

DOĞU AKDENİZ DELTA SİSTEMLERİNDEKİ SULAK ALANLARDA PEYZAJ DESENİ DEĞİŞİMLERİ: GÖKSU DELTASI VE YUMURTALIK LAGÜNÜ MİLLİ PARKI ÖRNEKLERİ

Tuba KAYRA^{1*}, Hakan ALPHAN²,

^{1*} Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Adana, Türkiye.

kayrat@student.cu.edu.tr, ORCID: 0009-0007-0638-3769.

² Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Adana, Türkiye.

alphan@cukurova.edu.tr, ORCID: 0000-0003-1139-4087.

Özet

Ülkemiz sınırlarında bulunan ve zengin habitat çeşitliliğine sahip olan Doğu Akdeniz sulak alanları gibi doğal peyzajların son yıllardaki hızlı kaybı, yönetimi zor olan ve giderek büyüyen bir sorun haline gelmiştir. Bu peyzajların karakteristik özellikleri hakkında bilgi edinmek ve yıllar içindeki değişimini tespit etmek amacıyla, peyzaj bileşenlerinin coğrafi dağılımını, bağlantılığını ve şekil-boyut özelliklerini kapsamlı olarak inceleyen peyzaj ölçüleri kullanılabilir. Doğu Akdeniz kıyısında, koruma altındaki sulak alanlarda peyzaj desenindeki değişimi araştırmak amacıyla coğrafi referanslı Landsat 7 ETM+ ve Landsat 8 OLI uydu görüntülerine dayalı obje tabanlı sınıflama (OTS) yöntemiyle sulak alanların 2000 ve 2020 yılları mekânsal dağılımları çıkarılmıştır. Göksu Deltası Özel Çevre Koruma Bölgesi ve Yumurtalık Lagünü Milli Parkları sulak alanlarının alan-kenar, şekil ve toplanma özelliklerinin mekânsal ve zamansal çeşitliliğini incelemek amacıyla, sınıf düzeyinde 11 peyzaj indisi kullanılmıştır. Sonuçta her iki sulak alanda da lagün yüzeylerinden tuzlu bataklıklara dönüşüm, kumulların parçalanması ve kaybı ve diğer doğal habitatlarda parçalanma gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sulak alanlar, peyzaj deseni değişimi, peyzaj ölçüleri, değişim tespiti, habitat kaybı.

LANDSCAPE PATTERN CHANGES IN THE WETLANDS OF THE EASTERN MEDITERRANEAN DELTA SYSTEMS: CASES OF THE GOKSU DELTA AND YUMURTALIK LAGOON NATIONAL PARK.

Abstract

The rapid loss of natural landscapes such as the Eastern Mediterranean wetlands in recent years has become a growing problem that is difficult to manage. Landscape metrics can be used to obtain information on the characteristic features of natural landscapes such as wetlands and to detect their changes. This helps to comprehensively investigate the geographical distribution, connectivity, and shape-size characteristics of landscape components. Object-Based Classification (OBC) was employed using geographically referenced Landsat 7-8 ETM+ and OLI images in order to understand the landscape pattern changes in the protected wetlands on the Eastern Mediterranean coast of our country. The spatial distribution of the wetlands in 2000 and 2020 and the associated changes were investigated in the light of eleven landscape metrics at the class level. Transitions from lagoon surfaces to salt marshes and the fragmentation of dunes and other natural habitats were reported changes observed in both of the wetlands.

Keywords: Wetlands, Landscape pattern changes, Landscape metrics, Change detection, Habitat loss.

1. GİRİŞ

Dünyada ve Türkiye’de kıyı sulak alan habitatları aşırı tarımsal faaliyetler, baraj inşaatları ve ikinci konut inşaatları nedeniyle ciddi tehdit altındadır. Zengin habitat çeşitliliği ile birçok kuş türü, memeli ve deniz canlılarına yaşam alanı sağlayan bu doğal ortamlar, su dengesini düzenlemek, su birikimini arttırmak, suyu filtrelemek, çöktürmeleri ve kirleticileri tutmak gibi önemli ekolojik işlevlere sahiptir (Mitsch ve Gosselink, 2000; Bai, Yang, Cui, Cui ve Wang, 2005; Tomaselli, Tenerelli ve Sciandrello, 2012). Ancak kıyı ekosistemleri dünyada en çok sömürülen ve tehdit altındaki doğal ekosistemlerden biridir. Sulak alanların sağladığı ekosistem hizmetlerinden son yıllarda yaban hayatı için üreme alanı %69 oranında, filtreleme hizmetlerinin %63 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Kıyı sulak alanları genellikle tarımsal kullanım veya ikinci konut inşaatları nedeniyle kurutulmaktadır. Örneğin; tuzlu bataklıklar biyolojik istilalar, ötrofikasyon, iklim değişikliği ve deniz seviyesinin yükselmesi, artan hava ve deniz yüzeyi sıcaklıkları, artan CO₂ konsantrasyonları, bataklıkların kurutulması, değişen hidrolojik koşullar ve bitki örtüsünün bozulması nedeniyle ciddi tehdit altındadır. Kıyı kumulları ise kıyı koruma, kaynak çıkarma, erozyon kontrolü, su toplama ve arıtma, balık, kabuklu deniz ürünleri üretimi, kuşlar, kemirgenler ve amfibi canlılar için üreme ve yaşam alanı sağlama, karbon tutulumu, turizm, rekreasyon, eğitim ve araştırma için yer sağlama gibi çok sayıda hizmet sağlamaktadır. Bu alanlar bitki örtüsünün bozulması ve aşırı su kullanımı, kirlilik, kumul kaybı gibi nedenlerden dolayı ciddi tehdit altındadırlar (Barbier ve diğerleri, 2011). Sulak alanların korunması amacıyla hükümetler yerel, ulusal ve küresel düzeyde önlemler almıştır (Örn; Ramsar Sözleşmesi) (Zedler ve Kercher, 2005; Verhoeven ve Setter, 2010; Janse ve diğerleri, 2019) ancak bu alanlarda bozulma hızla devam etmektedir. Bu nedenle farklı dönemlerde sulak alan peyzaj deseninde meydana gelen değişimlerin izlenmesi, doğal özelliklerin korunması açısından büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla kullanılan, uzaktan algılamaya dayalı yöntemlerin bu doğal peyzajlarda meydana gelen değişimlerin izlenmesinde değerli bir araç olduğu kanıtlanmıştır (Kelly, Tuxen ve Stralberg, 2011).

Sulak alan peyzaj desenindeki değişimleri daha iyi anlamak ve karakterize etmek için sulak alan yapısını, mekânsal ve zamansal değişim eğilimlerini ve diğer ekolojik süreçleri analiz etmek önemlidir (Wu, 2013). Bu nedenle ekosistem hizmetleri ve faunanın varlığı gibi özellikleri ölçmek ve ekolojik süreçleri belirlemek için peyzaj ölçüleri sıklıkla kullanılırlar (Taddeo ve Dronova, 2020). Ekolojik süreçler ve mekânsal dağılımlar arasındaki ilişkileri ortaya çıkarmak için mekânsal heterojenliğin ölçümü gereklidir. Peyzaj ölçümleri, arazi örtüsü kompozisyonunu ve mekânsal konfigürasyonu kavramsallaştırmada esneklik sağlar ve ayrıca ekolojik modeller, işlevler ve süreçler arasındaki bağlantıları ayrıntılı ve hassas olarak ölçebilir (Alphan, 2021; Uuemaa, Antrop, Roosaare, Marja ve Mander, 2009; Frazier ve Kedron, 2017). Arazi örtüsünde meydana gelen değişimler hakkında sınırlı bilgi sağlayan değişim tespiti yöntemlerinin aksine peyzaj ölçümleri habitatların, ekosistem hizmetlerinin, nüfus dinamiklerinin ve toplulukların kapsamını izlemek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca değişim periyodu boyunca değişimin hızını, değişimin yönünü, doğrusalılık derecesini, ani ve kısa dalgalanmaların varlığını gösteren istatistikler sağlarlar. Sulak alanlar ve diğer habitatlar, peyzaj ölçülerinin en önemli araştırma alanlarından biridir (Örn; (Hargis, Bissonette ve David, 1998; Ruffell, Banks-Leite ve Didham, 2016; Püttker ve diğerleri, 2020; Fletcher Jr. ve diğerleri, 2023). Peyzaj ölçümleri ayrıca, sulak alanların hidrolojik bağlantısı (Epting ve diğerleri, 2018), restorasyon ve bitki örtüsü (Taddeo ve Dronova, 2020), ekoton desenleri, peyzaj yapısı ve biyolojik çeşitliliği de içeren peyzaj ölçüleri (Walz, 2011), su ve sulak alan sistemlerinde mekânsal bağlantı ve peyzaj bağlantısı (Tonyaloğlu, Atak ve Yılmaz, 2020), akarsu kalitesi ve mevsimsel değişimler (Jianhong Wu ve Lu, 2021), tatlı su araştırma alanlarında peyzaj yapısının değerlendirilmesi ve yönetim (Kearns, Kelly, Carter ve Resh, 2005) gibi alanlarda kullanılmıştır.

Kıyı sulak alanlarındaki peyzaj deseni değişimleri çoğu araştırmaya konu olmasına rağmen, bu alanlarda günümüzde devam etmekte olan yoğun insan etkisi nedeniyle ayrıntılı çalışmalara gereksinim duyulmaktadır. Kuşların göç rotaları üzerinde bulunan Doğu Akdeniz sulak alanları, nesli tehlike altında olan birçok canlı türüne yaşam alanı sağlamaktadır. Yoğun tarımsal faaliyetler, ikinci konut yerleşimleri ve yakın endüstriyel faaliyetler nedeniyle yoğun insan etkisi altında olan bu alanlardaki doğal habitatlarda meydana gelen peyzaj desenindeki değişimleri yeterli düzeyde incelenmemiştir. Bu nedenle, bu araştırmada Doğu Akdeniz Bölgesi’nde yer alan Göksu Deltası Özel Çevre Koruma Bölgesi ve Yumurtalık Lagünü Milli Parkı sulak alanlarının peyzaj desenlerinde 2000 ve 2020 yılları arasında meydana gelen değişimlerin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu bağlamda a) önemli habitatları bulunduran Doğu Akdeniz sulak alanlarında peyzaj

deseninde meydana gelen değişimler izlenmiş, b) peyzajlarda meydana gelen değişimlerin izlenmesi ve karşılaştırılmasında kullanılan alan-kenar, şekil ve agregasyon ölçülerinin kıyı sulak alanları örneğinde uygulanabilirliği değerlendirilmiştir. Bu çalışmada, Göksu ve Çukurova sulak alan sistemlerinden toplanan bilgiler analiz edilerek sulak alanlardaki göller, lagünler, tuzlu bataklıklar, kumul ve bitki örtüsündeki değişimler ayrıntılı olarak analiz edilmiş ve söz konusu ölçülerin uygulanabilirliği ve etkinliği gösterilmiştir.

Tarımsal kullanım, ikinci konut yerleşimleri gibi yoğun insan faaliyetleri nedeniyle tehdit altında olan Göksu Deltası ve Yumurtalık Lagünü Milli Parkları sulak alanları ve bu alanların çevresinde meydana gelen değişimlerin neden olduğu olumsuz etkilerin tespit edilmesi çalışmanın çıkış noktasını oluşturmaktadır. Çalışmanın hipotezi, araştırmaya konu olan ve yoğun insan etkisi altındaki bu sulak alanlarda sayısal olarak ölçülebilir değişimlerinin meydana geliyor olmasıdır. Değişim tespiti sonuçlarından elde edilen bilgilerle birlikte habitatların karakteristik yapısında ve mekânsal yapısında meydana gelen değişimler nicel verilere dayanarak incelenmiştir. Bu kapsamda, sulak alan habitatlarında meydana gelen değişimler, arazi örtüsü/alan kullanımları CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) kullanılarak sınıflanmıştır. Daha sonra yıllar içindeki değişim, sınıf düzeyinde 11 peyzaj indisi kullanılarak ayrıntılı olarak analiz edilmiştir. Yapılan analizlerden elde edilen bilgi ile sayısal olarak ölçülebilir ve mekânsal olarak ifade edilebilir değişimlerin söz konusu olduğu doğrulanmıştır.

2. MATERYAL YÖNTEM

2.1. Materyal

Çalışmada arazi örtüsü alan kullanımı (AÖ/AK) haritalarının üretilmesinde, araştırmanın başlangıç yılı olan 2000 yılı için 14.25 m çözünürlüklü Landsat 7 ETM+ (PAN) ve 2020 yılı için 15 m çözünürlüklü Landsat 8 OLI (PAN) uydu görüntüleri USGS Earth Explorer veri arşivinden temin edilmiştir. Farklı koruma statülerine sahip Göksu Deltası Özel Çevre Koruma Bölgesi ve Yumurtalık Lagünü Milli Parkı alanları çalışma alanları olarak belirlenmiştir. Alan sınırları 1/100 000 ölçekli Çevre Düzeni Planı sınırlarına göre belirlenmiştir.

2.1.1. Çalışma Alanlarının Doğal ve Kültürel Peyzaj Özellikleri

Orta Toros dağlarının eteklerinde, Mersin İli Silifke İlçesi'nin güney ucunda yer alan Göksu Deltası (Şekil 1.) toplam 15 000 ha alan kaplamakta ve alan içerisinde 4 belde ve 7 köy bulunmaktadır. Deltada Paradeniz Lagünü ve Akgöl olmak üzere iki önemli su kütlesi bulunmaktadır. Bu gölleri çevreleyen sazlık, bataklık ve lagünler sulak alan habitatlarını oluşturmaktadır. Göçmen kuşların önemli göç yolu üzerinde bulunan Göksu Deltası, RAMSAR listesinde olan 450 kuş türünün 327'sine ev sahipliği yapmaktadır ve Türkiye'de bulunan 140 önemli kuş türünden 106'sı bu bölgede yaşamaktadır. Bu türlerin 5 tanesi bölgesel ulusal ve yerel düzeyde nesli tehlike altında (CR), 15 tanesi nesli tehlike altında olan türlerdendir (EN) (Karakoç, 2011). Nesli tükenmekte olan *Caretta caretta* ve *Callinectes sapidus* (Mavi yengeç) türleri için önemli üreme alanıdır (Yılmaz, Alphan ve Gülçin, 2019). Delta, *Phoenicopterus ruber* (Büyük flamingo) için deltayı düzenli kullanması nedeniyle önemlidir. Bölge Çevre Bakanlığı tarafından 15.03.1994 tarih ve 9415434 sayılı Bakanlar Kurulu kararı ile RAMSAR olarak bilinen Sulak Alanların Korunması Sözleşmesi listesine dâhil edilmiştir. Türkiye'de RAMSAR Alanı olan 5 önemli sulak alan içerisindedir. Günümüzde korunan alanlar, Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı yetki ve görevi dâhilindedir.

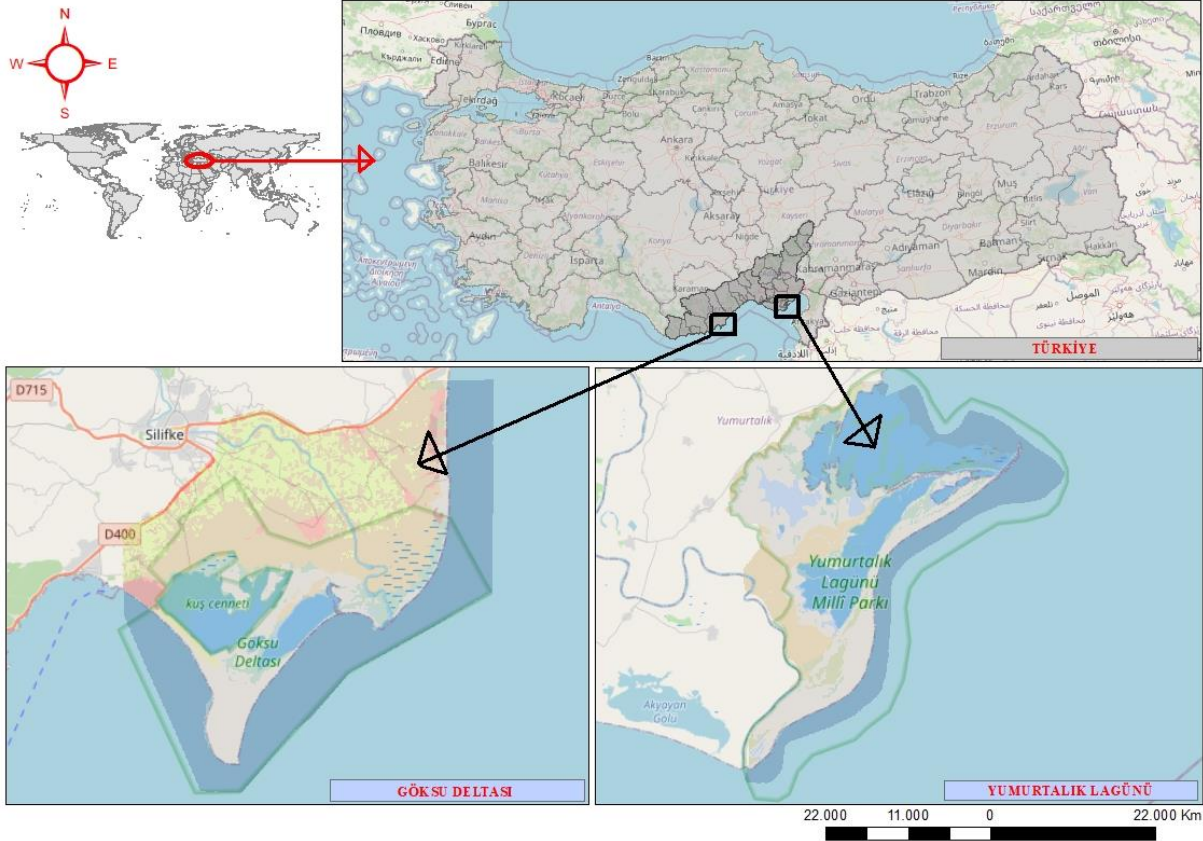
Göksu Deltası yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı tipik Akdeniz iklimi özellikleri göstermektedir. Yükselti en fazla 0-5 m arasında değişmekte, eğim en fazla %15'tir (Gülkal, 2005). Alan sınırları içerisinde genel olarak Kuvarterner oluşumları izlenmekte ve alan, kum, çakıl, silt, ve kil boyu malzemelerin oluşturduğu çökellerden oluşmaktadır. Alanın hidrolojik yapısını oluşturan asıl kaynak Doğu Akdeniz Havzası'nın en büyük nehri olan Göksu Nehri'dir. Toplamda 260 m uzunluğunda olup, yıllık ortalama debisi 130 m³/sn'dir. 10 400 km² büyüklüğündeki Göksu Havzasını drene etmektedir. Alanda Akgöl ve Paradeniz olmak üzere iki önemli göl bulunmakta, Akgöl'ün toplam alanı 820 ha ve 0,5-1,0 m derinliğe sahiptir. Hafif tatlı-acı su karakterindedir. Paradeniz Lagünü 492 ha alan büyüklüğünde, hafif tuzlu, maksimum derinliği 1,5 m'dir. Sürekli olarak bir kanalla denize bağlıdır. 1972 yılında DSİ tarafından 1. Merhale Sulama Projesi kapsamında inşa edilen sulama kanalları vasıtasıyla 53 255 da alan Göksu Nehri suları ile sulanmaktadır. Sulamadan dönen

fazla su 3 noktadan Akgöl'e boşaltılmakta, Akgöl ise bir kanal vasıtasıyla Paradeniz'le birleşmektedir (Dokuz, 2015). Alanın toprak yapısını Kahverengi orman toprakları, Kırmızı akdeniz toprakları ve Alüvyal kolüvyal toprak grupları oluşturmaktadır. Ürün çeşitliliği ve verimin yüksek kaynağı besin maddeleri bakımından çok zengin olan Alüvyal topraklar geniş yer kaplamaktadır (Polat, 2017). Delta sınırları içerisinde yaşayanların %80'inin geçim kaynağı olan tarım alanları, alan içerisinde 10 000 ha alan kaplamakta olup hâkim arazi örtüsü tipini oluşturmaktadır. Çilek, limon başta olmak üzere 24 adet meyve türü, 20 sebze ürünü, buğday, çeltik, yerfıstığı ve mısır yetiştirilen başlıca ürünlerdir. Bölgede su ürünleri avcılığı diğer bir geçim kaynağıdır (Gürbüz, 2000). Yerleşim yerleri, tatlı-tuzlu ve acı su gölleri, sulak alanlar, sazlık, bataklık, kumullar olmak üzere çeşitli arazi örtüsü türleri bulunmaktadır. Alanın doğal bitki örtüsünü Akdeniz maki formasyonu, yoğun kumul bitkileri ve tuz stepleri oluşturmaktadır. Alanda 352 bitki türünün varlığı tespit edilmiş olup, 8'i endemik, 32'si nadir tür olmak üzere 40 türü korunmaya ihtiyacı olan türlerdir. Alanda doğal bitki örtüsünün kıyı boyunca yoğunlaştığı görülmekte, Akgöl ve Paradeniz'in çevresindeki geniş alanlarda genellikle halofit (tuzcul) bitki örtüsü bulunmaktadır. Genelde en çok görülen türler Euphorbia ve Salicornia türleridir. Geniş kamış yatakları bulunmakta, hâkim tür genellikle Phragmites australis'tir. Yer yer Arundo donax ve Thypha latifolia türleri hâkim duruma geçmektedir (T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2024).

Yumurtalık Lagünü Milli Parkı yaklaşık olarak 36° 33' 21"- 36° 44' 44" Kuzey enlemleri ile 35° 33' 00"- 35°44' 27" doğu boylamları arasındaki bölgede, Çukurova Deltası'nın doğu kesiminde yer almaktadır (Şekil 1.). Toplam alanı 16430 ha'dır. Çukurova Deltası, Seyhan ve Ceyhan Nehirleri ile Berdan Çayı'nın getirdiği alüvyonlardan oluşmaktadır. Alan, Ceyhan Nehri ile Yumurtalık Körfezi arasındaki lagünler, çamur düzlükleri, tatlı ve tuzlu su bataklıkları, sazlıklar, tuzlu çayırlar ve kumullardan oluşan bir sulak alan sistemidir (Satar, 2018). Yumurtalık Lagünleri değişik türden birçok canlıya yaşam ortamı sağlamaktadır. Bölgedeki en önemli ekolojik birimler arasında göller ve lagünler, tuzlu bataklıklar, kumullar ve alanın kuzeydoğusunda bulunan Halep çamı (*Pinus halepensis*) topluluğu yer almaktadır. Bölgede 68 familyaya ait 272 takson bulunmaktadır. 3 takson bölgesel endemiklerdir; *Centaurea calcitrapa*, *Polygonum praelongum* ve *Tripleurospermum conoclinium*. Yumurtalık Körfezi, nesli tehlike altındaki yeşil kaplumbağanın (*Chelonia mydas*) Akdeniz'deki bilinen tek kışlama alanıdır. Nehir ağzında *Trionyx triunguis* (Nil kaplumbağası) çiftleşmekte ve kıyı kumulunda yuvalanarak üremektedir. Alanda yoğun olarak *Callinectes sapidus* (Mavi yengeç) türü bulunmaktadır. Alan kuşların önemli üreme alanıdır. Ayrıca göç mevsiminde kuşların beslenmesi ve konaklaması için de oldukça önemlidir. Yumurtalık Lagünleri 08.07.1994 tarihinde Tabiatı Koruma Alanı statüsü almış, 01.12.2008 tarihinde statü değişikliği ile Milli Park ilan edilmiştir. Günümüzde Milli parkların yönetimi, Tarım ve Orman Bakanlığı içerisinde yer alan Milli Parklar Genel Müdürlüğü tarafından gerçekleştirilmektedir (Körbalta, 2022).

Alanda tipik Akdeniz iklimi görülmekte, bölge genelinde meydana gelen yağışlar genellikle yamaç yağışları ve gezici hava kütlelerinin karşılaşması şeklinde olur (T.C. Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2020). Alanın tamamını kumullar, kumsallar ve göller kaplamaktadır. Ceyhan Nehri'nin taşımış olduğu alüvyonlar, kil, kum, çakıl gibi materyallerin Delta'da toplanmasıyla oluşmuştur ve yer yer bataklık alanları içerir. Alan ve çevresinde bulunan en genç oluşumlar olan kumul ve kumsal alanlar genç oluşumlardır, dalga ve rüzgâr hareketleriyle sınırları değişir. 0-250 m genişliğindeki kumsallardan sonra yükseklikleri yer yer değişen kumul tepelikleri yer alır. Akdeniz'in en bakir kumul alanları Yumurtalık Lagünlerinde bulunmaktadır. Alan sınırları içerisinde Alüvyal sahil bataklığı, Hidromorfik alüvyal, Alüvyal ve Kolivyal toprak grupları bulunmaktadır (Erdem ve Saraç, 2007). Alan sınırlarını içerisinde bulunduran Çukurova Delta'sının oluşumunda Seyhan ve Ceyhan Nehirleri etkili olmaktadır. 1935 yılında gerçekleşen taşkın sonucunda yatak değiştirmiş ve deltanın güney ucundan denize dökülmeye başlamıştır. Ceyhan Nehri uzunluğu 509 km ve sularının topladığı toplam havza alanı 22 300 km²'dir. Ortalama akım 301 m³/sn'dir. En yüksek akım Nisan ayında en düşük akım Ekim ayında gerçekleşmektedir. Yumurtalık Lagünleri ve çevresinde bulunan tarım alanları 1968 yılından beri hizmet veren 'Aşağı Seyhan Ovası Sulaması' kapsamında sulanmaktadır (Çelik, Kizilelma, Gülersoy ve Denizdurduran, 2013). Sulak alanı doğrudan ya da dolaylı olarak etkileyen su altyapı projeleri bulunmaktadır. Ceyhan Nehri'nin taşkın düzeni 1971 yılında yapılan Kesikkuyu Barajı, 1972 yılında yapılan Kozan ve Kartalkaya Barajları, 1984'te Aslantaş, 1985'te Kalecik Barajı, daha sonra Berkelet, Kılavuzlu, son olarak da 2003'te işletmeye açılan Berke Barajları ile insan kontrolüne geçmiştir. Barajlar yardımıyla nehrin rejimi değiştirilmiş, doğal taşkınlar engellenmiş ve deltadaki yatak değişimlerine müdahale edilmiştir. Eski nehir

yatağı vasıtasıyla halen bölgedeki tarım alanlarına su verilmektedir. Tarım alanlarından dönen tatlı su drenaj vasıtasıyla lagünlere gönderilmektedir. Alanda 68 familyaya ait 272 takson bulunmaktadır. Yumurtalık Lagünü alan sınırları içerisinde yerleşim alanı bulunmamakta, tarım, hayvancılık ve su ürünleri avcılığı alanın yakın çevresinde bulunan yerleşim yeri sakinlerinin en önemli geçim kaynaklarını oluşturmaktadır. Alan sınırları içerisinde, buğday, pamuk, yerfıstığı, karpuz ve az miktarda sebze yetiştirilmektedir (Dıvrak ve diğerleri, 2008). Halep çamlığı *Francolinus francolinus* (Turaç), *Tyto alba* (Peçeli baykuş) gibi birçok tür için önemli üreme alanıdır (Kuş Araştırmaları Derneği Yumurtalık Lagünü).



Şekil 1. Çalışma alanlarının coğrafi konumları.

2.2. Yöntem

Sulak alanların mekânsal dağılımını haritalamak amacıyla, Gökusu Deltası ve Yumurtalık Lagünü sulak alanlarının 2000 yılı Landsat 7 ETM+ ve 2020 Landsat 8 OLI uydu görüntüleri kullanılmıştır. Uydu görüntülerine uygulanan ön işlemlerin ardından CORINE AÖ/AK sınıflama sistemine göre OTS yöntemiyle, Terrset yazılımı kullanılarak sınıflanmıştır. Metodoloji aşağıdaki dört adımı içerir.

- Uydu görüntülerinin ön işlemleri (ERDAS Imagine 2014). Uydu görüntülerinin OBS ile sınıflanması. Segmentasyon görüntülerinin ve eğitim setlerinin oluşturulması. Sınıflama işlemi (Maksimum Olabilirlik). Doğruluk değerlendirmeleri.
- Sulak alanlardaki peyzaj parçalarının kompozisyon ve konfigürasyonunun zaman içindeki değişimi (sınıf düzeyi). Alan-kenar, şekil ve agregasyon ölçülerinin seçimi.
- Peyzaj ölçülerinin hesaplanması (Fragstats). 2000 ve 2020 yıllarına ait peyzaj ölçülerinin karşılaştırılması. Habitatlardaki mekânsal ve zamansal değişimlerin belirlenmesi.
- Sulak alanlarda meydana gelen değişimin büyüklüğü ve yönünün belirlenmesi.

2.2.1. Görüntü sınıflama

Arazi örtüsü sınıflama aşamasında, görüntü piksellerini belirli bir segmentasyon algoritması kullanılarak yansıma değeri benzerliklerine göre birleştiren OBS yöntemi kullanılmıştır (Im, Jensen ve Hodgson, 2008; Myint, Gober, Brazel, Grossman-Clarke ve Weng, 2011; Pande Chhetri, Abd-Elrahman, Liu, Morton ve Wilhelm, 2017). Segmentasyon, görüntüyü belirli parametrelere göre bölümlere ve nesnelere ayıran temel bir fonksiyondur. Sıfır, segmentasyon işlemi için kullanılabilir en küçük sayıdır ve en homojen segmentasyon sonucunu verir. Sıfırdan büyük sayılar daha heterojen bir segmentasyon sonucu sağlar (Eastman, 2016). 2000 ve 2020 yaz aylarına ait uydu görüntüleri, maksimum olabilirlik sınıflandırma algoritmaları kullanılarak sınıflanmıştır. Parametrik sınıflama yöntemlerinden olan Maksimum Olabilirlik algoritması, görüntüdeki herhangi bir pikselin, ait olma olasılığının en yüksek olduğu sınıfa atanmasını içeren bir yöntemdir. CORINE AÖ/AK sistemi üçüncü düzeyinde göre Göksu Deltası için 10, Yumurtalık Lagünü Milli Parkı için ise 8 arazi örtüsü sınıfı belirlenmiştir (Çizelge 1.).

Çizelge 1. Göksu Deltası ve Yumurtalık Lagünü AÖ/AK sınıfları.

| Göksu Deltası | Yumurtalık Lagünü |
|--|-----------------------------|
| 112 Süreklilik Göstermeyen Kentsel Yapı Alanları | 212 Sürekli Sulanan Alanlar |
| 212 Sürekli Sulanan Alanlar | 312 Konifer Ormanları |
| 222 Meyve Bahçeleri | 322 Fundalıklar |
| 321 Doğal Çayırliklar | 331 Kumullar |
| 322 Fundalıklar | 421 Tuzlu Bataklıklar |
| 331 Kumullar | 511 Su Yolları |
| 421 Tuzlu Bataklıklar | 521 Kıyı Lagünleri |
| 511 Su Yolları | 523 Deniz |
| 521 Kıyı Lagünleri | |
| 523 Deniz | |

2.2.2. Doğruluk değerlendirmeleri

Arazi Örtüsü Sınıflama işleminde kullanılan yöntemin doğruluğunu ölçmek amacıyla genel doğruluk ve *Kappa* değerleri kullanılmıştır. Doğruluk değerlendirmeleri uzaktan algılama verilerinin analiz edilmesi sürecinde önemli bir adımdır. Karışıklık matrisleri olarak da bilinen hata matrisleri raster verilerdeki hataları raporlamak için yaygın olarak kabul edilen bir yöntem haline gelmiştir. Bu hata matrislerini değerlendirmek için farklı yöntemler geliştirilmiştir. Haritalanan alanların tamamını kontrol etmenin mümkün olmaması nedeniyle örnekleme, arazi örtüsü haritalarının doğruluğunun elde edilebileceği bir araç haline gelmiştir (Banko, 1998). Örneklemede, sınıf başına en az 50 kontrol noktası olmak üzere Göksu Deltasında her bir sınıfa 75, Yumurtalık Lagünlerinde ise her bir sınıfa 50 kontrol noktası atanmıştır. Genel doğruluk değerleri Göksu Deltası'nda 2000 ve 2020 sınıflandırmaları için %94 ve %97, Yumurtalık Lagünü Milli Parkı'nda ise %96 ve %95'tir.

2.2.3. Peyzaj Ölçüm tipleri

Sınıf düzeyinde üç farklı kategoriye ayrılan (alan-kenar, şekil ve kümelenme) 11 adet peyzaj ölçüsü sulak alanlardaki değişimlerin mekânsal ve zamansal dinamiklerini göstermek için kullanılmıştır (Çizelge 2.). Bir peyzajdaki tür zenginliğini, parça doluluğunu ve türlerin dağılımını modellemek için kullanılan parça boyutuna

ilişkin bilgiler peyzajın kompozisyonuyla ilgilidir. Bir peyzajdaki kenar özellikleri ve şekilleri birçok ekolojik olgu için önemlidir. Örneğin, habitat parçalanması sonucu oluşan mekânsal daralma, biyolojik zenginliğin azalmasına neden olmakta ve sağlıklı kabul edilen kenar habitatların oluşmasına neden olmaktadır. Habitat parçalanması, türlerin tükenmesindeki en önemli faktörlerden biridir (Wilcox ve Murphy, 1985).

Peyzajın değerlendirmesinde agregasyon, parçaların bir araya gelmesinin ya da kümelenmenin derecesini ifade eder. Bu durum aynı zamanda peyzaj dokusunu da ifade edebilir. Bu peyzaj ölçüleri arasında serpiştirme ve yanyanalık indisi (IJ), Öklid en yakın komşu indisi (ENN), etkin ağ boyutu (MESH), yama sayısı (NP) gösterilebilir (McGarigal ve Marks, 1995). İlgili kapsayıcı daire (CIRCLE) ve peyzaj şekil indisi (LSI), peyzaj şekliyle ilgilidir. Şekil, bir peyzaj ölçüsünde kesin olarak ölçülmesi zor bir parametredir. Çoğu şekil metriği çevre-alan ilişkilerine dayanmaktadır. Çevre-alan oranı yama boyutuna göre değişir. Şekli sabit tutarak yama boyutunun artırılması bu indis tipinin azalmasına neden olur (Alphan ve Çelik, 2014). Peyzaj ölçüleri sınıf düzeyinde hesaplanmış; CIRCLE, AREA ve ENN peyzaj ölçüleri için ortalama (MN) değerleri kullanılmıştır.

Çizelge 2. Peyzaj ölçüleri ve tanımlamaları

| Peyzaj Ölçü Tipi | Tanımlama: |
|--|---|
| CA: Aynı sınıfa ait tüm bölgelerin hacinsinden toplam alanı (Alphan, 2021). | $CA = \sum_j^n a_{ij} \{1/10000\}$ |
| PLAND%: Peyzaj yüzdesinin ölçümü. | $P_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{A} \times 100$ |
| LPI: En büyük yama indisi, en büyük peyzaj parçasının kapladığı peyzaj alanını gösterir (Herzog ve diğerleri, 2001). LPI'daki bir değişim, ilgilenilen sınıfın toplandığını veya parçalandığını gösterebilir (Alphan, 2016). | $LPI = \max_{j=1}^n (a_{ij})/A (100)$ |
| NP: Her bir arazi örtüsü sınıfında bulunan yama sayısıdır (Aguilera, Valenzuela ve Botequilha-Leitão, 2011). | $NP = n_i$ |
| ED: ED (kenar yoğunluğu), bir yama tipini içeren tüm kenar uzunluklarının toplamının toplam peyzaj alanına bölünmesiyle elde edilir. Bu değerlerin artması parçalanmanın arttığını göstermektedir (McGarigal ve Marks, 1995). | $ED = \frac{\sum_{k=1}^m e_{ik}}{A} \left(\frac{1}{10000} \right)$ |
| LSI: Peyzajın parçalarının şeklini ve çevre-alan oranını bir bütün olarak ölçer (McGarigal ve Marks, 1995). | $LSI = .25 \sum_{k=1}^m e'_{ik}/\sqrt{A}$ |

CIRCLE: Yamaların düzgünlüğünü (kompakt) veya doğrusallığını ölçen indistir (McGarigal ve Marks, 1995).

$$CIRCLE_{MN} = 1 - [a_{ij}/a_{ij}^s]$$

AREA: Yamaların ortalama yüzey alanını ölçen indistir. (Aguilera, Valenzuela ve Botequilha-Leitão, 2011).

$$AREA_{MN} = \sum_{j=1}^n h_{ij}/n_i$$

IJI: Yamaların alan içindeki dağılımını yüzde olarak ölçen indistir (Dhanaraj ve Angadi, 2022).

$$IJI = \frac{-\sum_{i=1}^{m'} \sum_{k=i+1}^{m'} \left[\left(\frac{e_{ik}}{E} \right) \cdot \ln \left(\frac{e_{ik}}{E} \right) \right]}{\ln(1/2[m'(m' - 1)])} \quad (100)$$

$$0 < IJI \leq 100$$

MESH: Parça büyüklüğünün karesi alınır ve toplam peyzaj alanına göre ağırlıklandırılır (Dhanaraj ve Angadi, 2022).

$$MESH = \sum_{j=1}^n a_{ij}^2/A \quad (1/10000)$$

ENN: Bir peyzajdaki iki yama arasındaki ortalama mesafeyi ölçer (Aguilera ve diğerleri, 2011).

$$ENN_{MN} = \sum_{j=1}^n h_{ij}/n_i$$

Not: A = Toplam peyzaj alanı, birim = yüzde (Alphan, 2021). a_{ij} = yama alanı, birim = hektar, e_{ik} = peyzajdaki yama türleri (sınıflar) arasındaki kenarın toplam uzunluğu (m) i ve k ; temsil edip etmedikleri dikkate alınmaksızın i yama tipini içeren tüm peyzaj sınır ve arka plan kenar bölümlerini içerir ve " ij , m^2 = yama alanı, h_{ij} = ij aynı tipteki (sınıf) en yakın komşu yamaya olan mesafe (m), kenardan kenara mesafede, m' = varsa peyzaj sınırı da dâhil olmak üzere, peyzajda mevcut yama türlerinin (sınıflarının) sayısı. E = yatayda kenarın toplam uzunluğu (m); P_i = Peyzajın " i " sınıfı tarafından kaplanan oranı, m = Peyzajda mevcut olan yama tiplerinin (sınıflarının) sayısı (Kevin McGarigal ve Marks, 1995). a_{ij} , i arazi kullanım tipinin j 'inci parçasının alanını (m^2) temsil ederken, ij , ij parçasını çevreleyen en küçük çevreleyici dairenin alanıdır (m^2) (Fang, 2020). h_{ij} = yama ij 'den aynı tipteki (sınıftaki) en yakın komşu yamaya olan mesafe (m), hücre merkezinden hücre merkezine hesaplanan yamanın kenardan kenara mesafeye dayalıdır (Aguilera, Valenzuela ve Botequilha-Leitão, 2011).

2.2.4. Sınıflama sonrası değişim tespiti

Bir nesnenin veya olgunun arazi örtüsündeki yansımalarının farklı zamanlarda gözlemlenmesi olarak tanımlanan değişim tespiti (Singh, 1989), zaman içinde doğal veya antropojenik nedenlerle çevre sorunlarının artmasıyla birlikte arazi örtüsünde meydana gelen değişimlerin izlenmesi önem kazanmıştır. Görüntü farkı, Temel Bileşenler Analizi ve sınıflandırma sonrası değişim tespiti yöntemleri en sık kullanılan değişim tespit yöntemleridir (Lu Corresponding, Mausel, Brondizio ve Moran, 2004). Her iki sulak alanın uydu görüntülerine uygulanan OBS yöntemi sonucunda ortaya çıkan AÖ/AK haritalarına sınıflama sonrası değişim tespiti uygulanarak değişimin miktarı ve yönü sayısal olarak belirlenmiştir.

3. BULGULAR

İlk aşamada, AÖ/AK haritaları oluşturulmuştur (Şekil 2.). Daha sonra haritalama sonuçları dikkate alınarak sulak alan habitatlarının yıllar içindeki değişimi analiz edilmiştir. Bu kapsamda sulak alanlarda yaban hayatı için önemli habitatları oluşturan arazi örtüsü sınıflarına ait yamaların alan-kenar, şekil ve dağılım özelliklerinde meydana gelen değişimlere odaklanılmıştır. Ayrıca, her iki çalışma alanında arazi örtüsünde meydana gelen değişimin büyüklüğü ve yönü hakkında bilgi edinmek için arazi örtüsü sonuç haritalarına değişim tespiti yöntemleri uygulanmıştır. Peyzaj deseni analizi sonuçları, iğne yapraklı ormanlar, kıyı lagünleri, tuzlu bataklıklar, kumullar, fundalıklar ve doğal çayırılıkların genel olarak 2000-2020 yılları arasında parçalanma eğiliminde olduğunu göstermiştir. Değişim tespiti sonuçları, bu doğal yaşam alanlarının yoğun insan etkileri nedeniyle tehdit altında olduğunu göstermiştir.

3.1. Sınıf Düzeyinde Hesaplama Sonuçları

CA, PLAND, LPI ve AREA değerleri (alan-kenar ölçüleri) ile LSI ve CIRCLE değerleri (şekil ölçüleri), 2000 ve 2020 yılları arasındaki değişimleri belirlemek için birlikte incelenmiştir. Bir veya daha fazla metriğin bir arada incelenmesi peyzaj desen değişimleri hakkında daha ayrıntılı bilgi sağlayabilir. Örneğin; Sınıf alanı (CA), sınıflandırma sonuçlarından elde edilen en basit ölçümlerden biridir (Alphan, 2021). Bu peyzaj ölçüsünün diğer alan-kenar ve şekil ölçüleriyle birlikte incelenmesi, peyzaj deseninde meydana gelen değişimlerle ilgili daha ayrıntılı ve net bilgi elde edilmesini sağlayabilir.

PLAND, Göksu Deltası'ndaki toplam tarım arazilerinin bölgedeki baskın arazi örtüsü sınıfı olduğunu ve 2020 yılında tuzlu bataklıkların arttığını göstermektedir. Bunun nedeni tuzlu bataklıkların lagün yüzeylerinde yayılma eğiliminde olmasıdır. CA ile PLAND arasında pozitif yönde bir ilişki vardır. Tuzlu bataklıkların lagün alanlarına yayılması nedeniyle bu sınıfta CA %42.1 artmıştır. Bu sınıfın CA değeri 2000 yılında 1186.1, 2020 yılında 1685.5, LPI 2000 yılında 2.58, 2020 yılında 4.74 değerini almıştır. PLAND 2000 yılında %5.26, 2020 yılında %7.47 değerlerini almıştır. Herhangi bir arazi örtüsü sınıfına ait yamaların alanı ve miktarı ile LPI arasındaki ilişki, alanda meydana gelen değişimler hakkında detaylı bilgi sağlayabilir. CA kumullarda 2000 yılında 2632.8, 2020 yılında 2304.3, lagün yüzeylerinde 2000 yılında 1464.3, 2020 yılında 1172.1, fundalıklarda 2000 yılında 137.52, 2020 yılında 136.82 ve doğal çayırılıklarda 2000 yılında 113.83, 2020 yılında 79.1 değerlerini almıştır. LPI kumullarda 2000 yılında 5.53, 2020 yılında 5.41, lagün yüzeylerinde 2000 yılında 3.66, 2020 yılında 2.45, fundalıklarda 2000 yılında 0.61, 2020 yılında 0.60, doğal çayırılıklarda 2000 yılında 0.22, 2020 yılında 0.15 değerlerini alarak azalma göstermiştir (Çizelge 3.). LPI ve CA ölçülerindeki azalma bu sınıflara ait yamaların parçalanma eğiliminde olduğunu gösterebilir. Bu durum parça sayısındaki artış ile doğrulanabilir. Kumullarda NP artmıştır. AREA değeri tuzlu bataklıklarda artış göstermiş, fundalıklar, doğal çayırılıklar, kumullar ve lagün yüzeylerinde azalma eğilimindedir.

Yumurtalık lagünlerinde de bu peyzaj ölçüsü değerleri arasında benzer ilişkiler gözlenmiştir. Halep çamı topluluğunda CA değeri 2000 yılında 76.51, 2020 yılında 75.01 değerlerini almış, %1.96 oranında azalma gerçekleşmiştir, LPI 2000 yılında 0.46, 2020 yılında 0.37 değerlerini almıştır. PLAND 2000 yılında %0.46, 2020 yılında %0.45 değerlerini almış azalma gerçekleşmiştir. Bu peyzaj ölçüsü değerleri bu sınıfta parçalanmaya dair bir bulgu olarak değerlendirilmiştir. Kumullarda CA 2000 yılında 5115.07, 2020 yılında 4168.73, LPI 2000 yılında 15.58, 2020 yılında 9.16, PLAND 2000 yılında %30.85, 2020 yılında % 25.14 değerlerini almış, tuzlu bataklıklarda CA 2000 yılında 1761.16, 2020 yılında 1589.01, LPI 2000 yılında 3.61, 2020 yılında 2.60, PLAND 2000 yılında %10.62, 2020 yılında %9.58 değerlerini almış, bu sınıflarda azalma gerçekleşmiştir. Fundalıklarda CA %11.29 oranında azalmış, LPI %26.5 oranında artmıştır. 2000 yılında tamamen kuruyan Yapı Gölü'nün 2020 yılının aynı ayında su tutması nedeniyle, lagün yüzeylerinde CA değerinde % 26.2 oranında artış gözlenmiştir CA 2000 yılında 3631.26, 2020 yılında 4585.80 değerlerini almıştır. PLAND değerleri incelendiğinde, 2000 yılında kumullar % 30.85 değerle hâkim arazi örtüsü tipini oluşturmuş, 2020 yılında bu değer % 25.14'e gerilemiştir. Lagün yüzeylerinde PLAND 2000 yılında % 21.90, 2020 yılında % 27.65 değerini almış, 2020 yılında bu sınıfın hâkim arazi örtüsü tipi durumuna geldiği görülmüştür, (Şekil 3.). AREA Halep çamı topluluğunda %67.32 oranında azalmış, kumullarda %29, tuzlu bataklıklarda %41.94, lagün yüzeylerinde %41.44 artmıştır.

Göksu deltasında CA ve NP ölçüleri arasında pozitif ilişki gözlenmiştir ve bu peyzaj ölçülerinin azalması, habitat bozulmasının boyutu hakkında bilgi sağlayabilir. 2020 yılında Göksu Deltasında lagün yüzeylerinde NP 2000 YILINDA 12, 2020 yılında 10, doğal çayırılıklarda NP 2000 yılında 8, 2020 yılında 7 değerini vermiş,

her iki sınıfta da CA azalmıştır. CA kumullarda azalmış, NP 2000 yılında 15, 2020 yılında 16 değerini almıştır. tuzlu bataklıklarda CA artış göstermiş, NP 2000 yılında 33, 2020 yılında 22 değerini alarak azalma göstermiştir.

LSI ve CIRCLE ölçülerinin CA sınıfı alanındaki değişimle birlikte değerlendirilmesi, çalışma alanlarında peyzaj desenindeki değişimlerin daha detaylı incelenmesine katkıda bulunmuştur. Örneğin Göksu Delta'sındaki kumullarda LSI değeri 2000 yılında 10.40, 2020 yılında 9.00 değerini almış, lagün yüzeylerinde 2000 yılında 4.52, 2020 yılında 4.20 ve doğal çayırliklarda 2000 yılında 4.96, 2020 yılında 3.05 değerlerini almış, azalma göstermiştir. Bu alanlarda CA ve LSI değerlerinin azalmış, bu arazi örtüsü tiplerine ait yamalar parçalanma eğilimindedir.

Yumurtalık Lagünlerinde fundalıklar ve tuzlu bataklıklarda da bu iki değer azalmıştır. Yumurtalık Lagünlerinde fundalıklar sınıfında LSI 2000 yılında 8.10, 2020 yılında 6.69 değerini almış, tuzlu bataklıklarda 2000 yılında 18.61, 2020 yılında 16.06 değerlerini almıştır. Bu sınıflarda parçalanma gerçekleşmiştir. Örneğin, CA'daki azalma parçalanmayı gösterirken CIRCLE'deki artış daha fazla doğrusallığı gösterir. Bu durum, doğal alanlardaki birçok tür için istenmeyen bir durumdur. Göksu Deltası'nda, fundalıklarda CA azalırken CIRCLE 2000 yılında 0.9085, 2020 yılında 0.9148 değerini almış, artış göstermiştir. CIRCLE, Yumurtalık lagünlerindeki fundalıklarda 2000 yılında 0.6765, 2020 yılında 0.6836, tuzlu bataklıklarda 2000 yılında 0.6486, 2020 yılında 0.6610 değerini almış, doğrusallığın arttığı, CA'nın azaldığı görülmüştür. Göksu Deltası'ndaki tuzlu bataklık alanlarında ED (kenar yoğunluğu) 2000 yılında 7.24, 2020 yılında 7.42 değerlerini almış, artış gözlenmiştir.

Sulak alanlardaki önemli habitat parçalarının dağılımını ve bağlantısını analiz etmek için IJI, ENN, MESH agregasyon indisleri incelenmiştir. Göksu Deltası'nda doğal çayırliklarda IJI 2000 yılında 49.28, 2020 yılında 44.14, ENN 2000 yılında 69.85, 2020 yılında 181.67 değerlerini almış, kumullarda, IJI 2000 yılında 77.70, 2020 yılında 65.35, ENN 2000 yılında 135.14, 2020 yılında 135.67 değerlerini almıştır. IJI'deki azalma ve ENN'deki artış bu sınıflara ait yamaların parçalanma eğiliminde olduğunu göstermektedir. MESH doğal çayırliklarda 2000 yılında 0.20, 2020 yılında 0.07 değerlerini almış, kumullarda 2000 yılında 86.69, 2020 yılında 80.11 değerlerini almış, azalma gerçekleşmiştir. Lagün yüzeylerinde IJI ve MESH azalma eğilimindedir. Bu peyzaj ölçüsü değerleri ve aralarındaki ilişkiler Yumurtalık Lagünü Milli Parkı'nda da incelenmiştir. 2000 yılında tek bir yamadan oluşan Halep çamı topluluğunda 2020 yılında ENN değeri 64.52 değerini, IJI, 2000 yılında 62.85, 2020 yılında 69.25 değerini almış, artış gerçekleşmiştir. MESH değeri 2000 yılında 0.35, 2020 yılında 0.24 değerini almış, azalma gerçekleşmiştir. Fundalıklarda ENN değeri 2000 yılında 146.38, 2020 yılında 158.44 değerini almış, MESH % 60.1 azalmış, IJI değeri azalma eğilimindedir. Kumullarda izolasyon artmış ve bağlantılık azalmıştır. Lagün yüzeylerinde ENN değeri %23 oranında artmıştır. Göksu Deltası ve Yumurtalık Lagünlerinde peyzaj ölçüsü analizi sonuçları çizelge 3 ve çizelge 4'te sunulmuştur.

Çizelge 3. Göksu Deltasında 2000-2020 yılları arasındaki peyzaj ölçüsü değerlerindeki değişimler 322: fundalıklar, 321: doğal çayırliklar, 331: kumullar, 421: tuzlu bataklıklar, 521: kıyı lagünleri, %: değişimin yüzde olarak büyüklüğünü, (+) ve (-) sırasıyla artış ve azalmayı ifade eder.

| Peyzaj Ölçü Tipleri | Arazi Örtüsü Sınıfları | | | | |
|-----------------------------|------------------------|-----------|-----------|------------|-----------|
| | 322 | 321 | 331 | 421 | 521 |
| Sınıf Alanı (CA) | %0.82 (-) | %30.5 (-) | %12.4 (-) | %42.1 (+) | %19.9 (-) |
| Yama Sayısı (NP) | | (-) | (+) | (-) | (-) |
| Kenar Yoğunluğu (ED) | (-) | (-) | (-) | (+) | (-) |
| En Büyük Yama İndeksi (LPI) | (-) | (-) | (-) | (+) | (-) |
| Peyzaj Şekil İndeksi (LSI) | (-) | (-) | (-) | %13.55 (-) | (-) |

| | | | | | |
|------------------------------------|-----|-----------|-----|------------|-----|
| İlgili Kapsayıcı Daire (CIRCLE) | (+) | (-) | (-) | (+) | (-) |
| Öklid En Yakı Komşu Mesafesi (ENN) | N/A | %61.5 (+) | (+) | %75.89 (+) | (-) |
| Peyzaj Yüzdesi (PLAND%) | (-) | (-) | (-) | (+) | (-) |
| Yama Büyüklüğü (AREA) | (-) | (-) | (-) | (+) | (-) |
| Saçılım ve Dizili İndeksi (IJI) | (-) | (-) | (-) | (-) | (-) |
| Etkin Ağ Büyüklüğü (MESH) | (-) | (-) | (-) | %63.7 (+) | (-) |

Çizelge 4. Yumurtalık Lagünü Milli Parkında 2000-2020 yılları arasındaki peyzaj ölçüsü değerlerindeki değişimler 312: konifer ormanları, 322: fundalıklar, 331: kumullar, 421: tuzlu bataklıklar, 521: kıyı lagünleri, %: değişimin yüzde olarak büyüklüğünü (+) ve (-) sırasıyla artış ve azalmayı ifade eder.

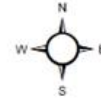
| Peyzaj Ölçü Tipleri | Arazi Örtüsü Sınıfları | | | | |
|------------------------------------|------------------------|------------|------------|------------|------------|
| | 312 | 322 | 331 | 421 | 521 |
| Sınıf Alanı (CA) | % 1.96 (-) | %11.29 (-) | % 18.5 (-) | %9.77 (-) | %26.2 (+) |
| Yama Sayısı (NP) | (+) | (+) | (-) | (-) | (-) |
| Kenar Yoğunluğu (ED) | (-) | (-) | (-) | (-) | (-) |
| En Büyük Yama İndeksi (LPI) | % 19.9 (-) | %26.5 (+) | %41.2 (-) | %27.9 (-) | (+) |
| Peyzaj Şekil İndeksi (LSI) | (+) | (-) | %4.22 (+) | %13.5 (-) | (-) |
| İlgili Kapsayıcı Daire (CIRCLE) | (-) | (+) | (-) | (+) | (+) |
| Öklid En Yakı Komşu Mesafesi (ENN) | (+) | (+) | (+) | (-) | %23 (+) |
| Peyzaj Yüzdesi (PLAND%) | (-) | (-) | (-) | (-) | (+) |
| Yama Büyüklüğü (AREA) | %67.32 (-) | (-) | %29 (+) | %41.94 (+) | %41.44 (+) |
| Saçılım ve Dizili İndeksi (IJI) | (+) | (-) | (+) | (-) | (-) |
| Etkin Ağ Büyüklüğü (MESH) | (-) | (-) | %60.1 (-) | %19.6 (-) | %48.7 (+) |

GÖKSU DELTASI ÖZEL ÇEVRE KORUMA BÖLGESİ

2000



2020



Lejant

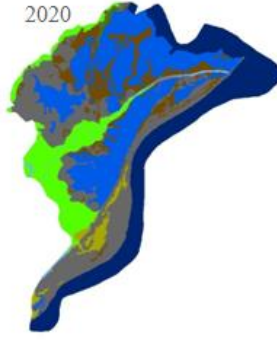
- 112 Sürekli Göstermeyen Kentsel Yapı Alanları
- 212 Sürekli Sulanan Alanlar
- 222 Meyve Bahçeleri
- 322 Fundalıklar
- 321 Doğal Çayırıklar
- 331 Kumullar
- 421 Tuzlu Bataklıklar
- 511 Su Yolları
- 521 Lagünler
- 523 Deniz

YUMURTALIK LAGÜNÜ MİLLİ PARKI

2000



2020

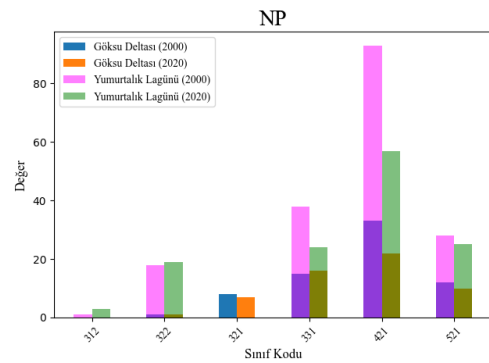
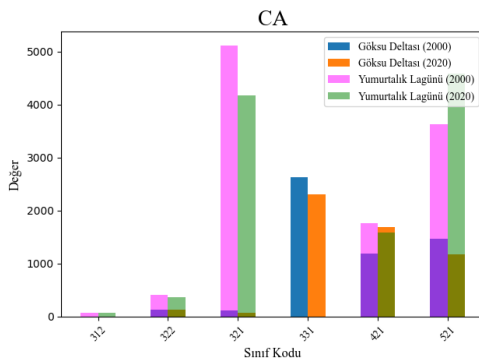


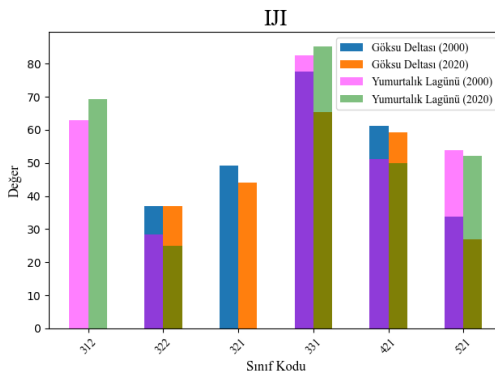
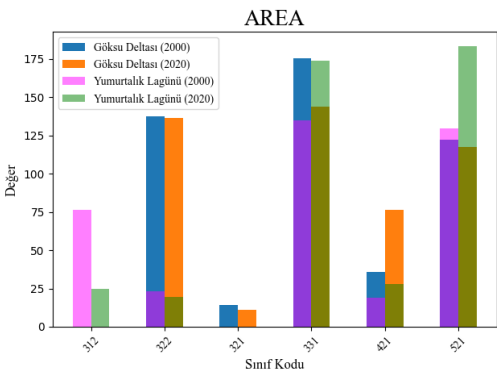
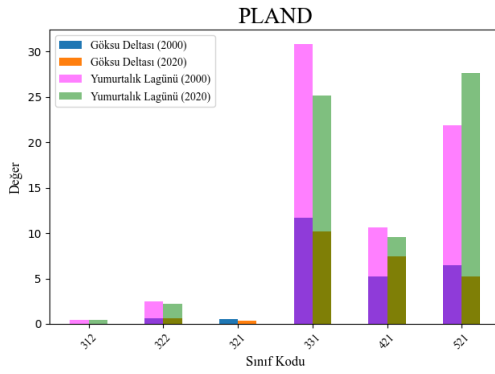
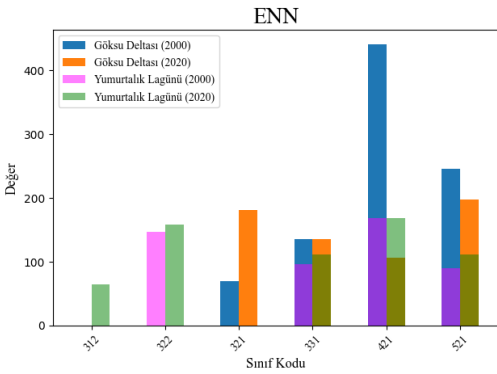
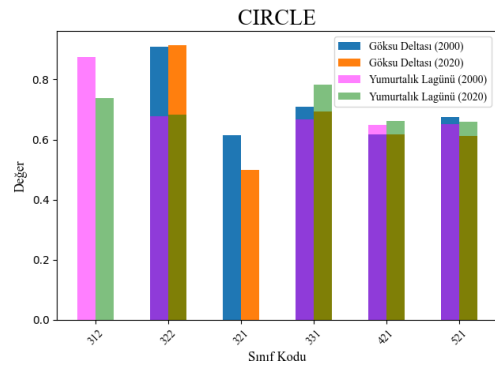
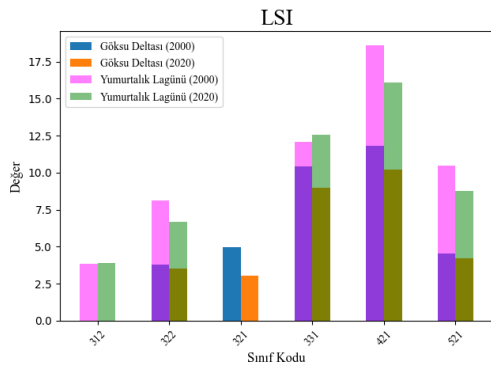
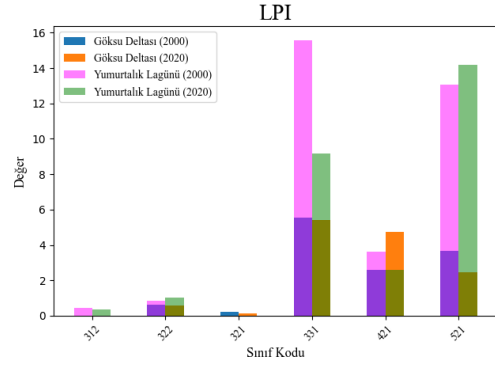
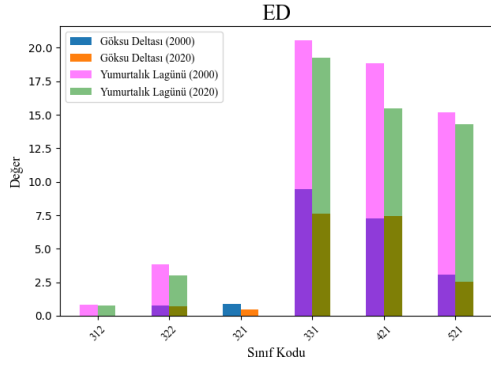
Lejant

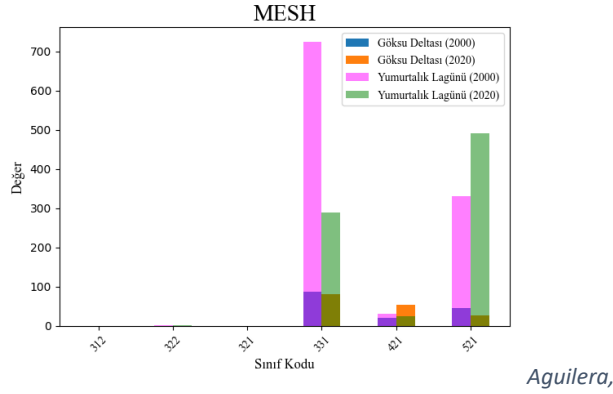
- 212 Sürekli Sulanan Alanlar
- 312 Konifer Ormanları
- 322 Fundalıklar
- 331 Kumullar
- 421 Tuzlu Bataklıklar
- 511 Su Yolları
- 521 Kıyı Lagünleri
- 523 Deniz

0 5 10 20 30 40
Kilometers

Şekil 2. Göksu Deltası ve Yumurtalık Lagünü 2000-2020 yılları AÖ/AK haritaları.







Şekil 3. 2000-2020 yılları arasında peyzaj ölçü değerlerindeki değişim (312: konifer ormanları, 321: doğal çayırliklar, 322: fundalıklar, 331: kumullar, 421 : tuzlu bataklıklar, 521: kıyı lagünleri).

3.2. Değişim Tespiti

Farklı tarihlerden bağımsız olarak üretilen sınıflandırma sonrası karşılaştırma ve karşılaştırmalı analiz işlemleri iki çalışma alanına uygulanmıştır. Analiz, başlangıç durumu (2000) ile son durum (2020) arasında meydana gelen değişime odaklanmıştır. Göksu Deltası'nda tarım alanları, doğal çayırliklar ve kumullar yerleşim alanlarına dönüşmüştür. Kumul erozyonu nedeniyle kumullardan denize dönüşüm, kumullardan tarım alanlarına, tuzlu bataklıklardan kumullara dönüşüm gerçekleşmiştir. Akgöl'de 2020 yılında da lagünlerden tuzlu bataklık alanlarına dönüşüm nedeniyle gözle görülür bir alan kaybı yaşanmıştır. Yumurtalık Lagünü Milli Parkı'nda, 2000-2020 yılları arasında en önemli değişimler kumullardan tarım alanlarına, tuzlu bataklıklardan kumullara, kumullardan denize dönüşen alanlardır. Halep çamı ormanlarından tarım alanlarına ve kumullara, tuzlu bataklıklardan tarım alanlarına, lagün yüzeylerinden kumullara ve tuzlu bataklıklara dönüşüm gerçekleşmiştir. Çalışma bulgularına dayanarak, çalışma alanlarında 2000 ile 2020 yılları arasında önemli değişimler tespit edilmiştir (Çizelge 5.).

Çizelge 5. Göksu Deltası ve Yumurtalık Lagünü Milli Parkı sulak alanlarındaki değişim tespiti sonuçları

| Göksu Deltası | | Yumurtalık Lagünü | |
|--|----------|--|----------|
| Değişimin Yönü | Miktarı | Değişimin Yönü | Miktarı |
| | (hektar) | | (hektar) |
| Kumullardan denize | 108 | Kumullardan tarım alanlarına | 81.6 |
| Kumullardan tarım alanlarına | 188.4 | Halep çamı ormanlarından tarım alanlarına ve kumullara | 12.4 |
| Tuzlu bataklıklardan kumullara | 85.4 | Kumullardan tuzlu bataklıklara | 606.4 |
| Lagünlerden tuzlu bataklıklara | 285 | Kumullardan lagünlere | 765.9 |
| Doğal çayırliklardan yerleşim alanlarına | 39.1 | Lagünlerden tuzlu bataklıklara | 77 |
| Kumullardan tuzlu bataklıklara | 253 | Tuzlu bataklıklardan tarım alanlarına | 176 |

4. SONUÇ

İnsan faaliyetlerinin sulak alan habitatları üzerinde meydana getirdiği değişimlerin peyzaj ölçüleri kullanılarak nicel verilere dayalı detaylı incelenmesini amaçlayan bu makalede, Doğu Akdeniz Bölgesi sulak alan peyzajlarındaki mekânsal ve zamansal değişim, alan/kenar, şekil ve birleşme (agregasyon) peyzaj ölçüleri yardımı ile incelenmiştir. Peyzaj ölçülerinin farklı koruma statülerine sahip araştırma alanlarındaki arazi örtüsü değişimleriyle ilgili detaylı bilgi sağladığı ve bu ölçüm sonuçlarının sulak alan habitatlarında, insan faaliyetlerinin neden olduğu olumsuz etkilerin boyutu hakkında bilgi sağlayabileceği görülmüştür. Çalışma kapsamında, Göksu Deltası Özel Çevre Koruma Bölgesi ve Yumurtalık Lagünü Milli Parkı sulak alanlarında bulunan habitatların tanımlanması amacıyla OTS yöntemiyle AÖ/AK haritaları oluşturulmuştur. Daha sonra sınıf düzeyinde 11 peyzaj ölçüsü kullanılarak bu alanlarda bulunan doğal habitatlarda 2000 ve 2020 yılları arasında meydana gelen parçalanma, mekânsal bağlantılık, habitat kayıpları, alansal daralmalardaki değişim incelenmiştir. Sonuçlar her iki çalışma alanında, 2000 ve 2020 yılları arasındaki dönemde doğal habitatların parçalanma eğiliminde olduğunu ve alansal olarak azaldığını göstermiştir. LSI ve CIRCLE, 2000-2020 yılları arasındaki dönemde parça şekillerinde (kenar habitatlar veya iç habitatlar) farklılıklar olduğunu ortaya çıkarmıştır. Agregasyon ölçüleri bağlantılılığının azaldığını ve izolasyonun arttığını göstermiştir. Göksu Deltası'nın 236 km²'lik bir bölümü 2 Mart 1990 tarihinden beri Özel Çevre Koruma Bölgesi statüsünde bulunmaktadır. Bu çalışma sonuçlarından elde edilen değişim bilgilerine göre bölgede insan etkisinin arttığı ve bu etkilerin zaman içinde çalışma alanındaki doğal habitatların yapısında telafisi zor olan bozulmalara neden olduğu tespit edilmiştir. Peyzaj ölçüm sonuçları değişim bilgileri insan faaliyetlerinin bu alanda daha fazla etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Göksu Deltası'ndaki değişim tespiti sonuçlarına göre, kumulların çoğunlukla yerleşim ve tarım alanlarına dönüştüğü görülmüştür. Kıyı kumullarında meydana gelen erozyon sonucu 2000-2020 yılları arasında yılda ortalama 5,4 ha kumul alanının kaybedildiği görülmüştür. Tuzlu bataklık alanlardan da tarım alanlarına dönüştürmeler söz konusudur. Peyzaj ölçüsü hesaplamalarından elde edilen bilgilere göre, kumulların ve lagün yüzeylerinin toplam alanında kayıplar olduğu, bu sınıflara ait yamaların parçalanma eğilimi gösterdiği, yamaların giderek daha dengesiz bir dağılım gösterme eğiliminde olduğu gözlenmiştir. Tuzlu bataklıklar sınıfındaysa gözle görülür artış gerçekleşmiştir.

Yaklaşık 17 bin hektar alan kaplayan Yumurtalık Lagünleri ve Dalyan Çamlığı 1993 tarihinde 1. Derece sit, 1994 tarihinde Tabiatı Koruma Alanı ilan edilmiştir. Alan 2005 yılında Ramsar Alanı olarak tescillenmiş, 2008 yılında Tabiatı Koruma Alanı statüsü kaldırılarak Milli Park ilan edilmiştir. Yumurtalık Lagünlerinde kumul alanlar tuzlu bataklık alanlara dönüşmüş, kıyı erozyonu ve tarım arazilerine dönüştürme bu alanda da gözlenmiştir. Kıyı kumullarının parçalanması ve alan kayıpları söz konusudur. Tuzlu bataklıklar bu bölgede de yayılma eğilimindedir. Araştırma sonuçları, Göksu Deltası'yla kıyaslandığında, insan kullanımlarının daha az olduğu bu bölgede de insan faaliyetlerinin neden olduğu olumsuz etkilerin artarak devam ettiğini göstermektedir.

İnsan etkisinin neredeyse dünyanın her noktasına ulaştığı günümüzde, sulak alan habitatları gibi birçok canlı türüne yaşam alanı sağlayan doğal habitatlarda bu etkilerin neden olduğu değişimlerin araştırılması gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Bu değişimlerin, burada yaşayan yaban hayatına, insan yaşamına ve insan yaşamına sağladığı katkıların gelecekteki durumuna odaklanılması, konuyla ilgili araştırmalara daha çok yer verilmesi gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Sonuç olarak sulak alan habitatlarında meydana gelen bozulmaların önlenmesi amacıyla (1) öncelikle önemli habitatlar tanımlanmalı ve zaman içinde meydana gelen değişim bilgisi nicel verilere dayalı olarak elde edilmelidir. (2) Koruma alanları içerisinde bulunan habitatlar diğer kullanımlarla birlikte bütün halinde değerlendirilmeli ve yönetilmelidir. (3) bu alanlarda bulunan doğal bitki örtüsü korunmalı, bozulmuş alanlar doğal bitki örtüsünden seçilecek türler ile yeniden bitkilendirilmelidir. (3) çok sayıda bitki ve hayvan türlerine yaşam alanı oluşturan lagünler ve çevrelerinde bulunan tuzlu bataklıklarda tarımsal ve evsel atık nedeniyle meydana gelen kirlenme giderilmelidir. (4) Her iki alanda koruma statülerinin etkinliğini artırmak için özellikle tarımsal faaliyetlerin ve kıyı erozyonuna neden olan iç ve dış müdahalelerin ele alınması ve yönetim stratejilerinin gözden geçirilmesi gerekmektedir. (5) sulak alanların korunmasında alanla ilgili sorunlar alan bazında değerlendirilmeli ve koruma stratejileri buna göre belirlenmelidir.

KAYNAKLAR

- Aguilera, F., Valenzuela, L. M. ve Botequilha-Leitão, A. (2011). Landscape metrics in the analysis of urban land use patterns: A case study in a Spanish metropolitan area. *Landscape and Urban Planning*, 99(3-4), 226-238.
- Alphan, H. (2016). Analysis of landscape changes as an indicator for environmental monitoring. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189(1), 24. doi:10.1007/s10661-016-5748-7
- Alphan, H. (2021). Multi-temporal analysis of urbanisation patterns as coastal development indicators: Eastern Mediterranean coast of Turkey. *Ecological Indicators*, 121, 106994. doi:10.1016/j.ecolind.2020.106994
- Alphan, H. ve Çelik, N. (2014). Mapping Spatial Variations of Land Cover in a Coastal Landscape Using Pattern Metrics. *Procedia—Social and Behavioral Sciences*, 120, 23-30. doi:10.1016/j.sbspro.2014.02.077
- Bai, J. H., Yang, Z., Cui, B., Cui, Z. ve Wang, Q. (2005). Changes in Wetland Landscape Patterns: A review. Appraisal Center for Environment and Engineering, State Environmental Protection Administration, 100012.
- Banko, G. (1998). A Review of Assessing the Accuracy of Classifications of Remotely Sensed Data and of Methods Including Remote Sensing Data in Forest Inventory. Austria: International Institute for Applied Systems Analysis.
- Barbier, E. B., Hacker, S. D., Kennedy, C., Koch, E. W., Stier, A. C. ve Silliman, B. R. (2011). The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecological Monographs*, 81(2), 169-193. doi:10.1890/10-1510.1
- Çelik, M. A., Kizilelma, Y., Gülersoy, E. ve Denizdurduran, M. (2013). Farklı Uzaktan Algılama Teknikleri Kullanılarak Aşağı Seyhan Ovası Güneyindeki Sulak Alanlarda Meydana Gelen Değişimin İncelenmesi (1990-2010). *Turkish Studies*, 8.
- Dhanaraj, K. ve Angadi, D. P. (2022). Analysis of Urban Expansion Patterns Through Landscape Metrics in an Emerging Metropolis of Mangaluru Community Development Block, India, During 1972–2018. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 50(10), 1855-1870. doi:10.1007/s12524-022-01567-y
- Dıvrak, B. B., Ayas, C., İş, G., Beton, D. ve Çakıroğlu, İ. (2008). Türkiye'deki Ramsar Alanları Değerlendirme Raporu WWF-Türkiye (Doğal Hayatı Koruma Vakfı) (Değerlendirme) (ss. 95-102). Türkiye. https://wwftr.awsassets.panda.org/downloads/wwf_turkiye_ramsar_alanlari_degerlendirme_raporu.pdf
- Dokuz, U. E. (2015). Göksu Deltası Sağ Yakası (Mersin-Silifke) Kıyı Akiferi Yeraltısuyu Sisteminin Modellenmesi. (PhD Thesis). <https://platform.almanhal.com/Details/Thesis/2000387920?ID=4-2000387920>
- Eastman, J. R. (2016). Terrset Geospatial Monitoring and Modeling System, Tutorial.
- Epting, S. M., Hosen, J. D., Alexander, L. C., Lang, M. W., Armstrong, A. W. ve Palmer, M. A. (2018). Landscape metrics as predictors of hydrologic connectivity between Coastal Plain forested wetlands and streams. *Hydrological Processes*, 32(4), 516-532. doi:10.1002/hyp.11433
- Erdem, O. ve Saraç, B. (2007). Yumurtalık Lagünleri Yönetim Planı, 208.
- Fang, H. (2020). Impact of land use changes on catchment soil erosion and sediment yield in the northeastern China: A panel data model application. *International Journal of Sediment Research*, 35(5), 540-549. doi:10.1016/j.ijsrc.2020.03.017
- Fletcher Jr., R. J., Betts, M. G., Damschen, E. I., Hefley, T. J., Hightower, J., Smith, T. A. H., ... Haddad, N. M. (2023). Addressing the problem of scale that emerges with habitat fragmentation. *Global Ecology and Biogeography*, 32(6), 828-841. doi:10.1111/geb.13658
- Frazier, A. E. ve Kedron, P. (2017). Landscape Metrics: Past Progress and Future Directions. *Current Landscape Ecology Reports*, 2(3), 63-72. doi:10.1007/s40823-017-0026-0
- Gülkal, Ö. (2005). Göksu Deltası Özel Çevre Koruma Bölgesi. Grafiker Ltd. Şti. Ankara: T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı.
- Gürbüz, O. (2000). Göksu Deltası Özel Çevre Koruma Bölgesi'ne Coğrafi Yaklaşım. *Coğrafya Dergisi*, İstanbul, Türkiye, (8), 129-156.

- Hargis, C. D., Bissonette, J. A. ve David, J. L. (1998). The behavior of landscape metrics commonly used in the study of habitat fragmentation. *Landscape Ecology*, 13(3), 167-186. doi:10.1023/A:1007965018633
- Herzog, F., Lausch, A., Müller, E., Thulke, H.-H., Steinhardt, U. ve Lehmann, S. (2001). Landscape Metrics for Assessment of Landscape Destruction and Rehabilitation. *Environmental Management*, 27(1), 91-107. doi:10.1007/s002670010136
- Im, J., Jensen, J. R. ve Hodgson, M. E. (2008). Object-Based Land Cover Classification Using High-Posting-Density LiDAR Data. *GIScience & Remote Sensing*, 45(2), 209-228. doi:10.2747/1548-1603.45.2.209
- Janse, J. H., van Dam, A. A., Hes, E. M. A., de Klein, J. J. M., Finlayson, C. M., Janssen, A. B. G., ... Verhoeven, J. T. A. (2019). Towards a global model for wetlands ecosystem services. *Current Opinion in Environmental Sustainability, Environmental Change Assessment*, 36, 11-19. doi:10.1016/j.cosust.2018.09.002
- Karakoç, A. (2011). Göksu Deltası (Silifke-Mersin) Meydana Gelen Değişimlerin Uzaktan Algılama Teknikleri ile İncelenmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Kearns, F. R., Kelly, N. M., Carter, J. L. ve Resh, V. H. (2005). A method for the use of landscape metrics in freshwater research and management. *Landscape Ecology*, 20(1), 113-125. doi:10.1007/s10980-004-2261-0
- Kelly, M., Tuxen, K. A. ve Stralberg, D. (2011). Mapping changes to vegetation pattern in a restoring wetland: Finding pattern metrics that are consistent across spatial scale and time. *Ecological Indicators*, 11(2), 263-273. doi:10.1016/j.ecolind.2010.05.003
- Körbalta, H. (2022). Türkiye’de Milli Parklar ve Uzun Devreli Gelişme Planlarının Arazi Kullanımı ve Yapılaşmaya Yönelik Mevzuat Kapsamında İncelemesi. *Uluslararası Yönetim Akademisi Dergisi*, 5(3), 703-715. doi:10.33712/mana.1183743
- Kuş Araştırmaları Derneği Yumurtalık Lagünleri Kuş Araştırması Raporu .
<https://docplayer.biz.tr/45224296-Kus-arastirmalari-dernegi-yumurtalik-lagunleri-kus-arastirmasi-raporu.html>
- Lu Corresponding author, D., Mausel, P., Brondizio, E. ve Moran, E. (2004). Change detection techniques. *International Journal of Remote Sensing*, 25(12), 2365-2401. doi:10.1080/0143116031000139863
- McGarigal, K. ve Marks, B. J. (1995). Fragstats, spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. General Technical Report. USDA, Forest Service, Pacific, Portland: Northwest Research Station.
- Mitsch, W. J. ve Gosselink, J. G. (2000). The value of wetlands: İmportance of scale and landscape setting. *Ecological Economics*, 35(1), 25-33. doi:10.1016/S0921-8009(00)00165-8
- Myint, S. W., Gober, P., Brazel, A., Grossman-Clarke, S. ve Weng, Q. (2011). Per-pixel vs. Object-based classification of urban land cover extraction using high spatial resolution imagery. *Remote Sensing of Environment*, 115(5), 1145-1161. doi:10.1016/j.rse.2010.12.017
- T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2024. Göksu Deltası Özel Çevre Koruma Bölgesi—Özel Çevre Koruma Bölgeleri. <https://ockb.csb.gov.tr/goksu-deltası-ozel-cevre-koruma-bolgesi-i-2749>
- Pande Chhetri, R., Abd-Elrahman, A., Liu, T., Morton, J. ve Wilhelm, V. L. (2017). Object-based classification of wetland vegetation using very high-resolution unmanned air system imagery. <https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/22797254.2017.1373602?needAccess=true&role=button>
- Polat K., (2017) Ramsar Alanlarda İklim Değişikliği İle Mücadele ve Uyum Açısından İyi Tarım Uygulamalarının Rolü: Göksu Deltası Örneği. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. https://scholar.google.com/scholar?hl=tr&as_sdt=0%2C5&q=%28Polat%2C+2017+G%C3%B6ksu+Deltas%C4%B1&btnG=
- Püttker, T., Crouzeilles, R., Almeida-Gomes, M., Schmoeller, M., Maurenza, D., Alves-Pinto, H., ... Prevedello, J. A. (2020). Indirect effects of habitat loss via habitat fragmentation: A cross-taxa analysis of forest-dependent species. *Biological Conservation*, 241, 108368. doi:10.1016/j.biocon.2019.108368

- Ruffell, J., Banks-Leite, C. ve Didham, R. K. (2016). Accounting for the causal basis of collinearity when measuring the effects of habitat loss versus habitat fragmentation. *Oikos*, 125(1), 117-125. doi:10.1111/oik.01948
- Satar, M. (2018). Çukurova Bölgesi Sulak Alanlarının Önemi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı.
- Singh, A. (1989). Digital Change Detection Techniques Using Remotely-Sensed Data. *International Journal of Remote Sensing*, 10(6), 989-1003.
- Taddeo, S. ve Dronova, I. (2020). Landscape metrics of post-restoration vegetation dynamics in wetland ecosystems. *Landscape Ecology*, 35(2), 275-292. doi:10.1007/s10980-019-00946-0
- T.C. Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü. (2020). Adana İli 2019 Yılı Çevre Durum Raporu (s. 196). Adana. https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/adana_-2019_-cdr-20201023092541.pdf
- Tomaselli, V., Tenerelli, P. ve Sciandrello, S. (2012). Mapping and quantifying habitat fragmentation in small coastal areas: A case study of three protected wetlands in Apulia (Italy). *Environmental Monitoring and Assessment*, 184(2), 693-713. doi:10.1007/s10661-011-1995-9
- Tonyaloğlu, E. E., Atak, B. K. ve Yılmaz, T. (2020). Korunan Alanlarda Bütüncül Yönetim: Büyük Menderes Deltası ve Bağlantılı Sulak Alan Sistemi Örneği. *Turkish Journal of Forest Science*, 4(2), 282-301. doi:10.32328/turkjforsci.756890
- Uuemaa, E., Antrop, M., Roosaare, J., Marja, R. ve Mander, Ü. (2009). Landscape metrics and indices: An overview of their use in landscape research. *Living Reviews in Landscape Research*, 3(1), 1-28.
- Verhoeven, J. T. A. ve Setter, T. L. (2010). Agricultural use of wetlands: Opportunities and limitations. *Annals of Botany*, 105(1), 155-163. doi:10.1093/aob/mcp172
- Walz, U. (2011). Landscape Structure, Landscape Metrics and Biodiversity. *Living Reviews in Landscape Research*, 5. doi:10.12942/lrlr-2011-3
- Wilcox, B. A. ve Murphy, D. D. (1985). Conservation Strategy: The Effects of Fragmentation on Extinction. *The American Naturalist*, 125(6), 879-887. doi:10.1086/284386
- Wu, Jianguo. (2013). Landscape sustainability science: Ecosystem services and human well-being in changing landscapes. *Landscape Ecology*, 28(6), 999-1023. doi:10.1007/s10980-013-9894-9
- Wu, Jianhong ve Lu, J. (2021). Spatial scale effects of landscape metrics on stream water quality and their seasonal changes. *Water Research*, 191, 116811. doi:10.1016/j.watres.2021.116811
- Yılmaz, K. T., Alphan, H. ve Gülçin, D. (2019). Assessing Degree of Landscape Naturalness in a Mediterranean Coastal Environment Threatened by Human Activities. <https://ascelibrary.org/doi/epdf/10.1061/%28ASCE%29UP.1943-5444.0000499>
- Zedler, J. B. ve Kercher, S. (2005). Wetland Resources: Status, Trends, Ecosystem Services, and Restorability. *Annual Review of Environment and Resources*, 30(1), 39-74. doi:10.1146/annurev.energy.30.050504.144248