اکولوژی دمایی فصلی سنبل آبی (*Eichhornia crassipes*) با استفاده از دمای سطح زمین مطالعه موردی: شهر چمخاله استان گیلان

ثمر مرتضوی[1*]
زینب حسین نژاد [2]
عابد قاسم نژاد [3]
حمزه آراسته[4]

۱. دانشیار، گروه محیطزیست، دانشکده منابع طبیعی و محیطزیست دانشگاه ملایر
۲. دانشجوی دکتری، گروه محیطزیست، دانشکده منابع طبیعی و محیطزیست، دانشگاه ملایر
۳. دانشجوی دکتری، گروه کشاورزی اکولوژیک، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی تهران
۴. کارشناس ارشد آمایش محیطزیست، مدرس گروه مهندسی فضای سبز، دانشگاه هرمزگان

*** نویسنده مسئول مکاتبات**
mortazavi.s@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۱۵

این مقاله برگرفته از فعالیت‌های پژوهشی می‌باشد.

چکیده

شناسایی متغیرهای تأثیرگذار بر روی بقاء گیاهان آبزی از مهم‌ترین موضوعات مدیریتی در راستای برنامه‌ریزی‌های حفاظتی است. در بین متغیرهای محیطی دما نقش مهمی دارد اما برداشت اطلاعات دمایی امری هزینه‌بر است. دمای سطح زمین یکی از محصولات پرکاربرد سنجش از دور حرارتی است که در این زمینه می‌تواند مفید عمل کند. این مطالعه با محاسبه میانگین فصلی دمای سطح زمین، نوسان دما در نقاط حضور سنبل آبی (*Eichhornia crassipes*) در طی سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ در شهر چمخاله استان گیلان بررسی گردید. دمای سطح زمین با استفاده از روش تابع پلانک در سامانه گوگل ارث انجین محاسبه شد. سپس تمام نمونه‌های برداشت شده از منطقه مطالعاتی بر اساس کاهش عرض جغرافیایی مرتب شدند و روند تغییرات فصلی دما برای هر یک با استفاده از آزمون من_کندال اصلاح شده بررسی شد. قرارگیری نقاط حضور در جزایر حرارتی گرم و سرد نیز برای هر فصل در سطح معنی‌داری ۹۹ درصد با استفاده از آزمون Getis-Ord Gi انجام شد. نتایج نشان داد دمای سطح در مناطق حضور سنبل آبی در فصل زمستان بین ۲۷۱/۹۷ تا ۲۷۱/۱۱ کلوین و در تابستان بین ۲۹۳/۴۶ تا ۳۰۴/۶۸ کلوین متغیر است. این افزایش دما می‌تواند به افزایش تراکم برگ و آوندها گونه در این فصل کمک کند. افزایش معنی‌دار دما در مناطق جنوبی محدوده مطالعاتی (بویژه تابستان و پاییز) مشاهده شد، در حالی که نوسان دمایی سالانه در زیستگاه‌های فعلی گونه محدود بود. تحلیل روند کاهش عرض جغرافیایی، افزایش دما را در تمام فصول تأیید کرد. جزایر حرارتی شهری و ورود پساب‌های کشاورزی به عنوان عوامل تشدید کننده رشد سنبل آبی شناسایی شدند. این مطالعه نشان می‌دهد سنبل آبی در مناطق گرم‌تر جنوبی با دمای بهینه ۲۸–۳۵ درجه سانتی‌گراد، پتانسیل گسترش بیشتری دارد، در حالی که دمای زیر ۱۰ درجه سانتی‌گراد در زمستان، بقای آن را محدود می کند.

واژگان کلیدی: دمای سطح زمین، سنبل آبی، روند تغییرات، اکوسیستم رودخانه.

مقدمه

اقلیم یکی از اصلی‌ترین عوامل ایجاد تنوع و انتشار گونه‌های گیاهی است که بر ویژگی‌های کارکردی و فنولوژی آن‌ها تأثیرگذار است (خواجوی نسب و همکاران، ۱۴۰۰). دما به عنوان یکی از پارامترهای فیزیکی آب نقش مهمی در حیات آبزیان دارد (Beitinger *et al.*, 2011؛ Brett and Groves, 1979). دمای آب‌های جاری معمولاً بر اساس فصل در طول شبانه روز همچنین بین مناطق مختلف به دلیل نوع اقلیم، ارتفاع، وسعت پوشش گیاهی حاشیه رودخانه و میزان ورودی آب زیرزمینی تغییر می‌کند (محمدی و همکاران، ۱۳۹۷).

دمای محیط به عنوان یک عامل کلیدی در تعیین محدوده پراکنش، رشد و بقای گونه‌های گیاهی آبزی از جمله سنبل آبی (*Eichhornia crassipes*) عمل می‌کند. این گیاه گرمادوست بومی مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری آفریقاست و به دمای بالا (۲۵ تا ۳۵ درجه سانتیگراد) برای جوانه‌زنی، رشد رویشی و گل‌دهی وابسته است (Villamagna and Murphy, 2010; Malik, 2007). مطالعات نشان می‌دهند افزایش دما تا حد بهینه (۳۰ درجه سانتیگراد) سرعت تقسیم سلولی، تولید زیست توده و تکثیر غیرجنسی از طریق استولون‌ها را افزایش می‌دهد. در مقابل، کاهش دما به زیر ۱۰ درجه سانتی‌گراد باعث توقف رشد، زردی برگ‌ها و نهایتاً مرگ گیاه می‌شود (Gopal, 1987). این حساسیت دمایی، سنبل آبی را به یک گونه شاخص برای ردیابی اثرات تغییرات اقلیمی تبدیل کرده است.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2025-06-16]

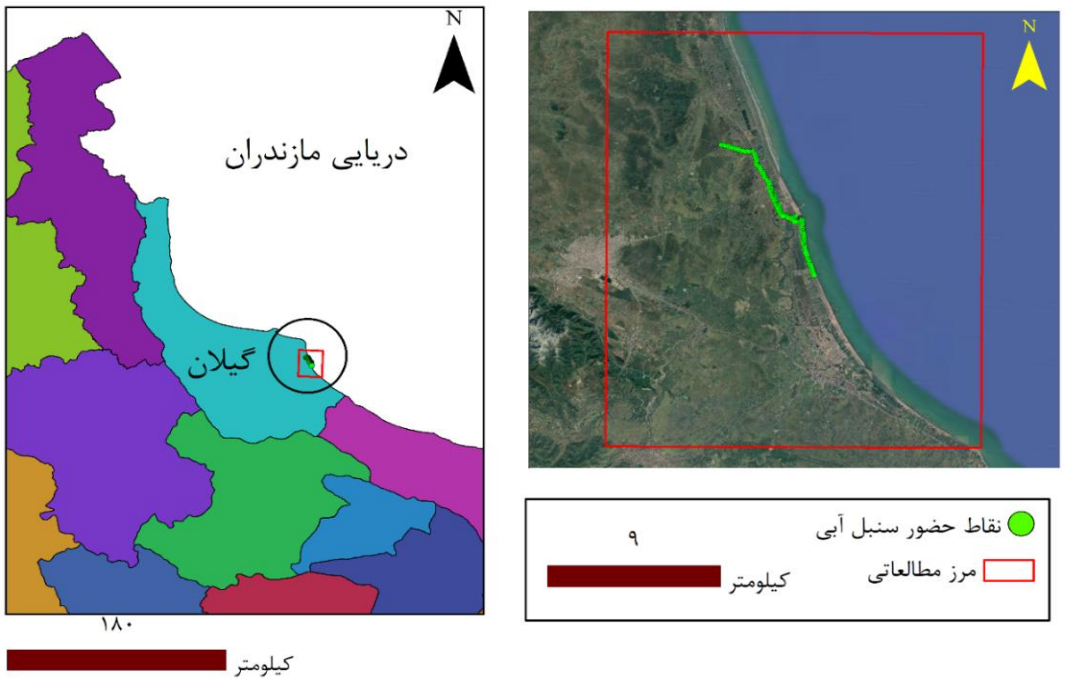
اطلاعات ماهواره‌ای در تئوری، بر خلأ اطلاعاتی در مناطق مرتفع غلبه کرده است. سرعت برداشت داده‌ها، تناوب و تکرار در برداشت و پوشش محدوده وسیع، منجر شده که بتوان اطلاعات بسیاری زیادی را از تصاویر ماهواره‌ای استخراج و استفاده کرد که یکی از آن‌ها دمای سطح زمین (LST) است. LST یک عنصر پویای کلیدی سطح زمین است که به آگاهی از بالانس انرژی، تأثیر بر اقلیم منطقه‌ای، آب‌های سطحی، زیرزمینی، فنولوژی پوشش گیاهی، سلامت انسان، نقاط داغ دمایی و ویژگی‌های کاربری اراضی (Rani and Mal, 2022) و همچنین تخمین برخی از پارامترهای جوی (Dech and Kuenzer, 2013; Singh *et al*., 2020; Prakash *et al*., 2019; Hereher, 2019) ، در مناطق کوهستانی که کمبود داده وجود دارد کمک می‌کند (Dech and Kuenzer, 2013) از جمله آن‌ها می‌توان به دما اشاره کرد. نوسان دما می‌تواند بر روی اندازه دانه نیز مؤثر باشد. در مطالعه‌ی، نتایج نشان داد که نوسان دما می‌تواند بر روی وزن دانه *P. pectinatus* مؤثر باشد. نوسان‌های فصلی دما ازجمله پارامترهای مهمی است که بر روی زمان جوانه‌زنی گونه‌ها مؤثر است و گونه‌ها در مناطق مختلف پاسخ‌های مختلفی به نوسان دما خواهند داد (Liu *et al*., 2019). از طرفی تغییرات دما می‌تواند به عنوان یک محرک بر روی فعالیت‌های آوندی در نظر گرفته شود.

تالاب‌ها از بوم‌سازگان‌های بسیار آسیب‌پذیر در بین اکوسیستم‌های آبی روی کره زمین هستند. ازدیاد جمعیت گیاهان مهاجم آبزی خصوصاً شناروهای آزاد، آسیب‌های جبران‌ناپذیری به این اکوسیستم‌های آسیب‌پذیر وارد می‌نماید (زرکامی و همکاران، ۱۴۰۰). توسعه گونه‌های مهاجم به یک منطقه شامل ۳ مرحله است ۱) ورود ۲) توسعه سریع و ۳) تثبیت (Williams and Grosholz, 2008). جهت ورود یک‌گونه به مناطق جدید ابتدا باید اندام‌های تولیدی مثلی گیاه وارد منطقه شوند و در مرحله بعد شرایط منطقه با ویژگی‌های گونه سازگار باشد. در این ارتباط وجود آشیان‌های اکولوژیک خالی، تنوع گیاهی کمتر و شرایط آب و هوایی مناسب‌تر، از مهم‌ترین عوامل موفقیت محسوب می‌شوند (مدنی و روانبخش، ۱۳۹۷). بوم‌سازگان‌های آبی در شمال کشور با مشکلات زیادی روبه‌رو هستند. از جمله این تهدیدها می‌توان به هجوم برخی گونه‌های مهاجم آبزی شناور مانند سرخس آبی آزولا (*Azolla filiculoides, Lam*) در تالاب انزلی و سنبل آبی (*Eichhornia crassipes*) اشاره کرد (زرکامی و سحرخیز، ۱۳۹۹). سنبل آبی از گیاهان آبزی بومی کشورهای آفریقای جنوبی است. برگ‌های آن ضخیم، براق و تخم‌مرغی شکل است با اندازه ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر که در سطح آب شناور می‌ماند. رنگ گل‌ها طیفی از رنگ‌های بنفش، ارغوانی و صورتی است که بر روی یک گلبرگ رنگ زرد نیز دارند (مدنی و روانبخش، ۱۳۹۷). در برخی از مطالعات اشاره شده که سنبل آبی یک گیاه امیدوارکننده به عنوان یک پالایشگر برای جذب فلزات سنگین در فاضلاب‌ها است (اسراری و عواطفی‌نژاد، ۱۳۹۴). مطالعات فراوانی پیرامون بررسی زیستگاه این گونه در داخل و خارج از کشور انجام گرفته است. بر پایه مطالعه‌ای که توسط Kriticos و Brune (۲۰۱۶) پیرامون بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر روی این گونه مهاجم با استفاده از پکیج CLIMEX و سناریوهای تغییر اقلیم انجام گرفت، مشخص شد در سناریوهای تغییر اقلیم آینده، بسیاری از کشورها ازجمله آلبانی، بوسنی و هرزگوین، فرانسه، یونان، ایتالیا، کرواسی، اردن، مونتنگرو، پرتغال، یونان، اسپانیا، ترکیه و تونس در معرض تهدید سنبل آبی قرار دارد. در مطالعه دیگر توسط Cordeiro و همکاران (۲۰۲۰) گستره انتشار جهانی و تهدیدهای سنبل آبی برای بوم‌سازگان‌های آبی مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه توزیع گونه با استفاده از مدل آنتروپی بیشینه (MaxEnt) و متغیرهای زیست‌اقلیمی و انسانی انجام گرفت. بر اساس نتایج، فاصله از شهرها مهم‌ترین متغیر مؤثر بر روی توزیع سنبل آبی هستند و این به معنای آسیب‌پذیری محیط‌های آبی در مناطق شهری نسبت به حضور این‌گونه است. با این حال هیچ کدام از مطالعات مذکور به پایش پویایی دمای در سطح زیستگاه گونه نپرداخته است. این در حالی است که مطالعه دما به عنوان یک متغیر پویای زیستگاه بسیار بااهمیت است (Rodrı´guez-Rey *et al*., 2019). از این رو هدف این مطالعه بررسی تغییرات فصلی دما و همچنین روند تغییرات آن در مناطق حضور سنبل آبی است.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2025-06-16]

مواد و روش‌ها

این مطالعه در بخش‌های شمال شرقی استان گیلان و در مجاورت شهر چمخاله انجام گرفت. نقاط حضور سنبل آبی به‌صورت تصادفی در ۲ بازدید میدانی در ماه‌های بهمن و اردیبهشت در طی سال های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ و پایش رودخانه رادار کومه به‌طرف چاف، رادار کومه به طرف دریای چمخاله و نوار ساحلی رودسر به سمت شلمان رود به‌دست آمد. بازدیدهای میدانی در دو طرف رودخانه‌ها انجام گرفت و مناطق مشاهده گونه با استفاده از سامانه موقعیت‌یاب جهانی ثبت گردید. درمجموع تعداد ۱۲۰ نقطه حضور برای این گونه ثبت شد. متوسط فاصله بین نقاط حضور نیز به نحوی تنظیم گردید که از قدرت تفکیک مکانی مطالعه یعنی ۳۰ متر کمتر نباشد.



شکل۱: موقعیت نقاط حضور و محدوده منطقه مطالعاتی(سمت چپ: موقعیت محدوده موردمطالعه در استان گیلان؛ سمت راست: موقعیت نقاط نمونه‌برداری و مرز مطالعاتی)

در این مطالعه سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۸ به روش جسم تیره در محیط سامانه ابری گوگل ارث انجین انجام گرفت. ماهواره لندست ۸ از ماهواره‌های لندست می‌باشد که در تاریخ ۱۱ فوریه سال ۲۰۱۳ با همکاری ناسا و سازمان زمین‌شناسی ایالات‌متحده امریکا(USGS) به فضا پرتاب شد. این ماهواره دارای یک سنجنده تصویربردار عملیاتی زمین (OLI) و یک سنجنده مادون‌قرمز حرارتی به نام TIRS می‌باشد این دو سنجنده به ترتیب اطلاعات تصویری نه باند موج‌کوتاه و دو باند حرارتی را جمع‌آوری می‌کنند به این منظور موقعیت محدوده مورد مطالعه در سامانه مشخص گردید و سپس تصاویر ماهواره لندست ۸ برحسب فصل‌های میلادی در طی زمستان تا پاییز (زمستان، بهار، تابستان و پاییز)۲۰۲۱ تهیه شدند. سپس آن دسته از تصاویر که دارای پوشش ابر بودند از تحلیل حذف و با باقی‌مانده تصاویر دمای سطح زمین محاسبه شد(Zhai et al., 2022). برای تهیه نقشه دمای سطح به روش تابع پلانک، مقدار انعکاسی برای باندهای چند طیفی، سپس رادیانس و دمای درخشندگی برای باندای حرارتی محاسبه شد. سپس میزان گسیلمندی محاسبه گردید. محاسبه انعکاس حد بالای اتمسفر برای باندهای چند طیفی با استفاده از مقادیر گین و آفست انجام شد. تمام داده‌های مولتی باند در مقدار عددی ۰/۰۰۰۰۲ ضرب و با مقدار ۰/۱ جمع شدند تا مقدار انعکاس TOA محاسبه شود (Jiménez-Muñoz *et al*., 2014 ؛ انجم شعاع و همکاران، ۱۴۰۰). همچنین لازم است مقدار پوشش گیاهی با استفاده از شاخص NDVI و داده ها TOA محاسبه شود. مقدار شاخص NDVI استخراج

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2025-06-16]

گردید. با استفاده از این شاخص امکان محاسبه توان تشعشعی مواد مختلف خاک در محدوده ۱۰ تا ۱۲ میکرومتر فراهم می‌شود. در این مطالعه از باند ۱۰ ماهواره لندست ۸ برای استخراج دمای سطح استفاده شد زیرا به نسبت باند ۱۱ سیگنال کمتری دارد و به مقدار عددی ۹/۶۶ که بیشترین مقدار بازتاب از سطح زمین است نزدیک است (۳). از طرف دیگر استفاده از دمای سطح تک باندی به‌جای چند باندی توصیه شده است. سپس محاسبه درخشندگی بر روی رادیانس محاسبه و بر معکوس تابع پلانک در معادله‌های دمای سطح زمین (۱) و (۲) محاسبه گردید.

معادله (۱):

$$Ts = \frac{BT}{\left\{1 + \left[\frac{\lambda . BT}{\rho}\right] Ln\epsilon\right\}}$$

معادله (۲):

$$\rho(h * c/a) = 1.438.10^{-2}$$

در معادله‌های (۱) و (۲)، Ts برابر دمای سطح زمین‌بر حسب کلوین، BT برابر دمای درخشندگی، ϵ مقدار گسیلمندی، ρ مقدار ثابت عددی و λ نیز برابر طول‌موج است. با فراخوانی LST دمای سطح زمین بر حسب کلوین محاسبه می‌گردد. علاوه بر تغییرات مکانی دما در سطح مناطق حضور گونه، نمودار فراوانی تجمعی نیز به تفکیک فصول مورد استفاده قرار گرفت تا نوسان تغییرات دما به‌خوبی نمایش داده شود. این نمودارها در محیط R.4.0.0 تهیه و خروجی گرفته شدند.

شناسایی جزایر حرارتی فصلی با استفاده از آماره گتیس-جی-آردی انجام گرفت (Mokhtari *et al*., 2022). این تحلیل توزیع مقادیر یک پدیده را بر اساس مقادیر موجود آن پدیده در همسایگی بررسی و روندهای دارای تغییر افزایشی و کاهشی را به عنوان لکه داغ و لکه سرد شناسایی می‌کند. اگر عارضه‌ای مقادیر بالا داشته باشد جالب و مهم است ولی ممکن است به‌تنهایی یک عارضه معنادار نباشد. برای این‌که یک عارضه لکه داغ تلقی شود و از نظر آماری نیز معنادار باشد، باید هم آن عارضه و هم عوارضی که در همسایگی آن قرار دارند دارای مقادیر بالا باشند. جمع محلی یک عارضه و همسایگانش به‌طور نسبی با جمع کل عارضه‌ها مقایسه می‌شود. زمانی که جمع محلی به‌صورت غیرمنتظره‌ای از جمع محلی مورد انتظار بیشتر باشد و اختلاف به اندازه‌ی باشد که نتوان آن‌ها را نتیجه تصادف دانست، درنتیجه امتیاز z به دست خواهد آمد. شبکه Fishnet برای محدوده مورد مطالعه تهیه شد. سپس با استفاده از دستور Extract value to point مقادیر دمای اندازه گیری شده در هر پیکسل به شبکه نقاط الحاق گردید و با استفاده از تحلیل Hot Spot Analysis و مدل Getis-Ord Gi تحلیل بر روی شبکه نقاط انجام گرفت. درنهایت ابر نقاط بر اساس ارزش Z به لایه رستری تبدیل گردید و در سطح معنی داری ۹۵ درصد به بالا، لکه های داغ و سرد معنادار شناسایی شدند. این پردازش ها در محیط نرم‌افزار ArcGIS 10.4.1 انجام گرفت.

تحلیل روند تغییرات دمای سطح متناسب با کاهش عرض جغرافیایی، با کمک آزمون من-کندال انجام گرفت. برای انجام این کار ابتدا تمام مناطق حضور گونه بر اساس عرض جغرافیایی مرتب و سپس با استفاده از دستور Extract value to point مقادیر به ازای نقاط در نرم‌افزار ArcGIS10.4.1 استخراج گردید. آزمون ناپارامتری من-کندال که توسط من (Man) و کندال (Kendall) ارایه شد، بر پایه رتبه داده‌ها در یک سری زمانی استوار است. این آزمون برای بررسی عدم وجود روند در مقابل وجود روند در سری زمانی هیدرولوژیکی و هواشناسی مورد استفاده قرار می‌گیرد (مدرسی و همکاران، ۱۳۸۹). مزیت این آزمون نسبت به سایر آزمون‌های تحلیل روند، استفاده از رتبه داده‌ها در سری زمانی بدون در نظر داشتن مقدار متغیرهاست، که به دلیل وجود چنین خاصیتی، می‌توان از این آزمون برای داده‌های دارای چولگی استفاده کرد (Turgay and Ercan, 2005). در این آزمون اگر X1,X2,……Xn مشاهدات مورد نظر باشند، آنگاه رابطه ۳ و ۴ را داریم.

درواقع در این آزمون هر داده با تمامی داده‌های پس از خود مقایسه می‌شود. در این مرحله می‌توان به جای استفاده از مقادیر اصلی داده‌ها در مجموعه مورد نظر (سری زمانی) استفاده کرد و مرتبه‌ها را با همین روش مقایسه نمود روابط (۵) و (۶).

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2025-06-16]

در رابطه بالا n: تعداد داده‌ها، m: تعداد گره‌ها و t: تعداد داده در هر گره است. منظور از گره این است که اگر از یک مقدار داده، بیشتر از یکی وجود داشته باشد، این مقدار مساوی، تشکیل یک گره را می‌دهند و تعداد این مقادیر مساوی در گرهm ام برابر t باشد. آماره این آزمون (Z) دارای توزیع نرمال بوده و از رابطه (۷) به دست می‌آید (Salmi *et al*., 2002).

این آزمون یک آزمون دوطرفه است. بنابراین درصورتی‌که رابطه (۸) باشد، در سطح اطمینان، α فرض صفر پذیرفته می‌شود و در غیر این صورت فرض صفر رد خواهد شد. در حالت رد فرض صفر (وجود روند)، درصورتی‌که S>0 باشد، سری زمانی دارای روندی مثبت (صعودی) و درصورتی‌که S<0 باشد، سری زمانی دارای روندی منفی (نزولی) خواهد بود. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار XLSTAT انجام گرفت.

رابطه (۳):

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^{n} sgn(x_j - x_k)$$

رابطه (۴):

$$sgn(x) = \begin{cases} +1 \;\; if \;\; (x_j - x_k) > 0 \\ 0 \;\;\; if \;\; (x_j - x_k) = 0 \\ -1 \;\; if \;\; (x_j - x_k) < 0 \end{cases}$$

رابطه (۵):

$$E(S)=0$$

رابطه (۶):

$$Var(S) = \frac{n(n-1)(2_n+5) - \sum_{i=1}^{m} t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18}$$

رابطه (۷):

$$Z = \begin{cases} \dfrac{S-1}{\sqrt{Vra(s)}} \;\; if \;\; > 0 \\ 0 \\ \dfrac{S+1}{\sqrt{Vra(s)}} \;\; if \;\; S < 0 \end{cases}$$

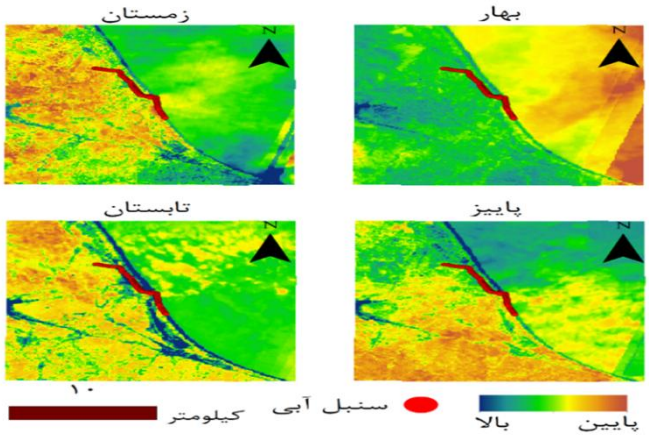
رابطه (۸):

$$|z| \leq z_{a/2}$$

نتایج

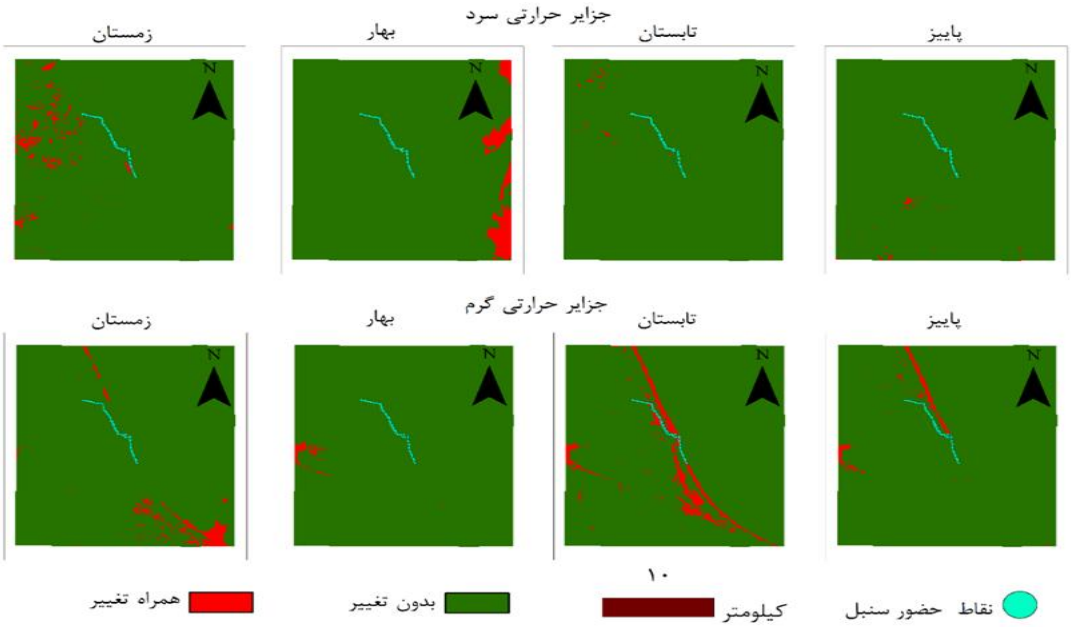
شکل (۲) LST محاسبه‌شده را به تفکیک فصول مختلف سال نمایش می‌دهد. در این اشکال رنگ آبی به مناطقی با دمای بالا و رنگ قهوه ای به مناطقی با دمای پایین اشاره دارد. نقاط قرمز رنگ موقعیت سنبل آبی را نمایش داده است. همان طور که از تصاویر مشخص شده است، نوسان دما در بخش خشکی منطقه مورد مطالعه، دارای الگوهای متفاوتی است. به‌طور مثال در فصل زمستان بخش‌های غربی مرز مطالعاتی دمای کمتری به نسبت فصل بهار دارند و در فصل تابستان دما در اکثر بخش‌های جنوب، شرق، مرکز و غرب خشکی‌ها افزایش پیدا کرده است.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2025-06-16]



شکل۲: میانگین دمای سطح محاسبه‌شده برای فصول مختلف سال

در شکل (۳) سطوح دارای تغییرات افزایشی و کاهشی در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد به بالا نمایش داده شده است. همان طور که در این اشکال مشخص است دمای سطح زمین در فصل‌های زمستان، بهار، تابستان و پاییز روند کاهشی در مناطق حضور سنبل آبی نداشته است اما در روندهای افزایشی در فصل تابستان و پاییز دمای سطح در زیستگاه‌های جنوبی در پوشش لکه‌های داغ حرارتی قرار دارد.



شکل۳: موقعیت مناطق حضور نسبت به جزایر سرد و گرم حرارتی.

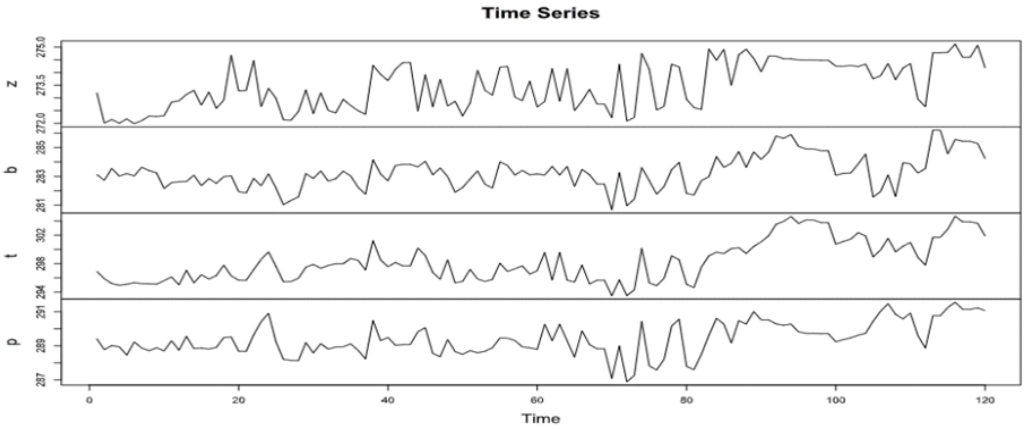
جدول (۱) اطلاعات دمای سطح اندازه‌گیری شده در سطح نمونه‌ها را نمایش می‌دهد. بر اساس این یافته‌ها حداقل دما در سطح نقاط حضور در فصل زمستان برابر ۲۷۱/۹۷ کلوین و حداکثر آن برابر ۲۷۵/۱۱ کلوین است. این مقدار برای فصل تابستان بین ۲۹۳/۴۶ تا ۳۰۴/۶۸ کلوین اندازه‌گیری شده است. بنابراین، در فصل تابستان بیشترین و در زمستان کم‌ترین نوسان دما مشاهده شده است.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2025-06-16]

جدول۱: پارامترهای آماری اندازه‌گیری شده برای LST به تفکیک فصول مورد بررسی

آماره	زمستان	بهار	تابستان	پاییز
تعداد مشاهده	۱۲۰	۱۲۰	۱۲۰	۱۲۰
حداقل	۲۷۱/۹۷	۲۸۰/۶۷	۲۹۳/۴۶	۲۸۶/۸۸
حداکثر	۲۷۵/۱۱	۲۸۶/۲۱	۳۰۴/۶۸	۲۹۱/۵۵
دامنه	۳/۱۳	۳/۵۳	۱۱/۲۱	۴/۶۷
میانه	۲۷۳/۳۰	۲۸۳/۱۶	۲۹۷/۷۱	۲۸۹/۲۶
میانگین	۲۷۳/۴۷	۲۸۳/۲۸	۲۹۸/۲۸	۲۸۹/۳۹
واریانس	۰/۸۴۱	۱/۲۷۶	۸/۱۵	۰/۹۴۲

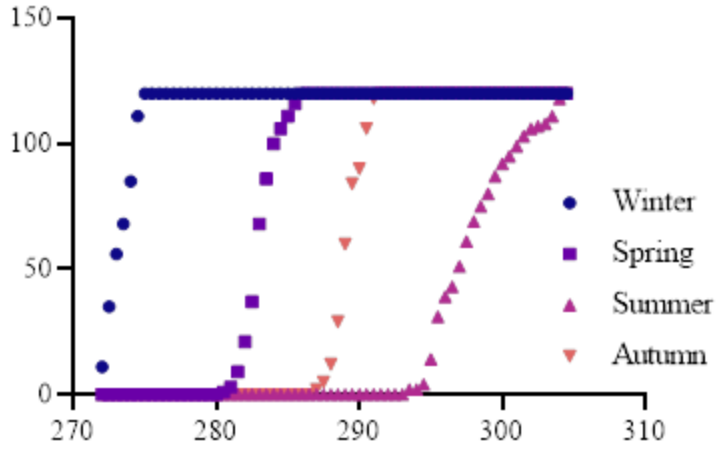
شکل (۴) نوسان LST را در مناطق حضور سنبل آبی نمایش می‌دهد. بر اساس این با کاهش عرض جغرافیایی، بر دمای سطح زمین در نقاط حضور گونه افزوده می‌شود. مقدار افزایش بر دما تقریباً الگوی منظمی دارد. دو قله الگوی کلی در روندهای افزایش دما مشاهده می‌شود که یکی از نمونه‌های اول تا ۷۰ و دیگری از این مقدار به بعد است.



شکل۴: نمودار سری زمانی تغییرات LST بر اساس کاهش عرض جغرافیایی (P = پاییز؛ T = تابستان؛ B = بهار و Z = زمستان).

شکل (۵) نمودار فراوانی تجمعی دما سطح زمین را برحسب لوکالیتی‌های مورد نظر نمایش می‌دهد. بر اساس این یافته‌ها از میان فصول مورد بررسی LST در فصل زمستان به نسب سایر فصول دمای پایین‌تری داشته است. یافته‌ها نشان می‌دهد که لوکالیتی‌ها در فصل تابستان افزایش دما را به نسبت سایر فصول بیشتر داشته است.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2025-06-16]



شکل۵: فراوانی تجمعی LST به تفکیک فصول مختلف سال در نقاط حضور سنبل آبی.

شیب خط سنس یک روش ناپارامتری برای تخمین روند تغییرات در یک سری داده‌ها است که میانه شیب‌های بین تمام جفت نقاط داده را محاسبه می‌کند. به عبارت دیگر، این روش نشان می‌دهد که به‌طور متوسط، داده‌ها با چه سرعتی در طول زمان افزایش یا کاهش می‌یابند. در این مطالعه، شیب خط سنس برای بررسی روند تغییرات دمای سطح زمین (LST) استفاده شد و جدول زیر نتایج حاصل از تحلیل دمای سطح را به ازای نقاط نمونه نمایش می‌دهد. بر اساس یافته‌ها با کاهش عرض جغرافیایی، دمای سطح زمین در مناطق حضور سنبل آبی افزایش می‌یابد و این افزایش در تمام فصل‌های سال به‌صورت معنی‌دار است. هرچند شیب خط سنس برای تمام فصول روند افزایشی را نمایش می‌دهد، اما شدت افزایش با توجه به مقدار شیب خط زیاد نیست و بالاترین تفاوت در توزیع دما در فصل تابستان مشاهده شده است.

جدول۲: نتایج حاصل از تحلیل آزمون من-کندال اصلاح‌شده.

فصل‌ها	سطح معناداری	شیب خط سنس	*P-Value*
زمستان	۹۵	۰/۰۱۶	<۰/۰۰۰۱
بهار	۹۵	۰/۰۱۵	<۰/۰۰۴
تابستان	۹۵	۰/۰۵۵	< ۰/۰۰۱
پاییز	۹۵	۰/۰۱۴	< ۰/۰۰

بحث و نتیجه‌گیری

داده‌های دمای سطح زمین (LST) با ارایه اطلاعات دقیق و گسترده، ابزاری کارآمد در پایش تغییرات دمایی زیستگاه‌ها محسوب می‌شوند. این داده‌ها با حذف خطاهای ناشی از نمونه‌برداری مستقیم در مناطق وسیع، امکان تحلیل الگوهای دمایی را با دقت بالایی فراهم می‌کنند. مطالعات پیشین نشان می‌دهند که LST اختلافی در حدود ۱ تا ۲ درجه کلوین با دمای هوا دارد (Wan, 2014; Duan *et al.*, 2018)، از این رو به عنوان شاخصی قابل اعتماد در ارزیابی شرایط حرارتی کاربرد دارد. در پژوهش حاضر، با بهره‌گیری از LST، نوسانات دمایی مناطق حضور سنبل آبی (*Eichhornia crassipes*) در بازه‌های زمانی مختلف بررسی شد. یافته‌ها حاکی از آن است که مناطق مستقر این گونه در طول سال از نوسانات حرارتی چشمگیری برخوردار نیستند، هرچند در فصل تابستان افزایش دمای معنی‌داری در مناطق جنوبی محدوده مورد مطالعه ثبت شد. اما ازآنجایی‌که مناطق حضور سنبل آبی نوسان‌های افزایش و کاهشی را در طول یک سال هم‌زمان تجربه نکرده است لذا می‌توان اذعان کرد که رژیم‌های ناهم‌زمان فصلی (Seasonally asynchronous climate change regimes) در محدوده مورد مطالعه برای گونه مشاهده نشده است. البته این روند با کاهش عرض جغرافیایی در آزمون من-کندال نیز تأیید گردید و با نتایج

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2025-06-16]

پژوهش‌های Senner و همکاران (۲۰۱۸)، زرکامی و همکاران (۱۴۰۰)، Li و همکاران (۲۰۲۴) همسوست. بویژه، مدل‌سازی Li و همکاران (۲۰۲۴) تحت سناریوی RCP8.5 پیش‌بینی می‌کند که تا سال ۲۰۵۰ مرز شمالی پراکنش سنبل آبی در نیمکره شمالی تا ۱۵۰ کیلومتر به سمت استوا جابه‌جا خواهد شد. این جابه‌جایی ناشی از افزایش دما، کاهش طول دوره یخبندان و فراهم شدن شرایط برای کلنی‌سازی گونه در رودخانه‌های کم‌عمق جنوبی است.

بررسی‌ها نشان می‌دهد دمای آب به‌عنوان عامل کلیدی در رشد سنبل آبی عمل می‌کند. بر اساس مطالعات، رشد این گیاه در دمای کمتر از ۱۰ یا بیشتر از ۴۵ درجه سانتی‌گراد متوقف می‌شود (میرزاجانی و همکاران، ۱۳۹۸؛ Duke, 1983)، در حالی که دمای بهینه برای رشد آن ۲۸ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است (Haller and Sutton, 1973; Kasselmann, 1967). در محدوده مورد مطالعه، دمای زمستانه (۱- تا ۲ درجه سانتی‌گراد) پایین‌تر از آستانه فعالیت زیستی گونه است، اما سازوکار بقای دانه‌ها در این شرایط (Madsen and Owens, 1995) توضیح‌دهنده تداوم جمعیت در فصل گرم است (عاشوری، ۱۳۹۴). تحمل چنین نوسان دمایی بی‌شک می‌تواند بر روی افزایش گستره انتشار سنبل آبی مؤثر عمل کرده و در پاسخ گونه به شوک‌های حرارتی نیز مؤثر باشد. چراکه در مطالعه Amano و همکاران (۲۰۱۲) بر روی دو گونه Potamogeton نیز این شرایط مشاهده شد. از سوی دیگر، مطالعه‌ای که توسط زرکامی و همکاران (۱۴۰۰) بر روی این‌گونه انجام گرفت نشان داد که افزایش دمای آب نقشی پررنگ در تکثیر گونه داشته است. این احتمال برای بخش‌های جنوبی محدوده مورد مطالعه یعنی در نوار ساحلی رودسر – شلمان رود قابل پیش‌بینی است. یافته‌ها حاکی از آن هستند که در فصل زمستان بیشترین کاهش دما در مناطق حضور گونه مشاهده‌شده است (شکل ۲). در حالی که بالاترین دماها مربوط به فصل تابستان است. این تغییرات فصلی دما تأثیرات مهمی بر رشد، تکثیر و توزیع گونه دارد. مطالعات پیشین نظیر Paul و همکاران (۲۰۰۹)، Anacker و Strauss (۲۰۱۴)، Brown (۱۹۹۴)، Barga و همکاران (۲۰۱۸) نیز تأیید کرده‌اند که تغییرات دمایی، بویژه در عرض‌های جغرافیایی بالاتر، عامل مهمی در محدود کردن پراکنش گونه‌هایی بوده است که توسط مطالعات انجام گرفته بر روی سایر گونه‌ها نیز گزارش‌شده است. یافته‌های اخیر Guo و همکاران (۲۰۲۳) نشان داد که کاهش دما به زیر ۵ درجه سانتی‌گراد در زمستان، بقای ریزوم‌های سنبل آبی را مختل کرده و بازگشت جمعیت در بهار را کاهش می‌دهد. این موضوع می‌تواند توضیحی برای غیبت سنبل آبی در مناطق با زمستان‌های سخت‌تر، مانند شمال ایران، ارایه دهد. علاوه بر این پایش جزایر حرارتی در مناطق شرقی و غربی شهر چمخاله نشان داد که دمای تابستانه در مجاورت مناطق شهری به‌طور معنی‌داری بالاتر است. این پدیده نه تنها ناشی از اثر جزیره گرمایی شهری است بلکه با ورود رواناب‌های غنی از مواد مغذی (نیتروژن و فسفر) و آلودگی‌های حرارتی مرتبط است (Hayes *et al*., 2022; Salman *et al*., 2021). Wang و همکاران (۲۰۲۲) گزارش می‌کنند که دمای آب در مناطق شهری به‌طور متوسط ۲/۳ درجه سانتی‌گراد بالاتر از مناطق روستایی است و این اختلاف دما می‌تواند تراکم سنبل آبی را تا ۴۰ درصد افزایش دهد. از این رو، ترکیب آلودگی‌های شیمیایی و حرارتی ناشی از فعالیت‌های انسانی می‌تواند به افزایش تصاعدی جمعیت این گونه در حاشیه شهرها بینجامد. همچنین، افزایش دما متابولیسم گیاه را تسریع کرده و با کاهش اکسیژن محلول در آب، فشار مضاعفی بر اکوسیستم‌های آبی وارد می‌کند (یوسفی و همکاران، ۱۳۹۰). پژوهش تازه Omondi و همکاران (۲۰۲۳) نشان داد که افزایش دما تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی (مانند کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز) در سنبل آبی را تحریک کرده و تحمل گیاه به استرس ناشی از فلزات سنگین را افزایش می‌دهد. این مکانیسم توضیحی برای انطباق جمعیت‌های سنبل آبی با محیط‌های آلوده ارایه می‌دهد. در این میان وجود زمین‌های کشاورزی در حاشیه رودخانه‌های این منطقه مطالعاتی نیز، در رهاسازی کودهای شیمیایی و فراهم کردن بسترهای مساعد برای رویش گیاه بی‌تأثیر نیستند و باید مورد توجه قرار گیرند.

اگرچه این مطالعه نشان داد رژیم‌های ناهم‌زمان تغییرات اقلیمی در محدوده مورد مطالعه وجود ندارد، اما تنوع گزارش‌ها درباره تحمل دمایی گونه (از مقاومت در برابر نوسانات تا حساسیت به دمای پایین) نیاز به پژوهش‌های دقیق‌تر در مقیاس میکروکلیمایی را آشکار می‌سازد. از جمله محدودیت‌های این پژوهش، عدم بررسی همزمان پارامترهای کیفی آب (مانند غلظت نیترات و فسفات) در کنار LST است. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی، تأثیر توأمان دما و آلودگی‌های شیمیایی بر رشد سنبل آبی با استفاده از سنجش از دور چند طیفی بررسی شود.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2025-06-16]

همچنین، شناسایی دقیق جزایر حرارتی و مدیریت ورود پساب‌های کشاورزی/شهری به رودخانه‌ها، به‌عنوان راهکاری کلیدی در کنترل گسترش این گونه مهاجم پیشنهاد می‌گردد. به عنوان مثال، Rahman و همکاران (۲۰۲۴) با استفاده از سامانه‌های هوشمند سنجش دما موفق شدند زمان طغیان سنبل آبی را در بنگلادش پیش‌بینی کرده و مداخلات مدیریت مکانیکی را در بازه‌های دمایی بهینه (زیر ۲۰ درجه سانتی‌گراد) متمرکز کنند که منجر به کاهش ۶۰ درصدی هزینه‌های مدیریتی شد.

استفاده از داده‌های LST در این پژوهش، کارایی سنجش از دور حرارتی را در پایش زیستگاه‌های گونه‌های کم‌تحرک به‌خوبی نشان داد. این روش با پوشش زمانی–مکانی وسیع، جایگزینی مناسب برای روش‌های پرهزینه میدانی است. یافته‌ها بر لزوم توجه به دو عامل کلیدی تأکید می‌کنند: ۱. تغییرات اقلیمی: افزایش دما و کاهش دوره یخبندان در عرض‌های جغرافیایی جنوبی، زمینه را برای گسترش سنبل آبی فراهم می‌کند. ۲. فعالیت‌های انسانی: جزایر حرارتی شهری و آلودگی‌های ناشی از رواناب‌های کشاورزی، به عنوان کاتالیزوری در تشدید رشد گونه عمل می‌کنند. مدیریت یکپارچه این عوامل، نیازمند همکاری بین‌بخشی در سطوح محلی و ملی است تا از تبدیل شدن سنبل آبی به تهدیدی جدی برای تنوع زیستی اکوسیستم‌های آبی ایران جلوگیری شود.

منابع

اسراری، ا. و عواطفی نژاد، گ.، ۱۳۹۴. بررسی حذف کادمیوم از محیط آبی در فرآیند گیاه‌پالایی توسط سنبل آبی (*Eichhornia crassipes*)،کنفرانس سالانه تحقیقات در مهندسی عمران، معماری و شهرسازی و محیطزیست پایدار، آذرماه ۱۳۹۴، تهران. صفحات ۱۱–۱.

انجم الشعاع، ف.، مروتی، م.، تازه، م. و بهادری امجز، ف.، ۱۴۰۰. بررسی رابطه جزیره حرارتی و با محدوده فضای سبز و آشکارسازی تغییرات آن (مطالعه موردی: شهر کرمان)، فصلنامه جغرافیا و پایداری محیط، ۱۱ (۱۱): صفحات ۱۰۶–۸۳.

زرکامی، ر.، احمدی، م. و عابدینی، علی.، ۱۴۰۰. مدل‌سازی رجحان زیستگاهی گیاه مهاجم سنبل آبی (*Eichhornia crassipes*) در برخی از تالاب‌های استان گیلان، فصلنامه پژوهش‌های گیاهی، ۳۴ (۲): صفحات ۲۸۶–۲۷۵.

زرکامی، ر. و سحرخیز، م.، ۱۳۹۹. بررسی مطلوبیت زیستگاه سرخس آبی (*Azolla filiculoides, Lam*) در برخی اکوسیستم‌های آبی استان گیلان و مازندران با استفاده از مدل خطی تعمیم‌یافته، فصلنامه پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران)، ۳۳ (۴): صفحات ۷۴۹–۷۶۱.

عاشوری، ع.، ۱۳۹۴. شناسایی و بررسی وضعیت سنبل آبی (*Eichhornia crassipes*) در تالاب بین‌المللی انزلی، فصلنامه زیست سپهر، ۱۰(۲): صفحات ۱۴–۲۲.

محمدی، م.، محبوبی صوفیانی، ن.، فرهادیان، ا. و ملک پوری، پ.، ۱۳۹۷. تأثیر سازگاری‌های دمایی مختلف بر میزان متابولیسم ماهی نازک (*Chondrostoma regium*)، فصلنامه پژوهش‌های جانوری، ۳۱ (۱): صفحات ۱۱۸–۱۰۶.

مدرسی، ف.، عراقی نژاد، ش.، ابراهیمی، ک. و خیاط خلقی، م.، ۱۳۸۹. بررسی منطقه‌ای تغییر اقلیمی با استفاده از آزمون آماری مطالعه موردی: حوضه آبریز گرگانرود–قره سو، نشریه آب‌وخاک، ۲۴ (۲): صفحات ۴۸۹–۴۷۶.

مدنی، س. و روان‌بخش، م.، ۱۳۹۷. مروری بر وضعیت گیاه مهاجم، مطالعه مورد پراکنش سنبل آبی در استان گیلان، فصلنامه انسان و محیطزیست، شماره ۴۴، صفحات ۱۳۸–۱۳۰.

میرزاجانی، ع.، نادری، س. و پرانه مقدم، د.، ۱۳۹۸. بررسی پراکنش برخی ویژگی‌های زیستی گیاه مهاجم سنبل آبی (*Eichhornia crassipes*) در تالاب انزلی، فصلنامه زیست‌شناسی گیاهی ایران، ۱۱(۴): صفحات ۶۲–۵۱.

یوسفی، ج.، حبین اله، ی. و احمدی، ز. ۱۳۹۰. تعیین دمای بهینه در جذب زیستی فلزات سنگین از محلول آبی توسط بیوماس آماده‌سازی شده قارچ آسپرژیلوس نیجر، فصلنامه آب و فاضلاب، ۲۲ (۴): صفحات ۴۲–۳۷.

Amano, M., Iida, S. and Kosuge, K., 2012. Comparative studies of thermotolerance: different modes of. Heat acclimation between tolerant and intolerant aquatic plants of the genus Potamogeton. Annals of Botany, 109(2), pp.443-452.

Anacker, B.L. and Strauss, S.Y., 2014. The geography and ecology of plant speciation: range overlap and. niche divergence in sister species. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 281(1778), p.20132980.

Barga, S.C., Dilts, T.E. and Leger, E.A., 2018. Contrasting climate niches among co-occurring subdominant forbs of the sagebrush steppe. Diversity and Distributions, 24(9), pp.1291-1307.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2025-06-16]

Brown, J.H., 1984. On the relationship between abundance and distribution of species. The american naturalist, 124(2), pp.255-279.

Beitinger, T., and Lutterschmidt, W., 2011. Measures of thermal tolerance. Encyclopedia of Fish Physiology: From Genome to Environment. 3, PP: 1695-1702.

Brett, J. R., & Groves, T. D. D., 1979. Physiological energetics. In Fish physiology (Vol. 8, pp. 279-352). Academic press.

Cordeiro, P. F., Goulart, F. F., Macedo, D. R., Campos, M. D. C. S., & Castro, S. R., 2020. Modeling of the potential distribution of Eichhornia crassipes on a global scale: risks and threats to water ecosystems. Revista Ambiente & Água, 15(2), e2421

Duke, J. A., 1983. Handbook of energy crops. Purdue University. Center for new crops & plants products.

Duan, S. B., Li, Z. L., Wu, H., Leng, P., Gao, M., & Wang, C., 2018. Radiance-based validation of land surface temperature products derived from Collection 6 MODIS thermal infrared data. International journal of applied earth observation and geoinformation, 70, 84-92.

Gopal, B., 1987. Water Hyacinth Elsevier. Amsterdam, The Netherlands, 471.

Guo, X., et al., 2023. Winter temperature thresholds regulate the survival of invasive water hyacinth (Eichhornia crassipes): Implications for global range expansion. Ecological Indicators, 148, 110067.

Haller, W. T., & Sutton, D. L. (1973). Effect of pH and high phosphorus concentrations on growth of water hyacinth.

Hayes, A.T., Jandaghian, Z., Lacasse, M.A., Gaur, A., Lu, H., Laouadi, A., Ge, H. and Wang, L., 2022. Nature-Based Solutions (NBSs) to Mitigate Urban Heat Island (UHI) Effects in Canadian Cities. Buildings, 12(7), p.925.

Hereher, M.E., 2019. Estimation of monthly surface air temperatures from MODIS LST time series data: application to the deserts in the Sultanate of Oman. Environmental monitoring and assessment, 191(9), 592.

Jimenez-Munoz, J. C., Sobrino, J. A., Skoković, D., Mattar, C., & Cristobal, J., 2014. Land surface temperature retrieval methods from Landsat-8 thermal infrared sensor data. IEEE Geoscience and remote sensing letters, 11(10), 1840-1843.

Kasselmann, C., 1995. Aquarienpflanzen. E. Ulmer.

Kriticos, D.J. and Brunel, S., 2016. Assessing and managing the current and future pest risk from water hyacinth, (Eichhornia crassipes), an invasive aquatic plant threatening the environment and water security. PloS one, 11(8), p.e0120054.

Kuenzer, C., & Dech, S., 2013. Theoretical background of thermal infrared remote sensing. In Thermal infrared remote sensing: sensors, methods, applications (pp. 1-26). Dordrecht: Springer Netherlands.

Liu, L., Song, H., Shi, K., Liu, B., Zhang, Y., Tang, L., ... & Zhu, Y., 2019. Response of wheat grain quality to low temperature during jointing and booting stages−On the importance of considering canopy temperature. Agricultural and Forest Meteorology, 278, 107658.

Li, Y., et al., 2024. Climate-driven shifts in the global distribution of water hyacinth under future warming scenarios. Journal of Environmental Management, 351, 119876

Mokhtari, Z., Barghjelveh, S., Sayahnia, R., Karami, P., Qureshi, S. and Russo, A., 2022. Spatial pattern of the green heat sink using patch-and network-based analysis: implication for urban temperature alleviation. Sustainable Cities and Society, p.103964.

Malik, A., 2007. Environmental challenge vis a vis opportunity: the case of water hyacinth. Environment international, 33(1), 122-138.

Owens, C.S. and Madsen, J.D., 1995. Low temperature limits of waterhyacinth. Journal of Aquatic Plant Management, 33, pp.63-68.

Omondi, S.O., et al., 2023. Thermal adaptation enhances heavy metal phytoremediation potential of water hyacinth. Environmental Pollution, 334, 122163.

Paul, J.R., Morton, C., Taylor, C.M. and Tonsor, S.J., 2009. Evolutionary time for dispersal limits the extent but not the occupancy of species potential ranges in the tropical plant genus Psychotria (Rubiaceae). The American Naturalist, 173(2), pp.188-199.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2025-06-16]

Prakash, S., Shati, F., Norouzi, H. & Blake, R., 2019. Observed differences between near-surface air and skin temperatures using satellite and ground-based data. Theoretical and Applied Climatology, 137(1), 587-600.

Rani, S. & Mal, S., 2022. Trends in land surface temperature and its drivers over the High Mountain Asia. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science.

Rodríguez-Rey, M., Consuegra, S., Börger, L. and Garcia de Leaniz, C., 2019. Improving Species Distribution Modelling of freshwater invasive species for management applications. PLoS One, 14(6), p.e0217896.

Rahman, M.M., et al., 2024. IoT-based real-time temperature monitoring for precision control of water hyacinth in wetland ecosystems. Ecological Engineering, 200, 107215.

Salmi, T.; Määttä, A., Anttila, P., Ruoho-Airola, T. and Amnell, T., 2002. Detecting Trends of Annual Values of Atmospheric Pollutants by the Mann-Kendall Test and Sen’s Slope Estimates -The Excel Template Application Makesens. Finnish Meteorological Institute, Air Quality Research, Helsinki, Finland, 37pp**.**

Salman, A.M. and Saleem, Y.M., 2021. The effect of Urban Heat Island mitigation strategies on outdoor human thermal comfort in the city of Baghdad. Frontiers of Architectural Research, 10(4), pp.838-856.

Senner, N.R., Stager, M. and Cheviron, Z.A., 2018. Spatial and temporal heterogeneity in climate change limits species' dispersal capabilities and adaptive potential. Ecography, 41(9), pp.1428-1440.

Singh, R.P., Paramanik, S., Bhattacharya, B.K. & Behera, M.D., 2020. Modelling of evapotranspiration using land surface energy balance and thermal infrared remote sensing. Tropical Ecology, 61(1), 42-50.

Turgay P. and Ercan, K., 2005. Trend analysis in Turkish precipitation data. Journal of Hydrological processes, 20:2011-2026.

Villamagna, A. M., & Murphy, B. R., 2010. Ecological and socio-economic impacts of invasive water hyacinth (Eichhornia crassipes): a review. Freshwater biology, 55(2).

Wan, Z., 2014. New refinements and validation of the collection-6 MODIS land-surface temperature/emissivity product. Remote sensing of Environment, 140, 36-45.

Williams, S.L. and Grosholz, E.D., 2008. The invasive species challenge in estuarine and coastal environments: marrying management and science. Estuaries and Coasts, 31(1), pp.3-20.

Wang, L., et al., 2022. Urban heat islands as accelerators of aquatic plant invasions: A case study of water hyacinth in Shanghai. Urban Ecosystems, 25(6), 1893-1905.

Zhai, Y., Roy, D. P., Martins, V. S., Zhang, H. K., Yan, L., & Li, Z., 2022. Conterminous United States Landsat-8 top of atmosphere and surface reflectance tasseled cap transformation coefficients. Remote Sensing of Environment, 274, 112992.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2025-06-16]

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2025-06-16]

Seasonal Temperature Ecology of Water Hyacinth (*Eichhornia crapes*) Using Earth Surface in Temperature: A case study of Chamkhale City, Guilan Province

Samar Mortazavi[*1]
Zeinab Hosseinnejad[2]
Abed Ghasemnejad[3]
Hamzeh Arasteh4

1. Associate Professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Hamedan, Iran
2. Ph.D. Student, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Hamedan, Iran.
3. Ph.D. Student, Department of Agroecology, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
4. M.Sc. Environmental Planning, Lecturer in Department of Landscape Design Engineering, Hormozgan University, Hormozgan, Iran.

[*]**Corresponding author:**
mortazavi.s@gmail.com
Received date: October/10/2023
Reception date: May/05/2025

Abstract

Identifying influential variables on the survival of aquatic plants is a critical management issue for conservation planning. Among environmental variables, temperature plays a significant role, yet collecting temperature data is costly. Land Surface Temperature (LST), a widely used product of thermal remote sensing, offers a practical solution. This study analyzed seasonal temperature fluctuations in habitats of *Eichhornia crassipes* (water hyacinth) in Chamkhaleh, Gilan Province, Iran, during 2021–2022 using LST derived from the Planck function in Google Earth Engine. Sampling points were sorted by decreasing latitude, and seasonal temperature trends were assessed using the modified Mann-Kendall test. Hot and cold thermal islands were identified at a 99% significance level via the Getis-Ord Gi test. Results indicated LST variations in water hyacinth habitats ranged from 271.97 K to 275.11 K in winter and 293.46 K to 304.68 K in summer. Temperature increases in summer may enhance leaf density and vascular activity. Significant warming was observed in southern regions, particularly in summer and autumn, while annual temperature fluctuations in current habitats remained limited. Decreasing latitude correlated with rising temperatures across all seasons. Urban heat islands and agricultural runoff were identified as key drivers of water hyacinth proliferation. The study highlights the plant's potential for expansion in warmer southern regions (optimal range: 28–35°C), while winter temperatures below 10°C restrict its survival.

Keywords: Earth surface temperature, Water hyacinth, Distribution, Changing Procedure, river ecosystem

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2025-06-16]