

# شناسایی و تحلیل الگوهای فشار تراز دریای روزهای بارش ابرسنگین بهاره استان گلستان

فرشاد پژوه\* :دکتری آب و هواشناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی تهران،

Email: farshad.pazhoo44@gmail.com

صنم کوهی: دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان

تاریخ دریافت: ۹۸/۳/۱۶

تاریخ پذیرش: ۹۹/۶/۲۹

## چکیده

بارش‌های سیل‌آسا به دلیل ناگهانی بودن آن خسارات سنگینی در بخش‌های مختلف تأسیسات زیربنایی، عمرانی و کشاورزی برای مناطق مختلف کشورمان به‌ویژه مناطق پر بارش به بار می‌آورند. در پژوهش حاضر به شناسایی الگوهای فشار تراز دریا و تحلیل شرایط همدید و ترمودینامیک روزهای بارش ابرسنگین استان گلستان پرداخته شده است. بدین منظور ابتدا با استفاده از داده‌های ایستگاه زمینی و در نظر گرفتن دو شرط آستانه بارش بالاتر از صدک ۹۸ درصد و فراگیری بیش از ۵۰ درصد، ۱۵ روز بارش ابرسنگین طی فصل بهار دوره آماری ۱۹۷۰-۲۰۱۹ استخراج شد. داده‌های فشار تراز دریا بر روی یاخته‌های  $0.25 \times 0.25$  درجه‌ی قوسی در  $10$  تا  $70$  درجه‌ی عرض شمالی و  $10$  تا  $90$  درجه‌ی طول شرقی از مرکز پیش‌بینی‌های میان‌مدت اروپایی (ECMWF) استخراج شدند. بر روی ماتریس همپراش داده‌های فشار تراز دریا در ۱۵ روز بارش ابرسنگین تحلیل خوشه‌ای با روش ادغام انجام شد و ۳ الگوی همدید فشار هنگام رخداد بارش‌های ابرسنگین بهاره استان گلستان مشاهده می‌شود. نتایج حاصل از تحلیل همدیدی نقشه‌ها نشان داد که به هنگام رخداد بارش‌های ابرسنگین زبانه‌هایی از پرفشارهای سرد مستقر بر روی اروپا، روسیه و سیبری و کم‌فشارهای گرم چند هسته‌ای واقع در مناطق جنب قطبی، نیمه شرقی ایران، پاکستان و اطراف دریاچه آرال و بالخاش به سمت شمال شرق ایران و استان گلستان گسترش یافته‌اند. این شرایط باعث شکل‌گیری مناطق جبهه‌زایی فعال و به تبع آن شیو فشاری شدید در شمال شرق و جو استان گلستان شده و منجر به رخداد روزهای بارش ابرسنگین در منطقه مورد مطالعه شده است. نتایج حاصل از تحلیل تابع شار همگرای رطوبت هم نشان داد که بیشترین شار همگرای رطوبت در ترازهای زیرین جو ( $1000$  و  $850$  هکتوپاسکال) و به ترتیب توسط منابع آبی خزر، خلیج فارس و عمان صورت گرفته است؛ اما در ترازهای میانی جو ( $700$  و  $500$  هکتوپاسکال) با مداری شدن جریان‌های جوی علاوه بر دریای خزر، منابع آبی مدیترانه و سیاه هم تغذیه‌ی رطوبتی این‌گونه بارش‌ها را بر عهده گرفته‌اند.

واژه‌های کلیدی: بارش ابرسنگین، تحلیل خوشه‌ای، تحلیل همدید، شار همگرای رطوبت، استان گلستان

## Identification and Analysis of Sea Level Pressure patterns Super heavy Rainfall Days in the Golestan Province

Farshad pazhoh<sup>1\*</sup>, Sanam Kouhi<sup>2</sup>

### Abstract

Torrential rains because of the suddenness of damage in different parts of the infrastructure, construction and agricultural areas of high rainfall regions of our country, especially in Regions with abundant rainfall. In the present study, we have identified sea level pressure patterns and analyzed the synoptic and thermodynamic conditions of super heavy rainfall days in Golestan province. For this purpose, first, using ground station data and taking into account two threshold conditions above 98% percentile and over 50% incidence, 15 days of super heavy rainfall were extracted during the spring of the 1970–2019 statistical period. Sea level pressure data are extracted on  $0.25 / 0.25$  degree arc cells at  $10$  to  $70$  degrees north latitude and  $10$  to  $90$  degrees east longitude from the European Mid-Term Forecast Center (ECMWF) Were. Cluster analysis by Ward integration method was performed on the sea level compressibility matrix data for 15 days of super heavy rainfall and 3 synoptic pressure patterns observed during spring super heavy rainfalls events of Golestan province. The results of the synoptic analysis of the maps showed that during the heavy rainfall events, tabs of cold pressures based on Europe, Russia and Siberia and multi-core warm pressures located in the Arctic, mid-eastern regions of Iran, Pakistan and Aral and Balkhash Lake are spread northeast of Iran and Golestan province. These conditions have created active frontal zones and consequently severe pressure gradient in northeast and atmosphere of Golestan province and have led to super heavy rainfall days in the study area. The results of moisture flux convergence function analysis also showed that the highest moisture flux convergence was at lower atmospheric levels ( $1000$  and  $850$  hPa) and by Caspian, the Persian Gulf and Oman water resources, respectively. But in the middle levels of the atmosphere ( $700$  and  $500$  hPa) with the zonal atmospheric currents, In addition to the Caspian Sea, Mediterranean and Black seas sources have also been responsible for the moisture supply of these rainfalls.

**Keywords:** super heavy Rainfall, Cluster Analysis, Synoptic Analysis, Moisture Flux Convergence, Golestan Province

1 Ph.D. Climatology, Department of Natural Geography, Faculty of Geography, Kharazmi University of Tehran

2 PhD student in Climatology, Department of Natural Geography, Faculty of Geography and Environmental Planning, Sistan and Baluchestan University

۵

شماره نوزدهم

بهار و تابستان  
۱۴۰۰

دوفصلنامه  
پژوهشی



شناسایی و تحلیل الگوهای فشار تراز دریای روزهای بارش ابرسنگین بهاره استان گلستان

بروز سیلاب‌های سهمگین در اثر تغییرات آب و هوایی طی دهه‌های اخیر سبب بروز خسارت‌های فراوانی در نواحی مختلف دنیا شده است و در نواحی خشک تأثیر این تغییرات محسوس‌تر است [۱]. افزایش سطوح نفوذناپذیر که ناشی از شهرسازی و احداث ساختمان بر خاک‌های نفوذپذیر است، طبعاً از سطوح نفوذپذیر حوضه که قادر به جذب بخشی از بارندگی است، کاسته و در نتیجه بر حجم کل رواناب شهر افزوده است [۲]. بنابراین می‌توان گفت اعمال مجموعه اقدامات مدیریت بحران امری گریزناپذیر است. مدیریت بحران شامل فرآیند پیش‌بینی و پیشگیری از وقوع بحران، برخورد و مداخله در بحران و سالم‌سازی بعد از وقوع بحران است. به عبارتی دیگر مدیریت بحران در واقع علمی کاربردی است که به‌وسیله مشاهده نظام‌مند بحران‌ها و تجزیه و تحلیل آنها در جستجوی یافتن ابزاری است که به‌وسیله آنها بتوان از بروز بحران‌ها پیشگیری کرد [۳]. طبق تعریف ذکر شده در بالا وجود یک نگاه نظام‌مند شامل شناخت علل ایجاد سیل، شناسایی مناطق در معرض خطر و رعایت اصول پیشگیرانه بر سیلاب از الزامات اولیه مدیریت بحران سیل محسوب می‌شود.

به‌طور میانگین در هر سال ۶۰ رویداد سیل در ایران اتفاق می‌افتد و میانگین کشته‌شده‌ها از پدیده سیل در هر سال ۱۴۱ نفر است. یعنی در برابر هر رخداد سیل در هر سال بیشتر از ۲ نفر می‌میرند و بالاترین رقم تلفات انسانی متعلق به بندرعباس با ۳۸۸ و مشهد ۳۸۷ نفر است [۴]. تنوع منشأ بارش در نقاط مختلف ایران به همراه شرایط عرض جغرافیایی، دوری و نزدیکی به منابع رطوبت و غیره سبب می‌شود تا رفتارهای بارش مانند شدت و تداوم هم دارای تغییرات زمانی و مکانی باشند.

همه ساله بخش‌های مهمی از پهنه وسیع کشورمان تحت تأثیر مخاطره اقلیمی بارش سنگین قرار گرفته و خسارات فراوانی به کشور وارد می‌آید. در واقع یکی از مهمترین مسائل محیطی بررسی موج‌های بارشی شدید یعنی سیلاب‌هاست. بر اساس روش‌های متداول آب‌شناسان بررسی و پیش‌بینی سیلاب‌ها پس از شروع رگبار امکان‌پذیر است که معمولاً وقت کافی برای عملیات آمادگی وجود ندارد؛ اما اگر الگوهای گردشی پدیدآورنده موج‌های بارشی شدید شناسایی شوند، می‌توان از حداقل یک یا دو روز قبل از رؤیت آغاز توالی الگوهای مختوم به ایجاد سیل وقوع آن را پیش‌بینی کرد [۵].

در سال‌های اخیر مطالعات متعددی در رابطه با بارش‌های سنگین و سیل‌آسا به روش سینوپتیک و به کمک نقشه‌های سطوح مختلف جو در سطح جهان و ایران انجام شده؛ مانند مطالعه نیشیاما [۶]. در این زمینه شناخت الگوهای سینوپتیک منجر به بارش‌های سنگین در فصل بارندگی در ژاپن است. آنها فرض را بر این گذاشتند که الگوهای سینوپتیک توسط نقشه‌های باد در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال و آب قابل بارش می‌توانند به سادگی آشکار شوند و این نقشه‌ها را خودسازمان‌یافته نامیدند. ایشان با استفاده از این نقشه‌ها و تکنیک‌های خوشه‌ای الگوهای سینوپتیک بارش‌های سنگین را به ۸ خوشه تقسیم کردند و به این نتیجه رسیدند که

این نقشه‌ها ابزار مؤثری برای آشکارسازی وقایع بارش‌های سنگین هستند. همچنین پژوهش (لانا، ۲۰۰۷) با عنوان الگوهای جوی به وجود آورنده بارش‌های سنگین جزایر بالریک واقع در شرق اسپانیا نمونه دیگری در این زمینه است. آنها در مجموع ۱۵۷ روز بارش بیش از ۶۰ میلی‌متر مشخص کردند که از این تعداد بارش ۵۰ درصد در فصل پاییز رخ داده بود و تقریباً ۸۷ درصد بارش‌های سنگین در زمانی رخ داده بود که یک مرکز چرخندی در شعاع ۶۰۰ کیلومتری جزیره واقع شده بود [۷].

(چن، ۲۰۱۱) به بررسی تأثیرات ناهمواری‌ها بر رخداد بارش‌های سنگین در جنوب غرب تایوان در طول فصل می-یو (فصل گرم) پرداخت و به این نتیجه رسید که صعود توده هوای مرطوب از کوهستان علت بارش‌های سنگین در این منطقه است [۸]. (پفال، ۲۰۱۴) در ضمن نقش الگوی بندالی دوقطبی در شمال اطلس و اروپا را در رخداد بارش سنگین اروپا حائز اهمیت می‌داند [۹]. (روستا و همکاران، ۲۰۱۴) در بررسی اثر سامانه‌های بندالی در بارش‌های شمال غرب ایران دریافتند که در بیش از ۶۵ درصد بارش‌های منطقه شمال غرب ایران سامانه‌های بندالی نقش داشته‌اند که در این بین سامانه‌های بندالی امگا، رگس، کم‌فشار و پرفشارهای بریده به‌ترتیب بیشترین نقش را در رخداد بارش‌های فراگیر منطقه دارند [۱۰]. (وانگ و همکاران، ۲۰۱۶) که در بررسی همدید توفان بارشی ۸ روزه در اکتبر ۲۰۱۰ در جزیره هینان در جنوب چین نقش جریان چرخندی شمال سو ناشی از گسترش کمربند همگرایی حاره‌ای را دلیل اصلی تداوم موج بارشی دانسته‌اند [۱۱]. (اکبری و همکاران، ۲۰۱۶) در بررسی نقش سامانه بندالی در رخداد بارش ژانویه ۲۰۰۸ جنوب شرق ایران نشان دادند که در زمان بارش نفوذ کم‌فشار سودانی در سطح زمین و سامانه بندالی در تراز میانی جو با راستای شمالی به جنوب موجب دینامیک شدن کم‌فشار و رخداد بارش سیل‌آسا در منطقه شده است [۱۲].

در کشورمان هم مطالعاتی در زمینه بررسی همدید امواج بارشی بادوام و سنگین انجام شده که می‌توان به پژوهش (مرادی، ۱۳۸۵) اشاره کرد. ایشان در مطالعه خود به پیش‌بینی وقوع سیلاب‌ها در ساحل شمالی ایران بر اساس موقعیت‌های سینوپتیکی پرداخت و به این نتیجه رسید که ۳ نوع توده هوا و سیستم فشاری در ریزش بارش‌های سواحل دریای خزر مؤثر است که عبارتند از سیستم‌های کم‌فشار، چرخندها و واچرخندهای مهاجر. در بین این ۳ عامل، شدیدترین بارش‌ها مربوط به چرخندها و واچرخندهای مهاجر است [۱۳]. آروین و همکاران (۱۳۹۱) در تعیین الگوی زمانی و مکانی بارش استان گلستان به روش تحلیل خوشه‌ای دریافتند که استان در همه فصول به ۳ ناحیه بارشی حداکثر در ناحیه کوهستانی، متوسط در ناحیه کوهپایه‌ای و حداقل در ناحیه پست در سطح اطمینان ۹۵ درصد تقسیم می‌شود که بیشترین مقدار وزنی بارش در فصول بهار، تابستان و زمستان در ناحیه کوهپایه‌ای انجام شده و فقط در فصل پاییز وزن بارش نوع کوهستانی بیشتر است [۱۴].

پروین (۱۳۸۹) در مطالعه خود به بررسی ارتباط تغییرات سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال و سیل در حوضه آبریز دریاچه ارومیه پرداخت. او پس از تعیین آستانه سیل داده‌های ارتفاعی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال را برای ۴۴ طوفان مولد سیل طی دوره (۱۳۷۰-۱۳۸۴) مورد بررسی قرار داد و به این نتیجه رسید که به هنگام وقوع سیلاب‌های گفته شده ۵ کانون با برخورداری از بیشترین آنومالی‌های ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال قابل تشخیص هستند که عبارتند از: ۱- منطقه بین دریای سرخ تا جنوب غربی ایران، ۲- منطقه بین دریای مدیترانه و دریای سیاه، ۳- منطقه شمال دریای خزر، ۴- شرق ایران و ۵- منطقه شمال اروپا [۱۵]. مهمترین عامل شکل‌گیری بارش‌های سنگین کرمان حرکت رو به شرق و تقویت فرود شرق مدیترانه در تروپوسفر میانی است و زمانی که با حرکت رو به پایین سامانه تاوه قطبی همراه است، بارش‌های سنگینی در سطح ایستگاه‌های استان رخ می‌دهد [۱۶]. نظری پور (۱۳۹۰) در رساله خود با بررسی تداوم امواج بارشی طی دوره ۱۳۴۰ تا ۱۳۸۳ نشان داد که بارش در گستره ایران دارای تداومی یک تا ۴۵ روزه است. همچنین با انتخاب تداوم‌های ۳ روزه برای تحلیل همدید الگوی ناهنجاری فشار تراز دریا و ۶ الگوی ناهنجاری ارتفاع ژئوپتانسیل در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال با آرایش‌های متفاوت هنگام تداوم ۳ روزه بارش ایران دیده می‌شود. در هنگام حاکمیت هر کدام از الگوهای ناهنجاری فشار تراز دریا بیشینه همگرایی شار رطوبت بر روی ایران در ترازهای پایین وجود داشته است [۱۷]. درگاهیان و علیجانی (۱۳۹۲) در مطالعه اثر بندال بر رخداد برف‌های سنگین و بادوام ایران نشان دادند که در بین الگوهای مؤثر بر بارش تنها الگوی بندال امگا تراف سمت راست منجر به بارش برف مداوم و سنگین می‌شود و ریزش هوای سرد از عرض‌های بالا سبب تقویت سامانه بارشی شده و فراهم بودن سایر شرایط سینوپتیکی لازم منجر به ریزش برف مداوم و سنگین شده است [۱۸]. خوشحال دستجردی و همکاران (۱۳۹۴) در پیش‌بینی همدید-آماری وقوع ریزش باران در زمان کاشت و برداشت گندم در شهرستان گنبدکاوس به این نتیجه رسیدند که با استفاده از تاریخ و مقدار بارش‌های فروریخته شده در دوره‌های گذشته و به کمک قانون احتمالات با دقت بالایی می‌توان زمان وقوع، مقدار بارش‌ها، منشأ و مسیر سامانه‌های بارش‌زا را در ابتدا و انتهای فصل کشت محصول برآورد کرد و براساس آن تقویم زراعی را تنظیم کرد [۱۹]. درگاهیان و همکاران (۱۳۹۳) در بررسی الگوهای فشار مرتبط با بندال‌های مؤثر در رخداد بارش‌های مداوم و سنگین در ایران طی دوره ۲۰۱۲-۱۹۵۳ نشان دادند که از ۷ الگو ۴ الگو بر بارش ایران مؤثر بودند. دو الگوی فشار ناشی از تراف سمت راست و چپ امگا بودند. دو الگوی فشار دیگر مؤثر بر بارش یعنی الگوی بندال دوقطبی و رکس به ترتیب از فراوانی رخداد کمتری برخوردار هستند [۲۰]. در مطالعه‌ای تحت عنوان واکاوی همدید سیلاب آبان ماه ۱۳۹۰ در شهرستان بهبهان و لیکک توسط خوش اخلاق و همکاران (۱۳۹۳) نتایج نشان داد که تشکیل و گسترش مراکز کم‌فشار مدیترانه-سودانی به دلیل قرارگیری بین مراکز پرفشار اروپا و پرفشار جنب‌حاره‌ای جنوب شرق عربستان، وجود ناوه عمیق

شمال آفریقا از شرق مدیترانه تا شمال سودان و قرارگیری منطقه پژوهش در خروجی رودباد جنب‌حاره‌ای نقش مهمی در تقویت کم‌فشار مدیترانه-سودانی و حرکت شرق سوی آن و در نهایت رخداد سیلاب شده است [۲۱]. کارساز و مسعودیان (۱۳۹۳) به بررسی و تحلیل همدید الگوهای ضخامت بارش‌های سنگین ناحیه زاگرس جنوبی پرداختند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که فرود منتهی‌الیه شرق دریای مدیترانه با کمی تغییر موقعیت در جنوب غرب ایران منطقه کثرفشاری شدیدی را ایجاد کرده که در رخداد بارش‌های سنگین این منطقه نقش اساسی دارند [۲۲]. در واکاوی ارتباط خشکسالی و ترسالی‌های غرب ایران با الگوهای سینوپتیکی جو کیانیان و همکاران (۱۳۹۵) نشان دادند که سامانه‌های تأثیرگذار بر دوره‌های خشک الگوی سامانه‌های بندالی، پرفشار جنب‌حاره‌ای و الگوهای دوره‌های مرطوب عبارتند از دریای مدیترانه و سرخ. با تشکیل ناوه عمیق بر روی منابع رطوبتی گفته شده شرایط برای شروع دوره مرطوب فراهم می‌شود؛ ولی با استقرار سامانه‌هایی مانند بندال‌ها، ضخامت افزایشی جو، چرخندگی منفی و نزول هوا شرایط خشکی فراهم می‌شود [۲۳]. محمودآبادی و همکاران (۱۳۹۵) نقش کم‌فشار سودانی در تراز دریا و بندال دوقطبی در تراز میانی تروپوسفر را در رخداد بارش‌های سیلابی فروردین ۱۳۹۲ در نیمه جنوبی ایران حائز اهمیت می‌دانند [۲۴]. در تحلیل همدید ترسالی و خشکسالی‌های شدید و فراگیر شرق ایران حجازی زاده و همکاران (۱۳۹۷) به این نتیجه رسیدند که در زمان رخداد خشکسالی اندرکنش بین سامانه پرفشار سبیری و پراارتفاع عربستان و نفوذ آن بر روی کشور و هنگام وقوع ترسالی گسترش کم‌فشار سودانی و مدیترانه‌ای، ناوه شرق مدیترانه به سمت منطقه و شرق سو شدن پراارتفاع عربستان به سمت دریای عرب مهمترین نقش را ایفا می‌کنند [۲۵]. ذکی زاده و همکاران (۱۳۹۷) هم استقرار رودباد با سرعت ۶۵ متر بر ثانیه در تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال در نیمه جنوبی ایران به همراه تشکیل ناوه سردچالی بر روی خزر را دلیل رخداد بارش‌های سنگین و فراگیر در ایران دانسته‌اند [۲۶]. هدف از این پژوهش شناخت الگوهای همدید فشار تراز دریا و شرایط همدیدی و ترمودینامیکی علل وقوع بارش‌های ابرسنگین و مخاطره‌آمیز استان گلستان طی دوره ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۹ است که نتایج آن به شناسایی عوامل ایجاد این‌گونه بارش‌ها در منطقه کمک می‌کند.

## روش تحقیق

در این مطالعه از دو دسته داده‌های زمینی و جوّ بالا به شرح زیر استفاده شده است:

الف) استفاده از داده‌های بارش روزانه فصل بهار از ماه فروردین تا خرداد (مارس تا ژوئن) برای ایستگاه‌های مینودشت، کلاله، پارک ملی گلستان، گرگان، گنبدکاوس، قیان، مراوه‌تپه، علی‌آباد، بندر ترکمن، اینچه‌برون، هاشم‌آباد، کردکوی و بندرگز که از سازمان هواشناسی کشور [۲۷] طی دوره آماری ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۹ اخذ شد.

ب) استفاده از داده‌های سطوح بالا شامل داده‌های بازکاوای شده مؤلفه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل، فشار سطح دریا، باد مداری، باد نصف‌النهاری، رطوبت ویژه و امگا که از نسخه‌ی پنجم سایت مرکز ملی پیش‌بینی‌های میان‌مدت اروپا (ECMWF) دریافت شد [۲۸]. وضوح تفکیک مکانی این داده‌ها  $0.25 \times 0.25$  درجه قوسی است. برای انجام تحلیل‌های سینوپتیک از روش محیطی به‌گرددشی استفاده شده؛ به این نحو که ابتدا روز بارش‌های ابرسنگین با روش صدک ۹۸ درصد شناسایی و سپس ابعاد سینوپتیک آنها در بازه فضایی بین ۱۰ تا ۷۰ درجه عرض شمالی و ۱۰ تا ۹۰ درجه طول شرقی بازکاوای شده‌اند. با در نظر گرفتن و اعمال دو شرط آستانه بارش بیشتر از صدک ۹۸ درصد و فراگیری بیش از ۵۰ درصد بر داده‌های بارش روزانه فصل بهار (یک مارس تا ۳۰ ژوئن) طی دوره ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۹ ایستگاه‌های منتخب استان گلستان، ۱۵ روز بارش ابرسنگین استخراج شد. مقادیر بارش روزهای یادشده از ۲۸ تا ۹۷ میلی‌متر قرار دارد که نشان از شدت کمتر بارش‌های شدید در فصل بهار نسبت به سایر فصل‌های منطقه دارد.

در این پژوهش با استفاده از داده‌های اخذشده نقشه‌های ترکیبی فشار سطح دریا و جریان باد سطح زمین، ارتفاع ژئوپتانسیل و امگا، شار همگرایی رطوبت، مجموع رطوبت تراز ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال با استفاده از نرم‌افزار گرادس<sup>۱</sup> ترسیم و تحلیل شده‌اند. در مرحله بعد جهت طبقه‌بندی الگوهای فشار تراز دریای روزهای بارش ابرسنگین از روش تحلیل خوشه‌ای حالت S با استفاده از فاصله اقلیدسی و تکنیک انجام شد.

## رابطه ۱

$$e_{jk} \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{ij} - x_{ik})^2}$$

در رابطه فوق  $e_{ik}$  بیانگر فاصله اقلیدسی،  $X_{ij}$  مقدار متغیر مورد نظر در نقطه اول،  $X_{ik}$  مدار همان پارامتر در نقطه دوم است که با به دست آمدن تفاضل آن‌ها میزان فاصله دو نقطه مشخص و با محاسبه فاصله اقلیدسی برای تمام نقاط مورد نظر ماتریس فاصله‌ها تشکیل می‌شود. پس از به دست آمدن این ماتریس باید عملیات ادغام روی مقادیر آن انجام بگیرد. در پژوهش‌های اقلیمی معمولاً از روش ادغام وارد (کمینه واریانس) استفاده

می‌شود. برای انتخاب روزهای نماینده طبقات به دست آمده از روش همبستگی لوند استفاده شد. ضریب همبستگی معرف درجه همانندی الگوهای دو نقشه با یکدیگر است. میزان ضریب همبستگی بین ۰/۵ تا ۰/۷ متغیر است. در این تحقیق روزهای نماینده طبق آستانه ۰/۵ تعیین شد. برای شناخت منابع تأمین رطوبت بارش‌های ابرسنگین، معادله شار همگرایی رطوبت محاسبه و تحلیل شد. معادله شار همگرایی رطوبت را بر اساس اصل پیوستگی بخارآب در دستگاه مختصات هم‌فشار به صورت معادله زیر می‌توان بیان کرد:

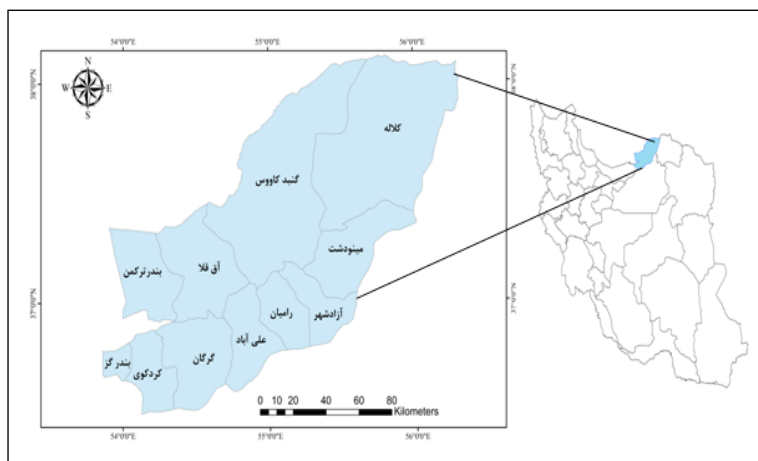
$$\text{رابطه ۲} \quad \text{MFC} = -\nabla \cdot (qV_h) = -V_h \cdot \nabla q - q \nabla \cdot V_h$$

$$\text{رابطه ۳} \quad \text{MFC} = -u \frac{\partial q}{\partial x} - v \frac{\partial q}{\partial y} - q \left( \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right)$$

در این معادله  $(qV_h)$  شار همگرایی رطوبت،  $-V_h \cdot \nabla q$  : وزش رطوبت،  $-q \nabla \cdot V_h$  : همگرایی رطوبت،  $q$  : رطوبت ویژه،  $x$  و  $y$  : متغیرهای مستقل مکانی،  $u$  و  $v$  : مؤلفه‌های مداری و نصف‌النهاری باد است. در این رابطه جمله وزش، وزش افقی رطوبت ویژه را بیان می‌کند. جمله همگرایی حاصل ضرب رطوبت ویژه در همگرایی حجم جریان را بیان می‌کند [۲۹].

## محدوده و قلمرو پژوهش

استان گلستان در قسمت شمالی کشور بین عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۵۷ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۲۲ دقیقه شرقی از نصف‌النهار گرینویچ واقع شده است. این استان از شمال به جمهوری ترکمنستان، از غرب به استان مازندران و دریای خزر، از جنوب به استان سمنان و از شرق به استان خراسان شمالی محدود می‌شود. مساحت استان ۲۲ هزار و ۲۲ کیلومترمربع بوده و حدود ۱/۳۳ درصد از کل مساحت کشور را به خود اختصاص داده است. از این محدوده یک میلیون و ۱۲۶ هزار هکتار را مرتع و ۴۳۰ هزار هکتار را جنگل و در مجموع حدود ۷۰ درصد از سطح استان را منابع طبیعی تشکیل می‌دهند. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی استان گلستان را در کشور نشان می‌دهد.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی قلمرو پژوهش

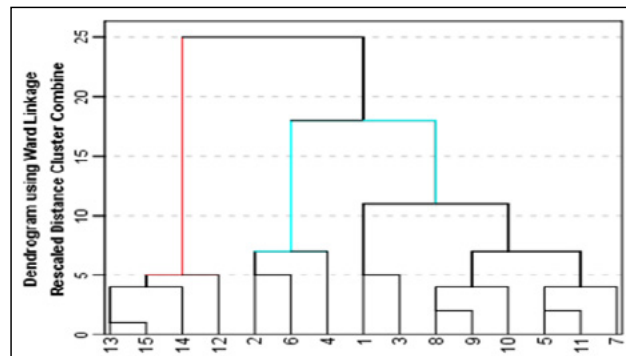
## بحث و نتایج

در این پژوهش جهت طبقه‌بندی الگوهای فشار طی روزهای بارش ابرسنگین از روش تحلیل خوشه‌ای حالت S با تکنیک ادغام وارد استفاده شد. نتایج این تحلیل نشان داد که ۳ الگوی فشار تراز دریا در خرداد بارش‌های ابرسنگین منطقه نقش دارند. الگوهای به دست آمده با روش چسبی و آزمون و خطا هم بررسی شد تا بهترین طبقات با کمترین تفاوت درون‌گروهی و بیشترین تفاوت و تغییرات برون‌گروهی انتخاب شوند. در شکل ۲ و جدول ۱ دیده می‌شود الگوی اول با ۸ روز، الگوی دوم با ۳ روز و الگوی سوم با ۴ روز به ترتیب بیشترین نقش را در ایجاد بارش‌های ابرسنگین ایفا کرده‌اند.

## الگوهای فشار تراز دریای روزهای بارش ابرسنگین بهاره استان گلستان

### الگوی اول

با توجه به شکل ۳ نقشه میانگین فشار تراز دریا و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، پرفشار هسته سرد اروپایی با مرکز بسته ۱۰۳۶ هکتوپاسکال بر روی اروپا با امتدادی شمال غربی به جنوب شرقی نیمه شمالی ایران را در بر گرفته که با فرارفت هوای سرد بر روی منطقه و کشور در تقابل با هوای گرم ناشی از کم‌فشارهای چند هسته‌ای شرق، مرکز ایران و اطراف دریاچه‌های آرال و بالخاش، شرایط جبهه‌ای و شیو شدید فشاری را بر روی شمال غرب کشور ایجاد کرده است. منطبق بر تراز دریا در تراز میانی هم قرارگیری پشته ارتفاعی بر روی پرفشار سطح زمین و ناوه مداری بر روی کم‌فشار سطح زمین موجب تقویت جریان‌های همگرا و واگرایی فشار بر روی محدوده مطالعاتی و افزایش ناپایداری‌ها شده است.

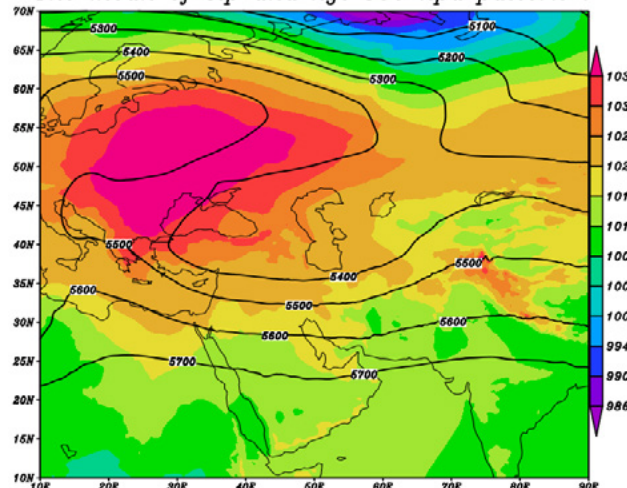


شکل ۲. درخت خوشه بندی داده‌های فشار تراز دریا در روزهای بارش ابرسنگین

جدول ۱. مشخصات الگوهای فشار بارش‌های ابرسنگین استان گلستان

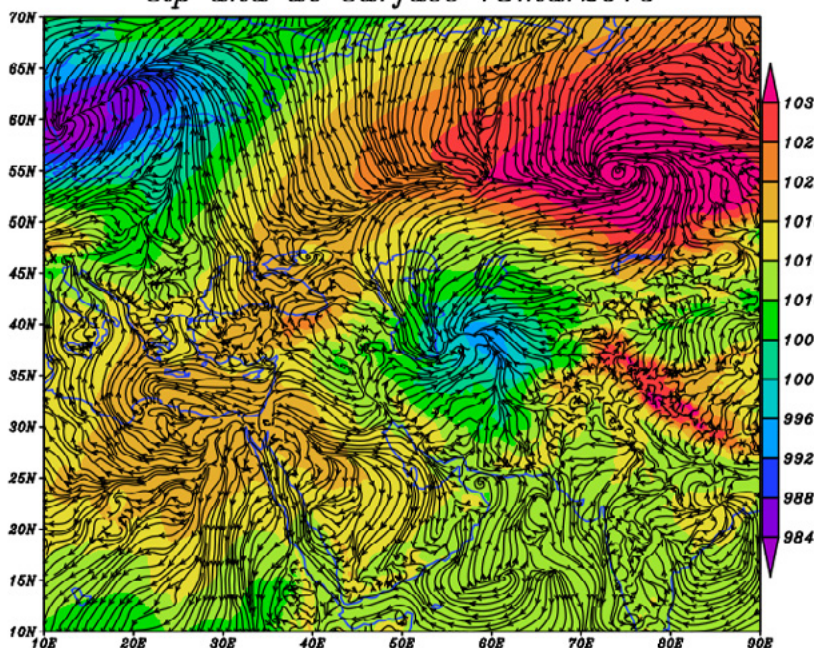
الگوهای جوی	فراوانی	میانگین بارش الگوها	تاریخ روز نماینده شمسی	تاریخ روز نماینده میلادی	میانگین بارش روز نماینده
الگوی ۱ پرفشار اروپا- کم فشار شرق ایران و آسیای مرکزی	۸	۴۰/۴	۲۰۱۹/۰۳/۱۸	۱۳۹۸/۱۲/۲۷	۷۵/۲
الگوی ۲ پرفشار روسیه و اروپا- کم فشار پاکستان و ایران مرکزی	۴	۳۸/۶	۲۰۱۲/۰۶/۱۹	۱۳۹۱/۰۳/۳۰	۳۷
الگوی ۳ کم فشار جنب قطبی- پرفشار جنوب اروپا	۳	۳۱/۱	۱۹۹۵/۰۳/۲۷	۱۳۷۴/۰۱/۰۷	۳۱.۳

The mean of slp and hgt 500 hpa pattern 1



شکل ۳. میانگین فشار تراز دریا (رنگ) و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (خط) الگوی اول

### slp and uv surface 18mar2019

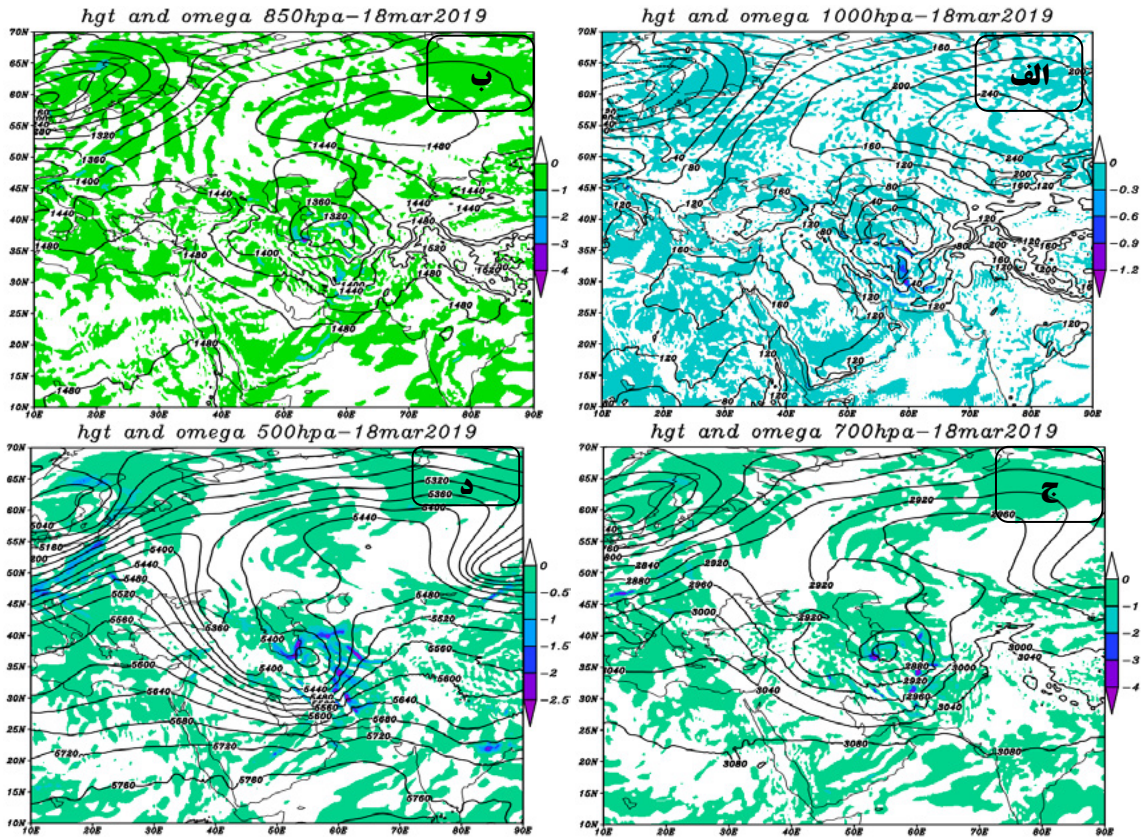


شکل ۴. فشار تراز دریا (رنگ) و جریان باد (خط) روز نماینده الگوی اول ۱۸ مارس ۲۰۱۹

داده است. مرکز کم‌ارتفاع حاصل از ناوه با ۱۳۸۵ ژئوپتانسیل متر با غرب‌سو شدن بر روی جو استان گلستان کانون بارش‌ها قرار گرفته است. منطبق بر سامانه کم‌ارتفاع میدان امگای منفی گسترده‌تر شده و گستره بیشتری از شمال شرقی کشور را فراگرفته است. در شمال این کم‌ارتفاع مرکز پارتفاعی همسو با پرفشار سیبری در تراز دریا هوای سرد در عقب ناوه منتقل می‌کند که شرایط را برای تقویت ناپایداری‌ها فراهم می‌کند؛ اما در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۵ ج) ناوه واقع بر روی کشور عمیق و گسترده‌تر شده؛ به طوری که از شرق دریای مدیترانه تا شرق افغانستان را در بر گرفته است. در راستای نصف‌النهاری هم حد جنوبی ناوه تا شمال دریای عرب پیشروی کرده است. همسو با افزایش عمق و گستره ناوه میزان بیشینه امگای منفی به ۳۴/۰- پاسکال بر ثانیه رسیده که واگرایی و صعودی هوای ناپایدار را بر روی جو استان گلستان و شمال شرق کشور تأیید می‌کند. گردش و اچرخندی دریای عرب هم با گردشی و اچرخندی به تزریق گرما و رطوبت به درون ناوه و تقویت جریان چرخندی نیمه شمالی کشور هم کمک می‌کند. در ترازهای ۷۰۰ و به ویژه ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۵-د) سامانه کم‌ارتفاع به دو مرکز جداگانه در شرق دریای سیاه و شرق دریای خزر تبدیل شده است. غرب‌سو شدن ناوه و مرکز ارتفاع از تراز ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال و ایجاد مرکز ثانویه کم‌ارتفاع در شرق دریای سیاه موجب تزریق بیشتر سرما با عبور از دریای سیاه و خزر و در نتیجه جذب بیشتر رطوبت از منابع آبی و افزایش شدت بارش‌ها در استان گلستان شده است. میزان امگای منفی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال شدیدتر شده و تا ۴۲/۰- پاسکال بر ثانیه در شرق خزر و استان گلستان افزایش یافته است. طبق شکل ۵ با تا خوردگی و برگشت پربند ارتفاعی حاصل از پارتفاع سرد آسیای مرکزی بر روی ناوه شمال

در شکل ۴ نقشه ترکیبی فشار و جریان باد سطح زمین روز نماینده (۱۸ مارس ۲۰۱۹) گروه اول، گسترش سامانه‌های پرفشار قوی از جانب روسیه و اروپا با راستایی شمال و شمال غربی با عبور از ترکیه و دریای سیاه از گوشه شمال غرب کشور نفوذ کرده و تا مناطق جنوبی ایران را فرا می‌گیرد. این سامانه‌های پرفشار با فرارفت جریان سرد از عرض‌های بالا با عبور از روی دریای گرم خزر موجب انتقال هوای سرد و مرطوب به سمت منطقه شده که در تقابل با کم‌فشارهای چندهسته‌ای مستقر در نیمه و شمال شرق ایران که جریان‌های گرم و مرطوب جنوبی را به سمت شمال کشور روانه کرده‌اند، موجب ایجاد منطقه‌ای با همگرایی شدید جریان هوا بر روی محدوده و رخداد بارش‌های فوق سنگین شده است. نکته قابل توجه اینکه جریان باد مستقیم از سمت دریای عرب با عبور از نیمه شرقی کشور نفوذ و با گردشی چرخندی و مخالف عقربه‌های ساعت هوای گرم دریا را فرارفت کرده که این شرایط با تضاد شدید دما و فشار بر روی استان همراه شده است.

شکل ۵ نقشه‌های ترکیبی امگا بر حسب پاسکال بر ثانیه و ارتفاع ژئوپتانسیل را در ترازهای ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال روز ۱۸ مارس ۲۰۱۹ برابر ۲۷ اسفند ۱۳۹۷ نشان می‌دهد. بر اساس شکل (الف) مرکز کم‌ارتفاع بسته با ۱۵- ژئوپتانسیل متر و کاملاً منطبق بر کم‌فشار تراز دریا بر روی شمال شرق کشور جای گرفته است که مابین دو میدان امگای مثبت شمال شرق و منفی جنوب شرق دریای خزر واقع شده است. گسترش پرفشار سیبری و پرفشار جنوب اروپا با عبور از عربستان تا روی دریای عرب ضمن تقویت گردش و اچرخندی بر روی دریا موجب تقویت شیو فشاری و در نتیجه گردش چرخندی قوی‌تر واقع بر روی نیمه شمالی کشور هم شده‌اند. سامانه تراز زیرین که شبیه یک ناوه وارونه بود به یک ناوه بزرگ بر روی کشور در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (۵-ب) تغییر شکل

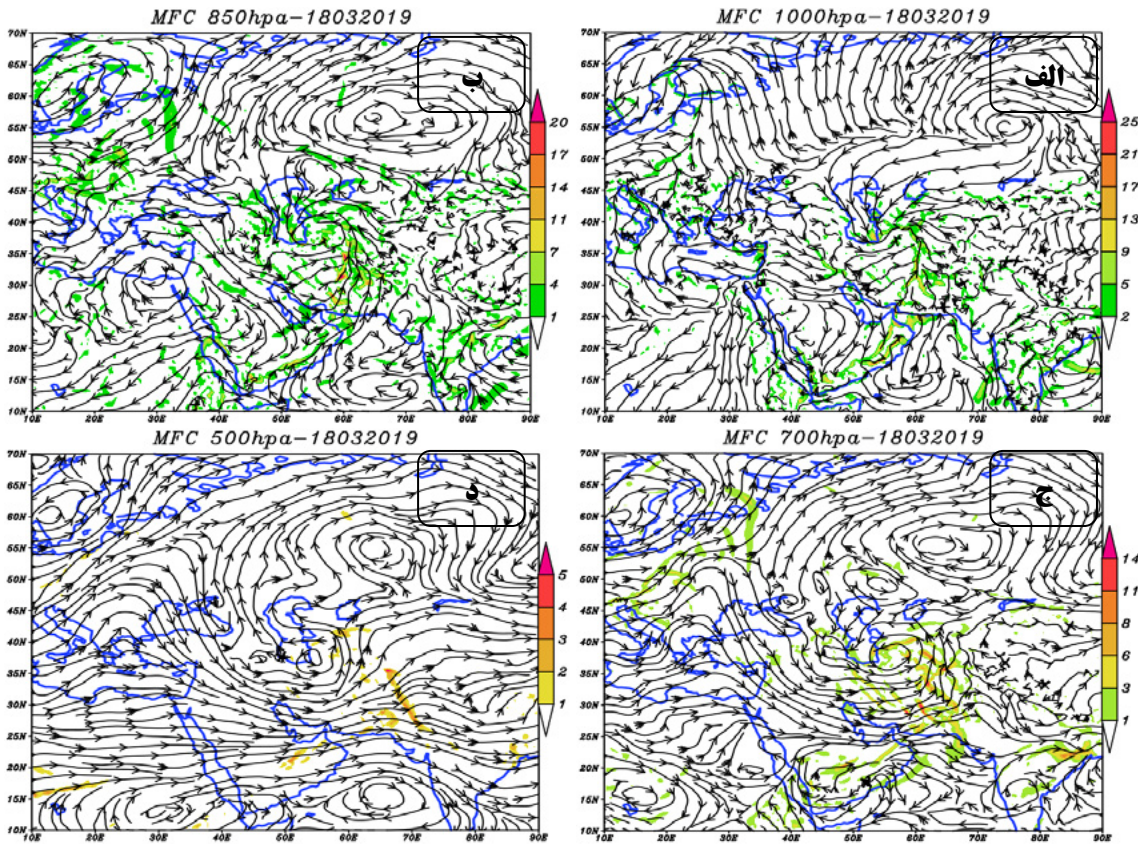


شکل ۵. نقشه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل (خط) و امگا (رنگ) در ترازهای الف: ۱۰۰۰، ب: ۸۵۰، ج: ۷۰۰، د: ۵۰۰ هکتوپاسکال روز نماینده الگوی اول ۱۸ مارس ۲۰۱۹

مداری تر شدن جریان‌ها نقش دریای عمان در فرارفت رطوبت به کمترین میزان خود رسیده و دریای خزر به عنوان مهم‌ترین منبع رطوبت را توسط سامانه جوی نامتقارن کم‌ارتفاع شمال شرق کشور و پارتقاع شمال غرب خزر به سمت منطقه منتقل می‌کند. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال شکل (۶-د) با توجه به ایجاد گردش چرخندی ثانویه و چرخش گردش چرخندی حاصل از ناوه به شمال غربی از جنوب شرقی بر نقش دریای خزر و سیاه در تأمین رطوبت افزوده و در مقابل فرارفت رطوبت از منابع آبی جنوبی و غربی قطع شده است.

با توجه به شکل ۷ نقشه مجموع رطوبت ترازهای ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال دیده می‌شود که مسیر اصلی فرارفت رطوبت منطبق بر نقشه‌های شار همگرایی رطوبت از سمت دریای خزر و عمان صورت گرفته است. بیشینه رطوبت بر روی جو استان گلستان و شمال شرق کشور به بیش از ۲۰ گرم بر کیلوگرم رسیده است. تجمع بیشینه رطوبت در جنوب عربستان و شرق آفریقا دیده می‌شود. این تجمع بیشینه رطوبت را ناشی از همگرایی جریان و چرخندی بر روی دریای عرب در ترازهای ۱۰۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال و جریان و چرخندی مرکز آفریقا با فرارفت رطوبت از اقیانوس اطلس در این منطقه دانست که موجب انباشت رطوبت شده که توسط جریان چرخندی از نیمه شرقی ناوه به سمت عرض‌های بالاتر و منطقه مورد مطالعه فرارفت شده است. دیده می‌شود نیمه

شرق کشور موجب فرارفت بیشتر سرما و رطوبت به سمت منطقه مورد مطالعه و در نتیجه افزایش شدت و مدت بارش‌ها شده است. شکل ۶ نقشه‌های شار همگرایی رطوبتی ترازهای ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال را برای روز نماینده الگوی اول ۲۷ اسفند ۱۳۹۷ (۱۸ مارس ۲۰۱۹) در استان گلستان نشان می‌دهد. با توجه به نقشه تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۶-الف) گردش و چرخندی شرق روسیه منطبق بر پرفشار سیبری در تراز دریا با ایجاد جریان‌های شمال به جنوب بر روی دریای خزر و گردش چرخندی نیمه شمالی ایران با ایجاد گردش‌های غربی به شرقی و جنوبی به شمالی از منابع آبی غربی و جنوبی بیشترین نقش را در فرارفت رطوبت به سمت شمال شرق کشور دارند. با توجه به سمت وزش رطوبت، منابع آبی دریای خزر، عمان و مدیترانه بیشترین نقش را در تأمین رطوبت بارش‌های روز ۲۷ اسفند ایفا می‌کنند. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (شکل ۶-ب) با توجه به تغییر سمت وزش و تقویت گردش چرخندی نقش دریای خزر و عمان در تأمین رطوبت بیشتر شده است. میزان رطوبت فرارفت شده در این تراز به بیش از ۸ گرم بر کیلوگرم بر روی جو شمال شرق کشور رسیده است. با توجه به قرارگیری گردش و چرخندی بر روی عربستان و مناطق مجاور آن در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، دریای سرخ و مدیترانه نقش بسیار کمی در تأمین رطوبت بارش‌های شمال شرق دارند؛ اما در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال شکل (۶-ج) به دلیل گسترده‌تر شدن دامنه ناوه و



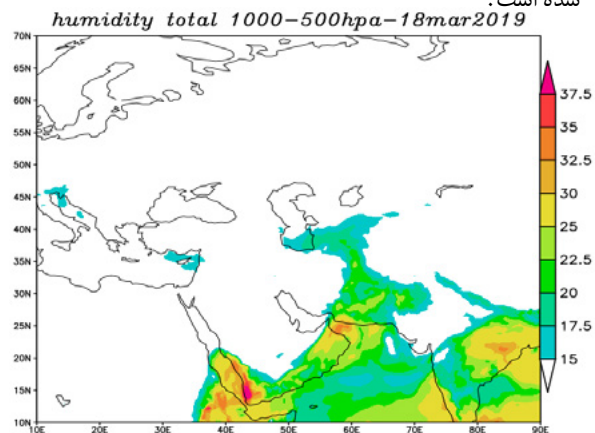
شکل ۶. نقشه‌های شار همگرایی رطوبت در ترازهای الف: ۱۰۰۰، ب: ۸۵۰، ج: ۷۰۰، د: ۵۰۰ هکتوپاسکال روز نماینده الگوی اول ۱۸ مارس ۲۰۱۹

### الگوی دوم

روزهای همراه با بارش ابرسنگین در الگوی دوم در ماه آخر فصل بهار ایران زمین به وقوع پیوسته‌اند. بدین دلیل شرایط هم‌دید مسلط در این الگو متفاوت‌تر از دیگر الگوها بوده؛ به نحوی که جریان واچرخندی پرفشارهای هسته سرد قوی از اروپا تا شرق روسیه را در بر گرفته‌اند و اثری از کم‌فشار جنب قطبی و کم‌فشارهای آسیای مرکزی در این مناطق دیده نمی‌شود. در عرض‌های جنوبی هم کم‌فشارهای چند هسته‌ای مراکز بسته‌ای را بر روی پاکستان، خلیج فارس و مناطق مرکزی ایران تشکیل داده‌اند که با جریان گردش و دمایی متفاوت از پرفشارهای عرض‌های بالا موجب ایجاد شرایط جبهه‌ای و ناپایدار در نیمه شمالی کشور شده‌اند. در این الگو مرکز واچرخند عربستان در تراز میانی جو بر روی نیمه جنوبی ایران قرار گرفته که باعث شده نیمه شرقی و جلوی ناوه ارتفاعی در بهترین موقعیت بر روی نوار شمالی ایران قرار گیرد و موجب همگرایی جریان هوای گرم و مرطوب باز منابع آبی خزر و مدیترانه به سمت محدوده مطالعاتی شود (شکل ۸).

در تحلیل نقشه ترکیبی فشار تراز دریا و جریان باد سطح زمین در روز نماینده ۱۹ ژوئن ۲۰۱۲ الگوی دوم منطقه فشاری کمتر از ۱۰۰۰ هکتوپاسکال به‌عنوان ناحیه کم‌فشار گسترده در نیمه جنوبی ایران با شکل‌گیری جریانی چرخندی بر روی دریاهای گرم و مرطوب جنوبی همسو با گردش واچرخندی حاصل از پرفشار سرد مهاجر اروپایی، جریان همگرا شده از روی دریای خزر به

مرکزی و شمالی دریاهای سرخ، مدیترانه، سیاه و خلیج فارس با کمترین میزان رطوبت همسو است که به دلیل قرارگیری گردش واچرخندی بر روی این مناطق مانع از فرارفت رطوبت از منابع آبی گفته شده شده‌اند. رطوبت منطقه همگرایی دریای سرخ و خلیج عدن هم به‌عنوان سومین منطقه تأمین رطوبت به وسیله گردش واچرخندی جنوب عربستان به درون گردش چرخندی واقع بر روی کشور تزیق و از آنجا به سمت منطقه مورد مطالعه منتقل شده است.



شکل ۷. مجموع رطوبت ترازهای ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال روز نماینده الگوی اول ۱۸ مارس ۲۰۱۹

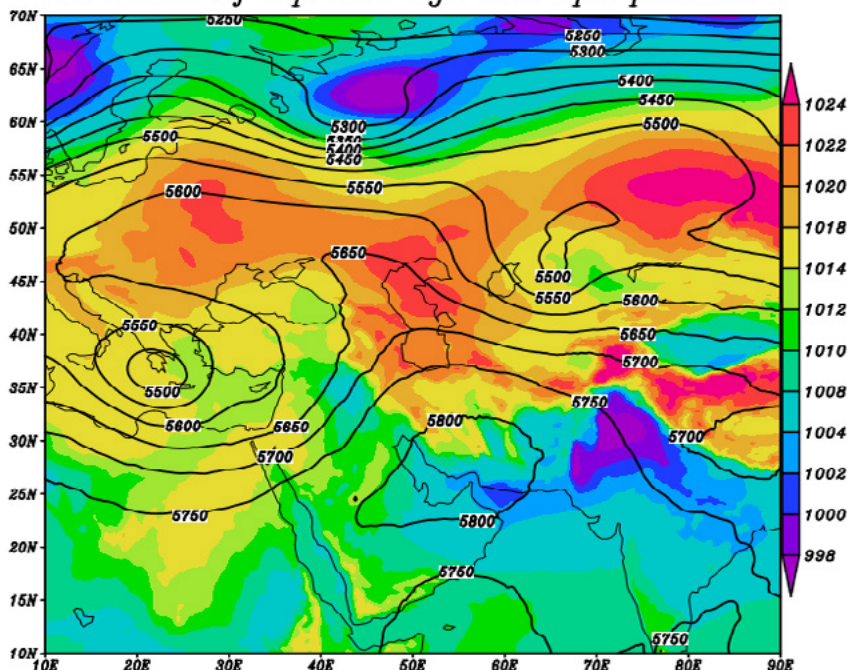


ضعیفی دیده می‌شود که با جریان همگرای حاصل از سامانه‌های جوی حاکم بر روی منطقه همراه شده است. در این روز بر روی ایران چندین مرکز بسته کم‌فشار در شرق و میانه ایران دیده می‌شود که با راستایی مداری بخش اعظم ایران را فراگرفته است. در تقابل با آن زبانه‌های پرفشار سرد بزرگ اروپایی با مرکز بسته ۱۶۰ ژئوپتانسیل متر در جنوب دریاچه بالتیک با امتدادی

سمت استان گلستان را تشدید کرده که با تزریق بیشتر رطوبت و اغتشاش‌ها همزمان شده است (شکل ۹).

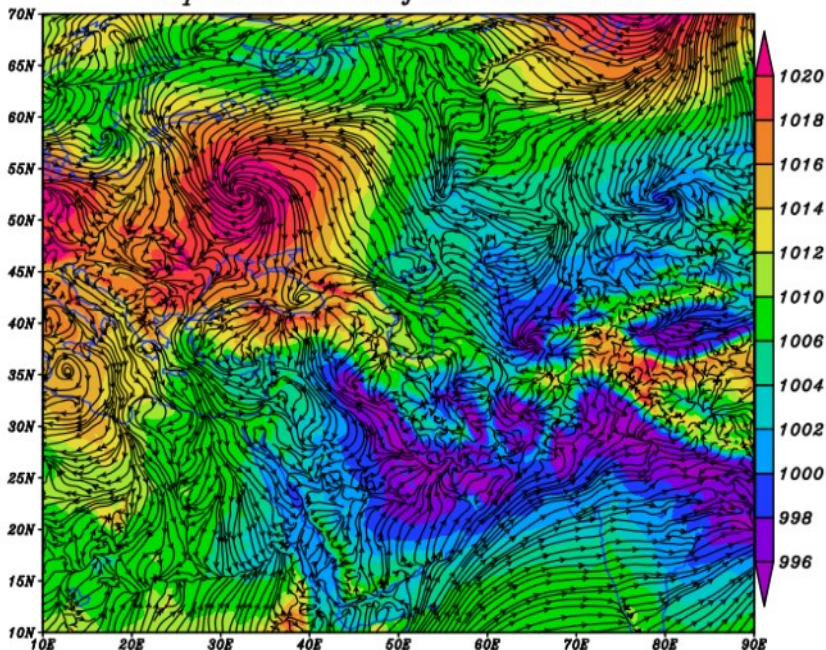
در شکل ۱۰ وضعیت امگا و ارتفاع ژئوپتانسیل ترازهای ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال روز نماینده ۱۹ ژوئن ۲۰۱۲ روز بارش ابرسنگین و فراگیر استان گلستان را نشان می‌دهد. با توجه به نقشه تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۱۰-الف) بر روی منطقه امگای مثبت

The mean of slp and hgt 500 hpa pattern 2

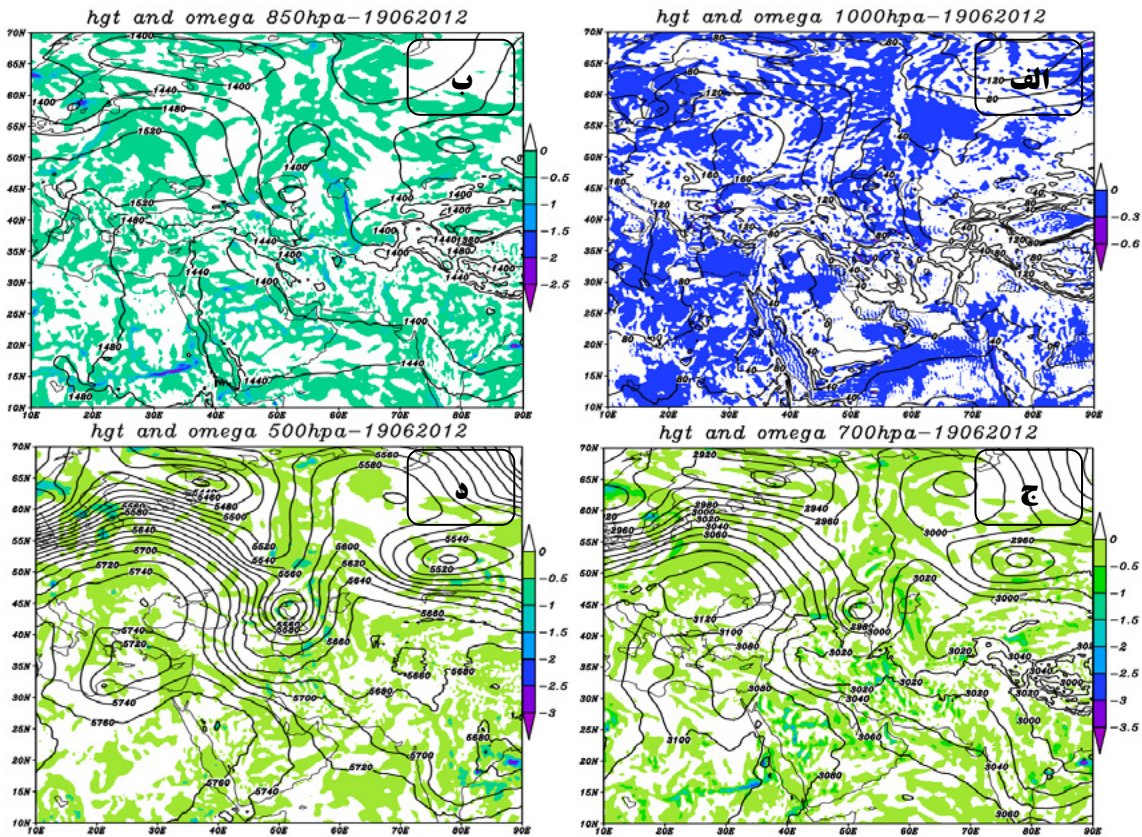


شکل ۸. میانگین فشار تراز دریا (رنگ) و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (خط) الگوی دوم

slp and uv surface 19062012



شکل ۹. فشار تراز دریا (رنگ) و جریان باد (خط) سطح زمین روز نماینده الگوی دوم ۱۹ ژوئن ۲۰۱۲



شکل ۱۰. نقشه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل (خط) و امگا (رنگ) در ترازهای الف: ۱۰۰۰، ب: ۸۵۰، ج: ۷۰۰، د: ۵۰۰ هکتوپاسکال روز نماینده الگوی دوم ۱۹ ژوئن ۲۰۱۲

اما در ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال مسیر انتقال رطوبت از دو جهت صورت گرفته است. یک مسیر آن از غرب ناوه شمال دریای خزر صورت گرفته و مسیر دوم آن از سمت جنوب ناوه به صورت چرخندی پس از عبور از دریای مدیترانه و خلیج فارس از مرکز ایران با امتداد جنوب غربی به شمال شرقی رطوبت بسته هوا را فراهم کرده است.

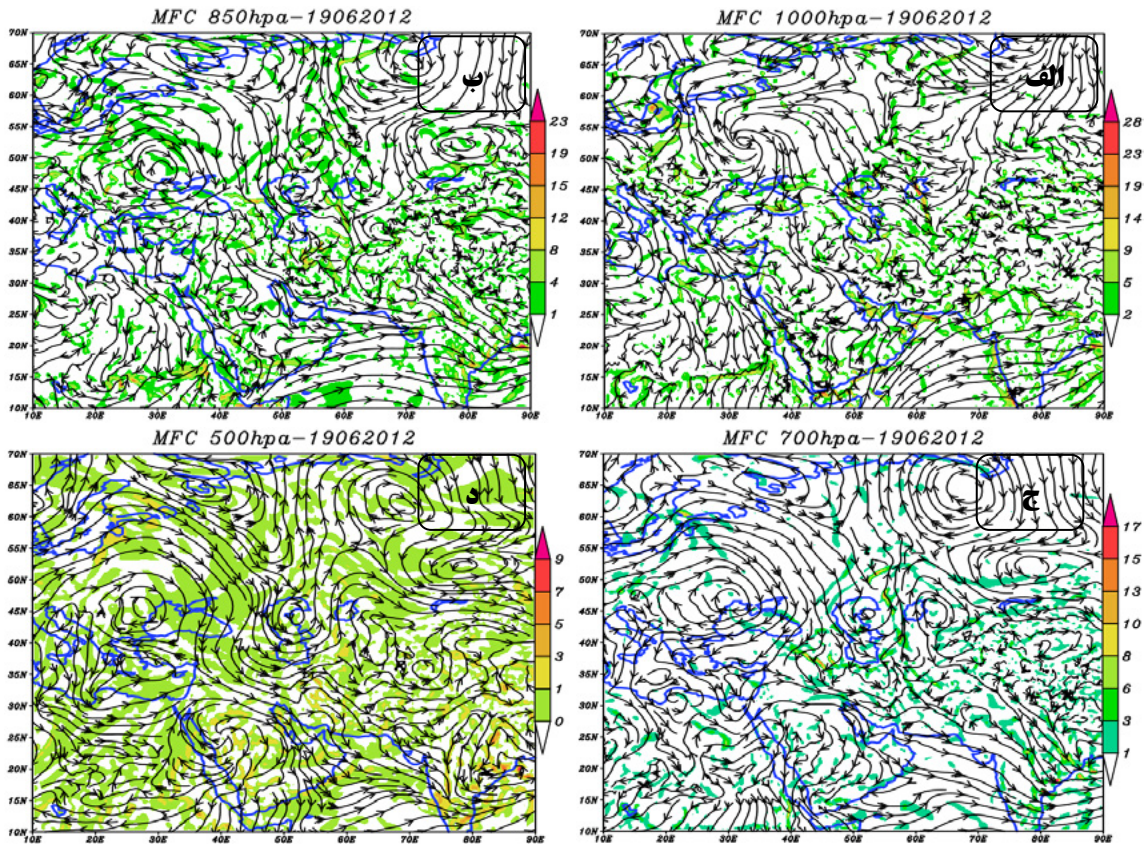
تحلیل نقشه مجموع رطوبت ترازهای ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال روز ۱۹ ژوئن ۲۰۱۲ حاکی از مسیر و منبع رطوبت از دریای خزر و سپس منابع آبی جنوبی به سمت منطقه مورد مطالعه صورت گرفته است. هسته بیشینه رطوبت بر روی ایران در جو استان گلستان با بیش از ۳۵ گرم بر کیلوگرم دیده می‌شود. محل این هسته دقیقاً در جایی که جریان‌های مختلف به سمت منطقه همگرا شده‌اند، شکل گرفته که نقش و خاستگاه سامانه‌های فشار متضاد را در ایجاد جوی ناپایدار و رخداد بارش‌های ابرسنگین به خوبی نشان می‌دهد (شکل ۱۲).

#### الگوی سوم

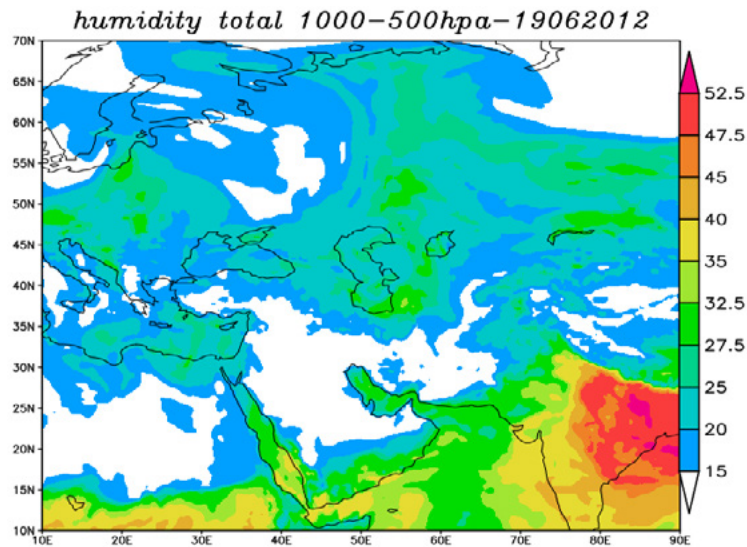
در الگوی سوم فشار تراز دریا نقش اصلی در انتقال هوای ناپایدار بر روی منطقه را کم فشار جنب قطبی ایفا می‌کند. در این الگو کم فشار جنب قطبی با نفوذ از شمال اروپا و روسیه با نفوذ شمال و شمال غربی خود بخش اعظم نیمکره شمالی را در زمان رخداد بارش‌های ابرسنگین بهاره در بر می‌گیرد. این نفوذ قوی کم فشار موجب رانده شدن سامانه‌های پرفشار سیبری در شرق و جنب حاره در غرب خود شده و با شیو دمایی و فشاری متضاد ناشی

شمال غربی به جنوب شرقی تا نیمه شمالی ایران گسترش یافته که استقرار مرز این دو توده هوای متضاد بر روی منطقه موجب رخداد بارش‌های ابرسنگین در این روز شده است؛ اما در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (شکل ۱۰-ب) چندین مرکز بسته کم فشار در آسیای مرکزی و شرق روسیه شکل گرفته که با یکپارچه و متحد شدن با کم فشار مرکز ایران و قرارگیری در شرق پشته ارتفاعی موجب تشدید جریان هوا از شمال به جنوب از روی دریا و جریان هوای ناپایدار بر روی منطقه شده است. در ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۱۰-ج و د) با عقب نشینی پشته ارتفاعی به سمت غرب موج نفوذ بیشتر ناوه ارتفاعی با راستایی شمالی-جنوبی بر روی کشور شده؛ طوری که سراسر کشور و مرکز آسیا با شرایط کم ارتفاع و جریان‌های چرخندی آن همراه شده است. همزمان با نفوذ این ناوه عمق و فشردگی خطوط پربندی بر روی دریای خزر شدت زیادی پیدا کرده و جریان هوای ناپایدار هم غربی-شرقی شده که با تغییر خاستگاه تامین رطوبت و گرمای جریان هوای حاکم بر روی شمال شرق شده است.

در ارزیابی شار همگرای رطوبت روز ۱۹ ژوئن ۲۰۱۲ مشخص شد که در ترازهای ۱۰۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال (شکل ۱۱ الف و ب) دریای خزر و در ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۱۱ ج و د) به ترتیب دریای خزر، خلیج فارس و مدیترانه در تامین رطوبت بارش ابرسنگین منطقه در این روز نقش داشته‌اند. در ترازهای زیرین جو رطوبت فرارفت شده توسط زیانه‌های گردش و اچرخندی پراارتفاع مهاجر اروپایی با عبور از دریای خزر صورت گرفته است؛



شکل ۱۱. نقشه‌های شار همگرای رطوبت در ترازهای الف: ۱۰۰۰، ب: ۸۵۰، ج: ۷۰۰، د: ۵۰۰ هکتوپاسکال روز نماینده الگوی دوم ۱۹ ژوئن ۲۰۱۲



شکل ۱۲. مجموع رطوبت ترازهای ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال روز نماینده الگوی دوم ۱۹ ژوئن ۲۰۱۲

خود و همسو با گردش و اچرخندی پرفشار شمال شرقی آفریقا جریان هوای سرد و مرطوب را از روی دریای خزر به سمت منطقه مورد مطالعه فرارفت کرده است. نفوذ قوی کم فشار جنب قطبی و عقب نشینی پرفشار جنب حاره به طرف عرض های پایین موجب

از این سامانه های گردشی بزرگ مقیاس به خوبی شرایط جبهه ای را در نوار شمالی کشور تقویت کرده است (شکل ۱۳).

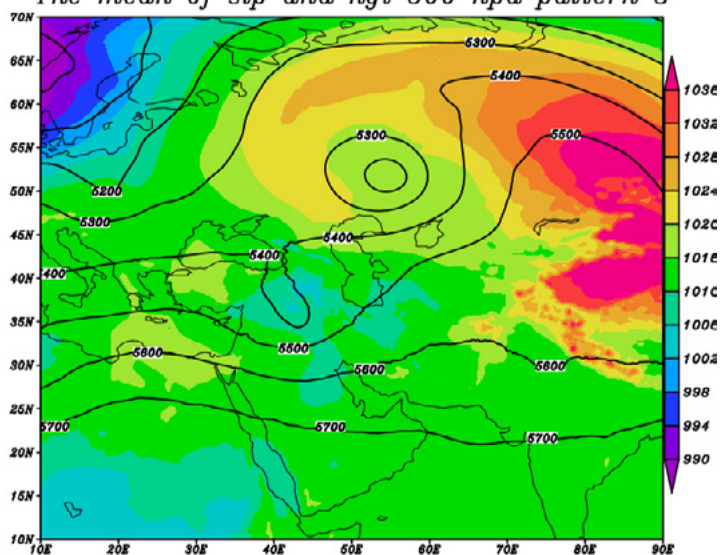
در تحلیل روز نماینده الگوی سوم فشار تراز دریا در ۲۷ مارس ۱۹۹۵ دیده می شود که کم فشار جنب قطبی با مرکز بسته ۹۷۸ هکتوپاسکال از شمال اروپا با امتداد شمال غربی به جنوب شرقی

تقویت شدید جریان همگرا از دریای سیاه و خزر و افزایش اغتشاش و ناپایداری های جوی شده است (شکل ۱۴).

در نقشه تراز ۱۰۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکالی (شکل ۱۵ الف و ب) بر روی جو منطقه جریان همگرای ضعیفی منطبق بر امگای مثبت شکل گرفته است. همچنین گستره کم ارتفاع جنب قطبی بیشتر شده و با غرب سو شدن پراارتفاع جنب حاره موجب نفوذ بیشتر ناوه حاصل از کم ارتفاع بر روی کشور تا نواحی جنوبی شبه جزیره عربستان، تقویت تدریجی مقادیر امگای منفی و در نتیجه واگرایی و صعود جریان هوای مرطوب بر روی منطقه شده است. در ترازهای بالاتر مورد بررسی میزان امگای منفی همزمان با افزایش عمق و نفوذ ناوه بر روی کشور و منطقه افزایش یافته؛ به نحوی که در ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۱۵ ج و د) میزان امگای

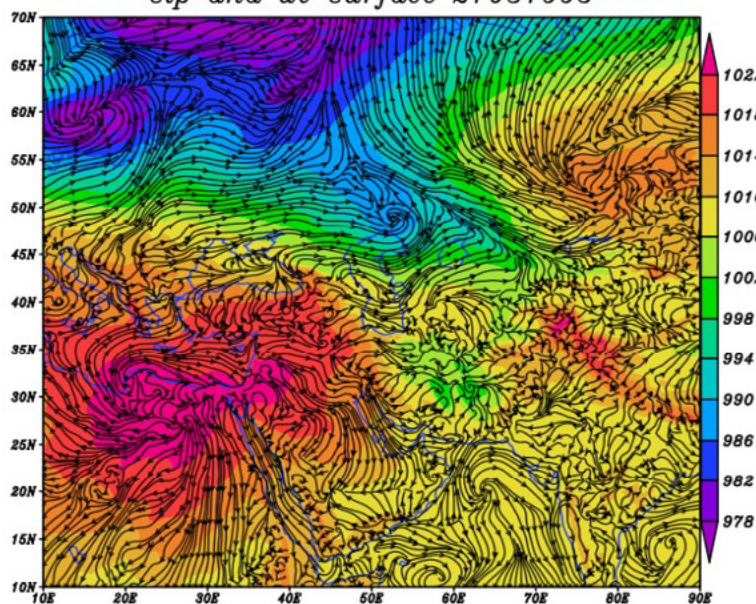
منفی به بیشتر از ۲- پاسکال بر ثانیه رسیده است. نکته جالب اینکه برعکس سایر مناطق کشور که در زمان رخداد بارش دقیقاً در جلوی ناوه قرار گرفته اند، در سواحل خزر و از جمله منطقه مورد مطالعه در زمان رخداد بارش ابرسنگین در جنوب ناوه ارتفاعی واقع شده اند و این شرایط حاکی از آن است که جریانی همگرا در بروز پدیده های حدی ناپایدار از جمله بارش در این مناطق مؤثرتر است. بررسی نقشه های شار همگرای رطوبت در ترازهای زیرین ۱۰۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال (شکل ۱۶ الف و ب) نشان می دهد که با نفوذ جریان های چرخندی کم ارتفاع جنب قطبی و پراارتفاع جنب حاره با امتداد غرب به شرق بر روی ایران، منابع آبی خزر و مدیترانه بیشترین نقش تأمین رطوبت بارش روز ۲۷ مارس ۱۹۹۵ را بر عهده داشته اند. در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۱۶- ج) بیشترین میزان

The mean of slp and hgt 500 hpa pattern 3



شکل ۱۳. میانگین فشار تراز دریا (رنگ) و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (خط) الگوی سوم

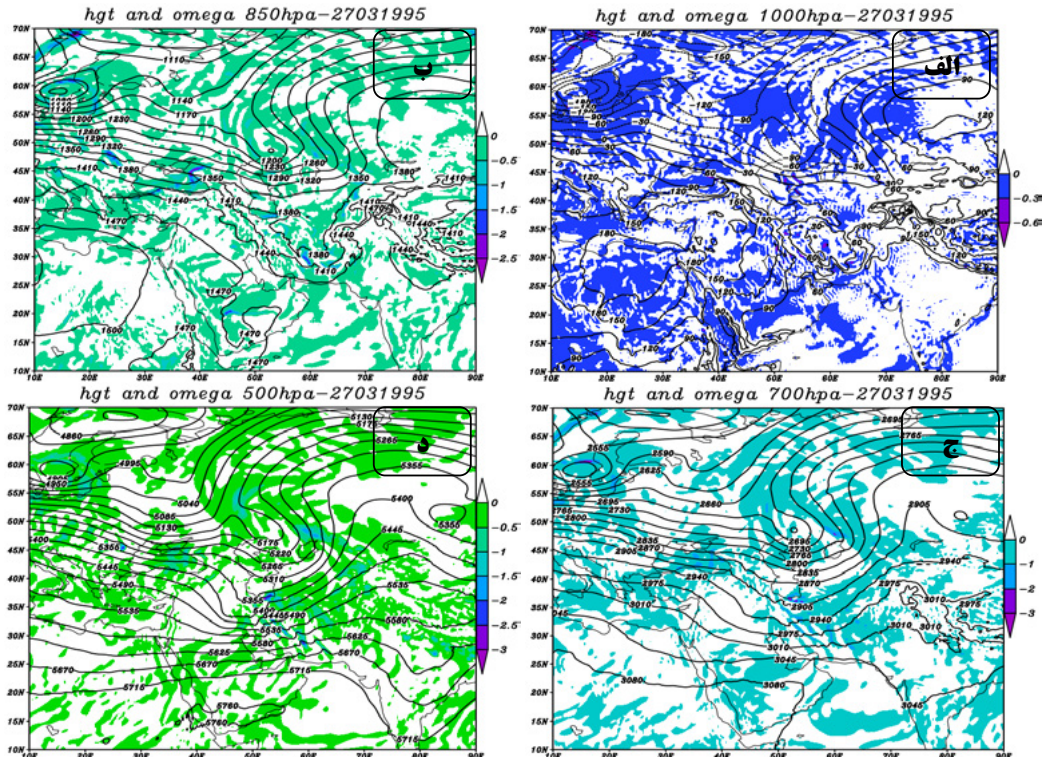
slp and uv surface 27031995



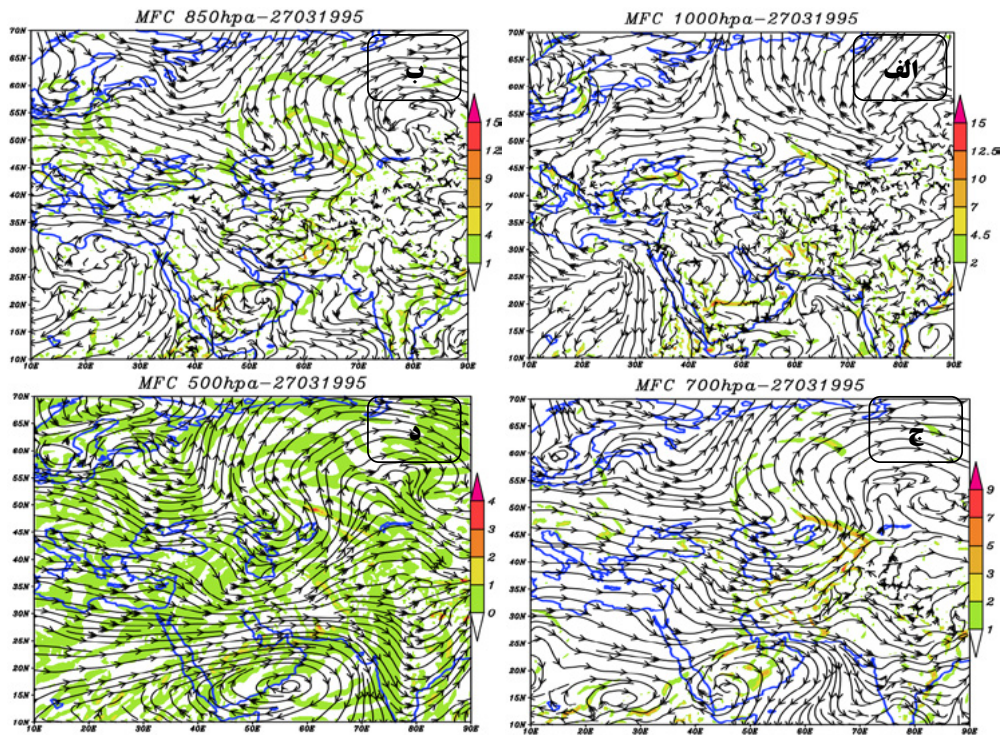
شکل ۱۴. فشار تراز دریا (رنگ) و جریان باد (خط) سطح زمین روز نماینده الگوی سوم ۲۷ مارس ۱۹۹۵

ناوه بر روی ایران سمت شار همگرای رطوبت به جنوب غربی به شمال شرقی تغییر یافته و به تبع آن نقش دریای خزر در تأمین رطوبت حذف و منابع آبی مدیترانه و خلیج فارس جایگزین آن شده‌اند.

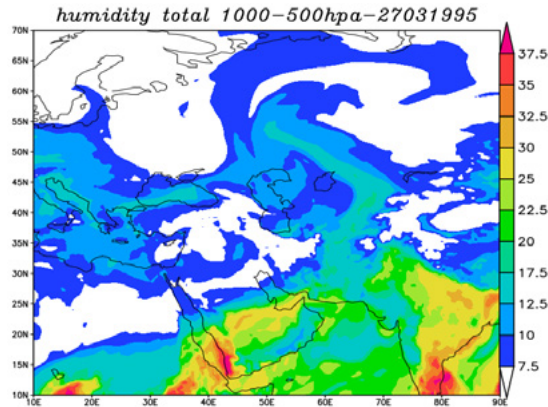
رطوبت همگرا شده با ۵ گرم بر کیلوگرم در متر بر ثانیه بر روی جو استان گلستان دیده می‌شود. سمت جریان شمال غربی به جنوب شرقی پس از عبور از دریای سیاه و خزر صورت گرفته که بر شدت رطوبت فرارفت شده افزوده است؛ اما در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۱۶-د) به عنوان تراز میانی جو به دلیل نفوذ و عمیق شدن



شکل ۱۵ نقشه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل (خط) و امگا (رنگ) در ترازهای الف: ۱۰۰۰، ب: ۸۵۰، ج: ۷۰۰، د: ۵۰۰ هکتوپاسکال روز نماینده الگوی سوم ۲۷ مارس ۱۹۹۵



شکل ۱۶. نقشه‌های شار همگرای رطوبت در ترازهای الف: ۱۰۰۰، ب: ۸۵۰، ج: ۷۰۰، د: ۵۰۰ هکتوپاسکال روز نماینده الگوی سوم ۲۷ مارس ۱۹۹۵



شکل ۱۷. مجموع رطوبت ترازهای ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال روز نماینده الگوی سوم ۲۷ مارس ۱۹۹۵

جدول ۲. شاخص‌های ناپایداری روزهای نماینده الگوهای فشار تراز دریای بارش‌های ابرسنگین استان گلستان (\*: ضعیف، \*\*: متوسط، \*\*\*: قوی)

روزهای نماینده			شاخص
۲۷ مارس ۱۹۹۵	۱۹ ژوئن ۲۰۱۲	۱۸ مارس ۲۰۱۹	
			Ki
*۱۲/۳	*۱۷/۵	*۲۳/۳	SI - Showalter Index
**۵/۳	**۱/۲	**۳	KO
**۳/۶	**۲/۲	**۲/۸	SRH-storm-relative Helicity (0-3 km)
*۱۰	*۴۶	**۱۹۱	BRN Shear (m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )
***۵۱/۸	**۱۰/۲	***۴۳/۵	CT - Cross Totals
*۱۳/۹	*۱۷/۱	**۲۲/۷	JI - Jefferson Index
**۲۶	**۲۲	**۲۸	LI - Lifted Index
*۴/۴	*۴/۵	*۴	

میزان ناپایداری لایه هوا را طی روزهای نماینده نشان می‌دهد. شاخص جفرسون<sup>۳</sup> هم احتمال رخداد توفان تندی در درون بسته هوا نشان می‌دهد که در طی روزهای نماینده در طبقه متوسط قرار دارد. اختلاف بین<sup>۴</sup> ما و دمای نقطه شبنم در ترازهای ۸۵۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال توسط شاخص<sup>۵</sup> کاه، پایداری یا ناپایداری بسته هوا با اندازه‌گیری حرکات عمودی جو توسط شاخص<sup>۶</sup> کو<sup>۶</sup>، شاخص‌های مهم دیگر از جمله شاخص شولتر<sup>۷</sup>، شاخص میزان تاوایی درون بسته هوا<sup>۸</sup> و شاخص صعود<sup>۹</sup> شدت ناپایداری را بیشتر در وضعیت متوسط و میزان حجم ریچاردسون<sup>۱۰</sup> اختلاف باد تراز پایین با میانی جو و بزرگی توفان تندی را در شدت قوی نشان می‌دهد.

### نتیجه‌گیری

هدف این تحقیق شناسایی الگوهای فشار تراز دریای روزهای بارش ابرسنگین و تحلیل همدیدی و ترمودینامیکی آن طی فصل بهار (یک مارس تا ۳۰ ژوئن) دوره آماری ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۹ است. با توجه به هدف تحقیق از رویکرد محیطی به‌گرددشی استفاده شد. بدین منظور با در نظر گرفتن دو شرط آستانه صدک ۹۸ درصد و فراگیری بیش از ۵۰ درصد از ۱۵ روز از شدیدترین و فراگیرترین بارش‌ها انتخاب شد. با اعمال روش تحلیل خوشه‌ای بر روی

شکل ۱۷ مجموع منابع و مسیرهای فرارفت رطوبت به سمت استان گلستان را در ترازهای ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال به خوبی نشان می‌دهد. همان‌طور که در نقشه‌های بالا گفته شد، در ترازهای مختلف منابع و مسیر تزریق رطوبت هم متغیر شده است؛ به نحوی که در ترازهای زیرین دریای خزر و سیاه و در ترازهای فوقانی جو هم منابع آبی مدیترانه، خلیج فارس و عمان رطوبت بارش ابرسنگین این روز را فراهم کرده‌اند. بیشترین حجم رطوبت در ترازهای زیرین جو و کمترین مقادیر هم در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال فرارفت شده است.

### شاخص‌های ناپایداری

جدول ۲ وضعیت شاخص‌های ناپایداری روزهای نماینده الگوهای سه‌گانه فشار تراز دریا در بارش‌های ابرسنگین را نشان می‌دهد. طبق جدول فوق مقادیر اکثر شاخص‌ها از لحاظ شدت در طبقه متوسط قرار گرفته‌اند. این شدت در روزهای نماینده ماه مارس سال‌های ۲۰۱۹ و ۱۹۹۵ بسیار بیشتر از روز نماینده ژوئن ۲۰۱۲ است که نشان از کاهش شدت ناپایداری‌ها در زمان رخداد بارش‌های ابرسنگین ماه‌های گرم سال در این منطقه است. شاخص کراس توتال<sup>۲</sup> شدت دمای نقطه شبنم بر حسب درجه سلسیوس را نشان می‌دهد که در طبقه متوسط و ضعیف دیده می‌شود. این شاخص

داده‌های فشار تراز دریای ۱۵ روز بارش ابرسنگین استان گلستان ۳ الگوی فشار تراز دریا شناسایی شد.

تحلیل الگوهای فشار تراز دریای نشان داد که طی الگوی اول استقرار پرفشار بزرگ بر روی اروپا و نفوذ آن بر روی نوار شمالی کشور و در عرض‌های جنوبی هم شکل‌گیری مراکز چندهسته‌ای کم‌فشار بر روی نیمه شرقی ایران و اطراف دریاچه‌های آرال و بالخاش شیو شدید فشار را به وجود آورده و باعث ایجاد شرایط ناپایداری در سطح زمین شده است. بیشترین شدت و مدت بارش‌ها در هنگام استقرار الگوی اول بر روی منطقه رخ داده است. در الگوی دوم تمامی روزهای بارش در ماه آخر فصل بهار ایران زمین به وقوع پیوسته است. بنابراین شرایط در این الگو متفاوت‌تر از دیگر الگوهاست. در الگوی دوم کم‌فشار گرم پاکستان با امتدادی شرقی به غربی به صورت چندهسته‌ای پس از عبور از خلیج فارس و نوار جنوبی ایران تا شمال کشور ترکیه گسترش یافته است. در مقابل هم مرکز بسته پرفشار سرد اروپایی تا نوار شمالی کشور پایین آمده و با گردش‌های مختلف توانسته موجب فشردگی و باریک شدن خطوط هم‌فشار و تقویت شرایط جبهه‌ای سطح زمین و بروز اغتشاشات جوی شود؛ اما در الگوی سوم فشار تراز دریا سامانه پرفشار هسته سرد در شمالی‌ترین و دورترین موقعیت نسبت به کشور و منطقه مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. بر روی ایران هم سامانه کم‌فشار بزرگی مستقر شده که با کم‌فشار جنب قطبی شمال اروپا ناحیه کم‌فشار طولانی و یکپارچه‌ای ایجاد کرده است. پرفشار سرد سیبری با قرارگیری در شمال روسیه با گسترش بر روی دریای خزر شرایط شیو فشاری و همگرایی شدیدی را به وجود آورده است. کمترین میانگین شدت بارش در الگوی سوم دیده می‌شود. در هر ۳ الگو کم‌فشار جنب قطبی نقش مهمی در جابه‌جایی و موقعیت استقرار سامانه‌های پرفشار سیبری و اروپایی به سمت عرض‌های جنوبی و نفوذ زبانه‌های آن به درون ایران داشته است. با این تغییر در آرایش شرایط فشار به تبع آن شدت وقایع حدی از جمله بارش ابرسنگین هم تغییر می‌یابد.

در تحلیل نقشه‌های ارتفاع تراز میانی جو هم شکل‌گیری پشته‌های بزرگ ارتفاعی بر روی اروپا و روسیه، نفوذ ناوه‌های عمیق از میان آنها و قرارگیری حد جنوبی ناوه با امتداد مداری بر روی نوار شمالی کشور موجب تشدید همگرایی هوای سرد و مرطوب به سمت استان گلستان شده است. در بیشتر مواقع وجود ناوه‌ای عمیق و استقرار نیمه غربی آن بر روی دریای خزر و سیاه موجب فرارفت هوای سرد عرض‌های بالا به سمت عرض‌های جنوبی و برخورد آن با هوای گرم دریای خزر و کسب بیشتر رطوبت شده که در نتیجه آن منطقه دگر فشار شدیدی را در شمال شرق و شمال ایران ایجاد کرده است. انطباق نیمه غربی ناوه و راستای مداری آن بر پرفشار سطح زمین باعث تشدید همگرایی جریان هوای مرطوب به صورت غرب و شمال غربی به شرقی در نوار شمالی کشور و تقویت ناپایداری‌ها شده است. هماهنگ با نتایج پژوهش حاضر و مرتبط با نقش پرفشار سیبری-اروپایی، کم‌فشارهای چندهسته‌ای خاورمیانه، مرکز و شرق ایران در وقوع بارش‌های ابرسنگین استان گلستان با تحقیق حقیقی و همکاران (۱۳۹۶) و دارند و پژوه (۲۰۱۹) در

زمینه بارش‌های بادوام و فراگیر ایران همسوست [۳۱، ۳۰] تحلیل نقشه‌های تابع شار همگرایی رطوبت نشان می‌دهد که بیشترین حجم رطوبت در ترازهای زیرین جو (۱۰۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال) و به ترتیب اهمیت توسط دریای خزر، خلیج فارس، خلیج عدن، دریای عرب و عمان تأمین شده؛ اما در ترازهای میانی و فوقانی جو (۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال) میزان رطوبت فرارفت شده بسیار کمتر از ترازهای زیرین جو صورت گرفته و به دلیل گسترش ناوه و مداری شدن جریان علاوه بر دریای خزر، منابع آبی سیاه و مدیترانه جایگزین دریا‌های جنوبی در تغذیه رطوبتی بارش‌های ابرسنگین استان گلستان شده‌اند.

### پی‌نوشت

1. Grads
2. ct-cross totals
3. Jefferson Index
4. Ki index
5. ko index
6. SI - Showalter Index
7. Storm Relative Helicity
8. Lifted Index
9. Bulk Richardson Number- BRN shear

### منابع

۱. نگارش، حسین؛ اژدری مقدم، مهدی؛ آرامش، محسن (۱۳۹۲). کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در شبیه‌سازی و پیش‌بینی سیلاب در حوضه آبریز سراباز، *جغرافیا و توسعه*، شماره ۳۱، صص ۱۵-۲۸.
۲. طاهری بهبهانی، محمد طاهر؛ بزرگ‌زاده، مصطفی (۱۳۷۵). سیلاب‌های شهری، چاپ دوم، انتشارات مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران، تهران.
3. www.ndmo.ir.
۴. ذبیح‌زاده، قباد (۱۳۸۸). *مستندسازی و تحلیل فضایی مخاطرات اقلیمی در ایران*، به راهنمایی منوچهر فرج زاده، پایان‌نامه کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم انسانی.
۵. علیجانی، بهلول (۱۳۸۵). *اقلیم‌شناسی سینوپتیک*، چاپ اول، تهران، انتشارات سمت.
6. Nishiyama, K (2007). Identification of typical synoptic patterns causing heavy rainfall in the rainy season in Japan by a Self-Organizing Map. *Atmospheric Research*, vol 83, pp 185-200.
7. Lana, A (2007). Atmospheric patterns for heavy rain events in the Balearic island. *international journal of climatology*, vol 12, pp 27-32
8. Chen, C.H (2011). Investigation of a heavy rainfall event over southwestern Taiwan associated with a subsynoptic cyclone during the 2003 Mei-Yu season. *Atmospheric Research*, vol 95, pp 235-254.
9. Pfahl, S (2014). Characterising the relationship between weather extremes in Europe and synoptic circulation features. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, vol 14, pp 1461-1475.
10. Rousta, I., Khosh Akhlagh, F., Soltani, M., and Modir

Taheri, S (2014). Assessment of blocking effects on rainfall in northwestern Iran. *e-book of proceedings*, vol 3, pp 127-132.

- ۱۶۰.
۲۶. ذکی‌زاده اوماسلان علیا، میرپهروز؛ سلیقه، محمد؛ ناصرزاده، محمدحسین (۱۳۹۷). تحلیل آماری و سینوپتیکی مؤثرترین الگوی رودباد ایجاد کننده بارش‌های سنگین، *مخاطرات محیط طبیعی*، شماره ۷ (۱۵)، صص ۴۸-۳۱.
27. [www.irimo.ir](http://www.irimo.ir)
28. <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/search?type=dataset>
۲۹. محمدی، بختیار و مسعودیان، سیدابوالفضل (۱۳۸۹). تحلیل همدید بارش‌های سنگین ایران، نمونه موردی بارش نوامبر سال ۱۹۹۴، *جغرافیا و توسعه*، شماره ۸، صص ۴۷-۷۰.
۳۰. حقیقی، اسماعیل؛ قلی‌زاده، محمدحسین، دوستکامیان، مهدی؛ قادری، فاطمه (۱۳۹۶). بررسی ماهیت و ساختار گردش‌های جوی
۳۱. به هنگام بارش‌های بهاری فراگیر ایران. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، دوره ۴۹ (۳)، صص ۵۲۳-۵۳۹.
32. Darand, M., and Pazhoh, F (2019). Synoptic analysis of sea level pressure patterns and Vertically Integrated Moisture Flux Convergence VIMFC during the occurrence of durable and pervasive rainfall in Iran, *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, Vol 86, pp, 10-17. doi:org/10.1016/j.dynatmoce.2019.02.004.
11. Wang, H., Sun, J., and Zhao, S (2016). The Multiscale Factors Favorable for a Persistent Heavy Rain Event over Hainan Island in October 2010. *J Meteorol Res*, vol 30, pp 496-512.
12. Akbari, T., Ghasem, A., Ashraf, A., and Mahmoud, D (2016). The role of blocking system in heavy precipitation of Iran (a case study: southeast of Iran January 2008), *Arab J Geosci*, vol 9, pp 591-606.
۱۳. مرادی، محمد (۱۳۸۵). بررسی نقش کم‌فشار گرمایی سودان-اتیوپی به ارتفاعات زاگرس در سامانه‌های مؤثر بر آب و هوای ایران، رساله دکتری هواشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات.
۱۴. آروین، عباسعلی؛ محمد، مفیدی؛ خواجه، آراز؛ مازینی، فرشته (۱۳۹۱). تعیین الگوی زمانی مکانی بارش استان گلستان با روش تحلیل خوشه‌ای، *مجله آمایش جغرافیایی فضا*، سال دوم، شماره ۶، صص ۱۳۲-۱۱۷.
۱۵. پروین، نادر (۱۳۸۹). بررسی ارتباط بین تغییرات سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال و سیل در حوضه آبریز دریاچه ارومیه، *تحقیقات جغرافیایی*، دوره ۲۵، شماره ۹۷، صص ۱۱۷-۱۳۸.
۱۶. رحیمی، داریوش؛ خوشحال، جواد؛ علیزاده، تیمور (۱۳۸۹). تحلیل آماری-همدیدی بارش سنگین مناطق خشک ایران (مطالعه موردی: استان کرمان)، *جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای*، شماره ۸ (۱۴)، صص ۶۹-۵۱.
۱۷. نظری پور، حمید (۱۳۹۰). تحلیل همدید تداوم بارش ایران، رساله دکتری آب و هواشناسی، به راهنمایی دکتر محمود خسروی و ابوالفضل مسعودیان، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه سیستان و بلوچستان.
۱۸. درگاهیان، فاطمه؛ علیجانی، پهلول (۱۳۹۲). بررسی اثر بلاکینگ بر رخداد برف‌های سنگین و مداوم ایران، *جغرافیای سرزمین*، شماره ۱۰ (۳۸)، صص ۱۴-۱.
۱۹. خوشحال دستجردی، جواد؛ نظری، عبدالقدیر؛ قانقرمه، عبدالرزاق؛ فلاحی، حسین علی (۱۳۹۴). پیش‌بینی همدید-آماری وقوع ریزش باران در زمان کاشت و برداشت گندم دیم در شهرستان گنبد کاووس، *مجله آمایش جغرافیایی فضا*، سال ۵، شماره ۱۶، صص ۱۸۴-۱۶۹.
۲۰. درگاهیان، فاطمه؛ علیجانی، پهلول؛ محمدی، حسین (۱۳۹۳). بررسی سینوپتیکی الگوهای فشار مرتبط با بلاکینگ‌های مؤثر در رخداد بارش‌های مداوم (بیش از ۵ روز) و سنگین در ایران در فصل سرد: ۱۹۵۳-۲۰۱۳، *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، شماره ۱۰، صص ۱۵۵-۱۷۳.
۲۱. خوش اخلاق، فرامرز؛ صفایی راد، رضا؛ سلمانی، داود (۱۳۹۳). واکاوی همدید رخداد سیلاب آبان‌ماه ۱۳۹۰ در شهرستان بهبهان و لیکک، *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، شماره ۴ (۴۶)، صص ۵۲۴-۵۰۹.
۲۲. کارساز، سکینه و مسعودیان، سیدابوالفضل (۱۳۹۳). تحلیل همدید الگوهای ضخامت بارش‌های سنگین ناحیه زاگرس جنوبی، *جغرافیا و توسعه*، شماره ۳۷، صص ۲۷-۱۵.
۲۳. کیانیان، محمد؛ صالح‌پور جم، امین؛ حاجی‌محمدی، حسن؛ رسولی، فهیمه (۱۳۹۵). بررسی و ارتباط خشکسالی و ترسالی‌های غرب ایران با الگوهای سینوپتیک جو، *مجله آمایش جغرافیایی فضا*، سال ۶، شماره ۲۲، صص ۱۹۱-۱۷۵.
۲۴. محمودآبادی، مهدی؛ امیدوار، کمال؛ مظفری، غلامعلی؛ مزیدی، احمد؛ نارنگی‌فرد، مهدی؛ فاطمی، مهران (۱۳۹۵). تحلیل همدید اثرات پدیده بلاکینگ بر بارش‌های سیلابی فروردین‌ماه ۱۳۹۲ در نیمه جنوبی ایران، *پژوهش‌های اقلیم‌شناسی*، شماره ۷ (۲۵)، صص ۸۲-۶۷.
۲۵. حجازی‌زاده، زهرا؛ پژوه، فرشاد؛ جعفری، فرزانه (۱۳۹۷). آشکارسازی شرایط همدید مؤثر بر خشک‌سالی و ترسالی‌های شدید و فراگیر در نیمه شرقی ایران. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، شماره ۷ (۳)، صص ۱۳۵-

۲۰

شماره نوزدهم  
بهار و تابستان  
۱۴۰۰

دوفصلنامه  
پژوهش‌های

پژوهش‌های  
جغرافیایی

شناسایی و تحلیل الگوهای فشار تراز دریای روزهای بارش  
بر سنگین بهاره استان گلستان