



Hareket analizinde kullanılan görüntü sisteminin hassasiyetinin belirlenmesi

Bergün Meriç*, Menşure Aydın*

Özet

Amacımız sportif hareketlerin analizinde sıklıkla kullanılan görüntü sisteminin hassasiyetinin belirlenmesidir.

Bu amacı gerçekleştirmek için endüstriyel bir robotun önceden bilinen 3 farklı yörüngede hareket etmesi sağlanmış ve hareket 3 farklı açıya yerleştirilmiş 100 Hz hızındaki 3 kamera tarafından kaydedilmiştir. Direkt olarak bilgisayara aktarılan verilerin Simi hareket analiz sistemi ile açısal kinematiği hesaplanarak robottan elde edilen verilerle karşılaştırılmıştır.

Açısal yer değiştirmede; hataların mutlak değerinin ortalaması ile elde edilen ortalama hata 0.92° , hataların karelerinin toplamından elde edilen ortalama hata 1.33° , açısal hız da ise; hataların mutlak değerinin ortalaması ile elde edilen ortalama hata $0.77\%/s$ ve hataların karelerinin toplamından elde edilen ortalama hata $0.96\%/s$ tespit edilmiştir.

Bu hataların görüntü işleme tekniklerinden, kamera sistemlerinin hızından ve kullanıcı hatalarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Sportif hareketler görüntü sistemleri ile analiz edilirken bu hata oranları göz önüne alınarak hesaplamalar yapılmalıdır.

Anahtar Kelimeler: 3D; hareket analizi; Hassasiyet;

Accuracy determination of camera system used for sport motion analysis

Abstract

The aim of this study is to determine accuracy of camera system often used for motion analysis.

In order to accomplish this, an industrial robot was moved with known three different trajectories and these motions were captured using three 100Hz cameras located in 3 different angles. Video data were digitized and analyzed using Simi Motion Analysis Program. With this program, angular kinematics were computed from the video data and compared with the data obtained from robot.

For considering analysis of the data, average error for angle computed from average values of absolute error and root values of average of squared error is is 0.92° and 1.33° , respectively. Similarly, average error for angular velocity computed from average values of absolute error and root values of average of squared error is is 0.77° and 0.96° , respectively.

These errors may result in the technique of image processing, shot speed of camera system and the limited hand sensivity of users. As motions in sports were analyzed with the camera systems, these errors must be taken in account in kinematic computation.

Key Words: 3D; motion analysis; accuracy

Giriş

İnsan hareketlerinin ölçümünün doğruluğu ile ilgilenen Hareket analiz sistemlerinin popülerliği gittikçe artmaktadır. Mesafe, hız, ivme, güç, enerji ve momentum gibi birçok fiziksel büyüklüğü zamana bağlı olarak ifade etmenin en güzel yollarından biri kamera sistemleridir. Özellikle kompleks hareketleri içeren sportif hareketlerin nicelik analizinde kameralarla birlikte kullanılan hareket analiz sistemleri sıklıkla tercih edilmektedir (Bahamonde, 2005; Shan & Westerhoff, 2005) Kamera sistemlerinde ölçüm işaretleyicili (marker) ve işaretleyicisiz olmak üzere iki şekilde yapılmaktadır. İşaretleyicisiz yapılan çalışmalarda henüz istenilen doğruluk ve hassasiyet elde edilemediğinden (Remondino, 2006), işaretleyicili çalışmalar literatürde daha sıklıkla rastlanmaktadır (Graham-Smith & Lees, 2005; Jaitner et al, 2001).

Pozisyon hız, ivme gibi fiziksel büyüklükler sportif hareketler gerçekleşirken yüksek hassasiyet ve doğrulukla ölçülmesi yapılan hareketlerin analizinde büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmadaki amacımız sportif hareketlerin analizinde kullandığımız SİMİ hareket analiz sisteminin hassasiyetinin belirlenmesidir.

Yöntem

Yörünge bilgisi Kocaeli Üniversitesi Mekatronik Mühendisliği laboratuvarındaki endüstriyel bir robot olan RX 60 Stablaudan alınmıştır (Şekil1). Uç işlevcisiyle eklem noktasına infrared özelliğe sahip marker yerleştirilen robot dairesel hareketi yaparken 3 farklı açığa yerleştirilmiş birbirine senkronize çalışan Basler A602f marka 100 Hz hızındaki 3 kamera tarafından kaydedilmiştir. İki kamera yandan 90°, ve üçüncü kamera direkt karşıdan robotu görece şekilde yerleştirilmiştir. Kullanılan kameralar kablolar yardımıyla bilgisayara bağlanmış ve çekilen görüntülerin otomatik olarak bilgisayar ortamına aktarılması sağlanmıştır. Uç işlevci ve gövdedeki nokta birleştirilerek oluşturulan segmentin xz (frontal) düzlemindeki açısal yer değiştirmesi derece, açısal hızları derece/s cinsinden SİMİ 6.2 hareket analiz sistemi ile hesaplanarak robottan elde edilen verilerle karşılaştırılmıştır.

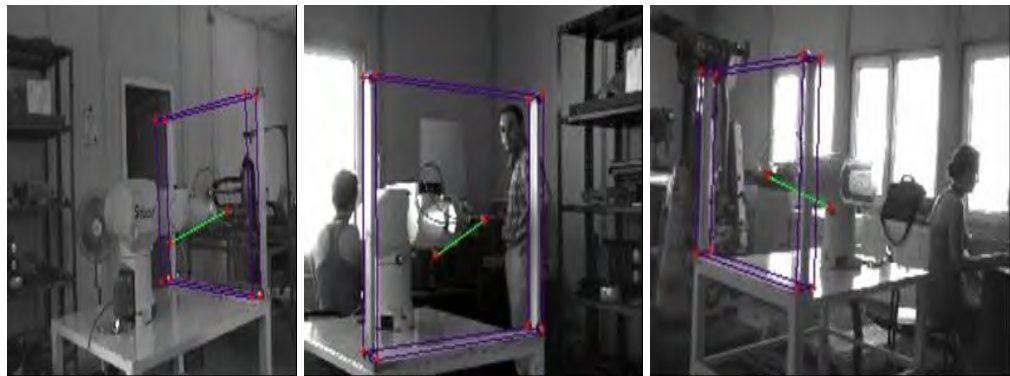
Şekil 1: Endüstriyel robot, RX 60 Stablau görüntüsü



Alanın kalibrasyonu için dikdörtgen prizma şeklinde, ölçüleri 78x8x68,5 cm olan kalibrasyon kafesi kullanılmıştır (Şekil 2). Kalibrasyon DLT yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. The Direct Linear Transformation (DLT) yöntemi, 2 veya daha fazla 2 boyutlu görüntülerden elde edilen noktaların 3 boyutlu koordinatlarını saptamaya izin vermektedir (Poucelot,2000)). Bu yöntem, çekimlerden alınan görüntülerin dijitize koordinatlarla 3 boyutlu alandaki benzer koordinatlar arasındaki ilişkiden hareket etmektedir (Abdel-Aziz&Karara, 1971; Shapiro,1978).

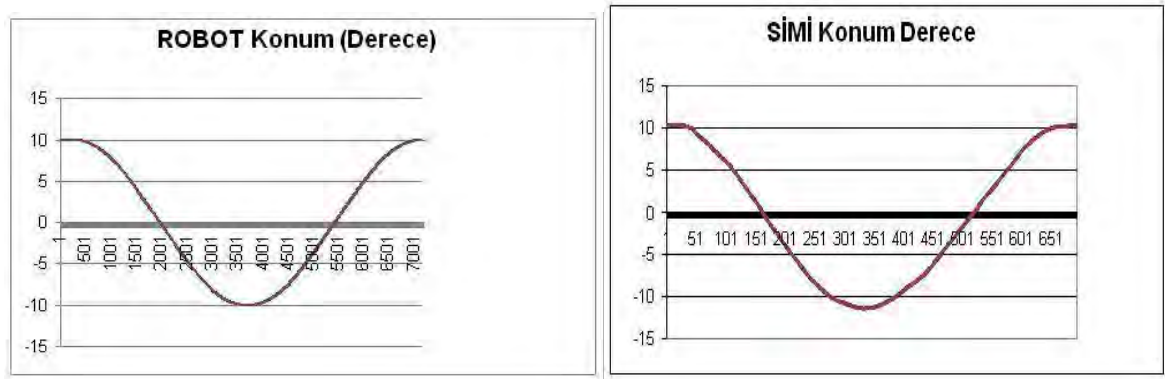
İstatistikler Excel programında yapılmıştır. Hatalarının karelerinin toplamı ve hataların mutlak değerlerinin ortalaması yöntemi kullanılmıştır.

Şekil 2: Kamera açıları ve kalibrasyon

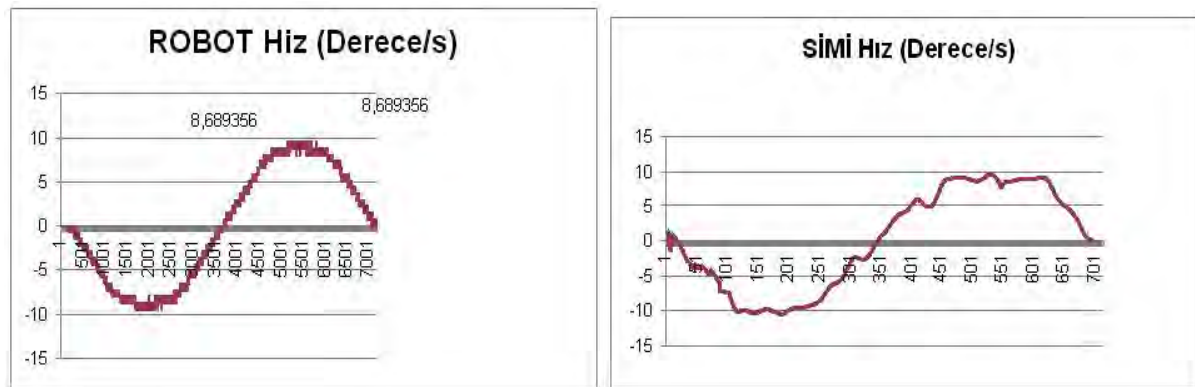


Bulgular

Çizelge1 Robottan ve SİMİ hareket analiz programından elde edilen konum değerleri



Çizelge2 Robottan ve SİMİ hareket analiz programından elde edilen hız değerleri



Tartışma

Hareket analizini yapmaya yarayan sistemlerin doğruluk ve hassasiyeti üzerine literatürde birçok çalışma vardır (Nicholls et al 2003; Kejonen et al 2004). States ve Pappas(2006)Optotrak 3020 sisteminin birçok ölçümle hassasiyet ve tekrar edilebilirliğini değerlendirdiği çalışmada Optotrak sistemin hassasiyeti diğer hareket analiz sistemlerinden daha iyi bulmuştur. Bu sistem diğer 8 hareket analiz sisteminden daha küçük hata oranına sahiptir (Haggard&Wing, 1989; Scholz, 1989; Richards, 1999; Vander Linden et al 1992) Ama bu sistemin temeli optik sensörlere dayanmaktadır. Dolayısı ile hata oranının kamera sistemlerine göre daha düşük olması normaldir. Geniş alana yayılan hareketlerde sensörlerin baktığı alan limitli olduğu için sportif hareketlerde başarısız olma ihtimali yüksektir.

Proflex 500 kamera sistemi yardımı ile yapılan araştırmada ters sarkaç sisteminin

periyodu bulunmuştur. Mutlak hata 0.02s tespit edilmiştir (Durward et al 2003). Krosshaug et al(2007) 240 hz lik 3 kamera ile çeşitli açılardan görüntü alarak doğruluk ve hassasiyet değerlendirdiği çalışmada ortalama hatayı diz için -19 derece, kalça fleksiyonunu 7 derece ve gözlemciler arasındaki standart hatayı 18 derece olarak belirlemiştir. Scholz and Millford (1993) ise Peak performans teknolojisinin doğruluk ve hassasiyet değerlendirmesini pendular bar üzerinde gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada farklı açılar için ortalama gerçek açının değişimi 0-0.8 derece ve standart değişim 0.05 ile 0.8 derece arasında bulunmuştur. Araştırma Peak performans sistemini açısal ölçümler için güvenilir ve doğru bulmuştur.

Bizim kullandığımız hareket analiz sistemi SİMİ 6.2 hareket analiz sistemidir. Bu sistemin analiz verileri ile RX 60 Stablau marka robotun daire hareketinden elde edilen veriler karşılaştırılmıştır. Açısal yer değiştirmede; hataların mutlak değerinin ortalaması ile elde edilen ortalama hata 0.92° , hataların karelerinin toplamından elde edilen ortalama hata 1.33° , açısal hız da ise; hataların mutlak değerinin ortalaması ile elde edilen ortalama hata $0.77^{\circ}/s$ ve hataların karelerinin toplamından elde edilen ortalama hata $0.96^{\circ}/s$ tespit edilmiştir.

Bu hataların görüntü işleme tekniklerinden, kamera sistemlerinin hızından ve kullanıcı hatalarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Sportif hareketler görüntü sistemleri ile analiz edilirken bu hata oranları göz önüne alınarak hesaplamalar yapılmalıdır.

Kaynaklar

1. Abdel-Aziz, Y.I., Karara, H.M.(1971) Direct Linear Transformation from Comparator Coordinates into Object Space Coordinates in Close Range Photogrammetry. Presented At The ASP/VI Symposium on Close-Range Photogrammetry. American Society of Photogrammetry. Falls Church, VA. Urbana, 12: 1-18.
2. Bahamonde, R.(2005) Review of the biomechanical function of the elbow joint during tennis strokes,*International SportMed Journal*, vol 6(2)
3. Durward, B.R., Kerr, A., Kerr K.M.(2003) Using A Physical Pendulum To Test Accuracy And Precision Of The Proreflex 500 System. World Confederation of Physical Therapy Barcelona
4. Haggard, P. and Wing, M.(1989) Assessing and reporting the accuracy of position measurements made with optical tracking systems, *J. Motor Behaviriol*, 22, 315 – 321.
5. Jaitner, T., Mendoza, L., Schöllhorn, W.(2001) Analysis of the Long Jump Technique in the Transition From Approach to Takeoff Based on Time-continuous Kinematic Data, *European Journal of Sport Science*, vol. 1, issue 5
6. Kejonen P, Kauranen K, Nrinimaa A, Vanharanta H. (2004) Velocities and accelerations of body parts during standing: association with visual information. *Journal of sport rehabilitation*, 13(1)
7. Krosshaug, T., Nakamae, A., Boden, B., Engebretsen, L., Smith, G., Slauterbeck, J., Hewett, T.E., Bahr, R.(2007) Estimating 3D joint kinematics from video sequences of

-
- running and cutting maneuvers—assessing the accuracy of simple visual inspection *Gait & Posture* 26 (2007) 378–385
8. Nicholls, R., Fleisig, G., Elliott, B., Lyman, S., Osinski, E. (2003) Accuracy of qualitative analysis for assessment of skilled baseball pitching technique. *Sports Biomechanics* 2, 213-226.
 9. Philip Graham-Smith, P., Lees, A. (2005) Three-dimensional kinematic analysis of the long jump take-off. *Journal of Sports Sciences*, 23(9): 891 – 903
 10. Poucelot, P., Audigie, F., Degueurce, C., Geiger, D., Denoix, J.M. (2000) A method to synchronize cameras using the direct linear transformation technique, *Journal of Biomechanics*, 33.: 1751-1754.
 11. Remondino, F. (2006) Videogrammetry for human movement analysis ninth international symposium on the 3 D analysis human movement, 28-30 June, valenciennes, France
 12. Richards, J. (1999) The measurement of human motion: A comparison of commercially available systems, *Human Movement Science*, 18, 589 – 602.
 13. Scholz, J. (1989) Reliability and validity of the WATSMART three dimensional optoelectric motion analysis system, *Physical Therapy*., 69, 679 – 689
 14. Scholz, J.P.; Millford, J.P. (1993) Accuracy and precision of the PEAK Performance Technologies motion measurement system *Journal of Motor Behavior* Mar: Vol. 25 Issue 1. p. 2-7 6p.
 15. Shan, G.B., & Westerhoff, P. (2005) Full-body kinematic characteristics of the maximal instep soccer kick by male soccer players and parameters related to kick quality. *Sports Biomechanics*, 4(1): 59-72.
 16. Shapiro, R. (1978) Direct Linear Transformation method for three-dimensional cinematography. *The research quarterly*, 49 (2), 197- 205
 17. States, R.A., Pappa, S.E. (2006) Precision and repeatability of the Optotrak 3020 motion measurement system, *Journal of Medical Engineering & Technology*, Vol. 30, No. 1, Jan/Feb, 11 – 16
 18. Vander Linden, D., Carlson, S. and Hubbard, R. (1992) Reproducibility and accuracy of angle measurements obtained under static conditions with the motion analysis video system, *Physical Therapy*, 72, 300 – 305