

## **YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ DİJİTAL HAVA GÖRÜNTÜLERİNİN SURF NOKTA BELİRLEME ALGORİTMASI İLE OTOMATİK EŞLEŞTİRİLMESİ**

H. Acar<sup>a,\*</sup>, F. Karşı<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Karadeniz Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon -  
(h\_acar, fkarshi)@ktu.edu.tr

**ANAHTAR SÖZCÜKLER:** Fotogrametri, Görüntü Eşleştirme, Otomatik Nokta Çıkarımı, SURF.

### **ÖZET:**

Görüntü eşleştirme işlemi, Dijital Fotogrametri, Uzaktan Algılama, Görüntü İşleme ve Bilgisayarla Görme (Computer vision) gibi alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle fotogrametri ve uzaktan algılama uygulamalarında, birden fazla görüntü ile stereo değerlendirme yapılabilmesi, nokta konumlarının görüntü uzayında ve gerçek uzayda elde edilmesi için görüntü eşleştirme işlemi mutlaka yapılmalıdır. Bu çalışmada, otomatik görüntü eşleştirme işlemi için gerekli olan eşlenik nokta çiftlerinin otomatik olarak elde edilebilmesi aşamasında yüksek çözünürlükteki dijital stereo görüntü çifti ile SURF (Speeded Up Robust Feature) nokta çıkarım algoritması kullanılmıştır. Analog kameralar ile elde edilmiş ve sayısallaştırılmış görüntülerden farklı olarak, yüksek çözünürlüklü dijital hava kameraları ile elde edilen çok bantlı görüntülerin değerlendirilmesinde, algoritmanın farklı bantlarda ve gri değerlerdeki performansları test edilmiştir. Bulunan ortak detay noktalarından en iyilerinin otomatik olarak eşleştirilmesi ve hatalı eşleşmelerin otomatik olarak giderilmesi için RANSAC (Random Sample Consensus) algoritması kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan algoritmanın, uzaktan algılanmış yüksek çözünürlüklü dijital görüntülerde kullanılabilir olduğu ve görüntülerin yorumlanma sürecinde görüntü eşleştirme ve 3B koordinat elde etme amaçlı yapılan temel çalışmaların otomatize edilmesinde önemli katkı sağlayacağı anlaşılmıştır.

**KEYWORDS:** Photogrammetry, Image Matching, Automatic Point Extraction, SURF.

### **ABSTRACT:**

#### **AUTOMATIC MATCHING OF HIGH RESOLUTION AERIAL DIGITAL IMAGE WITH SURF ALGORITHM**

The process of image matching is usually used in areas like Digital Photogrammetry, Remote Sensing, Image Processing and Computer Vision. Especially in Photogrammetry and Remote Sensing, image matching process must be carried out in order to determine point positions and to achieve the coordinates in image space with stereo evaluation. In this study, SURF (Speeded Up Robust Feature Extraction) algorithm for automatic image matching and automatic point extraction in the pair of high resolution digital stereo images, have been used. Performances of the algorithms have been evaluated on different bands and gray value compositions with high-resolution multi-spectral images acquired with digital cameras. The results differ from the ones obtained using digitized analog images. The RANSAC (Random Sample Consensus) algorithm has been used for the best matching of common feature points and automatically removing the incorrect matches. The algorithms used in this study have been found to be useful in matching the high-resolution images acquired with digital cameras and the automatization of the basic tasks in image matching and 3D coordinate acquisition in Photogrammetry and Remote Sensing image analysis.

### **1. GİRİŞ**

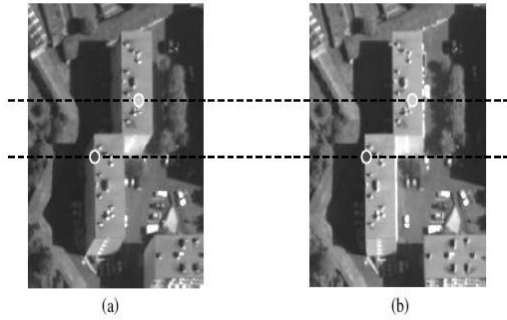
Dünya üzerinde bir nesnenin cisim uzayındaki konumunun belirlenebilmesi ya da bulunduğu konuma yönelik analizler yapılabilmesi için koordinat bilgisine gereksinim şüphesizdir. Günümüzde kullanıcıların konum bilgisine olabildiğince hızlı ve ihtiyaç duyulan doğrulukta ulaşmak istemeleri, birçok ölçme yönteminin geliştirilmesini sağlamıştır. Kullanılan ölçme tekniklerinin mühendislik disiplini gereğince güvenilir ve ekonomik olmasının yanı sıra gelişen teknoloji ile birlikte otomatize edilmiş ve insan kaynaklı hatalardan arındırılmış olması da gerekmektedir. Bu amaçla cisimlere yönelik direkt ölçüm yöntemleri yerine görüntü işleme teknikleri kullanılarak görüntü üzerinden konum bilgisi ticari/akademik yazılımlar yardımıyla manuel ya da otomatik olarak elde edilebilmektedir. Bu süreçte stereo değerlendirme ile 3B nokta konum tespiti yapılabilmesi için görüntü eşleştirme işleminin mutlaka

yapılması gerekmektedir. Günümüzde otomatik görüntü eşleştirilmesine yönelik farklı mühendislik alanlarında birçok araştırma yapılmıştır. Bununla birlikte fotogrametri ve uzaktan algılama alanlarında özellikle hava fotoğrafları gibi üzerinde yoğun detay barındıran görüntüler üzerinde nokta tabanlı otomatik eşleştirme ve üç boyutlu koordinat üretimine yönelik sınırlı sayıda çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada uzaktan algılama ve fotogrametrik teknikler ile elde edilmiş stereo görüntü çiftleri için tam otomatik bir görüntü eşleştirme ve üç boyutta koordinatları bilinen detay noktaları çıkarımı amacı ile Matlab ortamında hazırlanmış bir yazılım incelenmiştir. Çalışmaya konu olan algoritmaların fotogrametri ve uzaktan algılamada görüntü yorumlama sürecinde görüntü eşleştirme ve 3B koordinat elde etme amaçlı yapılan temel çalışmaların otomatize edilmesinde önemli katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

## 1.1 Görüntü eşleştirme

Coğrafi bilgi sistemlerinin temel bileşenleri olan ortofoto ve sayısal yükseklik modeli, fotogrametrinin temel ürünlerindedir. Bu ürünlerin güncel olması, hızlı ve ekonomik bir şekilde oluşturulması, elde edilen verilerin doğruluğunun kontrol edilebilir olması gerekmektedir (Potůčková, 2004). Bu sebeplerden ötürü görüntü eşleştirmenin önemi daha da artmaktadır.

Görüntü eşleştirme kavramı, Dijital Fotogrametri, Uzaktan Algılama, Görüntü İşleme ve Bilgisayarla Görme (Computer vision) gibi alanların en önemli ortak konularından biridir. Analog fotoğrafların yerini dijital fotoğrafların alması, obje konumlarının dijital stereo görüntü çiftleri yardımı ile otomatik olarak belirlenebilmesine imkân tanımaktadır. Özellikle fotogrametri ve uzaktan algılamada, stereo değerlendirme ile üç boyutlu konum bilgisi üretimi ve görüntü uzayında koordinatının elde edilmesi amacıyla görüntü eşleştirme işlemi mutlaka yapılmalıdır. Görüntülerin eşleştirilebilmesi için, detay noktalarının (feature points) stereo görüntüler üzerinde seçilmesi ve eşlenik noktaların en iyi şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Fotogrametrik uygulamalar için geliştirilmiş paket programlar yardımı ile eşlenik noktalar manuel olarak seçilirken, detay çıkarım algoritmaları ile eşlenik noktaların otomatik olarak elde edilebilmesi mümkün kılınmıştır. Algoritmalar ile otomatik olarak çıkartılan noktaların eşleştirilebilmesi için görüntülerde normalizasyon işlemi yapıp, her bir görüntünün aynı eksene paralel duruma getirilerek epipolar geometrinin oluşturulması gerekmektedir. Eşleşen noktalara bağımlı olarak oluşturulan Fundamental Matrix (Temel Dönüşüm Matrisi) ile stereo görüntü çiftlerinin normalizasyonu gerçekleştirilmiş ve epipolar çizgiler oluşturulmuştur. Oluşturulan epipolar geometri ile gerçek eşlenik noktalar epipolar düzlem üzerinden bulunarak yanlış eşleşmeler giderilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Epipolar eşleştirme (a:sol resim b: sağ resim) (Kasser, and Egels, 2002)

## 1.2 Nokta Çıkarımı

Görüntü işleme (image processing) ve bilgisayarla görme (computer vision) alanlarında, görüntüler üzerinde otomatik nokta çıkarımı ve sonrasında otomatik görüntü eşleştirme amacı ile birçok algoritma geliştirilmiştir. Literatürde Hessian detector (Beaudet, 1978), Moravec detector (Moravec, 1979), Förstner detector (Förstner, ve Guelch, 1987), Harris detector (Harris, ve Stephens, 1988), Tomasi and Kanade detector (Tomasi, ve Kanade, 1991), Haralick operator (Haralick, 1985), Heitger detector (Heitger, Rosenthaler, von der Heydt, Peterhans,

and Kuebler, 1992), Susan detector (Smith, ve Brady, 1997), Surf detector (Bay, Ess, Tuytelaars, and Van Gool., 2006), Fast detector (Trajkovic, ve Hedley, 1998) gibi farklı algoritmalar sunulmuştur.

Bu bağlamda yeni gelişmelerle birlikte günümüzde nokta ve köşe çıkarımı tabanlı en yaygın kullanılan algoritmalar SURF ve FAST algoritmalarıdır (Guerrero, 2011). Bu çalışmada, otomatik görüntü eşleştirme işlemi ve nokta çıkarımı için yüksek çözünürlüklü dijital hava kameraları ile elde edilmiş çok bantlı dijital görüntüler ve SURF algoritması kullanılmış ve bu algoritmanın farkı bantlarda ve gri düzeydeki performansı test edilmiştir. HARRIS ve FAST gibi köşe çıkarım algoritmaları, bulunması beklenen köşe noktaları için, nokta etrafında istenilen mesafedeki komşuluklara göre piksel değerlerindeki değişimleri inceler ve nokta etrafındaki piksel değerlerine göre köşe olup olmadığını otomatik olarak belirler. SURF algoritması ise köşe yakalama algoritmalarının tersine görüntü üzerinde, Hessian matrisi yardımı ile bu matris determinantının maksimum olduğu yerlerde noktalar tespit etmektedir.

Ayrıca bulunan ortak detay noktalarından en iyilerinin otomatik olarak eşleştirilmesi ve hatalı eşleşmelerin de RANSAC algoritması ile otomatik olarak giderilmesi incelenmiştir. Gerçek eşlenik noktaların epipolar çizgiler üzerinde bulunması gerektiğinden bu şartı sağlayanların belirlenmesi gerekmektedir. Yaygın olarak kullanılan eliminasyon yöntemlerinden biri olan RANSAC %50 düzeyinde hatalı ölçü (outlier) olması veya yanlış eşleşme olduğunda bile örnekler arasından doğruya en yakın sonuçları verebilmektedir (Hartley and Zisserman, 2000). Ham veriler RANSAC ile değerlendirildiğinde, seçilen test kümesi için istenilen hata eşik değeri, güven aralığı ve iterasyon sayısına göre işlenmektedir. Test kümesi için seçilen veriler ile oluşturulan model ve bu modelden elde edilen yeni veriler, istenilen hata eşik değerini aşmamışsa ilerleyen işlemlerde tekrar değerlendirilmek üzere diğer verilerden ayrı tutulmaktadır. İterasyon sayısı [1] eşitliği ile elde edilir.  $T_{iter}$ , iterasyon sayısıdır.

[1]

$$T_{iter} = \left\lceil \frac{\log \epsilon}{\log (1 - q)} \right\rceil$$

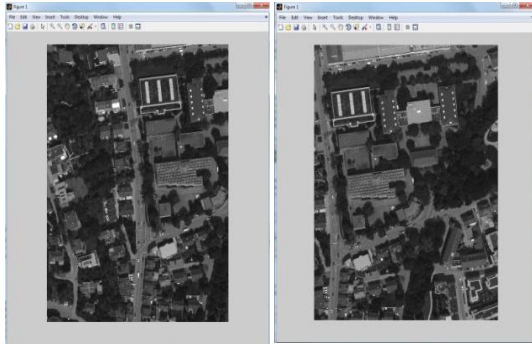
Burada,  $q$ , seçilen test verileri için örnekleme olasılığı,  $\epsilon$  ise istenen eşik değeri olasılığıdır. RANSAC algoritmasının rastgele seçilen test kümelerinden, hata eşik değerini aşmayan ne kadar miktarda veri elde edeceği, iterasyon miktarına bağlıdır (Zuliani, 2012). Ham veriler içerisinde seçilen test kümeleri yeterli güven aralığına ulaştığında iterasyon son bulmaktadır. Son yıllarda nokta çıkarımı amacıyla yaygın olarak kullanılan algoritmalarından biri olan SURF algoritması kullanılarak RANSAC ile birlikte epipolar çizgiler üzerinde bulunan eşlenik noktaların belirlenmesiyle, fotogrametri ve uzaktan algılama yöntemleri ile elde edilmiş görüntüler üzerindeki performansları ortaya koyulmuştur.

## 2. UYGULAMA

Matlab ortamında hazırlanan yazılımlar yardımı ile uygulama gerçekleştirilmiştir. ELTEM-TEK tarafından INTERGRAPH/ZI Imaging firmasından temin edilen yüksek çözünürlüklü dijital hava kameraları ile elde edilmiş çok bantlı stereo demo görüntülerden SURF nokta belirleme algoritması ile elde edilen nokta çiftlerinin farklı bantlarda ve gri düzeydeki performansları test edilmiştir.

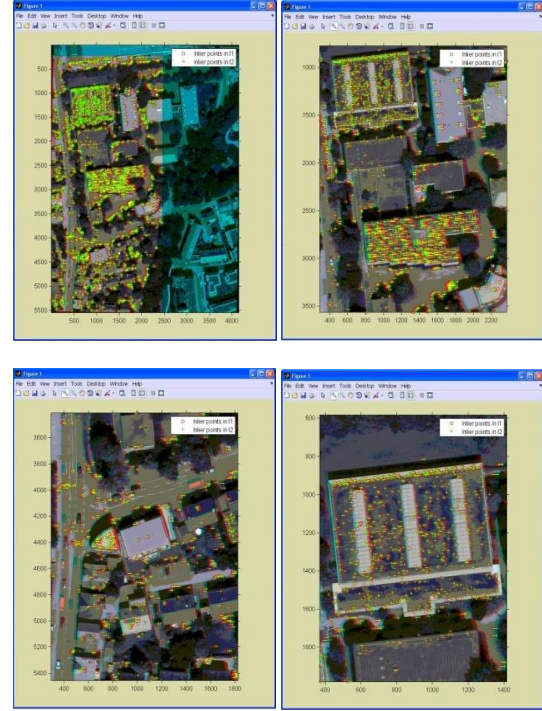
### 2.1 Nokta Belirleme Algoritmalarının Değerlendirilmesi

Yapılan uygulamada seçilen nokta belirleme algoritmasının yüksek çözünürlüklü dijital görüntülerdeki performansını değerlendirmek üzere INTERGRAPH/ZI Imaging firmasından temin edilen DMC II 230 dijital kamerası ile çekilmiş, 14144x15552 boyutlarında 92.0064 mm odak uzaklığı, 5.6 mikron piksel büyüklüğü ve 5 cm çözünürlüğe sahip dijital stereo görüntü çifti kullanılmıştır. Matlab ortamında programın koşutlanması sürecinde kullanılan bilgisayar performansının daha verimli olması için dijital görüntü merkezinden 5553x4145 ebatlarında bir bölge seçilmiştir (Şekil 2).



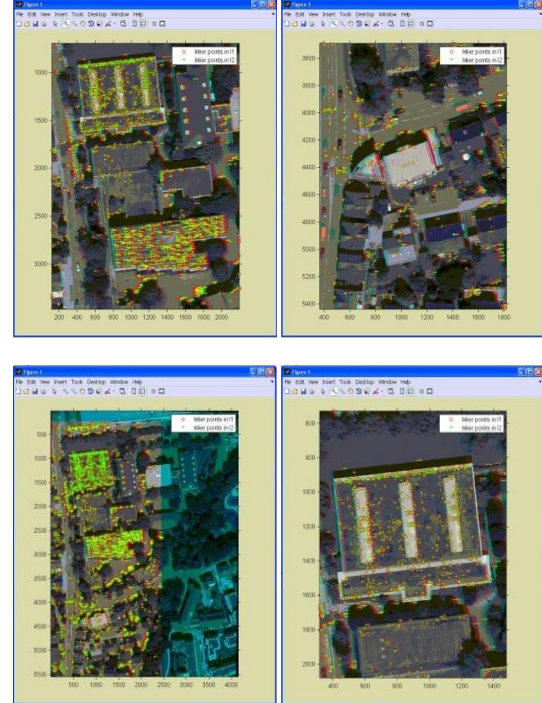
**Şekil 2.** Uygulamada kullanılan yüksek çözünürlüklü stereo görüntü çifti.

SURF algoritması kullanılarak sadece 1.bant üzerinde yapılan uygulama için 1. ve 2. görüntüde sırasıyla 41931 ve 38126 nokta otomatik olarak çıkartılmıştır (Şekil 3).



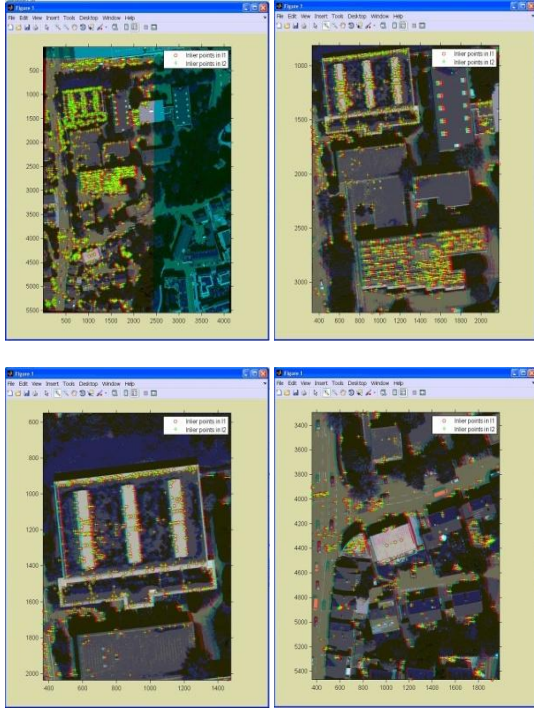
**Şekil 3. 1.** Bant için farklı bölgelerde bulunan nokta çiftleri.

2.bant üzerinde yapılan uygulama için 1. ve 2. görüntüde sırasıyla 49538 ve 45322 nokta otomatik olarak çıkartılmıştır (Şekil 4).



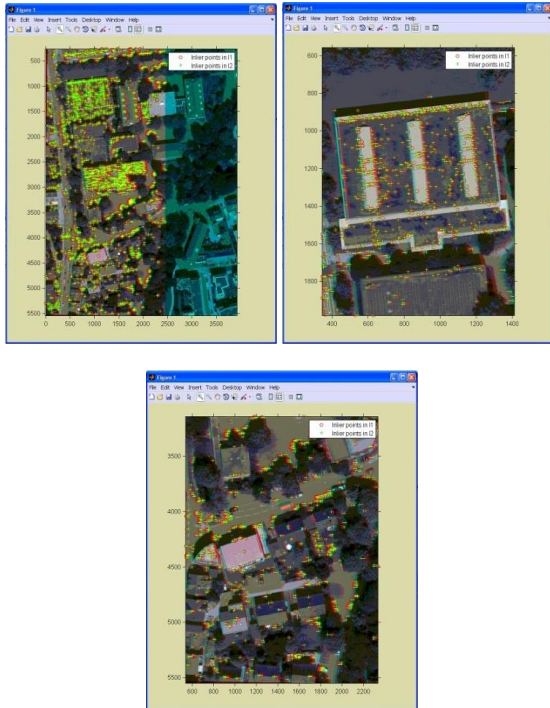
**Şekil 4.** 2. Bant için farklı bölgelerde bulunan nokta çiftleri.

3.bant üzerinde yapılan uygulama için 1. ve 2. görüntüde sırasıyla 29452 ve 27649 nokta otomatik olarak çıkartılmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. 3. Bant için farklı bölgelerde bulunan nokta çiftleri

Gri değerlere göre yapılan uygulama için 1. ve 2. görüntüde sırasıyla 43450 ve 39782 nokta otomatik olarak çıkartılmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. Gri değerlere göre farklı bölgelerde bulunan nokta çiftleri.

Kullanılan algoritma ile elde edilen noktalar için eşleşen nokta miktarlarına göre ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Uygulama için seçilen görüntüler üzerinden otomatik olarak elde edilen noktalar için tanımlayıcılar oluşturulup, SAD (Sum of absolute differences) mutlak farklar toplamına göre aday eşlenik noktalar belirlenmiştir. Kullanılan yüksek çözünürlüklü dijital hava kameraları ile elde edilmiş stereo görüntüler ile yapılan uygulamada, SURF algoritması ile görüntünün 1. bandı için 1. ve 2. görüntü için sırasıyla bulunan 41931 ve 38126 noktadan 17788 çift, 2.bant için sırasıyla 49538 ve 45322 noktadan 17725 çift ve son olarak gri düzeyde ise sırasıyla 43450 ve 39782 nokta için 17062 nokta çifti elde edilmiştir. 1. Bant için bulunan 17788 nokta çiftinden 2884'ü, 2. bant için bulunan 17725 nokta çiftinden 2690'ı, 3. bant için bulunan 16011 nokta çiftinden 2236'sı ve gri düzeyde bulunan 17062 nokta çiftinden 3074'ü RANSAC algoritmasından epipolar koşulları sağlayarak geçebilmiştir. Elde edilen aday eşlenik noktaların RANSAC algoritması ile değerlendirilip elemine edilmesinden sonra eşleşen nokta miktarı açısından en başarılı sonucun gri düzeyde yapılan uygulamada olduğu tespit edilmiştir. Analogtan dijital dönüşürülmüş stereo görüntü çiftleri kullanılarak HARRIS, FAST ve SURF algoritmaları ile yapılan uygulama sonuçlarına göre yüksek çözünürlüklü dijital hava kameraları ile elde edilen stereo görüntü çiftlerinin, aynı büyüklükteki bölgelere göre çok daha fazla eşlenik nokta ürettiği görülmüştür (Acar, 2012).

### 3. SONUÇLAR

Otomatik görüntü eşleştirme işlemi amacıyla yapılan uygulamada, fotogrametrik yöntemlerle elde edilen stereo görüntüler için eşleştirme işlemi farklı sayılarda eşlenik noktalarla birlikte başarı ile gerçekleştirilmiştir. Görüntülerin otomatik olarak eşleştirilmesi için Matlab ortamında hazırlanan uygulamada SURF algoritması ile farklı bantlarda ve gri düzeyde yapılan nokta çıkarımları incelenmiştir. Eliminasyondan önce en fazla sayıda nokta çiftinin en çoktan en aza doğru sırasıyla 1.bant, 2.bant, gri düzey ve 3.bant olduğu tespit edilmiştir. Bulunan nokta çiftlerinin RANSAC algoritması ile değerlendirilip elemine edilmesinden sonra ise en fazla sayıda nokta çiftinin gri düzeyde yapılan uygulamada olduğu görülmüştür. Eliminasyondan önce bulunan nokta çifti sayılarının fazla olmasının doğru eşleşmelerinin sayısının da fazla olacağı anlamına gelmediği, doğru eşleşme oranlarının değişiklik gösterebildiği anlaşılmıştır. Analogtan dijital dönüşürülerek yapılan uygulama sonuçlarına göre yüksek çözünürlüklü dijital hava kameraları ile elde edilen stereo görüntü çiftlerinin eşlenik nokta çıkarımı açısından daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Çalışmaya konu olan algoritmanın yüksek çözünürlüklü dijital hava kameraları ile elde edilmiş stereo görüntülerde kullanılmasının, fotogrametri ve uzaktan algılamada görüntü yorumlama sürecinde görüntü eşleştirme ve 3 B koordinat elde etme amaçlı yapılan temel çalışmaların otomatize edilmesinde önemli katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

### KAYNAKLAR

Acar, H., 2012 Yüksek Lisans Tezi: Nokta Belirleme Algoritmaları ile Otomatik Görüntü Eşleştirme, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.

Bay, H., A. Ess, T. Tuytelaars, and L. Van Gool., 2006, Speeded-up robust features (SURF). Computer Vision ECCV 2006, Vol. 3951. Lecture Notes in Computer Science. p. 404-417.

Beaudet, P., 1978, Rotationally invariant image operators. Proc.4th Int. Joint Conference on Pattern Recognition, pp. 579-583.

Förstner, W. and Guelch, E., 1987, A fast operator for detection and precise location of distinct points, corners and center of circular features, ISPRS Conference on Fast Processing of Photogrammetric Data, Interlaken, Switzerland, pp. 281-305.

Guerrero P.M., 2011, Master Thesis: A Comparative Study of Three Image Matching Algorithms: SIFT, SURF and FAST, Utah State University, Logan, Utah.

Haralik, R.M., 1985, Second directional derivative zerocrossingdetector using the cubic facet model. Proceedings of 4th Scandinavian Conference on Image Analysis, pp.17-30.

Harris, C. and Stephens, M., 1988, A combined edge and corner detector. Proc. of Alvey Vision Conference, pp. 147-151.

Hartley R, Zisserman A., 2000, Multiple view geometry in computer vision. Cambridge, Cambridge University Press.

Heitger, F., Rosenthaler, L., von der Heydt, R., Peterhans, E. And Kuebler, O., 1992, Simulation of neural contour mechanism: from simple to end-stopped cells. Vision Research, Vol. 32(5), pp. 963-981.

Kasser, M., and Egels, Y., 2002, Digital Photogrammetry, London EC4P 4EE Şekil 1. Epipolar eşleşme

Moravec, H.P., 1979, Visual mapping by a robot rover. Proc.6th International Joint Conference on Artificial Intelligence, pp. 598-600.

Potůčková, M., 2004 PhD Tehsis: Matching and its applications in Photogrammetry, Aalborg.

Smith, S.M. and Brady, J.M., 1997, SUSAN – a new approach to low level image processing. Int. Journal Computer Vision, Vol. 23(1), pp. 45-78.

Tomasi, C. and Kanade, T., 1991, Detection and Tracking of Point Features. Carnegie Mellon University Technical Report CMU-CS-91-132.

Trajkovic, M. and Hedley, M., 1998, FAST corner detector. Image and Vision Computing 16: 75-87.

Zuliani, M., 2012, RANSAC for Dummies.