

# WORLDVIEW-2 STEREO UYDU GÖRÜNTÜSÜNDEN ÜRETİLEN SAYISAL ORTOFOTO KONUM DOĞRULUĞUNUN ARAŞTIRILMASI

Ö. Mutluoğlu<sup>a</sup>, M. Yakar<sup>b</sup>, H. M. Yılmaz<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Selçuk Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Konya (omutluoglu@selcuk.edu.tr)  
<sup>b</sup> Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği, 42031 Konya (yakar@selcuk.edu.tr)  
<sup>c</sup> Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği Aksaray (hmutaty@gmail.com)

**ANAHTAR KELİMELER:** WorldView-2, Yer Kontrol Noktası, Sayısal Yükseklik Modeli, Ortorektifikasyon, Geometrik Model

## ÖZET:

Günümüzde Çok Yüksek Çözünürlüklü Uydu (ÇYÇU) görüntüleri pek çok uygulamada yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Sayısal uydu görüntüleri, araştırmacıya çalışma alanlarıyla ilgili daha doğru kararlar vermesini sağlar. Pek çok bilimsel disiplin farklı metotlar kullanarak, uygun sayısal verilerden harita üretimi yapar veya mevcut haritalarını günceller. Bu metotlardan birisi de ÇYÇU görüntülerinden yararlanarak harita üretimi yapmak veya mevcut haritaları güncellemektir. ÇYÇU görüntülerinden elde edilen konumsal verilerin doğruluğu çok önemlidir. ÇYÇU görüntülerinden harita üretmek veya harita gibi kullanmak için görüntülerin kesinlikle ortorektifikasyon yapılması gerekir. Ortorektifikasyon işlemini yapmak için, geometrik modele, Yer Kontrol Noktasına (YKN) ve Sayısal Yükseklik Modeline (SYM) ihtiyaç vardır.

Bu çalışmada 0.5m çözünürlüklü stereo WorldView-2 uydu (WV-2) görüntüsünden üretilen sayısal ortofoto haritanın konum doğruluğu araştırılmıştır. Çalışmada 5 tane YKN ve 26 adet denetim noktası kullanılarak dengeleme yapılmıştır. Toplam görüntü karesel ortalama hatası 0.23 piksel, YKN için; X yönünde 53 cm, Y yönünde 17 cm, Z yönünde 63 cm, Denetleme noktaları için; X yönünde 55 cm, Y yönünde 26 cm ve Z yönünde 65 cm karesel ortalama hatalar hesaplanmıştır. Ayrıca üretilen sayısal ortofoto üzerinden; daha önceden koordinatları jeodezik yöntemlerle belirlenmiş olan 199 tane detay noktasına ait koordinat okunmuştur. Jeodezik yöntemle belirlenen koordinatlar referans alınarak karşılaştırma yapılmıştır. Yapılan karşılaştırma sonucu bulunan ortalama nokta konum hatası 55cm'dir.

**KEY WORDS:** WorldView-2, Ground Control Point, Digital Elevation Model, Orthorectification, Geometric Model

## ABSTRACT:

Nowadays, Very High Resolution Satellite (VHRS) images have been used for many applications intensively. Using of the digital satellite images in relevant approaches may give more accurate ideas about the researched fields. Besides, different methods could be used for derivation of maps from relevant digital data in many scientific disciplines. One of these methods is to use VHRS images. The most important reason of using the maps, which are derived from VHRS images, is accuracy of data. To obtain maps from VHRS images or use VHRS images as map, the VHRS images required certain ortho-rectification. To make the orthorectification process, geometric model, Ground Control Points (GCP) and a Digital Elevation Model (DEM) are needed.

In this study, digital orthophoto map produced from the 0.5m resolution stereo worldview-2 satellite (WV-2) image of the spatial accuracy was investigated. Adjustment is made using 5 GCPs and 26 checkpoint operation. 0.23 total mean square error image pixels, for GCP; 53 cm X direction, 17 cm Y direction, 63 cm in the Z direction, For check points; 55 cm X direction, 26 cm Y direction and 65 cm Z direction root mean square error were calculated. Also; coordinates has been read from produced on digital orthophoto previously determined by geodetic coordinates of the 199 feature points. Comparison is made by taken the coordinates which are determined by geodetic methods. The comparison results with average point spatial accuracy is 55cm.

## 1. GİRİŞ

WorldView-2 uydusu 2009 yılı Ekim ayında fırlatılmış olup, dünyanın 8 spektral banda sahip yüksek çözünürlüklü gözlem uydusudur. WorldView-2 uydusu, 770km. yükseklikte konumlandırılmış olup hem 0.46m. yersel çözünürlüklü pankromatik hem de 1.84m. yersel çözünürlükte multispektral olarak görüntü sağlayabilmektedir. WorldView-2 uydusu aynı bölgeden ortalama 1.1 günlük sürede yeniden geçmektedir. Günlük 975,000 km<sup>2</sup>'lik alanın görüntüsünü çekebilme özelliğine sahiptir

Digital Globe tarafından Worldview-2 uydusunun yörüngeye yerleştirilmesi yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinde yeni bir çağ açarak uydu görüntüleri ile haritacılık uygulamalarını teşvik etmiştir. Worldview-2 uydusu, yüksek doğruluklu fotogrametrik işlemler ve haritacılık uygulamaları

için uygun, farklı doğruluk seviyelerinde coğrafi koordinatlandırılmış, ortorektifiye edilmiş ve stereo görüntü ürünlerini içeren geniş bir kategoride mono ve stereo ürünlerini sağlamaktadır. Kullanılabilir ürünleri; ham, ham stereo, standart, orthoready, standart ve ortofoto olarak sıralanabilir (Padwickand, vd.,2010; Cheng, ve Chaapel., 2008; DigitalGlobe, 2010 ).

Ürün yelpazesinin genişliği worldview-2 uydu görüntülerinin; harita üretimi, arazi planlaması, afet izleme ve yönetimi, askeri çalışmalar, arazi ve bitki örtüsü değişiklikleri takibi, batimetrik çalışmalar, görselleştirme ve arazi simülasyonu gibi birçok uygulama alanlarında kullanılabilirliğini mümkün kılmaktadır.

Digital Globe, iç ve dış yöneltme geometrisi ve fiziksel Worldview-2 algılayıcısı ile ilgili diğer fiziksel özellikleri vermek yerine, algılama geometrisini belirlemek için rasyonel

polinomal katsayıları (RPC) kullanılmaktadır. Görüntü ile birlikte verilen RPC araziden bağımsız bir yaklaşımla belirlenmektedir ve fiziksel Worldview-2 algılayıcı modelini iyi bir şekilde temsil etmektedir.

ÇYÇU görüntülerinden harita üretmek veya harita gibi kullanmak için görüntülerin kesinlikle ortorektifikasyon yapılması gerekir. Ortorektifikasyon işlemini yapmak için, geometrik modele, Yer Kontrol Noktasına (YKN) ve Sayısal Yükseklik Modeline (SYM) ihtiyaç vardır.

## 2. YER KONTROL NOKTASININ ÖNEMİ

Yer kontrol noktaları ÇYÇU görüntülerinin geometrik olarak düzeltilmesinde büyük öneme sahiptir. ÇYÇU görüntüleri Rasyonel Fonksiyonel Model (RPC) ve YKN sayesinde doğru bir şekilde geometrik olarak düzeltilerler. YKN hem arazi üzerinde hem de görüntü üzerinde seçilebilen noktalardır. Çalışma alanının özelliğine ve uydu görüntüsünün yersel çözünürlüğüne bağlı olarak; yer kontrol noktaları görüntü üzerindeki yol kesişimleri, belirgin detay noktaları veya arazide bizzat işaretlenmiş noktalardan oluşurlar. Belirlenen YKN uygun ölçme yöntemleriyle koordinatlandırılarak görüntülerin geometrik düzeltilmesinde kullanılırlar. ÇYÇU ( Ikonos, QuickBird, WV-1-2-3,v.s) görüntülerinin ortorektifikasyon işlemlerinde kullanılan YKN özellikleriyle ( sayısı, boyutları, şekli, dağılımı, doğruluğu) ilgili birçok araştırma çalışması yapılmıştır.

Poli ve ark. (2010), Yapmış oldukları araştırmada WorldView-2 uydusunun radyometrik ve geometrik özelliklerinin 3 boyutlu veri elde etmedeki potansiyelini araştırmışlardır.

Ke, 2006, yapmış olduğu deneysel çalışmada, ÇYÇU görüntülerinin ortorektifikasyon işleminin doğruluk analizinde YKN özelliklerini ( şekil, dağılım v.s) incelemiştir. Dare ve ark., (2002), YKN ve RPC'nin geometrik düzeltmede önemine vurgu yaparak hassas YKN noktaları kullanılarak Ikonos uydu görüntülerinden iyi sonuçlar alındığını söylemektedir. Fraser, (2002), ÇYÇU görüntülerinin geometrik düzeltilmesinde RPC model ve en az YKN ( 1 tane) kullanılarak yapılabileceğini vurgulamaktadır. Yılmaz ve ark, (2004), yapmış oldukları çalışmada IKONOS uydu görüntüleri için uygun YKN boyutlarının araştırmasını, Mutluoğlu ve ark, (2012), WorldView-2 uydu görüntülerinde uygun YKN boyutları üzerine bir araştırma yapmışlardır

## 3. MATERYAL METOD

### 3.1 Test Alanının Tanıtımı

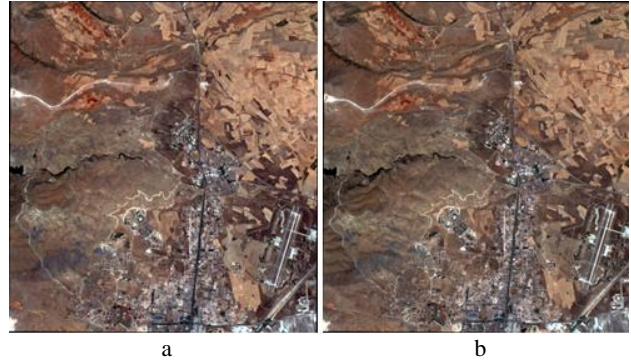
Konya ili, Selçuklu ilçesinde, Selçuk Üniversitesi Alaeddin Keykubat kampüsünü içine alan 15kmx14km'lik bir test alanı oluşturulmuştur. Uygulama alanının Güney ve Güney Doğu kısımları düzlük, Kuzey, Kuzey Doğu ve Kuzey Batı kesimleri dağlık araziden oluşmaktadır. Test alanı içinde yerleşim alanları dışında kalan araziler tarım alanlarından ve çıplak araziden oluşmaktadır. Arazide yüksek bitki örtüsü (yüksek ağaçlar, ormanlık) bulunmamaktadır. Test alanında, yükseklik değişimi yaklaşık olarak 1000 m ve 1700 m arasında değişmektedir. Görüntü alanı aşağıda verilen coğrafi enlem ve boylamlar arasında kalmakta olup Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Görüntü alanının Coğrafi Koordinatları

	Enlem	Boylam
Sol Üst Köşe	38°04'44"	32°25'08"
Sağ Alt Köşe	37°56'46"	32°34'40"

### 3.2 Çalışma Alanına Ait WorldView-2 Görüntüsü

Çalışmada 9 Temmuz 2013 tarihli, stereo WorldView-2 (WV-2) pansharp uydu görüntüleri kullanılmıştır. Pansharp görüntüler, yüksek çözünürlüklü pankromatik (siyah-beyaz) görüntüler ile düşük çözünürlüklü multispektral (renkli) görüntülerin çeşitli algoritmalar kullanılarak birleştirilmeleriyle üretilen yeni yüksek çözünürlüklü renkli görüntülerdir. Görüntüler ile birlikte (RationalPolynomialCoefficients) RPCs dosyaları da sağlanmıştır. RPC dosyaları uyduların yörünge parametrelerini (dönümlük, yükseklik v.b.) içerirler. RPC dosyası, 3B detayların fotogrametrik olarak kıymetlendirilmesi, sayısal yükseklik modelleri ve ortorektifiye edilmiş görüntüler için çoğu yazılım paketinde kamera model verisi sağlamaktadır. Test alanının uydu görüntüsü şekil 1' de görülmektedir.



Şekil 1: a) sol görüntü b) sağ görüntü

Alınan WV-2 görüntüsünün teknik özellikleri tablo 2'de verilmiştir.

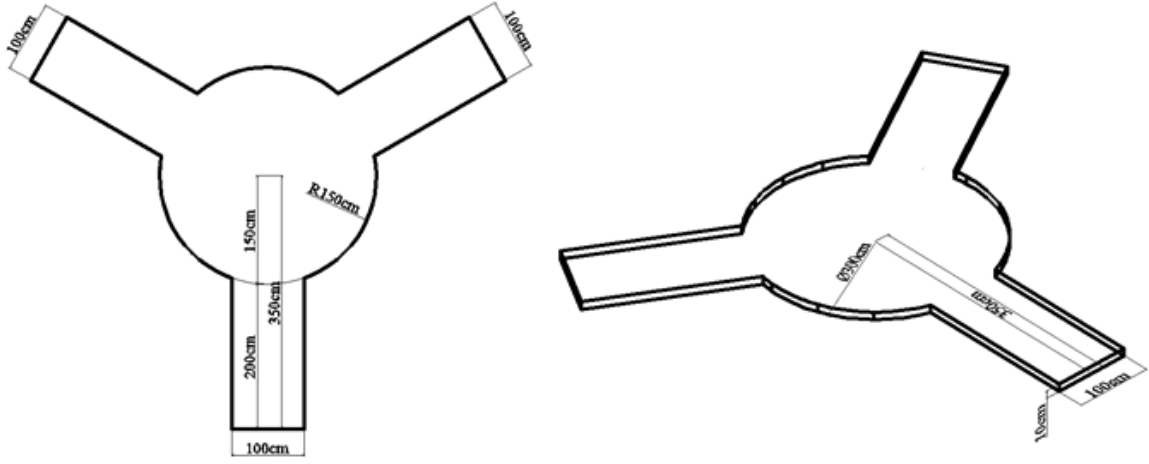
Tablo 2 : Alınan WV-2 görüntüsünün özellikleri

parametreler	WV-2 (Birinci görüntü)	WV-2 (İkinci görüntü)
Görüntü tanımı	StereoOR2A	StereoOR2A
Ürün tipi	Stereo	Stereo
Piksel	16	16
Format	GeoTIFF	GeoTIFF
Çekim Yönü	Forward	Forward
Çekim zamanı	2013-07-09 08:59:11.22850	2013-07-09 09:00:16.42847 9
Bulut oranı	0	0
GSD	0.50m	0.50m

### 3.3 Arazi ve Büro Çalışmaları

İlk olarak tesis edilecek YKN noktalarının 1/25 000 ölçekli harita üzerinde uygun dağılımda yerleri belirlenmiştir. Belirlenen nokta yerleri mümkün olduğunca yerleşim alanı ve özel mülke konu olmayan uzun süreli muhafaza edilebilecek yerlerde seçilmiştir. Çünkü amacımız bir test alanı oluşturmak ve başka çalışmalarda da bu YKN'dan faydalanmaktır. Bunun için aşağıda boyutları verilen çelikten bir kalıp hazırlanmıştır ( Şekil 2).

Daha sonra bu noktaların arazide inşa edilmesine sıra gelmiştir. Konya iklim olarak karasal bir iklime sahiptir. Noktaların uzun süreli dayanabilmesi ve tahrip olmaması için demirli beton olarak tesis edilmişlerdir(Şekil3).

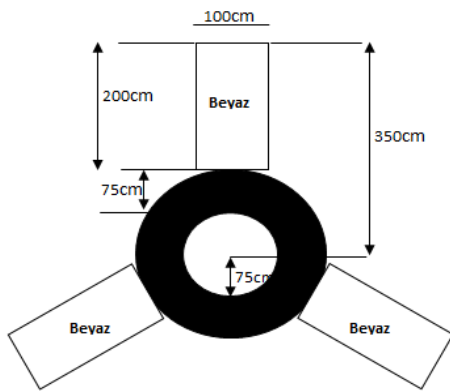


Şekil 2. Hazırlanan çelik kalıbın üstten ve perspektif görünümü



Şekil 3. YKN'nın arazide tesisi

Tesis edilen noktalar aşağıdaki boyutlarda görüntüde iyi seçilebilmesi için siyah-beyaz olarak boyanmıştır ( Şekil 4 ).



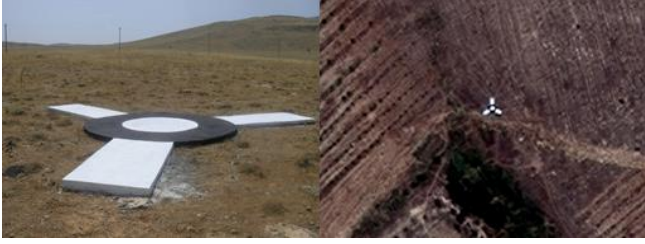
Şekil 4. YKN'nın boyanması



Şekil 5. YKN'nın kireçle taş döşenerek tesisi

Ulaşılması zor olan yerlerde kireçli nokta tesisi yapılmıştır ( Şekil 5 ).

Arazide tesis edilen YKN'nın boyanmış hali ve uydu görüntüsündeki görünümü ( Şekil 6 )



Şekil6. YKN'nın arazi ve görüntüdeki görünümü

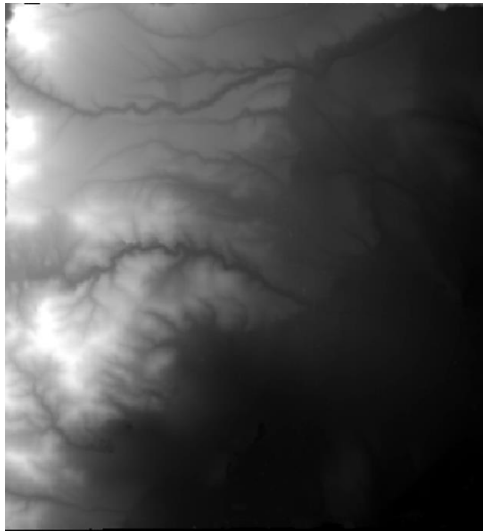
Nokta koordinatları TUSAGA AKTİF (CORSTR) yöntemiyle ölçülmüştür. Ölçmelerde Ashtech Promark 500 çift frekanslı, hem DGPS hem de CORS-TR özelliği olan GNSS alıcısı kullanılmıştır. Çift frekanslı alıcılarla 10 cm altında nokta konum doğruluğu elde edilebilmektedir. Ölçmeler iki oturum şeklinde yapılarak ortalama değerler kullanılmıştır. Elde edilen koordinatlar ITRF sistemindedir. CORS-TR için detaylı bilgi (Yıldırım ve ark. 2007, Kahveci, 2009) bulunabilir.

Uydu görüntüsünün değerlendirilmesinde ERDAS IMAGINE LPS yazılımı kullanılmıştır. Blok dengelemesinde 31 adet YKN kullanılmıştır. Bunlardan 5 tanesi uygun dağılımda ( 4 adet görüntü köşelerinde, 1 adet ortada ) kontrol noktası olarak (KN), 26 tanesi de denetleme noktası (DN) olarak dengelemeye sokulmuştur. 0.23 piksel doğrulukla dengeleme yapılmıştır. Dengeleme sonucu bulunan kontrol noktalarına ve denetleme noktalarına ait karesel ortalama hatalar aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 3).

Tablo 3: Dengeleme sonucu hesaplanan x, y ve z yönündeki ortalama hataları

Nokta Sayısı		(KN) RMSE(m)			(DN) RMSE(m)		
KN	DN	m <sub>x</sub>	m <sub>y</sub>	m <sub>z</sub>	m <sub>x</sub>	m <sub>y</sub>	m <sub>z</sub>
5	26	0,53	0,17	0,63	0,55	0,26	0,65

Dengeleme işleminden sonra otomatik olarak Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) üretilmiştir ( Şekil 7 ).



Şekil7. Çalışma alanına ait SYM

Üretilen SYM kullanılarak çalışma alanının sayısal ortofoto haritası elde edilmiştir ( Şekil 8 ).



Şekil8. Çalışma alanına ait sayısal ortofoto haritası

Üretilen sayısal ortofoto harita üzerinden daha önceden koordinatları jeodezik yöntemlerle belirlenmiş 199 tane noktanın koordinatları okunmuştur. Jeodezik yöntemle belirlenen nokta koordinatları referans alınarak karşılaştırma yapılmıştır. Karşılaştırma sonuçları tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4: Jeodezik ve sayısal ortofoto karşılaştırma sonuçları

Yöntem	KOH			Vy(m)		Vx(m)		N. S.
	m <sub>y</sub> (m)	m <sub>x</sub> (m)	m <sub>p</sub> (m)	Min	Max	Min	Max	
Jeodezik Sayısal ortofoto	0,40	0,38	0,55	-0,93	1,03	-0,84	0,87	199

Dengeleme sonuçları incelendiğinde; bulunan ortalama nokta konum hatası yaklaşık 1/2500 ölçekli harita çizim doğruluğuna yakındır. Fakat hava fotoğraflarında olduğu gibi bazı coğrafi detaylar tam olarak ayırt edilememektedir.

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada 9 Temmuz 2013 tarihli, 0.5m çözünürlüklü stereo WoldView-2 pansharp uydu görüntüleri kullanılmıştır. ÇYÇU görüntülerinin yaygın kullanım alanlarından birisi harita üretimi veya mevcut haritaların güncellenmesidir. ÇYÇU görüntülerinin harita gibi kullanılabilmesi için kesinlikle geometrik düzeltmesinin (ortorektifikasyon) yapılması gerekir. YKN olmaksızın ortorektifikasyon işlemi yapılabilir fakat YKN kullanılması ortorektifikasyon işleminin doğruluğunu artırır. Bunun için ortorektifikasyon işleminde kullanılacak YKN'larının sayısı, dağılımı, doğruluğu ve şekli dengeleme sonuçlarını etkilemektedir. Bu çalışmada 5 KN ve 26 DN kullanılarak dengeleme yapılmış buna göre SYM ve sayısal ortofoto üretilmiştir. Üretilen sayısal ortofoto üzerinden daha önceden koordinatları jeodezik yöntemle belirlenen nokta koordinatları okunmuş ve karşılaştırma yapılmıştır. Yapılan karşılaştırma sonucu bulunan ortalama nokta konum hatası  $m_p = \pm 55 \text{ cm}$ 'dir.

Harita üretiminde zaman, maliyet ve doğruluk önemli bir faktördür. Gereğinden fazla YKN tesis etmek zaman ve maliyeti arttırmaktadır. Bu çalışma

göstermiştir; ortorektifikasyon işlemi uydur görüntüsüyle temin edilen RPC modeli ve uygun dağılımda (4 veya 5) YKN kullanılarak yüksek doğrulukta sonuçlar elde etmek mümkündür. Ayrıca ortorektifikasyon işlemi; dengeleme sonuçlarına, yer kontrol noktası sayısından ziyade yer kontrol noktalarının arazi dağılımının etkili olduğu görülmüştür. Özellikle uygun dağılımda olmayan kontrol noktalarıyla yapılan ortorektifikasyon işlemi z yönündeki ortalama hataları arttırmaktadır (Mutluoğlu vd., 2014). Yeni görüntü alımında bazı problemlerle karşılaşılabilir. Zamanında görüntü elde edilemezse ilave arazi çalışmaları gerekmektedir. Bu da zaman ve maliyeti arttırmaktadır. Çalışma bölgesine ait SYM varsa mono görüntülerden de sayısal ortofoto elde edilebilir. Bununda olumsuz yönleri arazide uygun dağılımda YKN noktası bulmak ( bilhassa kırsal kesimde ) zor olmaktadır. Yüksek çözünürlüklü stereo WorldView-2 uydur görüntüsünden üretilen sayısal ortofoto haritalar; (sayısal olması, güncel olması, sayısal yükseklik modelinin elde edilebilmesi, bir takım yasal engellerin olmaması gibi avantajları dikkate alındığında) bilhassa yerel yönetimler için çok önemli bir veri kaynağıdır. Bu haritalar üzerinden değişikliklerin izlenmesi, şehrin geleceğiyle ilgili karar destek sistemleri, kaçak yapılaşmaların takibi, nazım imar planları rahatlıkla yapılabilir. Navigasyon amaçlı haritaların güncellenmesinde, 3 boyutlu şehir modellerinde, coğrafi bilgi sistemleri çalışmalarında yararlanılabilir.

#### TEŞEKKÜR

Bu çalışma Selçuk Üniversitesi BAP (Bilimsel Araştırma Projeleri) tarafından desteklenmiştir (Proje no:10401092).

#### REFERANSLAR

Padwick, C., Deskevich, M., Pacifici, F., Smallwood S., 2010, WorldView-2 pan-sharpening, ASPRS 2010, San Diego, California.

Cheng, P., Chaapel, C., 2008, "Using WorldView-1 Stereo Data with or without Ground Control Automatic DEM Generation", GEOInformatic October/November 2008, 34-39. (Access Nisan 2010).

DigitalGlobe.com\_Core\_Imagery\_Product\_Guide (Access Nisan 2010).

Poli, D., Angiulia, E., Remondinob, F., 2010, Radiometric and geometric evaluation of worldview-2 stereo scenes, ISPRS Archives – Volume XXXVIII - Part 1, The 2010 Canadian Geomatics Conference and Symposium of Commission I, ISPRS Convergence in Geomatics – Shaping Canada's Competitive Landscape June 15-18, Calgary, Alberta, Canada.

Ke Luong Chinh, 2006, Orthorectification Accuracies of VHRS Imagery Under the Characteristics of Ground Control Points, International Symposium on Geoinformatics for Spatial Infrastructure Development in Earth and Allied Sciences.

Dare, P., Pendlebury, N., Fraser, C., 2002, "Digital Orthomosaics as a Source of Control Points for Geometrically Corrected High Resolution Satellite Imagery", Proceedings of the 23rd Asian Conference on Remote Sensing, Kathmandu, No. 173, 2002, Nepal.

Fraser, C., 2002, "Prospects for Mapping from High-Resolution Satellite Imagery", Proceedings of the 23rd Asian Conference on Remote Sensing, Kathmandu, No. 173, November 25-29, 2002, Nepal.

Yılmaz, H.M., Yakar, M., Mutluoğlu, O., Yıldız, F., 2004, "Selection of the Most Suitable Sizes of Ground Control Points in the Satellite Images", 12-13 July, ISPRS Congress Istanbul.

Mutluoğlu, O., Yakar, M., Yılmaz, H.M., 2012, "The Most Suitable Sizes of Ground Control Points (Gcps) for WorldView-2 FIG Working Week 2012 Knowing to manage the territory, protect the environment, evaluate the cultural heritage Rome, Italy, 6-10 May.

Yıldırım, Ö., Bakıcı, S., Cingöz, A., Erkan, Y., Güllal, E., Dindar, A. A., 2007, TUSAGA-AKTİF (CORS TR) Projesi ve Ülkemize Katkıları, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, 30 Ekim – 02 Kasım, KTÜ, Trabzon.

Kahveci, M., 2009, Gerçek Zamanlı Ulusal Sabit GNSS (CORS) Ağları ve Düşündürdükleri, hkm Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi 2009/1 Sayı 100.

Mutluoğlu, O., Yakar, M., Yılmaz, H.M., 2014, "Yüksek Çözünürlüklü (50cm) WORLDVIEW-2 Uydu Görüntüsünün Konum Doğruluğunun Araştırılması", Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) (Proje no:10401092).