

Göksu Deltası Kıyı Çizgisi Değişiminin DSAS Aracı ile Belirlenmesi

Shoreline Change Analysis in Göksu Delta by Using DSAS

Hatice Kılar ^{1*}, İhsan Çiçek ²

¹ Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Bölümü, Ankara

² Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Ankara

Öz: Kıyı çizgisi, 3621 sayılı 'Kıyı Kanunu' ve 3830 sayılı 'Kıyı Kanununda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun'da deniz, göl ve akarsularda suyun taşkın durumları dışında kara parçasına değdiği noktaların bileşmesinden oluşan ve meteorolojik olaylara göre değişen doğal çizgi olarak tanımlanmıştır. Son yıllarda, kıyı bölgelerindeki beşeri ve fiziki faktörlerin neden olduğu ekstrem koşullardan dolayı hızlı kıyı çizgisi değişimleri yaşanmaktadır. Kıyı çizgilerinde yaşanan bu tür hızlı değişimler kıyı ekosistemini olumsuz etkilemekle birlikte kıyının sürdürülebilirliğini de önemli ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle, kıyı çizgilerinde meydana gelen zamansal ve geometrik değişiminin belirli aralıklarla incelenmesi kıyı bölgeleri ile ilgili etkili kararlar alınmasında büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada, Göksu deltası kıyılarında meydana gelen kıyı çizgisi değişiminin Sayısal Kıyı Çizgisi Analizi/Digital Shoreline Analysis aracı ile belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, Göksu deltasının farklı tarihlere ait Landsat uydu görüntüleri temin edilmiş ve elde edilen uydu görüntülerinden çalışma sahasının kıyı çizgisi haritaları üretilerek geçmiş yıllara ait kıyı çizgisi değişim oranları hesaplanmıştır. Çalışmanın sonucunda, Net Kıyı Çizgisi Hareketi/Net Shoreline Movement istatistiğine göre 33 yıllık zaman diliminde Göksu deltasında en fazla kıyı çizgisi gerilemesi -755 m; en fazla kıyı çizgisi ilerlemesi 695 m olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra, Son Nokta Oranı/End Point Rate istatistiğinde 33 yıllık zaman diliminde Göksu deltasında en fazla kıyı erozyonu oranı -38 m/yıl ve en fazla birikme oranının ise 21 m/yıl olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Göksu Deltası, Kıyı Çizgisi Değişimi, Sayısal Kıyı Çizgisi Analizi (DSAS)

Abstract: According to coastal law, the shoreline is defined as a point where water from the sea, natural and artificial lakes or rivers touches the land, not considering flood conditions. In recent years, rapid shoreline changes have occurred due to extreme conditions, which are caused by human and physical factors in coastal regions. Such rapid changes in the coastal lines negatively affect the coastal ecosystem, but also considerably reduce the sustainability of the coast. Therefore, periodic examination of temporal and geometric shoreline changes has the great importance in making effective decisions for coastal areas. The purpose of this study is to determine the shoreline changes occurring on the coast of the Göksu Delta by using Digital Shoreline Analysis tool. For this purpose, Landsat satellite images of the Göksu delta have been obtained and then shoreline maps produced from the data sets in order to calculate rates of historical shoreline changes. As a result, according to the Net Shoreline Movement statistics, during the 33 years the maximum shoreline retreat in Göksu delta is -755 m, while the maximum shoreline progression was 695 m. In addition to that, according to the End Point Rate statistic the maximum coastal erosion of Göksu delta is -38 m/yr whereas the maximum accumulation rate is 21 m/yr in 33 years.

Keywords: Göksu Delta, Shoreline Change, Digital Shoreline Analysis (DSAS)

¹ İletişim yazarı: Hatice Kılar, e-posta: kilar_hatice@hotmail.com

Makale Geliş Tarihi: 19.02.2018

Makale Basıma Uygun Tarihi: 11.03.2018

1. Giriş

Kıyı çizgisi, genel olarak kara ve su arasındaki sınır olarak tanımlanmaktadır (Liu, 2004). Kıyı çizgisinin pozisyonu ve geometrisindeki değişimin belirlenmesi kıyının dinamik yapısının anlaşılması ve kıyı yönetimi ile etkili kararların alınması açısından son derece önemlidir (Esteves vd., 2009; Rio vd., 2013). Kıyı çizgileri yeryüzünün eşi benzeri olmayan özelliklerinden biri olarak tanımlanmaktadır. Bunun yanı sıra, Uluslararası Jeoloji Bilimi Kurulu kıyı çizgilerini 27 “GeoIndicator/Coğrafi Belirleyici” den biri olduğunu belirtmiştir (Lockwood, 1997). Bu nedenle, kıyı çizgilerinin belirlenmesi kara ve su tarafındaki kaynakların belirlenmesinde son derece önemlidir (Liu, 2004).

Kıyı çizgileri yeryüzünde fiziki ve beşeri faktörlere bağlı olarak değişim göstermektedir. Fiziki faktörlerin neden olduğu kıyı çizgisi değişimi genellikle dalga, gel-git, nehirler, fırtınalar, akıntılar, sediman taşınımı ve tektonik faaliyetler gibi pek çok jeomorfolojik, klimatolojik ve jeolojik faktörün bileşkesinden oluşmaktadır (Benumof vd., 2000; Moore ve Griggs, 2002; Collins ve Sitar, 2008; Katz ve Mushkin, 2013). Beşeri faktörlere bağlı kıyı çizgisi değişimleri ise nüfus artışına bağlı olarak kıyı yerleşmelerinin alansal ve fonksiyonel değişimi ile tarım, yerleşim, turizm, sanayi, ulaşım gibi faaliyetlerin kıyı alanlarında yoğun olarak uygulanması sonucu meydana gelmektedir (Olgun, 2012; Avcı, 2017).

Gibeaut vd., (2001) kıyı çizgisi değişimlerini uzun süreli, kısa süreli ve epizodik değişimler olmak üzere 3 grupta değerlendirmiştir. Uzun süreli kıyı çizgisi değişimleri 10-1000 yıllık zaman diliminde değerlendirilirken; kısa süreli kıyı çizgisi değişimleri 5-10 yıllık zaman diliminde değerlendirilmiştir. Epizodik değişimler ise fırtınalar gibi ekstrem doğa olayları sonucunda oluşan ani kıyı çizgisi değişimlerini kapsamaktadır. Uzun süreli kıyı çizgisi değişimlerinde kıyının tamamını aynı düzeyde etkilenirken, kısa süreli ve epizodik kıyı çizgisi değişimlerinde kıyının sadece belirli bölgeleri etkilenmektedir.

Kıyı çizgisi ile ilgili çalışmalarda geçmişten günümüze kadar farklı yöntemler kullanılmıştır. Kıyı çizgisi ilk defa 1807 yılında bilimsel olarak haritalanmıştır. Bu dönemde gerçekleştirilen kıyı çizgisi çalışmaları daha çok geleneksel arazi çalışması yöntemine dayanmaktaydı (Ingham, 1992; Alesheikh vd., 2007). Arazi çalışmalarının daha fazla iş gücü ve zaman gerektirmesi ve geniş alanlara uygulanmasının zor olması kıyı çizgisi çalışmalarını önemli ölçüde sınırlandırmaktaydı (Bağlı ve Soille 2003). 1927 yılında hava fotoğraflarının bilimsel çalışmalarda kullanımının yaygınlaşmaya başlaması ile birlikte kıyı çizgisi haritaları hava fotoğraflarından faydalanılarak hazırlanmıştır. Hava fotoğraflarından üretilen kıyı çizgileri pek çok avantaj sağlamasına karşın, fotoğrafların dijital olmaması veri işleme, düzeltme, analiz ve dönüştürme işlemleri maliyeti artırmakta, oldukça fazla zaman almakta ve çalışmalardaki hata oranını artırmaktaydı. Bunun yanı sıra, hava fotoğraflarının siyah beyaz görüntülerden oluşması bulanık sularda su ve kara sınırının belirlenmesini güçleştirmektedir (De Jong vd., 2004). Bu nedenle, kıyı çizgisi çalışmalarında yaşanan tüm bu olumsuz koşulların en aza indirilmesi ve daha sağlıklı sonuçların elde edilebilmesi için ilk defa 1972 yılında uydu görüntülerinden faydalanılmaya başlanılmıştır. Orta ve yüksek çözünürlükteki uydu görüntülerinin dijital formatta olması, farklı bant kombinasyonlarından oluşması çeşitli analizlerin gerçekleştirilmesine ve kara ve su sınırının daha kolay ayırt edilmesine olanak sağlamıştır (Alesheikh vd., 2007; Winarso vd., 2001).

Son yıllarda, yeryüzünde kıyı çizgisi değişimlerinin daha hızlı gerçekleşmeye başlaması bu konuda gerçekleştirilen çalışmaların önemini büyük ölçüde artırmıştır. Türkiye'nin üç tarafının denizlerle çevrili bir ülke olması ve kıyı alanlarının sağlanmış olduğu çevresel, sosyal ve ekonomik

avantajlar nedeni ile yoğun olarak kullanılmaya başlanması Türkiye kıyıları ile ilgili çalışmaların daha fazla önem kazanmasına neden olmuştur. Türkiye kıyıları ile ilgili çalışmalar her geçen yıl artmakta ve aynı zamanda araştırmacılar tarafından farklı bakış açıları ile değerlendirilmektedir (Tağıl ve Cürebal, 2005; Keçer ve Duman, 2007; Karakoç ve Karabulut, 2010; Kuleli, 2010; Güneroğlu, 2015; Turoğlu, 2009; Erkal, 2015).

Bu çalışmada, Göksu deltası kıyı çizgisi değişimlerinin Sayısal Kıyı Çizgisi Analizi/Digital Shoreline Analysis (DSAS) aracından faydalanılarak belirlenmesi amaçlanmıştır. Göksu deltası kıyıları ekolojik açıdan Akdeniz'in en zengin ve verimli kıyıları arasında yer almaktadır. Delta kıyılarında iklim şartlarının elverişli, su kaynaklarının zengin ve topraklarının verimli olması delta kıyılarının ekolojik açıdan önemli ölçüde zenginleştirmekte ve farklı faaliyetlerin gerçekleştirilmesine olanak sağlamaktadır. Son yıllarda, Göksu deltası kıyılarının daha yoğun kullanılması ve ekstrem doğa olaylarının gerçekleşmesi deltadaki kıyı çizgisi değişimini önemli ölçüde hızlandırmıştır. Bu nedenle, Göksu deltasının kıyı çizgisi değişiminin belirli aralıklarla belirlenmesi çalışma sahasının sürdürülebilirliği açısından oldukça büyük önem taşımaktadır.

2. Çalışma Alanının Genel Özellikleri

Göksu deltası, Akdeniz'in doğusunda Mersin ili sınırları içerisinde batıda Taşucu, doğuda Susanoğlu yerleşmeleri arasında yer almaktadır (Şekil 1). Göksu nehrinin taşımış olduğu kil, silt, kum, çakıl boyutundaki sedimanlarla oluşmuş olan Göksu deltası toplam 15.000 hektar büyüklüğündedir. Deltanın yükseltisi ise 0-5 m arasında değişmektedir.

Göksu deltası, taban kenarı ana karaya bağlı çokgen geometrisi şekline sahiptir. Delta gerisinde, Devoniyen, Kretase, Oligosen ve Miyosen yaşlı kırıntılı ve karbonatlardan oluşan formasyonlar yüzeylemektedir (Gökten, 1976; Gedik vd., 1979; MTA, 2002). Bu formasyonlar üzerinde ise geniş Pliyosen aşınım yüzeyleri yer almaktadır. Kuvaterner döneminden önceki morfolojik üniteler üzerinde fülivyal yarılmalar ve yamaç gelişimi gözlenmektedir (Keçer, 2001).



Şekil 1. Göksu Deltasının Konumu

Göksu deltası hidrografik açıdan oldukça zengin bir yapıya sahiptir. Deltadaki en önemli su kaynaklarından birisi deltanın oluşumu ve gelişimini sağlayan Göksu nehridir. Toplam 10.000 km² drenaj alanına sahip Göksu Nehri, Hadim Göksuyu ve Ermenek Göksuyu kollarının birleşmesinden oluşmaktadır. 1.200 ha büyüklüğündeki Akgöl Lagünü ve 400 ha büyüklüğündeki Paradeniz Lagünü deltanın ikinci büyük su kaynağını oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra, Göksu deltasında Kuğu gölü, Arap alanı gölü gibi küçük çaplı bazı göller de yer almaktadır.

Göksu deltası, Akdeniz kıyıları içerisinde önemli bir konuma sahiptir. Deltanın, iklim, topografya ve su kaynakları açısından elverişli olması delta ekolojisini önemli ölçüde zenginleştirmektedir. Zengin bir ekosisteme sahip olan Göksu deltası aynı zamanda da kırılğan bir yapıya sahiptir. Son yıllarda, Göksu deltası kıyılarının yoğun olarak kullanılması ve doğal olaylarında ekstrem koşullarda meydana gelmesi delta kıyılarında hızlı kıyı çizgisi değişimlerinin yaşanmasına neden olmuştur. Deltada kıyı çizgisi değişimlerinin hızlı gerçekleşmesi, delta morfolojisini etkilemesinin yanı sıra deltadaki doğal, ekonomik ve sosyal faaliyetleri de önemli ölçüde etkilemektedir.

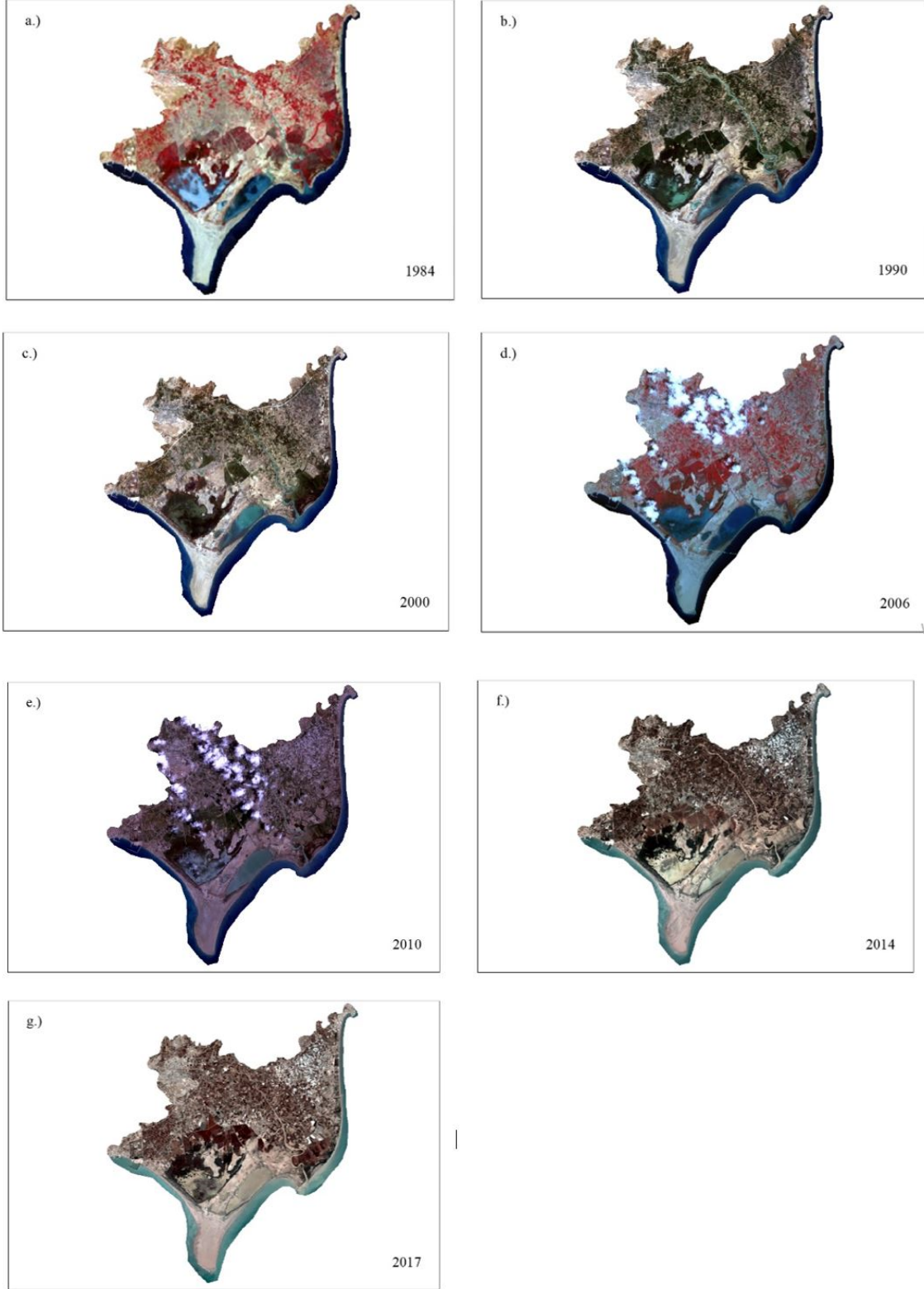
3. Veri ve Yöntem

3.1. Uydu Görüntülerinin Temin Edilmesi

Göksu deltası kıyı çizgisi değişiminin DSAS aracı ile belirlenmesini amaçlayan bu çalışmada deltanın farklı tarihlere ait Landsat uydu görüntülerinden (TM, ETM, MSS ve OLI 8) faydalanılmıştır. Çalışma sahasına ait Landsat uydu görüntülerinin temin edilmesinde farklı tarihlere ait uydu görüntülerinin aynı dönemleri yansıtmasına ve görüntü kalitesinin iyi olmasına dikkat edilmiştir. Landsat uydu görüntülerinin kolay erişilebilir, görüntülerin dijital, farklı kıyı çizgisi analizlerinin gerçekleştirilmesine elverişli ve daha geniş alanlara uygulanabilir olması nedeniyle kıyı çizgisi değişimi çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Çalışmada kullanılan Landsat görüntüleri 02 Temmuz 1984, 04 Ağustos 1990, 10 Temmuz 2000, 03 Ağustos 2006, 10 Temmuz 2010, 05 Temmuz 2014, 11 Ağustos 2017 tarihlerine aittir (Şekil 2; Çizelge 1).

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan Landsat görüntülerinin özellikleri

Numara	Uydu Görüntüleri	Yol/Sıra	Tarih	Çözünürlük (m)
1	Landsat MSS	176/35	02/07/1984	60x60
2	Landsat TM	176/35	04/08/1990	30x30
3	Landsat TM	176/35	30/07/2000	30x30
4	Landsat ETM	176/35	03/08/2006	30x30
5	Landsat TM	176/35	10/07/2010	30x30
6	Landsat OLI TIRS	176/35	05/07/2014	30x30
7	Landsat OLI TIRS	176/35	11/08/2017	30x30

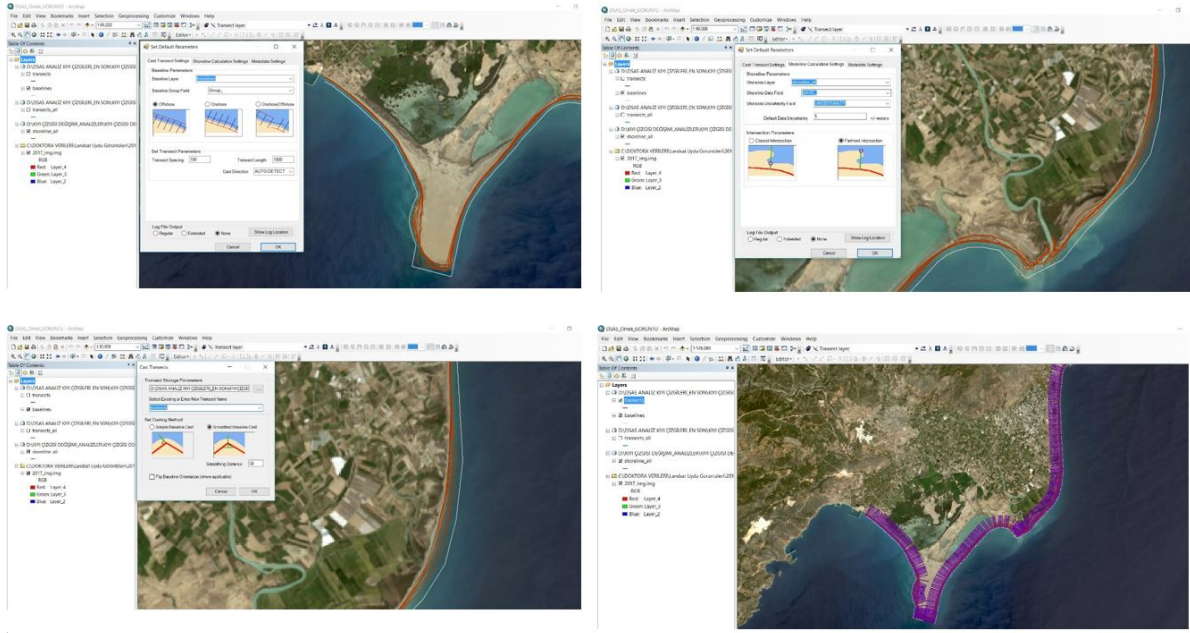


Şekil 2. Göksu Deltası Landsat uydu görüntüleri

bir yazılımdır (URL-1; Thieler vd., 2009). Kıyı çizgilerinin şekli ve pozisyonunda meydana gelen değişimler kıyı bölgelerinde meydana gelen değişimlerin gözlemlenmesinde en temel belirleyicilerdir. DSAS aracı kısa ve uzun dönem kıyı çizgisi değişimlerinin belirlenmesinde oldukça etkili bir yöntemdir. Kıyı çizgisi değişim trendi DSAS aracının farklı istatistiksel yöntemleri ile hesaplanarak belirlenmektedir. DSAS aracı bünyesinde yer alan istatistiksel yöntemlerden bazıları şunlardır; Kesin Kıyı Çizgisi Hareketi/Net Shoreline Movement (NSM), Son Nokta Oranı/End Point Rate (EPR), Doğrusal Regresyon Oranı/Linear Regression Rate (LRR), Ağırlıklı Doğrusal Rekrasyon/Weighted Linear Regression (WLR), Son Nokta Güven Oranı/Confidence of End Point Rate (ECI), Tahmini Hata Oranı/Standard Error of the Estimate (LSE and WSE), R-kare/R-squared (LR2 and WR2). Göksu deltası kıyı çizgisi değişiminin belirlenmesinde NSM, EPR ve LRR istatistiklerin faydalanılmıştır. NSM, EPR ve LRR istatistikleri dönemsel ve genel kıyı çizgisi değişimleri hakkında detaylı bilgi vermesi nedeni ile uluslararası literatürde yaygın olarak kullanılmaktadır. Örneğin, Thang vd., 2017 yılında gerçekleştirmiş olduğu çalışmada Vietnam'daki Kien Giang kıyılarındaki kıyı çizgisi değişiminin belirlenmesinde EPR istatistiğinden faydalanılmıştır. İspanya'nın Galicia kıyılarında meydana gelen kıyı çizgisi değişiminin belirlenmesi DSAS aracının NSM, EPR, LRR ve WLR istatistiklerinden faydalanılarak gerçekleştirilmiştir (Alberti vd., 2013). Bunun yanı sıra, Hindistan'nın Trinkat adasında meydana gelen kıyı çizgisi değişiminin belirlenmesinde NSM, LRR ve EPR istatistiklerinden faydalanılmıştır (Ali ve Naraya, 2014).

NSM istatistiği oranı değil mesafeyi hesaplamak için kullanılmaktadır. En eski ve en yeni kıyı çizgisi arasındaki mesafe NSM istatistiği ile belirlenmektedir. Eğer, en eski ve en yeni kıyı çizgisi arasındaki mesafe zamana bölünürse bu EPR istatistiği olarak ifade edilmektedir. LRR istatistiği ise bir profil hattı boyunca kesişen tüm kıyı çizgilerinin zamana göre değişimi hakkında bilgi vermektedir. NSM ve EPR istatistiklerinde kıyı çizgisi değişiminin belirlenebilmesi için en az iki farklı tarihe ait kıyı çizgisi verisine ihtiyaç duyulurken; LRR istatistiğinde ikinden daha fazla kıyı çizgisi verisine ihtiyaç duyulmaktadır.

Göksu deltası kıyı çizgisi değişiminin belirlenmesi için öncelikle geçmiş yıllara ait kıyı çizgisi haritaları DSAS aracının veri tabanına uygun olarak hazırlanmıştır. Kıyı çizgisi haritalarının analize hazır hale getirilmesinin ardından kıyı çizgilerine yaklaşık 150 m uzaklıkta referans çizgisi (baseline) katmanı üretilmiştir. Referans çizgilerinin üretilmesinde esas belirleyici faktör kıyı çizgisi değişim oranının hesaplanmasında kara tarafında üretilen bir referans çizgisi ile mi yoksa deniz tarafında üretilen bir referans kıyı çizgisi ile mi değişim oranının hesaplanacağına karar verilmesidir. Bu çalışmada, Göksu deltasındaki kıyı çizgisi değişimi deniz tarafında üretilen referans çizgisi esas alınarak hesaplanmıştır. Daha sonra, çalışma sahasına ait kıyı çizgisi ve referans çizgisi katmanları DSAS aracında belirlenen kriterlere göre analiz edilerek kıyı çizgisi değişim oranı hesaplanmıştır. Göksu deltası kıyı çizgisi değişim oranının hesaplanması için 100 m aralıklarla 1000 m uzunluğunda profil hatları oluşturulmuştur. Profil hatları Taşucu ve Susanoğlu kıyıları arasında kalan alanları kapsamaktadır. Çalışma sahasının kıyı çizgisi değişiminin belirlenmesi için toplam 385 profil hattı üretilmiştir. Kıyı çizgisi hata oranı ise ± 5 m olarak belirlenmiştir (Şekil 4).



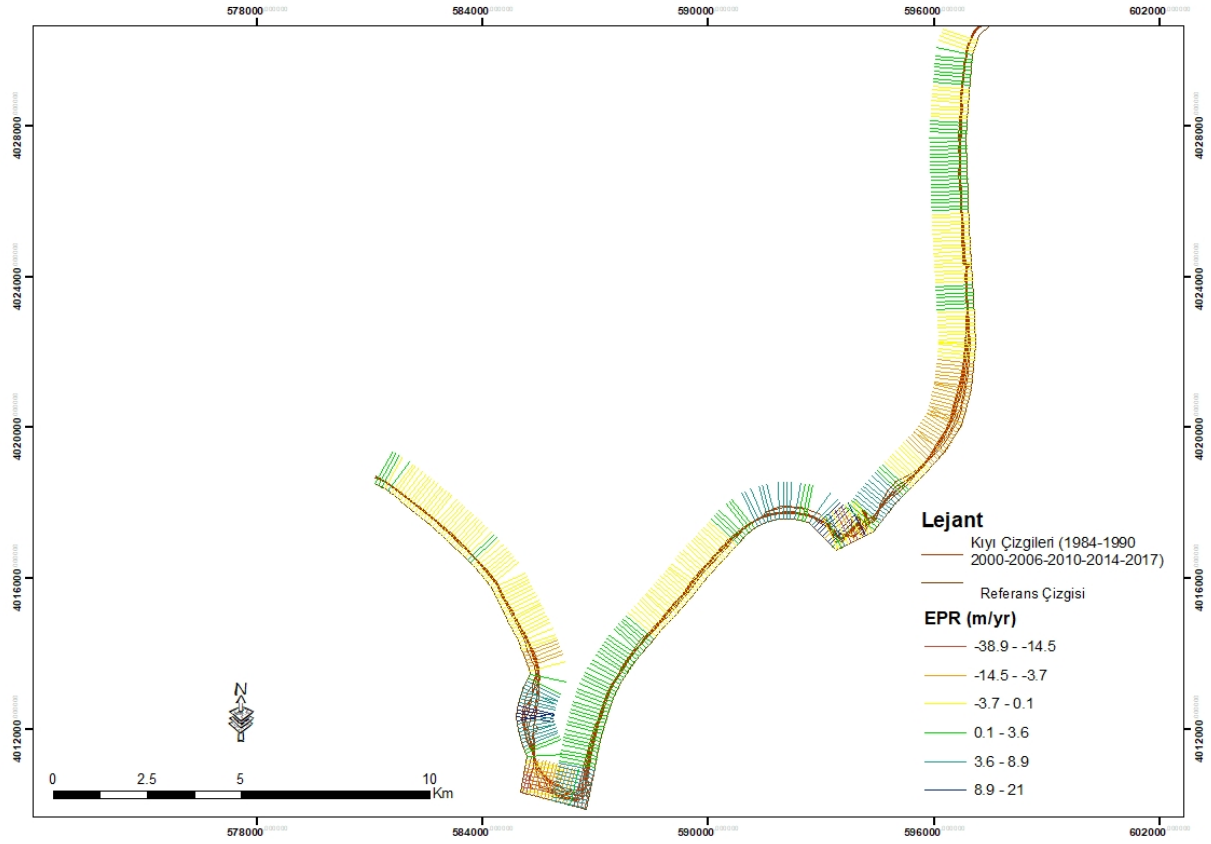
Şekil 4. Göksu Deltası kıyı çizgisi değişiminin DSAS aracında hesaplanması

4. Bulgular

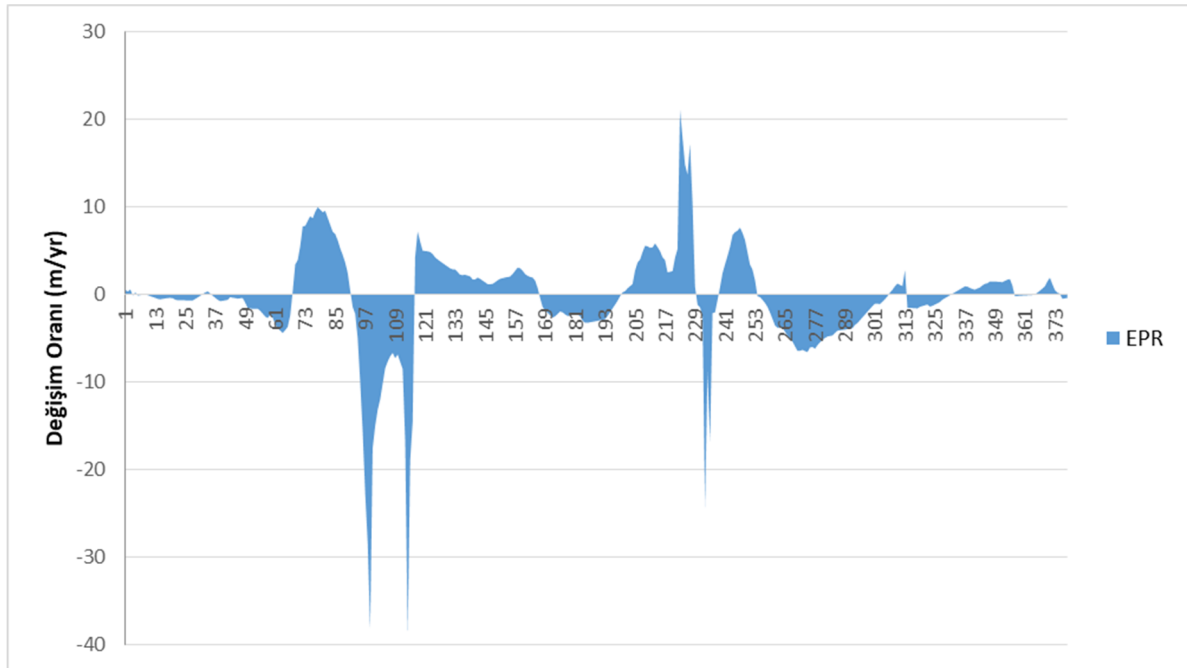
4.1. Göksu Deltası Kıyı Çizgisi Değişimi

4.1.1. EPR İstatistiği

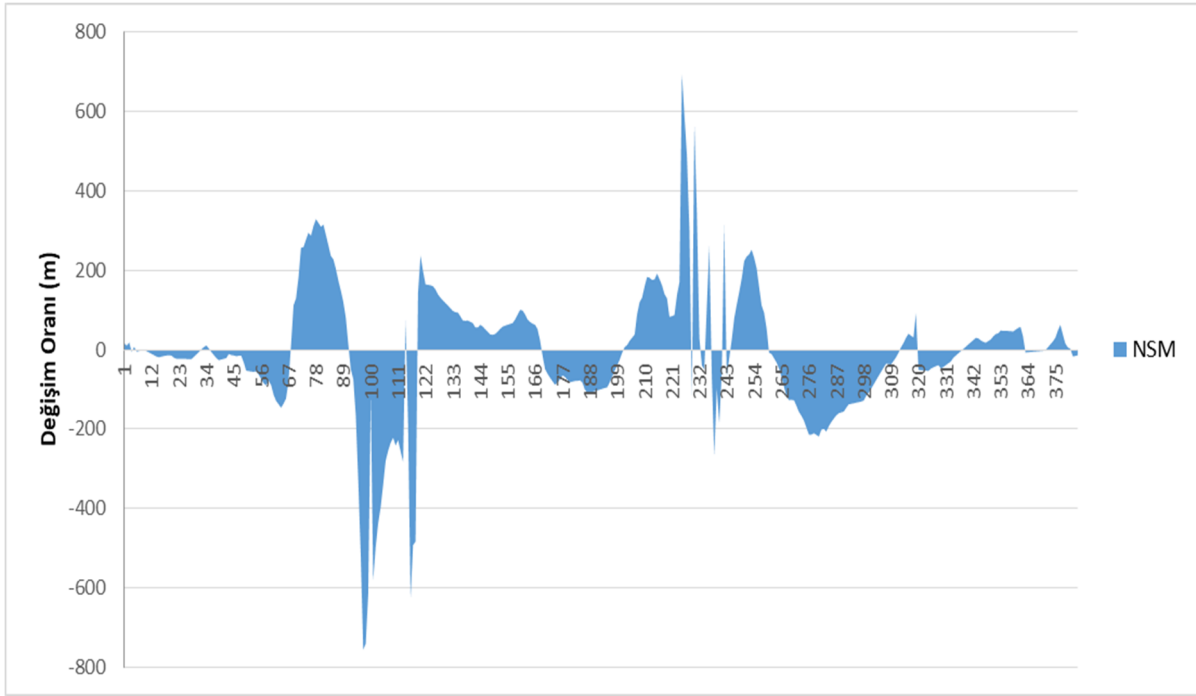
Göksu deltası kıyı çizgisi değişiminin EPR istatistiğine göre değerlendirilmesi durumunda aşınma oranının en fazla -38 ile -14 m/yıl değerleri arasında yer aldığı ve aşınma alanlarının İncekum burnunun uç kısımları ile Altinkum mevki çevresinde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Çalışma sahasında, birikme oranı en fazla 8 ile 21 m/yıl değerleri arasında gerçekleşmiş ve birikme oranının en fazla olduğu alanlar akarsu ağız ve çevresi ile İncekum burnunun batı bölümünde gerçekleşmiştir (Şekil 5). Göksu deltası kıyı çizgisi değişimi EPR grafiğinin değerlendirilmesi durumunda ise en yüksek aşınma trendinin 95 ve 118 profil hatları arasındaki İncekum burnunun uç kısımlarında ortalama -13 m/yıl değerinde gerçekleştiği, en yüksek birikme trendinin ise 211 ve 228 profil hattı boyunca akarsu ağız ve çevresinde ortalama 7 m/yıl değerinde gerçekleştiği tespit edilmiştir (Şekil 6).



Şekil 5. Göksu Deltası kıyı çizgisi değişimi EPR istatistiği



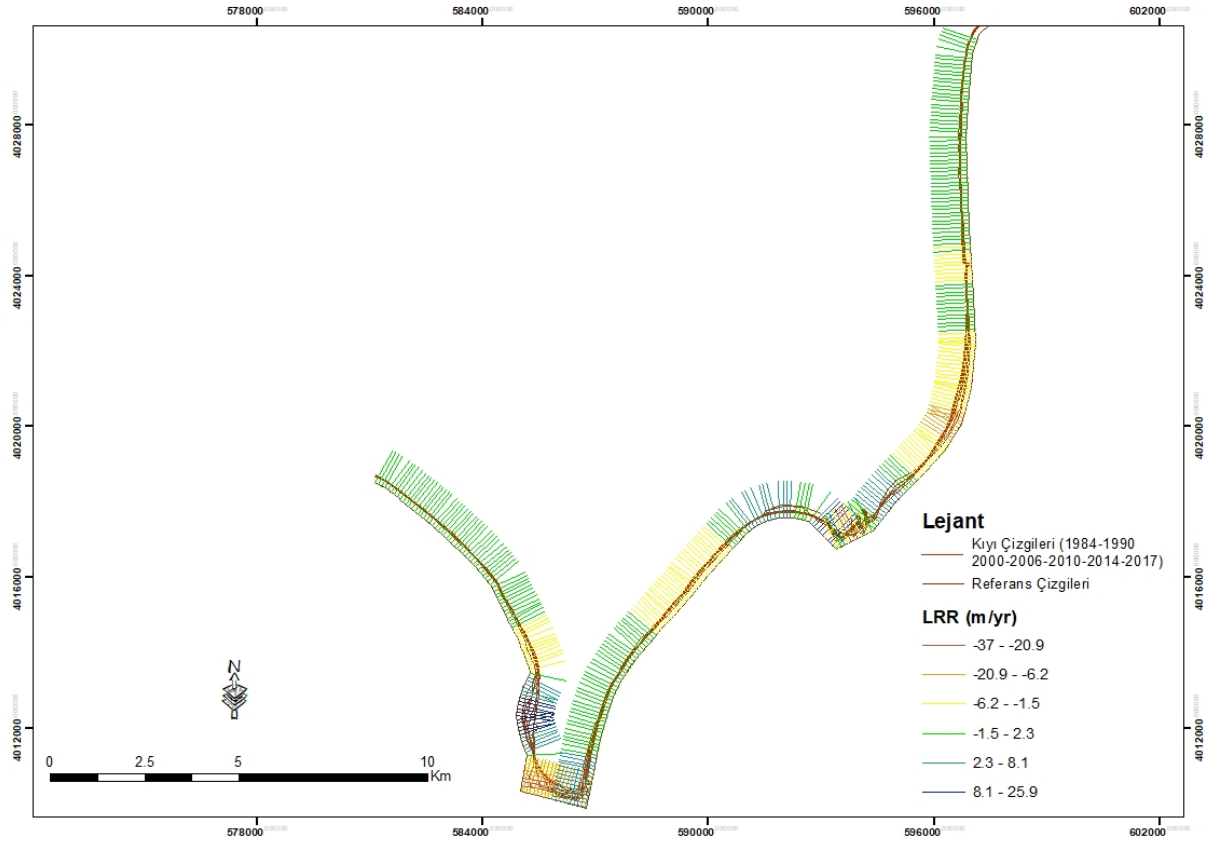
Şekil 6. Göksu Deltası kıyı çizgisi değişimi EPR grafiği



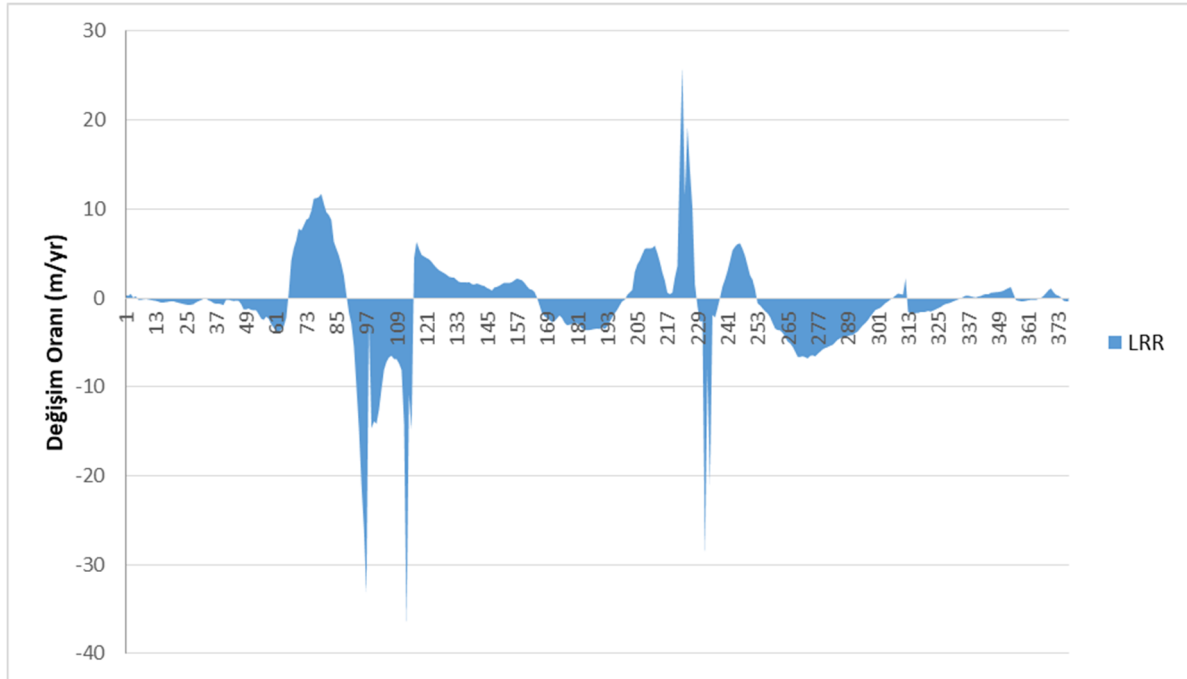
Şekil 8. Göksu Deltası kıyı çizgisi değişimi NSM grafiği

4.1.3. LRR İstatistiği

Göksu deltası kıyı çizgisi değişiminin LRR istatistiğine göre değerlendirilmesi durumunda aşınma oranının en fazla -37 ile -20 m/yıl değerleri arasında olduğu ve bu alanların Altinkum mevki ve İncekum burnu uç kısımlarında yer aldığı tespit edilmiştir. Göksu deltasında birikme oranının en fazla 8 ile 25 m/yıl değerleri arasında yer aldığı ve bu alanların İncekum burnunun batı kısımları ile akarsu ağzı çevresinde yer aldığı tespit edilmiştir (Şekil 9). Göksu deltası kıyı çizgisi değişim grafiğinde en yüksek birikme trendinin 69-88 profil hattı boyunca İncekum burnunun batı bölümünde ortalama 8 m/yıl, ikinci yüksek birikme trendinin 207-228 profil hattı boyunca akarsu ağzı ve çevresinde ortalama 6 m/yıl olarak gerçekleştiği, en yüksek aşınma trendinin ise 94-118 profil hattı boyunca İncekum burnunun uç kısımlarında ortalama -12 m/yıl olduğu tespit edilmiştir (Şekil 10).



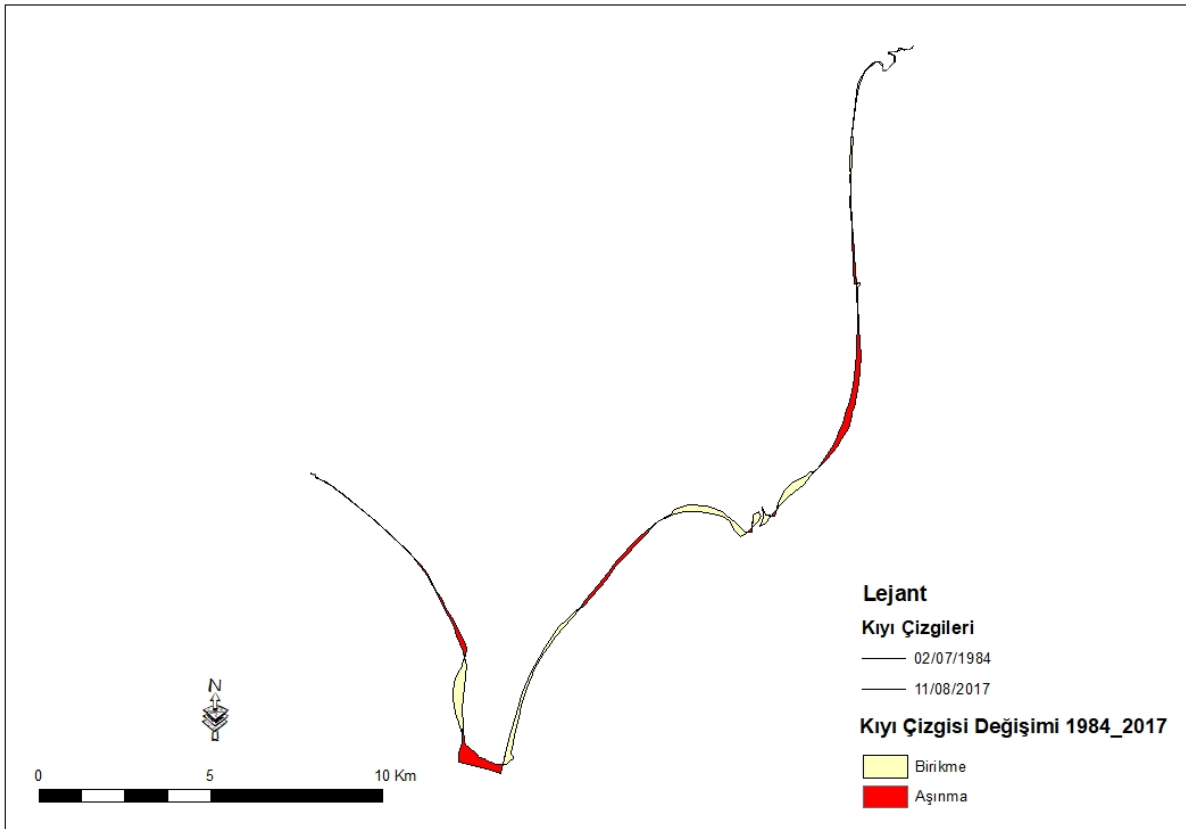
Şekil 9. Göksu Deltası kıyı çizgisi değişimi LRR istatistiği



Şekil 10. Göksu Deltası kıyı çizgisi değişimi LRR grafiği

4.2. Göksu Deltası Kıyı Çizgisi Değişiminin Morfolojik Etkisi

Göksu deltasında meydana gelen kıyı çizgisi değişimleri delta morfolojisini önemli ölçüde değiştirmektedir. 1984 yılından 2017 yılına kadar ki 33 yıllık süreçte delta kıyılarında meydana gelen kıyı çizgisi değişiminin incelenmesi durumunda birikmenin 180 ha, aşınmanın ise 164 ha olduğu tespit edilmiştir. Deltadaki kıyı çizgisi değişimi sonucunda aşınma ve birikme değerleri birbirine yakın miktarlarda gerçekleşmesine rağmen birikme faaliyetlerinin daha etkili olduğu gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra, Göksu deltası kıyılarında aşınma ve birikme faaliyetleri bazı bölgelerde daha yoğun gerçekleşirken bazı alanlarda daha düşük oranlarda gerçekleşmiştir. Örneğin, Altinkum mevki, Paradeniz lagünü kıyı kordonu, İncekum burnu uç kısımları aşınmanın en fazla görüldüğü alanları temsil ederken akarsu ağzı ve çevresi ile İncekum burnu yan kısımları birikme faaliyetlerinin yoğun olduğu alanları göstermiştir. Sonuç olarak, deltadaki kıyı çizgisi değişimlerinin bazı bölgelerde daha hızlı gerçekleşmesi delta morfolojisini önemli ölçüde etkilemiştir (Şekil 11).



Şekil 11. Göksu Deltası kıyı çizgisi değişiminin delta morfolojisine etkisi

5. Sonuç ve Tartışma

Göksu deltası kıyı çizgisi değişiminin DSAS aracında değerlendirilmesi sonucunda deltanın bazı bölümlerinde kıyı çizgisi değişimlerinin daha yoğun gözlemlendiği tespit edilmiştir. Bu alanlar, Altıncum mevki, İncecum burnu, akarsu ağzı ve çevresi ile Paradeniz Lagünü kıyı kordonudur. Altıncum mevki, İncecum burnu uç kısımları ve Paradeniz Lagünü kıyı kordonunda aşınma faaliyetlerine bağlı kıyı çizgisi gerilemesi gözlemlenirken; akarsu ağzı ve çevresi ile İncecum burnun yan kısımlarında birikme faaliyetlerine bağlı kıyı çizgisi ilerlemesi gözlemlenmiştir. Göksu deltası kıyı çizgisi değişiminin yoğun olarak gözlemlendiği bu alanlar aynı zamanda delta morfolojisinin de değişmesine neden olmuştur.

Göksu deltası kıyı çizgisi değişiminin EPR istatistik sonuçlarında en yüksek erozyon oranı -38 m/yıl, en yüksek birikme oranının ise 21 m/yıl olduğu tespit edilmiştir. En eski ve en yeni kıyı çizgisi arasındaki mesafe değişimini belirten NSM istatistiklerinde ise Göksu deltasında en fazla kıyı çizgisi gerilemesinin -755 m ve en fazla kıyı çizgisi ilerlemesinin ise 695 m olduğu tespit edilmiştir. Çalışma sahasının tüm yıllara ait kıyı çizgisi değişiminin değerlendirildiği LRR istatistiklerinde ise en yüksek erozyon oranı -37 m/yıl, en fazla birikme oranı ise 25 m/yıl olarak belirlenmiştir. Çalışmanın sonucunda Göksu deltası kıyı çizgisi değişim oranlarının bazı bölgelerde bir hayli yüksek olduğu ve bu durumun kıyının geometrik gelişimini önemli ölçüde etkilediği gözlemlenmiştir.

Son yıllarda, Göksu deltasında meydana gelen hızlı kıyı çizgisi değişimlerinin olumsuz etkilerinin çevresel, ekonomik ve sosyal faaliyetler açısından değerlendirilmesi durumunda mevcut sorunların gelecekte daha büyük riskler oluşturacağı ve bu durumun deltanın sürdürülebilirliğini önemli ölçüde düşüreceği tespit edilmiştir. Örneğin, deltanın en hassas bölgelerinden birisi olan Paradeniz lagünü, aşınma faaliyetlerinin yoğunluğuna bağlı olarak kıyı çizgisi gerilemesi yaşanmakta ve bunun sonucunda Paradeniz Lagünü kıyı kordonunda kopmalar meydana gelmektedir. Paradeniz Lagünü kıyı kordonunda meydana gelen bu kopmalar daha fazla deniz suyunun lagüne girmesine ve lagünün su kalitesinin değişmesine neden olmaktadır. Paradeniz lagününde meydana gelen su kalitesi değişimi lagünün bağlantılı olduğu diğer su kaynaklarının da kalitesini değiştirmekte ve bölgedeki ekolojik yaşamı olumsuz yönde etkilemektedir. Bunun yanı sıra, Göksu deltası kıyı çizgisi değişiminin ekonomik faaliyetler üzerindeki etkisi incelendiğinde deltada yoğun olarak gerçekleştirilen tarım, turizm ve balıkçılık faaliyetlerinin kalitesinin düştüğü ve ekonomik değer azalmasına neden olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, Göksu deltası sosyal faaliyetler açısından da oldukça önemli bir konuma sahiptir. Bölgenin yaz aylarında rekreasyon amaçlı yoğun olarak kullanılması ve bölgede rekreasyon amaçlı pek çok yapının bulunması deltada meydana gelen kıyı çizgisi değişiminin olumsuz etkilerini artırmaktadır.

Göksu deltasında meydana gelen kıyı çizgisi değişimleri bazı araştırmacılar tarafından farklı yaklaşımlarla değerlendirilmiştir. Karakoç ve Karabulut'un 2010 yılında gerçekleştirmiş oldukları çalışmada deltanın doğu kıyılarında gerileme meydana geldiği güncel ağz bölgesinde ise ilerlemenin gerçekleştiği tespit etmiştir. Bunun yanı sıra, İncecum burnunun batı ve güneydoğusunda ise kumul ilerlemesinin olduğu, Altıncum mevkiinde ise şiddetli bir kıyı gerilemesinin meydana geldiği tespit edilmiştir. Gürbüz'ün 1994 yılında gerçekleştirmiş olduğu çalışmada Göksu Nehri yatağının değiştirilmesinden dolayı deltanın doğu kıyılarında aşınma faaliyetlerinin arttığına ve buna bağlı olarak doğu kıyılarında hızlı kıyı çizgisi gerilemesi meydana geldiğine değinmiştir. Kuleli vd., 2001 yılında gerçekleştirmiş olduğu çalışmada Türkiye'deki Ramsar Sözleşmesine dahil sulak alanlarındaki kıyı çizgisi değişimlerini değerlendirmiş ve çalışmanın sonucunda Göksu deltası kıyı çizgisi gerilemesinin 650 m olduğu ve erozyon miktarının ise -25.99 m/yıl olduğunu tespit etmiştir. Farklı araştırmacılar tarafından elde edilen bulgular çalışmanın içeriği ile örtüşmesi Göksu deltasında son yıllarda hızlı kıyı çizgisi değişiminin yaşandığının en somut göstergesini oluşturmaktadır. Özellikle de, Altıncum mevki ve İncecum Burnu uç kısımları aşınmanın en şiddetli olduğu alanları göstermektedir. Göksu nehrinin

denize döküldüğü alan ve İncekum burnun yan kısımlarında birikme faaliyetleri yoğun olarak gerçekleşmekte ve kıyı çizgisi ilerlemesi meydana gelmektedir. Göksu deltasında meydana gelen bu hızlı kıyı çizgisi değişimlerinin olumsuz etkilerinin en aza indirilmesi için bazı çalışmaların gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmalardan bazıları şunlardır; deltadaki kıyı çizgisi değişimlerinin daha sık aralıklarla incelenmesi ve mevcut durumlara neden olan sorunların tespit edilerek gerekli önlemlerin alınması, beşeri faktörlere bağlı kıyı çizgisi değişiminin engellenmesi için Kıyı Kanunda belirtilen yaptırımların artırılması, Göksu deltası kıyı risk haritalarının üretilmesi ve arazi kullanımının yeniden değerlendirilmesi gerekmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) tarafından yürütülmekte olan “Göksu Deltasında Kıyı Çizgisi Değişimlerinin Çok Zamanlı Uydu Görüntüleri ile Analizi” başlıklı, ‘15B0759002’ kodlu projenin bir bölümünü kapsamaktadır. Desteklerinden dolayı Ankara Üniversitesi BAP birimine teşekkür ederiz.

Referanslar

- 3621 Sayılı Kıyı Kanunu, 5. Tertip, 29. Cilt; 17.04.1990 Tarih ve 20495 Sayılı Resmi Gazete.
- Alberti, A.P.; Pires, A., Freitas, L.; Chaminé, H. (2013) “Shoreline change mapping along the coast of Galicia, Spain”, *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Maritime Engineering*, Volume 166 Issue 3, September 2013, pp. 125-144. <https://doi.org/10.1680/maen.2012.23>
- Alesheikh, A. A., Ghorbanali, A. ve Nouri, N. (2007) “Coastline change detection using remote sensing”, *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 4 (1): 61-66.
- Alesheikh, A. A.; Ghorbanali, A.; Nouri, N. (2007) “Coastline change detection using remote sensing”, *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 4 (1): 61-66, 2007.
- Ali, P. Y.; Naraya, A. C. (2015) “Short-Term Morphological and Shoreline Changes at Trinkat Island, Andaman and Nicobar, India, After the 2004 Tsunami”, *Marine Geodesy*, 38:26-39.
- Avcı, S. (2017) “Kıyı Alanların Kullanımında Beşeri Faktörler”, *İçinde Yasal ve Bilimsel Boyutları ile Kıyı, Jeomorfoloji Derneği Yayını*, Sayfa:117-146, İstanbul.
- Bagli, S. ve Soille, P. (2003) “Morphological automatic extraction of coastline from panEuropean Landsat TM images”, *InProceedings of the Fifth International Symposium on GIS and Computer Cartography for Coastal Zone Management*, Genova, October 2003. (GISIG and ICCOPS), pp. 58–59.
- Bagli, S.; Soille, P. (2003) “Morphological automatic extraction of coastline from panEuropean Landsat TM images”, *In Proceedings of the Fifth International Symposium on GIS and Computer Cartography for Coastal Zone Management*, Genova, October 2003. (GISIG and ICCOPS), pp. 58–59.
- Benumof, B. T.; Storlazzi, C. D.; Seymour, R. J.; Griggs, G. B. (2000) “The relationship between incident wave energy and sea cliff erosion rates: San Diego County, California”, *Journal of Coastal Research*, 17, 1162-1178.
- Collins, B. D.; Sitar, N. (2008) “Processes of coastal bluff erosion in weakly lithified sands, Pacifica, California, USA”, *Geomorphology*, 97, 483-501. DOI: 10.1016/j.geomorph.2007.09.004.
- De Jong, S. M.; Freek, D.; Van Der, M. (2004) *Remote Sensing Image Analysis: Including the Spatial Domain*. Kluwer Academic Publishers. MA, USA. 359.
- El Banna, M. M. ve Hereher, M. E. (2009) “Detecting temporal shoreline changes and erosion/accretion rates, using remote sensing, and their associated sediment characteristics along the coast of North Sinai, Egypt” *Environ Geol*, 58:1419–1427
- El-Asmar, H. M. ve Hereher, M. E. (2011) “Change detection of the coastal zone east of the Nile Delta using remote sensing”, *Environ Earth Sci*, 62:769–777. DOI 10.1007/s12665-010-0564-9.
- Erkal, T. (2015) “Kıyı yönetimi açısından Türkiye’de yapılan kıyı jeomorfolojisi çalışmalarının değerlendirilmesi”, *Türk Coğrafya Dergisi* 65 (2015) 23-34.
- Esteves, L.S.; William, J. J.; Nock, A.; Lymbery, G. (2009) “Quantifying shoreline changes along the Sefton coast (UK) and the implications for research-informed coastal management”, *Journal of Coastal Research*, S156, 602-606.
- Gedik, A.; Birgili, S.; Yılmaz, H.; Yoldaş, R. (1979) “Mut-Ermenek-Silifke yöresinin Jeolojisi ve petrol olanakları”, *Türkiye Jeol. Kur. Bül.* 22, 7-26.

- Gibeau, J.C.; Hepner, T.; Waldinger, R.; Andrews, J.; Gutierrez, R.; Tremblay, T. A.; Smyth, R.; Xu, L. (2001) *Changes in Gulf Shoreline Position, Mustang, and North Padre Islands, Texas*. A Report of the Texas Coastal Coordination Council Pursuant to National Oceanic and Atmospheric Administration Award No. A97OZ0179, GLO Contract Number 00-002R, The University of Texas at Austin Austin, Texas.
- Gökten, E. (1976) "Silifke yöresinin temel kaya birimleri ve Miyosen stratigrafisi", *Türkiye Jeol. Kur. Bült.*19, 117-126.
- Guneroglu, A. (2015) "Coastal changes and land use alteration on Northeastern part of Turkey", *Ocean & Coastal Management*, 118, 225-233.
- Gürbüz, O. (1994) "Göksu Deltası'nın Doğu Kıyısında Kıyı Çizgisi Gerilemesi ve Sonuçları", *Türk Coğrafya Dergisi*, Sayı: 29, S. 409-417, İstanbul.
- Ingham, A. E. (1992) *Hydrography for Surveyors and Engineers*, p. 132. London: Blackwell Scientific Publications.
- Karakoç, A.; Karabulut, M. (2010) *Göksu Deltası Kıyı Çizgisinde Meydana Gelen Değişimlerin CBS ve Uzaktan Algılama Teknikleri ile İncelenmesi*, Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu, Afyon.
- Katz, O.; Mushkin, A. (2013) "Characteristics of sea-cliff erosion induced by a strong winter storm in the eastern Mediterranean". *Quaternary Research*, 80, 20-32. DOI: 10.1016/j.yqres.2013.04.004.
- Keçer, M. (2001) *Göksu Deltası'nın (Mersin) Jeomorfolojik evrimi ve güncel akarsu-deniz-rüzgar süreçlerinin kıyı çizgisinde yaptığı değişiklikler*. MTA Raporu No: 10468 (yayımlanmamış).
- Keçer, M.; Duman, Y. T. (2007) "Yapay Etkilerin Göksu Deltası Gelişimine Etkisi, Mersin-Türkiye", *MTA Dergisi*, 134, 17-26.
- Kuleli, T. (2010) "Quantitative analysis of shoreline changes at the Mediterranean Coast in Turkey". *Environ Monit Assess*, 167, 387-397. DOI 10.1007/s10661-009-1057-8.
- Kuleli, T.; Güneroğlu, A.; Karsh, F.; Dihkan, M. (2011) "Automatic Detection of Shoreline Change on Coastal Ramsar Wetlands of Turkey". *Coastal Engineering*, 38, pp. 1141-1149.
- Kumar, A., Narayana, A. C. ve Jayappa, K. S. (2010) "Shoreline Changes and morphology of spits Along Southern Karnataka, West Coast Of India: A Remote Sensing and Statistics-Based Approach", *Geomorphology*, 120: 133-152.
- Liu, H. (2004) "Automated extraction of coastline from satellite imagery by integrating Canny edge detection and locally adaptive thresholding methods", *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 25, No. 5, 937-958.
- Lockwood, M. (1997) NSDI Shoreline briefing to the FGDC coordination group, NOAA/NOS. Washington, DC.
- Moore, L. J.; Griggs, G. B. (2002) "Long-term cliff retreat and erosion hotspots along the central shores of the Monterey Bay National Marine Sanctuary". *Marine Geology*, 181, 265-283. DOI:10.1016/S0025-3227(01)00271-7.
- MTA. (2002) "1/500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Adana Paftası". *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü yayınları*. Ankara, Türkiye.
- Olgun, A. (2012) *Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Yöntemiyle Göksu Deltası Kıyı Çizgisi Değişiminin İzlenmesi*, Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Rio, L. D.; Gracia, J. F.; Benavente, J. (2013) "Shoreline change patterns in sandy coasts. A case study in SW Spain". *Geomorphology*, 196, 252-266. DOI: 10.1016/j.geomorph.2012.07.027.
- Tahıl, Ş.; Cürebal, I. (2005) "Altınova Sahilinde Kıyı Çizgisi Değişimini Belirlemede Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri", *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Cilt: 15, Sayı: 2, Sayfa: 51-68.
- Thang, N.T.X.; Thu, T.V.; Woodroffe, C. D. (2017) "Coastal erosion vulnerability of Kien Giang - the Western Mekong River Delta Coast in Vietnam", *International Conference on Globalisation, Climate Change and Sustainable Development*, 26-28 April 2017, Hatinh University.
- Thieler, E. R.; Himmelstoss, E. A.; Zichichi, J. L.; Ergul, A. (2009) *The Digital Shoreline Analysis System (DSAS) Version 4.0 - An ArcGIS Extension for Calculating Shoreline Change*, Open-File Report. US Geological Survey Report No. 2008-1278: <http://woodshole.er.usgs.gov/projectpages/dsas/version4/>
- Turoğlu, H. (2009) "3621 Sayılı Kıyı Kanunu ve Onun Uygulama Problemleri", *Türk Coğrafya Dergisi*, Sayı:53 Sayfa: 31-40.
- URL-1 <https://woodshole.er.usgs.gov/project-pages/DSAS/>
- Winarso, G.; Budhiman, S.; (2001). "The potential application of remote sensing data for coastal study", *Proc. 22 nd. Asian Conference on Remote Sensing*, Singapore.