

Stereo Kamera Kullanarak 3B Avuçiçi Poz Kestirimi

3D Palmprint Pose Estimation Using Stereo Camera

Özkan Bingöl
Yazılım Mühendisliği Bölümü
Gümüşhane Üniversitesi
Gümüşhane, Türkiye
bingolo@gumushane.edu.tr

Murat Ekinci
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
Karadeniz Teknik Üniversitesi
Trabzon, Türkiye
ekinci@ktu.edu.tr

Özetçe— Avuç içi tanıma sistemleri ile ilgili yapılan çalışmalar yüksek başarımlara ulaşmasına rağmen temaslı olan sistemlerde hijyen, temassız olanlar da ise elin poz değişimlerinden kaynaklanan sorunlarla karşılaşmıştır. Bu sorunları gidermek için 3 boyutlu tanıma sistemleri önerilmiştir. Fakat bunlar gerek kullanılan teknolojilerin pahalı olması gerekse tarama hızlarının düşük olmasından dolayı yaygınlaşma fırsatı bulamamışlardır. Bu çalışmada avuç içinin poz değişimlerinin stereo kameralar yardımıyla tespit edilerek tanıma için kullanılacak olan örüntülerin 2 boyutlu ortama aktarılmasını sağlayacak bir yöntem önerilmiştir. Böylece hem temassız bir sistem elde edilmiş olacak, hem de güçlü 2 boyutlu tanıma sistemlerinin özellikleri kullanılacaktır.

Anahtar Kelimeler —Avuç içi tanıma sistemleri; stereo kameralar; 3 boyut; 2 boyut

Abstract— Although studies on the palm recognition systems achieving are high performance ratios, hygiene problems in contact systems and change of hand pose in contactless systems were encountered. 3D recognition systems is proposed for solve these problems. But, these systems did not find the opportunity to become widespread because of expensive technologies and low scanning speed. In this study was proposed a method for determined pose variations of palmprint using stereo cameras and transferring patterns that to be used for recognition to 2D space. Thus, both a non-contact system will be obtained and can be used properties of strong 2D recognition systems.

Keywords — Palmprint recognition systems; stereo camera; 3 dimension; 2 dimension

I. GİRİŞ

Avuç içi tanıma sistemleri(ATs)'nin geçmişi, parmak izi ve yüz tanıma göre çok kısa olmasına rağmen son yıllarda bu alandaki çalışmalar dikkat çekici bir şekilde artmıştır. Avuç içi özellikleri, diğer biyometrik özelliklerle kıyaslandığında avuç alanının daha geniş olması, görüntü yakalamanın kolay olması ve yüksek kullanıcı kabul edilebilirliği yönünden daha avantajlı durumdadır.

ATS üzerine yapılan çalışmalara bakıldığında tanıma ciddi başarımlara ulaşıldığı görülmektedir. Örneğin; Sanchez-Riello ve ark. [1] elin renkli görüntüsünden özellik kümesi çıkararak bir sistem geliştirmişler ve bu sistemi 20 kişilik küçük bir veri tabanı kullanılarak %96'lık bir tanıma oranına ulaşmışlardır. Kumar ve ark. [2] ile Hao ve ark. [3] avuç içi yüzeyinden parmak izi yüzeyine benzer özellikleri kullanarak

başarılı sonuçlar elde etmişler, el geometrisi ve avuç içi bilgisinin birleştirilmesi önermişler ve çalışmaları sonucunda %99'luk bir başarıya ulaşmışlardır. Ekinci ve Aykut [4][5], PolyU Palmprint veri tabanını kullanarak avuç içi bölgesinin ayırt edici özelliklerini Gabor Tabanlı ve Dalgacık Tabanlı Çekirdek Temel Bileşenler Analizi yardımıyla tespit etmiş, bunların sınıflandırılması için En Yakın Komşuluk ve Destek Vektör Makineleri metodlarını kullanmışlardır. Bu çalışmaları sonucunda %99.654'lık bir tanıma oranına ulaşmışlardır.

Genellikle geliştirilen sistemlerde; kullanıcıların, ellerinin düz bir yüzey (cam gibi) üzerine yerleştirilmesi sağlanarak yüzey üzerindeki işaretçiler yardımıyla elin pozisyon değişimi en aza indirgenmeye çalışılmaktadır. Düz bir yüzeyin kullanılması avuç içi bölgesinin bulunmasını kolaylaştırmasına rağmen, özellikle çok kullanıcı sistemlerde ciddi hijyen problemlerine sebep olmaktadır.

El biyometrisi literatüründeki son çalışmalar ise, el resimlerinin kısıtlamasız ve serbest bir şekilde elde edilmesi şeklinde sistemlerin geliştirilmesi yönündedir[6][7]. Daha yakın zamanlarda, araştırmacılar önemli poz varyasyonları ile alınmış el resimlerinde performansı artırmaya dayanan el tanıma yaklaşımları geliştirmişlerdir [8]. Ancak, bu yaklaşımların performansları büyük oranda özellik nokta tarama metodlarının başarısına bağlıdır ve çok büyük poz değişimlerinde sonuçlar ciddi oranda kötüleşebilmektedir.

Zheng ve ark[9] bu problemin çözümü için el özelliklerinin projektif değişmezlerini kullanarak bir el geometri modeli önermişlerdir. Çıkarılan projeksiyon değişmezlik özellikleri sayesinde; temassız, işaret bağımsız, elin herhangi bir yöne bağımlı kalmadan serbestçe hareketine izin verilerek görüntü elde edilmesi sağlanmıştır. Kanhangad ve ark[10] yapılandırılmış ışık kullanılarak alınmış 3 Boyutlu (3B) el görüntüleri üzerindeki noktaların 3B koordinatlarını belirlemiş, daha sonra yönü hesaplanan ele ait noktalar kameraya paralel olacak şekilde düzeltilmiştir. Düzeltme işleminde sonra 3B ve 2B özelliklerin ortak kullanılmasıyla bir tanıma sistemi geliştirmişlerdir.

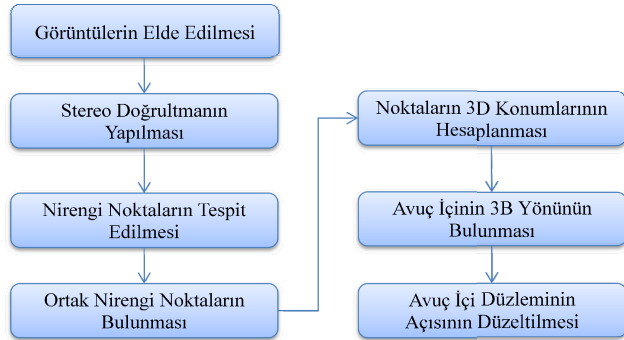
Temassız sistemlerin geliştirilebilmesi için elin kameraya göre yönünün, mesafesinin bilinmesi gerekir. 3B bir tarama sisteminin kullanılması bunu sağladığı gibi el ile ortak özelliklere sahip arka plan görüntülerinin elimine edilmesi için de büyük bir avantaj sağlamaktadır. 3B avuç içi bilgisini elde etmek için yapılan çalışmaların büyük çoğunluğunda dijital 3B tarayıcılar kullanılmıştır. Bu tarayıcılar, çok detaylı bir şekilde

3B bilgi üretmesine rağmen, maliyetleri çok yüksek ve tarama hızları gerçek zamanlı uygulamalar için çok düşüktür. Buna alternatif olarak geliştirilen sistemlerde ise yapılandırılmış ışık kullanılmıştır. Bu yöntem yine yavaş çalışmakta ve oluşturulan ışık kaynağı 3B tarayıcılar kadar olmasa da yine yüksek bir maliyet gerektirmektedir. Maliyet ve hız problemleri ise ATS'nin yaygınlaşmasını zorlaştırmaktadır.

Bu çalışmada diğer 3B veri elde etme yöntemlerine alternatif olabilecek stereo kamera sistemi yardımıyla avuç içi bilgilerinin elde edilebileceği bir sistem geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu sistem platformdan, elin poz değişimlerinden kaynaklanan dönme, öteleme ve ölçeklendirmelerden bağımsız olacaktır. Bu amaçla avuç içi poz değişim bilgileri 3B ortamda elde edilerek avuç bölgesi kamera düzlemine paralel olacak şekilde 2B uzaya indirgenmiştir. Bunun sonucunda güçlü 2B tanıma teknikleri ile tanıma yapılabilmesi için bir ön işlem ortaya koyulmuştur. Stereo kamera sistemi hem maliyet hem de hız açısından diğer 3B sistemlere göre daha avantajlı olacağı düşünülmektedir.

II. SİSTEMİN GENEL YAPISI

Önerilen sistemde 3B poz değişim bilgilerinin elde edilebilmesi için kullanılan kameraların birbirlerine göre pozisyonlarının tespit edilmesi gereklidir, yani kameraların kalibrasyonları yapılmalıdır. Bu çalışmada kamera kalibrasyonu işlemi için OpenCV Kütüphanesi kullanılmıştır. OpenCV kütüphanesinde kameraların parametreleri Zhang[12] metodu ile merceklerden kaynaklanan bozukluklar ise Brown[13]'ün metodu ile hesaplanmaktadır. Kalibrasyonları yapılmış iki kameradan alınan görüntüler üzerinde aşağıdaki adımlar sırasıyla uygulanmıştır.



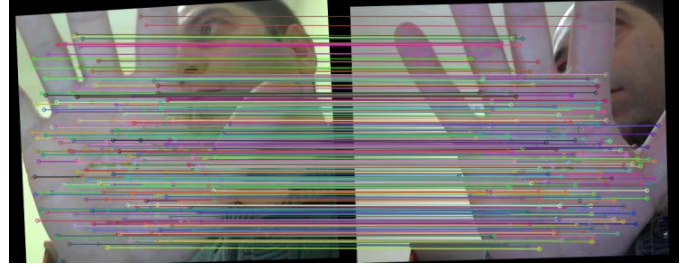
Şekil 1. Sistemin işleyiş aşamaları

A. Stereo Doğrultma

Stereo doğrultma işlemi iki görüntü üzerindeki nirengi noktaların eşleştirilmesi ve derinlik bilgisinin üretilmesi aşamasında işlemleri kolaylaştıracak bir ön aşamadır. Epipolar Geometri teknikleri kullanılarak kameraların kalibrasyon parametreleri yardımıyla iki kameradan alınan görüntüler aynı düzlem üzerine düşürülür. 3B uzayda epipolar düzlem, bir obje noktası ve her iki görüntünün projeksiyon merkezini içeren düzlem olarak tanımlanır. Bu düzlem, her iki görüntüyü epipolar doğru olarak adlandırılan doğrularla keser. Eğer iki görüntünün de karşılıklı yönelmesi biliniyorsa, bir görüntüde verilen bir nokta için diğer görüntüde epipolar doğru hesaplanabilir ve bu noktaya karşılık gelen nokta mutlaka epipolar doğru üzerinde bulunur[11].

B. Ortak Nirengi Noktaların Tespiti

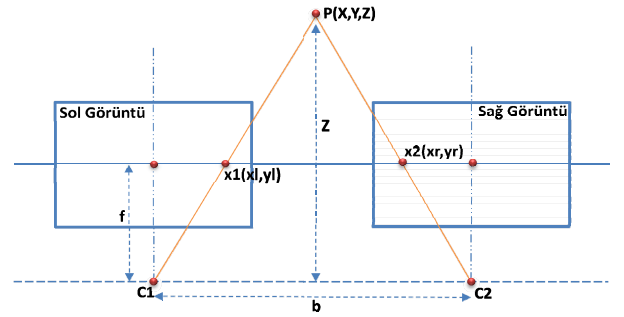
Nirengi noktaların tespit edilebilmesi için alan tabanlı özellik tespitine daha uygun olan Bay ve ark.[14] tarafından geliştirilen Hızlandırılmış Gürbüz Öznitelikler (Speed up Robust Features - SURF) metodu kullanılmıştır. Tespit edilen nirengi noktalar kaba kuvvet (Brute Force) karşılaştırma metodu yardımıyla eşleştirilmiştir. Eşleştirilen noktalar içerisinde stereo doğrultma yöntemine uygun olarak aynı yatay düzleme düşmeyen noktalar elimine edilmiştir.



Şekil 2. El üzerinde tespit edilen ortak nirengi noktaları

C. Noktaların 3B Konumlarının tespiti

3B uzaydaki bir nokta ile onun Stereo Doğrultma yapılan görüntüler üzerine düşen izdüşümleri arasında geometrik ilişki vardır. Şekil 4'te 3B bir $P(X,Y,Z)$ noktasının sol ve sağ görüntülerdeki izdüşümleri x_1 ve x_2 gösterilmektedir. Kameraların odak noktaları (C_1, C_2) arasındaki uzaklık b kadar olduğu düşünülürse aşağıdaki hesaplamalar yapılabilir.



Şekil 3. 3B P noktasının stereo doğrultma yapılmış görüntülerdeki karşılık gelen noktaları

$$x_l = f \frac{X}{Z} \text{ veya } X = \frac{Zx_l}{f} \quad (1)$$

buradaki f kameralara ait odak uzaklık değeridir.

$$y_l = f \frac{Y}{Z} \text{ veya } Y = \frac{Zy_l}{f} \quad (2)$$

$$x_r = f \frac{X-b}{Z} \text{ veya } X-b = \frac{Zx_r}{f} \quad (3)$$

$$y_r = f \frac{Y}{Z} \text{ veya } Y = \frac{Zy_r}{f} \quad (4)$$

Denklem (1) ve (3) den faydalanarak;

$$\frac{Zx_l}{f} - b = \frac{Zx_r}{f} \text{ veya } Z = f \frac{b}{x_l - x_r} \quad (5)$$

Denklem (6)'daki $x_l - x_r$ farklılık (d-disparity) olarak adlandırılmaktadır ve görüntülerdeki eşleştirilmiş iki noktanın görüntü düzlemindeki koordinatlarının farkını vermektedir. Dolayısıyla stereo doğrultma yapılmış görüntülerde doğru nokta eşleştirmeleri 3B koordinatların tespit edilmesi kolaylaşmaktadır.

$$d = x_l - x_r \quad (6)$$

Denklem (6) yeniden düzenlenirse

$$Z = f \frac{b}{d} \quad (7)$$

bulunur.

D. Avuç İçi Düzlem Denkleminin Elde Edilmesi

Çalışmamızda el görüntüsünün kameralara belli uzaklıkta olduğu farz edilerek bu uzaklığın gerisinde kalan noktalar elimine edilmektedir. Böylece el içerisinde olmayan nirengi noktalar hesaplamalarda dikkate alınmayacak otomatik olarak arka plan karışıklığı giderilmiş olacaktır.

El tamamen açık ve düz bir şekilde kameralar karşısında olduğu farz edildiğinde, el üzerindeki noktaların dağılımı 3B uzayda yaklaşık olarak bir düzlemi temsil edecektir. El üzerindeki noktalara ait 3B koordinat bilgileri yardımıyla dağılımın düzlem denklemi tespit edilebilir. Düzlem tespit edebilmek için tekil değer ayrıştırılması (TDA) metodu kullanılmıştır. Bulunan her bir $P(X, Y, Z)$ noktası için

$$AX + BY + CZ + D = 0 \quad (8)$$

düzlem denklemini sağlayacak A, B, C, D parametrelerinin bulunması gerekmektedir. Bütün (X, Y, Z) değerleri için şu şekilde denklem sistemi oluşturulabilir.

$$[A \ B \ C \ D] \begin{bmatrix} X_1 & Y_1 & Z_1 & 1 \\ X_2 & Y_2 & Z_2 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ X_n & Y_n & Z_n & 1 \end{bmatrix}_{mx4} = 0 \quad (9)$$

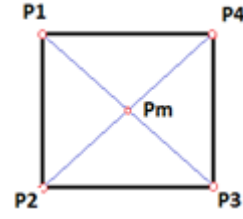
X matrisi sıfır uzayı (null-space) matrisidir. X, TDA yardımıyla

$$X = USV^T \quad (10)$$

şeklinde üç ayrı matrisin çarpımına ayrıştırılabilir. Burada U $mx4$ boyutunda bir matris, V^T $4x4$ boyutunda ortogonal matris, S ise $4x4$ boyutlarında bir köşegen matristir. S matrisinin köşegen elemanları X matrisinin tekil değerleri olarak adlandırılır. V^T 'nin son satırı ise aranan $[A, B, C, D]$ vektörünün en yakın değerlerini içerecektir.

E. Görüntünün Düzeltmesi

Avuçiçi bölgesine ait 3B noktaların oluşturduğu düzlemi Z eksenini ortadan kaldırılarak 2B düzleme düşürülmesi gerekmektedir. Bu aşamada düzlem üzerinde bir karenin köşeleri olacak şekilde belirlenecek 4 nokta (P_1, P_2, P_3, P_4) yardımıyla görüntü koordinat sistemine perspektif dönüşüm yapılması amaçlanmıştır. Bu 4 noktanın belirlenmesi için düzlem üzerinde olacak şekilde bir orta nokta (P_m) ve seçilmiş diğer noktalar bu orta nokta referans alınarak hesaplanmıştır.



Şekil 4. 3B düzlem üzerindeki kare alanın köşe noktaları

Düzlemin orta noktası için bütün 3B koordinatların ortalaması hesaplanmıştır.

$$P_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \quad (11)$$

Belirlenecek 4 nokta $P_m = (X_m, Y_m, Z_m)$ noktasından eşit uzaklıkta ve düzlem üzerinde olması sağlanmalıdır. Örneğin $P1$ noktası X ve Y eksenini boyunca keyfi Δ_x, Δ_y uzaklığında olsun.

$$X_l = X_m - \Delta_x \text{ ve } Y_l = Y_m - \Delta_y \quad (12)$$

Düzlem denklemi yardımıyla bu koordinatlara karşılık gelen Z_l değeri hesaplanabilir.

$$Z_l = -(D + AX_l + BY_l) / C \quad (13)$$

Hesaplamaların daha iyi sonuçlar vermesi için keyfi Δ_x, Δ_y değerleri 3B noktaların standart sapmaları kullanılarak belirlenmesinin uygun olduğu görülmüştür. Eğer X eksenindeki standart sapma δ_x ve Y eksenindeki standart sapma δ_y olduğu kabul edilirse;

$$\Delta_x = 2 \delta_x \text{ ve } \Delta_y = 2 \delta_y \quad (14)$$

alınabilir.

P_3 noktası ise şu formülle hesaplanabilir.

$$P_3 = 2P_m - P_1 \quad (15)$$

P_1 ve P_3 noktasının P_m noktasına olan uzaklığı şu şekilde hesaplanabilir.

$$d = \text{norm}(P_3 - P_1) / 2 \quad (16)$$

P_2 ve P_4 noktaları P_1 ve P_3 noktalarından geçen bir vektör ile düzleme ait normal vektörüne dik olan bir vektör üzerinde bulunacaktır. Bu vektöre U denirse,

$$X_u = B(Z_3 - Z_1) - C(Y_3 - Y_1) \quad (17)$$

$$Y_u = C(X_3 - X_1) - A(Z_3 - Z_1) \quad (18)$$

$$Z_u = A(Y_3 - Y_1) - B(X_3 - X_1) \quad (19)$$

olacaktır. U vektörü birim vektör haline getirilip d değeri yardımıyla P_2 ve P_4 hesaplanabilir.

$$U = U / \text{norm}(U) \quad (20)$$

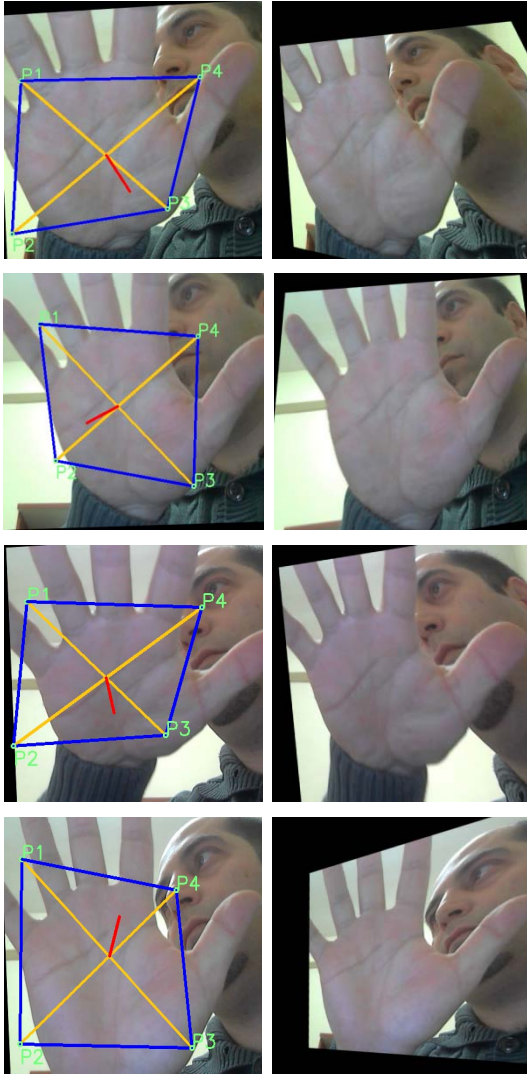
$$P_2 = P_m - dU \text{ ve } P_4 = P_m + dU \quad (21)$$

Hesaplanan 4 nokta (P_1, P_2, P_3, P_4) görüntü düzleminde belirlenecek (I_1, I_2, I_3, I_4) noktaları arasındaki perspektif dönüşüm ilişkisi avuç içi görüntüsünün 2B görüntü düzlemindeki düzeltilmiş halini verecektir.

III. SONUÇLAR

3B ortamda serbest hareket halindeki bir ele ait avuç içi görüntülerini elde edebilmek için önerilen bu önişlemde; avuç içinin kameralara bakış yönleri büyük oranda tespit edilmiş, aynı avuç içine ait görüntülerin farklı pozlarının birbirine çok benzer şekilde düzeltilmiş görülmüştür. Düşünülen bu sistem gerçekten tanıma için başarılı olup olmadığı ilerleyen çalışmalarda tanıma performansı ile ortaya çıkacaktır. Çalışmanın bir sonraki adımında bu yöntemle elde edilen düzeltilmiş 2B avuç içi bilgileri Aktif Görünüm Modeli gibi algoritmalar yardımıyla tanıma için gerekli örüntüler elde edilmeye çalışılacaktır.

Şekil 6'da, sol taraftaki resimlerde önerilen yöntemle tespit edilen 3B avuç içi bölgesine ait düzlemler ve sağ taraftaki resimlerde de bu düzlemlerin dönüşümüyle elde edilen 2B görüntü ise gösterilmiştir.



Şekil 5. Farklı açılarda duran elin ait olduğu 3B düzlem ve 2B uzaya indirgenmiş hali (Kırmızı çizgi düzlemin normalini temsil etmektedir)

KAYNAKÇA

- [1] Sanchez, R., Reillo, Sanchez-Avila, C. and Gonzalez-Macros, A., "Biometric Identification Through Hand Geometry Measurements" *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 22, no. 10, pp. 168-1171, Oct. 2000.
- [2] Kumar, A, Wong, D. C. M., Shen, H. C. and Jain, A. K., "Personal verification Using Palmprint and Hand Geometry Biometric" *4th Int. Conf. Audio- and Video-based Biometric Person Authentication*, 2003,
- [3] Hao, Y., Tan, T., Sun, Z., and Han, Y., "Identity Verification Using Handprint" *Proc. ICB 2007, Lecture Notes Springer*, vol. 4642, pp. 328-337, 2007.
- [4] Ekinci, M. and Aykut, M. "Gabor-Based Kernel PCA for Palmprint Recognition.", *IET Electronic Letters*, Vol. 43, No. 20, pp. 1077-1079, 2007.
- [5] Ekinci, M. and Aykut, M. "Palmprint Recognition by Applying Wavelet-Based Kernel PCA.", *Journal of Computer Science and Technology*, Vol. 23, No. 5, pp. 851 - 861, 2008.
- [6] Kumar, A., "Incorporating Cohort Information for Reliable Palmprint Authentication", *Proc. 6th Indian Conf. Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, pp.583 -590 2008
- [7] Morales, A., Ferrer, M., Díaz, F., Alonso, J. and Travieso, C., "Contact-free Hand Biometric System for Real Environments", *Proc. 16th European Signal Proc. Conf.*, Switzerland, 2008.
- [8] Methani, C. and Namboodiri, A. M., "Pose Invariant Palmprint Recognition", *Advances in Biometrics, LectureNotes in Computer Science*, 5558, 577-586, Springer, 2009,
- [9] Zheng, G., Wang C. J. and Boulton, T. E. "Application of Projective Invariants in Hand Geometry Biometrics", *IEEE Trans. Info. Forensics & Security*, vol. 2, pp. 758-768, 2007.
- [10] Kanhangad, V. Kumar, A., and Zhang, D. "Human hand identification with 3D hand pose variations " *Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW)*, San Francisco, CA (2010) pp. 17-21
- [11] Öztürk, E. ve Koçak, E, "Farklı Kaynaklardan Değişik Yöntem ve Ölçeklerde Üretilen Sayısal Yükseklik Modellerinin Doğruluk Araştırması", *Harita Dergisi*, Ocak 2007, Sayı: 137.
- [12] Zhang, Z. "A flexible new technique for camera calibration", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2000, 22(11): 1330-1334.
- [13] Brown, D. C. "Close-Range Camera Calibration" *Photogrammetric Engineering*, vol. 37, no. 8, pp. 855-866, 1971.
- [14] Bay, H., Ess, A., Tuytelaars, T., Gool, L. V., "SURF: Speeded Up Robust Features", *Computer Vision and Image Understanding (CVIU)*, Vol. 110, No. 3, pp. 346--359, 2008