

Döndürülmüş Kayan Pencereleler Kullanarak İyileştirilmiş Hibrid Nesne Tespit Yöntemi

An Improved Hybrid Object Detection Method Using Rotated Sliding Windows

M. Ece GÜRBÜZ¹, Ali GANGAL²

^{1,2}Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Karadeniz Teknik Üniversitesi
m_ecegurbuz@ktu.edu.tr, ali.gangal@ktu.edu.tr

Özet

Nesne tespit için kayan pencere yaklaşımı, yaya tespit veya yüz tespit gibi bilgisayarla görü uygulamalarında yaygınlıkla kullanılmaktadır. Bu çalışmada nesne olarak, renkli görüntülerde önden çekilmiş açılı yüzlerin tespit işlemine odaklanılmıştır. Önerdiğimiz yeni kayan pencere yaklaşımıyla poz kestirimi veya nesne sınıflandırıcı için ilave eğitim işlemlerine gerek kalmadan görüntüdeki mevcut yüz bölgelerinin tamamına yakın bir bölümü tespit edilebilmektedir. Uzun program koşum süresi sorununu çözmek için Viola ve Jones tarafından geliştirilen haar benzeri özellik tabanlı kaskad yüz sınıflandırıcısı ve RGB domeninde bir ten rengi sınıflandırıcısı birlikte kullanılmıştır. Bao Yüz Veritabanı, UCD Renkli Yüz Veritabanı ve internet üzerinden ücretsiz olarak elde edilen görüntüler üzerinde yapılan deneysel çalışma sonuçları umut vericidir.

Abstract

Sliding window approaches for object detection is widely used in some of computer vision applications such as face or pedestrian detection. In this paper, we focused on the frontal rotated face detection problem in colour images. We propose a new rotated sliding windows technique which makes possible to detect nearly all of the frontal rotated faces in the image without extra process as pose estimation or extra training for the object classifier. To get over the runtime duration problem and increase system performance, a hybrid system composed of a well-known haar feature based cascaded face classifier developed by Viola and Jones and a skin colour classifier in RGB domain was used with our proposed method. The experiment results on the Bao Face Database, UCD Colour Face Image Database, and on the images collected from the internet are very promising.

1. Giriş

Sahne anlama ve ya nesne tanıma gibi bilgisayarla görü uygulamalarında, aranan nesnenin mevcutluk durumunun yanında konum bilgisi de önemlidir. Kayan pencere yaklaşımı kullanılarak, aranan nesneye ait konum bilgisi kolaylıkla elde edilebilir. Kayan pencere(alt-görüntü) yöntemindeki temel mantık, giriş görüntüsünü sabit boyutlu bir dörtgen pencere kullanarak taramak ve kullanılan pencerenin aranan nesneyi

içerip içermediğine karar vermektir. Çoğunlukla karar verme işlemi eğitici öğrenme metodu kullanılarak aranan nesne için eğitilmiş bir sınıflandırıcı ile gerçekleştirilir [1,2,3,4,5]. Bu çalışmada aranan nesne olarak insan yüzü seçilmiştir.

Yüz algılama, verilen bir görüntüde yüz olup olmadığına karar verme ve eğer yüz mevcutsa, yüzün kestirilen lokasyon bölgesini ve boyutlarını sunma işlemidir [6]. Yüz algılama, yüz tanıma, duygu tanıma, dudak okuma gibi yüz tabanlı uygulamaların ilk ve en önemli basamağıdır. Bu öneme binayeten bu konuda dünya üzerinde çok fazla çalışma mevcuttur fakat hala tam olarak çözülememiş bir problemdir. Çünkü yüz algılama başarımını düşüren çok fazla çevresel ve pozsal etken mevcuttur [6,7,8]. Bu çalışmada yüz algılama başarımını düşüren poz etkisini döndürülmüş kayan pencereler kullanarak azaltma üzerine yoğunlaşmıştır.

Litaratürdeki yüz algılama yöntemleri, bilgi tabanlı, özellik tabanlı, şablon tabanlı ve görünüm tabanlı yöntemler olmak üzere 4 grupta toplanabilmektedir. Bu bildiride Viola ve Johns(V&J) tarafından ilk olarak gerçekleştirilen görünüm tabanlı bir yöntemle özellik tabanlı bir yöntem birleştirilerek hibrid bir sistem kullanılmıştır.

V&J yüz algılama yöntemi, yüksek doğruluk oranına sahip kolay uygulanabilen bir yöntemdir. Ayrıca her ne kadar kayan pencere tekniğini kullanıyor olsa da gerçek zamanlı uygulamalarda kullanılabilir [2,3]. Bu büyük avantajlarının yanı sıra V&J yüz algılama sistemi bazı dezavantajlara sahiptir. Bu sistem sadece önden çekilmiş gri görüntüler için kullanılabilir ve yanlış bulma oranı(false positive rate) oldukça yüksektir. Dönmeden kaynaklanan sorunları çözmek için extra eğitim verisi hazırlanarak ona göre eğitim işlemi gerçekleştirilmesi veya görüntünün olası her açı için döndürülerek yöntemin döndürülmüş her görüntüye tekrar uygulanması gerekmektedir. Bu çalışmada yüz sınıflandırma için ilave bir eğitim işlemi yapılmamıştır. Sınıflandırıcı olarak önceden eğitilmiş ücretsiz olarak ulaşılabilen hazır bir sınıflandırıcı(haarcascade_frontalface_alt2.xml) kullanılmıştır [9].

Bu çalışmada V&J yüz algılama yönteminde kullanılan kayan pencere yöntemi önerdiğimiz teknikle güncellenmiştir. Uygulamanın koşum süresini ve yanlış bulma oranını azaltmak için iyileştirdiğimiz V&J yüz algılayıcı, görüntüde sadece tespit edilen ten rengi bölgeleri civarında çalıştırılmıştır.

Kalan bildiri akışı şu şekilde takip etmektedir. 2. Bölümde uygulanan sistem ile ilgili gerekli arka plan bilgileri

verilmektedir. Bölüm 3 de önerilen sistem açıklanmıştır. Bölüm 4 de sonuçlar ve planlanan gelecek çalışmalar bölümleri yer almaktadır.

2. İlgili Çalışmalar

2.1.1. Nesne Algılamada Kayan Pencere Yaklaşımı

Nesnenin görüntü üzerindeki lokasyonu, eğer nesne tespit edildikten sonra onu görüntü arka planından ayırıp üzerinde başka çalışmalar yapılacaksa ve ya tespit edilen nesne ile görüntüdeki başka nesne\ler arasındaki ilişki incelenmek isteniyorsa son derece önem arzeden bir konu haline gelmektedir. Sabit boyutlu bir pencereyi görüntü üzerinde bütün olası lokasyonlarda kaydırarak ve kaydırılan bu pencerenin çevrelediği görüntü bölgesini de bir ikili sınıflandırıcı dan geçirerek aranan nesneyi çok kolay bir şekilde konum bilgisiyle elde etmek mümkündür.



Şekil 1: Kayan Pencere Tekniği Kullanılarak Yüz Algılama.

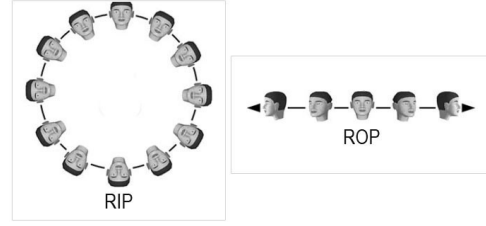
Kayan pencere yöntemiyle ilgili ana problem bu yöntemin çok zaman alıcı bir yöntem olması ve yanlış bulma oranının da yüksek olmasıdır. Ayrıca bu teknik kullanılarak tespit edilen bölgeler aranan nesnenin yanında büyük ölçüde arka plan görüntüsü de içerebilmektedir. Bu durum tespit işleminden sonra gerçekleştirilebilecek nesne tanıma gibi işlemlerin de başarımını kötü yönde etkilemektedir. Bu sorunun üstesinden gelebilmek için bazı yöntemler önerilmiştir [11,12,13]. Ayrıca özellikle kayan pencere tekniğini gerçek zamanlı uygulamalarda etkin bir şekilde kullanabilmek için GPU üzerinde çalışan sistemler gerçekleştirilmiştir [14].

Bu çalışmada kayan pencere yönteminin belirtilen dezavantajlarının üstesinden gelebilmek için RGB domeninde gerçekleştirilen bir ten rengi sınıflayıcı kullanılmıştır. Önerilen döndürülmüş kayan pencere yaklaşımıyla kullanılan yüz algılayıcı görüldüdeki sadece ten rengi bölgeleri civarında çalıştırılmıştır. Bu durum hem program koşum süresini, hem yanlış bulma oranını hem de tespit edilen bölgelerdeki arka plan görüntüsünü azaltmıştır.

2.2. Yüz Algılama

2.2.1. Çok Açılı Yüz Algılama

İnsan yüzü sabit bir nesne değildir ve eğer fotoğraf kontrollü olarak çekilmediyse çoğunlukla önden görüntü şeklinde de değildir. Yüzün dönmesi 2 gurup altında toplanabilir. Bunlar düzlem içi(rotation-in-plane(RIP)) ve düzlem dışı(rotation-out-plane(ROP)) olmak üzeredir(bkz Şekil 2). Düzlem içi (RIP), yüzün gözlem düzlemindeki 0-360 dereceler arasındaki dönüşlerini, düzlem dışı(ROP) yüzün gözlem dışı ± 90 dereceye kadar dönüşlerini kapsar [15,16]. Bu çalışmada RIP poz değişiklikleri üzerinde durulmuştur.



Şekil 2 : RIP ve ROP guruplarının gösterimi.

Önden çekilmiş yüzler için eğitilmiş bir yüz sınıflandırıcısı dönmüş yüzler için direkt olarak uygulanamaz. Yakın zamanda gerçekleştirilmiş birçok çalışma bu önemli sorunu çözmek üzere çeşitli dönmeden bağımsız çok açılı yüz algılama yöntemleri önermişlerdir [15,16,17]. Bu çalışmada RIP poz etkisine karşı gürbüz, yeni bir döndürülmüş kayan pencere yaklaşımı önerilmiştir.

2.2.2. Görünüm Tabanlı Yüz Algılama

Görünüm tabanlı yöntemler yüz modellerini yüz görüntüsünü temsil eden eğitim kümesinden oluştururlar ve oluşturdukları bu yüz modeli aracılığıyla kazandıkları yüz deneyimleriyle de algılama işlemi gerçekleştirirler. Bu yöntemler başarımları diğer yüz algılama yöntemlerine göre daha üstündür ancak zorlayıcı bir eğitim sürecine ihtiyaç duyarlar [6,7,8,18].

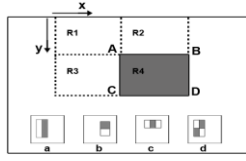
2.2.3. V&J Yüz Algılama Yöntemi

Kayan pencere yaklaşımını kullanan diğer yöntemler gibi, V&J yüz algılama yöntemi giriş görüntüsünü kayan bir pencere ile tarama ve her bir pencere içinde bir sınıflandırıcı çalışma işlemlerinden oluşur. Fakat bu yaklaşım, kayan pencerenin en büyük sorunu olan uzun koşum süresi sorununu sağladığı 3 katkıyla büyük ölçüde üstesinden gelmiştir. Bu 3 katkı; integral görüntü alma, AdaBoost yöntemiyle öğrenen sınıflandırıcı geliştirme ve sağladıkları kaskad sınıflandırıcı yapısı olmak üzeredir [2,3].

2.2.4. Haar Benzeri Özellikler ve İntegral Görüntü

V&J önerdikleri yöntemde haar dalgacıklarına benzeyen özellikler kullanılmışlardır. Bu özellikler 2 veya daha fazla bitişik dikdörtgeni bölgeden oluşmaktadır. Şekil 3'de alt pencerelerde(a,b,c,d) bazı haar benzeri özellikler gösterilmiştir. Bu özelliklerin değeri koyu renklendirilmiş dikdörtgeni bölge(ler)'in beyaz renklendirilmiş dikdörtgeni bölge(ler)'den çıkarılması yoluyla hesaplanır. Leinhardt ve Maydt [19] çalışmasında genişletilmiş haar benzeri özellikler önermiş ve sonrasında İntel tarafından bunun bir uygulaması OpenCv(Open Computer Vision)'ye entegre edilmiştir [9]. Haar benzeri özelliklerin hızlı bir şekilde hesaplanabilmesi için V&J, integral görüntü olarak isimlendirilen yeni bir görüntü temsili önermişlerdir. Giriş görüntüsünü integral görüntüye dönüştürmek V&J algoritmasının ilk aşamasıdır. İntegral görüntü, her bir piksel değerini, kendisinin sol ve üst tarafındaki bütün piksel değerlerinin toplamı şeklinde gerçekleştirilerek hesaplanır. İntegral görüntüde, görüntüdeki

herhangi bir dikdörgensin bölgenin alanı sabit bir sürede sadece 4 değer kullanarak hesaplanabilir.



Şekil 3 : Bir dahili dikdörgensinin integral görüntü temsili ve onları çevreleyen tespit pencerelerinde kullanılan bazı haar benzeri özellikler(a,b,c,d).

Şekil 3'de görülen koyu gri olarak renklendirilmiş dikdörgensin bölgenin (R4) alanı (1) nolu denklem e göre hesaplanabilir.

$$\begin{aligned} A &= R1, B = R1 + R2, C = R1 + R3, D = R1 + R2 + R3 + R4 \\ R4 &= A + D - B - C \end{aligned} \quad (1)$$

2.2.5. Adaboost Yöntemi ile Sınıflandırıcının Eğitilmesi

Görüntüdeki herhangi bir alt penceredeki olası özelliklerin sayısı görüntünün toplam piksel sayısından daha büyük olabilmektedir. V&J; Adaboost algoritmasını, kullanılacak özelliklerin seçilmesinde ve sonrasında seçilen bu özelliklerle sınıflandırıcının eğitiminin gerçekleştirilmesinde kullanmışlardır.

Adaboost zayıf sınıflandırıcıların ağırlıklarının bir kombinasyonunu kullanarak güçlü bir sınıflandırıcı inşa eden bir hızlandırma algoritmasıdır. V&J zayıf sınıflandırıcıyı, eğitim verisini %51 başarıyla doğru sınıflayabilen sınıflandırıcı olarak tanımlamışlardır [2,3].

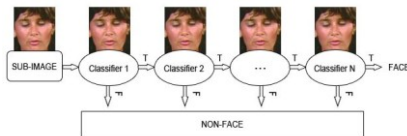
Matematiksel olarak zayıf bir sınıflandırıcı ($h(x, f, p, \theta)$) (2) eşitliğine göre hesaplanabilir.

$$h(x, f, p, \theta) = \begin{cases} 1, & pf(x) < p\theta \\ 0, & \text{diğer} \end{cases} \quad (2)$$

(2) de verilen eşitlikte x, 20*20 piksellik alt pencere, f uygulanan özellik, p kutup, θ ise x in yüz mü yüz değil mi olduğuna karar veren eşik değerini göstermektedir.

2.2.6. Attentional Kaskad Yapısı

V&J görüntüdeki yüz bölgelerini tespit etmekte ise yüz olmayan bölgeleri elimine eden etkin bir algoritma önermişlerdir. Bu fikirden hareketle sınıflandırıcı katlarını birleştiren kaskad bir yapı inşa etmişlerdir (bknz Şekil 4). Bu kaskad yapıyı kullanarak yüz olmayan bölgelerin ilk fazlarda elenmesi sağlanacağından büyük bir koşum süresi avantajı ortaya çıkmıştır.



Şekil 4: V&J yönteminde [2,3] kullanılan kaskad yapısı.

2.2.7. Özellik Tabanlı Yüz Algılama

Özellik tabanlı yöntemler, normalde yüz algılama başarımını etkileyen aydınlatma gibi etkilere karşı gürbüz olan yüzsel özelliklere (saç çizgisi, gözler, kaşlar, burun, ağız ve ten rengi) göre yüz bulma işlemini gerçekleştirirler [6,7,8,18].

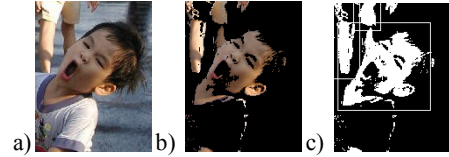
Bu çalışmada özellik tabanlı yöntemlerden ten rengi tespit yöntemi sistem başarımını arttırmak ve program koşum süresini azaltmak amacı ile kullanılmıştır.

İnsan yüzünün büyük bir bölümü deriyle kaplıdır ve genel olarak açıktır. Bu sebeple deri bölgesi yüzü tespit etmek için iyi bir belirteç olabilmektedir. Literatürde ten rengi tespit etmeye yönelik çok sayıda yayın mevcuttur [20,21,22].

Bu çalışmada [21] de önerilen RGB domenindeki ten rengi tespit yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde göre bir pikselin renk değerinin ten rengi olarak algılanması için (3) eşitliğini sağlaması gerekmektedir.

$$\begin{aligned} (R > 95)\delta(G > 40)\delta(B > 20)\delta \\ (Max(R, G, B) - Min(R, G, B) > 15)\delta \\ (|R - G| > 15)\delta(R > G)\delta(R > B) \end{aligned} \quad (3)$$

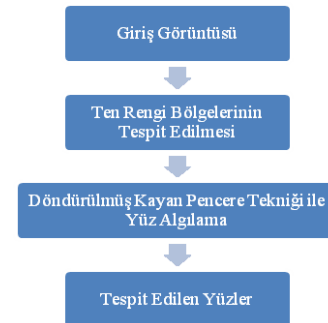
Şekil 5_b'de (3) eşitliği kullanılarak tespit edilen görüntüdeki ten rengi bölgeleri görülmektedir.



Şekil 5: a) Orjinal görüntü, b) Tespit edilen ten rengi bölgeleri, c) (b) üzerinde gerçekleştirilen imge bölgesi çıkarım sonuçları.

3. Önerilen Yöntem

Bu çalışmadaki motivasyonumuz renkli görüntülerde önden çekilmiş dönük yüzlerin tespit edilmesidir. Önerdiğimiz yeni bir kayan pencere tekniği ile görüntüdeki RIP poz değişikliklerine karşı sadece bir tane eğitilmiş sınıflandırıcı kullanarak gürbüz bir sistem elde edilmiştir. Program koşum süresi sorunu ve sistemin yanlış ya da hatalı tespit oranlarını azaltmak için geliştirilen sistem sadece görüntüdeki ten rengi bölgelerinde uygulanmıştır. Aynı yüz bölgesinin birden çok bulunması durumunda bulunan çerçevelerin ortalaması alınarak tek bir gösterim sağlanmıştır. Şekil 5 geliştirilen sistemin genel şemasını göstermektedir.



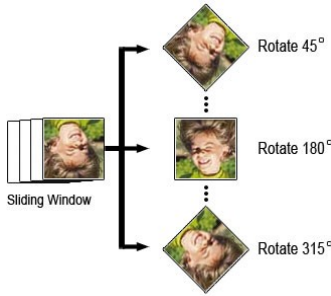
Şekil 6 : Önerilen sistemin şemasal gösterimi.

3.1. Döndürülmüş Kayan Pencere Tekniği

İkinci bölümde açıklandığı gibi nesnelerin düzlem içi(RIP) ve düzlem dışı(ROP) olmak üzere 2 tür poz değişiklik durumları mevcuttur. Bu çalışmada RIP poz değişiklikleri üzerinde durulmuştur.

Normal şartlar altında döndürülmüş kayan pencere yöntemi kullanılarak dönmelerden bağımsız nesne algılama gerçekleştirilmenin olası 2 yolu mevcuttur. İlk olarak olası her açı için farklı sınıflandırıcılar eğitilebilir ve her bir alt pencere için bu sınıflandırıcılar ayrı ayrı uygulanabilir veya ilgili alt pencerenin kapsadığı bölgedeki dönme açısı, dönme açısı kestirim yöntemleriyle kestirildikten sonra alt pencerenin kapsadığı bölge kestirilen dönme açısının tersi yönde döndürülerek sınıflandırıcı uygulanabilir. İkinci olarak bütün görüntü olası her açı için döndürülür ve oluşturulan her görüntüdeki bütün alt pencerelerde sınıflandırıcı çalıştırılır.

Bu çalışmanın esas katkısı olarak RIP poz değişikliklerine karşı izlenebilecek 2 yola bir tane daha eklenmiştir. Buna göre aranan nesneyi içerebilecek her bir alt pencere saat dönme yönünde olası her açı için döndürülür ve sadece düz görüntü için eğitilmiş sınıflandırıcı bu alt görüntüler üzerinde çalıştırılır. Bütün görüntüyü döndürmek yerine sadece alt pencereler döndürülerek sonuca gidilir(bknz Şekil 7). Bu çalışmada 0-360 derecelar arasında 45 derecelik artışla 8 açı değeri göz önüne alınmıştır. Bu çalışmamızda kullanılan V&J yöntemi ile eğitilen sınıflandırıcı ± 15 derecelik dönüşlere karşı gürbüz olduğu için nesnenin olası bütün poz durumları göz önüne alınmış olmaktadır. Çalışmamızda dört çekirdekli bir bilgisayar kullanılmış bu sayede aynı anda 4 açı için sınıflandırma işlemi gerçekleştirilebilmiştir. Eğer bakılan ilk dört açı için nesne(yüz) algılama söz konusuysa sonraki dört açıya bakılmadan alt pencere kaydırılarak sonraki görüntü bölgesinde işlemler tekrarlanmıştır. Dönme işlemi için bicubic interpolasyon yöntemini kullanan açık kaynak kodlu AForge kütüphanesinin görüntü döndürme filtresi kullanılmıştır [23].



Şekil 7: Döndürülmüş kayan pencereler.

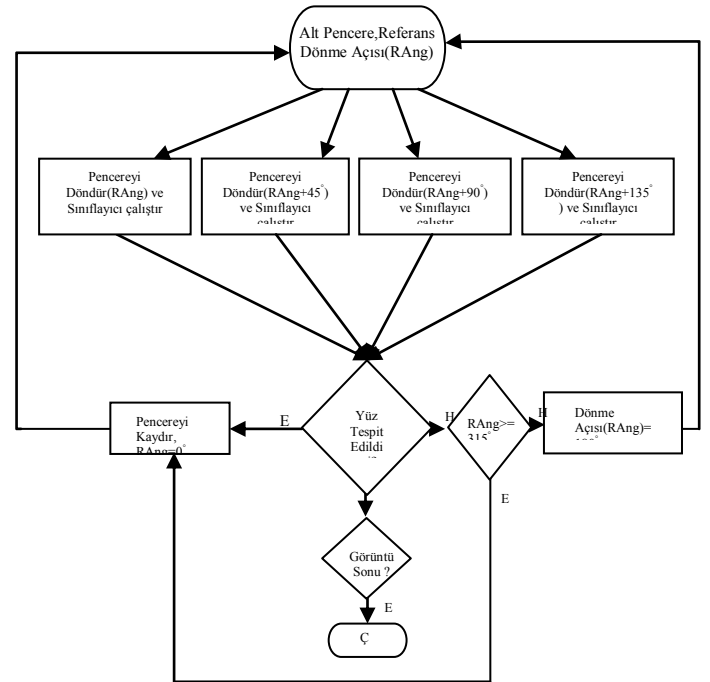
3.1.2. Ten rengi bölgelerinin tespit edilmesi ve alt görüntü(Blob) bölgelerinin çıkarılması

Ten rengi bölgelerinin tespiti için kullanılan sınıflandırıcı 2. bölümde anlatılmıştır. Ten rengi sınıflandırıcısıyla tespit edilen görüntü bölgeleri dışındaki bütün görüntü bölgesi siyah olacak şekilde ayarlanmış ve sonrasında birleşik bileşen etiketlemeye dayanan AForge.Net kütüphanesinin blob extraction filtresi uygulanmıştır [23]. Yüz tespit için kullanılan sınıflandırıcı minimum 20*20 lik görüntülere göre eğitildiği için boyutu 16*16 dan küçük bölgeler göz önüne alınmamıştır (bknz Şekil 5).

3.2. Döndürülmüş Kayan Pencereler Kullanılarak Yüz Algılama

Tespit edilen ten rengi bölge koordinatları orjinal görüntü bölgesinde hem x hem y doğrultusunda ∓ 4 piksel genişletilmiştir. Gerçekleştirilen deneysel çalışmalarda yapılan bu işlemin başarımı arttırdığı gözlemlenmiştir.

Yüz tespit işleminin gerçekleştirileceği görüntü alt bölgeleri belirlendikten sonra V&J yüz algılayıcısı her bir alt bölgede döndürülmüş kayan pencere tekniğini kullanarak çalıştırılır. İlk olarak sınıflandırma işleminin gerçekleşeceği alt pencere büyüklüğü aramanın yapılacağı bütün alt görüntü bölgesi olarak ayarlanır ve olası açılar için sınıflandırıcı çalıştırılır. Sonraki adımlarda alt pencere büyüklüğü 1.25 oranında küçültülerek yüz algılama işlemine devam edilir. Alt pencere boyutu 20*20 den küçük olana kadar bu işleme devam edilir. Bütün alt görüntü bölgeleri tarandıktan sonra işlem sonlandırılır(bknz Şekil 8).



Şekil 8 : Döndürülmüş kayan pencereler tekniği ile yüz algılama blok diagramı.

3.3. Yapılan Deneysel Çalışmalar ve Elde Edilen Sonuçlar

Deneysel çalışmalarımızda RIP poz değişiklikleri içeren 50 adet görüntü(Bao Yüz Veritabanı(24), UCD Renkli Yüz Veritabanı(15) ve internetten ücretsiz olarak indirilmiş görüntüler(11)) kullanılmıştır. Önerdiğimiz yöntemin performans sonuçları bu çalışmayla ilişkili 2 çalışma [3,18] sonuçlarıyla karşılaştırmak için kullandığımız test görüntüleri modifiye edilmiştir. Buna göre bizim deneylerimizde kullandığımız 50 görüntü 8 açı değeri için döndürülerek (0,45,...315) 400 adet görüntü elde edilmiş ve paralel programlamadan yararlanarak ilgili 2 yöntem sonuçları elde edilmiştir. Çizelge 1 yapılan deneysel çalışma sonuçlarını göstermektedir.

Çizelge 1 : Deneysel Sonuçlar

Yöntem	Önerilen	(Ten Rengi Tespit+Viola&Jones)	Viola&Jones
TP	143	136	134
FP	59	148	364
FN	16	23	25
Precision	%71	%46	%27
Recall	%90	%85	%84
Süre(sn)	1.96	0.910	1.34

Çizelge 1 de görülen TP, FP ve FN sırasıyla doğru pozitif, yanlış pozitif ve yanlış negatif göstermektedir. Precision(Pozitif Tahmin Değeri) ve Recall(Hassasiyet) değerleri 4 eşitliğinde verildiği şekilde hesaplanmıştır [25].

$$\begin{aligned} \text{Precision} &= \text{TP}/(\text{TP}+\text{FP}) \\ \text{Recall} &= \text{TP}/(\text{TP}+\text{FN}) \end{aligned} \quad (4)$$

Şekil 9 da önerilen yöntemin görsel sonuçlarını gösteren birkaç görüntü mevcuttur.



Şekil 9: Önerilen yöntem sonuçlarından örnekler.

4. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada yeni bir döndürülmüş kayan pencere yaklaşımı önerilmiş ve düzlem içi poz değişimleri söz konusu olan görüntülerde yüz bölgelerini algılama için kullanılmıştır. Literatürde yüz algılama problemi için en yaygın kullanılan Viola&Jones yöntemi önerilen yöntemle göre adapte edilerek kullanılmış ve sistem performansı test edilmiştir. Başarımı arttırmak ve işlem süresini azaltmak için oluşturulan sistem görüntüdeki ten rengi bölgelerinde çalıştırılmıştır. Deneysel sonuçlar umut vericidir. Önerilen sistemin tek dezavantajı işlem süresi problemidir. Gelecek çalışma olarak bu konu üzerinde durulması planlanmaktadır.

5. Kaynaklar

- [1] H. A. Rowley, S. Baluja, and T. Kanade, "Human face detection in visual scenes," *Advances in Neural Information Processing Systems*, pp. 875-881, MIT Press, 1996.
- [2] P. Viola and M. Jones, "Rapid object detection using a boosted cascade of simple features," *Proc. IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition*, vol. 1, pp. 511-518, 2001.
- [3] P. Viola and M. Jones, "Robust real-time face detection," *International Journal of Computer Vision* 57(2): 137-154, 2004.

- [4] N. Dalal and B. Triggs, "Histograms of oriented gradients for human detection," *Proc. IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 886-893, 2005.
- [5] C. Anagnostopoulos, G. Tsekouras, I. Anagnostopoulos, G. Kouzas, V. Loumos, E. Kayafas, "Using sliding concentric windows for license plate segmentation and processing," *SIPS*, 2005.
- [6] M.H.Yang, D.J.Kriegman, and N. Ahuja, "Detecting faces in images: A survey," *IEEE Trans. On Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 24, no. 1, pp.34-58, 2002.
- [7] E. Hjelmas and B. K. Low, "Face detection: a survey," *Computer Vision and Image Understanding*, vol. 83, no. 3, pp. 236-274, 2001.
- [8] C. Zhang and Z. Zhang, "A survey of recent advances in face detection," *Tech. Rep., Microsoft Research*, 2010.
- [9] Intel Open Source Computer Vision Library, <http://sourceforge.net/projects/opencvlibrary/>
- [10] UCD Colour Face Image Database, <http://ee.ucd.ie/~prag/>.
- [11] C.H.Lampert, M.B.Blaschko and T. Hofmann "Beyond sliding windows: object localization by efficient subwindow search," *Proc. IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition*, 2008.
- [12] S. An, P. Peursum, W. Liu, and S. Venkatesh, "Efficient algorithms for subwindow search in object detection and localization," *Proc. IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 264-271, 2009.
- [13] G.Gualdi, A.Prati, and R. Cucchiara, "Multistage particle windows for fast and accurate object detection," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 34, no. 8, 2012.
- [14] C. Wojek, G. Dorko, A. Schulz, B. Schiele, "Sliding-window for rapid object class localization: a parallel technique," *DAGM 2008, LNCS 5096*, pp.71-81, 2008.
- [15] C. Huang, H. Ai, Y. Li, S. Lao, "High-performance rotation invariant multiview face detection," *Pattern Analysis and Machine Intelligence*, *IEEE Transactions on vol. 29*, no. 4, pp. 671-686, April 2007.
- [16] B.Wu, H. Z. Ai, C. Huang, and S. H. Lao, "Fast rotation invariant multi-view face detection based on real adaboost," *Sixth IEEE Int. Conf. on Automatic Face and Gesture Recognition*, 2004.
- [17] H. Rowley, S. Baluja, and T. Kanade, "Rotation invariant neural network-based face detection," *In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pages 38-44, 1998.
- [18] Z. S. Tabatabaie, R. W. Rahmat, N. I. B. Udzir, and E. Kheirkhah, "A Hybrid face detection system using combination of appearance-based and feature-based methods," *International Journal Of Computer Science and Network Security*, vol. 9, no. 5, May 2009.
- [19] R. Lienhart and J. Maydt, "An extended set of haar-like features for rapid object detection," *ICIP*, 2002.
- [20] M. J. Jones and J. M. Rehg, "Statistical color models with application to skin detection," *Int. J. of Computer Vision*, vol. 46, no. 1, pp. 81-96, 2002.
- [21] J. L. Jiang, P. Peer, and F. Solina, "Human skin color clustering for face detection," *EUROCON 2003*.
- [22] P. Kakumanu, S. Makrogiannis, and N. Bourbakis, "A survey of skin-color modeling and detection methods," *Pattern Recognition*, vol. 40, no. 3, pp. 1106-1122, 2007.
- [23] Andrew Kirillov, AForge.NET Framework, <http://www.aforgenet.com/>.
- [24] R. Frischholz, "Bao face database at the face detection homepage," in <http://www.facedetection.com>
- [25] WIKIPEDIA Ücretsiz online ansiklopedi, http://en.wikipedia.org/wiki/Precision_and_recall.