

هیدروژئومورفولوژی، شماره ۱۳، زمستان ۱۳۹۶، صص ۱۶۴-۱۴۷

وصول مقاله: ۱۳۹۶/۰۶/۲۸ تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۶/۰۹/۲۹

## آشکارسازی پلوم رودخانه‌ی اروند از طریق تصاویر ماهواره‌ای

سیده نسترن هاشمی<sup>۱</sup>

محمد اکبری نسب<sup>۲\*</sup>

طاهر صفرزاد<sup>۳</sup>

### چکیده

پلوم، توده‌ی آبی است که دارای شوری کمتری نسبت به آب دریا می‌باشد و نیز دارای رسوبات معلق بیشتری نسبت به آب‌های اطرافش است. با توجه به رشد جمعیت انسانی و صنعتی شدن، فشار بر روی مناطق ساحلی در حال افزایش است. در نتیجه، بررسی کیفیت آب حائز اهمیت می‌شود، که سنجش از دور در این زمینه نقش مهمی را عهده‌دار است. در این مطالعه، به منظور آشکارسازی پلوم رودخانه‌ی اروند از تصاویر ماهواره‌ی 8Landsat در اکتبر سال ۲۰۱۶ استفاده شد. برای این آشکارسازی، ابتدا تصحیحات رادیومتریکی بر روی تصاویر انجام گرفت، رادیانس باند ۴ و رادیانس باند ۲ جهت شناسایی انتخاب شدند و بعد دو شاخص NDWI و نسبت شوری (به عنوان عامل فیلتر) محاسبه شدند. سپس با استفاده از نقشه‌ی پراکندگی آستانه‌های مورد نظر برای پلوم به دست آمدند و نهایتاً با ترکیب این ۴ شاخص و استفاده از درخت تصمیم‌گیری (در محیط نرم‌افزار ENVI) آشکارسازی پلوم انجام گرفت. برای صحت‌سنجی پلوم آشکارسازی شده، از تصاویر ماهواره‌ی سنتینل-۲ که در

<sup>۱</sup> - دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیک دریا، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران

<sup>۲</sup> - استادیار فیزیک دریا، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران (نویسنده مسئول)  
Email:m.akbarinasab@umz.ac.ir

<sup>۳</sup> - استادیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران

باندهای آبی، سبز، قرمز و مادون قرمز نزدیک دارای قدرت تفکیک مکانی ده متر است، در همان زمان استفاده شد، که نتایج دو ماهواره با هم مطابقت داشتند. به علاوه برای تعیین هسته‌ی پلوم و آب‌های ساحلی، از شاخص NSMI<sup>۱</sup> استفاده شد. براساس این شاخص (NSMI)، هسته پلوم (قسمتی که بالاترین غلظت مواد معلق را دارد) در مجاورت دهانه‌ی رودخانه‌ی اروند واقع شده است و با دور شدن از دهانه‌ی اروند، غلظت مواد معلق کاهش پیدا می‌کند.

کلمات کلیدی: اروند، پلوم، درخت تصمیم‌گیری، لندست ۸، سنتینل ۲.

## مقدمه

پلوم رودخانه، منطقه‌ای است که در آنجا شدیدترین تعامل بین رودخانه، دریا و زمین اتفاق می‌دهد. پلوم از طریق انتقال و جابه‌جایی مواد ترکیبی و فرآیندهای بیوژئوشیمیایی مشخص می‌گردد (کانگ و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۱۳: ۱). پلوم‌های ساحلی از تخلیه‌ی پیوسته‌ی آب شور یا آب شیرین رودخانه‌ها منتج می‌شوند که این از ویژگی‌های رایج فلات قاره دریاها به حساب می‌آید و از جنبه‌های زیادی برای محیط زیست ساحلی حائز اهمیت می‌باشد. پلوم‌های رودخانه‌ای، نقش مهمی در شکل‌گیری محیط زیست مجاور رودخانه دارند (مسترس و همکاران<sup>۳</sup>، ۲۰۰۷: ۲۱۱۶). پلوم باکدورت در دهانه‌ی بسیاری از رودخانه‌ها شکل گرفته و مناطق مجاور ساحل را تحت تأثیر قرار می‌دهد، به علاوه اینکه پلوم باعث انتقال و جابه‌جایی رسوبات، مواد مغذی و آلاینده‌ها نیز می‌شود (فرناندز نووا و همکاران<sup>۴</sup>، ۲۰۱۵: ۴۰). پلوم‌ها به‌صورت یک توده‌ی آب با شوری کاهش یافته نسبت به آب‌های اطرافش

1- Normalized Suspended Material Index

2- Kang et al.,

3- Mestres et al.,

4- Fernández-Nóvoa et al.,

شناخته می‌شود و نیز دارای غلظت بالایی از رسوبات معلق می‌باشد (نزلین و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۰۸: ۲۹۰). جریانات خروجی از آب‌های سرد و تازه رودخانه‌ها، پلوم‌های ساحلی را به وجود می‌آورد که از طریق اثرات طیفی منحصر به فرد ناشی از آب‌هایی که در اطراف دریا هستند قابل شناسایی می‌باشند. پلوم‌های رودخانه‌ای و آب‌های ساحلی گل‌آلود، بر روی اکوسیستم‌های دریایی اثرات مهمی دارند، و معمولاً آنها بر روی چرخه‌های حیات دریایی، توزیع رسوبات و آلودگی تأثیرگذار هستند. مناطق پلوم، منابع بسیار خوبی از مواد مغذی هستند این هنگامی است که غلظت آب گل‌آلود از یک حد مشخصی بالاتر برود. امروزه سنجش از دور، ابزار مؤثری برای آشکارسازی و نظارت بر نواحی پلوم در مناطق وسیع را فراهم می‌کند (گونروگلو و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۱۳: ۴۷۰۲). امروزه سنجش از دور به عنوان یک ابزار قوی مطرح بوده و جایگاه خاصی در پایش منابع طبیعی به خصوص پایش منابع آب داراست. با توجه به اینکه وسعت بسیار زیادی از سطح زمین پوشیده از آب است، جهت مطالعات منابع آب، اقدامات میدانی کاری پردردسر و پرهزینه است، به همین سبب جایگاه خود را به پردازش تصاویر ماهواره‌ای داده است. اقداماتی نظیر بررسی کیفیت آب شامل مطالعات شوری، بررسی مواد معلق و رسوب، بررسی رنگ آب، میزان کلروفیل و همچنین مطالعات کمی منابع آب، شامل ژرفاسنجی منابع آب از جمله اقداماتی است که می‌توان با تصاویر ماهواره‌ای انجام داد. برای مدیران، شناخت شرایط بخش‌های مختلف رودخانه یا هر منبع آبی دیگر، بدون نیاز به اندازه‌گیری‌های میدانی، می‌تواند مزیت بزرگی باشد، خصوصاً هنگامی که با وسعت زیاد و حجم بالای آب روبه‌رو هستند و کار میدانی بسیار سخت و زمان‌بر و گران است (مومی‌پور، ۱۳۹۵: ۱۱۳). پتوس و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۱۴) در تحقیقی به بررسی

---

1- Nezlin, et al.,

2- Guneroglu et al.,

3- Petus, et al.,

تغییرپذیری فضایی - زمانی کدري پلوم رودخانه‌ی آدور (خلیج بیسکای، فرانسه)، با استفاده از تصاویر سنجنده‌ی مودیس (۲۵۰ متر) پرداختند. داده‌های ماهواره‌ای پردازش شده با استفاده از یک الگوریتم منطقه‌ای، به تعیین کمیت و نقشه‌برداری از مواد معلق در آب‌های ساحلی می‌پردازد. تغییرات در جهت پلوم رودخانه، گسترش فضایی و نیز تخلیه‌ی مواد معلق از طریق رودخانه با حرکت نیروی آب و هوایی در جنوب شرقی خلیج بیسکای در ارتباط است. لازم به ذکر است در این تحقیق از تصاویر سنجنده مودیس (۲۵۰ متر) استفاده گردید و برای ارزیابی از تصاویر ماهواره اسپات ۴ با قدرت تفکیک ۲۰ متر استفاده شد.

گونروگلو و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۳) در تحقیقی به آشکارسازی پلوم‌های ساحلی در بخش جنوب شرقی دریای سیاه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ی لندست پرداختند. در این تحقیق ابتدا عملیات پیش پردازش، بر روی تصاویر انجام گرفت و سپس با استفاده از الگوریتم نیمه نظارت شده‌ی k-means، پلوم استخراج گردید.

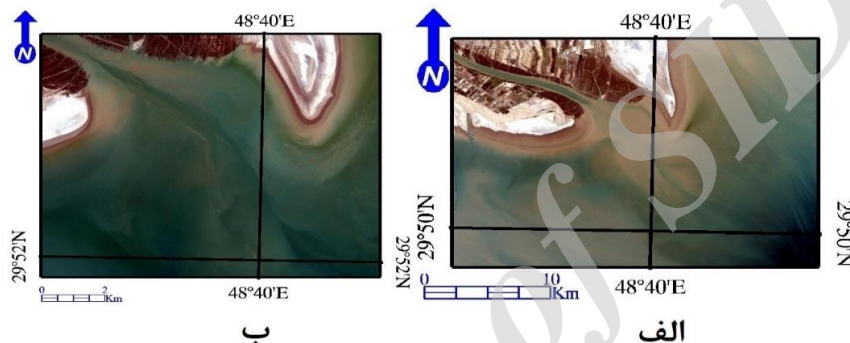
## مواد و روش‌ها

### معرفی منطقه‌ی مورد مطالعه

رودخانه‌ی اروند، رودخانه‌ای دائمی است که در حوضه‌ی آبریز خلیج فارس و دریای عمان واقع است. طول بخش مرکزی آن ۸۴ کیلومتر و طول سراسری آن حدود ۱۹۰ کیلومتر است. اروندرود از تلاقی رودخانه‌های دجله و فرات در بالادست بصره تشکیل می‌گردد. مسیر کلی رودخانه‌ی اروند جنوب شرقی و شیب متوسط آن صفر می‌باشد. رودخانه‌ی اروند از محل‌القرنه رو به سوی جنوب غربی از کنار شهر بصره می‌گذرد و در نقطه‌ای به مختصات طولی حدود ۴۸ درجه و ۶ دقیقه و عرضی حدود ۳۰ درجه و ۲۷ دقیقه به مرز ایران و عراق وارد می‌گردد. این رودخانه در شهر

1- Guneroglu, et al.,

خرمشهر با شاخه‌ی غربی رود کارون مخلوط می‌گردد و شهرستان‌های خرمشهر و آبادان را طی می‌کند و در هشت کیلومتری جنوب اروند کنار به خلیج فارس می‌ریزد (اعتماد شهیدی و همکاران، ۱۳۹۰: ۵۱). در شکل (۱)، منطقه‌ی مورد مطالعه با استفاده از تصاویر لندست ۸ و سنتینل ۲ نشان داده شده است.



شکل (۱) منطقه‌ی مورد مطالعه الف) براساس تصویر لندست ۸ (اکتبر ۲۰۱۶) و ب) براساس تصویر سنتینل ۲ (اکتبر ۲۰۱۶)

### روش تحقیق

در این مطالعه به منظور آشکارسازی پلوم رودخانه‌ی اروند، از تصویر ماهواره‌ی Landsat 8، برای ماه اکتبر سال ۲۰۱۶ استفاده شد (با توجه به اینکه پلوم در دهانه-ی اروند، به طور میانگین دارای طول ۱۰ کیلومتر و عرض ۵ کیلومتر می‌باشد، بنابراین تصویر لندست ۸ با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر، توانایی کافی جهت آشکارسازی پلوم را خواهد داشت). سپس برای صحت‌سنجی پلوم شناسایی شده، یک تصویر نیز از ماهواره‌ی Sentinel-2، برای اکتبر ۲۰۱۶ نیز تهیه شد (USGS). لازم به ذکر است تصاویر اخذ شده فاقد هر گونه پوشش ابر بوده‌اند.

رسوبات معلق، رادیانس ناشی از آب را در محدوده‌ی مرئی<sup>۱</sup> و مادون قرمز نزدیک<sup>۲</sup> افزایش می‌دهند، به طور کلی این واقعیت وجود دارد که آب گل‌آلود دارای انرژی بیشتری نسبت به آب تمیز است (مباشری و موسوی، ۲۰۰۴: ۲). پس پلوم نیز از نظر رادیانس (انرژی)، دارای رادیانس بیشتری نسبت به آب دریا می‌باشد. بنابراین رادیانس دو باند، ۴ (قرمز) و ۲ (آبی) که هر دو در محدوده‌ی مرئی هستند، به عنوان یکی از شاخص‌ها برای آشکارسازی پلوم استفاده شدند. شاخص دیگری که برای آشکارسازی پلوم استفاده شد، شاخص NDWI است (این شاخص بین یک تا منفی یک تغییر می‌کند)، هر چه میزان ناخالصی آب بیشتر باشد شاخص NDWI منفی‌تر می‌شود و هر چه آب خالص‌تر باشد میزان NDWI مثبت‌تر است (جی و همکاران<sup>۳</sup>، ۲۰۰۹: ۱۳۰۷). پلوم، دارای رسوبات معلق بیشتری نسبت به آب‌های اطرافش است، پس میزان شاخص NDWI آن نسبت به دریا کمتر می‌باشد. آخرین شاخصی که برای آشکارسازی پلوم در این مطالعه استفاده گردید، شاخص نسبت شوری می‌باشد، که این شاخص هم برای خاک و هم برای خشکی کاربرد دارد (دنی و همکاران<sup>۴</sup>، ۲۰۱۲: ۱۹۲). پلوم‌ها به صورت یک لایه‌ی سطحی نازک از آب کم‌شور تشکیل می‌شوند (سالدیاس و همکاران<sup>۵</sup>، ۲۰۱۲: ۲۲۰). بنابراین شوری پلوم نسبت به آب‌های اطرافش کمتر می‌باشد. با استفاده از نرم‌افزار ENVI، ابتدا تصحیح رادیومتریکی (چاندر و همکاران<sup>۶</sup>، ۲۰۰۹: ۸۹۳) بر روی تصاویر انجام شد، به این معنی که تصاویر به رادیانس (با استفاده از رابطه‌ی ۱) و بازتاب<sup>۷</sup> (با استفاده از رابطه‌ی ۲) تبدیل می‌شوند. به این منظور، پس از به دست آوردن رادیانس (تابش) و

1- Visible

2- Near Infrared

3- Ji et al.,

4- Dehni et al.,

5- Saldías et al.,

6- Chander et al.,

7- Reflectance

بازتاب، شاخص NDWI (با استفاده از رابطه‌ی ۳) و شاخص نسبت شوری (با استفاده از رابطه‌ی ۴) به دست می‌آیند. این ۴ شرط برای آشکارسازی پلوم در نظر گرفته می‌شوند، سپس با استفاده از نقشه‌ی پراکندگی، آستانه‌های ذکر شده در الگوریتم تعیین شده، در نهایت با استفاده از درخت تصمیم‌گیری، اشتراک این ۴ شاخص استخراج گردیده و دو طبقه‌ی پلوم و غیرپلوم حاصل می‌گردد. رادیانس باند ۴ و رادیانس باند ۲ به عنوان شناسایی و NDWI و Salinity Ratio به عنوان فیلتر (محدودکننده) مورد استفاده قرار می‌گیرند. شاخص‌سازی یکی از روش‌های پر کاربرد در سنجش از دور است (فاطمی و صدقی، ۱۳۹۵: ۹۲)

$$L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L \quad \text{رابطه‌ی (۱)}$$

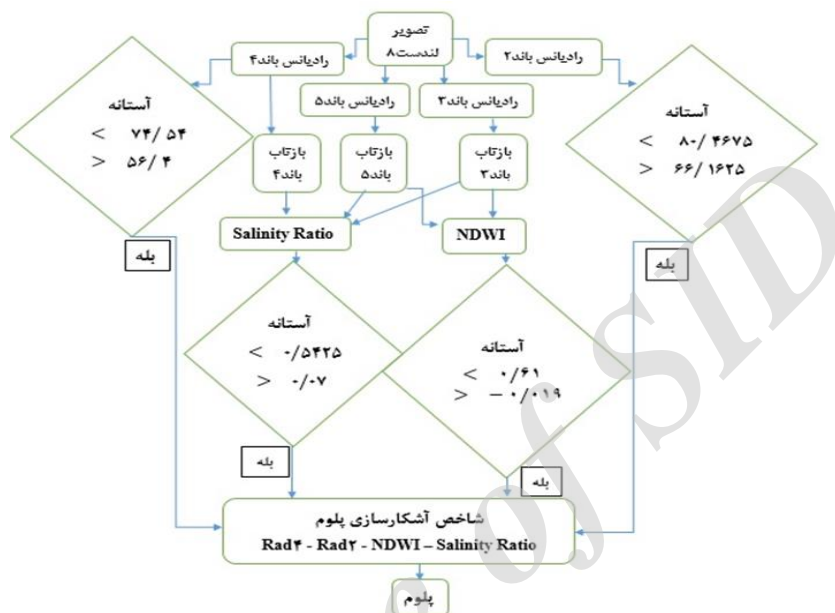
$$\rho_{\lambda} = (\pi L_{\lambda} d^2) / (E_{sun} \cos \theta) \quad \text{رابطه‌ی (۲)}$$

$$NDWI = (\rho_{green} - \rho_{NIR}) / (\rho_{green} + \rho_{NIR}) \quad \text{رابطه‌ی (۳)}$$

$$Salinity Ratio = (\rho_{green} - \rho_{NIR}) / (\rho_{green} + \rho_{NIR}) \quad \text{رابطه‌ی (۴)}$$

در این روابط  $\rho_{\lambda}$  معرف بازتاب،  $L_{\lambda}$  معرف رادیانس بر حسب وات بر متر مربع در استرادیان در میکرومتر،  $M_L$  و  $A_L$  رادیانس،  $Q_{cal}$  باند خام،  $E_{sun}$  میانگین بازتابش خورشید بر فراز جو بر حسب وات بر متر مربع در میکرومتر،  $\theta$  زاویه اوج<sup>۱</sup> خورشیدی بر حسب درجه،  $d$  فاصله‌ی زمین تا خورشید بر حسب واحد نجومی و  $\pi$  نیز ۳/۱۴۱۵۹ می‌باشد. در شکل (۲) خلاصه‌ای از الگوریتم طراحی شده به منظور آشکارسازی پلوم نشان داده شده است.

1- Solar zenith angle



شکل (۲) الگوریتم آشکارسازی پلوم (برای اکتبر ۲۰۱۶)

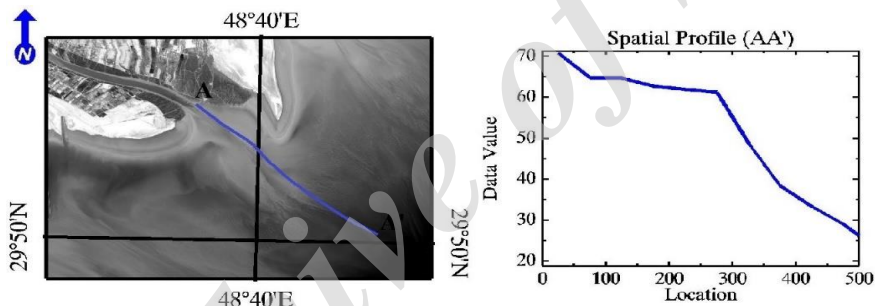
جدول (۱) شاخص‌های طیفی استفاده شده (برای ماه اکتبر)

ماهواره	شاخص	رابطه	مقدار پیکسل‌های پلوم آشکارسازی شده
TM8Landsat	رادینانس باند ۴	$L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L$	پلوم < دریا
	رادینانس باند ۲	$L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L$	پلوم < دریا
	NDWI	$(\rho_{green} - P_{NIR}) / (\rho_{green} + P_{NIR})$	پلوم > دریا
	Salinity Ratio	$(\rho_{red} - P_{NIR}) / (\rho_{green} + P_{NIR})$	دریا > پلوم
Sentinel-2	رادینانس باند ۴	$L_{\lambda} = \frac{E_{sun} * \rho_{\lambda} * \cos \theta}{\pi d^2}$	پلوم < دریا
	رادینانس باند ۲	$L_{\lambda} = \frac{E_{sun} * \rho_{\lambda} * \cos \theta}{\pi d^2}$	پلوم < دریا
	NDWI	$(\rho_{green} - P_{NIR}) / (\rho_{green} + P_{NIR})$	پلوم > دریا
	Salinity Ratio	$(\rho_{red} - P_{NIR}) / (\rho_{green} + P_{NIR})$	پلوم > دریا

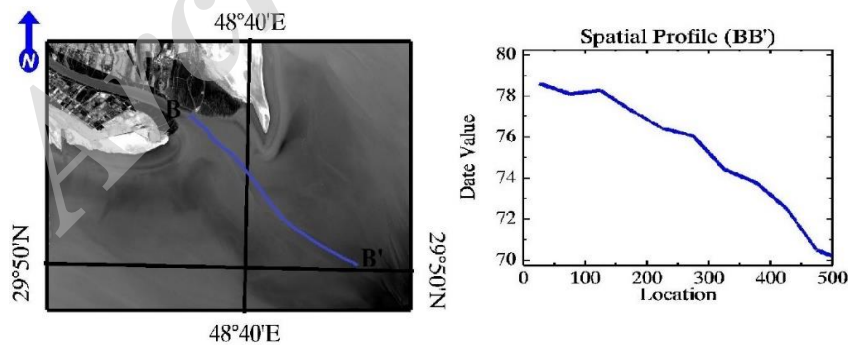


### بحث و نتایج

در ماه اکتبر، رادیانس باند ۴، رادیانس باند ۲، NDWI و نسبت شوری با پیش فرض‌های مطرح شده مطابقت دارند. شکل ۳ و ۴ نیمرخ تغییرات رادیانس باندهای ۴ و ۲ را از دهانه‌ی اروند تا داخل دریا نشان می‌دهند. براساس این اشکال، پلوم دارای رادیانس (انرژی) بیشتری نسبت به آب‌های اطرافش می‌باشد، همان طوری که در شکل‌های ۳ و ۴ مشاهده می‌شود هرچه از دهانه‌ی اروند به طرف خلیج فارس حرکت شود، میزان رادیانس کاهش می‌یابد (شاخص رادیانس برای پلوم بیشتر است)، که همین وضعیت به طور مشابه برای رادیانس باند ۲ صادق است.

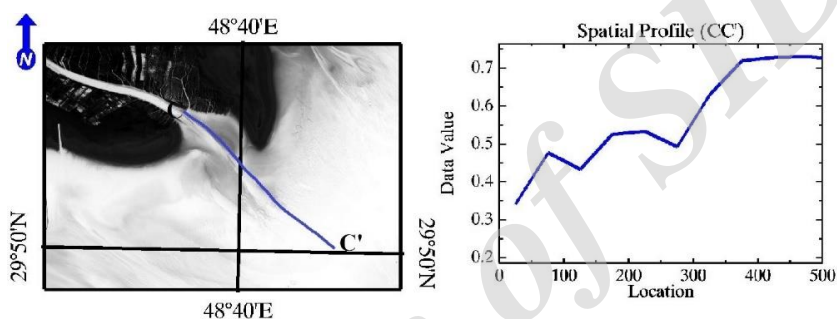


شکل (۳) نیمرخ AA' (رادیانس باند ۴)



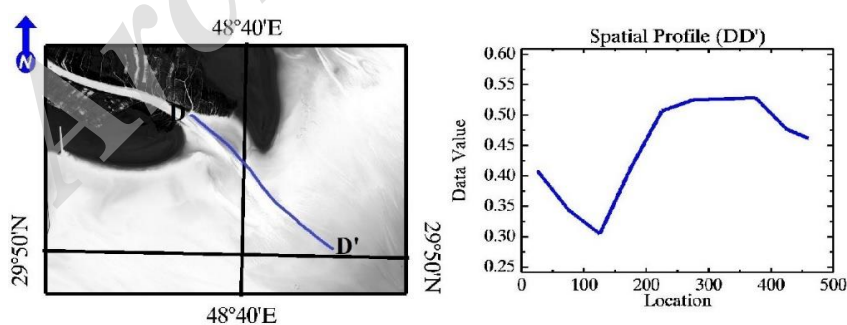
شکل (۴) نیمرخ BB' (رادیانس باند ۲)

شکل (۵) خروجی محاسبه‌ی شاخص NDWI، برای اکتبر ۲۰۱۶ را نشان می‌دهد. همان طوری که در این شکل مشاهده می‌شود، شاخص NDWI (شاخص نرمال شده‌ی تفاضلی آب)، برای پلوم دارای مقدار کمتری است، به عبارت دیگر هرچه از دهانه‌ی اروند به طرف خلیج فارس حرکت شود میزان این شاخص افزایش می‌یابد (شاخص NDWI برای پلوم کمتر است).



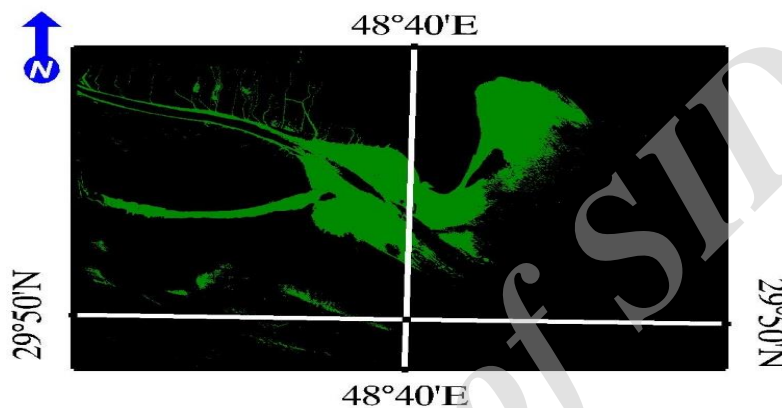
شکل (۵) نیمرخ CC' (NDWI)

شکل (۶) خروجی محاسبه‌ی شاخص نسبت شوری برای اکتبر ۲۰۱۶ را نشان می‌دهد. همانطور که در این شکل مشاهده می‌شود، شاخص Salinity Ratio برای پلوم مقدار کمتری نسبت به آب خلیج فارس دارد، به عبارت دیگر هرچه از دهانه‌ی رودخانه‌ی اروند دور شویم، شوری افزایش می‌یابد.



شکل (۶) نیمرخ DD' (Salinity Ratio)

در نهایت با ترکیب گام‌های قبلی، پلوم اروند آشکارسازی شد. شکل (۷) زبانه پلوم در داخل دریا را نشان می‌دهد.



شکل (۷) پلوم رودخانه‌ی اروند براساس تصویر لندست ۸

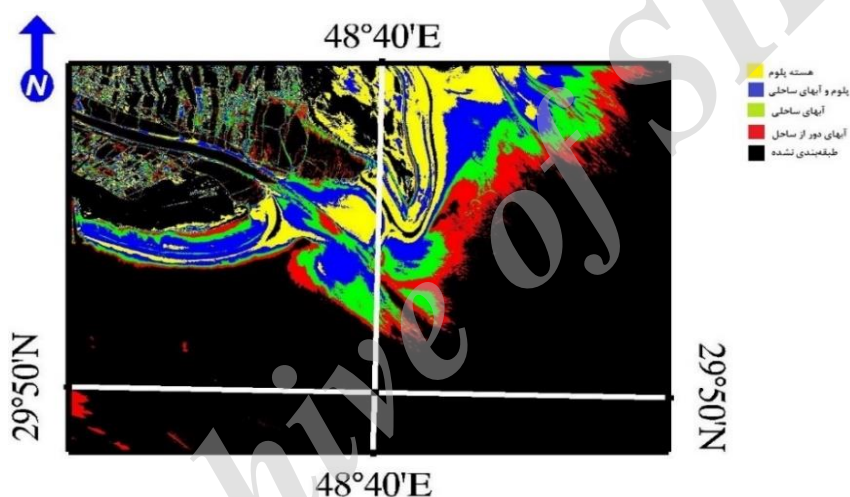
به منظور تعیین هسته‌ی پلوم و آب‌های ساحلی، شاخص NSMI با استفاده از رابطه‌ی (۵) محاسبه شد (مونتالوو<sup>۱</sup>، ۲۰۱۰: ۴) و پلوم از طریق غلظت مواد معلق (رسوبات) نیز طبقه‌بندی گردید (شکل ۸). هر چه آب تمیزتر و خالص‌تر باشد، NSMI منفی‌تر بوده و هر چه آب دارای رسوبات معلق بیشتری باشد (ناخالص‌تر) باشد، NSMI مثبت‌تر می‌باشد. لازم به ذکر است که NSMI بین یک تا منفی یک نوسان دارد. پلوم نسبت به آب‌های اطرافش دارای رسوبات معلق بیشتری می‌باشد (پلوم دارای غلظت بالایی از رسوبات معلق می‌باشد). بر این اساس مناطق زرد رنگ هسته پلوم<sup>۲</sup> است که در امتداد رودخانه می‌باشد، مناطق آبی رنگ، پلوم و آب‌های ساحلی<sup>۳</sup> هستند، مناطق سبز رنگ، آب‌های ساحلی<sup>۴</sup> می‌باشند، مناطق قرمز رنگ،

- 1- Montalvo
- 2- Plume Core
- 3- plume and coastal water
- 4- coastal water

آب‌های دور از ساحل<sup>۱</sup> بوده و مناطق سیاه رنگ جزو قسمت‌های طبقه‌بندی نشده<sup>۲</sup> به شمار می‌آید. همانطور که مشاهده می‌شود، ضخامت پلوم با فاصله گرفتن از دهانه‌ی رودخانه کاهش می‌یابد.

$$\text{NSMI} = (\rho_{\text{red}}) + (\rho_{\text{green}}) - (\rho_{\text{blue}}) / ((\rho_{\text{red}}) + (\rho_{\text{green}}) + (\rho_{\text{blue}})) \quad (۵)$$

ترتیب غلظت مواد معلق (براساس شاخص NSMI): زرد < آبی < سبز < قرمز



شکل (۸) طبقه بندی پلوم براساس غلظت مواد معلق (شاخص NSMI) براساس تصویر 8

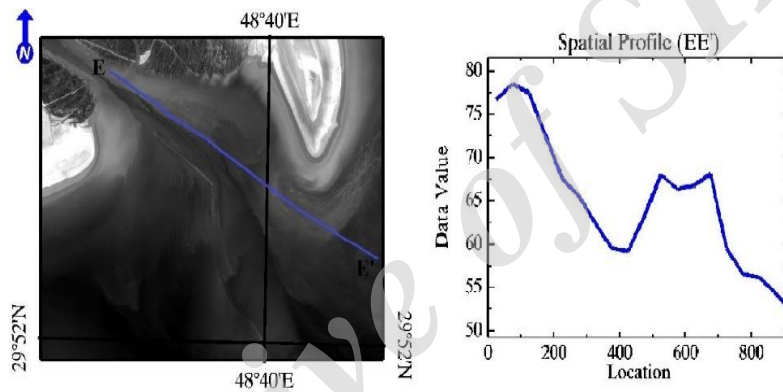
Landsat

### صحت‌سنجی نتایج

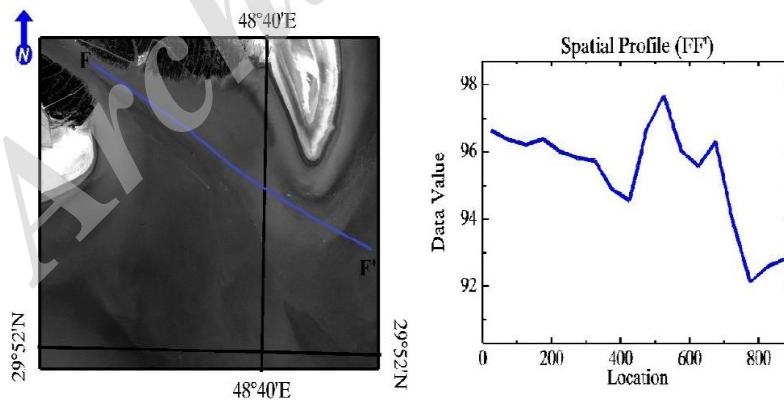
به منظور صحت‌سنجی آشکارسازی انجام شده، از تصاویر سنتینل-۲ (ماهواره سنتینل A۲ در سال ۲۰۱۵ به فضا پرتاب شده است)، استفاده شد (ابوالحسنی و کیم، ۲۰۱۲: ۴). با استفاده از شاخص آشکارسازی پلوم (NDWI - Salinity Ratio)

1- offshore water  
2- unclassified

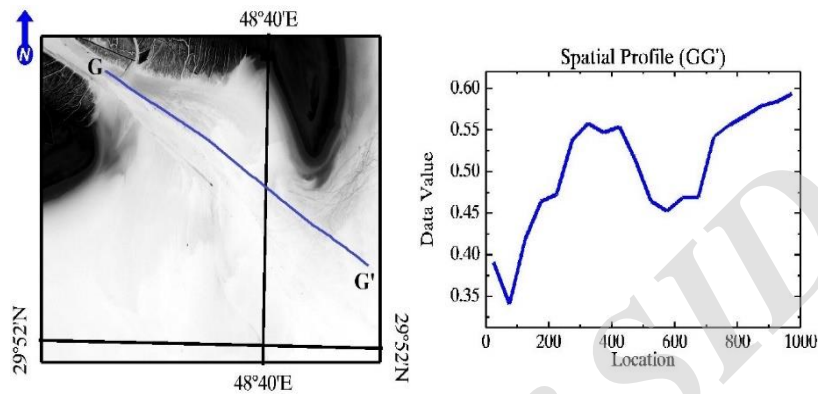
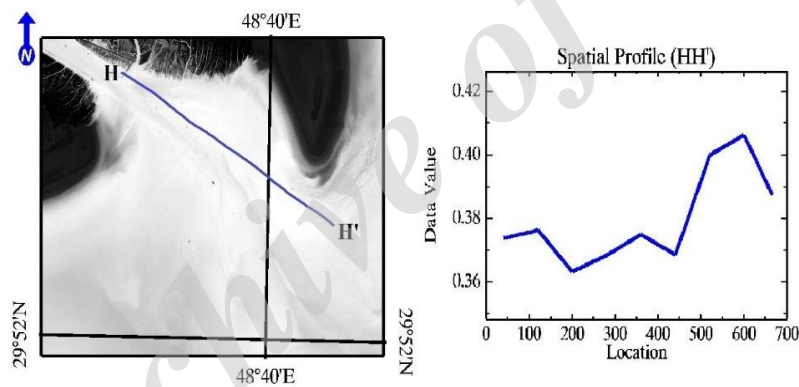
- ۲Rad - ۴Rad)، پلوم برای تصویر سنتینل-۲ نیز آشکارسازی گشت. بر این اساس، پلوم آشکارسازی شده با تصویر سنتینل-۲، دارای رادیانس بیشتری نسبت به دریا می‌باشد (هم رادیانس باند ۴ و هم رادیانس باند ۲)، دارای NDWI کمتری نسبت به آب دریا بوده و نیز دارای شاخص Salinity Ratio کمتری نسبت به آب دریا است، که با پلوم آشکارسازی شده با تصویر Landsat 8 مطابقت دارد. شکل‌های ۹ تا ۱۲ نشان‌دهنده‌ی این واقعیت می‌باشد.



شکل (۹) نیمرخ EE' (رادیانس باند ۴)



شکل (۱۰) نیمرخ FF' (رادیانس باند ۲)

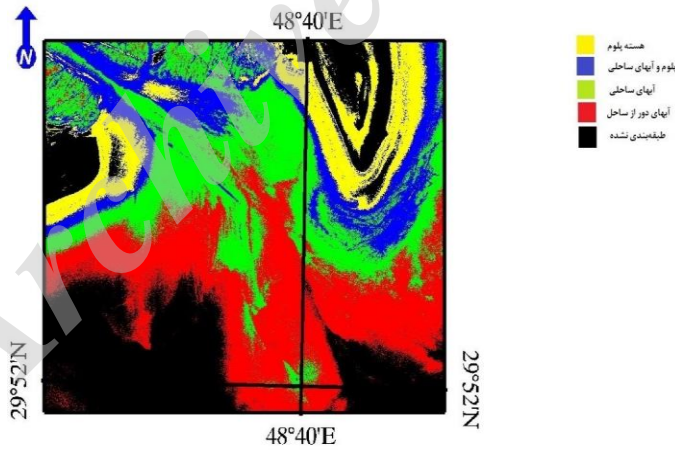
شکل (۱۱) نیمرخ  $GG'$  (NDWI)شکل (۱۲) نیمرخ  $HH'$  (Salinity Ratio)

شکل (۱۳) زبانه پلوم اروند در داخل دریا (با استفاده از تصویر سنتینل-۲) را نشان می‌دهد. همچنین شاخص NSMI برای تصویر سنتینل-۲ نیز محاسبه شد که نتیجه در شکل (۱۴) نشان داده شده است. همانند تصویر لندست-۸، مناطق زرد رنگ، هسته پلوم است که در امتداد رودخانه قرار دارد، مناطق آبی رنگ، پلوم و

آب‌های ساحلی هستند، مناطق سبز رنگ، آب‌های ساحلی می‌باشند، مناطق قرمز رنگ، آب‌های دور از ساحل بوده و مناطق سیاه رنگ، طبقه‌بندی نشده هستند.



شکل (۱۳) پلوم رودخانه‌ی اروند (با تصویر سنتینل - ۲)



شکل (۱۴) طبقه‌بندی پلوم براساس غلظت مواد معلق (شاخص NSMI) براساس تصویر Sentinel-2

ترتیب غلظت مواد معلق (براساس شاخص NSMI): زرد < آبی < سبز < قرمز

## نتیجه‌گیری

این اولین مطالعه‌ی سنجش از دور است، که به طور ویژه به بررسی پلوم رودخانه‌ی اروند پرداخته است. در این مطالعه از طریق شاخص‌های مطرح شده، تئوری‌های علمی در رابطه با پلوم اثبات گردید. همچنین الگوریتم طراحی شده، توانست با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۸، نتایج موفقیت‌آمیزی از پلوم اروند به دست دهد. در این مطالعه، پلوم و آب‌های ساحلی با استفاده از درخت تصمیم‌گیری طبقه‌بندی شدند و ۴ منطقه‌ی مختلف آب، براساس ویژگی‌های طیفی تعیین شدند. فراهم نمودن اطلاعات دقیق و به روز از دینامیک پلوم‌ها، می‌تواند منجر به حفاظت بهتر از سواحل شود، که سنجش از دور نقش بسزایی در گردآوری این اطلاعات دارد. علاوه بر این وضعیت اجتماعی-اقتصادی مناطق ساحلی، بسیار متأثر از کیفیت آب منطقه می‌باشد. به همین خاطر، نظارت صحیح و سریع از پلوم‌ها، در مدیریت مناطق ساحلی اهمیت بسزایی دارد.



## منابع

- اعتماد شهیدی، امیرفرشاد، صبوری، امیرادهم و جواد پارسا (۱۳۹۰)، کنترل نفوذ شوری در خور رودخانه‌ای اروند در شرایط مختلف هیدرولوژیکی، تحقیقات منابع آب ایران، شماره ۲، صص ۵۰-۶۰.
- فاطمی، سیدباقر و فاطمه صدقی (۱۳۹۵)، بررسی مقایسه‌ای اثر استفاده از مقادیر پیکسل، بازتابش و بازتابندگی در محاسبه‌ی شاخص‌های گیاهی از تصاویر ماهواره‌ای LANDSAT ۸، سنجش از دور و GIS ایران، شماره ۳، صص ۹۱-۱۰۴.
- مومی‌پور، مهدی (۱۳۹۵)، مطالعه‌ی کیفیت آب‌های ساحلی با تصاویر ماهواره‌ای فراتیفی هایپریون - مطالعه‌ی موردی ساحل اروندکنار، علوم و فنون دریایی، شماره- ۱، صص ۱۱۳-۱۲۲.
- Chander, G., Markham, B.L., & Helder, D.L. (2009), **Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors**, Remote sensing of environment, 113(5), PP.893-903.
- Dehni, A., and Lounis, M. (2012), **Remote sensing techniques for salt affected soil mapping: application to the Oran region of Algeria**, Procedia Engineering, 33, PP.188-198.
- Fernández-Nóvoa, D., Mendes, R., Dias, J.M., Sánchez-Arcilla, A., and Gómez-Gesteira, M. (2015), **Analysis of the influence of river discharge and wind on the Ebro turbid plume using MODIS-Aqua and MODIS-Terra data**, Journal of Marine Systems, 142, PP.40-46.
- Guneroglu, A., Karsli, F., and Dihkan, M. (2013), **Automatic detection of coastal plumes using Landsat TM/ETM+ images**, International journal of remote sensing, 34(13), PP.702-4714.
- Ji, L., Zhang, L., and Wylie, B. (2009), **Analysis of dynamic thresholds for the normalized difference water**

- index**, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 75(11), PP.1307-1317.
- Kang, Y., Pan, D., Bai, Y., He, X., Chen, X., Chen, C.T.A., and Wang, D. (2013), **Areas of the global major river plumes**, *Acta Oceanologica Sinica*, 32(1) PP.79-88.
- Mestres, M., Sierra, J.P., and Sánchez-Arcilla, A. (2007), **Factors influencing the spreading of a low-discharge river plume**, *Continental Shelf Research*, 27(16), PP.2116-2134.
- Mobasher, M.R., and Mousavi, H. (2004), **Remote sensing of suspended sediments in surface waters using MODIS images**, In Proc. XXth ISPRS Congress, Geo-Imagery Bridging Continent, Istanbul, PP.12-23.
- Nezlin, N.P., DiGiacomo, P.M., Diehl, D.W., Jones, B.H., Johnson, S.C., Mengel, M. J., ... and Wang, M. (2008), **Stormwater plume detection by MODIS imagery in the southern California coastal ocean, Estuarine**, *Coastal and Shelf Science*, 80(1), PP.141-152.
- Petus, C., Marieu, V., Novoa, S., Chust, G., Bruneau, N., & Froidefond, J. M. (2014), **Monitoring spatio-temporal variability of the Adour River turbid plume (Bay of Biscay, France) with MODIS 250-m imagery**, *Continental Shelf Research*, 74, PP.35-49.
- Saldías, G.S., Sobarzo, M., Largier, J., Moffat, C., and Letelier, R. (2012), **Seasonal variability of turbid river plumes off central Chile based on high-resolution MODIS imagery**, *Remote Sensing of Environment*, 123, PP.220-233.