

طبقه‌بندی اقلیم بارش ایران با روش تحلیل عاملی- خوشه‌ای

مه‌دی نادى^{۱*}، علی خلیلی^۲

۱. دانشجوی دکتری هواشناسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، دانشکده مهندسی و فناوری

کشاورزی، گروه آبیاری و آبادانی، بخش هواشناسی کشاورزی

۲. استاد پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، گروه آبیاری و آبادانی،

بخش هواشناسی کشاورزی

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۱/۱۶ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۲/۷/۸)

چکیده

در این تحقیق، به منظور تفکیک الگوهای بارش در ایران، ۱۳۰ متغیر هواشناسی از داده‌های درازمدت ۸۱ ایستگاه سینوپتیک استخراج و ۹۸ متغیر ترکیبی محاسبه شد. از بین آن‌ها، به روش حذف پس‌رو، ۳۹ متغیر جهت تحلیل انتخاب شدند. سپس با تحلیل عاملی تعداد متغیرها در شش عامل اصلی بارش‌های تابستانه، بارش بهاره و شدت بارش ماه‌های سرد، تعداد روزهای برفی، طول جغرافیایی، ضریب تغییرات بارندگی سالیانه، و تعداد روزهای توفانی خلاصه شد. این عامل‌ها در مجموع ۸۲ درصد واریانس موجود در داده‌ها را توجیه کردند. سپس گروه‌بندی امتیازات عاملی با الگوریتم خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی وارد انجام شد و شش ناحیه اقلیم بارش در گستره کشور از آن نتیجه گردید. این نواحی در چهار گستره کوچک و دو گستره بزرگ تفکیک شدند. همچنین، به منظور افزایش همگنی گستره‌های بزرگ، با توجه به نمودار درختی ایستگاه‌ها، هر یک از آن‌ها به دو ناحیه کوچک‌تر تقسیم شدند.

کلیدواژگان: اقلیم بارش، ایران، تجزیه خوشه‌ای، تحلیل عاملی.

مقدمه

بارندگی یکی از فاکتورهای بسیار مهم و مؤثر در مدیریت آب زراعی، به خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک، مانند ایران، است. تعیین الگوی بارش برای طراحی و مدیریت بهینه فعالیت‌های مرتبط با آب- نظیر تعیین مناطق مستعد برای کشت دیم، مطالعات فرسایش خاک‌ها، مطالعات هیدرولوژی، مدیریت منابع آب، و مطالعات آبخیزداری- مهم است. در مطالعه اقلیم یک منطقه هر چه متغیرهای بیشتر و متنوع‌تری در نظر گرفته شود به نتایج دقیق‌تری می‌توان دست یافت؛ اما از طرفی افزایش تعداد متغیرها تجزیه و تحلیل و گروه‌بندی آن‌ها را سخت‌تر می‌کند. توسعه و پیشرفت علم آمار تجزیه و تحلیل این داده‌ها را آسان گردانید. یکی از روش‌های طبقه‌بندی اقلیمی با در نظر گرفتن متغیرهای متنوع، استفاده از روش تحلیل عاملی^۱ و تجزیه خوشه‌ای^۲ است. در سال‌های اخیر از این روش در طبقه‌بندی اقلیمی بسیار استفاده شده است؛ که می‌توان به مطالعات Yurdanur et al. (1999)، Heydari and Alijani (2003)، Estrada et al. (2003)، Alijani and Ghohroudi (2008)، و

(2009) اشاره کرد. همچنین از این تکنیک‌ها در تفکیک الگوهای بارش یک منطقه نیز استفاده می‌شود که می‌توان مطالعات Basalirwa (1995)، Esteban-Parra et al. (1998)، و Roy and Kaur (2000) را نام برد. در ایران نیز چندین مطالعه در زمینه تعیین اقلیم بارش انجام شده است. Modarres and Sarhadi (2011) با استفاده از تجزیه خوشه‌ای هشت الگوی بارش منطقه‌ای را در ایران تشخیص دادند. سپس با استفاده از روش L-Moment دریافتند که بیشتر پهنه‌ها همگن‌اند. در مطالعه‌ای دیگر Dinpashoh et al. (2004) با استفاده از تحلیل عاملی سه عامل مهم را در اقلیم بارش ایران شناسایی کردند و بر ماتریس عامل‌های اصلی به تحلیل خوشه‌ای پرداختند و شش کلاس اقلیم بارش را تعیین نمودند و در نهایت نقشه پهنه اقلیم‌های بارش ایران را ترسیم کردند. انتخاب دقیق متغیرها تأثیر زیادی بر تشخیص عامل‌های اصلی و نتایج پهنه اقلیم‌های بارش دارد. در این زمینه برخی محققان، مانند Guttman (1993)، از چندین متغیر اقلیمی و جغرافیایی استفاده کردند. Modarres (2006) از داده‌های بارندگی سالیانه و روزانه استفاده کرد. Mallants and Feyen (1990) و Modarres and Sarhadi (2011) به ترتیب فقط از بارندگی روزانه و سالیانه جهت تعیین اقلیم بارش استفاده کردند. اما Dinpashoh et al (2004) با

* نویسنده مسئول: me_na63@yahoo.com

1. Factor Analysis
2. Cluster Analysis

فضای n بعدی عاملی در نظر گرفته می‌شود و ایستگاه‌هایی که از نظر مجموع خصوصیات مشابه یکدیگر باشند در یک محل به صورت خوشه تجمع می‌کنند. برای دستیابی به کلاسه‌های همگن ابتدا ماتریس فواصل ایستگاه‌ها محاسبه می‌شود و نزدیک‌ترین دو ایستگاه از مجموع ایستگاه‌ها کلاسه‌ای جدید تشکیل می‌دهند. سپس با محاسبه ماتریس فاصله بین ایستگاه‌ها و کلاسه جدید دوباره ایستگاه‌های نزدیک‌تر در کلاسه‌های جدیدتر قرار می‌گیرد. با تکرار این فرایند تعداد کلاسه‌ها کاهش می‌یابد و در نهایت همه ایستگاه‌ها در فاصله‌ای خاص در کلاسی واحد قرار می‌گیرند. تعیین تعداد بهینه کلاسه‌ها با رسم نمودار درختی^۲ و قطع آن در یک محل خاص انجام می‌شود.

منطقه مورد مطالعه و منابع آماری

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق کل گستره ایران بود که مساحت آن در حدود ۱۶۴۸۰۰۰ کیلومتر مربع و محدوده طول جغرافیایی آن بین $44^{\circ}E$ و $64^{\circ}E$ و محدوده عرض جغرافیایی آن بین $25^{\circ}N$ و $40^{\circ}N$ است. در این تحقیق از میانگین‌های درازمدت ۸۱ ایستگاه سینوپتیک از شبکه ایستگاه‌های سازمان هواشناسی کشور استفاده شد. همه ایستگاه‌های منتخب حداقل دوره آماری ۲۰ ساله داشتند.

یافته‌ها و بحث

متغیرهای منتخب

در این تحقیق برای هر یک از ایستگاه‌های هواشناسی ۱۳۰ متغیر هواشناسی مرتبط با بارندگی و رطوبت، شامل متغیرهای مربوط به مقدار و نوع بارش و شدت بارش و تغییرپذیری بارندگی، و همچنین متغیرهای خصوصیات جغرافیایی، شامل طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع، از شناسنامه اقلیمی ایستگاه‌ها استخراج شد. سپس، با استفاده از این متغیرها، ۹۸ متغیر جدید محاسبه شد. با توجه به حجم زیاد متغیرها و پیچیدگی تفسیر عامل‌ها، تحلیل عاملی در چندین مرحله انجام گرفت. ابتدا تحلیل عاملی بر ۹۸ متغیر انجام شد. سپس متغیرهایی که تأثیر چندانی در شکل‌گیری عامل‌های اول نداشتند، مشابه الگوریتم پس‌رو در تعیین متغیرهای مستقل مؤثر در رگرسیون خطی چندگانه (Wilks, 2006)، به صورت تک‌تک حذف و نتیجه حذف آن بر عامل‌های اصلی مشاهده شد. اگر حذف یک متغیر تأثیر چندانی در واریانس توجیه‌شده توسط عامل‌های اصلی نداشت، به‌طور کلی از روند محاسبات خارج می‌شد. در غیر این

استفاده از الگوریتم پروکراستس^۱ به انتخاب دقیق متغیرها پرداختند و از بین ۵۷ متغیر در دسترس ۱۲ متغیر را جهت تجزیه و تحلیل انتخاب کردند. استفاده از این الگوریتم در بعضی موارد پهنه‌های به‌دست‌آمده با واقعیت تطابق نداشت. در تحقیق حاضر چندین متغیر مهم و تأثیرگذار بر اقلیم بارش ایران، مانند نوع بارش و ضریب تغییرات بارندگی‌ها، در نظر گرفته شد. همچنین چند متغیر ترکیبی از روی متغیرهای موجود محاسبه گردید. سپس به روش سعی و خطا، متغیرهایی که حذف آن‌ها تأثیری در تشکیل عامل‌های اصلی نداشت حذف شد.

اهداف مهم این تحقیق عبارت‌اند از:

- شناسایی عامل‌های مهم تشکیل الگوهای بارش در ایران با استفاده از تحلیل عاملی؛
- طبقه‌بندی اقلیم بارش ایران با استفاده از تجزیه خوشه‌ای و ترسیم نقشه حدود گستره‌های اقلیم بارش.

مواد و روش‌ها

تحلیل عاملی

هدف از انجام‌دادن تحلیل عاملی یافتن ترکیب‌هایی از P متغیر x_1, x_2, \dots, x_p برای ایجاد عامل‌های مستقل به‌منظور تشریح تغییرات موجود در داده‌هاست. مستقل‌بودن عامل‌ها به این معنی است که هر عامل جنبه متفاوتی از داده‌ها را اندازه می‌گیرد (Moghaddam *et al.*, 2009). این تکنیک روشی برای خلاصه‌کردن مجموعه‌ای از متغیرها در چندین عامل مهم است؛ به طوری که به جای تحلیل متغیرهای زیاد از چندین عامل مهم و مستقل استفاده شود. در این روش هر عامل ترکیبی خطی از P متغیر مورد بررسی و تعداد عامل‌ها دقیقاً برابر تعداد متغیرهاست؛ اما به‌منظور کاهش داده‌ها از چند عامل اول استفاده می‌شود. به‌منظور حداکثرسازی واریانس هر یک از عامل‌ها و تسهیل تفسیر ساختار عامل‌ها، محورهای عاملی با دوران واریانس چرخش می‌یابند (Heydari and Alijani, 1999).

تجزیه خوشه‌ای

هدف از انجام‌دادن تجزیه خوشه‌ای گروه‌بندی ایستگاه‌های هواشناسی در گروه‌های همگن است. برای استفاده از تجزیه خوشه‌ای الگوریتم‌های متفاوتی وجود دارد؛ اما الگوریتم خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی وارد، با حداقل واریانس، مرسوم‌ترین الگوریتم مورد استفاده در مطالعات اقلیمی است (Yurdanur *et al.*, 2003). در این روش هر ایستگاه به صورت یک نقطه در

جدول ۱. متغیرهای مؤثر در تشکیل عامل‌های اصلی

عامل	متغیرهای مؤثر با قدر مطلق بارهای عاملی دوران یافته بیش از ۰/۷	واریانس (درصد)	نام عامل
اول	بارش سالیانه، تعداد روزهای بارانی سال، تعداد روزهای بارانی فصل تابستان و پاییز، مقدار بارش خشک‌ترین و مرطوب‌ترین ماه سال، شدیدترین بارندگی ماه‌های ژوئن و ژوئیه و اوت و سپتامبر و اکتبر، نسبت بارندگی فصل تابستان به تعداد روزهای بارش بیش از یک میلی‌متر	۳۴/۸	بارش‌های تابستانه
دوم	سهام بارندگی فصل بهار، شدیدترین بارندگی ماه‌های دسامبر و ژانویه و فوریه، نسبت بارش سالیانه و بارندگی فصول پاییز و زمستان به تعداد روزهای بارش بیش از یک میلی‌متر	۱۹/۳	شدت بارش ماه‌های سرد
سوم	تعداد روزهای برفی سال	۱۳/۰	تعداد روزهای برفی
چهارم	طول جغرافیایی	۵/۸	طول جغرافیایی
پنجم	ضریب تغییرات بارش سالیانه	۴/۹	تغییرپذیری بارندگی
ششم	تعداد روزهای توفانی تندی در سال	۴/۱	تعداد روزهای توفانی

(شکل ۱) نشان می‌دهد بیشترین مقدار آن در نوار شمالی کشور، سواحل غربی دریای خزر، و شمال غرب است. همچنین بارندگی جنوب شرق کشور نیز افزایش نسبی این عامل را در محدوده‌ای کوچک نشان می‌دهد؛ که ناشی از پدیده مونسون هند و وقوع بارش‌های تابستانه در این منطقه است.

عامل دوم (شدت بارش ماه‌های سرد): در تشکیل این

عامل متغیرهای بارندگی فصل بهار (اثر مثبت) و شدت بارندگی ماه‌های سرد (اثر منفی) نقش مهمی دارند؛ اما با توجه به اینکه تعداد متغیرهای شدت بارندگی ماه‌های سرد بیشتر است این عامل شدت بارش ماه‌های سرد نام‌گذاری شد. بررسی تغییرات مکانی این عامل نشان می‌دهد با افزایش عرض جغرافیایی این عامل بزرگ‌تر می‌شود. به عبارت دیگر، با افزایش عرض جغرافیایی از شدت بارندگی‌های زمستانه کاسته و بر مقدار بارندگی‌های بهاره اضافه می‌گردد.

عامل سوم (تعداد روزهای برفی): این عامل، که

نشان‌دهنده بارش‌های برفی است، در نیمه جنوبی کشور کمترین مقدار و در شمال غرب و شمال شرق کشور بیشترین مقدار را دارد. همچنین نواحی کوچکی در اطراف شهرکرد، تهران و الیگودرز مقدار زیاد این عامل را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه عامل برف با ارتفاع رابطه‌ای قوی دارد، به نظر می‌رسد دلیل به وجود آمدن چنین پلی‌گون‌هایی وجود ایستگاه‌های مرتفع بین ایستگاه‌هاست.

عامل چهارم (طول جغرافیایی): این عامل فقط با طول

جغرافیایی رابطه مؤثر دارد. به همین سبب این‌گونه نام‌گذاری شد. همچنین در تشکیل این عامل متغیرهای بارش زمستانه و

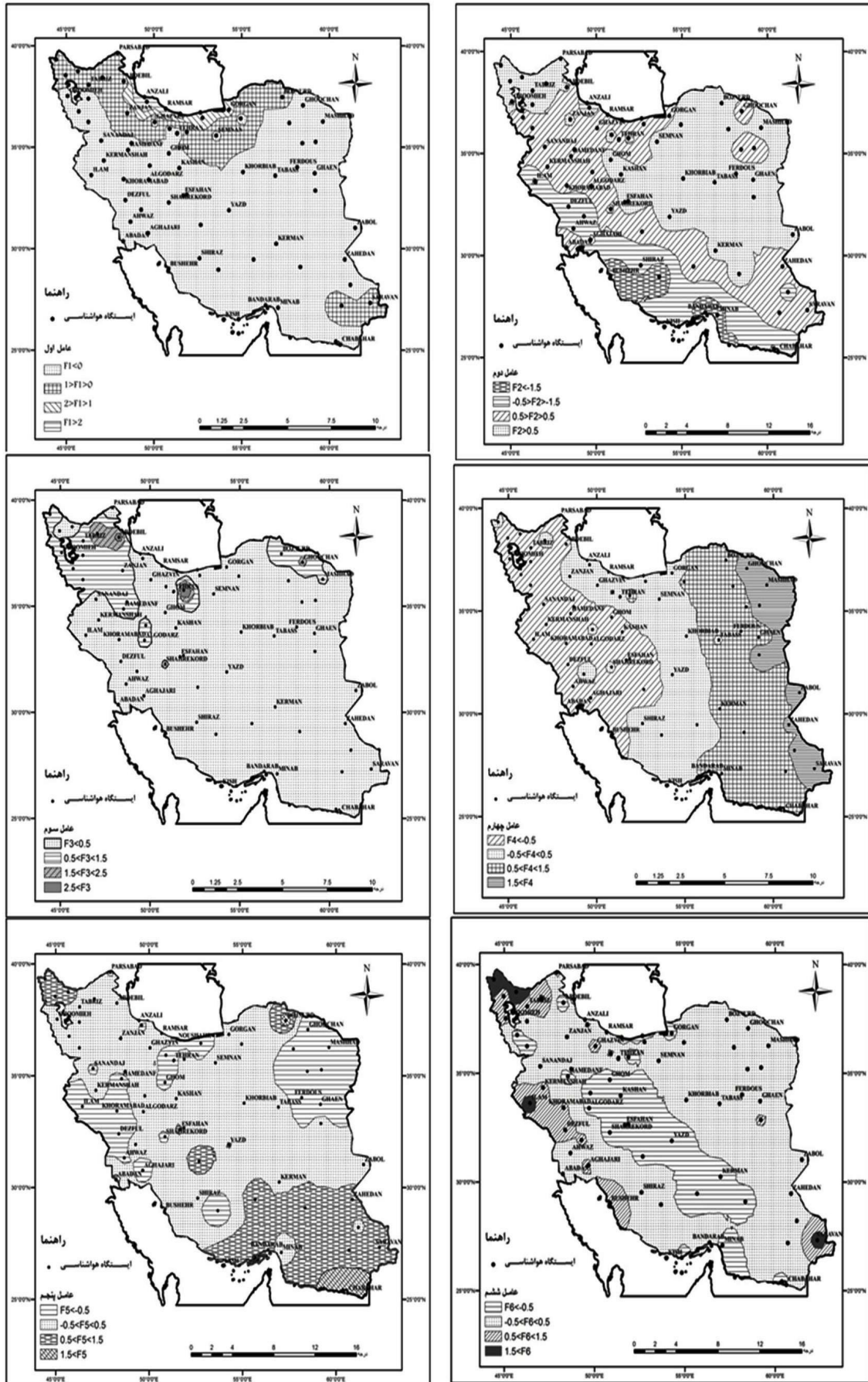
صورت، متغیر مورد نظر دوباره به مجموعه داده‌ها اضافه می‌گردد. با استفاده از این تکنیک در نهایت ۳۹ متغیر برای تحلیل عاملی انتخاب شد. همچنین، با توجه به تفاوت واحدهای سنجش متغیرها و به منظور مقایسه صحیح، کلیه متغیرها به نرمال استاندارد تبدیل شدند.

تحلیل عاملی

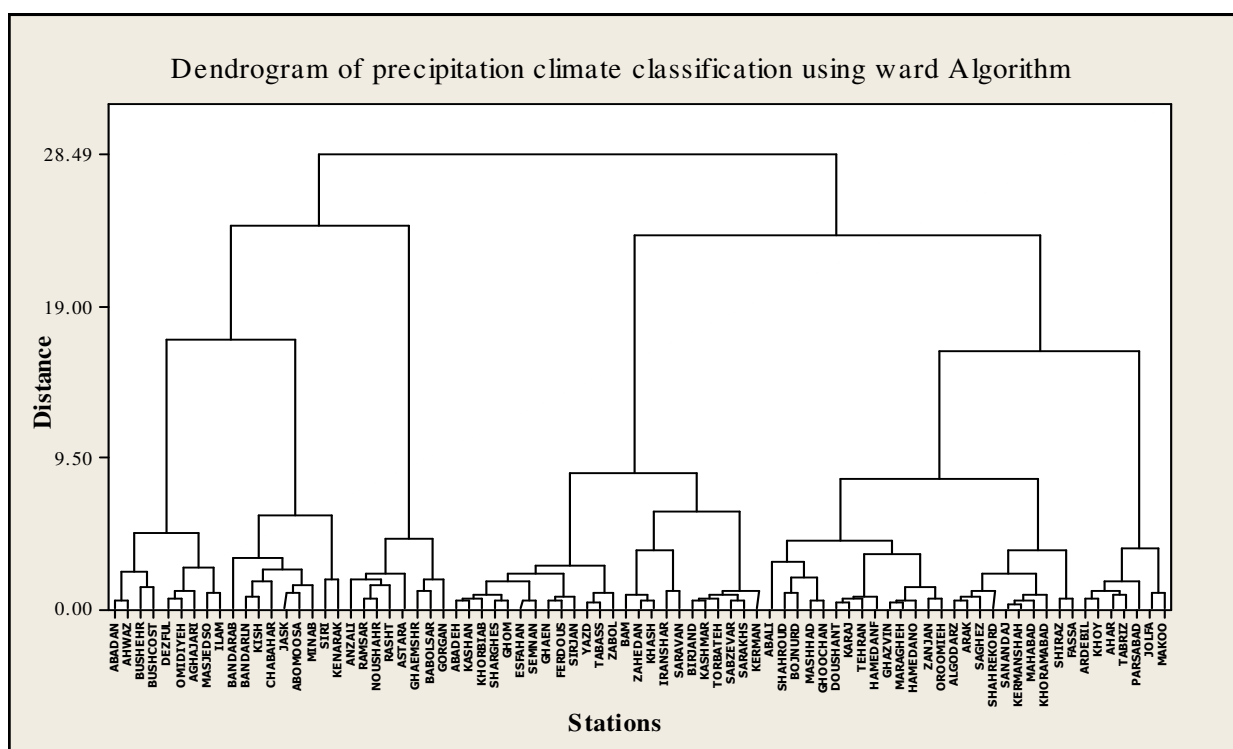
پس از انجام دادن تحلیل عاملی و چرخش محورها، نتایج وجود شش عامل مهم و مستقل و تأثیرگذار را در تغییرات متغیرهای بارندگی نشان داد. در مجموع حدود ۸۲ درصد واریانس با شش عامل اصلی و ۱۸ درصد باقی‌مانده با ۳۳ عامل دیگر توجیه شد. در جدول ۱ متغیرهای تأثیرگذار بر هر عامل همراه درصد واریانس توجیه‌شده و نام انتخابی برای عامل‌ها می‌آید. گفتنی است متغیرهایی که مقدار قدر مطلق بار عاملی آن‌ها بیش از ۰/۷ بود به‌مثابه متغیرهای تأثیرگذار بر هر عامل انتخاب و بر اساس آن‌ها نام عامل تعیین شد (Dinpashoh et al., 2004). در گام بعدی ماتریس امتیازات عاملی^۱ ایستگاه‌ها محاسبه شد. سپس با داشتن مقدار عامل‌های اصلی در هر ایستگاه با استفاده از روش وزنی مربع عکس فاصله نقشه تغییرات مکانی این عامل‌ها در گستره ایران ترسیم گردید (شکل ۱). عامل‌های به‌دست‌آمده عبارت‌اند از:

عامل اول (بارش‌های تابستانه): این عامل بیشترین

تغییرات داده‌ها را توجیه می‌کند. به دلیل اینکه متغیرهای بارش‌های تابستانه تأثیر به‌سزایی در تشکیل این عامل دارند آن را بارش تابستانه نام نهادیم. بررسی نقشه تغییرات این عامل



شکل ۱. نقشه تغییرات مکانی شش عامل اصلی اقلیم بارش در گستره ایران



شکل ۲. نمودار درختی ایستگاه‌های مورد مطالعه با الگوریتم خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی وارد

درختی ایستگاه‌ها در شکل ۲ می‌آید. با توجه به اینکه برای تعیین دقیق کلاسه‌های اقلیم بارش روش قطعی وجود ندارد (Dinpashoh *et al.*, 2004)، برای تعیین تعداد بهینه کلاسه‌های اقلیم بارش، با در نظر گرفتن اقلیم ایران و دید کارشناسی، نمودار درختی در فاصله ۱۰ قطع شد. در این فاصله شش طبقه اقلیم بارش برای گستره ایران به دست آمد. بین نواحی به دست آمده چهار ناحیه (A, B, C, E) نسبت به دو ناحیه دیگر (D, F) گستره‌ای کمتر را دربر گرفتند. به منظور افزایش همگنی دو ناحیه گسترده D و F، با توجه به نمودار درختی ایستگاه‌ها، هر یک به دو زیرناحیه D1, D2 و F1, F2 تقسیم شدند. همچنین مشاهده شد که ایستگاه‌های هر ناحیه از لحاظ همگنی انطباق زیادی بر واقعیت دارد. فقط در مورد ناحیه F ایستگاه‌های زابل و قائن و سیرجان از F1 به F2 منتقل شدند.

سپس، به منظور بررسی و مقایسه اقلیم بارش به دست آمده، مقدار متوسط عامل‌های اصلی هر کلاسه با متوسط‌گیری از ایستگاه‌ها محاسبه شد؛ که در جدول ۲ می‌آید. همچنین، جهت درک بهتر، گستره‌های اقلیم بارش به دست آمده ترسیم گردید (شکل ۳).

اقلیم‌های به دست آمده در این تحقیق عبارت‌اند از:

اقلیم ساحلی دریای خزر (A): این ناحیه در نوار ساحلی دریای خزر واقع شده است. عامل اول نسبت به سایر عامل‌ها در آن نقش بیشتری دارد. در این منطقه مقدار بارندگی سالیانه و تعداد روزهای بارانی زیاد است و در همه ماه‌های سال

پاییزه به ترتیب اثر مثبت و منفی دارند؛ به عبارتی، با حرکت از سمت غرب به شرق کشور از بارش‌های پاییزی کاسته و بر بارش‌های زمستانه افزوده می‌شود.

عامل پنجم (شاخص تغییرپذیری بارندگی):

تشکیل این عامل، علاوه بر ضریب تغییرات بارندگی، متغیرهای تعداد روزهای بارانی سال و عرض جغرافیایی نیز نسبتاً نقشی مؤثر (اثر منفی) دارند. به عبارت دیگر، هر چه از تعداد روزهای بارانی سال کاسته شود ضریب تغییرات بارندگی افزایش می‌یابد. نقشه تغییرات مکانی این عامل نشان می‌دهد بیشترین مقدار آن در جنوب شرق کشور رخ می‌دهد.

عامل ششم (تعداد روزهای توفانی):

نشان‌دهنده اثر توفان‌های تندی در اقلیم بارش ایران است. بیشترین مقدار آن در غرب و شمال غرب و کمترین آن در قسمت مرکزی کشور وجود دارد.

تجزیه خوشه‌ای

پس از انجام دادن تحلیل عاملی و شناسایی عامل‌های اصلی، در هر ایستگاه شش عامل اصلی محاسبه شد. به این ترتیب ماتریس اولیه ۸۱×۳۹ به ماتریس ۸۱×۶ به نام ماتریس امتیازات عاملی ایستگاه‌ها تقلیل یافت. برای انجام دادن تجزیه خوشه‌ای ابتدا ماتریس فواصل هندسی^۱ ایستگاه‌ها ترسیم و سپس با الگوریتم خوشه‌بندی وارد ایستگاه‌ها دسته‌بندی شد. نمودار

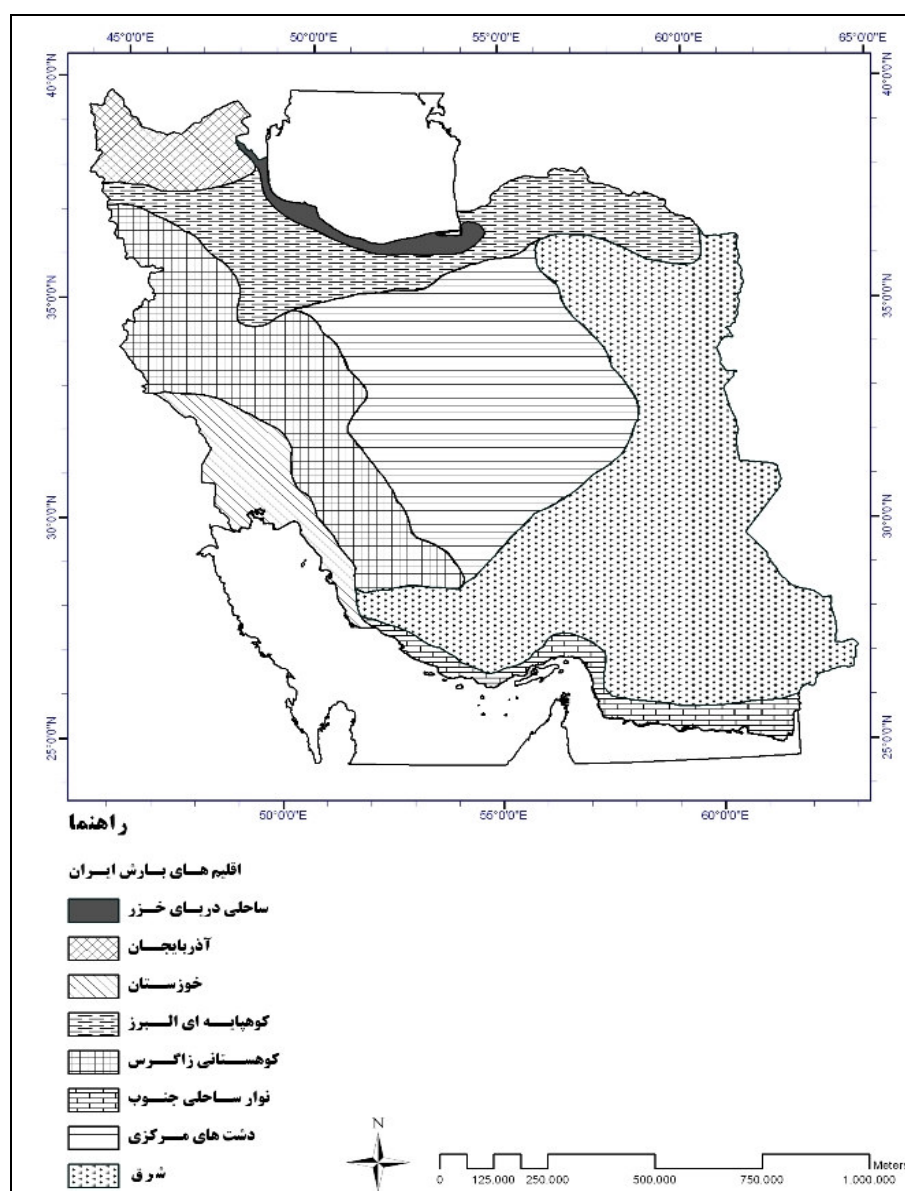
1. Euclidian distance

و بخش زیادی از آن به صورت برف است. سهم بارش‌های بهاری در این منطقه از همه فصول بیشتر است و غالباً به صورت توفان‌های تندری همراه رعد و برق دیده می‌شود.

اقلیم خوزستان (C): این ناحیه در قسمت غربی و بیشتر جنوب غرب ایران قرار دارد. گستره وسیع آن کم‌ارتفاع و تقریباً از بارش‌های تابستانه محروم است. بخش اعظم بارش‌های آن در زمستان و پاییز رخ می‌دهد و به‌ندرت در آن برف مشاهده می‌شود؛ که اغلب به صورت توفان‌های تندری همراه رعد و برق است.

بارندگی وجود دارد. ولی حداکثر بارش‌ها از اواخر تابستان تا اواسط پاییز دیده می‌شود. همچنین شدت بارش‌های تابستانه نیز در تفکیک این ناحیه از سایر نواحی اقلیم بارش بسیار حائز اهمیت است.

اقلیم آذربایجان (B): این ناحیه در قسمت کوچکی از شمال غرب ایران قرار دارد. عامل‌های دوم و سوم و ششم در اقلیم بارش این منطقه نقش بسیار مهمی دارند. در این منطقه در همه فصول بارندگی وجود دارد. البته درصد کمی از بارش‌ها در تابستان رخ می‌دهد. بارش‌های زمستانه این منطقه کم‌شدت



شکل ۳. پهنه اقلیم‌های بارش ایران

D2 تقسیم شد. بخشی از بارش‌های این ناحیه به صورت برف است و بارندگی‌های تابستانه سهمی اندک از بارش سالیانه دارد. **بخش کوهپایه‌ای البرز (D1):** این بخش از شمال شرقی ایران تا زیر ناحیه A و تا شمال غربی و غرب و زیر ناحیه B

اقلیم کوهستانی و کوهپایه‌ای البرز و زاگرس (D): این ناحیه در زیر نواحی A و B و تقریباً در نیمه غربی کشور قرار دارد. در بررسی انجام‌شده، این ناحیه به‌سبب بزرگی و ویژگی خاص ظاهری، که در شکل ۳ می‌آید، به دو بخش D1 و

منطقه‌ای است کم‌باران با بارش‌ها متمرکز بر پاییز و زمستان. به دلیل وسعت زیاد و به منظور افزایش همگنی ایستگاه‌ها، این منطقه به دو بخش F1 و F2 تقسیم شد.

بخش دشت‌های مرکزی (F1): این بخش قسمت مرکزی ایران را شامل می‌شود که از بارش‌های تابستانه محروم است و بارندگی‌های آن از اواخر فصل پاییز آغاز می‌شود و تا اواسط فصل بهار ادامه می‌یابد. همچنین شدت بارش‌های زمستانه آن کم، بارش‌های بهاری آن چشمگیر و بارش‌های برفی آن اندک است.

بخش شرق (F2): این بخش، شرق و جنوب شرقی ایران را دربرمی‌گیرد. قسمت شمالی آن همانند F1 بارش‌های تابستانه

و بارش‌های برفی نسبتاً کمی در طول سال دارد. اما بخش جنوبی آن به دلیل تأثیر مونسون هند در تابستان بارش‌های زیادی به صورت توفان‌های تندری دارد. جدول ۲ مقادیر عامل‌های اول و ششم این واقعیت را به خوبی نشان می‌دهد. اما به طور کلی تفاوت بخش F2 با بخش F1 در این است که بارش‌های این منطقه متمرکز بر فصل زمستان و بارش‌های بهاره و پاییزه آن کمتر است؛ ولی نسبت به بخش F1 بارش‌های زمستانه بیشتری دارد.

گسترده شده است. در این منطقه شدت بارش‌های زمستانه کم و بخش اعظم آن به صورت برف است. همچنین، هر چه از سمت غرب به سمت شرق حرکت کنیم، از بارش‌های پاییزی کاسته و بر بارش‌های زمستانه افزوده می‌شود.

بخش کوهستانی زاگرس (D2): این ناحیه در زیر ناحیه D1 قرار دارد و متوسط ارتفاع و عرض جغرافیایی آن کمتر از D1 است. مقدار بارش‌های بهاره و تابستانه آن کمتر از ناحیه D2 و در عوض بارش‌های زمستانه و به خصوص پاییزه آن بیشتر است. همچنین بارش‌های برفی این منطقه نیز شایان توجه است، اما مقدار آن کمتر از ناحیه D1 است.

اقلیم نوار ساحلی جنوب (E): این ناحیه نوار ساحلی کم‌ارتفاع جنوب ایران را دربرمی‌گیرد و به طور کلی از بارش‌های برفی محروم و سهم بارش‌های بهاره و تابستانه آن بسیار اندک است. بخش اعظم بارش‌ها و شدیدترین آن‌ها در فصل زمستان رخ می‌دهد. مهم‌ترین مشخصه این منطقه بالابودن شاخص تغییرپذیری بارش‌های سالیانه است که تغییرات زیاد بارش‌های سالیانه را نشان می‌دهد.

اقلیم دشت‌های مرکزی و شرق (F): این ناحیه، که بخش وسیعی از گستره ایران را دربرمی‌گیرد، قسمت‌های مرکزی و شرق و جنوب شرق ایران را شامل می‌شود که

جدول ۲. مقادیر متوسط شش عامل اصلی در هر کلاس اقلیم بارش

عامل‌های اصلی						اقلیم‌های بارش
ششم	پنجم	چهارم	سوم	دوم	اول	
-۰/۲۴	-۰/۴۲	-۰/۰۵	-۰/۴۶	-۰/۴۱	۲/۷۴	ساحلی دریای خزر
۱/۴۰	۰/۳۲	-۰/۷۹	۱/۰۵	۱/۱۱	۰/۲۲	آذربایجان
۰/۸۱	-۰/۵۱	-۰/۷۶	-۰/۵۰	-۱/۰۷	-۰/۷۰	خوزستان
۰/۰۰	-۰/۱۹	۰/۰۷	۰/۹۰	۰/۴۹	-۰/۱۴	کوهپایه‌ای البرز
-۰/۳۶	-۰/۵۴	-۰/۷۲	۰/۳۰	-۰/۵۰	-۰/۴۳	کوهستانی زاگرس
-۰/۴۷	۱/۵۰	۰/۳۵	-۰/۱۷	-۱/۳۲	-۰/۴۵	نوار ساحلی جنوب
-۰/۶۷	۰/۱۴	-۰/۳۳	-۰/۶۰	۰/۸۷	-۰/۳۳	دشت‌های مرکزی
-۰/۰۴	-۰/۰۸	۱/۳۷	-۰/۵۱	۰/۴۷	-۰/۲۵	شرق

نتیجه‌گیری

می‌کنند؛ اما تحقیق حاضر نقش بارز متغیرهای ضریب تغییرات بارندگی، تعداد روزهای برفی، و شدت بارندگی را در شناسایی عامل‌های مؤثر بر اقلیم بارش ایران آشکار ساخت. نتایج تحلیل خوشه‌ای شش اقلیم بارش را برای گستره ایران تفکیک کرد که نسبت به نتایج Dinpashoh et al (2004) با واقعیت همخوانی بیشتری دارد. البته در گستره بزرگ اقلیم بارش F با دید کارشناسی ایستگاه‌های زابل و سیرجان و قائن از F1 به F2 منتقل شدند.

برای تعیین اقلیم بارش گستره ایران در این تحقیق از ۳۹ متغیر اقلیمی از ۸۱ ایستگاه هواشناسی استفاده شد. با استفاده از تکنیک تحلیل عاملی، این متغیرها در شش عامل اصلی خلاصه شدند. سپس با محاسبه ماتریس فاصله هندسی امتیازات عاملی ایستگاه‌ها و استفاده از تجزیه خوشه‌ای شش طبقه اقلیم بارش برای ایران به دست آمد. مقایسه نتایج این تحقیق با نتایج Dinpashoh et al (2004) نشان داد که هر دو تحقیق بارش‌های تابستانه را یکی از عامل‌های اصلی در اقلیم بارش ایران معرفی

REFERENCES

- Alijani, B., Ghohroudi, M., and Arabi, N. (2008). Developing a climate model for Iran using GIS, *Theor. Appl. Climatol*, 92, 103–112.
- 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.
- Dinpashoh, Y., Fakheri-Fard, A., Moghaddam, M., Jahanbakhsh, S., and Mirnia, M. (2004). Selection of variables for the purpose of regionalization of Iran's precipitation climate using multivariate methods, *Journal of Hydrology*, 297, 109–123.
- Esteban-Parra, M. J., Rodrigo, F. S., and Castro-Diez, Y. (1998). Spatial and temporal patterns of precipitation in Spain for the period 1880–1992, *International Journal of Climatology*, 18, 1557–1574.
- Estrada, F., Martines-Arroyo, A., and Fernandez-Eguiarte, E. (2009). Defining climate zones in México City using multivariate analysis, *Atmósfera*, 22 (2), 175-193.
- Guttman, B. (1993). The use of L-Moment in the determination of regional Precipitation Climates, *Journal of Climate*, 6, 2309–2325.
- Heydari, H. and Alijani, B. (1999). Climatic classification of Iran by multivariate statistical techniques, *Iranian Journal of Research in Geography*, 37, 57-74, (In Farsi).
- Modarres, R. (2006). Regional precipitation climates of Iran, *Journal of Hydrology*, 45 (1), 13-27
- Modarres, R. and Sarhadi, A. (2011). Statistically-based regionalization of rainfall climates of Iran, *Global and Planetary Change*, 75, 67-75.
- Moghaddam, M., Mohammadi, S. A., and Aghaee Sarbarzeh, M. (2009). *Multivariate statistical methods A primer* (Third Edition), Tabriz: Parivar, (In Farsi).
- Roy, N. S. and Kaur, S. (2000). Climatology of monsoon rains of Myanmar (Burma), *International Journal of Climatology*, 20, 913–928.
- Wilks, D. S. (2006). *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences* (Second Edition), Cornell University, USA: Academic Press is an imprint of Elsevier.
- Yurdanur, U., Tayfun, K., and Mehmet, K. (2003). Redefining the climate zones of turkey using cluster analysis, *International Journal of Climatology*, 23, 1045–1055.