



## تعیین رژیم‌های رطوبتی و گرمایی خاک‌های استان آذربایجان شرقی با استفاده از مدل نیوهال

بهزاد محمدحسینی سقایش<sup>۱\*</sup>، علی اصغر جعفرزاده<sup>۲</sup>، فرزین شهبازی<sup>۳</sup>، اصغر فرج‌نیا<sup>۴</sup>، حسین رضائی<sup>۵</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۲۲

### چکیده

تعیین رژیم‌های رطوبتی و گرمایی خاک از مسایل مهم در اقلیم شناسی کشاورزی و مدیریت خاک است. در این تحقیق با توجه به محدودیت‌های میدانی-زمانی تعیین اقلیم خاک، مدل‌سازی آن با کاربرد مدل نیوهال برای خاک‌های استان آذربایجان شرقی به‌عنوان مطالعه موردی با کاربرد اطلاعات میانگین ماهانه دما و بارش ۵۲ ایستگاه هواشناسی برای دوره ۳۰ ساله ۱۴۰۰-۱۳۷۰ انجام شد. پهنه‌بندی اقلیم خاک‌های محدوده مورد مطالعه با استفاده از روش تیسن انجام گرفت. روندیابی متغیرهای اقلیمی ورودی مدل با استفاده از آزمون من-کندال مؤید افزایش معنی‌دار میانگین سالانه دما ( $Z=+3/18$ ) و کاهش غیرمعنی‌دار میانگین سالانه بارش ( $Z=-0/56$ ) بود. براساس مدل‌سازی اقلیم خاک نواحی مختلف، خاک‌های استان به ترتیب وسعت، دارای رژیم‌های رطوبتی Aridic و Xeric و نیز رژیم‌های گرمایی Mesic، Thermic و Frigid می‌باشند. بررسی نقشه‌های تهیه شده نشان داد که نواحی شمال غرب و غرب استان دارای شرایط اقلیمی خاک خشک‌تر و گرم‌تر نسبت به سایر نواحی می‌باشند. وسیع‌ترین پهنه اقلیمی خاک استان متعلق به رده Weak Aridic-Mesic بوده و کوچکترین پهنه مربوط به رده Dry Xeric-Frigid می‌باشد. بررسی تغییر وسعت پهنه‌های اقلیمی خاک و تبدیل کلاس‌های مختلف به هم در طول زمان بیان‌گر در تغییراتی اقلیم خاک می‌باشد. به‌طور کلی یافته‌های این تحقیق با تسهیل تعیین اقلیم خاک در راستای کمک به طبقه‌بندی خاک‌ها، بررسی تناسب اراضی، تنظیم تقویم زراعی، تعیین الگوی کشت و سازگاری با تغییر اقلیم مفید خواهد بود.

### واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، جاوانیوهال، دمای خاک، رده‌بندی خاک

### مقدمه

شیمیایی و فعالیت‌های بیولوژیکی تحت تأثیر قرار گرفته و در نهایت خاک‌های کامل‌تری تشکیل می‌شوند (Buol et al., 2011). اقلیم خاک<sup>۵</sup> به صورت مستقیم تحت تأثیر ویژگی‌های آب و هوایی محل تشکیل همچون مقدار، شدت و توزیع بارندگی، نوسانات روزانه و ماهانه دمای هوا، تابش نور و نیز انواع، مقدار و تداوم پوشش گیاهی، مدت زمان رطوبت و پوشش برف، انواع ذخایر آلی، رنگ خاک سطحی، جهت و میزان شیب، ارتفاع و آب‌های زیرزمینی آن می‌باشد (Soil

اقلیم به‌عنوان یکی از فاکتورهای خاک‌سازی نقش مهمی در بروز ویژگی‌ها، پیدایش و تکامل خاک دارد (Jenny, 1941). اقلیم از طریق بارندگی، دما، تبخیر-تعرق و غیره بر اکثر فرآیندهای خاک‌سازی تأثیر می‌گذارد، به‌طوری‌که در شرایط معمول با افزایش بارندگی و درجه حرارت، شدت و تنوع فرآیندهای خاک‌سازی افزایش یافته و ویژگی‌های فیزیکی،

<sup>۱</sup> استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، تبریز، ایران

<sup>۲</sup> استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

<sup>۳</sup> استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

<sup>۴</sup> استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

<sup>۵</sup> Pedoclimate

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

\* نویسنده مسئول: Behzadmohammadhosseini@gmail.com

<sup>۲</sup> استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

تبریز، ایران

نحوه ارجاع مقاله:

محمدحسینی سقایش، ب.، جعفرزاده، ع.، شهبازی، ف.، فرج‌نیا، ا.، رضائی، ح. ۱۴۰۳. امکان‌سنجی پیش‌بینی شاخص‌های تداوم بارش حدی با استفاده از دورپیوندها (مطالعه موردی: ایستگاه‌های هواشناسی گرگان و رشت). نشریه هواشناسی کشاورزی، ۱۲(۲): ۱۴-۲۵. DOI: 10.22125/AGMJ.2024.429706.1162  
Mohammadhosseini- Sagayesh, B., Jafarzadeh, A., Shahbazi, F., Farajnia, A., Rezaei, H. 2025. Determining soil moisture and temperature regimes in East-Azerbaijan province using Newhall model. Journal of Agricultural Meteorology, 12(2): 14-25. DOI: 10.22125/AGMJ.2024.429706.1162

Wambeke, 1986). شرط کارایی و دقت بالای این مدل در تخمین رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک استفاده از آماره‌های اقلیمی در بازه‌های زمانی بلندمدت (حداقل ۲۰ سال) می‌باشد (Costantini et al., 2002). در مطالعات اقلیم خاک تکمیل شده با استفاده از مدل نیوهال در دو استان از ترکیه جمع‌بندی نتایج نشان داد که علاوه بر نقشه‌های رژیم رطوبتی و حرارتی خاک مستخرج از نتایج مدل نیوهال که پراکنش مکانی وضعیت این ویژگی‌های خاک را ترسیم می‌نمایند، تقویم‌های سالانه وضعیت رطوبت و دمای خاک حاصل از برآورد این مدل نیز می‌توانند ابزاری مهم و کاربردی برای مطالعات و مدیریت منابع خاک و آب باشند (Turan et al., 2022; Karaca and Sargin, 2018). طی تحقیق انجام شده در شیلی تغییرات رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک در دو بازه زمانی به‌منظور بررسی پیامدهای تغییر اقلیم مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که پایش زمانی تغییرات این رژیم‌ها یکی از راهکارهای مهم در مواجهه با بحران تغییر اقلیم و حفاظت از بخش کشاورزی و منابع طبیعی می‌باشد (Stolpe and Undurraga, 2016). Winzeler et al., (2013) نیز با استفاده از نرم‌افزار نیوهال نقشه رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک‌های ایالات متحده را بر مبنای آمار اقلیمی برای پیکسل‌های مکانی به‌روزرسانی نموده و بر پایه سناریوی تغییر اقلیم مفروض، وضعیت اقلیم خاک را در سال ۲۰۸۰ به منظور استفاده در مدیریت تغییر اقلیم پیش‌بینی نمودند. پهنه‌بندی اقلیم خاک ایران که شامل اولین نقشه رژیم‌های رطوبتی و حرارتی ایران (سال ۱۳۵۵) و نسخه به‌روزرسانی شده آن (سال ۱۳۷۹) می‌باشد نیز با استفاده مدل نیوهال صورت پذیرفته است (Banaei et al., 2005). Emadi et al., (2015) با کاربرد مدل نیوهال بر مبنای آمار ۵۳ ایستگاه هواشناسی نقشه رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک‌های استان مازندران را با استفاده از مطالعات زمین آماری تکمیل و روند گرم شدن رژیم حرارتی از نواحی جنوبی به شمالی استان را گزارش کردند در حالی که برای رژیم رطوبتی الگوی پراکنش به‌خصوصی مشاهده نمودند. با توجه به ارتباط شرایط رطوبتی و دمایی خاک با ابعاد مختلف مدیریت منابع خاک که پیش‌تر بیان شد، تعیین رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک یکی از پایه‌های مطالعات خاک به‌منظور استفاده پایدار از این

(Survey Manual, 2017). اصطلاح اقلیم خاک در واقع ثبت الگوهای زمانی رطوبت و دمای خاک در بازه زمانی مشخص است که در قالب رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک شناخته می‌شود. رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک به‌ترتیب اشاره به مقدار آب نگهداری شده و دما در عمق مشخصی از خاک برای بازه زمانی معلوم از یک سال دارند (Soil Survey Staff, 2022). با توجه به اینکه رطوبت و دما عوامل اصلی روی دادن انواع فرآیندها در خاک هستند، تعیین رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک نقش مهمی در مدیریت منابع خاک دارد. شناسایی و رده‌بندی خاک‌ها، تناسب اراضی برای تیپ‌های بهره‌وری، فعالیت زیستی خاک، تحرک‌پذیری عناصر غذایی، تنوع و گسترش آلودگی‌های زیست محیطی از مجموعه مواردی هستند که مطالعه و مدیریت آنها در ارتباط با رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک است که در مطالعات اخیر نیز مورد توجه بوده‌اند (Montajabi et al., 2017; Nezhadzamani et al., 2018; Vankova et al., 2021; Pournaji et al., 2023). از این‌رو ضروری است که در تمامی مطالعات مرتبط با خاک رژیم‌های رطوبتی و حرارتی آن نیز تعیین گردد. مطابق با مفهوم اقلیم خاک، تعیین رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک طی مطالعات میدانی-زمانی با ثبت وضعیت دما و رطوبت خاک در اعماق استاندارد و در بازه زمانی مشخص صورت می‌گیرد، لیکن چنین مطالعاتی زمان‌بر بوده و مستلزم صرف هزینه می‌باشد. تحقیقات نشان داده است که فارغ آمدن بر محدودیت‌های مطالعه میدانی-زمانی و تسهیل مطالعات تعیین رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک، با کاربرد مدل‌های شناخته شده‌ای که بر پایه محاسبات با استفاده از داده‌های اقلیمی هستند ممکن شده است. مدل‌های بیلوکس (Billaux, 1978)، کمیته بین‌المللی رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک (ICOMMOTR, 1991)، نیوهال (Newhall & Berdanier, 1996) از جمله مدل‌های مذکور به‌منظور برآورد اقلیم خاک می‌باشند که محدودیت‌ها و مزایای استفاده از آنها در مطالعه (Costantini et al., 2002) به تفصیل بیان شده است. امروزه مدل نیوهال از جمله پرکاربردترین گزینه‌ها در تعیین اقلیم خاک است که از طریق روابط محاسباتی، براساس داده‌های دما و بارش و نیز تخمین تبخیر-تعرق پتانسیل رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک را برآورد می‌نماید (Van

در این تحقیق از اطلاعات اقلیمی میانگین مجموع بارش و میانگین دمای ماهانه ۳۰ ساله (سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۷۰ شمسی) مستخرج از آمار ۵۲ ایستگاه هواشناسی کلیماتولوژی و سینوپتیک واقع در استان استفاده شده که در شکل ۱، موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌ها نشان داده شده است (IRIMO, 2022). به منظور افزایش دقت کار، در خصوص چند ایستگاه سینوپتیک استان که طی سال‌های اخیر تاسیس گردیده و فاقد اطلاعات کامل سه دهه اخیر بودند فرض بر بسط اطلاعات نزدیک‌ترین ایستگاه کلیماتولوژی که از سالیان گذشته فعال بوده‌اند به این ایستگاه‌ها قرار گرفت. همچنین برای افزایش دقت مطالعه، علاوه بر ۵۲ ایستگاه مذکور در محدوده استان از آمار اقلیمی ایستگاه‌های هواشناسی مجاور مرزهای استان نیز استفاده شد که ایستگاه‌های کلیماتولوژی نیر، فیروزآباد، میاندوآب، خوی و سلماس از استان‌های اردبیل و آذربایجان غربی را شامل می‌شود. تحلیل تغییرات شرایط اقلیمی در بازه زمانی مورد مطالعه نیز در قالب بررسی سری زمانی میانگین سالانه دما و مجموع بارش استان توسط آزمون من-کندال انجام شد (Kendall, 1975). همچنین در کنار هدف اصلی تحقیق مبنی بر تهیه نقشه اقلیم خاک‌های استان در شرایط فعلی، به منظور بررسی تأثیرات تغییر اقلیم بر رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک‌های استان در بستر زمان، از مقایسه نقشه اقلیم خاک حاصله از این مطالعه با نقشه ارائه شده توسط مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور مستخرج از داده‌های تکمیل شده در دهه ۱۳۷۰ (Banaei, 1998) بهره گرفته شده است.

### مدل سازی رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک

به منظور تعیین اقلیم خاک و مشخص نمودن کلاس رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک در محدوده مورد مطالعه از مدل شبیه‌سازی جان‌نیوهای (JNSM) با استفاده از داده‌های هواشناسی اقدام شد (Van Wambeke, 1986; Waltman et al., 2011; JNSM, 2012). این مدل در واقع به‌روزرسانی شده مدل قدیمی شبیه‌سازی اقلیم خاک (NSM) توسط فرانکلین نیوهای می‌باشد (NewHall, 1972). الگوریتم پردازش این مدل بر مبنای مفاهیم تعریف شده در نسخه ۱۳ کلید رده‌بندی خاک آمریکایی (Soil Survey Staff, 2022) است (جدول ۱).

منبع است. از این‌رو تعیین اقلیم خاک، به‌ویژه در نواحی که اراضی آنها مورد استفاده وسیع عرصه‌های کشاورزی و منابع طبیعی بوده و در حال حاضر تحت تغییر اقلیم و تخریب می‌باشد و پیامدهای آن بیش از پیش بروز نموده، از اهمیت وافر برخوردار است. با توجه به شرایط اقلیمی موجود در شمال غرب ایران چنین به نظر می‌رسد که استان آذربایجان شرقی از نواحی است که اراضی و خاک‌های آن توجه خاصی را برای مدیریت منابع خاک و اراضی می‌طلبد. بر این اساس در مطالعه حاضر به شناسایی پراکنش رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک این استان پرداخته شده تا ضمن بررسی قابلیت روش‌های برآورد اقلیم خاک در محدوده مورد مطالعه، نتایج حاصله بتواند در قالب یکی از اطلاعات پایه برای مدیریت منابع خاک منطقه به کار رفته و دیدگاهی کلی از روند تأثیر تغییر اقلیم بر رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک ارائه نماید.

### مواد و روش‌ها

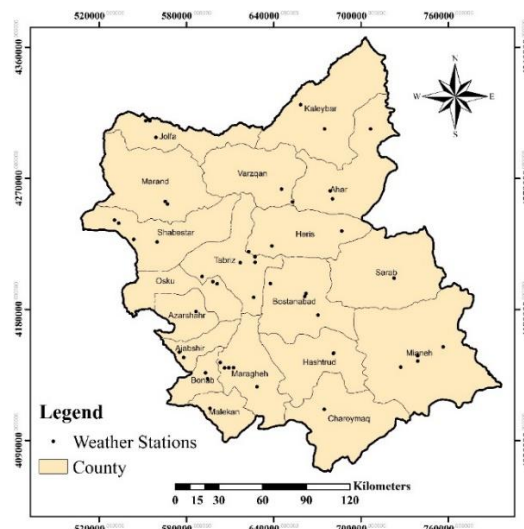
#### منطقه مورد مطالعه و بانک اطلاعاتی

استان آذربایجان شرقی با مساحتی بالغ بر ۴۵۷۵۶ کیلومتر مربع در شمال غرب ایران جای دارد. مختصات جغرافیایی این استان محدود به عرض ۴۵' ۳۶" تا ۳۹° ۲۶' شمالی و طول ۴۵° ۰۵' تا ۴۸° ۲۲' شرقی می‌باشد که در زون ۳۸S نیم‌کره شمالی قرار دارد. ارتفاع از سطح آب‌های آزاد استان از ۱۲۶ تا ۴۱۶۳ متر متغیر است. این استان از لحاظ تقسیم‌بندی اقلیمی بر اساس سیستم دوما رتن گسترش یافته (Rahimi et al., 2013; Khalili et al., 2022) جزو مناطق نیمه‌خشک بوده و میانگین مجموع بارندگی سالیانه آن در طی ۳ دهه اخیر (سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۷۰) ۲۵۰ الی ۳۰۰ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه آن نیز از ۸/۹ تا ۱۵/۸ درجه سلسیوس برای نواحی مختلف متغیر می‌باشد. تنوع توپوگرافی استان منجر به تشکیل ریزاقلیم‌های متفاوتی در نواحی مختلف شده است. موقعیت استان نسبت به دریای خزر و تأثیرپذیری آن از دریای مدیترانه، دریای سیاه و دریاچه ارومیه نیز اقلیم استان را تحت تأثیر قرار داده است. در این استان بیشترین دمای ثبت شده در شهرهای جلفا و میانه و کم‌ترین دمای ثبت شده برای سراب و بستان‌آباد می‌باشد (IRIMO, 2022).

مختلف به دست آمده‌اند، به مدل وارد شده و مدل بر مبنای آنها نیز اجرا گردید که نتایج نهایی در تعیین کلاس‌های رژیم حرارتی تفاوت آنچنانی در مقایسه با ضریب ۱ درجه سلسیوس، در ۵۰ سانتی‌متری بالای خاک نداشت. همچنین با توجه به مفاهیم جدول ۱، مدل برای اجرا و تعیین رژیم رطوبتی خاک، صرفاً نیازمند ورود اطلاعات میانگین مجموع بارش ماهانه و میانگین دمای ماهانه می‌باشد. فارغ از تعیین رژیم رطوبتی خاک به‌عنوان یکی از اهداف اصلی مطالعه، مدل با ورود ضریبی از ظرفیت نگهداری آب در خاک، تبخیرتقرق پتانسیل را نیز می‌تواند برآورد کرده و با مقادیر میانگین مجموع بارش ورودی مورد مقایسه قرار دهد. با علم بر این موضوع که ظرفیت نگهداری آب به ویژگی‌های متعددی از جمله توزیع اندازه ذرات خاک مرتبط بوده و نمی‌توان برای تمامی خاک‌های استان ضریبی یکسان قائل شد؛ و توجه به این موضوع که هدف تحقیق حاضر ارائه نقشه تبخیرتقرق پتانسیل برای سطح استان نمی‌باشد، با فرض ۲۰۰ میلی‌متر به‌عنوان شرایط کلی استان مدل اجرا شد. خروجی مدل در قالب یک فایل XML شامل کلاس و زیرکلاس رژیم‌های رطوبتی و حرارتی، تقویم‌های روزانه دما و رطوبت خاک و همچنین نمودار بارش-تبخیرتقرق پتانسیل پیش‌بینی شده توسط مدل برای نقطه مورد مطالعه می‌باشد.

### تهیه نقشه رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک

خروجی مدل نیوهال برای رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک نتایج مربوط به ایستگاه‌های هواشناسی است که دارای توزیع نقطه‌ای می‌باشند، حال آنکه در مطالعات محیطی معمولاً نیاز به بررسی پهنه‌های اراضی است. از این رو بایستی اطلاعات نقطه‌ای به پهنه‌ای بسط داده شوند. با توجه به ماهیت کیفی داده‌های خروجی مدل امکان بسط خروجی مدل به پهنه‌ای از مناطق با استفاده از روش‌های مرسوم همچون تکنیک‌های زمین‌آماری وجود ندارد. لذا چنین به‌نظر می‌رسد استفاده از داده‌های اقلیمی نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به محدوده مورد مطالعه راه‌کار فارغ آمدن بر این محدودیت است.



شکل ۱- موقعیت مکانی ایستگاه‌های هواشناسی استان آذربایجان شرقی

Figure 1- Location of the weather stations in East Azerbaijan province

هسته این مدل برای پردازش نیازمند اطلاعات ورودی اساسی شامل میانگین مجموع بارش ماهانه و میانگین دمای ماهانه برای دوره زمانی ۳۰ ساله و اطلاعات جانبی مشتمل بر اطلاعات مکانی نقطه مورد مطالعه (ارتفاع، طول و عرض جغرافیایی) می‌باشد. برای تعیین رژیم حرارتی خاک، مدل برای اجرا و پردازش پس از ورود اطلاعات درجه حرارت هوا، نیازمند تعریف ضریبی برای تعادل بین میانگین دمای سالانه هوا با دمای خاک می‌باشد. در انتخاب ضریب ثابت اجرای مدل، از تحلیل و تلفیق نتایج حاصله به دست آمده از معادلات تجربی مختلف پژوهش‌های پیشین (Winzeler et al., 2013; Barman et al., 2017; Zadmehr and Farrokhian firouzi, 2020) و اطلاعات مستند حاصله از تعداد معدودی از ایستگاه‌ها استفاده گردید. بر این مبنا برای عمق ۵۰ سانتی‌متری خاک که در کلید رده‌بندی خاک آمریکایی به‌عنوان کلاس کنترل دمای خاک بیان شده چنین استنباط شد که تقریباً اضافه کردن مقدار عددی ۱ درجه سلسیوس به دمای هوا در محدوده مورد مطالعه می‌تواند تأمین‌کننده تعیین ضریب ثابت مدل برای اجرا باشد. در عین حال به‌منظور اطمینان از صحت اعمال ضریب مذکور در مدل، ضرایب ۰/۵ و ۲ درجه سلسیوس که به‌عنوان طیفی از ضرایب حاصله در مطالعات

جدول ۱- مفاهیم الگوریتم پردازش مدل نیوهال (Soil Survey Staff, 2022)

Table 1- Concepts of NewHall model processing algorithm (Soil Survey Staff, 2022)

| Soil Moisture Regimes           | subclasses      | Summary of characteristics in soil moisture control section  |
|---------------------------------|-----------------|--|
|                                 | <b>Aquic</b>    | <b>Saturated with water and virtually free of dissolved oxygen</b>   |
|                                 | <b>Aridic</b>   | <b>Generally hot and dry conditions</b>  |
|                                 | Weak Aridic     | Moist or partially moist > 45 but < 90 consecutive days when soil temperature > 8 °C                                   |
|                                 | Typic Aridic    | Moist or partially moist ≤ 45 consecutive days when soil temperature > 8 °C  |
|                                 | Extreme Aridic  | Completely dry during the whole year   |
|                                 | <b>Ustic</b>    | <b>Moisture is generally limited but present during growing season</b>   |
|                                 | Wet Tempustic   | Moist in all parts > 45 consecutive days in winter and not dry ≥ 45 consecutive days in summer                         |
|                                 | Typic Tempustic | Dry or partially dry ≥ 90 cumulative days and not dry in all parts > half cumulative days when soil temperature > 5 °C |
|                                 | Xeric Tempustic | Xeric soil moisture regime but has a mean annual soil temperature (MAST) ≥ 22 °C                                       |
|                                 | <b>Udic</b>     | <b>Moisture is generally not limited and is available throughout the growing season</b>                                |
|                                 | Typic Udic      | Dry in some or all parts < 30 cumulative days  |
|                                 | Dry Tempudic    | Dry in some or all parts ≥ 30 cumulative days  |
|                                 | Perudic         | Always moist and precipitation exceeds evapotranspiration in all months  |
|                                 | <b>Xeric</b>    | <b>Generally moist in winter and dry in summer</b>   |
|                                 | Typic Xeric     | Dry in all parts 45 to ≤ 90 consecutive days in summer   |
|                                 | Dry Xeric       | Dry in all parts > 90 consecutive days in summer   |
| <b>Soil Temperature Regimes</b> |                 | <b>Mean annual soil temperature at 50 cm depth</b>   |
| Gelic                           |                 | Mean annual soil temperature is < -1 °C  |
| Cryic                           |                 | Mean annual soil temperature is 0-8 °C   |
| Frigid                          |                 | Mean annual soil temperature is similar to Cryic but with warmer summer soil temperatures                              |
| Mesic                           |                 | Mean annual soil temperature is 8-15 °C  |
| Thermic                         |                 | Mean annual soil temperature is 15-22 °C   |
| Hyperthermic                    |                 | Mean annual soil temperature is > 22 °C  |

### نتایج و بحث

توصیف بانک اطلاعات اقلیم و ایستگاه‌های هواشناسی توصیف آماری کلی مجموع بارش و میانگین دمای ماهانه استان آذربایجان شرقی بر مبنای اطلاعات مستخرج از ۵۲ ایستگاه سینوپتیک و کلیماتولوژیک مورد مطالعه برای بازه زمانی سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۴۰۰ شمسی در جدول ۲ ارائه شده است. براساس نتایج جدول ۲، در کل سال‌های مورد مطالعه سردترین و گرم‌ترین ماه سال به ترتیب ژانویه (دی) و اوت (مرداد) بوده و آوریل (فروردین) به عنوان مرطوب‌ترین و اوت (مرداد) خشک‌ترین ماه شناخته شدند.

بدین منظور طی مطالعه حاضر، روش چند ضلعی‌های تیسسن<sup>۱</sup> که از جمله متداول‌ترین راه‌کارها برای جداسازی واحدهای مطالعاتی براساس نزدیک‌ترین فاصله به نقطه مکانی مدنظر می‌باشد به کار رفت (Thiessen, 1911). در این روش هر کدام از ایستگاه‌های مورد مطالعه در داخل یک چند ضلعی قرار می‌گیرند و تمامی پهنه محصور در چند ضلعی مورد نظر، ارزشی برابر با نقطه معلومی به خود که نتایج کیفی خروجی از مدل نیوهال برای ایستگاه شاهد آن می‌باشد به خود اختصاص می‌دهند. در این راستا اجرای عملیات ترسیم نقشه بر پایه روش تیسسن با استفاده از نرم‌افزار ArcMap 10.3 صورت گرفت. همچنین به منظور تصحیح کارتوگرافیکی نقشه‌ها از دستور Smooth Polygon، استفاده شد.

<sup>1</sup> Thiessen polygon

جدول ۲- توصیف آماری متوسط دما و مجموع بارش ماهانه استان آذربایجان شرقی در بازه ۱۴۰۰-۱۳۷۰ (تعداد ایستگاه‌ها: ۵۲)

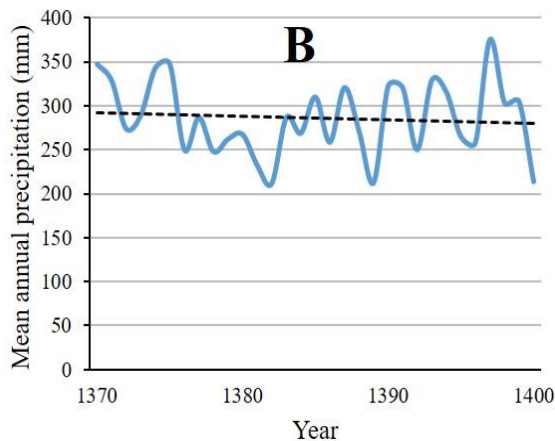
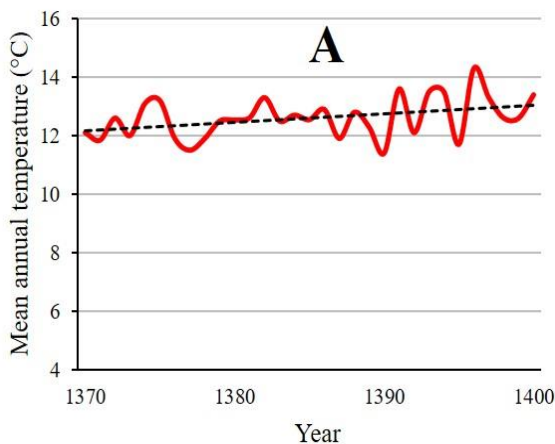
Table 2- Statistic description of mean monthly temperature and sum of precipitation during 1992- 2022 in East Azerbaijan province (Num. of Stations: 52)

| Months    | Precipitation (mm) |      |      |       |      | Temperatoure (°C) |      |      |     |      |
|-----------|--------------------|------|------|-------|------|-------------------|------|------|-----|------|
|           | Min                | Max  | Mean | SD    | CV   | Min               | Max  | Mean | SD  | CV   |
| January   | 12.0               | 28.4 | 20.4 | 4.21  | 0.21 | -4.7              | 3.2  | -0.8 | 1.8 | *    |
| February  | 13.0               | 43.7 | 27.8 | 7.98  | 0.29 | -2.5              | 3.0  | 0.5  | 2.0 | *    |
| March     | 22.2               | 60.9 | 34.9 | 10.14 | 0.29 | 3.2               | 8.8  | 5.9  | 2.0 | 0.33 |
| April     | 14.9               | 59.7 | 46.0 | 9.63  | 0.21 | 7.7               | 20.0 | 11.2 | 2.8 | 0.25 |
| May       | 29.5               | 75.5 | 42.2 | 11.41 | 0.27 | 12.8              | 20.0 | 16.1 | 2.2 | 0.14 |
| June      | 0.7                | 40.0 | 14.7 | 9.19  | 0.63 | 17.6              | 26.1 | 21.8 | 2.6 | 0.12 |
| July      | 1.1                | 15.4 | 6.9  | 4.38  | 0.63 | 20.3              | 29.5 | 25.3 | 2.9 | 0.12 |
| August    | 0.4                | 9.7  | 3.8  | 2.78  | 0.72 | 20.8              | 29.7 | 25.6 | 3.0 | 0.12 |
| September | 2.5                | 25.3 | 8.7  | 5.55  | 0.63 | 16.9              | 25.5 | 21.6 | 2.5 | 0.12 |
| October   | 1.9                | 32.9 | 19.3 | 7.67  | 0.40 | 11.1              | 18.1 | 15.0 | 1.9 | 0.13 |
| November  | 18.7               | 38.3 | 30.5 | 5.68  | 0.19 | 4.0               | 11.3 | 7.7  | 1.7 | 0.22 |
| December  | 11.9               | 42.0 | 26.2 | 8.19  | 0.31 | -1.6              | 4.9  | 2.0  | 1.5 | 0.77 |

\* در ماه‌های ژانویه و فوریه به دلیل پائین بودن میانگین دما برحسب درجه سلسیوس، ضریب تغییرات قابل محاسبه نمی‌باشد.

معنی‌دار ( $Z=-0.56$ ) نمی‌باشد (جدول ۳). چنین روند کلی از تغییرات دما و بارش خود اشاره به رخداد تغییر اقلیم در بستر زمان برای استان آذربایجان شرقی دارد که در مطالعات پیشین مرتبط با بخش کشاورزی و منابع خاک در محدوده مورد مطالعه نیز گزارش شده است (Pooralihosein and Massah, 2014; Salehi Komroudi and Shakeri, 2014; Bostanabad, 2019; Pournaji et al., 2023).

شکل ۲ روند کلی تغییرات دما و بارش از سال ۱۳۷۰ تا ۱۴۰۰ را به صورت افزایش دما و کاهش بارش نشان می‌دهد. نتایج حاصل از آزمون من-کندال نیز ضمن تأیید یافته‌های شکل ۲ بیان‌گر آن است که در بازه زمانی مورد بررسی در سطح احتمال ۱ درصد میانگین دما به صورت معنی‌داری افزایش یافته ( $Z=+3.18$ ) حال آنکه کاهش میزان بارش



شکل ۲- میانگین سالانه دما و مجموع بارش استان آذربایجان شرقی در بازه زمانی ۱۳۷۰-۱۴۰۰ (تعداد ایستگاه‌ها: ۵۲)

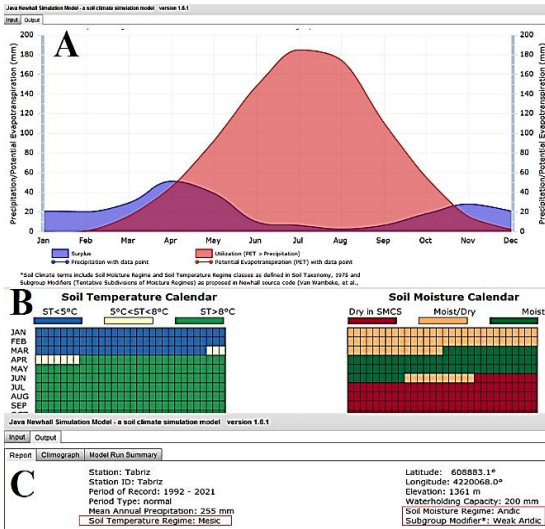
Figure 2- Mean annually temperature and sum of precipitation during 1992- 2022 in East Azerbaijan province (Num. of Stations: 52)

جدول ۳- مقادیر آماره‌های آزمون من-کندال در تحلیل روند میانگین سالانه دما و مجموع بارش استان آذربایجان شرقی در بازه زمانی ۱۴۰۰-۱۳۷۰

Table 3- Mann-Kendall values for mean annually temperature and sum of precipitation trend during 1992-2022 in East Azerbaijan province

| Time series                      | Z     | Sig | Qmean | Qmin99 | Qmax99 | Qmin95 | Qmax95 |
|----------------------------------|-------|-----|-------|--------|--------|--------|--------|
| Mean annual temperature          | +3.18 | **  | 0.044 | 0.009  | 0.079  | 0.019  | 0.074  |
| Mean annual sum of precipitation | -0.56 | -   | -0.56 | -2.83  | 2.38   | -2.007 | 1.75   |

\* Qmean: میانگین شیب تغییرات- 95 & Qmax99: حداکثر شیب تغییرات در سطح احتمال ۹۹ و ۹۵ درصد- Qmin99 & 95: حداقل شیب تغییرات در سطح احتمال ۹۹ و ۹۵ درصد



شکل ۳- خروجی مدل جاوانیوهال (ایستگاه هواشناسی تبریز)

Figure 3- Output of JAVA NewHall model (Tabriz metrological station)

### نقشه رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک‌های استان

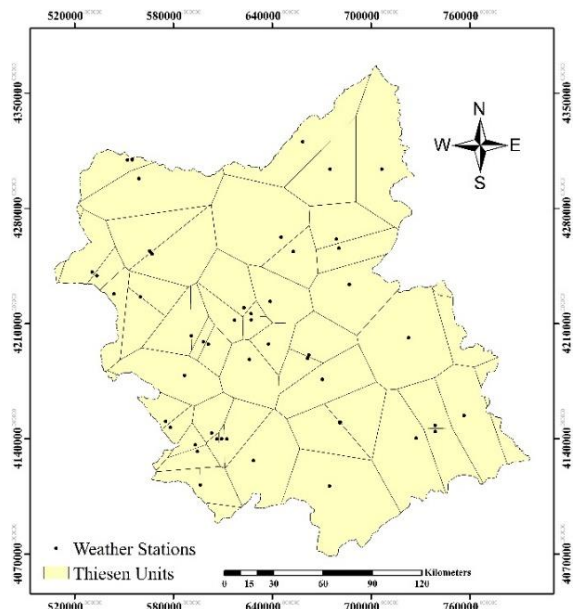
برای تهیه نقشه رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک‌های استان نخست جداسازی پهنه‌های اراضی تحت کنترل ایستگاه‌های هواشناسی صورت گرفت. در این راستا براساس تعداد و پراکنش ایستگاه‌های هواشناسی و با کاربرد روش تیسن محدوده تحت کنترل هریک از ایستگاه‌ها تفکیک گردید و سپس اطلاعات نقطه‌ای مستخرج از مدل برای هر ایستگاه به پهنه مربوطه بسط داده شد (شکل ۴).

### مدل‌سازی رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک

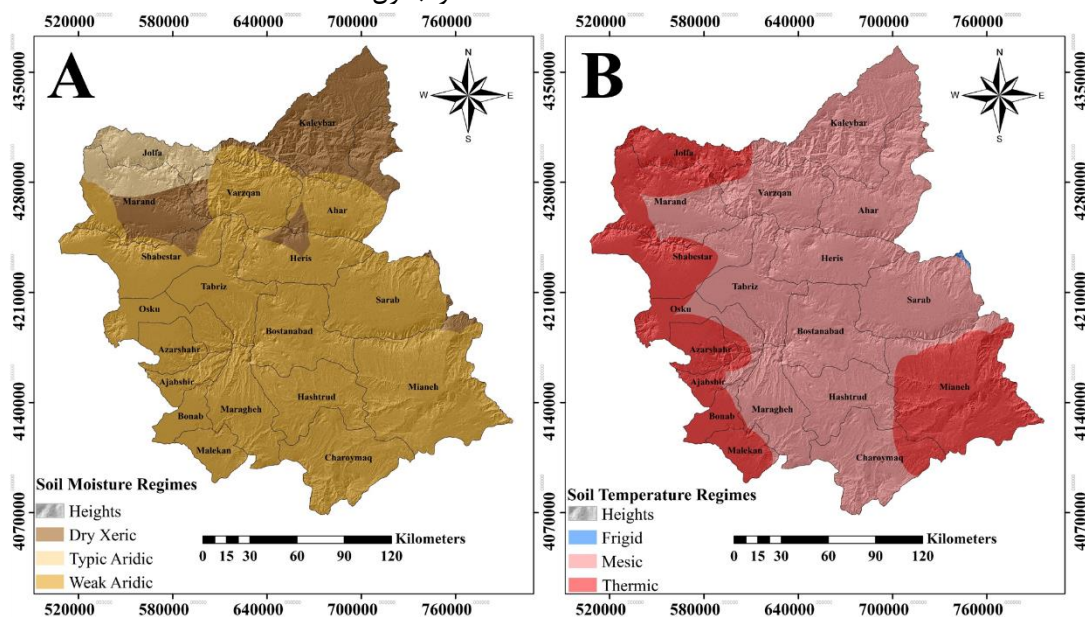
خروجی مدل جاوانیوهال برای تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه مشابه با نمونه ارائه شده در شکل ۳ برای ایستگاه تبریز است که در قالب سه بخش نمودار بارش-تبخیر تعرق پتانسیل پیش‌بینی شده (شکل ۳- A)، تقویم‌های روزانه دما و رطوبت خاک (شکل ۳- B) و کلاس و زیرکلاس رژیم‌های رطوبتی و حرارتی (شکل ۳- C) می‌باشد. نتایج مرتبط با نمودار بارش-تبخیر تعرق پتانسیل پیش‌بینی شده در ایستگاه‌ها نشان داد که در تمام نواحی تحت بررسی تقریباً از نیمه‌های ماه آوریل (فروردین) تا نیمه‌های ماه اکتبر (مهر) در بازه زمانی ۶ ماهه میزان تبخیر و تعرق بیش از بارش می‌باشد. تقویم‌های رطوبتی و حرارتی خاک مستخرج از مدل برای ایستگاه‌ها بر مبنای سطوح دمایی و رطوبتی خاک تعریف شده در الگوریتم مدل که روزهای سال را براساس شرایط اقلیمی از نظر رطوبت و دمای خاک هر کدام در سه سطح طبقه‌بندی می‌کند هم‌سویی روند تغییرات رطوبت با دما را در راستای افزایش دما و کاهش رطوبت و بالعکس نشان می‌دهد، لیکن تغییرات رطوبت خاک نسبت به دما با اندکی تأخیر زمانی روی می‌دهد. همچنین این نتایج علاوه بر اینکه پیش‌پردازش‌های لازم برای تعیین رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک هستند، می‌توانند در تعیین تقویم زراعی و برنامه‌ریزی‌های کلان کشاورزی در تلفیق با نتایج حاصل از ارزیابی تناسب اراضی به‌کار روند که (Turan et al., 2018) و Karaca and Sargin, (2022) در تحقیقات خود از این امر بهره برده‌اند. نتیجه نهایی مدل مورد استفاده که تعیین رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک‌های استان آذربایجان شرقی است نشان داد که در نواحی مختلف رژیم‌های رطوبتی زیرک و اریدیک و رژیم‌های حرارتی مزیک، ترمیک و فریجید برقرار است.

## ایستگاه‌های هواشناسی استان آذربایجان شرقی

شکل ۵ نقشه رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک‌های استان آذربایجان شرقی مستخرج از مدل نیوهال را به نمایش گذاشته است. براساس شکل ۵-A و نیز نتایج منعکس شده در جدول ۵، عمده نواحی استان (۷۳٪/۳۴) مشتمل بر مرکز و نیمه جنوبی دارای رژیم رطوبتی خاک Weak Aridic می‌باشد در حالی که رژیم رطوبتی Typic Aridic در محدوده کوچکی (۵٪/۶۲) از شمال غرب و نیز رژیم رطوبتی Dry Xeric در شمال شرق و بخش کوچکی از شمال غرب (۲۱/۰۴٪) برقرار است. بررسی وضعیت رژیم حرارتی خاک‌های استان نشان داد که حاشیه غربی و جنوب شرقی که محدوده‌ای در حدود ۳۰/۸۴ درصد از وسعت استان را تشکیل می‌دهد دارای رژیم حرارتی Thermic می‌باشد و رژیم حرارتی Frigid نیز با وسعتی معادل ۰/۱۴ درصد از اراضی استان در بخش محدودی از شرق استان دیده می‌شود، حال آنکه مابقی بخش‌های استان دارای رژیم حرارتی Mesic می‌باشند (شکل ۵-B و جدول ۴).



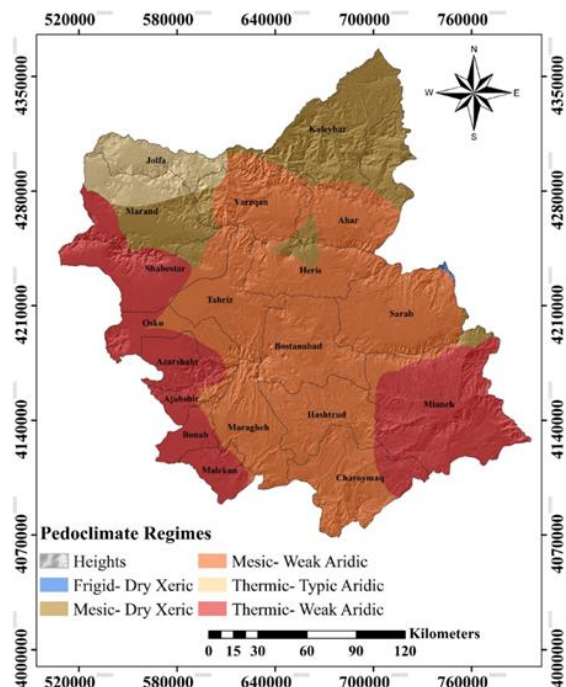
شکل ۴- نقشه حوزه‌های تحت کنترل  
Figure 4- Representation area map of the weather stations in East Azerbaijan province



شکل ۵- نقشه‌های رژیم‌های رطوبتی (A) و حرارتی (B) خاک‌های استان آذربایجان شرقی  
Figure 5- Soil moisture (A) and Temperature (B) Regimes maps of East Azerbaijan province

وسیع‌ترین پهنه اقلیمی خاک‌های استان متعلق به کلاس Weak Aridic-Mesic بوده و کوچکترین پهنه دارای کلاس اقلیمی خاک Dry Xeric-Frigid می‌باشد (جدول ۴). اگرچه با توجه به اینکه پهنه‌بندی اقلیمی خاک‌ها با توجه به کلاس‌های

نقشه اقلیم خاک‌های استان آذربایجان شرقی مستخرج از تلفیق نقشه‌های رژیم رطوبتی و حرارتی خاک نشان داد که این استان از نظر اقلیم خاک دارای ۵ پهنه متفاوت می‌باشد (شکل ۶). خروجی مدل‌سازی اقلیم خاک نشان داد که



شکل ۶- پهنه‌بندی رژیم‌های اقلیمی خاک‌های استان آذربایجان شرقی

Figure 6- Pedoclimatic Regimes zoning of East Azerbaijan province

رژیم‌های رطوبتی و حرارتی که طیفی از شرایط رطوبت و دما را شامل شده است صورت گرفته و تفاوت شرایط اقلیمی خاک در نقاط مطالعاتی با پهنه مختص به هر یک بعید به نظر می‌رسد، لیکن در استفاده از نقشه‌های ارائه شده در شکل‌های ۵ و ۶ توجه به این نکته مهم است که به‌منظور درک تأثیر احتمالی عوارض توپوگرافی بر تغییر کلاس رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک در نواحی با توپوگرافی بسیار متفاوت از نقاط مطالعاتی سعی بر نمایش سه‌بعدی زمینه نقشه‌های خروجی براساس نقشه مدل رقومی ارتفاع محدوده مورد مطالعه شده است. بر مبنای شرایط اقلیمی خاک گزارش شده در مطالعات پیشین (Banaei, 1998) صحت‌سنجی مدل‌سازی اقلیم خاک صورت گرفته در این تحقیق مورد آزمون قرار گرفت و نتایج نشان داد که کلاس‌های اقلیمی خاک حاصل از این تحقیق در مطالعات پیشین نیز گزارش شده لیکن موقعیت و وسعت پهنه‌های مربوطه متفاوت می‌باشد. از این‌رو می‌توان کارایی مدل جاوانیوهال در تعیین کلاس اقلیم خاک را تأیید نمود حال آنکه تفاوت‌های مشاهده شده را می‌توان به عوامل ماهیت مدل و دقت برآوردهای حاصله و نیز تغییرات اقلیم و اثر بر ویژگی‌های ورودی مدل مرتبط دانست.

Table 4- The area and relative percentage of the soil moisture and temperature regimes subclasses in East Azerbaijan province

جدول ۴- مساحت و درصد نسبی زیرکلاس رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک‌های استان آذربایجان شرقی

| Soil Moisture Regimes | Subclasses           | Area (km <sup>2</sup> ) | Area (%) | Soil Temperature Regimes | Area (km <sup>2</sup> ) | Area (%) |
|-----------------------|----------------------|-------------------------|----------|--------------------------|-------------------------|----------|
| Aridic                | Weak Aridic          | 33559                   | 73.34    | Thermic                  | 14109.9                 | 30.84    |
|                       | Typic Aridic         | 2569.70                 | 5.62     | Mesic                    | 31579.90                | 69.02    |
|                       | Dry Xeric            | 9627.27                 | 21.04    | Frigid                   | 66.13                   | 0.14     |
| Pedoclimatic Classes  | Subclasses           | Area (km <sup>2</sup> ) | Area (%) |                          |                         |          |
| Aridic-Mesic          | Weak Aridic-Mesic    | 22779.23                | 49.78    |                          |                         |          |
| Aridic-Thermic        | Weak Aridic-Thermic  | 11120.05                | 24.30    |                          |                         |          |
| Xeric-Mesic           | Dry Xeric-Mesic      | 9295.15                 | 20.31    |                          |                         |          |
| Aridic-Thermic        | Typic Aridic-Thermic | 2497.91                 | 5.46     |                          |                         |          |
| Xeric-Frigid          | Dry Xeric-Frigid     | 63.67                   | 0.14     |                          |                         |          |

به‌روزرسانی شده فعلی با استفاده از مدل‌سازی نشان داد که درکنار تغییر وسعت پهنه‌های اقلیمی خاک که بیشتر در

مقایسه نقشه اقلیم خاک ارائه شده توسط مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور (Banaei, 1998) با نقشه

اذعان نمود که سیر تحول و تکامل خاک‌ها و نیز شناسایی و مدیریت آنها تحت تأثیر اقلیم خاک می‌باشد که با توجه به تغییرات اخیر اقلیم ضروری است که نقشه رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک‌ها در بازه‌های زمانی مختلف به‌روزرسانی شوند. همچنین نقشه اقلیم خاک مستخرج از نتایج تحقیق حاضر می‌تواند تصویری گویا از نقش کلیدی اقلیم خاک در بخش کشاورزی ارائه نموده و کمک شایانی در برنامه‌ریزی‌ها و تصمیم‌گیری‌ها به محققان و تولیدکنندگان عرصه کشاورزی نماید. در این راستا نقشه اقلیم خاک حاصل از این مطالعه می‌تواند در بررسی ارزیابی تناسب اراضی محدوده مورد مطالعه بدون نیاز به بررسی پارامترهای اقلیمی مورد نیاز برای رشد و توسعه انواع تیپ‌های بهره‌وری که در قالب جداول نیازهای گیاهی (Sys et al., 1993) مطرح است مورد استفاده قرار گیرد، بدین نحو که کلاس‌های نقشه اقلیم خاک برای هر منطقه با کلاس جدول نیاز انواع تیپ بهره‌وری مورد مقایسه قرار گیرد. این نقشه دیدی کلی بدون توجه به جزئیات برای تصمیم‌گیری اولیه در خصوص انتخاب تیپ‌های بهره‌وری متناسب هر منطقه ارائه می‌نماید. به‌عنوان نمونه بررسی پراکنش کلاس تناسب اقلیم تیپ‌های بهره‌وری غالب استان که شامل گندم و جو (Pournaji et al., 2023) است تطابق نسبی را با نقشه اقلیم خاک حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد زیرا محدوده نیازهای اقلیمی گندم و جو در بازه کلاس‌های رژیم‌های رطوبتی و حرارتی شناسایی شده طی این تحقیق در استان می‌باشد.

### نتیجه‌گیری

بررسی پارامترهای اقلیمی استان آذربایجان شرقی در این مطالعه به‌عنوان داده‌های پایه مورد نیاز برای دست‌یابی به هدف تحقیق حاضر، به‌طور کلی نشان داد که در بستر زمان ۳۰ ساله (۱۳۷۰-۱۴۰۰) افزایش دما به‌صورت معنی‌دار بوده در حالی که بارش کاهشی غیر معنی‌دار داشته است. این تغییرات اشاره به روی دادن تدریجی تغییر اقلیم در منطقه می‌باشد. مدل‌سازی اقلیم خاک نواحی مختلف برمبنای پارامترهای اقلیمی دما و بارش با استفاده از مدل جاوانیوهال نشان داد که خاک‌های استان به‌ترتیب وسعت دارای رژیم‌های رطوبتی Aridic و Xeric و نیز رژیم‌های حرارتی Mesic،

جهت تغییر کلاس به سمت افزایش دمای خاک و کاهش رطوبت آن می‌باشد، در نقشه پیشین در کنار کلاس‌های اقلیمی حاصل از این مطالعه، کلاس Xeric-Thermic نیز گزارش شده است که در شرایط کنونی در موقعیت مکانی آن این کلاس به Aridic-Thermic تبدیل شده است. تغییر وسعت پهنه‌های اشاره شده در کنار تغییر کلاس مذکور خود اشاره به رخداد تغییر اقلیم در منطقه دارد که به‌صورت تدریجی در حال گسترش در سطح استان می‌باشد. تصمیم‌گیری‌های مدیریتی به‌خصوص در سطح منطقه‌ای منوط به درک مناسب از روابط اقلیم و خاک می‌باشد (Sharma et al., 2010). همان‌گونه که نقش پهنه‌بندی اقلیم در برنامه‌ریزی‌های توسعه یکنواخت کشاورزی در سطح استان‌ها، طرح‌ریزی مناسب‌ترین الگوی زراعی، تولید تخصصی محصولات زراعی، تکنیک‌های مدیریت خاک و تعیین عملیات زراعی سودمند اقدامی مفید در کمک به متخصصان و فعالان بخش کشاورزی و باغداری شناخته شده است (Alizadeh, 2011)، پهنه‌بندی اقلیم خاک نیز علاوه از تکمیل مطالعات تخصصی خاک‌شناسی می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های مدیریتی اشاره شده در فوق مؤثر واقع گردد. در این راستا شناسایی و جدایش انواع خاک‌ها در نواحی مختلف از جمله بخش‌های مطالعات خاک‌شناسی است که خروجی مدل مورد مطالعه می‌تواند در تکمیل آنها دخیل باشد. شناسایی پهنه‌های دارای خاک‌هایی از خانواده‌های مختلف اریدی‌سول، اینسپتی‌سول، مالی‌سول، آلفی‌سول و ورتی‌سول توسعه یافته در استان آذربایجان شرقی (Banaei, 2000; Roozitalab et al., 2018) مواردی هستند که پراکنش آنها تحت کنترل رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک‌ها هستند که پهنه‌های مربوط به آنها از نتایج مدل‌سازی اخیر می‌باشد. نقش رژیم‌های رطوبتی در طبقه‌بندی خاک‌ها برای اریدی‌سول‌های توسعه یافته در استان در بالاترین سطح مطالعات یعنی رده خاک مشاهده می‌شود. این نقش برای انتی‌سول‌ها در سطح گروه بزرگ و برای سایر خاک‌های استان که در فوق اشاره شده‌اند در سطح زیر رده می‌باشد. رژیم‌های حرارتی نیز در خاک‌های گزارش شده در سطح خانواده نقش خود را در طبقه‌بندی و جدایش انواع خاک‌ها نشان می‌دهند (Banaei, 2000; Soil Survey). از این‌رو می‌توان

- Bhattacharyya, P. 2017. Soil temperature prediction from air temperature for alluvial soils in lower Indo-Gangetic plain. *International Agrophysics*, 31: 9-22.
- Billaux P. 1978. Estimation du 'regime hydrique' des sols au moyen des données climatiques. Le method graphique: Son utilization dansle cadre de la Taxonomie Americaine des sols. (In French, with English abstract.) *Cah ORSTOM Ser Pedol.* 16:317-318.
- Buol, S. W., Southard, R. J., Graham, R. C. and McDaniel, P. A. 2011. *Soil Genesis and Classification* (6th ed.). New York: Wiley.
- Costantini, A., Castelli, F., Raimondi, S., and Lorenzoni, P. 2002. Assessing Soil Moisture Regimes with Traditional and New Methods. *Soil Science Society American Journal*, 66: 1889-1896.
- Emadi, M., Shahriari, A.R., Sadegh-Zadeh, F., Jalili Seh-Bardana, B., and Dindarlou, A. 2015. Geostatistics-based spatial distribution of soil moisture and temperature regime classes in Mazandaran province, northern Iran. *Agronomy and Soil Science*, 62 (4): 502- 522.
- ICOMMOTR. 1991. Circular letter no. 2. Lincoln (NE): National Soil Survey Center. Isaaks EH, Srivastava RM. 1989. *An introduction to applied geostatistics*. New York (NY): Oxford University Press.
- IRIMO. 2022. Country climate analysis. In: Islamic Republic of Iran Meteorological Organization, East Azerbaijan province center. Data sheet.
- Java Newhall Simulation Model (JNSM) [Internet]. 2012. Newhall Simulation Model v 1.5.1; [cited 2012 Feb 22]. Available from: <http://www.nrcs.usda.gov>.
- Jenny, H. 1941. *Factors of Soil Formation: A System of Quantitative Pedology*. Dover Publications, New York, 281 p.
- Karaca, S., and Sarçin, B. 2022. Determination of Soil Moisture and Temperature Regimes with the Newhall Simulation Model: Example of Van Province. *Agricultural Sciences*, 32 (2): 394- 413.
- Kendall, M.G. 1975. *Rank Correlation Methods*; Griffin: London, UK.
- Khalili, A., Bazrafshan, J., and Cheraghalizadeh, M. 2022. A Comparative study on climate maps of Iran in extended de Martonne classification and application of the method for world climate zoning. *Journal of Agricultural Meteorology*, 10 (1): 3-16.
- Montajabi, N., Feizian, M., Davoodi, M.H., Sohrabi, A., Shariat, M. 2017. Effect of Various Temperature and Moisture Conditions on Sulfur Frigid و Thermic می‌باشند. بررسی نقشه‌های رژیم‌های رطوبتی و حرارتی مستخرج از مدل‌سازی تحقیق نشان داد که نواحی شمال‌غرب و غرب استان دارای شرایط اقلیمی خاک خشک‌تر و گرم‌تر نسبت به سایر نواحی می‌باشند. وسیع‌ترین پهنا اقلیمی استان متعلق به کلاس Weak Aridic-Mesic بوده و کوچکترین پهنا مربوط به شرایط Dry Xeric-Frigid می‌باشد. تغییر وسعت پهناهای اقلیمی و تبدیل کلاس‌های مختلف به هم نیز که از مقایسه نقشه اقلیم به‌دست آمده با نقشه‌های پیشین قابل استنباط است، بیان‌گر تغییر اقلیم خاک با گذر زمان در یک روند رو به خشکی و گرم شدن می‌باشد. یافته‌های این مطالعه در کنار کمک به تکمیل تحقیقات و عملیات اجرایی مدیریت منابع خاک همچون شناسایی و طبقه‌بندی خاک‌ها و نیز قابلیت و تناسب اراضی می‌تواند با ارائه تقویم‌های روزانه دما و رطوبت خاک در تنظیم تقویم زراعی، طراحی الگوی کشت مناسب و برنامه‌ریزی‌های کلان کشاورزی و نیز مواجهه با بحران تغییر اقلیم نقشی کلیدی ایفا نماید. از این‌رو با توجه به متغیر بودن شرایط اقلیم پیشنهاد می‌شود به منظور مدیریت پایدار منابع خاک و مدیریت موفق عملیات کشاورزی، در امتداد این تحقیق به‌روزرسانی نقشه‌های اقلیمی خاک در بازه‌های زمانی استاندارد و کاربرد مدل‌های مختلف برای مدل‌سازی شرایط اقلیم خاک در نواحی مختلف در دستور کار محققین و مدیران عرصه تصمیم و اجرا قرار گیرد.

## منابع

- Alizadeh, A. 2011. *Agricultural climate and meteorology*. Ferdosi mashhad, Mashhad, Iran.
- Banaei, M.H. 1998. Soil moisture and temperature regime map of iran. Soil and water Research institute, Agricultural and Education Organization. Ministry of Jihad-e- Agriculture, Iran.
- Banaei, M.H. 2000. Soil moisture and temperature regime map of iran. Soil and water Research institute, Agricultural and Education Organization. Ministry of Jihad-e- Agriculture, Iran.
- Banaei, M.H., Moameni, A., Baybordi, M., Malakouti, M.J. 2005. The soils of iran: New achievements in perception, management and use. Soil and water Research institute, Ministry of Jihad-e- Agriculture, Iran.
- Barman, D., Kundu, D.K., Pal, S., Chakraborty, A.K., Jha, A.K., Mazumdar, S.P., Saha, R.,

- Stolpe, N., Undurraga, P. 2016. Long term climatic trends in Chile and effects on soil moisture and temperature regimes. *Chilean journal of agriculture research*, 74 (4): 487- 496.
- Sys, C., Vanranset, E., Debaveye, J., Beernaert, F. 1993. Land evaluation, Part III, Crop requirements. International training center for post graduate soil scientist. Ghent University, Ghent, Belgium
- Thiessen, A. H. 1911. Precipitation averages for large areas. *Monthly weather review*, 39(7): 1082-1089.
- Turan, M., Dengiz, O., Demirağ turan, I. 2018. Determination of Soil Moisture and Temperature Regimes for Samsun Province According to Newhall Model. *Turk Journal Agriculture Research*, 5 (2): 131- 142.
- Van Wambeke A. 1986. Newhall Simulation Model: a BASIC program for the IBM PC (DOS 2.0 or later). New York (NY): Cornell University.
- Vaňková, Z., Vítková, M., Trakal, L., Seyedsadr, S., Miller, O.A., Vincent, K., Addo, N., Komárek, M. 2021. Soil moisture influences performance of selected stabilizing amendments in soil remediation. *Geoderma*, 402.
- Waltman. SW., Miller, D.A., Bills, B., Waltman, W.J. 2011. JAVA Newhall simulation model – Update to a traditional soil climate simulation model. Presented at the Fundamental for Life: Soil, Crop and Environmental Sciences. Soil Science Society of America annual meetings; San Antonio, TX, USA.
- Winzeler, H.E., Owens, P.R., Waltman, S.W., Waltman, W.J., Libohova, Z., Beaudette, D. 2013. A Methodology for Examining Changes in Soil Climate Geography through Time: U.S. Soil Moisture Regimes for the Period 1971–2000. *Soil Science Society of America Journal*, 77: 213- 225.
- Zadmehr, H., Farrokhian firouzi, A. 2020. Estimating Soil Temperature from Metrological Data Using Extreme Learning Machine, Artificial Neural Network and Multiple Linear Regression Models. *Soil and Water research*, 51 (4): 895-906.
- Oxidation and Nutrient Elements Concentration in Soil. *Applied soil research*, 6 (4): 133- 145.
- Newhall, F., Berdanier, CR. 1996. Calculation of soil moisture regimes from the climatic record. Lincoln (NE): Natural Resources Conservation Service.
- Newhall, F. 1972. Calculation of soil moisture regimes from climatic record. Rev. 4 Mimeographed, USDA-SCS, Washington, DC.
- Nezhadzamani, L., Farpoor, M.H., Jafari, A. 2018. Soil Genesis as Affected by Climate and Geomorphic Surface in Rayen Area, Kerman Province. *Journal of Water and Soil*, 31 (6): 1724-1739.
- Pooralihoseini, SH., Massah Bavani, A.R. 2014. Risk analysis and assessment of impacts of climate change on temperature and precipitation of East Azerbaijan in 2013-2022. *Journal of the Earth and Space Physics*, 39(4): 191-208.
- Pournaji, S., Rezaei, H., Jafarzadeh, A.A. 2023. Climate suitability changes trend of East Azerbaijan province lands for strategic crops of Wheat and Barley in last decades. *Agricultural meteorology*, 11(2): 4-15.
- Rahimi, J., Ebrahimpour, M., Khalili, A. 2013. Spatial changes of Extended De Martonne climatic zones affected by climate change in Iran. *Theoretical and Applied Climatology*, 112 (3-4): 409-418.
- Roozitalab, M.H., Siadat, H., Farshad, A. 2018. *The Soils of Iran*. Springer International Publishing, Switzerland.
- Salehi Komroudi, M., Shakeri Bostanabad, R. 2019. The impact of climate change on agricultural production and food security in East Azarbaijan province. *Journal of Environmental Sciences Studies*, 3(3): 1801-1809.
- Sharma, A., Bharat R., Rao K. K.V., Vittal, P.R., Ramakrishna, Y.S., Amarasinghe, U. 2010. Estimating the potential of rainfed agriculture in India: Prospects for water productivity improvements. *Agric. Water Manage*, 97: 23–30.
- Soil Survey Manual. 2017. Soil Science Division Staff. United States Department of Agriculture, Handbook No. 18.
- Soil Survey Staff. 2014. Keys to soil taxonomy. 12th ed. Washington (DC): USDA-Natural Resources Conservation Service.



## Determining soil moisture and temperature regimes in East-Azerbaijan province using Newhall model

B. Mohammadhosseini- Sagayesh <sup>\*1</sup>, A. Jafarzadeh <sup>2</sup>, F. Shahbazi <sup>2</sup>, A. Farajnia <sup>3</sup>, H. Rezaei <sup>4</sup>

Received: 09/12/2023

Accepted: 11/05/2024

### Abstract

Determining the soil moisture and thermal regimes, is an important subject in agroclimatology and soil management. Considering the time-consuming process of in situ soil measurements, a pedoclimate modeling approach using Newhall models was applied. The mean monthly precipitation and temperature of 52 meteorological stations across East Azerbaijan province, northeast of Iran during a 30 years period (1991-2021) were obtained and used for Pedoclimate zoning of the study area by Thiessen method. Trend analysis of the two climatic variables by Mann-Kendall test confirmed a significant increase in the annual mean temperature ( $Z= +3.18$ ) and a non-significant decrease in the annual mean precipitation ( $Z=-0.56$ ). According to pedoclimate modeling of different regions, ranked based on covered area, the soils of the province have Aridic and Xeric moisture regimes as well as Mesic, Thermic, and Frigid thermal regimes, respectively. Assessing the prepared maps showed that the northwestern and western regions of the province have drier and hotter pedoclimate conditions than other regions. The largest pedoclimate zone of the province is the Weak Aridic-Mesic class and the Dry Xeric-Frigid has the smallest area. Comparing the generated maps with older ones indicated changes in the extent of pedoclimates and different soil classes over study decades, which might be attributed to climate change in the region. In general, the findings of this study, would be useful in recognition pedoclimates, soil classification and adjusting cropping pattern to adapt with climate change.

**Keywords:** Climate change, Pedoclimate, JavaNewhall, Soil temperture, Soil classification



<sup>1</sup> Ph.D. Student, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

(\*Corresponding Author, Email: [Behzadmohammadhosseini@gmail.com](mailto:Behzadmohammadhosseini@gmail.com))

<sup>2</sup> Professor, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

<sup>3</sup> Assistant professor, East Azerbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Training Center, Tabriz, Iran

<sup>4</sup> Assistant professor, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

نحوه ارجاع مقاله:

محمدحسینی سقاییش، ب.، جعفرزاده، ع.، شهبازی، ف.، فرج‌نیا، ا.، رضایی، ح. ۱۴۰۳. امکان‌سنجی پیش‌بینی شاخص‌های تداوم بارش حدی با استفاده از دورپیوندها (مطالعه موردی: ایستگاه‌های هواشناسی گرگان و رشت). نشریه هواشناسی کشاورزی، ۱۲(۲): ۱۴-۲۵.  
DOI: 10.22125/AGMJ.2024.429706.1162

Mohammadhosseini- Sagayesh, B., Jafarzadeh, A., Shahbazi, F., Farajnia, A., Rezaei, H. 2025. Determining soil moisture and temperature regimes in East-Azerbaijan province using Newhall model. Journal of Agricultural Meteorology, 12(2): 14-25.  
DOI: 10.22125/AGMJ.2024.429706.1162