نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال بیست و یکم، شماره ۶۱، تابستان ۱۴۰۰

اعتبار سنجی روش‌های درون‌یابی دمای فصل تابستان در شمال شرق ایران

دریافت مقاله: ۹۸/۱۱/۵ **پذیرش نهایی**: ۹۹/۴/۱۱

صفحات: ۳۶۹-۳۵۱

حمید صالحی: دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه آزاد، واحد شیروان، ایران.
Email: h.salehi2430@gmail.com
محمد معتمدی: استادیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه آزاد واحد شیروان، ایران.[1]
Email: Motamedi45@gmail.com
عزت الله مافی: دانشیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه آزاد واحد شیروان، ایران.
Email: Mafi@ferdosi.um.ac.ir

چکیده

اساس داده‌های اقلیمی اندازه‌گیری‌هایی است که با نظم زمانی از پیش تعیین شده در ایستگاه‌های دیده‌بانی هوا انجام می‌پذیرد، بنابراین تمامی مقادیر اندازه‌گیری شده عناصر اقلیمی تنها به نقطه محل اندازه‌گیری قابل انتساب است. از این رو روش‌های مختلف درون‌یابی می‌تواند به تخمین داده‌های اقلیمی در نقاط مختلف کمک زیادی کند. منطقه مورد مطالعه در این پژوهش، شمال شرق ایران شامل استان‌های خراسان رضوی و شمالی می‌باشد و از داده‌های دمای ماهانه فصل تابستان برای ۲۱ ایستگاه همدید و تبخیر سنجی شمال شرق متعلق به سازمان هواشناسی و وزارت نیرو با پراکنش مناسب استفاده شد. دوره آماری ۲۱ سال (۲۰۱۷-۱۹۹۷) به عنوان دوره آماری مشترک برای تمامی ایستگاه‌ها در نظرگرفته شد. سپس به منظور مقایسه روش-های درونیابی، چندین روش مختلف، شامل کریجینگ معمولی، اسپیلاین، مجذور معکوس فاصله و تیسن توسط نرم افزار ARCGIS استفاده شد مقایسه کردن انحراف تخمین‌ها از داده‌های اندازه‌گیری شده به روش اعتبار سنجی متقاطع ارزیابی گردید. سپس به منظور بررسی فرض نرمال بودن خطاهای محاسبه شده در هر روش درون‌یابی، از آزمون ران تست استفاده و در نهایت برای ارزش‌یابی بهترین روش درون‌یابی از روش AHP و نرم افزار Expert Choice بهره گرفته شد. نتایج نشان داد بر اساس معیار ریشه میانگین مربعات خطا(RMSE) به ترتیب روش تیسن، کریجینگ، معکوس فاصله و اسپلاین قرار گرفته‌اند. بر اساس معیار بیشینه مطلق خطا(MAE)، روش کریجینگ بهتر از سایر روش‌ها دمای تابستان را برآورد کرده است. بر اساس معیار(MBE) نیز روش کریجینگ بهتر از سایر روش‌ها می‌باشد و می‌توان از آن برای درون‌یابی دما استفاده نمود. با توجه به ضرایب تعیین شده، نرخ سازگاری محاسبه شده۰/۰۳ می‌باشد که از دقت بالای انتخاب وزن‌ها حکایت دارد.

کلید واژگان: درون یابی، اعتبارسنجی، ران تست، کریجینگ، AHP

---

۱ **نویسنده مسئول**: خراسان شمالی شیروان خیابان دانشگاه دانشگاه آزاد اسلامی شیروان گروه جغرافیا ، ۰۹۱۵۵۷۱۲۴۳۰

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.19.7]
[DOI: 10.52547/jgs.21.61.351]

مقدمه

شناخت وضعیت گذشته‌ی مناطق، شرایط موجود در زمان حال و پیش بینی آینده بر پایه این اطلاعات و مدل-سازی فرآیندهای مختلف، رمز موفقیت برنامه‌ریزان و تصمیم‌سازان است. در این بین، شناخت و مدل سازی عناصر آب و هوایی به دلیل تأثیرپذیری آن‌ها از شرایط منطقه‌ای و سیاره‌ای از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. اساس داده‌های اقلیمی، سنجه‌هایی است که با نظم زمانی از پیش تعیین شده‌ای در ایستگاه‌های دیده‌بانی انجام می‌پذیرد، این مقادیر تنها به نقطه محل اندازه‌گیری قابل انتساب است. روش غالب برای تعمیم این داده-ها، تهیه‌ی نقشه‌های هم‌ارزش اقلیمی مبتنی بر روش‌های میان‌یابی نقطه‌ای است. فاصله زیاد ایستگاه‌های هواشناسی، موجب بروز مشکلاتی همچون: افزایش میزان خطا و کاهش تفکیک مکانی عرصه‌های میان‌یابی شده گردیده و در نتیجه کاربرد این نقشه‌ها را در مطالعات کوچک مقیاس مانند آبخیزداری، کشاورزی، معماری و ... محدود می‌نماید. هرچند تغییرپذیری زمانی و مکانی دما نسبت به سایر عناصر جوی بیشتر است، در مقابل در برنامه‌ریزی‌های محیطی نقش بیشتری داشته و به همین خاطر کارشناسان و پژوهشگران توجه ویژه‌ای به آن دارند. با توجه به نقش مستقیم دما بر میزان تبخیر و تعرق، بروز و شیوع بیماری‌ها، کیفیت و بازده محصولات کشاورزی و... شناخت آن؛ نیازمند شبکه‌ای فشرده از ایستگاه‌های اندازه‌گیری است که نصب و نگهداری آن‌ها پر هزینه و چه بسا غیر ممکن است. از این‌رو مسئله تخمین میزان دما برای یک نقطه از روی مقادیر مشاهده شده در نقاط مجاور(درون یابی) ضرورت می‌یابد(عساکره، ۱۳۸۷). در روش‌های مبتی بر درون-یابی، ارزش عددی مکان‌های فاقد داده به کمک داده‌های نقاط مجاور برآورد می‌شود(بروگ[1]، ۱۹۸۷). این تکنیک برای کشورهای در حال توسعه که نیاز به رهیافتی دقیق و کم هزینه برای دستیابی به اطلاعات مکانی دارند، کاربرد انکار ناپذیری دارد(مالواراچچی[2]، ۱۹۹۶). در مطالعات زیادی اثبات شده که انجام روش‌های درون‌یابی فضایی به نوع، آرایش فضایی، پراکندگی متغیر و ویژگی منطقه‌ی مورد مطالعه بستگی داشته و به همین دلیل دقت محاسبات در هر روش به طور گسترده‌ای تغییر می‌کند(گوارتس[3]، ۲۰۰۰؛ تولد و همکاران[4]، ۲۰۱۰). بنابراین در استفاده از هر روش درون‌یابی، تغییرپذیری سطح درون‌یابی شده را بایستی مد نظر قرار دهیم، چرا که نتایج درون‌یابی از روشی به روش دیگر متفاوت است(لوو[5] و همکاران، ۲۰۰۸: ۹۴۹). در منابع خارجی مطالعات گسترده‌ای در زمینه روش‌های درون‌یابی فضایی صورت گرفته، اما در خصوص درون‌یابی فضایی دمایی در ایران مطالعات بسیار اندک است. پرایس[6] و همکاران(۲۰۰۰) از دو روش TPSS[7] و عکس مجذور فاصله برای درون‌یابی مکانی دما و بارش ماهانه و سالانه در مناطقی از غرب و شرق کانادا استفاده نمودند، نتایج نشان داد که روش TPSS مناسب تر از روش درون‌یابی است. گوارتز[8] (۲۰۰۰، ۱۲۹) با استفاده

1 Burrough
۲ Mallawaarachchi
۳ Goovaerts
۴ tewolde
۵ Lue
۶ - Price & at all
7 - Thin Plate Spline Surfaces
8 - Goovaerts

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.19.7]
[DOI: 10.52547/jgs.21.61.351]

از روش‌های عکس مجذور فاصله، رگرسیون خطی با ارتفاع تیسن، کریجینگ معمولی و ساده به میان‌یابی بارندگی و دمای سالانه منطقه‌ای به وسعت ۵۰۰۰ کیلومترمربع از شمال پرتغال پرداخت. نتایج حاصل بیانگر مناسب بودن روش کریجینگ ساده نسبت به سایر روش‌های مذکور بود.

لوکینبیل و اربان[1](۱۴،۲۰۰۳) جهت تخمین فضایی دمای نواحی کوهستانی، از مدل‌های رگرسیون ساده و پیچیده و جهات شیب استفاده کردند. تی ولده[2] و همکاران(۲۰۱۰) روش کریجینگ را مناسب‌ترین روش برای درون‌یابی دما در کشور اریتریه تشخیص دادند. بررسی مطالعات انجام شده در زمینه درون‌یابی دما، بیانگر نقش بارز ارتفاع بر میزان دقت درون‌یابی فضایی این عنصر جوی است(جانسون و همکاران[3]۲۰۰۰ ؛ کارتزمن و همکاران[4] ۱۹۹۹). همچنین روش‌های قطعی درون‌یابی از توابع ریاضی برای ایجاد سطوح، از نقاط اندازه‌گیری شده بر مبنای میزان تشابه نقاط استفاده می‌کنند. مهمترین این روش‌ها عبارتند از: چندضلعی تیسن، معکوس وزنی فاصله، تابع چندجمله ای عام، توابع چندجمله ای موضعی و اسپلاین. این روش ها به تفضیل توسط لایود[5](۲۰۰۵)، ژائو و همکاران[6](۲۰۰۵) و سرا[7](۲۰۰۶) بررسی شده‌اند. امیدوار و خسروی(۱۵:۱۳۸۸)، به منظور تعیین مدلی بهینه جهت پایش شاخص بارندگی استاندارد در استان یزد به ارزیابی روش های کریجینگ پرداخته ونوع معمولی آن را مدلی بهینه جهت توجیه مکانی شاخص SPI تشخص داده‌اند. محمدیان پور و همکاران (۵۷:۱۳۹۲) در بررسی کاربرد انواع روش‌های درون‌یابی به منظور پایش خشکسالی درخراسان رضوی، بهترین روش را کریجینگ معمولی دانسته و این روش را دارای کمترین مقدار انحراف می‌دانند. تغییرات بارش استان فارس با کاربرد روش‌های زمین آمار که توسط ثقفیان و همکاران(۱۳۹۰،۲۹) انجام گرفت نشان داد که برازش شبیه گوسی کریجینگ و کوکریجینگ برسهمی واریوگرام داده های بارش سالانه با دامنه ی تأثیر ۲۰۰ کیلومتر بهترین الگو برای درون‌یابی بارش سالانه در منطقه مطالعاتی است. میر موسوی و میریان(۱۳۹۰،۱۵۳) در مطالعه توزیع مکانی بارش استان کرمان، به این نتیجه رسیدند که روش کریجینگ با سطح خطای کمتر، روش مناسب‌تری برای درون‌یابی بارش در این منطقه است. صادقی‌نیا و علیجانی(۱۳۹۲) پس از اعتبار سنجی روش‌های درون‌یابی، بهترین روش برای درون‌یابی فضایی میانگین دمای سالانه ایران را روش کوکریجینگ دانسته‌اند. بیات و همکارن(۱۲:۱۳۸۹) به مدل‌سازی تغییرات مکانی دما در استان کرمانشاه با استفاده از تکنیک‌هایGIS پرداخته و نتایج آن‌ها نشان داد که روش معکوس فاصله به منظور مدل‌سازی دمای این استان دارای بیشترین و روش اسپلاین دارای کمترین دقت است.

2-Lookingbill and Urban
2 -Tewolde
4- Jahnson & at all
5-Kurtzman & at all
6-Lioyd
7-Zhao & at all
8-sarra

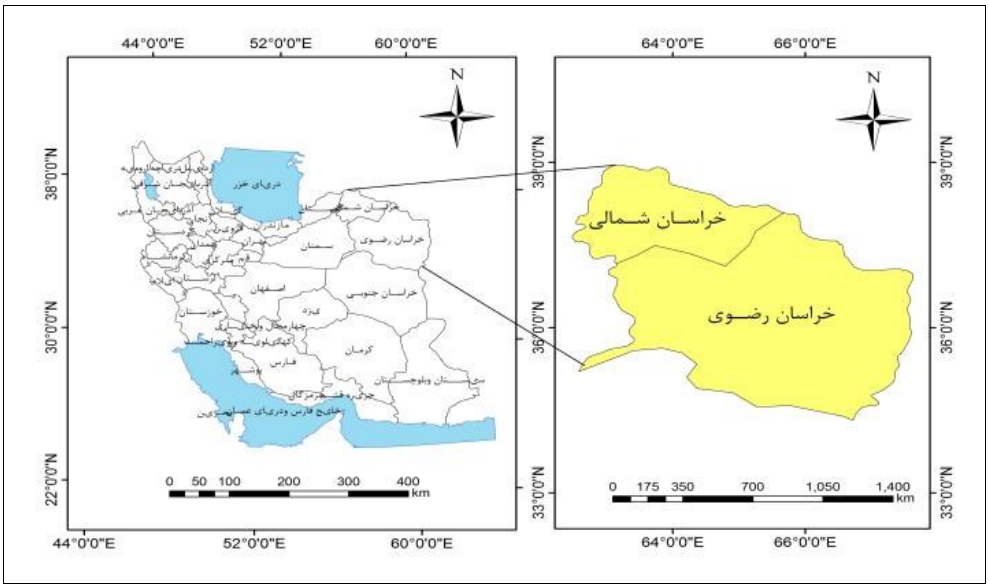
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.19.7]
[DOI: 10.52547/jgs.21.61.351]

در این پژوهش چندین روش درون‌یابی فضایی با هدف تعیین بهترین روش برای نمایش نسبی از وضعیت دمای تابستانه شمال شرق کشور مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه

شمال شرق ایران حد فاصل ۵۵درجه و ۲۸ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۲۱ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۱۷ دقیقه عرض شمالی شامل استان های خراسان رضوی و شمالی با مساحتی بالغ بر ۲۸۸هزار کیلومتر مربع (۹/۶۷ درصد مساحت کشور)گستره‌ی جغرافیایی این تحقیق است. شکل(۱).



شکل(۱). موقعیت منطقه مورد مطالعه

داده و روش کار

در این مطالعه از داده‌های دمای فصل تابستان برای ۲۱ ایستگاه همدید و تبخیر سنجی سازمان هواشناسی کشور و وزارت نیرو با پراکنش مناسب استفاده شد. پس ازکنترل کمی و کیفی داده‌ها و بازسازی داده‌های مفقود یا ثبت نشده با استفاده از روش نسبت‌ها و تفاصل‌ها، دوره آماری ۲۱ ساله(۱۹۹۷-۲۰۱۷) برای تمامی ایستگاه‌ها در نظرگرفته شد. به منظور مقایسه روش‌های درون‌یابی، چندین روش مختلف، شامل کریجینگ معمولی، اسپیلاین، مجذور فاصله معکوس و تیسن ارزیابی و با یکدیگر مقایسه شدند. برای انجام روش درون-یابی و پهنه‌بندی دمای تابستانه از نرم افزار ARCGIS استفاده شد. سطح کارایی هر روش درون‌یابی، یا به بیانی دیگر میزان دقت تخمین‌ها، با مقایسه کردن انحراف تخمین‌ها از داده‌های اندازه‌گیری شده به روش اعتبارسنجی متقاطع ارزیابی شد. در این روش مقایسه‌ای میان نقاط اندازه‌گیری شده و مقادیر تخمینی توسط روش‌های مورد استفاده صورت می‌گیرد. به این ترتیب که یک نقطه حذف شده و با استفاده از سایر نقاط و اعمال روش درون‌یابی مورد نظر، برای این نقطه تخمین صورت می‌گیرد. سپس این نقطه به محل خود

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.19.7]
[DOI: 10.52547/jgs.21.61.351]

برگردانده و نقطه بعدی حذف و به همین ترتیب برای تمام نقاط برآورد صورت می‌گیرد. در پایان هر روش، جدولی با دو ستون از مقادیر حقیقی(مشاهدات) و مقادیر پیش بینی شده حاصل می‌شود. سپس کفایت مدل‌ها بر اساس این مقادیر و توسط روابط (۳ تا ۱) سنجیده شد:

$$MAE^{1}= \frac{\sum_{i=1}^{n}|z^*(x_i)-z(x_i)|}{n}$$ رابطه(۱)

$$MBE^{2}= \frac{\sum_{i=1}^{n}[z^*(x_i)-z(x_i)]}{n}$$ رابطه(۲)

$$RMSE^{3}= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}[z^*(x_i)-z(x_i)]^2}{n}}$$ رابطه(۳)

در روابط (۱ تا ۳) MAE : میانگین خطای مطلق؛ MBE : میانگین خطای انحراف؛ RMSE: ریشه دوم مربع میانگین خطا،

z^* : مقدار پیش بینی شده متغیر مورد نظر؛ Z: مقدار اندازه گیری شده متغیر مورد نظر و N: تعداد داده هاست. بر اساس این شاخص ها بهترین مدل، مدلی است که مقدار MBE،MAE آن به صفر نزدیکتر و مقدار RMSE آن کوچکتر باشد.

روش کریجینگ

روش کریجینگ برای برآورد نقطه ناشناخته، به هریک از نمونه های اندازه گیری شده یک وزن می دهد. این روش یک برآورد خطی است که از رابطه(۴) تبعیت می کند(حسنی پاک، ۱۳۸۰: ۳۱۴).

$$Z^*(X_0)=\sum_{i=1}^{n}\lambda_i Z(X_i)$$ رابطه (۴)

*Z: مقدار متغیر مکانی برآورد شده؛$Z(X_i)$: مقدار متغیر مکانی مشاهده شده در نقطهX_i، λ_i مجموع وزنی که به پیکسل x_i داده می شود و بیانگر نقطه iام در برآورد است(مهدی زاده و همکاران،۱۳۸۵: ۹). در این روش واریانس فضایی تابعی از فاصله شناخته می شود و خطای مقادیر پیش بینی شده را با توجه به توزیع فضایی داده های پیش بینی شده کمینه می کنند. محاسبه بر اساس رابطه(۵) زیر انجام می پذیرد:

$$Z_0=\sum_{i=1}^{n} w_i z_i$$ رابطه(۵)

در رابطه (۵) مقدار برآورد شده برابراست با مجموع وزن هایی که از ۲ تاN مورد بررسی قرار می گیرد و به Z_0 مورد(متغیر مورد نظر) داده می شود. وزن ها به همبستگی بین نقاط نمونه و نقاط برآورد شده بستگی دارد و همیشه مجموع آنها برابر یک است(فرجی،سبکبار،۱۳۸۵: ۴).

[1] -Mean Absolute Error
[2] -Mean Bias Error
[3] -Root-Mean-Square Error

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.19.7]
[DOI: 10.52547/jgs.21.61.351]

روش معکوس وزنی فاصله

در این شیوه فرض اساسی بر این اصل استوار است که با فاصله گرفتن از نقطه ای که مقادیر آن در دسترس است به اطراف ارزش عددی کاهش می یابد. میزان این کاهش با تعیین وزن بر اساس فاصله و با استفاده از رابطه (۶) بدست می آید.

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{z_i}{d_i^m}}{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{d_i^m}}$$

رابطه(۶)

دررابطه(۶) ، z_i: مقادیر نمونه؛ d_i: فاصله اقلیدسی هر مکان تا محل نمونه؛ m : عامل توان(اصطکاک فاصله) و n : تعداد نقاط نمونه است. نسبت کاهش وزن بستگی به مقدار m دارد. اگر $m = 0$ در نظر گرفته شود در این صورت کاهش در وزن با فاصله ایجاد نمی شود. بنابراین وزن در سطح فضا برابر فرض می شود. با افزایش مقدار m وزن برای نقاط دورتر با سرعت بیشتر کاهش می یابد. اگر مقدار m خیلی بزرگ باشد، تنها بر نقاط پیش بینی و مشاهده تأثیر خواهد داشت(فرجی، سبکبار و عزیزی،۱۳۸۵: ۴).

روش اسپیلاین

اسپلاین عبارت است از برازش منحنی‌های دو بعدی بر روی سطوح سه بعدی. در این روش برای درون‌یابی از چند جمله‌ای‌ها استفاده می‌شود و از برازش تابع چند جمله‌ای براساس داده‌های اندازه‌گیری شده، مقادیر نامعلوم نقاط برآورد می‌شوند. ویژگی اساسی این روش عدم تغییر ناگهانی مقادیر برآورد شده است. روش اسپلاین به دو دسته تقسیم می‌شود، منظم و کششی. روش منظم یک سطح نرم با تغییرات تدریجی ایجاد می-کند که ممکن است در آن برخی از مقادیر از دامنه مقادیر نقاط اندازه‌گیری خارج باشد. در روش کششی سطح نرم تری ایجاد می‌شود که مقادیر آن بر اساس خصوصیات پدیده مورد مدل‌سازی، با دامنه مقادیر نقاط اندازه گیری کنترل و محدود می‌شود. این روش در تهیه منحنی‌های هم ارزش اقلیمی که سطح معینی از تعمیم در آن‌ها مورد نظر می‌باشد مفید است(Augustijin). معادله کلی این روش به صورت رابطه(۷) است .

$$Z_{(x,y)} = T_{(x,y)} + \sum_{j=1}^{N} \lambda_j \, R(r_i)$$

رابطه(۷)

که در آن N: تعدادنقاط؛ λ_jضریبی که با حل دستگاه معادلات خطی محاسبه می شود، r_i: فاصله نقطه (x,y) تا نقطه jام ، $T_{(x,y)}$و $R(r_i)$ بر حسب نوع اسپلاین مورد استفاده تعیین می شود.

روش تیسن

چندضلعی‌های تیسن یکی از قدیمی‌ترین روش‌های درون‌یابی داده‌های اقلیمی است. در این روش فرض می-شود که مقادیر متغیر برای مکان‌های فاقد داده برابر با مقدار آن در نزدیکترین ایستگاه اندازه‌گیری است. چند ضلعی‌های تیسن برای هر یک از نقاط اندازه‌گیری یک محدوده تأثیر تعریف می‌کند به‌طوری‌که هر نقطه داخل این محدوده به نقطه مرکزی چند ضلعی نزدیکتر است تا نقطه مرکزی چند ضلعی‌های مجاور (Heywood;1998). مهمترین مشکل این روش فرض یکسان بودن داده‌ها در داخل چند ضلعی و تغییرات

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.19.7]
[DOI: 10.52547/jgs.21.61.351]

ناگهانی و فاحش در مرز چند ضلعی‌هاست. بنابراین تغییرات عددی در داخل چندضلعی‌ها قابل برآورد نیست (Gold;1991).

آزمون ران تست

این آزمون به منظور بررسی تصادفی بودن داده‌های عددی اجرا می‌شود. یکی از فرض‌های اساسی در اغلب پردازش‌های آماری تصادفی بودن مشاهدات است. در مطالعات زیادی از جمله بررسی فرض مانده‌های یک مدل، برقراری فرض تصادفی بودن حیاتی است. این فرض حتی از فرض نرمال بودن مانده ها نیز مهمتر است زیرا برقراری آن دلالت بر نمونه‌گیری تصادفی خواهد داشت. انحراف از فرض تصادفی بودن می‌تواند به دلیل وجود روندهای افزایشی یا کاهشی، رفتارهای دوره‌ای یا افزایش تغییرپذیری و برخی علل دیگر باشد. اساس اسن روش بر این پایه استوار است که اگر مشاهدات مستقل از یکدیگر باشند، از بهم پیوستن آن‌ها دنباله‌ای تصادفی ایجاد می‌شود و اگر خط مبنای مناسبی انخاب شود، نقاط متناظر با هر مشاهده به طور تصادفی در دو طرف این خط نوسان خواهد کرد. معیار کمی کردن این آزمون مفهوم گردش است. یک گردش دنباله‌ای از مشاهدات است که دریک طرف خط مبنا قرار گرفته‌اند. اگر دنباله مشاهدات تصادفی باشند انتظار داریم تعداد گردش‌های دو طرف خط مبنا یکسان باشند. اگر R تعداد گردش‌های n مشاهده فرض شود، زمانی فرض تصادفی بودن مشاهدات برقرار است توزیعR تقریباً نرمال است رابطه(۸) (جاوری،۱۳۸۹؛۹۲).

$$E(R) = \frac{2n-1}{3}, Var(R) = \frac{16n-29}{90}$$ رابطه(۸)

در این پژوهش به منظور انتخاب خط مبنا، مانده های خطا در سه روشRMSE، MAE و MBE برای میانگین، میانه و مد مورد برازش و آزمون قرار گرفت و این نتیجه حاصل شد که با انتخاب میانه به عنوان خط مبنا، تعداد گردش‌ها در دو طرف آن یکسان می‌باشد.

روش تحلیل سلسله مراتبی

فرایند تحلیل سلسله مراتبی یکی از بهترین روش‌های تصمیم‌گیری برای زمانی است که تصمیم‌گیرنده دارای معیارهای چندگانه باشد (تیلور[1]، ۲۰۰۴، ۳۷۴). برای سنجش شایستگی نسبی هر یک از گزینه‌ها، معمولا از معیارها استفاده می‌شود. روال کار مدل AHP با مشخص کردن عناصر و تصمیم‌گیری و اولویت دادن به آن‌ها آغاز می‌شود، این عناصر شامل شیوه‌های مختلف انجام کار و اولویت دادن به ویژگی‌ها است (چانج[2]، ۲۰۰۵، ۳۱۳). استفاده از فرایند تحلیل سلسه مراتبی برای حل مسائل پیچیده معمولاً در چهار مرحله صورت می‌پذیرد (چنگ[3]، ۱۹۹۶، ۳۴۳؛ برتولونی[4]، ۲۰۰۶، ۴۲۳).

۱- تجزیه مسائل پیچیده به تعدادی از عناصر جزئی و سپس تشکیل سلسله مراتب برای عناصر.

۲- انجام مقایسه جفتی در بین عناصر با توجه به مقیاس نسبتی.

[1] - Taylor
[2]- Chenj
[3]- Cheng
[4] - Bertolini

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.19.7]
[DOI: 10.52547/jgs.21.61.351]

۳- استفاده از روش مقدار ویژه (ماتریس) به منظور برآورد کردن وزن نسبی عناصر.
۴- استفاده از مجموع وزن‌های نسبی و ترکیب گزینه‌ها برای اندازه‌گیری نهایی.

به عبارتی در هر ساختار سلسله مراتبی مربوط به یک موضوع مشخص، با چهار سطح سلسله مراتبی شامل: اهداف، معیارها، زیر معیارها، و گزینه‌ها مواجه هستیم جدول(۱) (بوئن[۱]، ۱۹۹۳، ۳۳۳؛ نگای[۲]، ۲۰۰۳،۲۳۷). در فرایند تحلیل سلسله مراتبی، برتری بین گزینه‌ها به وسیله‌ی مقایسه جفتی بین آن‌ها تعیین می‌شود. در مقایسه جفتی روال کار چنین است که برای بررسی دو گزینه یکی از آن‌ها را در نظر گرفته و بوسیله‌ی آن ارجحیت یا اهمیت دو گزینه را نسبت به هم می‌سنجند(طاها[۳]، ۲۰۰۳، ۵۲۲). در این فرایند از اعداد ۱ تا ۹ به عنوان یک مقیاس استاندارد، برای مشخص کردن اهمیت گزینه‌ها(از اهمیت مساوی تا اهمیت فوق العاده زیاد) نسبت به هم استفاده می‌شود. در ماتریس مقایسه جفتی، عدد ۹ نشان دهنده اهمیت فوق‌العاده زیاد یک معیار نسبت به دیگری است و عدد ۱/۹ نشان دهنده‌ی ارزش فوق العاده پایین یک معیار نسبت به معیار دیگر و ارزش عددی ۱ نشان دهنده‌ی اهمیت‌های برابر است(سارکیس و تایلوری[۴]، ۲۰۰۴، ۳۲۲؛ کونز[۵]، ۲۰۱۰، ۸). بنابراین، اگر اهمیت فاکتور اول نسبت به فاکتور دوم بدست آورده شود پس در نتیجه اهمیت فاکتور دوم نسبت به فاکتور اول دوسویه خواهد بود. همچنین از مقیاس نسبتی و مقایسه کلامی برای وزن دهی به عناصر قابل سنجش و غیر قابل سنجش استفاده می‌شود (پوهکر و راماچادران[۶]، ۲۰۰۴، ۳۶۹).

جدول(۱). مقیاس ۹ کمیتی ساعتی برای مقایسه جفتی (بوئن، ۱۹۹۰، ۱۳۷؛ دی[۷]، ۲۰۰۷، ۱۳۹۲؛ خلیل[۸] ۲۰۱۳، ۱۰۱).

امتیاز	تعریف	توضیح
۱	اهمیت مساوی	در تحقق هدف، دو معیار اهمیت مساوی دارند
۳	اهمیت اندکی بیشتر	تجربه نشان می‌دهد که برای تحقق هدف اهمیت i بیشتر از j است.
۵	اهمیت بیشتر	تجربه نشان می‌دهد که اهمیت i خیلی بیشتر از j است.
۷	اهمیت خیلی بیشتر	تجربه نشان می‌دهد که اهمیت i خیلی بیشتر از j است.
۹	اهمیت مطلق	اهمیت خیلی بیشتر نسبت به به طور قطعی به اثبات رسیده است
۲،۴،۶،۸	مقادیر متوسط بین دو قضاوت مجاور	هنگامی که حالت‌های میانه وجود دارد

در این پژوهش پس از محاسبه انواع خطاها در هر روش درون‌یابی، برای بدست آوردن بهترین روش درون‌یابی از مدل AHP و برای محاسبه آن از نرم افزار Expert Choice استفاده شد.

[1] - Bowen
[2] - Ngai
[3] - Taha
[4] - Ssrkis and Tailuri
[5] - Kunz
[6] - Poheker and Ramachadran
[7] - Dey
[8] - kholil

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.19.7]
[DOI: 10.52547/jgs.21.61.351]

نتایج

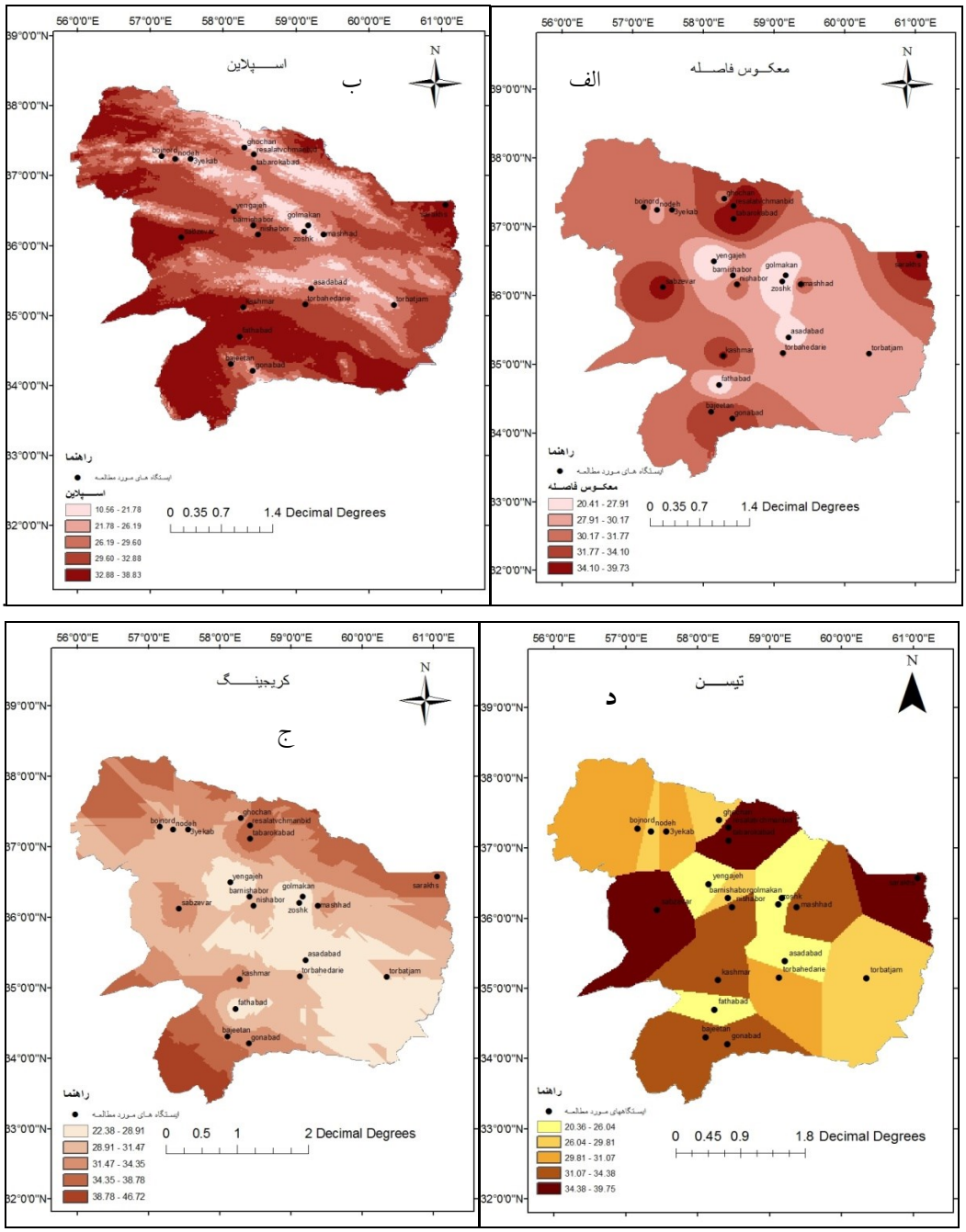
به منظور برآورد توزیع مکانی دمای تابستان در منطقه مورد مطالعه، ضروری بود تا قبل از پرداختن به تحلیل روش‌های درون‌یابی خصوصیات ذاتی دمای تابستان و نحوه عملکرد آن‌ها مورد بررسی قرار گیرد. بدین منظور وضعیت دما در سطح منطقه، ابتدا فراسنج های آماری ایستگاه‌های مورد مطالعه محاسبه شد جدول(۲).

جدول(۲). ویژگی های آماری دمای تابستان در ایستگاه های هواشناسی منتخب (۱۹۹۷-۲۰۱۷)

نام ایستگاه	میانگین	میانه	انحراف معیار	دامنه	حداقل	حداکثر	ضریب تغییرات
اسد آباد	۲۵/۳۱	۲۵/۳۲	۱/۴۹	۷/۵۸	۲۰/۵۰	۲۸/۰۸	۵/۸۹
بارنیشابور	۲۸/۶۹	۲۸/۶۳	۱/۱۴	۴/۰۸	۲۶/۶۹	۳۰/۷۷	۳/۹۷
بجستان	۳۴/۰۳	۳۴/۰۷	۰/۹۴	۴/۱۱	۳۱/۷۲	۳۵/۸۳	۲/۷۶
بجنورد	۳۰/۶۸	۳۴/۰۷	۰/۸۴	۳/۱۳	۲۸/۶۹	۲۱/۸۳	۲/۷۴
تبرک آباد	۳۷/۶۲	۳۸	۲/۶۹	۱۱/۶۶	۲۹/۵۰	۴۱/۱۶	۷/۱۵
تربت جام	۳۰/۰۱	۳۰/۳۱	۱/۷۶	۸/۲۴	۲۴/۲۶	۳۲/۵۰	۵/۸۶
تربت حیدریه	۳۰/۹۹	۳۱/۰۳	۰/۷۳	۳/۴۵	۲۹/۰۷	۳۲/۵۲	۲/۳۶
رسالت	۳۸/۹۷	۳۹/۳۳	۱/۵۵	۸	۳۳/۶۶	۴۱/۶۶	۳/۹۸
زشک	۲۰/۲۶	۲۰/۵۹	۱/۷۵	۸/۶۵	۱۳/۲۲	۲۱/۷۸	۸/۶۷
سبزوار	۳۵/۹۰	۳۵/۹۰	۰/۶۹	۲/۹۰	۳۴/۳۲	۳۷/۲۲	۱/۹۲
سرخس	۳۵/۶۴	۳۵/۷۰	۰/۷۳	۳/۱۱	۳۳/۷۱	۳۶/۸۲	۲/۰۵
سه یک آب	۳۴/۷۹	۳۵/۳۳	۲/۲۰	۶/۸۹	۳۰/۶۱	۳۷/۵۰	۶/۳۲
فتح آباد	۲۵/۵۳	۲۵/۵۶	۰/۸۱	۲/۹۴	۲۴/۱۵	۲۷/۰۹	۳/۱۷
قوچان	۳۰/۵۳	۳۰/۳۹	۱/۶۳	۸/۶۳	۲۸/۲۵	۳۶/۸۸	۵/۳۴
کاشمر	۳۴/۶۹	۳۴/۶۱	۰/۵۹	۲/۳۶	۳۳/۲۷	۳۵/۶۲	۱/۷۰
گلمکان	۲۶/۶۶	۲۶/۰۴	۱/۶۷	۵/۰۹	۲۴/۴۶	۲۹/۵۶	۶/۲۶
گناباد	۳۴/۲۵	۳۴/۳۱	۰/۶۷	۲/۳۷	۳۲/۵۷	۳۵/۳۰	۱/۹۶
مشهد	۳۲/۵۵	۳۲/۸۹	۰/۷۸	۳/۰۸	۳۰/۶۴	۳۳/۷۳	۲/۴۰
نوده	۲۸/۷۴	۲۸/۷۱	۱/۰۱	۴/۸۷	۲۶/۷۴	۳۱/۵۲	۳/۵۱
نیشابور	۳۲/۷۳	۳۲/۶۵	۰/۷۲	۳/۰۴	۳۱/۰۴	۳۴/۰۸	۲/۲۰
ینگجه	۲۰/۱۳	۲۰/۳۸	۳/۴۷	۱۸/۷۷	۵/۸۷	۱۹/۹۸	۱۷/۲۴

جهت ارزیابی و اعتبار سنجی روش های درون یابی نقشه های همدمای فصل تابستان برای هر سال ترسیم شد. با توجه به تعداد زیاد نقشه‌ها، فقط نقشه های سال ۲۰۱۷ در شکل(۲) نشان داده شده است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.19.7]
[DOI: 10.52547/jgs.21.61.351]



شکل(۲). نقشه‌های درون‌یابی دمای تابستان ۲۰۱۸ ، الف) اسپلاین ،ب) فاصله معکوس، ج) کریجینگ، د) تیسن

در روش کریجینگ تعداد نقاط همسایگی در محدوده جستجوی هشت قطاع، شامل ۵ نقطه که بایستی حداقل دو نقطه در درون‌یابی دخالت داشته باشند، صورت گرفت. بدین لحاظ و به منظور برازش توزیع‌های آماری، نیاز

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.19.7]
[DOI: 10.52547/jgs.21.61.351]

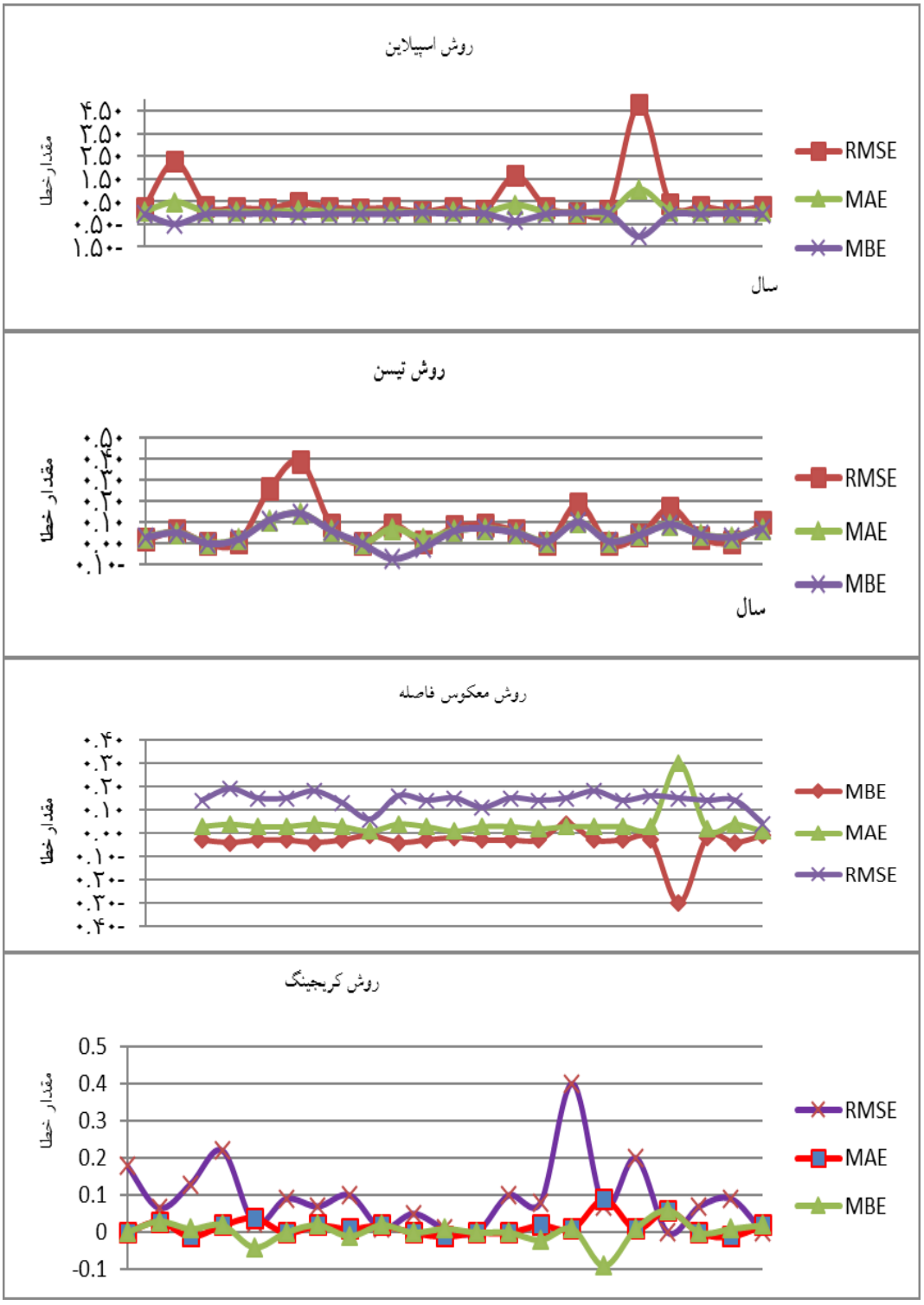
به آزمون بررسی نرمال بودن داده‌ها بود. لذا این آزمون در مورد داده‌ها انجام و در نهایت با استفاده از تبدیل Box – Cox داده‌ها نرمال گردیدند. تفاوت‌های فضایی در هر روش درون‌یابی آشکار است. برای اجرای روش IDW لازم بود پارامترهای توان فاصله، تعداد نقاط همسایگی و شعاع همسایگی بهینه شوند. بررسی تعداد نقاط و شعاع همسایگی نشان داد که روش IDW با تعداد نقاط ۱۲و شعاع حدود ۲۰۰کیلومتر کمترین خطا را در برآورد دمای تابستانه ایجاد می‌کند.

از آن‌جایی‌که برای هریک از ۲۱ سال دوره آماری مورد بررسی، نقشه درون‌یابی تهیه شد و ویژگی دمای پیش بینی شده هر نقشه به دقت بررسی گردید برای هر روش درون‌یابی به طور جداگانه جدول تهیه شد. جدول (۴). از آن‌جایی‌که مقدار ضریب تغییر پذیری، میزان پراکندگی به ازای یک واحد ازمیانگین را بیان میکند و ضریب تغییر پذیری بالا، نشان دهنده عدم نظم و غیر قابل پیش بینی بودن دمای تابستان می باشد، این پارمتر آماری و همچنین انحراف معیار برای هر چهار روش درون یابی در طی دوره آماری مورد بررسی، محاسبه گردید. جدول(۳).

جدول(۳). میانگین و تغییرپذیری دمای برآورد شده برای فصل تابستان توسط روش های مختلف

روش / سال	اسپلاین		معکوس فاصله		کریجینگ		تیسن	
	میانگین	تغییرپذیری	میانگین	تغییرپذیری	میانگین	تغییرپذیری	میانگین	تغییرپذیری
۱۹۹۷	۲۹/۵۹	۴/۳۶	۳۰/۵۳	۱/۸۰	۲۹/۷۹	۰/۵۷	۳۱/۵۸	۴/۰۲
۱۹۹۸	۲۰/۰۶	۵/۴۲	۳۰/۱۸	۲/۲۴	۲۹/۴۴	۰/۷۲	۳۱/۲۵	۴/ ۳
۱۹۹۹	۳۰	۴/۱۹	۳۱/۱۳	۱/۸۷	۳۰/۷۰	۰/۷۰	۳۲/۰۶	۳/۷۳
۲۰۰۰	۳۰/۵۹	۵/۲۱	۳۱/۵	۱/۸۰	۳۰/۸۳	۰/۵۷	۳۲/۹۵	۳/۵
۲۰۰۱	۲۹/۷۹	۴/۷۳	۳۰/۳۱	۱/۹۸	۲۹/۷۲	۰/۷	۳۲/۶۶	۳/۶
۲۰۰۲	۲۷/۶۹	۵/۷۳	۲۹/۴۶	۲/ ۱	۲۹/۱۲	۰/۸۹	۳۱/۳۶	۴/۰۳
۲۰۰۳	۲۸/۹۲	۴/۷۵	۲۹/۷۸	۲/۳	۲۹/۴۷	۰/۸۹	۳۰/۱۱	۴/۱۱
۲۰۰۴	۲۹/۴۳	۴/۷۳	۲۹/۹۸	۲/۱۷	۲۹/۴۰	۰/۹۲	۳۰/۴۱	۴/۷
۲۰۰۵	۳۰/۸۱	۵/۳۰	۳۱/۵۶	۲/۱۴	۳۰/۹۷	۰/۸۳	۳۱/۱۰	۴/۲۷
۲۰۰۶	۳۱/۶۲	۴/۷۱	۳۱/۰۶	۱/۸۵	۳۰/۵۶	۰/۶۰	۳۲/۶۷	۴/۲۹
۲۰۰۷	۳۰/۲۵	۵/۲۳	۳۱/۱۵	۱/۹	۳۰/۶۹	۰/۶۱	۳۱/۹۴	۳/۹۲
۲۰۰۸	۲۹/۹۴	۵/۷۲	۳۰/۴۵	۱/۸۹	۲۹/۸۳	۰/۵۹	۳۲/۱۶	۴/۲۲
۲۰۰۹	۲۳/۴۲	۴/۸۶	۳۰/۷۶	۲/۰۵	۳۰/۲۳	۰/۷۴	۳۱/۵۲	۳/۹۶
۲۰۱۰	۳۰/۱۳	۴/۵۹	۳۱/۰۱	۲/۰۲	۳۰/۶۱	۰/۹۸	۳۱/۷۴	۴/۲۰
۲۰۱۱	۲۹/۵۹	۵/۱۶	۳۰/۹۲	۱/۹۹	۳۰/۴۱	۰/۷۵	۳۲/۰۸	۴/ ۱
۲۰۱۲	۳۱/۲۲	۴/۶۴	۳۱/۶۷	۱/۷۹	۳۱/۲۲	۰/۹۶	۳۱/۸۵	۴/۱۵
۲۰۱۳	۱۹/۰۱	۵/۰۷	۳۰/۷۹	۲/۰۵	۳۰/۳۹	۰	۳۲/۷۱	۴/۱۸
۲۰۱۴	۲۹	۴/۹۶	۳۰/۵۱	۲/۲۱	۳۰/۳۳	۱/۴۱	۳۱/۸۶	۴/۲۳
۲۰۱۵	۳۰/۵۲	۴/۶۵	۳۰/۹۲	۱/۸۷	۳۰/۴۲	۰/۵۴	۳۱/۵۴	۴/۲۴
۲۰۱۶	۳۰/۵۲	۴/۶۵	۳۰/۷۴	۲/۰۸	۳۰/۲۳	۰/۷۶	۳۱/۹۷	۳/۹۳
۲۰۱۷	۲۹/۰۹	۴/۵۹	۳۰/۴۴	۱/۹۶	۳۰/۰۱	۰/۷	۳۱/۸۲	۴/۲۳
متوسط								

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.19.7]
[DOI: 10.52547/jgs.21.61.351]



شکل(۳). میزان خطای RMSE،MAEو MBEدر روش های مختلف درون یابی

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.19.7]
[DOI: 10.52547/jgs.21.61.351]

از آن‌جایی‌که خطاهای به‌دست آمده برای دوره آماری ۲۰ ساله محاسبه شده است، برای تعمیم اطلاعات حاصل شده آزمون ران تست بر روی مقادیر RMSE ، MAE و MBE در هر روش درون‌یابی نیز انجام گرفت. این آزمون فرض تصادفی بودن مانده‌ها را تأیید می‌کند جدول(۴).

جدول(۴). نتایج حاصل از آزمون ران تست مربوط به روش الف)کریجینگ، ب) معکوس فاصله، ج) تیسن، د) اسپلاین

Runs Test الف				Runs Test ب			
	RMSE	MAE	MBE		RMSE	MAE	MBE
Test Value[a]	.۰۸	.۰۲	.۰۲	Test Value[a]	.۱۵	.۰۳	-.۰۳
Cases < Test Value	۱۰	۱۰	۱۰	Cases < Test Value	۱۰	۳	۴
Cases >= Test Value	۱۱	۱۱	۱۱	Cases >= Test Value	۱۱	۱۸	۱۷
Total Cases	۲۱	۲۱	۲۱	Total Cases	۲۱	۲۱	۲۱
Number of Runs	۱۲	۱۲	۱۲	Number of Runs	۱۳	۶	۹
Z	.۰۱۱	.۰۱۱	.۰۱۱	Z	.۴۶۰	.۰۰۰	.۷۶۹
Asymp. Sig. (2-tailed)	.۹۹۱	.۹۹۱	.۹۹۱	Asymp. Sig. (2-tailed)	.۶۴۶	۱.۰۰۰	.۴۴۲
Runs Test ج				Runs Test د			
	RMSE	MAE	MBE		RMSE	MAE	MBE
Test Value[a]	.۰۶	.۰۵	.۰۴	Test Value[a]	.۲۴	.۰۵	-.۰۵
Cases < Test Value	۱۰	۱۰	۱۰	Cases < Test Value	۱۰	۱۰	۱۰
Cases >= Test Value	۱۱	۱۱	۱۱	Cases >= Test Value	۱۱	۱۱	۱۱
Total Cases	۲۱	۲۱	۲۱	Total Cases	۲۱	۲۱	۲۱
Number of Runs	۱۴	۱۴	۱۲	Number of Runs	۱۱	۱۱	۱۲
Z	.۹۰۸	.۹۰۸	.۰۱۱	Z	.۰۰۰	.۰۰۰	.۰۱۱
Asymp. Sig. (2-tailed)	.۳۶۴	.۳۶۴	.۹۹۱	Asymp. Sig. (2-tailed)	۱.۰۰۰	۱.۰۰۰	.۹۹۱

انتخاب روش درون یابی در درجه اول به طبیعت متغیر و تغییرات مکانی آن وابسته است. هرچند تحت تأثیر عوامل دیگری نیز می باشد، ارائه یک قانون صحیح و عام برای انتخاب یک روش بسیار دشوار است. در این پژوهش برای دستیابی به این مهم سه روش اعتبارسنجی برای هر روش درون یابی مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفت. نتایج نهایی و میانگین هریک از روش های اعتبار سنجی در جدول(۵) آمده است.

جدول(۵). میانگین هر یک از خطاهای مورد ارزیابی در روش های درون یابی

روش درون یابی	RMSE	MAE	MBE
اسپلاین	۰/۵۹	۰/۰۱	-۰/۱
تیسن	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۰۴
کریجینگ	۰/۱۰	۰/۰۲	۰/۰۱
معکوس فاصله	۰/۱۴	۰/۰۳	-۰/۰۲

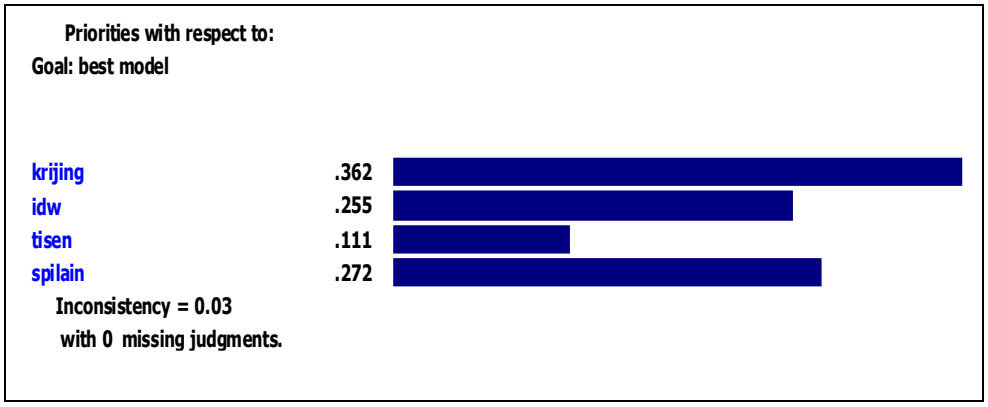
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.19.7]
[DOI: 10.52547/jgs.21.61.351]

نتایج حاصل از روش تحلیل فرآیند سلسله مراتبی

در اولین اقدام، وزن معیارها تعیین می‌شود. این وزن‌ها، با توجه به اهمیت معیارها در مقابل یکدیگر، نسبت به هدف "انتخاب بهترین روش درون‌یابی" تعیین می‌شود. ابتدا معیارهای لایه‌های اصلی با یکدیگر مقایسه می‌شوند. جدول مقایسه زوجی معیارهای لایه‌های اصلی در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد و شکل (۴) وزن‌های محاسبه شده معیارها در نرم افزار Expert Choice را نشان می‌دهد. جدول(۶).

جدول(۶). مقایسه زوجی معیارهای اصلی برای انتخاب بهترین روش درون یابی

معیارهای درون یابی	کریجینگ	فاصله معکوس	تیسن	اسپلاین	وزن
کریجینگ	۱	۲	۳	۲	۰/۱۰۸
فاصله معکوس	-	۱	۳	۲	۰/۱۹۰
تیسن	-	-	۱	۲	۰/۲۵۸
اسپلاین	-	-	-	۱	۰/۴۴۵



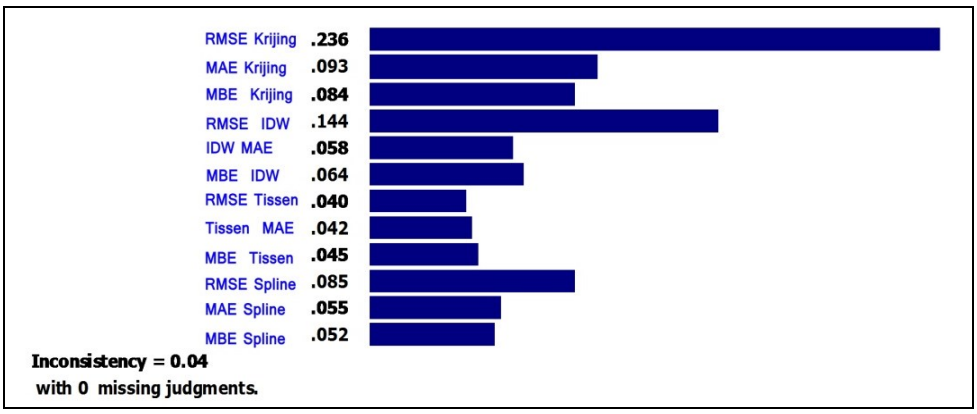
شکل(۴). وزن‌های محاسبه شده برای روشهای درون‌یابی

با توجه به این‌که برای هر معیار، زیر معیارهایی تعریف شده است، در این مرحله، برای وزن‌دهی به زیر معیارها، دو به دو آن‌ها با هم مقایسه می‌شوند. بدین صورت برای هر کدام از زیر معیارها، به طور جداگانه مقایسه زوجی انجام می‌گیرد. در ادامه به طور جداگانه به بررسی و ارزیابی هر یک از زیر معیارها پرداخته شده است. در این پژوهش، خطاهای محاسبه شده برای هر روش درون یابی به عنوان زیرمعیار در تعیین بهترین روش درون یابی مورد وزن دهی قرار گرفت. جدول(۷) مقایسه زوجی زیر معیار اقلیمی را نشان می‌دهد و شکل(۵) نمودار وزن‌های محاسبه شده را نشان می‌دهد.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.19.7]
[DOI: 10.52547/jgs.21.61.351]

جدول(۷). مقایسه زوجی زیر معیارها

روش درونیابی	خطاهای ارزیابی شده	زیرمعیار	۰/۱۰	۰/۰۲	۰/۰۲۵	۰/۱۴	۰/۰۳۱	-۰/۰۲۷	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۵۹	۰/۰۱۳	-۰/۱۳	وزن
کریجینگ	RMSE	۰/۱۰	۳	۴	۳	۴	۴	۵	۵	۵	۲	۴	۴	۴	۰/۲۳
	MAE	۰/۰۲	-	۲	۲	۲	۲	۳	۲	۲	۳	۱	۱	۱	۰/۰۹
	MBE	۰/۰۲۵	-	-	۳	۲	۲	۳	۲	۲	۲	۲	۱	۱	۰/۰۸
معکوس فاصله	RMSE	۰/۱۴	-	-	-	۳	۳	۴	۴	۴	۱	۲	۱	۱	۰/۱۴
	MAE	۰/۰۳۱	-	-	-	-	۲	۲	۱	۲	۲	۲	۱	۱	۰/۰۵
	MBE	-۰/۰۲۷	-	-	-	-	-	۲	۱	۱	۳	۲	۱	۱	۰/۰۶
تیسن	RMSE	۰/۰۸	-	-	-	-	-	۲	۳	۱	۲	۲	۱	۲	۰/۰۴۰
	MAE	۰/۰۵	-	-	-	-	-	-	۲	۱	۲	۲	۱	۲	۰/۰۴۲
	MBE	۰/۰۴	-	-	-	-	-	-	-	۲	۱	۲	۲	۱	۰/۰۴۵
اسپلاین	RMSE	۰/۵۹	-	-	-	-	-	-	-	-	۱	۲	۱	۱	۰/۰۸۵
	MAE	۰/۰۱۳	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۲	۱	۱	۰/۰۵۵
	MBE	-۰/۱۳	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۲	۲	۰/۰۵۲



شکل(۵). وزن‌های محاسبه شده برای زیرمعیارها

نتیجه گیری

بررسی نقشه‌های دمای فصل تابستان، که توسط چهار روش درون‌یابی اسپیلاین، تیسن ، معکوس فاصله و کریجینگ تهیه گردید، نشان داد که دما در این فصل از سال در منطقه شمال شرق از شمال به جنوب و از شرق به غرب افزایش می‌یابد. از دلایل بالا بودن مقدار دما در غرب منطقه مورد مطالعه می‌توان به ارتفاع پست آن و افزایش قابل ملاحظه تابش خورشید و همچنین فرارفت هوای گرم از نواحی ایران مرکزی اشاره کرد که در فصل تابستان دما را به حداکثر ممکن می‌رساند. به طور کلی با عبور از سمت غرب به شرق و بالا رفتن نسبی ارتفاع متوسط، مقدار دما کاهش می‌یابد.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.19.7]
[DOI: 10.52547/jgs.21.61.351]

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت بر اساس معیار ریشه میانگین مربعات خطا(جدول(۱۰))، به ترتیب روش تیسن، کریجینگ، معکوس فاصله و اسپلاین قرار گرفته اند. بر اساس معیار بیشینه مطلق خطا، روش کریجینگ بهتر از سایر روش‌ها دمای تابستان را برآورد کرده است. بر اساس معیارMBE نیز روش کریجینگ بهتر از سایر روش‌ها می‌باشد و می‌توان از آن برای درون‌یابی دما استفاده نمود.

پس از تعیین ضرایب اهمیت هریک از معیارها(روش های درون یابی)، و زیر معیارها(خطاهای محاسبه شده در هر روش درون یابی)، در روش AHP از تلفیق ضرایب اهمیت مزبور، امتیاز نهایی هر یک از معیارها تعیین گردید. برای این کار از «اصل ترکیب سلسله مراتبی» ساعتی که منجر به بردار اولویت، با در نظر گرفتن همه قضاوت‌ها در تمامی سطوح سلسله مراتبی می‌شود، استفاده خواهد شد (برتولونی، ۲۰۰۶، ۴۲۳). رابطه (۹) بیانگر نحوه‌ی محاسبه امتیاز نهایی گزینه‌ها می‌باشد رابطه(۹).

$$= \sum_{k=1}^{n} \sum_{i=1}^{m} w_k w_i (gij)$$

رابطه(۹).

که در آن: wk ضریب اهمیت معیار k، wi ضریب اهمیت زیر معیار i، gij امتیاز گزینه j در ارتباط با زیر معیار i (زیر دست، ۱۳۸۰، ۱۸). یکی از مزیت‌های فرایند سلسله مراتبی این است که میزان سازگاری مقایسه‌های انجام شده را مشخص می‌کند. این نرخ نشان می‌دهد که تا چه اندازه می‌توان به اولویت‌های حاصل از اعضای گروه یا اولویت‌های جدول‌های ترکیبی اعتماد کرد. تجربه نشان داده است که اگر نرخ سازگاری (C.R۱) کمتر از ۰/۱۰ باشد، می‌توان سازگاری مقایسه‌ها را پذیرفت؛ در غیر این‌صورت باید مقایسه‌ها مجددا انجام گیرد (مرنو و جیمنز۲، ۲۰۰۵، ۱۰۳). با توجه به ضرایب تعیین شده برای هریک از روش‌های درون‌یابی نرخ سازگاری محاسبه شده۰/۰۳ می‌باشد که از دقت بالای انتخاب وزن‌ها و صحت انجام این روش حکایت دارد. براساس روش AHP نیز بهترین روش برای درون‌یابی دمای تابستان روش کریجینگ بوده که بیشترین وزن را به خود اختصاص داده است و دارای بیشترین وزن در بین سایر روش‌های درون‌یابی می‌باشد.

1 -capability Ratio
2 - Moreno-Jimenez

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.19.7]
[DOI: 10.52547/jgs.21.61.351]

منابع

ادب، حامد؛ فلاح قالهری، غلامعباس؛ بیاتی، رضا. (۱۳۸۷). **ارزیابی روش های میانیابی کریجینگ و رگرسیون خطی بر پایه DEM در تهیه نقشه های همبارش سالانه در استان خراسان رضوی**، همایش ژئوماتیک ۱۳۸۷.

امیدوار، کمال؛ یونس خسروی. (۱۳۸۸.) **ارزیابی روش کریجینگ در تعیین مدلی بهینه جهت پایش شاخص بارندگی استاندارد در محیط GIS مطالعه موردی(استان یزد)**، دومین همایش ملی اثرات خشکسالی و راهکارهای مدیریت آن، اصفهان، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان.

ثقفیان ،.بهرام و سعید رحیمی بندرآبادی. (۱۳۸۴). **مقایسه روش‌های درون‌یابی و برو یابی برای برآورد توزیع مکانی مقدار باندگی سالانه**، تحقیقات منابع آب ایران، (۲): ۸۴-۷۴.

ثقفیان، بهرام؛ رزمخواه، هما؛ قرمزچشمه، باقر. (۱۳۹۰). **بررسی تغییرات منطقه‌ای بارش سالانه با کاربرد روش‌های زمین آمار(مطالعه موردی: استان فارس)** مجله مهندسی منابع آب، سال ۴(۹): ۲۹-۳۸.

جاوری، مجید(۱۳۸۹) **شیوه‌های تجزیه و تحلیل کمی در اقلیم شناسی؛ با تأکید بر مدل‌های روند**، انتشارات پیام رسان.

حسنی پاک، علی اصغر(۱۳۸۰) **تحلیل داده‌های اکتشافی**، انتشارات دانشگاه تهران.

حمیدیان پور، محسن؛ سلیقه، محمد؛ فلاح قالهری، غلامعباس. (۱۳۹۲). **کاربرد انواع روش‌های درون‌یابی به منظور پایش خشکسالی،مورد: استان خراسان رضوی**، جغرافیا و توسعه، ۳۰: ۵۷-۷۰.

عساکره، حسین. (۱۳۸۷). **کاربرد روش کریجینگ در میان‌یابی بارش مطالعه موردی: میان‌یابی بارش ۱۳۷۶/۱۲/۲۶ درایران زمین**. فصلنامه جغرافیا و توسعه، ۶(۱۲): ۲۵-۴۲.

فرجی سبکبار، حسنعلی؛ عزیزی، قاسم. (۱۳۸۵). **ارزیابی میزان دقت روش‌های درون‌یابی فضایی: مطالعه موردی: الگو سازی بارندگی حوزه کارده مشهد**.پژوهش‌های جغرافیایی، ۵۸: ۱-۱۵.

قهرودی تالی، منیژه. (۱۳۸۴). **سیستم اطلاعات جغرافیایی در محیط سه بعدی**، انتشارات جهاد دانشگاهی، واحد تربیت معلم.

میرموسوی, سیدحسین, میریان, مینا. (۱۳۹۰). **کاربرد روش‌های زمین آمار در مطالعات توزیع مکانی بارش (مطالعهٔ موردی: استان کرمان)**. نشریه جغرافیا و برنامه ریزی، ۱۶(۳۸): ۱۵۳-۱۷۸.

Augustijn, E. W. **Interpolations. International Institute for Geo-information Science and Earth Observation, Spatial Information Theory and Applied Computer Science Division**.

Bertolini, M, M, Braglia (2006). **Application of the AHP methodology in making a proposal for a public work contract**, 17 January.

Bowen, William M, (1990). **Subjective judgments and data environment analysis in site selection, Computer, Environment and Urban Systems**, 14, 133-144.

Burrough ،P. A. and R. A. McDonnell (1998). **Principles of Geographical Information Systems, Oxford University Press**.

Chang, K.F, C.M, Chiang, P.C, Chou (2005). **Adapting aspects of GB Tool 200- searching for suitability in Taiwan**, Building and Environment 42, 310-316.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.19.7]
[DOI: 10.52547/jgs.21.61.351]

Cheng, C.H (1996). **Evaluating Naval Tactical Missile Systems by Fuzzy AHP Based on the Grade Value of Membership Function**. European Journal of Operational Research, 96: 343-350.

Dey, P.K, E.K, Ramachadran (2007). **Analytic hierarchy process helps select site for limestone quarry expansion in Barbados**, Journal of Environmental Management. Pp. 1384-1395.

Gold, C. M. (1991). **Problems with handling spatial data: the Voronoi approach**. Canadian Institute of Surveying and Mapping Journal, 45:65 -80

Goodal CL,Aber JD,Olliner SV **Mapping monthly precipitation, temperature, and solar radiation for Ireland with polynomial regression and a digital elevation model**, Climate Research,(1991)10:35.

Goovaerts P (2000). **Geostatistical approaches for incorporating elevation into the spatial interpolation ofrainfall**, J. Hydrol. 228.

Heywood،Ian.Sara Cornelius،Steve Carver،(1999). **An introduction to Geographical Informatiob Systems** ،Longman.

Indonesia, International Journal of Environmental Engineering Science and Technology Research, 1(7), 98-109.

Johnston K., VerHoef J.M., Krivoruchko K., and Lucas N (2001). **Using ArcGIS Geostatistical Analyst- GIS by ESRI**, United States of America.

Kholil, Rahma Octaviani, (2013). **Application of AHP Method for selecting the best strategy to reduce environmental damage caused by non-metallic mining Case study in Gunungkidul Regency**, Yogyakarta,

Kunz, J. (2010). **The Analytic Hierarchy Process (AHP), Eagle City Hall Location Options Task Force**, pp.1-25.

Kurtzman D, Kadmon R (1999). **Mapping of temperature variable in Israel, A comparison of different interpolation method.** Climate research; 13: 33-44.

Lloyd, C. D (2005). **Assessing the effect of integrating elevation data into the estimation of monthly precipitation in Great Britain**. J Hydrol308B:128-150

Luo W., Taylor M.C., and Parker S.R (2008). Acomparison of spatial interpolation methods to estimate continuous wind speed surface susing irregularly distributed data from England and Wales, Int. J. Climatol. 28.

Mallawaarachchi, T., Walker, P. A., Young, M. D., Smyth, R. E., Lynch, H. S., Dudgeon, G(1996). **GIS-based integrated modeling systems for natural resource management.** Agricultural Systems, 50:169-189

Moreno-Jimenez, J.M., et al (2005). **A spreadsheet module for consistent consensus building in AHP-group decision-making, Group Decision and Negotiation** 14 89–108.

Ngai, E.W.T (2003). **Selection of web sites for online advertising using the AHP, Information & Management** 40, 233-242.

Poheker, S.D. & Ramachadran, M (2004). **Application of Multi-Criteria Decision Making to Sustainable Energy Planning**. A Review Renewable and Sustainable Energy Reviews, 8: 365-381.

Price,D.T.,DW.Mckenny,IA,Nedler,M.F . **Hutchinson and J.L .Kesteven, A comparison of two Statistical Methods for interpolation**.Canadian Monthly Mean climate Data. Agriculture and Forest (2000).101(2-3)81-94.

Sarkis, J. & Talluri, S. (2004). **Evaluating and Selecting E-Commerce Software and Communication Systems for a Supply Chain** .European Journal of Operational Research, 159: 318-329

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.19.7]
[DOI: 10.52547/jgs.21.61.351]

Sarra S.A (2006). **Integrated multiquadric radial basis function Approximation methods**.Comput Math App l51(8).
Taha, H.A (2003). **Operations Research. Pearson Education Inc. Fayetteville**
Tewolde GT, Beza TA, Costa AC, Painho M (2010). **Comparison of Different interpolationtechniques to map temperature in the southernregion of Eritrea**. International Conference on GeographicInformation Science (AGILE), Guimaraes, Portugal
Zhao, C., Nan, Z., Cheng, G., 2005. **Methods for modeling of temporal and spatial distribution of air temperature at landscape scale in southern Qilian mountains, China**. Ecolo Model .189-209:220.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.19.7]
[DOI: 10.52547/jgs.21.61.351]