استخراج روابط رگرسیونی بین دمای خاک در اعماق مختلف و پارامترهای هواشناسی (مطالعه موردی: ایستگاه همدان)

نصرالدین پارسافر و صفر معروفی[1*]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۱/۳۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۲/۲۴)

چکیده

در این پژوهش روابط رگرسیونی خطی و درجه دوم بین پارامترهای هواشناسی (دمای هوا، رطوبت نسبی و ساعات آفتابی) و دما در اعماق خاک (۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۵۰ و ۱۰۰ سانتی‌متری) در ایستگاه هواشناسی همدان (دوره سال‌های میلادی ۱۹۹۲-۲۰۰۵) بررسی گردید. داده‌های دمای خاک در هر روز در ساعت ۳ صبح، ۹ صبح و ۳ بعدظهر اندازه‌گیری و به‌کار گرفته شد و نرم‌افزار Excel جهت بررسی هم‌بستگی بین پارامترهای هواشناسی و دمای خاک استفاده گردید. نتایج نشان داد که بیشترین ضریب تبیین خطی بین دمای هوا و دمای خاک مربوط به ساعت ۳ بعدظهر و عمق ۲۰ سانتی‌متری (R^2= ۹۸/۱۵٪) و بیشترین ضریب تبیین غیرخطی (معادله درجه دوم) بین دمای هوا و دمای خاک مربوط به ساعت ۳ بعدظهر و عمق ۱۰ سانتی‌متری (R^2= ۹۸/۴۵٪) است. بیشترین ضریب تبیین خطی بین پارامترهای هواشناسی (ساعات آفتابی و درصد رطوبت نسبی) و دمای خاک در ساعت ۳ بعدظهر و عمق ۱۰ سانتی‌متری دیده شد. هم‌چنین نتایج نشان داد که کمترین ضریب تبیین بین پارامترهای هواشناسی و دمای خاک در عمق ۱۰۰ سانتی‌متری مشاهده گردید. دمای هوا هم‌بستگی بیشتری با دمای خاک در مقایسه با دو پارامتر دیگر نشان داد. هم‌چنین ضرایب تبیین رگرسیون غیرخطی بیشتر از رگرسیون خطی بود.

واژه‌های کلیدی: دمای خاک، پارامترهای هواشناسی، هم‌بستگی، رگرسیون، ایستگاه همدان

۱. گروه آبیاری و زه‌کشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: marofo@basu.ac.ir

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-02-06]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.62.6.5]

مقدمه

انتقال گرما در خاک و دمای خاک در اعماق مختلف که ناشی از این انتقال گرما می‌باشد به نوع خاک، میزان رطوبت آن، دمای هوا، ساعات آفتابی و جنس سطح خاک بستگی دارد. در نتیجه میزان دمای اعماق مختلف خاک از جایی به جای دیگر تغییر می‌کند. به‌طورکلی دمای خاک دارای یک نوسان روزانه و یک نوسان سالانه است. دمای خاک در طی فصول گرم از سطح به عمق کاهش می‌یابد و در طی فصول سرد از سطح به سمت عمق افزایش پیدا می‌کند. با این حال، عمقی از خاک را که در آن تغییرات دمایی وجود نداشته و یا دامنهٔ این تغییرات بسیار ناچیز باشد عمق آمیزش می‌نامند (۶). کلیه فرآیندهای فیزیکی خاک به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم وابسته به دما هستند. دمای خاک در فرآیندهای تبخیر و تعرق، تهویه خاک، جوانه‌زنی بذر، رشد گیاه، توسعه ریشه‌ها و فعالیت ریزجانداران خاک نقش بسزایی دارد (۱۱).

اندازه‌گیری دمای خاک در ایستگاه‌های سینوپتیک با انواع مختلف حسگر و یا دماسنج‌های معمولی صورت می‌گیرد. اندازه‌گیری دمای خاک با حس‌گر هزینه‌بر بوده و به نیروی انسانی ماهر و پایش مداوم نیاز دارد. برای تعیین تغییرات مکانی دمای خاک در اعماق مختلف، چندین حس‌گر و یا دماسنج مختلف مورد نیاز است. بنابراین، ارایه روش‌های آماری و تجربی که قادر به ارایه نتایج قابل قبول در برآورد دمای خاک باشد، می‌تواند راه حل مناسبی برای برآورد این متغیر در نقاط فاقد اندازه‌گیری باشد (۱۹). اهمیت دمای خاک در علوم کشاورزی و هیدرولوژی از یک سو و وجود دشواری‌های فراوان در ثبت این پارامتر حیاتی پژوهش‌گران را بر آن داشته است تا به‌دنبال یافتن رابطه‌ای بین دمای خاک و پارامترهای دیگر باشند تا بتوانند دمای خاک را با دقت مطلوب برآورد کنند. تاکنون پژوهش‌های زیادی در زمینه برآورد دمای خاک صورت گرفته است. هنکس و همکاران (۱۵) با به‌کارگیری روش عددی موفق به برآورد دمای خاک به‌عنوان تابعی از زمان و عمق شدند. در این پژوهش دمای محاسبه شده ۱/۵ درجه سانتی‌گراد با دمای واقعی اختلاف داشت. سامر و همکاران (۲۰) چگونگی فعالیت گیاه مانند آزادسازی دی اکسیدکربن را به شدت متأثر از دمای خاک می‌دانند. گومان و لای (۱۴) دمای خاک منطقه استوا را با استفاده از تحلیل فوریه مورد ارزیابی قرار داده و نتایج آن را با دمای مشاهده‌ای مقایسه نمودند. نتایج آنها حاکی از دقت زیاد آنالیز فوریه در این زمینه می‌باشد. آلدریچ و کوک (۱۳) با ارایه مدل رگرسیون چند متغیره، میانگین سالیانه دمای خاک در عمق‌های ۱۰ و ۳۰ سانتی‌متر را محاسبه کردند. مایکل و گیلچریست (۱۸) با ارایه مدل چند جمله‌ای درجه چهارم موفق به محاسبه کمینه و بیشینه دمای خاک در هر روز از سال در ۱۸ منطقه از انگلستان شدند.

ماکلین و آیرس (۱۷) با استفاده از رگرسیون خطی چند متغیره ارتباط بین دمای خاک با پارامترهای هواشناسی را تعیین کرده و با ارایه مدل به برآورد دمای خاک در اعماق ۱، ۲، ۵ و ۱۰ سانتی‌متر پرداختند. متغیرهای مورد استفاده شامل، دمای هوا و ابرناکی در روز، برآورد دمای هوا در دو روز قبل، نسبت ساعات آفتابی و روز فصل بود. ژنگ و همکاران (۲۲) با استفاده از دمای هوا و به‌کارگیری رگرسیون خطی، دمای خاک را در عمق ۱۰ سانتی‌متری در ۶ نمونه اقلیمی در آمریکا برآورد نمودند. یوسوایز و والکزاک (۲۱) یک مدل ریاضی جریان گرمایی در خاک را برای پیش‌بینی دمای خاک ارایه دادند. این مدل شامل معادله و مدل فیزیکی- آماری برای ارزیابی ویژگی‌های گرمایی به عنوان تابعی از رطوبت و چگالی حجمی بود، که از مدل تفاضل‌های محدود (Finite differences) برای حل معادله انتقال گرما استفاده می‌نمود. نتایج آنها نشان داد که مقادیر برآورد شده دمای خاک توسط مدل ارایه شده، از دقت قابل قبولی برخوردار می‌باشد. هیزینک ولد و همکاران (۱۶) با استفاده از آنالیز هارمونیک و بررسی هدایت گرمایی خاک، دمای خاک را در یک خاک شنی در منطقه‌ای بیابانی در شمال اسرائیل برآورد نمودند.

با توجه به اهمیت دسترسی به داده‌های دمای خاک، در کشور نیز پژوهش‌هایی در خصوص برآورد دمای خاک صورت

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-02-06]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.62.6.5]

گرفته است. ابراهیمی (۱) با استفاده از روش‌های آماری به مطالعه دمای خاک در اعماق مختلف در تهران و همدان پرداخت. ادیب عباسی (۲) با استفاده از رگرسیون چند متغیره رابطه بین دمای خاک در بازه ساعتی، روزانه و ماهانه را با دمای جعبه اسکرین و رطوبت خاک تعیین نمود. در پژوهش دیگری ثنائی‌نژاد و همکاران (۵) با استفاده از تحلیل سری‌های فوریه و دوره آماری ۱۲ ساله به برآورد دمای خاک روزانه و سالیانه در عمق‌های مختلف در ۶ ایستگاه کردستان اقدام نمودند. در این تحلیل آنها تنها با استفاده از دمای هوا (۲ متری) و بدون در نظر گرفتن دیگر پارامترهای هواشناسی (تابش، ساعات آفتابی، رطوبت هوا، ابرناکی) روابط هم‌بستگی خود را جهت برآورد دمای خاک پیشنهاد نمودند. جعفری گلستانی و همکاران (۷) با استفاده از روابط رگرسیونی، معادلات تجربی را جهت تخمین دمای خاک شهر ساری در عمق‌های ۷ و ۲۰ سانتی‌متری پیشنهاد نمودند. بهیار و کمالی (۴) رابطه دمای هوا و دمای خاک را در اعماق مختلف در منطقه بروجن مورد ارزیابی قرار دادند.

سبزی پرور و همکاران (۱۰) با مطالعه روی داده‌های هواشناسی ۳ ایستگاه سینوپتیک زاهدان، تهران و رامسر که دارای اقلیم متفاوتی می‌باشند، نتیجه گرفتند که دقت روش استنتاج تطبیقی عصبی- فازی ۴ درصد بیشتر از روش آماری رگرسیون بوده است. هم‌چنین دقت پیش‌بینی دمای خاک با روش استنتاج تطبیقی عصبی- فازی در دو ایستگاه زاهدان و تهران (اقلیم خشک) به‌ترتیب ۱۲ درصد و ۴/۵ درصد بهتر از رامسر(اقلیم مرطوب) مشاهده گردید. در تحقیق دیگر سبزی پرور و همکاران (۹) با بررسی دمای خاک در چهار اقلیم گرم و خشک، گرم و نیمه‌خشک، سرد نیمه خشک و مرطوب نتیجه گرفتند که بیشترین مقادیر دمای خاک به‌ترتیب مربوط به اقلیم‌های گرم و خشک و گرم و نیمه خشک و کمترین مقدار به‌ترتیب مربوط به اقلیم‌های سرد نیمه خشک و مرطوب می‌باشند. تغییرات سالانه دمای خاک روند مشخصی نشان نداد و مقادیر بیشینه و کمینه دمای سالانه خاک در دوره آماری مورد مطالعه (۱۹۹۶-۲۰۰۵) در اعماق مختلف، متفاوت بود. هم‌چنین میزان تأثیر متغیرهای هواشناسی بر دمای خاک در اقلیم‌های مختلف متفاوت بود. از بین عوامل به‌کار رفته، در همه اقلیم‌ها، میانگین دمای هوای روزانه دارای بیشترین هم‌بستگی و بارش روزانه و سرعت باد کمترین هم‌بستگی را با دمای خاک در اقلیم‌های مورد مطالعه نشان داد. هم‌چنین بررسی آماره‌های واسنجی نشان داد که با افزایش عمق، میزان تأثیر متغیرهای هواشناسی بر دمای خاک در هر چهار اقلیم مورد مطالعه کاهش می‌یابد. روابط تجربی ارایه شده در اعماق ۱۰ و ۵ سانتی‌متری بیشترین همبستگی و در عمق ۱۰۰ سانتی‌متری کمترین همبستگی را با متغیرهای هواشناسی ارایه نمودند.

به اعتقاد نجفی مود و همکاران (۱۱) به‌دلیل خطای به وجود آمده در هنگام اندازه‌گیری دمای اعماق خاک توسط دماسنج‌های معمولی، عملی‌ترین روش برای پیش‌بینی دمای خاک استفاده از داده‌های هواشناسی بالای سطح خاک است. با توجه به اهمیت داده‌های دمای خاک در مطالعات خاک‌شناسی و هواشناسی کشاورزی (تأثیر دمای خاک بر سرعت تبادل عناصری مانند سدیم و پتاس، تأثیر دمای خاک بر سرعت تبادل دی اکسید کربن و نیتروژن بین خاک و هوا، تأثیرپذیری ریزجانداران از دمای خاک و تأثیر در رشد گیاه)، و با توجه به این‌که در پژوهش‌های پیشین بیشتر از دمای هوا استفاده شده بود هدف این پژوهش بررسی و مقایسه روابط رگرسیونی خطی و درجه دوم بین چند پارامتر هواشناسی (دمای هوا، رطوبت نسبی و ساعات آفتابی) و دمای خاک در ایستگاه هواشناسی همدان (فرودگاه) صورت گردید. مهم‌ترین فرض‌هایی که در این پژوهش به‌دنبال رد یا اثبات آنها هستیم شامل:۱. میان پارامترهای هواشناسی و دمای خاک همبستگی وجود دارد. ۲. همبستگی پارامترهای هواشناسی با دمای خاک به عمق خاک بستگی دارد. ۳. پارامترهای هواشناسی دارای همبستگی یکسانی با دمای خاک نیستند.

مواد و روش‌ها

استان همدان بین مدارهای ۳۳ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۴۸

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-02-06]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.62.6.5]

دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۳۶ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ در غرب فلات ایران قرار گرفته است. این استان با وسعتی برابر ۱۹۰۲۴/۵ کیلومترمربع ۱/۱۷ درصد از مساحت کشور ایران را به خود اختصاص داده است. وجود الوند کوه با ارتفاع ۳۵۷۴ متر و قرار گرفتن منطقه همدان در بلندای ۱۸۰۰ متری از سطح دریا موجب ایجاد شرایط آب و هوایی کوهستانی با زمستان‌های سرد و تابستان‌های نسبتاً معتدل است (۳ و ۸). میانگین بارش‌های جوی سالانه منطقه همدان ۳۱۷ میلی‌متر برآورد شده است که حدود ۲۶ درصد از میانگین کشور بیشتر است (۱۲). ایستگاه هواشناسی همدان (فرودگاه) در طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۲ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۵۲ دقیقه شمالی قرار گرفته است. ارتفاع آن ۱۷۴۹ متر بالاتر از سطح دریای آزاد می‌باشد.

در این پژوهش از داده‌های اندازه‌گیری شده ماهانه دمای هوا در ارتفاع ۲ متری، ساعات آفتابی، رطوبت نسبی هوا و دمای خاک در اعماق ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۵۰ و ۱۰۰ سانتی‌متری در طی ساعات ۳ صبح، ۹ صبح و ۳ عصر برای دوره آماری از سال ۱۹۹۲ تا ۲۰۰۵ میلادی، در ایستگاه هواشناسی همدان (فرودگاه) استفاده گردید. تعداد داده‌های مورد استفاده ۱۶۳ داده بود. جهت تعیین بهترین هم‌بستگی خطی بین پارامترهای هواشناسی و دمای اعماق مختلف خاک برای هر ساعت رگرسیون خطی و غیرخطی (درجه دوم) بین این پارامترها و دمای هر عمق خاک رسم گردید و معادله خط مورد نظر به همراه ضریب تبیین (R^2) در هر ساعت به‌دست آمد. با مقایسه ضرایب رگرسیونی (خطی و معادله درجه دوم)، بهترین هم-بستگی بین دمای هوا و دمای خاک در اعماق ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۵۰ و ۱۰۰ سانتی‌متری تعیین شد. برای تعیین تغییرات دمای هوا در دوره ۱۹۹۲–۲۰۰۵ میانگین دمای سالانه محاسبه گردید. هم‌چنین به منظور نشان دادن تغییرات دما در اعماق خاک در دوره مورد نظر در مرحله اول از دمای اندازه‌گیری شده در طی ساعات ۳ صبح، ۹ صبح و ۳ عصر میانگین گرفته شد و در مرحله بعد دمای میانگین سالانه برای هر عمق محاسبه گردید.

نتایج

میانگین سالانه دمای هوا و دمای اعماق مختلف خاک

میانگین سالانه دمای هوا و دمای اعماق مختلف خاک (دوره ۱۹۹۲–۲۰۰۵) مربوط به ایستگاه همدان (فرودگاه) در جدول ۱ نشان داده شده است. با توجه به داده‌های این جدول تغییرات میانگین دمای سالانه هوا در دوره مورد نظر در ایستگاه همدان از روند خاصی پیروی نکرده و بیشترین دمای هوا در سال ۱۹۹۲ و کمترین دمای هوا در سال ۱۹۹۳ روی داده است. هم‌چنین در تمامی اعماق خاک بیشترین میانگین دمای سالانه خاک در سال ۱۹۹۲ و کمترین در سال ۱۹۹۳ (به استثناء عمق ۱۰ سانتی متری که کمترین دما مربوط به سال ۲۰۰۴ می‌باشد) مشاهده گردید،که با توجه به بیشتر و کمتر بودن دمای هوا در این دو سال قابل توجیه می‌باشد. هم‌چنین میانگین دما در اعماق خاک (میانگین دما در سه ساعت اندازه‌گیری شده) در تمامی عمق‌ها از دمای هوا بیشتر بوده است.

هم‌بستگی خطی بین دمای هوا و دمای خاک

در جداول ۲، ۳، ۴ روابط رگرسیونی (خطی) بین پارامترهای هواشناسی و دمای خاک در اعماق ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۵۰ و ۱۰۰ سانتی‌متری در ساعات ۳ صبح، ۹ صبح و ۳ بعد از ظهر ارایه گردیده‌اند. همان‌طوری‌که ملاحظه می‌گردد بیشترین ضریب هم‌بستگی خطی بین دمای هوا و دمای خاک مربوط به ساعت ۳ بعدظهر و عمق ۲۰ سانتی‌متری (R^2= ۹۸/۱٪) و کمترین ضریب همبستگی مربوط به ساعت ۳ صبح و عمق ۱۰۰ سانتی‌متری (R^2= ۸۳/۹۶٪) می‌باشد. بیشترین ضریب R^2 در ساعت ۳ صبح و ۳ بعد ظهر بین میانگین ماهانه دمای هوا و دمای خاک در عمق ۲۰ سانتی‌متری و در ساعت ۹ صبح در عمق ۱۰ سانتی‌متری مشاهده گردید. هم‌چنین کمترین ضریب R^2 در تمامی ساعات در عمق ۱۰۰ سانتی‌متری بوده است. به‌طورکلی اعماق ۱۰۰ و ۵۰ سانتی‌متری خاک دارای کمترین ضریب R^2 در تمامی ساعات هستند. هم‌چنین در تمامی اعماق خاک، ضریب R^2 در ساعت ۳ بعد از ظهر بیشتر از ساعات ۳ و ۹

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-02-06]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.62.6.5]

جدول ۱. میانگین سالانه دمای هوا و دمای اعماق مختلف خاک (دوره ۱۹۹۲–۲۰۰۵) ایستگاه همدان (فرودگاه)

دوره	دمای هوا (سانتی‌گراد)	عمق خاک (سانتی‌متر)					
		۱۰۰	۵۰	۳۰	۲۰	۱۰	۵
۱۹۹۲	۱۴/۳	۱۸/۵	۱۸/۸	۱۸/۴	۱۸/۱	۱۹/۵	۱۸/۸
۱۹۹۳	۱۰/۹	۱۴/۵	۱۴/۶	۱۴/۳	۱۴/۱	۱۵/۱	۱۴/۴
۱۹۹۴	۱۱/۶	۱۵/۵	۱۵/۶	۱۵/۲	۱۴/۹	۱۵/۶	۱۵/۳
۱۹۹۵	۱۱/۷	۱۵/۷	۱۵/۸	۱۵/۴	۱۵	۱۵/۸	۱۵/۳
۱۹۹۶	۱۱/۶	۱۵/۴	۱۵/۵	۱۵	۱۴/۷	۱۵/۵	۱۵/۵
۱۹۹۷	۱۱/۸	۱۵/۵	۱۵/۵	۱۵	۱۴/۷	۱۵/۵	۱۵/۳
۱۹۹۸	۱۲/۱	۱۶/۱	۱۶/۲	۱۴/۵	۱۵/۵	۱۶	۱۶/۷
۱۹۹۹	۱۲/۵	۱۶/۸	۱۶/۷	۱۴/۹	۱۵/۹	۱۶/۵	۱۷/۱
۲۰۰۰	۱۱/۶	۱۶/۱	۱۶	۱۵/۴	۱۵/۴	۱۶/۱	۱۷
۲۰۰۱	۱۲/۶	۱۶/۱	۱۶	۱۵/۶	۱۵/۷	۱۶/۵	۱۶/۴
۲۰۰۲	۱۲	۱۶/۴	۱۶/۳	۱۵/۶	۱۵/۸	۱۶/۵	۱۶/۴
۲۰۰۳	۱۲/۱	۱۵/۷	۱۵/۷	۱۵	۱۵	۱۵/۷	۱۵/۴
۲۰۰۴	۱۲/۲	۱۵/۵	۱۵/۴	۱۴/۹	۱۴/۸	۱۵	۱۵/۳
۲۰۰۵	۱۱/۷	۱۵/۳	۱۵/۷	۱۵/۱	۱۵	۱۵/۷	۱۵/۶

جدول ۲. روابط رگرسیونی خطی بین دمای اعماق مختلف خاک و دمای هوا در ساعات اندازه‌گیری شده در ایستگاه همدان (فرودگاه)

عمق خاک (cm)	ساعات اندازه‌گیری دمای اعماق خاک					
	۳ بعد از ظهر		۹ صبح		۳ صبح	
	رابطه رگرسیونی	R^2	رابطه رگرسیونی	R^2	رابطه رگرسیونی	R^2
۵	T_{soil} = ۱/۴۸۰۶ T_{air} + ۲/۱۷۲۴	۹۷/۷	T_{soil} = ۱/۴۱۵۷ T_{air} + ۰/۹۴۳۲	۹۵/۶	T_{soil} = ۰/۹۴۲۱ T_{air} – ۱/۲۶۳۹	۹۵/۷
۱۰	T_{soil} = ۱/۴۲۱۸ T_{air} + ۲/۸۵۷۵	۹۸	T_{soil} = ۱/۲۸۸۲ T_{air} + ۱/۲۴۵۵	۹۷/۸	T_{soil} = ۰/۹۸۸۶ T_{air} – ۰/۴۹۹۲	۹۶/۹
۲۰	T_{soil} = ۱/۱۸۸۱ T_{air} + ۲/۷۰۳۵	۹۸/۱	T_{soil} = ۱/۰۹۲۴ T_{air} + ۱/۴۵۹۷	۹۷/۷	T_{soil} = ۱/۰۸۰۲ T_{air} + ۱/۲۶۸۵	۹۷/۴
۳۰	T_{soil} = ۱/۰۶۴ T_{air} + ۲/۷۵۶۷	۹۷	T_{soil} = ۱/۰۳۸۵ T_{air} + ۲/۵۲۰۵	۹۶/۴	T_{soil} = ۱/۰۵۶۴ T_{air} + ۲/۵۱۶۶	۹۶/۵
۵۰	T_{soil} = ۰/۹۳۴۳ T_{air} + ۴/۶۹۹۱	۹۳/۴	T_{soil} = ۰/۹۳۴۹ T_{air} + ۴/۷۰۳۵	۹۳/۳	T_{soil} = ۰/۹۳۷۹ T_{air} + ۴/۶۴۹۱	۹۳/۱
۱۰۰	T_{soil} = ۰/۷۵۴۶ T_{air} + ۶/۸۲۵۴	۸۴/۳	T_{soil} = ۰/۷۵۴ T_{air} + ۶/۸۳۷۳	۸۴/۱	T_{soil} = ۰/۷۵۲۷ T_{air} + ۶/۸۱۱۱	۸۳/۷

جدول ۳. روابط رگرسیونی خطی بین دمای اعماق مختلف خاک و ساعات آفتابی در ساعات اندازه‌گیری شده در ایستگاه همدان (فرودگاه)

عمق خاک (cm)	ساعات اندازه‌گیری دمای اعماق خاک					
	۳ بعد از ظهر		۹ صبح		۳ صبح	
	رابطه رگرسیونی	R^2	رابطه رگرسیونی	R^2	رابطه رگرسیونی	R^2
۵	T_{soil} = ۴/۳۶۲ SH – ۱۶/۲۸۶	۸۰/۵۳	T_{soil} = ۴/۱۴۲۵ SH – ۱۶/۴۷۱	۷۷/۷۳	T_{soil} = ۲/۶۹۹SH – ۱۲/۳۷۳	۷۴/۵۴
۱۰	T_{soil} = ۴/۱۸۳۵ SH – ۱۴/۸۲۴	۸۰/۶	T_{soil} = ۳/۷۵۹۸ SH – ۱۴/۵۲۱	۷۹/۱۲	T_{soil} = ۲/۸۳۳ SH – ۱۲/۱۶۵	۷۵/۵۷
۲۰	T_{soil} = ۳/۴۶۱۶ SH – ۱۱/۷۸۷	۷۹/۱۱	T_{soil} = ۳/۱۵۳۶ SH – ۱۱/۶۲۲	۷۷/۳۵	T_{soil} = ۳/۱۱۴۳ SH – ۱۱/۶۳۳	۷۶/۸۸
۳۰	T_{soil} = ۳/۰۶۰۳ SH – ۹/۸۹۰۸	۷۶/۲۵	T_{soil} = ۲/۹۷۹۲ SH – ۹/۷۵۹۶	۷۵/۴	T_{soil} = ۳/۰۳۲۱ SH – ۹/۹۸۷۸	۷۵/۴۶
۵۰	T_{soil} = ۲/۶۵۱۶ SH – ۶/۱۱۰۸	۷۱/۴۶	T_{soil} = ۲/۶۵۱۵ SH – ۶/۰۹۸۸	۷۱/۲۴	T_{soil} = ۲/۶۵۷۹ SH – ۶/۱۶۹۴	۷۱/۰۲
۱۰۰	T_{soil} = ۲/۰۹۹۱ SH – ۱/۵۵۲۲	۶۱/۹۷	T_{soil} = ۲/۰۹۸۱ SH – ۱/۵۴۰۸	۶۱/۸۲	T_{soil} = ۲/۰۸۹۲ SH – ۱/۵۰۸۳	۶۱/۲۲

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-02-06]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.62.6.5]

جدول ۴. روابط رگرسیونی خطی بین دمای اعماق مختلف خاک و رطوبت نسبی در ساعات اندازه‌گیری شده در ایستگاه همدان (فرودگاه)

عمق خاک (cm)	ساعات اندازه‌گیری دمای اعماق خاک					
	۳ بعد از ظهر		۹ صبح		۳ صبح	
	رابطه رگرسیونی	R^2	رابطه رگرسیونی	R^2	رابطه رگرسیونی	R^2
۵	T_{soil} = -۰/۷۳۷۵ RH + ۵۸/۲۸	۸۱/۰۲	T_{soil} = -۰/۷۰۰۶ RH + ۵۴/۴۴	۷۸/۶۲	T_{soil} = -۰/۴۵۱۳RH + ۳۳/۵۵۹	۷۳/۷
۱۰	T_{soil} = -۰/۷۱۰۴ RH + ۵۶/۹۳۸	۸۲/۱۹	T_{soil} = -۰/۶۴۰۲ RH + ۵۰/۰۶۷	۸۱/۱۲	T_{soil} = -۰/۴۷۶۲ RH + ۳۶/۱۷۸	۷۵/۵
۲۰	T_{soil} = -۰/۵۹۱۲ RH + ۴۷/۷۶۷	۸۱/۵۸	T_{soil} = -۰/۵۳۸۹ RH + ۴۲/۶۴۹	۷۹/۸۶	T_{soil} = -۰/۵۳۴۱ RH + ۴۲/۰۶۱	۷۹/۹۴
۳۰	T_{soil} = -۰/۵۲۸۳ RH + ۴۳/۰۵۴	۸۰/۳۴	T_{soil} = -۰/۵۱۶۲ RH + ۴۱/۸۸	۸۰/۰۳	T_{soil} = -۰/۵۲۶۲ RH + ۴۲/۶۱۳	۸۰/۳۵
۵۰	T_{soil} = -۰/۴۶۷۳ RH + ۴۰/۲۶۴	۷۸/۴۹	T_{soil} = -۰/۴۶۷۹ RH + ۴۰/۳۰۷	۷۸/۴۶	T_{soil} = -۰/۴۶۹۸ RH + ۴۰/۳۸۶	۷۸/۴۶
۱۰۰	T_{soil} = -۰/۳۸۲۷ RH + ۳۵/۸۲۵	۷۲/۸۵	T_{soil} = -۰/۳۸۲۸ RH + ۳۵/۸۳۲	۷۲/۷۵	T_{soil} = -۰/۳۸۲۳ RH + ۳۵/۷۶۸	۷۲/۵۱

صبح مشاهده گردید. بیشتر بودن ضریب R^2 نشان‌دهنده هم‌بستگی بهتر و بالاتر بین دمای هوا و دمای خاک می‌باشد.

هم‌بستگی خطی بین ساعات آفتابی و دمای خاک

همان‌طوری‌که ملاحظه می‌گردد بیشترین ضریب هم‌بستگی خطی بین ساعات آفتابی و دمای خاک مربوط به ساعت ۳ بعدظهر و عمق ۱۰ سانتی‌متری و کمترین ضریب همبستگی مربوط به ساعت ۳ صبح و عمق ۱۰۰ سانتی متری می‌باشد. بعد از عمق ۱۰۰ سانتی‌متری عمق ۵۰ دارای کمترین همبستگی بود. بیشتر بودن ضریب R^2 نشان‌دهنده همبستگی بهتر و بالاتر بین ساعات افتابی و دمای خاک می‌باشد. هم‌چنین نتایج نشان داد که این ضرایب همبستگی در مقایسه با همبستگی بین دمای هوا و دمای خاک دارای مقادیر بسیار کمتری بودند.

هم‌بستگی خطی بین رطوبت نسبی و دمای خاک

بیشترین ضریب همبستگی خطی بین رطوبت نسبی و دمای خاک مربوط به ساعت ۳ بعد از ظهر و عمق ۱۰ سانتی‌متری و کمترین ضریب همبستگی مربوط به ساعت ۳ صبح و عمق ۱۰۰ سانتی متری می‌باشد. بعد از عمق ۱۰۰ سانتی‌متری عمق ۵۰ دارای کمترین همبستگی (به جزء ساعت ۳ صبح) بود. هم‌چنین نتایج نشان داد که این ضرایب همبستگی در مقایسه با همبستگی بین دمای هوا و دمای خاک دارای مقادیر بسیار کمتری بودند. اما بیشتر از همبستگی خطی بین ساعات آفتابی و دمای خاک مشاهده گردید. که این ضریب در سطح یک درصد در تمامی عمق‌ها و ساعات بین پارامترهای هواشناسی و دمای اعماق خاک معنی‌دار دیده شد.

هم‌بستگی غیرخطی بین پارامترهای هواشناسی و دمای خاک

در جداول ۵، ۶، ۷ روابط رگرسیونی (درجه دوم) بین پارامترهای هواشناسی و دمای خاک در اعماق و ساعات مورد بررسی ارایه گردیده‌اند. نتایج نشان داد که بیشترین ضریب همبستگی غیرخطی (معادله درجه دوم) بین دمای هوا و دمای خاک و هم‌چنین بین رطوبت نسبی و دمای خاک مربوط به ساعت ۳ بعدظهر و عمق ۱۰ سانتی‌متری بود. بیشترین ضریب همبستگی غیرخطی (معادله درجه دوم) بین ساعات آفتابی و دمای خاک در عمق ۵ سانتی‌متری و ساعت ۳ بعد ظهر مشاهده گردید. کمترین ضریب همبستگی بین دمای هوا و دمای خاک و هم‌چنین بین ساعات آفتابی و دمای خاک مربوط به ساعت ۳ صبح و عمق ۱۰۰ سانتی‌متری است. در مورد ضریب همبستگی بین درصد رطوبت و دمای خاک، کمترین مقدار در عمق ۵ سانتی‌متری و ساعت ۳ صبح دیده شد. بیشترین ضریب R^2 در ساعت ۳ صبح و ۳ بعد ظهر بین میانگین ماهانه دمای هوا و دمای خاک در عمق ۱۰ سانتی‌متری و در ساعت ۹ صبح در عمق ۲۰ سانتی‌متری مشاهده گردید. هم‌چنین کمترین ضریب

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-02-06]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.62.6.5]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.62.6.5]
[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-02-06]

۵	۹۸/۳	$T_{soil} = ۰/۰۱۵x^۲ + ۱/۱۳۶۹x + ۲/۹۷۱$	۹۶/۱	$T_{soil} = ۰/۰۱۳۴x^۲ + ۱/۱۰۸۴x + ۱/۶۵۷۲$	۹۷	$T_{soil} = ۰/۰۱۴x^۲ + ۰/۶۲۲۲x - ۰/۵۲۰۵$
۱۰	۹۸/۴	$T_{soil} = ۰/۰۱۱۶x^۲ + ۱/۱۵۵۸x + ۳/۴۷۵۶$	۹۸/۱	$T_{soil} = ۰/۰۰۸۸x^۲ + ۱/۰۸۵۵x + ۱/۷۱۶۵$	۹۸/۲	$T_{soil} = ۰/۰۱۴۳x^۲ + ۰/۶۶۱۵x + ۰/۲۶۰۸$
۲۰	۹۸/۴	$T_{soil} = ۰/۰۰۷۷x^۲ + ۱/۰۱۱۴x + ۳/۱۱۴۲$	۹۸/۳	$T_{soil} = ۰/۰۱۰۶x^۲ + ۰/۸۴۹۷x + ۲/۰۲۳۵$	۹۸/۱	$T_{soil} = ۰/۰۱۱۸x^۲ + ۰/۸۰۹۶x + ۱/۸۹۷۲$
۳۰	۹۷/۵	$T_{soil} = ۰/۰۰۹x^۲ + ۰/۸۵۸۷x + ۳/۲۳۳۸$	۹۷	$T_{soil} = ۰/۰۰۹۸x^۲ + ۰/۸۱۲۸x + ۳/۰۴۴۹$	۹۶/۹	$T_{soil} = ۰/۰۰۹۴x^۲ + ۰/۸۴۰۶x + ۳/۰۱۸۱$
۵۰	۹۴	$T_{soil} = ۰/۰۰۹۱x^۲ + ۰/۷۲۵۴x + ۵/۱۸۴۶$	۹۳/۸	$T_{soil} = ۰/۰۰۸۹x^۲ + ۰/۷۳۰۸x + ۵/۱۷۷۸$	۹۳/۶	$T_{soil} = ۰/۰۰۸۷x^۲ + ۰/۷۳۸۳x + ۵/۱۱۳$
۱۰۰	۸۴/۸	$T_{soil} = ۰/۰۰۶۸x^۲ + ۰/۵۹۹۷x + ۷/۱۸۵۴$	۸۴/۵	$T_{soil} = ۰/۰۰۶۹x^۲ + ۰/۵۹۵۲x + ۷/۲۰۶۲$	۸۴/۱	$T_{soil} = ۰/۰۰۶۷x^۲ + ۰/۵۹۸۲x + ۷/۱۷$

x: دمای هوا در ارتفاع ۲ متری

جدول ۶. روابط رگرسیونی درجه دوم بین ساعات آفتابی و دمای اعماق مختلف خاک در ساعات اندازه‌گیری شده در ایستگاه همدان (فرودگاه)

عمق خاک (cm)	ساعات اندازه‌گیری دمای اعماق خاک					
	۳ بعد از ظهر		۹ صبح		۳ صبح	
	ضریب R^2	رابطه رگرسیونی	ضریب R^2	رابطه رگرسیونی	ضریب R^2	رابطه رگرسیونی
۵	۸۵/۰۸	$T_{soil} = ۰/۳۶۸۵x^2 - ۱/۵۰۵۷x + ۴/۳۰۸۶$	۸۱/۷۹	$T_{soil} = ۰/۳۳۶۳x^2 - ۱/۲۱۳۲x + ۲/۳۲۶$	۸۱/۱۶	$T_{soil} = ۰/۲۸۵۹x^2 - ۱/۸۵۲۸x + ۳/۶۰۲۷$
۱۰	۸۴/۷۲	$T_{soil} = ۰/۳۳۵۹x^2 - ۱/۱۶۵۱x + ۳/۹۴۸۴$	۸۳/۳۳	$T_{soil} = ۰/۳۰۸۵x^2 - ۱/۱۵۳۲x + ۲/۷۲۲۵$	۸۱/۴۳	$T_{soil} = ۰/۲۸۰۵x^2 - ۱/۶۳۳۱x + ۳/۵۱۰۷$
۲۰	۸۳/۰۲	$T_{soil} = ۰/۲۷۳۴x^2 - ۰/۸۹۱۲x + ۳/۴۹۰۱$	۸۲/۰۲	$T_{soil} = ۰/۲۷۵۲x^2 - ۱/۲۲۸۹x + ۳/۷۵۹۶$	۸۱/۳۵	$T_{soil} = ۰/۲۶۷۱x^2 - ۱/۱۳۹۶x + ۳/۲۹۷$
۳۰	۸۰/۶۸	$T_{soil} = ۰/۲۶۲۳x^2 - ۱/۱۱۶۶x + ۴/۷۶۹۴$	۷۹/۸۸	$T_{soil} = ۰/۲۵۸x^2 - ۱/۱۲۹۱x + ۴/۶۵۹۶$	۷۹/۸۱	$T_{soil} = ۰/۲۵۸۵x^2 - ۱/۰۸۳۵x + ۴/۴۵۷۲$
۵۰	۷۵/۴	$T_{soil} = ۰/۲۲۱۳x^2 - ۰/۸۷۲۸x + ۶/۲۵۹۱$	۷۵/۱۳	$T_{soil} = ۰/۲۲۰۳x^2 - ۰/۸۵۵۹x + ۶/۲۱۱۵$	۷۴/۸۷	$T_{soil} = ۰/۲۱۹۹x^2 - ۰/۸۴۳۴x + ۶/۱۱۹۵$
۱۰۰	۶۵/۱۸	$T_{soil} = ۰/۱۶۹۶x^2 - ۰/۶۰۲x + ۷/۹۲۸۱$	۶۵	$T_{soil} = ۰/۱۶۹۱x^2 - ۰/۵۹۵x + ۷/۹۱۱۵$	۶۴/۳	$T_{soil} = ۰/۱۶۶۴x^2 - ۰/۵۶۱۲x + ۷/۷۹۴۲$

x: ساعات آفتابی

R^2 در تمامی ساعات در عمق ۱۰۰ سانتی‌متری بوده است. به‌طورکلی اعماق ۱۰۰ و ۵۰ سانتی‌متری خاک در اینجا نیز دارای کمترین ضریب R^2 در تمامی ساعات هستند. هم‌چنین در تمامی اعماق خاک ضریب R^2 برای معادله درجه دوم نیز در ساعت ۳ بعد از ظهر بیشتر از ساعات ۳ و ۹ صبح مشاهده گردید. بیشتر بودن ضریب R^2 نشان‌دهنده همبستگی بهتر و بالاتر بین دمای هوا و دمای خاک می‌باشد.

در مقایسه بین ضریب R^2 رگرسیون خطی و درجه دوم مشاهده گردید که در تمامی ساعات و اعماق خاک مقدار این ضریب در معادله درجه دوم بیشتر از خطی بوده است و معادله رگرسیونی درجه دوم بین پارامترهای هواشناسی و دمای خاک قابل قبول‌تر بوده است. هم‌چنین در این پژوهش مقایسه بین سه ساعت اندازه‌گیری در طول روز نشان داد که بیشترین همبستگی خطی و درجه دوم در بین دمای خاک و پارامترهای هواشناسی مربوط به ساعت ۳ بعد از ظهر می‌باشد. نتایج همبستگی بین پارامترهای هواشناسی نشان داد که بین دمای هوا و رطوبت نسبی هوا هم‌بستگی بیشتری وجود دارد و کمترین هم‌بستگی بین رطوبت نسبی هوا و ساعات آفتابی مشاهده گردید (جدول ۸). این همبستگی بین پارامترهای هواشناسی و دمای اعماق خاک در سطح یک درصد معنی‌دار مشاهده گردید.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده در این پژوهش نشان داد که مقدار ضریب تبیین (R^2) بین پارامترهای هواشناسی و دمای خاک در اعماق مختلف برای رگرسیون خطی کمتر از رگرسیون غیرخطی (درجه دوم) است. نتایج حاصل از این پژوهش منجر به ارایه یک معادله درجه دوم و یک معادله خطی به ازای هر عمق خاک در هر ساعت گردید. هم‌چنین نتایج نشان داد که در ساعت سه بعد ظهر مقدار ضریب تبیین در تمامی اعماق بیشترین بوده است و این نتیجه نشان می‌دهد که ساعت اندازه‌گیری در برآورد مؤثر می‌باشد. از صبح تا ساعت سه بعدظهر شیب مورد نظر شیب و عرض از مبدأ افزایش یافته است که در اعماق پایین‌تر این افزایش اندک دیده شد (جدول ۲). با توجه به ضرایب تبیین به‌دست آمده می‌توان گفت این روابطه رگرسیونی برای عمق ۱۰۰ سانتی‌متری خاک غیرقابل قبول، اما برای سایر اعماق مناسب و قابل قبول می‌باشد و معادله درجه دوم بهتر می‌باشد. در مورد دمای خاک، هر دو معادله برای اعماق ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متری دارای ضریب تبیین (R^2) بیشتری نسبت به اعماق ۵۰ و ۱۰۰ سانتی‌متر بودند. روند کاهشی ضریب تبیین (R^2) در اعماق پایین‌تر با نتایج نجفی مود و همکاران (۱۱) و سبزی پرور و همکاران (۱۰) تا حدی همخوانی دارد. هم‌چنین نتایج یافته‌های جعفری گلستانی و همکاران (۷) که در ایستگاه مرطوب ساری به‌مدت یک‌سال (۱۳۸۵-۸۶) برای عمق ۷ و ۲۰ سانتی‌متر انجام شده بود نشان داد که در عمق ۲۰ سانتی‌متر ($R>0/9$) می‌باشد که با نتایج پژوهش حاضر هماهنگی دارد.

ضرایب تبیین پیشنهادی توسط نجفی مود و همکاران (۱۱) که برای یک دوره یک‌ساله (۱۳۸۶) در ایستگاه‌های سرد نیمه‌خشک خراسان رضوی انجام شده است، کمتر از ضرایب تبیین در پژوهش حاضر است، زیرا آنها میانگین ضریب تبیین روابط بین میانگین دمای هوا و دمای ژرفای ۲۰ سانتی‌متری خاک را ۰/۸۲ اعلام کردند. هم‌چنین نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تغییرات دمای هوا و دما در اعماق مختلف خاک در ایستگاه همدان از روند خاصی پیروی نکرده و بیشترین دمای هوا و دمای خاک در سال ۱۹۹۲ مشاهده گردید. در مورد هم‌بستگی بین دو پارامتر هواشناسی (ساعات آفتابی و رطوبت نسبی) و عمق خاک نتایج نشان داد که کمترین ضریب هم‌بستگی مربوط به عمق ۱۰۰ سانتی‌متری می باشد. هم‌چنین در این پژوهش مشاهده گردید که دمای خاک هم‌بستگی بیشتری با دمای هوا در مقایسه با دو پارامتر دیگر داشته است. ساعات آفتابی هم‌بستگی کمتری نسبت به دو پارامتر دیگر داشته است. سبزی پرور و همکاران (۹) با بررسی دمای خاک در چهار اقلیم گرم و خشک، گرم و نیمه‌خشک، سرد نیمه خشک و مرطوب نتیجه گرفتند که میزان تأثیر متغیرهای هواشناسی بر دمای خاک در اقلیم‌های مختلف متفاوتی است. از بین عوامل

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-02-06]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.62.6.5]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.62.6.5]
[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-02-06]

جدول۷. روابط رگرسیونی درجه دوم بین رطوبت نسبی و دمای اعماق مختلف خاک در ساعات اندازه‌گیری شده در ایستگاه همدان (فرودگاه)

عمق خاک (cm)	ساعات اندازه‌گیری دمای اعماق خاک					
	۳ بعد از ظهر		۹ صبح		۳ صبح	
	ضریب R^2	رابطه رگرسیونی	ضریب R^2	رابطه رگرسیونی	ضریب R^2	رابطه رگرسیونی
۵	۸۱/۶	$T_{soil} = ۰/۰۰۴۳x^2 - ۱/۱۹۹x + ۶۹/۷۶۳$	۷۹/۲	$T_{soil} = ۰/۰۰۴۱x^2 - ۱/۱۵x + ۶۵/۵۷۹$	۷۴/۵۳	$T_{soil} = ۰/۰۰۳۳x^2 - ۰/۸۰۹x + ۴۲/۴۲۵$
۱۰	۸۲/۷	$T_{soil} = ۰/۰۰۳۸x^2 - ۱/۱۲۶۵x + ۶۷/۲۵۱$	۸۱/۵۸	$T_{soil} = ۰/۰۰۳۳x^2 - ۱/۰۰۱۶x + ۵۹/۰۲۴$	۷۶/۳۱	$T_{soil} = ۰/۰۰۳۴x^2 - ۰/۸۴۴۴x + ۴۵/۳۰۴$
۲۰	۸۲/۰۷	$T_{soil} = ۰/۰۰۳۱x^2 - ۰/۹۲۹۷x + ۵۶/۱۵۹$	۸۰/۶۷	$T_{soil} = ۰/۰۰۳۷x^2 - ۰/۹۴۱۷x + ۵۲/۶۳۳$	۸۰/۸۴	$T_{soil} = ۰/۰۰۳۹x^2 - ۰/۹۵۴۹x + ۵۲/۴۹۲$
۳۰	۸۱/۱۵	$T_{soil} = ۰/۰۰۳۶x^2 - ۰/۹۲۱۵x + ۵۲/۸۰۲$	۸۱/۰۲	$T_{soil} = ۰/۰۰۳۹x^2 - ۰/۹۴۱۸x + ۵۲/۴۳۱$	۸۱/۲۵	$T_{soil} = ۰/۰۰۳۸x^2 - ۰/۹۳۹۲x + ۵۲/۸۵$
۵۰	۸۰/۰۵	$T_{soil} = ۰/۰۰۴۵x^2 - ۰/۹۵۸x + ۵۲/۴۲۷$	۷۹/۹۹	$T_{soil} = ۰/۰۰۴۵x^2 - ۰/۹۵۴۳x + ۵۲/۳۶۳$	۷۹/۹۷	$T_{soil} = ۰/۰۰۴۴x^2 - ۰/۹۵۴۲x + ۵۲/۳۹۳$
۱۰۰	۷۵/۴۳	$T_{soil} = ۰/۰۰۴۹x^2 - ۰/۹۱۷۹x + ۴۹/۰۹۲$	۷۵/۴۱	$T_{soil} = ۰/۰۰۵x^2 - ۰/۹۲۶۸x + ۴۹/۳۱۶$	۷۵/۱۴	$T_{soil} = ۰/۰۰۵x^2 - ۰/۹۲۳۷x + ۴۹/۱۸۷$

x: رطوبت نسبی

جدول ۸. روابط رگرسیونی بین پارامترهای هواشناسی در دوره مورد نظر در ایستگاه همدان (فرودگاه)

نوع رگرسیون	رطوبت نسبی و دمای هوا خاک		رطوبت نسبی و ساعات آفتابی		ساعات آفتابی و دمای هوا	
	ضریب R^2	رابطه رگرسیونی***	ضریب R^2	رابطه رگرسیونی**	ضریب R^2	رابطه رگرسیونی*
رگرسیون خطی	۸۱	y=-۰/۴۹۱۲x+۳۷/۵۹۵	۷۵/۹۲	y=-۰/۱۴۶۵x+۱۵/۹۴	۷۶/۳۲	y=۲/۸۳۵۱x-۱۱/۵۴۵
رگرسیون درجه دوم	۸۱/۰۱	$y=۰/۰۰۰۴x^2-۰/۵۳۱۸x+۳۸/۶۰۲$	۷۵/۹۶	$y=-۰/۰۰۰۲x^2-۰/۱۲۰۸x+۱۵/۳۰۱$	۷۹/۳۶	$y=۰/۲۰۱۲x^2-۰/۳۶۹۳x-۰/۲۹۸۶$

*: y دمای هوا x: ساعات آفتابی

**: y ساعات آفتابی x: رطوبت نسبی

***: y دمای هوا x: رطوبت نسبی

به‌کار رفته، در همه اقلیم‌ها، میانگین دمای هوای روزانه دارای بیشترین هم‌بستگی با دمای خاک درتمامی اقلیم‌های مورد بررسی را نشان داد.

ارایه روابط ریاضی ساده و قابل قبول و با کمترین پارامترهای مورد نیاز و به دور از پیچیدگی‌های خاص مدل‌های رایج بوده، که برای طیف وسیعی از کاربران بتواند مورد استفاده قرار گرفته و مفید واقع شود، به‌طوری‌که با اندازه‌گیری پارامترهای هواشناسی، بتوان دمای اعماق مختلف خاک را پیش بینی کرد. از طرفی گیاهان با توجه به این‌که برای جوانه‌زنی بهتر و سریع‌تر نیاز به یک دمای مطلوب دارند، بنابراین برای فراهم آوردن این دما می‌توان زمان و یا عمق مناسبی را برای بذر انتخاب کرد. زیرا برای زارعین تعداد روزهای لازم برای جوانه‌زنی پس از کاشت اهمیت داشته و دمای خیلی زیاد و خیلی کم، جوانه‌زنی را با تأخیر روبه‌رو می‌سازد. در سایر مطالعاتی که در ایران صورت گرفته نیز روابط درجه دوم توصیه شده است. گرچه این مطالعات در ساعات مختلف نبوده و بیشتر دمای هوا مد نظر آنها بوده است. از طرفی با توجه به این‌که تراکم ریشه اغلب گیاهان زراعی تا عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک است، به همین دلیل، این معادلات می‌توانند در رابطه با تعیین تاریخ کشت محصولات مختلف کشاورزی، و میزان خسارت وارده به سازه و تأسیسات زه‌کشی و شبکه لوله‌کشی آب شهری جنبه کاربردی بالایی داشته باشند.

منابع مورد استفاده

۱. ابراهیمی، ا .۱۳۷۴. مطالعه دمای اعماق مختلف خاک. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد هواشناسی، مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران.

۲. ادیب عباسی، م. ۱۳۸۵. بررسی روابط بین رژیم دمایی اعماق خاک با دمای هوا (اسکرین) و تعیین عمق یخبندان در استان کردستان. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد آبیاری و زه‌کشی. دانشکده کشاورزی. دانشگاه فردوسی مشهد.

۳. آمار هواشناسی. سالنامه. ۱۳۸۰-۱۳۸۲. انتشارات سازمان هواشناسی کل کشور.

۴. بهیار، م.ب. و غ.ع. کمالی. ۱۳۸۶. رابطه دمای هوا با دمای سطح و اعماق مختلف خاک. تحقیقات جغرافیایی ۲۳(۳): ۸۱-۱۰۲.

۵. ثنائی‌نژاد، ح.، م. ادیب عباسی، م. موسوی بایگی و م.ط. حیدری گندمان. ۱۳۸۷. بررسی رژیم دمایی هوا و اعماق خاک و تعیین توابع نوسانات ادواری آنها در ایستگاه‌های استان کردستان. مجله علوم و صنایع کشاورزی، ویژه آب و خاک ۲۲: ۲۵-۳۳.

۶. جعفرپور، ا. ۱۳۷۷. *اقلیم‌شناسی*. چاپ چهارم، انتشارات دانشگاه تهران.

۷. جعفری گلستانی، م.، م. رائینی سرجاز و م. ضیاء تبار احمدی. ۱۳۸۶. برآورد دمای ژرفای خاک با بهره‌گیری از روش تجزیه منحنی و همبستگی‌های رگرسیونی برای شهرستان ساری. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی (ویژه نامه زراعت و اصلاح نباتات) ۱(۵): ۱۱۲-۱۲۳.

۸. زارع ابیانه، ح.، ع.ا. محبوبی و م.ر احسانی. ۱۳۷۹ برآورد نیاز آبی گیاهان و مقایسه آن با تبخیر در منطقه همدان. اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای. مقابله با کم آبی و خشک‌سالی، کرمان. اسفند ۱۳۷۹.

۹. سبزی پرور، ع.ا.، ح. طبری و ع. آیینی. ۱۳۸۹b. برآورد میانگین روزانه دمای خاک در چند نمونه اقلیمی ایران با استفاده از داده‌های هواشناسی، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک ۱۴(۵۲): ۱۲۵-۱۳۷.

۱۰. سبزی پرور، ع.ا.، ح. زارع ابیانه و م. بیات ورکشی. ۱۳۸۹a. مقایسه یافته‌های مدل شبکه استنتاج تطبیقی عصبی-فازی با مدل‌های رگرسیونی به منظور برآورد دمای خاک در سه اقلیم متفاوت نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۴(۲): ۲۷۴- ۲۸۵.

۱۱. نجفی مود، م.ح. ا. علیزاده، ا. محمدیان و ج. موسوی. ۱۳۸۷. بررسی رابطه دمای هوا و دمای اعماق مختلف خاک و برآورد عمق یخبندان. (مطالعه موردی استان خراسان رضوی) مجله علمی-پژوهشی آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۲(۲): ۴۵۶-۴۶۶.

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-02-06]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.62.6.5]

۱۲. وزارت نیرو، ۱۳۷۳. بولتن وضعیت منابع آب کشور، شماره ۸.

13. Aldridge, R. and F.J. Cook. 1983. Estimation of soil temperatures at 0.1 m and 0.3 m depths. New Zealand Soil Bureau Scientific Report. 62: 18.
14. Ghuman, B. S. and R. Lal. 1982. Temperature regime of a tropical soil in relation to surface condition and air temperature and its Fourier analysis. Soil Sci. 134: 133-140.
15. Hanks, R.J., D.D. Austin and W.T. Ondrechen. 1971. Soil temperature estimation by a numerical method. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 35(5): 665-667.
16. Heusinkveld, B.G., A.F.G. Jacobs A.A.M. Holtslag and S.M. Berkowicz. 2004. Surface energy balance closure in an arid region: role of soil heat flux. Agric. and Forest Meteorol. 122: 21–31.
17. Maclean, S.F. and M.P. Ayres. 1985. Estimation of soil temperature from climatic variables at Barrow, Alaska, USA. Arctic & Alpine Res. 17: 425-432.
18. Meikle, R.W. and A. J. Gilchrist. 1983. A mathematical method for estimation of soil temperatures in England and Scotland. Agric. Meteorol. 30(3): 221-225.
19. Plauborg, F. 2002. Simple model for 10 cm soil temperature in different soils with short grass. Eur. J. Agron.17: 173–179.
20. Summers, L.E., C.M. Glimour R.E. Wildung and S.M. Beck. 1981. The effect of water potential on decomposition processes in soils, *In:* J. E. Parr, W. R. Gardner and W. R. Elliot(Eds.), Water Potential Relations in Soil Microbiology. SSSA Sep. Pub. 9: 97-117.
21. Usowicz, B. and R. Walczak. 1994. Soil temperature prediction by numerical model. Polish J. Soil Sci. 28(2): 87-94.
22. Zheng, D., E. Raymond Hunt and S.W. Running. 1993. A daily soil temperature model based on air temperature and precipitation for continental applications. Clim. Res. 2: 183-191.

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-02-06]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.62.6.5]