مجله علوم کشاورزی ایران
جلد ۳۴، شماره ۴، سال ۱۳۸۲ (۸۲۳-۸۰۹)

انتخاب متغیرها به منظور پهنه بندی اقلیم بارش ایران با روشهای چند متغیره

یعقوب دین‌پژوه[۱]، احمد فاخری فرد[۲]، محمد مقدم واحد[۳]، سعید جهانبخش [٤] و میر کمال میرنیا[٥]
۱، ۲، ۳، مربی ، استادیار و استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز
٤، ٥، دانشیاران دانشکده‌های علوم انسانی و اجتماعی و ریاضی دانشگاه تبریز
تاریخ پذیرش مقاله ۸۲/۱/۲۷

خلاصه

بررسی اقلیم بارش[۱] در هر منطقه از دیدگاههای مختلف نظیر تولیدات کشاورزی، زه کشی اراضی زراعی و شهری، فرسایش، سیل، خشکسالی، مطالعات منابع آب، عمران و شهر سازی اهمیت دارد. در این تحقیق پهنه بندی[۲] اقلیم بارش در ایران مورد توجه واقع شده است. نظر به اینکه تعداد و نوع متغیرهای بکار برده شده در اقلیم بارش، می تواند مرزهای متفاوتی در پهنه بندی تولید کند، بنابر این سعی شده است که با دخالت دادن اکثر متغیرهای دخیل در اقلیم بارش که در دسترس نیز بوده است، متغیرهای مهم را شناسایی و برای پهنه بندی با روش تجزیه به عامل ها و تجزیهٔ خوشه ای مورد استفاده قرار گیرد. برای پهنه بندی اقلیم بارش کشور از داده‌های ۷۷ ایستگاه هواشناسی کشور از ۱۹٥٦ تا ۱۹۹۸ استفاده شده است. برای این منظور از بین ۵۷ متغیر، تعداد ۱۲ متغیر با روش پیشنهادی کرزانوفسکی (۱۸) انتخاب و کل سطح کشور به شش ناحیه همگن و یک ناحیه غیر همگن تفکیک شده است. آزمون های مورد استفاده برای همگنی[۳] ناحیه، آزمون آماره H و برای تعیین بهترین توزیع آماری داده ها، آزمون آماره Z بوده است. برای هر ناحیه منحنی رشد[٤] رسم گردیده است.

واژه‌های کلیدی: **اقلیم بارش، ایران، تجزیه چند متغیره، پروکراستس**

مقدمه

بارش یکی از عوامل مهم تولید محصولات کشاورزی بویژه زراعت‌های دیم در ایران می‌باشد. علاوه بر این شدت بارش نیز نقش مهمی در زه کشی اراضی کشاورزی و شهری، ایجاد فرسایش، کنترل سیلاب، منابع آب بویژه سدسازی، پل سازی و شهرسازی ایفا می‌کند. شناخت پراکنش بارش از نظر زمانی و مکانی می‌تواند ما را در طراحی و مدیریت بهینه پروژه‌های مختلف کشاورزی، آبخیزداری و منابع آب یاری کند. اقلیم بارش در نقاط مختلف ایران و جهان کم و بیش مطالعه شده است (۳،۷، ۱۱، ۱۲، ۱۹). بررسی این مطالعات نشان می‌دهد که متغیرهای بکار برده شده در این متون اگر چه همه از نوع هواشناسی (بویژه بارش) و جغرافیایی بوده است و لیکن نـــوع و تعداد متغیرهای مربوط به بارش در هر مطالعه، بیشتر با سلیقه محقق انتخاب شده است. مثلا گوتمن و همکاران (۱۹۹۳) هفت متغیر و ذوالفقاری و ساری صراف(۱۳۷۷) هشت متغیر را در این رابطه انتخاب و بررسی نموده اند. این دو مطالعه متغیرهای متفاوتی را نسبت به همدیگر مورد تجزیه و تحلیل قرار داده اند و تنها وجه مشترک این دو در بارش سالانه و ارتفاع ایستگاه بوده است. جهانبخش و ذوالفقاری(۱۳۷۹) نیز بنا به تشخیص خود هفت متغیر از نوع دیگر را برای بررسی انتخاب کرده‌اند. این مسئله موجب می‌شود که حدود بدست آمده در منطقه‌بندی انجام شده در نهایت با تغییر نوع و یا تعداد متغیرها، حتی با اعمال یک نوع روش تجزیه داده‌ها مانند تجزیهٔ خوشه‌ای، به هم بخورد. در ایران جهانبخـــش و ذوالفقـــاری (۱۳۷۹) حداکثـــر

1 . Precipitation climate
2 . Regionalization
3 . Homogeneity
4 . Growth Curve

مکاتبه کننده: یعقوب دین‌پژوه

بارش‌های روزانه را در محدوده شمال غرب تا جنوب غرب کشور، ذوالفقاری و ساری صراف (۱۳۷۷) بارش‌های ماهانـــه و فصلی شمال غرب ایران و غیور و مسعودیان (۱۳۷۷) میزان یکنواختی بارش را در سطح کشور مطالعه نموده‌اند. در یک مطالعه با ارزش، علیجانی (۱۳۷۴) سطح کشور ما را با توجه به ویژگی‌های مهم بارش و با استفاده از روش سینوپتیک، به شش ناحیه بارشی تقسیم نموده است. اگرچه او نام متغیرهای مورد استفاده را ذکر نکرده است، ولی اذغان نموده است که عامل توپوگرافی را دخالت نداده است. در تازه‌ترین مطالعه جهانبخش و ذوالفقاری (۱۳۸۱) نسبت به پهنه بندی بارش‌های روزانه ۲۲ ایستگاه سینوپتیک در غرب ایران در ۸ ماه مرطوب سال (اکتبر تا مه) اقدام کرده‌اند. آنها یک دوره آماری ۲۰ ساله (۱۹۹۰-۱۹۷۱) را برای این منظور انتخاب نمودند. ایشان با روش تجزیه به عامل‌ها غرب ایران را به پنج ناحیه متمایز تفکیک کردند. جهانبخش و ذوالفقاری نشان دادند که الگوهای مراکز کم ارتفاع ، فرودهای موج کوتاه جوی و محورهای آنها، مراکز کم فشار زمینی، جبهه‌ها و زبانه‌های کم فشار در هر پهنه بارشی ایران، تفاوتهای معنی‌داری را با همدیگر نشان می‌دهند (۲). در خارج نیز اهروندرفر (۱۹۸۷) اقلیم بارش را در اتریش، ماهراس و کولیوا ماشرا (۱۹۹۰) در بالکان، گوتمن (۱۹۹۳) و گوتمن و همکاران (۱۹۹۳) در ایالات متحده، مالانتس و فین (۱۹۹۰) در حوضه آبریز ایجزر[1] واقع در غرب بلژیک و شمال فرانسه، بازالیروا (۱۹۹۵) در اوگاندا و رجنمورتل (۱۹۹۵) در بوتسوانا بررسی نموده اند. در تازه ترین مطالعه اسمیترز و شولز (۲۰۰۱) روش جدیدی را برای تخمین رگبارهای کوتاه مدت در افریقای جنوبی با استفاده از گشتاورهای خطی[2] ارائه نموده‌اند. نکته قابل تامل در این مطالعات، انتخاب تعداد و نوع متغیرها، به منظور استفاده از آن در تعیین اقلیم بارش بوده است.

عدم وجود یک قاعده کلی در تعیین نوع و تعداد متغیرهای بکار رفته در این گونه تحقیقات انگیزه‌ای برای این مطالعه بوده است. در این بررسی از روش پیشنهادی کرزانوفسکی(۱۹۸۷) موسوم به روش پروکراستس[3] برای انتخاب متغیرهای مهم دخیل در تعیین اقلیم بارش ایران، استفاده شده است. با توجه به دانش ما بنظر می رسد، چنین مطالعه‌ای تاکنون در ایران انجام نشده است. اهداف اصلی این تحقیق عبارتند از: ۱- تعیین متغیرهای مهم در اقلیم بارش ایران با روش پروکراستس. ۲- تعیین اقلیم بارش ایران از روی متغیرهای منتخب و مقایسه آن با اقلیم بارش بدست آمده از روی همهٔ متغیرهای کاندیدا. ۳- بررسی همگنی هر اقلیم با توجه به مقدار بارش سالانهٔ آن و با روش گشتاورهای خطی ۴ – رسم منحنی‌های رشد، برای متغیر بارش‌های سالانه ایران و برای هر ناحیه.

مواد وروش‌ها

داده‌های ۵۷ متغیر جغرافیایی- اقلیمی در ۷۷ ایستگاه هواشناسی ایران (۱۹۵۱ تا ۱۹۹۸) که مرتبط با بارش نیز بوده‌اند، جمع‌آوری شد. ایستگاه‌های منتخب حداقل۳۰ سال آمار کامل داشته‌اند. در موارد مورد نیاز داده‌های برخی ایستگاه‌ها با ایجاد همبستگی خطی ساده، با ایستگاهی که بالاترین ضریب همبستگی را با داده‌های ایستگاه مورد نظر داشت، تطویل شد. داده‌های ناقص نیز با روش عکس مجذور مختصات (۴) بازسازی شدند. در این پژوهش برای تمام ایستگاه‌ها دوره آماری یکسان (۱۹۹۸-۱۹۵۶) در نظر گرفته شد. شکل ۱ ناحیهٔ مورد مطالعه را نشان می‌دهد. در جدول ۱ نام و مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه و در جدول ۲ نام و مشخصات ۵۷ متغیر بکار رفته در این مطالعه، نشان داده شده است. اگرچه در انتخاب متغیرهای کاندیدا، تاکید روی متغیرهای استفاده شده در مطالعات قبلی، انجام یافته در این زمینه، بوده است و لیکن برخی از متغیرهای دیگر نیز با وجود عدم استفاده در مطالعات پیشین، که در ارتباط با موضوع بوده و قابل دسترس نیز بوده‌اند، جمع آوری و مورد استفاده واقع شد. در انتخاب متغیرهای اقلیمی-جغرافیایی همهٔ متغیرها (به تعداد p و اینجا معادل ۵۷) دخیل در تعیین اقلیم بارش در نظر گرفته شد. این متغیرها در آغاز کار پژوهش، استاندارد شدند. سپس تجزیه به مولفه‌های اصلی[4] روی داده‌ها انجام شد. نظر به اینکـــه

1. IJzer
2 . L-Moments
3. Procrustes

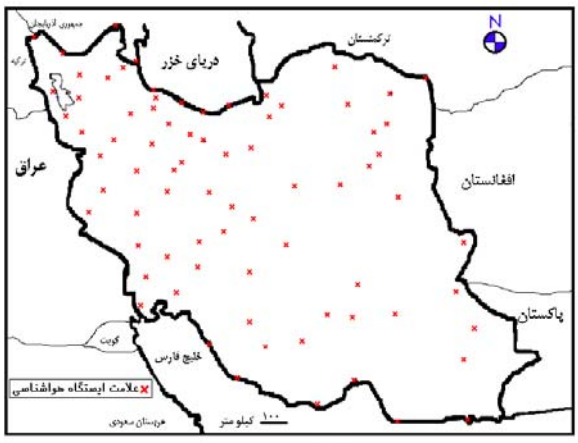
4 . Principal Component Analysis (PCA)

جدول۱- نام و مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی مورد مطالعه.

ردیف	نام ایستگاه	دوره آماری	طول جغرافیایی		عرض جغرافیایی		ارتفاع (متر)
			دقیقه	درجه	دقیقه	درجه	
۱	اهواز	۱۹۹۸-۱۹۵۷	۴۰	۴۸	۲۰	۳۱	۲۲/۵
۲	بندر انزلی	۱۹۹۸-۱۹۵۱	۲۸	۴۹	۲۸	۳۷	-۲۶
۳	اردبیل	۱۹۹۸-۱۹۵۱	۱۷	۴۸	۱۵	۳۸	۱۳۱۴
۴	آستارا	۱۹۹۸-۱۹۵۱	۵۲	۴۸	۲۵	۳۸	-۱۸
۵	بندر عباس	۱۹۹۸-۱۹۵۷	۲۲	۵۶	۱۳	۲۷	۱۰
۶	بوشهر	۱۹۹۸-۱۹۵۱	۵۰	۵۰	۵۹	۲۸	۱۹/۶
۷	اصفهان	۱۹۹۸-۱۹۵۱	۵۲	۵۱	۴۰	۳۲	۱۶۰۰/۷
۸	کرمان	۱۹۹۸-۱۹۵۱	۵۸	۵۶	۱۵	۳۰	۱۷۵۴
۹	کرج	۱۹۹۸-۱۹۵۱	۵۴	۵۰	۵۵	۳۵	۱۳۱۲/۵
۱۰	قزوین	۱۹۹۸-۱۹۵۹	۰	۵۰	۱۵	۳۶	۱۲۷۸/۳
۱۱	گرگان	۱۹۹۸-۱۹۵۳	۱۶	۵۴	۵۱	۳۶	۱۳/۳
۱۲	همدان	۱۹۹۸-۱۹۵۱	۳۲	۴۸	۵۱	۳۴	۱۷۴۹
۱۳	ایلام	۱۹۹۸-۱۹۵۱	۲۵	۴۶	۳۸	۳۳	۱۳۶۳/۴
۱۴	کرمانشاه	۱۹۹۸-۱۹۵۱	۷	۷	۱۹	۳۴	۱۳۲۲
۱۵	خرم آباد	۱۹۹۸-۱۹۵۱	۲۲	۴۸	۲۹	۳۳	۱۱۲۵
۱۶	مراغه	۱۹۹۸-۱۹۵۱	۱۶	۴۶	۲۴	۳۷	۱۴۷۶
۱۷	مشهد	۱۹۹۸-۱۹۵۱	۳۸	۵۹	۱۶	۳۶	۹۹۰
۱۸	اورمیه	۱۹۹۸-۱۹۵۱	۵	۴۵	۳۲	۳۷	۱۳۱۲/۵
۱۹	رشت	۱۹۹۸-۱۹۵۶	۳۶	۴۹	۱۵	۳۷	-۶/۹
۲۰	شهرکرد	۱۹۹۸-۱۹۵۵	۵۱	۵۰	۲۰	۳۲	۲۰۶۱/۴
۲۱	شیراز	۱۹۹۸-۱۹۵۱	۳۶	۵۲	۳۳	۲۹	۱۴۸۸
۲۲	تهران	۱۹۹۸-۱۹۵۱	۱۹	۵۱	۴۱	۳۵	۱۱۹۰
۲۳	یزد	۱۹۹۸-۱۹۵۲	۲۴	۵۴	۲۴	۳۱	۱۲۳۰/۲
۲۴	زاهدان	۱۹۹۸-۱۹۵۱	۵۳	۶۰	۲۸	۲۹	۱۳۶۹/۹
۲۵	آبادان	۱۹۹۸-۱۹۵۱	۱۵	۴۸	۲۲	۳۰	۶/۶
۲۶	آباده	۱۹۹۸-۱۹۵۸	۴۰	۵۲	۱۰	۳۱	۲۰۳۰
۲۷	اراک	۱۹۹۸-۱۹۵۵	۴۶	۴۹	۶	۳۴	۱۷۰۸
۲۸	بابلسر	۱۹۹۸-۱۹۵۱	۳۹	۵۲	۴۳	۳۶	-۲۱
۲۹	بم	۱۹۹۸-۱۹۵۶	۲۱	۵۸	۶	۲۹	۱۰۶۶/۹
۳۰	بیرجند	۱۹۹۸-۱۹۵۵	۱۲	۵۹	۵۲	۳۲	۱۴۹۱
۳۱	بجنورد	۱۹۹۸-۱۹۵۱	۱۹	۵۷	۲۸	۳۷	۱۰۹۱
۳۲	جلفا	۱۹۹۸-۱۹۵۳	۴۰	۴۵	۴۵	۳۸	۷۳۶/۳
۳۳	گناباد	۱۹۹۸-۱۹۵۷	۴۱	۵۸	۲۱	۳۴	۱۰۵۶
۳۴	خوروبیابانک	۱۹۹۸-۱۹۵۸	۲	۵۵	۴۷	۳۳	۸۴۵
۳۵	مهاباد	۱۹۹۸-۱۹۵۶	۴۳	۴۵	۴۶	۳۶	۱۵۰۰
۳۶	ماکو	۱۹۹۸-۱۹۵۹	۲۶	۴۴	۲۰	۳۹	۱۴۷۰
۳۷	رامسر	۱۹۹۸-۱۹۵۶	۴۰	۵۰	۵۴	۳۶	-۲۰
۳۸	سبزوار	۱۹۹۸-۱۹۵۴	۴۳	۵۷	۱۲	۳۶	۹۷۷/۶
۳۹	سنندج	۱۹۹۸-۱۹۶۰	۰	۴۷	۲۰	۳۵	۱۳۷۳/۴
۴۰	شاهرود	۱۹۹۸-۱۹۵۱	۵۷	۵۴	۲۵	۳۶	۱۳۴۵/۳
۴۱	تبریز	۱۹۹۸-۱۹۵۱	۱۷	۴۶	۵	۳۸	۱۳۶۱
۴۲	تربت حیدریه	۱۹۹۸-۱۹۵۹	۱۳	۵۹	۱۶	۳۵	۱۴۵۰/۸
۴۳	سقز	۱۹۹۸-۱۹۶۰	۱۶	۴۶	۱۴	۳۶	۱۵۲۲/۸
۴۴	دزفول	۱۹۹۸-۱۹۶۱	۲۳	۴۸	۲۴	۳۲	۱۴۳
۴۵	طبس	۱۹۹۸-۱۹۶۰	۵۵	۵۶	۳۶	۳۳	۷۱۱
۴۶	ایرانشهر	۱۹۹۸-۱۹۶۳	۴۲	۶۰	۱۲	۲۷	۵۹۱/۱
۴۷	زابل	۱۹۹۸-۱۹۶۳	۲۹	۶۱	۱۳	۳۱	۴۸۹/۲

ادامه جدول ۱

۴۸	چاه بهار	۱۹۹۸-۱۹۶۳	۳۰	۶۰	۱۴	۲۵	۸
۴۹	رودبار	۱۹۹۸-۱۹۵۱	۲۴	۴۹	۴۸	۳۶	۲۸۰
۵۰	نوشهر	۱۹۹۸-۱۹۶۰	۳۲	۵۱	۳۷	۳۶	-۲۶
۵۱	لردگان	۱۹۹۸-۱۹۵۸	۴۸	۵۰	۳۱	۳۱	۱۷۰۰
۵۲	زنجان	۱۹۹۸-۱۹۵۵	۲۷	۴۸	۴۱	۳۶	۱۶۶۳
۵۳	بندر لنگه	۱۹۹۸-۱۹۶۶	۵۰	۵۴	۳۵	۲۶	۱۴/۲
۵۴	کاشان	۱۹۹۸-۱۹۶۶	۲۷	۵۱	۵۹	۳۳	۹۸۲/۳
۵۵	پارس آباد	۱۹۹۸-۱۹۶۰	۵۵	۴۷	۳۹	۳۹	۴۵/۴
۵۶	فسا	۱۹۹۸-۱۹۶۶	۴۳	۵۳	۵۴	۲۸	۱۲۸۸/۳
۵۷	سیرجان	۱۹۹۸-۱۹۶۱	۵۵	۴۱	۲۹	۲۸	۱۷۳۹
۵۸	بافت	۱۹۹۸-۱۹۶۰	۳۵	۵۶	۱۴	۲۹	۲۲۸۰
۵۹	سرخس	۱۹۹۸-۱۹۵۸	۱۰	۶۱	۳۲	۳۶	۲۳۵
۶۰	خاش	۱۹۹۸-۱۹۵۲	۱۲	۶۱	۱۳	۲۸	۱۳۹۴
۶۱	بندر دیر	۱۹۹۸-۱۹۶۵	۵۶	۵۱	۵۰	۲۷	۱۲
۶۲	نائین	۱۹۹۸-۱۹۵۶	۵	۵۳	۵۱	۳۲	۱۵۴۹
۶۳	سمنان	۱۹۹۸-۱۹۶۳	۳۳	۵۳	۳۳	۳۵	۱۱۷۱
۶۴	سراب	۱۹۹۸-۱۹۶۱	۳۲	۴۷	۵۶	۳۷	۱۶۸۲
۶۵	داراب	۱۹۹۷-۱۹۵۹	۳۴	۵۴	۴۶	۲۸	۱۱۵۰
۶۶	گرمسار	۱۹۹۸-۱۹۵۸	۱۶	۵۲	۱۲	۳۵	۸۲۵
۶۷	ساوه	۱۹۹۸-۱۹۶۱	۲۰	۵۰	۳	۳۵	۱۱۰۸
۶۸	بیجار	۱۹۹۸-۱۹۶۰	۳۷	۴۷	۵۳	۳۵	۱۹۰۰
۶۹	آغاجاری	۱۹۹۸-۱۹۵۱	۴۰	۴۹	۴۶	۳۰	۲۷
۷۰	اردستان	۱۹۹۸-۱۹۶۴	۲۳	۵۲	۳۲	۳۳	۱۲۵۲
۷۱	فردوس	۱۹۹۸-۱۹۶۰	۱۰	۵۸	۱	۳۴	۱۲۵۰
۷۲	کاشمر	۱۹۹۸-۱۹۵۴	۲۸	۵۸	۲۰	۳۵	۱۱۱۰
۷۳	دامغان	۱۹۹۸-۱۹۵۷	۲۲	۵۴	۱۳	۳۶	۱۱۷۰
۷۴	تفرش	۱۹۹۸-۱۹۶۴	۲	۵۰	۴۱	۳۴	۱۸۷۸
۷۵	مسجدسلیمان	۱۹۹۸-۱۹۵۲	۱۷	۴۹	۵۶	۳۱	۳۶۳
۷۶	جاسک	۱۹۹۸-۱۹۶۸	۴۶	۵۷	۳۸	۲۵	۴/۸
۷۷	آوج	۱۹۹۸-۱۹۶۵	۱۳	۴۹	۳۶	۳۵	۱۹۸۵



شکل ۱- ناحیه و موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی مورد مطالعه

جدول ۲- داده‌های جمع‌آوری شده برای تعیین اقالیم بارش ایران (۱۹۹۸-۱۹۵۶).

شرح متغیر(ها)	واحد	نام متغیر(ها)
عرض جغرافیایی	درجه	X_1
طول جغرافیایی	درجه	X_2
ارتفاع	متر	X_3
میانگین دوره آماری برای مجموع بارش سالانه	میلیمتر	X_4
میانگین دوره آماری برای متوسط سالانه رطوبت نسبی	درصد	X_5
متوسط روزهای همراه با بارش (بیش از ۱ میلیمتر در روز) در یک سال	روز	X_6
میانگین حداکثر بارش ۲۴ ساعته در طول سال و در دوره آماری	میلیمتر	X_7
متوسط درصد بارش زمستان (ژانویه تا مارس) نسبت به بارش سالانه	درصد	X_8
متوسط درصد بارش بهار (آوریل تا ژوئن) نسبت به بارش سالانه	درصد	X_9
متوسط درصد بارش تابستان (ژوئیه تا سپتامبر) نسبت به بارش سالانه	درصد	X_{10}
متوسط درصد بارش پاییز (اکتبر تا دسامبر) نسبت به بارش سالانه	درصد	X_{11}
میانگین بارش در ماه خشک سال	میلیمتر	X_{12}
میانگین بارش در ماه خشک فصل زمستان	میلیمتر	X_{13}
میانگین بارش در ماه خشک فصل تابستان	میلیمتر	X_{14}
میانگین بارش در ماه مرطوب فصل تابستان	میلیمتر	X_{15}
میانگین بارش در ماه مرطوب فصل زمستان	میلیمتر	X_{16}
میانگین بارش در فصل زمستان	میلیمتر	X_{17}
میانگین بارش در هر یک از ماه های سال(ژانویه ،... و دسامبر)	میلیمتر	X_{18}-x_{29}
میانگین تعداد روزهای بارانی در هر یک از ماه های سال(ژانویه ،... و دسامبر)	میلیمتر	X_{30}-x_{41}
میانگین حداکثر بارش ۲۴ ساعته در هر یک از ماه های سال (ژانویه ،...ودسامبر)	میلیمتر	X_{42}-x_{53}
نسبت میانگین حداکثر بارش ۲۴ ساعته به میانگین مجموع بارش سالانه	-	X_{54}
نسبت میانگین بارش برای دو ماه متوالی کم باران به میانگین بارش برای دو ماه متوالی پر باران سال	-	X_{55}
شماره ماه آغازین برای دوماه متوالی کم باران سال (ژانویه=۱ و ... و دسامبر=۱۲)	-	X_{56}
شماره ماه آغازین برای دوماه متوالی پر باران سال (ژانویه=۱ و ... و دسامبر=۱۲)	-	X_{57}

شرح کامل این روش، در متون مختلف ارائه شده است (۱۷،۲۱) لذا جهت رعایت امر خلاصه نویسی، در اینجا از شرح آن خودداری می‌شود. تعداد مولفه‌های اصلی غالب (که در این مقاله با k نشان داده می‌شود.)، با در نظر گرفتن معیار، دارا بودن مقدار ویژه[1] بزرگتر از واحد، معادل شش تخمین زده شد. این شش مولفه اصلی و مستقل از هم، قسمت زیادی از اطلاعات داده‌ها را که معادل با ۹۲/۶ درصد واریانس کل داده‌ها بود، توجیه می‌نمود. گرچه می‌توان به منظور گروه‌بندی ایستگاه‌ها، با روش تجزیهٔ خوشه‌ای[2] ، مقادیر مولفه‌های اصلی[3] ایستگاهها را به عنوان متغیرهای ورودی در نظر گرفت و اقلیم بارش ایران را پهنه‌بندی کرد، لکن نباید فراموش کرد که برای محاسبه مقادیر مولفه‌های اصلی، باز هم مقادیر همهٔ متغیرها لازم خواهد بود. زیرا این مقادیر ترکیب خطی حاصل ضرب مقدار متغیرها، در ضرایب آنها بوده که خود این ضرایب، از حل مسئله مقدار ویژه، برای ماتریس همبستگی داده‌های استاندارد شده و یا ماتریس واریانس–کوواریانس داده‌های اصلی بدست می‌آیند. بنابراین، این سوال پیش می‌آید که کدام زیر مجموعه، از مجموعه مرجع متغیرها، بطور تقریبی سیمای کلی داده‌های دنیای فیزیکی ما را در برداشته و افزون بر این تعداد عناصر این زیر مجموعه (q یا تعداد متغیرهای مهم، که در اینجا بنا به تشخیص، معادل ۱۲ در نظر گرفته شده، لکن می‌توان رقم دیگری را نیز با توجه به نظر شخص محقق در نظر گرفت.) دارای دو شرط اصلی زیر نیز باشد: اولا تعداد عناصر آن نسبت به مجموعه مرجع خیلی کم باشد($q<<p$) و ثانیا تعداد این عناصر برابر یا بیشتر از تعداد مولفه‌های اصلی انتخاب شده باشد($q\geq k$).

در روش پیشنهادی کرزانوفسکی (۱۹۸۷) انتخاب متغیرها بر اساس معیاری موسوم به پروکراستس که با " M^2 " نمایش داده می‌شود، انجام می‌گیرد. برای درک بهتر مراحل تجزیه پروکراستس، شکل ۲ را در نظر می‌گیریم. ماتریس داده‌های استاندارد شده X درنظر گرفته شد، ابعاد این ماتریس $n \times p$ می‌باشد، که در آن p تعداد متغیرها (اینجا معادل ۵۷) و n تعداد ایستگاه‌ها (معادل ۷۷) می‌باشد. تعداد مولفه‌های اصلی غالب این ماتریس نیز، k معدل با ۶ در نظر گرفته شد و ماتریس Y نیز به ابعاد $n \times k$ حاوی مقادیر مولفه‌های اصلی غالب، فرض شد، مطلوب ما این بوده است که از میان p متغیر موجود، تعداد q متغیر مهم (با در نظر گرفتن دو شرط: $q \geq k$ و $q<p$) را

1. Eigen Value
2 . Cluster analysis
3 . Principal Component Scores (PCS)

طوری انتخاب کنیم، که سیمای کلی داده‌ها بیشتر در این متغیرها مستتر باشد. برای این کار فرض شد، که X، ماتریسی به ابعاد $n \times q$ بوده و حاوی مقادیر استاندارد شده برای q متغیر منتخب، می‌باشد. برای داده‌های موجود در ماتریس اخیر، تجزیه به مولفه‌های اصلی، انجام گردید و مقادیر مولفه‌های اصلی غالب حاصل از آن، محاسبه و در ماتریس Z به ابعاد $n \times k$ ذخیره شدند. ماتریس Y را که بر اساس همه‌ی متغیرهای کاندیدا محاسبه می‌شود، اصطلاحا " آرایش واقعی"[1] داده‌ها و ماتریس Z را که بر اساس متغیرهای منتخب محاسبه می‌شود، به عنوان "آرایش تقریبی"[2] داده‌ها می‌نامند. در واقع تجزیه پروکراستس، اختلاف مجموع مربعات نقاط متناظر این دو آرایش را ارزیابی می‌کند. هرچه متغیرهای منتخب دقیق‌تر انتخاب شوند، این دو آرایش شبیه به هم خواهند بود. حاصل نتایج تجزیه پروکراستس، محاسبه اختلاف موجود، ما بین مجموع مربعات این دو نوع آرایش می‌باشد، که از معادله زیر بدست می‌آید:

$$M^2=Trace\{YY'+ZZ'-2ZQ'Y'\} \qquad [۱]$$

که درآن Q از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$Q=VU' \qquad [۲]$$

که درآن U و V از تجزیه مقدار منفرد[3] ماتریس $Z'Y$، به ابعاد $k \times k$ بدست می‌آید و صورت ریاضی آن چنین است:

$$Z'Y=U\Sigma V' \qquad [۳]$$

که در آن :

$UU'=I_k$ و $VV'=V'V=I_k$ و $\Sigma=diag(\sigma_1, \sigma_1, ...,\sigma_k)$

بوده و I_k ماتریس واحد به ابعاد $k \times k$ می باشد.

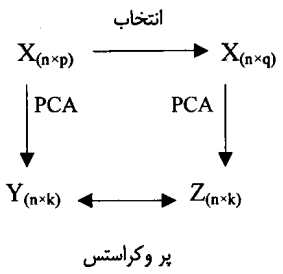
مقادیر کمیت M^2 ، برای یکایک زیر مجموعه‌های مجموعه مرجع متغیرها، که حداقل دارای k عضو بوده است، از معادله ۱، محاسبه شد. بهترین زیر مجموعه از مجموعه مرجع متغیرها، آن زیر مجموعه‌ای انتخاب شد که کمترین مقدار کمیت M^2 را در میان همهٔ زیر مجموعه‌های ممکن، دارا بوده و افزون بر این حائز دو شرط مذکور نیز بوده است. در این پژوهش از طرح واره[4] زیر برای انتخاب متغیرها با روش حذف پسرو[5] استفاده شد(۱۸):

۱- ابتدا q=p در نظر گرفته شد و به ازاء یک k معین (اینجا معادل ۶ در نظر گرفته شد و در مسائل مختلف باید دقت نمود که k طوری انتخاب شود، که مولفه‌های اصلی منتخب، درصد مناسبی از کل واریانس داده‌ها را در برداشته باشد.) ماتریس مقادیر مولفه‌های اصلی (PCS) محاسبه گردید. سپس Z=Y قرار داده شد.

۲- با هر بار حذف یک متغیر از ماتریس Z ، مقادیر PCS جدید نیز محاسبه شدند.

۳- مقدار کمیت M^2 با توجه به درایه‌های ماتریس‌های Z (که با حذف یک متغیر حاصل شده‌اند) وY از معادله ۱ محاسبه و متغیری که با حذف آن کمترین مقدار M^2 نتیجه می‌شد، به قصد حذف کردن انتخاب گردید. متغیر مذکور X_u و ماتریس PCS متناظر با آن (یعنی ماتریس حاصله بعد از حذف این متغیر) $Z_{(u)}$ در نظر گرفته شد.

۴- متغیر X_u حذف و $Z= Z_{(u)}$ در نظر گرفته شد. سپس با در دست داشتن p-1 متغیر، عملیات محاسباتی از گام ۲، مجددا تکرار شد.



شکل ۲- چرخه انتخاب متغیرها با روش پروکراستس

این چرخه تا زمانی که تعداد q متغیر (معادل با عددی که با در نظر گرفتن دو شرط فوق الذکر برای انتخاب آن از پیش در نظر گرفته شده است) در نهایت باقی مانده باشد، تکرار گردید. متغیرهای باقی مانده به عنوان متغیرهای مهم که سیمای همه‌ی متغیرهای کاندیدا در آنها مستتر است، در نظر گرفته شد.

از این مراحل می‌توان استنباط کرد که برای گزینش نهایی متغیرها لازم است، محاسبات تکراری و فراوان انجام شود. بخش زیادی از محاسبات، شامل تعیین ماتریس‌های جدید همبستگی، مقادیر ویژه، بردارهای ویژه[6] و PCS ماتریسهای Yو Z (به

1. True Configuration
2 . Approximate Configuration
3. Singular Value Decomposition (SVD)
4 . Algorithm
5 . Backward Elimination Procedure
6 . Eigen Vectors

دفعات و پس از حذف یک متغیر در هر بار و باز گرداندن آن متغیر به مجموعه متغیرها و حذف متغیری دیگر) می‌باشد. در عین حال تعیین کمیت M^2 که خود مستلزم انجام عمل SVD روی ماتریس $Z'Y$ (باز هم به طور مکرر) می‌باشد، ضرورت دارد. برای انجام بخشی از این محاسبات از طرح واره‌های عددی موجود (۵ ،۲۲) استفاده شد. مثلا در مورد انجام عمل SVD برای ماتریس‌های مورد نیاز از طرح واره و برنامهٔ کامپیوتری ارائه شده توسط نیکخواه بهرامی (۱۳۷۵) ، در محیط فرترن، استفاده شد. برای تعیین مقادیر ویژه و بردارهای ویژه ماتریس‌های همبستگی نیز، از طرح واره ارائه شده، برای ماتریس‌های متقارن توسط اوورال و کلت(۱۹۷۳) استفاده و برای آن برنامه کامپیوتری، نوشته شد. هر دوی این برنامه‌ها به صورت زیر روال[1]، به برنامه اصلی موسوم به کریتریون[2] ملحق شدند. برنامه مذکور در محیط فرترن تحت ویندوز و برای روش پروکراستس نوشته شد و در مورد حل مسئله مورد نظر، یعنی معرفی ۱۲ متغیر مهم، از بین ۵۷ متغیر کاندیدا، اجرا گردید. شکل ۳ طرح واره این برنامه را نشان می‌دهد.

نتایج

ابتدا برنامه کریتریون، برای داده‌های ارائه شده در مرجع اصلی (۱۸) که مربوط به ۱۹ متغیر اندازه‌گیری شده روی ۴۰ شته بال‌دار بود، اجرا شد. صحت نتایج و محاسبات با مرجع اصلی کنترل و مورد تایید قرار گرفت. آنگاه برنامه مورد نظر برای داده‌های استاندارد شدهٔ مربوط به اقلیم بارش ایران (۵۷ متغیر) اجرا شد. از بین ۵۷ متغیر کاندیدا، تعداد ۱۲ متغیر به شرح زیر انتخاب شدند: مجموع بارش‌های سالانه $x_{۴}$، بارش ماه خشک سال $x_{۱۲}$، بارش ماه خشک تابستان $x_{۱۴}$، مجموع بارش فصل زمستان $x_{۱۷}$، بارش ماه ژوئیه $x_{۲۴}$، بارش ماه اکتبر $x_{۲۷}$، بارش ماه نوامبر $x_{۲۸}$، تعداد روزهای همراه با بارش در ماه اوت $x_{۳۷}$، تعداد روزهای همراه با بارش در ماه سپتامبر $x_{۳۸}$، تعداد روزهای همراه با بارش در ماه اکتبر $x_{۳۹}$، حد اکثر بارش ۲۴ ساعته در ماه اکتبر $x_{۵۱}$، حد اکثر بارش ۲۴ ساعته در ماه نوامبر $x_{۵۲}$.

1. Subroutine
2. Criterion

پس از تعیین تعداد ۱۲ متغیر منتخب، پهنه‌بندی کشور از نظر اقلیم بارش، انجام شد. برای این منظور از روش تجزیه به عامل‌ها[3] استفاده شد. نتایج نشان داد که سه عامل اول بیش از ۹۸ درصد از واریانس داده‌های ورودی را توجیه می‌کند، که خود نشان دهنده انتخاب دقیق متغیرهای مهم می‌باشد. جدول ۳ ضرایب عامل‌ها[4]ی غالب را به ازاء متغیرهای منتخب، قبل و بعد از چرخش[5] محورها، از نوع چرخش وریماکس نرمالیزه[6] نشان می‌دهد. ضرایب با بیش از ۰/۷ به عنوان ضرایب معنی‌دار، منظور گردید. به طوری که از جدول ۳ استنباط می‌شود، قبل از چرخش محورها، همهٔ متغیرها با عامل اول توجیه می‌شوند. توجیه همهٔ متغیرها تنها با یک عامل مشکل نام گذاری عامل و در نتیجه تفسیر نتایج را در پی داشت. به همین دلیل چرخش محورهای عامل‌ها، بطور متعامد[7] انجام شد. پس از انجام چرخش مذکور، مقادیر عامل‌ها[8] برای ایستگاه‌های مورد مطالعه، محاسبه شدند. شکل‌های ۴ تا ۶ به ترتیب این مقادیر را برای عامل‌های اول، دوم و سوم در سطح نقشه ایران نشان می‌دهند. پهنه بندی ایستگاه‌ها با توجه به مقادیر عامل‌ها، با روش تجزیهٔ خوشه‌ای وارد[9] و با استفاده از فاصله اقلیدسی[10] انجام شد. شکل ۷ نمودار درختی[11] حاصل از این تجزیه را نشان می‌دهد. در ابتدا کل سطح ایران با توجه به شکل مذکور به شش ناحیه تقسیم گردید. آنگاه برای آزمون همگنی ایستگاه‌های هر ناحیه، از روش آزمون آماره H که بر اساس گشتاور خطی بنا شده است (۱۶)، استفاده شد. متغیر مورد استفاده در این آزمون، "مجموع بارش‌های سالانه" بوده که در یک مطالعه مشابه برای بررسی همگنی اقالیم بارش ایالات متحده نیز بکار برده شده است (۱۲، ۱۳). طبق این آزمون، به ازاء مقدار آماره H کوچکتر از ۱، ناحیه همگن و بین ۱ و ۲، احتمالا غیرهمگن[12] و بیش از ۲، ناحیه غیرهمگن محسوب می شود (۱۶، ۲۴). در مواردی که

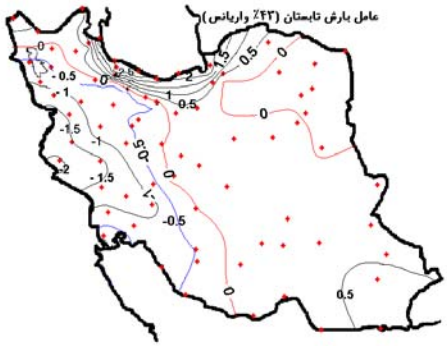
3. Factor Analysis
4 . Factor loadings
5 . Rotation
6. Varimax Normalized Rotation
7 . Orthogonal
8 . Factor scores
9 . Ward
10 . Euclidean Distance
11 . Dendrogram
12 . Possibly Heterogeneous

شکل ۳- طرح واره برنامه Criterion-F

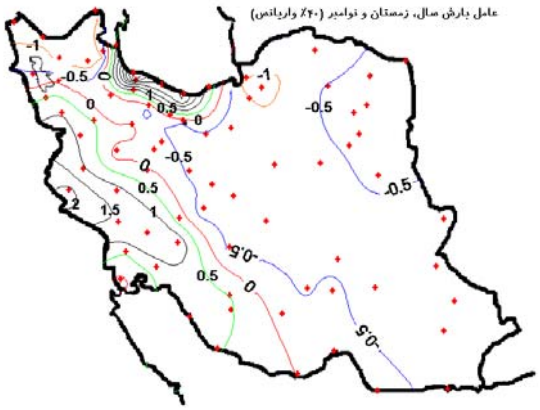
جدول ۳ - ضرایب عامل‌ها برای ۱۲متغیر منتخب برای پهنه‌بندی اقالیم بارش کشور

متغیر	قبل از چرخش			پس از چرخش وریماکس نرمالیزه		
	عامل ۱	عامل ۲	عامل ۳	عامل ۱ "بارش تابستان"	عامل۲ "بارش سالانه، زمستان و آبان"	عامل ۳ "بارش مهر"
$X_{۴}^{۱}$	۰/۹۷۰	-۰/۲۰۸	۰/۰۳۸	۰/۵۰۲	۰/۷۷۸	۰/۳۵۷
$X_{۱۲}^{۲}$	۰/۹۷۶	۰/۱۳۹	-۰/۱۰۹	۰/۷۸۳	۰/۵۳۳	۰/۲۹۶
$X_{۱۴}^{۳}$	۰/۹۸۰	۰/۱۴۳	-۰/۱۱۳	۰/۷۹۰	۰/۵۳۳	۰/۲۹۵
$X_{۱۷}^{۴}$	۰/۹۴۱	-۰/۲۹۶	-۰/۰۴۵	۰/۴۶۴	۰/۸۳۴	۰/۲۵۶
$X_{۲۴}^{۵}$	۰/۹۷۳	۰/۱۷۷	-۰/۱۰۹	۰/۸۰۴	۰/۵۰۲	۰/۳۰۷
$X_{۲۷}^{۶}$	۰/۹۸۷	-۰/۰۰۷	-۰/۰۸۱	۰/۶۸۸	۰/۶۴۸	۰/۲۹۶
$X_{۲۸}^{۷}$	۰/۹۶۲	-۰/۲۴۱	۰/۰۱۸	۰/۴۸۵	۰/۸۰۰	۰/۳۳۰
$X_{۳۷}^{۸}$	۰/۹۵۵	۰/۲۳۵	-۰/۰۰۳	۰/۷۸۴	۰/۴۳۶	۰/۴۰۳
$X_{۳۸}^{۹}$	۰/۹۶۳	۰/۲۳۲	۰/۰۳۶	۰/۷۷۱	۰/۴۳۹	۰/۴۴۲
$X_{۳۹}^{۱۰}$	۰/۸۹۰	۰/۱۱۹	۰/۴۳۶	۰/۴۸۶	۰/۴۳۹	۰/۷۵۳
$X_{۵۱}^{۱۱}$	۰/۹۷۹	-۰/۰۶	-۰/۰۶۴	۰/۶۷۶	۰/۶۴۱	۰/۳۰۹
$X_{۵۲}^{۱۲}$	۰/۹۴۱	-۰/۲۹۴	۰/۰۳۶	۰/۴۳۱	۰/۸۲۵	۰/۳۲۷
واریانس تراکمی	٪۹۲	٪۹۶	٪۹۸	٪۴۳	٪۸۳	٪۹۸

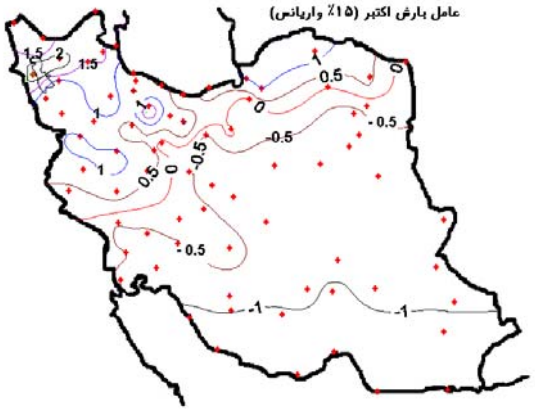
۱- مجموع بارش های سالانه ،
۲- بارش ماه خشک سال ،
۳- بارش ماه خشک تابستان ،
۴- مجموع بارش فصل زمستان ،
۵- بارش ماه ژوئیه ،
۶- بارش ماه اکتبر ،
۷- بارش ماه نوامبر ،
۸- تعداد روزهای همراه با بارش در ماه اوت ،
۹- تعداد روزهای همراه با بارش در ماه سپتامبر ،
۱۰ - تعداد روزهای همراه با بارش در ماه اکتبر ،
۱۱ - حد اکثر بارش ۲۴ ساعته در ماه اکتبر ،
۱۲- حد اکثر بارش ۲۴ ساعته در ماه نوامبر.



شکل۴- منحنی‌های هم مقادیر عامل اول در ایران
(با ۱۲ متغیر منتخب)

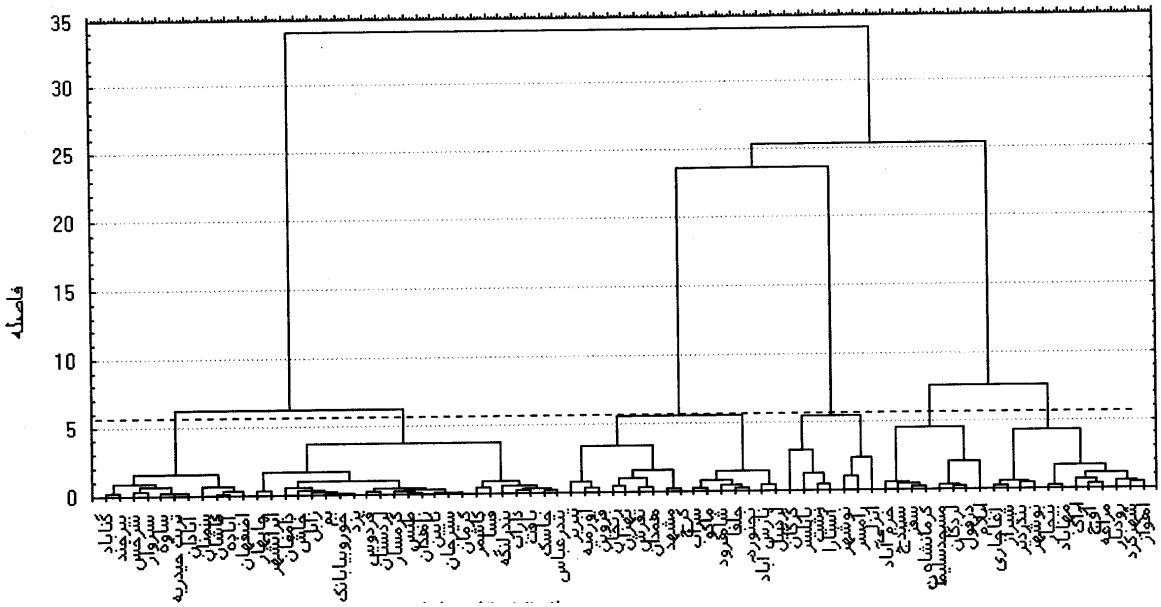


شکل ۵- منحنی‌های هم مقادیر عامل دوم در ایران
(با ۱۲ متغیر منتخب)



شکل ۶- منحنی‌های هم مقادیر عامل سوم در ایران
(با ۱۲متغیر منتخب)

ناحیه همگن نبوده است، نخست با استفاده از آماره شاخص پرت D پیشنهادی هوسکینگ و والیس (۱۹۹۳) در صورت وجود ایستگاه (های) پرت از خوشه حذف و مجددا آزمون همگنی انجام می‌شد و در صورت عدم حصول همگنی مجدد، با به کار بردن آماره S پیشنهادی ویلتشایر (۱۹۸۶) باز هم ایستگاه‌هایی که باعث افزایش قابل توجهی در این آماره می‌شدند، از خوشه حذف و مجددا ناحیه جدید با روش آماره H، مورد آزمون همگنی قرار می‌گرفت. ایستگاه‌های حذف شده به نزدیکترین ناحیه مجاور انتقال و این چرخه تا رسیدن به نتیجه مطلوب تکرار می‌شد. در صورتی که باز هم، همگنی حاصل نمی‌شد، بنا بر این بود که خوشه مذکور با توجه به نمودار درختی به دو خوشهٔ مجزا تقسیم و فرایند همگنی در هر



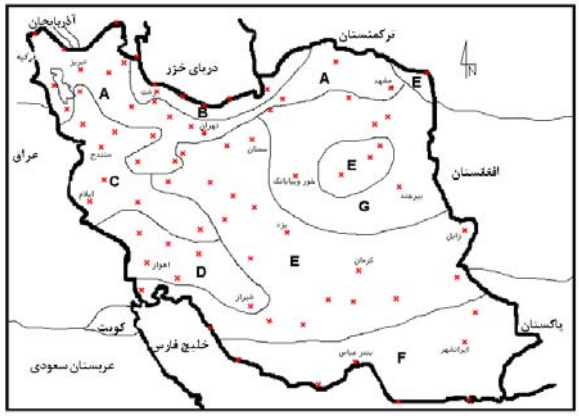
شکل ۷- نمودار درختی حاصل از تجزیه خوشه‌ای مقادیر
سه عامل اول ناشی از ۱۲ متغیر منتخب

جدول ۴- برخی از مشخصات اقالیم هفت گانه بارش ایران، که از طریق ۱۲ متغیر منتخب حاصل شده اند.

نام ناحیه	موقعیت	تعداد ایستگاه	مقدار آماره H	نام توزیع آماری	مقدار آماره Z
A	بخش هایی از استان های آذربایجان شرقی، غربی، اردبیل، قزوین، تهران، همدان و شمال خراسان	۱۸	-۰/۳۸	نرمال	-۱/۷
B	نوار ساحلی دریای خزر	۷	۰/۸۹	لجستیک تعمیم یافته	-۱/۴۷
C	بخش هایی از استانهای کردستان، جنوب آذربایجان شرقی، ایلام، لرستان، کرمانشاه و نیمه شمالی چهار محال بختیاری	۹	-۰/۱۱	نرمال	-۰/۴
D	خوزستان (بجز آبادان)، کهگیلویه و بویراحمد، مرکز وشمال غرب فارس و نیمه جنوبی چهارمحال بختیاری	۶	-۰/۱۵	مقادیر کرانه- ای تعمیم یافته	-۰/۱
E	نیمه غربی سواحل خلیج فارس، جنوب خوزستان ، جنوب استان فارس، جنوب کرمان، شمال سیستان و بلوچستان، نیمه غربی استان یزد، نواحی مرکزی استان اصفهان، استان های مرکزی، قم، غرب سمنان، شمال شرق و نواحی مرکزی استان خراسان	۲۴	۰/۸۱	پیرسون نوع سوم	۰/۲۸
F	سواحل دریای عمان و نیمه شرقی سواحل خلیج فارس، مرکز و جنوب استان سیستان و بلو چستان	۷	-۱،۷۲	مقادیر کرانه ای تعمیم یافته	-۰/۷
G	جنوب استان سمنان، بخش های وسیعی از خراسان، شمال و شرق یزد، غرب اصفهان	۶	۶/۶۳**	ویکبای	-

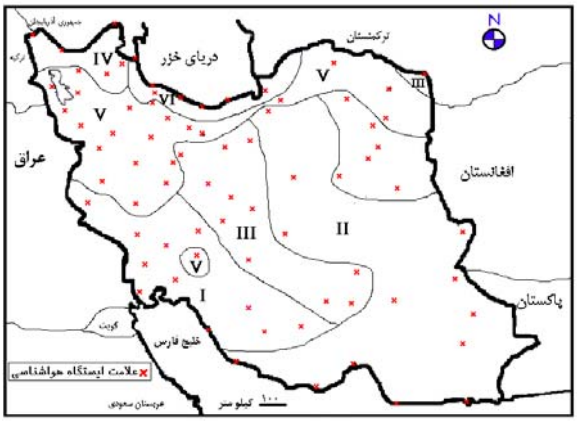
** ناحیه غیر همگن

کدام به طور جداگانه از سر گرفته شود. جدول ۳ نتایج این مرحله از تحقیق را به اختصار نشان می‌دهد. با این روش در نهایت ۶ ناحیه همگن و تنها یک ناحیه غیر همگن برای اقالیم بارش کشور به دست آمد. شکل ۸ نتیجهٔ نهایی ناحیه بندی اقلیم بارش ایران را که به روش مذکور حاصل شده است، نشان می‌دهد.

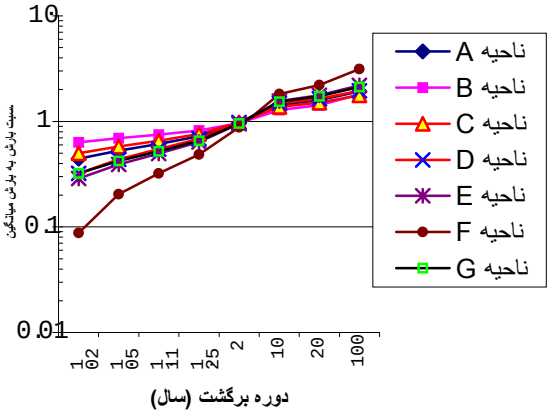


شکل ۸- هفت اقلیم بارش ایران به دست آمده با روش‌های چند متغیره (با ۱۲ متغیر منتخب)

جهت امکان مقایسهٔ روش پروکراستس در تعیین متغیرهای مهم، بار دیگر تجزیهٔ خوشه‌ای روی همهٔ متغیرهای استاندارد شده (۵۷ متغیر) انجام و با توجه به نمودار درختی حاصل از آن (در اینجا نشان داده نشده است.) سطح کشور به شش ناحیه (که پنج ناحیه آن همگن و تنها ناحیه یک آن احتمالا غیرهمگن با H= ۱/۱۲ بوده است.) تفکیک گردید. شکل ۹ نیز نقشهٔ ناحیه بندی حاصل از این روش را نشان می‌دهد. در هر منطقه پنج توزیع آماری شامل لجستیک تعمیم یافته[1]، نرمال تعمیم یافته[2]، مقادیر کرانه ای تعمیم یافته[3]، پیرسون نوع سه[4]، پارتوی تعمیم یافته[5] که توسط استدینگر وهمکاران (۱۹۹۳) تشریح شده است، به عنوان توزیع‌های کاندیدا، در هر ناحیه، در نظر گرفته شد و میزان نکویی برازش داده‌ها برای هر توزیع با آماره Z ، پیشنهادی هوسکینگ و والیس (۱۹۹۳)، مورد آزمون قرار گرفت. این آماره در یک مطالعه مشابه نیز برای برازش توزیعهای آماری داده‌های بارش ایالات متحده نیز مورد استفاده واقع شده است (۱۲ ، ۱۳). در مواردی که هیچ یک از توزیع‌های کاندیدا برای داده‌های بارش‌های سالانهٔ ناحیه معنی‌دار نمی‌شد، با توجه به توصیهٔ هوسکینگ و والیس (۱۹۹۳) تصمیم بر این بود که از توزیع پنج پارامتری ویکبای[6] استفاده شود. بهترین توزیع آماری برای داده‌های بارش‌های سالانهٔ هر ناحیه، با در نظر گرفتن کمترین مقدار مطلق آماره Z، انتخاب و منحنی رشد هر ناحیه بطور مشترک، در یک نمودار رسم شد. شکل ۱۰ این منحنی‌ها را برای اقالیم بارش هفت گانه ایران نشان می‌دهد.



شکل ۹- شش اقلیم بارش ایران به دست آمده با تجزیه خوشه‌ای (با ۵۷ متغیر کاندیدا)



شکل ۱۰- منحنی‌های رشد برای هفت اقلیم بارش ایران

1. Gen. Logistic
2. Gen. Normal
3 . Gen. Extreme Value
4 . Pearson Type III
5 . Gen. Pareto

6. Wakeby distribution

بحث

پهنه‌بندی اقلیم بارش ایران، با انتخاب متغیرهای مهم با روش پروکراستس، پیشنهادی کرزانوفسکی (۱۹۸۷)، به عمل آمد. هفت اقلیم بارش کشور که با این روش به دست آمده (شکل۸) شباهت‌ها و تفاوت‌هایی را با نتایج پهنه‌بندی اقلیم بارش ایران به روش تجزیهٔ خوشه‌ای که با توجه به همهٔ ۵۷ متغیر بدست آمده (شکل ۹) و نیز با پهنه‌بندی انجام شده توسط علیجانی (۱۳۷۴) نشان می‌دهد. مثلا اگرچه سواحل دریای خزر در دو روش اول به عنوان یک اقلیم مجزا در نظر گرفته شده است، لیکن این ناحیه در روش علیجانی(۱۳۷۴) به دو پهنه شرقی و غربی تفکیک و پهنه شرقی با اقلیم بارش شمال غرب ایران ادغام شده است. تفاوت‌های دیگری نیز در این سه روش مشاهده می‌شود. بنظر می‌رسد، علت این امر مربوط به موارد زیر می‌باشد:

۱- در دو روش اول که در این پژوهش از آن‌ها استفاده شد، پهنه‌های همگن حاوی ایستگاه‌هایی هستند که در آن مجموع بارش‌های سالانه بی بعد، در طول سالهای مختلف از توزیع خاص و مشابهی تبعیت می‌کنند، ولو اینکه میانگین بارش‌های آنها باهم اختلاف زیادی نیز داشته باشند، اما به نظر می‌رسدکه در مطالعه علیجانی پهنه‌ها بر اساس معیارهایی مانند مساوی بودن میانگین بارش سالانهٔ ایستگاه‌ها و مشابه بودن توزیع بارش در طول فصول مختلف سال تشکیل شده باشند. حسن دو روش اول این است که ما را قادر می‌سازد که مقدار بارش سالانهٔ هر پهنه و/یا هر ایستگاه واقع در آن را، با در نظر گرفتن دوره برگشت مناسب، تخمین بزنیم.

۲- حذف برخی از اطلاعات داده‌ها با حذف شدن متغیرهای زاید، در مرحله گزینش متغیرها با روش پروکراستس. با این روش از بین ۵۷ متغیر، فقط ۱۲ متغیر انتخاب شده‌اند. در نتیجه اطلاعات دیگر متغیرها (به تعداد ۴۵ متغیر) نادیده انگاشته شد.

۳- حذف بخش دیگری از اطلاعات با حذف شدن عامل‌های انتخاب نشده(در مرحله تجزیه به عامل‌های متغیرهای منتخب).

۴- تفکیک پهنه‌های بارشی ایران به تعداد نامساوی.

۵- جابجایی برخی ایستگاه‌ها از خوشه‌ای به خوشه دیگر، در فرایند تکراری به منظور حصول هرچه بیشتر همگنی برای نواحی.

۶- یکسان نبودن نوع متغیرها و دوره آماری مورد استفاده و روش تفکیک نواحی در این پژوهش، با مطالعه علیجانی(۱۳۷۴). مثلا در روش‌های اول و دوم عامل توپوگرافی دخالت داده شده ولی در روش علیجانی دخالت داده نشده است.

بطوریکه از جدول ۲ می‌توان استنباط کرد، عامل اول بامتغیرهایی نظیر بارش ماه خشک سال، بارش ماه خشک تابستان، بارش ماه ژوئیه (تیر)، تعداد روزهای همراه با بارش در ماه‌های اوت (مرداد) و سپتامبر (شهریور) توجیه می‌شود. بنابراین عامل اول به نام "بارش تابستان" نامیده شد. مقدار این عامل بترتیب در سواحل دریای خزر و ناحیه جنوب شرق ایران بیشتر است (شکل ۴). بنابراین می‌توان انتظار داشت که در تابستان در این مناطق بارش بیشتری (نسبت به دیگر نواحی) نازل شود. عامل دوم با متغیرهایی نظیر مجموع بارش سالانه، بارش فصل زمستان، بارش ماه نوامبر (آبان) و حداکثر بارش ۲۴ ساعته در ماه نوامبر توجیه می‌شود. بنابراین می‌توان عامل دوم را به نام "بارش سال، زمستان و نوامبر" تلقی نمود. مقدار این عامل در سواحل دریای خزر (بویژه قسمتهای غرب) و نیز بخشهای غربی کوههای زاگرس (بویژه استان ایلام) بیشتر است (شکل ۵). بنابراین می‌توان گفت که این مناطق بارش سالانه، بارش زمستان، مجموع و حداکثر بارش ماه نوامبر بیشتری نسبت به دیگر نواحی ایران دریافت می‌کنند. این موضوع با نتایج مطالعات دیگر نیز همخوانی دارد (۱، ۳، ۷). عامل سوم با حداکثر بارش۲۴ ساعته ماه اکتبر (مهر) توجیه می‌شود. در نتیجه این عامل به نام "بارش اکتبر" نام‌گذاری گردید. نواحی شمال غرب ایران (بویژه آذربایجان شرقی)، زنجان، کردستان، کرمانشاه و بخشهای شمالی خراسان دارای حداکثر بارش ۲۴ ساعته بیشتر در ماه نوامبر (مهر) می‌باشند.

بجز ناحیه G، بقیه اقالیم بارشی ایران با توجه به آمارهٔ H پیشنهادی هوسکینگ و والیس (۱۹۹۳) و متغیر بارش سالانه، همگن تشخیص داده شدند. یادآوری این نکتهٔ مهم که همگن بودن ایستگاه‌های یک پهنه مترادف با دارا بودن مقدار بارش سالانه یکسان نیست بلکه به مفهوم دارا بودن توزیع آماری

مشابه برای متغیر بارش سالانه ایستگاه‌ها (بدون در نظر گرفتن مقدار میانگین آن متغیر که در ایستگاه‌های آن پهنه ممکن است، یکسان نباشد) می‌باشد (۱۲)، در درک مفهوم اقلیم بارش کمک شایانی می‌نماید. منحنی‌های رشد برای نواحی مختلف بارشی ایران (شکل۱۰) نشان می‌دهد که شیب منحنی رشد، در ناحیه F بیشتر از سایر نواحی بارشی ایران می‌باشد. بنابراین می‌توان گفت که در این ناحیه بارش‌های سالانه از سالی به سال دیگر می‌تواند بشدت تغییر کند، که با مطالعات دیگر (۷، ۸). همخوانی می‌کند. اگرچه روشهای بهینه استفاده از آب در چنین مناطقی بتفصیل توسط سپاسخواه (۱۳۸۰) ذکر شده و لیکن یک راه استفاده منطقی از آب بارش در اینگونه مناطق، ایجاد امکان برای نفوذ دادن آب به زمین و بهره‌برداری تدریجی از آن تلقی شده است (۸). در این پژوهش ضمنا ضریب چولگی و ضریب تغییرات بارش سالانهٔ ایستگاه‌ها محاسبه شد. نتایج نشان داد که ضریب چولگی برای ناحیهٔ F مثبت و بالاتر از معیار نرمال بودن داده‌ها در سطح ۰/۰۵ (یعنی بیش از ۰/۵۷ برای دوره آماری ۴۳ ساله) بوده است. در ناحیه جنوب شرق کشور مقدار این ضریب از ۲ نیز تجاوز می کند. توزیع آماری مناسب برای بارش‌های سالانه این ناحیه، پیرسون نوع ۳ (جدول ۳) بوده است. افزون بر این ضریب تغییرات بارش‌های سالانهٔ این ناحیه، بالاترین مقدار (بیش از ۴۵ درصد) در سطح کشور می‌باشد. همه نواحی بارشی ایران (بجز نواحی C و A) در دوره‌های برگشت ما بین ۱۰ و۱۰۰ سال شیب نسبتا یکسانی دارند. شیب منحنی رشد در ناحیه B (حاشیه دریای خزر) در دوره‌های برگشت کمتر از ۲۰ سال کمتر از دیگر نواحی ایران است. اما در دوره‌های برگشت بیش از ۲۰ سال ناحیه C کم شیب ترین و برعکس ناحیه F پر شیب ترین منحنی رشد را دارا می‌باشد. برای مناطقی مانند ناحیه C (جنوب غرب ایران) بهترین راه استفاده از آب بارش‌ها، انتقال آب بین حوضه‌ای تلقی شده است (۸). ضریب چولگی بارشهای سالانه این ناحیه، مثبت ولی کم (کوچکتر از ۰/۴) و ضریب تغییرات بارش‌های آن نیز بین ۲۵ تا ۳۰ درصد برآورد شده است. بنابراین توزیع نرمال که با روش ارائه شده برای داده‌های بارش‌های سالانه ناحیه مذکور (جدول ۳) بدست آمده است، منطقی به نظر می‌رسد. در دوره‌های برگشت زیر ۲۰ سال ناحیه B (سواحل دریای خزر) دارای کمترین شیب منحنی رشد است. ضریب چولگی بارش‌های سالانه این ناحیه، بجز در بخشهای میانی بسیار بالا (بیش از ۰/۸۵ که حد نرمال بودن داده‌ها در سطح ۰/۰۱ می‌باشد) بوده ولی ضریب تغییرات بارش‌های سالانه آن کمترین مقدار در سطح کشور و در حدود ۲۵ درصد بوده است. در حالت کلی ضریب چولگی بارش‌های سالانه بیش از ۹۲ درصد ایستگاه‌های کشور، مثبت محاسبه شده است، که حاکی از وقوع بارش‌های سالانهٔ سنگین فقط در یک یا چند سال انگشت شمار از دوره آماری مورد بررسی می‌باشد. بنابراین می‌توان گفت که نسبت میانگین به میانه داده‌های بارش‌های سالانه ایستگاه‌های مذکور کمتر از واحد می‌باشد. این موضوع از شکل منحنی‌های رشد نیز قابل استنباط است که در آن برای تمام نواحی هفت‌گانه، به ازاء دوره برگشت ۲ سال، مقدار بارش بی بعد، کمتر از واحد (ولیکن نزدیک به آن) حاصل شده است نتیجه مشابهی برای بارش‌های سالانهٔ نواحی خشک و نیمه خشک ایالات متحده حاصل شده است (۱۳). در حالت کلی می‌توان گفت از بین نواحی بدست آمده، ناحیه F در شرایط خشکسالی، با توجه به دارا بودن شیب زیاد برای منحنی رشد، در معرض خشکی بیشتر (نسبت به دیگر نواحی کشور) است. در شرایط تر سالی نیز، بیشترین بهرهٔ ناشی از افزایش بارش، نصیب این ناحیه خواهد شد. یعنی در شرایط ترسالی، نسبت بارش سالانه به میانگین دراز مدت در این ناحیه، بیشتر از دیگر نواحی بارشی کشور خواهد بود.

یکی از موارد کاربرد منحنی‌های رشد نواحی بارشی، این است که می‌توان با در دست داشتن میانگین بارش سالانه هر ایستگاه واقع در یکی از نواحی بارشی هفت گانه کشور و ضرب آن به مقدار بارش بی بعد (یعنی نسبت بارش به بارش میانگین) که برای دوره برگشت معین، از روی منحنی رشد مربوطه تخمین زده می‌شود، مقدار بارش سالانهٔ آن ایستگاه را در دوره برگشت مذکور تخمین زد. این مسئله با پذیرفتن این فرض که اقلیم بارش ایستگاه مذکور مشابه اقلیم بارش ناحیه مذکور می‌باشد، قابل قبول است (۱۳). تخمین بارش در شرایط خشکسالی با توجه به مقدار کمیت بی بعد بارش، در دوره‌های برگشت کمتر از دو سال، انجام می‌گیرد، چنین کاری در قالب یک مطالعهٔ وسیع برای بررسی خشکسالی‌های ایالات متحده

بکار برده شده است (۱۳) و امید است در آینده برای ایران نیز انجام شود.

همچنین می‌توان در یک پهنه بارشی خاص، مقدار نسبت مذکور (کمیت بارش بی بعد) در دوره برگشت مورد نظر را از منحنی رشد مربوطه قرائت و به میانگین ناحیه‌ای بارش سالانه، ضرب نمود، تا مقدار بارش ناحیه‌ای به ازا، دوره برگشت مذکور، تخمین زده شود. توزیع بارش‌های فصلی و/یا ماهانه با تداوم‌های مختلف (مانند ۱ماه ،۲ ماه و...)، و/یا با توجه به ماه‌های آغازین مختلف، در هر پهنه ممکن است با توزیع بارش‌های سالانه مطابقت نکند. بنابراین بررسی توزیع بارشهای با دوره‌های تداوم مختلف مانند ماهانه، دو ماه، ...و ۶۰ ماه (با توجه به ماه‌های آغازین مختلف) و رسم منحنی‌های رشد آنها در اقالیم مختلف بارش ایران، به عنوان ادامهٔ این کار تحقیقی، پیشنهاد می‌شود.

سپاسگزاری

بدینوسیله از همکاری کارکنان محترم اداره هواشناسی تبریز بویژه آقایان مهندس عبدلی و مهندس اصلاحی در خصوص تامین داده‌های مورد نیاز این پژوهش صمیمانه سپاسگزاری می نماید. بخشی از هزینه‌های این پژوهش، از طرف دانشگاه تبریز پرداخت گردیده که بدینوسیله قدردانی بعمل می‌آید. از داوران محترم مقاله بخاطر ارائهٔ راهنمایی و نظرات با ارزش صمیمانه سپاسگزاری می‌نماید.

مراجع مورد استفاده REFERENCES

۱. جهانبخش، س. و ح. ذوالفقاری، ۱۳۷۹. بررسی حداکثر بارش های روزانه از شمال غرب تا جنوب غرب ایران. نشریه دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه تبریز، شماره (۱۷۴): ۱۱۴-۸۷..

۲. جهانبخش، س و ح. ذوالفقاری، ۱۳۸۱. بررسی الگوهای سینوپتیک بارشهای روزانه در غرب ایران. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره(۶۴)، صفحات۲۵۸ -۲۳۴.

۳. ذوالفقاری، ح. و ب. ساری صراف، ۱۳۷۷. مطالعه بارش های شمال غرب ایران با تکیه بر تحلیل خوشه ای. مجله دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه فردوسی مشهد، شماره های (۱و۲): ۲۵۶-۲۴۱.

۴. موحد دانش، ع. ا.، ۱۳۶۶. مقدمه ای بر هیدرولوژی. جلد اول، مبانی هیدرولوژی و هیدرولوژی آماری، انتشارات عمیدی، ۴۰۰ صفحه.

۵. نیکخواه بهرامی، م.، ۱۳۷۵. دستورالعمل های محاسبات عددی. انتشارات دانشگاه تهران، ۳۷۵ صفحه.

۶. سپاسخواه، ع.، ۱۳۸۰. استفاده بهینه از آب در مناطق خشک. فصلنامه علمی، فرهنگی نامه فرهنگستان علوم، شماره (۱۷): ۱۰۵-۸۱..

۷. علیجانی، ب.، ۱۳۷۴. آب و هوای ایران. انتشارات دانشگاه پیام نور، ۲۲۱ صفحه.

۸. غیور، ح. و ا. مسعودیان، ۱۳۷۷. بررسی مکانی شاخص یکنواختی توزیع زمانی بارش در ایران زمین. فصلنامه تحقیقات جغرافیائی، شماره (۵۰): ۲۸-۱۹.

9. Basalirwa, C.P.K. 1995. Delineation of Uganda into climatological rainfall zones using the method of principal component analysis. International Journal of Climatology, 15: 1161-1177.
10. Bennie, A.T.P. & M. Hensley. 2001. Maximizing precipitation utilization in dryland agriculture in South Africa- a review. J. of Hydrology, Vol. 241: 124-139.
11. Ehrendorfer, M. 1987. A regionalizaion of Austria's precipitation climate using principal component analysis. J. of Climatology, Vol. 7: 71-89.
12. Guttman, N.B. 1993. The use of L-Moments in the determination of regional precipitation climates. J. of Climate, Vol. 6: 2309-2325.
13. Guttman, N.B., J.R.S Hosking, & J.R. Wallis. 1993. Regional precipitation quantile values for the continental united states computed from L-Moments. Journal of Climate, Vol. 6: 2326-2340.
14. Holawe, F. & R. Dutter, 1999. Geostatistical study of precipitation series in Austria: time and space. J. of Hydrology, Vol. 219: 70-82.
15. Hosking, J.R.M. 1991. Fortran routines for use with the method of L-moments, version2. research report RC-17097, IBM Res. Division, T.J. Watson research center, Yorktown Heights, N.Y.

16.Hosking, J.R.M. & J.R. Wallis. 1993. Some statistics useful in regional frequency analysis. Water Resources Research,Vol. 29 (2) : 671-281.
17.Jolliffe, I.T. 1986. Principal Component Analysis. Springer-Verlag: 271 pp.
18.Krzanowski, W.J. 1987. Selection of variables to preserve multivariate data structure, using principal components. Appl. Statist., Vol. 36 (1): 22-33.
19.Maheras, P. & F. Kolyva-Machera. 1990. Temporal and spatial characteristics of annual precipitation over the Balkans in the twentieth century. International J. of Climatology, Vol.10 (5): 493-504.
20.Mallants, D. & J. Feyen. 1990. Defining homogeneous precipitation regions by means of principal component analysis. J. of Applied Meteorology, Vol. 29: 892-901.
21.Manly, B.F.J. 1994. Multivariate Statistical Methods, A primer. Second edition. Chapman and Hall. 215 Pages.
22.Overall, J.E. & C.J. Klett. 1973. Applied Multivariate Analysis. McGraw-Hill Book Company: 500 pp.
23.Regenmortel, G.V. 1995. Regionalization of Botswana rainfall during the 1980s using principal component analysis. International Journal of Climatology, Vol.15:313-323.
24.Smithers, J.C. & R.E. Schulze. 2001. A methodology for the estimation of short duration storms in South Africa using a regional approach based on L-moments. J. of Hydrology, Vol. 241: 42-52.
25.Stedinger, J.R., R.M. Vogel & E. Foufoula-Georgiou. 1993. Frequency analysis of extreme events. In:"D.R. Maidment (ed.). Handbook Of Hydrology. McGraw-Hill. pp. 18.1 – 18.66. "
26.Wiltshire, S.E. 1986. Identification of homogenous regions for flood frequency analysis. J. of Hydrology, Vol. 84: 287-302.
27.Wolting, G., C.H. Bouvier, J. Danloux & J.M. Fritsch. 2000. Regionalization of extreme precipitation distribution using the principal components of the topographical environment. J. of Hydrology, Vol. 233: 86-101.

Selection of Variables for the Purpose of Regionalization of Iran's Precipitation Climate Using Multivariate Methods

Y. DINPAJOOH[1], A. FAKHERI FARD[2], M. MOGHADDAM VAHED[3], S. JAHANBAKHSH[4] AND M. K. MIRNIA[5]
1, 2, 3, Instructor, Assistant Professor and Professor, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, 4, 5, Associate Professors, Faculty of Humanities and Social Sciences, and, Faculty of Mathematic, University of Tabriz
Accepted April. 16, 2003

SUMMARY

Study of precipitation climate, in every region is an important task from the view of agricultural crop production, drainage of agricultural and urban lands, erosion, flood, drought, water resources research, civil and urbanization. In the present study regionalization of precipitation climate is of interest. Because the type and number of used variables in determination of regional precipitation climates can lead to the production of different climate boundaries, so it has been tried to introduce the most important variables by including all available ones efficient in precipitation climate. These selected variables were then used for regionalization using factor and cluster analysis. For regionalization of precipitation climates in the country (77 weather stations) data from 1956 to 1998 have been used. From a total of 57 variables, twelve were selected using Krzanowski's proposed method. The country's area has been divided into 6 homogenous and heterogenous regions. The test, applied for regional homogeneity was H-Statistic and for choosing suitable distribution to data was Z-Statistic test. The growth curves were obtained and illustrated for all regions.

Key words: Iran, Multivariate analysis, Precipitation climate, Procrustes.