تاریخ دریافت : ۸۵/۳/۲۷
تاریخ پذیرش نهایی: ۸۵/۱۰/۲۸

بررسی پراکنش خرده اقلیم‌ها در شمال غرب ایران

دکتر بهروز ساری صراف*
غلامحسین محمدی**

چکیده

پراکندگی خرده اقلیم‌ها در شمال غرب ایران با استفاده از روش آماری تحلیل خوشه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. داده‌های اقلیمی جمع‌آوری شده از ۲۲ ایستگاه برای مقادیر دما (حداکثر، میانگین و حداقل) و بارندگی کل ماهانه از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۳ مور بررسی قرار گرفتند. برای اطمینان بیشتر، در تحلیل‌های خوشه‌ای همه متغیرها با میانگیر صفر و واریانس یک استاندارد شدند. تحلیل خوشه‌ای به روش سلسله مراتبی برای انجا ناحیه‌بندی انتخاب شد. در ابتدا پنج شیوه متفاوت خوشه‌بندی برای تعیین مناسب‌ترین روش ناحیه‌بندی به کار گرفته شد. میزان موفقیت این روش‌ها در مطالعه پراکندگی اقلیـ در آذربایجان به روش آزمون F مورد ارزیابی قرار گرفتند. مدل Ward به عنوان مناسـ ترین روش انتخاب گردید. با نگاهی مجدد به مقادیر آزمون F، پنج منطقه اقلیمی متفاوت مانند سایر مناطق اقلیمی قراردادی دیگر، مورد شناسایی قرار گرفتند.

واژگان کلیدی

شمال غرب ایران، پراکنش اقلیمی، تحلیل خوشه‌ای، آزمون F.

---

* دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز.
** کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز.

مقدمه

در مطالعات جغرافیایی، محققان اغلب به تقسیم‌بندی متغیرها در داخل گروه‌های همانند برای شناسایی تشابه و یا اختلاف آنها و ایجاد زمینه لازم برای پیش‌بینی بهتر نیاز دارند. تحلیل خوشه‌ای یکی از روش‌های تحلیل چند متغیره است که می‌تواند برای دسته‌بندی داده‌ها استفاده شود. رمز موفقیت در الگوریتم خوشه‌بندی این است که می‌توان خوشه‌ها را به گونه‌ای طبقه‌بندی کرد که دو خاصیت جدایی در بیرون (خوشه‌ها) و پیوستگی در داخل را برای ما آشکار کنند. برای جداسازی بیرونی لازم است که متغیرهای داخل یک خوشه از خوشه‌ی دیگر به وسیله یک فضای نسبتاً خالی جدا شوند. برای پیوستگی داخلی لازم است که متغیرهای داخلی یک خوشه به یکدیگر شبیه باشند. روش‌های خوشه‌بندی کاربرد وسیعی در علوم انسانی و زیست شناسی دارند.

شمار تحقیقاتی که به کمک روش‌های تحلیل چند متغیره انجام گرفته در ادبیات اقلیم‌شناسی جهان بسیار زیاد است. فاول و فاول (Fovel, 1993) ضمن شرح مفصل روش‌های ناحیه‌بندی تحلیل عاملی و خوشه‌ای، با استفاده از دما و بارش ماهانه ۳۴۳ ایستگاه ایالات متحده، تنوع اقلیم این کشور را تعیین کرده و دقت نتایج را با روش کوپن مقایسه کردند. وایت (White, 1981) نیز نواحی اقلیمی بریتانیا را مطالعه کرده است.

اونال و همکاران (Ounal et al, 2003) مناطق اقلیمی ترکیه را با استفاده از روش آماری تحلیل خوشه‌ای از نو تحلیل کردند. برای این کار داده‌های دما و بارش ماهانه ۱۱۳ ایستگاه هواشناسی با استفاده از مدل Ward خوشه‌بندی شده و هفت منطقه اقلیمی متفاوت مورد شناسایی قرار گرفته است.

در ایران نیز مسعودیان با بررسی بیست و هفت عنصر اقلیمی در مقیاس سالانه نشان داد که اقلیم ایران ساخته شش عامل است. این عوامل به ترتیب اهمیت عبارتند از: عوامل گرمایی، نم و ابر، بارش، بادی ـ غباری و تندری. یک تحلیل خوشه‌ای بر روی یک نمونه هزارتایی و بر اساس شش عامل یاد شده وجود پانزده ناحیه اقلیمی در ایران را نشان داد.

سازمان هواشناسی کشور (پژوهشگاه هواشناسی، ۱۳۷۹) تغییرات اقلیمی مناطق مختلف ایران را بر اساس روش خوشه‌بندی مطالعه کرده است. در این تحقیق روش کار طوری است که دوره ۱۰ ساله اخیر با دوره‌های ۱۰ ساله گذشته مقایسه می‌شود. با مقایسه

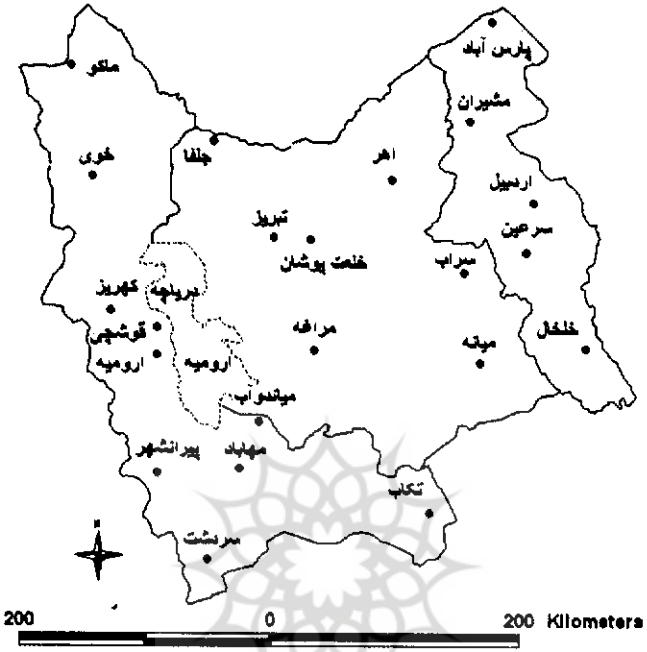
داده‌های ٤٠ سال گذشته و مطالعه تغییرات ساختار خوشه‌ها و جابجایی ایستگاه‌ها در خوشه‌های متفاوت در دوره‌های مختلف، نظریاتی در مورد تغییرات اقلیمی این مناطق ارائه گردیده است. مطالعات دیگری نیز برای ناحیه‌بندی مناطق بارش با استفاده از روش‌های آماری تحلیل چند متغیره صورت گرفته است (به عنوان مثال نگاه کنید به علیجانی (۱۳۷٤)، ذوالفقاری و ساری صراف (۱۳۷۷)، جهانبخش و ذوالفقاری (۱۳۷۹) و جهانبخش و ذوالفقاری، (۱۳۸۱). بدیهی است که چندین روش متفاوت خوشه بندی وجود دارد که هر کدام از آنها برای اهداف خاصی نتایج بهتری ارائه می دهند. در مطالعات اقلیم ایران در هر یک از موارد, یکی از روش‌های خوشه‌بندی استفاده شده و نواحی همگن تحدید گردیده‌اند، بدون آنکه روش‌های خوشه بندی دیگر مورد ارزیابی قرار گیرند. بنابراین استفاده از یک معیار کمی و منطقی برای ارزیابی روش‌های مختلف خوشه‌بندی ضروری است. همچنین مشاهده می‌شود که اغلب مطالعاتی که با استفاده از این روش‌ها در شمال غرب ایران صورت گرفته، اکثرا برای پهنه‌بندی نواحی همگن بارشی بوده و یا به صورت کلی پهنه‌بندی‌هایی برای اقلیم آن منطقه ارائه گردیده است. در این مطالعه ما قصد داریم با استفاده از منابع معتبر علمی، نقاط ضعف و قوت روش‌های مختلف خوشه‌بندی را ارائه نموده و با ارزیابی این روش‌ها با آزمون F، مناسب‌ترین پهنه‌بندی از پراکندگی خرده اقلیم-ها در شمال‌غرب ایران ارائه نماییم.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

داده‌های اقلیمی

داده‌های متوسط ماهانه دمای میانگین، حداقل و حداکثر و بارش کل هر ماه ایستگاه-های سینوپتیک، اقلیم‌شناسی و هواشناسی کشاورزی در محدوده جغرافیایی استان‌های آذربایجان غربی و شرقی و استان اردبیل جمع‌آوری شدند. متغیرهای انتخاب شده نشانگر این مطلب هستند که گروه‌های مشترک می‌توانند به صورت فصلی، ناحیه‌ای یا به وسیله ارتفاعشان شناسایی گردند. داده‌های ماهانه از سازمان هواشناسی کشور به صورت رقومی و در دوره زمانی ژانویه ۱۹۸۵ تا دسامبر ۲۰۰۳ اخذگردید. اسامی و موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌ها در نقشه محدوده مورد مطالعه (شکل شماره یک) آورده شده است. آزمون نرمال

بودن داده‌ها به روش کلموگروف ـ اسمیرنوف و با استفاده از نرم‌افزار SPSS صورت گرفت و از نرمال بودن آنها اطمینان حاصل شد.



شکل شماره ۱- نقشه پراکندگی ایستگاه‌های مورد مطالعه

در مواردی که ایستگاه‌ها دارای نواقص آماری بودند، به وسیله داده‌های ایستگاه‌های مبنا که بالاترین ضریب همبستگی را با ایستگاه مذکور داشت، تکمیل گردید. سپس ۳۶ متغیر درجه حرارت و۱۲متغیر بارش (ماتریسی به ابعاد ۱۲ × ۹۱۲) به طریق میانگین صفر واریانس یک استاندارد شدند تا یقین حاصل شود که همه داده‌ها در تحلیل خوشه‌ای به طور یکسان شرکت داده شدند.

مواد و روش‌ها

تحلیل خوشه‌ای یکی از ابزارهای آماری موثر برای یافتن نواحی اقلیمی متجانس بر اساس مقادیر متغیرهای مشاهده شده است. برخلاف دیگر روش‌های آماری رایج، تحلیل خوشه‌ای بر اساس برخی تئوری‌های توزیع کاذب و قیاسی بنا نشده است. بنابراین در

انتخاب روش‌های تحلیل خوشه‌ای باید نهایت دقت صورت پذیرد. روش‌های مختلف تحلیل خوشه‌ای به صورت گسترده‌ای در مسائل مختلف اتمسفری مورد استفاده قرار می‌گیرند. این روش‌ها می‌توانند با تکنیک‌های سلسله مراتبی یا غیرسلسله مراتبی اجرا گردند. روش‌های خوشه‌بندی سلسله مراتبی در مراحل مقدماتی تحقیق ایده‌آل می‌باشد.

دو روش رایج سنجش فاصله در تحلیل خوشه‌ای، فاصله اقلیدسی و ضریب همبستگی می‌باشد. فاصله اقلیدسی[1] (ریشه دوم مجموع اختلاف بین متغیرها به توان دو) از رایج‌ترین روش‌های سنجش فاصله‌ای مورد استفاده در علوم اتمسفری است. هر چند استفاده از ضرایب همبستگی می‌تواند نوعی سنجش جایگزین را ایجاد نماید ولی یکی از نواقص آن عدم حساسیت به مقدار اختلاف بین متغیرهاست (Unal, et al, 2003). روش‌های سلسله مراتبی، متناسب با چگونگی محاسبه فاصله بین ایستگاه‌ها و نیز متناسب با اینکه چگونه دو ایستگاه مشابه، تعریف شوند، متفاوت خواهند بود. چون هر الگوریتمی از ملاک‌های تفاوت جزئی برای تشکیل خوشه‌ها استفاده می‌کند، تعداد و تیپ خوشه‌های تشکیل شده می‌تواند متفاوت باشد. در هر صورت همه روش‌های سلسله مراتبی از روند اساسی چهارگانه زیر پیروی می‌کنند تا زیرمجموعه‌هایی تشکیل دهند که با همدیگر متجانس بوده و به راحتی از بقیه جدا شوند:

۱- میزان فاصله مخصوص بین همه ایستگاه‌ها محاسبه می‌شود.

۲- دو ایستگاه مشابه با همدیگر ترکیب می‌شوند تا یک خوشه جدید بر اساس معیار تعیین شده تشکیل شود.

۳- فاصله بین همه ایستگاه‌ها مجدداً محاسبه می‌شود.

٤- مراحل دوم و سوم تکرار می‌شودتا این که همه ایستگاه‌ها در داخل یک خوشه جمع شوند.

پنج روش برای خوشه‌بندی سلسله مراتبی رایج است: روش نزدیکترین فاصله[2]، دورترین فاصله[3]، روش متمرکز[4]، حداقل واریانس وارد[5] و روش میانگین فاصله[1].

1. Euclidean distance
2. single linkage
3. complete linkage
4. centroid linkage
5. Ward linkage

ساده‌ترین روش خوشه‌بندی سلسله مراتبی، نزدیک ترین فاصله است. در این روش گروه‌ها براساس نزدیکی نقاطشان، به یکدیگر می‌پیوندند و فاصله اقلیدسی ما بین همه ایستگاه‌ها در هر خوشه مقایسه می‌شوند. هر چند که این روش نتایج ساده و درستی دارد، ولی در طبقه‌بندی ضعف دارد. روش دورترین فاصله به عنوان روشی برای غلبه کردن به گرایش طبقه‌بندی در روش نزدیک‌ترین فاصله پیشنهاد شده و موقعی مناسب است که خوشه‌ها بر اساس دورترین نقاط به یکدیگر متصل شوند. اگر چه در این روش مسأله طبقه‌بندی غلبه دارد، ولی ثابت شده که این روش در یک خوشه شناخته شده به کار نمی‌رود. در روش مرکزیت فواصل بین مرکز هر دو خوشه مورد نظر قرار می‌گیرد لذا روش متمرکز صحیح‌ترین روش مورد استفاده در خوشه‌بندی سلسله مراتبی است، ولی آن هنوز دچار مسأله طبقه‌بندی می‌باشد (Milligan,1980). روش حداقل واریانس Ward تکنیکی است که بیشترین استفاده را در خوشه‌بندی در تحقیقات اقلیمی داشته است. (Kalkstein et al, 1987) در این روش حداقل جمع مربعات فواصل بین نقاط و نقطه مرکزی برای هر زوج از خوشه‌ها با هم در نظر گرفته می‌شود. بدین ترتیب که میانگین متغیرها در داخل هر خوشه محاسبه می‌شود و سپس فاصله اقلیدسی میانگین خوشه‌ها برای هر مورد و نهایتاً برای مجموع همه موارد محاسبه می‌شود. روش Ward گرایش به تشکیل خوشه‌های نسبتاً کوچک و مواردی با تعداد یکسان دارد. داده‌های اقلیمی نسبت به تشکیل خوشه‌های با اندازه نسبتاً مساوی حساسیت نشان داده‌اند (Kalkstein et al, 1987). از آنجا که مناطق اقلیمی مختلف دارای تعداد ایستگاه‌های یکسان نیستند، این خود ایراد اصلی این تکنیک محسوب می‌شود. روش میانگین فاصله بر اساس فواصل نقاط دو خوشه محاسبه می‌شود و موقعی کاربرد دارد که بخواهیم همه نقاط خوشه‌ها را در نظر بگیریم. این روش به همه نواقصی که اکثر روش‌های سلسله مراتبی مورد استفاده دچار آن هستند، غلبه دارد. در روش میانگین فاصله برخلاف روش نزدیکترین فاصله و روش متمرکز وابستگی کمتری برای تشکیل خوشه‌ها دارند و برعکس روش Ward که مجموع مربع فاصله مابین خوشه‌ها در حداقل می‌باشد، در روش میانگین فاصله حداقل واریانس درون گروهی و حداکثر واریانس بین گروهی وجود دارد. به همین خاطر این روش واقع

1. average linkage

بینانه‌ترین نتایج را در تحقیقات اقلیمی به دست می‌دهد (Kalkstein et al, 1987). در این مطالعه اندازه‌گیری اختلاف از طریق فاصله اقلیدسی محاسبه می‌شود و چون مشاهداتی با مقیاس‌های متفاوت مانند درجه حرارت و بارش می‌توانند فاصله نابرابری را در محاسبات به وجود آورند، بنابراین هر متغیری قبل از محاسبه فاصله، استاندارد می‌شود تا تاثیر مقیاس در آنها حذف گردد.

بحث (ارزیابی روش‌های مختلف خوشه بندی با آزمونF)

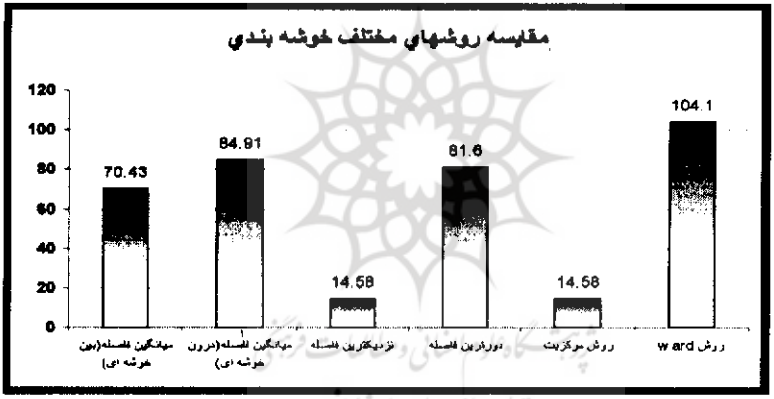
نقاط ضعف و قوت چندین روش خوشه بندی، برای ناحیه‌بندی شمال غرب ایران باید مورد ارزیابی قرار گیرد تا بهترین روش برای این مطالعه خاص مشخص گردد. به همین خاطر چندین روش خوشه‌بندی سلسله مراتبی شامل: نزدیکترین فاصله، دورترین فاصله، روش متمرکز، میانگین فاصله در داخل خوشه‌ها، میانگین فاصله بین خوشه‌ها و روش Ward مورد استفاده قرارگرفت. نتایج طبقه‌بندی ایستگاه‌ها جهت تعیین مناسب‌ترین روش خوشه‌بندی برای متغیرهای اقلیمی در آذربایجان با هم مقایسه شدند. (نمودار درختی روش‌های فوق در بخش پیوست‌ها نشان داده شده‌اند).

روش‌های نزدیک‌ترین فاصله و روش متمرکز بیشتر ایستگاه‌ها را به یک خوشه اختصاص داده که نشانگر مشکلاتی در این نوع طبقه‌بندی است، به طوری که خوشه‌های دیگر فقط یک عضو دارند. از طرف دیگر روش دورترین فاصله ایستگاه‌ها را به صورت مساوی در سطح خوشه‌ها توزیع کرد. بررسی توالی همبستگی بین ایستگاه‌ها و مقادیر میانگین و انحراف معیار داده‌های مورد استفاده، نشان از عدم اختلاف معنی‌دار بین خوشه اول و دوم است. به همین ترتیب در خوشه‌بندی به روش میانگین فاصله بین خوشه‌ها، ایستگاه پارس آباد به عنوان خوشه جداگانه قرار گرفت، حال آنکه ضریب همبستگی آن با ایستگاه‌های اهر، خوی و جلفا به ترتیب برابر ۷٤٪ ، ۷۳٪ و۷۱٪ است که نشان می‌دهد این ایستگاه نمی‌تواند به صورت خوشه جداگانه بررسی شود. در نهایت اینکه روش میانگین فاصله در داخل خوشه‌ها و تکنیک Ward ناحیه‌بندی تقریباً مشابهی ایجاد کرده‌اند که واقعی‌تر به نظر می‌رسند.

برای بررسی دقیق‌تر و مشخص کردن بهترین روش خوشه‌بندی به کار رفته، از تحلیل واریانس چندمتغیره (ANOVA) برای هرروش استفاده شد و کمیت F-test برای هر کدام محاسبه گردید. کمیت مورد نظر متناسب با نسبت تغییرات بین خوشه‌ای به تغییرات درون خوشه‌ای است:

$$F = \frac{msb}{msw}$$

در این معادله (msb) میانگین مربعات تغییرات بین خوشه‌ای و(msw) میانگین مربعات تغییرات درون خوشه‌ای می‌باشد.



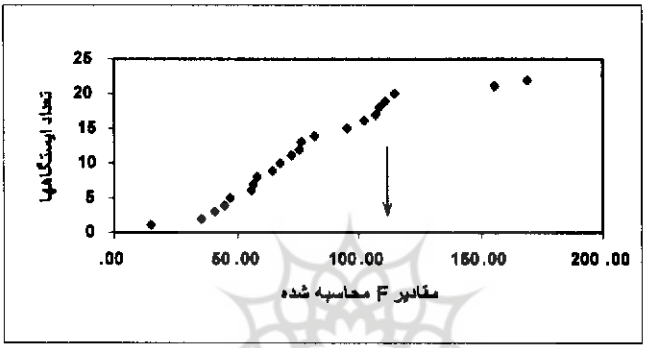
نمودار شماره ۲- نتایج تحلیل واریانس چند متغیره (F-Test) برای روش‌های مختلف خوشه‌بندی

هرچه مقدار F به دست آمده بزرگتر باشد، نشان دهنده همگنی مقادیر داخل خوشه‌ها و پراکندگی بیشتر خوشه‌ها از یکدیگر است (پژوهشگاه هواشناسی۱۳۷۹) (نمودار شماره ۲).

همانطورکه مشاهده می‌شود، روش Ward با بزرگترین مقدار F-test (۱۰٤/۱) مناسب‌ترین روش برای طبقه‌بندی اقلیمی شمال غرب کشور شناخته می‌شود.

در تحلیل خوشه‌ای، یکی از اصلی‌ترین مسائل، تعیین تعداد بهینه‌ای از خوشه‌هاست. یعنی اینکه در چه مرحله ای باید فرآیند خوشه‌بندی به پایان برسد. هرچند که روش خاصی برای تعیین تعداد خوشه‌ها وجود ندارد و محقق می‌تواند با توجه به دانش و

اطلاعات خود از موضوع مورد بررسی، خوشه ها را سازماندهی کند؛ ولی یکی از روش‌ها، محاسبه و ترسیم نموداری مقادیر F-test می‌باشد[۱]. این اطلاعات می‌تواند برای مشخص کردن تعداد مناسب خوشه‌ها مفید باشد. تغییر ناگهانی مقادیر F نشان می‌دهد که خوشه-های به هم پیوسته خیلی شبیه هم نیستند. شکل شماره ۲، مقادیر F را در مقابل تعداد ایستگاه‌ها در روش Ward نشان می‌دهد.



نمودار شماره ۳- مقادیر F محاسبه شده داده‌های ایستگاه‌های مورد مطالعه

در این نمودار بعد از ۵ خوشه افزایش ناگهانی وجود دارد که در اینجا با در نظرگرفتن ناحیه مورد نظر می‌توانیم ۵ یا ٦ خوشه را برای ناحیه‌بندی اقلیمی انتخاب کنیم. به نظر ما پنج خوشه برای ناحیه‌بندی اقلیمی شمال غرب کشور کافی است.

یافته ها

برای تعیین واقع بینانه پراکندگی خرده اقلیم‌ها در شمال‌غرب ایران، داده‌های دما و بارش ماهانه ۲۲ ایستگاه به روش میانگین صفر و واریانس ۱ استاندارد شدند. تحلیل

---

۱. F-test دارای این خاصیت است که هر وقت یک خوشه به خوشه‌های دیگر تعلق می‌گیرد، در حالی که نباید تعلق بگیرد، مقدار F به شدت تغییر می‌کند. بنابراین، روش کار به این صورت است که برای یک محدوده خاص از تعداد خوشه‌ها مقادیر F تعیین و به ترتیب صعودی یا نزولی مرتب می‌شوند و سپس مورد بررسی قرار می‌گیرند. طبیعی است که اگر در یک تعداد از خوشه‌ها مقدار F به شدت تغییر کند، این تعداد از خوشه‌ها برای کار مناسب است (پژوهشگاه هواشناسی، ۱۳۷۹).

خوشه‌ای سلسله مراتبی برای انجام ناحیه‌بندی انتخاب گردید. با بکار گیری آزمون F روش‌های مختلف خوشه‌بندی،ارزیابی شده و مشخص گردید که روش Ward نتایج مناسب و قابل قبولی در این مورد خاص به دست می‌دهد.

هر چند که یک روش عینی و پذیرفته شده برای تعیین تعداد خوشه‌ها وجود ندارد، به عقیده‌ی ما پنج خوشه برای نشان دادن شرایط اقلیم این منطقه کافی است.

مسلم است که دما و بارش دو متغیر اولیه برای تعیین مناطق اقلیمی یک منطقه هستند. با بکارگیری آنها پنج ناحیه‌ی متفاوت در شمال‌غرب ایران تشخیص داده شد(شکل شماره ۲):

۱- خوشه اول (A در شکل شماره ۲) شامل ایستگاه‌های ماکو، خوی، جلفا، پارس آباد، مشیران، اردبیل، سراب، تبریز و خلعت پوشان.

۲- خوشه دوم (B در شکل شماره ۲) شامل ایستگاه‌های ارومیه، مراغه، میانه، خلخال، تکاب و میاندوآب.

۳- خوشه سوم (C در شکل شماره ۲) شامل ایستگاه‌های کهریز، قوشچی و مهاباد.

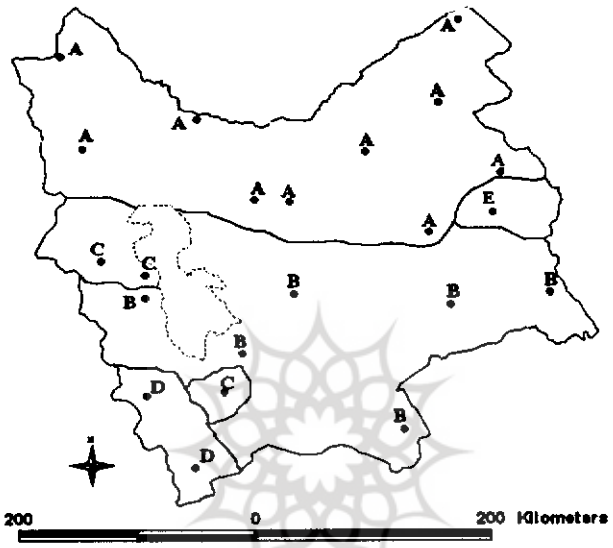
٤- خوشه چهارم (D در شکل شماره ۲) شامل ایستگاه‌های پیرانشهر و سردشت.

۵- خوشه پنجم (E در شکل شماره ۲) شامل ایستگاه سرعین.

ناحیه A در شمال منطقه مورد مطالعه قرار گرفته و مرزهای آن به صورت تقریبی از ارتفاعات ارسباران می‌گذرد. این ناحیه در حاشیه‌ی شمالی مسیرهای سیکلونی ایران واقع شده و در بعضی مواقع بارش کمتری دریافت می‌کند. برعکس ناحیه B به لحاظ قرار گرفتن در مسیر بادهای غربی رطوبت نسبتا بیشتری دریافت می‌کند. در تفکیک نواحی A وB عوامل سینوپتیکی، توپوگرافی و عرض جغرافیایی منظور شده است.

ناحیه D در حاشیه جنوب غربی منطقه واقع شده است. این ناحیه با برخورداری از مسیر بادهای باران‌آور غربی و عامل کوهستان از بارش بیشتری برخوردار است (علیجانی ص ۱۲۸). مناطق پیرانشهر و سردشت با وجود واقع شدن در ارتفاعات، به خاطر پایین بودن عرض جغرافیایی از میانگین دمای نسبتاً بالاتری نیز برخوردارند (جدول شماره ۱).

ناحیه E (سرعین) در دامنه‌های شرقی سبلان با واقع شدن در ارتفاع بیشتر و توانائی اخذ رطوبت از دریای خزر، اقلیم کاملاً متفاوتی در منطقه به وجود آورده، به طوری که این ایستگاه، خنک‌ترین قلمروی اقلیمی در منطقه می‌باشد.



شکل شماره ۲- نقشه پراکندگی خرده اقلیم‌ها در منطقه مورد مطالعه

در جدول شماره یک، مقادیر میانگین و انحراف معیار هر چهار متغیر اقلیمی را بر طبق رده‌بندی‌های انجام شده نشان می‌دهد. توجه به این نکته جالب است که مقادیر متوسط همه متغیرها از خوشه‌ای به خوشه‌ی دیگر متفاوت است. این جدول تفاوت بین همه‌ی رده‌ها را به وضوح نشان داده و یک پشتوانه‌ی محکم جهت مقایسه ارائه داده است.

نتیجه گیری

ناحیه‌بندی ارائه شده در این مطالعه هم از نظر تعداد خرده اقلیم‌ها و هم از نظر نحوه‌ی مرزبندی از مطالعات پیشین متفاوت است. در مطالعات پیشین، ناحیه سرعین (E در شکل شماره ۲) به همراه ایستگاه پارس آباد و تبریز در یک ناحیه قرار می‌گرفت (ذوالفقاری و همکار ۱۳۷۷) در حالی که در مطالعه حاضر به عنوان یک ناحیه متفاوت اقلیمی در تمام خوشه‌بندی‌ها مشخص شده است. همچنین ایستگاه‌های قوشچی وکهریز در اغلب مطالعات پیشین بررسی نشده یا به همراه ایستگاه ارومیه در یک رده قرار می‌گرفتند.

ولی در این مطالعه به همراه ایستگاه مهاباد به عنوان خوشه جداگانه در نظر گرفته شده‌اند. این امر نسبت به شرایط قبلی واقعی‌تر و مناسب‌تر است.

نام خوشه	تعداد ایستگاه	میانگین				انحراف معیار			
		T_{mean}	T_{max}	T_{min}	Precipitation	T_{mean}	T_{max}	T_{min}	Precipitation
A	۱۰	۱۱/۸	۱۷/۹	۵/۷	۲۱/۲	۹/۳	۱۰/۲	۸/۵	۲۰/۶
B	۶	۱۱/۳	۱۷/۶	٤/۹	۲۷/۱	۹/۳	۱۰/۷	۸/۲	۲۷/۷
C	۳	۱۳/۵	۱۷/۶	۹/٤	۲۹/۲	۹/۸	۱۰/۰	۹/٤	۳۸/۵
D	۲	۱۲/۲	۱۷/۱	۷/۲	٦۳/۳	۹/۵	۱۰/۷	۸/۵	۷۲/۸
E	۱	۸/۰	۱٤/۳	۱/۸	۳۸/۹	۷/۹	۸/٦	۷/۳	۳۵/۲

جدول شماره۱- مقادیر میانگین و انحراف معیار چهار متغیر اقلیمی مورد استفاده به تفکیک خوشه ها در روش خوشه بندی **Ward**

با توجه به اینکه تمام داده‌های مورد استفاده استاندارد شده‌اند، در این مطالعه مقادیر بارش، اثر کمتری در ایجاد نواحی اقلیمی دارند و سایر عناصر اقلیمی نظیر دما (حداقل و حداکثر و دمای میانگین) وزن یکسانی در ناحیه‌بندی داشته‌اند؛ به طوری که ایستگاه‌ها واقع در یک گروه دارای بارش متفاوتی می‌باشند (به عنوان مثال جلفا و اردبیل در ناحیه A).

ناحیه‌بندی ارائه شده در این مطالعه، تطبیق مناسب‌تری با وضعیت سینوپتیکی و ویژگی‌های توپوگرافی منطقه دارد. بنابراین آزمون F امکان ارزیابی دقیق‌تر روش‌های مختلف خوشه‌بندی را فراهم می‌سازد و همچنین تفاوت‌های بین ایستگاه‌های مختلف را که تحت تاثیر عوامل توپوگرافی و سینوپتیکی حاصل شده‌اند، نمایان می‌کند. لذا استفاده از آزمون F تحلیل خوشه‌ای می‌تواند ما را در دستیابی به زوایای دقیق‌تری از اقلیم مناطق یاری کند.

منابع

۱- مانلی، بی. اف. جی (۱۳۷۳) **آشنایی با روش‌های آماری چند متغیره**، ترجمهٔ دکتر م. مقدم، الف. محمدی شوطی و م. آقایی سربرزه، انتشارات پیشتاز علم. ۲۰۸ صفحه.

۲- پژوهشکده هواشناسی (۱۳۷۹)، **پهنه‌بندی اقلیمی ایران در دوره‌های مختلف با استفاده از تحلیل خوشه‌ای (پروژه آشکارسازی تغییر اقلیم در ایران)**گزارش شمارهٔ ۱٤، سازمان هواشناسی کشور، تهران.

۳- جهانبخش، سعید، حسن ذوالفقاری (۱۳۷۹)، بررسی حداکثر بارش‌های روزانه از شمال غرب تا جنوب غرب ایران، **نشریه‌ی دانشکده‌ی ادبیات و علوم انسانی**، دانشگاه تبریز، شمارهٔ (۱۷٤): ۱۱٤-۸۷.

٤- جهانبخش ، سعید، حسن ذوالفقاری (۱۳۸۱)، بررسی الگوهای سینوپتیک بارش‌های روزانه در غرب ایران، **فصلنامه تحقیقات جغرافیایی**، شماره ٦٤، صفحات ۲۵۸-۲۳٤.

۵- حیدری، حسن، بهلول علیجانی (۱۳۷۸)، طبقه‌بندی اقلیمی ایران با استفاده از تکنیک-های آماری چند متغیره، **پژوهش‌های جغرافیایی**، شمارهٔ ۳۷.

٦- دین پژوه، یعقوب؛ فاخری فرد، احمد؛ مقدم واحد، جهانبخش، سعید؛ میرنیا، ک. (۱۳۸۲)، انتخاب متغیرها به منظور پهنه‌بندی اقلیم بارش ایران با روش‌های چند متغیره، **مجله کشاورزی ایران**، جلد ۳٤، شمارهٔ ٤، (۸۲۳-۸۰۹).

۷- ذوالفقاری، حسن، بهروز ساری صراف (۱۳۷۷)، مطالعه بارش‌های شمال غرب ایران با تکیه بر تحلیل خوشه‌ای، **مجله دانشکده ادبیات و علوم انسانی** دانشگاه فردوسی مشهد، (۱و۲): ۲۵٦-۲٤۱.

۸- علیجانی ، بهلول (۱۳۸۰)، تیپ‌های هوا و اثر آنها بر اقلیم ایران، **کاوش نامه**، صفحات ۲۱ الی ٤۹.

۹- علیجانی، بهلول (۱۳۷٦)، **آب و هوای ایران**، انتشارات دانشگاه پیام نور.

۱۰- مسعودیان، ابوالفضل (۱۳۸۲)، نواحی اقلیمی ایران، **مجله جغرافیا و توسعه**، پاییز و زمستان، صفحات ۱۷۱ الی ۱۸٤.

11- Alijani, B. (2002), Variations of 500 hpa Flow Patterns over Iran and Surrounding Areas and their Relationship with the Climate of Iran, **International Journal of Climatology**, 72.
12- Fovel, R.G. and Fovel, M.C. (1993), Climate Zones of the Conterminous United States Define Using Cluster Analysis, **Journal of Climate**, 6: 2103-2135.
13- Kalkstein, L.S, Tan G.R, Skindlor J.A. (1987), An Evaluation of 3 Clustering Procedures for Use in Synoptic Climatologically Classification, **Journal of Climate and Applied Meteorology** 26: 717-730.
14- Milligan, G.W. and Cooper, M.C. (1986), An Examination of Procedures of the Number of Clusters in a Data Set, **Psychometrical**, 50: 159179
15- White D, Richman M, Yarnal B. (1991), Climate Regionalization and Zoning of Principal Components, International **Journal of Climatology**, II.
16- Wolter, K. (1994), Cluster Analysis in Climate Variability Research: Recent Developments, **Proceedings of the 5th International Meeting on Statistical Climatology**.
17- Y. Unal, T. Kidnap and M. Karaka (2003), Redefining the Climate Zones of Turkey Using Cluster Analysis, **International Journal of Climatology**, 23: 1045-1055.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی