Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics

Print ISSN: 2345-427X
Online ISSN: 2345-4288

Virtual monitoring and surveillance of Industrial trawlers in the northern Persian Gulf using VMS data modeling

Ayoob Solaimani[1], Moslem Daliri[*2], Ehsan Kamrani[3], Shahram Golzari-Hormozi[4]

1. Ph.D. Graduate of Fisheries, Faculty of Marine Sciences and Technology, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran. E-mail: aiobsolimani85@yahoo.com
2. Corresponding Author, Assistant Prof., Dept. of Fisheries, Faculty of Marine Sciences and Technology, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran. E-mail: daliri@hormozgan.ac.ir
3. Professor, Dept. of Fisheries, Faculty of Marine Sciences and Technology, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran. E-mail: kamrani@hormozgan.ac.ir
4. Associate Prof., Dept. of Electrical and Computer Engineering, Faculty of Engineering, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran. E-mail: golzari@hormozgan.ac.ir

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 07.24.2023
Revised: 08.13.2023
Accepted: 08.18.2023

Keywords:
Ecosystem-based approach,
Fishing technology,
Persian Gulf,
Sustainable fisheries management,
Trawl

ABSTRACT

Using technologies, such as the Vessel Monitoring System (VMS), has currently been rising to promote industrial fisheries surveillance worldwide. Therefore, this study was aimed to modeling VMS data of industrial trawlers of Cutlassfish in the northern Persian Gulf (Hormozgan) between 2017 to 2019. A total of 58904 received VMS signal were provided (for 8 Kish class trawlers) from the Iranian Fisheries Organization (IFO). After arranging and loading data in R software, a database was constructed by using Structured Query Language (SQL). During the data quality review process, 50.13% of the signals were recognized and deleted as error signals. Thereafter, the numbers of fishing cruises were estimated for the trawlers and their route maps were prepared. For Mapping the fishing effort and trawling intensity: (1) interpolation of VMS data was performed by using the Catmull-Rom modified technique and (2) trawling was located based on the range of towing speed (2-8 km/h). Fishing effort maps revealed that spatial distribution of towing in 2017 and 2019 has been more limited compared to 2018. Against, trawling intensity is the same in this period and the east of Greater Tunb Island is hotspot. Modelling of VMS data is distinctive feature of the present paper which has been conducted for the first time in Iranian marine waters. Therefore, our results could be helpful to promote monitoring and surveillance of fisheries activities in the Persian Gulf region.

Cite this article: Solaimani, Ayoob, Daliri, Moslem, Kamrani, Ehsan, Golzari-Hormozi, Shahram. 2024. Virtual monitoring and surveillance of Industrial trawlers in the northern Persian Gulf using VMS data modeling. *Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics*, 13 (3), 75-89.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/japu.2023.21598.1803
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان

شاپا چاپی: ۲۳٤٥-٤۲۷X
شاپا آنلاین: ۲۳٤٥-٤۲۸۸

پایش و نظارت مجازی ترالرهای صنعتی در شمال خلیج‌فارس با استفاده از مدل‌سازی داده‌های VMS

ایوب سلیمانی[۱]، مسلم دلیری*[۲]، احسان کامرانی[۳]، شهرام گلزاری‌هرمزی[٤]

۱. دانش‌آموخته دکتری شیلات- تولید و بهره‌برداری، صید، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران. رایانامه: aiobsolimani85@yahoo.com

۲. نویسنده مسئول، استادیار گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران. رایانامه: daliri@hormozgan.ac.ir

۳. استاد گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران. رایانامه: kamrani@hormozgan.ac.ir

٤. دانشیار گروه مهندسی برق و الکترونیک، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران. رایانامه: golzari@hormozgan.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۲/۰٥/۰۲
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۲/۰٥/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۲/۰٥/۲۷

واژه‌های کلیدی:
ترال،
تکنولوژی صید،
خلیج‌فارس،
رویکرد اکوسیستم محور،
مدیریت صید پایدار

چکیده

امروزه به‌دلیل روند رو به رشد بهره‌برداری ناپایدار از ذخایر آبزیان، استفاده از تکنولوژی در پایش فعالیت‌های صید صنعتی مانند سیستم پایش ناوگان صیادی (VMS) امری رایج است. بنابراین پژوهش حاضر با هدف مدل‌سازی داده‌های VMS مخابره شده از ترالرهای صید صنعتی ماهی یال‌اسبی در آب‌های استان هرمزگان در طول سال‌های ۹۸-۱۳۹٦ انجام شد. برای این منظور اطلاعات فعالیت ۸ فروند ترالر کلاس کیش از سازمان شیلات ایران تهیه شد که شامل ٥۸۹۰٤ سیگنال دریافتی می‌شد. پس از طبقه‌بندی و بارگزاری داده‌ها در نرم‌افزار R و تهیه پایگاه داده بر اساس زبان کوئری، ٥۰/۱۳ درصد سیگنال‌های دریافتی به دلایل مختلف دچار خطا بودند و برای پردازش و مدل‌سازی فاقد کیفیت لازم تشخیص داده شدند. براساس سیگنال‌های دریافتی صحیح تعداد سفرهای دریایی (منجر به صید) برای هر شناور تعیین و نقشه مسیر حرکت شناورها ترسیم شد. جهت ترسیم نقشه‌های مکانی پراکنش تلاش صیادی، ابتدا فرایند درون‌یابی داده‌های VMS با استفاده از روش اصلاح‌شده کاتمل- روم انجام شد و سپس نقاط صید براساس دامنه تعیین شده سرعت ترال‌کشی (۸-۲ کیلومتر بر ساعت) شناسایی و نقشه‌های شدت تلاش صیادی رسم گردید. نقشه‌های پراکنش تلاش صیادی نشان داد که در سال‌های ۹٦ و ۹۸ به نسبت سال ۹۷ پراکندگی مکانی صید محدودتر بوده اما تراکم تلاش صیادی و شدت ترال‌کشی در طول این زمان‌ها یکسان بوده و در قسمت شرق جزیره تنب بزرگ بیش‌ترین تلاش صید رخ داده است. مدل‌سازی داده‌های VMS در قالب پژوهش حاضر برای اولین بار است که در آب‌های دریایی ایران انجام می‌شود و

توسعه این رویکرد می‌تواند در بخش نظارت و پایش شناورهای فعال در دریا و شناسایی تخطی آن‌ها به بخش اجرایی بسیار کمک کند.

استناد: سلیمانی، ایوب، دلیری، مسلم، کامرانی، احسان، گلزاری‌هرمزی، شهرام (۱۴۰۳). پایش و نظارت مجازی ترالرهای صنعتی در شمال خلیج‌فارس با استفاده از مدل‌سازی داده‌های VMS. *نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان*، ۱۳ (۳)، ۸۹-۷۵.
DOI: 10.22069/japu.2023.21598.1803

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

استفاده از شاخص‌های مکانی[1] در رویکرد مدیریت صید اکوسیستم محور به‌طور فزاینده‌ای در حال استفاده و گسترش است (۱). در میان این شاخص‌ها، تلاش صیادی حداقل به دو دلیل زیر بسیار حیاتی و ضروری است: (آ) نیاز به کنترل نحوه اجرای محدودیت‌های مکانی صید (مانند آب‌های کم‌عمق ساحلی یا مناطق حفاظت شده دریایی) و رعایت شدن آن‌ها و (ب) نیاز به بهبود تفسیر داده‌های صید به‌ازای واحد تلاش صیادی (CPUE) در بخش ارزیابی ذخایر ماهیان (۲). میزان تلاش ناوگان صیادی از نظر مکانی را می‌توان به وسیله آنالیز داده‌های حاصل از سیستم پایش شناورهای صیادی (VMS[2]) مورد بررسی و ارزیابی قرار داد. داده‌های VMS در واقع رکوردهایی از موقعیت مکانی شناورهای صیادی هستند که در بازه‌های زمانی چند دقیقه تا چند ساعت (بسته به نوع روش صید) به‌طور منظم ثبت و ضبط می‌شوند. اگر چه در سراسر دنیا داده‌های VMS برای بسیاری از شناورهای صیادی در دسترس است (۳)، اما تاکنون به سختی در علم شیلات و مدیریت صید مورد اسفاده قرار گرفته‌اند که یکی از دلایل آن این است که داده‌های VMS اطلاعات صریح و آشکاری از این‌که شناور در حال عملیات صید است یا نه را ارائه نمی‌دهد بلکه از طریق پردازش داده‌های موقعیت مکانی رخدادهای ماهیگیری (مانند ترال‌کشی و ...) را تخمین زد (٤). در گذشته چنین فرض می‌شد که سیستم پایش شناورها (VMS) مترادف نظارت ماهواره‌ای است، اما این درست نبود چرا که VMS ابزاری برای اثربخشی اقدامات اجرایی در سیستم پایش، کنترل و نظارت (MCS[3]) بر فعالیت‌های صیادی است. VMS اطلاعاتی هم‌چون سرعت کشتی، موقعیت کشتی و جهت حرکت کشتی را از عرشه کشتی به پایگاه زمینی (اداره شیلات) در بازه‌های زمانی منظم و متوالی (معمولاً ۳۰ تا ۱۲۰ دقیقه) ارسال می‌کند (۵) و این اطلاعات دراختیار بخش‌های نظارتی قرار می‌گیرد تا از موقعیت کشتی در دوره‌های زمانی مشخص (بدون توجه به این‌که کشتی در کجای جهان قرار گرفته است) مطلع شوند. قبل از این اتفاق مدیران اطلاعات خود را از طریق خدمه شناور دریافت می‌کردند که علاوه بر تأخیر در دریافت اطلاعات، ممکن بود اطلاعات غیرواقعی نیز باشند. امروزه با استفاده از داده‌های VMS علاوه بر کنترل صید غیرمجاز و کاهش احتمالی آن، امکان شناسایی مکان‌های دارای بالاترین پتانسیل صید موفقیت‌آمیز نیز میسر گردیده است.

یال‌اسبی ماهیان (خانواده Trichiuridae) یکی از مهم‌ترین منابع زنده و با ارزش تجاری دریایی هستند که در تمام آب‌های گرمسیری و نیمه‌گرمسیری دنیا پراکنش دارند. براساس آمار منتشر شده توسط FAO، امروزه صید جهانی ماهیان یال‌اسبی پس از طی یک روند افزایشی دچار کاهش شده است به‌طوری‌که حداکثر میزان صید با مقداری بیش از ۱٤۸۲۰۰۰ تن متعلق به سال ۲۰۰٦ بوده که در سال ۲۰۱۹ به کم‌تر از ۱۱۳۳۲۰۰ تن رسیده است (٦). از اوایل دهه ۸۰ شمسی صید یال‌اسبی ماهیان در آب‌های ایرانی خلیج‌فارس و دریای عمان نیز با استفاده از ٦ فروند ترالر مجهز به تورهای ترال اصلاح شده آغاز گردید و رفته‌رفته با افزایش تلاش صیادی به عنوان یکی از روش‌های اصلی صید صنعتی در منطقه شناخته شد، به‌طوری روند صید ترالرهای یال‌اسبی از ۳۵۳۰ تن در سال ۲۰۰۰ به ۵۱۹٦۵ تن در سال ۲۰۱۹ افزایش یافت (تقریباً ٦۰ درصد از این میزان متعلق به استان هرمزگان است). گزارش‌ها نشان می‌دهد که برداشت سالانه ماهی یال‌اسبی سربزرگ (۵۵ هزار تن در سال

1- Spatially indicators
2- Vessel monitoring system
3- Monitoring, Control and Surveillance

۲۰۱۸) بیش از حداکثر صید پایدار در آب‌های جنوب ایران است (۷). متأسفانه روند بی‌رویه افزایش تلاش صیادی (افزایش ۲۵۰ درصدی ناوگان تا سال ۲۰۱۸)، ضعف در استانداردسازی ابزار صید و نبود نظارت دقیق و اصولی بر فرایند صید ترالرهای یال‌اسبی (به‌همراه ترالرهای صید فانوس‌ماهیان) به محل مناقشه جدی جامعه صیادان سنتی و بخش صید صنعتی تبدیل شد و با بالا گرفتن اختلاف و ورود فراکسیون محیط‌زیست مجلس شورای اسلامی مقرر شد از پاییز ۱۳۹۹ به‌مدت ۲ سال فعالیت ترالرهای صنعتی در آب‌های ایرانی خلیج‌فارس و دریای عمان تعلیق شده و در این مدت با کار کارشناسی درباره ممنوعیت دائم و یا اصلاح این نوع روش صید و از سرگیری آن تصمیم‌گیری شود.

علی‌رغم گذشت بیش‌از یک دهه از فعالیت ناوگان صید صنعتی یال‌اسبی ماهیان در آب‌های جنوب ایران و مجهز بودن آن‌ها به سیستم VMS اما تاکنون ظرفیت داده‌های ثبت شده به‌منظور افزایش کیفیت نظارت و پایش این نوع شناورها مورد بررسی و تفسیر علمی قرار نگرفته است. یکی از مشکلات مدیریت ذخایر در آب‌های دریایی ایران نبود اطلاعات کافی درباره پویایی ناوگان صیادی و هم‌چنین نقاطی است که تحت بهره‌برداری بیش‌تر توسط ناوگان صیادی هستند. بنابراین مطالعه روی رفتار صیادان و تلاش صورت گرفته توسط آن‌ها به عنوان یک عامل تأثیرگذار بر اکوسیستم باید مورد توجه پژوهش‌گران و مدیران اجرایی قرار گیرد. بنابراین پژوهش حاضر با مدل‌سازی داده‌های VMS مخابره شده از ۸ فروند کشتی فعال در صیدگاه‌های استان هرمزگان به هدف افزایش سطح کیفیت کنترل و نظارت بر بهره‌برداری از ذخایر ماهیان یال‌اسبی، تلاش در جهت دستیابی به تلاش صیادی شفاف و آگاهی از رفتار ناوگان صید در طول سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۸ انجام گرفت. این پژوهش هر چند که اولین تلاش در زمینه مدل‌سازی داده‌های VMS در منطقه است و قطعاً خالی از اشکال هم نیست، اما نتایج احتمالی می‌تواند در راستای بهبود ساختار پایش و نظارت فعالیت‌های صیادی به مدیران اجرایی شیلات کمک قابل‌توجهی نماید.

مواد و روش‌ها

سیگنال‌های مخابره شده از سیستم پایش شناورها (VMS) نصب شده روی ۸ فروند ترالر صنعتی کلاس کیش ویژه صید یال‌اسبی فعال در صیدگاه‌های استان هرمزگان در طول سال‌های ۹۸-۱۳۹۶ (یک دوره ۳ ساله) از بانک اطلاعات سازمان شیلات ایران تهیه شد. این اطلاعات شامل کد شناسایی شناور، طول و عرض جغرافیایی سیگنال دریافتی از شناور، زمان و سرعت شناور در قالب فایل اکسل می‌شود. برای محاسبه جهت حرکت شناورها نیز از رابطه زیر استفاده گردید (۸):

$$\theta=\arctan2\ \sin\lambda - \lambda\ \cos\varphi,\ \cos\varphi\ \sin\varphi - \sin\varphi\ \cos\varphi\ \cos\lambda - \lambda$$

که در آن، θ جهت حرکت بین دو منطقه جغرافیایی، φ عرض جغرافیایی و λ طول جغرافیایی.

داده‌های مربوط به سیگنال‌های دریافتی به تفکیک شناورها در ۷ ستون سازمان‌دهی و مرتب شد و با فرمت CSV ذخیره گردید.در ادامه و پس از فراخوانی داده‌ها در نرم‌افزار R به‌منظور تسریع در آنالیز داده‌های با حجم زیاد از طریق زبان کوئری ساخت‌یافته (Structured Query Language) یک پایگاه داده ساخته شد (۹). در زمان ایجاد پایگاه داده باید داده‌هایی که از نظر ساختاری دچار خطا هستند را حذف کرد که انواع خطاها شامل ۱) موقعیت‌های

غیرمنطقی (مثلاً روی خشکی باشد)، ۲: سرعت‌های غیرمنطقی (منفی یا خیلی زیاد باشد)، ۳: جهت حرکت غیرمنطقی (محدوده خارج از قطب‌نما)، ٤: داده‌های تکراری، ٥: طول جغرافیایی ۹۰< و ۹۰- > درجه و عرض جغرافیایی ۱۸۰< و ۱۸۰-> درجه می‌شود (۱۰، ۱۱). جهت شناسایی نقاط و سیگنال‌های درون لنگرگاه، نزدیک لنگرگاه و یا نقاط روی خشکی از تصاویر استاندارد با فرمت ESRI از موقعیت لنگرگاه و موقعیت خط ساحلی و با استفاده از محاسبات پلی‌گون GIS استاندارد استفاده شد.

بعد از ایجاد پایگاه داده و حذف داده‌های خطادار، سفرهای دریایی شناورها براساس دو مؤلفه (آ) سیگنال درون لنگرگاه (شامل سیگنال شروع و پایان سفر) و (ب) یک فیلتر ساده برای شناسایی تأخیر زمانی بین دو سیگنال متوالی، شناسایی شدند. در پردازش داده‌ها، در زمان حذف سیگنال‌های درون لنگرگاه تنها دو موقعیت به‌عنوان نقطه شروع و پایان سفر دریایی حذف نشد و هم‌چنین در صورتی که بین دو سیگنال متوالی بیش از ٦ ساعت تأخیر وجود داشت، سیگنال بعد به‌عنوان نقطه شروع سفر دریایی جدید در نظر گرفته شد (۱۲). سپس با استفاده از الگوریتم ریاضی و روش بردار مماس اصلاح شده کاتمل- رم (Catmull–Rom modified) عملیات درون‌یابی سفرهای دریایی صورت گرفت (۵). در واقع از طریق درون‌یابی موقعیت، سرعت و مسیر شناور در زمان‌هایی که سیگنالی ثبت نشده است، تخمین زده می‌شود. فرایند درون‌یابی سفرهای دریایی توسط پکیج VMSbase در محیط نرم‌افزار R نسخه 4.3.1 انجام گرفت (۱۳).

در ادامه تخمین پراکنش مکانی تلاش صیادی و شدت ترال‌کشی در منطقه صید در دستور کار قرار گرفت. داده‌های VMS در زمان ارسال سیگنال نشان‌دهنده فعالیت صید و ترال‌کشی شناور نیستند (فقط سرعت حرکت شناور را نشان می‌دهند)، اما با آگاهی از محدوده استاندارد سرعت شناور به هنگام ترال‌کشی می‌توان بین داده‌های VMS و مدت زمان فعالیت صیادی آن ارتباط برقرار کرد. در پژوهش‌های پیشین انجام شده در منطقه خلیج‌فارس سرعت ترال‌کشی ترالرهای یال‌اسبی بین ۳/۵-۲/۵ مایل دریایی گزارش شده است (١٤، ١٥، ١٦)، هم‌چنین براساس داده‌های مشاهداتی پژوهش حاضر نیز (براساس ۲۳٦ مرحله ترال‌کشی) میانگین سرعت شناور در زمان صید ۲/۹٤ مایل دریایی و محدوده سرعت ۲/٤ تا ۳/۷ ثبت شد. بدین ترتیب، اطلاعات داده‌های VMS تقسیم‌بندی گردید و محدوده سرعت ۲ تا ۸ کیلومتر بر ساعت به‌عنوان سرعت ترال‌کشی انتخاب گردید و نقاطی که در آن‌ها شناور دارای این محدوده سرعت بود به‌عنوان نقاط صیادی شناسایی شدند. الگوی تلاش صیادی در منطقه صیادی در مقیاس nautical mile ۲×۲ و براساس تعداد سیگنال‌های دریافتی در هر مربع مورد ارزیابی قرار گرفت (۱۷) و نقشه تراکم سیگنال‌های دریافتی با استفاده از نرم‌افزار Arc Map نسخه 10.4.1 تهیه گردید (۱۸، ۱۹، ۲۰).

نتایج

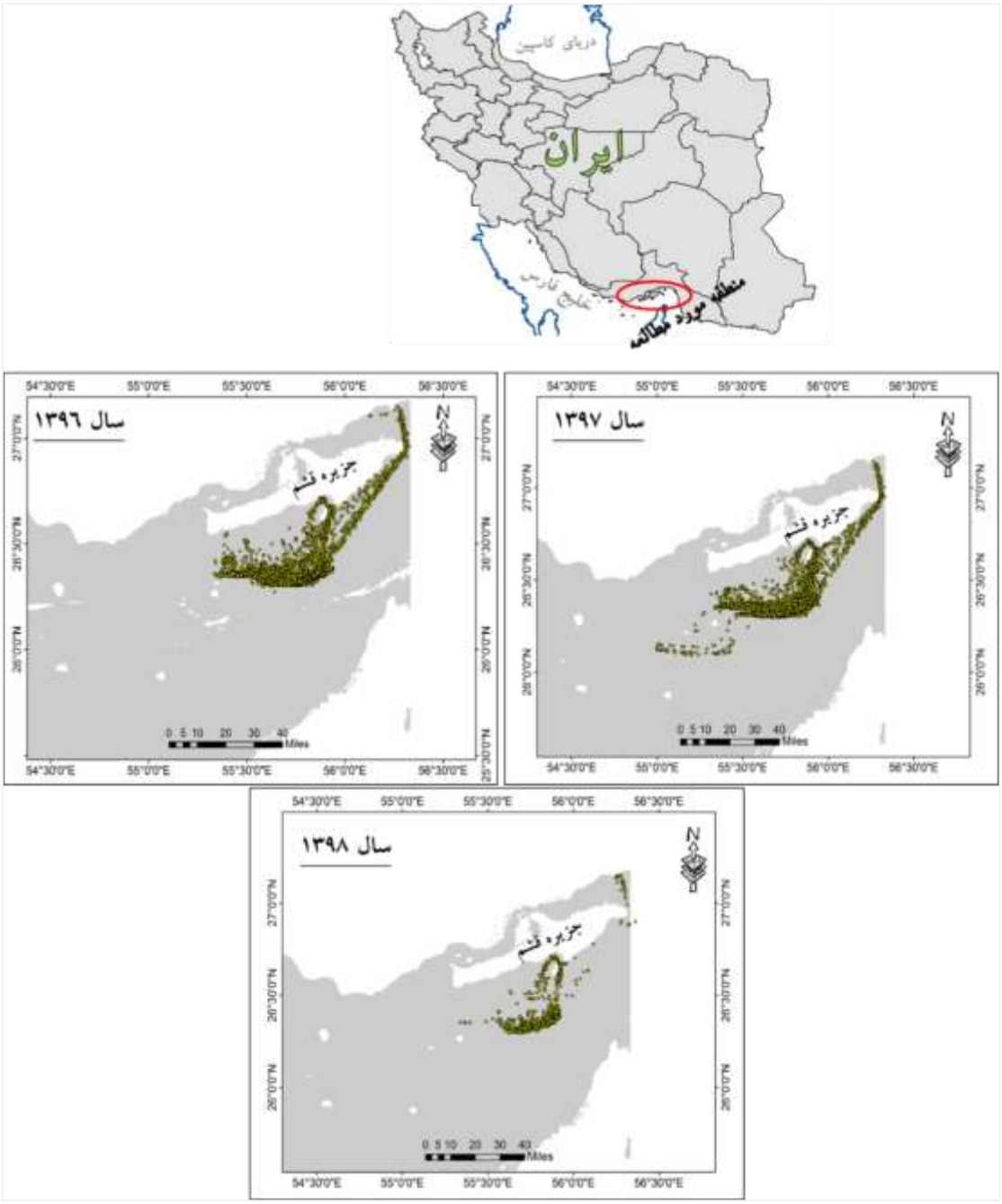
از تعداد ٥٨٩٠٤ سیگنالی که از ۸ شناور ترالر یال‌اسبی در بازه زمانی سال‌های ۹۸-۱۳۹٦ در آب‌های استان هرمزگان مخابره شده است، تعداد ۲۹٥۲۸ سیگنال (معادل ٥۰/۱۳ درصد کل سیگنال‌های دریافتی) دچار خطا بود که منابع بروز خطا به تفکیک در جدول ۱ آورده شده است. در سال ۱۳۹۷ یکی از شناورها (شناور کد V_2) به دلیل عدم دریافت مجوز صید، فعالیت صیادی نداشته و در سال ۱۳۹۸ نیز شناور V_5 اگرچه فعالیت صیادی داشته اما

سیگنال‌های ارسالی آن فاقد موقعیت جغرافیایی بود، بنابراین از ارزیابی‌ها حذف شدند. پس شناسایی و حذف سیگنال‌های خطادار و ایجاد پایگاه داده، نقشه پراکندگی سیگنال‌های ارسالی به تفکیک سال ترسیم گردید (شکل ۱).

جدول ۱- تعداد سیگنال‌های دریافتی دارای خطا (به تفکیک منابع خطا) از ترالرهای یال‌اسبی مورد بررسی در آب‌های استان هرمزگان در بازه زمانی پژوهش حاضر.

سیگنال دریافتی		سال			مجموع
		۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸	
کل سیگنال‌ها	تعداد	۳۰۳۰۶	۲۶۸۴۷	۱۷۵۱	۵۸۹۰۴
سیگنال‌هایی که با فرمت موقعیت جغرافیایی مطابقت نداشتند	تعداد	۹۹۱	۶۶۶۶	۵۸	۷۷۱۵
	فراوانی نسبی (٪)	۳/۲۷	۲۴/۲۸	۳/۳۱	۱۳/۱۰
سیگنال‌های تکراری	تعداد	۹۹۷۹	۲۵۰۶	–	۱۲۴۸۵
	فراوانی نسبی (٪)	۳۲/۹۳	۹/۳۳	–	۲۱/۱۹
سیگنال‌های درون لنگرگاه	تعداد	۳۳۰۳	۲۷۳۳	۱۱۶	۶۱۵۲
	فراوانی نسبی (٪)	۱۰/۹۰	۱۰/۱۸	۶/۶۲	۱۰/۴۴
سیگنال‌های با موقعیت جغرافیایی خشکی	تعداد	۱۵۱۸	۱۶۲۶	۳۲	۳۱۷۶
	فراوانی نسبی (٪)	۵/۰۱	۶/۰۶	۱/۸۳	۵/۳۹

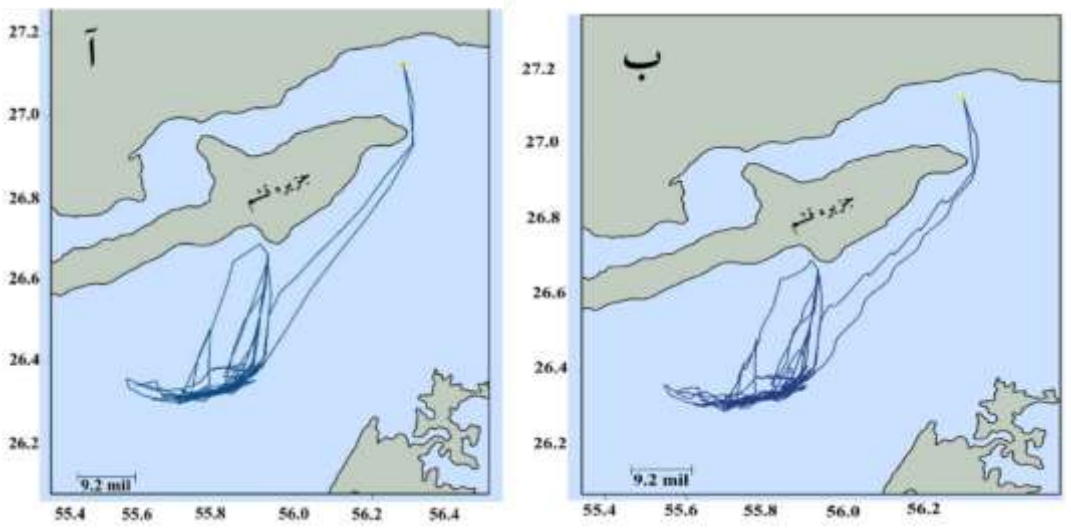
بر اساس سیگنال‌های صحیح در نقاط شروع و پایان در درون لنگرگاه و یا تأخیرهای زمانی ۶ ساعته بین دو سیگنال متوالی، سفرهای دریایی شناورهای مورد مطالعه نیز تخمین زده شد که اطلاعات این سفرها به تفکیک هر شناور در جدول ۲ آورده شده است. برای نمونه در شکل ۲ مسیر حرکت یکی از شناورهای صیادی در طول یک سفر دریایی (قبل و بعد از انجام عملیات درون‌یابی) نشان داده شده است.



شکل ۱- نقشه پراکندگی سیگنال‌های VMS صحیح دریافتی از ترالرهای یال‌اسبی مورد بررسی در طول سال‌های ۹۸-۱۳۹۶.

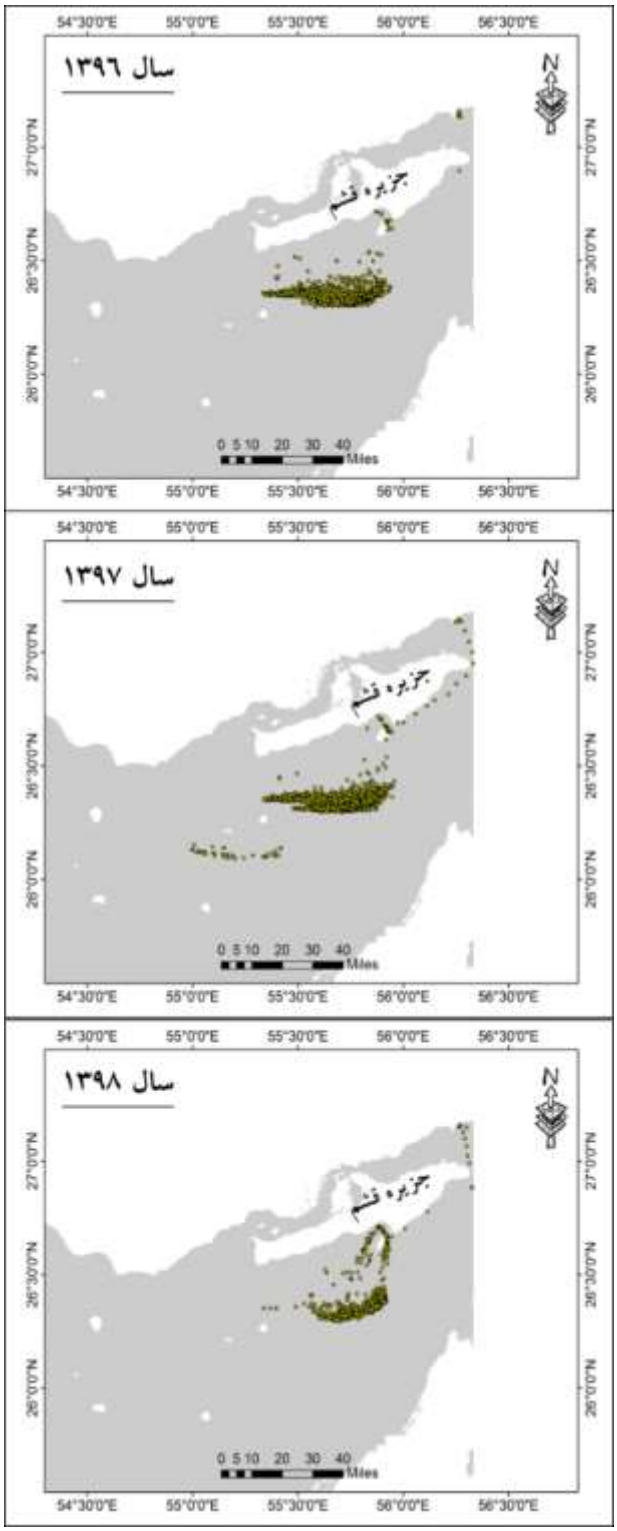
جدول ۲- اطلاعات سفرهای دریایی شناسایی شده از سیگنال‌های VMS ارسالی ۸ شناور ترالر مورد مطالعه در آب‌های استان هرمزگان در طول سال‌های ۹۸-۱۳۹۶.

سال	تعداد سفر دریایی شناسایی شده به تفکیک ترالرها							
	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6	V_7	V_8
۱۳۹۶	۳۲	۸٤	۳۱	۲۳	۳٤	۹۸	۸٦	۳۲
۱۳۹۷	۱٦	–	۱٦	۹	۱٦	۷۹	۳۰	۱٦
۱۳۹۸	۱٤٦	۹۸	۱۳۲	۱۱۸	–	۱٤٥	۱٤۸	۱۲٤
جمع	۱۹٤	۱۸۲	۱۷۹	۱٥۰	٥۰	۳۲۲	۲٦٤	۱۷۲



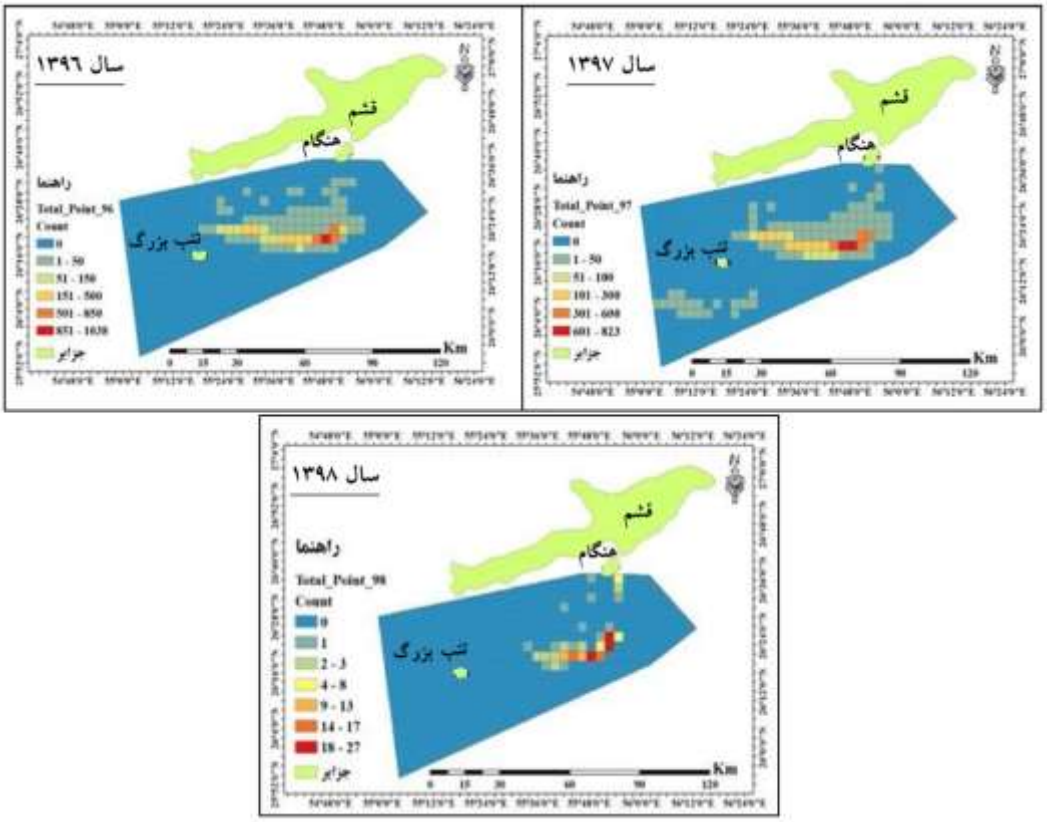
شکل ۲- مسیر حرکت شناور صیادی بر اساس سیگنال‌های ارسالی VMS در آب‌های استان هرمزگان در طول سال‌های ۹۸ (آ: قبل از عملیات درون‌یابی، ب: بعد از عملیات درون‌یابی).

در ادامه نقشه پراکندگی مکانی نقاط تلاش صیادی بر اساس سیگنال‌های دریافتی VMS در دامنه سرعت ترال‌کشی تعیین شده (۲ تا ۸ کیلومتر بر ساعت) در طول دوره زمانی پژوهش ترسیم شد (شکل ۳).



شکل ۳- نقشه پراکنش نقاط تلاش صیادی ترالرهای مورد مطالعه در آب‌های استان هرمزگان بر اساس سیگنال‌های ارسالی VMS در طول دوره پژوهش.

پس از ترسیم نقشه نقاط صیادی، برخی نقاط در بیرون منطقه صید هم‌چون مسیر حرکت شناور، لنگرگاه و اسکله صیادی در بین نقاط صیادی مشاهده گردید. به‌منظور حذف این نقاط و کاهش خطا در محاسبه تراکم صیادی در ابتدا با توجه به مطالعات قبل پلی‌گون منطقه صید ترسیم گردید و سپس نقشه پیکسل‌بندی‌شده منطقه صید ترالرها ترسیم شد (شکل ٤).



شکل ٤- نقشه پیکسل‌بندی‌شده منطقه صید ترالرهای مورد بررسی براساس تعداد سیگنال‌های ارسالی در بازه زمانی پژوهش حاضر.

بحث

در پژوهش حاضر بیش از ۵۰ درصد سیگنال‌های VMS مخابره شده از ۸ ترالر صید یال‌اسبی مورد بررسی در بازه زمانی ۹۸-۱۳۹٦ در آب‌های استان هرمزگان به دلایل مختلف دارای خطا بود (منابع بروز خطا در جدول ۱ آورده شده است) و به ناچار از فرایند آنالیز و تفسیر حذف گردیدند. این در حالی است که در مطالعه ویت و گودلی در سال ۲۰۰۷ (۲۱) تنها ۳ درصد کل سیگنال‌های دریافتی دارای خطا بود (۲ درصد تکراری و ۱ درصد عدم مطابقت با موقعیت جغرافیایی) که با نتایج به‌دست آمده در پژوهش حاضر تفاوت فاحش دارد. حذف ۲۱/۱۹ درصد سیگنال‌ها به‌دلیل تکراری بودن و ۱۳/۱۰ درصد به‌دلیل عدم مطابقت با فرمت موقعیت جغرافیایی نشان‌دهنده خطا در فرمت و ساختار سیستم پایش شناورهای ترال صنعتی یال‌اسبی به هنگام ارائه گزارش به‌منظور بررسی‌های علمی است که در صورت راه‌اندازی مجدد این روش صید و صدور مجوز صید برای کشتی‌ها نیاز به یک بازنگری جدی و اساسی دارد.

هم‌چنین در این پژوهش سفرهای دریایی براساس دو پارامتر سیگنال درون لنگرگاه (شروع و پایان سفر) و تأخیر زمانی ٦ ساعته بین دو سیگنال متوالی محاسبه شد. همان‌طور که در نتایج آورده شده است تعداد سفرهای دریایی شناسایی شده از تعداد سفرهای واقعی به احتمال قطع به یقین بسیار بیش‌تر است، اما به‌دلیل نداشتن اطلاعات دقیق از زمان و صدور مجوزهای صید، زمان ساحل‌آوری و تخلیه شناور و تعداد دفعات حضور شناور در صیدگاه امکان مقایسه دقیق با داده‌های واقعی میسر نیست. با توجه به داده‌های مشاهداتی و حضور میدانی در شناورهای صنعتی یال‌اسبی توسط نویسندگان مقاله حاضر در زمان‌های مختلف، حداکثر تعداد ساحل‌آوری تقریباً ۵ مرتبه در فصل صید است. علت تعداد بالای سفرهای دریایی شناسایی شده را در چندین عامل می‌توان بررسی نمود:

۱) عدم دریافت سیگنال‌های متوالی VMS به‌طور منظم: اختلاف زمانی بین دو سیگنال متوالی باید ۱ ساعت باشد، اما بررسی داده‌ها نشان می‌دهد در برخی از زمان‌های صید این بازه زمانی به بیش از ٦ ساعت افزایش یافته و یا این‌که در یک روز تنها دو یا سه سیگنال مخابره شده است.

۲) عدم دریافت سیگنال در بین محدوده زمانی شروع و پایان سفر: بررسی داده‌های اولیه نشان می‌دهد در فواصل زمانی مختلف مثلاً یک تا چندین روز، سیگنال از شناور دریافت نشده است.

۳) عدم تطابق سیگنال‌های دریافتی با فرمت موقعیت جغرافیایی: در سال ۱۳۹۷ قریب به ۲۵ درصد سیگنال‌های دریافتی به همین دلیل از فرایند مدل‌سازی حذف گردید (برای مثال برخی سیگنال‌های دریافتی فاقد موقعیت جغرافیایی بودند).

یکی از کاربردهای اصلی و اساسی سیستم پایش شناورهای صیادی (VMS) نظارت پیوسته بر فعالیت شناورها حین صید در دریا است تا بدین واسطه بتوان از بروز تلاش صیادی غیرمجاز جلوگیری کرد (۲۲، ۲۳، ۲٤)، اما عدم دریافت متوالی سیگنال VMS از ترالرها به هر دلیلی در پژوهش حاضر آشکار است و این موضوع در عمل پتانسیل این سیستم را در پایش و نظارت بر فعالیت ترالرهای یال‌اسبی را دچار نقصان کرده و تصمیم‌گیری درباره وضعیت پایداری این روش صید را سخت کرده است. پیش‌تر نیز گفته شده است که سیستم پایش، کنترل و نظارت بر فعالیت‌های صیادی در آب‌های دریایی کشورمان هم از نظر سخت‌افزاری و هم نرم‌افزاری وضعیت مطلوبی (به دلایل مختلفی مانند عدم امکانات کافی برای انجام گشت‌های دریایی مستمر و پایش شناورهای صیادی به‌خصوص انجام گشت‌های هوایی و هم‌چنین کمبود نیروی آموزش دیده برای بازرسی و نظارت) ندارد (۲۵). پردازش داده‌های VMS مخابره شده موجود در این پژوهش و حجم بالای سیگنال‌های فاقد کیفیت نیز بیانگر این است که صرفاً ثبت این داده‌ها عامل بازدارنده اثربخشی نخواهد بود و مدیران شیلاتی باید یک ساز و کار مدون و هدفمند را برای جمع‌آوری داده‌های با کیفیت شناورهای صیادی مجهز به این سیستم تعبیه کنند که بتوان آن‌ها را پردازش و تفسیر کرد. این در حالی است که در حال حاضر از VMS در تمام شناورهای صید صنعتی و حداقل ٤۰ درصد از لنج‌های صیادی استان هرمزگان استفاده می‌شود که سازمان شیلات ایران باید با شناسایی منابع بروز خطا در سیگنال‌های دریافتی و کاهش آن‌ها و هم‌چنین ایجاد قوانین الزام‌آور برای صیادان (جلوگیری از نصب موانع انتقال سیگنال) ملزومات و داده‌های ورودی بخش نظارت بر فعالیت‌های صیادی را سریعاً بهبود ببخشد. به‌عنوان مثال در صورت مخابره سیگنال‌های با کیفیت استاندارد به راحتی می‌توان سفرهای دریایی و فعالیت شناورهای صیادی را در بیرون از منطقه صید مدل‌سازی و شناسایی کرد. با

توجه به این‌که مسیرهای حرکت شناور به هنگام صید به ندرت مستقیم است، بنابراین درون‌یابی خطی مسیر حرکت ترالرها را کم‌تر از طول واقعی مسیر (مسافت طی شده) را نشان می‌دهد، بنابراین در این پژوهش برای رفع این مشکل از روش درون‌یابی کاتمل-روم اصلاح شده استفاده گردید تا حدالمقدور دقت و صحت شناسایی نقاط صیادی و مدل‌سازی بالا باشد (۵). در پژوهش مشابهی که در آن از داده‌های VMS ترالرها در نروژ برای شناسایی نقاط صیادی استفاده شده گزارش می‌شود که تقریباً ۷۰ تا ۸۰ درصد نقاط صیادی و ۸۵ تا ۹۰ درصد نقاط غیرصیادی به درستی شناسایی و طبقه‌بندی شده است (۲۶). نقشه‌های توزیع مکانی تلاش صیادی در این پژوهش نشان می‌دهد که الگوی مکانی صید در سال‌های ۹۸-۱۳۹۶ به‌طورکلی وضعیت مشابهی دارد، با این تفاوت که در سال ۹۷ محدوده منطقه صید ترالرهای مورد بررسی گسترده‌تر بوده و پشت جزیره تنب‌بزرگ هم تلاش صیادی هر چند کم هم صورت گرفت است. باید توجه داشت که در سال ۱۳۹۸ نیز به‌دلیل تعداد محدود سیگنال‌های صحیح دریافتی پراکنش مکانی صید محدودتر است. شناسایی نقاط تراکم تلاش صیادی از منظر فیزیکی و بیولوژیک نیز دارای اهمیت است، برای مثال ممکن منطقه موردنظر تحت‌تأثیر جریان‌های دریایی باشد یا این‌که در آن منطقه تجمع مواد غذایی و زیستی باشد (۲۷). بنابراین این عوامل نشان می‌دهد که چرا ماهیگیران و گونه‌های بزرگ مهره‌دارن دریایی زیستگاه‌های دریایی مشابه‌ای را برای اهداف خود یعنی شکار طعمه انتخاب می‌کنند (۲۱). هم‌چنین یک توصیف مکانی-زمانی در مقیاس دقیق از رفتار ماهیگیری و تلاش صیادی، بینش و درک بهتری را از پویایی مکانی-زمانی ذخایر آبزیان (۲۸) و اثرات فشار صیادی بر اکوسیستم‌های دریایی (۱۸، ۲۹) فراهم می‌کند.

در پایان نتایج پژوهش حاضر نشان داد که در وضعیت موجود فرمت داده‌های خروجی VMS جهت انجام پژوهش‌های علمی اشکال دارد و در محدوده‌های زمانی مختلف سیگنال از شناورها دریافت نشده است و متعاقباً این ضعف موجب عدم تخمین صحیح از پراکنش صیادی، تلاش صیادی و تعداد سفرهای دریایی می‌شود. هر چند که همین عدم دریافت سیگنال از طرف شناور می‌تواند برای بخش نظارت یک سیگنال اخطار مبنی بر احتمال اقدام به صیدغیرمجاز توسط شناور موردنظر باشد. اطلاعات به‌دست آمده از این پژوهش در صورت ترکیب با داده‌های لاگ‌بوک، اطلاعات ناظرین صید، نقشه‌های زمین‌شناسی بستر دریا و لایه‌بندی عمقی منطقه مورد مطالعه می تواند تصویری واضح و شفاف از وضعیت صید نمایان سازد که در راستای اعمال مدیریت صید پایدار در منطقه گام بسیار بزرگی باشد.

منابع

1.Pikitch, E. K., Santora, C., Babcock, E. A., Bakun, A., Bonfil, R., Conover, D. O., Dayton, P., Doukakis, P., Fluharty, D., & Heneman, B. (2004). Ecosystem-based fishery management. In (Vol. 305, pp. 346-347): American Association for the Advancement of Science.

2.Rose, G. A., & Kulka, D. W. (1999). Hyperaggregation of fish and fisheries: how catch-per-unit-effort increased as the northern cod (Gadus morhua) declined. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 56 (S1), 118-127.

3.Barange, M. (2018). Fishery and aquaculture statistics. FAO yearbook. Fishery and Aquaculture Statistics= FAO Annuaire. Statistiques des Peches et de l'Aquaculture= FAO Anuario. Estadisticas de Pesca y Acuicultura, I-82.

4.Joo, R., Bertrand, S., Chaigneau, A., & Niquen, M. (2011). Optimization of an artificial neural network for identifying

fishing set positions from VMS data: an example from the Peruvian anchovy purse seine fishery. *Ecological Modelling*, 222 (4), 1048-1059.
5. Russo, T., Parisi, A., & Cataudella, S. (2011). New insights in interpolating fishing tracks from VMS data for different métiers. *Fisheries Research*, 108 (1), 184-194.
6. FAO. (2021). Fishery and Aquaculture Statistics. Global production by production source 1950-2019 (FishstatJ). In: FAO Fisheries Division [online]. Rome. Updated 2021. www.fao.org/ fishery/statistics/software/fishstatj/en.
7. Hashemi, S. A., Taghavimotlagh, S. A., & Doustdar, M. (2020). Estimation of fisheries reference points of the Largehead hairtail, *Trishiurus leptures* (Teleostei: Trichiuridae) in Iranian waters of Persian Gulf and Oman Sea. *Iranian Journal of Ichthyology*, 7 (3), 293-299.
8. Szwoch, G. (2019). Combining road network data from openstreetmap with an authoritative database. *Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems*, 145 (2), 04018085.
9. Grothendieck, G. (2012). sqldf: perform SQL selects on R data frames. *R package version*, 04-64.
10. Lee, J., South, A. B., & Jennings, S. (2010). Developing reliable, repeatable, and accessible methods to provide high-resolution estimates of fishing-effort distributions from vessel monitoring system (VMS) data. *ICES Journal of Marine Science*, 67 (6), 1260-1271.
11. Hintzen, N. T., Bastardie, F., Beare, D., Piet, G. J., Ulrich, C., Deporte, N., Egekvist, J., & Degel, H. (2012). VMStools: open-source software for the processing, analysis and visualisation of fisheries logbook and VMS data. *Fisheries Research*, 115, 31-43.
12. Russo, T., D'Andrea, L., Parisi, A., & Cataudella, S. (2014). VMSbase: an R-package for VMS and logbook data management and analysis in fisheries ecology. *PLoS One*, 9 (6), e100195.
13. D'Andrea, L., Russo, T., Parisi, A., & Cataudella, S. (2016). Vmsbase: GUI Tools to Process, Analyze and Plot Fisheries Data.Available: https://github.com/vmsbase/R-vmsbase.
14. Raeisi, H., Hosseini, S., Paighambari, S., Taghavi, S., & Davoodi, R. (2011). Species composition and depth variation of cutlassfish (*Trichiurus lepturus* L. 1785) trawl bycatch in the fishing grounds of Bushehr waters, Persian Gulf. *African Journal of Biotechnology*, 10 (76), 17610-17619.
15. Raeisi, H., Hosseini, S. A., & Paighambari, S. Y. (2012). By-catch composition of Cutlassfish (*Trichiurus lepturus* L. 1785) trawlers in the northern Persian Gulf *Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics*, 1 (1), 46-57.
16. Fouladi-Sabet, A., Paighambari, S. Y., Pouladi, M., Raeisi, H., & Abbaspour-Naderi, A. (2018). Bycatch composition of cutlassfish trawlers during fishing season in Bushehr and Hormozgan, Persian Gulf, Iran. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 19 (6), 275-282.
17. Rees, T. (2003). C-squares, a new spatial indexing system and its applicability to the description of oceanographic datasets. *Oceanography*, 16 (1), 11-19.
18. Mills, C. M., Townsend, S. E., Jennings, S., Eastwood, P. D., & Houghton, C. A. (2007). Estimating high resolution trawl fishing effort from satellite-based vessel monitoring system data. *ICES Journal of Marine Science*, 64 (2), 248-255.
19. Eastwood, P., Mills, C., Aldridge, J., Houghton, C., & Rogers, S. (2007). Human activities in UK offshore waters: an assessment of direct, physical pressure on the seabed. *ICES Journal of Marine Science*, 64 (3), 453-463.
20. Dinmore, T., Duplisea, D., Rackham, B., Maxwell, D., & Jennings, S. (2003). Impact of a large-scale area closure on patterns of fishing disturbance and the consequences for benthic communities. *ICES Journal of Marine Science*, 60 (2), 371-380.
21. Witt, M. J., & Godley, B. J. (2007). A step towards seascape scale conservation: using vessel monitoring systems (VMS) to map fishing activity. *PLoS One*, 2 (10), e1111.

22. Chang, S. K., Liu, K. Y., & Song, Y. H. (2010). Distant water fisheries development and vessel monitoring system implementation in Taiwan-History and driving forces. *Marine Policy*, 34 (3), 541-548.
23. Bordalo-Machado, P. (2006). Fishing effort analysis and its potential to evaluate stock size. *Reviews in Fisheries Science*, 14 (4), 369-393.
24. Marzuki, M. I., Garello, R., Fablet, R., Kerbaol, V., & Gaspar, P. (2015). Fishing gear recognition from VMS data to identify illegal fishing activities in Indonesia. OCEANS 2015-genova,
25. Daliri, M., & Pramod, G. (2018). *Evaluation of Monitoring, Control and surveillance (MCS) in Iran's marine fisheries* 1st National Conference on Sustainable Development of the Persian Gulf Bushehr, Iran.
26. Skaar, K., Jørgensen, T., Ulvestad, B., & Engås, A. (2011). Accuracy of VMS data from Norwegian demersal stern trawlers for estimating trawled areas in the Barents Sea. *ICES Journal of Marine Science*, 68 (8), 1615-1620.
27. Huthnance, J. M., Coelho, H., Griffiths, C. R., Knight, P. J., Rees, A. P., Sinha, B., Vangriesheim, A., White, M., & Chatwin, P. G. (2001). Physical structures, advection and mixing in the region of Goban spur. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 48 (14-15), 2979-3021.
28. Poos, J. J., & Rijnsdorp, A. D. (2007). The dynamics of small-scale patchiness of plaice and sole as reflected in the catch rates of the Dutch beam trawl fleet and its implications for the fleet dynamics. *Journal of Sea Research*, 58 (1), 100-112.
29. Smith, M. D., & Wilen, J. E. (2003). Economic impacts of marine reserves: the importance of spatial behavior. *Journal of Environmental Economics and Management*, 46 (2), 183-206.