

SPEKTRAL İNDEKSLERİN LANDSAT TM UYDU VERİLERİ KULLANILARAK ARAZİ ÖRTÜSÜ/KULLANIMI SINIFLANDIRMASINA ETKİSİ: İSTANBUL, BEYLİKDÜZÜ İLÇESİ, ARAZİ KULLANIMI DEĞİŞİMİ

Ö. Kayman *, F. Sunar *

*İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469, Maslak, İstanbul - ozgekayman@gmail.com, fsunar@itu.edu.tr

ANAHTAR KELİMELER: Kentsel gelişim, Sınıflandırma, Spektral indeks

ÖZET:

Günümüzde uzaktan algılama ile yeryüzünün büyük bir kısmı eş zamanlı ve farklı spektral bölgelerde gözlenmektedir ve elde edilen veriler birçok uygulama alanında kullanılmaktadır. En yaygın kullanılan uygulama alanlarından biri de kentsel gelişimin izlenmesidir. Çok zamanlı uydu görüntü verileriyle zaman içerisinde kentsel değişimin izlenebilmesi, kentsel gelişme sonucu arazi örtüsü/kullanımındaki değişimin belirlenmesi ile mümkün olabilmektedir. Kentsel gelişimin izlenmesi için farklı değişim saptama yöntemleri mevcut olup, bu yöntemlerden en yaygın kullanılanı, sınıflandırma sonuçlarının karşılaştırılmasıdır. Bu yöntemde, farklı tarihte alınan uydu görüntülerinin sınıflandırma sonuçlarının kıyaslanması ile arazi kullanım değişimi belirlenebilmektedir.

Bu çalışmada İstanbul ilinin Beylikdüzü ilçesinin 1984 ve 2011 yılları arasındaki kentsel gelişimi incelenmiştir. Bu bağlamda, bölgeye ait 12 Haziran 1984 tarihli ve 23 Haziran 2011 tarihli LANDSAT-TM görüntüleri kullanılmıştır. Kullanılan görüntülere kontrollü sınıflandırma işlemi ve yerleşim alanlarının belirlenmesine katkı sağlayan 7 farklı spektral indeks, NDVI (Normalize edilmiş bitki örtüsü indeksi), NDBI (Normalize edilmiş yerleşim alanı indeksi), NDISI (Normalize edilmiş geçirimsiz yüzey indeksi), SVI (Toprak ve bitki örtüsü indeksi), BRBA (Yerleşim alanları için bant oranı), Toprak indeksi ve BCI (Biyofiziksel karışım indeksi) uygulanmıştır. Spektral indeks görüntüleri ve orijinal görüntüler arasında korelasyon analizi yapılarak seçilen en uygun indeks görüntüleri (NDVI ve NDBI) orijinal görüntülere dahil edilerek sınıflandırma işlemi tekrar uygulanmış ve spektral indekslerin kontrollü sınıflandırmaya etkisi irdelenmiştir. Son olarak, değişim analizi yapılarak göz önüne alınan tarihler arasında Beylikdüzü ilçesindeki kentsel gelişim nicel ve nitel olarak belirlenmiştir.

KEY WORDS: Urban development, Classification, Spectral index

ABSTRACT:

Today, with remote sensing, a large part of the Earth surface is being monitored in different spectral regions synchronously. Data, obtained by using remote sensing satellites, is used in several applications. One of the most commonly used applications is the monitoring of the urban development. With using multi-date satellite images, monitoring urban development and determination land cover/land use changes after urban expansion are possible. Different change detection methods are available for monitoring urban expansion. One of the most commonly used methods is the post-classification comparison. In this method, land use changes are determined with a comparison of the classification results of the multi-date satellite images.

In this study, urban expansion from 1984 to 2011 of the district of Beylikdüzü in İstanbul is analyzed. In this context, multi-temporal data collected from LANDSAT 5-TM satellite (June 12, 1984 and June 23, 2011) are used. Supervised classification and seven different spectral indices that are mostly used in urban analysis, NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), NDBI (Normalized Difference Built-up Index), NDISI (Normalized Difference Impervious Surface Index), SVI (Soil and Vegetation Index), BRBA (Band Ratio for Built-up Area), Soil index and BCI (Biophysical Composition Index) are applied to the LANDSAT-TM images. The correlation analysis is done between the original images and spectral indices. According to the evaluation, the NDVI and NDBI are taken into consideration as the best spectral indices. Afterwards, these two indices are added as a new band to the original LANDSAT images. By this way, the effect of spectral indices over supervised classification is analyzed. Finally, the change detection analysis is performed and the urban development of Beylikdüzü in 27 years is evaluated both qualitatively and quantitatively.

1. GİRİŞ

Toplumun ihtiyaçlarını karşılamak için kullanılan ancak sınırlı olan doğal kaynakların ve içinde yaşadığımız çevrenin araştırılmasında, etkin yöntemler kullanmak, teknolojinin doğru kullanılmasıyla bilgiye ve sonuca yüksek hız ve kısa zamanda ulaşmak son derece önemlidir. Doğal kaynakların mevcut varlıklarının ve potansiyellerinin belirlenmesi, zamansal değişimlerinin izlenmesi, güncelleştirilmesi amacıyla yapılacak çalışmalarda, uzaktan algılama biliminden yararlanılması doğru,

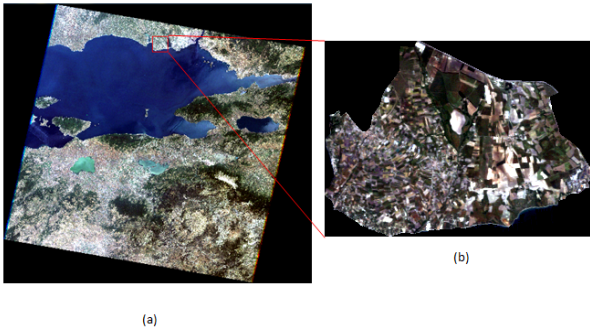
hızlı ve düşük maliyetli bilgi elde edilmesini sağlayacaktır. Uzaktan algılama teknolojilerinin kullanıldığı en önemli uygulama alanlarından birisi uydu görüntüleri yardımıyla kentsel gelişimin izlenmesidir. Sanayileşme ve hızlı kentleşme; temel ekosistem, küresel çeşitlilik ve bölgesel iklim değişiklikleri gibi birçok çevresel değeri olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle günümüzde uzaktan algılama tekniği kentlerin zamansal değişiminin hızlı ve etkili bir şekilde tespit edilebilmesinde önemli bir araç olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada İstanbul ilinin Beylikdüzü ilçesinin 1984 ve 2011 yılları arasındaki kentsel gelişimi incelenmiştir. Bu bağlamda bölgeye ait 1984 ve 2011 yıllarına ait LANDSAT-TM görüntüleri kullanılmıştır. Kullanılan görüntülere farklı dijital görüntü işleme teknikleri (kontrollü sınıflandırma, spektral indeksler vb.) uygulanarak değişim analizi yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

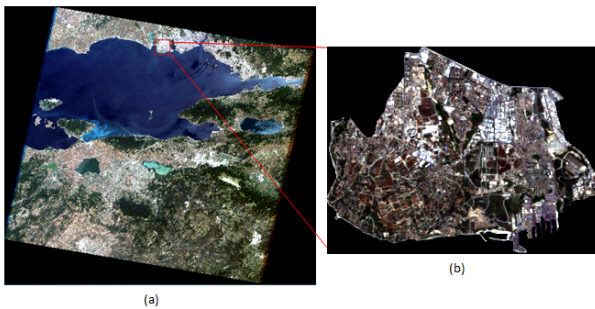
2. ÇALIŞMA ALANI VE KULLANILAN VERİLER

Çalışma alanı, Marmara Bölgesine bağlı İstanbul ilinin bir ilçesi, Beylikdüzü'dür. Beylikdüzü'nün güneyinde Marmara Denizi, doğusunda Avcılar, kuzeyinde Esenyurt, batısında ise Büyükçekmece ilçeleri yer almaktadır (URL-1).

Bu çalışmada Beylikdüzü ilçesine ait 12 Haziran 1984 ve 23 Haziran 2011 tarihli LANDSAT-TM uydu görüntüleri kullanılmıştır (Şekil 1 ve Şekil 2).



Şekil 1. 1984 yılına ait doğal renkli (RGB: 3/2/1) görüntü (a) Orijinal görüntü, (b) Beylikdüzü ilçesi



Şekil 2. 2011 yılına ait doğal renkli (RGB: 3/2/1) görüntü (a) Orijinal görüntü, (b) Beylikdüzü ilçesi

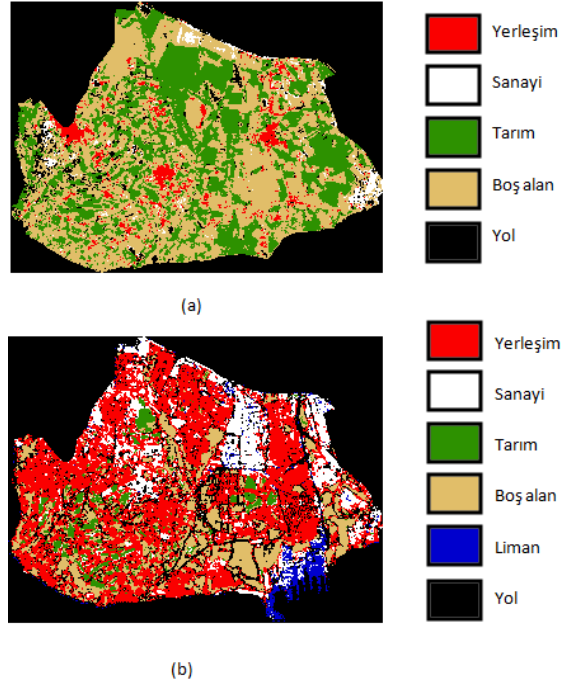
3. YÖNTEM VE UYGULAMA

3.1 Kontrollü Sınıflandırma

Kontrollü sınıflandırma, arazi çalışmaları yapılarak, hava fotoğrafları ve mevcut haritalar yardımıyla görüntü üzerindeki objeler hakkında elde edilen verilere bağlı olarak gerçekleştirilir. Kontrollü sınıflandırmanın ilk adımı, kontrol bölgelerinin seçimidir. İkinci adım, sınıflandırma adımıdır. Sınıflandırma adımı, görüntü verisindeki her bir piksel en çok benzer olduğu arazi örtüsü kategorisine dahil edilir. Bu işlemler tüm görüntü matrisi için tamamlandıktan sonra, arazi örtüsü sınıflarının oluşturduğu sonuç görüntü matrisi oluşturulur. Sonuçlar tematik haritalar, istatistiksel tablolar veya Coğrafi Bilgi Sistemlerine dahil edilebilecek nitelikteki sayısal veri olarak kullanılabilir (Çölkesen, 2009).

Bu çalışmada, 1984 ve 2011 yıllarına ait LANDSAT-TM uydu görüntülerine kontrollü sınıflandırma işlemi uygulamak amacıyla sınıflandırma algoritması olarak Maksimum

Olabilirlik yöntemi seçilmiştir. Bütün pikseller için olasılık alt değeri 0.9 olarak belirlenmiştir. LANDSAT-TM uydu görüntüsünün bütün bantları sınıflandırmada kullanılmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Kontrollü sınıflandırma sonucu (a) 1984 yılına ait uydu görüntüsü, (b) 2011 yılına ait uydu görüntüsü

3.2 Doğruluk Analizi

Sınıflandırma doğruluklarının belirlenmesinde kullanılan en yaygın yaklaşım hata matrisidir. Hata matrisi oluşturulurken her sınıfa ait referans verileri kullanılır. İlk olarak görüntüdeki tüm pikseller sınıflandırılır ve referans verilerine karşılık gelen piksellerin kaç tanesinin hangi sınıfa atandığı belirlenir. Son olarak, referans verilerine ait bu sayılar sütunlar halinde yan yana yerleştirilerek bir hata matrisi oluşturulur (Sunar, 2011) (Çizelge 1 ve Çizelge 2).

Sınıflandırmada en sık kullanılan doğruluk ölçütü, genel doğruluktur. Genel doğruluk, her bir referans verisi için doğru sınıflandırılan örüntü sayılarının toplamının toplam referans verisi içindeki oranıdır (Sunar, 2011). Doğruluk analizlerinde kullanılan bir diğer yöntem, Kappa analizidir. Kappa doğruluk analizi, hata matrisindeki genel doğrulukla olasılıklı doğruluk arasındaki farka dayanır. Sınıflar arası doğrulukları da içerdiğinden genel doğruluk ölçütünden daha iyi bir ölçüdür (Özkuralpli, 2006).

Çalışmada yapılan kontrollü sınıflandırma işleminin doğruluğunu analiz etmek için oluşturulan hata matrisi Çizelge 1 ve 2'de verilmektedir.

		REFERANS VERİSİ						
		Sınıf	Yerleşim	Tarım	Boş alan	Yol	Sanayi	Toplam
SINIFLANDIRILMIŞ VERİ	Yerleşim	49	0	3	1	1	54	
	Tarım	0	178	7	0	0	185	
	Boş alan	3	5	148	2	10	168	
	Yol	0	0	0	28	2	30	
	Sanayi	0	0	5	9	25	39	
	Toplam	52	183	163	40	38	476	

Çizelge 1. Sınıflandırılmış 1984 LANDSAT-TM görüntüsüne ait hata matrisi

REFERANS VERİSİ								
SINIFLANDIRILMIŞ YERİ	Sınıf	Yerleşim	Sanayi	Tarım	Boş alan	Liman	Yol	Toplam
	Yerleşim	110	2	0	0	0	2	114
	Sanayi	4	59	0	0	7	3	73
	Tarım	1	0	59	0	0	0	60
	Boş alan	0	0	5	89	0	0	94
	Liman	0	0	0	0	35	3	38
	Yol	8	0	0	0	2	29	39
	Toplam	123	61	64	89	44	37	418

Çizelge 2. Sınıflandırılmış 2011 LANDSAT-TM görüntüsüne ait hata matrisi

Sonuç olarak, 1984 yılı uydu görüntüsü için genel doğruluk %89.35, Kappa istatistiği 0.85; 2011 yılı uydu görüntüsü için genel doğruluk %88.40, Kappa istatistiği 0.86 olarak elde edilmiştir.

3.3 Spektral İndeksler

Kentsel gelişimin incelenmesinde yaygın olarak kullanılan spektral indeksler, NDVI (Normalize edilmiş bitki örtüsü indeksi), NDBI (Normalize edilmiş yerleşim alanı indeksi), NDISI (Normalize edilmiş geçirimsiz yüzey indeksi), SVI (Toprak ve bitki örtüsü indeksi), BRBA (Yerleşim alanları için bant oranı), Toprak indeksi ve BCI (Biyofiziksel karışım indeksi), Çizelge 3'te verilmektedir.

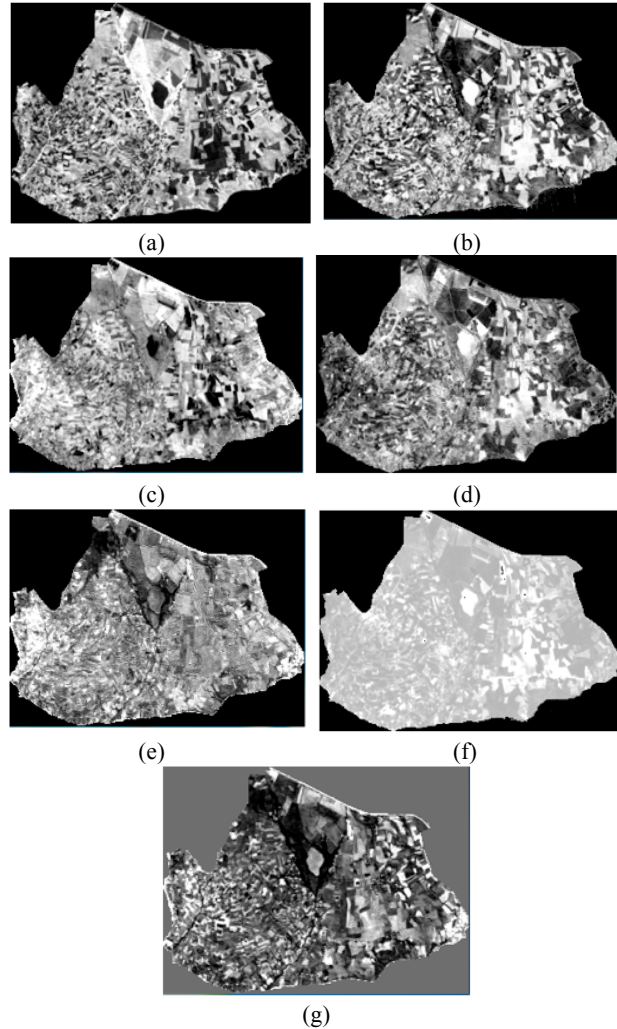
Spektral İndeks	Eşitlik	Referans
NDVI	$NDVI = \frac{NIR - Kırmızı}{NIR + Kırmızı}$	Duran, 2007
NDBI	$NDBI = \frac{MIR - NIR}{MIR + NIR}$	Herbei, ve diğ., 2012
NDISI	$NDISI = \frac{(TIR - (MNDWI + NIR - MIR) / 3)}{(TIR + (MNDWI + NIR - MIR) / 3)}$	Xu, 2010
SVI	$SVI = \frac{SWIR - Mavi}{SWIR + Mavi}$	Villa, 2012
BRBA	$BRBA = \frac{Kırmızı}{MIR}$	Waqar, ve diğ., 2012
Toprak indeksi	$Toprak\ indeksi = \frac{TIR + MIR}{TIR - MIR}$	Waqar, ve diğ., 2012
BCI	$BCI = \frac{(H + L) / 2 - V}{(H + L) / 2 + V}$	Deng ve Wu, 2012

Çizelge 3. Kentsel gelişim analizinde kullanılan Farklı spektral indeksler

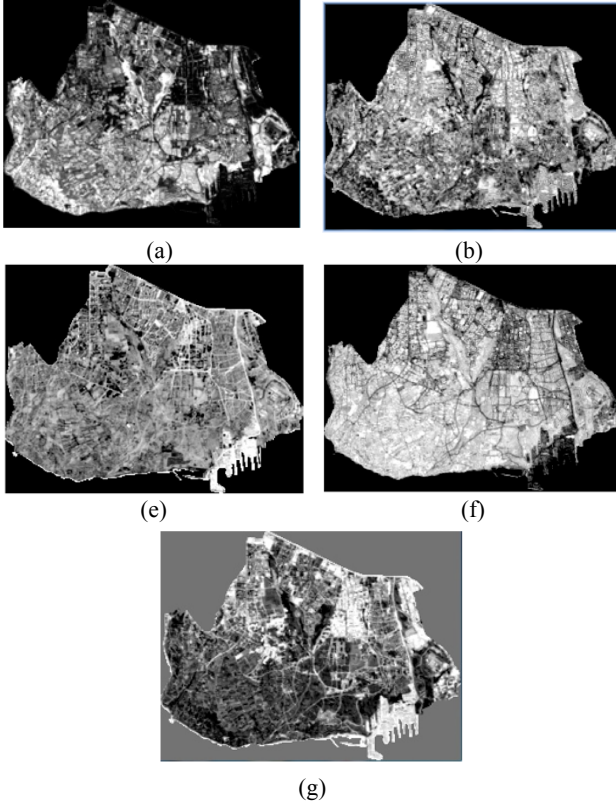
- **Normalize edilmiş bitki örtüsü indeksi (NDVI):** Yakın kızılötesi (NIR) ve kırmızı bantlar arasındaki zıtlığı artırmak ve iki banttaki bilgiyi tek banda toplayarak, bitki varlığını incelemek için kullanılmaktadır (Duran, 2007).
- **Normalize edilmiş yerleşim alanı indeksi (NDBI):** Orta kızılötesi (MIR) ve yakın kızılötesi (NIR) bantlarının spektral yansıtım değerleri ile yerleşim alanlarını tespit etmek amacıyla oluşturulmuştur (Herbei ve diğ., 2012).

- **Normalize edilmiş geçirimsiz yüzey indeksi (NDISI):** Isıl bant (TIR), yakın kızılötesi (NIR), orta kızılötesi (MIR), ve yeşil bantları kullanılarak geçirimsiz yüzeyleri tespit etmek amacıyla oluşturulmuştur (Xu, 2010).
- **Toprak ve bitki örtüsü indeksi (SVI):** Kısa dalga kızılötesi (SWIR) ve mavi bantların kullanılmasıyla geçirimsiz yüzeyler ve geçirimsiz olmayan yüzeylerin ayrımı kolaylıkla yapılabilmektedir (Villa, 2012).
- **Yerleşim alanları için bant oranı (BRBA):** Kırmızı ve orta kızılötesi (MIR) bantlarının spektral yansıtım değerleri ile yerleşim alanlarını tespit etmek amacıyla geliştirilmiştir (Waqar ve diğ., 2012).
- **Toprak indeksi (Soil index):** Isıl kızılötesi (TIR) ve orta kızılötesi (MIR) bantları ile toprak alanlarını tespit etmek amacıyla geliştirilmiştir (Waqar ve diğ., 2012).
- **Biyofiziksel karışım indeksi (BCI):** Tasseled Cap (TC) dönüşümü ile elde edilen üç bileşenin normalize edilmesiyle oluşturulmuştur (Deng ve Wu, 2012).

1984 ve 2011 yıllarına ait LANDSAT-TM uydu görüntülerine Çizelge 3'te belirtilen spektral indeksler uygulanmış ve sonuç görüntüleri Şekil 4 ve Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 4. 1984 yılına ait LANDSAT-TM uydu görüntüsüne uygulanan farklı spektral indeksler (a) NDVI, (b) NDBI, (c) NDISI, (d) SVI, (e) BRBA, (f) Toprak indeksi, (g) BCI



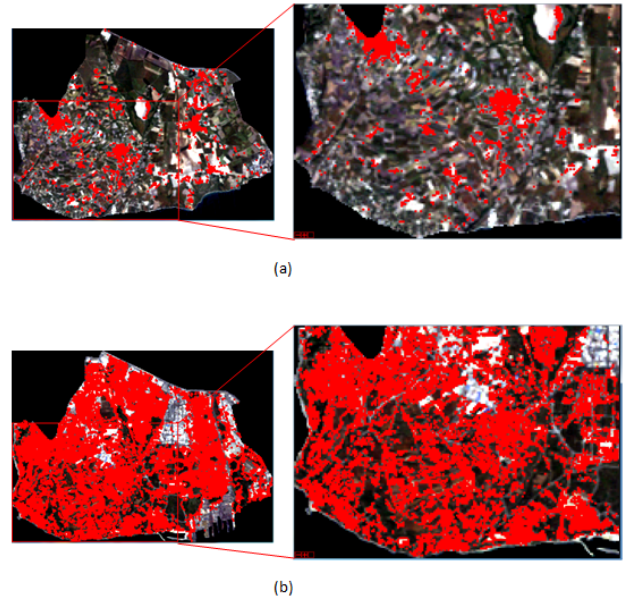
Şekil 5. 2011 yılına ait LANDSAT-TM uydu görüntüsüne uygulanan farklı spektral indeksler (a) NDVI, (b) NDBI, (c) NDISI, (d) SVI, (e) BRBA, (f) Toprak indeksi, (g) BCI

Farklı tarihlerdeki LANDSAT-TM uydu görüntüsüne uygulanan farklı spektral indeksler incelendiğinde, 1984 yılına ait NDVI ve NDBI sonuç görüntülerinde tarım alanları ve boş alanlar çok iyi ayırt edilebilmektedir. 2011 yılına ait SVI ve BRBA sonuç görüntülerinde yollar iyi ayırt edilirken, NDVI ve BCI görüntülerinde ise sanayi alanları oldukça iyi ayırt edilebilmektedir.

3.4 Korelasyon Analizi

Korelasyon analizi, iki ya da daha çok değişken arasındaki ilişkinin derecesini ve yönünü belirlemek amacıyla gerçekleştirilir. Bu bağlamda hesaplanan korelasyon katsayısı -1 ile +1 arasında değer alır. Korelasyon katsayısının işareti pozitifse, değişkenlerden birinin değeri artarken (azalırken) diğerinin de arttığını (azaldığını) göstermektedir. Korelasyon katsayısının işareti negatifse, değişkenlerden birinin değeri artarken (azalırken) diğerinin değerinin azaldığını (arttığını) gösterir. Yani ters yönlü bir ilişki söz konusudur (Sunar, 2011).

Çalışmada her bir farklı spektral indeks görüntüsünün orijinal görüntünün spektral bantlarıyla olan korelasyonunu irdelemek için korelasyon analizi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, sınıflandırılan görüntülerde yerleşim sınıflarındaki piksellerin tamamının hem orijinal görüntüdeki hem de spektral indekslerdeki bant değerleri bulunmuştur (Şekil 6). 1984 yılı uydu görüntüsünde 2185 piksel yerleşim alanlarına aitken, 2011 yılı uydu görüntüsünde ise 18544 piksel yerleşim alanlarına aittir. Bu noktaların korelasyon katsayıları Çizelge 4 ve Çizelge 5'te gösterilmiştir.



Şekil 6. Sınıflandırılan görüntülerde yerleşim sınıflarındaki piksellerin tamamı (a) 1984, (b) 2011

	NDVI	NDBI	NDISI	SVI	BRBA	Toprak indeksi	BCI
Bant 1	-0.63	0.50	-0.56	0.18	0.33	0.62	0.50
Bant 2	-0.55	0.43	-0.70	0.32	0.30	0.68	0.35
Bant 3	-0.67	0.57	-0.72	0.46	0.27	0.79	0.39
Bant 4	0.63	-0.60	-0.65	0.20	-0.10	0.11	-0.75
Bant 5	-0.51	0.66	-0.86	0.83	-0.29	0.87	0.07
Bant 6	-	-	-0.26	-	-	0.27	-
Bant 7	-0.59	0.67	-0.75	0.73	-0.13	0.97	0.19

Çizelge 4. 1984 yılına ait uydu görüntüsü ile spektral indeksler arasındaki korelasyon katsayısı

1984 yılına ait uydu görüntüsü ile spektral indeksler arasındaki korelasyon katsayıları incelendiğinde, NDVI değerleri bitki örtüsü varlığını gösterdiğinden Bant 4 hariç diğer tüm bantlarda negatif korelasyon söz konusudur. Bu ise Bant 4'ün bitki örtüsüne duyarlı iken yerleşim alanlarında düşük değerler içermesinden kaynaklanır. NDBI ise yerleşim alanlarının varlığını gösterdiğinden Bant 4 haricinde pozitif korelasyon göstermiştir. Diğer bir ifade ile Bant 4'te yerleşim alanları düşük değerlere sahip olduğundan NDBI ile negatif korelasyon söz konusudur. NDISI değerleri yerleşim alanları ile pozitif korelasyon göstermesi gerekirken sıcaklık parametresi nedeniyle negatif korelasyon göstermiştir. SVI ile görünür bölge bantları negatif korelasyon göstermesi gerekirken pozitif korelasyon göstermiştir. Bant 4-5-7 ile SVI arasında pozitif korelasyon vardır. BRBA ile bant 4-5-7 arasında (4-5-7 bantlarında bitki örtüsü değerleri maksimum, yerleşim alanları minimum) negatif korelasyon görülmektedir. Toprak indeksi ile tüm bantlar arasında negatif korelasyon görülmesi gerekirken sıcaklık parametresinden dolayı pozitif korelasyon görülmektedir. BCI ile Bant 4 arasında negatif korelasyon görülmektedir. Bunun nedeni, bu bantta bitki örtüsü

değerlerinin maksimum olması nedeniyle yerleşim alanlarının düşük değerler almasıdır.

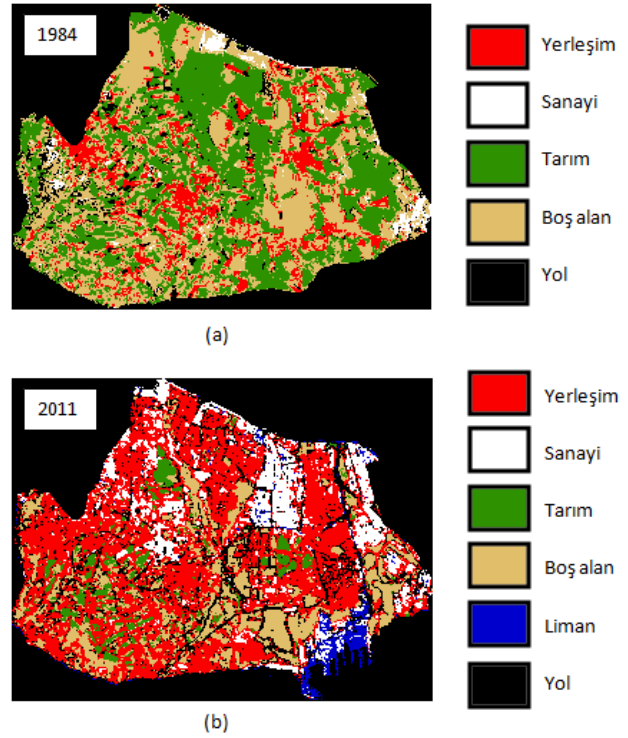
	NDVI	NDBI	NDISI	SVI	BRBA	Toprak indeksi	BCI
Bant 1	-0.78	0.41	-0.32	-0.38	0.73	0.54	0.77
Bant 2	-0.74	0.43	-0.46	-0.21	0.66	0.59	0.68
Bant 3	-0.81	0.55	-0.49	-0.11	0.64	0.69	0.69
Bant 4	0.46	-0.39	-0.79	0.42	-0.30	0.15	-0.55
Bant 5	-0.33	0.64	-0.89	0.64	-0.15	0.82	0.03
Bant 6	-	-	0.15	-	-	0.12	-
Bant 7	-0.59	0.76	-0.62	0.35	0.12	0.97	0.36

Çizelge 5. 2011 yılına ait uydu görüntüsü ile spektral indeksler arasındaki korelasyon katsayısı

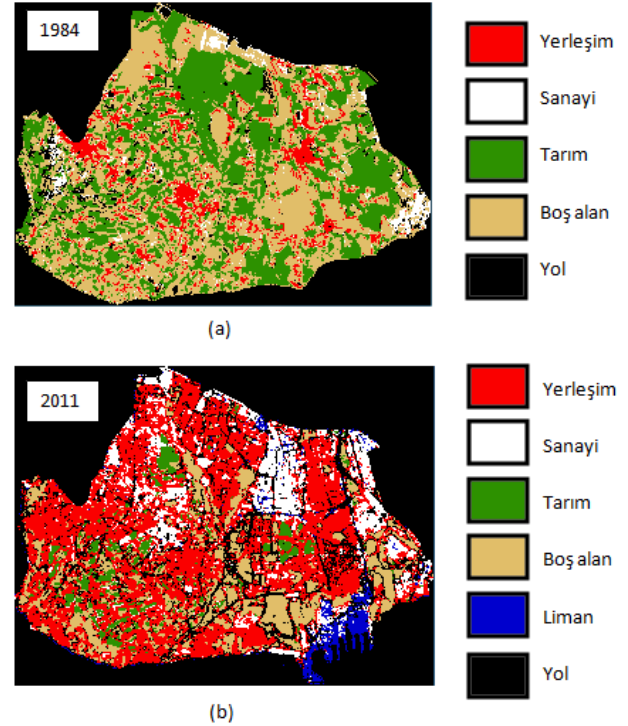
2011 yılına ait korelasyon katsayıları incelendiğinde, NDVI ve NDBI indeksleri 1984 yılına ait katsayılarla benzer sonuçlar göstermiştir. NDISI değerleri yerleşim alanları ile pozitif korelasyon göstermesi gerekirken sıcaklık parametresi nedeniyle negatif korelasyon göstermiştir. SVI ile görünür bölge bantları negatif korelasyon göstermektedir. Bunun nedeni, görünür bölgede yerleşim alanlarının düşük değerler içermesidir. 4-5-7 bantları ile SVI arasında pozitif korelasyon vardır. BRBA ile Bant 4 ve Bant 5 arasında (Bant 4 ve Bant 5'te bitki örtüsü değerleri maksimum, yerleşim alanları minimum) negatif korelasyon görülmektedir. Toprak indeksi ile tüm bantlar arasında negatif korelasyon görülmesi gerekirken sıcaklık parametresinden dolayı pozitif korelasyon görülmektedir. BCI ile Bant 4 arasında negatif korelasyon görülmektedir. Bunun nedeni, bu bantta bitki örtüsü değerlerinin maksimum olması nedeniyle yerleşim alanlarının düşük değerler almasıdır.

3.5 Kontrollü Sınıflandırma

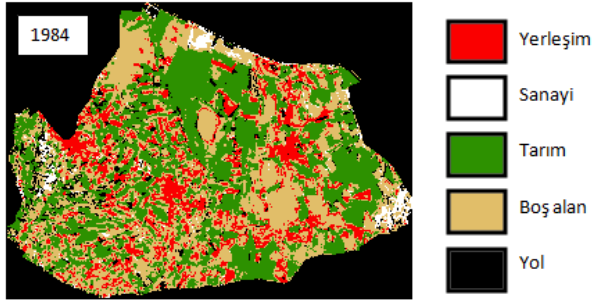
Spektral indekslerden en yüksek korelasyona sahip olan NDVI ve NDBI görüntüleri, LANDSAT-TM 7 bantlı uydu görüntüsüne eklenerek tekrar kontrollü sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 7,8 ve 9).



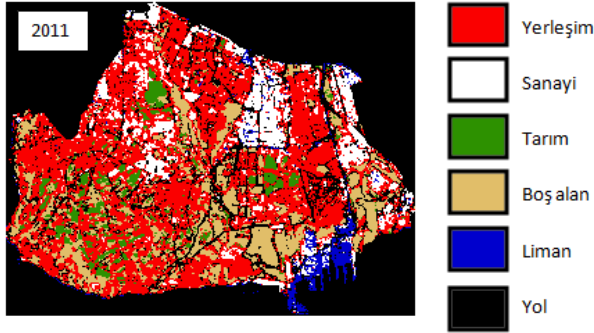
Şekil 7. LANDSAT-TM + NDVI veri seti ile yapılan kontrollü sınıflandırma sonuçları



Şekil 8. LANDSAT-TM + NDBI veri seti ile yapılan kontrollü sınıflandırma sonuçları



(a)



(b)

Şekil 9. LANDSAT-TM + NDVI + NDBI veri seti ile yapılan kontrollü sınıflandırma sonuçları

3.6 Doğruluk Analizi

LANDSAT-TM, NDVI ve NDBI ile yapılan kontrollü sınıflandırma işlemlerinin doğruluğunu analiz etmek için hata matrisleri oluşturulmuştur (Çizelge 6-11).

		REFERANS VERİSİ					
SINIFLANDIRILMIŞ VERİ	Sınıf	Yerleşim	Tarım	Boş alan	Yol	Sanayi	Toplam
	Yerleşim	48	0	6	0	0	54
	Tarım	0	179	5	0	0	184
	Boş alan	4	4	146	5	12	171
	Yol	0	0	0	29	3	32
	Sanayi	0	0	6	8	24	38
	Toplam	52	183	163	42	39	479

Çizelge 6. Sınıflandırılmış 1984 LANDSAT-TM + NDVI görüntüsüne ait hata matrisi

		REFERANS VERİSİ						
SINIFLANDIRILMIŞ VERİ	Sınıf	Yerleşim	Sanayi	Tarım	Boş alan	Liman	Yol	Toplam
	Yerleşim	113	3	0	0	0	2	118
	Sanayi	1	62	0	0	7	4	74
	Tarım	1	0	62	0	0	0	63
	Boş alan	0	0	2	89	0	0	91
	Liman	0	0	0	0	34	5	39
	Yol	8	0	0	0	3	26	37
	Toplam	123	65	64	89	44	37	422

Çizelge 7. Sınıflandırılmış 2011 LANDSAT-TM + NDVI görüntüsüne ait hata matrisi

		REFERANS VERİSİ					
SINIFLANDIRILMIŞ VERİ	Sınıf	Yerleşim	Tarım	Boş alan	Yol	Sanayi	Toplam
	Yerleşim	50	0	5	2	0	57
	Tarım	0	176	7	0	0	183
	Boş alan	2	7	145	3	10	167
	Yol	0	0	1	32	3	36
	Sanayi	0	0	5	5	26	36
	Toplam	52	183	163	42	39	479

Çizelge 8. Sınıflandırılmış 1984 LANDSAT-TM + NDBI görüntüsüne ait hata matrisi

		REFERANS VERİSİ						
SINIFLANDIRILMIŞ VERİ	Sınıf	Yerleşim	Sanayi	Tarım	Boş alan	Liman	Yol	Toplam
	Yerleşim	114	1	0	0	0	2	117
	Sanayi	1	62	0	0	5	0	68
	Tarım	1	0	62	0	0	0	63
	Boş alan	0	0	2	89	0	0	91
	Liman	0	0	0	0	38	1	39
	Yol	7	0	0	0	2	34	43
	Toplam	123	63	64	89	45	37	421

Çizelge 9. Sınıflandırılmış 2011 LANDSAT-TM + NDBI görüntüsüne ait hata matrisi

		REFERANS VERİSİ					
SINIFLANDIRILMIŞ VERİ	Sınıf	Yerleşim	Tarım	Boş alan	Yol	Sanayi	Toplam
	Yerleşim	46	0	7	0	0	53
	Tarım	0	176	10	0	0	186
	Boş alan	6	7	139	5	11	168
	Yol	0	0	0	29	3	32
	Sanayi	0	0	7	8	25	40
	Toplam	52	183	163	42	39	479

Çizelge 10. Sınıflandırılmış 1984 LANDSAT-TM + NDVI + NDBI görüntüsüne ait hata matrisi

		REFERANS VERİSİ						
SINIFLANDIRILMIŞ VERİ	Sınıf	Yerleşim	Sanayi	Tarım	Boş alan	Liman	Yol	Toplam
	Yerleşim	111	3	0	0	0	2	116
	Sanayi	1	63	0	0	5	0	69
	Tarım	1	0	61	0	0	0	62
	Boş alan	0	0	3	89	0	0	92
	Liman	0	0	0	0	35	3	38
	Yol	10	0	0	0	4	32	46
	Toplam	123	66	64	89	44	37	423

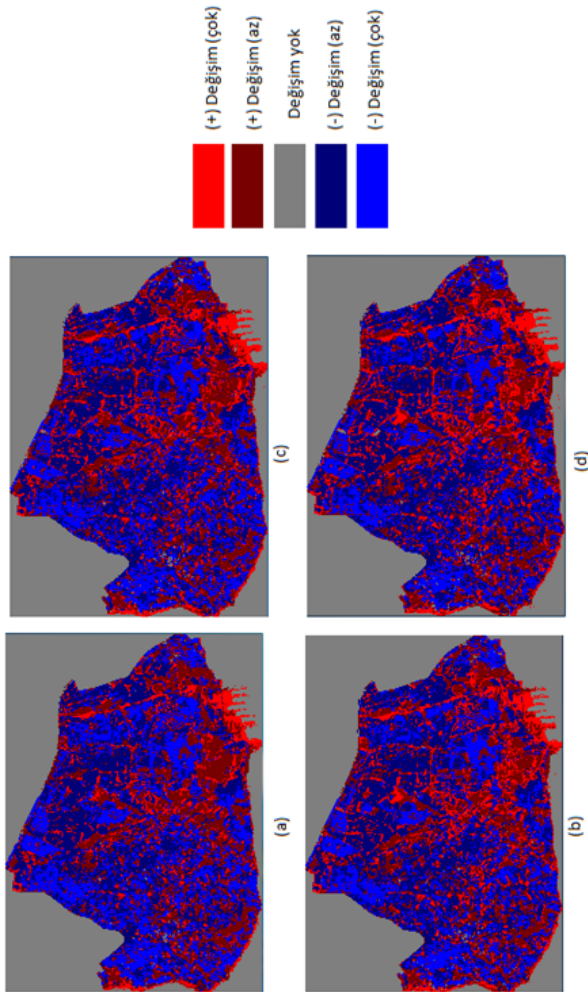
Çizelge 11. Sınıflandırılmış 2011 LANDSAT-TM + NDVI + NDBI görüntüsüne ait hata matrisi

Sonuç olarak, 1984 yılı LANDSAT-TM + NDVI veri seti için genel doğruluk %88.93, Kappa istatistiği 0.84; 2011 yılı LANDSAT-TM + NDVI veri seti için genel doğruluk %89.56, Kappa istatistiği 0.87 olarak elde edilmiştir. 1984 yılı LANDSAT-TM + NDBI veri seti için genel doğruluk %89.56, Kappa istatistiği 0.85; 2011 yılı LANDSAT-TM + NDBI veri seti için genel doğruluk %92.57, Kappa istatistiği 0.91 olarak elde edilmiştir. 1984 yılı LANDSAT-TM + NDVI + NDBI veri seti için genel doğruluk %86.64, Kappa istatistiği 0.81; 2011 yılı LANDSAT-TM + NDVI + NDBI görüntüleri için genel doğruluk %90.72, Kappa istatistiği 0.89 olarak elde edilmiştir.

3.7 Değişim Analizi

Değişim saptama, aynı coğrafi alanın, farklı zamanlarda elde edilmiş iki veya daha fazla görüntüsü arasındaki çevresel değişimlerin algılanmasıdır. Uydu görüntüleri ile değişim saptama analizinde farklı yöntemler mevcuttur ve özellikle kentsel alanların izlenmesi, tarımsal gelişim, orman yönetimi gibi birçok uygulama alanında başarıyla kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, değişim saptama yöntemleri ile, yapılan sınıflandırma sonuçları karşılaştırılarak özellikle yerleşim sınıflarından 1984-2011 tarihleri arasındaki değişimin belirlenmesi amaçlanmıştır. 1984 ve 2011 yıllarına ait görüntülerin değişim haritaları Şekil 10'da gösterilmiştir.



Şekil 10. 1984 ile 2011 görüntüleri ile oluşturulan değişim haritası (a) LANDSAT-TM sınıflandırılmış görüntüler, (b) LANDSAT-TM+NDVI veri seti ile sınıflandırılmış görüntüler, (c) LANDSAT-TM+NDBI veri seti ile sınıflandırılmış görüntüler, (d) LANDSAT-TM+NDVI+NDBI veri seti ile sınıflandırılmış görüntüler

1984 ile 2011 yıllarına ait uydu görüntüleri ile oluşturulan değişim haritaları incelendiğinde, Cumhuriyet, Büyükşehir ve Barış mahallerinde yerleşim alanlarının arttığı görülmektedir. Bunun en büyük sebebi, yerleşim alanlarının ana yola yakın olması ve metrobüs yapımıyla birlikte ulaşımın kolay olmasıdır. Ayrıca Ambarlı limanının yapımıyla Marmara mahallesinde de yerleşim bölgelerinde artış gözlenmiştir.

Uzaktan algılamada kullanılan yerleşim indekslerinin arazi kullanımı/örtüsü sınıflandırma sonrası değişim analizi sonuçlarına etkisini irdelemek amacıyla LANDSAT-TM görüntülerinden elde edilen değişim görüntüsü baz olarak alınmış ve diğer veri setleri ile (LANDSAT-TM+NDVI, LANDSAT-TM+NDBI, LANDSAT-TM+NDVI+NDBI) yapılan değişim haritaları karşılaştırılarak sonuçlar Çizelge 12'de gösterilmiştir.

	Alansal Değişim (km ²)				
	Yerleşim	Tarım	Boş alan	Sanayi	Yol
LANDSAT-TM	14.72	-11.19	-13.03	4.79	5.39
LANDSAT-TM + NDVI	12.06	-12.26	-8.33	4.48	5.22
LANDSAT-TM + NDBI	13.51	-11.43	-11.46	4.01	5.98
LANDSAT-TM + NDVI + NDBI	11.32	-11.96	-8.06	4.04	5.63

Çizelge 12. 1984 ve 2011 yılları arasında arazi örtüsü kullanımı sınıflarındaki alansal değişim

Çizelge 12'de görüleceği üzere LANDSAT-TM görüntüleri ile birleştirilen spektral indekslerle oluşturulan farklı veri setleri ile yapılan değişim analizinde tarım ve yol sınıfı hariç diğer 3 sınıfa ait alansal değerler daha düşük çıkmıştır. Doğruluklu bir irdeleme için Beylikdüzü belediyesinin yersel çalışmalarla ürettiği haritalardan alınan alansal değerlerle karşılaştırma yapılması gerekmektedir.

4. SONUÇLAR

Günümüzde dünya nüfusunun %45 i kentlerde yaşamaktadır ve gelecekte bu oran daha da artacaktır. Kentsel gelişimin iyi izlenmesi ve tespit edilmesi sürdürülebilir bir kent yönetimi ve planlaması açısından son derece önemlidir. Bu açıdan kent gelişimi dinamiklerinin anlaşılmasında uzaktan algılama verileri önemli yer tutar.

Bu çalışmada iki farklı tarihte alınan LANDSAT-TM uydu görüntüleri kullanılarak, Beylikdüzü ilçesinin zamansal olarak kentsel gelişimi incelenmiştir. Öncelikle 1984 ve 2011 yıllarına ait uydu görüntülerine kontrollü sınıflandırma işlemi uygulanarak doğruluk analizi gerçekleştirilmiştir. Sonrasında 7 farklı spektral indeks iki farklı tarihteki görüntüye uygulanmış ve orijinal görüntü ile aralarında 4 farklı yöntem ile korelasyon analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analizde literatürde en yaygın olarak kullanılan 2 indeks göz önüne alınmıştır. Bunlardan ilki NDVI (Normalize edilmiş bitki örtüsü indeksi), sağlıklı bitki örtüsü alanlarını göstermekte, diğeri ise NDBI (Normalize edilmiş yerleşim alanı indeksi) yerleşim alanlarını göstermektedir. Yapılan korelasyon analizleri sonucunda NDVI ve NDBI spektral indekslerinin en uygun indeksler olduğu görülmüştür. Bu iki spektral indeks görüntüleri ayrı ayrı ve birlikte orijinal görüntüye eklenerek tekrar kontrollü sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırma sonrası yapılan doğruluk analizleri karşılaştırıldığında, orijinal görüntüye eklenen NDBI spektral indeksiyle gerçekleştirilen sınıflandırmanın genel doğruluğunun en yüksek (1984 yılı için %89.56, 2011 yılı için %92.57) olduğu, diğer bir ifade ile yerleşim alanlarının tespitinde NDBI spektral indeksinin sınıflandırma doğruluğunu arttırdığı gözlenmiştir.

KAYNAKLAR

Çölkesen, İ. (2009). *Uzaktan Algılamada İleri Sınıflandırma Tekniklerinin Analizi*, (Yüksek Lisans Tezi), GYTE Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.

Deng, C. ve Wu, C. (2012). BCI: A biophysical composition index for remote sensing of urban environments. *Remote Sensing of Environment*, **127**, 247-259.

Duran, C. (2007). Uzaktan algılama teknikleri ile bitki örtüsü analizi, *Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü DOA Dergisi*, Sayı 3, 45-67.

Herbei, M. V., Dragomir, L. O. ve Oncia, S. (2012). *Using satellite images LANDSAT TM for calculating normalized difference indexes for the landscape of Parang Mountains*, University of Alba Iulia.

Özküraplı, İ. (2006). *Trakya Meriç havzasındaki çeltik ekili alanlarda ürün gelişiminin çok zamanlı radar uydu görüntü verileri yardımıyla izlenmesi*, (Yüksek Lisans Tezi), İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Sunar, F. (2011). *Uzaktan algılama*, Anadolu Üniversitesi Yayınları, ISBN: 978-975-06-0995-4.

URL-1 <<http://www.beylikduzu.bel.tr>>, alındığı tarihi: 16.11.2014.

Villa, P. (2012). Mapping urban growth using Soil and Vegetation Index and LANDSAT data: The Milan (Italy) city area case study, *Landscape and Urban Planning*, **107**, 245-254.

Waqar, M., Mirza, J. F., Mumtaz, R. ve Hussain, E. (2012). *Development of New Indices for Extraction of Built-up Area & Bare Soil from LANDSAT Data*, Open Access Scientific Reports, Cilt 1.

Xu, H. (2010). Analysis of impervious surface and its impact on urban heat environment using the normalized difference impervious surface index (NDISI), *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Cilt 76(5), 557-565.