

ارزیابی وضعیت تروفي تالاب بين‌المللی انزلی با استفاده از شاخص کارلسون (TSI)

مریم فلاح^{۱*}، احمدرضا پیرعلی زفره‌ئی^۲ و عیسی ابراهیمی درچه^۳

چکیده

تخمین وضعیت تروفي یک تالاب، اولین گام در ارزیابی کیفیت آن است. سطوح بالای نیترژن و فسفر، از مشکلات مهم و تأثیرگذار بر منابع آبی است که همراه مواد آلوده‌کننده وارد آب‌های طبیعی می‌شود. این مواد به طور عمده حاصل فعالیت‌های بشری است که از طریق پساب‌های کشاورزی، صنعتی و غیره به آب‌ها وارد می‌شوند. یکی از اثرات افزایش مواد مغذی، تغذیه‌گرایی در اکوسیستم‌های آبی است که از جدی‌ترین تهدیدهای زیست‌محیطی محسوب می‌شود. شاخص تروفي (TSI) ابزاری سودمند برای بیان ساده کیفیت آب و مشخص کردن موقعیت تروفي منابع آبی از نظر شدت تولید و تغذیه‌گرایی است که آن را کارلسون ارائه کرده است. با توجه به نقش و اهمیت تالاب‌انزلی در زیست بوم منطقه، در سال ۱۳۹۳ طی پژوهش حاضر، وضعیت تروفي این تالاب با استفاده از مدل‌های مختلف شاخص کارلسون بررسی شد. بدین‌منظور ایستگاه‌های زیر پل بندرانزلی، سرخانکل، پیربازار، سیاه درویشان، نوخاله، هندخاله، تالاب شرق، خروجی تالاب شرق، آبکنار و ماه روزه انتخاب و پارامترهای مورد نظر در آنها اندازه‌گیری شد. در مجموع نتایج آنالیز واریانس نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) در مقادیر شاخص‌های ذکر شده در ایستگاه‌ها و فصول مختلف سال بود. ارزیابی شاخص تروفي (TSI) بر اساس فسفات کل (TP) و ازت کل (TN)، وضعیت تالاب را در اغلب ایستگاه‌ها در وضعیت هایپرتروف تا هایپرتروف حاد نشان داد. مقایسه مقادیر مواد مغذی فسفر و ازت نیز حاکی از توسعه شدید پدیده تغذیه‌گرایی در تالاب بین‌المللی انزلی است.

واژه‌های کلیدی: تغذیه‌گرایی، تالاب بین‌المللی انزلی، شاخص کارلسون، منابع آبی، مواد مغذی.

ارجاع: فلاح م. پیرعلی زفره‌ئی ا. ر. و ابراهیمی درچه ع. ۱۳۹۷. ارزیابی وضعیت تروفي تالاب بین‌المللی انزلی با استفاده از شاخص کارلسون (TSI). مجله پژوهش آب ایران. ۲۸: ۲۹-۲۱.

۱- کارشناسی ارشد آلودگی‌های محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۲- کارشناسی ارشد بوم‌شناسی آبریزان‌شیلاتی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۳- دانشیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

* نویسنده مسئول: marvam.fallah85@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۸/۲۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۵/۰۷

مقدمه

تغذیه‌گرایی یا غنی‌شدن، یک مشکل اساسی در اکوسیستم‌های آبی در تمام جهان است (وتزل، ۲۰۰۱). تخمین وضعیت تروفی یک تالاب، اولین گام مهم در ارزیابی آن است. این توانایی برای توصیف وضعیت موجودات زنده و عوامل محیطی زنده و غیرزنده، رابطه بین پارامترهای شیمیایی و بیولوژیکی و وضعیت اکوسیستم و ارتباط آن با نیازها یا ارزش‌هایی که برای بشر دارد، به کار برده می‌شود (متوز و همکاران، ۲۰۰۲). توصیف وضعیت تروفی، بستگی به عواملی از قبیل غلظت مواد مغذی، تولید گیاهان و جانوران، کیفیت اکسیژن در دسترس و مورفولوژی اکوسیستم دارد. متأسفانه چندگانگی پارامترهای شاخص تروفی استفاده از آنها را مشکل می‌کند (چاروسیویس و همکاران، ۲۰۱۱). کارلسون در سال ۱۹۷۷ شاخص وضعیت تروفی (TSI^۱) را برای ارزیابی وضعیت تروفی و اندازه‌گیری کمیت تغذیه‌گرایی دریاچه‌ها ابداع کرد. هر ده واحد افزایش در مقادیر این شاخص کاهش ۵۰ درصدی عمق سشی‌دیسک، دوبرابر شدن میزان فسفر و یک‌سوم افزایش در غلظت کلروفیل را نشان می‌دهد (کارلسون، ۱۹۷۶). نظرهای مختلفی در ارتباط مواد مغذی با پدیده تغذیه‌گرایی و نقش فسفر و نیتروژن در اکوسیستم‌های آبی وجود دارد. برخی مطالعات فسفر را به عنوان مهم‌ترین عامل بازدارنده این پدیده در اکوسیستم‌های آبی و تولید اولیه فیتوپلانکتون‌ها در دریاچه‌ها و مخازن آب شیرین می‌دانند (والن ویدر، ۱۹۶۸) و برخی این نقش را برای ازت در اکوسیستم‌های دریایی قائل هستند (فیلیپس، ۲۰۰۲). تالاب بین‌المللی انزلی در سواحل جنوبی دریای خزر در استان گیلان قرار دارد. مساحت حوضه آبخیز این تالاب ۳۶۱۰ کیلومترمربع و در حدود ۲٪ حوضه آبخیز دریای خزر را تشکیل می‌دهد (زوباکاوا، ۱۹۹۳). این تالاب در سال ۱۳۵۴ در فهرست تالاب‌های بین‌المللی کنوانسیون رامسر به ثبت رسید. همچنین سازمان بین‌المللی حیات پرنده‌گان، این تالاب را به عنوان زیستگاهی با اهمیت برای پرنده‌گان تشخیص داد (اسماعیلی، ۱۳۷۸). تالاب بین‌المللی انزلی هم اکنون در فهرست سیاه تالاب‌های مونترو^۲ قرار گرفته و بر اساس آن، کشور ایران موظف به احیای دوباره سایت و جلوگیری از

تغییرات اکولوژیک آن است (بشارتی، ۱۳۸۵). این تالاب تحت تأثیر تنش‌های مختلف از قبیل نوسان سطح آب دریا، فعالیت‌های انسانی، حضور گونه‌های غیربومی و تغذیه‌گرایی که از عوامل اولیه تخریب تالاب است، قرار دارد (دومونت، ۱۹۹۸). همانند سایر منابع آبی هیدرولوژی حوضه آبخیز اثر عمیقی بر فرایند تغذیه‌گرایی تالاب بین‌المللی انزلی دارد. ۵۲ درصد از آب ورودی به تالاب از طریق رودخانه سیاه‌درویشان به سمت قسم مرکزی، ۴۴ درصد از طریق رودخانه‌های پیربازار، پسیخان‌رود و خم‌ام‌رود به سمت قسمت شرقی و ۴ درصد باقی‌مانده به غرب تالاب هدایت می‌شود. آبی که از شرق و مرکز به تالاب وارد می‌شود، نسبت به حوضه غربی تالاب، سریع‌تر زهکش می‌شود (مطالعات طرح احیاء تالاب انزلی، ۱۳۶۷). عوامل تخریب‌کننده تالاب به‌صورت بسیار کلی در چهار گروه آلودگی‌های شیمیایی، فیزیکی، اکولوژیکی و تبدیل کاربری تالاب به کاربری‌های نامناسب قابل تبیین هستند. سالانه ۳۰ میلیون مترمکعب فاضلاب‌های شهری و روستایی (خانگی، بیمارستانی) در سطح حوضه آبخیز تالاب انزلی بدون تصفیه اصولی وارد رودخانه‌های حوضه و سرانجام تالاب انزلی می‌شود. فاضلاب‌های کشاورزی، کود مصرفی سالانه ۱۵ هزار تن و سم مصرفی به حجم ۴۱۵ هزار لیتر در سال حوضه را شسته و با خود به رودخانه‌ها و تالاب می‌آورند. فاضلاب‌های صنعتی نیز در بسیاری موارد بدون تصفیه به رودخانه‌ها ریخته می‌شوند (سازمان حفاظت محیط‌زیست، ۱۳۸۷). سالانه ۲۰۰ هزار تن زباله بدون تفکیک و بازیافت وارد حوضه تالاب می‌شود (سازمان حفاظت محیط‌زیست، ۱۳۸۷). در جدول ۱ مقادیر بار ورودی ازت کل و فسفات کل ورودی به تالاب انزلی (پارامترهای دخیل در تغذیه‌گرایی) گزارش شده است. وقوع پدیده تغذیه‌گرایی در تالاب بین‌المللی انزلی را برای اولین بار در سال ۱۳۴۹ کیمبال و کیمبال گزارش دادند. مطالعات میرزاجانی و همکاران (۱۳۸۸) طی سال‌های ۱۹۹۲ تا ۲۰۰۲ وقوع پدیده یوتروفی تالاب را نشان دادند که مشابه مطالعات کیمبال و کیمبال (۱۳۵۳) و درویش‌صفت و همکاران (۱۳۷۸) بود. با توجه به نقش و جایگاه تالاب‌ها در اکوسیستم‌های آبی در پژوهش حاضر به بررسی تغییرات شدت تغذیه‌گرایی تالاب بین‌المللی انزلی با استفاده از مدل‌های فسفات و ازت و شاخص وضعیت تروفی TSI و نسبت فسفات به ازت در سال

1- Trophic State Index

2- Montreux

۱۳۹۳ همراه با بررسی مقادیر فسفات و ازت پرداخته و نتایج به دست آمده ارزیابی شده است.

جدول ۱- مقادیر بار ورودی ازت کل و فسفات کل ورودی به تالاب انزلی (سازمان حفاظت محیط زیست، ۱۳۸۷) - ارقام به تن/ سال است.

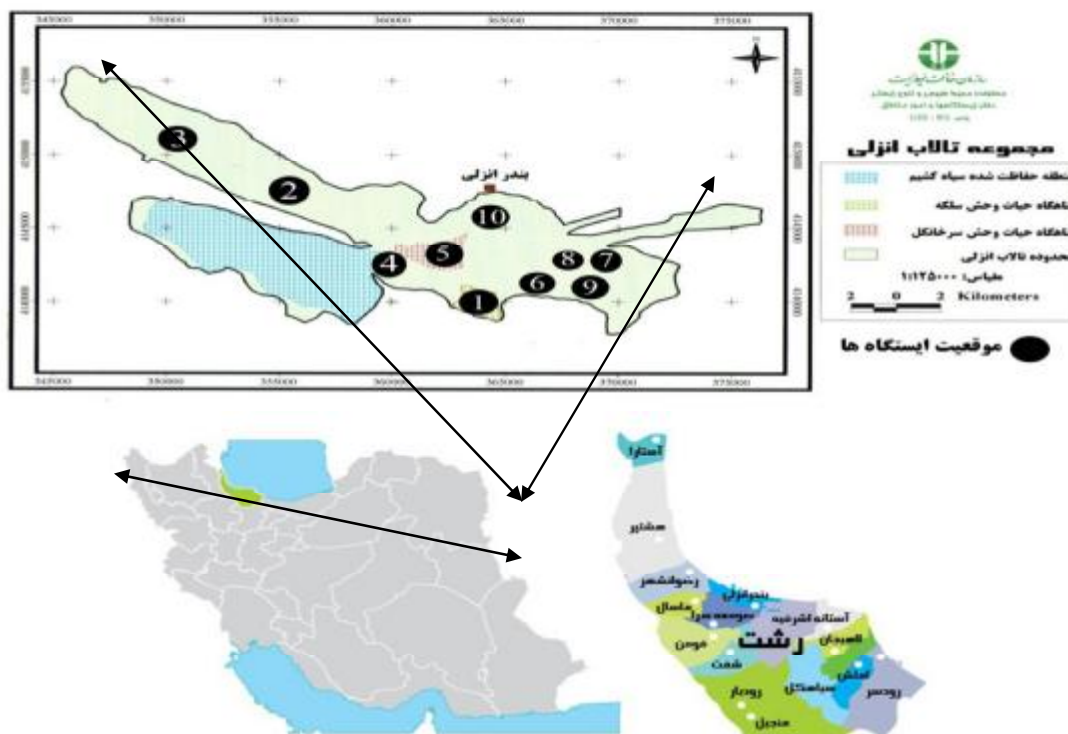
| منابع آلودگی | مجموع بارازت کل | مجموع بار فسفات کل |
|----------------------------|-----------------|--------------------|
| جمعیت مردم (شهری) | ۲۹۸۲ | ۴۸۸ |
| جمعیت مردم (روستایی) | ۴۷۵ | ۷۷/۷ |
| صنایع | ۶۶ | ۱۳/۱ |
| دام و احشام (گاو و گاومیش) | ۳۴۴ | ۵۹/۳ |
| دام و احشام (گوسفند و بز) | ۱۴۲ | ۲۴/۵ |
| مزارع | ۱۴۱۲ | ۹۶/۷ |
| جنگل‌ها و مراتع | ۱۵۰۵ | ۵۹/۴ |
| کل | ۶۹۲۵ | ۸۱۸/۸ |

مواد ورودی‌ها

تالاب انزلی در جنوب غرب دریای خزر و در استان گیلان در طول جغرافیایی ۲۰" و ۱۴' و ۴۹" تا ۴۵' و ۳۶' و ۴۹" شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰" و ۲۲' و ۳۷" تا ۸" و ۳۲' و ۳۷ شمالی قرار دارد (شکل ۱). مساحت آن در سال ۱۳۸۵ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای IRS-Pan، ۱۶۸ کیلومترمربع برآورد شده است (بشارتی، ۱۳۸۵).

برای ارزیابی روند تروپی تالاب بین‌المللی انزلی در سال ۱۳۹۳، ۱۰ ایستگاه زیرپیل بندر انزلی، سرخانکل، پیربازار،

تالاب شرقی، خروجی تالاب شرقی، تالاب غربی- ماه روزه و آبکنار، سیاه درویشان، نوخاله و هندخاله انتخاب و نمونه‌برداری به صورت دو نوبت در هر فصل به فاصله ۴۵ روز یکبار و با ۳ تکرار در هر ایستگاه انجام شد. پارامترهای فسفات کل و ازت کل بر اساس روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد (APHA، ۱۹۹۲). مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده، در جدول ۲ آورده شده است.



شکل ۱- نقشه محدوده مورد مطالعه

جدول ۲- طول و عرض جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه تالاب بین‌المللی انزلی

| ردیف | ایستگاه | طول جغرافیایی | عرض جغرافیایی |
|------|----------------------|---------------|---------------|
| ۱ | هندخاله | ۳۶۳۱۷۰ | ۴۱۴۰۱۹۱ |
| ۲ | تالاب غرب (آبکنار) | ۳۵۸۹۷۷ | ۴۱۴۵۲۴۰ |
| ۳ | تالاب غرب (ماه‌روژه) | ۳۵۹۳۴۴ | ۴۱۴۵۲۳۲ |
| ۴ | سیاه‌درویشان | ۳۶۰۶۴۵ | ۴۱۴۴۴۱۱ |
| ۵ | سرخانکل | ۳۶۰۹۰۳ | ۴۱۴۰۱۹۱ |
| ۶ | نوخاله | ۳۶۷۲۶۷ | ۴۱۴۰۶۷۶ |
| ۷ | تالاب شرق | ۳۶۷۶۵۲ | ۴۱۴۲۶۸۶ |
| ۸ | خروجی تالاب شرق | ۳۶۶۴۵۸ | ۴۱۴۲۹۸۹ |
| ۹ | پیربازار | ۳۶۷۴۱۳ | ۴۱۴۰۶۴۶ |
| ۱۰ | زیرپل بندر انزلی | ۳۶۴۲۵۷ | ۴۱۴۷۳۹۹ |

محاسبه شاخص تروفي کارلسون

$$TSI(TN) = 14.43Ln(TP) + 54.45 \quad (۲)$$

$$TSI(PN) = 9.81Ln(10^{PN}) + 30.6 \quad (۳)$$

$$Log(PN) = 1.25Log(XPN) \quad (۴)$$

$$XPN = \left[P^{-2} + \left[\frac{N - 150}{12} \right]^{-2} \right]^{-0.05} \quad (۵)$$

جدول ۳- تقسیم‌بندی استاندارد شاخص تغذیه‌گرایی TSI (OECD, 1982)

| مقدار TSI | کلاس کیفی آب |
|-----------|-----------------|
| ۳۰-۰ | الیگوتروفیک |
| ۴۰-۳۰ | مزوتروفیک خفیف |
| ۵۰-۴۰ | مزوتروفیک |
| ۶۰-۵۰ | مزوتروفیک حاد |
| ۷۰-۶۰ | یوتروفیک |
| ۸۰-۷۰ | هایپرتروفیک |
| ۱۰۰-۸۰ | هایپرتروفیک حاد |

مقیاس TSI به ۱۰۰ واحد تقسیم می‌شود و دامنه آن بین ۰ تا ۱۰۰ متغیر است (جدول ۳). این مقیاس بر پایه فسفات کل (TP)، نیتروژن کل (TN) و کلروفیل (Chl-a) برآورد می‌شود (کارلسون، ۱۹۷۶). با توجه به محدودیت در اندازه‌گیری کلروفیل، در این مطالعه فقط به مقادیر فسفات و ازت برای محاسبه شاخص TSI اکتفا شده و در جدول ۴ سطوح تغذیه‌گرایی بر اساس فسفات کل و ازت کل آورده شده است.

به منظور محاسبه مقادیر شاخص تروفي کارلسون بر اساس غلظت فسفات کل (TP)، غلظت ازت کل (TN) و نسبت فسفات به ازت (PN) از معادلات (۱) تا (۵) استفاده شد (کراتزر، ۱۹۸۰؛ کارلسون، ۱۹۷۶). ازت کل (TN) برحسب میلی‌گرم در لیتر و فسفات کل (TP) برحسب میکروگرم در لیتر است.

$$TSI(TP) = 14.42Ln(TP) + 4.15 \quad (۱)$$

جدول ۴- سطوح تغذیه‌گرایی فسفات کل و ازت کل

| پارامتر | الیگوتروف | مزوتروف | یوتروف | منابع |
|-----------------|-------------|-------------|-------------|--------------------|
| فسفات کل (mg/L) | ۰/۰۱۰-۰/۰۰۵ | ۰/۰۳۰-۰/۰۱۰ | ۰/۰۳۰-۰/۱۰۰ | Vollenweider, 1968 |
| ازت کل (mg/L) | ۰/۲-۰/۰۲۰ | ۰/۷-۰/۱ | ۰/۵-۱/۳ | Sakamoto, 1966 |

آنالیز آماری

آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه^۳ بین ایستگاه‌های مختلف و در ادامه از آزمون مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن^۴ در سطح اطمینان ۹۵ درصد، (P<۰/۰۵) استفاده شد. آنالیز آماری داده‌ها در محیط نرم‌افزار SPSS 16 و رسم نمودارها با استفاده از برنامه Excel 2010 انجام شد.

نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف^۱ و همگن بودن واریانس‌ها با آزمون لون^۲ بررسی شد. برای بررسی اختلاف معنی‌دار بین فصول مختلف از

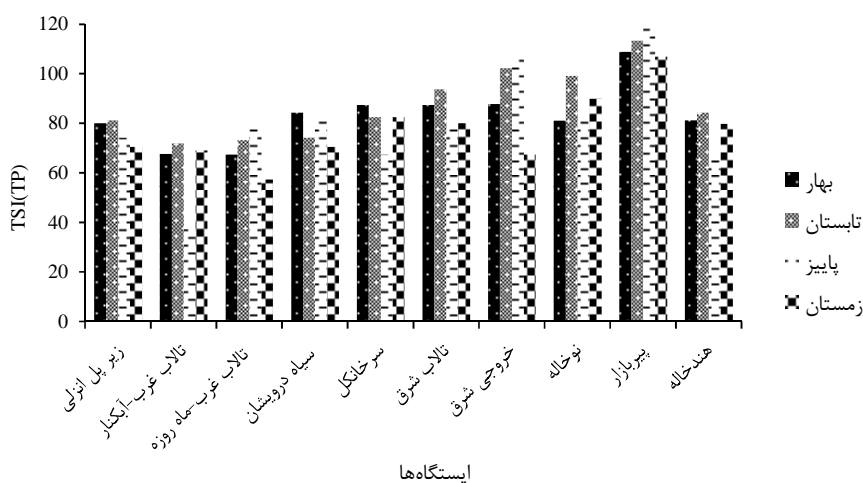
3- One-way ANOVA
4- Duncan

1- Kolmogorov-Smirnov
2- Leven test

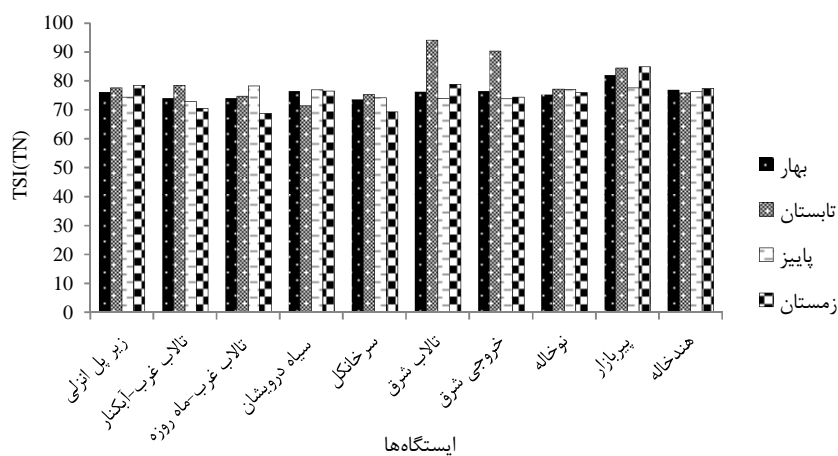
نتایج و بحث

(PN) به طور نسبی دارای یک محدوده‌ای است (۳۳/۴۲-۴۷) و با توجه به نسبت فسفات به ازت، فسفات عامل محدودکننده تولید تلقی می‌شود و بر اساس آن، تالاب در وضعیت مزوتروف قرار می‌گیرد (شکل ۴). در مطالعات مشابه نیز همین محدوده به دست آمد (میرزاجانی و همکاران، ۱۳۸۸؛ درویش‌صفت و همکاران، ۱۳۷۸). در اکثر آب‌های شیرین مقادیر ازت بیشتر از فسفات و در واقع فسفات عامل محدودکننده تولید است. پیربازار در فصل تابستان بیشترین و غرب- ماه روزه در فصل زمستان کمترین مقدار فسفات و تالاب شرق در فصل تابستان بیشترین و غرب- ماه روزه در فصل زمستان کمترین مقدار ازت را به خود اختصاص داده است. نتایج آنالیز واریانس نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) در مقادیر شاخص‌های ذکرشده در بین ایستگاه‌های مختلف بود.

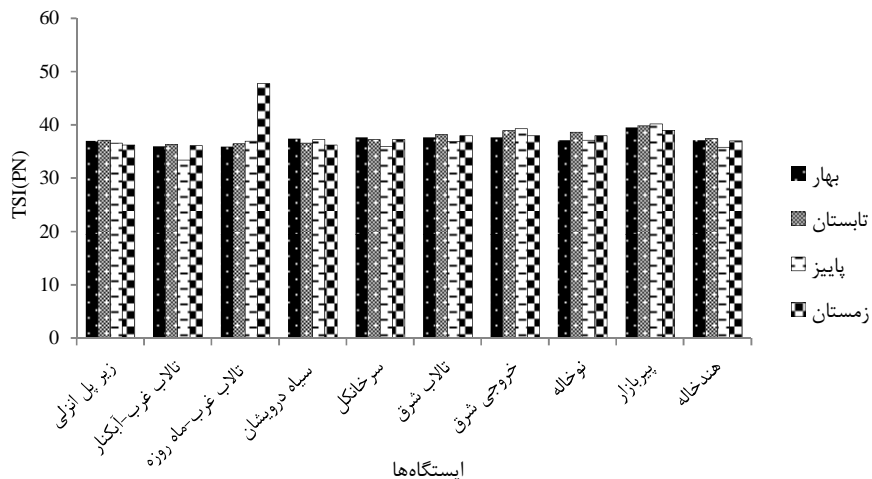
برآورد شاخص تروفی (TSI) بر اساس عناصر مغذی ازت و فسفات در ایستگاه‌ها و فصل‌های مختلف در شکل‌های ۲ و ۳ و مقادیر فسفات و ازت برحسب میلی‌گرم بر لیتر در شکل‌های ۵ و ۶ گزارش شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، مقادیر شاخص در سال ۱۳۹۳ بر اساس غلظت فسفات و غلظت ازت در اکثر ایستگاه‌ها، تالاب را در وضعیت هایپرتروف تا هایپرتروف حاد نشان می‌دهد. بر اساس غلظت فسفات بیشترین مقدار شاخص در فصل پاییز در ایستگاه پیربازار و کمترین مقدار آن در غرب- آبکنار در فصل پاییز برآورد شده است. بر اساس غلظت ازت بیشترین مقدار شاخص در خروجی تالاب شرق در فصل تابستان و کمترین آن در سرخانکل در فصل زمستان اندازه‌گیری شد. در مجموع روند تروفی طی سال‌های اخیر، به سمت هایپرتروفی حاد پیشروی کرده است. رابطه



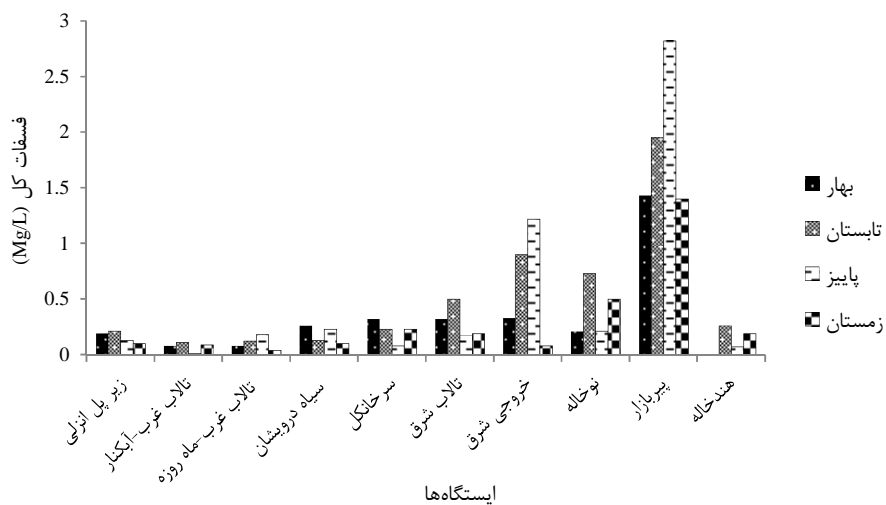
شکل ۲- مقادیر شاخص TSI برحسب فسفات کل (TP) در سال ۱۳۹۳ در ایستگاه‌های مختلف



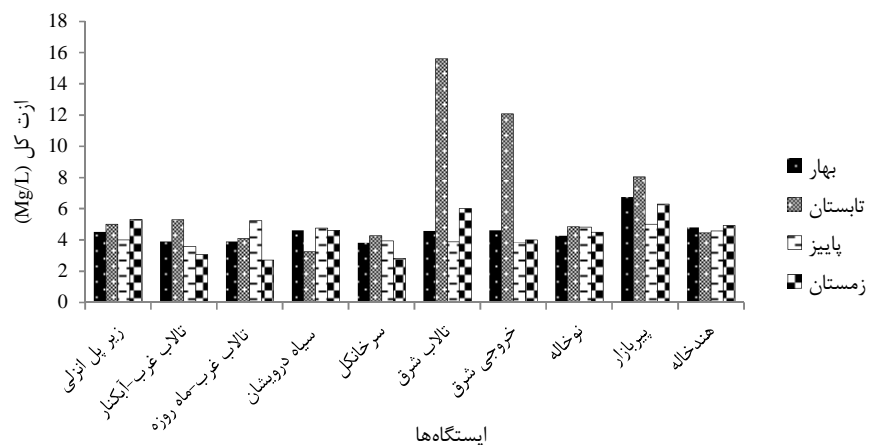
شکل ۳- مقادیر شاخص TSI برحسب ازت کل (TN) در سال ۱۳۹۳ در ایستگاه‌های مختلف



شکل ۴- مقادیر نسبت فسفات به ازت در سال ۱۳۹۳ در ایستگاه‌های مختلف



شکل ۵- مقادیر فسفات کل بر حسب میلی‌گرم در لیتر در ایستگاه‌های مختلف



شکل ۶- مقادیر ازت کل بر حسب میلی‌گرم در سال ۱۳۹۳ در لیتر در ایستگاه‌های مختلف

۲۰۰۳). کلیبرگ و دیود (۱۹۷۷) نیز در مطالعات خود به نقش مستقیم فسفر در فرایند تغذیه‌گرایی اشاره کرده‌اند. حضور و گسترش چشمگیر *Azolla ficiculoides* در دهه‌های اخیر با توجه به ظرفیت بسیار بالای این گیاه در تثبیت نیتروژن تا حد ۱۱۰ کیلوگرم در هکتار (خداپرست، ۱۳۸۲) می‌تواند از دلایل افزایش مواد مغذی تالاب و اثر گیاهان آبی تالاب باشد. شاخص تروفی کارلسون بر اساس مقدار فسفات کل، وضعیت تروفی تالاب را در سال ۱۳۹۳ در موقعیت هایپر تروف نشان می‌دهد و بر اساس ازت کل طی سال‌های اخیر طبق مطالعات قبلی میرزاجانی و همکاران (۱۳۸۸)، درویش‌صفت و همکاران (۱۳۷۸)، کیمبال و کیمبال (۱۳۵۳)، نظامی (۱۹۹۳) صورت گرفته در تالاب انزلی از یوتروفی به هایپر تروفی ارتقاء یافته است. این برآوردها گویای توسعه شدید فرایند تغذیه‌گرایی تالاب در طی سال‌های مورد بررسی است. علاوه بر آن از آنجایی که پدیده تغذیه‌گرایی از یک روند توسعه به صورت تصاعد هندسی پیروی می‌کند؛ بنابراین تداوم طولانی مدت آن بسیار نگران‌کننده و خطرناک است. مطالعات مشابه نقش عناصر مغذی را در شکل‌گیری و توسعه فرایند تغذیه‌گرایی اکوسیستم‌های آبی نشان داده است. مطالعه لنارد و سولیس (۲۰۰۹) روی وضعیت تروفی سه دریاچه Krasne و Rogóźno, Piaseczno در لهستان نشان‌دهنده تغییر در مقادیر مدل‌های مختلف شاخص کارلسون به دلیل افزایش مقادیر ازت و فسفات بود (لنارد و سولیس، ۲۰۰۹). مطالعه مشابه اجانکسوکی و لنارد (۲۰۱۴) بر روی دو دریاچه Głębokie و Czarne حاکی از افزایش مقادیر TSI است (اجانکسوکی و لنارد، ۲۰۱۴). کیمبال و کیمبال در سال ۱۳۵۳ برای اولین بار وضعیت تروفی تالاب انزلی را با توجه به رویش‌های گیاهی در سطح تالاب ارزیابی کردند. میرزاجانی و همکاران (۱۳۸۸) در سال‌های ۱۹۹۲ تا ۲۰۰۲ وضعیت تروفی تالاب را در موقعیت یوتروف نشان دادند. بر اساس پژوهش‌های درویش‌صفت و همکاران (۱۳۷۸) در بازه زمانی سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۳۷۴ تالاب انزلی بر اساس کلروفیل‌آ در انتهای مسیر مزوتروفی و انتقال به مرحله یوتروفی و بر اساس فسفات کل در انتهای مسیر یوتروفی و انتقال به مرحله هایپر تروفی قرار داشته است. نظامی (۱۳۷۴) تالاب انزلی را بر اساس باکتریوپلانکتون‌ها در وضعیت یوتروف تشخیص داد. وی همچنین تراکم

افزایش مواد مغذی در همه سطوح اکوسیستم‌های آبی از جمله تغییر در فراوانی گونه‌ها، مهاجرت، کاهش تنوع زیستی و تغییر در ساختار و ترکیب جوامع اثرگذار است (بیکنو و لوول، ۲۰۰۰). تالاب انزلی نیز از این قاعده مستثنی نیست و روند پرتولید شدن را در طی سال‌های اخیر با سرعت بیشتری طی کرده است. بر اساس بررسی‌های انجام شده، مهم‌ترین منبع خارجی که موجب غنی‌شدن تالاب انزلی شده است، با توجه به اینکه ۵۴ درصد از سطح حوضه آبخیز تالاب به جنگل و مرتع اختصاص دارد، لاشبرگ و هوموس انباشته شده در کف جنگل‌هاست که توسط جریان‌های سطحی ناشی از بارندگی‌ها وارد تالاب می‌شود (درویش‌صفت و همکاران، ۱۳۷۸). علاوه بر این فاضلاب‌خانگی، مناطق مسکونی مجاور، پساب صنایع غذایی و دامداری‌ها که بدون تصفیه وارد رودخانه‌های مرتبط با تالاب می‌شوند سهم بالایی در تشدید روند تغذیه‌گرایی تالاب انزلی دارند (سازمان حفاظت محیط‌زیست، ۱۳۸۷). همچنین گستردگی حوضه تالاب، تنوع فعالیت‌های انسانی در حوضه و در نتیجه وارد شدن مواد آلی و غیرآلی به تالاب، از مهم‌ترین دلایل تشدید روند تغذیه‌گرایی هستند. در این باره سه منبع عمده مواد مغذی شامل کودهای استفاده شده در بخش کشاورزی، فاضلاب‌های خانگی و ضایعات دامی را می‌توان نام برد (ساک‌زاده، ۱۳۸۳)؛ بنابراین کاربری‌های کشاورزی در کنار کاربری‌های شهری به‌عنوان عامل اصلی غلظت‌های بالاتر از حد مجاز برخی از عناصر مغذی به ویژه ترکیبات ازت و فسفر کل به شمار می‌رود. به نظر می‌رسد نشانه‌های تغذیه‌گرایی در تالاب‌ها شبیه دریاچه‌های کم‌عمق باشد (انگلر و همکاران، ۲۰۰۳). نسبت ازت به فسفات (N:P) در سال ۱۳۹۳ به بالای ۱۰ در اکثر نواحی رسید که این امر نشان‌دهنده محدود بودن فسفات در تالاب است. با توجه به اینکه بر اساس قانون حداقل لایبیک عنصر محدودکننده نقش اساسی را در پیشروی فرایند تولید دارد (وتزل، ۲۰۰۱)؛ از این‌رو در این بررسی برآورد شاخص تروفی بر اساس غلظت فسفات قابل اعتمادتر بوده است و می‌تواند تغییرات ایجاد شده را با اطمینان بیشتری توجیه کند. در این رابطه، یافته‌های کاروالهو و کیریکا (۲۰۰۳) نشان داد که هرگونه تغییر در غلظت فسفر در اکوسیستم‌های آب‌شیرین، می‌تواند به تغییر در وضعیت تروفی آن منجر شود (کیریکا و کاروالهو،

منابع

۱. اسماعیلی ح. ۱۳۷۸. مناطق تحت مدیریت اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان گیلان. اداره کل حفاظت محیط‌زیست گیلان. رشت. ۱۸۰ ص.
۲. بشارتی ن. ۱۳۸۵. تهدید سلامت تالاب انزلی توسط مخاطرات زیست‌محیطی ناشی از آلاینده‌ها. طب جنوب. ۴ (ویژه‌نامه کنگره سراسری طب ودریا). ۷۶-۸۶.
۳. درویش‌صفت ع. ا. جمال‌زاده فلاح ف. و نظامی بلوچی ش. ۱۳۷۸. بررسی وضعیت تروفي تالاب انزلی با استفاده از GIS. محیط‌شناسی. ۲۳: ۱-۱۰.
۴. سازمان حفاظت محیط‌زیست، جایکا (JICA). ۱۳۸۷. مطالعات طرح جامع مدیریت حوضه آبریز تالاب انزلی. ۱۸۰ ص.
۵. ساکی‌زاده م. ۱۳۸۳. بررسی و منشأ یابی منابع آلاینده در حوضه رودخانه سیاهرود در استان گیلان. دانشگاه تهران، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. ۱۱۰ ص.
۶. خداپرست ح. ۱۳۸۲. مطالعات جامع شیلاتی تالاب انزلی، اداره کل شیلات استان گیلان، معاونت تکثیر و پرورش آبزیان مجری: مرکز تحقیقات شیلات استان گیلان. ۲۰۴ ص.
۷. کیمبال ک. و کیمبال س. ۱۳۵۳. مطالعات لیمنولوژی تالاب انزلی. سازمان حفاظت محیط‌زیست و شرکت شیلات ایران. ترجمه طرح احیای تالاب انزلی جهادسازندگی گیلان. ۱۱۴ ص.
۸. میرزاجانی ع. خداپرست ح. بابایی ه. عابدینی ع. و دادی قندی ع. ۱۳۸۸. روند فراغنی شدن تالاب انزلی با استفاده از اطلاعات ده ساله ۱۳۷۱-۱۳۸۱. محیط‌شناسی. ۶۵: ۷۴-۵۲.
۹. نظامی ش. ۱۳۷۴. بررسی تعداد باکتریوپلانکتون‌های تالاب انزلی. مجله علمی شیلات ایران. ۱(۴): ۲۱-۳۲.
۱۰. وزارت جهادسازندگی (کمیته امور آب). ۱۳۶۷. مطالعات طرح احیای تالاب انزلی. جلد اول و دوم. ۳۱۸ ص.

11. APHA. 1992. Standard Method for examination of water and wastewater, 18 the edition, American public association.

رویش‌های گیاهی و ته‌نشینی این گیاهان در بستر (عوامل برون‌زا) را در وضعیت تروفي تالاب مؤثر دانست. مقادیر فسفات و ازت در مطالعه حاضر در مقایسه با استاندارد ازت در دریاچه‌ها و تالاب‌ها (کمتر از ۱ میلی‌گرم در لیتر)، (جدول ۴) و همچنین میزان استاندارد فسفات در دریاچه‌ها و تالاب‌ها (کمتر از ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر)، (جدول ۴) نشان‌دهنده بیشتر بودن مقادیر اندازه‌گیری شده از استاندارد در تمام نقاط مورد مطالعه بود و روند افزایشی در سال‌های اخیر را بازگو می‌کند. به‌همین ترتیب در دریاچه‌هایی که به سوی تغذیه‌گرایی پیش می‌روند، افزایش بار فسفر در رسوبات کف در طول‌زمان دیده می‌شود؛ به همین دلیل فسفات شاخص حساسی در تغذیه‌گرایی است (زایت و ردی، ۲۰۰۱).

نتیجه‌گیری

در مجموع بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، تالاب بین‌المللی انزلی در سال‌های اخیر مقادیر فراوانی از عناصر مغذی ازت و فسفر را دریافت کرده که این عناصر منجر به شکل‌گیری تدریجی و توسعه شدید پدیده خودغذایی در این تالاب شده است. تغییرات غلظت عناصر مغذی و شاخص TSI نشان‌دهنده روند تصاعدی این پدیده بوده؛ به گونه‌ای که جایگاه تروفي تالاب را از مرحله یوتروف به هایپرتروف حاد سوق داده است. بدیهی است در این وضعیت علائم نابودی تالاب از جمله کاهش تنوع‌گونه‌ای و از بین رفتن گونه‌های حساس نمایان شده است و به تدریج بار مواد آلی انباشته شده در تالاب بیش از ظرفیت خودپالایی تالاب و تأمین نیاز اکسیژنی برای تجزیه و معدنی‌شدن این مواد خواهد بود؛ بنابراین برای حفظ تالاب و حفاظت از گونه‌های با ارزش آن باید اقدامات اساسی انجام داد. در این زمینه اتخاذ روش‌های مدیریتی مناسب برای ارزیابی زیست‌محیطی جامع با کنترل آلاینده‌هایی که منشأ انسانی دارند و کاهش بار آلی پساب‌های صنعتی، شهری و کشاورزی، پایش‌های کیفی آب در طول سال و در نهایت بهسازی تالاب پیشنهاد می‌شود.

سیاس‌گذاری

بدین‌وسیله از اداره کل حفاظت محیط‌زیست شهرستان انزلی به دلیل همکاری صمیمانه در طول این پژوهش سپاس‌گزاری می‌شود.

- diazotroph assemblage composition. *Microbial Ecology*. 39: 32-40.
26. Sakamoto M. 1966. Primary production by phytoplankton community in some Japanese lakes and its dependence on lake depth. *Archiv für Hydrobiologie*. 62: 1-28.
 27. Vollenweider R. A. 1968. Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters, with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication. OECD, Paris. Tech. Rpt. DA 5/SCI/68: 270-250.
 28. Wetzel R. G. 2001. *Limnology: Lake and River Ecosystems*, 3rd Edition. Academic Press, San Diego. 1006 p.
 29. Wright A. L. and Reddy K. R. 2001. Phosphorus loading effects on extracellular enzyme activity in Everglades wetland soils. *Soil Science Society of America Journal*. 65: 588-595.
 30. Zubakava V. A. 1993. The Caspian Sea level oscillations in the geological past and its forecast. *journal Russian Meteorology and Hydrology* 8: 65-70.
 12. Angeler D. G. Chow-Fraser P. Hanson M. A. Sánchez-Carrillo S. and Zimmer K. D. 2003. Biomanipulation: a useful tool for freshwater wetland mitigation? *Freshwater Biology*. 48: 2203-2213.
 13. Carlson R. E. 1976. A Trophic State Index for lakes. *Limnology and Oceanography*. 22: 363-369.
 14. Carvalho L. and Kirka A. 2003. Changes in shallow lake functioning response to climate changes and nutrient reduction. *Hydrobiologia*. 506: 789-796.
 15. Dumont H. J. 1998. The Caspian Lake: history, biota, structure, and function. *Limnology and Oceanography Journal*. 43: 44-52.
 16. Ejankowski W. and Lenard T. 2014. trophic state of a shallow lake with reduced inflow of surface water, *Archives of Environmental Protection*. 14: 29-37.
 17. Jarosiewicz A. Ficek D. and Zapadka T. 2011. Eutrophication parameters and Carlson-type trophic state indices in selected Pomeranian. *Limnological Review*. 11: 15-23.
 18. Kleeberg A. and Dude G. E. 1977. Changes in the extent of phosphorus release in shallow lake Groder muggelsee, Germany, Belgium due to climate factors and load. *Marine Geology*. 139: 61-75.
 19. Kratzer C. R. 1980. A Carlson-type trophic state index for nitrogen in florida lakes. *Water Resources Bulletin*. 17: 713-715.
 20. Lenard T. and Solis M. 2009. Trophic diversity of three deep lakes– Piaseczno, Rogóžno and Krasne – in the years 2006–2007. *Teka Komisji Ochrony I Kształtowania Środowiska Przyrodniczego*. 200(6): 162-169.
 21. Matthews R. Hilles M. and Pelletier G. 2002. Determining trophic state in Lake Whatcom, Washington (USA), a soft water lake exhibiting seasonal nitrogen limitation. *Hydrobiologia*. 468: 107-121.
 22. Nezami Sh. A. 1993. Nutrient load community structure and metabolism in the eutrophying Anzali lagoon Iran. Ph.D. Thesis L. Kusseuth university and fish culture Research Institute. Debrecen-szaruas Hungary. 197 p.
 23. OECD. 1982. *Eutrophication of Waters. Monitoring, Assessment and Control*, OECD, Paris.
 24. Philips E. J. 2002. Algae and eutrophication. In: Bitton G, editor. *Encyclopedia of environmental microbiology*. New York: JohnWiley and Sons Inc.
 25. Piceno Y. M. and Lovell C. R. 2000. Stability in natural bacterial communities: I. nutrient addition effects on rhizosphere

