kırmızı tuşa Basınız" mesajı

görülür. Müşteri ismi, müşteri tarafından verilmemişse, isim yerine “Müşteri” ibaresi konulur.

- Müşteri ismi seslendirilir.
- Müşteri 2sn. boyunca bu tuşa basmaz ise, tanıma sonucu doğru kabul edilir ve müşterinin kayıtlı son geliş tarihi ve geliş sayısı bilgileri güncellenir.



Şekil 5.33 Beni tanı, akış 2, sonraki durum

5.2.1.5 Ben Değilim Tuşu (1.4)

Tanım: Tanıma işleminin sonlanmasının ardından, Bilgilendirme Çubuğu’nda görülen mesajın ardından müşteri bilgilerin doğru olmadığını düşünüyorsa bu tuşa basması istenir (Şekil 5.33). Bu tuşa basılması ile kişinin eğitim kümesine katılabilmesi ile ilgili işlemler başlatılmış olur.

Akış 1: İlgili tuşa ilk defa basılması ile kişi, tanıma işlemi sonucunda bilgileri verilen müşteri olmadığını düşünüyorsa bu tuşa basar.

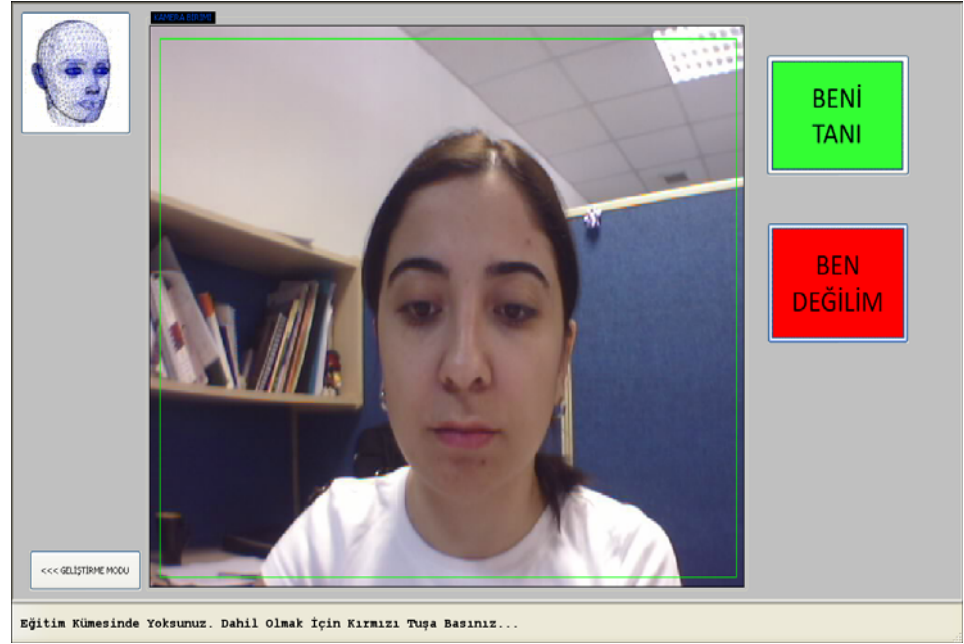
Önceki Durum :

- Gerçekleştirilen tanıma işlemi sonucunda Bilgilendirme Çubuğu’nda, Müşteri ismi, son geliş tarihi ve geliş sayısı bilgileri sırasıyla

kullanılarak, “ Sayın ... Son Geliş ... Toplam Geliş:... Bilgiler Doğru Değilse Kırmızı tuşa Basınız” mesajı görülür. Müşteri ismi, müşteri tarafından verilmemişse, isim yerine “Müşteri” ibaresi konulur.

Sonraki Durum :

- Müşteri eğitim kümesinde yer almadığından dolayı tanınamamıştır varsayımından yola çıkarak, müşterinin eğitim kümesine dahil olmak isteyip istemediği, Bilgilendirme Çubuğu’ nda yer alan “Eğitim Kümesinde Yoksunuz. Dahil Olmak İçin Kırmızı Tuşa Basınız...” mesajı ile sorulur.



Şekil 5.34 Ben değilim , akış 1

Akış 2: Şekil 5.34 ile gösterilen akış içerisinde müşteri eğitim kümesine katılmak istiyor ise bu tuşa tekrar basar.

Önceki Durum :

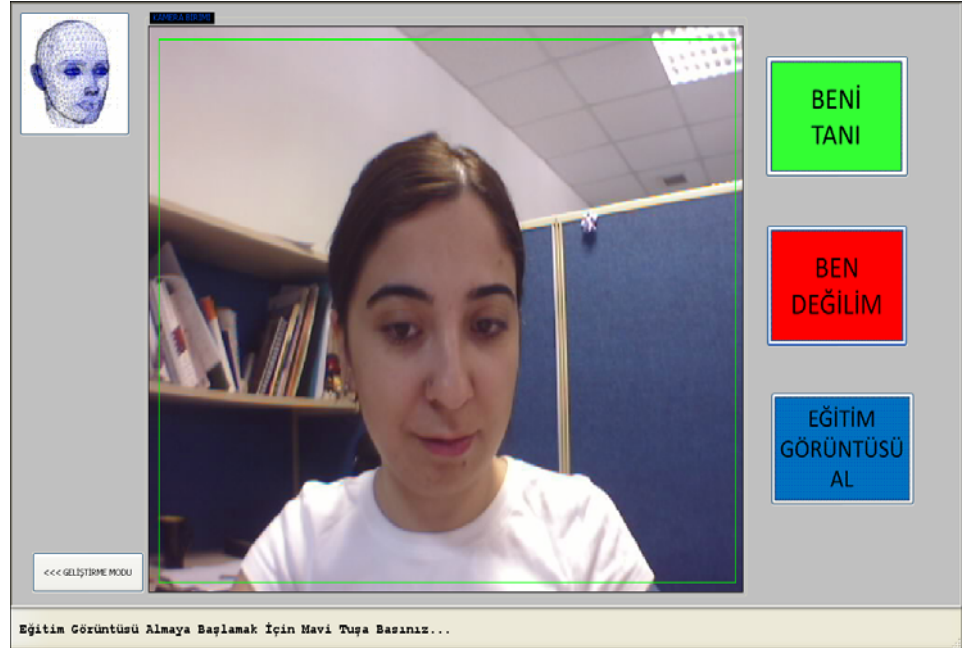
- Müşteri eğitim kümesinde yer almadığından dolayı tanınamamıştır varsayımından yola çıkarak, müşterinin eğitim kümesine dahil olmak isteyip istemediği, Bilgilendirme Çubuğu’ nda yer alan

“Eğitim Kumesinde Yoksunuz. Dahil Olmak İçin Kırmızı Tuşa Basınız...” mesajı ile sorulur.

- o Eğitim Görüntüsü Al Tuşu görülmemektedir.

Sonraki Durum :

- o Müşteri, eğitim kümesine dahil olmak istediğini bildirmiştir ve Bilgilendirme Çubuğu’ nda “Eğitim Görüntüsü Almaya Başlamak İçin Mavi Tuşa Basınız...” bilgilendirme mesajı görülmektedir.
- o Eğitim Görüntüsü Al Tuşu görünürdür.



Şekil 5.35 Ben değilim, akış 2, sonraki durum

Alternatif Akış 1: Şekil 5.35 ile gösterilen akış içerisinde müşteri eğitim kümesine katılma istemiyorsa bu tuşa basmaz.

Önceki Durum :

- o Müşteri eğitim kümesinde yer almadığından dolayı tanınamamıştır varsayımından yola çıkarak, müşterinin eğitim kümesine dahil olmak isteyip istemediği, Bilgilendirme Çubuğu’ nda yer alan

“Eğitim Kumesinde Yoksunuz. Dahil Olmak İçin Kırmızı Tuşa Basınız...” mesajı ile sorulur.

- o Eğitim Görüntüsü Al Tuşu görülmemektedir.

Sonraki Durum :

- o Ekran 2 sn. sonra güncellenerek yeni bir tanıma işlemi için hazır hale getirilerek Şekil 5.32’ de gösterilen Beni Tanı akışına döner.
- o Eğitim Görüntüsü Al Tuşu görünür değildir.

5.2.1.6 Eğitim Görüntüsü Al Tuşu (1.5)

Tanım: Müşterinin eğitim kümesine katılma isteğini belirtmesinin ardından Bilgi Çubuğu’ nda görülen mesajın ardından müşteriden bu tuşa basarak eğitim görüntüsü alma işlemlerini başlatması istenir (Şekil 5.35).

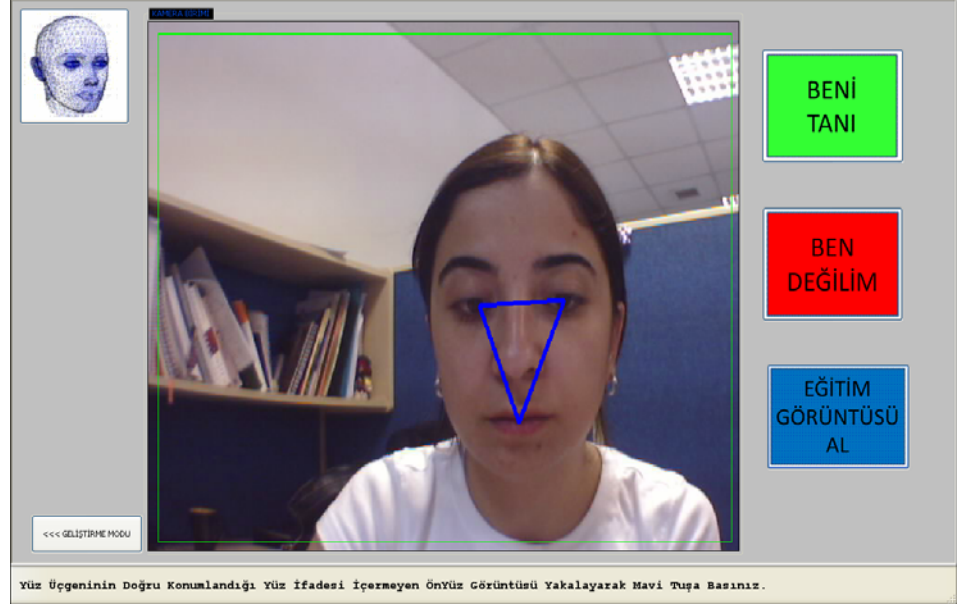
Akış 1: Müşteri eğitim görüntülerinin alınması işlemini başlatmaktadır.

Önceki Durum :

- o Müşteri, eğitim kümesine dahil olmak istediğini bildirmiştir ve Bilgilendirme Çubuğu’ nda “Eğitim Görüntüsü Almaya Başlamak İçin Mavi Tuşa Basınız...” bilgilendirme mesajı görülmektedir.

Sonraki Durum:

- o Müşterinin eğitim görüntüsünün uygun şekilde alınabilmesi için yüz özelliklerinin belirtildiği yüz üçgeni gerçek zamanlı video görüntüsü üzerinde Kamera Birimi tarafından müşteriye gösterilir.
- o Müşterinin uygun eğitim görüntüsü alabilmesi için yönlendiren “Yüz Üçgeninin Doğru Konumlandığı Yüz İfadesi İçermeyen ÖnYüz Görüntüsü Yakalayarak Mavi Tuşa Basınız.” mesajı Bilgilendirme Çubuğu’nda belirir.



Şekil 5.36 Eğitim görüntüsü al, akış1

Alternatif Akış 1: Şekil 5.36 ile gösterilen akış içerisinde müşteri eğitim görüntüsü vermek istemiyorsa bu tuşa basmaz.

Önceki Durum :

- Müşteri eğitim kümesinde yer almadığından dolayı tanınamamıştır varsayımından yola çıkarak, müşterinin eğitim kümesine dahil olmak isteyip istemediği, Bilgilendirme Çubuğu' nda yer alan “Eğitim Kümesinde Yoksunuz. Dahil Olmak İçin Kırmızı Tuşa Basınız...” mesajı ile sorulur.

Sonraki Durum :

- Ekran 2 sn. sonra güncellenerek yeni bir tanıma işlemi için hazır hale getirilerek Şekil 5.32' de gösterilen Beni Tanı akışına döner.

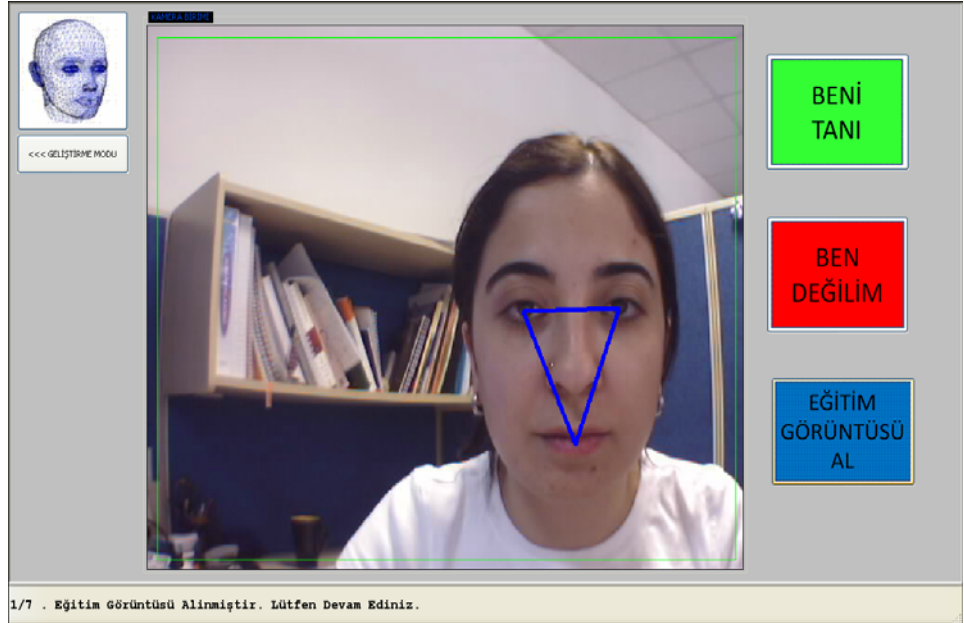
Akış 2: Şekil 5.36' de gösterilen akış içerisinde kullanıcıdan N adet eğitim görüntüsü çekmesi beklenir. N değeri KioYTS içerisinde 7 olarak belirlenmiştir. Kullanıcı bu tuşu kullanarak eğitim görüntülerini çeker.

Önceki Durum:

- Müşterinin uygun eğitim görüntüsü alabilmesi için yönlendiren “Yüz Üçgeninin Doğru Konumlandığı Yüz İfadesi İçermeyen ÖnYüz Görüntüsü Yakalayarak Mavi Tuşa Basınız.” mesajı Bilgilendirme Çubuğu’nda belirir.

Sonraki Durum:

- 1-N arasındaki eğitim görüntüleri müşteri tarafından çekilir.
- Her bir eğitim görüntüsünün alınmasının ardından, Bilgilendirme Çubuğu’nda, “ 1/ N . Eğitim Görüntüsü Alınmıştır. Lütfen Devam Ediniz.” şeklinde “/ N” önüne çekilen görüntü sayısı konularak N değerine kadar devam eder.



Şekil 5.37 Eğitim görüntüsü al, akış 2

Alternatif Akış 1: Şekil 5.37 ile gösterilen akış içerisinde müşteri N adet eğitim görüntüsünü tamamlamaz.

Önceki Durum :

- 1-K ($K < N$) arasındaki eğitim görüntüleri müşteri tarafından çekilir.
- K. eğitim görüntüsünün alınmasının ardından, Bilgilendirme Çubuğu' nda, “ K/ N . Eğitim Görüntüsü Alınmıştır. Lütfen Devam Ediniz.” Mesajı belirir.
- Eğitim Görüntüsü Al tuşu görünürdür.

Sonraki Durum :

- Ekran 3 sn. sonra güncellenerek yeni bir tanıma işlemi için hazır hale getirilerek Şekil 5.32' de gösterilen Beni Tanı akışına döner.
- Eğitim Görüntüsü Al tuşu görünür değildir.

Akış 3: Şekil 5.37' de gösterilen akış içerisinde kullanıcıdan N-1 adet eğitim görüntüsü alınmıştır. N. görüntünün alınması gerçekleşir.

Önceki Durum:

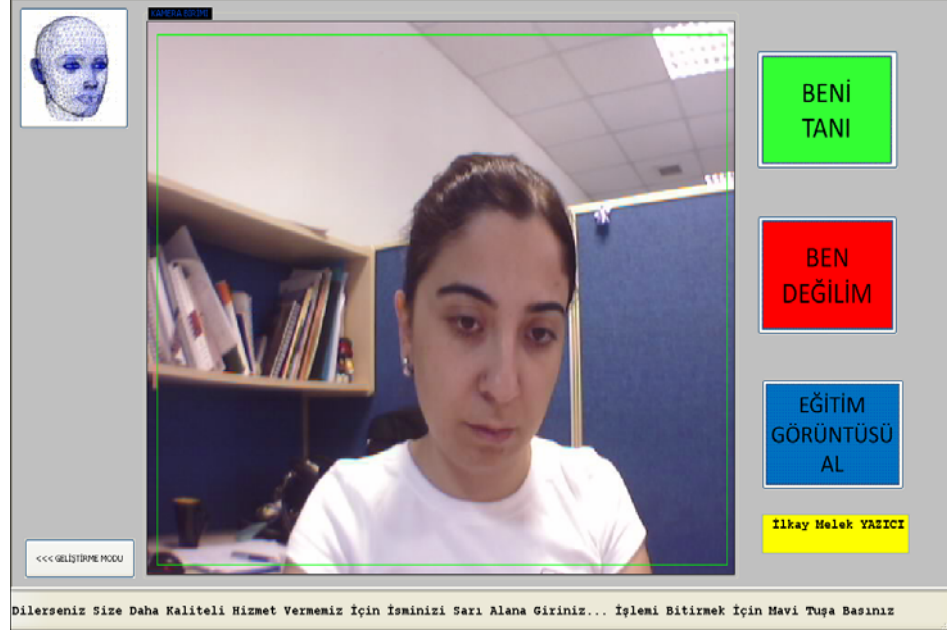
- N. eğitim görüntüsünün alınmasının ardından, Bilgilendirme Çubuğu' nda, “ N/ N . Eğitim Görüntüsü Alınmıştır. Lütfen Devam Ediniz.” mesajı belirir.
- Müşteri İsmi Giriş Alanı görünür değildir.

Sonraki Durum:

- Eğitim görüntüsü alınma işlemi tamamlanmıştır.
- Müşteriden eğitim ile ilişkilendirilecek isim bilgisinin girilmesi istenir. Buraya isim girilmesi zorunlu değildir ancak faydalı olacaktır. Bilgilendirme Çubuğu' nda “Dilerseniz Size Daha Kaliteli Hizmet Vermemiz İçin İsmimizi Sarı Alana

Giriniz... İşlemi Bitirmek İçin Mavi Tuşa Basınız” mesajı belirir.

- Müşteri İsim Giriş alanı görünürdür.



Şekil 5.38 Eğitim görüntüsü al, akış 3

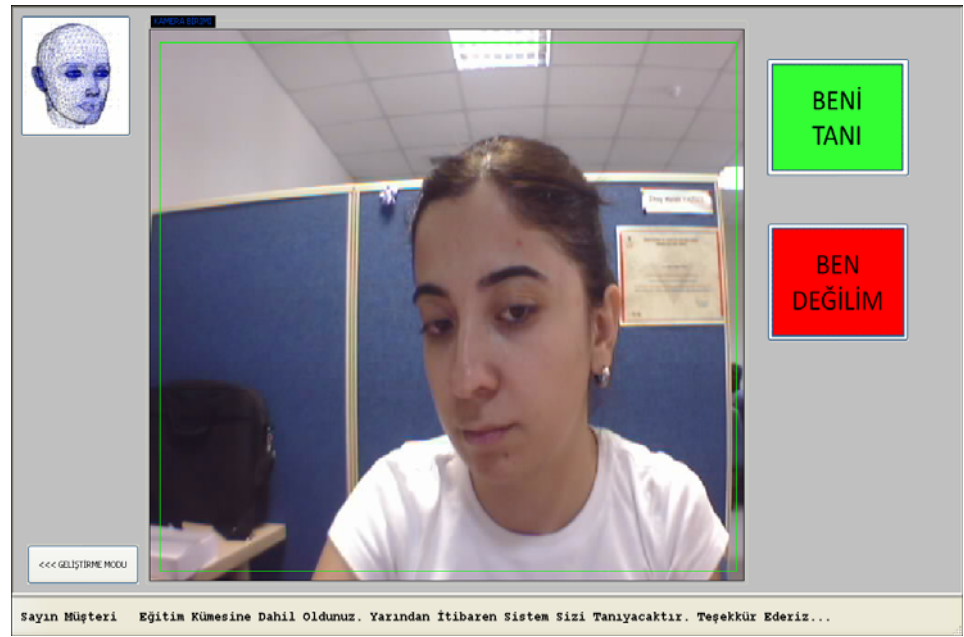
Akış 4: Şekil 5.38’ deki ekran üzerinden sarı alana müşteri ismi girilerek ya da alan boş bırakılarak mavi tuşa basılır .

Önceki Durum :

- Müşteriden eğitim ile ilişkilendirilecek isim bilgisinin girilmesi istenir. Buraya isim girilmesi zorunlu değildir ancak faydalı olacaktır. Bilgilendirme Çubuğu’ nda “Dilerseniz Size Daha Kaliteli Hizmet Vermemiz İçin İsmınızı Sarı Alana Giriniz... İşlemi Bitirmek İçin Mavi Tuşa Basınız” mesajı belirir.
- Eğitim Görüntüsü Al tuşu görünürdür.
- Müşteri İsim Giriş alanı görünürdür.

Sonraki Durum :

- Müşteri eğitim görüntüleri ile isim bilgisi ilişkilendirilir.
- Bilgilendirme Çubuğu'nda eğitim görüntüsü alma işleminin sonlandığına dair “Eğitim Kümesine Dahil Oldunuz. Yarından İtibaren Sistem Sizi Tanıyacaktır. Teşekkür Ederiz...” mesajı belirir.
- Eğitim Görüntüsü Al tuşu görünür değildir.
- Müşteri İsmi kontrol kutusu görünür değildir.



Şekil 5.39 Eğitim görüntüsü al, akış 4

Alternatif Akış 2: Müşteri, Şekil 5.38’ de görülen akış içerisinde eğitim görüntüleri tamamlama işleminden sonra işlemi bitirmek için mavi tuşa basmaz.

Önceki Durum :

- Müşteriden eğitim ile ilişkilendirilecek isim bilgisinin girilmesi istenir. Buraya isim girilmesi zorunlu değildir ancak faydalı olacaktır. Bilgilendirme Çubuğu’nda “Dilerseniz Size Daha Kaliteli Hizmet Vermemiz İçin İsmimizi Sarı Alana Giriniz... İşlemi Bitirmek İçin Mavi Tuşa Basınız” mesajı belirir.

- Eğitim Görüntüsü AI tuşu görünürdür.
- Müşteri İsmi kontrol kutusu görünürdür.

Sonraki Durum:

- Ekran 2 sn. sonra güncellenerek yeni bir tanıma işlemi için hazır hale getirilerek Şekil 5.32’de gösterilen Beni Tanı akışına döner.
- Eğitim Görüntüsü AI tuşu görünür değildir.
- Müşteri İsmi kontrol kutusu görünür değildir.

5.2.1.7 Müşteri İsim Giriş Alanı (1.6)

Bu alan, eğitim görüntüleri alınan müşterilerin isim bilgisinin girilmesi için tanımlanmış bir alandır (Şekil 5.38). Müşteri için isim girme zorunluluğu yoktur, ancak isim girilme durumunda sistem daha başarılı olacak, müşteri tanıma sonucunda, son geliş tarihi ve tekrarlı geliş sayısı gibi bilgiler üzerinden doğru tanıma sonucu olup olmadığını çıkarmaya çalışmayacaktır.

5.2.1.8 Bilgilendirme Çubuğu (1.7)

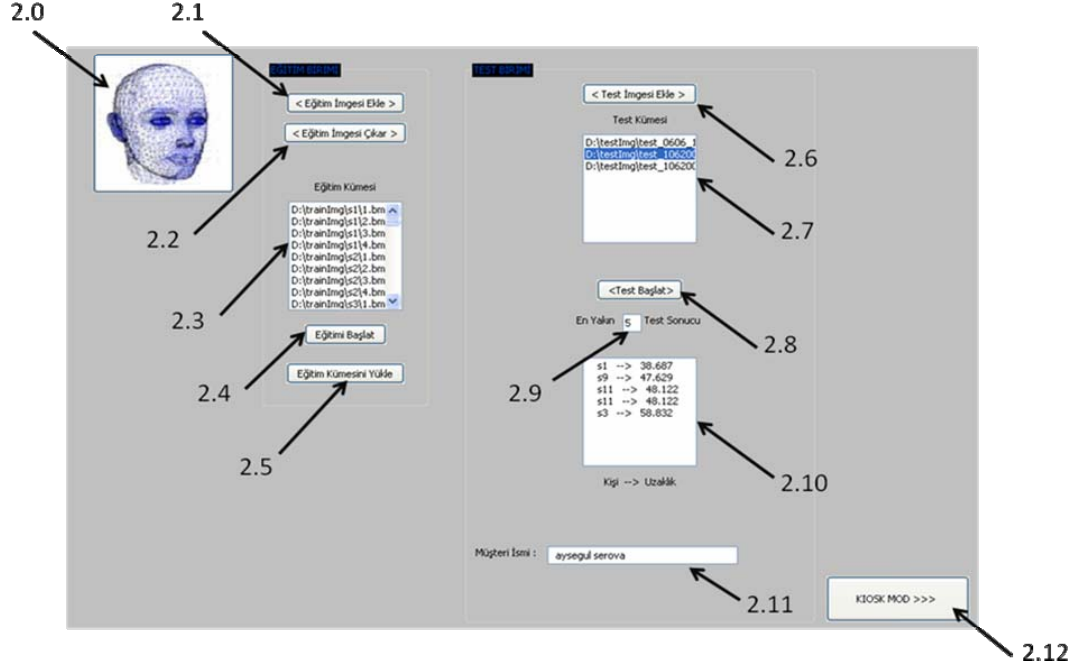
KioYTS_KGA Kiosk Modu içerisinde sistem adımlarının gerçekleştirilmesinde rehberlik eden bilgi ve yönlendirme mesajlarının yer aldığı alandır. Her bir adımda bir sonraki adımda gerçekleştirilecek işlem, önceki adımdan elde edilen sonuç gibi müşteri bilgilendirme yapılmaktadır.

5.2.2 Geliştirici Modu

Yetkili kullanıcılar tarafından, sistem içerisinde eğitim işlemleri gibi sistem devamlılığının sağlanması için ve dinamik yapının korunması için yapılan işlemler bu modda gerçekleştirilir. Yetkili kullanıcı, KioYTS sistem sahibi, eğitim ve test işlemlerinde KioYTS adımları ve işleyişi konusunda eğitim sahibi olan market ya da alışveriş merkezi yetkilisidir.

KioYTS içerisinde alınan eğitim görüntülerinin gün sonunda çevrimdışı olarak eğitilmesi işlemi bu mod üzerinde gerçekleştirilmektedir.

Aynı zamanda geliştiriciler tarafından, eğitim işlemlerinin başarısının seçilen test görüntüleri ile test edilmesi, parametrik değişkenler üzerinde oynanarak sisteme etkilerine bakılması gibi geliştirme düzeyinde yapılan işlemlerde yine bu mod üzerinden yapılır.



Şekil 5.40 KioYTS_KGA geliştirme modu

Arayüz üzerinde 13 adet eleman yer almaktadır.

Numara	Arayüz Elemanı
2.0	Hakkında Tuşu
2.1	Eğitim İmgesi Ekle tuşu
2.2	Eğitim İmgesi Çıkar Tuşu
2.3	Eğitim Kümesi Listesi
2.4	Eğitim Başlat Tuşu
2.5	Eğitim Kümesi Yükle Tuşu
2.6	Test İmgesi Ekle Tuşu
2.7	Test Kümesi Listesi
2.8	Test Başlat Tuşu
2.9	En Yakın Komşu Giriş Alanı
2.10	Test Sonuç Listesi
2.11	Müşteri Sonuç Alanı
2.12	Kiosk Modu Tuşu

Tablo 5.2 Geliştirme Modu Arayüz Elemanları

Geliştirme Modu elemanları ve işlevleri Kiosk Modu elemanlarına benzer şekilde sistem adımlarını gerçekleştirmediğinden, bir akış dahilinde değil bağımsız şekilde anlatılmaktadır.

5.2.2.1 KioYTS Hakkında Tuşu (2.0)

KioYTS sembol görüntüsüne sahip olan bu tuş Hakkında Ekranı' nı aktif hale getirmektedir. Kiosk Modu içerisinde yer alan Hakkında Tuşu ile aynı işleve sahiptir. Ekran görüntüsü Şekil 5.31'de gösterilmektedir.

5.2.2.2 Eğitim İmgesi Ekle Tuşu (2.1)

Eğitim Kümesi Listesi' ne eğitim görüntüsü eklemek için kullanılır. Tuşa basılması ile açılan diyalog ekranından sisteme eklenecek eğitim görüntüleri seçilmektedir.

5.2.2.3 Eğitim İmgesi Çıkar Tuşu (2.2)

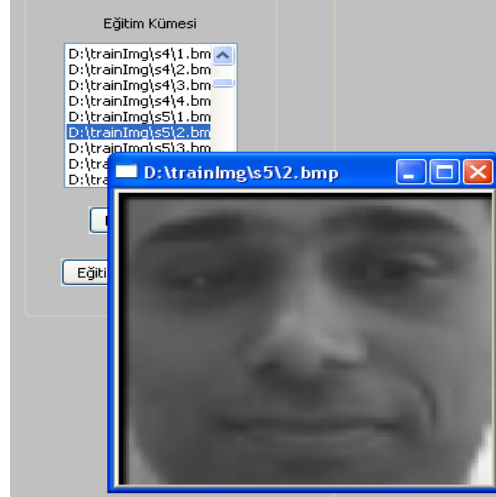
Eğitim Kümesi Listesi' nde eğitilmek üzere seçilen eğitim görüntüsünün çıkarılması için kullanılır.

5.2.2.4 Eğitim Kümesi Listesi (2.3)

Eğitim işlemine girecek eğitim görüntülerinin yer aldığı listedir. Kiosk Modu içerisinde alınan yeni müşteriye ait eğitim görüntüleri eğitim işlemine sokulmak üzere bu listeye eklenir. Eğitim görüntüleri sistem içerisinde tutulurken $N = \text{Eğitilen Müşteri Sayısı}$ ve $M = \text{Kişiyeye Ait Görüntü Sayısı}$ olmak üzere her bir müşteriye ait eğitim görüntüleri s_i ($i=1, \dots, N$) dosyasında tutulur. Her bir eğitim görüntüsü ise bu dosya içerisinde $j.bmp$ ($j=1, \dots, M$) şeklinde kaydedilir. Bu dosyalar kullanılarak yapılan eğitim işlemi gün sonunda çevrimdışı olarak gerçekleştirilecektir.

Eğitim Kümesi Listesi düzenlenirken, Eğitim İmgesi Ekle ve Eğitim İmgesi Çıkar tuşları kullanılmaktadır.

Eğitim listesi içerisinde yer alan seçili eğitim görüntüsü üzerinde çift tıklama ile eğitim görüntüsü görüntülenir (Şekil 5.41). Böylece eğitim görüntülerinin izlenmesi sağlanmaktadır.



Şekil 5.41 Eğitim kümesi listesi elemanı

5.2.2.5 Eğitim Başlat Tuşu (2.4)

Eğitim Kümesi içerisinde yer alan görüntülerin eğitimini başlatan tuştur. Eğitim sonucunda eğitim değerleri ve eğitim kümesini oluşturan görüntüler bir diğer eğitim işlemine kadar bir dosyada kaydedilir.

5.2.2.6 Eğitim Kümesi Yükle Tuşu (2.5)

Eğitim Kümesi Listesi sistem açıldığında eğitim görüntüsü içermemektedir. Yapılan en son eğitim işlemine ait eğitim görüntüleri kayıtlı buldukları dosyadan Eğitim Kümesi Listesi' ne yüklenir.

5.2.2.7 Test İmgesi Ekle Tuşu (2.6)

Varolan eğitim görüntüleri ve eğitim değerleri kullanılarak test işlemi gerçekleştirmek üzere Test Kümesi Listesi' ne test görüntüsü eklemek için kullanılır. Tuşa basılması ile açılan diyalog ekranından test edilecek görüntü seçilir.

5.2.2.8 Test Kümesi Listesi (2.7)

Geliştirme sırasında yapılacak test işlemleri için seçilen test görüntülerinin yer aldığı listedir. Liste içerisinde seçili olan test görüntüsü üzerinde çift tıklama ile ilgili test görüntüsünün Şekil 5.41' de yer alan eğitim görüntüsünün görüntülenmesi ile benzer şekilde görüntülenmesi sağlanır.

5.2.2.9 Test Başlat Tuşu (2.8)

Test Kümesi Listesi içerisinde seçili olan test görüntüsünün, sistem içerisinde varolan eğitim verilerine göre test edilmesi ve En Yakın Komşu Giriş Alanı içerisinde yer alan değer kadar en yakın tanıma sonucunun oluşturulması sağlanmaktadır.

5.2.2.10 En Yakın Komşu Giriş Alanı (2.9)

Sistem içerisinde yapılacak test işlemi sonucunda bulunacak en yakın k komşu için k değerinin belirlendiği alandır.

5.2.2.11 Test Sonuç Listesi (2.10)

Test Başlat Tuşu ile başlatılan test işlemi sonucu hesaplanan ve En Yakın Komşu Giriş Alanı'nda belirtilen sayıda en yakın komşu sınıfları ve yakınlık değerlerinin gösterildiği listedir. Şekil 5.40'da liste içerisinde gösterilen değerler görülmektedir. Bu değerlere göre, seçili test görüntüsü 2 kez 11. eğitim sınıfına, 1 kez 1. eğitim sınıfına, 1 kez 9. eğitim sınıfına ve 1 kez de 3. eğitim sınıfına benzetilmektedir.

5.2.2.12 Müşteri Sonuç Alanı (2.11)

Test Sonuç Listesi'nde yer alan test sonuç verileri kullanılarak karar verilen tanıma sonucunun gösterdiği müşteri ismi, eğer müşteri tarafından verilmiş ise kayıtlandığı noktadan bu alana yansıtılır.

5.2.2.13 Kiosk Modu Tuşu (2.12)

Geliştirme Modu'ndan Kiosk Modu'na geçmek için kullanılan tuştur.

5.2.3 KioYTS Yardımcı Araçları

5.2.3.1 Yazılım Araçları

- **OpenCV** : Intel tarafından oluşturulmuş, platform bağımsız , açık kaynaklı bir bilgisayarla görme kütüphanesidir. KioYTS içerisinde temel

bilgisayarla görme fonksiyonları gerçekleştirirken OpenCV kütüphanesi kullanılmıştır.

- **WxWidget** : Edinburhg Üniversitesi tarafından geliştirilmiş bir kullanıcı grafik arayüzü uygulamalarında kullanılan, platform bağımsız bir kütüphanedir (WxWidget Kütüphanesi Hakkında, 1992). KioYTS_KGA gerçekleştirirken kullanılmıştır.

5.2.3.2 Donanım Araçları

- **KioYTS Kamerası** : KioYTS içerisinde, video giriş görüntülerinin alınması için Fly WC-OML300 1.3MP çözünürlüklü kamera kullanılmıştır.

6 KİOYTS DEĞERLENDİRME VERİLERİ

Tez kapsamında KioYTS değerlendirilirken, sistem içerisinde yer alan Tanıma modülü içerisinde gerçekleştirilen işlemler için, ORL yüz veri tabanı ve KioYTS çalışmaları sırasında oluşturulan KioYTS veri tabanı kullanılmıştır.

6.1 ORL Veri Tabanı

1992 ve 1994 yılları arasında, Cambridge Üniversitesi laboratuvarlarında oluşturulmuştur (<http://www.cl.cam.ac.uk>). Yüz tanıma teknolojileri konusunda yapılan çalışmaların değerlendirilmeleri ve birbirleri ile kıyaslanmaları için araştırmacılara sunulmuş referans bir veri kümesidir. AT&T Veri Tabanı olarak adlandırılmaktadır.

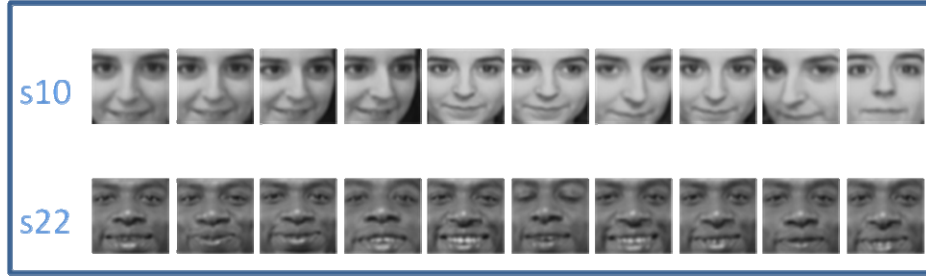
Veri tabanı içerisinde, 40 bağımsız bireyin 10 farklı görüntüsü yer almaktadır. Bağımsızların görüntüleri, farklı zamanlarda çekilmiş, ışıklandırma farklılığı taşımayan, hafif tolerans gösterebilen önyüz görüntüleridir.

ORL Veri Tabanı seçilirken, KioYTS içerisinde kullanılacak olan görüntü kısıtları ile bire bir örtüşmesi etkili olmuştur. Veri tabanı, sistem Geliştirme Modu içerisinde, yüz tanıma algoritmaları gerçekleştirilirken kullanılmış, başlangıç testleri bu veriler üzerinden gerçekleştirilmiştir. Diğer seçilme nedeni ise, ücretsiz bir şekilde veri tabanının edinilebilmesi olmuştur.

Yüz görüntüleri, orjinal hallerinde PGM formatında bulunmakta olup, KioYTS içerisinde kullanılmak üzere, 48*48 boyutlarına yeniden ölçeklendirilmiş BMP formatına dönüştürülmüş halleri kullanılmıştır.

Tanıma modülü içerisinde, eğitim ve test aşamalarında bağımsızlara ait farklı görüntüler kullanılmıştır. Eğitim kümesinde yer alan bir veri test aşamasında kullanılmamıştır.

Şekil 6.1'de, ORL Veri Tabanı içerisinde yer alan 10. ve 22. bağımsıza ait yüz görüntüleri gösterilmiştir. Şekil 6.2'de ise, sakal, gözlük gibi yüz kapanması görülen yüz görüntüleri görülmektedir. Bu bireylere ait görüntülerin hepsinde aynı tip kapanma mevcut değildir.



Şekil 6.1 ORL veri tabanı, örnek 1



Şekil 6.2 ORL veri tabanı, örnek 2

6.2 KioYTS Veri Tabanı

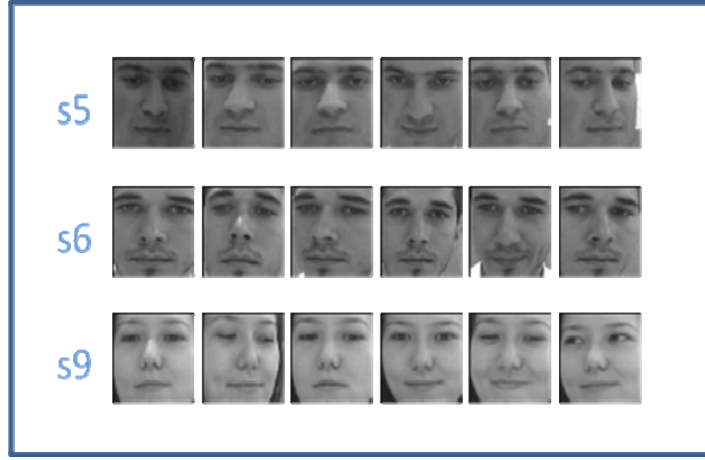
KioYTS_KGA Kiosk Modu ile alınan örnek müşteri görüntülerinden oluşan veri tabanıdır. Veri tabanı oluşturulurken, 25 adet bağımsızdan eğitim ve test görüntüleri alınmıştır.

Eğitim görüntüleri, 5.1.3.1.1' de anlatıldığı gibi, yüz üçgeninin doğru yerleştiği yüz görüntülerinden alınır. Bu görüntüler ağırlıklı olarak önyüz görüntülerinden oluşmakta bunun yanı sıra hafif toleranslı önyüz görüntüleri de veri tabanı içerisinde yer almaktadır.

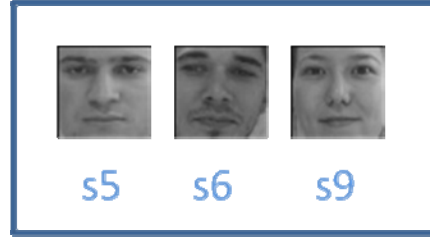
Test görüntüleri, 5.1.3.2.1' de anlatıldığı gibi, test için en uygun yüz görüntüsünü içeren önyüz görüntüsüdür.

Eğitim ve test görüntüleri, Kiosk Modu başlığında anlatılan akış içerisinde alınmıştır.

Şekil 6.3 ve Şekil 6.4' de KioYTS Veri Tabanı'ndan örnekler verilmektedir.



Şekil 6.3 KioYTS veri tabanı, eğitim verileri örnek



Şekil 6.4 KioYTS veri tabanı, test verileri örnek

7 KİOYTS SİSTEM SONUÇLARI

Bölüm 4’ de, KioYTS çalışmasının kapsamında, pazarlama sektöründe müşteri tanıma yönelik tasarlanan bir yüz tanıma sisteminin kullanılabilirliği, gerçekleştirilebilirliği üzerine bulunan hipotezlere yer verilmektedir.

Bu bölümde, sunulan hipotezler ve geliştirilen KioYTS sistemi üzerinden yapılan değerlendirmeler ile bu hipotezlerin savunmalarına yer verilmektedir. Hipotez savunmaları anlatılırken, her bir hipotez alt başlıklar halinde anlatılmaktadır.

Hipotez 1: Yüz Tanıma etkin bir biçimde müşteri tanıma uygulamalarında kullanılabilir.

Hipotez Savunma 1:

- KioYTS değerlendirmeleri sırasında, birey tanınması yapılırken, yüz gibi insanların günlük hayatlarında kullandıkları bir belirleyicinin sistem içerisinde kullanılmasının KioYTS ortamında bireylerin kendilerini rahat hissettirdiği gözlemlenmiştir.
- Kullanılan yüz tanıma teknolojilerinin, üzerinde yayınlar yapılan, başarıları kanıtlanmış ve hala etkin olarak kullanılan yöntemler olması, hata oranını düşürmekte ve sistem tanıma performansını artırmaktadır.

Deney Kümesi	Eğim Kümesi Sınıf Sayısı	Sınıf İçi Eğitim Veri Sayısı	Toplam Eğitim Veri Sayısı	Toplam Test Veri Sayısı	Doğru Pozitif Sayısı	Yanlış Pozitif Sayısı
KioYTS Veri Tabanı	26	5	130	169	151	18
ORL Veri Tabanı	40	5	200	200	184	16

Tablo 7.1 KioYTS performans değerleri

Tablo 7.1’ de görüldüğü gibi KioYTS veri kümesi kullanıldığında % 87 olan sistem başarıları, ORL veri kümesi kullanıldığında %93 değerine ulaşmaktadır. Bunun sebebi olarak, ORL veri kümesinin optimum ışıklandırma altında, profesyonel kişiler

tarafından oluşturulması, KioYTS veri kümesi oluşturulurken, verilerin alındığı ortam değişmediği halde bile en ufak ışıklandırma değişikliklerinden verilerin niteliğinin değişmesi gösterilmelidir.

Sistem içerisinde, verilerin optimum şartlarda alınması üzerinde çalışmalar devam etmekte olup, sistem başarısının bu çalışmalar ışığında yükseltilmesi amaçlanmaktadır.

Hipotez 2: Müşteriler, bir akıllı ortam olarak geliştirilen yüz tanıma sistemini, geliştirilen basit bir kullanıcı grafik arayüzü yardımı ile kolayca kullanabilir ve sistemden yararlanabilirler.

Hipotez Savunma 2:

- Sistem müşterilerin kullanımı için temel sistem adımlarını yansıtan bir arayüz olarak KioYTS_KGA Kiosk Modu' nu içermektedir. Kiosk Modu içerisinde, 5.2.1 Kiosk Modu bölümünde anlatıldığı gibi, 3 ana işlev tuşundan oluşmaktadır. İşlevsel tuşlar dikkat çeken renklerde gerçekleştirilmiş olup üzerlerinde işlevlerini anlatan bilgi iletisi vardır. (Şekil 7.1)



Şekil 7.1 Kiosk modu ana işlev tuşları

- Müşteriler, Kiosk Modu içerisinde yüz tanıma adımlarını gerçekleştirirken, Bilgilendirme Çubuğu içerisinde yer alan bilgilendirme ve yönlendirme mesajları ile müşteriye bir sonraki yapılması gereken adım ile ilgili yönlendirme, yaptıkları geçmiş adımla ilgili ise bilgilendirme yapılmaktadır. (Şekil 7.2, Şekil 7.3)

Sayın Müşteri Eğitim Kümesine Dahil Oldunuz. Yarından İtibaren Sistem Sizi Tanıyacaktır. Teşekkür Ederiz...

Şekil 7.2 Bilgilendirme mesajı örneği, eğitim görüntüsü al, akış 4

Şekil 7.3 Yönlendirme mesajı örneği, eğitim görüntüsü al, akış 1

Hipotez 3: Bir yüz tanıma uygulaması şeklinde gerçekleştirilen müşteri tanıma sistemi, kabul edilebilir bir hızla çalışacaktır.

Hipotez Savunma 3:

- KioYTS gerçek zamanlı bir yüz tanıma sistemi olarak geliştirildiği için hız faktörü önemli bir unsurdur. Yüz belirleyicisinin Bekle Ve İfade Et süresinin düşük olması dikkate alınarak geliştirilen sistem içerisinde sistem giriş verileri müşteri bekletilmeden alınmaktadır.

Eğitim aşamasında eğitim görüntüsü alınırken, ortalama 1 sn bir eğitim görüntüsü alınması için geçen süredir. KioYTS içerisinde N adet eğitim görüntüsü alındığı düşünüldüğünde, N sn geçmektedir. $N = 7$ olarak alındığı için, 7 sn içerisinde eğitim verileri alınmış olur.

Test aşamasında, uygun test görüntüsünün, Kiosk Modu içerisinde alınması ve test işleminin sonlanması için ortalama 3 sn gerekmektedir. Bekle Ve İfade Et süresi, mimik içermeyen önyüz görüntüsü verilmesi durumunda 3 sn' yi aşmamaktadır.

- Eğitim işlemi süresi, belirlenen periyot süresince çevrim dışı olarak yapılacağından ve sistem ilklendirilirken sisteme yükleneceğinden dolayı müşteri ile doğrudan ilişkili değildir.

8 SONUÇ

Sunulan tez çalışmasında amaçlanan pazarlama sektöründe kullanılmak üzere insan bilgisayar etkileşimini esas alan ve biyometrik belirleyici olarak yüz belirleyicisini kullanan gerçek zamanlı bir müşteri tanıma sisteminin geliştirilip geliştirilemeyeceğini, böyle bir sistemin başarılı olup olmayacağını anlamak ve pazarlama sektöründe müşteri tanıma noktasında var olan bir açığı kapatmaya yönelik çalışmalarda bulunmaktadır.

Video Girişi Alma modülü, Yüz Tespit modülü ve Yüz Tanıma modülü şeklinde 3 ana modülden oluşan sistem içerisinde, yüz tanıma teknolojileri içerisinde etkin olarak kullanılan, üzerinde yayımlar yapılmış ve referans gösterilmiş yöntemler kullanılmıştır. KioYTS, yeni yüz tanıma teknolojilerinin adapte edilebileceği bir yüz tanıma sistemidir. Esas olarak Temel Bileşen Analizi üzerine kurulu sistem içerisinde müşteriler, herhangi bir kullanım eğitimi gerektirmeden kolay bir şekilde kullanıma sahip, temel işlevleri içeren bir KioYTS Kullanıcı Grafik Arayüzü ile etkileşime girerek sistem adımlarını gerçekleştirmektedirler.

KioYTS' de esas amaç anonim olarak müşteri tanıma yapılması olup, kişinin kimlik bilgileri ya da diğer özel bilgilerine gerek duyulmamaktadır. Müşterinin son geliş tarihi ve geliş sıklığı gibi bilgiler sistem içerisinde kullanılır.

Sistem tasarımı sırasında bulunan hipotezler ve sistem geliştirmeleri sonucunda yapılan değerlendirmeler ışığında, pazarlama sektöründe müşteri tanıma için geliştirilecek bir yüz tanıma sisteminin var olan problemi adresler nitelikte olduğu gözlemlenmiştir. Bugüne kadar yüz tanıma teknolojileri daha çok güvenlik ve yetkilendirme uygulamaları için kullanılmış olup %100 başarı elde edilememiştir. Bu çalışma ile yüz tanıma uygulamalarının kullanılacağı yeni bir sektör ortaya çıkarılmış, %100 başarı gerektirmeyen bir alanda yüz tanıma teknolojilerinin kullanımı incelenmiş ve sistem başarısı KioYTS sistem değerlendirmeleri ile gösterilmiştir.

9 GELECEK ÇALIŞMALAR

KioYTS çalışması, çalışmanın ilerleme aşamasında, araştırmaya ve geliştirmeye açık yeni noktaları ortaya çıkarmıştır. Bu noktalar aşağıda belirtilen olası gelecek çalışmaların içeriğini oluşturabilmektedir.

- KioYTS ile tasarımı yapılan ve gerçekleştirilen yüz tanıma sistemi üzerinde yapılan değerlendirmeler sonucunda bu sistemin gerçek kiosk ortamında çalıştırılabilir nitelikte olduğu görüldüğünden, gerçek kiosk ortamına adapte edilmesi
- Yüz tanıma işleyişinin hız kazanması için, video görüntü dizisi içerisinde eşlenen her bir görüntü içerisinde yüz tespit işleminin yapılması yerine ilk görüntüde tespit edilen yüz nesnesinin hareket takibi ile takip edilmesi
- Yüz tanıma ortamında tek bir kamera görüntüsü değil, iki ya da daha fazla kamera kullanılarak 3 boyutlu modelleme ile yüz görüntüsünün alınması ve KioYTS içerisinde kullanılan öznelikler dışında doku yapısı gibi farklı özneliklerinde kullanılabilir olması
- Fisher-yüz algoritmasının KioYTS içerisinde gerçekleştirilmesi

10 KAYNAKLAR DİZİNİ

AMERİKAN PATENT OFİSİ (2004), <http://www.freepatentsonline.com/>

BELHUMEUR, P.N., HESPANHA, J.P. , KRIEGMAN, D.J. (1997), “Eigenfaces vs. Fisherfaces: Recognition Using Class Specific Linear Projection ”, IEEE Transactions On Pattern Analysis And Machine Intelligence, Vol. 19, No. 7

CHELLAPPA, R., WILSON, C.L., SIROHEY, S. (1995), “Human and Machine Recognition of Faces: A Survey”, IEEE Protokolü, Vol.83

CORAVUE, Birebir Pazarlama Sistemi (2003), <http://www.coravue.com/>

GROSS, R. , SHI, J., COHN, J.(2001), “ Quo vadis Face Recognition”, Carnegie Melon University

HARVARD ÜNİVERSİTESİ, YÜZ KÖRLÜĞÜ ARAŞTIRMA MERKEZİ (2001) , <http://www.faceblind.org/>

HSU, R.L., MOTTALEB, M.A., JAIN,A.K. (2002), “ Face Detection in Color Images”, IEEE Transactions On Pattern Analysis And Machine Intelligence, Vol.24, No.5

KARADUMAN, S. (2007), Birebir Pazarlama, <http://www.serkankaraduman.com/>

LEVMAN, J., ALIREZAIE, J., KHAN, G. (2003), “ Perfectly Flat Histogram Equalization”, ACTA Press, Signal Processing, Pattern Recognition and Applications, Canada

LU, X. (2001), “Image Analysis for Face Recognition”, Dept. of Computer Science & Engineering, Michigan State University

MITA, T., KANEKO, T., HORI, O. (2005), “Joint Haar-like Features for Face Detection”, IEEE (ICCV'05)

ODABAŞI, Y. (2005), “CRM: ÇOK KONUŞULAN AMA AZ BİLİNEN BİR KAVRAM”, <http://www.danismend.com/>

PENTLAND, A., CHOUDHURY, T.(2000), “ Face Recognition For Smart Environment”, MIT Media Laboratory

SHAKHNAROVICH, G., MOGHADDAM, B. (2004), “ Face Recognition in Subspaces”, Mitsubishi Elektrik Araştırma Laboratuvarları

TURK, M. A., PENTLAND, A. P. (1991), “ Face Recognition Using Eigenfaces”, IEEE, CH2983-5/0000/0586

VIOLA, P., JONES, M. (2001), “Robust Real-time Object Detection”, 2. International Workshop on Statistical And Computational Theories Of Vision-Modeling, Learning, Computing, Canada

WXWIDGET KÜTÜPHANESİ, HAKKINDA (1992), <http://www.wxwidgets.org>

YAZICI, İ.M., GÖKTÜRK, M. (2008), “ Gerçek Zamanlı Kiosk Yüz Tanıma Sistemi”, ASYU

ZHAO, W., CHELLAPPA, R., PHILIPS, P.J., ROSENFELD, A.(2003), “ Face Recognition : A Literature Survey”, ACM Computing Surveys, Vol.35, No.4

ZHAO, W.Y., CHELLAPPA, R. (2003), “ Image Based Face Recognition: Issues and Methods”,

11 ÖZGEÇMİŞ

İlkay Melek YAZICI, 03/12/1981 tarihinde Kastamonu' da doğdu. İlköğretimi Kastamonu' da, lise öğrenimini Gebze Neşet yalçın Süper Lisesi' nde tamamladı. 2001 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği bölümüne girerek 2005 senesinde mezun oldu. Yine 2005 senesinde Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü'nde Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans öğrenimine ve TÜBİTAK, Marmara Araştırma Merkezi, Bilişim Teknolojileri Enstitüsü'nde araştırmacılık görevine başladı. Çalışma alanları gömülü sistemler, platform teknolojileri ve görüntü işlemedir.