

Kentsel Alanlarda Arazi Kullanım ve Arazi Örtüsü Belirleme Çalışmalarında Spektral İndekslerin Kullanılması: Ceyhan İlçe Merkezi Örneği

Sevim Yasemin ÇİÇEKLİ^{ORCID},

Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Adana, Türkiye

Alındı/Received: 04/03/2024; Kabul/Accepted: 02/05/2024; Yayın/Published: 15/05/2024

* Sorumlu yazar e-posta: s.y.cicekli@gmail.com

Öz

Uydu tekniklerinin gelişmesiyle birlikte arazi kullanımı ve arazi örtüsü belirlemek amacıyla görüntü uzaktan algılama teknikleri daha sık kullanılmaktadır. Ceyhan ilçesi, tarımsal faaliyetler açısından oldukça önemli bir konumda olup, arazi kullanımı ve arazi örtüsünün düzenli gözlemlenmesi önem taşımaktadır. Bu çalışmanın temel amacı Ceyhan ilçe merkezi çevresinde arazi örtüsü ve arazi kullanımını Sentinel-2B uydu görüntüleri kullanılarak ve bant oranlama teknikleri yardımı ile belirlemektir. Bu çalışmada Ceyhan İlçe merkezine ait 24 Haziran 2023 tarihinde alınan Sentinel-2B uydu görüntüsü kullanılmıştır. Sentinel-2B görüntüsüne Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi uygulanarak bitki örtüsü dağılımı ve yoğunlukları, Normalize Edilmiş Fark Su İndeksi uygulanarak su alanları, Normalize Edilmiş Fark Yerleşim Alanı İndeksi ve Şehir İndeksi bant oranlama teknikleri uygulanarak yerleşim alanları belirlenmiştir. Otsu yöntemi ile eşik değerleri tespit edilmiştir. Çalışma alanındaki 100 adet kontrol noktası kullanılarak her yöntem için doğruluk analizi yapılmıştır. Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi %91, Normalize Edilmiş Fark Su İndeksi %99, Normalize Edilmiş Fark Yerleşim Alanı İndeksi %89, Şehir İndeksi %92 doğruluk sağlamıştır. Tüm yöntemlerin beklenen doğruluğu karşıladığı ve bu yöntemlerle oluşturulmuş sınıfların birbiri ile uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sentinel-2, Arazi Kullanımı ve Arazi Örtüsü, Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi, Normalize Edilmiş Fark Su İndeksi, Normalize Edilmiş Fark Yerleşim Alanı İndeksi, Şehir İndeksi.

Using Spectral Indices in Land Use and Land Cover Determination Studies in Urban Areas: The Case of Ceyhan District

Abstract

With the development of satellite techniques, image remote sensing techniques are used more frequently to determine land use and land cover. Ceyhan district is in a very important position in terms of agricultural activities, and regular monitoring of land use and land cover is important. The main purpose of this study is to determine land cover and land use around Ceyhan district using sentinel-2B satellite images and spectral indices. In this study, Sentinel-2B satellite image of Ceyhan District taken on June 24, 2023 was used. Vegetation distribution and densities were determined by applying the Normalized Difference Vegetation Index to the Sentinel-2B image, water areas were determined by applying the Normalized Difference Water Index, and residential areas were determined by applying the Normalized Difference Built-up Index and Urban Index band ratio techniques. Threshold values were determined by Otsu method. Accuracy analysis was performed for each method using 100 control points in the study area. Normalized Difference Vegetation Index provided %91 accuracy, Normalized Difference Water Index provided %99 accuracy, Normalized Difference Built-up Index provided %89 accuracy, Urban Index provided %92 accuracy. It has been determined that all methods provide high accuracy and the classes created by these methods are compatible with each other.

Key Words: Sentinel-2, Land Use and Land Cover, Normalized Difference Vegetation Index, Normalized Difference Water Index, Normalized Difference Built-up Index, Urban Index.

Atıf / To cite: Çiçekli SY (2024). Kentsel Alanlarda Arazi Kullanım ve Arazi Örtüsü Belirleme Çalışmalarında Spektral İndekslerin Kullanılması: Ceyhan İlçe Merkezi Örneği. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi, 6(1): 44-54.

1. GİRİŞ

Uzaktan algılama, arazi kullanımı ve arazi örtüsünün (LULC) belirlenmesi, sulak alan yönetimi, ekolojik çalışmalar ve deformasyonların izlenmesinde en çok tercih edilen disiplinlerden biridir. Bu çalışmada kentsel alan üzerinde Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI), Normalize Edilmiş Fark Su İndeksi (NDWI) ve Normalize Edilmiş Fark Yerleşim Alanı İndeksi (NDBI) ve Şehir İndeksi (UI) bant oranlama tekniği uygulanmış ve karşılaştırılmıştır.

Literatürde çok sayıda NDWI, NDVI, NDBI ve UI bant oranlama teknikleri çalışması bulunmaktadır. Ma ve ark. (2018); Çin'in Liaoning ili Panjin bölgesine ait Modis ve Lnadat uydu görüntülerine NDWI, NDVI bant oranlama teknikleri uygulayarak mevsimsel değişimleri yüksek doğrulukla gözlemlemişlerdir (Ma ve ark. 2018). Deoli ve ark. (2022); Hindistan Nainital Gölü bölgesinin 2001, 2012,2013 ve 2018 yıllarına ait Landsat uydu görüntülerine NDWI, WRI ve MNDWI bant oranlama tekniklerini uygulamış ve göl alanının zamansal değişimini gözlemlemiştir (Deoli ve ark. 2022). NDWI tekniğinin %96,94 ile en yüksek doğruluğu veren yöntem olduğunu tespit etmiştir. Kuc ve Chormański (2019), Warsaw bölgesine ait Sentinel-2 görüntüleri kullanarak NDBI ve NDVI yöntemi ile şehir haritaları oluşturmuştur (Kuc ve Chormański 2019). Kaya ve Kaplan (2021); Burdur Gölü'ndeki alansal değişimi belirlemek için Normalleştirilmiş NDWI tekniğini kullanmış ve 2009-2019 yılları arasındaki 17 km² alan değişimini yüksek doğrulukla elde etmiştir (Kaya ve Kaplan 2021). Mutlu ve ark. (2020); Akşehir gölüne ait 1995, 2010 ve 2018 Landsat uydu görüntülerine NDWI, MNDWI ve NDWIGAO bant oranlama teknikleri uygulamış ve alansal değişimi tespit etmiştir (Mutlu ve ark. 2020). Özdarıcı Ok (2014) Mersin bölgesinde GeoEye uydu görüntülerini kullanarak NDVI yöntemi ile ağaçları %65-%90 doğrulukla tespit etmiştir (Özdarıcı 2014). Gündoğdu (2018) buğday ekili alanların zamana ve konuma bağlı değişimini Landsat-8 uydu görüntüleri kullanarak NDVI tekniği ile tespit etmiştir (Gündoğdu 2018). Öztürk (2022) Sentinel-2A ve Landsat-9 görüntülerine içerisinde NDBI ve UI bant oranlama tekniklerinin de bulunduğu geçirimsiz yüzey indekslerini kullanarak her iki uydu görüntüleri için de doğruluk analizi yapmıştır (Öztürk 2022). Khorshid (2016), hem yerleşim alanları hem de boş alanlar için içerisinde NDBI ve UI bant oranlama tekniklerinin de olduğu geçirimsiz yüzey indekslerini kullanarak doğruluk analizi yapmıştır (Khorshid 2016). Essaadia ve ark. (2022) Fas'taki iklim ve çevresel ortam arasındaki uzaysal-zamansal korelasyonu göstermek amacıyla Sentinel-2A, ASTER ve Landsat uydu görüntülerine NDVI bant oranlama tekniği ve diğer bitki örtüsü indekslerini uygulamış, NDVI tekniğinin kuraklık çalışmalarında verimli sonuçlar verdiği tespit edilmiştir (Essaadia ve ark. 2022). Ceyhan ilçesi Çukurova'da yer alıp, tarımsal faaliyetler açısından oldukça önemli bir

konumdadır. Bölgedeki arazi kullanımı ile ilgili literatürde çalışmalar bulunmaktadır. Turgut ve ark. (2021) Ceyhan ilçe merkezi ve Ceyhan Ovasındaki arazi kullanımının değişimini analiz edebilmek için 1977-1981 yılları arasında üretilmiş arazi kullanım haritalarını sayısallaştırmış, 2015 yılı Google Earth arşiv görüntüleri ile karşılaştırmıştır. İlçe merkezinde yerleşim alanında büyüme olduğunu tespit etmiştir (Turgut ve ark. 2021). Dikici ve Aksel (2021), Ceyhan havzasında kuraklık tehlikesini tespit etmek için bant oranlama tekniklerini kullanmış, tüm teknikler kuraklığın aynı periyodiklikte olduğu ve bölgede kuraklık tehlikesi olduğunu tespit etmiştir (Dikici ve Aksel 2021).

Çalışma alanında hem yerleşim bölgesi hem tarım alanları hem de su yapısı bulunduğundan, bitki örtüsü tespit etmekte kullanılan bir teknik olan NDVI, su yapılarını tespit etmekte kullanılan NDWI ve yerleşim alanlarını tespit etmek için kullanılan NDBI, UI teknikleri bir arada kullanılmıştır. Bu yöntemlerin bir arada kullanılması ile literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu çalışmanın amacı, NDWI, NDVI, NDBI ve UI bant oranlama tekniği kullanarak Ceyhan ilçe merkezi ve çevresinde LULC belirlemektir. 24 Haziran 2023 tarihinde algılanmış Sentinel-2B uydu görüntülerine NDW, NDVI, NDBI ve UI bant oranlama yöntemi uygulanmış, Otsu eşik belirleme yöntemi ile sınıflar oluşturulmuş ve her yöntem için doğruluk analizi yapılmış ve sonuçlar incelenmiştir.

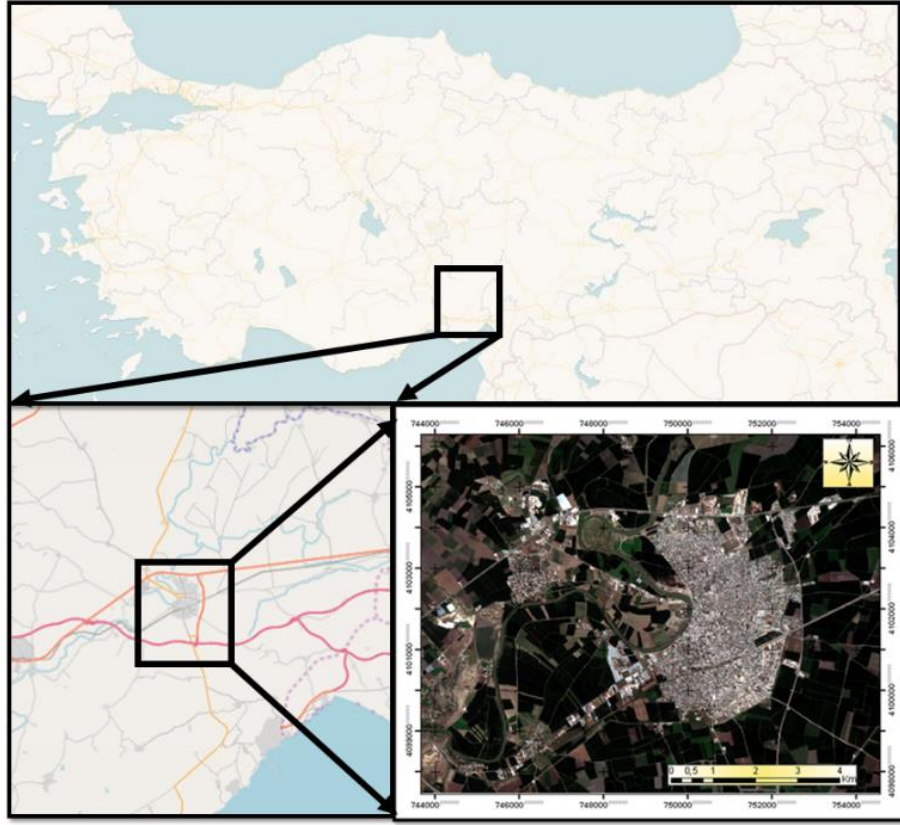
Çalışmanın “2. Materyal ve Metot” bölümünde, çalışma alanının konumu, kullanılan Sentinel-2B uydu görüntüsünün bantlarının ve özellikleri, çalışmada kullanılan bant oranlama teknikleri ve eşik belirleme yöntemi açıklanmıştır. “3. Bulgular” bölümünde, uydu görüntüsüne uygulanan ön işleme aşaması, bant oranlama teknikleri uygulanarak elde edilen NDVI, NDWI, NDBI ve UI görüntüleri, Otsu yöntemi uygulanarak belirlenen eşik değerlerle oluşturulan haritalar, her bir sınıf için hesaplanan piksel sayıları ve alanlar, hata matrisleri kullanılarak belirlenen doğruluk değerleri yer almaktadır. “4.Tartışma ve Sonuç” bölümünde çalışma sonunda elde edilen tüm sonuçlar açıklanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

Adana'nın Ceyhan ilçe merkezine ait Sentinel-2B uydu görüntülerine NDWI, NDVI, NDBI ve UI bant oranlama teknikleri uygulanmış, Otsu eşik belirleme yöntemi ile sınıflar oluşturulmuştur.

2.1. Çalışma Alanı

Çalışma Alanı, Adana ilinin 47 km doğusunda yer alan almakta olan Ceyhan ilçe merkezidir. Tarımsal faaliyetler açısından oldukça önemli bir konumda olup, Adana ilinin merkez ilçeleri dışında, en yüksek nüfuslu ilçesidir (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanı (ESA 2023)

2.2. Materyal

Bu çalışmada 24 Haziran 2023 tarihinde algılanmış Sentinel-2B uydu görüntüsü kullanılmıştır (ESA 2023).

Sentinel-2B uydusunun bantlarının özellikleri Tablo 1’de yer almaktadır.

Tablo 1. Sentinel-2B bantları ve Özellikleri

Sentinel-2 Uydu Bantları	Özellikler	
	Dalgaboyu (micrometre)	Çözünürlük (m)
Bant-1 (Kıyı Aerosol)	0.442	60
Bant-2 Mavi	0.492	10
Bant-3 Yeşil	0.559	10
Bant-4 Kırmızı	0.665	10
Bant-5 Bitki örtüsü Red Edge	0.703	20
Bant-6 Bitki örtüsü Red Edge	0.739	20
Bant-7 Bitki örtüsü Red Edge	0.779	20
Bant-8 NIR	0.833	10
Band-8A Bitki örtüsü Red Edge	0.864	20
Band-9 Water vapor	0.943	60
Band-10 SWIR Cirrus	1.376	60
Band-11 SWIR	1.610	20
Band-12 SWIR	2.185	20

2.3. Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI)

Bitki örtüsü tespit etmek için NDVI sıklıkla kullanılan bir yöntemdir (Pettorelli ve ark. 2011). NIR ve kırmızı bantları kullanır. Formülü aşağıdaki gibidir. (1).

$$NDVI = \frac{BAND_{NIR} - BAND_{KIRMIZI}}{BAND_{NIR} + BAND_{KIRMIZI}} \quad (1)$$

2.4. Normalize Edilmiş Fark Su İndeksi (NDWI)

Normalize edilmiş fark su indeksi (NDWI), su yüzeylerini tespit etmek için yeşil bant ve yakın kızıl ötesi bantlarını kullanan bir oranlama yöntemidir. (Xu 2006) Formülü aşağıdaki gibidir (2).

$$NDWI = \frac{BAND_{YEŞİL} - BAND_{NIR}}{BAND_{YEŞİL} + BAND_{NIR}} \quad (2)$$

2.5. Normalize Edilmiş Fark Yerleşim Alanı indeksi (NDBI) ve Şehir İndeksi (UI)

NDBI, uzaktan algılama görüntülerinden kentsel alanlardan geçirimsiz yüzeyleri tespit etmek için kullanılabilir (Kebede ve ark. 2022). NDBI, kısa dalga kızılötesi (SWIR1) ile yakın kızılötesi (NIR) farkını ve oranını kullanır (3).

$$NDBI = \frac{BAND_{SWIR1} - BAND_{NIR}}{BAND_{SWIR1} + BAND_{NIR}} \quad (3)$$

UI, uzaktan algılama görüntülerinden kentsel alanlardan geçirimsiz yüzeyleri tespit etmek için kullanılabilir (Kawamura ve ark. 1996). NDBI, kısa dalga kızılötesi

(SWIR2) ile yakın kızılötesi (NIR) farkını ve oranını kullanır (4).

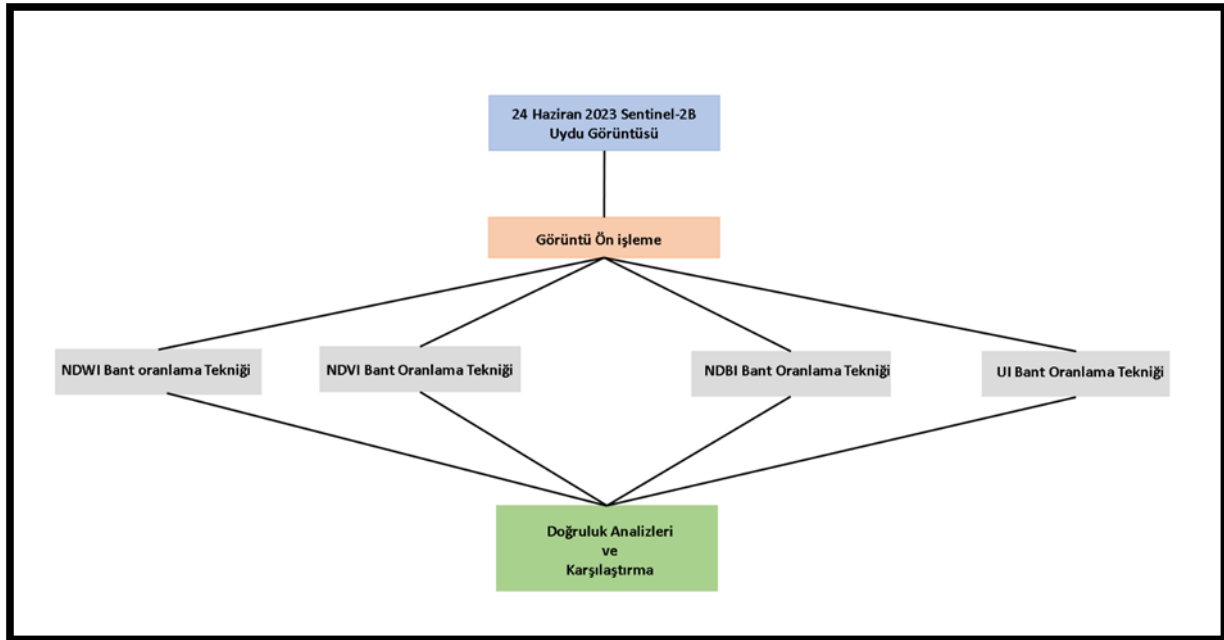
$$UI = \frac{BAND_{SWIR2} - BAND_{NIR}}{BAND_{SWIR2} + BAND_{NIR}} \quad (4)$$

2.6. Otsu Yöntemi

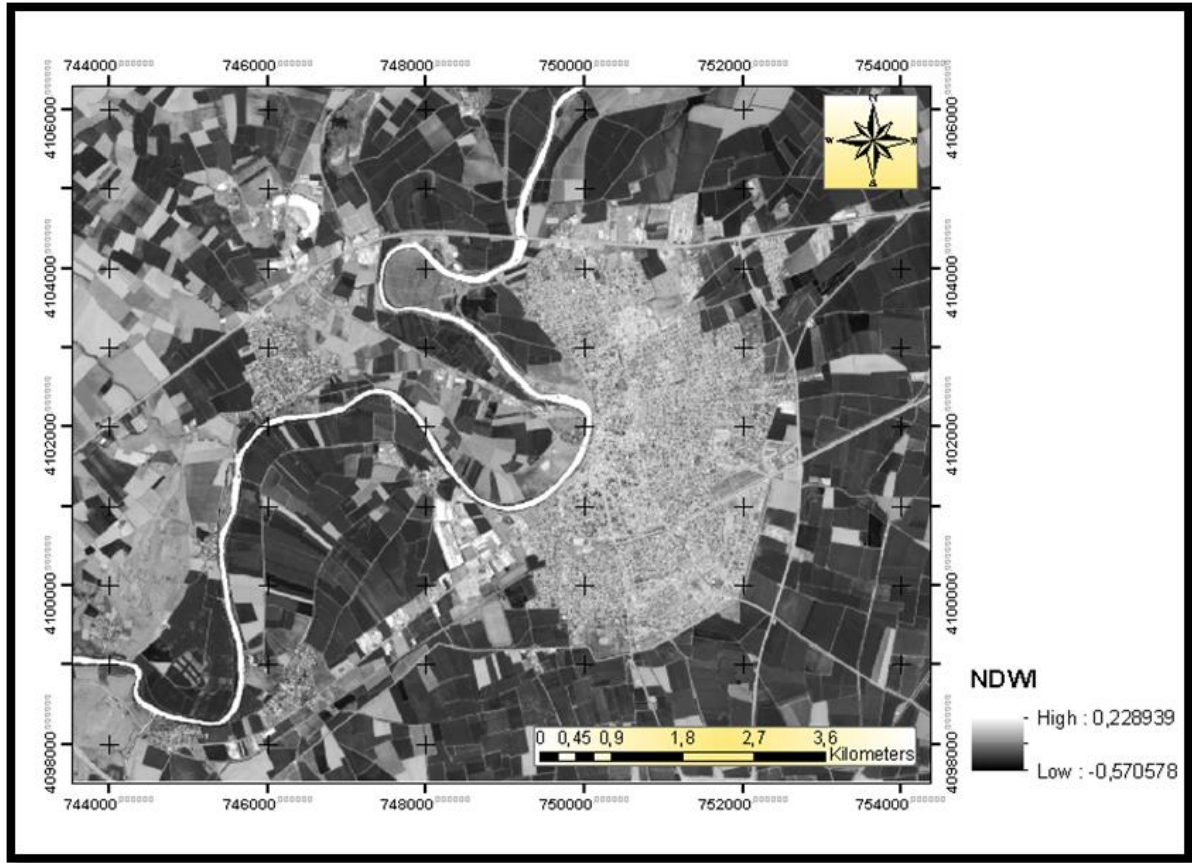
Otsu yöntemi, eşik değeri otomatik olarak belirleyen bir teknik olup, herhangi bir görüntü için bimodal histogramda sınıf içi varyansı $\sigma^2(t)$ maksimize eder (Yılmaz 2023). Otsu yöntemi, bir görüntü için gri seviyeleri kullanarak çalışır (Otsu 1979). Sınıflara ayırma işlemi gerçekleştirilirken tüm eşik değeri için ayrı sınıf içi veya sınıf arası varyans değerini hesaplar, sınıf içi varyans değeri en küçük olan değer ile en uygun eşik değerini belirler (Kaygısız ve Çakır 2020).

3. BULGULAR

Sentinel-2B görüntüleri, ESA web sayfasından temin edilmiştir (ESA 2023). Kullanılan görüntüler, L1C serisi olduğundan ve atmosferik düzeltmeleri yapılmış halde sunulmuş olduğundan ön işleme aşamasında yalnızca görüntüler kesilmiş, NDBI ve UI uygulanırken kullanılan NIR bantı 10 m, SWIR1 ve SWIR2 bantları 20 m çözünürlüklü olmasından dolayı, bu oranlama teknikleri uygulanırken kullanılan NIR bantı 20 m'ye yeniden örnekleme işlemi uygulanarak kullanılmıştır. (Şekil 2). 10 metre çözünürlüğe sahip yeşil ve NIR bantları kullanılarak NDWI bant oranlama tekniği uygulanmıştır (Şekil 3).



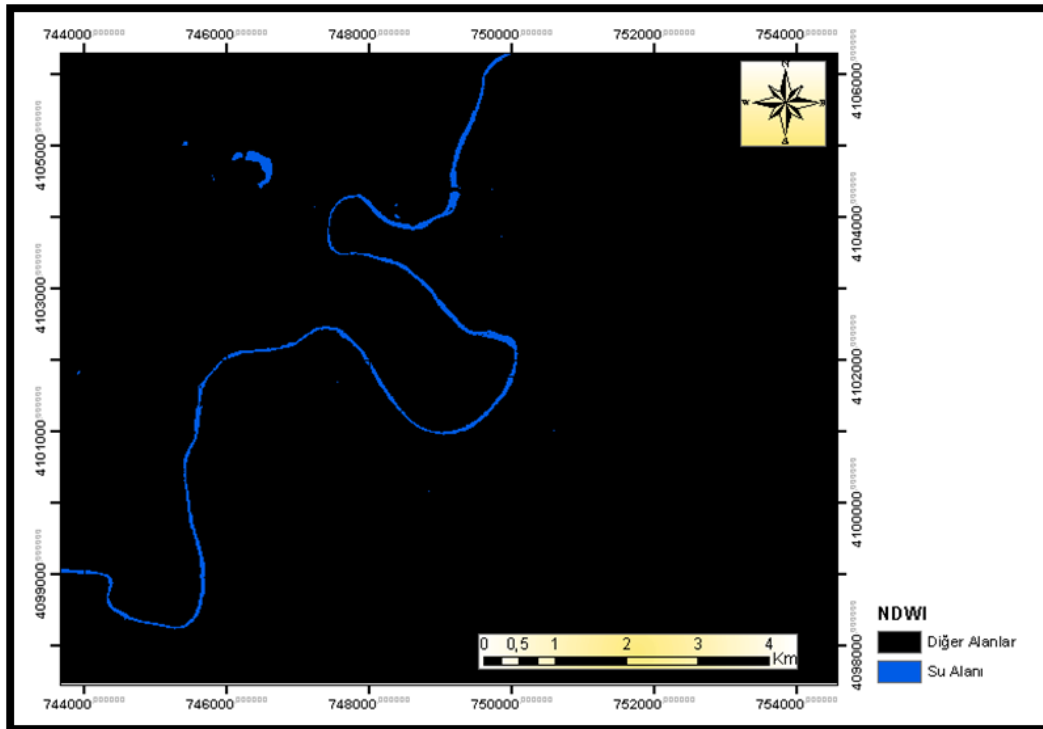
Şekil 2. İş akış diyagramı



Şekil 3. NDWI haritası

Su Alanları ve Diğer Alanlar olmak üzere iki sınıf oluşturulmuştur. Sınıflar oluşturulurken kullanılan eşik değeri Otsu yöntemi ile 0.07 olarak tespit edilmiştir. Otsu

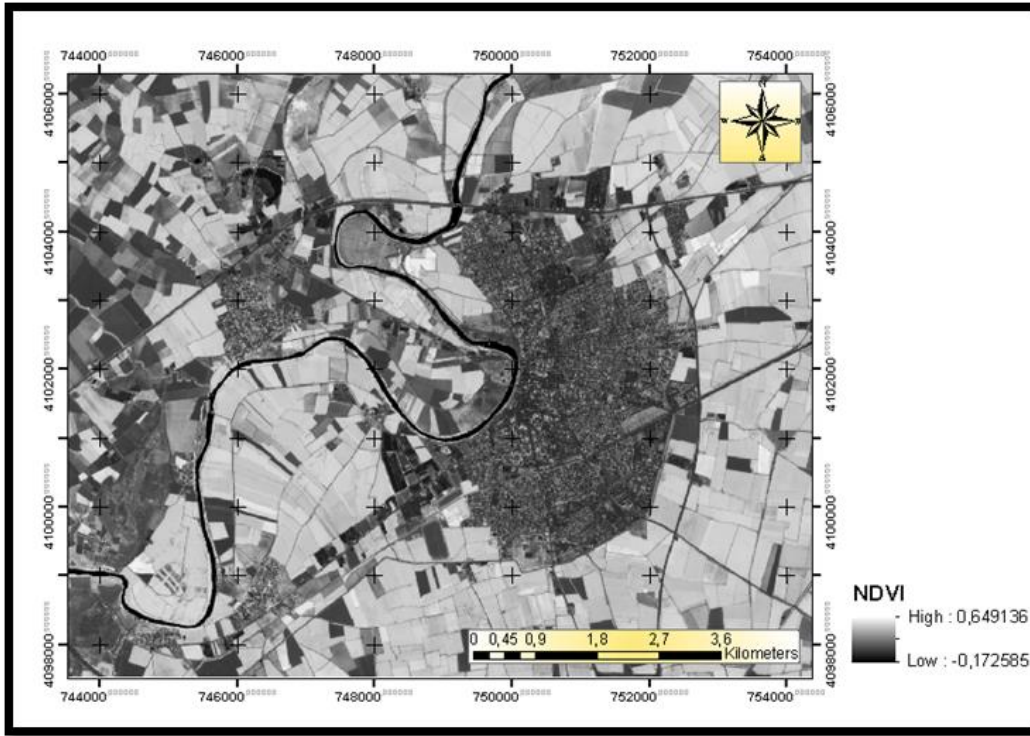
yöntemi uygulandıktan sonra elde edilen NDWI haritası şekilde sunulmuştur (Şekil 4).



Şekil 4. Otsu yöntemi uygulanmış NDWI haritası

NDWI yöntemi ile belirlenen su alanı 12270 piksel olup 1.22km² dir. 10 metre çözünürlüğe sahip kırmızı ve NIR

bantları kullanılarak NDVI bant oranlama tekniği uygulanmıştır (Şekil 5).

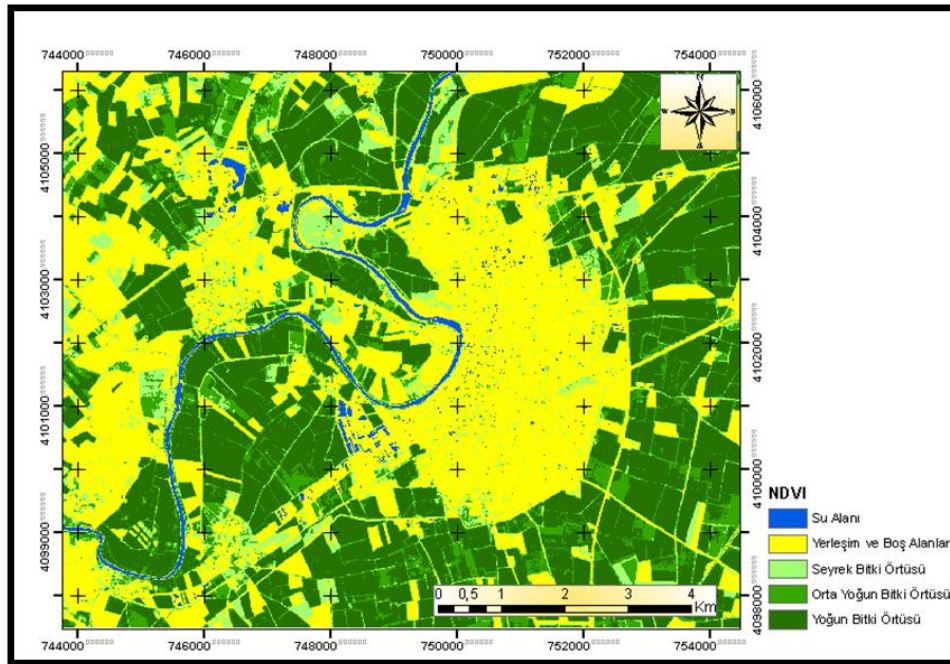


Şekil 5. NDVI haritası

Sınıflar oluşturulurken kullanılan eşik değerleri Otsu yöntemi tespit edilmiştir. Su Alanları, Yerleşim ve boş alanlar, seyrek bitki örtüsü, orta yoğun bitki örtüsü, yoğun bitki örtüsü olmak üzere beş sınıf oluşturulmuştur (Tablo 2). Otsu yöntemi uygulandıktan sonra elde edilen NDVI haritası şekilde sunulmuştur (Şekil 6). NDVI yöntemi ile tespit edilen sınıflar Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 2. NDVI sınıfları aralıkları

Sınıf	NDVI Aralığı
Su Alanı	<0.007
Boş Alan	0.007- 0.1529
Seyrek Bitki Örtüsü	0.1529- 0.2818
Orta Yoğunluklu Bitki Örtüsü	0.2818- 0.4203
Yoğun Bitki Örtüsü	0.4203- 0,64913

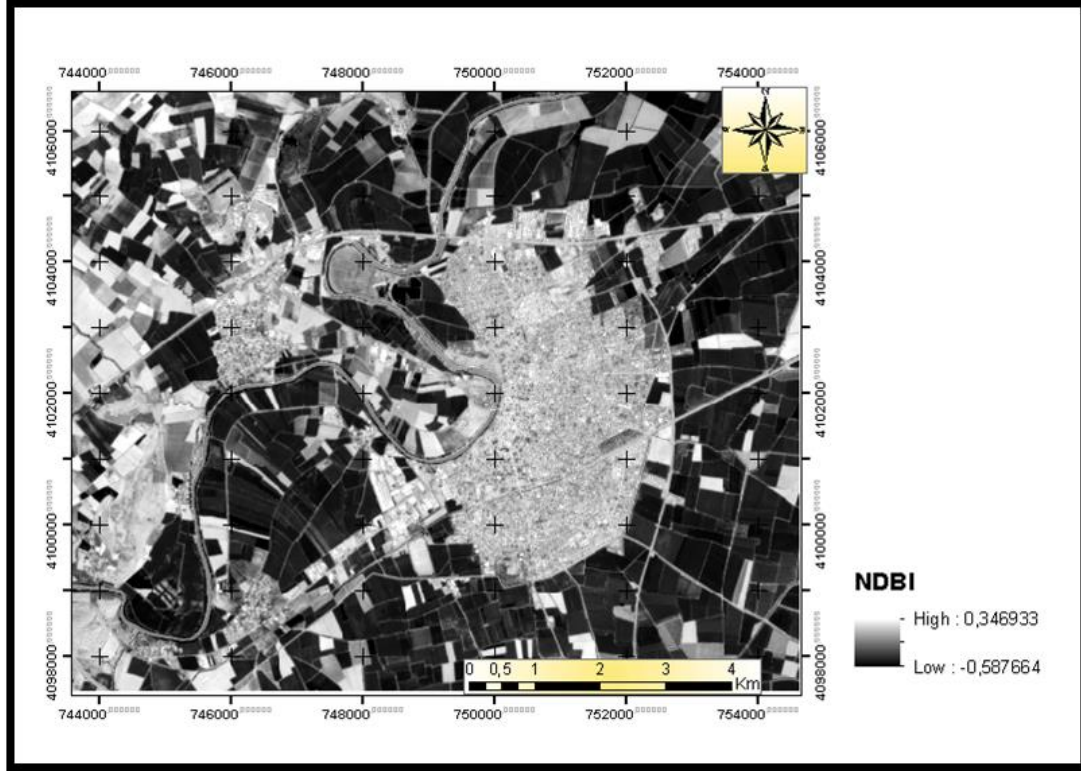
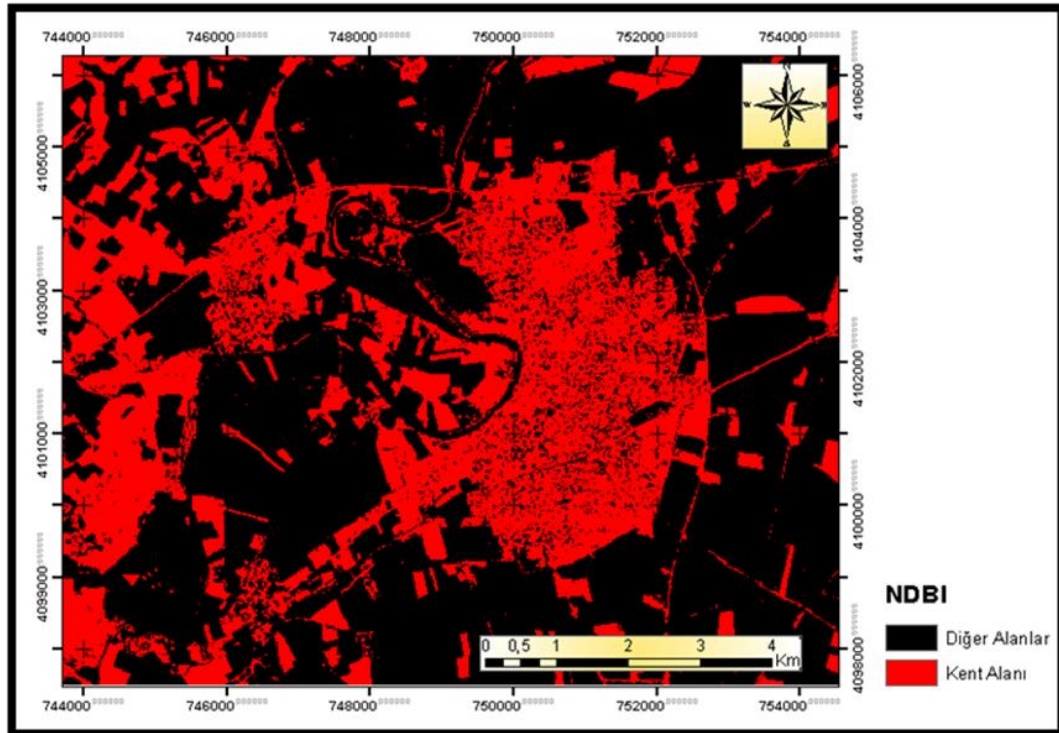


Şekil 6. Otsu yöntemi uygulanmış NDVI haritası

Tablo 3. NDVI sınıf piksel sayıları ve Alanlar

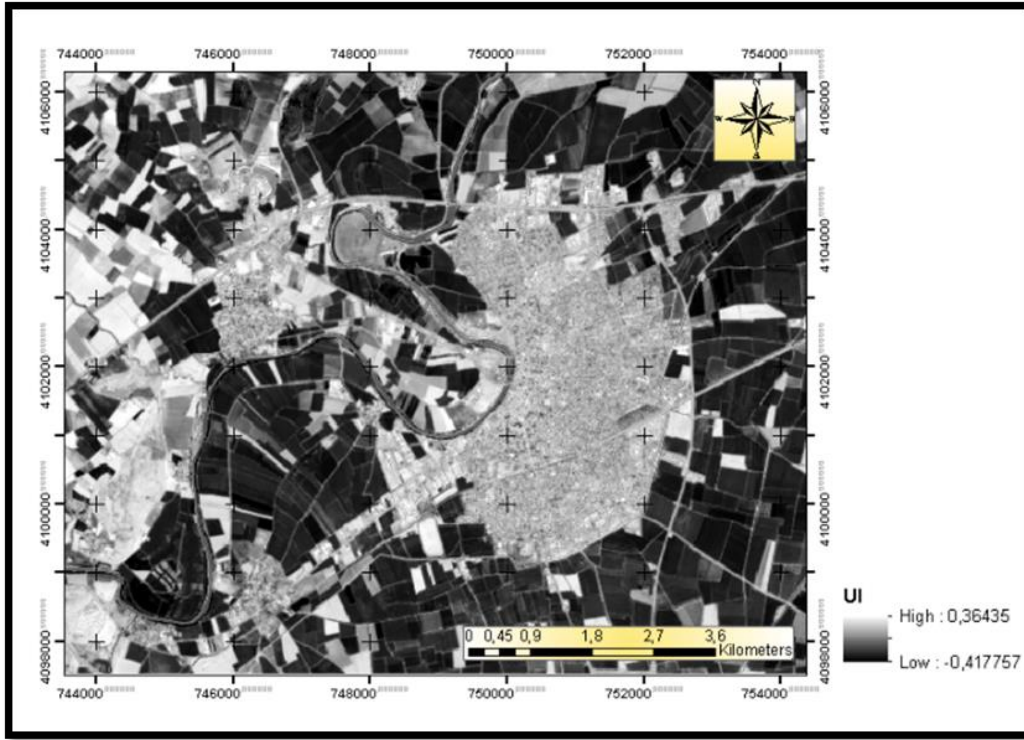
Sınıf	Piksel Sayısı	Alan (km ²)
Su	17190	1.71
Yerleşim ve Boş alanlar	245692	24.5
Seyrek Bitki Örtüsü	190033	19.0
Orta Yoğunlukta Bitki Örtüsü	145726	14.5
Yoğun Bitki Örtüsü	499371	49.93

20 metre çözünürlüğe yeniden örneklenen NIR ve 20 metre çözünürlüklü SWIR bantları kullanılarak NDBI bant oranlama tekniği uygulanmıştır (Şekil 7). Kent alanı ve diğer alanlar olmak üzere iki sınıf oluşturulmuştur. Sınıflar oluşturulurken kullanılan eşik değerleri Otsu yöntemi ile 0.0314 olarak tespit edilmiştir. Otsu yöntemi uygulandıktan sonra elde edilen NDBI haritası şekilde sunulmuştur (Şekil 8).

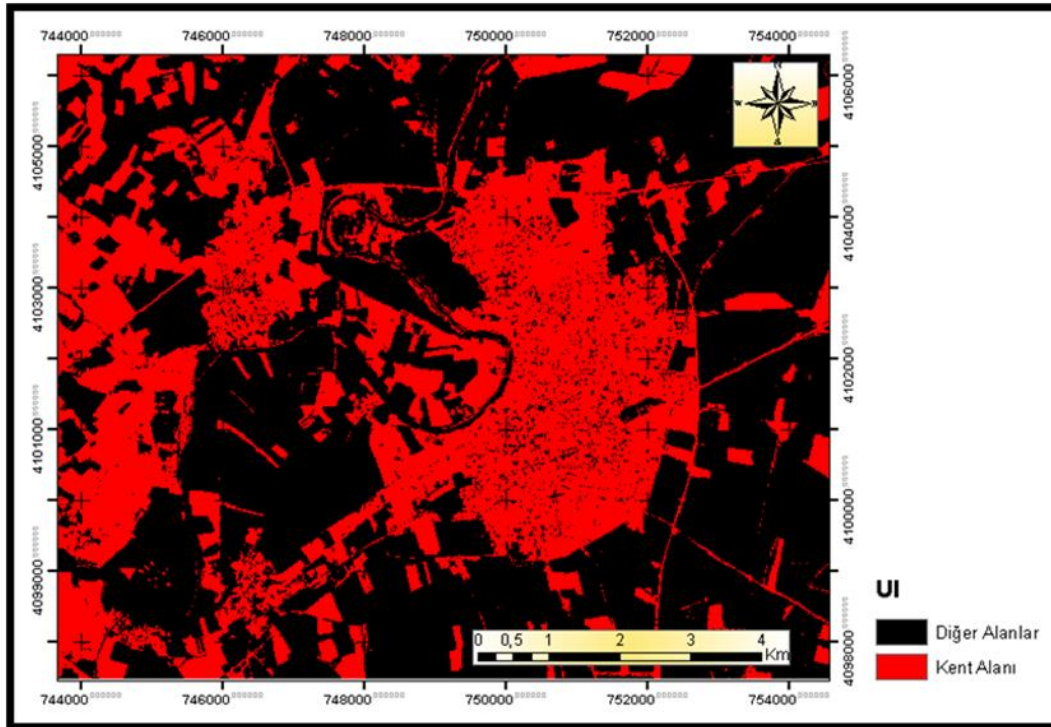
**Şekil 7.** NDBI haritası**Şekil 8.** Otsu uygulanmış NDBI haritası

20 metre çözünürlüğe yeniden örneklenen NIR ve 20 metre çözünürlüklü SWIR bantları kullanılarak UI bant oranlama tekniği uygulanmıştır (Şekil 9). Sınıflar oluşturulurken kullanılan eşik değerleri Otsu yöntemi ile

0.05 olarak tespit edilmiştir. Otsu yöntemi uygulandıktan sonra elde edilen UI haritası şekilde sunulmuştur (Şekil 10). NDBI yöntemi ile belirlenen kent alanı 22,8 km², UI yöntemi ile belirlenen kent alanı 19,7km² dir.



Şekil 9. UI haritası

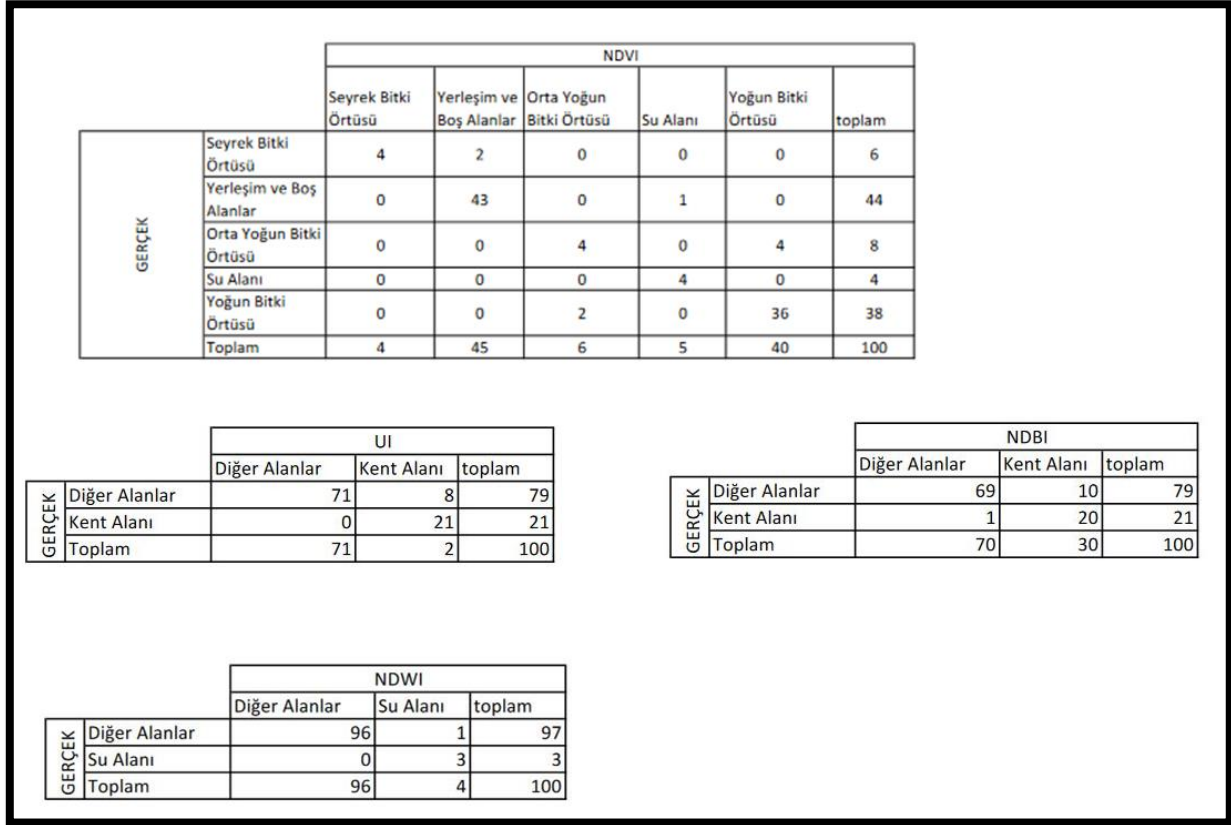


Şekil 10. Otsu uygulanmış UI haritası

NDBI ve UI yöntemleri ile belirlenmiş kent alanı ve diğer alanların piksel sayıları Tablo 4'de sunulmuştur. 100 adet kontrol noktası ile hata matrisleri oluşturulmuştur (Şekil 11).

Tablo 4. NDBI ve UI sınıf piksel sayıları

Yöntem	Kent Alanı Piksel Sayısı	Diğer Alanlar Piksel Sayısı
NDBI	57002	217758
UI	49308	225495



Şekil 11. Hata Matrisleri

Hata matrisi üzerinde doğruluk doğru biçimde sınıflandırılmış piksellerin toplam sayısının (köşegen toplamı) kontrol noktalarının toplam sayısına bölünmesiyle elde edilir (Davarcı 2011). Hata matrisleri üzerinden yapılan doğruluk analizleri Tablo 5’de sunulmuştur.

Tablo 5. Genel doğruluklar ve kappa değerleri

Yöntem	Genel doğruluk	Kappa değeri
NDVI	%91	0.86
NDWI	%99	0.85
NDBI	%89	0.721
UI	%92	0.788

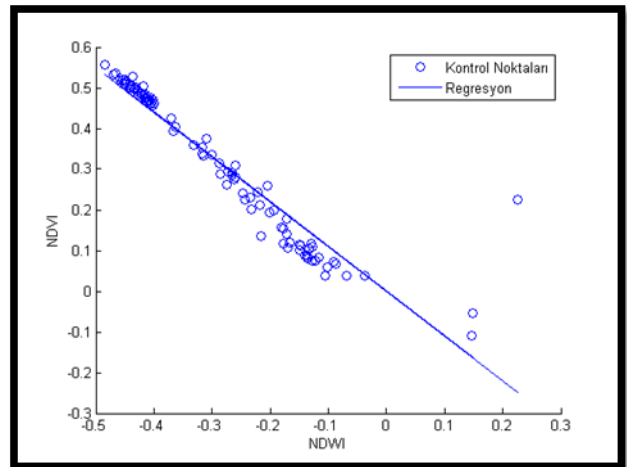
Kullanılan tüm yöntemler yüksek doğruluklu sonuç vermiştir. NDWI ve NDVI yöntemleri ile tespit edilen su alanları birbirine çok yakındır. Doğruluk analizinde kullanılan 100 adet kontrol noktasının NDWI ve NDVI değerleri arasında lineer bir ilişki vardır, korelasyon katsayısı R^2 , 0.885’dir (Şekil 12).

NDVI yöntemi ile tespit edilmiş yerleşim ve diğer alanlar sınıfları ile UI yöntemi ile tespit edilen kent alanı sınıfı uyumludur. NDVI yöntemi ile tespit edilmiş bitki örtüsü alanları ise, UI yöntemi ile tespit edilen diğer alanlar sınıfı ile uyumludur. Doğruluk analizinde kullanılan 100 adet kontrol noktasının UI ve NDVI değerleri arasındaki korelasyon katsayısı R^2 , 0.731 olup, dağılımları şekildeki gibidir (Şekil 13).

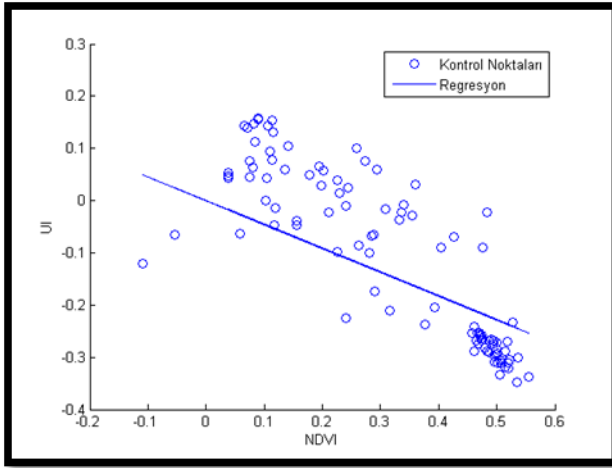
NDBI yöntemi ile tespit edilmiş kent alanı ve diğer alanlar sınıfları ile UI yöntemi ile tespit edilen kent alanı ve diğer alanlar sınıfları uyumludur. Doğruluk analizinde kullanılan 100 adet kontrol noktasının UI ve NDBI

değerleri arasındaki korelasyon katsayısı R^2 , 0.900 olup, dağılımları şekildeki gibidir (Şekil 14).

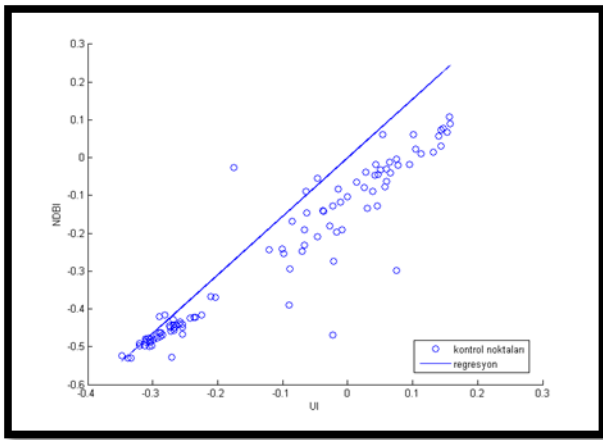
NDVI yöntemi ile tespit edilmiş yerleşim ve diğer alanlar sınıfları ile NDBI yöntemi ile tespit edilen kent alanı sınıfı uyumludur. NDVI yöntemi ile tespit edilmiş bitki örtüsü alanları ise, NDBI yöntemi ile tespit edilen diğer alanlar sınıfı ile uyumludur. Doğruluk analizinde kullanılan 100 adet kontrol noktasının NDBI ve NDVI değerleri arasındaki korelasyon katsayısı R^2 , 0.808 olup, dağılımları şekildeki gibidir (Şekil 15).



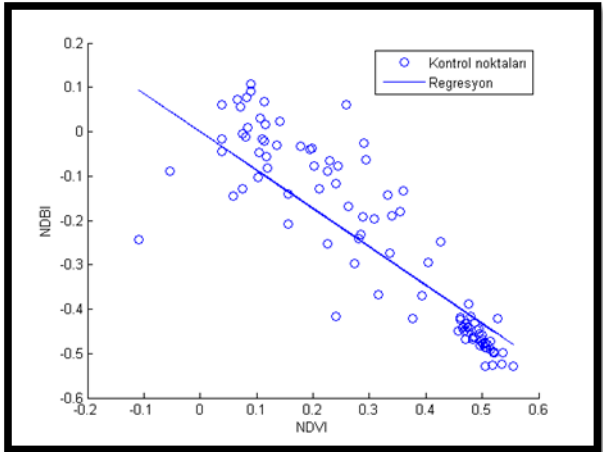
Şekil 12. NDWI – NDVI dağılım grafiği



Şekil 13. UI – NDVI dağılım grafiği



Şekil 14. UI – NDBI dağılım grafiği



Şekil 15. NDBI – NDVI dağılım grafiği

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Ceyhan, Çukurova’da tarımsal faaliyetler açısından son derece önemli bir konumda yer almaktadır. Bu nedenle

tarımsal faaliyetlerin, su alanlarının ve yerleşim bölgelerinin takibi büyük önem taşımaktadır. Tarımsal faaliyetlerin gözlemlenmesi ve yönetimi açısından, uzaktan algılama teknikleri LULC belirleme çalışmalarında büyük bir öneme sahiptir.

Bu çalışmada, 24 Haziran 2023 tarihinde algılanmış Sentinel-2B uydu verileri kullanılarak Ceyhan ilçe merkezi ve çevresinde LULC'nin belirlenmesi için NDWI, NDVI NDBI ve UI bant oranlama teknikleri kullanılmış ve doğruluk analizi yapılmıştır.

Su alanlarını tespit etmek için NDWI, bitki örtüsü alanlarını tespit etmek için NDVI, yerleşim alanlarını tespit etmek için NDBI ve UI yöntemi tercih edilebilir. Çalışma alanının yerleşim alanı, bitki örtüsü alanları ve su yapıları içermesi nedeniyle tüm yöntemler uygulanmıştır.

Doğruluk sonuçları göz önüne alındığında, tüm bant oranlama teknikleri yüksek doğruluklu sonuçlar sunmaktadır. Bant oranlama tekniklerinden elde edilen sonuçlar birbiri ile uyumludur. UI indeksi SWIR2 bandını kullanırken NDBI SWIR1 bandının kullanır (Zha ve ark. 2023). UI, NDBI yönteminden daha yüksek doğruluklu sonuç vermiştir. Literatürdeki çalışmalarda elde edilen sonuçlarla uyumlu olduğu görülmektedir. Öztürk (2022), Sentinel-2A ve Landsat 9 OLI görüntüleri üzerinde UI yönteminin NDBI yönteminden daha yüksek doğruluk sağladığını tespit etmiştir.

Khorshid (2016), hem yerleşim alanları hem de boş alanlar için bant oranlama teknikleri kullanmış UI yönteminin, NDBI yönteminden daha yüksek doğruluk sağladığını tespit etmiştir. SWIR1 ve SWIR2 bantları 20 metre çözünürlüklüdür. Bu nedenle UI ve NDBI bant oranlama teknikleri kullanılırken NIR bandı 10 metreden 20 metreye yeniden örneklendirilerek kullanılmıştır. Elde edilen NDBI ve UI haritaları 20 metre çözünürlüklüdür. Daha düşük çözünürlüklü harita elde edilmesi de bu yöntemlerin dezavantajıdır. NDWI yöntemi çok yüksek doğruluklu sonuç vermiştir. Elde edilen bu sonuç literatürdeki çalışmalarla uyumludur (Kaya ve Kaplan 2021; Deoli ve ark. 2022). NDVI yöntemi yüksek doğruluk sağlamış olup, sağladığı doğruluk literatürdeki çalışmalarla uyumludur (Özdarıcı 2014). NDVI yöntemi ile belirlenen sınıf sayısı diğer tekniklerden daha fazladır bu durum, doğruluk değerini düşüren bir faktördür.

Elde edilen sonuçlar, kentsel alanlar ve çevresinde, tarımsal faaliyetlerin gözlemlenmesi için LULC çalışmalarında bant oranlama tekniklerinin kullanılabileceğini göstermektedir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Herhangi bir kurum, kuruluş, kişi ile mali çıkar çatışması yoktur.

KAYNAKLAR

- Davarcı MA (2011). 2006-2010 yılları arasında Seyhan ve Yüreğir ilçelerinde uzaktan algılama ile ekili ürün değişimi tespiti. Yüksek lisans tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Deoli V, Kumar D, Kuriqi A (2022). Detection of water spread area changes in eutrophic lake using Landsat data. *Sensors*, 22:1-15.
- Dikici M, Aksel M (2021). Comparison of drought indices in the case of the Ceyhan Basin. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 8(2):113-125
- ESA (2023). <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>.
- Essaadia A, Abdellah A, Ahmed A, Abdelouahed F, Kamal E (2022). The normalized difference vegetation index (NDVI) of the Zat valley, Marrakech: comparison and dynamics. *Heliyon*, 8(12):1-10.
- Gündoğdu KS (2018). Buğday ekili parsellerde NDVI değerlerinin konumsal ve zamana bağlı değişiminin belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 21(4):492-499.
- Kawamura M, Jayamana S, Tsujiko Y (1996). Relation between social and environmental conditions in Colombo Sri Lanka and the urban index estimated by satellite remote sensing data. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 31:321-326.
- Kaya ÖA, Kaplan G (2021). Uzaktan algılama yöntemleri ile Burdur Gölü'ndeki alansal değişiminin belirlenmesi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 7(1):1-12.
- Kaygısız H, Çakır A (2020). FPGA kullanılarak görüntülerin gerçek zamanlı olarak otsu metodu ile bölütlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 18:911-917.
- Kebede TA, Hailu BT, Suryabagavan KV (2022). Evaluation of spectral built-up indices for impervious surface extraction using Sentinel-2A MSI imagery: a case of Addis Ababa City, Ethiopia. *Environmental Challenges*, 8:1-14.
- Khorshid K (2016). Uzaktan algılama teknikleri ile geçirimsiz yüzey tahmini ve haritalanması. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kuc G, Chormański J (2019). Sentinel-2 imagery for mapping and monitoring imperviousness in urban areas. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42:43-47.
- Ma F, Wang Q, Zhang M (2018). Dynamic changes of wetland resources based on Modis and Landsat image data fusion. *EURASIP Journal on Image and Video Processing*, 2018(63):1-10.
- Mutlu AZ, Kazancı B, Özçetin AY, Sarıyılmaz FB (2020). Akşehir Gölü zamansal değişiminin bant oranlama yöntemleri ile belirlenmesi. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi (TUZAL)*, 2(1):22-28.
- Otsu N (1979). A threshold selection method from gray-level histograms. *IEEE Trans. Syst. Man. Cybern.*, 9:62-66.
- Pettorelli N, Ryan, S, Mueller T, Bunnefeld N, Jędrzejewska B, Lima M, Kausrud K (2011). The normalized difference vegetation index (NDVI): unforeseen successes in animal ecology. *Climate Research*, 46(1):15-27.
- Özdarıcı OA (2014). Yüksek mekânsal çözünürlüklü uydu görüntülerinden otomatik ağaç tespiti: yeni bir yaklaşım. 5. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu. İstanbul, Türkiye.
- Öztürk D (2022). Sentinel-2A MSI ve Landsat-9 OLI-2 görüntüleri kullanılarak farklı geçirimsiz yüzey indekslerinin karşılaştırmalı değerlendirilmesi: Samsun örneği. *Ege Coğrafya Dergisi*, 31(2):401-423.
- Turgut YŞ, Keleş B, Şenol S (2021). Toprak veritabanı kullanılarak Ceyhan Ovası arazi kullanımında zamansal değişimlerin belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 24(3):622-631.
- Xu H (2006). Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 27(14):3025-3033.
- Yılmaz OS (2023). Uzaktan algılama teknikleri ile su yüzeylerinin tespit edilmesinde kullanılan su çıkarma indekslerinin performans analizi. *Turkish Journal of Remote Sensing and GIS*, 4(2):242-261.
- Zha Y, Gao J, Ni S (2003). Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 24(3):583-589