ارزیابی مطلوبیت زیستگاهی گیاه پرطاووسی سنبله‌ای (*Myriophyllum spicatum* L.) در برخی از اکوسیستم‌های آبی استان مازندران و گیلان

رحمت زرکامی* و حسن خزایی

ایران، رشت، دانشگاه گیلان، دانشکده منابع طبیعی صومعه‌سرا، گروه محیط‌زیست

تاریخ دریافت: ۲۹-۰۵-۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: ۱۵-۰۸-۱۳۹۷

چکیده

برای بررسی مطلوبیت زیستگاهی پرطاووسی سنبله‌ای، ۶ ایستگاه مختلف (۴ ایستگاه تالابی و ۲ ایستگاه مجاور رودخانه) واقع در استان‌های گیلان و مازندران انتخاب گردید. نمونه‌برداری از داده‌های زیستی (۳۶ نمونه حضور و ۳۶ نمونه عدم حضور گیاه) به‌طور همزمان با داده‌های غیرزیستی (مجموعه‌ای از عوامل فیزیکی- شیمیایی و ساختاری محیط) به‌صورت ماهانه در طول یک سال (از تیرماه ۱۳۹۶ تا خردادماه ۱۳۹۷) انجام گرفت. براساس نتایج آزمون من- ویتنی، به‌غیراز دمای آب، اکسیژن خواهی شیمیایی و زیستی، آمونیوم و نیتریت ($P <$ ۰/۰۱)، اختلاف معنی‌داری بین حضور و عدم حضور گیاه با بقیه متغیرها مشاهده شده است ($P <$ ۰/۰۱). براساس نتایج حاصل از آزمون تحلیل مؤلفه اصلی (PCA)، از بین ۸ متغیر استفاده شده در این تحلیل، سرعت جریان آب، میزان کل مواد جامد معلق و بیکربنات به ترتیب مهمترین متغیرها در مؤلفه‌های اول تا سوم بوده و درنتیجه بیشترین تأثیر را در ارتباط با مطلوبیت زیستگاهی گیاه داشته‌اند. براساس نتایج تناظر کانونی (CCA)، حضور گیاه در تالاب‌ها می‌تواند تحت تأثیر ازدیاد گاز کربنیک، بی‌کربنات و اکسیژن محلول و فسفات وعدم حضور آن تحت تأثیر افزایش سرعت جریان آب، میزان کل مواد جامد معلق، هدایت الکتریکی و عمق آب قرار گیرد. در حالیکه فصول مختلف سال تأثیر چندانی در حضور و عدم حضور گیاه نداشته است. براساس نتایج مدل خطی تعمیم‌یافته **(GLM)**، اختلاف معنی‌داری بین حضور و عدم حضور گیاه در ایستگاه‌ها با ۸ متغیر وجود داشته است ($P <$ ۰/۰۱).

واژه‌های کلیدی: پرطاووسی سنبله‌ای، مطلوبیت زیستگاهی، حضور و عدم حضور، آنالیز مؤلفه اصلی، مدل خطی تعمیم‌یافته

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

مقدمه

شناخت مطلوبیت زیستگاهی گونه‌ها (۳) خصوصاً گونه‌های آبزی و تعیین متغیرهای تأثیرگذار روی زیست و بقای آنها از مهمترین موضوعات مدیریتی جهت حفاظت صحیح گونه‌ها و زیستگاه آنها می‌باشد (۳۲، ۳۴و ۴۱). در حال حاضر تخریب زیستگاه یکی از مهمترین عوامل انقراض گونه‌ها در جهان می‌باشد (۲). بنابراین زیستگاه مطلوب تأثیر شگرفی روی بقا و تولیدمثل گونه‌ها دارد. در نتیجه حفظ زیستگاه‌ها در مسائل مدیریتی و حفاظت گونه-های آبزیان باید مورد توجه بیشتری قرار گیرد.

گیاهان غوطه‌ور نقش مهمی را به‌عنوان تولیدکننده در شبکه‌های غذایی، پناهگاه و علوفه برای سایر ارگانیزم‌ها بازی می‌کنند و همچنین بسیاری از آنها به‌عنوان شاخص-های زیستی برای سنجش کیفی آب‌ها مطرح هستند. بعلاوه این گیاهان باعث تولید اکسیژن در محیط‌های آبی راکد شده و زمان نگهداری آب را برای حذف ذرات مواد مغذی زیاد می‌کنند. هرچند باوجود اهمیتی که ماکروفیت‌های غوطه‌ور در تولید اکسیژن و زیستگاه برای جانوران آبزی در تالاب‌ها دارند، تشکیل توده متراکم برخی از گیاهان

غوطه‌ور مهاجم (مثل گیاه پرطاووسی سنبله‌ای مورد مطالعه ما) خصوصاً به شکل غالب تک گونه‌ای می‌تواند اثرات نامطلوب روی تنوع و غنای موجودات آبزی ازجمله بی‌مهرگان و ماهی‌ها بگذارد (۲و ۳۷). رشد بیش‌ازحد گیاهان غوطه‌ور باعث مختل شدن بسیاری از فعالیت‌های انسانی می‌شوند به‌طوری که افزایش جمعیت این گیاهان باعث مسدود شدن مسیرهای آبیاری (کانال‌ها، سدها و غیره)، کاهش و مسدود شدن جریان آب بخصوص در جویبارهای کم‌عمق و مانع عبور و مرور قایق‌ها، افزایش حجم تعرق، کاهش کیفیت آب، ممانعت در عبور و مرور قایق‌ها و مختل شدن فعالیت‌های ماهیگیری می‌شود (۲). لذا با شناخت روابط اکولوژیک این گیاهان با محیط اطرافشان، می‌توان کمک شایان توجهی به مدیریت منابع آب و زیستگاه سایر زیستمندان کرد (۵).

گیاه پرطاووسی سنبله‌ای اراسیایی همچنین شناخته شده به‌عنوان گیاه پرطاووسی سنبله‌ای یا میریوفیلوم (*Myriophyllum spicatum* L.) (شکل ۱)، یکی از گیاهان آبزی چندساله غوطه‌ور است که دارای ریشه در بستر می‌باشد (۲و ۵). این گیاه بومی اروپا، آسیا و شمال افریقا می‌باشد. ازنظر پراکنش در تمام قاره‌ها به‌جز استرالیا دیده شده است (۳۰). گیاه مزبور به‌عنوان یکی از پنج گونه گیاهی غوطه‌ور مهاجم آبزی در سرتاسر جهان شناخته شده است (۱۱) لذا با رشد بسیار سریعی که این گیاه دارد (۲، ۱۴و ۱۵) قادر است پوشش بسیار متراکمی را در آب‌های ساکن تشکیل دهد. رشد انبوه این گیاه همچنین می‌تواند تأثیر منفی روی فعالیت‌های شیلاتی داشته باشد به‌طوری که فضای فیزیکی را برای ماهی‌های بزرگتر مسدود می‌کند و درنهایت باعث اختلال در الگوهای تغذیه طبیعی آن‌ها می‌شود. در جاهایی که این‌گونه به‌وفور دیده می‌شود منابع غذایی بسیار کمی برای ماهیان فراهم می‌شود (۳۰).

شکل ۱- گیاه پرطاووسی سنبله‌ای (*Myriophyllum spicatum* L.)

ازنظر اکولوژیکی، این گیاه غوطه‌ور در آب‌های با جریان کم رشد می‌کند. بیشترین میزان فتوسنتز و رشد برای این‌گونه در عمق آب از ۵- ۰/۵ متر گزارش شده است که ظاهراً وابسته به کدورت، شدت نور و نوع اکوسیستم و عوامل دیگر تغییر می‌کند (۲). جریان آب، کربنات کلسیم، شیمی آب و سن بافت فتوسنتزی به‌طور بالقوه عوامل مهمی هستند که ممکن است در عمق‌های مختلف برای نیازهای گونه مورد نظر متفاوت باشند (۲و ۶). مقاومت گیاه پرطاووسی سنبله‌ای در درجه حرارت پایین زیاد است. تحمل گیاه به کاهش درجه حرارت باعث شده تا با سایر گیاهان مهاجم آبزی دیگر فرق داشته باشد. چون گیاه باتحمل درجه حرارت‌های پایین می‌تواند رشد زود هنگامی در فصل بهار داشته باشد (۲و ۲۴) اما این‌گونه سازگاری خوبی برای آب‌های قلیایی دارد و به‌خوبی در مناطقی که اختلالاتی مانند بارگذاری مواد مغذی دارد رشد می‌کند (۷).

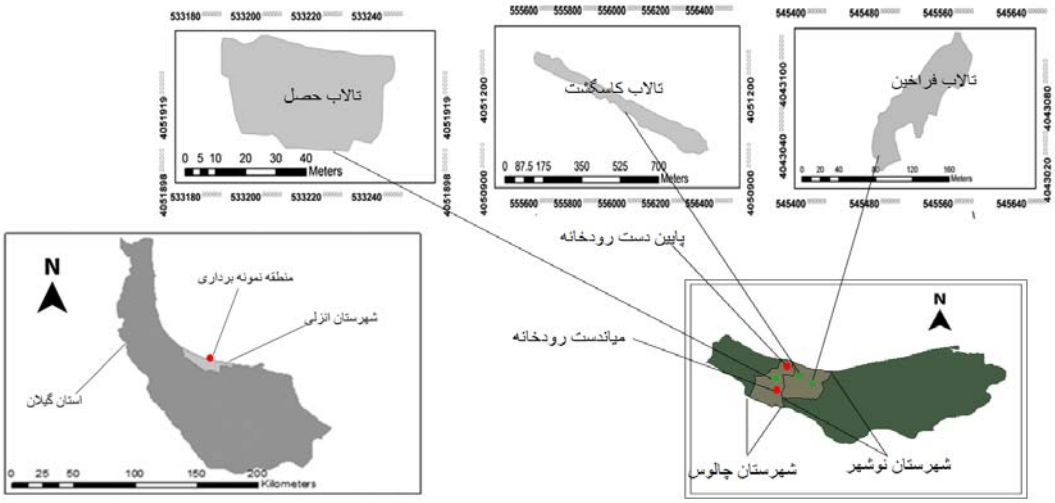
انتخاب روش‌ها و مدل‌های آماری مناسب برای پیش‌بینی گونه‌ها (۱) و همچنین تعیین عوامل مناسب برای ارزیابی نیازمندی‌های زیستگاهی گونه‌های آبزی می‌تواند یکی از مهم‌ترین موضوعات در برنامه‌های مدیریتی تالاب‌ها باشد (۳۳و ۴۲) و چنانچه از خصوصیات اکولوژیک و مطلوبیت زیستگاهی این موجودات اطلاعات دقیقی در دسترس نباشد اهداف حفاظت و مدیریت با مشکل مواجه خواهد

شد (۴۱). دلیل عمده کاربرد تحلیل‌های چندعاملی در مطالعه فعلی نیز، به خاطر کاهش حجم متغیرها و تعیین متغیرهای مهم و تأثیرگذار بر ترجیحات زیستگاهی گیاه پرطاووسی سنبله‌ای در مناطق مورد مطالعه بوده است. ازجمله این روش‌ها می‌توان تحلیل‌های چند متغیره مانند تحلیل مؤلفه‌های اصلی یا PCA (Component Principal Analysis) و تحلیل تناظر کانونی یا CCA (Canonical Correspondents Analysis)را نام برد (۱۶). مدل عمده به‌کاررفته در تحقیق فعلی، مدل خطی تعمیم‌یافته یا GLM (Generalized Linear Model)است که نوعی تعمیم رگرسیون خطی است (۳۱).

نظر به این‌که این گیاه ازجمله چندگونه گیاهی غوطه‌ور مهم مهاجم در جهان شناخته شده است (۲و ۱۱) لذا شناختن عوامل تأثیرگذار روی مطلوبیت زیستگاهی این‌گونه می‌تواند در مسائل مدیریتی در اکوسیستم‌های آبی کمک مؤثری بکند. لذا هدف این کار تحقیقی، بررسی مطلوبیت زیستگاهی گیاه پرطاووسی سنبله‌ای براساس عوامل مهم و مؤثر (فیزیکی و شیمیایی و ساختاری محیط اکوسیستم‌های مورد تحقیق) بر میزان حضور و عدم حضور گونه در برخی از اکوسیستم‌های آبی استان‌های گیلان و مازندران می‌باشد.

مواد و روشها

مناطق مورد مطالعه: این تحقیق در ۶ ایستگاه مختلف در استان‌های مازندران و گیلان انجام گرفت که ۵ تا از این ایستگاه‌ها در استان مازندران (۲ ایستگاه تالابی در شهرستان نوشهر شامل فراخین و کاس گشت و یک ایستگاه تالابی در شهرستان چالوس شامل حصل و ۲ ایستگاه در قسمت میان دست و پایین‌دست رودخانه چالوس) و یک ایستگاه در استان گیلان (منطقه مصبی تالاب انزلی واقع در شهرستان انزلی) انتخاب گردید (شکل ۲). این گیاه در تالاب‌های فراخین و کاس گشت (واقع در شهرستان نوشهر) و در تالاب حصل (واقع در شهرستان چالوس) و در تالاب انزلی (واقع در شهرستان انزلی) به‌صورت توده انبوه و علف هرز مزاحم به وفور مشاهده شده است در حالیکه تاکنون در قسمت‌های مصبی تالاب انزلی (یکی از مناطق مورد مطالعه) و مناطق مجاور رودخانه چالوس (دو منطقه مورد مطالعه در مجاور رودخانه) مشاهده نشده است. در جدول ۱ اطلاعات ایستگاه‌های نمونه‌برداری از نظر موقعیت تقریبی و عوامل تهدید کننده آنها آورده شده است.



شکل ۲- ایستگاه‌های نمونه‌برداری و موقعیت تقریبی آنها در استان‌های مازندران و گیلان. بالا: موقعیت شهرستان‌های نوشهر و چالوس در استان‌های مازندران و موقعیت مناطق نمونه‌برداری در این شهرستان‌ها. پایین: موقعیت شهرستان انزلی در گیلان و موقعیت منطقه مورد مطالعه در شهرستان انزلی (نقاط سبز نشان‌دهنده حضور گیاه و نقاط قرمز نشان‌دهنده عدم حضور گیاه)

جدول ۱- اطلاعات ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده به همراه موقعیت تقریبی و عوامل تهدید کننده آنها

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	موقعیت	عوامل تهدید
۱	تالاب حصل	-واقع در منطقه جنگلی مشعل شهرستان چالوس در فاصله ۳ کیلومتری ضلع جنوبی کیلومتر ۵ جاده ارتباطی شهرستان چالوس به شهر مرزن آباد. -مساحت تالاب ۲۸۰۰مترمربع - موقعیت جغرافیایی ´۳۱ °۵۱ طول جغرافیایی و ´۳۲ °۳۶عرض جغرافیایی -ارتفاع از سطح دریا ۲۶۰ متر - شیب آن ۴۰ درصد در جهت جنوب	-فعالیت‌های گردشگری و دامپروری در اطراف تالاب -هجوم گونه مهاجم آزولا و پوشیده شدن کل سطح تالاب توسط این گیاه.
۲	تالاب فراخین	- منطقه جنگلی ماشلک شهرستان نوشهر در فاصله۱۰ کیلومتری ضلع جنوبی نوشهر -مساحت تالاب ۵۶۰۰ مترمربع -موقعیت جغرافیایی ´۳۷ °۵۱ طول جغرافیایی و ´۳۶ °۳۶ عرض جغرافیایی •عرض تالاب متغیر بین ۱/۲۹ تا ۷/۳۵ و طول تالاب هم بین ۴۵,۱۳۷ تا ۸۲,۱۶۰. -ارتفاع از سطح دریا ۸۱۵ متر - شیب آن ۶۰ درصد در جهت شرقی	فعالیت‌های گردشگری
۳	تالاب کاس گشت	-واقع در منطقه جلگه‌ای روستای مزگا شهرستان نوشهر ضلع جنوبی کیلومتر ۱۰جاده ارتباطی شهرستان نوشهر به شهررویان -مساحت تالاب ۲۲۵۰۰مترمربع -موقعیت جغرافیایی ´۳۷ °۵۱ طول جغرافیایی و ´۳۶ °۳۶ عرض جغرافیایی - طول ۸۴۹,۷۷ و عرض متغیر بین ۵۶,۷۰ تا ۷۰,۴۰ -ارتفاع تالاب ۲۰ متر پایین‌تر از سطح دریا	افزایش مواد مغذی و آبشویی پساب‌های صنعتی و کشاورزی و فاضلاب شهری باعث پر شدن بستر تالاب و در نتیجه خشک شدن قسمت‌هایی از تالاب.

ادامه جدول ۱- اطلاعات ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده به همراه موقعیت تقریبی و عوامل تهدید کننده آنها

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	موقعیت	عوامل تهدید
۴	مصب تالاب انزلی	-در شهرستان انزلی. - وسعت حوزه آبریز تالاب انزلی ۳۷۴۰ کیلومترمربع - محدوده‌ی مختصاتی ۴۸ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۴۲ دقیقه طولی و ۳۶ درجه ۵۵ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۳۲ دقیقه عرضی -میانگین بارش سالانه در حوزه‌ی آبریز تالاب، ۱۲۸۰ میلی‌متر (۴) - رودخانه‌های دائمی در غرب مازندران	-ورود انواع آلاینده‌های معدنی، آلی و بیولوژیک در محدوده حوزه‌ی آبریز تالاب انزلی همراه با گسترش فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی (۲۳) -انواع آلاینده‌ها منتج از منابع نقطه‌ای و غیر نقطه‌ای
۵	میان دست رودخانه چالوس	-مساحت حوضه رودخانه ۱۵۹۳ کیلومترمربع و محیط آن ۲۱۹ کیلومتر -طول آبراهه اصلی ۸۱,۵ کیلومتر -متوسط بارندگی حوضه رودخانه در حدود ۵۳۶,۹ میلی‌متر -میانگین آبدهی آن ۴۳۰ میلیون مترمکعب در سال - دبی رودخانه ۱۳,۲۱ مترمکعب در ثانیه - شیب متوسط رودخانه ۳,۸ درصد -بلندترین نقطه آن ۴۰۰۸ متر و پست‌ترین نقطه آن ۲۶- متر -ایستگاه میان دست رودخانه در موقعیت جغرافیایی ´۲۷ °۵۱ طول جغرافیایی و ´۴۰ °۳۶ عرض جغرافیایی در ارتفاع ۵۰۰ متر و در فاصله ۲ کیلومتری جاده مرزن آباد به تهران	-وجود کارخانه تولید شن و ماسه -استخرهای پرورش ماهی -ایجاد سدهای انحرافی برای مصارف کشاورزی و آبزی پروری
۶	پایین‌دست رودخانه چالوس	- موقعیت مثل مشخصات بالا -ایستگاه پایین‌دست رودخانه در موقعیت ´۱۷ °۵۱ طول جغرافیایی و ´۲۶ °۳۶ عرض جغرافیایی در ارتفاع ۲۶- متر در دهانه رودخانه چالوس به دریای خزر	-عوامل تهدید در پایین‌دست رودخانه ورود پساب‌های کشاورزی و فاضلاب خانگی و صنعتی. - برداشت شن و ماسه از کف رودخانه - فعالیت‌های گردشگری

جمع‌آوری داده: داده‌های مربوط به زیستی (حضور و عدم حضور گیاه) و غیرزیستی (خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و ساختاری اکوسیستم مورد مطالعه) در ایستگاه‌های مختلف (در استان‌های مازندران و گیلان) در بازه زمانی یک سال (از تیرماه ۱۳۹۶ تا خردادماه ۱۳۹۷) اندازه‌گیری شدند. برای انتخاب هر ایستگاه سعی شده است تا این مناطق از نظر شرایط اکولوژیکی و مورفومتریک و همچنین از نظر وجود فعالیت‌های انسانی (عوامل تهدید کننده تالاب‌ها) با هم فرق داشته باشند تا داده‌های هر ایستگاه وابستگی کمتری با ایستگاه‌های دیگر داشته باشند. نمونه-گیری از ایستگاه‌ها در یک روز و در پانزدهم هرماه انجام شد و نمونه‌ها بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شدند. برای به حداقل رساندن میزان خطا در انجام نمونه‌گیری، شرایط نمونه‌گیری در هرماه از تمام ایستگاه‌ها در همان نقطه قبلی در نظر گرفته شد و تناوب نمونه‌گیری نیز در اواسط هرماه انجام گرفت. تمام نمونه‌های آب در بطری‌های مخصوص نمونه‌گیری و با نگهداری در جای تاریک و سرد و به آزمایشگاه منتقل شدند. به غیراز درجه حرارت آب‌وهوا (با استفاده از یک دماسنج الکلی مایع مدل **02220**)، اکسیژن محلول، اسیدیته، هدایت الکتریکی و عمق آب (با استفاده از یک متر چوبی مدرج) که مستقیماً در ایستگاه‌ها اندازه‌گیری شدند بقیه عوامل به روش استاندارد در آزمایشگاه اندازه‌گیری شدند (۸). برای تشخیص حضور و عدم حضور این گیاه در هر ایستگاه از قایق‌های موتوری و امکانات نمونه‌گیری از گیاهان غوطه‌ور نظیر چنگک‌های مخصوص نمونه‌برداری استفاده گردید و سپس تمام گونه‌های ماکروفیت غوطه‌ور آبزی ازجمله گیاه پرطاووسی سنبله‌ای توسط متخصصان مجرب در حیطه گیاه‌شناسی شناسایی گردیدند. در شکل ۳، تصاویری از گیاه پرطاووسی سنبله‌ای را در یکی از تالاب‌های مورد مطالعه (فراخین) نشان می‌دهد.

شکل ۳- گیاه پرطاووسی سنبله‌ای در یکی از تالاب‌های مورد مطالعه (تالاب فراخین)

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها: ابتدا با آمار توصیفی پراکنش داده‌ها با مشخص کردن حداقل، حداکثر، میانگین، میانه و انحراف معیار داده‌ها انجام گرفت (جدول ۲). سپس نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف–اسمیرنف مورد بررسی قرارگرفت. دراین مرحله برای اصلاح داده‌های غیر نرمال، داده‌ها بر پایه لگاریتم طبیعی بر مبنای ۱۰ در نظر گرفته شدند (۱۰) در مرحله‌ی بعد، ارتباط بین متغیرهای فیزیکی- شیمیایی و ساختاری محیط ایستگاه‌های مورد مطالعه با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون تعیین شد. این مرحله قبل از اجرای آنالیز چند متغیره (آنالیز مؤلفه اصلی و آنالیز تناظر کانونی) و مدل خطی تعمیم‌یافته (**GLM**)، مرحله‌ی بسیار مهمی است چون هر ضریب همبستگی با یک مقدار مطلق بالاتر از ۰/۵ نشان‌دهنده همبستگی بالای بین متغیرها می‌باشد. از آزمون من- ویتنی برای مقایسه میانه‌های عوامل اندازه‌گیری شده برحسب حضور و عدم حضور گیاه و برای متغیرهایی که داده‌های غیرنرمال داشتند انجام گرفت.

برای روش‌های چند متغیره (آنالیز مؤلفه اصلی و آنالیز تناظر کانونی)، نظر به این که داده‌ها در متغیرهای مختلف دارای اندازه‌های مختلف بودند لذا برای همسان کردن اندازه داده‌ها از لگاریتم طبیعی داده‌ها بر مبنای ۱۰ (۴۱) در نرم‌افزار پاست **(PAST- 2013)** استفاده شد.

جدول ۲- متغیرهای فیزیکی- شیمیایی و ساختاری محیط اندازه‌گیری شده برای بررسی مطلوبیت زیستگاهی گیاه پرطاووسی سنبله‌ای در ایستگاه های های مختلف با نشان دادن میزان حداقل، حداکثر، میانگین، انحراف معیار و میانه داده‌ها در بازه زمانی یک سال (از تیرماه ۱۳۹۶ تا خردادماه ۱۳۹۷). p-value: سطح معنی داربودن آماری برای هر جفت متغیرها از طریق آزمون من-ویتنی نمایش داده شده است. * : نمایش نرمال بودن داده‌ها می‌باشند لذا این فاکتورها در آزمون من ویتنی در نظر گرفته نشدند

متغیرها	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	میانه	p-value
نیتریت (میلی‌گرم/لیتر)	۰/۰۰۰	۰/۱۰۰	۰/۰۱۰	۰/۰۲۰	۰/۰۰۷	۰/۱۴
آمونیوم (میلی‌گرم/لیتر)	۰/۰۰	۰/۹۰	۰/۱۴	۰/۲۰	۰/۰۶	۰/۰۸
اکسیژن خواهی زیستی (میلی‌گرم/لیتر)	۱/۰۰	۷۸/۰۰	۱۳/۳۰	۱۴/۲۸	۷/۰۰	۰/۲۳
اکسیژن خواهی شیمیایی (میلی‌گرم/لیتر)	۲/۰۰	۱۵۵/۰۰	۲۷/۸۱	۳۱/۲۱	۱۴/۰۰	۰/۱۳
هدایت الکتریکی (میکرو زیمنس/سانتی‌متر)	۲۷۳/۰۰	۳۷۵۵/۰۰	۶۰۶/۵۷	۶۶۵/۵۱	۴۴۲/۵۰	۰/۰۰
کل مواد جامد معلق (میلی‌گرم/لیتر)	۰/۴۴	۱۶۳/۰۰	۳۵/۷۷	۴۰/۷۷	۲۴/۰۰	۰/۰۰
کل مواد جامد محلول (میلی‌گرم/لیتر)	۱۸۵/۸۰	۳۶۲۱/۰۰	۴۳۴/۱۲	۵۵۹/۳۸	۳۱۱/۵۰	۰/۰۰
pH	۶/۷۷	۸/۶۰	۷/۸۰	۰/۳۷	۷/۸۴	۰/۰۰
رطوبت نسبی (٪)	۵۰/۰۰	۱۰۰/۰۰	۷۹/۳۳	۱۱/۱۰	۸۱/۰۰	*
دمای آب (سانتی‌گراد)	۵/۰۰	۳۳/۰۰	۱۵/۶۵	۷/۰۷	۱۵/۰۰	۰/۰۲
دمای هوا (سانتی‌گراد)	۴/۰۰	۳۵/۰۰	۱۷/۶۹	۷/۶۳	۱۷/۵۰	*
دی‌اکسید کربن (میلی‌گرم/لیتر)	۰/۰۰	۳/۰۰	۰/۸۷	۰/۷۷	۰/۵۰	۰/۰۰
عمق آب (سانتی‌متر)	۲۰/۰۰	۴۵۰/۰۰	۱۱۸/۸۲	۷۳/۵۱	۱۰۰/۰۰	۰/۰۰
سرعت جریان آب (متر/ثانیه)	۰/۰۰	۵/۰۰	۱/۵۳	۱/۶۶	۰/۸۰	۰/۰۰
بیکربنات (میلی‌گرم/لیتر)	۷۰/۰۰	۴۹۵/۰۰	۲۴۳/۵۸	۱۰۳/۸۷	۲۱۶/۵۵	۰/۰۰
اکسیژن محلول (میلی‌گرم/لیتر)	۳/۰۰	۱۲/۰۰	۸/۰۴	۱/۷۷	۸/۱۴	*
کدورت آب (FTU)	۲/۰۰	۷۹۰/۰۰	۷۳/۵۳	۱۱۱/۹۰	۴۹/۶۰	۰/۰۰
فسفات (میلی‌گرم/لیتر)	۰/۰۰۱	۱/۲۰۰	۰/۲۲۰	۰/۳۷۰	۰/۰۵۰	۰/۰۰
نیترات (میلی‌گرم/لیتر)	۰/۰۱	۴/۴۰	۰/۴۴	۰/۶۰	۰/۴۴	۰/۰۰

به‌منظور تعیین ارتباط بین عامل‌های مهم و تأثیرگذار در ایستگاه‌های مورد مطالعه با گونه، داده‌ها به روش آنالیز مؤلفه اصلی و تناظر کانونی تجزیه‌وتحلیل شدند که در این خصوص مهمترین متغیرهای تأثیرگذار بر روی حضور و عدم حضور گیاه مورد نظر مشخص شدند. برای پیش‌بینی احتمال حضور و عدم حضور این گیاه از مدل رگرسیون خطی تعمیم‌یافته استفاده شده است (Link function: Logit; Distribution: binomial) که با این روش میزان احتمال حضور گونه مورد مطالعه براساس متغیرهای فیزیکی و شیمیایی و ساختاری محیط ایستگاه‌ها بررسی شده است (از این مدل، برای داده‌هایی که توزیع نرمال نداشتند استفاده شده است). برای بررسی ارتباط بین فصول مختلف سال با متغیرهای محیطی (متغیرهای انتخاب‌شده برای بررسی مطلوبیت زیستگاهی گونه مورد مطالعه در ایستگاه‌های مذکور، از آزمون مقایسات چندگانه با داده‌های تکراری (multiple comparisons with repeated measures) استفاده شده است.

نتایج

متغیرهای فیزیکی - شیمیایی و ساختاری محیط در ایستگاه‌های مورد مطالعه: نتایج حاصل از آزمون نرمال بودن دادها نشان داد که از کل عامل‌های بررسی شده در ایستگاه‌های مختلف، فقط داده‌های مربوط به متغیرهای دمای هوا، درصد رطوبت نسبی و اکسیژن محلول از پراکنش نرمال پیروی کردند (**P** >۰/۰۵ برای هر ۳ عامل) در حالیکه داده‌های بقیه عوامل دارای پراکنش غیرنرمال بودند (**P** <۰/۰۵).

پراکنش داده‌ها (با مشخص شدن حداقل، حداکثر، میانگین، میانه و انحراف معیار به همراه سطح معنی داربودن آماری آنها) برای فاکتورهای فیزیکی- شیمیایی و ساختاری ایستگاه‌ها که در طول یک سال اندازه‌گیری شده در جدول ۲ نشان داده شده است (فرکانس وقوع حضور گیاه در مناطق مورد مطالعه براساس اطلاعات مندرج در این جدول، ۵۰ درصد بوده است به‌طوری که در نیمی از مناطق مورد مطالعه گونه حضورداشته و در نیمه دیگر گیاه حضور نداشته است. تعداد نمونه برای هر متغیر ۷۲ بوده است که از این تعداد ۳۶ نمونه برای حضور و ۳۶ نمونه هم برای عدم حضور گیاه در مناطق مورد بررسی ثبت شده است).

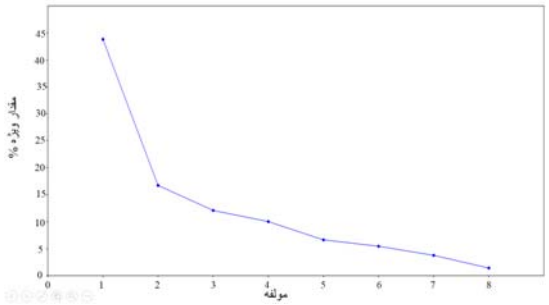
نتایج آزمون من- ویتنی (Mann-Whitney) نشان داد که از بین متغیرهای مورد بررسی، اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌های حضور و عدم حضور گیاه پرطاووسی سنبله‌ای با اکسیژن خواهی شیمیایی، اکسیژن خواهی زیستی، آمونیوم و نیتریت ($P >$ ۰/۰۱) برای تمام متغیرها) مشاهده نشده است. در حالیکه اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌های حضور و عدم حضور گیاه با سایر متغیرها مشاهده شده است ($P <$ ۰/۰۱) برای همه متغیرها). البته تنها استثنا دراین خصوص در مورد دمای آب است که ارزش احتمال این عامل در سطح احتمال کمتر از ۰/۰۵ بوده است (جدول ۲).

نتایج آزمون همبستگی پیرسون نشان داد که از بین متغیرهای مورد بررسی در مناطق مورد مطالعه، متغیرهایی مانند اکسیژن خواهی شیمیایی با اکسیژن خواهی زیستی ($r = 0.99$, $P <$ ۰/۰۱) و هر دوی این متغیرها با چندین متغیر دیگر (چه در سطح احتمال کمتر از 0.01 و یا 0.05) همبستگی بالای ۰/۵ را نشان دادند و از طرف دیگر درجه حرارت هوا با درجه حرارت آب ($r = 0.97$, $P <$ ۰/۰۱)، هدایت الکتریکی با میزان کل مواد جامد محلول ($P <$ ۰/۰۱ ,$r = 0.92$)، نیتریت با هدایت الکتریکی ($r =$ $P <$ ۰/۰۱ ,0.47) و نیتریت با کل مواد جامد محلول($r =$ $P <$ ۰/۰۱ ,0.45) و کدورت آب با میزان کل مواد جامد معلق ($r = 0.82$, $P <$ ۰/۰۱) همبستگی بالا و مثبتی را نشان دادند. به طوری که افزایش در مقادیر هرکدام از متغیرها در مناطق مورد مطالعه ممکن است در ارتباط مستقیم با افزایش متغیرهای دیگر باشد و برعکس. نتایج آزمون همبستگی پیرسون همچنین نشان داده است که برخلاف متغیرهای ذکرشده، برخی از متغیرها مثل اسیدیته آب با اکسیژن خواهی شیمیایی ($r = -0.29$, $P <$ ۰/۰۵) و اکسیژن خواهی زیستی ($r = -0.27$, $P <$ ۰/۰۵) همبستگی متوسط و منفی نشان دادند به طوری که افزایش و یا کاهش در مقدار اسیدیته آب در مناطق مورد مطالعه ممکن است به ترتیب در میزان کاهش غلظت اکسیژن خواهی شیمیایی و اکسیژن خواهی زیستی تأثیر بگذارد.

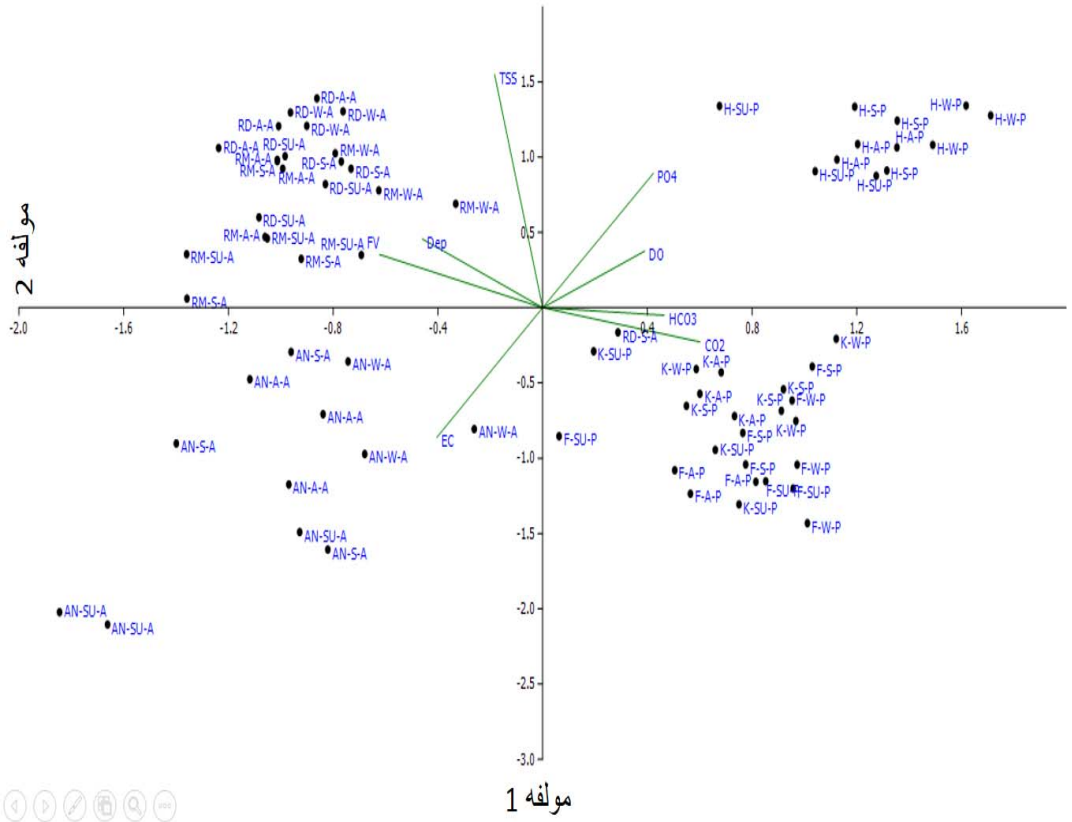
تحلیل چند متغیره (آنالیز مؤلفه اصلی و آنالیز تناظر کانونی): نظر به همبستگی زیاد در بین برخی از متغیرها و تأثیر تقریباً مشابه آنها از دیدگاه آماری (و حتی برای برخی از متغیرها از نظر اکولوژیکی) بر روی حضور و عدم حضور گیاه، متغیرهای مثل اکسیژن خواهی زیستی پنج روزه، اکسیژن خواهی شیمیایی، نیتریت، نیترات، آمونیوم و میزان کل مواد جامد محلول، کدورت آب و اسیدیته آب در هنگام اجرای تحلیل‌های چند متغیره حذف شدند. همچنین به خاطر عدم اختلاف معنی‌دار بین نمونه‌های حضور و عدم حضور گیاه با درجه حرارت آب‌وهوا و درصد رطوبت نسبی این متغیرها نیز از تحلیل‌های چند متغیره حذف شدند. بنابراین مدل تحلیل‌های چند متغیره با بقیه متغیرها در نظر گرفته شد.

نتایج آزمون مؤلفه اصلی نشان داد که از بین مؤلفه‌ها، مؤلفه‌های ۱و ۲ با هم ۶۰/۵۷ درصد (با مقدار ویژه ۴/۸۴) و سه مؤلفه اول درمجموع ۷۲/۶۷ درصد از کل تغییرات (با مقدار ویژه ۵/۸۱) ناشی از متغیرهای فیزیکی-شیمیایی و ساختاری محیط مورد مطالعه را به خود اختصاص دادند در حالی که بقیه مؤلفه‌ها با هم ۲۷/۳۴ درصد از تغییرات

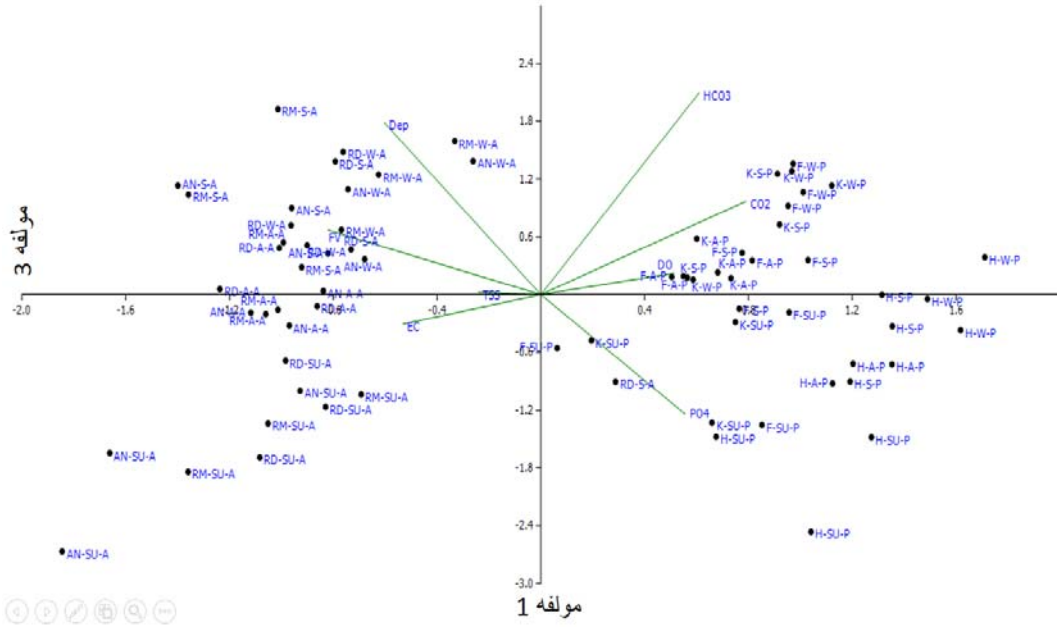
(با مقدار ویژه ۲/۱۹) را نشان دادند (شکل ۴). در بایپلات شکل ۵ اهمیت متغیرهای مهم در مؤلفه‌های ۱ و ۲ در شکل ۶ نیز اهمیت متغیرهای تأثیرگذار در مؤلفه‌های ۱ و ۳ نمایش داده شده‌اند. در مؤلفه اول، سرعت جریان آب (و سپس میزان گاز کربنیک موجود در آب) و در مؤلفه دوم به ترتیب میزان کل مواد جامد معلق (و سپس فسفات آب) و در مؤلفه سوم بیکربنات (و سپس عمق آب) ازجمله مهمترین متغیرهای تأثیرگذار برای ارزیابی مطلوبیت زیستگاهی گیاه پرطاووسی سنبله‌ای در مناطق مورد مطالعه بودند.



شکل ۴- پلات سنگریزه‌ای به‌منظور نشان دادن مؤلفه‌های مهم (متغیرهای تأثیرگذار) در مناطق‌های مورد مطالعه (مؤلفه‌های ۱ و ۲ با بیشترین در صد تغییرات از بین ۸ مؤلفه)



شکل ۵- بایپلات با نمایش مؤلفه‌های اول و دوم و تعداد متغیرهای مهم و تأثیرگذار روی حضور و عدم حضور گیاه پرطاووسی سنبله‌ای در مناطق مورد مطالعه (داده‌ها بر پایه لگاریتم طبیعی بر مبنای ۱۰ در نظر گرفته شدند. نوع ماتریس براساس correlation می‌باشد). فراخین: F، کاسگشتK، حصل:H، انزلی:AN، رودخانه میان دست: RM، پایین‌دست رودخانه: RD، حضور:P، عدم حضور:A، تابستان:SU، زمستان:W، پاییزA، بهار:S



شکل ۶- بایپلات با نمایش مؤلفه‌های اول و سوم و عوامل مهم و تأثیرگذار بر حضور و عدم حضور پرطاووسی سنبله‌ای در مناطق مورد مطالعه (داده‌ها بر پایه لگاریتم طبیعی بر مبنای 10 در نظر گرفته شدند. نوع ماتریس براساس correlation می‌باشد). فراخین: F، کاسگشت:K، حصل:H، انزلی: AN، میان دست رودخانه: RM، پایین‌دست رودخانه: RD، حضور:P، عدم حضور:A، تابستان:SU، زمستان:W، پاییز A، بهار:S

در سمت چپ پلات، یکی از فاکتورهای مهم یعنی سرعت جریان آب در رودخانه‌ها نشان داده شده است. به نظر می‌رسد به علت بالا بودن سرعت جریان آب در تمام فصول سال در این مناطق، گیاه قدرت استقرار در چنین مناطقی را ندارد. در سمت راست پلات، ازدیاد بی‌کربنات و گازکربنیک (پایین محور) در تالاب‌ها (خصوصاً در تالاب کاس گشت و فراخین) باعث حضور گیاه در این مناطق شده است. ظاهراً این عناصر، بیشترین تأثیر را روی مطلوبیت زیستگاهی گونه در این دو تالاب داشته‌اند. به‌طور کلی از سمت راست پلات، می‌توان استنتاج کرد که افزایش میزان فسفات، اکسیژن محلول، بیکربنات و میزان گازکربنیک در تالاب‌های مورد بررسی باعث افزایش حضور گیاه پرطاووسی سنبله‌ای شده است و برعکس در سمت چپ پلات، هرچه قدر میزان کل مواد جامد معلق، سرعت جریان آب، عمق آب و هدایت الکتریکی در آب بالاتر رود از حضور موجود کاسته می‌شود و ازدیاد هدایت الکتریکی و به‌تبع آن عدم حضور گیاه خصوصاً در منطقه مصبی تالاب انزلی نمود بیشتری پیدا می‌کند.

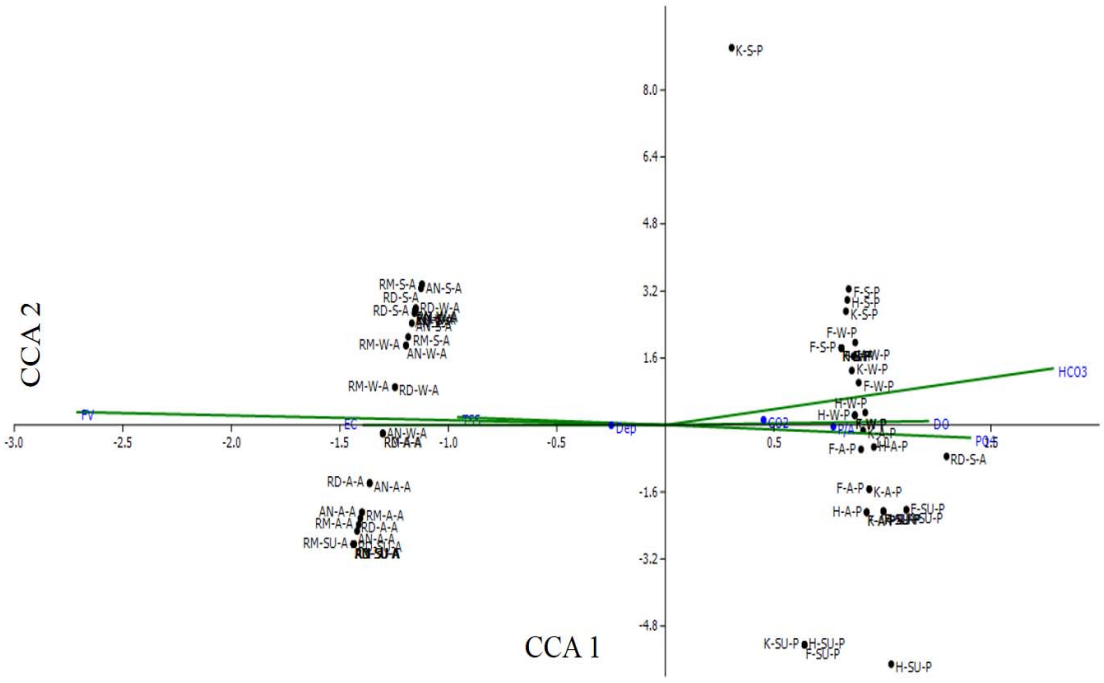
براساس نتایج تحلیل مؤلفه‌های اصلی، فقط فاکتور مؤلفه اول (سرعت جریان آب) با متغیرهای عمق آب و دی‌اکسید کربن همبستگی بالای ۰/۵ داشته است. در حالیکه فاکتور مؤلفه دوم (کل مواد جامد معلق) با هیچ‌کدام از عوامل دارای همبستگی بالای ۰/۵ نداشته است و متغیر مؤلفه سوم (بی‌کربنات) فقط با دی‌اکسید کربن همبستگی بالای ۰/۵ داشته است (جدول ۳).

از پلات تناظر کانونی (شکل ۷)، می‌توان مشاهده کرد که عدم حضور گیاه مورد مطالعه، در رودخانه‌ها (دو ایستگاه در مجاورت رودخانه چالوس) و تالاب (قسمت خروجی تالاب انزلی) تحت تأثیر ازدیاد جریان آب، میزان کل مواد جامد معلق، هدایت الکتریکی و عمق آب قراردارد (سمت چپ پلات). در حالی که حضور گیاه در تالاب‌های فراخین، کاس گشت و حصل تحت تأثیر ازدیاد عواملی

مثل گاز کربنیک، بی‌کربنات و اکسیژن محلول و فسفات قراردارد (سمت راست پلات). همان‌گونه که در سمت چپ و راست پلات تناظر کانونی مشاهده می‌شود فصول مختلف سال تأثیر چندانی در حضور و عدم حضور گیاه پرطاووسی سنبله‌ای نداشته است.

جدول ۳- ارتباط بین متغیرهای مورد استفاده در PCA با ضریب همبستگی بالای ۰/۵ ($r > ۰/۵$) و متغیرهای مهم استنتاج شده از سه مؤلفه اول.

متغیرها	متغیرمهم در اولین اولویت		
	سرعت جریان آب (متر/ثانیه) (مؤلفه ۱)	کل مواد جامد معلق (میلی‌گرم/لیتر) (مؤلفه ۲)	بیکربنات (میلی‌گرم/لیتر) (مؤلفه ۳)
سرعت جریان آب	۱/۰۰	۰/۴۸	-۰/۴۱
دی‌اکسید کربن (میلی‌گرم/لیتر)	-۰/۶۸	-۰/۳۹	۰/۶۱
اکسیژن محلول (میلی‌گرم/لیتر)	-۰/۳۴	-۰/۱۰	۰/۲۶
عمق آب	۰/۶۸	۰/۳۶	-۰/۲۰
هدایت الکتریکی (میکرو زیمنس/سانتی‌متر)	۰/۲۲	-۰/۰۸	-۰/۲۴
بیکربنات (میلی‌گرم/لیتر)	-۰/۴۱	-۰/۲۴	۱/۰۰
فسفات (میلی‌گرم/لیتر)	-۰/۴۳	-۰/۰۸	۰/۲۱
کل مواد جامد معلق (میلی‌گرم/لیتر)	۰/۴۸	۱/۰۰	-۰/۲۴

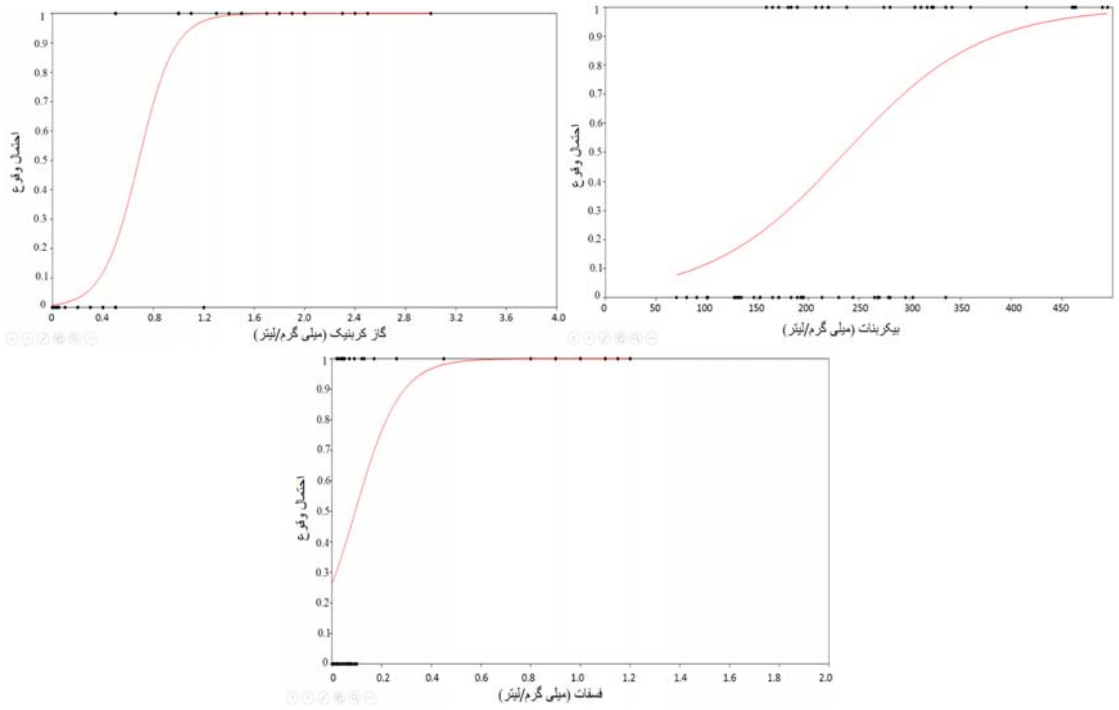


شکل ۷- CCA پلات با نمایش محورهای اول و دوم و عوامل مهم و تأثیرگذار بر حضور و عدم حضور پرطاووسی سنبله‌ای در مناطق مورد مطالعه (داده‌ها بر پایه لگاریتم طبیعی بر مبنای 10 در نظر گرفته شدند). فراخین: F، کاسگشت:K، حصل:H، انزلی:A، میان دست رودخانه: RM، پایین‌دست رودخانه: RD، حضور:P، عدم حضور:A، تابستان:SU، زمستانW، پاییزA، بهار:S

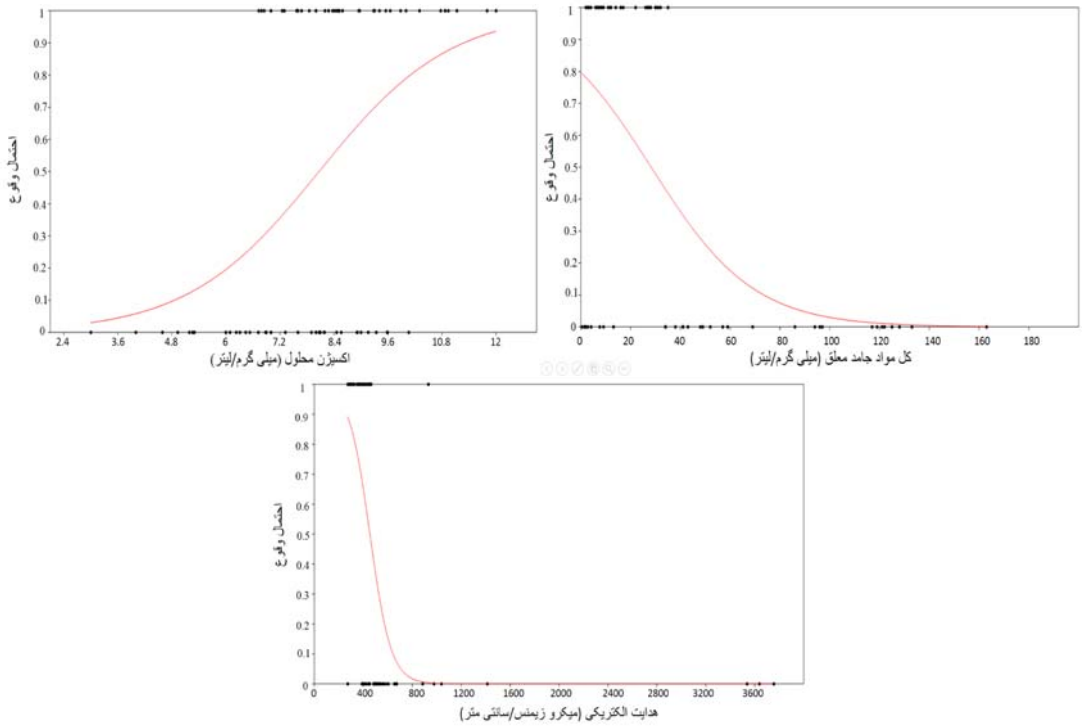
آزمون مقایسات چندگانه با داده‌های تکراری (Multiple Comparisons with Repeated Measures): بااستفاده از آزمون مقایسات چندگانه با داده‌های تکراری مشخص شده که از بین هشت متغیر انتخاب شده در تحلیل چند

متغیره به‌غیراز بی‌کربنات و عمق تالاب، ارتباط معنی‌داری بین فصول مختلف سال با تغییر سایر متغیرهای محیطی مشاهده نشده است. در مورد بی‌کربنات، فصل تابستان با سایر فصول سال اختلاف معنی‌دار داشته است (**P <۰/۰۵**) و در مورد متغیر عمق تالاب، فقط فصل تابستان با فصل زمستان اختلاف معنی‌داری داشته در حالی که چنین اختلاف معنی‌داری در بین سایر فصول مشاهده نشده است (**P> ۰/۰۵**).

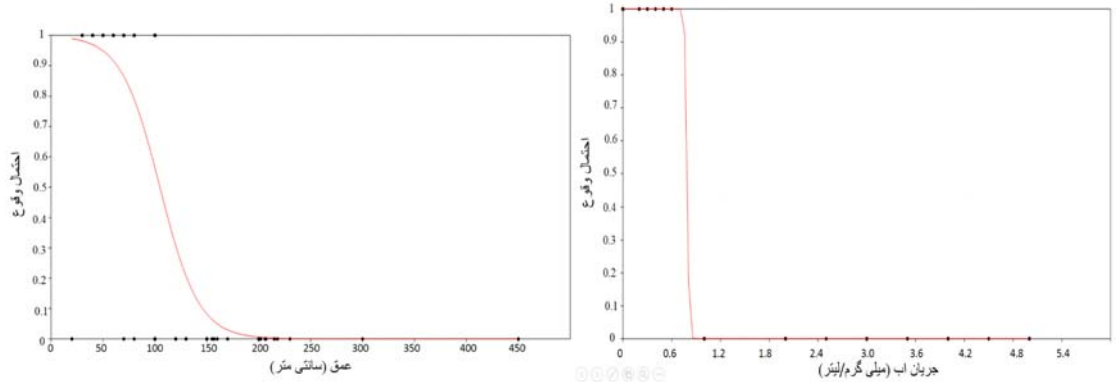
مدل خطی تعمیم‌یافته برای نشان دادن مطلوبیت زیستگاهی گیاه پرطاووسی سنبله‌ای: با اجرای مدل خطی تعمیم‌یافته (این مدل با کل عواملی که برای آنالیز مؤلفه اصلی در نظر گرفته شده اجرا گردید) مشخص گردید ارتباط معنی‌داری بین تمام این متغیرها با حضور یا عدم حضور گیاه پرطاووسی سنبله‌ای وجود دارد (برای تمام متغیرها (**P <۰/۰۱**). به این معنی که براساس نتایج این مدل، افزایش یا کاهش در مقادیر (و یا غلظت) هرکدام از این متغیرهای معنی‌دار ممکن است روی حضور و عدم حضور این‌گونه در مناطق مورد مطالعه تأثیر بگذارد. نتایج مدل خطی تعمیم‌یافته نشان داد افزایش در مقدار و یا غلظت برخی از فاکتورها مثل فسفات، بی‌کربنات، دی‌اکسیدکربن و اکسیژن محلول ممکن است باعث افزایش حضور گیاه در تالاب شود (شکل ۸).



شکل ۸- مدل GLM برای نشان دادن ارتباط بین احتمال حضور و عدم حضور گیاه پرطاووسی سنبله‌ای با مهمترین متغیرهای تأثیرگذار در مناطق مورد مطالعه



ادامه شکل ۸



ادامه شکل ۸

بحث و نتیجه‌گیری

نظر به اینکه گیاه پرطاووسی سنبله‌ای یکی از مهمترین گیاهان غوطه‌ور (ازنظر قدرت تهاجمی بسیار زیاد) در پهنه آب‌های شیرین جهان شناخته شده، لذا پژوهش حاضر باهدف تعیین مطلوبیت‌های زیستگاهی این گیاه با استفاده از تحلیل‌های چند متغیره و مدل خطی تعمیم‌یافته در برخی از اکوسیستم‌های آبی مختلف در استان‌های گیلان و مازندران صورت پذیرفته است بطوری که این تحقیق، ازجمله معدود مطالعاتی است که ارتباط بین حضور/عدم حضور گیاه را با خصوصیات کیفی و ساختاری محیط تالاب‌ها و رودخانه‌ها نشان می‌دهد.

متغیرهای مختلفی در مطالعه فعلی اندازه‌گیری شده‌اند. هرچند اکثر این متغیرها ممکن است کم و بیش روی مطلوبیت زیستگاهی موجود تأثیر بگذارند اما برای ارزیابی مطلوبیت زیستگاهی گونه‌های مهاجم آبزی طبیعتاً باید

مهمترین متغیرها انتخاب شوند. به‌عبارت‌دیگر، ممکن است همه این عوامل (با توجه به تأثیر همبستگی زیاد با عوامل دیگر) برای ارزیابی ترجیحات زیستگاهی گیاه مورد بررسی مطلوب نباشند و از طرف دیگر این متغیرهای هم‌بسته ممکن است باعث تنزل قابلیت اعتماد مدل‌ها شوند (۳۲، ۴۱و ۴۳). لذا برخی از این متغیرها مثل اکسیژن خواهی زیستی پنج روزه، نیتریت، نیترات، آمونیوم، میزان کل مواد جامد محلول و ... قبل از استفاده از آزمون‌های چند متغیره (از قبیل تحلیل مؤلفه اصلی و تناظر کانونی) و خطی تعمیم‌یافته حذف شده و در نهایت این متغیرها برای ارزیابی مطلوبیت زیستگاهی گونه مورد مطالعه در مدل‌های فوق‌الذکر بکار گرفته نشده‌اند. مطالعات زیادی (۲۵، ۳۲، ۴۰، ۴۱و ۴۳). پیشنهاد کرده‌اند که با حذف یک یا چند تا از متغیرهای با همبستگی زیاد (با توجه به اهداف مطالعه) می‌توان قابلیت اعتماد مدل‌ها را بالا برد بدون اینکه این فاکتورهای همبسته تأثیر منفی روی پیش‌بینی نیازهای زیستگاهی گونه‌ها داشته باشند.

استفاده از متدهای آماری چند متغیره می‌تواند ابزاری بسیار سودمند قبل از به کار گرفتن مدل‌ها باشند (۳۶، ۳۷و ۴۳). لذا با استفاده از این تکنیک‌ها، در نهایت هشت متغیر مهم برای بررسی نیازهای زیستگاهی گونه مهم تشخیص داده شده و با کاربرد مدل خطی تعمیم‌یافته هم مشخص شده که همین تعداد متغیرها می‌توانند تأثیر قابل‌توجهی بر میزان احتمال حضور و یا عدم حضور این گیاه غوطه‌ور در تالاب‌ها و رودخانه‌های مورد مطالعه داشته باشند. باوجود این‌که برخی از این متغیرها در تحلیل چند متغیره (آنالیز مؤلفه اصلی و تناظر کانونی) دارای ضریب همبستگی بالای ۰/۵ بودند (مثل سرعت جریان آب با عمق آب و گاز کربنیک) اما به خاطر اهمیتی که این فاکتورها از نظر اکولوژیکی برای بررسی مطلوبیت زیستگاهی گیاه پرطاووسی سنبله‌ای دارند (۳۷) از آنالیزهای موردنظر حذف نشدند. به‌طور کلی مطالعات پیشین (۳۲و ۴۱) پیشنهاد کرده‌اند که برخی از متغیرها را به دلیل اهمیتی که از نظر اکولوژیکی برای مطالعه مطلوبیت زیستگاهی گونه‌ها و همچنین برای مدیریت اکوسیستم‌ها دارند می‌توان آنها را (حتی باوجود همبستگی زیاد با عوامل دیگر) در مدل‌ها به کار گرفت.

نتایج آزمون مقایسات چندگانه با داده‌های تکراری نشان داد که از کل متغیرهای انتخاب شده برای مطلوبیت زیستگاهی گیاه پرطاووسی سنبله‌ای، فقط دو متغیر بی‌کربنات و عمق تالاب ارتباط معنی‌داری را با فصول مختلف سال نشان داده‌اند. کمترین و بیشترین میزان غلظت بیکربنات در مناطق مورد مطالعه، به ترتیب در فصول تابستان و زمستان ثبت شده است. دلیل این امر این است که به خاطر فصل رشد و تکثیر گیاه در فصل تابستان، میزان مصرف این آنیون توسط گیاه در این فصل بیشتر می‌شود و از میزان غلظت آن در فصل تابستان کاسته می‌شود و برعکس کمترین میزان مصرف آن در فصل زمستان را می‌توان به خاطر کاهش رشد گیاه در این فصل نسبت داد. در مورد متغیر عمق تالاب، نتایج آزمون نشان داده است که فقط فصل تابستان با فصل زمستان اختلاف معنی‌داری را نشان داده است. به‌طور کلی بیشترین عمق ثبت شده در مناطق نمونه‌برداری در فصل زمستان و کمترین عمق هم در فصل تابستان بوده است. لذا در این خصوص به نظر می‌رسد که عمق‌های زیاد در تالاب‌ها می‌توانند باعث کاهش حضور گونه در این اکوسیستم‌ها گردند.

براساس نتایج خطی تعمیم‌یافته، یکی از متغیرهای بسیار مهم برای ارزیابی مطلوبیت زیستگاهی گیاه پرطاووسی سنبله‌ای متغیر فسفات بوده است. تحقیقات زیادی اهمیت فسفات را برای این رشد و حضور گیاه مذکور در اکوسیستم‌های آبی تأیید کرده‌اند (۲۲، ۲۹، ۳۷و ۳۸). به نظر می‌رسد ازدیاد بار غذایی ناشی از افزایش فسفات در تالاب‌ها باعث رشد فزاینده موجود در چنین محیط‌های

غنی از مواد مغذی شده و گیاه مزبور می‌تواند در این شرایط مناسب کاملاً بهره ببرد (۹).

از نتایج مدل خطی تعمیم‌یافته، همچنین می‌توان به‌روشنی استنتاج کرد در مناطقی از تالاب‌ها، جایی که بیکربنات و دی‌اکسید کربن زیاد است، حضور موجود در آنجا زیادتر بوده و سیگموییدی بودن این منحنی‌ها کاملاً این موضوع را تأیید می‌کند. نظر به این‌که گیاه پرطاووسی سنبله‌ای یک گیاه غوطه‌ور متصل به بستر است قادر است علاوه بر گاز کربنیک از عنصر بیکربنات هم در مناطق مورد مطالعه به نحو احسن استفاده کند. یافته‌های پیشین محققان، مطابق با نتایج فعلی این موضوع را ثابت کرده‌اند که گیاه مزبور در صورت کمبود گاز کربنیک می‌تواند به‌صورت فعالانه از بیکربنات محیط به‌عنوان یک منبع اضافی و غنی از مواد کربنی برای عمل فتوسنتز استفاده کند (۱۲، ۱۳و ۲۰). همچنین براساس مطالعات مختلف، میزان فتوسنتز خالص گیاه پرطاووسی سنبله‌ای در محیط‌های غنی از بیکربنات زیادتر از موقعی است که فقط از گاز کربنیک استفاده می‌کند (۵، ۱۲، ۱۹و ۲۱). افزایش درجه حرارت و تشعشات خورشیدی همچنین می‌توانند قابلیت موجود را برای استفاده از گاز کربنیک و بیکربنات زیاد کند (۱۳و ۲۰) به نظر می‌رسد باتوجه به شرایط آب و هوایی کشور ایران، چنین شرایطی در اکثر مواقع سال برای رشد گیاه پرطاووسی سنبله‌ای در تالاب‌های مورد مطالعه فراهم است.

نتایج به دست آمده از تحقیق کنونی همچنین نشان داد که ارتباط معنی‌داری بین احتمال حضور گیاه با میزان اکسیژن محلول در مناطق موردتحقیق وجود دارد. این موضوع نشان‌دهنده این است که گیاه در مناطق مورد بررسی می‌تواند در طی فرایند فروغ آمایی، بیکربنات و دی‌اکسید کربن را به‌عنوان منابع غنی از کربن از آب بگیرد و اکسیژن محلول را به آب اضافه کند و در نتیجه باعث پالایش محیط تالاب‌ها شود بطوری که نتایج در این خصوص نیز همسو با مطالعات قبلی دیگران است (۱۵، ۲۶، ۲۷و ۳۹).

برخلاف متغیرهای بالا، نتایج مدل نشان داد که افزایش در مقدار و غلظت برخی از متغیرها ممکن است احتمال حضور گیاه پرطاووسی سنبله‌ای را کاهش دهد. ازجمله این متغیرها می‌توان به هدایت الکتریکی، میزان کل مواد جامد معلق، سرعت جریان آب و عمق آب را اشاره کرد. براساس منحنی مدل خطی تعمیم‌یافته، افزایش بیش‌ازحد بار هدایت الکتریکی در ایستگاه‌های مورد مطالعه می‌تواند حضور و رشد گیاه را کاملاً محدود و یا صفر کند. نظر به این‌که گیاه موردنظر ازجمله گیاهان آب شیرین و تا حدودی لب‌شور می‌باشد، لذا غلظت بیش‌ازحد بار هدایت الکتریکی در آب باعث کاهش تحمل این گیاه شده بنابراین احتمال حضورش را در چنین محیط‌های کاملاً محدود می‌کند (۱۸و ۳۷). بیشترین میزان بار هدایت الکتریکی در تالاب انزلی (مجاور دریای خزر) ثبت شده است بطوری که غلظت زیاد هدایت الکتریکی در چنین مناطقی می‌تواند به‌عنوان یکی از عوامل باز دارنده برای رشد و حضور گیاه پرطاووسی سنبله‌ای باشد.

همچنین براساس پیامدهای مدل، گیاه پرطاووسی سنبله‌ای بیشتر در جاهای حضور دارد که میزان کل مواد جامد معلق کم است. نظر به این که مواد جامد معلق خود تابعی از میزان کدورت در آب است، لذا با افزایش میزان کل مواد جامد معلق در ایستگاه‌های مورد مطالعه، احتمال حضور موجود کم می‌شود. این موضوع حاکی از این است که افزایش این مواد در آب خصوصاً در عمق‌های زیاد، باعث کاهش نور به داخل آب شده و در نتیجه شرایط برای فتوسنتز گیاه کمتر فراهم می‌شود. بطوری که گونه مورد نظر در چنین شرایطی نمی‌تواند به رشد و جوانه زدن خود ادامه دهد. بعد از مرگ و تلاشی گیاه پرطاووسی سنبله‌ای، خود این مواد موجود در محیط آزاد شده و میزان کل مواد جامد معلق نیز از این طریق در آب بالا می‌رود. مطالعات

قبلی نیز نشان داده‌اند که با افزایش میزان مواد جامد معلق، احتمال حضور پرطاووسی سنبله‌ای کمتر می‌شود (۳۷). از عوامل مهم دینامیکی و ساختاری محیط در ایستگاه‌های نمونه‌برداری که برای مطلوبیت زیستگاهی گیاه نقش کلیدی را ایفا کرده‌اند، می‌توان به‌سرعت جریان و عمق آب اشاره کرد. از پیامدهای مدل در خصوص سرعت جریان آب، می‌توان نتیجه گرفت در جاهایی از مناطق نمونه‌برداری (مثل رودخانه‌های مورد بررسی) که سرعت جریان آب در آن شدیدتر است موجود نمی‌تواند در چنین مکان‌های استقرار پیدا کند. دلیل این امر این است که گیاه پرطاووسی سنبله‌ای ازجمله گیاهان غوطه‌وری است که آب‌های ساکن یا آب‌های با جریان بسیار کند را می‌پسندد (۳۷). لذا محیط‌های تالابی به خاطر جریان کند آب محیط‌های مناسب‌تری نسبت به رودخانه‌ها برای استقرار این گیاه می‌باشند. علت کمتر سیگمویدی بودن منحنی متغیر جریان آب نسبت به عمق ایستگاه‌ها به خاطر این است که در بسیاری از مناطق تالابی سرعت جریان آب کاملاً صفر بوده است.

نتایج مدل خطی تعمیم یافته، همچنین نشان داد که یک ارتباط بسیار مهم و معنی‌داری بین مطلوبیت زیستگاهی گیاه با عمق ایستگاه‌ها وجود دارد. از منحنی کاملاً سیگمویدی عمق ایستگاه، می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش عمق تالاب از ۱۵۰ سانتی‌متر به بالا از حضور گیاه کاملاً کاسته می‌شود. لذا بر این اساس، عمق‌های زیاد در تالاب‌ها می‌توانند یک عامل محدودکننده برای رشد و بقای گیاهان غوطه‌وری مثل پرطاووسی سنبله‌ای مطرح باشند. نظر به این که حداکثر عمق مناطق نمونه‌برداری ۴۵۰ سانتی‌متر و آن‌هم در تالاب انزلی ثبت شده است، لذا براساس نتایج مدل، عمق‌های زیاد می‌توانند باعث کاهش حضور موجود در این مکان‌ها شود. یافته‌های قبلی تحقیقات (۱۷، ۲۸و ۳۵). نشان داده است که بهترین عمق برای رشد گیاه پرطاووسی سنبله‌ای ۱ تا حداکثر ۳ متر است که به نظر می‌رسد با نتایج فعلی تا حد زیادی همخوانی دارد. لازم به ذکر است که استقرار این گیاه حتی در دریاچه‌ها در عمق‌های زیادتر از ۳ متر هم گزارش شده است (۱۵). هرچند این عمل موقعی اتفاق می‌افتاد که سرعت جریان آب در محیط زیاد نباشد.

به‌طور خلاصه، براساس نتایج به دست آمده از آنالیز چند متغیره (تحلیل مؤلفه اصلی و تناظر کانونی) و مدل خطی تعمیم یافته در تحقیق فعلی، می‌توان استنتاج کرد که مطلوبیت زیستگاهی گیاه پرطاووسی سنبله‌ای می‌تواند هم تحت تأثیر عوامل کیفی آب (بیکربنات، و...) و هم متغیرهای ساختاری محیط (عمق آب، سرعت جریان آب و ...) قرارگیرد. براساس نتایج حاصله، تالاب‌ها در مقایسه با رودخانه‌ها بیشتر برای رشد و حضور گونه پرطاووسی سنبله‌ای مناسب هستند چون عوامل مناسب برای رشد و حضور گونه نظیر بیکربنات، در چنین محیط‌های بیشتر فراهم‌تر است و برعکس در مناطقی مثل رودخانه‌ها که عوامل باز دارنده برای رشد گونه (مثل ازدیاد عمق، ازدیاد سرعت جریان آب، کمبود مواد مغذی و....) وجود دارد منجر به کاهش رشد و نهایتاً منجر به عدم حضور گونه می‌گردد. از نتایج آزمون من- ویتنی می‌توان استنتاج کرد که ارتباط چندان معنی‌داری بین مطلوبیت زیستگاهی گیاه پرطاووسی سنبله‌ای با فصول مختلف سال در مناطق موردتحقیق مشاهده نشده است ($P> ۰/۰۵$)، که این امر را احتمالاً می‌توان به خاطر تغییرات شرایط اقلیمی در کشور نسبت داد بطوری که به نظر می‌رسد شرایط در اکثر مواقع سال برای زیست و حضور پرطاووسی سنبله‌ای در مناطق ذکرشده وجود دارد. به عبارت دیگر، فصول سرد و گرم سال نمی‌توانند تأثیر بسیار شگرفی بر روی رشد جمعیت گیاه پرطاووسی سنبله‌ای داشته باشند. از دیدگاه اکولوژیکی نتایج این مطالعات می‌تواند برای بررسی نیازهای زیستگاهی سایر گونه‌های غوطه‌ور در تالاب‌ها و رودخانه‌ها (با جریان کند آب) در سرتاسر جهان که شرایط مشابه با مناطق مورد مطالعه ما را دارند مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

۱-پیری صحراگرد، ح.، ۱۳۹۶. مدلسازی پیش‌بینی پراکنش رویشگاه گونه‌های گیاهی با روش رگرسیون لوجستیک (مطالعه موردی: مراتع غرب تفتان، شهرستان خاش)، مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران)، شماره ۴، صفحات ۱۵-۱.

۲-زرکامی، ر.، ۱۳۹۵. گیاهان آبزی مهاجم، انتشارات حق‌شناس، ۱۸۴ صفحه.

۳-عباسی، م.، و زارع چاهوکی، م. ع.، ۱۳۹۵. الگوسازی مطلوبیت رویشگاه گیاه آگروپایرون (*Agropyron intermedium*) با روش تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی (ENFA) (مطالعه موردی: مراتع طالقان میانی)، مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران)، شماره ۴، صفحات ۱۵-۱.

۴-غضبان، ف.، و زارع خوش‌اقبال، م.، ۱۳۹۰. بررسی منشأ آلودگی فلزات سنگین در رسوبات تالاب انزلی (شمال ایران)، محیط‌شناسی، شماره ۵۷، صفحات ۱۲-۲،

۵-فیلی زاده، ی.، و توحیدی فرید، ه.، ۱۳۹۰. تأثیر دو روش کنترلی سایه و قطع بر رشد علف‌های هرز آبزی سراتوفیلوم و پرطاووسی سنبله‌ای تحت شرایط آزمایشگاه. نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)، شماره ۲۵، صفحات ۴۳۵-۴۳۷.

6-Adams, M. S., and Titus, J., 1974. Depth distribution of photosynthetic activity in a *Myriophyllum spicatum* community in Lake Wingral. Limnology and oceanography, 19, PP: 377-389.

7-Aiken, S. G., Newroth, P.R. and Wile, I. 1979. The biology of Canadian weeds. *Myriophyllum spicatum* L., Canadian journal of plant science, 59, PP: 201-215.

8-APHA, 1989. Standard methods for examining of water and waste water, 17th edition, Method 507, Washington, D. C., 531p.

9-Byers, J. E., 2002. Impact of non-indigenous species on natives enhanced by anthropogenic alteration of selection regimes, Oikos, 97, PP: 449–458.

10-Chappuis, E., Gacia, E., and Ballesteros, E., 2014. Environmental factors explaining the distribution and diversity of vascular aquatic macrophytes in a highly heterogeneous Mediterranean region, Aquatic botany, 113, PP: 72–82.

11-Clout, M. N., and Williams, P. A., 2009. Invasive Species Management Oxford university, press, 330 p.

12-Dülger, E., and Hussner, A., 2017. Differences in the growth and physiological response of eight *Myriophyllum* species to carbon dioxide depletion. Aquatic botany, 139, PP: 25–31.

13-Eusebio Malheiro, A. C., Jahns, P., and Hussner, A., 2013. CO2 availability rather than light and temperature determines growth and phenotypical responses in submerged *Myriophyllum aquaticum*. Aquatic botany, 110, PP: 31–37.

14-Fawzy, M. A., Badr, N. E., El-Khatib, A., and Abo-El-Kassem, A., 2012. Heavy metal biomonitoring and phytoremediation potentialities of aquatic macrophytes in River Nile, Environmental monitoring and assessment, 184, PP: 1753-1771.

15-Galal, T. M., and Shehata, H. S., 2014. Evaluation of the invasive macrophyte *Myriophyllum spicatum* L. as a bioaccumulator for heavy metal in some watercourses of Egypt, Ecological indicators, 41, PP: 209-214.

16-Harper, D. A. T., (ed), 1999. Numerical Palaeobiology, John Wiley & Son, 478 p.

17-Hartleb, C. F., Madsen, J. D., and Boylen, C. W., 1993. Environmental factors affecting seed germination in *Myriophyllum spicatum* L., Aquatic botany, 45, PP: 15-25.

18-Heegaard, E., Birks, H. H., Gibson, C. E., Smith, S. J., and Wolfe-Murphy, S., 2001. Species environmental relationships of aquatic macrophytes in Northern Ireland. Aquatic botany, 70, PP: 175–223.

19-Hussner, A., and Jahns, P., 2015. European native *Myriophyllum spicatum* showed a higher HCO_3^- use capacity than alien invasive *Myriophyllum heterophyllum*, Hydrobiologia, 746, PP: 171–182.

20-Hussner, A., Hofstra, D., Jahns, P., and Clayton, J., 2015. Response capacity to CO_2 depletion rather than temperature and light effects explain the growth success of three alien Hydrocharitaceae compared with native *Myriophyllum triphyllum* in New Zealand. Aquatic botany, 120, PP: 205–211.

21-Hussner, A., 2012. Alien aquatic plants in European countries, Weed research, 52, PP: 397–406.

22-James, C. S., Eaton, J. W., and Hardwick, K., 1999. Competition between three submerged macrophytes, *Elodea canadensis* Michx, *Elodea nuttallii* (Planch.) St John and *Lagarosiphon major* (Ridl.) Moss, Hydrobiologia, 415, PP: 35–40.

23-JICA (Japan International Cooperation Agency), 2005. The study on integrated management for ecosystem Conservation of the Anzali wetland in the Islamic Republic of Iran. Nipon Koei Co., LTD.

24-Keskinkan, O., Goksu, M. Z. L., Yuceer, A., Basibuyuk, M., and Forster, C. F., 2003. Heavy metal adsorption characteristics of a submerged aquatic plant (*Myriophyllum spicatum*), Process biochemistry, 9, PP: 179-183.

25- Kuhn, M., and Johnson, K. 2013. Applied Predictive Modeling. New York: Springer. http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4614-6849-3. 600 pp.

26-Laskov, C., Horn, O., and Hupfer, M., 2006. Environmental factors regulating the radial oxygen loss from roots of *Myriophyllum spicatum* and *Potamogeton crispus*, Aquatic botany, 84, PP: 333–340.

27-Li, F., and Xie, Y., 2009. Spacer elongation and plagiotropic growth are the primary clonal strategies used by Vallisneria spiralis to acclimate to sedimentation. Aquatic botany, 91, PP: 219–223.

28-Madsen, J. D., and Boylen, C. W., 1989. Eurasian watermilfoil seed ecology from an oligotrophic and eutrophic lake. Journal of aquatic plant management, 27, PP: 119-121.

29-Martin, G. D., and Coetzee, J. A., 2014. Competition between two aquatic macrophytes, *Lagarosiphon major* (Ridley) Moss (Hydrocharitaceae) and *Myriophyllum spicatum* Linnaeus (Haloragaceae) as influenced by substrate sediment and nutrients. Aquatic botany, 114, PP: 1– 11.

30-Moody, M. L., and Les, D. H., 2002. Evidence of hybridity in invasive watermilfoil (*Myriophyllum*) populations. Proceedings of the National Academy of Sciences, USA, 99, PP: 14867–14871, doi: 10.1073/pnas.172391499. PMC 137510.

31-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.

32-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.

33-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.

34-Sadeghi, R., Zarkami, R., Van Damme, P., and 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, PP: 117– 126.

35-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.

36-Shmueli, G., 2010. To explain or to predict? Statistical science, 25, PP: 289–310.

37-Son, D., Cho, K., and 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 p.

38-Szoszkiewicz, K., Ferreira, T., Korte, T., Baattrup-Pedersen, A., Davy-Bowker, J., and O'Hare, M., 2006. European river plant communities: the importance of organic pollution and the usefulness of existing macrophyte metrics, Hydrobiologia, 566, PP: 211–234.

39-Wang, S., Jin, X., Jiao, L., and Wu, F., 2009. Response in root morphology and nutrient contents of *Myriophyllum spicatum* to sediment type. Ecological engineering, 35, PP: 1264-1270.

40-Wedding, L., and Yoklavich, M. M., 2015. Habitat-based predictive mapping of rockfish density and biomass off the central California coast. Marine ecology progress series, 540, PP: 235–250.

41-Zarkami, R., Moradi, M., Sadeghi, R., Bani, A., and Bani, A., 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.

42-Zarkami, R., Sadeghi, R., and Goethals, P., 2012. Use of fish distribution modelling for river management, Ecological modelling, 230, PP: 44-49.

43-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.

Assessment of habitat suitability of watermilfoil (*Myriophyllum spicatum* L.) in some aquatic ecosystems of Mazandaran and Guilan provinces

Zarkami R. and Khazaee H.

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

Abstract

6 different sites (4 sites situated in wetlands and 2 sites located in river) were selected in the Guilan and Mazandaran provinces to study the habitat suitability of *Myriophyllum spicatum* L. Monitoring of biotic data (36 presence and 36 absence data) was monthly carried out simultaneously with abiotic data (a set of physical, chemical and structural variables) during one year (from July 2017 to May 2018). Based on the results of Mann-Whitney, except water temperature, biological and chemical oxygen demand, ammonium and nitrite ($P > 0.01$), a significant difference was observed between the presence and absence of plant and the remaining of variables ($P < 0.01$). According to the results of principal component analysis (PCA), among 8 variables used in this method, flow velocity, total suspended solid and bicarbonate were the most important variables in the first three components, respectively so that they had the major effect on the habitat suitability of plant. According to the results of canonical correspondence analysis (CCA), the presence of plant in wetlands can be because of increasing of carbon dioxide, bicarbonate, dissolved oxygen and phosphate and the absence of plant can be attributed by increasing flow velocity, total suspended solid, electric conductivity and water depth while different seasons of year didn't have much effect on the presence of absence of plant. Based on the results of the generalize linear model (GLM model), there was a significant difference between the presence and absence of plant and 8 variables ($P < 0.01$).

Key words: *Myriophyllum spicatum*, habitat suitability, presence and absence, principal component analysis, generalized linear model