GÜNEYDOĞU KARADENİZ DENİZ ALANLARINDA RADAR UZAKTAN ALGILAMA YÖNTEMİYLE HİDROKARBON SIZINTILARI TESPİTİ

Ayça KARAÇAY

Kıdemli Yük. Jeoloji Müh., Türkiye Petrolleri, Arama Dairesi, Gravite Manyetik ve Uzaktan Algılama Müdürlüğü, 06530, Söğütözü, Çankaya, Ankara, akaracay@tp.gov.tr

ÖZET

Marmara Denizi'ne İstanbul Boğazı ile bağlı olan Karadeniz, Türkiye, Ukrayna, Rusya, Gürcistan, Romanya ve Bulgaristan tarafından çevrelenmektedir. Karadeniz'de maksimum su derinliği 2200 m olup havza tabanı düz bir deniz tabanından oluşmaktadır. Karadeniz iki adet basenden oluşmaktadır; Batı Karadeniz Baseni ve Doğu Karadeniz Baseni. Bu iki basen Andrusov Yüksekliği ile ikiye bölünmektedir. Batı Karadeniz Baseninin altında okyanusal kabuk, okyanus tabanının altında oluşan kabuk ve 19 km kalınlığında sedimanlardan oluşmaktadır. Doğu Karadeniz Baseni ise yaklaşık 10 km kalınlığında kıtasal ve 12 km kalınlığında sedimanlardan oluşmaktadır. Daha önce incelenmiş sismik verilere göre Karadeniz Baseni beş ana sedimenter birimden oluşmaktadır. Bu birimler, Üst Kretase, Paleosen-Eosen, Oligosen-Alt Miyosen, Üst Miyosen ve Pliyosen-Kuvaterner yaşlardadırlar. Kratase birimleri karbonatlardan, Paleosen ve Eosen birimleri sıg denizel çökeller ve karbonat kayalardan oluşmaktadır. Oligosen -Alt Miyosen kompleksi kil, orta-üst miyosen kompleksi sıg karasal çökellerden oluşmaktadır. Bu projede, Doğu Karadeniz baseninin üstündeki deniz alanında hidrokarbon sızıntılarının tespiti amaçlanmaktadır. Bu amaçla, Radar uzaktan algılama yöntemine başvurulmasının daha önceki araştırmalara göre daha uygun olduğu tespit edilmiştir. Bunun için 375 adet ERS verileri Avrupa Uzay Ajansından alınmıştır. Bu veriler NEST, ENVI ve ArcGIS programları kullanılarak analiz edilmiş ve tespit edilen hidrokarbon sızıntıları ve benzerleri zamansal devamlılıkları da göz önüne alınarak kategorize edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: deniz, hidrokarbon sızıntı, karadeniz, radar, SAR

ABSTRACT

DETECTING HYDROCARBON SEEPS ON THE SOUTHEASTERN BLACK SEA USING RADAR TECHNIQUES

The Black Sea linked to the Sea of Marmara by the Bosphorus is surrounded by Turkey, Ukraine, Russia, Georgia, Romania and Bulgaria. The maximum water depth of Th Black Sea is 2200 m and the basin floor of the Black Sea is a flat abyssal plain. The Black Sea basin has two main basins: Western Black Sea Basin and Eastern Black Sea Basin. These two basins are divided by Andrusov High. The western Black Sea basin is underlain by oceanic to suboceanic crust and has 19 km thick sediments. The eastern Black Sea basin is underlain by approximately 10 km-thick continental crust and 12 km-thick sediments. There are five main sedimentary units within the Black Sea Basin according to seismic data. These are Upper Cretaceous, Paleocene-Eocene, Oligocene-Lower Miocene, Upper Miocene and Pliocene-Quaternary. The Cretaceous sedimentary units are composed of carbonates. The Paleocene and Eocene units consist of terrigenous and carbonate rocks. Oligocene-Lower Miocene complex has clay sediments, and Middle-Upper Miocene complex has terrigenous composition. The Pliocene-Quaternary unit is composed of clays, The oil slicks on the sea surface can be detected by the SAR sensors due to the amount of the backscattered radiation The aim of this project is to detect the hydrocarbon seeps over the southeastern part of the Black Sea region. For this purpose, 375 ERS 1/2 data were obtained from ESA (European Space Agency). These data were processed by using NEST, ENVI and ArcGIS softwares. By concentrating on the use of manual approaches, oil slicks were tried to discriminate from look-alikes based on pattern recognition. Also, temporal continuity of the oil slicks on Radar image on the same area were taken into consideration to define precise results.

Anahtar Kelimeler: black sea, hydrocarbon, oil, radar, SAR, seep, slick

1. GİRİŞ

Birçok alanda (maden, jeotermal, vb.) aramacılık açısından kullanılan uzaktan algılama yöntemlerinin petrol aramacılığı içinde avantajlı bir yöntem olduğu pek çok araştırma sonucunda ortaya konulmuştur. Yapılan araştırmalara göre, radyo dalga boyunda sinyallerin kullanan, aktif uydu sistemi olan Sentetik Aralıklı Radar (SAR) uydularından temin edilen görüntülerin analizi sonucunda petrol sızıntılarına ulaşılmaktadır. Aktif uydu sistemleri pasif uydu sistemlerinden farklı olarak enerji kaynaklarını kendi ürettikleri enerji sinyallerinden sağlamaktadır. Bu ürettikleri enerjinin çarptığı nesneden saçılması veya yansımaları sonucunda alınan geri sinyaller (back-scattering) sayesinde araştırma yapılan nesne ya da bölge hakkında bilgi elde edilmektedir.

Doğal petrol sızıntılarında deniz tabanından deniz yüzeyine ulaşan petrol sızıntısı, yüzeyde ince bir tabaka hâlinde yayılım göstermektedir. Petrollü bölgeye gelen Radar sinyalleri sakin veya az pürüzlü deniz ortamlarında tam yansımaya uğrayarak verilerin toplandığı uydudan uzaklaşarak bu alana ait bilgi elde edilememesine neden olmaktadır. Bu tam yansıma sonucunda, istenilen çalışma alanına dair alınan uydu görüntülerinde hidrokarbon sızıntısı olan alanlar koyu bölgeler şeklinde görülmektedir. SAR görüntülerinde tespit edilen koyu alanlar büyüklüğüne, şekline ve kontrastına bakılarak doğal petrol sızıntıları veya benzerleri olarak sınıflandırılmaya çalışılmaktadır.

Bu amaçla, veri temini sırasında Avrupa Uzay Ajansı'na (ESA) yazılan öz yazı ile ücretsiz elde edilen ERS1/2 uydusuna ait SAR uydu görüntüleri kullanılarak Doğu Karadeniz Baseninin batı kısmında (Sinop-Ordu) olası petrol sızıntıları belirlenmeye çalışılmıştır.

2. UYGULAMA

Bu çalışmada 2000-2011 yılları arasında elde edilmiş ERS 1/2 SAR uydusuna ait 375 adet görüntüleri yazılı sunulan öneri sonrasında ESA'dan ücretsiz olarak temin edilmiştir.

Çalışma alanı için ESA'dan alınan ERS 1/2 SAR uydu görüntüleri, görüntü oluşturma için toplanan radar sinyallerinin bu esnada maruz kaldığı atmosferden ya da topoğrafyadan kaynaklanan etkileri minimuma indirmek amacıyla bazı işlemler uygulanmıştır. Bu amaçla sırasıyla NEST (Next ESA SAR Toolbox), ENVI (Environment for Visualizing Images) ve ArcGIS programları kullanılmıştır.

Şekil 1. ERS1/2 IMP verilerinin işlem aşamaları şeması.

ESA'dan alınan ERS 1/2 SAR görüntüleri SAR_IMP_1P (SAR Image Mode Precision Image-SAR Görüntü Modunda Duyarlı Görüntü) ürün tipinde *N1 formatında elde edilmiştir. IMP modundaki radar görüntüleri iki farklı banttan oluşmaktadır. Bunlar, yoğunluk (intensity) ve genlik (amplitude) bantlarıdır. NEST programına ERS1/2 verisi çağırıldıktan sonra bir görüntü toplanma sırasındaki hataları düzeltme amaçlı Görüntü Ayarlama-Kalibrasyon işlemi uygulanmıştır.

1.1 Kalibrasyon

Kalibrasyon aşaması, alınan ham verinin bileşenlerinin belirli bir hesaplama sonrasında belirli bir standartta düzeltmelerinin yapıp görüntü hâline getirilme işlemidir. Bu projede kullanılan veri tipinden ötürü (IMP verisi) ERS1/2 verilerinde ölçümleme işlemini kendi arşivindeki imkanlarını kullanarak yapmaktadır.

Level 1 seviyesinde olan SAR verileri, radyometrik polarlaması bulunmayan ve düzeltilmesi yapılmamış verilerdir. Radyometrik düzeltmelerin yapılması yansıma verilerinin piksel verilerinin doğru değerlendirilmesinin yapılması açısından önemlidir. Bir radar sinyali, sinyal vericisinden çıkmaya başladığı andan sinyal alıcısına yeniden ulaşana kadar çeşitli etkilere maruz kalmaktadır. Bu etkileri azaltmak amacıyla daha önceki SAR görüntüleriyle karşılaştırma yapılması önemlidir. SAR verilerinden iyileştirmeye gidilen bu aşama Görüntü Ayarlama-Kalibrasyon adı verilen işlemle gerçekleştirilmektedir.

Kalibrasyon aşamasında üç adet düzeltme uygulanmaktadır; bunlar geliş açısı (incidence angle) düzeltilmesi, görüntü ayarlama sabiti (calibration constant) ve analogdan dijitale çevirici doğrusalsızlığı (analogue to digital converter non-linearity) düzeltilmesidir.

IMP görüntülerinde ölçümleme işlemi yapılırken NEST programı tarafından kullanılan hesaplama formülü aşağıdaki gibidir.

$$\sigma_{i,j}^{\theta} = \frac{DN_{i,j}^2}{K} \sin(\sigma_{i,j}) \quad \gamma_{i,j} = \frac{\sigma_{i,j}^{\theta}}{\cos(\sigma_{i,j}^{\theta})} \quad (1)$$

For $i=1, \dots, L$ and $j=1, \dots, M$

- $DN_{i,j}$ piksel i, j için piksel yoğunluğu
- $\theta_{i,j}$ bakış açısı
- K mutlak ayarlama sabiti
- $\alpha_{i,j}$ geliş açısı

1.2 Çoklu Bakış (Multilooking)

ERS1/2 SAR IMP verisi elde edilirken bazı düzeltmeleri yapıp kullanıcıya sunulmasına rağmen kendi içinde benek gürültüsünü (speckle noise) barındırmaktadır. Bu gürültünün azaltılması için daha önce aynı alan için çeşitli açılardan çekilmiş Radar görüntüleri birleştirilir. Bu işlem çoklu bakış (multilooking) işlemi aşamasında gerçekleştirilmektedir.

Çoklu bakış (multilooked) haline getirilen verinin yorumlanabilirliği artmaktadır.

Çoklu bakış (Multilooking) işlemi iki farklı şekilde uygulanabilmektedir;

- 2 boyutlu Kernel sarımı kullanarak ya da kullanmaksızın tek bakışlı görüntünün uzay-tabanlı ortalamasından üretmek
- Ya da frekans-tabanlı metot kullanılarak üretilebilmektedir.

NEST programı uzay-tabanlı çoklu bakış metodunu kullanmaktadır.

Bu işlemde SAR görüntülerinin klavuz verilerindeki *Number of Range Looks* ve *Number of Azimuth Looks* değerleri sistemin otomatik olarak atadığı verilerle karşılaştırılmış ve aynı oldukları görülmüştür. Bu nedenle sonraki görüntülerde otomatik olarak algılamasına izin verilmiştir.

1.3 Görüntü Projeksiyonlama (Reprojection)

Çoklu Bakış işlemi sonrasında Görüntü Projeksiyonlama (Reprojection) işlemi uygulanmıştır. Görüntü

projeksiyonlama (Reprojection) işlemi, alınan SAR verisinin dünya düzleminde konumlandırılmasının yapıldığı aşamadır. Bu konumlama işlemi sırasında Koordinat Referans Sistemi (Coordinate Reference System-CRS) kullanılmaktadır. Projeksiyonlama ve jeodetik başlangıç noktası seçilerek verinin hangi bölgeye ait olduğu bu şekilde programa tanıtılmış olur.

1.4 Filtreleme (Filtering)

Projeksiyonlama işleminden sonra Filtreleme (Filtering) işlemine geçilmiştir. Radar verilerindeki gürültülerin yok edilmesi Filtreleme işlemi sayesinde olmaktadır. Radar görüntüleri yapısal olarak tuz ve karabiber (Salt and pepper) görüntüsü veren bir yapıdadır. Bu görünüm verinin kalitesini düşürmekte ve analiz edilmek istenen görüntünün yorumlamasını zorlaştırmaktadır. Benek gürültüsünün azaltılması Çoklu Bakış işlemi ile başlamaktadır fakat asıl uygulama Filtreleme işlemi yapılmaktadır. Bu işlemi bütün görüntülere uygulamadan önce, yapılan araştırmalar sonucunda, uygulanacak en iyi filtreleme yöntemine çeşitli hesaplamalar sonucunda karar verildiği görülmüştür. Bu yüzden öncelikle seçilen bir görüntü üzerinde bütün filtreleme işlemleri uygulanmış, bu işlemler sonucunda her bir işlem için görüntünün istatistiği çıkarılmış ve bu istatistikteki bazı veriler kullanılarak hesaplama yapılmıştır.

Programda 6 farklı filtreleme çeşidi bulunmaktadır. Bunlar;

- *Mean*
- *Median*
- *Frost*
- *Lee*
- *Refined Lee*
- *Gamma-MAP'tir.*

Geçmişte yapılmış çalışmalarına göre filtreleme işlemindeki önemli parametreler;

ENL (Equivalent Number of Looks-Bakının Eşdeğer Sayısı), SSI (Speckle Suppression Index- Benek Yok Etme Katsayısı), ve SMPI (Speckle Suppression and Mean Preservation Index- Benek Yok Etme ve Ortalama Koruma Katsayısı)'dır.

$$\text{ENL} = (\text{Mean} \div \text{StandartDeviation})^2 \quad (2)$$

Yüksek ENL değeri homojen alanlar için daha uygun bir filtreleme yöntemini işaret eder.

$$\text{SSI} = ((\sqrt{\text{var}(If)} \div \text{mean}(If)) \times (\text{mean}(Io) \div (\sqrt{\text{var}(Io)})) \quad (3)$$

If = Filtrelenmiş görüntü

Io = Gürültülü görüntü

Bu hesaplama sonucunda çıkan değerin 1'den daha az olması gerekmektedir. Çıkan sonuç ne kadar küçük olursa kullanılan filtreleme işlemi o görüntü için en uygun olandır.

$$\text{SMPI} = Q \times (\sqrt{\text{var}(If)} \div \sqrt{\text{var}(Io)}) \quad (4a)$$

$$Q = 1 + |\text{mean}(Io) - \text{mean}(If)| \quad (4b)$$

Bu hesaplama sonucunda çıkan sonuç ne kadar küçük olursa o kadar iyi ortalamayı koruyan ve gürültü azaltan bir filtreleme kullanıldığı belirtilmektedir. Bu hesaplamalar sonucunda çıkan tablo aşağıda verilmektedir.

A. Karaçay: Güneydoğu Karadeniz Deniz Alanlarında Radar Uzaktan Algılama Yöntemiyle Hidrokarbon Sızıntıları Tespiti

Filtering	Mean 3*3	Mean 5*5	Mean 7*7	Median 3*3	Median 5*5	Median 7*7	Frst 3*3	Frst 5*5	Frst 7*7	Gamma 3*3	Gamma 5*5	Gamma 7*7	Lee 3*3	Lee 5*5	Lee 7*7	Refined Lee 5000	Refined Lee 6000	Refined Lee 7000	Real Data
RMSE	81952662	81908326	81864988	8194957	81995007	81995002	1951662	81908326	81864988	8194957	81995007	81995002	81951662	81908326	81864988	81889791	81889791	81889791	26921164
Minimum	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Maximum	1.944	1.127	0.968	2.154	1.837	1.837	2.011	2.402	2.932	2.238	2.238	3.097	1.944	1.689	1.978	1.744	1.744	1.744	747.529
Mean	0.106	0.107	0.107	0.101	0.099	0.098	0.106	0.105	0.105	0.105	0.105	0.105	0.104	0.106	0.106	0.106	0.106	0.106	0.014
Median	0.080	0.080	0.081	0.072	0.072	0.072	0.075	0.075	0.080	0.080	0.074	0.075	0.075	0.076	0.076	0.081	0.078	0.078	0.000
Std deviation	0.096	0.090	0.088	0.094	0.093	0.092	0.096	0.091	0.089	0.096	0.090	0.088	0.096	0.091	0.089	0.094	0.094	0.094	0.316
Coefficient of Variation	0.889	0.837	0.816	0.904	0.849	0.823	0.893	0.846	0.827	0.896	0.844	0.822	0.893	0.843	0.821	0.869	0.869	0.869	2.114
ENL	1.395	1.428	1.502	1.196	1.369	1.477	1.254	1.399	1.464	1.246	1.403	1.479	1.254	1.439	1.482	1.325	1.325	1.325	0.224
P75 threshold	0.144	0.147	0.148	0.129	0.123	0.136	0.145	0.145	0.143	0.140	0.144	0.145	0.144	0.145	0.147	0.147	0.147	0.147	0.000
P80 threshold	0.167	0.170	0.170	0.160	0.154	0.154	0.165	0.164	0.166	0.162	0.166	0.163	0.163	0.168	0.166	0.167	0.167	0.167	0.000
P85 threshold	0.194	0.196	0.197	0.185	0.180	0.179	0.193	0.192	0.193	0.192	0.192	0.194	0.194	0.193	0.193	0.194	0.194	0.194	0.000
P90 threshold	0.232	0.233	0.233	0.223	0.215	0.212	0.232	0.230	0.229	0.232	0.227	0.230	0.232	0.231	0.232	0.232	0.232	0.232	0.000
P95 threshold	0.300	0.291	0.287	0.290	0.277	0.266	0.299	0.291	0.289	0.297	0.288	0.284	0.300	0.290	0.286	0.293	0.293	0.293	0.000
Q1	1.092	1.093	1.093	1.088	1.085	1.084	1.092	1.092	1.091	1.091	1.091	1.091	1.092	1.092	1.092	1.093	1.093	1.093	1.000
SMPI	0.708	0.688	0.679	0.725	0.693	0.670	0.710	0.691	0.682	0.710	0.689	0.680	0.710	0.690	0.681	0.701	0.701	0.701	1.000
SSI	0.081	0.080	0.079	0.085	0.085	0.085	0.084	0.082	0.081	0.085	0.083	0.082	0.084	0.081	0.081	0.082	0.082	0.082	1.000

Şekil 2. Çeşitli filtreleme yöntemlerinin istatistiksel hesaplamalarının tablosu.

Yapılan hesaplamalar sonucunda Median 7*7'in en iyi ENL ve en düşük SSI ve SMPI değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Bu hesaplamalar sadece 1 adet ERS1/2 görüntüsü üzerinde uygulanmıştır ve geriye kalan 374 adet ERS1/2 görüntüsü üzerine Median 7*7 filtrelemesi direkt uygulanmıştır.

Şekil 3. Median 7*7 filtresi uygulanmış ERS1/2 SAR görüntüsü.

1.5 Petrol Sızıntısı Tespiti Aşamaları

Petrol sızıntısı tespiti kısmında NEST programı ile otomatik olarak deniz alanlarının üzerindeki petrol sızıntısı veya benzerlerinin oluşturduğu koyu alanlar tespit edilmektedir. Belirlenen alanlar ENVI programının yardımıyla hücresel veriden vektörel veri hâline getirilip oradan da ArcGIS programına aktarılmaktadır. ArcGIS programında da bu veriler kategorize edilmektedir. Bu sayede petrol benzeri kısımlar ve doğal petrol sızıntılarının birbirinden ayrıştırılmış olur.

1.5.1 NEST Programında Otomatik Koyu Alanların Tespiti (Oil Spill Detection)

NEST programında Oil Spill Detection modülü otomatik olarak SAR görüntüsünün deniz alanları üzerindeki koyu alanları yakalamaktadır. Bu işlem sırasında filtrelenmiş her bir SAR görüntüsünün Treshold Shift ve Minimum Cluster boyutu değiştirilip doğru sonuçlara ulaşılmaya çalışılmıştır.

Threshold Shift değeri, sisteme girilen değerin altında ortalama geri-yansıma değeri veren bölgeleri yakalamaktadır.

Minimum Cluster boyutu, sisteme girilen alan boyutunun üzerinde kaplanan koyu alanları yakalamaktadır.

NEST programında otomatik olarak belirlenen sızıntı alanlarının hücresel veriden vektörel veriye çevirimi için ENVI programına aktarılması gerekmektedir. Fakat yukarıdaki şekilde de görüldüğü üzere gereksiz alanların da sızıntıymış gibi algılanmasından kaynaklı veriler NEST-OST işlemi yapılmadan direk ArcGIS programına aktarılmıştır. Bu program aracılığıyla sızıntı ve sızıntı benzeri öğeler tespitinin kullanıcı tarafından belirlenmesine karar verilmiştir.

1.5.2 ArcGIS Programında Sızıntı Verilerinin Sınıflandırılması

ArcGIS programına aktarılan ERS1/2 görüntülerinin sızıntı ve sızıntı benzeri görüntü veren kısımları belirlenerek, kirlilik, olası sızıntı ve sızıntı olarak üç kategoride sınıflandırılmaya çalışılmıştır. Bu amaçla toplamda 375 adet SAR görüntüsü tek tek incelenmiştir. Analiz edilen her bir görüntüdeki sınıflandırılmış sızıntı ve sızıntı benzeri görüntüler gruplarına göre renklendirilip zamanla olan tekrarlamaları dikkate alınmıştır.

Sınıflandırma yapılırken kullanılan kriterler Görüntü Sınıflandırılması ve Olası Sızıntıların Belirlenmesi kısmında ayrıntılı olarak anlatılmaktadır.

1.6 Görüntülerin Sınıflandırılması ve Olası Sızıntıların Belirlenmesi

Yapılan literatür çalışmalarına göre doğal sızıntıların ve sızıntı benzeri yapıların ayrımının nasıl yapıldığına dair bilgiler edinilmiştir. Araştırmalar doğrultusunda biyojenik tabakaların, yağmur hücrelerinin, deniz içi oluşan dalgaların, atmosferik etkilerin ve gemi izlerinin hidrokarbon sızıntısı benzeri görüntüler verildiği görülmüştür. Bu rastlanan tabakaların kirlilik olarak adlandırılmasında karar verilmiştir.

Şekil 4. SAR görüntüsünde sızıntı ve sızıntı benzeri yansıma gösteren yapılar; a) Tipik sızıntı (Foto: Alpers et al. 2004); b) yağmur hücreleri (Foto: ESA); c) biyojenik tabakalar (Foto: Alpers et al. 2004a); d) deniz içi oluşan dalgalar (Foto: Alpers et al. 2011); e) atmosferik etkilerle oluşan dalgalar (Alpers et al. 2011), (Zhang et al. 2014).

Yukarıdaki şekillerde belirtilen görüntüler dışında hidrokarbon sızıntısı görüntüsü veren alanlar belirlendiğinde, bu alanlarda sızıntı görüntülerinin tekrarı görülüyorsa, bu görüntüler olası sızıntı kategorisi altında sınıflandırılmaya karar verilmiştir.

Eğer doğal sızıntı olarak tespit edilen görüntüler, farklı zamanlardaki SAR verilerinde aynı bölgede ya da yakınında tekrar ediyorsa bunlar kesin sızıntı olarak kategorize edilmiştir.

A. Karaçay: Güneydoğu Karadeniz Deniz Alanlarında Radar Uzaktan Algılama Yöntemiyle Hidrokarbon Sızıntıları Tespiti

Sınıflandırma kısmında her bir kategori için kullanılan renkler daha önceki çalışma alanlarında yapılan petrol sızıntısı tayini raporlarına bakılarak renklerinin bozulmaması adına aynı şekilde kullanılmıştır. Bu işlem için kullanılan lejant aşağıda gösterilmektedir.

şekil 5. Bu çalışmada kullanılan renk tanımlaması.

ERS 1/2 görüntülerinde tespit edilen sızıntı ve sızıntı benzeri yapıların görüntü olarak nasıl farklılık gösterdiğinin daha açık belirtilmesi için bazı örnekler aşağıda bulunan görüntülerde görülebilmektedir.

şekil 6. a., b., c. Analiz edilen ERS1/2 SAR görüntülerindeki sızıntı ve sızıntı benzeri yansıma gösteren yapılar.

Yapılan araştırmalar sonucunda hidrokarbon sızıntılarına en yakın görüntü veren gemi izlerinin büyük önem taşıdığı belirlenmiştir. Kirlilik olarak adlandırdığımız bu yapıların doğal sızıntılardan ayrıştırılması için çalışma alanına ait gemi trafiğinin incelenmesi gerektiği anlaşılmış ve bu tarz verilerin elde edildiği Marrine Traffic internet sitesinin interaktif bilgi haritası kaynağına başvurulmuştur. Bunun yanı sıra, doğal sızıntı gibi görünen bazı büyük yapıların gerçek petrol sızıntısı mı yoksa tanker kazası sonrası deniz üzerine yayılan petrol kirliliği mi olduğunun belirlenmesi

A. Karaçay: Güneydoğu Karadeniz Deniz Alanlarında Radar Uzaktan Algılama Yöntemiyle Hidrokarbon Sızıntıları Tespiti

amaçlı geçmiş dönem gazete ve haberleri de araştırılmıştır. Bu veriler sayesinde doğal sızıntıları, sızıntı benzeri veren yapılardan ayrıştırılmış ve kirlilik olarak adlandırdığımız kısımların da doğruluğunu kanıtlar nitelikte olmuştur.

Şekil 7. Çalışma alanındaki deniz trafiği yoğunluğunu gösteren harita (Kaynak: MarineTraffic.com).

ArcGIS programında analiz edilen 375 adet ERS görüntüsünden elde edilen sonuçlar bir görüntü üzerine yerleştirilip yeniden gözden geirilmıştir. Bu sonucuna göre yeniden sızıntı ve sızıntı benzeri adı altında kategorize edilen her tabaka yeniden isimlendirilmiştir.

Şekil 8. Çalışma alanına dair kategorize edilmiş sızıntı ve sızıntı benzerleri.

3. SONUÇ

Bu çalışmada 2000-2011 arasındaki yıllara ait 375 ERS1/2 verisi elde edilmiş ve bu veriler sırasıyla NEST, ArcGIS programlarında işlenmiştir. İzlenen metotlar ve yapılan işlemler sonucunda bulunan petrol ve petrol benzeri tabakalar 3 kategoride incelenmiş ve sınıflandırılmıştır. Sınıflandırmaya göre petrol benzerlerinin hepsi (anaforlar, rzgr gölgeleri, yağmur hücreleri, biyojenik tabakalar, gemi izleri ya da atıkları, nehirlerle taşınan kirlilikler, vb.) ‘Kirlilik’ olarak kategorize edilmiştir. Diğer yandan tam olarak sızıntı olduğuna karar verilemeyenler ‘Olası Sızıntı’ olarak adlandırılmıştır. Kesin sızıntı olduğuna kanaat getirilen kısımlar ‘Sızıntı’ olarak kategorize edilmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda kesin sızıntı olarak sınıflandırılan ve zaman içinde bu sızıntıların srekliiliğini gösteren 3 blėe tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

- Alpers W., & H. Espedal**, 2004a, Oils and surfactants. In “Synthetic Aperture Radar Marine User’s Manual”, *US Department of Commerce*: Washington, DC, pp. 263-275
- Alpers, W., and W. Huang**, 2011, On the discrimination of radar signatures of atmospheric gravity waves and oceanic internal waves on synthetic aperture radar images of the sea surface, *IEEE Trans. Geosci. Rem. Sens.*, vol. 49, no. 3, pp. 1114-1126.
- Akkartal, A., Sunar, F.**, 2008, The usage of Radar images in oil spill detection, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. Vol XXXVII. Part B8, 271-276
- Bilgin, C.**, 2003, Gemi Kökenli Petrol Kirliliği Biyolojik Yöntemlerle Giderilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi
- Durna, S.**, 2014, Denizlerdeki Yağ Tabakasının Tespitinde Radar Görüntülerinin Kullanımı, denizcilik Uzmanlık Tezi, T.C: Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı.
- Zhang, Y., Li, Y., and Lin, H.**, 2014, Oil-Spill Pollution- Remote Sensing by Synthetic Aperture Radar, *Advanced Geoscience Remote Sensing*, Chapter 2, 27-50, <http://dx.doi.org/10.5772/57477>