

Kinect ile Temel Yürüme Parametrelerinin Elde Edilmesi

¹İrfan Kösesoy,^{*2}Cemil Öz, ³İbrahim Delibaşoğlu
^{1,3}Yalova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Yalova, Türkiye
^{*2}Sakarya Üniversitesi, Bilgisayar ve Bilişim Bilimleri Fakültesi, Sakarya, Türkiye

Özet

Yürüme analizi, günümüzde başta kas iskelet sistemi rahatsızlıkları olmak üzere birçok hastalığın tespit edilmesinde ve tedavi süreçlerinin izlenmesinde önemli bilgiler vermektedir. Yürüme analizi ile bir yürüme döngüsü içerisinde eklemlerin konumları, basınçları ve kaslardaki elektromiyografik değişimleri veren parametreler çıkarılmaktadır. Bu parametreler yürüme analiz laboratuvarlarında farklı disiplinler ve cihazlar kullanılarak elde edilmektedir. Bu çalışmada daha çok eğlence ve oyun sektöründe kullanılmakta olan kinect sensor ile adım uzunluğu, adım süresi, stride, stride süresi, kadans, hız gibi temel yürüme parametreleri bulunmuştur. Parametrelerin tespiti için tek bir kinect kullanılıp kayıtlar segital düzlemden alınmıştır. Bulunan parametrelerin doğrulukları 4 metrelik yürüme yolunda atılacak adımların önceden belirlendiği ve ölçümlerin manuel olarak yapıldığı veriler ile karşılaştırılarak yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler : kinect, yürüme analizi, yürüme parametreleri

Abstract

Gait analysis gives significant information about detection of many diseases, in particular muscle skeleton system diseases, and monitoring treatment processes. In gait analysis, the parameters locations and pressure values of joints and electromyographic changes in muscles are obtained for a gait cycle. These parameters are gained by related devices in gait analysis laboratories. In this work, the basic gait parameters (i.e. step length, step time, stride, stride length, cadence) are found by kinect sensor which is frequently used in game and entertainment industry. A single kinect is used to detect parameters and records are taken from sagittal plane. In order to test accuracy of the parameters, location of steps on the 4-meter walking way are determined beforehand and those pre-determined measurements are compared with manually obtained measurement data.

Key words: kinect, gait analyse, gait parameters

1. Giriş

Yürüme, bir yerden bir yere hareket ederken bacakların yerden bağlantısını kesmeden yapılan destek alma ve ilerleme eylemine denir [1]. Bu destek alma ve ilerleme eylemi hareket esnasında sürekli tekrar etmektedir. Tekrar eden hareketlerin tümüne birden yürüme döngüsü denir.

Yürüme, koşma gibi insan hareketlerinin modellenmesi ile elde edilen veriler cinsiyet tanıma, ruhsal durumları fark etme, yorgunluk ya da sakatlıkların neden olduğu değişimleri belirleme, nöromusküler ve kas iskelet sistemi rahatsızlıklarının tanı ve tedavisi gibi alanlarda kullanılmaktadır[2]. Günümüzde yürümenin modellendiği ve yürüme parametrelerinin çıkarıldığı en yaygın yöntem yürüme analizidir. Yürüme analizi teknolojik imkânlardan faydalanarak yürüyüş esnasında hareket ve aktivitelerinin ölçülmesi ile yapılan sistematik çalışmadır[3]. İnsan gözü 1/12 saniyeden hızlı gerçekleşen olayları algılayamamakta ve aynı anda farklı düzlemlerde olan hareketleri takip edememektedir. Dolayısıyla karmaşık bir işlem olan yürüme insan gözüyle

*Corresponding author: Address: Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, Yalova University, 77100, Yalova, TURKEY. E-mail address: irfan.kosesoy@yalova.edu.tr

sağlıklı olarak değerlendirilememektedir[4]. Ayrıca konunun uzmanları tarafından yapılan gözlemler kişiden kişiye değişebilmektedir. Objektif bir değerlendirmenin yapılabilmesi için yürümenin niteliksel ve niceliksel olarak ölçülebildiği teknikler geliştirilmiştir. Yürüme analizinin farklı alanlardaki uygulamalarında kullanılan birçok yöntem vardır. Bu yöntemler kullanılarak yürüyüşlerden kinetik, kinematik ve elektromiyografik parametreler çıkarılmaktadır. Günümüzde yürüme laboratuvarlarında kinematik parametreler daha çok işaretçiler kullanılarak bulunmaktadır. Kişilerin hareket takipleri ve eklem konumları işaretçilerden gelen verilere göre tespit edilmektedir. Ancak işaretçilerin hastanın hareketini zorlaştırması, vücuda yerleştirilmesinin zaman alması, veri alımı için kontrollü çevre gereksinimi gibi dezavantajları vardır[5].

Son zamanlarda işaretçiler kullanmadan hareket yakalama teknikleri eğlence, dijital animasyon, biyomekanik analiz gibi uygulamalarda kullanılmaktadır. [5]'te birden fazla kameranın farklı açılardan aldığı silüetlerin çakıştırılması ile takip edilecek kişi modellenmiştir. Bu sistemlerde modelin serbestlik derecesi kullanılan kamera sayısına göre değişmektedir. [6]'da hareket takibi için 3 boyutlu derinlik kameraları kullanılmıştır. Derinlik haritası veren kameralar ile görüntü koordinatlarından gerçek dünya koordinatları hesaplanarak nokta bulutları oluşturulabilmektedir. [7],[8],[2] 'deki çalışmalarda hareket takibi ve yürüme analizinde derinlik haritası çıkarabilen kinect kullanılmıştır.

Bu çalışmada kinect sensor kullanarak adım uzunluğu, adım süresi, stride, stride süresi, stride uzunluğu, kadans, hız gibi temel yürüme parametreleri bulunmuştur. Bulunan parametrelerin doğrulukları 4 metrelik yürüme yolunda atılacak adımların önceden belirlendiği ve ölçümlerin manuel olarak yapıldığı veriler ile karşılaştırılarak yapılmıştır.

2. Kinect Sensor ve Kalibrasyon

Kinect, ilk olarak kasım 2010 tarihinde satışa sunulan, Microsoft'un Xbox 360 platformu için geliştirdiği herhangi bir kontrol çubuğu kullanmadan oyun oynama imkanı veren cihazdır (Şekil 1).



Şekil 1. Microsoft Kinect

Kinect'in ön tarafında kızılötesi projektör, video kamera, kızılötesi kamera ve üç adet mikrofon bulunmaktadır. Kızılötesi projektör ve kızılötesi kamera sayesinde görüş alanına ait derinlik haritası çıkarabilmektedir. Derinlik haritası ile kameranın karşısındaki bir cisme olan dik uzaklık tespit edilebilmektedir. Kinect sensor de diğer kameralar gibi bir görüş alanına sahiptir. Görüş alanı derinlik sensörü için 800-4000 mm aralığı ile sınırlıdır.

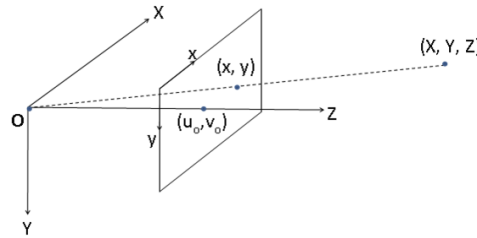
Kinect'in bilgisayarlı görme alanında kısa sürede birçok projede kullanıldı. Bu denli başarılı olmasında ki en önemli özelliklerinden biri de iskelet tespit ve takibindeki başarısıdır[9]. İnsan vücudu üzerinde ayak, topuk, baş, omuz gibi 20 eklem X,Y,Z değerlerini bulabilmektedir (Şekil 2). Sensor karşısında aynı anda altı kişiye ait iskelet tespit edilip takibi yapılabilmektedir.

Kinect ile bulunan iskelet verisi görüntü üzerine çizdirildiğinde eklemlerin bazı görüntülerde

önemli ölçüde kaymaktadır. Örneğin topuk bilgisi görüntü üzerine çizdirildiğinde ayağın ortalarına denk geldiği görülmüştür. Dolayısıyla iskelet bilgisi esas alınarak bulunan yürüme parametrelerinde doğruluk düşük çıkmaktadır. Bu çalışmada kinect'in verdiği iskelet verisi yerine ayakucu ve topuk bilgisi tespit edilip bulunan noktalar dünya koordinatlarına dönüştürülmüş ve yürüme parametreleri hesaplanmıştır.

2.1. Kalibrasyon

Kalibrasyon, görüntü alınan kameraya ait parametrelerin bilinmesi ile 3 boyutlu koordinat düzlemi ile 2 boyutlu görüntü koordinatları arasında yapılan dönüşümdür[10]. Şekil 2'de 3 boyutlu koordinat düzlemindeki bir noktanın iki boyutlu görüntü düzlemine yansıtılması görülmektedir. Şekilden de anlaşıldığı gibi Z eksenini görüntüye dik yapmakta ve görüntü düzlemi ile temel noktada (u_0, v_0) kesişmektedir ayrıca odak uzaklığı bu eksen üzerinde yer almaktadır.



Şekil 2. Dünya koordinatındaki bir noktanın görüntü üzerine projeksiyonu

Şekil-2'de (X, Y, Z) koordinatındaki noktanın görüntü üzerine (x, y) aktarılmasında kullanılan dönüşüm denklem 1'de verilmiştir. Bu denkleme göre dönüşümün yapılması için odak uzaklığı (f_x, f_y) ve görüntü merkezini veren temel noktanın (u_0, v_0) bilinmesi gerekmektedir. Temel nokta ve odak uzaklığına kameranın iç parametreleri denilir. Bu parametreler her kamerada farklı olabilmektedir. Bu sebeple yapılan uygulamada verilerin doğruluğunu arttırmak için kayıt yapılmadan önce kameranın kalibre edilerek iç parametrelerinin hesaplanması gerekmektedir.

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_x & 0 & u_0 \\ 0 & f_y & v_0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Kinect sensör'de RGB kameraların kalibre edilmesi haricinde derinlik sensörü de kalibre edilebilmektedir. Bu çalışmada kinect'in iç parametrelerinin tespitinde [11]'de önerilen kalibrasyon yöntemi kullanılmıştır. Kalibrasyon için A3 kağıdına basılmış bir dama tahtasına ait farklı açı ve uzaklıklardan alınmış 21 adet görüntü kullanılmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Kinect sensor'un kalibrasyonunda kullanılan görüntüler.

Uygulama kayıtlarının alındığı kinect sensor için yapılan kalibrasyonda 0.3340 hata payı ile bulunan iç parametreler Tablo 1'de verilmiştir.

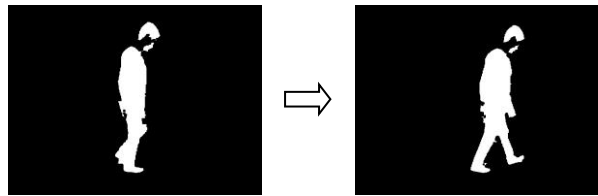
Tablo 1. Uygulamada kullanılan Kinect'e ait iç parametreler

Odak Uzaklığı (f_x, f_y)	Temel Nokta (u_0, v_0)
550.18	336.56
549.082	275.29

3. Yürüme Döngüsü Tespiti ve Temel Yürüme Parametreleri

Yürüme döngüsü salınım fazı ve durma fazı olarak iki temel kısımdan oluşmaktadır. Yürüme esnasında atılan adım uzunlukları, süreleri gibi parametrelerin tespiti için salınım fazı ile durma fazı arasındaki geçişlerin olduğu frameleri bulmak gerekmektedir. Döngünün belirlenmesinde her bir frame için özellik çıkarımı yapılır ve bu özelliklerden periyodik bir sinyale ulaşılır. Bu sinyalin tepe ve dip noktaları bize salınım ve durma fazları arasındaki geçişleri vermektedir.

[12]'de yürüme döngüsü silüetlerden yola çıkılarak bulunmuştur. Yürüyen kişiye ait silüetler çıkarılıp genişliği ölçülmüştür. Bir yürüme döngüsünde adımın en geniş olduğu an aynı zamanda silüetin en geniş olduğu ve salınım fazının bittiği andır. Aynı şekilde ayakların birbirine en yakın olduğu ve salınım fazının başladığı an da silüetin en dar olduğu andır. Her bir frame için bu genişlikler hesaplanıp sonuçlar çizdirildiğinde periyodik bir sinyal elde edilir. Bu sinyalin tepe noktaları adımlar arası genişliğin en fazla olduğu, dip noktaları ise adımlar arası mesafenin en az olduğu framelerdir. Şekil 4'te uygulamada bu sinyale göre bulunan frameler verilmiştir.



Şekil 4 Silüet'genişliği ile bulunan salınım ve durma fazı başlangıçları

Yürüme döngüsünün tespitinde kullanılacak silüetler arka plan çıkarımı (background subtraction) yöntemi ile bulunmuştur. Arka plan çıkarımında silüetin başarılı bir şekilde bulunması için yürünen yere ait arka plan rengi beyaza yakın bir yer seçilmiştir. Ayrıca yürütülecek kişinin arka plandan ayırt edilmesi için koyu renkli kıyafetler giydirilmiştir (Şekil 5). Arka plan çıkarıldığında görüntüde kişinin gölgesinden kaynaklanan gürültüler oluşmuştur. Silüetten ayrı duran bu gürültüler elimine edilmiştir. Silüet ile yapışık duran gürültülerin giderilmesi için morfolojik işlemler uygulanmıştır.

3.1. Temel Yürüme Parametreleri

Yürüme analizinde en sık kullanılan yürüme parametreleri adım uzunluğu, adım frekansı hızdır [13]. Bu çalışmada görsel olarak ve işaretçiler kullanmadan yürüme analizinde en sık kullanılan temel parametreler bulunmuştur. Bu parametreler [1]'de yapılan tanımlar dikkate alınarak çıkarılmıştır. Kanatlı ve arkadaşlarının makalesinde geçen ve bu çalışmada bulunan adım uzunluğu, adım süresi, adım genişliği, kadans, hız gibi parametreler şu şekilde tanımlanmıştır;

Adım: Yürüme esnasında her iki ayağın yer ile temas haline geçme durumu.

Adım Uzunluğu: Her iki ayağın topuklarının yere değdiği yer arasındaki dik uzaklık.

Adım Süresi: Adım atılırken geçen süre

Stride : Çift adım.

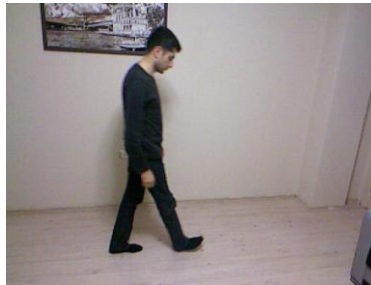
Stride süresi: Tek stride için geçen süre.

Kadans: Birim zamanda atılan adım sayısı.

Hız: Birim sürede kat edilen mesafe.

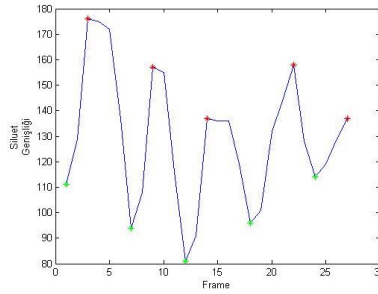
4. Materyal Metod

Kinect kullanılarak bulunan yürüme parametrelerinin doğruluklarının test edilmesi için yürüyecek kişinin ayakları ölçülüp, adım atacağı yerler yürüme yolunda işaretlenmiştir. Yürüyüş yapacak kişinin ayakları 25 cm olarak ölçülüp iki ayağı arasına da 25 cm'lik boşluk bırakılmıştır. Kinect yürüme yoluna dik olarak yerleştirilip segital düzlemden kayıt alınmıştır.



Şekil 5. Yürüme kaydından alınmış örnek görüntü

Kayıt alındıktan sonra arka plan çıkarımı ile silüetler tespit edilmiştir. Daha sonra bu silüetlerden bölüm 3'te anlatıldığı gibi yürüme döngüsü tespit edildi. Şekil 6'da yürüme döngüsünü veren periyodik sinyalin tepe ve dip noktaları görülmektedir.



Şekil 6. Yürüme döngüsünün bulunduğu periyodik sinyal

Şekil 6'da kırmızı ile işaretli framerde adım uzunlukları ölçülecektir. Bu framer üzerinde gürültüler giderilip morfolojik işlemler yapıldıktan sonra ayaklar kesilip her bir ayak için ayak ucu ve topuk tespit edilmiştir. Ayaklar etrafına çizilen dikdörtgenin alt köşelerine olan uzaklıklar ölçülüp ayak ucu ve topuk bu köşelere en yakın noktalar olarak belirlenmiştir.

Tablo 2'de bu yöntemle bulunan ayaklara göre ölçülen ayak, adım uzunlukları ve hız verilmiştir. Ayak uzunlukları ayak ucu ve topuk yerlerinin belirlenmesi ile 3 boyutlu koordinat düzlemine yapılan dönüşümden bulunan uzunluklar verilmiştir. Her bir adım için ayak uzunluklarının 25 cm adım uzunluklarının ise 50 cm bulunması gerekir.

Tablo 2. Her bir Adım için bulunan uzunluk ve hız değerleri

Ayak1 (m)	Ayak2 (m)	Adım (m)	Hız (m/sn)
0,2305	0,2506	0,4344	1,4504
0,2245	0,2849	0,4232	1,6024
0,2178	0,1802	0,4530	1,7160
0,2244	0,0944	0,3853	0,8241
0,2448	0,2482	0,5336	1,4506

Tablo 2'de adım uzunlukları için bulunan değerlere bakıldığında Ayak 1'de gerçek değerinden ortalama 0.0216 (2 cm)'lık bir sapma olduğu görülür. Ayak 2'de ise adım 4'te ayak ucu ve topuk yerlerinin yanlış tespit edilmesinden kaynaklanan bir hatadan dolayı önemli bir ölçüm hatası vardır. Ayak 2'de adım 4 göz ardı edildiğinde gerçek değerden ortalama 0.0268'lik bir sapmanın olduğu görülür. Adım uzunluklarına bakıldığında ise dördüncü adım da dahil olmak üzere sonuçlar olması gereken değerden 0.0673 m sapmıştır.

Tablo 3 Kinect ile bulunan yürüme parametreleri

Ayak1 (m)	Ayak2 (m)	Adım (m)	Hız (m/sn)
0,2305	0,2506	0,4344	1,4504
0,2245	0,2849	0,4232	1,6024
0,2178	0,1802	0,4530	1,7160
0,2244	0,0944	0,3853	0,8241
0,2448	0,2482	0,5336	1,4506

Tablo 3’te adım bilgilerine göre yürüme parametreleri verilmiştir. Parametreler her bir adım için bulunan değerlerin ortalaması alınarak bulunmuştur.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada tek kinect kullanılarak segital düzlemde alınan kayıtlara ait yürüme parametreleri bulunmuştur. Kayıt yapılan kinect’e ait iç parametreler bulunup görüntü ve dünya koordinatları arasında yapılan dönüşümde doğruluğun artırılması amaçlanmıştır. RGB sensörden alınan renkli görüntüye ait bir noktanın derinlik bilgisi derinlik haritasından bulunmuştur. Ancak bu değer RGB ve derinlik sensörü üzerinde kalibrasyon yapılmadan elde edilmiştir. Dolayısıyla koordinatlar arasında yapılan dönüşüm sırasında sensörlerden alınan görüntüler arasında kaymalar oluşmakta buda derinlik değerinde hatalara sebep olmaktadır.

Siluet üzerinden çıkarılan parametreler de hata payının düşürülmesi ayak ve topuk bilgilerinin daha doğru bir şekilde çıkarılması ile mümkündür. Görüntüler üzerine uygulanan gürültü giderme ve morfolojik işlemler adım uzunluğu değerlerinin olduğundan az bulunmasına sebep olmuştur. Bunun haricinde arka plan çıkarımı sırasında gölge, yansımalar gibi gürültülerden dolayı ayaklar olduğundan büyük görünüş sonuçlardaki hataları arttırmıştır.

İleriki çalışmalarda yukarıda anlatılan sorunlar giderilmeye çalışılıp temel yürüme parametreleri daha düşük hatalarla bulunmaya çalışılacaktır.

6. KAYNAKÇA

- [1] U. Kanathı, H. Yetkin, M. Songür, A. Öztürk, and S. Bölükbaşı, “Yürüme Analizinin Ortopedik Uygulamaları,” vol. 5, no. 1–2, pp. 53–59, 2006.
- [2] M. Gabel, R. Gilad-Bachrach, E. Renshaw, and A. Schuster, “Full body gait analysis with Kinect.,” *Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc.*, vol. 2012, pp. 1964–7, 2012.
- [3] M. W. Whittle, *Gait analysis: an introduction*, vol. 3. 2002, pp. 1–220.
- [4] G. Yavuzer, “Three-dimensional quantitative gait analysis,” *Acta Orthop. Traumatol. Turc.*, vol. 43, no. 2, pp. 94–101, 2009.

- [5] S. Corazza, L. Mündermann, a M. Chaudhari, T. Demattio, C. Cobelli, and T. P. Andriacchi, “A markerless motion capture system to study musculoskeletal biomechanics: visual hull and simulated annealing approach.,” *Ann. Biomed. Eng.*, vol. 34, no. 6, pp. 1019–29, Jun. 2006.
- [6] K. Berger, K. Ruhl, Y. Schroeder, C. Bruemmer, A. Scholz, and M. Magnor, “Markerless Motion Capture using multiple Color-Depth Sensors,” 2011.
- [7] E. E. Stone and M. Skubic, “Passive in-home measurement of stride-to-stride gait variability comparing vision and Kinect sensing.,” *Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc.*, vol. 2011, pp. 6491–4, Jan. 2011.
- [8] E. Stone and M. Skubic, “Evaluation of an Inexpensive Depth Camera for Passive In-Home Fall Risk Assessment,” in *Proceedings of the 5th International ICST Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare*, 2011.
- [9] Z. Zhang, “Microsoft Kinect Sensor and Its Effect,” *IEEE Multimedia*, vol. 19, pp. 4–10, 2012.
- [10] J. Heikkilä and O. Silvén, “A Four-step Camera Calibration Procedure with Implicit Image Correction.”
- [11] Daniel Herrera C, Juho Kannala, and Janne Heikkilä, “Joint depth and color camera calibration with distortion correction.,” *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 34, no. 10, pp. 2058–64, Oct. 2012.
- [12] R. T. Collins, R. Gross, and J. S. J. Shi, “Silhouette-based human identification from body shape and gait,” *Proc. Fifth IEEE Int. Conf. Autom. Face Gesture Recognit.*, 2002.
- [13] T. Oberg, a Karsznia, and K. Oberg, “Basic gait parameters: reference data for normal subjects, 10-79 years of age.,” *J. Rehabil. Res. Dev.*, vol. 30, no. 2, pp. 210–23, Jan. 1993.