

E. Fatahi

Z. Hejazizadeh

E.mail: fatahi@irimet.net

ابراهیم فتاحی، عضو هیأت علمی پژوهشکده هواشناسی

زهرا حجازی‌زاده، دانشیار دانشگاه تربیت معلم تهران

شماره مقاله: ۶۷۶

تحلیل زمانی، مکانی توده‌های هوا و کاربرد آن در پایش دوره‌های خشک و مرطوب در حوضه‌های جنوب غربی ایران

چکیده

کیفیت پدیده‌های محیطی (دوره خشک و مرطوب، سرد و گرم و ...) به وسیله تکرار سیستم‌های سینوپتیکی و توده‌های هوا کنترل می‌شود، لذا در مطالعه حاضر ارتباط فراوانی توده‌های هوا با دوره‌های خشک و تر بررسی و تحلیل شده است. به منظور شناسایی توده‌های هوا و کاربرد آن در پایش دوره‌های خشک و تر؛ از روش همدیدی فضایی^۱ استفاده شده است. این روش توده‌های هوا را براساس منشأ و تعدیل آنها در مسیر حرکت به شش گروه تقسیم می‌کند، که شامل توده‌های هوای قطبی خشک^۲، قطبی مرطوب^۳، حاره‌ای خشک^۴، معتدل خشک^۵، معتدل مرطوب^۶ و حاره‌ای مرطوب^۷ می‌باشد. برای تعیین توده‌های هوا نیاز به روزهای نمونه^۸ (شاهد) می‌باشد. نحوه آرایش خطوط جریان نقشه‌های هواشناسی سطح زمین و تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال معرف انتقال توده هوای ویژه‌ای به سوی منطقه مورد مطالعه می‌باشد. معیارهای اولیه انتخاب روزهای نمونه برای هر توده هوا در هر ایستگاه از طریق ارزیابی دقیق داده‌ها و نقشه‌های هواشناسی سطح زمین و تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال صورت گرفت و هر یک از روزهای نمونه انتخاب شده از منبع تا محدوده مورد مطالعه مسیریابی و ویژگی‌های آنها ارزیابی شد. روزهای نمونه انتخاب شده؛ ویژگی‌های معرف یک توده هوا را مشخص می‌کنند. به منظور گروه‌بندی توده‌های هوا، متغیرهای دما، دمای نقطه شبنم، فشار (QFF)، ابرناکی، سمت و سرعت باد

1. Spatial synoptic classification.

4. Dry Tropical.

7. Moist Tropical.

2. Dry Polar.

5. Dry Moderate.

8. Seed day's.

3. Moist Polar.

6. Moist Moderate.

در ساعات ۳، ۹، ۱۵ و ۲۱ UTC برای ۱۰ ایستگاه سینوپتیک طی دوره آماری ۱۹۶۱-۹۹ در محاسبات منظور شد. با استفاده از روش تحلیل عاملی متغیرهای وابسته به هم ادغام و ابعاد ماتریس‌ها کاهش داده شد. برای گروه‌بندی توده‌های هوا از روش تحلیل ممیزی استفاده شد. بدین ترتیب توده‌های هوای مؤثر بر حوضه‌های جنوب غربی ایران در فصل زمستان (دسامبر تا فوریه) شناسایی گردید، سپس ویژگی‌های متوسط اقلیمی و درصد فراوانی هر یک از توده‌های هوا به تفکیک ماهانه و برای تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه طی دوره ۱۹۶۱-۹۹ محاسبه و نقشه‌های مربوط به درصد فراوانی و ویژگی‌های متوسط توده‌های هوا ترسیم گردید. در نهایت مقایسه دوره‌های خشک و تر رابطه بسیار قوی و معنی‌داری با فراوانی انواع توده‌های هوا نشان داد، به عبارتی شرایط اقلیمی و دوره‌های اقلیمی هر منطقه به وسیله تکرار و اثرات تجمعی توده‌های هوایی که از آن ناحیه عبور می‌کند، تعیین می‌گردد.

کلید واژه‌ها: توده‌های هوا، همدیدی فضایی، دوره‌های خشک، تحلیل ممیزی، حوضه‌های جنوب غربی ایران.

مقدمه

توده‌های هوا توسط جریان‌های واچرخندی و گسترش آنها وارد کشور می‌شوند و شرایط رطوبتی و گرمایی روزانه را در نقاط مختلف تعیین می‌نمایند، تکرار این شرایط در درازمدت آب و هوای هر منطقه را به وجود می‌آورد؛ به عبارتی شرایط اقلیمی هر منطقه به وسیله اثرات تجمعی توده‌های هوایی که از آن ناحیه عبور کرده است، تعیین می‌شود، بنابراین یکی از گام‌های اولیه در راه شناخت آب و هوای یک منطقه شناسایی توده‌های هوای مؤثر بر آن است، و مطالعه توده‌های هوا چه از نظر پیش‌بینی وضعیت هوا و چه از نظر آگاهی از شرایط و ویژگی‌های آب و هوایی اهمیت دارد (Davis, 1988, 232). مهمترین هدف علم اقلیم‌شناسی گروه‌بندی منطقی سامانه‌های جوی و توده‌های هوا هم از نظر مکانی و هم از نظر زمانی است، و از این لحاظ علم اقلیم‌شناسی همدیدی نقش اساسی را ایفا می‌کند. با مطالعه دقیق فراوانی و ویژگی‌های توده‌های هوا و تغییرات الگوی گردش جوی و رابطه آنها با پدیده‌های فرین نظیر خشکسالی‌ها، سیلاب‌ها، یخبندان‌ها می‌توان مدیریت‌ها را بهبود بخشید.

مهمترین کاربرد اقلیم‌شناسی سینوپتیکی توجیه پدیده‌های محیطی است و از همه مهمتر تعیین دوره‌های اقلیمی و نواحی اقلیمی سطح زمین براساس سیستم‌های جوی و توده‌های هوای همراه با آن می‌باشد. در این روش اقلیم‌شناس و ویژگی‌های اقلیمی سطح زمین مانند دما، دمای نقطه شبنم، ابرناکی، فشار، سمت و سرعت باد را به طور جامع و همزمان بررسی می‌کند (Kalkstein et.al, 1998, 1226). هدف اصلی این مطالعه نیز شناسایی توده‌های هوا و بررسی نقش آنها در ایجاد دوره‌های خشک و تر می‌باشد. ویژگی توده‌های هوا در فصول مختلف و در مکان‌های مختلف فرق دارد، بنابراین باید توده‌های هوا به صورت ماهانه و فصلی شناسایی و تحلیل شوند.

پیشینه تحقیق

در گذشته توده‌های هوا را براساس محل تشکیل آنها گروه‌بندی می‌کردند، و برای گروه‌بندی توده‌های هوا از روش‌های سنتی بهره می‌گرفتند. اما امروزه ویژگی‌های یک توده هوا که بر یک منطقه اثر می‌گذارد و سبب ترکیب‌های بخصوصی از پارامترهای جوی می‌شود، مورد توجه می‌باشد و با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره طبقه‌بندی دقیق‌تری انجام می‌شود (Mahers, 1984, 440).

بعد از جنگ جهانی دوم، مطالعات بر پایه توده هوا، توسط برایسون^۹ (۱۹۶۶، ۲۳۴) ادامه یافت. برایسون در مطالعات خود ماکزیمم دمای روزانه را به عنوان کلید تعیین هویت یک توده هوا به کار گرفت، وی همچنین توده‌های هوای آمریکای شمالی را با روش تجمعی جزئی و روش مسیریابی پس رونده شناسایی کرد و مرزهای بین انواع اصلی توده‌های هوا را با مرزهای پوشش گیاهی مرتبط کرد. در سال‌های اخیر از روش‌های آماری به ویژه روش‌های آماری چند متغیره در مطالعات اقلیم‌شناسی استفاده شده است. به طوری که بسیاری از محققین تکنیک‌های تحلیل عاملی را جهت مطالعات اقلیم‌شناسی سینوپتیک به کار گرفتند (key et.al, 1988, 378). مطالعات مکاب نشان داد که گروه‌های SSC^{۱۰} می‌تواند در انتشار گرده‌های گیاه چای مکزیکی در فیلادلفیا ارتباط داشته باشد (مکاب، ۱۹۸۵، ۱۱۲). گالینی و فیلیپینی^{۱۱} (۱۹۸۵، ۵۱) روش خوشه‌بندی را جهت گروه‌بندی مقدار بارش روزانه در یک ناحیه از ایتالیا به کار گرفتند. گادگیل^{۱۲}

9. Bryson.

10. Spatial Synoptic Classification.

11. Galliani and Filippini.

12. Gadgial.

(۱۹۸۷، ۴۹) با استفاده از طبقه‌بندی و تحلیل ویژگی‌های توده‌های هوا، تغییر فصل‌های سال را برای ایالت متحده تعریف کرد. طبق پیشنهاد مولر^{۱۳} (۱۹۷۷، ۳۱) تنها با آشنایی کامل از فراوانی زمانی و مکانی توده‌های هوا و الگوی سینوپتیکی می‌توان برنامه عمرانی و کشاورزی را مدیریت کرد.

دیویس و همکاران (۱۹۸۹، ۵۲۹) با استفاده از روش تحلیل خوشه‌ای و برنامه NORMIX توده‌های هوای آمریکای شمالی را طبقه‌بندی کردند، متغیرهای به کار رفته در این تحقیق شامل دمای پتانسیل تر، دمای پتانسیل خشک و نسبت آمیزه می‌باشد، آنها بعد از انجام تحلیل خوشه‌ای، گروه‌های حاصل از برنامه NORMIX را با الگوهای سینوپتیکی مقایسه کردند. اسکات^{۱۴} (۲۰۰۲، ۲۹) با استفاده از روش همدیدی فضایی، فراوانی توده‌های هوای ۳۳۰ ایستگاه را در شمال ایالات متحده و کانادا مورد مطالعه قرار داد و اثرات فازهای مثبت و منفی شاخص‌های NAO و PNA را با فراوانی تیپ‌های هوا مقایسه کرد. تحقیقات گذشته و کنونی همواره از روش تحلیل و دسته‌بندی توده‌های هوا جهت آزمون تغییرات اقلیمی، افزایش میزان مرگ و میر انسان در ارتباط با شرایط سینوپتیکی، تغییرات الگوهای سینوپتیکی بر روی نواحی یخچالی و فراوانی الگوهای فضایی توده‌های هوا در ارتباط با خشکسالی‌های ایالات متحده مورد استفاده قرار گرفته است (Schwartz, 1994, 443).

حبیبی (۱۳۷۸، ۴۹) به بررسی و نحوه شناسایی توده‌های هوایی که ایران را مورد تهاجم قرار می‌دهند پرداخته است، وی در تبیین نقش دریای مدیترانه در بارش‌های ایران به ترتیب سامانه‌های منشأ گرفته از شرق، مرکز و غرب این دریا را ذکر می‌نماید. امام هادی (۱۳۸۰، ۶۴) در رساله خود تحت عنوان مطالعه توده‌های هوای مؤثر بر ایران طی فصل سرد سال، داده‌های ایستگاه‌های جو بالای سه ایستگاه تهران، کرمانشاه و شیراز را طی دوره آماری ۹۰-۱۹۸۱ بررسی کرده است، ایشان برای نامگذاری گروه‌های توده‌های هوا از ویژگی‌های ایستگاه‌های شاهد آسوان، عشق‌آباد و مدیترانه استفاده کرده است.

در تحقیق حاضر با استفاده از ویژگی‌های اقلیمی سطح زمین مانند دمای هوا، دمای نقطه شبنم، دامنه دمای شبانه‌روز، کمبود اشباع، سمت و سرعت باد، فشار، ابرناکی و بارش و با بهره‌گیری از روش همدیدی فضایی ویژگی‌های توده‌های هوا و فراوانی زمانی

13. Muller.

14. Scott.

و مکانی آنها در فصل زمستان (۹۹-۱۹۶۱) در حوضه‌های جنوب غربی ایران شناسایی شد و با استفاده از شاخص دهک‌های بارندگی، دوره‌های خشک و مرطوب ایستگاه‌های سینوپتیک واقع در حوضه‌های جنوب غربی کشور تعیین گردید. در نهایت فراوانی انواع توده‌های هوا با دوره‌های خشک و مرطوب ماهانه مورد ارزیابی و پایش قرار گرفت.

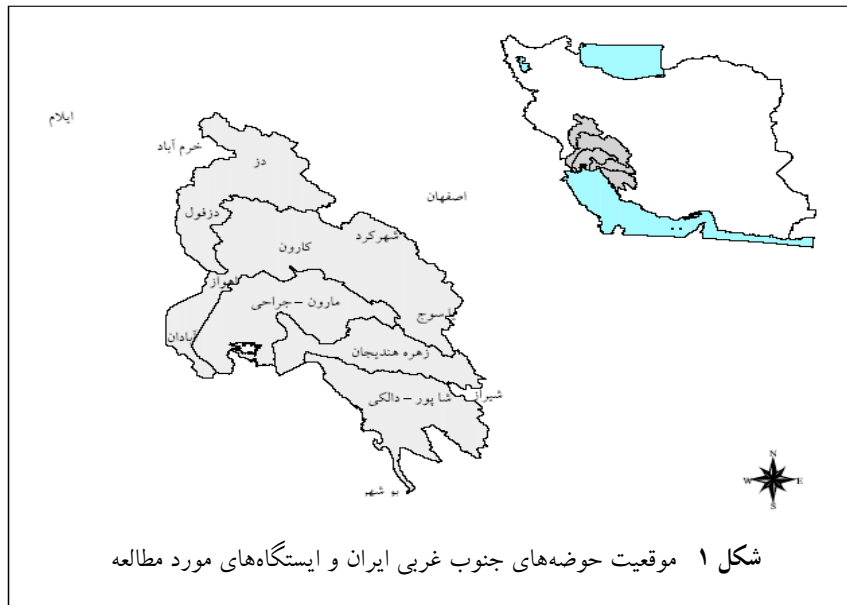
داده‌ها و روش تحقیق

تمامی داده‌های مورد استفاده در تحقیق حاضر، از بخش خدمات ماشینی سازمان هواشناسی تهیه شده است. مقیاس زمانی داده‌ها برای شناسایی توده‌های هوا شامل داده‌های شش ساعته مربوط به دیدبانی‌های ساعات ۳، ۹، ۱۵ و ۲۱ UTC می‌باشد که عبارتند از دمای هوا، دمای نقطه شبنم، فشار، دامنه تغییرات دمای شبانه‌روز، کمبود اشباع، میانگین پوشش ابر روزانه و مجموع بارش روزانه می‌باشد. دمای هوا و دمای نقطه شبنم سنج‌های استاندارد توده هوا هستند و تعریف‌کننده ویژگی‌های گرمایی و رطوبتی توده هوا می‌باشند. فشار نیز نشان‌دهنده الگوهای جریان سطحی است که کاملاً بین وضعیت سینوپتیکی مختلف متمایز می‌باشد، پوشش ابر هم بیانگر سنج‌های رطوبت در سطح بالا و تابش رسیده به سطح زمین و بارش می‌باشد (Davis et al, 1990, 371). در تحقیق حاضر برای ارزیابی دوره‌های خشک و مرطوب براساس شاخص دهک‌های بارندگی از داده‌های مجموع بارش ماهانه استفاده شده است.

مشخصات ایستگاه‌ها مورد مطالعه و دوره آماری آنها در جدول ۱ درج شده است و شکل ۱ موقعیت حوضه‌های جنوب غربی ایران و ایستگاه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

جدول ۱ مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه در حوضه‌های جنوب غربی ایران

ردیف	نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع	دوره آماری
۱	ایلام	۲۵° ۴۶'	۳۸° ۳۳'	۱۳۶۰	۱۹۸۷-۹۹
۲	خرم آباد	۲۲° ۴۸'	۲۹° ۳۳'	۱۱۲۵	۱۹۶۱-۹۹
۳	اصفهان	۴۰° ۵۱'	۳۷° ۳۲'	۱۵۵۰	۱۹۶۱-۹۹
۴	دزفول	۲۳° ۴۸'	۲۴° ۳۲'	۱۴۳	۱۹۶۱-۹۹
۵	شهرکرد	۵۱° ۵۰'	۱۷° ۳۲'	۲۰۴۵	۱۹۶۱-۹۹
۶	اهواز	۴۰° ۴۸'	۲۰° ۳۱'	۲۲	۱۹۶۱-۹۹
۷	ياسوج	۴۱° ۵۱'	۵۰° ۳۰'	۱۸۳۱	۱۹۸۷-۹۹
۸	آبادان	۱۵° ۴۸'	۲۲° ۳۰'	۶	۱۹۶۱-۹۹
۹	شیراز	۳۶° ۵۲'	۳۲° ۲۹'	۱۴۸۱	۱۹۶۱-۹۹
۱۰	بوشهر	۵۰° ۵۰'	۵۹° ۲۸'	۲۰	۱۹۶۱-۹۹



انتخاب روزهای نمونه

اساس تحلیل زمانی و مکانی توده‌های هوا انتخاب صحیح روزهای نمونه است، این روزها ویژگی‌های هواشناختی هر توده هوا را در یک مکان نشان می‌دهند و از آنها به منظور گروه‌بندی روزهای دیگر استفاده می‌شود (Sheridan et.al, 1999, 381). برآوردهای اولیه برای انتخاب روزهای نمونه با استفاده از ارزیابی و مطالعه دقیق متغیرهای گرمایی و رطوبتی و نقشه‌های روزانه سطح زمین و تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال انجام گرفت. الگوهای فشار و نحوه آرایش خطوط جریان سطح زمین و تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال معرف انتقال توده هوای ویژه‌ای به سوی منطقه مورد مطالعه می‌باشد (Kalkstein et.al, 1989, 124). و بر همین اساس چندین روز نمونه برای هر یک از انواع توده‌های هوا طی ماه‌های دسامبر، ژانویه و فوریه شناسایی شد.

روش تحلیل ممیزی

روش تحلیل ممیزی اشاره به محدوده گسترده‌ای از روش‌های آماری دارد که برای اندازه‌گیری تفاوت‌های بین دو یا چند گروه از روزها (یا مشاهدات) با توجه به یک یا چند متغیر به طور همزمان طراحی شده است (Kalkstein et.al, 1987, 720). هدف اصلی

در این روش نسبت دادن روزهای جدید به گروه‌های از قبل تعیین شده با استفاده از قوانین طبقه‌بندی می‌باشد؛ این قوانین که توابع ممیزی می‌باشند، برای شناسایی گروهی که مشاهدات (روزها) به آن تعلق دارند؛ محاسبه می‌شوند، با استفاده از ماتریس کواریانس و مقادیر میانگین‌های متغیرهای انتخاب شده، توابع تحلیل ممیزی محاسبه می‌شود، که به ترتیب برای شناسایی گروهی که با ویژگی‌های روز موردنظر بیشترین تناسب را دارد، استفاده می‌گردد. تحلیل ممیزی براساس مجموع معادلات خطی زیر محاسبه می‌شود (Kalkstein et al, 1986, 986).

$$h_k = b_{k_0} + b_{k_1} \times x_1 + b_{k_2} \times x_2 + \dots + b_{k_p} \times x_p \quad (1)$$

که (b_k) مقدار نمره تابع ممیزی برای گروه k و x_i مقدار متغیر i ممیزی شده (یعنی دما و دمای نقطه شبنم و سایر متغیرها می‌باشد) که تا p تعداد متغیر ادامه دارد، و b_{kj} نشان دهنده ضرایبی است که تابع را به گونه‌ای تغییر می‌دهند که شباهت زیادی با تغییرپذیری گروه حقیقی دارد. این توابع برای هر گروه و برای هر مورد ارزیابی می‌شود. این ضرایب به گونه‌ای به دست می‌آید که نمرات گروه‌ها تا حد ممکن متفاوت می‌باشد، ضرایب توابع طبقه‌بندی ممیزی به شکل زیر است.

$$b_{kj} = (n_t - y) \times \sum_{j=1}^p a_{ij} \times x_{jk} \quad (2)$$

که b_{jk} ضریب متغیر j در معادله و متناظر با k می‌باشد. x_{jk} مقدار متغیر متمایز کننده (ممیزی) می‌باشد و a_{ij} یک عنصر از ماتریس کواریانس می‌باشد و n_t تعداد کلی مشاهدات بر روی همه گروه‌ها می‌باشد.

$$a_{ij} = \sum_{k=1}^y \sum_{M=1}^{n_k} (x_{ikm} - \bar{x}_{ik})(x_{ijm} - \bar{x}_{jk}) \quad (3)$$

که y تعداد گروه‌ها، n_k تعداد عناصر در گروه k ، \bar{x}_{ik} میانگین مقادیر در گروه k ام و x_{ikm} مقدار متغیر i برای m در گروه k می‌باشد. معکوس مقادیر این ماتریس برای تعیین مقادیر a_{ij} محاسبه می‌شود. گزاره ثابت در معادله یعنی b_{k0} نیز به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$b_{k0} = -0.5 \times \sum_{j=1}^p b_{kj} \times x_{jk} \quad (4)$$

در نهایت یک تحلیل ممیزی جداگانه برای هر گروه به دست می‌آید و آن برای هر روز محاسبه می‌شود و هر روز در گروهی که دارای بیشترین نمره^{۱۵} یعنی بیشترین h_k است، طبقه‌بندی می‌شود (Kalkstein et al, 1986, 987).

محاسبه دوره‌های خشک و مرطوب ماهانه

شاخص‌های متعددی برای ارزیابی و پایش دوره‌های خشک و مرطوب توسط پژوهشگران معرفی و به کار گرفته شده است، از آنجایی که در مطالعه حاضر مقیاس زمانی ماهانه (دسامبر، ژانویه و فوریه) موردنظر است و شاخص پایش دهک‌ها برای ارزیابی دوره‌های خشک و مرطوب ماهانه مناسب است، لذا از روش فوق به منظور شناسایی دوره‌های خشک و تر استفاده شد. روش دهک‌های بارندگی جهت جلوگیری از مشکلات روش درصد نرمال ارایه شده است. مراحل محاسبه روش دهک‌ها به شرح زیر انجام پذیرفت.

- مرتب کردن داده‌های مجموع بارش ماهانه به صورت صعودی

- تعیین دامنه دهکی با استفاده از رابطه $D_i = i \times \frac{n+1}{10}$

- که D_i دهک i ام، i شماره دهک و n تعداد داده‌ها است.

- تعیین دهک‌های هر ماه براساس آستانه‌های محاسبه شده بارندگی

ترسیم نقشه‌های فراوانی توده‌های هوا

درصد فراوانی هر یک از توده‌های هوا به تفکیک ماهانه و برای تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه محاسبه شد. عملیات درونیابی و ترسیم منحنی‌های درصد فراوانی توده‌های هوا با استفاده از نرم‌افزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام پذیرفت. در مطالعه حاضر از روش کریجینگ که متداول‌ترین و معتبرترین روش درونیابی متغیرهای اقلیمی است، استفاده شد. درصد فراوانی هر یک از توده‌های هوا در ماه‌های مورد مطالعه با وارد کردن مختصات جغرافیایی ایستگاه‌ها (طول و عرض جغرافیایی) و مقادیر درصد فراوانی ماهانه هر یک از توده‌های هوا در محیط نرم‌افزار ILWIS ترسیم شد.

بحث و نتایج

فراوانی توده‌های هوا

نقشه‌های فراوانی توده‌های هوا؛ تغییرات فضایی هر توده هوا را منعکس می‌کنند. شکل‌های ۲ تا ۴ بخش (الف) درصد فراوانی توده هوای قطبی خشک را طی ماه‌های دسامبر، ژانویه و فوریه (۹۹-۱۹۶۱) نشان می‌دهند. گرادیان درصد فراوانی توده هوای قطبی خشک دارای جهت شمالی-جنوبی می‌باشد. این فراوانی در نزدیکی سواحل خلیج فارس و در حوضه‌های آبریز شاپور-دالکی و زهره-هندیجان کاهش می‌یابد. شاخص توده هوای قطبی خشک گرادیان شدیدی را در جهت عرض جغرافیایی، ارتفاع توپوگرافی و نزدیکی به دریا نشان می‌دهد، به طوری که فراوانی توده هوای DP در ایستگاه‌های بوشهر، آبادان، اهواز و دزفول که در عرض‌های جنوبی‌تر، ارتفاعات پایین‌تر و در نزدیکی خلیج فارس واقع شده‌اند، تا $\frac{1}{3}$ کاهش فراوانی توده هوای قطبی خشک را نسبت به ایستگاه‌های شمالی (شهرکرد، خرم‌آباد، یاسوج و اصفهان) نشان می‌دهند. بنابراین توده هوای DP در بخش‌های جنوبی حوضه‌های مورد مطالعه تأثیر کمتری داشته و انتظار یخبندان و دوره‌های خشک و سرد به سبب استیلای این توده هوا در این مناطق غالب نمی‌باشد.

شکل‌های ۲ تا ۴ بخش (ب) درصد فراوانی توده هوای معتدل خشک (DM) ماه‌های فصل زمستان را نشان می‌دهد. در حدود $\frac{1}{5}$ درصد روزهای دسامبر، ژانویه و فوریه در ایستگاه‌های اصفهان، شهرکرد و خرم‌آباد توده هوای معتدل خشک جریان داشته است. این مقدار در بخش‌های غربی و جنوبی حوضه‌های مورد مطالعه به ۱۵ درصد رسیده است. با توجه به الگوی نقشه‌ها؛ کاهش فراوانی توده هوای DM در بخش‌های غربی، جنوبی و جنوب غربی کاملاً مشخص می‌باشد.

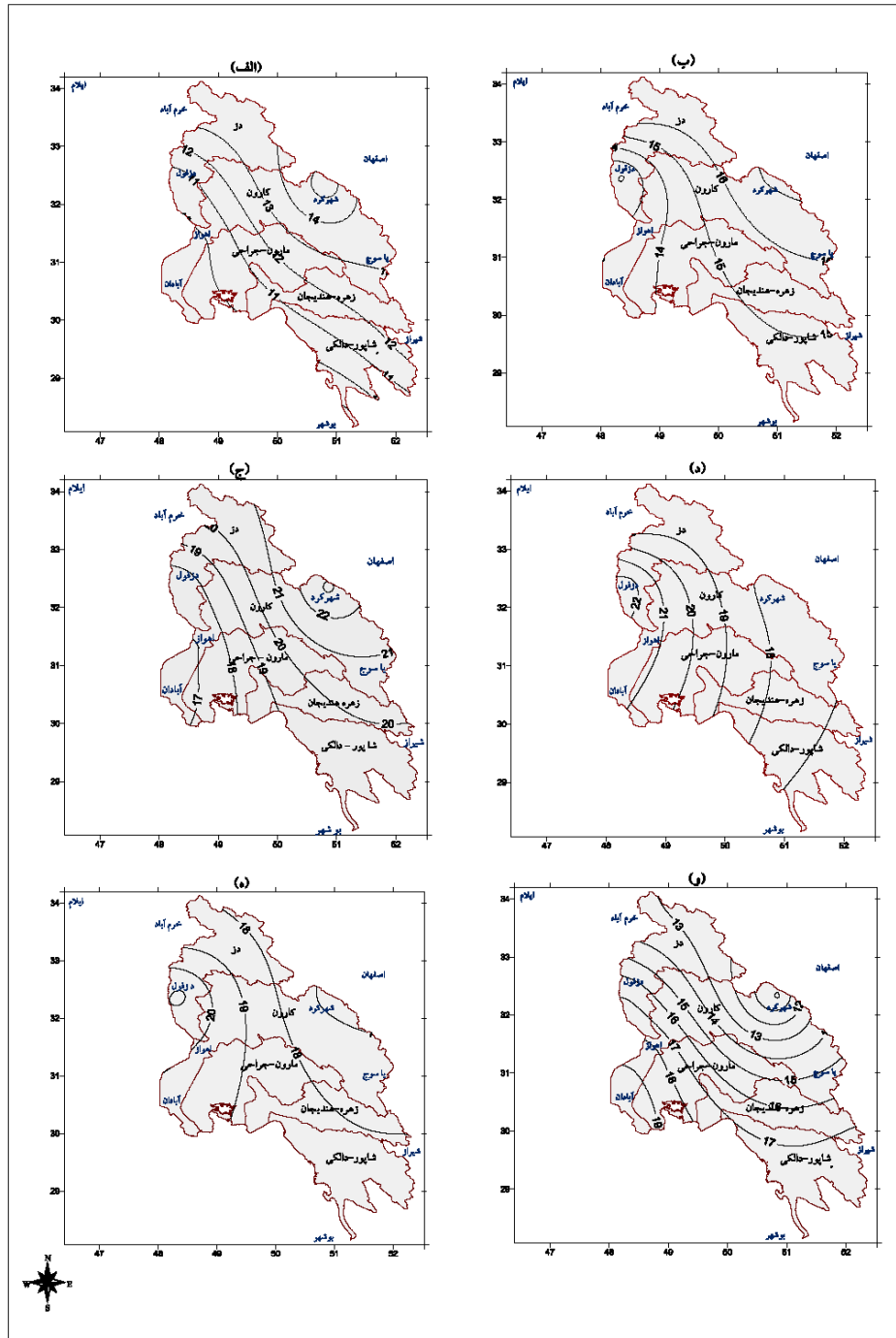
در بخش (ج) شکل‌های ۲ تا ۴ درصد فراوانی توده هوای قطبی مرطوب فصل زمستان در حوضه‌های جنوب غربی ایران آورده شده است. الگوی نقشه‌های فوق نشان می‌دهد که گرادیان توده هوای قطبی مرطوب در جهت شمال شرق، جنوب غرب می‌باشد، به طوری که فراوانی توده هوای قطبی مرطوب در ارتفاعات محدوده مورد مطالعه و به ویژه در حوضه‌های کارون و دز به مراتب بیشتر از حوضه‌های شاپور-دالکی و زهره-

هندیجان می‌باشد. بخش (د) نیز الگوی درصد فراوانی توده هوای معتدل مرطوب را نشان می‌دهد، با توجه به نقشه‌های فوق، ملاحظه می‌شود که گرادیان درصد فراوانی توده هوای معتدل مرطوب غربی- شرقی بوده و این امر منجر به ابرناکی بیشتر، دماهای نسبتاً ملایم و بارندگی‌های قابل ملاحظه در حوضه‌های دز و کارون شده است. فراوانی توده هوای معتدل مرطوب (MM) در دشت‌های پهناور فارس و اصفهان به تدریج کاهش می‌یابد. مؤلفه باد توده هوای معتدل مرطوب غربی و شمال غربی است.

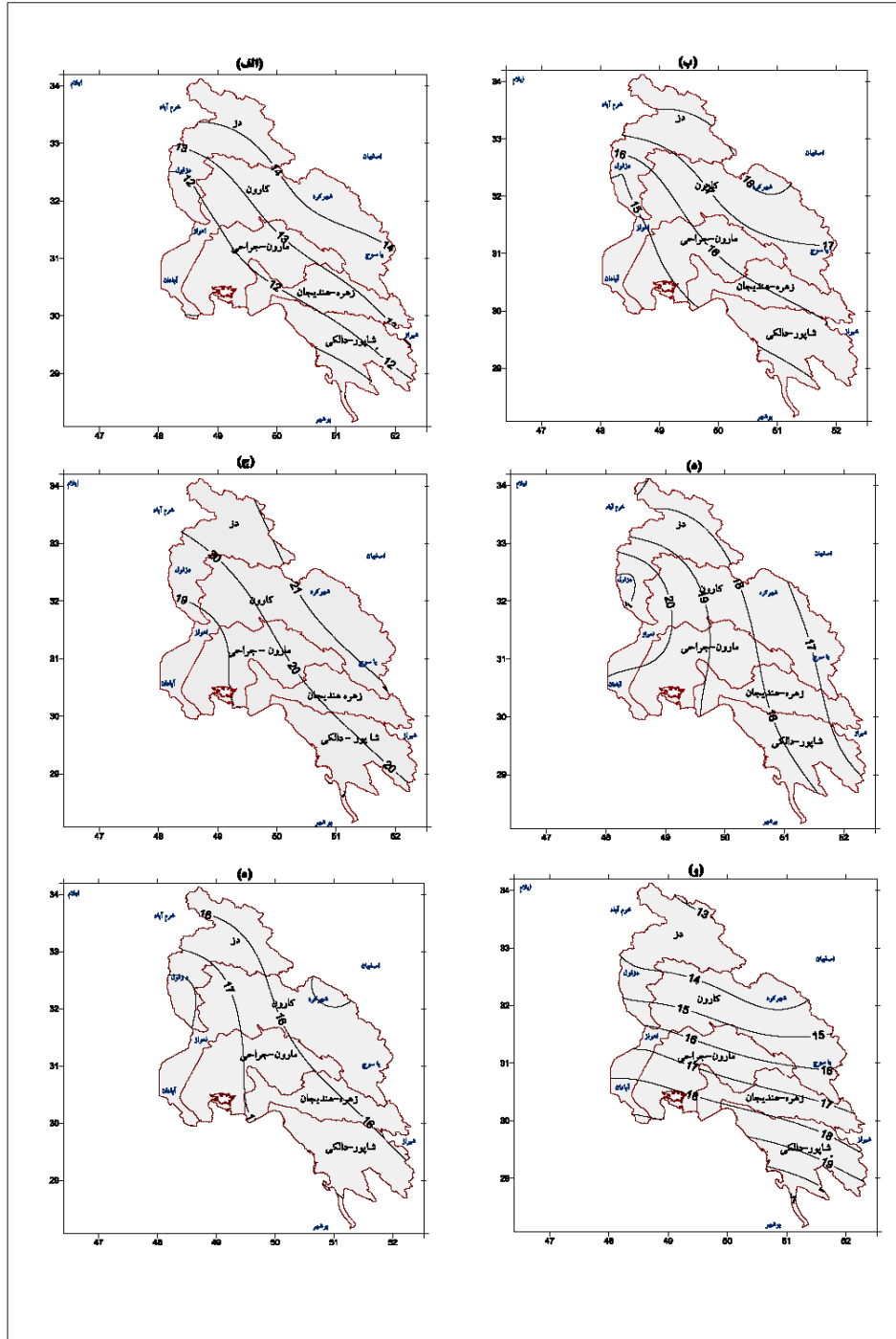
الگوی نقشه‌های ۲ تا ۴ بخش (ه) شارش جریان هوای گرم و مرطوب توده هوای حاره‌ای مرطوب MT را از نواحی جنوب غربی ایران به درون حوضه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد، به طوری که ایستگاه‌های بوشهر، آبادان، اهواز و دزفول در دهانه ورودی توده هوای حاره‌ای مرطوب واقع شده‌اند و جریانات این توده هوا پس از عبور از ایستگاه‌های فوق به سوی بخش‌های شمالی و شرق امتداد می‌یابد. وجود پرفشاری در سطح زمین مستقر بر روی دریای عمان و شرق شبه جزیره عربستان، باعث ریزش هوای گرم و مرطوب دریای عمان به سوی حوضه‌های جنوب غربی ایران شده است؛ و درصد فراوانی توده هوای حاره‌ای مرطوب از غرب به شرق کاهش یافته است.

الگوی نقشه‌های ۲ تا ۴ بخش (و) درصد فراوانی توده هوای حاره‌ای خشک (DT) را طی ماه‌های فصل زمستان نشان می‌دهد، درصد فراوانی توده هوای حاره‌ای خشک از جنوب به شمال کاهش چشمگیری یافته است. درصد فراوانی توده هوای DT ایستگاه بوشهر در ماه‌های دسامبر، ژانویه و فوریه به ترتیب برابر با ۲۳/۵، ۲۳/۸ و ۲۲/۲ درصد و در ایستگاه آبادان به ترتیب ۱۹/۸، ۱۸/۷ و ۱۸/۸ درصد می‌باشد. الگوی نقشه‌های فوق نشان می‌دهد که درصد فراوانی توده هوای حاره‌ای خشک در ایستگاه‌های شمالی کاهش یافته است، به طوری که درصد فراوانی توده هوای حاره‌ای خشک در ایستگاه شهرکرد طی ماه‌های دسامبر، ژانویه و فوریه به ترتیب برابر با ۱۹/۸، ۱۳/۱ و ۱۱/۲ می‌باشد.

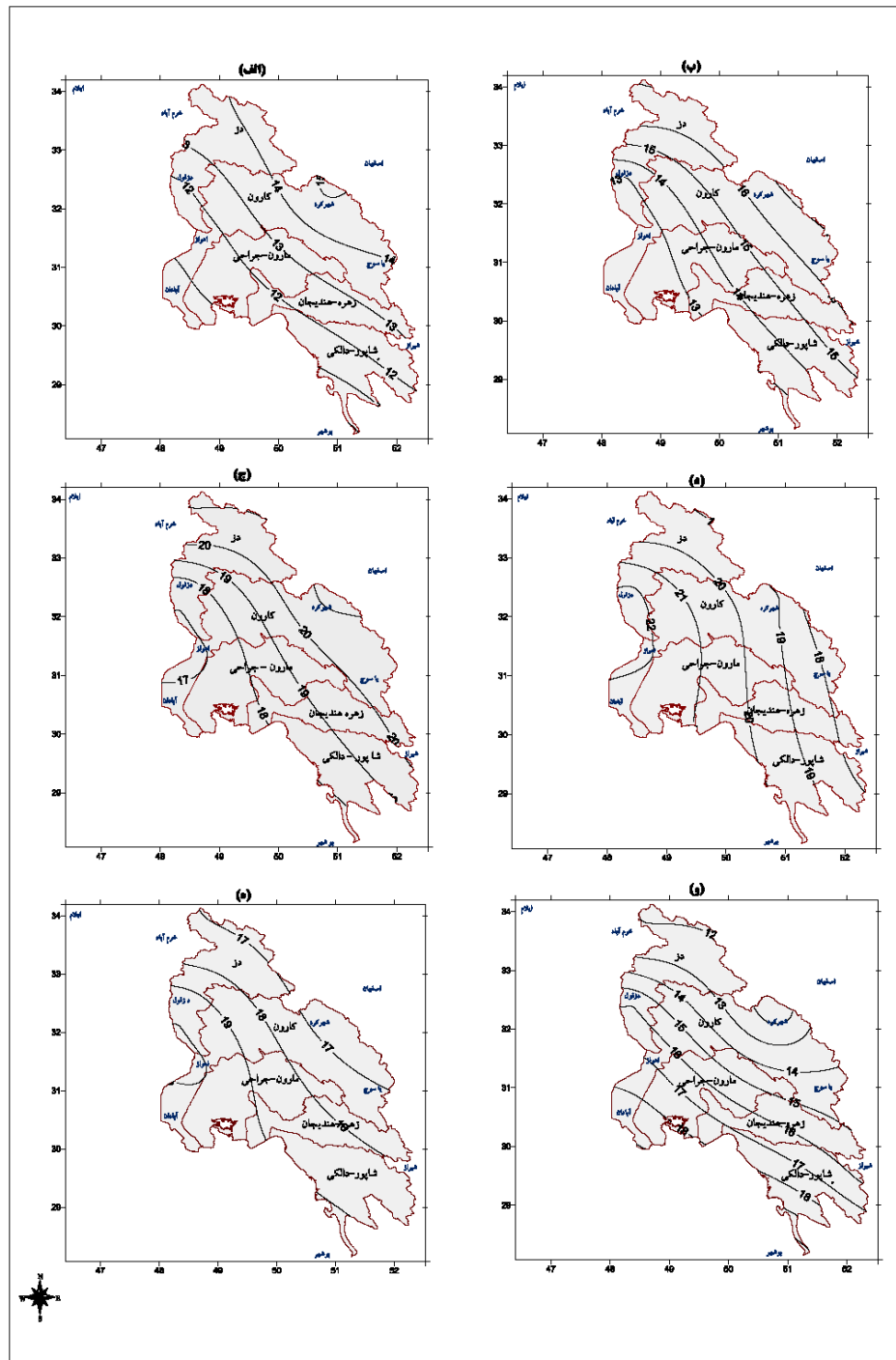
توده هوای DT از نواحی شمال آفریقا و جنوب عربستان به سوی نیمه جنوب غربی ایران منتقل می‌شود، و با حرکت پرفشار به سوی شرق، نیمه شرقی ایران نیز تحت تأثیر این توده هوا قرار می‌گیرد. فرونشینی در درون این پرفشار از ترازهای بالای جو به سطح زمین به گرم و خشک شدن آن کمک می‌کند. فرآیند وارونگی دما به ویژه در فصل زمستان در این توده هوا بسیار معمول است (فتاحی، ۱۳۸۳، ۱۲۵).



شکل ۲ درصد فراوانی توده‌های هوای ماه دسامبر در حوضه‌های جنوب غربی ایران طی دوره آماری ۹۹-۱۹۶۱: (الف) توده هوای قطبی خشک (ب) توده هوای معتدل خشک (ج) توده هوای قطبی مرطوب (د) توده هوای معتدل مرطوب (ه) توده هوای حاره‌ای مرطوب (و) توده هوای حاره‌ای خشک



شکل ۳ درصد فراوانی توده‌های هوای ماه ژانویه در حوضه‌های جنوب غربی ایران طی دوره آماری ۹۹-۱۹۶۱: (الف) توده هوای قطبی خشک (ب) توده هوای معتدل خشک (ج) توده هوای قطبی مرطوب (د) توده هوای معتدل مرطوب (ه) توده هوای حاره‌ای مرطوب (و) توده هوای حاره‌ای خشک



شکل ۴ درصد فراوانی توده‌های هوای ماه فوریه در حوضه‌های جنوب غربی ایران طی دوره آماری ۹۹-۱۹۶۱: (الف) توده هوای قطبی خشک (ب) توده هوای معتدل خشک (ج) توده هوای قطبی مرطوب (د) توده هوای معتدل مرطوب (ه) توده هوای حاره‌ای مرطوب (و) توده هوای حاره‌ای خشک

تحلیل فراوانی توده‌های هوا در پایش دوره‌های خشک و مرطوب ماهانه

تمامی نواحی ایران به جز سواحل دریای خزر دارای دو فصل مرطوب و خشک کاملاً مشخصی است. در اکثر مناطق ایران فصل آغاز بارش پاییز بوده و تا پایان فصل سرد و اواسط بهار با شدت و ضعف بارش‌ها تداوم دارند. حوضه‌های جنوب غربی ایران نیز از این امر مستثنی نبوده و دوره مرطوب این حوضه‌ها مطابق با آغاز فصل سرد است. در این فصل منطقه مورد مطالعه شدیداً تحت تأثیر عوامل آب و هوایی برون حاره‌ای قرار دارد و فعالیت متناوب زبانه‌های فشار سطح زمین و تواتر سیستم‌های پشته و ناوه فوقانی و تواتر توده‌های هوا سبب می‌گردد که متوالیاً شرایط دوره‌های خشک و مرطوب در حوضه‌های جنوب غربی کشور حادث شود. جداول ۲ تا ۷ مقایسه وضعیت دوره‌های خشک و مرطوب را براساس شاخص دهک‌های بارش با فراوانی توده‌های هوای حاکم در ایستگاه‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۲ فراوانی توده‌های هوا و تأثیر آنها بر روی بارش و دمای ایستگاه‌های مورد مطالعه در ژانویه ۱۹۶۴

ایستگاه	پارامتر						
	خرم‌آباد	شهرکرد	اصفهان	شیراز	دزفول	اهواز	آبادان
فراوانی توده هوای قطبی خشک	۲۷	۲۹	۲۶	۲۳	۲۶	۲۶	۲۱
فراوانی توده هوای معتدل خشک	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
فراوانی توده هوای قطبی مرطوب	۴	۲	۵	۸	۵	۵	۷
فراوانی توده هوای معتدل مرطوب	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
فراوانی توده هوای حاره‌ای مرطوب	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
فراوانی توده هوای حاره‌ای خشک	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
مجموع بارش ژانویه ۱۹۶۴	۳/۷	۵/۹	۲/۸	۴۰	۲	۱	۴
میانگین درازمدت بارش ژانویه	۸۰/۵	۵۸/۵	۱۷/۷	۸۸/۱	۱۰۴	۴۸/۶	۳۳/۴
میانگین دمای ژانویه ۱۹۶۴	۰	-۱۱/۹	-۳	۲	۶/۷	۷/۱	۷/۷
میانگین درازمدت دمای ژانویه	۵/۵	-۱/۶	۳/۳	۶/۱	۱۱/۵	۱۲/۲	۱۲/۷

برای مثال در ژانویه ۱۹۶۴ فراوانی توده هوای قطبی خشک و معتدل خشک نسبت به سایر توده‌های هوا بیشتر بوده و شرایط بسیار سرد و خشک را در حوضه‌های جنوب غربی ایران باعث شده است. توده هوای قطبی خشک در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه در این ماه بیشتر از ۲۵ روز استقرار داشته است. در این ماه وجود پرفشاری در سطح زمین بر روی نواحی اسکاندیناوی، اروپای مرکزی و گسترش آن تا غرب روسیه و همچنین استقرار پرفشار سیبری بر روی آسیای میانه، عواملی هستند که هوای سرد و خشک DP را از بخش‌های شمال شرقی و شمال غربی ایران به سوی محدوده مورد مطالعه

انتقال داده‌اند، در این ماه محور پرفشار سیبری شمالی- جنوبی بوده و متعاقب آن سیستم‌های کم فشار توانایی فعالیت نداشته و محدوده مورد مطالعه کاملاً تحت تأثیر توده هوای قطبی خشک واقع شده‌اند و وضعیت جوی بسیار سرد و خشک در منطقه حاکم بوده است؛ به طوری که میانگین دما در این ماه نسبت به میانگین درازمدت دما در کلیه ایستگاه‌ها و به ویژه در بخش‌های شمال کاهش چشمگیری داشته است. برای مثال متوسط دمای هوای ژانویه ۱۹۶۴ ایستگاه شهرکرد برابر با ۱۱/۹- درجه سلسیوس است، که در مقایسه با میانگین دمای درازمدت ژانویه که برابر با ۱/۶- درجه سلسیوس است در حدود ۱۰ درجه کاهش دما را نشان می‌دهد.

جدول ۳ فراوانی توده‌های هوا و تأثیر آنها بر روی بارش و دمای ایستگاه‌های مورد مطالعه در ژانویه ۱۹۶۵

پارامتر	ایستگاه	خرم‌آباد	شهرکرد	اصفهان	شیراز	دزفول	اهواز	آبادان	بوشهر
فراوانی توده هوای قطبی خشک	۲	۶	۶	۶	۲	۲	۲	۲	۱
فراوانی توده هوای معتدل خشک	۱	۳	۵	۲	۲	۲	۱	۱	۱
فراوانی توده هوای قطبی مرطوب	۵	۵	۶	۵	۵	۵	۴	۵	۵
فراوانی توده هوای معتدل مرطوب	۱۴	۹	۷	۱۱	۱۱	۱۲	۱۴	۱۳	۱۱
فراوانی توده هوای حاره‌ای مرطوب	۷	۶	۵	۹	۸	۸	۸	۸	۱۰
فراوانی توده هوای حاره‌ای خشک	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۳
میانگین درازمدت بارش ژانویه	۸۰/۵	۵۸/۵	۱۷/۷	۸۸/۱	۱۰۴	۴۸/۶	۳۳/۴	۷۷/۶	
مجموع بارش ژانویه ۱۹۶۵	۲۱۲/۴	۱۶۳	۳۰	۳۲۴/۵	۲۳۶	۷۵	۵۷/۴	۱۷۶/۸	
میانگین درازمدت دمای ژانویه	۵/۵	-۱/۶	۳/۳	۶/۱	۱۱/۵	۱۲/۲	۱۲/۷	۱۴/۴	
میانگین دمای ژانویه ۱۹۶۵	۲	۶	۶	۲	۲	۲	۲	۲	۱

جدول ۴ فراوانی توده‌های هوا و تأثیر آنها بر روی بارش و دمای ایستگاه‌های مورد مطالعه در دسامبر ۱۹۷۵

پارامتر	ایستگاه	خرم‌آباد	شهرکرد	اصفهان	شیراز	دزفول	اهواز	آبادان	بوشهر
فراوانی توده هوای قطبی خشک	۳	۴	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۲
فراوانی توده هوای معتدل خشک	۳	۳	۷	۸	۲	۴	۵	۵	۵
فراوانی توده هوای قطبی مرطوب	۴	۵	۴	۴	۴	۴	۴	۵	۵
فراوانی توده هوای معتدل مرطوب	۱۱	۹	۷	۵	۱۰	۹	۷	۷	۷
فراوانی توده هوای حاره‌ای مرطوب	۷	۷	۷	۸	۹	۸	۸	۸	۹
فراوانی توده هوای حاره‌ای خشک	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳
مجموع بارش دسامبر ۱۹۷۵	۱۸۲/۴	۱۰۹/۶	۵۰/۱	۸۵/۸	۱۷۲/۳	۱۲۰/۶	۱۰۶/۸	۱۲۷/۲	
میانگین درازمدت بارش دسامبر	۸۲/۸	۵۵/۴	۱۸/۹	۷۴/۸	۸۳/۹	۴۷/۱	۳۴/۱	۷۸/۵	
میانگین دمای دسامبر ۱۹۷۵	۶/۹	۱/۴	۳/۳	۷	۱۲/۱	۱۱/۳	۱۲/۵	۱۵/۹	
میانگین درازمدت دمای دسامبر	۷/۳	۲/۱	۴/۹	۷/۸	۱۳/۱	۱۳/۸	۱۴/۲	۱۶/۴	

جدول ۵ فراوانی توده‌های هوا و تأثیر آنها بر روی بارش و دمای ایستگاه‌های مورد مطالعه در دسامبر ۱۹۹۳

ایستگاه	پارامتر						
	خرم‌آباد	شهرکرد	اصفهان	شیراز	دزفول	اهواز	آبادان
فراوانی توده هوای قطبی خشک	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰
فراوانی توده هوای معتدل خشک	۶	۸	۹	۹	۶	۸	۸
فراوانی توده هوای قطبی مرطوب	۴	۴	۴	۴	۵	۵	۵
فراوانی توده هوای معتدل مرطوب	۴	۳	۲	۱	۲	۰	۰
فراوانی توده هوای حاره‌ای مرطوب	۱	۱	۱	۱	۲	۲	۲
فراوانی توده هوای حاره‌ای خشک	۱۵	۱۴	۱۵	۱۶	۱۶	۱۶	۱۷
مجموع بارش دسامبر ۱۹۹۳	۲۵/۴	۰/۸	۰	۰/۱	۲۷/۶	۱/۹	۰/۲
میانگین درازمدت بارش دسامبر	۸۲/۸	۵۵/۴	۱۸/۹	۷۴/۸	۸۳/۹	۴۷/۱	۳۴/۱
میانگین دمای دسامبر ۱۹۹۳	۷/۴	۵	۷/۲	۱۰/۴	۱۵/۶	۱۶/۴	۱۶/۱
میانگین درازمدت دمای دسامبر	۷/۳	۲/۱	۴/۹	۷/۸	۱۳/۱	۱۳/۸	۱۴/۲

جدول ۶ مقایسه وضعیت خشکسالی براساس شاخص دهک‌ها با فراوانی توده‌های هوا حاکم در ایستگاه

شهرکرد ماه ژانویه

ماه ژانویه	وضعیت خشکسالی ماه ژانویه	متوسط دما	فراوانی توده‌های هوای ماه ژانویه					
			DP	DM	DT	MP	MM	MT
۱۹۶۱	دوره مرطوب بسیار شدید	-۱/۴	۲	۴	۲	۱۰	۶	۷
۱۹۶۳	دوره خشک بسیار شدید	۴/۱	۰	۲	۲۰	۵	۲	۲
۱۹۶۴	دوره خشک بسیار شدید	-۱۱/۹	۲۹	۰	۰	۲	۰	۰
۱۹۶۵	دوره مرطوب بسیار شدید	-۴/۸	۲	۶	۹	۵	۳	۶
۱۹۶۸	دوره خشک متوسط	-۰/۱	۳	۱۰	۶	۵	۵	۲
۱۹۶۹	دوره مرطوب بسیار شدید	-۳/۳	۵	۴	۵	۵	۶	۶
۱۹۷۱	دوره خشک بسیار شدید	-۵/۱	۶	۱۰	۴	۷	۲	۲
۱۹۷۴	دوره مرطوب بسیار شدید	-۵/۵	۴	۳	۲	۹	۸	۵
۱۹۷۷	دوره خشک شدید	-۳/۷	۴	۱۰	۲	۸	۴	۳
۱۹۷۸	دوره خشک شدید	۲/۹	۰	۸	۱۰	۸	۲	۳
۱۹۸۱	دوره مرطوب شدید	۱/۶	۲	۳	۷	۸	۴	۷
۱۹۸۳	دوره مرطوب شدید	-۲/۳	۵	۴	۲	۹	۶	۵
۱۹۸۶	دوره خشک بسیار شدید	۰/۹	۳	۳	۱۶	۵	۲	۲
۱۹۸۷	دوره خشک بسیار شدید	-۲/۹	۳	۱۴	۶	۴	۲	۲
۱۹۹۳	دوره مرطوب شدید	-۲/۳	۳	۴	۳	۱۰	۵	۶
۱۹۹۷	دوره خشک متوسط	۰/۱	۲	۷	۸	۸	۳	۳
۱۹۹۹	دوره خشک متوسط	۰/۹	۱	۸	۸	۵	۵	۴
	میانگین درازمدت دما	-۱/۶						

جدول ۷ مقایسه وضعیت خشکسالی براساس شاخص دهک‌ها با فراوانی توده‌های هوا حاکم در ایستگاه شهر کرد ماه فوریه

ماه ژانویه	وضعیت خشکسالی ماه ژانویه	متوسط دما	فراوانی توده‌های هوای ماه ژانویه					
			DP	DM	DT	MP	MM	MT
۱۹۶۲	دوره خشک شدید	۵/۳	۲	۹	۱۰	۳	۰	۴
۱۹۶۸	دوره خشک شدید	-۰/۳	۶	۱۲	۱	۳	۴	۳
۱۹۶۹	دوره خشک بسیار شدید	۲/۶	۴	۹	۳	۵	۴	۳
۱۹۷۳	دوره مرطوب بسیار شدید	۳/۸	۱	۵	۷	۴	۶	۶
۱۹۷۴	دوره مرطوب شدید	-۶/۶	۷	۱	۰	۵	۱۲	۳
۱۹۷۶	دوره مرطوب شدید	۱/۳	۲	۳	۰	۸	۱۲	۴
۱۹۷۷	دوره خشک بسیار شدید	۲	۳	۱۴	۴	۵	۲	۱
۱۹۸۰	دوره مرطوب بسیار شدید	۰/۹	۴	۲	۰	۷	۸	۸
۱۹۸۱	دوره مرطوب شدید	۳/۱	۲	۲	۰	۱۰	۶	۸
۱۹۸۳	دوره خشک بسیار شدید	-۰/۷	۱۱	۷	۲	۳	۳	۲
۱۹۸۴	دوره خشک شدید	۲/۲	۵	۱۰	۶	۳	۲	۳
۱۹۹۲	دوره مرطوب بسیار شدید	-۱/۹	۶	۱	۰	۸	۱۲	۴
۱۹۹۳	دوره مرطوب بسیار شدید	۰/۹	۵	۳	۰	۵	۹	۶
۱۹۹۴	دوره خشک شدید	۱/۶	۴	۹	۳	۸	۳	۱
۱۹۹۶	دوره مرطوب شدید	۴	۰	۰	۷	۶	۶	۱۰
۱۹۹۷	دوره خشک بسیار شدید	۱/۳	۱۱	۵	۳	۶	۲	۱
۱۹۹۹	دوره مرطوب شدید	۳/۵	۰	۷	۸	۲	۶	۶
میانگین درازمدت دما			۱/۱					

در ژانویه ۱۹۶۵ شاخص دهک‌های بارش برای تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه بین ۸ تا ۹ بوده و شرایط بسیار مرطوبی در منطقه حاکم بوده است. با توجه به جدول ۳ در این ماه توده هوای DP و DM فعالیت چندانی نداشته‌اند و توده هوای سرد و مرطوب MP نیز پنج روز حوضه‌های جنوب غربی کشور را تحت کنترل داشته است. بیشترین فراوانی مربوط به توده هوای معتدل مرطوب و توده هوای حاره‌ای مرطوب است. به عبارتی در این ماه توده‌های هوای مرطوب و باران‌زا که شامل توده‌های هوای قطبی مرطوب (MP)، معتدل مرطوب (MM) و حاره‌ای مرطوب (MT) بین ۲۰ تا ۲۶ روز جریان داشته‌اند و بارندگی‌های قابل ملاحظه‌ای را برای حوضه‌های جنوب غربی ایران باعث شده‌اند. در ژانویه ۱۹۶۵ شاخص دهک‌های بارش برای تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه بین ۸ تا ۹ بوده و شرایط بسیار مرطوبی در منطقه حاکم بوده است. با توجه به جدول ۳ در این ماه

توده‌های هوای DP و DM فعالیت چندانی نداشته‌اند و توده هوای سرد و مرطوب MP نیز در حدود پنج روز حوضه‌های جنوب غربی کشور را تحت کنترل داشته است. در این ماه توده‌های هوای مرطوب و باران‌زا که شامل توده‌های هوای قطبی مرطوب (MP)، معتدل مرطوب (MM) و حاره‌ای مرطوب (MT) بین ۲۰ تا ۲۶ روز جریان داشته‌اند و بارندگی‌های قابل ملاحظه‌ای را برای حوضه‌های جنوب غربی ایران باعث شده‌اند. مقایسه مجموع بارش ژانویه ۱۹۶۵ با میانگین درازمدت بارش ژانویه، افزایش بارندگی در حدود ۲۴۶ درصد را برای ایستگاه خرم‌آباد، ۲۸۷ درصد برای شهرکرد، ۱۶۹ درصد اصفهان، ۳۶۸ درصد شیراز، ۲۲۷ درصد برای ایستگاه دزفول و ۲۲۵ درصد را برای ایستگاه بوشهر نشان می‌دهد. با توجه به فراوانی توده‌های هوای مرطوب و افزایش ابرناکی، مقدار ساعات آفتابی در این ماه به شدت کاهش یافته است و میانگین دمای ژانویه ۱۹۶۵ نسبت به میانگین درازمدت بین ۰/۵ درجه سلسیوس در ایستگاه خرم‌آباد تا ۲/۵ درجه سلسیوس در ایستگاه شیراز کاهش یافته است.

بررسی رابطه بین فراوانی توده‌های هوا و تأثیر آنها بر روی بارش و دمای ماهانه با استفاده از آزمون F تست برای تمامی ماه‌های مورد مطالعه طی دوره آماری ۹۹-۱۹۶۱ محاسبه شد. نتایج تحلیل‌های فوق (جدول ۸) رابطه بسیار قوی و معنی‌داری را بین فعالیت توده‌های هوای مرطوب و باران‌زای حاره‌ای مرطوب (MT) و معتدل مرطوب (MM) با رخداد دوره‌های مرطوب ماهانه نشان می‌دهد، در حالی که با افزایش فعالیت توده‌های هوای خشک و سرد قطبی (DP)، معتدل خشک (DM) و حاره‌ای خشک (DT) دوره‌های خشک در حوضه‌های مورد مطالعه استیلا می‌یابد.

نتایج روابط فراوانی توده‌های هوا با میانگین دمای ماهانه (جدول ۹) نیز رابطه معنی‌داری را بین فراوانی توده‌های هوای قطبی خشک (DP)، قطبی مرطوب (MP) و معتدل خشک (DM) با دوره‌های سرد نشان می‌دهد، به عبارتی با افزایش فعالیت توده‌های هوای عرض‌های شمالی و فرارفت آنها به درون منطقه مورد مطالعه، دوره‌های سرد حاکمیت می‌یابند، در حالی که با فعالیت توده هوای خشک و گرم (DT) که از عرض‌های جنوبی (شمال آفریقا و شبه جزیره عربستان) به سوی محدوده مورد مطالعه فرارفت می‌نماید، دوره‌های گرم را باعث می‌شود. بنابراین وقوع دوره‌های خشک و شدت و تداوم آنها به وسیله فعالیت و فراوانی توده‌های هوا کنترل می‌شود. به عبارتی کیفیت پدیده‌های محیطی (دوره‌های خشک، تر، گرم و سرد) به وسیله سامانه‌های جوی و توده‌های

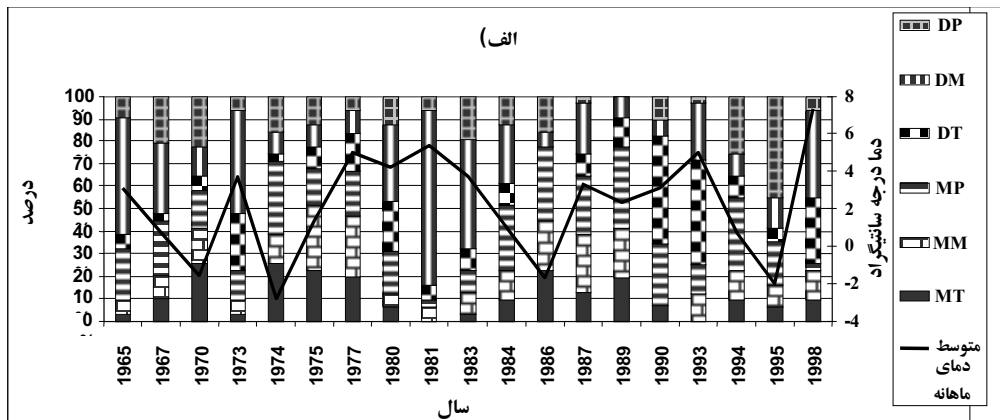
هوای همراه با آن کنترل می‌شوند و شرایط اقلیمی و دوره‌های اقلیمی هر منطقه به وسیله تکرار و اثرات تجمعی توده‌های هوایی که از آن ناحیه عبور می‌کند، تعیین می‌گردد.

جدول ۸ نتایج آزمون F تست بین فراوانی توده‌های هوای ماه‌های دسامبر، ژانویه و فوریه با مجموع بارندگی ماهانه ایستگاه‌های مورد مطالعه طی دوره آماری ۱۹۶۱-۹۹

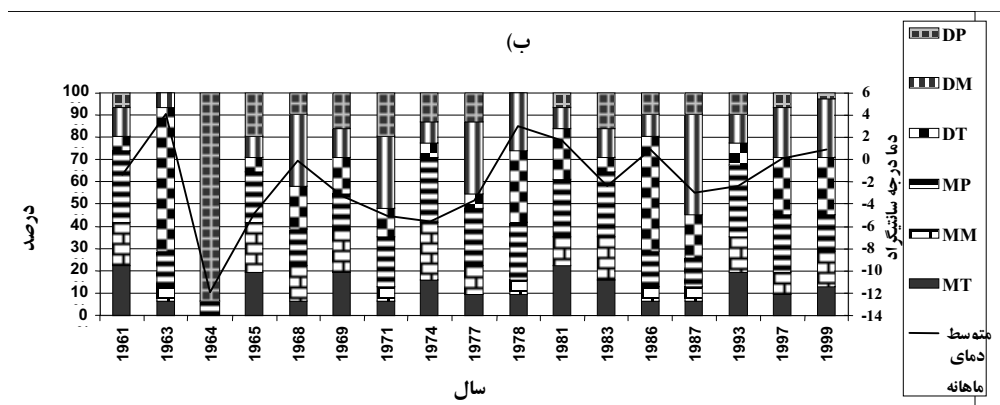
		Sum of Squares	Mean Square	F	Sig
MT	Between Groups	1630.833	11.170	5.870	.000
	Within Groups	110.367	1.903		
	Total	1741.200			
MM	Between Groups	2330.999	15.966	4.960	.000
	Within Groups	186.689	3.219		
	Total	2517.688			
MP	Between Groups	933.885	6.396	1.495	.162
	Within Groups	372.867	6.429		
	Total	1306.751			
DT	Between Groups	3618.114	24.782	.990	.530
	Within Groups	1451.467	25.025		
	Total	5069.580			
DM	Between Groups	2599.349	17.804	1.069	.394
	Within Groups	966.339	16.661		
	Total	3565.688			
DP	Between Groups	1976.223	13.536	.483	1.000
	Within Groups	1626.089	28.036		
	Total	3602.312			

جدول ۹ نتایج آزمون F تست بین فراوانی توده‌های هوای ماه‌های دسامبر، ژانویه و فوریه با میانگین دمای ماهانه ایستگاه‌های مورد مطالعه طی دوره آماری ۱۹۶۱-۹۹

		Sum of Squares	Mean Square	F	Sig
MT	Between Groups	856.033	7.643	.794	.878
	Within Groups	885.167	9.621		
	Total	1741.200			
MM	Between Groups	1148.171	10.252	.689	.970
	Within Groups	1369.517	14.886		
	Total	2517.688			
MP	Between Groups	929.468	8.299	2.024	.000
	Within Groups	377.283	4.101		
	Total	1306.751			
DT	Between Groups	3548.330	31.682	1.916	.001
	Within Groups	1521.250	16.535		
	Total	5069.580			
DM	Between Groups	2157.838	19.266	1.259	.127
	Within Groups	1407.850	15.303		
	Total	3565.688			
DP	Between Groups	3172.629	28.327	6.065	.000
	Within Groups	429.683	4.670		
	Total	3602.312			



1965	خشکسالی بسیار شدید	1975	تر سالی شدید	1984	خشکسالی متوسط	1993	خشکسالی بسیار شدید
1967	خشکسالی بسیار شدید	1977	تر سالی بسیار شدید	1986	تر سالی شدید	1994	خشکسالی متوسط
1970	تر سالی شدید	1980	خشکسالی شدید	1987	تر سالی شدید	1995	خشکسالی متوسط
1973	خشکسالی بسیار شدید	1981	خشکسالی بسیار شدید	1989	تر سالی بسیار شدید	1998	خشکسالی شدید
1974	تر سالی بسیار شدید	1983	خشکسالی شدید	1990	خشکسالی شدید		



1961	تر سالی بسیار شدید	1969	تر سالی بسیار شدید	1981	تر سالی شدید	1997	خشکسالی شدید
1963	خشکسالی بسیار شدید	1971	خشکسالی بسیار شدید	1983	تر سالی شدید	1999	خشکسالی متوسط
1964	خشکسالی بسیار شدید	1974	تر سالی بسیار شدید	1986	خشکسالی بسیار شدید		

تحلیل زمانی، مکانی توده‌های هوا و کاربرد آن در پایش دوره‌های ... ۱۱۹

1965	تر سالی بسیار شدید	1977	خشکسالی شدید	1987	خشکسالی بسیار شدید		
1968	خشکسالی متوسط	1978	خشکسالی شدید	1993	تر سالی شدید		

شکل ۵ مقایسه وضعیت خشکسالی براساس شاخص دهک‌ها با فراوانی توده‌های هوایی در ایستگاه شهرکرد
۱۳۷۹۲
الف- ماه دسامبر، ب- ماه ژانویه

منابع و مآخذ

۱. امام هادی، ماندانا (۱۳۸۰)؛ تعیین سینوپتیکی توده‌های هوا در دوره‌های سرد سال در ایران، رساله دکتری دانشگاه آزاد اسلامی، تهران.
۲. حبیبی، فریده (۱۳۷۷)؛ بررسی و نحوه شناسایی توده هواهایی که ایران را مورد تهاجم قرار می‌دهند، نیوار، پاییز، شماره ۳۹.
۳. فتاحی، ابراهیم (۱۳۸۳)؛ طبقه‌بندی همدیدی فضایی توده هوا با تأکید بر دوره‌های خشک و مرطوب، رساله دکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه تربیت معلم تهران.
4. Bryson, R. A (1966); **Air masses streamlines and the boreal forest**, Geographical Bulletin, Vol. 8. PP. 228-269.
5. Davis, R. E & L. S. Kalkstein (1990); **Development of an automated spatial synoptic climatological classification**, International journal of climatology, Vol. 10. PP. 769-794.
6. Davis, R. E. (1988); **The development of spatial synoptic climatological Index for Environment analysis**, PH. D. Dissertation university of Delaware.
7. Davis. L. P et. al (1989); **Bivariate normal classification of north American air masses using the Nor mix program**, International journal of climatology; Vol. 9. PP. 527-543.
8. Gadgial, S. and R. N. Lyengar (1980); **cluster analysis of rainfall stations of Indian Peninsula**, Journal of the royal meteorological society. Vol. 106, PP. 47-63.
9. Gallini, G and F. Filippini (1985); **Climate clusters in a small area**, Journal climatology, Vol. 3, PP. 47-63.
10. Kalkstein, L. S and Corrigan, P. (1986); **A synoptic climatological approach for environment analysis: assessment of sulfur dioxide concentration**, Ann. Assoc. Am. Geogr. Vol. 76, PP. 381-395.
11. Kalkstein, L. S et. al. (1987); **An Evaluation of three clustering procedures for use in synoptic climatological classification**, Journal climate and Applied Meteorology; Vol. 26. PP. 717-730.
12. Kalkstein, L. S et. al. (1989); **Detection of climate change in Alaska using a synoptic climatological approach**, Proceeding of the sixth conference on applied climatology of the American Meteorological society.
13. Kalkstein, L. S et. al. (1998); **Determination of character and frequency change in air Masses using spatial synoptic classification International Journal of climatology**; Vol. 18, PP. 1223-1236.
14. Key, J. and R. G. Crane (1988); **A Comparison of synoptic classification schemes based on objective procedures**, International Journal of climatology; Vol. 6, PP. 375-388.
15. Maccabe, G. J. (1985); **Development of objective temporal and spatial synoptic indices**, M. S. Thesis, university of Delaware.
16. Mahers, P. (1984); **Weather-type classification by factor analysis in the Thessaloniki area**, Journal of climatology, Vol. 4, 437-443.
17. Muller, R. A (1977); **A synoptic climatology for environmental baseline analysis**, Journal of applied meteorological. Vol. 16, 20-33.
18. Schwartz, M. D (1994); **Linking air mass analysis to daily and Monthly Mid-troposphere flow Patterns**, International Journal of climatology, Vol. 14. PP. 439-464.

19. Scott. C. S (2000); **The redevelopment of on Air-Mass classification Scheme for North American, with application to climate trends and teleconnections**, Doctoral dissertation, Department of Geography university of Delaware.
20. Sheridan, S. C. and L. S. Kalkstein (1999); **Redevelopment of a spatial synoptic classification for year-round application**, Proceedings, 11th conference on applied climatology, American Meteorological society, PP. 381-382.