

مطالعه و شناسایی الگوهای دینامیکی همیدی موثر بر رخداد خشکسالی های استان سمنان

محمدکیا کیانیان^{۱*}، حسن حاجی محمدی^۲، سیدحسن کابلی^۳، علیرضا مشکی^۴،

حمیدرضا عسگری^۵

^۱ عضو هیات علمی دانشکده کویرشناسی دانشگاه سمنان، ^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد آب و هواشناسی دانشگاه حکیم سبزواری، ^۳ عضو هیات علمی دانشکده کویرشناسی دانشگاه سمنان، ^۴ عضو هیات علمی دانشکده کویرشناسی دانشگاه سمنان ^۵ عضو هیات علمی (استادیار) دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
تاریخ دریافت: ۹۴/۱۲/۶؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۷/۳

چکیده

بروز خشکسالی به عنوان یک ناهنجاری جوی، پدیده‌ای طبیعی است، که ریشه در تغییرپذیری آب و هوا و مهم‌تر از همه، گردش عمومی جو دارد. با توجه به این مهم می‌توان گفت، که سیستم‌های کنترل‌کننده گردش عمومی جو، سیکلون‌ها، آنتی‌سیکلون‌ها و جبهه‌های هوا می‌باشند، که آب و هوای عرض‌های میانه کره زمین را کنترل می‌کنند، بنابراین علل بروز خشکسالی‌ها را باید در تغییرات و ناهنجاری الگوهای جوی جستجو کرد. یکی از این ناهنجاری‌ها، واچرخندهای جوی یا همان آنتی‌سیکلون‌ها می‌باشد. بررسی و شناسایی ماهیت ساختاری این پدیده به عنوان یکی از ناهنجاری‌های جوی در شناخت دوره‌های خشک می‌تواند بسیار موثر باشد. به منظور تبیین ساز و کار واچرخندها در زمان رخداد خشکسالی‌های فراگیر در استان سمنان، ساختار منطقه‌ای جو بررسی گردید، که در این راستا، از آمار بارندگی ۷ ایستگاه سینوپتیک و ۲۷ ایستگاه باران‌سنجی سازمان هواشناسی استفاده شد. برای شناسایی دوره‌های خشک، شاخص بارش استاندارد (SPI) به کار گرفته شد. در ادامه برای تبیین ساختار واچرخندها، از داده‌های ارتفاع ژئوپتانسیل، فشار تراز دریا، امگا، مولفه‌های مداری و نصف‌النهاری باد متعلق به مرکز ملی پیش‌بینی‌های محیطی/علوم جو (NCEP/NCAR) استفاده گردید. از نتایج به دست آمده مشخص شد، که واچرخندها در غالب چهار الگو در رخداد خشکسالی‌های منطقه اثرگذارند. استقرار یک فراز قوی بر روی منطقه همراه با تاوایی منفی، نزول دینامیکی شدید هوا، همراه با کاهش شدید رطوبتی و قرارگیری استان در زیر چرخندگی منفی، از دلایل عمده این پدیده فرین به حساب می‌آید. کاهش رطوبت موردنیاز و از طرفی تقلیل یافتن مقادیر جریان‌های صعودی و واردشدن زبانه‌هایی از پرفشار سیبری به ایران مرکزی سبب شده، تا اغتشاش‌ها جوی به حداقل خود برسد. با بررسی‌های فوق می‌توان ادعان داشت، که بکارگیری شاخص‌های دینامیکی می‌تواند ابزاری کارآمد در پایش و پیش‌بینی خشکسالی‌های منطقه به حساب آید.

واژه‌های کلیدی: واچرخند، خشکسالی، پرفشار، استان سمنان

مقدمه و بیان مسئله

هوا و مهمتر از همه، گردش عمومی جو دارد. با توجه به این مهم می‌توان گفت، که سیستم‌های کنترل‌کننده گردش عمومی جو، سیکلون‌ها، آنتی‌سیکلون‌ها و جبهه‌های هوا می‌باشند، که آب و هوای عرض‌های میانه کره زمین را کنترل می‌کنند؛ بنابراین علل بروز خشکسالی‌ها را باید در تغییرات و ناهنجاری الگوهای جوی جستجو کرد. یکی از این ناهنجاری‌ها، واچرخندهای جوی یا همان آنتی‌سیکلون‌ها می‌باشند. بررسی و شناسایی ماهیت ساختاری این پدیده

تنوع زمانی و مکانی الگوهای گردش جو در مقیاس منطقه‌ای در ترکیب با ویژگی‌های جغرافیایی مقیاس محلی، تنوع اقلیمی قابل ملاحظه‌ای را در ایران زمین در پی داشته است (مفیدی و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۷۸). بروز خشکسالی به عنوان یک ناهنجاری جوی، پدیده‌ای است، طبیعی که ریشه در تغییرپذیری آب و

*نویسنده مسئول: m_kianian@semnan.ac.ir

به‌عنوان یکی از ناهنجاری‌های جوی در شناخت دوره‌های خشک می‌تواند بسیار موثر باشد. حضور، تشکیل و مهاجرت و اچرخندها به مناطق مختلف در عرض‌های میانه در دوره‌های سرد سال و در تراز میانی جو سبب می‌شوند، تا شرایط برای صعود و ریزش‌های جو به حداقل خود برسند. با توجه به مطالب فوق، ظهور مراکز پرفشار (آنتی‌سیکلون) و کم‌فشار دینامیکی مهاجر (سیکلون) در سطح زمین، نمود اصلی استقرار امواج غربی در ترازهای میانی و فوقانی تروپوسفر می‌باشند. پیدایش این مراکز فشار در درجه اول ریشه در جو بالا (حرکت موجی در جو آزاد) دارد و تقویت و تضعیف جریان‌ها موجی در جو بالا به ترتیب تقویت و تضعیف آنتی‌سیکلون و سیکلون را در سطح زمین به دنبال خواهد داشت. نکته دیگر آن که، از آنجایی که امواج غربی در هر دو نیمکره در طی زمان به سمت شرق جابجا می‌شوند، آنتی‌سیکلون‌ها و سیکلون‌ها نیز در طی زمان به تبعیت از الگوی جریان تروپوسفر میانی و فوقانی به سمت شرق جابجا می‌گردند (مفیدی و زرین، ۱۳۸۵: ۵۴).

پیشینه تحقیق

کاتسولیس و همکاران (۱۹۹۸: ۵۱)، با بررسی الگوهای و اچرخندی ماهانه در جنوب اروپا و ناحیه مدیترانه دریافتند، که پراکندگی مراکز و اچرخندی بر روی بخش‌های غربی ناحیه مطالعاتی در تمام طول سال متأثر از جابه‌جایی فصلی و اچرخند آזור است. کاراجا و همکاران (۲۰۰۰)، در تحقیقی تغییرپذیری مسیرهای سیکلونی را بر روی ترکیه بررسی کردند. آنها بیان کردند، که سامانه‌های بندالی طی مدت عالیت نقش مهمی را در ایجاد دوره‌های خشک این منطقه ایفا می‌کنند. کریچاک و همکاران (۲۰۰۰: ۲۱۵)، ارتباط الگوهای همدید و دوره‌های پربارش و کم‌بارش شرق مدیترانه را بررسی کرده‌اند. بر اساس یافته‌های این پژوهش، ناهنجاری‌های فشار تراز دریا و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، تبیین‌کننده رخداد دوره‌های پربارش و کم‌بارش در شرق مدیترانه است. لیمتران و همکاران (۲۰۰۲):

(۱۴۹)، در بررسی خشکسالی‌های بلغارستان نشان دادند که آنتی‌سیکلون‌های مانع اروپای مرکزی و غربی در فصل پاییز و تابستان، موجب خشکسالی شمال و شمال غرب بلغارستان شده‌اند؛ همچنین یافته‌های آنها گویای این نکته بود که در فصل زمستان پرفشار سیبری عامل مهمی در ایجاد خشکسالی در شرق بلغارستان است. گیراردین و ترادیف^۵ (۲۰۰۶: ۱۹۲۲)، تغییرات خشکسالی‌های تابستانه منطقه بورال کانادا را در ارتباط با گردش همدید مقیاس جو مطالعه کردند. نتایج کار آنها نشان داد، که از شرق بورال تا شیلدبورال تحت نفوذ دو مولفه بزرگ مقیاس زناری و نصف‌النهاری جو قرار دارد. مولفه زناری، با گردش سرد و مرطوب غرب‌وزان در طی سال‌های همراه با خشکسالی ضعیف و گردش گرم و مرطوب شمال‌وزان در طی سال‌های همراه با خشکسالی شدید می‌باشد. مولفه نصف‌النهاری نیز بازتاب‌دهنده تغییرپذیری خشکسالی ناحیه‌های در ابعاد شرقی- غربی است، که این تغییرپذیری در نتیجه مسدود شدن سامانه‌های حامل رطوبت در جریان‌های تراز بالا و فرارفت هوای مرطوب جریان پایینی رخ می‌دهد. بونتگن و همکاران (۲۰۱۰ الف: ۱۰۰۵ و ۲۰۱۰ ب: ۳۱۵)، خشکسالی‌های دینامیکی اسلوواکی را مطالعه و بررسی کردند. آنها نفوذ سامانه پرفشار در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بر روی مرکز اروپا را علت خشکسالی و در مقابل، قرارگیری کم‌فشار بر روی غرب اروپا را علت ترسالی‌های تابستانه اسلوواکی بیان کردند. پاری و همکاران^۲ (۲۰۱۰)، توسعه زمانی- مکانی و خصوصیات خشکسالی‌های بزرگ مقیاس اروپا را با روش SPI و واکاوی همدید مطالعه کردند. نتایج آنها نشان داد، که در دوره اول، قرارگیری سامانه پرفشاری در سراسر اطلس شمالی و بندالی شدن آن در مسیر بادهای غربی، سبب انحراف سامانه‌های بارش‌زا به جنوب مدیترانه شده است، که این حالت سبب رخداد خشکسالی در اروپا شده است، در حالی که، خشکسالی دوره دوم بر اثر ترکیب حداقل دو رخداد خشکسالی در مقیاس محلی اتفاق افتاده است. بونتگن و همکاران (۲۰۱۰)، خشکسالی‌های تابستانه

سواحل جنوبی دریای خزر پرداختند و دریافتند، که نتیجه استقرار مکرر و مناسب مراکز پرفشار دینامیکی بر بخش شمالی دریای خزر در فصل پاییز و وردایی نصف‌النهار قابل توجه و استقرار نامناسب آنها در فصل زمستان است. مفیدی و همکاران (۱۳۹۳: ۱۷۶)، نیز به بررسی الگوی گردش جو در طول دوره‌های خشک و مرطوب در سواحل جنوبی دریای خزر پرداخته و به این نتیجه رسیدند، که جریان‌های شمالی غالب در طول دوره‌های مرطوب با جریان‌های جنوبی غالب در طول دوره‌های خشک، از دلایل عمده رخداد دوره‌های خشک و مرطوب در منطقه است. حاجی محمدی و همکاران (۱۳۹۳: ۱)، در مطالعه‌ای با عنوان بررسی همیدی سامانه‌های واچرخندی و ارتباط آن با خشکسالی‌های استان فارس، به این نتیجه رسیدند، که در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، سامانه‌های واچرخندی بیشتر فضای ایران را در بر گرفته‌اند، که سبب نزولی شدن هوا، همگرایی فوقانی و واگرایی در سطح زمین گشته که استقرار چنین سامانه‌ای مانع از ورود رطوبت به منطقه شده است. در همین راستا، سعی بر آن شد، تا وضعیت و ساختار سامانه‌های واچرخندی در دوره‌های خشک در استان سمنان مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گیرد. تجری و همکاران (۱۳۹۴: ۱۵۱)، به واکاوی عوامل تأثیرگذار بر خشکسالی هیدرولوژیک حوضه‌های آبخیز استان لرستان پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد، که متغیرهای بارش، مساحت، تراکم زهکشی و درصد اراضی فقیر از عوامل اصلی بوده و در مجموع ۸۵ درصد از کل تغییرات در داده‌ها را بیان می‌کنند.

روش‌شناسی تحقیق

محدوده مورد مطالعه

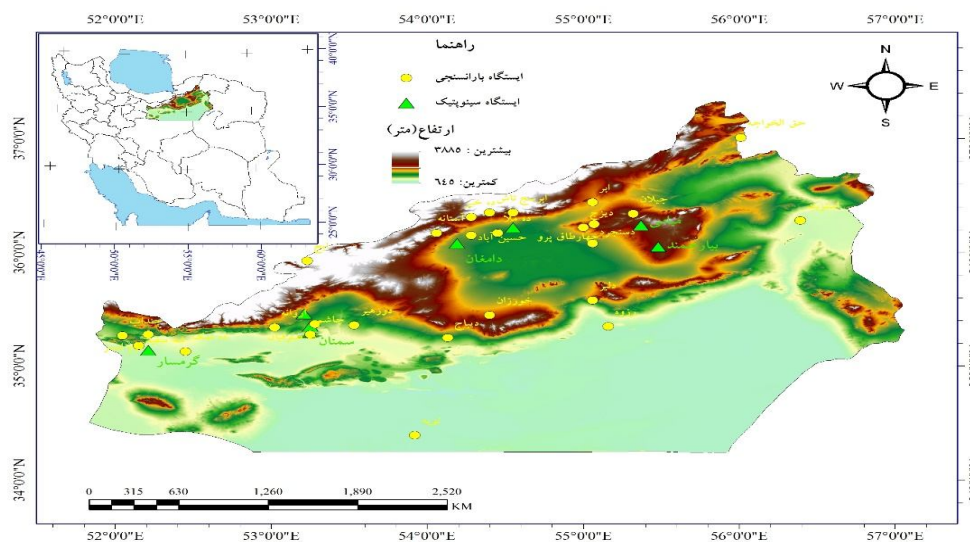
استان سمنان با مساحتی معادل ۹۷۴۹۰٫۸۱ کیلومتر مربع، در نواحی مرکزی ایران قرار گرفته است. این استان از غرب به استان تهران، شرق به استان خراسان رضوی، از جنوب به استان اصفهان و از شمال به ارتفاعات البرز محدود می‌شود. به منظور بررسی اثر سامانه‌های واچرخندی بر روی دوره‌های

آلمان را بررسی نموده و بیان کردند، که از منظر همیدی، قرارگیری پرفشاری در تراز میانی جو بر فراز دریای شمال و وجود کم‌فشاری بر روی جنوب شرق اروپا، سبب ایجاد خشکسالی‌های تابستانه است. ون در لیندن و همکاران^۲ (۲۰۱۶: ۱۵۰۹)، به بررسی سینوپتیکی-دینامیکی خشکسالی‌های زود هنگام در ارتفاعات مرکزی ویتنام پرداختند. نتایج نشان داد، که تغییرپذیری زمانی و مکانی بارش ناشی از اثرات اوروگرافیک در منطقه می‌باشد. گیدی و همکاران^۴ (۲۰۱۸: ۱)، به مدلسازی فضایی خشکسالی‌های اسیوی با استفاده از شاخص SPI پرداختند. نتایج پژوهش آنها نشان داد، که کل منطقه تحت تاثیر خشکسالی فاجعه‌بار قرار دارد و تغییرات بارندگی در برخی موارد بالای ۴۲ درصد است.

خوش‌اخلاق (۱۳۷۷ و ۱۳۷۶: ۱۳۶)، با تعیین فراوانی‌های مربوط به خشکسالی‌های فراگیر ایران، نتیجه گرفته است، که تأثیر سامانه پرفشار جنب‌حاره، بارندگی بخش‌های جنوبی کشور را نسبت به بخش‌های شمالی و غربی به‌طور محسوسی کاهش می‌دهد. خوشحال دستجردی (۱۳۷۸: ۱)، با بررسی تأثیر پرفشار جنب‌حاره بر بارش‌های موسمی جنوب شرق و سواحل جنوبی ایران، معتقد است، که میزان و وسعت بارندگی در سواحل جنوبی و جنوب شرق ایران، به موقعیت کم‌فشار حرارتی سطح زمین بر روی کشور، به خصوص نیمه جنوبی و جنوب شرق کشور و موقعیت، ارتفاع و وسعت پرفشار جنب‌حاره در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بر روی نیمه جنوبی فلات ایران بستگی دارد. نامنی و همکاران (۱۳۹۱)، با بررسی اثر همیدی واچرخندها بر خشکسالی‌های فراگیر خراسان دریافتند، که حدود ۶۱/۶ درصد از خشکسالی‌های فراگیر خراسان نتیجه فعالیت واچرخندها هستند. واچرخندها باعث نزولی شدن هوا و از بین رفتن یا کاهش عامل صعود توده‌های هوای مرطوب می‌شوند، لذا کاهش و بی‌نظمی بارش را فراهم می‌آورند. مفیدی و همکاران (۱۳۹۱: ۱۷۷)، در تحقیقی به بررسی علل کاهش یافتن مقدار و شدت بارش‌های زمستانه در قیاس با بارش‌های پاییزه در

مرحله بعد از یک روش همدید دستی استفاده گردید، بدین صورت که برای هر دوره خشک، نقشه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل و فشار تراز دریا تهیه و طبقه‌بندی شد. در ادامه دوره‌هایی که همراه با استقرار سامانه‌های واچرندی بود، شناسایی و تفکیک گردید. پس از تفکیک، الگوی جریان و شرایط جوی حاکم در هر بازه زمانی که اغلب ماهانه بود، شناسایی و تجزیه و تحلیل گردید. در شکل ۱، موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در کشور و نحوه پراکنش ایستگاه‌ها مشخص است.

خشک در استان سمنان از دو دسته داده استفاده شد. دسته اول، آمار بارندگی ایستگاه‌های سینوپتیک و باران‌سنجی (بازه زمانی = از بدو تاسیس تا سال ۲۰۱۲) و دسته دوم داده‌های شبکه‌بندی شده سطوح ارتفاعی جو که به ترتیب متعلق به سازمان هواشناسی کل کشور و مرکز ملی پیش بینی‌های محیطی/علوم جو (NCEP/NCAR) اخذ گردید. در مرحله نخست با استفاده از شاخص بارش استاندارد (SPI)، دوره‌های خشک منطقه مشخص گردید. داده‌های شبکه‌بندی شده شامل ارتفاع ژئوپتانسیل، فشار تراز دریا، امگا، مولفه‌های مداری و نصف‌النهاری باد می‌باشند. در



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و نحوه پراکنش ایستگاه‌ها

کنند. تاوایی نسبی در جهت خلاف حرکت عقربه‌های ساعت، مثبت در نظر گرفته شده و منفی بودن این شاخص نزول هوا را نشان می‌دهد (آنتی سیکلونی). واحد اندازه‌گیری آن، عکس ثانیه می‌باشد (فلاح قالمهری، ۱۳۹۰). واگرایی عبارت است، از ضرب نقطه‌ای عملگر ∇ در یک بردار دلخواه مانند \vec{V} . در یک فضای دو بُعدی واگرایی $\vec{V} = u\hat{i} + v\hat{j}$ به صورت زیر تعریف می‌شود:

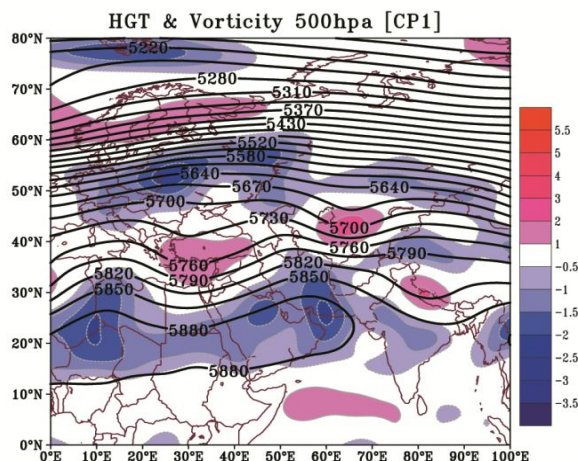
$$\text{رابطه ۲: } \nabla \cdot \vec{V} = \left(\frac{\partial}{\partial x} \hat{i} + \frac{\partial}{\partial y} \hat{j} \right) \cdot (u\hat{i} + v\hat{j})$$

$$\nabla \cdot \vec{V} = \left[\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right]$$

برای درک بهتر سازوکارهای حاکم بر منطقه در زمان استقرار سامانه‌های واچرندی، نقشه‌های تاوایی نسبی، میدان واگرایی باد، شار واگرایی رطوبت و ساختار قائم جو از اکتبر تا آوریل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. چرخش بردار سرعت، را حول محور عمود بر سطح زمین، تاوایی گویند، که با رابطه ۱ نمایش داده شده و از آن به عنوان تاوایی نسبی یاد می‌شود:

$$\text{رابطه ۱: } \xi = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y}$$

ξ ، تاوایی نسبی، u و v مولفه‌های سرعت باد (شرق سو و شمال سو) می‌باشند، که تغییرات آنها را در این رابطه نسبت به محور x ها و y ها محاسبه می-



شکل ۲. نقشه وضعیت ارتفاع ژئوپتانسیل و تاوایی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در الگوی اول

بدین صورت بود، که مقدار ارتفاع ژئوپتانسیل دوره موردنظر از بلندمدت آن کسر گردید.

نتایج و بحث

پس از بررسی وضعیت سامانه‌های فشار و آرایش پربندهای ارتفاع ژئوپتانسیل در تراز میانی جو، الگوهای همدید در زمان تشکیل و استقرار سامانه‌های واچرخندی شناسایی گردید. در الگوی اول، پیشروی پراتفاح جنب حاره بر روی منطقه از دلایل عمده در وقوع دوره خشک در استان سمنان محسوب می‌گردد. به دلیل فراز تشکیل شده بر روی شمال دریای خزر، جریان‌های غربی راهی به درون منطقه نیافته و لذا این شرایط باعث شده، تا از ورود رطوبت تامین‌کننده بارش و تولید چرخندگی در منطقه جلوگیری کند. قرارگیری ایران در میان دو فرود در شرق و غرب، سبب تشدید شرایط واچرخندی بر روی منطقه شده است. فرونشینی بسته هوا سبب شده، تا اغتشاش‌های جوی به حداقل رسیده و خشکی فراگیری بر منطقه حاکم گشته است (شکل ۲). در الگوی دوم، یک سیستم واچرخندی قوی در تراز میانی جو و بر روی خزر تشکیل شده است، که باعث شده تا جریان‌های غربی از شمال آن عبور کنند. این سامانه سبب شده، تا یک هسته قوی تاوایی منفی بر روی خزر به وجود آید. این جریان پایین‌سوی هوا تا ایران مرکزی ادامه داشته، که استان سمنان از آن بی‌تاثیر نبوده است

حاصل این عمل یک کمیت نرده‌ای است، که واگرایی \vec{V} نامیده می‌شود. مقادیر مثبت این کمیت نماینده واگرایی و مقادیر منفی نماینده همگرایی هستند (مسعودیان، ۱۳۹۰). بناکوس و شولز (۲۰۰۴): (۳۵۱)، به معرفی روش‌های مناسب جهت محاسبه همگرایی شار رطوبت^۲ پرداخته‌اند، که صورت برداری معادله‌ی مزبور به صورت زیر است:

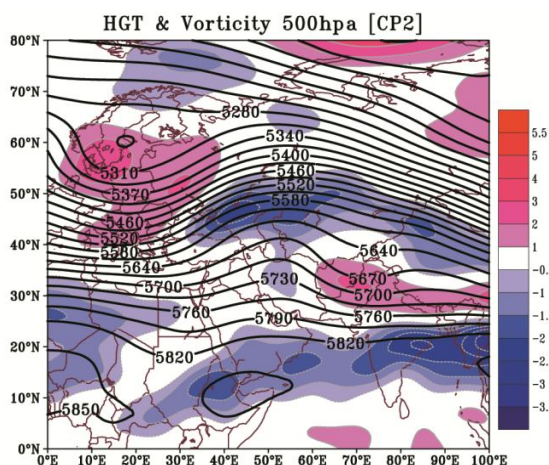
رابطه ۳:

$$\begin{aligned} \text{MFC} &= -\nabla \cdot (q\vec{V}_h) = -\vec{V}_h \cdot \nabla q - q\nabla \cdot \vec{V}_h, \\ \text{MFC} &= -u\frac{\partial q}{\partial x} - v\frac{\partial q}{\partial y} - q\left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y}\right) - \\ &= -\vec{V}_h \cdot \nabla q, \quad \text{همگرایی شار رطوبت,} \\ & \text{وزش رطوبتی, } q\nabla \cdot \vec{V}_h, \quad \text{همگرایی رطوبت, } q, \quad \text{رطوبت} \\ & \text{ویژه, } X \text{ و } Y: \text{ متغیرهای مستقل مکانی, } u \text{ و } v: \\ & \text{مولفه‌های مداری و نصف‌النهاری باد می‌باشد. مقادیر} \\ & \text{بدست آمده حاصل از معادله فوق بصورت مثبت} \\ & \text{(همگرایی) و منفی (واگرایی) شار رطوبتی است. در} \\ & \text{این مطالعه, مقادیر مثبت حذف گردید, تا اثر} \\ & \text{جریان‌های واچرخندی بر روی کاهش رطوبت منطقه} \\ & \text{نمایان گردد. جهت ترسیم نقشه ناهنجاری ارتفاع} \\ & \text{ژئوپتانسیل از داده‌های میانگین‌گیری شده بلندمدت} \\ & \text{۳۰ ساله (۲۰۱۰-۱۹۸۰) استفاده گردید. روش تهیه} \end{aligned}$$

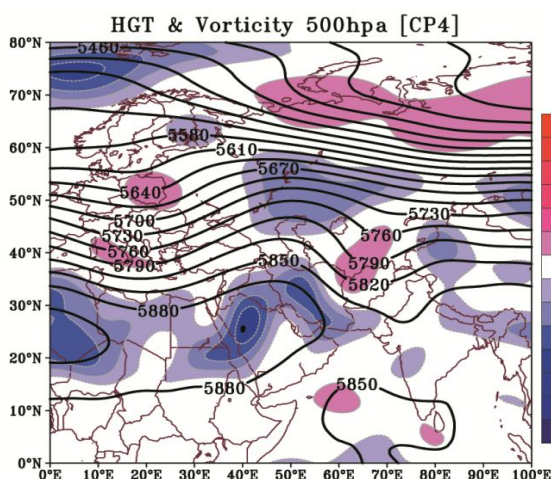
1- Banacos and Schulta

2- Moisture Flux Convergence(MFC)

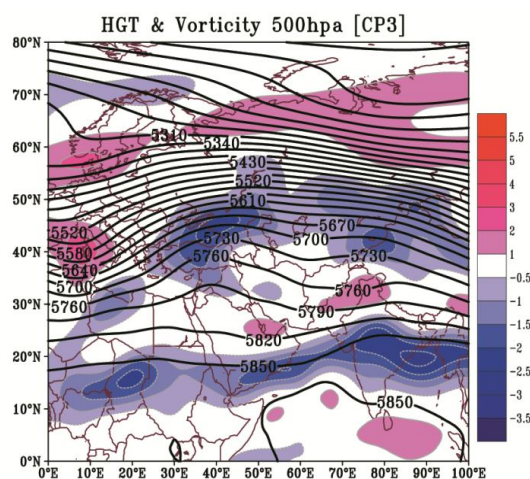
(شکل ۳). در شکل ۴، وضعیت به گونه‌ای دیگر است. سیاه و مدیترانه به وجود آمده است. فرازی با ارتفاع ۵۷۳۰ ژئوپتانسیل متر در شرق دریای



شکل ۳. نقشه وضعیت ارتفاع ژئوپتانسیل و تاوایی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در الگوی دوم



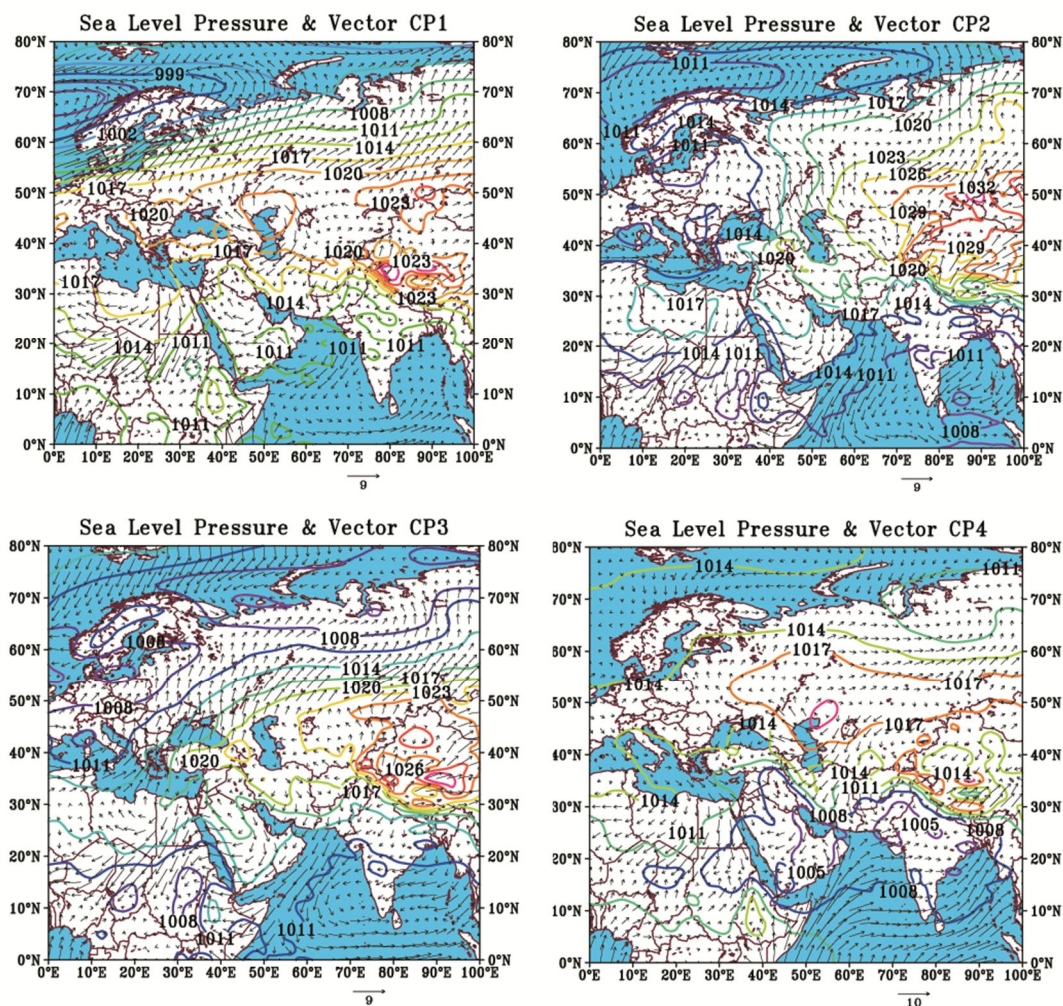
شکل ۵. نقشه وضعیت ارتفاع ژئوپتانسیل و تاوایی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در الگوی چهارم



شکل ۴. نقشه وضعیت ارتفاع ژئوپتانسیل و تاوایی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در الگوی سوم

غربی این پراترفاع بر روی ایران سبب شده، تا دو سلول تاوایی منفی، یکی بر روی عربستان و دیگری نیمه غربی ایران را در بر بگیرد (شکل ۵). این وضعیت جوی سبب شده است، تا در دوره سرد سال بارندگی‌ها در استان سمنان به حداقل خود در میانگین بلندمدت برسد.

از طرفی، نه تنها جریان هوا نزولی گشته، بلکه سبب شده است، تا از انتقال رطوبت به جو از دو منبع رطوبتی در جنوب غرب آسیا جلوگیری گردد. الگوی چهارم نیز گسترش پرفشار جنب‌حاره، اما به شکل دیگر را بر روی ایران نشان می‌دهد. عبور پربند ۵۸۵۰ ژئوپتانسیل متر از روی منطقه و گسترش شرقی-



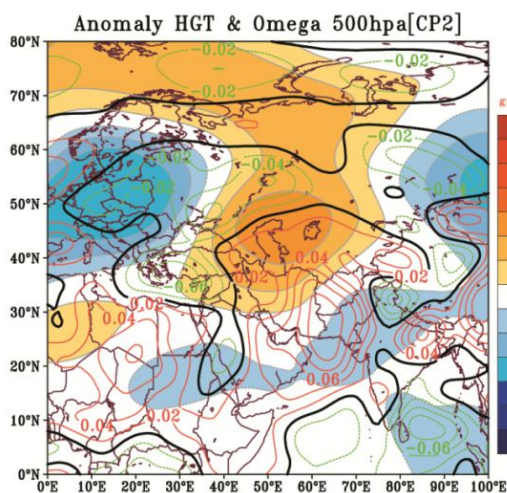
شکل ۶: نقشه وضعیت فشار تراز دریا و بردار باد در چهار الگو

عمده در فشار مرکزی و گستره مکانی آنهاست، که در سلول پرفشار تشکیل شده بر روی شمال غرب ایران فشار به بیش از ۱۰۲۳ هکتوپاسکال رسیده و گستره مکانی آن تمام نیمه شمالی کشور را در بر گرفته است، اما در الگوی دوم، فشار نزدیک به ۱۰۲۰ هکتوپاسکال بوده و کاملاً با پرفشار سیبری آمیخته نشده است. در الگوی چهارم آنتی سیکلون قوی در شمال شرق خزر تشکیل شده است، که فشار مرکزی آن ۱۰۲۰ هکتوپاسکال بوده و هوایی آرام در داخل آن در جریان است. هر چه از هسته این پرفشار فاصله بیشتر می‌گردد، به سرعت باد افزوده شده و هوای سرد عرض‌های بالاتر را به عرض‌های پایین تر انتقال می‌دهد. این پرفشار که می‌توان گفت ترکیبی از هسته جدا شده از پرفشار حرارتی سیبری و سیستم مانع

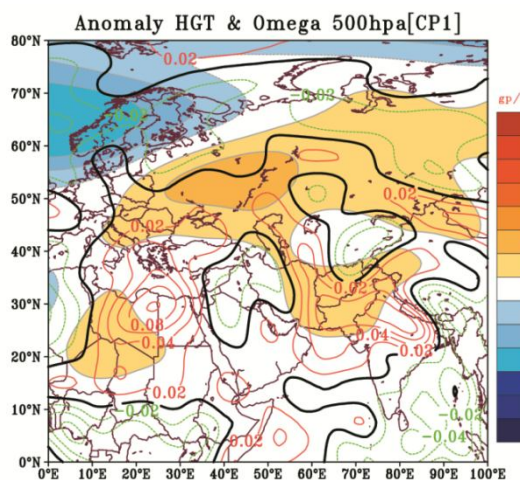
در الگوی اول، تشکیل یک هسته پرفشار بر روی خزر با فشار مرکزی ۱۰۲۳ هکتوپاسکال سبب شده است، تا جریان‌های وارده به منطقه جهت‌ی شمالی داشته باشند. این جریان‌های به دلیل عبور از سرزمین ترکمنستان، هوایی سرد و خشک را به منطقه وارد کرده است. از طرفی فرونشست هوا در ترازهای فوقانی در شکل‌گیری این سیستم بی‌تاثیر نبوده است. الگوی دوم، بیشتر متاثر از دو هسته پرفشار، یکی در شمال غرب کشور و دیگری پرفشار سیبری که پربندهای آن تا شرق ایران را در بر گرفته است. ترکیب این دو پرفشار سبب شده است، تا شرایط برای صعود بسته هوا بر روی مناطق تحت استیلای آن به حداقل خود برسد. آرایش خطوط فشار در الگوی سوم نیز شباهت بسیاری به الگوی دوم دارد، اما تفاوت

مختلفی از جمله ایران مرکزی و استان سمنان را تحت تاثیر خود قرار داده است (شکل ۶).

ایجاد شده در تراز میانی جو بوده، به دلیل برقراری تناوایی منفی در تراز میانی جو تقویت و مناطق



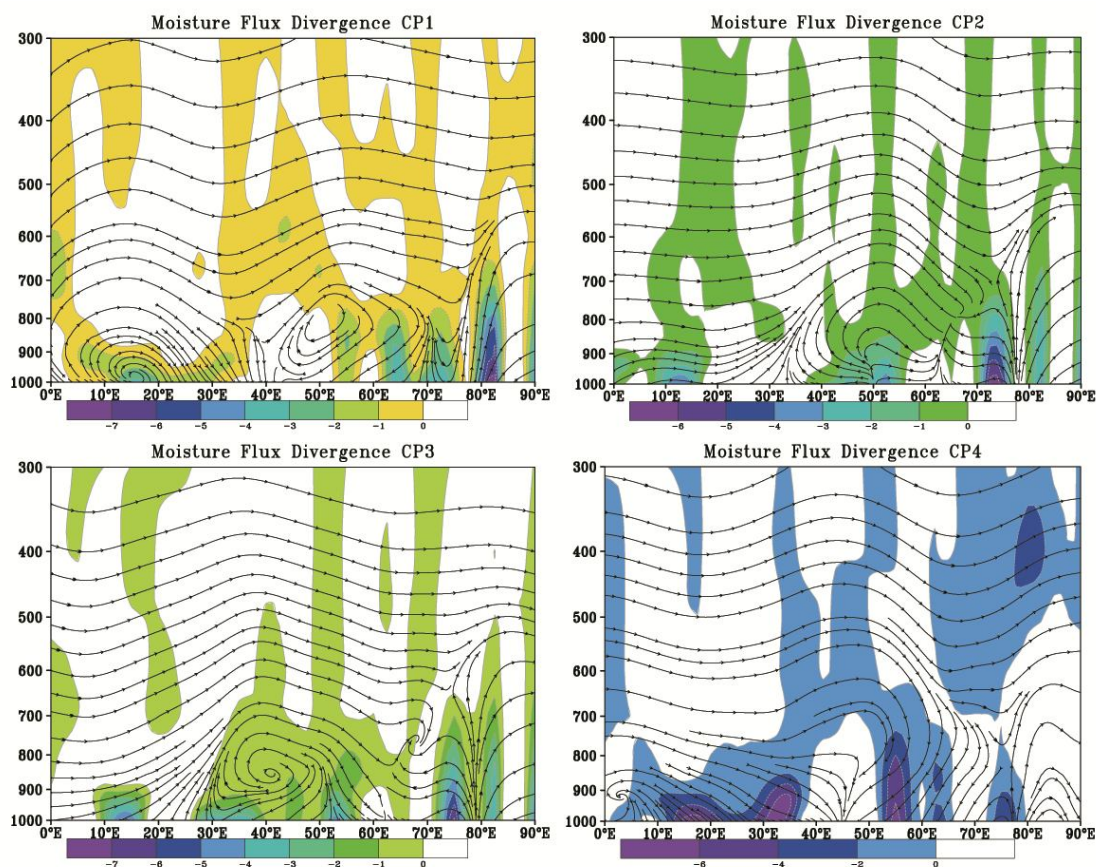
شکل ۸: نقشه وضعیت ناهنجاری ارتفاع ژئوپتانسیل و امگا در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در الگوی دوم



شکل ۷: نقشه وضعیت ناهنجاری ارتفاع ژئوپتانسیل و امگا در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در الگوی اول

طرفی، با افزایش ارتفاع و حاکمیت جریان واچرخندی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، جریان‌های پایین‌سوی شدیدی به وجود آمده، که از شمال آفریقا شروع، جنوب‌غرب آسیا و نواحی شمالی هند را در بر گرفته است. نزول هوا و افزایش بی‌درروی دمای هوا همراه با افزایش ضخامت جو، نشان از پایداری مطلق را دارد (شکل ۹). در الگوی چهارم نیز یک ناهنجاری مثبت ارتفاع ژئوپتانسیل در غرب خزر مشاهده می‌گردد، که ادامه ناهنجاری‌های شمال اروپاست. به دلیل تسلط چنین وضعیتی، مقادیر امگا مثبت بوده و موجبات نزول هوا فراهم گردیده است. یکی دیگر از پارامترهای اصلی برای شناسایی شرایط واچرخندی، وضعیت واگرایی است. در همین راستا، نقشه‌های واگرایی سطح زمین و همگرایی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برای ۴ الگوی واچرخندی تهیه گردید.

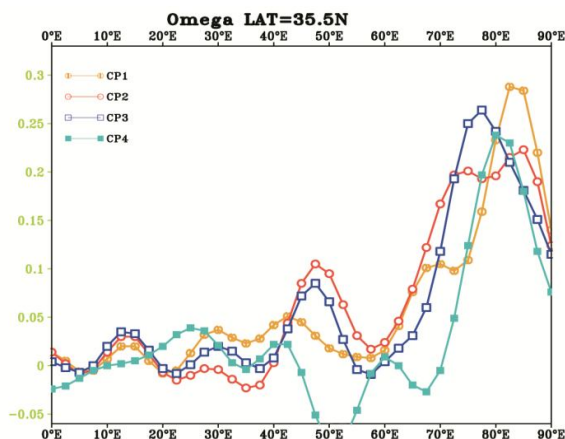
در شکل ۷، ناهنجاری ارتفاع ژئوپتانسیل در شرق اروپا بیش از ۵۰ ژئوپتانسیل متر رسیده، که تا نیمه شرقی و افغانستان و پاکستان کشیده شده است. از طرفی، مقادیر امگا در این الگو در شرق ایران مثبت بوده که هسته اصلی این جریان پایین‌سو بر روی تبت قرار گرفته است. در الگوی دوم، ناهنجاری به بیش از ۸۰ ژئوپتانسیل متر در شمال خاورمیانه رسیده است، که به تبع آن جریان‌های پایین‌سویی در شرق فلات ایران با هسته ۰٫۰۸ پاسکال بر ثانیه قرار دارد. افزایش ناهنجاری ارتفاع ژئوپتانسیل در تراز میانی جو، نمود بهتری از سامانه واچرخندی نمایان می‌کند (شکل ۸). به دلیل تشکیل یک مرکز پراارتفاع در شرق مدیترانه (Littmann, 2000: 161)، ناهنجاری ارتفاع ژئوپتانسیل نزدیک به ۱۵۰ ژئوپتانسیل متر رسیده که نیمه شمالی ایران، دریای خزر و ترکمنستان را در بر گرفته است. از



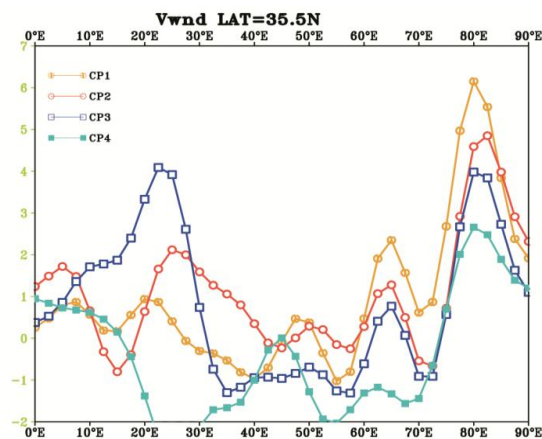
شکل ۱۲: نمودار هافمولر وضعیت شار واگرایی رطوبت در چهار الگو، عرض نماینده: ۳۵,۵ درجه شمالی

واچرخندی در تراز میانی و همگراشدن بسته هوا در لایه‌های فوقانی و جریان پایین سو، حرکات نزولی هوا را برای منطقه به وجود آورده است. طی این شرایط و واگراشدن هوا در لایه‌های زیرین تروپوسفر، مقادیر رطوبت لازم برای فرآیند بارش کاهش یافته است. در نهایت، با واگراشدن رطوبت و تقلیل آن طی بازه زمانی که سامانه‌ها واچرخندی بر منطقه حاکمیت دارند، شرایط ویژه‌ای در بروز دوره‌های خشک منطقه ایجاد می‌کند. برای تعیین وضعیت ناپایداری سعی بر آن شد، تا از شاخص مولفه نصف‌النهاری باد و امگا استفاده گردد. در نمودار اول (شکل ۱۳)، مقادیر متوسط مولفه نصف‌النهاری باد برای چهار الگو برای عرض ۳۵,۵ درجه شمالی متوسط‌گیری شد.

واحد آن نیز گرم بر کیلوگرم بر روز است. استان سمنان مابین طول‌های ۵۲ تا ۵۷ درجه طول شرقی قرار دارد. بر همین اساس، عرض ۳۵,۵ درجه شمالی و طول‌های ۰ تا ۹۰ درجه شرقی انتخاب و با بررسی الگوها، فرآیند انتقال رطوبت به منطقه کاملاً مشخص گردید. به صورتی که در هر کدام از الگوها، فرآیند کاهش رطوبت در لایه‌های پایینی جو (۷۰۰ تا ۱۰۰۰ هکتوپاسکال) رخ داده و هر چه از ترازهای فوقانی به سطح زمین نزدیک می‌شویم، ۲- تا ۶- گرم بر کیلوگرم بر روز از مقدار رطوبت کاسته می‌شود (هر ۴ نمودار شکل ۱۲). بررسی خطوط جریان، جهت و نحوه انتقال رطوبت را به خوبی نشان می‌دهد. با بررسی‌های انجام شده مشخص گردید، که با استقرار سامانه‌های



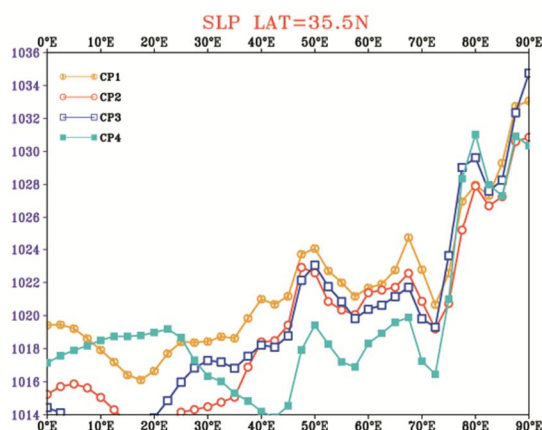
شکل ۱۴. نمودار هافمولر شاخص امگا در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال برای عرض ۳۵٫۵ درجه شمالی در چهار الگو



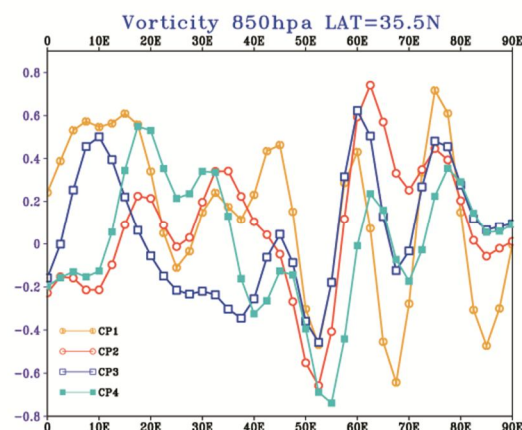
شکل ۱۳: نمودار هافمولر مولفه نصف‌النهاری باد در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال برای عرض ۳۵٫۵ درجه شمالی در چهار الگو

که از طول‌های ۰ تا ۴۵ درجه شرقی مقادیر تاوایی نسبی مثبت بوده، ولی از این طول تا ۶۰ درجه شرقی، مقادیر، منفی گشته و جریان ساعتگرد بر روی منطقه حاکم شده است (شکل ۱۵). در شکل ۱۶، مقادیر فشار تراز دریا در عرض و طول‌های نماینده به نمایش در آمده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد، که هر چه از طول صفر درجه به سمت شرق نزدیک می‌شویم، به مقدار فشار افزوده می‌شود، که از ۴۵ تا ۶۰ درجه میانگین فشار نزدیک به ۱۰۲۲ هکتوپاسکال می‌رسد. در شکل ۱۷، نمودار فراوانی مقادیر ارتفاع ژئوپتانسیل برای ۴ الگوی واچرخندی به نمایش در آمده است. در این نمودار شدت و ضعف هر کدام از الگوهای حاکم بر اساس ارتفاع ژئوپتانسیل نشان داده شده است، که در این میان می‌توان به الگوی اول با میانگین ارتفاع ۵۷۹۹ ژئوپتانسیل متر و انحراف معیار ۱۹٫۵ اشاره کرد. به ترتیب در الگوهای ۲ تا ۴، میانگین ارتفاع ژئوپتانسیل، ۵۶۷۴، ۵۷۴۴ و ۵۸۴۲ ژئوپتانسیل متر است. در نمودار فوق، عدد ۳۷ تعداد نقاط یا شبکه‌هایی هستند، که مقادیر ارتفاع ژئوپتانسیل ثبت شده‌اند.

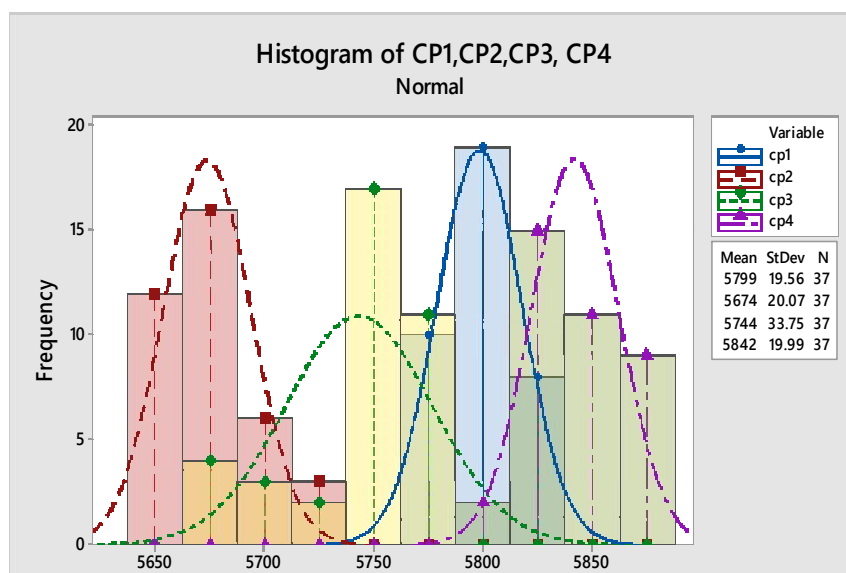
نتایج نشان داد، که در زمان استیلای سامانه‌های واچرخندی بر روی محدوده مورد مطالعه، مقادیر این شاخص نزدیک به صفر و منفی است. بدین گونه که از طول‌های ۰ تا ۳۰ و ۶۰ تا ۹۰ مقادیر مثبت و مابین طول‌های ۳۰ تا ۶۰ مقادیر نزدیک به صفر می‌باشد، که در هر کدام از الگوها نیز از شدت متفاوتی برخوردار است. در شکل ۱۴، وضعیت امگا در محدوده یاد شده مورد رصد قرار گرفته است، که نتایج نشان می‌دهد، به جز الگوی شماره چهار، وضعیت این شاخص بین طول‌های ۴۰ تا ۶۰ درجه طول شرقی در سایر الگوها مثبت بوده و نشان از پایین‌سو بودن جریان‌های قائم جو در سطح زمین است. از شاخص‌های مهم در بررسی سیستم‌های جوی می‌توان به تاوایی اشاره کرد، که نوع و ساختار آن سیستم را مشخص می‌نماید. در قسمت‌های پیشین، وضعیت تاوایی در تراز میانی جو بررسی شد، اما نمی‌توان تنها با یک تراز جوی درباره سازوکار حاکم بر سامانه‌های واچرخندی قضاوت نمود. بر همین اساس، نمودار هافمولر متوسط تاوایی نسبی برای چهار الگوی حاکم در زمان فعالیت سامانه مذکور در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال تهیه گردید. نتایج نشان داد،



شکل ۱۶: نمودار هافمولر فشار در تراز دریا برای عرض ۳۵.۵ درجه شمالی در چهار الگو



شکل ۱۵: نمودار هافمولر تاوایی در تراز ۸۵۰ هکتو پاسکال برای عرض ۳۵.۵ درجه شمالی در چهار الگو



شکل ۱۷: مقادیر ارتفاع ژئوپتانسیل در هر چهار الگو برای عرض نماینده ۳۵.۶ درجه شمالی و طول‌های ۰ تا ۹۰ درجه شرقی

الگوی گردشی و اچرخندی که ناشی از تشدید فعالیت و افزایش فشار فرابار سیبری و پرفشار جنب حاره‌ای آזור و ادغام آنها در خاورمیانه (در سطح زمین و تراز میانی جو) است، که با نتایج پژوهش کیانیان و همکاران (۱۳۹۵: ۱۷۵)، که به بررسی ارتباط خشکسالی و ترسالی با الگوهای همدیدی پرداختند، مطابقت دارد. ایجاد بندال سبب شده تا جریان‌های در سطوح میانی جو تا ناهنجاری ارتفاع ژئوپتانسیل بر روی منطقه مورد مطالعه به بیش از ۱۰۰ ژئوپتانسیل متر در ماه برسد. نبود عامل صعود و از طرفی شارش نیافتن رطوبت به منطقه سبب

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، به‌منظور تبیین ساز و کار و اچرخندها در زمان رخداد خشکسالی‌های فراگیر در استان سمنان، از آمار بارش ۷ ایستگاه سینوپتیک و ۲۷ ایستگاه باران-سنجی و برای شناسایی دوره‌های خشک از شاخص بارش استاندارد (SPI)، داده‌های ارتفاع ژئوپتانسیل، فشار تراز دریا، امگا، مولفه‌های مداری و نصف‌النهاری باد متعلق به مرکز ملی پیش‌بینی‌های محیطی/علوم جو (NCEP/NCAR) استفاده گردید. نتایج نشان داد، که وقوع خشکسالی ماهانه‌ی استان سمنان حاصل چهار

- گشته تا دوره‌های خشک بر منطقه مستولی گردد. عملکرد این سامانه‌ها بدین صورت است، که سامانه واچرخندی تشکیل شده در جنوب غرب آسیا به سمت شرق و شمال شرق جا به جا شده و با نزدیک شدن آن به شرق اروپا و آفریقا و گسترش پرفشار سیبری به غرب و خاورمیانه، زمینه‌ی آغاز دوره‌ی خشکسالی فراهم می‌شود. همگرایی فوقانی و واگرایی سطحی شدید موجبات نزول هوا و به تبع آن کاهش رطوبت به دلیل فرآیندهای دینامیکی حاکم بر ساختار جریان‌های ساعتگرد در منطقه، از دیگر دلایل عمده بر وقوع دوره‌های خشک است. با برقراری سیستم حاکم بر منطقه، مقادیر شارش رطوبت به کمترین مقدار خود رسیده و رطوبت بیش از این که همگرا گردد، واگرا شده است. این شرایط سبب شده، تا مقدار شار رطوبتی در لایه‌های زیرین به کمتر از ۶- گرم بر کیلوگرم برسد. با استقرار سامانه‌های واچرخندی در تراز میانی و همگراشدن بسته هوا در لایه‌های فوقانی و جریان پایین‌سو، حرکات نزولی هوا را برای منطقه به وجود آورده است. طی این شرایط و واگراشدن هوا در لایه‌های زیرین تروپوسفر، مقادیر رطوبت لازم برای فرآیند بارش کاهش یافته است. در نهایت با واگراشدن رطوبت و تقلیل آن طی بازه زمانی که سامانه‌های واچرخندی بر منطقه حاکمیت دارند، شرایط ویژه‌ای در بروز دوره‌های خشک منطقه ایجاد می‌کند. با بررسی مطالب فوق می‌توان بدین جمع‌بندی رسید، که پایش دینامیکی خشکسالی و استفاده از شاخص‌های مناسب برای تبیین ساختار این پدیده، می‌تواند گامی مناسب در مقابله و مدیریت بحران خشکسالی باشد. بدین صورت که، با استفاده از شاخص‌های دینامیکی - همیدیدی و طرح‌ریزی تدوین یک سیستم هشدار، می‌توان به خوبی به پیش‌بینی خشکسالی‌های متاثر از سامانه‌های واچرخندی در منطقه پرداخت.
- منابع**
- تجری، علیرضا، منوچهر بابائزاد، فاطمه کاردل و کریم سلیمانی. ۱۳۹۴. واکاوی عوامل تاثیرگذار بر خشکسالی هیدرولوژیک، مطالعه موردی: حوضه‌های آبخیز استان لرستان، مجله آمایش جغرافیایی فضا، سال پنجم، شماره ۱۶، صص ۱۵۱-۱۶۴.
 - حاجی محمدی، حسن، فاطمه راستی و مختار کرمی. ۱۳۹۳. بررسی همیدیدی سامانه‌های واچرخندی و ارتباط آن خشکسالی‌های استان فارس، دومین همایش ملی بیابان با رویکرد مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشگاه سمنان، ص ۱.
 - خوش‌اخلاق، فرامرز. ۱۳۷۶. بررسی الگوهای ماهانه خشکسالی و ترسالی ایران، مجله تحقیقات جغرافیایی، شماره ۴۵، صص ۱۳۶-۱۵۴.
 - خوش‌اخلاق، فرامرز. ۱۳۷۷. تحقیق در خشکسالی‌های فراگیر ایران با استفاده از تحلیل‌های سینوپتیک، رساله دکتری اقلیم‌شناسی، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز.
 - خوشحال‌دستجردی، وحید. ۱۳۷۸. تأثیر پرفشار جنب حاره بر بارش‌های موسمی جنوب شرق و سواحل جنوبی ایران، گاهنامه مرکز اطلاعات علمی (مجازی)، دوره ۱. شماره ۱، صص ۱-۱۵.
 - فلاح قاهره‌ی، غلامعباس. ۱۳۹۰. اصول و مبانی هواشناسی، چاپ اول، خراسان رضوی، مشهد، انتشارات پژوهشکده اقلیم‌شناسی.
 - کیانیان، محمدکیا، امین صالح پورجم، حسن حاجی‌محمدی و فهیمه رسولی. ۱۳۹۵. بررسی و ارتباط خشکسالی و ترسالی‌های غرب ایران با الگوهای سینوپتیکی جو، مجله آمایش جغرافیایی فضا، سال ششم، شماره ۲۲، صص ۱۷۵-۱۹۲.
 - مسعودیان، ابولفضل. ۱۳۹۰. نمایش و پردازش داده‌های جوی. چاپ اول، اصفهان، انتشارات دانشگاه اصفهان.
 - مفیدی، عباس و آذرزین. ۱۳۸۵. تحلیلی بر ماهیت و ساختار مراکز پرفشار و کم فشار، مجله رشد آموزش زمین‌شناسی، شماره ۴۷، صص ۵۴-۵۸.
 - مفیدی، عباس، آذر زرين و غلامرضا جانبازقبادی. ۱۳۹۱. تبیین علل کاهش یافتن مقدار و شدت بارش‌های زمستانه در قیاس با بارش‌های پاییزه در سواحل جنوبی دریای خزر، مجله فیزیک زمین و فضا، دوره ۳۸. شماره ۱، صص ۱۷۷-۲۰۳.
 - مفیدی، عباس، آذر زرين و میثم کارخانه. ۱۳۹۳. بررسی الگوی گردش جو در طول دوره های خشک و مرطوب در سواحل جنوبی دریای خزر، مجله فیزیک زمین و فضا، جلد ۸. شماره ۱، صص ۱۴۰-۱۷۶.
 - نامنی، عزت، سلیمان صادقی و رضا دوستان. ۱۳۹۱. تحلیل سینوپتیکی خشکسالی‌های خراسان، رساله دکتری، استاد راهنما: سلیمان صادقی و رضا دوستان،

- the Mediterranean region. *Theoretical and Applied Climatology*, 59 (1-2): 51-59.
19. Krichak, S.O., Tsidulko, M. and Alpert, P. 2000. Monthly synoptic patterns associated with wet/dry conditions in the Eastern Mediterranean, *Journal of Theoretical and Applied Climatology*, 65: 215-229.
 20. Liemtran, C., knight, G., and Wesner, V. 2002. Drought in Bulgaria and Atmospheric synoptic conditions over Europe, *Geo journal*, 57: 149-157.
 21. Littmann, T. 2000. empirical classification of weather types in the Mediterranean Basin and their interrelation with rainfall, *Journal of Theoretical and Applied Climatology*, 66:161-171.
 22. Parry, S, Prudhomme, C. Hannaford, J. and Hughes B. 2010. Examining the Spatio- Temporal Evolution and Characteristics of Large-Scale European Droughts, BHS Third International Symposium, Managing Consequences of a Changing Global Environment, Newcastle, 2010.
 23. Van Der Linden, R., Fink, A.H., Phan-Van, T., and Trinh-Tuan, L. 2016. Synoptic-dynamic analysis of early dry-season rainfall events in the Vietnamese central highlands. *Monthly Weather Review*, 144(4): 1509-1527.
 13. Banacos, P.C. and Schultz, D.M. 2004. Moisture flux convergence: its history and application in convective initiation forecasting, In 22nd Conference on Severe Local Storms, MA, 351-366.
 14. Buntgen^a, U Trouet, V., Frank, D., Leuschner, H.H. and Friedrichs, D. 2010. Tree-ring indicators of German summer drought over the last millennium. *Quaternary Science Reviews*, 29: 1005-1016.
 15. Buntgen^b, U., Brazdil, R. Frank, D. and Esper, J. 2010. Three centuries of Slovakian drought dynamics, *Clim. Dyn*, 35: 315-329.
 16. Gidey, E., Dikinya, O., Sebego, R., Segosebe, E., and Zenebe, A. 2018. Modeling the Spatio-Temporal Meteorological Drought Characteristics Using the Standardized Precipitation Index (SPI) in Raya and Its Environs, Northern Ethiopia, *Earth Systems and Environment*, 1-12.
 17. Girardin, M.P and Tardif, J.C. 2006. Synoptic-Scale Atmospheric Circulation and Boreal Canada Summer Drought Variability of the Past Three Centuries, *Journal of climate*, 19, 1922-1947.
 18. Katsoulis, B.D., Makrogiannis, T.J., and Goutsidou, Y.A. 1998. Monthly anticyclonicity in southern Europe and

دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه فردوسی مشهد.

Studying and Identifying of Dynamic Synoptic Patterns Affecting Droughts Occurrence in Semnan Province

M. K., Kianian^{*1}, H., Hajimohammadi² S.H., Kaboli³ A. Moshki⁴ H.R., Asgari⁵

1*. Academic Member of Desert Studies Faculty, Semnan University

(Corresponding author Email: m_kianian@semnan.ac.ir)

2. Msc student of meteorology, Hakim Sabzevari University, Iran (Email: Hasan-eghlim@yahoo.com)

3. Academic Member of Desert Studies Faculty, Semnan University (Email: H.kaboli@yahoo.com)

4. Academic Member of Desert Studies Faculty, Semnan University (Email: alireza_moshki@yahoo.com)

5. Assistant Professor of Range land and Watershed Management Faculty, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Abstract

Drought as an anomaly atmospheric is a natural phenomenon that rooted in the natural climate variability and most importantly, the general circulation of the atmosphere. It can be said with regard to the general circulation of the atmosphere control systems are cyclones, anti-cyclones and air fronts that control middle latitudes of the Earth's climate. Therefore, it should be sought the causes of droughts and abnormal changes in weather patterns. One of these disorders is anti- cyclones. Review and identify the structural nature of the phenomenon as one of the atmospheric anomalies can be very effective in identifying dry periods. In order to explain the mechanism of anticyclones in the event of widespread drought in Semnan province, the regional structure of atmosphere was investigated. In this regard, rainfall statistics of 7 synoptic stations and 27 meteorological stations of country meteorological organization were used. To identify the dry periods, it was used the Standardized Precipitation Index (SPI). Then to explain the structure of anticyclones, it was used the data of geo-potential heights, sea level pressure, Omega, zonal and meridional wind components belonging to the National Center for Environmental Prediction/atmospheric sciences (NCEP/NCAR). The results showed that anticyclones in the form of four patterns affect area drought event. The establishment of a strong ridge over the area with negative vortices, weather extreme dynamic descent, along with a sharp drop in humidity and exposure the province under negative volubility are the main reasons for this phenomenon. Reducing the moisture needed and ascending flow values current and entering the tab of the Siberian high pressure to central of Iran has made the atmospheric turbulence to be minimize.

Keywords: anticyclone, drought, high pressure, Semnan