

İstanbul kentinde arazi kullanımının hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri yardımıyla tarihsel dönemlerde incelenmesi ve analizi

T. Murat ÇELİKOYAN, M. Orhan ALTAN

İTÜ İnşaat Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, 34469, Ayazağa, İstanbul

Özet

Arazi kullanımının belirlenmesi için günümüze değin farklı teknikler kullanılmış, bu teknikler dahilinde değişik veri tipleri değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmalar farklı ölçekte olup farklı amaca hizmet etmektedirler. Bu çalışmada, İstanbul kenti için sadece tek bir döneme ait değil, farklı dönemleri içeren arazi kullanımının tesbit edilmesi amaçlanmıştır. Bu şekilde, dönemler arasındaki değişimler tesbit edilerek bu değişimlerin analizleri yapılabilecektir. Adı geçen dönemlerin belirlenmesinde, verinin varlığı ve bu verinin ulaşılabilir olması dikkate alınmıştır. Bu şekilde 2000, 1987/88, 1968 ve 1940'lı yıllar dikkate alınmıştır. 2000 ve 1987/88 yılları için uydu görüntüleri, 1968 ve 1940'lı yıllar için hava fotoğrafları kullanılması planlanmıştır. Temel topoğrafik veri olarak farklı ölçekte basılı ve sayısal haritalar kullanılmıştır. Çalışmanın doğruluğunun araştırması sadece geometrik olarak yapılmayacak, çalışmanın sonucunda oluşturulacak coğrafi bilgi sistemi için tematik doğruluk araştırması da gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Arazi kullanımı, coğrafi bilgi sistemi, konumsal doğruluk, tematik doğruluk.*

Monitoring and analysis of landuse changes in historical periods for the city of Istanbul by means of aerial photography and satellite imagery

Abstract

In order to monitor landuse types, several techniques have been used, by which several types of data have been evaluated. These studies are in different scale and have different aims. In this study, it is aimed that to monitor the landuse types for Istanbul not only for one period but also for different periods. This allows making an analysis on landuse changes between these periods. By selecting these periods, existence of data was the defining parameter. So, the years 2000, 1987/88, 1968 and 1940'ies have been taken as evaluation years. It is planned to use satellite imagery for the years 2000 and 1987/88, aerial photographs for the years 1968 and 1940'ies. For the year 2000, IKONOS and IRS-1C/D images and for 1987/88, KVR-1000 and KFA-1000 satellite images are used. As basic topographic data, hardcopy and softcopy maps from different scale are dealt with. In order to define the landuse changes between evaluation years, a unique coordinate system has been used within the whole study. It would be suitable that having this coordinate system the same datum as the conventional maps in order to make an accuracy assessment at the end of the study. This accuracy assessment would not be only about the geometry but also a thematic accuracy investigation would take place for the geographical information system, which was produced at the end of the study.

Keywords: *Landuse, geographical information system, geometric accuracy, thematic accuracy.*

*Yazışmaların yapılacağı yazar: Murat ÇELİKOYAN. celikoyan@itu.edu.tr; Tel: (212) 285 65 53.

Bu makale, birinci yazar tarafından İTÜ İnşaat Fakültesi'nde tamamlanmış olan "Monitoring and analysis of landuse changes in historical periods for the city of Istanbul by means of aerial photography and satellite imagery" adlı doktora tezinden hazırlanmıştır. Makale metni 19.03.2004 tarihinde dergiye ulaşmış, 01.06.2004 tarihinde basım kararı alınmıştır. Makale ile ilgili tartışmalar 31.10.2005 tarihine kadar dergiye gönderilmelidir.

Giriş

Arazi kullanımının belirlenmesi farklı amaçlara hizmet veren bir çalışmadır. Bu konuyla ilgili olarak çeşitli manuel, yarı otomatik ve tam otomatik teknikler ve algoritmalar geliştirilmiştir. Tam otomatik algoritmaların temeli görüntü işleme tekniklerine dayanmaktadır. Yarı otomatik algoritmalarda bu görüntü işleme algoritmalarına operatör desteği ve yorumu da katılırken, manuel çalışmalarda ise sadece operatörün yorumu ve işgücü gündeme gelmektedir. Arazi kullanımının belirlenmesi çalışmalarının sonuçları genel olarak aşağıda gruplandırılmış uygulamalarda kullanılabilir.

- Şehir planlama
- Çevre araştırmaları ve koruma
- Ulaşım ağlarının planlanması ve yönetimi

Bu çalışmalar sadece genel olarak gruplandırılmış olup, çok değişik amaçlara hizmet eden alt gruplara ayrılabilirler.

Arazi kullanımının belirlenmesi çalışmalarında önemli faktörlerden birisi ölçektir. Amaca en uygun çalışma ölçeğinin belirlenmesi, uydu görüntüsü, hava fotoğrafı, harita gibi verilerin bu ölçek dikkate alınarak seçilmesi ve elde edilmesi gereklidir. Ölçek, bir olayın anlaşılabilirliğini tanımlayan çözünürlüğün ve bu olayı konumsal ve zamansal olarak karakterize eden büyüklüğün limitleri olarak tanımlanır (Kok ve Veldkamp, 2001).

Bu ifadeden yola çıkarak, çalışma alanının belirlenmesi, çalışmanın amacı ve çalışmada tanımlanabilecek en küçük bağımsız alanın belirlenmesi, ölçeğin tespit edilmesi için gereklidir. Ölçeğin belirlenmesinin ardından kullanılacak tekniğin ve veri tiplerinin belirlenmesi, uygulamanın yapılması ve sonuçların görüntülenmesi adımları gelmektedir.

Bu çalışmada, arazi kullanımının belirlenmesi şehir gelişiminin tespiti amacıyla yapılmıştır. İstanbul gibi büyük metropollerde, şehirleşmenin tespiti, kontrolü, planlanması ve analizi çalışma alanının boyutları gözönüne alındığında oldukça zahmetli bir çalışma olarak belirtilebilir. Arazi

kullanımının şehirleşmeye yönelik olarak belirlenmesi üç temel amaca hizmet etmektedir. Bunlar;

- Değişimin belirlenmesi
 - Analiz
 - Planlama ve tahmin
- olarak ifade edilmektedir (Kemper vd., 2002)

Bu çalışmada bu üç adımdan ilki olan değişimin belirlenmesi ve ardından ikinci adım olan analizin kısmen yapılması ve sonuçların diğer adımlar için veri olacak şekilde düzenlenmesi amaçlanmıştır.

Çalışmadaki diğer bir amaç ise arazi kullanımı ile ilgili sonuçların geometrik ve tematik doğruluklarının ortaya konmasıdır.

Kullanılan veriler

Yukarıda ifade edilen amaçlara ulaşılması amacıyla farklı özellikte uydu görüntüleri, hava fotoğrafları ve haritalar temel veriler olarak kullanılmıştır. Bu verilerin seçimindeki ilk parametre referans olarak seçilen 2000 yılı için çalışma ölçeğine bağlı olarak çözünürlük iken tarihsel dönemler için verilerin ulaşılabilirliği olmuştur. 2000 yılı değerlendirmesinde İstanbul Boğazı ve çevresi için bölgenin şehir için önemi dikkate alınarak pankromatik kanalda 0.8 m. geometrik çözünürlüğe sahip IKONOS uydu görüntüleri, diğer bölgeler için yine pankromatik kanalda 5.8 m. geometrik çözünürlüğe sahip IRS 1C/D uydu görüntüleri kullanılmış olup bu uydulara ait karşılaştırmalı teknik özellikler Tablo 1’de verilmiştir.

Tarihi dönemlerden ilki olarak şehir gelişimi dikkate alınarak 1987 ve 1988 yılı seçilmiştir. Bu yıllardan 1987 yılı için 2.5 m. geometrik çözünürlüğe sahip KVR uydu görüntüleri, 1988 yılı için 5 m. geometrik çözünürlüğe sahip KFA uydu görüntüleri kullanılmıştır.

Son iki tarihi dönemin belirlenmesindeki etken verilerin varlığı ve erişilebilirliği olmuştur. Bu durum dikkate alındığında son iki tarihi dönem olarak 1968 ve 1940’lı yıllar belirlenmiştir. Bu dönemlerde uygun ölçekte hava fotoğraflarının varlığı çalışmanın amacı açısından uygun olmuştur.

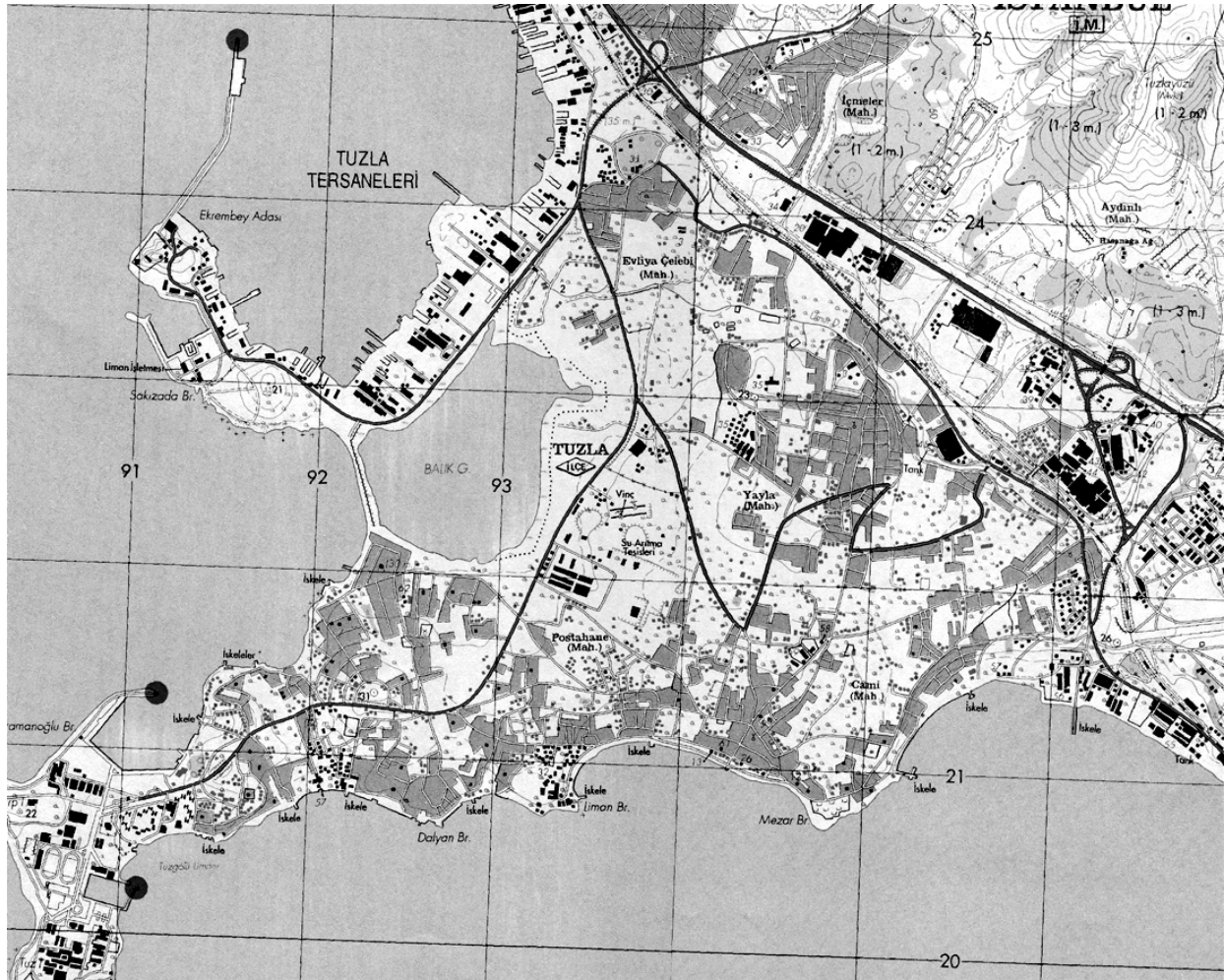
1940'lı yıllarda çalışma alanının tamamını kaplayan ve tek bir yıla ait olan hava fotoğraflarının olmaması, bu dönemi tek bir yıl değil bir zaman aralığı olarak değerlendirilmesini zorunlu kılmıştır. Bu verilerin georeferanslandırılması için 1:25000 ölçekli topoğrafik haritalar kullanılmıştır.

Tablo 1. IKONOS ve IRS uydularının teknik özelliklerinin karşılaştırılması (Sadeghian vd., 2001)

Algılayıcı		IKONOS	IRS-1C/D
Geometrik	Pan	0.8	5.8
Çözünürlük (m)	MS	3.26	23.5
Spektral Çözünürlük	Pan	1	1
	Görüntür	3	2
	IR	1	1/2
Radyometrik		11 bit	6 bit
Çözünürlük			
Yükseklik (km)		680	817/780
Tarama Genişliği (km)		11	70(117)

Geometrik dönüşüm

Geometrik dönüşüm işlemine konu olan ilk veriler topoğrafik haritalardır. Basılı olarak elde edilen bu haritalar 6° dilim genişliğinde ve İstanbul için 27° dilim orta meridyeninde üretilmişlerdir. Haritalar öncelikle bu koordinat sistemine referanslandırılmışlar, sonrasında ise dilim dönüşümü ile çalışma için kullanılacak sisteme dönüştürülmüşlerdir. Geometrik dönüşüm işlemi iki adımdan oluşmaktadır. İlk adımda her bir 1:25000 ölçekli pafta sadece köşe koordinatları yardımıyla yaklaşık olarak konumlandırılmış, ardından da paftalar üzerindeki kareler ağı kullanılarak kesin konumlandırılması gerçekleştirilmiştir. Bu adımda afin dönüşüm uygulanmış olup, bu şekilde baskı haritaların taranması esnasında oluşabilecek büzülme hataları da elimine edilmiştir. Çalışmada kullanılan topoğrafik haritalara örnek Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Çalışmada kullanılan topoğrafik haritalara örnek

Haritaların sayısallaştırılmasının ardından, haritalar ile uydu görüntülerinde keskin ve net olarak gözükken kavşak, bina köşesi gibi detaylar dayanak noktası olarak kullanılmış ve uydu görüntüleri çalışma için belirlenmiş olan koordinat sistemine dönüştürülmüştür.

Hava fotoğraflarının sayısallaştırma işlemine hazırlanması amacıyla bu veriler temel alınarak ortofotolar üretilmiştir. Bu işlem esnasında 1:5000 ve 1:25000 ölçekli sayısal arazi modelleri kullanılmıştır. Kontrol noktaları olarak uydu görüntülerinin referanslandırılması işleminde olduğu gibi hava fotoğraflarında ve haritalarda keskin ve net olarak gözükken detaylar alınmış, bu detayların planimetrik konumları haritalardan, düşey konumları ise sayısal arazi modelinden hesap yoluyla elde edilmiştir. 1968 ve 1940'lı yıllar için kullanılan hava fotoğraflarının karakteristikler Tablo 2 ve Tablo 3'te verilmiştir.

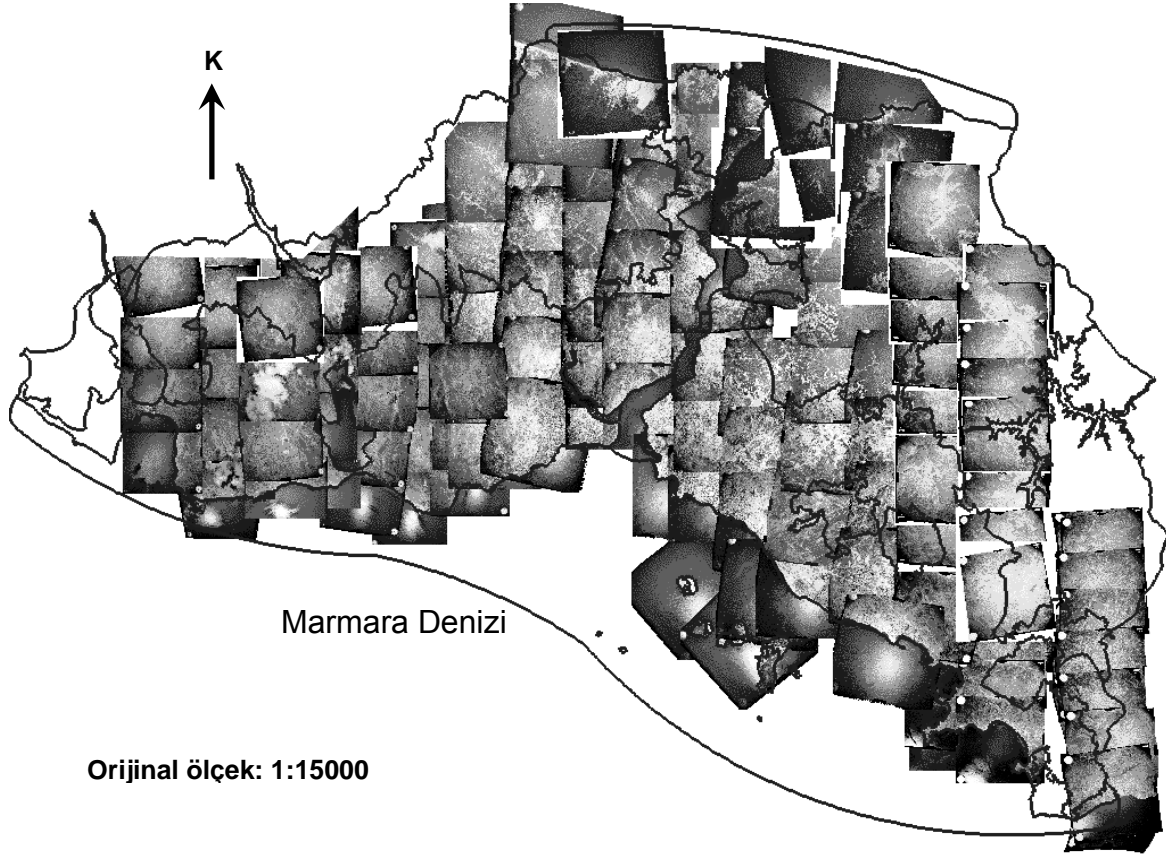
Tablo 2. 1968 yılı için ortofoto üretiminde kullanılan hava fotoğraflarının karakteristikleri

Blok No	Fotoğraf Sayısı	Yaklaşık Ölçek	Yaklaşık Uçuş Yük. (m)	Odak Uzaklığı (mm)
1968	9	1: 42.000	4.200	99.40
1907	50	1: 42.000	4.200	99.40
1914	35	1: 42.000	4.200	99.40
Toplam	94			

Tablo 3. 1940'lı yıllar için ortofoto üretiminde kullanılan hava fotoğraflarının karakteristikleri

Yıl	Blok No	Fotoğraf Sayısı	Yak. Ölçek	Yak. Uçuş Yük. (m)	Odak Uz. (mm)
1940	48-b	33	1: 35.000	3.500	99.48
1942	55	36	1: 35.000	3.500	99.50
1949	518	45	1: 42.000	4.200	99.68
Toplam		114			

Üretilmiş ortofotoların çalışma alanındaki kapsama alanları Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. 1940'lı yıllar için üretilen ortofotolar ve çalışma alanı

Sayısallaştırma

Sayısallaştırma işleminin hemen başında sayısallaştırılacak objeler için bir veritabanı tasarımı yapılmıştır. Sayısallaştırma işlemi, her dönem için çizgisel ve alansal katman olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Ayrıca çalışma alanının büyüklüğü ve buna bağlı olarak kayıt sayısının çokluğu sebebiyle çalışma alanı sonradan birleştirilmek üzere Anadolu ve Avrupa yakaları olarak ikiye bölünmüştür. Bu durumda çalışmada her yıl için iki adet çizgisel katman ve iki adet alansal katman olmak üzere toplam 8 veritabanı bulunmaktadır. Çizgisel katmanda yollar, akarsular, kanallar gibi çizgisel objeler bulunmaktadır. Her bir obje sayısallaştırıldıktan sonra, önceden oluşturulmuş bulunan veritabanında öznitelik değeri girilmekte, bu şekilde yüksek sayıda olan objeler ve buna bağlı olarak veritabanındaki kayıtlar arasında özniteliği eksik olan kayıt bulunması engellenmektedir. Alansal katmanda ise arazi kullanımının kesiklik gösterdiği hatlarla sınırlı alanlar bulunmaktadır. Bu katmanda ayrıca genişliği 25m ve daha fazla olan yol, otoyol, akarsu ve demiryolu gibi çizgisel katmanda da sayısallaştırılmış objeler alansal olarak sayısallaştırılmıştır.

Veritabanına öznitelik olarak önceden oluşturulmuş bulunan lejanttaki kod numarası girilmiş, bu şekilde veritabanının sayısal ortamdaki boyutu küçültülmüş olup, bunun yanında operatör hatalarının da en aza indirgenmesi amaçlanmıştır.

Lejant, dört dereceli olarak tasarlanmıştır. 1. derecede toplam beş adet arazi kullanım sınıfı bulunmakta olup, bu sınıflar aşağıda verilmiştir.

1. Yapay yüzeyler
2. Tarım arazileri
3. Ormanlar ve yarı-doğal yüzeyler
4. Bataklıklar
5. Suyla kaplı bölgeler

Bu beş adet 1. derece sınıf kendi içlerinde 2.,3. ve 4. derece sınıflara ayrılarak sonuçta toplam onüç adet 2.derece, otuz adet 3.derece ve elli adet 4.derece sınıf oluşturmaktadır. Bu dağılı-

mın sayısal gösterimi ve yapay yüzeylerin dağılımı Tablo 4 ve Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 4. Lejantın alt sınıflandırmasının sayısal gösterimi

	1.derece	2.derece	3.derece	4.derece
Yapay Yüzeyler			1	3
		1	1	4
			1	10
		1	1	7
			1	-
			1	-
		1	1	-
			1	-
		1	1	1
			1	-
Tarım Arazileri		1	1	3
			1	-
	1	1	1	2
			1	2
		1	2	
		1	-	
Ormanlar ve yarı-doğal yüzeyler		1	1	-
		1	1	1
			1	1
	1	1	1	3
			1	2
		1	2	
	1	1	1	
		1	2	
Bataklıklar	1		1	-
Suyla kaplı bölgeler			1	2
	1		1	2
		1	1	-

Arazi kullanımının belirlenmesi

Her bir yıl için çizgisel ve alansal katmanlarda yapılan sayısallaştırmalar ve buna bağlı olarak oluşturulan veritabanı sonucunda hem grafik hem de istatistik olarak çeşitli sonuçlar elde edilmiştir. Sayısallaştırma hakkında karakteristik değerler Tablo 6'da verilmiştir.

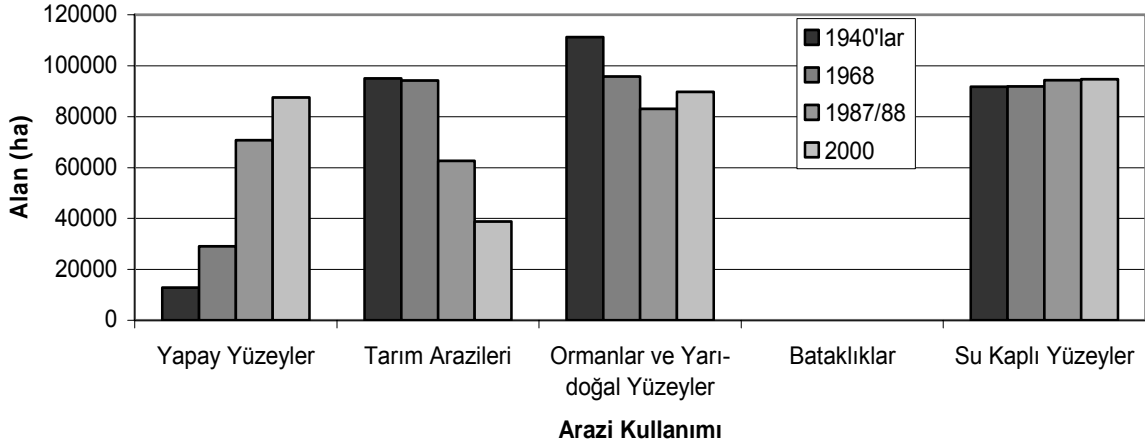
Kullanılan lejantın 1. derecedeki sınıflarındaki değişimin yıllara göre değişimi Şekil 3'te grafik olarak verilmiştir.

Tablo 5. Yapay yüzeylerin alt sınıflandırması

1.derece	2.derece	3.derece	4.derece	
1. Yapay Yüzeyler	1.1 Konut alanları	1.1.1 Sürekli konut alanları	1.1.1.1 Çok yoğun sürekli konut alanları	
			1.1.1.2 Orta yoğunlukta sürekli konut alanları	
			1.1.1.3 Formal olmayan konut alanları	
		1.1.2 Kesikli konut alanları	1.1.2.1 Kesikli konut alanları	
	1.1.2.2 Kesikli ve seyrek konut alanları			
	1.1.2.3 Blok (site) konut alanları			
	1.1.2.4 Formal olmayan kesikli konut alanları			
	1.2 Endüstriyel, ticari ve ulaşım birimleri		1.2.1 Endüstriyel, ticari, kamusal ve özel birimleri	1.2.1.1 Endüstriyel alanlar
				1.2.1.2 Ticari alanlar
				1.2.1.3 Ulaşım sistemine bağlı olmayan kamu ve özel alanlar
		1.2.1.4 Kamu yararına teknoloji alanları		
		1.2.1.5 Tarihi bölgeler		
		1.2.1.6 Dini yapılar		
		1.2.1.7 Ağaçlandırılmamış mezarlıklar		
1.2.1.8 Hastaneler				
1.2.1.9 Yasak bölgeler				
1.2.1.10 Tarımsal endüstriye ait alanlar				
1.2.2 Yol ve demiryolu ağları ile bunlara bağlı alanlar	1.2.2.1 Erişim kontrollü yollar ve bağlı alanlar			
	1.2.2.2 Diğer yollar ve bağlı alanlar			
	1.2.2.3 Tren yolları ve bağlı alanlar			
	1.2.2.4 Diğer demiryolları			
	1.2.2.5 Ek ulaştırma yapıları			
	1.2.2.6 Özel araçlar için park alanları			
	1.2.2.7 Kamu araçları için park alanları			
1.2.3 Liman ve iskeleler				
1.2.4 Havaalanları				
1.3 Madenler, çöplükler ve inşaat alanları	1.3.1 Maden işletmeleri	1.3.1 Maden işletmeleri		
		1.3.2 Şehir çöplükleri		
		1.3.3 İnşaat alanları		
		1.3.4 Kullanım dışı araziler		
1.4 Yeşillendirilmiş tarım dışı alanlar	1.4.1 Yeşil şehir alanları	1.4.1.1 Ağaçlandırılmış mezarlıklar		
		1.4.2 Spor alanları		

Tablo 6. Sayısallaştırma sonuçlarının karakteristik bilgileri

Yıl	2000	1987/88	1968	1940'lar
Toplam alan (ha)	310762.225	310753.835	310753.630	310753.899
Alansal objeleri sayısı	12816	8543	5855	3821
Kullanılan sınıf sayısı	65	62	57	55
En küçük alan (ha)	0.102	0.222	0.213	0.222
En büyük alan (ha)	69517.973	69977.382	70559.585	70499.826
km ² 'ye düşen alan sayısı	4.124	2.749	1.884	1.230
Ortalama alan büyüklüğü (ha)	24.248	36.375	53.075	81.328
Çizgisel objelerin toplam uzunluğu (km)	16559.228	14684.661	10184	7414.810
Çizgisel objelerin sayısı	117529	106186	62226	40225
km ² 'ye düşen çizgi sayısı	37.820	34.170	20.024	12.944
Ortalama uzunluk	141	138	164	184
km ² 'ye düşen çizgi uzunluğu (km)	5.329	4.725	3.277	2.386
Üç boyutlu objelerin sayısı	23	17	3	2
Üç boyutlu objelerin alan toplamı (ha)	43.306	29.791	4.361	3.640



Şekil 3. 1.derece sınıflardaki yıllara göre değişimin grafik gösterimi

Şekil 3'te görüldüğü gibi, yapay yüzeylerdeki hızlı artışın karşılığı olarak, tarım arazilerinde ve kısmen ormanlık ve yarı-doğal yüzeylerde azalma tespit edilmiştir. Suyla kaplı bölgelerdeki ufak artmanın sebebi olarak da İstanbul çevresinde inşa edilen barajlar gösterilebilir.

Doğruluk araştırması

Eldedilen sonuçların hem geometrik hem de tematik doğruluklarının araştırmasının yapılması, sonuçların güvenilirliğini arttıracaktır. Geometrik doğruluğun belirlenmesi amacıyla rastlantısal bir örnek grup seçilmiş ve doğruluk testleri bu grup için gerçekleştirilmiştir. Örneklem için ikişerli olarak bir çizgiyi tanımlayan nokta çiftleri kullanılmıştır. Bu noktaların gerçek konumları olarak, tanımladıkları çizgilerin 1:1000 ölçekli haritalardaki karşılıkları seçilmiş ve arasındaki farklar kullanılarak doğruluk araştırması yapılmıştır. Çalışmanın ölçeğinin 1:25000 ve gerçek kabul edilen koordinatların alındığı haritaların ölçeğinin 1:1000 olduğu gözönüne alınır, elde edilecek değerlerin doğruluk araştırması için yeterli olacağı düşünülebilir.

x_i ve y_i sayısallaştırılmış koordinatlar, X_i ve Y_i 1:1000 ölçekli haritadan alınan koordinatlar olmak üzere, noktaların gerçek hataları ε_{s_i} ve n adet örnek noktanın teorik standart sapması aşağıdaki şekilde hesaplanabilir. (Taştan, 1999)

$$\varepsilon_{x_i} = x_i - X_i \quad (1)$$

$$\varepsilon_{y_i} = y_i - Y_i \quad (2)$$

$$\varepsilon_{s_i} = \sqrt{\varepsilon_{x_i}^2 + \varepsilon_{y_i}^2} \quad (3)$$

$$\sigma_{\varepsilon_x} = \sqrt{\frac{\varepsilon_{x_i}^2}{n}} \quad (4)$$

$$\sigma_{\varepsilon_y} = \sqrt{\frac{\varepsilon_{y_i}^2}{n}} \quad (5)$$

Bu eşitlikler temel alınarak yapılan hesaplamalar sonucunda dairesel standart hata:

$$\sigma_c = \sqrt{\frac{\sigma_{\varepsilon_x}^2 + \sigma_{\varepsilon_y}^2}{2}} = 5.6 m \quad (6)$$

olarak elde edilmiştir. Bununla beraber Taştan (1999)'da özetlenen doğruluk ölçütleri için de hesaplamalar yapılmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Dairesel olası hata:

$$CPE = \sqrt{1.39 \sigma_c^2} = 6.7 m \quad (7)$$

Karesel ortalama konum hatası:

$$MSPE = \sqrt{2 \sigma_c^2} = 8.0 m \quad (8)$$

Dairesel harita doğruluk standardı:

$$CMAS = \sqrt{4.61\sigma_c^2} = 12.1m \quad (9)$$

Dairesel yakın belirlilik hatası:

$$CNCE = 3.5\sigma_c = 19.7m \quad (10)$$

olarak hesaplanmıştır.

Tematik doğruluk araştırması için tekrar bir örnekleme yapılmıştır. Bu işlemde her bir arazi kullanım sınıfı için, o sınıftaki toplam alan sayısı dikkate alınarak örnekleme yapılmıştır. Sayısı 30'dan fazla olan arazi sınıfları için 30, 21 ve 30 arasında kalan arazi sınıfları için 20, 11-20 arasında kalan arazi sınıfları için 10 adet rastlantısal örnek seçilmiştir. Sayısı 10'dan az olan arazi sınıfları için ise bu sınıflara dahil olan arazilerin tamamı bu örnekleme grubuna dahil edilmiştir. Bu şekilde 2000 yılı değerlendirmesi için kullanılmış olan 65 sınıf için toplam 1168 adet örnek seçilmiştir ve bunların öznelikleri teker teker kontrol edilmiştir. Sonuç olarak 65 arazi sınıfının 48'inde bir hataya rastlanmamıştır. Geriye kalan 17 arazi sınıfındaki hata oranları %13.3 ile %3.3 arasında değişmektedir.

Tamamı hatasız tanımlanmış olan 48 arazi kullanım sınıfının 30 adedi ise çalışma bölgesinin tamamında 10'dan daha az sayıda tanımlanmış sınıflar olup, sayılarının az olması sebebiyle bu tip sınıflardaki hata oranının az olması veya hatasız olarak tanımlanmış olmaları normal karşılanabilir. Tamamı doğru olarak tanımlanmış diğer 18 sınıf ise, haritalarda kullanımına ilişkin bilgi bulunan (Mezarlıklar, ormanlar, dini yapılar, vs) veya gerek hava fotoğrafları gerekse uydu görüntülerinden kolaylıkla kullanım türleri belirlenebilen (liman, deniz, akarsu, endüstriyel alanlar vs) sınıflardır.

Her bir alan sınıfının 2000 yılı değerlendirme-sindeki tekrar sayısı ve o sınıftan seçilen örneklerden belirlenen hatalı tanımlama oranları birleştirilmiş ve Bayes teoremi kullanılarak sözkonusu değerlendirme yılı için bir tematik doğruluk hesaplanmıştır.

$$P(F) = \sum [P(F/L_i) * P(L_i)] \quad (11)$$

eşitliğinde $P(F/L_i)$, L_i sınıfından rastgele seçilmiş olan örnekleme grubu içerisinde hatalı tanımlama oranını, $P(L_i)$ ise L_i sınıfında tanımlanmış olan alanların toplam alanlara oranını ifade etmektedir. Yapılan hesap sonucunda 0.0569 değeri elde edilmiştir. Bu değer "rastgele seçilen bir alanın hatalı tanımlanmış olma olasılığı %5.69'dur" şeklinde ifade edilebilir.

Sonuçlar

Bu çalışmada, büyük metropoller için analiz ve planlama amacıyla kullanılabilir arazi kullanımının tespit yönteminin belirlenmesi amaçlanmış ve İstanbul örneğine uygulanmıştır. Bu sebeple farklı tip veriler kullanılmış olup elde edilen sonuçların gerek geometrik gerekse tematik olarak, çalışma ölçeğinde yeterli doğrulukta olduğu düşünülmektedir.

Tablo 6'da verilen karakteristik bilgiler dikkate alındığında, oldukça zahmetli, uzun ve monoton bir çalışma ardından elde edilen sonuçların doğruluklarının oldukça yüksek olması olumlu bir sonuçtur. Elde edilen sonuçlar, bir metropol için sadece makro olarak değil, mikro analiz ve planlamada da kullanılabilir olması, çalışmanın amacına ulaştığının bir göstergesidir.

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, şehirleşmenin boyutları, yönleri ve çeşitliliği daha iyi anlaşılmıştır. Bu şehirleşmenin sebep-sonuç ilişkilerinin konunun uzmanları tarafından tarihsel veriler de dikkate alınarak sayısal ve grafik verilere dayandırılabilmesi sağlanmıştır.

Tematik sonuçlar incelendiğinde, İstanbul kentinde çalışmanın kapsadığı zaman diliminde arazi kullanımının büyük miktarlarda değişime uğradığı belirlenmiş, bu değişimin tarım arazilerinden, konut, ticari ve sanayi gibi yapay yüzeylere doğru olduğu ve miktarları ile belirlenmiştir. Bu, Türkiye'nin sanayi ve ticaret hacminin önemli bir miktarını bünyesinde barındıran İstanbul için beklenen bir sonuçtur.

Kaynaklar

Backhaus, R., Braun, G., (1998). Integration of remotely sensed and model data to provide the

- spatial information basis for sustainable landuse, *Acta Astronautica*, **42**, 9, 541-546.
- Beard, K., Mackaness, W., (1993). Visual access to data quality in geographic information systems, *Cartographica*, **30**, 2,3, 37-45.
- Bossard, M., Feranec, J., Otahel, J., (2000). Corine Land cover technical guide-Addendum 2000, *European Environment Agency, Report No:40*, Copenhagen, Denmark.
- Brown, L.G., (1992). A survey of image registration techniques, *ACM Computing Surveys*, **24**, 4, 325-376.
- Hashiba, H., Kameda, K., Sugimura, T., Takasagi, K., (1998). Analysis of landuse change in periphery of Tokyo during last twenty years using the same seasonal Landsat data, *Advances in Space Research*, **22**, 5, 681-684.
- Kemper G., Altan, M.O., Celikoyan, T.M., (2002). Final report for the project monitoring landuse dynamics for the city of Istanbul, *European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability*, Speyer, Germany
- Kok, K., Veldkamp, A., (2001). Evaluating impact of spatial scales on land use pattern analysis in Central America, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **85**, 205-221.
- Sadeghian, S., Zoj, M.J.V., Delavar, M.R., Abootalebi, A., (2001). Precision rectification of high resolution satellite imagery without ephemeris data, *JAG*, **3-4**, 366-371.
- Taştan, H., (1999). Coğrafi bilgi sistemlerinde veri kalitesi, *Doktora Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.