

Determination of Soil Temperature Change Trend in Different Climates of Kermanshah Province

SHAHRAM HEMATI¹, BEHROUZ NASIRI^{*1}, MOSTAFA KARAMPOOR¹

1. Department of Geography, Literature and Humanities Faculty, Lorestan University, Khorramabad, Iran.
(Received: Nov. 29, 2019- Revised: July. 23, 2020- Accepted: July. 29, 2020)

ABSTRACT

Determining the trend of soil temperature change is of special importance due to the close relationship with sustainable agricultural management. In this study, in order to investigate the trend of soil temperature change in three stations of Kangavar, Kermanshah and Sarpolzahab, which have different climates, a series of daily soil temperature data for 25 years (1993 to 2018) of these stations were obtained from the meteorological organization of the country. Using daily averages of soil temperature, the averages of warm period (spring and summer) and cold period of the year (autumn and winter) and the averages of annual were adjusted and calculated based on the solar calendar. Mann-Kendall and Sen's slope estimator tests were used to analyze the soil temperature trend at 95 and 99% confidence levels. Analysis of Kangavar synoptic station data series showed a significant upward trend using the both tests for annual soil temperature averages. In Kermanshah station, despite the increase in soil temperature values at all depths, no significant trend in the average annual soil temperature was observed. Sarpolzahab station also did not show any trend. In Kangavar and Kermanshah stations, the increasing trend in soil surface temperature showed a higher value, which is due to the greater influence between soil surface temperature and air temperature. The average of temperature increase in 5-cm soil depth for Kermanshah and Kangavar stations were estimated to be 0.04 and 0.10 degree of Celsius per year, respectively. The increase in the average annual soil temperature of stations with increasing trend was recognized in the warm period of the year, mainly due to heat storage.

Keywords: Cold Period, Mann-Kendall, Sen's Slope, Soil Depths, Warm Period.

* Corresponding Author's Email: Behrouz.nasiri46@gmail.com

تعیین روند تغییر دمای خاک در اقلیم‌های مختلف استان کرمانشاه

شهرام همتی^۱، بهروز نصیری^{۱*}، مصطفی کریمپور^۱

۱. گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۹/۸ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۵/۲ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۵/۸)

چکیده

تعیین روند تغییر دمای خاک، به دلیل ارتباط تنگاتنگ با مدیریت پایدار کشاورزی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این تحقیق، به منظور بررسی روند تغییر دمای خاک سه ایستگاه کنگاور، کرمانشاه و سرپل‌ذهاب که دارای اقلیم‌های مختلف هستند، سری داده‌های روزانه دمای خاک ۲۵ ساله (۱۹۹۳ تا ۲۰۱۸) این ایستگاه‌ها، از سازمان هواشناسی کشور اخذ شد. با استفاده از میانگین‌های روزانه دمای خاک، میانگین‌های دوره گرم سال (بهار و تابستان)، دوره سرد سال (پاییز و زمستان) و سالانه بر اساس تقویم شمسی، تنظیم و محاسبه شدند. از دو آزمون من-کندال و تخمینگر شیب سن، برای تحلیل روند دمای خاک در سطوح اطمینان ۰/۹۵ و ۰/۹۹، استفاده شد. تحلیل سری داده‌های ایستگاه سینوپتیک کنگاور، حاکی از وجود روند افزایشی معنی‌دار در دمای خاک توسط هر دو آزمون بود. در ایستگاه کرمانشاه، علیرغم صعودی بودن مقادیر دمای خاک در همه اعماق موردنظر، معنی‌داری در روند میانگین سالانه دمای خاک مشاهده نشد. ایستگاه سرپل‌ذهاب نیز هیچ‌گونه روندی را نشان نداد. در ایستگاه‌های کنگاور و کرمانشاه، روند افزایش دمای قسمت‌های سطحی خاک، مقدار بیشتری را نشان داد که به دلیل تأثیرپذیری بیشتر بین دمای سطح خاک و دمای هوا است. متوسط افزایش دمای عمق ۵ سانتیمتری خاک برای ایستگاه کرمانشاه ۰/۰۴ درجه سلسیوس در سال و ایستگاه کنگاور ۰/۱ درجه سلسیوس در سال برآورد شدند. افزایش میانگین سالانه دمای خاک ایستگاه‌های دارای روند افزایشی، عمدتاً ناشی از ذخیره‌سازی گرما، در دوره گرم سال تشخیص داده شد.

واژه‌های کلیدی: من-کندال، شیب سن، دوره گرم، دوره سرد، اعماق خاک

مقدمه

اغلب مدل‌های اقلیمی، پیش‌بینی می‌کنند که سطح جهانی دما تا پایان قرن ۲۱ نسبت به دوره ۱۹۹۰-۱۸۵۰ بیش از ۱/۵ درجه سلسیوس افزایش خواهد یافت. البته با دید بدبینانه‌تر، این میزان به ۲ درجه سلسیوس خواهد رسید (Jafarpour and Kanooni, 1394). تغییری که طی دوره‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت در اقلیم یک منطقه اتفاق می‌افتد، منشأ تحولات بسیار زیادی در محیط خواهد شد. تغییر اقلیم، به دلیل تغییراتی که در دمای خاک و الگوهای بارش ایجاد می‌کند، تهدیدی جدی برای امنیت غذایی جهانی است. روند گرمایش جهانی زمین، در روند رژیم دمایی خاک انعکاس بهتری دارد تا در دمای هوا. (Delgado et al., 2011) گزارش دادند که ارتباط نزدیکی بین تغییر اقلیم، محدودیت منابع جهانی آب و خاک، رشد جمعیت و امنیت غذایی وجود دارد. به طوری که در یک اکوسیستم مختل، خاک معمولاً نمی‌تواند برای پشتیبانی و ارائه خدمات، به‌خوبی عمل کند. تا کنون مطالعات متعددی در زمینه بررسی روند دمای خاک صورت گرفته است.

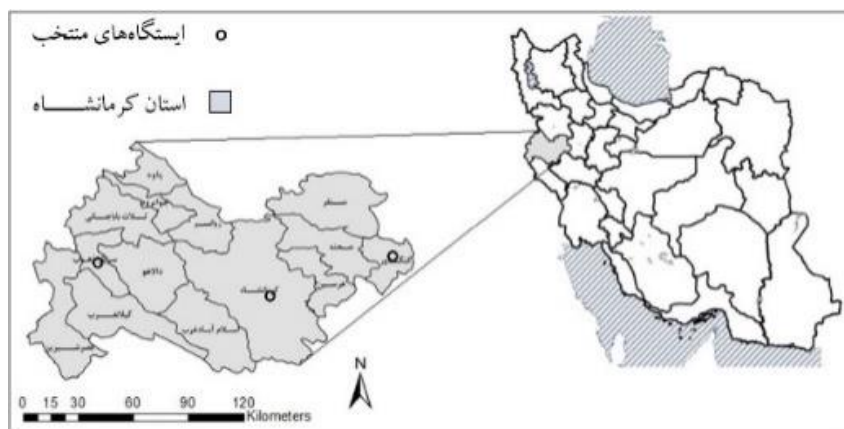
Ghahreman et al. (2010) روند میانگین‌های سالانه دمای سطح خاک را در نواحی مختلف ایران مورد بررسی قرار دادند. طبق نتایج آنها، دمای سطح خاک در ۷ ایستگاه مورد مطالعه، طی ۳۰ سال (۱۹۷۶-۲۰۰۵) تغییر نکرده و یا اندکی کاهش یافته است. Asadi et al. (2013) به بررسی روند تغییر دمای اعماق مختلف خاک در ایستگاه سینوپتیک گرگان پرداختند. نتایج آزمون روند بر سری داده‌های سالانه، روند افزایشی یا کاهشی دما در هیچ‌یک از اعماق خاک را نشان نداد. این نتیجه بر روی سری داده‌های شش ماه دوم سال نیز مشاهده شد؛ ولی در سری داده‌های شش ماه اول سال، روند افزایشی در تمام اعماق خاک، مورد تأیید قرار گرفت. در تحقیق دیگری، Hemadi and Zakeri (2014) به بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر درجه حرارت پروفیل سطحی خاک در اهواز پرداختند. نتایج بررسی آنها، وجود روند افزایشی در سری زمانی دما به ترتیب توسط دو آزمون ناپارامتری من-کندال و پارامتری رگرسیون خطی برای ایستگاه سینوپتیک اهواز را تأیید نمود. Golshan et al. (2015) به بررسی و آشکارسازی اثر

گاهی اوقات رشد بخش هوایی گیاه، وابستگی نزدیکتری به دمای خاک نسبت به دمای هوا دارد. بدیهی است درجه حرارت نهایی (درجه حرارت بسیار بالا و بیش از حد پایین) تأثیر مخربی بر روی حیات گیاه دارد. آگاهی از رژیم حرارتی خاک و نوسانات دمایی آن در امور کشاورزی از خسارات احتمالی جلوگیری کرده و موجب افزایش بازدهی محصولات می‌گردد (Asadi *et al.*, 2013). مطالعات فوق، ضرورت آگاهی از تغییر احتمالی در دمای خاک را به دلیل تأثیری که بر محیط‌زیست و کشاورزی دارد، جهانی بر روند دمای خاک در ژرفاهای مختلف خاک در اقلیم‌های مختلف استان کرمانشاه است. آگاهی از روند تغییر دمای خاک و محاسبه میزان کمی آن، می‌تواند گامی در جهت اتخاذ راهکارهایی برای کاهش اثرات ناشی از تغییر اقلیم بر محیط‌زیست باشد و در زمینه کشاورزی نیز می‌تواند از طریق انتخاب ارقام زراعی و شیوه‌های کشت سازگار با اقلیم، این تهدید اقلیمی را کاهش دهد.

روش بررسی

محدوده‌ی مورد مطالعه در این تحقیق، استان کرمانشاه در غرب کشور است. این استان با مساحت تقریبی ۹۲۸۰۰ کیلومترمربع، بین عرض‌های جغرافیایی ۳۶° ۳۳' تا ۳۵° ۱۵' شمالی و طول‌های جغرافیایی ۴۴° ۲۴' تا ۴۵° ۳۰' شرقی گسترده شده و از شمال به استان کردستان، از جنوب به استان های لرستان و ایلام، از شرق به استان همدان و از غرب به کشور عراق محدود می‌گردد (شکل ۱).

گرمایش جهانی بر تغییر روند دمای خاک و برآورد آن با روش همبستگی رگرسیونی برای ایستگاه سینوپتیک کرمان پرداختند. بر پایه نتایج آنها، روند میانگین دمای هوای سالانه و روند میانگین دمای فصل‌های بهار، تابستان و پاییز افزایشی و بسیار معنی‌دار بود. همچنین میانگین‌های دمای سالانه و فصول تابستان و پاییز ژرفای خاک، دارای روند افزایشی و بسیار معنی‌دار بود. (2011) Qian *et al.* به بررسی روند تغییرات درجه حرارت خاک در ارتباط با تغییر اقلیم در کانادا پرداختند. آنها یک روند صعودی معنی‌دار برای درجه حرارت خاک در فصل‌های بهار و تابستان مشاهده نمودند. (2012) Guangyong *et al.* در پژوهشی، روند دمای هوا و خاک (دمای اعماق ۰، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ سانتیمتر) در دو نوع از اراضی (باز و زیر سایبان جنگل) در جنوب غرب چین را بررسی نمودند. این مطالعه، روند افزایشی معادل ۰/۳۶ درجه سانتی‌گراد دمای هوا در هر دهه را نشان داد. همچنین دمای عمق زمین‌های باز، بیشتر از دمای عمق خاک جنگل گزارش شد. Yesilirmark (2014) به بررسی روند درجه حرارت عمق‌های مختلف خاک در حوزه بویوک مندرس ترکیه در مقیاس‌های فصلی و سالانه پرداخت. نتایج وی نشان داد که دمای خاک در همه عمق‌های مورد مطالعه و در همه فصول، افزایش داشته است و بیشتر افزایش مربوط به فصل تابستان و خصوصاً لایه‌های سطحی (۵، ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متر) است. (2015) Svlilic and Vucetic به بررسی تغییرات فصلی و سالانه درجه حرارت عمق‌های مختلف خاک در کرواسی با استفاده از آزمون من-کندال و آزمون شیب سن پرداختند. نتایج آنها نشان داد که در نواحی شرقی و ساحلی، دمای لایه سطحی به ویژه در فصول بهار و تابستان افزایش یافته است.



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های منتخب در استان کرمانشاه

در مورد موضوعات مختلف از جمله تغییر اقلیم استفاده می‌کنند (Sharratt, 1992). پهنه‌های کوچک، در سیستم‌های بزرگ

دمای خاک، به عنوان یک شاخص حساس آب‌وهوا در نظر گرفته می‌شود. دانشمندان از داده‌های دمای خاک، برای تحقیق

تنوع توپوگرافی در پهنه‌ی گسترده‌ی منطقه، باعث شده است تا خرده اقلیم‌ها و نواحی اقلیمی متفاوتی شکل گیرد. Mirmosavi and Shafiei (2009) با روش تحلیل عاملی بر روی اقلیم منطقه نشان دادند که اقلیم استان، متأثر از ۶ عامل است که این عوامل به ترتیب اهمیت عبارتند از عوامل دمایی، بارشی، رطوبت جوی، غباری، ابرناکی و توفانی. بر اساس این تحلیل، کنگاور اقلیم سرد و نیمه‌مرطوب، کرمانشاه اقلیم سرد و مرطوب و سرپل ذهاب اقلیم گرم‌وخشک دارند (جدول ۱).

اقلیمی که در آنها از پارامترهای محدودی برای طبقه‌بندی استفاده می‌شود، به صورت یک ناحیه اقلیمی در نظر گرفته می‌شوند. به عنوان مثال، در سیستم اقلیمی دومارتن (که بر اساس دما و بارش سالانه است)، هر سه ایستگاه مورد مطالعه دارای اقلیم نیمه‌خشک و در طبقه‌بندی کوپن (که بر اساس دما، بارش و پوشش گیاهی است)، هر سه ایستگاه جزو اقلیم معتدل با تابستان خشک قرار می‌گیرند. منطقه غرب، علی‌رغم این‌که در سیستم‌های بزرگ اقلیمی به طور یکپارچه تحت تأثیر شرایط سینوپتیکی واحد قرار می‌گیرد، اما گوناگونی عوامل محلی اقلیمی، مخصوصاً

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه

نام ایستگاه	اقلیم ایستگاه	ارتفاع (m)	میانگین سالانه دمای هوا (°C)	بارش سالانه (mm)	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی
کنگاور	سرد و نیمه‌مرطوب	۱۴۶۸	۱۳/۳	۳۹۵	۳۴°، ۳۰′ شمالی	۴۸° شرقی
کرمانشاه	سرد و مرطوب	۱۳۱۹	۱۴/۳	۴۴۴	۳۴°، ۱۸′ شمالی	۴۷°، ۶′ شرقی
سرپل ذهاب	گرم‌وخشک‌معتدل	۵۴۵	۱۹/۹	۴۲۱	۳۴°، ۲۴′ شمالی	۴۵°، ۵۴′ شرقی

به دیگر روش‌ها از دقت بیشتری برخوردار است (Golshan, 2015). فرض صفر آزمون من-کندال، بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها و پذیرش فرض یک، بر وجود روند در سری داده‌ها دلالت دارد. آماره S در آزمون من-کندال به صورت رابطه ۱ تعریف می‌شود (Salmi et al., 2002):

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i) \quad (\text{رابطه ۱})$$

که در آن x_i و x_j میزان مرتب‌شده و n اندازه نمونه است. تابع علامت از رابطه ۲ محاسبه می‌گردد:

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} +1 & \text{if } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{if } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{if } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (\text{رابطه ۲})$$

آماره توزیع نرمال استاندارد Z از رابطه ۳ قابل محاسبه است:

$$Z = \begin{cases} x = \frac{s-1}{\sqrt{\text{var}(s)}} & \text{if } s > 0 \\ x = \frac{s+1}{\sqrt{\text{var}(s)}} & \text{if } s < 0 \end{cases} \quad (\text{رابطه ۳})$$

شیب بین هر جفت داده مشاهده‌ای، با استفاده از رابطه ۴ محاسبه می‌گردد:

$$Q = \frac{x_t - x_s}{t - s} \quad (\text{رابطه ۴})$$

که در آن x_t و x_s به ترتیب داده‌های مشاهده‌ای در زمان‌های t و s بوده و t یک واحد زمانی بعد از زمان s است. با اعمال این رابطه برای هر دو جفت داده مشاهده‌ای، یک سری زمانی از

سری داده‌های روزانه دمای خاک اعماق ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۵۰ و ۱۰۰ سانتیمتری که مربوط به ساعات ۰۳، ۰۹ و ۱۵ به وقت گرینویچ بودند، از سازمان هواشناسی کشور اخذ گردید. برای هر سه ایستگاه کنگاور، کرمانشاه و سرپل ذهاب، سری داده‌های ۲۵ ساله دمای روزانه خاک برای سال‌های ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۸ در نظر گرفته شد. از طریق داده‌های روزانه که در سه نوبت از شبانه روز ثبت گردیده بودند، میانگین‌های روزانه دمای هر عمق معین، برای طول دوره آماری محاسبه گردیدند. سپس برای همین دوره آماری، میانگین‌های مربوط به دوره گرم (بهار و تابستان)، دوره سرد (پاییز و زمستان) و سالانه دمای خاک، طبق تقویم شمسی تنظیم و محاسبه شدند. برای اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، از آزمون کلموگراف-اسمیرنوف استفاده شد. با بکارگیری میانگین‌های سالانه، آماره‌ها و نمودارهای مربوط به روند میانگین سالانه دمای خاک برای طول دوره آماری، تهیه و ترسیم شدند. سپس روند دمای ژرفای خاک، به تفکیک برای دوره گرم و دوره سرد سال نیز با همین روش تعیین شد. در این پژوهش، از دو آزمون من-کندال (Mann-Kendall) و تخمینگر شیب سن (Sen's slope estimator) برای ترسیم نمودارها و محاسبه آماره‌های مختلف استفاده شد. آزمون ناپارامتری من-کندال به‌طور متداول و گسترده‌ای در تحلیل روند سری‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی بکار گرفته می‌شود (Lettenmaier et al., 1994) و وابسته نبودن به توزیع آماری خاص و اثرپذیری ناچیز این روش از مقادیر حدی، از مزایای استفاده از این روش است (Turgay and Ercan, 2005). روش ناپارامتری من-کندال نسبت

آزمون دو دامنه، بسته به سطوح اطمینان مورد آزمون، می‌تواند مقادیر مختلفی به خود بگیرد. در صورتی که آماره Z مثبت باشد، روند سری داده‌ها افزایشی و در صورت منفی بودن آن، روند کاهشی است. این آماره برای سطوح اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪ به ترتیب ۱/۹۶ و ۲/۵۸ در نظر گرفته می‌شود.

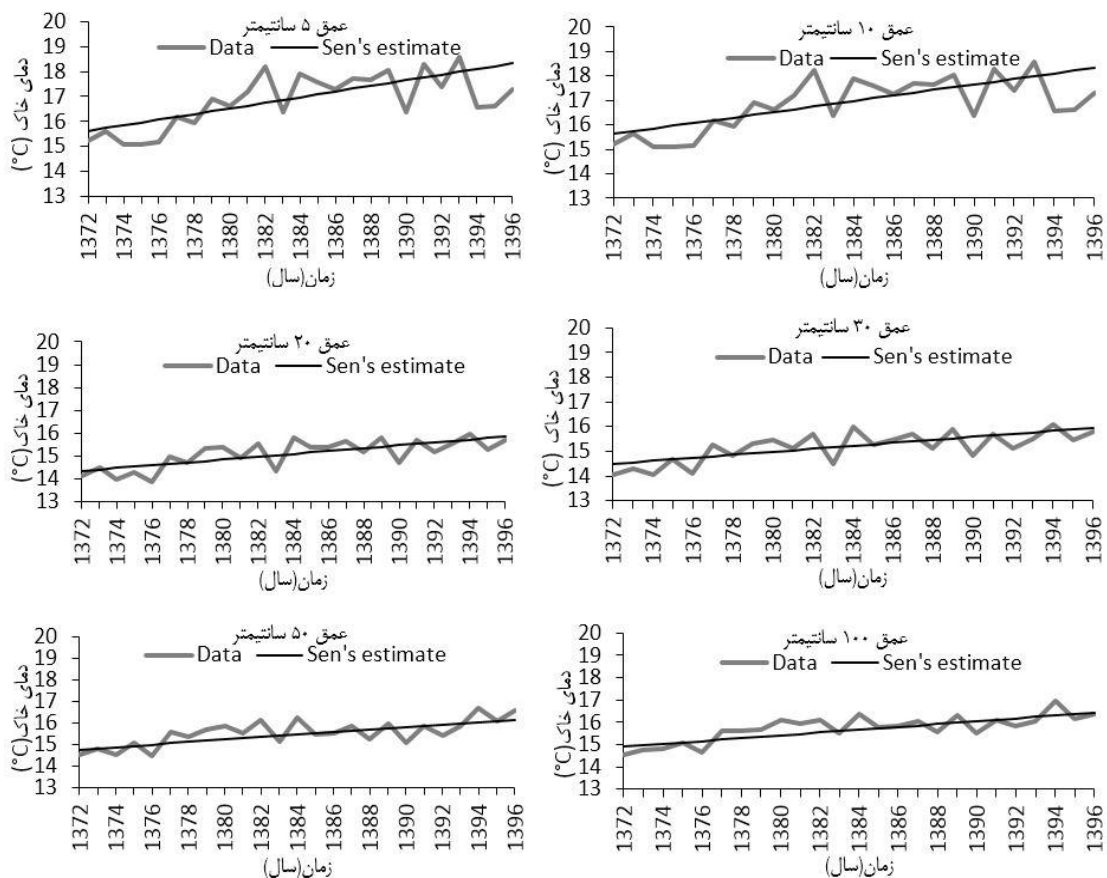
یافته‌ها

نمودارها و نتایج دو آزمون من-کندال و تخمینگر شیب سن برای ایستگاه کنگاور، در شکل (۲) و جدول (۲) آورده شده است.

شیب‌های محاسبه‌شده بدست می‌آید که از محاسبه میانه این سری زمانی، شیب خط روند (Qmed) حاصل می‌آید. مقدار مثبت (Qmed) حاکی از صعودی بودن روند و مقدار منفی آن نشان‌دهنده نزولی بودن آن است. مرحله بعد، آزمون نمودن شیب بدست آمده در فاصله اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪ است. این آزمون از رابطه ۵ قابل انجام است:

$$C_a = Z_1 - \frac{\alpha}{2} * \sqrt{\text{var}(s)} \quad (\text{رابطه } ۵)$$

که در آن، Z آماره توزیع نرمال استاندارد است و در یک



شکل ۲- نمودارهای روند و شیب خط سن (میانگین‌های سالانه دمای عمق مختلف خاک ایستگاه کنگاور)

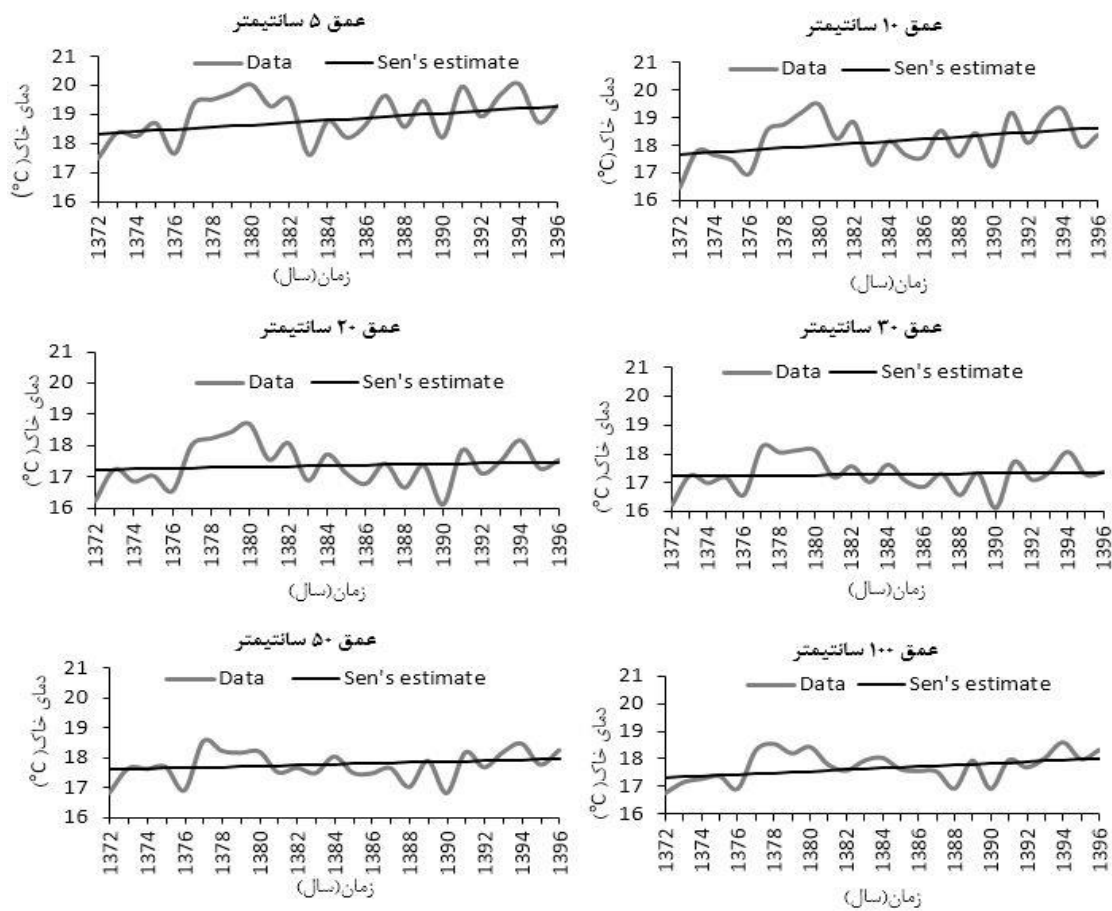
جدول ۲- آماره‌های آزمون من-کندال و آزمون تخمین شیب سن (ایستگاه کنگاور)

عمق خاک (سانتی‌متر)	Qmin99%	Qmax99%	Qmed	Qmin95%	Qmax95%	B (درجه سانتی‌گراد)	آماره Z
۵	۰/۰۳۲	۰/۱۸۰	۰/۱۱۳	۰/۰۵۶	۰/۱۶۰	۱۵/۶۲	۳/۴۳
۱۰	۰/۰۳۷	۰/۱۴۴	۰/۰۹۰	۰/۰۵۱	۰/۱۳۳	۱۴/۳۹	۳/۸۱
۲۰	۰/۰۱۸	۰/۱۰۰	۰/۰۶۲	۰/۰۳۲	۰/۰۸۸	۱۴/۳۵	۳/۴۸
۳۰	۰/۰۱۹	۰/۱۰۲	۰/۰۶۰	۰/۰۳۲	۰/۰۸۹	۱۴/۵۰	۳/۶۷
۵۰	۰/۰۲۰	۰/۱۰۰	۰/۰۵۸	۰/۰۳۱	۰/۰۸۶	۱۴/۷۶	۳/۳۹
۱۰۰	۰/۰۲۵	۰/۱۰۳	۰/۰۶۴	۰/۰۳۴	۰/۰۹۰	۱۴/۹۰	۳/۸۵

و افزایشی معنی‌دار در میانگین سالانه دمای خاک در هر دو سطح

سری زمانی دمای خاک ایستگاه کنگاور، دارای روند مثبت

اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪ است. نمودارها و نتایج حاصل از آزمون‌های من-کندال و تخمینگر شیب سن برای ایستگاه کرمانشاه، در شکل (۳) و جدول (۳) آورده شده است.



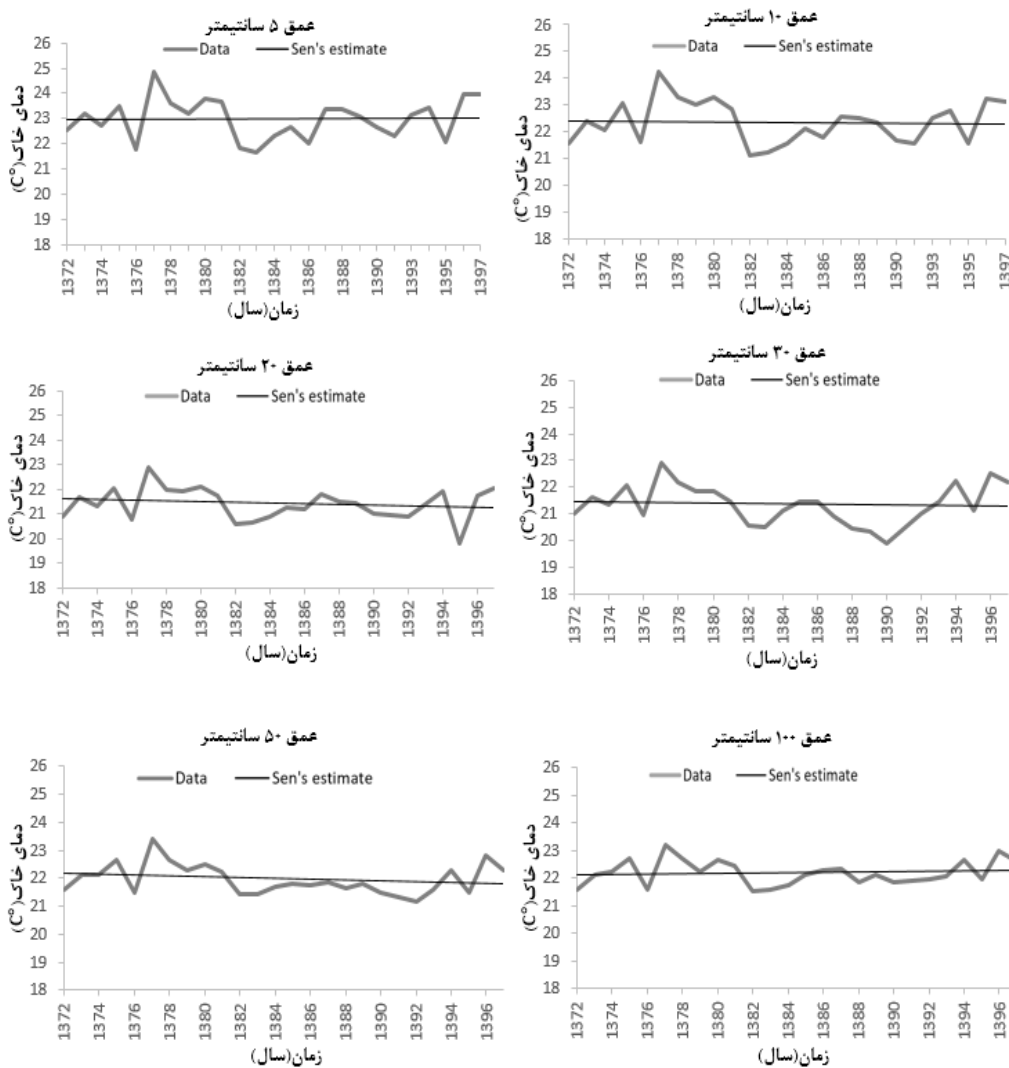
شکل ۳- نمودارهای روند و شیب خط سن (میانگین سالانه دمای عمق مختلف خاک ایستگاه کرمانشاه)

جدول ۳- آماره‌های آزمون من-کندال و آزمون تخمین شیب سن (ایستگاه کرمانشاه)

عمق خاک (سانتی‌متر)	Qmax95%	Qmin95%	Qmed	Qmax99%	Qmin99%	B (درجه سانتی‌گراد)	آماره Z
۵	۰/۰۹۰	-۰/۰۰۴	۰/۰۴۰	۰/۱۰۷	-۰/۰۲۴	۱۸/۳۳	۱/۸۰
۱۰	۰/۰۸۲	-۰/۰۱۴	۰/۰۴۰	۰/۰۹۶	-۰/۰۳۱	۱۷/۶۶	۱/۳۳
۲۰	۰/۰۵۱	-۰/۰۳۸	۰/۰۱۰	۰/۰۶۳	-۰/۰۵۷	۱۷/۲۴	۰/۴۴
۳۰	۰/۰۳۷	-۰/۰۳۷	۰/۰۰۶	۰/۰۴۷	-۰/۰۵۳	۱۷/۲۲	۰/۴۰
۵۰	۰/۰۴۴	-۰/۰۱۳	۰/۰۱۵	۰/۰۶۰	-۰/۰۲۴	۱۷/۶۰	۱/۰۵
۱۰۰	۰/۰۵۶	-۰/۰۰۷	۰/۰۲۹	۰/۰۶۶	-۰/۰۲۲	۱۷/۳۲	۱/۷۰

سریع‌تر بین آن‌ها است. نمودارها و نتایج حاصل از آزمون‌های من-کندال و تخمینگر شیب سن برای ایستگاه سرپل‌دهاب، در شکل (۴) و جدول (۴) آورده شده است.

در سری زمانی دمای خاک ایستگاه کرمانشاه، افزایش اندک دمای خاک مشاهده می‌گردد؛ اما در هر دو سطح اطمینان مورد آزمون، فاقد روند معنی‌دار است. همچنین آماره Z برای عمق ۵ سانتیمتری خاک، مقدار بالاتری را نشان می‌دهد. این امر به دلیل مجاورت بخش قشری خاک با هوا و بنابراین تبدلات گرمایی



شکل ۴- نمودارهای روند و شیب خط سن (میانگین سالانه دمای عمق مختلف خاک ایستگاه سرپل ذهاب)

جدول ۴- آماره‌های آزمون من-کندال و آزمون تخمین شیب سن (ایستگاه سرپل ذهاب)

عمق خاک (سانتی‌متر)	Qmin99%	Qmax99%	Qmed	Qmin95%	Qmax95%	B (درجه سانتی‌گراد)	آماره Z
۵	-۰/۰۶۰	۰/۰۸۱	۰/۰۱۳	-۰/۰۴۳	۰/۰۵۸	۲۲/۸۹	۰/۴۴
۱۰	-۰/۰۷۱	۰/۰۶۸	۰	-۰/۰۴۹	۰/۰۵۳	۲۲/۳۹	۰
۲۰	-۰/۰۷۰	۰/۰۴۹	-۰/۰۱۰	-۰/۰۴۸	۰/۰۳۳	۲۱/۶۰	-۰/۴
۳۰	-۰/۰۷۸	۰/۰۴۷	-۰/۰۱۳	-۰/۰۶۲	۰/۰۳۱	۲۱/۵۶	-۰/۴۹
۵۰	-۰/۰۶۱	۰/۰۲۹	-۰/۰۱۷	-۰/۰۵۰	۰/۰۱۳	۲۲/۱۰	-۰/۹۱
۱۰۰	-۰/۰۳۵	۰/۰۴۵	۰/۰۰۹	-۰/۰۲۲	۰/۰۳۴	۲۲/۱۳	۰/۴

خاک نیز مشاهده شد.

بحث

نتایج حاصل از آزمون‌های تعیین روند بر روی سری داده‌های میانگین سالانه دمای عمق‌های مختلف خاک در ایستگاه‌های مورد مطالعه، نشان داد که دما در عمق‌های مختلف خاک و در ایستگاه‌های مختلف دارای روند یکسانی نیستند. آماره Z (جدول ۲) برای ایستگاه کنگاور در همه عمق‌های موردنظر، بالاتر از محدوده

هیچ‌یک از ژرفاهای خاک در ایستگاه سرپل ذهاب، روند دما را نشان نمی‌دهند.

نتایج حاصل از آزمون‌های من-کندال و تخمینگر شیب سن برای دوره گرم و دوره سرد سال برای هر سه ایستگاه، حاکی از آن بود که در دوره گرم (بهار و تابستان)، نرخ افزایشی بیشتری نیز در این کمیت نسبت به روند دوره سرد (پاییز و زمستان) داشت و در دوره سرد، حتی مواردی از روند کاهشی در دمای

Barman et al.,). به دلیل نزول دائمی هوا در جنوب کوه‌های البرز در دوره گرم سال، هیچ نوع حرکت صعودی انجام نمی‌گیرد و تمام ایران (از جمله منطقه مورد مطالعه)، از آسمانی صاف و بدون ابر و باران برخوردار است (Alijani, 2008). به طور کلی، تغییر دمای خاک، عمدتاً با تغییر در دمای هوا و تا حدودی با تغییر الگوی بارش کنترل می‌گردد (Wang et al., 2018). اغلب بارش‌ها در منطقه مورد مطالعه، در دوره سرد (پاییز و زمستان) رخ می‌دهند؛ بنابراین در دوره سرد سال، خاک برای مدت طولانی‌تری مرطوب باقی می‌ماند. روند افزایشی درجه حرارت هوا، به‌وسیله ذوب‌شدگی برف و گرمای نهان در فصل سرد تعدیل شده است. در دوره گرم سال، خاک برای مدت چند ماه، خشک و طول روز و زاویه تابش خورشید نیز بیشتر است؛ لذا روند صعودی میانگین سالانه دمای خاک منطقه مورد مطالعه، عمدتاً ناشی از ذخیره‌سازی گرما در دوره گرم (بهار و تابستان) است.

نتیجه‌گیری

انباشت بلندمدت انرژی گرمایی در ژرفای خاک، می‌تواند در آشکارسازی تغییرات اقلیمی، نقش مهمی بازی کند. در بررسی روند دمای خاک ایستگاه‌های منتخب استان، نتایج کاملاً مشابه به دست نیامد. در ایستگاه کنگاور، روند مثبت و معنی‌دار در میانگین‌های سالانه دمای همه اعماق مورد مطالعه، در سطح اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪ وجود داشت. نتایج به دست آمده در ایستگاه کنگاور، نشان‌دهنده تحول آب و هوا است که به عنوان تغییر اقلیم شناخته می‌شود. نتایج بررسی روند دمای خاک ایستگاه کنگاور با نتایج تحقیق Yesilirmark (2014) در حوزه بویوک مندرس ترکیه در مقیاس‌های فصلی و سالانه مبنی بر افزایش دمای خاک در همه عمق‌های مورد مطالعه و در همه فصول و همچنین با نتایج تحقیق Golshan et al. (2015) در مورد چند اقلیم متفاوت ایران که دمای ژرفاهای خاک در تمامی ژرفاهای مورد بررسی، روند تغییرات فصلی و سالانه افزایشی داشتند و همچنین پژوهش Shoyoukhi et al. (2018) در مورد روند دمای خاک ایستگاه شاهرود که حاکی از افزایش سالانه دمای خاک در تمامی ژرفاها بود، همخوانی داشت. نتایج به دست آمده از بررسی دمای خاک ایستگاه کرمانشاه با نتایج پژوهش Asadi et al. (2013) در بررسی روند تغییرات دمای اعماق مختلف خاک در منطقه گرگان با استفاده از آزمون من-کندال، مبنی بر عدم روند در شش ماه دوم و سالانه و روند صعودی دمای خاک تمام ژرفاها در شش ماه اول سال مطابقت داشت. نتایج تحقیق حاضر در مورد روند دمای عمق ۵ سانتیمتری خاک ایستگاه کرمانشاه با نتایج تحقیق

معنی‌داری ۱/۹۶ و ۲/۵۸ بود و بر این اساس، میانگین سالانه دمای همه اعماق خاک در هر دو سطح اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪، روند افزایشی معنی‌دار داشت. همچنین چون عدد صفر، بین دو شیب استخراج شده Q_{min} و Q_{max} قرار نگرفت، فرض صفر رد شد و وجود روند در میانگین‌های سالانه دمای خاک، تأیید گردید. خط تخمینگر شیب سن (شکل ۲) به طور متوسط، افزایش ۰/۱ درجه سانتیگراد در هر سال برای دمای لایه سطحی خاک (عمق ۵ سانتیمتری) را نشان داد. با توجه به روند افزایشی معنی‌دار دمای عمق‌های پایین خاک (عمق ۱۰۰ سانتیمتری) که نمایشگر تغییر اقلیم است و دمای ژرفای سطحی خاک که نشان‌دهنده تغییرات کوتاه مقیاس است، می‌توان روند معنی‌دار در دمای اعماق خاک این ایستگاه را نشانه اثر تغییر اقلیم در این منطقه دانست. گرم شدن دمای خاک می‌تواند اثرات منفی بر بخش کشاورزی داشته باشد. در سری داده‌های ایستگاه کرمانشاه، ضمن بالاتر بودن آماره Z (جدول ۳) برای قسمت سطحی (اعماق ۵ و ۱۰ سانتیمتری) و قسمت‌های عمقی (۵۰ و ۱۰۰ سانتیمتری)، معنی‌داری روند در هیچ‌یک از اعماق خاک، مورد تأیید قرار نگرفت. خط تخمینگر شیب سن (شکل ۳) حاکی از افزایش متوسط ۰/۰۴ درجه سانتیگراد در سال برای دمای عمق ۵ سانتیمتری خاک بود. میانگین‌های سالانه همه اعماق خاک بر روی سری داده‌های ایستگاه سرپل‌ذهاب، هیچ روندی را نشان ندادند و برای اعماق ۲۰، ۳۰ و ۵۰ سانتیمتری، کاهش ناچیز دما داشتند. چون برای همه اعماق خاک، عدد صفر بین دو شیب استخراج شده قرار داشت (جدول ۴)، ضمن پذیرش فرض صفر، روند دمای خاک برای هیچ‌یک از اعماق مذکور تأیید نگردید. مقادیر آماره Z برای ایستگاه سرپل‌ذهاب (جدول ۴)، حاکی از افزایش دما در عمق‌های ۵ و ۱۰۰ سانتیمتری است. به نظر می‌رسد دلیل افزایشی بودن دمای عمق ۱۰۰ سانتیمتری خاک، انباشتگی انرژی گرمایی در طول دوره گرم در لایه‌های عمیق‌تر خاک بوده باشد. با توجه به اینکه لایه‌های زیرین خاک به طور مستقیم در معرض تابش خورشید نمی‌باشند و گرمای سطحی جذب‌شده از تابش خورشید را از طریق روش‌های انتقال گرما دریافت می‌نمایند، بنابراین تحت تأثیر ویژگی‌های خاک (رطوبت خاک و عمق سطح ایستابی و همچنین بافت خاک) بوده و کمتر تحت تأثیر متغیرهای جوئی قرار می‌گیرند؛ لذا این لایه تأثیرپذیری کمتری نسبت به لایه سطحی دارد.

از آنجا که دمای خاک، متأثر از نوع خاک و رژیم رطوبتی آن است، پاسخ خاک به تغییر اقلیم نیز متفاوت است (2017)

در نگاه اول، به نظر می‌رسد نرخ افزایشی متوسط سالانه ۰/۰۴ درجه سلسیوس (ایستگاه کرمانشاه) تا ۰/۱ درجه سلسیوس (ایستگاه کنگاور) در میانگین دمای عمق ۵ سانتیمتری خاک، مقدار ناچیزی باشد؛ اما همین مقدار در بلندمدت می‌تواند تأثیر چشمگیری بر میزان تبخیر سالانه، سرعت تجزیه مواد، فعالیت های بیولوژیکی، تغییر الگوی زمانی و مکانی شیوع بیماری‌ها و آفات، زمان شروع جوانه‌زنی بذرها، طول دوره رشد گیاهان و افزایش احتمال تنش گرمایی به محصولات زراعی داشته باشد. لازم به ذکر است که عمق ۵ سانتیمتری خاک، برای کشت بسیاری از بذور محصولات زراعی، عمق بهینه محسوب شده و روند تغییر دمای آن، می‌تواند در بعضی از مراحل فنولوژیکی رشد گیاه، تأثیرگذار باشد. شیب سن برای سری زمانی میانگین دمای دوره گرم، مقادیر بالاتری نسبت به مورد مشابه در دوره سرد و سالانه نشان دادند؛ بنابراین، افزایش میانگین سالانه دمای خاک ایستگاه‌های دارای روند افزایشی، عمدتاً ناشی از ذخیره‌سازی گرم، در دوره گرم سال (بهار و تابستان) بودند. با توجه به نتایج این تحقیق، ناحیه گرم‌وخشک غرب استان (ایستگاه سرپل‌ذهاب)، فاقد تغییر در دمای خاک، ناحیه سرد و مرطوب مرکزی استان (ایستگاه کرمانشاه)، روند افزایشی اندک و ناحیه سرد و نیمه مرطوب شرق استان (ایستگاه کنگاور)، روند افزایشی معنی‌دار داشتند.

"هیچ‌گونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد"

Ghahreman et al. (2010) در مورد روند دمای سطح خاک کرمانشاه و ۶ ایستگاه دیگر طی دوره آماری ۱۹۷۶ تا ۲۰۰۵ که ایستگاه کرمانشاه فاقد روند در دمای خاک ارزیابی گردید، همخوانی داشت. Svlilic and Vucetic (2015) در بررسی تغییرات فصلی و سالانه درجه حرارت عمق‌های مختلف خاک در کرواسی با استفاده از آزمون من-کندال و آزمون شیب سن، نشان داد که در نواحی شرقی و ساحلی، دمای لایه سطحی به ویژه در فصول بهار و تابستان افزایش یافته است. بالاتر بودن نرخ افزایش سالانه دمای بخش سطحی (عمق ۵ سانتیمتری) خاک در هر سه ایستگاه، نتیجه‌ی تأثیرپذیرتر بودن پروفیل سطحی خاک، در قبال گرمایش هوا برآورد شد. در پژوهش Mohammadi and Forouzanfar (2016) در مورد روند دمای خاک در ۱۰ ایستگاه در ایران با اقلیم‌های مختلف، این نتیجه حاصل شد که همه ایستگاه‌های مورد مطالعه (به جز بندر انزلی) در عمق‌های ۵۰ و ۱۰۰ سانتیمتری خاک دارای روند صعودی‌اند. در ایستگاه‌های کنگاور و کرمانشاه، روند صعودی دما در عمق‌های ۵۰ و ۱۰۰ سانتیمتری، مشهود است اما نتایج ایستگاه سرپل‌ذهاب که در عمق ۵۰ سانتیمتری نیز دارای روند نزولی و سپس در عمق ۱۰۰ سانتیمتری دارای روند صعودی است با نتایج تحقیق مذکور، همخوانی نداشت. دلیل متفاوت بودن یافته‌ها در هر منطقه با نتایج این پژوهش، می‌تواند تفاوت‌های اقلیمی هر ناحیه و یا تفاوت طول دوره آماری هر یک از پژوهش‌ها باشد.

REFERENCES

- Alijani, B. (2008) Climate of Iran (8th edition). Payam-noor University: Tehran. (In Farsi).
- Asadi, L., Hezarjaribi, A., Ghorbani, Kh., Agha shariatmadari, Z and Zakeri nia, M. (2013). Investigation of variation of soil depths temperature changes using Mann-Kendall test Case study: Gorgan synoptic station, The first national conference on water and agricultural resources challenges of the irrigation and drainage association of Iran, Islamic azad University , Branch of Khorasgan of Isfahan.(In farsi).
- Barman, D., Kundu, D K., Soumen, P., Susanto, P., Chakraborty, A K., Jha, A K., Mazumdar, S P., Saha, R and Bhattacharyya, P. (2017). Soil temperature prediction from air temperature for alluvial soils in lower Indo-Gangetic plain, International Agrophysics, No31, 9-22.
- Delgado, JA., Groffman, PM., Nearing, MA., Goddard, T., Reicosky D. (2011). Conservation practices to mitigate and adapt to climate change. Journal of soil and water conservation, 66(4): 118-129.
- Golshan, S., Reini sarjaz, M and Norouz velashdi, R. (2015). Investigating and detecting the effect of global warming on soil temperature changes and estimation by regression correlation method- Journal of soil and water conservation research, No.4, pp.121-138. (In Farsi).
- Ghahreman, N., Bazrafshan, J and Gharekhani, A. (2010). Trend analysis of soil surface temperature in several regions of Iran. 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World. 1- 6 August 2010, Brisbane, Australia. Published on DVD.
- Guangyong, Y., Yiping Zh., Schaefer, D., Liqing, Sh., Yuhong, L., Hede, G., Zhenghong, T., Zhiyun, L., Chuansheng, W and Youneng, X. (2012). Short Communication Observed air/soil temperature trends in open land and understory of a subtropical mountain forest, SW China. International journal of climatology Int. J. Climatol.
- Hemadi, K and Zakeri Hoseini, F. (2014). The effect of climate change on the surface profile of soil in

- Ahvaz. Professional water sciences & engineering. Islamic Azad University. Ahvaz branch. 4th year. 10:75-85. (In farsi).
- Jafarpour, Sh and Kanooni, A. (1394) Climate change scenarios in the fifth report of the Intergovernmental Panel on Climate Change and its comparison with the previous report, Second National Conference on Conservation of Natural Resources and Environment, Ardabil, Mohaghegh Ardabili University, 13th and 14th esfand, pp1-8. (In farsi).
- Lettenmaier, D. P., Wood, E. F. & Wallis J. R. (1994). Hydro-climatological trends in the continental United States, 1948–88. *J. Climate*, 7: 586–607.
- Mirmosavi, S. H., Shafiei, Sh. (2009). Application of multivariate statistical methods for the study of climatic characteristics of the Western region of Iran (Kermanshah, Kurdistan, Hamedan, Ilam, Lorestan). *Journal of Geographical Notion*, 3(5): 96-117. (In Farsi)
- Mohammadi, M and Forouzanfard, M. (2016). Investigation of temperature trends of different soil depths In some Iranian climate samples, *Journal of Climatological Research*, 7th year, No. 25 th and 26 th, spring and summer 1395, 127-140. (In Farsi).
- Qian, B., Gregorich, E. G., Gameda, S., Hopkins, D. W., & Wang, X. L. (2011). Observed soil temperature trends associated with climate change in Canada. *Journal of Geophysical Research atmospheres*, 116, D02106.
- Salmi, T., Määttä, A., Anttila, P. & Ruoho, T, Amnell, T. (2002). Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the Mann-Kendall test and Sen's slope estimates –the Excel template application MAKESENS. *Publications on Air Quality*. No 31: Report code FMI-AQ- 31.
- Sharratt, B. S. (1992). Growing season trends in the Alaskan climate record, *Arctic* 45, 124–127. Year book, 2005-2006, Ministry of food, agriculture and live stock, Pakistan.
- Shoyoukhi soghanlou, S., Golshan, S and Khoshravesh, M. (2018). Investigation of Temperature Changes in Soil Depths Using Parametric and Nonparametric Methods (Shahroud Station), *Journal of Water and Soil Sciences (Agriculture and Natural Sciences and Technologies)*, 22(4), 29-39. (In Farsi).
- Svilicic, P., and V, Vucetic. (2015). Spatial and seasonal variability of extreme soil temperature in Croatia. *Geophysical research*. 17: 26-36.
- Turgay, P., and Ercan, K. (2005). Trend analysis in Turkish precipitation data. *Hydrological processes published online in wiley interscience (www.Interscience.wiley.com)*
- Wang, L., Henderson, M., Binhui, L., Xiangjin, S., Xiangwei, C., Luyao, L and Daowei, Zh. (2018). Maximum and minimum soil surface temperature trends over China-1965-2014, *Journal of Geophysical Research Atmospheres*. Vol. 123, issue.4, pp.2004-2016.
- Yesilirmak, E. (2014). Soil temperature trends in B'uy' UK Menderes Basin, Turkey. *Meteorol. Appl.* 21: 859–866.