

نشریه علمی - پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۲۲، شماره ۶۲، زمستان ۱۳۹۶، صفحات ۹۶-۷۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۸/۱۲

تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۵/۰۲/۰۶

بررسی روند تغییرات میانگین حداقل دمای ماهانه دوره سرد سال در شمال غرب ایران

سعید جهانبخش اصل^۱
غلام‌حسن محمدی^۲
شهناز راشدی^۳
عاطفه حسینی صد^۴

چکیده

در پژوهش حاضر با هدف تحلیل روند میانگین حداقل دما در شمال غرب ایران، از آزمون ناپارامتریک من-کندال استفاده شد. برای این منظور از داده‌های ماهانه‌ی حداقل دما در ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس، آوریل و همچنین نوامبر و دسامبر در ۳۵ ایستگاه سینوپتیک طی دوره آماری ۲۴ ساله (۱۹۸۷-۲۰۱۰) استفاده شد. به منظور پهنه‌بندی پراکندگی میانگین حداقل دما از روش درونیایی کریجینگ استفاده شد. طبق نتایج پژوهش، میانگین حداقل دما در اغلب مناطق شمال غرب رو به افزایش است به طوری که در ماه‌های فوریه، مارس و دسامبر به ترتیب در ۲۲، ۱۹ و ۱۷ ایستگاه از ۳۵ ایستگاه مورد مطالعه، روند افزایشی مشاهده گردید. این در حالیست که تنها در ماه آوریل آن هم در ۶ ایستگاه هواشناسی روند کاهشی داشته و روند آن در ماه‌های نوامبر و ژانویه از ثبات نسبی برخوردار است. از لحاظ پراکندگی مکانی، میانگین حداقل دما در بخش‌های کوهستانی شمال غرب و جنوب شرق کمتر و بر عکس در قسمت‌های پست و هموار شمال شرق و جنوب

Email: S_jahan@tabrizu.ac.ir
Email: Gh.mohammadi88@gmail.com
Email:

Email :Sadr85@yahoo.com

۱- استاد گروه آب و هواشناسی دانشگاه تبریز (نویسنده مسئول).

۲- دکتری اقلیم‌شناسی، سازمان هواشناسی کشور، اداره کل هواشناسی آذربایجان شرقی

۳- کارشناسی ارشد آب و هواشناسی دانشگاه تبریز

sh.rashedi92@yahoo.com

۴ - مربی گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور، صندوق پستی ۳۶۹۷-۱۹۳۹۵ تهران، ایران

غرب بیشتر از میانگین منطقه است. همچنین مشخص گردید میانگین منطقه‌ای حداقل دما و روند آن در شمال غرب ایران در ماه‌های مختلف سال رفتار یکسانی نداشته است به طوری که میانگین آن در ماه ژانویه کاهش یافته و در ماه آوریل افزایش پیدا کرده و در ماه‌های نوامبر و دسامبر روند دما ثابت و بدون تغییر بوده است.

واژگان کلیدی: حداقل دمای ماهانه، تحلیل روند، آزمون من-کندال، درونیابی کریجینگ، شمال غرب ایران.

مقدمه

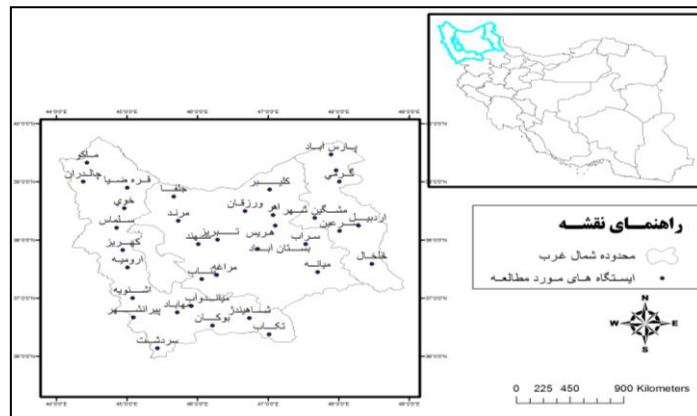
تحقیقات صورت گرفته در زمینه تغییر اقلیم در جهان، حاکی از این واقعیت است تغییر جزئی در دما موجب تغییر در وقوع پدیده‌های حدی نظیر خشکسالی، بارش‌های سنگین و طوفان می‌شود (بالینگ و آیدسو^۱، ۲۰۰۲). بررسی‌های پژوهشگران نشان می‌دهد که از آغاز قرن بیستم تاکنون شاهد افزایشی در حدود ۰/۶ درجه سانتی‌گراد در میانگین دمای کره‌ی زمین بوده‌ایم (نیکولاس^۲ و همکاران، ۱۹۹۶؛ استرلینگ^۳ و همکاران، ۱۹۹۷، ۳۶۴-۳۶۶) و این افزایش بیشتر به سبب افزایش در دماهای حداقل بوده است که میزان آن تقریباً دو برابر میزان افزایش دماهای حداکثر است (والتر^۴ و همکاران، ۲۰۰۲، ۳۸۹-۳۹۵). در سال‌های اخیر، تحقیقاتی در زمینه تغییر دما در دیگر کشورها گزارش شده است. تورکش^۵ (۱۹۹۶، ۴۶۳-۴۷۷)، در ترکیه، هیو^۶ و همکاران (۱۹۹۹، ۱۸۱-۱۵۱)، در اروپای شمالی و مرکزی، ژانگ^۷ و همکاران (۲۰۰۵، ۲۶۷-۲۵۵)، در ۱۵ کشور خاورمیانه از جمله ایران، الکساندر^۸ و همکاران (۲۰۰۶، ۳۷۵-۳۶۰)، رایدین^۹ (۲۰۱۰، ۲۷۳-۲۶۵)، در سودان، نیکولین^{۱۰} و

1 - Balling & Idso
2 - Nicolas
3 - Easterling
8 - Willett
9 - Turkes
10 - Heino
11 - Zhang
12 - Alexander
13 - Ryden
14 - Nikulin

همکاران (۲۰۱۱، ۴۱-۵۵)، در اروپا، به نتایج مشابهی رسیدند. در ایران نیز پژوهش‌های زیادی بر روی یخبندان صورت گرفته است. برای نمونه به پژوهش‌های شهابفر و همکاران (۱۳۸۲، ۷۴-۸۱)، در مشهد، جهانبخش و ترابی (۱۳۸۳)، در مناطق شمالی (سواحل دریای خزر) و نواحی کوهستانی ایران، محمدی و تقوی (۱۳۸۴، ۱۷۲-۱۵۱)، در تهران، ابراهیمی و همکاران (۱۳۸۴، ۱۸-۵)، در دشت مشهد، آذرانفر و همکاران (۱۳۸۵، ۸-۱)، در حوضه آبریز زاینده رود، عزیزی و روشنی (۱۳۸۷، ۲۸-۱۳)، در ۵ ایستگاه سینوپتیک شمال ایران، ورشوویان و همکاران (۱۳۹۰، ۱۶۹-۱۷۹)، در ایستگاه‌های نمونه ایران، علیجانی و همکاران (۱۳۹۰، ۱۲۱-۱۰۲)، در ایران، رضایی بنفشه و همکاران (۱۳۹۰، ۱)، در حوضه آبریز دریاچه ارومیه، جهانیش و همکاران (۱۳۹۵، ۱)، در ایستگاه سینوپتیک مراغه اشاره کرد. در پژوهش حاضر به مطالعه‌ی تغییر روند میانگین حداقل دما در یک منطقه کوهستانی با طول آماری طولانی برای ۶ ماه سرد سال پرداخته شده است. وجود روند در میانگین حداقل دمای ماهانه نشان دهنده‌ی تغییر در سردترین لحظات روز است که می‌تواند آثار مثبت و منفی متعددی در پی داشته باشد. کاهش فراوانی یخبندان هر چند که ممکن است باعث کاهش مصرف سوخت برای گرمایش منازل گردد اما آثار منفی آن در شکوفه دادن زودتر از موعد درختان، ذوب شدن سریع‌تر ذخایر برف زمستانی و نهایتاً افزایش میزان تبخیر و هدر رفت رطوبت از محیط نمود پیدا می‌کند.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش به منظور شناسایی روند تغییرات دما در شمال غرب ایران، از داده‌های میانگین حداقل دمای ماهانه ۳۵ ایستگاه سینوپتیک موجود در استان‌های شمال غربی با طول آماري مشترک ۲۴ ساله (۱۹۸۷-۲۰۱۰) برای ۶ ماه سرد سال (مارس، آوریل، نوامبر، دسامبر، ژانویه و فوریه) استفاده شد. شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه و ایستگاه‌های واقع در آن را نشان می‌دهد.



شکل ۱: موقعیت منطقه شمال غرب ایران و ایستگاه‌های مورد مطالعه

برای ارزیابی روند تغییرات میانگین دمای حداقل از آزمون ناپارامتری من-کندال استفاده شد. آزمون من-کندال ابتدا توسط Mann (۱۹۴۵) ارائه و سپس توسط Kendall (۱۹۷۵) بسط و توسعه یافت (Serrano et al 1999, 87). از نقاط قوت این روش می‌توان به مناسب بودن کاربرد آن برای سری‌های زمانی‌ای که از توزیع آماری خاصی پیروی نمی‌کنند اشاره نمود. اثرپذیری ناچیز این روش از مقادیر حدی که در برخی از سری‌های زمانی مشاهده می‌گردند نیز از دیگر مزایای استفاده از این روش است (Turgay et al 2005, 4). فرض صفر (H_0) این آزمون بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها دلالت دارد و پذیرش فرض یک (H_1) دال بر وجود روند در سری داده‌ها است. مراحل محاسبه این آماره در تحقیق رسولی و همکاران (۱۳۹۰: ۷) تشریح شده است.

در این آزمون، فرض صفر در صورتی پذیرفته می‌شود که رابطه زیر برقرار باشد:

$$|Z| \leq Z_{\alpha/2}$$

که α سطح معنی‌داری است که برای آزمون در نظر گرفته می‌شود و Z_{α} آماره توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی‌دار α می‌باشد که با توجه به دو دامنه بودن آزمون، از $\alpha/2$ استفاده شده است. در این آزمون سطح اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪ مورد استفاده قرار می‌گیرد. با

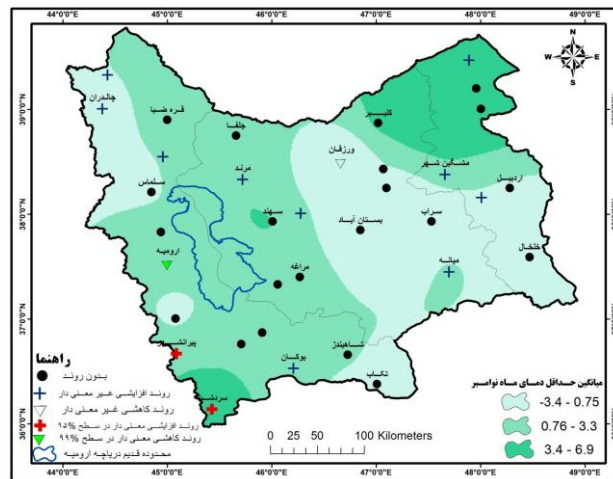
توجه به معادله ۵ مقادیر محاسبه شده برای سطوح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد ثابت بوده و به ترتیب برابر با ۱/۹۶ و ۲/۵۸ می‌باشد. در این حالت چنانچه آماره Z مثبت باشد روند داده‌ها صعودی و در صورت منفی بودن روند نزولی خواهد بود (حجام و همکاران ۱۳۸۷، ۱۶۰ و Juraj M. و Cannarozzo.M. et al, 2006, 1203 و Vicente de Paulo 2004, 160 (et al, 2009:475).

همچنین جهت ایجاد پایگاه داده در محیط GIS، ابتدا اطلاعات ۳۵ ایستگاه سینوپتیک موجود در منطقه به تفکیک ۶ ماه مورد مطالعه وارد محیط نرم افزاری GIS شد. سپس برای تبدیل داده‌های نقطه‌ای به داده‌های سطحی از روش درونیابی زمین آماری کریجینگ استفاده شد. در این مطالعه به منظور جلوگیری از تطویل مطلب و ایجاد نگرش جامع که بتواند اهداف مطالعه را در قالب یک نقشه نمایش دهد، از الگوی نقشه‌های ترکیبی استفاده شد. به این ترتیب در ابتدا میانگین حداقل دمای ماهانه به روش کریجینگ درونیابی شد سپس نتایج آزمون من-کندال با استفاده از نمادهایی در موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی نمایش داده شد.

یافته‌ها و بحث

الف- بررسی میانگین و روند تغییرات حداقل دما در ماه نوامبر: محاسبه میانگین حداقل درجه حرارت این ماه نشان داد که ایستگاه‌های ورزقان و بستان آباد، سراب و خلخال به ترتیب با میانگین $-۳/۴$ ، $-۲/۴$ ، $-۲/۳$ و $-۲/۲$ درجه سانتی گراد سردترین حداقل دمای ماهانه را دارند و ایستگاه‌های بیله سوار، گرمی، پارس آباد و سردشت با میانگین دمای $۶/۹$ ، $۵/۸$ ، $۵/۵$ و $۴/۵$ درجه سانتیگراد بالاترین حداقل ها را در ماه نوامبر دارند. از نظر توزیع مکانی دما در منطقه قسمت‌های شمال شرق و قسمت محدودی از جنوب منطقه (ایستگاه سردشت) از میانگین بالاتری برخوردار می‌باشند ($۳/۴$ تا $۶/۹$ درجه سانتی گراد) و قسمت‌های بسیار محدودی از شمال غرب و جنوب منطقه و شرق تا قسمت‌های مرکزی منطقه میانگین حداقل دمای پایین‌تری دارند ($-۳/۴$ تا $۰/۷۵$ درجه سانتی گراد). بررسی نتایج آزمون من-کندال در این ماه نشان داد که، اکثر ایستگاه‌ها فاقد روند معنی‌دار

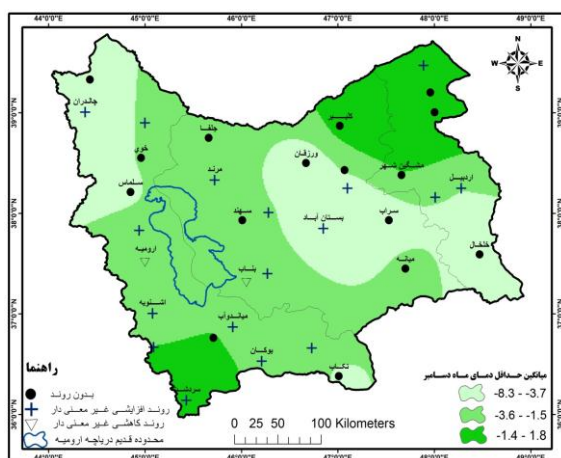
می‌باشند. همچنین پراکندگی مکانی روند تغییرات دمای حداقل ماه نوامبر در منطقه از الگوی خاصی تبعیت نکرده و بصورت نقطه‌ای در مناطق مختلف پراکنده شده است. با توجه به جدول ۱ در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه، در ۲۱ ایستگاه روند دما ثابت بوده و چندان تغییری نکرده است و در ۱۲ ایستگاه روند افزایشی بوده و تنها در ۲ ایستگاه روند کاهشی تشخیص داده شده است.



شکل ۲: نقشه پراکندگی مکانی میانگین حداقل دما و روند تغییرات آن در ماه نوامبر

ب- بررسی میانگین و روند تغییرات حداقل دما در ماه دسامبر: نشان داد که سردترین ایستگاه‌های منطقه با میانگین حداقل دمای $-۸/۳$ ، $-۷/۳$ و $-۷/۳$ درجه سانتیگراد به ترتیب ایستگاه‌های ورزقان، چالدران و بستان آباد هستند و ایستگاه‌های بيله سوار، گرمی و پارس آباد به ترتیب با $۱/۸$ ، $۱/۵$ و ۱ درجه سانتیگراد، بالاترین حداقل‌های دما را در شمال غرب ایران دارند. در مقایسه با نوامبر میانگین حداقل دما کاهش یافته است که این کاهش دما در نواحی مرتفع چشمگیرتر است. به همین دلیل در قسمت‌های شمال شرق و محدوده کوچکی از جنوب منطقه (ایستگاه سردشت) میانگین حداقل دما، قدری بالاتر می‌باشد ($-۱/۴$ تا $۱/۸$ درجه). در مقابل قسمت‌های شرق تا مرکز و شمال غرب منطقه بعلاوه‌ی ایستگاه تکاب از میانگین دمای پایین‌تری برخوردار می‌باشد. با توجه به نتایج حاصل از آزمون من-

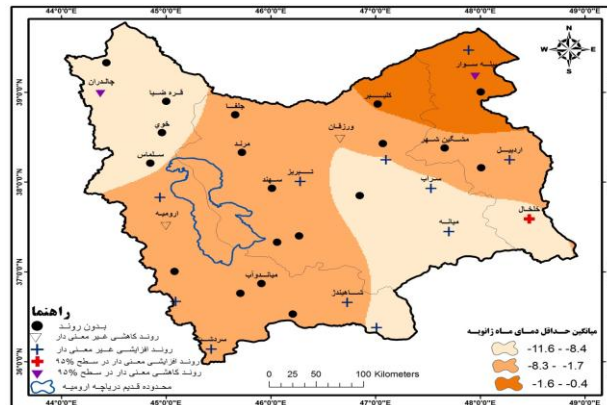
کنند؛ در ۱۷ ایستگاه روند دما افزایشی بوده که در قسمت‌های جنوب و مرکز منطقه پراکنده شده‌اند. در ۱۶ ایستگاه روند دمای حداقل تقریباً ثابت بوده که بیشتر در نیمه شمالی منطقه پراکنده‌اند. تنها در ۲ ایستگاه هواشناسی در این ماه روند حداقل دما کاهش یافته است (شکل ۳).



شکل ۳: نقشه پراکندگی مکانی میانگین حداقل دما و روند تغییرات آن در ماه دسامبر

ج- بررسی میانگین و روند تغییرات حداقل دما در ماه ژانویه: مشخص شد که میانگین حداقل دمای این ماه در مقایسه با ماه‌های نوامبر و دسامبر در کل منطقه کاهش یافته است. سردترین ایستگاه‌ها با میانگین حداقل دمای $-۱۱/۶$ ، $-۱۰/۷$ و $-۱۰/۲$ درجه سانتی‌گراد به ترتیب شامل ایستگاه‌های چالدران، بستان آباد و سراب می‌باشد و بالاترین حداقل‌های دما در ایستگاه‌های بيله سوار، پارس آباد، کلیبر و گرمی به ترتیب $-۰/۷$ ، $-۰/۴$ ، $-۱/۴$ و $-۱/۶$ درجه سانتی‌گراد ثبت شده است. از نظر توزیع مکانی، شمال شرق منطقه به دلیل پست و کم ارتفاع بودن از میانگین دمایی بالاتری برخوردار می‌باشد (با میانگین $-۱/۶$ تا $-۰/۴$ درجه سانتی‌گراد). قسمت‌های شمال غرب و جنوب شرق منطقه به دلیل مرتفع بودن و تاثیر سامانه‌های همدیدی (پرفشارهای سرمایی) دمایی پایین‌تری دارند. از لحاظ روند تغییرات آنچه بیشتر قابل ملاحظه است عدم وجود روند خاص در اغلب ایستگاه‌های منطقه

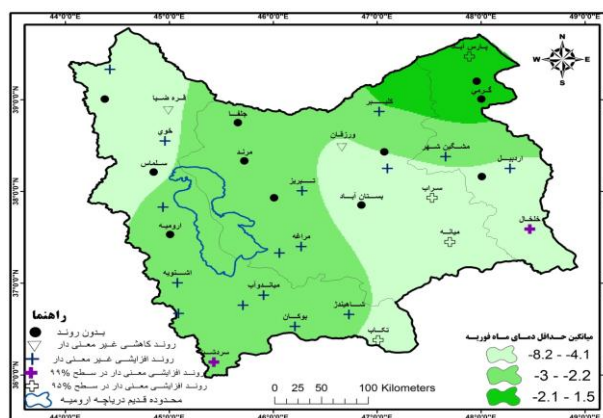
است. این موضوع حاکیست که میانگین حداقل دما در ماه ژانویه از ثبات خوبی برخوردار بوده است. ایستگاه‌های فاقد روند بیشتر در نیمه شمالی، غرب و جنوب غرب منطقه هستند (شکل ۴). در بین ۳۵ ایستگاه موجود، ۱۲ ایستگاه روند افزایشی داشته که تنها در ایستگاه خلخال این روند از لحاظ آماری معنی‌دار تشخیص داده شده است. در ۴ ایستگاه نیز روند کاهشی بوده که در ۲ مورد روند معنی‌دار بوده است.



شکل ۴: نقشه پراکندگی مکانی میانگین حداقل دما و روند تغییرات آن در ماه ژانویه

چ- بررسی میانگین و روند تغییرات حداقل دما در ماه فوریه: نقشه ترکیبی اقلیمی - آماری حداقل دمای ماه فوریه در شکل ۵ نشان می‌دهد که میانگین دمای منطقه نسبت به ماه قبل افزایش یافته است. در این ماه پایین‌ترین حداقل‌های دما با میانگین $-۸/۲$ ، $-۷/۸$ ، $-۷/۸$ و $-۷/۲$ درجه سانتی‌گراد به ترتیب در ایستگاه‌های چالدران، سراب، خلخال و تکاب ثبت شده است. بیشترین مقادیر حداقل دما نیز با میانگین $۱/۵$ و $۰/۵$ درجه سانتیگراد در ایستگاه‌های بيله سوار و گرمی محاسبه شد. از لحاظ پراکندگی مکانی، مقادیر حداقل دما در قسمت‌های شمال شرق منطقه از میانگین بالاتری برخوردار می‌باشد (با میانگین $-۲/۱$ تا $۱/۵$ درجه سانتیگراد) و قسمت‌های شمال غرب، شرق و جنوب شرق منطقه با میانگین $-۸/۲$ تا $-۴/۱$ درجه سانتیگراد از میانگین حداقل دمای کمتری برخوردارند. از نظر روند تغییرات در ماه فوریه، از بین ۳۵ ایستگاه موجود در منطقه، در ۲۲ ایستگاه روند افزایشی

محاسبه شده است. مقایسه نتایج آزمون من-کندال در این ماه با ماه‌های دیگر؛ حاکی از آن است که تعداد ایستگاه‌های دارای روند افزایشی در این ماه بیشتر شده است. به عبارت دیگر گسترده‌ترین گرایش به گرم شدن در حداقل‌های دما در این ماه مشاهده شده است. ۱۱ ایستگاه هواشناسی که عمدتاً در نیمه شمالی پراکنده شده‌اند، فاقد روند می‌باشند (شکل ۵).

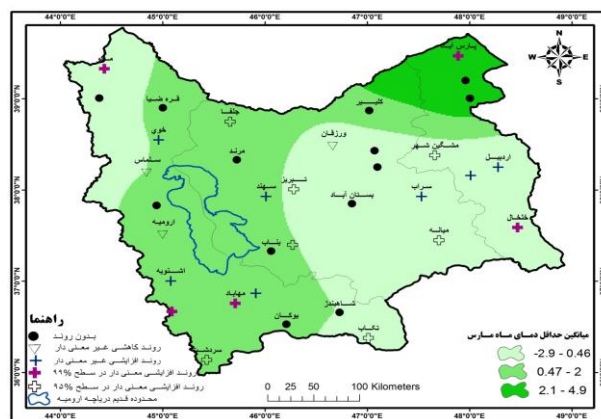


شکل ۵: نقشه پراکندگی مکانی میانگین حداقل دما و روند تغییرات آن در ماه فوریه

ح- بررسی میانگین و روند تغییرات حداقل دما در ماه مارس: با بررسی میانگین حداقل دما در این ماه نیز می‌توان به افزایش میانگین حداقل دما اشاره کرد. در این ماه سردترین ایستگاه‌های موجود در منطقه با میانگین $-۲/۹$ ، $-۲/۹$ و $-۲/۴$ درجه سانتیگراد به ترتیب شامل ایستگاه‌های خلخال، سراب و تکاب می‌باشد و ایستگاه‌های گرمی و بیله سوار به ترتیب با میانگین $۴/۹$ و $۴/۹$ درجه سانتیگراد بالاترین حداقل‌های دما را در این ماه دارند. از نظر توزیع و پراکندگی مکانی، قسمت شمال شرق منطقه از میزان دمایی بالاتری برخوردار می‌باشد (با میانگین $۲/۱$ تا $۴/۹$ درجه سانتیگراد) و قسمت‌های شرق، جنوب شرق و بخش‌های محدودی از شمال غرب منطقه با توجه به مرتفع بودن از میانگین دمایی کمتری برخوردار می‌باشد (با میانگین $-۲/۹$ تا $۰/۴۶$ درجه سانتیگراد). از نظر روند، اجرای آماره من-کندال بر روی داده‌های میانگین حداقل دما در ماه مارس نشان داد که در اغلب ایستگاه‌ها روند افزایشی وجود دارد. همانطور که در جدول (۱) نشان داده شده است از میان ۳۵

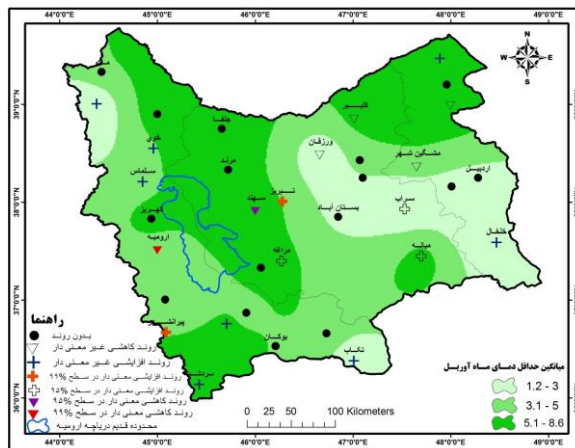
ایستگاه، ۱۳ ایستگاه فاقد روند بوده در مقابل در ۱۹ ایستگاه روند افزایشی بوده است که در ۱۲ مورد از آنها روند معنی‌دار تشخیص داده شد. از لحاظ تعداد ایستگاه‌های دارای روند افزایشی ماه مارس رتبه دوم را داشته که این موضوع از طریق گرم شدن بی‌موقع هوا در اواخر زمستان باعث ایجاد خسارت‌های مربوط به بخش کشاورزی در شمال غرب کشور می‌باشد. باتوجه به نقشه شکل ۶، در ماه مارس پراکندگی مکانی روند تغییرات دمای حداقل از الگوی خاصی تبعیت نکرده و همانطور که اشاره شد در اکثر مناطق روند دما رو به افزایش می‌باشد. با این وجود آهنگ افزایش دما در بخش‌های شرق و جنوب منطقه مورد مطالعه سریعتر از بقیه قسمت‌های منطقه است.

خ- بررسی میانگین و روند تغییرات حداقل دما در ماه آوریل: نشان دهنده‌ی این موضوع مهم است که میانگین حداقل دما در تمامی ایستگاه‌ها بالای صفر درجه سانتی‌گراد است و میانگین دمای حداقل در این منطقه بین $1/2$ تا $8/6$ درجه سانتیگراد می‌باشد. سردترین ایستگاه‌ها با میانگین حداقل دمای $1/2$ ، $1/9$ ، $2/2$ و $2/4$ درجه سانتیگراد به ترتیب شامل ایستگاه‌های خلخال، سراب، چالدران و تکاب می‌باشند و بالاترین حداقل‌های دما با میانگین $8/6$ ، 8 ، 8 و $7/9$ درجه سانتیگراد به ترتیب ایستگاه‌های جلفا، گرمی، پارس آباد و بیله سوار می‌باشند.



شکل ۶: نقشه پراکندگی مکانی میانگین حداقل دما و روند تغییرات آن در ماه مارس

از نظر توزیع مکانی میانگین حداقل دما در مناطق شمال شرق و جنوب منطقه و قسمت‌های شمال، شمال شرق، شرق و جنوب شرق دریاچه ارومیه از میانگین بالاتری برخوردارند (۵/۱ تا ۸/۶ درجه سانتی‌گراد) و قسمت محدودی از شمال غرب، جنوب و شرق تا میانه‌های منطقه دارای حداقل پایین‌تری است (۱/۲ تا ۳ درجه سانتی‌گراد). بررسی پراکندگی مکانی روند دمای حداقل حاکی از عدم تبعیت از الگوی خاصی می‌باشد. در بین ۳۵ ایستگاه مورد مطالعه، در ۱۳ ایستگاه روند دما افزایشی بوده و در مقابل در ۱۶ ایستگاه تغییرات روند ثابت بوده که اغلب در نیمه شمالی و جنوب منطقه پراکنده شده‌اند.



شکل ۷: نقشه پراکندگی مکانی میانگین حداقل دما و روند تغییرات آن در ماه آوریل

د- بررسی میانگین منطقه‌ای حداقل دما و روند تغییرات آن در شمال غرب کشور:
در این بخش جهت دستیابی به یک دید کلی از تغییرات، اقدام به محاسبه میانگین از کل ایستگاه‌های مورد مطالعه برای هر یک از سالهای آماری (۱۹۸۷ تا ۲۰۱۰) به تفکیک ماههای مختلف مورد مطالعه و اجرای آماره آزمون من-کندال برای آنها گردید. بررسی‌ها نشان داد که میانگین حداقل دمای منطقه شرایط یکنواخت و ثابتی ندارد.

در ماه ژانویه میانگین منطقه‌ای حداقل دما $۶/۲-$ درجه سانتیگراد بوده که در مقایسه با دیگر ماه‌ها کمتر و این پارامتر در ماه آوریل با میانگین $۵/۵$ درجه سانتی‌گراد از بقیه ماه‌ها

بیشتر است. نتایج اجرای آماره من-کندال بر روی میانگین‌های منطقه‌ای حداقل دما نشان داد که روند تغییرات آن در منطقه نیز ثابت نبوده است. در ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس و آوریل روند دمای حداقل رو به افزایش بوده است در حالیکه در ماه‌های نوامبر و دسامبر روند نسبتاً ثابت بوده و تغییری نکرده است (جدول ۲).

جدول ۱: میانگین حداقل دما به همراه نتایج اجرای آماره من-کندال بر روی آنها به تفکیک ۳۵ ایستگاه هواشناسی واقع در شمال غرب ایران طی ماه‌های سرد سال

ردیف	نام ایستگاه	نوامبر	دسامبر	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل
	پارا مترهای محاسبه شده	میانگین حداقل دما (°C)	میانگین حداقل دما (°C)	میانگین حداقل دما (°C)	میانگین حداقل دما (°C)	میانگین حداقل دما (°C)	میانگین حداقل دما (°C)
		من-کندال	من-کندال	من-کندال	من-کندال	من-کندال	من-کندال
۱	اردبیل	۰/۲	-۲/۶	-۷/۸	-۵/۷	۱/۳	-۱/۶
۲	خلخال	-۲/۲	-۵/۷	-۸/۷	-۷/۸	۲/۹	۱/۲
۳	پارس آباد	۵/۵	۱	-۰/۷	۰/۷	۲/۲	۸
۴	سرعین	۰/۶	-۳/۶	-۶/۵	-۴/۱	۰/۴	۱/۲
۵	گرمی	۵/۸	۱/۵	-۱/۶	۰/۵	۴/۹	۰/۲
۶	بیله سوار	۶/۹	۰	-۰/۴	۱/۵	۴/۹	۰
۷	تبریز	۲/۱	-۲/۸	-۵/۶	-۱/۸	۰/۳	۲/۱
۸	مراغه	۳/۱	-۱/۵	-۳/۸	-۲/۴	۱/۳	۶/۶
۹	میانه	۳/۲	-۱/۹	-۸/۴	۰/۳	۲/۳	۶/۹
۱۰	مرند	۳	-۲/۶	-۵/۳	-۲/۹	-۰/۴	۷/۲
۱۱	سراب	-۲/۳	-۶/۹	-۱/۵	-۱/۹	-۲/۹	۱/۹
۱۲	کلیبر	۴/۴	۰/۷	-۱/۴	۰	۰/۹	۶/۹
۱۳	اهر	۱/۶	-۲/۲	-۴/۷	-۰/۲	-۰/۳	۴/۷
۱۴	جلفا	۳/۲	۰/۴	-۱/۸	-۲/۲	۰/۴	۸/۶
۱۵	ناب	۱/۳	-۰/۴	-۴/۸	-۰/۳	۱/۳	۶/۵
۱۶	هریس	-۱/۹	-۶/۸	-۱/۲	-۱/۸	-۵/۴	۰/۴
۱۷	سهند	۳/۴	-۲/۸	-۵/۶	۰	۰/۵	۶/۹
۱۸	بستان‌آباد	-۲/۴	-۷/۳	-۱/۷	-۱/۳	-۰/۷	۳
۱۹	ورزقان	-۳/۴	-۸/۳	-۸/۳	-۰/۷	-۶/۹	۲/۴
۲۰	ارومیه	۱/۳	-۳/۲	-۱/۵	-۴	۰	۵
۲۱	اشنویه	۰/۲	-۰/۲	-۶/۶	-۳/۳	۰/۷	۴/۴
۲۲	خوی	۱	-۳/۳	۰	-۴/۲	-۰/۷	۵
۲۳	سلماس	۰/۱	-۵/۸	-۸/۴	-۰/۵	-۱/۵	۵
۲۴	مهاباد	۲/۹	-۱/۱	-۳/۹	-۱/۵	۱/۵	۶/۳
۲۵	ماکو	۰/۶	-۳/۷	-۸/۴	۰	۱/۷	۵

۲۶	مشگین شهر	۲/۵	۱/۴	-۱/۵	-۰/۳	-۳/۸	-۰/۴	-۲/۷	۱/۴	-۰/۴	۲/۴	۵	-۰/۷
۲۷	میاندوآب	۰/۶	-۰/۱	-۳/۳	-۰/۹	-۴/۸	-۰/۳	-۲/۲	۱/۲	۱/۹	۱/۶	۵	۰
۲۸	یوگان	۱/۶	۱/۵	-۲/۶	-۰/۷	-۷/۶	-۰/۲	-۳	۰/۷	۱/۹	-۰/۲	۵	-۰/۲
۲۹	سردشت	۴/۵	۲	-۰/۱	۱/۱	-۳/۵	۱/۸	-۲/۵	۲/۸	۱/۸	۲/۴	۷/۲	۱
۳۰	تکاب	-۱/۳	-۰/۵	-۵/۳	-۰/۵	-۸/۹	۱/۱	-۷/۲	۲/۴	-۲/۴	۲/۵	۲/۴	۱/۱
۳۱	چالدران	-۱/۱	۱/۱	-۷/۳	۱/۵	-۱۱/۶	-۲/۲	-۸/۲	۰	-۱/۷	-۰/۳	۲/۲	۰/۷
۳۲	پیرانشهر	۲/۷	۲/۱	-۱/۷	۱	-۵/۳	۱/۱	-۳/۸	۱/۸	-۰/۸	۳/۱	۳/۱	۲/۶
۳۳	شاهین دژ	۱/۹	۰	-۲/۳	۱/۷	-۵/۸	-۰/۷	-۲/۲	۱/۲	-۰/۴	-۰/۵	۵	۰/۲
۳۴	کهریز	۲/۶	-۰/۵	-۲/۲	۱/۷	-۵/۵	-۰/۷	-۲/۲	۰/۷	۲	-۰/۲	۶/۸	۰
۳۵	قره‌ضیال‌الدین	۳/۳	-۰/۳	-۳/۳	۱/۴	-۹/۹	-۰/۱	-۴/۱	-۰/۸	۲	-۰/۴	۷/۷	۰

جدول ۲: نتایج اجرای آزمون من-کندال و میانگین حداقل دمای ماه‌های مورد مطالعه

پارامتر	نوامبر	دسامبر	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل
میانگین حداقل دما	۱/۶	-۳	-۶/۲	-۳/۸	-۰/۹	۵/۵
آماره من-کندال	-۰/۵	-۰/۴	-۰/۸	۲/۲	۲/۷	۱/۳

نتیجه‌گیری

در این پژوهش جهت بررسی پراکندگی مکانی و روند تغییرات زمانی میانگین حداقل دما در ۶ ماه سرد سال در شمال غرب ایران از آزمون ناپارامتریک من-کندال استفاده شد. نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که بیشتر مناطق شمال غرب ایران شاهد تغییراتی در میانگین حداقل دما و وجود روند در آن بوده است. با توجه به مطالعه‌ی تغییرات روند میانگین حداقل دما به صورت ایستگاهی مشخص شد که بیشترین ایستگاه‌های دارای روند افزایشی به ترتیب در ماه‌های فوریه ۲۲ ایستگاه، در ماه مارس ۱۹ ایستگاه و ماه دسامبر ۱۷ ایستگاه می‌باشند. شرایط بدون روند در بین ۳۵ ایستگاه مورد مطالعه، در ماه نوامبر ۲۱ ایستگاه، و در ماه ژانویه ۱۹ ایستگاه شناسایی شد. در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه در ماه‌های مورد نظر تنها در ماه آوریل آن هم در ۶ ایستگاه روند دما رو به کاهش بوده است. از لحاظ توزیع مکانی نیز مشاهده شد که عمدتاً قسمت‌های مرتفع شمال غرب و جنوب شرق منطقه میانگین حداقل دما کمتر و بر عکس قسمت‌های پست و هموار شمال شرق و جنوب شرق منطقه میانگین حداقل دما بیشتر است. همچنین نتایج حاصل از بررسی میانگین منطقه‌ای حداقل دما و روند آن در طی ۶ ماه سرد سال نشان داد که حداقل دمای هوا در منطقه شرایط ثابت و یکسانی نداشته و در بین ماه‌های مورد مطالعه ماه‌های فوریه، ژانویه،

مارس و آوریل روند دما رو به افزایش بوده است ولی در ماه‌های نوامبر و دسامبر روند دما ثابت و ایستا بوده است.

منابع

- ابراهیمی، حسین، امین علیزاده و سهیلا جوانمرد، (۱۳۸۴)، «بررسی وجود تغییر دما در دشت مشهد به عنوان نمایه تغییر اقلیم در منطقه»، *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، ۲۰ (شماره ۴) پیاپی ۷۹)، صص ۱۸-۵.
- آذرانفر، آرش، احمد ابریشمی چی و مسعود تجربی‌شی (۱۳۸۵)، «ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر بارش و دما در حوضه آبریز زاینده‌رود با استفاده از خروجی مدل‌های چرخشی عمومی»، *مجموعه مقالات دومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران*، صص ۸-۱.
- جهانپخش اصل، سعید، سیما ترابی، (۱۳۸۳)، «بررسی و پیش بینی دما و بارش در ایران»، *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، شماره ۷۴، صص ۱۲۵-۱۰۴.
- جهانپخش اصل، سعید، شهناز راشدی و مهدی اصلاحی (۱۳۹۵)، «تجزیه و تحلیل دوره‌های بازگشت یخبندان و توزیع زمانی آن در مراغه»، *نشریه جغرافیا و برنامه ریزی*، شماره ۵۸، صص ۱۰۰-۸۳.
- حجام، سهراب، خوشخو، یونس، شمس‌الدین وندی، رضا، (۱۳۸۷)، «تحلیل روند تغییرات بارندگی‌های فصلی و سالانه چند ایستگاه منتخب در حوزه مرکزی ایران با استفاده از روشهای ناپارامتری»، *پژوهش‌های جغرافیایی*، شماره ۶۴، صص ۱۶۸-۱۵۷.
- رسولی، علی اکبر، (۱۳۸۱)، «تحلیل مقدماتی سری‌های زمانی دمای هوای شهر تبریز»، *نیوار*، شماره‌های ۴۶ و ۴۷، صص ۲۶-۷.
- رضایی بنفشه، مجید، فاطمه سرافروزه و طاهره جلالی (۱۳۹۰)، «بررسی روند دما و بارش‌های روزانه حدی در حوضه دریاچه ارومیه»، *نشریه جغرافیا و برنامه ریزی*، شماره ۳۸، صص ۷۴-۴۳.
- سایت اداره کل هواشناسی استان آذربایجان شرقی (www.eaz.ir).

- شهابفر، علیرضا، سهراب محمدنیا قرایی و محمد معتمدی، (۱۳۸۲)، «بررسی تغییرات زمانی روزهای یخبندان در مشهد»، مجموعه مقالات سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم، صص ۸۱-۷۴.
- عزیززی، قاسم و محمود روشنی، (۱۳۸۷)، «مطالعه تغییر اقلیم در سواحل جنوبی دریای خزر به روش من-کندال»، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۴، صص ۲۸-۱۳.
- علیجانی، بهلول، پیمان محمودی، محمد سلیقه و اله بخش ریگی چاهی، (۱۳۹۰)، «بررسی تغییرات کمینه‌ها و بیشینه‌های سالانه دما در ایران»، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۳، صص ۱۲۱-۱۰۲.
- محمدی، حسین و فرحناز تقوی، (۱۳۸۴)، «روند شاخص‌های حدی دما و بارش در تهران»، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۳، صص ۱۷۲-۱۵۱.
- ورشاپویان، وحید، علی خلیلی، نوذر قهرمان و سهراب حجام، (۱۳۹۰)، «بررسی روند تغییرات مقادیر حدی دمای حداقل، حداکثر و میانگین روزانه در چند نمونه اقلیمی ایران»، مجله فیزیک زمین و فضا، شماره ۱، صص ۱۷۹-۱۶۹.
- Alexander, L.V., et al. (2006), "Global Observed Changes in Daily Climate Extremes of Temperature and Precipitation", *Journal of Geophysical Research*, 111: DO 5109, doi: 10. 1029/2005JD006290.
- Balling, Jr., R. C., Idso, S. B., (2002), "Effect of Greenhouse Warming on Maximum Summer Temperature", *Agric. For Meteorol.*, 53. PP 147-143.
- Cannarozzo, M., Noto, L. V., Viola, F., Spatial distribution of rainfall trends in Sicily (1921-2006), *J. of Physics and Chemistry of the earth*, No. 31, 1201-1211.
- Easterling, D. R., B. Horton, P. D. Jones, T. C. Peterson, T. R. Karl, D. E. Parker, M. J. Saliger, V. Razuvayev, N. Plummer, P. Jamason, and

- C. K. Folland., 1997. "Maximum and minimum temperature trends for the globe". *Science* 277, pp 364-366.
- Heino, R., Brázdil, R., Forland, E., Tuomenvirta, H., Alexandersson, H., Beniston, M., Pfister, C., Rebetez, M., Rosenhagen, G., Rösner, S. and Wibig, J., (1999), "Progress in the study of climatic extremes in northern and central Europe". *Climatic Change*, 42, PP 151–181.
- Juraj M., Cunderlik, Taha B. M. J. Ouarada(2009) Trends in the timing and magnitude of floods in Canada., *J. of Hydrology*, No. 375, 471-480.
- Nicolas, N., G. Gruza, J. Jouzel, T. Carl, L. Ogallo, and D. Parker, (1996). "**Observed climate variability and change**". In: IPCC 1995. The Second IPCC scientific assessment of climate change. J. Houghton & L. Meira Filho, eds. Cambridge Univ. Press.
- Nikulin, G.; Kjellstrom, E.; Hansson, U.; Strandberg, G. and Ullerstig, A. (2011) "Evaluation and future Projections of Temperature" Precipitation and Wind Extremes over Europe in an Ensemble of Regional Climate Simulations", *Tellus* 63 A:41-55.
- Ryden, J.(2010), "Statistical Analysis of Temperature Extremes in Long-time Series from Uppsala", *Theoretical and Applied Climatology*, 105 (1-2): 193-197, DOI 10.1007/s00704-010-0389-1.
- Serrano, A., Mateos, V.L., and Garcia, J.A., (1999). "Trend Analysis of Monthly Precipitation over the Iberian Peninsula for the Period 1921-1995". *Phys. Chem. EARTH* (B), VOL.24, NO. 1-2:85-90.
- Turkes, M. (1996), "Observed Change Temperature in Turkey", *International Journal of Climatology*, Vol. 16.PP463-477. 1996.
- Turgay, P. and Ercan K. (2005). "**Trend Analysis in Turkish Precipitation data**". Hydrological processes published online in wiley Inter Scienc (www.Interscience.wiley.com).

- Vicente de Paulo, (2004), "On Climate Variability in Northeast of Brazil", *J. of Arid Environment*, No.58, 575-596.
- Walter, G.R., E. Post, P. Convey, A. Menzel, C. Parmesean, T. J. Beebee, J. M. Formentin, O. Hoegh-Guldberg, and F. Bairlein., (2002). "Ecological responses to recent climate change". *Nature* 416, pp 389-395.
- Zhang, X.; (2005), "Trend in Middle East climate extreme indices from 1950 to 2003", *Journal of Geophysical Research*, 110, D22104, DOI: 10.1029/2005JD006181.