Yürüyüş Stiline Dayalı Kişilerin Tanınması
Human Identification Using Gait

Murat Ekinci, Murat Aykut

Bilgisayarla Görü Lab
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon
ekinci@ktu.edu.tr

Özetçe

Bu çalışma kişilerin yürüyüş karakteristiklerine dayalı otomatik kimliklendirme amacıyla geliştirilen yaklaşımı sunmaktadır. Öğrenilen arkaplan modeliyle üretilen insan silüetlerinin dört yön projeksiyonlarına dayalı uzaklık vektörü dediğimiz dört farklı 1-B işaretler ile özellik vektörleri çıkarılır. Yürüyüş stili periodik olduğundan, kimliklendirmede ilk işlem 1-B sinyaller normalizeli korrelasyona işlemiyle yürüyüş hareketinin peryod kestirimi gerçekleştirilir. Bir peryod boyuncaki silüetlerden türetilmiş dört farlı uzaklık vektörleri normalizeli 2-B'lu forma dönüştürülerek peryodik yürüyüşün örüntü yapısı türetilir. PCA (Principal Component Analysis)'ya dayalı öz-uzay transformu yapılarak transform olan örüntü yapısı üzerinde istatistiksel uzaklık hesaplamayla örüntü sınıflandırma gerçekleştirilir. Dört farklı vektöre dayalı üretilen örüntü tanıma işlemleri üzerinde birleşim işlemi yapılarak nihai karar üretilir.

1. Giriş

Insan yürüyüş karakteristiği parmak izi, yüz, v.b. biometrik özelliklerinden biri olup, uzaktan görüntüsel verilerden algılanabilmesi bilinen tek biometrik özellik olması yürüyüş stiline dayalı biometrik tanımayı önemli yapmaktadır [1, 2, 3, 4, 6]. Yürüyüş stiline dayalı biometrik tanıma çalışmaları model-tabanlı [4, 13] ve silüet-tabanlı [6, 7, 8, 3] olmak üzere iki temel yaklaşım içermektedir. Model-tabanlı yaklaşımlar insan vucudundaki eklem noktalarının kinematik ve adım davranışları gibi yürüyüş hareketindeki dinamik karakteristikleri üretebilmeye dayanmaktadır. Silüet-tabanlı yaklaşımlar ise yürüyüş hareketinde insan vucud silüetine dayalı üretilen örüntü yapılarının istatistiksel davranış karakteristiklerine dayanmaktadır. Siluet hareketlerinden üretilen örüntü yapıları insan vucudunun hem statik hemde dinamik özelliklerini içerebilmektedir.

Bu çalışmada, yeni bir silüet-tabanlı yürüyüş karaktiklerini üretebilen yaklaşım, uygulanması, ve test veritabanlarındaki sonuçları sunulmaktadır. Arkaplan hesaplamaya dayalı hareketli nesnelerin silüetlerinden insan sliüetlerinin ayrıştırılması ilk işlemdir [5]. Algılanan insan silüetlerinden üst-, alt-, sol- ve sağ- projeksiyonları 1-B işaret formunda olan uzaklık vektörleri üretilir. Bu vektörler üzerinde yapılan normalizeli korrelasyon ile silüet hareketinin peryodu hesaplanır. Bir peryod boyunca ve her bir projeksiyon için üretilen uzaklık vektörleri bir peryodluk hareket karakteristiğini içeren örüntü yapısı 2-B matris formuna dönüştürülür. Bu matrisin özdeğer ve özvektörlerine dayalı hesaplanan PCA ile özuzayına transfer edilir. PCA uzayındaki bir peryodluk hareketi kapsayan örüntü yapısındaki istatistiksel uzaklık hesaplamalarına dayalı sınıflandırma yapılır. Bu işlem her bir dört yön projeksiyonu için paralel olarak gerçekleştirilir. Her yönden elde edilen sınıflandırma sonuçları üzerinde birleştirme (fusion) stratejisi uygulanarak son karar verilir. Geliştirilen bu algoritma literatürde yürüyüş stiline dayalı insan tanıma amacı ile geliştirilen üç farklı veritabanı ve tarafımızca oluşturulan veritabanları üzerindeki test sonuçları deneysel kısımda verilmiş olup, oldukça teşvik edici neticeler üretmiştir.

2. Yürüyüş Karekteristiği Çıkarımı ve Sınıflandırma

Görüntü dizilerinde hareketli nesne algılanması ve insan silüetlerinin üretimi arkaplan modelinin hesaplanması ve güncellemesine dayalıdır. Daha geniş bilgi için önceki çalışmalarımıza bakınız [5, 11]. Algılanan silüetler sınırlarını çevreleyen kutucuklarla görüntü dizilerinden otomatik ayrıştırılır, ve bir hareket peryod boyuncaki algılanan siluet yapıları ölçeklenir.

2.1. Yürüyüş Karakteristiği Türetimi

İkili görüntü dizisindeki silüetlerin çevrelenmesi $bs(t) = bs(x, y, t)$ formunda ifade edilir. Burada t zaman, (x, y) çevreleme kutusu içinde ikili verili pixel konumlarını gösterir. Dört farklı ve üst-,alt-,sol-, ve sağ uzaklık vektörleri olarak isimlendirdiğimiz imge özellikleri silüet yapıdan türetilir. Uzaklık vektörü, çevreleme kutu sınırı ile silüet sınır noktaları arasındaki piksel uzaklığıdır. Örnek silüet yapısı, çevreleme kutusu, ve dört özellik vektörleri Şekil 1'in orta bölümünde gösterilmektedir.

İzlenen hareket boyunca $bs(t)$ siluet imgesinin üst-projeksiyonunca üretilen 2-B örüntü imgesi şekil 1 sol-üstte gösterilmekte ve $F_U(x, t) = \sum_y bs(x, y, t)$ ile ifade edilmektedir. $F_U(x, t)$, $bs(t)$ silüet imgesinin x sutununda silüet üst sınır noktaları ile silüeti çevreleyen kutucuk arasındaki satır piksel sayılarını ifade eder. Bu işlem sonucunda zamansal-konum değişimli örüntü formunu içeren 2-B örüntü oluşturulur. Silüet temsiliyetinde alt-projeksiyonca üretilen örüntü verisi, $F_A(x, t) = \sum_{-y} bs(x, y, t)$, şekil 1-sol-alt gösterildiği gibi kullanılan ikinci karakteristiktir. Üçüncü örüntü verisi

1-4244-0239-5/06/$20.00 ©2006 IEEE

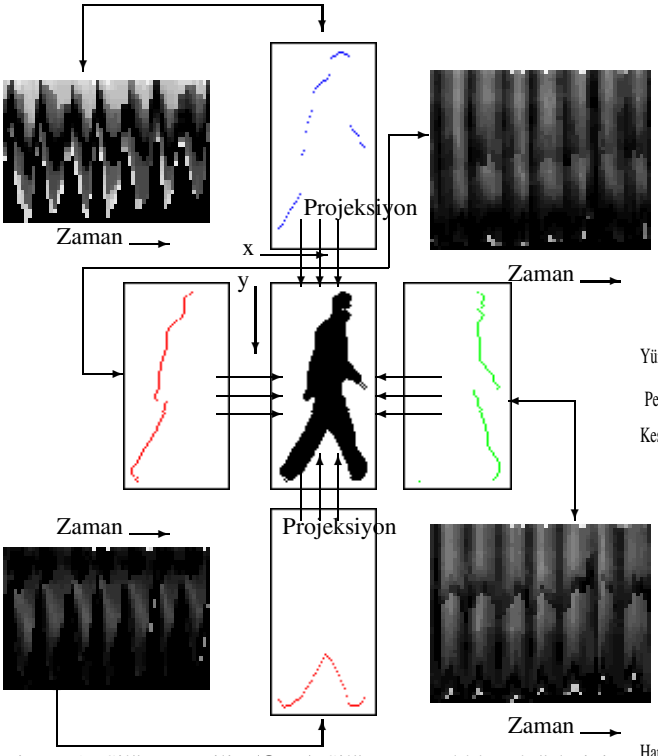


Figure 1: Silüet temsili. **(Orta)** Silüet ve uzaklık vektörlerini ifade eden projeksiyonlar. Görüntü dizisi boyunca üretilen Örüntü yapısı **(SOL)** Üst ve alt projeksiyonlar, **(Sağ)** Sol ve sağ projeksiyonlar.

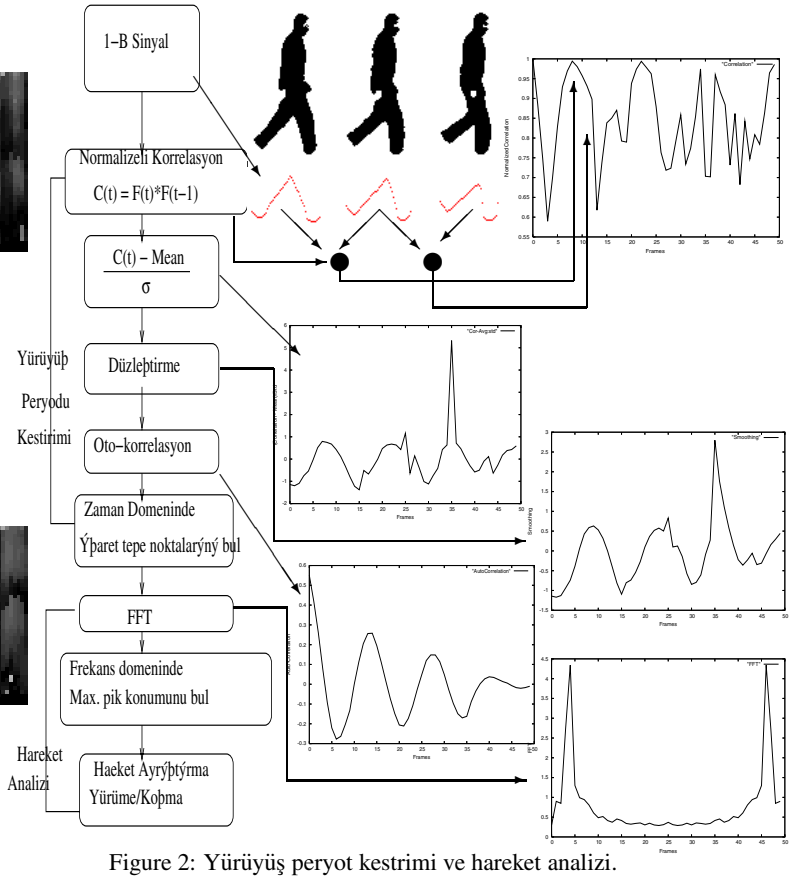


Figure 2: Yürüyüş peryot kestrimi ve hareket analizi.

$F_L(y,t) = \sum_x bs(x,y,t)$ silüetin sol tarafındaki sınır noktaları ile silüeti çevreleyen kutu arasında y satırlarındaki sutun piksel sayılarıdır. $F_R(y,t) = \sum_{-x} bs(x,y,t)$ ise silüetin sağ tarafına dayalı üretilen dördüncü yürüyüş karakteristiğini içeren örüntü verisidir. Sol- ve sağ-projeksiyonlara ait üretilen örnek örüntü yapısı sırası ile şekil 1 sağ-üst-alt da göterilmektedir. Şekil 1 deki 2-B örüntüde piksel parlaklık değerleri ilgili yönlerde uzaklık vektörlerinin değerleriyle doğru orantılıdır.

2.2. Hareket Peryodu Kestirimi

Yürüyüş karakteristiğinin belirlenmesinde yürüyüş peryodunun otomatik belirlenmesi ilk aşamadır. Şekil 2 hareket peryodunun kestiriminde kulanılan algoritmanın işlem adımlarını göstermektedir. Hareket algılama/izleme modülü hareketli nesnelerin silüet yapılarını sunar [5]. Bildiri sayfa sınırlamasından dolayı detaylar için [11, 12]'ye bakınız

2.3. Öğrenme

Kısım 2'de işlevlerle 1B'lu dizilerden dört farklı 2B'lu örüntü yapısı üretilir. Özuzay transformasyonuna dayalı PCA uygulanarak zamanla değişen uzaklık vektörleri örüntü özellik uzayına aktarılır. Bildirideki sayfa sınırlamasından dolayı detaylar için [1, 12] bakınız.

2.4. Örüntü Sınıflandırma

Silüete dört farklı bakış yönüne dayalı uzaklık vektörlerinden üretilen ve öz-uzaya transfer edilerek karakteristiği ${A_i}^w$ ile modellenen bir peryodluk yürüyüş stili öğrenilecek her bir kişi için yapılır, ve bu ${A_i}^w$ verileri tutulur. Öğrenilen A_i^w verileri, test amaçlı uygulanan silüetlerden üretilen veriler, ${B_i}^w$, arasında istatistiksel uzaklık hesaplamasına dayalı benzerlik kriteri aranır. Detaylar için [1, 12] kaynaklarına bakınız.

3. Deneysel Sonuçlar

Deneysel çalışma için CMU MoBo [10], NLPR [3], USF [6], ve bizim oluşturduğumuz veri tabanları kullanılmıştır. Yapılan deneysel sonuçların yorumlanmasında Viterbi algoritması kullanılmıştır [9]. Bu algoritmada, test olarak işlenen verinin en çok ilk benzerliğinde doğru kişinin olma olasılığı Rank 1 olarak, ilk iki kişide benzer olma olasılığı Rank 2 olarak, ve bu tarzda toplam benzerlik dağılımı üretilerek algoritma performansı elde edilmektedir.

3.1. CMU Veritabanı

Bu veritabanı 25 kişi (23 erkek, 2 bayan) yürüme bandı üzerinde yavaş, hızlı, elde top tutarak yürüme gibi üç farklı yürüyüş tarzı ve şekil 3 de göterildiği gibi, 6 farklı görüş yönlerine yerleştirilen kameralarla üretilmiş imge dizilerini içermektedir. Bu test veritabanında her kişiye ait görüntü dizileri her altı yön

Table 1: CMU veritanında Görüş 1 kamerası için sınflandırma performansı.

Test/Öğrenme	Rank 1	Rank 2	Rank 3
Yavaş/Yavaş	84	100	100
Hızlı/Hızlı	92	100	100
Toplu/Toplu	84	100	100
Yavaş/Hızlı	52	100	100
Hızlı/Yavaş	32	88	100
Yavaş/Toplu	42	96	100
Hızlı/Toplu	17	50	88
Toplu/Yavaş	33	88	100
Toplu/Hızlı	29	63	100

ve her üç faklı yürüyüş biçimi için 8 yürüme peryodu içermekte olup, görüntü kayıt frekansı 30 fps.

Herbir yön ve yürüyüş stilinde kişilere ait 8 peryodluk yürüyüş içeren verilerin 7 peryodu öğrenme, 1 peryodu da test işlemi için kullanılarak takip eden usullerde deneysel çalışmalar yapılmıştır. **1)** yavaş yürüyüşte öğrenme ve test, **2)** hızlı yürüyüşte öğrenme ve test, **3)** top elde yürüyüşte öğrenme ve test, **4)** yavaş yürüyüşte öğrenme, hızlı yürüyüşte test, **5)** yavaş yürüyüşte öğrenme, top elde yürüyüşte test, **6)** hızlı yürüyüşte öğrenme, yavaş yürüyüşte test, **7)** hızlı yürüyüşte öğrenme, top elde yürüyüşte test, **8)** top elde yürüşte öğrenme, yavaş yürüyüşte test, **9)** top elde yürüyüşte öğrenme, hızlı yürüyüşte test.

Bu veritabanı üzerinde ve şekil 3'de Görüş 1 kamerasınca üretilen görüntüler üzerinde 9 farklı yapılan deneysel test sonuçları Tablo 1'de özetlenmiştir. Tablo 1'deki sonuçlar irdelendiğinde farklı yürüyüş stillerinden öğrenme ve test işlemlerinde doğru kişinin ilk üç kişide (Rank 3) olma olasılığı %100 olarak üretilmiştir.

Aynı veritabanında olan diğer farklı kamera görüş açıları ve **1)-4)** arası yapılan dört faklı deneysel test sonuçları ise Tablo 2 de özetlenmiştir. Ve yine Tablo 2'deki sonuçlar irdelendiğinde, farklı bakış açılarından ve farklı yürüyüş tarzlarında üretilmiş test sonuçlarında da doğru kişi belirlenen ilk üç kişide (Rank 3) olma olasılı tüm testlerde %100 olmuştur. Tablo 1 ve 2 deki sonuçlar genel anlamda yorumlandığında, yürüyüş stiline dayalı kişilerin otomatik tanınması amacıyla önerilen yöntem farklı görüş açılarından alınan görüntülerde ve farklı yürüyüş tarzlarında yapılan öğrenme ve test sonuçları oldukça başarılı ve ileriye dönük ümitlendirici neticeler verdiği görülmektedir.

3.2. NLPR Veritabanı

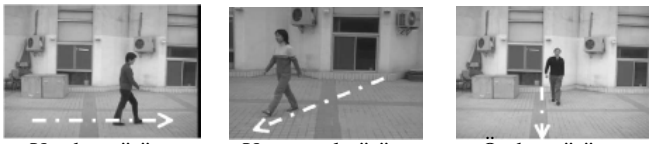
Bu veritabanı [3] 20 kişiyi, üç farklı görüş açısını, herbir görüş açısında her bir kişinin dört peryodluk yürüyüş verisini, ve bu dört peryodun ikisi kişilerin bir yönde ileri ve iki peryoduda tersine geri yönde yürüyüşünü içeren görüntü verilerini içermektedir. Şekil 4'de bu veritabanında olan görüş açıları gösterilmektedir. Veri tabanındaki kişiler her bir görüş açısındaki yürüyüş hareketlerini her bir yön için iki kere ve her yürüyüş iki peryodluk yürüyüş imge dizisi içerecek tarzda düzenlenmiştir. Her açıdaki yürüyüş denemelerini Exp.1 ve Exp.2 olarak isimlendirdik.

Görüş 1 Görüş 2 Görüş 3 Görüş 4 Görüş 5 Görüş 6

Figure 3: CMU veritabanındaki altı farklı görüş noktaları.

Table 2: Diğer farklı kamera görüş yönleri için CMU veritabanındaki sınıflandırma performansı.

Görüş Açısı	Test/Öğrenme	Rank 1	Rank 2	Rank 3
4	Yavaş/Yavaş	84	100	100
	Hızlı/Hızlı	96	100	100
	Yavaş/Yavaş	24	64	100
	Hızlı/Yavaş	32	76	100
5	Yavaş/Yavaş	80	100	100
	Hzlı/Hızlı	88	100	100
	Yavaş/Hızlı	24	64	100
	Hızlı/Yavaş	32	68	100
3	Yavaş/Yavaş	88	100	100
	Hızlı/Hızlı	76	100	100
	Yavaş/Hızlı	28	76	100
	Hızlı/Yavaş	28	68	100
6	Yavaş/Yavaş	84	100	100
	Hızlı/Hızlı	80	100	100
	Yavaş/Hızlı	36	76	100
	Hızlı/Yavaş	24	56	100



Yandan görüş Yan açısal görüş Önden görüş

Figure 4: NLPR veritabanından örnek görüş açıları ve imgeler.

NLPR veritabanında şu ilgili deneysel çalışmalar yapıldı; Her bir açıdaki yürüş tarzları için **1)** herbir yürüyüş denemesindeki bir peryodluk imge dizisi öğrenme, diğer bir peryodluk imge dizisi ise test amaçlı kullanıldı. Diğer bir değişle bu durum Tablo 3'da ilk yürüyüş peryodu öğrenme, Exp.1, takip eden diğer yürüyüş peryodu ise test, Exp.1, olarak rapor edilmiştir. **2)** birinci ve iki peryodluk yürüyüş içeren deneme yürüyüş imgeleri öğrenme, ki bu Tablo 3 Exp.1 ile ifade edildi, ikinci ve iki peryodluk yürüyüş denemesi içeren imgeler test işlemi için kullanıldı, bu durum Tablo 3'de Exp.2 olarak ifade edilmiştir. İki temel deneysel test sonuçları Tablo 3 de özetlenmiştir. Deneysel sonuçlar incelendiğinde, belirlenen kişinin doğru tanınmasının ilk iki kişide olma olasılı %100 olduğu görülmektedir.

3.3. Veritabanımız

Yürüyüş stili tanıma algoritma geliştirme için 22 insanı (20 erkek, 2 bayan) içeren veri tabanını oluşturduk. Bu veri tabanında kişiler statik olan kamera bakış açısında farklı üç yönde yürüyüş yapmaktadır. Ve her bir yöndeki yürüyüş soldan sağa ve sağdan sola olmak üzere iki defa tekrarlanmıştır. Veri tabanındaki 15 kişi dış ortamda, 7 kişide iç ortamda yürümüş ve

Table 3: NLPR veritabanında üç görüş açısında öerilen algoritmanın performansı.

Görüş Açısı	View	Training	Test	Rank1	Rank2	Rank3
Tek Yön Yürüme	Yandan	Exp. 1	Exp. 1	65	100	100
		Exp. 1	Exp. 2	55	100	100
	Önden	Exp. 1	Exp. 1	60	100	100
		Exp. 1	Exp. 2	35	100	100
	Yan açısal	Exp. 1	Exp. 1	40	90	100
		Exp. 1	Exp. 2	30	60	100
Ters Yönde Yürüme	Yandan	Exp. 1	Exp. 1	60	100	100
		Exp. 1	Exp. 2	50	100	100
	Önden	Exp. 1	Exp. 1	60	100	100
		Exp. 1	Exp. 2	40	100	100
	Yan açısal	Exp. 1	Exp. 1	45	100	100
		Exp. 1	Exp. 2	35	75	100

Table 4: Veri tabanımızdaki test sonuçları: (Kullanılan kısaltmalar :L⇒ R : soldan sağa)

	Dış-ortam(15 kişi)		Iç-ortam(7 kişi)		Hepsi(22 kişi)		
Hareket	Rank 1	Rank 2	Rank 1	Rank 2	Rank 1	Rank 2	Rank 3
L⇒ R	67	100	86	100	68	95	100
R⇒ L	67	100	71	100	68	100	100

her bir yürüyüş tarzında her bir nesne için üç peryodluk yürüyüş içeren imge dizileri oluşturulmuştur. Bu veri tabanı üzerinde ve yatay bakış açısındaki imge dizilerinde gerçekleştirilen deneysel sonuçlar ise Tablo 4'de verilmiştir.

3.4. USF Veritabanı

USF veritabanı [6] sağ-sol kamera, yürüyen kişilerin giydiği farklı ayakkabılarla yürümesi, ve yürüyüş yapılan platform farklılığı gibi çeşitli olasıklar içeren test düzeneklerinde üretilmiş imge dizilerini içermektedir. Bu veritabanı üzerinde yaptığımız çalışmada önerilen yöntemin sonuçları ve literatürde bu veri tabanı üzerinde denenmiş bazı çalışma sonuçları da Tablo 5'de özetlenmiştir. Veri tabanının elde edildiği iki farklı zemin platformunu gösteren örnek imgeler şekil 5'de gösterilmektedir. Bu veritanında daha önce üretilmiş olan silüet görüntüleri üzerinde burada verilen deneysel sonuçlar üretilmiştir. Silüetlerde oldukça sert gürültü bulunmaktadır; Örneğin, kimi vucud parçaları kaybolmuş, silüet sınırlarında çok ciddi kayıp veriler, silüet yapısını etkileyen sert gölge, v.b.

Figure 5: USF veritanındaki [6] örnek imgeler.

Tablo 5'de, G ve C yürüyüş ortamının yeşillik ve beton zemin olduğunu, A ve B yürüyen kişilerin giydiği farklı ayakkabı türünü, L ve R ise sağ ve sol kameralardan alınan imge dizilerini temsil etmektedirler. Ayrıca her bir test verilerde kaç tane kişi olduğu da köşeli parantez içinde gösterilmektedir. Sonuç olarak Tablo 5 irdelendiğinde, literatürde kullanılmmış algoritmalar Rank 5 de ulaşamadığı başarılara bu çalışmada önerilen yönem Rank 3 %100'e ulaşarak güçlülüğünü gösterebilmektedir.

Table 5: Önerilen ve literatürdeki üç farklı algoritmanın USF veritabanındaki performansları.

	Önerilen			Baseline[14]		NLPR[3]		UMD[7]	
Deney	Rnk 1	Rnk 2	Rnk 3	Rnk 1	Rnk 5	Rnk 1	Rnk 5	Rnk 1	Rnk 5
GAL[68]	35	80	100	79	96	70	92	91	100
GBR[44]	34	82	100	66	81	58	82	76	81
GBL[44]	25	55	91	56	76	51	70	65	76
CAL[69]	39	90	100	30	46	27	38	24	46
CBL[41]	30	78	100	10	33	14	26	15	33
CBR[41]	29	66	100	24	55	21	45	29	39
GAR[68]	34	60	90	–	-	-	-	-	-

4. Kaynakça

[1] Murat Ekinci, *Gait Recognition Using Multiple Projections*, Accepted to IEEE Int. Conf. on Automatic Face and Gesture Recognition, April, 2006.

[2] M. S. Nixon, J. N. Carter, *Advances in Automatic Gait Recognition*, Proc. of IEEE Int. Conf. on Automatic Face and Gesture Recognition, 2004.

[3] L. Wang, T. Tan, H. Ning, W. Hu, *Silhouette Analysis-Based Gait Recognition for Human Identification*, IEEE Trans. on PAMI Vol.25, No. 12, Dec.,2003.

[4] C. BenAbdelkader, R. G. Cutler, L. S. Davis, *Gait Recognition Using Image Self-Similarity.* EURASIP Journal of Applied Signal Processing, April, 2004.

[5] M. Ekinci, E. Gedikli, *Background Estimation Based People Detection and Tracking for Video Surveillance*. Springer LNCS 2869, ISCIS 2003, November, 2003.

[6] S. Sarkar, *et al The HumanID Gait Challenge Problem: Data Sets, Performance, and Analysis*. IEEE Trans. on Pat. Anal. and Mach. Intell., Vol.27, No. 2, 2005.

[7] A. Kale, *et. al.*, *Identification of Humans Using Gait* IEEE Trans. on Image Processing, Vol.13, No.9, September 2004.

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

[9] J. Phillips *et.al*, *The FERET Evaluation Methodology for Face recognition Algorithm,* IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intell., vol.22, no.10, Oct.2000.

[10] R. Gross, J. Shi, *The CMU motion of body (MOBO) database,* Tech. Rep. CMU-RI-TR-01-18, Robotics Institute, Carnegie Mellon University, June 2001.

[11] M. Ekinci, E. Gedikli *A Novel Approach on Silhouette Based Human Motion Analysis for Gait Recognition*, ISVC 2005, LNCS 3804, pp.219-226, December 2005.

[12] M. Ekinci, E. Gedikli *Gait Recognition Using View Distance Vectors*, CIS2005, LNAI 3804, 119-125, Dec.2005.

[13] A. I. Bazin, M. S. Nixon, *Gait Verification Using Probabilistic Methods*, IEEE Workshop on Applications of Computer Vision, 2005.

[14] P. Phillips, et.al., *Baseline Results for Challenge Problem of Human ID using Gait Analysis*, Por. Int. Conf. Automatic Face and Gesture Recognition, 2002.