

[1200]

# RASAT GÖRÜNTÜLERİNİN GEOMETRİK VE RADYOMETRİK DEĞERLENDİRİLMESİ

Ali CAM<sup>1</sup>, Hüseyin TOPAN<sup>2</sup>, Murat ORUÇ<sup>3</sup>, Mustafa TEKE<sup>4</sup>, Mustafa ÖZENDİ<sup>5</sup>, Çağlar BAYIK<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Müh., Bülent Ecevit Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 67100, Zonguldak, [alicam193@gmail.com](mailto:alicam193@gmail.com)

<sup>2</sup>Doç. Dr., Bülent Ecevit Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 67100, Zonguldak, [topan@beun.edu.tr](mailto:topan@beun.edu.tr)

<sup>3</sup>Uzm., Bülent Ecevit Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 67100, Zonguldak, [orum@hotmail.com](mailto:orum@hotmail.com)

<sup>4</sup>Uzm. Arş., TÜBİTAK Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü, Ankara, [mustafa.teke@tubitak.gov.tr](mailto:mustafa.teke@tubitak.gov.tr)

<sup>5</sup>Arş. Gör., Bülent Ecevit Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 67100, Zonguldak, [mozendi@gmail.com](mailto:mozendi@gmail.com)

<sup>6</sup>Arş. Gör., Bülent Ecevit Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 67100, Zonguldak, [caglarbayik@hotmail.com](mailto:caglarbayik@hotmail.com)

## ÖZET

Türkiye'nin ikinci uzaktan algılama uydusu RASAT, TÜBİTAK Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü tarafından geliştirilen yeni modüllere sahip, Türkiye'de tasarlanıp üretilen ilk uzaktan algılama uydusudur. Farklı seviyelerdeki RASAT görüntüleri Ülkemiz vatandaşları tarafından Gezgin portalı aracılığıyla ücretsiz elde edilebilir. Bu çalışmada, farklı seviyelerdeki pankromatik (7.5m) ve çok bantlı (15m) görüntüler geometrik ve radyometrik özelliklerine göre incelenmiştir. İlk geometrik değerlendirme LIR seviyesindeki görüntüler için etkin YÖA değerinin tespitidir. Bu değer tüm görüntüler için ortalama 1 piksel düzeyinde bulunmuştur ki bu sonuç görüntülerde herhangi bir geometrik çözünürlük kaybının olmadığı anlamına gelmektedir. İkinci geometrik değerlendirme ise, görüntülerin 2B konum doğruluğunun farklı algılayıcı bağımsız dönüşüm modelleri (benzerlik, 2B afin, polinom, afin projeksiyon, projektif, doğrusal lineer dönüşüm (DLT) ve algılayıcı bağımsız rasyonel fonksiyon model (RFM)) yardımıyla gerçekleştirilmiş ve en az 39 en fazla 52 YKN kullanılarak piksel altı doğruluk elde edilmiştir. Radyometrik değerlendirme aşamasında görüntülerin gürültü ve sinyal gürültü oranı (SGO) incelenmiş ve LIR seviyesindeki görüntüler için sinyal gürültü oranı (SGO) 93.6-203.4 ve gürültü 0.0-2.8 arasında hesaplanmıştır. Gerçekleştirilen araştırma ile RASAT görüntülerinin konuma bağlı çeşitli uygulamalar için temel gereksinimleri karşılayabileceği görülmüştür. Araştırmalar dağlık, yoğun orman ve kent alanları ile kaplı Zonguldak test alanında gerçekleştirilmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** RASAT, geometrik doğruluk, radyometrik kalite, etkin YÖA, gürültü, sinyal gürültü oranı.

## ABSTRACT

## GEOMETRIC AND RADIOMETRIC EVALUATION OF RASAT IMAGES

RASAT, the second remote sensing satellite of Turkey, was designed and assembled, and also is being operated by TÜBİTAK Uzay (Space) Technologies Research Institute (Ankara). RASAT images in various levels are available free-of-charge via Gezgin portal for Turkish citizens. In this study, the images in panchromatic (7.5 m ground sample distance (GSD)) and RGB (15 m GSD) bands in various levels were investigated with respect to its geometric and radiometric characteristics. The first geometric analysis is the estimation of the effective GSD as less than 1 pixel for radiometrically processed level (LIR) of both panchromatic and RGB images. Secondly, 2D georeferencing accuracy is estimated by various non-physical transformation models (similarity, 2D affine, polynomial, affine projection, projective, DLT and GCP based RFM) reaching sub-pixel accuracy using minimum 39 and maximum 52 GCPs. The radiometric characteristics are also investigated for 8 bits, estimating signal noise ratio (SNR) between 21.8-42.2, and noise 0.0-3.5 for panchromatic and MS images for LIR when the sea is masked to obtain the results for land areas. The analysis show that RASAT images satisfies requirements for various applications. The research is carried out in Zonguldak test site which is mountainous and partly covered by dense forest and urban areas.

**Keywords:** RASAT, georeferencing accuracy, radiometric quality, effective GSD, noise, SNR.

## 1.GİRİŞ

Bilsat ile kazanılan ilk deneyimin ardından, Ülkemizin ikinci uzaktan algılama uydusu olan RASAT, 17 Ağustos 2011'de yörüngeye yerleştirilmiştir. RASAT, TÜBİTAK Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü tarafından tasarlanıp üretilmiş ve Kalkınma Bakanlığı tarafından desteklenmiştir. RASAT'ın özellikleri Çizelge 1'de verilmektedir (Çınar, 2014).

**Çizelge 1.** RASAT teknik özellikleri.

Türü	Yörünge			YÖA (m)		Tafsalsal çözünürlük		Ağırlık	Radyometrik çözünürlük
	Eğim	H (km)	Periyot	Pan	Renkli	Pan	0.42-0.73 µm		
Güneş eş zamanlı	Ø1.8°	~700	Ø8.8 dk	7.5	15	Kırmızı	0.58-0.73 µm	93 kg	8 bit
						Yeşil	0.55-0.58 µm		
						Mavi	0.42-0.55 µm		

2003-2006 yılları arasında kullanımda kalan Bilsat uydusu ile karşılaştırıldığında, RASAT daha yüksek radyometrik ve geometrik çözünürlüğe sahiptir. Bu uyduyu, daha yüksek radyometrik ve geometrik çözünürlüğe sahip GÖKTÜRK-2 uydusu takip etmiştir.

Turkmenoglu ve Yaglioglu (2013), RASAT'ın yörüngeye yerleştirilmesinden sonraki Modülasyon Transfer Fonksiyonu (MTF) ile ilgili çalışmalar yürütmüşlerdir. Görüntü işleme iş akışı Teke (2016) tarafından tanımlanmıştır. Küpcü vd. (2014), Erdogan vd. (2016) ve Kocaman vd. (2016) tarafından RASAT görüntülerinin konum doğruluğu üzerine araştırmalar yapılmıştır.

Bu çalışma, Zonguldak test bölgesini kaplayan farklı seviyelerdeki RASAT görüntülerinin radyometrik ve geometrik değerlendirmesini kapsamaktadır. İlk olarak gürültü, Sinyal Gürültü Oranı (SGO) ve etkin Yer Örneklem Aralığı (YÖA) analizi sonuçları; daha sonra farklı görüntü seviyeleri için 2 boyutlu konum doğrulukları sunulmuştur ve Cam vd. (2016) tarafından uluslararası camiaya sunulmuştur.

## 2.UYGULAMA

### 2.1. Radyometrik Değerlendirme

RASAT görüntüleri farklı seviyelerde üretilerek dağıtılmaktadır. İncelenen görüntüler aşağıdaki görüntü seviyelerinde sunulmaktadır (Teke, 2016):

Seviye 1: Radyometrik düzeltilme uygulanmış,

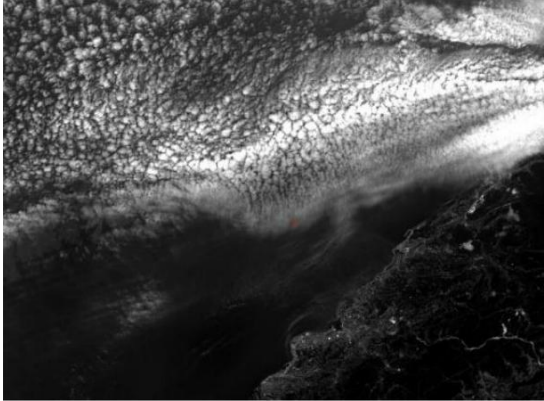
Seviye 1R : Bant çakıştırılması yapılmış,

Seviye 2: Koordinatlandırılmış,

Seviye 3: SYM kullanılarak ortogörüntü üretilmiş.

Şekil 1'de, Seviye 1R görüntüsüne ait pankromatik ve renkli bantlar gösterilmiştir. Seviye 1 görüntüsü radyometrik özellikleri açısından ham görüntüye en yakın olduğundan, radyometrik değerlendirme sadece bu seviye için yürütülmüştür. Şekil 2'de tüm bantların histogram dağılımları gösterilmektedir. Görüntü histogramları incelendiğinde farklı bantlarda gri değerlerin tek bir merkez etrafında kümelenmeyip yayılım gösterdiği görülmektedir.

Pankromatik



Renkli



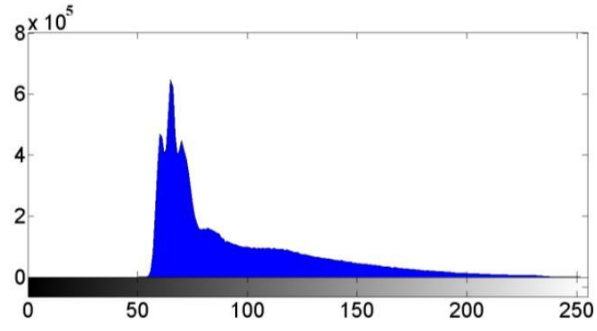
Şekil 1. 1R seviyesinde incelenen görüntüler.

Görüntünün gürültüsü gri değer aralığı beşe bölünerek belirlenmiştir. Algılayıcıların çeşitli ışık şiddetlerine farklı tepkiler vermeleri nedeniyle gerekli bir işlemidir. Ayrıca bu hesaplamalar piksel sayısına bağlıdır ve bu sayı her gri değer bölümü için farklıdır. Şekil 3'de sonuçlar grafik olarak görülmektedir. Gürültü, gri değerlerin standart sapmasıdır ve seçilen alt-alandaki ortalama gri değerlerle ilişkilidir. Bununla birlikte SGO, ağırlıklı gürültü ortalaması ve ortalama gri değer ile ilişkilidir. Gürültü pankromatik bantta sistematik olarak artarken bu durum diğer bantlarda gözlenmemektedir. Gürültü, hem mavi hem de yeşil bantlar için tüm bölmelerde yaklaşık olarak eşittir. SGO, yeşil ve mavi bantlarda yaklaşık olarak eşit olmasına rağmen, pankromatik ve kırmızı bantlarda daha küçüktür.

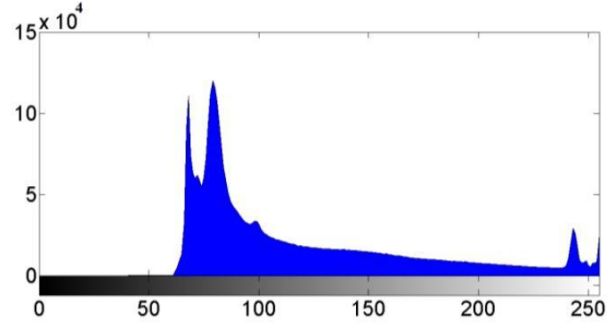
Etkin YÖA değeri, görüntülerin gerçek geometrik çözünürlüğünü ifade etmesi açısından önemlidir. Normal ve etkin YÖA değeri, Kenar Yayılım Fonksiyonu nedeniyle birbirinden farklı olabilir. Bu yüzden etkin YÖA, uygun nesne kenarlarının kontrastı ve dokusu (örneğin çatı sınırları gibi) kullanılarak belirlenebilir. Uygulamada, kenarların doğrultusunun hesaplama üzerindeki etkisini azaltmak için farklı yönlerde kenar seçimi yapılmıştır. Hem pankromatik hem de renkli görüntüler için etkin YÖA yaklaşık olarak 1 piksel olarak hesaplanmıştır.

Dolayısıyla görüntülerin normal YÖA değeri ile kullanılabilirdiği sonucuna varılmıştır.

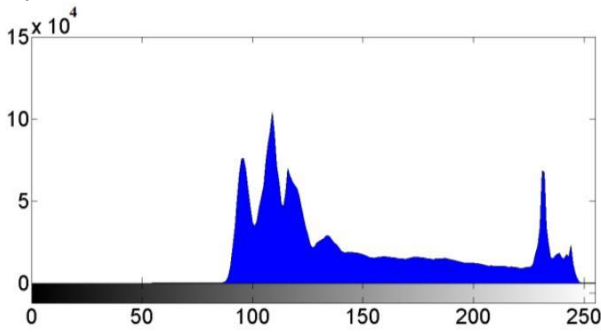
Pankromatik



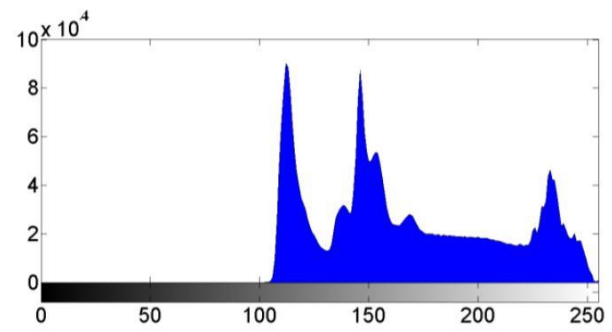
Mavi



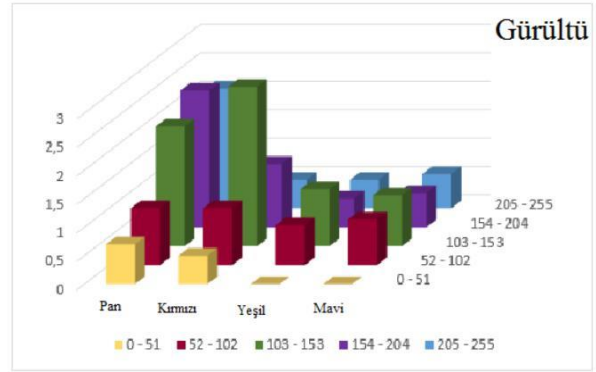
Yeşil



Kırmızı



Şekil 2. Seviye 1R görüntülerinin histogram dağılımları



Şekil 3. Seviye 1 için gürültü ve SGO

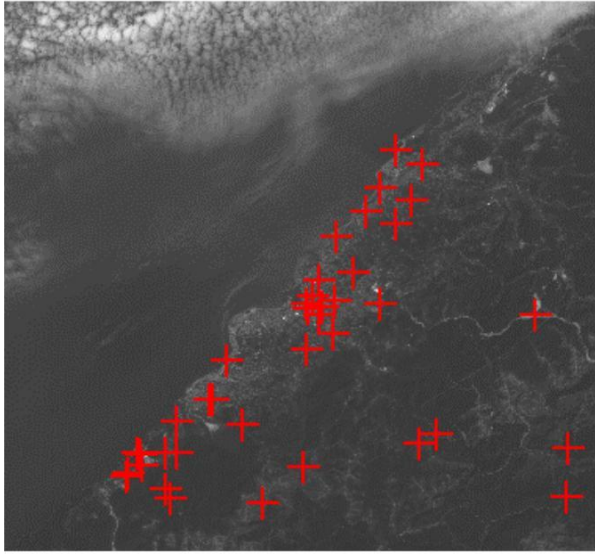
## 2.2.Geometrik Değerlendirme

RASAT ile stereo görüntü çekimi mümkün olmadığından, konum doğruluğu görüntü uzayında belirlenmiştir. Bu kapsamda Seviye 1R (L1R), Seviye 1RB (L1RB), Seviye 2 (L2) ve Seviye 3 (L3) görüntüleri incelenmiştir. Yer Kontrol Noktaları (YKN) hem yatay hem de düşeyde uygun dağılıma sahiptir (Şekil 4). Radyometrik farklılıklar yüzünden farklı seviyelerdeki görüntülerde farklı sayıda YKN kullanılmıştır. Yerleşim yerlerindeki orman bölgelerinde daha zor YKN seçimi yapılmıştır.

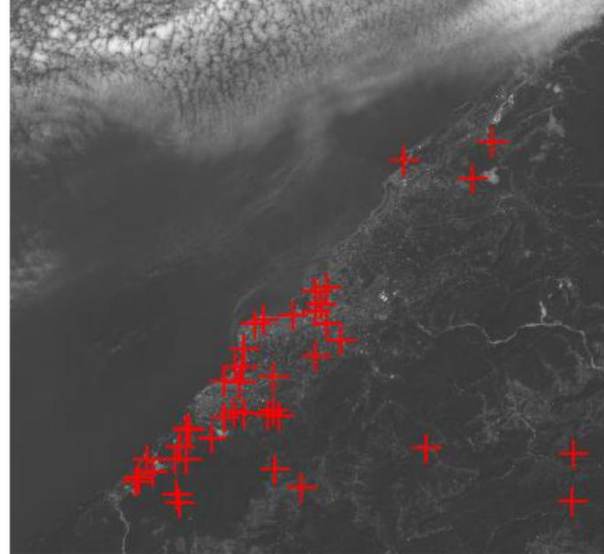
RASAT görüntüleri için algılayıcı yöneltme parametreleri veya Rational Polynomial Coefficients (RPCs) mevcut olmadığından konum doğruluğu belirleme işlemi çeşitli algılayıcı bağımsız dönüşüm modelleri yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Bu modellerden Afın izdüşüm, doğrusal lineer dönüşüm (DLT: Direct Linear Transformation) ve YKN bağımlı RFM 3B'lu nesne uzayını 2B'lu görüntü uzayına iz düşürür ve projektif, DLT ve RFM doğrusal olmayan döngüsel dönüşüm yöntemleridir. En Küçük Kareler yöntemi kullanılarak, görüntü koordinatlarının kareselortalama hataları Çizelge 2'deki gibi belirlenmiştir.

$$(m_0 = \pm \sqrt{m_x^2 + m_y^2})$$

L1RB, 39 YKN



L1R, 42 YKN



Şekil 4. Örnek YKN dağılımı.

Beklenildiği gibi benzerlik dönüşümü ile en kaba doğruluk elde edilmiştir. L2 ve L3 için sonuçların daha yüksek doğruluklu olmasının nedeni bu seviyedeki görüntülerin dağıtıcı kurum tarafından YKN kullanılarak düzeltilmiş olmasıdır. Daha yüksek dereceli polinom dönüşümü kullanıldığında sonuçlar iyileşmemiştir. Afin izdüşüm sonuçlarının yüksek doğruluğa sahip olmasının nedeni bu doğrusal dönüşümün arazi yüksekliğine bağlı bozunumları düzeltebilmesidir. Bu dönüşümün 3 şekli vardır (Topan ve Kutoglu, 2009). Afin izdüşümün tüm modelleri benzer sonuçlar üretmiştir. Projektif ve DLT sonuçları karşılaştırıldığında, DLT'nin yükseklik değerini kullanması nedeniyle daha iyi sonuçlar ürettiği görülmektedir. Son olarak, daha yüksek dereceli RPC katsayıları arasında oluşabilecek korelasyondan dolayı 1. derece RFM'nin yeterli doğruluğa ulaştığı ve L3 görüntüleri ile  $\pm 0.5$  piksel düzeyinde doğruluk elde edildiği söylenebilir.

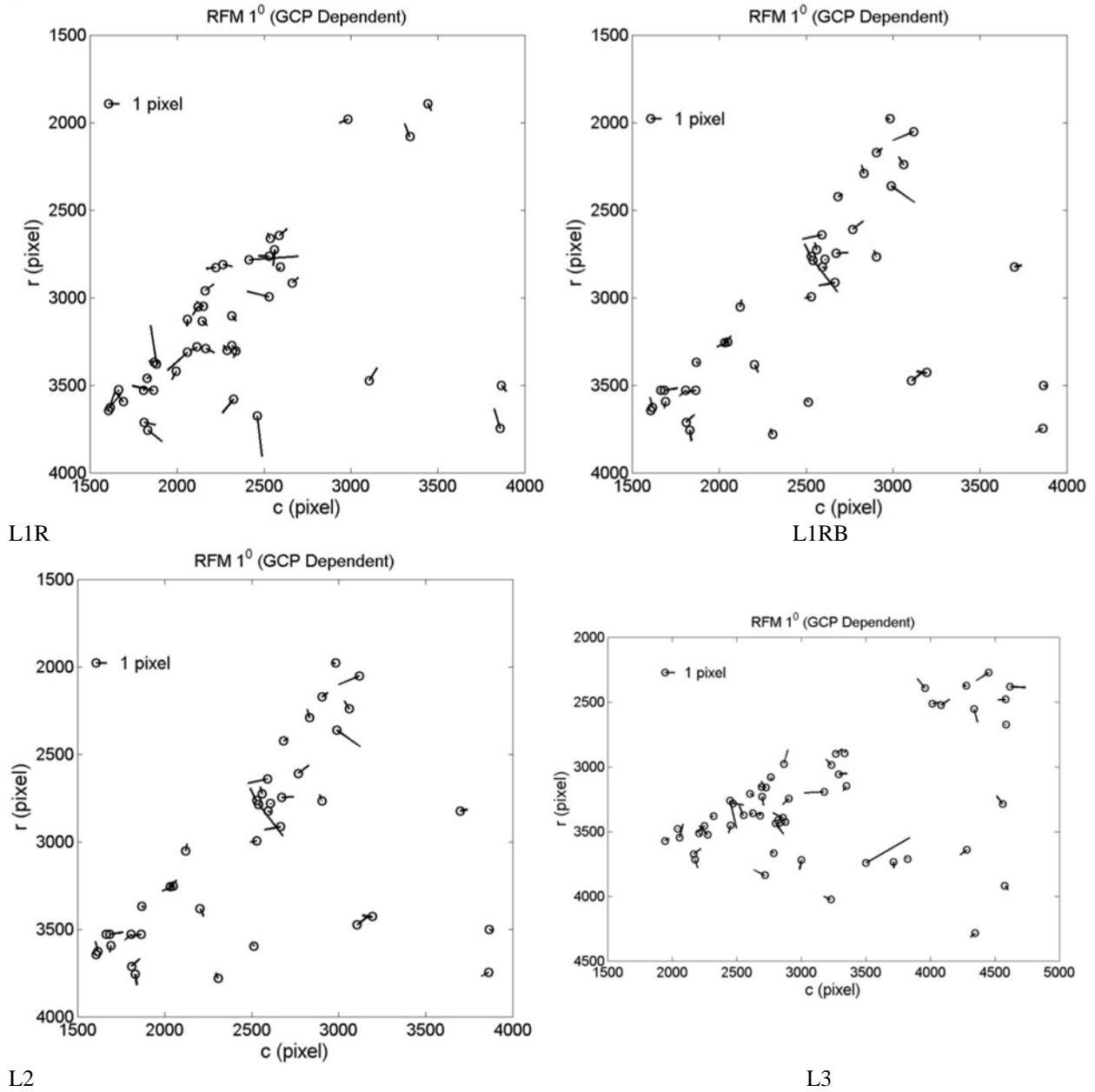
Çizelge 2. Görüntü uzayındaki konum doğruluğu ( $\pm$  piksel)

Dönüşüm yöntemi		Seviyeler			
		L1R	L1RB	L2	L3
# YKN		42	39	52	39
Benzerlik		25.27	36.10	2.58	1.83
Afin		1.15	0.79	0.91	0.54
Polinom	1°	1.15	0.79	0.91	0.54
	2°	1.05	0.79	0.92	0.55
	3°	1.01	0.80	0.89	0.52
	4°	0.93	0.84	0.88	0.54
	5°	0.93	0.87	0.83	0.55
Afin İzdüşüm	Model 1 (General)	1.12	0.79	0.88	0.52
	Model 2 (OrbView-3)	1.04	0.80	0.87	0.54
	Model 3 (IKONOS & QuickBird)	1.03	0.79	0.86	0.54
Projektif		1.14	0.78	0.91	0.54
DLT		1.10	0.78	0.87	0.52
RFM	1°	1.06	0.79	0.87	0.53
	2°	16.72	3.55	3.56	0.14
	3°	0.40	0	1.23	0

Değerlendirmede hata vektörleri de kullanılmıştır. Benzerlik dönüşümünde beklediği üzere sistematik bir hatanın olduğu; diğer yöntemlerde ise yerel bazı sistematik hatalar dışında genel olarak sistematikliğin görülmediği söylenebilir. Şekil 5'de farklı seviye görüntüler için 1. derece RFM ile üretilen hata vektörleri sunulmuştur.

### 3.SONUÇ

RASAT Türkiye'nin ikinci uzaktan algılama uydusudur. Bu çalışma kapsamında RASAT görüntülerin geometrik ve radyometrik değerlendirmesi farklı seviyelerdeki pankromatik ve renkli bantlar ile incelenmiştir. Radyometrik değerlendirmede pankromatik bantta gri değerler arttıkça gürültünün de arttığı; yeşil ve mavi bantlarda SGO değerlerinin yaklaşık olarak aynı olduğu ve pankromatik ve kırmızı bantlarda ise daha az olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 5. Tüm seviyeler için 1. Derece RFM ile elde edilen hata vektörleri.

RASAT görüntüleri için stereo görüntüleme mümkün olmadığından konum doğruluğu görüntü uzayında belirlenebilmiştir. RPC veya algılayıcı yöneltme parametreleri sağlanmadığından sadece algılayıcı bağımsız modeller kullanılmıştır. Orijinal geometriye sahip görüntüler için yatayda dairesel hata  $\pm 1$  piksel; dağıtıcı kurum tarafından üretilen ortogörüntüler için ise  $\pm 0.52$  piksel düzeyindedir. RASAT, radyometrik ve geometrik çözünürlüğünün kısıtlı olmasına rağmen ücretsiz dağıtılması sayesinde uzaktan algılama çalışmalarında kullanımının giderek artacağı düşünülmektedir.

### TEŞEKKÜR

Yazarlar gürültü ve SGO belirlemede kullanılan IMQUAL16 yazılımını geliştiren Dr.-Ing. Karsten Jacobsen'a teşekkür eder.

## KAYNAKLAR

**Cam, A., Topan, H., Oruç, M., Ozendi, M., Bayık, Ç.,** 2016, Geometric And Radiometric Evaluation Of Rasat Images, *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, 41.

**Çınar, E.,** 2014, Göktürk-2 Uydu Sisteminin Operasyonel Kabiliyetleri, *Yer Gözlem Uydu Teknolojileri ve Veri Kıymetlendirme Çalıştayı*, 19-20.

**Erdogan, M., Yilmaz, A., Eker, O.,** 2016, The georeferencing of RASAT satellite imagery and some practical approaches to increase the georeferencing accuracy, *Geocarto International*, 31 (6), 647-660.

**Kocaman, S., Yalcin, I., Guler, M.,** 2016, Radiometric And Geometric Accuracy Analysis Of Rasat Pan Imagery, *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, 41.

**Küpcü, R., Teke, M., Çabuk, A.,** 2014, RASAT ve Göktürk-2 Görüntülerinin Ortorektifikasyon Başarımına Referans Ve Sayısal Yükseklik Modeli Seçiminin Etkisi, *V. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (UZAL-CBS 2014)*.

**Teke, M.,** 2016, Satellite Image Processing Workflow For Rasat and Göktürk-2, *Journal of Aeronautics and Space Technologies*, 9 (1), 1-13.

**Topan, H., Kutoglu, H.S.,** 2009, Georeferencing Accuracy Assessment of High-Resolution Satellite Images Using Figure Condition Method, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 47 (4), 1256-1261.

**Turkmenoglu, M., Yaglioglu, B.,** 2013, On-orbit modulation transfer function estimation For RASAT, *Recent Advances in Space Technologies (RAST), 2013 6th International Conference*, 181-183.