

## DİJİTAL ORTOFOTO HARİTALARDA KONUM DOĞRULUĞU VE MALİYET KARŞILAŞTIRMASI

Ömer MUTLUOĞLU<sup>1</sup>, Ayhan CEYLAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>S.Ü. Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Kampus-KONYA

<sup>2</sup>S.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Kampus-KONYA (aceylan@selcuk.edu.tr)

**Makalenin Geliş Tarihi:** 30.11.2004

**ÖZET:** Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) çalışmalarında; konumsal verilerin elde edilmesi büyük öneme sahiptir. CBS projelerinin başarıya ulaşması, elde edilen konumsal verilerin, oluşturulan CBS projesinin gerektirdiği doğrulukta ve güncellikte olmasına bağlıdır. Bu, sınırlı olan ülke kaynaklarının israf edilmemesi açısından önemlidir. CBS için konumsal verileri karşılaştırmak amacıyla Selçuk Üniversitesi (S.Ü.) Kampus alanı içinde yaklaşık 20 ha'lık bir test alanı oluşturulmuştur. Bu test alanı içine giren bütün detay noktalarının koordinatları kutupsal alım yöntemiyle (Elektronik Takeometre ile) ve dijital ortofoto görüntü üzerinden koordinatlar okunarak elde edilmiştir. Kutupsal alım yöntemi (Klasik yöntem) referans kabul edilerek, dijital ortofotodan elde edilen konumsal verilerin doğruluğu belirlenmeye çalışılmış ve her iki yöntem maliyet yönünden karşılaştırılmıştır. Dijital ortofotodan elde edilen konum ortalama hatası  $m_p = \pm 53.7$ cm olarak bulunmuştur. Birim maliyet (1 ha), klasik yöntemde 95.86 \$, dijital ortofoto yönteminde ise 21.93 \$ olarak hesaplanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** CBS, fotogrametri, dijital ortofoto, elektronik takeometre, konumsal veri

### Comparision of Spatial Accuracy and Cost in Digital Orthophoto Maps

**ABSTRACT:** In Geographic Information System (GIS) studies, spatial data obtained has been of great importance. The achievement of GIS projects is dependent upon the accuracy and spatial data updated. This is vital in terms of extravagant waste of national sources. The test area about 20 ha has been established in Selcuk University Campus to compare spatial data for GIS. All detail points covering the test area have been measured by polar coordinate method using electronic tachymetry and obtained same coordinates with Digital Orthophoto production Method. Polar coordinate method (classical method) has been accepted as a reference and it has been compared with the spatial data obtained from digital orthophoto method in view of accuracy and cost. The root mean square (RMS) errors obtained from comparisons have been found as  $m_p = \pm 53.7$ cm for digital orthophoto production method. The unit cost (1 ha) is 95.86 \$ for classical method, 21.93 \$ for digital orthophoto production method.

**Key words:** GIS, photogrammetry, digital orthophoto, electronic tachymetry, spatial data

### GİRİŞ

Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) özellikle son yıllarda bilgisayar teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak toplumun önemli bir kesiminin ilgilendiği bir konu haline gelmiştir. Yeryüzüne ait konumsal ve konumsal olmayan verilerin bilgisayar ortamında depolanabilmesi, bu

verilerin işlenebilmesi, analizlerin yapılabilmesi ve görsel olarak sunulabilmesi vb. özelliklerinden dolayı, CBS'ye olan ilgi artmaktadır. Bu sebeple CBS'nin kurulması ve etkili olarak kullanılması, artık günümüzde kaçınılmaz bir hal almıştır. Bütün dünyada olduğu gibi, ülkemizde de kamu kurumlarında, yerel yönetimlerde, özel şirketlerde ve

üniversitelerde konuyla ilgili yoğun uygulama çalışmaları yapılmaktadır.

Değişik isimlerde (Arazi Bilgi Sistemi, Kent Bilgi Sistemi, Tapu Kadastro Bilgi Sistemi vb.) sunulan bilgi sistemlerinin tamamında temel hususlar benzerlik göstermektedir. Bu sebeple konuma bağlı oluşturulan bilgi sistemlerinin tamamını CBS içinde değerlendirmek mümkündür. CBS'nin gerçekleştirilmesinde veri toplama işlemi en fazla zaman alan ve en çok maliyet gerektiren önemli safhalarından biridir. Nitekim CBS'ye yönelik kurulması tasarlanan bir sistem için harcanacak zaman ve maliyetin % 50 den fazlası veri toplamak için gerekmektedir (Yomralıoğlu, 2000).

Bu sebeple oluşturulacak CBS'de öncelikli olarak amaca uygun konumsal veri toplama yöntemi seçilmelidir. Konumsal veriler doğrudan arazi ölçmeleriyle elde edilebileceği gibi, mevcut haritaların sayısallaştırılmasıyla (kartografik), fotogrametrik yöntemlerle ve uzaktan algılama yöntemleriyle de elde edilebilir. Bu verilerin elde edilmesinde; zaman, maliyet ve elde edilen verilerin doğrulukları projenin amacına göre değişiklik göstermektedir.

CBS oluşturulmasında konumsal verilerin karşılaştırılması amacıyla S.Ü. Alâeddin Keykubat Kampus alanı içinde seçilen bir test alanındaki detaylara ait koordinatlar, önce klasik yersel ölçmelerle daha sonra dijital ortofoto görüntü üzerinden sayısallaştırılarak belirlenmiştir. Klasik yersel ölçmelerden elde edilen koordinatlar gerçek kabul edilerek, dijital ortofotodan elde edilen değerler için konum doğruluğu belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca, her iki yöntemin maliyet yönünden bir karşılaştırması yapılmıştır.

## CBS'DE KONUMSAL VERİ TOPLAMA YÖNTEMLERİ

Coğrafi bilgi sistemlerine girdi teşkil eden verilerin toplanması için değişik veri kaynaklarına yönelik olarak, farklı disiplinler tarafından çok değişik teknolojik yaklaşımlar geliştirilmiştir. Öte yandan CBS uygulamalarının pek çoğu birden çok kaynaktan veri toplanmasını ve bu verilerin entegrasyonunu gerektirmektedir (Sarbanoğlu, 1991).

Veri toplama işlemi, coğrafi bilgi sistemlerinin gerçekleştirilmesinde en fazla zaman alan ve en çok maliyet gerektiren önemli safhalarından birisidir. CBS'de konumsal verilerin toplanmasında kullanılan yöntemler genel olarak; Klasik ölçme yöntemleri, Fotogrametrik yöntemler, GPS ölçme yöntemi, Uzaktan algılama yöntemi, Kartografik yöntemler olarak sıralanabilir (Şekil 1 ).



Şekil 1. Konumsal veri toplama yöntemleri.

Figure 1. Spatial data acquisition methods.

Teknolojik gelişmelere paralel olarak, bilgisayar yazılım ve donanım imkânları diğer mühendislik alanlarında olduğu gibi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği uygulama alanlarında da yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Hava fotoğraflarının dijital hale dönüştürülmesini mümkün kılan tarayıcı sistemler, bunların görüntülenmesini sağlayan grafik görüntü ekranları, otomatik çizim sistemleri, veri sıkıştırma ve depolama tekniğindeki gelişmeler neticesinde özellikle fotogrametri alanındaki kıymetlendirme çalışmalarında dijital kıymetlendirme aletleri analitik kıymetlendirme aletlerinin yerini almaya başlamış ve otomatik korelasyon tekniği, havai nirengi ve otomatik arazi modeli oluşturulması çalışmalarında kullanılır hale gelmiştir.

## Dijital Ortofoto

Dijital ortofoto haritalar, oluşması muhtemel görüntü distorsiyonlarından arındırılmış ve geometrik olarak düzeltilmiş, düşeye çevrilmiş (arazi yüzeyindeki yükseklik farklılıkları ve

resim eğiklikleri giderilmiş) bilgisayar ortamında fotografik görüntü olarak tanımlanabilir. Bu nedenle dijital ortofoto haritalar Coğrafi Bilgi Sistemlerinde veya bilgisayar destekli veri işleme ve görüntüleme, analiz, güncelleme vb. işlemlerinde doğrudan harita katmanı olarak kullanılabilir (Baz ve diğ., 2003).

Dijital ortofoto, esnek, ucuz ve yüksek kaliteli ürünler sunmaktadır. Analog teknikte olduğu gibi görüntünün kalitesinde bir azalma olmamaktadır. Analog yöntemde, özellikle renkli görüntülerde karşılaşılan, doğruluk ve mozaik oluşturmadaki zorluklar dijital ortofotolarda ortadan kalkmıştır. Dijital ortofoto haritalar elektronik olarak hızlı ve kolayca kullanıma sunulabilmektedir.

## UYGULAMA

### Uygulama Alanının Tanıtımı

Uygulama alanı olarak, Selçuk Üniversitesi Alâeddin Keykubat Kampusu seçilmiştir. Kampus alanı Konya şehir merkezine yaklaşık 20 km. uzaklıkta olup Konya-Afyon karayolu üzerindedir. Kampus alanında yapılaşma kısmen tamamlanmış, çevre düzenleme çalışmaları ise devam etmektedir. Çalışma alanı olarak, CBS oluşturulması için gerekli olan konumsal verilerin elde edilmesi ve karşılaştırmalarının yapılabilmesi için yaklaşık 20 hektarlık bir test alanı seçilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Test alanı.

Figure 2. Test area.

### Klasik Yöntemle Konumsal Verilerin Elde Edilmesi ve Doğruluk Analizi

Klasik yöntemle detay ölçmelerinin yapılabilmesi için öncelikli olarak çalışma alanı içerisine daha önceden tesis edilmiş ve Ülke Koordinat Sisteminde koordinatları bilinen nirengi noktalarına dayalı olarak 5 güzergâhtan oluşan 28 poligon noktası tesis edilmiştir. Ölçmelerde Ünsel Wild T2 (açı ölçme inceliği 1<sup>cc</sup>) teodoliti ve TOPCON GTS-701 Elektronik Takeometresi kullanılmış ve ülke koordinat sisteminde koordinatlar belirlenmiştir. Çalışma alanındaki detay ölçmeleri kutupsal yöntemine göre yapılmıştır. Kullanılan elektronik takeometrede uzunluklar  $m_d = \pm(2mm + 2ppm.D)$  doğrulukta, yatay ve düşey açılar isteğe bağlı olarak 5<sup>cc</sup> ile 1<sup>cc</sup> incelikte okunabilmektedir (İnal 2002). Daha sonra, takeometrik ölçüler bilgisayar ortamında değerlendirilerek detay noktalarının konumsal verileri elde edilmiş ve NETCAD yazılımı ile çizimleri gerçekleştirilmiştir.

Arazi çalışmaları ve detay ölçmeleri 1 Harita Mühendisi ve 4 Harita Teknikeri olmak üzere toplam 5 kişilik bir ölçü ekibi tarafından yapılmıştır. Arazi çalışmaları (istikşaf, poligon tesisi, röper, açı ve kenar ölçmeleri) ve detay ölçmeleri için 40 saat çalışılmıştır. Büro çalışmaları da (arazi verilerin aktarılması, hesaplar ve haritanın oluşturulması) 15 saat almıştır.

Klasik yöntemde belirlenmiş detay noktasının konum hatası,

$$m_p = \pm \sqrt{m_s^2 + \frac{S^2 m_\phi^2}{\rho^2}} \quad (1)$$

bağıntısından bulunabilir (İnal ve diğ., 1996).

Burada;

S : Alet kurulan nokta ile ölçülen detay noktası arasındaki yatay uzunluk

$m_\phi$  : Detay alımında kullanılan elektronik takeometrenin açı ölçme doğruluğunu

$m_s$  : Detay alımında kullanılan elektronik takeometrenin uzunluk ölçme doğruluğunu

$\rho$  : Grad cinsinden  $\left(\frac{200}{\pi}\right)$

ifade etmektedir.

Kutupsal yöntemle detay ölçmelerinde kullanılan Total Station (Topcon GTS-701) için  $m_{\phi}=\pm 10''$  ve  $m_d=\pm(2\text{mm}+2\text{ppm}\cdot D)$  olarak alınmıştır.

Poligon noktasıyla detay noktası arasındaki uzunluk ortalama 400 m, poligon noktasının konum hatası  $\pm 5$  cm olara kabul edildiğinde, detay noktasındaki toplam konum hatası  $\pm 5.5$  cm olarak hesaplanır (İnal ve diğ., 1995).

### Dijital Ortofoto Haritalardan Konumsal Verilerin Elde Edilmesi ve Doğruluk Analizi

Uygulama çalışması için 1998 yılında HGK (Harita Genel Komutanlığı) tarafından S.Ü. Kampus alanını içine alan 1/16 000 ölçeğinde, % 60 boyuna ve % 20 enine oranla çekilmiş olan 8 adet siyah-beyaz hava fotoğrafından oluşturulan blok kullanılmıştır. Fotoğraflar 21 mikron piksel boyutunda, Zeiss SCAI (Scanner with Autowinder Interface) tarayıcısı ile taranarak dijital hale getirilmiş ve bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Fotoğraflar PCI OrthoEngine V 6.3 yazılımında değerlendirilerek kampüs alanının 1/5000 ölçekli dijital ortofoto haritası üretilmiştir (Şekil 3). Bu test alanında iki ayrı çalışma yapılmış, çalışmaların birinde 138 adet örnekleme noktasından yapılan ampirik kontrol sonucunda konum hatası  $\pm 31.3$  cm olarak elde edilmiştir (Yağmur, 2002). Diğer çalışmada ise, farklı 126 adet örnekleme noktasından yapılan kontrol sonucunda konum hatası  $\pm 32.1$  cm elde edilmiştir (Yıldız ve diğ., 2002).

Üretilmiş olan bu dijital ortofoto haritalardan yararlanarak test alanına giren detay noktalarının koordinatları (Y, X) Erdas Imagine Ortho Base yazılımı yardımıyla elde edilmiştir. Elde edilen bu koordinat değerleri klasik yöntemle elde edilen koordinat değerleri ile karşılaştırılmıştır.

Karşılaştırma sonucu elde edilen Y ve X yönündeki gerçek hatalar ile karesel ortalama hatalar;

$$V_Y = Y_G - Y_K \quad (2)$$

$$V_X = X_G - X_K$$

$$m_x = \pm \sqrt{\frac{[V_X V_X]}{n}} \quad (3)$$

$$m_Y = \pm \sqrt{\frac{[V_Y V_Y]}{n}} \quad (4)$$

$$m_p = \pm \sqrt{\frac{[V_X V_X + V_Y V_Y]}{n}} \quad (5)$$

eşitlikleri ile hesaplanmıştır.

Bu eşitliklerdeki;

$Y_K, X_K$ : Referans alınan klasik yöntemle belirlenmiş nokta koordinatları

$Y_G, X_G$ : Dijital Ortofoto ile belirlenmiş nokta koordinatları

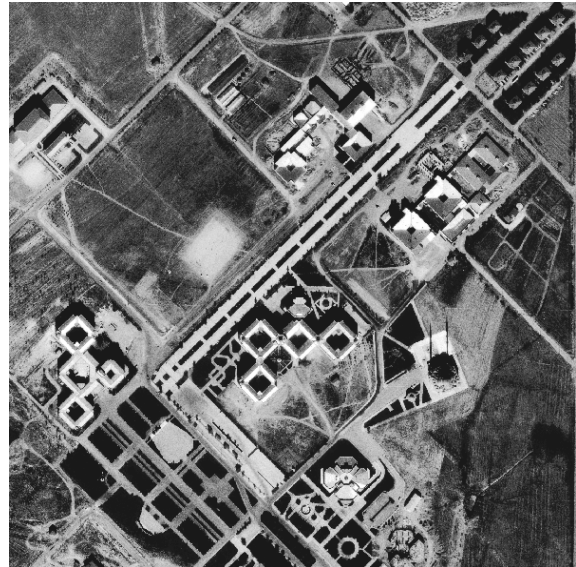
$m_x$ : X yönündeki karesel ortalama hata

$m_y$ : Y yönündeki karesel ortalama hata

$m_p$ : Konum ortalama hatası

n : Nokta sayısını

göstermektedir (Yıldız ve diğ., 1993).



Şekil 3. Test alanının dijital ortofoto görüntüsü.

Figure 3. Digital orthophoto image of test area.

Test bölgesine giren detay noktalarının okunması ve çizimi için yaklaşık olarak 30 saatlik bir zaman harcanmıştır. Karşılaştırma sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Dijital ortofoto karşılaştırma sonuçları.

*Table 1. Results obtained by digital orthophoto production method.*

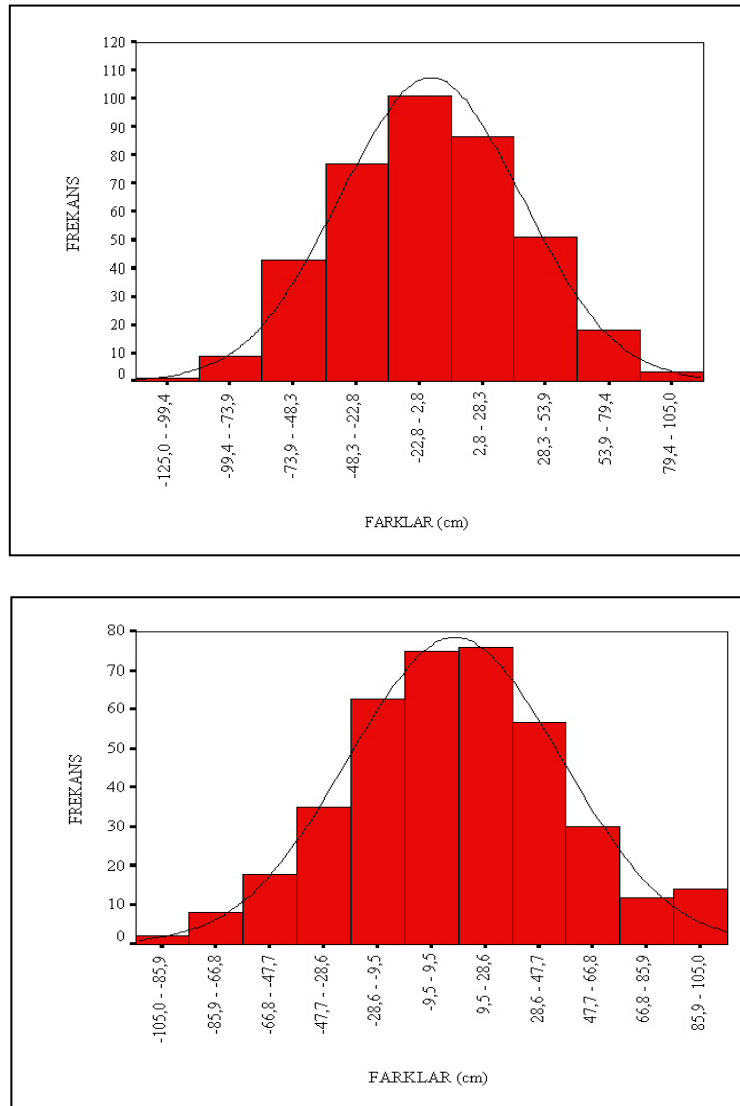
Yöntem	Karesel ortalama hatalar			Nokta sayısı
	$m_y$ (cm)	$m_x$ (cm)	$m_p$ (cm)	
Ortofoto	±39	±39	±54	390

Klasik yöntemle Dijital ortofoto verilerinin karşılaştırılmasının Y ve X yönündeki farklarının histogramları ise Şekil 4'de verilmiştir.

### Yöntemlerin Maliyet Analizi

Test alanındaki detay noktalarına ait konumsal verilerin elde edilmesinde kullanılan ölçme aletlerinin kira ücreti ve personel giderleri dikkate alınarak, yöntemlerin maliyet analizi yapılmıştır.

Maliyet analizinde 2003 yılı 1. yarıyıl İller Bankası Birim Fiyatları esas alınmıştır. Klasik yöntemin maliyet analizi Tablo 2'de ve dijital ortofotonun maliyet analizi Tablo 3'de verilmiştir. Maliyet hesaplarında 1 \$, 1400000 TL (1.4 YTL) olarak alınmıştır.



**Şekil 4.** Y ve X yönündeki farklar.  
*Figure 4. Residuals of Y and X directions.*

**Tablo 2.** Klasik yöntemin maliyet analizi.**Table 2.** The cost of classical method.

Yapılan İş	Birim Fiyatı (TL)	İş Birimi	Proje Maliyeti (TL)	Proje Maliyeti (\$)
Poligon istikşafı (1 nokta için)	6 593 500	28	184 618 000	131.87
Demir boru fiyatı	1 633 850	28	45 747 800	32.677
Röper ölçüsü ve krokisi	11 256 500	28	315 182 000	225.13
Açı ve kenar ölçüsü	10 165 200	28	284 625 000	203.304
Koordinat hesabı ve kontrol	2 236 000	28	62 608 000	44.72
Poligon kanavasası	247 417	28	6 927 676	4.948
Nivelman ölçü ve hesabı	5 506 000	28	154 168 000	110.12
Detay Alımı				
Elektronik takeometre (1 saatlik)	6 195 000	17 (saat)	105 315 000	75.225
Bilgisayar	5 841 000	5	29 205 000	20.861
Harita Mühendisi	10 000 000	17	170 000 000	121.429
Harita Teknikeri ( 4 kişi )	6 875 000	17x4	467 500 000	333.929
Oto	5 250 000	10	52 500 000	37.5
Çizim İşleri				
Harita Mühendisi	10 000 000	15	150 000 000	107.143
Harita Teknikeri	6 875 000	15	103 125 000	73.661
Bilgisayar	5 841 000	15	87 615 000	62.582
Dijital harita çizim ünitesi	7 866 667	2	15 733 334	11.238
<b>TOPLAM</b>			<b>2 147 255 410</b>	<b>1533.754</b>
<b>Yüklenici karı %25 ile toplam</b>			<b>2 684 069 263</b>	<b>1917.192</b>
<b>Birim maliyet ( 1 ha )</b>			<b>134 203 463</b>	<b>95.86</b>

**Tablo 3.** Dijital ortofotonun maliyet analizi**Table 3.** The cost of digital orthophoto production method

Yapılan İş	Birim Fiyatı (TL)	İş Birimi	Proje Maliyeti (TL)	Proje Maliyeti (\$)
1Adet Ortofoto Pafta Harç Bedeli (HGK) ( 605 ha )	483 039 200	1	483 039 200	345,028
Çalışma alanına ait maliyet (20 ha )			15 968 238	11.41
<b>Ortofoto koordinatlarının elde edilmesi</b>				
Harita Mühendisi	10 000 000	30 <sup>h</sup>	300 000 000	214,28
Bilgisayar	5 841 000	30 <sup>h</sup>	175 230 000	125,16
<b>TOPLAM</b>			<b>491 198 238</b>	<b>350.86</b>
<b>Yüklenici karı %25 ile toplam</b>			<b>613 997 798</b>	<b>438.57</b>
<b>Birim maliyet ( 1 ha )</b>			<b>30 699 890</b>	<b>21.93</b>

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada CBS'nin bileşenleri içinde en çok zaman ve maliyet gerektiren bileşen konumsal verilerin toplanmasıdır. Çalışma ile elektronik takeometre ile dijital ortofotodan elde edilen konumsal verilerin doğruluk ve maliyet analizi yapılmış, dijital ortofoto haritalardan  $\pm 53.7$  cm'lik karesel ortalama hata ile konumsal veriler elde edilmiştir.

Mevcut dijital ortofoto haritaların sayısallaştırılması yöntemiyle birim alanda (1 ha) elde edilen verilerin maliyeti 21.93 \$ ve klasik yöntemle birim alanda elde edilen verilerin maliyeti 95.86 \$'dır.

Bazı CBS projelerinde  $\pm 1$ m doğruluk yeterli olmaktadır. Metre ve üzerinde doğruluğun yeterli olduğu projelerde dijital ortofoto

yönteminin daha avantajlı olduğu görülmektedir. Bu avantaj hem maliyet olarak hem de üretim hızı olarak öne çıkmaktadır. Maliyette de yaklaşık % 75 oranında bir avantaj sağladığı yapılan çalışmada görülmüştür.

Dijital ortofoto haritalar, coğrafi bilgi sistemlerinin veri tabanı altlıkları olarak kullanılabilir.

CBS oluşturulmasında güncel ortofoto haritaların kullanılması önemlidir. Ortofoto haritaların yapımı ve güncelleştirilmesi büyük emek ve maliyet gerektirir. Ayrıca, dijital ortofoto haritalar klasik haritalara göre daha fazla ayrıntı içerdiği için kullanımı daha zor görülebilir. Güncel olmayan dijital ortofoto haritaların kullanımı durumunda eksik veriler daha az maliyet gerektiren yöntemlerle tamamlanması yolu tercih edilmelidir.

## KAYNAKLAR

- Baz, İ., Geymen, A., Ateş, H., Sarı, C., 2003, "Otomatik korelasyon tekniği ile üretilen sayısal arazi modellerinin büyük ölçekli ortofoto harita yapımında kullanılması", 9. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 31 Mart-4 Nisan, Ankara.
- İnal, C., 2002, Modern Jeodezide Ölçme Aletleri, S.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Ders Notları Yayın No 50, 119 syf, Konya.
- İnal, C., Erdi, A., Durduran, S., S., 1996, "Bilgi sistemlerinde veri altlığı olarak 1/5000 ölçekli STH'ların konum (X,Y), yükseklik (H) ve alan hassasiyetlerinin araştırılması", S.Ü. Müh. Mim. Fakültesi Dergisi, **11**, 2: 22-32
- İnal, C., Yıldız, F., Erdi, A., 1995, "Pratik jeodezide alım yöntemlerinin karşılaştırılması", Harita Dergisi, **114**.
- Sarbanoğlu, H., 1991, "Coğrafi bilgi sistemleri için veri toplama yöntemleri", Harita Dergisi, **106**.
- Yağmur, A., 2002, Orta Ölçekli Dijital Ortofoto Üretiminde Doğruluk Araştırması, Selçuk üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Yıldız, F., İnal, C., Erdi, A., 1993, "Grafik kadastral amaçlı paftaların sayısallaştırılmasında hassasiyet araştırması", S.Ü. Uluslararası Bilgisayar Uygulamaları Sempozyumu, 9-10 Haziran, Konya.
- Yıldız, F., Yakar, M., Karabörk, H., 2002, Dijital Ortofotodan Elde edilen Bilgilerin Metrik ve Geometrik Doğruluğunun Araştırılması, Selçuk Üniversitesi Araştırma Fonu, Proje No:98/079, Konya.
- Yomralıoğlu, T., 2000, Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar, Seçil Ofset, İstanbul.

