فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای، سال چهارم، شماره ۱۳، بهار ۱۳۹۳
دریافت: ۱۳۹۲/۱/۱۷- پذیرش: ۱۳۹۲/۷/۱۰
صص ۱۳۲-۱۲۱

طبقه‌بندی دما و بارش در ایران‌زمین با استفاده از روش‌های زمین‌آمار و تحلیل خوشه‌ای

محمود خسروی[۱]: دانشیار آب و هواشناسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران
مهدی دوستکامیان: کارشناس ارشد آب و هواشناسی دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
سید حسین میرموسوی: استادیار آب و هواشناسی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
علی بیات: دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
احسان بیگ رضایی: کارشناس ارشد آب و هواشناسی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

چکیده

زمین‌آمار یکی از مهم‌ترین روش‌های برآورد توزیع مکانی پدیده‌های جغرافیایی به‌ویژه بارش و دما می‌باشد؛ چرا که برآورد دقیق آنها در بسیاری از علوم مانند هیدرولوژی، جغرافیا، کشاورزی و آبیاری حائز اهمیت می‌باشد. در این مطالعه به منظور دست‌یابی به بهترین روش درون‌یابی دما و بارش ایران از روش‌های زمین‌آمار کریجینگ ساده (SK)، کریجینگ معمولی (OK) و کریجینگ عام (UK) استفاده شده است. در این راستا برای دست‌یابی به این مقصود ۱۸۰ ایستگاه همدیدی و کیلیماتولوژی کشور که دارای بیشترین طول دوره آماری بوده‌اند، در محدوده کشور انتخاب شد. سپس برای انجام این پژوهش ماتریسی با ابعاد ۱۱۸×۱۰۹ ایجاد گردید و به‌عنوان پایگاه داده‌ای در این تحقیق مورد استفاده واقع شد. پس از مشخص شدن بهترین روش میان یابی به‌منظور طبقه‌بندی از تحلیل خوشه استفاده شد. برای تجزیه تحلیل داده‌ها و ترسیم نمودارها از نرم‌افزارهای ArcGIS, SPSS و MATLAB بهره گرفته شد. یافته‌ها نشان داد که روش کریجینگ ساده از نوع نمایی و کریجینگ معمولی از نوع کروی بهترین روش برای میان یابی و درون‌یابی بارش و دما می‌باشد. نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای بروی یاخته‌های دما و بارش پنج پهنه اقلیمی را مشخص نمود که این مناطق عبارت است از: معتدل گرم - سرد و نیمه‌خشک ° معتدل مرطوب ° گرم خشک ° بسیار گرم و خشک.

واژه‌های کلیدی: ایران، روش‌های زمین‌آمار، تجزیه خوشه‌ای، دما، بارش.

[۱]. نویسنده مسئول: Khosravi@gep.usb.ac.ir ، ۰۹۱۵۱۴۱۲۲۸۱

بیان مسأله:

پهنه‌بندی اقلیمی اغلب بر مبنای استفاده از متغیرهای مختلف اقلیمی صورت می‌گیرد تا بدین‌وسیله نقش تمامی متغیرهای اقلیمی در تعیین اقلیم مناطق در نظر گرفته شود. برای طبقه‌بندی اقلیم از عناصر آن بهره گرفته می‌شود (عزیزی و همکاران، ۱۳۸۶)؛ زیرا نمود غالب اقلیم با عناصر آن است. در طبقه‌بندی از صفاتی که برآیند سایر صفات می‌باشند استفاده می‌شود. طبقه‌بندی بر اساس ویژگی‌های خاص و با هدف خاصی صورت می‌گیرد. افرادی در یک گروه قرار می‌گیرند که بیشترین تشابه و همانندی را با یکدیگر و کم‌ترین تشابه را با افراد سایر طبقات داشته باشند (علیجانی و همکاران، ۱۳۸۵). یکی از مؤثرترین عوامل بر حیات یک منطقه، نوع اقلیم آن است لذا شناخت نوع اقلیم یک منطقه و عناصر غالب مؤثر بر آن که تعیین‌کننده اقلیم آن منطقه است. لذا پهنه‌بندی اقلیمی (شناسایی پهنه‌هایی که دارای آب‌وهوای یکسانی باشند) جهت دستیابی به توسعه همه‌جانبه در ابعاد مختلف مکانی ° زمانی ضروری می‌باشد. (مسعودیان و همکاران، ۱۳۹۰: ۲۷).

با استفاده از روش‌های زمین‌آمار مطالعات زیادی در خارج انجام شده است. برای مثال گوارتز به تحلیل مکانی بارش ماهانه و سالانه بر اساس تخمین یک متغیره با استفاده از روش‌های تیسن، عکس مجذور فاصله، کریجینگ و متغیر مستقل ارتفاع پرداخت (Goovaerts, 2001)، جیفری و همکاران در استرالیا، با ایجاد یک شبکه منظم ۰/۰۵ درجه‌ای از روش TPSS برای میان یابی متغیرهای اقلیمی روزانه و از روش کریجینگ معمولی برای میان یابی بارندگی ماهانه و روزانه استفاده کرده‌اند (Jeffrey & et al, 2000). و لینچ روش های تبدیل بارندگی روزانه نقطه به منطقه را در آفریقای جنوبی بررسی کرده و از بین روش های عکس وزنی فاصله، کریجینگ و اسپلاین، روش عکس وزنی فاصله را توصیه نموده است (Lynch, 2001). روش های زمین‌آمار و تکنیک های چند متغیره کمتر باهم مورد بررسی قرار گرفتند اما با استفاده از تحلیل خوشه‌ای برای طبقه‌بندی اقلیمی مطالعات زیادی انجام شده است که برای جلوگیری از حجم زیاد فقط به چند نمونه آن اشاره شده است: جی لی براو[1] و همکاران (۲۰۱۲)، با استفاده از داده‌های بارش ۳۵ تا سال ۴۰ برای ۳۴۹ ایستگاه مکزیک به روش تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی K-Mean و با چرخش واریماکس در نهایت دو گروه بارشی را برای مکزیک ارائه دادند. در مطالعه‌ای دیگر تراسووا[2] و همکاران (۲۰۰۷)، با استفاده از داده‌ها مربوط به ازن سطحی طی ۲۰۰۴-۱۹۹۰ در ناحیه برون‌حاره و به‌کارگیری تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی از نوع انباشتی، در نهایت ۶ طبقه مجزا را برای ازن روزانه و فصلی، در این منطقه مشخص نمودند. کاسمینوس[3] و همکاران تیپ های همدید سال‌های ۱۹۹۹- ۱۹۵۴ در آتن شناسایی کردند سپس ارتباط این تیپ های هوا را با ویژگی های کیفی هوا مورد بررسی قراردادند (Kassomenos & et al, 2003: 309-324). در زمینه طبقه‌بندی اقلیمی ایران با استفاده از روش های زمین‌آمار تا حالا مطالعه‌ای انجام نشده است، اما مطالعات متعددی به صورت پراکنده به طور جداگانه از تحلیل خوشه‌ای و روش‌های زمین‌آمار استفاده شده است. برای مثال گل محمدی و همکاران (۱۳۸۷) در تحقیقی با عنوان منطقه‌ای نمودن رواناب در استان همدان از روش های زمین‌آماری و GIS استفاده کرده‌اند. بدین منظور با استفاده از داده‌های آماری یک دوره ۱۱ ساله تعداد ۱۸ ایستگاه آب‌سنجی موجود در منطقه و ۱۱ نقطه اضافی کمکی، به‌کارگیری نقشه رقومی استان، تغییرات مکانی ضریب جریان سالانه را برآورد نموده‌اند. در این پژوهش، روش کوکریجینگ عمومی با مدل دایره‌ای به‌عنوان بهترین روش زمین‌آمار شناخته شد. از این نظر، روش‌های کوکریجینگ معمولی و ساده با مدل دایره‌ای، باهم همسان و برابر بوده و در مرتبه بعدی قرار گرفتند. در همین رابطه آرخی و همکاران (۱۳۸۸) کارایی روش‌های زمین‌آماری را در تعیین مناطق مساعد برای کشت گندم دیم در استان تهران مورد مطالعه قرار داده‌اند. در این پژوهش آمار ۲۱ ساله بارندگی ۴۲ ایستگاه سازمان هواشناسی استان تهران و ۳۶ ایستگاه تبخیر سنجی وزارت نیرو (تماب) را با استفاده از روش های زمین‌آماری مانند کریجینگ، کوکریجینگ و میانگین متحرک وزنی (توان ۱ تا ۵) مورد ارزیابی قرار داده و نقشه‌های مربوطه در محیط GIS رسم گردید. نتایج بررسی نشان داد که روش کوکریجینگ معمولی در برآورد بارندگی با احتمال وقوع ۹۰ درصد، روش کریجینگ ساده در برآورد بارش بهاره و دما با احتمال وقوع ۹۰ درصد، روش کوکریجنگ

[1] .J.L.Bravo
[2] .Tarasova
[3].Kassomenos

ساده در برآورد تبخیر با احتمال وقوع ۹۰ درصد و روش کریجینگ ساده در برآورد بارش با احتمال وقوع ۹۰ درصد مناسب می‌باشد. در مطالعه‌ای دیگر دوستکامیان و همکاران به شناسایی و طبقه‌بندی عوامل موثر بر اقلیم جنوب و جنوب غرب ایران با استفاده از تحلیل خوشه‌ای و تحلیل ممیزی پرداخته‌اند. برای این کار از ۱۵ پارامتر اقلیمی و ۱۷ ایستگاه همدیدی با ماتریسی با ابعاد ۱۵*۲۶۶۹ استفاده شده است. نتایج نشان داد که سه پهنه اقلیمی: منطقه بارش متوسط، متمایل به کم بارش با دمای گرم و رطوبت زیاد، منطقه بارش کم با دمای بهنجار و رطوبت کم و منطقه بارش زیاد با دمای بهنجار و رطوبت متوسط شناسایی شد (دوستکامیان و همکاران، ۱۳۹۲: ۲). در همین زمینه مسعودیان و همکاران در بررسی پهنه‌بندی بارش غرب و شمال غرب ایران به روش تحلیل خوشه‌ای از داده‌های بارش روزانه ۱۶۹ ایستگاه در منطقه مورد مطالعه طی دوره آماری ۵۳ سال استفاده نموده‌اند، پس از تشکیل ماتریس (۱۶۹×۳۶۶) جهت درون‌یابی بارش کل پهنه از روش کریجینگ استفاده نمودند؛ که با انجام تحلیل خوشه‌ای بر روی فواصل اقلیدسی ماتریس به روش وارد، سه ناحیه بارشی متفاوت مشخص گردید که مناطق کم بارش، پر بارش و متوسط بارش را شامل می شود (مسعودیان و همکاران، ۱۳۹۰). در مطالعه‌ای دیگر خسروی و آرمش (۱۳۸۹) با استفاده از روش تحلیل عاملی و تحلیل خوشه‌ای به پهنه‌بندی اقلیمی استان مرکزی پرداخته‌اند. برای این کار یک ماتریس ۲۱ در ۲۹ شامل ایستگاه همدیدی هواشناسی و ۲۹ متغیر اقلیمی تشکیل داده‌اند. نتایج حاصل از تحلیل عاملی نشان داد که اقلیم متأثر از ۶ مؤلفه غباری- برودتی، بارشی، ابرناکی ° نمی، گرمای، بارشی سرمایشی و ابرناکی و تندری می‌باشد. مؤلفه‌های یادشده حدود ۹۰ درصد آب و هوای منطقه را تبیین می‌کند. نتایج حاصل از تحلیل خوشه وجود هفت ناحیه آب و هوایی را در منطقه نشان داد. در همین زمینه مزیدی و همکاران (۱۳۸۸) در مطالعه‌ای به‌منظور پهنه‌بندی اقلیمی استان یزد با استفاده از روش تحلیل عاملی از چهل دو متغیر اقلیمی استفاده کرد. بررسی‌های ایشان نشان داد که پنج عامل اول ۹۲/۸۲ درصد پراش متغیرهای اولیه را بیان می‌کند این عوامل عبارت‌اند از بارش، دمای گرمایشی، گردوغبار، باد و رطوبت که به ترتیب ۳۴/۷۰، ۳۲/۷۴، ۸/۹۲، ۷/۱۱ و ۶/۳۹ درصد از تغییرات را نشان می‌دهد و همچنین برای استان یزد شش تا پهنه اقلیمی متفاوت بیان کرد. حیدری و علیجانی (۱۳۷۸) با استفاده از تکنیک های آماری چند متغیره با طبقه‌بندی اقلیمی ایران پرداخته‌اند. وی یک دسته ۹ متغیر آب و هوایی را در ۴۳ ایستگاه همدیدی کشور با استفاده از تحلیل خوشه‌ای و تحلیل عاملی مورد مطالعه قرار داده‌اند. روش تحلیل عاملی سه عامل رطوبت و دما و جهت‌گیری باد را نشان داد. آنها با استفاده از تکنیک گروه‌بندی فاصله‌ای ایران را به ۶ ناحیه همگن تقسیم نمودند و در مرحله بعد ۱۲ زیر ناحیه اقلیمی شناسایی شد. دین‌پژوه و همکاران (۱۳۸۲) روش‌های چند متغیره آماری را در راستای پهنه‌بندی اقلیم بارش ایران به‌کار گرفته‌اند، ایشان ۵۷ متغیر مربوط به بارش را در ۷۷ ایستگاه کشور برای دوره آماری ۱۹۵۶ تا ۱۹۹۸ استخراج نموده و از بین آن‌ها ۱۲ متغیر با روش پیشنهادی کرزانوفسکی انتخاب و کل سطح کشور به شش ناحیه همگن و یک ناحیه غیر همگن تفکیک نمودند. با توجه به آنچه که گفته شد طبقه‌بندی اقلیمی با استفاده از روش‌های نوین زمین‌آمار بر روی دما و بارش در ایران مطالعه انجام نشده است ازاین‌رو در این مطالعه برای دسته یابی به اقلیم دقیق ایران از روش‌های زمین‌آمار استفاده شده است.

مواد و روش تحقیق:

در این مطالعه به‌منظور پهنه‌بندی اقلیمی ایران آمار سالانه دما و بارش از سازمان هواشناسی کشور استخراج گردیده و سپس به‌منظور طبقه‌بندی تبدیل به نقاط شبکه‌ای گردیده است. کلیه آمار مورد استفاده آغاز ۱۳۵۰ خاتمه آنها تا سال ۱۳۸۹ می‌باشد. تعداد ایستگاه‌های مورد استفاده ۱۸۰ ایستگاه همدید و کلیماتولوژی می‌باشد. با توجه به اینکه ارزش و دقت اطلاعات دانسته‌های اقلیمی با طول دوره آماری بیشتر نتایج بهتر و دقیق تری می‌دهد. برای دستیابی به این منظور در این پژوهش ایستگاه‌های انتخاب‌شده‌اند که بیشترین طول دوره آماری را دارند. کلیه مراحل و روش کار با استفاده از روش‌های زمین‌آمار در محیط GIS انجام شده است. پس از مرتب‌سازی و کنترل کیفی داده‌ها با استفاده از تفاضلی کردن و تبدیل باکس ° کاکس، ماتریس‌هایی به ابعاد ۲ در ۱۸۰ از متغیرها برای هر سال تشکیل گردید. در ماتریس مذکور متغیرها در ۲ ستون و ایستگاه‌ها در ۱۸۰ ردیف جای گرفتند در این مطالعه برای هر سال داده‌های بارش و دما به روش های زمین‌آمار میان یابی انجام شده است بدین ترتیب ۳۹ جدول و نقشه برای هر عنصر که در مجموع ۷۸ نقشه و جدول مشابه آنچه که در جدول ۲ و ۳ و شکل ۱ و ۲

آورده شد، تولید شده است. با ترسیم نقشه هر پارامتر برای هر سال در مجموع ۷۸ نقشه تولید گردید که پس از تبدیل به داده و انجام عمل میانگین‌گیری در نهایت ماتریسی با ابعاد ۲×۷۱۸۸ ایجاد گردید و به‌عنوان پایگاه داده‌ای در این تحقیق مورد استفاده واقع شد. بدین‌صورت که هر ستون متعلق به یک متغیر می‌باشد. پس از تعیین بهترین روش‌های زمین‌آمار جهت تخمین دما و بارش، به‌منظور پهنه‌بندی و طبقه‌بندی اقلیمی از تحلیل خوشه‌ای استفاده شد در این مرحله با استفاده از تجزیه خوشه‌ای سلسله مراتبی و به کمک روش «وارد» یک تحلیل خوشه‌ای بر روی ماتریسی به ابعاد ۱۱۸ ×۱۰۹ در ایران‌زمین انجام گرفت. فاصله میان هر یک از یاخته‌ها با یاخته‌های دیگر از طریق فاصله اقلیدسی مشخص گردیده است و پس از حذف کردن یاخته‌های بیرون از ایران در نهایت تحلیل خوشه‌ای بر یک ماتریس ۷۱۸۸ ×۲ انجام گرفت و پس از استخراج خوشه‌ها برای تعیین تعداد خوشه مناسب آزمون اختلاف میانگین استفاده شد. در این مطالعه به‌منظور طبقه‌بندی اقلیمی دما و بارش از روش‌های زمین‌آمار کریجیگ (ساده، معمولی و عام) استفاده شده است. تحلیل خوشه‌ای مجموعه کثیری از داده‌ها را بر حسب فاصله آنها به خوشه یا دسته‌های کوچک‌تری تقسیم می‌کند. هدف اصلی روش خوشه‌بندی ایجاد گروه‌ها و طبقاتی است که تنوع درون‌گروهی آنها کمتر از تنوع و تفرق بین گروهی می‌باشد (کالکستین ۱۹۸۷: ۷۱۷- ۷۳۰). تحلیل خوشه‌ای در مطالعات اقلیمی غالباً برای محاسبه درجه ناهمانندی (همانندی) از فاصله اقلیدسی استفاده می‌شود. محاسبه آن به‌صورت زیر می‌باشد:

$$d(r,s) = \frac{n_r n_s {d_{rs}}^2}{n_r+n_s} \quad (۱)$$

در اینجا ${d_{rs}}^2$ فاصله بین گروه r است که به روش وارد به‌دست آمده باشد. در این روش یک عضو خوشه‌ای قرار می‌گیرد که واریانس درون خوشه جدید کمترین مقدار ممکن باشد (خسروی‌و نظری پور، ۱۳۸۹). با بهره‌گیری از سنجش فاصله به روش اقلیدسی و انجام ادغام وارد در نهایت به ترسیم نمودار درختی پرداخته شد.

روش و معیار ارزیابی:

روش‌های مختلف میان یابی بر اساس روش‌های ارزیابی متقابل بررسی و ارزیابی می‌شوند، سپس مقدار حذف‌شده با انجام روش‌های میان یابی که مراحل آن در بالا آورده شده برآورد و تخمین زده می‌شود. در ابتدا برای انجام میان یابی موزون در ابتدا می‌بایست پهنه مورد بررسی به طور منظم شبکه‌بندی شود سپس با تکرار عملیاتی میان یابی برای نقاط تلافی شبکه ارزش مقداری نقاط مجهول برآورده شود (حسنی پاک، ۱۳۸۹: ۳۴۵)؛ بنابراین برای ارزیابی این خطاها روش‌های متعدی وجود دارد. یکی از روش‌های معتبر به نام روش‌های متوالی موسوم است این روش بر اساس تکرار مراحل زیر صورت می‌پذیرد (عساکره، ۱۳۸۷: ۴۲-۲۵):

الف) حذف یک نقطه معلوم از مجموع داده‌ها، ب) به‌کارگیری نقاط باقیمانده برای برآورده نقطه حذف‌شده، ج) محاسبه خطای برآورد، د) تکرار مراحل فوق برای تمامی نقاط معلوم

آماره‌های تشخیصی شامل ریشه دوم مربعات خطا (RMS) و مقدار استاندار شدگان (SRMS) به‌صورت زیر محاسبه می‌شوند (قهروردی و همکاران، ۱۳۸۱: ۹۵ ° ۱۰۸):

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{I=1}^{N}(Z^*(X_I) - Z(X_I))} \quad (۲)$$

$$RMSS = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{I=1}^{N}\frac{(Z^*(X_I)-Z(X_I))}{S^2}} = \frac{RMS}{S} \quad (۳)$$

$$MAE = \frac{1}{N}\sum_{I=1}^{N}|Z^*(X_I) - Z(X_I)| \quad (۴)$$

$$MBE = \frac{1}{N}\sum_{I=1}^{N}(Z^*(X_I) - Z(X_I)) \quad (۵)$$

در این فرمول

$Z^*(X_I)$: مقدار برآورده شده مقدار مورد نظر

$Z(X_I)$: مقدار اندازه‌گیری شده داده مورد نظر یا به عبارتی مقدار داده واقعی یا اولیه

N : تعداد داده‌ها

S : واریانس خطا

بهترین برآورد باید کمترین RMS را داشته باشد و SRMS باید به یک نزدیک تر باشد اگر SRMS برابر با یک باشد به این معنی می‌باشد که RMS برابر با S می‌باشد. بنابراین خطای استاندارد برآورد اندازه مناسب و موثق از عدم قطعیت برآورد است (عساکره ۱۳۸۷، ۴۲-۲۵). بااین‌وجود RMS در تمامی روش‌های قابل برآورد است اما SRMS تنها در روش کریجینگ قابل‌محاسبه و برآورد است (کلانتری و همکاران، ۱۳۸۸).

بحث و یافته‌های تحقیق:

جدول شماره ۱ مشخصات آماری دما، بارش سالانه را در پهنه ایران‌زمین نشان می‌دهد. با توجه به این جدول میانگین دمای سالانه ۱۹/۴ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

جدول ۱- مشخصات توصیفی دما و بارش در پهنه‌ی ایران‌زمین

مشخصات آماری		دما	بارش
نمایه‌های مرکزی	میانگین	۱۹/۱۴	۲۵۳/۲۸
	انحراف از میانگین	/۰۵	۲/۳۲
	میانه	۱۸/۲۴	۱۹۹/۶۵
	مد	۶/۱۳	۵۰/۵۳
نمایه‌های پراکندگی	دامنه تغییرات	۲۲/۵۴	۱۷۳۵/۱۲
	واریانس	۲۱/۰۸	۳۸۵۶۷/۳۵
	انحراف معیار	۴/۵۸	۱۹۶/۳۸
نمایه‌های شکل توزیع	چولگی	/۱۵۳	۲/۳۳
	انحراف از چولگی	/۰۲۹	/۰۲۹
	کشیدگی	-/۶۴۹	۷/۸۹
	انحراف از کشیدگی	/۰۵۷	/۰۵۷
آستانه‌ها	چارک اول	۱۵/۹۲	۱۰۹/۹۶
	چارک دوم	۱۸/۹۰	۱۹۹/۷۶
	چارک سوم	۲۲/۱۰	۳۲۵/۷۳
	صدک ۹۵	۲۲/۱۰	۳۲۵/۷۳
حد بالا و حد پایین	بیشینه	۲۸/۶۸	۱۷۸۸/۶۲
	کمینه	۶/۱۳	۵۳/۵۰

منبع: یافته های میدانی تحقیق، ۱۳۹۱.

دامنه تغییرات دما و بارش به ترتیب ۲۲/۵۴ درجه سانتی‌گراد و ۱۷۳۵/۱۲ میلی‌متر می‌باشد که این مقدار برای هر سه پارامتر بالاتر از میانگین سالانه کشور می‌باشد که این خود بیانگر اختلاف زیاد در امتداد مکان طی دوره مورد مطالعه اختلاف زیادی می‌باشد. در این اختلاف ایستگاه‌های شمالی بیشترین تأثیر را دارند. برای مثال نیمه جنوبی کشور به علت نزدیکی به خط استوا و همچنین اینکه ورود سیستم های غربی به شمال و شمال غرب کشور به لحاظ هم دما و بارش تأثیر زیادی دارد. همان طوری که از جدول بالا هم بر می‌آید مد، میانه و میانگین فاصله زیادی باهم دارند که این خود بیانگر عدم همگنی

منطقه به لحاظ دما، بارش می‌باشد. انداز ه پراش گویایی چگونگی توزیع مشاهدات می‌باشد. میزان پراش برای هر دما و بارش نشان می‌دهد که تغییرپذیری آنها بسیار شدید می‌باشد، در این بین بارش بیشترین تغییرپذیری را دارد. یا به عبارتی این سه عامل بیشترین تغییرات را در تعیین نوع اقلیم پهنه ایران‌زمین دارا می‌باشد. همچنین انحراف معیار برای دما ۴/۶ و برای بارش ۱۹۶/۲۶ می‌باشد. بنابراین در محدوده مورد مطالعه انحراف از میانگین برای دما اندک و برای بارش زیاد می‌باشد. آستانه‌ها یا به عبارتی چندک‌های برای شناخت نواحی گرم، بهنجار و سرد به کار می‌روند، بنابراین دما و بارش پایین تر از ۲۵ در صد آن به ترتیب جزء کمینه‌ها، بین چارک اول و چارک سوم را به‌عنوان بهنجار در نهایت بالاتر از چارک سوم بیشینه به حساب می‌آید. بالا بودن چولگی و کشیدگی بیانگر توزیع نابهنجار دما و بارش در محدوده مورد مطالعه می‌باشد. همان طوری‌که مشاهده می‌شود میزان تغییرات بارش در منطقه مورد مطالعه نسبت به دما و رطوبت بیشتر می‌باشد. بنابراین می‌توان گفت که عامل مهم در تبیین اقلیم در این نواحی بارش و در مرحله بعدی دما و رطوبت می‌باشد.

ارزیابی روش‌های زمین‌آمار:

نتایج ارزیابی روش‌های مختلف درون‌یابی برای بارش و دما در جدول ۲و ۳ ارائه شده است. همان طور که دیده می‌شود روش‌هایی که جهت برازش استفاده شده است، شامل کریجینگ معمولی، ساده و عام با مدل‌های دایره‌ای[1]، گوسی[2]، کروی[3]و نمایی[4]می‌باشد. با بهره‌گیری از معیارهای خطا، به ارزیابی صحت و دقت آنها پرداخته‌شده و نتایج ارزیابی روش‌های مختلف درون‌یابی در جدول (۲ و ۳) ارائه شده است. با توجه به نتایج حاصل از بررسی‌ها مشخص شد که بهترین روشی و مدلی که قادر به توجیه درون‌یابی بارش می‌باشد، نوع کریجینگ ساده با مدل نمایی دارای کمترین خطای RMSE با رقم ۱۱۸/۶ و دارای ضریب تبیین ۰/۵۶۸ می‌باشند، که به دلیل بالا بودن ضریب تبیین بالا نسبت به بقیه مدل‌های این روش، به‌عنوان بهترین مدل این روش انتخاب می‌شود و برای دما، بهترین روش و مدل، نوع کریجینگ معمولی با مدل دایره‌ای (کروی) با کمترین خطای RMSE با رقم ۱۱۸/۴ و دارای ضریب تبیین ۰/۵۷ می‌باشند که به دلیل بالا بودن ضریب تبیین، نسبت به بقیه مدل های این روش مناسب‌ترین، شناخته شد که به‌صورت نقشه در شکل شماره ۱ و ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- نتایج ارزیابی روش‌های درون‌یابی زمین‌آمار برای بارش

روش	مدل - تابع	MAE	MBE	ASE	RMSS	RMS	معادله خط رگرسیون
sky	دایره‌ای	۴۵۷/۶	-/۷۱	۲۶۶/۳	/۹۹	۲۵۴/۸۳	$Y = .59\ X + 211.12$
	کروی	۴۶۵/۶	/۵۰	۲۶۲/۰۳	۱/۰۲	۲۵۴/۹۹	$Y = .58\ X + 212.72$
	نمایی	۳۹۱/۷	/۳۸	۲۶۲/۸	۱/۰۱	۲۵۳/۵۲	$Y = .56\ X + 212.06$
	گوسی	۵۶۸/۵	/۶۷	۲۵۹/۷	۱/۰۶	۲۵۶/۷	$Y = .60\ X + 208.9$
ok	دایره‌ای	۴۴۶/۱	/۹	۲۵۱/۱	۱/۰۶	۲۶۶/۱۸	$Y = .23\ X + 267.9$
	کروی	۳۷۷/۳	-/۵	۲۵۱/۵۵	۱/۰۳	۲۶۲/۹	$Y = .20X + 280.3$
	نمایی	۴۲۶/۶	/۳	۲۴۷/۳	۱/۰۲	۲۶۲/۰۰۹	$Y = .17\ X + 289$
	گوسی	۳۲۲/۵	-/۳	۲۶۶/۳	۱/۱۹	۲۶۹/۶	$Y = .21\ X + 278$
uk	دایره‌ای	۴۵۷/۶	/۷۱	۲۶۶/۳	/۹۹	۲۵۴/۸	$Y = .59\ X + 132.12$
	کروی	۴۶۵/۶	/۵۰	۲۶۲/۰۳	۱/۰۲	۲۵۴/۹۹	$Y = .58\ X + 136.7$
	نمایی	۳۹۱/۷	/۳۸	۲۶۲/۸	۱/۰۱	۲۵۳/۵	$Y = .58\ X + 137.7$
	گوسی	۵۵۸/۵	/۶۷	۲۵۹/۷	۱/۰۶	۲۵۶/۷	$Y = .60\ X + 129.9$

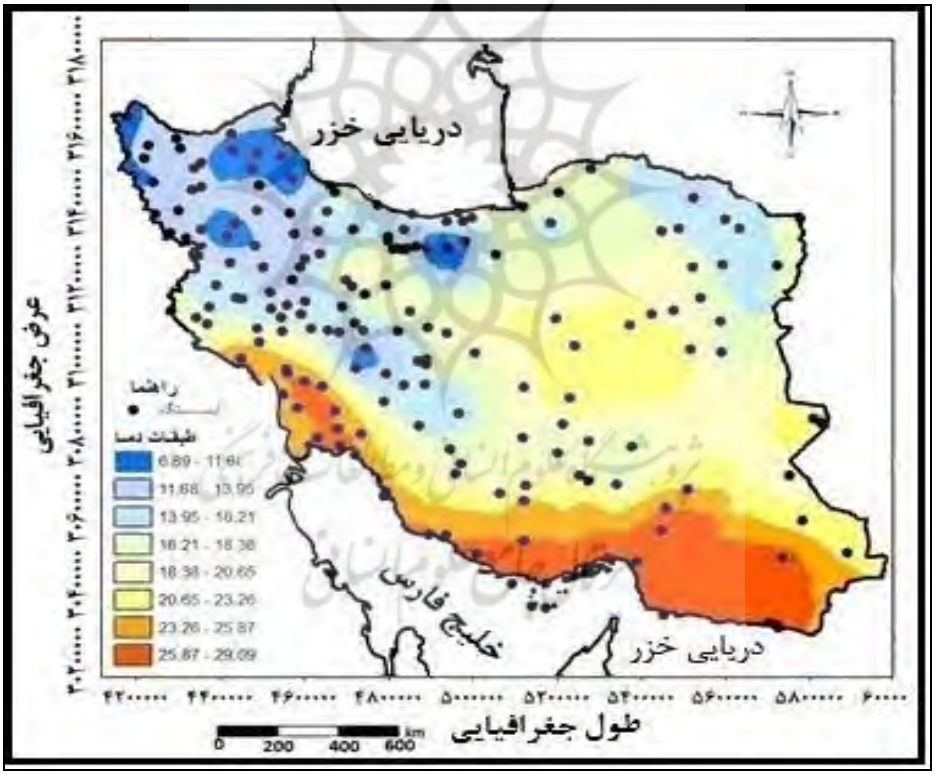
منبع: یافته های تحلیلی تحقیق، ۱۳۹۱.

[1]. Circular Model
[2]. Gaussian Model
[3]. Spherical model
[4]. Exponential model

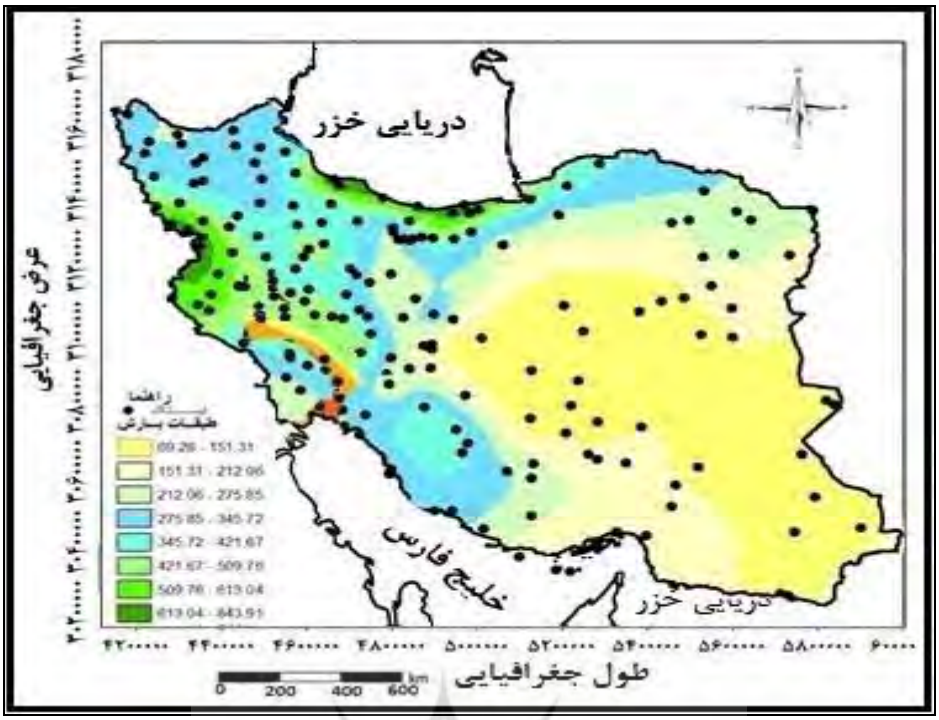
جدول ۳- نتایج ارزیابی روش‌های درون‌یابی زمین‌آمار برای دما

روش	مدل - تابع	MAE	MBE	ASE	RMSS	RMS	معادله خط رگرسیون
sk	دایره‌ای	۵/۸۳	-/۰۰۴۳	۲/۵۷	/۹۹	۲/۴۱	$Y = .86\ X + 2.40$
	کروی	۵/۸۶	/۰۰۲۴	۲/۵۴	۱/۰۲	۲/۴۲	$Y = .86X + 2.39$
	نمایی	۵/۹۱	/۰۰۹۱	۲/۵۱	۱/۰۵	۲/۴۳	$Y = .96X + 2.38$
	گوسی	۵/۹۵	/۰۰۸۹	۳/۵۳	/۸۴	۲/۴۴	$Y = .87X + 2.52$
ok	دایره‌ای	۶/۰۴	-/۰۰۳۴۳	۳/۰۵	/۸۱	۲/۴۶	$Y = .81X + 3.27$
	کروی	۴/۹۷	-/۰۰۳۱	۲/۹۹	/۸۲	۱/۴۵	$Y = .72X + 3.18$
	نمایی	۵/۹۱	-/۰۱۷۵	۲/۹۳	/۸۳	۲/۴۳	$Y = .836X + 2.99$
	گوسی	۷/۹۶	/۰۱۷۶	۳/۱۷	/۸۳	۲/۶۳	$Y = .77X + 5.96$
uk	دایره‌ای	۵/۹۳	/۰۱۶	۲/۳۹	/۹۹	۲/۴۳	$Y = .86X + 2.40$
	کروی	۵/۹۷	/۰۲۳	۲/۵۲	۱/۰۴	۲/۴۴	$Y = .86X + 2.38$
	نمایی	۶/۹	/۰۲۹	۲/۵۱	۱/۰۶	۲/۴۴	$Y = .86X + 2.37$
	گوسی	۶/۰۸	/۰۰۶۴	۲/۵۳	۱/۰۱	۲/۴۵	$Y = .86X + 2.35$

منبع: یافته های تحلیلی تحقیق، ۱۳۹۱.

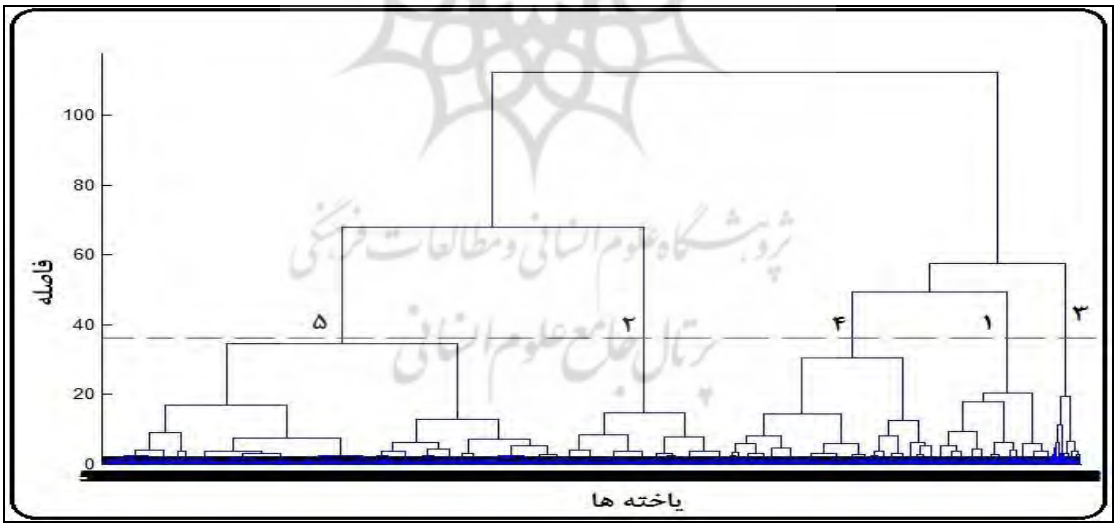


شکل ۱ - تخمین سطح میانگین دمای ایران روش کریجینگ معمولی با مدل کروی



شکل ۲- تخمین سطح میانگین بارش ایران روش کریجینگ ساده با مدل نمایی

پس از تعیین بهترین روش‌های زمین‌آمار جهت تخمین دما و بارش، به‌منظور پهنه‌بندی و طبقه‌بندی اقلیمی از تحلیل خوشه‌ای استفاده شد. بر این اساس مشخص گردید که ایران از لحاظ دما و بارش به ۵ خوشه تقسیم می‌شود. (شکل شماره ۳). در این شکل خط مشکی رنگ ضخیم تعداد ناحیه یا گروه‌ها را مشخص می‌کند.



شکل ۳- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای به روش وارد بروی یاخته‌های حاصل از روش زمین‌آمار

*خط مشکی رنگ ضخیم تعداد ناحیه یا گروه‌ها را مشخص می‌کند.

خوشه‌بندی و تجزیه و تحلیل یافته‌ها:

خوشه ۱: (منطقه معتدل گرم): منطقه با بارش زیاد همراه با دمای زیاد متمایل به متوسط:

این بخش از منطقه ۱۱/۸ درصد از مساحت ایران که معادل ۱۹۷۳۳۸/۳۹ کیلومترمربع می‌باشد را تشکیل می‌دهد. گروه یک قسمت اعظمی از کوه‌های زاگرس، ارتفاعات اصفهان و قسمتی از کوه‌های شمال شرق کشور را تشکیل می‌دهد، میانگین

بارش و دما در این خوشه ۴۳۲/۴۷ و ۱۹/۸ می‌باشد. (جدول شماره ۴). ویژگی دمایی این ناحیه گذشته از ارتفاع کم، کمبود ابر و عرض جغرافیایی پایین با گسترش کم‌فشار گنگ مرتبط می‌باشد (مسعودیان، ۱۳۹۱: ۹۰). چولگی برای بارش و دما مثبت می‌باشد؛ و این بیانگر این است که مساحت های کمتر از میانگین بیشتر از مساحت های بالاتر از میانگین می‌باشد یا به عبارتی توزیع بارش چوله به راست می‌باشد. کشیدگی هم برای دما و هم برای بارش منفی می‌باشد که نشان از زیاد بودن داده‌های فرین در این خوشه می‌باشد.

خوشه ۲: (سرد و نیمه‌خشک): منطقه با بارش متوسط و دمای کم:

این خوشه نشان‌دهنده منطقه با بارش متوسط و دمای کم (سرد و نیمه‌خشک) می‌باشد. این خوشه بخش‌های از شمال غرب کشور، دامنه‌های جنوبی البرز، قسمت‌های از شمال شرق کشور و شمال شرقی ارتفاعات زاگرس را تشکیل می‌دهد. این پهنه دارای بارشی با میانگین ۳۷۷/۸ میلی‌متر بوده؛ ولی باید در نظر داشت که هر پیکسل در مکان به طور متوسط ۱۲۸/۳ میلی‌متر با میانگین بارش فاصله دارد. همچنین میانگین دما ۱۳/۷ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. اما به طور متوسط هر پیکسل ۱/۷۴ درجه سانتی‌گراد از میانگین دما فاصله دارد. داده‌های بارش در این خوشه دارای چولگی مثبت بوده که نشان‌دهنده آن می‌باشند که فراوانی مساحت‌های کمتر از میانگین بیشتر بوده اما در پهنه پیکسل‌های دما دارای چولگی منفی بوده که نشانگر این مطلب بوده که مساحت‌های بالاتر از میانگین بیشتر می‌باشد (چوله به چپ). از لحاظ شکل توزیع داده‌ها، می‌توان گفت که داده‌ها در این خوشه تغییرات مکانی زیادی ندارند. در کل می‌توان گفت که این خوشه ۳۴۶۳۰۲/۲۵ کیلومترمربع از مساحت کشور (۲۱/۰۱٪) را به خود اختصاص داده است. (جدول شماره ۴).

خوشه ۳: (منطقه معتدل و مرطوب): منطقه با بارش بسیار زیاد و دمای متوسط: این خوشه شامل قسمت‌های شمالی و ارتفاعات البرز (سواحل جنوبی دریای خزر)، شمال غربی کردستان (بانه و مهاباد) و قسمت‌های جنوب غربی آذربایجان غربی (سردشت)، خرم‌آباد و شهرکرد می‌باشد. این خوشه باوجود اینکه نسبت به سایر خوشه‌های دیگر از توزیع پراکندگی بیشتری برخورداراست ولی کمترین مساحت را (۲/۸۹۳ در صد معادل ۴۷۶۹۸/۷۶ کیلومترمربع) را دارا می‌باشد. (جدول شماره ۴). در این خوشه متوسط دما و بارش به ترتیب ۱۵/۴ درجه سانتی‌گراد و ۹۷۳/۹ میلی‌متر می‌باشد اما به طور متوسط هر پیکسل مکانی دما و بارش به ترتیب ۲/۰۹ درجه سانتی‌گراد و ۲۳۳/۷۹ میلی‌متر با میانگین مکانی این خوشه فاصله‌دارند. چولگی برای بارش مثبت و برای دما منفی می‌باشد. داده‌های بارش در این خوشه نسبت به داده‌های دما از توزیع همگن تری برخوردارند.

خوشه ۴: (منطقه گرم خشک): منطقه‌ای با بارش کم و دمای بسیار زیاد:

این پهنه دارای بارشی با میانگین ۱۸۴/۲ میلیمتر می‌باشد به‌طوری‌که به طور متوسط هر پیکسل ۶۵/۷۵ میلی‌متر با میانگین بارش در پهنه فاصله دارد. در پهنه میانگین ۲۶/۴ درجه سانتی‌گراد می‌باشد، ولی به طور متوسط هر پیکسل ۱/۱۸ سانتی‌گراد با میانگین دما فاصله دارد. این نواحی در مقایسه با دیگر نواحی از دامنه دمایی کمتری برخوردار است. در حقیقت این ناحیه بخش حاره‌ای ایران بشمار می رود وزش گرم، کمبود ابر و جو سرشار از رطوبت از ویژگی های اصلی این منطقه بشمار می رود (مسعودیان، ۱۳۹۱: ۹۱). در داده‌های یارش چولگی مثبت می‌باشد (چوله به راست) که نشان‌دهنده این مطلب می‌باشد که مساحت یا پهنه‌های کمتر از میانگین بیشتر از پهنه‌های بالاتر از میانگین می‌باشد. ولی در داده‌های دما درست برعکس بارش می‌باشد. شکل توضیح داده‌ها در این خوشه بیانگر این است که داده‌های فرین برای هر دو عنصر بارش و دما در مکان زیاد می‌باشد. این خوشه شامل قسمت های جنوب غربی کشور ایلام و خوزستان، سواحل شمالی در یای عمان و خلیج‌فارس را در بر می‌گیرد به‌طوری که ۱۷/۱ درصد (معادل ۲۸۱۵۷۷/۶۴ کیلومترمربع) از مساحت کشور را در بر می‌گیرد. (جدول شماره ۴).

خوشه ۵: (منطقه بسیار گرم و خشک): منطقه با بارش بسیار کم و دمای زیاد: این پهنه دارای بارشی با میانگین ۱۳۲/۸ میلی‌متر بوده است ولی باید در نظر داشت که به طور متوسط هر پیکسل ۵۹/۴۶ میلی‌متر با میانگین فاصله دارد در این خوشه میانگین دما ۱۹/۲ درجه سانتی‌گراد بوده است (جدول شماره ۴)؛ اما باید توجه داشت که به طور متوسط هر پیکسل در مکان ۲/۱۵ درجه سانتی‌گراد با میانگین مکانی دما در این خوشه فاصله دارد. چولگی برای دما و بارش مثبت بوده است. بر عکس خوشه چهار دما و بارش از توزیع همسانی برخوردارند. این خوشه قسمت‌های مرکزی و تا حدودی شمال شرق کشور را با

مساحتی حدود ۴۷/۰۳۸ درصد (معادل ۷۷۵۲۷۷/۹۶ کیلومترمربع) را به خود اختصاص داده است، و از لحاظ وسعت بزرگ‌ترین خوشه می‌باشد. ازاین‌رو می‌توان گفت که حدود نیمی از کشور را منطقه بسیار گرم خشک تشکیل می‌دهد.

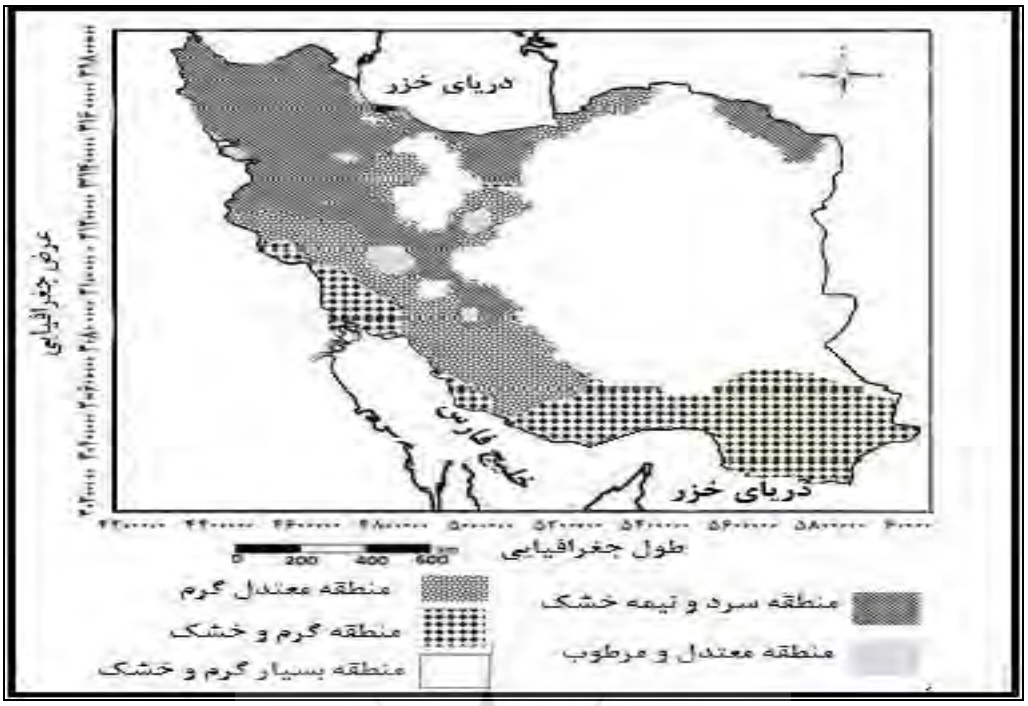
جدول ۴- بعضی از مشخصات توصیفی آماری دما و بارش برای خوشه‌های مختلف

		بارش					دما				
		منطقه معتدل گرم	سرد و نیمه‌خشک	منطقه معتدل و مرطوب	منطقه گرم خشک	منطقه بسیار گرم و خشک	منطقه معتدل گرم	سرد و نیمه‌خشک	منطقه معتدل و مرطوب	منطقه گرم خشک	منطقه بسیار گرم و خشک
میانگین		۴۳۲/۴۸	۳۷۷/۷۹	۹۷۳/۹۳	۱۸۴/۱۸	۱۳۲/۸۰	۱۹/۸۳	۱۳/۱۷	۱۵/۳۸	۲۶/۴۲	۱۹/۲۳
مد		۲۴۹/۶۵	۲۰۵/۶۳	۷۱۱/۶۰	۹۳/۱۱	۵۳/۵۰	۱۴/۸	۶/۱۳	۱۰/۱۶	۲۳/۹۱	۱۳/۷۰
انحراف معیار		۱۰۶/۴۸	۱۲۸/۳۱	۲۳۳/۷۹	۶۵/۷۵	۵۹/۴۶	۲/۶۱	۱/۷۴	۲/۰۹	۱/۱۸	۲/۱۵
چولگی		/۶۰۸	۱/۰۲۸	۱/۴۳۱	/۶۶۵	/۹۶۳	/۴۲	-/۵۰۸	-/۴۳۹	-/۰۸۴	/۰۷۷
کشیدگی		-/۶۰۵	/۱۵	۱/۶۵۱	-/۴۳۹	/۱۸۳	-/۸۶۹	/۲۴۹	-/۱۷۳	-۱/۰۵۳	-/۶۶۵
کمینه		۲۴۹/۶۵	۲۰۵/۶۳	۷۱۱/۶	۹۳/۱۱	۵۳/۵	۱۴/۸	۶/۱۳	۱۰/۱۶	۲۳/۹۱	۱۳/۷
بیشینه		۷۲۰/۱	۷۵۰/۲۳	۱۷۸۸/۶۲	۷۸/۳۹۲	۳۳۶/۳	۲۶/۱۳	۱۷/۵۶	۲۰/۱	۲۸/۶۸	۲۴/۳۶
خوشه	اول	۳۴۸/۱۸	۲۷۸/۶۹	۸۰۴/۱۶	۱۲۴/۱۳	۸۶/۰۳	۱۷/۸۰	۱۲/۰۳	۱۴/۰۴	۲۵/۴۵	۱۷/۵۱
	دوم	۴۰۳/۶۲	۳۳۵/۷۲	۸۸۸/۷۱	۱۷۵/۴۰	۱۱۲/۳۹	۱۹/۱۴	۱۳/۲۵	۱۵/۷۱	۲۶/۴۱	۱۹/۲۶
	سوم	۵۰۸/۶۷	۴۵۶۰/۴۸	۱۱۰۱/۱۸	۲۲۱/۷۰	۱۷۱/۹۱	۲۲/۰۱	۱۴/۵۴	۱۶/۷۳	۲۷/۴۹	۲۰/۷۵
مساحت (کیلومتر)		۱۹۷۳۳۸/۹	۳۴۶۳۰۲/۵	۴۷۶۹۸/۶	۲۸۱۵۷۷/۴	۷۷۵۲۷۷/۶	۱۹۷۳۳۸/۹	۳۴۶۳۰۲/۵	۴۷۶۹۸/۶	۲۸۱۵۷۷/۴	۷۷۵۲۷۷/۶
مساحت (درصد)		۱۱/۹۳	۲۱/۰۱	۲/۸۳	۱۷/۰۴	۴۷/۰۸	۱۱/۹۳	۲۱/۰۱	۲/۸۳	۱۷/۰۴	۴۷/۰۸

منبع: یافته های تحلیلی تحقیق، ۱۳۹۱.

نتیجه‌گیری:

گاهی اوقات به دلایل مختلف از جمله نبود ایستگاه‌های هواشناسی کافی و یا تازه تأسیس بودن ایستگاه‌ها اطلاعات مناسبی در مورد بارندگی و دما منطقه مطالعاتی در اختیار نبوده و از طرفی بدون چنین داده‌هایی امکان برنامه‌ریزی صحیح میسر نیست. به همین خاطر امروزه روش‌های مختلفی جهت درون‌یابی پارامترهای اقلیمی همانند بارش به‌کار گرفته می‌شوند. در این تحقیق برخی از روش‌های درون‌یابی به‌منظور برآورد بارندگی و دما در پهنه ایران‌زمین به‌کار گرفته شد.روش مناسب در ارزیابی روش‌های زمین‌آماری در توزیع فضایی عنصر بارش، مدل نمایی از نوع کریجینگ ساده است که در مقایسه با دیگر روش‌ها با توجه میزان معیارهای خطا (MAE،RMSE،MBE) و ضریب تبیین (R^2) نتایج بهتری را نشان داده است، برای دما روش کریجینگ معمولی از نوع مدل کروی انتخاب شد. پس از انتخاب بهترین روش تخمین دما و بارش در پهنه ایران‌زمین جهت شناسایی پهنه‌های همگن دما و بارش به روش تحلیل خوشه‌ای ماتریسی به ابعاد ۱۱۸×۱۰۹ ایجاد گردید. با استفاده از روش تحلیل خوشه‌ای ۵ ناحیه برای ایران شناسایی شد: ۱- منطقه معتدل گرم منطقه با بارش زیاد ۲- منطقه با بارش متوسط و دمای کم، ۳- منطقه معتدل و مرطوب (بارش بسیار زیاد و دمای متوسط) ۴- منطقه گرم خشک (بارش کم و دمای بسیار زیاد) ۵- منطقه بسیار گرم و خشک (بارش بسیار کم و دمای زیاد). دراین بین بیشتر مساحت ایران را (۴۷/۰۳۸ درصد) مناطق بسیار گرم و خشک تشکیل می‌دهد. (شکل شماره ۴).



شکل ۴- نقشه طبقه‌بندی اقلیمی ایران‌زمین به روش تحلیل خوشه

منابع و مأخذ:

۱. آرخی، صالح، حجام، سهراب و محمد لطفی (۱۳۸۸): «کارایی روش های زمین‌آمار در تعیین مناطق مساعد برای کشت گندم دیم با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی استان تهران»، همایش و نمایشگاه ژئوماتیک، تهران.

۲. حسنی پاک، علی‌اصغر (۱۳۸۹): زمین‌آمار (ژئواستاتیستیک)، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوم، تهران.

۳. حیدری، حسن و بهلول علیجانی (۱۳۸۷): «طبقه‌بندی اقلیمی ایران با استفاده از تکنیک های آماری چند متغیره»، فصلنامه پژوهش های جغرافیایی، شماره ۳۷، تهران، صص ۷۴-۵۷.

۴. خسروی، محمود و محسن آرامش (۱۳۹۱): «پهنه‌بندی اقلیمی استان مرکزی با استفاده از تحلیل عاملی و تحلیل خوشه‌ای»، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، شماره ۲، اصفهان، صص ۱۰۰-۸۷.

۵. دوستکامیان، مهدی، بیات، علی و آرزو اسدی (۱۳۹۲): «شناسایی و طبقه‌بندی عوامل مؤثر بر اقلیم جنوب و جنوب غرب ایران با تأکید بر روش‌های آماری چند متغیر»، سومین همایش بین‌المللی سمپوزیوم جغرافیا و برنامه‌ریزی آنتالیا- ترکیه ۱۳ ° ۱۰ ژوئیه ۲۰۱۳.

۶. دین‌پژوه، یعقوب، فاخری فرد، احمد، مقدم واحد، محمد، جهانبخش، سعید و میرکمال میرنیا (۱۳۸۲): «انتخاب متغیرها به منظور پهنه‌بندی اقلیم بارش ایران با روش‌های چند متغیره»، مجله کشاورزی ایران، جلد ۳۴، شماره ۴، تهران، صص ۸۲۳-۸۰۹.

۷. عزیزی، قاسم و طیب رضیئی (۱۳۸۶): «منطقه بندی رژیم بارشی غرب ایران با استفاده از روش‌های تحلیل مؤلفه‌های اصلی و خوشه‌بندی»، مجله تحقیقات منابع آب ایران، سال سوم شماره ۲، تهران.

۸. عساکره، حسین (۱۳۸۷): «کاربرد روش کریجینگ در میان یابی بارش»، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۱۲، زاهدان، صص ۴۲ -۲۵.

۹. عساکره، حسین (۱۳۸۶): «تغییرات زمانی ° مکانی بارش ایران طی دهه‌های اخیر»، فصلنامه جغرافیا و توسعه، شماره ۱۰، زاهدان، صص ۱۶۴-۱۴۵

۱۰. علیجانی، بهلول و محمدرضا کاویانی (۱۳۸۵): مبانی آب و هواشناسی ایران، انتشارات سمت، چاپ دوازدهم، تهران.

۱۱. قهروردی تالی، منیژه (۱۳۸۱): «ارزیابی درون‌یابی به روش گریجینگ»، فصلنامه پژوهش های جغرافیایی، شماره ۴۳، تهران، صص ۱۰۸-۹۵
۱۲. کلانتری، محسن، قهرمانی، علی‌اکبر، خسروی، یونس و کاظم جباری (۱۳۸۸): «مدیریت و تحلیل داده‌های بزهکاری بخش مرکزی شهر تهران با استفاده از تکنیک‌های درون‌یابی و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی»، فصلنامه مطالعات مدیریت انتظامی، سال چهارم، شماره چهارم، تهران، صص ۱۴۲-۱۳۰.
۱۳. گل محمدی، محمد (۱۳۸۵): «تخمین توزیع مکانی ضریب رواناب با استفاده از روشهای زمین آمار در سطح استان همدان با استفاده از GIS»، پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان.
۱۴. مزیدی، احمد و مرتضی خدا قلی (۱۳۸۸): «پهنه‌بندی اقلیمی استان یزد با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره، مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای»، شماره ۱۳، مشهد، صص ۱۵۷-۱۳۹
۱۵. مسعودیان، سید ابوالفضل (۱۳۸۳): «بررسی دمای ایران در نیم سده‌ی گذشته»، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۴، زاهدان، صص ۱۰۶-۸۹
۱۶. مسعودیان، سید ابوالفضل، دارند، محمد و سکینه کارساز (۱۳۹۰): «پهنه‌بندی بارش غرب و شمال غرب ایران به روش تحلیل خوشه‌ای»، فصل‌نامه جغرافیای طبیعی، سال چهارم، شماره ۱۱. لارستان، صص ۴۴-۳۵
17. J.L.Bravo Cabrera, E.Azpra Romero, V.Zarraluquisuch, C.Gay Garcia and Estrada Porum, (2012): Cluster analysis for validated climatology stations using precipitation in Mexico, Atmosphere, volume 25, pp.339-354.
18. Kalkstein L.s.et al. (1987): an evaluation of three clustering procedures for use in synoptic climatological classification, j climate and apple metrological, vole 26, pp. 717 ˚ 730.
19. Kassomenos, Pavlos A, et al, (2003): On the Relation between Seasonal Synoptic Circulation Types and Spatial Air Quality Characteristics in Athens, Greece, Air and Waste Management Association, Vol. 53, pp. 309-324.
20. O.A. Tarasova, C. A. M. Brenninkmeijer, P. Jackal, A. M. Zvyagintsev and G.I.Kuznetsov, (2007): A climatology of surface ozone in the extra tropics: cluster analysis of observations and model results, Atmospheric Chemistry and Physics, volume 7, pp.6099-6117.
21. Goovaerts. P. (2000): Geostatistical approach for incorporating elevation in the spatial interpolation of rainfall: J. Hydrology. Amsterdam. 228(1-2). 113-129.
22. Lynch. S.D. (2001): Converting Point Estimates of Daily Rainfall onto a Rectangular Grid. Department of Agricultural Engineering. University of Natal. South Africa. Lynch2@aqua.ccwr.ac.za.
23. Jeffrey, S. J. Carter, J. O. Moody, K. B. and Berwick, A. R, (2001): were using spatial interpolation to construct a comprehensive archive of Australian climate data.