**شیلات، مجله منابع طبیعی ایران**
دوره ۷۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۹
صفحات ۵۹۲-۵۷۹

# پیش‌بینی مطلوبیت زیستگاه میگوی آب شیرین در حوضه آبریز تالاب انزلی با استفاده از مدل ماشین بردار پشتیبان

**رحمت زرکامی[۱*]، فرشته یوسفی[۲]، احمد قانع[۳]**

*۱. دانشیار گروه محیط زیست،، دانشکده منابع طبیعی صومعه سرا، دانشگاه گیلان، گیلان، ایران*
*۲. کارشناس ارشد گروه محیط زیست،، دانشکده منابع طبیعی صومعه سرا، دانشگاه گیلان، گیلان، ایران*
*۳. مربی پژوهشکده آبزی پروری آب‌های داخلی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندر انزلی، ایران*

**تاریخ ارسال: ۱۳۹۹/۰۶/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۹/۱۱**

## چکیده

پیش‌بینی مطلوبیت زیستگاهی میگوی آب شیرین (*Macrobrachium nipponense*) اهمّیت به سزایی در مدیریت بوم سازگان‌های آبی دارد. برای پیش‌بینی مطلوبیت زیستگاهی این میگو، ۶ ایستگاه از قسمت‌های مختلف حوضه آبریز تالاب انزلی انتخاب گردید که در نیمی از این ایستگاه‌ها گونه حضور داشت (۳۶ مورد) و در نیمی دیگر از ایستگاه‌ها گونه حضور نداشت (۳۶ مورد بقیه). در کل، ۱۵ فاکتور متشکل از متغیرهای کیفی آب، دینامیکی و ساختاری محیط در هر ایستگاه هم زمان با متغیر زیستی (حضور/عدم حضور میگو) بصورت ماهیانه در بازه زمانی یک سال (۱۳۹۸-۱۳۹۷) با نمونه برداری از آب، اندازه گیری شد. پیش‌بینی مدل بر اساس هر دو معیار (در صد داده‌های صحیح طبقه‌بندی شده و کاپای کوهنی) قابل اعتماد بود. چون معیارهای پیش‌بینی از سطح آستانه فراتر رفتند (در صد داده‌های صحیح طبقه‌بندی شده > ٪۷۰ و کاپای کوهنی > ۰٫۶). نتایج مدل ماشین بردار پشتیبان نشان داد کاهش جمعیت و یا حتی عدم حضور میگو ممکن است ارتباط بسیار تنگاتنگی با افزایش سرعت جریان آب، عمق آب، میزان شوری، هدایت الکتریکی، غلظت سدیم و کلراید داشته باشد. بر اساس پیامدهای مدل، ازدیاد غلظت سایر فاکتورهای کیفی آب مثل غلظت پتاسیم، سولفات و سختی کل نقش بینابینی و ازدیاد غلظت ارتو فسفات، نیترات و اکسیژن خواهی زیستی نقش بسیار کمی در پیش‌بینی زیستگاه میگو دارند. بر خلاف متغیرهای ذکر شده، نتایج مدل نشان داد که افزایش غلظت برخی از متغیرها مثل اکسیژن محلول، اسیدیته و کدورت آب ممکن است احتمال حضور میگو را در مناطق نمونه برداری افزایش دهد. با توجه به فاکتورهای پیش‌بینی شده توسط مدل، اهمیت این فاکتورها در نمونه برداری آینده برای میگو باید بیشتر مورد توجه قرار گیرد.

**واژه‌های کلیدی:** تالاب، زیستگاه، میگوی آب شیرین، مدل ماشین بردار پشتیبان

* نویسنده مسئول: رحمت زرکامی
Email: rzarkami2002@yahoo.co.uk

**Journal of Fisheries**
Vol. 73, No. 4, Winter 2020
pp. 579-592

# Predicting the habitat suitability of freshwater shrimp in Anzali wetland watershed using support vector machine model

**Rahmat Zarkami[1*], Fereshteh Yousefi[2], Ahmad Ghane[3]**

*1. Associate Professor, Department of Environment science, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Guillan, Iran*
*2. Msc. Department of Environment science, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Guilan, Iran*
*3. Msc. Inland Waters Aquaculture Research Center, Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Bandar Anzali, Guilan, Iran*

**Received: 21-Aug-2019 Accepted: 02-Nov-2020**

## Abstract

The prediction of the habitat suitability of freshwater shrimp (*Macrobrachium nipponense*) is an important issue for managing the aquatic ecosystems. Six sampling sites were selected from different parts of the catchment area of Anzali wetland to predict the habitat conditions of freshwater shrimp in which the species was present in three sampling sites (36 instances) and it was absent in the remaining of the sampling sites (36 instances). In total, fifteen environmental factors consisting of water quality, dynamic and structural variables were monthly sampled based on the biological variable (the presence/absence of shrimp) over one-year sampling period (1397-1398). The prediction of SVM was reliable based on the two predictive performances (CCI% and Cohen kappa) since both predictive performances exceeded the threshold values (CCI%> 70% and Cohen kappa>0.70). The results of the support vector machine model showed that the population decline or even the absence of shrimp might have a very close relation with increasing water flow velocity, water depth, salinity, electric conductivity, sodium and chloride concentrations. Based on the model outcomes, increasing the concentration of other water quality variables including potassium, sulfate and total hardness might have an intermediate impact and increasing the concentration of orthophosphate, nitrate and biological oxygen demand might have less impact on the prediction of the shrimp habitat. Contrary to the above-mentioned variables, the results of the applied model showed that increasing the concentration of some variables such as dissolved oxygen, acidity and water turbidity might increase the probability of the shrimp presence in the sampling locations. Based on the factors predicted by the model, the importance of these factors should be considered for freshwater shrimp in future monitoring.

**Keywords:** Freshwater shrimp, Habitat, Invasive species, Support vector machine model, Wetland

Corresponding author: Rahmat Zarkami Email: rzarkami2002@yahoo.co.uk

## ۱. مقدمه

شناخت زیستگاه گونه‌ها (Sadeghi *et al*., 2014) بخصوص برای گونه‌های آبزی و تعیین متغیرهای تأثیرگذار روی زیست و بقای آن‌ها از مهم ترین مو ضوعات مدیریتی در راستای حفاظت صحیح گونه‌ها و زیستگاه آنها به شمار می‌آید (Sadeghi *et al*., 2014; Son *et al*., 2017; Zarkami *et al*., 2018). در نتیجه حفظ زیستگاه‌ها در مسائل مدیریتی و حفاظت گونه‌های آبزیان باید مورد توجه بیشتری قرار گیرد (Sadeghi *et al*., 2012a; Sadeghi *et al*., 2012b).

در سالیان اخیر چند نمونه از گونه‌های مهاجم گیاهی مثل سرخس آبی آزولا (*Azolla filiculoides*) (Sadeghi *et al*., 2014) و سنبل آبی (*Eichhornia crassipes*) (Zarkami, 2016) و جانوری مثل میگوی آب شیرین (*Macrobrachium nipponense*) (De Grave and Ghane, 2006) اکوسیستم با ارزش و بین المللی تالاب انزلی و رود خانه‌های حو ضه آبریز آن را مورد تهدید جدی قرار داده است. جنس میگوی ماکروبراکیوم شامل چندین گونه از میگو است که بطور گسترده‌ای در دریاچه‌ها، مخازن، سیلاب‌ها و رودخانه‌ها در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری جهان از جمله آمریکای جنوبی پراکنده شده‌اند. در حال حاضر، ۲۱۰ گونه از جنس *Macrobrachium* وجود دارد که در سراسر جهان پراکنده شده‌اند، ۴۵ مورد آن در آمریکا ثبت شده ا ست و ۱۸ مورد از آن در برزیل ثبت شده ا ست (Lima *et al*., 2013).

براساس مطالعه Williams (1981)، ده‌پایان سخت‌پوست معمولاً موجودات فرصت‌طلب همه‌چیزخوار هستند که غذای خودشان را از کف زیستگاه یا جانوران مربوط به زیر آب و حواشی آبگیرها از منافذ ریشه‌های گیاهان حاشیه ای بدست می‌آورند. میگوی آب شیرین معروف به میگوی رودخانه‌ای با نام علمی *Macrobrachium nipponense* نقش کلیدی در انتقال ماده و انرژی در زنجیره غذایی در رابطه بین طعمه و طعمه خواری دارد. میگو های آب شیرین دارای رژیم غذایی همه چیزخواری است و از دامنه وسیعی از منابع غذایی شامل موجودات کفزی، پلاژیک، ماکروفیت‌های تازه، حشرات آبزی، تک‌یاخته‌ای‌ها، سخت‌پوستان، روتیفرها، لاروها، شیرونومید، دتریتوس‌ها و مواد غیرآلی تغذیه می‌کند و با توجه به رژیم همه چیزخواری در محیط-های به شدت ناهمگن قادر به زیست است (Minagaw and Wada, 1989; Shie et l.,1995). از دیدگاه اکولوژیک، میگوهای رودخانه‌ای جنس *Macrobrachium* اهمیت زیادی در بوم سازگان‌های آبی شیرین و لب شور (مناطق مصب رودخانه‌ها) در سراسر مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری دنیا دارند. اگر چه اعضای این جنس به طور معمول منصوب به میگوهای آب شیرین هستند ولی برخی از این جنس‌ها به مصب رودخانه‌ها نیز وابستگی دارند بطوری که در مراحلی از زندگی خود نیاز به آب‌های لب شور دارند.

بطور کلی از شاخص‌های مؤثر یرای زیست بسیاری از گونه‌های ماکروبراکیوم می‌توان به اسیدیته (در محدوده ۸/۵-۷) اشاره کرد. اثر اسیدیته روی رشد میگوی آب شیرین *M. nipponense* نشان داد که با کاهش ا سیدیته از ۸/۲ به ۵/۶ میزان رشد طولی و وزنی بطور معنا داری کاهش پیدا می‌کند. در تحقیقات دیگر (Hummel, 1986) گزارش شده است که مرگ دسته جمعی میگوها در pHهای ۹/۵ و بیشتر رخ می‌دهد. دامنه مطلوب شوری برای بقای این میگوها ۲۰-۱۰ گرم در لیتر گزارش شده است. دامنه مناسب اکسیژن برای *M. nipponenese*، بین ۷-۳ میلی‌گرم در لیترگزارش شده است (Zimmermann, 1998) و اکسیژن کمتر از ۲ میلی‌گرم در لیتر باعث تنش میگوها می‌شود (Rogers and Fast, 1988).

انتخاب روش‌های آماری و مدل‌های اکولوژیکی مناسب و همینطور فاکتورهای مهم و تاثیر گذار برای نیازهای زیستگاهی گونه‌های آبزیان یکی از موضوعات مهم در برنامه‌های مدیریتی در تالاب‌ها و رودخانه‌ها است. دلیل عمده برای استفاده از مدل ماشین بردار پشتیبان یا SVM (Support Vector Machine) در پژوهش فعلی

این بود که چنین مدل‌هایی از قابلیت اعتماد بالایی (حتی با وجود داده‌های نسبتا اندک مثل پژوهش کنونی) در خصوص پیش‌بینی شرایط زیستگاهی گونه‌های مختلف آبزیان برخوردارند (Sadeghi *et al.*, 2012a.). در خصوص مطلوبیت زیستگاهی گونه میگوی آب شیرین *M. nipponense* تاکنون مطالعات جامع و گسترده ای در ایران صورت نگرفته است و تنها می‌توان به مطالعات اولیه و اندکی در خصوص این میگو (به عنوان مثال پراکنش و فراوانی این میگو در تالاب انزلی) اشاره نمود. با توجه به نقش مهمّی که این گونه می‌تواند در تالاب‌ها و رودخانه‌ها از نظر اکولوژیک و اقتصادی داشته باشد، ضروری است تا اطلاعات بیشتری در خصوص عوامل تاثیر گذار بر ایجاد شرایط زیستگاهی مطلوب این میگوی به دست آید. به همین خاطر در این پژوهش از این مدل برای پیش‌بینی شرایط مطلوب یا عوامل اثر گذار در مطلوبیت زیستگاه این میگوی آب شیرین (بر حسب میزان احتمال حضور و یا عدم حضور میگوی مورد مطالعه) استفاده شد. لذا، هدف از این پژوهش پیش‌بینی وضعیت زیستگاه میگوی آب شیرین با توجه به عوامل مهم و موثر (کیفی آب، دینامیکی و ساختاری محیط بوم سازگان‌های مورد تحقیق) بر میزان حضور و عدم‌حضور گونه با استفاده از مدل ماشین بردار پشتیبان در قسمت‌های مختلف حوضه آبریز تالاب انزلی و همچنین در داخل تالاب بود.

## ۲. مواد و روش‌ها

### ۱.۲. منطقه مورد مطالعه

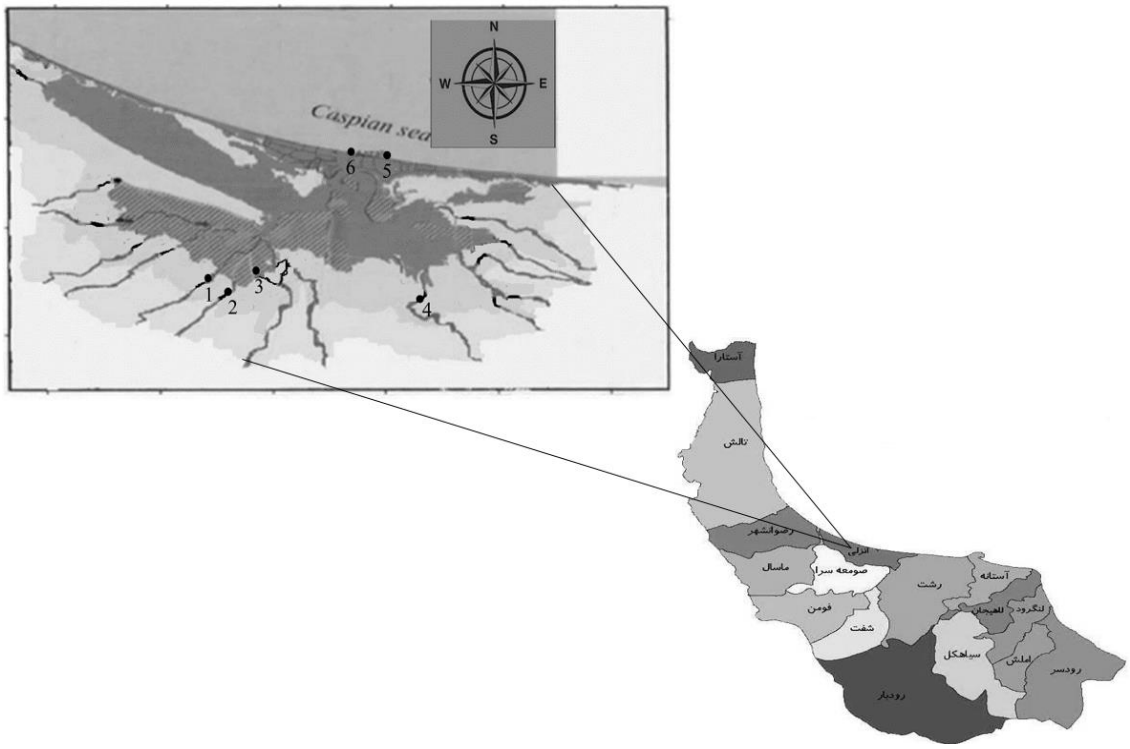
تالاب انزلی در جنوب غربی دریای خزر با مساحتی حدود ۱۹۳۰۰ هکتار در مختصات جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۲ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۳۲ دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۱۴ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۳۶ دقیقه طول شرقی و در استان گیلان واقع شده است. حوضه آبخیز تالاب از دره شفارود در رضوانشهر تا دره سفیدرود، مساحتی در حدود ۳۷۴۰۰۰ هکتار دارد. حوضه آبخیز تالاب از دره شفارود در رضوانشهر تا دره سفیدرود، مساحتی در حدود ۳۷۴۰۰۰ هکتار دارد. تالاب انزلی یکی از تالاب‌های با ارزش بین‌المللی است که تنوع اکولوژیک، تغییرات فصلی و غنای حیات وحش، آن را به بوم سازگان منحصر به فرد ویژه تبدیل کرده است (Sadeghi *et al.*, 2014). تالاب انزلی از جمله ۲۱ تالاب بین‌المللی کشور است که در کنوانسیون رامسر مصوب شده و از اهمیت بین‌المللی بسیار بالایی برخوردار است (Sadeghi *et al.*, 2014). این تالاب یک زیستگاه با ارزش برای گونه‌های مختلف گیاهی و جانوری است و همینطور زیستگاه بسیاری از گونه‌های مهم آبزیان از جمله ماهیان (برای تخم‌ریزی و مهاجرت به دریای خزر) و محل زمستان‌گذرانی و تغذیه گونه‌های مختلفی از پرندگان آبزی مهاجر است که در مرکز پراکنش جغرافیایی جمعیت غازها و اردک‌های سیبری و خزر و نیل واقع شده است (Sadeghi *et al.*, 2014). آب این تالاب بوسیله بیش از ۱۵ رودخانه تامین می‌شود و حدود ۷۶ متر مکعب در ثانیه آب را وارد تالاب می‌کنند (Zoughi Shalmani *et al.*, 2017). حداکثر عمق آب در تالاب ۳ متر ثبت شده است (Sadeghi *et al.*, 2014).

### ۲.۲. انتخاب ایستگاه‌های نمونه برداری

در این پژوهش، تعداد ۶ ایستگاه در قسمت‌های مختلف حوضه آبریز تالاب انزلی (رودخانه‌های ورودی و خروجی تالاب انزلی واقع در استان گیلان) و داخل تالاب مشخص شدند. انتخاب تمام این ایستگاه‌ها کاملا بصورت تصادفی و با توجه به اهداف مورد نظر این تحقیق صورت گرفت. در انتخاب ایستگاه‌ها تلاش شد تا در حوضه آبریز تالاب، شرایط مختلف اکولوژیک (حضور و یا عدم حضور میگو)، جغرافیایی و مورفومتریک مناطق و همچنین فعالیت‌های مختلف انسانی در نظر گرفته شود بطوری که هدف وابستگی کمتر داده‌های هر ایستگاه با یکدیگر تامین گردد.

ایستگاه شماره یک در سیاه درویشان، ایستگاه شماره دو در نرگستان، ایستگاه شماره سه در چمثقال، ایستگاه شماره چهار در پیربازار، ایستگاه شماره پنج در پل غازیان و ایستگاه شماره شش در پل انزلی انتخاب گردیدند. چمثقال از نظر مشاهدات و تحقیقاتی که صورت گرفت از

جمله مناطقی بود که حضـور موجود از بقیه جاها بیشـتر بود. در ایستگاه‌های سیاه درویشان و نرگستان هم موجود در تمام ماه‌های سال حضور کامل داشت. در حالیکه بعد از پایش بسیار زیاد مشخص شد که میگو در ایستگاه‌های چهارم، پنجم و ششم در هیچ کدام از ماه‌های سال حضور ندارد. منطقه حفاظت شـده سـرخانکل بخشـی از تالاب انزلی اسـت که از جنوب به سـیاه درویشـان و قسـمت دیگری از تالاب انزلی بنام منطقه حفاظت شـده سـیاه کشـیم از شـرق به آن ختم می‌گردد. چمثقال همراه با رودخانه‌های شـیله سـر، سـیاه درویشـان پسـیخان مقدار معتنابهی از رسـوبات را به تالاب انزلی وارد می‌کنند. رودخانه پیربازار (با اتصـال دو رود بزرگ زرجوب و گوهر رود) از طرف شـرق وارد تالاب انزلی می‌شـوند و از آلوده ترین رودخانه‌های حوضـه آبریز هسـتند. پیربازار از جمله رودخانه‌های ورودی به تالاب انزلی است. پل غازیان و پل انزلی از رودخانه‌های خروجی تالاب انزلی به دریای خزر محسوب می‌شوند. در شکل ۱ موقعیت جغرافیایی استان گیلان در کشـور ایران، تالاب انزلی و محل نمونه‌برداری مشخص شده است.




**شکل۱- مناطق نمونه برداری برای اندازه‌گیری متغیرهای محیطی و زیستی (حضور و عدم حضور *M. nipponense*) در قسمت‌های مختلف حوضه آبریز تالاب انزلی**

**(ایستگاه ۱: سیاه درویشان، ایستگاه ۲: نرگستان، ایستگاه ۳: چمثقال، ایستگاه ۴: پیربازاز، ایستگاه ۵: پل غازیان و ایستگاه ۶: پل انزلی).**

## ۳.۲. جمع آوری داده‌های محیطی و زیستی

با نمونه‌برداری از آب و انتقال سـریع نمونه ها به آزمـایشـگـاه (APHA, AWWA, WEF, 2012)، شاخص‌های محیطی (کیفی آب و دینامیکی و ساختاری محیط) در ایسـتگاه‌های مختلف در حوضـه آبریز و تالاب انزلی اندازه گیری و تعیین شد. شاخص‌هایی که مستقیما در عملیات صـحرایی اندازه گیری شـدند شـامل: هدایت الکتریکی آب (TDS- meter, WTW)، اسـیدیته (pH-meter, WTW) و اکسـیژن محلول (تیتراسـیون یدومتری)، عمق آب (به کمک یک متر چوبی) و سـرعت

جریان آب (با انداختن تکه‌ای از یونولیت روی آب و سپس محاسبه سرعت جریان آب) بودند.

قبل از نمونه برداری اصلی از ایستگاه های مورد پژوهش، ابتدا نمونه برداری پایلوت به کمک تیم تخصصی از ایستگاه‌ها انجام گرفت تا از شناسایی و حضور جمعیت میگو در قسمت‌های مختلف حوضه آبریز تالاب اطمینان حاصل شود. بطوری که برای اطمینان چندین نقطه از هر ایستگاه پایش شد تا به وجود قطعی یا عدم وجود میگوی مورد نظر در آنجا پی برده شود. جمعیت میگوها و سایر گونه های احتمالی جانوری آبزی در مناطق مورد مطالعه ابتدا با دستگاه صید برقی یا الکترو شوکر با ولتاژ ۲۲۰ که دارای دو قطب مثبت و منفی بود شوک الکتریکی شدند و در هر ایستگاه حداقل در سه نقطه مختلف (۳ بار صید به ازای واحد تلاش) عمل نمونه برداری انجام گرفت. سپس نمونه‌ها به کمک تله ساچوک (دستی) صید گردیدند و در نهایت تعداد میگوها شمارش گردیدند. نمونه‌ها بعد از جمع‌آوری در فرمالین ۴درصد و بعد از آن در الکل ۷۰درصد نثبیت و نگهداری و به آزمایشگاه انتقال داده شدند و سپس گونه مورد تحقیق توسط متخصصان جانور شناسی در آزمایشگاه تشخیص داده شد (شکل ۲).

**شکل ۲- میگوی رود خانه ای آب شیرین (سمت راست)، دستگاه صید برقی یا الکتروشوکر (وسط)، تله ساچوک (سمت چپ) برای صید میگو.**

### ۴.۲. تجزیه و تحلیل داده‌ها

- در مرحله نخست با استفاده از آمار توصیفی میزان پراکنش داده‌ها برای تمام شاخص‌ها و شدت تاثیر آنها روی حضور و عدم حضور میگوی مورد پژوهش با توجه به میزان حداقل، حداکثر، میانگین، میانه و انحراف معیار مشخص شد (جدول ۱).

- ضریب همبستگی پیرسون برای تعیین رابطه بین شاخص‌های محیطی و زیستی (فراوانی گونه) و رابطه بین شاخص‌های محیطی با یکدیگر در مناطق مورد بررسی بکار گرفته شد.

- مدل ماشین بردار پشتیبان به عنوان تکنیک اصلی در پژوهش فعلی مورد استفاده قرار گرفت (Sadeghi *et al.*, 2014). ماشین بردار پشتیبان که یکی از تکنیک‌های سودمند برای پیش‌بینی ویژگی‌های مختلف موجود زنده از جمله احتمال حضور/عدم حضور گونه‌ها است (بر اساس وزن دهی متغیرها) و برای پیش‌بینی میزان احتمال حضور و یا عدم حضور میگوی مورد مطالعه به کار گرفته شد.

## ۳. نتایج

### ۱.۳. همبستگی بین فراوانی و شاخص‌های مورد بررسی

تعداد متغیر های محیطی (کیفی آب و دینامیکی و ساختاری محیط) همراه با پراکنش داده‌ها (مقادیر حداقل،

حداکثر، میانگین، انحراف معیار و میانه) در ایستگاه‌های نمونه برداری در حوضه آبریز تالاب انزلی در بازه زمانی ۱۳۹۸- ۱۳۹۷ در جدول ۱ نشان داده شده است. فرکانس وقوع حضور میگو در مناطق مورد مطالعه بر اساس اطلاعات موجود در این جدول، ۵۰ درصد بود. به طوری که در نیمی از مناطق مورد مطالعه یعنی در سه ایستگاه (در ۳۶ مورد) میگو حضور داشت و در نیمه دیگر یعنی در سه ایستگاه دیگر (در ۳۶ مورد بقیه) میگو حضور نداشت. در مجموع در ایستگاه‌هایی که میگوی مورد نظر حضور داشت، تعداد ۱۲۰۳ عدد میگو در بازه زمانی یک سال صید شد و سهم ایستگاه چمثقال از نظر صید بیشتر از ایستگاه‌های دیگر بود.

**جدول ۱- متغیرهای مورد بررسی در ایستگاه‌های مورد مطالعه در حوضه آبریز تالاب انزلی با نمایش دادن میزان پراکنش داده‌ها (حداقل، حداکثر، میانگین، انحراف معیار و میانه)**

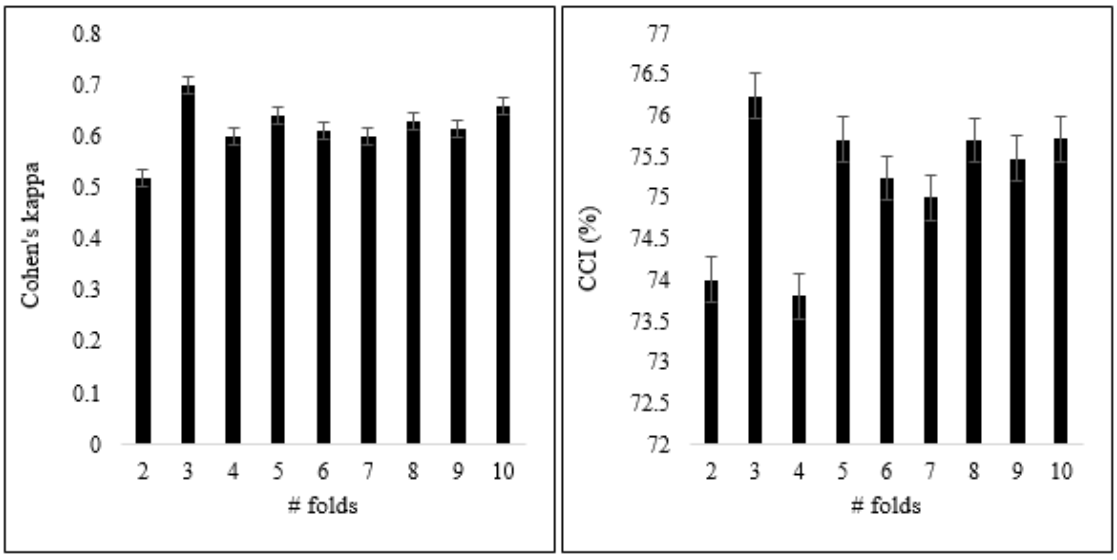
| متغیرها | حداقل | حداکثر | میانگین | انحراف معیار | میانه |
|---|---|---|---|---|---|
| کلراید (mg/l) | ۹/۹۴ | ۹۹۴/۰۰ | ۱۰۹/۰۴ | ۱۶۴/۰۳ | ۵۶/۴۰ |
| هدایت الکتریکی (µs/cm) | ۱۳۳/۵۰ | ۴۸۹۸/۰۰ | ۷۸۰/۵۳ | ۹۰۸/۰۷ | ۵۰۲/۳۰ |
| اکسیژن محلول (mg/l) | ۱/۸۰ | ۱۱/۵۷ | ۷/۹۳ | ۲/۷۶ | ۸/۴۰ |
| کدورت آب (FTU) | ۴/۳۷ | ۵۶۱ | ۹۴/۷۱ | ۱۱۷/۴۷ | ۴۶/۶۰ |
| سدیم (mg/l) | ۴/۳۴ | ۱۷۹/۷۶ | ۴۱/۷۶ | ۳۵/۵۵ | ۳۰/۳۴ |
| پتاسیم (mg/l) | ۰/۱۰ | ۶۰/۹۲ | ۵/۱۳ | ۹/۷۵ | ۲۰/۲۰ |
| عمق آب (cm) | ۳۰/۰۰ | ۶۰۰/۰۰ | ۱۸۰/۵۰ | ۳۶/۱۱۹ | ۱۲۵/۰۰ |
| سرعت جریان آب (m/s) | ۰/۰۰ | ۴/۶۰ | ۱/۵۷ | ۱/۵۳ | ۰/۸۶ |
| سولفات (mg/l) | ۱۸/۰۰ | ۴۰۷/۶۰ | ۹۹/۱۴ | ۲۴/۷۰ | ۸۱/۶۰ |
| سختی کل (mg/l) | ۱۲۹/۰۰ | ۸۵۱/۰۰ | ۲۷۹/۲۱ | ۱۱۸/۳۶ | ۲۸۵/۰۰ |
| اسیدیته (mg/l) | ۶/۸۳ | ۸/۴۶ | ۷/۷۸ | ۰/۵۲ | ۷/۵۹ |
| شوری (mg/l) | ۹۰/۰۰ | ۲۰۲۲/۰۰ | ۳۶۴/۲۴ | ۳۴۳/۸۳ | ۲۹۰/۰۰ |

بر اساس نتایج آزمون همبستگی، فراوانی میگو با خیلی از شاخص‌ها همبستگی منفی داشت. به عنوان مثال، شاخص های عمق آب ($p < 0.01, r < -0.57$)، سرعت جریان آب ($p < 0.01, r < -0.64$) و شوری ($p < 0.01, r < -0.59$) دارای همبستگی منفی بودند. بطوری که افزایش در مقادیر هر کدام از عوامل محیطی منجر به کاهش فراوانی میگو شد. بر عکس فراوانی میگو با تعداد کمی از متغیرها مانند اکسیژن محلول ($p < 0.01, r = 0.46$) همبستگی مثبت داشت. این مو ضوع دلالت بر این دارد که افزایش در مقادیر هر کدام از عوامل محیطی ممکن است در ارتباط مستقیم با افزایش فراوانی میگو باشد.

بعلاوه خیلی از شاخص های محیطی، مثلا هدا یت الکتریکی با شوری آب ($r = 0.78, p < 0.01$)، با یکدیگر همبستگی مثبت را نشان دادند. بطوری که افزایش در مقدار هر کدام از این نوع متغیر ها (مثل شوری) در ایستگاه‌های مورد پژوهش ممکن است منجر به افزایش در مقدار عامل دیگر (مثل هدایت الکتریکی) شود.

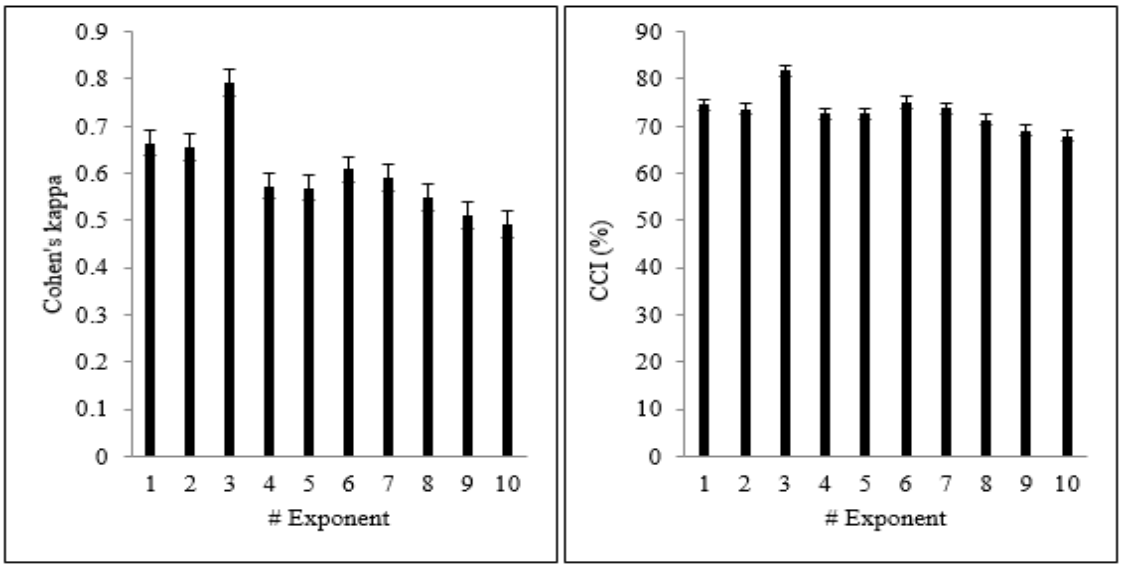
### ۲.۳. میزان تعین اعتبار سنجی مدل ماشین بردار پشتیبان

شکل ۳ نتایج اعتبار سنجی متقاطع مدل ماشین بردار پشتیبان بر اساس دو تا از معیارهای متداول مدل یعنی کاپای کوهنی (Cohen's kappa = $k$) و درصد تعداد داده‌هایی که بطور صحیح طبقه‌بندی شده‌اند (Correctly Classified Instances = CCI%) را برای پیش‌بینی وضعیت زیستگاه گونه میگوی آب شیرین نشان می‌دهد. نتایج بدست آمده از مدل نشان می‌دهد که بعد از ۹ بار سنجش اعتبارسنجی متقاطع مدل (از ۲ تا ۱۰)، پوشه‌های (folds) ۲ و ۴ (بر اساس هر دو معیار)، نسبت به foldهای دیگر از میزان اعتبار کمتری برخوردار بودند. برعکس، بالاترین نتایج پیش‌بینی مدل در fold = 3 بدست آمد و foldهای دیگر دارای پیش‌بینی بینابینی بودند. بنابراین، مدل با fold = 3 در نهایت برای پیش‌بینی انتخاب زیستگاه گونه میگوی آب شیرین در نظرگرفته شد. همانگونه که از شکل مشخص است، در این شرایط بیش از ۷۶ در صد از داده‌ها بطور صحیح طبقه‌بندی شده اند و مقدار کاپا هم بالاتر از ۰/۶ است. لذا بر اساس پیامدهای مدل می‌توان نتیجه گرفت که مدل از قدرت پیش‌بینی بالایی برخوردار است.




**شکل۳- نتایج اعتبار سنجی متقاطع مدل ماشین بردار پشتیبان بر اساس کاپای کوهنی (Cohen's kappa) و درصد تعداد داده‌های صحیح طبقه‌بندی شده (CCI%) برای پیش‌بینی انتخاب زیستگاه میگوی شیرین (folds #: تعداد دفعات اعتبار سنجی متقاطع مدل).**

نتایج اعتبار سنجی مدل ماشین بردار پشتیبان بر اساس تعداد دفعاتی که از نمای تابع در مدل (تعداد exponent) استفاده شده در شکل ۴ نشان داده شده است. هدف از اجرای این آزمون این بود که بالاترین نتایج اعتبار سنجی مدل (CCI% و kappa) بر اساس بهترین exponent مشخص شود. همان گونه که درشکل مشخص شده است بالاترین نتایج اعتبار سنجی مدل در exponent شماره ۳ حاصل شده است. لذا، پیش‌بینی انتخاب زیستگاه میگو توسط مدل بر اساس همین تعداد exponent (exponent = 3) در نظر گرفته شده است. همانگونه که در این شکل ملاحظه می‌شود بیش از ۸۰ در صد از داده‌ها بطور صحیح طبقه‌بندی شده اند و میزان کاپای کوهنی هم بالاتر از ۰/۷ است که این موضوع دلالت بر این دارد که در این مورد هم مدل از قابلیت اعتماد بالایی برای پیش‌بینی انتخاب زیستگاه میگو برخوردار بود.

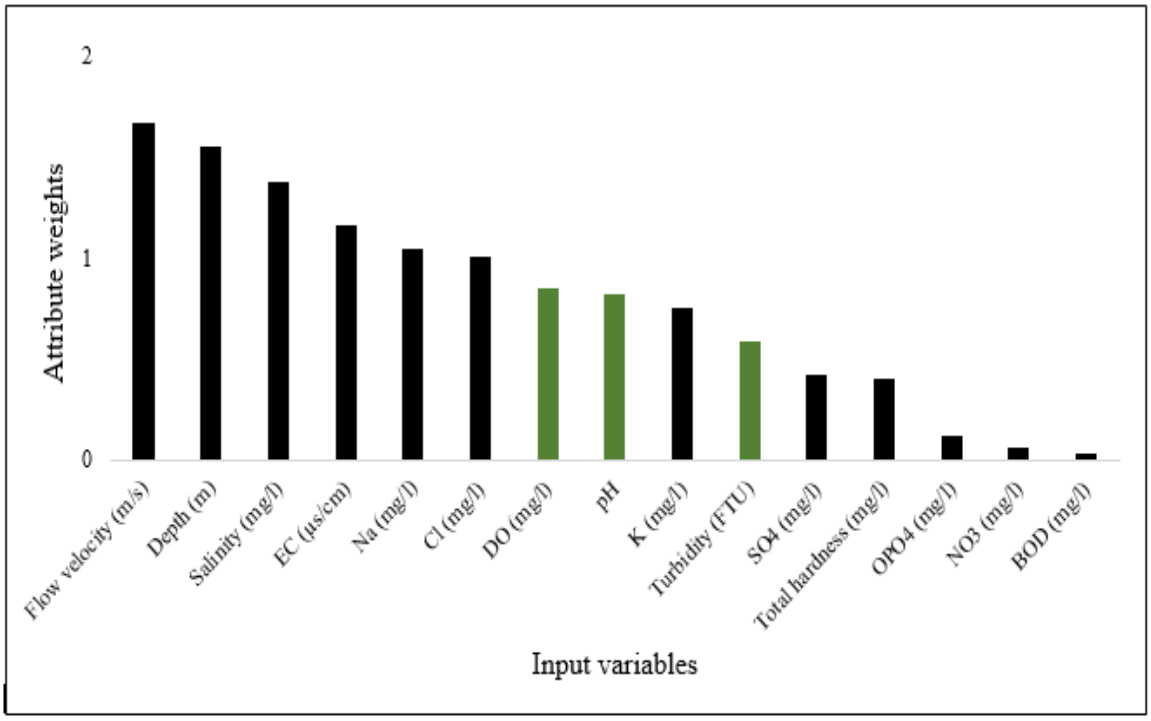



**شکل ۴- پیش‌بینی نتایج مدل ماشین بردار پشتیبان بر اساس کاپای کوهنی (Cohen's kappa) و درصد تعداد داده‌های صحیح طبقه‌بندی شده (CCI%) برای پیش‌بینی انتخاب زیستگاه میگوی شیرین (Exponent #: تعداد دفعات استفاده شده از نمای تابع در مدل).**

### ترتیب وزنی متغیرها در مدل ماشین بردار پشتیبان

شکل ۵ ترتیب وزنی متغیرها را توسط مدل برای پیش‌بینی میزان حضور/عدم حضور میگو نشان می‌دهد. نظر به اینکه خروجی مدل برای پیش‌بینی میگو مربوط به یک کلاس دو تایی (حضور و عدم حضور) است، در نتیجه وزن کلیه متغیرهای ورودی توسط مدل ماشین بردار پشتیبان با توجه به کلاس حضور و عدم حضور است. براساس نتایج مدل، وزن هر متغیر ورودی نسبت به متغیرهای دیگر متفاوت است. بطوری که بر اساس وزن متغیرها، اهمیت هر متغیر برای الگوی پیش‌بینی گونه میگوی آب شیرین مشخص شد. متغیرهای که دارای وزن مطلق> ۰/۵۰ بودند، نقش بسیار مهمی در پیش‌بینی حضور/عدم حضور گونه مورد نظر داشتند. براساس نتایج مدل، با افزایش میزان شاخص‌های ساختاری و دینامیکی محیط، مثل سرعت جریان آب و عمق آب و همچنین با افزایش غلظت شاخص‌های کیفی آب مثل شوری، هدایت الکتریکی، سدیم، کلراید و پتاسیم احتمال حضور گونه کاهش می‌یابد (همگی دارای وزن مطلق> ۰/۵۰). همانگونه از شکل مشخص است از کل متغیرهای معرفی شده به مدل، افزایش سرعت جریان آب و عمق آب نقش مهم تری نسبت به متغیرهای دیگر برای کاهش احتمال حضور موجود داشته‌اند. به نظر می‌رسد که با افزایش تدریجی سرعت جریان آب (میانگین ۱/۵۷ متر بر ثانیه بر اساس جدول ۱) و عمق آب (میانگین بیش از ۱۸۰ سانتی‌متر) حضور موجود کمتر می‌شود.

بر اساس نتایج مدل، شاخص‌های کیفی آب مثل شوری و هدایت الکتریکی زیاد می‌توانند از جمله عوامل بازدارنده برای رشد میگو باشند که هر دوی این فاکتورها در قسمت‌های خروجی تالاب نسبت به جاهای دیگر زیادتر بوده است. متغیرهای مثل سولفات و سختی کل نقش بینابینی را در پیش‌بینی زیستگاه گونه داشتند (۰/۵> وزن مطلق > ۰/۴) و متغیرهایی مانند ارتو فسفات، نیترات و اکسیژن خواهی زیستی نقش کمتری را در انتخاب زیستگاه موجود داشتند (وزن مطلق <۰/۴۰) . بر خلاف متغیرهای اشاره شده، نتایج مدل نشان داد که با افزایش مقدار اکسیژن محلول، اسیدیته و کدورت آب (ستون‌های سبز رنگ)، ممکن است احتمال حضور میگو در مناطق نمونه برداری افزایش پیدا کند (دارای وزن مطلق> ۰/۵۰).




**شکل ۵- ترتیب وزنی متغیرهای انتخاب شده توسط مدل برای پیش‌بینی میزان حضور/عدم حضور میگو**
**(ستون‌های سبز رنگ افزایش احتمال حضور و ستون‌های مشکی عدم احتمال حضور میگو را با افزایش مقدار متغیرها نشان می‌دهد).**
**محور عمودی: وزن متغیرها و محور افقی: متغیرهای ورودی به مدل.**

## ۴. بحث و نتیجه‌گیری

نتایج مدل ماشین بردار پشتیبان نشان داد که افزایش در میزان بعضی از فاکتورها مانند سرعت جریان آب، عمق آب، شوری، هدایت الکتریکی، سدیم، کلراید و غیره ممکن است باعث کاهش احتمال حضور میگوی مورد مطالعه در ایستگاه‌های نمونه برداری شود. در این میان سرعت جریان آب و عمق آب از فاکتورهای مهم دینامیکی و ساختاری محیط بودند که می‌توانند تاثیر مستقیم بر شرایط زیستگاهی میگوی مورد مطالعه داشته باشند. بر اساس پیامدهای مدل، با افزایش تدریجی عمق آب از حضور میگو کاسته می‌شود. بنابراین عمق زیاد می‌تواند فاکتوری محدود کننده برای حضور این گونه از میگو باشد. میگو جاهایی را به‌عنوان زیستگاه برای زندگی انتخاب می‌کند که یک پناهگاه مثل پوشش گیاهی خصوصا گیاهان بن در آب مثل نی و لویی داشته باشد تا جمعیت خود را در آنجا مستقر کند و در مواقع لازم در چنین مکان‌های مخفی شود (Alonso-Rodriguez and Paez-Osuna, 2003; Sethi *et al.*, 2013; Lavajoo *et al.*, 2019). نظر به اینکه در قسمت‌های خروجی تالاب سرعت جریان آب نسبتا زیاد است و همچنین عمق آب نسبتا زیاد تر از جاهای دیگر می‌باشد و از طرف دیگر این محیط باز و فاقد پوشش گیاهی است، لذا میگو نمی‌تواند جمعیت خود را در چنین مناطقی مستقر کند. نظر به این که این میگو از گونه‌های همه چیز خوار است و بیشتر از موجودات کفزی تغذیه می‌کند (Williams, 1981; Meyer, 1987; Short, 2004)، بنابراین در اعماق کمتر احتمال دسترسی این گونه به غذا آسان‌تر است.

نتایج مدل هم‌چنین نشان داد که ممکن است یک ارتباط بسیار مهم و معنی‌داری بین انتخاب زیستگاه میگو با میزان شوری و هدایت الکتریکی وجود داشته باشد. دلیل این امر این است که این میگو اکثرا در آب‌های

شـــیرین زندگی می‌کند (New 2002; Davassi 2011; Ma *et al*., 2012). همچنین عنوان شـــده که شـــوری و هدایت الکتریکی می‌تواند نقش مهمی در تغیر رفتار تغذیه‌ای و بقای گونه داشـــته باشـــد (Domenici *et al*., 2007). بر اســاس پیامدهای مدل می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش شوری و هدایت الکتریکی از حضور میگو کاسته می شود. لذا بر این اســـاس، شـــوری و هدایت الکتریکی بالا در تالاب‌ها خصوصا در قسمت‌های خروجی تالاب (به دلیل نزدیکی به آب دریا و تاثیر شـــوری آب دریا در آن) می‌توانند از جمله عوامل محدود کننده برای رشـد و بقای این میگو باشند.

همچنین بر اساس نتایج مدل و با توجه به این موضوع که این میگو متعلق به آب شیرین است، کاهش فراوانی و یا عدم حضور آن در آب‌های شور (دارای غلظت نسبتاً سدیم و کلراید زیاد) می‌تواند نتایج منطقی مدل را به دنبال داشته باشـــد. با این حال حتی اگر این میگو بطور تصـــادفی وارد آب‌های شور شود، نمی‌تواند جمعیت خود را در مدت زمان طولانی در این منطقه حفظ کند و در نتیجه جمعیت قابل دوامی نخواهد داشت (Mashiko, 2000).

بر اســـاس نتایج حاصـــله از مدل، ازدیاد غلظت فاکتورهای دیگر مثل سولفات و سختی کل نقش بینابینی و ازدیاد غلظت ارتوفســـفات، نیترات و اکســـیژن خواهی زیستی نقش بسیار کمی در انتخاب زیستگاه توسط میگو داشته اند. به خاطر ازدیاد میزان غلظت پتاسیم، سولفات و ســـختی کل (که معرف کلســـیم و منیزیم دو ظرفیتی اســـت) در رودخانه‌های خروجی تالاب انزلی ممکن اســـت میگو کمتر حضور داشته باشد. مقدار مناسب سختی کل برای میگوی مورد نظر بین ۳۰ تا ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر عنوان شـــده اســـت (Zimmermann, 1998). بنابراین با توجه به سختی زیاد آب در قسمت‌های خروجی تالاب که تحت تاثیر آب دریای خزر نیز هســـت (در مطالعه فعلی میانگین مقدار سختی آب، ۲۷۹/۲۱ میلی‌گرم بر لیتر ثبت شده است)، می‌توان کاهش و یا حتی عدم حضور میگوی مورد بررسی را منطقی دانست.

بر خلاف متغیرهای بالا، نتایج مدل نشـــان داد که افزایش در غلظت برخی از متغیرها ممکن اســـت احتمال حضور میگو را افزایش دهد. از جمله این متغیرها می‌توان به اکسیژن محلول، اسیدیته و کدورت آب اشاره کرد. در مطالعه حاضـــر، مقدار اکســـیژن محلول بین ۰/۸ تا ۱۱/۸ میلی‌گرم در لیتر ثبت شده است. در گزارش‌های محققان (Zimmermann, 1998) دامنه مناسب اکسیژن برای رشد میگو ۷-۳ میلی‌گرم در لیتر عنوان شده است. از آنجایی که گیاهان آبزی (خصوصا غوطه ورها) با عمل فتوسنتز سبب افزایش اکســـیژن محلول در آب می‌شـــوند، لذا ازدیاد غلظت این فاکتور ممکن اســـت بیانگر حضـــور بیشـــترگیاهان تالابی باشـــد که متعاقباً برای حضـــور این میگو ضـــروری اســـت. هر چند ممکن اســـت در قســـمت‌های خروجی تالاب میزان اکســـیژن محلول زیاد باشـــد، اما به علت ســـرعت جریان آب زیاد این میگو قادر نیست در آب‌های جاری با سرعت جریان بالا استقرار داشته باشد. از طرف دیگر استقرار گیاهان تالابی در چنین محیط هایی با افزایش جریان آب کاهش پیدا می‌کند که در نتیجه ممکن است کاهش حضور این گونه را بدنبال داشـــته باشـــد. یافته‌های بدســـت آمده از مدل در خصـــوص اکســـیژن محلول نشـــان می‌دهد که افزایش مقدار این فاکتور در ایستگاه‌های اندازه‌گیری سبب افزایش حضور میگوی مورد بررسی شده است که به نظر می‌رسد با نتایج قبلی محققـــان (Zoughi Shalmani, 2016) همخوانی ندارد و دلیل آن عدم تغییرات زیاد در مقدار اکســـیژن محلول توسط محققان بیان شده بود. در مطالعه حاضر اکســـیژن محلول در مناطق مختلف نمونه برداری تغییرات زیادی داشـــت (از ۰/۸ تا ۱۱/۸ میلی‌گرم در لیتر) در حالیکه مطالعات زیادی نشـــان داده اند که کاهش میزان اکسیژن سبب ایجاد تنش در این میگو و کاهش جمعیت آن می شود (Rogers and Fast, 1988; Zimmermann, 1998). نظر به اینکه غذای اصـــلی این میگو، فیتوپلانکتون‌ها و موجودات کفزی هستند و از آنجایی که اکسیژن محلول برای حضور این موجودات ضروری است، لذا افزایش اکســـیژن محلول باعث افزایش جمعیت میگو می‌شود (Albertoni *et al*., 2003).

افزایش اسیدیته از ۶/۴ تا ۸/۵ در تحقیق حاضر، سبب

افزایش حضور این میگو در ایستگاه‌های مورد مطالعه شده است. از نتایج مدل همچنین می‌توان به روشنی استنتاج کرد در مناطقی از تالاب، که میزان اسیدیته تا حدی افزایش نشان داده منجر به حضور بیشتر گونه می‌شود. در پژوهش‌های دیگر (Santos *et al*., 2006) دامنه مناسب اسیدیته برای میگوی آب شیرین بین ۹-۷ گزارش شده که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد. در مطالعات دیگری نیز دامنه مطلوب اسیدیته برای این میگو بین ۷/۵ تا ۸/۸ عنوان شده است (Ehigiator and Obi, 2015; Arrignon *et al*., 1994) محققان دیگر (Arrignon *et al*., 1994) گزارش کردند که اسیدیته بالای ۹ برای لاروهای این میگو کشنده است، بطوری که ممکن است مرگ دسته جمعی میگوها در اسیدیته‌های بالاتر از ۹/۵ رخ دهد. از طرف دیگر کاهش اسیدیته نیز اثرات مختلفی روی میگوی آب شیرین دارد بطوری که با کاهش اسیدیته از ۸/۲ به ۵/۶ میزان رشد طولی و وزنی بطور معنا داری کاهش پیدا می‌کند. در مطالعات دیگر (Zoughi Shalmani, 2016) بیشترین و کمترین فراوانی میگو به ترتیب در شرق و غرب تالاب انزلی بوده و دلیل آن با توجه به مشابه بودن عوامل فیزیکی و شیمیایی آب، بستر تالاب و اسیدیته عنوان شده که می‌تواند از عوامل تاثیر گذار در کاهش فراوانی میگو باشد.

بر اساس پیامدهای مدل، ممکن است احتمال حضور این میگو با افزایش میزان کدورت آب افزایش پیدا کند که نتایج مزبور با نتایج تحقیقات قبلی (Zoughi Shalmani, 2016; Zoughi Shalmani *et al*., 2017) همسو است، بطوری که در یافته‌های محققان مشخص شده که فراوانی میگو با میزان شفافیت آب همبستگی منفی دارد. دلیل امر این است که این موجود از نور گریزان است و سعی می‌کند خود را لابه‌لای شاخ و برگ گیاهان آبزی پنهان کند، با کاهش نفوذ نور به آب بر میزان کدورت آب اضافه می‌شود و تاکید برحضور بیشتراین میگو در این مناطق دارد.

بطور خلاصه، بر اساس نتایج بدست آمده از مدل مورد آزمون در تحقیق حاضر، می‌توان استنتاج کرد که شرایط زیستگاهی میگوی *M. nipponense* می‌تواند هم تحت تأثیر عوامل کیفی آب (اکسیژن محلول، شوری و هدایت الکتریکی و...) و هم تحت تاثیر متغیرهایی که در ارتباط با ساختار و دینامیک محیط هستند (مثل عمق آب و سرعت جریان آب) قرار گیرد. بر اساس نتایج حاصله از تحقیق، در جاهایی که عوامل مطلوب برای زیستگاه میگو فراهم است (نظیر ازدیاد غلظت اکسیژن محلول، اسیدیته بالاتر از ۷ و کدورت بیشترآب) فراوانی میگو بیشتر است، بر عکس در مناطقی از تالاب که عوامل باز دارنده حکمفرما ست (مثل افزایش عمق آب، افزایش سرعت جریان آب و افزایش هدایت الکتریکی و...) کاهش فراوانی و عدم حضور گونه اتفاق می‌افتد. حضور دائمی میگو در برخی از مناطق و در طول سال، نشان از کیفیت مناسب زیستگاه برای زیست و چرخه زیستی میگودارد. داده‌های این پژوهش را می‌توان به عنوان داده‌های پایه، در ارزیابی زیستی سایر سخت‌پوستان در تالاب‌ها و رودخانه‌ها مشابه با بوم سازگان تالاب انزلی مورد استفاده قرار داد.

## ۵. منابع

## References

Albertoni, E.F., Palma-Silva, C., Esteves, FDA., 2003. Natural diet of three species of shrimp in a tropical coastal lagoon. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 46(-), 395-403.

Alonso-Rodriguez, R., Paez-Osuna, F., 2003. Nutrients, phytoplankton and harmful algal blooms in shrimp ponds: a review with special reference to the situation in the Gulf of California. *Aquaculture* 219(-), 317-336.

APHA, AWWA, WEF., 2012. Standard methods for the examination of water and wastewater. Vol 9. Washington: American Public Health Association, water Environment Federation.

Arrignon, J.C., Huner, J.V, Laurent, P.J, Griessinge, G. M. Lacroix, D Gonvouin, R., Anthend, M., 1994. The tropical agriculturist published by Macmillan press Ltd., London and Basing stoke. 166pp.

Davassi, L.A., 2011. Survival and growth of the freshwater prawn *Macrobrachium* in *rosenbergii* relation to different nutrients composition. *Journal of Fisheries and Aquatic Science* 6(-), 649-654.

De Grave, S., Ghane, A., 2006. The establishment of the oriental river prawn, *Macrobrachium nipponense* (de Haan, 1849) in Anzali Lagoon, Iran. *Aquatic Invasions* 1(4), 204-208.

Domenici, P., Claireaux, G. and Mckenzie, D.J., 2007. Environmental constraints upon locomotion and predator–prey interactions in aquatic organisms: an introduction, *Philosophical Transactions of the Royal Society* 362(-), 1929–1936.

Ehigiator, F.A.R and Obi, A. 2015. Chemical constituents of freshwater prawn habitat in the Niger Delta, Nigeria. *International Journal of Applied and Natural Sciences* (IJANS) 4(-), 35-46.

Hummel, C. G., 1986. Effects of high pH on the mortality of *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) post-larvae in green and clear water. M.Sc. Thesis, University of Puerto Rico.

Lavajoo, F., Amrollahi Biuki, N., Asghar Khanipour, A., Mirzajani, A., Fruitos, J.G., Akbarzadeh, A., 2019. Natural diet of *Macrobrachium nipponense* shrimp from three habitats in Anzali Wetland, Iran. *Caspian Journal of Environment Science* 17(-),101-111.

Lima, A.V.B., Guerra, A.L., Almedia, E.A.D., Taddei, F.G., Castiglioni, L., 2013. Characterization of esterase patterns in hepatopancreas of three species of *Macrobrachium* (Palaemonidae). *Biochemical Systematics and Ecology* 47(-), 132-138.

Ma, K., Qiu, G., Feng, J., Li, J., 2012. Transcriptome analysis of the oriental river prawn, *Macrobrachium nipponense* using 454 pyrosequencing for discovery of genes and markers. *PloS ONE*, 7(6), e39727.

Mashiko, K., 2000., Variations in body size of individuals at sexual maturity among local populations of the freshwater prawn *Macrobrachium nipponense* (De Haan), with special reference to freshwater colonization. *Crustacean research* 29(-), 20-26.

Meyer, L., 1987. Aspects of benthic community structure. Springer-Verlag publication.

Minagaw, M., and Wada, E., 1989. Stepwise enrichment of $^{15}N$ along food chains: Further evidence and the relation between $^{15}N$ and animal age. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 48(-), 1135–1140.

New, M.B., 2002. Farming freshwater prawns: A manual for the culture of the giant river prawn, (*Macrobrachium rosenbergii*). Food and Agricultural Organization, Fisheries Technical Paper, 212 p.

Rogers, G. L., Fast, A. W., 1988. Potential benefits of low energy water circulation in Hawaiian prawn ponds. *Aquacultural Engineering* 7(-), 155-165.

Sadeghi, R., Zarkami, R., Van Damme, P., 2014. Modelling habitat preference of an alien aquatic fern, *Azolla filiculoides* (Lam.), in Anzali wetland (Iran) using data-driven methods. *Ecological modelling* 284(-), 1–9.

Sadeghi, R., Zarkami, R., Van Damme, P., Sabetraftar, K. 2012a. Use of support vector machines (SVMs) to predict distribution of an invasive water fern *Azolla filiculoides* (Lam.) in Anzali wetland, southern Caspian Sea, Iran. *Ecological modelling* 244(-), 117– 126.

Sadeghi, R., Zarkami, R., Van Damme, P., Sabetraftar, K., 2012b. Application of classification trees to model the distribution pattern of a new exotic species *Azolla filiculoides* (Lam.) at Selkeh Wildlife Refuge, Anzali wetland, Iran. *Ecological modelling* 243(-), 8– 17.

Santos, J. A., Sampaio, C. M. S., Soares Filho, A. A., 2006. Male Population Structure of the Amazon River Prawn (*Macrobrachium amazonicum*) in a natural environment. *Nauplius* 14(-), 55-63.

Sethi, S., Ram, N., Venkatesan, V., 2013. Food and feeding habits of *Macrobrachium* Lar (Decapoda, Palaemonidae) from Andaman and Nicobar Islands, India. *Indian Journal of Fish* 60(-), 131-135.

Shie, W., Yan, X., Bing, X., 1995. Biology and feeding habit of *Palamon modestus* (Heller) in Taihu Lake. *Journal of Lake Sciences* 7(-), 70–76.

Short, J. W., 2004. A revision of Australian river prawns, *Macrobrachium* (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae). *Hydrobiologia* 525(-), 1–100.

Son, D., Cho, K., Lee, E., 2017. The potential habitats of two submerged macrophytes, *Myriophyllum spicatum* and *Hydrilla verticillata* in the river ecosystems, South Korea. *Knowledge and management of aquatic ecosystems* 22(-), 418, 58.

Williams, M. J. 1981. Methods for analysis of natural diet in portunid crabs (Crustacea: Decapoda: Portunidae). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 52(-),103-113.

Zarkami, R., Moradi, M., Sadeghi Pasvisheh, R., Bani, A., Abbasi, K., 2018. Input variable selection with greedy stepwise search algorithm for analysing the probability of fish occurrence: A case study for *Alburnoides mossulensis* in the Gamasiab River, Iran. *Ecological Engineering* 118(-), 104-110.

Zarkami R (2016) Invasive aquatic plants. Haghshanas publishing. 184 pp. (in Farsi).

Zimmermann, S., 1998. Manejo da fase de crescimento final. In: Valenti, W.C. (ed). Carcinicultura deÁgua Doce: Tecnologia para a Produção de Camarões.Fundação de Ampara à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), SãoPaulo and Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Ronováveis (IBAMA), Brasília, pp. 191-215.

Zoughi Shalmani, A., Patimar R., Jafaryan Hojatillah., Abdulmaleki, S., Tizkar, B., 2017. Certain population and reproduction characteristics of the oriental river prawn (*Macrobrachium nipponese*) in Anzali lagoon, *Journal of Animal Environment* 8(-), 249 – 260.

Zoughi Shalmani, A., 2016. Reaction, population dynamics and reproductive biology of freshwater shrimp (*Macrobrachium nipponense*) in Anzali wetland (Iran). Doctoral dissertation, Gonbad Kavous University, 117 pp.