



دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی نقشه‌برداری (ژئودزی و ژئوماتیک)
گروه مهندسی نقشه‌برداری و نقش‌ازدود

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد رشته سنجش از دور

تهیه نقشه پراکندگی شانه‌دار مهاجم در دریای خزر با استفاده از تصاویر سنجش از دور

نگارنده

سید حمید هاشمی نژاد

اساتید راهنما

دکتر مهدی مختارزاده

دکتر محمود رضا صاحبی


استاد مشاور

دکتر ابوالقاسم روحی


شهریور ۱۳۹۰

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

بسمه تعالی

شماره: تاریخ:	تأییدیه هیأت داوران	 تاسیس ۱۳۰۷ دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
هیأت داوران پس از مطالعه پایان نامه و شرکت در جلسه دفاع از پایان نامه تهیه شده تحت عنوان :		
" تهیه نقشه پراکندگی شانه دار مهاجم در دریای خزر با استفاده از تصاویر سنجش از دور "		
توسط آقای سید حمید هاشمی نژاد صحت و کفایت تحقیق انجام شده را برای اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته گرایش سنجش از دور در تاریخ ۹۰/۶/۲۲ مورد تأیید قرار می دهند.		
امضاء	جناب آقای دکتر مهدی مختارزاده	۱- استاد راهنمای اول
امضاء	جناب آقای دکتر محمودرضا صاحبی	۲- استاد راهنمای دوم
امضاء	جناب آقای دکتر ابوالقاسم روحی	۳- استاد مشاور
امضاء	جناب آقای دکتر علی اکبر آپکار	۴- ممتحن داخلی
امضاء	جناب آقای دکتر یوسف رضایی	۵- ممتحن خارجی
امضاء	جناب آقای دکتر محمدرضا ملک	۶- نماینده تحصیلات تکمیلی دانشکده

بسمه تعالی

شماره: تاریخ:	اظهار نامه دانشجو	 تاسیس ۱۳۰۷ دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
------------------	-------------------	---

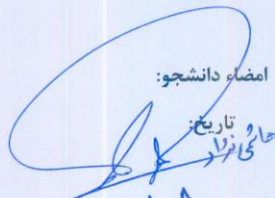
اینجانب سید محمد حامی نژاد دانشجوی کارشناسی ارشد رشته عمران
گرایش سبب از دور دانشکده مهندسی نقشه برداری دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گواهی
می‌نمایم که تحقیقات ارائه شده در پایان نامه با عنوان

تیم نقشه برداری ساندبار حمام در دریای خزر با استفاده از سواتر سبب از دور

با راهنمایی استاد محترم جناب آقای / سرکار خانم دکتر مهدی مختارزاده و محمد فرامصافی، توسط شخص اینجانب انجام
شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده در این پایان نامه مورد تأیید می‌باشد، و در مورد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد
استفاده اشاره شده است. بعلاوه گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج در پایان نامه تا کنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی
توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ جا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان نامه چارجوب (فرمت) مصوب دانشگاه را بطور کامل
رعایت کرده‌ام.

امضاء دانشجو:

تاریخ:


حامی نژاد
۹۰/۸/۱۸

تقدیم بہ

پدر عزیز و مادر مہربانم

چکیده :

در اوایل قرن ۲۱م یکی از بزرگترین پدیده‌های زیست محیطی با حضور یک گونه غیر بومی (مهاجم) در دریای خزر روی داده است. شانه‌دار مهاجم از طریق آب توازن کشتی‌ها از دریای سیاه و دریای آزوف از مسیر کانال ولگا دون به دریای خزر راه یافت. با توجه به اینکه سنجش از دور بعنوان ابزاری بهینه در مطالعات زیست محیطی مطرح می‌باشد، می‌توان از طریق این فناوری جهت مشخص نمودن محل‌های پراکندگی این گونه استفاده نمود. این تحقیق در واقع اولین تلاش‌ها برای توسعه یک مدل پیش بینی کننده مکانی براساس داده‌های محیطی استخراج شده از تصاویر سنجنده MODIS و داده‌های میدانی از زیست توده شانه‌دار مهاجم دریای خزر را ارائه می‌دهد. جهت مدل‌سازی مکانی حضور این گونه، رگرسیون خطی و شبکه‌های عصبی مصنوعی به کار بسته شده است. جهت برازش مدل از سه پارامتر میانگین ماهیانه غلظت کلروفیل و دمای سطح آب و فاصله از ساحل استفاده شده است. مدل‌سازی براساس استخراج این سه پارامتر از تصاویر MODIS در جولای ۲۰۰۵-۲۰۰۲ انجام شده است و جهت اعتبار سنجی مدل نیز از مقادیر مربوط به ماه جولای ۲۰۰۶ استفاده می‌شود. براساس ارزیابی نتایج روش رگرسیون خطی با میانگین خطای نسبی ۰/۷۸ تنها با ورود پارامتر غلظت کلروفیل و روش شبکه‌های عصبی با میانگین خطای نسبی ۰/۳۱ با ورود هر سه پارامتر، قادر به تخمین پتانسیل حضور شانه‌دار مهاجم می‌باشند. در نهایت نیز براساس مدل منتخب نقشه پراکنش شانه‌دار مهاجم ارائه می‌گردد.

ضمناً اولویت‌بندی این سه پارامتر نیز در دستور کار قرار گرفته است. پارامتر غلظت کلروفیل با فاصله نسبتاً زیادی نسبت به دو پارامتر دیگر در مدل‌سازی نقش دارد. پس از آن پارامتر دمای سطح آب است و پارامتر سوم که از اهمیت کمتری نسبت به غلظت کلروفیل و دمای سطح آب برخوردار است، فاصله از ساحل می‌باشد.

شکر و قدردانی

عرض سپاس ویژه خود را به پیشگاه اساتید راه‌نمای محترم جناب آقای دکتر مهدی محمدزاده و جناب آقای دکتر محمود رضا صاحبی تقدیم می‌دارم.

همچنین از تمامی عزیزانی که در اجرای این تحقیق مرایاری نمودند، بویژه از اساتید مشاور جناب آقای دکتر ابوالقاسم روحی کمال سپاسگزاری را دارم.

از آقایان دکتر یوسف رضایی و دکتر علی اکبر آجگار جهت داوری این پایان نامه شکر می‌نمایم.

در پایان از مرکز تحقیقات شیلات مازندران و مرکز ملی اقیانوس‌شناسی بویژه جناب آقای دکتر مسعود مرادی مدیریت گروه داده‌ها و سنجش از دور به جهت تهیه داده‌های میدانی و پشتیبانی این پایان نامه قدردانی می‌گردد.

فهرست مطالب

فصل اول : مقدمه	۲
۱-۱- مقدمه	۲
۱-۱-۱- معرفی شانه دار مهاجم <i>Mnemiopsis leidyi</i>	۳
۱-۱-۲- چگونگی ورود شانه دار مهاجم به دریای خزر	۴
۲-۱- انگیزه و اهداف تحقیق	۶
۳-۱- مروری بر تحقیقات انجام شده	۸
۴-۱- روش تحقیق	۹
۱-۴-۱- پارامترهای موثر بر پراکنش شانه دار مهاجم، قابل اندازه گیری از طریق سنجش از دور	۱۰
۱-۱-۴-۱- غلظت کلروفیل موجود در آب	۱۰
۲-۱-۴-۱- دمای سطح دریا	۱۱
۳-۱-۴-۱- فاصله از ساحل	۱۱
۲-۴-۱- مدلسازی	۱۱
۵-۱- ساختار پایان نامه	۱۲
فصل دوم : معرفی منطقه مورد مطالعه و داده های مورد استفاده	۱۴
۱-۲- منطقه مورد مطالعه : بوم شناسی دریای خزر	۱۴
۱-۱-۲- موقعیت جغرافیایی، ابعاد و توپوگرافی بستر	۱۴
۲-۱-۲- وضعیت آب و هوایی و بادهای دریای خزر	۱۵
۲-۲- داده های میدانی شیلات	۱۷
۳-۲- داده های ماهواره ای	۱۹
۱-۳-۲- ویژگیها و مبانی طراحی سنجنده MODIS	۲۰
۲-۳-۲- سطوح تصاویر MODIS از Level 0 تا Level 2	۲۴
فصل سوم : روش تحقیق و نتایج حاصل	۲۷
۱-۳- مقدمه	۲۷

۲۸	۲-۳- استخراج پارامترهای محیطی از تصاویر سنجش از دوری.....
۲۸	۳-۲-۱- پیش پردازش تصویر.....
۲۹	۳-۲-۱-۱- حذف خطای پانورامیک.....
۳۱	۳-۲-۱-۲- حذف خطای نوار نوار شدگی.....
۳۲	۳-۲-۱-۳- ماسک زمین.....
۳۳	۳-۲-۱-۴- ماسک ابر.....
۳۴	۳-۲-۱-۵- تصحیح اتمسفری.....
۳۷	۳-۲-۱-۶- زمین مرجع کردن تصویر.....
۳۹	۳-۲-۲- استخراج غلظت کلروفیل-آ.....
۳۹	۳-۲-۲-۱- روش های تجربی تعیین کلروفیل.....
۴۵	۳-۲-۲-۲- روش های نیمه تحلیلی.....
۵۰	۳-۲-۲-۳- روشهای تحلیلی.....
۵۵	۳-۲-۳- استخراج دمای سطح آب.....
۶۱	۳-۲-۴- استخراج فاصله از ساحل.....
۶۵	۳-۳-۱- آنالیز رگرسیون.....
۶۵	۳-۳-۱-۱- معرفی مدل‌های رایج رگرسیون.....
۶۶	۳-۳-۱-۲- روش حل مدل رگرسیون.....
۶۸	۳-۳-۱-۳- برازش رگرسیون خطی تک متغیره.....
۷۲	۳-۳-۲-۳- برازش رگرسیون خطی چند متغیره.....
۷۶	۳-۳-۳- شبکه عصبی چند لایه انتشار به جلو.....
۷۷	۳-۳-۳-۱- مدل نرون مصنوعی.....
۷۹	۳-۳-۳-۲- الگوریتم یادگیری.....
۷۹	۳-۳-۳-۳- ملاحظات برای اجرای شبکه عصبی.....
۷۹	۳-۳-۳-۴- توپولوژی شبکه عصبی.....
۸۱	۳-۳-۳-۵- آموزش شبکه عصبی انتشار به جلو.....

۸۱ طراحی مجموعه داده های آموزشی ۳-۳-۵-۱
۸۱ الگوریتم پس انتشار خطا (Backpropagation) ۳-۳-۵-۲
۸۳ پیاده سازی مدل شبکه عصبی و ارزیابی نتایج حاصل ۳-۳-۴
۹۲ فصل چهارم: نتیجه گیری و پیشنهادات
۹۲ ۴-۱ مقدمه
۹۲ ۴-۲ جمع بندی و تحلیل نتایج
۹۳ ۴-۳ پیشنهادات برای تحقیقات آینده
۹۵ فهرست منابع

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱. شانه دار مهاجم *MNEMIOPSIS LEIDYI* ۴
- شکل ۲-۱. شانه دار *BEROE OVATA* دریای سیاه که شانهدار *M.LEIDYI* را در معده خود دارد ۵
- شکل ۱-۲. سه قسمت شمالی (۱)، میانی (۲) و جنوبی (۳) دریای خزر ۱۴
- شکل ۲-۲. نحوه پراکندگی ایستگاههای جمعآوری دادههای میدانی شیلات در قسمت جنوبی دریای خزر ۱۷
- شکل ۳-۲. شمای کلی تجهیزات تعبیه شده در ماهواره AQUA ۲۱
- شکل ۴-۲. تصویر LEVEL2 غلظت کلروفیل سنجنده AQUA در ۷ جولای سال ۲۰۰۳ ۲۵
- شکل ۵-۲. تصویر LEVEL2 دمای سطح آب سنجنده AQUA در ۷ جولای سال ۲۰۰۳ ۲۵
- شکل ۱-۳. روند مطالعه تخمین پراکنش شانهدار با پارامترهای محیطی حاصل از سنجش از دور ۲۷
- شکل ۲-۳. شکل همپوشانی برای سه چارچوب متوالی ۳۰
- شکل ۳-۳. نمودار میزان افزایش اندازه پیکسل برای زاویه دیدهای مختلف MODIS ۳۰
- شکل ۴-۳. خطای نوار نوار شدگی برای باند ۸ سنجنده MODIS ۳۱
- شکل ۵-۳. تصویر زمین مرجع شده (LEVEL2) غلظت کلروفیل در ۷ جولای ۲۰۰۳ ۳۸
- شکل ۶-۳. تصویر زمین مرجع شده (LEVEL2) دمای سطح آب در ۷ جولای ۲۰۰۳ ۳۸
- شکل ۷-۳. نمودار بازتابندگی آب شفاف و آب آلوده به رنگدانه های حاوی کلروفیل ۴۰
- شکل ۸-۳. موقعیت باند بازتابندگی و باند مرجع در الگوریتم نسبت بانندی ساده ۴۱
- شکل ۹-۳. موقعیت باند بازتابندگی و باند مرجع در الگوریتم نسبت بانندی انترپوله شده پیوسته ۴۲
- شکل ۱۰-۳. منطقه بالای خط مبنا ۴۳
- شکل ۱۱-۳. دامنه راس بالای خط مبنا ۴۴
- شکل ۱۲-۳. موقعیت راس نزدیک ۷۰۰ نانومتر ۴۵
- شکل ۱۳-۳. فعل و انفعالات و بر همکنش فوتونها در اتمسفر و آب از خورشید تا سنجنده ۴۷
- شکل ۱۴-۳. تصویر حاصل از میانگین گیری تصاویر LEVEL2 غلظت کلروفیل در جولای ۲۰۰۶ ۵۴
- شکل ۱۵-۳. تصویر حاصل از میانگین گیری تصاویر LEVEL2 دمای سطح آب در جولای ۲۰۰۶ ۶۱

- شکل ۳-۱۶. مدلسازی بین پارامترهای محیطی استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای و متوسط زیستتوده شانه دار مهاجم ۶۲
- شکل ۳-۱۷. مدل خطی برازش یافته با غلظت کلروفیل و زیست توده شانهدار مهاجم ۶۹
- شکل ۳-۱۸. مدل خطی برازش یافته با دمای سطح آب و زیست توده شانهدار مهاجم ۷۰
- شکل ۳-۱۹. مدل خطی برازش یافته بین فاصله از ساحل و زیست توده شانهدار مهاجم ۷۱
- شکل ۳-۲۰. صفحه برازش یافته به زیست توده شانهدار با ترکیب دوتایی کلروفیل و فاصله از ساحل ۷۳
- شکل ۳-۲۱. نمونه‌های از شبکه عصبی انتشار به جلو سه لایه ۷۷
- شکل ۳-۲۲. مدلی از یک نرون مصنوعی در لایه J ۷۸
- شکل ۳-۲۳. تاثیر تعداد نرونهای لایه پنهان (A) ۵ نرون و (B) ۲۰ نرون برای ۱۲ نمونه آموزشی ۸۰
- شکل ۳-۲۴. میانگین خطای نرخ یادگیری داده آموزشی و تست به عنوان تابعی از تعداد نرونهای لایه پنهان ۸۰
- شکل ۳-۲۵. معماری شبکه عصبی انتشار به جلو سه لایه ۸۳
- شکل ۳-۲۶. نمودار همگرایی شبکه عصبی در حالت ۱ ۸۵
- شکل ۳-۲۷. نمودار برازش یافته به داده‌های کنترل (الف)، نمودار برازش یافته به داده‌های چک (ب) ۸۶
- شکل ۳-۲۸. نمودار همگرایی شبکه عصبی در حالت ۲ ۸۷
- شکل ۳-۲۹. نمودار برازش یافته به داده‌های کنترل (الف)، نمودار برازش یافته به داده‌های چک (ب) ۸۷
- شکل ۳-۳۰. نمودار همگرایی شبکه عصبی در حالت ۳ ۸۸
- شکل ۳-۳۱. نمودار برازش یافته به داده‌های کنترل (الف)، نمودار برازش یافته به داده‌های چک (ب) ۸۸
- شکل ۳-۳۲. نقشه پراکنش زیست توده شانهدار مهاجم حاصل شده از شبکه عصبی با ورود هر سه پارامتر ۹۰

فهرست جداول

۲۳	جدول ۱-۲. مشخصات باندهای طیفی سنجنده MODIS
۵۶	جدول ۱-۳. خصوصیات باندهای میانی و حرارتی سنجنده MODIS
۵۹	جدول ۲-۳. ضرایب مدل بدست آمده از داده‌های رادیوساند
۶۰	جدول ۳-۳. ضرایب مدل بدست آمده از داده‌های مدل ECMWF
۷۰	جدول ۴-۳. نتایج مربوط به رگرسیون خطی بین غلظت کلروفیل و زیست توده شانه‌دار مهاجم
۷۱	جدول ۵-۳. نتایج مربوط به رگرسیون خطی بین دمای سطح آب و زیست توده شانه‌دار مهاجم
۷۲	جدول ۶-۳. نتایج مربوط به رگرسیون خطی بین فاصله از ساحل و زیست توده شانه‌دار مهاجم
۷۲	جدول ۷-۳. نتایج مربوط به رگرسیون خطی بین غلظت کلروفیل، دمای سطح آب و زیست توده شانه‌دار مهاجم
۷۳	جدول ۸-۳. نتایج مربوط به رگرسیون خطی بین غلظت کلروفیل، فاصله از ساحل و زیست توده شانه‌دار مهاجم
۷۳	جدول ۹-۳. نتایج مربوط به رگرسیون خطی بین دمای سطح آب، فاصله از ساحل و زیست توده شانه‌دار مهاجم
۷۴	جدول ۱۰-۳. نتایج مربوط به رگرسیون خطی بین هر سه پارامتر ورودی و زیست توده شانه‌دار مهاجم
۷۵	جدول ۱۱-۳. نتایج حاصل به ازای ترکیبات مختلف پارامترهای ورودی با رگرسیون خطی
۸۶	جدول ۱۲-۳. نتایج مربوط به برازش تابع بین غلظت کلروفیل و زیست توده شانه‌دار مهاجم
۸۷	جدول ۱۳-۳. نتایج مربوط به برازش تابع بین دمای سطح آب و زیست توده شانه‌دار مهاجم
۸۸	جدول ۱۴-۳. نتایج مربوط به برازش تابع بین فاصله از ساحل و زیست توده شانه‌دار مهاجم
۸۹	جدول ۱۵-۳. نتایج حاصل به ازای ترکیبات مختلف پارامترهای ورودی به شبکه عصبی

فصل اول : مقدمه

فصل اول : مقدمه

۱-۱- مقدمه

پیشرفت تکنولوژی و در پی آن، گسترش توانایی‌های سنجش از دور در زمینه‌های مختلف، امکان استفاده از آن را در مطالعات منابع طبیعی و نظارت بر آنها فراهم کرده است. امروزه نظارت بر کیفیت اکوسیستم‌های آبی به دلیل ارتباط تنگاتنگ کیفیت آب با سلامت محیط و کیفیت زندگی زیر نظر ارگانهای مرتبط انجام می‌گیرد [۱]. دریا دو سوم سطح کره زمین را پوشش می‌دهد. انسان تا حد زیادی، برای گونه‌های غذایی شامل ماهی، حلزون صدف دار، پستانداران دریایی، لاک پشت ها، گیاهان آبی و جلبک‌ها، به دریا وابسته است.

در حالی که تشخیص مستقیم آبیان همیشه امکان پذیر نیست، تشخیص غیر مستقیم آنها ممکن است با مشاهده پدیده‌های سطح دریا و در ارتباط با گونه‌های توزیع آنها وجود داشته باشد. تغییر در رنگ اقیانوس از آبی به سبز نیز ممکن است به عنوان شاخص فراوانی پلانکتون‌ها کفایت کند. رنگ سبز با حضور کلروفیل همراه است، در حالی که رنگ اقیانوس‌ها از دیرباز به شکل محلی توسط ماهیگیران برای تعقیب گونه‌های ماهی‌ها استفاده می‌شده است. هواپیما و تصاویر ماهواره‌ای می‌توانند تغییرات رنگی را بر فراز یک منطقه بسیار وسیعتر و به شیوه دقیق‌تری ضبط کنند. پلانکتون‌ها نقش مهمی در شیلات دارند، آنها عهده‌دار بقای لیسه^۱ ها و تضمین کننده توانگیری^۲ آنها هستند [۲].

پلانکتون‌ها متشکل از موجودات زنده بسیار ریز شناور هستند. دو گونه اصلی پلانکتون، فیتوپلانکتون و زئوپلانکتون است. فیتوپلانکتونها اهمیت اساسی برای زندگی دریایی با توجه به توانایی‌هایشان برای سنتز ترکیبات آلی از مواد معدنی دارند. الگوی تغذیه در دریاها زنجیره ای از وقایع را با ارتباط‌های متعدد نشان می‌-

^۱ Larva

^۲ recruitment

دهد. معمولا منطقه غنی فیتوپلانکتون، منطقه غنی زئوپلانکتون را در پی دارد که بقای ماهی‌ها را تضمین می‌کند [۲].

در سالهای اخیر، مطالعه اقیانوس‌ها از ماهواره بر حسب دمای سطح آب دریا^۱ و داده‌های رنگی اقیانوسی^۲ دیدی نسبت به تغییر آب و هوا در جهان گشوده است. رنگ اقیانوس، به ویژه، رنگدانه فیتوپلانکتون نقش حیاتی در سیستم اقیانوسی دارد. رنگدانه فیتوپلانکتون در همه گیاهان زنده وجود دارد که عهده‌دار عمل فتوسنتز است. تکنیک‌ها به میزان بهره‌وری زیستی و براساس توزیع فراوانی کلروفیل گسترش یافته‌اند. درجه حرارت آب یکی دیگر از عوامل مهم در تعیین توزیع گونه‌ها و سنسورهای حرارتی مورد استفاده به منظور تولید نقشه از دمای سطح دریا است. برخی از نقشه‌ها را می‌توان برای شناسایی آب سرد بالا آمده^۳ که همراه با مواد غذایی غنی است، استفاده کرد برای تعیین محل مناطق مرز بین آب های گرم و سرد که در آن گونه خاص اجتماع می‌کنند [۱].

۱-۱-۱- معرفی شانه دار مهاجم *Mnemiopsis leidyi*

شانه‌داران خصوصا اعضاء جنس *Mnemiopsis* به عنوان زئوپلانکتون ژلاتینی شناخته می‌شوند که دارای قابلیت تولید مثلی بسیار زیادی هستند. گونه‌ای از آنها قادر به تولید ۸۰۰۰ تخم در طول ۲۳ روز است، و در طول ۱۳ روز مجدداً می‌تواند تولید مثل نماید [۳]. به طور طبیعی چنین سرعت رشدی تنها می‌تواند با نرخ تغذیه ای بسیار زیاد عملی گردد. مطالعات اواخر دهه هفتاد میلادی نشان داد که *Mnemiopsis* به عنوان شکارچی موثر از زئوپلانکتون‌ها مطرح می‌باشد [۴]. Reeve و همکاران (۱۹۷۸) عنوان نمودند که احتمالا مهمترین جنبه رفتار تغذیه ای *Mnemiopsis* این است که نرخ هضم آنها با میزان غذا متناسب است. به این دلیل است که کاهش

^۱ Sea Surface Temperature

^۲ Ocean color

^۳ upwelling

سریعی را در تراکم و یا زیتوده کپه پودا و سایر زئوپلانکتون‌ها به عنوان غذای شانه‌دار در مناطق بومی آنها مشاهده می‌شود [۳]. شکل ۱-۱ تصویری از شانه‌دار مهاجم *Mnemiopsis leidyi* را نشان می‌دهد. بیشتر این موجودات اندازه‌ای میلیمتری داشته و طول گونه‌های درشت‌تر آنها به ۵ سانتی‌متر می‌رسد. با توجه به اینکه زئوپلانکتون‌ها از فیتوپلانکتون‌ها تغذیه می‌کنند بنابراین شانه‌داران مهاجم، زئوپلانکتون‌ها و فیتوپلانکتون‌ها با توجه به زنجیره غذایی‌شان به هم مرتبط هستند. در واقع انتظار بر این است که میزان حضور شانه‌دار مهاجم و فیتوپلانکتون رابطه مستقیمی با هم داشته باشند [۵].

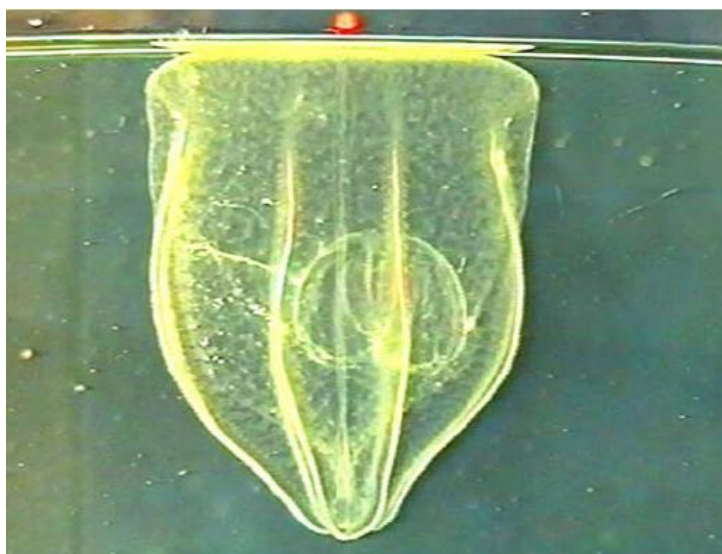


شکل ۱-۱. شانه‌دار مهاجم *Mnemiopsis leidyi*

۱-۱-۲- چگونگی ورود شانه دار مهاجم به دریای خزر

عقیده بر این است که *Mnemiopsis leidyi* در اوایل دهه ۸۰ میلادی به وسیله آب توازن کشتی‌ها از سواحل منطقه فلوریدا واقع در اقیانوس اطلس به دریای سیاه منتقل شد. اگر چه این جانور یک گونه بومی آبهای سواحل شرقی آمریکاست اما ورود آن به دریای سیاه موفقیت آمیز بوده است. ورود این جانور اکوسیستم دریای سیاه را دستخوش تغییراتی ساخت به گونه‌ای که صید ماهیان در طی چندین و چند سال به طور چشمگیری کاهش یافت. ناگهان گونه شانه‌دار جدیدی به نام *Beroe ovata* اولین بار در دریای سیاه در اکتبر ۱۹۹۷ ظاهر

شد [۶]. احتمالا این گونه جدید از طریق آب توازن کشتی ها منتقل گردید. در طی گشت دریایی سال ۱۹۹۹، Kideys & Romanova (2001) اولین بار این شکارچی *M. leidy* را در قسمت جنوبی دریای سیاه با متوسط ۱۲ گرم در متر مربع مشاهده نمودند [۷]. بلافاصله مطالعات آزمایشگاهی همراه با بررسی گشت‌های دریایی برای اثرات گونه مهاجم جدید شروع گردید که نشان داد *B. ovata* می تواند بطور موثری جمعیت *M. leidy* را با تغذیه اختصاصی کنترل نماید و از اینرو در شکل‌گیری مجدد ساختار و پویایی جمعیت سایر جوامع پلاژیک موثر واقع گردید [۸] و توانست تا حدود زیادی این بحران را کنترل نماید. شکل ۱-۲ شانه‌دار *Beroe ovata* دریای سیاه که شانه‌دار *M. leidy* را در معده خود دارد، نشان می‌دهد.



شکل ۱-۲. شانه‌دار *Beroe ovata* دریای سیاه که شانه‌دار *M. leidy* را در معده خود دارد

شانه‌دار مهاجم *M. leidy* در نوامبر ۱۹۹۹ در دریای خزر مشاهده شد. Ivanov و همکارانش در سال ۲۰۰۰ گزارش کردند که این شانه‌دار از طریق آب توازن کشتی‌ها از دریای سیاه و آزوف از طریق کانال ولگا دون ابتدا به مناطق کم عمق و آب شیرین مناطق شمالی دریای خزر و سپس به مناطق مرکزی و آبهای مناطق جنوبی دریای خزر انتقال یافتند [۹]. پیامد رشد و تکثیر *M. leidy* کاهش شدید برخی گونه‌های پلانکتونی و تغییر در ترکیب گونه‌ها بوده است، به طوری که در فاصله سالهای ۱۹۹۲-۱۹۹۰ بعضی از گونه‌های دریای سیاه از بین رفتند و صید ماهی‌های زئوپلانکتون‌خوار بشدت کم شد. همچنین شانه‌دار مهاجم اثری منفی بر ذخایر ماهیان

پلاژیک دریای سیاه بخصوص آنچوی و سکاد و در نتیجه روی وال‌هایی که از این ماهیان تغذیه می‌کنند، گذاشته است. این موجود بعد از ایجاد یک کاهش ۸۰٪ ذخیره ماهیان دریای سیاه، شروع به تخریب صید کیلکا در دریای خزر کرد و حضور آن در دریای خزر در بهمن ماه سال ۱۳۷۸ (اوایل سال ۲۰۰۰ میلادی) تأیید شد. به دنبال هجوم سنگین شانهدار به دریای خزر کاهش سریعی در صید شیلات ایران (بخصوص کیلکا)، آذربایجان و روسیه مشاهده شد. تهاجم شانهدار باعث کاهش در مقدار غذای مصرفی دیگر گونه‌های دریای خزر مانند فک خزری و همچنین باعث آبستنی کمتر، مرگ و میر بیشتر و در نهایت کاهش جمعیت آنها شده است. معضل دیگر ناشی از تهاجم شانهدار این است که این موجود با خوردن پلانکتون‌ها، رقیب موجودات پلانکتون‌خوار در اکوسیستم بوده، به این ترتیب آخرین حلقه غذایی در اکوسیستم محسوب می‌شود [۱۰]. به عبارت دیگر این موجود به طور همزمان هم از ماهیان تغذیه می‌کند و هم با آنها بر سر منابع غذایی رقابت می‌کند. همچنین از آثار محیطی شانهدار مهاجم، انرژی بالای این موجود در تشکیل آنزیمهای پروتئولیتیک در آب دریاست. این آنزیمها باعث تبدیل پلیمرها و پروتئینها به ترکیباتی می‌شوند که به وسیله میکروارگانیسمها جذب می‌شوند و این عمل بر پروسه‌های تولید و تخریب در اکوسیستم تأثیر می‌گذارد. مطالعات انجام شده در مورد فلور باکتریایی آب دریا و آبریان نشان دهنده تنوع بالای میکروفلور آنهاست.

مطالعاتی آزمایشگاهی جهت ورود شانهدار *Beroe ovata* به دریای خزر برای مهار کردن بحران انجام شد. با اینکه نتایج آزمایشگاهی امیدوار کننده بود اما به هیچ عنوان شبیه آنچه برای دریای سیاه رخ داد برای دریای خزر اتفاق نیفتاد [۱۱]. از اینرو با توجه به ویژگیهای خاص دریای خزر، این دریا وارد بحرانی به مراتب جدی‌تر از دریای سیاه شد.

۱-۲- انگیزه و اهداف تحقیق

افزایش ناگهانی غلظت کلروفیل در قسمت میانی و جنوبی دریای خزر در جولای و آگوست ۲۰۰۱ توجه محققین فعال در زمینه زیست محیطی و بیولوژی دریایی را معطوف خود ساخت که شاید این افزایش ناگهانی

نتیجه هجوم شانه‌دار مهاجم باشد. همچنین این پدیده باعث تغییر در چرخه فصلی غلظت کلروفیل - آ از فصل بهار قبل از هجوم شانه‌دار مهاجم به اواخر تابستان بعد از هجوم شد [۵]. با توجه به اینکه سه عنصر شانه‌دار مهاجم، زئوپلانکتون‌ها و فیتوپلانکتون‌ها با توجه به زنجیره غذایی‌شان به هم مرتبط هستند، بنابراین کاملاً می‌توان تاثیر مخرب این هجوم را درک کرد. این امر شروع یکی از مهمترین مشکلات دخالت انسانی^۱ در اکوسیستم دریای خزر می باشد که تاکنون مشاهده شده است و به عنوان یکی از بزرگترین پدیده‌هایی است که با حضور یک گونه غیر بومی (مهاجم) در سرتاسر آبهای دریایی جهان روی داده است. برای نمونه صید کیلکا ماهیان در ایران ابتدا در سال‌های ۱۹۹۸ و ۱۹۹۹ از ۸۲ و ۸۵ هزار تن به ۶۴ هزار تن در سال ۲۰۰۰، و به کمتر از ۲۴ هزار تن در سال ۲۰۰۱ رسید. بنابراین در طی سه سال، بیش از ۷۰٪ کاهش در صید کیلکا ماهیان ایران اتفاق افتاد که با این کاهش ۱۲۵ میلیون دلار به اقتصاد ایران خسارت وارد شد [۱۰].

هدف اصلی این تحقیق، تلاش برای توسعه یک مدل پیش‌بینی‌کننده مکانی براساس داده‌های میدانی حضور شانه‌دار مهاجم و داده‌های محیطی استخراج شده از تصاویر سنجنده MODIS در منطقه جنوبی دریای خزر در اوایل تابستان (ماه جولای) می‌باشد. جهت برازش مدل از سه پارامتر میانگین ماهیانه غلظت کلروفیل و دمای سطح آب و فاصله از ساحل استفاده شده است.

ضمناً علاوه بر انتخاب مدل مناسب و برازش آن بر داده‌های موجود، تعیین مجموعه پارامترهای ورودی مناسب و همچنین تاثیر هر یک از پارامترهای محیطی بر حضور شانه‌دار مهاجم از دیگر موارد مورد نظر در این تحقیق می‌باشد. به این منظور کلیه ترکیبات قابل انتخاب از پارامترهای ورودی مدل، مورد آزمون قرار گرفته است.

^۱ anthropogenic