

تحلیل سینوپتیک یخبندان شدید، دیر هنگام و فراگیر فروردین ماه ۱۳۸۸

قاسم عزیزی: دانشیار اقلیم شناسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران *

علی حنفی: کارشناسی ارشد اقلیم شناسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

محسن سلطانی: کارشناسی ارشد اقلیم شناسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

موسی آقاجانی: کارشناس جغرافیای طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

چکیده

در این پژوهش به منظور بررسی الگوی سینوپتیکی یخبندان شدید و دیر هنگام دوره ۲۳ تا ۲۶ فروردین ماه ۱۳۸۸، نقشه‌های هواشناسی میانگین فشار سطح دریا، ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال بررسی شده است، و با استفاده از نقشه‌های همدیدی، موقعیت و جابجایی سیستم‌های جوی همچون: سیکلون‌ها، آنتی سیکلون‌ها و میدان‌های باد مطالعه شده است. نتایج نشان دهنده آن است که فعالیت سامانه پرفشاری در شمال دریای خزر سبب ریزش هوای سرد عرض‌های بالا به کشور شده به طوری که باعث وقوع یخبندان در بیشتر ایستگاه‌های کشور شده است. و میدان باد ترازهای پایین، نقش مهمی در تغذیه رطوبتی سامانه‌های جوی داشته است که طی دوره فعالیت این سامانه الگوی مناسب میدان باد ترازهای پایین، سبب تغذیه رطوبتی قابل ملاحظه‌ای به کشور شده، به طوری که در برخی ایستگاه‌ها ریزش برف مشاهده شد. همچنین نتایج حاصل از پهنه بندی مقادیر حداقل دمای ۲۴ ساعته، نشان داد که طی این دوره، بخش‌های غربی و جنوب غربی کشور نسبت به دیگر نواحی یخبندان‌های شدیدتری را تجربه کرده‌اند.

واژه‌های کلیدی: سینوپتیک، یخبندان شدید، پهنه بندی، فروردین، ایران

مقدمه

گرفتن گیاهان در حال رشد در معرض یخبندان، آسیب یا مرگ گیاه را در پی خواهد داشت. از دیدگاه هواشناسی کشاورزی، یخبندان به وقوع درجه حرارت‌های پایین در حدی که منجر به خسارت به بافت‌های گیاهی شود اطلاق می‌گردد که این نوع یخبندان با توجه به درجات حرارت بحرانی برای هر محصول متفاوت است (محمدی، ۱۳۸۵). از مطالعات صورت گرفته در زمینه تحلیل الگوهای یخبندان می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد: عزیزی (۱۳۸۳) در ارزیابی سینوپتیکی یخبندانهای فراگیر بهاری در نیمه غربی ایران اشاره می‌کند که تقریباً تمامی موارد

یخبندان یکی از زیان آور بلایای طبیعی زیان آور است که معمولاً با خسارت‌های فراوان مالی و حتی جانی همراه است. سرمازدگی و یخبندان در مراحل مختلف رویشی برای محصولات کشاورزی و باغی بسیار مهم است؛ چرا که در صورت حادث شدن، منجر به کاهش تولید می‌شود (علیجانی و هژبرپور، ۱۳۸۶، ص ۱۰). به طور کلی یخبندان به شرایطی اطلاق می‌شود که در آن دمای هوا در ارتفاع حدود یک تا دو متری از سطح زمین به صفر یا زیر صفر درجه سلسیوس می‌رسد (عزیزی، ۱۳۸۳). قرار

یخبندان فراگیر همزمان با وجود سامانه کم ارتفاع روی مناطق شمالی ایران بوده است که هسته مرکزی این سامانه‌ها در شمال دریای خزر، مرکز دریای خزر و یا مناطق شمالی تر از دریای خزر قرار گرفته و با فرا رفت هوای سرد عرض‌های شمالی سبب ریزش هوای سرد و یخبندان در نیمه غربی کشور شده است. همچنین، براتی (۱۳۷۸) طراحی الگوهای همدیدی یخبندان‌های بهاره را در ایران انجام داده است. مطابق با نتایج این تحقیق، جابجایی سامانه‌های پرفشار مهاجر از عرض‌های بالاتر (از سمت سیبری و اروپای مرکزی) به یخبندان‌های شدید و فراگیر می انجامد و بر عکس، جابجایی عرض‌های پایین تر (از سمت دریای مدیترانه) به یخبندان‌های ملایم و نیمه فراگیر منتهی می شود. روزنبرگ و مایرز^۱ (۱۹۶۲) رویدادهای تاریخی مربوط به وقوع یخبندانهای زودرس پاییزه و دیررس بهاره را در ده مکان در داخل و اطراف دره پلت درایالت نبراسکا مورد مطالعه قرار دادند. آنها ضمن شناسایی الگوهای توزیع یخبندانهای نوع تابشی و یا انتقالی، الگوهای فشاری موثر را هم مشخص کردند. عزیزی و حبیبی (۱۳۸۴) به مطالعه توزیع زمانی و مکانی یخبندان و لغزندگی در جاده‌های هراز و فیروزکوه با استفاده از تکنیک GIS پرداختند. گابریلا و همکاران^۲ (۲۰۰۳) در مقاله ای تحت عنوان ارتباط گردش جریان‌ات سطحی با یخبندان‌های منطقه پامپاس غربی، به بررسی و تحلیل یخبندان در این منطقه پرداخته‌اند. رحیمی (۱۳۷۸) با توجه به آمار دمایی ثبت شده در ایستگاههای البرز مرکزی احتمال وقوع یخبندان و همچنین یخبندان‌های دیر رس بهاره

و زودرس پاییزه را با توجه به اهمیت آنها در کشاورزی بررسی و تاریخ وقوع آنها را پیش بینی نمود. بررسی و تحلیل تاریخ آغاز و خاتمه یخبندان‌های تابشی - فرارفتی و فرارفتی در استان‌های آذربایجان غربی و شرقی کاری است که توسط نوحی و همکاران (۱۳۸۶) انجام شده است. ویتکوویچ^۳ (۱۹۶۳) گسترش بادهای سرد شمال غربی را توسط توده‌های هوا عامل اصلی یخبندان‌ها در روسیه، اروپا و قزاقستان می‌داند. عزیزی و همکاران (۱۳۸۸) در بررسی و تحلیل رویداد سرمای غیر معمول دی ماه ۱۳۸۶ (ژانویه ۲۰۰۸) با مطالعه ۲۱ ایستگاه منتخب، ناهنجاری دمای ژانویه ۲۰۰۸ را در مقایسه با میانگین دراز مدت دمای حداقل ژانویه کشور بررسی کرده‌اند آنها با بررسی ناهنجاریها و شاخص بی بعد نمره استاندارد دمای حداقل ژانویه ۲۰۰۸، مشاهده کردند که به جز ۶ ایستگاه (اهواز، بوشهر، بندرعباس، شیراز، کرمان، ایرانشهر) در نیمه جنوبی کشور، در سایر ایستگاه‌ها، ناهنجاری بیش از ۵ درجه سلسیوس نسبت به دوره آماری ۳۰ ساله برخوردار بوده است. همچنین با تحلیل دمای حداقل ژانویه ۲۰۰۸ در قالب ۶ دوره ۵ روزه، مشخص کرده‌اند که؛ ایستگاههای مورد بررسی، در دوره چهارم (روزهای شانزدهم تا بیستم) سردترین دماها را داشته‌اند. به منظور تحلیل شرایط همدیدی موثر در وقوع سرمای ژانویه ۲۰۰۸ و تعیین علل آن، داده‌های مربوط به دما، فشار سطح دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل، مولفه باد نصف النهاری و مداری (V,U) در ترازهای متفاوت و در چهار ساعت، از سایت مرکز ملی پیش بینی محیطی (NCEP)^۴ برای روزهای ژانویه

^۳. Vithkevich

4. National Centers for Environmental Prediction

^۱. Rosenberg and Myers

^۲. Gabriela and et al

(۲۰۰۷) انجام شده است. هوم^۵ (۱۹۵۹) نسبت به توزیع زمانی فصلی وسالانه یخبندان با توجه به روند وقوع آن در سالهای گذشته اقدام نمود. کارل^۶ (۱۹۹۸) در تحقیقی به بررسی منطقه‌ای درجه حرارت حداقل و حداکثر و بارندگی پرداخت و به این نتیجه رسید که درجه حرارت حداقل و حداکثر و بارندگی از نظر آماری قابل پیش بینی می‌باشد. کاربرد مدل متوسط مقیاس به منظور تحلیل پدیده یخبندان‌های دیرنگام و مقایسه آنها با موارد مشاهده شده، مقاله‌ای است که توسط سرافین و همکاران^۷ (۲۰۰۵) انجام شده است. نوحی (۱۳۸۷)، به تعیین طول دوره بدون یخبندان با استفاده از تاریخ‌های آغاز و خاتمه یخبندان فرارفتی و تابشی در نواحی زنجان، قزوین و تهران پرداخته‌اند. دینگ^۸ (۱۹۸۷) در بررسی خود به منظور مطالعه ی موسمی‌های زمستانه و یورش هوای سرد در چین به تحلیل الگوهای بزرگ مقیاس و انتقال توده‌های هوای سرد و گسترش نفوذ زبان‌های سرد به سمت استوا پرداخت. سیموندس و موری^۹ (۱۹۹۹)، در مقاله‌ای به پالایش روش‌های مسیریابی سیکلون با داده‌های یخبندان در استرالیا پرداخته‌اند. چن و هلستون^{۱۰} (۱۹۹۹) نشان دادند که ناهنجاریهای دمای زمستانه در جنوب سوئد با استفاده از تیپ‌های هوا قابل توجیه است. آنها نشان دادند که هر تیپ هوا باعث ایجاد شرایط خاص دمایی کاملاً متمایزی در منطقه می‌شود. شکل (۱)، آنومالی دمای سطح زمین (خطوط منقطع) فروردین ماه ۱۳۸۸ و میانگین دمای سطح زمین

۲۰۰۸ استخراج شده و از بررسی داده‌های ارتفاع ژئوپتانسیل و فشار سطح دریا، به شکل گیری سامانه بندالی (Blocking) و حضور و اثر آن در بروز و شدت سرمای مذکور، پی برده شده است. بوتسما^۱ (۱۹۷۶) دمای حداقل و احتمال وقوع خطر یخبندان را در سرزمین‌های کوهستانی کانادا مورد بررسی قرار داد. تام و شاو^۲ (۱۹۵۸) نشان دادند که تاریخ‌های وقوع یخبندان تصادفی بوده و از توزیع نرمال تبعیت می‌کنند به همین دلیل استفاده از میانگین و انحراف معیار، شاخص‌های آماری معتبری برای مطالعه این پدیده به شمار می‌روند و با در دست داشتن این دو عامل، احتمال وقوع یخبندانهای زودرس پاییزه و دیررس بهار از یکدیگر مستقل هستند. بنابراین می‌توان طول مدت فصل رشد را با احتمالات مشخص محاسبه کرد. هاگ^۳ (۱۹۷۵) یخبندان‌های فرارفتی و تابشی را در یک دوره ی ۳۰ ساله برای کنت انگلستان مطالعه کرد و به این نتیجه رسید که یخبندان‌های فرارفتی ۲۵ درصد از کل یخبندان‌های بهار را در مالینگ شرقی شامل می‌شود. توکلی و حسینی (۱۳۸۵) به ارزیابی شاخص‌های یخبندان و شروع پاییزه آن در ایستگاه اکباتان همدان پرداختند، و به منظور پیش بینی یخبندانهای پاییزه مدلی را ارائه نمودند که بررسی آن همبستگی خطی خوبی بین یخبندان‌های بهار و پاییزه نشان داد. گردش انتشار موجی یخبندان در عرض‌های جغرافیایی بالا در مقابل مناطق حاره‌ای کاری است که توسط گابریلا و ترسیو^۴

5. Hom

6. Karl

8. Serafin and et al

9. Ding

10. Simmonds and Murray

11. Chen and Hellstrom

2. Bootsma

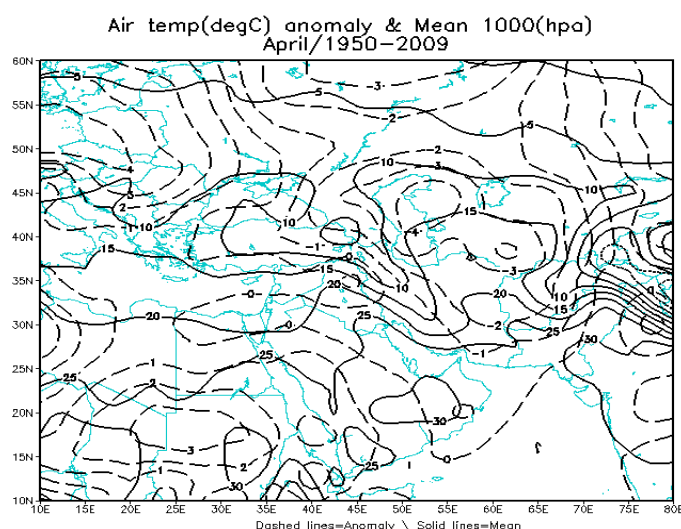
2 Thom and Show

4. Hug

5. Gabriela and Tercio

کشور بسیار گسترده و فراگیر بوده به طوری که تقریباً در تمام ایستگاه‌های هواشناسی کشور به جز نوار ساحلی جنوب، به وقوع پیوسته بود و از طرفی وقوع چنین پدیده‌ای در بهار تا حدودی عجیب و دور از انتظار است، بررسی و تحلیل سینوپتیکی این پدیده ضروری به نظر می‌رسید.

(خطوط ممتد) فروردین ماه را از سال ۱۳۲۸ تا ۱۳۸۸ نشان می‌دهد. خطوط آنومالی نشان دهنده سرمای شدیدی در فروردین ماه ۱۳۸۸ نسبت به خطوط میانگین دمای یک دوره ۶۰ ساله است، به طوری که در این ماه یخبندان کم نظیری در کشور به وقوع پیوسته است؛ بنابراین، از آنجا که یخبندان رخ داده در



شکل ۱- نقشه میانگین دمای ۱۳۲۶-۱۳۸۸ (خطوط ممتد) و آنومالی دمای فروردین ماه ۱۳۸۸ (خطوط منقطع)

مواد و روش‌ها

به منظور تحلیل الگوی سینوپتیکی یخبندان دوره زمانی ۲۳ تا ۲۶ فروردین ماه ۱۳۸۸ و چگونگی تأثیر این سامانه بر کشور پهناور ایران، داده‌های ترازهای فشار سطح دریا (SLP^1)، ۵۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال از مرکز ملی پیش بینی محیطی (NCEP) و مرکز ملی مطالعات جوی ($NCAR^2$) اخذ گردید. در این تحقیق تحقیق از فشار و دمای سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال به عنوان نماینده تراز میانی جو، نم و یژه و باد سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال به منظور تحلیل رطوبت سیستم و SLP

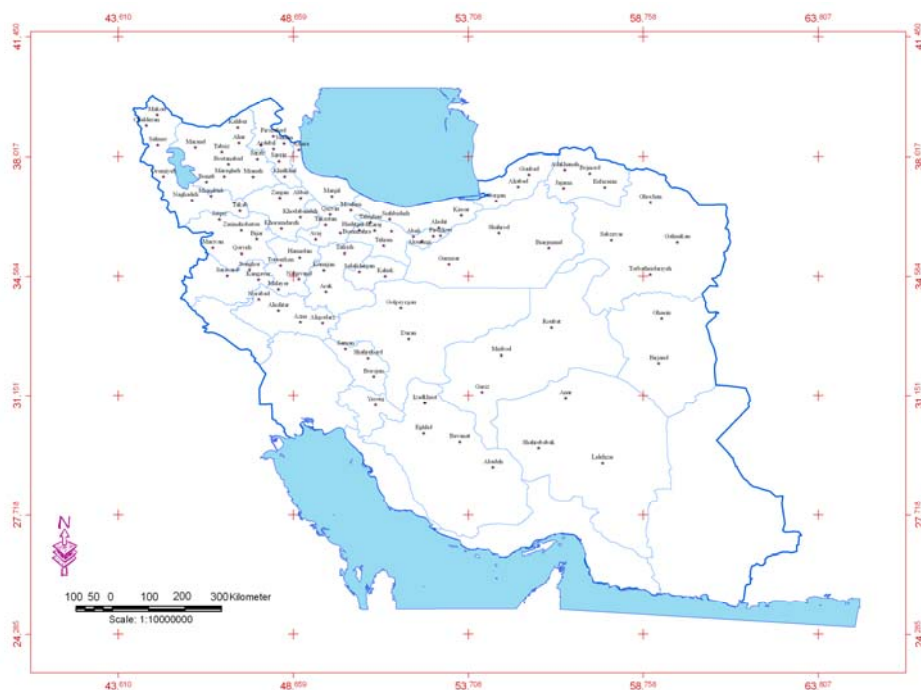
برای مطالعه موقعیت سامانه‌های کم فشار و پر فشار استفاده شده است. بدین منظور نقشه‌های سینوپتیکی SLP، ۵۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال در محیط نرم افزار گرادس^۳ تولید و مورد تحلیل قرار گرفت. شکل (۲) پراکندگی ایستگاه‌هایی که در دوره مورد مطالعه دمایی کمتر از صفر درجه سلسیوس داشته و به نوعی یخبندان را تجربه کرده‌اند، نشان می‌دهد و جدول (۱) حداقل دمای روزهای ۲۳ تا ۲۶ فروردین ماه ۱۴۰۰ ایستگاه منتخب کل ایران را نشان می‌دهد. براساس آن دماهای زیر صفر درجه سلسیوس در طی یک دوره ۴ روزه رخ داده است که مقدار آن برای هر ایستگاه ثبت

¹. Sea Level Pressure

². National Center for Atmospheric Research

³. Grid Analysis and Display System, (Grads)

شده است. مطابق با جدول، کمترین دمای رخ داده در سلسیوس ثبت شده است. این دوره در ایستگاه آلودگی (آبعلی) با ۱۲- درجه



شکل ۲- پراکندگی ایستگاههای هواشناسی استفاده شده در منطقه مورد مطالعه

جدول ۱- مقادیر حداقل دمای ۲۴ ساعته رخ داده در ۱۰۰ ایستگاه سینوپتیک کشور

ردیف	ایستگاهها	حداقل دما (Day/°C)				ردیف	ایستگاهها	حداقل دما (Day/°C)			
		۲۶	۲۵	۲۴	۲۳			۲۶	۲۵	۲۴	۲۳
۱	ماکو	۲	-۱	-۱	۰	۵۱	نورآباد	-۳	-۲	۳	-۱
۲	چالدران	۱	-۱۱	-۵	-۱	۵۲	الشتر	-۳	-۱	۱	-۱
۳	سلماس	۳	-۲	۰	۳	۵۳	ازنا	-۲	۰	۱	-۱
۴	ارومیه	۲	-۵	۱	۲	۵۴	الیگودرز	-۲	-۱	۳	-۱
۵	نقده	۳	-۲	۰	۱	۵۵	طالقان	-۵	-۷	-۲	۱
۶	میاندوآب	۱	-۴	۰	۱	۵۶	هشتگرد	-۱	-۴	۰	۱
۸	آستارا	۳	-۱	۲	۴	۵۷	کرج	۰	-۳	۱	۲
۸	تکاب	-۲	-۶	-۱	-۲	۵۸	تهران	۴	-۲	۴	۶
۹	کلپیر	۱	-۷	-۳	-۵	۵۹	زنوزفیزیک	۳	-۲	۷	۵
۱۰	مرند	۴	-۳	۰	۲	۶۰	آبعلی	-۴	-۵	-۳	-۵
۱۱	تبریز	۳	-۴	۰	۳	۶۱	دماوند	-۳	-۵	۱	۰
۱۲	اهر	۴	-۷	-۳	-۲	۶۲	آلودگی	-۱۰	-۱۲	-۳	-۴
۱۳	بستان آباد	۰	-۱۱	-۴	-۲	۶۳	فیروزکوه	-۵	-۶	-۲	-۳
۱۴	سراب	-۱	-۷	-۴	-۳	۶۴	یاسوج	۰	۳	۵	۲
۱۵	منجیل	۳	-۱	-۱	۵	۶۵	سامان	-۱	۲	۳	۰
۱۶	بناب	۴	-۳	۰	۲	۶۶	شهرکرد	-۴	-۲	-۱	-۳

ادامه جدول ۱- مقادیر حداقل دمای ۲۴ ساعته رخ داده در ۱۰۰ ایستگاه سینوپتیک کشور

۱۷	مراغه	۳	۰	-۴	-۳	۶۷	۰	۲	-۴
۱۸	میانه	۴	۰	-۲	۱	۶۸	۰	۳	-۲
۱۹	بيله سوار	۲	۳	-۱	۰	۶۹	۲	۴	۰
۲۰	گرمی	-۱	-۲	-۱	۳	۷۰	۳	۲	-۱
۲۱	مشکین شهر	-۴	-۵	-۷	۳	۷۱	۳	۵	-۲
۲۲	نائین	-۵	-۵	-۴	۳	۷۲	۸	۱۰	-۱
۲۳	اردبیل	-۲	-۴	-۷	۱	۷۳	۱	۰	-۳
۲۴	سرعین	-۵	-۵	-۸	۲	۷۴	۴	۷	-۱
۲۵	فیروزآباد	۲	۱	-۵	-۲	۷۵	۷	۱۰	۰
۲۶	خلخال	۱	-۵	-۱۰	-۳	۷۶	۷	۱۰	-۱
۲۷	سقز	۱	-۱	-۲	۱	۷۷	۳	۵	-۲
۲۸	زرینه اوباتو	-۲	-۱	-۶	-۱	۷۸	۷	۴	-۱
۲۹	مریوان	۲	۱	-۲	۳	۷۹	۶	۵	۱
۳۰	بیجار	۳	۰	-۵	۰	۸۰	۶	۱۰	-۳
۳۱	قروه	۱	۰	-۴	-۱	۸۱	۶	۸	-۲
۳۲	آب بر	۶	۰	-۱	۴	۸۲	۵	۴	-۳
۳۳	زنجان	۱	-۲	-۵	-۱	۸۳	۳	۵	-۲
۳۴	خدابنده	۰	-۱	-۶	۱	۸۴	-۱	۱	-۲
۳۵	خرمدره	۱	۰	-۵	-۱	۸۵	-۱	-۳	-۴
۳۶	معلم	۱	-۴	-۶	-۲	۸۶	۰	-۳	-۵
۳۷	قزوین	۱	۰	-۲	-۱	۸۷	۰	-۱	-۲
۳۸	تاکستان	۳	-۱	-۳	-۱	۸۸	۵	۴	-۲
۳۹	بوئین زهرا	۳	-۴	-۲	-۲	۸۹	۶	۵	-۱
۴۰	آوج	۲	-۲	-۶	۱	۹۰	۷	۳	-۱
۴۱	همدان	۱	۲	-۲	-۱	۹۱	۴	۳	-۳
۴۲	توسرکان	۱	۲	-۲	۱	۹۲	۴	۲	-۳
۴۳	نهاد	۱	۳	-۲	-۱	۹۳	۵	۴	-۲
۴۴	ملایر	۲	۳	-۱	۰	۹۴	۵	۴	-۲
۴۵	کنگاور	۰	۲	-۱	-۲	۹۵	۵	۷	-۱
۴۶	سنقر	۱	۵	-۳	-۱	۹۶	۴	۳	-۷
۴۷	سرآورد	۴	۵	-۱	۰	۹۷	۵	۴	-۲
۴۸	تفریش	۱	۳	-۳	۰	۹۸	۳	۵	-۱
۴۹	کمیجان	-۱	۴	-۳	-۲	۹۹	۷	۵	-۱
۵۰	اراک	۲	۴	-۱	۰	۱۰۰	۸	۷	-۲

تحلیل نقشه‌های هوا

در این بخش با استفاده از نقشه‌های هواشناسی میدانهای فشار، باد و دمای سطوح مختلف فشاری (فشار تراز دریا، ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال) از ۲۳ تا ۲۶ فروردین ماه مورد بررسی قرار می‌گیرند. در این دوره زمانی، کشور ایران تحت تأثیر ریزش هوای سرد عرض‌های بالا بوده به طوری که یخبندان‌های شدیدی را به همراه داشته است. بدین ترتیب نقشه‌های فشار سطح دریا، ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال روزهای ۲۳ تا ۲۶ فروردین ماه در ذیل از روز شروع فعالیت سیستم تا خاتمه فعالیت آن مورد تحلیل قرار می‌گیرد.

شروع فعالیت سیستم (۱۳۸۸/۰۱/۲۳)

نقشه میدان فشار تراز دریا در این روز، سامانه کم فشاری با مرکز فشاری حدود ۸۰۵ هکتوپاسکال همراه با سه هسته مرکزی در امتداد شمال غربی - جنوب شرقی از منطقه قفقاز تا جنوب غرب ایران در امتداد رشته کوه‌های زاگرس را نشان می‌دهد که زبانه آن تا غرب ترکیه کشیده شده است. فشردگی خطوط جریان میدان فشاری نشان دهنده گرادیان فشاری بسیار زیاد در سامانه کم فشار است. امتداد جریانات میدان فشاری در نواحی جنوبی ایران بصورت مداری بوده و در دیگر نواحی بصورت نصف النهاری (شمال غرب - جنوب شرق) می‌باشد؛ که این نصف النهاری بودن جریانات باعث ریزش هوای سرد عرض‌های بالا بر روی ایران شده است. میدان دما نیز هوای گرم را در نواحی جنوب شرق ایران و هوای سرد را در امتداد

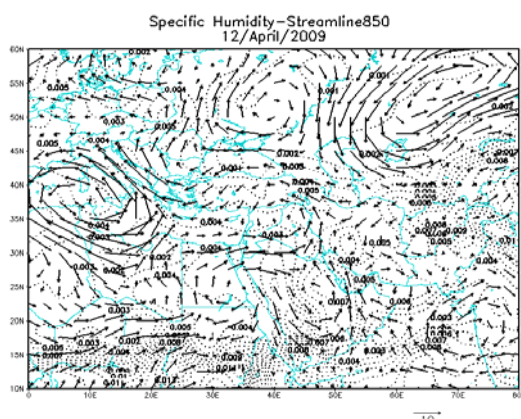
رشته کوه‌های زاگرس و همچنین در نواحی پرفشار عرض‌های میانی به ویژه شمال غرب منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. بنابراین بعلاوه تضاد حرارتی در فصل مشترک دو توده هوا گرادیان فشاری زیادی ایجاد شده است (شکل ۳). در شکل (۴)، خطوط جریان (متر بر ثانیه) و نم و ویژه (گرم بر کیلوگرم) تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نشان داده شده است. در این شکل سامانه امگایی در امتداد جنوب غرب - شمال شرق از عربستان تا سیبری قرار گرفته، که دارای دو سلول کم ارتفاع در طرفین خود می‌باشد بطوری که سلول پراارتفاع آن در شمال دریای سیاه واقع شده است. جهت خطوط جریان بگونه ای است که پس از عبور از روی بخش‌هایی از دریای عرب و خلیج فارس تغذیه رطوبتی نموده و تا نواحی مرکزی و شمالی ایران کشیده شده و در عین حال تزریق هوای سرد عرض‌های بالا بطرف ایران توسط پراارتفاع شمال دریای سیاه باعث ایجاد گرادیان فشار بالا شده و جبهه نسبتاً قوی به وجود آمده است. در نقشه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال کم ارتفاع بسته‌ای در امتداد عرض جغرافیایی ۵۵ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۷۰ درجه شرقی قرار گرفته است. این سامانه کم ارتفاع ناوه عمیقی در امتداد شمالی - جنوبی را باعث شده است به طوری که کشور ایران در جلوی این ناوه قرار گرفته است و جهت جریانات در ایران در امتداد جنوب غربی - شمال شرقی است (شکل ۵).

L

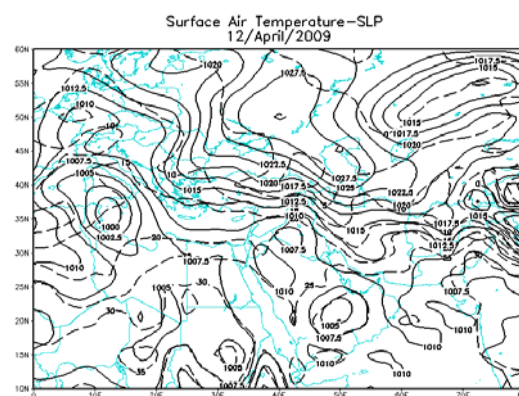
روز دوم فعالیت سیستم (۱۳۸۸/۰۱/۲۴)

در این روز سامانه کم فشاری که روز قبل از منطقه قفقاز تا جنوب غرب ایران در امتداد رشته کوه‌های زاگرس کشیده شده بود تغییر محسوسی نداشته است. به علت نصف النهاری بودن شدید میدان فشاری، سرد چالی در مرکز سامانه کم فشار به وجود آمده که اختلاف دمای محسوسی نسبت به اطراف خود دارد. بطوری که میانگین دما در مرکز این کم فشار به کمتر از ۵- درجه سلسیوس رسیده است؛ که باعث وقوع یخبندانهای دیر هنگام بهاره در نواحی شمال غرب ایران گردیده است. الگوی میدان دما تغییرات قابل ملاحظه‌ای نسبت به روز قبل نداشته و فقط هسته هوای سردی از عرض‌های بالا جدا شده و بین هوای گرم اطراف خود محصور شده و باعث افت محسوس دما در نواحی شمال غرب ایران گردیده است (شکل ۶). خطوط جریان (متر بر ثانیه) و نم ویژه تراز (گرم بر کیلوگرم) ۸۵۰ هکتوپاسکال نشان می‌دهد که در این روز سامانه امگایی که در امتداد

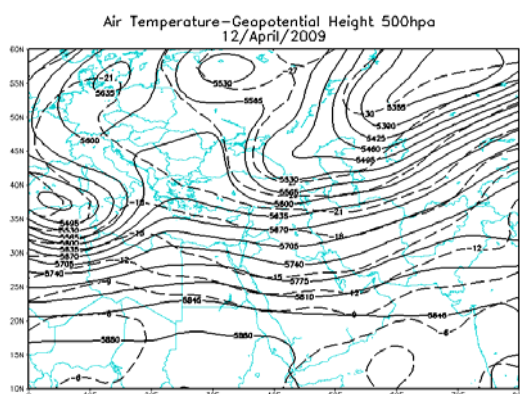
جنوب غرب- شمال شرق از عربستان تا سیبری قرار بود، سلول کم ارتفاع غربی آن کمی به سمت شرق جابجا شده و در نواحی مرکزی ایران مستقر شده است؛ که باعث تشدید امگای مذکور گشته بطوری که یک امگای تقویت شده را به وجود آورده است. جهت خطوط جریان بگونه ای است که پس از عبور از روی بخشهایی از خلیج فارس تغذیه رطوبتی نموده و تا نواحی مرکزی ایران کشیده شده و شرایطی را فراهم نموده که باعث هجوم هوای سرد از عرض‌های بالا به سمت نواحی مرکزی کشور گردیده است (شکل ۷). در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال سامانه کم ارتفاع در منطقه سیبری کمی به سمت شرق جابجا شده و ناوه آن که در روز قبل روی عراق و عربستان واقع شده بود ضمن حرکت به شرق شرایط مناسبی را برای صعود به وجود آورده است که ایران در جلوی این ناوه قرار گرفته است. از نظر دمایی تغییر محسوسی نسبت به روز قبل نداشته است، فقط هسته مرکز کم فشار مسقر در منطقه سیبری کمی سردتر شده است (شکل ۸).



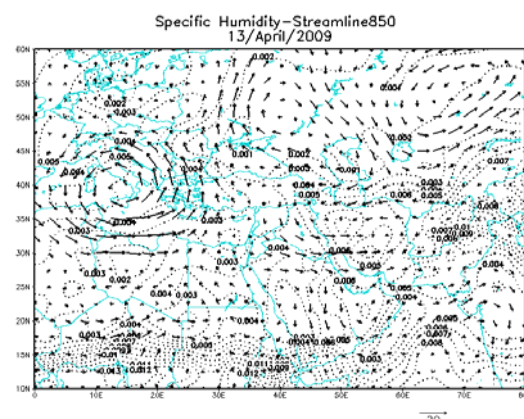
شکل ۴- میدان خطوط جریان (متر بر ثانیه) و نم ویژه (گرم بر کیلو گرم) ۲۳ فروردین



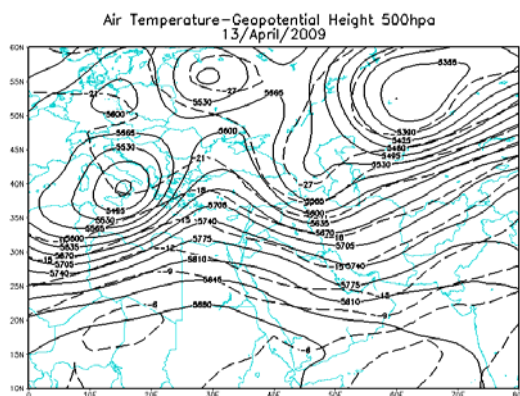
شکل ۳- میدان فشار سطح دریا و دمای سطح زمین ۲۳ فروردین



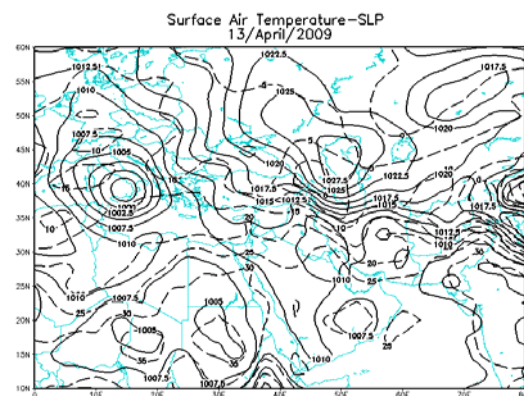
شکل ۶- میدان کنتوری و دمای سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال ۲۳ فروردین



شکل ۵- میدان خطوط جریان (متر بر ثانیه) و نم و بزه (گرم بر کیلو گرم) ۲۴ فروردین



شکل ۸- میدان کنتوری و دمای سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال ۲۴ فروردین



شکل ۷- میدان فشار سطح دریا و دمای سطح زمین ۲۴ فروردین

دست داده و از شکل امگا خارج شده است، سلول کم ارتفاع غربی آن کاملاً از کشور خارج شده و هسته مرکزی آن در جنوب ترکمنستان واقع شده است. جهت خطوط جریان در این روز به گونه‌ای است که هوای سرد عرض‌های بالا را روی کل ایران می‌ریزد به طوری که اکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه دماهای منفی را تجربه کرده‌اند. همچنین تغذیه رطوبتی تقریباً در اکثر مناطق کشور قطع شده است (شکل ۱۰). در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال زبانه‌ای از سامانه کم ارتفاع بر روی ایران بویژه در بخش‌های شمالی کشیده شده بطوریکه ناوه بسیار عمیقی حتی نواحی جنوبی ایران را دربرگرفته است و باعث ریزش هوای سرد به نیمه

روز سوم فعالیت سیستم (۱۳۸۸/۰۱/۲۵)

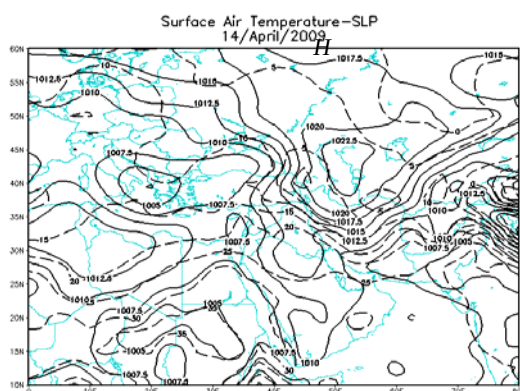
از آنجا که سامانه کم فشار مورد مطالعه به صورت نصف النهاری گسترش داشته، حرکت و جابجایی آن خیلی محسوس نمی‌باشد. سلول‌های سامانه کم فشاری که در امتداد شمال غربی - جنوب شرقی رشته کوه‌های زاگرس قرار داشت، ضمن حرکت به سمت جنوب شرق، گرادیان فشاری بسیار مناسبی در نیمه شمالی کشور ایجاد کرده است (شکل ۹). خطوط جریان (متر بر ثانیه) و نم و بزه (گرم بر کیلوگرم) تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در این روز به گونه‌ای است که سامانه امگایی که در امتداد جنوب غرب - شمال شرق از عربستان تا سبیری قرار گرفته بود ماهیت خود را از

نیستیم و جهت جریانات اکثراً شمالی هستند که باعث افزایش دما در اکثر ایستگاه‌های کشور شده است. در ضمن لازم به ذکر است که سامانه کم ارتفاع دیگری که در روی دریای سیاه مستقر شده در حال حرکت به سمت کشور است (شکل ۱۳). در نقشه سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال سامانه کم ارتفاع که در منطقه سبیری قرار داشت، جنوبی‌تر شده و ناوه آن به طور کامل از ایران خارج شده است. از نظر رژیم دمایی به جز نواحی شمال شرقی کشور در بقیه مناطق با افزایش نسبی دما مواجه هستیم (شکل ۱۴).

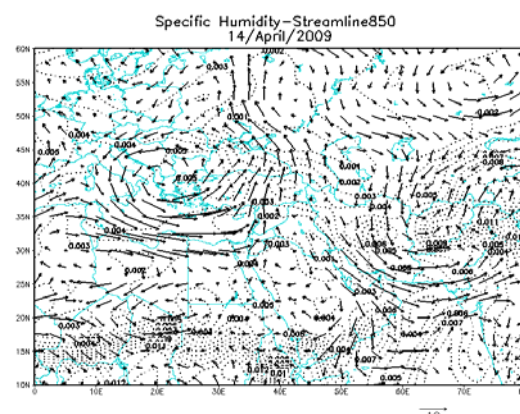
غربی کشور شده و در عین حال نیمه شرقی از دماهای متعادل تری برخوردار می‌باشند (شکل ۱۱).

آخرین روز فعالیت سیستم (۱۳۸۸/۰۱/۲۶)

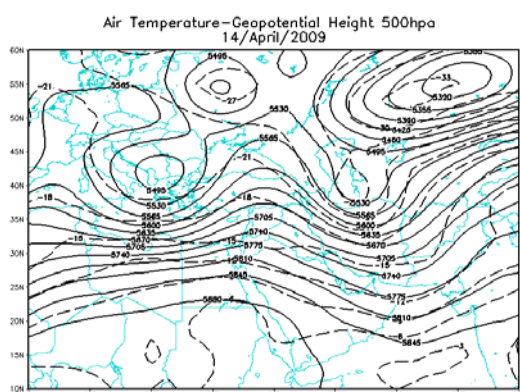
الگوی میدان فشار در این روز تغییر چندانی نداشته است. به دنبال جابه جایی شرق سوی سیستم پر فشار از منطقه، دما در اکثر ایستگاه‌های نیمه غربی کشور افزایش نسبی داشته در صورتی که در برخی از ایستگاه‌های نیمه شرقی دمای هوا کاهش پیدا کرده است (شکل ۱۲). در این روز در نقشه تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال شاهد الگوی منظمی از خطوط جریاد باد



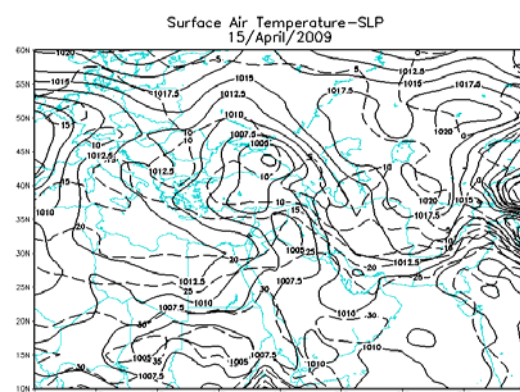
شکل ۱۰- میدان فشار سطح دریا و دمای سطح زمین ۲۵ فروردین



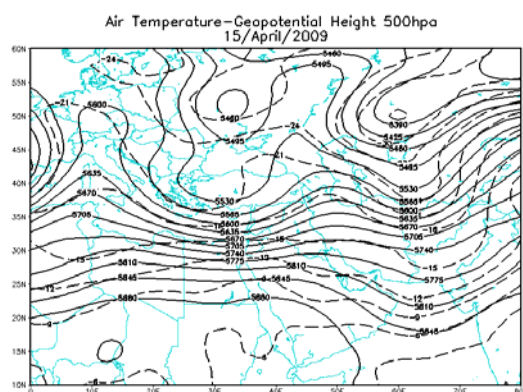
شکل ۹- میدان خطوط جریان (متر بر ثانیه) و نم و بزه (گرم بر کیلو گرم) ۲۵ فروردین



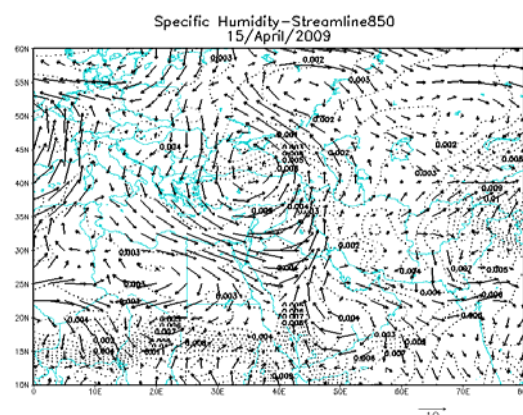
شکل ۱۲- میدان کنتوری و دمای سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال ۲۵ فروردین



شکل ۱۱- میدان فشار سطح دریا و دمای سطح زمین ۲۶ فروردین



شکل ۱۴- میدان کتوری و دمای سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال ۲۶ فروردین



شکل ۱۳- میدان خطوط جریان (متر بر ثانیه) و نم ویژه (گرم بر کیلو گرم) ۲۶ فروردین

پهنه‌بندی مقادیر حداقل دمای ۲۴ ساعته

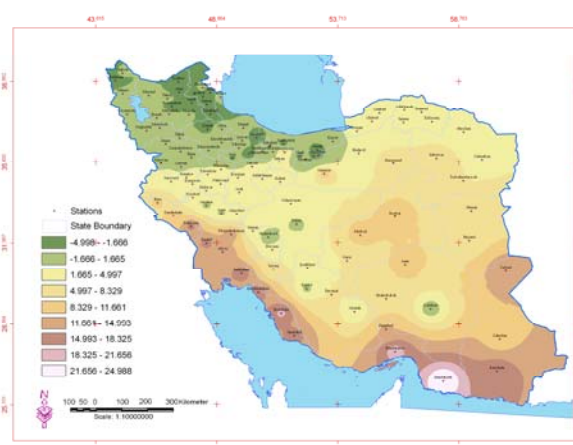
بعد از تعیین مقادیر حداقل دمای ایستگاه‌ها و تحلیل آن به وسیله نقشه‌های سینوپتیک، برای نشان دادن بهتر جابجایی سیستم‌های فشار طی دوره ۲۳ تا ۲۶ فروردین ماه در ایران، در ایستگاه‌هایی که حداقل دمای کمتر از صفر را ثبت کرده بودند، پهنه‌بندی صورت گرفت. بدین منظور در این تحقیق از روش‌های موجود برای انترپولاسیون فضایی و تحلیل فضایی داده‌های مکانی، از مدل میان یابی IDW^۱ استفاده شد. در این روش پس از مشخص کردن مقادیر حداقل دمای ایستگاه‌ها، مقادیر آن به سطح تعمیم داده شدند و در نهایت نقشه هم دمای کشور ایران با استفاده از GIS روی نقشه اعمال شد و نقشه‌های پهنه بندی تولید گردید. نتایج حاصل از پهنه بندی مقادیر حداقل دمای ۱۰۰ ایستگاه سینوپتیک منتخب کشور نشان داد که با ورود سیستم از سمت شمال غرب کشور، اکثر ایستگاه‌های منطقه تحت تأثیر این سامانه قرار گرفته به طوری که شاهد کاهش

محسوس دما بوده و در برخی مناطق کوهستانی بارش برف گزارش شده است (شکل ۱۵). در روز بعد، با جابجایی سیستم به عرضهای پایین تر کمترین دما در نواحی غربی مشاهده می شود؛ به طوری که کاملاً با ارتفاعات هماهنگی داشته و حداقل دما و ریزش برف احتمالی مطابق با ارتفاعات زاگرس می باشد (شکل ۱۶). در حالی که در روز ۲۵ فروردین ماه سامانه سرمازا جابجایی محسوسی نشان نمی دهد و همچنان حداقل دما در این مناطق مشاهده می شود؛ در عین حال به علت ریزش هوای سرد پشت سیستم، در بیشتر ایستگاه‌های کشور شاهد شدت سرما و کاهش قابل توجه دما هستیم (شکل ۱۷). آخرین روز فعالیت سیستم در روز ۲۶ فروردین در بخشهای شمال شرقی کشور بوده به طوری که باعث افت محسوس دما در این نواحی گشته است، در حالی که در نواحی غربی و شمال غربی کشور، روند حداقل دما نسبت به روزهای گذشته، تا حدودی افزایش نشان می‌دهد (شکل ۱۸).

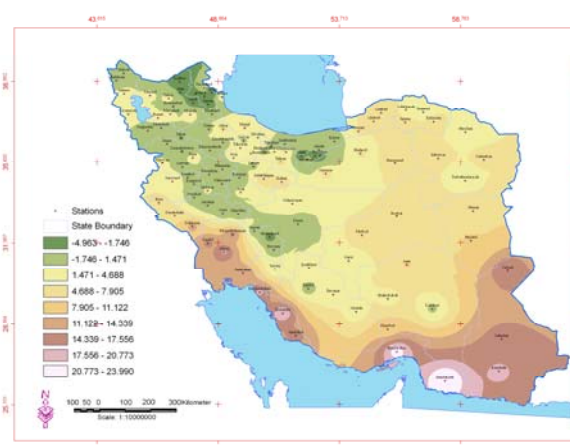
^۱. Inverse Distance Weighted.

2. McCoy.

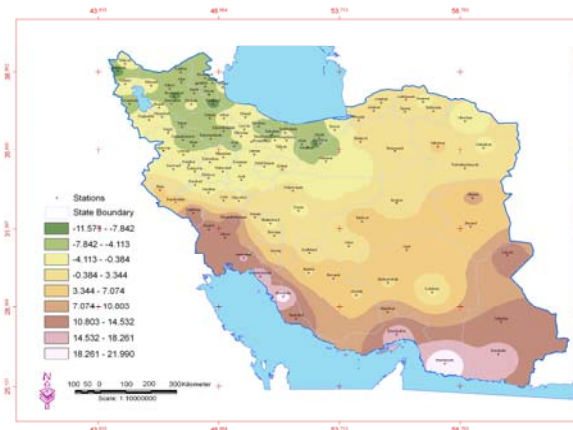
3. Johnston.



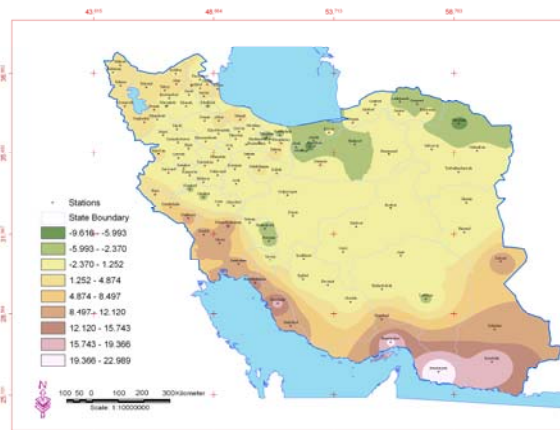
شکل ۱۶- پهنه بندی مقادیر حداقل دمای ۱۳۸۸/۰۱/۲۳



شکل ۱۵- پهنه بندی مقادیر حداقل دمای ۱۳۸۸/۰۱/۲۴



شکل ۱۸- پهنه بندی مقادیر حداقل دمای ۱۳۸۸/۰۱/۲۵



شکل ۱۷- پهنه بندی مقادیر حداقل دمای ۱۳۸۸/۰۱/۲۶

بحث و نتیجه گیری

همان‌گونه که ذکر شد طی دوره زمانی ۲۳ تا ۲۶ فروردین، یک سامانه سرمایی بر روی کشور ایران مستقر بوده، بطوریکه حداقل دماهای محسوس و بعضاً بارش برف را در بیشتر مناطق ایران به همراه داشته است که در سال‌های اخیر بی سابقه بوده است. الگوی سینوپتیکی نقشه‌های هوا شناسی در روز ۲۳ فروردین نشان داد که سامانه کم فشاری با مرکز فشاری حدود ۸۰۵ هکتوپاسکال همراه با سه هسته

مرکزی در امتداد شمال غربی- جنوب شرقی از منطقه قفقاز تا جنوب غرب ایران در امتداد رشته کوه‌های زاگرس را نشان می‌دهد که زبانه آن تا غرب ترکیه کشیده شده است و بخش‌هایی از غرب و شمال غرب ایران زیر نفوذ این سامانه قرار دارد. در روز بعد سامانه کم فشاری ذکر شده تغییر محسوسی نداشته است و به علت نصف النهاری بودن شدید میدان فشاری، سرد چالی در مرکز سامانه کم فشار به وجود آمده که اختلاف دمای محسوسی نسبت به اطراف خود دارد. به طوری که میانگین دما در مرکز این کم

رحیمی، محمد، (۱۳۷۸)، بررسی احتمال زمانی وقوع یخبندان‌های دیرس بهاره و زودرس پاییزه در البرز مرکزی، پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تهران. عزیززی، قاسم و حبیبی نوخندان، مجید، (۱۳۸۴)، مطالعه توزیع زمانی و مکانی یخبندان و لغزندگی در جاده‌های هراز و فیروزکوه با استفاده از تکنیک GIS، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۱، بهار ۱۳۸۴.

عزیززی، قاسم، (۱۳۸۳)، ارزیابی سینوپتیکی یخبندان‌های فراگیر بهاری در نیمه غرب ایران، فصلنامه مدرس علوم انسانی، دوره ۸، شماره ۱، صص ۹۹-۱۱۵. عزیززی، قاسم، طیبه اکبری، محمود داودی، مهری اکبری، (۱۳۸۸)، تحلیل همدیدی موج سرمای شدید دی ماه ۱۳۸۶ ایران، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۰، زمستان ۱۳۸۸، صص ۱-۲۰.

علیجانی، بهلول و هژبرپور، قاسم، (۱۳۸۶)، تحلیل همدید یخبندان‌های استان اردبیل، جغرافیا و توسعه. مجرد قره‌باغ، فیروز، (۱۳۷۶)، تحلیل و پیش بینی یخبندان در آذربایجان، رساله دکترا، دانشگاه تربیت مدرس. محمدی، حسین، (۱۳۸۵)، آب و هواشناسی کاربردی، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول، ص ۹۹.

نوحی، کیوان، (۱۳۸۷)، تعیین طول دوره بدون یخبندان با استفاده از تاریخ‌های آغاز و خاتمه یخبندان فرارفتی و تابشی در نواحی زنجان، قزوین و تهران، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال دوازدهم، شماره چهل و ششم (ب)، زمستان ۱۳۸۷.

هاشمی، فریدون، (۱۳۴۸)، تجزیه و تحلیل استاتستیکی از سرمای تهران، انتشارات تحقیقات و بررسی علمی هواشناسی کل کشور

فشار به کمتر از ۵- درجه سلسیوس رسیده است. در روز سوم سلول‌های سامانه کم فشاری که در امتداد شمال غربی- جنوب شرقی رشته کوه‌های زاگرس قرار داشت، ضمن حرکت به سمت جنوب شرق، گرادیان فشاری بسیار مناسبی در نیمه شمالی کشور ایجاد کرده که باعث تشدید ناپایداری‌ها در نیمه شمالی کشور شده است و بیشتر ایستگاه‌های کشور در این روز دماهای زیر صفر را ثبت کرده‌اند. در روز چهارم به دنبال جابه جایی شرق سوی سیستم پر فشار از منطقه دما در اکثر ایستگاه‌های نیمه غربی کشور افزایش نسبی داشته در صورتی که در برخی از ایستگاه‌های نیمه شرقی دمای هوا کاهش پیدا کرده است. در پایان برای نشان دادن روند فعالیت سیستم در کشور و یخبندان‌های رخ داده در این دوره پهنه بندی در محیط GIS صورت گرفت که نتایج حاصل از آن به خوبی نشانگر نحوه ورود، فعالیت و خروج سیستم سرمازا از کشور است.

منابع

براتی، غلامرضا، (۱۳۷۸)، روابط سیستمی مهاجر و یخبندان‌های بهاره ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۵۳.

توکلی، محسن و حسینی، مهرداد، (۱۳۸۵)، ارزیابی شاخص‌های یخبندان و شروع پاییزه آن در ایران (مطالعه موردی ایستگاه اکباتان همدان)، مجله علمی نیوار، صص ۶۱-۶۰.

- Bootsma, A. (1976). Estimating Minimum Temperature and Climatological freeze risk in hilly terrain. *Agricultural Meteorology*, 16.
- Chen, D. & Hellstrom, C. (1999). "The influence of the North Atlantic Oscillation on the regional temperature variability in Sweden: spatial & temporal variations" *Tellus* 51 a (4): 505-516.
- Ding, y & T. N krishnamurti. (1987). "Heat Budget of the Siberian High and winter Monsoon" *Monthly weather Review*; vol. 115.
- Gabriela, M & Tercio, A. (2007). Dynamics of Wave Propagation Leading to Frost in the Extratropical Latitude Versus Tropical Latitude, Department of de Ciencias Atmospherics, University of Sao Paulo (USP).
- Gabriela V. Muller, Rosa Compagnucci, Maro N. Nunez and Alejandra Salles. (2003). Surface Circulation Associated with Frost in the West PAMPAS, *International Journal of Climatology*, In. J. Climatol. 23: 941-961. (2003).
- Hom, H., C., S. (1959). The Distribution of Freezing Data and Years, *Monthly Weather Review*, 73.
- Hug, R. (1996). "An intercomparison of Computer assisted circulation classification methods" *International journal of climatology*. Vol. 16.
- Karl, T., R. (1998). A Regional Trends & Variation of Temperature & Precipitation in The Impacts of Climate change, Cambridge University Press.
- Ian Simmonds & Ross J. Murray. (1999). arefinement of cyclone tracking methods with data from frost, School of Earth Sciences, The University of Melbourne, Australia, Aust. Met. Mag. Special Edition. (1999) 35-49.
- Rosenberg, N. J. & Myers, R. E. (1962). The nature of growing Season Frost in Nebraska. *Monthly Weather Reviwe*, 90.
- Stone, R., Neville Nicholls & Graeme Hammer. (1996). Frost in Northeast Australia: Trends, Influences of Phases of the Southern Oscillation, *Journal of Climate*, Volume 9.
- Show, R. H. (1954). Leaf and Air Temperature under Freezing Condition. *Plant Physiology*, 29.
- Serafin. S, Betro. M., & De Franceschi. R. (2003). Application of a mesoscale model to the analysis of late frost events and comparison with observations, Department of Civil and Environment Engineering, University of Trento, Italy.
- Thom, H, C. & Show, R. H. (1985). Climatological Analysis of Freezing Data for Iowa. *Monthly Weather Reviwe*, 86.
- Vithkevich, V. I. (1963). "Agricultural Meteorology, Jerusalem; PP. 183-305.
<http://www.irimo.ir/farsi/index.asp>.
<http://www.cdc.noaa.gov/cdc/data.ncep.rea.nalysis.pressure.html>.

Synoptic analysis of sever, late and widespread frost in April 2009

Gh. Azizi. A. Hanafi. M. Soltani. M. Aghajani

Received: 10 May 2010 / Accepted: 14 Desember 2011, 1-4 P

Extended abstract

1- Introduction

Frost identified as one of the most catastrophic natural disaster accompanied by usually plentiful losses and damages. Freezing and frost play a significant role on plants phenology for agriculture crops, as if occur, resulting in production limit (Alijani and Hajbarpour 2007). Freezing refers to conditions that the air temperature at a height of about two meters from ground reaches to zero or below zero degrees Celsius (Azizi, 2004). From the viewpoint of agricultural meteorology, frost occurred in extreme low temperatures that resulting to plant tissue damage. This type of freezing is different for each product according to the critical temperatures (Mohammadi, 2004).

Generally we can say that freezing caused to restriction in growth, activity or decrease in function.

2- Methodology

In order to synoptic analyses the frost of 12th to 15th April 2009 periods and its effects on vast country of Iran, the relevant meteorological data including mean surface pressure hPa and temperature (degC); mean geopotential height hPa; streamlines fields – u & v wind components (m/s-1); and 850 hPa and 500 hPa were selected from NCAR/NCEP data and produced by GrADS and then were analyzed. In this study, 500 hPa and temperature have been used as a representative of middle atmosphere, especially moisture and wind in 850 hPa were used for analysis moisture of system and SLP used for studying the position of low pressure and high pressure systems. For this purpose, synoptic maps for SLP, 850 and 500 hPa produced by GrADS software and analyzed.

3- Discussion

The mean sea level pressure indicates a ridge of large scale anticyclone centered over Black Sea extends southwards and prevails over northern Iran on 12 April

Author

Gh. Azizi (✉)

Associate Professor of Climatology, University of Tehran, Tehran, Iran.

e-mail: ghazizi@ut.ac.ir

A. Hanafi

M. A. of Climatology, University of Tehran, Tehran, Iran.

M. Soltani

M. A. of Climatology, University of Tehran, Tehran, Iran.

M. Aghajani

Graduated in Physical Geography, University of Tehran, Tehran, Iran.

2009 resulted in cold advection from high latitudes over northern half of Iran. Simultaneously, a low center (1014 hPa) located above latitude 50° N over Siberia area influenced the study area to some extent. In the northern half of Iran the circulation is characterized by a remarkable intensification of the pressure gradient, due to the presence of a deep trough positioned over Caspian Sea with its axis oriented along the northwest-southeast direction field. As a result of being meridian the circulation patterns over the northwest parts of the country resulted in the cold air influx from Polar Regions into Iran. At the level of 500 hPa, a low center established on latitude 55° N and longitude 70° E over the Russia resulted in a deep trough across the southwest – northeast and Iran located in front of the trough. The wind direction is eastwards and the temperature varies from -12 °C to -27°C in Iran. In majority of the country the relative humidity values are between 30% - 50% apart from a small section over the northwest, in which is more than 80% caused snowfall in some stations. A cut-off low generated in the cold system center as a result of being existing the meridian circulation, which it has a huge difference temperature as compared to the adjacent air. The average temperature decreased to less than -5 °C in the low center. The low system cells displaced towards southeast and it was provided a very suitable pressure gradient over the northern border of Iran (on 13 April). The cold system, on the next day, left the study area towards east and its great influence weakened and as a result, the temperature began to increase (on April 14). Besides, at the isobaric level of 850 hPa, most parts of the country surrounded by northerly flows in consequence of the anticyclone activity over the latitude 50° N and longitude 24°

E caused cold air advection from high latitudes into Iran, as most stations under study experienced under zero temperature (-0°C). Moreover, at the level of 500 hPa a huge trough as a result of a large scale cyclone centered over Russia extended southwards and entirely predominated whole Iran on April 14, resulted in cold air advection from high latitudes over more than 70% of Iran in particular north and northwest regions of the country highly were affected by the cold system as compared to other sections. On the contrary, northeast divisions of Iran recorded a more chilly temperature because of the cold system eastward displacement on the next day; in the meantime the western half of Iran was experienced a rise in temperature gradually (on 15 April).

4- Conclusion

As mentioned above, during 12th – 15th April 2009 episode a chilly system had been affected by approximately whole Iran resulted in a sensible and considerable drop in temperature and some snowfall over most regions of the country, which identified as an exceptional late frost phenomenon within a couple of recent years. Synoptic pattern of meteorological charts of 12 April 2009 indicated that a high system accompanied by two isobaric centers nearly 1029 hPa and 1014 hPa over Black Sea and Russia (Siberia zone) were located, which its vortex was extended by approximately southern half of Iran. In this research have been distinguished the western high – over Black Sea – played a significant role on advective, or air mass frosts over Iran resulting from displacing eastwards and cold advections from high latitudes. On next day, the mentioned anticyclone had not a considerable displaced. A cut-off low was formed in center of the high

system in consequence of a great pressure gradient because of being meridian the contours, resulted in a dramatically fall in temperature as compared to its own adjacent surroundings. Consequently, the mean temperature value was dropped in less than -5oC in the low center. On 14th April, the high cell was created a very suitable pressure gradient in north half of the country as it was displacing southeastwards, which resulted in to intensify the instabilities over north half of Iran, as a result on this day, most stations were recorded minus temperatures zero 0oC nationwide except for the southern border of country. Eventually, the temperature slightly increased in most stations over western half of the country, meanwhile the temperature values kept going to drop in to some extent in eastern stations, followed by eastwards displacement of the high system. As well as, in order to indicate the cold system track over the country and the occurred frosts during the examined period, the min temperature values interpolated by using GIS. The results indicated well the cold system's entrance, activity and going out of the country.

Key words: Synoptic, sever Frost, Regionalization, April, Iran.

References

- Alijani., B. & Hajbapour, GH. (2007). Synoptic analysis of frosts in Ardabil province, geography and development magazine, Zahedan University, Iran.
- Azizi, GH. (2004). Synoptic assessment of vernal extensive frosts in western half of Iran, quarterly journal of teacher training University, Tehran, Iran , No. 81. pp 99-115.
- Azizi, Gh., & habibi nokhandan, M. (2005) temporal and special distribution of frost on Haraz – Firouz kooh road, Geographical research quarterly, No: 51, pp 54 -69.
- Azizi, Gh., T, Akbari, M, Davoudi, M, Akabari. (2009). Synoptic analysis of intensive cold surge of January 2007, quarterly magazine of researches for physical geography, faculty of geography, university of Tehran, Tehran, Iran, No. 70, pp 1-20.
- Baraty, GH. (1999). Migration systematic relationships and Iranian vernal frosts, quarterly journal of researches for geography, Isfahan, Iran, No. 53, pp 45-57.
- Bosart LF, Nocera JJ, Knight DJ. (2000). Numerical simulation studies of South American cold air damming: a physical interpretation and assessment. In 6 th International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography, Santiago, Chile, pp 362–363.
- Chen, D. & Hellstrom, C. (1999). The influence of the North Atlantic Oscillation on the regional temperature variability in Sweden, spatial and temporal variations, Tellus 51 A (4).
- Ding, y., & T. N krishnamurti. (1987). Heat Budget of the Siberian High and winter Monsoon, Monthly Weather Review; No. 115.
- Fortune, M. A., & Kousky, V. E. (1983). two severe freezes in Brazil: precursors and synoptic evolution. Monthly Weather Review, No. 111.
- Gabriela, M. & Tercio, A. (2007). Dynamics of Wave Propagation Leading to Frost in the Extratropical Latitude Versus Tropical Latitude, Department of de Ciencias Atmospherics, University of Sao Paulo, No 67. pp 86-98.
- Gabriela V. Muller, Rosa Compagnucci, Maro N. Nunez & Alejandra Salles. (2003). Surface Circulation Associated with Frost in the West PAMPAS, International Journal of Climatology, In. J. Climatol. 23.
- Goodal, G. E., Angus, D. E., Leonard, A. S., Brooks, E A. (1957). Effectiveness of wind machine, California Agriculture, No. 2, pp 7-9
- Hom, H., C., S. (1959) the Distribution of Freezing Data and Years, Monthly Weather Review, No. 73. pp 34-38.
- <http://www.cdc.noaa.gov/cdc/data.ncep.reanalysis.pressure.html>
- <http://www.irimo.ir/farsi/index.asp>
- Hug, R. (1996). An intercomparison of Computer assisted circulation classification methods, International journal of climatology. No. 16.
- Ian, Simmonds. & Ross J. Murray. (1999). a refinement of cyclone tracking methods with data from frost, School of Earth Sciences, The University of Melbourne, Australia. Special Edition, pp 35-49.
- Karl, T. R. (1998) A Regional Trends and Variation of Temperature and Precipitation in

- The Impacts of Climate change, Cambridge University Press.
- Marengo JA, Nobre C, Culf A. (1997). Climate impacts of the 'Frigidens' in forested and deforested regions in Amazon Basin. *Journal of Applied Meteorology* 36. pp 1553–1566.
- Mohammadi, H. (2004). applied climatology, University of Tehran. First Edition, tehran.pp 135.
- Mojarad Karabakh, F. (1995). Analysis and forecasting frost in Azerbaijan. PhD thesis, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran.
- NOAA, National Center for Environmental Prediction (NCEP)-National Center for Atmospheric Research (NCAR), 2010. Available at: www.cdc.noaa.gov/cdc/data.ncep.reanalysis.pressure.html
- Nohi, K. et al. (2007). Investigation and analysis of begin and end dates of radiation-advective frosts in northwest Iran, national journal of researches on cultivation and agriculture, ministry of agriculture, Tehran, Iran. . No. 75, Summer 2007.
- Rahimi, M. (1999). An investigation of occurrence probability of vernal late frosts and autumn early in central Alburz, M.S. thesis, faculty of geography, university of Tehran, Tehran, Iran.
- Rosenberg, N. J. And Myers, R. E. (1962). The nature of growing Season Frost in Nebraska. *Monthly Weather Review*, 90.
- Serafin, S., Betro. M., & De Franceschi. R. (2003). Application of a mesoscale model to the analysis of late frost events and comparison with observations, Department of Civil and Environment Engineering, University of Trento, Italy.
- Show, R. H. (1954). Leaf and Air Temperature under Freezing Condition. *Plant Physiology*, No 29.
- Stone, R, Neville Nicholls and Graeme Hammer. (1996). Frost in Northeast Australia: Trends, Influences of Phases of the Southern Oscillation, *Journal of Climate*, Volume 9. pp 123-134.
- Tavakoli, M. and Hosseini, M. (2004). evaluation freezing index and start autumn freezing in Iran. *Journal of Nivar*. pp 35-42.
- Thom, H, C. & Show, R. H. (1985). Climatological Analysis of Freezing Data for Iowa. *Monthly Weather Review*, 86.