اندیشه جغرافیایی
سال یازدهم، شماره بیست و یکم، بهار و تابستان ۱۳۹۸
دانشگاه زنجان
مقاله شماره ۱۴۵

Geographic Notion
Vol.21. Spring and Summer 2019
Zanjan University
No. 145

تغییرات دمای هوا و دمای اعماق مختلف خاک در شمال استان فارس

احمد مزیدی[۱]، فاطمه جهانی دوقزلو[۲]

چکیده

مطالعه دمای خاک در اعماق مختلف، از نظر هواشناسی، اقلیم‌شناسی (بخصوص در مقیاس خرد)، کشاورزی و صنعت حائز اهمیت است. روش پژوهش توصیفی-تحلیلی بوده و هدف آن تعیین تغییرات دمای هوا و دمای اعماق (۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۵۰ و ۱۰۰) سانتیمتر خاک در ساعتهای ۶/۵، ۱۲/۵ و ۱۸/۵ طی دوره آماری ۲۰۱۶-۱۹۹۵ در منطقه شمال استان فارس می باشد. آمار روزانه از مرکز هواشناسی استان دریافت گردید و داده‌ها در نرم‌افزارهای اکسل و SPSS مرتب شد و مورد تحلیل قرار گرفت و با روش درون یابی IDW در نرم‌افزار GIS نقشه پهنه بندی دما ترسیم شد. نتایج نشان داد که نوسان سالانه دما در منطقه شمال فارس حدود ۲۰ درجه سانتیگراد می‌باشد. بالاترین نوسان دما در حاشیه‌های جنوبی و شرقی منطقه مورد مطالعه است و پایین‌ترین میزان آن در بخش شمالی و ارتفاعات مرکزی مشاهده می‌شود. کمترین دمای روزانه، دمای هوا و سطح زمین در ساعت ۶/۵ صبح و بیشترین دما در اعماق نزدیک به سطح زمین است. دامنه نوسان روزانه دما از سطح به عمق خاک کمتر و تغییرات آن در ماه‌های مختلف متغیر است به طوری که در ماه بهمن در عمق ۳۰ سانتیمتر، در ماه اردیبهشت در عمق ۵۰، در ماه مرداد در عمق ۵۰ و در ماه آبان در عمق ۳۰ به صفر رسیده است.

واژه‌های کلیدی: دمای هوا، دمای خاک، دامنه نوسان دما، یخبندان، استان فارس

مقدمه

سطح جامد زمین، با تابش روزانه گرم می‌شود، اما این گرما از طریق هدایت گرمایی به قشرهای زیرین آن منتقل می‌گردد. چنین انتقالی اصولا آهسته انجام می‌گیرد و موج گرمایی پس از مدت نسبتا زیاد به قشرهای عمیق‌تر سطح زمین نفوذ می‌کند. درجه

[۱] - دانشیار اقلیم شناسی، عضو هیئت علمی دانشکده علوم انسانی، دانشگاه یزد.
[۲] - دانشجوی کارشناسی ارشد آب و هواشناسی کاربردی، دانشگاه یزد Email: jahani7194@Gmail.com

حرارت قشرهای نزدیک به سطح با دمای سطح زمین بسیار هماهنگ است، در حالی که دامنه نوسان دما (تفاوت بین حداقل و حداکثر دمای روزانه ماهانه یا سالانه) با افزایش عمق، پیوسته کاهش می‌یابد و همزمان با آن، زمان رسیدن به درجات حرارت نهایی (حداقل و حداکثر) به تعویق می‌افتد. بدیهی است که دمای معینی که بر سطح خاک است، در گذار خود به درون زمین، به صورت امواج گرمایی در مدت زمان‌های متفاوت به ژرفای متفاوتی می‌رسد. نفوذ موج گرمایی حداکثر دمای روزانه به درون زمین، معمولا کندتر از نفوذ موج گرمایی حداقل دمای روزانه است، به طوری که موج گرمایی دمای پایین‌تر، معمولا زودتر از موج گرمایی دمای بالاتر به ژرفای معین می‌رسد. دیرتر رسیدن موج گرمایی حداکثر نسبت به موج گرمایی حداقل تا عمقی معین را تاخیر حرکت (تاخیر زمانی) می‌نامند (کاویانی و علیجانی، ۱۲۰:۱۳۹۳). نوسان شبانه‌روزی دمای خاک مشابه نوسان شبانه‌روزی دمای هوا بوده اما این نوسانات با تأخیر زمانی همراه است. بنابراین اطلاع از میزان دمای هوا و اعماق خاک و نیز نحوه تغییرات آنها در طول روز و سال برای کشاورزی در مراحل کاشت، داشت و برداشت بسیار مفید است (ثنایی نژاد و همکاران،۲۶:۱۳۸۷). دمای خاک و چگونگی تغییرات آن نسبت به زمان و مکان یکی از مهمترین عواملی است که نه تنها تبادل ماده و انرژی را در خاک تحت تأثیر قرار می‌دهد بلکه می‌توان گفت میزان و جهت کلیه‌ی فرآیندهای فیزیکی خاک بصورت مستقیم یا غیرمستقیم وابسته به دماست. علاوه بر آن فرآیندهایی مانند تبخیر- تعرق، تهویه خاک، جوانه‌زنی، رشد گیاه، توسعه ریشه‌ها و فعالیت‌های میکروبی درون خاک تابع دمای آن هستند (علیزاده، ۵۰۲:۱۳۹۳). نوسان روزانه درجه حرارت خاک بستگی به ابری بودن، نوع پوشش گیاهی، طول روز، رنگ خاک، شیب خاک، رطوبت خاک، گردش هوا در خاک و درجه حرارت بارانی دارد که به خاک نازل می‌شود. در مناطق حاره بین مدار رأس‌السرطان و الجدی نوسانات فصلی کم است و درجه حرارت زمستان بیش از تابستان می‌باشد. در یک خاک معین هرچه به سطح خاک نزدیک‌تر شویم دامنه تغییرات درجه حرارت بیشتر

می‌شود(بای‌بوردی،۱۳۶۸:۱۷۵). گرما در سطح خاک و افزایش دما در طول روز نسبت به لایه های زیرین بیشتر است و همین امر باعث به وجود آمدن گرادیان دمایی بین سطح زمین و خاک از یک طرف و سطح زمین و هوای مجاور سطح از طرف دیگر می شود که نتیجه آن جریان گرمایی نزولی است (آلن،۲۰۱۰) بنابراین دمای هوا تأثیر مستقیمی بر دمای خاک دارد، اما تراز انرژی در سطح خاک فقط تحت تأثیر دما نمی باشد (لاورنس، ۲۰۱۰). باگز(۱۹۸۲) در مقاله خود نقشه خاک استرالیا را به منظور پیش‌بینی توزیع دمای زمین تهیه نمود. وی با توجه به اینکه ساخت خانه‌های زیرزمینی در استرالیا هواداران زیادی پیدا کرده بود و در ضمن آمار درجه حرارت زمین برای مکان‌یابی مناسب این‌گونه ساختمان‌ها در دسترس نبود اقدام به تهیه داده‌های طولانی‌مدت درجه حرارت زمین از ۲۰ مکان نمونه نمود که در ۵ ایالت استرالیا پراکنده بودند و با استفاده از آن داده‌ها، نقشه همدمای خاک را در اعماق مختلف ترسیم نمود. تونهلم (۱۹۹۰) با کمک مدل‌سازی عددی و با استفاده از دو پارامتر درجه حرارت هوا و توازن انرژی سطح خاک به مقایسه بین مقادیر دمای خاک اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده در ناحیه سوئد شمالی پرداخت. هری‌هارن[1] و همکاران (۲۰۰۹) در مطالعه‌ای برای برآورد دمای خاک در اعماق مختلف از روش موجک هار استفاده کردند. نتایج تجزیه و تحلیل نشان می‌دهد که درجه حرارت خاک به هیچ یک از پارامترهای حرارتی خاک حساس نیست و استفاده از موجک هار باعث می‌شود که محاسبات دقیق، ساده، سریع و انعطاف‌پذیز باشند. ازجینر[2] و همکاران (۲۰۱۳) در مقاله‌ای با عنوان یک روش عملی برای پیش‌بینی تغییرات درجه حرارت خاک برای تولید انرژی مبدل‌های حرارتی، از پارامترهای تغییرات کوتاه‌مدت آب و هوا، تغییرات فصلی، رطوبت خاک و هدایت حرارتی خاک استفاده کردند. محمدی و همکاران (۲۰۱۶) در مقاله‌ای با عنوان استفاده از روش فازی-عصبی تطبیقی برای تعیین مناسب‌ترین متغیر برای پیش‌بینی درجه حرارت روزانه خاک در اعماق مختلف، اعماق

[1] -Hariharan
[2]- Ozgener

۵- ۱۰- ۲۰- ۳۰- ۵۰ و ۱۰۰ سانتی‌متری خاک را برای یک شهرستان ایران واقع در بخش ساحلی جنوب کشور بررسی کردند. برای این هدف هشت پارامتر حداقل رطوبت نسبی، حداکثر و متوسط درجه حرارت هوا و خورشیدی، افقی، ساعات آفتابی، فشار جو، فشار بخار آب مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در همه‌ی اعماق مهم‌ترین پارامتر رطوبت است. در حالی که عنصر رطوبت کمتر از همه مرتبط است. کایسی و همکاران (۲۰۱۵) در پژوهشی درجه حرارت خاک یک ایستگاه را با استفاده از درجه حرارت ایستگاه‌های همسایه بدون در نظر گرفتن سایر متغیرها یا پارامترهای مرتبط با خواص خاک ارزیابی کردند. برای این منظور، درجه حرارت خاک در عمق‌های ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۵۰ و ۱۰۰ سانتیمتری خاک در هشت ایستگاه ترکیه اندازه‌گیری شد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که مدل ANN توسعه یافته یک پیش‌بینی ساده و دقیق برای تعیین درجه حرارت خاک فراهم می‌کند. علاوه بر این، داده‌های مفقود در ایستگاه مورد مطالعه می‌تواند با دقت بالایی تعیین شود. طبری و همکاران (۲۰۱۵) در مقاله‌ای با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی پیش‌بینی کوتاه‌مدت درجه حرارت خاک اعماق (۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۵۰ و ۱۰۰ سانتیمتری) را برای آب و هوای مناطق خشک و مرطوب ایران طی دوره آماری (۲۰۰۵-۲۰۰۴) انجام دادند. خطای کم بین مقادیر پیش‌بینی شده و مقادیر مشاهده شده دمای خاک نشان داد که این مدل برای پیش‌بینی کوتاه‌مدت قابل اعتماد است. گوجی[1] و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه ای به منظور برآورد درجه حرارت دقیق‌تر خاک، در تانگولا از چینگهای تبت دریافتند که مدل انتقال حرارت بهبود یافته در مقایسه با مدل‌های سنتی، پروفیل درجه حرارت خاک را بهتر می تواند برآورد کند. گودریک[2] و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهشی با عنوان انتشار دی اکسید کربن از خاک جنگل ساحلی نواحی گرمسیری که با درجه حرارت خاک، رطوبت خاک و عمق به سطح آب هدایت می‌شود، با هدف شناخت عوامل تولید گازهای گلخانه‌ای برای کنترل دی اکسید کربن خاک در

[1] -Guojie
[2] -Goodrick

جنگل‌های ساحلی در کوئینزلند استرالیا، تولید گازهای گلخانه‌ای را در یک دوره یکساله اندازه‌گیری نمودند. کمون هسته خاک نشان داد که حساسیت دمایی افزایش یافته و در نتیجه خاک خشک شده است. لاگانیر[1] و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهشی با عنوان اثر موقعیت جنگل شمال روی تنفس خاک از طریق واسطه تغییرات در درجه حرارت خاک و کیفیت کربن، تاثیر دو گونه درخت شمالی در چرخه کربن جهانی مورد بررسی قرار گرفت. در نتایج نشان از شواهدی بود که ترکیب جنگل شمالی تحت تاثیر جریان CO2 و کیفیت بستر خاک است. وانگ[2] و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهشی روابط دمای هوا - خاک شبیه‌سازی شده را به وسیله مدل‌های سطح زمین در طول زمستان و در سراسر منطقه پرمافراست بررسی کردند. نتایج کار آنها نشان داد که تفاوت‌های بزرگ متقابل در مدل‌های شبیه‌سازی شده وجود دارد. برخی از مدل‌ها عملکرد ضعیف را در نمایندگی عایق برف به دلیل نادیده گرفتن عمق برف و یا ارزیابی بیش از حد قابلیت هدایت برف نشان می‌دهد. باتیر[3] و همکاران (۲۰۱۷) به منظور اندازه‌گیری و مدل‌سازی تغییرات درجه حرارت خاک و اثرات آن بر پرمافراست در شمال غرب آلاسکا، روند گرمایش زمین را برای یک دوره‌ی ۱۰ ساله (۲۰۰۶-۱۹۹۶) با استفاده از تعادل دما عمق اندازه‌گیری نمودند. نتایج نشان داد که تغییرات در عرض جغرافیایی در مناطق قطبی به میزان قابل توجهی موجب گرم‌شدن کره زمین شده است. نجفی‌مود و همکاران (۱۳۸۷) به منظور برآورد عمق یخبندان خاک و ارائه‌ی یک رابطه‌ی ساده و منطقی بین درجه حرارت هوا و اعماق خاک در سطح شهرستان‌های استان خراسان رضوی مطالعه‌ای بر روی داده‌های جمع‌آوری شده درجه حرارت هوا و اعماق ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۵۰ و ۱۰۰ سانتی‌متری خاک از ایستگاه‌های هواشناسی در سال ۱۳۸۶ انجام دادند. نتایج منجر به ارائه‌ی یک معادله درجه دوم به ازای هر عمق خاک گردید. مزیدی و همکاران (۱۳۹۰) در مطالعه‌ای با عنوان روند دمای سالانه‌ی خاک در

[1] -Laganière
[2]- wang
[3] -Batir

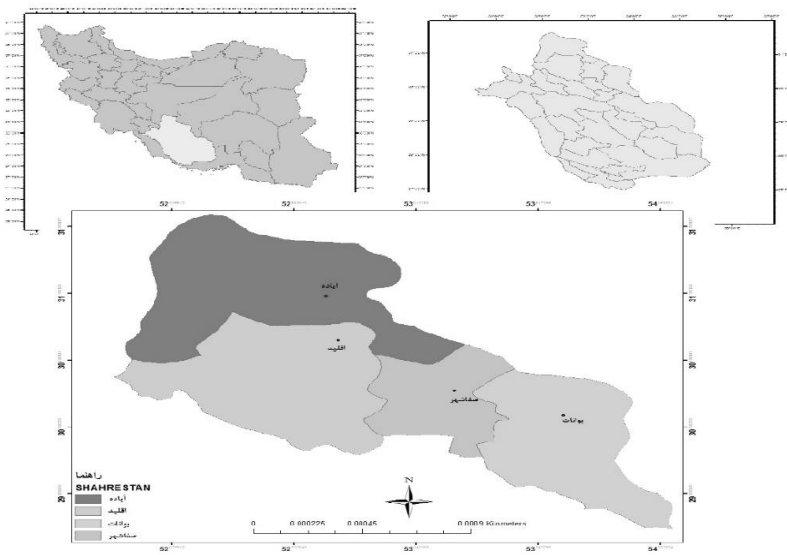
ایستگاه یزد داده‌های روزانه‌ی دمای خاک در اعماق ۵- ۱۰- ۲۰- ۳۰- ۵۰ و ۱۰۰ سانتی‌متری از سطح زمین در ساعات ۳- ۹ و ۱۵ گرینویچ در دوره‌ی آماری ۵ ساله (۱۳۸۴-۱۳۸۰) مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. نتایج نشان داد که بیشترین دامنه‌ی نوسان روزانه‌ی دما در لایه‌های نزدیک به سطح زمین (عمق ۵ سانتی‌متری) در ساعت ۶/۵ صبح و در ماه فروردین می‌باشد که با افزایش عمق پیوسته از مقدار آن کاسته می‌شود بطوری که در عمق ۱۰۰ سانتی‌متری در مرداد به کمترین مقدار خود می‌رسد. خوشخو و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهشی با هدف ارزیابی مدل (COUP) برای شبیه‌سازی عمق نفوذ یخبندان خاک در ایستگاه سینوپتیک بیجار برای بازه زمانی ۱۹۹۲ تا ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷ تا ۲۰۰۹ ابتدا مدل را اجرا کردند سپس با به کارگیری روش برآورد عدم قطعیت درست نمایی تعمیم یافته (GLUE)، مدل را مورد واسنجی قرار دادند. نتایج حاصل از اعتبار سنجی مدل نشان داد که در بیشتر موارد تطابق قابل قبولی بین داده‌های اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده وجود دارد و مدل توانسته است روند تغییرات داده‌های مشاهداتی را دنبال کند. ختار و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی با عنوان پیش‌بینی دمای لایه‌های خاک با استفاده از مدل‌های سری زمانی تلاش نمودند با استفاده از سری‌های زمانی دمای خاک در عمق ۵ تا ۳۰ سانتی‌متر در ایستگاه فرودگاه همدان بین سالهای آماری ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۸ به صورت ماهانه پیش‌بینی کنند. نتایج به دست آمده نشان داد که دمای خاک از مدل فصلی SARIMA پیروی می‌کند. با توجه به تخمین مناسب مدل، دمای خاک برای سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۳ پیش‌بینی گردید که نشانگر تغییرات جزئی در روند دمای خاک در این دوره می‌باشد. نورزاده نامقی و همکاران (۱۳۹۴) به منظور ارزیابی مالچ‌های مختلف آلی و غیر آلی بر دما و رطوبت خاک، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه‌ی طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بر روی درختان ۲۰ ساله‌ی پسته در منطقه‌ی فیض آباد مهلات استان خراسان رضوی در سال زراعی۹۳-۱۳۹۲ انجام دادند. نتایج نشان داد که محتوی رطوبتی تمام تیمارهای مالچ در مقایسه با شاهد افزایش یافت و دما در تیمارهای مالچ

پلاستیکی به طور معنی‌داری در مقایسه با سایر تیمارها بالاتر بود و تیمارهای مالچ‌های آلی به خصوص چیبس چوب باعث کاهش دما در مقایسه با شاهد در عمق ۵۰-۶۰ سانتیمتری خاک شدند. پیری‌صحراگرد و همکاران (۱۳۹۵) برای مقایسه مدل شبکه عصبی با الگورریتم ترکیبی شبکه عصبی- ژنتیک از داده‌های روزانه دمای خاک در اعماق ۵۰، ۳۰، ۲۰، ۱۰، ۵ و ۱۰۰ سانتی متری) برای ایستگاه سینوپتیک زابل طی دوره (۱۳۹۳-۱۳۹۰) استفاده کردند. نتایج نشان داد در شبکه عصبی نسبت به الگوریتم ترکیبی شبکه عصبی- ژنتیک از میزان خطا بیشتر و دقت کمتری برخوردار است از دلایل آن می‌توان به بالا بودن دقت و کارایی بالا مدل الگوریتم ترکیبی شبکه عصبی- ژنتیک نام برد. نتایج منجر به ارائه‌ی یک معادله‌ی درجه دوم به ازای هر عمق خاک گردید. محمدی و فروزان‌فرد (۱۳۹۵) در پژوهشی با توجه به اهمیت تغییر اقلیم و تغییرات درجه حرارت خاک مرتبط با گرمایش جهانی از یک سو و نقش درجه حرارت خاک از سویی دیگر، به بررسی روند تغییرات درجه حرارت اعماق مختلف خاک در دوره آماری (۲۰۰۸-۱۹۹۴) پرداختند. نتایج نشان داد که درجه حرارت دراعماق مختلف و در مکان‌های مختلف دارای روند یکسانی نیست. نصیریان و همکاران (۱۳۹۶) تاثیر دو دمای مختلف خاک (۲۳، ۳۳ درجه سانتیگراد) روی فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و مقدار گلوکز در بافت‌های جوانه و کورم زعفران در طول دوره خواب (تیر تا مهرماه) بررسی کردند. نتایج نشان داد دمای خاک به طور معنی‌داری فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و مقدار گلوکز را تحت تاثیر قرار داد. در دمای بالای خاک (۳۰ درجه سانتی گراد) آنزیم‌های مورد مطالعه غیرفعال بودند و روند ثابتی در طول آزمایش نشان دادند. مطالعه‌ای که بر روی نتایج کار محققان صورت گرفت نشان داد که اکثر محققان از روش شبکه‌های عصبی مصنوعی و روش‌های آماری در پژوهش خود استفاده کرده‌اند. این بیانگر کارآمد بودن روش‌های آماری و معادلات رگرسیونی در بررسی دمای خاک است. در پژوهش حاضر برای بررسی روابط موجود میان دمای هوا و دمای خاک در ایستگاه‌های منتخب منطقه‌ی شمال استان

فارس از روش‌های آماری و همچنین پهنه‌بندی دمای اعماق مختلف خاک در منطقه مورد مطالعه با نرم‌افزار GIS استفاده شد. تاکنون پژوهشی در منطقه مورد مطالعه و با استفاده از روش پهنه‌بندی با نرم‌افزار GIS انجام نشده است. هدف از این تحقیق بررسی تغییرات دمای هوا و دمای اعماق مختلف خاک در شمال استان فارس (آباده، اقلید، صفاشهر و بوانات) می‌باشد. منطقه مورد مطالعه در این پژوهش منطقه‌ای نیمه‌کوهستانی در شمال استان فارس است که یکی از قطب‌های کشاورزی در استان فارس می‌باشد. مهم‌ترین محصولات کشاورزی در این منطقه شامل گیاهان غده‌ای مانند چغندرقند، سیب‌زمینی، هویج و غیره و یا گیاهان علوفه‌ای مانند یونجه می‌باشد که ریشه آنها تا اعماق بیشتر از یک متر خاک نفوذ می‌کند و در ارتباط مستقیم با تغییرات دمای سطح و عمق خاک می‌باشد. همچنین پروژه‌های صنعتی موجود در منطقه مورد مطالعه مانند عبور خط لوله انتقال گاز و آب از این منطقه و لوله‌کشی آب شهری از دمای خاک تاثیر می‌پذیرند. بنابراین نتایج حاصل از این پژوهش می‌تواند کشاورزان و مسئولان را در اتخاذ تصمیمات بهتر برای پیشبرد اهداف و رفع مشکلات یاری کند.

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

شکل ۱ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه را در استان فارس و کشور ایران نشان می‌دهد. منطقه مورد مطالعه با مساحت حدود ۲۰۱۹۷ کیلومتر مربع در بخش شمالی استان فارس واقع شده است. این منطقه بین عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۴۷ دقیقه و ۳۱ درجه و ۴۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۶ دقیقه و ۵۲ درجه و ۱۲ دقیقه شرقی قرار دارد و به وسیله استان‌های یزد و اصفهان محدود شده است.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در استان فارس و کشور ایران

روش شناسی تحقیق

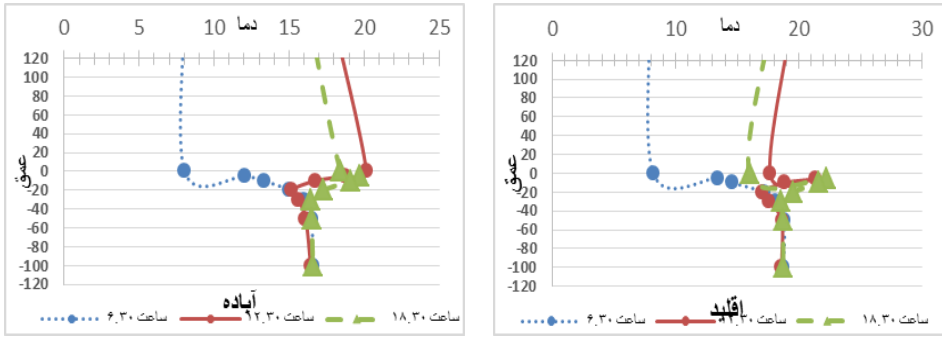
تحقیق حاضر با هدف بررسی تغییرات دمای هوا و دمای اعماق مختلف خاک در ایستگاه‌های منتخب منطقه شمال استان فارس (آباده، اقلید، بوانات و صفاشهر) طی دوره آماری ۲۰۱۶- ۱۹۹۵ انجام شد. ابتدا برای این تحقیق داده‌های مورد نیاز از اداره کل هواشناسی استان اخذ گردید، برای بررسی تغییرات دمای اعماق مختلف خاک به طور کلی از داده‌های دمای اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های هواشناسی مورد مطالعه (دمای هوا و دمای اعماق ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۵۰ و ۱۰۰ سانتیمتری خاک به صورت روزانه) استفاده شد. جهت انجام تحلیل‌های آماری و ترسیم شکل‌ها و جداول مورد نیاز، داده‌های روزانه و ساعتی ثبت شده در منطقه مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار اکسل مرتب گردیده و مورد تحلیل قرار گرفت. برای ترسیم نقشه‌های پهنه‌بندی از روش رگرسیون و درون‌یابی IDW استفاده شد. مشخصات و موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱: مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا
آباده	۳۱,۱۱	۵۲,۴۰	۲۰۰۴
اقلید	۳۰,۵۴	۵۲,۳۸	۲۱۹۷
صفاشهر	۳۰,۳۵	۵۳,۰۹	۲۲۵۰
بوانات	۳۰,۲۸	۵۳,۴۰	۱۹۹۰

مطالعه‌ای که بر روی نتایج کار محققان صورت گرفت نشان داد که اکثر محققان از روش شبکه‌های عصبی مصنوعی و روش‌های آماری در پژوهش خود استفاده کرده‌اند. این بیانگر کارآمد بودن روش‌های آماری و معادلات رگرسیونی در بررسی دمای خاک است. در پژوهش حاضر برای بررسی روابط موجود میان دمای هوا و دمای خاک در ایستگاه‌های منتخب منطقه‌ی شمال استان فارس از روش‌های آماری و همچنین پهنه‌بندی دمای اعماق مختلف خاک در منطقه مورد مطالعه با نرم‌افزار GIS استفاده شد. به نظر می‌رسد تاکنون پژوهشی در منطقه مورد مطالعه و با استفاده از روش‌های مورد استفاده در این پژوهش انجام نشده است.

۱- تغییرات سالانه دمای هوا و دمای اعماق مختلف خاک: تغییرات سالانه دمای هوا و دمای اعماق مختلف خاک در ساعت‌های ۶/۵، ۱۲/۵و ۵/ ۱۸برای ایستگاه‌های مورد مطالعه طی دوره آماری ۲۰۱۶-۱۹۹۵ توسط نرم‌افزار اکسل مورد تحلیل قرار گرفت و به صورت نمودار نشان داده شد.

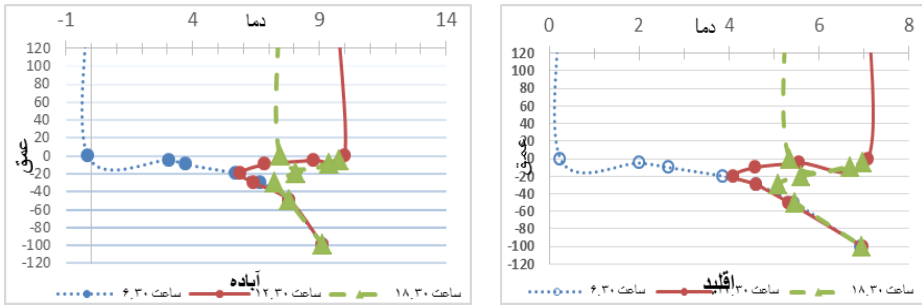


شکل ۲: تغییرات سالانه دمای هوا و دمای اعماق خاک در ایستگاه‌های آباده و اقلید دوره آماری ۱۹۹۵-۲۰۱۶

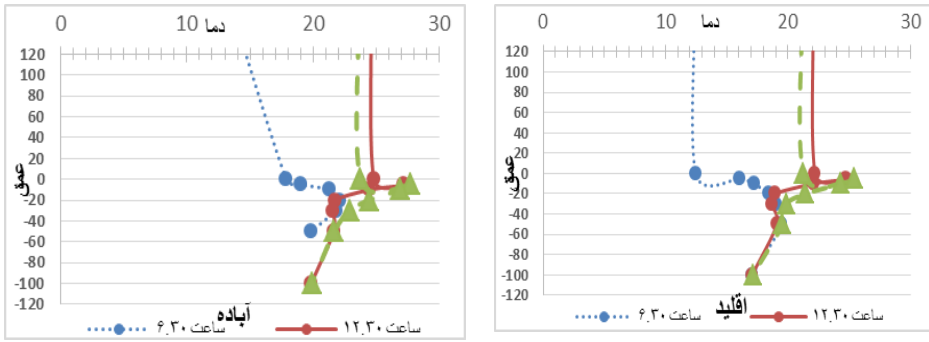
این شکل نشان می‌دهد در ایستگاه آباده در ساعت ۶/۵ صبح دمای ارتفاع ۲ متری بالاتر از سطح خاک و دمای سطح خاک پایین بوده ولی به سمت اعماق بیشتر، افزایش می‌یابد و در عمق ۳۰ سانتیمتری به اوج خود رسیده است؛ این امر نشان می‌دهد که سرما هنوز به داخل خاک نفوذ نکرده است. در ساعت ۱۲/۵ دمای هوا ۱۰ درجه نسبت به صبح افزایش یافته و حدود ۲ درجه گرمتر از دمای سطح زمین بوده و گرمای خورشید تا عمق ۵ سانتیمتر نفوذ کرده و به سمت درون خاک تا عمق ۲۰ سانتیمتر دما کاهش یافته و بعد از این عمق دوباره رو به افزایش می‌رود؛ این موضوع نشان‌دهنده این است که سرمای ساعت ۶/۵ صبح اکنون به این عمق رسیده یعنی پس از ۶ ساعت سرما تا عمق ۲۰ سانتیمتری نفوذ کرده است. در ساعت ۱۸/۵ برای دمای هوا کاهش ۱ درجه و دمای سطح خاک کاهش حدودا ۲ درجه‌ای اتفاق افتاده اما به طرف درون خاک تا عمق ۵ سانتیمتر دما افزایش می‌یابد و از آن عمق به بعد دوباره کاهش یافته است؛ این امر نشان می‌دهد که گرمای ساعت ۱۲/۵پس از ۶ ساعت اکنون به عمق ۵ سانتیمتر رسیده است. بیشترین دمای روز در عمق ۵ سانتیمتری و کمترین نیز دمای هوا و سطح خاک در ساعت ۶/۵ صبح اتفاق افتاده است. در هر سه ساعت دمای عمق ۵۰ سانتیمتر و یک متری خاک تغییر چندانی نکرده است. دامنه نوسان سالانه دما در ایستگاه آباده ۱۴/۳ درجه سانتیگراد بوده است. تغییرات دمای روزانه در سطح خاک در طول روز زیاد بوده اما به سمت اعماق خاک دامنه نوسان روزانه کاهش یافته است. دامنه نوسان

دمای هوا بیشتر از سطح خاک می‌باشد و به طرف درون خاک دامنه نوسان کمتر شده و در عمق ۵۰ سانتیمتر به صفر می‌رسد؛ این امر نشان می‌دهد که نوسان دما در اعماق بعدی تاثیر زیادی نداشته و تغییرات دما تا این عمق اثر گذار است. در ایستگاه اقلید در ساعت ۶/۵ صبح دمای ارتفاع ۲ متری و دمای سطح خاک پایین بوده ولی به سمت اعماق بیشتر افزایش می‌یابد و در عمق یک متری به اوج خود می‌رسد. در ساعت ۱۲/۵ دمای سطح خاک حدود ۳ درجه گرمتر از دمای هوا بوده و به سمت درون خاک تا عمق ۲۰ سانتیمتر دما کاهش یافته و بعد از این عمق دوباره رو به افزایش رفته است. در ساعت ۱۸/۵ نیز اختلاف ۳ درجه بین دمای هوا و سطح زمین وجود دارد و به طرف درون خاک تا عمق ۵ سانتیمتر دما افزایش یافته و از آن عمق به بعد دوباره کاهش می‌یابد. بیشترین دمای روز در سطح خاک و کمترین نیز دمای هوا و سطح خاک در ساعت ۶/۵ صبح اتفاق افتاده است. در هر سه ساعت دمای عمق ۵۰ سانتیمتر و یک متری خاک تغییری نکرده است. دامنه نوسان سالانه دما در ایستگاه اقلید ۱۲/۲ درجه سانتیگراد بوده است و در سطح خاک بیشتر از دمای هوا بوده و به طرف درون خاک دامنه نوسان کمتر شده و در عمق ۳۰ سانتیمتر به صفر می‌رسد. در ایستگاه صفاشهر بیشترین دمای روز در اعماق نزدیک به سطح خاک و کمترین نیز دمای هوا در ساعت ۶/۵ صبح اتفاق افتاده است. دامنه نوسان سالانه دما در ایستگاه صفاشهر ۱۵/۷۹ درجه سانتیگراد بوده است و از ارتفاع ۲ متری تا عمق ۵ سانتیمتر به یک اندازه می‌باشد و هرچه به طرف درون خاک پیش برویم کمتر شده تا جایی که در عمق ۵۰ سانتیمتر به صفر می‌رسد و در ایستگاه بوانات بیشترین دمای روز در عمق ۵ و کمترین نیز دمای هوا و سطح خاک در ساعت ۶/۵ صبح اتفاق افتاده است. دامنه نوسان سالانه دما در ایستگاه بوانات ۱۵/۸۱ درجه سانتیگراد بوده است. دامنه نوسان دمای هوا و سطح خاک به یک اندازه بوده و هرچه به طرف درون خاک پیش برویم دامنه نوسان کمتر شده تا جایی که در عمق ۵۰ سانتیمتر به صفر می‌رسد.

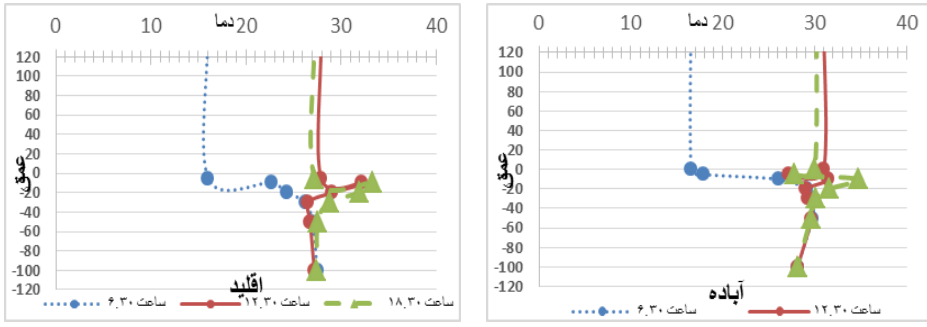
۲- تغییرات ماهانه دمای هوا و دمای اعماق مختلف خاک: تغییرات ماهانه دمای هوا و دمای اعماق مختلف خاک در ساعت‌های ۶/۵، ۱۲/۵و ۵/ ۱۸برای ایستگاه‌های مورد مطالعه طی دوره آماری ۲۰۱۶-۱۹۹۵ برای ماه‌های فوریه، می، اگوست و نوامبر، توسط نرم‌افزار اکسل مورد تحلیل قرار گرفت و به صورت نمودار نشان داده شد.



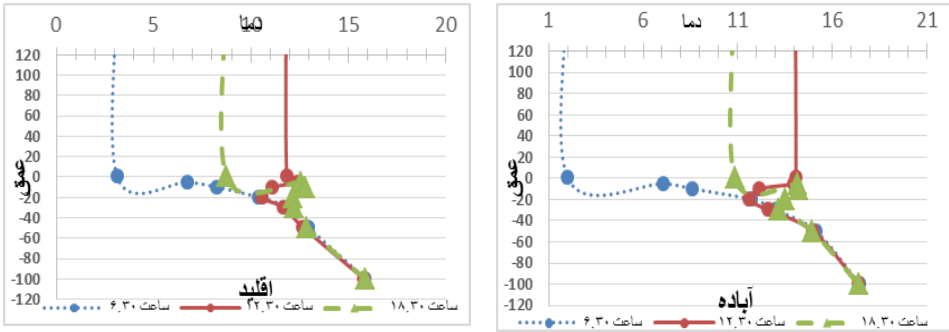
شکل ۳: تغییرات دمای هوا و اعماق مختلف خاک در ماه بهمن دوره آماری ۲۰۱۶-۱۹۹۵



شکل ۴: تغییرات دمای هوا و اعماق مختلف خاک در ماه اردیبهشت دوره آماری ۲۰۱۶-۱۹۹۵



شکل ۵: تغییرات دمای هوا و اعماق مختلف خاک در ماه مرداد دوره آماری ۲۰۱۶-۱۹۹۵

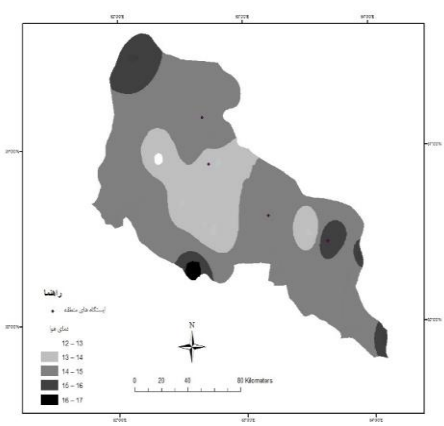


شکل ۶: تغییرات دمای هوا و اعماق مختلف خاک در ماه آبان دوره آماری ۲۰۱۶-۱۹۹۵

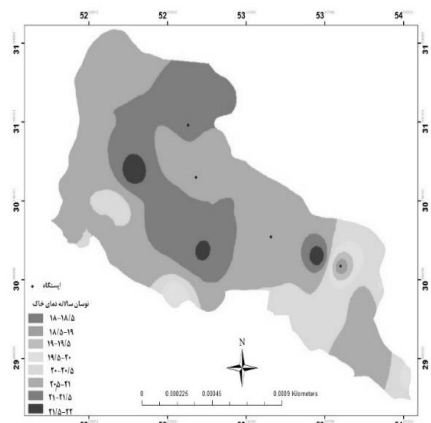
بالاترین دامنه نوسان ماهانه دما در مرداد و پایین‌ترین میزان آن نیز در بهمن بوده است. در ماه بهمن دامنه نوسان دما در ایستگاه آباده ۹/۸ و در اقلید ۶/۸ درجه سانتیگراد (شکل ۳) بوده است. از ارتفاع ۲ متری بالاتر از سطح خاک به طرف درون خاک دامنه نوسان کمتر شده و در عمق ۳۰ به صفر رسیده است. دامنه نوسان دمای ماه اردیبهشت در آباده ۱۵/۳ و اقلید ۱۲/۹ درجه سانتیگراد (شکل ۴) بوده است. دمای هوا بالاترین دامنه نوسان را داشته به طرف درون خاک کمتر شده و در عمق ۵۰ به صفر رسیده است. بیشترین دما در هر دو ایستگاه در عمق ۵ و در ساعت ۱۸/۵ بوده و کمترین نیز دمای هوا و سطح خاک در ساعت ۶/۵ بوده است. دامنه نوسان دما در هر دو ایستگاه در عمق ۵۰ به صفر می‌رسد. دامنه نوسان دما در ماه مرداد در ایستگاه آباده ۱۸/۲ و در اقلید ۱۷/۳ درجه سانتیگراد (شکل ۵) بوده است. سطح خاک بالاترین نوسان را داشته و در عمق ۳۰ به صفر رسیده است. بیشترین دما در ایستگاه آباده در عمق ۱۰ و در ساعت ۱۸/۵ بوده و در اقلید در عمق ۵ بوده و کمترین نیز در هر دو ایستگاه در ساعت ۶/۵ و مربوط به دمای هوا و سطح خاک بوده است. دامنه نوسان دمای ایستگاه آباده در حدود ۱ درجه بیشتر از اقلید بوده و تغییرات دمای هوا و سطح خاک آن بیشتر بوده است دامنه نوسان دمای هر دو ایستگاه در عمق ۵۰ به صفر می‌رسد. دامنه نوسان دما در ماه آبان در ایستگاه آباده۱۵/۴ و در اقلید ۱۲/۷درجه سانتیگراد (شکل ۶) بوده است. سطح خاک بالاترین دامنه نوسان را داشته و در عمق ۳۰ به صفر رسیده است. دامنه نوسان دما در ارتفاع ۲ متری بالاتر از سطح خاک و سطح خاک تقریبا به یک اندازه بوده و به طرف

درون خاک کمتر شده و در عمق ۳۰ به صفر رسیده است. بیشترین دما در هر دو ایستگاه در عمق یک متری و در ساعت ۶/۵ بوده و کمترین دما در هر دو ایستگاه دمای هوا و سطح خاک در ساعت ۶/۵ بوده است. دامنه نوسان دمای ایستگاه آباده در حدود ۱ درجه بیشتر از اقلید بوده است و در هر دو ایستگاه در عمق ۳۰ به صفر می‌رسد.

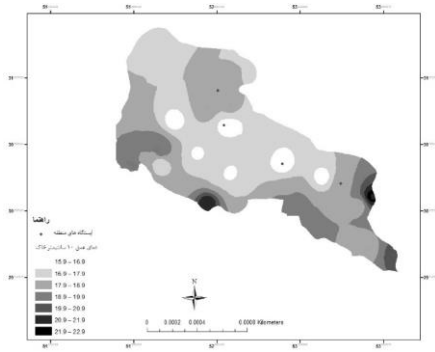
۳- پهنه‌بندی نوسان دما در منطقه مورد مطالعه: برای پهنه‌بندی دمای هوا و دمای اعماق مختلف خاک در منطقه مورد مطالعه، ابتدا با استفاده از روش رگرسیون برای هر عمق یک معادله به دست آمد و سپس با روش درون‌یابی IDW نقشه پهنه‌بندی ترسیم شده و مورد تفسیر قرار گرفت. شکل ۷ نوسان سالانه دمای هوا و دمای خاک را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد. بر این اساس نوسان سالانه دمای خاک در منطقه مورد مطالعه به طور میانگین حدود ۲۰ درجه سانتیگراد می‌باشد. بالاترین میزان نوسان دما در بخش مرکزی منطقه مورد مطالعه (ارتفاعات) مشاهده می‌شود. پایین‌ترین میزان نوسان دما در بخش جنوب شرق منطقه (شهرستان بوانات و بخش‌هایی از اقلید) مشاهده می‌شود.



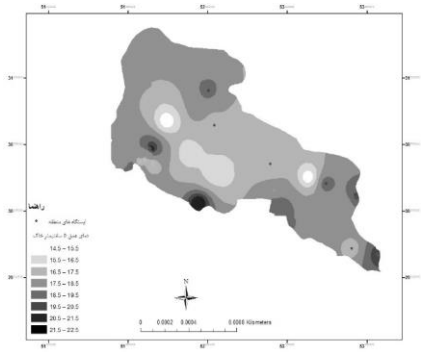
شکل ۷: نوسان سالانه دما خاک در منطقه مورد مطالعه



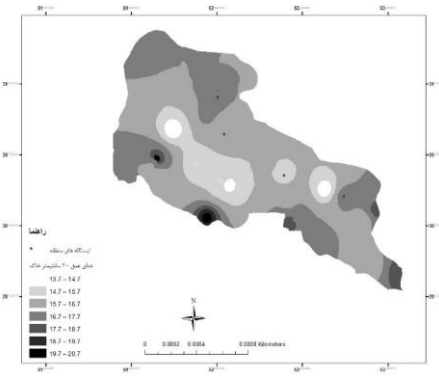
شکل ۸: پهنه‌بندی دمای هوا در منطقه مورد مطالعه



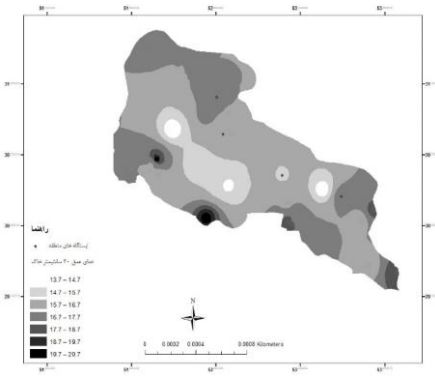
شکل ۹: پهنه‌بندی میانگین دمای عمق ۵ سانتیمتر



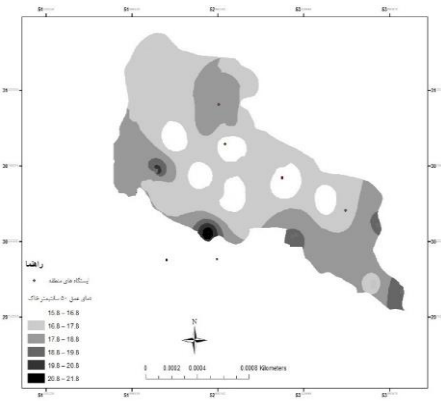
شکل ۱۰: پهنه‌بندی میانگین دمای عمق ۱۰ سانتیمتر



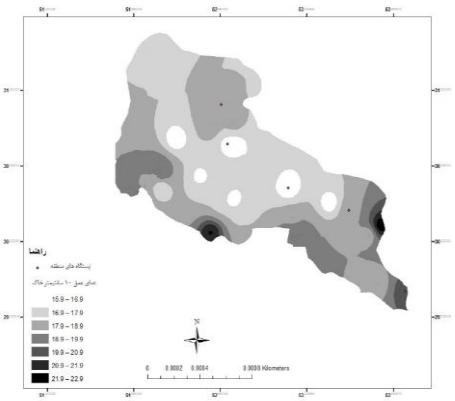
شکل ۱۱: پهنه‌بندی میانگین دمای عمق ۲۰ سانتیمتر



شکل ۱۲: پهنه‌بندی میانگین دمای عمق ۳۰ سانتیمتر



شکل ۱۳: پهنه‌بندی میانگین دمای عمق ۵۰ سانتیمتر



شکل ۱۴: پهنه‌بندی میانگین دمای عمق ۱۰۰ سانتیمتر

جدول ۲: معادلات گرادیان دمای هوا و دمای اعماق مختلف خاک

دمای هوا	$y = 24/537 - 0/005x$
عمق ۵	$y = 38/194 - 0/01x$
عمق ۱۰	$y = 37/079 - 0/009x$
عمق ۲۰	$y = 34/886 - 0/009x$
عمق ۳۰	$y = 34/916 - 0/009x$
عمق ۵۰	$y = 34/385 - 0/008x$
عمق ۱۰۰	$y = 35/545 - 0/009x$

بر اساس معادله گرادیان به دست آمده، میانگین دمای عمق ۵ سانتیمتر خاک در این منطقه ۱۷/۸ درجه سانتیگراد بوده است. با توجه به شکل ۹، بیشتر نقاط دارای دمایی بین ۱۷/۵ و ۱۸/۵ درجه سانتیگراد هستند. بالاترین دما در حاشیه‌های غربی و جنوبی منطقه قرار دارند. بیشتر مناطق شرقی و مرکزی منطقه دارای دمای کمتری نسبت به مناطق دیگر هستند و پایین‌ترین دما مربوط به نقاط مرتفع مرکزی بوده است. میانگین دمای عمق ۱۰ سانتیمتر خاک، ۱۸/۴ درجه سانتیگراد می‌باشد و نسبت به عمق ۵ سانتیمتر میانگین بالاتری دارد و گرمتر است. با توجه به شکل ۱۰، نیمه شرقی و جنوبی منطقه دمای بیشتری نسبت به مرکز و شمال منطقه دارند. بالاترین دما در این عمق بین ۲۰ تا ۲۳ درجه سانتیگراد می‌باشد که مربوط به حاشیه جنوبی و غربی منطقه است. پایین‌ترین دمای خاک در این عمق بین ۱۵ تا ۱۶ درجه سانتیگراد است که به صورت نواری از شمال منطقه تا شمال شهرستان بوانات کشیده شده است و به طور کلی شرق و شمال منطقه دمای کمتری نسبت به دیگر مناطق دارند. میانگین دمای خاک در عمق ۲۰ سانتیمتر در این منطقه ۱۶/۵ درجه سانتیگراد است که نسبت به اعماق بالاتر دمای کمتری دارد. با توجه به شکل ۱۱، بیشترین دمای خاک در این عمق مربوط به بخشی از شمال منطقه و نیز حاشیه‌های غربی و جنوبی و بیشتر مناطق دمایی بین ۱۵/۷ و ۱۶/۷ درجه سانتیگراد دارند و کمترین دما در نقاط مرتفع مرکزی دیده می‌شود. میانگین دمای خاک در عمق ۳۰ سانتیمتر ۱۶/۶ درجه سانتیگراد بوده و تقریبا شرایطی مشابه

عمق ۲۰ سانتیمتر حاکم است. با توجه به شکل ۱۲، در این عمق نیز مانند عمق ۲۰ بخش‌هایی از شمال منطقه و غرب و جنوب منطقه دارای بیشترین دما هستند و اکثر نقاط دارای دمایی بین ۱۶/۷ و ۱۷/۷ درجه دارا هستند که بالاتر از حد میانگین است. کمترین دما نیز در بخش مرکزی منطقه در ارتفاعات مشاهده می‌شود. میانگین دمای خاک در این عمق در نسبت به اعماق بالاتر از خود بیشتر بوده و به ۱۷/۸ درجه سانتیگراد می‌رسد. با توجه به شکل ۱۳، بالاترین دما در غرب و جنوب منطقه و بخش شرقی شهرستان آباده مشاهده می‌شود. میانگین دما در اکثر نقاط بین ۱۶/۸ و ۱۷/۸ بوده و پایین‌تر از میانگین قرار دارند. با توجه به شکل ۱۴، پایین‌ترین دما بین ۱۵/۸ و ۱۶/۸ قرار دارد و در ارتفاعات مرکز منطقه واقع است. میانگین دمای خاک در این عمق ۱۷/۳ درجه سانتیگراد است. بیشترین دما در شمال، غرب و جنوب منطقه دیده می‌شود. پایین‌ترین دما بین ۱۴/۴ و ۱۵/۴ درجه می‌باشد که در ارتفاعات مرکز منطقه واقع هستند.

نتیجه‌گیری

منطقه مورد مطالعه منطقه‌ای نیمه‌کوهستانی در بخش شمالی استان فارس با مساحت حدود ۲۰۱۹۷ کیلومتر مربع است. پایین‌ترین دمای هوا در بخش مرکزی منطقه است. شمال منطقه مورد مطالعه و نقاطی از حاشیه‌های جنوبی منطقه و نقاطی از شهرستان بوانات بیشترین دما را دارند. بر اساس شکل ۲، میانگین نوسان سالانه در منطقه مورد مطالعه حدود ۲۰ درجه سانتیگراد است. بالاترین میزان نوسان دما در حاشیه‌های جنوبی و شرقی منطقه مورد مطالعه و پایین‌ترین در بخش شمال منطقه و ارتفاعات مرکزی مشاهده می‌شود. در ساعت ۶/۵ صبح دمای ارتفاع ۲ متری و دمای سطح خاک پایین بوده ولی به سمت اعماق بیشتر افزایش می‌یابد. در ساعت ۱۲/۵ دمای سطح خاک به دلیل تابش خورشید افزایش یافته و گرمای خورشید تا عمق ۵ سانتیمتر نفوذ کرده است و به سمت درون خاک تا عمق ۲۰ سانتیمتر دما کاهش یافته و بعد از این عمق دوباره رو به افزایش می‌رود به این دلیل که سرمای ساعت ۶/۵ صبح اکنون به این عمق رسیده است یعنی پس از ۶ ساعت سرما تا عمق ۲۰ سانتیمتری نفوذ کرده است. در ساعت

۱۸/۵ دمای هوا و دمای سطح خاک کاهش یافته اما به طرف درون خاک تا عمق ۱۰ سانتیمتر دما افزایش می‌یابد و از آن عمق به بعد دوباره کاهش یافته است به این دلیل که گرمای ساعت ۱۲/۵پس از ۶ ساعت اکنون به عمق ۵ سانتیمتر رسیده است. بیشترین نوسان دما در ایستگاه بوانات (۱۵/۸۱) و کمترین نیز در ایستگاه اقلید (۱۲/۲) درجه سانتیگراد می‌باشد. دامنه نوسان دمای هر چهار ایستگاه از ارتفاع ۲ متری به طرف درون خاک کمتر شده و در ایستگاه‌های آباده، صفاشهر و بوانات در عمق ۵۰ سانتیمتر به صفر می‌رسد ولی در ایستگاه اقلید در عمق ۳۰ سانتیمتر به صفر می‌رسد. کمترین دمای روزانه در تمام ایستگاه‌ها دمای هوا و سطح زمین در ساعت ۶/۵ صبح می‌باشد. بالاترین دامنه نوسان ماهانه دما در مرداد و پایین‌ترین میزان آن نیز در بهمن بوده است. در ماه بهمن دامنه نوسان دما در ایستگاه آباده ۹/۸ و در اقلید ۶/۸ درجه سانتیگراد، بوده و دامنه نوسان در عمق ۳۰ به صفر رسیده است. دامنه نوسان دمای ماه اردیبهشت در آباده ۱۵/۳ و اقلید ۱۲/۹ درجه سانتیگراد، بوده و در عمق ۵۰ به صفر رسیده است. دامنه نوسان دما در ماه مرداد در ایستگاه آباده ۱۸/۲ و در اقلید ۱۷/۳ درجه سانتیگراد، بوده و در عمق ۵۰ به صفر می‌رسد. دامنه نوسان دما در ماه آبان در ایستگاه آباده۱۵/۴ و در اقلید ۱۲/۷درجه سانتیگراد، بوده در هر دو ایستگاه در عمق ۳۰ به صفر می‌رسد. میانگین دمای عمق ۵ سانتیمتر ۱۷/۸ درجه سانتیگراد بوده است، بالاترین دما در حاشیه‌های غربی و جنوبی و پایین‌ترین دما در به نقاط مرتفع مرکزی بوده است. میانگین دمای عمق ۱۰ سانتیمتر ، ۱۸/۴ درجه سانتیگراد است، بالاترین دما در حاشیه جنوبی و غربی و پایین‌ترین دما به صورت نواری از شمال منطقه تا شمال شهرستان بوانات کشیده شده است. میانگین دمای خاک در عمق ۲۰ سانتیمتر در این منطقه ۱۶/۵ درجه سانتیگراد است، بیشترین دمای خاک در این عمق مربوط به بخشی از شمال منطقه و نیز حاشیه‌های غربی و جنوبی و کمترین دما در نقاط مرتفع مرکزی دیده می‌شود. میانگین دمای خاک در عمق ۳۰ سانتیمتر ۱۶/۶ درجه سانتیگراد است، بخش‌هایی از شمال، غرب و جنوب منطقه دارای بیشترین دما و کمترین دما نیز در بخش مرکزی منطقه در ارتفاعات مشاهده

می‌شود. میانگین دمای خاک در عمق ۵۰ سانتیمتر ۱۷/۸ درجه سانتیگراد است، بالاترین دما در غرب و جنوب منطقه و بخش شرقی شهرستان آباده است. در عمق ۱۰۰ سانتیمتری پایین‌ترین دما در ارتفاعات مرکز منطقه واقع است و بیشترین دما در شمال، غرب و جنوب منطقه دیده می‌شود.

مأخذ

۱. بای‌بوردی، م (۱۳۶۸). پیدایش و رده‌بندی خاک. انتشارات دانشگاه تهران. ویرایش دوم.

۲. پیری‌صحراگرد, ح؛ پیری، ج و بهمنی، ف ۱۳۹۵، شبیه‌سازی دمای خاک در اعماق مختلف با استفاده از الگوریتم ترکیبی شبکه عصبی ژنتیک (ANN-GA) و شبکه عصبی (ANN) (منطقه موردی: ایستگاه سینوپتیک زابل)، پنجمین کنفرانس مدیریت جامع منابع آب، کرمان، انجمن مهندسی آبیاری و آب ایران.

۳. ثنایی‌نژاد، ح؛ ادیب عباسی، م؛ موسوی بایگی، م و حیدری گندمان، م (۱۳۸۷)."بررسی رژیم دمایی هوا و اعماق خاک و تعیین توابع نوسانات ادواری آنها در ایستگاه‌های استان کردستان". مجله‌ی علوم و صنایع کشاورزی ویژه‌ی آب و خاک. جلد ۲۲ (شماره‌ی ۱)، سال ۱۳۸۷، ص ۲۵-۳۳.

۴. ختار، ب و بهمنی، ا (۱۳۹۴)."پیش‌بینی دمای لایه‌های خاک با استفاده از مدل‌های سری زمانی". نشریه‌ی پژوهش‌های خاک. جلد ۲۹ (شماره‌ی ۲)، ص ۲۱۰-۲۰۰.

۵. خوشخو، ی؛ ایران‌نژاد، پ؛ خلیلی، ع؛ رحیمی، ح و لیاقت، ع (۱۳۹۲)."ارزیابی مدل Coup برای شبیه‌سازی عمق نفوذ یخبندان خاک در ایستگاه سینوپتیک بیجار". نشریه‌ی هواشناسی کشاورزی. جلد ۱ (شماره‌ی ۲)، پاییز و زمستان ۱۳۹۲، ص ۲۰-۱۱.

۶. علیزاده، ا (۱۳۹۳). فیزیک خاک. انتشارات دانشگاه سجاد. ویرایش سوم، چاپ هفتم.

۷. کاویانی، م و علیجانی، ب (۱۳۹۳). مبانی آب و هواشناسی. سازمان مطالعه و تودین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت)، مرکز تحقیق و توسعه علوم انسانی. چاپ هجدهم

۸. مزیدی، ا و فلاح‌زاده، ف (۱۳۹۰)."روند دمای سالانه‌ی خاک در ایستگاه یزد". جغرافیا و توسعه. شماره‌ی ۲۴، پاییز ۱۳۹۰، ص ۳۹-۵۰.

۹. محمدی، م و فروزان‌فرد، م (۱۳۹۵)."بررسی روند درجه حرارت عمق‌های مختلف خاک در چند نمونه اقلیمی ایران". نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی. سال ۷، شماره ۲۵ و ۲۶، بهار و تابستان ۱۳۹۰، ص ۱۴۰-۱۲۸.

۱۰. نجفی مود، م؛ علیزاده، امین؛ محمدیان، آ و موسوی، ج (۱۳۸۷)."بررسی رابطه‌ی دمای هوا و دمای اعماق مختلف خاک و برآورد عمق یخبندان (مطالعه موردی:استان خراسان رضوی)". مجله‌ی آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). جلد ۲۲ (شماره‌ی ۲)، ۱۳۸۷، ص ۴۵۶-۴۶۶.

۱۱. نورزاده نامقی، م؛ داوری نژاد، غ؛ انصاری، نعمتی ؛ ح ، زارع فیض آبادی،س ح و زارع فیض آبادی، س ا (۱۳۹۴)." ارزیابی تاثیر انواع مالچ‌های آلی و غیرآلی بر محتوی دما و رطوبت خاک در پسته". نهمین کنگره علوم باغبانی. سال ۱۳۹۴.

۱۲. نصیریان، ف؛ فرهادی‌مقدم، ن و قناتی، ف (۱۳۹۶). تاثیر دمای خاک بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و مقدار گلوکز کورم زعفران در طول دوره خواب. نوزدهمین کنگره ملی و هفتمین کنگره بین‌المللی زیست‌شناسی ایران.

13. Allen, D.M., Cannon, A.J., Toews, M.W. and Scibek, J., 2010. Variability in simulated recharge using different GCMs, water resources research, 46, W00F03

14. Batir, Joseph F., Matthew J. Hornbach, and David D. Blackwell. "Ten Years of Measurements and Modeling of Soil Temperature Changes and Their Effects on Permafrost in Northwestern Alaska." *Global and Planetary Change* 148 (2017): 55-71

15. Bags, S.A. 1982. Remote predicition of ground temperature in Australion soil and mapping its distribution. Solar Energy. Vol. 30

16. Goodrick, I., Connor, S., Bird, M. I., & Nelson, P. N. (2016). Emission of CO2 from tropical riparian forest soil is controlled by soil temperature, soil water content and depth to water table. *Soil Research, 54*(3), and 311. Doi: 10.1071/sr15040

17. Hariharan, G. Kannan, K., & Sharma, K. R. (2009). Haar wavelet in estimating depth profile of soil temperature. *Applied Mathematics and Computation, 210*(1), 119-125. doi:10.1016/j.amc.2008.12.036

18. Hu, G., Zhao, L., Wu, X., Li, R., Wu, T., Xie, C. Cheng, G. (2015).An analytical model for estimating soil temperature profiles on the Qinghai-Tibet Plateau of China. *Journal of Arid Land, 8*(2), 232-240. doi:10.1007/s40333-015-0058-4

19. Mohammadia K, Shahaboddin Sh, , , Amirrudin K, and Raja J Raja Y. "Application of Adaptive Neuro-Fuzzy Technique to Determine the Most Relevant Variables for Daily Soil Temperature Prediction at Different Depths." *CATENA* 145 (2016): 204-13.

20. Lawrence, D.M. and Slater, A.G., 2010. The contribution of snow condition trends to future ground climate, climate dynamics, v. 34, p. 969-981.

21. Kisi, O., Tombul, M., & Kermani, M. Z. (2015). Modeling soil temperatures at different depths by using three different neural computing techniques. *Theoretical and applied climatology*, *121*(1-2), 377-387.
22. Ozgener, Onder, Leyla Ozgener, and Jefferson W. Tester. " A Practical Approach to Predict Soil Temperature Variations for Geothermal (Ground) Heat Exchangers Applications." *International Journal of Heat and Mass Transfer* 62 (2013): 473-80.
23. Wang, Wenli, Annette Rinke, John C. Moore, Duoying Ji, Xuefeng Cui, Shushi Peng, David M. Lawrence, *et al.* "Evaluation of Air–Soil Temperature Relationships Simulated by Land Surface Models During Winter across the Permafrost Region." *The Cryosphere* 10, no. 4 (2016): 1721-37.
24. Thunholm, B (1990). Acomparison of measured and simulated soil temperatures using air temperature and soil surface energy balance as boundery conditions. Agric. Forest Meteorol. Vol. 53.