

تعیین میزان اهمیت تأثیر پارامترهای متعدد هیدرواقليمی بر خشکیدگی تالاب گاوخونی با به کارگیری شبکه عصبی مصنوعی و داده‌های سنجش از دور

عباسعلی ولی^{*}، زهره ابراهیمی خوسفی^۲، محمد خسروشاهی^۲، رضا قضاوی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۵/۱۰

چکیده:

تالاب‌ها به عنوان یکی از مهم‌ترین و باارزش‌ترین اکوسیستم‌های طبیعی در جهان، نقش مهمی در پالایش آلاینده‌ها و کاهش ریزگردها، ایجاد میکروکلیمای مطلوب، حفظ تنوع زیستی و ژنتیکی و ذخیره مواد آلی دارند. تالاب گاوخونی یکی از تالاب‌های مهم منطقه مرکزی ایران است که در دهه‌های اخیر، عوامل متعدد اقلیمی و انسانی تفاوت‌های قابل توجهی در سطوح خشک و مرطوب آن به وجود آورده و زمینه را برای تولید بیشتر ریزگردها در مناطق مرکزی ایران فراهم کرده است. در پژوهش حاضر نظر به نقش و اهمیت این تالاب بین‌المللی در توازن و تعادل بخشی زیست‌محیطی—اکولوژیکی مرکز کشور، تلاش شده است تا با بهره‌گیری از تکنیک‌های دورسنجی و شبکه عصبی عوامل مهم تأثیرگذار بر خشکیدگی تالاب و فرایند تغییرات به وقوع پیوسته در سطح تالاب در بازه زمانی ۲۲ سال (۱۳۷۰-۷۱ تا ۹۲-۱۳۹۱) مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار بگیرد. بدین منظور ابتدا ۲۱ سری از تصاویر ماهواره لندست محدوده مطالعاتی تهیه شد. پس از موزاییک کردن تصاویر ماهواره‌ای و اعمال تصحیح هندسی و رادیومتریک تصاویر، اقدام به تهیه شاخص آب اختلاف نرمال شده و تفکیک سطوح خشک و مرطوب گردید و پس از اعمال عملیات پس‌پردازش روی نقشه‌های تولید شده، مساحت هر طبقه محاسبه شد. سپس متوسط پارامترهای بارندگی، دما، دبی، تبخیر و سطح ایستابی برای محدوده مطالعاتی با استفاده از روش تیسن برآورد گردید و روند تغییرات پارامترهای مذکور با استفاده از آزمون من-کنندال مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت برای تعیین میزان اهمیت هریک از عوامل تأثیرگذار بر خشکیدگی تالاب گاوخونی، توابع مختلف شبکه عصبی مصنوعی با یکدیگر مقایسه و از بهترین مدل برای مشخص کردن میزان اهمیت هر پارامتر استفاده شد. نتایج حاصل از روش من-کنندال حاکی از کاهش معنی‌دار سطح ایستابی و دبی جریان‌های ورودی به تالاب در بازه زمانی مورد مطالعه است. همچنین نتایج این پژوهش براساس بهترین مدل برازش‌یافته شبکه عصبی مصنوعی (MLP4) نشان داد که مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر تغییرات سطح تالاب گاوخونی به ترتیب دبی جریان‌های ورودی به تالاب، تبخیر، افت سطح ایستابی، درجه حرارت و بارندگی است.

واژه‌های کلیدی: پارامترهای هیدرواقليمی، تالاب گاوخونی، تکنیک دورسنجی، خشکیدگی، سطح ایستابی، شبکه عصبی مصنوعی.

۱. دانشیار دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، نویسنده مسئول / Email: Vali@kashanu.ac.ir

۲. دانشجوی دکتری بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان

۳. دانشیار پژوهشی مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع

۴. دانشیار دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان

مقدمه

مطابق بند ۱ ماده (۱) کنوانسیون رامسر (۱۹۷۱)، تالاب مناطقی پوشیده از مرداب، باتلاق، لجنزار یا آبریزهای طبیعی و مصنوعی اعم از دائمی یا موقت است که در آن آب‌های شور، لب شور یا شیرین یا تلخ به صورت راکد یا جاری یافت می‌شود، از جمله شامل آبگیرهای دریایی است که عمق آن‌ها در پایین‌ترین حد جزر از ۶ متر تجاوز نکند. پالایش آلاینده‌ها، ایجاد میکروکلیمات مطلوب، حفظ تنوع زیستی و ژنتیکی، جذب توریست، ارزش‌های زیبایی‌شناسی، تجمع و ذخیره مواد آلی، تصفیه و پاک‌سازی آب‌های ورودی، ایجاد مسیرهای مناسب برای حمل‌ونقل، از دیگر ارزش‌های تالاب‌ها محسوب می‌شوند (جان دیویس، ۲۰۰۱). از میان تالاب‌های ایران، ۸۴ مورد به‌عنوان تالاب‌های بااهمیت بین‌المللی شناسایی شده‌اند و ۲۴ تالاب به‌عنوان سایت‌های کنوانسیون رامسر فهرست شده‌اند که یکی از این‌ها، تالاب گاوخونی واقع در حوضه گاوخونی در استان اصفهان است. این تالاب با در برداشتن ارزش‌های زیستگاهی متنوع نظیر رودخانه، مصب، تالاب، نزار، شورزار، ماسه‌های بادی، تپه‌های شنی و کوهستان هرچند به‌عنوان یکی از تالاب‌های بین‌المللی شناخته می‌شود، از نظر مدیریت و حفاظت بسیار ضعیف است، درحالی‌که منطقه‌ای منحصربه‌فرد در حوضه آبریز زاینده‌رود و ایران محسوب می‌شود.

طی سال‌های اخیر، کشور ایران با خشکسالی‌های متعددی روبه‌رو بوده که خسارت‌هایی گاه جبران‌ناپذیر بر منابع وارد کرده است. علاوه بر وقوع خشکسالی، تأثیر دخالت‌های انسان در بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی و تغییرات کاربری اراضی و در نهایت تأثیری که بر میزان آبیگری دریاچه‌های دائمی و فصلی و حتی خشک شدن تالاب‌ها داشته‌اند، قابل اغماض نیست. تغییر در فراوانی و میزان آبیگری دریاچه‌ها منجر به نوسانات قابل توجهی در افزایش فعالیت‌های طوفان گرد و غبار در مقیاس فصلی و سالانه می‌شود (ماهوالد و همکاران، ۲۰۰۳) و همچنان‌که

سطوح آبی خشک می‌شوند، سطوح اراضی که قبلاً خیس یا توسط پوشش گیاهی تثبیت شده بودند، به‌طور قابل توجهی به بادبردگی حساس می‌شوند و در نهایت منجر به بیابانزایی و افزایش وقوع گرد و غبار می‌گردد (بدوک و همکاران، ۲۰۰۹). بررسی پژوهش‌های گذشته نشان می‌دهد که مطالعات متعددی در ایران و سایر مناطق دنیا در زمینه بررسی روند تغییرات مؤلفه‌های هیدرواقليمی و تأثیر آن‌ها بر تخریب اکوسیستم‌ها یا بیابانزایی و همچنین مسائل مختلف مربوط به مدیریت اکوسیستم‌ها به‌ویژه اکوسیستم بیابان و واحدهای آن نظیر تالاب‌ها و اراضی مرطوب و یا اکوسیستم‌های آبی به انجام رسیده است. به‌طوری‌که نتایج بررسی روند تبخیر و تعرق مرجع در مناطق خشک ایران توسط سبزی‌پور و شادمانی (۲۰۱۱) با استفاده از آزمون من-کندال و اسپیرمن طی دوره آماری ۴۱ ساله (۱۹۶۵-۲۰۰۵) نشان داد که در ایستگاه مشهد روند افزایشی تبخیر و تعرق مرجع افتاد است، درحالی‌که در ایستگاه‌های بندرعباس، سبزوار و سمنان روند معنی‌داری مشاهده نشد. ابطی و همکاران (۲۰۱۴) برای محاسبه میانگین بارش و دمای حداقل و حداکثر زیرحوضه‌های شش‌گانه دریاچه نمک کاشان از روش تیسن و برای ارزیابی روند این مؤلفه‌های اقلیمی از آزمون پارامتری رگرسیون خطی و آزمون ناپارامتری من-کندال استفاده کردند. این پژوهشگران نشان دادند که به‌جز زیرحوضه اراک که روند تغییر آن کاهشی و معنی‌دار بوده است، روند معنی‌داری در بارش استاندارد شده سایر زیرحوضه‌ها مشاهده نشد. اما روند تغییرات دمای حداقل و حداکثر افزایشی و معنی‌دار بوده است. بررسی روند تغییرات تبخیر از تشتک در ۱۲ ایستگاه هواشناسی در غرب ایران با استفاده از روش من-کندال نشان دادند که روند افزایشی معنی‌داری در پارامتر مذکور در ۶۷٪ ایستگاه‌ها وجود دارد (طبری و همکاران، ۲۰۱۰). بررسی تغییرات اقلیمی ایران براساس مؤلفه‌های بارندگی و رطوبت نسبی در ۲۶ ایستگاه سینوپتیک در دوره آماری ۲۰۰۵-۱۹۵۱ براساس آزمون من-کندال حاکی از روند کاهش معنی‌دار بارندگی و رطوبت نسبی در نواحی مرکزی و

ایرانی (هامون صابری) و به نفع بخش افغانی (هامون پوزک) است، به اثبات رسیده است (شریفی کیا، ۲۰۱۰). همچنین در پژوهشی که تیموری و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از تصویر ماهواره‌ای ETM+ و ترکیب باندهای (۷-۵-۲) و تابع Cut / fill انجام داده‌اند، حجم آب مورد نیاز سالانه برای پرشدن کل سطح دریاچه، ۱۵۹۲ میلیون مترمکعب تخمین زده شده است. از نقشه‌های تولیدشده براساس شاخص اختلاف آب نرمال‌شده (NDWI) حاصل از تصاویر لندست نیز در بسیاری از پژوهش‌های داخلی و خارجی (رفیعی و همکاران، ۲۰۱۲؛ موسوی و همکاران، ۲۰۱۴؛ هایبو^۷ و همکاران، ۲۰۱۱؛ ال-اسمر^۸، ۲۰۱۳؛ جاواک و لوئیس^۹، ۲۰۱۵؛ گوتام و همکاران^۱، ۲۰۱۵) به‌منظور تفکیک اراضی مرطوب از اراضی خشک استفاده شده است. برتری مدل‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی نسبت به مدل‌های رگرسیونی برای پیش‌بینی بار رسوب در حوضه آبخیز سمندگان در مطالعه ولی و همکاران (۲۰۱۱) و برای برآورد حجم تنه درختان در پژوهش بیاتی و نجفی (۲۰۱۱) به اثبات رسیده است. ترز و ارول^۱ (۲۰۰۵) نیز برای محاسبه تبخیر روزانه از تشک از شبکه‌های عصبی مصنوعی استفاده کرد. نتایج آن‌ها حاکی از بهتر بودن مدل شبکه عصبی با آرایش چهار لایه ورودی شامل دمای هوا، دمای آب، تشعشع خورشیدی و فشار هوا و سه لایه پنهان است. قابلیت بالای استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی در تعیین پیک تخلیه و زمان اوج تخلیه در فرایندهای بارندگی- رواناب توسط سرکار و همکاران^۲ (۲۰۱۲) نیز به اثبات رسیده است. لذا نظر به اینکه در سال‌های اخیر به‌کارگیری تکنیک‌های دورسنجی و سیستم اطلاعات جغرافیایی توسط پژوهشگران متعدد خارجی و داخلی به‌عنوان ابزاری مفید برای پایش تغییرات سطح دریاچه‌ها و اکوسیستم‌های مرطوب به اثبات رسیده است و از طرفی عوامل تخریب و تهدید تالاب گاوخونی چه در گذشته و چه در حال، هریک با درجات مختلف بر این تالاب تأثیر گذار بوده‌اند اما تاکنون

شرق ایران دارد، درحالی‌که این شرایط در بخش‌های شمالی و غربی ایران حاکم نبوده است (کوثری و همکاران، ۲۰۱۱). نفرزادگان و همکاران (۲۰۱۳) روندهای فصلی و سالانه تبخیر و تعرق مرجع را با استفاده از روش‌های من-کندال، اسپیرمن، همبستگی پیرسون و تحلیل رگرسیون خطی و متغیرهای اقلیمی مؤثر بر آن را با استفاده از روش همبستگی پیرسون و تحلیل رگرسیون خطی در جنوب ایران در بازه زمانی ۱۹۶۶ تا ۲۰۰۵ میلادی بررسی کردند. نتایج نشان داد که متغیرهای اقلیمی تأثیرگذار بر تبخیر و تعرق سرعت باد، رطوبت نسبی و ساعات آفتابی بوده‌اند و اکثر روندهای فصلی و سالانه برای تبخیر و تعرق غیر معنی‌دار بوده‌اند و بعد از آن بیشترین فراوانی به‌ترتیب برای روندهای کاهشی و افزایشی مشاهده شد. وانگ^۱ و همکارانش (۲۰۰۷) تبخیر و تعرق مرجع و تبخیر از تشک تبخیر را در حوضه رودخانه یانگ تز چین در بازه زمانی ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۰ مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها نشان دادند که تبخیر و تعرق مرجع و تبخیر از تشک تبخیر در طول ماه‌های تابستان و در مقیاس سالانه، کاهش کلی یافته است. کاهش روند تبخیر در آمریکا توسط هینس^۲ و همکاران (۱۹۹۵) و پترسون^۳ و همکاران (۲۰۰۴)، در استرالیا و نیوزلند توسط ردریک و فرکوهار^۴ (۲۰۰۴ و ۲۰۰۵) و در چین توسط پژوهشگرانی از جمله توماس^۵ (۲۰۰۰)، وانگ و همکاران (۲۰۱۲) و لیو^۶ و همکاران (۲۰۰۴) نیز گزارش شده است. وانگ و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی روند تغییرات دما و بارندگی در بازه زمانی ۲۰۱۰-۱۹۶۱ در چین پرداختند. نتایج نشان داد که در ۵۰ سال، افزایش معنی‌داری در متوسط درجه‌حرارت (۹۱/۱ درجه در ۵۰ سال) اتفاق افتاده است، درحالی‌که میزان بارندگی روند کاهشی غیرمعنی‌داری را نشان داد (۲۹/۱۱ — میلی‌متر در ۵۰ سال). کاربرد داده‌های سنجنده TM، ETM و MSS ماهواره لندست و داده‌های زمینی در یک دوره سی ساله در پایش تغییرات تراز آبی دریاچه هامون که حاکی از تغییر در عرصه‌های آبی هامون که به زیان بخش

7. Haibo

8. El-Asmar

9. Jawak and Luis

1. Gautam 0

1. Terz and Keskn 1

1. Sarkar 2

1. Wang

2. Hobbins

3. Peterson

4. Roderick and Farquhar

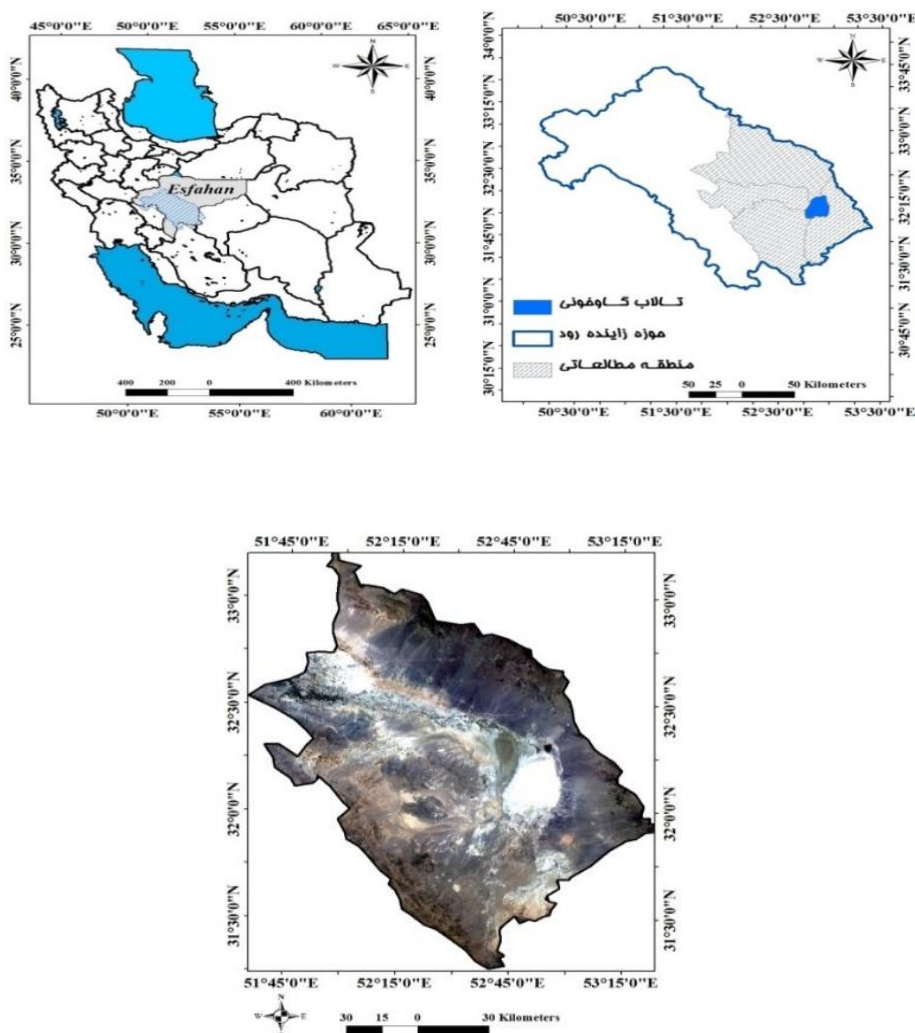
5. Thomas

6. Liu

تحقیقی راجع به تعیین مساحت سطوح خشک و مرطوب تالاب گاوخونی و میزان تأثیر پارامترهای متعدد هیدرواقليمی بر آن به انجام نرسیده است، در این تحقیق سعی بر آن خواهد بود تا در ابتدا با استفاده از تکنیک دور سنجی، تقویم زمانی سطوح خشکیده تالاب گاوخونی در بازه زمانی ۲۲ سال (۱۳۷۰-۷۱ تا ۹۲-۱۳۹۱) مشخص شود و سپس روند تغییرات پارامترهای بارندگی، دما، تبخیر، دبی جریان های ورودی به تالاب و سطح ایستابی چاه های پیزومتر محدوده تالاب؛

۲. بررسی روند تغییرات پارامترهای بارندگی، دما، تبخیر، دبی جریان های ورودی به تالاب و سطح ایستابی چاه های پیزومتر محدوده تالاب؛

۳. تعیین میزان اهمیت عوامل تأثیر گذار بر نوسانات سطوح خشک و مرطوب تالاب.



شکل (۱): موقعیت محدوده مورد مطالعه در استان اصفهان و ایران

۳. مواد و روش‌ها

- موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه، تالاب گاوخونی در حوضه زاینده‌رود استان اصفهان است. در انتهایی‌ترین قسمت حوضه آبریز زاینده‌رود، زیرحوضه گاوخونی قرار گرفته که در مرکز آن تالاب نسبتاً وسیع به مساحت ۴۱۷/۷ کیلومتر مربع قرار دارد (وسعت آن متغیر و تا ۷۱۹ کیلومتر مربع) می‌رسد. ارتفاع تالاب از سطح دریا ۱۴۷۵ متر و نوسانات آب در آن به نیم متر و حداکثر عمق این تالاب در فصل پربابی یک متر است. این تالاب در مختصات جغرافیایی ۴۵° ۵۲' تا ۵۲° ۵۲' طول شرقی و ۳۰° ۳۰' تا ۳۲° ۵۸' عرض شمالی و در فاصله ۱۳۰ کیلومتری جنوب شرقی اصفهان قرار دارد (شکل ۱). میانگین بارش سالانه ۹۰/۳ میلی‌متر، میانگین دمای سالانه ۱۹/۰۳ درجه سانتی‌گراد، میزان تبخیر و تعرق پتانسیل سالانه ۳۲۶۵ میلی‌متر و نوع اقلیم در محدوده مطالعاتی از نوع گرم و خشک است.

- داده‌ها، ابزارها و نرم‌افزارهای مورد استفاده

در تحقیق حاضر از داده‌ها، ابزارها و نرم‌افزارهای زیر استفاده شده است:

- داده‌های روزانه اخذشده مربوط به پارامترهای بارندگی، دما، تبخیر، دبی جریان‌های ورودی به تالاب گاوخونی و سطح ایستابی چاه‌های پی‌زومتر از سازمان هواشناسی کشور، سازمان هواشناسی استان اصفهان، سازمان هواشناسی استان یزد و شرکت مدیریت منابع آب تهران؛

- تصاویر ماهواره‌ای لندست مربوط به سنجنده‌های TM، ETM+ و OLI (Path:38؛ Row:163 و Path:37؛ Row:163) (EarthExplore.Usgs.gov)؛

- تصاویر مربوط به Google Earth؛

- نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰ محدوده

مطالعاتی

- سیستم موقعیت‌یاب جهانی (GPS)

- نرم‌افزارهای Spss 20، Matlab R2009،

ArcGIS10، Envi4.7، Excel 2007، MAKESENS1

مراحل روش تحقیق

- اخذ تصاویر ماهواره‌ای

به‌منظور تهیه تقویم زمانی از سطوح خشک و مرطوب تالاب گاوخونی در دوره آماری مورد مطالعه (۲۲ سال) ابتدا تصاویر مربوط به فریم ۳۸-۱۶۳ سنجنده‌های متعدد ماهواره لندست (TM، ETM+ و L8 OLI/TIRS) تهیه شد. مشخصات تصاویر مورد استفاده در جدول (۱) ارائه شده است.

- پیش‌پردازش داده‌های ماهواره‌ای

نظر به اینکه منطقه مطالعاتی در دو فریم با Path و Row متفاوت (Path:163؛ Row:37) و (Path:163؛ Row:38) واقع شده است، در ابتدا برای یکپارچه سازی تصاویر از تکنیک موزاییک سازی تصاویر ماهواره‌ای استفاده شد. سپس برای انجام تصحیح هندسی روی تصاویر اخذ شده، ابتدا تصویر ماهواره‌ای سال ۲۰۰۳ با استفاده از نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ سال ۱۳۸۲ (۲۰۰۳) و با استفاده از معادله چندجمله‌ای درجه یک و به روش نزدیک‌ترین همسایه با انتخاب ۳۵ جفت نقطه کنترل زمینی روی نقشه و تصویر، زمین مرجع گردید و سپس سایر تصاویر مورد استفاده به روش تصویر به تصویر از روی تصویر (۲۰۰۳) + ETM با استفاده از معادله چندجمله‌ای درجه یک و به روش نزدیک‌ترین همسایه زمین مرجع (خطای RMSE کمتر از ۰/۵) شد. در انتخاب نقاط کنترل زمینی سعی گردید تا نقاط از مناطق بدون تغییر نظیر تقاطع جاده‌ها و رودخانه‌ها انتخاب شود و تا حد امکان پراکنش مناسبی را نسبت به هم داشته باشند. برای تصحیح رادیومتریکی از روش کاهش تیرگی پدیده‌آکه در نرم‌افزار ENVI4.7 قابل اجراست، استفاده شد (دیو و همکاران، ۲۰۰۲). پس از انجام عملیات تصحیح هندسی و تصحیح رادیومتریکی عملیات اصلاح خطاهای ناشی از سنجنده در هنگام تصویربرداری (gap-filling) روی تصاویر سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۷ و تصویر مربوط به سال ۲۰۱۲ در نرم‌افزار Envi4.7 انجام شد.

جدول (۱): تصاویر مورد استفاده برای تهیه تقویم زمانی سطوح خشک و مرطوب تالاب گاوخونی

نوع سنجنده	معادل سال آبی	تاریخ تصویر اخذ شده	سال آبی
L4-5TM	۱۳۷۱ / ۰۳ / ۰۵	۲۶ می ۱۹۹۲	۱۳۷۰-۷۱
L4-5TM	۱۳۷۲ / ۰۲ / ۰۷	۲۷ آوریل ۱۹۹۳	۱۳۷۱-۷۲
L4-5TM	۱۳۷۳ / ۰۳ / ۲۷	۱۷ ژوئن ۱۹۹۴	۱۳۷۲-۷۳
L4-5TM	۱۳۷۴ / ۰۲ / ۱۳	۳ می ۱۹۹۵	۱۳۷۳-۷۴
-	موجود نبودن تصویر	موجود نبودن تصویر	۱۳۷۴-۷۵
L4-5TM	۱۳۷۵ / ۰۸ / ۲۳	۱۳ نوامبر ۱۹۹۶	۱۳۷۵-۷۶
L4-5TM	۱۳۷۷ / ۰۲ / ۰۵	۲۵ آوریل ۱۹۹۸	۱۳۷۶-۷۷
L4-5TM	۱۳۷۷ / ۱۲ / ۰۴	۲۳ فوریه ۱۹۹۹	۱۳۷۷-۷۸
L4-5TM	۱۳۷۹ / ۰۲ / ۲۷	۱۶ می ۲۰۰۰	۱۳۷۸-۷۹
L7ETM+SCL-ON	۱۳۸۰ / ۰۳ / ۰۶	۲۷ می ۲۰۰۱	۱۳۷۹-۸۰
L7ETM+SCL-ON	۱۳۸۱ / ۰۲ / ۲۴	۱۴ می ۲۰۰۲	۱۳۸۰-۸۱
L7ETM+SCL-ON	۱۳۸۲ / ۰۱ / ۱۰	۳۰ مارس ۲۰۰۳	۱۳۸۱-۸۲
L7ETM+SCL-OFF	۱۳۸۳ / ۰۲ / ۳۰	۱۹ می ۲۰۰۴	۱۳۸۲-۸۳
L7ETM+SCL-OFF	۱۳۸۴ / ۰۱ / ۳۱	۲۰ آوریل ۲۰۰۵	۱۳۸۳-۸۴
L7ETM+SCL-OFF	۱۳۸۵ / ۰۲ / ۰۳	۲۳ آوریل ۲۰۰۶	۱۳۸۴-۸۵
L7ETM+SCL-OFF	۱۳۸۶ / ۰۳ / ۲۳	۱۳ ژوئن ۲۰۰۷	۱۳۸۵-۸۶
L4-5TM	۱۳۸۷ / ۰۲ / ۱۷	۶ می ۲۰۰۸	۱۳۸۶-۸۷
L4-5TM	۱۳۸۸ / ۰۲ / ۰۳	۲۳ آوریل ۲۰۰۹	۱۳۸۷-۸۸
L4-5TM	۱۳۸۹ / ۰۲ / ۰۶	۲۶ آوریل ۲۰۱۰	۱۳۸۸-۸۹
L4-5TM	۱۳۹۰ / ۰۳ / ۱۰	۳۱ می ۲۰۱۱	۱۳۸۹-۹۰
L7ETM+SCL-OFF	۱۳۹۱ / ۰۲ / ۲۰	۹ می ۲۰۱۲	۱۳۹۰-۹۱
L8 OLI/ TIRS	۱۳۹۲ / ۰۲ / ۲۴	۱۳ آوریل ۲۰۱۳	۱۳۹۱-۹۲

– پردازش تصاویر ماهواره‌ای

بررسی مطالعات گذشته نشان می‌دهد که شاخص NDWI کاربرد وسیعی برای تفکیک سطوح مرطوب، دریاچه‌ها، تالاب‌ها و رودخانه‌ها از خشکی‌های اطراف (پوشش گیاهی، اراضی بایر و کشاورزی، اراضی شور، شنزارهای اطراف) دارد. این شاخص اولین بار توسط گائو در سال ۱۹۹۵ ارائه شد که عبارت است از تفاضل باندهای مادون قرمز کوتاه و میانی به مجموع آن‌ها:

$$NDWI = \frac{R_{NIR} - R_{SWIR}}{R_{NIR} + R_{SWIR}} \quad (۱)$$

R_{NIR} بازتاب در باند مادون قرمز نزدیک، R_{RED} بازتاب در باند قرمز و R_{SWIR} بازتاب در باند مادون قرمز کوتاه است. اگر مقدار این شاخص از صفر بیشتر شود، آن سطح به عنوان سطح مرطوب و اگر کمتر یا مساوی صفر شود به عنوان سطح خشک تعریف می‌شود. استفاده از این شاخص

برای پایش خشکسالی و هشدارهای بهنگام در بسیاری از مطالعات نیز به اثبات رسیده است (سکاتو و همکاران، ۲۰۰۲؛ گو و همکاران، ۲۰۰۷). لذا در تحقیق حاضر از شاخص مذکور برای تفکیک سطوح مرطوب و خشکی تالاب گاوخونی استفاده شد.

– عملیات پس‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای

در این مرحله به منظور شارپ کردن و بارز کردن بیشتر کلاس‌ها و همچنین حذف پیکسل‌های به اشتباه طبقه‌بندی شده، فیلتر میانگین 3×3 روی نقشه‌های تولید شده اعمال گردید (لیلسند و کیفر، ۱۹۹۴). سپس مساحت هر کلاس (مرطوب و خشک) محدوده تالاب محاسبه شد. در نهایت برای تعیین صحت نقشه‌های تولیدشده، از تصاویر گوگل ارث و تصاویر کاذب رنگی موجود در سایت لندست به روش تفسیر بصری استفاده شد.

– پردازش داده‌های هیدرواقليمی

در این مرحله، آمار مربوط به پارامترهای دما، بارش، تبخیر، دبی و سطح آب چاه‌های پیرومتر در منطقه مطالعاتی از سال ۱۳۷۰-۷۱ تا ۱۳۹۱-۹۲، از سازمان‌های مربوط (سازمان هواشناسی و دفتر مطالعات منابع آب کشور و استان اصفهان) اخذ شد. پس از تعیین داده‌های پرت به روش انجمن منابع آب امریکا، همگنی داده‌های ایستگاه‌های مختلف با استفاده از آزمون توالی مورد بررسی قرار گرفت. به منظور محاسبه متوسط پارامترهای بارش، دما، تبخیر و سطح ایستابی در محدوده مطالعاتی از روش تیسن و برای محاسبه میزان دبی جریان‌های ورودی به تالاب از آمار ایستگاه هیدرومتری ورزش استفاده شد. در روش من-کندال فرض می‌شود یک سری زمانی به صورت $x_1, x_2, \dots, x_n$ با شد. برای تعیین روند از آماره آزمون من-کندال (رابطه ۲) استفاده می‌شود. در این رابطه، j و k شماره مشاهدات هستند و تابع علامت $\text{sgn}(x)$ به صورت رابطه (۳) تعریف می‌شود.

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j + x_k) \quad (2)$$

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} +1 & x > 0 \\ 0 & x = 0 \\ -1 & x < 0 \end{cases} \quad (3)$$

براساس این آزمون در صورتی که مقدار S اختلاف معنی‌داری با صفر نداشته باشد، روند جود ندارد و در غیر این صورت روند، صعودی یا نزولی خواهد بود. برای آزمون معنی‌دار بودن روند، از متغیر Z نرمال استاندارد طبق رابطه (۴) استفاده می‌شود (من، ۱۹۴۵؛ کندال، ۱۹۷۵). فرض صفر (H_0) در آزمون من-کندال عدم وجود روند و فرض H_1 وجود روند است.

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{(\text{var}(S))^{\frac{1}{2}}} & \text{if } S > 0 \\ 0 & \text{if } S = 0 \\ \frac{S+1}{(\text{var}(S))^{\frac{1}{2}}} & \text{if } S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

$$\text{Var}(S) = \{n(n-1)(2n+5)\} \quad (5)$$

با استفاده از S آزمون من-کندال، مقدار τ کندال با استفاده از رابطه (۶) به دست می‌آید. آزمون معنی‌داری براساس این آماره جدید همانند آماره S روش من-کندال است.

$$\tau = \frac{S}{\frac{1}{2}(n(n-1))} \quad (6)$$

در صورتی که وجود روند در سری‌های بارندگی براساس آزمون من-کندال یا کندال معنی‌دار باشد، جزء روند می‌بایست از سری حذف شود که استفاده از تفاضل در سری‌های بارندگی باعث حذف جزء روند در سری خواهد شد.

$$U_t = X_t - X_{t-\omega} \quad (7)$$

در این رابطه، X سری زمانی برای پارامتر مورد نظر و $X_{t-\omega}$ نشانگر تأخیر زمانی در تفاضل است. برای رسیدن به ایستایی، تفاضلات می‌تواند چندین بار تکرار شود.

– تعیین میزان اهمیت عوامل تأثیرگذار بر خشکیدگی تالاب

گاوخونی با استفاده از مدل‌های شبکه عصبی

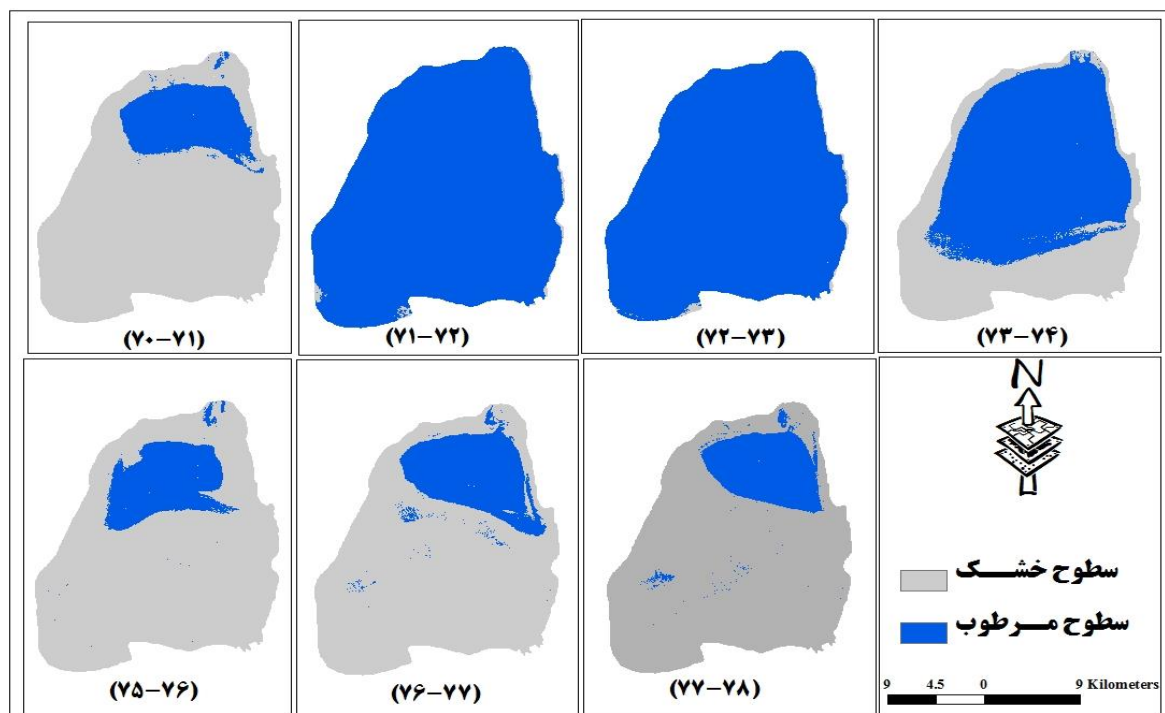
یکی از شبکه‌های عصبی نظارت شده و پرکاربرد در مدیریت منابع طبیعی، شبکه عصبی پیش‌خور با الگوریتم پس‌انتشار خطا (شبکه چندلایه پرسپترون) است که برای محدوده گسترده‌ای از کاربردها از قبیل طبقه‌بندی، شناسایی الگو، درون‌یابی، پیش‌بینی و مدل‌سازی فرایند مناسب است (روملهارت و همکاران، ۱۹۸۶).

نظر به اینکه تعیین میزان اهمیت هر یک از مؤلفه‌های تأثیرگذار بر خشکیدگی تالاب گاوخونی در بازه زمانی طولانی مدت از اهداف اصلی پژوهش حاضر است؛ از این رو برای تعیین اهمیت هر یک از عوامل مستقل تأثیرگذار (دما، دبی، بارش، تبخیر و سطح ایستابی) بر متغیر وابسته (سطح خشک یا مرطوب تالاب گاوخونی) از سال ۷۱-۱۳۷۰ تا ۹۲-۱۳۹۱، از تحلیل و مقایسه شبکه‌های مختلف عصبی (پرسپترون چند لایه و توابع شعاع‌مدار) استفاده شد. در این بررسی ۷۰ درصد داده‌ها به عنوان داده آموزشی و ۳۰ درصد داده‌ها به عنوان داده تست وارد شبکه شدند. برای ارزیابی دقت توابع مختلف، مجموع مربعات خطای داده‌های آموزشی، مجموع مربعات خطای داده‌های تست، خطای نسبی داده‌های آموزشی، خطای

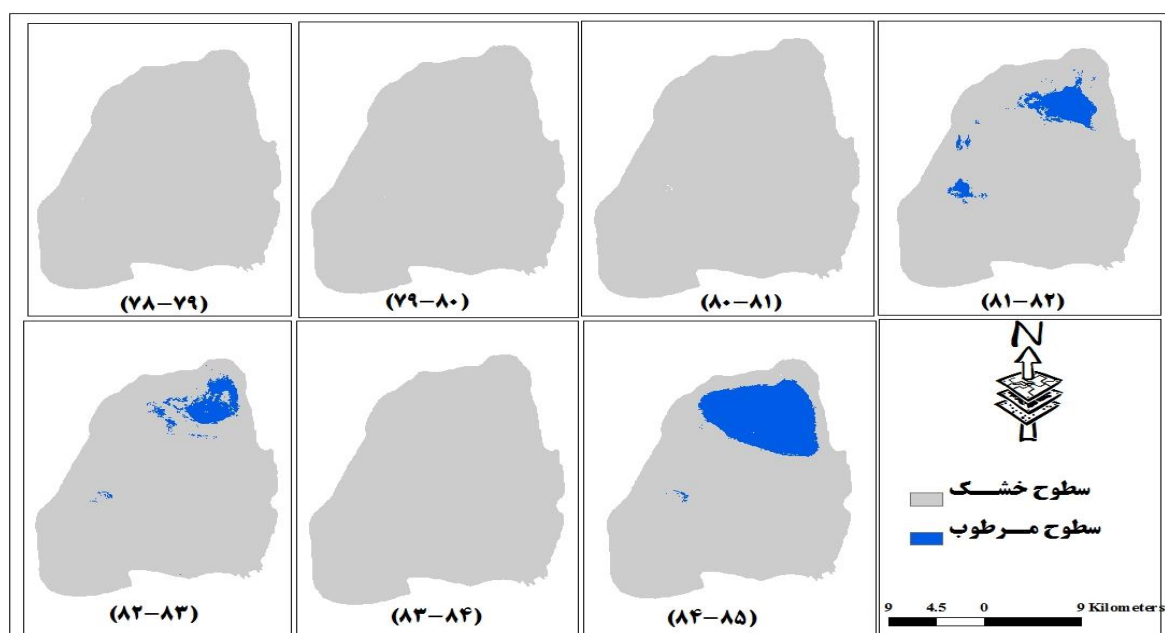
نسبی داده‌های تست و همچنین ضریب همبستگی بین مقادیر برآورد گردید.

نتایج

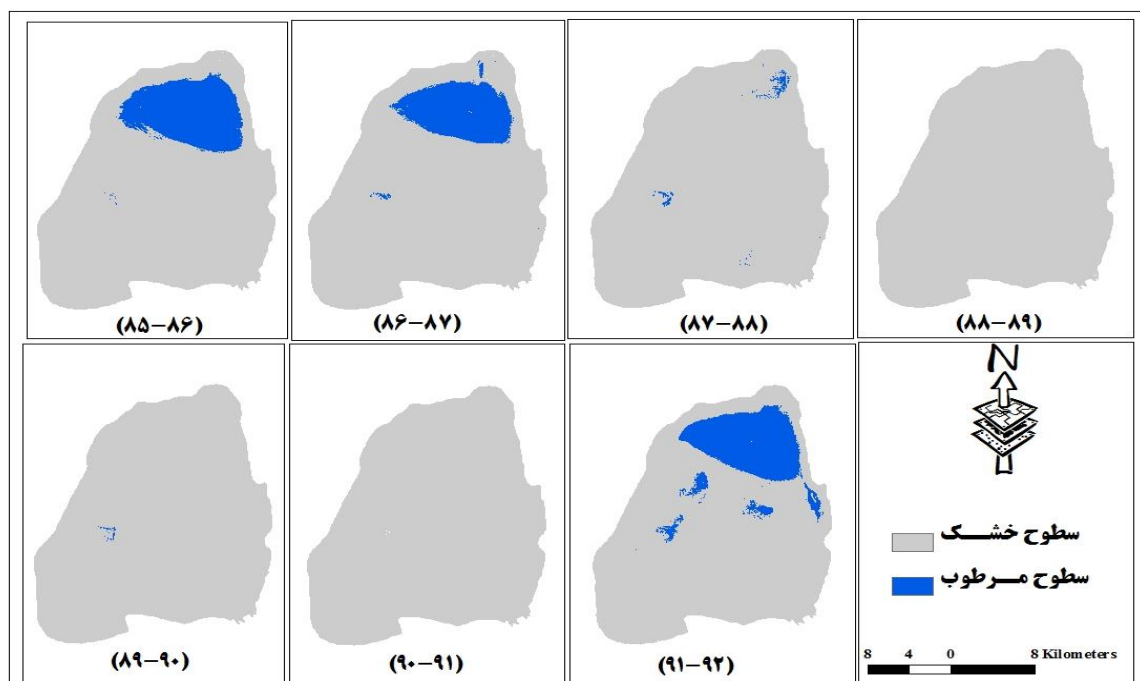
اندازه‌گیری شده و تخمین زده شده سطوح مرطوب تالاب با یکدیگر مقایسه شد و در نهایت مدلی که کمترین میزان خطا و بیشترین ضریب همبستگی را نشان داد، به عنوان مدل بهینه برای بررسی مؤلفه‌های تأثیرگذار بر تغییرات سطح مرطوب تالاب انتخاب شد و وزن هریک عوامل مؤثر طبق مدل بهینه



شکل (۲): سطوح خشک و مرطوب تالاب گاوخونی از سال آبی (۷۱-۷۰) تا (۷۸-۷۷)



شکل (۳): سطوح خشک و مرطوب تالاب گاوخونی از سال آبی (۷۹-۷۸) تا (۸۵-۸۴)



شکل (۴): سطوح خشک و مرطوب تالاب گاوخونی از سال آبی (۸۵-۸۶) تا (۹۱-۹۲)

جدول (۲): مساحت سطوح خشک و مرطوب تالاب گاوخونی در بازه زمانی ۲۲ ساله (۷۰-۷۱ تا ۹۱-۹۲)

سال آبی	سطح خشکیده (کیلومتر مربع)	سطح مرطوب (کیلومتر مربع)
۷۰-۷۱	۷۹	۳۹۷
۷۱-۷۲	۵ / ۲	۴۷۰ / ۸
۷۲-۷۳	۴ / ۹	۴۷۱ / ۱
۷۳-۷۴	۱۷۸ / ۹	۲۹۷ / ۰۷
۷۴-۷۵	۳۵۷ / ۵	۱۱۸ / ۵
۷۵-۷۶	۳۹۹ / ۸	۷۶ / ۱۲
۷۶-۷۷	۳۸۴	۹۲
۷۷-۷۸	۴۰۲	۷۴
۷۸-۷۹	۴۷۶	۰
۷۹-۸۰	۴۷۶	۰
۸۰-۸۱	۴۷۶	۰
۸۱-۸۲	۴۵۰ / ۱۴	۲۵ / ۸۶
۸۲-۸۳	۴۵۵ / ۰۷	۲۰ / ۹۳
۸۳-۸۴	۴۷۶	۰
۸۴-۸۵	۴۰۱ / ۷	۷۴ / ۳
۸۵-۸۶	۴۰۳ / ۷	۷۲ / ۲۴
۸۶-۸۷	۴۱۷ / ۵	۵۸ / ۵
۸۷-۸۸	۴۷۳ / ۰۴	۲ / ۹۶
۸۸-۸۹	۴۷۶	۰
۸۹-۹۰	۴۷۵ / ۵۸	۰ / ۴۲
۹۰-۹۱	۴۷۶	۰
۹۱-۹۲	۴۰۱ / ۶	۷۴ / ۴

* به دلیل عدم وجود تصویر، سطح آبدار معادل میانگین طولانی مدت ثبت شده است.

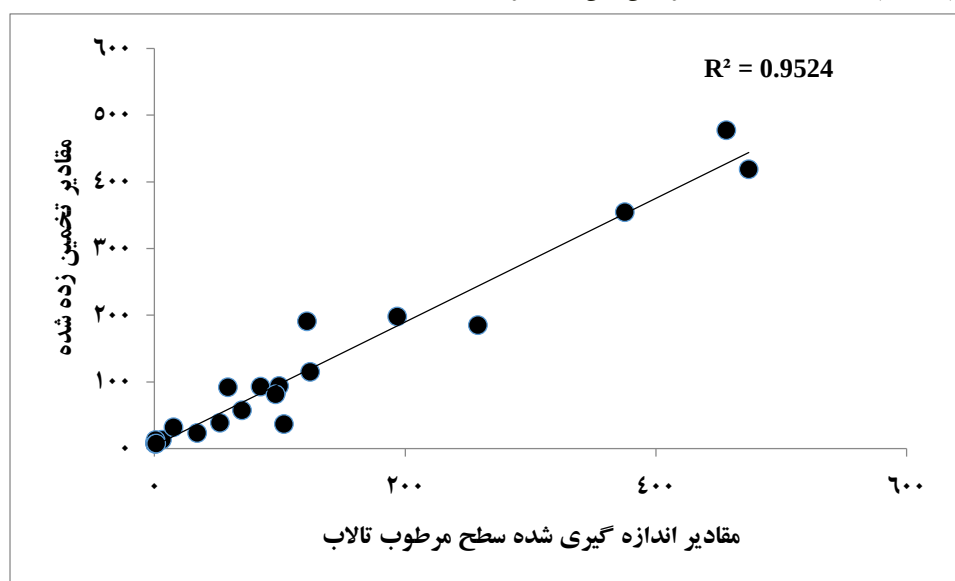
در جدول (۳)، مقادیر متوسط سالانه هریک از پارامترهای زمانی ۲۲ ساله ارائه شده است.

بارندگی، درجه حرارت، تبخیر، دبی و سطح ایستابی در بازه

جدول (۳): مقادیر متوسط سالانه پارامترهای بارندگی، درجه حرارت، تبخیر، دبی و سطح ایستابی در بازه زمانی ۲۲ ساله

سال آبی	سطح ایستابی	دبی	تبخیر	درجه حرارت	بارندگی
۷۰-۷۱	۲۱/۵	۳/۷	۲۵۰۱/۴	۱۴/۶	۱۵۴/۵
۷۱-۷۲	۲۱/۵	۱۰	۲۵۹۸/۹	۱۵/۹	۱۶۴/۴
۷۲-۷۳	۲۱/۴	۱۲/۶	۲۹۳۵/۸	۱۷/۱	۸۲/۷
۷۳-۷۴	۲۱/۶	۲/۱	۲۵۷۰/۳	۱۶/۸	۱۷۰
۷۴-۷۵	۲۱/۷	۳/۳	۲۸۸۹	۱۵/۸	۱۷۰/۶
۷۵-۷۶	۲۲/۲	۵/۱	۲۹۲۰/۳	۱۶/۷	۸۴/۱
۷۶-۷۷	۲۲/۵	۱/۵	۲۹۴۲/۱	۱۷/۱	۱۵۲/۵
۷۷-۷۸	۲۲/۶	۰/۳	۲۹۵۸/۱	۱۷	۱۳۳/۶
۷۸-۷۹	۲۳/۱	۰/۲	۳۲۰۶	۱۷/۱	۵۱/۷
۷۹-۸۰	۲۴	۰	۳۰۹۰/۱	۱۷/۱	۱۱۴
۸۰-۸۱	۲۵/۱	۰/۱	۳۰۵۹/۴	۱۸	۱۵۸/۹
۸۱-۸۲	۲۵/۹	۰/۲	۲۸۲۱/۹	۱۷/۸	۱۲۵/۵
۸۲-۸۳	۲۵/۸	۰/۳	۲۷۳۵	۱۸	۱۷۱/۳
۸۳-۸۴	۲۵/۸	۰/۵	۲۱۷۳/۶	۱۷/۶	۱۰۳/۹
۸۴-۸۵	۲۶/۴	۲/۲	۳۰۱۸/۵	۱۷/۴	۱۴۴/۴
۸۵-۸۶	۲۶/۱	۲/۴	۲۶۹۹/۶	۱۵/۳	۲۳۵/۳
۸۶-۸۷	۲۵/۵	۱/۱	۲۶۹۸/۷	۱۶/۵	۴۰/۴
۸۷-۸۸	۲۶/۵	۰/۱	۲۷۴۵/۹	۱۶/۵	۱۳۰/۲
۸۸-۸۹	۲۷/۱	۰/۲	۲۸۴۰/۹	۱۷	۱۲۵/۳
۸۹-۹۰	۲۸	۰	۲۸۸۸/۸	۱۶/۸	۶۵/۷
۹۰-۹۱	۲۸/۷	۰/۲	۲۸۷۸/۲	۱۵/۷	۱۴۷/۱
۹۱-۹۲	۲۹/۲	۰/۱	۲۷۵۶/۵	۱۶/۹	۱۷۳/۶

در جدول (۴)، نتایج حاصل از ارزیابی ساختارهای اندازه گیری شده و تخمین زده شده سطح مرطوب تالاب، متفاوت شبکه پرسترون چندلایه و توابع شعاع مدار در برآورد سطح مرطوب تالاب و در نمودار (۱) برازش بین مقادیر



نمودار (۱): نمودار برازش بین مقادیر اندازه گیری شده و تخمین زده شده سطح مرطوب تالاب براساس مدل MLP4

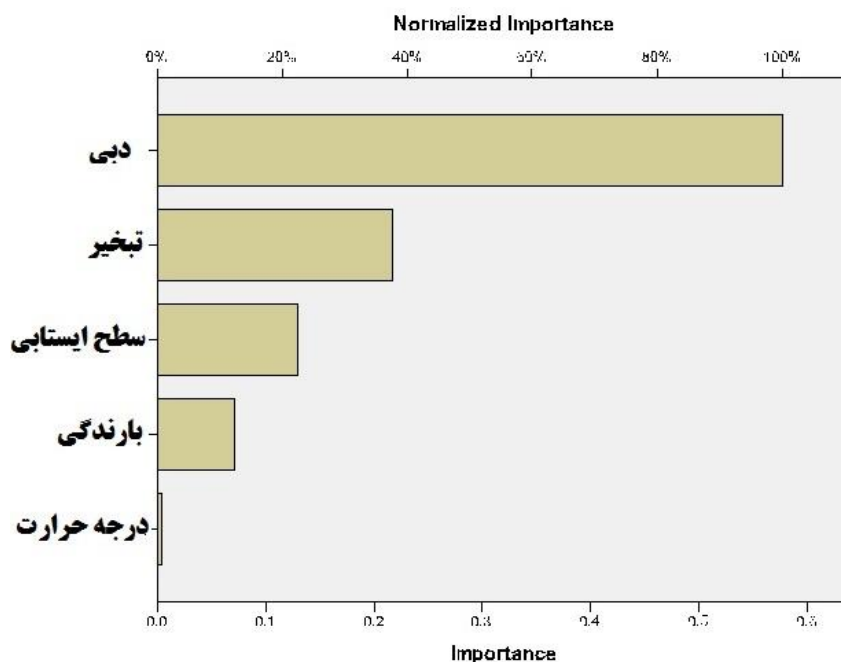
جدول (۴): ارزیابی ساختارهای متفاوت شبکه پرسپترون چندلایه و توابع شعاع‌مدار در برآورد سطح مرطوب تالاب

MLP	ساختار	تابع انتقال لایهٔ پنهان	آموزشی		تست		ضریب همبستگی
		تابع انتقال لایهٔ خروجی	SSE	RE	SSE	RE	
MLP1	Automatic	Hyperbolic tangent identity	۰/۵۱	۰/۰۶	۰/۳۱	۰/۳۳	۰/۹۵
MLP2	Custom	Hyperbolic tangent identity	۰/۶۶	۰/۰۹۵	۰/۵۷	۰/۴۴	۰/۹۲
MLP3	Custom	Hyperbolic tangent	۰/۲۴	۰/۰۷	۰/۷۶	۰/۷۲	۰/۸۹
MLP4	Custom	Hyperbolic tangent	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۵۸	۰/۴۱	۰/۹۵
		Sigmoid					
MLP5	Custom	Sigmoid identity	۲/۰۲	۰/۳۳	۱/۲۶	۰/۶۵	۰/۷۸
MLP6	Custom	Sigmoid	۰/۲۴	۰/۰۸	۰/۰۶	۰/۴۱	۰/۹۷
MLP7	Custom	Hyperbolic tangent					
		Sigmoid	۰/۰۲۸	۰/۰۵	۰/۱۳	۰/۲۱	۰/۹۳
RBF1	Automatic	Sigmoid					
		Softmax identity	۳/۹۵	۰/۴۹	۲/۹	۰/۵۹	۰/۷۸
RBF2	Automatic	Exponential identity	۵/۵	۰/۷۹	۱۴	۱/۳	۰/۵۲

جدول (۵) و نمودار (۲) بیانگر میزان اهمیت متغیرهای مستقل تأثیرگذار بر سطح مرطوب تالاب‌اند.

جدول (۵): میزان اهمیت متغیرهای مستقل تأثیرگذار بر سطح مرطوب تالاب

متغیر مستقل	Importance	Normalized Importance
دبی	۰/۵۷۸	۱۰۰٪
تبخیر	۰/۲۱۷	۳۷٪/۵
سطح ایستابی	۰/۱۳	۲۲٪/۵
بارندگی	۰/۰۷۲	۱۲٪/۵
درجه حرارت	۰/۰۰۴	۳۷٪/۵



نمودار (۲): نمودار شماتیک میزان اهمیت عوامل تأثیرگذار بر سطح مرطوب تالاب گاوخونی

جدول (۶) نتایج حاصل از بررسی روند تغییرات سطح مرطوب تالاب، دبی، بارندگی، تبخیر، درجه حرارت و تبخیر به روش من-کندال را نشان می‌دهد.

جدول (۶): نتایج حاصل از بررسی روند تغییرات سطح مرطوب تالاب، دبی، بارندگی، تبخیر، درجه حرارت و تبخیر به روش من-کندال

نتیجه	Test Z	n	Last Year	First year	Time series
***	-۳ / ۳۸	۲۲	۲۲	۱	سطح مرطوب
ns	-۰ / ۲۳	۲۲	۲۲	۱	بارندگی
ns	۰ / ۴۵	۲۲	۲۲	۱	درجه حرارت
ns	۰ / ۰۶	۲۲	۲۲	۱	تبخیر
**	-۳ / ۰۵	۲۲	۲۲	۱	دبی
***	۵ / ۸۷	۲۲	۲۲	۱	سطح ایستابی

ns: عدم معنی داری

بحث و نتیجه گیری

بارندگی، دما، تبخیر، سطح ایستابی آب زیرزمینی و جریان آب‌های سطحی ورودی به تالاب در این دوره جست‌وجو کرد. همان‌گونه که در جدول (۳) مشاهده می‌شود، مقادیر دبی جریان‌های ورودی به تالاب در سال ۱۳۷۱-۷۲ و ۱۳۷۳-۷۴ نسبت به سال‌های دیگر بسیار بیشتر است. گرچه مقدار متوسط بارندگی در این سال‌ها به‌ویژه در سال ۱۳۷۱-۷۲ نیز بالاست، اما پنج تا ده برابر برابر بودن مقدار جریان‌های وارده در این دو سال نسبت به سال‌های پس از آن، باعث آبدار شدن تقریبی کل تالاب در دو سال متوالی شده است. اما نظر به اینکه تعیین میزان سهم هریک از

براساس نتایج حاصل از برآورد سطوح خشک و مرطوب تالاب گاوخونی، بیشترین سطح خشکیده تالاب مربوط به سال‌های ۱۳۷۸-۷۹ تا ۱۳۸۰-۸۱، ۱۳۸۸-۸۹ و ۱۳۹۰-۹۱ است. این در حالی است که بیشترین سطح مرطوب تالاب به‌ترتیب مربوط به سال‌های ۱۳۷۲-۷۳ (۴۷۱/۱ کیلومتر مربع) و ۱۳۷۱-۷۲ (۴۷۰/۸ کیلومتر مربع) است. در واقع بیش از ۹۰ درصد سطح تالاب در این سال‌ها مرطوب بوده است. علت این امر را باید در مؤلفه‌های تأثیرگذار بر تالاب اعم از

مؤلفه‌های تأثیرگذار بر سطح آبدار تالاب گاوخونی در بازه زمانی طولانی مدت از اهداف اصلی تحقیق حاضر است، در این راستا از توابع شعاع‌مدار و چندلایه پرسپترون شبکه‌های عصبی استفاده شد و پس از مقایسه کارایی مدل‌ها براساس مجموع مربعات خطا (SSE) و خطای نسبی (RE) داده‌های آموزشی و تست و همچنین ضریب همبستگی (R) بین مقادیر اندازه‌گیری‌شده و تخمین‌زده‌شده سطح مرطوب تالاب، بهترین مدل انتخاب و براساس آن، میزان تأثیر هریک از پارامترها بر سطح مرطوب تالاب در بازه زمانی مورد مطالعه مشخص گردید (جدول ۴). نتایج حاصل از این بررسی نشان می‌دهد که ساختار شبکه چندلایه پرسپترون در حالت چهارم با تابع لایه انتقال پنهان سیگموئید و تابع لایه خروجی Hyperbolic tangent به دلیل بالا بودن میزان ضریب همبستگی ($R=0.95$) و پایین بودن خطاهای نسبی و مجموع مربعات خطا از دقت بیشتری نسبت به سایر مدل‌های شبکه برخوردار است. لذا از این مدل، برای تعیین سهم عوامل مؤثر در سطوح آبدار تالاب گاوخونی استفاده شد. گرچه مقدار ضریب همبستگی بین مقادیر اندازه‌گیری‌شده و تخمین‌زده‌شده در MLP6 بالاتر از مقدار ضریب همبستگی در تابع MLP4 است، به دلیل بالاتر بودن خطاهای نسبی و مربعات خطا نسبت به تابع MLP4، از دقت پایین‌تری برخوردار است و پذیرش آن به عنوان مدل برتر رد می‌شود. برآزش داده‌های اندازه‌گیری‌شده سطح مرطوب تالاب و مقادیر تخمینی براساس تابع MLP4 (نمودار ۱) و نتایج مندرج در جدول (۵) نشان می‌دهد که مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر تغییرات سطح مرطوب تالاب گاوخونی به ترتیب عبارت‌اند از: دبی جریان‌های ورودی به تالاب، تبخیر، افت سطح ایستابی، درجه حرارت و بارندگی. بررسی روند تغییرات پارامترهای مذکور در دوره آماری ۲۲ ساله (جدول ۶) براساس آزمون من-کندال حاکی از روند کاهشی معنی‌دار تغییرات دبی جریان‌های ورودی به تالاب و سطح ایستابی سفره‌های آب زیرزمینی در این دوره دارد. گرچه تغییرات بارندگی، تبخیر و درجه حرارت روند معنی‌داری را در این دوره نشان نداده است، بررسی کلی تغییرات در بازه زمانی مورد

مطالعه حاکی از کاهش میزان بارندگی، افزایش درجه حرارت و تبخیر در سال‌های اخیر دارد. لذا به طور کلی می‌توان اذعان داشت تأثیر متقابل کاهش دبی جریان‌های ورودی، بارندگی و تبخیر و افزایش درجه حرارت متوسط و تبخیر تغییرات کاهشی سطوح آبدار تالاب را به دنبال داشته است. سطح ایستابی از جمله عواملی است که در اثر دخالت‌های انسانی و برداشت‌های بی‌رویه از منابع آب‌های زیرزمینی دچار افت شدید در سال‌های اخیر و تغییر حجم آبخوان‌ها شده است. در محدوده تالاب گاوخونی سه آبخوان کوهپایه سگری، مهیار جنوبی و اسفنداران واقع شده است که براساس آمار اخذشده از سازمان آب منطقه‌ای استان اصفهان، میانگین تغییر حجم آبخوان‌های کوهپایه سگری و مهیار جنوبی در این بازه زمانی به ترتیب $(-10/78)$ و $(-14/98)$ میلیون مترمکعب و میانگین تغییر حجم آبخوان اسفنداران از ابتدای تشکیل شبکه سنجش $(1376-77)$ تا سال ۹۲-۱۳۹۱، $(-2/9)$ میلیون مترمکعب بوده است. این ارقام گویای این واقعیت است که وقوع خشکسالی‌های اخیر، تغییرات اقلیمی و افزایش نیاز به آب برای آبیاری اراضی کشاورزی در محدوده مطالعاتی، باعث شده که مردم به منابع آب‌های زیرزمینی روی آورده و در اثر پمپاژ بیش از حد از این منابع، شوری‌زایی در منطقه افزایش یابد. به طور کلی تغییرات در هر سیستم و به‌ویژه در اکوسیستم‌ها علاوه بر تغییرات در ساختار ناشی از تغییرات در ورودی‌ها، خروجی‌ها و فرایندها و به طور کلی عملکردهاست. در اکوسیستم منطقه نیز با توجه به تغییرات در ساختار جمعیتی آن و افزایش تقاضای بهره‌برداری از اکوسیستم، تغییرات در ورودی‌های سیستم به‌ویژه در حجم آب ورودی در درجه اول و تغییر در خروجی‌ها نظیر تبخیر است. تغییرات در جابه‌جایی و روند طبیعی و تعادل بین جبهه آب‌های شیرین و شور نیز معرف تغییرات در فرایندهاست. بنابراین در یک تحلیل سیستمی از وضعیت خشکیدگی تالاب می‌توان چنین استنباط کرد که در صورتی که اکوسیستم یک کارکرد طبیعی و عادی داشته باشد، بایستی تغییرات خشکیدگی با برابند اثرات بهره‌برداری و عوامل طبیعی نظیر خشکسالی تبعیت کند. لیکن تغییرات افزایشی در

بی‌رویه می‌تواند منجر به تشدید اثرات نامطلوب زیست‌محیطی، افزایش وسعت شوره‌زارها در اطراف تالاب، افزایش تولید ریزگردهای شور، آسیب به اراضی کشاورزی محدوده مطالعاتی و دیگر آسیب‌های زیست‌محیطی و اجتماعی شود. لذا انجام اقداماتی از جمله بهبود روش‌های آبیاری، ادامه ممنوعیت برداشت از چاه‌های دشت، اصلاح الگوی کشت، استفاده مجدد از پساب‌ها و فاضلاب‌ها و افزایش سطح آگاهی و دانش بهره‌برداران برای کنترل سطح سفره‌های آب زیرزمینی و حفاظت از اکوسیستم تالاب برای جلوگیری از پیامدهای ناشی از آن پیشنهاد می‌شود.

خشکیدگی و غیربازگشت به معنی خروج از تعادل در سیستم است و وضعیت سیستم به سمت یک سطح تعادلی جدید با پتانسیل پایین‌تر در حال حرکت است. بنابراین شناخت بحران خشکیدگی اگر در مراحل اولیه صورت گیرد، با صرف انرژی کمتر و یارانه کمتر به اکوسیستم نظیر محدود کردن کشاورزی به مناطق مستعد با پتانسیل و مرتعداری در مراتع با وضعیت مناسب و پروژه‌های احیای پوشش امکان‌پذیر است. در غیر این صورت، تخریب ساختار اکوسیستم را که بسیار هزینه‌بر است، در پی دارد. این تخریب‌ها تخریب اراضی فرسایش خاک و مشکل شوری و... است. ادامه روند کنونی و عدم انجام اقدامات جدی و عملی برای کاهش برداشت‌های

منابع

1. Abtahi, M., Seif, A., Khosroshahi, M., 2014. Assessment of temperature and precipitation trends in Kashan Namak lake basin during the last half-century. *Iranian Journal of Range and Desert Research* 21 (1), 1-12.
2. Baddock, M. C., Bullard, J. E., Bryant, R.G., 2009. Dust source identification using MODIS: A comparison of techniques applied to the Lake Eyre Basin Australia. *Remote Sensing of Environment* 113, 1511-1528.
3. Bayati, H., Najafi, A., 2011. Application of Artificial Neural Network for Assessing of the Stem Volume Trees. *Journal of Renewable Natural Resources* 2(2), 52-57.
4. Ceccato, P., Flasse, S., Tarantola, S., Jacquemond, S., Gregoire, J.M., 2001. Detecting vegetation water content using reflectance in the optical domain. *Remote Sensing of Environment* 77: 22-33.
5. Deyvis, J., 2001, the benefits of wetlands, Translator: Ayaft, A., Tehran Publications, First Edition, 108 p.
6. Du, Y., Teillet, P.M., Cihlar, J., 2002. Radiometric normalization of multitemporal high-resolution satellite images with quality control for land cover change detection. *Remote Sensing of Environment* 82, 123-134.
7. El-Asmar, H.M., Hereher, M.E., El Kafrawy, S.B., 2013. Surface area change detection of the Burullus Lagoon, North of the Nile delta, Egypt, using water indices: a remote sensing approach.
8. Gao, B. C., 1995. A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space, in *SPIE's 1995 Symposium on OE / Aerospace Sensing and Dual Use Photonics*, Vol. 2480, Orlando, FL.
9. Gautam, V., Gaurav, K., Murugan, P.K., Annadurai, P., 2015. Assessment of Surface Water Dynamics in Bangalore using WRI, NDWI, MNDWI, Supervised Classification and K-T Transformation. *International Conference on water Resources, Coastal and Ocean Engineering*, 739-746.
10. Gu, Y., Brown, J.F., Verdin, J.P., Wardlow, B., 2007. A five-year analysis of MODIS NDVI and NDWI for grassland drought assessment over the central Great Plains of the United States. *Geophysical Research Letters* 34.
11. Haibo, Y., Zongmin, W., Honglin, ZH., Yu, G., 2011. Water body Extraction Methods Study Based on RS and GIS. *Procedia Environmental Sciences* 10, 2619-2624.
12. Hobbins, M.T., Ramirez, J.A., Brown, T.C., 2004. Trends in pan evaporation and actual evapotranspiration across the conterminous U.S.: Paradoxical or complementary? *Geophys. Res. Lett.*, 31: L13503. doi: 10.1029/2004-GL019846.
13. Jawak, S.D., Luis, A.J., 2015. A Rapid Extraction of Water Body Features From Antarctic Coastal Oasis Using Very High-Resolution Satellite Remote Sensing Data. *Aquatic Procedia* 4, 125-132.
14. Kendall, M. G., 1975. *Rank Correlation Methods*, 4th ed., Charles Griffin: London.
15. Kousari, M.R., Ekhtesasi M.R., Tazeh, M., Saremi Naeini, M.A., Asadi Zarch, M.A.,

2011. An investigation of the Iranian climatic changes by considering the precipitation, temperature, and relative humidity parameters. *Theoretical and Applied Climatology* 103, 321-335.
16. Sharifikia M., 2010. Monitoring of the water level changes in the Hamoon lake, based on the tiome series analysis of remote sensing images. *Spatial planning (Modares Human Sciences)* 3, 155-175.
17. Lillesand, T.M., Kiefer R.W., 1994. Remote sensing and interpretation. Jhon Wiley and sons Inc., New York, 750 pp.
18. Liu, B., Xu, M., Henderson, M., Gong, W. A., 2004. spatial analysis of pan evaporation trends in China, 1955-2000. *J. Geophys. Res.* 109: D1516. doi: 10.1029/2004 JD004511.
19. Lu, D., Mausel, P., Brondi'zio, E., Moran, E., 2004. Change detection techniques. *Int. J. Remote Sens.* 25, 2365-2407.
20. Mahowald, N., Luo, C.J., Corral, D., Zende, C., 2003. Interannual variability in atmospheric mineral aerosols from a 22-year model simulation and observational data, *J. Geophys. Res.*, 108(D12), doi:10.1029/2002JD002821
21. Mann, H. B., 1945. Non-parametric test against trend, *Econometrica*, 13, 245-259.
22. Mousavi, S.A, Shahriari A.R, Fakhire, A., Ranjbar, Rahdari, V., 2014. Assessment of changes trend of land cover with use of remote sensing data in Hamoon wetland. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences (JBES)* 4(5), 146-156.
23. Nafarzadegan A.R., Ahani, H., Singh, V., Kherad, M., 2013. Parametric and Non-Parametric Trend of Reference Evapotranspiration and its key influencing climatic variables (Case study: Southern Iran). *Ecopersia* 1(2), 123-144.
24. Peterson, T.C., Golubev, V.S., Groisman, P.Y., 1995. Evaporation losing its strength. *Nature*, 337, 687-688.
25. Rafiee, Y., Alavipanah, S.K., Malek Mohammadi, B., Ramezani, M., Nasiri, H., 2012. Land cover mapping using remote sensing and decision tree algorithm (Case Study: National parks and wildlife refuges Bakhtegan). *Journal of Geography and Environmental Planning* 23(3), 93-110.
26. Roderick, M.L., Farquhar, G.D., 2004. Changes in Australian pan evaporation from 1970 to 2002. *Int. J. Climatol* 24(9), 1077-1090.
27. Roderick, M.L., Farquhar, G.D., 2005. Changes in New Zealand pan evaporation since the 1970s. *Int. J. Climatol* 25 (15), 2031-2039.
28. Rumelhart, D.E., Hinton G.E., Williams R.J., 1986. Learning internal representation by back-propagation errors. In: Rumelhart DE, McClelland JL, the PDP Research Group (Eds.), *Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructure of Cognition*. MIT Press, MA
29. Sabziparvar, A.A., Shadmani, M., 2011. Trends Analysis of Reference Evapotranspiration Rates by Using the Mann-Kendall and Spearman Tests in Arid Regions of Iran. *Journal of Water and Soil* 25 (4), 823-834.
30. Sarkar, A., Kumar, R., 2012. Artificial Neural Networks for Event Based Rainfall-Runoff Modeling. *Journal of Water Resource and Protection* 4, 891-897.
31. Tabari, H., Marofi, S., 2010. Changes of Pan Evaporation in the West of Iran. *Water Resource Management* 25(1), 97-111.
32. Terz, O., Erol K., M., 2005. Modeling of Daily Pan Evaporation. *Journal of Applied Sciences* 5 (2), 368-372.
33. Teymoori, I., Habibi, L., Salarvandian, F., 2011. Determining environmental water rights Tashk lakes and Bakhtegan Using C-Classification Method. *Physical Geography Research* 77, 21-37.
34. Thomas, A., 2000. Spatial and temporal characteristics of potential evapotranspiration trends over China. *Int. J. Climatol* 20, 381-396.
35. Vali, A.A., Ramesht, M.H., Seyf, A., Ghazavi, R., 2011. Compare the performance of artificial neural networks and regression models to predict sediment flow case study: Samandegan Basin. *Journal of Geography and Environmental Planning* 22(4), 19-34.
36. Wang, Y., Jiang, T., Bothe, O., Fraedrich, K., 2007. Changes of pan evaporation and reference evapotranspiration in the Yangtze River basin. *Theor. Appl. Climatol* 90, 13-23.
37. Wang Q, Fan X, Qin Z, Wang M. 2012. Change trends of temperature and precipitation in the Loess Plateau Region of China, 1961-2010, *Global and Planetary Change*, 93,138-147.

Determination of The Importance of Hydro-climate Parameters on Drying in Gavkhooni Wetland Using Artificial Neural Network and Remote Sensing Data

Vali Abbasali¹, Erahimi khusfi zohre², Khosroshahi Mohammah³, Ghazavi Reza⁴

Received: 10/4/2016

Accepted: 31/7/2016

Abstract

Wetlands as one of the most important and most valuable natural ecosystems in the world play an important role in filtering pollutants and reduce dust, creating a favorable microclimate, biodiversity and genetic and organic materials reservoirs. In central part of Iran, climatic and human factors have created significant differences between dry and wet surfaces of Gavkhooni wetland in recent decades and have provided a background to produce more dust in central part of Iran. This research aims to study and assess important factors that influence the process of changes occurring in wetlands and wetland drying up during the last 22 years by using remote sensing and artificial neural networks. To do so, 21 landsat imagery has been used. After that, Normalized Difference Water Index was calculated and the dry and wet surfaces has been separated. The average rainfall, temperature, flow, evaporation and water table depth for the study area was interpolated using Thiessen method and the trend of these parameters was examined using the Mann - Kendall. Finally, to determine the importance of each factor affecting wetlands drying up, various functions of artificial neural networks were compared and the best model was used to determine the importance of each parameter. The results of Mann - Kendall showed a significant decrease in ground water level and input flow to the wetlands in the period of the study. This study showed that the most important factors that influence the level of the Gavkhuni wetland are flow entering the lagoon, evaporation, drop in groundwater level, temperature and rainfall respectively.

Keywords: hydro-climate parameters, Gavkhooni wetland, Remote Sensing Technique, Dried, Ground water Level, Artificial Neural Network.

1. Associate professor, department of desert, Faculty of Natural Resources, University of Kashan, Email: Vali@kashanu.ac.ir

2. PhD student, department of Desert, Faculty of Natural Resources, University of Kashan

3. Research Geographer, Research Institute of Forest and Rangeland, Tehran

4. Associate professor , department of watershed management, Faculty of Natural Resources , University of Kashan