جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره‌پنجم، بهار ۱۳۹۲

صص ٥٤-٣٧

تحلیل همدیدی خشکسالی‌های فراگیردر خراسان رضوی

عزت نامنی[1] ـ دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

دکترسلیمان صادقی ـ استادیار اقلیم شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

دکتررضا دوستان ـ استادیار اقلیم شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ١٣٩١/٩/١٤ تاریخ تصویب:١٣٩٢/٤/٢٩

چکیده

خشکسالی، بارش کمتر از متوسط ریزش‌های جوّی سالانه و توزیع ناموزون بارندگی است. این پدیده طبیعی، ریشه در نوسانات اقلیمی وگردش عمومی هوا دارد. بزرگی و فراوانی خشکسالی‌ها در طول زمان، الگوهای مشخصی را نشان می‌دهند. هدف این پژوهش، شناخت الگوهای سینوپتیکی رخداد خشکسالی‌ها در استان خراسان رضوی است. از میان ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک استان، ده ایستگاه انتخاب گردید و داده‌های بارش ۹ ماه از سال تا پایان سال ۲۰۰۷مورد استفاده قرارگرفت. با شاخص SPI دوره‌های ۳ ماهه خشک مشخص شد و از بین ماه‌های خشک، خشکسالی‌های فراگیر در منطقه درمجموع۱۷مورد پدیده خشکسالی تعیین گردید. به منظور شناسایی الگوهای سینوپتیکی داده‌های ژئوپتانسیل متر، سطح زمین وتاوایی از سایت NCEP/NCAR استخراج شد و برای ایجاد ماتریس در محدوده بین عرض ۱۰تا ۷۰درجه شمالی و طول ۱۰- تا ۸۰ درجه شرقی مورد استفاده قرار گرفت. به منظور کاهش و انسجام داده‌ها و مشخص کردن عامل‌های خشکسالی از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی استفاده گردید. تعداد پنج مولفه اصلی، که بیش از ۹۵ درصد کل واریانس داده‌ها را توجیه کرده، انتخاب شد. یافته‌ها نشان داد رفتار پرفشار جنب حاره، عدم تشکیل ناوه بادهای غربی بر روی دریای مدیترانه و تشکیل جبهه قطبی در مدار بالا سبب عدم انتقال رطوبت و پایداری هوا در منطقه بوده و شرایط خشکسالی را فراهم کرده است.

کلید واژه‌ها: خشکسالی، خراسان رضوی، بارش، الگوهای جوّی، تحلیل مؤلفه‌های اصلی.

---

۱ نویسندهٔ مسئول: ٠٩١٥٥٥٨٤٣٥٦

Email: nameni. e41@gmail.com

مقدمه

خراسان رضوی که درشمال شرق ایران واقع شده است، بیشتر از منابع رطوبتی دریای مدیترانـه و دریـای سـرخ بواسطه فعالیت الگوهای جوّی مانند فرود بلند مدیترانه، موج‌های کوتاه، رودباد جبهه قطبی و سیکلون‌های جبهـه‌ای که دردوره سرد سال انتقال می‌یابد، بهره می‌برد. گاهی درنتیجه پیدایش ناهنجـاری‌هـای منفـی درالگوهـای بادهـای غربی میزان بارش درسالی کاهش می‌یابد و موجب وقوع خشکسالی می‌شـود (لندسـبرگ[1]،۱۹۸۲: ۵۹۵ –۵۹۳).برخـی خشکسالی را یکی از دشمنان سرسخت بشر می‌دانند که از گذشـته‌هـای دور او را مـورد هجـوم قـرار داده اسـت. روش[2] (۱۹۸٦: ۲۸۷) خشکی محیط را این طور تعریف می‌کند:« حالت متوسط. . . اقلیم یک منطقـه و اثـرات آن کـه بوسیله باران کم و پوشش گیاهی فقیر ظاهر می‌شود». به نظر ویلهایت[3](۱۹۹۷: ۹۵۸) عواقب ناشـی از ایـن پدیـده در بخش‌های مختلف، بویژه بخش کشاورزی که عمده‌ترین مصرف کننده آب به شمار می‌رود، خسارات زیـادی وارد می‌نماید. به عنوان مثال بین سال‌های ۱۹۷۰تا ۱۹۸٤ دولت استرالیا حدود ۹۲۵ میلیون دلار صرف جبـران خـسارات ناشی از خشکسالی کرد(ویلهایت،۱۹۹۷ :٤۳۸–٤۲۵). در کتاب انسان و خشکسالی(مونیک،۱۳۷۷: ۳) آورده شـده بنـا به نظر پونست[4] در ابتدای خشکسالی نیجریه مردمی که در شمال عرض ۱۳ درجه شمالی زندگی می‌کردند بـیش از همه خسارت دیده اند؛ چون بخاطر فقدان بارندگی تجدید حیات گیاهی انجام نشد. دام‌ها از بین رفتند. دامـدارها از تولید محصول شیر و گوشت و درآمد محروم شدند. نویسنده همچنین بیـان مـی دارد در بررسـی‌هـای(تیمبـرلاک[5] ،۲۹٤) در سال ۱۹۸۵ قحطی در آفریقا از سواحل اقیانوس اطلس تا شاخ آفریقا و موزامبیـک و در آفریقـای جنـوبی شروع شد و این امر مقدمه یک سلسله حوادث اسف انگیز بود. تحقیقات انجام شـده نـشان مـی‌دهـد کـه در بـین حوادث طبیعی خسارات ناشی از خشکـسالی بیـشترین مقـدار را شـامل مـی‌شـود (مهـدی آسـیایی، ۱۳۸۵: ۸٦). در مطالعات (احمدیان طبسی وهمکاران،۱۳۸٤) آمده است که خسارات ناشی ازخشکسالی با توجه بـه توسـعه جهـانی و افزایش سرمایه گذاری‌ها در حال افزایش بوده و در بخش‌های کشاورزی، منابع آب، منابع طبیعـی زیـست محیطـی دامداری و توریسم و . . . . تاثیرگذار است. در این زمینه آگاهی از شرایط اقلیمی و آب و هوایی آینده رکن اساسـی را به عهده داشته و همواره مورد توجه کارشناسـان بـوده اسـت (صـمدی نقـاب، ۱۳۸۵: ۸٦). در بررسـی‌هـای کیـت اسمیت(۱۹۹۲) آمده است زمانی که دمای آب‌های سطح اقیانوس‌ها کاهش مـی‌یابـد جـو پایـدارتر شـده و شـرایط

1 Landsberg
2 Roche
3 Wilhite
4 Ponect
5 Timberlake

واچرخندگی حاکم می‌شود که این موجب فراوانی پرفشارهای مانع می‌گردد. اقلیم کره زمین سیستم پیچیده‌ای است که مرتبط با پدیده‌های سطحی و سطوح بالای جوی می‌باشد (عزیزی،۱۳۸۳: ٤٨). از آنجایی که بخش وسیعی از ایران دارای اقلیم خشک و نیمه خشک است، پیش بینی بلندمدت بارش برای برنامه ریزی و مدیریت منابع آب حائز اهمیت است(صداقت کردار و فتاحی،۱۳۸۷). آب وهوای خشک ونیمه خشک خراسان باعث شده این استان از قابلیت پذیرش خشکسالی بالایی برخوداربا‌شد (بداق جمالی وهمکاران، ۱۳۸٤: ۳٦). به نظر غیور و مسعودیان (۱۳۷٦: ٤٧) خشکسالی ها به سبب تغییرات در گردش عمومی جو روی داده است. فتاحی و رضیئی (۱۳۸۸: ۷٤-٤٥) در مطالعات خود به این نتیجه رسیده اند که الگوهای گردشی جو نقش مهمی در پیدایش پدیده‌های محیطی دارند. ازاین رو، شناسایی الگوهای گردش جو، کنترل کننده آب وهوای ایران و ویژگی‌های آنها بسیارضروری است. با استفاده از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی دررساله دوستان(۱۳۹۰) ۵ کانون عمده کنترل هوا شامل دریای مدیترانه، سیبری، دریای سیاه، جنوب ایران و شمال دریای خزر شناسایی شده است. علیجانی[1](۲۰۰۲: ٥٤) نشان داد اقلیم ایران را تراف نزدیک به ایران عمدتاً شرق دریای مدیترانه و خزر کنترل می‌کند. در رساله صادقی (۱۳۸۷: ۱۱۸-٤) آمده است از میان الگوهای همدید در وقوع خشکسالی‌های خراسان واچرخندها بیشترین سهم را در رخداد خشکسالی ها دارند. واچرخندها باعث نزولی شدن هوا و از بین رفتن یا کاهش عامل صعود توده‌های هوای مرطوب می‌شوند. با ورود چرخندها همراه با رطوبت فراوان بارش‌های قابل توجهی در محدوده خراسان نازل می‌شود و دوره ترسالی نیز ظاهر می‌شود، ولی با ورود واچرخندها و یا چرخندهای ضعیف، دوره خشکسالی نمایان می‌گردد. بارندگی در خراسان رضوی از تفاوت زمانی ومکانی برخوردار است. ۵۰ درصد از بارش در فصل زمستان،۳۲ درصد در فصل بهار، ۱۷درصد بارش در فصل پاییز و۱ درصد دیگر در فصل تابستان می‌بارد. مناطق و حوضه هایی که در نزدیکی کویرها قرار دارند بارندگی کمی در طول سال دریافت می‌کنند(مطالعات برنامه آمایش استان خراسان رضوی، ۱۳۸۸: ۲٦). بارش خراسان رضوی حاصل عملکرد سیستم بادهای غربی وانتقال رطوبت ازدریای مدیترانه ودریای سرخ به منطقه است. رطوبت منابع یاد شده ازطریق الگوهای بادهای غربی به خراسان انتقال پیدا می‌کند. چنانچه در وضعیت وعملکرد بادهای غربی اختلال حاصل شود رطوبت به اندازه کافی به منطقه انتقال پیدا نمی کند وپدیده خشکسالی به وقوع می‌پیوندد. برای شناخت خشکسالی‌ها لازم است که رفتاروعملکرد سیستم بادهای غربی مورد بررسی قرارگیرد. ازاین جهت شناخت آنها درانتقال رطوبت وایجاد ناپایداری درخراسان ضرورت دارد.

1 Aligani

شکل ۱ موقعیت استان خراسان رضوی

منطقه مورد مطالعه

خراسان رضوی در شمال شرقی ایران واقع است که با وسعتی حدود ۱۱٦٤۹۳ کیلومتر مربع، معادل ۷/۷٤ درصد از کل مساحت کشوررا شامل می‌شود و با ارتفاع متوسط ۱۰۰۰ متر از سطح دریا، بین ۳۳درجه و ۲۷دقیقه تا ۳۷درجه و ٤۱ دقیقه عرض شمالی و ٥٦ درجه و ۱۲ دقیقه تا ٦۱ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی قرارگرفته است(شکل۱). با توجه به کمبود آب و خشکسالی‌های اخیر در استان خراسان رضوی، همچنین بحرانی بودن منابع آب، این استان به عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب شده است.

مواد و روش ها

به منظور مطالعه خشکسالی های استان خراسان رضوی ابتدا از میان ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک وکلیماتولوژی داخل استان ایستگاه‌هایی که دارای سابقه آماری کافی بودند و جهت مطالعه مناسب تشخیص داده شدند ده ایستگاه انتخاب گردید که شامل کاشمر، مشهد، سبزوار، قوچان، گناباد، گلمکان، سرخس، تربت جام، تربت حیدریه ونیشابور است. سپس داده‌های مربوط به هر یک از ایستگاه‌ها از سال ۱۹۸۷تا پایان

سال ۲۰۰۷ از سازمان هواشناسی دریافت شد و جهت بررسی مورد استفاده قرار گرفت. برای انجام این پژوهش داده‌های آماری میانگین بارش ماهانه ۹ ماه از سال استخراج شده و داده‌های فصل تابستان مانند ماه‌های جولای، آگوست و سپتامبر به دلیل اینکه استان خراسان در تابستان فاقد بارش بوده حذف گردیده است. به منظور پایش خشکسالی شاخص‌های گوناگونی ارائه شده است. یکی از متداول‌ترین شاخص‌ها به منظور پایش خشکسالی شاخص SPI می‌باشد. از مزایای این شاخص می‌توان به سادگی محاسبات و استفاده از پارامتر بارش، تعیین دوره‌های خشک و تر در یک طیف گسترده و پایش خشکسالی‌های سالانه و ماهانه اشاره کرد. از مقادیرSPI در مقیاس زمانی ۳ ماهه که وضعیت رطوبت محدوده مورد مطالعه را بهتر نشان می‌دهد، استفاده شد. اعداد منفی مشخص کننده خشکسالی ماهانه است. برای هر ماه خشک به صورت جداگانه داده‌های ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و فشارسطح دریا برحسب هکتوپاسکال از پایگاه NCEP/NCAR استخراج گردید و پس ازتشکیل ماتریس درابعاد۲/۵×۲/۵درجه طول وعرض جغرافیایی موردمحاسبه قرار گرفت وحاصل ماتریس متشکل از۹۲۵سلول می‌باشد که داده‌های آماری این محدوده، بین عرض ۱۰ تا ۷۰ درجه شمالی و طول ۱۰- تا ۸۰ درجه شرقی است. در مرحله بعد با استفاده از نرم افزار GRADS داده‌های nc وارد اکسل شده وچون داده‌های استفاده شده در تحقیق حاضر دارای حجم بسیار گسترده‌ای بود، از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی عمدتا به عنوان یک روش آماری برای کاهش تعداد متغیرها و مقدار اولیه واریانس موجود در داده‌های اصلی استفاده گردید. در طبقه بندی الگوهای گردشی جوآرایهٔ S بر روی داده‌های تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال انجام گرفته و تعداد ۵ مؤلفه که بیش از ۹۵ درصد کل واریانس داده-ها را توضیح می‌دهند، برای مطالعه بیشتر انتخاب شدند. در ادامه برای نمایش همبستگی فضایی عامل‌ها با کمک نرم افزار surfer یک نقشه ترکیبی از ۵ عامل تهیه شد و در مرحله آخر با استفاده از نرم افزار Grads الگوهای هر عامل مشخص شده و نقشه‌های ترکیبی از ژئوپتانسیل متر و سطح دریا و تاوایی تهیه گردید. در پایان با توجه به نقشه‌های بدست آمده به تحلیل و شناسایی الگوهای مؤثردر خشکسالی‌های منطقه خراسان رضوی پرداختیم.

بحث و نتایج

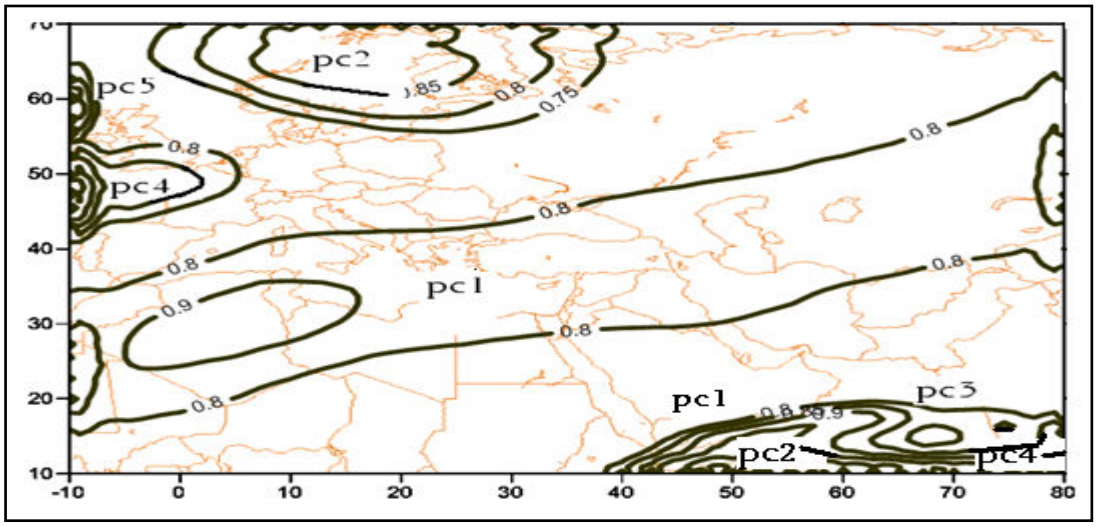
پس از انتخاب داده‌ها و استاندارد کردن آنها باید با حالت مناسب تنظیم شوند. حالت S حالت به کار رفته در این پژوهش است که برای طبقه بندی الگوهای نقشه‌های پراکندگی فشار به کار می‌رود. چون داده‌های استفاده شده در این تحقیق دارای حجم بسیار گسترده ای است با استفاده ازروش تحلیل مؤلفه‌های اصلی که برروی داده‌های تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال به منظورتقلیل داده‌ها ومشخص کردن عامل‌های خشکسالی انجام

گرفت، باعث انسجام داده‌ها شد و تعداد ۵ مؤلفه اصلی که مجموعاً بیش از ۹۵درصدواریانس را پوشش داده است، به عنوان کانون‌های مرکز فعالیت عوامل مشخص گردید(جدول شماره ۱).

جدول ۱ توزیع واریانس تجمعی و غیر تجمعی عامل ها

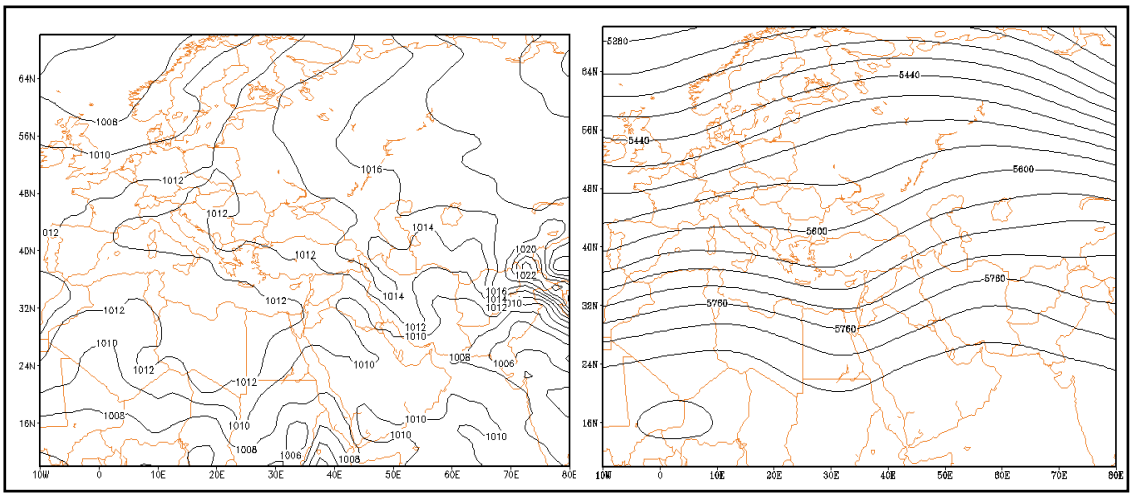
مؤلفه	واریانس	واریانس تجمعی
۱	٤٤/٤٢٦	٤٤/٤٢٦
۲	٢٤/١٨٦	٦٨/٦١٢
۳	١٠/٠٣٧	٧٨/٦٤٨
٤	٩/٩١٠	٨٨/٥٥٩
٥	٦/٧٣٠	٩٥/٢٨٨

شکل۲ توزیع مکانی همبستگی‌های ۵ عامل را در مناطق مختلف نشان می‌دهد. الگوهای جوی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال وفرابار سیبری از عمده‌ترین کنترل کننده‌های آب و هوای منطقه مورد نظر هستند؛ بطوری‌که خشکسالی، حاصل ناهنجاری عملکرد الگوهای جوی بیشتر در فصول انتقالی (بهار و پاییز) است که عامل‌ها و الگوهای کنترل کننده آنها به ترتیب مورد بحث وبررسی قرار می‌گیرند.

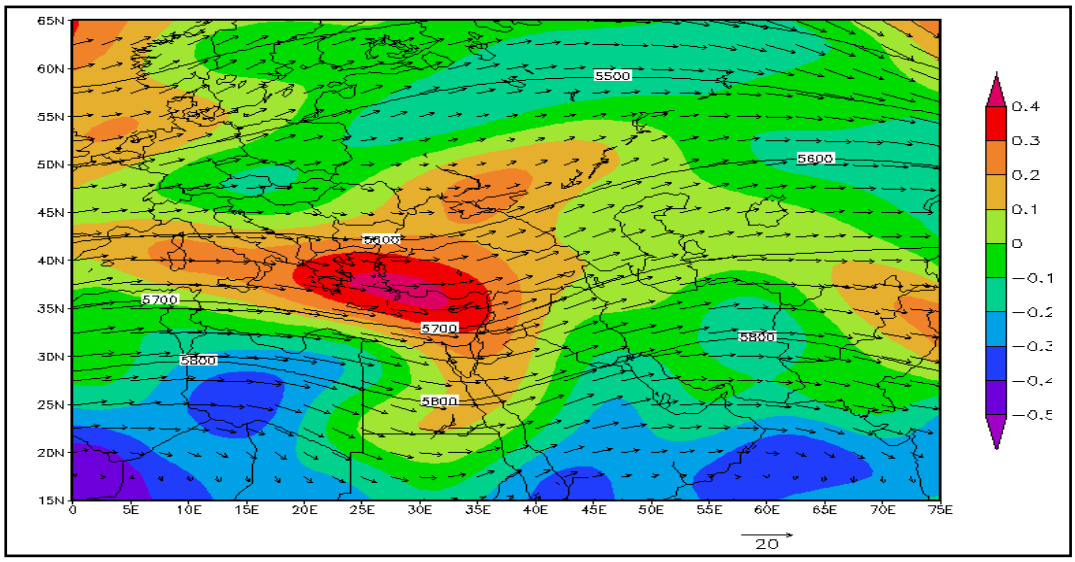


شکل ۲ الگوهای فضایی عامل ها

الگوهای فشارعامل اول: عامل اول ٤٤/٤٢٦ درصد واریانس را شامل می‌شود. بخش مهمی از خشکسالی خراسان رضوی حاصل عملکرد فعالیت این عامل است. عامل اول بوسیله چند الگوی فشارجو کنترل می‌شود که عبارتند از: ناوه بادهای غربی، پرفشارجنب حاره ای آزور و فرابار سیبری(شکل شماره ۲).



شکل٤ نقشه ترکیبی فشار سطح دریا **شکل۳** نقشه ترکیبی تراز۵۰۰هکتوپاسکال



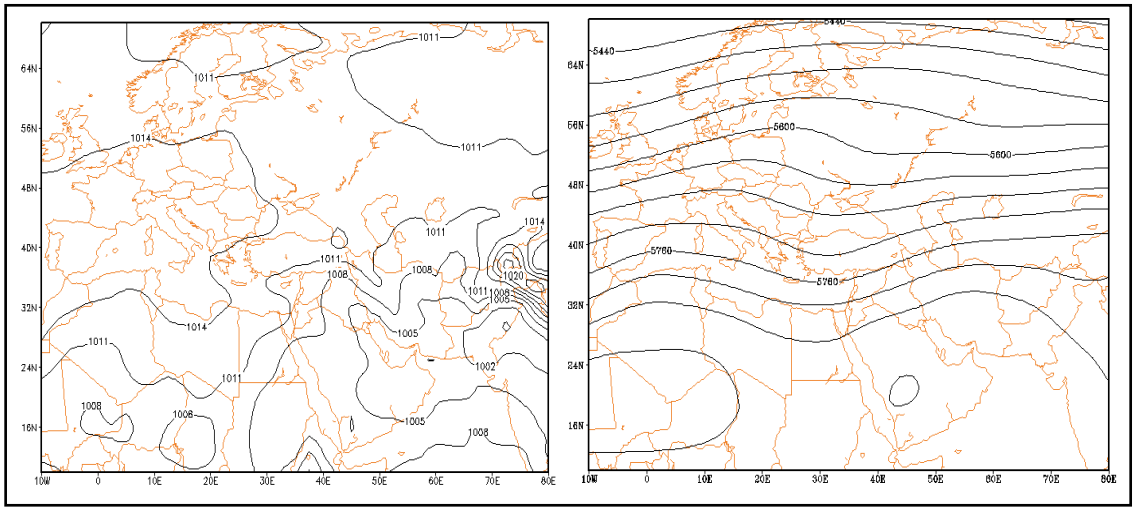
شکل۵ نقشه ترکیبی وضعیت تاوایی نسبی ارتفاع ژئوپتانسیل،جهت وشدت باد درتراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

در ناوه بادهای غربی تاوایی به حداکثر می‌رسد و سبب ناپایداری و صعود هوا می‌شود؛ یعنی حالت واگرایی هوا در سطوح میانی جو به وقوع می‌پیوندد و به تبع آن همگرایی هوا در سطح زمین صورت می‌گیرد که باعث تشکیل سیکلون در سطح زمین می‌شود. هرگاه محور ناوه در وسط دریای مدیترانه قرار گیرد، رطوبت بیشتری به خراسان رضوی انتقال یافته و بارش‌های مناسبی نیز نازل می‌شود. اگر محور ناوه بر مرکز دریای مدیترانه منطبق نباشد امکان رخداد خشکسالی در خراسان قریب یقین است. در شکل ۳ این سامانه برروی شمال شرقی آفریقا تشکیل شده است وبا عدم انطباق محور فرود روی دریای مدیترانه مسیر حرکت بادهای غربی تغییر می‌کند. چون رطوبت کافی از دریای مدیترانه ودریای سرخ به خراسان انتقال نیافته حاصل آن پیدایش خشکسالی در خراسان رضوی است. سامانه پرفشار جنب حاره در دوره سرد سال

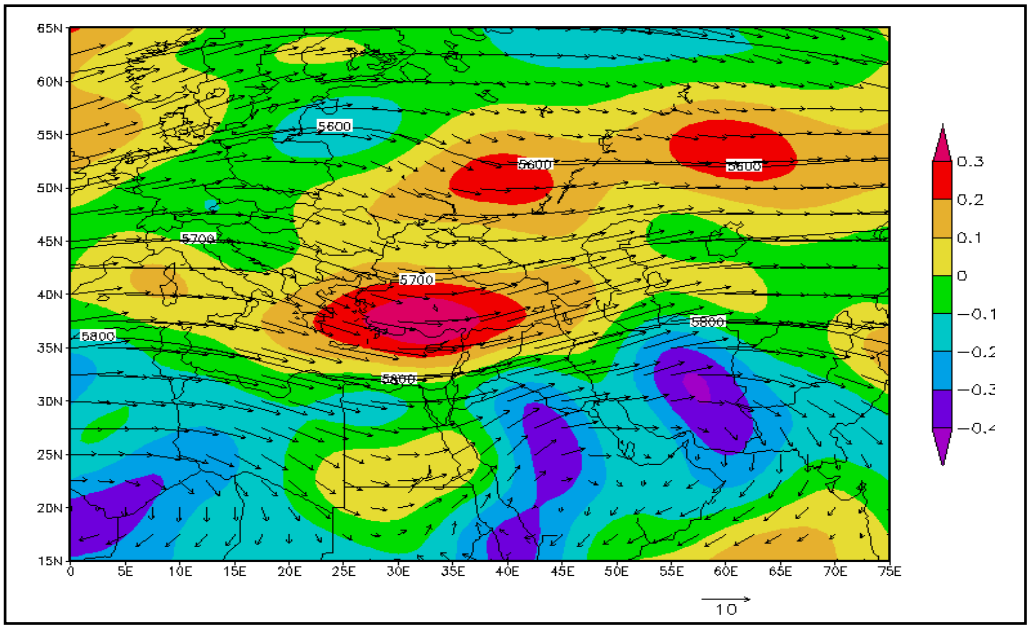
روی خشکی آفریقا مستقرمی شود و در مدار ۳۸ درجه قرار می‌گیرد. این سامانه به نسبت هوای سرد قطبی و شمالگان از فشار کمتری برخوردار می‌باشد. بنابراین در دوره سرد سال هوای سطح زمین عرض‌های میانه را کمتر می‌تواند کنترل نماید. اما گاهی میزان فشار این سامانه در دوره سرد سال افزایش می‌یابد وبه بالای مدار ۳۸ درجه گسترش می‌یابد. سلولی از این سامانه که بر روی شبه جزیره عربستان مستقر می‌شود به سمت مدار بالای کشور از جمله خراسان رضوی گسترش می‌یابد و در سطح ۷۰۰ هکتوپاسکال قرار گرفته و باعث نزولی شدن هوا می‌شود. از همه مهم‌تر گاهی سبب ایجاد فرابار مانع در مسیر وزش بادهای غربی برروی شمال دریای خزر و دشت‌های روسیه می‌گردد که امکان وزش مداری بادهای غربی را فراهم می‌کند. چون این بادهای مداری از عمق کافی برخوردار نیستند قادر به کنترل هوای سطح زمین نبوده و شرایط صعود هوا نیز فراهم نمی شود. پایداری هوای خراسان رضوی به واسطه استقرار پرفشار جنب حارهاست که هوای آفتابی وکم بارش در ماه‌های خشک حاصل این الگوی جوی می باشد (شکل۳). فرابارسیبری از اوایل پائیزدر جنوب دریاچه بایکال تشکیل می‌شود و با گسترش زبانه به نواحی اطراف از جمله خراسان رضوی، باعث پایداری و سرد شدن هوای سطح زمین در منطقه می‌گردد. شکل٤ نشان می‌دهد این سامانه با پربند ۱۰۱۲ هکتو پاسکال محدوده خراسان رضوی را فرا گرفته که می‌تواند منشاء پایداری هوای سطح زمین نیز تلقی شود. علاوه بر آن نفوذ پرفشارجنب حاره حاصل از سلول مستقر روی عربستان واگرایی هوای سطح زمین در منطقه مورد نظر را تشدید نموده است. با توجه به پایداری هوای سطح زمین امکان صعود توده هوای مرطوب فراهم نشده و هوای خشک بدون بارش زمینه وضعیت کم بارشی و خشکسالی را در استان فراهم نموده است. عدم تشکیل ناوه بادهای غربی بر روی دریای مدیترانه و عدم تشکیل سیکلون‌های جبهه قطبی بر روی این دریا، همچنین استقرار پرارتفاع جنب حاره درتراز ۷۰۰ هکتوپاسکال به بالا از عمده ترین الگوهای جوی رخداد خشکسالی به واسطه عامل اول در خراسان رضوی تلقی می‌شوند. درشکل۵ بررسی وضعیت تاوائی نسبی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مبین جابجایی شرق سوی امواج غربی، وجود دو پرارتفاع با بیشینه تاوائی منفی در شمال دریای خزر همچنین تاوائی مثبت در شرق دریای مدیترانه باعث شکل گیری فرابار مانع در برابر جریان‌های مرطوب وانحراف بادهای غربی به سمت شمال دریای خزر گردیده است. گسترش پرارتفاع جنب حاره از سمت جنوب به ایران و وزش مداری بادهای غربی سبب تضعیف عملکرد این بادها و ایجاد پشته بر روی شمال دریای خزر گردیده و طبیعتاً بر اثر گردش واچرخندی و نزول شدید هوا خشکسالی در خراسان رضوی به وقوع پیوسته است.

الگوهای فشارکنترل کننده عامل دوم

عامل دوم ٢٤/١٨٦ درصد واریانس را شامل می‌شود. در این عامل عمده‌ترین الگوهای جوی مؤثر در خراسان رضوی پرفشار جنب حاره‌ای آزور و ناوه دریای مدیترانه است. الگوهای جوی همچون فرابار سیبری و پشته روی اسکاندیناوی از دیگرمؤلفه‌های تأثیرگذار این عامل تلقی می‌شوند(شکل شماره۲).



شکل۷ نقشه ترکیبی فشار سطح دریا **شکل٦** نقشه ترکیبی مربوط به تراز۵۰۰هکتوپاسکال



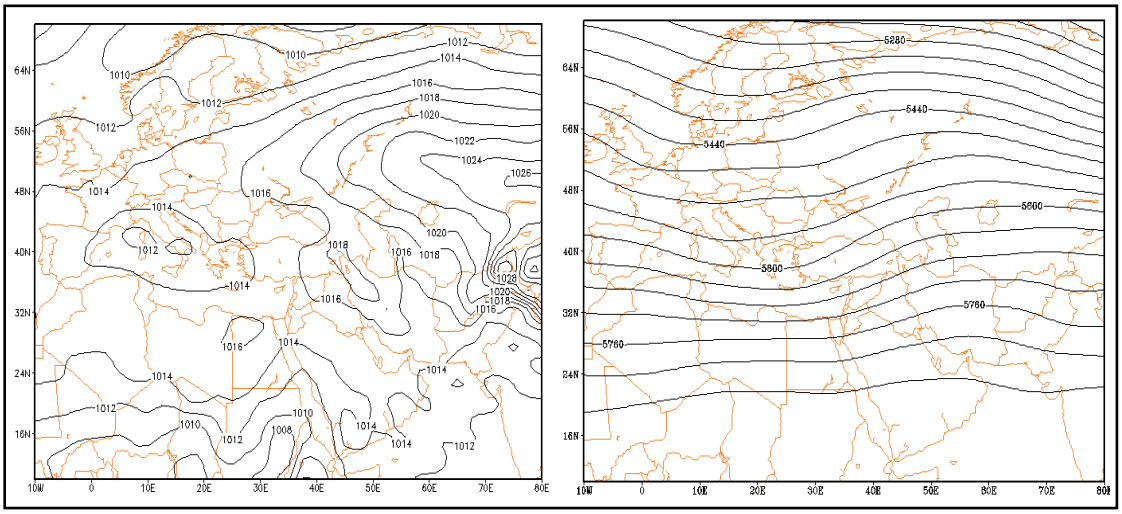
شکل۸ نقشه ترکیبی مربوط به وضعیت تاوایی نسبی، ارتفاع ژئوپتانسیل وجهت وشدت باد در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، عامل دوم

درشکل٦ پرفشار جنب حاره ای به دو سلول تقسیم شده که یکی بر روی عربستان و دیگری بـر روی آفریقـا قـرار گرفته است. سلول مستقر روی عربستان به سمت مدار بالا انتقال می‌یابـد و در ارتفـاع ۵۸٤۰ ژئوپتانـسیل متـر مـستقر می‌شود. حاصل عملکرد پر ارتفاع جنب حاره بر روی ایران ناشی از فعالیت سلول روی عربستان است که باعث ایجـاد هوای نزولی ملایم و کم بارش دوره سرد درخراسان رضوی شده است. از سلول مستقر روی آفریقا زبانه‌ای به سـمت بالای مدار ۳۸ درجه گسترش یافته که موجب تشکیل پشته‌ای بر روی اسکاندیناوی شده است، فرابـار حاصـله سـبب

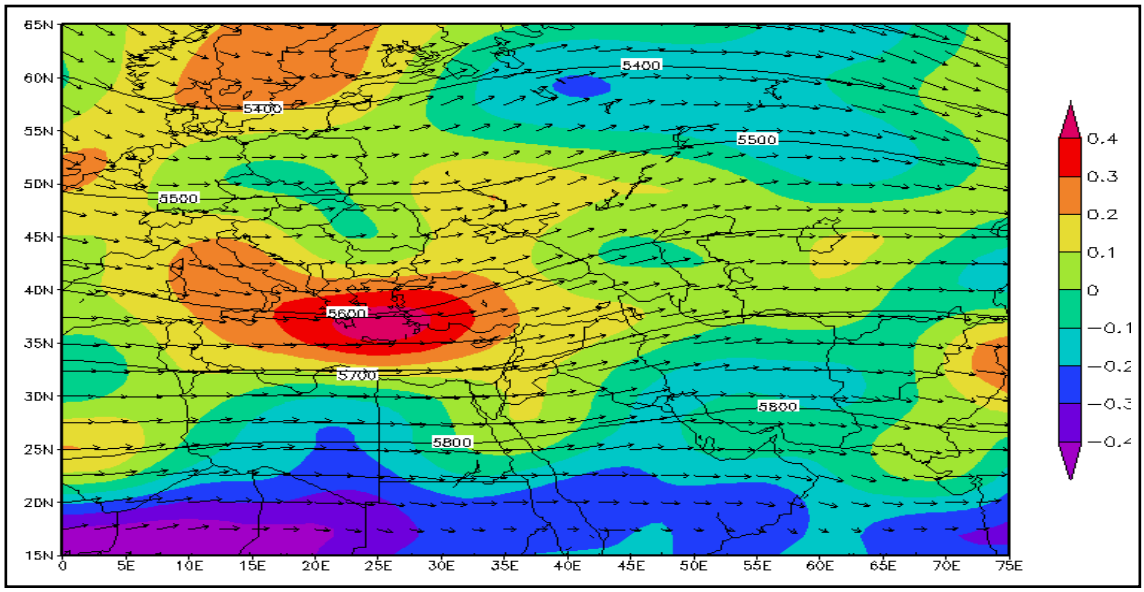
وزش مداری بادهای غربی در مدارهای پائین از جمله روی خراسان رضوی است که قادر بـه تحـت تـأثیر قـرار دادن هوای سطح زمین منطقه نشده است. ناوه دریای مدیترانه با عمق کم بر روی دریای مدیترانه و شمال شرق آفریقا تشکیل گردیده و چون ناوه فاقد عمق لازم بوده قادر به تشکیل جبهه قطبی مؤثر با سیکلون‌های قوی نشده است، بلکـه جبهـه قطبی ضعیف با سیکلون‌های نه چندان قوی قادر به انتقال رطوبت بیشتری از دریای مدیترانه در بـستر مـوج‌هـای بلنـد نگردیده و حاصل فعالیت این سامانه بارش کم وکوتاه مدت بوده، بدین جهت خشکسالی محدوده را فراگرفتـه اسـت. بررسی شکل۷ حاکی از این است که زبانه‌ای از فرابار سیبری از طریـق شـمال شـرق وارد خراسـان رضـوی نـشده و درسطح زمین تمام محدوده مورد مطالعه و بخش وسیعی از ایـران کـم فـشار گـسترش یافتـه کـه پربنـد فـشار ۱۰۰۸ هکتوپاسکال محدوده گسترش این سامانه را نشان می‌دهد. چون پرفشار جنب حاره آسمان ایران را در برگرفته مکانیسم به گونه‌ای بوده که از شدت فشار کم کرده و در سطح زمین هوا واگرا می‌شود. عامل پایداری هوا پرفشار جنـب حـاره بوده که شرایط خشکسالی را پدید آورده و میزان کنترل بوسیله فرابار سیبری کم و ناچیزاست. در شکل ۸ تاوایی منفی با مقداربیشتراز ۰/۲- محدوده خراسان رضوی را فراگرفته است که مبین همگرایی هوا در سطح بالای جو و واگرایـی آن در سطح زمین است. به عبارت دیگر به علت تشکیل آنتی سیکلون در سطح زمین گردش هوا وضعیت واگرایـی پیـدا کرده است.

الگوهای فشار عامل سوم

عامل سوم۱۰/۰٤ درصد واریانس را شامل می‌شود. این عامل به وسیله سه الگوی جـوی کنتـرل مـی‌شـود. پرفشارجنب حاره ,عدم تشکیل فرود دردریای مدیترانه وگسترش زبانـه فرابـار سـیبری از الگوهـای مـؤثراین عامل تلقی می‌شوند که خشکسالی را تکوین نموده اند(شکل شماره۲).



شکل۱۰ نقشه ترکیبی مربوط به فشار سطح دریا **شکل۹** نقشه ترکیبی مربوط به تراز۵۰۰هکتوپاسکال



شکل ۱۱ نقشه ترکیبی وضعیت تاوایی نسبی ارتفاع ژئوپتانسیل وجهت وشدت باددر تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

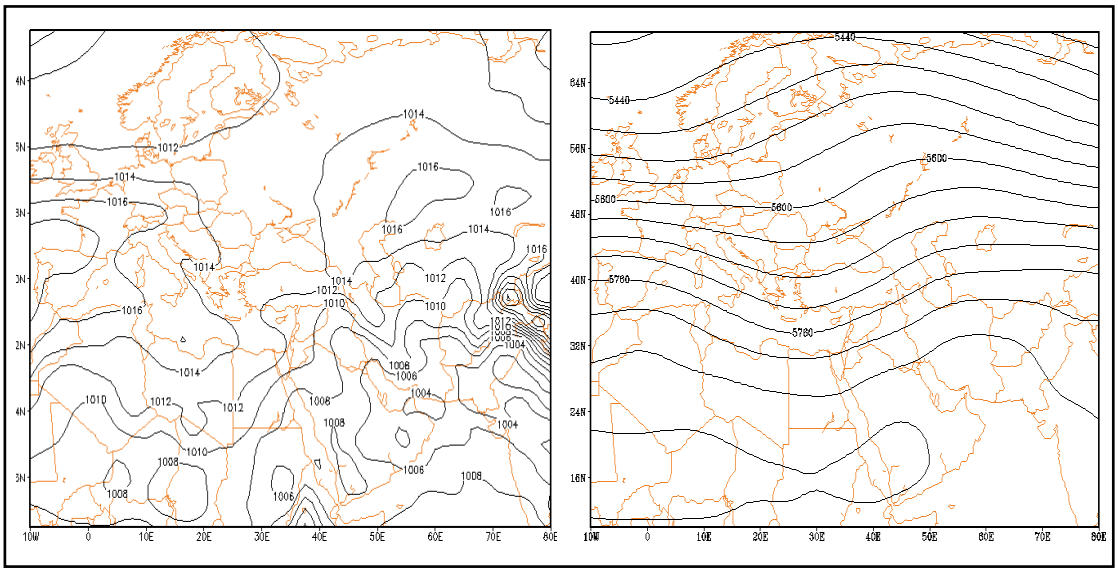
درشکل ۹ پرفشار جنب حاره ازروی شبه جزیزه عربستان وارد ایران شده وارتفاع ۵۷۲۰ هکتوپاسکال را در خراسان رضوی بوجود آورده است. پرارتفاع جنب حاره هوا را پایدار کرده وشرایط صعود هوا را تضعیف نموده ومانع نفوذ رطوبت از دریای مدیترانه به منطقه شده است. به علت واگرایی جریان هوا درسطح زمین خراسان رضوی جو پایداری غالب شده وامکان صعود هوا بطورکلی ازبین رفته است. این شرایط زمینه وقوع خشکسالی منطقه را فراهم نموده است. به علت پشته روی اسکاندیناوی ناوه ای در شمال آفریقا شکل گرفته است که محور ناوه شمال‌غربی – جنوب‌شرقی است. به دلیل تشکیل فرابار مانع امکان شکل‌گیری ناوه عمیق مدیترانه‌ای میسر نشده و رطوبت این دریا به خراسان انتقال پیدا نکرده است. چون وزش بادهای غربی روی ایران مداری است در شرایط وزش مداری، بادهای غربی از عمق کمتری برخوردارند؛ لذا این قبیل بادها قادر به متاثر ساختن هوای سطح زمین خراسان نیستند و هوای سطح زمین حالت صعود را پیدا نمی کند. الگویی که بتواند هوا را در سطح زمین منقلب کند وجود نداشته است وبه تبع آن، پایداری هوا جایگزین ناپایداری گردیده است.

درشکل۱۰پرفشار سیبری ناشی از سرمایش سطح زمین است که در فصل پاییز بصورت سامانه‌ای کم ضخامت ایجاد می‌شود؛ در حالی‌که یک سیستم سینوپتیکی تاثیرگذار است. پرفشار سیبری زمانی که به حداکثر میزان فشار می‌رسد با گسترش زبانه‌هایی به نواحی اطراف منتقل می‌شود که در اکثر مواقع زبانه غربی

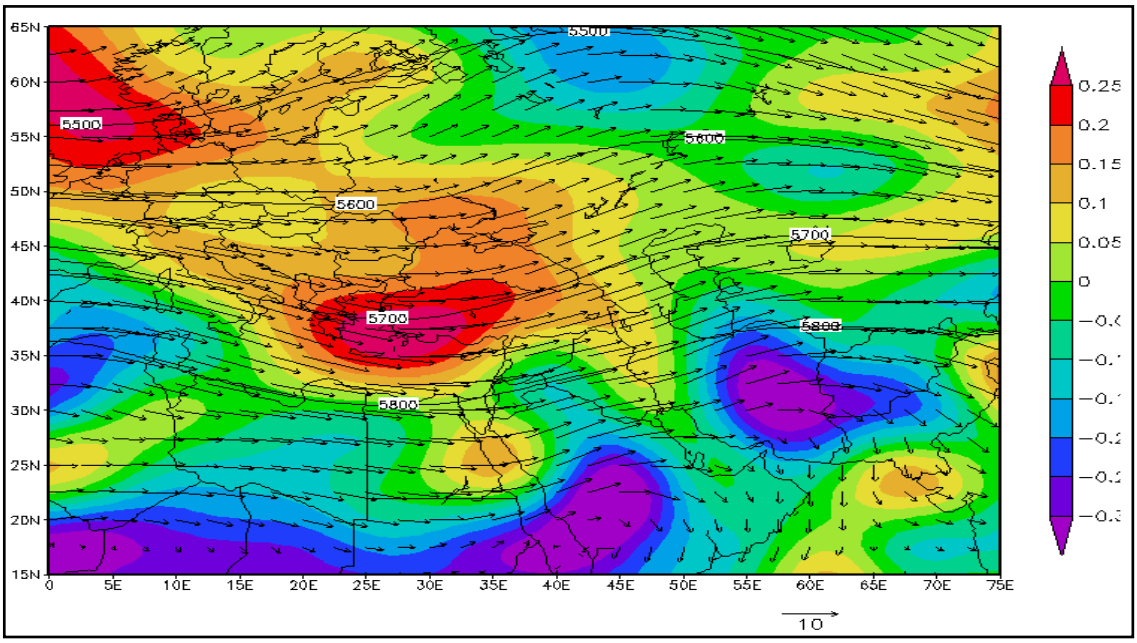
این سیستم، از شمال شرق، ایران را تحت تاثیر قرار داده مانع گسترش بادهای غربی ومنجر به کاهش دما و خشکی هوا می‌گردد؛ بطوری‌که در این الگو منحنی فشار ۱۰۱۶ هکتوپاسکالی در تمام نقاط خراسان رضوی گسترش یافته است و از وزش بادهای غربی در این منطقه جلوگیری نموده، پایداری هوا وعدم صعود آن حاصل فعالیت این سامانه است. بررسی نقشه ترکیبی مربوط به وضعیت تاوایی نسبی شکل۱۱ نشان می‌دهد سلول پر فشار جنب حاره، عربستان روی آسمان ایران از جمله خراسان را دربرگرفته است. به علت استقرار پرارتفاع با مقدارعددی ۰/۱- هوای ملایم و نزولی روی محدوده خراسان رضوی را فرا گرفته و با توجه به بالا بودن دما نسبت به شرایط نرمال رطوبت آن به دلیل افزایش ظرفیت رطوبتی کاهش یافته واز شرایط تشکیل ابر و بارش فاصله گرفته است. بادهای غربی بر اثر چرخندگی وضعیت تاوایی، انحنایی در مسیر حرکتشان پدید آورده‌اند که متعاقب آن شرایط واچرخندگی یا آنتی سیکلونی سطح زمین محدوده مورد مطالعه را دربرگرفته است.

الگوهای فشارعامل چهارم

این عامل ۹/۹۱ درصد واریانس را شامل می‌شود که بوسیله سه الگوی جوی کنترل می شود. الگوی اول پرفشارجنب حاره ای آزور مستقر روی عربستان، الگوی دوم کم عمق بودن ناوه مدیترانه والگوی سوم زبانه فرابار سیبری است(شکل شماره۲) .



شکل۱۳ نقشه ترکیبی مربوط به فشار سطح دریا **شکل۱۲** نقشه ترکیبی مربوط به تراز۵۰۰هکتوپاسکال



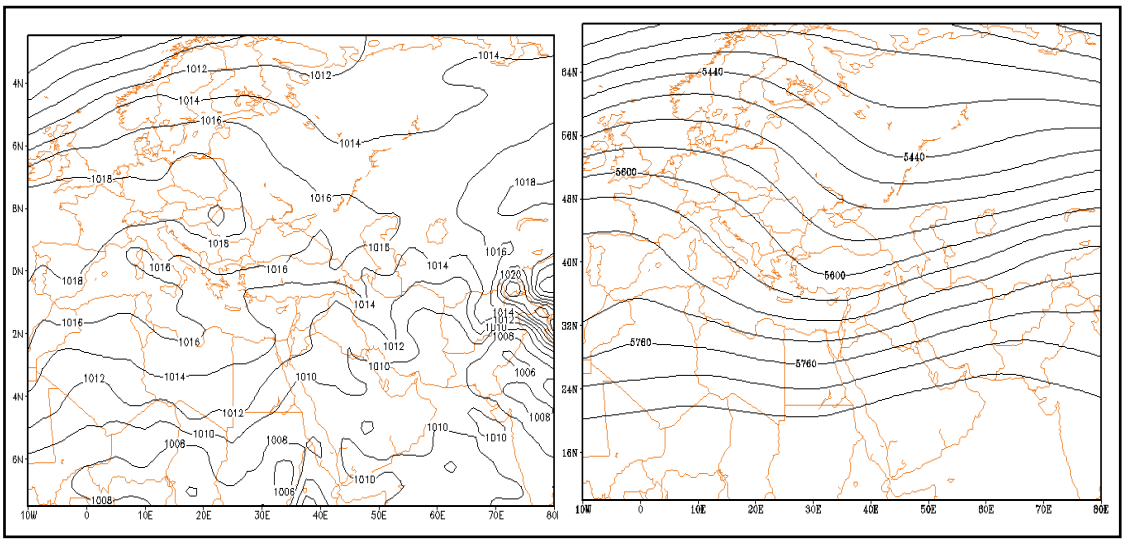
شکل ۱۴ نقشه ترکیبی مربوط به وضعیت تاوایی نسبی، ارتفاع ژئوپتانسیل وجهت وشدت باد درتراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

پرفشار جنب حاره مستقر روی شبه جزیره عربستان با شروع فصل گرم فضای ایران از جمله خراسان را دربرمی‌گیرد و قادر است هوای سطح زمین را کنترل کند. ولی گاهی به صورت نابهنجار در دوره سرد سال وارد ایران می‌شود. درشکل۱۲وجود پر بند ۵۸۲۰ متر بر روی خراسان بیانگر استقرار پرفشار جنب حاره است که موجب گرمی وخشکی هوا شده و شرایط صعود را نیز از بین برده است. بر اثر تشکیل تراف روی شمال غربی آفریقا امتداد این سامانه پرفشار بر روی خراسان سبب گردش واچرخندی هوا در سطح زمین گردیده است؛ درحالی‌که شرایط همگرایی هوا در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال حاکم می‌باشد. این مؤلفه‌ها در پایداری هوا بطور موفق عمل کرده و شرایط خشکسالی را برای خراسان رقم زده‌اند. ناوه دریای مدیترانه درسطح ۵۰۰ هکتوپاسکال در شمال دریای مدیترانه تشکیل شده و قادر به انتقال رطوبت از منبع رطوبتی بوسیله پربند۵۸۲۰ که از شمال خراسان عبور نموده، نبوده است؛ اما در نقشه سطح زمین مشاهده می‌شود پر فشار جنب حاره تقویت یافته و سراسر ایران را دربرگرفته و به علت واگرایی، این عامل موجب پایداری هوای سطح زمین گردیده و قادر به صعود و ایجاد ناپایداری هوا در سطح بالا و زمین وایجاد بارش کافی نشده است. نقشه ترکیبی شماره۱۳ یک الگوی خشکی زایی است که در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مرکز پر ارتفاعی با کنتور ۵۸۸۰ ژئوپتانسیل مترروی عربستان استقرار یافته و تحت تسلط گردش واچرخندی و نزول

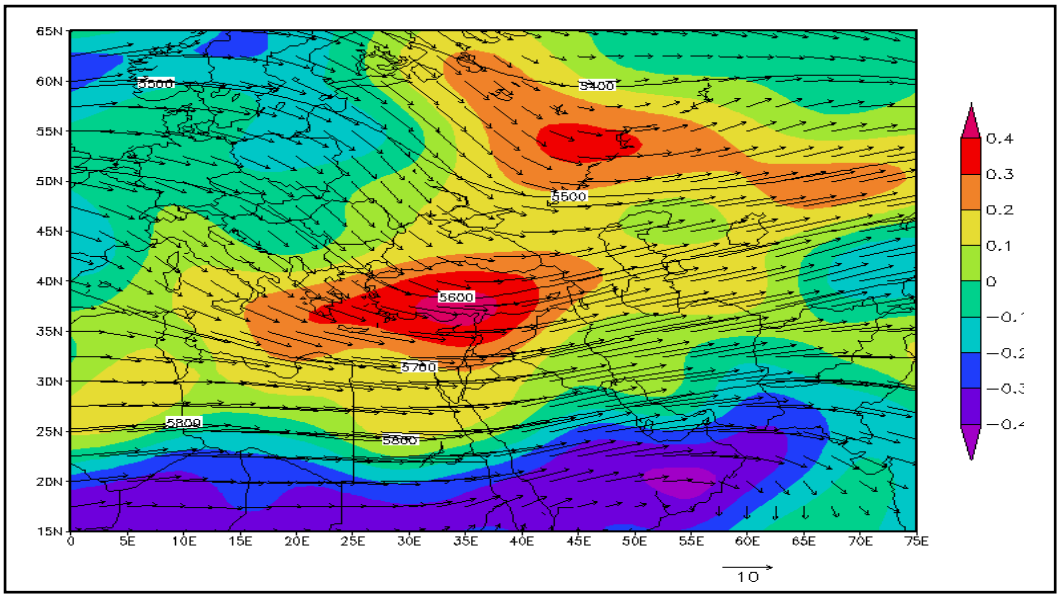
هوا قرار دارد. همچنین این الگو با استقرار منحنی فشار ۱۰۰۸ هکتوپاسکال درسطح زمین همراه شده که نتیجه آن پایداری وجلوگیری از ایجاد بارش بر روی خراسان وبخش وسیعی از ایران است. این جریان هوا شرایط صعود را برای هوای کم فشار سطح زمین ازبین برده، در نتیجه هوای سرد و خشک در خراسان گسترش یافته و زمینه خشکسالی را فراهم نموده است. بررسی وضعیت تاوایی نسبی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بیانگر استقرار مرکز پرفشار بر روی ایران و وجود تاوایی منفی با کنتور بسته و بیشینه تاوایی ۰/۲- بر روی خراسان است. بعلاوه پر ارتفاع روی شبه جزیره عربستان در تقویت سامانه مستقر بر روی ایران مؤثر بوده و همان‌طور که شکل ١٤ نشان می‌دهد، مرکز پر ارتفاع موجب گردش واچرخندی در منطقه شده است.کم ارتفاع شرق دریای مدیترانه تاوایی مثبت با مقادیر بیش از۰/۲ قادر به انتقال رطوبت به خراسان رضوی نبوده ولی در شمال‌غرب ایران وضعیت جوی مناسب رقم خورده وجریان هوا صعودی است.

الگوهای فشارعامل پنجم

عامل پنجم٦/٧ درصد واریانس را شامل می‌شود که بخش کمتری از خشکسالی خراسان رضوی حاصل عملکرد این عامل است. این عامل بوسیله چند الگوی جوی کنترل می‌شود از جمله: پرفشار جنب حاره، ناوه کم عمق شرق دریای مدیترانه وپشته روی ایران، سامانه شمال آفریقا و محدوده سودان و فرابارسیبری است(شکل شماره۲).



شکل١٦ نقشه ترکیبی مربوط به فشار سطح دریا **شکل١٥** نقشه ترکیبی مربوط به تراز ۵۰۰هکتوپاسکال



شکل ۱۷ نقشه ترکیبی وضعیت تاوایی نسبی ارتفاع ژئوپتانسیل وجهت وشدت باددرتراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

درشکل ۱۵بر اثر گسترش زبانه پر ارتفاع جنب حاره سلول روی عربستان، پشته ای با ارتفاع ۵۷۲۰ هکتو پاسکال در خراسان تکوین یافته که نزولی شدن هوا را در پی دارد و استقرار پشته‌ای قوی بر روی اقیانوس اطلس و غرب اروپا نشان دهنده فاز مثبت نوسان اطلس شمالی روی اقیانوس اطلس بوده که این پرفشار به سمت شمال مدار ۳۸ درجه حرکت کرده است. چون میزان فشار پرارتفاع جنب حاره بیشتر ازکم فشار ایسلند بوده و تا مدار بالا جابجا شده است، جبهه قطبی در مدار بالا تشکیل شده و این جبهه بر روی اقیانوس اطلس تشکیل نشده است. فراز بادهای غربی روی منطقه مورد مطالعه را فراگرفته و با توجه به همگرایی هوا در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال شرایط آنتی سیکلونی در سطح زمین خراسان رضوی پدید آمده است. بعلاوه شکل ۱۵ نشان دهنده فرود مدیترانه است‌که ازاواخر زمستان ضعیف شده برروی سوریه مستقر می‌شود، این ناوه ازعمق کافی برخوردار نبوده که قادر به انتقال سیکلون‌های جبهه‌ای و رطوبت به محدوده خراسان نشده است. همچنین فعالیت پشته روی شمال دریاچه آرال جریان متعادل هوا را در سطح زمین خراسان در پی داشته و موجب ایستایی هوا بوده است. این دو فاکتور، یعنی ناکافی بودن صعود هوا و نبودن رطوبت کافی سبب وقوع خشکسالی در خراسان رضوی گردیده است.

در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال فرود کم عمقی در شمال شرق آفریقا به وجود آمده که امتداد آن بر روی خراسان به صورت جریانات صعود بادهای غربی ظاهر شده است. با توجه به عمق کم آن کمتر قادر به صعود هوای سطح زمین می‌باشد؛ در نتیجه موجبات نزول بارش کمتری را فراهم کرده است. شکل ترکیبی شماره۱۶ حاکی از گسترش زبانه پرفشارسیبری با پربند ۱۰۱۲هکتوپاسکال به سمت ایران بوده است. این

سامانه با پرفشار حاصل از سلول مستقر روی عربستان در هم ادغام شده و گردش آنتی سیکلونی و واگرایی را در سطح زمین حاکم نموده است با گسترش منحنی فشار۱۰۱٦ هکتوپاسکال روی مدیترانه سیکلون زایی متوقف شده و با توجه به پایداری هوای سطح زمین امکان صعود توده هوای مرطوب فراهم نشده است که‌حاصل آن هوای خشک بدون بارش، وضعیت کم بارشی و خشکسالی را فراهم کرده است.

(شکل ۱۷) **نقشه** تاوایی بیانگر آن است که در این الگو گردش چرخندی بر روی خراسان رضوی وسعت چندانی ندارد، بلکه به واسطه استقرار یک پشته قوی در شمال غرب اروپا وشکل‌گیری فرابار مانع همزمان ناوه ای کم عمق روی شرق دریای مدیترانه و شمال آفریقا گسترش یافته محور ناوه باجهت شمال شرقی – جنوب غربی موجب ریزش هوای سرد درطرف شرق فراز شده است. تاوایی مثبت در جانب راست محور ناوه با مقدار بیش از ۰/۰٤ امکان تشکیل ویا تکوین سامانه‌های کم فشار را روی شمال آفریقا فراهم کرده است. این کم ارتفاع به صورت یک موج کوتاه عمل کرده است؛ اما قادر به تغییرات زیاد هوای روی خراسان نشده وبا نفوذ پرارتفاع جنب حاره درجنوب ایران و تشکیل فراز شمال غرب اروپا باعث تشکیل تاوایی مثبت در مسیر بادهای غربی گردیده است که ازتوان کمتری برخورداربوده وانتقال رطوبت به خراسان رضوی را به حداقل رسانده است.

نتیجه گیری

خشکسالی‌های فراگیر خراسان رضوی را چهار الگوی فشار کنترل می‌کند. این مراکز عمده به ترتیب شامل پرفشار جنب حاره، ناوه دریای مدیترانه، فرابارسیبری وپشته شمال دریای خزراست. مهم‌ترین عامل به وجود آورنده خشکسالی در ایران پرفشار جنب حاره و ناوه بادهای غربی است. هرگاه مقدار فشار پرارتفاع جنب حاره بویژه در دوره سرد سال افزایش می‌یابد نوسان اطلس شمالی (NAO) (North Atlantic Oscillation) در فاز مثبت اتفاق می‌افتد و این پرفشار وبه مدار بالا گسترش می‌یابد. چون روی ایران از جمله خراسان رضوی را در بر می‌گیرد، زمستان ملایم همراه با هوای نزولی که جریان واگرایی هوا را در سطح زمین خراسان رضوی حاکم می‌سازد، پدید می‌آورد. از سوی دیگر به علت عدم تشکیل جبهه قطبی مدیترانه سیکلون‌های مدیترانه ای تشکیل نمی شوند، دراین‌صورت ناوه دریای مدیترانه به درستی تکوین نمی یابد ورطوبت لازم به خراسان رضوی منتقل نمی شود. این دو عامل، یعنی عدم صعود هوا و نبودن رطوبت کافی سبب بروز خشکسالی درخراسان رضوی می‌شود. نفوذ زبانه فرابار سیبری در سطح زمین به سمت محدوده خراسان رضوی و همگرایی هوا در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال تقویت فرابار را به دنبال دارد و پایداری هوای سطح زمین را تشدید می‌نماید. الگوهای جوّی تابع دو پدیده رطوبت و انرژی هستند. اگر در الگوهای جوی اختلالی ایجاد شود وقادر نباشند رطوبت یا انرژی را با خود حمل کنند منجر به خشکسالی می‌شود. پیشروی پر فشار جنب حاره در دوره سرد سال درجه حرارت را نسبت به نرمال بالا برده و ظرفیت رطوبتی آن افزایش می‌یابد که بر اثر کاهش رطوبت منجر به خشکسالی می‌شود. به نظر

می‌رسد بخش عمده ای از خشکسالی‌های این استان ناشی از پایداری هوا، عدم انتقال رطوبت از دریای مدیترانـه و تشکیل فرابار مانع همچنین وزش مداری بادهای غربی که از دیگر سامانه‌های جـوّی مـؤثر در رخـداد خشکـسالی خراسان رضوی به شمار می‌روند، باشد.

منابع و مآخذ

آسیایی، مهدی؛ ۱۳۸۵. پایش خشکسالی در مشهد. جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، ش ۸– ۷. ص۸٦– ۸۵ .

احمدیان طبسی، ج و همکاران؛ ۱۳۸٤. پایش وضعیت خشکسالی خراسان رضوی و بررسی آن در سـال ۱۳۸٤. بـولتن علمی پژوهشکده اقلیم شناسی.

بداق جمالی، جواد و همکاران؛ ۱۳۸٤. مدیریت ریسک خشکسالی. مشهد: سخن گستر.ص۳٦.

دوستان، رضا؛ ۱۳۹۰. مطالعه تغییرات زمانی الگوهای فشار در ایران. پایان نامه دوره دکتری دانشگاه تهران.

صادقی، سلیمان؛ ۱۳۸۷. تحلیل سینوپتیکی خشکسالی خراسان، پایان نامه دوره دکترای دانـشگاه تربیـت معلـم تهـران. صص٤–۱۰۵–۱۱۸.

صداقت کردار و فتاحی؛ ۱۳۸۷. شاخص‌های پیش آگاهی خشکسالی در ایران. جغرافیا و توسعه. ش۱۱.

صمدی نقاب، سینا؛ ۱۳۸۵. پیش بینی خشکـسالی بـا روش ریزگردانـی خروجـی الگوهـای GCM(Global Circulation Model). جغرافیا وتوسعه ناحیه ای. ش ۸– ۷. صص۸٦–۸۵

عزیزی، قاسم و روشن، علی اصغر؛ ۱۳۸٤. بررسی خشکسالی‌ها، ترسالی‌ها و امکان پیش بینی آنها بـا اسـتفاده از مـدل سری زمانی هالت وینترز در استان هرمزگان. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. ش٤. ص٤۸.

غیور، حسنعلی و مسعودیان، سید ابوالفضل؛ ۱۳۷٦. بزرگی گستره و فراوانی خشکسالی‌ها در ایران. فصلنامه تحقیقـات جغرافیایی. ش ۱۲. صص٤٤–۵۰.

فتاحی، ابراهیم و رضیئی، طیب؛ ۱۳۸۸. الگوهای گردش جوی روزانه بر روی ایران. فصلنامه تحقیقات جغرافیـایی. ش ۹۳. صص٤۵–۷٤.

مطالعات برنامه آمایش استان خراسان رضوی. گروه تحلیل و ارزیابی موقعیت طبیعـی و محـیط زیـستی بخـش هـوا و اقلیم. استانداری خراسان. خرداد ۱۳۸۸. ص۲٦.

منگه، مونیک؛ ۱۳۷۷. انسان و خشکسالی. ترجمه احمد معتمد. دانـشگاه یـزد. چـاپ اول. انتـشارات دانـشگاه علـم و صنعت ایران. ص۳.

Alijani, B., 2002. variations of 500 hpa flow patterns over Iran and surrounding areas and their relationship with the climate of Iran. Theoretical and Applied climatology, 72, 41-54 .

Landsberg. H. E.,1982. climaticapects of drought bull Ameri-meteo, soci, p 593-595 .

ROCHEM, F.,1986. Dictionnaire Francais d, hydrologie de surface Masson. Paris, 287 pages .
Smith, Keith.,1992. “Environmental hazards”. Routledge.
TIMBERLAKEL.,1985. L’Afrique en crise; La banqueroute de L’Harmattan- Earthscan ed, Paris.294 pages .
Wilhite, D. A,. 1997. Responding to Drought: common threads from the past, vision for the future. Journal of the American water Resources Association. 33 (5): 951-959 .