تحلیل همدیدی بارش‌های سیل‌زای حوضه آبریز دریای مازندران
مطالعه موردی: سیل نوشهر در زمستان سال ۱۳۹۱

علی محمدی[۱*]، محمد سلیقه[۲] و اسحاق حمیدی میرکلایی[۳] و علی حسامی[۴]

۱ و ۴- گروه هواشناسی دانشگاه علوم دریایی امام خمینی (ره)، نوشهر
۲- گروه آب و هواشناسی دانشگاه خوارزمی، تهران
۳- ایستگاه هواشناسی نوشهر

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۸/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۴/۱۲

چکیده

بارش‌های سیل آسا در حاشیه جنوبی دریای مازندران همواره مورد توجه محققان قرار داشته و ساز و کارهای متفاوتی برای آن ذکر شده است. تحلیل ساز و کارهای پیشنهادی نشان می‌دهد، علی رغم تفاوت ظاهری در بین نظریه‌های ارائه شده، همگی منشعب از یک الگوی واحد هستند. این الگوی واحد بر اساس بارش‌های دریای خزر در فصل پاییز و زمستان است (بارش‌های سیل آسا بیشتر در پاییز و کمتر در زمستان رخ می‌دهد). در پژوهش حاضر، سیل زمستان سال ۱۳۹۱ در شهر نوشهر مورد تحلیل قرار گرفته است و با کنار هم قرار دادن نظریه‌های متفاوت حاکم بر بارش دریای خزر سعی شده است تا الگوی حاکم بر بارش‌های سیل آسا معرفی گردد. یافته‌ها بیان گر این است که سیل اشاره شده ناشی از عبور سامانه کم فشار از شمال دریای خزر و عبور جبهه سرد این مرکز از روی شهر نوشهر در روز ۱۱ نوامبر سال ۲۰۱۲ بوده است. این جبهه سرد در روز ۱۲ نوامبر ۲۰۱۲ در حدود عرض جغرافیایی ۳۵ درجه قرار گرفته و با هجوم هوای سرد پشت جبهه سرد بر روی شهر نوشهر، زمینه ایجاد بارش زیاد و سیل فراهم گردیده است. همچنین نتایج نشان داده است که پشته مرکز پرفشار مهاجر از شمال دریای مدیترانه، نقش مهمی در عبور جبهه سرد از روی شهر نوشهر دارد. این پشته به علت فرارفت هوای سرد بر روی دریای خزر در شمال کشور مستقر می‌گردد.

واژگان کلیدی: دریای خزر، پر فشار مهاجر، بارش سیل آسا، فرارفت هوای سرد

* **نگارنده پاسخگو:** ali.mohammadi4682@yahoo.com

مقدمه

عوامل متعددی در بارش‌های حاشیه جنوبی دریای خزر تأثیر گذار می‌باشند. عوامل محیطی محلی از جمله عواملی است که در قسمت‌هایی از حاشیه جنوبی دریای خزر که رشته کوه البرز به ساحل دریا نزدیک شده است، تشدید می‌گردد. عوامل محیطی محلی عبارتند از:

الف - تزریق رطوبت از دریای خزر به توده هوا

ب – مجاورت دریا و ساحل در امتداد مداری

ج - وجود رشته کوه البرز در حاشیه جنوبی ساحل

د - هجوم هوای سرد از عرض‌های بالاتر

ه - بافت جنگلی در این مناطق

وجود این عوامل محیطی محلی نه تنها سبب بروز خطا در مدل‌های پیش بینی بارش می‌گردد، بلکه نظریه حاکم بر بارش این مناطق را نیز با دشواری و پیچیدگی همراه نموده است. به طوری که مطالعات متعددی بدون نتیجه مشابه، باعث ایجاد نظریه‌های مختلفی برای توجیه ساز و کار بارش‌های مناطق حاشیه جنوبی دریای خزر شده است. محققان در ابتدا بر روی نقش پر فشار سیبری مطالعه نمودند که این مطالعات می‌تواند ناشی از همبستگی مثبت بین بارش این مناطق با فشار سطح زمین باشد، زیرا در بارش‌های پائیزه و زمستانه با وقوع بارش، فشار سطح زمین افزایش می‌یابد (خلیلی، ۱۳۵۰؛ علیجانی، ۱۳۷۲ و ۱۳۷۴؛ جهانبخش و کرمی، ۱۳۷۸). همچنین همبستگی مثبت بین فشار و بارش در نواحی جنوبی دریای خزر توجه محققان را به سوی پر فشارهای مهاجر از اروپا به شمال دریای خزر جلب نموده است. البته در این تحقیقات تنها به میزان تأثیر این پرفشارها اشاره شده و به چگونگی اثر پر فشارها بر بارش‌های سیل آسا اشاره‌ای نشده است (خوشحال دستجردی، ۱۳۷۶؛ مرادی ۱۳۸۰ و ۱۳۸۵).

در اینجا دو نظریه متفاوت تأثیر پر فشار سیبری و تأثیر پر فشارهای مهاجر از اروپا وجود دارد. یوسفی (۱۳۸۲ و ۱۳۸۴) نشان داد اثر پرفشار سیبری به عنوان الگویی مستقل بر شمال ایران فرایندی نادراست و فقط در ۲۰ درصد موارد از بارش‌های این مناطق را شامل می‌شود. سامانه بارش زا حاکم بر شمال ایران از ادغام پر فشار سیبری با پر فشار مهاجری که به ناحیه خزری می‌رسند به وجود می‌آید، این الگو ۸۰ درصد از سامانه‌های بارشی در شمال ایران را شامل می‌شود.

با ارائه این پژوهش و پژوهش‌های دیگری که بر نقش پر فشارهای مهاجر تأکید دارند (باقری، ۱۳۷۲؛ وحیدی، ۱۳۷۶؛ مفیدی، ۱۳۷۹)، نقش پر فشار سیبری بر بارش استان مازندران کم رنگ شده است. البته همچنان عده‌ای از پژوهشگران بر نقش پر فشار سیبری بر بارش شمال کشور تاکید دارند (براتی و عاشوری، ۱۳۸۶).

هر یک از مطالعات فوق بخشی از جنبه‌های مجهول بارش‌های سیل آسا در پائیز و زمستان شمال ایران را مشخص می‌کند ولی نکته حائز اهمیت این است که ساز و کار اصلی این بارش‌ها همچنان مجهول باقی مانده است و محققان نیز تنها بر الگوهای فشاری این بارش‌ها توجه می‌نمایند.

سئوال مطرح شده این است که چرا الگوی پر فشار باعث رخداد بارش‌های سیل آسا در شمال کشور می‌گردد. سامانه‌های پر فشار دارای حرکت نزولی هستند، بنابر این الگوهای پر فشار به هیچ عنوان واجد شرایط رخداد بارش نیستند. لذا باید نتیجه گرفت ساز و کار رخداد این بارش‌ها تنها منحصر به بررسی الگوهای فشاری نمی‌گردد و بایستی به جزئیات دیگر توجه نمود. تنها مطالعه‌ای که تا حدودی ساز و کار این نوع بارش‌ها را معرفی نموده است، پژوهش مفیدی در سال (۱۳۷۹) می‌باشد، که علت بارش‌های شمال کشور را ناشی از عبور جبهه سرد کم فشارهای مهاجر از شمال دریای خزر می‌داند. متاسفانه این پژوهش مورد تحلیل بیشتری توسط محققان قرار نگرفته است. در مطالعه حاضر با بررسی موردی سیل زمستان سال ۱۳۹۱ شهر نوشهر سعی شده است تا ساز و کار رخداد این سیل با جزئیات بیشتر معرفی گردد. هر چند یک

مورد رخداد سیل قابل تعمیم به کلیه ساز و کارهای بارش‌های سیل آسا در شمال کشور نیست ولی تا حدودی می‌تواند در روشن نمودن مجهولات این نوع بارش‌ها مؤثر باشد. نکته پر اهمیت در این تحقیق سعی در روشن نمودن نقش پرفشار مهاجر در این مطالعه موردی است.

مواد و روش‌ها

داده‌های مورد مطالعه در تحقیق حاضر

الف - داده‌های تحلیل شده توسط مدل GFS که دارای دقت یک درجه طول و عرض جغرافیایی است. از این داده‌ها به دلیل دقت مطلوب آنها در محاسبه فرارفت دما، محاسبه دمای سطح آب و دمای هوا در تراز ۹۵۰ هکتوپاسکالی استفاده شده است.

ب - داده‌های دید بانی سطح زمین شامل فشار، دما و رطوبت در ایستگاه نوشهر به همراه مقدار بارش در بازه زمانی ۶ ساعته به منظور مطالعه عبور جبهه هوا از روی شهر نوشهر

ج - نقشه‌های واقعی سطح زمین و تراز ۸۵۰ هکتوپاسکالی دریافتی از سازمان هواشناسی به منظور شناخت تغییرات محلی جبهه و تعیین محل جبهه.

روش مورد استفاده

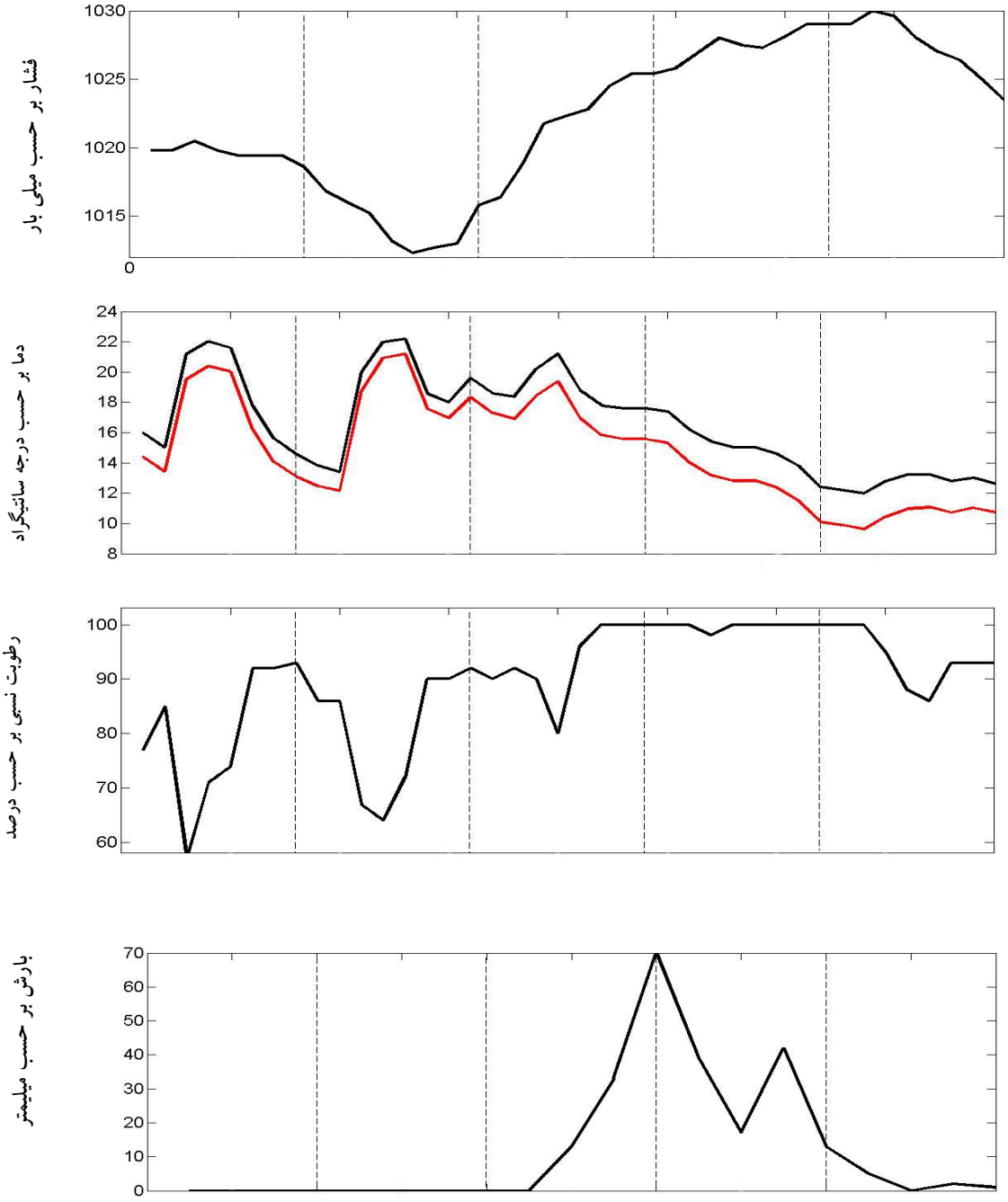
در پژوهش حاضر، با استفاده از داده‌های سطح زمین دریافتی از ایستگاه هواشناسی شهر نوشهر زمان دقیق عبور جبهه سرد مورد بررسی قرار گرفته و تعیین شد و با مطالعه خصوصیات فشار و دما نوع جبهه عبوری مشخص گردید. شناخت اولیه جبهه و زمان دقیق عبور آن از روی شهر نوشهر به همراه نوع جبهه عبوری می‌تواند در جبهه گذاری بر روی نقشه واقعی سطح زمین کمک نماید.

با مشخص شدن زمان عبور جبهه از روی شهر نوشهر، بر روی نقشه واقعی سطح زمین جبهه گذاری صورت گرفت. زیرا زمان دقیق عبور از یک نقطه مشخص و از نقطه دیگر که مرکز کم فشار است مشخص می‌باشد. نقاط دیگر جبهه نیز با توجه به تغییر خصوصیات در دما و تغییر جهت باد قابل تشخیص است (Sanders, 1999a). در نهایت از نقشه فرارفت دما که توسط داده‌های آنالیز شده از مدل GFS به دست آمده است، استفاده می‌شود. فرارفت هوای سرد در پشت جبهه سرد و فرارفت هوای گرم در جلوی جبهه گرم وجود دارد (Markowski & Richardson, 2010). محاسبه فرارفت می‌تواند در موقعیت جبهه سرد و گرم و کاهش دما در زمان‌های بعدی نافع باشد. با استفاده از تمامی خصوصیات اشاره شده جبهه‌های سرد و گرم بر روی نقشه سطح زمین مشخص گردید. با توجه به ازدحام داده‌های ایستگاه‌های بر روی نقشه سطح زمین واقعی، از نقشه سطح زمین با استفاده از داده‌های شبکه بندی شده استفاده گردید و تنها خطوط هم فشار رسم شدند و تنها بر روی یک نقشه تراز ۸۵۰ هکتوپاسکالی برای نشان دادن جبهه استفاده شده است.

داده‌های سطح زمین ایستگاه نوشهر

با استفاده از داده‌های فشار، دما و بارش سطح زمین در ایستگاه نوشهر می‌توان زمان دقیق عبور جبهه و نوع آن را تشخیص داد. روش مورد استفاده مشابه روش Sanders در سال (a۱۹۹۹) می‌باشد با این تفاوت که Sanders خصوصیات سطح زمین در یک عرض جغرافیائی خاص را مورد توجه قرار داد ولی در تحقیق حاضر فقط خصوصیات سطح زمین در ایستگاه نوشهر بررسی شده است. فشار هوا می‌تواند به بهترین شیوه مراحل عبور جبهه را نشان دهد. استقرار قطاع گرم موجب کاهش فشار و عبور جبهه سرد به علت کاهش دما موجب افزایش فشار می‌شود. برابر شکل (۱- الف) در روز ۹ نوامبر ۲۰۱۲ فشار در تمامی روز تقریباً در محدوده ۱۰۲۰ میلی باری قرار دارد ولی در روز ۱۰ نوامبر فشار شروع به افت می‌کند و در ساعت ۱۲۰۰ فشار به حداقل مقدار خود یعنی ۱۰۱۲/۳ میلی بار رسیده و در پایان روز ۱۰ نوامبر به ۱۰۱۵/۸ میلی

بار می‌رسد. کاهش فشار در ایستگاه با افزایش دما همراه است. و دما در روز ۱۰ نوامبر در محدوده ۲۰ درجه سانتی‌گراد رسیده است. (شکل ۱- ب)



شکل۱- خصوصیات اندازه‌گیری شده در سطح زمین، (الف) فشار، (ب) دمای ایستگاه (خط سیاه) و دمای پتانسیل معادل (خط قرمز)، (ج) رطوبت و (د) بارش به ترتیب در روزهای نهم، دهم، یازدهم، دوازدهم و سیزدهم نوامبر سال ۲۰۱۲

نوسان دما در روز ۱۰ نوامبر این ابهام را به وجود آورد که شاید افزایش دما ناشی از آزاد شدن گرمای نهان است. به منظور حذف تأثیر گرمای نهان بر دمای ایستگاه از دمای پتانسیل معادل استفاده شده است.

روش مورد استفاده در محاسبه دمای پتانسیل معادل مطابق با Bolton (۱۹۸۰) می‌باشد. در طول روز ۱۰ نوامبر میزان رطوبت کاهش یافته و به حدود ۷۰ درصد رسیده است (شکل ۱- ج) میزان بارش در این روز صفر است. (شکل ۱ – د) از مجموع نمودارها می‌توان استنباط نمود که قطاع گرم در روز ۱۰ نوامبر ۲۰۱۲ از روی شهر نوشهر عبور نموده است.

در روز ۱۱ نوامبر ۲۰۱۲ فشار بر روی ایستگاه نوشهر شروع به افزایش نموده است و از ۱۰۱۵/۸ میلی باری در ساعات آغازین روز به ۱۰۲۴/۸ در ساعات پایانی روز رسیده است. (شکل ۱ – الف). نمودار دما نیز روند کاهش در طول روز را نشان می‌دهند هر چند که با افت و خیزهایی همراه است و از ۱۹/۶ درجه سانتی گراد به ۱۷/۶ درجه سانتی گراد (حدود دو درجه کاهش) و با حذف اثرات گرمای نهان حدود ۳ درجه کاهش مشاهده می‌گردد.

افزایش فشار در کنار کاهش دما در روز ۱۱ نوامبر ۲۰۱۲ حاکی از عبور جبهه سرد در این روز از روی شهر نوشهر است. مسئله اصلی تعیین ساعت عبور جبهه سرد می‌باشد. که با بررسی نمودار بارش می‌توان به آن پی برد. بر اساس نمودار بارش، در ساعت ۰۶ روز ۱۱ نوامبر ۱۳ میلی متر بارش انجام شده است. رخداد این بارش نشان می‌دهد، جبهه سرد از روی شهر نوشهر عبور نموده و بارش شکل گرفته است. این بارش همچنان تا پایان روز ۱۲ نوامبر ادامه داشته و در روز ۱۳ نوامبر بارش قطع شده است (شکل ۱ – د).

نقشه‌های سطح زمین

در پژوهش حاضر از نقشه‌های واقعی سطح زمین، تهیه شده از سازمان هواشناسی برای جبهه گذاری استفاده شده است. مشکل اصلی نقشه‌های اشاره شده، ازدحام زیاد داده‌های ایستگاه‌ها می‌باشد، به طوری که خطوط جبهه بر روی آن قابل تشخیص نیست. به همین منظور فقط برای موقعیت‌یابی جبهه‌ها از نقشه‌ها استفاده شد و خطوط جبهه بر روی نقشه سطح زمین با استفاده از داده‌های GFS رسم گردید. بر اساس توضیحات شرح داد شده مشخص گردید که جبهه سرد در ساعت ۰۶ مورخه ۱۱ نوامبر ۲۰۱۲ از روی شهر نوشهر عبور نموده است به همین منظور موقعیت جبهه‌ها در ساعت ۰۰ روز ۱۱ نوامبر نشان داده شده است. در این روز یک مرکز کم فشار در دشت‌های سیبری و یک مرکز پر فشار در شمال دریای سیاه استقرار یافته‌اند.

جبهه سرد از مرکز کم فشار به سوی شمال غرب ایران گسترش یافته است (شکل ۲ – الف).

برای جبهه گذاری از خصوصیات جبهه شامل تغییر جهت باد، تغییر دما و تغییرات فشار استفاده شده است. نقشه فرا رفت دما که موقعیت جبهه را به خوبی مشخص می‌نماید نیز با استفاده از داده‌های تحلیل شده GFS رسم گردیده است.

مطابق نقشه فرارفت دما، فرارفت هوای سرد شدیدی بر روی دریای خزر حاکم است (شکل ۲ – ب) که بیانگر استقرار جبهه سرد در این نواحی است. وجود فرارفت هوای سرد سبب افت دمای هوا در ساعات آینده می‌گردد. این افت دمای هوا موجب تزریق رطوبت به هوا می‌گردد (اختلاف دمای بین هوا و سطح دریای خزر افزایش می‌یابد).

به دلیل تعداد زیاد نقشه‌ها، فقط از سه نقشه برای نشان دادن مسیر جبهه استفاده شده است که عبارتند از:

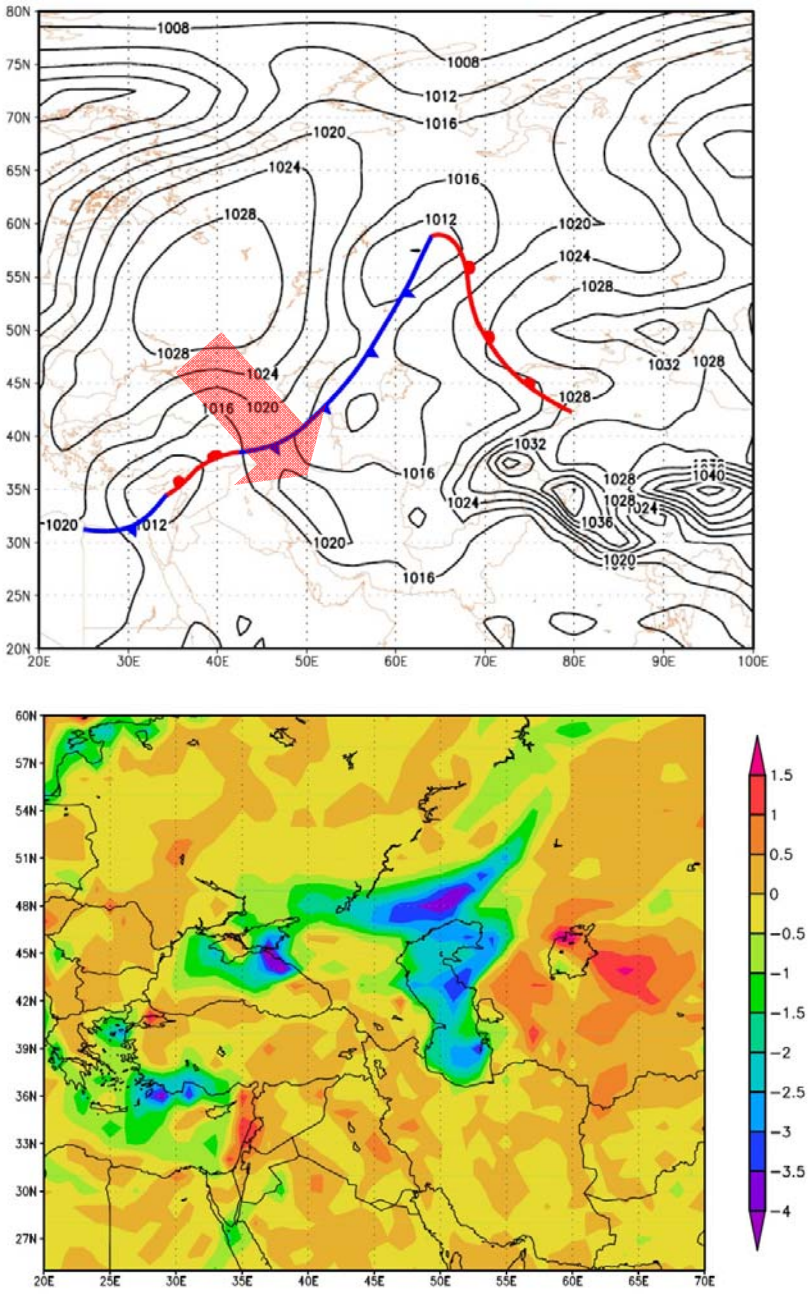
الف– قبل از عبور جبهه سرد از روی شهر نوشهر و در ساعت ۰۰ مورخه ۱۱ نوامبر ۲۰۱۲ (شکل ۲ – الف)

ب– استقرار جبهه سرد بر روی شهر نوشهر در ساعت ۱۲ مورخه ۱۱ نوامبر ۲۰۱۲ (شکل – ۳)

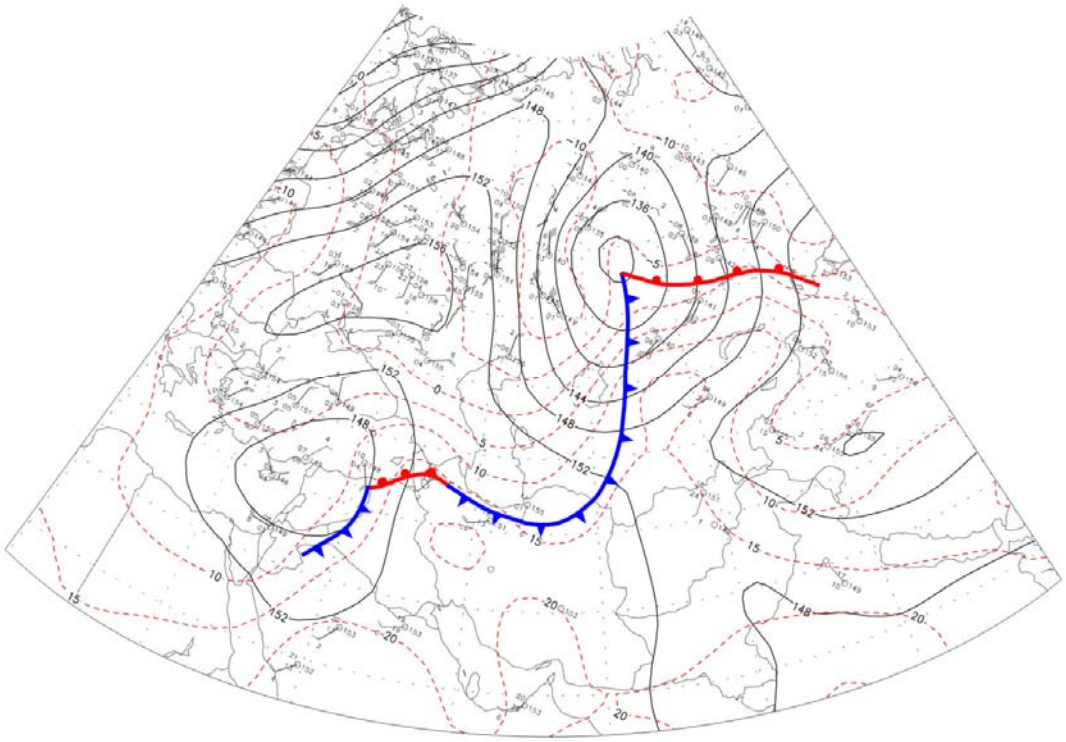
ج– عبور جبهه سرد از روی شهر نوشهر در ساعت

۰۶ مورخه ۱۲ نوامبر ۲۰۱۲ (شکل – ۴)

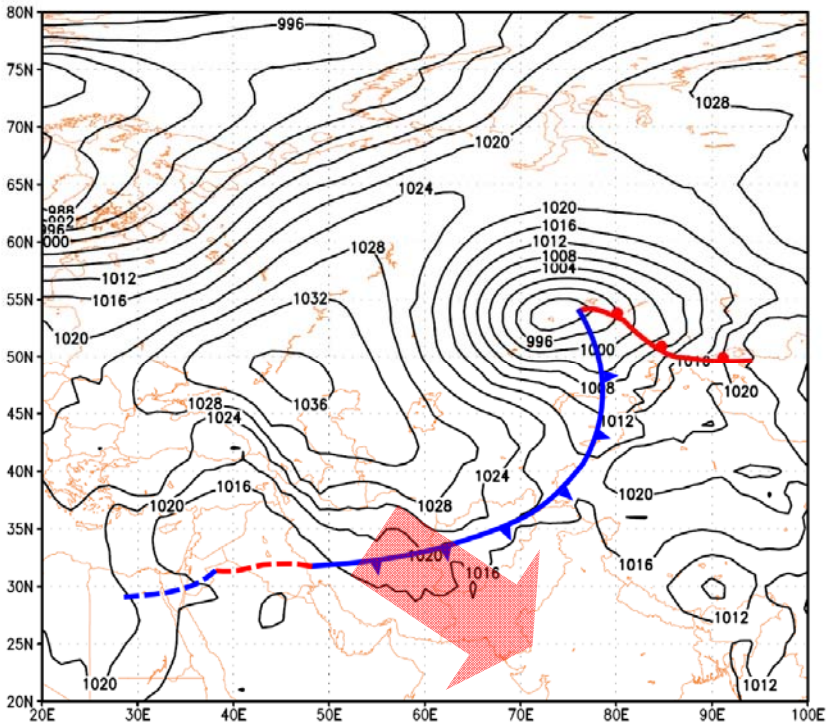
این سه نقشه مسیر عبور جبهه را به خوبی مشخص می‌نماید. استقرار جبهه بر روی شهر نوشهر (شکل – ۳) بر روی نقشه واقعی تراز ۸۵۰ میلی باری رسم شده است. لازم به ذکر است جبهه رسم شده متعلق به این تراز نیست و جبهه سطح زمین بر روی این تراز قرار داده شده است. علت آن نیز وضعیت خطوط هم ارتفاع و هم دما در تراز ۸۵۰ میلی باری است. به طوری که در پشت جبهه سرد مستقر در شمال ایران تقاطع ۹۰ درجه بین خطوط هم ارتفاع و هم دما وجود دارد که بیانگر وجود فرارفت هوای سرد در این مناطق است.



شکل ۲– نقشه خطوط هم فشار در سطح زمین (الف) و نقشه فرارفت دما در تراز ۸۵۰ میلی باری بر روی منطقه مورد مطالعه از مرتبه 10^{-4} $^{o}C/s$ (ب) در ساعت ۰۰ روز ۱۱ نوامبر



شکل ۳– نقشه جبهه گذاری شده تراز ۸۵۰ میلی باری (خطوط جبهه منطبق بر داده‌های سطح زمین است)، خطوط هم ارتفاع (خط سیاه)، خطوط هم دما (خط چین قرمز) در ساعت ۱۲ مورخه ۱۱ نوامبر ۲۰۱۲



شکل ۴– نقشه خطوط هم فشار در سطح زمین در ساعت ۰۶ مورخه ۱۲ نوامبر ۲۰۱۲

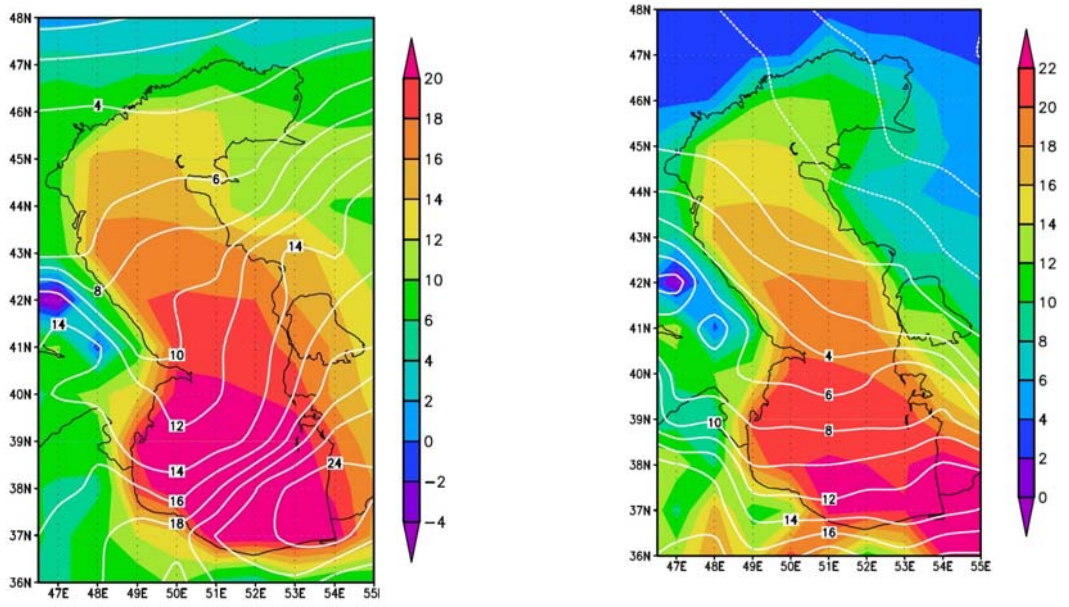
ضمناً شواهد لازم برای موج دوم (جبهه سرد و گرم مستقر بر روی کشور عراق) بر روی این تراز دیده می‌شود و انحنا پشته مانند خطوط دما در شمال غرب ایران نشانه قطاع گرم موج دوم می‌باشد. بر روی نقشه سطح زمین نیز شواهد لازم برای این منبع دیده می‌شود. عبور جبهه و استقرار آن در نواحی مرکزی ایران در (شکل ۴) نشان داده شده است. مرکز کم فشار نسبت به ۱۲ ساعت گذشته حدود ۱۰ درجه طول جغرافیائی به شرق جابجا شده است. مرکز کم فشار و پر فشار مستقر در شمال دربای خزر تقویت شده‌اند. موج دوم در روی کشور عراق به منطقه کژ فشار بدون جبهه تبدیل شده است. منطقه کژ فشار بدون جبهه ساختاری است که در آن خصوصیات جبهه به صورت ضعیف دیده می‌شود ولی جبهه واقعی وجود ندارد. این منطقه معمولاً در جاهایی که جبهه‌ها تحلیل می‌روند ایجاد می‌گردد (Sanders, 1999b; Schultz, 2004).

نتایج

با توجه به نقشه‌های (شکل ۲، ۳ و ۴) می‌توان علت رخداد سیل نوشهر در سال ۱۳۹۱ را ریشه یابی نمود. از نکات مهم موجود در این نقشه‌ها این است که جبهه سرد همواره در مرز بیرونی منطقه پر فشار قرار گرفته است و پشته مرکز پر فشار همواره در پشت جبهه سرد امتداد یافته است. پشته مرکز پرفشار با فلش برجسته بر روی شکل‌های (۲ و ۴) نشان داده شده است. با حرکت مرکز پرفشار به سمت شرق جبهه سرد به سمت جنوب حرکت نموده است. لذا به وضوح دیده می‌شود که عامل رانش جبهه از ابتدا (ساعت ۰۶ روز ۱۱ نوامبر) تا انتها (ساعت ۱۸ روز ۱۲ نوامبر)، مرکز پرفشار و پشته امتداد یافته آن از شمال غرب به دریای خزر است. این پشته مرکز پرفشار جبهه سرد مرکز کم فشار را بر روی استان مازندران رانده است. اختلاف دمای بین هوای عبوری از روی دریای خزر و دمای سطح آب یکی از عوامل مهم بارش در این منطقه است. هر قدر اختلاف دما بیشتر باشد، تزریق رطوبت به هوای سرد بیشتر گردیده و بارش شدیدتر می‌شود. لذا در شکل (۵) دمای سطح آب و هوای عبوری از روی آن در تراز ۹۵۰ میلی باری (دما در تراز ۹۵۰ میلی باری تقریب خوبی برای دمای میانگین لایه ۱۰۰۰ الی ۹۰۰ میلی باری است که رطوبت از سطح دریا به آن وارد می‌گردد) در ساعت ۰۰ روز ۱۱ نوامبر انحناء خطوط دما بر روی دریای خزر حاکی از هجوم هوای سرد بر روی دریای خزر است و اختلاف دما در بخش‌های جنوبی از ۴ تا صفر درجه از غرب به شرق (دمای سطح آب ۴ درجه بیشتر از دمای هواست) (شکل ۵ الف). ولی در ساعت ۰۶ روز ۱۲ نوامبر هوای سرد بر روی دریای خزر استقرار یافته است و اختلاف دمای بین هوا و سطح آب در جنوب دریای خزر به حدود ۱۰ درجه سانتی‌گراد رسیده است (شکل ۵ ب). این اختلاف دمای ۱۰ درجه‌ای باعث تزریق حجم زیادی از بخار آب به هوای سرد عبوری از روی دریای خزر می‌گردد. لذا قابل مشاهده است که بخش زیادی از بارش‌ها در روز ۱۲ نوامبر صورت گرفته است.

نقشه تراز ۵۰۰ میلی باری

با استفاده از نقشه تراز ۵۰۰ میلی باری می‌توان ساختار جو فوقانی در روزهای بارش سیل آسا را مطالعه نمود. در اینجا نیز به دلیل زیاد بودن تعداد نقشه‌ها، فقط نقشه ساعت ۰۰ مورخه ۱۱ نوامبر ۲۰۱۲ (قبل از عبور جبهه سرد) آورده شده است. در شکل (۶) نقشه خطوط هم ارتفاع و هم دما در تراز ۵۰۰ میلی باری را نشان می‌دهد. ناوه عمیقی در غرب ایران بر روی شرق دریای مدیترانه استقرار یافته است، محل استقرار این ناوه نشان می‌دهد که مرز غربی کشور ایران دارای حرکت صعودی و منطقه‌ای مستعد برای رشد موج سطح زمین فراهم است. مرکز این ناوه در شمال دریای خزر قرار گرفته و محور این ناوه در راستای جنوب غرب تا هزاران کیلومتر امتداد یافته است.



(ب) (الف)

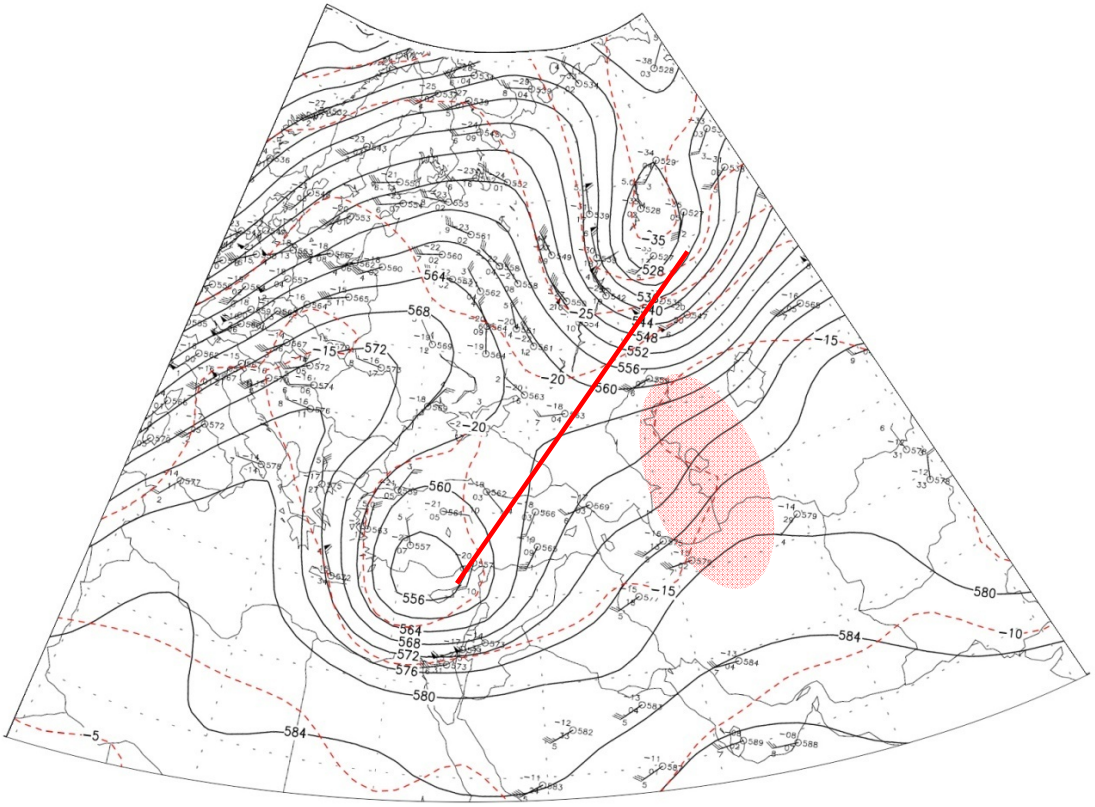
شکل۵– نقشه دمای سطح آب دریای خزر و دمای هوا در تراز ۹۵۰ میلی باری برای ساعت ۰۰ روز ۱۱ نوامبر (الف) و ساعت ۰۶ روز ۱۲ نوامبر سال ۲۰۱۲

عمق این ناوه و انحناء زیاد این خطوط بیانگر نزدیک شدن جبهه‌های فعال به مرزهای غربی و شمال غربی ایران است. با توجه به وسعت ناوه نشان داده شده بر روی شکل (خط قرمز) منطقه جبهه‌ایی بخش‌های وسیعی از شمال و غرب ایران را در بر گرفته است. تقاطع تقریباً قائم خطوط دما و هم ارتفاع بر روی دریای خزر حاکی از فرارفت دما بر روی این دریا است (بیضی قرمز کم رنگ) که با استقرار هوای سرد در مرکز ناوه (سرد چال) این فرارفت، فرارفت هوای سرد می‌باشد. با توجه به اینکه در نقشه تراز ۸۵۰ میلی باری (شکل ۲ ب) نیز فرارفت هوای سرد وجود دارد لذا این گسترش عمودی فرارفت هوای سرد تا لایه ۵۰۰ میلی باری حاکی از یک سامانه فعال می‌باشد که در ساعات آینده بر روی نواحی جنوبی دریای خزر مستقر گردیده است. محل قرار گیری ناوه و امتداد آن در روز ۱۱ و ۱۲ نوامبر تغییر چندانی ندارد و تنها اندکی به سمت شرق جاجا گردیده به طوری که مرکز سرد چال این ناوه در روز ۱۲ نوامبر با همین الگو بر روی کشور سوریه مستقر شده است.

بحث و نتیجه‌گیری

سیل زمستان سال ۱۳۹۱ شهر نوشهر در این پژوهش به صورت همدیدی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. هدف از این تحلیل همدیدی کنار هم قرار دادن نظریه‌های مختلف حاکم بر بارش‌های سیل آسا است تا بتوان گوشه‌ای از ابهامات موجود را مرتفع نمود. تحلیل همدیدی این سیل نشان داد تمامی نظریه‌های موجود به نوعی درست و حائز اهمیت هستند نکته مهم این است که هر نظریه تنها گوشه‌ای از ابهامات را روشن نموده است. البته نمی‌توان ادعا کرد که مطالعه حاضر تمامی جنبه‌های مجهول بارش‌های سیل آسای شمال کشور را روشن سازد ولی در تحقیق حاضر، تعدادی از نظریه‌های موجود ادغام گردیده و نشان داده شده است. تعدادی از نظریه‌هایی که به ظاهر هیچ تناسبی با هم ندارند در واقع به ساز و کار واحدی اشاره می‌کنند. عامل اصلی در سیل سال ۱۳۹۱ نوشهر حرکت مرکز کم فشار از شمال دریای خزر است. این مرکز کم فشار دارای جبهه سرد امتداد

یافته‌ای است که از روی دریای خزر عبور نموده است. وجود مرکز کم فشار به تنهایی عامل رخداد این سیل نیست بلکه وجود مرکز پرفشار بسیار مهم است. پشته این مرکز پرفشار سبب رانش جبهه سرد از عرض‌های بالاتر به شمال ایران شده است. مطابق شکل (۴) استقرار جبهه سرد در نواحی مرکزی ایران نتیجه امتداد و توسعه پشته مرکز پر فشار در شمال دریای خزر می‌باشد. رابطه استقرار جبهه برروی شمال کشور با امتداد پشته مرکز پرفشار را می‌توان فرا رفت هوای سرد بر روی دریای خزر در روز قبل از طوفان دانست. با فرارفت هوای سرد در پشت جبهه سرد که فقط بر روی دریای خزر حاکم است هوای سرد به عرض‌های پایین‌تر سرازیر می‌شود. با حاکم شدن هوای سرد بر روی دریای خزر فشار هوا به مرور افزایش می‌یابد. این افزایش فشار سبب پیوند نواحی روی دریایی خزر به پشته مرکز کم فشار می‌شود و این پشته بر روی دریای خزر حاکم می‌گردد. این سازکار به خوبی در شکل (۴) نشان داده شده است. که بر اساس آن هر قدر مرکز کم فشار قوی‌تر از شمال دریای خزر عبور نماید، فرارفت هوای سرد در پشت جبهه سرد نیز قوی‌تر می‌گردد. با تقویت فرارفت هوای سرد تزریق رطوبت بیشتری به هوای روی سطح دریا صورت می‌گیرد. لذا از یک سو بارش شدیدتر بر روی استان مازندران شکل می‌گیرد و از سوی دیگر پشته پرفشارتری بر روی دریای خزر مستقر می‌گردد. لذا بارش‌های شدیدتر با افزایش فشار بیشتری بر روی استان مازندران همراه هستند و همبستگی مثبت بین مقدار بارش و فشار سطح دریا بر روی استان ایجاد می‌شود.



شکل۶– نقشه خطوط هم ارتفاع (خطوط سیاه) و خطوط هم دما (خط چین قرمز)
تراز ۵۰۰ میلی باری در ساعت ۰۰ روز ۱۱ نوامبر

منابع

باقری، س. ۱۳۷۲. آنالیز سیستم‌های سیلاب در شمال ایران. پایاین نامه کارشناسی ارشد، گروه ژئوفیزیک، دانشگاه تهران.

براتی، غ. و عاشوری، ف. ۱۳۸۶. طراحی الگوهای همدید شدیدترین بادهای کرانه‌های جنوبی دریای خزر. پژوهش‌های جغرافیایی، ۶۲،۸۰-۶۷.

خلیلی، ع .۱۳۵۰. منشأ بارندگی کرانه‌های خزر. نیوار، ۱: ۴۹-۳۶.

علیجانی، ب.۱۳۷۲. مکانیزم های صعود بارندگی‌های ایران، مجله دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه تربیت معلم، ۱: ۱۰۱-۸۵.

علیجانی، ب.۱۳۷۴. نقش رشته کوه‌های البرز در توزیع، ارتفاعی بارش. فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی، ۳۸: ۵۲-۳۷.

جهانبخش، س. و کرمی، ف. ۱۳۷۸. تحلیل سینوپتیک تأثیر پرفشار سیبری بر بارش‌های سواحل جنوبی خزر. مجله تحقیقات جغرافیایی، ۵۴: ۱۳۱- ۱۰۷.

خوشحال دستجردی، ج .۱۳۷۶. تحلیل و ارائه مدل‌های سینوپتیک کلیماتولوژی برای بار شهای بیش از صد میلی متر در سواحل جنوبی دریای خزر. رساله دکتری جغرافیای طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس.

مرادی، ح .۱۳۸۰. بررسی سینوپتیک سیلاب ۲۱ آبان ماه سال ۱۳۷۵ در نواحی مرکزی استان مازندران. رشد آموزش جغرافیا، ۴۱:۵۷-۳۳

مرادی، ح. ۱۳۸۵. پیش بینی وقوع سیلاب‌ها براساس موقعیت‌های سینوپتیکی در ساحل جنوبی دریای خزر. پژوهش‌های جغرافیایی، ۱۳۱:۵۵-۱۰۹.

وحیدی، ج. ۱۳۷۶. مطالعه و بررسی سینوپتیکی- آماری بارندگی‌های سواحل جنوبی دریای خزر. پایان‌نامه کارشناسی ارشد هواشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال.

یوسفی، ح. ۱۳۸۲. زمانیابی ورود پرفشار سیبری به سواحل جنوبی دریای خزر و تأثیر سینوپتیکی آن بر بارش‌های پاییزی منطقه. پایان نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی گرایش اقلیم شناسی، دانشگاه تهران.

یوسفی، ح. و عزیزی، ق. ۱۳۸۴. زمانیابی ورود پرفشار سیبری به سواحل جنوبی دریای خزر. فصلنامه مدرس علوم انسانی، ۴: ۱۹۳ - ۲۱۳

مفیدی، ع. ۱۳۷۹. بررسی همدیدی نقش دریای سیاه در بارش‌های ایران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی (گرایش اقلیم شناسی)، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز.

Bolton, D. 1980: The Computation of Equivalent Potential Temperature. *Monthly Weather Review*, 108:1046–1053.

Markowski, P. & Richardson, Y. 2010. Mesoscale meteorology in Midlatitudes. John Wiley & Sons. UK.

Sanders, F. 1999a, A short-lived cold front in the southwestern United States. *Monthly Weather Review*, 127**:**2395–2403.

Sanders, F. 1999b. A proposed method of surface map analysis. *Monthly Weather Review*, 127: 945–955.

Schultz, D. M. 2004. A review of cold fronts with prefrontal troughs and wind shifts. *Monthly Weather Review*, 133: 2449-2479.