



Farklı Kaynaklı Uydu Görüntüleri Kullanarak Bakü (Azerbaycan) Kıyılarındaki Petrol Kirliliğinin Gözlenmesi

Monitoring Oil Pollution of Caspian Sea Coastline of Bakü, Azerbaican by Using Multi-Sensor Based Approach

Atilla Hüsnü Eronat ^{1*} 

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü 35340 İzmir, TÜRKİYE
Sorumlu Yazar / Corresponding Author *: husnu.eronat@deu.edu.tr

Geliş Tarihi / Received: 08.06.2018
Kabul Tarihi / Accepted: 15.10.2018

DOI:10.21205/deufmd.2019216105
Araştırma Makalesi/Research Article

Atıf şekli/ How to cite: ERONAT, A.H. (2019). Farklı Kaynaklı Uydu Görüntüleri Kullanarak Bakü (Azerbaycan) Kıyılarındaki Petrol Kirliliğinin Gözlenmesi. DEUFMD, 21(61), 47-54.

Öz

Bu çalışmada farklı kaynaklı (Sentinel-1, Sentinel-2 ve Landsat-8) uydu görüntüleri kullanılarak Azerbaycan'ın Bakü kıyılarındaki tabii ve insan kaynaklı sızıntılar incelenmiştir. Sentinel-1 Yapay Açıklıklı Radar (SAR) görüntüleri açık kaynaklı Sentinel Uygulama Platformu'nun SNAP 6.0 yazılımı kullanılarak işlenmiş ve değişik tarihli petrol kirliliği olan alanlar tespit edilmiştir. Bu sızıntılardan en büyüğü 465 kilometrekare alan kaplayan 19 Ocak 2018 tarihli görüntüdür. Sentinel-2 görüntüsü de SNAP yazılımı kullanılarak işlenmiş, obje temelli analiz (OBIA) uygulanarak kirli alanlar tespit edilmiştir. Landsat-8 uydusu ACOLITE yazılımı kullanılarak işlenmiş ancak istenen sonuçlara ulaşamamıştır. Çalışma sonucunda farklı kanallı uydu temelli izlemenin, denizel ortamdaki petrol kirliliği ile ilgili bilginin toplanması, görüntülenmesi ve analizi için etkili bir yöntem olduğu ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Petrol Kirliliği, Uydu Görüntüsü, Zaman Serisi

Abstract

In this study Multi-Sensor (Sentinel-1, Sentinel-2 and Landsat-8) based approach is used to investigate natural seepage and manmade oil pollution in the Caspian Sea along the coast of Bakü, Azerbaijan. The processing of the satellite images was carried out using the sentinel application platform (SNAP, 6.0), which is an open source common architecture and oil pollution for different dates was determined. The largest oil seepage was detected on January 19, 2018 that covered almost 465 square km. Sentinel-2 image was also processed by SNAP 6.0 and by using object-based image analysis (OBIA) the polluted areas were determined. ACOLITE software was used for processing however did not provide expected output. As a result of this study, it was determined that multi-sensor based satellite monitoring is an efficient approach for the collection, visualization and analysis of information on oil pollution in the marine environment.

Keywords: Oil Pollution, Satellite Image, Time-series

1. Giriş

Denizlerin gerek üretimi gerekse de nakliyesi olmak üzere petrol endüstrisinin de önemli bir yeri vardır. Petrol ve türevlerinin denizden nakliyesi, açık deniz platformlarından üretimi ve petrol terminalerinden dolumu sırasında oluşan sızıntı/boşaltım denizel ortam için tehlike yaratmakta, deniz suyunda, taban sedimanlarında, kıyılar ve plajlarda oluşan kirlilik aylarca hatta yıllarca sürebilmektedir [1]. Bu etkisi yüzünden kıyasal bölgelerde petrol kirliliğinin izlenmesi en önemli hedeflerdendir [2].

Günde ortalama 1,9 milyon varil petrol üretimi [3] ile Hazar Denizi dünyanın en büyük petrol üretim bölgelerinden biridir ve petrol kirliliğinin kaynağı ise açık deniz platformlarındaki üretim ile birlikte deniz tabanındaki tabii sızıntılardır [4]. Bazı tahminlere göre yılda bir milyon ton petrol Hazar Denizi'ne sızmaktadır [4]. Kapladığı alan göz önüne alınırsa Hazar Denizi'nin uçak kullanılarak izlenmesi uygun değildir ve pahalıdır, bu yüzden uydu görüntülerinin kullanılması daha yerinde bir seçimdir.

Hava ve ışık koşullarından bağımsız olarak çalışabilen SAR deniz yüzeyindeki petrol kirliliğini tespit etmek ve izlemek için ideal bir araçtır. Bu çalışmada, Azerbaycan'ın Bakü kıyısındaki petrol kirliliği Sentinel-1, Sentinel-2 ve Landsat-8 gibi farklı karakterdeki uydu görüntüleri kullanılarak izlenmiş ve de petrol endüstrisinin bu zararlı etkisi ile mücadele etmek için öneriler sunulmuştur. Eğer çalışmanızı İngilizce olarak sunmak istiyorsanız bölüm başlığını lütfen "Introduction" olarak düzeltiniz.

2. Materyal ve Metot

2.1. Çalışma alanı

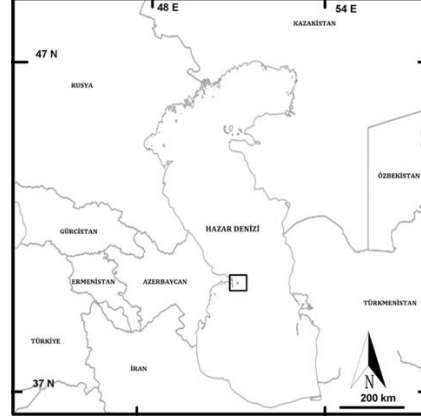
Dünyanın en büyük kapalı denizi olan Hazar Denizi, Rusya, Kazakistan, Türkmenistan, İran ve Azerbaycan ile çevrilidir (Şekil 1).

Maksimum derinliği 980 metredir ve 371.000 km² bir alanı kaplar [5]. Denizlere ve göllere ait tüm karakteristik özellikleri taşır.

2.2. Uydu görüntüleri kullanılarak petrol kirliliğinin tespiti

Bu çalışmada kullanılan uydu görüntüleri Sentinel-1, Sentinel-2 ve Landsat-3 ile ilgili bilgi sırasıyla Tablo.1, 2 ve 3 de verilmiştir. Değişik

kaynaklı ve karakterli uydu görüntü özellikleri kullanılarak Bakü kıyılarındaki petrol kirliliği en az masraflı ve en kolay uygulamalarla izlenmeye çalışılmıştır. Kullanılan tüm uydu görüntüleri 1 Ocak - 31 Ocak 2018 zaman aralığını ve de bölgenin en önemli üretim merkezi olan "Neftyanıe Komni" (Petrol Taşları) adlı bölgeyi kapsar. Her üç uydunun da geçiş tarihi olan 31 Ocak 2018 günü görüntüleri karşılaştırma imkânı sağladığından önemlidir.



Şekil 1. Hazar Denizi genel görünüşü, çalışma alanı çerçevelenmiştir.

2.2.1. Sentinel 1 Yapay Açıklıklı Radar (SAR) görüntüleri

SAR görüntüsü ile deniz yüzeyinde tespit edilen petrol alanları tabii sızıntılar, benzerler ve insan kaynaklı olarak sınıflanabilir. Benzerlerden kastedilen deniz yüzeyindeki yağ lekeleri, ince buz tabakası, 3 m/s düşük rüzgâr şiddeti, adaların kuytusunda kalan alanlar, yağmur hücreleri, iki rüzgârın kesişme bölgeleri, iç dalgalar vs.dir [6]

SAR görüntüleri Sentinel Scientific Data Hub [7] internet adresinden ücretsiz olarak temin edilmiştir. Kullanılan görüntüler Sentinel-1A uydusuna ait interferometrik geniş alan (IW) formatında ve Yer Aralığı Algılayan (GRD) üretim seviyesindedir.

Elde edilen SAR görüntülerin, görüntülenmesi ve işlenmesi için en uygun yazılım olan açık kaynaklı Sentinel Uygulama Platformunun (SNAP) 6.0 sürümünü kullanılmıştır. ESA SNAP Avrupa Uzay Ajansından ücretsiz olarak temin edilebilir (8).

Elde edilen ham SAR görüntülerinin SNAP 6.0 tarafından işlenmesinde aşağıdaki aşamalar uygulanmıştır;

Tablo 1. Sentinel-1 ile ilgili bilgi

Sentinel-2 kanalları	Merkez dalgaboyu (nm)	Çözümleme (m)
Band 1 - Kıyasal aerosol	0.443	60
Band 2 - Mavi	0.490	10
Band 3 - Yeşil	0.560	10
Band 4 - Kırmızı	0.665	10
Band 5 - Vegetasyon kırmızı sınırı	0.705	20
Band 6 - Vegetasyon kırmızı sınırı	0.740	20
Band 7 - Vegetasyon kırmızı sınırı	0.783	20
Band 8 - NIR	0.842	10
Band 8A - Vegetasyon kırmızı sınırı	0.865	20
Band 9 - Su buharı	0.945	60
Band 10 - SWIR - sirüs	1.375	60
Band 11 - SWIR	1.610	20
Band 12 - SWIR	2.190	20

Tablo 2. Sentinel-2 ile ilgili bilgisi

Mode	Çözümleme rg x az	Piksel Aralığı rg x az	Bakış Sayısı	ENL
SM	23X23 m	10x10 m	6x6	29.7
IW	20x22 m	10x10 m	5x1	4.4
EW	50x50 m	25x25 m	3x1	2.7

Tablo 3. Sentinel-1 Sentinel-2 ve Landsat-8 ile ilgili bilgiler.

Uydu	Görüntü Dosya Bilgisi	Görüntülenme Tarihi
Sentinel-1	S1A_IW_GRDH_1SDV_20180101T024354_20180101T024419_019955_021FB1_B16D	2018/01/01
	S1A_IW_GRDH_1SDV_20180207T142848_20180207T142913_020502_02311A_623F	2018/07/01
	S1A_IW_GRDH_1SDV_20180114T142848_20180114T142913_020152_0225F7_0BDF	2018/14/01
	S1A_IW_GRDH_1SDV_20180119T143658_20180119T143723_020225_02282E_E6A3	2018/19/01
	S1A_IW_GRDH_1SDV_20180125T024353_20180125T024418_020305_022ACB_CE84	2018/25/01
	S1A_IW_GRDH_1SDV_20180131T143658_20180131T143723_020400_022DBC_5E39	2018/31/01
Sentinel-2	S2A_MSIL1C_20180131T073131_N0206_R049_T39TVE_20180131T094203	2018/31/01
Landsat-8	L8_OLI_2018_01_31_07_19_09_166032	2018/31/01

- Görüntüler SNAP a import edilmiş, daha ileriki işleme zamanının kısaltılması amacıyla çalışma alanı dışındaki alanlar hariç tutulmuştur. Aynı amaçla VV polarizasyonu dışında polarizasyon kullanılmamıştır,
- Spackle Filter modülü kullanılarak görüntülerdeki gürültü (beneklenme) yok edilmiştir,
- SNAP yazılımındaki deniz yüzeyindeki petrol oluşumlarını tespit eden algoritma (Oil Spill Detection) kullanılarak petrol alanları tespit edilmiştir. Algoritmada önerilenin dışında parametre değişikliği yapılmamıştır,
- Son aşamada Elipsoit düzeltilmesi yapılarak görüntü WGS84 coğrafi koordinat sistemine oturtulmuştur.

Yapılan işlemlerin sonuçları Şekil 2. de gösterilmiştir.

2.2.2. Optik görüntüler

Hazar Denizi'ndeki petrol sızıntıları devamlıdır ve çok geniş alanları kapsamaktadır. Böylelikle, Sentinel-2 veya Landsat-8 gibi optik algılayıcıya sahip uydular tarafından kolaylıkla kirli alanlar tespit edilebilmektedir. Petrol sızıntılarının suda yarattığı kirliliğin miktarına bağlı olarak deniz yüzeyinde koyu/açık renk kontrastı sağlar [9]. Sentinel-2 görüntüsü Avrupa Uzay Ajansı'nın Sentinel Scientific Data Hub [7] internet adresinden ücretsiz olarak temin edilmiştir. Landsat-8 görüntüsü Birleşik Devletler Yer Bilimsel Araştırma Kurumu ait Earthexplorer [10] sitesinden ücretsiz olarak temin edilmiştir.

Optik görüntülerin kalitesi ışık ve hava şartlarına bağlı olarak değişmektedir. Bu çalışmada kullanılan optik görüntü sayısı, Ocak 2018 ayının tamamının bulutlu geçtiğinden bir günden fazlası bulunamamıştır.

2.2.2.1. Sentinel-2 görüntüsü

Bu çalışmada, çalışma alanının tek bulutsuz görüntüsü olan 31 Ocak 2018 tarihli olanı kullanılmıştır. Sentinel-2 görüntüsü önce SNAP 6.0 yazılımına import edilmiş, yeniden örneklenerek 10 m çözümülemeye çevrilmiş ve daha sonraki uygulamalarda zaman faktörü düşünülerek çalışma alanı kesilmiştir. Objeye temelli analiz (OBIA) için görüntünün 1, 2, 3, 4, 8, 9 ve 11 no'lu kanallar kullanılmıştır [11]. Kanal2/Kanal11, Normalize edilmiş farksal su indeksi (NDWI) ve StdDev(Kanal2)*Kanal2/Kanal11 işlemlerinin sonuçları Şekil 3'te gösterilmiştir.

2.2.2.2. Landsat-8 görüntüsü

Çalışmada 31 Ocak 2018 tarihli görüntü kullanılmıştır. Bu görüntü ACOLITE (Atmosferik düzeltme yapan ve sudaki yansımadan çeşitli parametreler çıkartan) görüntü işleme yazılımı kullanılmıştır. ACOLITE ücretsiz olarak indirilebilir [12]. Bu yazılım kullanılarak oluşturulan [13] Kanal 2, 3, ve 4 kompoze görüntü, atmosfer üstü yansımaya kullanan yüzen alg indeksi görüntüsü (foi_rhot) [12], Askıda Katı madde Konsantrasyonu (gm3) görüntüsü (SPM_Nechad), Normalize edilmiş farksal bitki indeksi (NDVI) görüntüsü, Kısa dalga kızılötesi1, kısa dalga kızılötesi2 ve yakın kızılötesi kompoze görüntüsü (Swir_2, Swir_1, Nir) ve Termal kızılötesi algılayıcıya ait (TIRS) parlaklık ısı görüntüsü Şekil 4'te gösterilmiştir.

3. Bulgular

Tüm radar görüntülerinde deniz yüzeyinde bir çeşit petrol kirliliği gözlenmektedir (Şekil 2). Bunlar içinde en geniş kirlilik yayılmasını gösteren (465 km² alan) 19 Ocak 2018 tarihli görüntüdür (Şekil 2d).

Bu çalışmanın temel amaçlarından biri radar görüntüleri sonuçlarının aynı tarihli optik görüntü sonuçlarıyla karşılaştırılması yaklaşımıdır. Bu kıstasa uygun yani her üç uydunun da veri aldığı 31 Ocak 2018 tarihidir. Ancak o günkü olumsuz hava koşulları nedeniyle SAR görüntüsünden istenen sonuç sağlanamamış ve petrol kirliliği tespit edilememiştir.

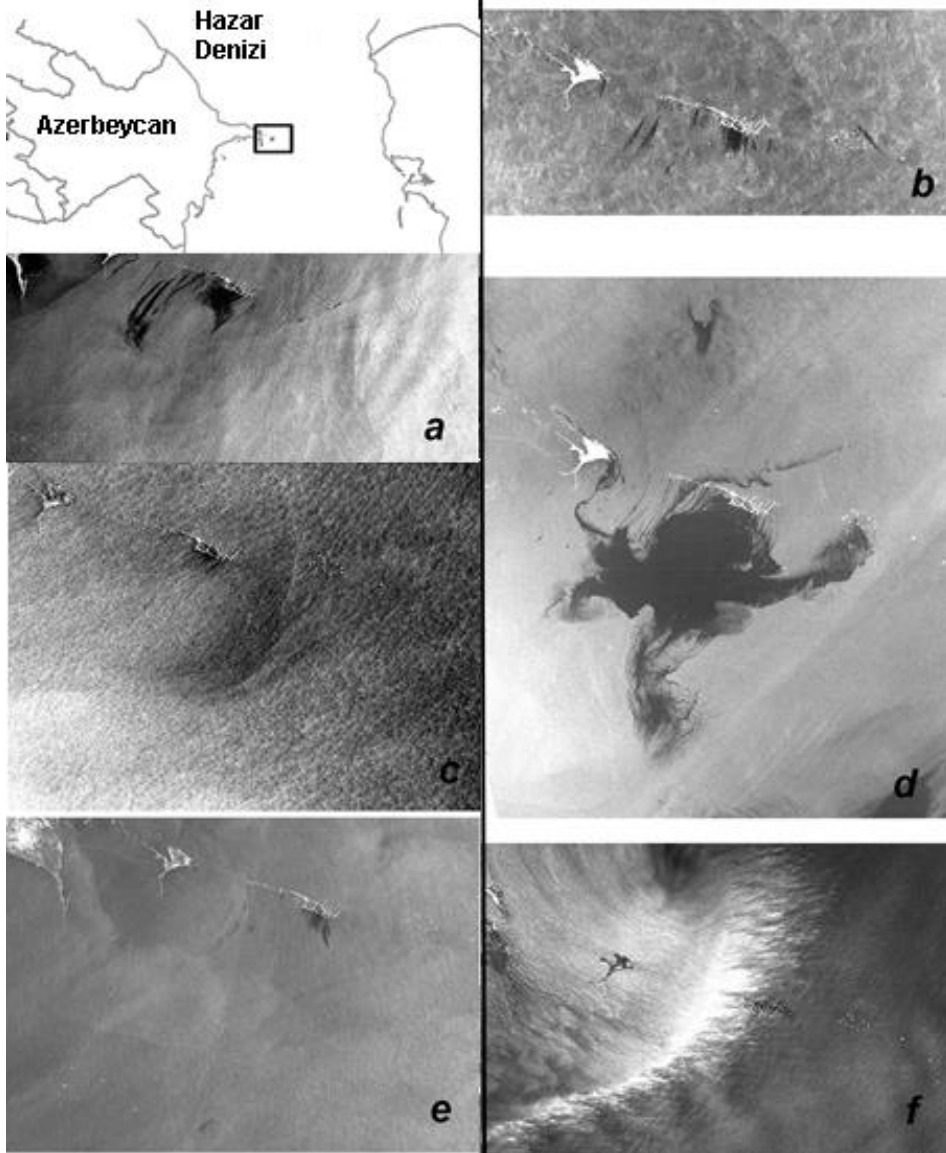
Rüzgâr şiddeti, radar dalgalarının geri yansımaya derecesini etkilemekte ve petrol sızıntısının olduğu alanların yansımaları diğer yüzey oluşumlarının yansımalarıyla karışmaktadır. Yüksek rüzgâr hızında kalın petrol tabakasının su sütununda yayılmakta dolayısıyla petrol kaplı yüzeyin tespiti zor olmaktadır [14]. Aynı olayın tersi olarak, yani çok düşük rüzgâr hızında petrol sızıntısı "radar benzerleri yansımaya olgusu" ile karışmaktadır [6].

Radar görüntülerinin incelenmesi sonucunda sızıntıların genellikle kuzeyden güneye doğru gittiği görülmüştür. Bu da kuzey-güney doğrultulu rüzgarların varlığını göstermektedir. Ancak, 31 Ocak 2018 SAR görüntüsünde, deniz yüzeyinde, kuzeydoğu yönlü bir hareket gözlenmektedir. Bu görüntüye Petrol Sızıntısı Algoritması uygulandığında (Şekil 4) yüzeydeki petrol kirlenmesi çok düşük düzeyde görülmektedir. Sentinel-2 görüntüsüne

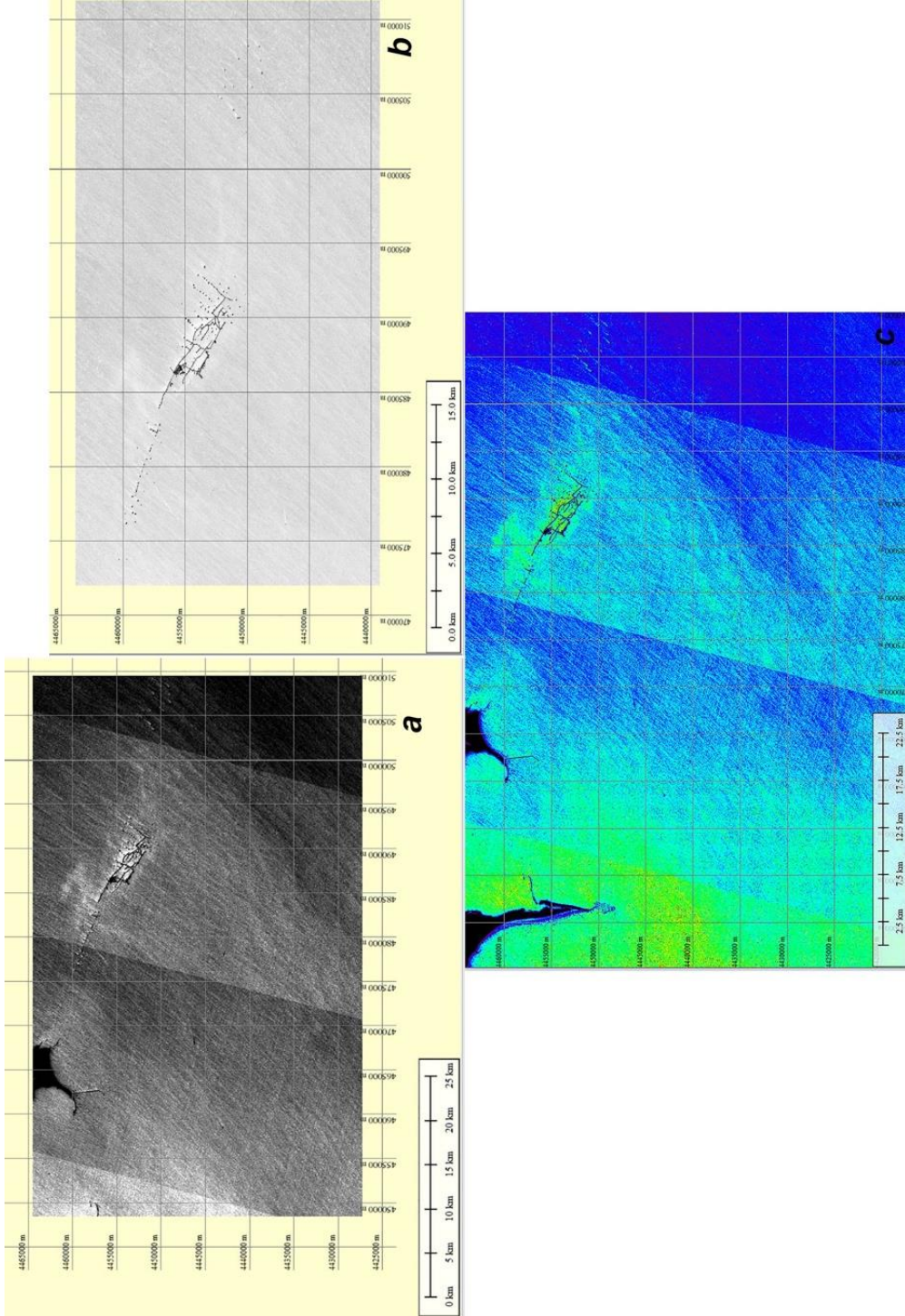
uygulanan algoritmalarından Kanal2/Kanal11 (Şekil 3a) StdDev(Kanal2)* Kanal2/ Kanal11 (Şekil 3c) en iyi sonuçları vermiştir. Normalize edilmiş farksal su indexi (NDWI) (Şekil 3b) petrol kirliliği tespitinde yetersiz kalmıştır.

Landsat-8 uydu görüntüsüne ACOLITE yazılımındaki algoritmaların uygulanması

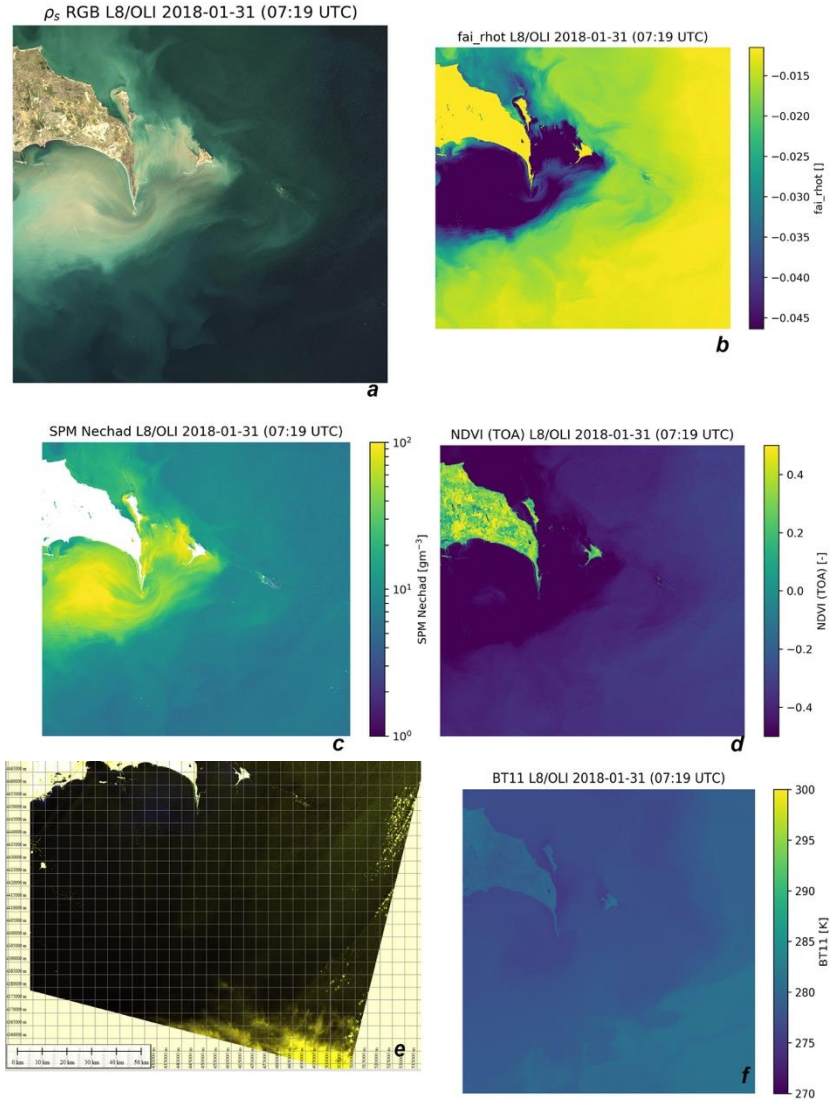
sonucunda elde edilen görüntülerden (Şekil 4a, b, c, d ve e) petrol kirliliğine ait belirtiye rastlanmamıştır. Genel sonuçlar petrol kirliliği göstermemekle birlikte, termal kanaldan elde edilen görüntüde (Şekil 3f) bir alanda, çevresindeki bölgeden daha soğuk bir alanın varlığı gözlenmiştir. Bu ısı farklılığı petrol sızıntı alanının göstergesi olabilir [15]



Şekil 2. Sentinel 1 görüntüleri. (a: 01.01.2018, b: 07.01.2018, c: 14.01.2018, d: 19.01.2018, e:25.01.2018, f: 31.01.2018)



Şekil 3. Sentinel 2 görüntüsü analiz sonuçları. (a: Kanal2/Kanal11, b: NDWI, c: $\text{StdDev}(\text{Kanal2}) * \text{Kanal2} / \text{Kanal11}$).



Şekil 4. Lansat-8 görüntüsü analiz sonuçları. (a: Kanal 2, 3, ve 4 kompoze görüntü, b: atmosfer üstü yansımaya kullanan yüzen alg indeksi görüntüsü (foi_rhot), c: askıda katı madde konsantrasyonu (gm^3) görüntüsü (SPM_Nechad), d: normalize edilmiş farksal bitki indeksi (NDVI) görüntüsü, e: Kısa dalga kızılötesi1, kısa dalga kızılötesi2 ve yakın kızılötesi kompoze görüntüsü (Swir_2, Swir_1, Nir), e: termal kızılötesi algılayıcıya ait (TIRS) parlaklık ısı görüntüsü)

4. Tartışma ve Sonuç

Deniz kaynaklı kirlilik ve endüstriyel atık dökümü Hazar Denizi kıyı bölgeleri için ciddi çevresel tehlikeler yaratmaktadır [16]. Bu çalışmada Hazar Denizi'ndeki petrol kirliliği SAR ve optik görüntüler kullanılarak tespit edilmiştir. Bu tip izlemenin en önemli avantajı petrol sızıntısının yerinin, kapladığı alanın ve etkilediği bölgelerin tanımlanabilmesidir. Zamansal ve mekânsal bilgi (örneğin; petrol kirliliğinin

kaynağı ve zamanla yayıldığı alan) kullanıcıların ve karar verici mercilerin petrol kirliliğinin yerini ve sebebini belirleyebilmeleri, daha sonra da risk altındaki alanları tespit edebilme imkânı sağlamaktadır. Bu çalışmanın bulguları ve sonuçlarından elde edilen fikirler;

- Uydu temelli izleme, denizel ortamdaki petrol kirliliğiyle ilgili bilginin toplanması, görüntülenmesi ve analizi için etkili bir

yöntemdir. Bu yaklaşım petrol kirliliğini önceden görme sistemi için temel teşkil eder.

- Bu yöntemle, problemler, görev analizleri, modelleme ve beklenmeyen sızıntıların yayılmasına sebep olan tabii işlevler kolaylıkla belirlenebilir.

- Uydu temelli izleme petrol sızıntısının yalnız zamansal ve mekânsal dağılımını değil deniz basenine ait çevresel şartlarında niteliksel ve niceliksel olarak durumunu karakterize eder.

- Görüntü ile izleme, kirlenme ile ilgili çalışan yetkililere kaynak ve bilgi sağlar. Ayrıca, yöneticilerin ve teknik personelin olayı yönetmesine ve karar vermesine destek sağlar. Deniz ortamdaki petrol sızıntılarını uydu teknolojisinin getirdiği imkanları kullanarak izleme yalnız sızıntının yayılımını takip etmekle kalmaz, aynı zamanda çevrede yaratacağı etkilerden korunma için tedbirler geliştirir.

Kaynakça

- [1] Kostianoy, A.G., Lavrova, O. (2014) Conclusions. In: Oil pollution in the Baltic Sea. (Eds.) A.G. Kostianoy and O.Yu. Lavrova, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, V27, 249-263.
- [2] Kostianoy, A., Litovchenko, K., Lavrova, O., Mityagina, M., Bocharova, T., Lebedev, S., Stanichny, S., Soloviev, D., Sirota, A., Pichuzhkina, O. (2006). Operational satellite monitoring of oil spill pollution in the Southeastern Baltic Sea: 18 months experience. *Environmental Research, Engineering and Management*, 4(38): 70-77.
- [3] EMADI, S. Y., NEZHAD, H. (2011). Energy market for Caspian Sea oil and its supply. *Scientific Journal of International Black Sea University*. 5(2): 21-34, ISSN:1512-3731.
- [4] Mityagina, M., Lavrova, O. (2016). Satellite survey of inner seas: Oil pollution in the Black and Caspian Seas. *Remote Sensing*, 8: 875-899.
- [5] Jafari, N. (2010). Review of pollution sources and controls in Caspian Sea region. *Journal of Ecology and the Natural Environment* Vol. 2(2), pp.025-029.
- [6] Espedal, H. A., 1998, Detection of oil spill and natural film in the marine environment by spaceborne synthetic aperture radar. PhD thesis, Department of Physics University of Bergen and Nansen Environment and Remote Sensing Center, Norway.
- [7] EAS (2017) Copernicus Open Access Hub. <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>
- [8] ESA SNAP (2017) Scientific Toolbox Exploitation Platform <http://step.esa.int/main/download/>
- [9] Jun Zhao, Marouane Temimi, Hosni Ghedira, Chuanmin Hu. (2014). Exploring the potential of optical remote sensing for oil spill detection in shallow coastal waters-a case study in the Arabian Gulf. *Optical Society of America* Vol. 22, No. 11 | DOI:10.1364/OE.22.013755
- [10] USGS (2017) EarthExplorer – Distributable Code <https://earthexplorer.usgs.gov/distribution/download>
- [11] Kolokoussis, P., Karathanassi, V. (2018) Oil Spill Detection and Mapping Using Sentinel 2 Imagery. *J. Mar. Sci. Eng.* 2018, 6, 4;
- [12] ACOLITE (2014) atmospheric correction software for Landsat-8 publicly released in 2014. <http://odnature.naturalsciences.be/remsem/software-and-data/acolite>
- [13] Vanhellemont, Q., Ruddick, K. ACOLITE processing for Sentinel-2 and Landsat-8: atmospheric correction and aquatic applications. Extended abstract submitted for the 2016 Ocean Optics Conference, held in Victoria, BC, Canada
- [14] Misra, A., Balaji, R. Simple. (2017). Approaches to Oil Spill Detection Using Sentinel Application Platform (SNAP)-Ocean Application Tools and Texture Analysis: A Comparative Study. *J Indian Soc Remote Sens* (December 2017) 45(6):1065–1075.
- [15] Qianguo Xing, Lin Li, Mingjing Lou, Lei Bing, Ruxiang Zhao Zhenbo Li. (2015). Observation of Oil Spills through Landsat Thermal Infrared Imagery: A Case of Deepwater Horizon. *Aquatic Procedia* 3 (2015) 151 – 156. doi: 10.1016/j.aqpro.2015.02.205
- [16] Pak, A., Farajzadeh, M. (2007). Iran's Integrated Coastal Management Plan: Persian Gulf, Oman Sea, and southern Caspian coastlines. *Ocean and Coastal Management*, 50: 754-773.