

## واکاوی همدیدی اثر تغییرات اقلیمی بر ویژگی‌های پوشش برف زاگرس میانی در ارتباط با الگوهای گردشی جو

کمال امیدوار<sup>۱\*</sup>، مسلم صیدی شاهپوندی<sup>۲</sup>، غلامعلی مظفری<sup>۳</sup>، احمد مزیدی<sup>۳</sup>

۱- استاد، گروه جغرافیا، دانشگاه یزد، یزد، ایران

۲- دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه یزد، یزد، ایران

۳- دانشیار، گروه جغرافیا، دانشگاه یزد، یزد، ایران

### چکیده

یکی از عوامل مؤثر در فرایند تغییر اقلیم تغییرات عمده در مقدار برف و باران است. با توجه به اهمیت موضوع در این پژوهش از داده‌های روزهای همراه با برف منطقه زاگرس میانی در طول دوره آماری (۲۰۱۸-۱۹۸۹)، استفاده شد. سپس به دلیل اهمیت در مطالعه پوشش برف، نقشه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال، سرعت و جهت بادهای سطح زمین، نقشه رطوبت نسبی سطح زمین، نقشه آب قابل بارش، نقشه امگای تراز ۵۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال و نقشه فشار سطح دریا، با استفاده از تکنیک تحلیل عاملی و روش خوشه بندی سلسله مراتبی وارد چهار الگوی همدیدی حاکم بر روزهای برفی شناسایی و تعیین گردید. نتایج نشان داد که الگوی اول و سوم با مجموع ۶۴/۵ درصد الگوی غالب بارش برف در زاگرس میانی می‌باشند که عمدتاً به دلیل استقرار مرکز پرفشار در دریای مدیترانه و دریای سیاه و قرارگیری منطقه مورد مطالعه در جلو ناوه عمیق در سطح بالا است. همچنین در غالب مواقع بارش برف سنگین یک سردچال در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال شکل می‌گیرد که منطقه را تحت تاثیر قرار می‌دهد و در بیشتر مواقع ناوه ای قوی در شرق اروپا قرار گرفته است و یا به صورت مورب از غرب دریای خزر تا جنوب دریای سرخ کشیده می‌شود. بررسی سایر الگوها نشان می‌دهد که مرکز پرفشار ارتفاع جنب حاره‌ای غرب مدیترانه و فلات تبت تقویت می‌شود و با جابه جایی به عرض‌های جغرافیایی بالاتر به ایجاد پشته‌های قوی با محور شمالی-جنوبی در اروپا و آسیا کمک می‌کند. ناوه قطبی در چنین مواقعی با محور شمالی-جنوبی یا شمال شرقی-جنوب غربی به عرض‌های پایین از جمله شمال خزر و غرب ایران امتداد می‌یابد و موجب ریزش هوای سرد در منطقه می‌شود. در مجموع در بررسی الگوها و روزهای بارش سنگین برف مشاهده شد که برای ریزش برف سنگین نفوذ ناوه قطبی به عرض‌های پایین ضروری است.

**کلید واژه‌ها:** واکاوی همدید، برف، تحلیل خوشه‌ای، تحلیل عاملی، زاگرس میانی.

## مقدمه

گردش عمومی جو به لحاظ زمانی و مکانی دارای الگوهای متنوعی است، ولی تغییرات شدید عوامل و عناصر جوی سبب ناهنجاری‌هایی در این الگوها شده است که نتیجه آن تغییر در رژیم دما، رطوبت، فشار و نیز بارش‌های مناطق مختلف کره زمین است که یکی از این تغییرات می‌تواند در ویژگی ریزش برف مناطق برف‌گیر باشد. نقش برف برای حفاظت تنوع زیستی نیز انکارناپذیر است و تغییرات مقدار پوشش برف زندگی جانوری و گیاهی و ساختار اکوسیستم‌های را از طریق دسترسی به آب و کنترل شرایط لایه مرزی متاثر می‌سازد. پوشش برف در مناطق کوهستانی دارای اهمیت زیادی است و آب حاصل از ذوب برف در منطقه کوهستانی زاگرس میانی نقش مهمی در جریان آب رودهای این منطقه دارد. طبق بررسی‌های به عمل آمده حدود ۶۰ درصد آب‌های سطحی و ۵۷ درصد از آب‌های زیرزمینی کشور در مناطق برف‌گیر کشور تامین می‌شود (موحد دانش، ۱۳۷۶).

بخشی از آب مورد نیاز برای کشاورزی در جهان از ذوب برف‌های باریده شده در زمستان تامین می‌شود. علاوه بر کشاورزی، برف در تامین آب شرب در سال‌هایی که خشکسالی بر منطقه حکمفرما و شرایطی کلی آب و هوایی آن منطقه خشک و نیمه خشک باشد، اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. پوشش برف اثرات قابل توجهی در آب و هوا، مانند اثر انرژی تابشی منطقه و گردش جوی و حرارتی دارد و هر گونه تغییرات در اقلیم ممکن است زمان، میزان و توزیع برف در دراز مدت عواقب زیست محیطی و اقتصادی داشته باشد. نوار غربی ایران به دلیل شرایط توپوگرافی و موقعیت جغرافیایی از مناطق برف‌گیر کشور بوده و تواتر برف‌های سنگین ثبت شده در این منطقه زیاد می‌باشد با مطالعه رفتار و عملکردهای سیستم‌های اقلیمی حاکم در هر منطقه می‌توان از جنبه‌های مثبت عناصر آب و هوایی منطقه ای سود جست و یا از مضرات آن دوری کرد یا در مقابل آن واکنش نشان داد. (فتاحی و همکاران ۱۳۹۳). به دلیل نزدیک بودن به منابع رطوبتی از جمله دریای مدیترانه و دریای سیاه متوسط بارش‌ها بالای ۳۵۰ میلی‌متر بوده که این موجب شکل‌گیری جریان رودخانه‌های بزرگ در منطقه می‌شود. در این تحقیق

به ریزش برف در زاگرس میانی که سرمنشا، مهم‌ترین حوضه آبریز کشور و سرچشمه مهم‌ترین و بزرگ‌ترین رودهای ایران به سمت جنوب و جنوب غرب کشور می‌باشد پرداخته می‌شود. از این رو شناخت اثرات تغییرات آب و هوایی در ارتباط با ذخایر برف به همراه فهم علل تغییرات آن به منظور تدوین استراتژی‌های لازم برای مدیریت و حفظ منابع آب در ایران بویژه در زاگرس میانی بسیار حیاتی و مهم است، زیرا تغییرپذیری الگوهای فشار نهایتاً منجر به تغییر سایر ویژگی‌های اتمسفر نظیر دما و بارش می‌گردد که به نوبه خود ریزش و تجمع و ماندگاری برف را دستخوش تغییر می‌کند، که به دلیل ناهمواری و کوهستانی بودن منطقه زاگرس میانی و همچنین سیل خیز بودن منطقه به جهت بارندگی همراه با رواناب‌های ناشی از ذوب فصلی برف به طور مکرر به سیلابی شدن رودخانه‌های این منطقه منجر می‌شود. این امر بویژه در نواحی کوهستانی زاگرس که آب حاصل از ذوب برف نقش مهمی در روان آبها دارد ضرورت پیدا می‌کند که می‌توان آن را عملیاتی محوری و اساسی در زمینه مدیریت منابع آب و کنترل سیلاب‌ها در زاگرس در نظر گرفت. در این راستا گراندسین (۲۰۰۳) ناهنجاری‌های آب معادل برف را در شمال غرب دشت‌های بزرگ آمریکا را با روش هم‌مدید بررسی نمود، او نتیجه گرفت که نفوذ توده‌های هوای سرد و خشک قطبی باعث افزایش SWE و نفوذ توده‌های معتدل سبب کاهش SWE می‌گردد، که فراوانی بیشتر سیستم‌های ناوای در زمستان با سال‌های ناهنجاری مثبت و الگوی پشته با ناهنجاری منفی آب معادل برف مرتبط است. فنگ و همکاران (۲۰۰۷) نیز در مطالعات خود تغییرات بارش برف را در ایالات متحده آمریکا بررسی کردند، نتایج نشان داد که در شمال غرب آمریکا بارش برف نسبتاً کم‌تر شده و در مقابل باران جایگزین آن شده است. بدنورز و همکاران (۲۰۰۵) عوامل هم‌مدید بارش برف در سرزمین‌های پست لهستان- آلمان را مورد واکاوی قرار دادند و بدین منظور روزهای همراه با بارش برف زیاد را با استفاده از روش وارد طبقه‌بندی و در نهایت سه نوع الگوی گردش تعیین کردند که هر یک از آن‌ها به وسیله سامانه‌های کم‌فشار بر روی اروپای مرکزی شرح داده شد. وزوو و همکاران (۲۰۰۹) شرایط سینوپتیکی حاکم بر مرکز و جنوب چین که درجه

حرارت کم و مداوم در ژانویه ۲۰۰۸ سبب وقوع باران منجمد و برف شده بود، را مورد تحلیل قرار داده و نتایج حاصل برای توجیه این سرما و بارش منجمد بی سابقه در ارتباط با سه عامل بوده است: اول بلوکینگ روی سیبری که حدود سه هفته باقی ماند و منجر به وزش هوای سیبری خشک و سرد به مرکز و جنوب چین شد. دوم یک جریان قوی و مداوم جنوب غربی چین سوم لایه وارونگی عمیق در تروپوسفر پایین تر همراه با بارش برف طولانی بیش از مناطق مرکزی و جنوبی چین، ترکیب این سه عامل به احتمال زیاد مسئول شدت غیر معمول این رویداد با یک دوره بازگشت طولانی بوده است. بدنورز (۲۰۱۱) شرایط سینوپتیکی وقوع برف و برف ۵ سانتی متر و بیشتر با تداوم سه روز در جلگه مرکزی اروپا مرتبط با موقعیت و شدت کم فشار در اطلس شمالی و اسکاندیناوی عوامل اصلی ریزش برف در اروپا می باشد. هندریکس و همکاران (۲۰۱۲) در ارزیابی کمی اثرات بالقوه تغییر اقلیم بر برف فصلی نیوزیلند در مقیاس محلی و خرد به این نتیجه رسیدند که هر چند ارتفاع یک عامل مهم در تعیین تاثیر بالقوه تغییرات آب و هوا در برف فصلی است، اما اقلیم محلی هر مکان نیز نقش مهمی ایفا می کند، همچنین پیش بینی کردند، که شمار روزهای برفی از ۲۲۹ روز در دهه ۱۹۹۰ به ۱۷۶ روز در دهه ۲۰۴۰ و ۹۰ روز در دهه ۲۰۹۰ کاهش خواهد یافت. کلین و همکاران (۲۰۱۶)، وضعیت برف پوشان آلپ سویس را از ۱۹۷۰ مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفتند تعداد روزهای برفی در همه ارتفاعات، هممه نواحی و همه آستانه ها از ۱ تا ۱۰۰ سانتی متر کاهش معناداری داشته است. هانگ و همکاران (۲۰۱۷)، اثرات بارش برف و ارتفاع را بر پوشش برف در فلات تبت بررسی و دریافتند بارش برف در این نواحی در سطوح ارتفاعی پایینتر از ۲۰۰۰ متری روند افزایشی را نشان می دهد. ابهری (۱۳۸۴) در رساله خود با عنوان تحلیل سینوپتیکی برف‌های سنگین و تاثیر آن بر بهمن‌های جاده هراز، برای مطالعه سینوپتیکی بارش‌های سنگین ابتدا آمار ۳۰ ساله تنها ایستگاه سینوپتیکی منطقه پژوهش را تهیه و سپس با توجه به این که بیشترین فراوانی وقوع بهمن ها در ماه‌های آذر تا فروردین می باشد بارش‌های ۵ ماه طی دوره آماری ۳۰ ساله استخراج و سه الگوی همدیدی در این مطالعه که منجر به بارش‌های سنگین

می شوند شامل پرفشار سیبری، پرفشارهای مهاجر اروپایی و در ۳ مورد کم فشار ایسلند الگوی غالب بوده است. صفری و صلاحی (۱۳۸۹) در تحلیل سینوپتیکی بارش برف سنگین در کرمانشاه به داده های ایستگاهی در دوره آماری (۲۰۰۷-۱۹۸۷)، دوره های ریزش برف سنگین را تعیین و نوسانات آن را با روند خطی و پلی نومیال مرتبه ۶ مورد بررسی قرار دادند. در نهایت تحلیل همدیدی این پژوهش نشان داده که ریزش برف سنگین غالباً با زبانه های پرفشار و فراز موج بادهای غربی در ارتباط است. فهیمی نژاد و همکاران (۱۳۹۱) در تحلیل همدید توفان برف در گیلان در فوریه ۲۰۰۵ با استفاده از داده های روزانه ارتفاع ژئوپتانسیل در دوره آماری (۱۹۹۵-۲۰۰۵) در روش تحلیل خوشه ای وارد به این نتیجه رسیدند که سه الگوی فشاری این پدیده را کنترل می کند، الگوی اول زبانه پرفشار بالکان، الگوی دوم پرفشار سیبری و الگوی سوم پرفشار ترکیبی. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ناوه بادهای غربی روی منطقه است. بارش برف که ارتفاع آب معادل ۷۳ میلی متر باشد به عنوان آستانه برف سنگین در رشت تعیین شد. شکبیا و همکاران (۱۳۹۲) در تحلیل همدید بارش برف سنگین در شمالغرب ایران با دوره آماری (۱۹۸۹-۲۰۱۰) با اطلاعات روزانه دما و بارش ۱۲ ایستگاه و داده های ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ با استفاده از روش تحلیل مولفه‌های اصلی مراکز فعالیت مرتبط با این بارش های را، سیبری، اروپای جنوب، حاشیه شرقی دریای خزر، شمال دریای سیاه و شرق ترکیه معرفی کرد. لشکری و همکاران (۱۳۹۳) در تحلیل همدیدی پایه بارش برف در شمال غرب ایران، پس از تعیین آستانه و قدرت فراگیری بارش در منطقه، ۱۵ سامانه انتخاب شد و آنها را به دو گروه تقسیم بندی کردند. نتایج نشان داد که در صورتی که منطقه مورد مطالعه تحت تاثیر پشته فشاری ناشی از پرفشاری ناشی از پرفشار سیبری و سپس کم فشار مدیترانه ای قرار آنگاه به سبب برخورد توده هواهای مختلف سرد و خشک و سرد و مرطوب توانایی ریزش در منطقه کاهش می یابد. درگاهیان و علیجانی (۱۳۹۶) به بررسی سینوپتیکی و دینامیکی بارش برف بهمن ۹۲ در ایران با تأکید بر نقش پدیده بلاکینگ پرداختند، در این تحقیق با استفاده از داده‌های مربوط به میانگین فشار سطح دریا، ۸۵۰، ۵۰۰، ۳۰۰، نقشه ضخامت، مولفه مداری سرعت باد، امگا، رطوبت نسبی، و

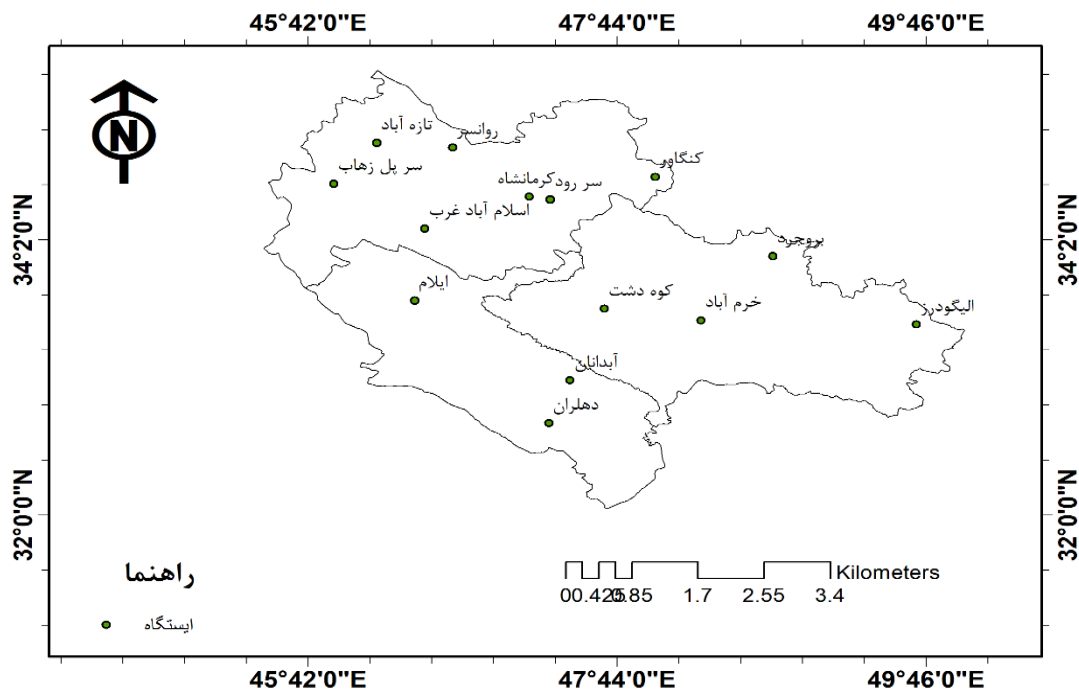
ارتباط تغییرات پوشش برف در منطقه زاگرس میانی با تغییرات الگوهای گردش جو را واکاوی نماید.

### داده‌ها و روش شناسی

داده‌های مورد نیاز جهت بررسی، شامل آمار هواشناسی روز-های برفی به صورت ساعتی و روزانه ایستگاه‌های سینوپتیک موجود در سه استان ایلام، کرمانشاه و لرستان است که از سازمان هواشناسی کشور اخذ گردید و همچنین داده‌های ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ و ۸۵۰ و تراز سطح دریا نیز از وب سایت مرکز ملی پیش‌بینی محیطی و مرکز ملی تحقیقات هواشناسی (NCEP/NCAR) اخذ شد. آمار مذکور دوره بلندمدت (۲۰۱۸-۱۹۸۹) را در بر می‌گیرد. بعد از استخراج کدهای روزهای برفی (شامل کدهای ۷۰، ۷۱، ۷۲، ۷۳، ۷۴، ۷۵) مشخص شد در بین ایستگاه‌های موجود در سطح منطقه، ۱۴ ایستگاه دارای روزهای همراه با برف جهت بررسی بوده‌اند که از نظر توزیع زمانی و مکانی دارای دوره آماری ۳۰ ساله باشند و کل زاگرس میانی را پوشش دهند. موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های هواشناسی مورد بررسی در شکل (۱) و مشخصات ایستگاه‌های مذکور نیز در جدول (۱) آورده شده است.

دمای پتانسیل و بررسی نقشه‌های سینوپتیکی نشان داد که ایران تحت تاثیر تراف قوی و عمیق تراف سمت راست بلاکینگ امگا با یک پشته بسیار قوی تا عرض های ۷۰ درجه شمالی واقع شده است که باعث ریزش هوای سرد از عرض‌های بالا و کسب رطوبت از دریای خزر باعث ریزش برف سنگین در ایران شده است. منتظری و فنایی (۱۳۹۷)، در تحقیقی به شناسایی قلمروهای برفی ایران به روش تحلیل خوشه‌ای پرداختند، که در این تحقیق مشخص شد که ایستگاه های برفی ایران عمدتاً در سه خوشه اصلی شامل کوهستانی مرتفع، کوهستانی کم ارتفاع و پایکوهی تقسیم بندی می شود.

با توجه به اهمیت موضوع، هدف این پژوهش، واکاوی همدیدی ویژگی های برف پوشان زاگرس میانی در ارتباط با الگوهای گردش جو و تبیین ویژگی‌های مکانی و زمانی این پدیده به استفاده آمار ایستگاه‌های همدیدی در سطح منطقه مورد مطالعه است، که نتایج آن می تواند در جهت پیش بینی و برنامه ریزی منابع آب سطحی و زیرزمینی همچنین خشکسالی و جلوگیری از خسارت ناشی از سیل خیز بودن رودخانه های این منطقه که بخش عمده ی آن بخاطر ذوب برف در ارتفاعات این منطقه باشد کمک کند. از این رو تحقیق حاضر سعی دارد با استفاده از روش های همدیدی،



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و ایستگاه‌های هواشناسی مورد بررسی

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های هواشناسی مورد بررسی

| ردیف | استان    | ایستگاه        | ارتفاع | عرض جغرافیایی | طول جغرافیایی |
|------|----------|----------------|--------|---------------|---------------|
| ۱    | ایلام    | آبدانان        | ۹۲۰    | ۳۲/۹۹         | ۴۷/۴۲         |
| ۲    | ایلام    | دهلران         | ۲۳۲    | ۳۲/۶۸         | ۴۷/۲۸         |
| ۳    | ایلان    | ایلام          | ۱۳۳۷   | ۳۳/۵۸         | ۴۶/۳۹         |
| ۴    | کرمانشاه | اسلام آباد غرب | ۱۳۴۹   | ۳۴/۱۱         | ۴۶/۴۶         |
| ۵    | کرمانشاه | کنگاور         | ۱۴۶۸   | ۳۴/۵          | ۴۷/۹۸         |
| ۶    | کرمانشاه | کرمانشاه       | ۱۳۱۸/۵ | ۳۴/۳۵         | ۴۷/۱۵         |
| ۷    | کرمانشاه | روانسر         | ۱۳۸۰   | ۳۴/۷۱         | ۴۶/۶۵         |
| ۸    | کرمانشاه | سررود          | ۱۳۶۱/۷ | ۳۴/۳۳         | ۴۷/۲۹         |
| ۹    | کرمانشاه | سر پل ذهاب     | ۵۴۵    | ۳۴/۴۵         | ۴۵/۸۶         |
| ۱۰   | کرمانشاه | تازه آباد      | ۱۲۲۶   | ۳۴/۷۵         | ۴۶/۱۵         |
| ۱۱   | لرستان   | الیگودرز       | ۲۰۲۲/۱ | ۳۳/۴۰         | ۴۹/۷۰         |
| ۱۲   | لرستان   | بروجرد         | ۱۶۲۹   | ۳۳/۹۱         | ۴۸/۷۵         |
| ۱۳   | لرستان   | خرم آباد       | ۱۱۴۷/۸ | ۳۳/۴۳         | ۴۸/۲۸         |
| ۱۴   | لرستان   | کوهدشت         | ۱۱۹۷/۸ | ۳۳/۵۲         | ۴۷/۶۴         |

انتخاب گردید. حالت آرایه مذکور رهیافتی برای رسیدن به طبقه‌بندی الگوهای نقشه‌های پراکنندگی فشار سطح بالای روزهای برفی است. از این‌رو، روزهای همراه با بارش برف به ردیف‌ها (Xها) و داده‌های ارتفاعی فشار سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال شبکه جغرافیایی NCEP به ستون‌های (Yهای) ماتریس مذکور اختصاص یافت. بدین ترتیب، ماتریسی از داده‌ها به ابعاد ۴۵ ردیف در ۷۲۵ ستون تنظیم شد. سپس ماتریس همبستگی بین متغیرها محاسبه شد. قبل از شروع به انجام تحلیل عاملی لازم است که اعتبارسنجی تجزیه عاملی از طریق محاسبه دترمینان ضرایب همبستگی بین متغیرها و یا معیار کایزر- مییر- الکین (KMO) آزمون گردد. هر چه مقدار دترمینان ماتریس ضرایب همبستگی به صفر نزدیک‌تر باشد انجام تحلیل عاملی معتبرتر خواهد بود. معیار KMO نیز شاخص دیگری برای مقایسه مقادیر ضرایب همبستگی ساده و جزئی بر روی کلیه متغیرهاست که براساس رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$KMO = \frac{\sum_{i \neq j} \sum_{i \neq j} r_{ij}^2}{\sum_{i \neq j} \sum_{i \neq j} r_{ij}^2 + \sum_{i \neq j} \sum_{i \neq j} a_{ij}^2}$$

روزهای مورد مطالعه به گونه‌ای انتخاب گردید که از ۱۴ ایستگاه مورد مطالعه حداقل ۸ ایستگاه را در بر بگیرد و حداقل در طول شبانه‌روز دو سینوپ برف متوسط یا سنگین گزارش شده باشد. پس از جمع‌آوری و تنظیم داده‌های مورد نیاز، روش آماری تحلیل عاملی و تکنیک خوشه‌بندی سلسله مراتبی وارد جهت طبقه‌بندی الگوهای هم‌مدیدی منجر به بارش برف در زاگرس میانی مورد استفاده قرار گرفت. در این مرحله با توجه به موضوع تحقیق از داده‌های مناسب اقلیم‌شناسی در قالب ترکیب یک عنصر (فشار) چند مکان (تلاقی‌های شبکه NCEP) و چند زمان (روزهای برفی) استفاده شد. بدین ترتیب، به منظور بررسی توپوگرافی سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال طی روزهای همراه با بارش برف داده‌های ارتفاعی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برای شبکه نقاط ایستگاه‌های مرکز ملی پیش‌بینی مخاطرات محیطی واقع در محدوده جغرافیایی صفر تا ۶۰ درجه‌ی عرض شمالی و صفر تا ۷۰ درجه طول شرقی برای روزهای همراه با بارش برف انتخاب شد. از آنجا که فاصله تلاقی‌های این شبکه منظم از هم ۲/۵\*۲/۵ درجه‌ی جغرافیایی است. ماتریسی از شبکه‌ی نقاط مذکور به ابعاد ۲۵ ردیف در ۲۹ ستون با مجموع ۷۲۵ داده‌ی ارتفاعی سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال برای ۴۵ روز برفی، مورد مطالعه و ارزیابی قرار گرفت. سپس ماتریس داده‌ها با در نظر گرفتن هدف مطالعه در حالت S یا (S-mode) تنظیم و

یک است انجام تحلیل عاملی مناسب تشخیص داده شد و مورد تأیید قرار گرفت.

سپس در راستای رسیدن به اهداف کلی این مطالعه طی دوره ۳۰ ساله (۲۰۱۸-۱۹۸۹) پس از اعمال تکنیک تحلیل عاملی بر روی ماتریس کواریانس داده‌های تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال روزهای برفی، ۹ عامل که در مجموع، ۹۴/۷ درصد از کل واریانس داده‌ها را تبیین می‌کردند استخراج شدند و مابقی عامل‌هایی را که ارزش ویژه آن‌ها کمتر از یک بود و نتوانسته بودند بیشتر از یک درصد کل واریانس داده‌ها را تبیین کنند، کنار گذاشته شدند (شکل ۲). نمودار مذکور تغییرات مقادیر ویژه را که براساس محاسبه ماتریس کواریانس به دست آمده برحسب اهمیت از بزرگ به کوچک را برای همه متغیرها نشان می‌دهد. همچنان که مشاهده می‌شود، براساس نمودار مذکور فاصله یا شباهت بین خوشه‌ها بعد از عامل یازدهم کاهش چشمگیری پیدا می‌کند. بنابراین، نقطه افت منحنی در عامل یازدهم تشخیص داده شد.

در این بین با توجه به این که عامل اول توانست به تنهایی ۳۴/۶ درصد کل واریانس داده‌ها را تبیین کند و بررسی اجمالی جدول ماتریس همبستگی بین عامل‌های استخراج شده هم حاکی از عدم وجود وابستگی بین آن‌ها بود و عامل‌ها از همدیگر استقلال کامل داشتند، مدل مذکور پذیرفته شد (جدول ۳). اما با توجه به این که، مهم‌ترین ویژگی تکنیک تحلیل عاملی این است که بتواند رابطه‌ی بین متغیرهای اولیه و عامل‌های ایجاد شده را به صورت واضح و ساده بیان کند و عامل‌های ایجاد شده از نظر علمی (اقلیم‌شناسی همدیدی) قابل توجیه و بهتر تفسیر شوند، عامل‌های مذکور به روش چرخش متعامد (واریماکس) دوران داده شدند. جدول (۳) مقادیر کل واریانس تبیین شده توسط عامل‌ها در حالت قبل و بعد از چرخش متعامد عامل-ها را نشان می‌دهد.

در ادامه، پس از انجام تحلیل خوشه‌ای به روش سلسله مراتبی وارد بر روی نمرات عاملی از آنجا که میزان مربع فواصل اقلیدوسی خوشه‌های ادغام شده از عدد ۲۰ به بعد افزایش ناگهانی پیدا کرده و سبب کاهش شباهت الگوهای سینوپتیکی نماینده روزهای برفی واقع در خوشه‌ها می‌گردد، لذا ادغام خوشه‌ها در فاصله‌ی مذکور متوقف شد و کل روزهای برفی در چهار گروه طبقه‌بندی شدند. شکل (۳)

که در آن  $r_{ij}$  ضریب همبستگی ساده بین متغیرهای  $i$  و  $j$  ام،  $a_{ij}$  هم ضریب همبستگی (جزئی) متغیرهای  $i$  و  $j$  به شرط ثابت بودن سایر متغیرهاست.

هر چه شاخص KMO به یک نزدیک‌تر باشد انجام تحلیل عاملی مناسب تر خواهد بود. در ادامه استخراج عامل‌ها صورت گرفت این مرحله شامل محاسبه ماتریس بارگویه‌ها (تعیین ماتریس وزنی عاملی)، انتخاب عامل‌ها و دوران آن‌ها می‌باشد. از آنجا که هدف اصلی تحلیل عاملی کاهش متغیرهای فراوان اولیه است، عامل‌هایی که ارزش ویژه آن‌ها مساوی یا بیشتر از یک باشد انتخاب خواهند شد. زیرا کمتر از عدد مذکور بدین معنی خواهد بود که، عامل انتخابی نتوانسته واریانس مجموع داده‌ها را به اندازه‌ی واریانس یک متغیر هم تبیین کند. استخراج و انتخاب تعداد عامل‌های نهایی بر اساس آزمون اسکری یا تهیه نمودار اسکری و مشخص کردن نقطه‌ی بحرانی (افت) نمودار نیز عملی می‌باشد. در این مرحله، روزهای همراه با بارش برف بر اساس نمرات عاملی و با استفاده از تکنیک خوشه‌بندی سلسله مراتبی وارد در قالب نمودار درختی گروه‌بندی شدند. از آنجا که در این روش تعداد خوشه‌های نهایی از قبل تعیین نخواهد شد، با مشاهده نمودار درختی و بررسی میزان فاصله‌ی اقلیدوسی ادغام خوشه‌ها در خصوص انتخاب تعداد خوشه‌های نهایی روزهای برفی تصمیم‌گیری شد. در نهایت، نقشه‌های مرکب الگوی سینوپتیکی حاکم بر روزهای برفی هر خوشه دریافت گردید. در نهایت نقشه ترکیبی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال، سرعت و جهت بادهای سطح زمین، نقشه رطوبت نسبی سطح زمین، نقشه آب قابل بارش، نقشه امگای تراز ۵۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال و نقشه فشار سطح دریا نیز برای هر الگو ترسیم و تحلیل همدیدی گردید.

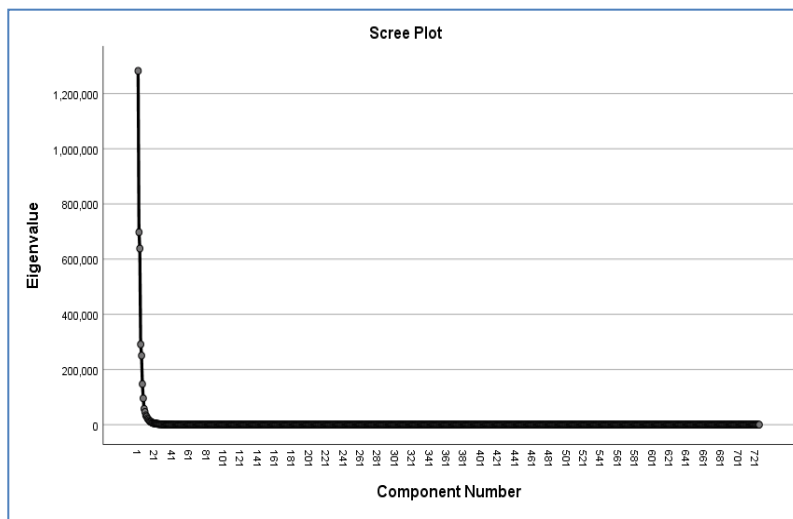
## نتایج و بحث

پس از جمع‌آوری و تنظیم داده‌های ارتفاعی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال به صورت آراییه (S-mode) و قبل از انجام تحلیل عاملی، ابتدا اعتبارسنجی انجام تحلیل عاملی برای ۷۲۵ متغیر مورد مطالعه آزمون شد. جدول (۲) نتایج اعتبارسنجی را برای ماتریس داده‌های مذکور نشان می‌دهد. از آنجا که مقدار آماره KMO برابر ۰/۹۲ شد و نزدیک به

نمودار درختی ادغام خوشه‌ها را همراه با خط افقی می‌دهد. ملاحظه می‌شود که بر اساس خط مذکور ادغام محدودکننده‌ی خوشه‌ها در مربع فاصله اقلیدوسی ۲۰ نشان خوشه با چهار خوشه‌ی نهایی متوقف خواهد شد.

جدول ۲- مقادیر آماره‌ی KMO

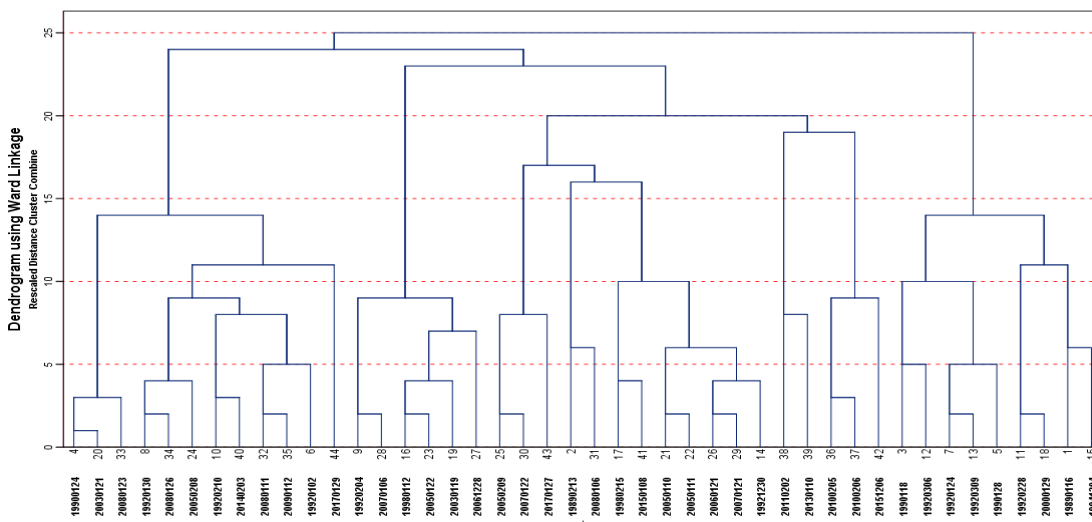
|  |                    |            |
|--|--------------------|------------|
| Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy. |                    | .922       |
| Bartlett's Test of Sphericity                    | Approx. Chi-Square | 115345.024 |
|  | Df                 | 780        |
|  | Sig.               | .000       |



شکل ۲- نمودار اسکری تغییرات مقادیر ویژه بر حسب اهمیت برای کل متغیرها

جدول ۳- مقدار ویژه، درصد واریانس و واریانس تجمعی هر یک از عامل‌ها

| Component | Initial Eigenvalues |               |              | Extraction Sums of Squared Loadings |               |              | Rotation Sums of Squared Loadings |               |              |
|-----------|---------------------|---------------|--------------|-------------------------------------|---------------|--------------|-----------------------------------|---------------|--------------|
|           | Total               | % of Variance | Cumulative % | Total                               | % of Variance | Cumulative % | Total                             | % of Variance | Cumulative % |
| 1         | 1282218.956         | 34.649        | 34.649       | 1282218.956                         | 34.649        | 34.649       | 103927.188                        | 2.808         | 2.808        |
| 2         | 697528.434          | 18.849        | 53.498       | 697528.434                          | 18.849        | 53.498       | 786440.137                        | 21.252        | 24.060       |
| 3         | 638332.163          | 17.249        | 70.747       | 638332.163                          | 17.249        | 70.747       | 559132.582                        | 15.109        | 39.169       |
| 4         | 291052.514          | 7.865         | 78.612       | 291052.514                          | 7.865         | 78.612       | 75554.287                         | 2.042         | 41.211       |
| 5         | 250440.946          | 6.768         | 85.380       | 250440.946                          | 6.768         | 85.380       | 598281.536                        | 16.167        | 57.378       |
| 6         | 147262.081          | 3.979         | 89.359       | 147262.081                          | 3.979         | 89.359       | 393475.803                        | 10.633        | 68.011       |
| 7         | 95761.808           | 2.588         | 91.947       | 95761.808                           | 2.588         | 91.947       | 475312.144                        | 12.844        | 80.855       |
| 8         | 57524.867           | 1.554         | 93.501       | 57524.867                           | 1.554         | 93.501       | 120628.738                        | 3.260         | 84.115       |
| 9         | 46123.599           | 1.246         | 94.748       | 46123.599                           | 1.246         | 94.748       | 161957.167                        | 4.377         | 88.491       |
| 10        | 33531.949           | .906          | 95.654       | 33531.949                           | .906          | 95.654       | 55530.658                         | 1.501         | 89.992       |
| 11        | 29020.571           | .784          | 96.438       | 29020.571                           | .784          | 96.438       | 43011.959                         | 1.162         | 91.154       |
| 12        | 22061.513           | .596          | 97.034       | 22061.513                           | .596          | 97.034       | 14502.037                         | .392          | 91.546       |
| 13        | 19202.454           | .519          | 97.553       | 19202.454                           | .519          | 97.553       | 67035.350                         | 1.811         | 93.357       |
| 14        | 14551.909           | .393          | 97.946       | 14551.909                           | .393          | 97.946       | 112694.722                        | 3.045         | 96.403       |
| 15        | 11391.762           | .308          | 98.254       | 11391.762                           | .308          | 98.254       | 11593.077                         | .313          | 96.716       |
| 16        | 10428.173           | .282          | 98.536       | 10428.173                           | .282          | 98.536       | 13722.093                         | .371          | 97.087       |
| 17        | 7425.106            | .201          | 98.737       | 7425.106                            | .201          | 98.737       | 30802.523                         | .832          | 97.919       |
| 18        | 6758.121            | .183          | 98.919       | 6758.121                            | .183          | 98.919       | 29375.538                         | .794          | 98.713       |
| 19        | 5338.966            | .144          | 99.064       | 5338.966                            | .144          | 99.064       | 12978.354                         | .351          | 99.064       |

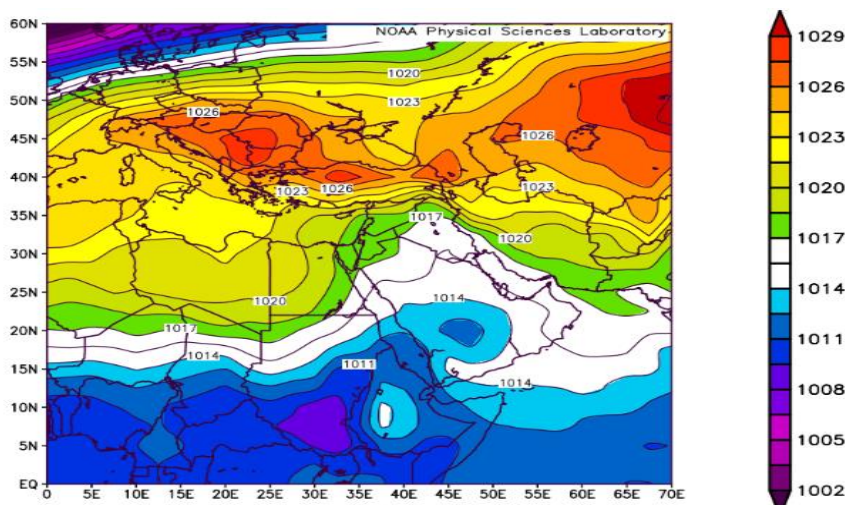


شکل ۳- درخت خوشه‌بندی روزهای برفی در زاگرس میانی

های پایین شده است. همچنین یک مرکز کم فشار نیز با فشار مرکزی ۱۰۱۱ هکتوپاسکال بر روی عربستان قرار دارد. در واقع منطقه مورد مطالعه محل برخورد زبان‌های پرفشار و کم فشار مذکور می‌باشد.

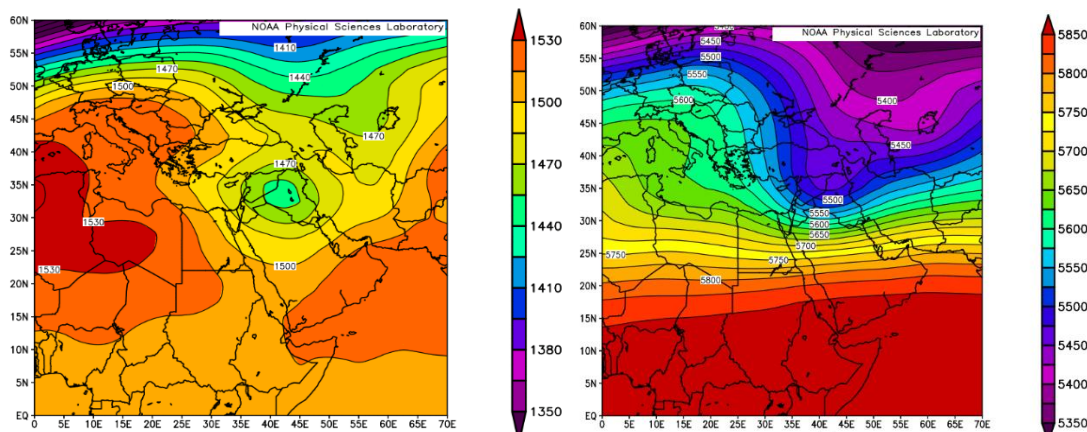
نقشه مرکب ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال یک ناوه عمیق بر روی ترکیه و شمال غرب کشور را نشان می‌دهد که محور ناوه آن تا شمال دریای خزر تا دریای سرخ می‌باشد. عمق این ناوه از ۵۰ درجه عرض شمالی تا ۳۰ درجه عرض شمالی می‌باشد و طول موج آن از ۱۵ درجه طول شرقی تا ۵۵ درجه طول شرقی می‌باشد که باعث شده منطقه مورد مطالعه ما در داخل و جلو این ناوه عمیق قرار گیرد و باعث ناپایداری و صعود هوا بر روی منطقه مورد مطالعه شده است (شکل ۵ الف).

پس از تجزیه و تحلیل داده‌های با استفاده از تکنیک تحلیل عاملی و روش خوشه‌بندی سلسله مراتبی وارد، چهار الگوی همدیدی حاکم بر روزهای برفی زاگرس میانی شناسایی و تعیین گردید که در ادامه تفسیر هر کدام از الگوها ارائه شده است. **الگوی اول:** شکل (۴) نقشه مرکب پراکندگی فشار سطح دریا برای الگوی اول در عرض صفر تا شصت درجه شمالی و صفر تا هفتاد درجه طول شرقی را نشان می‌دهد در این الگو یک مرکز پرفشار با فشار ۱۰۲۹ هکتوپاسکال بر روی دریای سیاه و کشور ترکیه بسته شده است که زبان‌های آن تا نواحی مرکزی و جنوبی کشور نیز کشیده شده است و منحنی کم فشار آن (۱۰۱۷ هکتوپاسکال) از روی زاگرس میانی عبور کرده است. مرکز پرفشار مذکور با گردش ساعتگرد خود، باعث ریزش هوای سرد به عرض



شکل ۴- نقشه فشار سطح دریا در الگوی اول بر حسب هکتوپاسکال





شکل ۵- نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (الف) و سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال (ب) در الگوی اول بر حسب متر

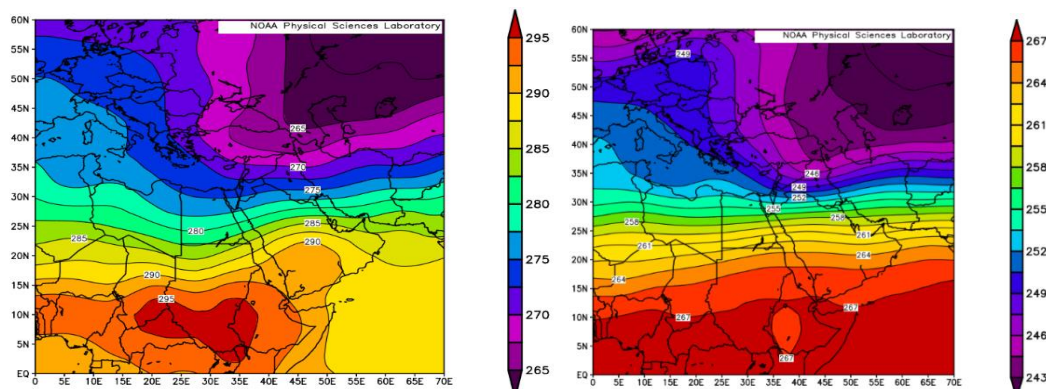
و ایجاد شرایط ناپایداری کاملاً مطابقت دارد (شکل ۷ الف و ب).

(۸ شکل الف و ب) نقشه‌های درصد رطوبت نسبی ترازهای ۵۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال را نشان می‌دهد در این الگو یک کانون رطوبتی با رطوبت نسبی ۹۰ درصد به ویژه در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال بر روی زاگرس میانی شکل گرفته است. در اثر تشکیل الگوی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و قرارگیری ناوه بر روی دریای سیاه، دریای مدیترانه و دریای سرخ، رطوبت مورد نیاز از روی مناطق مذکور به منطقه منتقل شده و با تشکیل سردچال در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در غرب کشور و ریزش هوای سرد از عرض‌های بالا و ایجاد شرایط ناپایداری، سبب تراکم این رطوبت و تشکیل برف در منطقه مورد مطالعه شده است.

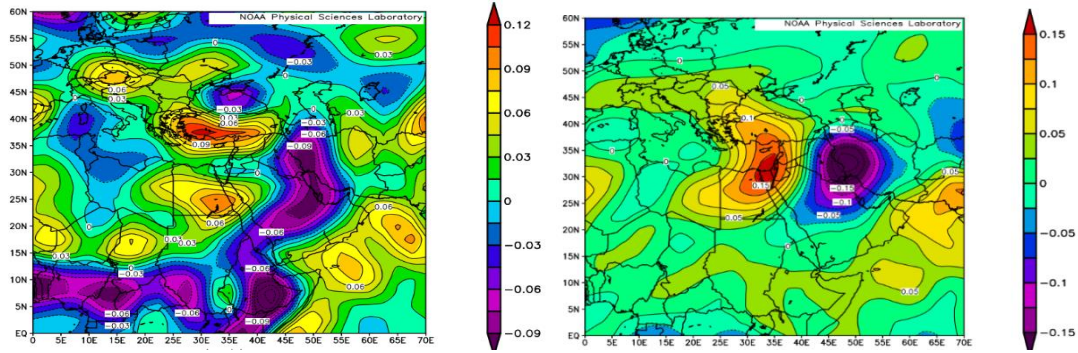
سرعت و جهت باد تراز ۵۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال جهت غربی و جنوب غربی را نشان می‌دهد. این وضعیت هوای مرطوب دریای مدیترانه و دریای سرخ را به سمت منطقه مورد مطالعه سرازیر می‌کند (شکل ۹ الف و ب).

در نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال یک منحنی کم ارتفاع با ارتفاع ۱۴۴۰ متر بر روی عراق و بین النهرین بسته شده است و باعث فرارگیری منطقه مورد مطالعه نیز در داخل یک کم ارتفاع شده است و شرایط برای ناپایداری را فراهم آورده است همچنین باعث عمیق‌تر شدن ناوه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکالی نیز شده است در واقع وجود یک سردچال در غرب ایران در داخل ناوه باعث شدت ناپایداری‌ها شده است (شکل ۵ ب). با توجه به نقشه همدمای ترازهای ۵۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال می‌توان دید که منحنی‌های زیر صفر درجه سانتی گراد بر روی زاگرس میانی و غرب کشور حاکمیت دارد که این حالت نشان دهنده سرمایش شدید هوا در ترازهای فوقانی و در سطح منطقه است (شکل ۶ الف و ب).

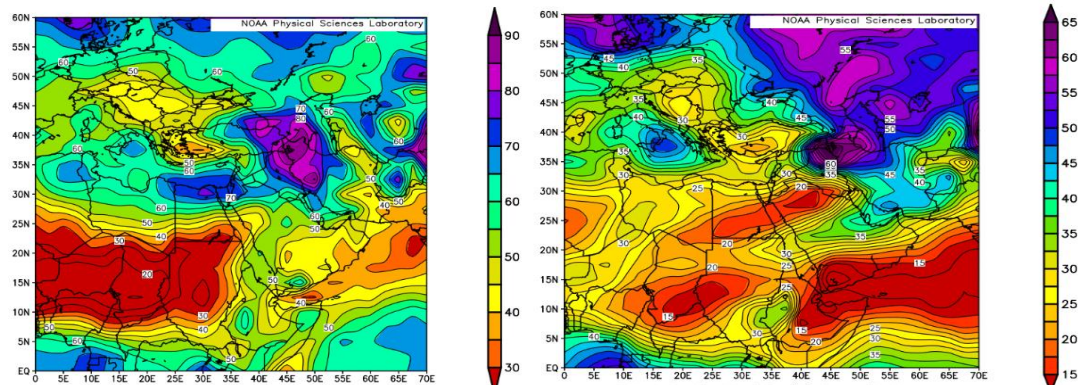
نقشه امگای تراز ۵۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکالی بر روی منطقه مورد مطالعه هسته‌ها و جریانات منفی حاکم است و شرایط ناپایداری و صعود هوا را تبیین می‌کند که با نقشه‌های تراز ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکالی به واسطه قرارگیری در جلو ناوه



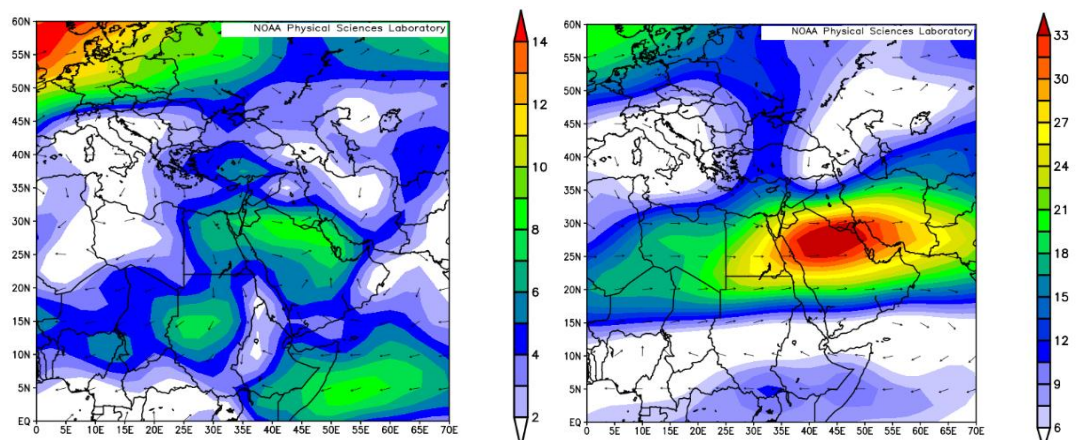
شکل ۶- نقشه دمای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (الف) و سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال (ب) در الگوی اول بر حسب کلوین



شکل ۷- نقشه امگا تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (الف) و سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال (ب) در الگوی اول بر حسب پاسکال بر ثانیه



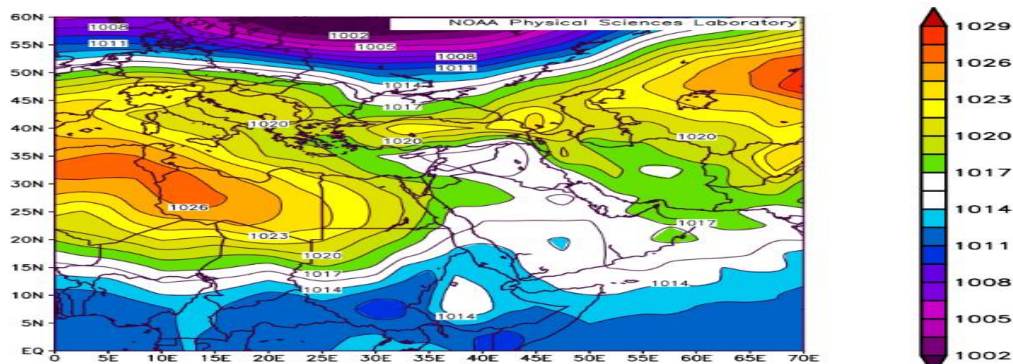
شکل ۸- نقشه رطوبت نسبی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (الف) و سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال (ب) در الگوی اول بر حسب درصد نقشه



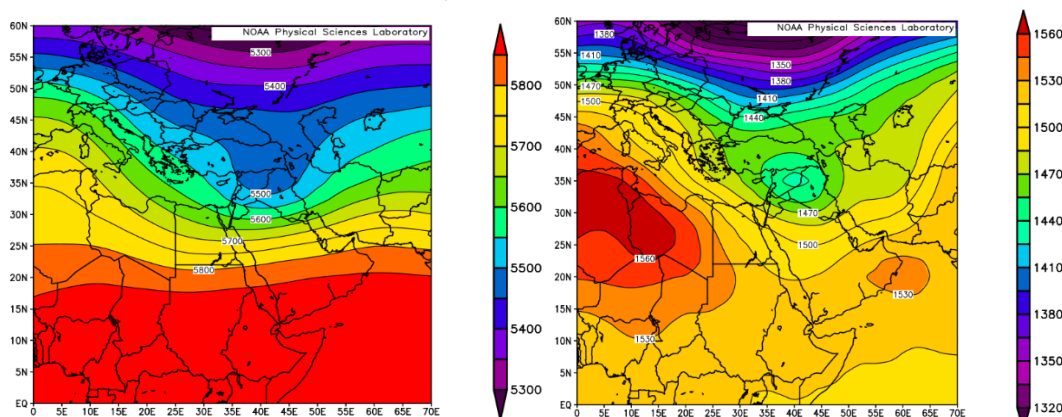
شکل ۹- نقشه بردار باد تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (الف) و سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال (ب) در الگوی اول بر حسب متر بر ثانیه

در نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال قرارگیری یک ناوه عمیق با محوریت شرق دریای مدیترانه و دریای سیاه تا شمال آفریقا گسترده شده است این شرایط باعث قرارگیری منطقه مورد مطالعه در جلو ناوه و هم گرایی پایینی و واگرایی بالایی بر روی زاگرس میانی و غرب کشور شده است که در نتیجه آن صعود و ناپایداری هوا در منطقه مورد مطالعه را شاهد خواهیم بود (شکل ۱۱ الف).

**الگوی دوم:** پراکندگی فشار سطح دریا در الگوی دوم نشان می دهد که یک مرکز کم فشار با منحنی بسته ۱۰۱۴ هکتو پاسکال بر روی عراق و بین النهرین شکل گرفته است. همچنین یک مرکز پرفشار با فشار ۱۰۲۶ هکتوپاسکال بر روی شمال آفریقا و یک مرکز پرفشار دیگر نیز بر روی شمال ترکیه و غرب دریای خزر شکل گرفته است (شکل ۱۰).



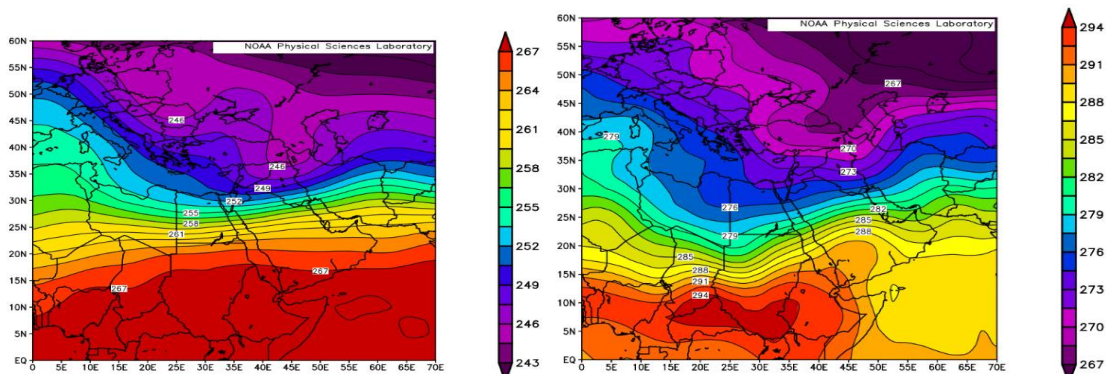
شکل ۱۰- نقشه فشار سطح دریا در الگوی دوم بر حسب هکتوپاسکال



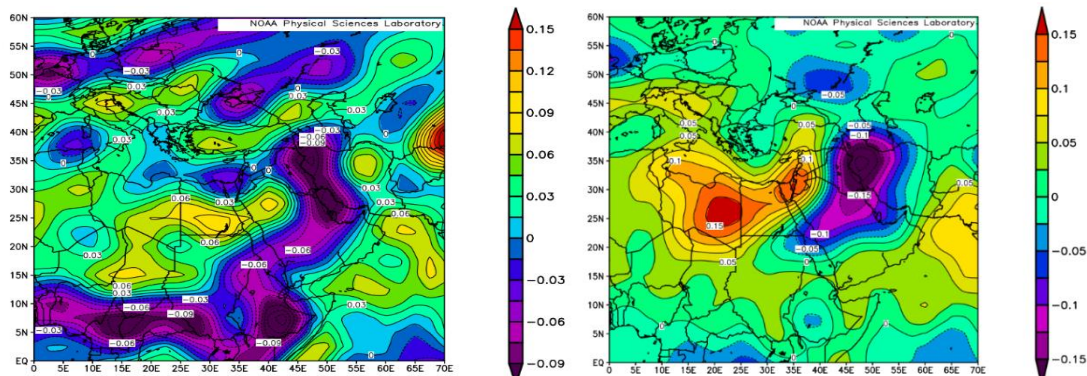
شکل ۱۱- نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (الف) و سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال (ب) در الگوی دوم بر حسب متر

کاهش دما در منطقه مورد مطالعه است. این کاهش دما در ترازهای پایین منجر به رخداد برف در سطح منطقه شده است (شکل ۱۲ الف و ب).  
با توجه به (شکل ۱۳ الف) که نقشه امگای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکالی را نشان می‌دهد در غرب کشور به واسطه تشکیل یک منحنی منفی بسته با صعود هوا با بیشینه ۰/۲۵- پاسکال بر ثانیه بر روی منطقه مورد همراه گردیده است و شرایط هوایی برای منطقه مورد مطالعه در این تراز در حالت صعود قرار دارد.

در نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال یک مرکز کم ارتفاع با منحنی بسته ۱۴۱۰ متر بر روی بخش اعظم کشور عراق و جنوب ترکیه شکل گرفته است این کانون کم ارتفاع (سردچال) بر روی منطقه مورد مطالعه نیز کشیده شده است که با جریان پاد ساعتگرد خود باعث ریزش هوای سرد به منطقه و تغییر در جهت حرکت امواج غربی شده است (شکل ۱۱ ب). با توجه به نقشه همدمای تراز ۵۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال می‌توان گفت که منحنی صفر و زیر صفر درجه از سطح زاگرس میانی عبور می‌کند که نشان دهنده



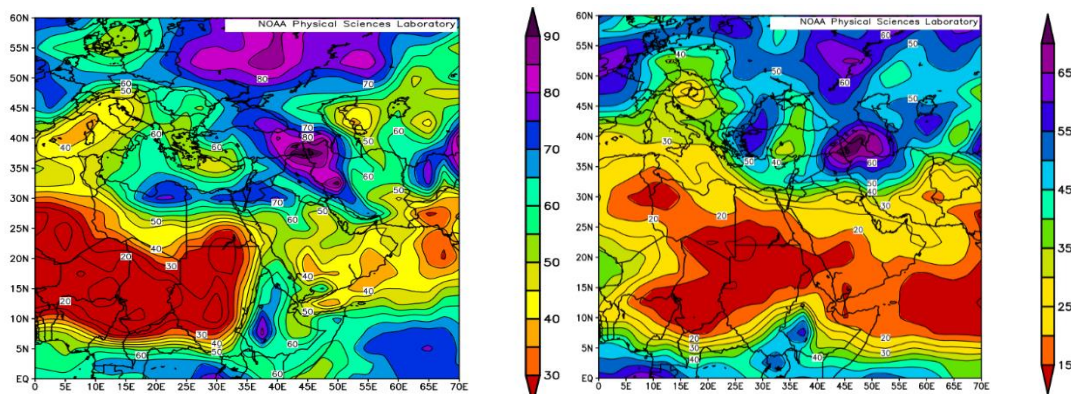
شکل ۱۲- نقشه دمای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (الف) و سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال (ب) در الگوی دوم بر حسب کلونین



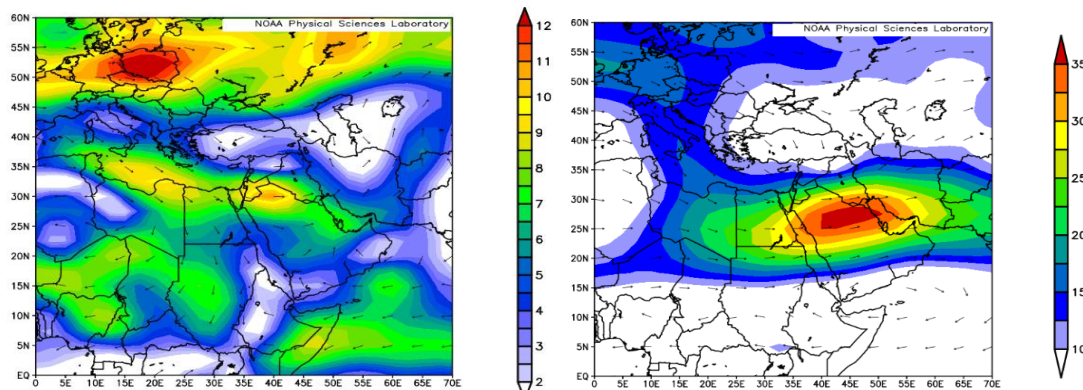
شکل ۱۳- نقشه امگا تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (الف) و سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال (ب) در الگوی دوم بر حسب پاسکال بر ثانیه

مشاهده است که در این تراز بر روی منطقه مورد مطالعه نیز گسترش یافته است (شکل ۱۴).  
 نقشه سرعت و جهت بادهای تراز ۵۰۰ و ۸۵۰ هکتو پاسکالی به ترتیب جهت غربی و جنوب غربی را در منطقه نشان می‌دهد همچنین در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکالی بر روی خلیج فارس و شمال غرب عربستان نیز حاکمیت رودباد وجود دارد و سرعت مرکزی رودباد به ۳۵ متر بر ثانیه رسیده است (شکل ۱۵ الف و ب).

نقشه امگای تراز ۸۵۰ هکتوپاسکالی نیز حاکی از صعود هوا در منطقه مورد مطالعه است. در این روز یک مرکز امگای منفی با منحنی بسته ۰/۰۹- پاسکال بر ثانیه شرایط ناپایداری هوا بر روی ارتفاعات زاگرس و کل غرب کشور کشیده شده است (شکل ۱۳ ب). (شکل ۱۴ الف) نقشه درصد رطوبت نسبی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکالی را نشان می‌دهد در این روز یک کانون رطوبتی با رطوبت نسبی ۹۰ درصد در شمال غرب کشور و جنوب دریای خزر شکل گرفته است این کانون رطوبتی در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکالی نیز قابل



شکل ۱۴- نقشه رطوبت نسبی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (الف) و سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال (ب) در الگوی دوم بر حسب درصد



شکل ۱۵- نقشه بردار باد در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (الف) و سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال (ب) در الگوی دوم بر حسب متر بر ثانیه

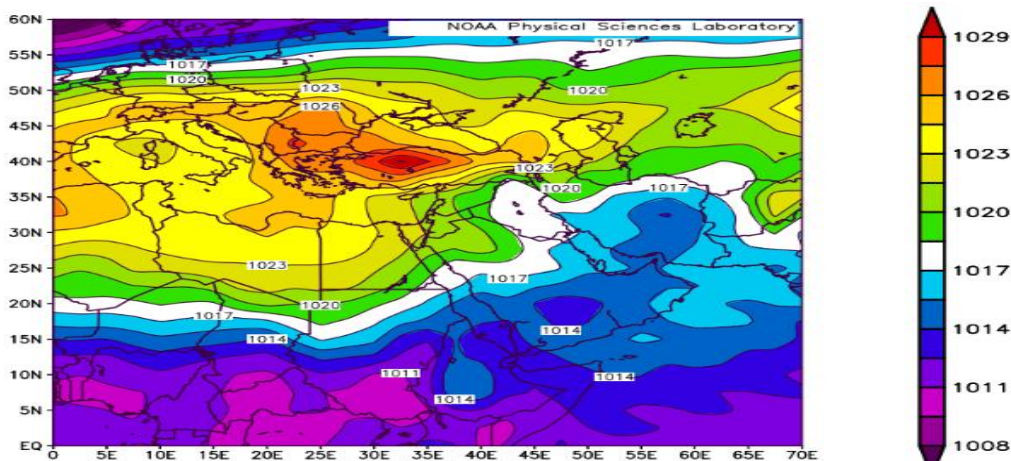
خود، باعث صعود و ناپایداری در سطح منطقه شده است (شکل ۱۷ ب). نقشه همدمای ترازهای ۵۰۰ و ۸۵۰ هکتو پاسکال در این الگو نشان می‌دهد که کاهش دما به زیر صفر درجه سانتی‌گراد تا ۳۰ درجه عرض جغرافیایی ایران کشیده شده است که نشان دهنده سرمایش جو در سطح منطقه مورد مطالعه است و شرایط رخداد برف را در منطقه مهیا نموده است (شکل ۱۸ الف و ب).

نقشه امگای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکالی حاکی از شرایط صعود و ناپایداری در سطح منطقه مورد مطالعه است و یک هسته امگای منفی بر روی کل غرب کشور قرار گرفته است (شکل ۱۹ الف). نقشه امگای تراز ۸۵۰ هکتوپاسکالی نیز حاکمیت هوای ناپایدار و شرایط صعود برای منطقه را نشان می‌دهد و وجود جریانات منفی و هسته‌های امگای منفی در هر دو تراز مورد بررسی نشان دهنده ناپایداری در سطح جو منطقه مورد مطالعه است (شکل ۱۹ ب).

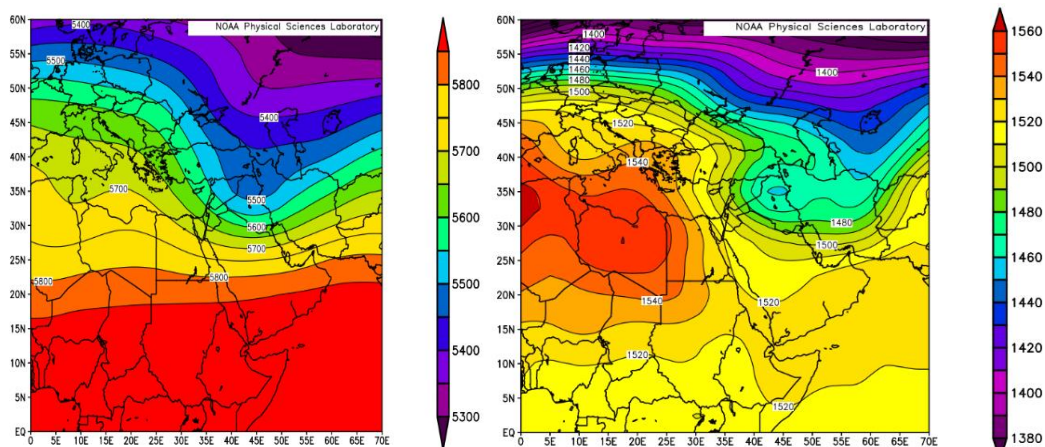
الگوی سوم: در نقشه تراز سطح دریای این الگو یک مرکز پرفشار با فشار مرکزی ۱۰۳۲ هکتوپاسکال بر روی ترکیه و دریای سیاه شکل گرفته است که منحنی ۱۰۱۷ هکتو پاسکالی آن بر روی منطقه مورد مطالعه کشیده شده است و با گردش ساعتگرد خود باعث ریزش هوای سرد به عرض‌های پایین تر می‌شود (۴-۲۸).

در نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال این الگو منطقه مورد مطالعه در جلو محور ناوه و منطقه‌ی واگرایی بالایی قرار گرفته و قسمت عقب ناوه یا شرق پشته باعث ریزش هوای سرد عرض‌های بالا بر روی دریای سیاه و دریای مدیترانه شده است (شکل ۱۷ الف).

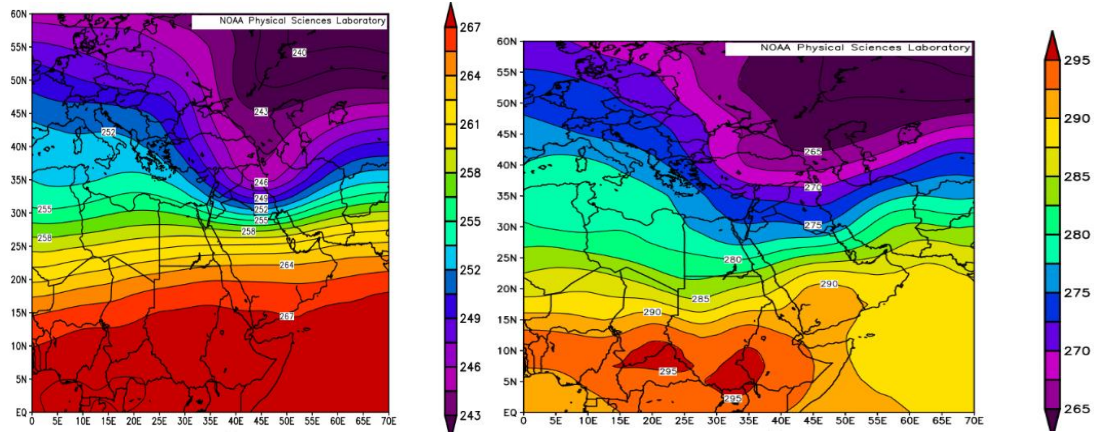
در نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال یک مرکز کم ارتفاع (سردچال) با منحنی هم ارتفاع ۱۴۴۰ متر بر روی غرب کشور شکل گرفته است این کانون کم ارتفاع بر روی منطقه مورد مطالعه قرار گرفته که با جریان پاد ساعتگرد



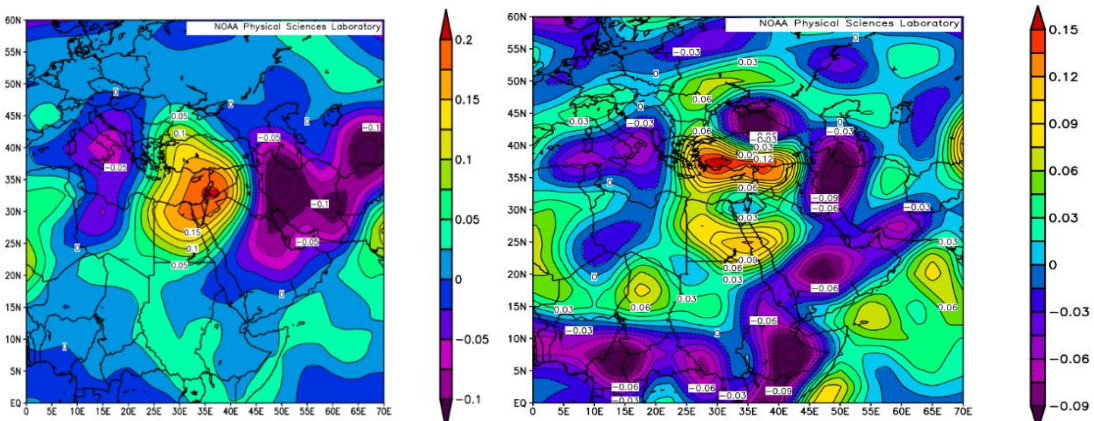
شکل ۱۶- نقشه فشار سطح دریا در الگوی سوم بر حسب هکتوپاسکال



شکل ۱۷- نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (الف) و سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال (ب) در الگوی سوم بر حسب متر



شکل ۱۸- نقشه دمای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (الف) و سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال (ب) در الگوی سوم بر حسب کلون



شکل ۱۹- نقشه امگا تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (الف) و سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال (ب) در الگوی سوم بر حسب پاسکال بر ثانیه

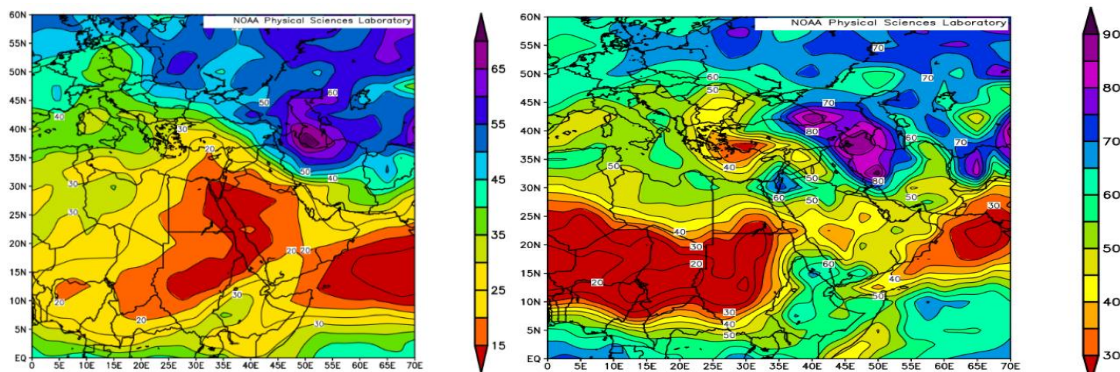
الگوی چهارم: (شکل ۲۲) نقشه پراکندگی فشار سطح دریا برای الگوی چهارم را نشان می‌دهد در این الگو یک مرکز پرفشار با منحنی بسته ۱۰۲۹ هکتوپاسکال بر روی شمال دریای مدیترانه و دریای سیاه شکل گرفته است که منحنی ۱۰۲۰ هکتوپاسکالی آن بر روی منطقه مورد مطالعه کشیده شده است که باعث نفوذ و گسترش هوای سرد و مرطوب عرض‌های بالاتر به منطقه شده است. همچنین در این الگو یک مرکز کم فشار با منحنی ۱۰۱۴ هکتوپاسکال بر روی شرق و جنوب شرق کشور بسته شده است که باعث هدایت و مکش جریانات سرد پرفشار مستقر در مدیترانه به منطقه مورد مطالعه می‌شود.

در نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال یک ناوه نسبتاً عمیق بر روی غرب کشور با محوریت غرب دریای خزر تا دریای سرخ گسترده شده است و منطقه در جلوه ناوه این سامانه قرار گرفته است یال غربی ناوه یا عقب ناوه با مرکز پرفشار شکل گرفته در سطح زمین نیز کاملاً مطابقت

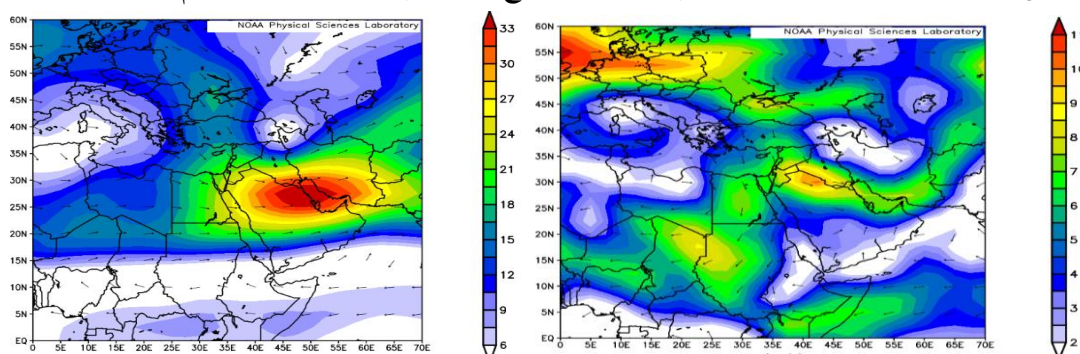
شکل‌های (۲۰ الف و ب) نقشه درصد رطوبت نسبی ترازهای ۵۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکالی را نشان می‌دهد در هر دو تراز هسته‌های رطوبتی شکل گرفته است که هسته واقع در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکالی با رطوبت نسبی ۹۰ درصد بر روی منطقه مورد مطالعه گسترش یافته است. در اثر تشکیل الگوی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و صعود و ناپایداری هوا و نفوذ و گسترش هوای سرد و مرطوب از عرض‌های بالا به منطقه، سبب تراکم این رطوبت و مهیا شدن شرایط ریزش برف در منطقه شده است.

نقشه‌های سرعت و جهت بادهای ترازهای فوقانی نیز جهت غربی و جنوب غربی را در سطح منطقه نشان می‌دهد نقشه سرعت باد در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بیان گر آن است که یک کانون سرعت باد (رودباد) با سرعت ۳۳ متر بر ثانیه در جنوب منطقه مورد مطالعه و بر روی خلیج فارس قرار دارد و موقعیت آن نقش مهمی در ایجاد ناپایداری بر روی منطقه داشته است (شکل ۲۱ الف و ب).

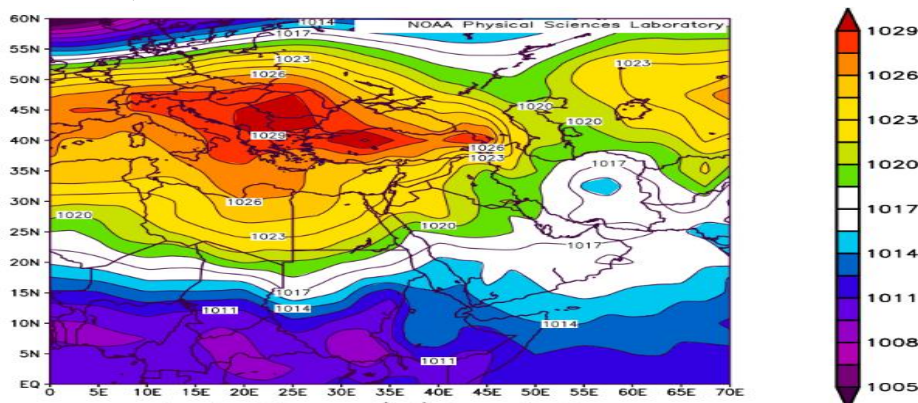
دارد و موجب ریزش‌های سرد از عرض‌های بالاتر و سپس در دامنه مخالف باعث ایجاد شرایط ناپایداری و صعود هوا در منطقه شده است (شکل ۲۳ الف).



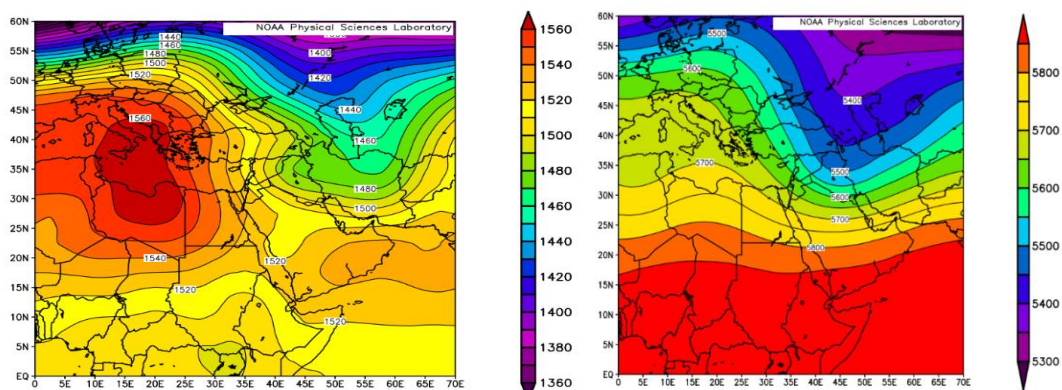
شکل ۲۰- نقشه رطوبت نسبی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (الف) و سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال (ب) در الگوی سوم بر حسب درصد



شکل ۲۱- نقشه بردار باد تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (الف) و سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال (ب) در الگوی سوم بر حسب متر بر ثانیه



شکل ۲۲- نقشه فشار سطح دریا در الگوی چهارم بر حسب هکتوپاسکال



شکل ۲۳- نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (الف) و سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال (ب) در الگوی چهارم بر حسب متر

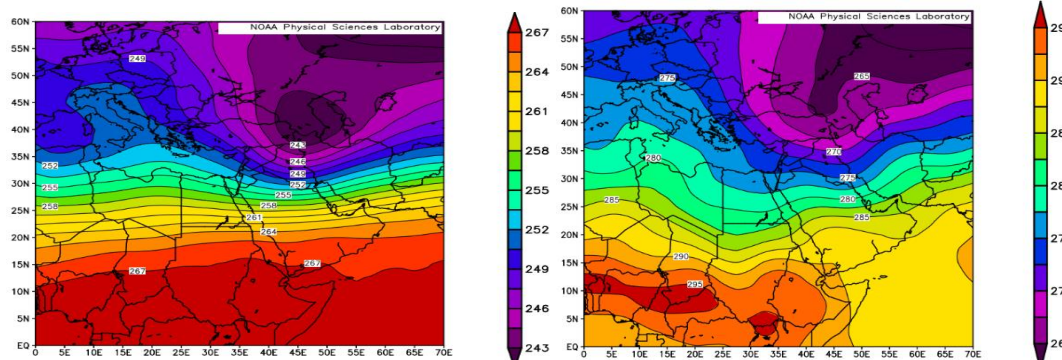
است (شکل ۲۵ الف). نقشه امگای تراز ۸۵۰ هکتوپاسکالی نیز صعود و ناپایداری هوا و تشکیل هسته امگای منفی (۰/۰۹- پاسکال بر ثانیه) در سطح منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد (شکل ۲۵ ب).

نقشه رطوبت نسبی تراز ۵۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال نشان می‌دهد که در این الگو کانون‌های رطوبتی با ۹۰ درصد رطوبت نسبی به ترتیب در شمال کشور و منطقه مورد مطالعه شکل گرفته است. همچنین فشردگی و تراکم زیاد منحنی‌های هم رطوبت به ویژه در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکالی حاکی از وجود رطوبت فراوان در سطح منطقه مورد مطالعه است (شکل ۲۶ الف و ب).

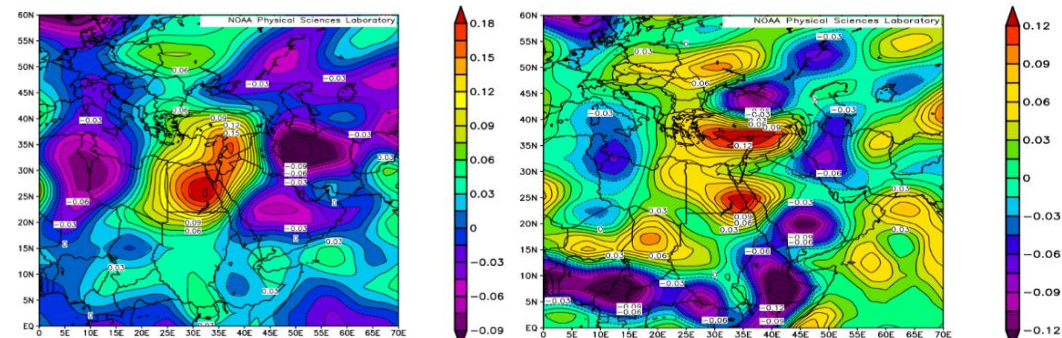
نقشه سرعت و جهت بادهای ترازها ۵۰۰ هکتوپاسکال جهت شمال غربی باد به سطح منطقه مورد مطالعه و همچنین تشکیل هسته رودباد با سرعت ۳۳ متر بر ثانیه بر روی خلیج فارس را نشان می‌دهد (شکل ۲۷ الف). در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نیز جهت شمال غربی البته با سرعت بسیار کمتر نسبت به تراز بالاتر حاکم است (شکل ۲۷ ب). خلاصه نتایج حاصل از بررسی الگوهای مختلف بر حسب تعداد روز و درصد در جدول (۴) آورده شده است.

در نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال یک پر ارتفاع با منحنی هم ارتفاع ۱۵۶۰ متر بر روی مدیترانه و شمال آفریقا شکل گرفته است که می‌تواند یک فراز مانع در نظر گرفته شود که باعث سد شدن حرکت رایج غربی- شرقی موج بادهای غربی می‌شود و باعث شکل‌گیری یک ناوه عمیق بر روی کشور و منطقه مورد مطالعه شده است این شرایط باعث ورود هوای سرد در سطح منطقه می‌شود (شکل ۲۳ ب). با توجه به نقشه همدمای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در این الگو، یک منحنی بسته همدمای ۳۰- درجه سانتی‌گراد به صورت هسته‌ای سرد (سردچال) در شمال غرب کشور و دریای خزر حاکمیت دارد که این حالت نشان دهنده سرمایش شدید هوا در ترازهای فوقانی و در سطح منطقه است (شکل ۲۴ الف). در تراز پایین‌تر یعنی ۸۵۰ هکتوپاسکال نیز بر روی منطقه مورد مطالعه منحنی صفر درجه سانتی‌گراد قرار دارد که نشان دهنده ی دماهای پایین در ترازهای فوقانی جو است (شکل ۲۴ ب).

در نقشه امگای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکالی گسترش منحنی‌های منفی با هسته ۰/۰۹- پاسکال بر ثانیه بر روی منطقه حاکمیت هوای ناپایدار و صعود هوا را نشان می‌دهد. هسته مرکزی این هوای صعودی بر روی زاگرس میانی قرار گرفته

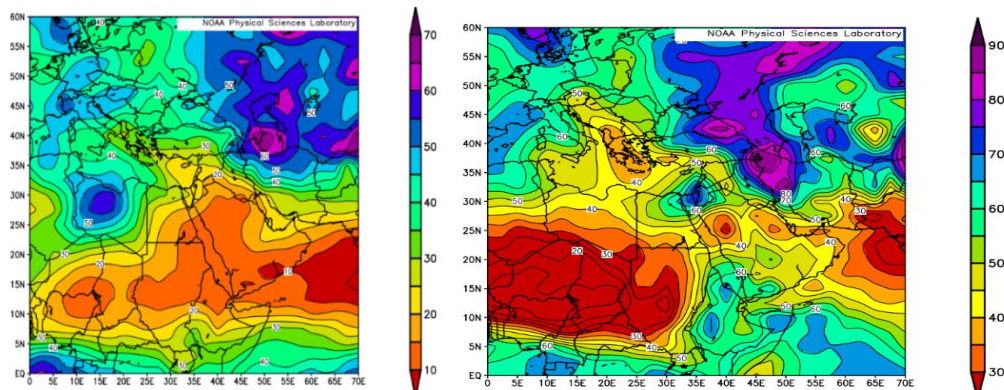


شکل ۲۴- نقشه دمای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (الف) و سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال (ب) در الگوی چهارم بر حسب کلون

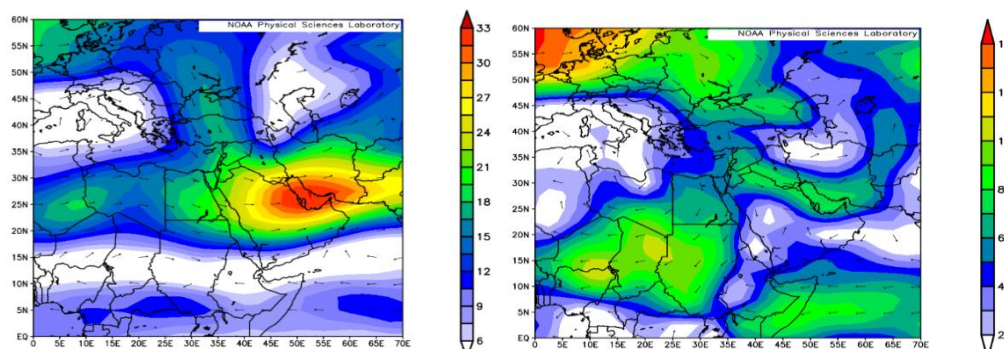


شکل ۲۵- نقشه امگا تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (الف) و سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال (ب) در الگوی چهارم بر حسب پاسکال بر ثانیه





شکل ۲۶- نقشه رطوبت نسبی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (الف) و سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال (ب) در الگوی چهارم بر حسب درصد



شکل ۲۷- نقشه بردار باد تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (الف) و سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال (ب) در الگوی چهارم بر حسب متر بر ثانیه

جدول ۴- درصد و شرایط تشکیل الگوهای مختلف بارش برف در زاگرس میانی

| شماره الگو | تعداد روز | درصد | الگوی سطح زمین  | الگوی سطح بالا   |
|------------|-----------|------|---|--|
| ۱          | ۱۲        | ۲۶/۷ | استقرار مرکز پرفشار در دریای سیاه و کشور ترکیه<br>استقرار کم فشار بر روی عربستان  | ناوه عمیق بر روی ترکیه و شمال غرب کشور و قرارگیری در جلو ناوه              |
| ۲          | ۷         | ۱۵/۵ | استقرار کم فشار بر روی عراق و بین-النهرین و یک مرکز پرفشار بر روی شمال آفریقا و یک مرکز پرفشار نیز بر روی و غرب دریای خزر | قرارگیری در جلو ناوه و هم‌گرایی پایینی و واگرایی بالایی بر روی زاگرس میانی |
| ۳          | ۱۷        | ۳۷/۸ | استقرار مرکز پرفشار در دریای سیاه و کشور ترکیه  | قرارگیری در جلو محور ناوه و منطقه‌ی واگرایی بالایی                         |
| ۴          | ۹         | ۲۰   | مرکز پرفشار بر روی شمال دریای مدیترانه و دریای سیاه   | ناوه عمیق بر روی غرب کشور با محوریت غرب دریای خزر تا دریای سرخ             |

### نتیجه‌گیری

نقشه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال، همچنین نقشه سرعت و جهت بادهای سطح زمین، نقشه رطوبت نسبی سطح زمین، نقشه آب قابل بارش، نقشه امگای تراز ۵۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال و نقشه فشار سطح دریا، با استفاده از تکنیک تحلیل عاملی و روش خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی وارد، چهار الگوی هم‌مدیدی حاکم بر روزهای

در این بررسی پس از جمع‌آوری آمار و اطلاعات مربوط به روزهای همراه با برف در طول دوره آماری (۱۹۸۹-۲۰۱۸) در ایستگاه‌های هم‌مدید واقع در سطح سه استان کرمانشاه، ایلام و لرستان و همچنین داده‌های ترازهای مختلف جوی از سایت مرکز NCEP/NCAR اخذ گردید که شامل

عرض‌های پایین شده است. همچنین در غالب مواقع بارش برف سنگین یک سردچال در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال شکل می‌گیرد که منطقه مورد مطالعه را پوشش می‌دهد و در بیشتر مواقع ناوهای قوی در شرق اروپا قرار گرفته است و یا به صورت مورب از غرب دریای خزر تا جنوب دریای سرخ کشیده می‌شود.

بررسی الگوها نشان می‌دهد که مرکز پرارتفاع جنب حاره‌ای غرب مدیترانه و فلات تبت تقویت می‌شود و با جابجایی به عرضهای جغرافیایی بالاتر به ایجاد پشته‌هایی قوی با محور شمالی- جنوبی در اروپا و آسیا کمک می‌کند. ایجاد این پشته‌ها و وجود مراکز کم ارتفاع یا سردچاله در غرب ایران یا منطقه بین‌النهرین باعث تقویت ناوه شرق مدیترانه می‌شود و به عرض‌های پایین کشیده می‌شود و موجب فرارفت سرد در منطقه مورد مطالعه می‌شود. تاوه قطبی در چنین روزهایی با محور شمالی- جنوبی یا شمال شرقی- جنوب غربی به عرض‌های پایین از جمله شمال خزر و غرب ایران امتداد می‌یابد و موجب ریزش هوای سرد در منطقه می‌شود. در بررسی الگوها و روزهای بارش سنگین برف مشاهده می‌شود، برای ریزش برف سنگین نفوذ تاوه قطبی به عرض‌های پایین ضروری است.

پدیده گردوغبار یکی از مهم‌ترین بلایایی طبیعی در جنوب شرق کشور هست که تحت عوامل طبیعی و انسانی ایجاد می‌شود و می‌تواند اثرات بسیار زیانباری بر زندگی جوامع انسانی بگذارد. حوزه جازموریان به‌عنوان مهم‌ترین و بزرگ‌ترین حوزه جنوب شرق کشور در دو استان کرمان و سیستان و بلوچستان قرار دارد. زندگی بسیاری از افراد ساکن در این حوزه به‌طور مستقیم به آن وابسته هست. وجود تالاب جازموریان در این منطقه، در شرایط خشکسالی و کم‌آبی به دلیل عدم رطوبت برداشت ذرات ریزدانه خاک و بروز پدیده گردوغبار اثرات بسیار بدی بر روی زندگی جازموریان نشینان می‌گذارد. این تالاب از دو رودخانه هلیل رود (بزرگ‌ترین رودخانه حوزه جازموریان) و بمپور تغذیه می‌شود. احداث سدهای گوناگون در مسیر این رودخانه‌ها از جمله سد صفا رود در شمال حوزه در شهر رابر و همچنین سد جیرفت میزان ورودی آب به تالاب را به‌شدت کاهش داده به طوری که گاه "هیچ آبی یا حق

برفی شناسایی و تعیین گردید و نتایج حاصل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و در نهایت تغییرات پوشش برفی و الگوهای همدیدی مختلف مولد برف در منطقه به تفصیل مورد بررسی قرار گرفتند. بررسی نقشه‌های پراکندگی فشار در تراز بالا و سطح زمین نشان داد که در اکثر مواقع در سطح زمین یک مرکز پرفشار بر روی دریای سیاه و کشور ترکیه بسته شده که زبانه‌های آن تا نواحی مرکزی و جنوبی کشور نیز کشیده شده که با گردش ساعتگرد خود باعث ریزش هوای سرد به عرض‌های پایین شده، و در تراز بالا نیز مرکز فشار بر روی عراق و بین‌النهرین شکل گرفته است، در واقع منطقه مورد مطالعه محل برخورد زبانه‌های کم فشار و پرفشار می‌باشد. تحلیل نقشه مرکب ارتفاع ژئوپتانسیل ترازهای بالا و سطح زمین نشان داد که در تراز بالا در اکثر مواقع یک ناوه عمیق بر روی ترکیه و شمال غرب کشور وجود دارد که باعث ایجاد ناپایداری شده، همچنین در سطح زمین منحنی کم ارتفاع بر روی عراق و بین‌النهرین بسته شده که باعث قرارگیری منطقه در داخل یک کم ارتفاع شده است. در بررسی نقشه‌های امگا نیز مشخص شد که بر روی منطقه هسته‌ها و جریان‌ات منفی حاکم است که شرایط ناپایداری و صعود را تبیین می‌کند. همچنین تحلیل نقشه‌های درصد رطوبت نسبی و سرعت و جهت باد نیز نشان دهنده شکل‌گیری هسته‌های رطوبتی است، که نفوذ و گسترش هوای سرد مرطوب بالاتر سبب تراکم رطوبت و مه‌ها شدن شرایط ریزش برف در منطقه شده است. نقشه‌های سرعت و جهت باد نیز در اغلب موارد جهت غربی و جنوب غربی را نشان می‌دهد همچنین تشکیل رودباد بر روی خلیج فارس نقش مهمی در ایجاد ناپایداری بر روی منطقه داشته است. نتایج حاصل از بررسی الگوهای گردشی جو نشان داد که چهار الگوی مشخص برای بارش برف در زاگرس میانی قابل شناسایی است. با بررسی نقشه‌های فشار تراز بالا و سطح زمین مشخص شد بر اساس نتایج الگوی اول و سوم با مجموع ۶۴/۵ درصد الگوی غالب بارش برف در زاگرس میانی می‌باشد که در الگوی سطح زمین عمدتاً به دلیل استقرار مراکز پرفشار در دریای مدیترانه و دریای سیاه بوده است مرکز پرفشار مذکور با گردش ساعتگرد خود، باعث ریزش هوای سرد به

- slope of central Alborz. *Physical Geography Research*, 49(3), 381-393 .
3. Babaian Iman, Najafi Nik, Zahra, Zabol Abbasi, Fatemeh, Habibi, Nokhandan, Mojbadi, Adab, Majid, Blousi, Sharareh, (2009), Climate change assessment in the period 2039-2010 using the exponential scale of circulation model data General Atmosphere, *Journal of Geography and Development* .
  4. Bednorz, E, (2008). Synoptic reasons for heavy snowfalls in the Polish- German Lowlands , *International Journal of Climatolgy*., 31(8), pp1108-1118.
  5. Dargahian, Fatemeh, Alijani, Bahlol (2019), synoptic and dynamic investigation of snowfall in Iran in 2012 with an emphasis on the phenomenon of blocking, *Journal of Natural Environment Hazards*, number 12, pp 19-36.
  6. Derksen, C., Walker, A., & Goodison, B. (2005). Evaluation of passive microwave snow water equivalent retrievals across the boreal forest/tundra transition of western Canada. *Remote sensing of environment*, 96(3-4), 315-327..
  7. Esteban, P Jones. PD, Martin.J, and Masem.M, 2005, Atmosphere circulation patterns related to heavy snowfall days in Andorra, Pyrenees, *International Journal of Climatology*, No 25, pp 319-329.
  8. Fahiminejad, Elham, Hijazizadeh, Zahra, Alijani, Bahloul, Ziaian Parviz (2012), Synoptic analysis of the snowstorm in Gilan province (February 2005), *Regional Development Geography Journal*, No. 19, pp 281-302.
  9. Falahati, F., Alijani, B. & Saliqeh, M. (2018). Investigating the effect of climate change on snow cover with the approach of water resources management in the coming decades (Case study: Basin of watershed leading to Amir Kabir dam. *Scientific Journal of Rescue and Relief*, 9(3), pp68-79.
  10. Fatahi, Ebrahim, Shiravand, Hangameh, Investigation of atmospheric circulation patterns on days with heavy snow in western Iran, *Journal of Environmental Hazard Analysis*, first year, serial number 1, 2013, 97-107.
  11. Feng.S, Hu, Q, (2007), chang in winter snowfall precipitation ratio the contiguous United States. *Journal of Geophysical research atmospheres*, 112(D15)
  12. Ghorbanizadeh Kharazi, Hossein. Saghafian, Bahram. Hagh Neghdar, Amin. (2007). Preliminary study of the effect of Enso phenomenon. *Precipitation, snow* آبه ای به تالاب سرازیر نمی‌شود علاوه بر این شرایط، عوامل طبیعی از قبیل خشک‌سالی‌ها، درجه حرارت بالا و همچنین طوفان‌های سهمگین از قبیل بادهای ۱۲۰ روزه سیستان شرایط را برای وقوع پدیده گردوغبار و طوفان‌های شن تسهیل نموده است (Alizadeh-Choobari et al 2014). گردوغبار بر خواسته از این مناطق می‌تواند به‌طور مستقیم استان‌های کرمان، سیستان و بلوچستان و همچنین هرمزگان را تحت تأثیر قرار دهد. بنابراین مطالعه درباره مسیر حرکت ذرات و همچنین کانون‌های برداشت گردوغبار امری بسیار ضروری هست. در این تحقیق ابتدا طوفان گردوغبار ۷ الی ۸ اکتبر ۲۰۱۸ به‌منظور شبیه‌سازی و مسیریابی انتخاب گردید که نتایج نشان دادند که قسمت‌های جنوبی حوزه جازموریان (منطقه تالاب و اطراف آن) می‌تواند به عنوان کانون بحرانی گردوغبار این مناطق در نظر گرفته شود و همچنین ذرات بر خواسته از این مناطق به سمت دریای عمان حرکت می‌کند که بیشتر استان هرمزگان و جنوب سیستان را تحت تأثیر قرار می‌دهد و همچنین برای سامانه‌های ناوربری و دریانوردی مهم است. Mesbahzadeh et el 2020 در مطالعه‌ای با استفاده از مدل WRF-Chem به شناسایی کانون‌های بحرانی فلات مرکزی ایران پرداختند که نتایج آن‌ها مبنی بر معرفی جنوب حوزه جازموریان به‌عنوان یکی از کانون‌های بحرانی این منطقه، نتایج این مطالعه را تأیید می‌کند. همچنین Baghban et al 2019 در تحقیقی به‌منظور تعیین کانون‌های مهم گردوغبار ایران، این موضوع را تأیید کرده است. Soleimani Sardoo et al 2021 در مطالعه‌ای با شبیه‌سازی عددی طوفان گردوغبار ۲ خرداد ۱۳۹۷ نشان دادند که منطقه جنوب حوزه جازموریان یکی از مهم‌ترین کانون‌های برداشت گردوغبار در جنوب شرق کشور هست که تأیید کننده نتایج این تحقیق است.

## منابع

1. Abhari, Maryam (2005), Synoptic Analysis of Heavy Snow and Its Impact on Haraz Road Avalanches, M.Sc. Thesis, Shahid Beheshti University.
2. Azizi, G., Rahimi, M., Mohammadi, H., & Khoshakhlagh, F. (2017). Spatio-temporal variations of snow cover in the southern

22. Mimmack, G.M., Mason, S.J., Galpin, J.S. (2001). Distance Metrics in hierarchical cluster analysis: defining regions. *Journal of Climate*, 14: 2790- 2797.
23. Mirmousavi, Seyyed Hossein, Sabour, Lyal (2013) Study The trend of changes in snowfall in the northwestern region of Iran. *Geography and environmental planning*, year 25, number 3, pp. 119-136.
24. Momenpour, Forough, Negah, Samaneh, Hadinjad Sabouri, Shabnam, Farid Mojtabehi, Nima and Asadi Eskoui, Ibrahim (2013) Analyzing the mechanism of the hazard of heavy snow in Jalgahi Gyalen in the last half century, *geography and environmental*. no, 9, pp. 17-36.
25. Montazeri, Majid, Fanai, Razieh, (2017), Identifying Iran's Snowy Regions by Cluster Analysis, *Journal of Natural Environment Hazards*, Volume 7, Number 16, pp 241-258.
26. Mostafaei, Jalal, Kalantari, Mustafa. (2004). Cluster analysis. Associate Thesis in Statistics, Faculty of Statistics and Informatics, Iranian Education Evaluation Organization, Tehran.
27. Petkova, N., Brown, R., Koleva, E., Alexandrov, V. (2005). Snow cover change in Bulgarian Mountainous regions, 1931-2000. *Hrevaski Meteor- OLISKI CASOPIS*, 40(40), 662-665.
28. Rezaei, P. and Janbaz Ghobadi, Gh.R. (2012). The Synoptic Analysis of Snow in Guilan Plain. *J. Basic. Appl. Sci. Res.*, 2(5)4722-4732.
29. Safari, Hedieh, Salahi, Boroumand (2010), Synoptic statistical analysis of heavy snowfalls in Kermanshah, Fifth National Conference on Geology and Environment.
30. Shakiba, Amineh, Sadeghi, Soleiman, Doostan, Reza, (2016). The Synoptic Activity Centers and Pressure Patterns of Heavy Snowfall in Northwest of Iran. *Journal of Geography and Environmental Hazards*. 4(16)87.magiran.com/p154854.
31. Sen, P. K (1968). Estimates of the regression coefficients based on Kendall's tau. *Journal of the American Statistical Association*, 63:1379-1389.
32. Simona, F., Silvia, T., Fiorella, A., Mattia, F., Diego, G., Cristina, P.M., Secondo, B. (2015). How Snow and Its Physical Properties Change in a changing Climate Alpine Context? In *Engineering Geology for Society and Territory- Volume 1* (pp.57-60). Springer International Publishing.
- level and temperature on the average flow of Karun River in Shaloo Bridge hydrometric station. The first regional conference of Behbahan water, Islamic Azad University, Behbahan branch.
13. Hendrikx, J., Hreinsson, E, O, (2012) The potential impact of climate change on seasonal snow in New Zealand: part II industry valerabli and future snowmaking potential, *Theoretical and Applied climatology*, 110(4), pp. 619-630.
14. Huang, Xiaodong, Deng, Jie, Wang, Wei, Feng, Qisheng, Liang, Tiangang, 2017, Impact of climate and elevation on snow cover using integrated remote sensing snow products in Tibetan Plateau, *Remote Sensing of Environment*, Volume 190, PP 274-288.
15. Karandish, Fatemeh., Ebrahimi, Kiomars., Porhemat, Jahangir. (2008). Calibration of snowmelt parameters in estimating flood hydrograph - Karun Basin, Shaloo Bridge. The Second National Conference on Hydropower, Tehran, Iran Water and Power Resources Development Company.
16. 15. Kashki, Abdolreza, Haji Mohammadi, Hassan (2016). Investigating atmospheric synoptic systems during heavy snow events in the northern provinces of Iran, *Journal of Water Resources Research*, 13th year, number 2, 170-181.
17. Klein, Geoffrey, Vitesse, Yann, Rixen, Christian, Marty, Christoph, Rebetez, Martine, 2016, Shorter snow cover duration since 1970 in the Swiss Alps due to earlier snowmelt more than to later snow onset, *Climatic Change*, Volume 139, pp 637-649.
18. Lashkari, Hassan, Naghizadeh, Habibeh, Moradi, Mohammad, Najafi, Mohammad Saeed (2013), Analysis of basic synoptics of snowfall in northwestern Iran, *Journal of Climatological Research*, Fifth Year, No. 19 ,pp11-22.
19. Laternser, M., schaneebeli, M. (2003). Long-term snow climate trends of the Swiss Alps (1931-99). *International Journal of climatology*, 23(7), 733-750.
20. Lehning, M., Bartelt, P., Brown, B., Fierz, C (2000). A physical SNOW- PACK model for the Swiss avalanche warning: Part III: Meteorological forcing, thin Layer formation and evaluation. *Cold Regions Science and Technology*, 35(3), 169-184.
21. Miller, N. L., Bashford, K. E., Strem., E. (2003). Potential impacts of climate change on California hydrology. *Climatology*, 110(4), 619-630.