



فرشته رزمجویی^۱
امیرحسین حلبیان^۲

شناسایی و تحلیل تیپ‌های هوای زاهدان

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۰۱/۱۹ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۸۹/۰۷/۱۴

چکیده

در این پژوهش به منظور شناسایی تیپ‌های هوای زاهدان ۷ متغیر از اول فروردین‌ماه ۱۳۵۸ تا بیست و نهم اسفندماه ۱۳۸۲ در ایستگاه سینوپتیک زاهدان بررسی گردید. انجام تحلیل خوشه‌ای بر روی آرایه داده‌های استاندارد شده (Std9088,18) و ادغام روزها بر اساس روش «وارد» نشان داد؛ زاهدان دارای ۶ تیپ هوا می‌باشد که عبارتند از: ۱- تیپ معتدل ۲- تیپ سرد و آرام ۳- تیپ گرم و خشک ۴- تیپ بسیار گرم، خشک و بادی ۵- تیپ بسیار سرد و ۶- تیپ بسیار سرد، کم‌بارش و مه‌آگین. بر اساس یافته‌های این پژوهش تیپ هوای بسیار گرم، خشک و بادی فراوان‌ترین و بادوام‌ترین و تیپ سرد و آرام کم‌دوام‌ترین تیپ‌های هوای زاهدان هستند. در

۱- کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی دانشگاه اصفهان.

۲- استادیار، عضو هیات علمی دانشگاه پیام‌نور.

ادامه برای هر تیپ یک روز به عنوان روز نماینده انتخاب گردید. فراوانی ماهانه و سالانه هر کدام از تیپ‌ها محاسبه و مشخص گردید که حاکمیت فصول مختلف حاصل حاکمیت تیپ‌های مختلف هوا در یک محل می‌باشد و فراوانی سالانه تیپ‌ها در سه دهه گذشته در این قلمرو تغییر کرده است.

کلید واژه‌ها: تیپ هوا، تحلیل خوشه‌ای، شاخص رخداد، اقلیم‌شناسی همدید، زاهدان.

مقدمه

یک تیپ هوا نماینده هوایی است که از نظر متغیرهای جوی ممیز به اندازه کافی مانند یکدیگرند. به عبارت دیگر، یک تیپ هوا دربرگیرنده تمام هوایی است که از بینشگاه آماری آنقدر با یکدیگر همانندی داشته باشند که بتوان آنها را در یک گروه جای داد. اگر تحلیل تیپ‌های هوا در بازه روزانه انجام گیرد؛ یک تیپ هوا دربرگیرنده روزهایی است که از هوای همانندی برخوردار بوده‌اند. ظهور یک تیپ هوا در یک مکان معین از یک سو به توده هوایی بستگی دارد که به آن محل وارد شده و از دیگر سو، بازتاب شرایط جغرافیایی (ناهمواری، همسایگی با توده‌های آب و...) آن محل است. در واقع، تیپ‌های هوا تجسم توده‌های هوا هستند. یک توده هوا حجم عظیمی از هوا است که خصوصیات فیزیکی آن بویژه از نظر دما و رطوبت و آهنگ کاهش دما در سطح افقی برای صدها کیلومتر تقریباً همسان باشد (علیجانی و کاویانی، ۱۳۸۵، ۲۷۵). خصوصیات توده‌های هوا نیز ضمن حرکت و عبور از مناطق مختلف تغییر کرده؛ تعدیل شده و به هوای دیگری تبدیل می‌شوند (جعفرپور، ۱۳۷۹، ۱۵۴). از آنجا که شرایط جغرافیایی محل معمولاً ثابت است؛ تفاوت تیپ‌های هوایی که در یک محل مستقر می‌شوند تابع توده‌های هوایی است که به آن محل وارد می‌شوند. بنابراین، سری زمانی (زیچ) تیپ‌های هوای یک محل با توده هوایی که منطقه بزرگی شامل محل مورد نظر را می‌پوشاند مرتبط است. در واقع، هر تیپ هوا را می‌توان برابری سیطره و پایداری یک الگوی گردشی معین دانست؛ هر چند محتمل است که یک الگوی گردشی معین در نقاط جغرافیایی مختلف تیپ‌های هوای متفاوتی ایجاد کند. آگاهی از این موضوع که حل بسیاری از مسائل و

معضلات زیست محیطی (از قبیل خشکسالی، آلودگی هوا، طغیان رودخانه‌ها، هجوم آفات و ...) در گرو شناسایی تیپ‌های هوای یک گستره مکانی است سبب گردید تا در این پژوهش شناسایی و تحلیل تیپ‌های هوای زاهدان در کانون توجه نگارندگان قرار گیرد تا از این منظر نیز زمینه برای مطالعات بیشتر اقلیم‌شناسی کاربردی در این قلمرو جغرافیایی به دلیل ارتباطی که معمولاً بین تیپ‌های هوا و رویدادهای محیطی وجود دارد مهیا گردد. هرچند ادبیات اقلیم‌شناسی همدید در باب شناسایی تیپ‌های هوا غنی است؛ اما در ایران پژوهش‌هایی از این حیث همچنان لازم و ضروری می‌باشد. لمب^۳ (۱۹۵۰، ۴۲۹-۳۹۳) تیپ‌بندی هوای روزانه در مقیاس همدید را برای بریتانیا در دوره زمانی ۱۸۶۱-۱۷۷۱ انجام داده و هفت هوای اصلی را در آن محل شناسایی نموده است. لوند^۴ (۱۹۶۳، ۶۵-۵۶) پراکندگی فشار روزانه در شمال شرق ایالات متحده آمریکا را یک تیپ هوا نامید و با استفاده از روش همبستگی این روزها را گروه‌بندی و تیپ‌های غالب را شناسایی کرده است. کالکستین و همکاران^۵ (۱۹۸۷، ۷۳۰-۷۱۷) توده‌های هوای حاکم بر شهر موبایل واقع در ایالت آلابامای آمریکا را بر اساس هفت متغیر دما، نقطه شبنم، میدان دید، ابرناکی آسمان، فشار تراز دریا، سرعت و جهت باد با استفاده از روش‌های «وارد»، فاصله مرکزی و فاصله متوسط شناسایی کردند. برناردی و همکاران^۶ (۱۹۸۷، ۲۷۰-۲۵۹) به شناسایی تیپ‌های هوای به وجود آورنده آلودگی‌ها در ونیز ایتالیا پرداختند تا از این طریق بتوانند زمان این آلودگی‌ها را پیش‌بینی کنند. شریدان^۷ (۱۹۹۷، ۳-۱) خصوصیات و روندهای جدید توده‌های هوا را مورد آزمایش قرار داده و سیستم طبقه‌بندی همدید را برای ۱۳ ایستگاه در تگزاس برای جون، جولای و آگوست از سال ۱۹۹۰-۱۹۶۱ به کار برده و روزهای بارانی را برای ۵ توده هوا (DP, DT, DM, MT, TR) با استفاده از متغیرهای هواشناسی دما، نقطه شبنم، فشار، یخبندان، سرعت و جهت باد

1 -Lamb

2- Lund

3 -Kalkstien et al

4 -Bernardi et al

5 -Sheridan

شناسایی کرده است. کریچاک و همکاران^۱ (۲۰۰۰، ۲۲۹-۲۱۵) رابطه الگوهای همدید و دوره‌های پربارش و کم‌بارش شرق مدیترانه را بررسی کرده‌اند. ایشان نشان داده‌اند که ناهنجاری‌های فشار تراز دریا و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال تبیین‌کننده رخداد دوره‌های پر بارش و کم بارش شرق مدیترانه است. لیتمن^۹ (۲۰۰۰، ۱۷۱-۱۶۱) به کمک روش تحلیل خوشه‌ای، داده‌های فشار و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال را طبقه‌بندی کرده و رابطه تیپ‌های هوای حاصله را با بارش‌های حوضه مدیترانه بررسی نموده است. وی ۲۰ هوای مختلف را شناسایی کرده و معتقد است این تیپ‌ها الگوی بارش مدیترانه را تا اندازه زیادی تبیین می‌کنند. مک‌کابی و مولر^{۱۰} (۲۰۰۲، ۱۰۵-۹۵) به بررسی تیپ‌های هوای نئوآورلئان در طی سال‌های ۲۰۰۰-۱۹۶۲ پرداختند و همچنین اثرات انسو را بر روی فراوانی و ویژگی‌های این تیپ‌های هوا مطالعه کردند. شریدان (۲۰۰۳، ۴۵-۲۷) رابطه قوی بین تیپ‌های هوای امریکای شمالی و شاخص‌های پیوند از دور (نوسان اطلس شمالی NAO و اقیانوس آرام- امریکای شمالی PNA) یافته است. کاسمنوس و همکاران^{۱۱} (۲۰۰۳، ۳۲۴-۳۰۹) تیپ‌های هوای سال‌های ۱۹۹۹-۱۹۵۴ را در آتن شناسایی کردند و سپس ارتباط این تیپ‌های هوا را با ویژگی‌های کیفی هوا مورد بررسی قرار دادند. رینهام و همکاران^{۱۲} (۲۰۰۵، ۳۶۰-۳۴۷) به کمک طبقه‌بندی همدید مکانی به تبیین مرگ و میر در شهر تورنتو کانادا پرداخته‌اند. بررسی آنها نشان داد که در مجموع کیفیت هوا (آلودگی هوا) تابعی از تیپ هوا است؛ اما برای درک رابطه شرایط جوی و سلامتی مطالعات بیشتری لازم است. مسعودیان (۱۳۸۴، ۲۵-۱) هوای اصفهان را برای مدت ۴۴ سال بررسی نموده و ۹ تیپ هوا را در این محل شناسایی کرده است. مورابیتو و همکاران^{۱۳} (۲۰۰۶، ۶۰-۵۲) به روش همدید به بررسی رابطه بین تیپ‌های هوای زمستانه فلورانس ایتالیا با بروز سکته قلبی پرداختند و نشان دادند که هر چند به دلیل محدودیت‌های روش شناختی نمی‌توانند یافته‌های خود را

1 -Krichak et al

2 -Littmann

3 -Mc cabe and Muller

4 -Kassomenos et al

5 -Rainham et al

6 -Morabito et al

به دیگر مناطق جغرافیایی تعمیم دهند؛ اما به نظر می‌رسد بین تیپ‌های هوا و سکنه قلبی در فلورانس ارتباط آماری وجود دارد. بیسولی و همکاران^{۱۴} (۲۰۰۶) پس از مطالعه تیپ‌های هوا در آلمان و مقایسه آن با رخداد توفند نتیجه گرفتند که بین فراوانی روزهای توفندی و تیپ هوا وابستگی معناداری وجود دارد.

مواد و روش‌ها

به منظور تیپ‌بندی همید هوای زاهدان از مجموعه داده‌های روزانه ایستگاه هواسنجی زاهدان ۷ متغیر اقلیمی شامل دمای خشک ساعات (۱۵-۰۹-۰۳)، دمای تر ساعات (۱۵-۰۹-۰۳)، حداکثر دمای روزانه، حداقل دمای روزانه، بارش، نم نسبی ساعات (۱۵-۰۹-۰۳) و سرعت باد در ساعات (۱۵-۰۹-۰۳) در طول دوره آماری ۱۳۵۸/۱/۱ تا ۱۳۸۲/۱۲/۲۹ (به مدت ۲۵ سال) برگزیده شد که فهرست آنها در جدول (۲) آمده است. این متغیرها به این سبب انتخاب شدند که نماینده شرایط دمایی و رطوبتی جو هستند. ابتدا پایگاه داده‌ای از متغیرهای مورد بررسی در نرم‌افزار «متلب» ایجاد شد. این پایگاه داده شامل روزهایی بود که مقدار متغیرهای مورد بررسی به طور کامل در آن ثبت شده بودند. با توجه به این که هدف از این پژوهش تیپ‌بندی هوا بود؛ ابتدا آرایه داده‌ها با آرایش P (علیجانی، ۱۳۸۱، ۱۸۲) یعنی متغیرهای جوی بر روی ستون و روزها بر روی سطرها به ابعاد ۱۸*۹۱۳۱ فراهم گردید. چون داده‌ها دارای واحدهای مختلفی هستند؛ پیش از انجام تحلیل، استانداردسازی متغیرها ضروری است تا وزن همه متغیرها در تفکیک تیپ‌های هوا یکسان باشد (پارنال، ۱۹۹۳، ترجمه مسعودیان، ۱۳۸۵، ۱۰۰). چون در اینجا هدف ما تنها هم‌وزن کردن متغیرها بود از رابطه زیر برای استانداردسازی بهره بردیم:

$$STND_{ij} = \frac{Data_{ij} - Min_j}{Max_j - Min_j}$$

$STND_{ij}$ مقدار استاندارد شده متغیر j ام در روز i ام؛ $Data_{ij}$ مقدار متغیر j ام در روز i ام؛ Min_j مقدار کمینه متغیر j ام؛ Max_j مقدار بیشینه متغیر j ام (مسعودیان، ۱۳۸۴، ۴).

پس از استانداردسازی، سطرهایی که دارای نبود آماری بودند (ولو بر روی یک متغیر) از آرایه حذف شدند و آرایه نهایی به ابعاد $18 * 9088$ به دست آمد. این آرایه مبنای انجام تحلیل خوشه‌ای و محاسبه فواصل اقلیدسی قرار گرفت.

از آنجا که قبل از انجام دسته‌بندی هیچ ایده‌ای درباره تعداد تیپ‌های همید وجود ندارد، انجام تحلیل خوشه‌ای برای شناسایی تیپ‌های هوا عملی به نظر می‌رسد. در این صورت مثلاً k متغیر متعلق به یک روز (t_1) با k متغیر متعلق به روزی دیگر (t_2) تک تک با یکدیگر مقایسه می‌شوند تا درجه همانندی آنها با یکدیگر آشکار شود. سپس تمامی t ها بر حسب درجه همانندی با یکدیگر خوشه می‌شوند. بنابراین در یک تحلیل خوشه‌ای دو گام اساسی وجود دارد. گام اول محاسبه درجه همانندی افراد با یکدیگر است و گام دوم چگونگی ادغام افراد بر حسب درجه همانندی آنها با یکدیگر. بسته به روشی که برای محاسبه درجه همانندی و چگونگی ادغام انتخاب می‌کنیم؛ تحلیل خوشه‌ای را می‌توان به شیوه‌های مختلفی اجرا کرد. در این پژوهش یک تحلیل خوشه‌ای پایگانی انباشتی به روش ادغام «وارد» برای شناسایی تیپ‌های هوای زاهدان بر روی پایگاه داده انتخابی اعمال گردید. به منظور محاسبه درجه همانندی از میان روش‌های مختلف پیشنهادی از فاصله اقلیدسی و برای ادغام اقلیمی که بالاترین همانندی را نشان می‌دهند؛ از شیوه پیوند «وارد» بهره گرفته شد. روشن است که برای n مشاهده $\frac{n(n-1)}{2}$ فاصله قابل محاسبه است. فرض کنید X_r بردار مشاهدات بر روی r و X_s بردار مشاهدات بر روی s باشد؛ در این صورت فاصله اقلیدسی در بالا به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$d_{rs}^2 = (X_r - X_s)(X_r - X_s)'$$

در مطالعات اقلیمی غالباً برای محاسبه درجه ناهمانندی (همانندی) از فاصله اقلیدسی استفاده می‌شود.

در روش «وارد» گروه‌های r و s در صورتی ادغام می‌شوند که افزایش پرش ناشی از ادغام آنها نسبت به ادغام هر یک از آنها با دیگر گروه‌ها کمینه باشد؛ یعنی:

$$d(r,s) = \frac{n_r n_s d_{rs}^2}{(n_r + n_s)}$$

در اینجا d_{rs}^2 فاصله بین گروه r و گروه s است که به روش پیوند مرکزی به دست آمده باشد. در مطالعات اقلیم‌شناختی عمدتاً از روش ادغام «وارد» استفاده می‌شود زیرا در این صورت میزان پرش درون گروهی به حداقل و همگنی گروه‌های حاصله به حداکثر می‌رسد. یکی دیگر از ویژگی‌های مهم تیپ‌های هوا که در این مقاله مدنظر است؛ چگونگی پیاپی آن‌هاست. مقصود از پیاپی تعداد دفعاتی است که یک تیپ هوا پس از خود یا پس از یک تیپ هوای دیگر دیده می‌شود. با بررسی پیاپی می‌توان تیپ‌های هوای ناسازگار و تیپ‌های هوای پیاپند را شناسائی کرد. تیپ هوای i را ناسازگار با تیپ هوای j می‌نامیم؛ هرگاه هرگز پس از مشاهده تیپ هوای i تیپ هوای j مشاهده نشود.

ویژگی مهم دیگری که با شمارش پیاپی تیپ‌های هوا می‌توان تشخیص داد؛ میزان تداوم هر تیپ هوا است. طبیعی است که احتمال مشاهده یک تیپ هوا پس از رخداد همان تیپ بیشتر است؛ زیرا تیپ‌های هوای همانند تمایل دارند از پی هم ظاهر شوند حتی برخی از تیپ‌های هوا که حد واسط تیپ‌های هوای کاملاً متباین هستند وظیفه گذار را بر عهده می‌گیرند.

اگر فراوانی وقوع هر تیپ هوا، پس از تیپ هوای دیگر (پیاپی) را بر حسب درصد بیان کنیم؛ معیاری از یکپارچگی تیپ‌های هوا به دست می‌آوریم. این ویژگی را به شکل دقیق‌تری نیز می‌توان بیان کرد. اگر N تعداد روزهایی باشد که یک تیپ هوا مشاهده شده و n تعداد دفعات مشاهده آن تیپ هوا باشد؛ آنگاه شاخص رخداد OI را به صورت زیر تعریف می‌کنیم:

$$OI = 1 - \frac{n}{N}$$

در مورد تیپ‌های هوای کاملاً گسسته این شاخص برابر صفر و برای الگوهای کاملاً پیوسته برابر $1 - \frac{1}{N}$ خواهد بود (مسعودیان، ۱۳۸۴، ۲۲).

مدت دوام هر تیپ هوای را در هر بار رخداد، به نام پایداری آن تیپ می‌شناسیم. در مقابل ویژگی‌های پایداری رخداد، می‌توان ویژگی‌های رخداد هر تیپ هوا را نیز بررسی کرد. همچنان‌که ویژگی‌های رخداد معلوم می‌سازد که در صورت ظهور یک تیپ هوا تا چند روز باید انتظار ماندگاری آن را داشت؛ ویژگی‌های رخداد نیز معلوم می‌کند که پس از پایان یک تیپ هوا چه مدت باید سپری شود تا آن تیپ هوا دوباره ظاهر شود. بنابراین واژه رخداد در مقابل واژه رخداد قرار می‌گیرد. در این پژوهش کوشیده‌ایم تمامی موارد فوق نیز مورد بررسی قرار گیرد.

بحث

شناسایی و تحلیل تیپ‌های هوای زاهدان

انجام تحلیل خوشه‌ای پایگاه انباشتی بر روی آرایه استاندارد شده به ابعاد (۹۰۸۸*۱۸) و ادغام روزها بر اساس روش «وارد» نشان داد که زاهدان دارای شش تیپ هوای متمایز است (شکل‌های ۱ و ۲ و جدول ۱).

جدول (۱) تیپ‌های هوای زاهدان

۱	تیپ معتدل	۳	تیپ گرم و خشک	۵	تیپ بسیار سرد
۲	تیپ سرد و آرام	۴	تیپ بسیار گرم، خشک و بادی	۶	تیپ بسیار سرد، کم‌بارش و مه‌آگین

تیپ معتدل

این تیپ از ۱۷ شهریور ماه آشکار می‌گردد و تا ۲۸ اردیبهشت ماه تداوم می‌یابد. به طور کلی تیپ مزبور در فصول گذار پاییز و بهار تیپ غالب شمرده می‌شود و با فراوانی وقوع ۲۲/۵ درصد از نظر اوج فراوانی دارای یک توزیع دو نمایی یکی در ۲۱ مهرماه و دیگری در ۲۰ اسفندماه است (شکل ۳ و جداول ۳ و ۴). بهترین روز نماینده این تیپ بر اساس روش همبستگی روز ۱۳۶۴/۸/۱۰ است. متوسط همبستگی این روز با دیگر روزهای هم‌گروه خود ۰/۹۱ است و در مجموع روزهای متعلق به این تیپ دارای همبستگی ۰/۸۴ با یکدیگر

می‌باشند (جدول ۳). از آنجا که همه متغیرهای جوی در زمان ظهور این تیپ به مقادیر میانگین خود متمایل و نزدیک می‌باشند؛ چنین مستفاد می‌شود که هوای زاهدان در مدت رخداد این تیپ از اعتدال کامل بهره‌مند است. تیپ مزبور از پایین‌ترین دوره انتظار برای ظهور مجدد برخوردار است. زمانی که ظاهر می‌شود ۲/۷ روز تداوم می‌یابد، سپس به مدت تقریباً ۱۰ روز ناپدید شده و در پی این مدت بار دیگر ظاهر می‌شود. تیپ معتدل به سبب برخورداری از کوتاه‌ترین دوره ظهور عمر چندان طولانی ندارد (جداول ۵ و ۶). نکته قابل توجه در این تیپ وزش بادهای شدید در اوایل ظهر است؛ به طوری که این بادهای در اوایل ظهر شروع به وزیدن می‌کنند؛ اما از شدت و سرعت آنها در بعد از ظهر و شب تا حدودی کاسته می‌شود (جدول ۲). فراوانی این تیپ در دهه‌های اخیر تقریباً روندی رو به افزایش نشان می‌دهد (شکل ۴).

تیپ سرد و آرام

رویداد این تیپ از ۲۶ مهرماه آغاز می‌شود و تا ۴ اردیبهشت ماه تداوم می‌یابد. تیپ سرد و آرام را در واقع می‌توان تیبی با یک نمود فراوانی بیشینه در ۳۰ اسفند دانست (شکل ۵). بهترین روز نماینده این تیپ بر اساس روش همبستگی روز ۲۶/۱۳۷۶/۸ است. میانگین همبستگی این روز با دیگر روزهای هم‌گروه خود ۰/۸۴ است و در مجموع روزهای متعلق به تیپ دارای همبستگی ۰/۷۲ با یکدیگر می‌باشند (جدول ۳). فراوانی تیپ مزبور در طول دوره مورد مطالعه در حدود ۱۴ درصد است. هوا در زمان ظهور و غلبه این تیپ بسیار آرام است و در شب‌ها تا حدودی رو به خنکی می‌رود. احتمال وقوع یخبندان در ۶ درصد و احتمال رخداد بارش تقریباً در ۲۰ درصد از موارد پدیداری این تیپ وجود دارد. این تیپ بعد از تیپ بسیار سرد، کم‌بارش و مه‌آگین بارشی‌ترین تیپ محسوب می‌شود و بیشترین همانندی را با آن تیپ دارد (جدول ۴). ناگفته نماند که تیپ سرد و آرام تعداد دفعات بیشتری نسبت تیپ ۶ (تیپ بسیار سرد، کم‌بارش و مه‌آگین) رخ می‌دهد (جدول ۳). بررسی درصد فراوانی سالانه این تیپ نشان از یک رفتار تناوبی در طول دوره مورد بررسی دارد (شکل ۶).

تیپ گرم و خشک

این تیپ که بویژه همانند تیپ معتدل در فصول گذار از ۸ فروردین ماه تا ۱۲ آبان ماه نمودی

ملموس دارد؛ اوج فراوانی خود را در ۲۸ شهریورماه آشکار می‌سازد (شکل ۷). بهترین روز نماینده این تیپ بر اساس روش همبستگی روز ۱۳۵۹/۲/۳۰ است. متوسط همبستگی این روز با دیگر روزهای گروه خود ۰/۹۶ است و در مجموع روزهای متعلق به این تیپ دارای همبستگی ۰/۹۳ با یکدیگر می‌باشند. از این حیث، روز نماینده این تیپ پس از تیپ بسیار گرم، خشک و بادی از بالاترین درجه همبستگی درون‌گروهی در میان تیپ‌های شناسایی شده برخوردار است (جدول ۳). فراوانی این تیپ در طول دوره آماری مورد بررسی در حدود ۲۰ درصد است. در زمان رخداد این تیپ، زاهدان هوایی گرم و خشک را تجربه می‌کند. نگاهی اجمالی به مقادیر متغیرهای مورد مطالعه در زمان غلبه این تیپ خود گویای این موضوع است؛ به گونه‌ای که میزان درجه حرارت هوا در طی شبانه‌روز بین ۱۴ تا ۳۲ درجه سلسیوس در نوسان بوده است. در عین حال، میزان نم نسبی نیز بسیار اندک می‌باشد؛ به طوری که در بعد از ظهرها مقدار آن به زیر ۱۵ درصد میل پیدا می‌کند و هوا کاملاً خشک می‌گردد. در خلال استقرار این تیپ بادهای شدیدی نیز در بعد از ظهر شروع به وزیدن می‌کنند و بر خشکی بیشتر هوا می‌افزایند (جداول ۲ و ۳). تیپ مذکور بیشترین همانندی را با تیپ بسیار گرم، خشک و بادی دارد (جداول ۷ و ۸). بررسی روند فراوانی سالانه این تیپ حکایت از یک روند کاهشی و افزایشی تقریباً منظم در طی دوره مورد بررسی دارد (شکل ۸).

تیپ بسیار گرم، خشک و بادی

این تیپ را که فراوان‌ترین هوای قابل مشاهده در زاهدان است و از ۱ اردیبهشت تا ۲۲ شهریور نمودی آشکار دارد می‌توان یک تیپ کاملاً تابستانه دانست (شکل ۹). بهترین روز نماینده این تیپ بر اساس روش همبستگی روز ۱۳۷۱/۴/۳۱ است. میانگین همبستگی این روز با دیگر روزهای هم‌گروه خود ۰/۹۸ است و در مجموع روزهای متعلق به این تیپ دارای همبستگی ۰/۹۷ با یکدیگر می‌باشند. این بدان معناست که تیپ مزبور در میان تیپ‌های حاصله بالاترین همبستگی درون‌گروهی را به نمایش می‌گذارد. به عبارت دیگر، در هنگام رخداد این تیپ که مقارن با تابستان است؛ هوا در زاهدان از همگنی و ثبات خاصی برخوردار است و تفاوت هوا از روزی به روز دیگر چندان محسوس نیست (جدول ۳). تیپ مذکور با استقرار و

اعمال حاکمیت خود در ۲۶ درصد از روزهای سال (بیش از یک چهارم اوقات سال) اوج فراوانی خود را در ۱۴ و ۱۵ تیر ماه در زاهدان آشکار می‌سازد (جدول ۳ و شکل ۹). مهم‌ترین ویژگی این تیپ گرمی و خشکی شدید هوا و وزش بادهای شدید است. در زمان رخداد این تیپ میزان درجه حرارت در طی شبانه‌روز بین ۲۰ تا ۳۶ درجه سلسیوس در نوسان است. در عین حال، در طی این مدت میزان نم نسبی نیز به حداقل خود می‌رسد به طوری که در بعد از ظهرها مقدار آن به زیر ۱۱ درصد افت می‌نماید و هوای بسیار خشکی بر زاهدان حاکم می‌گردد که شرایط را در این مکان بس طاق‌ت فرسا می‌سازد. علاوه بر این، در زمان حاکمیت این تیپ بادهای بسیار شدیدی در بعد از ظهرها و شب‌ها شروع به وزیدن می‌کنند که تا اوایل صبح ادامه دارند ولی از شدت آنها کاسته می‌شود (جدول ۲). به طور کلی در ۶۷ درصد مواردی که این تیپ خود را آشکار می‌سازد وزش بادهای شدید پدیده‌ای غالب و بدیهی است (جدول ۴). تیپ مزبور در واقع خودسازگارترین تیپ هوا در زاهدان است؛ به طوری که در ۸۵ درصد موارد در پی خودش ظاهر می‌شود و بیشترین سازگاری را با نیز تیپ گرم و خشک دارد (جدول ۷ و ۸). این تیپ در بین سایرین از بیشترین پایداری و دوام برخوردار است و از این جهت یکپارچه‌ترین تیپ به شمار می‌آید. به بیان دیگر، مدت زمان زیادی طول نمی‌کشد که غالب می‌شود و هنگامی هم که غالب می‌گردد مدت زمان طولانی تداوم دارد و دائماً در پی خودش ظاهر می‌شود (جدول ۵ و ۶). این تیپ با تیپ‌های ۵ و ۶ (بسیار سرد و بسیار سرد، کم‌بارش و مه‌آگین) اصلاً سازگاری ندارد. این بدان معنا است که در زمان ظهور و حاکمیت تیپ مذکور، احتمال رخداد این دو تیپ صفر است (جدول ۷ و ۸). بررسی روند فراوانی سالانه این تیپ نشانگر میزان اندک نوسان فراوانی آن به استثناء سال ۱۳۶۰ در طول بازه آماری مورد مطالعه است؛ به طوری که می‌توان آشکارا همواره انتظار مقدار معینی از این تیپ را در هر سال داشت (شکل ۱۰).

تیپ بسیار سرد

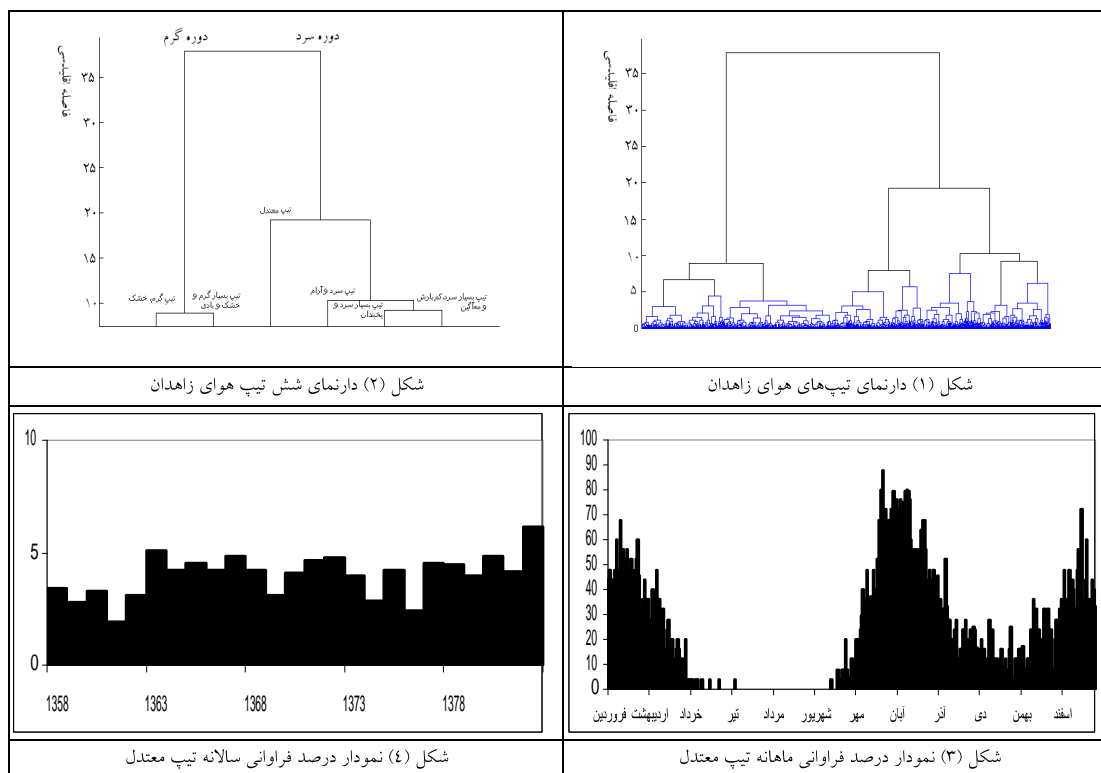
این تیپ که از کمینه فراوانی در بین تیپ‌های هوا برخوردار است و از ۲۴ آبان تا ۱۱ اسفند پدیدار می‌شود؛ تپیی کاملاً زمستانه است که در ۲۸ بهمن اوج فراوانی خود را آشکار می‌سازد

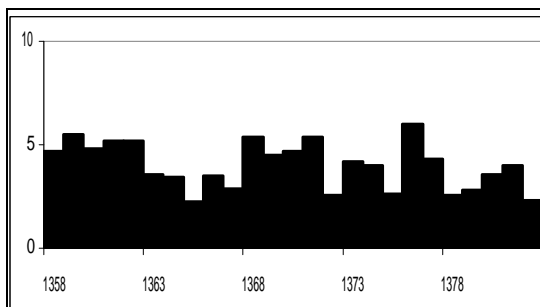
(شکل ۱۱). بهترین روز نماینده این تیپ بر اساس روش همبستگی روز ۱۳۶۸/۹/۱۹ است. متوسط همبستگی این روز با دیگر روزهای هم‌گروه خود ۰/۸۷ است و در مجموع روزهای متعلق به این تیپ دارای همبستگی ۰/۷۷ با یکدیگر می‌باشند (جدول ۳). میزان درجه حرارت در زمان ظهور و حاکمیت این تیپ در طی شبانه‌روز بین ۳- تا ۱۵ درجه سلسیوس در نوسان است؛ میزان نم‌نسبی نیز در بعد از ظهر و شب‌ها پایین می‌باشد و هوای سرد و خشکی بویژه در شب‌ها نمودی ملموس در زاهدان دارد (جدول ۲). احتمال وقوع یخبندان به عنوان مهم‌ترین رویداد محیطی تقریباً در ۸۵ درصد از موارد رخداد این تیپ وجود دارد (جدول ۴). با توجه به جدول ۶ تیپ مزبور از بالاترین دوره انتظار برای ظهور مجدد برخوردار است، زمانی که ظاهر می‌شود فقط ۲/۴ روز تداوم می‌یابد و سپس به مدت تقریباً ۳۱ روز ناپدید می‌شود تا بار دیگر ظاهر شود (جداول ۵ و ۶). این تیپ بیشترین همانندی را با تیپ بسیار سرد، کم‌بارش و مه‌آگین دارد و پس از تیپ سرد و آرام از کم‌ترین پایستگی برخوردار است (جداول ۵ و ۷، ۸). بررسی سری سالانه فراوانی رخداد این تیپ بیانگر رفتاری شبه تناوبی در طول دوره آماری مورد بررسی است (شکل ۱۲).

تیپ بسیار سرد، کم‌بارش و مه‌آگین

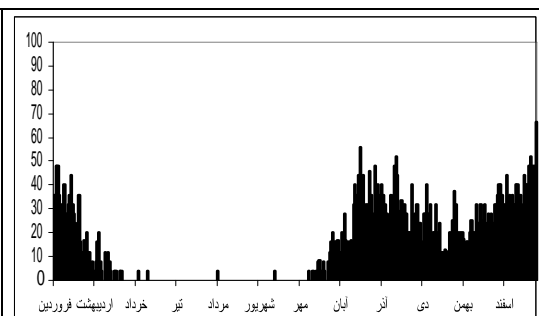
این تیپ که بعد از تیپ بسیار سرد از کمترین فراوانی برخوردار است؛ از ۷ آذر تا ۲۸ اسفند حادث می‌شود و در ۲۰ بهمن ماه اوج فراوانی خود را نمایان می‌سازد (شکل ۱۳ و جدول ۳). بهترین روز نماینده این تیپ بر اساس روش همبستگی روز ۱۳۶۳/۱۰/۳۰ است. میانگین همبستگی این روز با دیگر روزهای هم‌گروه خود ۰/۸۶ است و در مجموع روزهای متعلق به این تیپ دارای همبستگی ۰/۷۵ با یکدیگر می‌باشند. این تیپ که در حدود ۱۰ درصد روزهای سال پدیدار است؛ هوای بسیار سردی را بر زاهدان تحمیل می‌کند (جدول ۳). احتمال وقوع یخبندان و بارش به ترتیب در ۵۱ و ۲۰ درصد از مواردی که این تیپ رخداد دارد امری محتمل است. مهم‌ترین ویژگی این تیپ هوا رویداد مه‌پگاهی است، به طوری که تقریباً در ۴ درصد روزهای پدیداری این تیپ احتمال آن وجود دارد (جدول ۴). شایان ذکر است که در میان تیپ‌ها حاصله بالاترین میزان نم‌نسبی به این تیپ تعلق دارد که میزان آن در اوایل صبح

به حدود ۸۰ درصد می‌رسد (جدول ۲). هرچند که میزان ریزش‌های جوی متعلق به این تیپ بسیار پایین است؛ اما نقش بسیاری مهمی را در ریزش‌های جوی زاهدان ایفا می‌کند و از این حیث بارشی‌ترین تیپ هوا در این قلمرو بشمار می‌آید (جدول ۴). بررسی سری سالانه فراوانی رخداد تیپ بسیار سرد، کم‌بارش و مه‌آگین نشان می‌دهد که فراوانی این تیپ در طی سال‌های ۱۳۶۱-۱۳۶۶ یک روند کاهشی، در سال‌های ۱۳۶۹، ۱۳۷۱، ۱۳۷۳ و ۱۳۷۶ یک آهنگ افزایشی و پس از آن یک روند تقریباً منظم کاهشی و افزایشی به خود گرفته است (شکل ۱۴).

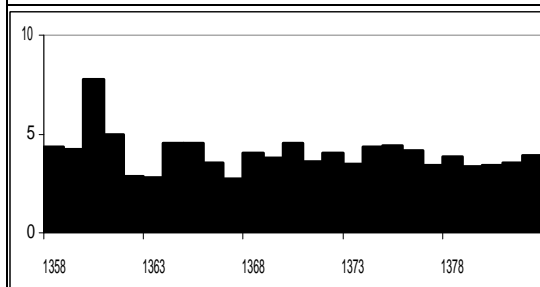




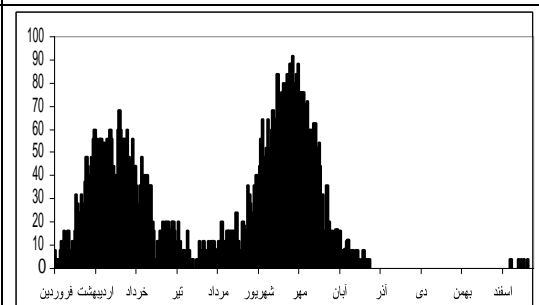
شکل (۶) نمودار درصد فراوانی سالانه تیپ سرد و آرام



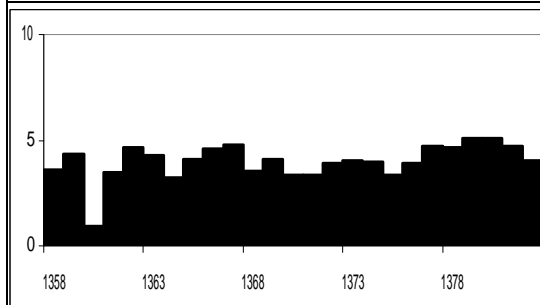
شکل (۵) نمودار درصد فراوانی ماهانه تیپ سرد و آرام



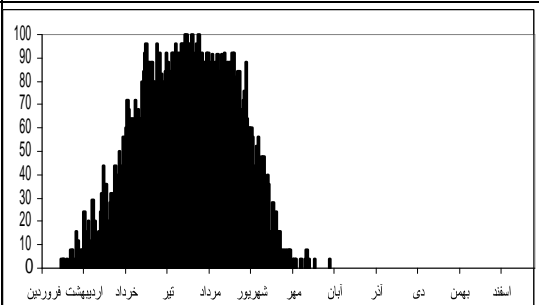
شکل (۸) نمودار درصد فراوانی سالانه تیپ گرم و خشک



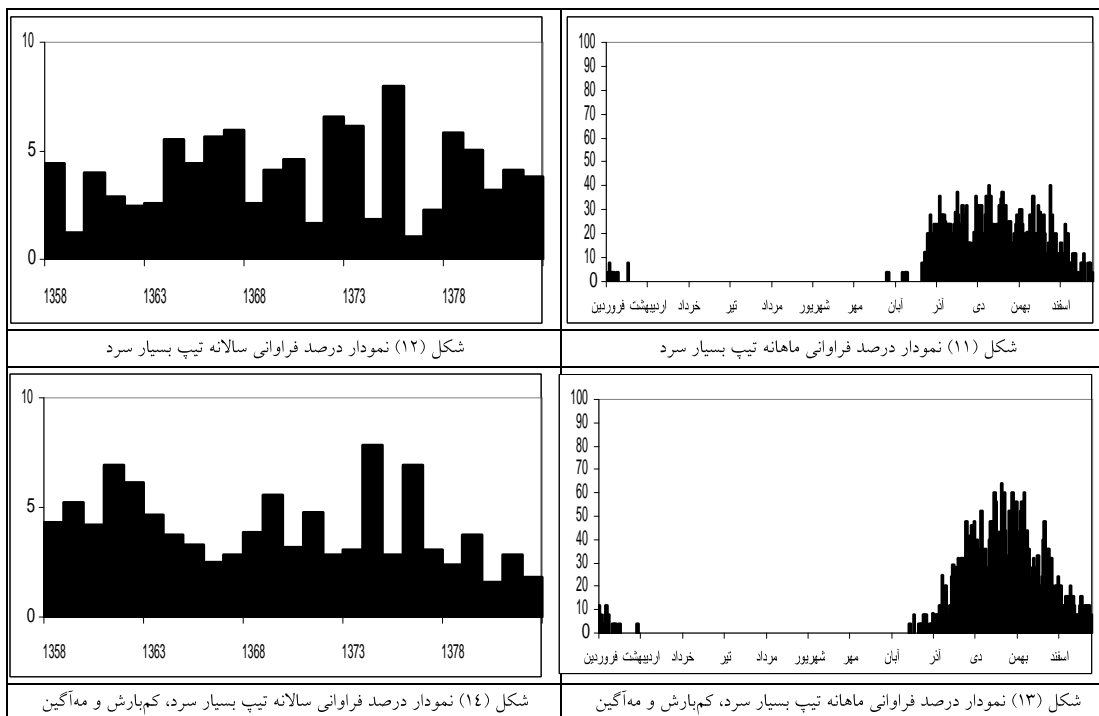
شکل (۷) نمودار درصد فراوانی ماهانه تیپ گرم و خشک



شکل (۱۰) نمودار درصد فراوانی سالانه تیپ بسیار گرم، خشک و بادی



شکل (۹) نمودار درصد فراوانی ماهانه تیپ بسیار گرم، خشک و بادی



جدول (۲) مقادیر داده‌های متغیرهای اقلیمی برای شناسایی تیپ هوای زاهدان

تیپ‌های هوا	دمای خشک ۰۳	دمای خشک ۰۹	دمای خشک ۱۵	دمای تر ۰۳	دمای تر ۰۹	دمای تر ۱۵	میلگین دمای بیشینه	میلگین دمای کمینه	میلگین بارش روزانه
تیپ معتدل	۹/۹	۲۳/۸	۱۹/۲	۴/۶	۱۱/۳	۹/۵	۲۵/۰	۸۳	۰/۰
تیپ سرد و آرام	۷/۶	۱۸/۷	۱۴/۳	۴/۹	۱۰/۳	۸/۵	۲۰/۱	۶/۴	۰/۷
تیپ گرم و خشک	۱۶/۲	۳۰/۵	۲۷/۱	۹/۸	۱۵/۳	۱۴/۱	۳۱/۹	۱۴/۰	۰/۰
تیپ بسیار گرم، خشک و بادی	۲۲/۴	۳۴/۹	۳۲/۶	۱۲/۴	۱۷/۰	۱۶/۲	۳۶/۴	۱۹/۴	۰/۰
تیپ بسیار سرد	-۲/۴	۱۳/۶	۸/۹	-۴/۵	۴/۹	۲/۷	۱۵/۱	-۳/۰	۰/۰
تیپ بسیار سرد، کم‌بارش و مه‌آگین	۱/۱	۱۱/۱	۷/۵	-۰/۰۲	۵/۶	۳/۹	۱۲/۸	۰/۴	۰/۸
میانگین	۱۲/۴	۲۵/۴	۲۱/۸	۶/۵	۱۲/۴	۱۱/۰	۲۶/۸	۱۰/۵	۰/۲

ادامه جدول (۲) مقادیر داده‌های متغیرهای اقلیمی برای شناسایی تیپ هوای زاهدان

تیپ‌های هوا	نم نسبی ۰۳	نم نسبی ۰۹	نم نسبی ۱۵	سرعت باد ۰۳	سرعت باد ۰۹	سرعت باد ۱۵	جهت باد ۰۳	جهت باد ۰۹	جهت باد ۱۵
تیپ معتدل	۳۷/۸	۱۴/۱	۲۱/۲	۱۰/۹	۱۲/۹	۱۰/۴	۱۶۲	۱۳۲	۱۴۷
تیپ سرد و آرام	۶۵/۷	۲۹/۹	۴۲/۴	۱۰/۷	۱۲/۳	۹/۸	۱۶۵	۱۶۲	۱۷۲
تیپ گرم و خشک	۳۴/۳	۱۳/۵	۱۸/۱	۷/۲	۱۰/۱	۹/۱	۲۰۰	۱۸۷	۱۹۹
تیپ بسیار گرم، خشک و بادی	۲۵/۶	۱۰/۵	۱۲/۶	۸/۱	۱۱/۳	۱۰/۷	۱۷۳	۱۸۲	۱۹۷
تیپ بسیار سرد	۵۵/۴	۱۵/۳	۲۵/۶	۵/۹	۱۰/۳	۸/۵	۲۲۸	۲۰۳	۲۱۲
تیپ بسیار سرد، کم‌بارش و مه‌آگین	۷۸/۶	۴۰/۳	۵۳/۴	۸	۱۰/۱	۸/۴	۱۷۸	۲۰۱	۱۹۷
میانگین	۴۳/۱	۱۷/۹	۲۴/۷	۸/۵	۱۱/۲	۹/۵	۱۸۴	۱۷۸	۱۸۷

جدول (۳) روز نماینده تیپ‌های هوای زاهدان

تیپ‌های هوا	روز	ماه	روز	نمایندگی روز	همبستگی درون گروهی	فراوانی	درصد فراوانی
تیپ معتدل	۱۰	۱۱	۱	۰/۹۱	۰/۸۴	۲۳۹۵	۲۲/۵
تیپ سرد و آرام	۲۶	۱۱	۱۷	۰/۸۴	۰/۷۲	۶۷۷۴	۱۴/۱
تیپ گرم و خشک	۳۰	۱۹۸۰	۲۰	۰/۹۶	۰/۹۳	۴۲۴	۲۰/۰
تیپ بسیار گرم، خشک و بادی	۳۱	۱۹۹۲	۲۲	۰/۹۸	۰/۹۷	۴۸۴۰	۲۶/۳
تیپ بسیار سرد	۱۹	۱۹۸۹	۱۰	۰/۸۷	۰/۷۷	۳۸۸۶	۷/۱
تیپ بسیار سرد، کم‌بارش و مه‌آگین	۳۰	۱۹۸۵	۲۰	۰/۸۶	۰/۷۵	۲۱۱۲	۹/۷

جدول (۴) زمان‌بندی وقوع تیپ‌های هوای زاهدان در فصول سال

تیپ‌های هوا	درصد احتمال بارش	درصد احتمال یخبندان	درصد احتمال مه‌پگاهی	میانگین بارش در روز بارش	درصد احتمال وزش باد	زمان آغاز تیپ	زمان اوج تیپ	زمان پایان تیپ
تیپ معتدل	۱/۷	۵/۱	۰/۱	۱/۳	۶۷	۶/۱۷	۷/۲۱ ۱۲/۲۰	۲/۲۸
تیپ سرد و آرام	۱۹/۲	۶/۱	۰/۴	۳/۹	۶۵/۴	۷/۲۶	۱۲/۳۰	۲/۴
تیپ گرم و خشک	۳/۴	۰/۰	۰/۲	۱/۹	۶۰/۷	۱/۸	۶/۲۷	۸/۱۲
تیپ بسیار گرم، خشک و بادی	۰/۷	۰/۰	۰/۲	۰/۴	۶۷/۸	۲/۱	۴/۱۵ و ۱۴	۶/۲۲
تیپ بسیار سرد	۰/۷	۸۵/۱	۰/۳	۰/۸	۵۰/۹	۸/۲۴	۱۱/۲۸	۱۲/۱۱
تیپ بسیار سرد، کم‌بارش و مه‌آگین	۱۹/۹	۵۱/۲	۳/۹	۳/۹	۵۸/۸	۹/۷	۱۱/۲۰	۱۲/۲۸
میانگین	۵/۹	۱/۱	۰/۶					

جدول (۵) رخداد تیپ‌های هوای زاهدان

تیپ‌های هوا	تیپ معتدل	تیپ سرد و آرام	تیپ گرم و خشک	تیپ بسیار گرم، خشک و بادی	تیپ بسیار سرد	تیپ بسیار سرد، کم‌بارش و مه‌آگین
میانگین پایداری	۲/۷	۲/۲	۳/۲	۶/۸	۲/۴	۲/۷
انحراف معیار	۳/۳	۱/۸	۴/۳	۱۱/۹	۲/۱	۲/۶
تغییرپذیری	۱۲۱	۸۴	۱۳۶	۱۷۴	۸۷	۹۶
بیشینه	۳۵	۱۲	۵۰	۸۷	۱۶	۲۴
کمینه	۱	۱	۱	۱	۱	۱
رخداد	۷۵۲	۵۷۴	۵۶۹	۳۵۱	۲۶۸	۳۲۱
فراوانی	۲۰۵۳	۱۲۸۴	۱۸۲۰	۲۳۹۵	۶۵۴	۸۸۲
شاخص رخداد	۰/۶۳	۰/۵۵	۰/۶۹	۰/۸۵	۰/۵۹	۰/۶۴

جدول (۶) رخنداد تیپ‌های هوای زاهدان

تیپ‌های هوا	تیپ معتدل	تیپ سرد و آرام	تیپ گرم و خشک	تیپ بسیار گرم، خشک و بادی	تیپ بسیار سرد	تیپ بسیار سرد، کم‌بارش و مه‌آگین
میانگین پایستگی	۹/۳	۱۳/۵	۱۲/۷	۱۹	۳۰/۵	۲۴/۷
انحراف معیار	۲۳/۲	۳۶/۴	۳۱/۱	۵۴/۲	۷۲/۴	۶۶/۴
تغییرپذیری	۲۴۹	۲۶۸	۲۴۵	۲۸۵	۲۳۷	۲۶۹
بیشینه	۱۵۹	۲۲۰	۱۷۲	۲۴۹	۳۰۸	۳۰۲
کمینه	۱	۱	۱	۱	۱	۱
رخنداد	۷۵۱	۵۷۴	۵۶۹	۳۵۱	۲۶۸	۳۲۱
فراوانی	۷۰۳۵	۷۸۰۳	۷۲۵۳	۶۶۷۱	۸۱۹۸	۷۹۴۴
شاخص رخنداد	۰/۸۹	۰/۹۳	۰/۹۲	۰/۹۵	۰/۹۷	۰/۹۶

جدول (۷) فراوانی پیاپی تیپ‌های هوای زاهدان

تیپ‌های هوا	تیپ معتدل	تیپ سرد و آرام	تیپ گرم و خشک	تیپ بسیار گرم، خشک و بادی	تیپ بسیار سرد	تیپ بسیار سرد، کم‌بارش و مه‌آگین
تیپ معتدل	۱۳۰۱	۳۴۹	۲۳۴	۴۰	۶۳	۶۵
تیپ سرد و آرام	۳۱۸	۷۱۰	۳۳	۱	۵۰	۱۷۲
تیپ گرم و خشک	۲۲۱	۳۸	۱۲۵۱	۳۱۰	۰	۰
تیپ بسیار گرم، خشک و بادی	۴۶	۳	۳۰۲	۲۰۴۴	۰	۰
تیپ بسیار سرد	۱۲۷	۵۷	۰	۰	۳۸۶	۸۴
تیپ بسیار سرد، کم‌بارش و مه‌آگین	۳۹	۱۲۷	۰	۰	۱۵۵	۵۱۶

جدول (۸) درصد پیاپی تیپ‌های هوای زاهدان

تیپ‌های هوا	تیپ معتدل	تیپ سرد و آرام	تیپ گرم خشک	تیپ بسیار گرم، خشک و بادی	تیپ بسیار سرد	تیپ بسیار سرد، کم‌بارش و مه‌آگین
تیپ معتدل	۶۳/۴	۲۷/۱	۱۲/۸	۱/۶	۹/۶	۷/۳
تیپ سرد و آرام	۱۵/۴	۵۵/۲	۱/۸	۰	۷/۶	۱۹/۵
تیپ گرم و خشک	۱۰/۷	۲/۹	۶۸/۷	۱۲/۹	۰	۰
تیپ بسیار گرم، خشک و بادی	۲/۲	۰/۲	۱۶/۵	۸۵/۳	۰	۰
تیپ بسیار سرد	۶/۱	۴/۴	۰	۰	۵۹	۹/۵
تیپ بسیار سرد، کم‌بارش و مه‌آگین	۱/۹	۹/۸	۰	۰	۲۳/۷	۶۳/۶

نتیجه‌گیری

در این پژوهش از مجموعه داده‌های روزانه مربوط به ۷ متغیر اقلیمی شامل دمای خشک ساعات (۱۵-۰۹-۰۳)، دمای تر ساعات (۱۵-۰۹-۰۳)، حداکثر دمای روزانه، حداقل دمای روزانه، بارش، نم نسبی ساعات (۱۵-۰۹-۰۳) و سرعت باد در ساعات (۱۵-۰۹-۰۳) از تاریخ ۱۳۵۸/۱/۱ تا ۱۳۸۲/۱۲/۲۹ به مدت ۲۵ سال استفاده شده است. با توجه به اینکه هدف از این پژوهش شناسایی تیپ‌های هوا بود ماتریس داده‌ها با آرایش P آماده شد. سپس تحلیل خوشه‌ای به روش ادغام «وارد» بر روی داده‌های استاندارد شده انجام شد و شش تیپ هوا برای زاهدان به دست آمد. با توجه به بررسی انجام شده مشخص شد که هر کدام از تیپ‌های هوا در یک دوره زمانی خاص در سال دیده می‌شوند، به عنوان مثال تیپ بسیار گرم و خشک در تابستان حاکم می‌شود و حاکمیت همین تیپ با همین ویژگی‌ها در زمان دیگر در سال مشاهده نشده است. همچنین بررسی‌ها نشان می‌دهد که روند فراوانی سالانه تیپ‌ها در سه دهه اخیر تغییر کرده است. قابل ذکر است که تیپ بسیار گرم و خشک و بادی همگن‌ترین تیپ زاهدان و دارای بهترین روز نماینده و تیپ سرد و آرام ناهمگن‌ترین تیپ و دارای بدترین روز نماینده است. این به آن معنا است که هوا در طی تابستان از ثبات برخوردار است و تفاوت هوا از روزی به روز دیگر محسوس نیست. اما در طی زمستان شرایط جوی بسیار متغیر است و ممکن است در یک روز چندین تیپ با یکدیگر دیده شوند.

منابع

- ۱- جعفرپور، ا، (۱۳۷۹)، «*مبانی اقلیم‌شناسی*»، تهران، انتشارات پیام‌نور، ۱۹۳ صفحه.
- ۲- علیجانی، ب، (۱۳۸۱)، «*اقلیم‌شناسی سینوپتیک*»، تهران، انتشارات سمت، ۲۵۷ صفحه.
- ۳- علیجانی، ب و کاویانی، م، (۱۳۸۵)، «*مبانی آب و هواشناسی*»، تهران، انتشارات سمت، ۵۷۶ صفحه.
- ۴- مسعودیان، ا، (۱۳۸۴)، «*شناسایی تیپ‌های همدید اصفهان*»، دانشگاه اصفهان، ۲۵ صفحه.
- ۵- یارنال، ب، (۱۹۹۳)، «*اقلیم‌شناسی همدید و کاربرد آن در مطالعات محیطی*»، ترجمه مسعودیان، ا، انتشارات دانشگاه اصفهان، ۲۱۸ صفحه.
- 6- Bernardi, A. et al., (1987), "Pollution episodes at Venice related to weather types: An analysis for a better predictability", *Science of the Total Environment*, Volume 63, p: 259-270.
- 7- Bissolli, P. Jürgen G. Nikolai D. Marcel W. (2006), "Tornadoes in Germany 1950–2003 and their relation to particular weather conditions", *Global and Planetary Change*.
- 8- Kalkstien, L.S. et al., (1987); "An evaluation of three clustering procedures for use in synoptic climatological classification", pp: 717-730.
- 9- Kassomenos, P. A. et al, (2003), "On the relation between seasonal synoptic circulation types and spatial air quality characteristics in Athens, Greece", *Air and Waste Management Association*, Volume 53, p: 309-324.
- 10- Krichak, S. O., M. Tsidulko, and P. Alpert, (2000), "Monthly synoptic patterns associated with wet/dry conditions in the Eastern Mediterranean", *Theor. Appl. Climatol.* 65, pp: 215-229.
- 11- Lamb, H.H., (1950), "Types and spells of weather around the year in the British Isles, Annal trends seasonal structure of the year", Singulaities, pp: 393-429.

- 12- Littmann, T., (2000), "An empirical classification of weather types in the Mediterranean Basin and their interrelation with rainfall", *Theor. Appl. Climatol.* 66, pp: 161-171.
- 13- Lund, I.A., (1963), "Map-pattern classification by statistical method", pp: 56-65.
- 14- McCabe GJ, Mueller RA., (2002), "Effects of ENSO on weather - type frequencies and properties at New Orleans", *Climate Research*, Volume 20, p: 95-105.
- 15- Sheridan, S. C., (1997), "Using a synoptic classification system to assess climate trends and variability", Texas, pp:1-3.
- 16- Sheridan, Scott C., (2003), "North American weather-type frequency and teleconnection indices", *International Journal of Climatology*, No. 23, pp: 27-45.