

بررسی روند دما و بارش در حوضه دریاچه نمک کاشان طی نیم سده‌ی گذشته

سید مرتضی ابطحی^{۱*}، عبدا... سیف^۲ و محمد خسروشاهی^۳

۱- نویسنده مسئول، استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، پست الکترونیک: mor_abtahi@yahoo.com

۲- استادیار، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه اصفهان

۳- دانشیار، بخش تحقیقات بیابان، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور

تاریخ دریافت: ۹۰/۳/۱۶ تاریخ پذیرش: ۹۱/۵/۲

چکیده

دما و بارش از عناصر اصلی تشکیل‌دهنده‌ی اقلیم یک منطقه به‌شمار می‌روند. به همین دلیل بررسی روند گذشته و آینده‌ی این عناصر مورد توجه متخصصان علوم مختلف از جمله منابع طبیعی و محیط‌زیست قرار گرفته است. در این تحقیق ابتدا حوضه دریاچه نمک به شش زیرحوضه تقسیم شد و سپس داده‌های ماهانه بارش و دما طی سال‌های ۱۹۵۶ تا ۲۰۰۵ جمع‌آوری و بازسازی گردید. محاسبه میانگین بارش و حداقل و حداکثر دمای زیرحوضه‌های شش‌گانه دریاچه نمک از جمله موارد دیگری بود که با بهره‌گیری از روش تیسن در محیط آرک‌مپ انجام شد. برای ارزیابی روند بارش از شاخص بارش استاندارد (SPI) استفاده گردید. روند مؤلفه‌های اقلیمی بارش و دما براساس آزمون پارامتری رگرسیون خطی و آزمون ناپارامتری مان-کندال بررسی شد. البته روند معنی‌داری در بارش استاندارد شده حوضه دریاچه نمک و زیرحوضه‌های آن مشاهده نگردید، جز در زیرحوضه اراک که روند تغییر بارش آن کاهشی و معنی‌دار بود. بررسی ماهانه بارش نشان داد که در زیرحوضه‌های اراک، رود شور و کرج شاهد خشکسالی‌های شدید در طی این ۵۰ سال بوده‌ایم. روند تغییر دمای حداقل و حداکثر روندی افزایشی است و در بیشتر زیرحوضه‌ها به صورت معنی‌دار می‌باشد؛ اما افزایش دمای حوضه دریاچه نمک را می‌توان معلول عوامل مختلفی از جمله افزایش گازهای گلخانه‌ای به‌خصوص در شهرهای بزرگی مانند تهران، قم، اراک، کاشان، همدان و قزوین دانست.

واژه‌های کلیدی: دریاچه نمک، روند دما، روند بارش، آزمون روند خطی، آزمون مان-کندال، شاخص SPI

مقدمه

نظر می‌رسد. به کمک این روند می‌توان تا حدی شرایط اقلیمی آینده حوضه را تخمین و در برنامه‌ریزی‌ها از آن بهره جست. با توجه به این ضرورت، محققان زیادی به تحقیق در این رابطه پرداخته‌اند. مسعودیان در سال ۱۳۸۳ روند دمای ایران را در نیم سده‌ی گذشته بررسی کرد و نتیجه گرفت که دمای شبانه، روزانه و شبانه‌روزی ایران به ترتیب با آهنگ ۳، ۱ و ۲ درجه در هر ۱۰۰ سال افزایش داشته است. همچنین وی در سال ۱۳۸۳ روند بارش ۵۰ سال گذشته را در ایران

حوضه دریاچه نمک با مساحتی حدود ۱۰ میلیون هکتار در شمال‌غربی حوضه ایران مرکزی واقع شده است و مراکز جمعیتی مهمی مانند تهران، قم، اراک، کاشان، قزوین، همدان و گلپایگان را در خود جای داده است. با توجه به گسترش بیابان و تبعات منفی زیست‌محیطی ناشی از آن و عنایت به نقش پررنگ اقلیم در مهار و یا گسترش این پدیده، ضرورت مطالعه اقلیم و روند تغییرات آن ضروری به

مطالعه کرد و دریافت که بارش در بیشتر نقاط ایران روند ثابتی را نشان می‌دهد. اما بارش در نواحی مرکزی، شرقی و جنوبی در برخی ماه‌ها روند افزایشی داشته است. انصافی‌مقدم در سال ۱۳۸۳ (شاخص شاخص آب و هوایی خشکی اقلیم: ACI) را برای ایستگاه‌های حوضه دریاچه نمک محاسبه کرد. نتایج ارزیابی سال به سال این شاخص در چهار دهه نشان داد که پدیده خشکی به صورت آرام و مداوم در حال گسترش است. خلیلی و بذرافشان (۱۳۸۳) روند تغییرات بارندگی ۵ ایستگاه قدیمی ایران را در ۱۱۶ سال گذشته تحلیل نمودند. آنها براساس تحلیل روند سری داده‌های بارندگی ماهانه، فصلی و سالانه نتیجه گرفتند که در مقیاس ماهانه تغییر بارش محدود و در مقیاس سالانه قابل تأیید نیست. منتظری (۱۳۸۷) روند خشکسالی‌های اقلیمی زیرحوضه‌های زاینده‌رود را طی ۵۰ سال تحلیل نمود. براساس آزمون پارامتری رگرسیون خطی، بارش زیرحوضه‌های زاینده‌رود در هیچ ماهی دارای روند معناداری منفی نمی‌باشد و روند مثبت فقط در ماه‌های فوریه، مارس، مه و ژوئن مشاهده می‌شود. بارش تنها در ماه مارس دارای روند مثبت در تمام زیر حوضه‌ها بوده است. خوشحال‌دستجردی و قویدل رحیمی (۱۳۸۷) کاربرد آزمون پارامتری مان-کندال را در برآورد تغییرات دمایی ایستگاه سینوپتیک اصفهان مطالعه کرد. نتایج کلی این تحقیق نشانگر عدم تغییرات معنی‌دار در روند بلند مدت دماهای میانگین اصفهان بوده است. Chung و همکاران (۲۰۰۰) روند دما و بارش کشور کره را در فاصله‌ی سال‌های ۱۹۷۴ تا ۱۹۹۷ بررسی کردند و نتیجه گرفتند دمای منطقه طی این دوره ۰/۹۶ درجه افزایش یافته است. این افزایش در مناطق شهری ۱/۵ درجه و در مناطق روستایی ۰/۵۸ درجه بوده است. Huth و Pokorna (۲۰۰۴) روش‌های پارامتری و پارامتری را در ارزیابی عناصر اقلیمی در جمهوری چک بررسی کردند. آنها دریافتند که تفاوت نتایج حاصل از روش‌های فوق بسیار اندک است. Taghavi و Mohammadi (۲۰۰۸) ارتباط بین تغییر اقلیم و بیابان‌زایی را با استفاده از نرم‌افزار شاخص حداکثر اقلیم (ECIS:)

مطالعه کرد و دریافت که بارش در بیشتر نقاط ایران روند ثابتی را نشان می‌دهد. اما بارش در نواحی مرکزی، شرقی و جنوبی در برخی ماه‌ها روند افزایشی داشته است. انصافی‌مقدم در سال ۱۳۸۳ (شاخص شاخص آب و هوایی خشکی اقلیم: ACI) را برای ایستگاه‌های حوضه دریاچه نمک محاسبه کرد. نتایج ارزیابی سال به سال این شاخص در چهار دهه نشان داد که پدیده خشکی به صورت آرام و مداوم در حال گسترش است. خلیلی و بذرافشان (۱۳۸۳) روند تغییرات بارندگی ۵ ایستگاه قدیمی ایران را در ۱۱۶ سال گذشته تحلیل نمودند. آنها براساس تحلیل روند سری داده‌های بارندگی ماهانه، فصلی و سالانه نتیجه گرفتند که در مقیاس ماهانه تغییر بارش محدود و در مقیاس سالانه قابل تأیید نیست. منتظری (۱۳۸۷) روند خشکسالی‌های اقلیمی زیرحوضه‌های زاینده‌رود را طی ۵۰ سال تحلیل نمود. براساس آزمون پارامتری رگرسیون خطی، بارش زیرحوضه‌های زاینده‌رود در هیچ ماهی دارای روند معناداری منفی نمی‌باشد و روند مثبت فقط در ماه‌های فوریه، مارس، مه و ژوئن مشاهده می‌شود. بارش تنها در ماه مارس دارای روند مثبت در تمام زیر حوضه‌ها بوده است. خوشحال‌دستجردی و قویدل رحیمی (۱۳۸۷) کاربرد آزمون پارامتری مان-کندال را در برآورد تغییرات دمایی ایستگاه سینوپتیک اصفهان مطالعه کرد. نتایج کلی این تحقیق نشانگر عدم تغییرات معنی‌دار در روند بلند مدت دماهای میانگین اصفهان بوده است. Chung و همکاران (۲۰۰۰) روند دما و بارش کشور کره را در فاصله‌ی سال‌های ۱۹۷۴ تا ۱۹۹۷ بررسی کردند و نتیجه گرفتند دمای منطقه طی این دوره ۰/۹۶ درجه افزایش یافته است. این افزایش در مناطق شهری ۱/۵ درجه و در مناطق روستایی ۰/۵۸ درجه بوده است. Huth و Pokorna (۲۰۰۴) روش‌های پارامتری و پارامتری را در ارزیابی عناصر اقلیمی در جمهوری چک بررسی کردند. آنها دریافتند که تفاوت نتایج حاصل از روش‌های فوق بسیار اندک است. Taghavi و Mohammadi (۲۰۰۸) ارتباط بین تغییر اقلیم و بیابان‌زایی را با استفاده از نرم‌افزار شاخص حداکثر اقلیم (ECIS:)

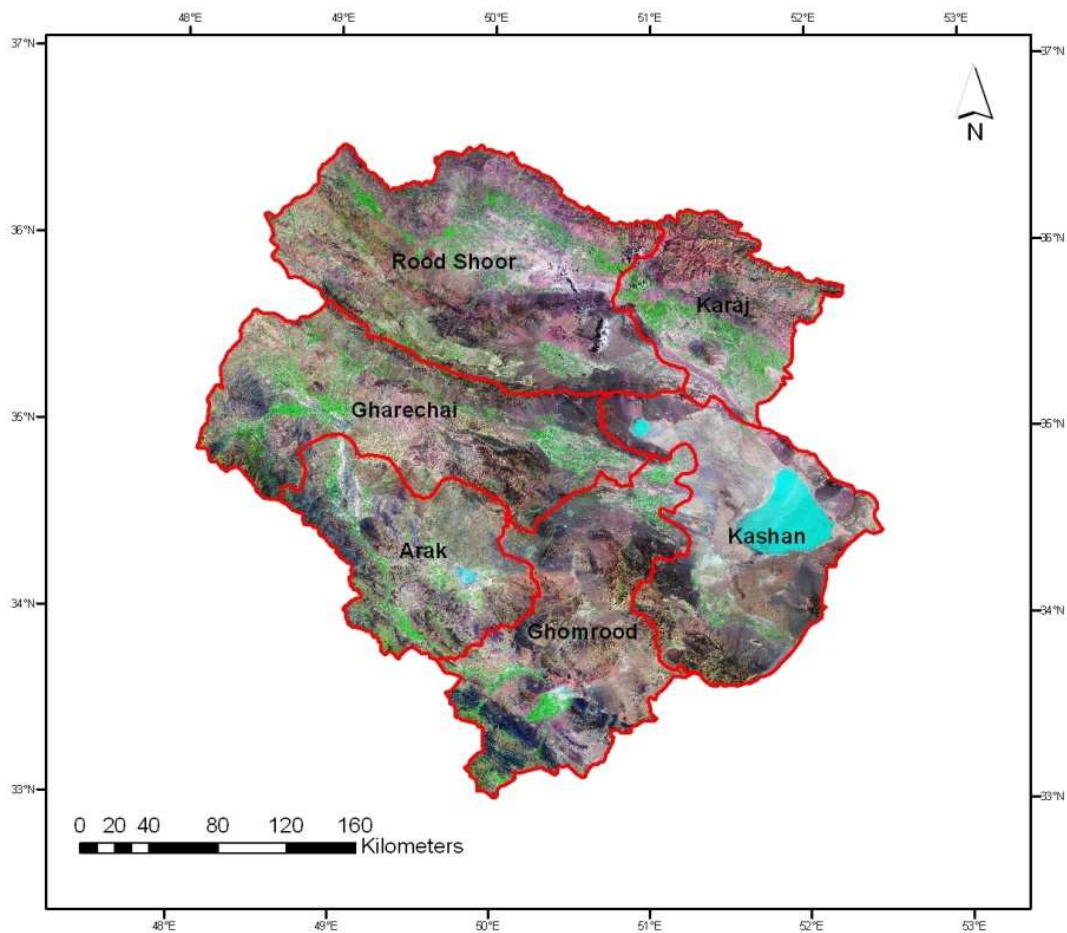
مواد و روش‌ها

الف) موقعیت و خصوصیات منطقه مورد مطالعه

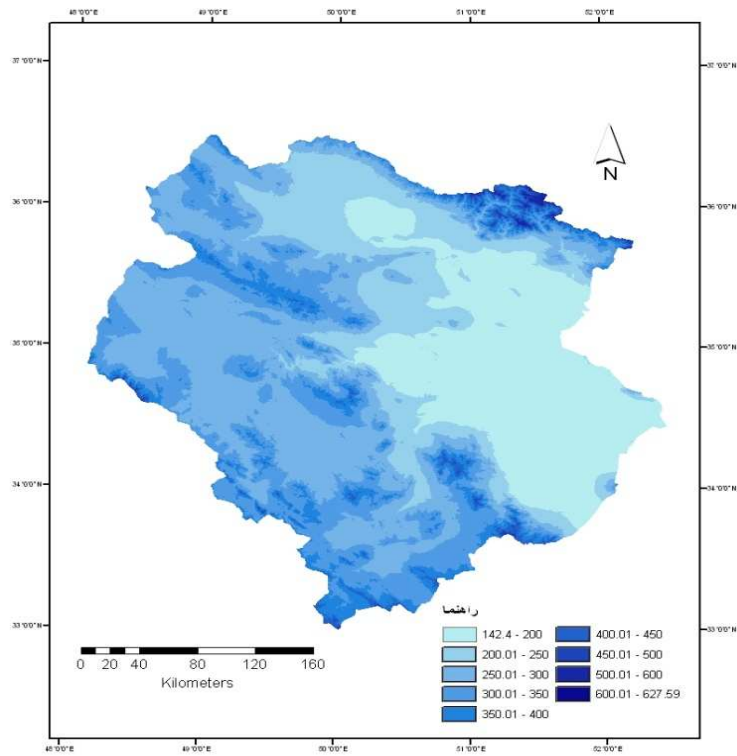
حوضه ایران مرکزی که بالغ بر ۵۰ درصد مساحت کشور را شامل می‌شود به هفت زیر حوضه تقسیم می‌شود که یکی از آنها حوضه دریاچه نمک با مساحتی حدود ۱۰ میلیون هکتار می‌باشد (شکل ۱). حوضه دریاچه نمک در قسمت شمال‌غرب حوضه آبریز مرکزی واقع شده است و از نظر وسعت سومین زیرحوضه از این حوضه آبریز می‌باشد. حدود جغرافیایی آن از شمال‌غرب و شمال‌شرق به حوضه آبریز دریای خزر، غرب و جنوب‌غرب به حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان، از جنوب به زیرحوضه گاوخونی، از جنوب‌شرق به زیر حوضه کویر سیاه‌کوه و از شرق به زیرحوضه کویر مرکزی محصور می‌گردد. میانگین بارندگی سالیانه در حوضه مطالعاتی کمتر از ۲۰۰ میلی‌متر

تا اردیبهشت جابجایی نشان می‌دهد. حوضه دریاچه نمک از شش زیرحوضه تشکیل شده و متوسط بارش آن ۲۵۱/۷ میلی‌متر است. متوسط بارش زیرحوضه‌های اراک، رود شور، قره‌چای، کرج، قمرود و کاشان ۳۲۷/۵، ۲۸۹، ۲۷۵/۹، ۲۳۳/۷، ۲۱۵/۵ و ۱۴۱/۵ میلی‌متر است. میانگین دمای سالانه حوضه از ۱۸ درجه در نواحی شرقی تا سه درجه زیر صفر در ارتفاعات شمال حوضه متغیر می‌باشد (شکل ۳).

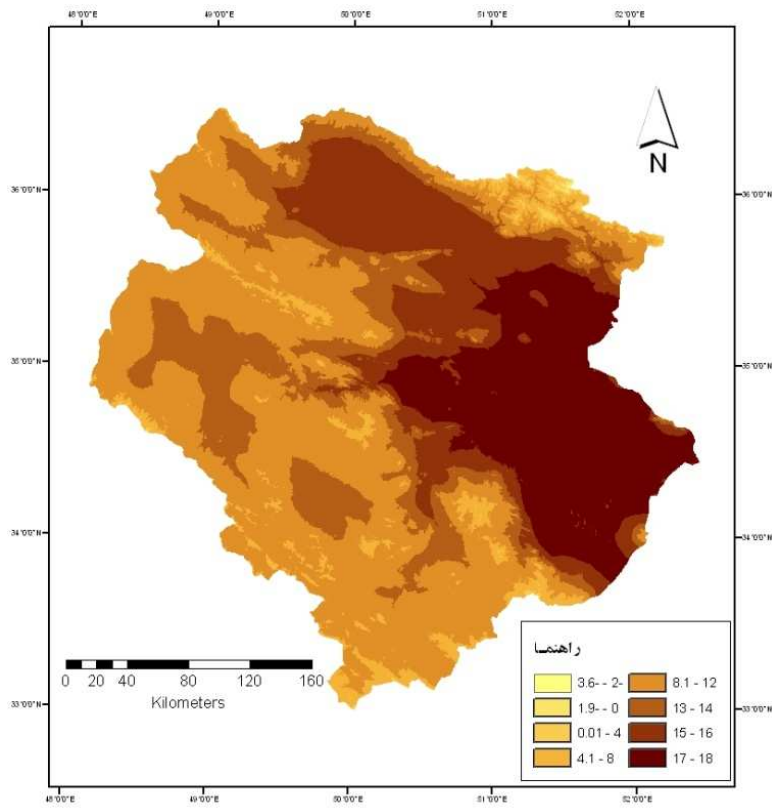
در بخش‌های جنوب‌شرقی است، به طوری که تا ۸۰۰ میلی‌متر نیز در ارتفاعات شمال متغیر است (شکل ۲). رژیم بارش از نوع مدیترانه‌ایست، به این مفهوم که فصل بارندگی منطبق بر نیمه‌ی سرد سال و فصل خشک منطبق بر تابستان می‌باشد. سهم تابستان در بارش‌های حوضه ناچیز است و این مقدار کم نیز از بارش‌های ناگهانی است که هرچند سال یک‌بار در تابستان بوقوع می‌پیوندد. در مقیاس منطقه‌ای حداقل متوسط بارندگی در شهریورماه و حداکثر آن، بین دی



شکل ۱- حوضه دریاچه نمک و زیرحوضه‌های آن



شکل ۲- نقشه هم‌باران حوضه دریاچه نمک



شکل ۳- نقشه هم‌دمای حوضه دریاچه نمک

ب) روش تحقیق

نتایج، به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص برای تحلیل خشکسالی شناخته می‌شود. از طرف دیگر، به دلیل استفاده از مقیاس زمانی برای پایش دوره‌های خشک به‌عنوان مناسب و با کارایی بالا مد نظر قرار گرفته است. این شاخص توسط مکی و همکاران در سال ۱۹۹۳ ابداع شد. شاخص بارش استاندارد، بدون بعد بوده و از نسبت بی‌نظمی داده‌های گسسته و تبدیل شده بارش بر انحراف معیار بارندگی حاصل می‌شود.

$$SPI = (P_{ik} - P_i) / \sigma_i$$

که در آن P_{ik} مقدار بارندگی i امین ایستگاه در k امین مشاهده به میلی‌متر، P_i متوسط بارندگی i امین ایستگاه به میلی‌متر و σ_i انحراف معیار بارندگی i امین ایستگاه در دوره زمانی مورد نظر است. درجه خشکسالی و ترسالی با استفاده از شاخص بارش استاندارد شده به کمک جدول ۲ تعیین می‌گردد.

برای بررسی روند دما و بارش در حوضه دریاچه نمک، ۳۲ ایستگاه هواشناسی واقع در محدوده حوضه و با سابقه آماری بالا انتخاب شد (جدول ۱). پس از جمع‌آوری آمار در دوره زمانی ۱۹۵۶ تا ۲۰۰۵ نسبت به بازسازی آنها اقدام گردید. مؤلفه‌های اقلیمی مورد بررسی شامل بارش ماهانه، متوسط دمای حداقل و حداکثر ماهانه بود. پس از تکمیل و بازسازی آمار بارش و دمای ماهانه و سالانه ایستگاه‌های سی و دوگانه، شاخص (Standardized Precipitation) SPI جهت ارزیابی خشکسالی محاسبه شد. با وجود روش‌های متنوع ارزیابی و پایش خشکسالی، محققان متعددی در کشور از روش شاخص بارش استاندارد استفاده نموده‌اند. این شاخص به علت سادگی محاسبات، استفاده از داده‌های قابل دسترس بارندگی، قابلیت محاسبه برای هر مقیاس زمانی دلخواه و قابلیت بسیار زیاد در مقایسه مکانی

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های برگزیده حوضه دریاچه نمک

ردیف	ایستگاه	طول	عرض	ارتفاع	بارش	دما
۱	اراک	۴۹.۷۷	۳۴.۱	۱۷۰.۸	۳۴۵.۲۷	۱۳.۶۵
۲	اردستان	۵۲.۳۸	۳۳.۳۸	۱۲۵۲	۱۰۴.۸۲	۱۷.۵۰
۳	آوج	۴۹.۲۲	۳۵.۵۷	۲۰۳۴	۳۴۵.۵۲	۱۱.۱
۴	بروجرد	۴۸.۸	۳۳.۹	۱۶۳۲	۴۷۴.۴۰	۱۳.۶۴
۵	دامنه فریدن	۵۰.۴۸	۳۳.۰۲	۲۳۰۰	۳۲۳.۰۶	۱۰.۰۱
۶	درگزین	۴۹.۰۷	۳۵.۳۵	۱۸۷۰	۳۲۹.۵۳	۱۰.۹۰
۷	دودهک	۵۰.۶۳	۳۴.۰۶	۱۴۰۰	۱۴۲.۹۶	۱۵.۱۰
۸	دوشان تپه	۵۱.۳۳	۳۵.۷	۱۲۰۹	۲۵۴.۷۷	۱۷.۲۰
۹	دوزج	۴۹.۸۲	۳۵.۴	۲۱۰۰	۲۲۶.۴۸	۱۰.۳۷
۱۰	گرکان آشتیان	۴۹.۹۷	۳۴.۵۵	۱۷۴۱	۲۸۲.۵۱	۱۳.۱۰
۱۱	گرمسار	۵۲.۲۷	۳۵.۲	۸۲۵	۱۲۳.۵۴	۱۷.۵۸
۱۲	قزوین	۵۰.۰۰	۳۶.۲۵	۱۲۷۸	۳۱۸.۸۵	۱۳.۸۸
۱۳	گلپایگان	۵۰.۲۸	۳۳.۴۷	۱۸۷۰	۲۴۹.۰۱	۱۲.۹۵
۱۴	قم	۵۰.۸۵	۳۴.۷۰	۸۷۷	۱۵۷.۶۶	۱۸.۰۳
۱۵	همدان (فرودگاه)	۴۸.۵۳	۳۴.۸۵	۱۷۴۹	۳۰۵.۴۸	۱۱.۰۰
۱۶	همدان (نوژه)	۴۸.۷۲	۳۵.۲۰	۱۶۷۹	۳۳۱.۶۲	۱۰.۸۰
۱۷	اصفهان	۵۱.۶۶	۳۲.۶۲	۱۵۵۰	۱۱۸.۱	۱۵.۹
۱۸	کرج (سینوپتیک)	۵۰.۹۰	۳۵.۹۲	۱۳۱۲	۲۷۲.۸	۱۳.۵
۱۹	کرج (دانشکده)	۵۱.۰۳	۳۵.۸	۱۳۲۱	۲۴۰	۱۴

ادامه جدول ۱

ردیف	ایستگاه	طول	عرض	ارتفاع	بارش	دما
۲۰	کاشان	۵۱.۴۵	۳۳.۹۸	۹۸۲	۱۳۸.۹	۱۸.۹
۲۱	خوانسار	۵۰.۳۲	۳۳.۲۳	۲۳۰۰	۳۵۲.۹	۱۱.۶۶
۲۲	خنداب	۴۹.۲۰	۳۴.۴۰	۱۷۴۲	۳۳۱.۲	۱۵.۸
۲۳	خرمدره	۴۹.۱۸	۳۶.۱۸	۱۵۷۵	۳۰۹.۶	۱۰.۹۰
۲۴	ملایر	۴۸.۸۲	۳۴.۲۸	۱۷۲۵	۳۰۹.۳	۱۳.۳۱
۲۵	نطنز	۵۱.۹	۳۳.۵۳	۱۶۸۴	۱۴۳.۸	۱۴.۷۰
۲۶	ساوه	۵۰.۳۳	۳۵.۰۵	۱۱۰۸	۲۰۲.۲	۱۸.۲
۲۷	شمس آباد	۴۹.۷۳	۳۳.۸۲	۲۴۰۰	۳۴۱.۳	۱۱.۵
۲۸	تفرش	۵۰.۰۳	۳۴.۶۸	۱۹۳۰	۲۹۴	۱۲.۶
۲۹	تاکستان	۴۹.۶۵	۳۶.۰۵	۱۳۲۵	۲۳۹.۷	۱۳.۵
۳۰	تهران	۵۱.۳۲	۳۵.۶۸	۱۱۹۰	۲۲۹.۹	۱۷.۱
۳۱	ورامین	۵۱.۶۵	۳۵.۳۱	۱۰۰۰	۱۶۲.۷	۱۶.۶
۳۲	زنجان	۴۸.۴۸	۳۶.۶۸	۱۶۶۳	۳۰۴.۲	۱۱.۱

جدول ۲- تعیین درجه خشکسالی و ترسالی با استفاده از شاخص بارش استاندارد شده

مقادیر SPI

+۲	ترسالی بسیار شدید
۱/۵ تا ۱/۹۹	ترسالی شدید
۱ تا ۱/۴۹	ترسالی
-۰/۹۹ تا ۰/۹۹	نزدیک به نرمال
-۱ تا -۱/۴۹	خشکسالی
-۱/۵ تا -۱/۹۹	خشکسالی شدید
-۲ و کمتر	خشکسالی بسیار شدید

مقدار در سری زمانی پیوسته و پشت سر هم با بقیه مقادیر سری، مقایسه می‌شود. آماره S که جمع همه شمارش‌ها را نشان می‌دهد به صورت زیر انجام می‌شود:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{k=i+1}^n Sgn(X_k - X_i)$$

در رابطه فوق X_k و X_i مقادیر پشت سر هم هستند. N طول سری زمانی و $sgn(\theta)$ نیز برابر است با ۱، صفر و -۱، اگر θ به ترتیب بزرگ‌تر، برابر و یا کوچک‌تر از صفر باشد. فرض H_0 زمانی رد می‌شود که $-z_{1-\alpha/2} \leq Z \leq z_{1-\alpha/2}$ باشد. نتیجه آزمون Z براساس رابطه زیر ارزیابی می‌شود:

به منظور محاسبه میانگین بارش و دمای حوضه، سطح اثر هر ایستگاه به کمک روش تیسسن (Theissin) در محیط آرکمپ تعیین گردید. در این روش فرض بر این است که بارندگی یک نقطه در فاصله بین دو ایستگاه، تقریباً برابر بارندگی ایستگاهی است که نزدیک‌تر به آن نقطه باشد. برای مشخص نمودن میانگین دما و بارش در زیرحوضه‌های شش‌گانه، نقشه تیسسن برای هر زیر حوضه در محیط آرکمپ تهیه و سطح اثر هر ایستگاه مشخص گردید برای محاسبه روند بارش و دما، از دو روش پارامتری رگرسیون خطی و ناپارامتری مان-کندال استفاده گردید. روش ناپارامتری مان-کندال به صورت برنامه‌نویسی در محیط نرم‌افزار مینی‌تب (Minitab) محاسبه شد. در این آزمون هر

شیب خطوط برازش داده شده هر زیرحوضه در شکل ۴ دیده می‌شود. لازم به ذکر است شیب منفی گویای روند کاهشی و شیب مثبت بیان‌کننده روند افزایشی بارش است. نتایج اعمال آزمون مان-کندال روی بارش استاندارد شده زیر حوضه‌های دریاچه نمک بشرح جدول ۳ است. همچنین براساس میزان بارش استاندارد شده ماهانه در هر زیر حوضه تعداد ماه‌های همراه با خشکسالی و ترسالی محاسبه گردید که در جدول ۴ آورده شده است. آزمون پارامتری رگرسیون خطی و ناپارامتری مان-کندال نیز بر روی آمار میانگین دمای حداقل و حداکثر اعمال شد. نتایج حاصل از اعمال آزمون رگرسیون خطی در شکل‌های ۵ و ۶ و جدول ۵ ارائه شده است. همچنین نتایج آزمون ناپارامتری مان-کندال در جدول ۶ مشاهده می‌شود.

$$Z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{\text{var}(s)}} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{\text{var}(s)}} & S < 0 \end{cases}$$

که در آن $\text{var}(s)$ براساس رابطه زیر ارزیابی می‌شود:

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

در رابطه فوق t_i تعداد مقادیر مشابه برای مقدار i ام و n تعداد مقادیر مشابه در سری است (منتظری، ۱۳۸۷).

نتایج

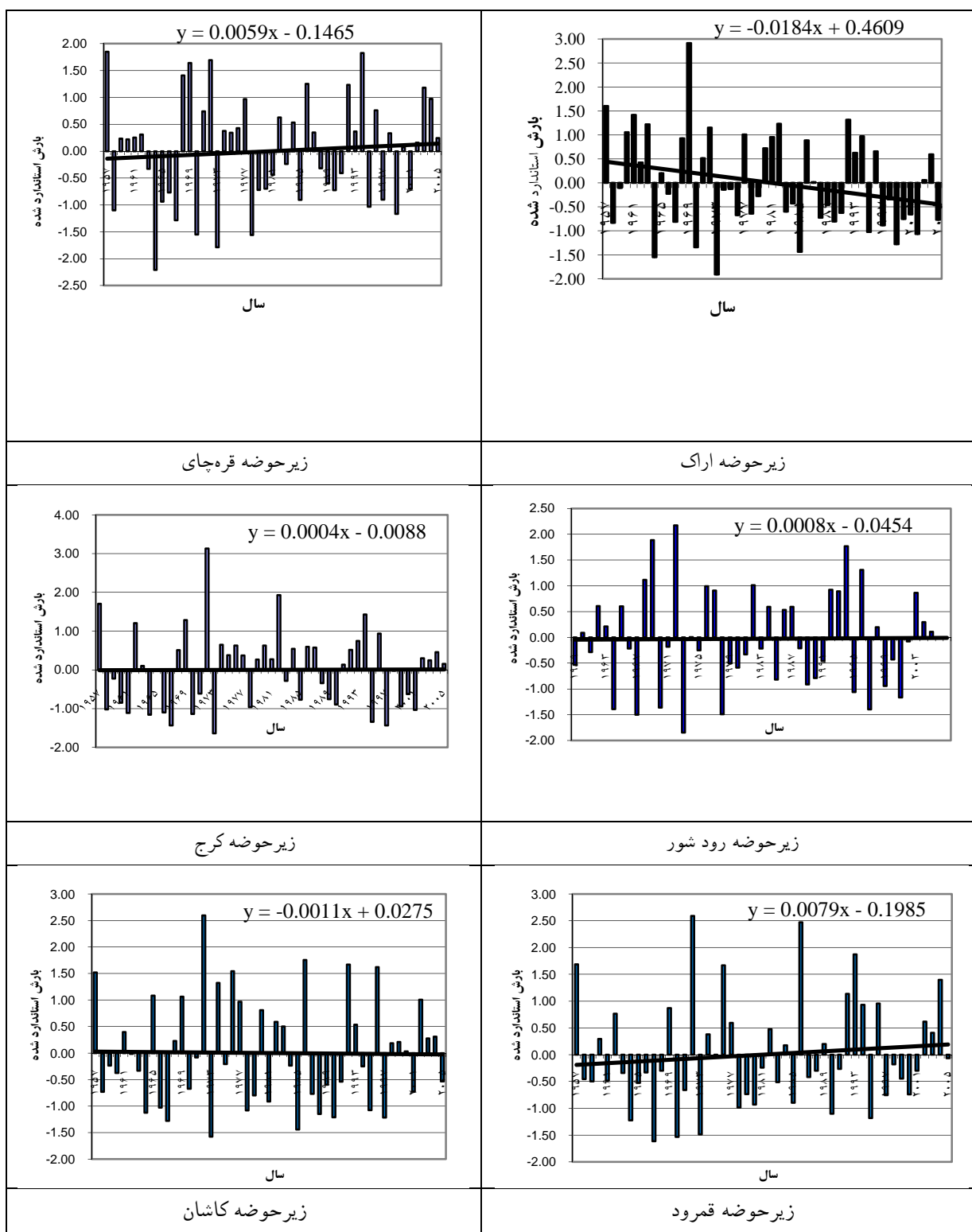
آزمون پارامتری رگرسیون خطی و ناپارامتری مان-کندال روی بارش استاندارد شده اعمال گردید. نتایج حاصل از آزمون رگرسیون خطی به صورت نمودار همراه با میزان

جدول ۳- نتایج اعمال آزمون مان-کندال روی بارش استاندارد شده زیرحوضه‌های دریاچه نمک

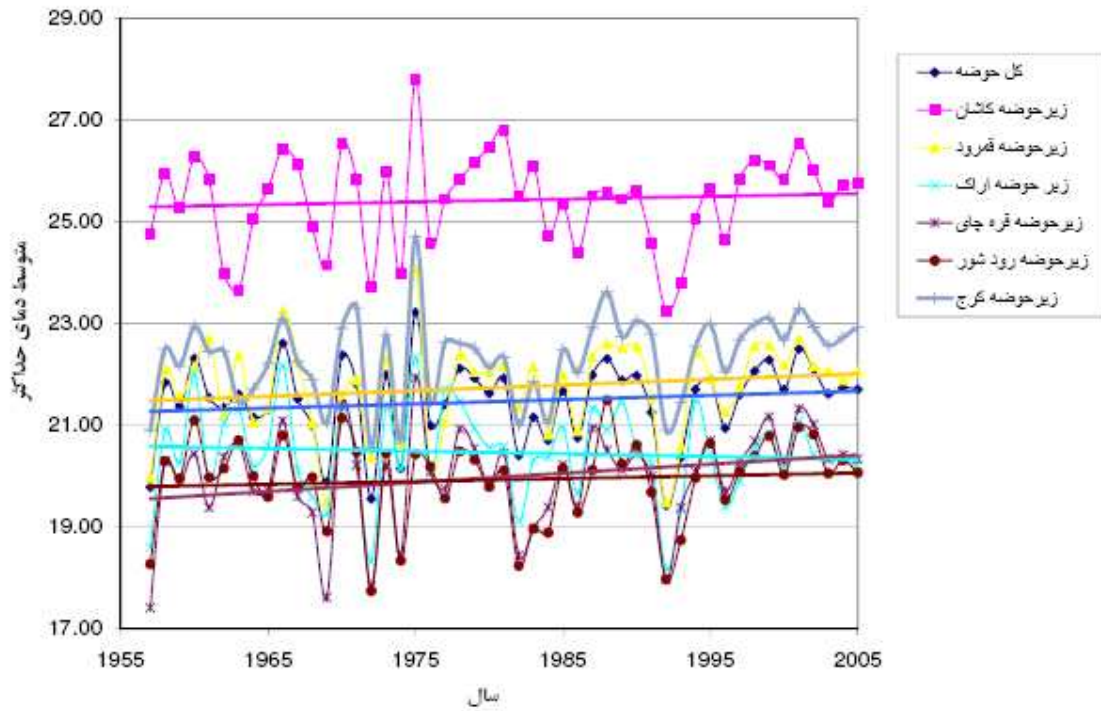
زیر حوضه	کاشان	رود شور	کرج	اراک	قره چای	قمرود	کل
Z	۰	-۰/۱۳	۰/۱۶	-۱/۹۷	۰/۵۹	۱/۱۱	۰/۰۴

جدول ۴- تعداد ماه‌های همراه با خشکسالی و ترسالی در زیرحوضه‌های دریاچه نمک

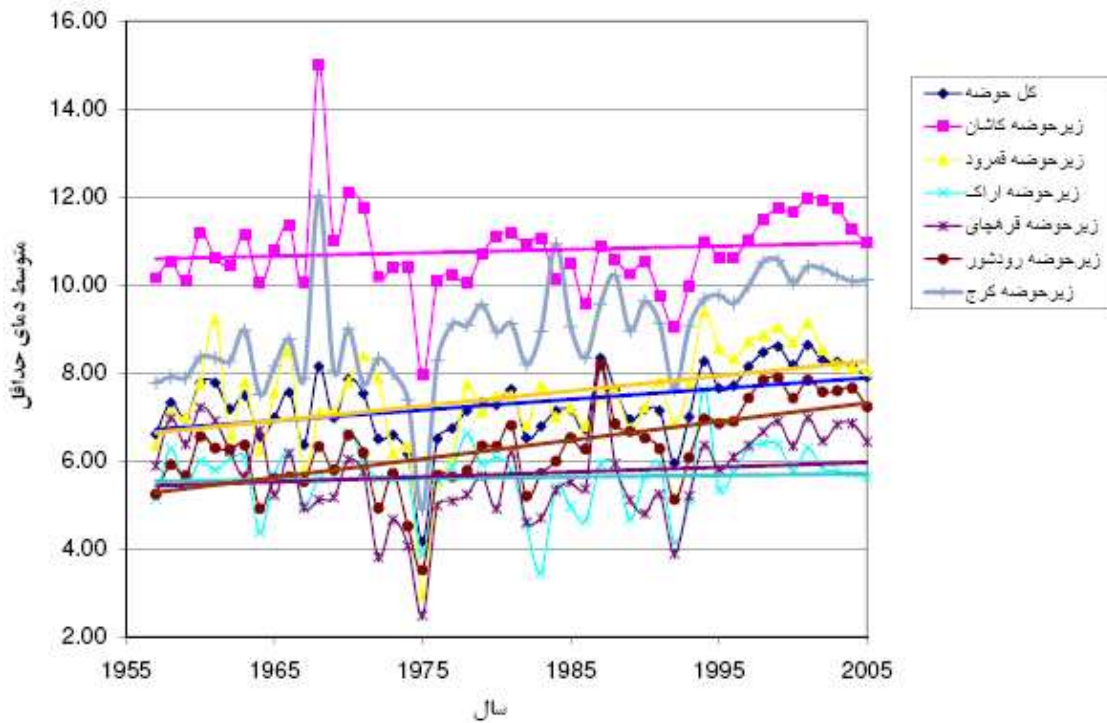
SPI	کل حوضه	زیرحوضه کاشان	زیرحوضه قمرود	زیرحوضه اراک	زیرحوضه قره‌چای	زیرحوضه رود شور	زیرحوضه کرج
ترسالی بسیار شدید	>۲	۲۸	۳۰	۲۶	۲۶	۲۷	۲۳
ترسالی شدید	۱/۵ تا ۱/۹۹	۲۰	۱۷	۲۵	۳۱	۲۳	۲۷
ترسالی	۱ تا ۱/۴۹	۴۶	۵۲	۳۷	۴۳	۴۲	۴۴
نزدیک به نرمال	۰ تا ۰/۹۹	۱۵۱	۱۵۱	۱۶۰	۱۵۱	۱۵۹	۱۶۶
خشکسالی	۰ تا -۰/۹۹	۳۴۳	۳۳۸	۲۶۰	۲۵۰	۳۳۷	۲۸۴
خشکسالی شدید	-۱ تا -۱/۴۹	-	-	۸۰	۸۷	-	۴۴
خشکسالی بسیار شدید	-۱/۹۹ تا -	-	-	-	-	-	-
	<-۲	-	-	-	-	-	-



شکل ۴- روند خطی بارش زیرحوضه‌های شش‌گانه دریاچه نمک



شکل ۵- روند خطی دمای حداکثر حوضه دریاچه نمک



شکل ۶- روند خطی دمای حداقل حوضه دریاچه نمک

جدول ۵- رگرسیون خطی دمای حداقل و حداکثر حوضه دریاچه نمک

معادله رگرسیون خطی	دما	زیر حوضه
$Y = 0.0076x - 4.28$	حداقل	کاشان
$Y = 0.0053x + 14.83$	حداکثر	
$Y = 0.011x - 16.15$	حداقل	قره چای
$Y = 0.0179x - 15.42$	حداکثر	
$Y = 0.0484x - 86.82$	حداقل	کرج
$Y = 0.0152x - 7.82$	حداکثر	
$Y = 0.0339x - 59.62$	حداقل	قمرود
$Y = 0.0111x - 0.18$	حداکثر	
$Y = 0.0034x - 1.17$	حداقل	اراک
$Y = -0.0053x + 31.02$	حداکثر	
$Y = 0.0424x - 77.73$	حداقل	رود شور
$Y = 0.0056x + 8.89$	حداکثر	
$Y = 0.0244x - 41.02$	حداقل	کل حوضه
$Y = 0.0084x + 4.89$	حداکثر	

جدول ۶- نتایج اعمال آزمون مان-کندال روی دمای زیرحوضه‌های دریاچه نمک

زیرحوضه	کاشان	رود شور	کرج	اراک	قره چای	قمرود	کل
Z(Min)	۱/۶	۴/۸۵	۵/۳	۰/۲۳	۱/۲۳	۳/۳	۳/۲
Z(Max)	۰/۶۶	۰/۵۸	۲/۲۶	-۰/۵۹	۱/۸۷	۱/۳	۱/۱۶

بحث

افزایشی برخوردار است، به طوری که هر دو آزمون رگرسیون خطی و مان-کندال آن را تأیید می‌کند. همان‌گونه که در جدول ۵ دیده می‌شود شیب خط روند در تمام زیرحوضه‌ها بجز دمای حداکثر زیرحوضه اراک مثبت و افزایشی است. نتایج آزمون مان-کندال گویای این واقعیت است که روند هر دو دمای حداقل و حداکثر در تمام زیرحوضه‌ها افزایشی است و تنها دمای حداکثر زیرحوضه اراک روند متفاوتی را نشان می‌دهد (جدول ۶). روند تغییر دمای حداقل در زیرحوضه‌های قره‌چای، کرج، قمرود و کل حوضه در سطح ۰/۹۵ معنی‌دار و افزایشی و دمای حداقل زیرحوضه کرج معنی‌دار و مثبت است. نتایج این بررسی با نتایج حاصل از تحقیقات مسعودیان (۱۳۸۳) که روند بارش را ثابت و روند دما را افزایشی دانسته، تطابق دارد. همچنین Taghavi و Mohammadi (۲۰۰۸) نتیجه مشابهی در خصوص روند

اعمال آزمون رگرسیون خطی و مان-کندال روی بارش استاندارد شده نیم سده‌ی گذشته حوضه دریاچه نمک و زیرحوضه‌های شش‌گانه آن، روند معنی‌داری را نشان نمی‌دهد. براساس آزمون مان-کندال، در زیرحوضه اراک و قره‌چای این روند به صورت کاهشی است که در زیرحوضه اراک معنی‌دار می‌باشد. بررسی بارش استاندارد شده حوضه نشان می‌دهد که در سال‌های گذشته شدت ترسالی‌ها و خشکسالی‌ها بیشتر بوده و در سال‌های اخیر از شدت آنها کاسته شده است. بررسی بارش ماهانه حوضه و زیرحوضه‌ها گویای حاکمیت شرایط نرمال در بیشتر ماه‌ها می‌باشد. تنها در زیرحوضه‌های اراک، رود شور و کرج خشکسالی‌های شدید و در تمام زیرحوضه‌ها ترسالی بسیار شدید ملاحظه می‌شود. دمای حداقل و حداکثر در این حوضه از روند

حوضه دریاچه نمک. تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۱(۴): ۴۴۹-۴۷۳.

-خلیلی، ع. و بذرافشان، ج.، ۱۳۸۳. تحلیل روند بارندگی‌های فصلی و ماهانه پنج ایستگاه قدیمی ایران در یک صد و شانزده سال گذشته. بیابان، ۹(۱): ۲۵-۳۳.

-خوشحال‌دستجردی، ج. و قویدل رحیمی، ی.، ۱۳۸۷. کاربرد آزمون ناپارامتری مان-کندال در برآورد تغییرات دمایی (مطالعه موردی: اصفهان). فضای جغرافیایی، ۲۲: ۲۱-۳۵.

-صبحی، ر. و سلطانی، س.، ۱۳۸۷. تحلیل روند عوامل اقلیمی در شهرهای بزرگ ایران. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، ۴۶: ۳۰۳-۳۲۱.

-صبحی، ر. و سلطانی، س.، ۱۳۸۸. بررسی تغییر اقلیم و ارتباط آن با آلودگی هوا در شهر اصفهان. سومین همایش تخصصی محیط زیست.

-مرادی، ح. ر.، رجیبی، م. و فرج زاده، م.، ۱۳۸۶. تحلیل روند و خصوصیات مکانی شدت خشکسالی‌های استان فارس. تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱: ۹۷-۱۰۹.

-مسعودیان، س. ا.، ۱۳۸۳. روند بارش در نیم سده‌ی گذشته. دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه فردوسی مشهد، جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، ۲: ۶۳-۷۲.

-مسعودیان، س. ا.، ۱۳۸۳. بررسی روند دمای ایران در نیم سده‌ی گذشته. جغرافیا و توسعه، ۳: ۸۹-۱۰۶.

-منتظری، م.، ۱۳۸۷. شناسایی تحلیل روند خشکسالی‌های اقلیمی زیر حوضه‌های زاینده رود در نیم سده‌ی گذشته. تحقیقات جغرافیایی، ۸۷: ۱۲۵-۱۴۴.

-Chung, Y. S. and Yoon, M. B., 2000. Interpretation of recent temperature and precipitation trends observed in Korea. *Theor. Appl. Climatol*, 67:171-180.

-Huth, R. and Pokorna, L., 2004. Parametric versus non-parametric estimates of climatic trends. *Theor. Appl. Climatol*, 77:107-112.

-Taghavi, F. and Mohammadi H., 2008. The survey of linkage between climate changes and desertification using extreme climate index software (Case study: Kashan). *Desert*, 13: 9-17.

دمای ایستگاه سینوپتیک کاشان بدست آورد. این در حالیست که خوشحال‌دستجردی و قویدل رحیمی (۱۳۸۷) تغییرات معنی‌داری در روند بلند مدت دمای میانگین اصفهان مشاهده نکرد. در مجموع نتایج این مطالعه با نتایج حاصل از تحقیقات سایرین در مناطق دیگر کشور مشابه و گویای روند افزایش دما و روند ثابت بارش می‌باشد.

هر چند بارش روند مشخصی را نشان نمی‌دهد ولی روند افزایشی دما و به دنبال آن افزایش تبخیر از یک طرف و بهره‌برداری‌های بی‌رویه انسان از منابع آبی سطحی و زیرزمینی، موجبات تشدید شرایط خشک و بیابانی به‌خصوص در مناطق پایین‌دست سدهای احداثی بر روی رودخانه‌های منتهی به دریاچه نمک را فراهم نموده است. چنانچه در ۵۰ سال اخیر احداث سدهای کرج، لنیان، ۱۵ خرداد و بهره‌برداری از آب آن جهت شرب و کشاورزی در مناطق بالادست حوضه و شهرها، بیلان آبی مناطق پایین‌دست را تحت تأثیر قرار داده است. به‌طوری‌که بیلان منفی آب دریاچه نمک، کاهش رطوبت خاک و افزایش برداشت گرد و غبار به‌صورت ریزگرد را به وسیله باد در پی داشته است. این کاهش رطوبت خود نیز افزایش تشعشع و در نتیجه افزایش دما را به دنبال دارد. بنابراین به‌منظور جلوگیری از این روند ناخوشایند که آثار آن به‌طور مستقیم زندگی انسان‌های ساکن در این مناطق و حتی حوضه‌های دیگر را با تخریب خاک و هوا تحت الشعاع قرار داده است باید در خصوص میزان حقابه دریاچه نمک که زمانی از آن بهره‌مند می‌شده، مطالعه و با تنظیم مناسب دریچه سدها، نسبت به برقراری تعادل زیست‌محیطی اقدام گردد. مهار گسترش بیابان تنها با جلوگیری از دخالت‌های بی‌رویه انسان در برهم‌زدن تعادل حاکم بر محیط امکان‌پذیر است؛ تعادلی که نتیجه برهم‌کنش تمامی مؤلفه‌های زیست‌محیطی حاکم بر منطقه است.

منابع مورد استفاده

-انصافی مقدم، ط.، ۱۳۸۳. ارائه روش بررسی و ارزیابی آماری آب و هوا بر اساس محاسبه شاخص ACI در ایستگاه‌های

Assessment of temperature and precipitation trends in Kashan Namak lake basin during the last half-century

M.Abtahi^{1*}, A.Seif² and M.Khosroshahi³

1* -Corresponding Author, Assistant Professor, Research Center for Agriculture and Natural Resources, Isfahan, Iran,

Email: mor_abtahi@yahoo.com

2-Assistant Professor, Department of Physical Geography, Faculty of Geographic Sciences and Planning, University of Isfahan, Iran

3 -Associate Professor, Desert Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran

Received: 6/6/2011

Accepted: 23/7/2012

Abstract

Temperature and precipitation are basic constituent components of the climate of a region. For this reason, the assessment of present and future trends of these elements have been considered by different scientists such as natural resources or environmental experts. In this study, Namak lake basin was divided in to six sub-basins and then monthly precipitation and temperature data were collected and reconstructed from 1956 to 2005. Average precipitation, maximum and minimum temperatures of sextuple sub-basins of the lake were calculated using Thiessen method in Arch Map software. In order to evaluate the precipitation trend, Standard Precipitation Index (SPI) was used. The trend of climatic factors (temperature and precipitation) was studied by linear regression and Mann-Kendall test. No significant trend was observed in standardized precipitation of the Namak Lake and in its sub-basins except in the sub-basin of Arak in which the trend of precipitation change was decreasing and significant. According to the study of monthly precipitation, strong droughts have been observed in sub-basins of Arak, Roodshoor and Karaj during the last 50 years. The trends of maximum and minimum temperature change were increasing and significant in most basins. Increasing the temperature of the Namak lake basin may be caused by several factors, including increasing greenhouse gases especially in big cities such as Tehran, Qom, Arak, Kashan, Hamadan, and Qazvin.

Keywords: Namak Lake, temperature trend, precipitation trend, linear test, Mann-Kendall test, SPI