

بررسی تغییرات پوشش گیاهی تالاب گاوخونی با استفاده از شاخص رطوبت خاک

چکیده

تالاب گاوخونی در مرکز فلات ایران به‌عنوان یکی از مهم‌ترین اکوسیستم‌های آبی ایران رویشگاه و زیستگاه گونه‌های گیاهی و جانوری بومی می‌باشد. هدف از این پژوهش ارزیابی روند تغییرات تیپ‌های پوشش گیاهی و شاخص رطوبت خاک (Soil Moisture Index) در منطقه تالاب گاوخونی در بازه زمانی ۱۶ ساله بود. تیپ‌های گیاهی از طریق بازدید صحرایی در طی سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۶ مشخص و نقشه آن در نرم‌افزار ArcGIS ۱۰٫۵ ترسیم شد. شاخص رطوبت خاک با استفاده از مفهوم فضای مثلثی بین نمایه گیاهی تفاضل نرمال (NDVI) و دمای سطح زمین (LST) از تصاویر مودیس در بازه زمانی ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۶ تولید گردید. نتایج نمایانگر تعداد ۲۴ تیپ گیاهی در منطقه مورد مطالعه در بازه زمانی ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۶ بود. تیپ گیاهی *Salsola tomentosa-Artemisia sieberi* بیشترین مساحت از کل منطقه مورد مطالعه (۸۹۶۳۰ هکتار) را به خود اختصاص داد. تیپ‌های گیاهی *Astragalus squarosus- Stipagrostis plumosa* و *Astragalus squarosus* کمترین مساحت (۱۵۸ و ۲۹۶ هکتار) را به ترتیب در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۶ به خود اختصاص دادند. نتایج نشان داد که تغییرات اساسی در پوشش گیاهی از سال ۱۳۹۰ به بعد رخ داده‌است که شامل حذف برخی از گونه‌های گیاهی غالب مانند *Phragmites australis* و *Aeluropus littoralis* در منطقه بوده است که ممکن است به دلیل کاهش شاخص رطوبت خاک باشد. نقشه‌های شاخص رطوبت خاک نشان داد که مساحت طبقه کم رطوبت خاک (۰-۰/۲) افزایش ولیکن مساحت طبقات متوسط و خوب (بیش از ۰/۲) از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۶ کاهش یافته است. پایش شاخص رطوبت خاک از طریق تصاویر ماهواره‌ای به‌منظور بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی در مناطق تالابی که پیشینه تاریخی رطوبتی ثبت‌نشده است، می‌تواند روش مناسبی برای نمونه‌برداری مستقیم و میدانی رطوبت خاک باشد و مدیران مراتع را برای مدیریت حفاظت از گونه‌های گیاهی در معرض خطر، بهبود برنامه‌های احیاء و اصلاح اکوسیستم یاری نماید.

واژگان کلیدی: تیپ‌های گیاهی، رطوبت خاک سطحی، NDVI، LST، تالاب گاوخونی.

مقدمه

تالاب‌های ایران به دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد جزء مهم‌ترین و درعین حال، حساس‌ترین اکوسیستم‌ها به شمار می‌روند. یکی از مهم‌ترین کارکردهای اکوسیستم‌های طبیعی، تولید آن‌ها هست که در مورد این کارکرد تالاب‌ها نقش بسیار ویژه‌ای دارند. از جمله سایر کارکردهای اکولوژیک می‌توان به ارزش‌های تفرجگاهی، پوشش گیاهی طبیعی و بومی، زیستگاه پرندگان، خزندگان و موجودات آبی و رویشگاه بسیاری از گونه‌های گیاهی آبی و خشکی زی اشاره نمود. اولین گام در ارزیابی هر اکوسیستم پایش پوشش گیاهی آن منطقه می‌باشد. پوشش گیاهی تالاب‌ها به دلیل شرایط محیطی حاکم بر آن‌ها با سایر نقاط متفاوت بوده و چه‌بسا تالاب‌ها، رویشگاه گونه‌های گیاهی ویژه‌ای باشند. بررسی گیاهان تالابی

زهرا جابراالنصار^{۱*}

محمدتقی فیضی^۲

بابک بحرینی نژاد^۳

۱. محقق علوم مرتع، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران.

۲. محقق علوم مرتع، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران.

۳. استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران.

*مسئول مکاتبات:

zaryansary@gmail.com

کد مقاله: ۱۳۹۹۰۴۰۷۶۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۳/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۰۵

این مقاله پژوهشی و برگرفته از طرح

پژوهشی است.



امکان تشخیص جوامع گیاهی، محدوده پراکنش و عوامل محیطی مؤثر بر استقرار آن‌ها را فراهم می‌کند و از این اطلاعات می‌توان برای برنامه‌ریزی مدیریتی در سطح اکوسیستم بهره گرفت (اسدالهی و همکاران، ۱۳۹۰).

تالاب گاوخونی به‌عنوان یکی از باارزش‌ترین اکوسیستم‌های آبی ایران در کنوانسیون رامسر به ثبت جهانی رسیده است (Ramsar Convention, ۱۹۷۱). این تالاب زیستگاهی مهم برای پرندگان و جانوران محسوب می‌شود، لذا پایش گونه‌های گیاهی تالابی اهمیت زیادی برای حفاظت و مدیریت این اکوسیستم دارد (علوی و بهمن، ۱۳۸۷). یکی از مهم‌ترین اقدامات برای بررسی پوشش گیاهی تعیین تیپ‌های گیاهی و تهیه لیست گونه‌های همراه در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. تعیین تیپ‌های پوشش گیاهی می‌تواند به‌عنوان واحدهای همگن و کاری برای سایر اقدامات مرتبط با ارزیابی و اندازه‌گیری پوشش گیاهی کاربرد داشته باشد.

عصری و همکاران (۱۳۸۱) فلور تالاب گاوخونی را از لحاظ فلورستیک مورد بررسی قرار دادند و ۶۳ گونه گیاهی را شناسایی نمودند. مهم‌ترین تیپ‌های گیاهی منطقه از نظر بیشترین تعداد گونه شامل *Chenopokiaceae*, *Asteraceae* و *Brassicaceae* بودند. ۵۲/۴ درصد از فلور منطقه (۳۳ گونه) گونه‌های انحصاری ناحیه ایرانی تورانی هستند. تروفیت‌ها با ۳۰ گونه (۴۷/۶ درصد) فراوان‌ترین شکل زیستی منطقه تالاب می‌باشند. ۱۴ جامعه گیاهی تشخیص داده شده در منطقه به ۷ رده، ۸ راسته و ۱۰ اتحادیه تعلق دارند. جوامع *Halocnemetum Seidlitzietum Astragaletum squarrosi strobilacei Seidlitzio rosmarini- salsoletum turcomanicae rosmarini* و *Artemisietum sieberi* بخش اعظم پوشش طبیعی منطقه مورد مطالعه را تشکیل می‌دهند. پراکنش و زون‌بندی اجتماعات گیاهی منطقه بیشتر تحت تأثیر ارتفاع زمین از سطح دریا، سطح ایستابی و خصوصیات خاکی از جمله شوری، بافت، ماده آلی و گچ قرار دارند (عصری و همکاران، ۱۳۸۱). از جمله سایر بررسی‌ها بر روی پوشش گیاهی تالابی که با تأکید بر جنبه‌های فلورستیک و ویژگی‌های زیستی صورت گرفته، می‌توان به مطالعه پوشش گیاهی در تالاب سیاه کشیم (عصری و افتخاری، ۱۳۸۲) و تالاب امیرکلایه (عصری و مرادی، ۱۳۸۳) اشاره نمود. هرگونه تغییر در شرایط محیطی تالاب‌ها به‌ویژه اقلیم و کاربری اراضی باعث ایجاد تغییرات در آن‌ها می‌شود. ساختار سیستمی تالاب‌ها در چند دهه گذشته به دلیل وقوع خشک‌سالی‌های متعدد و دخالت‌های انسانی در معرض نابودی قرار گرفته است (بیگلر فدا فن و دانه کار، ۱۳۹۶).

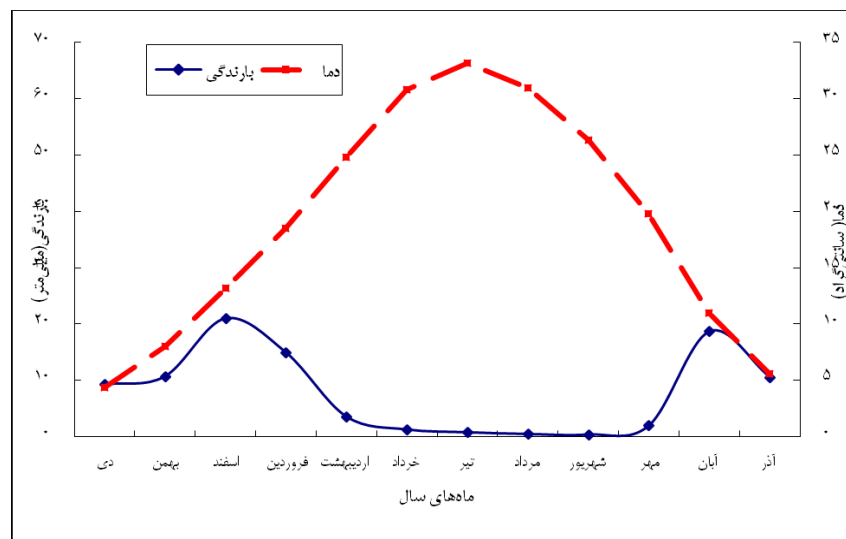
رطوبت خاک نسبت به بارندگی ابزار قابل اطمینانی برای تخمین رشد گیاه در مراتع می‌باشد (Andales et al., ۲۰۰۶). به‌طور کلی پایش مستقیم رطوبت خاک و استخراج داده‌های رطوبت به‌صورت میدانی نه‌تنها پرهزینه و وقت‌گیر است، بلکه در سطوح وسیع، غیر عملی و با عدم قطعیت مواجه است. برای تعیین رطوبت خاک با استفاده از تکنیک‌های سنجش‌ازدور و بدون نمونه‌گیری مستقیم از خاک، می‌توان به روش‌های مبتنی بر تصاویر نوری و حرارتی با دارا بودن قدرت تفکیک مکانی مناسب، پوشش وسیع، قابلیت دسترسی به چند سنجنده ماهواره‌ای، فرکانس‌های زمانی منظم و بالا و همچنین همبستگی بالا بین رطوبت خاک و دمای سطحی زمین اشاره نمود (Verstraeten, ۲۰۰۶). یکی از نمایه‌های رایج طیفی، نمایه گیاهی تفاضل نرمال (NDVI) می‌باشد. از دیدگاه Lanfredi و همکاران (۲۰۱۵) شاخص NDVI به‌دست‌آمده از داده‌های سنجش‌ازدور برای شناسایی تنش پوشش گیاهی نیز قابل اعتماد است، از این‌رو برای بررسی تغییرات بوم‌شناسی و محیط‌زیست مورد استفاده قرار می‌گیرد. این نمایه همبستگی خوبی با تغییرات کوتاه‌مدت رطوبت خاک، به‌ویژه در مناطق نیمه‌خشک نشان داده است (Wang et al., ۲۰۰۶). از سوی دیگر استفاده ترکیبی از اطلاعات ماهواره‌ای دمای سطح زمین (LST) و شاخص‌های گیاهی در تخمین رطوبت خاک می‌تواند اطلاعات بهتری از تنش‌های گیاهی و شرایط رطوبتی سطح زمین فراهم آورد. در مناطق خشک رابطه منفی بین LST و NDVI، منتهی به یک فضای مثلثی می‌شود که برای استخراج وضعیت رطوبت سطحی خاک مورد استفاده قرار گرفته است (Mallick et al., ۲۰۰۹)؛ Keshavarz et al., ۲۰۱۴). از آنجاکه در بیشتر مناطق ایران داده‌های رطوبت خاک در دسترس نمی‌باشد و در صورت وجود، داده‌ها به‌صورت ایستگاهی و نقطه‌ای در دسترس قرار دارند، از سوی دیگر نتایج حاصل از روش مثلثی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در مناطق خشک و نیمه‌خشک مشابه ایران ۷۰ درصد با واقعیت تطبیق داشته است (Mallick et al., ۲۰۰۹)، لذا استفاده از این روش می‌تواند برآورد مناسبی از رطوبت خاک برای مطالعات پوشش گیاهی ارائه نماید. Sankey و همکاران (۲۰۰۸) بیان داشتند روشی که بتواند رطوبت خاک را در بهار با

استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به خوبی پیش‌بینی کند می‌تواند به مرتع‌داران برای بررسی پوشش گیاهی، تخمین مقدار تولید علوفه، تعیین نرخ دام‌گذاری و بیمه مراتع برای بهره‌برداری بهینه و پایدار کمک کند. رطوبت خاک، از مهم‌ترین متغیرهای خاک است که در دو بعد زمان و مکان تغییر می‌کند. این عامل یکی از اجزاء مهم مدل‌های آب‌وهوایی، اکولوژی و هیدرولوژی محسوب می‌شود (Allen, Wigneron *et al.*, ۱۹۹۸). Allen- Torell و همکاران (۲۰۱۱) به این نتیجه رسیدند که استفاده از رطوبت خاک می‌تواند برآورد خصوصیات پوشش گیاهی را نسبت به استفاده از بارندگی فصلی بهبود بخشد. خان محمدی و همکاران (۱۳۹۳) رطوبت خاک را به کمک شاخص‌های پوشش گیاهی و دمای سطح خاک و شاخص نرمال شده با استفاده از تصاویر Modis برآورد نمودند. نتایج نشان داد که این مدل با دارا بودن ضریب تبیین ۰/۶۶ قادر به برآورد رطوبت خاک در پهنه‌های وسیع با دقت قابل قبول می‌باشد.

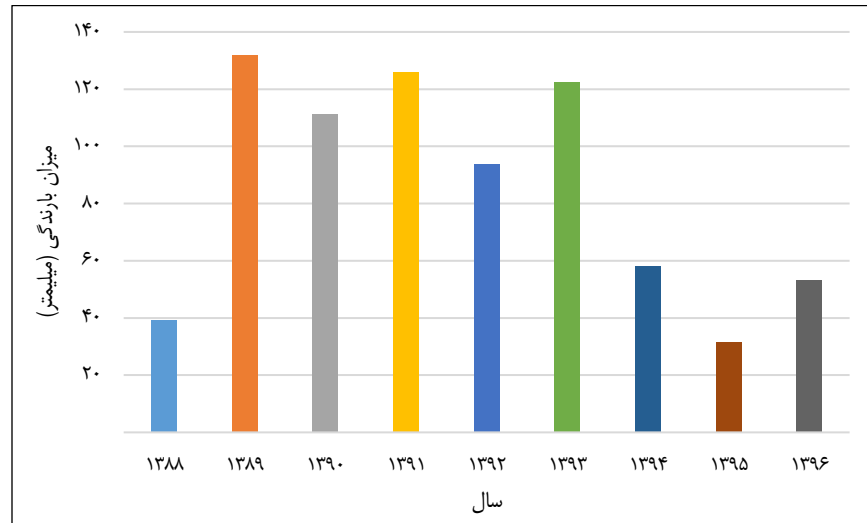
اگرچه تالاب گاوخونی به لحاظ اهمیت مورد توجه بسیاری از محققان محیط‌زیست و منابع طبیعی بوده است، لیکن تاکنون پژوهش‌ها بر روی پوشش گیاهی و تعیین محدوده متأثر از تالاب گاوخونی و به بیان دیگر تعیین مرز اکولوژیک این تالاب بسیار اندک بوده است. هدف از این مطالعه، تعیین پوشش گیاهی این تالاب، تغییرات مرز اکولوژیک و بررسی روند تغییرات شاخص رطوبت خاک با بهره‌گیری از شاخص‌های پوشش گیاهی و حرارتی به دست آمده از تصاویر ماهواره‌ای و ارتباط آن با روند تغییرات تب‌های پوشش گیاهی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

تالاب گاوخونی به عنوان نقطه پایانی رودخانه زاینده‌رود، در فاصله ۱۴۰ کیلومتری جنوب شرقی اصفهان و ۳۰ کیلومتری شهر تاریخی ورزنه در مجاورت تپه‌های شنی قرار دارد. موقعیت این تالاب بین طول‌های ۵۲ درجه و ۱۵ دقیقه و ۲۷ ثانیه تا ۳۵ درجه و ۳۱ ثانیه شرقی و عرض‌های ۳۱ درجه و ۴۹ دقیقه و ۱۵ ثانیه تا ۳۲ درجه و ۳۳ دقیقه و ۲۲ ثانیه شمالی قرار دارد. ارتفاع آن از سطح دریا ۱۴۷۰ متر و وسعت آن ۴۷۶ کیلومتر مربع می‌باشد. حداکثر طول و عرض تالاب به ترتیب در حدود ۵۰ و ۲۵ کیلومتر است. میانگین سالانه دمای نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی (ورزنه) به تالاب ۱۹ درجه سانتی‌گراد، میانگین حداکثر دمای هوا حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد و میانگین حداقل دما ۹ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. میانگین بارندگی سالانه حدود ۹۳/۵ میلی‌متر می‌باشد. منحنی آمبروترمیک ایستگاه هواشناسی ورزنه و میزان بارندگی سالانه در محدوده انجام طرح در بازه زمانی ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۶ به ترتیب در شکل‌های شماره ۱ و ۲ نمایش داده شده است.



شکل ۱: منحنی آمبروترمیک ایستگاه هواشناسی ورزنه (۱۳۸۸-۱۳۹۶).



شکل ۲: میزان بارندگی سالانه ایستگاه هواشناسی ورزنه (۱۳۸۸-۱۳۹۶).

به منظور بررسی پوشش گیاهی، نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰، تصاویر ماهواره‌ای لندست سنجنده نوع *ETM*، نقشه زمین‌شناسی، اطلاعات ارزیابی منابع و قابلیت اراضی و آمار ایستگاه‌های هواشناسی در محدوده مورد مطالعه تهیه و گزارش‌های مربوط به پوشش گیاهی، کشاورزی، هیدرولوژی، زمین‌شناسی و تقسیمات جغرافیای سیاسی منطقه مورد مطالعه جمع‌آوری گردید. سپس با انجام بازدید صحرایی از قسمت‌های مختلف منطقه، محدوده‌های مرتعی، زراعی، شهری و تأسیساتی و نیز مناطق فاقد پوشش بر روی نقشه‌های ۱:۵۰۰۰۰ مشخص گردیدند. در محدوده مراتع، بر اساس نمود ظاهری، تیپ‌های گیاهی با یک تا سه گونه غالب گیاهی تعیین گردید. گیاهان همراه که در عرصه تیپ‌های گیاهی حضور داشتند شناسایی و یادداشت شدند. نقشه‌های تیپ‌های پوشش گیاهی در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۶ با استفاده از نرم‌افزار *ArcGIS 10.5* ترسیم شد. مرز واحدهای جدا شده با عکس‌های ماهواره‌ای تطبیق و وسعت هریک از واحدهای تفکیک شده در نقشه تیپ‌های گیاهی تعیین گردید.

به منظور تهیه نقشه شاخص رطوبت خاک از مفهوم فضای مثلثی استفاده شد که در آن رابطه فیزیکی بین نمایه گیاهی تفاضل نرمال (NDVI) و دمای سطح زمین (LST) به صورت نمودار پراکنش نقطه‌ای نمایش داده می‌شود (Wang, 2008; Stisen et al., 2009; Mallick et al., 2006). در ناحیه‌ای که لبه خشک نامیده می‌شود مقادیر حداکثر دما (خط Tmax) وجود دارد که با فرض خطی بودن تغییرات دما در این ناحیه، معرف حالت خاک خشک (رطوبت حداقل) است. در مقابل حداقل مقادیر دما (خط Tmin) نیز خطی اریب را تشکیل می‌دهد که لبه تر نام دارد و خاک اشباع یا خیلی مرطوب (رطوبت حداکثر) را نمایش می‌دهد. فرض بر این است که رطوبت به طور خطی بین لبه خشک و لبه تر تغییر می‌کند (Verstraeten, 2006). بر این اساس شاخص رطوبت خاک (SMI) برای هر پیکسل بر اساس روابط ۱ تا ۳ محاسبه گردید.

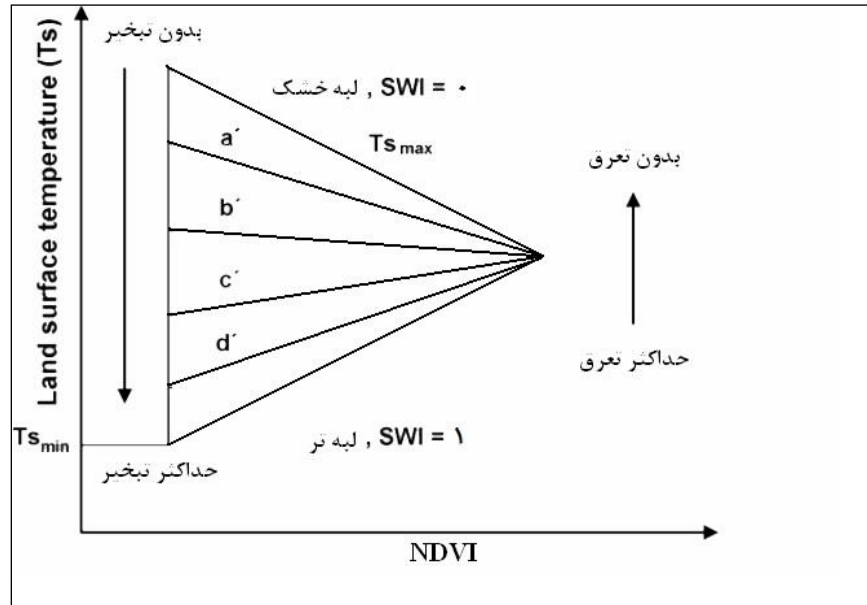
$$SMI_i = \frac{T_{max}(i) - T_s(i)}{T_{max}(i) - T_{min}(i)} \quad \text{رابطه ۱:}$$

$$T_{max}(i) = b + a(NDVI(i)) \quad \text{رابطه ۲:}$$

$$T_{min}(i) = d + c(NDVI(i)) \quad \text{رابطه ۳:}$$

اندیس i شماره پیکسل، $T_s(i)$ معرف دمای سطح زمین (LST) پیکسل i ام، $T_{max}(i)$ و $T_{min}(i)$ به ترتیب حداقل و حداکثر دمای مشاهده شده متناظر با پیکسل مورد نظر است که بر اساس NDVI تغییر می‌کند. $NDVI(i)$ مقدار نمایه گیاهی در پیکسل مورد نظر، a و b به ترتیب شیب و عرض از مبدأ نمودار لبه خشک، c و d به ترتیب شیب و عرض از مبدأ لبه تر می‌باشند (شکل ۳).

خصوصیات داده‌های LST و NDVI که برای تهیه نقشه شاخص رطوبت خاک استفاده شد در جدول ۱ آورده شده است. پس از تعیین ارتباط بین NDVI ماهانه و LST در بازه زمانی ۸ روزه، نقشه شاخص رطوبت خاک در سال‌های ۱۳۸۰، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۶ در نرم‌افزار ArcGis ۱۰٫۱ ترسیم گردید.



شکل ۳: نمودار مفهومی رابطه LST- NDVI برای تعیین شاخص رطوبت خاک.

(مقدار این شاخص در سراسر لبه خشک برابر با صفر و در سراسر لبه تر برابر با ۱ است. خطوط هم‌تراز SMI با مقادیر ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶ و ۰/۸ به ترتیب با حروف a, b, c و d مشخص شده‌اند).

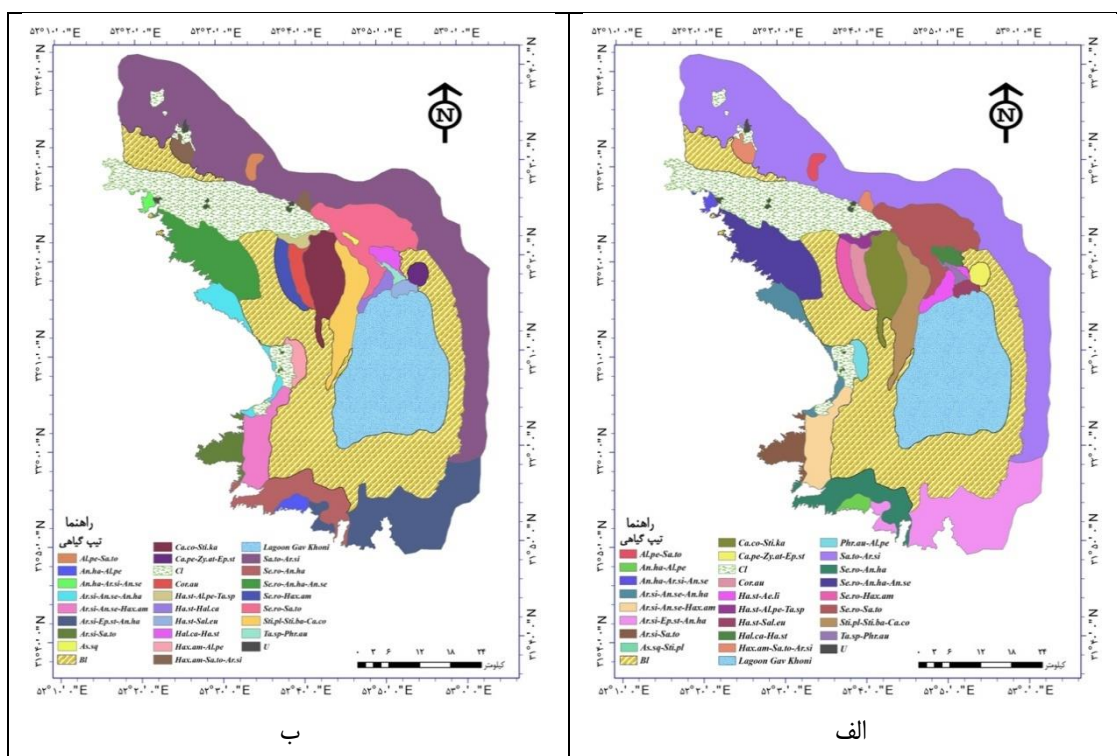
جدول ۱: ویژگی‌های داده‌های ماهواره‌ای مورد استفاده در محاسبه شاخص رطوبت خاک.

دوره زمانی	نام اختصاری	گام زمانی (روز)	دقت مکانی	سنسور	ماهواره
۲۰۱۷-۲۰۰۰ (می- سپتامبر)	MOD11A2	۸	۱ کیلومتر	MODIS	Terra
۲۰۱۷-۲۰۰۰ (می- سپتامبر)	MOD13A3	۳۰	۱ کیلومتر	MODIS	Terra

نتایج

بر اساس بررسی‌های میدانی گیاه‌شناسی و غالبیت حضور تیپ‌های گیاهی، در منطقه تالاب گاوخونی در بازه زمانی ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۶ تعداد ۲۴ تیپ گیاهی در منطقه تالاب مشخص گردید (شکل ۴). کاربری اراضی، پوشش اراضی و درصد مساحت آن‌ها به تفکیک سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۶ در جدول ۲ نشان داده شده است. در سال ۱۳۹۰، تیپ‌های گیاهی *As. squarosus-Sti. plumosa* و *Sa. tomentosa-Ar. sieberi* به ترتیب کمترین و بیشترین مساحت از کل منطقه مورد مطالعه را به خود اختصاص دادند (به ترتیب ۰/۰۴ و ۲۲/۵ درصد). در سال ۱۳۹۶ تیپ گیاهی *As. squarosus* کمترین (۰/۰۷ درصد) و تیپ گیاهی *Sa. tomentosa-Ar. sieberi* بیشترین مساحت (۲۲/۵ درصد) را در منطقه به خود اختصاص دادند. اراضی بایر و اراضی کشاورزی به ترتیب حدود ۲۳ درصد و ۸/۵ درصد از منطقه را پوشش دادند (جدول ۲ و شکل ۵).

از جمله گونه‌های همراه تیپ‌های گیاهی منطقه تالاب گاوخونی می‌توان به *Atriplex leucoclada* *Acantholimon scorpius* *Haloxylon persicum* *Fagonia bruguieri* *Cutandia memphitica* *Cressa cretica* *Atriplex tatarica* *Psammogeton canescens* *Peganum harmala* *Nitraria schoberi* *Limonium iraniticum* *Heliotropium aucheri* *Scariola orientalis* *Salsola praecox* *Salsola arbuscula* *Reaumuria alternifolia* *Pteropyrum aucheri* *Tribulus terrestris* *Torularia torulosa* *Schismus arabicus* اشاره نمود.

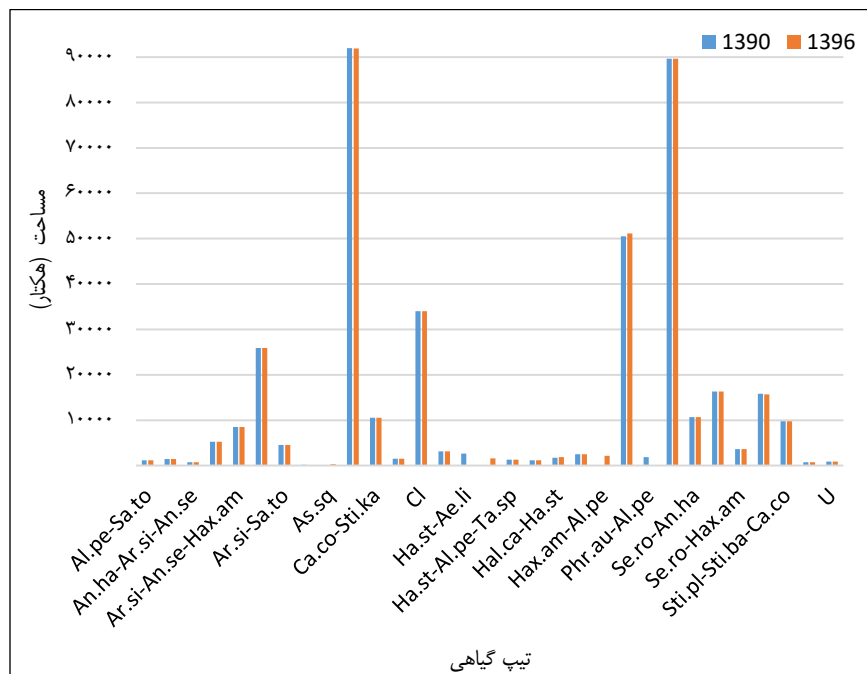


شکل ۴: نقشه تیپ‌های پوشش گیاهی تالاب گاوخونی در سال‌های ۱۳۹۰ (الف) و ۱۳۹۶ (ب).

تغییرات مرز اکولوژیک تالاب گاوخونی با کاهش سطح آب زیرزمینی بر اساس نقشه تیپ‌های پوشش گیاهی پایه (۱۳۷۵) محدوده تالاب در قسمت شرقی منطبق با مرز سیاسی استان اصفهان در نظر گرفته شد. در بررسی مجدد در سال ۱۳۹۰ مرز اکولوژیک منطقه تغییر و در قسمت شرق گسترش یافته و قسمت‌هایی از استان یزد را هم در بر گرفته است. به بیان دیگر تیپ گیاهی *Ar. sieberi* - *Sa.tomentosa* در قسمت شرق و شمال منطقه به محدوده تالاب اضافه گردید. از جمله دلایل تغییر مرز را می‌توان به کاهش سطح آب زیرزمینی اشاره نمود که باعث شده است تیپ گیاهی یادشده تحت تأثیر کاهش رطوبت خاک به سمت داخل تالاب کشیده شود.

جدول ۲: کاربری اراضی، پوشش اراضی و درصد مساحت آن‌ها در تالاب گاوخونی در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۶.

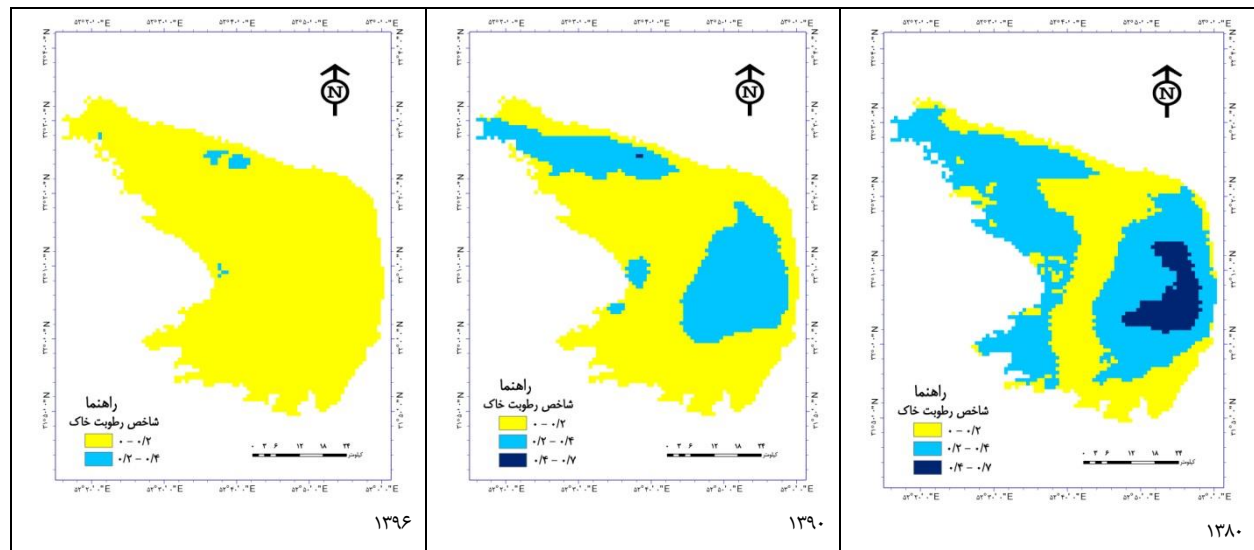
کلاس کاربری	تیپ گیاهی کامل	نشانه تیپ گیاهی	۱۳۹۰ (درصد مساحت)	۱۳۹۶ (درصد مساحت)
مرتع	<i>Alhagi persarum - Salsola tomentosa</i>	<i>Al.pe-Sa.to</i>	۰/۲۹	۰/۲۹
مرتع	<i>Anabasis haussknechtii- Alhagi persarum</i>	<i>An.ha-Al.pe</i>	۰/۳۷	۰/۳۷
مرتع	<i>Anabasis haussknechtii- Artemisia sieberi- Anabasis setifera</i>	<i>An.ha-Ar.si- An.se</i>	۰/۱۹	۰/۱۹
مرتع	<i>Artemisia sieberi- Anabasis setifera- Anabasis haussknechtii</i>	<i>Ar.si-An.se- An.ha</i>	۱/۳۲	۱/۳۲
مرتع	<i>Artemisia sieberi- Anabasis setifera- Haloxylon ammodendron</i>	<i>Ar.si-An.se- Hax.am</i>	۲/۱۳	۲/۱۳
مرتع	<i>Artemisia sieberi- Ephedra strobilacea- Anabasis haussknechtii</i>	<i>Ar.si-Ep.st- An.ha</i>	۶/۵۰	۶/۵۰
مرتع	<i>Artemisia sieberi- Salsola tomentosa</i>	<i>Ar.si-Sa.to</i>	۱/۱۵	۱/۱۵
مرتع	<i>Astragalus squarosus- Stipagrostis plumosa</i>	<i>As.sq-Sti.pl</i>	۰/۰۴	۰
مرتع	<i>Astragalus squarosus</i>	<i>As.sq</i>	۰	۰/۰۷
مرتع	<i>Calligonum comosum- Stipagrostis karelinii</i>	<i>Ca.co-Sti.ka</i>	۲/۶۴	۲/۶۴
مرتع	<i>Calligonum persicum- Zygophyllum atriplicoides- Ephedra strobilacea</i>	<i>Ca.pe-Zy.at- Ep.st</i>	۰/۳۷	۰/۳۷
مرتع	<i>Cornulaca aucheri</i>	<i>Cor.au</i>	۰/۷۸	۰/۷۸
مرتع	<i>Halocnemum strobilaceum- Aeluropus littoralis</i>	<i>Ha.st-Ae.li</i>	۰/۶۷	۰/۳۹
مرتع	<i>Halocnemum strobilaceum- Alhagi persarum- Tamarix sp.</i>	<i>Ha.st-Al.pe- Ta.sp</i>	۰/۳۳	۰/۳۳
مرتع	<i>Halocnemum strobilaceum- Salicornia europaea</i>	<i>Ha.st-Sal.eu</i>	۰/۲۹	۰/۲۹
مرتع	<i>Halostachys caspica- Halocnemum strobilaceum</i>	<i>Hal.ca-Ha.st</i>	۰/۴۳	۰/۴۷
مرتع	<i>Haloxylon ammodendron- Salsola tomentosa- Artemisia sieberi</i>	<i>Hax.am-Sa.to- Ar.si</i>	۰/۶۳	۰/۶۳
مرتع	<i>Phragmites australis- Alhagi persarum</i>	<i>Phr.au-Al.pe</i>	۰/۴۷	۰/۵۴
مرتع	<i>Salsola tomentosa- Artemisia sieberi</i>	<i>Sa.to-Ar.si</i>	۲۲/۵۲	۲۲/۵۱
مرتع	<i>Seidlitzia rosmarinus- Anabasis haussknechtii</i>	<i>Se.ro-An.ha</i>	۲/۶۸	۲/۶۸
مرتع	<i>Seidlitzia rosmarinus- Anabasis haussknechtii- Anabasis setifera</i>	<i>Se.ro-An.ha- An.se</i>	۴/۱۰	۴/۱۰
مرتع	<i>Seidlitzia rosmarinus- Haloxylon ammodendron</i>	<i>Se.ro-Hax.am</i>	۰/۹۰	۰/۹۰
مرتع	<i>Seidlitzia rosmarinus- Salsola tomentosa</i>	<i>Se.ro-Sa.to</i>	۴/۰۱	۴/۰۱
مرتع	<i>Stipagrostis plumosa- Stipagrostis barbata- Calligonum comosum</i>	<i>Sti.pl-Sti.ba- Ca.co</i>	۲/۴۵	۲/۴۵
مرتع	<i>Tamarix sp. Phragmites australis</i>	<i>Ta.sp-Phr.au</i>	۰/۱۹	۰/۱۹
اراضی کشاورزی	<i>Cultivated</i>	<i>Cl</i>	۸/۵۵	۸/۵۵
اراضی بایر	<i>Bare Land</i>	<i>Bl</i>	۲۳/۱۱	۲۳/۰۸
تالاب	Wetland	Lagoon Gav Khoni	۱۲/۶۸	۱۲/۸۶
مناطق شهری و تأسیسات	Urban	U	۰/۲۲	۰/۲۲



شکل ۵: مساحت تیپ‌های پوشش گیاهی منطقه تالاب گاوخونی در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۶.

Al.pe: Alhagi persarum, Sa.to: - Salsola tomentosa, An. ha: Anabasis haussknechtii, Ar.si: Artemisia sieberi, An.se: Anabasis setifera, Hax. am: Haloxylon ammodendron, Ep.st: Ephedra strobilacea, As.sq: Astragalus squarosus, Sti. pl: Stipagrostis plumosa, Ca.co: Calligonum comosum, Sti.ka: Stipagrostis karelinii, Ca. pe: Calligonum persicum, Zy. at: Zygophyllum atriplicoides, Cor. au: Cornulaca aucheri, Ha. st: Halocnemum strobilaceum, Ae. li: Aeluropus littoralis, Hal. ca: Halostachys caspica, Ta. sp: Tamarix sp., Sal. eu: Salicornia europaea, Phr. au: Phragmites australis, Se. ro: Seidlitzia rosmarinus, Sti. ba: Stipagrostis barbata, BL: Bare Land, CL: Caltivated Area, U: Urban

میانگین شاخص رطوبت خاک در سال‌های ۱۳۸۰، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۶ با استفاده از رابطه مثلثی NDVI-LST به دست آمد. مقادیر شاخص رطوبت خاک در سال ۱۳۸۰ از ۰/۱ تا ۰/۴۷، در سال ۱۳۹۰ از ۰ تا ۰/۴۳ و در سال ۱۳۹۰ از ۰ تا ۰/۲۷ متغیر بود. با توجه به نقشه میانگین شاخص رطوبت خاک در سال ۱۳۸۰، بیشترین مقدار شاخص رطوبت خاک (۰/۴-۰/۷) در نوار باریک هلال شکلی در حاشیه شرقی و مقادیر متوسط رطوبت خاک (۰/۲-۰/۴) در قسمت‌های شمال غرب تا جنوب غرب منطقه تالاب گاوخونی مشاهده می‌شود. در سال ۱۳۹۰ مقادیر متوسط رطوبت خاک در قسمت‌هایی از شمال غرب و شرق منطقه مورد مطالعه دیده می‌شود. در سال ۱۳۹۶ طبقه شاخص رطوبت کم خاک (۰-۰/۲) تقریباً کل منطقه مورد مطالعه را به خود اختصاص داده است (شکل ۶). جدول ۳ طبقه‌بندی شاخص رطوبتی خاک و مساحت آن را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد. در سال ۱۳۸۰ حدود ۵۵/۲ درصد از سطح منطقه مورد مطالعه دارای شاخص رطوبت خاک متوسط (۰/۲-۰/۴) و حدود ۶/۸ درصد آن دارای شاخص رطوبت خوب (۰/۴-۰/۷) است. در سال ۱۳۹۰ حدود ۶۹ درصد از منطقه مورد مطالعه دارای شاخص رطوبت کم و حدود ۰/۱ درصد دارای شاخص رطوبت خوب است. در سال ۱۳۹۶ کلاً طبقه رطوبتی خوب حذف شده است و حدود ۹۹ درصد از منطقه مورد مطالعه دارای شاخص رطوبت کم می‌باشد.



شکل ۶: توزیع مکانی شاخص رطوبت خاک در طول دوره آماری (۱۳۸۰-۱۳۹۶) و بازه زمانی اردیبهشت تا شهریور در منطقه تالاب گاوخونی.

جدول ۳: طبقه‌بندی شاخص رطوبت خاک و درصد مساحت آن‌ها در محدوده تالاب گاوخونی در سال‌های ۱۳۸۰، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۶.

نام طبقه	درصد مساحت طبقات			مقدار شاخص رطوبت خاک
	۱۳۹۶	۱۳۹۰	۱۳۸۰	
کم	۹۸/۹	۶۸/۹	۳۸	۰-۰/۲
متوسط	۱/۱	۳۱	۵۵/۲	۰/۰-۰/۴
خوب	۰	۰/۱	۶/۸	۰/۰-۰/۷

بحث و نتیجه‌گیری

تالاب‌ها به دلیل ایجاد خدمات اکوسیستمی فراوان از جمله باارزش‌ترین و درعین حال حساس‌ترین اکوسیستم‌های کره زمین به شمار می‌روند؛ بنابراین حفظ و نگهداری از این اکوسیستم‌ها و شرایط حیاتی آن‌ها و جلوگیری از تخریب‌شان امری ضروری است. با توجه به مطالعات اولیه پوشش گیاهی منطقه تالاب گاوخونی تعداد ۱۷ تیپ گیاهی مشخص شده بود که بیشتر به صورت تیپ‌های تک‌گونه‌ای معرفی گردیدند. به‌عنوان مثال می‌توان به تیپ‌های گیاهی *Se. rosmarinus* *Ta.sp.* *Hal. caspica*، *Ha. strobilaceum* اشاره نمود که در سال ۱۳۹۰ به صورت تیپ‌های دو گونه‌ای و به صورت *Ta.sp.-Phr.australis* *Hal.caspica-Ha.strobilaceum* *Ha.strobilaceum-Hal.caspica* و *Se. rosmarinus -Sa. tomentosa* نام‌گذاری شدند (فیضی و همکاران، ۱۳۹۲).

ترتیب تیپ‌های گیاهی از حاشیه تالاب گاوخونی به سمت بیرون به ترتیب شامل گروه‌های گیاهی *Tamarix* *Halocnemum* *Artemisia* و *Seidlitzia* می‌باشد که با نتایج حاصل از پژوهش‌های سایر محققین هم‌خوانی دارد. به‌عنوان نمونه، رحمتی زاده و همکاران (۱۳۹۳) با توجه به عوامل شوری، بافت خاک و سطح آب زیرزمینی نوارهای پوشش گیاهی مناطق شور استان قم را مشخص نمودند. نتایج نشان داد که گروه گیاهی *Halostachys* و *Halocnemum* در ردیف اول پوشش گیاهی با خصوصیات شوری بالا، بافت سنگین رسی و سطح آب

زیرزمینی بالا و گروه گیاهی *Artemisia* در ردیف آخر پوشش گیاهی با خصوصیات شوری کمتر، بافت سبک تر و سطح آب زیرزمینی پایین تر استقرار یافته اند. همچنین مقیمی (۱۳۶۸) ارتباط پوشش گیاهی و شوری خاک را با عمق آب زیرزمینی در اطراف حوض سلطان قم بررسی کرد و نتیجه گرفت که با حرکت از ارتفاعات به نقاط با ارتفاع کمتر و کف پلایا، عمق آب زیرزمینی کمتر شده و گیاهان شوروی غلبه می یابند، به طوری که در نوار اول پوشش گیاهی دریاچه، با عمق آب زیرزمینی ۱۱۰ سانتی متر، گونه *Ha. strobilaceum* و در نوار وسط *Tamarix passerinoides* با عمق آب زیرزمینی ۱۶۰ سانتی متر و در نهایت در نوار سوم با عمق آب ۲۱۰ سانتی متر گونه *Se. rosmarinus* غلبه دارد. در سال ۱۳۹۰ در شمال منطقه مرطوب تالاب و در مجاورت تیپ گیاهی *Ta. sp.-Phr.australis*، تیپ گیاهی *Ha.strobilaceum* - *Ae. littoralis* اضافه گردید. همچنین در قسمت فوقانی تیپ گیاهی *Ta. sp.-Phr.australis*، تیپ گیاهی *Hal. caspica* - *Ha.strobilaceum* اضافه گردید. از جمله دلایل این تغییر می توان به افزایش میزان بارندگی در سال ۱۳۸۸-۱۳۸۹ در منطقه تالاب اشاره نمود که بر اساس آمار ایستگاه هواشناسی ورزنه به میزان ۱۳۱ میلی متر ثبت شده است. در سال ۱۳۹۶ تیپ گیاهی *Ha. strobilaceum* - *Ae. littoralis* به طور کامل از بین رفت و بخش کوچکی از آن تبدیل به اراضی بایر و قسمت اعظم آن به تیپ گیاهی *Ha.strobilaceum* - *Hal.caspica* تغییر نام داد. در تیپ گیاهی *Ha.strobilaceum* - *Al. persarum* - *Ta.sp.* نیز گونه گیاهی *Ae.littoralis* به عنوان گونه گیاهی چهارم تیپ حذف گردیده است. کاهش شدید بارندگی و ورودی آب به تالاب و در نتیجه خشکی پهنه آبیگر و سطوح مرطوب اطراف آن در سال های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۶ موجب از بین رفتن گونه های گیاهی بالارزشی همچون *Ae. littoralis* شده است. به بیان دیگر مجموع بارندگی سالانه منطقه تالاب گاوخونی در سال های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۶ به ترتیب برابر با ۵۸/۲، ۳۱/۵ و ۵۳/۱ میلی متر بوده است (شکل ۲). در مطالعه جهان تیغ (۱۳۹۳)، میزان تولید علفه گونه گیاهی *Aeluropus lagopides* در تالاب هامون در زمان خشک سالی و پربابی به ترتیب ۱۷۳ و ۸۸۶۹ کیلوگرم در هکتار برآورد شد؛ بنابراین گونه گیاهی یادشده به خشکی بسیار حساس بوده و از تراکم و تولید آن به شدت کاسته شده است. LV و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی تخریب تالابی در چین در طول سال های ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۵ نشان دادند که مساحت تالاب به میزان ۴۰/۹۴ کیلومتر مربع (۱۳/۸۴ درصد) کاهش یافت. با کاهش میزان ورودی آب به تالاب و کاهش شاخص رطوبت خاک، پوشش گیاهی از گیاهان آب دوست به خشکی پسند تغییر نمود.

در سال ۱۳۹۶ مساحت تیپ گیاهی *As. squarosus* - *Sti. plumosa* افزایش یافت و گونه دوم حذف گردید. از جمله دلایل آن می توان به افزایش خشکی و کاهش رطوبت خاک در اراضی شنی اشاره نمود. لازم به ذکر است که گیاه *As. squarosus* به خشکی مقاوم بوده و برای توسعه ریشه هایش به اراضی شنی کم عمق نیاز دارد و بیشتر در حاشیه تپه های شنی حضور دارد. این در حالی است که گیاه *Sti. plumosa* به دلیل بارندگی اندک سال ۱۳۹۵ نتوانسته است در برابر خشکی دوام بیاورد.

تیپ گیاهی *Phr.australis* - *Al. persarum* تبدیل به تیپ گیاهی *Hax. ammodendron* - *Al. persarum* گردید. گونه گیاهی *Phr.australis* به دلیل افت سطح آب زیرزمینی از بین رفته است و دیگر به عنوان گونه غالب مطرح نمی باشد. همچنین به دلیل دست کاری انسانی مساحت تیپ افزایش یافته است. Deane و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی تأثیر کاهش عمق آب زیرزمینی بر پوشش گیاهی تالابی نشان دادند که با کاهش عمق بین ۰/۲۵ تا ۰/۵ متر در یک تالاب کم عمق با پوشش گراس و شبه گراس، احتمال حضور گیاهان خشکی پسند افزایش یافت. در تالاب عمیق و شیب دار با کاهش عمق بین ۰/۲۵ تا ۰/۵ متر تغییر ترکیب گیاهی در تالاب رخ داد و گیاهان شبه گراس افزایش یافتند. با کاهش عمق سطح آب زیرزمینی به یک متر حتی گونه های غوطه ور در آب نیز کاهش چشمگیری نشان دادند. در بررسی تغییرات توزیع رویشگاه های مانگرو در مکزیک در بازه زمانی ۴۵ ساله نتایج حاکی از آن بود که ۱۹ درصد از سطح رویشگاه اولیه مانگرو در دهه ۱۹۷۰-۱۹۸۰ از بین رفته و پس از آن ۹/۴ درصد از طریق جنگل کاری ثانویه در مناطق تخریب شده احیاء شده است. از جمله دلایل مهم این تغییرات را می توان به تغییرات اقلیمی به ویژه در شمال غرب مکزیک و همچنین تأثیرات فعالیت های انسانی به ویژه در خلیج مکزیک اشاره نمود (Valderrama-Landeros et al., ۲۰۲۰).

در جنوب محدوده تالاب گاوخونی تیپ گیاهی *Ar. sieberi-Ep. strobilacea-An. haussknechtii* مشخص شده است که گونه گیاهی *Se. rosmarinus* گاهی به صورت لکه‌ای و متداوم در آن تکرار می‌شود و ممکن است این شبهه را برای مراجعه‌کنندگان صحرایی ایجاد کند که گونه یادشده به‌عنوان یکی از گیاهان تیپ مطرح باشد؛ اما در نمود کلی گیاه *Se. rosmarinus* تشکیل تیپ نمی‌دهد. از دیدگاه تغییرات کاربری اراضی، اراضی کشاورزی و بیشتر اراضی بایر در دوره زمانی ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۶ تقریباً با یکدیگر منطبق بوده‌اند.

از سال ۱۳۸۸ که تالاب رو به خشکی رفت گیاهان به‌مرور به تغییرات ناشی از کاهش رطوبت واکنش نشان دادند، بنابراین تغییرات کلی بعد از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۶ خود را آشکار نموده‌اند. نجاری (۱۳۷۵) جوامع گیاهی حاشیه باتلاق گاوخونی را مورد مطالعه قرارداد و شرایط اکولوژیکی این گیاهان را تعیین نمود. بررسی زیستگاه هر یک از جوامع گیاهی نشان داد که اختلاف در بافت، شوری خاک و همچنین سطح ایستابی نقش مهمی در پراکنش این واحدهای رویشی دارند. ترتیب جوامع گیاهی به ترتیب از حاشیه باتلاق به سمت بیرون که بر عمق ایستابی افزوده و بافت خاک نیز سبک‌تر می‌شود شامل *Seidlitzietum Halocnemetum strobilaceum*, *Tamariceto leptoctalae-deserti* و *rosmarinus Zygothletum atriplicoides* بودند. همچنین تیپ‌های گیاهی و گونه‌های همراه تقریباً با نقشه پوشش گیاهی تهیه‌شده در سال ۱۳۹۰ هم‌خوانی داشت.

با توجه به نقشه شاخص رطوبت خاک در بازه زمانی ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۶ مشخص می‌شود که بیشترین کاهش این شاخص در دوره زمانی بعد از ۱۳۹۰ رخ داده است به‌طوری‌که در سال ۱۳۹۶ بیشتر محدوده مورد مطالعه در طبقه شاخص رطوبت کم (۰-۰/۲) قرار گرفته است؛ بنابراین بدیهی است که بیشترین تغییرات پوشش گیاهی نیز در این بازه زمانی و منطبق با تغییرات شاخص رطوبت خاک اتفاق افتاده است. عطایی و فنایی (۱۳۹۲) در بررسی روند تغییرات ماهانه و سالانه متوسط دمای حوضه آبریز گاوخونی بیان نمودند که متوسط دمای حوضه آبریز گاوخونی عمدتاً روند افزایشی داشته و تشدید خشک‌سالی‌ها، محدود شدن پهنه تالاب و تغییرات کمی و کیفی اکوسیستم را به دنبال داشته است. میراحسنی و همکاران (۱۳۹۶) در بررسی پایش خشک‌سالی حوزه گاوخونی در بازه زمانی ۱۲ ساله نشان دادند که با استفاده از شاخص ذخیره آب پوشش گیاهی با خشک‌سالی شدید و بسیار شدید روبه‌رو بوده است که از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۴ گستره آن نیز افزایش پیدا کرده است. این مسئله سبب تنش‌های بسیار شدید در پوشش گیاهی تنک حوضه و ایجاد خاک لخت در منطقه به‌ویژه مناطق شرق و جنوب شرقی آن شده است.

شاخص رطوبت خاک به‌عنوان یکی از عوامل محیطی به‌خوبی می‌تواند تغییرات مربوط به خصوصیات پوشش گیاهی را نمایان کند. *Jaberalansar* و همکاران (۲۰۱۷) در مطالعه خود بر روی عوامل مؤثر بر تولید علفه استان اصفهان نشان دادند که مدل‌های مبتنی بر رطوبت خاک می‌تواند نسبت به مدل‌های مبتنی بر بارندگی مقدار تولید علفه را با کارایی و صحت بیشتر پیش‌بینی نماید. از آنجاکه به دست آوردن رطوبت خاک با اندازه‌گیری‌های نقطه‌ای و زمینی بسیار هزینه‌بر می‌باشد استفاده از شاخص‌های پوشش گیاهی و دمای سطح زمین از طریق تصاویر ماهواره‌ای می‌تواند به محاسبه و تعیین نقشه شاخص رطوبت خاک کمک نماید و برآورد خوبی از رطوبت خاک در اختیار مطالعات پوشش گیاهی قرار دهد. *Amiri* و همکاران (۲۰۲۰) در بررسی تغییرپذیری زمانی- مکانی رطوبت خاک در جوامع گیاهی در اصفهان با استفاده از داده‌های مودیس (شاخص‌های پوشش گیاهی و خشکی) نشان دادند که شاخص *NDVI* به‌عنوان یک نشانگر مناسب برای برآورد شرایط پوشش گیاهی و رطوبت خاک به دلیل روابط خطی مناسب با بارندگی در سال‌های تر و خشک کاربرد دارد. همچنین شاخص دما- گیاه بهبود یافته (*iTDVI*) به دلیل روابط معنی‌دار با بارندگی جمعی و رطوبت خاک در همه جوامع گیاهی (بوت‌زار، گراسلند و گون‌زار) به‌عنوان یک شاخص مناسب و مؤثر در پایش شرایط خشکی به کار می‌رود.

نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق برای مدیریت منطقه‌ای محیط‌های تالابی و پایش تغییرات پوشش گیاهی مناسب می‌باشند. همچنین اطلاعات اساسی درباره ارتباطات پوشش گیاهی و عوامل محیطی به‌ویژه رطوبت خاک فراهم می‌نماید. مدیران مراتع و متصدیان حفاظت از منابع طبیعی و محیط‌زیست می‌توانند از دستاوردهای این تحقیق به‌عنوان اطلاعات پایه به‌منظور شناسایی تغییرات پوشش گیاهی مناطق تالابی در معرض تخریب و مدیریت برنامه‌های اصلاح و احیاء استفاده نمایند. از آنجاکه تالاب گاوخونی در قسمت مرکزی ایران قرار گرفته است و اطراف آن را دشت‌های

کویری و نمکزارها احاطه نموده است، ارزش این اکوسیستم طبیعی دوچندان شده است. برای حفاظت از تالابها و جلوگیری از تخریب آنها دامنه سیاست‌های مدیریتی باید از سطح بین‌المللی به ملی، منطقه‌ای و محلی تغییر کند تا بتواند بازتاب‌کننده درک یکپارچه از علوم مرتبط با تالابها، تغییر اقلیم، مدیریت چرخه کربن و سازگاری‌های اقلیمی باشد (Moomaw *et al.*, ۲۰۱۸). بر اساس نتایج مطالعه بیگلر فدان و دانه‌کار (۱۳۹۶)، از بین سه راهبرد احیاء و بازسازی ساختار تالاب، توسعه برنامه اکو توریسم تالاب و توانمندسازی جامعه محلی برای مدیریت مشارکتی تالاب به نظر می‌رسد که راهبرد مدیریت مشارکتی با توانمندسازی جوامع محلی می‌تواند در آینده به‌عنوان بهترین راهبرد برای بهره‌برداری تالاب گاوخونی مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

- اسدالهی، ز.، دانه‌کار، ا. و علیزاده شعبانی، ا.، ۱۳۹۰. بررسی آرایش افقی و پهنه بندی پوشش گیاهی تالاب چغاخور. مجله رستنی‌ها، سال ۱۲، شماره ۱، صفحات ۲۹-۱۳.
- بیگلر فدان، م. و دانه‌کار، ا.، ۱۳۹۶. ارائه راهکارهای مدیریت یکپارچه تالاب آلمان در جهت احیاء و بازسازی تالاب. مجله اکو بیولوژی تالاب، سال ۹، شماره ۳۴، صفحات ۲۲-۵.
- جهان تیغ، م.، ۱۳۹۳. مقایسه میزان تولید علوفه *Aeluropus lagopoides* در تالاب هامون در زمان خشک‌سالی و پربابی. مجله اکو بیولوژی تالاب، سال ۶، شماره ۲۲، صفحات ۸۲-۷۳.
- خانمحمدی، ف.، همایی، م. و نوروزی، ع.، ۱۳۹۳. برآورد رطوبت خاک به کمک شاخص‌های پوشش گیاهی و دمای سطح خاک و شاخص نرمال شده رطوبت با استفاده از تصاویر Modis. نشریه حفاظت منابع آب‌و خاک، سال ۴، شماره ۲، صفحات ۴۵-۳۷.
- رحمتی‌زاده، ا.، جعفری، م. و کریمیان اقبال، م.، ۱۳۹۳. شناسایی مناطق شور و گیاهان شوروی استان قم. فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان، جلد ۲۱، شماره ۴، صفحات ۵۹۰-۵۸۰.
- عصری، ی.، اسدی، م. و نجاری، ح.، ۱۳۸۱. بررسی فلورستیکی و اکولوژیکی جوامع گیاهی تالاب گاوخونی. مجله پژوهش و سازندگی، دوره ۱۵، شماره ۱، صفحات ۱۳-۲.
- عصری، ی. و افتخاری، ط.، ۱۳۸۲. معرفی فلور و پوشش گیاهی تالاب سیاه‌کشیم. مجله محیط‌شناسی، شماره ۲۹، صفحات ۱۹-۱.
- عصری، ی. و مرادی، ا.، ۱۳۸۳. بررسی فلورستیکی و ویژگی‌های زیستی گیاهان تالاب امیرکلاویه. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، سال ۱۱، شماره ۱، صفحات ۱۷۹-۱۷۱.
- عطایی، ه. و فنایی، ر.، ۱۳۹۲. شناسایی روند تغییرات ماهانه و سالانه متوسط دمای حوضه آبریز گاوخونی طی دوره آماری ۲۰۱۰-۱۹۶۱. مجله اکو بیولوژی تالاب، سال ۵، شماره ۱۷، صفحات ۶۴-۳۱.
- علوی، م. و بهمن، ص.، ۱۳۸۷. تنوع زیستی تالاب گاوخونی. مجموعه مقالات اولین همایش منطقه‌ای اکوسیستم‌های آبی داخلی ایران، ۱۱ ص.
- فیضی، م. ت.، شیرانی، ک.، خدافل، م.، جابرالانصار، ز. و علیجانی، و.، ۱۳۹۲. تیپ‌های گیاهی استان اصفهان. موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، ۶۰۰ ص.
- مقیم، ج.، ۱۳۶۸. بررسی ارتباط بین پوشش گیاهی، شوری خاک و عمق ایستایی اطراف حوض قم سلطان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
- میراحسنی، م. س.، سلمان‌ماهینی، ع.، سفیانیان، ع.، ر.، مدرس، ر.، جعفری، ر. و محمدی، ج.، ۱۳۹۶. ارزیابی شاخص ذخیره آب پوشش گیاهی (VSWI) تصاویر سری زمانی سنجنده مودیس در پایش خشک‌سالی حوضه آبخیز گاوخونی. بوم‌شناسی کاربردی، سال ۳، شماره ۴، صفحات ۴۷-۳۱.
- نجاری، ح.، ۱۳۷۵. بررسی عوامل مؤثر محیطی در پوشش گیاهی و تهیه نقشه رویشی تالاب گاوخونی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت‌معلم، تهران، ۱۵۶ ص.

Allen-Torell, L., McDaniel, K. C. and Koren, V., ۲۰۱۱. Estimating grass yield on blue grama range from seasonal rainfall and soil moisture measurements. *Rangeland Ecology and Management*, ۶۴: ۵۶-۶۶.

Amiri, M., Jafari, R., Tarkesh, M. and Modarres, R., ۲۰۲۰. Spatiotemporal variability of soil moisture in arid vegetation communities using MODIS vegetation and dryness indices. *Arid Land Research and Management*, ۳۴(۱): ۱-۲۵.

Andales, A. A., Derner, J. D., Ahuja, L. R. and Hart, R. H., ۲۰۰۶. Strategic and tactical prediction of forage production in northern mixed-grass prairie. *Rangeland Ecology and Management*, ۵۹:۵۷۶-۵۸۴.

Deane, D. C., Harding, C., Aldridge, K. T., Goodman, A. M., Gehrig, S. L., Nicol, J. M. and Brooks, J. D., ۲۰۱۸. Predicted risks of groundwater decline in seasonal wetland plant communities depend on basin morphology. *Wetlands Ecology and Management*, ۲۶: ۳۵۹-۳۷۲.

Jaberalansar, Z., Tarkesh, M. and Bassiri, M., ۲۰۱۷. Soil moisture index improves models of forage production in central Iran. *Archives of Agronomy and Soil Science*, ۶۳(۱۲): ۱۷۶۳-۱۷۷۵.

Keshavarz, M. R., Vazifedoust, M. and Alizadeh, A., ۲۰۱۴. Drought monitoring using a Soil Wetness Deficit Index (SWDI) derived from MODIS satellite data. *Agricultural Water Management*, ۱۳۲:۳۷-۴۵.

Lanfredi, M., Coppola, R., Simoniello, T., Coluzzi, R., Imbrenda, V. and Macchiati, M., ۲۰۱۵. Early identification of land degradation hotspots in complex bio-geographic regions. *Remote Sensing*, ۷: ۸۱۵۴-۸۱۷۹.

Lv, J., Jiang, W., Wang, W., Wu, Z., Liu, Y., Wang, X. and Li, Z., ۲۰۱۹. Wetland Loss Identification and Evaluation Based on Landscape and Remote Sensing Indices in Xiong'an New Area. *Remote Sensing*, ۱۱: ۱-۲۱.

Mallick, K., Bhattacharya, B. K. and Patel, N. K., ۲۰۰۹. Estimating volumetric surface moisture content for cropped soils using a Soil Wetness Index based on surface temperature and NDVI. *Agricultural and Forest Meteorology*, ۱۴۹:۱۳۲۷-۱۳۴۲.

Moomaw, W. R., Chmura, G. L., Davies, G. T., Finlayson, C. M., Middleton, B. A., Natali, S. M., Perry, J. E., Roulet, N. and Sutton-Grier, A. E., ۲۰۱۸. Wetlands in a changing climate: sciences, policy and management. *Wetlands*, ۳۸: ۱۸۳-۲۰۵.

Ramsar Convention., ۱۹۷۱. Convention on wetlands of international importance especially as waterfowl habitat. Ramsar Center, Rue Mauverney ۲۸, CH ۱۱۹۶, Gland, Switzerland.

Sankey, J. B., Lawrence, R. L. and Wraith, J. M., ۲۰۰۸. Ad Hoc modelling of Root Zone Soil Water with Landsat Imagery and Terrain and soils data. *Sensors*, ۸: ۳۱۴-۳۲۶.

Stisen, S., Sandholt, I., Norgaard, A., Fensholt, R. and Jensen, K. H., ۲۰۰۸. Combining the method with thermal inertia to estimate regional evapotranspiration applied to MSG-SEVIRI data in the Senegal River basin. *Remote Sensing of Environment*, ۱۱۲: ۱۲۴۲-۱۲۵۵.

Valderrama-Landeros, L. H., Lopez-Portillo, J., Velazquez-Salazar, S., Alcantara-Maya, J. A., Troche-Souza, C., Rodrigues-Zuniga, M. T., Vazquez-Balderas, B., Villeda-Chavez, E., Cruz-Lopez, M. I. and Ressler, R., ۲۰۲۰. Regional distribution and change dynamics of Mangroves in Mexico between ۱۹۷۰/۸۰ and ۲۰۱۵. *Wetlands*, <https://doi.org/10.1007/s131۵۷-۰۲۰-۰۱۲۹۹-۰>.

Verstraeten, W. W., ۲۰۰۶. Integration of remotely sensed hydrological data into an ecosystem carbon flux model [Dissertation]. Leuven: Katholieke University of Leuven.

Wang, K. C., Li, Z. Q. and Cribb, M. M., ۲۰۰۶. Estimation of evaporative fraction from a combination of day and night land surface temperatures and NDVI: a new method to determine Priestley-Taylor parameter. *Remote Sensing of Environment*, ۱۰۲: ۲۹۳-۳۰۵.

Wigneron, J. P., Schmugge, T., Chanzy, A., Calvet, J. C. and Kerr, Y., ۱۹۹۸. Use of passive microwave remote sensing to monitor soil moisture. *Agronomie*, ۱۸: ۲۷-۴۳.

