Siluet Değişimine Dayalı Periyodik Hareket Analizi

Murat Ekinci, Eyup Gedikli

Karadeniz Teknik Üniversitesi,
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
61080 Trabzon- TURKEY
ekinci@ktu.edu.tr

Keywords: Bilgisayarla Görü, İnsan Hareket Analizi, Hateketli Nesne Sınıflandırma, Benzerlik-Tabanlı Analiz, Video Gözetleme.

Abstract

Bu çalışmada hareketli nesneleri insan/araç olarak sınıflandırabilen, ve periyodik insan hareketlerinden yürüme ve koşmayı otomatik analiz edebilen bir yaklaşım sunulmaktadır. Hareketli nesnelerin siluet yapılarına dört farklı bakış yönünden üretilen siluet sınır noktaları ile siluet etrafına otomatik oturtulan çevreleme kutusu arasındaki piksel uzaklıkları özellik vektörleri olarak üretilir. Siluet yapılarının sınırlarındaki zamansal değişimlerin birbirleriyle olan ilişkileri, üretilen özellik vektörleri üzerindeki korrelasyon işlemleri ile dört farklı 1-B işaretlerden oluşan ilişki fonksiyonları elde edilir. Bu fonksiyonların, zaman domeninde yorumlanmasıyla hareketli nesnelerin sınıflandırılması; frekans domeninde, yapay sinir ağı ile de insan hareketi analizi yorumu gerçekleştirilmektedir. Üretilen test görüntü dizilerinde yapılan deneysel sonuçlar önerilen algoritmanın gerçek-zaman uygulamalarında oldukça başarılı çalışma performansına sahip olduğunu göstermiştir.

1 Giriş

Bilgisayarlı görmeye dayalı insan hareketlerinin otomatik algılanması, görüntü dizisindeki insan davranışlarının neden olduğu hareketli imge bölgelerinin analizi, tanınması ve insan davranışlarının yüksek-seviyede yorumlamalamasını içeren işlemleri içermektedir. Literatürde insan hareketi analizi alanında pek çok sayıda çalışmalar bulunmaktadır [1, 2, 4]. Hareket analizinin bir sonraki adımlarından biri olan yürüyüş stiline dayalı kişilerin tanınması konusunda da bir çok çalismalara başlanmıştır [9, 10]. Biyometri, insanların psikolojik veya davranışsal karakteristiklerini kullanarak insanların kimliklendirilebilmesini hedefleyen teknolojidir [5]. Video akışı içinde insan hareket analizi, karmaşık ve zor problemlerdendir. Pratik hayat uygulamalarında nesnelerin küçük ve görüntü dizilerindeki gürültü oranının yüksek olması, gerçek görüntü dizileri üzerinde gerçek-zamanda hareket analizi işlemlerini zorlaştırmaktadır. Yakın geçmişten itibaren bu problemleri kapsayan pratik uygulamalar yapılmaktadır [2, 3, 11]. Bu konulardaki araştırmaları özetleyen ve siniflandıran detaylı çalışmalar [9, 11] referanslı literallerde bulunabilir.

Nesnelerin geometrik şekillerine dayalı hareket analizi nesnelerin geometrik şekil modellerinden doğrudan elde edilebilmesinin daha kolay olduğu durumlarda avantajlı olabilir. Fakat pratik uygulama alanlarını kapsayan gerçek video akışında nesnelerin küçük boyutlarda olması, ve gürültünün etkili olduğu ortamlarda oldukça fazla dezavantajlara sahiptir. Bu tür zorluklar araştırmacılari geometrik şekil modellerine dayalı hareket analizi işleminden uzaklaştırmaktadır. Ayrıca insan yürüyüşü, koşması vb. hareketlerinin periyodik olması araştırmacıları uzaktan insan kimliklendirebilme işleminde hareket analizinin periyodik kriterlerini üretebilmeye itmektedir [8, 12, 13].

Bu bildiri tek renkli video dataları üzerinde hareketli nesnelerin sınıflandırılması ve insan hareketlerinin analizi işlevi için PC tabanlı kurulan sisteme monte edilen gerçek-zamanda çalişan algoritmayı sunmaktadır. Siluet dış sınırlarının değişimine dayalı üretilen periyodik hareket verileri hareketli nesnelerin gerek sınıflandırılmasında ve gerekse hareketlerinin analizinde önemli bilgiler içermektedir. Bildirimizde sunulan yaklaşım orijinal, esnek, sade fakat hareketli nesnenin siluet sınırlarının değişimini içeren 1-B işaretleri kullanan güçlü hareket analizini gerçekleştirebilen bir algoritmadır. Sunulan yaklaşımda ilk işlem, siluet dış sınırları ile siluet sınırlarını kapsayan dikdörtgen sınırları arasındaki uzaklıkları ifade eden ve her bir bakış yönü için (yukarı, asağı, sağ, sol) olmak üzere eş zamanlı dört farklı 1-B sinyal üretmektir. Daha sonra, hareketli nesnelerin sınıflandırılması için zaman domeninde her bir bakış yönü üzerinde korrelasyona dayalı benzerlik fonksiyonlari üretilir. İnsan hareketi analizi işlevinde zaman domeninde üretilen benzerlik fonksiyonlarına benzer fakat frekans doneminde periyodik hareketleri ihtiva edebilen benzerlik fonksiyonları üretilir. Bildiride sunulan hareket analizi algoritması yürüme ve koşma hareketlerini ayırt etmeyi hedeflemiştir. Bu çalışmada sunulan anahtar fikir algoritmanın basit, gerçek-zamanlı pratik uygulamalarda esnekçe kullanılabilmesidir.

2 Insan Hareketinin Temsili

Bakış yönleri dikkate alınarak hareketli nesnelerde üretilen siluet yapılarınaki dış sınırların değişimine dayalı üretilen periyodik hareket verilerini üretebilmek ilk işlem aşamasıdır. Bu verileri üretmek için ikili (binary) görüntüdeki siluet hareketlerini içeren görüntü dizisi giriş olarak alınmaktadır. Bu

dizi *t* anında *(x,y)* konumundaki ikili veri olarak *bs(t)=bs(x,y,t)* şeklinde gösterilecektir. Bu gösterim siluete bakış yönüne bağımlı olarak dört uzaklık vektörlerini içerir. Bu uzaklık vektörleri siluet yapısının dış sınırları ile siluet yapinın etrafına oturtulmuş diktörtgen sınırlar arasındaki uzaklıklar olarak üretilir ve bunlar özellik vektörlerimizdir ve sekil 1 de gösterilmektedir. Özellik vektörlerinden biri 2B görüntüye üstten bakış yönünden üretilen ve şekil 1 deki $F_T(x,t) = \sum_y bs(x,y,t)$ fonksiyonudur. Bu fonksiyon her bir *t* anında *bs(t)* siluet görüntüsündeki üstten bakış yönündeki dikey uzaklık vektörüdür. Bu uzaklık vektörünün 2B gösterimi şekil 1 de üst sağda gösterilmektedir. Uzaklık verktörünün uzunluğuyla orantılı parlaklık değerleri olacak şekilde ilgili 2B resim gösterim amaçlı uretilmiştir. Benzer şekilde alttan bakış için $F_B(x,t) = \sum_y bs(x,y,t)$, sağdan bakış için $F_T(x,t) = \sum_y bs(x,y,t)$, soldan bakış için $F_L(x,t) = \sum_y bs(x,y,t)$ uzaklık vektörleri şekil 1 gösterildiği biçimde özellik parametreleri olarak üretilir.

Herbir bakış yönlerindeki uzaklık vektörlerinin her bir komponentlerinin varyansı nesnelerin siluet değişiminden kaynaklanan veriler olarak yorumlanabilir. Sekil 1 de gösterildiği gibi, siluete bakı]ş yönüne dayalı üretilen herbir uzaklık vektörü siluetin yapmış olduğu periyodik hareketi ve hareketin kapsadığı temel bilgileri kabaca üretebildiği görülebilmektedir. Sekil 1 de gösterilen verilerde, parlaklık değerleri ilgili konundaki piksel için bakış yönündeki uzaklık hakkında bilgi içermektedir.

Bu calışmada, siluet üretimi öğrenilen arka plan modeli görüntüsüyle görüntü dizisindeki çerçevelerin basitçe karşılastırılmasına dayalı üretilmiştir. Arkaplan üretimi otomatik olarak gerçekleştirilmekte, ve dinamik olarak arka plan modeli güncellenmektedir. Bu konuda daha geniş bilgi [6, 7] referenslarında bulunmaktadır. Karşılaştırma işleminde muhtemelen oluşabilecek olan gürültüleri elimine edebilmek amacı ile 3x3 median operatörü uygulanir. Siluet görüntüsü üretildiğinde siluet sınırları üzerine dikdörtgen sınırlama bloku yerleştirilir. Bu blok sınırları ile siluet dış sınırları arasında piksel birimindeki uzaklık değerleri üretilir. Bu işlem her bir yön için eşzamanlı olarak yapılır. Bu çalışmada algılanan (1) nesnelerin görünür boyutları ve oryantasyonlarının bir kaç hareket peryotu boyunca önemli değişime uğramadığı, **(2)** periyodik hareketler bilgisayara aktarılırken çerçeve yakalama hızının yeteri kadar hızlı olduğu varsayılmaktadır.

3 Bakış Yönüne Dayalı Parametrelerden Özellik Vektörlerinin Üretilmesi

Yürüme ve koşma gibi insanın yapmakta olduğu bazı hareketler periyodik davranışlar içermektedir. Literatürdeki çoğu insan hareketi analizi ve insan yürüyüş stiline dayalı tanıma algoritmaları kişilerin yapmış olduğu aksiyonlardaki insan şeklinin siluetlerindeki değişimlerine dayalı geliştirmiştir [1, 2, 4, 8]. Bu çalışmalarda siluet yapısının üretimi kaliteli

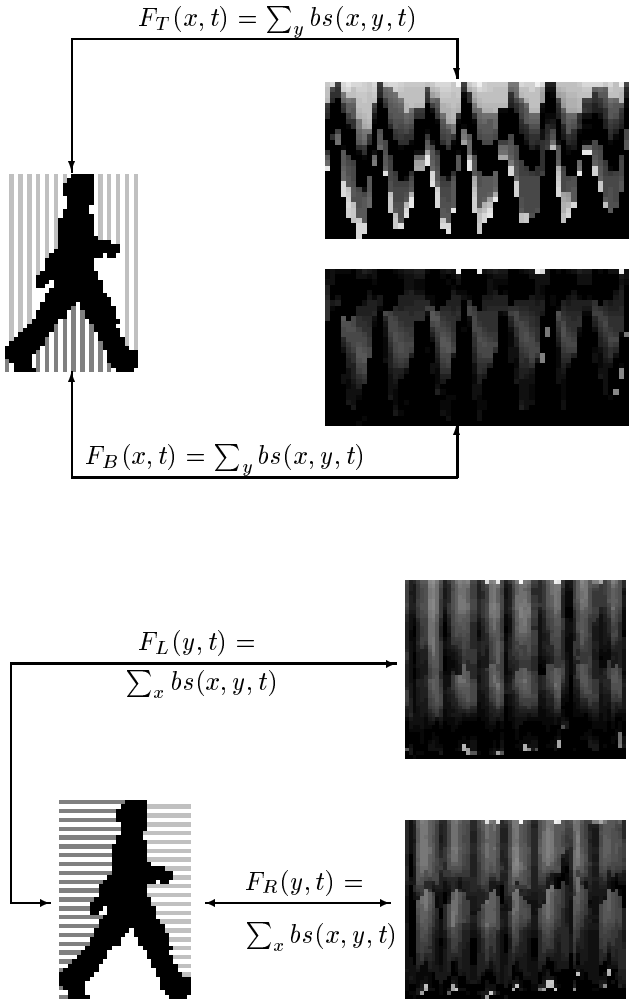

Figure 1: Siluet sınırları ile siluet etrafina konuşlandırılan diktörtgen sınırları arasındaki uzaklığa dayalı uzaysal-geçiçi (Spatio-temporal) hareket tesmsiliyeti. (Üst) Sliuete üstten ve alttan bakış yönleri ve onların uzaklık vektörlerinin zamanla değişimi, (Alt) Sliuete sağdan ve soldan bakış yönleri ve onların uzaklık vektörlerinin zamanla değişimi.

arka plan üretimine doğrudan dayalı olduğundan, kaliteli arka plan üretimi önemlidir. Bu bildiride sunulan çalışmanın otomatik arka plan üretimi ve harketli nesnenin izlenilmesi konusunda detaylar [6, 7] referansli literallerde bulunduğundan burada bir daha üzerinde durulmamaktadır.

Hareket algılama ve izleme modüllerimiz burada sunulan algoritmaya algılanan ve izlenen herbir hareketli nesnenin sınırlarını çerçeveleyen dikdörtgen kutuçuklar dizisini üretmektedir. Herhangi bir *t* anında siluetin *(x,y)* konumundaki *v* bakış yönü uzaklık vektörü için $R_v(x,y)$ referans işareti üretilir. Dört bakış yönü olduğundan, üstten- $R_T(x,y)$, alttan- $R_B(x,y)$, soldan- $R_L(x,y)$, sağdan-bakış $R_R(x,y)$ olmak üzere eş zamanlı olarak birbirinden bağımsız dört ayrı referans işareti üretilir. $R_T(x,y)$ referans olarak incelenen *t* anındaki frame de elde edilen *(x, y)* noktasındaki üstten

bakıs için uzaklık vektörüdür. Diğerleri benzer biçimde her bir yön için üretilen referans uzaklık vektörleridir. Takip eden framelerde referans işaretlerinin üretimiyle aynı fakat *t* anındaki siluet için her bir yöndeki özellik vektörlerini temsil edecek olan $W_v(t,x,y)$ işareti üretilir. Buradaki $W_v(t,x,y)$, *v* bakış yönü için *t* anındaki (x,y) konumundaki bakış yönü uzaklık vektörüdür. Her bir bakış yönü için herhangi bir *t* anında bir kere alınan R_v referans işareti ile takip eden görüntü dizisindeki her *t* anında üretilen W_v özellik vektörleri arasındaki ilişki takip eden denklemdeki gibi çıkarılır.

$$C_v(x,y) = \sum_{x=1}^{X}\sum_{y=1}^{Y} cor(R_v(x,y), W_v(n,x,y)) \qquad (1)$$

Bu ilişkiyi çıkarmayı takip eden ikinci adım iki işaretin arasındaki ilişki fonksiyonunun periyodunu çıkarmaktır. Bu ise şu şekilde elde edilmektedir.

$$period = argmax \sum_{x=1}^{X}\sum_{y=1}^{Y} cor(R_v(x,y), W_v(n,x,y)) \qquad (2)$$

Yürüyen ve koşan insanı içeren test görüntü dizilerinden biri üzerinde referans işareti, $R_v(x,y)$, ile $W_v(t,x,y)$ işareti arasındaki korrelasyon işlemi sonuçları şekil 2 de gösterilmektedir. Şeçilen referans işareti rastgele bir andaki çerçeveden üretilen işaret olması, ve seçilen çerçevede gürültü olma olasılığı nedeniğle birbirini takip eden üc frame de ve her bir yön için üç (3) tane referans işareti üretilir. Görüntü dizisinin takip eden framelerinden üretilen $W_v(t,x,y)$ işaretin bu üç referans işaretleri arasındaki ilişki oluşturulan yapay sinir ağı üzerinde yorumlanarak muhtemel gürültü etkilerini elimine edebilecek yapıda oluşturulmuştur.

4 Hareketli Nesnelerin Sınıflandırma ve Analiz

Bu kısımdaki ilk hedef hareketli nesneleri insan ve araç olarak sınıflandırabilmektir. Bu hedef için sunulan çalışmanın orijinal tarafı hareketli nesnelerin şekillerine değil de yaptıkları hareket davranışlarındaki değişimlere dayalı sınıflandırma yapmaktır. Şekil 2 ve şekil 3 de görüldüğü gibi, insan ve araçın çalışmada önerilen ilişki fonksiyonları sonucu oldukça belirgin ve ayrık olmaktadır. Bu farklılık işaretin ortalaması ve adımsal farklarının toplamına dayalı sınıflandırma gerçekleştirildi, ve test görüntü dizileri üzerinde %92 sınıflandırma başarısı elde edildi.

İnsan olarak sınıflandırılan nesnelerin yürümemi yoksa, koşma hareketimi yaptığını anlamak takip eden bir sonraki hedeftir. Bu amaçla şekil 2 deki gibi üretilen ilişki fonksiyonu frekans domenine aktarılmadan önce, işaretin doğasında olan ve hareketli nesnenin sliuet yapısında yeterli değişiklik olmayan kısımlarından kaynaklanan dşşük frekanslı gürültüleri elimine edebilmek amacıyla ilişki fonksiyonuna aşağıdaki yüksek-geçiren filtre uygulandı.

$$H(z) = 1 - az^{-1} \qquad (3)$$

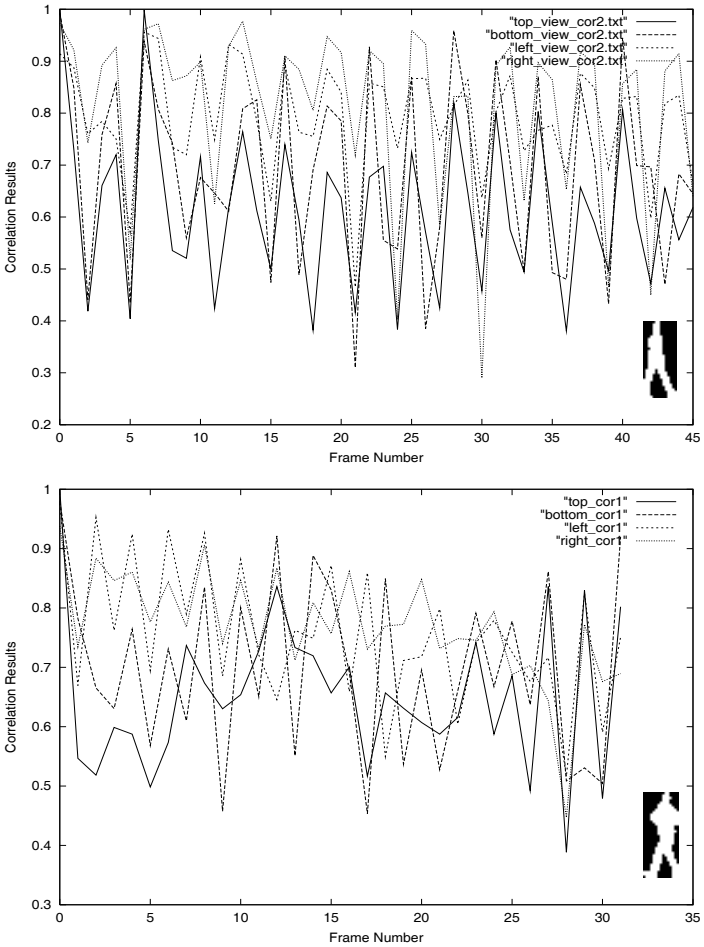

Figure 2: Referans işaretini, $R_v(x,y)$, kullanarak her bir bakış açısı için üretilen özellik vektörleri, $W_v(t,x,y)$, arasındaki korrelasyon sonuçları, (Üst) Yürüyen insan, (Alt) Koşan insan. Sağdaki ikili görüntüler ise herhangi bir anda referans işaretini üretmek için kullanılan siluet görüntüsü.

burada **a** yapılan testlerdeki tecrübelere göre ≈ 1.0 seçildi.

Filtrelenmiş ilişki fonksiyonu frekans domenine aktarıldiğinda yürüme hareketinin oluşturduğu ortalama frekans **4.8 Hz**, košma hareketinin ise ortalama frekansı **6.225 Hz** oldugu tespit edildi. Test görüntü dizisindeki görüntü akışı frame oranı 15 fps olarak üretildi. Yapılan test sonu[clarında yürüme ve koşma hareketini birbirinden ayırt etmek için esikleme değeri olarak **5.5 Hz** seçildi. 46 farklı insan üzerinde yapılan test islemlerinde hareket analizi isleminde ilk etap çalışmalarında %88 lik başari elde edildi. Siluet yapılarındaki gürültülerin başarıyı düşürdüğü gözlendi.

5 Deneysel Sonuçlar

Deneysel sonuçları üretebilmek amacı ile Üniversite kampüsümüz içindeki farklı konum ve zamanlarda hareketleri genel ve özel amaçlı davranışlarda bulunan denek görüntülerini içeren video veri tabanı üretildi. Bu işlem için bir tripod

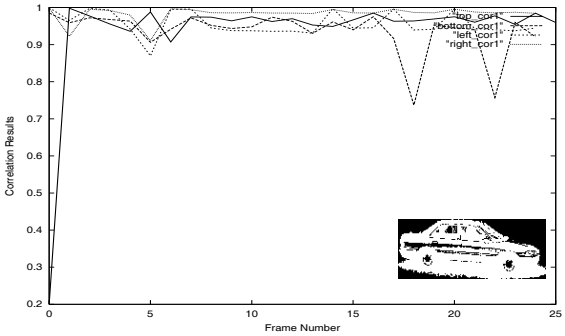

Figure 3: Correlation results in the experimental studies on a car object in motion for each view direction distance vectors.

üzerine monte edilen video kamera (Sony DCR-TRV355E) ve bilgisayara TV karti üzerinden iletilen sabit konuşlandırılmış CCD kamera kullanıldı. Görüntü data oranı 15 fps alındı. Üretilen 15 farklı video görüntü dizisinde yetişkin insan, coçuk ve farklı araç türleri (taksi, minibüs, otobüs vb) hareketli nesneler olarak incelendi.

Test dizisinde kullanılan hareket algılama ve izleme algoritmaları daha önceki çalışmalarımızda, [7], gerçekleştirilen algoritmalar da kullanildi. Yapılan test işlemlerimizde hareketli nesneleri insan ve arac olarak sınıflandırma aşamasındaki başarı oranı %90 üzerinde, yürüme ve koşma hareketini ayırt etmedeki başarı oranı ise %88 olarak elde edildi.

6 Tartışma

Sunulan çalışmanın orijinalliği algoritmanın basitliği, yorumlama etkisinin güçlülüğü, gerçek-zamanda uygulanabilirliliği, hareketli nesne boyutlarına bağımlı olmayarak güçlü sonuçlar üretebilmesi, çözümleri zaman domeninde değilde frekans domeninde gerçeklestirmesidir. Bildirideki sayfa sınırlamasından dolayı çalışmanın özellikle deneysel detaylarına girilmeden algoritma ifade edilmeye çalışıldı. Bu çalışmanın bir sonraki aşaması ise insan siluet yapısındaki değişimlerine dayalı insanları yürüyüş stillerine dayalı otomatik tanıma yapilabilir mi olacaktır. Yakın literatür çalışmalarında yürüyüş stiline dayalı (gait recogntion) algoritmalar sunulmaya baslanmıştır [9, 8].

7 Teşekkürler

Bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimi tarafindan (KTU-2002.112.009.1) desteklenmektedir.

References

[1] R.T. Collins, A. J. Lipton, H. Fujiyoshi, T. Kanade.: Algorithms for Cooperative Multi sensor Surveillance. Proc. of IEEE Vol. 89. No.10, (2001).

[2] I. Haritaoglu, D. Harwood, L.S. Davis.: W4: Real-Time Surveillance of People and Their Activities. IEEE Trans. on PAMI, Vol. 22, No.8, (2000).

[3] H. Fujiyoshi, A. J. Lipton, T. Kanade.: Real-Time Human Motion Analysis by Image Skeletonization. IEICE Trans. Inf.& SYST., Vol.E87-D, No.1, pp.113-120, January 2004.

[4] Mubarak Shah, *Understanding human behavior from motion imagery,* Machine Vision and Applications, Special Issue: Human modeling, analysis, and synthesis, Vol. 14, Issue 4, pp. 210-214, September 2003.

[5] A. K. Jain, A. Ross, S. Prabhakar, *An Introduction to Biometric Recognition*, IEEE Transactions on Circuit and Systems for Video Technology, Special Issue on Image- and Video-Based Biometrics, Vol. 14, No.1, pp. 4-20, January 2004.

[6] M. Ekinci, E. Gedikli: *A New Algorithm of Background Model Initialization and Maintenance for Real-Time Video Surveillance Applications*. Submitted to Pattern Recognition Letter, April, 2004.

[7] M. Ekinci, E. Gedikli, *Background Estimation Based People Detection and Tracking for Video Surveillance*. Springer LNCS 2869, ISCIS 2003, Computer and Information Sciences, 18*th* Int. Symp., pp. 421-429, Turkey, November, 2003.

[8] L. Wang, T. Tan, H. Ning, W. Hu, *Silhouette Analysis-Based Gait Recognition for Human Identification,* IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 25, No. 12, December, 2003.

[9] L. Wang, W. Hu, T. Tan, *Recent developments in human motion analysis*, Pattern Recognition, Vol. 36, pp. 585-601, 2003.

[10] B. Bhanu, J, Han, *Individual Recognition by Kinematics-Based Gait Analysis,* in Proceeding of International Conference on Pattern Recognition, pp. 343-346, 2002.

[11] J.K. Aggarwal, Q. Cai, *Human Motion Analysis: A Review,* Computer Vision and Image Understanding, vol. 73, n. 3 pp. 428-440, March 1999.

[12] Li B., Holstein H., *Recognition of Human periodic motion -a frequency domain approach* Proc. 16th Inter. Conf. on. Pattern Recognition, Vol.1, pp.311-314, 2002.

[13] Yanxi Liu, R. T. Collins, T. Tsin, *Gait Sequence Analysis using Frieze Patterns*, Proc. of European Conf. on Computer Vision, 2002.