

صص ۱۹-۳۲

ارتباط تیپ‌های هوای سبزووار با سامانه‌های همدیدی جو

مهدی اسدی*

استادیار، گروه آموزش جغرافیا، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران

تهمینه چهره‌آرا ضیابری

استادیار آب و هواشناسی، گروه جغرافیا، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه پیام نور، قزوین، ایران

کریم امینی نیا

استادیار اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی، اهر، ایران

سایه حاجیوند پایداری

دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۹/۱۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۷/۲۸

چکیده

در پژوهش حاضر جهت شناسایی و تحلیل تیپ‌های هوای سبزووار، از دو پایگاه داده، یکی مربوط به مقادیر روزانه ۱۱ متغیر اقلیمی شامل دمای خشک و تر، میانگین دمای روزانه، جهت و سرعت باد، حداکثر و حداقل دمای روزانه، رطوبت نسبی، بارش (میلی‌متر)، ساعات آفتابی و فشار سطح ایستگاه در ساعت ۱۲ زولو طی دوره آماری ۱۹۷۷/۱/۱ تا ۲۰۲۳/۱۱/۳۰ به مدت ۴۷ سال و دیگری داده‌های با تفکیک مکانی $۲,۵ \times ۲,۵$ درجه مربوط به مقادیر ارتفاع ژئوپتانسیل (HGT)، دمای هوا (Air)، نم و بزه (Shum) فشار تراز دریا (SLP)، مؤلفه‌های مداری (U) و نصف‌النهاری (V) باد با مراجعه به تارنمای مرکز ملی پیش‌بینی محیطی و علوم جوی آمریکا (NCEP/NCAR)، اخذ و اقدام به تهیه نقشه‌های همدیدی شد. پس از انجام تحلیل خوشه‌ای، چهار تیپ متمایز برای شهر سبزووار شناسایی شد. هرکدام از تیپ‌های شناسایی شده در یک دوره زمانی خاصی دیده می‌شوند و هرکدام ویژگی خاص خود را دارند. بیشترین فراوانی برای تیپ گرم، خشک، بدون بارش و بادی و کمترین فراوانی مربوط به تیپ مرطوب و بارش‌مند است. از الگوهای گردش تأثیرگذار در تراز میانی جو می‌توان به حضور پرفشار دینامیکی آזור و سیستم‌های مانع تشکیل شده در شرق اروپا و در سطح زمین پرفشار حرارتی سیبری و کم‌فشارهای ایران مرکزی و جنوب خاورمیانه اشاره کرد.

واژگان کلیدی: تحلیل خوشه‌ای، الگوی گردشی، تیپ‌های هوا، سامانه همدید، سبزووار.

مقدمه

الگوهای گردش جوی را اگر نتوان عامل اصلی کنترل پدیده‌های محیطی دانست، بدون شک می‌توان یکی از مهم‌ترین عوامل برشمرد (حجازی‌زاده، ۱۳۷۲). الگوهای گردش جوی را می‌توان ناشی از اختلاف در مقدار تابش خورشیدی در مناطق

مختلف دانست که در نهایت منجر به اختلاف دما و فشار در سطح زمین می‌شود (کفایت مطلق و همکاران، ۱۳۹۸). برای رسیدن به حالت تعادل از مناطق با فشار زیاد به طرف مناطق با فشار کم جریان‌هایی صورت می‌گیرد که می‌توان آن‌ها را تحت عنوان گردش جوی یاد کرد. پس می‌توان گفت که هر الگوی گردشی یک الگوی فشار ویژه‌ای است که به دلیل کاهش اختلاف فشار تا رسیدن به حداقل اختلاف فشار از مکانی به مکان دیگر به حرکت درمی‌آید و در حین عبور از یک مکان، پدیده‌های سطحی همچون سیلاب‌های مخرب، آلودگی‌ها، خشک‌سالی‌ها، طوفان‌های شدید، هجوم آفات گیاهی و جانوری و ... را کنترل می‌کند. از آنجایی که شرایط جغرافیایی محل معمولاً ثابت است، تفاوت تیپ‌های هوایی که در یک محل از پس یکدیگر می‌آیند، تابع توده هوایی است که به آن محل وارد می‌شوند. در واقع هر تیپ هوا را می‌توان برآیند سیطره و پایستگی یک الگوی گردشی معین دانست (امینی‌نیا و محمودی، ۱۳۹۸)؛ هر چند محتمل است که یک الگوی گردشی معین در نقاط جغرافیایی مختلف تیپ‌های هوایی متفاوتی ایجاد کند. بنابراین به نظر می‌رسد که هیچ پدیده محیطی وجود ندارد که الگوی خاصی از توزیع فشار عامل ایجاد آن نباشد در نتیجه تنها راه تبیین و پیش‌بینی شرایط محیطی مطالعه الگوهای گردشی یا سیستم‌های فشار در سطح زمین و سطوح بالای جو است (علی‌جانی، ۱۳۸۸: ۲۰۱). امروزه بیشتر محققان در تلاش‌اند که با توجه به الگوهای گردشی، آب‌وهوای مناطق، پدیده‌های محیطی و تغییرات شرایط محیطی را شناسایی و پیش‌بینی کنند. از آنجاکه یکی از اهداف اصلی اقلیم‌شناسی همدید، شناسایی تیپ‌های همدید است ادبیات اقلیم‌شناسی از این جهت غنی است. شریدن^۱ (۲۰۰۲) به توسعه مجدد طرح طبقه‌بندی تیپ‌های هوا در شمال آمریکا پرداخت و هفت تیپ هوا را در آنجا مشخص نمود. شریدن (۲۰۰۳) فراوانی تیپ‌های هوا و شاخص‌های پیوند از دور اقلیمی شمال آمریکا را بررسی کرد و ارتباط تیپ‌های هوا را با این شاخص‌ها مورد بررسی قرار داد. هوچ و همکاران^۲ (۲۰۱۶) به تحلیل اقلیم الگوهای خوشه‌ای شکل گرفته بر روی اروپا پرداخت. نتایج نشان داد که افزودن یک متغیر تروپوسفر میانی به فشار سطح دریا به عنوان یک متغیر طبقه‌بندی شده، مهارت طبقه‌بندی دما را بهبود می‌بخشد. باشرگورکان و منتس^۳ (۲۰۲۴) با استفاده از تحلیل خوشه‌ای به تجزیه و تحلیل بادهای حدی زمستانه در ترکیه پرداختند. شش خوشه مجزا در ترکیه شناسایی شد که عمدتاً در اطراف رشته‌کوه توروس قرار دارند که در جهت شرقی-غربی و شمال شرقی در امتداد سواحل دریای سیاه امتداد یافته‌اند. از دیگر پژوهش‌ها در این زمینه می‌توان به: لوند^۴، ۱۹۶۳؛ کالاستن^۵ و همکاران، ۱۹۸۷؛ گائو و همکاران^۶، ۲۰۱۹؛ البوچی و لی^۷، ۲۰۲۴ و ... اشاره نمود. مسعودیان و محمدی (۱۳۸۶) تیپ‌های همدید ایستگاه سندنجان را بررسی و یازده تیپ همدید را معرفی نمودند. باعقیده و همکاران (۱۳۹۱) به بررسی تحلیل سینوپتیکی بارش‌های حوضه‌های اترک و گرگان‌رود (۳۹ بارش فراگیر) پرداختند. نتایج نشان داد که در الگوهای سطح زمین تقابل یک مرکز پرفشار نسبتاً قوی در

1. Sheridan

2. Huth et al

3. Başar Görgün & Menteş

4. Lund

5. Kalkstein

6. Gao

7. Ibebuchi & Lee

سمت غرب یا شمال غرب و مرکز کم‌فشاری در مرزهای شرقی ایران کاملاً مشهود است. چهره‌آرا و همکاران (۱۴۰۳) به تحلیل الگوهای همدیدی و نقش گردش منطقه‌ای جو در تولید گردوغبار محلی و منطقه‌ای بر روی استان قزوین پرداختند. نتایج حاکی از آن بود که دوره‌های گردوغباری شدید در استان معطوف به فصل گرم سال و به‌خصوص تابستان منطقه بوده و از سویی کمترین درصد رخداد این پدیده نیز در دوره زمستانه منطقه است. در این پژوهش سعی شده است تا تیپ‌های همدید شهر سبزوار تعیین و ارتباط آن با آرایش گردشی جو مورد بررسی قرار گیرد. ایستگاه سبزوار با ارتفاع ۹۷۷ متر در ۱۲° ۳۶' عرض شمالی و ۴۲° ۵۷' درجه شرقی واقع شده است.

روش پژوهش

به‌منظور تیپ بندی هوای سبزوار از مجموعه داده‌های روزانه ایستگاه هواشناسی سبزوار، ۱۱ متغیر اقلیمی شامل دمای خشک و تر، میانگین دمای روزانه، جهت و سرعت باد، حداکثر و حداقل دمای روزانه، رطوبت نسبی، بارش (میلی‌متر)، ساعات آفتابی و فشار سطح ایستگاه در ساعت ۱۲ زولو طی دوره آماری ۱۹۷۷/۱/۱ تا ۲۰۲۳/۱۱/۳۰ به مدت ۴۷ سال برگزیده شد. این داده‌های بدین دلیل انتخاب شدند که نماینده شایسته‌ای از شرایط دمایی و رطوبتی جو می‌باشند در طی این بررسی ماتریسی به‌صورت ۱۱×۱۱۳۲۲ به وجود آمد که سطرها مربوط به روزها و ستون‌ها مربوط به پارامترها بود. برای انجام تحلیل خوشه‌ای چون داده‌ها دارای یکاهای مختلفی بودند اقدام به استانداردسازی داده‌های گردید تا وزن همه متغیرها در تفکیک تیپ‌های هوا یکسان باشد. برای استانداردسازی از رابطه زیر استفاده شد (میچلیدو^۱ و همکاران، ۲۰۰۹، ۱۶۶).

$$STND_{ij} = \frac{Data_{ij} - Min_j}{Max_j - Min_j} \quad \text{رابطه ۱}$$

$STND_{ij}$ مقدار استاندارد شده متغیر j ام در روز i ام، $Data_{ij}$ مقدار متغیر j ام در روز i ام، Min_j مقدر کمینه متغیر j ام و Max_j مقدار بیشینه متغیر j ام است (الیوت^۲ و همکاران، ۲۰۱۵، ۱۰۳؛ یعقوب^۳، ۱۹۴۷، ۴۳). بسته به روشی که برای محاسبه درجه همانندی و چگونگی ادغام استفاده می‌شود، یک تحلیل خوشه‌ای را می‌توان به شیوه‌های مختلفی اجرا کرد. در این پژوهش از روش فاصله اقلیدسی استفاده شده است. ضریب فاصله اقلیدسی که آن را با e_{jk} نشان می‌دهد از رابطه زیر به دست می‌آید (برندی^۴ و همکاران، ۱۹۸۷: ۲۶۳؛ کریچک^۵ و همکاران، ۲۰۰۰، ۲۱۸).

$$e_{jk} = \left[\sum_{i=1}^2 (X_{ij} - X_{jk})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{رابطه ۲}$$

1. Michailidou
2. Ailliot
3. Jacobs
4. Bernardi
5. Krichak

در این رابطه e_{jk} ضریب فاصله اقلیدسی، X_{ij} مقدار صفت i ام بر روی فرد j ام و X_{jk} مقدار صفت k است (فرشادفر، ۱۳۸۹: ۵۶۳). پس از اندازه‌گیری درجه همانندی باید شیوه‌ای برای ادغام داده‌هایی که بالاترین همانندی را نشان داده‌اند به کاربرد. در مطالعات آب‌وهوا شناسی شیوه معمول روش ادغام وارد^۱ است، زیرا در این صورت میزان پراش درون‌گروهی به حداقل و همگنی گروه‌های حاصل به حداکثر می‌رسد. بعد از انجام تحلیل خوشه‌ای بر روی این آمار و مشاهده دار نمای حاصل از این روش مشخص شد که سبزوار دارای ۴ تیپ آب و هوایی می‌باشد (شکل ۱). در نهایت برای مشخص شدن الگوهای هم‌مدیدی حاکم بر آب‌وهوای سبزوار اقدام به استخراج روزهای نماینده مربوط به هر الگو جهت تشریح وضعیت عناصر در سطح زمین گردید. برای بررسی شرایط سینوپتیکی در ترازهای فوقانی جو با مراجعه به تارنمای مرکز ملی پیش‌بینی محیطی آمریکا (NCEP/NCAR)، داده‌های مربوط به ارتفاع ژئوپتانسیل (HGT)، فشار تراز دریا (SLP)، دمای هوا (Air)، نم ویژه (Shum)، مؤلفه‌های مداری (U) و نصف‌النهاری (V) باد اخذ و با استفاده از نرم‌افزار GrADS اقدام به ترسیم نقشه‌های مربوطه شد. سپس با تهیه و بهره‌گیری از نقشه‌های تاوایی، جبهه‌زایی، فرا رفت دما و رطوبت، هر یک از روزهای نماینده مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد تاوایی، جبهه‌زایی، فرا رفت دما و فرا رفت رطوبت به ترتیب به پژوهش‌های لیتمن^۲، ۲۰۰۰؛ فلاح قاهری، ۱۳۹۰؛ مسعودیان، ۱۳۸۸ و مسعودیان، ۱۳۹۱ مراجعه گردد.

یافته‌های پژوهش

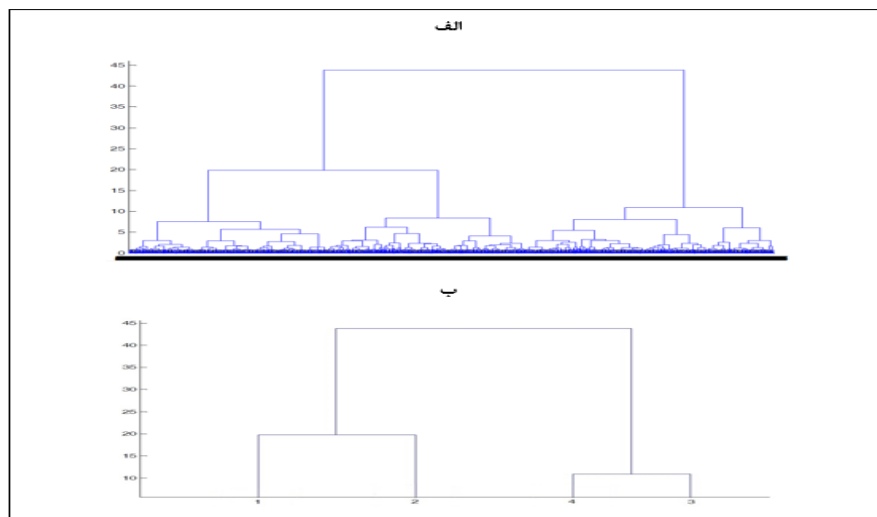
با انجام تحلیل خوشه‌ای بر روی ماتریسی با ابعاد 11×11322 با آرایش p و ادغام روزها بر اساس روش وارد، تعداد چهار تیپ هوا برای شهر سبزوار شناسایی شد. شکل ۱ دار نمای حاصل و جدول ۱ تیپ‌های شناسایی شده را نشان می‌دهند.

جدول ۱: تیپ‌های هوای شهر سبزوار

ردیف	تیپ هوا
۱	تیپ گرم و خشک، بدون بارش و بادی
۲	تیپ مرطوب و بارش‌مند
۳	تیپ سرد و خشک
۴	تیپ خنک و بادی

1 . Ward

2 . Littmann



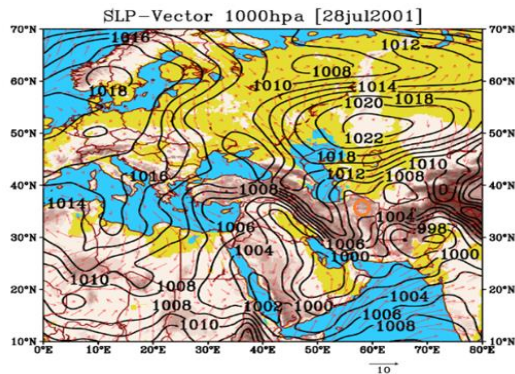
شکل ۱: دار نمای تیپ‌های هوای شهر سبزوار (الف) دار نمای ۴ تیپ هوای شهر سبزوار (ب)

– تیپ گرم و خشک، بدون بارش و بادی

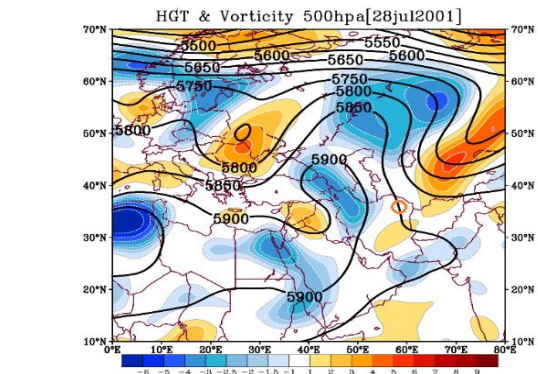
این تیپ هوا با بیشینه فراوانی ۳۶ درصد در سال در دوره گرم سال مشخص می‌شود. خصوصیات این تیپ، هوای گرم، رطوبت پایین، بارش کم و وزش باد می‌باشد. میانگین دمای روزانه آن ۲۵/۲، حداکثر دمای روزانه ۳۹ و حداقل آن ۱۹/۱ درجه سانتی‌گراد است. تعداد ساعات آفتابی در این تیپ بالا بوده و ابرناکی آسمان ناچیز است. روز نماینده آن ۲۸ جولای ۲۰۰۱ می‌باشد. وضعیت پارامترهای آب‌وهوایی در روز نماینده در جدول ۲ نشان می‌دهد که میانگین روزانه دما ۲۵/۴، حداکثر ۴۰ و حداقل دما ۱۸/۲ درجه سانتی‌گراد است. تعداد ساعات آفتابی ۹/۹ و رطوبت نسبی ۱۴ درصد می‌باشد. شکل‌های ۲، ۳، ۴ و ۵ به ترتیب نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل و تاوایی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، فشار تراز دریا و بردار باد، نقشه دمای هوا و فرا رفت دمای هوا در سطح زمین و نقشه آنومالی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ و ضخامت جو بین لایه ۱۰۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال برای روز نماینده (۲۸ جولای ۲۰۰۱) را نشان می‌دهد.

جدول ۲: مشخصات روز نماینده در تیپ شماره یک

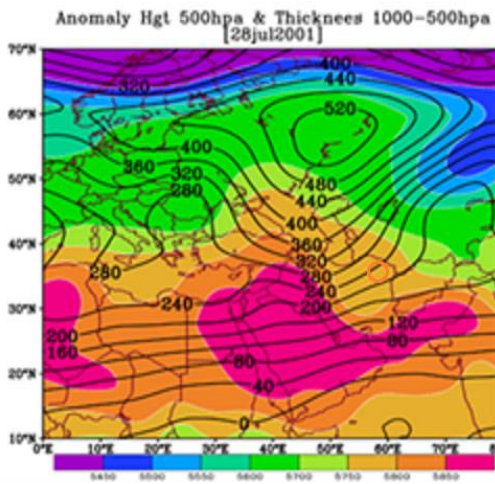
تیپ	جهت باد	سرعت باد	دمای خشک	دمای تر	حداقل دما	حداکثر دما	رطوبت نسبی	ساعات آفتابی	بارش	فشار سطح ایستگاه	میانگین دمای روزانه
شماره یک	۲	۱۲	۳۳/۸	۱۷	۱۸/۲	۴۰	۱۴	۹/۹	۰۰	۹۰۴/۱	۲۵/۴



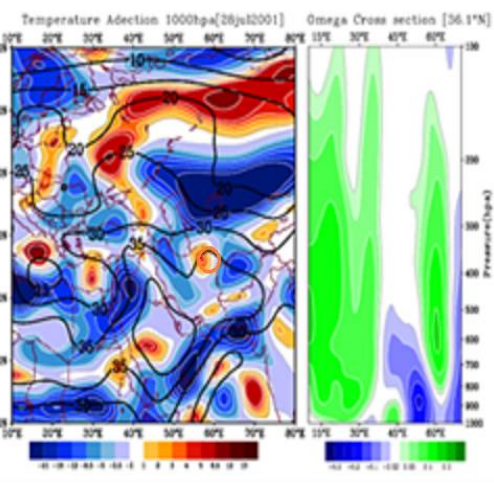
شکل ۳: نقشه فشار تراز دریا و بردار باد



شکل ۲: نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل و تاوایی تراز ۵۰۰ پ



شکل ۵: نقشه آنومالی و ضخامت جو بین ۵۰۰ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال



شکل ۴: نقشه دمای هوا و فرا رفت دما برای سطح زمین و نیمرخ سرعت قائم (امگا)

با توجه به نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، پدیده غالب، حضور یک پشته با محور شمالی-جنوبی در این فصل از سال است که سبب شده تا در سراسر کشور نزول هوا و آسمانی صاف و جوی آرام حاکم باشد. مقادیر ارتفاع ژئوپتانسیل در روز نماینده به بیش از ۵۹۰۰ ژئوپتانسیل متر بر روی منطقه رسیده است که در نهایت باعث شده تا جوی ساکن، گرم، خشک و بدون بارش برای منطقه به وجود آید. با بررسی نقشه فشار تراز دریا نیز حضور یک پرفشار در قسمت‌های شمالی دریای خزر مشاهده می‌شود که حاکی از نزول دینامیکی حاصل از پرفشار تراز فوقانی مذکور است. فشار مرکزی این پرفشار به بیش از ۱۰۲۲ هکتوپاسکال می‌رسد. تشکیل یک کم‌فشار بر روی پاکستان باعث شده تا در اثر شیو فشار جریانات شمالی بر روی ایران حاکم باشد. با توجه به نقشه فرا رفت دما مشخص شد که تشکیل یک هسته گرم بر روی شبه‌جزیره عربستان و ورود آن به منطقه، سبب گرم شدن و افزایش دما شده است. از طرفی به دلیل گرمایش سطحی یک‌لایه ناپایداری در لایه‌های زیرین جو نیز مشاهده می‌شود که مقادیر منفی سرعت قائم گویای این امر است (شکل ۴). دمای هوا در مرکز این هسته گرم به بیش از ۴۰ درجه سانتی‌گراد رسیده است. در نقشه مربوط به ضخامت و ناهنجاری ارتفاع ژئوپتانسیل، به دلیل استقرار سیستم مانع بر روی کشور، مقادیر آنومالی ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال به بیش

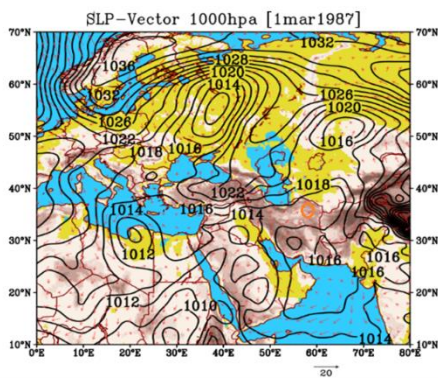
از ۶۰۰ ژئوپتانسیل متر رسیده است که این افزایش ارتفاع با افزایش ضخامت لایه مابین تراز ۵۰۰ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال بوده است (شکل ۵).

– تیپ مرطوب و بارشمند

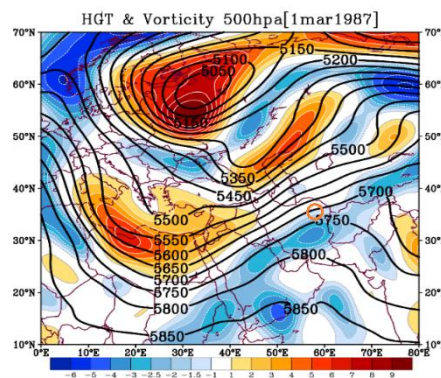
این تیپ هوا در اوایل پاییز و بهار و اواخر زمستان دیده می‌شود که بیشترین فراوانی آن در فروردین و اردیبهشت و ۱۲ درصد از تعداد روزهای سال را به خود اختصاص داده است. در زمان حاکمیت این تیپ دمای هوا کاهش و رطوبت افزایش می‌یابد. روز نماینده این تیپ ۱ مارس ۱۹۸۷ می‌باشد. در این روز میانگین دمای هوا ۱۲/۵، حداکثر دما ۱۷/۸ و حداقل دما ۱۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. تعداد ساعات آفتابی در این روز ۰/۱ ساعت بوده است، از طرفی مقدار میانگین رطوبت نسبی ۷۰ درصد است. بارندگی در این روز ۱۳ میلی‌متر است (جدول ۳).

جدول ۳: مشخصات روز نماینده در تیپ شماره دو

تیپ	جهت باد	سرعت باد	دمای خشک	دمای تر	حداقل دما	حداکثر دما	رطوبت نسبی	ساعات آفتابی	بارش	فشار سطح ایستگاه	میانگین دمای روزانه
شماره دو	۲۹۰	۰۰	۱۴	۱۱	۱۳	۱۷/۸	۷۰	۰/۱	۱۳	۹۰۲/۳	۱۲/۶

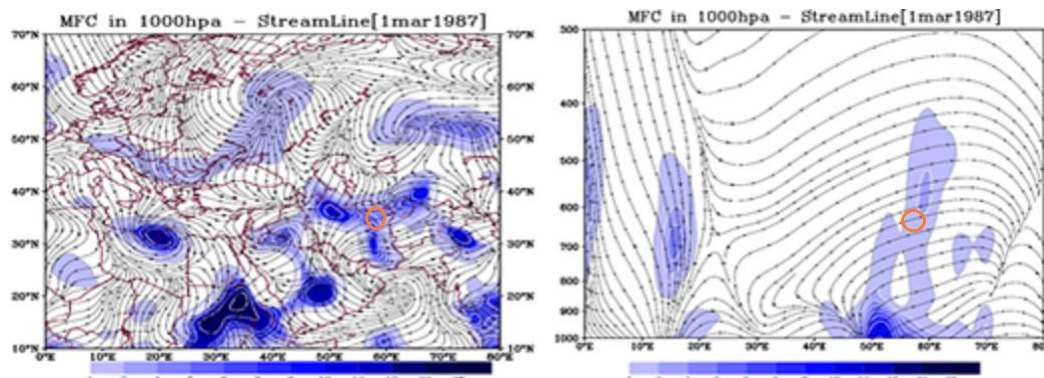


شکل ۷: نقشه فشار تراز دریا و بردار باد



شکل ۶: نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل و تاوایی تراز ۵۰۰ ه پ

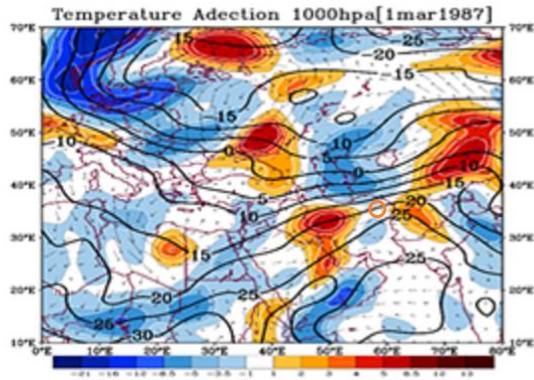
با توجه به آرایش الگوی ارتفاع ژئوپتانسیل در این روز مشخص شد که استقرار فرود نسبتاً عمیق در غرب خاورمیانه و قرارگیری یک هسته کم ارتفاع در شمال اروپا سبب شده تا با ریزش هوای سرد عرض‌های بالاتر، دمای هوا در منطقه کاهش یابد. کاهش دما، افزایش رطوبت نسبی و درنهایت با اغتشاشات در ترازهای فوقانی، سبب شده تا در این روز بارندگی رخ دهد (شکل ۶). در سطح زمین نیز تأثیر پرفشار واقع در جنوب ایران مشخص است. به گونه‌ای که زبانه‌های این پرفشار با عبور از خلیج فارس شمال شرق کشور کشیده شده است (شکل ۷).



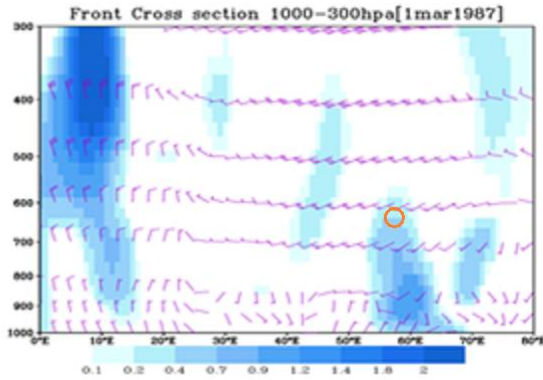
شکل ۹: نقشه فرا رفت رطوبت در سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال

شکل ۸: نیمرخ فرا رفت رطوبت برای عرض ۳۶،۱۲ شمالی (عرض ایستگاه سبزوار)

نقشه تهیه شده برای فرا رفت رطوبت نیز گویای این امر است که از سطح زمین تا در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال منطقه با فرا رفت مثبت همراه بوده که رطوبت لازم برای بارندگی فراهم گشته است. با بررسی خطوط جریان باد منابع تأمین کننده رطوبت برای بارندگی نیز به خوبی مشخص شد. به طوری که نقش خلیج فارس و دریای عمان پررنگ تر از سایرین بوده و با استقرار سیستم‌های همید شرایط را برای انتقال فراهم آورده است. در نقشه نیمرخ قائم تابع جبهه‌زایی برای عرض ۳۶/۱۲ درجه (عرض ایستگاه سبزوار) مشاهده شد که از سطح زمین تا تراز ۶۰۰ هکتوپاسکال جبهه تشکیل شده است (شکل ۸). این جبهه مابین طول‌های ۵۵ تا ۶۵ درجه شرقی گسترش یافته که شدت آن بر روی منطقه مورد مطالعه، بیش از ۲ درجه کلون در روز است. هسته اصلی فعالیت این جبهه بر روی نصف‌النهارهای ۶۰ تا ۶۳ درجه شرقی است که با افزایش ارتفاع این هسته به سمت غرب کشیده شده است. در سطوح بالاتر و در ترازهای ۶۵۰ تا ۲۵۰ هکتوپاسکال نیز یک هسته شدید جبهه‌زایی دقیقاً بر روی منطقه مورد مطالعه تشکیل شده که نویدبخش یک هوای ناپایدار در منطقه است. در نیمرخ قائم جبهه‌زایی خطوط منحنی قرمز رنگ نشان دهنده دمای هوا هستند (شکل ۹). نتایج به دست آمده از بررسی وضعیت دما گویای این امر است که ریزش هوای سرد بر روی منطقه از عوامل اصلی ایجاد جبهه است. به گونه‌ای که مابین طول‌های ۴۰ تا ۵۰ درجه، ۵۰ تا ۶۰ درجه و ۶۰ تا ۷۰ درجه به ترتیب با افزایش، کاهش و افزایش دما روبرو هستیم (شکل ۱۰). اختلاف دما و ایجاد گرادیان دمایی مسبب اصلی جبهه‌زایی در روز نماینده بود. برای نمایش بهتر وضعیت دمایی جو اقدام به ترسیم فرا رفت دما در سطح زمین شد. بر اساس گفته‌های پیشین حضور دو هسته گرم شونده در غرب و شرق، با دو هسته سرد شونده در جنوب و شمال ایران در زمان رخداد بارندگی تأیید می‌شود. هسته قوی شمالی که بر روی خزر قرار داشته بنا به شمالی بودن جریانات با ریزش و انتقال هوای سرد به کشور همراه بوده که هسته این سلول سرد شونده به کمتر از ۴- درجه کلون در روز می‌رسد (شکل ۱۱).



شکل ۱۱: نقشه فرا رفت دما برای سطح زمین



شکل ۱۰: نیمرخ قائم جبهه‌زایی برای عرض ۳۶،۱۲ شمالی (عرض ایستگاه سبزوار)

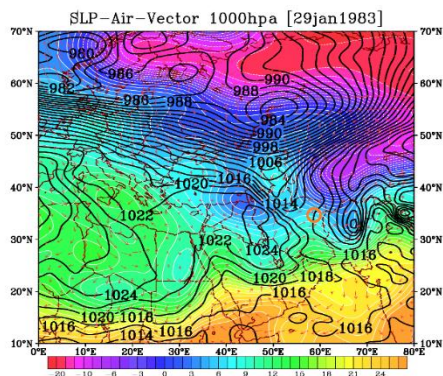
- تیپ سرد و خشک

این تیپ که در ایام سرد سال بخصوص زمستان مشاهده می‌شود ۲۷ درصد از تعداد روزهای سال را به خود اختصاص داده است. در زمان حاکمیت این تیپ دمای هوا به شدت کاهش می‌یابد. کاهش رطوبت و دما از ویژگی‌های این تیپ به شمار می‌رود. روز نماینده این تیپ ۲۹ ژانویه ۱۹۸۳ است. همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، حداقل دما در این روز به کمتر از ۲- درجه سانتی‌گراد رسیده است.

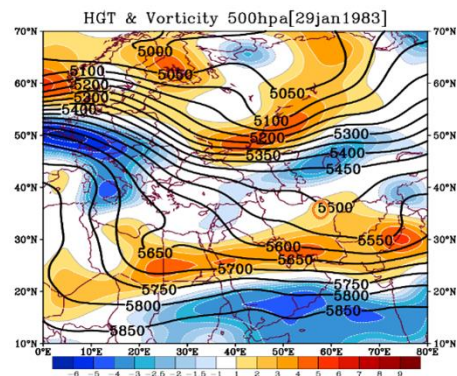
جدول ۴: مشخصات روز نماینده در تیپ شماره سه

تیپ	جهت باد	سرعت باد	دمای خشک	دمای تر	حداقل دما	حداکثر دما	رطوبت نسبی	ساعات آفتابی	بارش	فشار سطح ایستگاه	میانگین دمای روزانه
شماره سه	۲۸۰	۴	۳/۲	-۰/۴	-۲/۸	۴	۴۷	۵	۰۰	۹۰۴	۱/۴

نقشه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان‌دهنده وجود جریانات غربی بر روی منطقه مورد مطالعه است (شکل ۱۲). چرخندگی منفی بر روی این ناحیه نزول هوا را در برداشته است. از طرفی با نزول هوا و ریزش هوای سرد عرض‌های بالاتر جوی آرام، سرد و خشک را در سطح زمین به وجود آورده است. نقشه فشار در سطح زمین ورود زبانه پرفشار سیبری به منطقه را نشان می‌دهد. ورود زبانه‌های پرفشار سیبری به منطقه باعث افت محسوس دما شده و به دلیل ساعت‌گرد بودن جریان هوا در سامانه مذکور جریانات سرد وارد منطقه شده و شرایط را تشدید کرده است. به‌گونه‌ای که منحنی‌های مربوط به دما، کاهش دمای حاصل از ورود این سامانه به کشور را به‌خوبی تبیین می‌نماید (شکل ۱۳). پس چنین می‌توان نتیجه گرفت که در زمان حاکمیت این الگو تأثیر گذارترین سیستم همدیدی، پرفشار سیبری و زبانه‌های ورودی آن به منطقه است.



شکل ۱۳: نقشه فشار تراز دریا، بردار باد و دمای هوا



شکل ۱۲: نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل و تاوایی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

- تیپ خنک و بادی

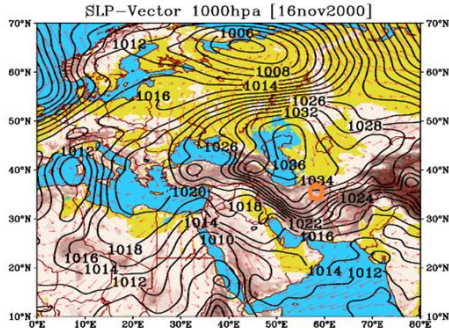
از نظر توزیع فصلی بیشترین فراوانی این تیپ در اواسط فصل پاییز و اوایل فصل بهار مشاهده می‌شود که ۲۵ درصد از کل روزهای سال را به خود اختصاص داده است. در زمان حاکمیت تیپ مذکور شرایط جوی مطلوب بوده است. نماینده این تیپ، ۱۶ نوامبر سال ۲۰۰۰ است. جهت باد در این روز شمالی بوده که میانگین سرعت آن ۱۷ نات است. میانگین دما در این روز ۹/۵ درجه سانتی‌گراد بوده است. از نکات قابل توجه این تیپ نبود یخبندان طی دوره حاکمیت تیپ مذکور می‌باشد (جدول ۵).

جدول ۵: مشخصات روز نماینده در تیپ شماره چهار

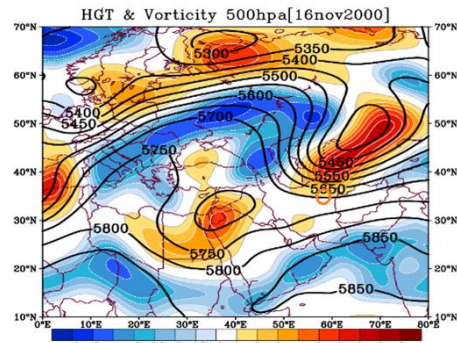
تیپ	جهت باد	سرعت باد	دمای خشک	دمای تر	حداقل دما	حداکثر دما	رطوبت نسبی	ساعات آفتابی	بارش	فشار سطح ایستگاه	میانگین دمای روزانه
شماره چهار	۱۰	۱۷	۱۲/۸	۵/۲	۲/۲	۱۴/۴	۴۰	۷/۲	۰۰	۹۱۵	۹/۵

وجود یک سیستم مانع بر روی شرق اروپا سبب شده تا شرایط پایدار در زیر این سامانه به وجود آید. گستره این سیستم بین عرض‌های ۴۰ تا ۶۵ درجه عرض جغرافیایی است. شرایط حاصل از استقرار این سیستم، سبب شده تا جریانات به دو صورت شمالی و جنوبی تقسیم گردد (شکل ۱۴). جریانی که به سمت عرض‌های بالاتر حرکت کرده، سبب شده تا هوای سرد این مناطق را در شرق دریای خزر انتقال دهد. ریزش و تشکیل یک سرد چال شرایط را برای صعود در شرقی‌ترین نقاط ایران فراهم آورده است ولی به دلیل قرارگیری منطقه مور مطالعه در زیر محور فرود، فقط هوایی خنک را برای این ناحیه به ارمغان آورده است. با بررسی سیستم‌های فشار در سطح زمین، وجود یک هسته پرفشار بر روی دریای خزر با فشار مرکزی ۱۰۳۵ هکتوپاسکال که حاصل از قرارگیری آن در زیر محور فرود بوده، در قسمت دیگر حضور یک سلول کم‌فشار بر روی دریای سرخ سبب شده تا جریانات هوا به سمت جنوب غرب باشد (شکل ۱۵). گرادیان فشار بین این دو سامانه

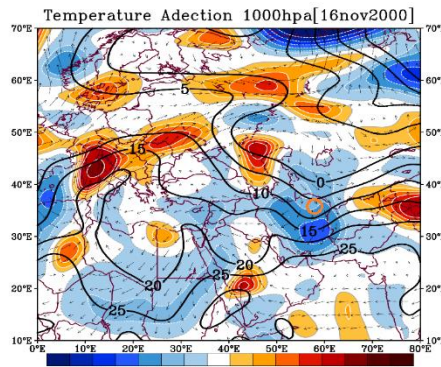
بیش از ۲۰- هکتوپاسکال بوده که نتیجه این شیب تغییرات فشار وزش بادهای سریع باشد. از طرفی جهت این وزش شمال به جنوب بوده که این امر را می‌توان در آمار ثبت‌شده در ایستگاه سبزوار یافت.



شکل ۱۵: نقشه فشار تراز دریا و بردار باد



شکل ۱۴: نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل و تاوایی ۵۰۰ هکتوپاسکال



شکل ۱۶: نقشه فرا رفت دما برای سطح زمین

شرایط دما را می‌توان در نقشه فرا رفت دما جستجو کرد (شکل ۱۶). با تشکیل سیستم پرفشار در سطح زمین، جریانات در منطقه شمالی شده و هوای سرده به منطقه وارد شده است. با توجه به این نقشه مشخص شد که تشکیل سلول هوای سرد که معرف آن پربند دمای صفر درجه است، با وارد شدن به شرق کشور سبب کاهش دما گردیده به گونه‌ای که این کاهش بین ۱ تا ۱/۵ درجه سانتی‌گراد در روز بوده است.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش به منظور شناسایی تیپ‌های هوای شهر سبزوار از داده‌های روزانه ۱۱ متغیر اقلیمی طی دوره آماری ۱۹۷۷/۱/۱ تا ۲۰۲۳/۱۱/۳۰ به مدت ۴۷ سال استفاده شده است. برای این کار ماتریسی از داده‌ها با آرایش p (پارامترها در ستون‌ها و روزها در سطرها) در نرم‌افزار مطلب ایجاد شد. با توجه به اینکه داده‌ها دارای یکاهای مختلفی هستند آن‌ها را استاندارد کرده و سپس با انجام یک تحلیل خوشه‌ای بر روی داده‌های استاندارد شده، چهار تیپ متمایز برای شهر سبزوار شناسایی شد. هر کدام از تیپ‌های شناسایی شده در یک دوره زمانی خاصی دیده می‌شوند و هر کدام ویژگی خاص خود را

دارند. بیشترین فراوانی برای تیپ گرم، خشک و بدون بارش و کمترین فراوانی مربوط به تیپ مرطوب و بارش‌مند است. بادخیز بودن شهر سبزواری در دوره گرم سال به دلیل استقرار پرفشار آזור در تراز میانی جو و گرمایش سطحی حاصل از استقرار این سامانه و تشکیل کم‌فشار در نواحی ایران مرکزی و حضور و تشکیل یک سلول پرفشار در شمال دریایچه آزال می‌باشد. با انباشت انرژی در لایه‌های سطحی کم‌فشار مذکور عمیق‌تر شده و جریان‌های افقی شدیدی رخ می‌دهد. در دوره سرد سال نیز شرایط جوی در ترازهای فوقانی به‌گونه‌ای است که قرارگیری یک سیستم مانع در شرق اروپا سبب ریزش هوای سرد بر روی نواحی دریای خزر می‌گردد. از طرفی در این موقع از سال سامانه‌های کم‌فشار در جنوب و جنوب غرب خاورمیانه باعث شده تا گرادیان شدید فشار رخ داده و سبب وقوع و استمرار باد در منطقه گردد. برای تیپ سرد و خشک نیز باید علت را در سطح زمین جستجو کرد. بدین گونه که با انتقال پرفشار آזור به عرض‌های پایین‌تر، شرایط برای سیستم‌های واچرخندی سطحی مهیا می‌گردد. با پیشروی و گسترش پرفشار سیبری به عرض‌های پایین‌تر، شرایط سرد در مناطق شرقی ایران حکم‌فرما می‌شود که منطقه مورد مطالعه از این قاعده مستثنا نیست. پس می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که برای هر تیپ و برای هر دوره از سال سیستم‌های به خصوصی از سامانه‌های جوی آب‌وهوای سبزواری را کنترل می‌کنند. نتایج پژوهش حاضر با پژوهش‌های مسعودیان محمدی (۱۳۸۶) و باعقیده و همکاران (۱۳۹۱) که در آن به ترتیب شناسایی تیپ‌های همدید هوای ایستگاه سنندج و تحلیل سینوپتیکی بارش‌های حوضه‌های اترک و گرگان رود همخوانی دارد. در پژوهش‌های مذکور نیز به نقش پرفشار سیبری و آזור بر روی آب و هوای ایران اشاره گردیده است.

منابع

- ۱- امینی نیا، کریم و محمودی، علی (۱۳۹۸): شناسایی و تحلیل همدیدی تیپ‌های هوای شهر اهر، جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال بیست و سوم، شماره شصت و هشتم، صص ۲۳-۴۵.
- ۲- باعقیده، محمد، انتظاری، علیرضا و علیمردانی، فاطمه (۱۳۹۱): تحلیل سینوپتیکی بارش‌های حوضه‌های اترک و گرگان رود (۳۹ بارش فراگیر)، جغرافیا و توسعه، سال دهم، شماره بیست و ششم، صص ۱۱۳-۱۲۴.
- ۳- چهره‌آرا، ته‌مین، شیخ‌الملوکی، یوسف و حاجیوند پایداری، سمیه (۱۴۰۳): تحلیل الگوهای همدیدی و نقش گردش منطقه‌ای جو در تولید گردوغبار محلی و منطقه‌ای بر روی استان قزوین. پژوهش‌های اقلیم‌شناسی. پذیرش آنلاین.
- ۴- حجازی زاده، زهرا (۱۳۷۲): بررسی نوسانات فشار زیاد جنب حاره در تغییر فصل ایران، قائمی، هوشنگ، رساله دکتری. دانشگاه تربیت مدرس تهران.
- ۵- علیجانی، بهلول (۱۳۹۳): اقلیم‌شناسی سینوپتیک. سمت، جلد اول، چاپ هشتم، سمت، تهران.
- ۶- فرشادفر، عزت‌ا... (۱۳۸۹): اصول و روش‌های آماری چند متغیره، دانشگاه رازی (کرمانشاه)، طاق‌بستان، جلد اول، چاپ سوم، کرمانشاه، ۷۵۴ صفحه.
- ۷- فلاح قاهره‌ای، غلام عباس (۱۳۹۰): اصول و مبانی هواشناسی، انتشارات پژوهشکده اقلیم‌شناسی. جلد اول، چاپ اول، مشهد، ایران.

- ۸- کفایت مطلق، امیدرضا، خسروی، محمود، مسعودیان، سید ابوالفضل (۱۳۹۸): تحلیل میانگین درازمدت تابش بلند زمینی ایران با داده‌های سنجش‌ازدور. فصلنامه علمی- پژوهشی اطلاعات جغرافیایی «سپهر»، سال بیست و هشتم، شماره صدونهم، صص ۱۹۹-۲۰۹.
- ۹- مارتین، جاناتان (۱۳۸۸): دینامیک جو در عرض میانه، ترجمه: سید ابوالفضل مسعودیان، انتشارات دانشگاه اصفهان و سمت. تهران، ایران.
- ۱۰- مسعودیان، ابوالفضل و محمدی، بختیار (۱۳۸۶): شناسایی تیپ‌های همدید هوای ایستگاه سنندج (طی سال‌های ۷۳-۱۳۴۳)، مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، سال پنجم، شماره نهم، صص ۱-۲۳.
- ۱۱- مسعودیان، ابوالفضل، عساکره، حسین، محمدی، بختیار و حلبیان، امیرحسین (۱۳۹۱): نمایش و پردازش داده‌های جوی. انتشارات دانشگاه اصفهان. اصفهان، ایران.

- 12- Ailliot, P., Allard, D., Monbet, V., & Naveau, P. (2015): Stochastic Weather Generators: An Overview Of Weather Type Models. *Journal De La Société Française De Statistique*, 156(1), 101-113.
- 13- Başar Görgün, U. G., & Menteş, Ş. S. (2024): Analyzing Wintertime Extreme Winds Over Türkiye And Their Relationships With Synoptic Patterns Using Cluster Analysis. *Atmosphere*, 15(2), 196.
- 14- Bernardi, A., Camuffo, D., Del Turco, A., Gaidano, D., & Lavagnini, I. (1987): Pollution Episodes At Venice Related To Weather Types: An Analysis For A Better Predictability. *Science Of The Total Environment*, 63, 259-270.
- 15- Gao, M., Yang, Y., Shi, H., & Gao, Z. (2019): SOM-Based Synoptic Analysis Of Atmospheric Circulation Patterns And Temperature Anomalies In China. *Atmospheric Research*, 220, 46-56.
- 16- Huth, R., Beck, C., & Kučerová, M. (2016): Synoptic-Climatological Evaluation Of The Classifications Of Atmospheric Circulation Patterns Over Europe.
- 17- Ibebuchi, C. C., & Lee, C. C. (2024): Circulation Pattern Controls Of Summer Temperature Anomalies In Southern Africa. *Advances In Atmospheric Sciences*, 41(2), 341-354.
- 18- Jacobs, W. C. (1947): Wartime Developments In Applied Climatology. In *Wartime Developments In Applied Climatology* (Pp. 1-52). Boston, MA: American Meteorological Society.
- 19- Kalkstein, L. S., Tan, G., & Skindlov, J. A. (1987): An Evaluation Of Three Clustering Procedures For Use In Synoptic Climatological Classification. *Journal Of Applied Meteorology And Climatology*, 26(6), 717-730.
- 20- Krichak, S. O., Tsidulko, M., & Alpert, P. (2000): Monthly Synoptic Patterns Associated With Wet/Dry Conditions In The Eastern Mediterranean. *Theoretical And Applied Climatology*, 65, 215-229.
- 21- Littmann, T. (2000): An Empirical Classification Of Weather Types In The Mediterranean Basin And Their Interrelation With Rainfall. *Theoretical And Applied Climatology*, 66, 161-171.
- 22- Lund, I. A. (1963): Map-Pattern Classification By Statistical Methods. *Journal Of Applied Meteorology* (1962-1982), 56-65.
- 23- Michailidou, C., Maheras, P., Arseni-Papadimitriou, A., Kolyva-Machera, F., & Anagnostopoulou, C. (2009): A Study Of Weather Types At Athens And Thessaloniki And Their Relationship To Circulation Types For The Cold-Wet Period, Part I: Two-Step Cluster Analysis. *Theoretical And Applied Climatology*, 97, 163-177.
- 24- Sheridan, S. C. (2002): The Redevelopment Of A Weather-Type Classification Scheme For North America. *International Journal Of Climatology: A Journal Of The Royal Meteorological Society*, 22(1), 51-68.

- 25- Sheridan, S. C. (2003): North American Weather-Type Frequency And Teleconnection Indices. *International Journal Of Climatology: A Journal Of The Royal Meteorological Society*, 23(1), 27-45.