دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

آشکارسازی روند تغییرات بارش شمال کشور با استفاده از آزمون غیرپارامتری من-کندال

مجتبی خوش روش[1]، محمد میرناصری[2] و مهسا پسرکلو[3]

۱ و ۳- استادیار و دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲- مربی، گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، (نویسنده مسوول: mohammadmirnaseri@yahoo.com)
تاریخ دریافت: ۹۴/۱۰/۲۶ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۱/۶

چکیده

تحقیقات دانشمندان اقلیم شناسی نشان می‌دهد که دمای هوای سطح کره زمین تا ۰/٦ درجه سانتی‌گراد در طول قرن بیستم گرم‌تر شده است. این گرما به دلیل افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای بوده که همراه با تغییرات در روند بارش و چرخه هیدرولوژی می‌باشد. در این پژوهش روند تغییرات بارش ماهانه، فصلی و سالانه ایستگاه‌های باران‌سنجی شمال ایران در سه دوره ۳۰، ٤٠، ٥٠ ساله و در سه سطح اطمینان ۹۰، ۹۵ و ۹۹ درصد با آزمون ناپارامتری من-کندال مورد بررسی قرار گرفت. جهت شناخت بهتر تغییرات و نوسانات مکانی در منطقه مورد مطالعه،روندهای مشاهده شده با استفاده از روش درون‌یابی وزنی مجذور عکس فاصله (IDW) انجام شد. نتایج نشان داد که روند تغییرات، هم از لحاظ زمانی و هم مکانی در منطقه مورد مطالعه متفاوت می‌باشد. مقدار RMSE برای متغیرهای مختلف با استفاده از روش IDW کمتر از ۰/۲ بدست آمده است که نشان دهنده کارآمد بودن این روش در درون‌یابی بارش است. نتایج روندیابی نشان داد که در فصول سرد سال، روندهای نزولی و در فصول گرم سال، روندهای صعودی وجود دارد که حاکی از اهمیت تغییراقلیم در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. همچنین روند تغییرات در دوره ۳۰ و ٤٠ ساله برای میانگین بارش سالانه در شرق استان اغلب مناطق نزولی و در غرب استان، اغلب صعودی می‌باشد. برای دوره ٤٠ ساله نیز، روند نزولی در شرق استان وجود دارد. به طوری که روند نزولی معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۰ درصد در حوزه تالار در بالادست حوزه حاکم می‌باشد. برای غرب استان، روند صعودی در سطح اطمینان ۹۹ درصد تقریبادر همه زیرحوزه‌های حوزه چالوس رود، به چشم می‌خورد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که تغییر اقلیم در منطقه مورد مطالعه مشهود می‌باشد، که لزوم شناخت هر چه بیشتر تغییرات متغیرهای اقلیمی و تاثیر آن بر منابع آب، محیط زیست و سایر بخش‌های مرتبط را می‌طلبد.

واژه‌های کلیدی:تغییر اقلیم، تحلیل روند سری‌های زمانی، درون‌یابی، IDW، استان مازندران

مقدمه

شناخت چگونگی روند تغییرات اقلیمی به‌ویژه روند تغییرات بارش، از جمله مواردی است که در سال‌های اخیر مورد توجه محققین علوم جوی و هیدرولوژی قرار گرفته است. بدون توجه به این که یک مکان در اقلیم مرطوب یا خشک قراردارد، آگاهی از روند تغییرات بارش یک مکان، می‌تواند بسیاری از مدیران مرتبط با آب رانسبت به تصمیم‌گیری‌های آینده خود در ارتباط با اجرای پروژه‌های عمرانی یاری دهد.

افزایش دما طی چهار دهه گذشته و کاهش پوشش برف و یخ در لایه تروپوسفر جو، از جمله شواهد تغییر اقلیم است. گزارش هیات بین‌الدول تغییر اقلیم سازمان ملل هم افزایش ۲ تا ۶ درجه سانتی‌گراد دمای کره زمین تا سال ۲۰۹۰ میلادی را پیش‌بینی کرده که می‌تواند آسیب‌های بسیار جدی را بر محیط زیست و منابع آب تحمیل کند (۸). تغییرات اقلیمی با عوامل طبیعی مثل خشکی و خشکسالی یا فعالیت‌های انسانی تشدید می‌شود. شناسایی و آشکارسازی تغییرات هر یک از عوامل و یافتن علل آن، از قدم‌های اولیه مطالعات منابع آب به شمار می‌رود که در قالب روند عناصر اقلیمی مطالعه می‌شود. وجود روند در سری‌های هیدرومتئورولوژی ممکن است ناشی از تغییرات طبیعی، مانند خشکسالی یا فعالیت‌های انسانی مثل افزایش گازهای گلخانه‌ای باشد (۱۴). رخداد روند در عوامل اقلیمی هر ناحیه امری عادی بوده اما تداوم آن در سال‌های بعد می‌تواند اثرات بارزتری بر مولفه‌های تولیدی و اقتصادی و همچنین اجتماعی داشته باشد. تغییر اقلیم فرآیندی منحصر به عصر حاضر نبوده و شواهدی از جابه جایی دوره‌های سرد و گرم در کره زمین وجود دارد (۲،۲۰). تحقیقات انجام شده در زمینه مباحث تغییر اقلیم و اثرات آن بر محیط زیست و منابع آب بسیار متفاوت است. اما تحلیل روند متغیرهای محیطی در قالب تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی به عنوان اولین گام تحقیق مطرح می‌باشد (۱۵). مساح بوانی و مرید (۱۴) با بررسی اثرات تغییر اقلیم بر دما، بارندگی و رواناب در حوزه رودخانه زاینده‌رود به این نتیجه دست یافتند که میزان بارندگی، کاهش و مقدار دما افزایش یافته است. به‌طور ی که میزان کاهش بارندگی ۱۰ و ۱۶ درصد و افزایش دما به میزان ۴/۶ و ۳/۲ درجه سانتی‌گراد به‌ترتیب در سناریوهای A2 و B2 پیش‌بینی شده است. گاربرچ و همکاران (۶) اثرات تغییر اقلیم بر بارش و جریان رودخانه‌ای را در ۱۰ حوزه آبریز در آمریکا مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها حاکی از روند افزایشی معنی‌دار در دو پارامتر بوده است. کارل و نایت (۱۰) روند بارش، مقدار، فراوانی و شدت آن را در ایالات متحده آمریکا بررسی کردند. آنها معتقدند که از سال ۱۹۱۰ تا اواخر قرن بیستم، حدود ۱۰ درصد بارش ایالات متحده افزایش یافته است. که این افزایش ابتدا در رویدادهای بارش‌های سنگین روزانه منعکس شده است. به‌عنوان مثال بیش از ۵۳ درصد مقدار بارش افزایش یافته، به دلیل روند مثبتی بوده که در ۱۰ درصد بالایی توزیع بارش مشاهده شده است. پیرنیا و همکاران (۱۸) تغییرات دما و بارندگی را در سواحل جنوبی دریای خزر بررسی کردند و نشان دادند که در ایستگاه رامسر و میانگین منطقه‌ای، دمای متوسط افزایش و بارندگی کاهش یافته است و در دو ایستگاه بابلسر و گرگان به‌ترتیب شاهد افزایش و کاهش این دو پارامتر می‌باشند.

مدرس و سیلوا (۱۵) با استفاده از آزمون من-کندال به بررسی روند تغییرات بارش سالانه و تعداد روزهای بارانی ماهانه و سالانه دربیست ایستگاه در مناطق خشک و نیمه خشک ایران پرداختند. هر چند در برخی ایستگاه‌ها روند کاهشی و یا افزایشی وجود داشت اما هیچ نشانی از تغییر اقلیم معنادار در مناطق خشک و نیمه خشک ایران

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-03-29]
[DOI: 10.29252/jwmr.8.16.223]

مشاهده نکردند. زو و همکاران (۲۴) با استفاده از آزمون‌های پارامتری و ناپارامتری، روند تغییرات دما و بارش را در حوزه آبریز تاریم چین بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که سری‌های زمانی دما دارای روند معنی‌دار افزایشی بوده و داده‌های بارش نیز افزایش یافته است. فیداس و همکاران (۵) تحلیل روند سری زمانی بارش ۵۰ ساله اخیر یونان را در ارتباط با شاخص‌های گردشی جو بررسی کردند. آنها با انجام دو روشحداقل مربعات و من–کندال روی داده‌های بارش یونان معتقدند که روند بارش سالانه و زمستانه یونان، از سال ۱۹۸۴ به بعد کاهشی بوده است. همچنین در ادامه این تحقیق، تغییرپذیری بارش در ارتباط باسه شاخص گردش جوی نوسان اطلس شمالی، نوسان مدیترانه‌ای و شاخص جدید نوسان مدیترانه ای به کمک تحلیل همبستگی، بررسی شد. طبری و همکاران (۲۱) روند ۴۰ ساله متغیرهای دما، بارش، رطوبت نسبی، سرعت باد و تبخیر تعرق گیاه مرجع را در دو اقلیم سرد و گرم ایران به روش من–کندال بررسی کردند. یافته‌های آنان نشان داد که بیشترین نوسانات در سری داده‌های بارش و سرعت باد و کمترین نوسانات در سری داده‌های دما وجود دارد. ماریانجی و همکاران (۱۳) نیز معنی‌دار بودن روند افزایشی دما و روند کاهشی بارش و دبی سالانه در حوزه آبریز رودخانه یلفان در همدان را از آزمون من–کندال به اثبات رساندند. هیدالگو و همکاران (۸) روند روزانه بارش در والنسیای اسپانیا را طی نیمه دوم قرن بیستم بررسی کردند. آنها ۱۰ روز از هر سال که بیش از ۵۰ درصد میانگین بارش کشور در آن رخ می‌داد را به عنوان بالاترین رویدادهای بارشی انتخاب نمودند. همچنین روند بارش سالانه و روند رویدادهای کوچک و بزرگ بارش را به طور درصدی با هم مقایسه نمودند. آن‌ها تایید کردند که تغییرات بارش سالانه تنها به تغییرات پیدا شده در چند رویداد بارشی بستگی داشته است. به علاوه با وجود روند منفی این رویدادها، توزیع آن‌ها با بارش سالانه افزایش داشته است. عزیزی و روشنی (۲) با هدف مطالعه انحراف احتمالی برخی از عناصر رطوبتی و دمایی، تغییر اقلیم سواحل جنوبی خزر را بررسی کردند. آنها با استفاده از روش من–کندال تغییرات داده‌های حداقل و حداکثر دما، بارش، رطوبت و ابرناکی را طی دوره چهل ساله در منطقه شناسایی و نتیجه گرفتند که درصد تغییر در فصل زمستان و تابستان نسبت به بهار و پاییز بیشتر است و همچنین زمان شروع تغییرات نیز در ایستگاه‌های منطقه یکسان نیست.

به طور کلی، با توجه پژوهش‌های قبلی انجام گرفته، داده‌های هواشناسی و یافته‌های مدل‌های شبیه‌سازی تغییرات اقلیمی می‌توان نتیجه گرفت که میانگین دمای هوا روندی افزایشی دارد، که خود ممکن است سبب کاهش مقدار بارش و افزایش احتمال رخداد خشکسالی و موج گرمایی، به‌ویژه در نواحی خشک و نیمه خشک شود (۳). از سویی دیگر، انتظارمی‌رود که پدیده تغییر اقلیم در سده بیست و یکم ادامه یابد (۱۷). بنابراین افزایش پیوسته انتشار گازهای گلخانه‌ای، این اثرات را تشدید خواهد کرد. به طور کلی هدف از این پژوهش، بررسی روند بارش ماهانه، فصلی و سالانه ایستگاه‌های هواشناسی با روش ناپارامتری من–کندال می‌باشد.

استفاده از روش‌های زمین آمار در مطالعات مختلف به ویژه علم منابع آب به کار گرفته شده است که به عنوان تکنیکی برای این هدف استفاده می‌شود (۱۲). در سال‌های اخیر پژوهشگران بسیاری در داخل و خارج از کشور به کمک روش‌های زمین‌آماری، مبادرت به تهیه‌ی نقشه‌های هواشناسی ورزیده‌اند.

ناوم و سانیس (۱۶) بهترین مدل را جهت تهیه نقشه همباران در کشور سوئیس، مدل‌های کریجینگ و کریجینگ عمومی معرفی نمودند. زاکیریس و ونجلس (۲۳) استفاده از روش عکس مجذور فاصله، نقشه بارندگی ماهانه و نقشه درصد نرمال متوسط بارندگی سالانه ترسیم و سپس نقشه توزیع مکانی شاخص SPI را تهیه کردند. تواری و همکاران (۲۲) از روش کریجینگ برای تهیه نقشه‌های میانه بارندگی استفاده کردند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، حوزه‌های آبخیز استان مازندران می‌باشد که این ناحیه در حد فاصل عرض جغرافیایی شمالی '۲۰ °۵۰ تا °۱۰ '۵۴ و '۴۵ °۳۵ تا '۵۵ °۳۶ طول شرقی قرار دارد. مساحت استان مازندران ۲۳۸۱۳ کیلومتر مربع که معادل ۱/۴ درصد مساحت کل ایران است. اقلیم مازندران با توجه به وجود دریا، کوه و جنگل به دو نوع معتدل مرطوب و کوهستانی تقسیم می‌شود. پوشش گیاهی استان شامل جنگل، اراضی زراعی، مرتع و غیره می‌باشد. در این پژوهش برای بررسی روند متغیرهای هواشناسی از داده‌های بارش در سه مقیاس زمانی سالانه، فصلی، ماهانه برای ۳ دوره ۳۰، ۴۰، ۵۰ ساله استفاده شد. برای دوره ۳۰، ۴۰، ۵۰ ساله به ترتیب از ۶، ۹، ۲۴ و ۴۲ ایستگاه برای آنالیز روند داده‌ها بهره گرفته شد. مشخصات ایستگاه‌های منتخب در این پژوهش در جدول ۱ آورده شده است.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-03-29]

[DOI: 10.29252/jwmr.8.16.223]

جدول ۱– مشخصات و موقعیت مکانی ایستگاه‌های هواشناسی مورد بررسی در استان مازندران

Table 1. Specification and location of the meteorological stations in Mazandaran province

کد ایستگاه	نام ایستگاه	نوع ایستگاه	نام رودخانه	نام حوزه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (m)	سال تأسیس
۱۴۰۲۱۳۰۰۲	رامسر	باران سنجی معمول	صفارود	صفارود	۵۰° ۳۷' ۵۴"	۳۶° ۵۴' ۵۳"	۱۰۰	۱۳۴۴
۱۴۰۲۱۳۰۱۲	گانکسر	باران سنجی معمول	چالکرود	چالکرود	۵۰° ۴۳' ۰۶"	۳۶° ۴۹' ۰۷"	۸۰	۱۳۴۴
۱۴۰۲۱۳۰۱۱	کلای بن	باران سنجی معمول	نسارود	نسارود	۵۰° ۴۵' ۰۹"	۳۶° ۵۲' ۳۵"	–۲۰	۱۳۴۴
۱۴۰۲۱۳۰۱۸	هرات بر	باران سنجی معمول	چشمه کیله	چشمه کیله	۵۰° ۵۰' ۱۳"	۳۶° ۴۵' ۱۴"	۱۴۰	۱۳۴۷
۱۴۰۲۱۳۰۲۷	دینارسرا	باران سنجی معمول	آزارود	آزادرود	۵۰° ۵۸' ۳۸"	۳۶° ۴۱' ۴۸"	۱۶۰	۱۳۵۴
۱۴۰۲۱۳۰۲۹	ماشاالله آباد	باران سنجی معمول	کاظمرود	کاظمرود	۵۱° ۰۶' ۰۵"	۳۶° ۴۰' ۱۷"	۷۰	۱۳۵۲
۱۴۰۲۱۳۰۳۷	والت	باران سنجی معمول	سردابرود	سردآبرود	۵۱° ۱۳' ۳۳"	۳۶° ۳۱' ۳۸"	۱۰۲۰	۱۳۵۴
۱۴۰۲۱۳۰۳۳	کلارآباد	باران سنجی معمول	پلنگابرود	پلنگ آبرود	۵۱° ۱۴' ۵۸"	۳۶° ۴۲' ۰۰"	–۱۵	۱۳۳۵
۱۴۰۲۱۱۰۴۰	پل ذغال	تبخیر سنج	چالوس	چالوس	۵۱° ۱۹' ۵۲"	۳۶° ۳۰' ۳۵"	۳۶۰	۱۳۲۸
۱۴۰۳۱۱۰۰۱	نوشهر	تبخیر سنج ثبات	کورکورسر	کورکورسر	۵۱° ۲۸' ۴۳"	۳۶° ۳۹' ۲۶"	–۱۰	۱۳۵۱
۱۵۰۱۱۴۰۰۶	بلده	بارانسنج ذخیره	هراز	هراز	۵۱° ۴۷' ۴۰"	۳۶° ۱۱' ۵۷"	۲۲۰۰	۱۳۴۴
۱۴۰۳۱۳۰۰۵	عالم کلا	باران سنجی معمول	کنسرود	کنس رود	۵۱° ۵۳' ۴۸"	۳۶° ۳۴' ۰۸"	–۲۴	۱۳۴۹
۱۵۰۱۱۳۰۰۷	نمارستاق	باران سنجی معمول	هراز	هراز	۵۲° ۰۵' ۰۰"	۳۶° ۰۶' ۰۰"	۲۱۲۰	۱۳۳۴
۱۴۰۳۱۱۰۱۱	چمستان	تبخیر سنج	هراز	وازرود	۵۲° ۰۷' ۱۳"	۳۶° ۲۸' ۳۳"	۱۵۰	۱۳۵۲
۱۵۰۱۱۳۰۰۵	رزن	باران سنجی معمول	هراز	هراز	۵۲° ۱۰' ۴۹"	۳۶° ۱۱' ۴۷"	۱۲۴۰	۱۳۴۸
۱۵۰۱۱۳۰۰۱	محمودآباد	باران سنجی معمول	هراز	هراز	۵۲° ۱۵' ۳۱"	۳۶° ۳۷' ۵۷"	–۲۵	۱۳۴۴
۱۵۰۱۱۳۰۰۸	پنجاب	باران سنجی معمول	هراز	هراز	۵۲° ۱۶' ۱۴"	۳۶° ۰۵' ۵۰"	۹۲۰	۱۳۴۸
۱۵۰۱۱۴۰۰۴	کره سنگ	بارانسنج ذخیره	هراز	هراز	۵۲° ۲۱' ۵۹"	۳۶° ۱۸' ۰۰"	۳۴۳/۹	۱۳۴۴
۱۵۰۱۱۳۰۴۱	دیوا	باران سنجی معمول	بابلرود	بابلرود	۵۲° ۳۳' ۵۴"	۳۶° ۱۹' ۰۲"	۱۶۰	۱۳۴۹
۱۵۰۱۱۳۰۴۲	گلوگاه بندپی	باران سنجی معمول	بابلرود	بابلرود	۵۲° ۳۷' ۲۷"	۳۶° ۱۸' ۰۷"	۲۰۰	۱۳۵۴
۱۵۰۱۱۳۰۳۷	میاندشت	باران سنجی معمول	بابلرود	بابلرود	۵۲° ۴۰' ۰۵"	۳۶° ۱۴' ۰۳"	–۱۸	۱۳۴۴
۱۵۰۱۱۱۰۳۹	محوطه اداره بابل	تبخیر سنج ثبات	بابلرود	بابلرود	۵۲° ۴۰' ۵۳"	۳۶° ۳۱' ۳۷"	۰	۱۳۴۵
۱۴۰۲۱۱۰۲۸	عباس آباد تنکابن	تبخیر سنج ثبات	کاظم رود	کاظمرود	۵۱° ۰۵' ۴۴"	۳۶° ۴۱' ۴۹"	–۱۸	۱۳۴۴
۱۵۰۲۱۳۰۰۲	عرب خیل	باران سنجی معمول	تالار	تالار	۵۲° ۴۴' ۲۴"	۳۶° ۴۱' ۴۱"	–۲۰	۱۳۴۴
۱۵۰۱۱۳۰۴۷	قرآن تالار	باران سنجی معمول	بابلرود	بابلرود	۵۲° ۴۶' ۳۰"	۳۶° ۱۸' ۱۶"	۱۰۲	۱۳۲۸
۱۵۰۲۱۳۰۰۳	کیاکلا	باران سنجی معمول	تالار	تالار	۵۲° ۴۸' ۴۰"	۳۶° ۳۳' ۳۰"	–۵	۱۳۲۹
۱۵۰۲۱۳۰۰۵	شیرگاه	باران سنجی معمول	تالار	تالار	۵۲° ۵۳' ۰۲"	۳۶° ۱۸' ۱۰"	۲۶۶	۱۳۳۷
۱۵۰۲۱۳۰۲۹	لاریم	باران سنجی معمول	سیاهرود	سیاهرود	۵۲° ۵۵' ۵۸"	۳۶° ۴۳' ۱۲"	–۲۴	۱۳۴۴
۱۵۰۳۱۳۰۰۱	کردخیل	باران سنجی معمول	تجن	تجن	۵۳° ۰۶' ۱۷"	۳۶° ۴۲' ۳۶"	–۵	۱۳۴۴
۱۵۰۳۱۳۰۰۷	ریگ چشمه	باران سنجی معمول	تجن	تجن	۵۳° ۱۱' ۱۵"	۳۶° ۲۱' ۵۴"	۴۲۰	۱۳۳۳
۱۵۰۲۱۳۰۱۵	کله	باران سنجی معمول	تالار	تالار	۵۳° ۰۹' ۴۵"	۳۶° ۰۴' ۱۱"	۱۵۵۷	۱۳۴۹
۱۵۰۲۱۳۰۲۶	سودکلا	باران سنجی معمول	تالار	تالار	۵۳° ۱۱' ۲۶"	۳۶° ۰۵' ۴۵"	۱۲۵۰	۱۳۴۹
۱۵۰۲۱۱۰۲۳	درزیکلا	تبخیر سنج	تالار	تالار	۵۳° ۱۲' ۱۴"	۳۶° ۰۴' ۰۸"	۱۳۰۰	۱۳۴۹
۱۵۰۲۱۳۰۲۵	ولیک چال	باران سنجی معمول	تالار	تالار	۵۳° ۱۳' ۰۰"	۳۶° ۰۵' ۵۵"	۱۵۰۰	۱۳۴۹
۱۵۰۳۱۱۰۲۴	نوذرآباد	تبخیر سنج ثبات	نکارود	نکارود	۵۳° ۱۴' ۳۱"	۳۶° ۴۸' ۳۸"	–۱۹	۱۳۴۵
۱۵۰۳۱۴۰۱۰	سلیمان تنگه	بارانسنج ذخیره	تجن	تجن	۵۳° ۱۳' ۳۵"	۳۶° ۱۵' ۰۷"	۴۳۴	۱۳۴۴
۱۵۰۲۱۴۰۲۲	سنگده	بارانسنج ذخیره	تالار	تالار	۵۳° ۱۳' ۴۳"	۳۶° ۰۳' ۳۶"	۱۳۰۰	۱۳۵۲
۱۵۰۳۱۳۰۲۳	دارابکلا	باران سنجی معمول	دارابکلا	دارابکلا	۵۳° ۱۵' ۱۹"	۳۶° ۳۳' ۳۵"	۱۱۵	۱۳۴۸
۱۵۰۳۱۳۰۱۲	تلارم	باران سنجی معمول	تجن	تجن	۵۳° ۱۵' ۱۶"	۳۶° ۱۲'۰۱"	۹۳۰	۱۳۴۳
۱۵۰۳۱۳۰۲۵	آبلو	باران سنجی معمول	نکارود	نکارود	۵۳° ۱۷' ۴۱"	۳۶° ۳۸' ۵۴"	۵۰	۱۳۴۷
۱۵۰۳۱۳۰۴۴	گلورد	باران سنجی معمول	نکارود	نکارود	۵۳° ۳۵' ۲۰"	۳۶° ۳۶' ۰۵"	۶۶۰	۱۳۵۹
۱۵۰۳۱۳۰۴۲	پجیم	باران سنجی معمول	نکارود	نکارود	۵۳° ۴۳' ۲۵"	۳۶° ۳۷' ۰۴"	۱۲۶۰	۱۳۴۹
۱۵۰۳۱۴۰۴۰	سفیدچاه	بارانسنج ذخیره	نکارود	نکارود	۵۳° ۵۳' ۰۰"	۳۶° ۳۶' ۰۷"	۱۰۴۶/۴	۱۳۵۹
۱۵۰۴۱۳۰۰۷	جفاکنده	باران سنجی معمول	خلیج گرگان	خلیج گرگان	۵۳° ۵۵' ۳۵"	۳۶° ۴۴' ۱۳"	۹۰	۱۳۵۹
۱۵۰۳۱۳۰۳۸	بارکلا	باران سنجی معمول	نکارود	نکارود	۵۴° ۰۲' ۴۰"	۳۶°۳۸' ۲۰"	۱۴۳۰	۱۳۵۰
۱۵۰۴۱۳۰۰۶	تیرتاش	تبخیرسنج	خلیج گرگان	خلیج گرگان	۵۳° ۴۳' ۲۳"	۳۶° ۴۳' ۱۳"	۳۰	۱۳۴۸
۱۵۰۱۱۳۰۳۴	فیروزکلا آمل	باران سنجی معمول	هراز	هراز	۵۲° ۲۵' ۱۴"	۳۶° ۲۶' ۳۶"	۱۲۰	۱۳۷۱

در این پژوهش روند تغییرات بارش ماهانه، فصلی، سالانه ایستگاه های هواشناسی استان مازندران در سه دوره ۳۰، ۴۰، ۵۰ ساله که در جدول ۱ ارایه شده است، با آزمون ناپارامتری من–کندال مورد بررسی قرار گرفتند. بارش ماهانه، فصلی و سالانه برای ایستگاه‌های مورد مطالعه در سه سطح اطمینان ۹۰، ۹۵ و ۹۹ درصد با استفاده از آزمون من– کندال، جهت تعیین سطح معنی‌داری روند بارش نزولی و صعودی بررسی شدند. روندهای مشاهده شده با استفاده از روش درون‌یابی وزنی مجذور فاصله (IDW) درون‌یابی شدند. IDW یک سطح رستری را ایجاد می‌کند. مقادیر سلول رستر با میانگین‌گیری مقادیر داده هر ایستگاه در مجاورت هر سلول محاسبه می‌شود.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-03-29]

[DOI: 10.29252/jwmr.8.16.223]

داده‌های ایستگاه، سطوح اطمینان روند ایستگاه‌ها در دوره‌های مطالعاتی ۳۰، ۴۰ و۵۰ ساله و همچنین روندهای منفی و مثبت می‌باشد. روش درون‌یابی IDW بر این فرض استوار است که تاثیر پدیده مورد نظر با افزایش مسافت، کاهش می‌یابد. به بیانی دیگر پدیده پیوسته در نقاط اندازه‌گیری نشده، بیشترین شباهت را به نزدیک‌ترین نقاط برداشت شده دارد. لذا برای تخمین نقاط مجهول، نمونه‌های اطراف باید مشارکت بیشتری نسبت به آنهایی که در فاصله دورتر قرار دارند، داشته باشند. در این مدل از فاصله به عنوان وزن متغیر معلوم در پیش‌بینی نقاط اندازه‌گیری نشده استفاده می‌شود زیرا نقش متغیر پیوسته در تاثیرگذاری با فاصله از مکان نقطه مجهول، کاهش می‌یابد. بنابراین هر چه فاصله داده معلوم از نقطه مجهول افزایش می‌یابد، لازم است وزن‌ها بر اساس فاصله کاهش یابند و بنابراین فاصله‌ها معکوس می‌شود. به بیان دیگر از معکوس فاصله به عنوان وزن نقاط اندازه‌گیری شده در پیش‌بینی نقاط مجهول، استفاده می‌شود. به همین دلیل است که این مدل Inverse DistanceWeighted نام گرفته است از طرف دیگر تاثیر شدت وابستگی مکانی در داده‌ها را با استفاده از توان در معکوس فاصله می‌توان اعمال نمود (۷).

رابطه کلی درون یابی دو بعدی به روش IDW به صورت زیر می‌باشد:

$$W(x,y)=\sum_{i=1}^{N}\lambda_i w_i \qquad (۱)$$

$$\lambda_i=\frac{\left(\frac{1}{d_i}\right)^p}{\sum_{k=1}^{N}\left(\frac{1}{d_k}\right)^p}$$

که W(x,y) مقادیر برآورد شده در موقعیت (x,y)، N تعداد نقاط معلوم مجاور (x,y)، λi وزن اختصاص داده شده به هریک از مقادیر معلوم Wi در موقعیت (xi , yi) ، di فاصله اقلیدسی بین هریک از نقاط واقع در موقعیت های (x,y) و (xi , yi) و P مقدار توان است که متاثر از وزن Wi بر W است.

آزمون من–کندال

در آزمون مان–کندال یا MK هر مقدار در سری زمانی به صورت پیوسته و پشت سرهم با بقیه مقادیر سری، مورد مقایسه قرار می‌گیرد. آماره S که حاصل جمع همه شمارش‌ها را نشان می‌دهد، به صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$S=\sum_{i=1}^{n-1}\sum_{j=i+1}^{n}\mathrm{sgn}(x_j-x_i) \qquad (۲)$$

که در آن S آماره مربوط به آزمون مان–کندال، x_j و x_i به ترتیب مقدار مشاهداتی مربوط به داده jام و iام، nتعداد داده‌ها و $\mathrm{sgn}(x_j-x_i)$ تابع علامت بوده و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\mathrm{Sgn}\ (x_j-x_i)=\begin{cases}1 \text{ if } (x_j-x_i)>0\\ 2 \text{ if } (x_j-x_i)=0\\ -1 \text{ if } (x_j-x_i)<0\end{cases} \qquad (۳)$$

من و کندال نشان دادند که وقتی$n>8$ باشد، آماره S تقریبا به طور نرمال توزیع شده و میانگین آن صفر و انحراف معیار آن به شرح زیر می‌باشد:

$$v(S)=\frac{n(n-1)(2n+5)-\sum_{i=1}^{n}t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \qquad (۴)$$

که در آن S آماره مان–کندال که از رابطه (۱) با توجه به مقادیر داده‌ها محاسبه می‌شود. V(S) واریانس آماره S است و اندیس i نشان‌دهنده شماره دسته iام است که دارای داده‌های مشابه هم در ترتیب تاریخی می‌باشند. T_i تعداد داده‌های یکسان در دسته iام می‌باشند. آماره آزمون استاندارد شده Z به شرح زیر می‌باشد:

$$Z=\begin{cases}\frac{s-1}{\sqrt{V(S)}} & S>0\\ \frac{s+1}{\sqrt{V(S)}} & S<0\end{cases} \qquad (۵)$$

آماره آزمون MK استاندارد شده Z از توزیع نرمال استاندارد با میانگین صفر و واریانس واحد پیروی می‌کند. فرض صفر به شرطی پذیرفته می‌شود که قدر مطلق Z محاسبه شده از مقدار Z نرمال استاندارد در سطح معنی‌دار α کمتر باشد. در این پژوهش سطوح معنی‌دار یک و پنج درصد مورد استفاده قرار گرفت. اگر Z محاسبه شده بزرگ‌تر از رقم آستانه‌ای ۱/۶۴ و ۱/۹۶ باشد، روند داده‌ها به ترتیب در سطح ۱۰ و ۵ درصد معنی‌دار و در غیر این صورت، غیر معنی‌دار فرض می‌شود. به همین ترتیب اگر Z محاسبه شده بزرگ‌تر از رقم ۲/۳۳ باشد، روند داده‌ها در سطح ۱ درصد معنی‌دار فرض می‌شود. در غیر این صورت فرض صفر مبنی بر وجود روند در داده‌ها در سطح معنی‌دار مورد نظر، رد می‌شود.

نتایج و بحث

نتایج آنالیز روند بارش ماهانه، فصلی و سالانه در دوره‌های ۳۰، ۴۰ و ۵۰ ساله در سطح اطمینان ۹۰، ۹۵ و ۹۹ درصد به ترتیب در شکل‌های ۲، ۳ و ۴ آورده شده است. همان‌طوری که نمودارهای این شکل‌ها نشان می‌دهند، روندهای متفاوتی در ایستگاه‌های باران‌سنجی در ماه‌ها و فصل‌های مختلف شاهد وجود دارد. در حالت کلی، روندهای نزولی بیشتر در ۶ ماه نخست سال آبی یعنی از مهر ماه تا اسفند ماه و روندهای صعودی بیشتر در ۶ ماه آخر یعنی از فروردین تا شهریور ماه برای دوره‌های مورد مطالعه وجود دارد. به همین ترتیب هم نتایج مشابهی در مقیاس فصلی شاهد هستیم که روندهای نزولی، بیشتر در پاییز و زمستان و روندهای صعودی، در بهار و تابستان می‌باشد. برای دوره ۳۰ ساله با توجه به نتایج نشان داده شده در شکل ۱، از بین ۴۷ ایستگاه مورد مطالعه برای دوره ۳۰ ساله، بیشترین تعداد ایستگاه دارای روند نزولی در مهر ماه در سطوح اطمینان مختلف اتفاق افتاده است که برای سطوح اطمینان ۹۰، ۹۵ و ۹۹ درصد به ترتیب ۳۱، ۲۲ و ۴ ایستگاه دارای روند نزولی می‌باشد. بعد از مهرماه، ماه بهمن دومین رتبه را از لحاظ داشتن تعداد ایستگاه‌های روند نزولی در منطقه دارد. برای روندهای صعودی نیز ماه تیر دارای بیشترین تعداد ایستگاه می‌باشد که برای سطوح اطمینان ۹۰، ۹۵ و ۹۹ درصد به ترتیب ۲۷، ۱۵ و ۱۰ ایستگاه دارای روند صعودی می‌باشد. بعد از تیر ماه، ماه اردیبهشت دومین رتبه را از لحاظ تعداد ایستگاه‌های روند صعودی، در منطقه دارا می‌باشد. در مقیاس فصلی نیز بیشترین تعداد ایستگاه دارای روند نزولی معنی‌دار در فصل پاییز می‌باشد و فصل بهار نیز دارای بیشترین تعداد ایستگاه روند

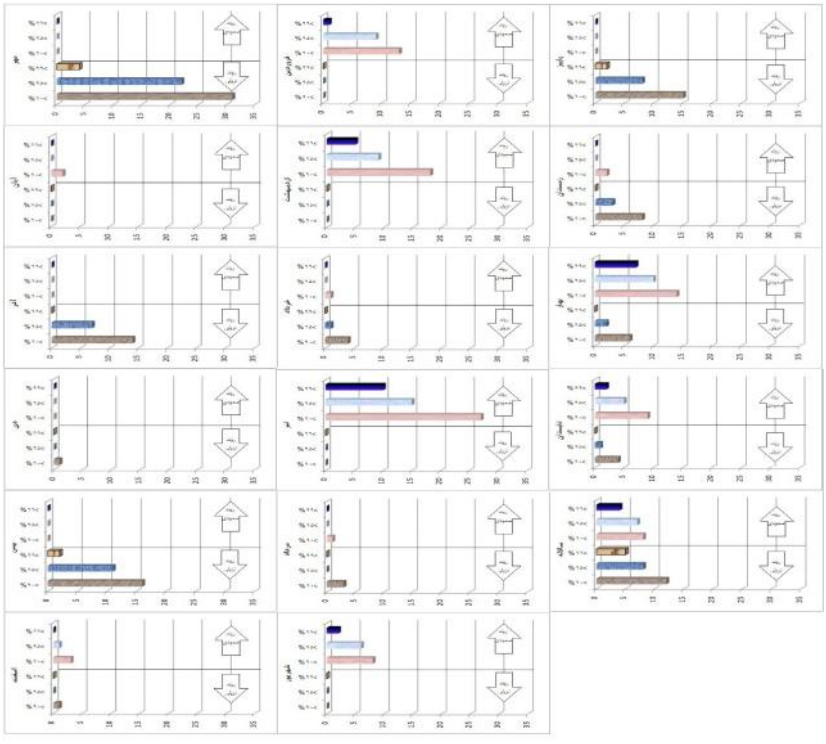
[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-03-29]

[DOI: 10.29252/jwmr.8.16.223]

صعودی معنی‌دار در دوره مورد مطالعه می‌باشد. در مقیاس سالانه نیز برای دوره ۳۰ ساله برای سطوح اطمینان ۹۰، ۹۵ و ۹۹ درصد به ترتیب ۱۲، ۸ و ۵ ایستگاه، دارای روند نزولی می‌باشد. به همین ترتیب برای سطوح اطمینان ۹۰، ۹۵ و ۹۹ درصد به ترتیب ۸، ۷ و ۴ ایستگاه، دارای روند صعودی می‌باشد.

برای دوره ۴۰ ساله با توجه به نتایج نشان داده شده در شکل ۲، از بین ۳۸ ایستگاه مورد مطالعه بیشترین تعداد ایستگاه دارای روند نزولی در مهر ماه در سطوح اطمینان مختلف اتفاق افتاده است که برای سطوح اطمینان ۹۰، ۹۵ درصد به ترتیب ۱۷ و ۷ ایستگاه دارای روند نزولی می‌باشد. بعد از مهرماه، بهمن ماه دومین رتبه را از لحاظ تعداد ایستگاه‌های روند نزولی در منطقه دارا می‌باشد. ماه تیر دارای بیشترین تعداد ایستگاه از لحاظ داشتن روندهای صعودی می‌باشد که برای سطوح اطمینان ۹۰، ۹۵ و ۹۹ درصد به ترتیب ۱۵، ۱۱ و ۳ ایستگاه دارای روند صعودی معنی‌دار می‌باشد. بعد از تیرماه، شهریور ماه دومین رتبه را از لحاظ تعداد ایستگاه‌های روند صعودی، در منطقه دارا می‌باشد. در مقیاس فصلی، بیشترین تعداد ایستگاه دارای روند نزولی معنی‌دار، فصل زمستان می‌باشد و فصل بهار نیز دارای بیشترین تعداد ایستگاه روند صعودی معنی‌دار در دوره مورد مطالعه می‌باشد. در مقیاس سالانه نیز برای دوره ۴۰ ساله برای سطوح اطمینان ۹۰، ۹۵ و ۹۹ درصد به ترتیب ۱۱، ۸ و ۶ ایستگاه دارای روند نزولی می‌باشد. به همین ترتیب برای سطوح اطمینان ۹۰، ۹۵ و ۹۹ درصد به ترتیب ۹، ۶ و ۴ ایستگاه دارای روند نزولی می‌باشد. برای دوره ۵۰ ساله با توجه به نتایج نشان داده شده در شکل ۳، از بین ۱۵ ایستگاه مورد مطالعه، بیشترین تعداد ایستگاه دارای روند نزولی در بهمن ماه در سطوح اطمینان مختلف اتفاق افتاده است که برای سطوح اطمینان ۹۰، ۹۵، ۹۹ درصد به ترتیب ۹، ۶ و ۲ ایستگاه دارای روند نزولی می‌باشد. بعد از بهمن ماه، ماه آذر دومین رتبه را از لحاظ داشتن تعداد ایستگاه‌های روند نزولی در منطقه دارا می‌باشد. برای روندهای صعودی نیز ماه تیر دارای بیشترین تعداد ایستگاه می‌باشد که برای سطوح اطمینان ۹۰، ۹۵ و ۹۹ درصد به ترتیب ۱۱، ۹ و ۳ ایستگاه دارای روند صعودی می‌باشد.

در مقیاس فصلی نیز بیشترین تعداد ایستگاه دارای روند نزولی معنی‌دار در فصل زمستان می‌باشد و فصل بهار نیز دارای بیشترین تعداد ایستگاه روند صعودی معنی‌دار در دوره مورد مطالعه می‌باشد. در مقیاس سالانه نیز برای دوره ۵۰ ساله برای سطوح اطمینان ۹۰، ۹۵ و ۹۹ درصد به ترتیب ۵، ۴ و ۴ ایستگاه دارای روند نزولی می‌باشد. به همین ترتیب برای سطوح اطمینان ۹۰، ۹۵ و ۹۹ درصد به ترتیب ۴، ۳ و ۱ ایستگاه دارای روند نزولی می‌باشد. انصاری و همکاران (۱) با استفاده از آزمون ناپارامتری من- کندال برای حوزه آبخیز رودخانه کاجو نشان دادند که بارش منطقه دارای روندی نزولی، دما دارای روندی صعودی و دبی رودخانه دارای روندی کاهشی است.

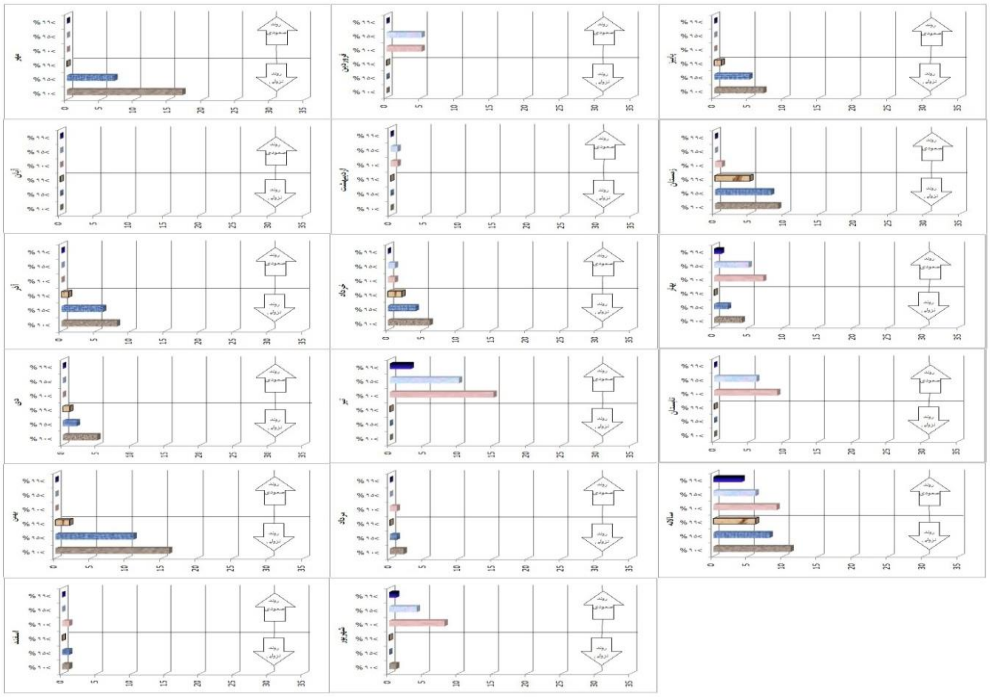


شکل ۱- روند بارش مشاهده شده در مقیاس ماهانه، فصلی و سالانه در دوره ۳۰ ساله

Figure 1. The trend of observed precipitation in the monthly, seasonal and annual scale during the 30-years period

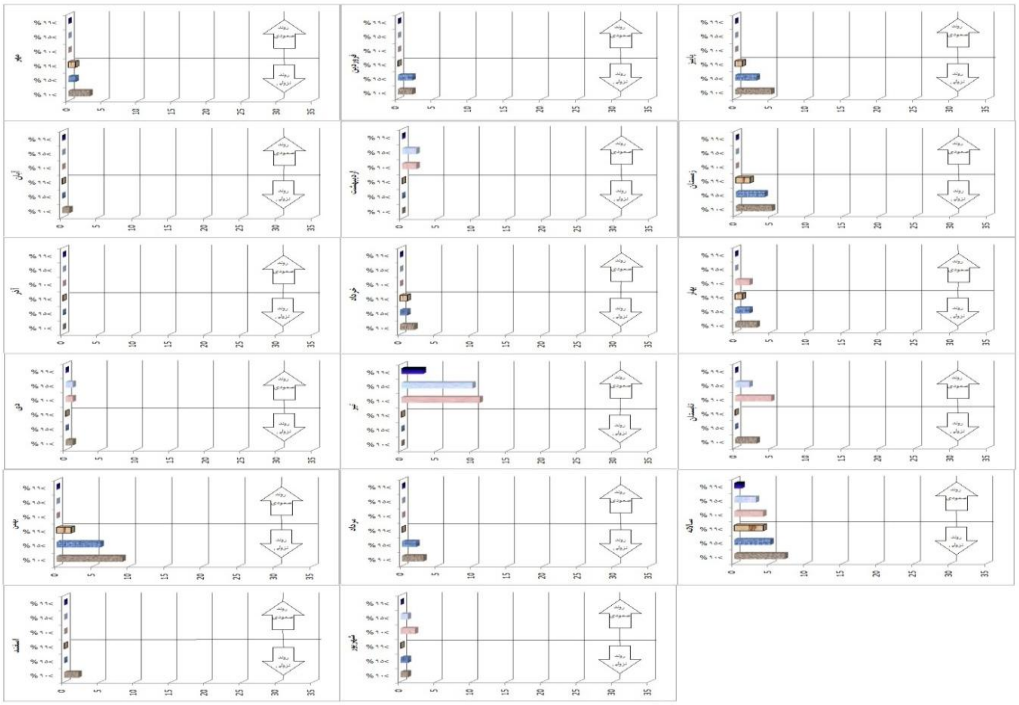
[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-03-29]

[DOI: 10.29252/jwmr.8.16.223]



شکل ۲- روند بارش مشاهده شده در مقیاس ماهانه، فصلی و سالانه در دوره ۴۰ ساله

Figure 2. The trend of observed precipitation in the monthly, seasonal and annual scale during the 40-years period



شکل ۳- روند بارش مشاهده شده در مقیاس ماهانه،فصلی و سالانه در دوره ۵۰ ساله

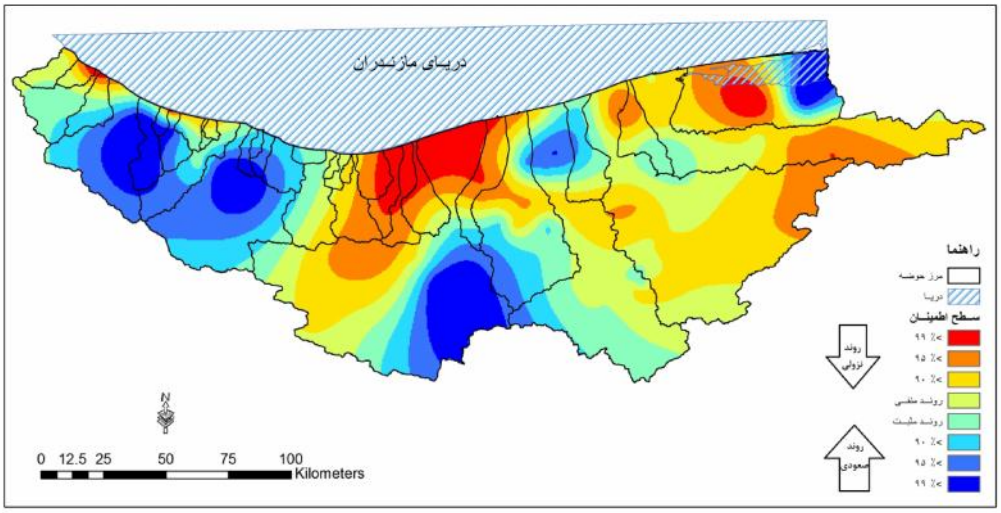
Figure 3. The trend of observed precipitation in the monthly, seasonal and annual scale during the 50-years period

شکل‌های ۵ و ۶ روند بارش درون‌یابی شده به روش IDW را برای میانگین بارش سالانه برای دوره ۳۰ و ۴۰ ساله در مازندران نشان می‌دهند. نتایج خطای RMSE برای دوره ۳۰ ساله ۰/۲ و ۴۰ ساله ۰/۱۸ بدست آمده که کارایی روش مذکور را می‌رساند. به دلیل پراکنش مناسب ایستگاه‌های مورد مطالعه در منطقه، نقشه‌های درون‌یابی شده در این دو دوره تهیه شده است. کلاس‌های نمایش داده شده برای درون‌یابی، شامل سه سطوح اطمینان ۹۰، ۹۵ و ۹۹ درصد و همچنین روندهای صعودی و نزولی می‌باشد. همان‌طوری که مشاهده می‌شود، نمایش مکانی روندهای بارش آشکار شده، شناخت بهتری از تغییرات و نوسانات مکانی در منطقه مورد مطالعه در

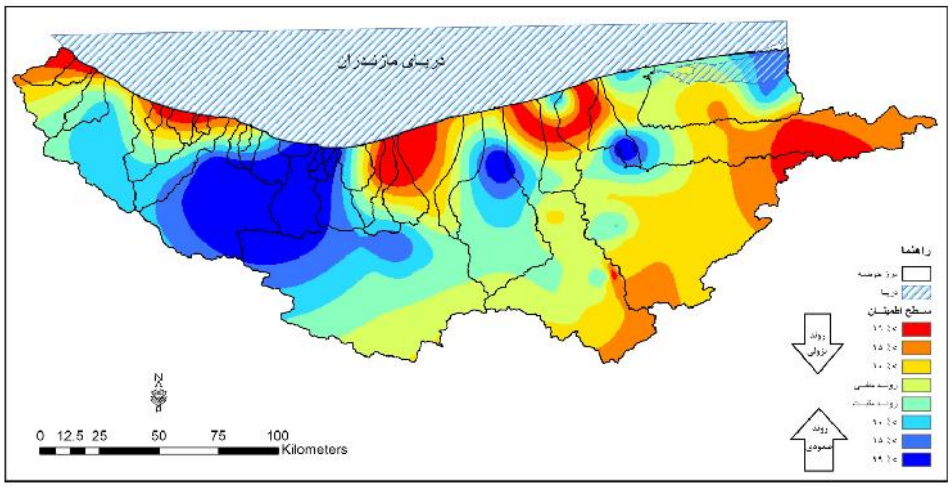
[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-03-29]

[DOI: 10.29252/jwmr.8.16.223]

این دوره به دست می‌دهد. با توجه به شکل ۴، برای دوره ۳۰ ساله،ایستگاه‌های با روند نزولی تقریبا در شرق استان قرار دارند که بیشتر حوزه‌های نکارود، تجن و تالار را شامل می‌شود. به طوری که روند بارش در سطح اطمینان ۹۵ درصد برای بخش وسیعی از حوزه نکارود، نزولی معنی‌دار می‌باشد. در حوزه تجن اغلب روند بارش، نزولی و در سطح اطمینان ۹۰ درصد، معنی‌دار می‌باشد. در حوزه تالار اگر چه روند معنی‌دار خاصی را مشاهده نمی‌کنیم اما روند نزولی غالبی را در این حوزه شاهد هستیم. در بخش بالادست حوزه هراز در دوره ۳۰ ساله، روند بارش صعودی و در سطح اطمینان ۹۹ درصد، معنی‌دار می‌باشد. در قسمت غرب مازندران، اغلب حوزه‌ها (چالوس رود، چشمه کیله، سه هزار و غیره) با روندهای صعودی معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد را شاهد هستیم. برای دوره ۴۰ ساله که در شکل ۵ نشان داده شده است نیز نتایج مشابهی بدست آمد، که روند نزولی را اغلب در شرق استان شاهد هستیم. به طوری که روند نزولی معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۰ درصد در حوزه تالار، در بالادست حوزه حاکم است. برای غرب استان نیز در حوزه چالوس رود روند صعودی در سطح اطمینان ۹۹ درصد، تقریبا در همه زیرحوزه‌های حوزه چالوس رود به چشم می‌خورد. با توجه به نتایج گرفته شده، روند کاهشی بارش در منطقه تحت تاثیر تخریب پوشش گیاهی و فعالیت‌های انسانی و در نتیجه افزایش CO_2 می‌باشد که باعث افزایش دمای منطقه شده که خود سبب تغییرات در میزان بارش می‌شود. این تغییرات هم در کاهش میزان بارش در فصول سرد و همچنین کاهش نزولات به‌صورت برفی و در نتیجه افزایش باران در بهار می‌شود.



شکل ۴- آزمون روند بارش میانگین سالانه دوره ۳۰ ساله
Figure 4. The trend test of average annual precipitation during the 30-years period



شکل ۵- آزمون روند بارش میانگین سالانه دوره ۴۰ ساله
Figure 5. The trend test of average annual precipitation during the 40-years period

در این پژوهش روند بارش در سه دوره ۳۰، ۴۰ و ۵۰ ساله برای حوزه‌های آبخیز استان مازندران با استفاده از آزمون من- کندال بررسی شد. نتایج نشان دادکه روند تغییرات در ماه‌ها و فصول مختلف و همچنین از لحاظ مکانی در منطقه مورد مطالعه متفاوت می‌باشد. به‌طوری‌که در فصول سرد سال، روندهای نزولی و در فصول تابستان، روندهای صعودی را شاهد هستیم، که حاکی از اهمیت تغییر

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-03-29]
[DOI: 10.29252/jwmr.8.16.223]

اقلیم در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. همچنین روند تغییرات در شرق استان، اغلب نزولی و در غرب استان، اغلب صعودی می‌باشد. روندهای میانگین بارش سالانه نیز در منطقه مورد مطالعه در حال کاهش می‌باشد که تاثیر آن اغلب در شرق استان و در حوزه‌های نکارود و تجن می‌باشد که با مطالعه فرسادنیا و همکاران (۴) همخوانی دارد. با توجه به نتایج گرفته شده و با توجه به تغییراتی که در روند بارش در این منطقه در آینده رخ می دهد، پیشنهاد می شود که مسئولان و برنامه ریزان منطقه مورد بررسی در بخش‌های کشاورزی، منابع آب، محیط زیست، صنعت و اقتصاد راه‌کارهای لازم مانند صرفه‌جویی در مصرف آب، کاهش بهره‌برداری از منابع آب سطحی و زیرزمینی و تغییر الگوی کشت و غیره را برای کاهش پیامدها و سازگاری با شرایط آب و هوایی جدید اتخاذ کنند.

منابع

1. Ansari, M., G. Noori and S. Fotohi. 2016. Investigation of temperature precipitation and flow trend using nonparametric Mankendall (Case study: Kaju river in sistan and baluchestan). Journal of Watershed Management Research, 7(14): 152-158.
2. Azizi, G., M. Karimi Ahmad Abad and Z. SabokKhiz. 2005. Temperature trend in recent decades in Iran and increasing CO2. Journal of Geographical Sciences, 4(5): 25-43.
3. Chartzoulakis. K. and G. Psarras. 2005. Globalchange effects on crop photosynthesis and production in mediterranean.the case of Crete (Greece). Agriculture ecosystems and environment Journal, 106: 147-157.
4. Farsadnia, F., M. Rostami Kamrod and A. Moghadam Nia. 2012. Rainfall trend analysis of Mazandaran province using regional Mann-Kendall test. Iran-Water Resources Research, 8(2): 60-70.
5. Feidas, H., C. Noulopoulou, T. Makrogiannis and E. Bora-Senta. 2007. Trend analysis of precipitation time series in Greece and their relationship with circulation using surface and satellite data: 1955-2001. Theoretical and Applied Climatology, 87: 155-177.
6. Garbrecht, J., M.V. Liew and G.O. Brown. 2004. Trends in precipitation, stream flow and evapotranspiration in the great plains of the United States. Journal of Hydrologic Engineering, 9(5): 360-367.
7. Gemmer, M., S. Becker and T. Jiang. 2004. Observed monthly precipitation trends in China 1951-2002, Theoretical and Applied Climatology, 77: 39-45.
8. Hidalgo, G.J.C., M. De Luı´s, J. Ravento´s and J.R. Sa´nchez. 2003. Daily rainfall trend in the Valencia region of Spain, Theoretical and Applied Climatology, 75: 117-130.
9. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2007. Climate change 2007: IPCC 4th Assessment Report2 Cambridge University Press, Cambridge, 438 pp.
10. Karl, T.R. and R.W. Knight.1998. Secular trends of precipitation amount, frequency, and intensity in the United States. Bulletin of the americanmeteorology society, 79(2): 231-241.
11. Kouchaki, A., H.R. Sharifi and A. Zand. 1998. Ecological consequences of climate change. University Jahad Press. Mashhad, 464 pp.
12. Madani, H. 1994. Fundamental of Geostatistic, 1nd Ed., Amirkabir University of Technology, Tehran.
13. Maryanaji, Z., S. Marofi and H. Abasi. 2008. Detection rate variation and its relationship with meteorological parameters in the field of hamadan by using Mann-Kendall nonparametric test. The third conference of Iran water resources management, Tabriz University, Iran.
14. Massah-Bavani, A.R. and S. Morid. 2005. The effects of climate change on river flow of Zayandehrood. Journal of Water and Soil Science, 9(4): 17-28.
15. Modarres, R. and V.P.R. Silva. 2007. Rainfall trends in arid and semi-arid regions of Iran. Journal of arid environments, 70(2): 344-355.
16. Naum, S. and I.K. Tanis. 2004. Ranking spatial interpolation techniques using a GIS-based DSS. Global Nest: The Int, J. 1: 1-20.
17. Pereira, L.S., I. Cordery and I. Iacovides. 2002. Coping with water scarcity. UNESCO IHP VI, Technical documents in hydrology no. 58, UNESCO, Paris. 267 pp.
18. Pirnia, A., M. Habibnejad Roshan and K. Solaimani. 2015. Investigation of precipitation and temperature changes in Caspian Sea southern coasts and its comparison with changes in northern hemisphere and global scales. Journal of Watershed Management Research, 6(11): 90-100.
19. Sabohi, R. and S. Soltani. 2008. Trend analysis of climatic factors in great cities of Iran. Agriculture and natural resources, 12(46): 303-322.
20. Steele-Dunne, S., P. Lynch, R. McGrath, T. Semmler, S. Wang, J. Hanafin and P. Nolan. 2008. The impacts of climate change on hydrology in Ireland. Journal of hydrology, 356(1): 28-45.
21. Tabari1, H., A.A. Sabziparvar and S. Marofi. 2009. Investigating trends of annual meteorological parameters in cold and warm climates of Iran. Agricultural researchwater, soil, plant, 8(1): 161-174.
22. Touazi, M., J. Laborde and N. Bhiry. 2004. Modeling rainfall-discharge at a mean inter-yearly scale in northern Algeria. Journal of Hydrology, 296: 179-191.
23. Tsakiris, G. and H. Vangelis. 2004. towards a drought watch system based on spatial SPI. Water Resources Management, 18(1): 1-12.
24. Xu, C.Y., Y.N. Chen and J.Y. Li. 2004. Impact of Climate Change on Water Resources in the Tarim River Basin, Water Resources Management, 18: 439-458.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-03-29]

[DOI: 10.29252/jwmr.8.16.223]

Change Detection of Precipitation Trend of Northern Part of Iran using Mann- Kendall Non-Parametric Test

Mojtaba Khoshravesh[1], Mahammad Mirnaseri[2] and Mahsa Pesarakloo[3]

1- Assistant Professor, Department of Water Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
2- Lecturer, Department of Water Engineering Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
(Corresponding author: Mohammadmirnaseri@yahoo.com)
3- Graduated M.Sc. Student, Department of Water Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
Received: January 16, 2016 Accepted: February 4, 2017

Abstract

Climate scientists have concluded that the air temperature of earth's surface warmed to 0.6 during the 20th century, and that warming induced by increasing concentrations of greenhouse gases accompanied by changes in the precipitation and hydrologic cycle. Monthly, seasonal and annual precipitation trends of meteorological stations have been analyzed and interpolated in the northern part of Iran for three periods (30, 40, 50 years). The Mann-Kendall trend test was applied to examine the monthly precipitation data. Significant positive and negative trends at the 90, 95, and 99 percent confidence levels were detected for numerous stations. The detected trends were spatially interpolated by applying the inverse distance weighted (IDW) interpolation method. The amount of RMSE for different variables obtained using IDW less than 0.2, indicating the effectiveness of this method in the interpolation of rainfall. The results showed that the trend of variation, both in terms of time and spatial is different in the study area, as has experienced downward trend in cold season and upward trend in warm season which indicates the importance of climate change in the study area. The spatial variation trends results for mean annual precipitation of 30 and 40 years period showed that the east of region have downward trend and the west of region have the upward trend. For the 40-years period, downward trend of station nearly are situated in eastern part of region, as downward trend at 90% confidence level are evident for Talar basin. The western part of region experienced upward trend at 99% confidence level especially in Chaloos-roud basin. The results of this study indicated that the region has experienced the severe climatic change which the better understanding of the climate variation and its impacts on water recourses, natural environment and other related sector are necessary.

Keywords: Climate change, Analysis of the time series, Interpolation, IDW, Mazandaran state

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-03-29]

[DOI: 10.29252/jwmr.8.16.223]