





RASAT ve GÖKTÜRK-2 Görüntülerinin Gerçek Yer Örnekleme Aralığının Belirlenmesi

Estimation of Effective Ground Sampling Distance of RASAT and GÖKTÜRK-2 Images

Ali Cam , Hüseyin Topan* 

Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Zonguldak, Türkiye

Öz

Optik uydu görüntülerinin sunduğu konuma bağlı bilgi içeriğini etkileyen en önemli etkenlerden birisi radyometrik çözünürlüktür. Farklı algılayıcılarla elde edilen görüntüler aynı geometrik ve spektral çözünürlüğe sahip olsalar bile eğer radyometrik çözünürlükleri farklı ise bu görüntülerden elde edilecek bilginin niteliği farklılık gösterecektir. Hatta aynı radyometrik çözünürlüğe sahip olsalar dahi, bazen görüntüler geometrik çözünürlüğü artırılarak (yani yer örnekleme aralığı küçültülerek) kullanıcıya sunulmaktadır. Bu durumda görüntünün gerçek yer örnekleme aralığının belirlenmesi uygun olacaktır. Gerçek yer örnekleme aralığının belirlenebilmesi için MATLAB ortamında epix adı verilen bir yazılım geliştirilmiştir. Yazılım, görüntülerdeki düzgün bina kenarlarının gölgeleri ile çatı dokusu arasındaki gri değer geçişlerinin ortalamasını alarak, aralarındaki farkları belirler ve böylece kenar yayılım fonksiyonu ilkesine bağlı olarak görüntülerin gerçek yer örnekleme aralığını hesaplar. epix yazılımı görüntü üzerinden kenar belirleme işlemini Canny operatörü yardımı ile gerçekleştirmektedir. Orijinal görüntü ve Canny operatörü aracılığı ile üretilen kenarlar karşılaştırılarak kullanıcının daha kolay kenar belirlemesi sağlanmıştır. Uygulama, RASAT ve GÖKTÜRK-2 uydu görüntüleri ile gerçekleştirilmiştir. Yapılan araştırma sonucunda görüntülerin gerçek geometrik çözünürlüğü yaklaşık olarak 1 piksel olarak bulunmuştur. Dolayısıyla bu görüntüler normal yer örnekleme aralığı ile kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: Canny, Epix, Gerçek YÖA, GÖKTÜRK-2, LSF, PSF, RASAT,

Abstract

One of the most important factors affecting the information content of an optical image is radiometric resolution. Even though sensors may have same geometric and spectral resolution, the quality of information content may differ in case of different radiometric resolution. Even if radiometric resolutions of images are same, they can be provided to users by enhanced geometric resolution (i.e. reducing the ground sampling distance). In such a case, effective GSD of images should be estimated.

In this study, epix which is capable of determining effective GSD of images, is developed using MATLAB computing language. epix estimates effective GSD on the basis of LSF (Line Spread Function) by differences of average grey values between shadows and roof of the buildings. epix employs Canny detector for edge detection. This procedure allows users to easily select the edges for effective GSD analysis.

RASAT and GÖKTÜRK-2 images were handled in this research, estimating the effective GSD is ~1 pixel. This means these images can be used without loss of geometric resolution.


Keywords: Canny, Epix, Effective GSD, GÖKTÜRK-2, LSF, PSF, RASAT


1. Giriş

Günümüzde uzaktan algılama görüntüleri, günlük hayatta dahi yaygın olarak kullanılan bir veri kaynağı haline gelmiştir. Yapay uydular tarafından taşınan görüntüleme

sistemlerindeki teknolojik gelişmeler ile yüksek çözünürlükte (1 m'den daha küçük yer örnekleme aralığı) görüntüler elde edilebilmektedir. Soğuk Savaşın bir yansıması olan uzay yarışı sonucunda ilk sivil uzaktan algılama sistemi 1972 yılında ABD (Amerika Birleşik Devletleri) tarafından yörüngesine yerleştirilen ERTS-1 (Earth Resources Technology Satellite 1, sonradan Landsat 1) ile başlamıştır. 1986 yılında SPOT-1'in kullanılması ile Fransa uzaktan algılama alanında önemli bir yer edinmiştir. Günümüzde

*Sorumlu yazarın e-posta adresi: topan@beun.edu.tr

Ali Cam  orcid.org/0000-0002-0573-2767

Hüseyin Topan  orcid.org/0000-0001-8195-9333

Landsat serisi sekizinci, SPOT serisi ise yedinci uydusu ile varlığını sürdürmektedir. 1999 yılında ise ABD, IKONOS uydusu ile metre altı çözünürlüklü uzaktan algılama devrini başlatmıştır. Günümüzde pek çok uzaktan algılama sistemi varlığını sürdürmekte ve Ülkemiz de 2003 yılından beri sırasıyla BİLSAT, RASAT, GÖKTÜRK 2 ve GÖKTÜRK 1 uyduları ile uzaktan algılama çalışmalarını sürdürmektedir. Başlangıçta gelişmiş ülkelerin kamu kurumları tarafından gerçekleştirilen imalat, fırlatma ve işletim çalışmalarında günümüzde özel sektör kuruluşları da hatırı sayılır bir varlık göstermektedir. Uzaktan algılama sistemlerinin gelişimi hakkında daha ayrıntılı bilgi Belward ve Skøien (2015)'da bulunabilir.

Uzaktan algılama görüntülerinin geometrik çözünürlüğü genellikle ayakucu (nadir) doğrultusu için verilen YÖA (yer örnekleme aralığı) ile temsil edilir. Ancak bu çözünürlük pek çok etkenin bir bileşeni olarak gerçek çözünürlük değerini vermeyebilir. Örneğin aynı YÖA'na sahip IRS-1C ve SPOT-5 pankromatik bandlar radyometrik çözünürlüğün etkisi ile sırasıyla 1.2 piksel ve 1 piksel gerçek YÖA'na sahiptir. Bunun ana sebebi, IRS-1C pankromatik bant 6 bit (64 gri değer) radyometrik çözünürlüğe sahipken SPOT-5'in 8 bit (256 gri değer) çözünürlüğe sahip olmasıdır (Topan vd., 2004). TK-350 ve KVR-1000 gibi kameralarla filme kayıt edilen fotoğraflar sayısal hale getirildiklerinde, gerek filmin yapısı, gerekse sayısallaştırma işleminden dolayı ~%30 düzeyinde çözünürlük kaybına uğramaktadır (Topan vd., 2009). Bu nedenle, özellikle konuma bağlı uygulamalar için uzaktan algılama görüntülerin gerçek geometrik çözünürlüğünün belirlenmesi uygun olacaktır.

Bu çalışmanın amacı, Ülkemizin hâlihazırda kullanımda olan iki uydusu RASAT ve GÖKTÜRK-2 görüntülerinin gerçek geometrik çözünürlüklerinin belirlenmesidir. Bunun için, MATLAB ortamında yazarlar tarafından geliştirilen ePIX adlı bir yazılım kullanılmıştır.

2. Gereç ve Yöntem

Optik algılayıcılarla elde edilen görüntülerin kalitesini bazı geometrik ve radyometrik etkenler bozabilmektedir. Örneğin doğrusal dizi sistemlerde bir satırın görüntüleme yapması çok hızlı gerçekleşmekte, bu da radyometrik kaliteyi düşürmektedir. Bu etkiyi gidermek için yavaşlatma etkisi veya TDI (Time Delay and Integration) gibi yöntemler kullanılarak görüntüleme süresi arttırılmaktadır (Jacobsen vd., 2005). Algılayıcının optik, dedektör ve elektronik yapısı görüntüyü bulanık hale getirebilmektedir. Bu durumda görüntünün geometrik çözünürlüğü azalmakta, nesnelere

grafik özellikleri (kenar vb.) ile algılanması zorlaşmaktadır. Özellikle küçük nesnelere daha büyüklerle oranla daha bulanık görülmektedir. Bu durum genellikle PSF_{net} (Point Spread Function: Nokta Yayılım Fonksiyonu) ile tanımlanmaktadır ve beş bileşenden oluşmaktadır. Bunlar:

- Optikten kaynaklanan PSF (PSF_{opt}),
- Görüntü yürümesinden kaynaklanan PSF (PSF_{im}),
- Dedektörden kaynaklanan PSF (PSF_{det}),
- Elektronik sistemden kaynaklanan PSF (PSF_{el}) ve
- Atmosferden kaynaklanan PSF (PSF_{atm})'dir (Javan vd., 2013; Schowengerdt, 1997).

PSF_{opt} beklenen bir etkidir; çünkü nokta şeklindeki bir nesneyi algılayarak görüntüde yine nokta olarak gösteren mükemmel bir optik algılama sistemi henüz geliştirilememiştir. Uzaktan algılama sistemleri görüntüleme esnasında yörüngelerinde hareket ettiklerinden PSF_{im} ile gösterilen ve görüntü yürümesinden kaynaklanan bir etki de söz konusudur. Bu etki enine ve boyuna görüntüleme farklı şekillerde hesaplanmaktadır. Bir diğer hata türü olan PSF_{det} ise, dedektörler arasındaki boşluktan kaynaklı bulanıklığı açıklamaktadır. Dedektörler tarafından algılanan sinyal, gürültünün azaltılması için elektronik olarak süzgeçlenmektedir. Dolayısıyla enine ve boyuna bindirmede farklı büyüklüklere sahip olan PSF_{el} 'den söz edilebilir. Bu etkiye enine tarama yapan algılayıcılarda daha az karşılaşılmaktadır (Schowengerdt, 1997). Bu işlemlere atmosferik etkinin (PSF_{atm}) de eklenmesi gerekmektedir (Javan vd., 2013). İşlemlerin sonucunda toplam (net) PSF aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$PSF_{net}(x,y) = PSF_{opt} \cdot PSF_{im} \cdot PSF_{det} \cdot PSF_{el} \cdot PSF_{atm} \quad (1)$$

Burada x ve y görüntü koordinatlarını temsil etmektedir. Nokta hedeflerin görüntülenmesinde ortaya çıkan PSF etkisine benzer bir durum, çizgisel nesnelere görüntülenmesinde de ortaya çıkmaktadır. LSF (Line Spread Function: Çizgi Yayılım Fonksiyonu) olarak adlandırılabilir bu etki, nesne uzayındaki keskin bir kenarın görüntü uzayında birkaç piksel ile gösterilmesine neden olmaktadır. Şekil 1'de de görülebileceği gibi nesne uzayında çizgi ile gösterilen bir kenarın ideal görüntüsünde kenardaki gri değer değişimi dik olurken (Şekil 1 a), iyi bir görüntüleme sisteminde bu değişim dike yakın (Şekil 1 b), kötü bir görüntüleme sisteminde ise daha yatık olacaktır (Şekil 1 c) (Parker, 2011).

Görüntü kalitesinin belirlenmesinde LSF kullanımı PSF'ye göre daha kolaydır ve gerçek YÖA hesabında kullanılabilir

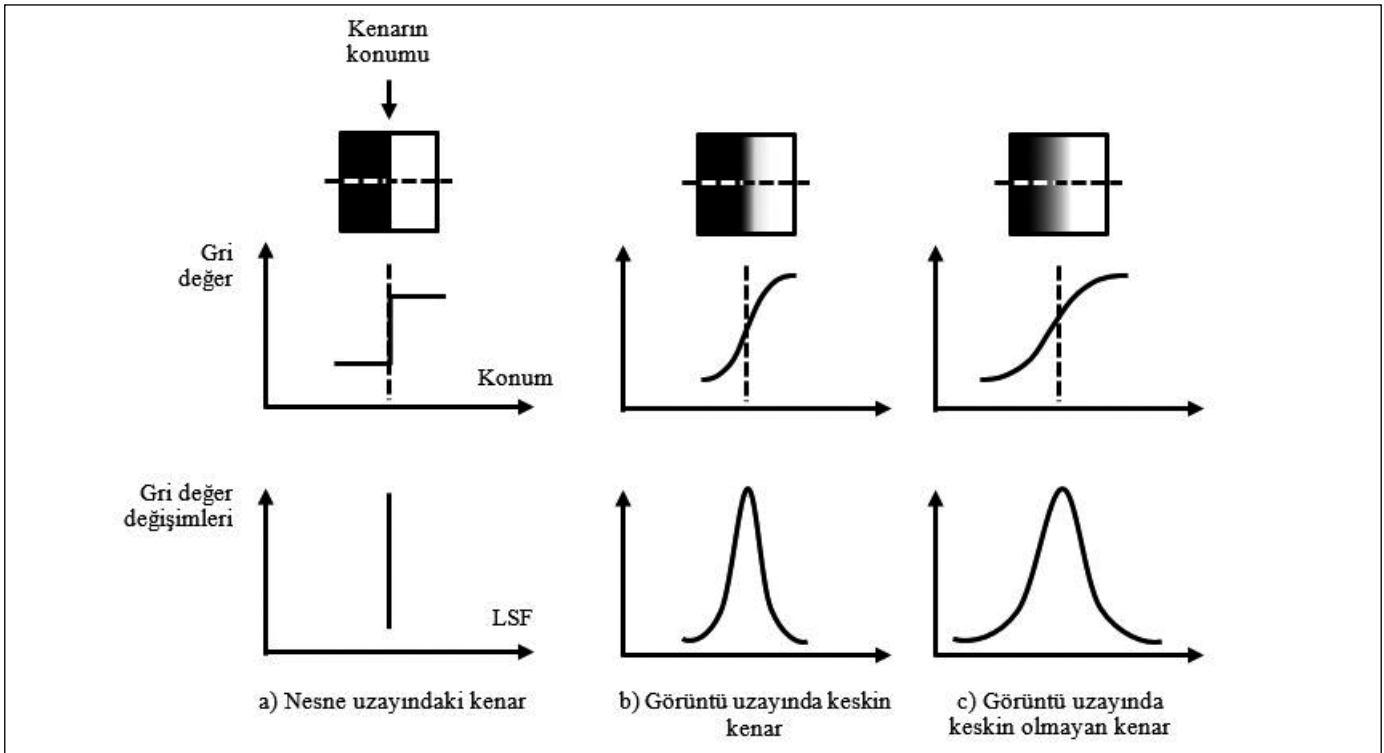
(Jacobsen, 2009; Javan vd., 2013). Hesaplama işlemi, nesnelerin yeterli uzunluktaki düz kenarları yardımıyla yapılmaktadır. Bunun için kullanılacak en kolay nesne binalardır. Binaların düzgün çatı dokusu homojen ise gölgesi yardımıyla kenardaki gri değer farkı hesaplanabilir (Şekil 2). Gri değer geçişleri arasındaki matematiksel ilişki aşağıdaki gibi kurulabilir:

$$g_a^i = \frac{1}{n} * \sum_{j=1}^n g_j \quad (2)$$

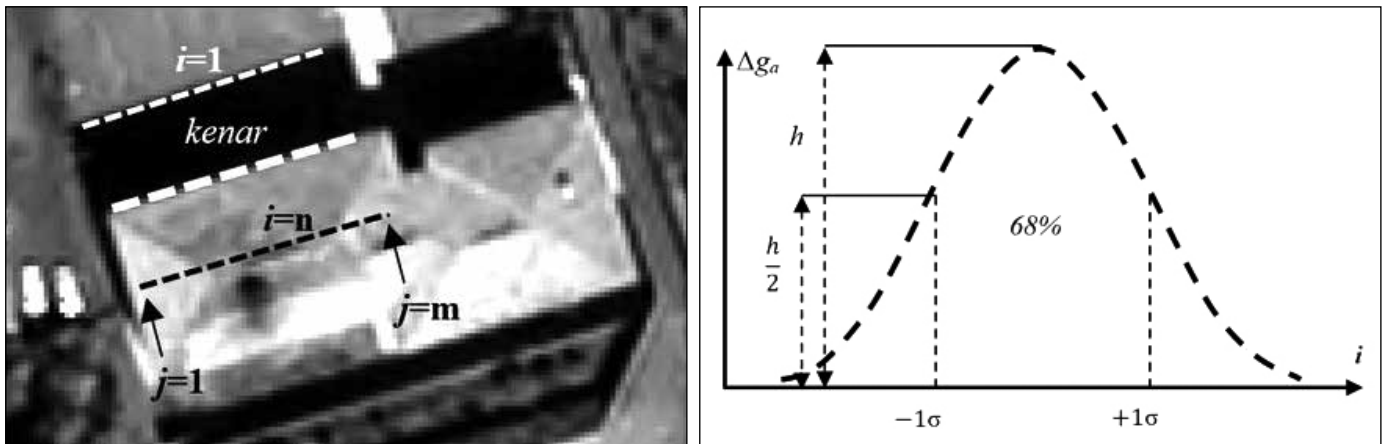
$$\Delta g_a^i = |g_a^{i+1} - g_a^i| \quad (3)$$

Burada g_j gri değeri, g_a ortalama gri değeri, Δg_a gri değer ortalamaları arasındaki farkı, $i = 1(1)n$, $j = 1(1)m$, n kenar boyunca dikkate alınan piksel sayısını ve m ise kenara dik yöndeki hesaplamada dikkate alınan gri değer sayısını ifade etmektedir.

Gauss eğrisi üzerinde, en büyük Δg_a değerinin (h) yarısına denk noktalar yatay eksende $\pm 1\sigma$ noktalarıdır. Bu noktaların piksel karşılıklarının farkının yarısı, gerçek YÖA değerini vermektedir (Şekil 2).



Şekil 1. Bir kenarın nesne ve görüntü uzayındaki farklı durumları.



Şekil 2. Gerçek YÖA hesabı.

Gerçek YÖA analizi, MATLAB ortamında yazarlar tarafından geliştirilmiş olan epix yazılımı ile yapılmaktadır. Kullanılacak görüntü üzerinden kenar seçimi, hesaplama yapılması ve grafik sonuçlarının alınması kullanıcı dostu bir arayüz ile kolayca gerçekleştirilmektedir (Şekil 3).

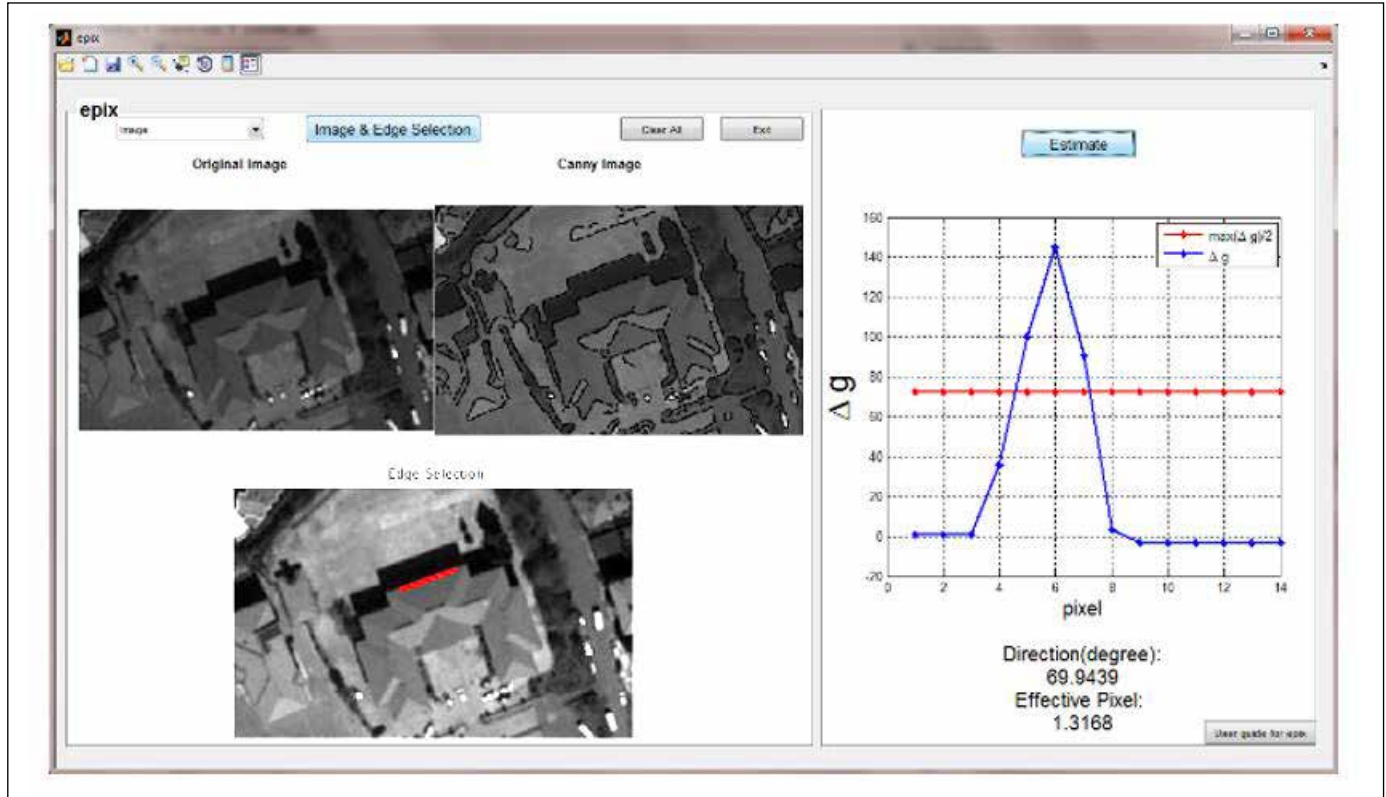
Yazılımda, hesaplamada kullanılacak kenar üzerinde iki nokta seçilmesi gerekmektedir. Bu işlem dört farklı şekilde yapılabilmektedir. Bunlar: i) noktaların görüntü koordinatlarının bir dosyadan okunması, ii) ekrana gelen görüntüden elle seçim, iii) Canny operatörünü kullanarak çıkartılan kenar üzerinde elle seçim veya iv) koordinatların yazılıma elle girilmesi şeklindedir. Kenar belirlemede en büyük sorun, her kullanıcının kenarı farklı şekilde işaretleme olasılığıdır. Bu yüzden kenar belirlemede Canny operatöründen yararlanılmaktadır. Canny operatörü, sinyal-gürültü oranını dikkate alarak kenar belirlediğinden, diğer kenar tanıma operatörlerine göre daha üstündür (Shrivakshan ve Chandrasekar, 2012). Gerçek YÖA hesabında kullanılan grafiğin (Şekil 2, sağ) daha düzgün bir yapıya sahip olması için ortalamalar arasındaki fark belli bir eşik değerini (örneğin 20 gri değeri) altında ise sıfır olarak kabul edilmiştir. Bu hesap, grafiğin sağ ve solundaki dalgalı yapının oluşmasını engellemekte, ancak gerçek

YÖA hesabını etkilememektedir. Yazılım, kullanıcı adı ve şifre ile araştırmacıların ücretsiz kullanımına açıktır (epix, 2017). epix'in iş akış çizelgesi Şekil 4'de sunulmuştur. epix, MATLAB ortamında yazıldığından görüntü yükleme için kullanılan "imread" fonksiyonunun tanıdığı başta jpeg, tiff, bmp ve png gibi yaygın dosya biçimlerinin yanı sıra diğer bazı biçimleri de tanımaktadır (MATLAB imread, 2017).

3. Bulgular

Öncelikle deneysel bir çalışma yapılarak, gerçek YÖA'nın görüntüleme kalitesine bağlı olarak nasıl değiştiği gösterilmiştir. Bunun için, Şekil 5'deki gibi deneysel bir şekil oluşturulmuştur. Görüntüleme sistemleri farklı açılarda (sağ-sol, ileri-geri veya çapraz) tarama yapabildiklerinden ve hesapta kullanılacak kenarlar da görüntülerde yine bu yönlerde yer alabileceklerinden, farklı yönlerde kenarlar içeren bir şekil tasarlanmıştır (Şekil 5). Bu kenarlara, 3x3 ve 5x5 pikselden oluşan iki farklı pencere ve ortalama süzgeç kullanılarak bulanıklaştırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Böylece, yapay LSF oluşturularak, gerçek YÖA değerinin alacağı değerler hesaplanmıştır (Çizelge 1).

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, test görüntüsünün orijinal halinden hesaplanan gerçek YÖA'nın 0.5 piksel

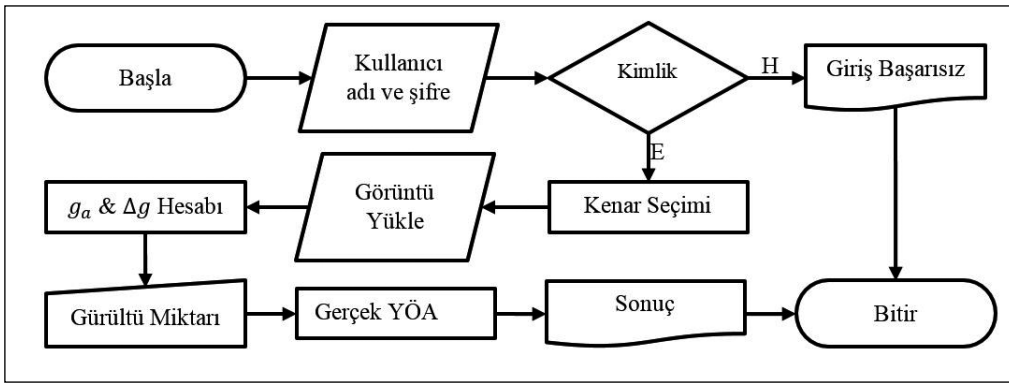


Şekil 3. Epix yazılımında kullanıcı arayüzü ve örnek uygulama.

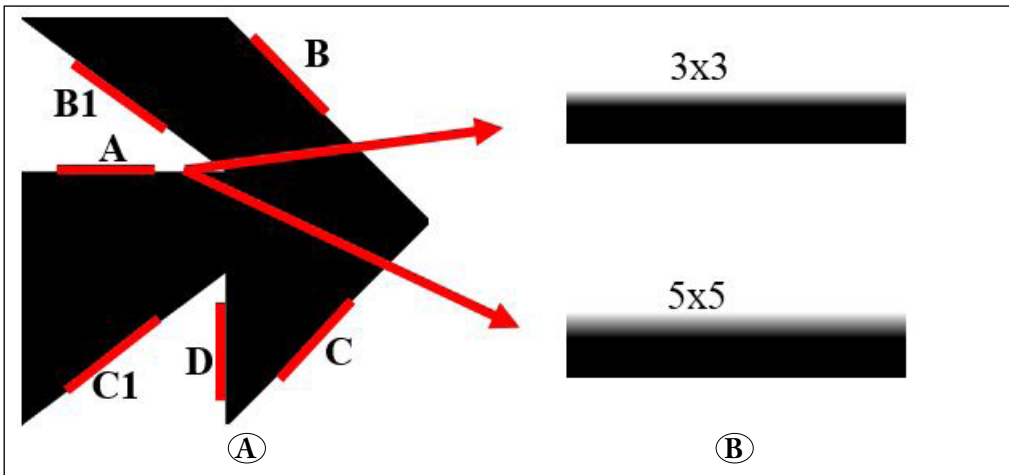
düzeyinde olduğu görülmektedir. Bunun nedeni, bir kenarın komşu iki piksel ile gösterilmesidir. Dolayısıyla Şekil 2'de gösterilen $\pm 1\sigma$ değerleri arası fark 1 piksel olacağından, bunun yarısı alınarak hesaplanan gerçek YÖA 0.5 piksel olacaktır. Görüntü bulanıklaştıkça, dolayısıyla bir kenar birden fazla pikselle ifade edildikçe gerçek YÖA da büyüyecektir. Örneğin 3x3 boyutundaki pencere ile ortalama 1.25 piksel, 5x5 piksel ile 1.81 olarak hesaplanmıştır. Dolayısıyla görüntü bulanıklığı arttıkça gerçek YÖA'nın da arttığı belirlenmiştir.

Türkiye'nin hâlihazırda kullanımında olan uzaktan algılama uyduları RASAT ve GÖKTÜRK-2 görüntüleri farklı

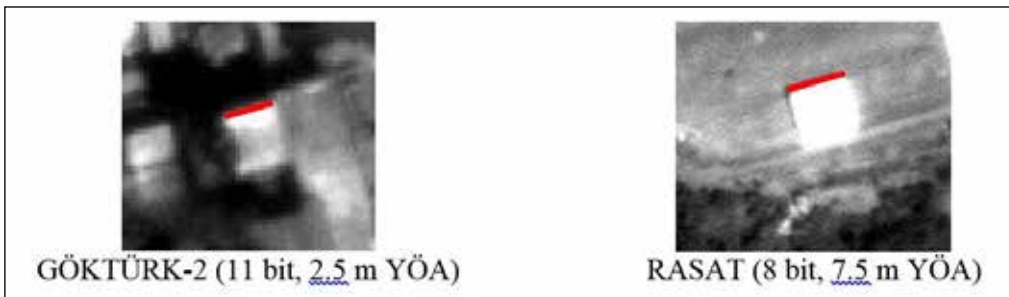
seviyelerde kullanıcıya sunulmaktadır. Bu görüntü seviyelerinin üretiminde farklı yöntem ve ek veriler kullanılabileceğinden, bu çalışmada sadece ham görüntüye en yakın görüntü seviyeleri (RASAT için L1R ve GÖKTÜRK-2 için L1 seviyesi) kullanılmıştır. Şekil 6, araştırmada kullanılan görüntülerdeki binalara ait iki örneği göstermektedir. Farklı doğrultularda seçilen görüntülerin gerçek YÖA'larının ortalaması alındığında RASAT için ortalama 0.95 piksel, GÖKTÜRK-2 için ise ortalama 1.07 piksel gerçek YÖA değerine ulaşılmıştır. Bu değerler, her iki uydu görüntüsünün de geometrik çözünürlüklerinde bir kayıp olmadığını göstermektedir.



Şekil 4. Epix'in iş akışı.



Şekil 5. Gerçek YÖA hesabının testi için tasarlanmış veri. A) Orijinal görüntü, B) Filtrelenmiş görüntü. (A: yatay kenar, B1 ve B2: sağ-aşağı yönde farklı eğimlere sahip kenar, C1 ve C2: sağ-yukarı yönde farklı eğimlere sahip kenar, D: yukarı-aşağı yönde kenar).



Şekil 6. Uygulamada kullanılan kenarlara örnek.

Çizelge 1. Görüntüler için Gerçek YÖA Sonuçları

| Test görüntüsü | | | Uydu görüntüsü | | |
|----------------------------|------------|-------------|--|--------------------|-------------|
| Orijinal görüntü | | | RASAT (Görüntü çekim tarihi: 24.06.2012) | | |
| Kenar | Gerçek YÖA | O | Kenar | Gerçek YÖA | O |
| A | 0.50 | 0.50 | KD-1 | 0.51 | 0.69 |
| B | 0.50 | | KD-2 | 0.87 | |
| B1 | 0.56 | 0.53 | K-1 | 0.97 | 0.96 |
| C | 0.50 | | K-2 | 0.95 | |
| C1 | 0.96 | 0.73 | D | 1.17 | 1.17 |
| D | 0.50 | | GD | 0.96 | |
| GO | | 0.57 | GO | | 0.95 |
| Filtrelenmiş görüntü (3x3) | | | GÖKTÜRK-2 (Görüntü çekim tarihi: 27.05.2014) | | |
| Kenar | Gerçek YÖA | O | Kenar | Gerçek YÖA | O |
| A | 1.50 | 1.50 | K-1 | 1.09 | 1.50 |
| B | 1.50 | | K-2 | 1.90 | |
| B1 | 0.68 | 1.09 | KD-1 | 0.68 | 0.92 |
| C | 0.50 | | KD-2 | 1.15 | |
| C1 | 1.28 | 0.89 | D-1 | 1.32 | 1.17 |
| D | 1.50 | | D-2 | 1.01 | |
| GO | | 1.25 | GD-1 | 0.76 | 0.70 |
| | | | GD-2 | 0.64 | |
| Filtrelenmiş görüntü (5x5) | | | GO | | 1.07 |
| Kenar | Gerçek YÖA | O. | | | |
| A | 2.50 | 2.50 | K: Kuzey | | |
| B | 1.83 | | 1.24 | D: Doğu | |
| B1 | 0.65 | 0.99 | | G: Güney | |
| C | 0.50 | | 0.99 | KD: Kuzey Doğu | |
| C1 | 1.47 | 2.50 | | GD: Güney Doğu | |
| D | 2.50 | | 1.81 | GO: Genel Ortalama | |
| GO | | | | O: Ortalama | |

4. Sonuç

Bu çalışmada, gerçek YÖA kavramı ve uzaktan algılamadaki yeri ve önemi üzerinde durulmuş; hem deneysel bir görüntü hem de Ülkemizin hâlihazırda kullanımda olan RASAT ve GÖKTÜRK-2 uydu görüntüleri için gerçek YÖA hesabı yapılmıştır. Deneysel görüntü ile ideal bir kenar oluşturulmuş ve bu kenara göre yapılan hesapta gerçek YÖA değerinin 0.5 piksel olabileceği hesaplanmıştır. Bu görüntü, 3x3 veya 5x5 pikselden oluşan filtrelerle bulanıklaştırılarak geometrik çözünürlüğü düşürülmüş ve buna bağlı olarak gerçek YÖA değerinin artabileceği gösterilmiştir.

Yazarlar tarafından MATLAB ortamında geliştirilen epix yazılımı kullanılarak incelenen RASAT ve GÖKTÜRK-2

görüntülerinin gerçek YÖA değeri ~1 piksel olarak bulunmuştur. Bu durumda kullanıcıların bu görüntüleri herhangi bir geometrik çözünürlük kaybı olmadan kullanabilecekleri sonucuna varılmıştır.

5. Teşekkür

Yazarlar, GÖKTÜRK-2 görüntülerini sağlayan Hava Kuvvetleri Komutanlığına teşekkür eder.

6. Kaynaklar

Belward, A.S., Skoien, J.O. 2015. Who launched what, when and why; trends in global land-cover observation capacity from civilian earth observation satellites. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* 103:115-128.

epix. 2017. <http://geomatik.beun.edu.tr/camali/yazilimlar/epix/>

- Jacobsen, K. 2009.** Effective resolution of digital frame images, *ISPRS Hannover Workshop*, Hannover.
- Jacobsen, K., Büyüksalih, G., Topan, H. 2005.** Geometric models for the orientation of high resolution optical satellite sensors, *ISPRS Hannover Workshop 2005*, Hannover.
- Javan, F., Samadzadegan, F., Reinartz, P. 2013.** Spatial quality assessment of pan-sharpened high resolution satellite imagery based on an automatically estimated edge based metric. *Remote Sens.* 5:6539-6559.
- MATLAB imread (Read image from graphics file). 2017.** <https://www.mathworks.com/help/MATLAB/ref/imread.html/>
- Parker, JR. 2011.** Algorithms for Image Processing and Computer Vision. 2. Basım, Wiley Computer Publishing, 480 s.
- Schowengerdt, RA. 1997.** Remote Sensing, Models and Methods for Image Processing, 2. Basım, Academic Press, 522 s.
- Shrivakshan, GT., Chandrasekar, C. 2012.** A comparison of various edge detection techniques used in image processing. *IJCSI*, 9:269-276.
- Topan, H., Büyüksalih, G., Jacobsen, K. 2004.** Comparison of information contents of high resolution space images, *Int. Arc. Photogramm. Remote Sens.* s. 583-588, İstanbul.
- Topan, H., Maktav, D., Jacobsen, K., Buyuksalih, G. 2009.** Information content of optical satellite images for topographic mapping. *Int. J. Remote Sens.*, 30:1819-1827.