

تحلیل هم‌دید دمای پایه بارش برف در شمال غرب ایران

حسن لشکری^{۱*}، حبیبه نقی زاده^۲، محمد مرادی^۳، محمد سعید نجفی^۴

۱- دانشیار دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم زمین

۲- دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی، دانشگاه تبریز

۳- استادیار هواشناسی سینوپتیکی، سازمان هواشناسی کشور

۴- دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی، دانشگاه تبریز

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۸/۲۸

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۱/۳/۱۷

چکیده

به منظور شناسایی و طبقه‌بندی الگوهای هم‌دید ایجاد کننده برف شمال غرب کشور و استخراج دمای پایه آن، دمای ساعتی، بارش روزانه و هوای حاضر ۱۲ ایستگاه منطقه در فصل سرد دوره ۲۰۰۸-۱۹۹۵ از سازمان هواشناسی کشور تهیه شد. با استفاده از یک زبان برنامه نویسی رایانه ای، بارش‌های برف از داده های هوای حاضر استخراج شد. بر اساس آستانه تعریف شده و قدرت فراگیری بارش برف در منطقه، ۱۵ سامانه انتخاب شد. بر اساس تغییرات روند معدل دمای دو متری ایستگاه‌های منتخب که از این به بعد دمای سطحی نامیده می شود، سامانه‌ها به دو گروه دسته بندی شدند. در گروه اول سامانه‌هایی قرار گرفتند که معدل دمای سطحی ایستگاه‌های منتخب در آن از ساعتها قبل، زیر صفر بوده و گروه دوم نیز سامانه‌هایی را شامل می شود که در آنها وقوع برف همزمان با کاهش معدل دمای سطحی به زیر صفر رخ داده است. برای کاهش حجم مقاله از بین سامانه های انتخابی، فقط گره های هم‌دید سامانه ۲۰ دسامبر ۲۰۰۲ به عنوان سامانه معرف گروه اول و سامانه ۱۸ نوامبر ۲۰۰۱، به عنوان سامانه معرف گروه دوم آورده شده است. نتایج حاصل از بررسی هم‌دید این دو سامانه نشان می دهد که سامانه پرفشار سیبری در کاهش دمای سطحی یا سرمایش زمین در گروه اول نقش مهمی به عهده دارد بطوریکه از روزهای قبل از بارش برف، پشته فشاری ناشی از پرفشار سیبری گسترش یافته و از سمت شمال شرق منطقه مطالعاتی را تحت تاثیر قرار داده است. در سامانه معرف گروه دوم، عبور کم فشار شمالی در مجاورت پشته فشاری ناشی از پرفشار مهاجر اروپا به منطقه مطالعاتی عامل فرارفت هوای سرد به منطقه بوده است. از بررسی هم‌دیدی حالت‌های موردی مربوط به گروه اول مشخص شد که در مواردی نیز، دمای سطحی ایستگاه‌های منتخب در اثر ترکیب پشته های فشاری ناشی از پرفشار سیبری و پرفشار مهاجر اروپا کاهش یافته است. در گروه دوم نیز مواردی دیده شد که پرفشار مهاجر اروپا به تنهایی سبب انتقال هوای سرد به منطقه مطالعاتی بوده است. شایان ذکر است که دامنه زیاد دمای پایه در گروه اول و دامنه کم آن در گروه دوم در موقع بارش برف و نیز دامنه کم آن در قبل و بعد از بارش در گروه اول و دامنه زیاد آن در گروه دوم در قبل و بعد از بارش از ویژگیهای سامانه‌های انتخابی است که یکی دیگر از نتایج این پژوهش می باشد.

واژگان کلیدی: تحلیل هم‌دید، برف، دمای پایه، شمال غرب، ایران.

*.Email: h-lashkari@sbu.ac.ir

مقدمه

حفظ می‌کنند و ذوب نمی‌شوند، زیرا زمانی که دانه‌های برف از کف ابر به دورن لایه غیر اشباع و خشک ریزش برف می‌کنند، به سرعت تبخیر می‌شوند. تداوم ریزش برف و فرایند تبخیر سبب کاهش دمای هوا (دمای خشک) و افزایش دمای نقطه شبنم می‌شود، در حالی که دمای تر بدون تغییر باقی می‌ماند. به تدریج تمامی لایه هوا تا حد دمای تر سرد شده و هر سه دما (خشک، تر، نقطه شبنم) بر هم منطبق می‌شوند و حالت اشباع ایجاد می‌شود (آرنس، ۲۰۰۷). در زمان ریزش برف امکان دارد دمای هوا چندین درجه بالاتر از صفر باشد، از آنجا که در چنین شرایطی تراز یخبندان تقریباً نزدیک سطح زمین است، دانه‌های برفی که با سرعت در حال سقوط هستند، زمان کافی برای ذوب شدن را ندارند و علیرغم بالا بودن دمای سطح زمین به شکل برف به زمین می‌رسند. در این حالت چنانچه ارتفاع تراز یخبندان زیاد باشد و با توجه به نیمرخ قائم دما ممکن است بارش به صورت باران باشد. در این مقاله دمای پایه ریزش برف با توجه به سامانه‌های هم‌دید در منطقه شمال غرب کشور که از مناطق برفگیر کشور است، مورد بررسی قرار گرفته است.

از جمله کارهای معدودی که در این زمینه انجام گرفته و به نحوی متأثر از کمیت دما می‌باشند، می‌توان به کار بویدن^۶ (۱۹۶۴) اشاره کرد. وی شش عامل مؤثر در پیش-بینی برف را مقایسه کرده و در نهایت برای پیش‌بینی بارش برف، بهترین عامل را ارتفاع تراز یخبندان، ترکیب فشار و ضخامت لایه ۱۰۰۰-۸۵۰ هکتوپاسکال را معرفی می‌کند. بوث^۷ (۱۹۷۰) نیز پس از آن دمای نقطه شبنم را به عنوان پارامتر پیش‌بینی‌کننده بارش برف خواند. لاترنسر^۸ (۲۰۰۳)، ریزش برف را در کوه‌های آلپ فرانسه در دوره آماری ۲۰۰۳-۱۹۵۸ بررسی کرده است. او نشان داد که از دهه ۹۰ به بعد دمای میانگین حدود ۲/۵ درجه سلسیوس افزایش یافته است و فراوانی ریزش برف نیز در آن منطقه کاهش داشته است. چرا که با افزایش دما، احتمال دستیابی به دمای پایه ریزش برف برای سیستم‌های بارشی کمتر شده است.

بارش برف از منابع اصلی بیلان آب، جریانهای سطحی بهاری، سفره‌های آب زیرزمینی، رودخانه‌ها و چشمه‌ها، موهبتی الهی محسوب می‌شود. از سویی دیگر، این فرایند در بعضی سالها مشکلات متعدد و شرایط نامطلوبی را در مناطق برف گیر ایجاد می‌کند. کاهش دید افقی به هنگام بارش برف (ریتالاک^۱، ۱۳۷۰)، انباشتگی برف، کولاک برف، یخبندان و لغزندگی سطح جاده‌ها، از عوامل بازدارنده ترافیکی درون شهری و جاده‌ای هستند که برطرف کردن آنها به واکنش‌های سریع و عملیات اصلاحی نیاز دارد (خانا^۲، ۲۰۰۵). بارش برف سنگین بر روی سطوح شیب‌دار و انباشتگی لایه‌های مختلف آن می‌تواند به رخداد بهمن منجر شود (پاتریک^۳، ۲۰۰۴). چگالی یک لایه انباشته شده برف که در ابتدا 100 kg/m^3 بوده است، در طول فصل زمستان می‌تواند تا 400 kg/m^3 تغییر کند. همچنین بارش برف به صورت سنگین از این لحاظ که امکان دارد در یک زمان غیرمعمول و در یک مکانی که انتظار بارشی با حجم فراوان وجود ندارد، مشاهده شود، حائز اهمیت می‌باشد (لیست^۴، ۲۰۱۴). چنانچه دما به بالای صفر درجه برسد، ذوب برف در توده آغاز می‌شود و در نتیجه ریسک حرکت توده و یا ایجاد بهمن افزایش می‌یابد (کیت^۵، ۱۹۹۶). ریزش برف در زمانی که گیاهان آمادگی مقابله با آن را نداشته باشند، نیز می‌تواند خسارات زیادی را به بخش کشاورزی وارد کند. برای مثال، چنانچه برف قبل از سبز شدن گیاه گندم و آمادگی آن در مقابل سرما ریزش کند، خسارات زیادی بر عملکرد آن وارد خواهد شد (کمالی، ۱۳۸۰).

بنابراین ایجاد امکان در امر پیش بینی این نوع بارش با توجه به کمیت دما می‌تواند تا حد زیادی از خسارتهایی که به آنها اشاره شد، جلوگیری نماید. در مناطق با اقلیم سرد، بارش برف بیشتر اوقات از دمای حدود 3°C آغاز می‌شود. در این دما، چنانچه نم نسبی به کمتر از ۱۰۰ درصد و دمای تر صفر درجه یا کمتر باشد، دانه‌های برف حالت خود را

1. Ritallak
2. Khanna
3. Patrick
4. Liasat
5. Keith

6. Boyden
7. Booth
8. Laternser

غیرمتعارف تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال اثبات نمودند. ونژوو^۵ و همکاران (۲۰۰۸) 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 داد. نتایج حاصل برای توجیه این سرما و بارش منجمد بی سابقه در ارتباط با سه عامل بوده است. (۱) بلوکینگ مداوم روی سیبری، که حدود $E^{\circ} 65$ به مدت ۳ هفته باقی ماند و منجر به وزش هوا سیبری خشک و سرد به مرکز و جنوب چین شد (۲) یک جریان قوی مداوم جنوب غربی همراه با نیمه گرمسیری اقیانوس آرام غربی بالا منجر به افزایش فرارفت رطوبت از خلیج بنگال به مرکز و جنوب چین، و (۳) لایه وارونگی عمیق در تروپوسفر پایین تر همراه با پوشش برف طولانی بیش از مناطق مرکزی و جنوبی چین. ترکیب این سه عامل است به احتمال زیاد مسئول شدت غیر معمول این رویداد با یک دوره بازگشت طولانی بوده است. از دید وی دماهای بسیار کم منجر به بارش برف و هوای یخی می‌شود و برای پیش‌بینی اینگونه رخدادها و مطالعات آتی، بررسی ترکیبی شرایط سینوپتیکی و سطح زمین را پیشنهاد کرده و تخمین دمای ریزش برف در شرایط مختلف سینوپتیکی را معیار خوبی برای پیش‌بینی برف می‌داند.

در ایران نیز تحقیقات زیادی انجام گرفته است که بیشتر آنها در قالب پایان نامه های دانشجویی می باشد. قائمی و نوحی (۱۳۵۵) جزء اولین کسانی بودند که وابستگی نوع بارش را با تغییرات کمیت‌های هواشناسی از جمله دمای سطحی بررسی کردند. آنها با استفاده از داده های تاریخی و داده های جو بالاتوانستند بین ریزش برف و دمای سطحی، ریزش برف و اختلاف دمای نقطه شبنم و دمای خشک، ریزش برف و ضخامت لایه ۷۰۰-۸۵۰ و نیز بین ریزش برف و تراز یخبندان همبستگی معنی داری بیابند و در این خصوص نیز روابط تجربی ارائه دهند. مشایخی (۱۳۶۲) برای بر آورد ذوب برف، عوامل مؤثر در آنرا در گزارشی تحت عنوان هیدرولوژی در منابع آب ارائه داده است. مسیبی (۱۳۷۷) نیز دمای آستانه ریزش برف در حوزه زاینده رود را بررسی کرده است. او نشان می دهد که

پتکوا^۱ (۲۰۰۵)، ارتباط کاهش ارتفاع برف و تغییرات دمای سطحی در شمال حوضه دانوب در دوره آماری ۲۰۰۵-۱۹۳۱ در کشور بلغارستان را بررسی کرده است. او با استفاده از آزمون من-کندال نشان داد که کاهش ارتفاع برف منطقه مورد نظر با افزایش قابل توجه دمای سطحی ایستگاه های منطقه در فصل سرد (ماه های دسامبر تا فوریه) همراه بوده است. بوراکواسکی^۲ (۲۰۰۸)، ارتباط تغییرات دما و روند بارش برف در دوره آماری ۲۰۰۵-۱۹۶۵ را در شمال شرق آمریکا بررسی کرده است. او نشان داد که در دوره فوق، افزایش دمای کمینه، بیشینه و میانگین با کاهش فراوانی ریزش برف در منطقه همراهی کرده است. این تحقیق نیز با روشن ساختن وابستگی بارش برف به دما، کاهش این نوع بارش به افزایش دمای سطحی ارتباط داده است. سرکوئت و همکاران (۲۰۰۱) با تجزیه و تحلیل نسبت روزهای بارش برف به روزهای بارشی، به منظور ارزیابی تاثیر تغییر درجه حرارت در بارش برف یک دمای آستانه ای $-2.7^{\circ}C \pm c$ در زمستان $0.8^{\circ}C \pm 0.6^{\circ}C$ در بهار به دست آورده‌اند که در بالاتر از این دماها، حتی با وجود شرایط سینوپتیکی و دینامیکی لازم، بارش برف در فصول بهار و زمستان اتفاق نمی‌افتد. موناگان^۳ و همکاران (۲۰۰۸) از یک منظر دیگر با شبیه سازی دما و بارش برف با در نظر گرفتن دما به عنوان پارامتر مهم برای ریزش و عدم ریزش برف قطب شمال به این نتیجه رسید که با افزایش دمای سطح زمین امکان اینکه دما در حد آستانه بارش برف قرار گیرد، افزایش می‌یابد و شانس اینکه از دست رفتن توده‌های یخی جبران شود، بیشتر می‌شود.

در مورد شناسایی الگوهای هم‌دیدی بارش برف از دیدگاه شرایط دمایی حاکم نیز تحقیقاتی انجام گرفته است که برای نمونه می توان به مطالعه بیکلند و ماک^۴ (۲۰۰۱) ضمن توصیف الگوهای چرخشی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برای روزهای همراه با حداقل ۳۲ سانتی‌متری بارش برف در ۲۴ در مونتانا آمریکا، ارتباط بسیار نزدیک چنین بارشهایی را که منجر به وقوع بهممن می‌شوند با ارتفاع

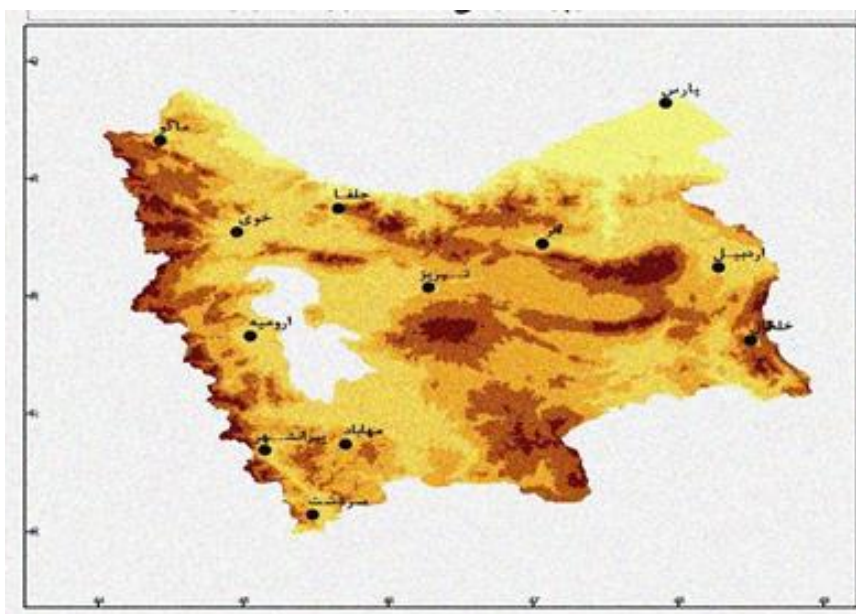
- 1 . Petkova
2. Burekowski
3. Monaghan
4. Bikland and mack

الگوهای هم‌دیدی مربوط به بارش برف شمال غرب کشور، سعی می‌شود تا ارتباط بین ریزش برف و میانگین دمای سطحی ایستگاه‌های منطقه مطالعاتی تعیین شود، تا بدینوسیله امکان پیش‌بینی نوع بارش در زمین نیز فراهم آید.

داده‌ها و روشها

برای مطالعه و تحلیل هم‌دیدی و دینامیکی دمای پایه برای ریزش برف شمال غرب کشور که درصد زیادی از کل بارش سالیانه را در این منطقه به خود اختصاص می‌دهد، ابتدا پراکندگی ایستگاه‌ها در سطح منطقه به صورتی انتخاب شد تا تأثیر همه توده هواهای ورودی و مؤثر بر اقلیم منطقه را نشان دهد. در همین راستا ایستگاه‌های اهر، جلفا، خلخال، خوی، مهاباد، ماکو، ارومیه، اردبیل، تبریز، پارس، پیرانشهر و سردشت انتخاب شدند. شکل ۱ موقعیت کوهساری منطقه و ایستگاه‌های انتخابی را نشان می‌دهد.

دمای آستانه برای ریزش برف در حوزه آبریز زاینده رود ۲ درجه سلسیوس است و سپس با استفاده از روش درجه-روز ذخیره برفی حوضه زاینده‌رود را برآورد نموده است. پدرام و همکاران (۱۳۹۰) با استفاده از دمت و دمای نقطه شبنم اقدام به استخراج دمای آستانه ریزش برف نمود. بر اساس نتایج به دست آمده، دما به طور میانگین در بیشتر ایستگاه‌های مورد مطالعه منفی بوده است و به سبب گذرازی فاز مثبت به منفی فراوانی بارش برف بیشتر در دمای ۰ تا ۰/۰۵ درجه سانتی‌گراد بیشتر از دماهای دیگر بوده است. در گستره دمایی ۱ تا ۰/۳ درجه بیشینه احتمال ریزش برف در دماهای مثبت وجود داشته است. در دماهای بیش از ۳ درجه سانتی‌گراد هم بارش برف به ندرت رخ داده است. همانگونه که ملاحظه شد، تا به حال مطالعه ترکیبی در ارتباط با گردش‌های اتمسفری و دمای طحی زمین برای ریزش برف انجام نشده است. در این پژوهش با بررسی



شکل ۱- موقعیت کوهساری منطقه و ایستگاه‌های هم‌دیدی انتخابی.

همراه با بارش برف که آب معادل آن بیشتر از ۵ میلیمتر بود، استخراج شدند. مبنای انتخاب ریزش‌های بیشتر از ۵ میلی‌متر، این بود که امکان مطالعه تعداد بیشتری حالت موردی برف فراهم شود تا نتایج قابل اطمینانی به دست آید. سپس برای بررسی، سامانه‌هایی انتخاب شدند که دست کم ۵۰ درصد ایستگاه‌های منطقه بارش برف داشته باشند که آب معادل آن بیشتر از ۵ میلیمتر باشد. براساس معیارهای

داده‌های ایستگاه‌های هم‌دیدی انتخابی در دوره آماری ۱۹۹۵-۲۰۰۸ از سازمان هواشناسی کشور گرفته شد. این داده‌ها که به فاصله سه ساعته است کمیتهای زیادی را در بر می‌گیرد. جهت استخراج داده‌های مربوط به روزهای برفی ابتدا با استفاده از برنامه‌نویسی رایانه‌ای، روزهای

استفاده می‌شود. برای بررسی ترمودینامیکی میدان نم ویژه تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال و در بررسی دینامیکی میدان سرعت قائم تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بررسی می‌شود. داده‌های مربوط به الگوهای همدیدی، ترمودینامیکی و دینامیکی از بایگانی NCEP/NCAR گرفته شده است. این داده‌ها که با گام شبکه ای ۲/۵ درجه در راستای طول و عرض جغرافیایی تمامی نقاط زمین را پوشش می‌دهد، بوسیله برنامه‌های رایانه‌ای به شبکه ای محدود به طول جغرافیایی صفر تا هشتاد درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۱۰ تا ۶۰ درجه شمالی انتقال یافت. در این محدوده الگوهای همدیدی موثر بر ایران آشکار می‌شود. در ادامه به منظور آشکارسازی روند تغییرات دما از روز قبل، مقادیر آن در نمودارهای جداگانه‌ای در محیط اکسل برای تمام سامانه‌ها ترسیم گردید.

فوق ۱۵ نمونه مطالعاتی انتخاب شد. برای ۱۵ سامانه انتخاب شده، کمیت دما در هر یک از ایستگاه‌های درگیر بارش، در زمان وقوع برف، ۶ ساعت قبل و ۶ ساعت پس از آن به فواصل ۳ ساعته استخراج شد و سپس میانگین آن برای ۵ زمان استخراج شده، محاسبه گردید. بر اساس زمان نزول میانگین دما به زیر صفر، سامانه‌ها در ۲ گروه قرار گرفتند. گروه اول سامانه‌هایی را در بر می‌گیرد که معدل دمای سطح ایستگاه‌های منتخب در آن از چند ساعت قبل از وقوع برف، زیر صفر بوده و گروه دوم سامانه‌هایی را شامل می‌شود که در آنها برف همزمان با نزول میانگین دما به زیر صفر و یا پس از آن ریزش کرده است. جدول شماره ۱ میانگین دمای سامانه‌های انتخابی را در بازه زمانی مذکور نشان می‌دهد. برای بررسی همدیدی سامانه‌های فوق از میدان فشار سطح متوسط دریا، میدان ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و میدان دما و باد تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال

جدول ۱: میانگین دمای ایستگاه‌ها در حالت‌های موردی وقوع برف از ۶ ساعت قبل از بارش (با علامت منفی) تا ۶ ساعت پس از آن (بدون علامت) با فواصل ۳ ساعته.

۶	۳	۰	-۳	-۶	زمان برحسب ساعت حالت‌های موردی
-۱,۷	-۱,۶	-۱,۶	۰,۵	۰,۵	۴ فوریه ۲۰۰۷
-۱,۸	-۱,۹	-۲,۱	-۱,۲	-۰,۹	۲۰ دسامبر ۲۰۰۲
-۱,۹	-۱,۶	-۱,۸	-۰,۷	۰,۲	۱۲ فوریه ۲۰۰۷
-۲,۵	-۲,۲	-۰,۸	۰,۲	۱	۴ آوریل ۲۰۰۴
-۱,۴	-۱,۵	-۰,۸	۱,۹	۲,۶	۵ فوریه ۲۰۰۵
-۰,۳	-۰,۰۱	۰,۲	۰,۷۶	۱,۳۴	۸ ژانویه ۲۰۰۶
-۱	-۰,۸	-۰,۰۸	۰,۰۷	۰,۰۲	۱۳ ژانویه ۲۰۰۱
-۰,۸	-۰,۶	۰,۱	۳,۷	۴,۷	۱۶ ژانویه ۲۰۰۷
-۳	-۳	-۰,۴۵	۱	۴	۱۸ نوامبر ۲۰۰۲
-۱	-۰,۶	-۲	۱	۲,۵	۲۶ مارس ۲۰۰۳
-۰,۴	-۰,۶	-۰,۶	۰,۱	۹,۲	۲۸ ژانویه ۲۰۰۳
۱,۶	۰,۴	-۰,۸	۰,۴	۳	۷ مارس ۱۹۹۷
-۰,۶	-۰,۶	۰,۴	۱,۶	۳,۷	۱۵ ژانویه ۲۰۰۳
-۰,۰۸	۰,۲	۰,۲	۲	۳,۶	۱۷ آوریل ۲۰۰۴
-۱,۲	-۱,۶	-۱,۶۷	-۱,۸	-۱,۵	۱۰ دسامبر ۲۰۰۲

مربوط به دو سامانه مجزا ارائه می‌شود. یکی از این دو سامانه مربوط به ۲۰ دسامبر ۲۰۰۲ است که بعنوان معرف

شایان توجه است که همه الگوهای ارائه شده در جدول ۱ بررسی شده اند ولی در این پژوهش فقط به الگوهای

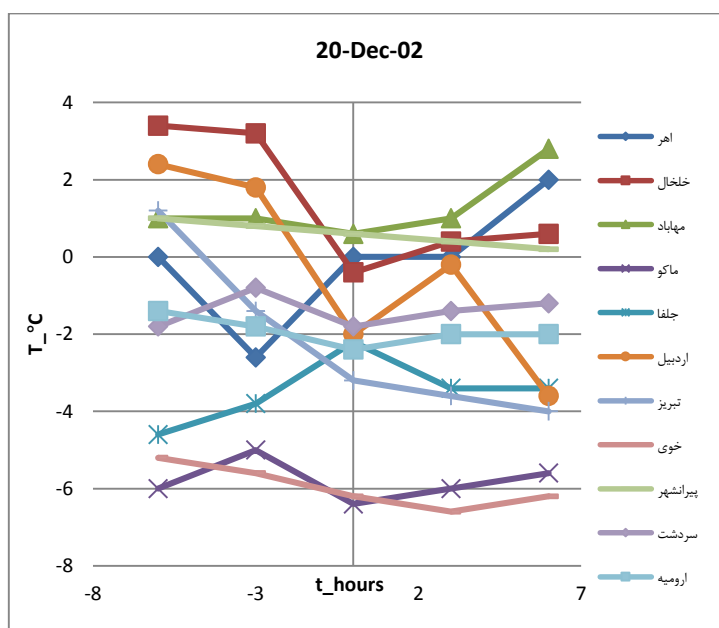
انتخابی منطقه زیر صفر درجه سلسیوس بوده است. این موضوع سبب شده است تا این سامانه به عنوان معرف گروه اول انتخاب شود. همچنین این شکل نشان می دهد که در روز برفی، میانگین دمای سطحی در ماکو ۶/۶- درجه سلسیوس و در خلخال ۰/۶ درجه سلسیوس ثبت شده است که بیانگر وجود نوسانات دمائی شدید و نیز اختلاف دمای زیاد در منطقه مطالعاتی می باشد.

گروه اول و سامانه دیگری مربوط به ۱۸ نوامبر ۲۰۰۱ است که به عنوان معرف گروه دوم انتخاب شده اند.

نتایج و بحث

الگوی همدیدی نوع اول : سامانه ۲۰ دسامبر ۲۰۰۲

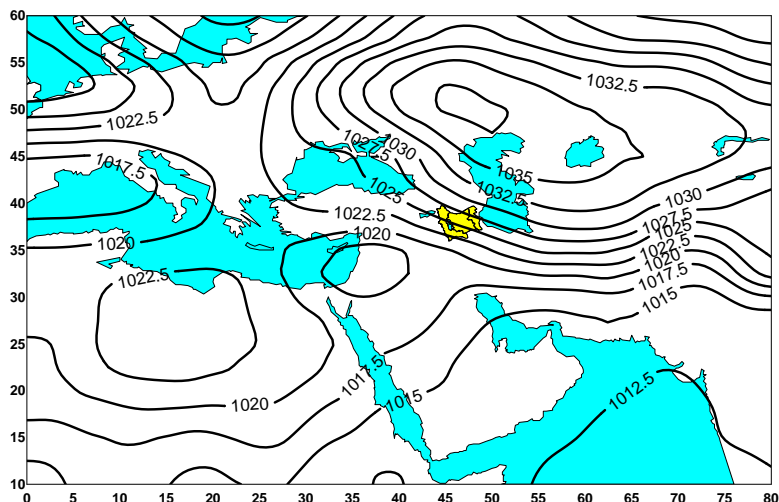
شکل ۲ تغییرات میانگین دمای سطحی ایستگاه های انتخابی در روز ۲۰ دسامبر ۲۰۰۲ را نشان می دهد. از این شکل دیده می شود که از ۶ ساعت قبل از بارش برف و زمان بارش برف میانگین دمای سطحی بیشتر ایستگاه های



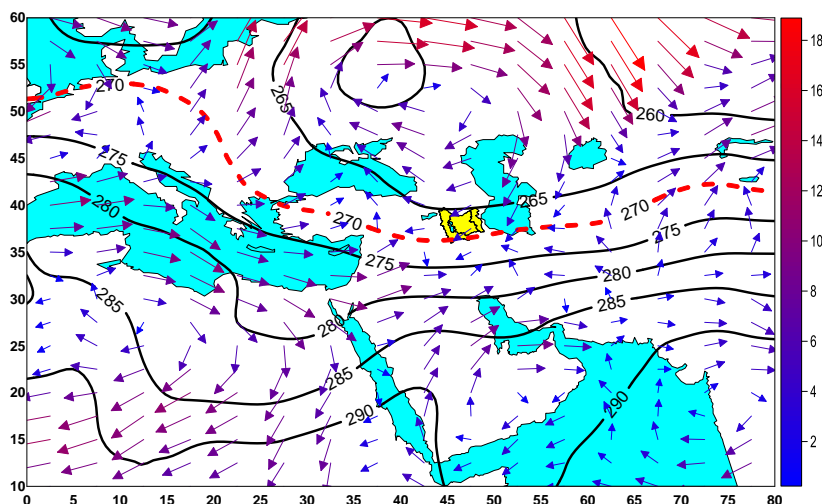
شکل ۲: تغییرات ساعتی میانگین دما (بر حسب درجه سلسیوس) در ایستگاه های انتخابی شمالغرب از ۶ ساعت قبل از رخداد بارش برف در روز ۲۰ دسامبر ۲۰۰۲.

کمی در شرق دریای مدیترانه وجود دارد. در این روز میدان دما بر حسب درجه کلوین و باد بر حسب متر بر ثانیه در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در شکل ۴ نشان داده شده است. از این شکل دیده می شود که منطقه مطالعاتی بین دو خط هم دمای ۲۶۵ و ۲۷۰ درجه کلوین قرار گرفته است. به این ترتیب منحنی صفر درجه سلسیوس یا ۲۷۳ درجه کلوین از جنوب منطقه عبور می کند. جهت باد در این تراز به گونه ای است که هوای سرد عرضهای بالا به سوی شمالغرب انتقال می یابد.

شکل ۳ میدان فشار سطح متوسط دریا بر حسب هکتوپاسکال در ساعت ۰۰۰۰ روز ۱۸ دسامبر ۲۰۰۲ را نشان می دهد. از این شکل دیده می شود که پر فشار سیبری با خط هم فشار مرکزی ۱۰۳۷/۵ هکتوپاسکال مناطق وسیعی از شمال دریای خزر را در بر گرفته است. پشته فشار این سامانه با خط همفشار ۱۰۲۲/۵ هکتوپاسکال از شمال شرق ایران عبور کرده و سپس با انحنای واچرخندی منطقه مطالعاتی شمالغرب ایران را در بر گرفته است. این شرایط سبب کاهش دمای سطحی ایستگاه های منطقه قبل از آغاز بارش برف شده است. در این روز مرکز بسته فشار



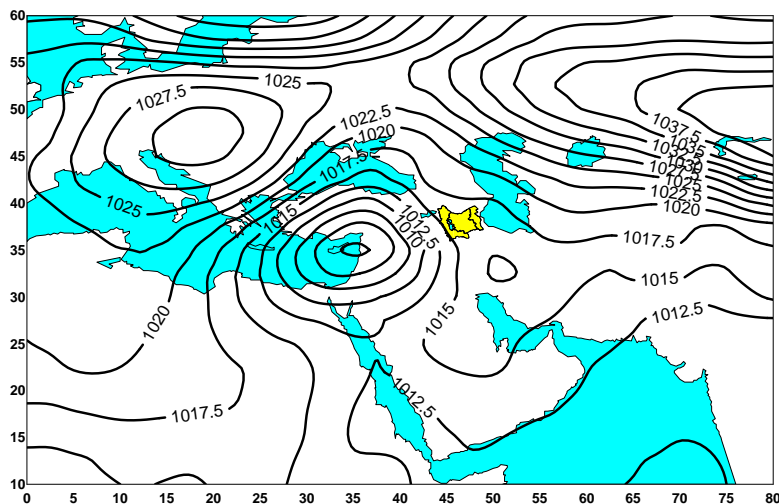
شکل ۳: میدان فشار بر حسب هکتوپاسکال در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ روز ۱۸ دسامبر ۲۰۰۲. خطوط هم فشار به فاصله ۲/۵ هکتوپاسکال رسم شده است و محورهای مختصات طول و عرض جغرافیایی بر حسب درجه می باشند. منطقه زرد رنگ در شکل منطقه شمالغرب را نشان می دهد.



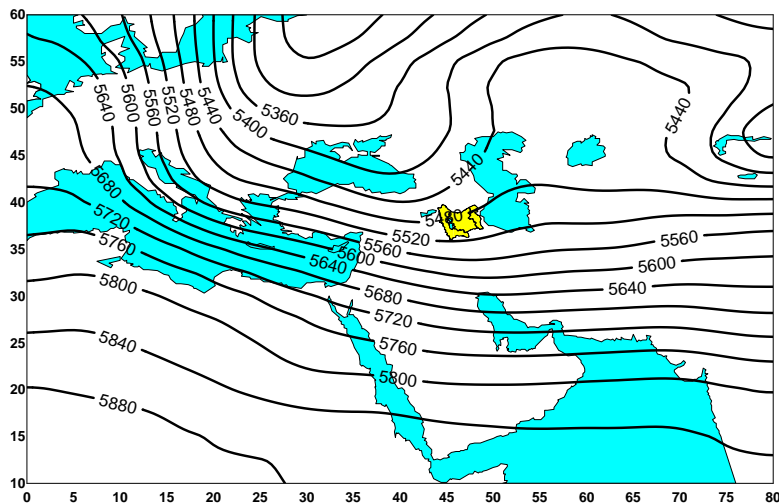
شکل ۴: میدان دما بر حسب درجه کلوین و باد بر حسب متر بر ثانیه در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ روز ۱۸ دسامبر ۲۰۰۲. خطوط هم دما به فاصله ۵ درجه سلسیوس رسم شده است و محورهای مختصات طول و عرض جغرافیایی بر حسب درجه می باشند. منطقه زرد رنگ در شکل منطقه شمالغرب را نشان می دهد و خط چین قرمز رنگ نیز معرف خط هم دمای ۲۷۰ درجه کلوین می باشد.

به شمالغرب نفوذ می کند، به سبب دارا بودن هسته سرد و نیز پایین بودن دمای سطحی ایستگاه های منطقه، سبب ریزش برف در منطقه مطالعاتی در روز بیستم دسامبر ۲۰۰۲ می شود. شکل های ۵ و ۶ به ترتیب میدان فشار سطح متوسط دریا و ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال را در روز بیستم سال ۲۰۰۲ نشان می دهند.

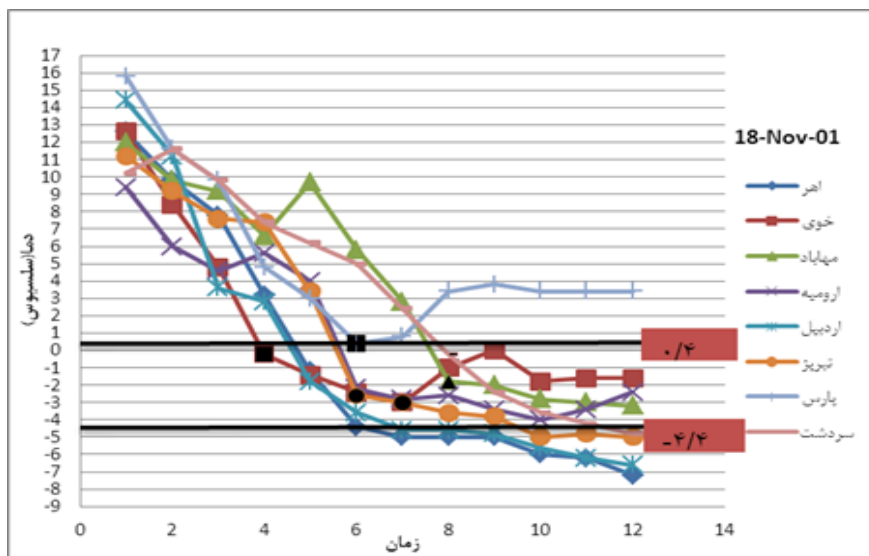
با تقویت کم فشار شرق دریای مدیترانه، پرفشار سیبری به سوی شرق عقب نشینی می کند. این فرایند سبب می شود تا پشته فشاری این سامانه فشاری نیز از روی شمالغرب ایران به عرضهای جغرافیایی بالاتر جابجا گردد. در تراز میانی ناوه ارتفاع شمال دریای سیاه به عرضهای پایتتر نفوذ می کند و در شرق دریای مدیترانه با کم فشار سطح زمین یک سامانه بارشی ایجاد می کند. این سامانه که



شکل ۵: میدان فشار بر حسب هکتوپاسکال در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ روز ۲۰ دسامبر ۲۰۰۲. خطوط هم فشار به فاصله ۲/۵ هکتوپاسکال رسم شده است و محورهای مختصات طول و عرض جغرافیایی بر حسب درجه می باشند. منطقه زرد رنگ در شکل منطقه شمالغرب را نشان می دهد.



شکل ۶: میدان ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بر حسب متر در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ روز ۲۰ دسامبر ۲۰۰۲. خطوط هم ارتفاع به فاصله ۴۰ متر رسم شده است و محورهای مختصات طول و عرض جغرافیایی بر حسب درجه می باشند. منطقه زرد رنگ در شکل منطقه شمالغرب را نشان می دهد.



شکل ۷: تغییرات ساعتی میانگین دما (بر حسب درجه سلسیوس) در ایستگاه‌های انتخابی شمالغرب در روز ۱۸ نوامبر ۲۰۰۱.

الگوی همدیدی نوع دوم: سامانه ۱۸ نوامبر ۲۰۰۱

شکل ۷ تغییرات میانگین دمای سطحی ایستگاه‌های انتخابی در روز ۱۸ نوامبر ۲۰۰۱ را نشان می‌دهد. از این شکل دیده می‌شود که از ۶ ساعت قبل از بارش برف میانگین دمای سطحی بیشتر ایستگاه‌های انتخابی منطقه بالای صفر درجه سلسیوس بوده است. با آغاز بارش، و عبور دما از آستانه‌های مختلف، بارش به صورت برف تغییر می‌کند. این موضوع سبب شده است تا این سامانه به عنوان معرف گروه دوم انتخاب شود. همچنین این شکل نشان می‌دهد که در این سامانه وقوع برف، همزمان با نزول کمیت دما به زیر صفر اتفاق افتاده است و دامنه آن بین $2/8-$ در ارومیه و $0/1$ درجه سلسیوس در پارس آباد می‌باشد. در این الگو پس از بارش برف، نوسان دما در ایستگاه‌های انتخابی شدید نیست و چنانچه در شکل نیز آورده شده است بین $0/4$ و $4/4-$ درجه سلسیوس می‌باشد.

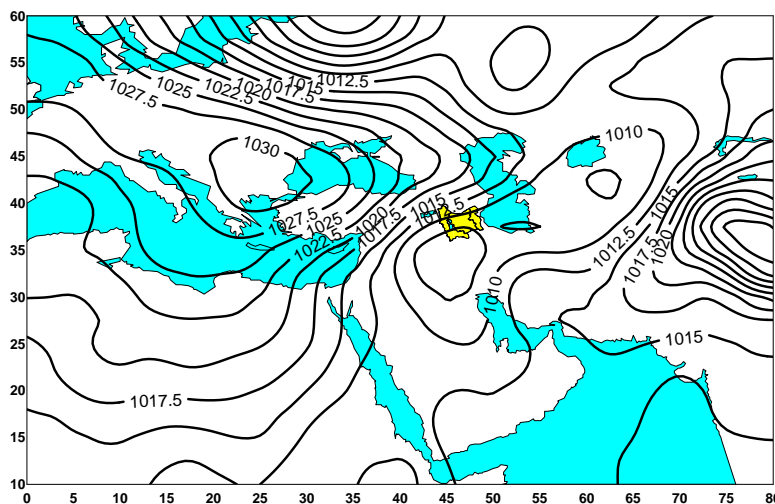
آرایش سامانه‌ها در تراز دریا در روز ۱۶ نوامبر نشان-دهنده نفوذ زبانه‌های کم‌فشار شمالی است که از روی دریای خزر گذشته و تا مرکز کشور امتداد پیدا کرده‌اند. فعالیت‌های چرخندی این سامانه به همراه فعالیت و اچرخندی پرفشار مهاجر اروپا سبب شده جریان‌های شمالی در شمال غرب دریای سیاه هم‌جهت شده و با ریزش هوای

سرد عرض‌های جنب‌قطبی و قطبی، دمای هوا در این منطقه تا $8-$ درجه سلسیوس کاهش پیدا کند. در این روز در منطقه مورد مطالعه نیز دما رو به کاهش گذارده ولی هنوز مقدار آن بالای صفر درجه سلسیوس است. زبانه‌های سامانه سودانی در حال گسترش به سمت شمال هستند. در روز ۱۷ نوامبر ۲۰۰۱، روز قبل از بارش، آرایش سامانه‌ها نشان می‌دهد که مرکز بسته پرفشار مهاجر اروپا روی اروپای غربی، قرار گرفته و زبانه‌های آن ضمن فرارفت^۱ هوای سرد، پس از عبور از دریای سیاه تا غرب خزر پیش آمده و تا جنوب مالی امتداد یافته‌اند. به این ترتیب فرارفت هوای سرد عرض‌های شمالی به روی کشور همچنان ادامه دارد. جریان‌های شمالی، غرب مدیترانه و ترکیه را بشدت تحت تأثیر قرار داده‌اند. شکل ۸ میدان فشار سطح متوسط دریا بر حسب هکتوپاسکال در ساعت ۰۰:۰۰ روز ۱۸ نوامبر ۲۰۰۱ را نشان می‌دهد. از این شکل دیده می‌شود که در روز وقوع برف، شمال و جنوب منطقه مورد مطالعه به ترتیب تحت تأثیر پرفشار مهاجر و کم فشار ترکیبی قرار گرفته است. این فرایند سبب شده است که دما در منطقه مطالعاتی کاهش پیدا کند. در تراز 850 هکتوپاسکال دیده می‌شود که خط همدمای 270 درجه کلونین در شمال منطقه است و فرارفت هوای سرد روی منطقه وجود دارد.

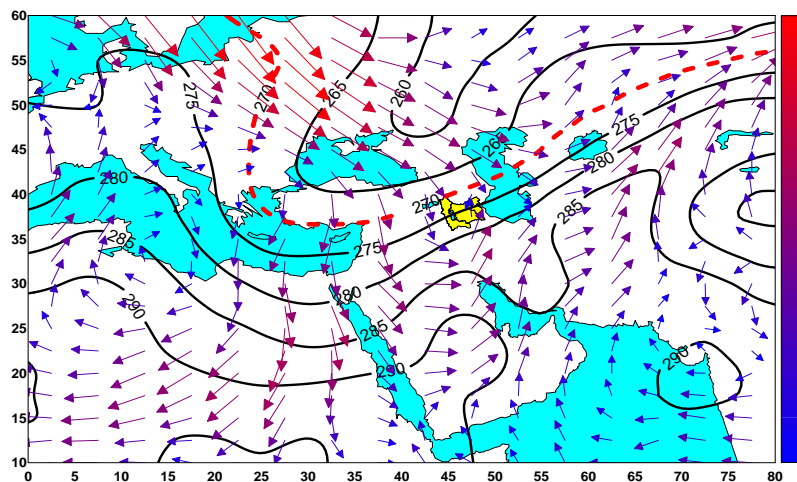
¹ advection

است (شکل ۱۰). در روز ۱۸ نوامبر منطقه مطالعاتی تحت تاثیر خط ناوه ارتفاع این تراز فشاری قرار گرفته است. در این سامانه وقوع برف، همزمان با نزول کمیت دما به زیر صفر بوده است و دامنه آن بین $2/8-^{\circ}\text{C}$ در ارومیه و $0/1^{\circ}\text{C}$ درجه سلسیوس در پارس آباد متغیر می‌باشد.

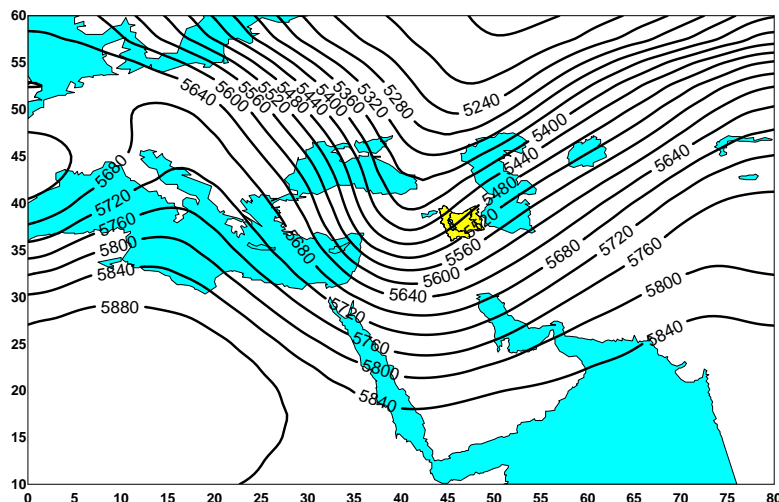
بعلاوه در شرق منطقه مطالعاتی نیز فرارفت هوای گرم مشاهده می‌شود (شکل ۹). بررسی میدان ارتفاع در تراز میانی نیز نشا می‌دهد که ناوه عمیق ارتفاع از عرضهای جغرافیایی بالا تا مرک دریای سرخ امتداد یافته است و شرایط را برای فعال کردن ناوه فشاری دریای سرخ و ترکیب آن با کم فشار عرضهای میانی فراهم نموده



شکل ۸: میدان فشار بر حسب هکتوپاسکال در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ روز ۱۸ نوامبر ۲۰۰۱. خطوط هم فشار به فاصله $2/5$ هکتوپاسکال رسم شده است و محورهای مختصات طول و عرض جغرافیایی بر حسب درجه می‌باشند. منطقه زرد رنگ در شکل منطقه شمالغرب را نشان می‌دهد.



شکل ۹: میدان دما بر حسب درجه کلوین و باد بر حسب متر بر ثانیه در تراز 850 هکتوپاسکال در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ روز ۱۸ نوامبر ۲۰۰۱. خطوط هم دما به فاصله 5 درجه سلسیوس رسم شده است و محورهای مختصات طول و عرض جغرافیایی بر حسب درجه می‌باشند. منطقه زرد رنگ در شکل منطقه شمالغرب را نشان می‌دهد و خط چین قرمز رنگ نیز معرف خط هم دمای 270 درجه کلوین می‌باشد.



شکل ۱۰: میدان ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بر حسب متر در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ روز ۱۸ دسامبر ۲۰۰۱. خطوط هم ارتفاع به فاصله ۴۰ متر رسم شده است و محورهای مختصات طول و عرض جغرافیایی بر حسب درجه می باشند. منطقه زرد رنگ در شکل منطقه شمالغرب را نشان می دهد.

دمای سطحی ایستگاه های انتخابی در قبل و هنگام شروع بارش زیاد است در حالیکه پس از بارش این نوسانات دما در سطح ایستگاه‌ها کمتر می شود.

در سامانه های گروه دوم نیز دیده شد که در اثر توسعه جنوب سوی ناوه ارتفاع تراز میانی، ناوه فشاری وارون روی دریای سرخ، به عرضهای بالا نفوذ کرده و با کم فشار شرق دریای مدیترانه ترکیب می شود. در اثر فرات هوای گرم بخش شرقی سامانه کم فشار ترکیبی، دمای هوای ایستگاه های منطقه مطالعاتی ابتدا افزایش می یابد و سپس با نفوذ سامانه، بارش باران آغاز می شود و دمای هوا نیز کاهش می یابد. در ادامه پشته فشار ناشی از پرفشار مهاجر به سوی منطقه مطالعاتی نفوذ کرده و سبب کاهش دمای سطحی منطقه و رسیدن آن به دمای آستانه می گردد. در اثر این فرایند، بارش به برف تبدیل می شود. بنابراین چنین بنظر می رسد که در این الگو نفوذ پشته فشاری ناشی از پرفشار مهاجر در ریزش برف منطقه از اهمیت ویژه ای برخوردار باشد. در این الگو تغییرات دمای سطحی ایستگاه های انتخابی قبل از بارش زیاد ولی در موقع بارش و بعد از آن کم می باشد.

از آنجائی که عرض جغرافیائی و ارتفاع از سطح متوسط دریا در تغییرات دمای یک منطقه تاثیر فراوانی دارند به طوریکه با کاهش (افزایش) عرض جغرافیائی و نیز کاهش (افزایش) ارتفاع، در حالت نرمال، دمای هوا افزایش

از بررسی این حالت موردی دیده شد که در اثر گسترش ناوه ارتفاع تراز میانی تا مرکز دریای سرخ ناوه فشاری وارون روی آن دریا که در ایران به کم فشار سودان معروف است، به سوی عرضهای شمالی گسترش می یابد و با کم فشار مدیترانه ای ترکیب می شود. این سامانه که در بخش شرقی آن فرات هوای گرم و در بخش غربی آن فرات هوای سرد وجود دارد، سبب شده است تا قبل از ریزش برف در منطقه متوسط دمای هوا بالا باقی بماند. پس از ریزش هوای سرد عرضهای شمالی به منطقه که با جریانات شمالی همراه بوده است، با کاهش دما، بارش برف نیز آغاز شده است.

نتیجه گیری

از بررسی همدیدی حالت‌های موردی، مشاهده شد که در سامانه های گروه ابتدا پشته فشاری ناشی از پرفشار سیبری منطقه مطالعاتی را تحت تاثیر قرار می دهد و سبب کاهش دمای هوای سطحی در ایستگاه های منطقه می شود و سپس سامانه کم فشار مدیترانه ای به منطقه نفوذ می کند. این فرایند سبب می شود که دمای هوا در منطقه کاهش یابد و در صورتی که بارش آغاز گردد، به صورت برف به زمین خواهد رسید. بنابراین در این الگو پشته فشاری ناشی از پرفشار سیبری و کم فشار مدیترانه ای نقش مهمی در ریزش برف منطقه مطالعاتی بازی می کنند. در این الگو نوسان

- کاهش) می یابد، از این رو متوسط دمای سطحی نیز در ایستگاه های منطقه تابعی از این دو کمیت می باشد.
- همانگونه این تحقیق نشان داد در صورتی که منطقه مورد مطالعه تحت تاثیر پشته فشاری ناشی از پرفشار سیبری و سپس کم فشار مدیترانه ای قرار گیرد (الگوی نوع اول)، آنگاه به سبب برخورد توده هواهای مختلف سرد و خشک و سرد و مرطوب، توانائی ریزش در منطقه کاهش می یابد. در الگوی دوم به سبب برخورد توده هوای گرم و مرطوب جنوبی و سرد و مرطوب مدیترانه ای، توانائی بارش در منطقه مطالعاتی افزایش می یابد. بنابراین ممکن است در الگوی اول مقدار بارش منطقه به نسبت الگوی دوم کاهش یابد در حال که ممکن است مقدار برف نسبت به الگوی دوم بیشتر باشد.
- منابع**
1. Ahrens, C. D., 2007, *Meteorology Today*, 8th edition, Thomson Brooks/Cole, Canada
 2. B. K. Khanna, B., 2005, *All you Wanted to Know about Disaster*, New India
 3. Birkeland, K.W. and C.J. Mock. 2001. The major avalanche cycle of February 1986 in the western United States. *Natural Hazards* 24: 75-95
 4. Booth, B. J., 1970, Dew Point Temperature as a Snow Predictor, *Met. Mag.*, London, 87, PP. 363-367.
 5. Boyden, C. J., 1964, A Comparison of Snow Predictors, *Met. Mag.*, London, 93, PP. 353-365.
 6. Burakowski, E. A., Cameron, P., Wake., B., David, P. B., 2008, Trends in wintertime climate in - the northeastern United States: 1965–2005, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* (1984–2012), Vol 113 Issue D20, DOI: 10.1029/2008JD009870
 7. Ghaemi, H., Nowhi, 1966, *Statistical Analysis of Snowfall*, Iran Meteorological Institution Library.
 8. Keith, S., 1996, *Environmental Hazards Assessing Risk and Reducing Disaster*, 2nd edition, Rout ledge
9. Laternser, M., Schnbbbeli, M., 2003, long-term snow climate trends of the Swiss Alps (1931–99), *Int. J. Climatol.* 23: 733–750, DOI: 10.1002/joc.912
 10. Liasat , M. C., Turco2, M., Quintana, S., 2014. The snow storm of 8 March 2010 in Catalonia (Spain), *Natural Hazards*, 427-441. doi:10.5194/nhess-14-427-2014
 11. Mashayekhi, T., 1973, the use of snow hydrology in water resources reviews, *Water resources survey Bureau, Surface waters section*
 12. Monaghan, A. J., D. H. Bromwich, and D. P. Schneider (2008), Twentieth century Antarctic air temperature and snowfall simulations by IPCC climate models, *Geophys. Res. Lett.*, 35, L07502, doi:10.1029/2007GL032630.
 13. Mosayebi, M., 1998, Snow hydrology and resource management in the zayandehrood dam basin, MA Thesis, University of Tabriz.
 14. Patrick L., 2004, *Natural Disaster*, Mc Graw-Hill.
 15. Pedram, M. 2011, Snowfall and its relation with the temperature in the Kurdistan province, *Journal of Geographical Research*
 16. Petkowl, N., Brown, R., Kolevai, E., Alexandrov1, V., 2005, Snow Cover Changes in Bulgarian Mountainous Regions, 1931–2000, 62nd EASTERN SNOW CONFERENCE, Waterloo, ON, Canada 2005
 17. Serquet, G., Marty, Ch., Dulex, J, Rebetez, M., 2011, Seasonal trends and temperature dependence of the snowfall/ precipitation - day ratio in Switzerland, *GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS*, VOL. 38, L07703, doi: 10.1029/2011GL046976, 2011
 18. Wen Zhou, Johnny C. L. Chan, Wen Chen, Jian Ling, Joaquim G. Pinto, and Yaping Shao, 2009: Synoptic-Scale Controls of Persistent Low Temperature and Icy Weather over Southern China in January 2008. *Mon. Wea. Rev.*, 137, 3978–3991.
 19. Kamali, gh., (2002), The final report of the project, Study the harmful cool weather to agriculture in Iran, And preparation of map climate for that, The meteorological organization.
 20. Ritallak, B, j., 1992, rendition by Noohi, A., General weather.