



سنجش از دور

GIS ایران



سال نهم، شماره اول، بهار ۱۳۹۶  
Vol.9, No. 1, Spring 2017

سنجش از دور و GIS ایران  
Iranian Remote Sensing & GIS

۳۷-۴۸

## تعیین مناطق بالقوه صید ماهی در خلیج فارس، با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی

زهره فضیلت‌پور<sup>۱\*</sup>، کاظم رنگزن<sup>۲</sup>، غلامرضا اسکندری<sup>۳</sup>، عظیم صابری<sup>۴</sup>

۱. کارشناس ارشد سنجش از دور و GIS، دانشگاه شهید چمران اهواز
۲. دانشیار، گروه سنجش از دور و GIS، دانشگاه شهید چمران اهواز
۳. استادیار، پژوهشکده آبی‌پروری جنوب کشور
۴. مربی، گروه سنجش از دور و GIS، دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۲/۱۶

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۶/۲۵

### چکیده

محیط دریا فرصت‌های مهمی را برای پیشرفت در زمینه شیلات و بهره‌برداری منابع طبیعی فراهم می‌کند. ماهیگیری منبعی برای تهیه مواد غذایی است و منبعی مهم برای درآمد در ایران شمرده می‌شود. با توجه به نیاز بسیار برای شناسایی میزان توزیع منابع ماهی، اطلاعات به‌دست آمده از ماهواره‌ها نقش مهمی در برنامه‌های کاربردی شیلات ایفا می‌کنند. داده‌های سنجش از دور مربوط به رنگ اقیانوس می‌توانند در کاربردهای بسیاری همچون ماهیگیری تجاری، حمل و نقل دریایی و استخراج معدن در اقیانوس استفاده شوند. با توجه به اینکه تصاویر ماهواره‌ای پوشش مکانی گسترده و تکرار بالایی فراهم می‌کنند، در پیش‌بینی مکان‌های بالقوه ماهیگیری می‌توانند بسیار یاریگر باشند. توان تفکیک طیفی بالای سنجنده مودیس (MODIS) و دارا بودن باندهای حرارتی متعدد آن را به نسبت دیگر سنجنده‌ها در موقعیت ممتازی قرار می‌دهد. اعتبارسنجی تصاویر دمای سطح دریا مربوط به سنجنده مودیس با داده‌های برداشت شده در ایستگاه‌های زمینی با ضریب همبستگی ۰/۸۴ انجام شد. در این تحقیق پس از تهیه لایه‌های دمای سطح آب، ارتفاع سطح دریا، غلظت کلروفیل-a و شیب حرارتی سطح آب، نقشه مکان‌های مستعد صید ماهی در خلیج فارس تهیه شد. روش‌های فازی نمایشی قوی از اجزای مهم تصمیم‌گیری مکانی و همچنین، نمایش مفاهیم مبهم و غیردقیق را فراهم می‌کنند. وزن‌دهی لایه‌ها به روش FAHP صورت گرفت و بیشترین وزن به داده دمای سطح دریا، در جایگاه پارامتر مؤثر در این تصمیم‌گیری داده شد. پس از روی هم‌گذاری لایه‌ها، نتایج ارزیابی دقت نقشه‌های نهایی نشان می‌دهد که ۸۲٪ از میزان صید انجام‌شده در دریا در مکان‌هایی صورت گرفته است که بهترین مناطق در نقشه‌های مناطق مستعد صید شمرده می‌شوند. با صید هدفمند می‌توان بازدهی صید را در زمانی کمتر از زمان کنونی افزایش داد. این امر می‌تواند با ادغام سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی تحقق یابد.

**کلیدواژه‌ها:** شیلات، مناطق مستعد صید، سنجش از دور، MODIS، تحلیل سلسله‌مراتبی فازی.

\* نویسنده عهده‌دار مکاتبات: کیانبارس، خیابان ۱۵ غربی، فاز ۲، پلاک ۴۹، واحد ۴، کدپستی: ۶۱۵۵۸۷۳۶۷۸. تلفن: ۰۹۱۶۷۶۸۱۸۶۱

## ۱- مقدمه

شیلات از منابع مهم مواد غذایی در ایران به‌شمار می‌رود و اهمیت اقتصادی ماهیگیری ضرورت تحقیق در زمینه منابع دریایی را در سواحل فراهم می‌آورد. براساس گزارش مدیر عامل اتحادیه سراسری شرکت‌های تعاونی صیادی ایران در گذشته، یک حواله شناور و سوخت به‌همراه هزینه یخ و نیز غذا برای مدت ده روز در مجموع، یک میلیون و سیصد هزار تومان بود که اکنون این هزینه به بیش از دوبرابر افزایش یافته است و گاه صیادان از پس این هزینه‌ها برنمی‌آیند (خبرگزاری فارس، ۱۳۹۱).

اطلاعات به‌دست‌آمده از ماهواره‌ها نقش مهمی در برنامه‌های کاربردی شیلات ایفا می‌کنند. تکنیک‌های سنجش از دور می‌توانند در تعیین منابع ماهی، مانند دیدن لکه‌های ماهی، به‌صورت مستقیم از هواپیما به‌کار روند؛ همچنین، این تکنیک‌ها می‌توانند به‌طور غیرمستقیم برای پیش‌بینی مکان‌های بالقوه تراکم آبزیان<sup>۱</sup>، از طریق اندازه‌گیری‌های پارامترهای مؤثر در توزیع آبزیان نیز استفاده شوند (Butler et al., 1988).

تا کنون، در زمینه کاربرد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در صنعت شیلات، مطالعات بسیاری در دیگر نقاط جهان انجام شده است. گستردگی تصاویر در دسترس در همه مناطق جهان منجر به توسعه چشمگیری در این زمینه بوده است. پالزنسولا و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۰۴) در اسپانیا، با استفاده از دو پارامتر دمای سطح آب دریافت‌شده از AVHRR و غلظت کلروفیل از ماهواره SeaWiFS، آبزیان در آب‌های منطقه گالیسیا (اقیانوس اطلس) را مطالعه کردند. آنها در نهایت، با روی هم‌گذاری لایه‌ها با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و تطبیق داده‌ها با نمونه‌برداری‌های محلی، سیستم پیش‌بینی را برای ماهیگیری در این منطقه راه‌اندازی کردند. سولانکی و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۰۵) در هند، با استفاده از غلظت کلروفیل مشتق‌شده از سنجنده OCM و دمای سطح دریای مشتق‌شده از سنجنده AVHRR، مناطق بالقوه صید ماهی را با هدف مشاوره‌دادن به صیادان در

سواحل گجرات پیش‌بینی کردند. آنها براساس واحد CPUe (میزان صید در واحد سطح) میزان پیش‌بینی خود را به‌نسبت داده‌های زمینی اعتبارسنجی کردند. این کار در زمینه صید و کاهش زمان جستجو، تا ۷۰٪، و نیز افزایش میزان صید کمک فراوانی به افراد فعال در زمینه صید و ماهیگیری کرد. چیفتچی<sup>۴</sup> (۲۰۰۵)، در ترکیه، تصاویر دو سنجنده مودیس<sup>۵</sup> و SeaWiFS را به‌کار برد. وی نخست، با استفاده از داده‌های دمای سطح دریا و کلروفیل-a، داده‌های زمینی را اعتبارسنجی کرد. دقت داده‌های مودیس در این مرحله بالاتر از SeaWiFS است. سپس با روی هم‌گذاری تصاویر و استفاده از روش فازی، مناطق مطلوب برای گونه آنچوی<sup>۶</sup> در دریای سیاه را تعیین کرد.

هدف از مطالعه تعیین مناطق بالقوه برای آبزیان، به‌منظور کاهش هزینه‌های صید ماهی و در نتیجه، رسیدن به منابع دریایی با کمترین هزینه، به‌کمک ادغام سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی است. با توجه به اثر مستقیم غلظت کلروفیل و دمای سطح دریا در ماهی، از این دو پارامتر در این مطالعه استفاده شد. همچنین نقشه‌های ارتفاع سطح دریا نیز به‌کار رفت. دقت دمای سطح دریا از سنجنده مودیس Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer به‌نسبت اندازه‌گیری‌های محلی ارزیابی شد.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- معرفی منطقه مورد مطالعه

خلیج فارس (شکل ۱) آبراهی است که در امتداد دریای عمان و در میان ایران و شبه‌جزیره عربستان قرار دارد. موقعیت جغرافیایی آن ۲۴ تا ۳۰ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ تا ۵۶ درجه و ۲۵ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ است. خلیج فارس با تنگه هرمز به دریای عمان

- |  |                      |
|--|----------------------|
| 1. potential fishing zone                                | 2. Palenzuela et al. |
| 3. Solanki et al.  | 4. ÇiFTÇ             |
| 5. MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) | 6. Anchovy           |

در حدود ۹۰ گونه از ۲۱۵ گونه ماهی که در خلیج فارس دیده شده‌اند در شرق و جنوب اقیانوس هند نیز دیده می‌شود (کانون پژوهش‌های خلیج فارس، ۱۳۹۱).

## ۲-۲- تصاویر مورد استفاده در پژوهش

مودیس اسکتری نوری است که روی ماهواره‌های ترا و آکوا<sup>۱</sup> قرار دارد. ماهواره ترا در ۱۸ دسامبر ۱۹۹۹ و آکوا در ۴ می ۲۰۰۲ راه‌اندازی شدند (CİFTÇ, 2005). در هر دو مأموریت ترا و آکوا، سنجنده مودیس برای تهیه هم‌زمان داده‌های زمین، اقیانوس و فرایندهای جوی استفاده می‌شد. این سنجنده دارای ۳۶ باند با قدرت تفکیک مکانی در محدوده ۲۵۰ متر تا ۱ کیلومتر است (علوی‌پناه، ۱۳۸۵).

برای انجام‌دادن این پژوهش، نخست به گردآوری و مطالعه منابع علمی و کتابخانه‌ای اقدام شد. سپس با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مودیس (شکل ۲) در دوره یک سال (از تیر ۱۳۹۰ تا خرداد ۱۳۹۱) و داده‌های آماری، میزان صید در سه منطقه بحرکان و خور موسی و بوسیف، در محدوده استان خوزستان، لایه‌های رقمی لازم منطقه در محیط نرم‌افزار ArcGIS تهیه شد.

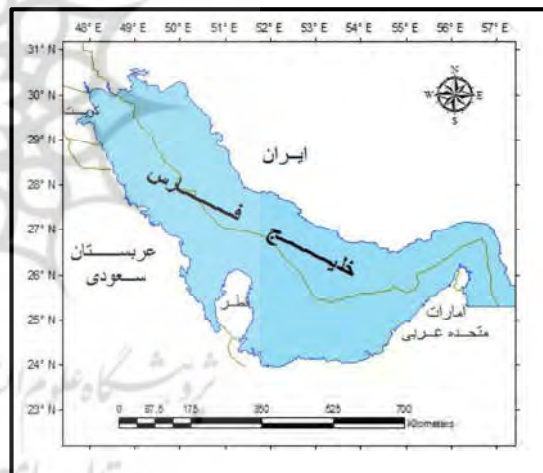


شکل ۲. تصویر ماهواره‌ای خلیج فارس از سنجنده مودیس؛

۱۷ آذر ۱۳۸۶

و از طریق آن به دریاهای آزاد ارتباط دارد. رودخانه‌های اروند، کارون، جراحی، مند، دالکی و میناب بزرگ‌ترین و پرآب‌ترین رودخانه‌هایی‌اند که به آن می‌ریزند و بیشتر سرچشمه‌های آن‌ها در کوه‌های زاگرس قرار دارد.

آب‌وهوای خلیج فارس خشک و نیمه‌استوایی است. در تابستان، دما گاهی تا ۵۰ درجه سانتیگراد می‌رسد و میزان تبخیر بیشتر از میزان آب‌های وارد به آن می‌شود. در زمستان، دما تا ۳ درجه سانتیگراد هم گزارش شده است. میزان بارندگی در سواحل جنوبی کمتر از ۵ سانتیمتر در سال و در سواحل شمالی بین ۲۰ تا ۵۰ سانتیمتر در سال است. شوری بیشتر خلیج فارس در مقایسه با اقیانوس موجب پیدایش جریان آبی از اقیانوس هند به این خلیج می‌شود که به موازات ساحل ایران و در جهت پادساعتگرد است (پارساپور، ۱۳۹۱).



شکل ۱. منطقه مورد مطالعه

## اهمیت اقتصادی - شیلاتی خلیج فارس: خلیج

فارس طی سده‌های اخیر، از نظر استراتژیکی و مسائل منطقه‌ای و بین‌المللی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار شده است و بیشترین اهمیت آن به مسائل اقتصادی بازمی‌گردد. اهمیت دیگر آن به دلیل منابع غنی معدنی و غذایی این منطقه و کشورهای حاشیه است. در این منطقه گونه‌های متنوع ماهی‌های خوراکی و تزئینی فراوان یافت می‌شود. مطابق اسنادی که در دست است،

مورد استفاده ماهیگیران قرار می‌گیرد. ماهی‌های سطح‌زی دریایی مانند زرده، خارو و سارم ویژگی‌های خاصی برای آب با محدوده دمایی خاص دارند. این مسئله برای محدوده دمایی افقی و عمودی صدق می‌کند اما ماهیگیران ساحلی، زمانی که در جستجوی ماهی‌اند، بیشتر به دمای افقی یا سطحی توجه می‌کنند. دمای سطح آب را می‌توان روی نقشه‌های دمایی نشان داد؛ همچنین می‌توان آن را از نقشه‌های ارتفاع سطح دریا استنباط کرد (Beverly & Choi, 2011).

**رنگ سطح دریا:** نقشه‌های سنجش از دور مربوط به رنگ سطح دریا از سنجنده مودیس به دست می‌آیند. رنگ سطح دریا فراوانی یا نبود کلروفیل-a را آشکار می‌کند که این امر شاخص حضور فیتوپلانکتون به شمار می‌رود. فیتوپلانکتون تولیدکننده اولیه اصلی در اقیانوس است. جلبک‌های پلانکتونی مورد استفاده نور خورشید و مواد مغذی، همراه با کلروفیل-a، برای فتوسنتز (تهیه غذا برای رشد و تولیدمثل). بسیاری از موجودات زنده دیگر در دریا برای رشد و تولیدمثل به این رشد مستقیم و غیرمستقیم وابسته‌اند (Ibid.).

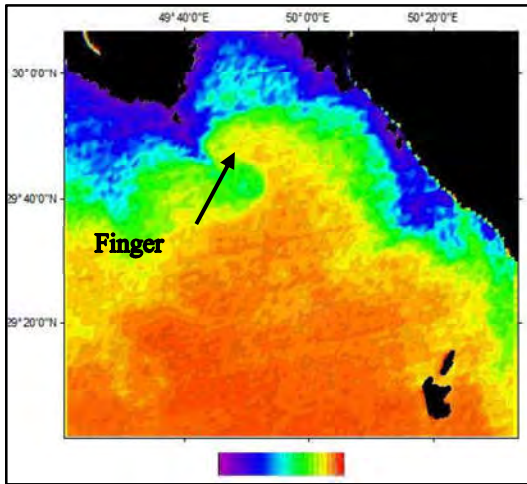
**مناطق قدامی (جبهه‌ها):** دو مورد از ویژگی‌های سطح دریا که ممکن است مورد علاقه ماهیگیران ساحلی باشند و روی نقشه‌های دمای سطح دریا و ارتفاع سطح دریا نشان داده می‌شوند، جبهه‌ها و گرداب‌ها (جریان مخالف) به شمار می‌روند. جبهه، که

تصاویر سطح ۳ مودیس، مربوط به دمای سطح دریا و غلظت کلروفیل، از سایت ناسا و نقشه‌های ارتفاع سطح دریا نیز از سایت سازمان هواشناسی امریکا دریافت شد و سپس در محیط نرم‌افزار ArcGIS رقومی گردید. همچنین نقشه‌های شیب حرارتی نیز از نقشه دمای سطح دریا به دست آمد.

### شاخص‌های مؤثر در تعیین مناطق مستعد صید

در این پژوهش، چهار شاخص و معیار مؤثر در تعیین مناطق مستعد صید آبزیان از منابع گوناگونی گردآوری و استخراج شده‌اند که در ادامه به هریک از آنها اشاره می‌شود (شکل ۳).

**دمای سطح دریا:** دمای سطح دریا دمای آب نزدیک به سطح اقیانوس است. معنای دقیق سطح با توجه به روش اندازه‌گیری استفاده می‌شود، که بین ۱ میلی‌متر تا ۲۰ متر زیر سطح دریاست (Barale et al., 2010). دمای سطح دریا به‌طور منظم از طریق ماهواره‌ها برای تمامی اقیانوس‌های جهان نظارت می‌شود و نقشه‌های دمای سطح دریای جهانی برای استفاده به‌دست اقیانوس‌شناسان و زیست‌شناسان شیلات تولید می‌شود. دمای سطح دریا یکی از پارامترهای محیطی بسیار مهم است که برای مکان‌یابی مناطق ماهیگیری مناسب،



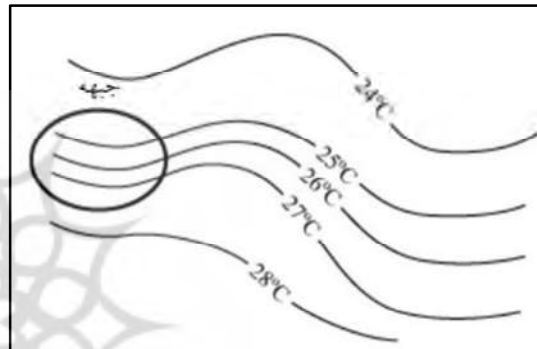
شکل ۵. نقشه دمای سطح دریا (منطقه شمال غرب خلیج فارس) در شکل نشان داده شده که یک فینگر، به صورت جریانی جداگانه، به داخل آب‌های سردتر وارد شده است.

( $+30$  سانتی‌متر) جریان یابد؛ این نقطه «بالا» نامیده می‌شود. گاهی نیز تمایل دارد به سمت ناهنجاری‌های منفی ( $-30$  سانتی‌متر) باشد که به این نقطه «پایین»<sup>۵</sup> می‌گویند. اما آب از یک خط راست و از یک مکان به مکان دیگر جریان ندارد. این تبدیل و الگوی چرخشی «گرداب» نام دارد. گرداب‌ها تحت تأثیر نیروی کوریولیس بوجود می‌آیند.

## ۲-۳- ضریب همبستگی

ضریب همبستگی ابزاری آماری برای تعیین نوع و درجه رابطه متغیری کمی با متغیر کمی دیگر است و یکی از معیارهای مورد استفاده در تعیین همبستگی دو متغیر محسوب می‌شود. ضریب همبستگی شدت رابطه و نیز نوع رابطه (مستقیم یا معکوس) را نشان می‌دهد. این ضریب بین ۱ تا -۱ است و در نبود رابطه بین دو متغیر، برابر با صفر است. همبستگی بین دو متغیر

«شکستگی» نیز نامیده می‌شود، شیبی سریع در دمای سطح آب یا ارتفاع سطح آب است. دمای سطح دریا در نقشه به‌منزله خط اتصال منطقه با درجه حرارت یکسان (منحنی میزان) نشان داده می‌شود. این خطوط «هم‌دما»<sup>۴</sup> نامیده می‌شوند. اگر خطوط هم‌دما روی نقشه دور از هم باشند، آن وقت است که گرادیان حرارتی دارای شیب کم خواهد بود. اگر خطوط هم‌دما با هم بسته شوند، گرادیان حرارتی زیاد یا تیز است که وجود جبهه را نشان می‌دهد (شکل ۴).



شکل ۴. خطوط هم‌دما و جبهه دمایی

نوع خاصی از جبهه‌ها وجود دارد که گسترش آنها به صورت یک انگشت است (شکل ۵). در حقیقت، ماهیگیران این نوع جبهه‌ها را «فینگر»<sup>۲</sup> می‌نامند. برخی اوقات فینگر ممکن است از جبهه اصلی جدا شود و به شکل حباب، با آب‌هایی با دمای متفاوت، دربر گرفته شود. فینگر می‌تواند مکان خوبی برای ماهی‌ها، به‌ویژه ماهی‌های سطحی باشد (Ibid.).

## ناهنجاری‌های ارتفاع سطح دریا و گرداب‌ها<sup>۳</sup>:

ناهنجاری‌های ارتفاع سطح دریا مناطقی در اقیانوس‌اند که در آن سطح دریا، مستقل از نوسان‌های جزر و مد طبیعی، بالاتر یا پایین‌تر از سطح مورد انتظار در دریا می‌رود. این تفاوت‌ها موجب گرم‌شدن، سردشدن و چرخش می‌شوند. به‌نظر می‌رسد اختلاف ارتفاع اندک در سطح دریا ( $\pm 30$  سانتی‌متر) شامل حجم بسیاری از آب است. گاه آب تمایل دارد دور از ناهنجاری‌های مثبت

1. IsoTherm
2. finger
3. sea surface height anomalies and eddies
4. high spot
5. low spot

ماتریس مقایسه زوجی به صورت زیر خواهد بود:

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{a}_{12} & \dots & \tilde{a}_{1n} \\ \tilde{a}_{21} & 1 & \dots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad \text{رابطه (۲)}$$

که این ماتریس شامل اعداد فازی زیر است:

رابطه (۳)

$$\tilde{a}_{ij} = \begin{cases} 1 & i = j \\ \{\tilde{1}, \tilde{3}, \tilde{5}, \tilde{7}, \tilde{9} \text{ or } \tilde{1}^{-1}, \tilde{3}^{-1}, \tilde{5}^{-1}, \tilde{7}^{-1}, \tilde{9}^{-1}\} & i \neq j \end{cases}$$

اگر کمیته تصمیم‌گیرنده دارای چندین تصمیم‌گیرنده باشد، درایه‌های ماتریس مقایسه زوجی جامع که در روش تحلیلی سلسله‌مراتبی فازی به کار می‌رود، یک عدد فازی مثلثی است که مؤلفه نخست آن کمترین میزان نظرسنجی‌ها، مؤلفه دوم آن میانگین نظرسنجی‌ها و مؤلفه سوم آن بیشینه نظرسنجی‌هاست. مرحله ۴. محاسبه  $S_i$  برای هریک از سطرهای

ماتریس مقایسه زوجی

$S_i$  که خود یک عدد فازی مثلثی است، از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gj}^j \times \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} \quad \text{رابطه (۴)}$$

که در این رابطه،  $i$  بیانگر شماره سطح و  $j$  بیانگر شماره ستون است.  $M_{gj}^j$  در این رابطه، اعداد فازی مثلثی ماتریس‌های مقایسه زوجی است. مقادیر  $\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1}$ ،  $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j$ ،  $\sum_{j=1}^m M_{gj}^j$  را می‌توان به ترتیب از روابط زیر محاسبه کرد:

رابطه (۵)

$$\sum_{j=1}^m M_{gj}^j = \left( \sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right)$$

رابطه (۶)

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j = \left( \sum_{i=1}^m l_i, \sum_{i=1}^m m_i, \sum_{i=1}^m u_i \right)$$

رابطه (۷)

$$\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} = \left( \frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right)$$

در روابط بالا،  $l_i$  و  $m_i$  و  $u_i$  به ترتیب مؤلفه‌های اول تا سوم اعداد فازی‌اند.

مرحله ۵. محاسبه درجه بزرگی  $S_i$  ها در مقایسه با همدیگر

تصادفی  $X$  و  $Y$  به صورت زیر تعریف می‌شود (مؤمنی و فعال قیومی، ۱۳۸۹):

رابطه (۱)

$$\text{Corr}(X, Y) = \frac{\text{Cov}(X, Y)}{\sigma_X \sigma_Y} = \frac{E[(X - \mu_X)(Y - \mu_Y)]}{\sigma_X \sigma_Y}$$

که در آن  $E$  عملگر امید ریاضی،  $\text{Cov}$  به معنای کوواریانس،  $\text{Corr}$  نماد معمول برای همبستگی و  $\sigma$  (سیگما) نماد انحراف معیار است.

## ۲-۴- روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (FAHP)

مهم‌ترین دلایل استفاده از روش فازی یا ترکیبی فازی و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی، در مقایسه با تحلیل فرایند سلسله‌مراتبی کلاسیک، آن است که در روش تحلیل فرایند سلسله‌مراتبی کلاسیک، اعتبار مقایسه‌های دوجه‌دوی انجام گرفته با اعداد قطعی بیان می‌شد (Saaty, 1980). البته با توجه به شرایط، همیشه ممکن نیست نظر کارشناسان قطعی و دقیق باشد که این نبود قطعیت را می‌توان با منطق فازی نشان داد (Jiang & Eastman, 2000; Bellman & Lofzizadeh, 1970). دقیق‌تر اینکه، در مطالعه حاضر اگر به جای روش FAHP از روش AHP استفاده می‌شد، مقایسه دو شاخص از میان شاخص‌های موجود به یک اندازه بود. در صورتی که همواره این چنین نیست؛ هر شاخص ممکن است، با توجه به شرایط زمانی و مکانی، اهمیتی کمتر یا بیشتر از شاخص دیگر داشته باشد. درحقیقت، آنچه منطق فازی انجام می‌دهد تبدیل دانش بشری در چارچوب روابط ریاضی است.

مراحل روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی به روش چانگ<sup>۱</sup> به شرح زیر است (عطایی، ۱۳۸۹):

مرحله ۱. رسم نمودار سلسله‌مراتبی

مرحله ۲. تعریف اعداد فازی به منظور انجام دادن

مقایسه‌های زوجی

مرحله ۳. تشکیل ماتریس مقایسه زوجی ( $\tilde{A}$ ) با

به‌کارگیری اعداد فازی

1. Chang

برای محاسبه بردار وزن نهایی، باید بردار وزن محاسبه شده در مرحله پیشین را نرمالیزه کرد.

بنابراین:

رابطه (۱۲)

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T$$

### ۳- بحث و نتایج

#### ۳-۱- اعتبارسنجی تصاویر دمای سطح

##### دریاسنجندۀ مودیس

تصاویر دمای سطح دریای دریافت شده با فرمت L2\_LAC\_SST بودند که با استفاده از نرم افزار OceanColor، نصب شده روی ENVI4.8، به کار رفتند. به

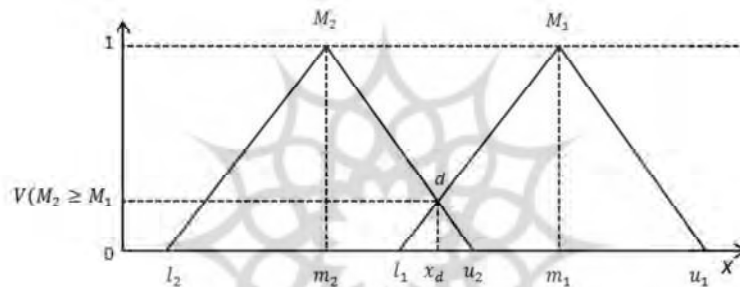
به طور کلی اگر  $M_1 = (l_1, m_1, u_1)$  و  $M_2 = (l_2, m_2, u_2)$  دو عدد فازی مثلثی باشند، طبق شکل ۶، درجه بزرگی  $M_1$  به نسبت  $M_2$  به صورت زیر تعریف می شود:

رابطه (۸)

$$V(M_2 \geq M_1) = hgt$$

$$(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) =$$

$$\begin{cases} 1 & \text{if } m_2 \geq m_1 \\ 0 & \text{if } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & \text{otherwise} \end{cases}$$



شکل ۶. درجه بزرگی دو عدد فازی در مقایسه با یکدیگر

این علت که تصاویر اعوجاج هندسی دارند، با استفاده از نقاط کنترل، تصحیحات هندسی روی تصاویر اعمال شد.

داده های مورد استفاده در این پژوهش تصاویر دمای سطح دریا و نمونه برداری های دمای سطح دریا از مناطق شمال خلیج فارس است. این داده ها را «مرکز تحقیقات آبی پروری جنوب کشور» در پنج مرکز گردآوری کرد. داده های میدانی برای سنجش اعتبار الگوریتم به کاررفته در تصاویر ماهواره ای در منطقه شمال خلیج فارس استفاده شده اند. مختصات نقاط نمونه برداری از دمای سطح دریا که با استفاده از GPS برداشت شده، وارد نرم افزار شد و با قراردادن تصویر روی نقاط مورد نظر، عدد پیکسل مربوط به ایستگاه اندازه گیری به دست آمد.

پارامترهای آماری مانند میانگین، میانه و فاصله از میانه برای هر پنج مرکز محاسبه شدند. ضریب همبستگی برای تعیین میزان همبستگی بین داده های

از دیگر سو، میزان بزرگی یک عدد فازی مثلثی از  $K$  عدد فازی مثلثی دیگر با رابطه زیر حاصل می شود:

رابطه (۹)

$$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = V[(M \geq M_1) \text{ and } (M \geq M_2) \text{ and } \dots \text{ and } (M \geq M_k)] = \min V(M \geq M_i), \quad i = 1, 2, 3, \dots, K$$

مرحله ۶. محاسبه وزن معیارها و گزینه ها در ماتریس های مقایسه زوجی

بدین منظور، از رابطه زیر استفاده می شود:

رابطه (۱۰)

$$d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k) \quad k = 1, 2, \dots, n, \quad k \neq i$$

بنابراین، بردار وزن نرمالیزه نشده به صورت زیر خواهد بود:

رابطه (۱۱)

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \quad A_i (i = 1, 2, \dots, n)$$

مرحله ۷. محاسبه بردار وزن نهایی

وارد شد. سپس براساس بهترین شرایط زیستی آبزیان در مرحله صید، تمامی نقشه‌ها و تصاویر فازی شدند (شکل ۷). در این فرایند، داده‌های مورد استفاده برای مکان‌یابی که پیش از فازی کردن به صورت گسسته بودند و قطعیت لازم را نداشتند، با استفاده از منطق فازی به داده‌های پیوسته تبدیل شدند. در واقع، منطق فازی راه‌حلی برای تبدیل کردن داده‌های گسسته به داده‌های پیوسته است. در نقشه‌های حاصل، هر پیکسل ارزشی بین ۰ تا ۱ به صورت اعداد فازی دارد. پس از تبدیل نقشه‌های اولیه به نقشه‌های فازی، لایه‌ها با استفاده از روش جمع وزنی که در روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی محاسبه شده‌اند (جدول ۲)، با هم ترکیب شدند و سرانجام نقشه نهایی به دست آمد.

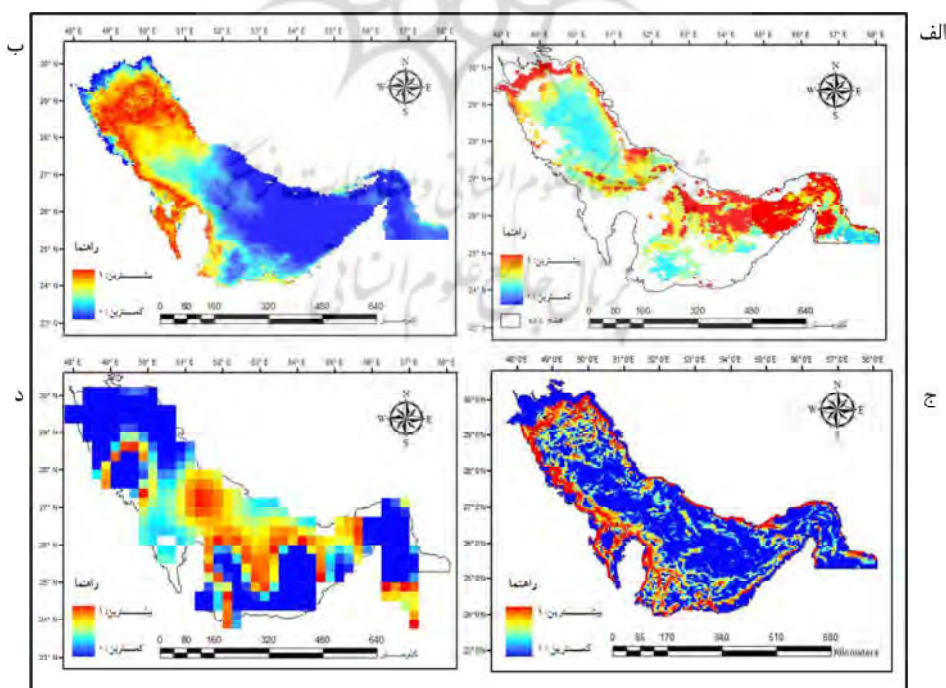
میدانی و تصویر ماهواره‌ای نیز محاسبه شد. ضریب همبستگی حاصل بین داده‌های ماهواره‌ای و اندازه‌گیری‌های سطح دریا ۰/۸۴ است (جدول ۱). این جدول میزان بالای دقت الگوریتم جهانی در این منطقه را نشان می‌دهد. با اطمینان می‌توان از داده‌ها برای موارد گوناگون، همچنین پیش‌بینی‌های لازم در مدیریت سواحل و مناطق بالقوه ماهیگیری استفاده کرد.

### ۳-۲- تعیین مناطق بالقوه صید آبزیان با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی

در این پژوهش، پس از صحت‌سنجی تصاویر دمای سطح دریا، لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز در محیط نرم‌افزار ArcGIS با پیکسل اندازه ۰/۰۴۱ × ۰/۰۴۱

جدول ۱. پارامترهای آماری دمای سطح دریا، محاسبه شده برای کل منطقه

تصویر	دریا	میانگین
۲۳/۸۴	۲۵/۰۱	میانگین
۲۶/۸۷	۲۷	میانه
۸/۵۶	۶/۶۴	فاصله از میانه
۰/۸۴		ضریب همبستگی

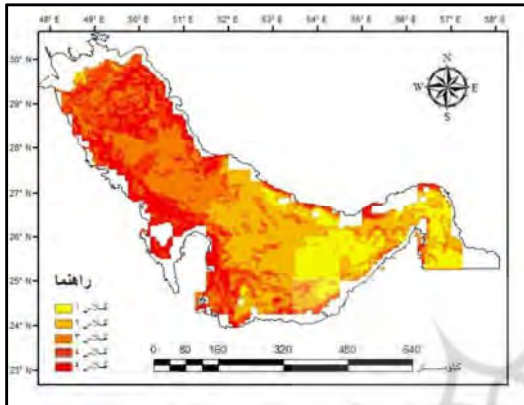


شکل ۷. (الف) تصاویر دمای سطح دریا؛ (ب) غلظت کلروفیل؛ (ج) نقشه‌های ارتفاع سطح دریا؛ (د) شیب حرارتی، براساس توابع عضویت فازی؛ ۲۹-۱۹ آبان ۱۳۹۰؛ خلیج فارس



جدول ۲. مقایسه زوجی و وزن لایه‌های به‌دست‌آمده از روش FAHP

وزن فازی AHP	غلظت کلروفیل	دمای سطح دریا	شیب حرارتی	ارتفاع سطح دریا	
۰/۱۲	(۲,۳/۲,۱)	(۳/۲,۱,۱/۲)	(۲,۳/۲,۱)	(۱,۱,۱)	ارتفاع سطح دریا
۰/۲۹۷۵	(۵/۲,۲,۳/۲)	(۳,۵/۲,۲)	(۱,۱,۱)	(۳,۵/۲,۲)	شیب حرارتی
۰/۳۹۷۱	(۳,۵/۲,۲)	(۱,۱,۱)	(۵/۲,۲,۳/۲)	(۷/۲,۳,۲/۵)	دمای سطح دریا
۰/۱۵۸۴	(۱,۱,۱)	(۵/۲,۲,۳/۲)	(۲,۳/۲,۱)	(۵/۲,۲,۳/۲)	غلظت کلروفیل



شکل ۸. مناطق مستعد صید؛ آبان ۱۳۹۰

باید تغییر کند) دسته‌بندی شدند، با منطبق کردن نقاط صید در همان تاریخ روی نقشه‌ها و استخراج میزان صید آن‌ها، از ۱۶۵ نقطه صید نزدیک به ۸۰٪ نقاط در کلاس ۳ و ۴ و ۵ و درواقع بهترین کلاس‌ها قرار گرفته بودند. همچنین میزان صید این نقاط، در این سه کلاس، برابر با ۶۰۹۵ کیلوگرم بود که حدود ۸۲٪ از کل صید را شامل می‌شود (جدول ۳).

در این زمینه، هر لایه هر قدر وزن نهایی بیشتری داشته باشد، دارای ارزش بیشتری است. به گفته دیگر، هرچه ارزش لایه اطلاعاتی به ۱ نزدیک‌تر باشد، ارزش بیشتری دارد (Malczewski, 1999).

تصاویر پردازش‌شده دمای سطح آب، غلظت کلروفیل، ارتفاع سطح دریا و شیب دما با میزان اهمیت هریک ارزیابی می‌شود. این پژوهش وابسته به دانش و به‌روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی انجام می‌شود. باین‌حال، انواع گوناگونی از نتایج را می‌توان با استفاده از توابع متفاوت عضویت و پارامترهای متفاوت تابع عضویت به‌دست آورد. با ادغام تصاویر دمای سطح آب، غلظت کلروفیل، ارتفاع سطح دریا و نقشه شیب دما نقشه نهایی حاصل شد که در شکل ۸ نمایش داده می‌شود.

### ۳-۳- ارزیابی دقت نقشه‌های مناطق مستعد صید

پس از اینکه نقشه‌های تهیه‌شده نهایی به پنج کلاس اگر تغییر کرد در جاهای دیگر هم

جدول ۳. نتایج آماری بررسی دقت نقشه‌های مناطق مستعد صید

ردیف کلاس	محدوده	تعداد نقاط صید	درصد تعداد نقاط صید	میزان صید (کیلوگرم)	درصد میزان صید
کلاس ۵	۰/۷۸۸-۰/۴۹۵	۴۴	٪۲۶/۶۶	۲۰۴۵	٪۲۷/۴۷
کلاس ۴	۰/۳۳۴-۰/۴۹۵	۴۳	٪۲۶/۰۶	۲۳۹۳	٪۳۲/۱۵
کلاس ۳	۰/۲۰۱-۰/۳۳۴	۴۴	٪۲۶/۶۶	۱۶۵۷	٪۲۲/۲۶
کلاس ۲	۰/۰۸۵-۰/۲۰۱	۱۵	٪۹/۰۹	۶۴۴	٪۸/۶
کلاس ۱	۰-۰/۰۸۵	۱۹	٪۱۱/۵۱	۷۰۴	٪۹/۴
جمع کل	-	۱۶۵	٪۱۰۰	۷۴۴۳	٪۱۰۰

#### ۴- نتیجه گیری

براساس مطالعات انجام شده دمای سطح دریا، کلروفیل a- و نقشه ناهنجاری های سطح دریا از مؤثرترین عوامل در تعریف زیستگاه آبزیان به شمار می روند. این پارامترها برای خلیج فارس از تیر ۱۳۹۰ تا خرداد ۱۳۹۱ بررسی شدند.

با توجه به مقیاس بزرگ مورد نیاز برای تعیین مکان های بالقوه، ادغام سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی ابزاری مؤثر در برنامه های کاربردی شیلات است. افزون بر این، ترکیبی از GIS و سیستم های تصمیم گیری فازی برای ادغام داده های جغرافیایی ضرورت دارد. روش تحلیل سلسله مراتبی فازی به کاررفته برای تولید نقشه های مناطق مستعد صید روشی مطمئن محسوب می شود.

نتایج ارزیابی دقت نقشه های نهایی نشان می دهد بیشترین میزان صید در مکان هایی است که در کلاس های بالایی نقشه های به دست آمده قرار گرفته و این به اندازه ۸۲٪ کل صید از داده های میدانی است. با صید هدفمند می توان، در زمانی کمتر از زمان کنونی، بازدهی صید را بالا برد. این امر می تواند با ادغام سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی تحقق یابد.

نتایج حاصل از این پژوهش که مربوط به مکان یابی مناطق مطلوب، به منظور صید در طول سال است می تواند دو نوع استفاده داشته باشد؛ یکی درک رابطه ذخایر ماهی با دمای سطح دریا، غلظت کلروفیل و ناهنجاری های سطح دریا و دوم، پیش بینی مکان های بالقوه صید با هدف کاهش زمان جستجوی آبزیان در دریا. با توجه به این واقعیت که هزینه های سوخت و ماندن در دریا بالاست، پیش بینی مکان های بالقوه صید ماهی بسیار اهمیت دارد. افزون بر این، ناوگان های دریایی می توانند به این روش و با کاهش هزینه های خود، میزان سود خود را افزایش دهند.

#### ۵- منابع

پارسپور، ر.، ۱۳۹۱، جغرافیای دریای پارس (خلیج فارس)

<http://www.persiangulfstudies.com/fa/index.asp?p=pages&ID=166&Sub=164>

خبرگزاری فارس، ۱۳۹۱، افزایش ۳۰ درصدی صید ماهی / فقدان امنیت و حمایت مالی، بزرگ ترین چالش

<http://www.farsnews.com/newstext.php?nn=13910923000570>

عطایی، م.، ۱۳۸۹، تصمیم گیری چندمعیاره فازی، شاهرود، دانشگاه صنعتی شاهرود.

علوی پناه، س.ک.، ۱۳۸۵، سنجش از دور حرارتی و کاربردهای آن در علوم زمین، تهران، دانشگاه تهران.

کانون پژوهش های خلیج فارس، ۱۳۹۱، اقتصاد خلیج فارس

<http://www.persiangulfstudies.com/fa/index.asp?p=pages&ID=607&Sub=164>

مؤمنی، م.، فعال قیومی، ع.، ۱۳۸۹، تحلیل های آماری با استفاده از SPSS، تهران، کتاب نو.

Barale, V., Gower, J.F.R. & Alberotanza, L., 2010, **Oceanography from Space, Revisited**, Springer.

Bellman, R.E. & Lotfizadeh, A., 1970, **Decision-Making in a Fuzzy Environment**, Management science, 17(4), PP. 141-164.

Beverly, S. & Choi, Y., 2011, **A Beginner's Guide to Using Remote Sensing for Offshore Tuna Fishing**, Secretariat of the Pacific Community Nearshore Fisheries Development Section, Noumea, New Caledonia. PP. 1-8.

Butler, M.J.A., Mouchot, M.-C., Barale, V. & LeBlanc, C., 1988, **The Application of Remote Sensing Technology to Marine Fisheries: An Introductory Manual**, Food & Agriculture Org, PP. 165.

ÇİFTÇİ, N., 2005, **Determination of Potential Favorable Zones for Pelagic Fish Aggregation (Anchovy) in the Black Sea Using RS and GIS**, Middle East Technical University, PP. 5, 10-13.

Jiang, H. & Eastman, J.R., 2000, **Application of Fuzzy Measures in Multi-Criteria Evaluation in GIS**, International Journal of Geographical Information Science, 14(2), PP. 173-184.

Malczewski, J., 1999, **GIS and Multicriteria Decision Analysis**, John Wiley & Sons, P. 13.

Palenzuela, J., Iglesias, G.M. & Vilas, L.G., 2004, **Pelagic Fisheries Study Using GIS and Remote Sensing Imagery in Galicia (Spain)**, ICES CM.

Saaty, T.L., 1980, **Mathematical Models for Decision Support**, Springer, PP. 109-121.

Solanki, H.U., Mankodi, P.C., Nayak, S.R. & Somvanshi, V.S., 2005, **Evaluation of Remote-Sensing-Based Potential Fishing Zones (PFZs) Forecast Methodology**, Continental Shelf Research, 25(18), PP. 2163-2173.

