

بررسی و ارتباط خشک‌سالی و ترسالی‌های غرب ایران با الگوهای سینوپتیکی جو

محمد کیاکیانیان^{۱*}، امین صالح پورجم^۲، حسن حاجی‌محمدی^۳، فهیمه رسولی^۴

^۱عضو هیات‌علمی دانشکده کویرشناسی دانشگاه سمنان.

^۲استادیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

^۳دانشجوی کارشناسی آب و هواشناسی دانشگاه حکیم سبزواری

^۴دانشجوی کارشناسی مدیریت مناطق خشک دانشکده کویرشناسی دانشگاه سمنان

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۲/۲۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۸/۹

چکیده

الگوهای سینوپتیکی جو عامل اصلی توزیع زمانی و مکانی بارش می‌باشد. خشک‌سالی یکی از بلایای طبیعی است که هر ساله خسارات فراوانی به بار می‌آورد. این پدیده، محصول ناهنجارهای شدید و مکرر زمانی-مکانی در الگوهای گردش جوی است. از این رو، مطالعه و شناسایی الگوهای سینوپتیکی پدیده مذکور ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است. در این تحقیق، ابتدا بارش‌های سالانه ۱۷ ایستگاه منتخب در غرب کشور استاندارد زمانی شد. پس از تعیین آستانه زمانی و مکانی بارش، فراگیرترین خشک‌سالی‌ها و ترسالی‌ها در منطقه با استفاده از شاخص SPI شناسایی شدند. در ادامه، به منظور شناسایی و طبقه‌بندی الگوهای سینوپتیکی به وجودآورنده دوره‌های تر و خشک از روش آماری تحلیل عاملی و تحلیل خوشه‌ای استفاده گردید. سپس داده‌های ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال و فشار تراز دریا از تارنمای مرکز ملی پیش‌بینی محیطی (NCEP/NCAR) اخذ و در نهایت نقشه مرکب مربوط به هر خوشه تهیه و تحلیل سینوپتیکی گشت. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که برای دوره خشک می‌توان به پشته در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در شرق اروپا اشاره نمود، که سبب نزول و سرازیر شدن هوای سرد عرض‌های بالا به منطقه شده و مانع از صعود توده هوا شده است. در مورد الگوی سطح زمین نیز می‌توان به یک سلول پرفشار اشاره نمود که از شرق اروپا وارد منطقه شده و حرکات جوی نزدیک به سطح زمین را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد. برای الگوهای مربوط به دوره‌های تر در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال می‌توان به ناوه عمیق در غرب خاورمیانه اشاره کرد که رطوبت دریای سرخ را وارد منطقه می‌نماید. از طرفی الگوهای سطح زمین، گسترش و تشکیل یک سلول کم‌فشار بر روی زاگرس می‌باشد که شرایط را برای صعود و ناپایداری مهیا می‌کند. با بررسی سامانه‌های تأثیرگذار بر دوره‌های خشک و مرطوب غرب ایران دو الگو برای دوره‌های خشک شناسایی شد، که به ترتیب عبارتند از: الگوی سامانه‌های بندالی، الگوی پرفشار جنب‌حاره‌ای و الگوهای دوره‌های مرطوب عبارتند از: الگوی دریای مدیترانه، الگوی دریای سرخ. با تشکیل ناوه عمیق بر روی منابع رطوبتی مذکور شرایط برای شروع دوره مرطوب فراهم می‌شود، ولی با استقرار سیستم‌هایی همچون بندال‌ها، ضخامت جو افزایش، چرخندگی منفی و نزول هوا را در بردارد. یافته‌های تحقیق همچنین بیانگر آن است، که افزایش سرعت باد نصف‌النهاری در حد فاصل بین طول‌های ۴۰ تا ۵۵ درجه رابطه مستقیمی با پیدایش دوره‌های مرطوب منطقه مورد مطالعه دارد.

واژه‌های کلیدی: دوره خشک و تر، تحلیل عاملی، ناوه و پشته، غرب ایران

مقدمه

در سال‌های اخیر بنا به دلایل‌هایی که غالباً مربوط به تغییرات جهانی اقلیم است، ناهنجاری‌های بارش در نواحی مختلف ایران نیز فزونی یافته است. افزایش خشک‌سالی و سیلاب در نواحی مختلف کشور را می‌توان از اثرات نوسان در میزان بارش به حساب آورد. قرار گرفتن بیش از ۹۰ درصد از مساحت کشور در منطقه خشک و کم‌آب جهان کافی است تا

بخش وسیعی از کشور ایران به علت قرار گرفتن در کمربند بیابانی دنیا دارای اقلیمی خشک و نیمه‌خشک می‌باشد و به این علت میزان بارش آن اندک (یک‌سوم بارش متوسط جهان) است. این میزان بارش کم نیز در سال‌های مختلف نوسان بسیار دارد.

*نویسنده مسئول: m_kianian@semnan.ac.ir

و تأثیر آن در اقلیم منطقه از آزمون همگنی و مدل‌های پیش‌بینی اتورگرسیون، و آریماستفاده نموده است (Martin, 1999: 73-92). همچنین استرلا از ناحیه والنسیا در کشور اسپانیا در طول چهل سال دوره آماری، چهار دوره خشک‌سالی را تشخیص داده است (Estrela, 2000: 1599-1618). بلاتسوس میانگین درجه حرارت را در سطح ۵۰۰ و ۱۰۰۰ هکتو پاسکال در لایه‌های مختلف بر فراز اروپا بررسی نموده و مدل فصلی آریمای جهت پیش‌بینی به کار برده است (Bloatsos, 2001: 95). در ایالات متحده آمریکا کوری بارش‌های ایالت‌های آیوا^۶، ایلینویز^۷ و آرکانزاس^۸ را توسط روش‌های تجزیه و تحلیل طیفی بررسی نموده و جهت پیش‌بینی بارش از مدل باکس-جنکینز^۹ استفاده نموده است (Currie, 1989: 91). در قاره آفریقا چبوی سه نوع ناهنجاری‌های رطوبتی اقلیم و روابط آتلانتیک و مراکش را تشخیص داده و الگوی تغییرات اقلیمی را بر روی نقشه تعیین نموده است (Chbouki, 1995: 187). تاسنیرو آمار بارش ۵۰ ساله ایستگاه‌های هواشناسی را در ژاپن تجزیه و تحلیل و بر اساس آن وقوع سال‌های خشک و مرطوب را بررسی کرده است (Tasenorio, 1982: 37).

از دهه‌های ۱۹۸۰ و ۱۹۹۰ علاقه به تحلیل مسائل محیطی مختلف از دیدگاه اقلیم‌شناسی سینوپتیک به‌ویژه در ارتباط با مقادیر حدی^{۱۰} باعث افزایش توجه به روابط بین گردش جو و متغیرهای اقلیمی در مقیاس روزانه شده است. ریچمن از نخستین کسانی بود که با استفاده از PCA^{۱۱}، CA^{۱۲} به طبقه‌بندی الگوهای گردش جو و بررسی ارتباط آن‌ها با متغیرهای اقلیمی در مقیاس روزانه پرداخته است (Richman, 1981: 1159). بوگاردی و همکاران با استفاده از روش خوشه‌بندی چندمست‌های، داده‌های سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال را برای منطقه نبراسکا^{۱۳}

دوره‌های خشک‌سالی و آثار ناشی از آن بر دوره‌های ترسالی غلبه پیدا کند. در دوره‌های ترسالی نیز مردم گرفتار سیلاب و آب‌بردگی هستند، اما خسارات اقتصادی، اجتماعی و حتی جانی ناشی از خشک‌سالی از شدت و دامنه به مراتب وسیع‌تری دارد. خشک‌سالی معضلی جهانی است، که در بین بلایای تهدیدکننده انسان و محیط زندگی او - هم از نظر فراوانی وقوع و هم از نظر خساراتش به محیط طبیعی و انسانی - در صدر بلایای طبیعی قرار دارد.

خشک‌سالی را نایست صرفاً به‌عنوان پدیده‌ای کاملاً فیزیکی یا طبیعی در نظر گرفت، زیرا این رخداد طبیعی - یعنی بارش کمتر از حد انتظار به علت تغییرات اقلیمی - به دلیل نیاز مردم به منابع آب، در زندگی و حیات انسانی نیز خلل ایجاد می‌کند. انسان‌ها معمولاً از تأثیرات خشک‌سالی لطمه می‌بینند، خشک‌سالی‌ها، در هر دو گروه کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه نتایج اقتصادی، تأثیرات زیست‌محیطی به بار آورده و باعث شده که آسیب‌پذیری تمامی جوامع به این پدیده زیان‌بخش طبیعی مدنظر قرار گیرد، تا راهکاری برای مقابله و مدیریت این پدیده صورت پذیرد. غرب ایران نیز از جمله مناطقی می‌باشد، که تحت تأثیر خشک‌سالی و پیامدهای ناشی از آن است؛ از این رو این تحقیق سعی دارد تا خشک‌سالی‌ها و ترسالی‌ها را بررسی کند و در نهایت از نظرگاه سینوپتیکی به تجزیه و تحلیل آن بپردازد.

تاکنون در زمینه خشک‌سالی تحقیقات بسیاری انجام شده است؛ در اروپا واید دوره‌های خشک‌سالی اسپانیا را با استفاده از زنجیره مارکوف بررسی نموده است (Vide, 1999: 513) و بری، ناحیه‌بندی اقلیمی و بررسی خشک‌سالی‌ها را با استفاده از روش‌های مختلف مانند: شاخص خشک‌سالی پالمر^۱، زنجیره مارکوف^۲، میانگین متحرک، اتورگرسیون^۳ و آریمای^۴ استفاده نموده است (Barry, 2001: 620). مارتین، در ناحیه المازورا^۵ در سواحل مدیترانه‌ای اسپانیا روی جهت باد

6. Iowa
7. Illinois
8. Arkansas
9. Box Jenkins
10. Extrem
11. Cluster Analysis
12. Principal Component Analysis
13. Nebraska

1. Palmer
2. Markov
3. Autoregression
4. ARIMA
5. Elmassora

پژوهش مذکور دوره‌های مرطوب و خشک علاوه بر مقطع فصلی در مقاطع ماهانه و سالانه نیز بررسی شده و با استفاده از روش (SPI)^۱ ویژگی‌های زمانی و مکانی، همچنین خصوصیات اصلی دوره‌های مرطوب و خشک مانند: شدت، تداوم، فراوانی و وسعت مورد بررسی و محاسبه قرار گرفته و در نهایت بر اساس نتایج حاصل، یک تقسیم‌بندی از ایستگاه‌ها به عمل آمده است.

زاهدی و قویدل رحیمی در مطالعه‌ای ضمن تعیین وضعیت روند بارش و تبیین نوسانات آن با استفاده از نمایه بارش استاندارد شده مک‌کال^۲ شدت وقوع خشک‌سالی‌ها و ترسالی‌ها در ایستگاه‌هایی از حوضه آبریز دریاچه ارومیه را طبقه‌بندی نموده و با استفاده از نمایه بارش مک‌کال و مدل سری زمانی به پیش‌بینی خشک‌سالی‌ها و ترسالی‌های ایستگاه‌های مورد مطالعه در سال‌های آتی (تا سال ۱۳۸۶) پرداخته و به این نتیجه رسیده‌اند، که در سال‌های مورد پیش‌بینی غالباً بارش ایستگاه‌ها در وضعیت نرمال خواهد بود و دوره‌های خشک‌سالی و ترسالی شدید را برای ایستگاه‌ها پیش‌بینی نکردند (زاهدی و قویدل رحیمی، ۱۳۸۱: ۱۹). فتاحی و حجازی زاده با استفاده از روش PCA و خوشه‌بندی چندهسته‌ای، هشت نوع هوای اصلی را برای فصل زمستان ایران شناسایی و به کمک روش تحلیل همبستگی، ارتباط آن‌ها را با بارش ایران تعیین نمودند (فتاحی و حجازی زاده، ۱۳۸۶: ۱۰۸). فتاحی همچنین ارتباط این انواع هوا را با فازهای مثبت و منفی ENSO مورد بررسی و تحلیل قرار دادند (فتاحی، ۱۳۸۳: ۸۳). رضیعی با استفاده از روش PCA و خوشه‌بندی چندهسته‌ای الگوهای گردش جو زمستانه ایران را برای سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال شناسایی کرد (رضیعی، ۱۳۸۶: ۱۰۸).

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: غرب کشور، شامل سه استان همدان، کردستان و کرمانشاه می‌باشد. مراکز این استان‌ها به ترتیب شهرهای همدان، سنندج و کرمانشاه

شرقی خوشه‌بندی و ارتباط الگوهای به‌دست‌آمده را با بارش منطقه بررسی نمودند؛ نتیجه بسیاری از پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهد، که الگوهای گردش جوی نقش بسیار مهمی در وقوع، مقدار و توزیع مکانی بارندگی به‌ویژه در مناطق معتدل دارد (Bogardy and et al., 1994: 153). استبان و همکاران نیز با استفاده از روش PCA و خوشه‌بندی چندهسته‌ای، الگوهای گردش جوی سطح دریا و ۵۰۰ هکتوپاسکال را برای جنوب غربی اروپا تعیین کردند و ارتباط آن‌ها را با بارش‌های سنگین برف در کشور آندروا مورد بررسی قرار دادند (Estban and et al., 2005: 319).

در ایران نیز تحقیقات بسیاری در زمینه شناسایی الگوهای سینوپتیک دوره‌های خشک و مرطوب انجام گرفته، که از جمله آن‌ها می‌توان به پایان‌نامه خوش اخلاق (۱۳۷۷: ۳۰۸) اشاره کرد. وی با تأکید بر عنصر بارش و استفاده از روش تحلیل سینوپتیکی به پژوهش درباره دوره‌های خشک و مرطوب در مقاطع زمانی مختلف ایران پرداخته و پس از تعیین الگوهای جوی، خشک‌سالی‌های فراگیر ایران را بر روی نقشه ترسیم کرده و از دیدگاه سینوپتیک مورد تجزیه و تحلیل قرار داده است.

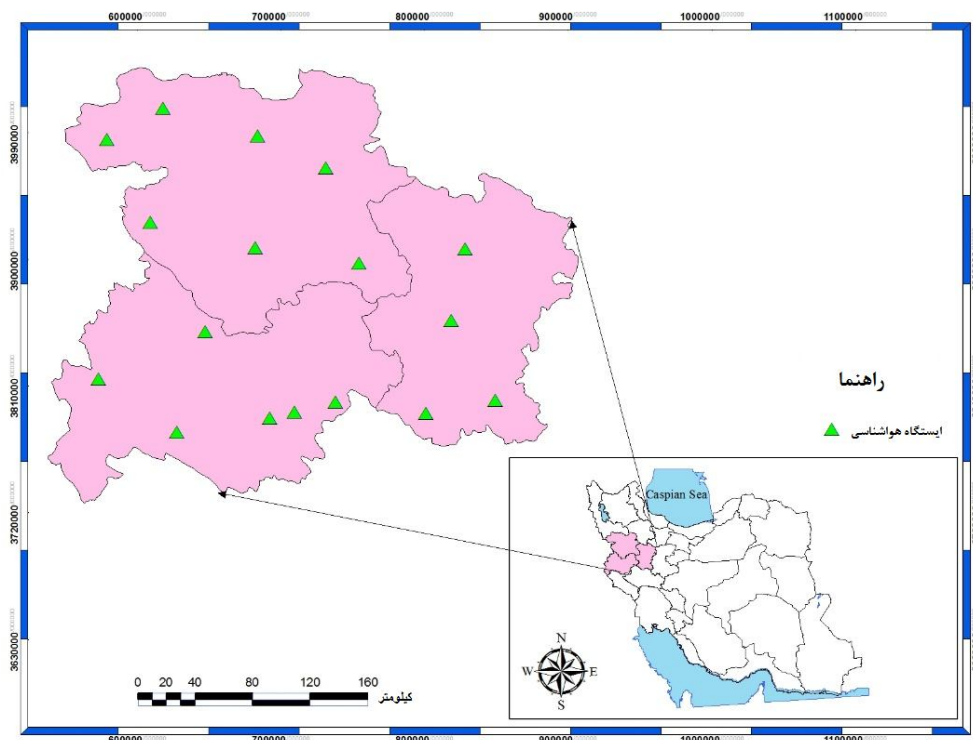
جوانمرد با استفاده از نمایه پالمر مفاهیم اساسی پایش خشک‌سالی را شرح داده و مراحل محاسباتی نمایه مذکور و دیده‌بانی عوامل مؤثر در محاسبه آن را برای استان خراسان تشریح کرده است (جوانمرد، ۱۳۸۰: ۳۰۸). مرادی و عرفانیان وضعیت خشک‌سالی و ترسالی را در حوضه رود هراز با استفاده از تحلیل منحنی‌های میانگین متحرک بررسی و اظهار کردند، در ایستگاه پلور در اواخر دهه ۴۰ و اوایل دهه ۷۰ با ترسالی و در سال‌های ۵۳-۵۴ تا ۷۱-۷۲ با خشک‌سالی مواجه بوده‌اند (مرادی و عرفان‌زاده، ۱۳۸۰: ۲۸۳).

قویدل رحیمی در تحقیق خود با استفاده از نمرات استاندارد شده بارش و مینا قرار دادن آن به‌عنوان شاخص تفکیک ماههای مرطوب و خشک به بررسی دوره‌های مرطوب و خشک در آذربایجان شرقی پرداخته است (قویدل رحیمی، ۱۳۸۱: ۲۸۵). در

1. Standardized precipitation Index

2. Mac cal

است. در شکل ۱، موقعیت منطقه مورد مطالعه و موقعیت ایستگاه‌های سینوپتیک مشخص شده است.



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه و پراکندگی ایستگاه‌های سینوپتیک منتخب در غرب کشور

روش تحقیق

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق آمار میانگین بارش ماهانه ۱۷ ایستگاه سینوپتیک منتخب در غرب کشور می‌باشد، که برای یک دوره آماری ۳۰ ساله (۱۹۸۰-۲۰۰۹) از سازمان هواشناسی کشور اخذ شد. موقعیت ایستگاه‌ها در شکل ۱ نشان داده شده است. پس از مرتب‌سازی داده‌ها، با استفاده از شاخص استاندارد شده بارش (SPI) ویژگی‌های خشک‌سالی از قبیل تعداد دوره‌های خشک، بیشینه تداوم دوره به ماه، میانگین دوره‌های خشک، شدیدترین ماههای خشک، شدیدترین دوره‌های خشک، فراوانی و درصد درجات مختلف خشک‌سالی و ترسالی در بازه‌های زمانی ماهانه برای تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه محاسبه گردید.

برای محاسبه این نمایه از تابع توزیع گاما برای برآزش داده‌های بلندمدت بارش استفاده می‌شود، که پس از انجام محاسبه‌های لازم و تعیین پارامترهای

مربوط به آن، نمایه SPI به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$SPI = - \left[t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right] \quad 0 < H(x) \leq 0.5$$

$$SPI = + \left[t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right] \quad 0.5 < H(x) \leq 1$$

که در آن

$$t = \sqrt{\ln \left[\frac{1}{H(x)^2} \right]} \quad 0 < H(x) \leq 1$$

$$t = \sqrt{\ln \left[\frac{1}{(1-H(x))^2} \right]} \quad 0.5 < H(x) \leq 1$$

در این روابط $c_0, c_1, c_2, d_1, d_2, d_3$ مقادیر ثابت و H احتمال تجمعی است.

$d1=3.432788$	$c0=2.535537$
$d2=0.189269$	$c1=0.802853$
$d3=0.003308$	$c2=0.030328$

مورد مطالعه را از نظر وقوع خشک‌سالی و روند آن می‌توان مورد بررسی قرار داد:
رابطه ۱:

$$SPI = \frac{X_i - \bar{X}}{SD}$$

که: X_i : مقادیر بارندگی در مقیاس زمانی مورد نظر \bar{X} : میانگین بارندگی SD : انحراف معیار

جدول ۱: مقادیر شاخص SPI

SPI	
$2 >$	کاملاً مرطوب
۱/۹۹ تا ۱/۵	خیلی مرطوب
۱ تا ۱/۴۹	نسبتاً مرطوب
۰ تا ۰/۹۹	مرطوب ملایم
۰ تا -۰/۹۹	خشک‌سالی ملایم
-۱ تا -۱/۴۹	خشک‌سالی متوسط
-۱/۹۹ تا -۱	خشک‌سالی شدید
< -2	خشک‌سالی بسیار شدید

درون خوشه جدید کمترین مقدار ممکن باشد (مسعودیان، ۱۳۸۶).

نتایج

پس از بررسی دوره‌های خشک و تر در غرب ایران به بررسی نقشه‌های فشار سطح زمین و سطوح فوقانی جو پرداخته شد. نتایج به دست آمده بدین گونه بود، که با تغییرات سیستم‌های فشار رابطه مستقیمی با میزان بارش در منطقه وجود داشته است، که در جدول ۲ سیستم‌های فشار سطح زمین و سطوح فوقانی تأثیرگذار ذکر شده است. هر کدام از سیستم‌های مذکور در خشک و مرطوب بودن منطقه به گونه خاصی تأثیرگذار بودند. مثلاً برخی از این الگوها به مانند سیکلون‌های^۲ مهاجر سبب بارش و ترسالی در منطقه شده و برخی به مانند پرفشار جنب حاره‌ای با تقویت و پیشروی خود به عرض‌های بالاتر سبب ایجاد یک دوره خشک در منطقه گشته است.

در این طبقه‌بندی، خشک‌سالی در یک دوره زمانی وقتی ظاهر می‌شود، که نمایه SPI مقدار کمتر از -۱ به خود بگیرد. پایان دوره خشک‌سالی را زمانی می‌توان اعلام کرد، که نمایه SPI مقدار مثبت را نشان دهد. بر طبق طبقه‌بندی نمایه SPI، وضعیت منطقه

پس از شناسایی دوره‌های خشک و تر، الگوهای جوی مرتبط با این پدیده در منطقه بررسی شد. برای این منظور از داده‌های ارتفاع ژئوپتانسیل (hgt) و فشار سطح دریا (SLP) که از تارنمای مرکز ملی پیش‌بینی محیطی و علوم جوی آمریکا (NCEP/NCAR) اخذ شده بود، استفاده شد. سپس اقدام به بررسی عوامل و تیپ‌های همدیدی به وجود آورنده دوره‌های خشک و تر با استفاده از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) و روش خوشه‌بندی وارژد^۱ (رابطه ۲) و در نهایت با استفاده از نرم‌افزار GrADS، نقشه‌های مربوط به هر الگوی جوی تهیه شد.
رابطه ۲:

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

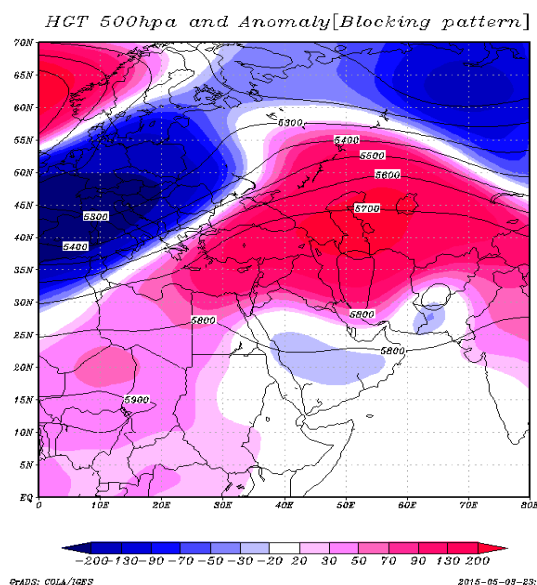
که در اینجا d_{rs}^2 فاصله بین گروه r و گروه s است، که به روش وارژد به دست آمده باشد، زیرا در این صورت میزان پراش درون گروهی به حداقل رسیده و همگنی گروه‌های حاصل به حداکثر می‌رسد. در روش وارد یک عضو در خوشه‌ای قرار می‌گیرد که واریانس

جدول ۲: الگوهای جوی متأثر در خشک‌سالی و ترسالی غرب ایران

الگوهای جوی سطح زمین و تراز فوقانی جو	خشک (D) مرطوب (W)	درصد	
		D	W
مرکز پرفشار سیبری	D-W	۷	۴
سیکلون‌های مهاجر	W		۵.۴
مرکز پرفشار آזור	D	۱۵	
مرکز کم‌فشار ایسلند	W		۲
مرکز فشار شرق مدیترانه	D-W	۵.۵	۷.۵
مرکز فشار شرق اروپا	D-W	۶	۱۱
الگوی جریان‌های (پشته، ناوه) روی دریای سیاه	D-W	۴.۵	۵.۹
الگوی جریان‌های (پشته، ناوه) در شرق اروپا	D	۹	
الگوی جریان‌های (پشته، ناوه) در شرق مدیترانه	W-D	۸	۲۴
ارتفاع مرکز پرفشار جنب حاره	D	۱۷	
الگوی جریان‌های (پشته، ناوه) دریای سرخ	D-W	۱۱	۲۶.۵
سامانه‌های بندالی	D-W	۱۷	۱۱

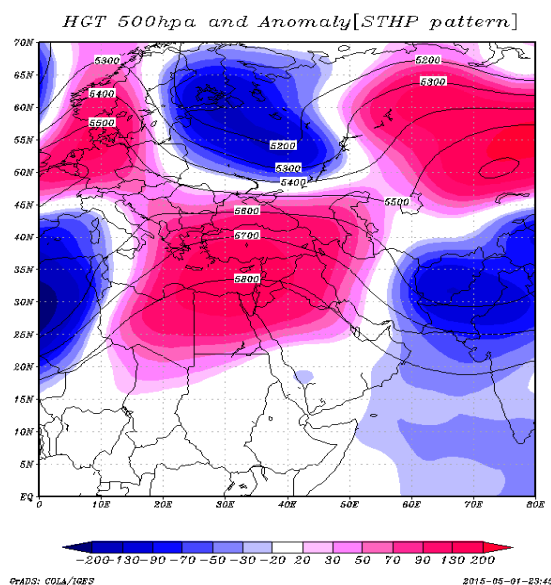
پرفشار جنب حاره و سامانه‌های بندالی تأثیر بیشتری نسبت به سایر سامانه‌های جوی در آب‌وهوا و به‌خصوص در بارش منطقه دارند (جدول ۲).

با بررسی آماری سیستم‌های سینوپتیک جوی مرتبط با شرایط خشک‌سالی و ترسالی در منطقه مشخص شد، که به ترتیب الگوهای جوی دریای سرخ، الگوی جریان‌های در شرق مدیترانه، ارتفاع مرکز



شکل ۲: وضعیت هم‌دیدی متوسط مربوط به الگوی پرفشار جنب حاره در ماه‌های خشک (ژانویه ۱۹۹۴)

ایران را به همراه داشته باشد. از طرفی با بررسی مقادیر ناهنجاری ارتفاع ژئوپتانسیل در دوره موردنظر مشخص شد، که مقدار این آن به بیش از ۲۰۰ ژئوپتانسیل‌متر در مرکز فراز و بر روی غرب کشور به



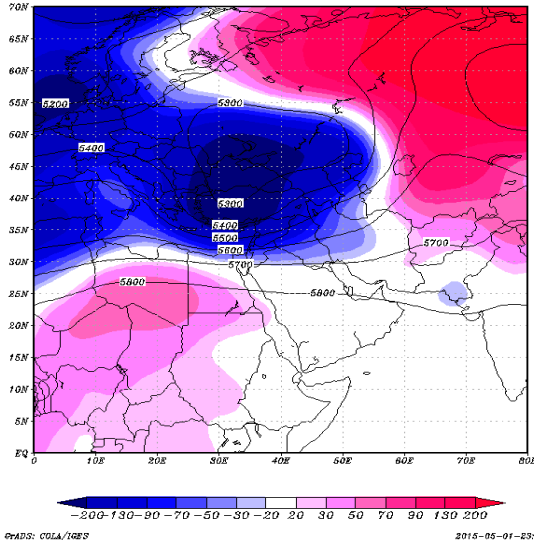
شکل ۳: وضعیت هم‌دیدی متوسط مربوط به الگوی سامانه‌های بندالی در ماه‌های خشک (ژانویه ۲۰۰۷)

در شکل ۲، پیشروی پر ارتفاع جنب حاره با ارتفاعی معادل ۵۸۰۰ ژئوپتانسیل‌متر به سمت عرض‌های بالاتر در غرب خاورمیانه سبب شده تا جریان‌های به‌صورت شمالی شده و نزول هوا در غرب

نهایت کاهش بارش شده است. ارتفاع مرکزی این سامانه ۵۸۰۰ ژئوپتانسیل‌متر بوده که مقادیر ناهنجاری آن از شرق مدیترانه تا غرب هند بیش از ۲۰۰ ژئوپتانسیل‌متر است (شکل ۳).

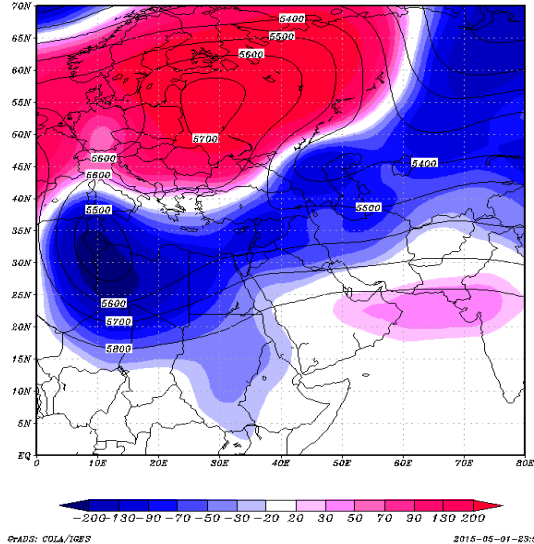
۱۳۰ ژئوپتانسیل‌متر رسیده است. الگوی دوم که بیشترین تأثیر را بر روی استمرار دوره‌های خشک غرب کشور بر عهده دارد، به تشکیل سامانه‌های بندالی بر روی منطقه مربوط است. در ژانویه ۲۰۰۷ تشکیل این سامانه سبب دو شاخه شدن جریان‌های غربی و در

HCT 500hpa and Anomaly[Mediterranean pattern]



شکل ۴: وضعیت همدیدی متوسط مربوط به الگوی دریای سرخ در ماه‌های مرطوب (می ۲۰۰۶)

HCT 500hpa and Anomaly[Red sea pattern]

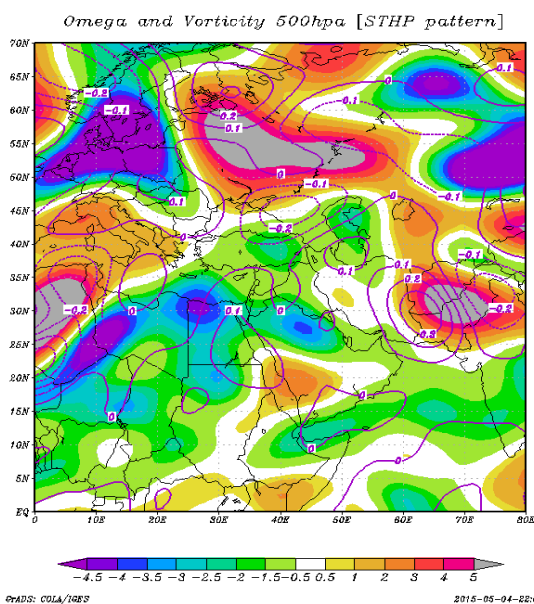


شکل ۵: وضعیت همدیدی متوسط مربوط به الگوی دریای مدیترانه در ماه‌های مرطوب (مارس ۱۹۸۸)

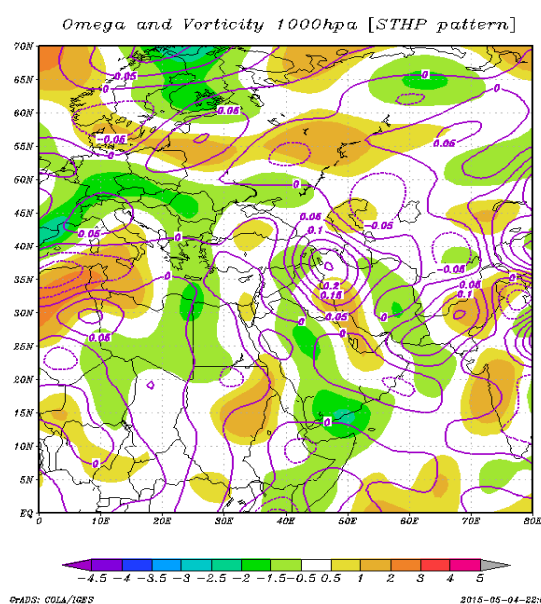
فراهم نموده است. از طرفی لازم است به نقش سیستم مانع تشکیل‌شده در مرکز روسیه نیز اشاره کرد، که سبب شده تا این سامانه به‌مدت طولانی بر روی مدیترانه فعالیت کند.

وضعیت چرخندگی در سطح زمین در زمان الگوی پرفشار جنب حاره حاکی از ریزش هوا از سطوح فوقانی به ترازهای پایین‌تر است. وجود یک هسته چرخندگی ضعیف در جنوب غرب ایران و یک هسته قوی نزول هوا در غرب و شمال غرب کشور که منحنی بسته ۰/۲ پاسکال بر ثانیه، نشان از سیستم آنتی‌سیکلونی مستقر در سطح زمین است. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز هسته چرخندگی بسیار ضعیف گشته و منحنی ۰/۱ پاسکال بر ثانیه شرایط نزولی بسته هوا را در زمان رخداد این الگو تأیید می‌کند (شکل‌های ۶ و ۷).

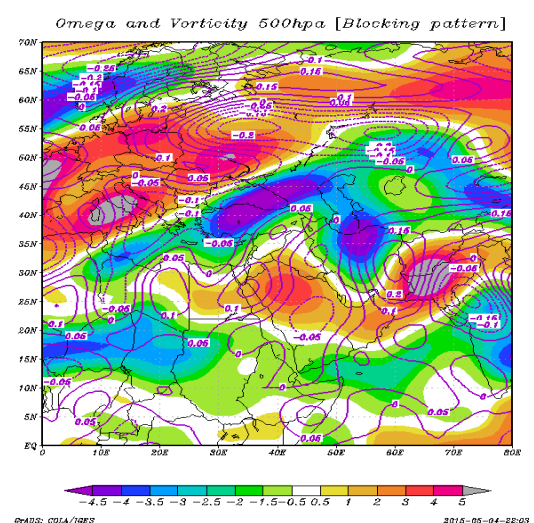
ماه می ۲۰۰۶ مقارن با یکی از مرطوب‌ترین ماه‌های غرب منطقه مورد مطالعه بود. استقرار ناوهای مورب و بسیار عمیق با محور شمال شرق جنوب غرب باعث شده تا در دوره یاد شده یک هسته سردچال در قلب صحرای آفریقا به وجود آید. با تشکیل این سیستم جوی و عبور آن از روی دریای سرخ و جنوب غربی شدن جریانات، دینامسیم انتقال رطوبت به منطقه فراهم شده و بارندگی‌های مکرر و متمادی را به همراه داشته است (شکل ۴). در شکل ۵، ریزش هوای سرد عرض‌های بالاتر بر روی مدیترانه همراه با افت ژئوپتانسیل بوده که مقادیر نابه‌نجاری ارتفاع ژئوپتانسیل گویای این گفته هستند. کاهش ارتفاع تا ۲۰۰ ژئوپتانسیل‌متر در مرکز این سامانه که تأثیر پذیرفته از کم‌فشار تشکیل‌شده بر روی شمال اروپاست، انتقال رطوبت این منبع غنی را به منطقه



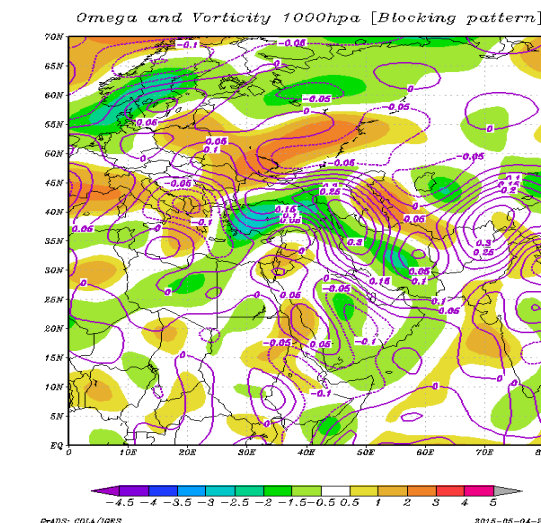
شکل ۶: وضعیت تاوایی و شاخص ناپایداری (امگا) در سطح زمین مربوط به الگوی پرفشار جنب حاره در ماههای خشک (ژانویه ۱۹۹۴)



شکل ۷: وضعیت تاوایی و شاخص ناپایداری (امگا) در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مربوط به الگوی پرفشار جنب حاره در ماههای خشک (ژانویه ۱۹۹۴)



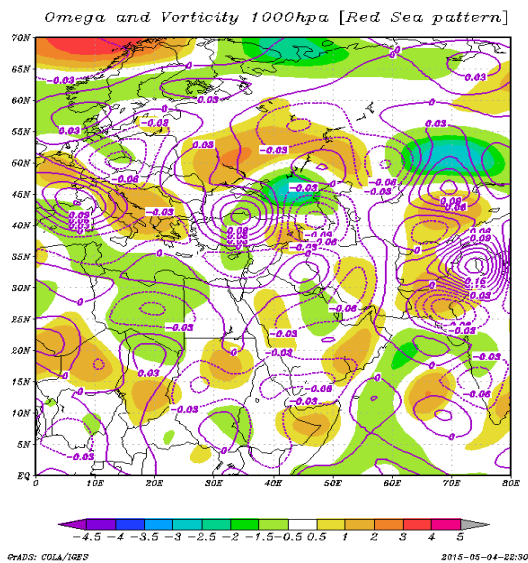
شکل ۸: وضعیت تاوایی و شاخص ناپایداری (امگا) در سطح زمین مربوط به الگوی سامانه‌های بندالی در ماه‌های خشک (ژانویه ۲۰۰۷)



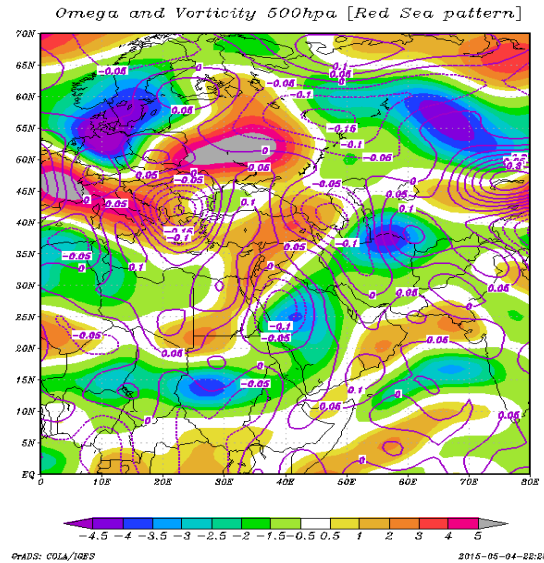
شکل ۹: وضعیت تاوایی و شاخص ناپایداری (امگا) در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مربوط به الگوی سامانه‌های بندالی در ماه‌های خشک (ژانویه ۲۰۰۷)

نواحی زاگرس و جنوب دریای عمان کشیده شده و از طرفی منحنی بسته ۰/۳ پاسکال بر ثانیه شاخص امگا در تراز مذکور سبب شده تا ریزش هوا از سطوح فوقانی جو به سطح زمین به سهولت انجام گیرد و مانع از هرگونه اغتشاش و ناپایداری در منطقه گردد (شکل‌های ۸ و ۹).

افزایش ضخامت جو به دلیل مستقر شدن سامانه بندالی بر روی ایران مانع از صعود هوا در ژانویه ۲۰۰۷ شده است. با بررسی نقشه‌های تاوایی و شاخص ناپایداری سطح زمین و تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مشخص شد، که وجود یک واچرخند قوی بر روی ایران در سطح زمین و دیگری در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، که به صورت نواری از شرق مدیترانه تا



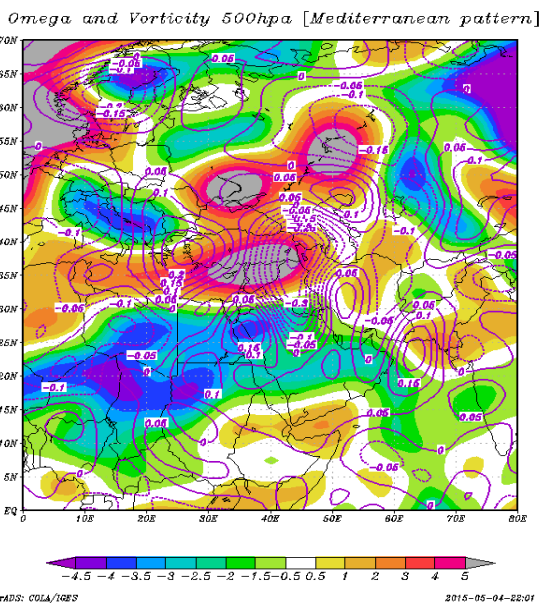
شکل ۱۰: وضعیت تاوایی و شاخص ناپایداری (امگا) در سطح زمین مربوط به الگوی دریای سرخ در ماه‌های مرطوب (می ۲۰۰۶)



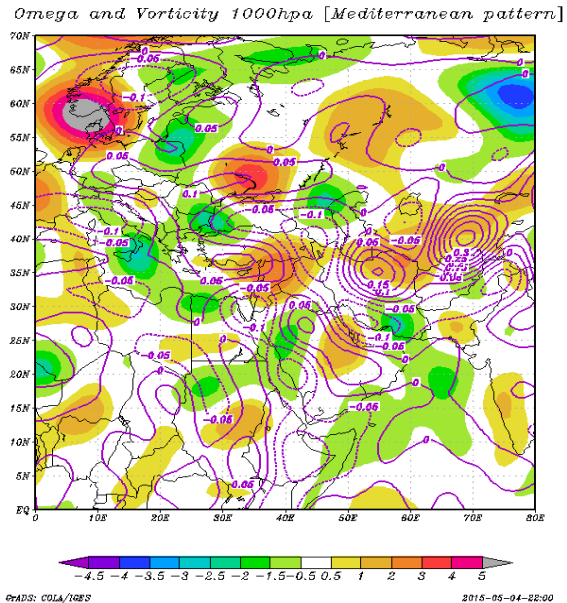
شکل ۱۱: وضعیت تاوایی و شاخص ناپایداری (امگا) در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مربوط به الگوی دریای سرخ در ماه‌های مرطوب (می ۲۰۰۶)

به دلیل فرود عمیق در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال یک هسته بسیار قوی چرخندزایی به صورت نواری از شرق آفریقا تا غرب خاورمیانه کشیده شده است. از طرفی دو هسته ناپایداری یکی بر روی دریای سرخ و دیگری بر روی غرب ایران با منحنی‌های بسته ۰/۱- صعود بسته هوا را تأیید می‌کنند.

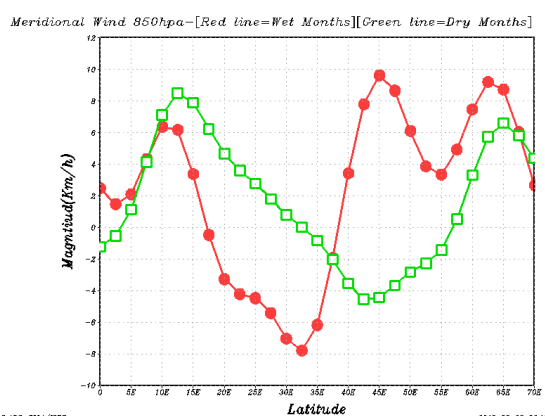
در شکل ۱۰ وضعیت تاوایی بر روی منطقه به گونه‌ای است، که دو هسته چرخندی ضعیف یکی در شرق دریای سرخ و دیگری در مرکز ایران مشاهده می‌شود. وضعیت شاخص ناپایداری نیز گویای جوی آرام در منطقه بوده که نزدیک‌ترین سیستم ناپایدار در منطقه مربوط به شمال غرب کشور است. در شکل ۱۱



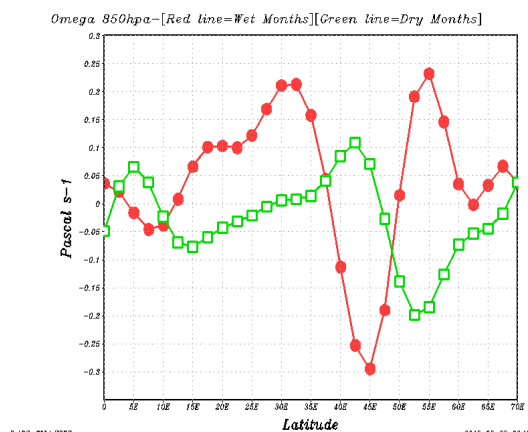
شکل ۱۲: وضعیت تاوایی و شاخص ناپایداری (امگا) در سطح زمین مربوط به الگوی دریای مدیترانه در ماه‌های مرطوب (مارس ۱۹۸۸)



شکل ۱۳: وضعیت تاوایی و شاخص ناپایداری (امگا) در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مربوط به الگوی دریای مدیترانه در ماه‌های مرطوب (مارس ۱۹۸۸)



شکل ۱۴: وضعیت نیمرخ باد نصف‌النهاری برای دوره‌های خشک و مرطوب در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال برای عرض ۳۶ درجه شمالی و طول‌های ۰ تا ۷۰ درجه غربی



شکل ۱۵: وضعیت نیمرخ شاخص ناپایداری (امگا) برای دوره‌های خشک و مرطوب در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال برای عرض ۳۶ درجه شمالی و طول‌های ۰ تا ۷۰ درجه غربی

نمایان‌گر نیمرخ قائم شاخص امگا برای عرض ۳۶ درجه شمالی و ۰ تا ۷۰ درجه شرقی تهیه شده است. با توجه به شکل یادشده صعود هوا در دوره‌های مرطوب شدیدتر بوده که منحنی قرمز نشان‌دهنده آن است. از طرفی منحنی سبز مربوط به دوره‌های خشک غرب کشور بوده، که با مثبت شدن مقادیر این شاخص نشان از جوی آرام و ساکن در منطقه است.

پس از بررسی سامانه‌های جوی فوق، داده‌های ۲,۵×۲,۵ درجه‌ای وبسایت NCEP/NCAR بررسی شد، تا الگوهای جوی مرتبط با خشک‌سالی و ترسالی‌های فراگیر در منطقه شناسایی شوند. بر این اساس ۴ الگو برای دوره‌های خشک و ۴ الگو برای دوره‌های تر مطابق با نمایه بارش استاندارد شناسایی و با استفاده از قابلیت‌های نرم‌افزار GrADS تحلیل و نقشه‌های مربوط به هر کدام ترسیم گردید (شکل ۱۶ و ۱۷).

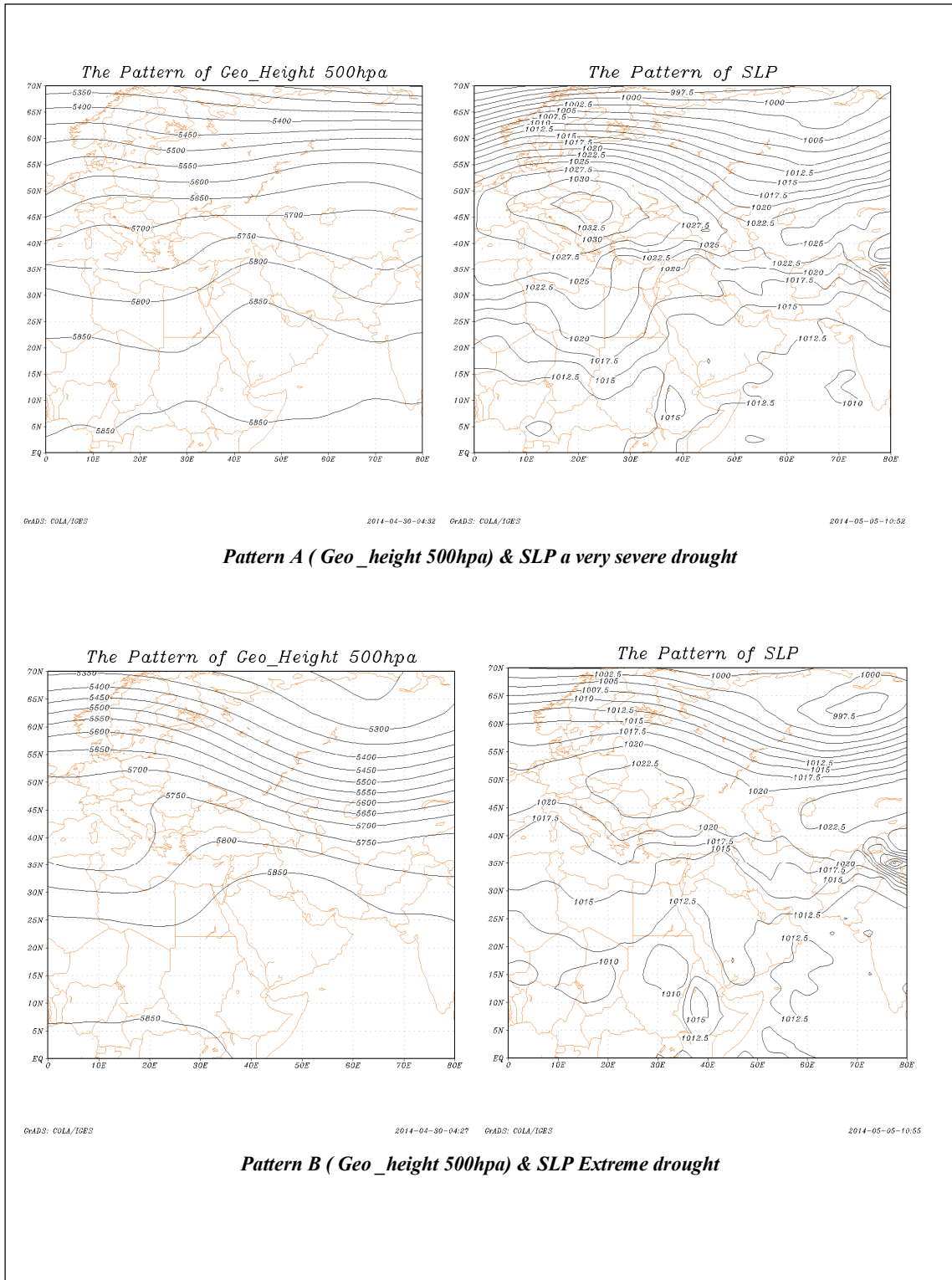
بررسی الگوهای جوی حاصل از تحلیل خوشه‌ای

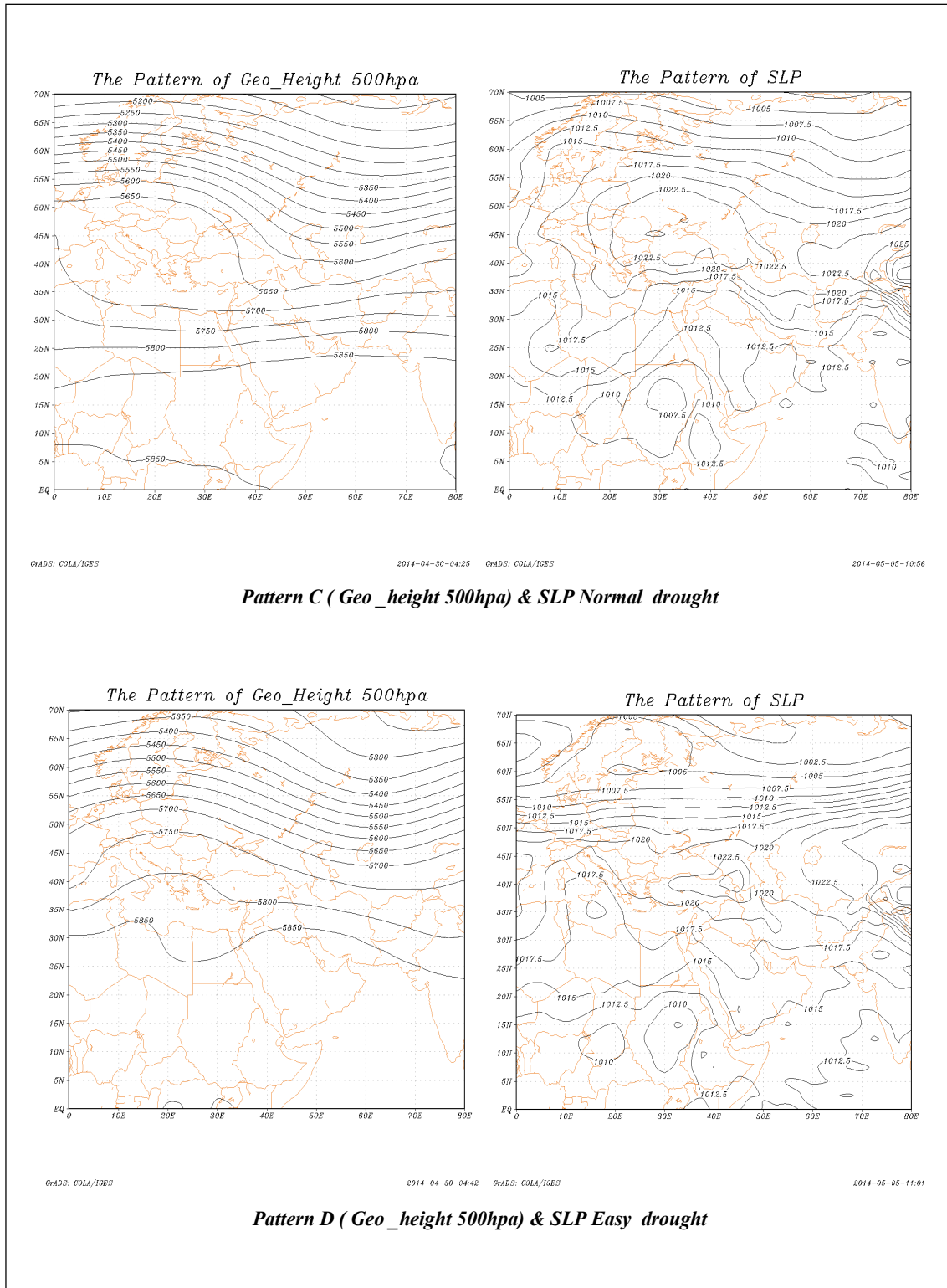
با توجه به الگوهای به‌دست‌آمده از تحلیل خوشه‌ای برای دوره‌های خشک در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال مشخص شد، که قرارگیری یک فراز در شرق اروپا سبب شده، تا منطقه موردنظر در قسمت چرخندگی منفی قرار گیرد و سرازیری هوای عرض‌های بالاتر را به دنبال داشته باشد. این شرایط باعث شده تا نزول هوا در منطقه اتفاق افتد و مانع از صعود و بارندگی در طی دوره ماهانه در منطقه گردد.

در الگوی دریای مدیترانه در سطح زمین و در تراز میانی جو یک هسته چرخندگی وجود دارد. به طوری که در سطوح فوقانی این شرایط تشدید شده است. منحنی بسته ۰/۳- شاخص امگا در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال به‌خوبی این گفته را تأیید می‌نماید. در شکل ۵ که آرایش پربندهای ارتفاع ژئوپتانسیل را برای الگوی نام‌برده نشان می‌داد، مشخص شد که قرار گرفتن ناوه عمیق بر روی مدیترانه سبب انتقال رطوبت به خاورمیانه شده، که با ناپایداری‌های حاصل از قرار گرفتن غرب کشور در شرق محور فرود، شرایط برای صعود فراهم گشته است.

بررسی وضعیت متوسط الگوی باد مداری بر روی نصف‌النهارات، معیار دیگری است، که می‌تواند تمایز دوره‌های خشک و مرطوب را در غرب ایران به‌خوبی نمایان سازد. با بررسی این شاخص و با توجه به خروجی آن که در شکل ۱۴ آورده شده است، منحنی قرمز مربوط به دوره‌های مرطوب و منحنی سبز مربوط به دوره‌های خشک منطقه است. همان‌طور که مشاهده شد، افزایش باد نصف‌النهاری در محدوده طول‌های ۴۰ تا ۵۵ درجه شرقی، در دوره‌های مرطوب و کاهش آن در دوره‌های خشک در محدوده مکانی مذکور در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال است، با تداوم جریانات جنوبی بر روی منطقه امکان انتقال رطوبت و صعود هوا و در نهایت وقوع بارش همراه خواهد بود. شکل ۱۵

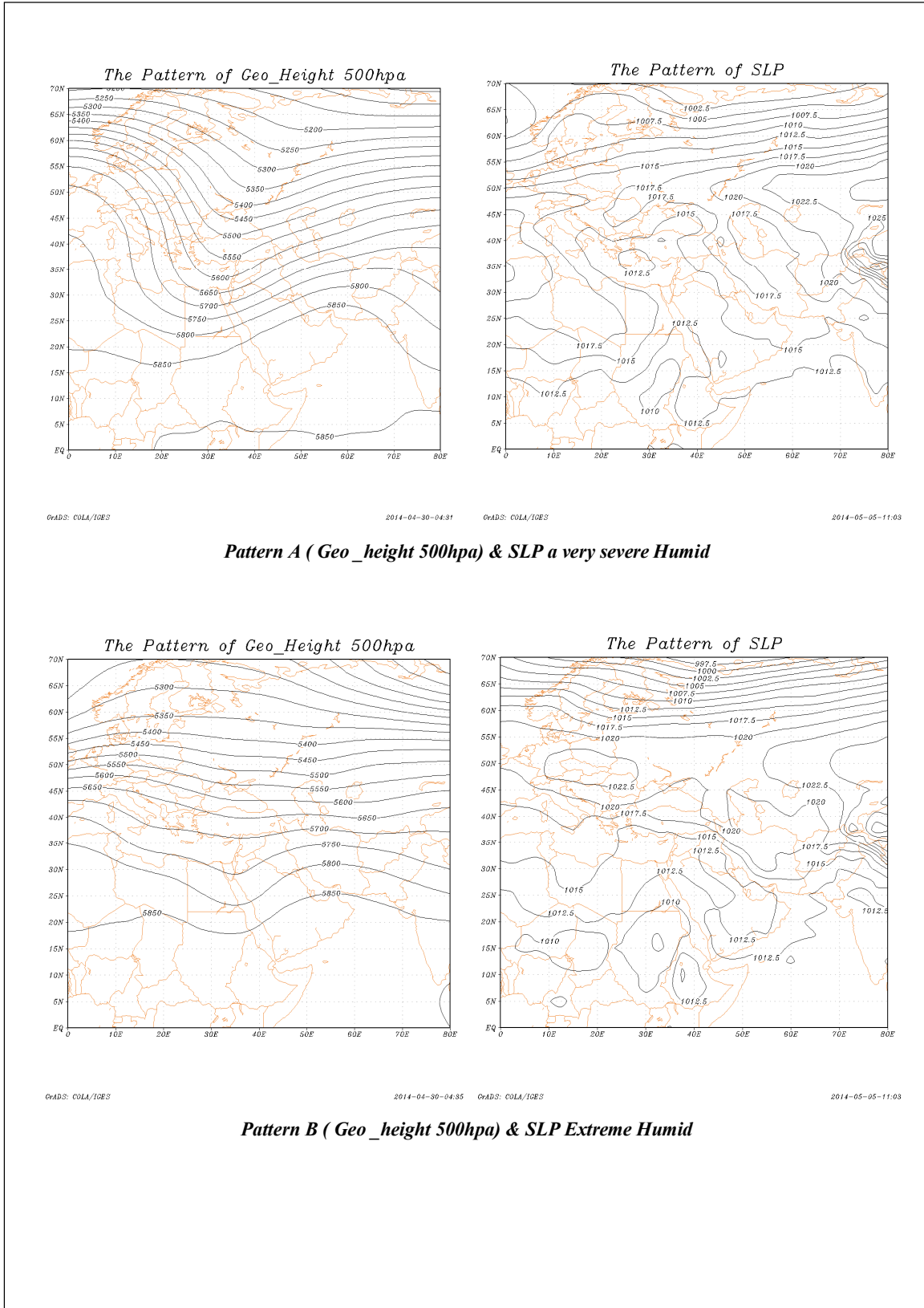
- الگوهای خشک‌سالی فراگیر

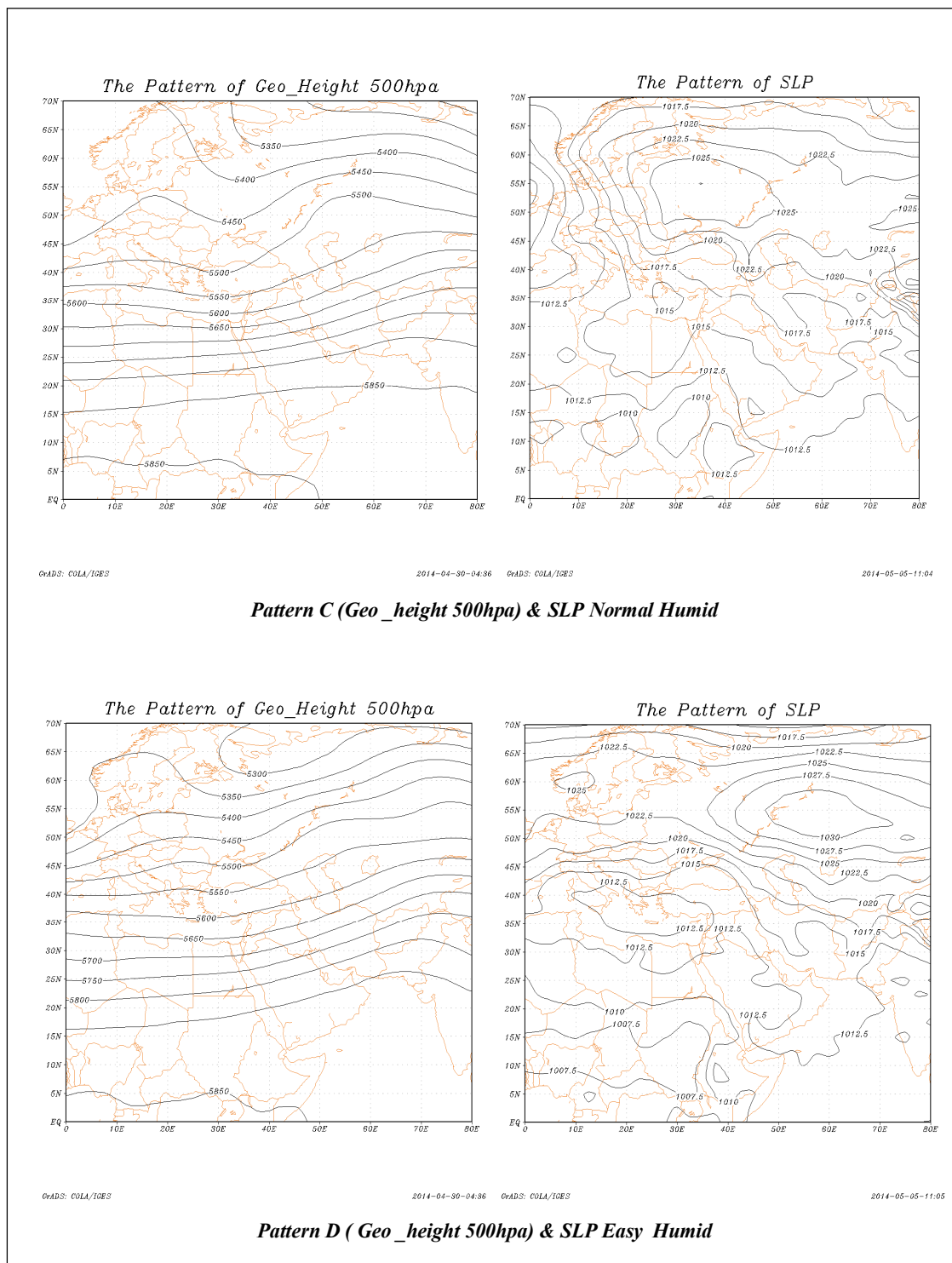




شکل ۱۶. الگوهای سینوپتیکی بوجود آورنده خشک‌سالی به ترتیب از A تا D، خشک‌سالی بسیار شدید تا خشک‌سالی ملایم

- الگوهای ترسالی فراگیر





شکل ۱۷: الگوهای سینوپتیکی به وجود آورنده ترسالی به ترتیب از A تا D، ترسالی بسیار شدید تا ترسالی ملایم

می‌گردد. از طرفی با برقراری یک سلول پرفشار در شرق مدیترانه و حرکت آن به سوی منطقه مورد مطالعه، جوی پایدار در منطقه حکم‌فرما شده است. پس می‌توان گفت که برای دوره‌های خشک-چه

با بررسی الگوهای سطح زمین مشخص شد، که در منطقه به دلیل فرارگیری در زیر چرخندگی منفی، هوا به صورت بی‌درو گرم شده و به سطح زمین نزول پیدا می‌کند و سبب ایجاد یک سلول پرفشار در غرب ایران

خشکی شدید و چه ملایم- الگوهای سطح زمین و سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال تأثیر متقابلی دارند.

همان‌گونه که از الگوی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برای دوره‌تر نیز پیداست، بادهای غربی در این الگو و زش نصف النهاری پیدا کرده است. در این حالت فرود موج عمیق‌تر شده و تا عرض‌های پایین‌تر ادامه دارد، همچنین با افزایش دامنه موج، اختلاف دمای بین قسمت فراز و فرود موج نیز بیشتر شده به‌گونه‌ای که در قسمت غرب آن به علت همگرایی و جریان نزولی هوا، توده‌های هوای سرد عرض‌های بالا مستقیماً به سمت دریای مدیترانه و همچنین دریای سرخ سرازیر می‌شود. در حالی که این توده‌های هوای سرد و خشک پس از عبور از این مناطق، گرم و مرطوب شده و از سمت شرق فرود در اثر واگرایی و حرکت صعودی مجدداً به سمت عرض‌های بالاتر و قسمت‌های شمالی کشور هدایت می‌شوند و در این منطقه در تقابل با توده‌های سرد عرض‌های بالاتر قرار می‌گیرند، که این امر منجر به پدیده میعان و ریزش‌های جوی شدید می‌گردد. با بررسی الگوهای سطح زمین بنا به قرارگیری منطقه در زیر چرخندگی مثبت، یک سلول کم‌فشار تشکیل شده و شرایط را برای صعود توده‌ها مهیا کرده است. پس می‌توان نتیجه گرفت، که بیشترین منابع رطوبتی که غرب ایران را تحت تأثیر قرار می‌دهد، هسته رطوبتی در دریای سرخ و مدیترانه است.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد، که الگوها و جریانات جوی در سطوح فوقانی و سطح زمین تأثیر بسزایی در آب‌وهوا و به‌خصوص بارندگی نواحی غربی ایران دارد. با استفاده از شاخص بارش استاندارد، دوره‌های خشک و تر شناسایی و طبقه‌بندی شدند. با بررسی آماری، سیستم‌های سینوپتیک جوی مرتبط با شرایط خشک‌سالی و ترسالی در منطقه مشخص شد، که به ترتیب الگوهای جریانات دریای سرخ، الگوی جریانات در شرق مدیترانه، سامانه‌های بندالی و ارتفاع

مرکز پرفشار جنب حاره تأثیر بیشتری نسبت به سایر سامانه‌های جوی در آب‌وهوا و به‌خصوص در بارش منطقه دارند. از نظر سینوپتیکی، همان‌طور که در نمونه‌های واکاوی شده مشخص است جابه‌جایی فصلی کمربند پرفشار جنب حاره نقش مهمی در تغییرات بارش غرب کشور ایفا می‌کند. افزایش و کاهش ارتفاع ژئوپتانسیل در دوره‌های خشک و مرطوب دلیلی بر این گفته می‌باشد. به‌طوری که افزایش ارتفاع در منطقه مورد مطالعه نشان‌دهنده پیشروی پرفشار جنب حاره به عرض‌های بالاتر و قرارگیری آن بر روی غرب کشور می‌باشد. در این صورت سامانه‌های بارش‌زا به منطقه وارد نشده و مسیر چرخندی متوجه اروپا و عرض‌های بالای جغرافیایی است. با بررسی بسامد رخداد این سامانه پرفشار آזור و پر ارتفاع جنب حاره به ترتیب ۱۵ و ۱۷ درصد از عوامل ایجاد دوره‌های خشک در منطقه می‌باشند. در حالی که در دوره‌های مرطوب ارتفاع ژئوپتانسیل در خاورمیانه کمتر از میانگین بلندمدت آن است. این شرایط نشان‌دهنده نفوذ بیشتر بادهای غربی و عقب‌نشینی پرفشار جنب حاره و به دنبال آن ورود سامانه‌های بارش‌زا به غرب ایران است. به‌طوری که فرود دریای سرخ ۲۶/۵ و کم ارتفاع تشکیل شده بر روی مدیترانه ۲۴ درصد از عوامل دوره‌های مرطوب منطقه شناسایی شدند. پس از شناسایی و تحلیل آماری مهم‌ترین سامانه‌های تأثیرگذار بر دوره‌های مرطوب و خشک منطقه به بررسی آرایش الگوهای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و فشار تراز دریا شد. از الگوهای غالب برای دوره خشک می‌توان به پشته در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در شرق اروپا اشاره نمود، که سبب نزول و سرازیر شدن هوای سرد عرض‌های بالا به منطقه شده و مانع از صعود توده هوا گردیده است. در مورد الگوی سطح زمین نیز می‌توان به یک سلول پرفشار اشاره نمود، که از شرق اروپا وارد منطقه شده و حرکات جوی نزدیک به سطح زمین را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد. در الگوهای مربوط به دوره‌های تر در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، می‌توان به فرود عمیق در غرب خاورمیانه اشاره کرد، که رطوبت دریای سرخ را وارد

۹. مرادی، حمیدرضا و رضا عرفانزاده. ۱۳۸۰. بررسی روند خشک‌سالی‌ها و ترسالی‌ها در حوضه رود هراز، مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب، ص ۲۸۳-۲۹۳.

۱۰. مسعودیان، ابوالفضل. ۱۳۸۶. شناسایی گونه‌های همدید اصفهان، گزارش طرح پژوهشی، معاونت پژوهشی دانشگاه اصفهان.

11. Barry, R.G. et al. 2001. Synoptic and dynamic climatology, Routledge. P. 620.
12. Bloutsos, A.A. et al. 2001. Arima modeling of meantemperature at the 500-1000hpa layer over Europe, P.95. www.cyf-kr. edu. pl/zinied2w/paper009.html.
13. Bogardi, Istvan, Matyasovszky, Istvan. Bardossy, Andras. and Duclstein, Lucien, 1994. A hydro climatological model of areal drought, journal of Hydrol, p. 153-245.
14. Chbouki, Nabil. Stockton, Charles W. and Myers, Donald, 1995. Spatio-temporal pattern of drought in morocco, international journal of climatology, 15: 187-205.
15. Currie, R.G. et al., 1989. Comments on power spectra and coherence of drought in the interior plains. International Journal of Climatology, 9: 91-100.
16. Estban, Pere. Jones, Philip, D. Martin-Vide, Javier and Mases, Montse, 2005. Atmospheric circulation patterns related to heavy snowfall days in Andorra, pyrenes. International Journal of Climatology, 25: 319-329.
17. Estrela, M.J. Penarrocha, D. and Millan, M. 2000. Multi-annual drought episodes in the Mediterranean (*Valencia region*) from 1950-1996, International journal of climatology, 20: 1599-1618.
18. Hayes, M.J. 2000. "Drought Indices", national drought mitigation center (NDMC).
19. Kieran, L.A. Makarau, 1994. Drought and Desertification, Report series, world climate programme, WCASP (28) WMOLTD, 605: 286.
20. Martin, M. Cremades, L.V. and Santabarbara, J.M. 1999. Analysis and modeling of time series of surface wind

منطقه می‌نماید. از طرفی الگوهای سطح زمین تشکیل یک کم‌فشار بر روی زاگرس می‌باشد، که شرایط را برای صعود و ناپایداری مهیا می‌کند.

منابع

۱. جوانمرد، سهیلا. ۱۳۸۰. سیستم پایش از شدت و وسعت خشک‌سالی بر اساس پهنه‌بندی نمایه پالمر، بولتن علمی مرکز ملی اقلیم‌شناسی، شماره ۴، ص ۱۲-۵.
۲. خبرنامه اقلیم، مرکز ملی اقلیم‌شناسی، شماره ۲۳، سال ۱۳۷۸، ص ۲۰۳.
۳. خوش‌اخلاق، فرامرز. ۱۳۷۷. تحقیق در خشک‌سالی‌های فراگیر ایران با استفاده از تحلیل‌های سینوپتیکی، پایان‌نامه دکتری جغرافیای طبیعی، تبریز، صفحه ۳۰۸.
۴. رضیئی، طیب. ۱۳۸۶. بررسی ارتباط الگوهای گردش جوی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و دوره‌های خشک و تر در غرب ایران، پایان‌نامه دکتری، دانشگاه تهران، صص ۲۰۱-۱۱۹.
۵. زاهدی، مجید و یوسف قوی‌دل رحیمی. ۱۳۸۱. شناخت، طبقه‌بندی و پیش‌بینی خشک‌سالی با استفاده از روش سری زمانی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه، فضای جغرافیایی، شماره ۶، صفحه ۴۸-۱۹.
۶. فتاحی، ابراهیم. ۱۳۸۳. تأثیر پدیده ENSO بر رفتار الگوهای گردش جوی ایران، دومین همایش مقابله با سوانح طبیعی، دانشکده فنی، دانشگاه تهران، صص ۱۱۲-۸۳.
۷. فتاحی، ابراهیم و زهرا حجازی زاده. ۱۳۸۶. تحلیل الگوهای سینوپتیکی بارش‌های زمستانه ایران، مجله جغرافیا، شماره ۳، صص ۱۲۰-۱۰۸.
۸. قوی‌دل رحیمی، یوسف. ۱۳۸۱. تجزیه و تحلیل نوسانات بارش و محاسبه دوره‌های مرطوب و خشک در آذربایجان شرقی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز، صفحه ۲۸۵.

- improved meteorological mapping technique, journal of appl. meteo, 20: 1159-1195.
23. Tuse. Norio, 1982. Regional occurrences of wet and dry years in japan, Tsukuba univ. Instit, of Geo science, Annal Rep. 8: 37-40.
- speed and direction. Information journal of climatology, vol.16, p. 73-92.
21. Martin-Vide, Javier. And Gomez, Lidia, 1999. Regionalisation of peninsular Spain Based on the length of Dry spells, International journal of climatology, 19: 513 535.
22. Richman, Michael B, 1981. Obliquely rotated principal components; An

