

تحلیل همدیدی سرماهای شدید شمال خراسان

فرامرز خوش اخلاق^{۱*}، محمود داودی^۲، ایمان روستا^۳، اسماعیل حقیقی^۴

۱- عضو هیئت علمی دانشگاه تهران، استادیار گروه جغرافیای طبیعی - دانشکده جغرافیا

۲ و ۳- دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی دانشگاه تهران، دانشکده جغرافیا

۴- دانشجوی دوره دکتری اقلیم‌شناسی دانشگاه تبریز

تاریخ وصول: ۱۳۸۹/۱۲/۰۴، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۰/۱۱/۰۱

چکیده

تغییرات شدید دما از جمله کاهش آن، پدیده‌های نامطلوب برای موجودات زنده بوده و اثرات نامطلوبی نیز بر فعالیت‌های کشاورزی، سازه‌ها و تاسیسات دارد. پژوهش حاضر در صدد شناسایی الگوهای همدید موثر در ایجاد سرماهای شدید در شمال خراسان است تا با شناسایی و پیش‌بینی زمان درست ورود این الگوها به منطقه بتوان هشدارهای لازم جهت جلوگیری و کاهش اثرات را انجام داد. به منظور مطالعه سرماهای شدید در شمال خراسان ابتدا براساس داده‌های دمای هوا و سرعت باد و با استفاده از رابطه دمای سوزباد (WCT^1) روزهای دارای سرمای شدید در دوره آماری (۲۰۰۵-۱۹۸۴) مشخص شد. در این شاخص مقادیر کمتر از ۳۶ به عنوان سرمای شدید محسوب می‌شود. در داده‌های بلند مدت ایستگاه‌های همدید، میانگین مجموع تعداد روزهای با مقدار شاخص کمتر از ۳۶، در ۴ ایستگاه، ۵۳۰ روز بوده است. بنابراین جهت محدود کردن روزهای مورد مطالعه، روزهای با شاخص کمتر از ۲۰ و با پوشش حداقل ۳ ایستگاه، برای مطالعه انتخاب شدند. در ادامه به منظور شناسایی و طبقه‌بندی الگوهای همدید ایجاد کننده سرماهای شدید منطقه شمال خراسان از داده‌های مربوط به فشار، دما، مولفه باد نصف النهاری و مداری (V, U) (به منظور ترسیم نقشه خطوط جریان و ناوایی) و ناهنجاری فشار و دما در ترازهای مختلف استفاده شد. نتایج نشان داد در ۷۰ درصد موارد سامانه بندالی و در بقیه موارد استقرار ناوه عمیق روی شمال ایران عامل اصلی فرارفت سرماهای شدید به شمال خراسان بوده است. این فرارفت در پی نفوذ سامانه‌های گرمایی از مسیر شمالی و شمال شرقی و یا نفوذ سامانه‌های گرمایی یا گرمایی-پویشی از مسیر شمال غربی به عنوان دو منبع اصلی رخ داده است.

واژگان کلیدی: مطالعه همدید، سرماهای شدید، شاخص WCT ، شمال خراسان.

*. Email: fkhosh@ut.ac.ir

1. Wind Chill Temperature

مقدمه

علاوه بر اثرات مخرب، در صورت برنامه‌ریزی و استفاده اصولی، می‌توانند مفید نیز واقع شوند. گوگدل (Gudgel, 2005) با بررسی رخداد غیر عادی سرما در کانادا نشان داده است که وجود سامانه کم ارتفاع در تراز فوقانی باعث بروز سرما در منطقه در طی روزهای مورد مطالعه شده است. تاکاهاشی (Takahashi, 1990) عامل اصلی سرماهای شدید منطقه دریاچه بایکال- مغولستان را گسترش پرفشار گرمایی قوی به سمت جنوب می‌داند. پاک نظر (۱۳۸۳)، در مورد اثر تاوه قطبی و تاثیر آن بر دمای شمال شرق ایران، علیجانی (۱۳۶۹) در مورد پرفشار سیبری و اثر آن بر اقلیم شرق ایران، حجازی زاده (۱۳۷۹) در مورد ورتکس (تاوه) قطبی و حیدری (۱۳۷۵) در بررسی آماری و همدیدی وضعیت یخبندان در غرب کشور کارهایی در زمینه رابطه بین فشار، دما و یخبندان انجام داده‌اند. عزیز (۱۳۸۳) در تحلیل همدید یخبندان‌های فراگیر نیمه غرب ایران نتیجه گرفت که یک سامانه کم ارتفاع در شمال دریای خزر و در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال عامل اصلی پدیده یخبندان بوده است. شاهرخوندی (۱۳۸۶) در توجیه سرمای بی‌سابقه ژانویه ۱۹۶۴، استقرار پرفشار روی اروپای مرکزی را همراه با ناهنجاری مثبت و شدید فشار، دلیل خشکی هوای خاورمیانه در این سال معرفی می‌کند. ربانی و کرمی (۱۳۸۸) تعداد روزهای یخبندان خراسان شمالی را در سال‌های آتی دارای روند نزولی دانسته‌اند. اسماعیلی و همکاران (۱۳۸۹) طول دوره رشد و دوره یخبندان را در خراسان رضوی تا سال ۱۴۱۸ پیش‌بینی کرده‌اند. نتایج آن‌ها حاکی از افزایش طول دوره رشد در مشهد و سبزوار و کاهش آن در تربت حیدریه می‌باشد. فتاحی و صالحی پاک (۱۳۸۸) با تحلیل الگوهای همدیدی یخبندان‌های زمستانه ایران نشان دادند که تیپ‌های هوای پرفشار اروپای شمالی، پرفشار سیبری و پرفشار اروپای شرقی، بیشترین تأثیر را در رخداد یخبندان‌های شدید و فراگیر ایران داشته‌اند. علیجانی (۱۳۸۷) با شناخت الگوهای همدید سرماهای شدید در شمال غرب ایران به این نتیجه رسید که در ۷۰ درصد موارد سرماهای شدید در شمال غرب ایران، با استقرار ناوهای عمیق بر روی شمال ایران و قرار گرفتن سرزمین مورد مطالعه در قسمت عقب آن همچنین وجود یک پرفشار در سطح دریای آزاد رخ می‌دهند.

بررسی ادبیات علمی عناصر آب و هوایی بیان‌گر این نکته است که عنصر دما همواره به عنوان یکی از عناصر مهم آب و هوایی مطرح بوده است. این عنصر از دیرباز بیشتر پایه روش‌های طبقه‌بندی و ناحیه بندی آب و هوایی در جهان بوده است (حیدری، ۱۳۸۶). نباید از نظر دور داشت که عناصر آب و هوایی هر چند بر روی هم، آب و هوای یک منطقه را تشکیل می‌دهند، اما طبیعی است که در شکل بندی آن، بعضی شاخص‌ها از بعضی دیگر و چه بسا مهم‌ترین آن‌ها بیشتر مورد استفاده قرار گیرد (عزیزی ۱۳۸۰). دمای هوا از عناصر مهم آب و هوایی است که تغییرات آن می‌تواند بطور موثری بر سلامت موجودات زنده از جمله انسان تاثیر بگذارد (Ahrens, 2002). ورزش شدید باد در دماهای زیر صفر می‌تواند انرژی گرمایی را به سرعت از بدن خارج کند (محمدی، ۱۳۸۷). اهمیت شاخص دمای سوزباد (WCT) در این است که می‌تواند بعنوان یک معیار مناسب برای چگونه لباس پوشیدن در آب و هوای سرد مورد استفاده قرار گیرد (Final report prepared for environment Canada, 1999). در بین مخاطرات طبیعی سرماهای شدید هر سال یا هر چند سال در بخشی از کشور یا کل کشور رخ داده، موجب بروز مشکلاتی می‌گردد (علیجانی، ۱۳۸۷). برای ثابت ماندن دمای بدن باید دمای جذب و تولید شده توسط بدن با دمای از دست رفته برابر شود. در صورتی که دمای از دست رفته بیشتر از دمای تولید و جذب شده باشد، انسان احساس سرما و اگر برعکس شود بدن احساس گرما می‌کند (Ahrens, 2002). قاسمی و اسلامیان، (۱۳۸۶). مطالعه سرماهای شدید به خاطر مسائلی که برای جوامع به وجود می‌آورد و وقوع واژگونی‌های گرمایی و تشعشعی دارای اهمیت کاربردی است (قویدل رحیمی و خوشحال دستجردی، ۱۳۸۹).

براجکوویچ و همکاران (Brajkovic, et all, 2006). به بررسی اثر سرمای ناشی از مواجهه شدن با بادهای سرد پرداخته‌اند. تینگ و دیگران (Ting, et all, 2008) به بررسی افزایش شدت سرماهای شدید و همچنین تحلیل کارآمدی آن‌ها پرداخته، بر استفاده از سرماهای شدید برای تولید انرژی تاکید می‌کنند و نشان داده‌اند که سرماهای شدید

مواد و روش‌ها

به منظور مطالعه سرماهای شدید منطقه شمال خراسان ابتدا براساس رابطه WCT (رابطه ۱) روزهای دارای سرمای شدید استخراج گردید. مقادیر کمتر از ۳۶ در این شاخص نشانگر سرمای شدید هستند. شدیدترین حالت نیز هنگامی است که مقدار شاخص به ۹۸- برسد که در این حالت یخ زدگی کامل در ۵ دقیقه رخ می‌دهد (شکل ۱، مرکز ملی پیش بینی محیطی آمریکا).

$$WCT = 74.35 + 0.6215T - 35.75(V \times 0.16) + 0.4275T(V \times 0.16) \quad (1)$$

در این رابطه

W = شاخص دمای سوزباد

T = دما به درجه فارنهایت

V = سرعت باد به مایل در ساعت

منطقه شمال خراسان یکی از قطب‌های کشاورزی و گردش‌گری کشور است که همواره در طول سال سرماهای شدید را نیز تجربه می‌کند. مراجعه به گذشته نشان می‌دهد که گاهی شدت و برودت سرما و یخبندان زندگی مردم را در این منطقه مختل کرده است. در کنار این، وجود منابع طبیعی، معدنی و توان‌های گردش‌گری آن و افزایش روز افزون جمعیت کشور، ضرورت اجرای طرح‌هایی در خصوص بهره‌برداری بهتر و بیشتر را در منطقه ایجاد می‌کند. این برنامه‌ریزی‌ها در صورتی موفق خواهد بود که ساز و کار و نقش سامانه‌های جوی مهم و موثر بر اقلیم این منطقه به درستی شناسایی شوند. بنابراین پژوهش حاضر در صدد شناسایی الگوهای هم‌دید مهم در ایجاد سرماهای شدید در شمال خراسان و زمان ورود آن‌ها به این منطقه بوده، تا با شناسایی و پیش بینی زمان ورود این الگوها به منطقه، بتوان هشدار لازم را جهت جلوگیری و کاهش صدمات احتمالی انجام داد.



شکل ۱: نمودار محاسبه شدت سرما- دمای سوزباد (منبع: مرکز ملی پیش بینی محیطی آمریکا)

استخراج گردید. بر این اساس به طور میانگین قوچان در هر سال ۳۱ روز، بجنورد ۲۸ روز، مشهد ۲۶ روز و سرخس ۱۳ روز دارای سرماهای خیلی شدید بوده است. میانگین مجموع روزهای با شاخص کمتر از ۳۶ در تمام ایستگاه‌ها محاسبه شده است که در کل دوره آماری ۵۳۰ روز بوده است. این مقدار نشان‌دهنده سرد بودن منطقه است. براساس

به منظور استخراج روزهای دارای سرمای شدید، ابتدا میانگین دما و سرعت باد روزانه (در دوره ۱۹۸۴ تا ۲۰۰۵) در ایستگاه‌های نمونه منطقه شمال خراسان (جدول ۱) از سازمان هواشناسی تهیه گردید. سپس با تبدیل مقدار دما از سلسیوس به فارنهایت و باد از نات به مایل در ساعت، با استفاده از رابطه سوزباد (WCT) روزهای کمتر از ۳۶

تحلیل همدیدی سرماهای شدید شمال خراسان

این فرمول فقط در سه ماه دسامبر، ژانویه و فوریه مقادیر کمتر از ۳۶ به دست آمد. بنابراین تمام روزهای مورد مطالعه از این سه ماه انتخاب شد و جهت محدود کردن روزهای مورد مطالعه، روزهای با مقدار شاخص کمتر از ۲۰ که حداقل در ۳ ایستگاه وجود داشتند، جهت مطالعه انتخاب گردیدند (جدول ۲).

برای تعیین الگوهای همدید سرماهای شدید در سرزمین مورد مطالعه، داده‌های مربوط به فشار، مولفه باد مداری (U) و نصف النهاری (V) برای ترازهای مختلف (تراز دریا، ۵۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال) تهیه شد. این داده‌ها به صورت روزانه از مرکز ملی پیش‌بینی محیطی آمریکا

تحلیل همدیدی سرماهای شدید شمال خراسان (سایت مرکز ملی پیش‌بینی محیطی آمریکا، ۲۰۱۱). سپس جهت شناسایی الگوهای گردشی به مطالعه آن‌ها پرداخته شد. عامل تاوایی نسبی میزان قدرت مراکز فشار را تعیین می‌کند. در صورتی که مراکز پر فشار قوی (تاوایی منفی زیاد) در عرض‌های بالا قرار داشته باشند، می‌توانند تا عرض‌های پایین‌تری نفوذ کرده و سرمای عرض‌های بالا را به عرض‌های پایین بریزند. بنابراین با استفاده از مؤلفه‌های باد مداری و نصف النهاری که از مرکز ملی پیش‌بینی محیطی آمریکا دریافت شد و با استفاده از نرم‌افزار گرادس نقشه تاوایی نسبی ترسیم شد. سپس به تفسیر آن‌ها پرداخته شد.

جدول ۱: مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه

نام ایستگاه	مشهد	بجنورد	قوچان	سرخس
عرض جغرافیایی	۳۶/۱۶	۳۷/۲۸	۳۷/۴	۳۶/۳۲
طول جغرافیایی	۵۹/۳۸	۵۷/۱۹	۵۸/۳۰	۶۱/۱۰
ارتفاع از تراز دریا	۹۹۹/۲	۱۰۹۱	۱۲۸۷	۲۳۵

جدول ۲: روزهای مورد مطالعه

ردیف	روز	سرخس	بجنورد	مشهد	قوچان
۱	۱۹۸۹/۱/۵	۲۱/۳	۱۳/۸	۱۷/۸	۱۶/۷
۲	۱۹۸۹/۲/۱۴	۳۴/۸	۱۳/۹	۱۹/۷	۱۰/۸
۳	۱۹۹۰/۱۲/۲۶	۱۹/۵	۱۳/۳	۲۲	۹/۴
۴	۱۹۹۱/۱۲/۲	۳۵/۸	۱۲/۲	۱۹/۷	۱۳
۵	۱۹۹۲/۱/۲۶	۲۹/۹	۱۵/۱	۱۸/۱	۱۸/۲
۶	۱۹۹۶/۲/۳	۲۳/۷	۱۹/۴	۱۹/۴	۲۰
۷	۱۹۹۶/۱/۱۴	۱۷/۴	۲۵/۳	۱۵/۲	۱۶/۱
۸	۱۹۹۸/۲/۱۶	۲۳/۴	۱۹	۱۴/۷	۱۳/۵
۹	۲۰۰۱/۱/۲۸	۱۷/۹	۱۱/۹	۱۱/۶	۱۹/۶

یافته‌های تحقیق

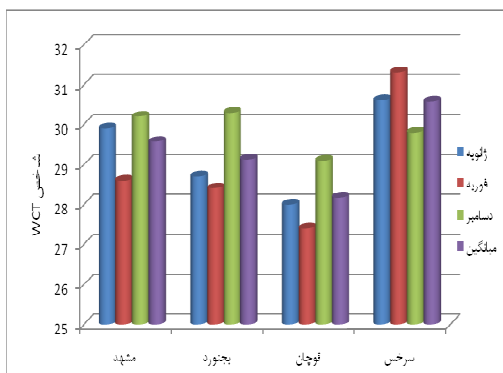
بررسی فراوانی وقوع سرماهای شدید نشان‌دهنده این است که در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه، قوچان دارای بیشترین فراوانی است. البته بررسی ماهانه فراوانی‌ها نشان می‌دهد که در ماه دسامبر مشهد بیشترین فراوانی را دارد ولی در ماه ژانویه و فوریه این فراوانی به قوچان انتقال

می‌یابد. فراوانی کل نیز موید این مطلب است. بطوری که قوچان با ۶۷۱ مورد بیشترین فراوانی وقوع سرمای شدید را دارد. بعد از آن بجنورد با ۶۱۷، مشهد با ۵۶۱ و سرخس با ۲۷۶ مورد در رتبه‌های بعدی قرار دارند (شکل ۲). همانطور که در شکل (۳) مشاهده می‌شود از لحاظ شدت سرما نیز ایستگاه قوچان دارای شدیدترین سرماها است. ایستگاه

در جریان دو شاخه شده، تغییر حالت از شارش مداری بالادست به شارش نصف‌النهاری پایین دست باید مشاهده شود.

و بالاخره این الگو حداقل برای ۵ روز باید همراه با پیوستگی مشخص دوام داشته باشد.

منظور از روزهای همراه با الگوی ناوه عمیق روزهایی هستند که ناوهای عمیق از عرض‌های شمالی گسترش یافته به گونه‌ای که منطقه پژوهش در غرب محور ناوه قرار گرفته باشد. این ویژگی به دلیل فرارفت هوای بسیار سرد از عرض‌های بالا و ریزش آن به عرض‌های پایین‌تر، شرایط لازم برای ایجاد سرماهای بسیار شدید را فراهم می‌کند. در نهایت با توجه به زیاد بودن تعداد روزها از هر الگو یک روز به عنوان نمونه انتخاب و مفصل بحث گردیده است. همچنین با توجه به الگوهای گردش شناسایی شده، به بررسی تمامی روزهای با سرمای شدید پرداخته شد که نتایج آن‌ها در ادامه بیان شده است.



شکل ۳: شدت وقوع سرماهای شدید براساس شاخص WCT در دوره آماری

در روز ۲۶ ژانویه ۱۹۹۲ سامانه بندالی مزدوج (دوقطبی) در روی دریای مدیترانه و اروپای شرقی تشکیل شده است. این سامانه بندالی ترکیبی از یک پرفشار با ارتفاع مرکزی ۵۶۰۰ ژئوپتانسیل متر بر روی دریای مدیترانه و جنوب اروپا و یک کم فشار با ارتفاع مرکزی ۵۴۰۰ ژئوپتانسیل متر بر روی کوه‌های اطلس در شمال غرب آفریقا می‌باشد. این سامانه باعث دو شاخه شدن بادهای غربی شده و بادهای شرق پرفشار نیز از عرض ۵۵ تا ۶۵ درجه شمالی

سرخس به جز دسامبر در بقیه ماه‌ها کمترین شدت را دارد ولی در این ماه بعد از قوچان قرار می‌گیرد. در سایر ماه‌ها به ترتیب بجنورد و مشهد، بعد از قوچان قرار می‌گیرند (شکل ۳).

بررسی‌ها مشخص می‌کند که در طی وقوع سرمای شدید در منطقه، دو الگوی همدید حاکم است. اولی الگوی بندالی است که مهم‌ترین الگو از لحاظ شدت سوزباد می‌باشد و دومی الگوی ناوه عمیق است که فراوانی بیشتری در رخداد سوزباد دارد.

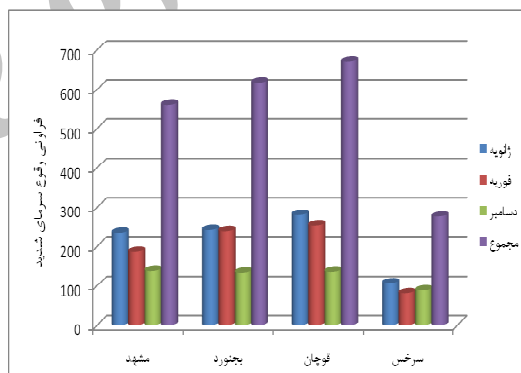
در این تحقیق روزهایی به عنوان الگوی بندالی انتخاب شدند که دارای شرایط زیر بوده‌اند (به نقل از عزیزی ۱۳۸۷):

الف) جریان اصلی بادهای غربی باید تبدیل به دو شاخه شود.

هر شاخه از جریان توده هوای مشخصی را منتقل کند.

جریان‌های دوشاخه شده باید حداقل ۴۵ درجه طول

جغرافیایی را دربرگیرد.



شکل ۲: فراوانی وقوع سرماهای شدید براساس شاخص WCT در دوره آماری

الگوی بندالی (۲۶ ژانویه ۱۹۹۲)

در اکثر موارد رخداد سرماهای شدید در سرزمین پژوهش، وجود سامانه بندالی مسبب آن بوده است. در این الگو وجود سامانه بندالی در عرض‌های بالا باعث تغییر مسیر بادهای جهت‌گیری نصف‌النهاری آنها می‌شود و ناوه عمیقی را ایجاد می‌کند. در زمانی که منطقه‌ای در قسمت پشت محور ناوه قرار گیرد، به دلیل ریزش هوای سرد می‌توان انتظار سرماهای شدید را داشت.

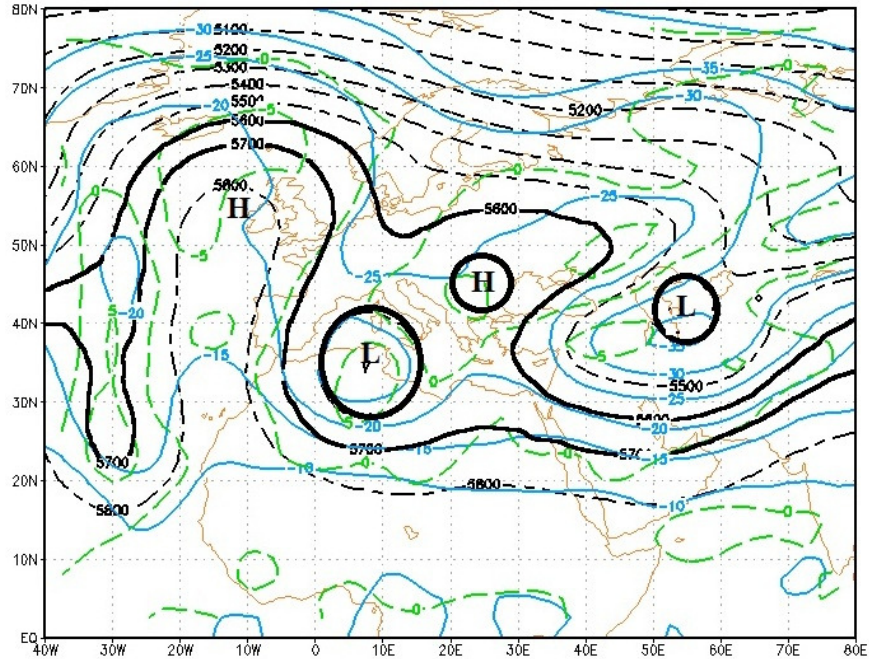
قرارگیری کامل سرزمین مورد مطالعه در قسمت پشت ناوه و فرارفت هوای سرد عرض‌های بالا به منطقه و رخداد سرمای‌ش شدید هوا شده است (شکل ۴).

در روز ۲۶ ژانویه ۱۹۹۲ پرفشاری با فشار مرکزی ۱۰۴۰ هکتوپاسکال در غرب اروپا تشکیل و از طریق منحنی هم فشار ۱۰۳۰ هکتوپاسکال بر روی شمال‌غرب ایران قرار گرفته است. کمربند پرفشار ۱۰۲۵ هکتوپاسکال نیز تا شمال‌شرق ایران تداوم دارد. ناهنجاری فشار تراز دریای شمال خراسان در این روز مثبت ۸ تا ۴ هکتوپاسکال و ناهنجاری دما ۵- تا ۷- درجه سلسیوس است (شکل‌های ۵ و ۶).

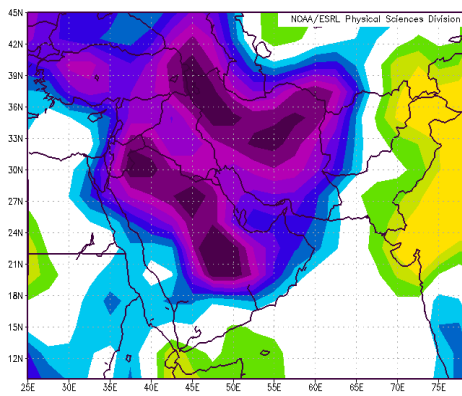
وجود کژفشاری در ترازهای بالای جو نشان از وجود سامانه‌های پویشی در این روز است که سرمای شدید را از عرض‌های بالا به منطقه آورده است. در جو کژ فشار سامانه‌های پرفشار و کم فشار در تراز دریا و ترازهای بالا حالت وارون دارند و در سامانه‌های پویشی نیز سرمای شدیدتر سلول‌های کم فشار باعث تقویت آن خواهد شد. در حالی که سامانه پرفشار (گرمایی) در تراز دریا حاکم است، در تراز ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال سامانه کم فشار غلبه دارد. ناهنجاری‌های فشار و دما در این دو تراز موید این مطلب هستند. ناهنجاری فشار این روز در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال بین ۲۰- تا ۷۰- متر و در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بین ۹۰- تا ۱۲۰- متر می‌باشد. همچنین ناهنجاری دما در تراز ۷۰۰ بین ۷- تا ۸- درجه سلسیوس و در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بین ۷- تا ۹- درجه سلسیوس است که نشان از قدرت سامانه پویشی در ایجاد سرماهای شدید شمال خراسان دارد.

به عرض‌های پایین تر تا ۲۵ درجه شمالی نفوذ کرده که باعث قرارگیری ایران بر روی محور ناوه شده است. منطقه شمال شرق در قسمت مرکزی و شرقی ناوه واقع گردیده و قرارگیری در شرق ناوه حرکات صعودی هوا را افزایش داده است و مقدار تاوایی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در شمال‌شرق ایران به ۵R/s رسیده است (شکل ۴). در ۲۳ ژانویه سامانه بندالی زوجی بین نصف النهار گرینویچ تا ۳۵ درجه شرقی تشکیل شده است. هم‌زمان با آن کم فشار بریده‌ای نیز در کوه‌های اورال در حال تشکیل است. مجموعه این عوامل باعث نفوذ ناوه تا عرض ۲۵ درجه شمالی و نهایتاً باعث قرارگیری ایران در غرب ناوه شده است. در روز ۲۴ ژانویه سامانه بندالی کمی به عرض پائین تر منتقل شده و باعث نفوذ بیشتر ناوه تا عرض ۲۰ درجه شمالی شده است (شکل ۵). به دلیل گسترش کمتر پرفشار تا عرض ۷۰ درجه شمالی در روز ۲۳ ژانویه نسبت به روز ۲۴ ژانویه (عرض ۷۵ درجه شمالی)، تاوایی نسبی منفی روز ۲۴ ژانویه ($-10 R/s$) بیشتر از ۲۳ ژانویه ($-8 R/s$) می‌باشد. به همین دلیل بادهای شرق پرفشار در ۲۴ ژانویه جهت نصف النهاری بیشتری داشته‌اند. البته جابجایی کم فشار روز ۲ ژانویه از ۴۰ درجه به ۳۵ درجه شمالی نیز موثر بوده است. در نتیجه حرکت نصف النهاری بیشتر ۲۴ ژانویه تاوایی منفی نیز در جهت عرضی بیشتر بوده است و مقدار تاوایی در شمال شرق ایران به ۲ R/s رسیده است، اما در ۲۳ ژانویه گسترش طولی بیشتر بوده و مقدار تاوایی در شمال شرق ایران به صفر R/s رسیده است. کم فشار جنوب اورال تقویت شده و در ۲۵ ژانویه به یک کم فشار قوی تبدیل شده است، اما پرفشار مستقر بر روی دریای مدیترانه و اروپا رو به تضعیف بوده و در این روز سامانه بندالی، ترکیبی از این کم فشار و پرفشار غرب مدیترانه می‌باشد. در واقع سامانه بندالی از موقعیت طول صفر تا ۴۰ درجه شرقی به موقعیت ۱۰ تا ۵۰ درجه شرقی تغییر موقعیت داده است. این سامانه بادهای غربی عرض ۷۵ درجه شمالی را به عرض‌های پایین منتقل کرده و همچنین در روز ۲۶ ژانویه با تقویت بیشتر کم فشار و گسترش شرقی تر آن تا طول ۶۰ درجه شرقی باعث

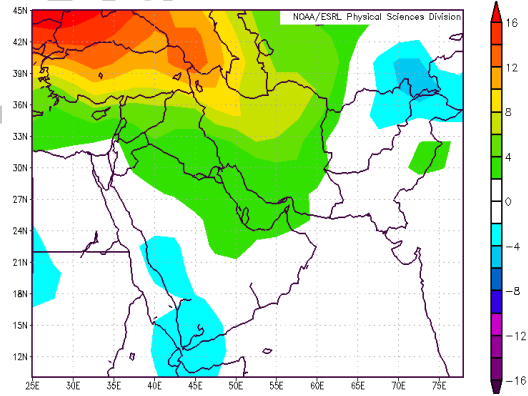
۱- واحد تاوایی نسبی 10^5 رادیان بر ثانیه (R/s) است که جهت کوتاه نوشت 10^5 حذف شده است.



شکل ۴: نقشه ارتفاع به ژئوپتانسیل متر، دما به درجه سلسیوس و تاوایی نسبی به رادیان بر ثانیه در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (ضریب ثابت 10^{-6} حذف شده است) در روز ۲۶ ژانویه ۱۹۹۲



شکل ۶: ناهنجاری دمای تراز دریا - ۲۶ ژانویه ۱۹۹۲



شکل ۵: ناهنجاری فشار تراز دریا - ۲۶ ژانویه ۱۹۹۲

و سرزمین مورد مطالعه قرار گرفته و میزان حرکات فرونشینی هوا را افزایش داده است. شایان ذکر است که مقدار تاوایی در تمامی روزهای سرمای شدید این الگو مثبت بوده و بر روی منطقه گردش چرخندی وجود داشته است. مقدار تاوایی در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال بین صفر تا $0.5 R/s$ و در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بین صفر تا $2 R/s$ متغیر بوده است. حالت کلی وقوع سرمای شدید در این الگو هنگامی است که این پدیده باعث ایجاد ناوه عمیقی شده که محور آن در روی شمال شرق

بررسی نقشه‌های روزهای سرد شدید با الگوی بندالی نشان‌دهنده این است که وجود سامانه بندالی باعث انحراف شدید بادهای غربی و نفوذ آن‌ها تا عرض‌های پایین شده است. در بین روزهای با سرمای شدید نفوذ ناوه از ۱۷ تا ۲۵ درجه شمالی متغیر بوده است و سبب شده که دمای هوا نیز در تراز ۱۰۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال به ترتیب از ۵ تا ۱۰- و ۲۵- تا ۴۰- در طی روزهای با سرمای شدید الگوی بندالی متغیر باشد. این ناوه در غرب خود بر روی شمال شرق کشور

از وقوع سرمای شدید در منطقه در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال نیز تاوایی منفی بر روی شمال غرب کشور و تاوایی مثبت بر روی سرزمین مورد مطالعه وجود دارد اما ضعیف تر از تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال می باشد. خطوط جریان تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نیز موید فرارفت هوا از عرض های بالا توسط ناوه واقع در منطقه سیبری غربی با جهت شمال شرقی به داخل پرفشاری که شمال کشور را پوشش می دهد می باشد. دمای هوا در این تراز در سرزمین مورد مطالعه بین صفر تا ۸- درجه سلسیوس از جنوب به شمال منطقه پژوهش در تغییر است.

هر چند نمی توان سامانه گرمایی جو را مستقل از سامانه های پوششی دانست ولی می توان گفت که در این روز برخلاف مورد قبل، عامل اصلی ایجاد سرما، سامانه گرمایی بوده است. بررسی نقشه های ناهنجاری فشار عددی بین ۴ تا ۸ هکتوپاسکال (شکل ۸) و ناهنجاری دما بین ۵- تا ۷- درجه سلسیوس (شکل ۹) را نشان می دهد. در واقع در تراز دریا سامانه پرفشار تشکیل شده، سرمای شدیدی را ایجاد کرده است. اما بررسی ناهنجاری فشار و دما در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال نشان از عادی بودن شرایط دارد، طوری که ناهنجاری فشار صفر بوده، ناهنجاری دما نیز مثبت ۱ تا ۲ درجه سلسیوس است. ناهنجاری دما در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال شبیه تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال است ولی فشار بین ۱۰ تا ۲۰ هکتوپاسکال ناهنجاری دارد. در تراز دریا سلول پر فشار ۱۰۳۰ هکتوپاسکال و در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال سلول ۱۵۰۰ ژئوپتانسیل متر قابل مشاهده است که از سمت شرق تقویت می شود. ولی چون این سامانه گرمایی نتوانسته ناهنجاری دما را تا سطوح بالا منفی کند و فقط در تراز پایین آن را نشان داده است.

بررسی تمامی روزهای با سرمای شدید در سرزمین مورد مطالعه که سرمای شدید آن ها تحت این الگو رخ داده است، نتایج زیر را بدست می دهد:

تاوایی منفی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال حداقل به ۲- رسیده است و مقدمات حرکت جنوب سوی بادهای سرد عرض های بالا را فراهم آورده است. به همین صورت محور ناوه نیز با نزدیک شدن به روز سرمای شدید در شرق کشور استقرار داشته است. در تمامی روزهای سرمای شدید

یا شرق ایران قرار گیرد و باعث قرارگیری سرزمین مورد مطالعه در غرب یا زیر محور ناوه شود که این عامل باعث ایجاد تاوایی مثبت می شود.

الگوی ناوه عمیق (۳ فوریه ۱۹۹۶)

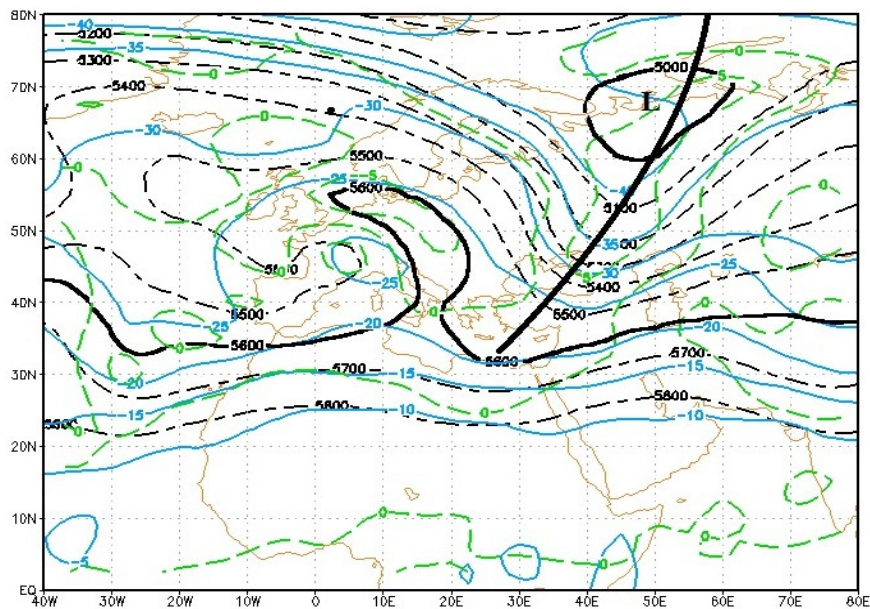
در این الگو وجود سرمای شدید به دلیل وجود ناوه ای است که با گسترش نصف النهاری جنوب سو از عرض های بالا تا عرض های پایین رسیده و محور آن در شرق ایران قرار گرفته است. این شرایط با فرونشینی و پایداری هوا در منطقه همراه بوده است. هر قدر ناوه عمیق تر باشد این پایداری بیشتر خواهد بود. در این الگو سرزمین مورد مطالعه در غرب ناوه عمیقی که از عرض های بالا منشا گرفته قرار دارد که این حالت باعث ایجاد سرماهای شدید شده است.

دو روز قبل از وقوع سرمای شدید ناوه عمیقی (۳۰ درجه عرض جغرافیایی) که محور آن در شرق دریای سیاه قرار گرفته است هوای بسیار سرد قطبی را با خود به سمت عرض های پائین کشانده و باعث قرار گرفتن منطقه در شرق ناوه شده است. این موج همزمان با حرکت پاد ساعت گرد به سمت شرق جابجا شده و عمیق تر گردیده به طوری که در روز ۳ فوریه محور ناوه در شرق منطقه پژوهش قرار گرفته و باعث فرارفت هوای سرد عرض های بالا بر روی منطقه و ایجاد سرمای شدید شده است (شکل ۷).

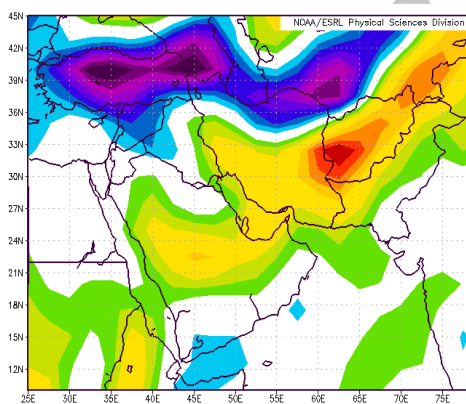
چند روز قبل از وقوع سرمای شدید قرارگیری ناوه عمیقی بر روی شمال غرب ایران باعث ایجاد تاوایی مثبت در شمال شرق ایران شده است که البته مقدار آن کمتر از ۱ R/s می باشد. این مقدار تاوایی با حرکت شرق سوی ناوه در روز وقوع سرمای شدید کاهش یافته و مرکز آن کمی به سمت جنوب منتقل شده است (شکل ۷). این تاوایی باعث تشکیل سلول کم فشاری با فشار مرکزی ۴۸۴۰ ژئوپتانسیل متر بر روی شرق اورال و سیبری غربی شده که گردش پاد ساعت گرد آن باعث فرارفت هوا از عرض های بالا به داخل سامانه پرفشاری که تقریباً تمام نوار شمالی کشور را پوشش می دهد شده است. این سلول با توجه به گسترش مداری نسبتاً زیاد باعث حرکت هوا و ریزش آن به سرزمین مورد مطالعه شده است که این سلول پرفشار در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال به خوبی قابل رویت می باشد. در روزهای قبل

واقع در غرب دریاچه بایکال) و شمال‌غرب- جنوب شرق (فرارفت هوا از ناوه عمیق واقع در روی سیبری غربی) بوده است.

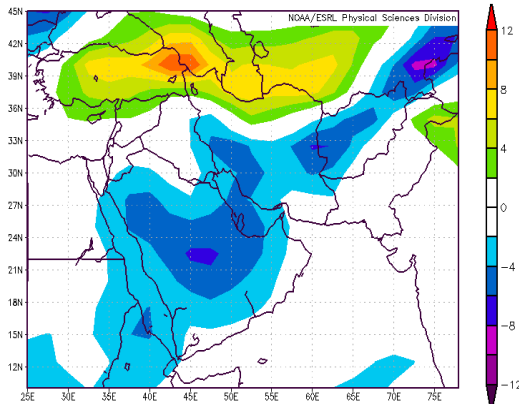
سرزمین مورد مطالعه محور ناوه بین عرض ۶۰ درجه شرقی (سیبری غربی) تا ۸۰ درجه شرقی (اطراف دریاچه بایکال) بوده است. جهت وزش باد نیز در تمام روزهای این الگو از دو جهت شمال شرق- جنوب غرب (فرارفت هوا از پرفشار



شکل ۷: نقشه ارتفاع به ژئوپتانسیل متر، دما به درجه سلسیوس و تاوایی نسبی به رادیان بر ثانیه در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (ضریب ثابت 10^{-6} حذف شده است) برای روز ۳ فوریه ۱۹۹۶



شکل ۹: ناهنجاری دمای تراز دریا در روز ۳ فوریه ۱۹۹۶



شکل ۸: ناهنجاری فشار تراز دریا در روز ۳ فوریه ۱۹۹۶

حداکثر ۵ درجه سلسیوس بوده است. در سرماهای شدید رخ داده تحت این الگو، فرارفت هوا از دو منبع تامین شده است که عبارتند از پرفشار واقع در منطقه غرب دریاچه بایکال و ناوه عمیقی که باعث فرارفت هوا از عرض‌های بالا بر روی سرزمین مورد مطالعه شده است. تشکیل سلول

دمای منطقه نیز به تدریج از چند روز قبل از وقوع سرمای شدید شروع به کاهش کرده است. مقدار دما در روزهای سرمای شدید در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال حداقل ۴۰- درجه و حداکثر ۲۵- درجه سلسیوس متغیر بوده بوده است. این مقدار برای تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال حداقل ۱۰- و

بسیار بیشتر از الگوی ناوه عمیق می‌باشد. طبق مندرجات (جدول ۴)، الگوی بندالی سوزبادهای شدیدتر و با فراوانی کمتری را نسبت به الگوی ناوه عمیق نشان می‌دهد. این مورد در نقشه‌های دمای تراز دریا نیز مشهود است. در روزهای با الگوی ناوه عمیق خطوط همدمای ۲- تا ۶- درجه سلسیوس تقریباً تمامی منطقه را پوشش می‌دهد ولی در الگوی بندالی تقریباً در تمامی روزها منطقه تحت سیطره خطوط همدمای ۴- تا ۸- درجه سلسیوس است. نقشه این دو الگو در (شکل ۱۰) آورده شده است.

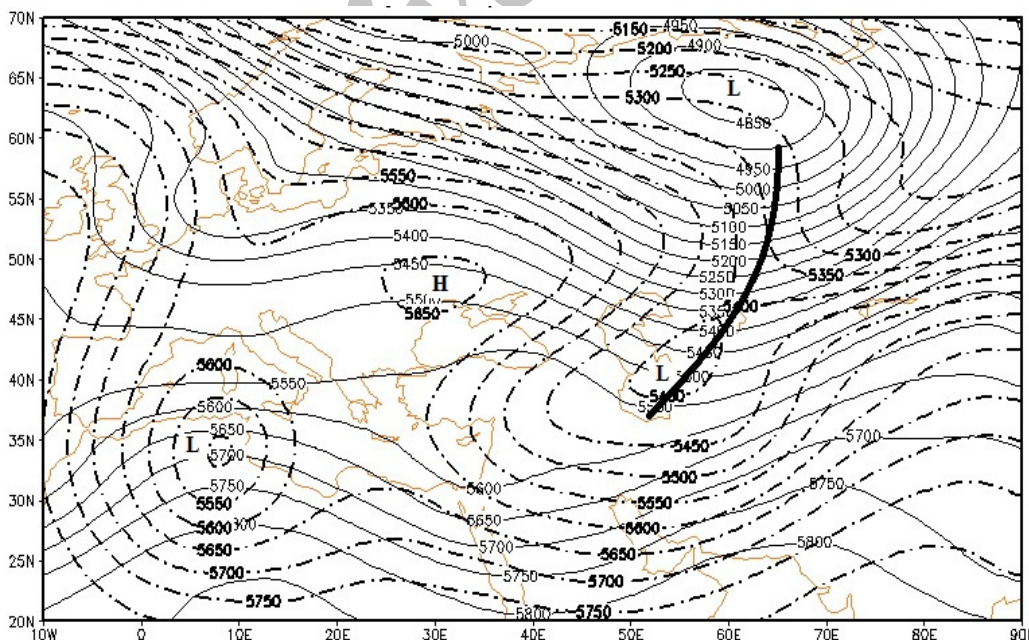
جدول ۴: مقایسه دو الگوی رخداد سوزباد در ۹ سوزباد فراگیر

مورد مطالعه

الگوی بندالی	الگوی ناوه عمیق	
صفر	۵	حداقل شاخص سوزباد
۳	۶	فراوانی سوزباد
۵	۱۱	میانگین شدت سوزباد

مقایسه‌ی دو الگو

مقایسه‌ها نشان از شدت بیشتر سوزبادهای رخ داده با الگوی بندالی است. میانگین شدت و فراوانی سوزباد طی ۹ روز مورد مطالعه گویای این مطلب است که تعداد روزهای رخداد سوزباد تحت الگوی ناوه عمیق بسیار بیشتر از الگوی بندالی، ولی شدت سوزبادهای رخ داده تحت الگوی بندالی



شکل ۱۰: مقایسه خطوط هم ارتفاع تراز ۵۰۰ HP دو الگو، ۳ فوریه ۱۹۹۶ (خطوط پیوسته - الگوی ناوه عمیق)

و ۲۶ ژانویه ۱۹۹۲ (خط چین ها - الگوی بندالی)

نتیجه گیری

(سیبری غربی) تا ۸۰ درجه شرقی (اطراف دریاچه بایکال) بوده است. جهت وزش باد نیز در تمام روزهای این الگو از دو جهت شمال شرق- جنوب غرب (فرارفت هوا از پرفشار واقع در غرب دریاچه بایکال) و شمال غرب- جنوب شرق (فرارفت هوا از ناوه عمیق واقع در روی سیبری غربی) بوده است. مقدار دما در روزهای سرمای شدید در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال حداقل ۴۰- درجه و حداکثر ۲۵- درجه سلسیوس متغیر بوده است. این مقدار برای تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال حداقل ۱۰- و حداکثر ۵ درجه سلسیوس می‌باشد. فرارفت هوا در سرماهای شدید رخ داده تحت این الگو، از ۲ منبع تامین شده است. پرفشار واقع در منطقه غرب دریاچه بایکال و ناوه عمیقی که باعث فرارفت هوا از عرض‌های بالا بر روی سرزمین مورد مطالعه شده، منابع اصلی فرارفت هوا بر روی منطقه بوده‌اند.

در حالت کلی می‌توان ذکر کرد که با توجه به نزدیک بودن سرزمین مورد مطالعه به منبع سرما یعنی سیبری و قرار گرفتن در معرض زبانه‌های آن از یک طرف و به دلیل بالا بودن عرض جغرافیایی از طرف دیگر، این منطقه می‌تواند تحت تاثیر سامانه‌های مختلف گرمایی، پوششی و گرمایی- پوششی باشد. در این منطقه هر چند سامانه‌های گرمایی ارتفاع زیادی ندارند ولی با توجه به نزدیکی منطقه به منبع سرما، می‌توانند به اندازه سامانه‌های پوششی، سرما ایجاد کنند. هماهنگ با دو مسیری که پیش از این براتی (۱۳۷۸) برای یورش امواج یخبندان بهاره به ترتیب یکی از شمال با عنوان نفوذ زبانه‌های پرفشار سرد سیبری و دیگری از شمال غرب با عنوان پرفشارهای مهاجر مشخص کرد؛ در این تحقیق دو منبع اصلی برای فرارفت سرما به شمال خراسان شناخته شد. یکی شرق منطقه که معمولاً در قالب سامانه‌های گرمایی تاثیرگذارند و دومی عرض‌های بالا در غرب منطقه که معمولاً با الگوی پوششی یا گرمایی- پوششی باعث سرمایش منطقه می‌شوند. مسیر اول فرارفت سرما از سمت عمومی شمال شرق است که در اغلب موارد سامانه گرمایی در آن تاثیرگذار است و مسیر دوم با جهت شمال، شمال غرب- جنوب شرق از جنوب کوه‌های اورال است که در اغلب موارد در این مسیر سامانه‌های پوششی یا گرما- پوششی باعث ریزش هوای سرد به منطقه می‌شوند.

بررسی فراوانی وقوع سرماهای شدید نشان دهنده این است که قوچان با ۶۷۱ مورد بیشترین فراوانی وقوع سرمای شدید را دارد. بعد از آن بجنورد با ۶۱۷، مشهد با ۵۶۱ و سرخس با ۲۷۶ مورد در رتبه‌های بعدی قرار دارند. از لحاظ شدت سرما نیز ایستگاه قوچان دارای شدیدترین سرماها می‌باشد. ایستگاه سرخس به جز دسامبر در بقیه ماه‌ها کمترین شدت را دارد ولی در این ماه بعد از قوچان قرار می‌گیرد. در سایر ماه‌ها به ترتیب بجنورد و مشهد، بعد از قوچان قرار می‌گیرند.

با توجه به یافته‌های بدست آمده از مطالعه همدیدی سرماهای شدید در منطقه شمال خراسان، چنین استنباط می‌شود که در بیشتر موارد وقوع سرماهای شدید منطقه، وجود سامانه بندالی علت اصلی بوده، در بقیه موارد نیز الگوی ناوه عمیق بصورت استقرار ناوه‌ای عمیق بر روی شمال ایران و قرار گرفتن سرزمین مورد مطالعه در قسمت عقب آن دلیل اصلی رخداد سرمای شدید می‌باشد. در بین روزهای با الگوی بندالی نفوذ ناوه از ۱۷ تا ۲۵ درجه شمالی متغیر بوده است که این سبب شده دمای هوا نیز در تراز ۱۰۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال به ترتیب از ۵ تا ۱۰- و ۲۵- تا ۴۰- در طی روزهای با سرمای شدید الگوی بندالی متغیر باشد. مقدار تاوایی در تمامی روزهای سرمای شدید این الگو مثبت بوده، روی منطقه گردش چرخندی داشته است. مقدار تاوایی در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال بین صفر تا $R/S \ 0/5$ و در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بین صفر تا $R/S \ 2$ متغیر بوده است. حالت کلی وقوع سرمای شدید در این الگو هنگامی است که این پدیده باعث ایجاد ناوه عمیقی شده، محور آن در روی شمال شرق یا شرق ایران قرار گیرد و باعث قرار گیری سرزمین مورد مطالعه در غرب یا زیر محور ناوه شود. این عامل باعث ایجاد تاوایی مثبت می‌شود. در روزهای با الگوی ناوه عمیق همیشه تاوایی در غرب و شمال منطقه، تا تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال منفی بوده است که باعث فرارفت سرما از عرض‌های بالا به شمال خراسان شده است. به همین صورت محور ناوه نیز با نزدیک شدن به روز سرمای شدید در شرق کشور استقرار داشته است. در تمامی روزهای سرمای شدید سرزمین مورد مطالعه، محور ناوه بین عرض ۶۰ درجه شرقی

منابع

1. Esmaeli, Reza, Habibi Nokhandan, Majid, Fallahe Ghalhari, Gholam Abbas, 2010, Evaluate the changes caused by frost during the growing season and climatic fluctuations: a case study: khorasan razavi, physical geography reaserch, No. 73, pp. 69-82
2. Barati, Gholam Reza, 1999, Systematic Relations Of Immigrant Anti-Cyclone And Spring Frost Of Iranian, geographical reaserch, No. 55, pp. 133-150
3. Pak nazar, sara, 2005, surveying the position of the polar vortex and its effect on extreme cold weather in North Eastern Iran, M.A Thesis of meteorology, faculty of Marine Science and Technology, Azad University, Unit of Darband Tehran, pp. 148
4. Hejazi zadeh, Zahra, 2000, analysis of synoptic elements of rain and thunderstorms with lightning in the Western of iran, Faculty of Humanities journal of tarbiat moalem university, No. 28 and 29, pp. 5-21
5. Haidari, hossain and saeed abadi, Rashid, 2007, classification of chill wind in west and north western of iran, geographical reaserch, No. 62, pp. 93-107
6. Haidari, Mohsen, 1996, analysis of Weather systems affecting the North West of Iran, M. A, Thesis of meteorology, faculty of geophysics- Tehran university, pp. 168
7. Rabani, fatemeh and karami, fariba, 2009, analysis of number of frost days in North Khorasan Province, journal of physical geography, No. 4, pp. 85 - 94
8. Site of the National Center for Environmental Prediction United States, <http://www.nws.noaa.gov/os/windchill/index.shtml>.
9. Shahrokhvandi, sayed Mansour, 2007, Normal circulation of the atmosphere and the parameters of the action centers on Iran in winter, journal of Humanities, Esfahan university, vol: 22, No. 1, pp. 93
10. Azizi, Qasem, 2001, digital classification of Iranian selected weather stations by letin sky metod, Journal of Geographical Research, Tehran University, No. 41, pp. 51-39.
11. Azizi, Qasem, 2004, synoptic assessment comprehensives spring frosts in mid-West of Iran, Journal of the Humanities Teacher, No. 32, pp. 99-116.
12. Azizi, Qasem, 1999, blocking, Geographical Research, No. 36, pp. 50-37.
13. Alijani, Bohlool, 1990, formation of Siberia anticyclone and its impact on Eastern Iran climate, journal of Geographical Research, No. 17, pp. 51-41.
14. Alijani, Bohlool, hoshyar, Mahmoud, 2008, identifying of extreme cold weather synoptic patterns in North West of Iran, Journal of physical Geography, No. 65, pp. 16-1.
15. Fattahi, ebrahim, Salehi pak, Tehmineh, 2009, analysis of synoptic patterns of winter frost in Iran, Journal of Geography and expansion, No. 13, pp. 136-127.
16. Ghasemi, ahmad reza, Eslamian, Syed Saeed and nezam o Sadat, Syed Mohammad Jaffar, 2007, the effect of cold winds on the human comfort in different parts of Iran, Journal of Humanities, esfahan university, No. 3, pp. 13-26.
17. Ghavidel Rahimi, yousef, khoshhal Dastjerdi, javad, 2010, assessment on the hard winter climate of Tabriz and its relationship with the Arctic Oscillation, Journal of teacher Science, Volume 14, No. 1, pp. 196-179.
18. Mohammadi, Hossein, and Saedi, Ali, 2008, effective Biological indicators on human comfort, case study: city of Qom, Journal of Environmental Studies, No. 47, pp. 86-73.
19. Ahrens, C. D, 2002, Meteorology Today, an Introduction to Weather, Climate and the Environment, 7th Edition, West Publising Company, New York, pp. 536.
20. Chen-Ching Ting, Jing-Nang Lee, Chun-Hong Shen, 2008, Development of a wind forced chiller and its efficiency analysis, Applied Energy, No. 85, pp.1190-1197.
21. Dan Gudge, 2005, the Unusual Frost Event of Nov. 29 to Dec. 4, WFO San Joaquin.
22. Desiree Gavhed · Tero Mkinen · Ingvar Holmr · Hannu Rintamki, 2003, Face cooling by cold wind in walking subjects , Int J Biometeorol, No. 47, pp.148-155.
23. Dragan Brajkovic, Michel B. Ducharme, 2006, Facial cold-induced vasodilation and skin temperature during exposure to cold wind, Eur J Appl Physiol, No. 96, pp.711-721.
24. Final Reported for Environment Canada, 1999, Evaluation of the Perception of Wind Chill and the Receptiveness to change, Envirionics Research Group, pp. 23.
25. Takahashi, H. 1990. Migration of the Cold Air Mass Related Rain Belt Formation of the Chienese Continent and Atmospheric Systems during the Baiu Season (In Japanese). Geographical Review of Japan; Series A, No. 64, pp. 10-24.