نحوهی تشخیص لکههای نفتی بر روی سطح دریاها با استفاده از تصاویر رادار <u>Sentinel1</u> و با استفاده از نرمافزارهای <u>SNAP</u> و <u>QGIS</u>



تهیه و تنظیم: قربانعلی عباسیان

سال تهيه: ١٣٩٨



بسمالله الرحمن الرحيم

۱- مقدمه:

۱-۱- نقشهبرداری نشت نفتی – پیشینه

آلودگی اقیانوس ها به دلیل نشت نفت همچنان یک خطر مهم زیست محیطی است. اگرچه حوادث تانکرهای نفتی کاملاً شناخته شده است، اما دلیل اصلی بروز این نوع رویدادها تنها این حوادث نیست. تر شحات غیرقانونی از کشتی ها یا سکوهای دریایی، سکوهای حفاری، حوادث لوله کشی یا نشت های طبیعی در میان دیگر عوامل، بیشتر منابع آلودگی نفتی در اقیانوس ها و دریاها را شامل می شود.



نشت نفت در نزدیکی الخیران، کویت. منبع: مرجع عمومی محیط زیست کویت.

در ۱۰ آگوست سال گذشته ۲۰۱۷، در جنوب کویت، در نزدیکی منطقه الخیران که میدان نفتی فراساحلی الخفجی در آن قرار دارد، نشت نفت گزارش شده است. در حالی که علت این حادثه مشخص نیست (احتمالاً نفتکشهای دریایی، و یا خسارات وارده شده بر خطوط لولههای نفتی)، براساس بر آوردهای تقریبی یک سازمان غیرانتفاعی با نام Sky Truth مستقر در ایالات متحده، تقریباً ۱۳۲۵۰۰ لیتر، نفت نشت کرده است. در ادامه این آموزش ما این منطقه را مورد مطالعه قرار می دهیم.

۲-۱- آموزش

مدت زمان تقریبی این جلسهی آموزشی یک ساعت است.

۱-۲-۱ داده های مورد استفاده

• یک تصویر Sentinel-1A IW GRD به دست آمده در تاریخ ۲۰۱۷/۰۸/۱۰ [قابل دانلود از https://scihub.copernicus.eu].

SIA_IW_GRDH_1SDV_20170810T024714_20170810T024738_017855_01DEF7_F48C • نرمافزارهای مورد استفاده قرار گرفته

مرورگر اینترنت، جعبه ابزار QGIS + SNAP + Sentinel 1, 2.

SNAP -۲ – دادهها را باز و جستجو کنید.

File - را باز کنید (SNAP -1-۲ (Applications -> Processing). برای وارد کردن تصویر Sentinel-1 ، روی - ۲-۲ (Della (Constructions)). برای وارد کردن تصویر Open product (Constructions) کلیک کنید، به مسیر زیر بروید و با کلیک بر روی آن، محصول را باز کنید.

مسير: Path: shared/Training/OCEA03_OilSpill_Kuwait/Original File: S1A_IW_GRDH_1SDV_20170810T024714_20170810T024738_017855_01DEF7_F48C.zip محصول باز شده در Product Explorer ظاهر می شود.

> ۲-۲- برای باز کردن محتوای پرونده، روی + کلیک کنید، سپس پوشه Bands را باز کرده و روی باند Amplitude_VV دوبار کلیک کنید تا آن را مشاهده کنید.



۳- زيرمجموعه

برای کاهش زمان پردازش الگوریتم، تصویر را در منطقهی مورد علاقه خود قرار میدهیم. روی Raster -> Subset برای کاهش زمان پردازش الگوریتم، تصویر را در منطقهی مورد علاقه خود قرار میدهیم. روی *Spatial Subset را بزنید.* کلیک کنید. در تب *Pixel Coordinates* پارامترهای زیر را در تب *Pixel Coordinates* تنظیم کرده و *OK را بزنید.* شروع محدودهی مورد مطالعه *X: 3065 یشروع محدو*دهی مورد مطالعه *Y: 3659*

انتهای محدودهی مورد مطالعه X: 8861 محدودهی مورد مطالعه Y:7208

Pixel Coordinates Ge	eo Coordinates
Scene start X:	3065
Scene start Y:	3,659
Scene end X:	8,861
Scene end Y:	7208 +
Scene step X:	1
Scene step Y:	1
Subset scene width: Subset scene height:	5797. 3550.
Source scene width: Source scene height:	2567 1584
Use Pre <u>v</u> iew	Fix full <u>w</u> idth

محصول زیرمجموعه بلافاصله ایجاد می شود اما در حافظهی بیرونی شما ذخیره نمی شود. بر روی محصول زیرمجموعه راست کلیک کنید (فهرست [۲]) و گزینه Save Product را انتخاب کنید. پوشه Output را در مسیر زیر تنظیم کرده و روی ذخیره کلیک کنید. اگر پنجرهای ظاهر می شود، دگمه ko را کلیک کنید. سپس بر روی + کلیک کنید تا محتوای پرونده را باز کنید، پوشه Bands را باز کرده و روی باند VV_Amplitude دوبار کلیک کنید تا منظرهی آن را مشاهده کنید.

Path: shared/Training/OCEA03_OilSpill_Kuwait/Processing

٤- فيلتر اسپکل

مسير:

برای کاهش نمک و فلفل معمولی مانند بافت تصاویر SAR (تذکر ۱])، یک فیلتر مشخص مورد نیاز است. بر روی Radar -> Speckle Filtering -> Single Product Speckle Filter

تذکر ۱: ویژگی Speckle noise یک پدیده شایع در سیستمهای SAR است. این ویژگی به تصاویر SAR جنبه دانهای و تغییرات مکانی تصادفی میدهد. منبع این نویز به دخالت تصادفی بین بازده منسجم نسبت داده می شود. اصل فیلترینگ کاهش دما، واریانس پراکندگی لکههای پیچیده و بهبود تخمین ضریب پراکندگی نامشخص است.

۱-٤- در تب I / O Parameters محصول زیرمجموعه ای که قبلاً ایجاد شده بود ([۲]] index او ورودی انتخاب کنید و پوشه خروجی را در مسیر زیر تنظیم کنید.

۲-٤- در تب پردازش پارامترها، تمام تنظیمات به صورت پیشفرض باقی میماند. روی **Run** کلیک کنید و نتیجه را بعد از آن نمایش دهید.

۳-٤- برای باز کردن محتوای پرونده روی + کلیک کنید(فهرست [۳])، سپس پوشه Bands را باز کرده و روی باند
 ۳-۷- مرای باز کردن محتوای پرونده روی + کلیک کنید(فهرست [۳])، سپس پوشه Amplitude را باز کرده و روی باند

Path: shared/Training/OCEA03_OilSpill_Kuwait/Processing

مسير:

e		Single Pro	duct Spec	kle Filter		÷		×
File He	elp							
1/0 P	arameters	Processi	ng Paramet	ters				
Sour	ce Product	t						
[2] s	subset_2_c	f_S1A_IW_GR	RDH_1SDV_2	20170810T02	24714_20	. 🗸		
Targe	et Product e:	(
SDV SDV	20170810 ave as: B)irectory:	T024714_20	170810T024	4738_017855	_01DEF7_	548C_	Spk	
	shared/Tra	ining/OCEA0 AP	3_OilSpill_K	uwait/Proces	sing			
					Run		ose	

I/O Parameters	Processing Parameters	
Source Bands:	Amplitude_VH Intensity_VH Amplitude_VV Intensity_VV	
Filter:	Lee Sigma	-
Number of Looks:	1	-
Window Size:	7×7	-
Sigma:	0.9	-
Target Window Size:	3x3	-



٥ – طرح نمایهای (پروفایل) از نشت (آلودگی) نفت

برای تجسم چگونگی تأثیرگذاری نشت نفت بر بازتاب سیگنال SAR ، می توانیم نمایه ای از ارزش (σ0) sigma را در حالت قطبی سازی VV نمایش دهیم. روی نماد ابزار طراحی خط کلیک کنید – + و یک خط را از طریق نشت نفت که در یک ناحیه غیرنفتی شروع و پایان می یابد، بکشید.



۵–۱– بر روی Plot Profile -> Plot Profile کلیک کنید. برای تنظیم نمودار و تجزیه و تحلیل آن، می توانید اندازه پنجره

را تغییر دهید.



SNAP مرای شناسایی نشت نفت در اقیانوس، از دادههای Sentinel-1 (توجه کنید به اسماً تذکر ۲) و ابزار اختصاصی که SNAP (توجه کنید به اسما تذکر ۲) و ابزار اختصاصی که وجود برای این منظور ارائه می دهد استفاده خواهیم کرد. با این حال، باید به این نکته اشاره کرد که فقط "امکان نشت نفت" وجود دارد. زیرا برخی از شرایط خاص اقیانوسی می توانند الگوهای بصری مشابهی را با نمونههای نشت نفتی ایجاد کنند (توجه کنید به آمان تذکر ۳).

تذکر ۲ : قابلیت های سنجش در هر نوع شرایط آب و هوایی و در طول روز و شب، پوشش فضایی، زمان تجدید نظر و پراکندگی سیگنال SAR از جمله ویژگی هایی هستند که امکان استفاده از Sentinel-1 را به عنوان منبع اطلاعاتی برای نظارت بر نشت نفت ایجاد می کنند. برنامه قسمت پشتی سیگنال SAR بر فراز اقیانوس عمدتاً نتیجه ناهمواری های دریایی است (به عنوان مثال امواج گرانشی – موزونی کوتاه). فیلم های نفتی زبری سطح دریا را کاهش می دهد و از این رو پس زمینه این باعث می شود که نشت در تصاویر SAR تاریک تر از مناطق بدون لکه باشد. با این وجود، تقابل بین مناطق آلوده و غیر آلوده به پارامتر های مختلفی از جمله ارتفاع موج، سرعت باد، نوع نفت و مشخصات حسگر بستگی دارد (طول موج، قطبش، زاویه

تذکر ۳: تصاویر SAR بر روی اقیانوس ها معمولاً حاوی پدیده های اقیانوسی و جوی است که به آنها شبه ظاهری می گویند که می تواند باعث تشخیص زنگ خطر شود. آنها امواج کو تاه را کمرنگ می کنند و لکه های تیره ای روی سطح ایجاد می کنند و مشکلاتی در آنها ایجاد می شود تا آنها را از نشت نفت متمایز کند. از نظر ظاهری می توان به فیلم های طبیعی / اسلایدها، یخهای نفتی، مناطقی با سرعت باد خاص، سلول های بارانی، امواج داخلی و غیره اشاره کرد.



(استاتاکیس و همکاران ، ۲۰۰٦)

۱–۱– بر روی Radar -> SAR Applications -> Ocean Applications -> Oil Spill Detection کلیک کنید. این ابزار شامل برخی از مراحل پیش پردازش مانند نقاب زدن به زمین و کالیبراسیون و الگوریتم مورد نیاز برای شناسایی نشت احتمالی نفت می باشد. برای تکمیل پارامترهای هر برگه، دستورالعمل ها را دنبال کنید.

۲-٦ Read در این قسمت محصول اسپکل فیلتر شده ای را انتخاب کنید (فهرست [۳]).

Land-Sea-Mask and Calibration -٣-٦ در این قسمت همه پارامترها به صورت پیش فرض باقی می مانند.

-٤-٦ Calibration در این قسمت فقط Sigma0_VV را به عنوان باند منبع انتخاب کنید. اندازه پنجره ی پس زمینه را روی
 ۱٤٠٠ و Shift Shift (dB) را به ۳٫٥ تنظیم کنید.

٥ - ٦ - ٥ - ٥ - ٥ - ٥ - ٥ - ٥ - ٥ در این قسمت پارامتر به صورت پیش فرض باقی می ماند.

۶-۶- Write در این قسمت نام خروجی را روی ' Oil_Spill_detection_spk_1400_3_5' تنظیم کنید. و مسیر زیر را به عنوان فهرست انتخاب کنید: shared/Training/OCEA03_OilSpill_Kuwait/Processing.

ا تذكر ٤:

ابزار تشخیص نشت نفت شامل دو مرحله از پیشپردازش است: ماسک کردن مناطق داخلی و کالیبراسیون رادیومتری به طوری که مقادیر پیکسل در واقع نمایانگر پشتی رادار سطح بازتابنده باشند. پس از آن مراحل پیشپردازش، نقاط تاریک با استفاده از یک الگوریتم آستانه تطبیقی تشخیص داده میشوند که در آن میانگین سطح پشتی محلی با استفاده از پیکسل ها در یک پنجره بزرگ تخمین زده میشود. سپس، یک آستانه بر روی دسی بل K پایین تر از میانگین محلی که قبلاً محاسبه شده تنظیم شده است. پیکسل های داخل پنجره با مقادیر کمتر از آستانه به عنوان نقطه تاریک تشخیص داده میشوند. سرانجام، پیکسل های شناسایی شده در یک خوشه واحد قرار میگیرند و اندازه هایی با اندازه های کوچکتر از اندازه از پیش تعریف شده توسط کاربر حذف میشوند.

C Oil Spill Detection	+ = X	Oil Spill Detection	+ ≡ X
Read Land-Sea-Mask Calibration Yoil-Spill-Detection Yoil-Spill-Clustering Write		Read Land-Sea-Mask Calibration Oil-Spill-Detection Oil-Spill-Clustering Write	
Source Product		Source Bands: Amplitude_VH	
		Intensity_VH Amplitude_VV	
[3] SUDSET_2_0T_SIA_IW_GRDH_ISDV_201/08101024/14_201/08101024/38_01/855_01DEF/.		Intensity_VV	
Data Format: Any Format 💌			
		Mask out the Land	
		O Mask out the Sea	
		Use SRTM 3sec	
		Use Vector as Mask	
		invert Vector	
		Extend shoreline by (pixels): 10	
💽 Help 🕞 Run		🕐 Help > Run	
C Oil Spill Detection	(+ • ×	C Oil Spill Detection	(+ E X
Read Land-Sea-Mask Calibration Oil-Spill-Detection Oil-Spill-Clustering Write		Read Land-Sea-Mask Calibration Oil-Spill-Detection Oil-Spill-Clustering Write	
Polarisations. VH		Sigma0_VH Sigma0_VV	
		Source Bands:	
Save as complex output			
Output sama0 band			
Output beta0 band			
		Background Window Size	1400
		Threshold Shift (dd).	
Halo Novo		Help D Hup	
the sum			
-			
C Oil Spill Detection	+ = ×	C Oil Spill Detection	(+ = ×
Read Land-Sea-Mask Calibration Oil-Spill-Detection Oil-Spill-Clustering Write	1	Read Land-Sea-Mask Calibration Oil-Spill-Detection Oil-Spill-Clustering Write	
Minimum Cluster Size (sq.km):	0.1	Tan yasi Froninsi	
		Name: oil spill detection spk_1400_3_5	
		Save as: BEAM-DIMAP	
		Directory:	
		shared/Training/OCEA03_0ilSpill_Kuwait/Processing	
P Help Run			
		🕑 Help 📄 Run	

- محصول خروجی به عنوان یک ماسک دو حالتی/دو وضعیتی ایجاد می شود که می توانید در آن پوشه های 'Bands' و 'Masks' محصول را پیدا کنید[[‡]]. پوشه ی باندها را باز کرده و باند Sigma0_VV را باز کنید. برای بهبود تجسم و کنتراست، می توانیم معصول را با استفاده از مقیاس دسی باندها را باز کرده و باند کرده و معنی کرا، روی گروه Sigma0_VV کلیک راست کرده و مقادیر پیکسل را با استفاده از مقیاس دسی بل ها تبدیل کنیم. برای این کار، روی گروه VV_Sigma0_VV کلیک راست کرده و معنی معادیر پیکسل را با استفاده از مقیاس دسی بل ها تبدیل کنیم. برای این کار، روی گروه VV_Ab را با استفاده از مقیاس دسی بل ها تبدیل کنیم. برای این کار، روی گروه VV_Ab را با استفاده از مقیاس دسی بل ها تبدیل کنیم. برای این کار، روی گروه VV_Ab را با استفاده از مقیاس دسی بل ها تبدیل کنیم. برای این کار، روی گروه کروه VV_Ab را با استفاده از معیاس در پنجره باز شو، بله را کلیک کنید. تصویر به صورت باند مجازی ایجاد و ذخیره می شود. برای ذخیره آن، روی گروه کروه Convert band را با استفاد کنید. سپس برای مشاهده ی آن بر روی آن دوبار کلیک کنید.

را برای مشاهده بهتر ماسک نشت نفت، آن را در بالای تصویر SAR نمایش دهید. برای این کار، - Sigma0_VV_oil_spill_bit_msk_detection (را بررسی کنید. پوشه "Mask" را باز کرده و گروه Layer Manager (Layer - را باز کنید. پوشه "Mask" را بررسی کنید.





۷ – تصحیح بیضوی

پس از اتمام تشخیص نشت نفت، می توانیم داده های خود را دوباره در یک سیستم مرجع مختصات خاص بازسازی کنیم. برای انجام این مرحله، از تصحیح *Ellipsoid* استفاده خواهیم کرد.

الما تذکر ۵: در بین گزینه های مختلف برای انجام تصحیحات هندسی در SANP ، ما در این مورد از تصحیح الیپسوید (بیضوی) استفاده می کنیم و نه تصحیح دامنه عارضه زمینی داپلر. از آنجا که منطقه مورد مطالعه ما بیشتر از اقیانوس است، هیچ گونه تغییرات توپوگرافی وجود ندارد که بتواند منجر به اعوجاجات هندسی SAR شود.

۱–۷ Radar -> Geometric -> Ellipsoid Correction -> Geolocation Grid کليک کنيد.

۲-۷- در تب پارامتر *J / O محصو*ل تشخیص نشت نفت (فهرست [٤]) را انتخاب کنید و مطمئن شوید که مسیر خروجی صحیح را انتخاب کرده باشید: shared/Training/OCEA03_OilSpill_Kuwait/Processing سپس بر روی تب پردازش پارامترها کلیک کنید.

۷-۳-۷ طرح (Automatic) UTM / WGS 84 (Automatic) وا انتخاب کنید و روی Run کلیک کنید.

Ellipsoid Correction - Geolocation-Grid	File Help
Source Product	Source Bands:
source:	Sigma0_VV_oil_spill_bit_msk
[4] oil_spill_detection_spk_1400_3_5	
Target Product	
Name:	
Save as: BEAM-DIMAP	Image Resampling Method: BILINEAR_INTERPOLATION
Directory:	Map Projection: UTM Zone 39 / World Geodetic System 19
/shared/Training/OCEA03_OilSpill_Kuwait/Processing	
Open in SNAP	
<u>Bun</u> <u>Close</u>	<u>B</u> un <u>C</u> lose
🚣 Map Proj	jection • • ×
Coordinate Reference System (CRS)	
Custom CRS	
Geodetic datum: World Geodetic Sect	tem 1984
Projection. UTM / WGS 84 LAUED	matic)
	Projection Parameters
Predefined CRS	Select
	OK <u>Cancel</u> <u>H</u> elp
	- برای تولید تصویر نهایی همان روال قبلی را دنبال کنید.
R s	нар
Bie Edit Yiew Analysis Layer Vector Raster Optical Radar Icels Window Help 중 🐜 🌇 @ [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] []	
Product Explorer X Pixel Info () [3] [3] [3] [3] [3] [3] [3] [3] [3] [3]	() · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
G = 12 subset_0 of 51A, M GR0H_150V_201200107024714_201708107024738 G = 13 subset_0 of 51A, M GR0H_150V_201708107024714_201708107024738 G = 14 (4) displit detection, pp. 1400_35	and the second se
Grands Grands Grands	
Andrew Concernent on Concernent Signad (V) db Concernent on	
Image: State	
1:74 62 0 0 D	X 2454 Y 6 Lat 28*50'58*N Lon 48*20'23*E Zoom 1.74.6 Level 2

۸ – مراحل اضافي:

QGIS بصریسازی/ تجسم در ۱-۸

۸–۱–۱– برای ارسال نتایج به QGIS، ابتدا رنگ ماسک نشت نفت را تغییر میدهیم. برای گسترش محصول مورد استفاده مجدد (فهرست [٥]) پوشه "باند" را باز کنید و آنرا گسترش دهید(باز). Sigma0_VV_oil_spill_bit_msk.روی تب Color (گوشه پایین سمت چپ) یا (Manipulation) (گوشه پایین سمت چپ) کلیک کنید. ویرایشگر Table را انتخاب کنید و تمام رنگها را به رنگ قرمز تغییر دهید.

۸–۱–۲– پس از تغییر رنگ، بر روی تصویر راست کلیک کنید. Export View را به عنوان تصویر انتخاب کنید. مسیر زیر را برای ذخیره محصول انتخاب کنید، گزینه Full Scene را در بخش منطقه تصویر انتخاب کنید و Oil_Spill_Detection را به عنوان بنویسید. سپس روی ذخیره کلیک کنید.

Path: shared/Training/OCEA03_OilSpill_Kuwait/Processing

۸–۱–۳ مسیر



Save In: Processing oil_spill_detection_spk_1400_3_5.data oil_spill_detection_spk_1400_3with5_EC_GG.data subset_2_of_S1A_IW_GRDH_1SDV_20170810T024714_20170810T024738_ subset_2_of_S1A_IW_GRDH_1SDV_20170810T024714_20170810T024738_	Image Region View region View region Full scene Image Resolution View resolution View resolution
 oil_spill_detection_spk_1400_3_5.data oil_spill_detection_spk_1400_3with5_EC_GG.data subset_2_of_S1A_IW_GRDH_1SDV_20170810T024714_20170810T024738_ subset_2_of_S1A_IW_GRDH_1SDV_20170810T024714_20170810T024738_ 	017855 Image Region View region Full scene Image Resolution View resolution
subset_2_of_S1A_IW_GRDH_1SDV_20170810T024714_20170810T024738_	017855 Image Resolution
	 Full resolution User resolution
	Width: 5300 Height: 3867
ile <u>N</u> ame: Oil_Spill_Detection	
iles of <u>Type</u> : GeoTIFF - TIFF with geo-location (*.tif.*.tiff)	

۸-۲-۸ (Applications -> Processing -> QGIS Desktop) درا باز کنید (SNAP -۲-۸ را باز کنید و SNAP).

۸–۲–۸– دکمه Add Raster Layer را فشار دهید (📕).

۸-۲-۲-۹ به مسیر زیر بروید و پرونده Oil_Spill_Detection GeoTIFF را انتخاب کنید.

۸–۲–۳ روی گزینه Open کلیک کنید.

Path: shared/Training/OCEA03_OilSpill_Kuwait/Processing -٤-٢-٨

۸–۲–۵– برای تجزیه و تحلیل بیشتر، می توانید دادههای کمکی مانند لایههای اقیانوسی، زمین و بزرگراهها را اضافه کنید. برای این منظور دکمه (^۲) Add Vector Layer را فشار دهید.

۲-۸-۲-۸ به مسیر زیر بروید و shapefiles زیر را اضافه کنید:

kuwait_highways.shp, KWT_admn0.shp and Ocean.shp. Path:shared/Training/OCEA03_OilSpill_Kuwait/AuxData -۷-۲-۸

۸-۲-۸ لایه Oil Spill Detection را به بالای همه بکشید و سپس Kuwait_highways.shop را بکشید.

۸–۲–۹– سرانجام، می توانید از "افزونه OpenLayers" (مشاهده NOTE 7) استفاده کنید تا نتیجه را با استفاده از OpenStreetMap به عنوان نقشه پس زمینه نمایش دهید.

۸-۳- روی وب کلیک کنید Web -> OpenLayers plugin -> Google Maps -> Google Streets در صورت عدم دسترسی به Google Satellite، از یک لایه دیگر استفاده کنید، به عنوان مثال Bing -> Bing Aerial.



Coordinate 5367806.3333848 🛞 Scale 1:268.932 💌 Rotation 0.0 🚆 🕫 Render 💿 EPSG:3857 (OTF) 🔍





– منابع بیشتر برای مطالعه:

1). Sentinel-1 and oil spill detection - ESA

2). European Maritime Safety Agency (EMSA)

3). Brekke, C., & Solberg, A. H. S. (2005). Oil spill detection by satellite remote sensing. Remote Sensing of Environment, 95(1), 1–13. <u>https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.11.015</u>

4). Schistad Solberg, A. H., Storvik, G., Solberg, R., & Volden, E. (1999). Automatic detection of oil spills in ERS SAR images. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 37(4), 1916–1924. <u>https://doi.org/10.1109/36.774704</u>

5). Stathakis, D., Topouzelis, K., & Karathanassi, V. (2006). Large-scale feature selection using evolved neural networks (Vol. 6365, pp. 636513–636519). Retrieved from <u>http://dx.doi.org/10.1117/12.688149</u>

6). Topouzelis, K., & Singha, S. (2016). Oil Spill Detection: Past and Future Trends. ESA Living Planet Symposium, SP-740(July).

تهیه و تدوین: قربانعلی عباسیان