Ayakkabı İzlerinin Otomatik Sınıflandırılması
Automatic classification of shoeprints

Vasif V. NABİYEV

Bilg. Müh. Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi /TRABZON

vasif@ktu.edu.tr

Güvenliğin sağlanması amacıyla adli bilimlerde suçluların ayakkabı izlerinin sınıflandırılması büyük önem taşımaktadır. Günümüzde artan ayakkabı çeşitleri bu sınıflandırmanın otomatlaştırılmasını gerektirmektedir. Ayrıca elde edilen ayakkabı izlerinin veri tabanı ile eşleştirilmesi sırasında uygun döndürmeler elde edilmelidir. Çalışmada ayakkabı izlerinin sınıflandırılması için adaptif eşiklemeye dayalı olarak korelasyon ve metrik tabanlı bir özellik değerlendirilmesi yapılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Örüntü Tanıma, Ayakkabı izi, Akıllı Güvenlik Sistemleri, Rotasyon*
Konu : Yazılım Mühendisliği **(YM)**

1. Giriş

Her geçen gün artarak daha teknik, daha karmaşık sebep ve yöntemlerle suç islenmektedir. Bu suçların çözümü yine teknik materyalleri, bilimsel verileri ve uygun taktikleri kullanmayı zorunlu kılmaktadır. Suç işlenen ortamlarda, suçlulara ait izlerin incelenmesi üzerine yapılan çalışmalarda kullanılan yöntemler genel olarak, parmak izi araştırması, avuç içi izlerinin araştırılması, ayak izlerinin araştırılması, eldiven izlerinin araştırılması, tekerlek izlerinin incelenmesi gibi yöntemlere dayanmaktadır. Bunlardan üzerine çok fazla bilimsel çalışma yapılmamış olan ayak /ayakkabı izlerinin araştırılması büyük önem taşımaktadır. Çünkü bu izler olay yerlerinde sıklıkla bulunan iz delillerinden birisidir. Değişik kişilere ait ayak izleri arasında büyük farklılıklar bulunması ayak izlerini faillerin tespiti açısından önemli kılan en belirgin özelliklerdendir. Suçun işlenmesi sırasında failin/faillerin olay yerinde yürümemeleri imkansızdır. Her temas mutlaka iz bırakır ilkesinden hareketle fail/failler olay yerindeki hareketleri esnasında ayaklarıyla mutlaka yere temas etmekte, sonuçta ya ayak izlerini olay yerinde bırakmakta ya da olay yerindeki zeminde bulunan bir takım maddeleri kendi ayaklarına bulaştırmaktadır[1,2].

Olay yerinde yapılacak sistemli bir inceleme neticesinde tespit edilecek ayak izleri ile suçluların olay yerinde bulunduğunu kesin olarak tespit etmek mümkündür.

Olay yerinde bulunabilecek ayak izleri:

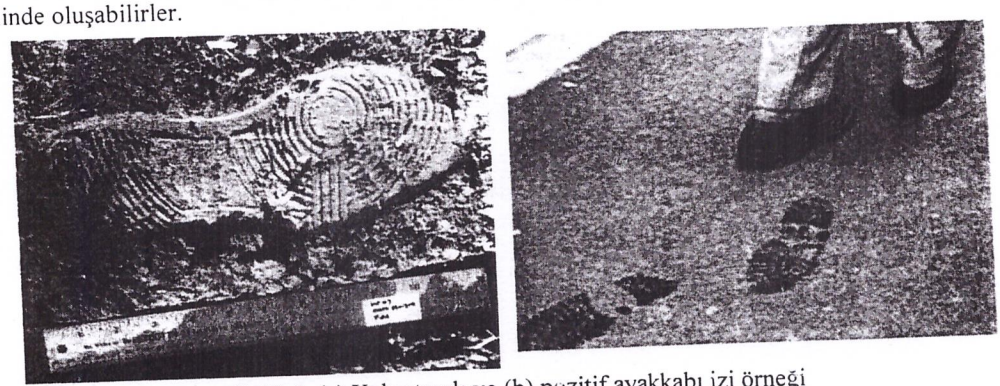
- Ayağın durumuna göre,

I. Çıplak, II. Çoraplı, III. Ayakkabılı

- Ayağın bastığı zeminin durumuna göre,

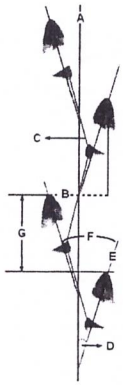
I. Yumuşak zemin üzerindeki izler, II. Sert zemin üzerindeki izler,

şeklinde oluşabilirler.



Şekil-1: (a) Kabartmalı ve (b) pozitif ayakkabı izi örneği
(Mücit Kawakami 'nin önerdiği casus ayakkabılar)

Ayakkabı izlerinin incelenmesi neticesinde ayakkabının kalitesine göre şahısların sosyal yaşantısı hakkında da bilgi edinmek mümkündür. Adım uzunluğu, adım genişliği, ayak izi açısı, yürüyüş hattı, ayak izi hattı, esas açı ve istikamet hattı gibi hususların incelenmesi sonucunda da soruşturmalar açısından çok önemli bilgilere ulaşılabilir. Bu hususların incelenmesi neticesinde; ayak izinin sahibinin boyu, kilosu, yük taşıyıp taşımadığı, fiziki durumu (topal vb.), koşarak mı yoksa yürüyerek mi izi bıraktığı, sarhoş ya da hasta olup olmadığı gibi hususlar tespit edilebilir. İnsanların adım uzunlukları 50-90 cm. arasında değişmektedir. Orta boylu erkeğin adımı normalde 70 cm'dir. Hızlı yürüyüşte ise bu mesafe 90 cm'ye ulaşır. Bayanlarda bu değerler 50-70 cm'dır. Eğer adım uzunluğu 1m ve daha fazla ise şahsın koşmuş olma ihtimali yüksektir.



Şekil-2: İnsan yürüyüşünün incelenmesi: A- İstikamet hattı B- Adım genişliği C- Yürüyüş hattı, D-Ayak izi açısı, E- Ayak izi hattı, F-Esas açı, G- Adım uzunluğu

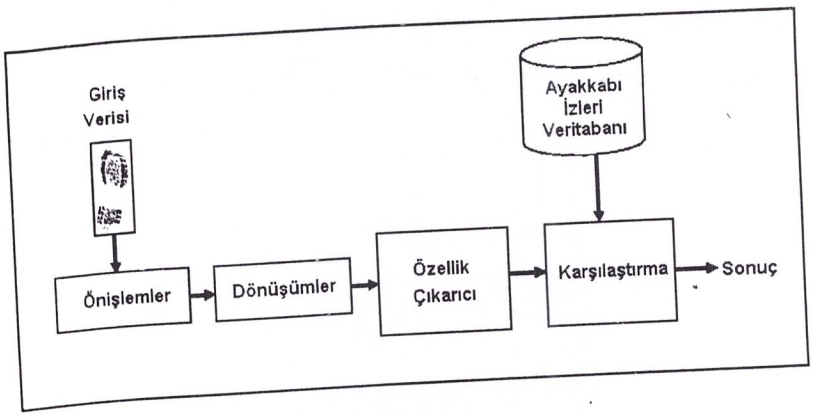
Ayak izine göre insanın boyunun tahmini de mümkün olmaktadır. Ayağın uzunluğu ortalama olarak erkeklerde boyun S_e = %15.8'ini, bayanlarda ise S_b = %15.5'ini oluşturmaktadır[2]. Eğer L ayakkabı izinin uzunluğuna göre kişinin boyunun tahmin edilmesi istenirse d = 10-15 mm'lik fark dikkate alınarak aşağıdaki ifadeye göre hesaplamalar yapılabilir.

$$P = \frac{L-d}{S} \cdot 100 \qquad (1)$$

Genellikle şişman şahıslar, denizciler, yaşlılar, trende çalışanlar ve sarhoşlar adım hattı dengelerini sağlayabilmek için daha fazla zig-zag çizerek yürürler. Ayak izlerinin tespiti ile bu kişiler hakkında yorum yapmak mümkündür. Ayak izini bırakan sahsın yük taşıyıp taşımadığını tespit etmek de mümkündür. Her iki ayağın açıları geniş ise yük kucakta, dar ise sırtta tasınmış, sol ayağın açıları normal sağ ayağın açıları genişlemiş ise yük sağ elde, sağ ayağın açıları normal sol ayağın açıları genişlemiş ise yük sol elde tasınmış seklinde yorum yapılabilir.

Olay yeri inceleme çalışmaları sırasında ortamdaki ayakkabı ya da ayak izlerinin alınması için birçok yöntem vardır[2,3,4]. Büyük bir titizlikle olay yerindeki izler incelenmeli ve fotoğraflanmalıdır. Fotoğraf çekimi için özel yöntemler mevcuttur. Bunlardan en yaygını ize paralel bir ışık kaynağı konularak izin tam üzerinden çekim yapılmasıdır. Çalışmada veritabanının oluşturulması için bu yöntem uygulanmaya çalışılmıştır ancak teknik yetersizlikten dolayı veritabanı için resimler internet ortamı aracılığıyla toplanmıştır.

Anlatıldığı gibi ayakkabı izleri sayesinde işlenen suçların açıklığa kavuşturulması sağlanabilmektedir. Bu amaçla ayakkabı izlerinin tanınması ve sınıflandırılmasını önemli problemlerden biridir. Bu yöntemlere örnek olarak İstatistikî, sahne modelini, Fouriar dönüşümüne dayalı yöntemleri vs. göstermek olur[5-10]. Fakat bu yöntemlerde genellikle giriş görüntüsünün rotasyonu dikkate alınmamaktadır. Çalışmada giriş verisi olarak alınan ayakkabı görüntüsü önişlemlerden geçirildikten sonra veritabanındaki bilgilerle uyumlu olması için gerekli dönüşümlere tabe tutulur. Özellikler belirlendikten sonra ise sınıflandırma için gerekli karşılaştırmalar yapılır. Aşağıda önerilen sistemin genel yapısı Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil-3: Sistemin genel yapısı

2. Önişlemler

Önişlemler modülü, giriş ve veri tabanındaki resimleri karşılaştırmaya hazır duruma getirmek için gerekli işlemleri içermektedir. RGB uzayında olan rengli piksel bilgilerinden gri seviye piksel değerlerine dönüşüm yapmak için R bileşeni 0.33, G bileşeni 0.56 ve B değeri 0.11 katsayıları ile çarpılıp bu değerlerin toplamı şeklinde elde edilmektedir.

$$P_{gri} = 0.33P_R + 0.56P_G + 0.11P_B \quad (2)$$

Sekil 4' te giris resmi olarak alınan orijinal resim ve gri seviye hali verilmistir.



(a) (b)

Sekil-4: a) Orijinal resim, b) Gri seviye resim

Çalışmada özellik değerlerinin belirlenmesi resmin ikili durumuna göre elde edilmektedir. Gri seviyeli bir resimden ikili resme geçişte bir eşik değerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu eşik değerinin üzerindeki gri değere sahip olan piksellere 0, küçük olan piksellere de 1 verilerek ikili resme geçiş yapılabilir. Burada en çok kullnulan yöntemlerden biri Otsu yöntemidir. Otsu yöntemi en genel haliyle piksel değerlerinin olasılık dağılımlarını inceleyerek bir eşik değeri belirlemektedir[**]. Bu yöntemde resimde arka plan ve nesneye ait olmak üzere iki sınıf olduğu varsayılmaktadır. Ancak ışık dağılımı iyi olmayan yani resmin bir kısmının gölgeli olduğu durumlarda Otsu yöntemi iyi sonuçlar vermemektedir. Bu yüzden global bir esik değeri yerine daha küçük parçalarda yerel esik değerlerine göre çalısmak daha faydalı olmaktadır. Bu tür yerel eşikleme kullanan algoritmalar genellikle adaptif olarak adlandırılır. Çalısmada gerçeklenen adaptif esikleme algoritması toplam resim (integral image) adı verilen bir yönteme dayanmaktadır[12].

Toplam resmi hesaplamak için f(x,y) ile gösterilen toplam ve (x,y) pikselinin solunda ve yukarısında kalan değerlerin toplamını bulmak gerekir. Bahsedilen bu durum asağıdaki gibi verilebilir.

$$I(x,y) = f(x,y) + I(x-1,y) + I(x,y-1) - I(x-1,y-1) \quad (3)$$

Toplam resim bir kere hesaplandıktan sonra, sol üst kösesi (x_1, y_1) ve sağ alt kösesi (x_2, y_2) olan herhangi bir dikdörtgen için toplamın hesaplanması asağıdaki denklem kullanılarak sabit bir zamanda gerçeklestirilebilir.

$$\sum_{x=x_1}^{x_2}\sum_{y=y_1}^{y_2} f(x,y) = I(x_2,y_2) - I(x_2,y_1-1) - I(x_1-1,y_2) + I(x_1-1,y_1-1) \quad (4)$$

4	1	2	2
0	4	1	3
3	1	0	4
2	1	3	2

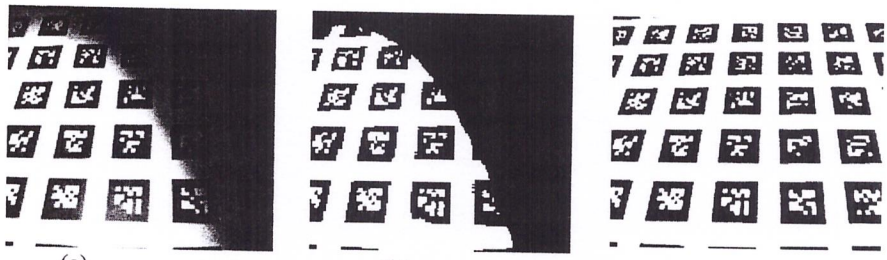
(a)

4	5	7	9
4	9	12	17
7	13	16	25
9	16	22	33

(b)

Şekil -5: a) Basit bir giriş resim değerleri, b) Hesaplanmış toplam resim

Sonraki asama olarak belirlenen bir pencere (sxs) için toplam resimden faydalanarak ortalama bir değer elde edilir. Eğer o anki pikselin değeri hesaplanan bu ortalama değerin belirli bir % t kadar oranından asağıda ise o piksel siyah olarak, tersi durumda ise beyaz olarak atanır. Burada s pencere boyutu denemeler sonucu en iyi değer olarak resmin genişliğinin sekizde biri oranında bulunmustur. Bu yöntemle Otsu yönteminin karşılaştırılması Şekil 6' da açıkça verilmektedir.



(a) (b) (c)

Şekil-6: a) Giriş resmi, b) Otsu yöntemiyle ikili resim, c) Adaptif eşikleme

Ancak her ayakkabı görüntüsünde bu yöntemler her zaman iyi sonuç vermeyebilir. Bu yüzden çalışmada kullanıcıya seçme olanağı sağlayan bu yöntemlerin hepsi sunulmaktadır. Resimler ikili hale geçirildikten sonra ikili resimler üzerinde istenmeyen bilgiler yani gürültüler bulunabilir. Bunların giderilmesi için aşındırma ve yayma gibi morfolojik yöntemler kullanılır. Bununla ön işlemler tamamlanmış olur ve görüntünün veri tabanında olan bilgilerle karşılaştırılabilmesi için gerekli dönüşümler yapılır.

3. Dönüşümler

Çalışmada giriş imgesi olarak alınan ayakkabı izlerinin her zaman aynı hizada ve açıda olması beklenemez. Bütün giriş resimlerinin dönme gibi olaylardan bağımsız olması istenir. Yani her resim aynı koşullar altında değerlendirilmelidir. Bu amaçla giriş resimlerinin ayakkabı dik bir şekilde olacak şekilde döndürülmesi gerekmektedir. Döndürme işleminin gerçekleştirilmesi için değerlerin kümelenme doğrultularının bulunması gerekir. Döndürme işlemi cismin ağırlık merkezi etrafında yapılacağından, öncelikle cismin ağırlık merkezinin bulunması gerekmektedir. Ağırlık merkezi de cismin alanıyla iliskili olmaktadır. Alan ifadesi aşağıdaki şekilde verilebilir.

$$A_i = \sum_{r=0}^{N-1} \sum_{c=0}^{M-1} I_i(r,c) \tag{5}$$

Alan hesaplandıktan sonra bir nesnenin ağırlık merkezinin koordinatları (6) bağıntılarıyla bulunabilir.

$$x_i = \frac{1}{A_i} \sum_{r=0}^{N-1} \sum_{c=0}^{M-1} r * I_i(r,c) \qquad y_i = \frac{1}{A_i} \sum_{r=0}^{N-1} \sum_{c=0}^{M-1} c * I_i(r,c) \tag{6}$$

İki veya daha fazla boyutlu verilerin islenmesinde kovaryans ölçümü kullanılmaktadır. Kovaryans, iki rastgele değişkenin beraber değişimlerini inceleyen bir istatistiktir. İki boyut için kovaryans değerleri aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$Kovaryans(x,y) = \frac{\sum_{i=1}^{n} (X_i - \bar{X}) * (Y_i - \bar{Y})}{n-1} \tag{7}$$

Eğer iki boyut arasında kovaryans değeri pozitif çıkarsa verilerin bu iki boyutta birlikte arttığı anlaşılır. Eğer negatif çıkıyorsa bir boyutta artıs varken diğerinde azaldığı söylenebilir. Dönme işleminde iki değişken arasındaki ilişkiyi gösteren, iki boyutlu kovaryans matrisi kullanılmaktadır. Bu matris (8) bağıntısıyla verilebilir.

$$K = \begin{pmatrix} T_{xx} & T_{xy} \\ T_{xy} & T_{yy} \end{pmatrix} \tag{8}$$

Bu matrisin elamanları x_c ve y_c nesnenin ağırlık merkezinin koordinatları olmak koşuluyla aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

$$T_{xx} = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} I(i,j) * (i - x_c)^2$$

$$T_{xy} = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} I(i,j) * (i - x_c) * (j - y_c)$$

$$T_{yy} = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} I(i,j) * (j - y_c)^2 \tag{9}$$

K kovaryans matrisi olusturulduktan sonra bu matrisin öz değerleri ve öz vektörleri bulunarak dönme açısını belirleyen sinüs ve kosinüs değerleri hesaplanır. Bu işlemler için öncelikle determinant yardımıyla öz değerler hesaplanmaktadır.

$$\det(\lambda I - K) = \begin{vmatrix} (\lambda - T_{xx}) & -T_{xy} \\ -T_{xy} & (\lambda - T_{yy}) \end{vmatrix} \tag{10}$$

Buradan öz değerler aşağıdaki şekilde belirlenir.

$$(\lambda - T_{xx})(\lambda - T_{yy}) - T_{xy}^2 = 0 \tag{11}$$

$$\lambda_{1,2} = \frac{T_{yy} + T_{xx} \pm \sqrt{((T_{yy} + T_{xx})^2 - 4 * (T_{yy} * T_{xx} - T_{xy}^2))}}{2} \tag{12}$$

Bu öz değerlere uygun öz vektör de (13)2e göre hesaplanır.

$$\begin{pmatrix} T_{xx} & T_{xy} \\ T_{xy} & T_{yy} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \lambda \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \tag{13}$$

Elde edilecek denklem sistemi çözülürse (y / x) oranı elde edilmis olur.

$$\frac{y}{x} = \frac{\lambda - T_{xx}}{T_{xy}} \tag{14}$$

Bulunan λ değeri yerine yazılarak son durum asağıdaki gibi bulunur.

$$\frac{y}{x} = \frac{T_{yy} - T_{xx} + \sqrt{((T_{yy} - T_{xx})^2 + 4 * T_{xy}^2)}}{T_{xy}} \tag{15}$$

Buradan

$$\sin\theta = \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}} = \frac{T_{yy} - T_{xx} + \sqrt{((T_{yy} - T_{xx})^2 + 4 \cdot T_{xy}^2)}}{\sqrt{(8 \cdot T_{xy}^2 + 2 \cdot (T_{yy} - T_{xx})^2 + 2 \cdot (T_{yy} - T_{xx}) \cdot \sqrt{((T_{yy} - T_{xx})^2 + 4 \cdot T_{xy}^2)}}}$$

$$\cos\theta = \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}} = \frac{2 \cdot T_{xy}}{\sqrt{(8 \cdot T_{xy}^2 + 2 \cdot (T_{yy} - T_{xx})^2 + 2 \cdot (T_{yy} - T_{xx}) \cdot \sqrt{((T_{yy} - T_{xx})^2 + 4 \cdot T_{xy}^2)}}} \tag{16}$$

olarak bulunur[13]. Bulunan bu değerler döndürme matrisinde yerlerine yazılarak dönüşüm işlemi gerçekleştirilir. Ancak bu değerler sonucu elde edilecek dönme 0°-180° dereceleri arasında gerçekleştirilmektedir. Sinüs ve kosinüs değerleri yardımıyla dönme matrisi oluşturulup resim üzerindeki her piksel bu matris ile işleme sokulursa piksellerin çıkış resminde hangi piksele karşı düşeceği bulunmuş olur. Bu matris yardımıyla orijinal resmin üzerinde dolaşarak her pikselin çıkış resminde hangi piksele karşı düşeceği belirlenmelidir. x_2 ve y_2 çıkış resmindeki pikselin koordinatlarını, x_1 ve x_2 giriş resmindeki pikselin koordinatlarını, x_c ve y_c de giriş resminin ağırlık merkezinin koordinatlarını belirtmek üzere çıkış resmini oluşturan ifade aşağıdaki şekilde verilmektedir.

$$x_2 = \cos\theta \times (x_1 - x_c) + \sin\theta \times (y_1 - y_c) + x_c$$
$$y_2 = -\sin\theta \times (x_1 - x_c) + \cos\theta \times (y_1 - y_c) + y_c \tag{16}$$

Anlaşılacağı üzere ileri yönlü hesaplamalarda çıkış resminde bazı boşluklar oluşmaktadır ve bazı pikseller birden fazla uyarılmaktadır. Bu sorunun en önemli nedenlerinden bir tanesi bilgisayar ortamındaki kesirli sayılardan tam sayılara yapılan dönüşümler sırasında oluşan kayıplardır. Bu gibi sorunların aşılması için geri yönde hesaplama yapılması gerekmektedir. Yani çıkış resmindeki bir piksel giriş resminde hangi piksele karşı düşmesinin hesaplanması yeterlidir. Bu hesaplamanın yapılması için R döndürme matrisinin tersinin alınması gerekmektedir.

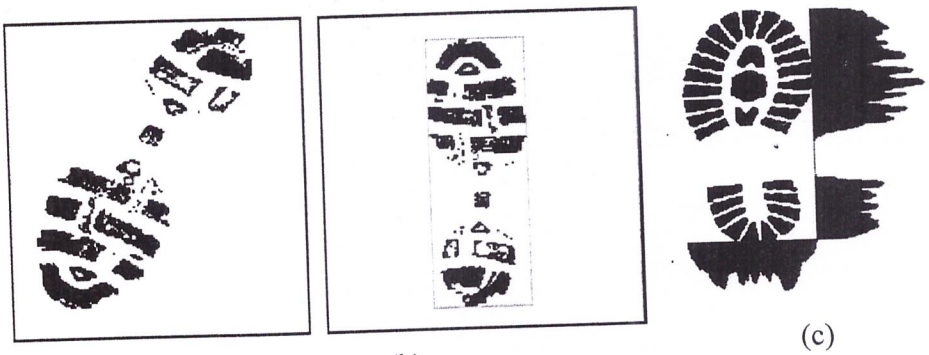
$$R^{-1} = \begin{pmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix} \tag{17}$$

Bu matris kullanılarak çıkıs resmi asağıdaki gibi oluşturulabilir.

$$x_1 = \cos\theta \times (x_2 - x_c) - \sin\theta \times (y_2 - y_c) + x_c$$
$$y_1 = \cos\theta \times (x_2 - x_c) + \sin\theta \times (y_2 - y_c) + y_c \tag{18}$$

Daha sonra da gerekli sınır kontrolleri yapılarak $çıkıs(x_2, y_2) = giris(x_1, y_1)$ islemini gerçeklestirerek çıkıs resmini elde etmis oluruz.

Döndürme işlemi gerçekleştirildikten sonra ayakkabı fotoğrafları uç kısımları aşağı veya yukarı gelecek şekilde konumlanmaktadır. Döndürülen ayakkabıların sınır noktaları belirlenerek çerçeveleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu durumu gösteren şekil aşağıda verilmiştir.



(a) (b) (c)

Şekil-7: Döndürme işlemi a) Giris resmi, b) Uç kısmı yukarıya gelmis şekilde döndürülmüş resim, (c) yatay ve dikey histogramlar

Ayakkabı izlerinin yapısı incelendiğinde uç kısımdan itibaren ilk üçte birlik kısmın genişliği, topuk kısmından itibaren olan yani son üçte birlik kısmın genişliğinden her zaman büyüktür. Bu ölçüt göz önüne alınarak ayakkabıların hepsi uç kısımları yukarı gelecek şekilde düzenlenebilir. Ayakkabının istenilen şekilde döndürülmesi için yatay ve dikey histogramlardan yararlanılmıştır, Şekil 7c.

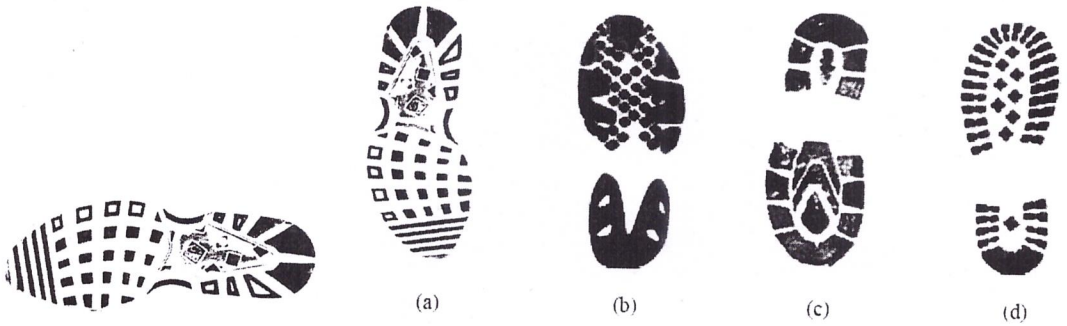
4. Özelliklerin Belirlenmesi

İki değişken arasındaki doğrusal ilişkinin derecesi "r" simgesiyle gösterilen korelasyon katsayısıyla ölçülür. Korelasyon katsayısı iki değişkenin değişimlerinde, ne dereceye kadar uygunluk olduğunu belirler. Korelasyon katsayısı r, $-1 \leq r \leq 1$ arasında değer alır. Korelasyon katsayısının işareti pozitifse, bu değişkenlerden birinin değeri artarken (azalırken) diğerinin de arttığını (azaldığını) gösterir. Korelasyon katsayısının işareti negatifse, değişkenlerden birinin değeri artarken (azalırken) diğerinin azaldığını (arttığını) söylenebilir. Değişkenler arasındaki ilişki kuvvetlendikçe ± 1'e, zayıfladıkça da sıfıra yaklaşan bir korelasyon katsayısı elde edilir.

Çalışmada korelasyondan faydalanarak iki resmin birbirine hangi kısımları ne kadar benzer olduğu bulunmaya çalışılmıştır. Genellikle uygulamalarda bu yöntem yardımıyla şablon eşleme yapılmaktadır. Şablon eşlemede normal resimden daha küçük boyutta maske niteliğinde küçük bir resim alınarak ana resim üzerinde gezdirilip en çok eşleşmeyi veren yer bulunur. Bu yöntem, genellikle bir resimde istenen alanların bulunması amacıyla kullanılır.

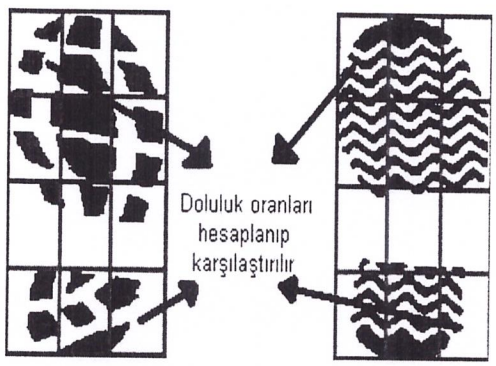
$$r = \frac{\sum_{i=0}^{N}\sum_{j=0}^{M}(template[i,j]-\overline{template})\cdot(image[i,j]-\overline{image})}{\sqrt{\sum_{i=0}^{N}\sum_{j=0}^{M}(template[i,j]-\overline{template})^2}\cdot\sqrt{\sum_{i=0}^{N}\sum_{j=0}^{M}(image[i,j]-\overline{image})^2}} \qquad (19)$$

Burada $\overline{template}$ sablon resmin ortalaması, $\overline{image}$ ise sablon sınırları altında kalan ana resmin ortalamasıdır. Korelasyon uygulayarak elde edilmiş sonuçlardan birkaçı aşağıda verilmiştir.



Şekil-8: Korelasyon yöntemine göre benzerlikler: (a) %89.88, (b).%27.37, (c) %26.72, (d) %9.28

Şekil 8a'da giris resminin farklı bir açıdan görüntüsü bulunmaktadır ve benzerlik oranı yaklasık %90 çıkmıstır. Korelasyon işleminden sonra belirli bir yüzdenin üzerinde benzerliğe sahip resimler doluluk oranına göre değerlendirilmeye alınmaktadır. Bu yöntem resimlerin belirli boyutta ızgaralara bölünerek oluşan her hücrenin ne kadar dolu olduğunun araştırılmasına dayanır. Her resim için oluşturulan özellik vektörleri birbirleri ile karşılaştırılarak benzerlikler bulunur. İkili hale çevrilmiş ve kenarı çerçevelenmiş resimlerde en-boy aranı da bir özellik taşıyacağından bu da ayrı bir özellik olarak ele alınabilir. Çünkü farklı büyüklükteki ayakkabıların benzerliği daha az olmalıdır.



Şekil-9: Resimlerin doluluk oranları ve karşılaştırılması

Şekil 9'dan da anlaşılacağı gibi oluşturulan her hücrenin doluluk oranları hesaplanıp diğer resimde de ilgili yerlerle (aynı hücre numarası) karşılaştırılması yapılmaktadır. Doluluk oranı basit bir şekilde o hücre içerisindeki anlamlı piksellerin sayısının hücre alanına bölümü ile elde edilebilir. Doluluk oranı d ile ifade edilirse,

$$d = anlamlı\ piksel\ sayısı\ /\ hücrealanı$$

şeklinde tüm hücrelerin doluluk oranları hesaplanabilir. Oluşturulan bu değerler tek boyutlu bir dizi halinde tutularak eğitim aşamasında oluşturulup veritabanına kaydedilmektedir. Eğitim aşamasında, veritabanındaki tüm resimler için belirlenen hücre boyutu kadar özelliğe sahip vektörler bir kereye mahsus olmak üzere kaydedilir. Daha sonra karşılaştırma aşamasında bu veriler ilgili yerden okunarak karşılaştırma yapılır ve benzerlik oranları tespit edilebilir. Benzerliklerin karşılaştırılmasında uzaklık değerlendirme algoritmalarından faydalanılmıstır. Bunlar Chi Square istatistiği, Euclid uzaklığı, Manhattan uzaklığı ve Chebychev uzaklıklarıdır.

5. Sonuçlar

Ki kare (Chi square) testi beklenen değerle gerçek değer arasındaki farkın istatiksel olarak anlamlı olup olmadığı temeline dayalıdır. s test edilecek örneği, m_i veritabanındaki karşılaştırılacak i. değerini ve T de karşılaştırılacak vektörün uzunluğunu belirtmek üzere Ki kare testi aşağıdaki gibi verilmektedir.

$$\min X^2(s,m_i) \quad i \in [1..M], \quad i \in \mathbb{Z}$$
$$X^2(s,m) = \sum_{j=1}^{T} \frac{(s_j - m_j)^2}{s_j + m_j} \tag{20}$$

Aşağıda sırası ile Euclid, Mnahattan ve Chebyshev uzaklıkları verilmiştir.

$$E(s,m) = \sqrt{\sum_{j=1}^{T}(s_j - m_j)^2}$$
$$M = |x_2 - x_1| + |y_2 - y_1| \tag{21}$$
$$Ch = \max(|x_2 - x_1|, |y_2 - y_1|)$$

Veri tabanında 68 ayakkabı verisi yer almaktadır. Sağ ayakkabı resimlerinin veri tabanında yer aldığı ve sol ayakkabı izlerinin test edildiği sonuçlarda doğru karar verme oranının %89 düzeyinde olduğu görülmüştür. %35 çeşitli gürültüler eklenmiş benzeri resimlerde benzerlik oranının yaklaşık %85'lere gerilediği görülmüştür.



Şekil-10. Veritabanından karşılaştırma için alınan birkaç örnek

Şekil 10' daki veri tabanındaki resimler için numaralarıyla birlikte benzerlik oranları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo-1: Giriş resmine uygun olarak Şekil 10'daki verilerin giriş resmine uzaklık ölçümleriyle benzerlikleri

	ChiSquare	Euclid	Manhattan	Chebychev
1	% 92,473255	% 96,026444	% 81,966832	% 81,140834
2	% 88,530364	% 85,669174	% 71,945471	% 51,311471
3	% 87,919335	% 85,870830	% 67,975349	% 52,477119
4	% 90,773807	% 92,627258	% 74,587742	% 74,980442
5	% 84,359790	% 86,395017	% 63,620720	% 72,785518
6	% 95,785679	% 96,936810	% 85,518343	% 84,044103

6. Teşekkürler

Çalışmanın yapılması sırasında yardımlarından dolayı Bilgisayar Mühendisi Serkan Kalınöz'e teşekkür ederim.

7. Kaynakça

[1] Kaykısız, M., "Adli Bilimler", Seçkin yayınevi, Ankara, (2005)
[2] Ed. Panteeleva İ.F., Selivanova,N.A. "Kriminalistika", "Yuridiçeskaya Literatura", Moskova, (1988)
[3] Bodziak, W., "Footwear Impression Evidence Detection, Ricovery and Examination", 2nd Ed, Boca Raton:CRC Press, (2000)
[4] Pavlou, M., Allinson,N., "Footwear Recognition", Encyclopedia of Biometrics, 557-562, (2009)
[5] Evett I,W, Lambert, J.A., Buckleton,JS, "A Bayesan approach to interpreting footwear Marks in forensic casework", Science and Justice, 38, 241-247, (1998)
[6] Davis, R.J. ,"An Intelligence Approach to Footwear Marks and Toolmarks", Journal of the Forensic Science Society,21, 183-193,(1981)
[7] Napler, T.J., "Scene linking using footwear mark databases", Science and Justice, 42, 39-43, (2002)
[8] Alexandre,G., "Computer classification of the shoeprint of burglars' soles", Forensic Science International, 82, 59-65, (1996)
[9] Alexander, A., Bouridane, A., Crookes, D., "Automatic classification and recognition of shoeprints", 7th International Conference on Image Processing and Applications, 2,638-641,(1999)
[10] Chazal P., Flynn J., Reilly, R.B., "Automated processing of shoeprint images based on the Fourier transform for use in forensic science", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 341-350, (2005)
[11] Patil,P. Kulkarni,J., "Rotation and Intensity invariant shoeprint matching using Gabor transform with application to forensic sience", Pattern Recognition 42, 1308-1317, (2009)
[12] Bradley, D., Roth G., "Adaptive Thresholding Using the Integral Image", www.scs.carleton.ca/~roth/iit-publications-iti/docs/gerh-50002.pdf
[13] Yüceer, C., Oflazer,K., "A Rotation, scaling, and translation invariant pattern classification system", Pattern Recognition, 687-710,(1993)

ÇANKAYA ÜNİVERSİTESİ

3.

Mühendislik ve Teknoloji *Sempozyumu*

29 - 30 Nisan 2010

Bildiriler Kitabı

ÇANKAYA ÜNİVERSİTESİ 1997

BİLDİRİLER LİSTESİ

A. BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ

Sayfa

1. **Akciğer Bölgesinin Bölütlenmesinde Karmaşık Değerli Sınıflayıcıların Karşılaştırılması** 3
   Murat CEYLAN
   Yüksel ÖZBAY
   Osman Nuri UÇAN

2. **Ayakkabı İzlerinin Otomatik Sınıflandırılması** 10
   Vasif V. NABİYEV

3. **Bilişsel Ağlarda Maksimum Yol Hızı ve Minimum Güç Tüketiminin Düğüm Sayısına Göre Analizi** 20
   Barbaros PREVEZE
   Aysel ŞAFAK

4. **Geniş Veri Kümeleri Üzerinde Paralel Veri Madenciliği Yaklaşımları: Wavecluster Yöntemi ile Öbekleme Uygulaması** 29
   Ahmet ARTU
   Efe ÇİFTCİ
   Cem ÖZDOĞAN

5. **İngilizce İçin Geliştirilmiş Okunabilirlik Ölçütlerinin Türkçe'ye Uyarlanabilirliği Üzerine Bir Çalışma** 34
   Burak BEZİRCİ
   A. Egemen YILMAZ

6. **Kurumsal Ağ Günceleri** 43
   Erkan BOSTANCI

7. **Mobil Robotların Konum Kestiriminde Kalman Yönteminin Kullanılması** 47
   Ozan GÜLBUDAK
   Hüseyin CANBOLAT

8. **Tag Teknolojisi Kullanarak E-Kupon Sisteminin Geliştirilmesi** 55
   Volkan ATASEVER
   Duygu ARSLAN
   Şenol Zafer ERDOĞAN

9. **Türkçe Fiil Çekimlerini Gerçekleştiren Bir Yazılım Kütüphanesi** 62
   Tuğrul AYDEMİR
   A. Egemen YILMAZ

10. **Türkçe'nin Harf, N-Gram ve Hece Bazlı İstatistiksel Özellikleri Üzerine Bir Çalışma** 68
    Emrah ÇİÇEK
    A. Egemen YILMAZ

11. **Gadget'larla Sosyal Ağ Yaratılarak Ekonomiye Katkı Sağlama Üzerine Bir Çalışma** 78
    Selin DALGIÇOĞLU
    Yıltan BİTİRİM

12. **Yazılım ve Sistem Gereksinim Kalitesinin İstatistiki Dilbilimsel Analiz Teknikleriyle Artırılması** 85
    İ. Berk YILMAZ
    A. Egemen YILMAZ