علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و دوم، شماره هفت، مهرماه ۹۹

آشکارسازی و تحلیل روند تغییرات اقلیم (بارش و دما) در محدوده ساری

سعید کامیابی*[۱]

کمیل عبدی[۲]

s.kamyabi@semnaniau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۸/۱/۱۷ **تاریخ پذیرش:۹۸/۴/۱۹**

چکیده

زمینه و هدف: با توجه به تأثیری که تغییر اقلیم بر کره زمین دارد ودر حال حاضر به‌عنوان یکی از مهم‌ترین چالش‌های فراروی جامعه جهانی مطرح بوده، تلاش در جهت شناخت هر چه بیشتر رخدادهای تغییر اقلیم، امری مسلم است. هدف این پژوهش آشکارسازی و تحلیل روند تغییرات اقلیم بویژه عناصر اقلیمی بارش و دما در محدوده شهرستان ساری در استان مازندران می‌باشد.

روش بررسی: روش مطالعه این پژوهش، تحلیل روند آماری عوامل اقلیمی بارش و دما در ۴ ایستگاه (ساری، آمل، قراخیل و بابلسر) در بازه زمانی ۲۰ و۳۰ ساله (۱۹۸۷ - ۲۰۱۷) با استفاده از آزمون نا پارامتریک من - کندال و نرم‌افزار آشکارساز تغییرات اقلیمی سازمان هواشناسی کشور بوده است. همچنین برای مشخص نمودن دقیق‌تر مکان تغییرات اقلیمی، از روش زمین‌آمار در نرم‌افزار Arc GIS استفاده شد.

یافته‌ها: بررسی‌های آزمون من - کندال مشخص نمود که ۳ ایستگاه (قراخیل، بابلسر و ساری) از کل ایستگاه‌های موردمطالعه در بازه زمانی ۳۰ ساله با +U (۳/۸۷، ۳/۸۰، ۱/۷۵) دارای روند جهشی معنادار ازنظر افزایش دما بوده ولی ازنظر بارش، روند معناداری را نشان نمی‌دهد. همچنین نرم‌افزار آشکارساز تغییرات اقلیمی بر این نکته تأکید می‌کند که روند افزایش دما در این ایستگاه‌ها محسوس بوده و همین امر باعث تغییرات اقلیمی در این محدوده شده است. آزمون زمین‌آمار نیز مشخص نمود که بیشتر تغییرات اقلیمی در حوزه شهر ساری رخ‌داده و از حالت دمایی ملایم به حالت خشک تغییر وضعیت داده است.

بحث و نتیجه‌گیری: منطقه موردمطالعه دچار تغییرات اقلیمی شدیدی شده است و این تغییرات اقلیمی به‌صورت مستقیم بر بیلان آبی منطقه، افزایش نیاز آبی، کاهش رطوبت خاک، تراکم پوشش گیاهی، ظرفیت مراتع و محصولات کشاورزی اثر می‌گذارد و با توجه به این‌که منابع آب زیرزمینی مهم‌ترین منبع تأمین‌کننده‌ی آب موردنیاز بخش‌های مختلف در منطقه می‌باشند، افت سطح ایستابی و کاهش کیفیت منابع آب زیرزمینی را نیز در پی دارد. ضمن این‌که چنین شرایطی به معنای کاهش فراوانی بارش، افزایش بارش‌های سیلابی، فرسایش خاک و منابع طبیعی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، تحلیل روند، آزمون زمین‌آمار، محدوده ساری

---

۱ - دانشیار گروه جغرافیا، واحد سمنان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان و دانشیار مرکز تحقیقات گردشگری(دامنه جنوبی البرز مرکزی)، واحد سمنان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران. *(مسوول مکاتبات)

۲-دانش آموخته دکتری گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، واحد سمنان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران

J. Env. Sci. Tech., Vol 22, No.7, October, 2020

Detection and analysis of the trend of climate change (precipitation and temperature) within the boundaries of Sari

Saeid kamyabi[1*]

Komil Abdi[2]

s.kamyabi@semnaniau.ac.ir

Admission Date:July 10, 2019 Date Received: April 6, 2019

Abstract

Background and Objective: Given the impact that climate change has on the planet, which is currently one of the most important challenges facing the international community, efforts to understand climate change events as much as possible are certain. The purpose of this study is to detect and analyze the trend of climate change, especially climatic elements of precipitation and temperature in the city of Sari in Mazandaran province.

Method: The method of this study was to analyze the statistical process of climatic factors of precipitation and temperature at 4 stations (Sari, Amol, Gharakhil and Babolsar) in the period of 20 and 30 years (1987-2017) using non-parametric Mann-Kendall test and climate sensing software of the Meteorological Organization of Iran. Also, to determine the location of climate change more precisely, Arc statistics was used in Arc GIS software.

Findings: The Kendall test showed that 3 stations (Gharakhil, Babolsar and Sari) had a significant leakage trend in terms of temperature rise over the 30-year period with U + (3.87, 3.80, 1.75). But it does not show significant trends in precipitation. The Climate Change Detector also emphasizes that the temperature rise at these stations is tangible and this has led to climate change in this area. Earth statistic test also revealed that most climate change occurred in the area of Sari and changed from a mild to moderate state.

Dissection and Conclusion: The area under study has undergone severe climate change, and this climate change directly affects the water balance of the region, increasing water requirements, decreasing soil moisture, vegetation density, rangeland capacity and agricultural products, and considering that groundwater resources are the most important source of supply Water is needed in different parts of the region, it also reduces the level of water table and reduces the quality of groundwater resources. In addition, this means reducing the frequency of precipitation, increasing rainfall, soil erosion and natural resources.

Keywords: Climate change, Trend analysis, Geo Statistical, Sari Area

1- Associate Professor of Geography Department, Semnan Branch, Islamic Azad University, Semnan, Iran
2- Department of Geography, college of human science, Semnan Branch, Islamic Azad University, Semnan, Iran.
*(Corresponding Authors)

مقدمه

تحقیقات دانشمندان نشان داده است که اقلیم کره زمین ثابت نبوده ،لیکن علت این تغییرات درگذشته و حال با یکدیگر متفاوت است. تغییرپذیری در اقلیم هم درنتیجه تغییرپذیری سیستم‌های اقلیمی و هم عوامل خارجی اتفاق می‌افتد (۱). شناخت چگونگی روند تغییرات اقلیمی به‌ویژه روند تغییرات بارش و دما، ازجمله مواردی است که در سال‌های اخیر موردتوجه محققین علوم جوی و هیدرولوژی قرارگرفته است. صرف‌نظر از این‌که یک مکان در اقلیم مرطوب قرار دارد یا خشک، آگاهی از روند تغییرات بارش یک مکان، می‌تواند بسیاری از مدیران حوزه آب را نسبت به تصمیم‌گیری‌های آینده خود در ارتباط با اجرای پروژه‌های عمرانی یاری دهد (۲). دمای هوا در صدسال اخیر حدود یک درجه سانتی‌گراد افزایش داشته است که افزایش دمای حداقل، بیش‌تر از افزایش دمای حداکثر بوده است (۳). تغییر دمای هوا باعث تغییرات عمده در رفتارهای اقلیمی سیستم طبیعی زمین شده است و تغییرات مشهودی را در میزان و الگوی بارش، میزان تابش خورشید، میزان پراکنش نور خورشید (که در فتوسنتز مؤثر است) و ابرناکی ایجاد نموده است (۴). انجمن بین‌المللی تغییر اقلیم پیش‌بینی می‌کند تا سال ۲۱۰۰ میانگین جهانی دمای سطح زمین بین ۱/۸ تا ۴ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد. با افزایش ۱/۵ تا ۲/۵ درجه سانتی‌گراد انتظار می‌رود که تقریباً ۲۰ تا ۳۰ درصد از گونه‌های گیاهی و حیوانی درخطر انقراض قرار گیرند و همچنین اثرات نامطلوبی بر امنیت غذایی در کشورهای درحال‌توسعه خواهد داشت (۵). همچنین تغییرات اقلیمی بر سیل، خشک‌سالی، اکوسیستم‌های طبیعی، جامعه و اقتصاد نیز مؤثر هستند (۶). به‌صورت کلی بی‌ثباتی در اقلیم یک منطقه تحت تأثیر دو گروه عامل قرار دارد: گروه اول، عواملی که سبب تغییرات سالانه اقلیم می‌شوند شامل: ال‌نینو[1]، لانینا[2] و نائو[3] و گروه دوم، عواملی که روند تغییر درازمدت را به وجود می‌آورند. تغییرات بلند تحت تأثیر دو عامل اصلی یعنی انرژی ورودی از خورشید و گرمایش جهانی ناشی از تشدیدهای گلخانه‌ای قرار دارند (۷). این تغییرات سبب برهم خوردن تعادل شده است که با آثاری همچون تغییرات هیدرولوژیکی، افزایش استرس‌های دمایی به حیات‌وحش، افزایش سیل، رانش زمین، بهمن، افزایش فرسایش خاک، افزایش رواناب، کاهش تغذیه سفره‌های زیرزمینی، کاهش کمی و کیفی منابع آب، افزایش خطر آتش‌سوزی، بالا رفتن فرسایش ساحلی و آسیب و فشار به گونه‌ها و اکوسیستم‌ها بروز می‌کند (۸). ازاین‌رو اگرچه تغییرات آب و هوایی پدیده‌ای جهانی است، ولی روند و آثار این پدیده در مقیاس محلی متفاوت بوده و بررسی این تغییرات در مقیاس محلی باید بیشتر موردتوجه قرار گیرد. با توجه به اهمیتی که تغییر اقلیم بر ساختار محیط کره زمین و ساکنین آن داشته و خواهد داشت؛ تلاش در جهت شناخت هرچه بیشتر چگونگی رخدادهای تغییر اقلیم امری مسلم است. این ضرورت به‌ویژه در این دوره که گرم شدن جهانی به یک مسئله جدی تبدیل‌شده است، آشکار می‌گردد (۹). لذا با توجه به آنچه ذکر شد، یکی از مهم‌ترین مناطقی که همانند سایر مناطق کشور از تغییرات اقلیمی تأثیر پذیرفته است، استان مازندران و بالأخص محدوده شهرستان ساری بوده است. این استان به دلیل شرایط جغرافیایی و اقلیمی یکی از مهم‌ترین مراکز جمعیتی کشور بوده و بر اساس آمار منتشرشده از سوی مرکز آمار ایران در سال ۱۳۹۵ جزو ۱۰ استان مهاجرپذیر کشور بوده است. ازاین‌رو، تغییرات اقلیمی می‌تواند جمعیت زیادی از کشور را در این محدوده تحت تأثیر قرار داده و از لحاظ اقتصادی و سیاسی برای کشور ایجاد بحران نماید. پژوهش‌های متعددی در نقاط مختلف دنیا برای شناسایی تغییرات و روندهای احتمالی اقلیم صورت گرفته و ثابت‌شده است که روند تغییرات از جایی به‌جای دیگر متفاوت است. برخی نقاط، کاهش بارش و افزایش دما و برخی نقاط دیگر، افزایش بارش و کاهش دما را تجربه کرده‌اند. نتایج بسیاری از پژوهش‌ها در مورد بارندگی سالانه، فصلی و ماهانه، روند افزایشی یا کاهشی را نشان داده‌اند، اما بیشتر این روندها ازنظر آماری معنی‌دار نیستند. دما در کنار

1- El Nino
2- La Nina
3- NAO

بارش، در تعیین نقش و پراکندگی دیگر عناصر اقلیمی مؤثر است و از عوامل اصلی و اساسی در پهنه‌بندی اقلیمی محسوب می‌شود. لذا پژوهش‌های متعددی درزمینه ، افزایش متوسط دمای جهانی و منطقه‌ای صورت گرفته است که در ادامه به چند مورد به‌صورت مختصر اشاره می‌شود؛ بررسی سری‌های زمانی بارش در نقاط مختلف حاکی از تغییرات بسیار گسترده و طولانی در میزان بارش و نوع بارش در این نقاط می‌باشد؛ رویز[1] و همکاران (۱۰)، فیداس و همکاران[2] (۱۱)، خوش‌روش و همکاران(۲)، جهانبخش(۱۲) تبریزی(۱۳)، در بحث تغییرات دمایی نیز اکثر پژوهش‌های مربوطه به این نتیجه رسیده‌اند که روند افزایش دما در مناطق موردمطالعه بسیار ملموس و چشمگیر بوده است. دارایی و همکاران (۱۴) در پژوهشی با عنوان تحلیل روند تغییرات اقلیمی استان قم و پیامدهای آن با استفاده از روش من کندال تعدادی از مؤلفه‌ها را موردمطالعه قراردادند، نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که میانگین حداقل دما و متوسط دمای سالانه دچار جهش اقلیمی شده و روند تغییرات معنی‌دار می‌باشد. در سطح بین‌المللی نیز مطالعات ونگ[3] و همکاران (۱۵)، زو و همکاران[4] (۱۶)، امانی و تمیمی[5] (۱۷) و دانبرگ[6] (۱۸)، را می‌توان نام برد که بامطالعه بر روی شاخص‌های اقلیمی (دما و بارش) روند تغییرات اقلیمی در محدوده موردمطالعه را سنجیده‌اند. بر همین اساس سنجش تغییرات پارامترهای (بارش و دما) جزو اصول بنیادی سنجش تغییرات اقلیمی محسوب می‌شود. هدف مطالعه حاضر آشکارسازی تغییرات احتمالی و تحلیل روند تغییرات اقلیم (بارش و دما) در سری‌های مختلف زمانی در محدوده شهرستان ساری است ،که برای تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی فضایی و زمانی تغییرات اقلیمی رخداده شده در محدوده موردمطالعه تعیین‌کننده است.

1- Oliver Meseguer-Ruiz
2- Feidas, et al
3- Wang, et al
4- Xu, et al
5- Amani and tmimi
6- Danneberg

مواد و روش

آشکارسازی تغییر و نوسان در عناصر اقلیمی، با استفاده از شیوه‌های مختلفی امکان‌پذیر است. روند یابی، یکی از عام‌ترین این روش‌ها به‌حساب می‌آید. برخی از تغییرات آب و هوایی به‌طورکلی از توزیع نرمال پیروی نمی‌کند. در این صورت می‌توان از آزمون رتبه‌ای استفاده نمود. یکی از این آزمون‌ها، روش من - کندال است. این آزمون نیاز به توزیع فراوانی نرمال یا رفتار خطی نداشته و در برابر مقادیر فرین (داده‌هایی که کشیدگی زیاد دارند) و داده‌هایی که انحراف رفتار خطی چشمگیری دارند، بسیار قوی بوده و به‌منظور ارزشیابی روند به‌کاربرده می‌شوند. آزمون من - کندال جزو متداول‌ترین و پرکاربردترین روش‌های نا پارامتریک، در تحلیل روند سری‌های زمانی به شمار می‌رود، در آزمون من کندال MK هر مقدار در سری زمانی به‌صورت پیوسته و پشت سرهم با بقیه مقادیر سری، مورد مقایسه قرار می‌گیرد و آماره S حاصل جمع همه شمارش‌ها را نشان می‌دهد. لذا از بین آزمون‌های نا پارامتری، آزمون من - کندال بهترین انتخاب برای بررسی روند یکنواخت در سری‌ها است (۱۹).بااین‌وجود، نخست بر اساس مطالعات صورت گرفته در مطالعه حاضر با بررسی دو شاخص و عنصر مهم و موثر مطرح‌شده در ۴ ایستگاه آب و هواشناسی مهم محدوده و مجاور شهرستان ساری به‌وسیله مدل‌های رایج، وضعیت تغییرات اقلیمی ازلحاظ شاخص (بارش و دما) در دوره زمانی (۱۹۸۷ - ۲۰۱۷) مشخص گردید. و در مرحله بعد جهت تشخیص مکان و ابعاد تغییرات اقلیمی با استفاده از آزمون‌های زمین‌آمار و با کمک نرم‌افزار Arc gis به‌صورت دقیق‌تر و بهتر محدوده تغییرات اقلیمی رخداده‌شده ،پهنه‌بندی گردید از این رو در ذیل جهت شناخت کلی به معرفی روش نا پارامتری من-کندال و سپس زمین آمار پرداخته می شود :

معرفی روش نا پارامتری من-کندال

روش من-کندال ابتدا توسط مَن (۱۹۴۵) ارائه و سپس توسط کِندال (۱۹۷۰) بسط و توسعه یافت. فرض صفر آزمون من-کندال بر تصادفی بودن و فقدان روند در سری داده‌ها دلالت دارد و پذیرش فرض یک (رد فرض صفر) دال بر وجود روند در

سری داده‌ها می‌باشد. در این روش ابتدا اختلاف بین هر یک از مشاهدات با تمام مشاهدات پس‌ازآن محاسبه‌شده و پارامتر S مطابق رابطه زیر به دست می‌آید :

$$S=\sum_{k=1}^{n-1}\sum_{j=k+1}^{n}\mathrm{sgn}\left(x_j-x_k\right) \quad (۱)$$

که n تعداد مشاهدات سری، و xj و xk به ترتیب داده‌های j ام و k ام سری می‌باشند. تابع علامت sgn نیز به‌صورت زیر قابل‌محاسبه است:

$$\mathrm{sgn}\left(x_j-x_k\right)=+1 \qquad \text{for (xj-xk)>0} \quad (۲)$$

$$\mathrm{sgn}\left(x_j-x_k\right)=0 \qquad \text{for (xj-xk)=0}$$

$$\mathrm{sgn}\left(x_j-x_k\right)=-1 \qquad \text{for (xj-xk)<0}$$

در مرحله بعد محاسبه واریانس S توسط یکی از روابط زیر محاسبه شد:

$$Var(S)=\frac{n(n-1)(2n+5)-\sum_{i=1}^{m}t(t-1)(2t+5)}{18} \qquad \text{for n>10} \quad (۳)$$

$$Var(S)=\frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \qquad \text{for n<10} \quad (۴)$$

که n و m معرف تعداد دنباله‌هایی است که در آن‌ها حداقل یک داده تکراری وجود دارد. t نیز بیانگر فراوانی داده‌های باارزش یکسان در یک دنباله (تعداد گره‌ها) می‌باشد. درنهایت نیز آماره Z به کمک یکی از روابط زیر استخراج می‌شود:

$$z=\frac{S-1}{\sqrt{Var(S)}} \qquad \text{for S>0} \quad (۵)$$

$$z=0 \qquad \text{for S=0}$$

$$z=\frac{S+1}{\sqrt{Var(S)}} \qquad \text{for S<0}$$

با فرض دو دامنه آزمون روند، فرضیه صفر در صورتی پذیرفته می‌شود که شرط زیر برقرار باشد:

$$|Z|<Z_{\alpha/2} \quad (۶)$$

که α سطح معنی‌داری است که برای آزمون در نظر گرفته می‌شود و Zα آماره توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی‌داری α می‌باشد که با توجه به دو دامنه بودن آزمون، $\alpha/2$ استفاده‌شده است. در بررسی حاضر این آزمون برای سطوح اعتماد ۹۵ ٪ و ۹۹ ٪ به کار گرفته‌شده است. درصورتی‌که آماره Z مثبت باشد روند سری داده‌ها صعودی و در صورت منفی بودن آن روند نزولی در نظر گرفته می‌شود (۲۰-۲۱). بر همین اساس، پژوهش حاضر به روش توصیفی - تحلیلی بوده و به‌منظور بررسی میزان و روند تغییرات اقلیمی، از آمار ماهیانه میزان بارش و دما ۴ ایستگاه سینوپتیک مجاور محدوده شهرستان مورد مطالعه(ساری، آمل، بابلسر و قراخیل) از سازمان هواشناسی استفاده‌شده است. لازم به ذکر است که بازه زمانی داده‌های دریافتی ۲۰ و۳۰ سال (۱۹۸۷– ۲۰۱۷) می‌باشد. اولین مرحله انجام پژوهش نرمال‌سازی داده‌ها می‌باشد که در این مرحله داده‌های پاک‌شده و روزهای بدون داده با استفاده از آزمون آماری نرمال شدند. مرحله بعدی پیاده‌سازی آزمون من کندال جهت مشخص نمودن میزان تغییرات می‌باشد. در ادامه روند انجام پژوهش جهت تدقیق کار از نرم‌افزار آشکارسازی تغییرات اقلیمی استفاده می‌شود و درنهایت جهت پهنه‌بندی بهتر و دقیق‌تر مکان تغییرات از آزمون زمین‌آمار Kriging در نرم‌افزار Arc gis استفاده می‌شود.

زمین‌آمار[1]

درروش Geo Statistical ارتفاع نقطه مجهول با استفاده از ترکیب خطی از نقاط مرجع (که در همسایگی آن قرار دارد) به

1- Kriging – Geo statistical

دست می‌آید. تفاوت ماتریس وزنی که در این روش تهیه می‌شود با ماتریس وزنی که درروش IDW استفاده می‌شود، در این است که در ماتریس وزن IDW فقط فاصله مؤثر است ولی در این ماتریس علاوه بر فاصله، روند موجود در نقاط یا همان همبستگی مکانی بین داده‌ها را نیز در نظر می‌گیریم. بر روی‌داده‌های موجود دو روند کلی وجود دارد:

روند ثابت: این روند توسط یک مقدار ثابت و یا یک‌چند جمله‌ای بیان می‌شود.

روند متغیر: که این درواقع همان باقی مانده‌ها هستند که از تفاضل داده‌های اصلی و روند ثابت به دست می‌آید و در Geo Statistical بر روی این روند کارکرده و در انتها به روند ثابت اضافه می‌شود.

طبق مطالب بالا ارتفاع هر نقطه از به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$(Z)\ S= ((\mu)s + (e)s$$

که μ همان مقدار ثابت و e مقدار متغیر است که با توجه به موقعیت نقطه تغییر می‌کنند (۲۲).

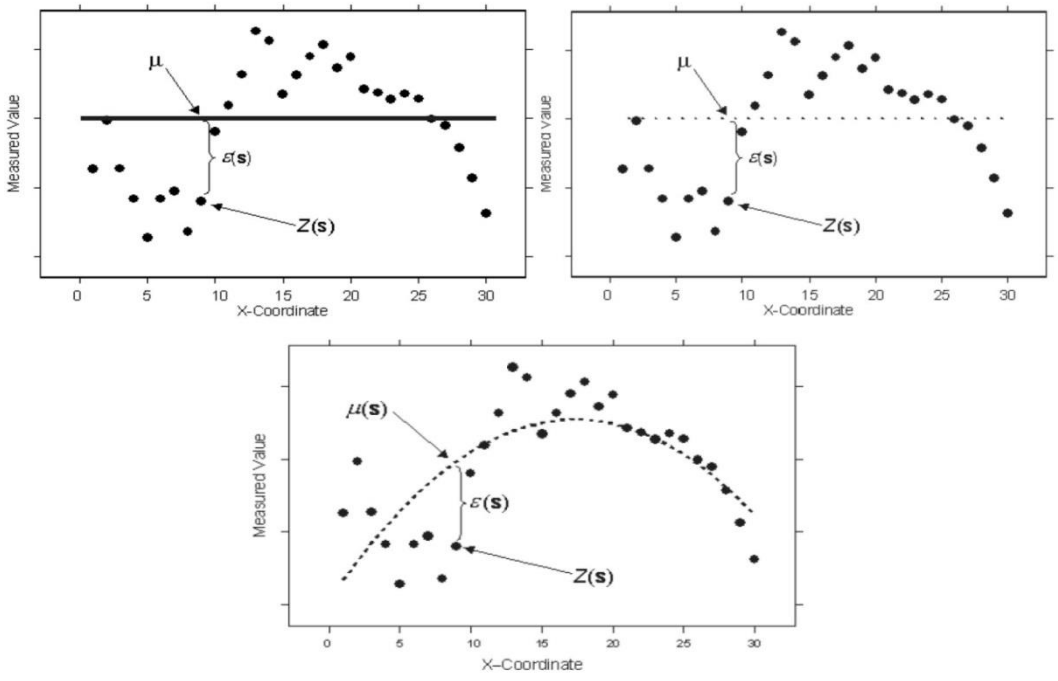
فرمول بالا فرم کلی معادلات Kriging را تشکیل می‌دهد که با توجه به مدلی که برای μ انتخاب می‌شود به سه نوع زیر تقسیم می‌گردد:

اگر μ ثابت و مقدار آن مشخص باشد به آن اصطلاحاً Simple kriging می‌گویند

اگر μ ثابت ولی مقدار آن ثابت نباشد به آن اصطلاحاً ordinary kriging می‌گویند

اگر μ متغیر و توسط یک‌چند جمله‌ای بیان شود به آن اصطلاحاً universal kriging گفته می‌شود (۲۳).

در زیر به‌صورت شماتیک اشکال انواع kriging آورده شده است.



شکل ۱- نحوه عملکرد انواع kriging در نرم‌افزار Arc GIS منبع: (۲۲)

Figure 1. How kriging works in Arc GIS software

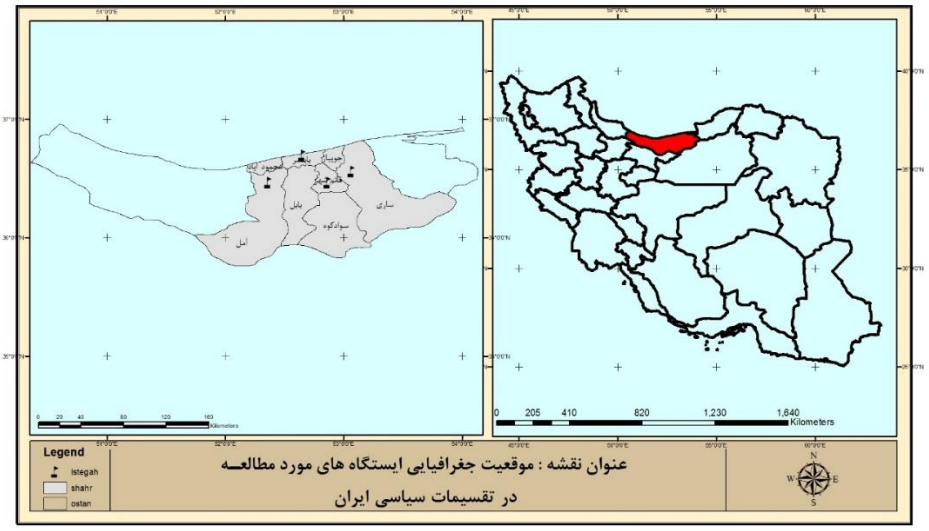
بر همین اساس تفاوت پژوهش حاضر با پژوهش‌های قبلی استفاده هم‌زمان از مدل‌های گوناگون جهت مشخص نمودن بهتر و دقیق‌تر میزان و مکان تغییرات اقلیمی می‌باشد.

محدوده موردمطالعه

شهر ساری مرکز استان مازندران است. این شهر در طول جغرافیایی ۴۸/۲۸ درجه، عرض جغرافیایی۳۶/۴۰ درجه و ارتفاع ۳۲ متر از سطح دریا واقع‌شده است. ساری در شرق

استان مازندران قرار دارد و از ۶ بخش مرکزی، رودپی شمالی، رودپی، چهاردانگه، دودانگه و کلیجان‌رستاق تشکیل‌شده است. شهرستان ساری از شمال به دریای مازندران و شهرستان‌های میاندورود و نکا، از شرق و جنوب به استان سمنان و از غرب به شهرستان‌های قائمشهر، سوادکوه و جویبار محدود می‌شود. این شهرستان از پرجمعیت‌ترین شهرستان‌های شمال کشور است.

جمعیت شهرستان ساری در سال ۱۳۹۵ خورشیدی، بالغبر ۵۰۴۲۹۸ نفر بوده که از این تعداد، ۳۰۹۸۲۰ نفر در شهر ساری ساکن بودند (۲۴) شکل ۲ موقعیت جغرافیایی استان مازندران در کشور و ایستگاه‌های آب و هواشناسی موردمطالعه را نشان می دهد

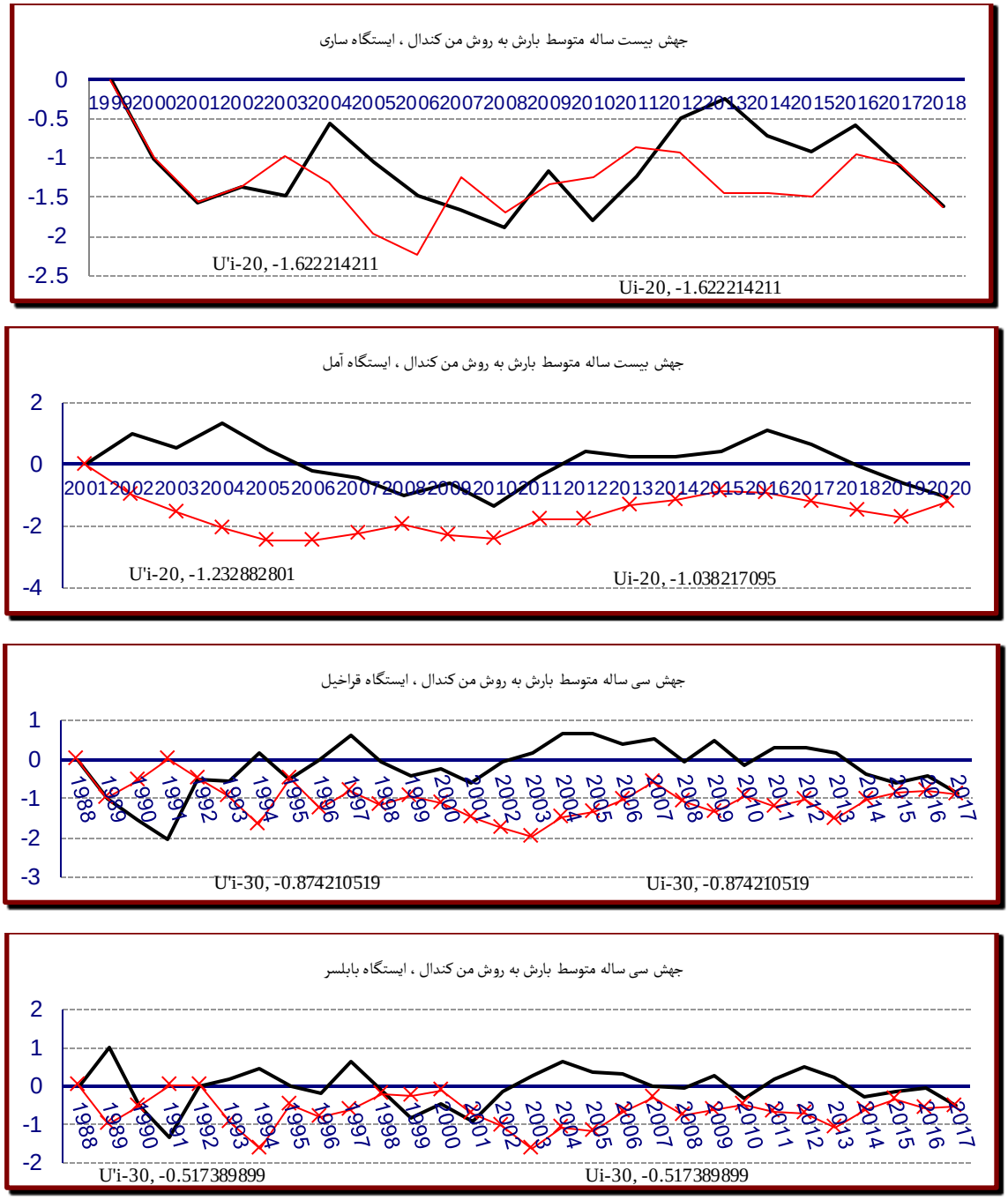


شکل ۲- موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های آب و هواشناسی موردمطالعه، منبع: ترسیم نگارندگان، ۱۳۹۷

Figure2. Geographic location of the weather stations studied, Source: Drawlers, 2018

یافته‌های پژوهش

نتایج آزمون من - کندال در هر ایستگاه برای عوامل اقلیمی (بارش و دما) بررسی‌شده نشان می‌دهد که در ۳ ایستگاه، روند افزایش دما معنی‌دار و چشمگیر بوده است. به بیان دقیق‌تر وضعیت دمایی ۴ ایستگاه موردمطالعه به شرح ذیل بوده است. بر اساس محاسبات انجام‌شده روی دمای ۳۰ ساله، ۲ ایستگاه موردمطالعه (قراخیل و بابلسر)، این دو ایستگاه روند صعودی دما را تجربه کرده‌اند. به بیان دقیق‌تر ایستگاه بابلسر با Ui 3.87+ بیشترین روند صعودی را داشته و این موضوع بیان‌گر افزایش میانگین دمای سالانه با شیب نسبتاً زیاد در این شهر است. بر اساس این نمودار روند شیب افزایش دمایی در این ایستگاه از سال ۱۹۹۵ شروع‌شده و تا سال ۲۰۱۷ ادامه پیداکرده است. همچنین ایستگاه قراخیل نیز با درصد Ui 3.80+ دارای شیب نسبتاً زیاد در افزایش میانگین دمای سالانه می‌باشد. بر اساس شاخص U و U' من -کندال روند افزایش دما در ایستگاه ساری نیز رخ‌داده است که معنی‌دار نبوده؛ که ممکن است علت آن، نبود داده‌های آماری سی‌ساله در این ایستگاه و ایستگاه آمل باشد. اما از طرفی دیگر، ایستگاه آمل با Ui -3.56 دارای روند نزولی معنی‌دار و چشمگیر می‌باشد که حاکی از کاهش شدید میانگین دمایی در این ایستگاه است. شکل ۳جهش میانگین بارش ۴ ایستگاه (ساری، آمل، قراخیل و بابلسر) بر اساس آزمون من – کندال و بصورت نمودار نشان میدهد.



شکل ۳- جهش میانگین بارش ۴ ایستگاه (ساری، آمل، قراخیل و بابلسر) بر اساس آزمون من - کندال

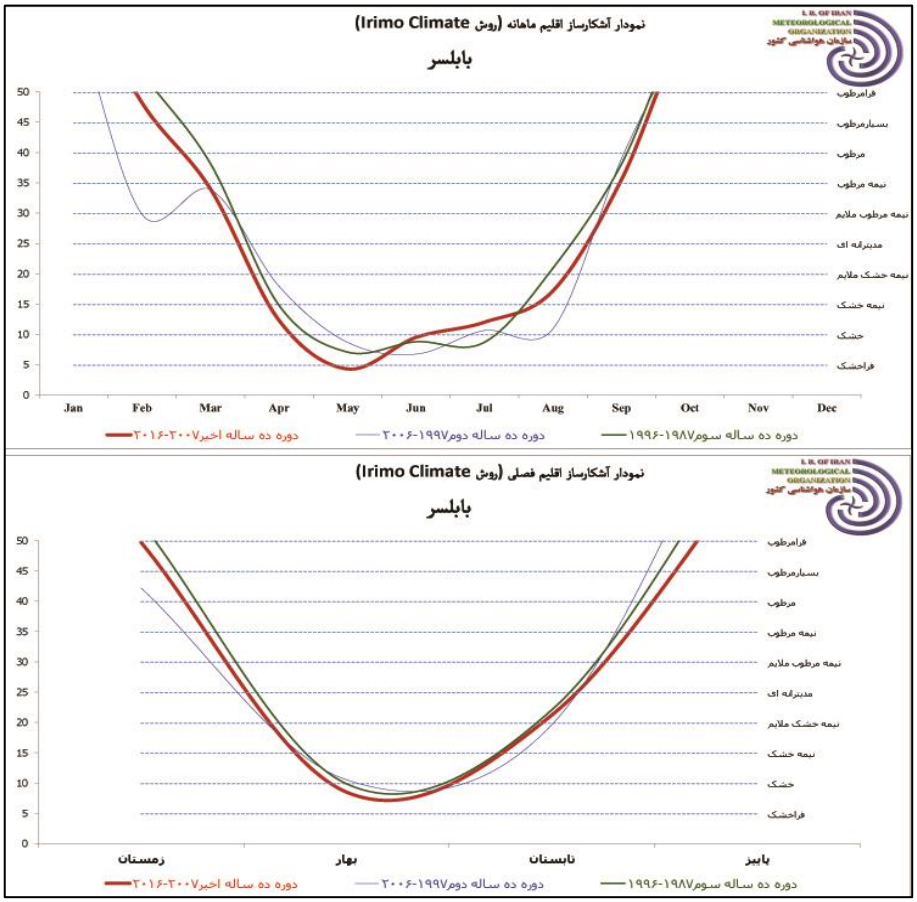
منبع: محاسبات نگارندگان، ۱۳۹۷

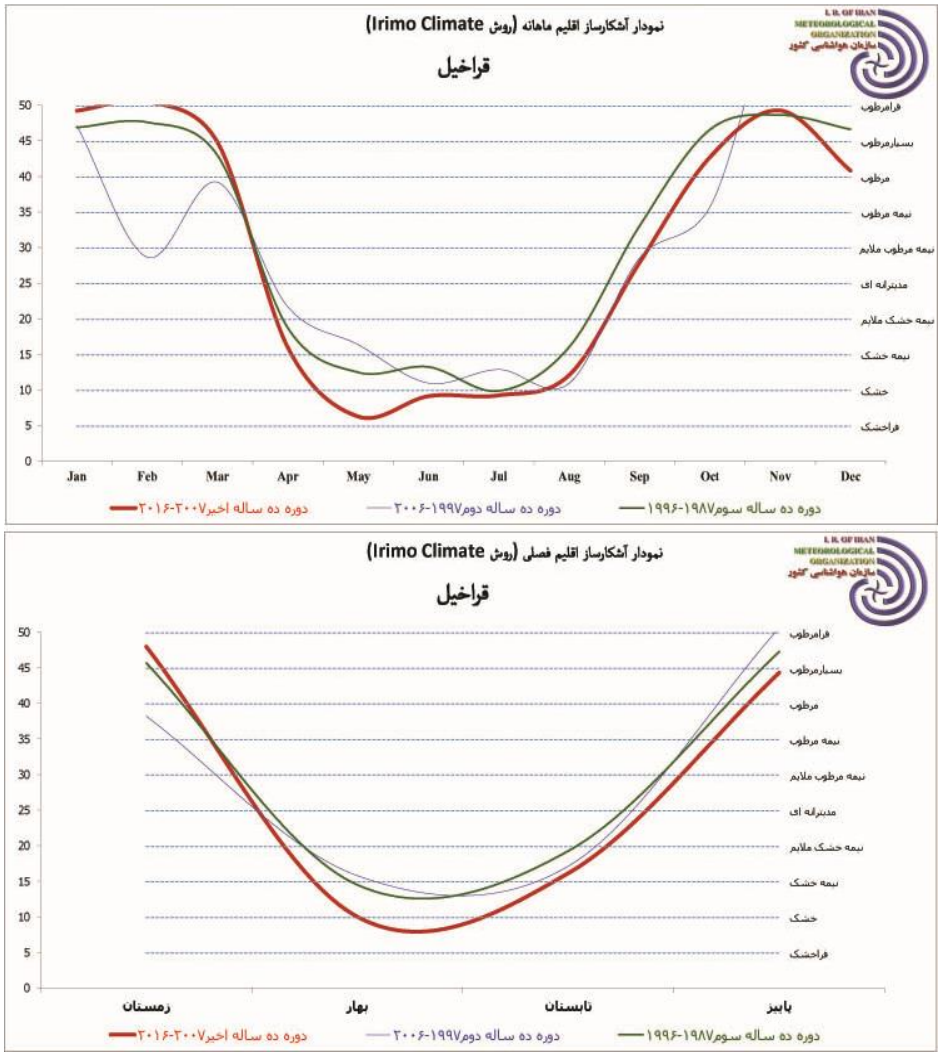
Figure 3. Average leap age of 4 stations (Sari, Amol, Gharakhil and Babolsar) based on the I-Kendal test, Source: Compilers,2018

نتایج حاصل از آزمون من- کندال بر داده‌های ۴ ایستگاه موردمطالعه نشان از بی‌نظمی بارش‌ها دارد. به بیان واضح‌تر بررسی‌ها نشان می‌دهد که علی‌رغم شیب منفی که درروند نمودارها نشان داده‌شده است، نمودارهای U,U' من- کندال برای ایستگاه‌های موردمطالعه، هیچ‌گونه روند معنی‌دار و یا جهش اقلیمی را نشان نمی‌دهد اما؛ روند کاهشی بارندگی در سال‌های پایانی موردبررسی این پژوهش، به سمت یک جهش اقلیمی پیش می‌رود. این کاهش و جهش به‌صورت نسبتاً

مشخص در ایستگاه ساری با Ui- 1.62 قابل‌تشخیص می‌باشد. به بیان دقیق‌تر ایستگاه ساری در سال‌های مختلف شاهد تغییرات شدید ازلحاظ بارش بوده است به‌طوری‌که از سال ۲۰۰۴ ، ۲۰۱۱ با کاهش شدید بارش مواجه بوده است درصورتی‌که از سال ۲۰۱۱ ، ۲۰۱۳ جهت شیب بارش تغییر پیداکرده و شاهد بارش بیشتر بوده است (۲۵). از دیگر ایستگاه‌های موردمطالعه که با کاهش شدید بارندگی مواجه بوده است، ایستگاه آمل با Ui-1.03 بوده است. آنالیز روند برای داده‌های بارش در دو ایستگاه دیگر حاکی از روند منطقی و غیر جهشی تغییرات می‌باشد ،به‌طوری‌که در دو ایستگاه بابلسر و قراخیل روند جهشی (۰/۸۷ ← ۰/۵۱-) می‌باشد و کمتر از ۱/۹۶ است و این جهش معنی‌دار نمی‌باشد در مرحله دوم برای بهتر نشان دادن تغییرات اقلیمی محدوده‌ی ساری، از نرم‌افزار آشکارسازی تغییرات اقلیمی سازمان هواشناسی استفاده شد که نتایج به‌صورت ذیل می‌باشد:

بررسی‌های انجام‌شده نشان می‌دهد که ایستگاه ساری در بازه زمانی ۲۰ ساله، ماهانه از شرایط فرا مرطوب، به شرایط بسیار مرطوب جهش پیداکرده است. به بیان دقیق‌تر، ازلحاظ تغییرات ماهانه از شرایط مدیترانه‌ای و نیمه‌خشک در ماه‌های بهار، به شرایط خشک و فراخشک تغییر جهت داده است. همچنین ازنظر شرایط اقلیم فصلی نیز ایستگاه ساری در دوره ۱۰ ساله ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۶، از اقلیم مدیترانه‌ای و نیمه‌خشک ملایم در فصل بهار و تابستان، به خشک و فراخشک در دوره ۱۰ ساله (۲۰۰۷ تا ۲۰۱۶)، تغییر شرایط داده است. ایستگاه آمل نیز ازلحاظ وضعیت اقلیم ماهانه، در ماه‌های ژانویه و فوریه دارای بیشترین تغییر بوده، به‌طوری‌که از شرایط نیمه مرطوب ملایم در ده‌ساله اول به شرایط بسیار مرطوب در ده‌ساله آخر تغییر جهت داده است. همچنین ازنظر وضعیت فصلی نیز، از نیمه مرطوب ملایم به مرطوب در فصل زمستان تغییر وضعیت داده است درشکل ۴آشکارسازی تغییرات اقلیمی ماهانه و فصلی ایستگاه‌های (بابلسر و قراخیل) نشان داده شده است.



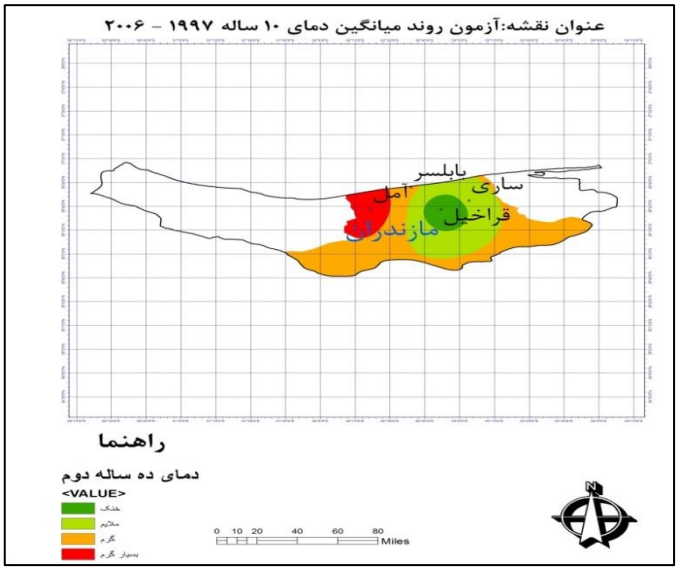


شکل ۴-آشکارسازی تغییرات اقلیمی ماهانه و فصلی ایستگاه‌های (بابلسر و قراخیل) منبع: محاسبات نگارندگان، ۱۳۹۷

Figure 4. Monthly and seasonal climatic changes of stations (Babolsar and Gharakhil) Source: Compilers,2018

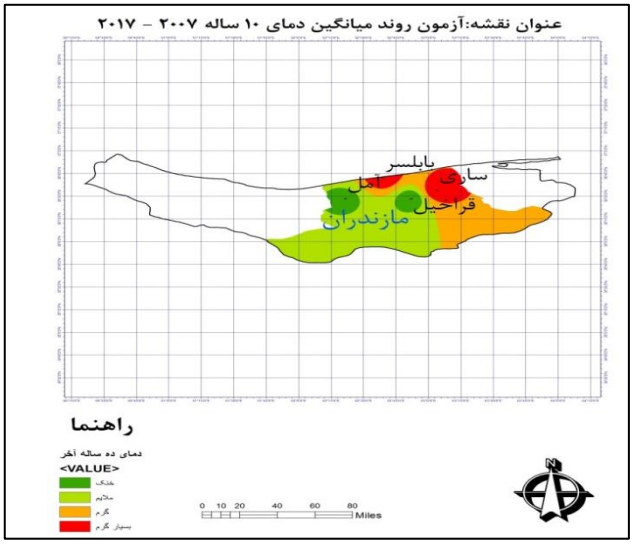
نمودارهای شکل ۴ نشان می‌دهد که شرایط اقلیمی در بابلسر در ماه‌های زمستان تغییرات بسیاری کرده است؛ به‌طوری‌که در دوره ده‌ساله دوم، در ماه فوریه از شرایط نیمه مرطوب به بسیار مرطوب در ده سال آخر تغییر جهت داده است ولی در دیگر ماه‌های سال، تقریباً روند ۳۰ ساله ثابتی را نشان می‌دهد. ایستگاه قراخیل ازنظر اقلیم ماهانه و فصلی همانند بابلسر در ماه فوریه دچار جهش محسوس شده؛ به‌طوری‌که از شرایط مدیترانه‌ای در دوره ده‌ساله دوم به شرایط فرا مرطوب تغییر وضعیت داده است. این در حالی است که همین ایستگاه در دوره بهار و تابستان از شرایط نیمه‌خشک در بازه زمانی ۱۹۹۷-۲۰۰۶ به شرایط فراخشک در دوره ده‌ساله اخیر تغییر وضعیت داده است. ولی ازلحاظ فصلی دچار تغییرات محسوسی نبوده و تقریباً در تمام مدت ۳۰ سال شرایط یکسانی را داشته است. شاید بیشترین تغییرات را در فصول بهار و تابستان می‌توان دید که از شرایط نیمه‌خشک به خشک تغییر وضعیت داده‌اند.

در مرحله بعدی انجام پژوهش برای مشخص نمودن هرچه بهتر محدوده تغییرات اقلیمی از روش زمین‌آمار و عملگر Kriging در نرم‌افزار Arc GIS استفاده شد که نتایج به‌صورت ذیل نمایان گشت:



شکل ۵-آشکارسازی تغییرات مکانی دمای ایستگاه‌های آمل، ساری، بابلسر و قراخیل در بازه زمانی ۲۰ ساله توسط زمین‌آمار Kriging، منبع: ترسیم‌کنندگان، ۱۳۹۷

Figure 5. Detection of spatial variations of temperature in Amol, Sari, Babolsar and Qarakhil stations in the 20-year period by Kriging statistics. (Source: Drawlers,2018)

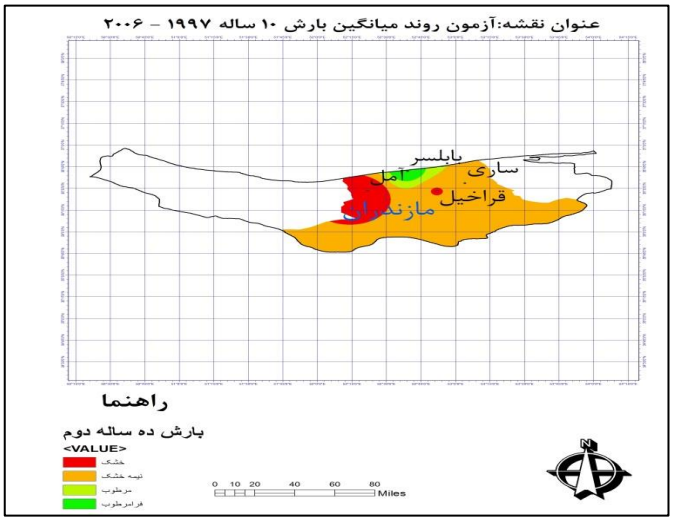


شکل ۶- آشکارسازی تغییرات مکانی دمای ایستگاه‌های آمل، ساری، بابلسر و قراخیل در بازه زمانی ۲۰ ساله توسط زمین‌آمار Kriging . منبع: ترسیم‌کنندگان، ۱۳۹۷

Figure 6. Detection of spatial variations of temperature in Amol, Sari, Babolsar and Qarakhil stations in the 20-year period by Kriging. Source: Drawers, 2018

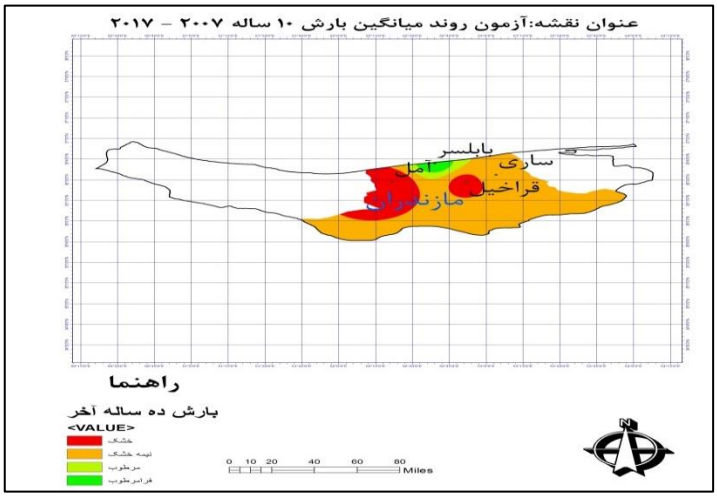
بر اساس شکل ۵ و ۶، وضعیت تغییرات مکانی دما در ایستگاه ساری، بسیار مشخص و تأثیرگذار بوده است؛ به‌طوری‌که این ایستگاه از شرایط مرطوب در بازه زمانی ۱۰ سال اول، به شرایط خشک در ۱۰ سال آخر، تغییر وضعیت داده است. جابجایی هسته‌های گرما از سمت غرب به سمت شرق در بازه زمانی ۲۰ ساله حاکی از تغییرات دمایی محسوس در این شهرستان‌ها بوده است که می‌تواند علت‌های متفاوتی داشته باشد همچنین از دیگر روندهای چشمگیر، کاهش محسوس دما در ایستگاه آمل نسبت به سایر ایستگاه‌ها در ۱۰ سال آخر بود، که نشان‌گر کاهش میانگین سالانه این ایستگاه، در بازه زمانی ۲۰۰۷ تا

۲۰۱۷ است. درصورتی‌که بررسی بارش‌های ۲۰ ساله در این ۴ ایستگاه نتایج متفاوتی را نشان می‌دهد.



شکل ۷- آشکارسازی تغییرات مکانی بارش ایستگاه‌های آمل، ساری، بابلسر و قراخیل در بازه زمانی ۲۰ ساله توسط زمین‌آمار Kriging. منبع: ترسیم‌کنندگان، ۱۳۹۷

Figure7. Detection of spatial variations of rainfall in Amol, Sari, Babolsar and Gharakhil stations over the 20-year period by Kriging statistics. Source: Drawers,2018



شکل ۸- آشکارسازی تغییرات مکانی بارش ایستگاه‌های آمل، ساری، بابلسر و قراخیل در بازه زمانی ۲۰ ساله توسط زمین‌آمار Kriging. منبع: ترسیم‌کنندگان ، ۱۳۹۷

Figure 8. Detection of spatial variations of rainfall in Amol, Sari, Babolsar and Qarakhil stations in the 20-year period by Kriging statistics. Source: Drawers, 2018

بررسی‌های انجام‌شده روی‌داده‌های بارشی ۴ ایستگاه در شکل ۷ و ۸ نشان می‌دهد که ایستگاه قراخیل ازلحاظ مکانی دارای کاهش شدید بارندگی در دوره‌ی ۱۰ ساله‌ی ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۷ بوده است به‌طوری‌که منطقه وسیعی از این ایستگاه در وضعیت خشک نسبت به دوره‌ی ۱۰ ساله‌ی ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۶ قرار دارد و این خود نشان‌گر گرایش شدید این منطقه به تغییرات اقلیمی است. یکی دیگر از نکات بارزی این بررسی کاهش شدید باران در جهت غرب این شهرستان می‌باشد که خود می‌تواند عامل

اصلی کاهش سطح کشت گیاهی و باغی و درنتیجه افزایش دما در دوره‌های بعدی باشد. ایستگاه ساری نیز با کاهش میزان بارندگی، بر این روند بسیار تأثیر گذاشته است. سایر ایستگاه‌ها نیز ازنظر بارش، تفاوت محسوسی را تجربه نکرده‌اند و ازلحاظ مکانی در شرایط بارش مخصوص به خود قرار دارند.

بحث و نتیجه‌گیری

مسلماً کم کردن اثرات نامطلوب تغییرات اقلیمی، نیاز به شناخت دقیق چگونگی وقوع آن و تعیین استراتژی‌های مناسب جهت مقابله با آن در زمان حال و سال‌های آتی دارد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از آزمون من - کندال در این پژوهش طی سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۶ در ایستگاه‌های ساری، قراخیل، بابلسر و آمل، میانگین و متوسط دمای سالانه دچار جهش اقلیمی شده و روند آن معنی‌دار و افزایشی است. درحالی‌که میزان بارش سالانه فاقد روند معنی‌دار بوده و در ۴ ایستگاه، روند کاهشی داشته است. بررسی‌های نرم‌افزار تغییرات اقلیمی نیز نشان داد که بیشترین سطح تغییرات در ایستگاه ساری رخداده است. به‌طوری‌که ازنظر تغییرات ماهانه در ماه‌های بهار، از شرایط مدیترانه‌ای و نیمه‌خشک به شرایط خشک و فراخشک تغییر جهت داده است. همچنین ایستگاه آمل نیز در فصل بهار، از حالت مدیترانه‌ای به حالت فراخشک تغییر وضعیت داده است. سایر ایستگاه‌ها نیز با تغییراتی همچون خشک‌تر شدن فصول و ماه‌های بارشی مواجه شده‌اند و این خود نشان‌گر افزایش دما و کاهش بارش دریافتی، در فصول بارشی ایستگاه‌های موردمطالعه است. علاوه بر این، بررسی‌های زمین‌آماری به‌صورت دقیق‌تر نشان می‌دهد که در ۲۰ سال گذشته، شهر ساری ازنظر میانگین دمایی، روند صعودی شدیدی داشته است. به‌طوری‌که وضعیت ملایم به وضعیت بسیار گرم تغییریافته و در رتبه خشک منطقه قرار دارد. لذا روند افزایشی دما و نبود روند درمجموع بارش سالانه، می‌تواند به‌عنوان دو دلیل اصلی در اثبات تغییرات اقلیمی در این شهرستان معرفی شود. بر همین اساس طبق بررسی‌های صورت گرفته می‌توان به این نتیجه رسید که تغییرات اقلیمی در ایستگاه‌های موردمطالعه به صورت‌های مختلفی رخداده است به‌طوری‌که کاهش بارش در یک ایستگاه با افزایش بارش در ایستگاه دیگر همراه بوده است که این خود از وجوه اصلی و بارز تغییرات اقلیمی می‌باشد. آزمون زمین‌آمار نیز تصدیق می‌کند که بررسی آمار بارش حاکی از کاهش شدید میزان بارش در پهنه ایستگاه‌های موردمطالعه در بازه زمانی ۱۰ ساله اول (۱۹۹۷-۲۰۰۶) نسبت به بازه زمانی دوم (۲۰۰۰-۲۰۱۷) و افزایش میزان وسعت منطقه بارشی کم می‌باشد. همچنین افزایش نسبی دما در ایستگاه‌های موردمطالعه قابل ملموس بوده ولی نکته حائز اهمیت جابه‌جایی مکانی تغییرات دمایی در ایستگاه‌های موردمطالعه می‌باشد که آزمون زمین‌آمار نشان می‌دهد افزایش دما در بازه زمانی ۲۰ ساله روند غربی – شرقی داشته است به‌طوری‌که در بازه زمانی ۱۰ ساله دوم دو ایستگاه شرقی (بابلسر و ساری) ازلحاظ دمای دچار تغییرات شدیدی شده‌اند که در بازه زمانی ۱۰ ساله اول (۱۹۹۷-۲۰۰۶) این روند جهت عکس داشته است. لذا می‌توان چنین نتیجه گرفت که منطقه موردمطالعه دچار تغییرات اقلیمی شدیدی شده است و این تغییرات اقلیمی به‌صورت مستقیم بر بیلان آبی منطقه، افزایش نیاز آبی، کاهش رطوبت خاک، تراکم پوشش گیاهی، ظرفیت مراتع و محصولات کشاورزی اثر می‌گذارد و با توجه به این‌که منابع آب زیرزمینی مهم‌ترین منبع تأمین‌کننده، آب موردنیاز بخش‌های مختلف در منطقه می‌باشند، افت سطح ایستایی و کاهش کیفیت منابع آب زیرزمینی را نیز در پی دارد. ضمن این‌که چنین شرایطی به معنای کاهش فراوانی بارش، افزایش بارش‌های سیلابی، فرسایش خاک و منابع طبیعی می‌باشد. بر اساس تفاسیر بالا می‌توان چنین پیش‌بینی کرد که در آینده نه چندان دور در منطقه مورد مطالعه با بحران آب و از بین رفتن جنگل‌ها روبرو خواهد شد. به بیان دقیق‌تر با افزایش دما و جابجایی الگوهای اقلیمی در منطقه و نیاز شدید کشاورزی به منابع آبی، میزان تبخیر نیز بالا رفته و فشار بر سفره‌های آب زیرزمینی افزایش پیدا خواهد کرد. این امر باعث تغییراتی در ساختار نظام‌های زراعی شده به نحوی که علاوه بر کاهش عملکرد، جابه‌جایی مکانی گونه‌های زراعی، احتمال

حذف برخی از گونه‌ها یا حتی معرفی گونه‌های جدید یا فراموش شده را به‌دنبال خواهد داشت. لذا منطقه مورد مطالعه که مهم‌ترین منبع اقتصادی آن از طریق کشاورزی و گردشگری بوده به شدت در مقابل این تغییرات اقلیمی آسیب‌پذیر خواهد بود.

Reference

1. Chung, Y.S. and M.B. Yoon. 2000. Interpretation of recent temperature & precipitation trends observed in Korea. Theory. Appl. Climate. Vol. 67, 171-180.
2. Khosh rokh, Mojtaba, Mohammad Mir Naseri and Mahsa pesar kolo (2017). Detection of rainfall trends in the north of the country using my non-parametric test - Kendall. Water Resources Management Research Center, Eighth Year, No. 16, pp. 223-230. (Persian)
3. Vose, R. S., Wuertz, D., Peterson, T. C., & Jones, P. D. (2005). An inter comparison of trends in surface air temperature analyses at the global, hemispheric, and grid-box scale. Geophysical research letters, Vol. 32, NO. 18.
4. Babaei Feini omosalameh, Elaheh Ghasemi and Ibrahim Fattahi (2014). Investigating the effect of climate change on the process of rainfall indexes in Iran. Quarterly Journal of Environmental Spatial Analysis, Vol. 1, No. 3, pp. 86-104. (Persian)
5. FAO. (2007). Adaptation to climate change in agriculture, forestry, and fisheries: Perspective, framework and priorities. FAO, Rome.
6. Önöz, B., & Bayazit, M. (2003). The power of statistical tests for trend detection. Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences, Vol. 27, NO. 4, pp. 247-251
7. Kuchaki, Alireza, Mehdi Nasiri and Gholam Ali Kamali. (2007). Study of Iran Meteorological Indicators in Climate Change Conditions. Quarterly journal of Iranian Crop Research, Vol. 1, NO. 2, pp. 1-10 (Persian).
8. Root, T. L., Price, J. T., Hall, K. R., Schneider, S. H., Rosenzweig, C., & Pounds, J. A. (2003). Fingerprints of global warming on wild animals and plants. Nature, 421(6918), 57-61.
9. Azizi, Qhasem. (2005). Climate Change, Published in Gomes Publication Center, Tehran. (Persian)
10. Meseguer-Ruiz, O., Osborn, T. J., Sarricolea, P., Jones, P. D., Cantos, J. O., Serrano-Notivoli, R., & Martin-Vide, J. (2018). Definition of a temporal distribution index for high temporal resolution precipitation data over Peninsular Spain and the Balearic Islands: the fractal dimension; and its synoptic implications. Climate Dynamics, Vol. 52, No. 1-2, pp.439-456.
11. Feidas, H., Noulopoulou, C., Makrogiannis, T., & Bora-Senta, E. (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, Vol. 87, NO. 1-4, pp.155-177.
12. Jahanbakhsh Asl, Saeed, Masoumeh Tadini and Habib Noori Oghru Abad. (2010). Analysis of the trend of rainfall changes in the Sefidrud basin using the non-parametric method of Man-Kendall. Geography and Development Quarterly, Vol. 2 No. 17, pp. 229-241. (Persian)

13. Tabrizi, Maryam, Mohammad Jafar Soltani, Samad Shafar and Anahita Jahedi. (2009). Study of spatial and temporal variations in rainfall in Tehran province in GIS environment. Sixth GIS Conference and Exhibition. (Persian)
14. Darabi, hasan, Abaas Jafari, kimia akhavn farshchi (2017). Analyzing the trends of climate change in Qom province and its consequences, Journal of Environmental Science, No 2, pp. 25-40. (Persian)
15. Wang, X. M., Liu, H. J., Zhang, L. W., & Zhang, R. H. (2014). Climate change trend and its effects on reference evapotranspiration at Linhe Station, Hetao Irrigation District. Water Science and Engineering, Vol. 7, No. 3, pp. 250-266.
16. Xu, Z. X., Chen, Y. N., & Li, J. Y. (2004). Impact of climate change on water resources in the Tarim River basin. Water Resources Management, Vol. 18, No. 5, pp. 439-458.
17. Al-Tmimi, A. I., (2017), The Mann-Kendall Test for Temperature Trends in Some Selected Stations in Iraq; Ibn Al-Haitham Jour. for Pure & Appl. Sci. Vol. 26, pp. 116-122. (Persian)
18. Danneberg, J. (2012). Changes in runoff time series in Thuringia, Germany–Mann-Kendall trend test and extreme value analysis. Advances in Geosciences, Vol. 31, pp. 49-56.
19. Nourani, Vahid, Azad, Narges, Ghasemzadeh, Mahsa and Eastern Elnaz. (2016). Investigating the Effect of Ajchi Hydroclimatic Parameters on Urmia Lake Lakes Change Using the Wavelet and Man-Kendall Combined Model. Hydrogeomorphology Quarterly, No. 7, pp. 141-159. (Persian)
20. Mann, H.B., (1945). Nonparametric tests against trend, Econometrical, Vol. 13, pp. 245-259
21. Kendall, M.G., (1970). Rank Correlation Methods, 2nd Ed., New York: Hafner.
22. www. Esri.com
23. Nouri, Seyyed Ali (2014). Geo statistical analysis in Arc GIS, Idesh Gostar publisher, Tehran. (Persian)
24. Consulting Engineers Mazand Design, (2015). Sari City Master Plan. (Persian).
25. Nazeri T., Mohammad, Keyvan Khalili and Farshad Ahmadi. (2014). Analysis of the trend of regional station changes in the past half-century of Iran, Journal of Water and Soil, Vol. 20, No. 2, pp. 643-654. (Persian)