

Görüntü İşleme Teknikleri Kullanılarak Bir Ortamın İnsan Yoğunluğunun Hesaplanması

Calculating The People Density Of An Environment Using Image Processing Techniques

Fatih Ahmet ŞENEL¹, Sezai TOKAT²

¹Bilgisayar Mühendisliği Bölümü,
Süleyman Demirel Üniversitesi
fatihsenel@sdu.edu.tr

²Bilgisayar Mühendisliği Bölümü,
Pamukkale Üniversitesi
stokat@pamukkale.edu.tr

Özet

Bu çalışmada; görüntü işleme teknikleri kullanılarak alışveriş merkezleri, metro durakları gibi ortamların farklı zamanlarda alınan kamera görüntüleri ile insan yoğunluğunun hesaplanması ve yoğunluk üzerinden insan sayısının tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada görüntü işleme teknikleri arasında olan morfolojik işlemler ve etiketleme işlemleri olarak iki farklı yöntem denenmiştir. Her iki yöntemin de sonuçları karşılaştırılarak ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır.

Abstract

The aim at this thesis is to calculate the people density of different environments such as metro stations, shopping centers etc. by taking camera images at different time instants and predicting the number of people using image processing techniques. In this study, two different techniques of image processing that are morphological and labeling operations were tested. Results of both techniques were presented with detailed comparison.

1. Giriş

Günümüzde perakende sektörü başta olmak üzere birçok sektörde rekabetin günden güne arttığı gözlenmektedir. Değişen piyasa koşullarında rekabet edebilmenin yolu, her sektörde, verimliliği ve dolayısıyla kârlılığı arttırmaktan geçmektedir. Verimliliği arttırmak için de doğruluğundan emin olduğumuz sayısal bir takım büyüklüklere ihtiyacımız vardır. Herhangi bir işletmeye gün içinde gelen ziyaretçi sayısının doğru tespiti ve bu ziyaretçiler hakkında derinlemesine yapılacak bir araştırma sonucunda pazarlama çalışmalarının başarısını ölçmekten mağaza açılış kapanış saatlerinin düzenlenmesine, personel izin saatlerinin ayarlanmasından personelin çalışma günlerinin

düzenlenmesine kadar birçok konuda profesyonel ve stratejik kararlar alınması sağlanabilir. Kişi sayma sistemlerinin kullanıldığı başlıca sektörler ve kullanım amaçları şu şekilde sıralanabilir;

- Mağazalar, alışveriş merkezleri;
Binada, katlarda ve mağazalarda kaç kişi var?
En uygun açılış saatleri hangileridir?
Mağazaya bir günde kaç kişi gelmektedir?
Müşteriler en çok hangi bölümü tercih ediyor?
Reklam ve promosyon ürünleri ne zaman sergilenmeli?
Yeni ürün duyuruları hangi gün ve saatlerde duyurulmalı?
- Toplu taşıma sistemleri;
Gün içinde yolcu yoğunluğu ne şekildedir?
Hatlarda araç dağılımı nasıl yapılmalı?
- Müzeler, Kütüphaneler, Dernekler;
Ziyaretçi yoğunluğunun zaman dilimi nasıl?
Hangi dalın kitapları daha fazla ilgi görüyor?
- Bankalar, Havalimanları;
Bankalar hangi gün ve saatlerde daha yoğun?
Havalimanları hangi uçak seferlerinin olduğu durumlarda daha yoğun?

Kişi sayma sistemleri'nin başlıca faydalarını ise şu şekilde sıralayabiliriz;

Kişi sayma sistemleri, satış dönüşümü oranının iyileştirilmesi için doğru verilere ulaşılmasını sağlar. Ayrıca yapılan pazarlama faaliyetleri ve reklamların ne kadar etkili olduklarının ölçümünde kullanılır. Personel planlaması konusunda Kişi sayma sistemleri vasıtasıyla elde edilen veriler analiz edilerek mağazaya gelen ziyaretçiler ile ilgilenebilecek yeterli sayıda personelin hazırda bulunması sağlanabilmekte, anlık ziyaretçi trafiğinin yanı sıra, geçmişe dönük verilerin raporlanması sağlandığından, ileriye dönük yatırım planlama faaliyetlerinde de kullanılabilir. Kişi sayma sistemleri farklı uygulamalar geliştirilerek gerçekleştirilebilir.

Günümüzde bu işlem için genellikle sensörler kullanılmaktadır. Lazer ışık, kızıl ötesi ve termal sensörler kullanılarak gerçekleştirilmiş uygulamalar mevcuttur[1]. Bu çalışmada sensörlerden farklı olarak video kamera kullanılarak görüntü işleme teknikleri ile Kişi sayma sistemi tasarlanmıştır. Bu çalışmanın ikinci bölümünde, kullanılan kamera ve resimlerin özellikleri anlatılmıştır. Ayrıca aynı bölümde kullanılan yöntem hakkında kısaca bilgi verilmiştir. Üçüncü bölümde ise elde edilen sonuçlar incelenmiştir.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Kullanılan resimler

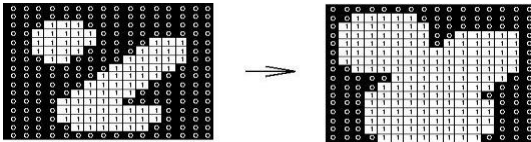
Bu çalışmada çözünürlüğü 1.3 Mega piksel olan kameradan alınan renkli, 160x128 çözünürlüğe sahip resimler kullanılmıştır.

2.2. Morfolojik işlemler

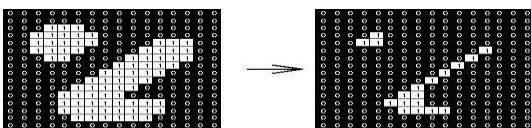
Bu çalışmada iki farklı yöntem kullanıldığı daha önce belirtilmişti. Bu yöntemlerden birincisi MİKGY(morfolojik işlemler kullanılarak gerçekleştirilen yöntem)dir. Bu yöntemde görüntü işleme tekniği olarak kullanılan temel morfolojik işlemler kullanılmıştır. Morfolojik görüntü işlemede genişletme ve aşındırma olmak üzere iki işlem vardır.

Genişletme işlemi; Sayısal bir resmi genişletmek resimde bulunan piksellerin filtre ile keşiştiği bölümler kadar büyötmek demektir. Bunu yapabilmek için filtre resim üzerinde piksel piksel dolaştırılır. Eğer filtrenin orijini resim üzerinde "0" değerli bir piksel ile karşılaşırsa herhangi bir değişiklik meydana gelmez. Eğer değeri "1" olan bir piksel ile karşılaşırsa filtre ile filtrenin altında kalan pikseller mantıksal "or" işlemine tabi tutulurlar. Yani herhangi "1" değeriyle sonuç "1" e çevrilir. Genişletilen resimler şişme, birbirlerine yaklaşma ve delikler varsa kapanma eğilimi gösterirler [2-4, 8]. (bknz. Şekil 1)

Aşındırma işlemi; Aşındırma işlemi bir bakıma genişletmenin tersi gibi düşünülebilir. Burada yine aynı şekilde filtre resim üzerinde piksel piksel dolaştırılır. Filtrenin merkez pikseli "1" değeri ile karşılaşırsa filtre içerisindeki piksellerin durumuna bakılır. Eğer filtre içerisindeki "1" olan piksellerden herhangi birinin altında resme ait "0" değeri varsa filtrenin diğer "1" değerlerinin altındakilerle beraber bu piksel "0" a dönüştürülür. Aşındırılan resimler daralma, birbirinden uzaklaşma ve çukurlar varsa çukurlar genişleme eğilimi gösterirler [2-4, 8]. (bknz. Şekil 2)



Şekil 1: 3x3 yapısal elemanı ile genişletme işlemi



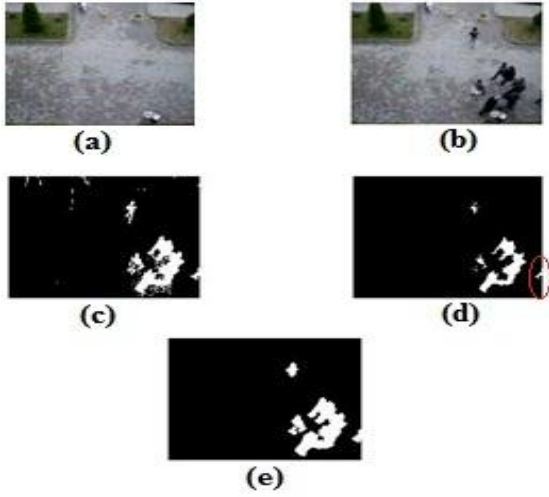
Şekil 2: 3x3 yapısal elemanı ile aşındırma işlemi

$A \oplus B$ Genişletme İşlemi

$A \ominus B$ Aşındırma İşlemi

Burada öncelikle programa incelenen ortamın arka plan görüntüsü boş bir şekilde girdi olarak verilmektedir. Ayrıca programa girdi olarak tek bir kişinin olduğu zamandaki kapladığı alan ve önceden belirlenmiş uygun bir "E" eşik değeri de verilmektedir. Daha sonra aynı ortamın incelenen görüntüsü programa verilmektedir. Program öncelikle gelen görüntülerin gri seviye olup olmadığını kontrol etmektedir. Eğer gri seviye değillerse öncelikle gri seviyeye dönüştürülmektedir. Resimler gri seviye resme dönüştürüldükten sonra basit fark alma işlemi ile görüntülerin farkı alınmaktadır. Oluşan fark resminde istenmeyen dokular ve gürültüler bulunduğu için aşındırma işlemi ile gürültüler temizlenmeye çalışılmaktadır. Aşındırma işleminden sonra gürültüler aşınarak kaybolmakta ancak resimdeki diğer bölgeler gerçek boyutundan daha küçük bir hale gelmiş bulunmaktadır. Bölgeleri tekrar eski haline getirmek için genişletme işlemi kullanılarak resim tekrar genişletilmektedir. Böylece istenmeyen gürültü vs. ortadan kalkmış olmaktadır [2, 5, 7]. Tabi burada genişletilen bölgeler yine de ilk boyutlarına eşit büyüklükte olmamaktadır. Bu yöntemin en büyük olumsuz yanı bundan kaynaklanmaktadır. Bir başka olumsuz yanı da gürültü olmayacak kadar büyük olan noktalar örneğin bir kişinin vücudunun küçük bir parçası sadece görüntüde varsa, bu bölge gürültü silme işleminde ortadan kaybolmamakta ve tekrar genişletme işlemi uygulandığında büyüyerek resimde iyice yer kaplamaktadır. Bu fazla alan sonuçta hesaba katılacağı için kişi sayısı tespitinde gerçek değerden daha büyük bir değerin çıktı olarak alınmasına sebep olacaktır. Aynı şekilde eğer bir kişide resimde küçük çıkmışsa yani biraz uzakta kalmışsa, bu kişide aşındırma işlemi sırasında çok küçülme hatta bazen tamamen ortadan kaybolmaktadır. Bu da sonuçta hesaplama yapılırken gerçek kişi sayısından daha küçük bir değerin çıktı olarak alınmasına sebep olacaktır. Bu yöntemde çözüm olarak çözünürlüğü yüksek kameralar kullanılarak gürültülerin daha az indirgenmesi dolayısıyla aşındırma işlemi için daha küçük bir filtre uygulanması getirilebilir. Böylece resimde istenmeyen bölgelerin hesaba katılmasının önüne geçilmiş olacaktır.

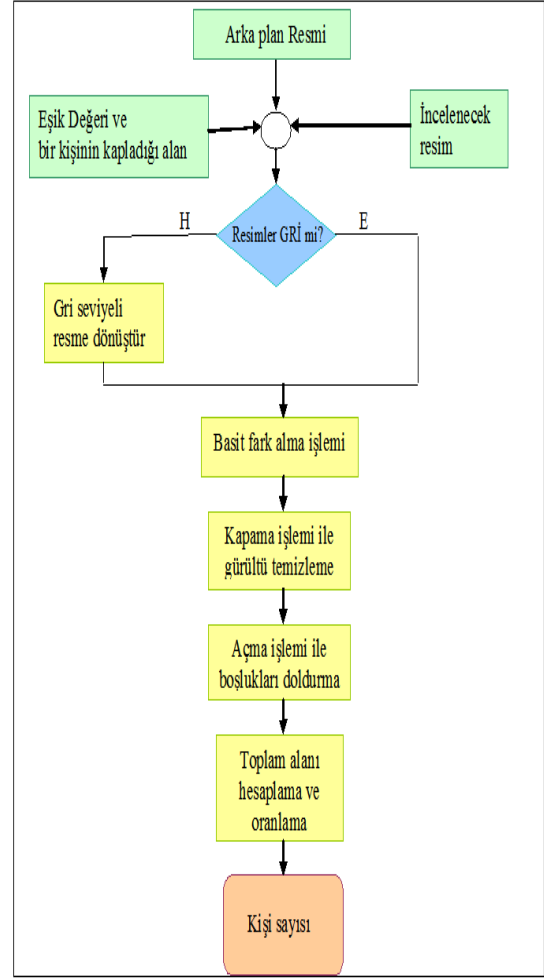
Yukarıdaki işlemler yapıldıktan sonra resim artık ikili resme dönüşmüş olacaktır. MATLAB programı ile resimdeki piksel değerlerinin kapladığı alan hesaplanmakta ve programa girdi olarak verilen tek bir kişinin kapladığı alana bölünerek bölüm en yakın tam sayıya yuvarlanıp ekrana çıktı olarak verilmektedir. Bu işlem ile ilgili test verilerinden elde edilen sonuçlara Çizelge 2'den bakılabilir. Aşağıda bu işlem ile ilgili test resimleri ara adımlar ile birlikte gösterilmiştir.



Şekil 3: (a) Arka plan görüntüsü, (b) İncelenecek görüntü, (c) Fark alma işlemi sonrası görüntü, (d) Aşındırma işlemi sonrası görüntü, (e) Genişletme sonrası elde edilen görüntü.

Yukarıda öncelikle Şekil 3.a arka plan görüntüsü olarak programa verilmektedir. Görüldüğü gibi resimde herhangi bir kişi bulunmamakta ve sadece bir çöp kovası, kaldırım vs. bulunmaktadır. Şekil 3.b'de 7 kişinin bulunduğu bir görüntü incelenmek için programa verilmiştir ve sırasıyla Şekil 3.c, Şekil 3.d ve Şekil 3.e'de gösterilen ara işlemler sonrası elde edilen görüntüler gösterilmiştir. Yukarıda bahsedilen olumsuz durumlardan Şekil 3.d'de ve Şekil 3.e'de örnekleri görülmektedir. Şekil 3.d'de aşındırma işlemi sonrasında bir kişi ortadan kaybolacak şekilde küçülmüştür. Daha sonra genişletme işlemi ile Şekil 3.e'ye bakılırsa tekrar büyültülmeye çalışılmış ancak ilk hali ile farklı bir şekil almıştır. Aynı zamanda Şekil 3.e'de, Şekil 3.b'de halka ile işaretlenmiş sadece ayağı görünen bir kişinin, ayağı büyüyerek kaybolmak üzere olan kişi ile hemen aynı büyüklüğe ulaşmıştır. Hesaplama yanlışıklara yol açacağı bu tip durumlarda görülmektedir.

Şekil 4'de anlatılan bu işlemler görsel olarak akış diyagramı şeklinde gösterilmiştir.



Şekil 4: MİKGY Akış Diyagramı

2.3. Etiketleme İşlemleri

Çalışmada kullanılan ikinci yöntem EİKGY(Etiketleme işlemleri kullanılarak gerçekleştirilen yöntem)dir. Bu yöntemde etiketleme işlemi kullanılmıştır.

Etiketleme işlemi resimde ayrı ayrı duran bölgeleri belirlemede kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemin uygulanabilmesi için, uygulanacak resmin ikili resim olması gerekmektedir. Bu yüzden etiketleme işlemine geçmeden önce uygulanacak resim ikili resme dönüştürülmektedir. Daha sonra etiketleme işlemi ile öncelikle ayrı duran bölgeler tespit edilmekte ve işaretlenmektedir. Bölgeler tespit edilirken tüm piksellerin komşulukları kontrol edilmekte ve eğer komşu piksel de beyaz nokta ise bu piksele geçilir [3, 7].

Daha sonra bu pikselin komşulukları kontrol edilir. Eğer gelinen pikselin, geldiği piksel hariç, komşuları içerisinde beyaz olan piksel yoksa o bölgenin sınırına gelmiş demektir. Resimdeki tüm pikseller bu şekilde kontrol edilir ve sonuçta bölgeler işaretlenmiş olur.

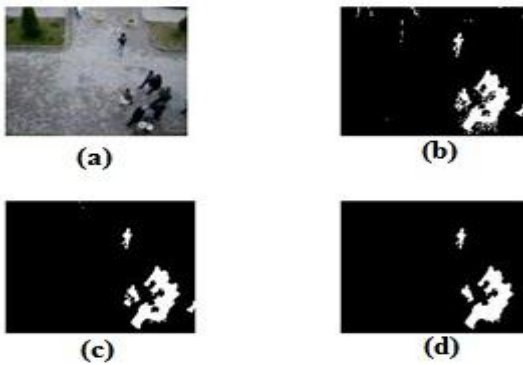
İşaretleme işlemi ise bulunan her bölgenin elemanı olan piksel değerlerine aynı sayısal değer verilmektedir. Yani 1. bölgeye ait olan tüm piksellerin değerleri "1", 2. bölgeye ait olan tüm piksellerin değerleri "2" ve m. bölgeye ait olan tüm

piksellerin değerleri " m " olacak şekilde işaretlenir. Sonuçta "0"dan " m "e kadar değerlerden oluşan yeni bir resim elde edilmiştir. "0" olan pikseller bölge olmadığını göstermektedir. En büyük piksel değeri aynı zamanda kaç tane bölge olduğunu gösterir.

Bu yöntemde de yine MİKGY'de olduğu gibi programa gerekli girdiler girilmekte ve eğer girilen görüntüler gri seviye resim değilse gri seviye resme dönüştürülmektedir. Daha sonra incelenecek görüntü ile arka plan görüntüsünün basit fark alma işlemi ile farkı alınmaktadır. Bu yöntemde gürültüleri silmek için medyan filtre kullanılmaktadır [6].

2.3.1 Medyan Filtre

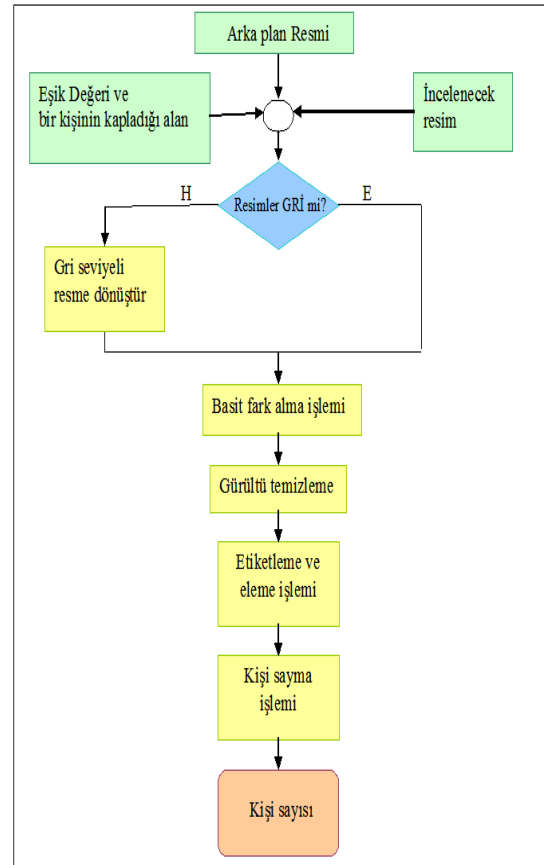
Medyan filtre, merkezi bizim pikselimiz olan bir bölgenin çevresindeki piksel değerlerinin küçükten büyüğe doğru sıralandığında ortanca değer, bu piksellerin medyan değeri olur. Medyan filtrede de tüm piksel değerlerinin medyan değerleri hesaplanarak görüntüdeki gürültüler temizlenmektedir. 3x3'lük medyan filtre ile gürültüler silinmektedir. MİKGY'e göre olumlu yanı gürültüler silinirken diğer bölgelerin alanlarında herhangi bir değişiklik olmamaktadır. Sadece gürültüye neden olan noktalar veya bölgeler silinmektedir. Gürültü silinme işlemi yapıldıktan sonra MATLAB ile etiketleme işlemi yapılmaktadır. Etiketleme işlemi yapıldıktan sonra resimde insan olamayacak kadar küçük bölgeler örneğin; vücudunun sadece belirli bir kısmı çıkmış olan kişilerin görünen bölgeleri, havada uçan poşet, kâğıt vb. nesnelere, kedi, köpek vs. hayvanlar varsa bu bölgelerin elenmesi işlemine geçilmektedir. Bunun için programa girdi olarak verilen tek bir kişinin kapladığı alanın üçte biri ve daha küçük alanlara sahip bölgeler elenmektedir. Eleme işlemi sonrasında resimde kalan bölgelerden ortasında çukurlar olan veya doldurma işlemi yapılmaktadır. Daha sonra tekrar etiketleme komutu ile etiketleme işlemi yapılmaktadır ve etiketleme işlemi sonucunda maksimum etiket değeri kadar kişi var demektir. Yani her bölge bir kişiyi temsil edebilir. Daha sonra bu bölgeler teker teker alanları hesaplanarak tek bir kişinin kapladığı alan ile kıyaslanmakta ve kaç kişiye denk geldiği hesaplanmaktadır. Bu işlem için yine her bölgenin kapladığı alanı hesaplayıp bir kişinin kapladığı alana bölünerek en yakın sayıya yuvarlanmaktadır. Daha sonra her bölgeden elde edilen sayılar toplanarak programın çıktısı olarak verilmektedir [9]. Bu yöntem için aşağıda örnek test verisi ve ara aşamalar sonucu elde edilen resimler gösterilmiştir. Burada yine arka plan görüntüsü olarak MİKGY'de kullanılan arka plan görüntüsü kullanılmıştır.



Şekil 5: (a) İncelenecek görüntü, (b) Fark alma işlemi (c)

Gürültü temizleme işlemi (d) Eleme işlemi ve doldurma işlemi

Yukarıdaki örnek için Şekil 3.a'daki arka plan görüntüsü kullanılmıştır. Şekil 5.a ile basit fark alma işlemi uygulanarak Şekil 5.b elde edilmiştir. Gürültüleri silmek için 3x3'lük medyan filtre kullanılmış ve Şekil 5.c elde edilmiştir. Gürültüler silindikten sonra eleme işlemi ve doldurma işlemi ile küçük bölgeler varsa elenmekte ve bölgelerin içinde çukurlar varsa kapatılmaktadır. Bu yöntemin diğer bir olumlu yanı, eğer vücudunun belirli bir kısmı görünen kişiler varsa eleme işlemi ile elenmektedir ve hesaplamada yanlışlıklar ortadan kalkmaktadır. Şekil 3.b'de işaretlenen bir kişinin ayağı etiketleme işlemi sonrasında elenmiş ve görüntüden kaldırılmıştır. Tekrar etiketleme işlemi ile kalan bölgeler etiketlenmekte ve etiketlenen bölgeler kendi içinde ayrı ayrı bir kişinin kapladığı alan ile kıyaslanmakta ve bulunan kişi değerlerinin toplanması ile sonuç çıktı olarak verilmektedir. Bu yönteme ait görsel akış diyagramı da Şekil 6'te gösterilmiştir.



Şekil 6: EİKGY Akış Diyagramı

2.4. EİKG Y ve MİKG Y Karşılaştırması

Yukarıda MİKG Y açıklandığı bölümde bu yöntemin olumsuz yanlarından bahsedilmiştir. Çünkü sonuç resminde, resimdeki gerçek alanlardan daha fazla ya da daha az bir alan bulunmakta ve istenmeyen alanlar da hesaba katılmaktadır ve bu kişi sayısını belirlemede yanlışlıklara sebep olmaktadır. Oysa EİKG Y'de alınan görüntüdeki bölgelerin gerçek alanının kapladığı bir büyüklüğe dönüşmesi söz konusu değildir. Bu yüzden daha başarılı bir sonuç için tercih edilen yöntemin EİKG Y, yani etiketleme işlemi kullanarak yapılan yöntemin olması gerekir. Çizelge 2'de farklı zaman aralıklarında ve 4 farklı ortamda alınan 10 adet resme MİKG Y ve EİKG Y ayrı ayrı uygulanarak ait olduğu arka plan görüntüsü ile işlenmesi sonucu elde edilen program çıktıları verilmiştir.

Çizelge 1: (Çizelge 2'de kullanılan arka plan ve incelenen resimler)

Görüntü(zaman)	Arka plan görüntüsü	İncelenen Resim
T_1		
T_2		
T_3		
T_4		
T_5		
T_6		
T_7		
T_8		
T_9		
T_10		

Çizelge 2: Örnek veri tablosu kişi sayısı

No	Görüntü (zaman)	Gerçek değer	MİKG Y	EİKG Y
1	T_1	7	6	7
2	T_2	8	4	6
3	T_3	8	7	9
4	T_4	6	5	6
5	T_5	15	11	15
6	T_6	9	10	8
7	T_7	7	13	8
8	T_8	7	7	7
9	T_9	8	9	9
10	T_10	3	3	3

3. Sonuçlar

Yapılan bu çalışmada iki farklı yöntem kullanılmıştır. İlk kullanılan yöntemin olumsuz yönleri olduğu için farklı yöntemler araştırılmış ve farklı bir yöntem kullanılarak daha doğru olacak şekilde sonuca ulaşılmıştır. MİKG Y ile sistem her ortamda doğru çalışmamaktadır. Bazı ortamlarda doğruya çok yakın sonuçlar üretirken, sistem aynı giriş parametreleri ile farklı bir ortama geçildiğinde çok yanlış sonuçlar verebilmektedir. Çizelge 2'de bulunan 5 ve 7 nolu durumlarda sonuçlar incelendiğinde farklı bir ortama geçildiğinde hata oranı fazlasıyla artmıştır. Fakat EİKG Y daha istikrarlı çalışmaktadır. Çizelge 2'de sonuçlar karşılaştırıldığında daha başarılı olduğu gözlemlenebilir. Ayrıca çeşitli ışık şiddetlerine karşı da sistem test edilmiştir. En iyi performans sabit ışık şiddetinde alınmıştır. Bu yüzden sistem en çok kapalı mekânlarda ve aydınlatma sistemleri ile aydınlatılan yani günün değişen saatlerinde ışık şiddeti değişmeyen ortamlarda kullanılmaya daha uygun olduğu tespit edilmiştir. Günün değişen saatlerine uygun olarak farklı arka plan resimleri kullanılarak bu sorun çözülebilir.

4. Kaynaklar

- [1] Lefloch, D. Real-Time People Counting System Using Video Camera. (2007)
- [2] Gonzalez, R.C. and Woods, R.E. Digital Image Processing., Prentice Hall. (1992).
- [3] Bayram, B. Sayısal Görüntü İşleme, Ders Notları. www.yildiz.edu.tr/~bayram/sgi/saygi.htm, 2009.
- [4] Boztoprak, H., Çağlar, M.F., Merdan, M., Alternatif Morfolojik Bir Yöntemle Plaka Yerini Saptama., Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Kongresi, Eskişehir. (2007)
- [5] Deniz, U., Ardışık Görüntülerde Hareket Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. (2004).
- [6] Altun, A. ve Allahverdi, N. Filtreleme Teknikleri ile İyileştirilmiş Parmak İzlerini Yapay Sinir Ağları ile Tanımda Yeni Bir Yaklaşım, Gazi Üniversitesi Müh. Ve Mim. Fak. Dergisi, Cilt 22 No 2 227-236, (2007).
- [7] Russ, J.C. The image processing handbook, Taylor and Francis. (2006).
- [8] Umbaugh, S.E. Computer Vision and Image Processing. Prentice Hall PTR Upper Saddle River, NJ, USA (1999).
- [9] Yaman, K. Görüntü İşleme Yönteminin Ankara Hızlı Raylı Ulaşım Sistemi Güzergâhında Sefer Aralıklarının Optimizasyonuna Yönelik Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. (2000)