

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۳/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۳/۳۰

تهیه نقشه LST و برآورد دمای عمق خاک با استفاده از دمای سطحی (مطالعه موردی: شهرستان تبریز)

لیلا خدائی قشلاق

دانشجوی دکتری دانشگاه تبریز، گروه ژئومورفولوژی

سید اسدالله حجازی

دانشیار دانشگاه تبریز، گروه ژئومورفولوژی

سعید صاحب خیر

توسعه مس اذربایجان

چکیده:

دمای سطح زمین از الگوریتم سیال استفاده شد، با استفاده از تصاویر

حرارتی ماهواره لندست ۸ و روش Emissivity Refrence Chanel به محاسبه دمای سطح زمین پرداخته شده است. و با استفاده از دمای سطحی، دمای عمق خاک در شش عمق ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۵۰ و ۱۰۰ و ۱۲۰ سانتیمتری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک سنجش از دور پیش‌بینی شد. منطقه مورد مطالعه، شهرستان تبریز است، نتایج نشان داد که دمای عمق ۵ سانتی متر به هنگام صبح کمتر از دمای شبانه است و روند تغییرات روزانه دما در اعماق حدود ۴۰ سانتی متر کاملاً ناچیز می‌باشد.

در سالهای اخیر تکنولوژی سنجش از دور تقریباً در بسیاری از زمینه‌ها استفاده شده است. و به عنوان یک روش کار در ایجاد و به روز کردن داده‌ها در بسیاری از کشورهای جهان مورد توجه بوده است با این حال، مطالعات برای استخراج دمای سطح زمین Land Surface Temperature به ویژه در ایران، از طریق باند مادون قرمز تصاویر ماهواره‌ای محدود بوده و تا کنون گام‌های نخستین در این زمینه برداشته شده همچنین دمای خاک، پارامتری مهم در مطالعات هیدرولوژی، هواشناسی کشاورزی و اقلیم‌شناسی است، که اندازه‌گیری و پیش‌بینی آن ضروری است. این پارامتر فقط در ایستگاههای سینوپتیک اندازه‌گیری می‌شود، لذا کمبود آن در مناطقی که فاقد ایستگاه می‌باشد، از چالشهای مهم در بسیاری از علوم مرتبط با کشاورزی می‌باشد. در این بررسی جهت دستیابی به

کلمات کلیدی: دمای سطح زمین، سنجش از دور، دمای عمق

خاک، تبریز، لندست

مقدمه

سنجش از دور حرارتی امکان بررسی بیلان انرژی سطح را در مقیاس جهانی و منطقه‌ای فراهم می‌کند. استفاده از عامل حرارت، در بسیاری از مطالعات علوم زمین ضروری است. طی چند دهه اخیر مطالعات متعددی درباره ارتباط بین دمای اجسام، امواج مادون قرمز حرارتی و عبور این تشعشع‌ها از اتمسفر به عمل آمده است. شواهد نشان می‌دهد که موضوع تشخیص دمای سطح زمین از راه سنجش از دور، موجب تشویق بسیاری از محققان و کاربرهای داده‌های ماهواره‌ای شده است. از طرفی 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 تاثیر قرار می‌دهد. بلکه می‌توان گفت میزان و جهت کلیه فرآیندهای فیزیکی خاک به صورت مستقیم و غیرمستقیم وابسته به دما می‌باشد. اندازه‌گیری دمای خاک در ایستگاه‌های سینوپتیکی با انواع مختلف حس‌گر و یا دماسنج‌های معمولی صورت می‌گیرد اما مطالعه دمای خاک بدین شکل دارای محدودیت‌هایی است از جمله اینکه اندازه‌گیری دمای خاک با این حس‌گرها بسیار هزینه‌بر بوده و به نیروی انسانی ماهر و پایش مداوم نیاز دارد. از طرفی دیگر، این پارامتر فقط در ایستگاه‌های سینوپتیک اندازه‌گیری می‌شود، لذا کمبود آن در مناطقی که فاقد ایستگاه می‌باشد، از مشکلات مهم در ارتباط با مطالعه دمای خاک می‌باشد

مبانی نظری و پیشینه تحقیق

دمای خاک، پارامتری مهم در مطالعات هیدرولوژی، هواشناسی کشاورزی و اقلیم‌شناسی است، که اندازه‌گیری و پیش‌بینی آن ضروری است. این پارامتر فقط در ایستگاه‌های سینوپتیک اندازه‌گیری می‌شود، لذا کمبود آن در مناطقی که فاقد ایستگاه می‌باشد، از چالش‌های مهم در بسیاری از علوم مرتبط با کشاورزی می‌باشد. لذا محاسبه دمای عمق با استفاده از دمای سطح می‌تواند اهمیت زیادی در سنجش از دور داشته باشد زیرا داده‌های حرارتی سنجش از دور، مربوط به سطح خاک می‌شود، از این رو محاسبه دمای عمق از اهمیت زیادی برخوردار است. از طرفی

دیگر رطوبت خاک کاملاً وابسته به تغییرات دمایی پروفیل خاک می‌باشد. این در حالی است که تغییرات دمایی خاک در شرایط مرزی قرار دارد این شرایط مرزی شامل دمای سطح خاک در بالای پروفیل و عوامل موثر بر تغییرات دمایی درون پروفیل و دمای آب زیر زمینی می‌باشد، گرمای ذخیره شده در طول روز و انتقال آن به اعماق باعث افزایش دما در لایه‌های پایینی که مرطوب‌تر نیز هستند می‌گردد (لیو، ۲۰۰۵). بر عکس لایه‌های سطحی کمتر مرطوب هستند و در هنگام شب بسیار خنک‌تر می‌شوند بنابراین اختلاف قابل توجه دما و رطوبت باعث برقراری شیب قوی فشار بخار آب در منافذ خاک بین لایه‌های زیرین و سطحی می‌گردد (وب، ۱۹۹۸) در این حالت آب به شکل بخار به طرف بالا حرکت کرده و در ناحیه ریشه که مجاور سطح خاک بوده و خنک‌تر است تقطیر می‌شود و بلافاصله جذب خاک و ریشه می‌گردد (نیشابوری، ۱۳۹۲، ۲). برای اولین بار علوی‌پناه و همکاران (۱۳۸۸) مطالعاتی بر روی دمای سطحی منطقه یاردانگ‌های بیابان لوت با استفاده از داده‌های مادون‌قرمز انجام دادند، آنها در این مطالعات با استفاده از سنجنده‌های AHVRR و MODIS+ETM+ و TM و داده‌های هواشناسی، دمای سطحی تپه‌های ماسه‌ای بیابان لوت و یاردانگ‌ها را در لحظه گذر ماهواره تخمین کردند. رحیمی و همکاران (۱۳۸۴)، جهت تعیین دمای سطح زمین از الگوریتم روزنه مجزا برای تصاویر ماهواره NOAA از طریق دو باند مادون قرمز مجاور استفاده نمودند. نتایج نشان داد که الگوریتم پرایس با ضریب تبیین ۰/۶، انحراف اریب از میانگین ۱/۸۱- درجه کلون و جذر میانگین مربع خطاها ۴/۰۷ درجه کلون بیشترین دقت را دارد و دیگر الگوریتم‌ها دمای سطح زمین را بیشتر از میزان واقعی و با دقت کمتر برآورد می‌کنند. دشتکیان و همکاران (۱۳۸۶)، با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۷ و روش دفتر علوم لندست و روش تجربی پیشنهادی به تعیین دمای سطح زمین در منطقه اشکذر یزد پرداختند. مقایسه دمای محاسباتی هر یک از روش‌ها با یکدیگر و با دمای اندازه‌گیری شده ایستگاه‌های هواشناسی نشان داد که روش دفتر علوم لندست و روش پیشنهادی اختلاف

بدست آوردند. رنگزن و همکاران (۱۳۹۰) با استفاده از تصاویر ETM+ ماهواره‌ای لندست و روش (NOR)^۳ و روش (REF)^۴، به تهیه نقشه حرارتی شهر اهواز پرداختند. بختیاری و همکاران (۱۳۹۰)، با استفاده از الگوریتم تک پنجره‌ای^۵ به بررسی کاربرد سنجش از دور حرارتی در مطالعه دمای سطحی زمین پرداخته و نقشه حرارتی برای لحظه گذر ماهواره با دقت قابل قبولی تهیه نمودند. هانکس و همکاران (۱۳۵۰) با به کار گیری روش عددی موفق به برآورد دمای خاک به عنوان تابعی از زمان و عمق شدند. در این مطالعه دمای محاسبه شده ۱/۵ درجه سانتی‌گراد با دمای واقعی اختلاف داشت. گومان و لال (۱۳۶۰) با استفاده از روش سری فوریه در یک منطقه استوایی دمای روزانه خاک را پیش‌بینی کردند. نتایج پژوهش آنان نشان داد که بین دمای اندازه‌گیری شده و دمای پیش‌بینی شده از سری فوریه در عمق ۱۳ سانتی متری خاک همبستگی خوبی برقرار است. سامرز و همکاران (۱۳۶۰). نحوه فعالیت گیاه از قبیل آزادسازی دی اکسید کربن را به شدت متأثر از دمای خاک می‌دانند. آلدریگ و کوک (۱۳۶۲) با ارائه مدل رگرسیون چند متغیره میانگین سالیانه دمای خاک در عمق‌های ۱۰ و ۳۰ سانتی‌متر را محاسبه کردند. میکل و جیلکریس (۱۳۶۲) با ارائه مدل چند جمله‌ای درجه چهارم موفق به محاسبه کمینه و بیشینه دمای خاک در هر روز از سال در ۱۸ منطقه از انگلستان شدند

منطقه مورد مطالعه

استان آذربایجان شرقی که حدود ۴۵۸۴۶/۵۷ کیلومتر وسعت دارد در گوشه شمالغرب فلات ایران قرار دارد و مساحت ۲/۸۱ درصد از کشور را به خود اختصاص داده است (ابطحی، ۱۳۹۲: ۲۳). شهرستان تبریز با وسعتی معادل ۲۱۶۷/۱۹ کیلومتر مربع ۴/۷۶ درصد از مساحت استان را به خود اختصاص داده است و از نظر توپوگرافی در یک منطقه کوهستانی قرار گرفته است بخش میانی شهرستان تبریز، بر روی دامنه‌های شمالی ارتفاعات

معنی‌داری با آمار ایستگاه‌ها نداشتند و روش مناسبی برای محاسبه دمای سطح زمین در این منطقه می‌باشند. سبزی پرور و همکاران (۱۳۸۸)، جهت برآورد دمای خاک در سه اقلیم متفاوت یافته‌های مدل شبکه استنتاج تطبیقی عصبی-فازی را با مدل‌های رگرسیونی مورد مقایسه قرار دادند. نتایج نشان داد که پیش‌بینی دمای خاک در لایه‌های کم عمق تا ۱۰ درصد بیشتر از لایه‌های عمیق می‌باشد. قائمی‌نیا و همکاران (۱۳۹۰)، به شبیه‌سازی تغییرات دمای اعماق مختلف خاک و بررسی برخی عوامل‌های جوی تاثیرگذار بر آن در ایستگاه سینوپتیک یزد پرداختند، نتیجه نشان داد که بین عوامل‌های جوی بارش، درجه حرارت هوا و ساعت آفتابی رابطه معنی‌داری وجود دارد. پارسافر و همکاران (۱۳۹۰)، دمای عمق‌های مختلف خاک را از طریق دمای هوا با بکار گیری روابط رگرسیونی، شبکه عصبی _ فازی محاسبه نمودند. نتایج تحقیق نشان داد که مدل شبکه عصبی (ANN)^۱ دارای دقت بیشتری نسبت به مدل ANFIS^۲ در برآورد دمای خاک می‌باشد. دقت مدل رگرسیونی کمتر از این دو روش مشاهده گردید. ولاشیدی و همکاران (۱۳۹۱) مدل شبیه سازی (COUP) را جهت برآورد رطوبت و دمای خاک با پوشش گیاهی ذرت و خاک بدون پوشش مورد ارزیابی قرار دادند. یافته‌های این مطالعه قابلیت کاربرد مدل را نشان داد. لیکن برای حصول به برآوردهای دقیق‌تر از رطوبت خاک و اسنجی بیشتری مورد نیاز است. علوی‌پناه و همکاران (۱۳۸۶)، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای Landsat TM، و اندازه‌گیری‌های زمینی به مدت ۱۵ روز در اکتبر سال ۲۰۰۰، به برآورد دمای سطح زمین به روش تبدیل تابش سطحی پدیده‌ها دست یافتند. جهانبخش و همکاران (۱۳۸۹)، با استفاده از روش سبال و درخت تصمیم‌گیری به محاسبه دمای سطح زمین در بخش مرکزی منطقه مراغه پرداخته و با مقایسه دمای سطح برآورد شده از طریق سنجش از دور با دمای اندازه‌گیری شده ۱۲ ساله ایستگاه هواشناسی اختلاف رضایت‌بخشی بین دو دمای محاسبه شده

³. Missivity Normalization Method

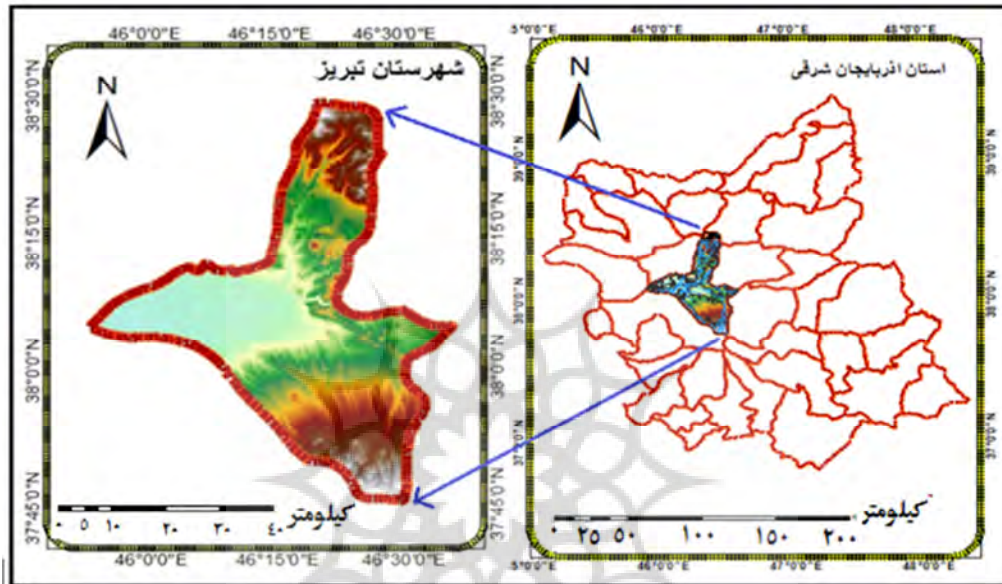
⁴. Emissivity Refrence Chanel

⁵. Qin et al

¹. Artificial neural network

². Adaptive neuro-fuzzy Inference system

سهند قرار گرفته است و کوه مورو و ارتفاعات عون ابن علی از سمت شمال و شمال شرق، رشته کوه می‌شو در شمال غرب و دامنه‌های سهند در سمت جنوب مدار طبیعی این منطقه را تشکیل می‌دهند از نظر آب و هوا منطقه تبریز از رطوبت نسبتا پایین برخوردار است که میزان آن در ساعات شبانه‌روز فصول مختلف متغیر است به طوری که براساس آمارهای موجود میزان رطوبت نسبی در هنگام صبح و ظهر در طی ماه‌های مختلف با یکدیگر تفاوت زیادی دارد با توجه به مرتفع و کوهستانی بودن منطقه، شهرستان تبریز از فصل زمستان سرد و فصل تابستان معتدل برخوردار است، معدل ۱۰ ساله اخیر دما، در شهر تبریز نشانگر این است که سرما حدود پنج ماه از سال (آبان تا اسفند) را در بر می‌گیرد (ابطحی، ۹۲: ۲۵). شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان داده شده است.



شکل (۱): موقعیت منطقه مورد مطالعه

مواد و روش‌ها

در این پژوهش به منظور برآورد دمای سطح زمین از الگوریتم سبال استفاده شد همچنین به منظور برآورد دمای عمق خاک، از دمای سطحی برآورد شده از الگوریتم فوق استفاده شد. بدین منظور از تصاویر حرارتی ماهواره لندست ۸ به تاریخ ۱۵ / ۹ / ۲۰۱۴ و به عبور و گذر ۳۳-۱۶۸ و ۳۴-۱۶۸ استفاده گردید. همچنین داده‌های هواشناسی اخذ شده از اداره کل و مرکز تحقیقات هواشناسی استان آذربایجان شرقی جهت بررسی صحت نتایج بدست آمده استفاده شد. جهت انجام مراحل مختلف پیش‌پردازش و اجرای الگوریتم سبال از نرم‌افزارهای Envi4.8 و ArcGIS10.1 استفاده شد.

یافته‌های تحقیق

- ۱- استخراج LST از داده‌های لندست ۸
 - ۱-۲- تولید تصاویر رادیانسی و انعکاسی از داده‌های لندست ۸
- تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ در سطح T1 پردازش شد. سپس برای استخراج LST ارزش‌های DN داده‌های تصویر به ارزش‌های رادیانسی طیفی تبدیل شد. با توجه به اینکه در متا دیتای همراه با لندست ۸ نامگذاری ضرایب مورد نیاز جهت تولید تصاویر انعکاسی و رادیانسی نسبت به لندست ۷ و ۵ تغییر پیدا نموده است. لذا جهت تبدیل داده‌های لندست ۸

¹. Land surface Temperature

سیس انعکاس بدست آمده با استفاده از رابطه ۳، (منبع استفاده این فرمول: استفاده از محصولات لندست ۸، USGS) تصحیح گردید:

$$\frac{\gamma\rho''}{\sin(\theta SE)} = \frac{\gamma\rho''}{\cos(\theta SZ)} = \gamma\rho \quad \text{رابطه (۳):}$$

$\gamma\rho$ = انعکاس تصحیح شده با زاویه تابش خورشیدی

θSE = زاویه ارتفاع محلی خورشید که از متادیتا استخراج می شود (SUN_ELEVATION)

θSE = زاویه زینت محلی خورشید؛ $\theta SE = 90^\circ - \theta SZ$

۲ - ۳ - محاسبه دمای درخشندگی

با توجه به تولید رادیانس از تصاویر حرارتی، با استفاده از رابطه (۴) رادیانس را به دمای درخشندگی تبدیل نمودیم: که ضرایب K1 و K2 برای باندهای حرارتی لندست ۸ یعنی باندهای ۱۰ و ۱۱ از قرار زیر است:

	B10	B11
K1	774.89	480.89
K2	1321.08	1201.14

پس از تولید دمای درخشندگی با استفاده از توان تشعشی پدیده‌ها و با استفاده از رابطه (۴) دمای واقعی محاسبه گردید:

$$T_{br} = E1/4 \times TS \quad \text{رابطه (۴):}$$

T_{br} = دمای درخشندگی

TS = دمای واقعی سطح زمین

E = توان تشعشی یا همان امیسیوتی

در رابطه فوق از طریق نسبت T_{br} به $E1/4$ محاسبه شده در مراحل قبل دمای سطح زمین برای محدوده مورد مطالعه بدست آمد. مرحله نهائی محاسبه دمای سطح در نرم افزار ArcGis 10.1 انجام شد که در شکل (۲) نشان داده می شود.

(Landsat 8) به رادیانس بالای اتمسفر^۱ $TOA = Top$ Atmosphere (از رابطه ۱) منبع استفاده این فرمول: استفاده از محصولات لندست ۸، USGS^۲ و داده‌های موجود در متادیتای همراه با تصاویر، باندهای سنجنده‌های OLI و TIRS ماهواره لندست ۸ استفاده شد.

$$L\lambda = MLQcal + AL \quad \text{رابطه (۱):}$$

$L\lambda$ = اتمسفر رادیانس طیفی، انرژی تابش در بالای اتمسفر می باشد که توسط سنجنده مشاهده شده است و برای هر باند توسط رابطه (۱) بدست می آید.

(شماره باند - RADIANCE_MULT_BAND) ضریب تبدیل که از متادیتا استخراج می شود (ML)

(شماره باند - RADIANCE_ADD_BAND) ضریب تبدیل که از متادیتا استخراج می شود (AL)

$Qcal$ = تصویر خام

۲ - ۲ - تبدیل داده‌های لندست ۸ (Landsat 8) به انعکاس بالای اتمسفر^۳ $(TOA = Top Atmosphere)$

با استفاده از رابطه ۲ (منبع استفاده این فرمول: استفاده از محصولات لندست ۸، USGS) ابتدا انعکاس طیفی بدون تصحیح زاویه تابش خورشیدی را برای باندهای غیر حرارتی لندست ۸ یا همان سنجنده OLI محاسبه شد:

$$\gamma\rho = M\rho Qcal + A\rho \quad \text{رابطه (۲):}$$

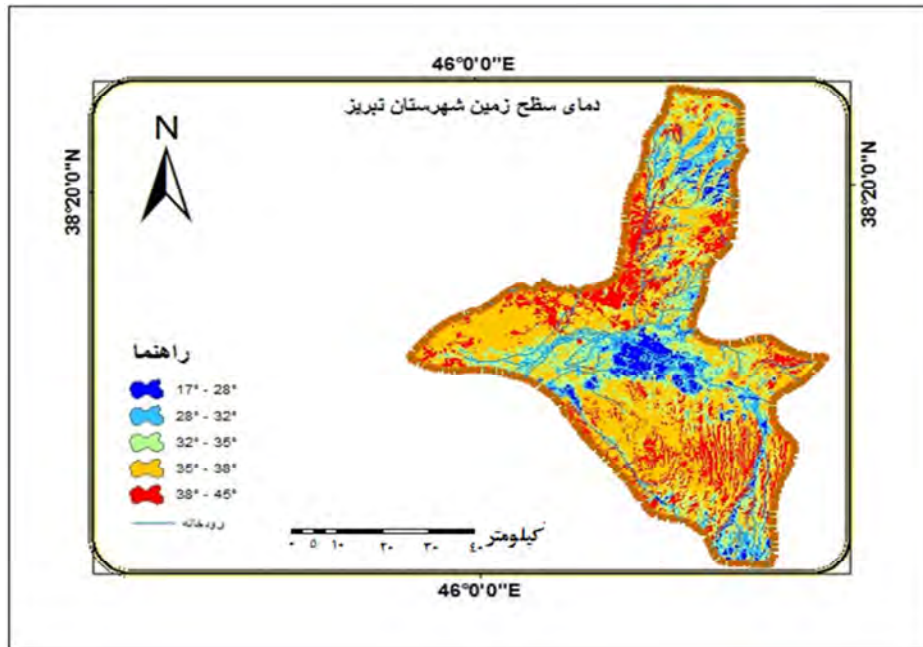
انعکاس بدون تصحیح زاویه خورشیدی $\gamma\rho$ (شماره باند - REFLECTANCE_MULT_BAND) ضریب تبدیل که از متادیتا استخراج می شود (MP)

(شماره باند - REFLECTANCE_ADD_BAND) ضریب تبدیل که از متادیتا استخراج می شود (Ap) $Qcal$ = تصویر خام

¹ . Conversion to TOA Radiance

² .http://landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php
Using the USGS Landsat 8 Product

³ . Conversion to TOA Reflectance



شکل (۲): نقشه دمایی شهرستان تبریز بر حسب درجه سانتی گراد

۰/۳۷ تغییرات دما در سطح خاک می‌باشد (علیزاده، ۱۳۸۳: ۴۳۸). در این معادله:

T_{avg} ، متوسط دما، A_0 ، تغییرات دمایی و ωt ، فرکانس زاویه‌ای در زمان بر حسب رادیان می‌باشد. دمای برآورد شده از اعماق مختلف برای ساعت ۱۲ ظهر و ۱۲ نیمه شب، در جدول ۱ و دمای اعماق مختلف خاک در ساعات متفاوت در جدول ۲ نشان داده شده است.

محاسبه دمای عمق خاک با استفاده از دمای سطحی^۱

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 تاثیر قرار می‌دهد، بلکه میزان و جهت کلیه فرآیندهای فیزیکی خاک به طور مستقیم وابسته به دما است. اثر دمای خاک، روی فعل و انفعالات خاک به اثبات رسیده است. در خاک‌های سرد فعالیت‌های شیمیایی و بیولوژیکی کند می‌باشند. سازگاری گیاهان با دمای خاکی که در آن رشد می‌کنند متفاوت است. به طور کلی خاک سطحی در تابستان گرم‌تر و در زمستان سردتر از قسمت‌های زیرین خاک است. با توجه به اینکه هدف پژوهش محاسبه دمای خاک در هر زمان از شبانه‌روز در عمق Z از سطح خاک بود $[T (Z, t)]$ از رابطه (۵)، (علوی‌پناه، ۱۳۸۷: صص ۱۳۹) استفاده شد:

$$T(z,t) = T_{avg} + A_0 [\sin(\omega t - z/d) / e^{-z/d}] \quad (5)$$

این معادله دارای دو عامل Z عمق خاک، و d عمق میرا است. عمق میرا عمقی است که در آن تغییرات دما طی شبانه‌روز

¹ land Surface Temperature

جدول (۱): دمای خاک در دو زمان در اعماق مختلف بر حسب درجه سانتی گراد

عمق خاک	دمای خاک ۱۲ ظهر	دمای خاک ۱۲ نیمه شب
۵cm	۳۰/۸°C	۳۱/۳۶°C
۱۰cm	۳۰/۶۶°C	۳۰/۹۷°C
۲۰cm	۳۰/۵۲°C	۳۰/۶۳°C
۳۰cm	۳۰/۴۹°C	۳۰/۵۳°C
۵۰cm	۳۰/۴۹°C	۳۰/۵°C
۱۰۰cm	۳۰/۴°C	۳۰/۴۴°C
۱۲۰cm	۳۰/۴°C	۳۰/۴۵°C

در جدول ۲ دمای محاسبه شده اعماق خاک برای ساعات مختلف روزانه نشان داده شد. باتوجه به جدول، مشاهده می‌گردد که طی ساعات متوالی دما به طور نسبی افزایش یافته است، هنگام شب دما بیشتر از روز نشان داد که این افزایش دما در لایه‌های کم عمق به نسبت بیشتر از لایه‌های عمیق بود، در جدول ۲ تفاوت دما مابین ساعات ۱۲ ظهر و ۱۲ نیمه شب در ۶ عمق مختلف بخوبی قابل مشاهده می‌باشد. به طرف عمق‌های پایین تر خاک، نوسان دما کمتر دیده شد به طوری که در اعماق حدود ۴۰ cm این نوسان به کمترین مقادیر خود رسیده است. در این عمق تفاوت قابل ملاحظه‌ای مابین دمای شب و روز دیده نمی‌شود هرچند در عمق حدوداً ۱۰۰ سانتی‌متری دمای صبح به طور جزئی کمتر از دمای شب می‌باشد.

جدول (۲): دمای خاک در ساعات مختلف و اعماق متفاوت بر حسب درجه سانتی گراد

ساعت	دمای خاک عمق ۵cm	دمای خاک عمق ۱۰cm	دمای خاک عمق ۲۰cm	دمای خاک عمق ۳۰cm	دمای خاک عمق ۵۰cm	دمای خاک عمق ۱۰۰cm	دمای خاک عمق ۱۲۰cm
۱۲	۳۰.۸	۳۰.۶۶	۳۰.۵۲	۳۰.۴۹	۳۰.۴۹	۳۰.۴	۳۰.۴
۱۳	۳۰.۸۹	۳۰.۶۸	۳۰.۵۳	۳۰.۴۹	۳۰.۴۹	۳۰.۴۱	۳۰.۴۱
۱۴	۳۰.۹۳	۳۰.۷۱	۳۰.۵۴	۳۰.۵	۳۰.۴۹	۳۰.۴۱	۳۰.۴۱
۱۵	۳۰.۹۷	۳۰.۷۶	۳۰.۵۵	۳۰.۵	۳۰.۴۹	۳۰.۴۱	۳۰.۴۲
۱۶	۳۱.۰۲	۳۰.۷۹	۳۰.۵۶	۳۰.۵	۳۰.۴۹	۳۰.۴۱	۳۰.۴۲
۱۷	۳۱.۰۶	۳۰.۸۱	۳۰.۵۷	۳۰.۵۱	۳۰.۴۹	۳۰.۴۱	۳۰.۴۲
۱۸	۳۱.۱	۳۰.۸۲	۳۰.۵۷	۳۰.۵۱	۳۰.۴۸	۳۰.۴۲	۳۰.۴۲
۱۹	۳۱.۱۴	۳۰.۸۴	۳۰.۵۸	۳۰.۵۳	۳۰.۴۸	۳۰.۴۲	۳۰.۴۲
۲۰	۳۱.۱۹	۳۰.۸۷	۳۰.۵۹	۳۰.۵۳	۳۰.۴۹	۳۰.۴۲	۳۰.۴۲
۲۱	۳۱.۲۳	۳۰.۸۹	۳۰.۶	۳۰.۵۳	۳۰.۴۹	۳۰.۴۳	۳۰.۴۴
۲۲	۳۱.۲۷	۳۰.۹۲	۳۰.۶۱	۳۰.۵۳	۳۰.۵	۳۰.۴۳	۳۰.۴۴
۲۳	۳۱.۳۲	۳۰.۹۴	۳۰.۶۲	۳۰.۵۳	۳۰.۵	۳۰.۴۳	۳۰.۴۵
۲۴	۳۱.۳۶	۳۰.۹۷	۳۰.۶۳	۳۰.۵۳	۳۰.۵	۳۰.۴۴	۳۰.۴۵

بحث و نتیجه گیری

با توجه به نتایج بدست آمده از اطلاعات جداول، در اعماق مختلف خاک، دمای خاک در ساعت ۲۴ نیمه شب، بیشتر از دمای صبح در همان اعماق است که دلیل آن تاخیر زمانی است دمای خاک در عمق ۵ سانتی متری در ساعت ۱۲ ظهر نسبت به دمای شبانه در همان عمق به مراتب کمتر بوده و به طرف عمق‌های بیشتر تغییرات دما کمتر می‌شود به طوری که در اعماق حدود ۴۰ سانتی متری این تغییر دمای مابین شب و روز بسیار ناچیز می‌باشد همچنین تغییرات دمای اعماق مختلف در ساعات متفاوت هم، تایید کننده همین مطلب می‌باشد که علاوه بر افت تاخیر زمانی، با افزایش عمق نوسان تغییر دما کاهش یافته و به تقریب در عمق ۴۰ سانتی متری ناچیز می‌شود. بنابراین می‌توان گفت که تغییرات ساعتی دمای سطح خاک، تغییرات سینوسی است که با انرژی خورشیدی رسیده به سطح خاک، هم فاز است. ولی هر چه به عمق می‌رویم تغییرات کندتر می‌شود. به طوری که در طول ساعات متمادی، تغییرات مشابهی وجود دارد و در شب همین تغییرات باروندی کندتر مشاهده می‌شوند. با توجه به اینکه به دلیل عدم وجود ایستگاههای سینوپتیک در بیشتر مناطق کشور، محاسبه دمای عمق خاک ممکن نمی‌باشد، استفاده از تکنیک سنجش از دور و دمای سطحی محاسباتی از آن می‌تواند در محاسبه دمای اعماق مختلف خاک بسیار مهم باشد. از طرفی با توجه به نتایج حاصل از پژوهش صورت گرفته توسط نیشابوری و همکاران در سال ۱۳۹۲ در استفاده زراعی از رطوبت موجود در اعماق خاک و انتقال آن باید به وجود اختلاف بیشتر دما در سطح و عمق خاک و آب زیر زمینی که می‌تواند به انتقال سریعتر و بیشتر رطوبت به سطح خاک کمک کند توجه شود. در این مطالعه از طریق محاسبه دمای سطح شهرستان تبریز، اقدام به محاسبه دمای عمق خاک شد. نتیجه نشان داد که دمای خاک در عمق ۵ سانتی متری بهنگام صبح کمتر از دمای شبانه در همان عمق می‌باشد. که این ناشی از افت تاخیر زمانی است. با افزایش عمق خاک روند تغییرات دما هم کاهش می‌یابد و در عمق حدود ۴۰ سانتی متری به بعد این تغییر

کاملاً ناچیز می‌باشد. در عمق ۱۰۰ سانتی متری تغییر دما در ساعات متفاوت روزانه، روند نسبتاً یکسانی دارد. مقایسه داده‌های هواشناسی با دمای سطح زمین و عمق ۵ سانتی متری همبستگی خوبی را نشان می‌دهد لذا با توجه به اینکه در طول ساعات مختلف، به طور نسبی دما رو به افزایش می‌باشد این امر برای امور کشاورزی بسیار مهم می‌باشد لذا در مناطقی که فاقد ایستگاههای سینوپتیک جهت محاسبه دمای خاک هستند. تکنیک فوق می‌تواند جایگزین مناسبی در امور مدیریت زراعی باشد.

منابع

- ۱- ابطحی، و (۱۳۹۲)، "بررسی توزیع زمانی و مکانی بارش در سطح شهرستان تبریز طی سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۸" پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی.
- ۲- بختیاری، م؛ رنگرن، ک؛ صابری، ع؛ فتاحی، م، (۱۳۹۰)، "کاربرد سنجش از دور حرارتی در مطالعه دمای سطحی زمین شهر اهواز با استفاده از الگوریتم تک پنجره‌ای." همایش ملی ژئوماتیک ۹۰. تهران، سازمان نقشه برداری کشور.
- ۳- پارسافر، ن؛ معروفی، ص، (۱۳۹۰) "برآورد دمای عمق‌های مختلف خاک از دمای هوا با بکارگیری روابط رگرسیونی، شبکه عصبی و شبکه عصبی فازی (مطالعه موردی: منطقه کرمانشاه)" نشریه دانش آب و خاک، جلد ۳، شماره ۲۱. ص. ۱۳۹ - ۱۵۲.
- ۴- جهانبخش، س؛ زاهدی، م؛ ولیزاده کامران، خ، (۱۳۸۹)، "محاسبه دمای سطح زمین با استفاده از اروش سبال و درخت تصمیم گیری در محیط GIS, RS در بخش مرکزی منطقه مراغه." نشریه علمی - پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی (دانشگاه تبریز)، شماره ۳۸، ص. ۱۹ - ۳۲.
- ۵- دشتکیان، ک؛ دهقانی، م، (۱۳۸۶)، "بررسی دمای سطح زمین در ارتباط با پوشش گیاهی و توسعه شهری با استفاده از سنجش از دور و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی در مناطق بیابانی، مطالعه موردی: منطقه یزد - اشکذر." نشریه پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، شماره ۷۷. ص. ۱۶۹ - ۱۷۹.
- ۶- رحیمی، ع؛ کوچک‌زاده، م؛ محمد ولی سامانی، ج؛ شریفی، ق، (۱۳۸۴)، "ارزیابی چند روش برآورد دمای سطح زمین با استفاده از

- ملی تاثیر پسروری دریاچه ارومیه بر منابع آب و خاک، تبریز- سی ام مهر و اول آبان ماه ۱۳۹۲، ص. ۱- ۹.
- ۱۴- ولاشیدی، ر. قهرمان، ن. ایران نژاد، پ. (۱۳۹۱)، "ارزیابی مدل شبیه سازی (COUP) جهت برآورد رطوبت و دمای خاک با پوشش گیاهی ذرت و خاک بدون پوشش." مجله پژوهش های خاک (علوم آب و خاک) / الف / جلد ۲۶، شماره ۱، ص. ۵۵- ۶۶.
- 15- Aldridge R., and Cook F.J. 1983. Estimation of soil temperatures at 0.1m and 0.3m depths. New Zealand Soil Bureau Scientific Report. 62: 18p
- 16- Ghuman B.S. and Lal R. 1981. Predicting diurnal temperature regimes of the central Appalachins. Soil Science. 132: 247-252.
- 17- Hanks R.J., Austin D.D., and Ondrechen W.T. 1971. Soil temperature estimation by a numerical method. Proc Soil Science Society Am. 35 (5): 665-667
- 18- Meikle R.W., and Gilchrist A.J. 1983. A mathematical method for estimation of soil temperatures in England and Scotland. Agricultural Meteorology. 30(3): 221-225
- 19- Summers L.E., Glimour C.M., Wildung R.E., and Beck S.M. 1981. The effect of water potential on decomposition processes in soils, in water potential relation in soil microbiology. Edited by J.E. Parr, W.R. Gardner, and W.R. Elliot, SSSA Sep. Publ. 9: 97-117.
- 20 - Webb SW and Ho CK, 1998. Review of enhanced vapor diffusion in porous media
- 21- Liu BC, Liu WS and Peng W, 2005. Study of heat and moisture transfer in soil with a dry surface layer. Int. Journal of Heat and Mass Transfer 48: 4579-4589.
- تصاویر ماهواره NOAA در حوزه آبریز دریاچه ارومیه. "نشریه پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، شماره ۶۸. ص. ۸۴- ۹۰.
- ۷- رنگرن، ک؛ فیروزی، م؛ تقی زاده، ا؛ مهدی زاده، ر، (۱۳۹۰)، "تهیه نقشه LST با استفاده از تصاویر ماهواره ای، نمونه موردی شهر اهواز." همایش ملی ژئوماتیک ۹۰. تهران، سازمان نقشه برداری کشور.
- ۸- سبزی پرور، ع.؛ زارع ایبانه، ح؛ بیات ورکشی، م، (۱۳۸۸)، "مقایسه یافته های مدل شبکه استنتاج تطبیقی عصبی - فازی با مدل های رگرسیون به منظور برآورد دمای خاک در سه اقلیم متفاوت"، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۴، شماره ۲، ص. ۲۸۵- ۲۷۴.
- ۹- علوی پناه، س.ک، سراجیان، م.ر، چوقی، ب (۱۳۸۱)، "بررسی محدودیت های تهیه نقشه حرارتی یاردانگ های بیابان لوت، مجله بیابان، شماره ۲، جلد ۸، ص. ۳۹- ۱۹.
- ۱۰- علوی پناه، س.ک. (۱۳۸۷)، "سنجش از دور حرارتی و کاربرد آن در علوم زمین." انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوم، ص. ۱۳۹.
- ۱۱- علیزاده، ا. (۱۳۸۳)، "فیزیک خاک." انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، ص. ۴۳۸.
- ۱۲- قائمی نیا، ع.م؛ عظیم زاده، ح.ر؛ مبین، م.ح (۱۳۹۰)، "شبیه سازی دمای اعماق مختلف خاک و بررسی برخی عوامل های جوی تاثیر گذار بر آن. مطالعه موردی: ایستگاه سینوپتیک یزد." فصلنامه علمی و پژوهشی تحقیقات مراتع و بیابان یزد، جلد ۱۸، شماره ۱، ص. ۵۷- ۴۲.
- ۱۳- نیشابوری، م. ر. رمضان زاده ارونقی، ح (۱۳۹۲)، "بررسی انتقال رطوبت بر اثر شیب دمایی از لایه عمقی خاک" اولین همایش