

بررسی روند تغییرات متوسط دمای ماهانه و سالانه نیمه شمالی کشور در نیم قرن اخیر

فرشاد احمدی^{*1} - فریدون رادمش²

تاریخ دریافت: 1392/9/27

تاریخ پذیرش: 1393/4/2

چکیده

دما از عناصر اساسی شکل‌گیری اقلیم است و تغییرات آن می‌تواند ساختار آب و هوایی هر منطقه‌ای را دگرگون سازد، لذا بررسی روند دما در مقیاس‌های مختلف زمانی و مکانی بخش بزرگی از تحقیقات اقلیم‌شناسی را به خود اختصاص داده است. در این مطالعه روند متوسط دمای منطقه نیمه شمالی ایران (18 ایستگاه سینوپتیک) در مقیاس ماهانه و سالانه (1961-2010) با روش ناپارامتری من-کندال با حذف اثر کلیه ضرایب خودهمبستگی مورد آزمون قرار گرفت. به منظور تعیین شیب خط روند دما، از روش تخمین گر شیب سن استفاده شد. نتایج نشان داد که در مقیاس سالانه 61 درصد ایستگاه‌ها روند افزایشی معنی‌دار را تجربه کرده‌اند و فقط ایستگاه‌های ارومیه، زنجان، قزوین و گرگان افزایش معنی‌دار در دما نداشتند. در این بین ایستگاه اراک نیز روند کاهشی معنی‌دار و ایستگاه‌های تربت حیدریه و سقز نیز روند منفی غیرمعنی‌دار را در مقیاس سالانه تجربه کرده‌اند. در مقیاس ماهانه تعداد ماه‌های با روند افزایشی بیشتر از تعداد ماه‌ها با روند کاهشی بود. در این بین ماه‌های آوریل، سپتامبر و اکتبر بیشترین تعداد ایستگاه با روند افزایشی معنی‌دار را به خود اختصاص داده‌اند. ماه دسامبر نیز کمترین تغییرات را نسبت به سایر ماه‌ها داشته است. به طور کلی دمای منطقه مورد مطالعه در نیم قرن اخیر (1/15°C) افزایش یافته است.

واژه‌های کلیدی: آزمون من-کندال، خودهمبستگی، روند، شیب سن

مقدمه

متغیرهای مختلف اقلیمی و هیدرولوژیکی انجام شده است. در این راستا، روش‌های ناپارامتری برای بررسی وجود روند در سری‌های هیدرولوژیکی استفاده می‌شوند. شاید دلیل اصلی این است که آزمون‌های ناپارامتری برای سری داده‌هایی که توزیع آماری آنها نرمال نیست و یا دارای داده‌های بریده شده باشند، مناسب‌تر هستند. آزمون من-کندال³ (MK) یکی از پرکاربردترین روش‌های ناپارامتری برای تحلیل روند داده‌ها است (4). در سال‌های اخیر پژوهشگران زیادی از آزمون ناپارامتری MK برای بررسی روند تغییرات دما استفاده کرده‌اند که در ادامه به برخی از آنها اشاره می‌شود.

طبری و همکاران (16) روند داده‌های ماهانه، فصلی و سالانه‌ی حداقل و حداکثر درجه حرارت را برای غرب کشور بررسی کردند که در اکثر این ایستگاه‌ها روند افزایشی مشاهده گردید. ریو و همکاران (14) با استفاده از داده‌های سالانه، فصلی و ماهانه 473 ایستگاه هواشناسی در دوره آماری 46 ساله، روند دما را با استفاده از آزمون من-کندال در کشور اسپانیا مورد مطالعه قرار دادند و نتایج این تحقیق نشان داد که بیش از 60 درصد اسپانیا در فصل‌های بهار و تابستان دارای روند مثبت بوده و درجه حرارت سالانه در تمام ایستگاه‌ها حدود

تغییرات اقلیمی در عصر حاضر یکی از مسائل چالش برانگیز مرتبط با مسائل زیست محیطی است. درک ما از تأثیرات بشر روی محیط، به ویژه آنهایی که در ارتباط با گرم شدن ناشی از افزایش گازهای گلخانه‌ای هستند، نشان می‌دهد که تعدادی از پارامترها به احتمال زیاد در تغییر هستند که تعیین این تغییرات می‌تواند مشکل باشد (2). بر اساس گزارش‌های علمی، متوسط دمای هوای سطح زمین طی قرن بیستم در حدود 0/6 درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است و انتظار می‌رود که مقدار تبخیر نیز روندی صعودی داشته باشد. در این صورت اتمسفر قادر خواهد بود تا مقادیر بیشتری از بخار آب را جابه‌جا کند. پدیده گرمایش جهانی، می‌تواند مولفه‌های چرخه هیدرولوژیکی را تغییر داده و منابع آب جهانی را در زمان و مکان دوباره توزیع کند. این امر ممکن است موجب تشدید بیابان‌زایی در کشورهای خشک و نیمه‌خشک مثل ایران گردد (16). به همین دلیل در دهه‌های اخیر مطالعات زیادی در زمینه بررسی روند تغییرات

1 و 2 - دانشجوی دکتری و استادیار گروه مهندسی منابع آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

* - نویسنده مسئول: (Email: Farshad.paper@yahoo.com)

است که فرض صفر نباید رد شود. از طرفی بررسی منابع موجود هم نشان می‌دهد که تاکنون مطالعه جامعی بر روی تغییرات روند متوسط درجه حرارت نیمه شمالی کشور با در نظر گرفتن اثر ضرایب خودهمبستگی صورت نگرفته است. لذا با توجه به اهمیت موضوع هدف این مطالعه بررسی روند متوسط درجه حرارت ماهانه و سالانه نیمه شمالی کشور با در نظر گرفتن اثر ضرایب خودهمبستگی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

داده‌ها و منطقه مورد مطالعه

در این مطالعه روند تغییرات متوسط دمای هوا در دو مقیاس سالانه و ماهانه در نیمه شمالی کشور شامل استان‌های آذربایجان غربی و شرقی، تهران، خراسان رضوی و شمالی، زنجان، سمنان، قزوین، کردستان، کرمانشاه، گیلان، لرستان، مازندران و مرکزی مورد بررسی قرار می‌گیرد. در هر استان ایستگاه‌های سینوپتیک موجود بررسی شده و ایستگاه‌هایی که طول دوره آماری آن‌ها پنجاه سال (2010-1961) بودند برای انجام تحلیل روند انتخاب شده‌اند. مشخصات ایستگاه‌های منتخب در جدول 1 ذکر شده است.

آنالیز روند

هدف از آزمون روند این است که وجود و یا عدم وجود سیر صعودی یا نزولی در سری داده‌ها بررسی گردد. در این مطالعه برای بررسی روند متوسط درجه حرارت ماهانه و سالانه ایستگاه‌های منتخب از ویرایش سوم آزمون من - کندال استفاده گردید. شرط لازم برای استفاده از این آزمون عدم وجود ضریب خودهمبستگی معنی‌دار در سری زمانی داده‌هاست. این آزمون در ادامه شرح داده می‌شود.

آزمون من - کندال مرسوم (MK1)

این روش، که فرم کلاسیک آزمون من - کندال می‌باشد در بسیاری از مطالعات مورد استفاده قرار گرفته است. اگر تعداد سری - زمانی در دوره مورد مطالعه n باشد، ابتدا آماره S به شرح زیر محاسبه می‌شود:

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

که در آن x_j مقدار داده j ام، n طول دوره آماری و $\text{sgn}(\theta)$ تابع علامت می‌باشد که به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} +1 & \text{if } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{if } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{if } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (2)$$

0/1 الی 0/2 درجه سانتی‌گراد افزایش داشته است. طبری و حسین‌زاده (17) روند دما ماکزیمم و مینیمم دمای سالانه، فصلی و ماهانه را در 19 ایستگاه سینوپتیک واقع در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران در دوره آماری 30 ساله با استفاده از آزمون من - کندال مورد مطالعه قرار داده و نتایج این تحقیق نشان داد درجه حرارت ماکزیمم و مینیمم سالانه به ترتیب 0/09 و 0/444 درجه سانتی‌گراد در هر دهه افزایش داشته است. یانگ و همکاران (20) روند دما و بارش میانگین ماهانه 53 ساله در حوضه رودخانه ژانگوبیان و پنج ایستگاه هواشناسی اطراف آن را با استفاده از آزمون من - کندال روند مورد بررسی قرار داده و روند کاهشی معنی‌دار در بارندگی سالانه و روند صعودی دما را در فصل‌های تابستان و بهار گزارش نمودند. مارتینز و همکاران (13) تغییرات روند متوسط دما ایالت فلوریدای آمریکا را در دو دوره زمانی (1895-2009) و (1970-2009) با استفاده از آزمون من - کندال مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که در هر دو دوره مورد مطالعه، دما روند صعودی را در این ایالت تجربه کرده است. وانگ و همکاران (22) روند تغییرات سالانه دما و بارش را در طی پنجاه سال برای منطقه لوئیس پلاتیو¹ مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که میانگین سالانه درجه حرارت منطقه مورد مطالعه $1/19^\circ\text{C}$ در پنجاه سال گذشته افزایش و میزان بارندگی $29/11(\text{mm}/50\text{year})$ کاهش یافته است. بوکولاری و ملموسی (6) روند کمینه و بیشینه و متوسط درجه حرارت را در منطقه مودنا² بررسی کرده و نشان دادند که درجه حرارت کمینه و بیشینه روند معنی‌داری نداشته و به ترتیب در هر دهه 0/1 درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است. گوجیک و تراجوویچ (8) روند تغییرات دمای فصلی و سالانه سیبری را با استفاده از آزمون من - کندال مورد مطالعه قرار دادند. نتایج به دست آمده بیانگر آن است که درجه حرارت فصلی و سالانه از روند صعودی معنی‌دار برخوردار است. کوثری و همکاران (10) تغییرات درجه حرارت بیشینه را در کل کشور مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاکی از آن است که در ماه‌ها و فصل‌های گرم سال روند افزایشی معنی‌دار در کل کشور وجود دارد و به طور کلی در مقیاس سالانه تقریباً پنجاه درصد ایستگاه‌ها دارای روند افزایشی بودند.

فرض اصلی بیشتر مطالعات تحلیل روند با استفاده از آزمون من - کندال بر این است که داده‌های نمونه خودهمبستگی معنی‌داری ندارند، با این حال ممکن است برخی سری‌های هیدرولوژیکی دارای ضریب خودهمبستگی معنی‌دار باشند. چنانچه یک سری دارای ضرایب خودهمبستگی مثبت باشد، احتمال اینکه آزمون من - کندال وجود روند را در این سری نشان دهد افزایش می‌یابد. در این صورت فرض صفر، مبنی بر عدم وجود روند، رد می‌شود. در حالی که حقیقت این

1 - Loess Plateau

2 - Modena

جدول 1- مشخصات ایستگاه‌های منتخب

ردیف	ایستگاه	دوره آماری	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ردیف	ایستگاه	دوره آماری	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
1	اراک	1961-2010	49-46	34-06	10	زنجان	1961-2010	29-48	36-41
2	ارومیه	1976-2010	45-05	37-32	11	سبزوار	1961-2010	57-43	36-12
3	بابلسر	1961-2010	52-39	36-43	12	سقز	1961-2010	46-16	36-15
4	تبریز	1961-2010	46-17	38-05	13	سنندج	1961-2010	47-00	35-20
5	ترت حیدریه	1976-2010	59-13	35-16	14	شاهرود	1961-2010	54-57	36-25
6	تهران	1961-2010	51-19	35-41	15	قزوین	1961-2010	50-30	36-15
7	خوی	1961-2010	44-58	38-33	16	کرمانشاه	1961-2010	47-09	34-19
8	رامسر	1961-2010	50-40	36-54	17	گرگان	1961-2010	54-16	36-51
9	رشت	1961-2010	49-39	37-12	18	مشهد	1961-2010	59-38	36-16



شکل 1- موقعیت مکانی ایستگاه‌های سینوپتیک مورد مطالعه

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{Var(s)}} & \text{if } S > 0 \\ 0 & \text{if } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{Var(s)}} & \text{if } S < 0 \end{cases} \quad (6)$$

فرض صفر (عدم وجود روند) به شرط $-Z_{1-\alpha/2} \leq Z \leq Z_{1-\alpha/2}$ پذیرفته می‌شود و در غیر این صورت، H_0 رد و فرض مخالف آن یعنی وجود روند پذیرفته می‌شود (1).

آزمون MK2

این روش توسط کومار و همکاران (11) شرح داده شده است. در

به ازای $n \geq 8$ آماره S دارای توزیع نرمال بوده و میانگین و واریانس آن به شرح زیر می‌باشد:

$$E(s) = 0 \quad (3)$$

$$Var(S) = \frac{n - (n-1)(2n+5) - \beta}{18} \quad (4)$$

β عاملی مربوط به تصحیح پراکندگی است و در صورتی که داده‌های تکراری در سری مورد بررسی وجود داشته باشد از رابطه زیر محاسبه شده و در واریانس اعمال می‌شود.

$$\beta = \sum_{i=1}^m t_i (t_i - 1)(2t_i - 5) \quad (5)$$

که در آن t_i تعداد داده‌های یکسان در دسته i ام می‌باشد. در نهایت آماره آزمون MK یا Z به شکل زیر محاسبه می‌شود:

$$V(S)^* = V(S) \frac{n}{n^*} \quad (11)$$

$$\frac{n}{n^*} = 1 + \frac{2}{n(n-1)(n-2)} \quad (12)$$

$\sum_{i=1}^{n-1} (n-i)(n-i-1)(n-i-2)r_i$
 که در آن r_i ضریب خود همبستگی با تاخیر i بوده و $V(S)$ از رابطه 4 تخمین زده می‌شود. برای محاسبه آماره Z من- کندال اصلاح شده در رابطه 6 $V(S)$ با $V(S)^*$ جایگزین می‌گردد. مقدار آماره Z به دست آمده از رابطه فوق با Z استاندارد نرمال در سطح معنی‌داری α مقایسه می‌شود.

شیب خط روند با روش تخمین‌گر سن

در آزمون من- کندال شیب خط روند سری داده‌ها با روش تخمین‌گر سن از رابطه ناپارامتری زیر محاسبه می‌گردد:

$$\beta = \text{Median} \left[\frac{X_j - X_i}{j - i} \right] (\forall j > i) \quad (13)$$

که در آن β برآوردگر شیب خط روند و X_i, X_j به ترتیب مقادیر مشاهداتی i ام و j ام می‌باشند. مقادیر مثبت (منفی) β نشان دهنده روند افزایشی (کاهشی) در سری است (5).

نتایج

جدول 2، 3 و 4 نتایج بررسی روند تغییرات متوسط دمای ماهانه و سالانه نیمه شمالی کشور را (شامل 12 سری ماهانه و یک سری سالانه) برای هریک از 18 ایستگاه مورد مطالعه پس از حذف اثر همه ضرایب خودهمبستگی معنی‌دار نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که در این جداول ارقام پررنگ نشان دهنده معنی‌داری روند بوده و معنی‌دار در سطوح 10، 5، 1 و درصد به ترتیب با یک، دو و سه ستاره مشخص شده‌اند. در ادامه وضعیت روند دمای هر یک از ایستگاه‌ها به تفکیک ارائه می‌شود.

ایستگاه سینوپتیک اراک: نتایج آزمون MK3 ارائه شده در جدول 2 برای ایستگاه سینوپتیک اراک، نشان دهنده روند نزولی دما در مقیاس ماهانه و سالانه است. در مقیاس ماهانه، ماه‌های آوریل و ژوئیه دارای روند نزولی غیر معنی‌دار می‌باشند، اما سایر ماه‌ها روند کاهشی معنی‌دار را تجربه کرده‌اند. با توجه به آماره شیب سن، بیشترین رشد منفی در ماه‌های ژانویه، اکتبر و دسامبر رخ داده است که به ترتیب معادل $(-3/5) = (50 \times (-0/070))$ ، $3/35$ و $4/10$ درجه سانتی‌گراد کاهش در پنجاه سال گذشته می‌باشد. در مقیاس سالانه نیز روند نزولی دما در سطح 5 درصد معنی‌دار می‌باشد که این امر به دلیل کاش شدید دما در مقیاس ماهانه است. در نیم قرن اخیر با توجه

این روش اثر ضریب خودهمبستگی مرتبه اول (r_1) محاسبه و در صورتی که معنی‌دار باشد، از سری داده‌ها حذف می‌گردد. برای این کار مراحل زیر انجام می‌شود (5):

1- ضریب خودهمبستگی مرتبه اول، r_1 ، از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$r_k = \frac{\frac{1}{n-k} \sum_{i=1}^{n-k} (x_i - \bar{x})(x_{i+k} - \bar{x})}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (7)$$

2- داده‌ها در صورتی در سطح معنی‌داری 10 درصد مستقل فرض می‌شوند که شرط

$$\frac{-1 - 1.645\sqrt{n-2}}{n-2} \leq r_1 \leq \frac{-1 + 1.645\sqrt{n-2}}{n-2}$$

باشد که در این حالت آزمون MK با روش کلاسیک یا MK1 انجام می‌شود در غیر این صورت خودهمبستگی داده‌ها به صورت زیر حذف خواهد شد.

3- شیب خط روند یا β برای سری داده‌ها از رابطه 13 محاسبه و سری جدیدی به شرح زیر به دست می‌آید.

$$x'_i = x_i - (\beta \times i) \quad (8)$$

4- ضریب r_1 داده‌های سری جدید مجدداً محاسبه می‌شود.

5- مولفه خودهمبستگی مرتبه اول AR(1)، از سری جدید به شرح زیر حذف و سری باقیمانده‌ها (y'_i) از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$y'_i = x'_i - r_1 \times x'_{i-1} \quad (9)$$

6- مقدار روند $(\beta \times i)$ به سری باقیمانده‌ها افزوده می‌شود و سری نهایی (y_i) به شرح زیر به دست می‌آید:

$$y_i = y'_i + (\beta \times i) \quad (10)$$

آزمون MK برای سری داده‌های جدید (y_i) اعمال می‌شود و معنی‌داری روند آن مورد آزمون قرار می‌گیرد.

آزمون من- کندال اصلاح شده (MK3)

آزمون اصلاح شده من- کندال توسط حامد و راثو (9) ارائه و توسط کومار و همکاران (11) برای تحلیل روند رودخانه‌های هند به کار رفته است. در این روش اثر همه ضرایب خودهمبستگی معنی‌دار از داده‌ها حذف می‌شود و برای سری‌هایی مورد استفاده قرار می‌گیرد که ضرایب خودهمبستگی آنها در یک یا چند مورد معنی‌دار باشند. در این روش ابتدا واریانس اصلاح شده $V(S)^*$ ، برای محاسبه آماره من- کندال به شرح زیر محاسبه می‌شود:

ایستگاه سینوپتیک تهران: در جدول 2 آماره Z آزمون من-کندال اصلاح شده برای ایستگاه سینوپتیک تهران ذکر شده است. با توجه به این جدول، مشاهده می‌شود که این ایستگاه روند افزایشی معنی‌دار دما را در تمامی ماه‌های سال تجربه کرده است. بیشترین نرخ افزایش دما مربوط به ماه فوریه با $(3/05^{\circ}\text{C})$ و کمترین افزایش نیز برای ماه ژوئیه با $(1/40^{\circ}\text{C})$ می‌باشد. در مقیاس سالانه نیز روند معنی‌دار صعودی دما مشاهده می‌شود که به دلیل افزایش ماهانه درجه حرارت در این ایستگاه بوده است. همچنین در پنجاه سال گذشته با توجه به شیب سن، $(2/35^{\circ}\text{C})$ به دمای سالانه تهران افزوده شده است.

ایستگاه سینوپتیک خوی: جدول 3 نتایج مربوط به آزمون من-کندال را برای ایستگاه سینوپتیک خوی ارائه می‌دهد. نتایج حاکی از آن است که در ماه‌های آوریل، ژوئن، سپتامبر و اکتبر دما با روند معنی‌داری افزایش پیدا کرده است به طوری که بیشترین مقدار افزایش دما در ماه اکتبر بوده و مقدار آن معادل $(2/45^{\circ}\text{C})$ در پنجاه سال گذشته می‌باشد. کمترین مقدار افزایش دما مربوط به ماه آوریل با مقدار $(1/65^{\circ}\text{C})$ می‌باشد. در مقیاس سالانه نیز روند صعودی دما با توجه به آماره Z من-کندال معنی‌دار بوده و در نیم قرن اخیر به میزان $(1/75^{\circ}\text{C})$ افزایش یافته است.

ایستگاه سینوپتیک رامسر: جدول 3 نتایج آزمون من-کندال را برای ایستگاه سینوپتیک رامسر نشان می‌دهد. با توجه به نتایج حاصله، روند افزایشی معنی‌دار دما در ماه‌های ژوئن، ژوئیه، اوت، سپتامبر و اکتبر قابل مشاهده است. در این بین بیشترین مقدار افزایش دما مربوط به ماه اوت با شیب سن $0/050$ و مقدار $(2/50^{\circ}\text{C})$ می‌باشد. همچنین کمترین مقدار افزایش نیز در ماه اکتبر با مقدار $(1/15^{\circ}\text{C})$ رخ داده است. در مقیاس سالانه نیز روند معنی‌دار افزایشی دما مشاهده می‌شود و میزان رشد دما در پنجاه سال گذشته با توجه به شیب سن، برابر با $(1/35^{\circ}\text{C})$ محاسبه شد.

ایستگاه سینوپتیک رشت: در جدول 3 نتایج آزمون من-کندال برای ایستگاه سینوپتیک رشت ارائه شده است. با توجه به نتایج این جدول مشاهده می‌شود که در مقیاس ماهانه روند افزایشی در تمامی ماه‌ها وجود دارد. اما در ماه‌های مارس، ژوئیه، اوت، سپتامبر و اکتبر دما در این ایستگاه روند افزایشی معنی‌دار را تجربه کرده و با توجه به شیب سن می‌توان دریافت که در ماه‌های مذکور در پنج دهه گذشته به ترتیب، مقدار دما $(1/55^{\circ}\text{C})$ ، $(1/30^{\circ}\text{C})$ ، $(2/45^{\circ}\text{C})$ ، $(1/75^{\circ}\text{C})$ و $(2/20^{\circ}\text{C})$ افزایش داشته است. در مقیاس سالانه نیز روند صعودی معنی‌دار دما قابل مشاهده است و $(1/15^{\circ}\text{C})$ به میانگین سالانه ایستگاه سینوپتیک رشت در پنجاه سال گذشته افزوده شده است.

ایستگاه سینوپتیک زنجان: نتایج آزمون من-کندال ارائه شده در جدول 3 نشان می‌دهد که ایستگاه سینوپتیک زنجان در مقیاس ماهانه روند معنی‌دار افزایشی یا کاهش دما را در هیچ‌کدام از ماه‌ها

به شیب سن، $(2/85^{\circ}\text{C})$ از دمای سالانه ایستگاه سینوپتیک اراک کاسته شده است.

ایستگاه سینوپتیک ارومیه: نتایج آزمون من-کندال اصلاح شده برای ایستگاه سینوپتیک ارومیه در جدول 2 ارائه شده است. با توجه به این جدول روند مثبت معنی‌دار دما در سطح 10 درصد برای ماه‌های فوریه و آوریل مشاهده شده و مقدار افزایش دما نیز در این ماه‌ها به ترتیب برابر با $(3/10^{\circ}\text{C})$ و $(1/00^{\circ}\text{C})$ محاسبه گردید. ماه‌های ژانویه، مارس، ژوئن و اکتبر روند افزایشی غیرمعنی‌دار و ماه‌های می، ژوئیه، اوت، سپتامبر، نوامبر و دسامبر روند کاهش غیرمعنی‌دار داشتند. در مقیاس سالانه نیز با توجه به آماره Z من-کندال محاسبه شده برای ایستگاه سینوپتیک ارومیه، روند صعودی خفیفی مشاهده می‌شود که معنی‌دار نیست.

ایستگاه سینوپتیک بابل: براساس نتایج ارائه شده برای ایستگاه سینوپتیک بابل در جدول 2، می‌توان نتیجه گرفت که افزایش دما در تمامی ماه‌های سال در این ایستگاه اتفاق افتاده است. در این بین فقط ماه دسامبر روند افزایشی معنی‌دار نداشته ولی روند سایر ماه‌ها معنی‌دار می‌باشد. با توجه به شیب سن، بیشترین مقدار افزایش دما در پنجاه سال گذشته، مربوط به ماه‌های مارس $(1/8^{\circ}\text{C})$ ، سپتامبر $(2/1^{\circ}\text{C})$ و اکتبر $(2/4^{\circ}\text{C})$ می‌باشد. در مقیاس سالانه نیز روند مثبت دما برای ایستگاه سینوپتیک بابل در سطح 5 درصد معنی‌دار بوده و در نیم قرن اخیر $(1/7^{\circ}\text{C})$ افزایش دما را تجربه کرده است.

ایستگاه سینوپتیک تبریز: نتایج آزمون من-کندال برای ایستگاه سینوپتیک تبریز در جدول 2 نشان داده شده است. با توجه به نتایج ذکر شده در این جدول می‌توان نتیجه گرفت که ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس، آوریل، می، ژوئن، اوت، سپتامبر و اکتبر روند معنی‌دار افزایش دما را در دوره مورد مطالعه داشته‌اند. در سایر ماه‌ها نیز روند صعودی دما وجود دارد اما میزان افزایش معنی‌دار نیست. در مقیاس ماهانه ایستگاه سینوپتیک تبریز، بیشترین افزایش دما مربوط به ماه فوریه و برابر با $(3/05^{\circ}\text{C})$ می‌باشد. همچنین ماه می با $(1/25^{\circ}\text{C})$ افزایش دما، کمترین مقدار صعود را در این ایستگاه داشته است. در مقیاس سالانه نیز روند افزایشی دما معنی‌دار بوده و میزان افزایش آن با توجه به شیب سن در پنجاه سال گذشته، برابر با $(2/15^{\circ}\text{C})$ به دست آمده است.

ایستگاه سینوپتیک تربت حیدریه: نتایج آزمون من-کندال ارائه شده در جدول 2 نشان می‌دهد که این ایستگاه در مقیاس ماهانه روند معنی‌دار افزایشی یا کاهش دما را در هیچ‌کدام از ماه‌ها تجربه نکرده است. در ماه‌های ژانویه، مارس، می، ژوئیه و دسامبر روند منفی و در سایر ماه‌ها روند مثبت غیرمعنی‌دار در دما مشاهده گردید. در مقیاس سالانه نیز به دلیل عدم وجود روند در مقیاس ماهانه، افزایش معنی‌داری در دمای سالانه وجود ندارد.

شیب سن، ($2/15^{\circ}\text{C}$) به دمای سالانه شاهرود افزوده شده است. **ایستگاه سینوپتیک قزوین:** نتایج آزمون من-کندال ارائه شده در جدول 4 نشان می‌دهد که این ایستگاه در مقیاس ماهانه روند معنی‌دار افزایشی یا کاهش‌ی دما را در هیچ کدام از ماه‌ها تجربه نکرده است. در ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس، آوریل، اوت، سپتامبر و اکتبر روند مثبت غیرمعنی‌دار و در سایر ماه‌ها روند منفی غیر معنی‌دار در مقیاس ماهانه مشاهده گردید. در مقیاس سالانه نیز به دلیل عدم وجود روند در مقیاس ماهانه، افزایش معنی‌داری در دمای سالانه اتفاق نیافتاده است.

ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه: نتایج آزمون من-کندال اصلاح شده برای ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه در جدول 4 ارائه شده است. براساس نتایج به دست آمده مشاهده می‌شود که به جز ماه‌های ژانویه و فوریه که روند تغییرات دما در آنها معنی‌دار نیست، سایر ماه‌ها روند افزایشی معنی‌داری را تجربه کرده‌اند. بیشترین مقدار افزایش دما در ماه ژوئن برابر با ($3/40^{\circ}\text{C}$) به وقوع پیوسته و کمترین میزان افزایش دما مربوط به ماه نوامبر و معادل ($1/25^{\circ}\text{C}$) می‌باشد. در مقیاس سالانه نیز با توجه به روند افزایشی ماهانه، دما روند معنی‌دار صعودی دارد و در دوره آماری مورد مطالعه به میزان ($2/50^{\circ}\text{C}$) افزایش یافته است.

ایستگاه سینوپتیک گرگان: نتایج آزمون من-کندال اصلاح شده برای ایستگاه سینوپتیک گرگان در جدول 4 ارائه شده است. با توجه به نتایج جدول 4 مشاهده می‌شود که ماه‌های اوت، سپتامبر و اکتبر روند افزایشی معنی‌دار دما را تجربه کرده‌اند و براساس شیب سن، مقدار افزایش دما برای ماه‌های مذکور در پنجاه سال گذشته به ترتیب، برابر ($1/75^{\circ}\text{C}$)، ($1/20^{\circ}\text{C}$) و ($1/50^{\circ}\text{C}$) محاسبه شد. در این بین نیز ماه‌های ژانویه، فوریه، آوریل، می، نوامبر و دسامبر روند منفی غیرمعنی‌دار و ماه‌های مارس، ژوئن و ژوئیه روند مثبت غیرمعنی‌دار دارند. در مقیاس سالانه، ایستگاه سینوپتیک گرگان با آماره Z، معادل $1/23$ روند افزایشی غیرمعنی‌دار دما را نشان می‌دهد.

ایستگاه سینوپتیک مشهد: در جدول 4 آماره Z آزمون من-کندال اصلاح شده برای ایستگاه سینوپتیک مشهد را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج این جدول مشاهده می‌شود که شهر مشهد به مانند تهران روند افزایشی معنی‌دار دما را در تمامی ماه‌های سال تجربه کرده است. بیشترین نرخ افزایش دما مربوط به ماه ژانویه با ($4/00^{\circ}\text{C}$) و کمترین افزایش نیز برای ماه می با ($2/00^{\circ}\text{C}$) می‌باشد. در مقیاس سالانه نیز روند صعودی معنی‌دار دما وجود دارد و ($3/15^{\circ}\text{C}$) به میانگین سالانه ایستگاه سینوپتیک مشهد در پنجاه سال گذشته افزوده شده است.

شکل 1 نمودار جعبه و خط را برای آماره Z ماهانه و سالانه ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد. می‌توان در این شکل مشاهده کرد خط میانه Z ها در تمامی ماه‌ها مثبت و بالای صفر

نداشته است. در ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس، آوریل، می، اوت، سپتامبر، اکتبر و دسامبر (سایر ماه‌ها) روند مثبت (منفی) غیرمعنی‌دار در دما مشاهده گردید. در مقیاس سالانه نیز به دلیل عدم وجود روند در مقیاس ماهانه، روند معنی‌داری در دمای سالانه وجود ندارد.

ایستگاه سینوپتیک سبزوار: در جدول 3 آماره Z آزمون من-کندال برای ایستگاه سینوپتیک سبزوار ارائه شده است. با توجه به این جدول مشاهده می‌شود که در این ایستگاه روند تغییرات دما برای تمامی ماه‌های سال افزایشی و معنی‌دار می‌باشد. بیشترین نرخ افزایش دما مربوط به ماه ژانویه معادل ($3/55^{\circ}\text{C}$) و کمترین افزایش نیز برای ماه نوامبر برابر با ($1/65^{\circ}\text{C}$) می‌باشد. در مقیاس سالانه نیز روند افزایشی دما معنی‌دار می‌باشد و با توجه به آماره شیب سن، ($2/50^{\circ}\text{C}$) به دمای سالانه سبزوار در پنجاه سال گذشته افزوده شده است.

ایستگاه سینوپتیک سقز: نتایج آزمون من-کندال ارائه شده در جدول 3 نشان می‌دهد که ایستگاه سینوپتیک سقز در ماه‌های می، ژوئیه و نوامبر با روند کاهش‌ی معنی‌دار دما مواجه بوده و با توجه به شیب سن، برای ماه‌های مذکور در پنجاه سال گذشته میزان رشد منفی دما به ترتیب، ($2/25^{\circ}\text{C}$)، ($2/05^{\circ}\text{C}$) و ($1/45^{\circ}\text{C}$) محاسبه شد. در مقیاس سالانه نیز روند تغییرات دما برای ایستگاه سینوپتیک سقز کاهش‌ی و غیرمعنی‌دار به دست آمد.

ایستگاه سینوپتیک سنندج: در جدول 4 نتایج آزمون من-کندال اصلاح شده برای ایستگاه سینوپتیک سنندج ارائه شده است. با توجه به نتایج، این جدول مشاهده می‌شود که در ماه‌های فوریه، مارس، آوریل و می روند افزایشی معنی‌دار دما وجود دارد و در ماه‌های ژانویه، ژوئن، ژوئیه، اوت، سپتامبر، اکتبر، نوامبر و دسامبر روند معنی‌دار وجود ندارد. در این ایستگاه نیز با توجه به شیب سن، بیشترین و کمترین افزایش دما مربوط به ماه‌های فوریه و می می‌باشد که به ترتیب ($3/10^{\circ}\text{C}$) و ($1/15^{\circ}\text{C}$) افزایش را در پنجاه سال گذشته تجربه کرده است. در مقیاس سالانه، ایستگاه سینوپتیک سنندج با آماره Z معادل $2/09$ و شیب سن $0/033$ روند معنی‌دار افزایش دما را تجربه کرده و در دوره آماری مورد مطالعه (1961-2010) ($1/65^{\circ}\text{C}$) به دمای سالانه افزوده شده است.

ایستگاه سینوپتیک شاهرود: در جدول 4 آماره Z آزمون من-کندال اصلاح شده برای ایستگاه سینوپتیک شاهرود آورده شده است. با توجه به این جدول مشاهده می‌شود که در ماه‌های ژانویه، آوریل، می، ژوئن، ژوئیه، اوت، سپتامبر، اکتبر، نوامبر و دسامبر روند افزایشی معنی‌دار وجود دارد. به عبارت دیگر این ایستگاه روند صعودی معنی‌دار دما را در 10 ماه از سال تجربه کرده است. بیشترین نرخ افزایش دما مربوط به ماه اکتبر معادل ($3/05^{\circ}\text{C}$) و کمترین افزایش نیز برای ماه دسامبر برابر با ($1/25^{\circ}\text{C}$) می‌باشد. در مقیاس سالانه نیز روند معنی‌دار صعودی دما مشاهده می‌شود که به دلیل افزایش ماهانه درجه حرارت در این ایستگاه بوده است. همچنین در پنجاه سال گذشته با توجه به

پایین جعبه‌ها در خصوص ماه نوامبر در مقایسه با دیگر ماه‌های سال بیشتر است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات روند در بین ایستگاه‌های منطقه در ماه نوامبر بیشتر از ماه‌های دیگر سال است.

است. خط میانه جعبه‌های مربوط به ماه‌های آوریل، سپتامبر و اکتبر در مقایسه با دیگر ماه‌های سال در موقعیت بالاتری نسبت به سایر ماه‌ها قرار دارد. این نشان می‌دهد که در ماه‌های فصل پاییز روند افزایشی دما نسبت به سایر فصل‌ها شدیدتر است. فاصله خطوط بالا و

جدول 2- نتایج آزمون من - کندال اصلاح شده برای ایستگاه‌های اراک، ارومیه، بابلسر، تبریز، تربت حیدریه و تهران

ردیف	مقیاس زمانی	اراک (1961-2010)		ارومیه (1961-2010)		بابلسر (1961-2010)		تبریز (1961-2010)		تربت حیدریه (1961-2010)		تهران (1961-2010)	
		شیب سن	Z	شیب سن	Z	شیب سن	Z	شیب سن	Z	شیب سن	Z	شیب سن	Z
1	ژانویه	-2/04**	0/07	0/047	1/19	0/031	1/93	0/056	1/71*	0/19	-0/003	2/25**	0/058
2	فوریه	-1/65*	-0/053	0/062	1/93	0/029	1/71*	0/061	2/08**	0/20	0/003	2/40***	0/061
3	مارس	-1/65*	-0/045	0/017	0/63	0/037	2/26**	0/050	2/05**	-0/78	-0/017	2/31**	0/054
4	آوریل	-0/49	-0/050	0/020	1/85*	0/031	2/68***	0/052	2/87***	0/64	0/011	3/65***	0/068
5	می	-1/97**	-0/028	-0/011	-0/50	0/022	1/83*	0/025	2/07**	-0/22	-0/003	2/30**	0/032
6	ماهها	-2/71***	-0/042	0/013	0/58	0/036	2/94***	0/046	2/85***	-0/15	0/000	2/32**	0/040
7	نه	-1/16	-0/029	-0/007	-0/54	0/023	2/45***	0/022	1/57	-0/47	-0/007	2/56***	0/028
8	اوت	-2/54***	-0/038	0/000	-0/04	0/050	2/03**	0/037	2/59***	0/81	0/011	1/98**	0/041
9	سپتامبر	-1/76*	-0/058	-0/013	-0/78	0/042	3/28***	0/038	3/06***	-0/25	0/000	2/56***	0/043
10	اکتبر	-2/26**	-0/067	0/000	0/06	0/048	2/74***	0/048	2/91***	0/41	0/006	3/01***	0/060
11	نوامبر	-2/03**	-0/061	-0/027	-0/87	0/025	2/43***	0/011	1/03	0/11	0/000	2/30**	0/037
12	دسامبر	-2/55***	-0/082	-0/002	-0/13	0/026	1/54	0/030	1/10	-0/22	-0/004	1/71*	0/041
13	سالانه	-1/94**	-0/057	0/017	0/99	0/035	2/19**	0/043	2/17**	-0/14	0/000	2/06**	0/047

*-روندهای معنی‌دار در سطوح 5، 10 و 1 درصد به ترتیب با یک، دو و سه ستاره به صورت پررنگ مشخص شده‌اند.
*-واحد شیب سن درجه سانتی‌گراد در سال است.

جدول 3- نتایج آزمون من - کندال اصلاح شده برای ایستگاه‌های خوی، رامسر، رشت، زنجان، سبزوار و سقز

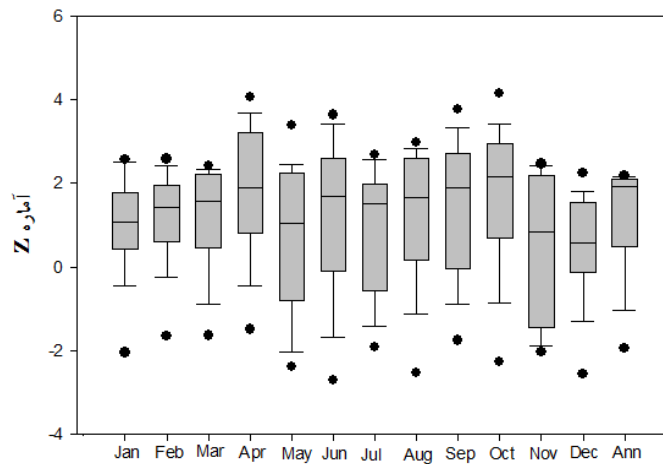
ردیف	مقیاس زمانی	خوی (1961-2010)		رامسر (1961-2010)		رشت (1961-2010)		زنجان (1961-2010)		سبزوار (1961-2010)		سقز (1961-2010)	
		شیب سن	Z	شیب سن	Z	شیب سن	Z	شیب سن	Z	شیب سن	Z	شیب سن	Z
1	ژانویه	0/023	0/05	0/019	1/05	0/016	0/91	0/020	0/51	0/071	2/56***	0/41	0/015
2	فوریه	0/056	1/36	0/014	0/77	0/012	0/66	0/033	1/02	0/052	2/13**	0/46	0/022
3	مارس	0/035	1/51	0/025	1/56	0/031	1/87*	0/017	0/53	0/048	2/41***	-0/72	-0/021
4	آوریل	0/033	1/96**	0/015	1/21	0/027	1/62	0/028	1/81	0/062	3/23***	-0/30	-0/003
5	می	0/017	1/28	0/004	1/42	0/007	0/79	-0/008	-0/72	0/033	2/24**	-2/37***	-0/045
6	ژوئن	0/041	1/95**	0/030	2/50***	0/025	1/47	-0/005	-0/41	0/040	3/41***	-1/55	-0/041
7	ژوئیه	0/020	1/41	0/023	2/10**	0/026	1/96**	-0/012	-0/62	0/034	1/79*	-1/90*	-0/041
8	اوت	0/040	1/46	0/050	1/64*	0/049	2/70***	0/000	0/19	0/054	2/64***	-0/95	-0/020
9	سپتامبر	0/036	1/82*	0/040	3/76***	0/035	3/18***	0/000	0/04	0/048	1/95**	-0/51	-0/012
10	اکتبر	0/049	2/35***	0/042	2/77***	0/044	3/03***	0/013	0/77	0/060	3/55***	-0/68	-0/011
11	نوامبر	0/019	1/38	0/016	1/57	0/004	0/30	-0/027	-1/82	0/046	2/19**	-1/71*	-0/029
12	دسامبر	0/000	-0/07	0/008	0/05	0/012	0/64	0/003	0/08	0/048	3/61***	0/08	0/002
13	سالانه	0/035	2/12**	0/027	1/71*	0/023	2/13***	0/008	0/51	0/050	2/05**	-0/93	-0/012

جدول 4- نتایج آزمون من - کندال اصلاح شده برای ایستگاه‌های سنندج، شاهرود، قزوین، کرمانشاه، گرگان و مشهد

ردیف	مقیاس زمانی	سنندج (1961-2010)		شاهرود (1961-2010)		قزوین (1961-2010)		کرمانشاه (1961-2010)		گرگان (1961-2010)		مشهد (1961-2010)	
		شیب سن	Z	شیب سن	Z	شیب سن	Z	شیب سن	Z	شیب سن	Z	شیب سن	Z
1	ژانویه	0/035	1/47	0/040	1/68 [*]	0/012	0/43	0/030	1/13	-0/007	-0/26	2/51 ^{***}	0/080
2	فوریه	0/062	2/58 ^{***}	0/038	1/48	0/026	1/00	0/043	1/47	-0/002	-0/08	1/91 [*]	0/056
3	مارس	0/046	1/93 [*]	0/036	1/59	0/006	0/21	0/039	2/32 ^{**}	0/018	0/85	2/21 ^{**}	0/047
4	آوریل	0/047	3/21 ^{***}	0/051	3/09 ^{***}	0/012	0/87	0/054	4/07 ^{***}	-0/006	-0/33	3/21 ^{***}	0/060
5	می	0/023	1/88 [*]	0/039	2/34 ^{***}	-0/020	-0/97	0/050	3/39 ^{***}	-0/013	-1/21	2/23 ^{**}	0/040
6	ژوئن	0/033	1/31	0/048	3/64 ^{***}	0/000	-0/09	0/068	1/94 [*]	0/010	0/80	1/88 [*]	0/067
7	ژوئیه	0/018	1/43	0/039	2/68 ^{***}	-0/011	-1/35	0/046	1/92 [*]	0/018	1/34	1/92 [*]	0/058
8	اوت	0/016	1/52	0/044	2/98 ^{***}	0/000	0/15	0/054	1/69 [*]	0/035	2/82 ^{***}	1/68 [*]	0/068
9	سپتامبر	0/009	0/53	0/050	2/60 ^{***}	0/003	0/29	0/045	2/06 ^{**}	0/024	2/11 ^{**}	1/75 [*]	0/070
10	اکتبر	0/027	1/31	0/061	2/85 ^{***}	0/021	0/93	0/058	1/95 [*]	0/030	1/74 [*]	4/15 ^{***}	0/075
11	نوامبر	0/006	0/63	0/032	2/19 ^{**}	-0/017	-1/34	0/025	2/09 ^{**}	-0/014	-1/24	2/46 ^{***}	0/050
12	دسامبر	0/025	1/29	0/025	2/24 ^{**}	-0/001	-0/11	0/047	2/24 ^{**}	-0/021	-1/16	1/77 [*]	0/055
13	سالانه	0/033	2/09 ^{**}	0/043	1/98 ^{**}	0/010	0/48	0/050	1/94 [*]	0/010	1/23	1/91 [*]	0/063

* - روندهای معنی‌دار در سطوح 10، 5 و 1 درصد به ترتیب با یک، دو و سه ستاره به صورت پرنگ مشخص شده‌اند.

* - واحد شیب سن درجه سانتی‌گراد در سال است.



مقیاس زمانی ماهانه و سالانه

شکل 1- نمودار جعبه و خط برای آماره Z ماهانه و سالانه ایستگاه‌های مورد مطالعه

خودهمبستگی می‌باشد. برای بررسی شیب خط روند از آزمون برآوردگر سن استفاده شد. برای بررسی داده‌ها، دوره آماری یکسان 1961-2010 در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که در حالت کلی متوسط دمای منطقه مورد مطالعه روند افزایشی دارد. در مقیاس

نتیجه‌گیری و بحث

در این مطالعه روند تغییرات متوسط درجه حرارت نیمه شمالی کشور در دو مقیاس ماهانه و سالانه بررسی شد. روش مورد استفاده در مطالعه حاضر، آزمون من - کندال پس از حذف اثر کلیه ضرایب

حرارت باشد. این افزایش دما متغیرهای دیگری نظیر بارش، جریانات رودخانه‌ها و بارش را نیز تحت تاثیر قرار خواهد داد. میرعباسی و دین‌پژوه (5) یکی از دلایل کاهش بارندگی‌های منطقه شمال‌غرب ایران را افزایش دما در این منطقه دانسته‌اند که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد. همچنین میرعباسی و دین‌پژوه (4) روند کاهشی جریانات رودخانه‌های شمال‌غرب ایران را نیز کاهشی اعلام کردند که می‌تواند به دلیل کاهش بارندگی و افزایش دما در منطقه باشد. بررسی روند تغییرات دما در نیمه شمالی ایران نشان داد که روند افزایشی دما در بخش اعظم این منطقه، در مقیاس ماهانه و سالانه تجربه شده است. این امر می‌تواند سبب افزایش تبخیر و تعرق در منطقه شده و نیاز آبی گیاهان را برای کشت تحت تاثیر قرار دهد. دین‌پژوه و همکاران (7) نشان دادند که در ایران روند افزایشی تبخیر و تعرق وجود دارد که یکی از دلایل این امر می‌تواند روند افزایشی دما باشد.

سالانه 61 درصد ایستگاه‌ها روند افزایشی معنی‌دار، 22 درصد روند مثبت غیرمعنی‌دار، 5 درصد روند منفی معنی‌دار و 11 درصد روند کاهشی غیرمعنی‌دار داشته‌اند. در مقیاس ماهانه نیز شرایط مشابه مقیاس سالانه می‌باشد، به طوری که تمامی ماه‌ها روند افزایشی را تجربه کرده‌اند. ماه‌های آوریل، سپتامبر و اکتبر بیشترین تعداد ایستگاه با روند افزایشی معنی‌دار را به خود اختصاص داده‌اند. ماه دسامبر نیز کمترین تغییرات را نسبت به سایر ماه‌ها داشته است. همچنین ایستگاه سینوپتیک اراک با داشتن روند نزولی معنی‌دار در دما برای مقیاس ماهانه و سالانه رفتاری متفاوت با سایر ایستگاه‌ها داشته است. صبحی و همکاران (15) نیز نشان دادند که ایستگاه سینوپتیک اراک روند کاهشی دما را دارا می‌باشد که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. علیجانی و همکاران (3) نیز نشان دادند که در اکثر ایستگاه‌های سینوپتیک کشور دماهای حداقل و حداکثر سالانه روند افزایشی داشته‌اند که این امر می‌تواند یکی از دلایل افزایش متوسط درجه

منابع

- 1- اسمعیل پور م.، و دین‌پژوه ی. 1391. تحلیل بلند مدت تبخیر تعرق پتانسیل در حوضه جنوبی ارس. مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، جلد 47 شماره 3، صفحات 210-193.
- 2- دودانگه، ا.، عابدی کوپایی ج.، و گوهری ع. 1391. کاربرد مدل‌های سری‌زمانی به منظور تعیین روند پارامترهای اقلیمی در آینده در راستای مدیریت منابع آب. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی (علوم آب و خاک). 16(59): 74-59.
- 3- علیجانی ب.، محمودی پ.، سلیقه م.، ریگی جاهی ا. 1390. بررسی تغییرات کمینه‌ها و بیشینه‌های سالانه دما در ایران. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، جلد 26، شماره 3، صفحات 122-101.
- 4- میرعباسی ر. و دین‌پژوه ی. 1389. تحلیل روند تغییرات آبدی رودخانه‌های شمال‌غرب ایران در سه دهه اخیر. نشریه آب و خاک، جلد 24 شماره 4، صفحات 768-757.
- 5- میرعباسی ر. و دین‌پژوه ی. 1391. تحلیل بارش‌های شمال‌غرب ایران در نیم قرن گذشته. مجله علوم و مهندسی آبیاری، جلد 35، شماره 4، صفحات 73-59.
- 6- Boccolari M., and Malmusi. S. 2013. Changes in temperature and precipitation extremes observed in Modena, Italy. Atmospheric Research. 122:16-31.
- 7- Dinpashoh Y., Jhajharia D., Fakhari-Fard A., Singh VP. and Kahya E. 2011. Trends in reference crop evapotranspiration over Iran, Journal of Hydrology. 399: 422-433.
- 8- Gocic M. and Trajkovic S. 2013. Analysis of changes in meteorological variables using Mann-Kendall and Sen's slope estimator statistical tests in Serbia. Global and Planetary Change. 100:172-182.
- 9- Hamed K.H. and Rao A.R. 1998. A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated data. Journal of Hydrology. 204: 182-196.
- 10- Kousari M.R., Ahani H. and Hendi-Zadeh R. 2013. Temporal and spatial trend detection of maximum air temperature in Iran during 1960-2005. Global and Planetary Change. 111:97-110.
- 11- Kumar S., Merwade V., Kam J. and Thurner K. 2009. Streamflow trends in Indiana: Effects of long term persistence, precipitation and subsurface drains. Journal of Hydrology. 374: 171-183.
- 12- Lane M., Kirshen P. and Vogel R. 1999. Indicators of impact of global climate change on U.S. water resources. ASCE, J. Water Resour. Planning and Manag. 125(4): 194-204.
- 13- Martinez C., Maleski J. and Miller F. 2012. Trends in precipitation and temperature in Florida, USA. Journal of Hydrology. 453: 259-281.
- 14- Rio S.D., Herrero L., Pinto-Gomes C. and Peras A. 2011. Spatial analysis of mean temperature trends in Spain over the period 1961-2006. Global and Planetary change. 78: 65-75.
- 15- Saboohi R., Soltani S., khodaghohi M. 2012. Trend analysis of temperature parameters in Iran. Theor Appl Climatol. 109:529-547.
- 16- Tabari H. and Hosseinzadeh-Talaei P. 2011. Recent trends of mean maximum and minimum air temperatures in the

- western half of Iran, *Journal of Meteorological Atmosphere Physics*. 111: 121-131.
- 17- Tabari H. and Hosseinzadeh-Talaei. 2011. Analysis trends in temperature data in arid and semi-arid regions of Iran. *Atmospheric Research*. 79:1-10.
- 18- Turkes M., Ut Ku M.S. and Kolic G. 1995. Variations and trends in annual mean air temperature in Turkey with respect to climatic variability, *International Journal of Climatology*. 15: 557-569.
- 19- Turkes M. 1996. Spatial and temporal analysis of annual rainfall variations in Turkey, *International Journal of Climatology*. 16: 1057-1076.
- 20- Yang X.L., Xu L.R., Li C.h., Hu J. and Xia X.H. 2012. Trends in temperature and precipitation in the Zhangweinan River basin during last 53 years. *Procedia Environmental Sciences*. 13: 1966-1774.
- 21- Zarenistanak M., Dhorde A.G. and Kripalani R. H. 2013. Temperature analysis over southwest Iran: trends and projections. *Theor Appl Climatol*. DOI 10.1007/s00704-013-0913-1.
- 22- Wang Q., Fan X., Qin Z. and Wang M. 2012. Change trends of temperature and precipitation in the Loess Plateau Region of China, 1961-2010. *Global and Planetary Change*. 93:138-147.



Trend Analysis of Monthly and Annual Mean Temperature of the Northern Half of Iran Over the Last 50 Years

F. Ahmadi^{1*} - F. Radmanesh²

Received: 18-12-2013

Accepted: 23-06-2014

Abstract

The temperature is one of the essential elements in formation of climate and its changes can alter the climate of each region, Therefore study of temperature changes at different spatial and temporal scales is devoted a large part of research to climatology. The mean temperature changes of the northern half area of Iran (18 Synoptic stations) in monthly or annual scales (1961-2010) are tested with using non-parametric Mann-Kendall test and elimination of all auto-correlation coefficients. To determine the slope of temperature gradient, the Sen's slope estimation method was used. The results showed that 61% of the stations have experienced a significant increase in annual scale, in expect of Urmia, Zanjan, Qazvin and Gorgan stations. Arak is also a significant decrease, Torbate Heydarie and Saghez have experienced non-significant negative trend in annual scale. In monthly scale, number of months with increasing trend was greater than decreasing trend. April, September and October have significant increasing trend in most stations. December has lowest changing in compare with others. In conclusion, the studied temperature area in past half century 1.15 C is increased.

Keywords: Mann-Kendall test, Auto-Correlation, Trend, Sen's Slope

1,2- Ph.D Candidate and Assistant Professor of Water Engineering Department, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran

(*- Corresponding Author Email: Farshad.paper@yahoo.com)