

تأثیر تغییر اقلیم بر درجه حرارت پروفیل سطحی خاک در اهواز

کاظم حمادی^۱ و فاطمه ذاکری حسینی^{۲*}

(۱) دکترای هیدرولوژی و منابع آب سازمان آب و برق خوزستان.

(۲) دکترای رسوب شناسی و سنگ شناسی رسوبی سازمان آب و برق خوزستان.

* نویسنده مسئول: zakerfatemeh@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۸/۲۴

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۵/۰۶

چکیده

در مناطق خشک و نیمه خشک گرم شدن سطح خاک قابل توجه بوده و شیب حرارتی زیادی به وجود می‌آید که در اثر آن حرکت آب شدیدتر می‌شود. درجه حرارت خاک بر تولید محصولات زراعی، رشد گیاهان و میکرو ارگانیسم‌های خاک بسیار موثر است. در سال‌های اخیر روند افزایشی دما از مباحث تغییر اقلیم به صورت نقطه‌ای و نیز در سطح حوضه‌های آبریز نیز مورد توجه محققین بوده است. در تحقیق حاضر وجود روند افزایشی در سری زمانی درجه حرارت توسط دو آزمون غیر پارامتری و پارامتری من-کندال و رگرسیون خطی برای ایستگاه سینوپتیک اهواز به ثبوت رسید. در مرحله بعد ضمن تعیین میزان روند، روابط درجه حرارت خاک - محیط برای اعماق ۵ و ۳۰ سانتی‌متری استخراج شد. بکارگیری توأم رابطه روند افزایشی درجه حرارت هوا با روابط دمای خاک - محیط منجر به توسعه رابطه‌ای شد که روند افزایشی دمای خاک را بر اساس دمای محیط بیان می‌دارد. این روابط نشان می‌دهند که دمای خاک در عمق ۵ و ۳۰ سانتی متری به ترتیب ۲ و ۱ درجه سانتی‌گراد نسبت به محیط بیشتر است. و گرادیان روند افزایش درجه حرارت پروفیل سطحی خاک در عمق ۵ و ۳۰ سانتی‌متری به ترتیب برابر ۰/۰۳۸ و ۰/۰۳۰ درجه سانتی‌گراد در سال است. گرچه نمو درجه حرارت خاک محدود تصور شود اما همین تغییرات کم دمای خاک در سرنوشت رشد و نمو گیاه؛ ویژگی‌های خاک همچون پروفیل رطوبت دگرسانی ساختمان خاک، هدایت گرما، ظرفیت گرمایی و ضریب پخشیدگی حرارت موثر است.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، دمای محیط، دمای خاک، سری زمانی و روند.

مقدمه

دما و بارش اساسی ترین پارامترهای اقلیمی است که اثرات انکار ناپذیری بر سیکل هیدرولوژی، چرخه تولید محصولات زراعی، خاک، مصرف آب (به ویژه کشاورزی)، فعالیت‌های انسانی و محیط زیست دارد. درجه حرارت خاک نیز به نوبه خود یکی از ویژگی‌های عمده در چرخه تولید محصولات زراعی و مباحث فیزیک خاک مثل انتقال حرارت و رطوبت آن به شمار می‌آید. رشد و نمو گیاه و تکوین فرآیندهای خاک متأثر از دمای خاک می‌باشد. گونه‌های مختلف گیاهی به دماهای متفاوتی نیاز دارند و در یک محدوده از درجه حرارت تولید و بازدهی آن‌ها بهینه است. گرمای خاک بلحاظ مکانی از افقی به افق دیگر و بلحاظ زمانی در طول روز و سال نوسان می‌کند. درجه حرارت خاک نوع رشد و رویش ریشه را تحت کنترل داشته و به همراه نوسانات آن در فرآیندهای تشکیل خاک و تولید محصولات کشاورزی اثرات مهمی دارد. معمولاً نگرانی‌ها از درجه حرارت پایین بوده که به موجب آن فعالیت‌های زیستی، نمو ریشه و جوانه زدن بذر اغلب محصولات با مشکل جدی مواجه می‌شوند اما گیاهان تابستانه همچون ذرت، سورگوم و پنبه که اصولاً به آب و هوای گرم نیازمندند بطور مستقیم از افزایش دما و تغییر اقلیم متاثر هستند. صنعتی شدن جوامع بشری منجر به افزایش گازهای گلخانه‌ای به خصوص گاز CO₂ شده است چنانچه این گازها کاهش نیابد متوسط دمای زمین می‌تواند به میزان ۱/۱ تا ۶/۴ درجه سانتی‌گراد تا سال ۲۱۰۰ افزایش یابد. مباحث تغییر اقلیم و به طور مشخص افزایش درجه حرارت در کشور مورد اهتمام محققین مختلف بوده است. در این زمینه می‌توان به وجود مولفه روند در سری زمانی درجه حرارت شهر تبریز توسط رسولی (۱۳۸۱)، جاسک توسط Asakereh و Kheradmand (۲۰۰۲)، اهواز توسط حمادی و همکاران (۱۳۸۸) اشاره نمود. علاوه بر شهرهای ذکر شده، موضوع تغییر اقلیم در سطح حوضه‌های آبریز نیز مورد توجه محققین بوده است. مساح بوانی و مرید (۱۳۸۴) با تجزیه و تحلیل متغیرهای هواشناسی مربوط به مدل گردش عمومی در دوره‌های آبی برای ایستگاه‌های بالادست سد زاینده رود ضمن تعریف دو سناریو نشان دادند که افزایش میانگین دمای سالانه نسبت به متوسط دوره مبنا (۱۰ درجه سانتی‌گراد) برابر ۳/۲ و ۴/۵ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است. همچنین برای دو سناریوی مذکور کاهش در میانگین بارندگی سالانه در بالادست زاینده رود به ترتیب ۱۴۹ و ۲۳۴ میلی‌متر نسبت به مقدار مبنا (۱۴۵۸ میلی‌متر) خواهد شد. سادات آشفته و مساح بوانی (۱۳۸۸) با استفاده از عدم قطعیت‌های مدل AOGCM نشان دادند که دمای حوضه آیدوغموش آذربایجان شرقی در دوره ۲۰۴۰-۲۰۶۹ بین ۱ تا ۶ درجه سانتی‌گراد نسبت به دوره پایه افزایش می‌یابد. این افزایش برای فصول زمستان و بهار بین ۱ تا ۴/۵ و برای تابستان و پاییز بین ۲ تا ۶ درجه می‌باشد. در همین دوره افزایش بارندگی عمدتاً برای فصول پاییز و زمستان و کاهش آن برای دیگر فصول نشان دادند. تغییرات اقلیمی علاوه بر پارامتر درجه حرارت در میزان بارش و رژیم جریان رودخانه‌ای نیز گزارش شده است. صمد و

زغول (۲۰۰۶) تغییر ناگهانی خصوصیات بارش (میزان و تعداد روزهای بارانی) در شهر عمان کشور اردن برای دو ایستگاه سینوپتیک و طی دوره آماری ۸۱ ساله مورد بررسی قرار دادند؛ آن‌ها با بکارگیری آزمون‌های آماری مختلف از جمله آزمون من-کندال به یک روند کاهشی در میزان بارش و شیفت در روزهای بارندگی دست یافتند. روند نزولی بارش در ایستگاه سینوپتیک مفرک با متوسط بارش سالانه ۱۶۵ میلی متر برابر ۰/۵- میلی متر در سال ذکر شده است. Ma و همکاران (۲۰۰۸) تغییرات اقلیمی و اثر آن‌ها بر رژیم جریان در حوضه‌های آبریز رودخانه‌های منطقه خشک شمال غرب کشور چین را مورد تحلیل قرار دادند. در تحقیق فوق از آمار هیدرومتری جریان متوسط سالانه در ۸ حوضه آبریز استفاده شده که در ۵ حوضه روند کاهشی جریان سالانه به ثبوت رسیده است. مرور منابع در زمینه تغییر اقلیم نشان می‌دهد که اثرات اقلیم بر روی خاک (منطقه رشد و تولید محصولات زراعی) کمتر مورد توجه قرار گرفته که در تحقیق حاضر به آن پرداخته می‌شود. در پیدایش و تکوین خاک درجه حرارت خاک نقش عمده‌ای داشته و گرمای خاک بسیاری از واکنش‌های خاک را تعیین می‌کند. در رده بندی خاک‌ها دمای خاک به عنوان ضابطه‌ای در شناسایی آن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. تغییرات درجه حرارت خاک از سطح به سمت عمق کند و آرام می‌شود به نحوی که در سطح بیشترین نوسان و در عمق ۹ متری تقریباً ثابت و یکنواخت می‌گردد. میانگین سالانه درجه حرارت خاک معمولاً یک درجه سانتی‌گراد بیش از میانگین سالانه درجه حرارت هوا است و گرادیان درجه حرارت یا تغییرات درجه حرارت با عمق در حدود ۰/۵ درجه سانتی‌گراد در هر ۱۰ سانتی متر از عمق خاک می‌باشد. همانگونه که اشاره درجه حرارت در لایه سطحی خاک بیشتر از هوای مجاور آن است ولی نوسانات روزانه آن در اعماق پایین‌تر خاک کاهش می‌یابد. Arnon (۱۹۶۵) عنوان نموده که در عمق ۵۰ سانتی‌متری نوسانات درجه حرارت روزانه صورت نمی‌گیرد و در عمق ۱ تا ۳ متری خاک، درجه حرارت در طول سال ثابت است. بالا بودن درجه حرارت، فرآیندهای هوا دیدگی شیمیایی را که در دوره‌های کوتاه مدت اتفاق می‌افتد تشدید می‌نماید به طوری که با افزایش هر ۱۰ درجه سانتی‌گراد سرعت واکنش‌های شیمیایی تقریباً دو برابر می‌شود. از آنجایی که درجه حرارت خاک بر رشد گیاهان و میکرو ارگانیسم‌های خاک بسیار موثر است این تحقیق در نظر دارد تا اثرات تغییر اقلیم موضوع دما در ایستگاه سینوپتیک اهواز بر پروفیل سطحی خاک در اعماق ۵ و ۳۰ سانتی‌متری را بررسی نماید.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق مقادیر درجه حرارت ماهیانه و سالانه شهر اهواز از سال ۱۹۵۷ تا سال ۲۰۱۴ میلادی به مدت نزدیک ۶۰ سال از سازمان هواشناسی استان خوزستان دریافت و مورد تجزیه و تحلیل قرار داده شد. به منظور ذخیره، تجزیه و تحلیل داده‌ها از صفحه گسترده اکسل و نرم افزار هیدرولوژی آماری Trend استفاده شده است. آمار دریافتی بر حسب تقویم میلادی بوده که بدلیل تامین اهداف این تحقیق برگرداندن آن به تقویم شمسی صورت نگرفت. ایستگاه

سینوپتیک اهواز از قدیمی‌ترین ایستگاه‌های استان خوزستان می‌باشند، که دارای کیفیت آماری و طول دوره مناسب به سایر ایستگاه‌ها است. این ایستگاه دارای طول جغرافیای ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه شرقی ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۸ متر از سطح دریا است. در این ایستگاه علاوه بر درجه حرارت هوا، باد، رطوبت نسبی و سایر پارامترهای متداول هواشناسی؛ درجه حرارت خاک نیز در اعماق ۵ تا ۱۰۰ سانتی‌متر همزمان با درجه حرارت محیط ثبت می‌شود. در این تحقیق از درجه حرارت ثبت شده خاک در عمق ۵ و ۳۰ سانتی‌متری استفاده شد. در این تحقیق ابتدا سری زمانی سالانه دمای محیط به صورت گرافیکی ترسیم و تحلیل مقدماتی بر روی آن انجام گرفت. در تحلیل سری زمانی درجه حرارت نمایه‌های گرافیکی سری زمانی یعنی شاخص داده‌های خام، اسموت (هموار) شده، میانگین متحرک و تغییر پذیری، همچنین نمایه‌های اصلی سری‌های زمانی نظیر مولفه روند، چرخه‌ای، فصلی و غیرمنظم یا تصادفی از داده‌های اصلی قابل استخراج هستند. نمایش ظاهری سری زمانی درجه حرارت حاکی از وجود روند افزایشی در آن می‌باشد. به منظور تبیین وضعیت وجود روند در سری زمانی از دو آزمون غیر پارامتری و پارامتری من-کندال و رگرسیون خطی استفاده شد. آزمون من-کندال آزمون با توزیع آزاد است که برای ثبوت وجود روند در داده‌های سری زمانی کاربرد فراوانی دارد. این روش مقادیر سری زمانی $(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ را با مقادیر رتبه‌ای $(R_1, R_2, R_3, \dots, R_n)$ جایگزین می‌نماید (شروع مرتبه ۱ از کمترین مقدار تا رتبه n). آماره این آزمون، S به صورت زیر بیان می‌شود.

$$s = \sum_{i=1}^{n-1} \left[\sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(R_j - R_i) \right] \quad \text{رابطه ۱:}$$

که در آن:

$$\text{sgn}(x) = 1 \quad \text{for } x > 0$$

$$\text{sgn}(x) = 0 \quad \text{for } x = 0$$

$$\text{sgn}(x) = -1 \quad \text{for } x < 0$$

می‌باشد. اگر فرضیه نول درست باشد H_0 سپس S از توزیع نرمال با میانگین صفر ($\mu = 0$) و واریانس $\sigma = n(n-1)(2n+5)/18$ محاسبه می‌شود. آماره Z نیز مطابق زیر برآورد می‌گردد:

$$z = |s| / \sigma^{0.5} \quad \text{رابطه ۲:}$$

مقدار مثبت آماره S بیان کننده روند افزایشی در سری زمانی است و بالعکس. آزمون رگرسیون خطی یک آزمون پارامتری که برای داده‌های با توزیع نرمال کاربرد دارد و روند خطی ارتباط بین زمان (X) و متغیر (Y) را روشن می‌کند. گرادیان رگرسیون (b) و عرض از مبدا (a) آن بوسیله روابط زیر برآورد می‌شود:

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}, \quad a = \bar{y} - b\bar{x} \quad \text{رابطه ۳:}$$

آماره S به صورت $s = b/\sigma$ محاسبه می‌شود که σ در آن برابر:

$$\sigma = \left(\frac{12 \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i)}{(n(n-2)(n^2-1))} \right)^{0.5} \quad \text{رابطه ۴:}$$

آماره آزمون S از توزیع تی- استیودنت با $(n-2)$ درجه آزادی تحت فرضیه نول تبعیت می‌کند. داده‌های با توزیع نرمال و خطاهای مستقل (انحراف از روند) از فرض‌های آزمون رگرسیون خطی هستند که همان توزیع نرمال با میانگین صفر است. بعد از روشن شدن وجود روند در سری زمانی، مقدار کمی آن از تکنیک حداقل مجذور مربعات سری زمانی محاسبه شد. با تعیین مولفه روند درجه حرارت در محیط، امکان انتقال آن به توده خاک توسط روابط درجه حرارت خاک - محیط میسر می‌شود. به همین دلیل زوج‌های درجه حرارت همزمان ثبت شده محیط و خاک مورد توجه قرار گرفت و روابط بین آن‌ها استخراج شد. در خاتمه کار نتایج به صورت گرافیکی بیان و در خصوص آن‌ها بحث به میان آمد.

نتایج و بحث

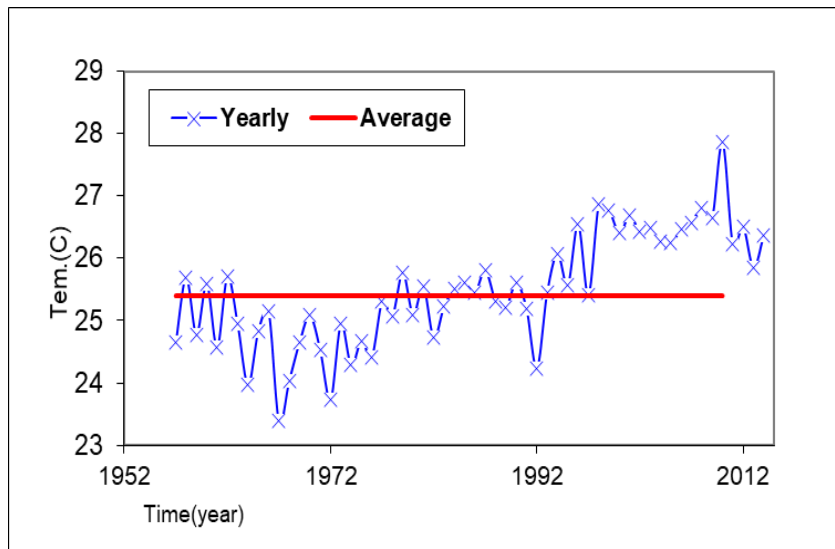
همان‌گونه که در بخش قبلی ذکر شد، در این بررسی از داده‌های درجه حرارت ثبت در ایستگاه سینوپتیک اهواز استفاده گردید. در این ایستگاه علاوه بر درجه حرارت هوا، درجه حرارت خاک نیز در اعماق ۵ تا ۱۰۰ سانتی‌متر همزمان با درجه حرارت محیط ثبت می‌شود. جدول (۱) درجه حرارت متوسط سالانه ایستگاه سینوپتیک اهواز در طول دوره حدود ۶۰ ساله مشاهداتی را نشان می‌دهد. همانگونه که در جدول مذکور ملاحظه می‌شود متوسط درجه حرارت سالانه ۲۵/۵ و تغییرات آن بین حداقل ۲۳/۴ تا حداکثر ۲۷/۹ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. دامنه تغییرات سری سالانه ۴/۵ و انحراف معیار آن کمتر از یک درجه سانتی‌گراد است با این حساب ضریب تغییرات (CV) سری برابر ۴ درصد می‌باشد. بیشترین تغییرات درجه حرارت خاک در سطح آن اتفاق می‌افتد، با حرکت از سطح به سمت عمق نوسانات دما کم می‌شود بر همین اساس در تحقیق حاضر از درجه حرارت ثبت شده خاک در عمق ۵ و ۳۰ سانتی‌متری استفاده شد. سری همزمان درجه حرارت محیط و خاک مشتمل بر ۱۸۳ مشاهده است که تحلیل تمایل مرکزی و انحراف تمایل این داده‌ها به جدول (۱) اضافه شد.

درجه حرارت متوسط مشاهدات محیط، خاک در عمق ۵ سانتی‌متری و خاک در عمق ۳۰ سانتی‌متری به ترتیب برابر ۲۶، ۲۸ و ۲۷/۵ درجه سانتی‌گراد؛ دامنه تغییرات آن‌ها ۴۴، ۴۶ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. با این که ضریب تغییرات (CV) سری درجه حرارت مشاهداتی محیط برابر ۴۴ درصد است اما این ضریب در عمق ۵ سانتی‌متری خاک به ۴۲ و در عمق ۳۰ سانتی‌متری به ۳۱ درصد می‌رسد.

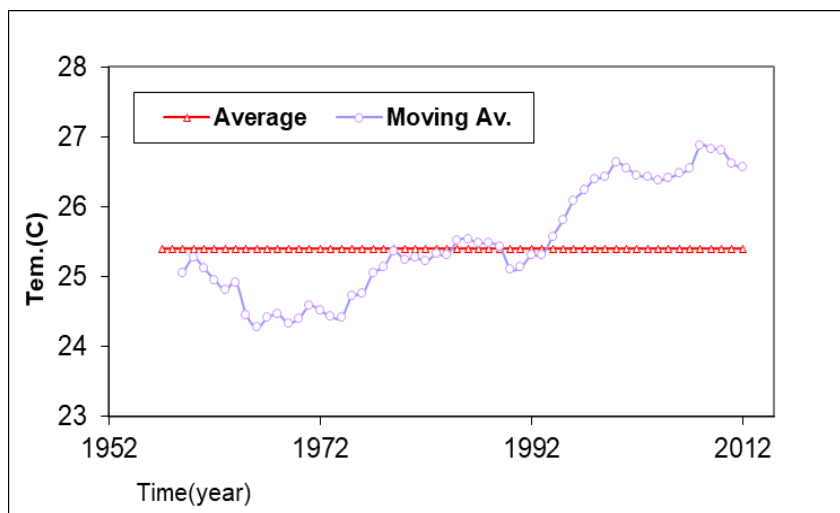
جدول ۱: پارامترهای آماری سری سالانه دما، درجه حرارت محیط و خاک در ایستگاه سینوپتیک اهواز (درجه سانتیگراد)

پارامترهای آماری	سری سالانه	محیط	خاک h=5 cm	خاک h=30 cm
تعداد مشاهدات (نمونه)	۵۸		۱۸۳	
متوسط	۲۵/۵	۲۶/۰	۲۸/۱	۲۷/۵
حداکثر	۲۷/۹	۴۶/۲	۴۹/۸	۳۸/۴
حداقل	۲۳/۴	۲/۶	۴/۲	۱۳/۴
دامنه تغییرات	۴/۵	۴۳/۶	۴۵/۶	۲۵/۰
انحراف معیار	۰/۹۰	۱۱/۴	۱۱/۹	۸/۵
ضریب تغییرات	۰/۰۴	۰/۴۴	۰/۴۲	۰/۳۱

در ادامه تحقیق ابتدا سری زمانی سالانه دمای محیط به صورت گرافیکی ترسیم و تحلیل مقدماتی بر روی آن انجام گرفت. شکل (۱) تغییرات درجه حرارت متوسط سالانه ایستگاه سینوپتیک اهواز را نشان می‌دهد. این شکل بیانگر نوسان شدید داده‌های دما حول متوسط ۵۲ ساله است. به منظور کاهش این نوسانات و مشاهده بهتر وضعیت سری زمانی از داده‌های خام میانگین متحرک ۵ ساله گرفته شد و در شکل (۲) نمایش داده شد. همانگونه که در بخش مواد و روش‌ها اشاره شد در تحلیل سری زمانی درجه حرارت نمایه‌های گرافیکی سری زمانی یعنی شاخص داده‌های خام، هموار شده، میانگین متحرک و تغییر پذیری، همچنین نمایه‌های اصلی سری‌های زمانی نظیر مولفه روند، چرخه‌ای، فصلی و تصادفی از داده‌های اصلی قابل استخراج هستند. از میان مولفه‌های فوق مولفه روند در این تحقیق مهم است. شکل‌های (۱) و (۲) هر دو ظاهراً وجود مولفه روند در سری زمانی درجه حرارت سالانه را نشان می‌دهند اما این موضوع کافی نیست. بحث وجود روند در سری زمانی باید توسط آزمون‌های مربوط به ثبوت یا رد شود. برای روشن نمودن وجود روند در سری زمانی درجه حرارت سالانه از دو آزمون غیر پارامتری و پارامتری من-کندال و رگرسیون خطی استفاده شد. نتایج تحلیل آماری در جدول (۲) منعکس شده است، نتایج تحلیل آماری که روند افزایشی در سری زمانی و در سطح آماری ($\alpha = 0.01$) معنی دار می‌باشد.



شکل ۱: تغییرات درجه حرارت متوسط سالانه ایستگاه سینوپتیک اهواز

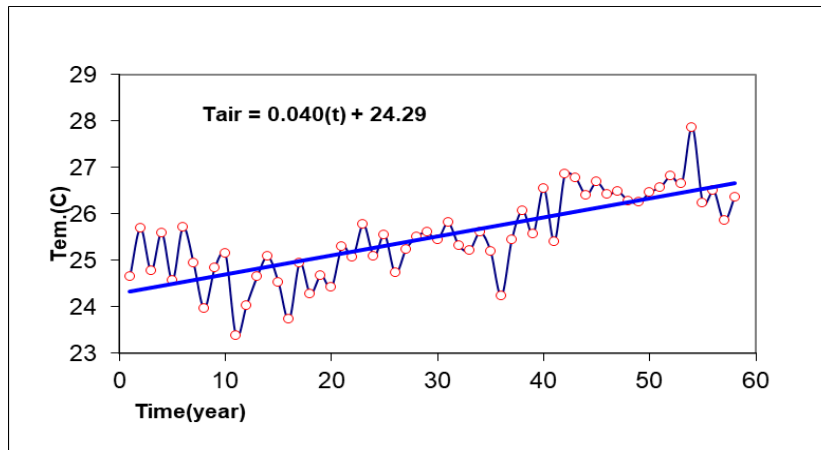


شکل ۲: میانگین متحرک ۵ ساله سری زمانی درجه حرارت سالانه ایستگاه سینوپتیک اهواز

جدول ۲: نتایج تحلیل آماری اثبات یا رد مولفه روند در سری زمانی دما

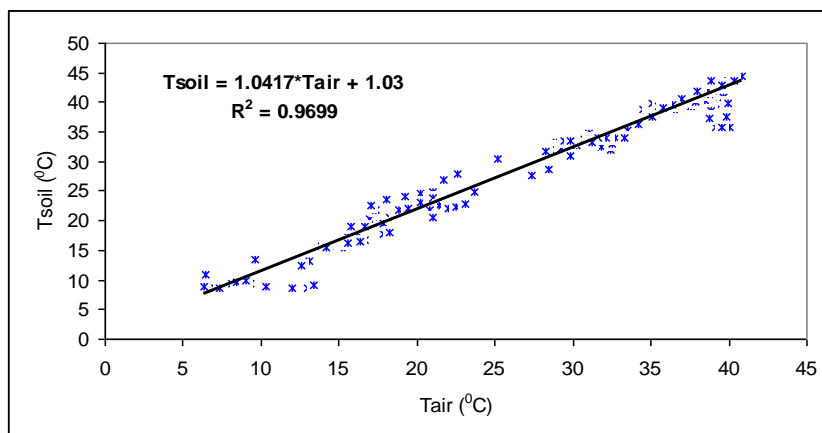
نتیجه	$\alpha = .01$	$\alpha = .05$	$\alpha = .1$	آماره آزمون	آماره و مقادیر بحرانی
S (01/0)	۲/۵۷۶	۱/۹۶	۱/۶۴۵	۵/۱۴۵	آزمون من-کندال
S (01/0)	۲/۶۸	۲/۰۱	۱/۶۸	۶/۶۱۷	آزمون رگرسیون خطی

مولفه روند به روش حداقل مربعات سری مشاهداتی محاسبه و در شکل (۳) نشان داده شد. مشاهده می‌شود که گرادیان مولفه روند درجه حرارت در ایستگاه سینوپتیک مورد مطالعه برابر 0.040 و عرض از مبدا آن برابر 24.29 درجه سانتی‌گراد است.

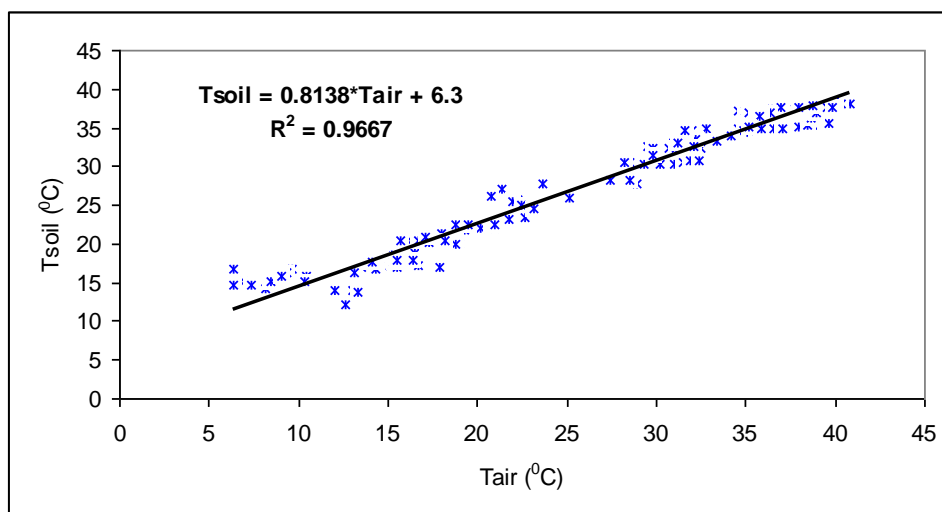


شکل ۳: نمایش مولفه روند در سری زمانی درجه حرارت سالانه ایستگاه سینوپتیک اهواز

در بخش آخر تحقیق حاضر به تعیین ارتباط بین سری همزمان درجه حرارت هوای محیط و خاک در عمق ۵ و ۳۰ سانتی‌متری پرداخته شد. درجه حرارت روزانه محیط و خاک، سه بار در روز اندازه‌گیری می‌شود. معمولاً تغییر دمای خاک نسبت به هوا دارای تاخیر است که بهمین دلیل قبل از استخراج روابط مورد بحث از داده‌های مناظر، میانگین متحرک ۳ رتبه‌ای به منظور جلوگیری از نوسانات روزانه انجام گرفت و سپس روابط استخراج شد. این ارتباط به خوبی در شکل‌های (۴) و (۵) مشاهده می‌شود، روابط مورد بحث در سطح آماری $(\alpha = 0.01)$ معنی دار می‌باشند.



شکل ۴: رابطه درجه حرارت محیط با خاک در عمق ۵ سانتی‌متری



شکل ۵: رابطه درجه حرارت محیط با خاک در عمق ۳۰ سانتی متری

با ملاحظه مجدد شکل‌های (۳) تا (۵) رابطه روند افزایشی درجه حرارت هوا و روابط درجه حرارت خاک - محیط در اعماق ۵ و ۳۰ سانتی متری به ترتیب و مطابق صورت زیر قابل بیان هستند:

$$T_{air} = 0.040 * t + 24.29 \quad \text{رابطه ۵:}$$

$$T_{soil} = 1.0417 * T_{air} + 1.03 \quad \text{رابطه ۶:}$$

$$T_{soil} = 0.8138 * T_{air} + 6.3 \quad \text{رابطه ۷:}$$

رابطه (۶) روند افزایشی درجه حرارت هوا و روابط (۷) و (۸) درجه حرارت خاک - محیط در اعماق ۵ و ۳۰ سانتی متری را نشان می‌دهند با جایگزینی روابط (۷) و (۸) در رابطه (۶)، روند افزایشی درجه حرارت لایه سطحی خاک در اعماق ۵ و ۳۰ سانتی متری مطابق روابط (۹) و (۱۰) استخراج می‌شود.

$$T_{soil} = 0.0416 * t + 25.3 \quad \text{رابطه ۸:}$$

$$T_{soil} = 0.0325 * t + 25.3 \quad \text{رابطه ۹:}$$

این روابط نشان می‌دهند که دمای خاک در عمق ۵ و ۳۰ سانتی متری به ترتیب ۲ و ۱ درجه سانتی‌گراد نسبت به محیط بیشتر است. همچنین گرادیان روند افزایش درجه حرارت پروفیل سطحی خاک در عمق ۵ و ۳۰ سانتی متری به ترتیب برابر ۰/۰۴۲ و ۰/۰۳۲ درجه سانتی‌گراد در سال است. منطقه اهواز یک منطقه نیمه خشک است در نتیجه گرم

شدن سطح خاک در آن قابل توجه بوده و شیب حرارتی زیادی به وجود می‌آید که در اثر آن حرکت آب شدیدتر می‌شود، مرطوب شدن خاک نیز تولید حرارت می‌کند. البته تاثیر متقابل میزان رطوبت خاک و درجه حرارت آن پیچیده است زیرا علیرغم این که در اثر افزایش دمای محیط، سطح خاک خشک زودتر گرم می‌شود اما انتقال گرما در یک خاک مرطوب بیشتر از یک خاک خشک صورت می‌گیرد. روشن شدن کمی مباحث ذکر شده به تحقیقات بیشتر در زمینه نیاز دارد.

نتیجه‌گیری

منطقه مورد مطالعه خشک تا نیمه خشک است و گرم شدن سطح خاک در آن قابل توجه بوده و شیب حرارتی زیادی به وجود می‌آورد. با استفاده از دو آزمون غیر پارامتری و پارامتری من-کندال و رگرسیون خطی، روند در سری زمانی درجه حرارت متوسط سالانه تایید شد. این روند افزایشی (مثبت) بوده و مقدار آن در محیط برابر $0/040$ درجه سانتی‌گراد در سال می‌باشد. در این تحقیق نیز روابط درجه حرارت خاک - محیط برای اعماق ۵ و ۳۰ سانتی‌متری استخراج شد. بکارگیری توأم رابطه روند افزایشی درجه حرارت هوا با روابط دمای خاک - محیط منجر به توسعه رابطه‌ای دیگر شد که روند افزایشی دمای خاک را بیان کرد. به طور کلی این روابط نشان می‌دهند که دمای خاک در عمق ۵ و ۳۰ سانتی‌متری به ترتیب ۲ و ۱ درجه سانتی‌گراد نسبت به محیط بیشتر است. همچنین گرادیان روند افزایش درجه حرارت پروفیل سطحی خاک در عمق ۵ و ۳۰ سانتی‌متری به ترتیب برابر $0/042$ و $0/032$ درجه سانتی‌گراد در سال است. گرچه نمو درجه حرارت خاک محدود تصور شود اما همین تغییرات کم دمای خاک در سرنوشت رشد و نمو گیاه؛ ویژگی‌های خاک همچون پروفیل رطوبت دگرسانی ساختمان خاک، هدایت گرما، ظرفیت گرمایی و ضریب پخشیدگی حرارت موثر است.

سپاسگزاری

از سازمان آب و برق خوزستان به دلیل همکاری و در اختیار گذاشتن داده‌ها قدردانی می‌شود.

منابع

- IPCC. (2007).** Summary for Policymakers, in: Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, pp: 1-18.
- Rasoli, A. (2004).** Preliminary analysis of time series of air temperatures in Tabriz, Scientific and technical journals maker, 46 & 47, pp: 7-26.
- Asakereh, H. and Kheradmand M, D. (2002).** The average monthly temperature SARIMA model, Journal of Scientific and Technical maker, Issue 46/47- pp: 41-45.
- Hammadi, K., Zakeri Hussain, F. And comprehensive, D. (2009).** The phenomenon of climate change (temperature) and its impact on agricultural water use in Khuzestan Plain, Khuzestan Water and Electricity Water Research Council, 94 p.

- Massah Bavani, A.S. and Morid, S. (2004).** The effects of climate change on water resources and agricultural production Case study: Zayandehrood basin, Iranian journals Water Resources Research, 1, 1, pp: 40-47.
- Ashofteh, P. and Masah Bavani, A.S. (2009).** A case study of the impact of uncertainty of climate change on flood regime Aidoghmoush Basin, East Azerbaijan, Iranian journals Water Resources Research, 2, Summer 2009, pp: 27-39.
- Smadi, M.M. and Zghoul, A. (2006).** A Sudden Change In Rainfall Characteristics In Amman, Jordan During The Mid 1950s" , American Journal of Environmental Sciences 2,3, pp: 84-91.
- Ma, Z., Kang, S. Z., Zhang, L., Tong, L. and Su, X. (2008).** Analysis of impacts of climate variability and human activity on streamflow for a river basin in arid region of northwest China, Journal of Hydrology, 352, pp: 239-249.
- Bay-Bvrdy, D. (1994).** Soil Physics, Fifth Edition, Tehran University Press, 671 pages.
- Arnon, A. (1989).** The principles of agriculture in arid areas, 1, Translated by Koochaki, A. and Alizadeh, A. the publication of Astan Quds Razavi, 260 pages.
- Chiew, F. and Siriwardena, L. (2005).** Trend User Guide, Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology, Australia, 23 p.
- Kendall, M. G., Stuart, A. (1973).** The Advanced Theory by Statistics. Griffin, London.