انـدیشــه جغــرافـیایــی
سال نهم، شماره هفده، پاییز و زمستان ۱۳۹۶
دانشگاه زنجان
مقاله شماره ۱۲۰

Geographic Notion
Vol.17. autumn and winter 2017
Zanjan University
No. 120

پهنه‌بندی رژیم رطوبت در شمال غرب ایران با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره

خدیجه جوان[۱] * ، مریم تیموری[۲]، غلامحسن محمدی[۳]

چکیده

بررسی رطوبت در هر منطقه از دیدگاه‌های مختلف نظیر تولیدات کشاورزی، معماری، آسایش انسان، مطالعات منابع آب و وقوع بارش‌ها اهمیت دارد. در این تحقیق، پهنه‌بندی رطوبت در شمال غرب ایران با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره (تحلیل مؤلفه‌های اصلی و تحلیل خوشه‌ای) صورت گرفته است. برای این منظور مقادیر فصلی ۱۰ متغیر اقلیمی (شامل میانگین، حداقل و حداکثر رطوبت نسبی، رطوبت نسبی ساعات ۳، ۹ و ۱۵، فشار بخارآب، نسبت مخلوط، کمبود رطوبت و نقطه شبنم) که ازنظر رطوبت اهمیت دارند، در ۲۰ ایستگاه هواشناسی شمال غرب کشور با طول دوره آماری ۲۰ ساله بررسی شدند. بنابراین یک ماتریس ۴۰ در ۲۰ تشکیل شد و به علت تفاوت در مقیاس اندازه‌گیری متغیرها از نمره استاندارد داده‌ها استفاده گردید. بررسی نتایج حاصل از تحلیل مؤلفه‌های اصلی نشان داد که رژیم رطوبت شمال غرب ایران تقریباً تحت تأثیر ۴ مؤلفه می‌باشد. مجموع این ۴ مؤلفه، حدود ۹۶ درصد از واریانس متغیرهای اولیه را بیان می‌کنند. پس از شناسایی این چهار مؤلفه، نقشه‌های قلمرو مکانی نمرات مؤلفه‌ها ترسیم شدند. تحلیل نقشه‌ها نشان داد که توزیع رطوبت در منطقه از نظر زمانی و مکانی یکسان نیست. داده‌های ماتریس امتیازات مؤلفه‌ای با روش سلسله‌مراتبی و به روش ادغام وارد خوشه‌بندی شده و ۵ پهنه رطوبتی تفکیک و ترسیم شدند.

کلید واژه‌ها: رطوبت، پهنه‌بندی، تحلیل مؤلفه‌های اصلی، تحلیل خوشه‌ای، شمال غرب ایران.

1- نویسنده مسئول، استادیار آب و هواشناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
شماره تماس: ۰۹۱۴۳۸۱۵۳۹۰ Email: kh.javan@Urmia.ac.ir
2 - دانشجوی دکترای آب و هوا شناسی، دانشگاه محقق اردبیلی
3 - دکتری آب و هواشناسی، کارشناس هواشناسی تبریز

مقدمه

رطوبت جوی عبارت است از مقدار بخارآب موجود در هوا که برحسب هکتوپاسکال بیان می‌شود. البته رطوبت موجود در جو را به‌سادگی می‌توان به روش‌های مختلفی مانند نسبت اختلاط، فشار بخارآب، نم ویژه و نم نسبی که برای بیان مقدار رطوبت موجود در جو به کار می‌روند، به هم تبدیل کرد (مسعودیان، ۱۳۹۰: ۷۹). بخار آب، حجم کمی از جو را به خود اختصاص داده است اما نقش مهم و کلیدی در بیلان انرژی، کنترل دما و منبع رطوبت موردنیاز برای تشکیل ابر و بارندگی جوی دارد؛ بنابراین بررسی رطوبت موجود در جو، در کنار بررسی تغییرات سایر عوامل اقلیمی، می‌تواند در شناخت بهتر اقلیم مؤثر باشد (لی[1] و همکاران، ۲۰۰۷: ۳۴۴). در این میان، تعیین تأثیرگذارترین پارامترهای رطوبتی در شکل‌گیری رژیم رطوبت و پهنه‌بندی منطقه بر اساس فاکتورهای مزبور، موضوع مهمی است که کاربران را در برنامه‌ریزی متناسب با شرایط رطوبتی منطقه یاری می‌کند.

پهنه‌بندی اقلیمی به درک شکل‌گیری آب‌وهوای کشور و عوامل دخیل در آن کمک می‌کند. پهنه‌بندی رطوبتی نیز می‌تواند منابع تأمین رطوبت جوی هر منطقه را آشکار سازد و علل شکل‌گیری مرزهای رطوبتی را روشن کند (مسعودیان و همکاران، ۱۳۸۵: ۲). پهنه‌بندی اقلیمی در طی دوره زمانی طولانی همواره موردنظر اقلیم‌شناسان و اکولوژیست‌ها بوده است (حیدری و علیجانی، ۱۳۷۸: ۵۷). یکی از روش‌هایی که در سال‌های اخیررواج یافته، استفاده از روش‌های چندمتغیره آماری است. در زمینه پهنه-بندی اقلیمی نیز مقالات متعددی با استفاده از روش‌های چندمتغیره منتشر شده است (وایت و پری[2]، ۱۹۸۹؛ باریسویل و ربیتز[3]، ۱۹۹۷؛ وایت[4] و همکاران، ۱۹۹۹؛ ریچمن و ادریانتو[5]، ۲۰۱۰؛ پاراکو و همکاران، ۲۰۱۶).

---

[1] - Lee
[2]- White and perry
[3]- Baeriswyl and Rebetez
[4] - White
[5]- Richman and Adrrianto

بررسی مقدار رطوبت جو به یکی از موضوعات شایان توجه در پژوهش‌های جوی تبدیل شده است. چاکرابورتی[1] و همکاران (۲۰۰۶) به بررسی رطوبت اتمسفری در عربستان و تاثیر شاخص دو قطبی اقیانوس هند (IOD) و انسو بر آن پرداختند. وینسنت[2] و همکاران (۲۰۰۷) روند دما و رطوبت را در کانادا طی دورهٔ آماری ۲۰۰۵-۱۹۵۳ بررسی کردند. یافته‌های آن‌ها نشان داد که هماهنگ با افزایش دما، مقدار رطوبت نیز افزایش یافته است. رایت[3] و همکاران (۲۰۱۰) میانگین مداری تغییرات نم نسبی را در اقلیم گرم‌تر شناسایی و واکاوی کردند. آن‌ها الگو را برای دو شرایط متفاوت در تغییرات گازهای گلخانه‌ای و گاز دی‌اکسیدکربن اجرا کردند. نتایج نشان داد که واکنش نم نسبی در مناطق حاره‌ای و جنب‌حاره‌ای به تغییرات گردش جو و انتقال رطوبت، بسیار وابسته است. بدهای[4] و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از دمای سطح دریا (SST) به پیش‌بینی دما و رطوبت پرداختند. آن‌ها از تحلیل خوشه‌ای استفاده نموده و به این نتیجه رسیدند که استفاده از این روش، دقت داده‌های دما و رطوبت پیش‌بینی شده را افزایش می‌دهد. برومن[5] و همکاران (۲۰۱۴) تنوع زمانی- مکانی رطوبت در منطقه موسمی غرب آفریقا را با استفاده از تحلیل خوشه‌ای بررسی نمودند و سپس ارتباط هر یک از خوشه‌ها را با گردش عمومی جو و دمای سطح دریا مورد مطالعه قرار دادند.

در ایران نیز مطالعاتی در زمینه رطوبت جوی و پهنه‌بندی اقلیمی صورت گرفته است. حیدری و علیجانی (۱۳۷۸) به منظور طبقه‌بندی اقلیمی ایران، ۴۹ متغیر آب‌وهوایی را با تحلیل عاملی و تحلیل خوشه‌ای مورد مطالعه قرار دادند. سپس با گروه‌بندی امتیازات عاملی با روش گروه‌بندی فاصله‌ای، ایران را به ۶ ناحیه اقلیمی همگن تقسیم کردند. مسعودیان و همکاران (۱۳۸۵) با استفاده از داده‌های فشار بخارآب، به پهنه‌بندی نواحی رطوبتی ایران با استفاده از تحلیل خوشه‌ای پرداخته و به این نتیجه رسیدند که بر روی

---

1 - Chakraborty
2 - Vincent
3 - Wright
4 - Badhiye
5 - Broman

ایران شش ناحیه رطوبتی وجود دارد که به صورت کمربندهایی پیرامون سواحل کشور کشیده شده‌اند. قائدی و همکاران (۱۳۹۲) به بررسی الگوهای گردش رطوبت ویژه تراز میانی جو ایران پرداختند. آن‌ها با انجام تحلیل مؤلفه‌های اصلی، زیج الگوهای گردش رطوبت را بدست آوردند و به این نتیجه رسیدند که ۸۸ مؤلفه اول حدود ۸۸ درصد پراش داده‌ها را تبیین می‌کند. فلاح قالهری و همکاران (۱۳۹۴) به شناسایی پراکنش فضایی رطوبت نسبی در ایران با استفاده از روش‌های جدید آمار فضایی پرداختند. نتایج پژوهش آنان نشان داد که پراکنش فضایی رطوبت در ایران دارای الگوی خوشه‌ای بالاست. دارند (۱۳۹۴) با استفاده از داده‌های شبکه‌ای نم ویژه و نم نسبی مرکز اروپایی پیش‌بینی‌های میان‌مدت جوی، به بررسی تغییرات زمانی مکانی رطوبت جوی ایران پرداخت. یافته‌ها نشان داد اگرچه روند دو عنصر رطوبتی جو در کرانه‌های ساحلی دریاهای جنوب (خلیج فارس و دریای عمان) و جنوب‌غرب دریای خزر مثبت است، بر روی اغلب مناطق ایران از مقدار رطوبت جو و نم نسبی کاسته شده است. اسدی و فلاح قالهری (۱۳۹۵) به ارزیابی تغییرات ماهانه پهنه‌های رطوبتی ایران پرداخته و به این نتیجه رسیدند که علاوه بر عوامل محلی مانند رشته‌های کوه‌های البرز و زاگرس، عوامل همسایگان مانند موسمی‌ها، پرفشار سیبری و بادهای غربی نیز در تغییرات مکانی زمانی رطوبت نقش بسزایی ایفا می‌نمایند.

بررسی این مطالعات نشان می‌دهد که در زمینه پهنه‌بندی اقلیمی رطوبت و پارامترهای تاثیرگذار آن در شمال غرب ایران مطالعه‌ای صورت نگرفته است. با توجه به اینکه روش‌های آماری چندمتغیره کاربرد زیادی در تعیین اقلیم یک منطقه دارند، در این تحقیق پهنه‌بندی رطوبت با استفاده از مقادیر فصلی ده متغیر مرتبط با رطوبت در شمال غرب ایران با استفاده از روش‌های تحلیل مؤلفه‌های اصلی و تحلیل خوشه‌ای مورد توجه واقع شده است.

مواد و روشها

الف- روش تحقیق

برای انجام طبقه‌بندی اقلیمی چندمتغیره، دو مرحله صورت می گیرد. در مرحله نخست با استفاده از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی، مؤلفه‌های معنی‌دار استخراج می‌شوند. در مرحله بعدی، مؤلفه‌های استخراج شده تحت فرآیند آماری تحلیل خوشه‌ای و با استفاده از امتیازات مؤلفه‌ای ایستگاه‌های هواشناسی گروه‌بندی می‌شوند. هدف از این کار، گروه‌بندی ایستگاه‌ها در داخل مناطق همگن می‌باشد.

تحلیل مؤلفه‌های اصلی

تکنیک تحلیل مؤلفه‌های اصلی اساساً روشی برای کاهش حجم داده‌هاست. این تحلیل سه خروجی مهم دارد: مؤلفه‌های اصلی، ماتریس بارهای مؤلفه‌ها و ماتریس امتیازات مؤلفه‌ها. در تحلیل مؤلفه‌های اصلی از روی ماتریس همبستگی برای هر یک از متغیرهای اولیه یک مؤلفه اصلی محاسبه می‌شود. مؤلفه اول بخش بزرگی از واریانس داده‌ها را تبیین می کند و مؤلفه‌های بعدی بخش‌های کوچک‌تری از واریانس را توضیح می‌دهند. دو ماتریس حاصل تحلیل مؤلفه‌های اصلی است: ماتریس امتیاز مؤلفه‌ها که الگوی مکانی عوامل استخراج شده را نشان می‌دهد. از این ماتریس جهت ترسیم نقشه-های مؤلفه‌ها استفاده می‌شود. ماتریس بارهای مؤلفه‌ای، همبستگی متغیرهای اقلیمی را در هر یک از مؤلفه‌ها نشان می‌دهد (خداقلی و همکاران، ۱۳۸۵: ۴۴).

به منظور ساده کردن ساختار مؤلفه‌ها و تفسیرپذیر کردن آن‌ها از چرخش داده‌ها استفاده می‌شود. نتیجه نهایی چرخش ماتریس، توزیع مجدد واریانس بین مؤلفه‌هاست و هدف اصلی این است که هر مؤلفه تنها برای برخی از متغیرها دارای بار مؤلفه‌ای باشد. راه‌های گوناگونی برای دوران داده‌ها وجود دارد، یکی از متداول‌ترین روش‌ها، دوران متعامد واریماکس است (منصورفر، ۱۳۸۸ : ۳۰۹ و ۳۱۳). یکی از مراحل اصلی در تحلیل مؤلفه‌های اصلی، یافتن تعداد مؤلفه‌هایی است که بتواند همبستگی بین متغیرهای مشاهده

شده را به نحو رضایت بخشی توضیح دهد. مؤلفه‌هایی که مقدار ویژه[1] آن‌ها بزرگتر از یک باشد به عنوان مؤلفه اصلی استفاده می‌شود.

تحلیل خوشه‌ای

تحلیل خوشه‌ای راهی است برای تقسیم یک مجموعه داده به زیرمجموعه‌های (خوشه-های) همگن که دارای ویژگی‌های مشابه باشند. داده‌هایی که همانند باشند در یک خوشه جا می‌گیرند و داده‌های ناهمانند در خوشه‌های جداگانه قرار می‌گیرند. برای دستیابی به این هدف از خوشه‌بندی سلسله مراتبی استفاده شده است، زیرا با این روش می‌توان پهنه‌های اقلیمی را تا مقیاس خرد مشخص نمود و به این ترتیب به تفکیک مکانی بالایی دست یافت (غیور و منتظری،۱۳۸۳: ۲۸).

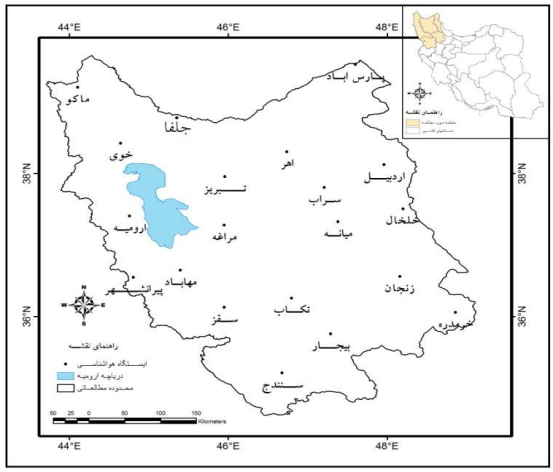
در روش سلسله مراتبی، هر فرد، یک خوشه تشکیل می‌دهد. به عبارت دیگر در مرحله اول به تعداد افراد، خوشه‌های تک عضوی وجود دارد. در مرحله بعد افراد همانند با یکدیگر، خوشه‌های دوعضوی می‌سازند و سپس همانندترین خوشه‌ها در هم ادغام می-شوند. برای اندازه‌گیری فاصله بین متغیرها از فاصله اقلیدسی و برای ترکیب خوشه‌ها از روش ادغام وارد استفاده شده است. روش وارد به دلیل اینکه از رویکرد تحلیل واریانس برای ارزیابی فاصله بین خوشه‌ها استفاده می‌کند با سایر روش‌های ادغام گروه-ها تفاوت دارد. این روش سعی می‌کند مجموع مربعات هر دو خوشه را که می‌تواند در هر مرحله شکل گیرد به حداقل برساند (فرج زاده، ۱۳۸۶: ۱۰۳).

ب- محدوده و قلمرو پژوهش

عناصر اقلیمی قابل دسترس در ارتباط با رطوبت هوا (۱۰ متغیر شامل میانگین، حداقل و حداکثر رطوبت نسبی، رطوبت نسبی ساعات ۳ ، ۹ و ۱۵ ، فشار بخارآب ، نسبت مخلوط، کمبود رطوبت و نقطه شبنم که هر یک به نوعی رطوبت موجود در جو را نشان می‌دهند) با مقیاس زمانی فصلی در ۲۰ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک شمال غرب ایران

[1]- Eigen value

جمع‌آوری شد. ایستگاه‌های منتخب حداقل ۲۲ سال آمار کامل داشتند که در این مطالعه برای تمام ایستگاه‌ها دوره آماری یکسان (۲۰۰۷– ۱۹۸۶) در نظر گرفته شد. در شکل ۱ منطقه موردمطالعه و مشخصات ایستگاه‌ها نشان داده شده است. در جدول۱ نیز نام و مشخصات متغیرهای بکار رفته در این مطالعه ارائه شده است.



شکل ۱– نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه و پراکندگی ایستگاه‌ها

جدول ۱ : عناصر اقلیمی مورد استفاده[1]

نام متغیر	کد مشخصه	نام متغیر	کد مشخصه
دمای نقطه شبنم بهار	DP1	حداکثر رطوبت نسبی بهار	RH Max1
دمای نقطه شبنم تابستان	DP2	حداکثر رطوبت نسبی تابستان	RH Max2
دمای نقطه شبنم پاییز	DP3	حداکثر رطوبت نسبی پاییز	RH Max3
دمای نقطه شبنم زمستان	DP4	حداکثر رطوبت نسبی زمستان	RH Max4
نسبت مخلوط بهار	MR1	حداقل رطوبت نسبی بهار	RH Min1
نسبت مخلوط تابستان	MR2	حداقل رطوبت نسبی تابستان	RH Min2
نسبت مخلوط پاییز	MR3	حداقل رطوبت نسبی پاییز	RH Min3
نسبت مخلوط زمستان	MR4	حداقل رطوبت نسبی زمستان	RH Min4
فشار بخارآب بهار	VP1	رطوبت نسبی ساعت۳ بهار	RH 031
فشار بخارآب تابستان	VP2	رطوبت نسبی ساعت۳ تابستان	RH 032
فشار بخارآب پاییز	VP3	رطوبت نسبی ساعت۳ پاییز	RH 033
فشار بخارآب زمستان	VP4	رطوبت نسبی ساعت۳ زمستان	RH 034
کمبود رطوبت بهار	SD1	رطوبت نسبی ساعت ۹ بهار	RH 091

[1]– حروف انگلیسی در کد مشخصه بیانگر نام عناصر و شماره ها ی ۱ تا ۴ به ترتیب شامل فصول بهار تا زمستان می‌باشد.

کمبود رطوبت تابستان	SD2	رطوبت نسبی ساعت ۹ تابستان	RH 092
کمبود رطوبت پاییز	SD3	رطوبت نسبی ساعت ۹ پاییز	RH 093
کمبود رطوبت زمستان	SD4	رطوبت نسبی ساعت ۹ زمستان	RH 094
میانگین رطوبت نسبی بهار	RH Mean1	رطوبت نسبی‌ساعت۱۵ بهار	RH 151
میانگین رطوبت نسبی تابستان	RH Mean2	رطوبت نسبی‌ساعت۱۵ تابستان	RH 152
میانگین رطوبت نسبی پاییز	RH Mean3	رطوبت نسبی‌ساعت۱۵ پاییز	RH 153
میانگین رطوبت نسبی زمستان	RH Mean4	رطوبت نسبی‌ساعت۱۵ زمستان	RH 154

از آنجا که متغیرهای مورد استفاده در این مطالعه دارای مقیاس‌های اندازه‌گیری متفاوتی می‌باشند لذا در آغاز کار، این متغیرها به نمره استاندارد تبدیل شدند، سپس ماتریس اولیه داده‌ها به ابعاد ۴۰ ×۲۰ تنظیم گردید که طی آن سطرهای ماتریس؛ نماینده مکان (ایستگاه‌ها) و ستون‌ها نماینده زمان (متوسط فصلی متغیرها) بودند. بعد از آماده‌سازی داده‌ها با استفاده از روش‌های تحلیل مؤلفه‌های اصلی و تحلیل خوشه‌ای به بررسی اقلیم رطوبتی منطقه و در نهایت پهنه‌بندی آن اقدام شد.

نتایج و بحث

با اعمال تحلیل مؤلفه‌های اصلی بر روی ماتریس همبستگی داده‌های فصلی متغیرها و بعد از دوران با استفاده از روش واریماکس، ماتریس از ۴۰ ستون به ۴ ستون تقلیل یافت. چهار مؤلفه که مقادیر ویژه آن‌ها بیشتر از یک بود و حدود ۹۶ درصد از واریانس کل داده‌ها را توجیه می‌کردند استخراج شد. این بدین معناست که حدود ۴ درصد از کل واریانس بیان نشده است که با بررسی متغیرهای اضافی در هر دو زمینه اقلیمی و غیر اقلیمی می تواند افزایش یابد. درصد واریانس هر یک از مؤلفه‌ها در جدول ۲ درج شده است. ضمن آنکه با استفاده از چهار مؤلفه فوق‌الذکر، وزن هر یک مؤلفه‌ها بر روی یکایک ایستگاه‌ها استخراج گردید که در جدول ۳ ارائه شده است. با توجه به میزان همبستگی هر یک از متغیرها با مؤلفه‌ها، مؤلفه‌های زیر استخراج گردید:

جدول ۲ : مقدار ویژه، درصد واریانس و واریانس تجمعی هر یک از مؤلفه‌ها

مؤلفه	مقدار ویژه	درصد واریانس	واریانس تجمعی
۱	۱۶/۶۸۳	۴۱/۷۰۸	۴۱/۷۰۸
۲	۱۲/۲۸۲	۳۰/۷۰۵	۷۲/۴۱۳
۳	۶/۰۶۷	۱۵/۱۶۷	۸۷/۵۸۰
۴	۳/۳۹۸	۸/۴۹۴	۹۶/۰۷۴

جدول ۳ : امتیازات مؤلفه‌ها بر روی ایستگاه‌ها

ایستگاه	مؤلفه اول	مؤلفه دوم	مؤلفه سوم	مؤلفه چهارم
اهر	۱/۴۰۱	-۰/۳۰۱	-۰/۸۶۴	-۰/۹۲۶
اردبیل	۲/۲۵۷	-۰/۱۲۱	۱/۰۱۱	۰/۲۴۳
بیجار	-۱/۲۲۹	-۰/۸۴۲	۱/۶۴۱	۱/۵۴۹
جلفا	-۰/۱۸۶	۱/۳۰۸	-۱/۱۹۱	-۰/۳۴۷
خلخال	۰/۸۵۴	-۰/۶۹۳	۱/۲۷۰	۱/۳۳۵
خرمدره	-۰/۱۱۴	-۰/۳۸۷	-۱/۱۱۲	-۰/۳۵۴
خوی	۰/۶۱۵	۰/۴۰۳	-۱/۳۱۱	۰/۶۰۴
مهاباد	-۰/۷۱۹	۰/۳۳۷	۰/۰۷۲	-۰/۱۹۹
ماکو	۰/۷۷۵	-۰/۵۴۲	۰/۲۳۴	-۱/۳۲۵
مراغه	-۰/۵۸۶	-۰/۰۴۵	-۰/۱۷۳	-۱/۵۳۶
میانه	-۰/۸۰۴	۰/۶۶۷	-۰/۴۷۱	-۰/۳۸۵
ارومیه	۰/۶۳۸	۰/۰۴۲	-۰/۴۶۸	-۰/۱۸۵
پارس آباد	۰/۵۶۷	۳/۳۶۹	۱/۳۲۴	۰/۶۶۴
پیرانشهر	-۰/۶۹۹	۰/۲۱۳	۰/۵۸۸	-۰/۸۶۱
سقز	-۱/۰۳۴	-۰/۳۷۳	۱/۰۶۶	۰/۹۴۵
سنندج	-۱/۷۳۵	۰/۰۰۳	-۱/۲۸۴	۲/۰۱۰
سراب	۱/۱۰۱	-۱/۳۰۵	-۰/۵۵۰	۰/۸۶۸
تبریز	-۰/۳۷۶	۰/۰۴۹	-۰/۴۷۸	-۰/۷۳۹
تکاب	-۰/۷۲۱	-۰/۹۱۳	۱/۴۳۵	۱/۰۰۳
زنجان	-۰/۰۰۳	-۰/۸۶۹	-۰/۷۳۹	۰/۷۳۲

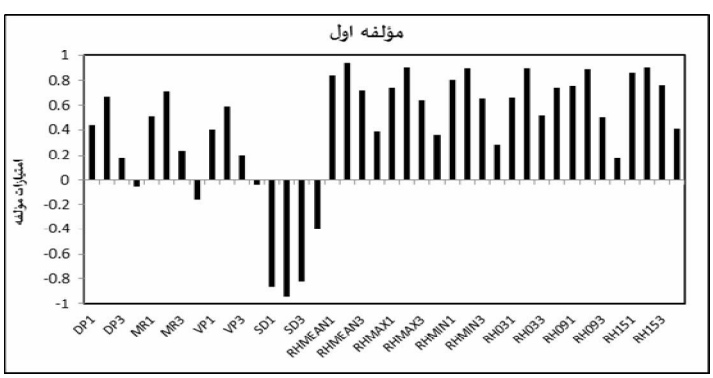
مؤلفه اول[1]

این مؤلفه حدود ۴۱/۷ در صد از واریانس کل داده‌ها را توضیح می‌دهد و مهمترین مؤلفه در میان مؤلفه‌هاست.این مؤلفه با متغیرهای رطوبت نسبی تابستان و بهار رابطه

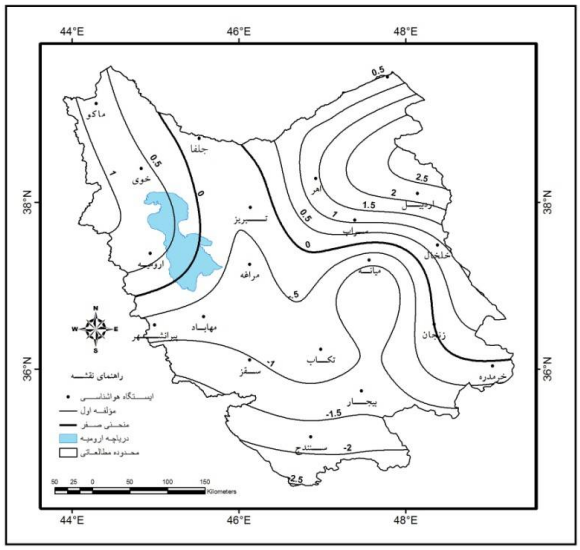
[1] این مؤلفه با نام رطوبت نسبی فصل گرم پیشنهاد می‌گردد.

مثبت داشته و با متغیرهای کمبود رطوبت فصول بهار، تابستان و پاییز که آن را تضعیف می کنند، همبستگی منفی دارد (شکل ۲).

شکل ۳ قلمرو مکانی نمرات مؤلفه فوق را در سطح ایستگاه‌های منطقه نشان می‌دهد. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، منحنی صفر بخش‌های شرقی و غربی منطقه را جدا نموده است، ضمن آنکه مقادیر مثبت از میزان ۲/۲۵ در اردبیل به سمت غرب و جنوب-غربی روند کاهشی را نشان می‌دهد که این مقدار در سنندج به ۱/۷۳- رسیده است. تطبیق این مقادیر با متغیرهای اولیه نشان می‌دهد که کلیه ایستگاه‌هایی که دارای بار مثبت هستند دارای رطوبت نسبی زیاد در فصول گرم می‌باشند. وقوع چنین وضعیتی ناشی از استقرار پرفشار جنب حاره‌ای در ایران می‌باشد که باعث می‌شود بخش عمده‌ای از مناطق مرکزی و جنوبی منطقه در نتیجه پایداری هوا و نیز به دلیل بالا بودن دما دارای رطوبت نسبی کمتری بوده و نمرات مولفه‌ای کمتری را ایجاد کنند. ضمن آنکه عدم استقرار پرفشار جنب حاره بر روی دریای خزر موجب جریان توده هواهای مرطوب و افزایش رطوبت در شرق و شمال شرق منطقه می‌گردد. در بخش‌های شمالی منطقه نیز تضعیف این پرفشار و نیز کوهستانی بودن موجب افزایش رطوبت نسبی می‌گردد.



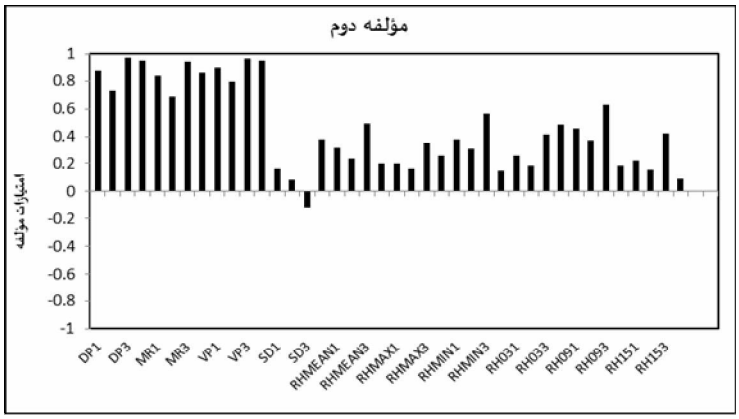
شکل ۲: ارزش عناصر اقلیمی در شکل‌گیری مولفه اول



شکل ۳: قلمرو مکانی نمرات مؤلفه اول

مؤلفه دوم[1]

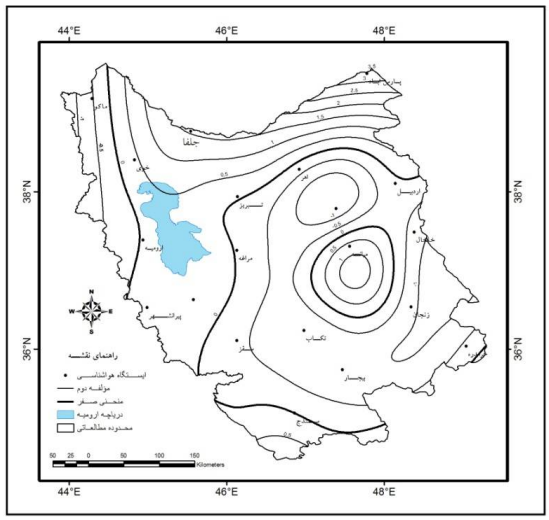
این مؤلفه که ۳۰/۷ از واریانس کل را تبیین می‌کند با متغیرهایی از قبیل دمای نقطه شبنم، فشار بخار هوا و نسبت اختلاط در فصول پاییز، زمستان و بهار همبستگی مثبت دارد (شکل ۴). توزیع مقدار رطوبت هوا در این مؤلفه، حاکمیت شرایط حرارتی را نشان می‌دهد یعنی هر جا هوا گرمتر است، مقدار بخارآب نیز بالاست و کمترین مقدار رطوبت بر نواحی مرتفع منطبق است زیرا سردی هوا، گنجایش رطوبتی آن را کاهش داده است.



شکل ۴: ارزش عناصر اقلیمی در شکل‌گیری مولفه دوم

[1] این مؤلفه با نام گنجایش رطوبتی پیشنهاد می‌گردد.

در شکل۵ که قلمرو مکانی نمرات مؤلفه دوم را در سطح ایستگاه‌های منطقه نشان می-دهد، ملاحظه می‌شود که مناطق پست و کم‌ارتفاع دارای امتیازات مثبت و مناطق مرتفع دارای امتیازات منفی هستند، به طوری که ایستگاه پارس‌آباد با ۳۲ متر ارتفاع دارای بیشترین امتیاز(۳/۳۶) می‌باشد. مشخص است که در فصل پاییز و زمستان با افت شدید دما، گنجایش رطوبتی جو کاهش یافته و میزان رطوبت نسبی بدون اینکه رطوبتی به هوا وارد شود؛ افزایش می‌یابد. بنابراین در این دوره از سال با بررسی رطوبت نسبی نمی‌توان اقلیم رطوبت را تحلیل نمود.



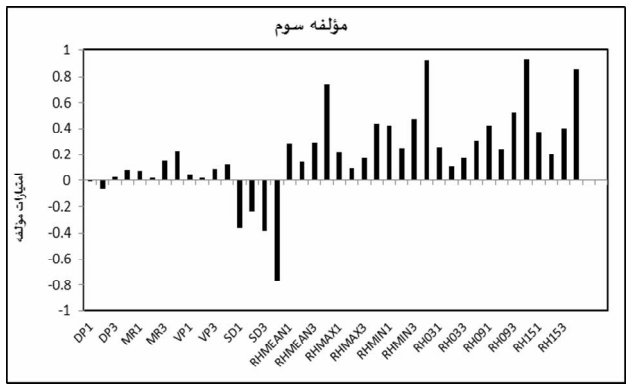
شکل ۵ : قلمرو مکانی نمرات مؤلفه دوم

مؤلفه سوم[1]

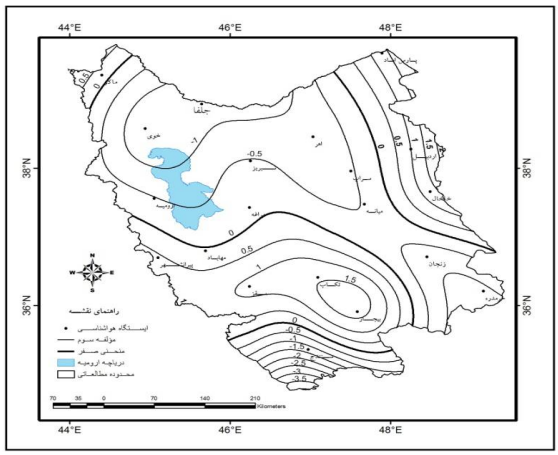
این مؤلفه ۱۵ درصد از واریانس داده‌ها را تبیین می‌کند. بررسی مقادیر امتیازات مؤلفه‌ای نشان می‌دهد که مؤلفه فوق با متغیرهای مربوط به رطوبت نسبی فصل زمستان همبستگی مثبت و با کمبود رطوبت فصل زمستان همبستگی منفی دارد (شکل ۶).

[1] این مؤلفه با نام رطوبت نسبی زمستان پیشنهاد می‌گردد.

در شکل ۷ که قلمرو مکانی نمرات مؤلفه فوق را نشان می‌دهد، بیشترین امتیازات مثبت در جنوب‌غربی و شمال‌شرقی منطقه قرار گرفته است. در حالی‌که اکثر مناطق شمالی و مرکزی دارای امتیازات منفی می‌باشند و میزان رطوبت این مناطق کاهش می‌یابد. این مؤلفه در ارتباط با زمان ورود و چگونگی گسترش بادهای غربی است، چنان که بادهای غربی ابتدا از آذربایجان وارد ایران شده و به تدریج همه جای ایران را فرا می‌گیرند. البته به دلیل نفوذ توده‌های سرد از قفقاز، قسمت‌های شمالی و مرکزی منطقه تحت تاثیر قرار گرفته و میزان رطوبت این مناطق کاهش می‌یابد. فقط در جنوب‌غربی منطقه، میزان رطوبت به جهت ورود بادهای غربی و رطوبت مدیترانه، افزایش می‌یابد. در شمال‌شرقی منطقه مورد مطالعه نیز به دلیل نفوذ رطوبت دریای خزر، میزان رطوبت بالا رفته است.



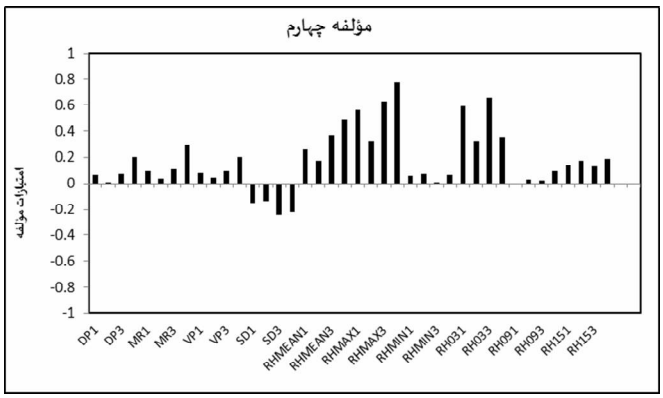
شکل ۶: ارزش عناصر اقلیمی در شکل‌گیری مولفه سوم



شکل ۷: قلمرو مکانی نمرات مؤلفه سوم

مؤلفه چهارم[1]

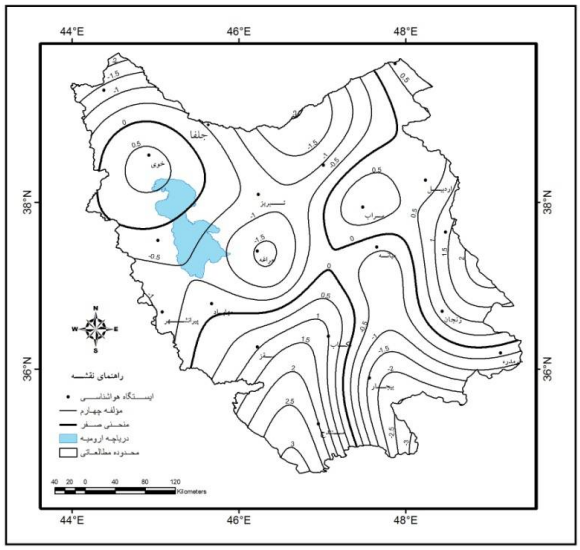
این مؤلفه حدود ۷ درصد واریانس داده‌های این مطالعه را تبیین می‌کند و در مقایسه با مؤلفه‌های قبلی بسیار ضعیف و بنابراین از اهمیت کمتری برخوردار است.این مؤلفه با حداکثر رطوبت نسبی فصول زمستان و پاییز همبستگی مثبت دارد (شکل ۸).



شکل۸: ارزش عناصر اقلیمی در شکل‌گیری مولفه چهارم

قلمرو مکانی مؤلفه چهارم در شکل ۹ مشاهده می‌شود. در این مولفه نیز می‌توان به نقش وزش رطوبت از دریای خزر در شرق منطقه و انتقال رطوبت دریای مدیترانه در جنوب غرب پی‌برد. در این جا، هسته بیشینه در جنوب‌غربی منطقه و هسته کمینه در قسمت‌های مرکزی و شمالی آن می‌باشد. همچنین هسته‌ای از امتیازات مؤلفه‌ای مثبت در شمال غرب منطقه بسته شده است که می‌تواند ناشی از اثر ارتفاعات محلی این منطقه باشد.

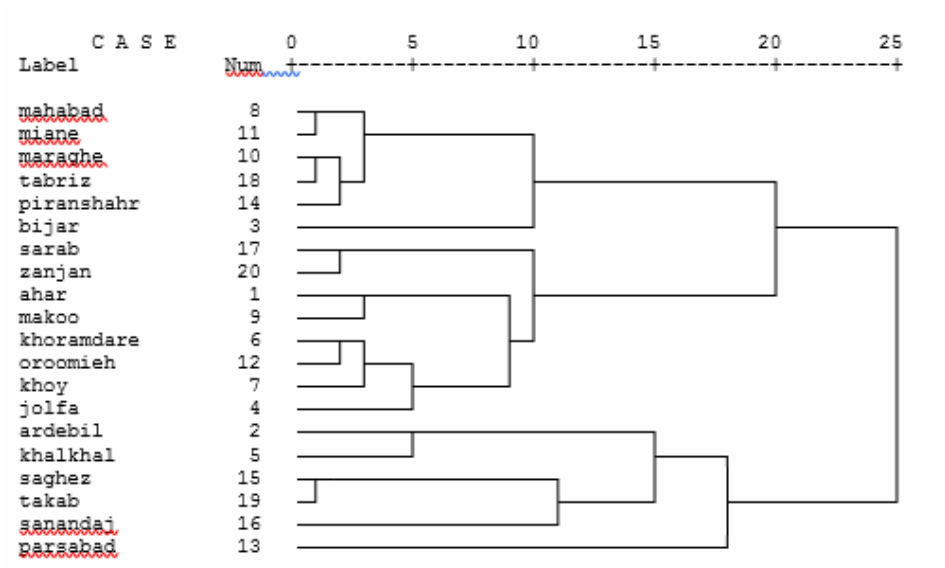
[1] این مؤلفه با نام حداکثر رطوبت فصل سرد پیشنهاد می‌گردد.



شکل ۹ : قلمرو مکانی نمرات مؤلفه چهارم

پس از استخراج ۴ مؤلفه اصلی، بر اساس نمرات مؤلفه‌ها، اقدام به خوشه‌بندی سلسله مراتبی شده و پهنه‌هایی که از نظر رطوبت متباینند از یکدیگر جدا گردیدند. برای اندازه‌گیری فاصله بین متغیرها از فاصله اقلیدسی و برای ترکیب خوشه‌ها از روش ادغام "وارد" استفاده شده است (شکل۱۰). حاصل این تحلیل پنج پهنه نسبتاً متمایز است که بر اساس رژیم رطوبت از هم تفکیک شده‌اند (جدول ۴ و شکل ۱۱)

شکل ۱۰ : نمودار درختی با استفاده از روش وارد



جدول۴ : میانگین نمرات مؤلفه‌ها به تفکیک قلمرو

ناحیه	مؤلفه اول	مؤلفه دوم	مؤلفه سوم	مؤلفه چهارم
A	۰/۳۳۳	-۰/۲۷۷	-۰/۴۸۴	-۰/۲۷۶
B	-۰/۶۳۷	۰/۲۴۴	-۰/۰۹۲	-۰/۷۴۴
C	-۱/۱۶۳	-۰/۴۲۸	۰/۴۰۵	۱/۳۱۹
D	۱/۵۵۵	-۰/۴۰۷	۱/۱۴۱	۰/۷۸۹
E	۰/۵۶۷	۳/۳۶۹	۱/۳۲۴	۰/۶۶۴

ناحیهA: این ناحیه، مناطق واقع در شمال منطقه موردمطالعه شامل ایستگاه‌های ماکو، خوی، ارومیه، اهر، سراب، جفا و همچنین قسمت‌هایی از جنوب‌شرقی منطقه شامل ایستگاه‌های زنجان، بیجار و خرمدره را دربر می‌گیرد. ارتفاع متوسط این ناحیه از سطح دریا، ۱۳۰۶/۷ متر می‌باشد. با استناد به جدول ۴، میانگین مؤلفه اول در این ناحیه ۰/۳۳۳ می‌باشد، بنابراین در شکل‌گیری این ناحیه، مؤلفه اول (رطوبت نسبی فصل گرم) نقش بیشتری داشته است. این ناحیه که به صورت نواری در حاشیه دو ناحیه B و C قرار گرفته است به لحاظ اینکه از مسیرهای وزش رطوبت معمول در منطقه دور می‌باشد به مقدار کم از آن‌ها تاثیر می‌پذیرد. این مسئله در مناطق شمالی به دلیل واقع شدن در

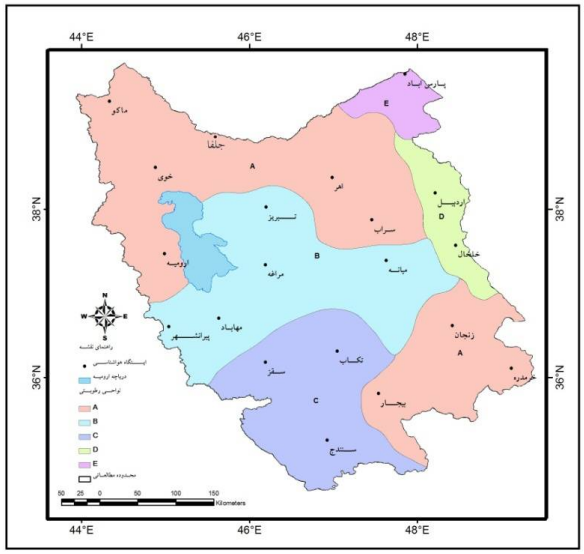
نواحی پست ساحلی رودخانه ارس بارزتر است. در حالت کلی این ناحیه دارای رطوبت جوی کمتری نسبت به دیگر مناطق می‌باشند.

ناحیهB: این ناحیه ایستگاه‌هایواقع در نواحی مرکزی منطقه مورد مطالعه را در بر می-گیرد که شامل ایستگاه‌های تبریز، مراغه، میانه، پیرانشهر و مهاباد می‌باشد. ارتفاع متوسط این ناحیه، ۱۳۵۷/۷ متر است. همان طور که در جدول ۴ مشخص شده، میانگین مؤلفه دوم در این ناحیه ۰/۲۴۴ است. بنابراین در شکل‌گیری مکانی این ناحیه مؤلفه دوم نقش بیشتری داشته است. رطوبت این ناحیه از طریق مسیر بادهای غربی و از دریای مدیترانه تأمین می‌گردد.

ناحیه C: این ناحیه، مناطق جنوبی یعنی ایستگاه‌های سقز، سنندج و تکاب را شامل می-شود. ارتفاع این ناحیه به طور متوسط ۱۵۵۳/۷ متر می‌باشد. با توجه به جدول ۴ میانگین مؤلفه چهارم در این ناحیه ۱/۳۱۹ می‌باشد، بنابراین در شکل‌گیری این ناحیه، مؤلفه حداکثررطوبت فصل سرد نقش بیشتری داشته است. رطوبت این ناحیه نیز مانند ناحیه B از طریق مسیر بادهای غربی و از دریای مدیترانه تأمین می‌گردد، منتهی از نظر میزان وزش و زمان انتقال رطوبت متفاوت هستند. به طور کلی ناحیه C میزان رطوبت اتمسفری بیشتری را نسبت به ناحیه B دریافت می‌دارد لیکن در فصل گرم سال با جابجایی بادهای غربی به نواحی شمالی‌تر، ناحیه B و تا حدودی ناحیه A از رطوبت بیشتری بهره‌مند می‌گردند.

ناحیه D: این ناحیه شامل دو ایستگاه اردبیل و خلخال است که با ارتفاع متوسط ۱۵۶۴ متر، مرتفع‌ترین ناحیه در منطقه موردمطالعه است. همان‌طور که در جدول ۴ مشخص شده، میانگین مؤلفه اول در این ناحیه ۱/۵۵۵ و مؤلفه سوم ۱/۱۴۱ است. بنابراین در شکل‌گیری مکانی این ناحیه به ترتیب مؤلفه‌های اول و سوم نقش داشته‌اند.رطوبت اتمسفری این ناحیه بیشتر تحت تاثیر وزش رطوبتی دریای خزر قرار دارد. این موضوع در نقشه قلمرو مکانی مؤلفه‌های اول، سوم و چهارم به وضوح مشخص است.

ناحیه E: تنها ایستگاهی که در ناحیه E قرار گرفته پارس‌آباد است. این ایستگاه که در پست‌ترین نقطه منطقه موردمطالعه واقع شده به لحاظ ارتفاع کم(۳۱/۹ متر) و موقعیت متفاوت جغرافیایی، از اقلیم رطوبت جوی متفاوتی برخوردار است. میانگین مؤلفه دوم در این ناحیه ۳/۳۶۹ و مؤلفه سوم ۱/۳۲۴ می‌باشد، بنابراین مؤلفه‌های دوم و سوم در شکل‌گیری این ناحیه نقش بیشتری داشته‌اند.



شکل ۱۱: نقشه پهنه‌های رطوبتی شمال غرب ایران

نتیجه گیری

هدف از این پژوهش، پهنه‌بندی رژیم رطوبت در شمال‌غرب ایران با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی و تحلیل خوشه‌ای می‌باشد. انجام تحلیل مؤلفه‌های اصلی بر روی ماتریس همبستگی مقادیر فصلی ۲۰ ساله متغیرهای میانگین، حداقل و حداکثر رطوبت نسبی، رطوبت نسبی ساعات ۳ ، ۹ و ۱۵ ، فشار بخارآب، نسبت مخلوط، کمبود رطوبت و نقطه شبنم در ۲۰ ایستگاه شمال غرب کشور، روشن ساخت که چهار مؤلفه اصلی، حدود ۹۶ درصد واریانس داده‌ها را تبیین می‌کنند. پس از شناسایی این چهار مؤلفه، نقشه‌های قلمرو مکانی نمرات مؤلفه‌ها ترسیم شدند.

تحلیل نقشه‌ها نشان داد که توزیع رطوبت در منطقه یکسان نیست. در فصول گرم بخش عمده‌ای از مناطق مرکزی و جنوبی منطقه، دارای رطوبت کمتری می‌باشند. در حالی‌که در شرق و شمال‌شرق منطقه و نیز در بخش‌های شمالی رطوبت افزایش می‌یابد. در فصول سرد در جنوب‌غربی و شمال‌شرقی، میزان رطوبت بالاست ولی قسمت‌های شمالی و مرکزی منطقه رطوبت کمتری دارند. در نهایت با اعمال تحلیل خوشه‌ای بر روی نمرات مؤلفه‌ها، مشخص شد که شمال غرب ایران را می‌توان از نظر رطوبت به پنج پهنه نسبتاً متمایز تفکیک نمود که عبارتند از: ناحیه A: شامل قسمت‌های شمالی و جنوب‌شرقی منطقه با حاکمیت مؤلفه اول. ناحیه B: شامل مناطق مرکزی با حاکمیت مؤلفه دوم. ناحیه C : شامل قسمت‌های جنوب‌غربی با حاکمیت مؤلفه چهارم. ناحیه D: شامل مناطق شرقی منطقه با حاکمیت مؤلفه‌های اول و سوم. ناحیه E: شامل پارس‌آباد در شمال‌شرقی منطقه با حاکمیت مؤلفه‌های دوم و سوم.

منابع

۱- اسدی، مهدی و فلاح قالهری، غلام‌عباس (۱۳۹۵)، ارزیابی تغییرات ماهانه پهنه‌های رطوبتی ایران در نیم قرن اخیر، دومین کنگره بین المللی علوم زمین و توسعه شهری، شرکت کیان طرح دانش، تبریز.

۲- حیدری، حسن و علیجانی، بهلول (۱۳۷۸)، طبقه‌بندی اقلیمی با استفاده از تکنیک‌های آماری چندمتغیره، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۳۷ صص ۷۴-۵۷.

۳- خداقلی، مرتضی؛ مسعودیان، ابوالفضل؛ کاویانی، محمدرضا و کمالی، غلامعلی (۱۳۸۵)، بررسی گیاه- اقلیم شناختی حوضه زاینده رود، پژوهش و سازندگی، شماره ۷۰ صص۵۳-۴۱.

۴- دارند، محمد (۱۳۹۴)، واکاوی وردایی زمانی- مکانی رطوبت جوی ایران‌زمین طی بازه زمانی ۲۰۱۳-۱۹۷۹، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۷، شماره ۲ صص ۲۳۹-۲۱۳.

۵- غیور، حسنعلی و منتظری، مجید (۱۳۸۳)، پهنه‌بندی رژیم دمایی ایران با مؤلفه‌های مبنا و تحلیل خوشه‌ای، جغرافیا و توسعه، شماره۴ صص ۳۴-۲۱.

۶- فرج زاده، منوچهر (۱۳۸۶)، تکنیک‌های اقلیم شناسی، انتشارات سمت، تهران.

۷- فلاح قالهری، غلامعباس؛ اسدی، مهدی و داداشی رودباری، عباسعلی (۱۳۹۴)، تحلیل فضایی رطوبت در ایران، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۷، شماره ۴ صص ۶۵۰-۶۳۷.

۸- قائدی، سهراب؛ آل بهبهانی، مجتبی و مساعدی، پیام (۱۳۹۲)، زیج الگوهای گردش رطوبت ویژه تر از میانی جو ایران، نخستین کنفرانس ملی آب و هواشناسی، کرمان.

۹- مسعودیان، ابوالفضل (۱۳۹۰)، آب و هوای ایران، انتشارات دانشگاه اصفهان، اصفهان.

۱۰- مسعودیان، ابوالفضل؛ قائدی، سهراب و محمدی، بختیار (۱۳۸۵)، نواحی رطوبتی ایران، جغرافیا و برنامه‌ریزی، شماره ۲۱ صص ۱۴-۱.

۱۱- منصورفر، کریم (۱۳۸۸)، روش‌های پیشرفته آماری همراه با برنامه‌های کامپیوتری، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.

12- Badhiye, S. S., Chatur, P. N., & Wakode, B. V. (2012). Temperature and humidity data analysis for future value prediction using clustering technique: an approach. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, *2*(1), 88-91.

13- Baeriswyl,A. and Robetez, M. (1997), Regionalization of Precipitation in Switzerland by Means of Principal Component Analysis, Theoretical and Applied Climatology. 58: 31-41.

14- Broman, D., Rajagopalan, B., & Hopson, T. (2014). Spatiotemporal Variability and Predictability of Relative Humidity over West African Monsoon Region. *Journal of Climate*, *27*(14), 5346-5363.

15- Chakraborty, A., Behera, S. K., Mujumdar, M., Ohba, R., & Yamagata, T. (2006). Diagnosis of tropospheric moisture over Saudi Arabia and influences of IOD and ENSO. *Monthly Weather Review*, *134*(2), 598-617.

16- Kavachi. T. Maruyama, T. Singh, V.P. (2001), Rainfall entropy for delineation of water resources zones in Japan, Journal of Hydrology, 246.

17- Lee, M. I., Schubert, S. D., Suarez, M. J., Held, I. M., Lau, N. C., Ploshay, J. J., ... & Schemm, J. K. E. (2007). An analysis of the warm-season diurnal cycle over the continental United States and northern Mexico in general circulation models. *Journal of Hydrometeorology*, *8*(3), 344-366.

18- Parracho, A. C., Melo-Gonçalves, P., & Rocha, A. (2016). Regionalisation of precipitation for the Iberian Peninsula and climate change. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, *94*, 146-154.

19- Richman,B .M and Adrrianto, I. (2010), classification and Regionalization through Kernal Principal Component Analysis, Physics and Chemistry of the Earth. 35: 316-328.

20- Vincent, L. A., van Wijngaarden, W. A., & Hopkinson, R. (2007). Surface temperature and humidity trends in Canada for 1953–2005. *Journal of Climate*, *20*(20), 5100-5113.

21- White, F.J.and Perry, A.H.(1989), Classification of the climate of England and Wales based on agro climatic data, International Journal of Climatology.9: 271.

22- White, D, Richman, m. Yarnal, B. (1991), Climate regionalization and rotation of principal components, International Journal of Climatology 11.

23- Wright, J. S., Sobel, A., & Galewsky, J. (2010). Diagnosis of zonal mean relative humidity changes in a warmer climate. *Journal of Climate*, *23*(17), 4556-4569.

Zoning of Humidity in North West of Iran Using Multivariate Statistical Methods

Abstract

*Study of humidity is important from different views such as agricultural productions, architecture, human welfare, water resources studies and rainfall. This study focuses on humidity Using Multi-Variable Statistical Methods (principal component analysis and cluster analysis) in the North West of Iran. Therefore, seasonal quantities of ten climate variables in 20 synoptic stations in North West of Iran during 20 years were studied. These variables include mean, minimum and maximum relative humidity, relative humidity in 3, 9 and 15 UTC, water vapor pressure, mixing ratio, saturation deficit and dew point). Thus the 40*20 matrix was formed. Statistical data were normalized and due to different scales of data, the standard scores were used in analysis. The results of principal component analysis showed that 4 components represent about 96% of the original variables variance. After identification of these four components, the spatial pattern of Component scores was plotted. Analysis of this maps showed that the spatial and temporal distribution of moisture in this area are not the same. Data component matrix scores used hierarchical method for clustering and five humidity zones were separated and mapped.*

Keywords*: Humidity, Zoning, Principal Component Analysis, Cluster Analysis, North West of Iran.*