نشریه پژوهش‌های اقلیم شناسی
سال چهاردهم | شماره پنجاه و ششم | زمستان ۱۴۰۲
وصول: ۱۴۰۱/۱۰/۲۱ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۰۷
صص ٥٤-٤٥

ارزیابی روش‌های درون‌یابی برای پهنه‌بندی نیازهای گرمایشی و سرمایشی گلخانه‌های کشور

محمد خالدی علمداری[۱]، قاسم زارعی[*۲]
۱- دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه تبریز.
۲- دانشیار موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج.

چکیده

تنوع شرایط مکانی در گستره‌های وسیع یکی از عوامل تأثیرگذار در بررسی و تحلیل اطلاعات برداشتی است. این تغییرات معمولاً به‌صورت پیوسته بوده و ازآنجائی‌که برداشت اطلاعات به‌صورت پیوسته امکان‌پذیر نیست، تهیه و جمع‌آوری اطلاعات از شرایط هر منطقه به‌صورت نقطه‌ای صورت می‌پذیرد. تعیین نیازهای گرمایشی و سرمایشی مناطق از مهم‌ترین پارامترهای موردنیاز برای امکان‌سنجی احداث گلخانه‌ها هستند که بر پایه دمای هوای هر منطقه قابل حصول بوده و به‌منظور افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌های تأسیس و مصرف انرژی و آب، بسیار حائز اهمیت هستند و به‌صورت نقطه‌ای قابل محاسبه است. هزینه‌های ناشی از گرمایش و سرمایش نه‌تنها به‌صورت مستقیم بر سودآوری تولید در گلخانه تأثیرگذار است، بلکه در طولانی‌مدت می‌تواند بقای گلخانه را تضمین نماید. این پارامتر در مقیاس‌های مختلف زمانی قابل اندازه‌گیری بوده که مهم‌ترین آنها، مقیاس سالانه است. به‌منظور پوشش‌دهی و همچنین ارزیابی گستره موردمطالعه، مقادیر محاسباتی نیازمند درون‌یابی و پهنه‌بندی می‌باشند. روش‌های مختلفی به‌منظور درون‌یابی پارامترها موجود می‌باشند که در این پژوهش پنج دسته پرکاربرد و در مجموع ۲۴ روش (با زیردسته‌های آنها)، مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفتند. نتایج حاصله نشان داد که در گستره ایران با توجه به نیاز گرمایشی و سرمایشی هر منطقه، به‌ترتیب روش‌های عکس فاصله وزنی، توابع شعاع محور و کریجینگ بهترین نتایج را ارائه نمودند؛ بنابراین توصیه می‌شود به‌منظور دستیابی به نتایج دقیق‌تر، برای درون‌یابی و همچنین پهنه‌بندی نیاز گرمایشی و سرمایشی در سطح کشور، از روش‌های مذکور استفاده شود.

کلید واژه‌ها: توابع شعاع محور، چند جمله‌ای موضعی و عام، عکس فاصله وزنی، کریجینگ.

* نویسنده مسئول: 09125651751 Email: gh.zarei@areeo.ac.ir

مقدمه

بررسی‌های مکانی نیازمند وجود داده‌های غنی و یکپارچه هستند؛ ولی با توجه به وجود محدودیت‌های متعدد، نمی‌توان در تمامی نقاط برداشت اطلاعات انجام داد؛ بنابراین به طور معمول فقط در مناطقی که حساسیت بیشتری دارند و یا به‌صورت کلی، معرف منطقه‌ای وسیع هستند، برداشت اطلاعات صورت می‌پذیرد. درنتیجه این امر، هیچ‌گاه نمی‌توان گستره‌ای را به‌صورت پیوسته موردمطالعه قرارداد، چراکه به‌منظور اقناع این‌گونه مطالعات، نیازمند برداشت بی‌نهایت داده هستیم. راهکار موجود برای رفع این مشکل، استفاده از نرم‌افزارهای زمین‌آمار و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS[1]) است. در این‌گونه نرم‌افزارها معمولاً می‌توان پایگاه‌داده‌ای از اطلاعات برداشتی نقطه‌ای را به‌صورت داده‌های مکانی به نرم‌افزار معرفی کرد و با استفاده از پردازش‌های مرتبط، گستره‌ی وسیعی را مورد مطالعه قرارداد. کاربرد این‌گونه نرم‌افزارها در سال‌های اخیر بسیار محبوبیت یافته (جعفری و همکاران، ۱۳۹۱؛ مسعودیان و همکاران ۱۳۹۳؛ کشوری و همکاران، ۱۳۹۸)، چراکه با در دسترسی به تعداد معینی از داده‌های برداشت شده واقعی، می‌توان با استفاده از تکنیک‌های درون‌یابی موجود در این نرم‌افزارها، مقادیر میانی را با دقت قابل قبولی تخمین زده و مورد استفاده قرار داد. همچنان با استفاده از نقاط معرف، می‌توان گستره‌هایی که از نظر شرایط مورد بررسی مشابه هستند را مشخص نمود. این کاربرد به‌طورکلی درون‌یابی و پهنه‌بندی نامیده می‌شود. درون‌یابی در واقع تبدیل داده‌های نقطه‌ای به داده‌های پهنه‌ای است (عساکره، ۱۳۸۷). از تحقیقات اخیر در رابطه با پهنه‌بندی می‌توان به پژوهشی که دهقانی سانیج و همکاران (۱۴۰۰) در رابطه با مصرف آب بخش کشاورزی مبتنی بر تبخیر و تعرق انجام داده‌اند، اشاره کرد. در این پژوهش با استفاده از پهنه‌بندی مقادیر تبخیر و تعرق در سطح کشور در دوره‌ای ۱۲ ساله، نشان داده شد که پس از دریاچه ارومیه در تمام سال‌های مورد بررسی به ترتیب دامنه‌های شمالی البرز و سواحل خزر (به‌ویژه شرق مازندران و گلستان) و رشته‌کوه زاگرس به دلیل وجود منابع آبی کافی دارای پتانسیل تبخیر بالایی هستند و همچنین در نواحی شمالی به‌ویژه در شرق مازندران و نواحی میانی گلستان بیشترین تعرق واقعی رخ‌داده است. در پژوهشی دیگر، شمس‌کیا و همکاران (۱۳۹۵) تحلیلی بر روابط بارش و رواناب با استفاده از نقشه‌های پهنه‌بندی این پارامترها داشته‌اند. ایشان اذعان داشتند که بین پارامترهای هیدرولوژیکی و تعیین مکان مناسب منابع آب، با روش تحلیل آماری رگرسیون چندمتغیره، روش لاجستیک و روش تعیین شاخص وزنی متغیرها، انطباق تقریبی وجود دارد. همچنین در پژوهشی دیگر، واسو و همکاران (Vasu et al., 2017) برای مدیریت مواد مغذی خاک در سطح مزارع منطقه تلانگانا کشور هند، مطالعه‌ای را در مساحتی بالغ بر ۱۵ هزار هکتار انجام دادند. در این مطالعه تعداد ۱۵۰۸ نمونه خاک از عمق ۱۵-۰ سانتی‌متری جهت اندازه‌گیری متغیرهای اسیدیته خاک، کربن آلی، نیتروژن قابل دسترس، فسفر، پتاسیم و سولفور برداشت شد. برای بررسی تغییرات مکانی این متغیرها از روش کریجینگ معمولی استفاده شد. وضعیت مواد مغذی قابل دسترس در خاک در سطح مزارع با ترسیم نقشه‌های تغییرات مکانی مشخص و در نتیجه مناطق با کمبود مواد غذایی خاک شناسایی شدند. نقشه‌های تهیه شده با این روش می‌تواند به عنوان ابزاری مؤثر برای زارعین و سیاست‌گذاران جهت مدیریت مواد مغذی خاک در مناطق مختلف، مورد استفاده قرار گیرد. محققین متعددی به ارزیابی روش‌های درونیابی برای پارامترهای مختلف پرداخته‌اند (Tripathi et al., 2015; Eldeiry et al., 2011; Pang et al., 2009; Taghizadeh-Mehrjardi, 2014) همچنین بهرا و همکاران (Behera et al., 2016) تغییرات مکانی خصوصیات خاک در مزارع پالم روغنی در مناطق ساحلی هند را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که روش‌های کریجینگ با استفاده از بهترین مدل‌های مناسب (نمایی، گاوسی، پایدار، K-Bessel و کروی) برای تخمین اسیدیته، هدایت الکتریکی، کربن آلی، پتاسیم قابل دسترس، فسفر قابل دسترس، منیزیم قابل تبادل و گوگرد قابل دسترس، بسیار مناسب است. در پژوهشی دیگر، نادی (۱۳۹۱) با مقایسه‌ی دقت و صحت هفت روش درونیابی داده‌های بارندگی ماهانه در منطقه‌ی خوزستان، نشان داد که در مورد بارش‌های درازمدت سالانه، روش رگرسیون-کریجینگ با توجه به عامل ارتفاع، بهترین روش درونیابی است. همچنین یساری و شهسواری (۱۳۹۲) با بهره‌گیری از اطاعات دمایی مربوط به ۵۱ ایستگاه سینوپتیک و کلیماتولوژی استان اصفهان و استان های همجوار اقدام به تهیه نقشه های پهنه‌بندی درجه روز

[1] Geographic Information System

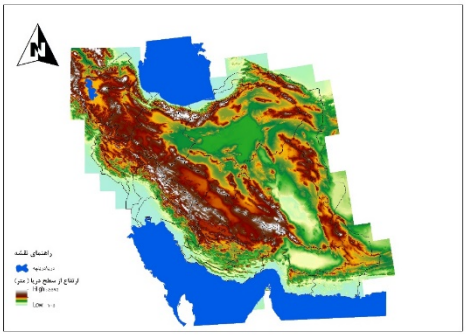
رشدهای لازم برای هر مرحله از رشد گیاه گلرنگ را انجام داده اند. ایشان در این پژوهش به منظور تهیه نقشه های درون یابی از روش توابع پایه شعاعی از نوع Spline استفاده نموده اند.

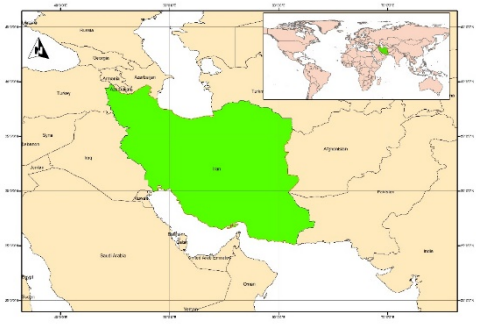
علم به شناخت شرایط محیطی به‌منظور احداث گلخانه‌ها در نقاط دارای تناسب اقلیمی، از مهم‌ترین مطالعات در زمینه‌ی احداث و نگه‌داری گلخانه‌ها به شمار می‌آید. چراکه با کسب اطلاعات در زمینه‌ی عوامل تأثیرگذار محیطی، بالأخص دما می‌توان مناسب‌ترین مکان به‌منظور احداث این سازه‌ها را انتخاب نمود. کیپ (Kipp, 2010) در مطالعه‌ای بیان داشته که به‌طورکلی شرایط اقلیمی در تعیین محل احداث گلخانه‌ها بسیار حائز اهمیت هستند و می‌توانند در مصرف انرژی برای گرمایش (سوخت و الکتریسته) و نیز آب برای سرمایش، بسیار تأثیرگذار باشند. مطالعه وی برای کشور مکزیک در رابطه با تعیین بهینه‌ترین محل(ها) برای تولیدات گلخانه‌ای گروه سبزی و صیفی و گل‌های شاخه بریده (با اولویت خیار، گوجه‌فرنگی، فلفل، گل رز و گل ژربرا) با توجه به شرایط اقلیمی مناطق آن کشور بوده است. گستره کشور ایران، دارای تنوع اقلیمی بسیار زیادی می‌باشد که تصمیم‌گیری در رابطه با احداث و گسترش گلخانه‌ها را دچار چالش می‌نماید. این تنوع به‌گونه‌ای گسترش‌یافته که در برخی مناطق به‌شدت نیاز به تجهیزات گرمایشی جهت رفع نیاز دمایی محصولات و در برخی مناطق نیاز به استفاده از سیستم‌های سرمایشی جهت تعدیل دمای گلخانه‌ها وجود دارد. بنابراین آگاهی و شناخت وضعیت مناطق مختلف به لحاظ نیازهای گرمایشی و سرمایشی می‌تواند در انتخاب محل احداث گلخانه، نوع محصول و همچنین صرفه‌جویی در مصرف انرژی، بسیار تاثیرگذار باشد. از آنجائی که نیاز گرمایشی و سرمایشی همچون سایر پارامترهای موثر به صورت کمی است، می‌توان نسبت به درونیابی این مقادیر اقدام نمود. در این پژوهش برای اولین بار ضمن بررسی و ارزیابی روش‌های مختلف درونیابی، مناسب‌ترین روش برای این شاخص‌ها معرفی شده‌اند. کاربرد نتایج این پژوهش نه تنها در صنعت گلخانه، بلکه در سایر صنایع وابسته به انرژی و مصرف آن، می‌تواند مورد استفاده واقع شود.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه

کشور ایران با مساحتی بالغ بر ۱،٦٤٨،۰۰۰ کیلومترمربع دومین کشور پهناور خاورمیانه است. ایران از شمال غرب با ارمنستان و آذربایجان، از شمال با دریای خزر، از شمال شرق با ترکمنستان، از شرق با افغانستان و پاکستان، از جنوب با خلیج‌فارس و دریای عمان و در غرب با عراق و ترکیه هم‌جوار است. ایران جایگاهی استراتژیک در منطقه خلیج‌فارس داشته و تنگه‌ی هرمز در جنوب آن، مسیری حیاتی برای تردد کشتی‌های باربری منطقه به شمار می‌آید. جمعیت کل استان‌های ایران در حدود ۸۵ میلیون نفر برآورد شده که استان تهران به‌عنوان پرجمعیت‌ترین استان و شهرستان تهران به عنوان پایتخت آن، پرجمعیت‌ترین شهر کشور است. اقلیم ایران بسیار متنوع بوده و از نیمه گرمسیری تا زیرشمالگانی (Afary, 2021) را شامل می‌شود. شکل ۱ موقعیت کشور ایران در جهان و پستی بلندی‌های آن را نشان می‌دهد.





شکل ۱: نقشه موقعیت ایران در جهان (راست) و پستی بلندی‌های آن (چپ)

گرمایش و سرمایش موردنیاز محصولات گلخانه‌ای

گرمایش گلخانه‌ها حتی در کشورهایی که آب‌وهوای معتدل دارند برای دست‌یابی به تولید محصولات گلخانه‌ای حداکثری، از منظر کمیت و کیفیت و همچنین افزایش کارایی و بهره‌وری ضروری می‌باشد. هزینه‌های ناشی از گرمایش نه‌تنها به‌صورت مستقیم بر سودآوری تأثیرگذار است، بلکه در طولانی‌مدت

می‌تواند بقای بهره‌برداری از گلخانه را تضمین نماید. علاوه‌بر هزینه‌های قابل‌توجه گرمایش، آلاینده‌های ناشی از این امر به لحاظ زیست‌محیطی نیز قابل‌توجه می‌باشند. در کشور ایران عمده محصولاتی که در گلخانه‌های مورد کشت واقع می‌شوند از گونه‌های گرمسیری و نیمه‌گرمسیری به شمار می‌آیند. آستانه دمایی مطلوب برای گیاهان مختلف، متفاوت می‌باشد و این مقادیر توسط پژوهشگران برای انواع گونه‌های گیاهی تعیین و معرفی شده‌اند. به طور معمول دمای بهینه برای رشد اکثر محصولات ۱۷ الی ۲۷ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است (Kittas et al., 2005). میانگین‌های حداقل و حداکثر دمای مطلوب ماهانه برای محصولات مناطق گرمسیری، در حدود ۱۲ الی ۳۲ درجه سلسیوس می‌باشند. این محصولات به‌منظور انجام فعالیت‌های فیزیولوژیکی صحیح به اختلاف دمای بین ۵ الی ۷ درجه سلسیوس در طول شبانه‌روز نیازمند هستند (زارعی و همکاران، ۱۳۹۳). به عنوان مثال، این مقادیر برای گیاه گوجه‌فرنگی به‌تفصیل در مطالعه‌ای تحت عنوان "بررسی دمای بهینه، رطوبت و کمبود فشار بخار برای ارزیابی و کنترل خرد اقلیم در کشت گلخانه‌ای گوجه‌فرنگی" توسط شمشیری و همکاران (Shamshiri et al., 2017) بیان شده است.

نیاز گرمایشی و سرمایشی برای دوره‌ی معین زمانی بر اساس شاخص درجه–روز از طریق معادلات ارائه شده توسط انجمن مهندسین گرمایش، تبرید و تهویه مطبوع آمریکا (ASHRAE, 2001) که ذیلاً بیان شده‌اند، محاسبه می‌شوند.

$$CDD = \sum_{1}^{n} (T_{ave} - \theta_1)^{+} \quad If \ \theta_1 > T_{ave} \qquad (۱)$$

$$HDD = \sum_{1}^{n} (\theta_2 - T_{ave})^{+} \quad If \ \theta_2 > T_{ave} \qquad (۲)$$

که در آن؛ θ_1 آستانه دمای سرمایی، θ_2 آستانه دمای گرمایی و T_{ave} دمای متوسط روزانه برحسب درجه سلسیوس هستند. همچنین CDD و HDD به‌ترتیب درجه–روز سرمایشی و درجه–روز گرمایشی را بیان می‌کنند و علامت + نیز به این معنی است که تنها تفاوت بین اعداد مثبت در نظر گرفته می‌شود.

درون‌یابی

به‌منظور تطبیق لایه‌ها و همچنین تبدیل داده‌های مکانی به منطقه‌ای توسط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، روش درون‌یابی به‌عنوان راهکاری در دسترس، ارائه‌شده است. درون‌یابی مجموعه‌ای از مدل‌های مختلف ریاضی و آماری را برای پیش‌بینی مقادیر نامعلوم به‌کار می‌گیرد. آنچه مسلم است، شباهت نقاط مجهول به نزدیک‌ترین نقاط معلوم یا اصل نزدیک‌ترین همسایه، پایه روش‌های درون‌یابی است و این‌که چگونه این اصل مورداستفاده قرار می‌گیرد، بستگی به مدل انتخابی دارد.

درون‌یابی در حوضه‌های علمی و تخصص‌های گوناگون و به خصوص در مباحث مهندسی آب از جمله در تعیین منحنی‌های هم‌دما، هم تبخیر، هم‌باران، هدایت الکتریکی آب، کلر و سدیم موجود در آب و سایر موراد، کاربرد فراوانی دارد. در این پژوهش نیز با توجه به این‌که اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی ارائه شده به‌صورت نقطه می‌باشند، درون‌یابی رکن اساسی تعمیم اطلاعات در جهت بهره‌گیری مدل‌های انتخابی خواهد بود. با تعمیم این مشخصه‌ها، نقشه‌هایی به‌صورت درون‌یابی شده در دسترس خواهد بود که علاوه بر بهره‌گیری از این ترسیمات در راستای بررسی و پردازش شرایط موجود منطقه به‌صورت جداگانه، مبنای محاسبات نیاز گرمایی نیز خواهد بود. مزیت اصلی درون‌یابی، توانایی تصمیم در رابطه با مناطقی خواهد بود که دارای اطلاعات مکانی ثبت‌شده نیستند. درون‌یابی دارای چندین روش است که در زیر روش‌های مورداستفاده در این پژوهش، شرح داده‌شده‌اند.

روش عکس فاصله وزنی(IDW)

اساس این مدل بر مبنای میانگین وزنی می‌باشد و نقاط معلوم که نزدیک به نقاط مجهول هستند، برای درون‌یابی دارای وزن بیشتری می‌باشند. تأثیر پدیده موردنظر با افزایش مسافت کاهش می‌یابد و از معکوس فاصله به‌عنوان وزن نقاط اندازه شده در برآورد نقاط مجهول، استفاده می‌شود. این مدل دارای بخش Power بوده که هر چه عدد آن بیشتر باشد، تأکید بیشتر برای اثربخشی همان وزن نقاط نزدیک‌تر می‌باشد. در این مدل معمولاً توان بالاتر از ۱ یعنی ۲ استفاده می‌شود، به همین علت به آن مربع فاصله معکوس نیز می‌گویند.

روش چندجمله‌ای عام (GPI)

این روش یک مدل رگرسیونی چند متغیره بر اساس تمامی داده‌ها پدید می‌آورد و سپس سطحی تفهیمی ایجاد می‌کند. این روش مدلی را بر نقاط نمونه‌برداری برازش کرده که می‌تواند یک سطح چندضلعی با توان یک، دو، سه و یا چهار و بیشتر باشد (Johnston et al , 2013). در درون‌یابی همگانی، برای برآورد نقاط مجهول از داده‌های همه نقاط اندازه‌گیری استفاده می‌شود.

روش چندجمله‌ای موضعی (LPI)

این روش یک دامنه کوتاه از تغییرات در داده‌های ورودی را در نظر می‌گیرد و به فاصله بین نقاط، حساس است. در این روش، از داده‌های همه نقاط برداشت‌شده برای برآورد مقدار نقطه‌ی مجهول استفاده نمی‌شود. در این روش ممکن است تعداد نقاط محدودی در درون‌یابی به‌کار گرفته شوند که تا نقاط موردنظر، کمترین فاصله را دارند. به بیانی دیگر، در این روش نقاط همسایه بر اساس تعداد یا فاصله تعریف می‌شوند. اگر تغییرات مکانی متغیر زیاد باشد، مدل‌های محلی نتایج بهتری به دست می‌دهند. با این‌حال، تعداد نقاط همسایه که برای برآورد در یک نقطه‌ی معین به‌کار گرفته می‌شوند، در کیفیت نتایج تأثیر بسزایی دارند (Johnston et al., 2013).

روش تابع شعاع محور (RBF)

این روش دارای پایه‌ی ریاضی بسیار قوی و بر مبنای فرضیه‌ی منظم‌سازی برای حل مسائل مشکل است (Nalivan et al., 2013). روش RBF می‌تواند روی داده‌های نویز داری که به‌طور منظم در یک منطقه پخش شده‌اند، اعمال شود و یک روش درون‌یابی چند متغیره‌ی هموار روی داده‌ها انجام دهد. به‌عبارت‌دیگر، روش تابع شعاع محور تابعی را می‌یابد که مشابه ورقه‌ای نازک است که به‌طور هموار خم‌شده است و باید از تمامی داده‌ها بگذرد.

روش کریجینگ

این روش مهم‌ترین و گسترده‌ترین روش درون‌یابی آماری می‌باشد. کریجینگ روش درون‌یابی پیشرفته‌ای می‌باشد که برای داده‌هایی که دارای روندهای موضعی تعریف‌شده‌ای باشند، مناسب است و با کمترین واریانس تخمین، درون‌یابی می‌کند. همچنین میزان خطای آن، تابع مشخصات واریوگرام (ساختار فضایی) است. در مدل کریجینگ، وزن نه‌فقط تابع فاصله بین نقاط مشاهده‌شده و پیش‌بینی‌شده است، بلکه به ساختار فضایی نقاط نیز وابسته است. مدل کریجینگ در حالت کلی به شرح زیر است (فاضل نیا و همکاران، ۱۳۹۳).

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^{n} W_i Z(s_2) \qquad (۳)$$

که در آن؛ $Z(s0)$ مقدار پیش‌بینی‌شده، $Z(si)$ مقدار اندازه‌گیری شده در موقعیت i ام و Wi وزن مقدار اندازه‌گیری در موقعیت i ام است. موقعیت پیش‌بینی تعداد نقاط اندازه‌گیری یا معلوم می‌باشد.

معیارهای ارزیابی نتایج

برای ارزیابی دقت و کارایی روش‌های هوشمند و روش‌های آماری در مدل‌سازی دما، نتایج به‌دست‌آمده با مقادیر واقعی مقایسه شدند. برای این منظور از شاخص‌های آماری ضریب تعیین (R2)، جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) و میانگین انحراف مطلق (MAD) برای تعیین میزان همبستگی بین مقادیر دمای واقعی و مقادیر برآورد شده و نیز تعیین مقادیر خطای مدل‌سازی، استفاده شدند (روابط ۳ تا ۵):

$$R^2 = \left(\frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^{n} (y_i - \bar{y})^2}} \right)^2 \qquad (۳)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - y_i)^2}{n}} \qquad (۴)$$

$$MAD = \frac{\sum_{i=1}^{n} |x_i - y_i|}{n} \qquad (۵)$$

در این روابط؛ x_i و y_i به‌ترتیب i امین داده مشاهداتی و برآورد شده، $\bar{x}$ و $\bar{y}$ به‌ترتیب میانگین داده‌های مشاهداتی و برآورد شده و n نیز تعداد ایستگاه‌های همسایه برای مدل‌سازی هستند.

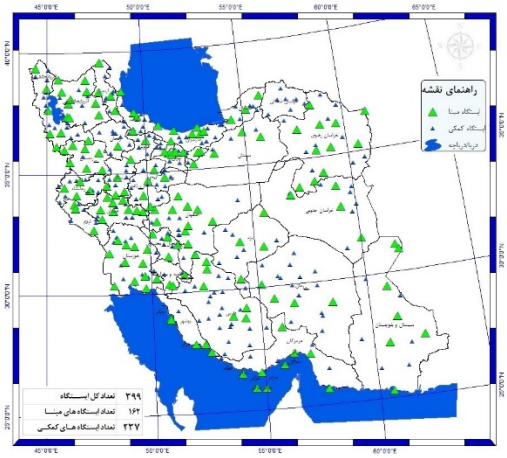
نتایج و بحث

آنالیز اطلاعات موجود

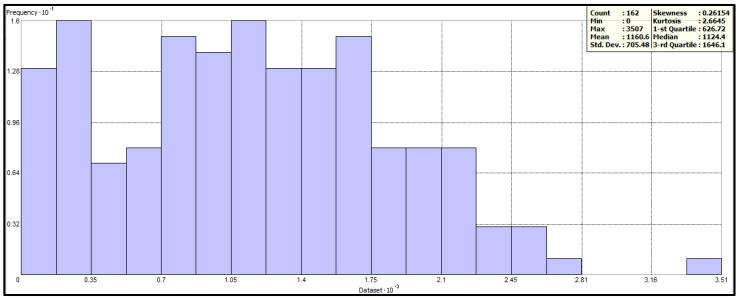
به‌منظور ارزیابی بهترین روش درون‌یابی، داده‌های در دسترس برای استفاده در مدل‌های پهنه‌بندی تحلیل و بررسی شدند.

این اطلاعات در ۱۶۲ ایستگاه که دارای اطلاعات نسبتاً کامل و پوشش دهنده بازه زمانی مورد مطالعه (۲۰ ساله) بودند، مورد استفاده قرار گرفتند. در شکل ۲ موقعیت مکانی ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک در گستره ایران آورده شده‌اند. ایستگاه‌های مبناء به‌منظور استفاده در درونیابی و ایستگاه‌های کمکی برای رفع خلاء آماری ایستگاه‌های مبناء به‌کار برده شده‌اند.

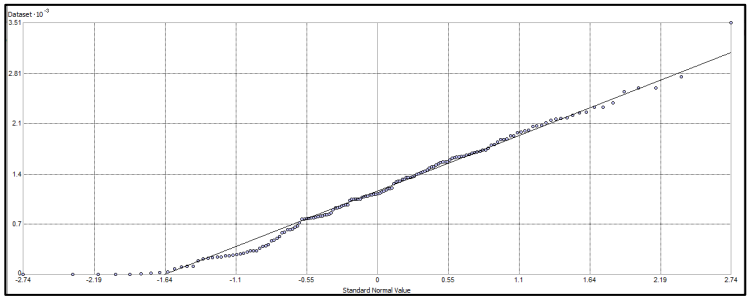
مقادیر این ایستگاه‌ها برای داده‌های نیاز گرمایشی سالانه گلخانه‌های کشور با حداقل مقدار صفر و حداکثر ۳۲۰۵ (درجه–روز) دارای چولگی ۰/۲۶۲ بوده و از توزیع نرمال پیروی می‌کنند. بنابراین شرایط موردنیاز برای اعمال درون‌یابی زمین‌آمار و علی‌الخصوص روش کریجینگ را اقناع می‌کند. در شکل ۳ پراکنش داده‌های موجود و اطلاعات آماری آن‌ها آورده شده‌اند. همچنین در شکل ٤ نمودار Normal QQ plot برای داده‌های مورد استفاده، ترسیم شده است.



شکل ۲: پراکندگی مکانی ایستگاه‌های هواشناسی مبناء و کمکی در دسترس



شکل ۳: توزیع اطلاعات مورداستفاده و اطلاعات آماری آن‌ها



شکل ٤: نمودار Normal QQ plot

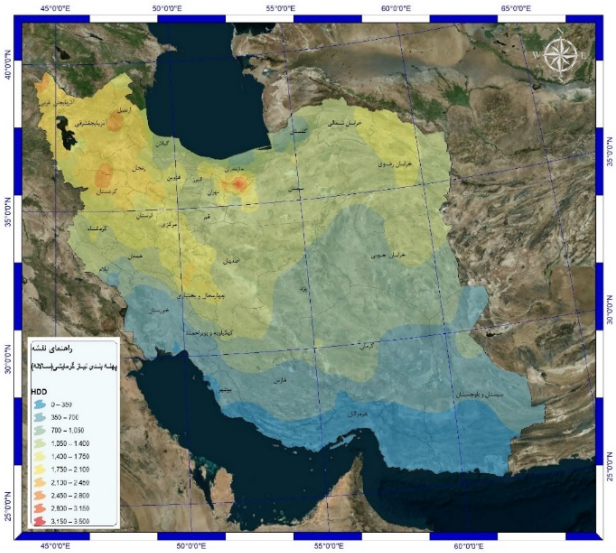
در ادامه نتایج بررسی و آنالیز روش‌های درون‌یابی در جدول ۱ آورده شده‌اند. در این جدول بر اساس پنج روش و متد مختص به هرکدام از روش‌ها، مجموعاً ۲۴ بار درون‌یابی صورت گرفته و خروجی هر روش به‌صورت جداگانه مورد ارزیابی واقع‌شده است. مقادیر مشخص‌شده با رنگ قرمز بیانگر بهترین نتایج در میان سایر روش‌ها بوده و مقادیر زیر خط دار بیانگر روش انتخابی نهایی می‌باشد. با توجه به نتایج حاصل از تحلیل‌ها و بررسی‌های صورت گرفته، بهترین روش درون‌یابی برای داده‌های نیاز سرمایشی و گرمایشی، روش IDW می‌باشد. در بین توان‌های مورداستفاده در این روش نیز، توان بهینه‌شده بیشترین همبستگی و بهترین نتایج را داشته است. لکن به دلیل تنوع و تعدد در لایه‌های موجود، به‌دلیل یکسان‌سازی رابطه مورداستفاده در تمامی لایه‌ها، نزدیک‌ترین توان به توان بهینه یعنی ۲ انتخاب و توصیه می‌گردد. پس از روش IDW، به‌ترتیب روش‌های کریجینگ و تابع شعاع محور به‌منظور درونیابی داده‌های مربوط به نیاز سرمایشی و گرمایشی گلخانه‌های کشور متناسب ارزیابی می‌شوند. بررسی سایر روش‌های مورد مطالعه نشان داد که در روش GPI با افزایش توان تا مرتبه پنج، نتایج بهبود و پس از آن شاهد کاهش در همبستگی و افزایش خطا بودیم. همچنین در روش توابع شعاعی، تمامی زیر روش‌ها به جز TPS در یک محدوده خطایی بوده و بهترین نتیجه مربوط به روش CRS می‌باشد. با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۱، برترین نتیجه در روش LPI مربوط به تابع Exponential می‌باشد که سایر روش‌ها از نظر برتری در محدوده خطایی مشابه و در مرتبه بعدی قرار می‌گیرند. به‌طور کلی نتایج مربوط به هر سه روش کریجینگ مورد استفاده در این پژوهش در بازه خطایی نزدیک به یکدیگر قرار دارند که در این میان کریجینگ Ordinary نسبت به سایر روش‌ها از برتری نسبی برخوردار می باشد. کریجینگ Universal و Simple نیز به‌ترتیب در رتبه‌های بعدی واقع شده‌اند.

جدول ۱: نتایج بررسی روش‌های درون‌یابی و معیارهای ارزیابی آن‌ها

روش مورد استفاده	جزییات روش		Regression Function	R^2	RMSE	MAD
IDW	توان Power	۱	0.7239 * x + 361.162	۰/۷۰	۳۹۰/۴۱	۲۹۲/۰۲
		۲	0.7688 * x + 276.331	۰/۷۴	۳۵۷/۴۴	۲۵۶/۶۷
		۳	0.8285 * x + 191.284	۰/۷۳	۳۶۴/۶۹	۲۵۰/۱۹
		۲/۱۷۷*	0.7777 * x + 262.502	۰/۷۴	۳۵۶/۸۵	۲۵۳/۶۵
GPI	مرتبهٔ چندجمله‌ای Order of Polynomial	۱	0.5595 * x + 477.149	۰/۴۹	۵۰۲/۰۴	۳۸۷/۹۴
		۲	0.5333 * x + 560.490	۰/۵۳	۴۸۳/۷۷	۳۷۶/۵۴
		۳	0.7014 * x + 359.947	۰/۵۹	۴۵۱/۷۲	۳۳۵/۸۳
		۴	0.7416 * x + 316.348	۰/۶۱	۴۴۰/۵۶	۳۱۶/۸۱
		۵	0.7421 * x + 326.161	۰/۶۲	۴۳۷/۳۹	۳۱۲/۸۹
		۶	0.7617 * x + 298.563	۰/۴۵	۵۶۹/۳۲	۳۵۹/۲۸
RBF	تابع هسته Kernel Function	Spline With Tension	0.8398 * x + 189.020	۰/۷۳	۳۶۷/۴۹	۲۴۲/۹۲
		Completely Regularized Spline	0.8387 * x + 193.525	۰/۷۳	۳۶۷/۳۰	۲۴۳/۴۰
		Multiquadric	0.8602 * x + 154.452	۰/۷۲	۳۷۶/۶۶	۲۴۴/۸۷
		Inverse Multiquadric	0.8341 * x + 202.451	۰/۷۳	۳۶۶/۸۷	۲۴۵/۲۹
		Thin Plate Spline	0.8549 * x + 134.099	۰/۴۰	۶۹۸/۶۸	۳۱۱/۲۶
LPI	تابع هسته Kernel Function	Exponential	0.8007 * x + 203.152	۰/۷۳	۳۶۹/۲۱	۲۴۸/۰۶
		Polynomial5	0.7364 * x + 272.516	۰/۴۹	۳۹۳/۸۵	۲۷۱/۹۱
		Gaussian	0.7718 * x + 234.101	۰/۷۱	۳۸۰/۹۹	۲۵۷/۵۷
		Expanechnikov	0.7252 * x + 278.272	۰/۶۷	۴۰۷/۲۶	۲۸۶/۵۴
		Quartic	0.7377 * x + 263.357	۰/۶۹	۳۹۵/۱۲	۲۷۲/۸۵
		constant	0.8006 * x + 208.095	۰/۶۹	۳۹۱/۱۵	۲۶۶/۰۸
Kriging	نوع Type	Ordinary	0.8362 * x + 193.438	۰/۷۳	۳۶۱/۹۹	۲۴۷/۸۳
		Simple	0.7380 * x + 322.639	۰/۷۲	۳۷۸/۷۱	۲۷۱/۵۴
		Universal	0.7850 * x + 258.830	۰/۷۳	۳۷۰/۳۱	۲۶۸/۲۷

* توان بهینه‌شده

بر اساس بهترین روش انتخابی بر مبنای اطلاعات مورد استفاده، خروجی کار (نیاز گرمایشی سالانه محصول خیار گلخانه‌ای ایران) حاصل از درون‌یابی به‌روش عکس فاصله، در شکل ۵ آورده شده است. هدف از پژوهش حاضر انتخاب مناسب‌ترین روش درونیابی برای پارامتر نیاز گرمایشی و سرمایشی بوده و بررسی تغییرات این پارامتر از اهداف این پژوهش نمی‌باشد.



شکل ۵: درون‌یابی و پهنه‌بندی نیاز گرمایشی سالانه محصول خیار گلخانه‌ای ایران

نتیجه‌گیری

پیشرفت علوم نوین و سنجش از دور روز به روز در زمینه‌های اقلیمی و همچنین هواشناسی کشاورزی به‌صورت چشم‌گیری قابل توجه می‌باشد. بدین‌ترتیب با بهره‌گیری از روش‌های مختلف زمین آمار و همچنین درون‌یابی می‌توان با اتکا به داده‌های برداشتی به‌صورت نقطه‌ای، مناطق مورد نظر را به‌صورت پیوسته مورد بررسی، سنجش و تحلیل قرار داد. در بسیاری از موارد که مبنای محاسبات بر پایه داده‌های گسترده و حجیم می‌باشند و این داده‌ها نیز در سطح گسترده‌ای به لحاظ مکانی پراکنده شده‌اند، ارائه و نمایش خروجی پژوهش بایستی به‌گونه‌ای باشد که در یک نگاه نتایج قابل‌رؤیت و بررسی قرار گیرد؛ بنابراین با استفاده از ابزارهای ترسیم نقشه‌های جغرافیایی همچون ArcGIS می‌توان داده‌های در دسترس را به‌صورت تصاویر و نقشه‌های متنوع ترسیم و ارائه نمود. ترسیم نقشه‌های جغرافیایی در این نرم‌افزار توسط لایه‌های متنوع امکان‌پذیر بوده و این امکان را در اختیار قرار می‌دهد تا بتوان مواردی همچون مرز کشور، مرز استانی و همچنین پهنه‌های آبی همچون دریا و دریاچه‌ها را به نمایش گذاشت. علاوه بر این، در ترسیم نقشه‌های موردنظر می‌توان باتوجه‌به خصوصیات هر لایه اقدام به نمایش توضیحات روی نقشه نمود. از سایر ویژگی‌های حائز اهمیت در رابطه با پهنه‌بندی، تفکیک گستره‌ها و پهنه‌های ترسیم‌شده می‌باشند. امروزه اکثر پارامترهای هواشناختی توسط پژهشگران متعددی مورد بررسی قرار گرفته‌اند و روش‌های درون‌یابی مختلفی را برای هر پارامتر توصیه نموده‌اند. از آنجایی‌که ماهیت نیاز گرمایشی و سرمایشی گلخانه‌ها متفاوت از سایر پارامترهای اقلیمی بوده و در مقیاس سالانه به‌صورت تجمعی محاسبه و استفاده می‌گردد، به‌منظور درون‌یابی و پهنه‌بندی نیاز به تعیین و ارائه روشی متناسب با خود دارد. در این پژوهش با بررسی انواع روش های درونیابی مرسوم و پر کاربرد، روش عکس فاصله وزنی بهترین برآورد را از درون‌یابی ارائه نموده که پس از آن روش‌های کریجینگ معمولی و توابع شعاع محور در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند که با توجه به نتایج یساری و شهسواری (۲۰۱۳) روش توابع شعاع محور نیز می‌توانند عملکرد خوبی در تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی از خود نشان دهند. همچنین با توجه به پژوهشی که کار اندیش و شاه نظری (۱۳۹٤) در رابطه با عملکرد روش‌های کریجینگ،

کوگریجینگ و میانگین متحرک وزنی با توان های ۲ و ۳ به منظور پهنه‌بندی دمای محدوده کوهستانی حوضه کارون انجام دادند اعلام داشتند که روش کوکریجینگ و کریجینگ تفاوت معنی داری به لحاظ ارائه نتایج نداشته و توانایی قابل قبول این دو روش را در تهیه نقشه‌های پهنه بندی بیان داشته‌اند. لذا در پژوهش حاضر که از روش کریجینگ با سه زیر شاخه مختلف جهت ارزیابی استفاده شده، روش Ordinary در مقایسه با سایر روش های مجموعه کریجینگ برتری نسبی داشته است. با کمک بهترین نوع درون‌یابی، قادر خواهیم بود تا برآورد مناسبی از مقادیر مابین ایستگاه‌ها داشته و پهنه‌های مورد نظر را با خطای کمتری تعیین و ترسیم نماییم. بنابراین در مقیاس سطح کشور و همچنین با استفاده از داده‌های تجمعی نیاز گرمایشی و سرمایشی، پیشنهاد می‌شود روش عکس فاصله وزنی در مطالعات مورد استفاده واقع گردد.

منابع

1- Asakereh, H., 2008, Kriging Application in Climatic Element Interpolation A Case Study: Iran Precipitation in 1996.12.16. Geography and Development, No. 6(12), pp. 25-42.
2- ASHRAE, 2001, Ashrae handbook Fundamentals, 2001. Technology Parkway NW.
3- Afary, J., Mostofi, K. and Avery, P.W., 2021. Iran. Encyclopedia Britannica, https://www.britannica.com/place/Iran.
4- Behera, S.K., Suresh, K., Rao, B.N., Mathur, R.K., Shukla, A.K. Manorama,K., Ramachandrudu1, K., Harinarayana1, P. and Prakash, C., 2016, Spatial variability of some soil properties varies in oil palm (Elaeis guineensis Jacq) plantations of west coastal area of India. Solid Earth. No. 19, pp. 10–24.
5- Dehghanisanij, H., Asadi Oskouei, E., Taghizadehghasab, A., 2022, The interpretation of water consumption in the agricultural sector based on actual evapotranspiration. Iranian Journal of Irrigation & Drainage, No. 15(6).
6- Eldeiry, A.A. and . García, L.A., 2011, Using Deterministic and Geostatistical Techniques to estimate soil salinity at the sub-basin scale and the field scale. department of civil and environmental engineering, Colorado state university, Hydrology Days.
7- Fazelnia, G.H., Hakimdoost, H. and Belyani, Y., 2012, Comprehensive Guideline of GIS Practical Models in Civic, Village and Environmental Planning. Azadpeyma Press, Tehran.
8- Jafari E. and Habashi H., 2012, Investigation Spatial Structure and Mapping Some of Soil Properties in North Zagros Oak Fores. Natural Ecosystems of IRAN. No. 3(2), pp. 13-25.
9- Johnston, K., Ver Hoef, J.M., Krivoruchko, K. and Lucas, N., 2001, Using ArcGIS geostatistical analyst (Vol. 380). Redlands: Esri.
10- Karandish F. and Shahnazari A.,2015, Analyzing the Geostatistical Methods Accuracy in Preparing Air Temperature Spatial Distribution in Mountainous Regions (Case Study: Karoun Basin). Iranian Journal of Soil and Water Research, No. 6 (11), pp. 36-46
11- Keshvari, A., marzban, A, 2019, Assessment of interpolation methods in zoning the spatial need for power in Khuzestan agriculture. Geography and Development, No. 17(55), pp: 63-86.
12- Kipp, J.A., 2010, Optimal climate regions in Mexico for greenhouse crop production (No. GTB-1024). Wageningen UR Greenhouse Horticulture.
13- Kittas, C., Karamanis, M. and Katsoulas, N., 2005, Air temperature regime in a forced ventilated greenhouse with rose crop. Energy and buildings, No. 37(8), pp. 807-812.
14- Masudian, S.A., Ebrahimi, R. and Mohammadi, M., 2014, Spatial-Temporal Zoning of Iran's Seasonal and Annual Heating and Cooling Requirements. Scientific-Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR), No. 23(90), pp.90-83.
15- Nadi, M., Jamei, M., Bazrafshan, J., Janatrostami, S., 2012, Evaluation of Different Methods for Interpolation of Mean Monthly and Annual Precipitation Data (Case Study: Khuzestan Province. Physical Geography Research Quarterly, No. 44(4), pp. 117-130.
16- Nalivan, O.A., Haydari, F., Sour, A., Shahbazi, A., Kavandi, R. and Gheiasi, S., 2013, Investigation of groundwater contamination trend in Silveh basin in terms of drinking applications. International Journal of Agronomy and Plant Production, No. 4(8), pp.1826-1834.
17- Pang, S., Li, TX., Wang, Y.D., Yu, H.Y. and Li, X., 2009, Spatial interpolation and sample size optimization for soil copper (Cu) investigation in cropland soil at country scale

using cokriging. Agricultural sciences in china. No. 8(11), pp. 1369-1377.

18- Shamshiri, R.R., Jones, J.W., Thorp, K.R., Ahmad, D., Che Man, H. and Taheri, S., 2018, Review of optimum temperature, humidity, and vapour pressure deficit for microclimate evaluation and control in greenhouse cultivation of tomato: a review, International agrophysics, No. 32(2).

19- Shamskia, N., Sedghi, H., Esfandyari, M., 2017, Investigating effective parameters of surface flow and water resources spatial zoning in central Zagross, Iran. Journal of Water and Soil Resources Conservation, No. 6(2), pp. 73-90.

20- Taghizadeh-Mehrjardi, R., 2014, Mapping the Spatial Variability of Groundwater Quality in Urmia, Iran. Materials and Environmental Science, No. 5(2), pp. 530-539.

21- Tripathi, R., Nayak, A.K., Shahid, M., Raja, R., Panda, B.B., Mohanty, S, Kumar, A., Lal, B. and Gautam, P., 2015, Characterizing spatial variability of soil properties in salt affected coastal India using geostatistics and kriging. Arabian Journal of Geosciences, No. 8, pp. 10693–10703.

22- Vasu, D., Singh, S.K., Sahu, N., Tiwary, P., Chandran, P., Duraisami, V.P., Ramamurthy, V., Lalitha, M and Kalaiselvi, B, 2017, Assessment of spatial variability of soil properties using geospatial techniques for farm level nutrient management. Soil & Tillage Research, No. 169, pp. 25-34.

23- Yasari, T. and Shahsavari M. R., 2013. Growing degree days of developmental stages of spring safflower in Isfahan province. Journal of Crop Production and Processing, No. 3(8) pp. 61-71.

24- Zarei, G., Javadimoghaddam, J., Faridi, H., 2021, Controlling Significance of the Effective Parameters in Environmental Conditions of Commercial Greenhouses. Strategic Research Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, No. 6(2), pp. 123-138.