

مدل‌سازی رجحان زیستگاهی گیاه مهاجم سنبل آبی (*Eichhornia crassipes*) در برخی از تالاب‌های استان گیلان



رحمت زرکامی^{۱*}، معین احمدی^۱ و علی عابدینی^۲

^۱ ایران، گیلان، دانشگاه گیلان، دانشکده منابع طبیعی صومعه‌سرا، گروه محیط‌زیست

^۲ ایران، بندر انزلی، آموزش و ترویج کشاورزی، سازمان تحقیقات، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، پژوهشکده آبرزی پروری آبهای داخلی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۶/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۲۸

چکیده

برای بررسی رجحان زیستگاهی گیاه مهاجم سنبل آبی، ۸ ایستگاه در تالاب‌های مختلف در استان گیلان انتخاب گردید. مجموعه‌ای از متغیرهای محیطی (فیزیکی- شیمیایی و ساختاری در اکوسیستم‌های مورد بررسی) هم‌زمان با ۳۲ داده زیستی (۱۶ نمونه حضور و ۱۶ نمونه عدم حضور سنبل آبی) به صورت فصلی در طول یک سال (۱۳۹۵-۱۳۹۶) در هر کدام از ایستگاه‌ها اندازه‌گیری شد. نتایج آزمون من- ویتنی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین حضور و عدم حضور گیاه سنبل آبی با هدایت الکتریکی، سرعت جریان آب، میزان کدورت و بیکربنات ($P < 0/01$ برای ۳ متغیر اول و $P < 0/05$ برای بیکربنات) وجود داشته است در حالیکه چنین اختلاف معنی‌داری بین حضور و عدم حضور گیاه با سایر متغیرها مشاهده نشده است ($P > 0/05$ برای همه عامل‌ها). براساس نتایج تحلیل مؤلفه اصلی هدایت الکتریکی، کدورت آب و سرعت جریان آب به ترتیب تاثیرگذارترین عامل‌ها در مؤلفه‌های اول تا سوم بوده‌اند (بیش از ۸۲ درصد از کل تغییرات مربوط به این سه مؤلفه بوده است) به‌طوری که این متغیرها بیشترین تأثیر را در ارتباط با مطلوبیت زیستگاهی سنبل آبی در تالاب‌ها داشتند. نتایج مدل خطی تعمیم یافته نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین احتمال حضور و عدم حضور سنبل آبی در ایستگاه‌ها با متغیرهای هدایت الکتریکی، سرعت جریان آب، میزان کدورت آب و بیکربنات وجود داشته است (برای بیکربنات $P < 0/05$ و برای سه عامل دیگر $P < 0/01$).

واژه‌های کلیدی: رجحان زیستگاهی، مدل خطی تعمیم یافته، سنبل آبی، حضور و عدم حضور، آنالیز مؤلفه اصلی

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۱۸۷۶۱۶۳۱، پست الکترونیکی: rzarkami2002@yahoo.co.uk

مقدمه

خصوصاً پرندگان آبرزی نمی‌توانند از این زیستگاه‌ها به نحو مطلوب استفاده کنند (۲، ۳ و ۴).

سنبل آبی (water hyacinth) بانام علمی *Eichhornia crassipes* از تیره غلافیان (Pontederiaceae) یک گیاه آبرزی شناور آزاد است که در طول چند دهه اخیر به‌عنوان یکی از مخرب‌ترین و تهاجمی‌ترین گیاهان شناور آزاد مضر خصوصاً در تالاب‌ها شناخته شده است (۲، ۳۴ و ۴۱). این گیاه در اکثر قاره‌ها و کشورهای جهان گسترش یافته و براساس تغییرات اقلیمی و هم‌زمان با روند افزایش دما این

تالاب‌ها از بوم‌سازگان‌های بسیار آسیب‌پذیر در بین اکوسیستم‌های آبی در روی کره زمین شناخته شده‌اند. ازدیاد جمعیت گیاهان مهاجم آبرزی، خصوصاً شناورهای آزاد (مثل سنبل آبی گیاه مورد مطالعه در تحقیق فعلی)، می‌تواند آسیب‌های جبران‌ناپذیری به این اکوسیستم‌های شکننده وارد سازند. ازجمله این آسیب‌ها می‌توان به پوشیده شدن کل سطح تالاب توسط گیاهان آبرزی مهاجم اشاره کرد به‌طوری که بسیاری از موجودات زنده تالابی

چرخه‌های اکوسیستمی مناطق مختلف جهان شود (6). عامل‌های زیست‌محیطی مثل درجه حرارت، نورخوردید، اسیدیته و شوری و ... می‌تواند روی نیازهای زیستگاهی سنبل آبی تأثیر بگذارد (11). این گیاه می‌تواند تغییرات قابل توجهی از مواد مغذی، درجه حرارت و اسیدیته آب را تحمل کند اما رشد و تکثیر بهینه گیاه در محدوده اسیدیته ۸-۶ و دمای بهینه آب بین ۲۷-۲۵ گزارش شده است (38). این گونه به صورت شناور آزاد بر روی آب و حتی خاک‌های اشباع از آب نیز رشد نموده و اکوسیستم‌های مثل تالاب‌ها و کانال‌ها و رودخانه‌ها با سرعت کند آب که دارای املاح مغذی هستند بستر مناسبی برای رشد و ادامه حیات گیاه می‌باشد (5 و 27). این گیاه مهاجم قادر است حتی دمای کمتر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد را نیز تحمل کند (24) اما سرمای طولانی مدت کمتر از ۵ درجه سانتی‌گراد می‌تواند تحمل گیاه را کم کند ولی بذره‌های آن در این شرایط قادر به ادامه حیات هستند (24). شوری به‌عنوان یکی از عوامل محدوده‌کننده برای رشد این علف آزار دهنده در تالاب‌های ساحلی بوده بطوری که شوری حتی در حد ۸-۶ درصد برای آن کشنده خواهد بود (16 و 23).



شکل ۱- گیاه سنبل آبی (*Eichhornia crassipes*) با نمایش گل، دمبرگ هوادار و استولون (سمت راست) و پوشیده شدن کامل سطح آب توسط این گیاه (سمت چپ)

امکان وجود دارد که در عرض‌های جغرافیایی بالاتر نیز گسترش یابد (26 و 27). مدت‌زمان دو برابر شدن سنبل آبی ۱۲-۵ روز است (16) و در صورت مساعد بودن شرایط به‌سرعت گسترش پیدا کرده و قادر است کل سطح تالاب را بپوشاند (۱۶ و ۲۵) (شکل ۱). یک قطعه گیاه سنبل آبی به‌اندازه متوسط می‌تواند در هر هکتار دو میلیون گیاه تولید کند که وزن آن به ۴۰۰-۲۷۰ تن می‌رسد (8) به‌طوری که از این نظر سنبل آبی یکی از پر تولیدم‌ترین گیاهان آبرزی شناور در جهان شناخته شده است (۸ و ۱۶). این گیاه می‌تواند بیوماسی حدود ۶۰ کیلوگرم در هر مترمربع از سطح آب داشته باشد که این امر ممکن است تأثیرات مخربی روی مسائل اکولوژیکی و اقتصادی بجا بگذارد (10). سنبل آبی می‌تواند در اکوسیستم‌های مختلفی مانند دریاچه‌ها، تالاب‌ها، مرداب‌ها، حوضچه‌های آبی، آب‌بندان‌ها، رودخانه‌ها با جریان کند آب و آبراهه‌های که توسط مواد مغذی حاصل از روان آب‌های شهری و کشاورزی، جنگل‌زدایی‌ها، فاضلاب‌های صنعتی و تصفیه‌خانه‌ها تغذیه می‌شود زیست کند (۲۱ و ۳۵). سنبل آبی به خاطر تحمل شرایط محیطی مختلف می‌تواند از طریق گوناگون وارد

اکوسیستم‌های آبی می‌باشد (40). به طوری که در صورت عدم اطلاعات کافی از ویژگی‌های بوم‌شناختی و رجحان زیستگاهی گیاهان آبرزی مهاجم، اهداف حفاظت و مدیریت تالاب‌ها با مشکل عدیده‌ای مواجه خواهد شد (30).

انتخاب مدل‌ها و تکنیک‌های آماری مناسب و همچنین انتخاب متغیرهای مهم و اساسی از مسائل مهم برای ارزیابی رجحان زیستگاهی گیاهان آبرزی مهاجم (30) و همچنین برای داشتن برنامه‌های صحیح مدیریتی در

در شرایط فعلی، مشکلات زیادی تالاب‌ها و آب‌بندان‌های شمال کشور ایران را تهدید می‌کند. از جمله این تهدیدها می‌توان به هجوم گونه‌های گیاهی آبی شناور آزاد مثل سنبل آبی و آزولا را نام برد. سنبل آبی اخیراً تالاب انزلی و برخی از آب‌بندان‌های استان گیلان را آلوده کرده است. برای اولین بار این گیاه در تالاب عینک در سال ۱۳۸۹ مشاهده شده است (۲) اما در مورد انگیزه معرفی این گیاه در آب‌بندان‌ها و تالاب‌های شمال ایران دلیل روشنی وجود ندارد (۲). از آنجایی که این گیاه نسبت به سایر گونه‌های گیاهی مهاجم مثل آزولا جدیدتر بوده، تحقیقات چندانی برای مطلوبیت زیستگاهی این گونه در ایران صورت نگرفته است. با توجه به اثرات مخربی که این گونه گیاهی در کشورهای دیگر بجا گذاشته انتظار می‌رود در آینده‌ای نه چندان دور و در صورت عدم مدیریت اصولی به یکی از معضلات اساسی در اکوسیستم‌های آبی شمال کشور تبدیل شود.

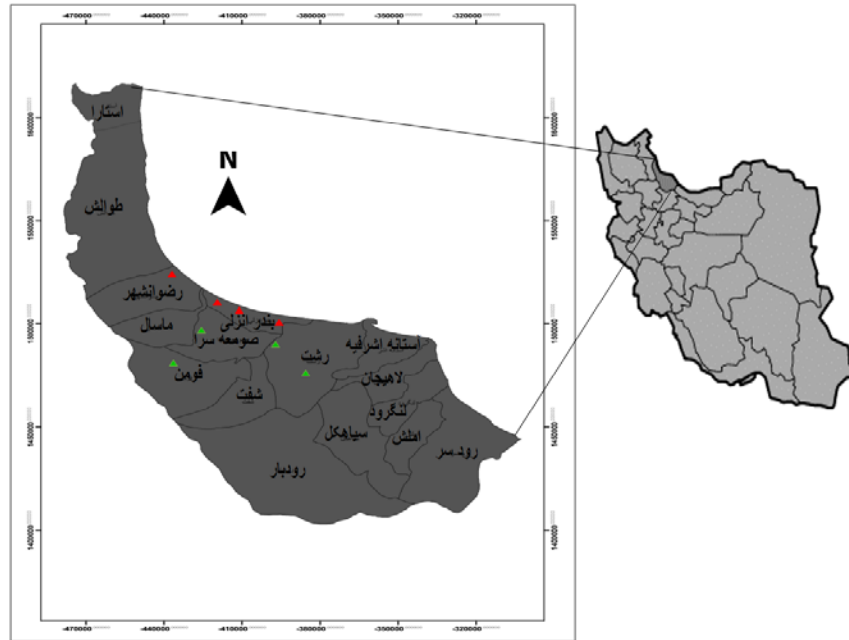
بررسی رجحان زیستگاهی گیاهان آبی مهاجم و شناسایی عوامل مؤثر در مطلوبیت زیستگاهی آنها نقش بسیار مهمی در مدیریت و حفاظت از زیستگاه‌ها و اکوسیستم‌های آبی خصوصاً برای اکوسیستم‌های شکننده تالابی دارد (۲، ۴ و ۲۹). در حال حاضر، تخریب زیستگاه‌های آبیان به دلیل هجوم گونه‌های ماکروفیت آبی مهاجم به‌عنوان یکی از مهمترین عوامل انقراض گونه‌های آبیان در جهان به شمار می‌رود (۲). بنابراین حفاظت و مدیریت صحیح زیستگاه‌ها و داشتن زیستگاه‌های مطلوب کمک شایان توجهی برای حفظ و جلوگیری از انقراض و نابودی گونه‌ها می‌کند (۲۸ و ۳۹).

نظر به این‌که سنبل آبی یکی از گونه‌های بسیار تهاجمی و تهدیدآمیز در مناطق معتدله و گرمسیری جهان شناخته شده است (۲) و همچنین به‌عنوان یکی از گونه‌های بیگانه تهدیدآمیز در تالاب‌ها و آب‌بندان‌های شمال کشور ایران می‌باشد (۲)، لذا تعیین عامل‌های اساسی برای ارزیابی

تکنیک‌های چند متغیره مثل آنالیز مؤلفه اصلی یا PCA (Principal Component Analysis) (۱۳) از جمله روش‌های آماری مناسب در مطالعات اکولوژیکی می‌باشد. هدف از روش مؤلفه اصلی، تعیین مهمترین عامل‌ها در زمانی که تعداد متغیرهای موردبررسی زیاد و روابط بین آنها ناشناخته بوده می‌باشد. به‌طور کلی از اهداف اصلی این روش می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: الف) تفسیر وجود همبستگی درونی بین تعدادی صفات قابل مشاهده از طریق عواملی که قابل مشاهده نیستند و آنها را عامل گویند. ب) ارائه روش ترکیب و خلاصه کردن تعداد زیادی از متغیرها در تعدادی گروه متمایز. ج) از بین متغیرهای مختلف، تأثیرگذارترین آنها برای مطلوبیت زیستگاهی موجود تعیین می‌شود. لذا عمده‌ترین هدف استفاده از مدل تحلیل مؤلفه اصلی، کاهش حجم داده‌ها و تعیین مهمترین متغیرهای مؤثر در شکل‌گیری پدیده‌ها است. بنابراین برای انجام تحلیل عاملی باید روش استخراج عامل‌ها و معیار تعیین آنها مشخص شود. در پژوهش فعلی از این تکنیک استفاده شده است تا ارتباط بین عوامل زیستی (حضور و عدم حضور سنبل آبی) با متغیرهای محیطی و همچنین ارتباط هر دو این عامل‌ها همزمان با مکان (ایستگاه‌های نمونه‌برداری) و زمان نمونه‌برداری (فصول مختلف سال) مشخص شود. از تکنیک‌های مورد استفاده دیگر در مطالعه کنونی، مدل خطی تعمیم یافته یا GLM (Generalized Linear Model) است. مدل خطی تعمیم یافته را می‌توان یک رگرسیون خطی تعمیم یافته دانست که برای داده‌هایی که توزیع نرمال ندارند استفاده می‌شود (۱۹). مدل خطی تعمیم یافته یک مدل انعطاف‌پذیر بوده و در مطالعات اکولوژیکی کاربرد زیادی برای پیش‌بینی احتمال وقوع گونه‌ها دارد (۱). در تحقیق کنونی به خاطر این از مدل خطی تعمیم یافته استفاده شده است تا روند کلی احتمال وقوع گیاه سنبل آبی (حضور و عدم حضور) با توجه به مهمترین متغیرهای محیطی اندازه‌گیری شده در مناطق نمونه‌برداری پیش‌بینی شود.

مناطق مورد مطالعه: کار تحقیقی فعلی در ۸ ایستگاه مختلف در استان گیلان واقع در شهرستان‌های فومن، رشت، انزلی و صومعه‌سرا انجام گرفت (شکل ۲). اطلاعات مربوط به ایستگاه‌های نمونه‌برداری به همراه موقعیت تقریبی و سایر مشخصات آنها در جدول ۱ خلاصه شده است:

مطلوبیت زیستگاهی این‌گونه می‌تواند کمک مؤثری در خصوص مسائل مدیریتی در اکوسیستم‌های آبی باشد. با توجه به این، هدف از این کار تحقیقی، بررسی مطلوبیت زیستگاهی گیاه سنبل آبی براساس متغیرهای مهم محیطی بر میزان احتمال حضور و عدم حضور این‌گونه در برخی از آب‌بندان‌ها و تالاب‌های استان گیلان می‌باشد.



شکل ۲- ایستگاه‌های نمونه‌برداری برای مطالعه حضور و عدم حضور سنبل آبی در اکوسیستم‌های مختلف و موقعیت تقریبی آنها در استان گیلان (ایستگاه‌های مربوط به حضور گیاه با مثلث سبز رنگ و عدم حضور گیاه با مثلث قرمز رنگ مشخص شده است)

جدول ۱- اطلاعات مربوط به ایستگاه‌های نمونه‌برداری در استان گیلان به همراه موقعیت تقریبی آنها

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	موقعیت	سایر مشخصات
۱	آب بند سیاوه رود آلیان (شهرستان فومن)	- عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۵ دقیقه - ۳۰ ثانیه شمالی	- وسعت آب بند: سه هکتار - احداث این آب بند برای تأمین آب کشاورزی
		- طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۹ دقیقه - ثانیه شرقی	- ورود فاضلاب خانه‌های روستایی به استخر - آب استخر کاملاً راکد بوده
۲	تالاب شهری عینک (شهرستان رشت)	- عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه - ۲۴ ثانیه شمالی	- مساحت: ۲۶ هکتار - مسیر: جاده رشت به صومعه‌سرا
		- طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۳۲ دقیقه - ثانیه شرقی	- حداکثر عمق این تالاب در فصول بارانی کمتر از ۳ متر - تخلیه فاضلاب‌های خانگی به تالاب - بوی گندیدگی تالاب در اکثر مواقع سال - آب تالاب ساکن بوده و فاقد تلاطم

۳	تالاب ملاسرا (حدفاصل بین رشت و صومعه‌سرا)	- عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه ۴ ثانیه شمالی - طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۲۷ دقیقه ۷ ثانیه شرقی	- وسعت این تالاب حدوداً ۱۱ هکتار - احداث استخر پرورش ماهی در کنار تالاب و تخلیه فاضلاب به داخل آن - فاصله تقریبی با ایستگاه شماره ۲: حدوداً ۲۰ کیلومتر
۴	آب بند چک‌وور (شهرستان صومعه‌سرا)	- عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۴ دقیقه ۵۷ ثانیه شمالی - طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۱۷ دقیقه ۵۰ ثانیه شرقی	- وسعت آب بند: حدود ۴ هکتار - ورود پسابهای خانگی به داخل آب بند - احاطه شدن جنگل صنوبر در اطراف آن - آب تقریباً ساکن و دارای کمترین سرعت جریان آب
۵	رودخانه چساف رود (شیل) (رودخانه‌های منتهی به تالاب انزلی)	- عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۳۱ دقیقه ۳۳ ثانیه شمالی - طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۱۴ دقیقه ۳۷ ثانیه شرقی	- از رودخانه‌های مستقل زیر حوضه طالش -انزلی - منبع تغذیه رودخانه از طریق نزولات جوی - طول رودخانه ۲۸ کیلومتر، شیب متوسط بستر آن در کوهستان ۲ درصد و در قسمت‌های جلگه‌ای ۰/۶ درصد
۶	نهنگ روگا (در روستای پیل علی باغ واقع در بندر انزلی)	- عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۷ دقیقه ۳۷ ثانیه شمالی - طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۲۶ دقیقه ۱۰ ثانیه شرقی	- امتداد رودخانه سیاه درویشان - احداث پل کمربندی انزلی بر روی این روگا - شیب آن کمتر از ۱ درصد - آب دارای جریان کند
۷	سوسر روگا (منطقه غازیان بندر انزلی)	- عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۷ دقیقه ۴۶ ثانیه شمالی - طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۲۸ دقیقه ۳۶ ثانیه شرقی	- واقع در شرقی‌ترین قسمت تالاب انزلی - عرض متوسط آن ۲۰ متر، طول ۱/۲ کیلومتر از تالاب شیجان تا دهانه پل غازیان و عمق متوسط ۲/۵ متر
۸	قسمت خروجی تالاب انزلی به دریای خزر	- عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۳۲ دقیقه - طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۴۲ دقیقه	- مساحت حوزه آبریز تالاب انزلی: ۳۷۴۰ کیلومترمربع - تعداد زیاد رودخانه‌های حوزه آبریز تالاب انزلی باعث تخلیه انواع آلاینده‌ها به تالاب انزلی - عمق و تا حدودی سرعت جریان آب و میزان هدایت الکتریکی بالا

ایستگاه از نظر آماری وابستگی کمتری با ایستگاه‌های دیگر داشته باشند. نمونه‌های اندازه‌گیری شده بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شده و برای کاهش میزان خطا در انجام نمونه‌گیری، شرایط نمونه‌گیری در اواسط هر فصل و در همان نقطه قبلی در ایستگاه‌های مورد نظر انجام شده است. نمونه‌های آب در ظروف و بطری‌های مخصوص نمونه‌گیری پلی‌اتیلنی با حجم ۲ لیتری برداشت شد و با نگهداری در جای تاریک و سرد (در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد) به آزمایشگاه منتقل شدند و نمونه‌ها در همان روز نمونه‌برداری موردسنجش قرار گرفتند. متغیرهایی از قبیل درجه حرارت آب و هوا (با کمک یک ترمومتر حساس)، اسیدیته و هدایت الکتریکی (با استفاده از دستگاه مولتی پارامتر Germany WTW pH/Oxi 340i, pH/Cond

جمع‌آوری داده: داده‌های محیطی (مجموعه‌ای از عامل‌های فیزیکی - شیمیایی و ساختاری محیط) و زیستی (حضور و عدم حضور گیاه سنبل آبی) در چندین ایستگاه مختلف تالابی در استان گیلان به مدت یک سال (۱۳۹۶-۱۳۹۵) به صورت فصلی (در اواسط هر فصل) انجام شد (جدول ۲). برای بررسی رجحان زیستگاهی گیاه سنبل آبی در تالاب‌های مختلف، عوامل مختلفی در انتخاب ایستگاه‌ها دخیل بوده‌اند. هدف عمده این کار این بوده تا این مناطق حد امکان از نظر شرایط بوم‌شناختی (حضور و عدم حضور گیاه موردنظر)، جغرافیایی (به‌عنوان مثال دوری و نزدیکی به دریا) و همچنین از نظر وجود فعالیت‌های انسانی (ورود پساب‌های شهری و سایر عوامل تهدید کننده تالاب‌ها) باهم متمایز باشند تا داده‌های هر

مطلوبیت زیستگاهی گیاه سنبل آبی را مشخص کرد (نرم‌افزار SPSS). از ضریب همبستگی پیرسون برای پی بردن ارتباط بین متغیرهای محیطی (مستقل) و حذف برخی از متغیرها در صورت همبستگی شدید در ایستگاه‌های مورد مطالعه استفاده شد (نرم‌افزار SPSS). آزمون من-ویتی برای مقایسه بین میانه داده‌های حضور/عدم حضور گیاه با متغیرهای مستقل که از پراکنش غیرنرمال برخوردار بودند به کار گرفته شد. از تکنیک‌های چند متغیره (آنالیز مؤلفه اصلی) به منظور تعیین عامل‌های مهم و تأثیرگذار با توجه به مکان و زمان نمونه‌برداری روی ترجیحات زیستگاهی سنبل آبی (براساس حضور/عدم حضور گونه) استفاده گردید (برای اجرای این آنالیز، ابتدا لگاریتم طبیعی داده‌ها بر مبنای ۱۰ در نظر گرفته شدند). پیش‌بینی روند احتمال حضور و عدم حضور گیاه سنبل آبی با استفاده از مدل خطی تعمیم‌یافته (نرم‌افزار PAST) انجام گرفته است تا میزان احتمال حضور/عدم حضور گونه با توجه به مهمترین و تأثیرگذارترین متغیرهای فیزیکی-شیمیایی و ساختاری در تالاب‌ها مشخص شود.

نتایج

آنالیز پراکنش داده‌ها در تالاب‌های مورد مطالعه: در جدول ۲ پراکنش داده‌ها (حداقل، حداکثر، میانگین، میانه و انحراف معیار به همراه سطح معنی‌دار بودن آماری آنها) برای تمام عامل‌های اندازه‌گیری شده در تالاب‌ها که در طول یک سال اندازه‌گیری شده نشان داده شده است. (اطلاعات مزبور براساس ۳۲ نمونه برای هر متغیر بوده است بطوری که در ۵۰ درصد از ایستگاه‌های مورد مطالعه گیاه به صورت حضور و در ۵۰ درصد دیگر از ایستگاه‌ها به صورت عدم حضور در نظر گرفته شده است).

نتایج حاصل از آزمون نرمال بودن داده‌ها (تست شده با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف) نشان داد که از کل متغیرهای بررسی شده در ایستگاه‌های مختلف، داده‌های مربوط به عامل‌های درجه حرارت هوا، اسیدیته،

اکسیژن محلول به روش وینکلر (تیتراسیون یدومتری) و سرعت جریان آب در خود محل نمونه‌برداری ثبت گردیدند. برای اندازه‌گیری سرعت جریان آب (در صورت وجود جریان آب در ایستگاه‌ها) در محیط ابتدا با مشخص کردن فاصله‌ای حدود ۱۰ متر در کنار هر ایستگاه، تکه‌ای یونولیت به آب انداخته شد و سپس به وسیله یک‌زمان‌سنج، مدت زمان طی شده در طول ۱۰ متر محاسبه گردید و از نسبت مسافت طی شده بر زمان مقرر سرعت آب برحسب متر بر ثانیه بدست آمد. روش آنالیز شیمیایی بقیه نمونه‌های شیمی آب در آزمایشگاه براساس روش کار استاندارد آب و فاضلاب آمریکا انجام پذیرفت (۷).

برای پی بردن به حضور و عدم حضور گیاه سنبل آبی در هر ایستگاه و تشخیص آن با سایر گیاهان شناور همزیست دیگر، نمونه‌های گیاهی در آزمایشگاه گیاه‌شناسی شناسایی گردید. نمونه‌های حضور گیاه در مناطق مورد بررسی شامل تالاب آلیان (در شهرستان فومن)، تالاب عینک (در شهرستان رشت) و تالاب ملاسرا (در شهرستان صومعه‌سرا) و تالاب چکوور (در شهرستان صومعه‌سرا) و عدم حضور گیاه در رودخانه چاف رود یا شیل (حوضه شهرستان طالش -انزلی)، نهنگ روگا (در شهرستان بندر انزلی) و سوسر روگا (واقع در منطقه غازیان شهرستان بندر انزلی) و زیر پل انزلی (واقع در شهرستان بندر انزلی) بوده است. بطوری که در ۴ تا از ایستگاه‌های ذکر شده، گیاه به صورت حضور و در ۴ تا ایستگاه دیگر به صورت عدم حضور در نظر گرفته شده است.

آنالیز داده‌ها: ابتدا با استفاده از آمار توصیفی، پراکنش داده‌های اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های مختلف (از نظر حداقل، حداکثر، میانگین، میانه و انحراف معیار داده‌ها) با استفاده از نرم‌افزار PAST مشخص شد (12) (جدول ۲). گام بعدی تشخیص نرمال/غیرنرمال بودن داده‌ها (با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف) بوده تا بتوان از این طریق، آزمون‌های آماری و مدل‌های مرتبط برای ارزیابی

جریان آب ($P < 0/01$) و بیکرنات ($P < 0/05$) وجود داشته در حالیکه اختلاف معنی‌داری بین حضور و عدم حضور گیاه با سایر متغیرها مشاهده نشده است ($P > 0/05$) برای همه متغیرها). به بیان روشن‌تر این موضوع دلالت می‌کند که حضور و یا عدم حضور گیاه سنبل آبی در مناطق مورد مطالعه ممکن است تحت تأثیر افزایش و یا کاهش غلظت یا مقدار این عامل‌ها قرار نگیرد (جدول ۲).

اکسیژن محلول و درصد رطوبت نسبی از پراکنش نرمال پیروی کردند ($P > 0/05$ برای همه عامل‌ها) در حالیکه داده‌های بقیه عامل‌ها دارای پراکنش غیر نرمال بودند ($P < 0/05$ برای همه متغیرها).

نتایج آزمون من-ویتنی نشان داد که از بین متغیرهای که دارای داده‌های غیرنرمال بودند، اختلاف معنی‌داری بین حضور و عدم حضور سنبل آبی با متغیرهای مثل هدایت الکتریکی ($P > 0/01$)، میزان کدورت ($P < 0/01$)، سرعت

جدول ۲ - متغیرهای اندازه‌گیری شده در تالاب‌ها مختلف با نشان دادن پراکنش داده‌ها (حداقل، حداکثر، میانگین، انحراف معیار و میانه داده‌ها) در طول یک سال نمونه‌برداری (۱۳۹۵-۱۳۹۶). p -value: سطح معنی‌دار بودن آماری برای هر جفت متغیرها از طریق آزمون من-ویتنی نمایش داده شده است. *داده‌ها دارای پراکنش نرمال بوده لذا این فاکتورها در آزمون من-ویتنی در نظر گرفته نشدند. A: دمای هوا ($^{\circ}\text{C}$)، B: دمای آب ($^{\circ}\text{C}$)، C: هدایت الکتریکی (میکروزیمنس/سانتی‌متر)، D: اسیدیته، E: کدورت (FTU)، F: اکسیژن محلول (میلی‌گرم/لیتر)، G: اکسیژن مورد نیاز زیستی (میلی‌گرم/لیتر)، H: نیتريت (میلی‌گرم/لیتر)، I: نترات (میلی‌گرم/لیتر)، J: آمونیوم (میلی‌گرم/لیتر)، K: فسفات (میلی‌گرم/لیتر)، L: بیکرنات (میلی‌گرم/لیتر)، M: رطوبت نسبی (درصد)، N: سرعت جریان آب (متر/ثانیه)، O: روزهای یخبندان (تعداد)، P: بارندگی سالیانه (میلی‌متر/سال)، Q: ساعت‌های آفتابی (تعداد)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
حداقل	۱۱/۰۰	۷/۸۰	۲۹۲/۰۰	۷/۱۸	۴/۰۰	۴/۲۰	۱/۳۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۵
حداکثر	۳۶/۸۰	۲۹/۱۰	۶۸۳/۰۰	۸/۹۶	۹۸/۰۰	۱۰/۲۰	۳۱/۰۰	۰/۲۴۳	۰/۹۸۰
میانگین	۲۵/۰۶	۱۷/۵۸	۱۲۹۵/۷۸	۸/۰۷	۲۲/۰۳	۷/۵۰	۵/۱۸	۰/۰۳۵	۰/۳۸۴
انحراف معیار	۶/۴۹	۷/۳۸	۱۵۷۱/۱۴	۰/۴۳	۲۲/۳۴	۱/۵۸	۵/۵۴	۰/۰۶۳	۰/۲۸۲
میانه	۲۵/۲۰	۱۵/۸۵	۷۳۶/۵۰	۸/۱۰	۱۵/۰۰	۷/۳۵	۳/۹۷	۰/۰۱۲	۰/۲۷۵
p -value	*	۰/۸۸	۰/۰۰	*	۰/۰۰	*	۰/۳۲	۰/۰۷۰	۰/۴۶۰

ادامه جدول ۲ - متغیرهای اندازه‌گیری شده

	J	K	L	M	N	O	P	Q
حداقل	۰/۰۹۴	۰/۰۰۴	۹۰/۰۰	۲۹/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۳/۸۰	۹۹/۸۰
حداکثر	۲/۴۹۶	۰/۵۰۱	۳۴۱/۶۰	۷۹/۰۰	۴/۰۰	۸/۶۰	۳۸۵/۹۰	۲۹۸/۹۰
میانگین	۰/۴۹۰	۰/۰۹۷	۲۲۳/۲۵	۵۵/۰۶	۰/۷۷	۱/۶۵	۱۱۷/۱۱	۱۶۹/۵۱
انحراف معیار	۰/۶۱۷	۰/۱۱۲	۵۸/۵۱	۱۳/۰۰	۱/۱۸	۲/۷۹	۱۲۲/۷۱	۷۴/۶۶
میانه	۰/۲۵۷	۰/۰۵۰	۲۱۹/۸۰	۵۵/۰۰	۰/۰۰	۰/۵۰	۷۳/۹۵	۱۴۴/۵۰
p -value	۰/۵۴۰	۰/۹۳۰	۰/۰۲	*	۰/۰۰	۰/۲۲	۰/۶۰	۰/۵۹

حرارت هوا با درجه حرارت آب، تعداد ساعت‌های آفتابی با درجه حرارت هوا و ... (جدول ۳). بطوری که افزایش در مقادیر هر کدام از این متغیرها در مناطق مورد مطالعه

نتایج آزمون همبستگی پیرسون نشان داد که از بین متغیرهای مورد بررسی در تالاب‌ها، چندین متغیر با همدیگر همبستگی بالا و مثبتی را نشان دادند (مثل درجه

ممکن است در ارتباط با افزایش عامل‌های دیگر باشد و برعکس.

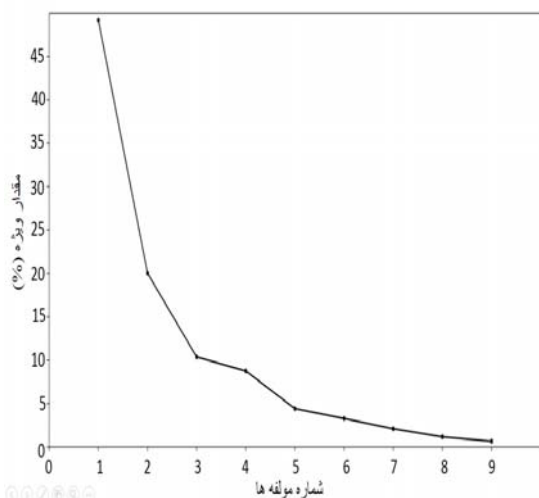
جدول ۳ - ضریب همبستگی بین متغیرهای محیطی در مناطق نمونه‌برداری. A: دمای هوا، B: دمای آب، C: هدایت الکتریکی، D: اسیدیته، E: کدورت آب، F: اکسیژن محلول، G: اکسیژن مورد نیاز زیستی، H: نیتريت، I: نترات، J: آمونیوم، K: فسفات، L: بیکربنات، M: رطوبت نسبی، N: سرعت جریان آب، O: تعداد روزهای یخبندان، P: میزان بارش سالیانه، Q: تعداد ساعت‌های آفتابی

	A	B	C	D	E	F	G	H
A	۱							
B	۰/۸۳	۱						
C	۰/۳۰	۰/۴۷	۱					
D	۰/۶۶	۰/۵۱	۰/۱۴	۱				
E	۰/۰۹	۰/۱۸	۰/۱۴	۰/۲۷	۱			
F	-۰/۲۸	-۰/۳۰	-۰/۱۶	۰/۱۷	۰/۲۴	۱		
G	-۰/۰۵	۰/۲۰	۰/۱۸	-۰/۳۷	۰/۱۸	-۰/۲۰	۱	
H	۰/۳۴	۰/۴۲	۰/۵۷	۰/۱۷	-۰/۰۱	-۰/۰۳	۰/۰۵	۱
I	-۰/۶۱	-۰/۴۱	-۰/۱۴	-۰/۳۴	-۰/۰۱	۰/۱۱	۰/۰۸	-۰/۰۹
J	۰/۲۳	۰/۳۲	۰/۶۳	۰/۱۴	۰/۰۳	-۰/۳۶	-۰/۰۶	۰/۲۱
K	۰/۲۱	۰/۲۳	۰/۶۸	۰/۱۷	۰/۱۴	-۰/۲۰	-۰/۱۵	۰/۴۲
L	-۰/۱۳	-۰/۰۱	۰/۳۸	-۰/۴۰	-۰/۲۹	-۰/۴۸	۰/۲۵	۰/۳۴
M	-۰/۰۳	-۰/۱۷	-۰/۰۹	۰/۰۸	-۰/۱۷	۰/۰۸	-۰/۱۵	-۰/۴۲
N	-۰/۲۸	-۰/۴۲	-۰/۲۱	-۰/۳۹	-۰/۱۷	-۰/۰۸	۰/۲۷	-۰/۱۲
O	-۰/۶۱	-۰/۴۸	-۰/۲۹	-۰/۴۱	-۰/۲۲	۰/۱۸	-۰/۲۰	-۰/۱۹
P	-۰/۴۹	-۰/۸۷	-۰/۳۹	-۰/۲۳	-۰/۱۴	۰/۲۴	-۰/۲۱	۰/۲۶
Q	۰/۷۶	۰/۹۷	۰/۵۳	۰/۵۰	۰/۲۱	-۰/۲۶	۰/۲۵	۰/۵۳

ادامه جدول ۳ - ضریب همبستگی

	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
A									
B									
C									
D									
E									
F									
G									
H									
I	۱								
J	-۰/۱۱	۱							
K	۰/۰۱	۰/۸۳	۱						
L	۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۲۴	۱					
M	-۰/۲۱	۰/۱۵	-۰/۱۳	-۰/۳۱	۱				
N	۰/۱۸	-۰/۲۱	-۰/۲۹	۰/۰۱	-۰/۳۷	۱			
O	۰/۳۱	-۰/۲۶	-۰/۲۱	۰/۱۱	۰/۰۶	-۰/۱۹	۱		
P	۰/۳۵	-۰/۲۷	-۰/۱۷	-۰/۱۴	-۰/۴۱	۰/۶۳	۰/۱۴	۱	
Q	-۰/۳۸	۰/۲۹	۰/۲۷	۰/۳۱	۰/۰۷	-۰/۳۷	-۰/۵۳	-۰/۷۳	۱

کاهش حضور گیاه در این قسمت از مناطق نمونه‌برداری شده است و در قسمت چپ بایبلات (قسمت بالا) با افزایش سرعت جریان آب در تالاب‌ها (خصوصاً در قسمت خروجی تالاب‌ها مثل انزلی و غازیان) نیز از حضور موجود کاسته شده است.



شکل ۳- پلات سنگریزه‌ای به‌منظور نشان دادن مؤلفه‌های مهم (متغیرهای تأثیرگذار) بر روی مطلوبیت زیستگاهی سنبل آبی در تالاب‌های مورد بررسی.

در سمت راست بایبلات (قسمت بالا) یکی دیگر از عامل‌های تأثیرگذار بنام کدورت آب نمایش داده شده است که در این مورد به نظر می‌رسد افزایش میزان کدورت آب در تالاب‌ها منجر به کاهش حضور سنبل آبی شده است. از نظر فصلی، کاهش حضور گونه سنبل آبی در فصول بهار و تابستان با افزایش میزان هدایت الکتریکی، در فصل بهار با افزایش میزان کدورت و در فصول تابستان، پاییز و زمستان با افزایش سرعت جریان آب در تالاب‌ها در ارتباط می‌باشد.

براساس نتایج آنالیز مؤلفه اصلی، متغیر مؤلفه اول (هدایت الکتریکی)، متغیر مؤلفه دوم (کدورت آب) و متغیر مؤلفه سوم (سرعت جریان آب) با هیچ‌کدام از متغیرهای دیگر همبستگی بالاتر از ۰/۵ را نشان ندادند (جدول ۴). لذا به خاطر حذف متغیرهای همبسته (با ضریب همبستگی بالاتر

نتایج آزمون همبستگی پیرسون همچنین نشان داده است که برخی از عامل‌ها مثل درجه حرارت آب و هوا با متغیرهای مثل تعداد روزهای یخبندان و میزان بارش سالیانه آب همبستگی بالا اما منفی نشان دادند به طوری که افزایش و یا کاهش در مقدار یا غلظت این متغیرها در مناطق مورد مطالعه ممکن است به ترتیب در ارتباط با کاهش و یا افزایش در مقدار و یا غلظت این عامل‌ها باشد.

آنالیز مؤلفه اصلی: برای استفاده از تحلیل‌های چند متغیره عامل‌های مثل درجه حرارت هوا، تعداد روزهای یخبندان، تعداد ساعت‌های آفتابی، نیتريت، اسیدیت، میزان بارندگی سالیانه، آمونیوم و فسفات به علت همبستگی زیاد با خیلی از متغیرها و تأثیر تقریباً مشابه آنها بر روی حضور و عدم حضور گیاه از دیدگاه آماری و حتی از نظر اکولوژیکی حذف شدند. بنابراین مدل تحلیل مؤلفه اصلی با بقیه عامل‌ها در نظر گرفته شد تا تأثیر این متغیرها روی مطلوبیت زیستگاهی گونه سنبل آبی مشخص شود. نتایج آنالیز مؤلفه اصلی نشان داد که مؤلفه‌های ۱، ۲ و ۳ در مجموع ۸۲/۷۷ (با مقدار ویژه: ۰/۳۶) از کل تغییرات ناشی از متغیرهای انتخاب‌شده در مؤلفه اصلی را به خود اختصاص دادند بطوری که سهم مؤلفه اول به‌تنهایی ۴۵/۳۰ درصد و مؤلفه دوم به‌تنهایی ۲۱/۸۲ درصد می‌باشد (شکل ۳).

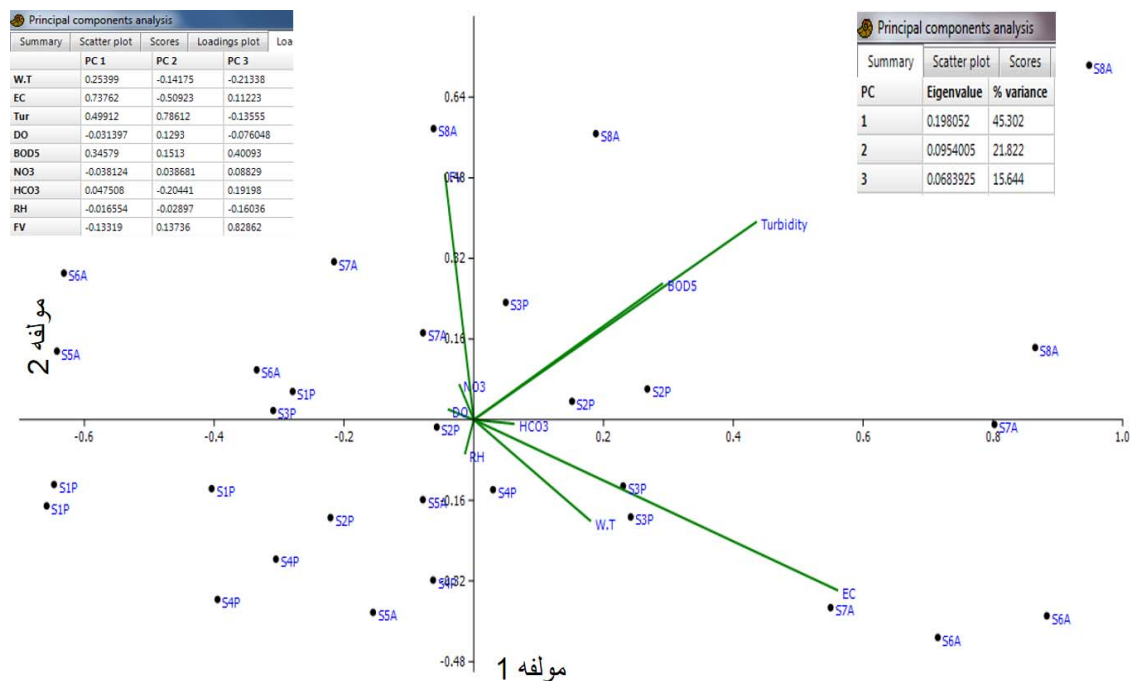
در شکل ۴ (با در نظر گرفتن مکان نمونه‌برداری) و شکل ۵ (با در نظر گرفتن زمان نمونه‌برداری) اهمیت متغیرهای مهم در مؤلفه‌های ۱ و ۲ نمایش داده شده است. در مؤلفه اول هدایت الکتریکی و در مؤلفه دوم کدورت آب از جمله مهمترین متغیرها برای ارزیابی مطلوبیت زیستگاهی گیاه سنبل آبی در اکوسیستم‌های مورد مطالعه بودند (براساس اطلاعات ارائه شده در جدول ماتریکس، سرعت جریان آب متغیر مهم در مؤلفه سوم بوده است). در سمت راست پلات (قسمت پایین) افزایش بار هدایت الکتریکی در برخی از ایستگاه‌ها (مثل پیل علی باغ و غازیان) منجر به

شماره ۷ بوده است که افزایش بیش حد بار هدایت الکتریکی در این مناطق می‌تواند باعث کاهش حضور گیاه شود. براساس نتایج مدل خطی تعمیم‌یافته همچنین می‌توان نتیجه گرفت گیاه سنبل آبی در جاهایی از مناطق تالابی یافت می‌شود که میزان کدورت آب در آنها کم است. از منحنی سرعت جریان آب نیز می‌توان نتیجه گرفت که افزایش این متغیر باعث عدم حضور گیاه شناور سنبل آبی می‌شود. بیشترین سرعت جریان آب در ایستگاه ۷ و ۸ ثبت شده است که این عمل نیز می‌تواند منجر به کاهش و یا حتی عدم حضور این گونه شناور آزاد در تالاب‌ها شود.

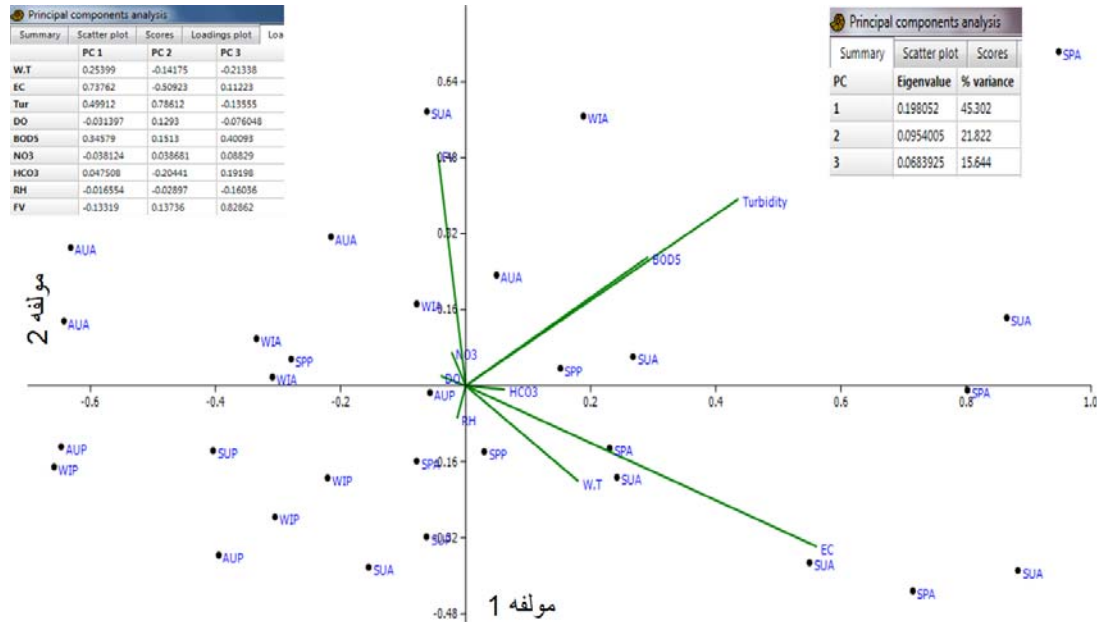
بر اساس منحنی مدل خطی تعمیم‌یافته، گیاه سنبل آبی معمولاً در جاهایی از تالاب‌ها می‌تواند حضور داشته باشد که غلظت بی‌کربنات در این مناطق کمتر است (برعکس سه عامل ذکر شده در بالا، اختلاف بین حضور و عدم حضور گیاه با بی‌کربنات فقط در سطح کمتر از ۰/۰۵ معنی‌دار بوده است $(P=0/02)$).

از ۰/۵)، مدل از قابلیت اعتماد بالایی (براساس تعداد عامل‌های انتخاب‌شده) برخوردار بوده است.

مدل خطی تعمیم‌یافته برای پیش‌بینی احتمال حضور گیاه سنبل آبی: نتایج مدل خطی تعمیم‌یافته نشان داد که از کل متغیرهای اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های مذکور ارتباط معنی‌داری فقط در بین متغیرهای هدایت الکتریکی ($P < 0/01$) کدورت آب ($P < 0/01$)، سرعت جریان آب ($P < 0/05$) با حضور/عدم حضور گیاه سنبل آبی وجود داشته است (شکل ۶) بطوری که سه متغیر اول در مبحث تحلیل مؤلفه اصلی نیز جز مهمترین متغیرها برای ارزیابی مطلوبیت زیستگاهی گونه مورد مطالعه بوده‌اند. از نمودار مربوط به هدایت الکتریکی می‌توان استنتاج نمود که افزایش هدایت الکتریکی باعث کاهش حضور گیاه مزبور در تالاب‌ها می‌شود. همان‌طور که در مبحث مربوط به مؤلفه‌ها توضیح داده شده است بیشترین میزان هدایت الکتریکی ثبت شده مربوط به ایستگاه‌های



شکل ۴- بایبلات با نمایش مؤلفه‌های اول و دوم و تعداد متغیرهای کلیدی بر میزان حضور و عدم حضور گیاه سنبل آبی در ارتباط با ایستگاه‌های مختلف نمونه‌برداری (داده‌ها بر پایه لگاریتم طبیعی بر مبنای ۱۰ در نظر گرفته شدند. نوع ماتریکس variance-covariance می‌باشد). آلیان: S1، عینک: S2، ملاسرا: S3، چکور: S4، چافرود: S5، پیل علی باغ: S6، غازیان: S7، انزلی: S8، حضور: P، عدم حضور: A، Turbidity: کدورت آب، F.V: سرعت جریان آب، RH: رطوبت نسبی، W.T: دمای آب، NO₃⁻: نیترات، EC: هدایت الکتریکی، BOD₅: اکسیژن مورد نیاز زیستی، DO: اکسیژن محلول، HCO₃⁻: بی‌کربنات



شکل ۵- بایبلات با نمایش مؤلفه‌های اول و دوم و تعداد عامل‌های مؤثر بر میزان حضور و عدم حضور گیاه سنبل آبی در تالاب‌ها در ارتباط با فصول مختلف سال (داده‌ها بر پایه لگاریتم طبیعی بر مبنای ۱۰ در نظر گرفته شدند. نوع ماتریکس variance-covariance می‌باشد). زمستان: WI، پاییز: AU، بهار: SP، تابستان: SU، حضور: P، عدم حضور: A، Turbidity: کدورت آب، F.V: سرعت جریان آب، RH: رطوبت نسبی، W.T: دمای آب، NO₃: نیترات، EC: هدایت الکتریکی، BOD₅: اکسیژن مورد نیاز زیستی، DO: اکسیژن محلول، HCO₃⁻: بیکربنات

جدول ۴- ضریب همبستگی بین متغیرهای انتخاب‌شده در آنالیز مؤلفه اصلی و متغیرهای مهم استخراج شده از سه مؤلفه اول. A: کدورت آب، B: سرعت جریان آب، C: رطوبت نسبی، D: دمای آب، E: نیترات، F: هدایت الکتریکی، G: اکسیژن مورد نیاز زیستی، H: اکسیژن محلول، I: بیکربنات

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	مهمترین متغیر در هر مؤلفه
هدایت الکتریکی	۰/۱۴	-۰/۲۱	-۰/۰۹	۰/۴۷	-۰/۱۴	۱/۰۰	۰/۴۷	-۰/۱۶	۰/۳۸	هدایت الکتریکی
کدورت	۱/۰۰	-۰/۱۷	-۰/۱۷	۰/۱۸	-۰/۰۱	۰/۱۴	۰/۱۸	۰/۲۴	-۰/۲۹	کدورت
سرعت جریان آب	-۰/۱۷	۱/۰۰	-۰/۳۷	-۰/۴۲	۰/۱۸	-۰/۲۱	۰/۲۷	-۰/۰۸	۰/۰۱	سرعت جریان آب

بحث و نتیجه‌گیری

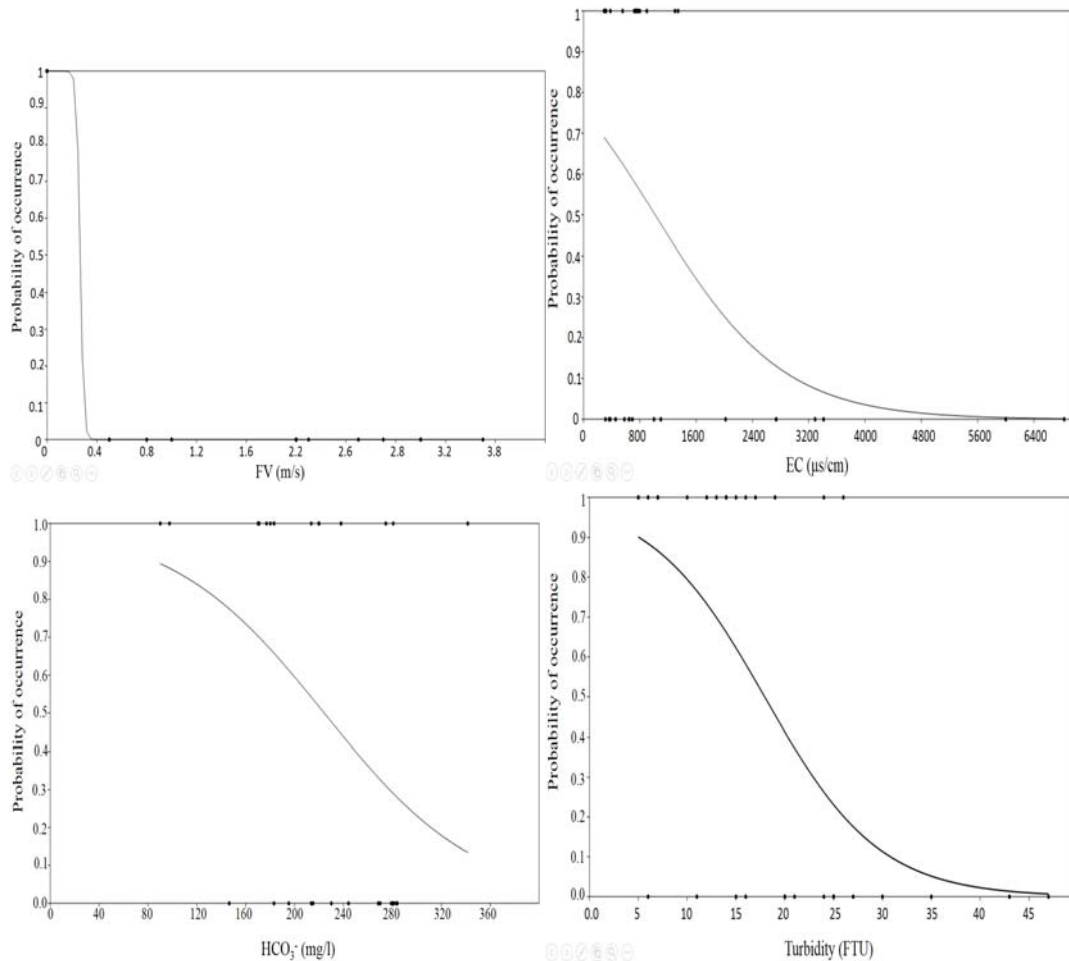
زیستگاهی این‌گونه مهاجم با استفاده از تکنیک‌های چند متغیره و مدل خطی تعمیم‌یافته در برخی از تالاب‌های مختلف در استان گیلان انجام‌گرفته است بطوری که این تحقیق از جمله معدود پژوهش‌هایی است که ارتباط بین مطلوبیت زیستگاهی این گیاه مهاجم را با توجه به خصوصیات کیفی و ساختاری این اکوسیستم‌ها نشان می‌دهد.

از توزیع داده‌های مربوط به برخی از متغیرهای کیفی آب مثل فسفات و آمونیوم (با توجه به حداقل، حداکثر،

باتوجه به اینکه، سنبل آبی یکی از تهدید آمیزترین و مخرب‌ترین گونه مهاجم گیاهی آبی شناور آزاد در آب‌های ساکن و یا آب‌های با جریان کند در مناطق معتدله و گرمسیری جهان شناخته شده (1 و 35) و همچنین نظر به این‌که این‌گونه ماکروفیت اخیراً به‌عنوان یک تهدید و معضل جدی برای بسیاری از اکوسیستم‌های آبی باارزش در شمال کشور ایران از جمله تالاب‌ها و آب‌بندان‌ها مطرح می‌باشد (2)، لذا پژوهش فعلی باهدف تعیین مطلوبیت

اکثر مواقع سال (عمدتاً در اثر استعمال کودهای شیمیایی حاوی مواد فسفر و ازته و بدنبال آن پر غذایی در تالاب‌ها) می‌تواند شرایط مناسبی را برای رشد نمایی گونه‌های مهاجم گیاهی از جمله این‌گونه شناور مهاجم آبی در چنین محیط‌های یوتروف فراهم کند (و 2و 20).

میانگین و انحراف معیار ارائه شده در جدول ۲) می‌تواند استنتاج کرد که مناطق مورد مطالعه به‌طور کلی در اکثر مواقع سال حتی در فصول سرد سال (باتوجه کاهش دوره رشد تولید کننده‌ها و در نتیجه کاهش مصرف این مواد مغذی توسط تولیدکننده‌ها) دارای بار آلودگی ناشی از مواد مغذی هستند بطوری که افزایش غلظت این متغیرها در



شکل ۶- مدل خطی تعمیم‌یافته برای نشان دادن پیش‌بینی احتمال حضور و عدم حضور گونه مهاجم سنبل آبی براساس مهمترین متغیرهای اساسی در تالاب‌ها

مهاجم همواره باید تأثیرگذارترین و مهمترین متغیرهای محیطی را انتخاب کرد (و 2و 30). نظر به این‌که هر ضریب همبستگی بالاتر از ۰/۵ ممکن است دقت پیش‌بینی مدل‌ها را کم کند لذا برای پیش‌بینی دقیق‌تر مطلوبیت زیستگاهی گونه‌های آبی مطالعات زیادی پیشنهاد کرده‌اند که

در پژوهش کنونی، عامل‌های زیادی برای مطالعه نیازهای زیستگاهی سنبل آبی اندازه‌گیری شده‌اند. هرچند اکثر این متغیرها ممکن است کم‌وبیش روی مطلوبیت زیستگاهی این گیاه مهاجم در اکوسیستم‌های مورد مطالعه تأثیر بگذارند اما برای تعیین مطلوبیت زیستگاهی گونه‌های آبی

هدایت الکتریکی و به تبع آن شوری آب را روی رشد و بقای گونه‌های مختلف سنبل آبی بررسی کرده‌اند (۲ و ۲۳). نظر به این که گیاه مورد نظر از جمله ماکروفیت‌های شناور آزاد در آب‌های شیرین می‌باشد لذا غلظت بیش‌ازحد هدایت الکتریکی در مناطق مورد مطالعه که خود تابعی از میزان املاح هادی موجود مثل سدیم و... در این اکوسیستم‌ها می‌باشد می‌تواند شرایط را برای رشد و حضور این گیاه مهاجم آب شیرین بسیار محدود کند (۲۳). همان‌طور که در آنالیز مؤلفه اصلی هم اشاره شد بیشترین میزان بار هدایت الکتریکی در زیر پل غازیان (قسمت‌های خروجی تالاب به دریای خزر) ثبت شده است بطوری که غلظت زیاد هدایت الکتریکی در این مناطق می‌تواند یکی از عوامل بازدارنده برای استقرار، رشد و حضور گیاه سنبل آبی باشد. پیامدهای مدل خطی تعمیم یافته همچنین نشان داد که ممکن است ارتباط معنی‌داری بین حضور و عدم حضور گیاه سنبل آبی با میزان کدورت آب وجود داشته باشد. براساس نتایج حاصله از مدل، سنبل آبی ممکن است بیشتر در جاهایی حضور پیدا کند که میزان کدورت کم باشد. یافته‌های پیشین محققان همسو با نتایج فعلی صحت این موضوع را تأیید کرده‌اند که افزایش تدریجی کدورت در آب ممکن است احتمال حضور این گیاه را در تالاب‌ها کمتر کند (۱۴، ۲۲ و ۳۵). یکی دیگر از متغیرهای مهم ساختاری و تأثیرگذار در ایستگاه‌های نمونه‌برداری که برای پیش‌بینی مطلوبیت زیستگاهی گیاه سنبل آبی نقش کلیدی داشته سرعت جریان آب بوده است. براساس نتایج مدل خطی تعمیم یافته می‌توان استنتاج کرد که در قسمت‌های از مناطق نمونه‌برداری نظیر خروجی تالاب‌ها که سرعت جریان آب در این مناطق نسبت به جاهای دیگر کمی زیادتر است این‌گونه مهاجم قادر به استقرار جمعیت خود نیست. دلیل این امر این است که گیاه سنبل آبی از جمله گیاهان شناور آزاد است که آب‌های ساکن یا آب‌های با جریان کند را برای زیستگاه خود بر می‌گزیند (۲ و ۲۳) لذا اکثر محیط‌های تالابی به خاطر داشتن سرعت جریان کند آب

متغیرهای را که مقادیر مطلق ضریب همبستگی آنها بالاتر از مقدار فوق‌الذکر باشد باید از مدل‌ها حذف نمود (۹، ۱۵، ۲۹، ۳۷، ۳۹ و ۴۲). خصوصاً حذف متغیرها با همبستگی بالا قبل از کاربرد روش‌های آنالیز چند متغیره بسیار مهم است (۴۲) چون با حذف متغیرهای با همبستگی بالا، تأثیرگذارترین عامل‌ها برای مطلوبیت زیستگاهی گونه‌های مهاجم (مثل گیاه سنبل آبی مورد مطالعه در تحقیق فعلی) توسط مدل‌ها تعیین می‌شود لذا در مطالعه کنونی متغیرهای که ضریب همبستگی بالاتر از ۰/۵ با یکدیگر داشته‌اند قبل از بکار گرفتن مدل‌های مورد استفاده حذف شدند.

روش‌های آماری چند متغیره مثل تحلیل مؤلفه اصلی (۱ و ۲۸) و مدل خطی تعمیم‌یافته، تکنیک‌های مفیدی برای ارزیابی مطلوبیت زیستگاهی گیاهان مهاجم می‌باشند و خصوصاً کاربرد این روش‌ها قبل از به کار گرفتن مدل‌های اکولوژیکی بسیار پیشنهاد شده است (۳۳ و ۴۲). در پژوهش فعلی، با استفاده از روش مؤلفه اصلی ۹ متغیر (شامل متغیرهای فیزیکی-شیمیایی و ساختاری) و از خود این متغیرها فقط ۳ عامل مهمتر از بقیه برای بررسی نیازهای زیستگاهی سنبل آبی تأثیرگذار تشخیص داده شده‌اند. با استفاده از مدل خطی تعمیم‌یافته فقط سه تا از ۹ متغیرهای مؤلفه در سطح اعتماد کمتر از ۰/۰۱ و یک متغیر هم فقط در سطح کمتر از ۰/۰۵ برای پیش‌بینی احتمال حضور و یا عدم حضور گیاه معنی‌دار تشخیص داده شده است. نتایج مدل خطی تعمیم‌یافته مشخص کرده است که افزایش در مقدار و یا غلظت برخی از متغیرها ممکن است احتمال حضور این‌گونه مهاجم را در تالاب‌ها محدود کند. از جمله این متغیرها می‌توان به ازدیاد بار هدایت الکتریکی، سرعت جریان، میزان کدورت آب و آنیون بی‌کربنات را اشاره کرد.

براساس منحنی مدل، می‌توان استنباط کرد که افزایش بیش‌ازحد بار هدایت الکتریکی در مناطق مورد مطالعه می‌تواند حضور و رشد گیاه سنبل آبی را کاملاً محدود کند. مطالعات زیادی همگام با نتایج فعلی، تأثیر منفی ازدیاد

گیاهی است که از نظر انتخاب زیستگاه به‌عنوان پهن زیستگاه (eurycious) محسوب می‌شود (2) بطوری که در آب‌های با مواد مغذی کم تا زیاد هم می‌تواند به حیات خود ادامه دهد و خصوصاً در مناطق جدیدی که هجوم برده کمبود مواد مغذی مثل (ازت و فسفر) نمی‌تواند از عوامل مهم محدود کننده برای رشد گیاه باشد (2).

هرچند در تحقیق فعلی، تفاوت چندان معنی‌داری بین حضور و عدم حضور گیاه با اکسیژن محلول مشاهده نشده است اما به نظر می‌رسد در ایستگاه‌های که این گیاه مهاجم در آنجا وجود دارد میزان اکسیژن محلول کمتر از ایستگاه‌های بوده است که گیاه در آنجا حضور نداشته است. علت پایین بودن اکسیژن محلول در مناطق واجد حضور گیاه را می‌توان احتمالاً به علت پوشش متراکم ایجادشده توسط گیاه دانست بطوری که چنین پوشش متراکمی می‌تواند از انتشار اکسیژن به داخل آب جلوگیری نماید و از این نظر میزان اکسیژن محلول را در داخل آب کاهش دهد (۱۷، ۲۰ و ۳۶).

بدون شک دمای آب و هوا روی رشد، تکثیر و زادآوری و تراکم گونه سنبل آبی تأثیر می‌گذارد (۱۱ و ۳۸). هرچند بر اساس روش آنالیز مؤلفه اصلی و مدل خطی تعمیم یافته، با افزایش دمای آب ممکن است احتمال حضور سنبل آبی در تالاب‌ها بیشتر شود اما نتایج مدل خطی تعمیم یافته در این مورد از نظر آماری ارتباط چندان معنی‌داری را بین مطلوبیت زیستگاهی گیاه با دمای آب و هوا در فصول مختلف سال نشان نداده است. علت این امر این است که میزان حضور گیاه در مناطق نمونه‌برداری شده تابعی از فصول مختلف سال است بطوری که در فصول پاییز و زمستان حضور گیاه با تعداد کم آن (به خاطر کاهش فصل رشد) اما در بهار و تابستان (بخاطر افزایش فصل رشد) حضور گیاه با تعداد زیاد آن ارتباط دارد. دلیل دیگر این است که دامنه تحمل حرارتی گیاه سنبل آبی (به خاطر اوری ترمال بودن) بسیار زیاد است و می‌تواند در

نسبت به قسمت‌های خروجی تالاب‌ها که سرعت جریان آب در آنها نسبتاً زیادتر است محیط‌های مناسب‌تری برای استقرار این گیاه می‌باشند. علت کمتر سیگموییدی بودن منحنی سرعت جریان آب به خاطر این است که در بسیاری از مناطق مورد بررسی سرعت جریان آب کاملاً صفر بوده است. هرچند ذکر این نکته هم ضروری است که عمق‌های زیاد در تالاب‌ها می‌توانند یکی از متغیرهای محدودکننده برای رشد و استقرار گیاهان شناور آزادی مثل سنبل آبی باشد. از بین ایستگاه‌های نمونه‌برداری بیشترین عمق نیز مربوط به قسمت‌های خروجی تالاب‌ها بوده است. براساس نتایج مدل خطی تعمیم یافته، به نظر می‌رسد که با افزایش آنیون بازی بیکربنات تحمل گیاه در تالاب‌ها کمتر می‌شود و بر این اساس گیاه معمولاً در جاهای حضور دارد که غلظت بیکربنات در آنجا کمتر است. دلیل این امر این است که گیاه شناور سنبل آبی برعکس گیاهان غوطه‌ور، برای عمل فتوسنتز بیشتر به دی‌اکسید کربن هوا وابسته است و خیلی کمتر از بیکربنات و دی‌اکسید کربن آب به‌عنوان منبع کربنی برای عمل فروغ آمایی خود استفاده می‌کند (2).

براساس نتایج مدل، هیچ‌کدام از متغیرهای مثل فسفر و ازت که در پر غذایی تالاب‌ها نقش دارند برای سنجش رجحان زیستگاهی گیاه سنبل آبی در ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده بااهمیت تشخیص داده نشده‌اند. درحالی‌که ارزش هردوی این متغیرها برای رشد و زیست گیاهان مهاجم از جمله سنبل آبی بااهمیت شناخته شده‌اند (۱۶، ۱۸، ۲۰ و ۳۹). دلیل احتمالی این امر این است که در بیشتر مناطق نمونه‌برداری و همچنین در اکثر فصول سال این مواد مغذی بیش از نیاز برای رشد و تکثیر گیاهان آبی مهاجم وجود دارد لذا به نظر می‌رسد با توجه فراوان بودن غلظت این متغیرها در بیشتر مواقع سال، چنین عواملی نمی‌توانند محدودیت زیادی را برای رشد و بقای گونه‌های گیاهی بیگانه مهاجم در تالاب‌های شمال کشور ایجاد کنند (۲۸، ۳۱ و ۳۲). از طرف دیگر، سنبل آبی یک

شود. از نتایج مدل‌های به کار گرفته شده در پژوهش فعلی همچنین می‌توان استنتاج کرد که مطلوبیت زیستگاهی گیاه مهاجم سنبل آبی در اکوسیستم‌های مورد مطالعه نمی‌تواند خیلی متأثر از مواد مغذی باشد. در این مورد به نظر می‌رسد با توجه به یوتروف بودن این محیط‌ها در اکثر مواقع سال، امکان رشد و تکثیر این‌گونه مهاجم در اکثر فصول سال وجود دارد. از نتایج مدل همچنین می‌توان استنباط کرد که ارتباط چندان معنی‌داری بین مطلوبیت زیستگاهی گیاه با عوامل فیزیکی مثل دمای آب در فصول مختلف سال وجود ندارد که این موضوع را احتمالاً می‌توان به خاطر ازدیاد دامنه تحمل حرارتی این گیاه مهاجم و همچنین تغییر شرایط اقلیمی در کشور دانست بطوری که به نظر می‌رسد شرایط در اکثر فصول سال برای رشد این‌گونه مهاجم در اکوسیستم‌های شمال کشور فراهم است. از منظر اکولوژیکی، نتایج این مطالعات می‌تواند برای بررسی مطلوبیت زیستگاهی سایر گونه‌های مهاجم شناور آزاد در تالاب‌های مناطق معتدله و گرمسیری جهان که شرایط تقریباً یکسانی با مناطق مورد مطالعه ما رادارند مورد استفاده قرار گیرد.

محیط‌های جدید (محیطی که در آن هجوم برده) محدوده وسیعی از میزان درجه حرارت محیط را تحمل کند (16) و همچنین به خاطر تغییرات شرایط اقلیمی در کشور ایران، به نظر می‌رسد شرایط برای رشد گونه‌های گیاهی مهاجم مثل سنبل آبی و آژولا در اکثر مواقع سال فراهم است (28).

از نتایج آنالیز مؤلفه اصلی و مدل خطی تعمیم یافته می‌توان نتیجه گرفت که مطلوبیت زیستگاهی گونه مهاجم سنبل آبی در تالاب‌های شمال کشور ممکن است توأماً متأثر از متغیرهای کیفی آب و ساختاری اکوسیستم قرارگیرد. بطوری که براساس نتایج مؤلفه اصلی، عامل‌های مثل هدایت الکتریکی، کدورت آب و سرعت جریان آب و براساس نتایج مدل خطی تعمیم یافته عامل‌های مثل هدایت الکتریکی، کدورت، سرعت جریان آب و بیکربنات از مهمترین متغیرها برای بررسی مطلوبیت زیستگاهی گونه بوده‌اند. براساس نتایج این تحقیق، همچنین می‌توان نتیجه گرفت این‌گونه مهاجم شناور آزاد بیشتر در جاهایی از تالاب‌ها که کمترین میزان شوری (مثلاً در ارتباط با کم بودن میزان هدایت الکتریکی آب) و همچنین کمترین میزان سرعت جریان آب را داشته باشد می‌تواند مستقر

منابع

- ۱- زرکامی، ر.، حسامی، ه.، و آق، ن.، ۱۳۹۶. بررسی مطلوبیت زیستگاهی *Artemia parthenogenetica* در تالاب میقان (استان مرکزی) با استفاده از تحلیل‌های چند متغیره، مجله پژوهش‌های جانوری، شماره ۴، صفحات ۱۲-۱.
- ۲- زرکامی، ر.، ۱۳۹۵. گیاهان آبی مهاجم، انتشارات حق‌شناس، ۱۸۴ صفحه.
- ۳- زرکامی، ر.، و خزایی، ح.، ۱۳۹۷. ارزیابی مطلوبیت زیستگاهی گیاه پرطاووسی سنبله‌ای (*Myriophyllum spicatum*, Lam.) leachate with different pH. Environmental Technology, 25, PP: 833-840.
- 7-APHA (2005) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st Edition, American Public Health Association/American Water Works
- 5-Center, T. D., and Spencer, N. R., 1981. The phenology and growth of water hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart.) in a eutrophic north-central Florida lake. Aquatic Botany, 10, PP: 1-32.
- 6-El-Gendy, A., Biswas, N., and Bewtra, J., 2004. Growth of water hyacinth in municipal landfill
- در برخی از اکوسیستم‌های آبی استان مازندران و گیلان، مجله پژوهش‌های گیاهی، شماره ۱، پذیرفته شده.
- ۴- زرکامی، ر.، و سحرخیز، م.، ۱۳۹۷. بررسی مطلوبیت زیستگاهی سرخس آبی (*Azolla filiculoides*, Lam.) در برخی از اکوسیستم‌های آبی استان گیلان و مازندران با استفاده از مدل خطی تعمیم یافته، مجله پژوهش‌های گیاهی، شماره ۱، پذیرفته شده.

- Association/Water Environment Federation, Washington DC.
- 8-Gopal, B., 1984. Utilization of water hyacinth as a new resource or for its control: some environmental considerations. In: Thyagarajan, G. (Ed.), Proceedings of the International Conference on Water Hyacinth, UNEP, Nairobi, PP: 193–206.
- 9-Goethals, P., 2005. Data driven development of predictive ecological models for benthic macroinvertebrates in rivers. PhD thesis, Ghent University, Ghent, Belgium, 377 p.
- 10-Ganguly, A., Chatterjee, P. K., and Dey, A., 2012. Studies on ethanol production from water hyacinth: a review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16, PP: 966-972.
- 11-Gupta, P., Roy, S., and Mahindrakar, A. B., 2012. Treatment of water using water hyacinth water lettuce and vetiver grass - a review. Environmental Research, 2, PP: 202–215.
- 12-Hammer, O., 2013. Paleontological statistics (PAST). Natural History Museum, University of Oslo, Oslo, 221 p.
- 13-Harper, D. A. T. (ed.) 1999. Numerical Palaeobiology. Computer-Based Modelling and Analysis of Fossils and their Distributions. x+468 pp. Chichester, New York, Weinheim, Brisbane, Singapore, Toronto: John Wiley & Sons.
- 14-Jepesen, E., Jensen, J., Sandergaard, M., Lauridsen, T., Pedersen, L., and Jensen, L., 1997. Top-down control in freshwater lakes: the role of nutrient state, submerged macrophytes and water depth. Hydrobiologia, 342, PP: 151–164.
- 15-Kuhn, M. and Johnson, K. 2013. Applied predictive modelling. New York: Springer New York Heidelberg Dordrecht London. DOI 10.1007/978-1-4614-6849-3.
- 16-Malik, A., 2007. Environmental challenge vis a vis opportunity: the case of water hyacinth. Environmental International, 33, PP: 122–138.
- 17-Meerhoff, M., Mazzeo, N., Moss, B., and Rodriguez-Gallego, L., 2003. The structuring role of free-floating versus submerged plants in a subtropical shallow lake. Aquatic Ecology, 37, PP: 377–391.
- 18-McVea, C., and Boyd, C. E., 1975. Effects of water hyacinth cover on water chemistry. In: Phytoplankton and Fish in Ponds, PP: 375–378.
- 19-Nelder, J., and Wedderburn, R., 1972. Generalized Linear Models. Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General). Blackwell Publishing, 135 (3), PP: 370–384.
- 20-Nguye, T., Boetsa, P., Locka, K., and Ambaritaa, M., 2015. Habitat suitability of the invasive water hyacinth and its relation to water quality and macroinvertebrate diversity in a tropical reservoir, Limnologia, 52, PP: 67–74.
- 21-Ndimele, P., Kumolu-Johnson, C, and Anetekhai, M., 2011. The invasive aquatic macrophyte, water hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solm-Laubach: Pontedericeae): problems and prospects. Research Journal of Environmental Sciences, 5, PP: 509- 520.
- 22-Opande, G. O., Onyango, J. C., and Wagai, S. O., 2004. Lake Victoria, The water hyacinth (*Eichhornia crassipes* [Mart.] Solms), its socio-economic effects, control measures and resurgence in the Winam gulf. Limnologia, 34, PP: 105–109.
- 23-Olivares, E., and Colonnello, G., 2000. Salinity gradient in the Mánamo River, a dammed tributary of the Orinoco Delta, and its influence on the presence of *Eichhornia crassipes* and *Paspalum repens*, Interciencia, 25, PP: 242-248.
- 24-Owens, C. S., and Madsen, J., 1995. Low temperature limits of waterhyacinth. Journal of Aquatic Plant Management, 33, PP: 63-68.
- 25-Parolin, P., Rudolph, B., Bartel, S., Bresch, C., and Poncet, C., 2010. Worldwide invasion pathways of the South American *Eichhornia crassipes*, XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010): International Symposium on 937, PP: 1133-1140.
- 26-Rahel, F. J., and Olden, J. D., 2008. Assessing the effects of climate change on aquatic invasive species. Conservation Biology, 22, PP: 521-533.
- 27-Rodriguez-Gallego, L., Mazzeo, N., Gorga, J., Meerhoff, M., Clemente, J., Kruk, C., Scasso, F., Lacerot, G., García, J., and Quintans, F., 2004. The effects of an artificial wetland dominated by free-floating plants on the restoration of a subtropical, hypertrophic lake. Lakes and Reservoirs: Research and Management, 9, PP: 203-215.
- 28-Sadeghi, R., Zarkami, R., and Van Damme, P., 2017. Analyzing the occurrence of an invasive aquatic fern in wetland using data-driven and multivariate techniques. Wetland ecology and management, DOI 10.1007/s11273-017-9530-6.

- 29-Sadeghi, R., Zarkami, R., and 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, PP: 1–9.
- 30-Sadeghi, R., Zarkami, R., Sabetraftar, K., and Van Damme, P., 2013. Application of genetic algorithm and greedy stepwise to select input variables in classification tree models for the prediction of habitat requirements of *Azolla filiculoides* (Lam.) in Anzali wetland, Iran. *Ecological Modelling*, 251, PP: 44–53.
- 31-Sadeghi, R., Zarkami, R., Sabetraftar, K., and Van Damme, P., 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, PP: 117–126.
- 32-Sadeghi, R., Zarkami, R., Van Damme, P., and 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, PP: 8–17.
- 33-Shmueli, G., 2010. To explain or to predict? *Stat Sci*, 25, PP: 289–310.
- 34-Téllez, T. R., López, E., Granado, G. L., Pérez, E. A., López, R. M., and Guzmán, J. M. S., 2008. The water hyacinth, *Eichhornia crassipes*: an invasive plant in the Guadiana River Basin (Spain). *Aquatic Invasions*, 3, PP: 42–53.
- 35-Villamagna, A. M., and Murphy, B. R., 2010. Ecological and socio-economic impacts of invasive water hyacinth (*Eichhornia crassipes*): a review. *Freshwater Biology*, 55, PP: 282–298.
- 34-Villamagna, A.M. 2009. Ecological Effects of Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) on Lake Chapala, Mexico. Ph.D. dissertation; Virginia Polytechnic Institute (VPI) and State University [Virginia Tech], Blacksburg, Virginia; 194 pp.
- 37-Walczak, S., and Cerpa, N., 1999. Heuristic principles for the design of artificial neural networks, *Information and Software Technology*, 41, PP: 107–117.
- 38-Wilson, J. R., Holst, N., and Rees, M., 2005. Determinants and patterns of population growth in water hyacinth. *Aquatic Botany*, 81, PP: 51–67.
- 39-Zarkami, R., Moradi, M., Sadeghi, R., Bani, A., and Abbasi, K., 2018. Input variable selection with greedy stepwise search algorithm for analyzing the probability of fish occurrence: A case study for *Alburnoides mossulensis* in the Gamasiab River, Iran. *Ecological Engineering*, 118, PP: 104–110.
- 40-Zarkami, R., Sadeghi, R., and Goethals, P., 2012. Use of fish distribution modelling for river management, *Ecological Modelling*, 230, PP: 44–49.
- 41-Zhang, Y. Y., Zhang, D. Y., and Barrett, S. C., 2010. Genetic uniformity characterizes the invasive spread of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*), a clonal aquatic plant, *Molecular ecology*, 19, PP: 1774–1786.
- 42-Zhao, J., Cao, J., Tian, S., Chen, Y., Zhang, S., Wang, Z., and Zhou, X., 2014. A comparison between two GAM models in quantifying relationships of environmental variables with fish richness and diversity indices. *Aquatic Ecology*, 48, PP: 297–312.

Modelling habitat preferences of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in some wetlands of Guilan province

Zarkami R.,¹ Ahmadi M.¹ and Abedini A.²

¹ Faculty of Natural Resources, Dept. of Environment science, Sowmeh Sara, University of Guilan, Guilan, I.R. of Iran.

² Inland Waters Aquaculture Research Center, Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Bandar Anzali, I.R. of Iran.

Abstract

8 sites were selected in different wetlands of Guilan province to survey the habitat preference of invasive water hyacinth (*Eichhornia crassipes*). At each site, a set of environmental variables (physico-chemical and structural variables in the given ecosystems) was seasonally and simultaneously sampled with 32 biological instances (16 presence samples and 16 absence samples of water hyacinth) during one year study period (2016-2017). The results of Mann-Whitney test showed that there was a significant difference between presence/absence of water hyacinth and electric conductivity, flow velocity, turbidity and bicarbonate ($P < 0.01$ for the first three variables and $P < 0.05$ for bicarbonate), while no significant difference was observed between the presence and absence of water hyacinth and other variables ($P > 0.05$ for all variables). Based on the results of the principal component analysis, electric conductivity, water turbidity and flow velocity were the most influential variables in the first to third components (more than 82 % of the total variations were related to these three components) so these variables had the major effect on the habitat suitability of water hyacinth in the wetlands. The results of generalized linear model showed that there was a significant difference between the presence and absence of water hyacinth in the sampling sites and electric conductivity, flow velocity, water turbidity and bicarbonate ($P < 0.05$ for bicarbonate and $P < 0.01$ for other 3 variables).

Key words: habitat preferences, generalized linear model, presence and absence, principal component analysis, water hyacinth