

پیش‌بینی سیلابها بر اساس موقعیتهای سامانه‌های همدیدی در شمال شرق ایران

چکیده

شمال شرق ایران، به عنوان قطب بزرگ کشاورزی و دامپروری از شرایط اقلیمی نسبتاً مناسبی برخوردار بوده و دارای آب و هوای نیمه مرطوب تا نیمه خشک و خشک است. با وجود شرایط زیست‌محیطی نسبتاً مناسب منطقه، وقوع سیلابهای شدید، خسارات جانی و مالی بسیاری را به مردم تحمیل می‌کند. لذا شایسته است تا جهت مدیریت صحیح منابع و امکانات، الگوهای سینوپتیکی که منجر به طوفان و بارش سیل‌زا در منطقه می‌گردد با دقت مورد شناسایی قرار گیرد. به این منظور در این تحقیق، از داده‌های بلندمدت بارش و دبی ایستگاه‌های موجود در منطقه طی دوره آماری ۳۰ ساله (۱۹۷۰ تا ۱۹۹۹ میلادی) استفاده شد. همراه با این داده‌ها، نقشه‌های روزانه هواشناسی مربوط به سطح زمین و ترازهای بالا تهیه و بررسی گردید. نتایج حاصله بیانگر آن است که چهار الگو در ایجاد بارش‌های سیل‌زا در منطقه مؤثر هستند که عبارتند از:

۱. کم‌فشارهای مهاجر قطبی اروپایی که از حوالی اسکاندیناوی منشأ می‌گیرند.
 ۲. کم‌فشارهای مدیترانه‌ای
 ۳. کم‌فشارهای سودانی و دریای سرخ که از جنوب غرب وارد منطقه می‌شوند.
 ۴. کم‌فشار مهاجر قطبی سبیری که از مناطق قطبی در شمال سبیری منشأ گرفته و از طریق دریاچه آرال و شمال شرق ایران یا شمال منطقه را تحت تأثیر قرار می‌دهند.
- شدیدترین بارش منطقه در شرایطی به وقوع می‌پیوندد که مرکز کم‌فشار بر روی منطقه استقرار یابد و منطقه تحت تأثیر فعالیت جبهه سرد واقع شود. تداوم بارش در

شرایطی است که هم‌زمان، دو سیستم کم فشار دریای سرخ با سیستم کم فشار مدیترانه‌ای یا کم فشار مهاجر قطبی اروپایی در منطقه فعال باشند و جبهه در شمال شرق به حالت مخلوط درآید.

کلید واژه‌ها: الگوهای سینوپتیک، بارش سیل‌زا، طوفان، نقشه‌های سینوپتیک، جبهه، مراکز فشار، شمال شرق ایران.

مقدمه

شمال شرق کشور، به عنوان قطب بزرگ کشاورزی و دامپروری از شرایط مناسبی برخوردار بوده و دارای آب و هوای نیمه مرطوب تا نیمه خشک و خشک است. با وجود شرایط زیست‌محیطی نسبتاً مناسب منطقه، وقوع سیلابهای شدید، خسارات جانی و مالی بسیاری را به مردم تحمیل می‌کند. لذا شایسته است تا جهت مدیریت صحیح منابع و امکانات، الگوهای سینوپتیکی که منجر به ایجاد طوفان و بارش‌های سیل‌زا در منطقه می‌گردد به دقت مورد شناسایی قرار گیرد. به طور کلی به هرگونه جریان آبی که به امکانات اقتصادی و مالی افراد لطمه وارد سازد و یا هر ارتفاعی از آب رودخانه که طغیان کند و اراضی اطراف رودخانه یا مسیل را فرا گیرد، سیلاب خوانده می‌شود (مرادی، ۱۳۸۰). سیل یک اتفاق ناگهانی و رویدادی سریع و مخرب است و با توجه به اینکه سیلاب می‌تواند عوارض ویرانگر و مخرب فراوانی داشته باشد، نیازمند مطالعه صحیح و دقیق می‌باشد. بنابراین، مدیریت جامع مهار و کاهش خسارات سیل، قبل از هر چیز باید توانایی شناخت سیستم‌هایی را که موجب پیدایش سیلاب می‌گردند داشته باشد تا بتواند وقوع سیلاب را پیش‌بینی نماید (Dmyterko, et.al, 1997, 113). به این ترتیب، می‌توان خسارات جانی و مالی ناشی از سیل را به حداقل رساند.

سیلاب ناشی از بارندگی است اما مطالعات نشان می‌دهد که بین این دو عامل رابطه خطی و مستقیمی وجود ندارد. از جمله عوامل اصلی برهم زننده این رابطه، علاوه بر شرایط جغرافیایی، می‌توان به ویژگی‌های فیزیکی حوضه آبخیز اشاره کرد. این ویژگی‌ها همراه با اختصاصات هیدرولوژیکی مانند بارش، برگابی^۱، چالابی^۲، نفوذپذیری، تبخیر و تعرق، رطوبت پیشین^۳ و شرایط رودخانه یا سیل در سرنوشت بارش - رواناب تأثیر به‌سزایی دارد (Chai, et.al, 1995, 97).

1. Interception.

2. detention storage.

3. antecedent moisture.

در دهه‌های اخیر به دلیل افزایش تعداد دام در مراتع، تخریب جنگل‌ها، نوسانات اقلیمی و وجود شرایط ویژه زیست‌محیطی، تعداد سیل‌های مخرب افزایش یافته و به شدت کشورمان را تهدید می‌نماید. برای مثال تعداد سیل‌های مخرب در پنج دهه گذشته بیش از دو برابر شده است (جدول ۱).

جدول ۱ تعداد وقوع سیلابهای مهم در پنج دهه اخیر کشور

شماره	سال	تعداد وقوع سیل
۱	۱۳۳۱-۱۳۴۰	۲۰۲
۲	۱۳۴۱-۱۳۵۰	۲۲۸
۳	۱۳۵۱-۱۳۶۰	۳۴۹
۴	۱۳۶۱-۱۳۷۰	۴۰۱
۵	۱۳۷۱-۱۳۸۰	۴۶۰

منبع: محمد خسرو شاهی، ۱۳۸۰

گیلبرت و همکارانش به بررسی مدیریت سیلاب در پیشگیری از وقوع سیل و کاهش خسارات ناشی از سیل در فرانسه پرداختند و وجود سیستم‌های هشداردهنده و نیز ساخت سازه‌های فنی مناسب را در کاهش خسارات ناشی از سیلاب در این کشور مثبت ارزیابی نموده‌اند (Gilbert & et al, 1998, 15).

الکساندر و همکارانش به مسأله کنترل سیلاب، پروژه‌های زهکشی و آبیاری در بنگلادش که یکی از کشورهای سیل‌خیز دنیا است پرداختند (Alexander & et al, 1998, 233). در زمینه طوفانها و بارش‌های سیل‌زا در ایران، مطالعاتی توسط حقیقت (۱۳۷۰)، سبزی‌پرور (۱۳۷۰)، باقری (۱۳۷۲)، جونبخش (۱۳۷۴)، آل احمد (۱۳۷۴)، مولا (۱۳۷۴)، لشکری (۱۳۷۵)، خوشحال (۱۳۷۶)، مرادی (۱۳۸۰ و ۱۳۸۱، ۶۱) صورت گرفته است.

به طور کلی دو دسته از عوامل اقلیمی و حوضه‌ای در ایجاد سیل نقش دارند. منشأ بسیاری از سیلابها به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک، رگبارهای با شدت زیاد و تداوم نسبتاً کوتاه است. بنابراین در بررسی رگبارها باید به تداوم، شدت و توزیع زمانی و مکانی آنها در بروز سیل توجه شود (Calea, 1992, 33). از مهمترین عوامل حوضه‌ای می‌توان به کاربری اراضی، وضعیت زمین‌شناسی، پوشش گیاهی، مساحت، شیب و شبکه زهکشی اشاره نمود (Stromberg, 1993, 118).

مواد و روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه، شمال شرق ایران است. این منطقه شامل بخشهای شمالی و مرکزی استان خراسان و نواحی شرقی استان گلستان است و بین عرض جغرافیایی 34° تا 38° شمالی و طول جغرافیایی 30° تا 55° شرقی واقع شده است.

جهت انجام این تحقیق، از داده‌های بلند مدت بارش و دبی ایستگاه‌های موجود در منطقه طی دوره آماری ۳۰ ساله (۱۹۷۰ تا ۱۹۹۹ میلادی) استفاده شد. همراه با این داده‌ها، نقشه‌های روزانه هواشناسی سینوپتیک مربوط به سطح زمین و ترازهای بالا، تهیه و مورد بررسی قرار گرفت. جهت تحلیل اطلاعات، از نرم‌افزارهای SPSS و Excel استفاده گردید. مراحل انجام تحقیق به شرح زیر می‌باشد:

۱. داده‌های مربوط به ایستگاه‌های هواشناسی و هیدرومتری منطقه مورد مطالعه با مراجعه به سازمانهای مربوطه تهیه و جمع‌آوری گردید. انتخاب این ایستگاه‌ها به گونه‌ای بود که دارای توزیع مناسب بوده و معرف خوبی برای کل منطقه باشند (جدول‌های ۲ و ۳). آنگاه بارش روزانه این ایستگاه‌ها در طی دوره آماری ۳۰ ساله (۱۹۷۰ تا ۱۹۹۹ میلادی) استخراج گردید.

جدول ۲ موقعیت ایستگاه‌های دبی‌سنجی وزارت نیرو در منطقه مورد مطالعه

شماره	نام رود	نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	طول دوره آماری	ارتفاع به متر
۱	اترک	داشلی برون	$54^{\circ}, 47'$	$37^{\circ}, 28'$	۱۳۶۴ - ۱۳۷۸	۲۵
۲	دوغ	تنگراه	$55^{\circ}, 44'$	$37^{\circ}, 27'$	۱۳۴۵ - ۱۳۷۸	۳۳۰
۳	گرگانرود	تمر (گرگان)	$55^{\circ}, 29'$	$37^{\circ}, 28'$	۱۳۴۸ - ۱۳۷۸	۱۳۲
۴	قره سو	اراز کوسه	$55^{\circ}, 8'$	$27^{\circ}, 13'$	۱۳۴۴ - ۱۳۷۸	۳۴
۵	گرگانرود	گنبد	$55^{\circ}, 8'$	$37^{\circ}, 14'$	۱۳۳۴ - ۱۳۷۸	۳۶
۶	کال شور	روح آباد	$58^{\circ}, 56'$	$36^{\circ}, 4'$	۱۳۴۸ - ۱۳۷۸	۱۱۰۰
۷	کال سالار	جعفر مهدی	$59^{\circ}, 25'$	$35^{\circ}, 11'$	۱۳۵۳ - ۱۳۷۵	۱۲۲۰
۸	فریمان	باغ عباسی	$59^{\circ}, 43'$	$35^{\circ}, 35'$	۱۳۴۶ - ۱۳۷۸	۱۶۵۰
۹	قائن	خونیک علیا	$59^{\circ}, 21'$	$33^{\circ}, 48'$	۱۳۵۵ - ۱۳۷۸	۱۳۴۰
۱۰	کارده	اندروخ	$59^{\circ}, 38'$	$36^{\circ}, 36'$	۱۳۴۶ - ۱۳۶۸	۹۶۰
۱۱	طرق	کرتیان	$59^{\circ}, 31'$	$36^{\circ}, 10'$	۱۳۳۰ - ۱۳۷۸	۱۲۳۰
۱۲	کشف‌رود	اولنگ اسدی	$59^{\circ}, 48'$	$36^{\circ}, 16'$	۱۳۵۱ - ۱۳۷۸	۸۴۲
۱۳	کشف‌رود	آق در بند	$60^{\circ}, 48'$	$36^{\circ}, 1'$	۱۳۲۹ - ۱۳۷۸	۵۸۰
۱۴	درونگر	سنگ سوراخ	$58^{\circ}, 41'$	$36^{\circ}, 27'$	۱۳۲۹ - ۱۳۶۱	۱۲۰۰

منبع: سازمان تحقیقات منابع آب (تماب)

جدول ۳ موقعیت ایستگاه‌های بارش سنجی سازمان هواشناسی در منطقه

شماره	نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع	سال شروع داده‌ها	سال پایان داده‌ها
۱	قائن	۵۹°، ۱۰'	۳۳°، ۴۳'	۱۴۳۲	۱۹۸۷	۱۹۹۹
۲	قوچان	۵۸°، ۳۰'	۳۷°، ۴'	۱۲۸۷	۱۹۸۴	۱۹۹۹
۳	گنبد	۵۸°، ۴۱'	۳۴°، ۲۱'	۱۰۵۶	۱۹۸۷	۱۹۹۹
۴	کاشهر	۵۸°، ۲۸'	۳۵°، ۱۲'	۱۱۰۹/۷	۱۹۸۶	۱۹۹۹
۵	شاهرود	۵۴°، ۵۷'	۳۶°، ۲۵'	۱۳۴۵/۳	۱۹۶۱	۱۹۹۹
۶	سبزه وار	۵۷°، ۴۳'	۳۶°، ۱۲'	۹۷۷/۶	۱۹۶۱	۱۹۹۹
۷	تربت حیدریه	۵۹°، ۱۳'	۳۵°، ۱۶'	۱۴۵۰/۸	۱۹۶۱	۱۹۹۹
۸	مشهد	۵۹°، ۳۸'	۳۶°، ۱۶'	۹۹۹/۲	۱۹۶۱	۱۹۹۹
۹	تربت جام	۶۰°، ۳۵'	۳۵°، ۱۵'	۹۵۰/۴	۱۹۹۳	۱۹۹۹
۱۰	گرگان	۵۴°، ۱۶'	۳۶°، ۵۱'	۱۳/۳	۱۹۶۱	۱۹۹۹
۱۱	مراوه تپه	۵۵°، ۵۷'	۳۷°، ۵۹'	۴۶۰	۱۹۹۳	۱۹۹۹
۱۲	نیشابور	۵۸°، ۴۸'	۳۶°، ۱۶'	۱۲۱۳	۱۹۹۱	۱۹۹۹
۱۳	دره گز	۵۹°، ۶'	۳۷°، ۲۶'	۵۰۰	۱۹۶۱	۱۹۹۹
۱۴	فریمان	۵۹°، ۵۲'	۳۵°، ۴۴'	۱۴۰۰	۱۹۵۱	۱۹۹۹
۱۵	جغتای	۵۷°، ۲'	۳۶°، ۳۶'	۱۳۷۳	۱۹۷۰	۱۹۹۸
۱۶	فردوس	۵۸°، ۱۰'	۳۴°، ۱'	۱۲۹۳	۱۹۸۵	۱۹۹۹
۱۷	گنبد قابوس	۵۵°، ۱۰'	۳۷°، ۱۵'	۳۷/۲	۱۹۷۶	۱۹۹۹
۱۸	بجنورد	۵۷°، ۱۹'	۳۷°، ۲۸'	۱۰۹۱	۱۹۷۷	۱۹۹۹
۱۹	سارا کهنس	۶۱°، ۱۰'	۳۶°، ۳۲'	۲۳۵	۱۹۸۴	۱۹۹۹
۲۰	علی‌آباد گرگان	۵۴°، ۵۲'	۳۶°، ۵۴'	۱۸۷	۱۹۷۱	۱۹۸۲
۲۱	کلانه	۵۵°، ۲۹'	۳۷°، ۲۲'	۱۵۷	۱۹۷۱	۱۹۹۳

منبع: سازمان هواشناسی کشور

۲. بارش‌های دوروزه و بیشتر در طول دوره آماری ۳۰ ساله در هریک از ایستگاه‌ها استخراج شد.
۳. دوره‌های بارانی که حداقل ۵۰ درصد از ایستگاه‌ها در آن دوره خاص بارش داشتند تفکیک و مشخص گردید.
۴. داده‌های دبی روزانه ایستگاه‌های دبی‌سنجی (جدول ۲) استخراج و روزهایی که میزان دبی روزانه نسبت به قبل افزایش قابل ملاحظه‌ای داشته است (بیش از سه برابر دبی روز قبل)، در جدول جداگانه برای هر ایستگاه مشخص گردید. آنگاه روزهایی که بیش از نیمی از ایستگاه‌های مورد مطالعه دارای پدیده سیلاب بودند به عنوان نمونه مطالعاتی

جهت بررسی‌های بعدی انتخاب گردید. تحلیل داده‌ها بیانگر آن است که بالاترین دبی‌های میانگین روزانه از نظر فراوانی وقوع و شدت (متوسط دبی بیشتر از ۱۰۰ متر مکعب در ثانیه)، در ماه‌های اردیبهشت و فروردین روی داده است (به ترتیب ۱۷ و ۸ مورد). در این میان بالاترین دبی مشاهده شده در ایستگاه آق در بند (بر روی کشف‌رود) ثبت شده است. این دبی استثنایی (طی دوره آماری مورد مطالعه) در تاریخ ۱۳۷۷/۱/۱۸ به وقوع پیوسته و مقدار آن ۷۳۴ متر مکعب در ثانیه است. پس از آن ایستگاه اراز کوسه بر روی رود قره سو با میزان دبی روزانه ۳۲۰ متر مکعب در تاریخ ۱۳۷۱/۲/۲۴، دومین حداکثر متوسط دبی روزانه ثبت شده در ایستگاه‌های شمال شرقی کشور در سالهای مورد مطالعه را دارا می‌باشد. ملاحظه می‌گردد که این دو بالاترین دبی روزانه اختلاف فاحشی از یکدیگر دارند.

۵. از میان موارد به دست آمده در بند ۳ که نشان‌دهنده بارش‌های فراگیر در منطقه است، مواردی که دارای بارش قابل ملاحظه بوده و در یکی از نواحی منطقه مورد مطالعه سیل اتفاق افتاده است، طوفان تلقی شده و به عنوان یک سیستم طوفان‌زا انتخاب گردید. با توجه به وضعیت بارش و دبی ایستگاه‌های مورد مطالعه، در مجموع ۴۲ سیستم طوفان‌زا شناسایی و انتخاب گردید (جدول ۴). به این ترتیب موارد طوفان و مشخصات آنها از قبیل زمان وقوع (سال، ماه، روز)، دوام طوفان (به روز)، شدیدترین روز بارش و ... در جدول جداگانه تنظیم گردید. مطالعات بیانگر آن است که بیشترین وقوع طوفانها مربوط به ماه‌های مارس، آوریل و می است (به ترتیب با دارا بودن ۱۴، ۱۱ و ۷ مورد وقوع طوفان در طی دوره آماری مورد مطالعه). ماه‌های فوریه و دسامبر هر کدام با داشتن ۶ و ۲ مورد وقوع طوفان در مراتب بعدی قرار دارند.

۶. با مراجعه به آرشیو نقشه‌های سینوپتیک سازمان هواشناسی کشور، نقشه‌های سینوپتیک سطح زمین و ترازهای ۷۰۰، ۵۰۰ و ۳۰۰ هکتوپاسکالی هر یک از طوفانها از ۴۸ ساعت قبل از شروع بارش تا پایان فعالیت طوفان استخراج شد.

۷. هر یک از موارد طوفان جهت منشأیابی، تعیین مسیر و نحوه تأثیر سیستم‌های بارش‌زا بر روی منطقه، به دوروش زیر مطالعه گردید:

الف- طوفانهای هر ماه به طور جداگانه مورد بررسی قرار گرفته و الگوی حاکم بر آن از ۴۸ ساعت قبل از شروع بارش تا پایان فعالیت طوفان شناسایی و استخراج شد.

ب- طوفانها از لحاظ مدت دوام دسته‌بندی شده و به صورت طوفانهای ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ روز و بیش از شش روز مورد بررسی قرار گرفت تا الگوی حاکم و شرایط سینوپتیکی غالب هر گروه از طوفانها کشف و ارایه شود. به این ترتیب، با توجه به آرایش سیستم‌ها از ۴۸ ساعت قبل از بارش، هر گروه از آرایش سیستم‌ها تحت عنوان یک الگو تلقی شده و تغییرات و جابجایی‌های روزانه ایجاد شده در هر گروه از الگوها تا پایان فعالیت طوفان پیگیری و بررسی گردید.

در هر دو روش بالا (بند ۷)، جهت تعیین چگونگی آرایش امواج و موقعیت سیستم‌های فعال جوی در ارتباط با شرایط جوی حاکم بر منطقه، بر روی نقشه‌های سطح زمین و تراز بالا حدود ۵۰ پارامتر مورد بررسی قرار گرفته و الگوهای حاکم بر منطقه به طور جداگانه شناسایی شدند (جدول‌های ۵ و ۶).

جدول ۴ مقدار بیشینه بارش و دبی روزهای همراه با طوفان

سال	ماه	بارش (میلی متر)	دبی (متر مکعب)	مارس	بارش (میلی متر)	دبی (متر مکعب)
۱۹۷۱/۲/۲۲		۴۳	۱۸۲	۱۹۸۴/۳/۲۳	۳۴	۱۵۸
۱۹۷۱/۴/۲۷		۴۵/۱	۱۵۲	۱۹۸۶/۳/۸	۲۸	۱۶۶
۱۹۷۱/۱۱/۱۱		۳۵	۱۴۱	۱۹۸۶/۱۲/۲	۳۸	۱۸۲
۱۹۷۲/۵/۲۱		۵۳/۲	۱۶۶	۱۹۸۷/۴/۶	۳۳	۱۹۷
۱۹۷۳/۲/۲۲		۴۳	۱۱۱	۱۹۸۸/۳/۵	۲۸	۲۴۰
۱۹۷۳/۳/۲۳		۴۴	۱۸۴	۱۹۸۸/۴/۲۸	۴۰/۲	۲۲۰
۱۹۷۴/۴/۱۲		۳۸	۱۲۴	۱۹۹۱/۲/۶	۳۶	۲۵۳
۱۹۷۶/۴/۲۲		۵۸	۱۶۶	۱۹۹۲/۱/۳	۲۹	۱۹۵
۱۹۷۸/۲/۱۱		۵۲	۱۴۵	۱۹۹۲/۳/۱۱	۴۰	۲۱۳
۱۹۷۸/۴/۱۵		۴۵	۱۱۸	۱۹۹۲/۳/۳۱	۳۴	۲۲۵
۱۹۷۸/۵/۲۳		۸۰	۱۹۶	۱۹۹۲/۴/۱۸	۴۲	۲۷۰
۱۹۷۹/۳/۴		۴۰	۱۴۱	۱۹۹۲/۵/۱۳	۵۱	۳۲۰
۱۹۷۹/۳/۲۹		۷۰	۱۸۲	۱۹۹۳/۲/۳	۴۱	۲۷۵
۱۹۸۰/۳/۱۴		۵۷	۱۲۳	۱۹۹۴/۳/۱۲	۴۰	۲۴۰
۱۹۸۲/۳/۱۵		۵۷	۱۲۷	۱۹۹۴/۱۲/۴	۳۳/۵	۱۳۲
۱۹۸۲/۳/۲۵		۴۳	۱۳۲	۱۹۹۵/۴/۲۵	۴۷/۲	۲۰۷
۱۹۸۳/۳/۷		۴۲	۱۹۵	۱۹۹۸/۲/۱۲	۵۶	۲۴۱
۱۹۸۳/۴/۶		۵۵	۲۳۰	۱۹۹۸/۴/۶	۵۲	۷۳۴
۱۹۸۳/۵/۳۰		۳۱	۲۴۰	۱۹۹۸/۴/۲۴	۳۰	۲۳۱

جدول ۵ پارامترهای مورد مطالعه در نقشه‌های سطح زمین

شماره	پارامتر	شماره	پارامتر
۱	مرکز پرفشار سبیری (طول و عرض جغرافیایی و مقدار فشار)	۶	مرکز فشار شرق اروپا (طول و عرض جغرافیایی و مقدار فشار)
۲	مرکز پرفشار آزور (طول و عرض جغرافیایی و مقدار فشار)	۷	تعداد مراکز کم فشار شمال اروپا و اطلس شمالی
۳	مرکز کم فشار ایسلند (طول و عرض جغرافیایی و مقدار فشار)	۸	پربند هم فشار جنوب خزر (عرض ۳۷ درجه شمالی)
۴	مرکز کم فشار شمال اسکاندیناوی (طول و عرض جغرافیایی و مقدار فشار)	۹	نوع جبهه و موقعیت آن در منطقه
۵	مرکز فشار شرق مدیترانه (طول و عرض جغرافیایی و مقدار فشار)		

جدول ۶ پارامترهای مورد مطالعه در نقشه‌های تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

شماره	پارامتر	شماره	پارامتر
۱	جهت جریانات در غرب کشور	۲۲	الگوی جریانات (پشته، ناوه) در مرکز اروپا
۲	جهت جریانات در شرق کشور	۲۳	الگوی جریانات (پشته، ناوه) در غرب اروپا
۳	جهت جریانات در جنوب غرب کشور	۲۴	الگوی جریانات (پشته، ناوه) در شرق مدیترانه
۴	جهت جریانات در جنوب شرق کشور	۲۵	الگوی جریانات (پشته، ناوه) در مرکز مدیترانه
۵	تعداد مراکز اصلی ناوه قطبی	۲۶	الگوی جریانات (پشته، ناوه) در غرب مدیترانه
۶	عرض جغرافیایی مرکز ناوه در نیمکره شرقی	۲۷	عرض جغرافیایی مرکز پر فشار جنب حاره
۷	طول جغرافیایی مرکز ناوه در نیمکره شرقی	۲۸	طول جغرافیایی مرکز پر فشار جنب حاره
۸	ارتفاع مرکز ناوه در نیمکره شرقی	۲۹	ارتفاع مرکز پر فشار جنب حاره
۹	عرض جغرافیایی مرکز ناوه در نیمکره غربی	۳۰	ارتفاع پربند مستقر در جنوب خزر (عرض ۳۷)
۱۰	طول جغرافیایی مرکز ناوه در نیمکره غربی	۳۱	عرض جغرافیایی مرکز بلاکینگ
۱۱	ارتفاع مرکز ناوه نیمکره غربی	۳۲	طول جغرافیایی مرکز بلاکینگ
۱۲	عرض ج پربند معرف ناوه در طول ۵۰ شرقی	۳۳	ارتفاع مرکز بلاکینگ
۱۳	عرض ج پربند معرف ناوه در طول ۴۰ شرقی	۳۴	عرض جغرافیایی محور ناوه در شمال غرب
۱۴	عرض ج پربند معرف ناوه در طول ۳۰ شرقی	۳۵	عرض جغرافیایی محور ناوه در جنوب غرب
۱۵	عرض ج پربند معرف ناوه در طول ۲۰ شرقی	۳۶	طول جغرافیایی محور ناوه در شمال غرب
۱۶	عرض ج پربند ۵۸۴ در امتداد طول ۵۰ شرقی	۳۷	طول جغرافیایی محور ناوه در جنوب غرب
۱۷	عرض ج پربند ۵۸۴ در امتداد طول ۴۰ شرقی	۳۸	عرض جغرافیایی محور ناوه در شمال
۱۸	عرض ج پربند ۵۸۴ در امتداد طول ۳۰ شرقی	۳۹	عرض جغرافیایی محور ناوه در جنوب
۱۹	عرض ج پربند ۵۸۴ در امتداد طول ۲۰ شرقی	۴۰	طول جغرافیایی محور ناوه در شمال
۲۰	الگوی جریانات (پشته، ناوه) روی دریای سیاه	۴۱	طول جغرافیایی محور ناوه در جنوب
۲۱	الگوی جریانات (پشته، ناوه) در شرق اروپا		

موقعیت پربند معرف ناوه قطبی (مرز بیرونی ناوه) مبین گسترش و یا تضعیف ناوه در منطقه می باشد (جدول ۷). موقعیت پربند معرف ناوه برای ماه‌های مختلف متفاوت است (W.M.O, ۱۹۹۰, ۳۶۲). لذا در این مطالعه، موقعیت پربند معرف ناوه قطبی در امتداد طول‌های ۳۰°، ۴۰°، ۵۰° و ۶۰° شرقی در ارتباط با شرایط بارشی شمال شرق کشور بررسی گردید. همراه با مطالعات بالا، موقعیت و چگونگی جابجایی جبهه‌ها (جبهه سرد، گرم، مخلوط و ...) بر روی نقشه سطح زمین و موقعیت رود باد ۴ (به عنوان منطقه جبهه در تراز بالا) بر روی نقشه تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال و نحوه تأثیر آنها در ایجاد و تشدید شرایط ناپایداری جو در منطقه به هنگام وقوع طوفان بررسی شد. همزمان با تحلیل سینوپتیک نقشه‌های هواشناسی، داده‌های سطح زمین و تراز بالای نقشه‌ها در روزهای قبل از وقوع بارش، روز شروع بارش و شدیدترین روز بارش با استفاده از روشهای آماری نظیر همبستگی پیرسون، رگرسیون و آنالیز واریانس چند متغیره مورد بررسی قرار گرفت.

جدول ۷ پربندهای معرف تعیین کننده مرز جنوبی ناوه قطبی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بر حسب دکامتر

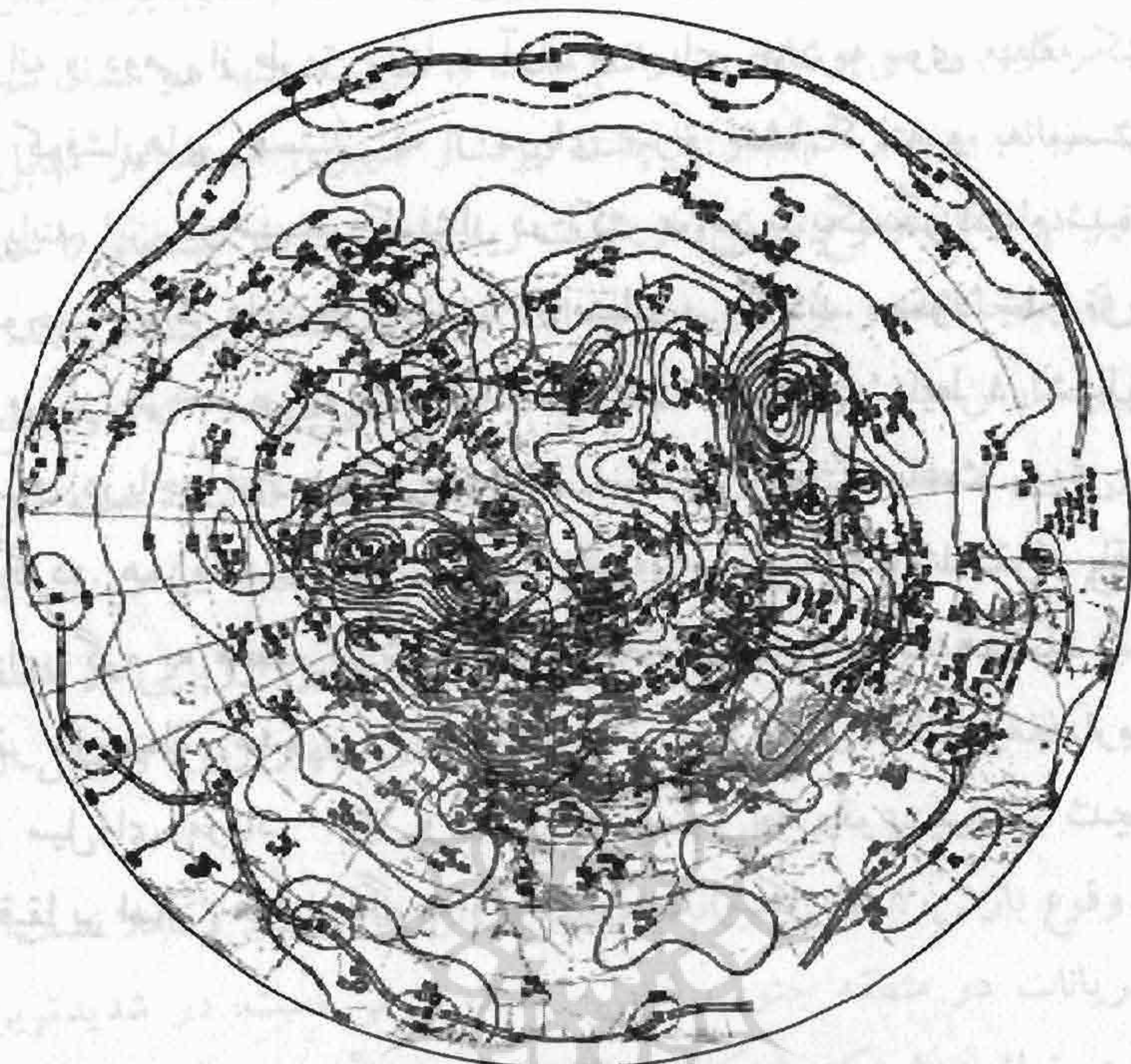
ماه	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
پربند	۵۴۸	۵۵۲	۵۵۲	۵۵۲	۵۶۰	۵۶۸	۵۷۲	۵۷۲	۵۶۸	۵۶۴	۵۵۶	۵۵۲

نتایج و بحث

نتایج حاصل از این تحقیق بیانگر آن است که در شمال شرق کشور، تحت شرایط زیر بارش‌های سیل‌زا به وقوع می‌پیوندد:

۱. بارش در منطقه زمانی آغاز می‌شود که در سطح زمین مرکز کم‌فشار و یا زبانه کم‌فشار حاکم باشد. تقریباً در تمامی طوفانهای مشاهده شده، قبل از وقوع بارش پشته پرفشار سیبری بر منطقه حاکم است. بارش زمانی به وقوع می‌پیوندد که پشته پرفشار سیبری به سمت شرق جابجا شده و در شرق دریاچه آرال قرار گیرد. از سوی دیگر در زمان وقوع بارش، معمولاً یک مرکز کم‌فشار در شرق ترکیه استقرار می‌یابد. با جابجایی این مرکز کم‌فشار به سوی شرق، بر شدت ریزش بارش در منطقه افزوده می‌شود.

۲. در شدیدترین روز بارش معمولاً دو الگو بر روی نقشه سطح زمین دیده می‌شود. یکی اینکه پشته پرفشار سیبری با جهت شرقی-غربی در شمال دریای خزر استقرار یافته و با پشته پرفشار آזור ادغام شود. در این وضعیت، معمولاً بر روی دریای خزر یا شمال آن مرکز پرفشار بسته استقرار می‌یابد. شرایط مذکور باعث نفوذ کم‌فشارهای نواحی معتدله به عرض‌های جنوبی‌تر و از جمله کشور ایران و منطقه مورد مطالعه می‌گردد (شکل ۱).



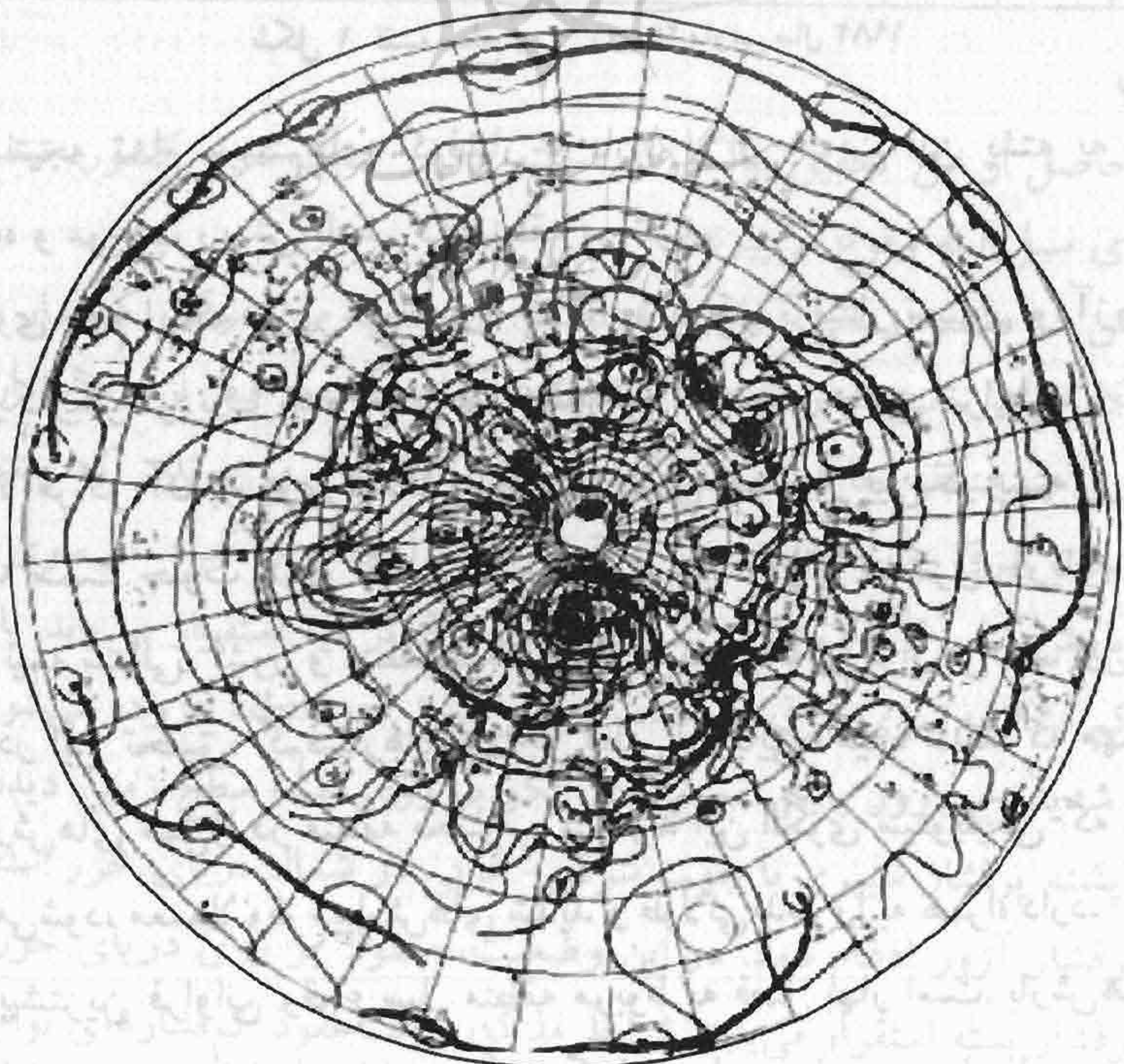
شکل ۱ نقشه سطح زمین روز ۲۴ مارس سال ۱۹۸۲

در نتیجه تمام سیستم‌های کم‌فشار و باران‌زا، از جنوب این پشته به سمت شرق جابجا شده و موجب ریزش بارش در منطقه می‌شوند.

الگوی دوم اینکه در برخی موارد پشته دو مرکز پرفشار سیبری و آזור در مرکز اروپا به یکدیگر نزدیک شده اما با هم ادغام نمی‌شوند. در چنین شرایطی، زیانه کم‌فشار که معمولا مرکز آن بر روی ایسلند یا اسکاندیناوی است، از بین دو پشته پرفشار سیبری و آזור به سمت جنوب شرق کشیده شده و از طریق اروپای مرکزی، دریای سیاه و شرق مدیترانه، نیمه شمالی کشور و منطقه شمال شرق را تحت تأثیر قرار می‌دهد. این گونه مراکز کم‌فشار در این تحقیق، کم‌فشارهای مهاجر قطبی اروپایی نامیده شدند که مهمترین عامل ریزش بارش‌های سیل‌زا در منطقه محسوب می‌شوند این الگوی سینوپتیکی که با جبهه سرد همراهی می‌شود، معمولا وقوع بارش‌های شدید و طولانی‌مدت را به همراه دارد.

۳. بیشترین فراوانی وقوع سیل منطقه مربوط به فصل بهار است. بارش‌های بهاره در منطقه، دارای دو منشا اصلی است. یکی کم‌فشارهای مهاجر همراه با جبهه است. این

کم فشارها خود دارای دو منشأ اروپایی و سبیریایی هستند که اولی از طریق دریای سیاه و شرق مدیترانه و دومی از طریق دریاچه آرال و دریای خزر به سوی منطقه کشیده می‌شوند. دسته دوم کم فشارهایی هستند که از دریای سرخ منشأ گرفته و به سمت شمال شرق شارش می‌یابند. این دو سیستم کم فشار در اکثر مواقع با یکدیگر ادغام شده و به صورت مشترک موجب ریزش‌های جوی شدید در منطقه می‌گردند. معمولاً شدیدترین روز بارش با استقرار مرکز چرخند بر روی منطقه همراه است. در این شرایط در شمال دریاچه خزر و شمال شرق دریاچه آرال مرکز واچرخند استقرار یافته که باعث ریزش هوای سرد به منطقه می‌گردد. همزمان در جنوب غرب ناحیه، مرکز کم فشار استقرار یافته که موجب شارش هوای گرم به منطقه می‌شود. محل برخورد این دو توده هوا باعث تقویت جبهه فعال مستقر در منطقه شده و ریزش بارش‌های سیل‌زا در منطقه را به ارمغان می‌آورد. بارش‌های سیل‌زای مرداد ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ که منجر به وقوع سیلاب شدید در گلستان گردید، دقیقاً بر اساس همین الگو به وقوع پیوست (شکل ۲).



شکل ۲ نقشه سطح زمین روز ۲۰ آوریل سال ۱۹۷۶

۴. در زمان وقوع بارش، مرکز پرفشار سبیری از شدت زیادی برخوردار است و پشته آن آسیای مرکزی را می‌پوشاند. در واقع شدت و تقویت جبهه در شمال شرق ایران ناشی از برخورد زبانه سیستم کم‌فشار با پشته پرفشار سبیری است. در مقابل، مرکز کم‌فشار ایسلند نیز در زمان وقوع بارش، از شدت زیادی برخوردار است و تا حدودی به سمت جنوب شرق جابجا شده و بر روی جنوب اسکانديناوی استقرار پیدا می‌کند.

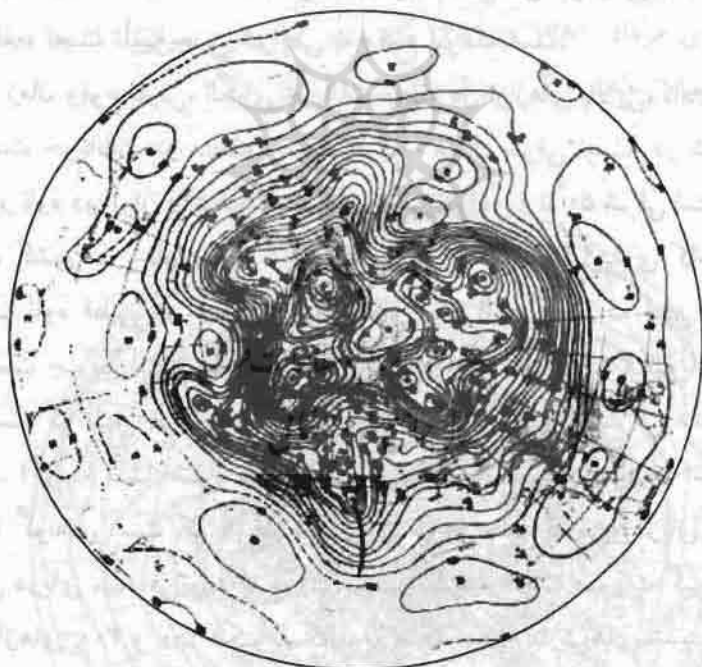
۵. شدیدترین بارش در منطقه در شرایطی به وقوع می‌پیوندد که در سطح زمین مرکز کم‌فشار بر روی منطقه استقرار یابد و منطقه تحت تأثیر فعالیت جبهه سرد و در مرکز چرخند واقع شود. تداوم بارش در شرایطی است که هم‌زمان، دو سیستم کم‌فشار دریای سرخ با سیستم کم‌فشار مدیترانه‌ای یا کم‌فشار مهاجر قطبی اروپایی در منطقه فعال باشند و جبهه در منطقه به حالت مخلوط در آید. بارش‌های چهار روزه و بیش از چهار روز در منطقه، تحت تأثیر چنین شرایطی به وقوع پیوسته است.

۶. در زمان وقوع بارش، الگوی جریانات منطقه در ترازهای بالایی، کاملاً نصف‌النهاری است و جهت جریانات در منطقه جنوب غربی - شمال شرقی است. در شدیدترین روز بارش، محور ناوه در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال حوالی طول 40° تا 50° شرقی استقرار می‌یابد و شمال شرق کشور در جلوی ناوه واقع شده و شرایط برای ناپایداری کاملاً مهیا است. پربند معرف ناوه قطبی در جنوب دریای خزر استقرار می‌یابد که مبین گسترش تاوه قطبی به سمت جنوب است. مقدار کمبود اشباع در نقشه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بر روی منطقه ۲ است که مبین مرطوب بودن هوا در ترازهای بالا و گسترش عمودی ابرها در منطقه است. اگرچه منشا اصلی تغذیه رطوبت توده هوا، دریای مدیترانه است اما الگوی جریانات به گونه‌ای است که از طریق دریای سرخ، خلیج فارس، دریای عمان، دریای خزر و حتی دریای سیاه می‌تواند به درون سیستم تغذیه رطوبت صورت گیرد (شکل ۳).

در ترازهای ۳۰۰ و ۲۰۰ هکتوپاسکال، به هنگام وقوع بارش‌های شدید، هسته رودباد بر منطقه حاکم است و سرعت باد بعضاً به ۱۰۰ نات و بیشتر می‌رسد. مرکز ناوه قطبی به طور آشکاری در نیمکره شرقی استقرار می‌یابد.

۷. در ترازهای بالا (به ویژه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال) عامل وقوع بارش در منطقه، ناوه عمیقی است که از مرکز ناوه قطبی در شمال اسکانديناوی یا شمال سبیری منشأ گرفته و به سمت جنوب گسترش می‌یابد. حال هر قدر محور ناوه به سمت جنوب عمیق‌تر

شده و محور آن بیشتر به سمت شرق جابجا شود، وقوع بارش در منطقه با شدت بیشتری همراه است. به طوری که در شدیدترین روز بارش، محور ناوه در شرق دریای خزر استقرار یافته و به سمت جنوب تا مرکز عربستان گسترش می‌یابد. از سوی دیگر، در درون ناوه مراکز کم ارتفاع ثانوی شکل می‌گیرد. حال هر قدر این مراکز از شدت بیشتری برخوردار باشد (ارتفاع مرکزی کمتر) و به عرضهای جنوبی‌تر انتقال یابد (در امتداد طول ۵۰ تا ۶۰ درجه شرقی) شدت بارش در منطقه بیشتر است. به طوری که در شدیدترین روز بارش، این مرکز کم ارتفاع بر روی شمال شرق کشور گسترش یافته و ناوه ناشی از آن تا مرکز عربستان گسترش می‌یابد. در تمامی این شرایط، بر روی دریای عمان و جنوب عربستان یک مرکز پرفشار استقرار یافته که باعث تغذیه رطوبت به درون سیستم کم فشار بارش‌زا در منطقه می‌گردد (شکل ۴).



شکل ۳ نقشه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال روز ۲۷ مارس سال ۱۹۷۹

۸ در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در فصل گرم، عامل اصلی وقوع بارش در منطقه، کم ارتفاع مهاجر قطبی اروپایی است. از این مرکز کم ارتفاع که در شمال اسکانندیناوی مستقر است، به سمت جنوب ناوه عمیقی گسترش می‌یابد. این ناوه تا روی دریای سیاه امتداد دارد. بارش در منطقه زمانی به وقوع می‌پیوندد که این ناوه عمیق‌تر شده و تا جنوب

دریای سرخ امتداد یابد. با جابجایی این ناوه به سمت شرق، هرگاه مرکز ناوه در امتداد طول 45° تا 50° شرقی قرار گیرد، شاهد وقوع شدیدترین ریزش بارش در منطقه خواهیم بود. در این شرایط، معمولاً یک مرکز کم ارتفاع ثانوی بر روی دریای سیاه یا شرق ترکیه استقرار می‌یابد. ناوه ناشی از این مرکز کم ارتفاع، باعث ایجاد جریانات نصف‌النهاری شدید در منطقه می‌شود.



شکل ۴ نقشه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال روز ۱ می سال ۱۹۸۱

۹. در ترازهای بالا گسترش ناوه از شمال سیبری و از سمت دریاچه آرال و از روی دریای خزر به سمت منطقه، با حاکمیت پشته بر روی دریای سیاه شرق اروپا همراه است. در حالی که اگر مرکز ناوه بر روی اسکاندیناوی واقع شود، در شدیدترین روز بارش در شرق اروپا و بر روی دریای سیاه ناوه عمیق استقرار می‌یابد. در حالی که در این زمان در غرب اروپا و شرق دریاچه آرال پشته استقرار یافته که تا حوالی قطب گسترش می‌یابد. هر قدر این پشته‌ها از شدت و گسترش بیشتری به سمت قطب برخوردار باشند در این صورت، ناوه مستقر در شرق مدیترانه و بر روی دریای خزر عمیق‌تر شده و شرایط ناپایداری در منطقه جهت وقوع بارش‌های شدید مناسب‌تر است.

یکی از مساعدترین شرایط برای وقوع بارش شدید و طولانی مدت در منطقه در شرایطی است که کم‌فشار ثانوی ناشی از این ناوه عمیق در شمال غرب کشور و یا شرق ترکیه از ناوه اصلی جدا شده و به صورت سردچال بالایی درآید. اصولاً نحوه ایجاد سردچال بالایی به این شکل است که در تراز بالا عامل ناپایداری و بارش در منطقه، وجود یک هسته کم ارتفاع است. این مرکز کم ارتفاع، بخشی از ناوه عمیقی است که از شمال شرق اسکاندیناوی منشا می‌گیرد. به تدریج با پیشروی پشته مرکز پر ارتفاع مستقر در اروپا به سمت شرق، این هسته کم ارتفاع از ناوه اصلی جدا مانده و به صورت یک هسته هوای سرد بسته در منطقه (سردچال بالایی) باقی می‌ماند و موجب ایجاد جریانات نصف‌النهاری و ناپایداری شدید در منطقه می‌گردد. پیشینه شدت بارش زمانی است که این سردچال، در مرکز کشور استقرار یابد. در واقع حضور این مرکز کم‌فشار بر روی کشور و تغذیه رطوبت مناسب از روی خلیج فارس و دریای عمان، باعث شدت و تداوم بیشتر بارش در منطقه می‌گردد.

۱۰. فصل اصلی بارش منطقه در طی ماه‌های نوامبر تا می پراکنش دارد. با این وجود، شدیدترین بارش‌ها در ماه‌های مارس تا می به وقوع می‌پیوندد. لذا بیشترین وقوع سیلابها مربوط به سه ماه ذکر شده، به ویژه در ماه مارس و آوریل است. لازم به ذکر است که علاوه بر ریزش‌های جوی، گرم شدن هوا و ذوب سریع برفها نیز در شدت و فراوانی وقوع سیلاب در طی این دو ماه بسیار مؤثر است.

نتایج انجام رگرسیون چند متغیره و انتخاب مدل‌های مناسب

متغیرهای هواشناسی مؤثر در ایجاد بارش سیل‌زا در یک منطقه متنوع و فراوانند. استفاده از روش رگرسیون چند متغیره جهت دستیابی به معادله‌ای که مبین ارتباط مناسب میزان بارش با هر یک از عوامل باشد مناسب به نظر می‌رسد. بدین منظور اقدام به انجام رگرسیون چند متغیره بین مقدار بارش به عنوان متغیر وابسته و پارامترهای مختلف هواشناسی به عنوان متغیر مستقل گردید.

در این تحقیق داده‌های ورودی به فرآیند مدل‌سازی رگرسیونی شامل یک متغیر وابسته (Y) برای مقدار بارش و حدود ۵۰ متغیر مستقل می‌باشد. بعد از انجام رگرسیون چند متغیره و ساخت معادلات رگرسیونی مناسب، از بین مدل‌های موجود و با توجه به

شاخص‌های برگزیده شده در این زمینه می‌بایست اقدام به انتخاب بهترین مدل یا مدل‌ها گردد. روابط رگرسیونی به دست آمده با توجه به معنی‌دار بودن F در سطح معنی‌داری ۹۵٪ و نیز ضریب تبیین R انتخاب شدند که به صورت سه معادله زیر ارائه می‌شوند.

$$y = 517/312 - 10/04x \quad R=0/639 \quad (1)$$

در این معادله y مقدار بارش و x عرض جغرافیایی مرکز پرفشار آזור می‌باشد.

$$y = 583/553 + 2/403/5x_1 - 12/365x_2 \quad R=0/815 \quad (2)$$

در این معادله y مقدار بارش و x_1 طول جغرافیایی مرکز کم فشار اسکاندیناوی و x_2 عرض جغرافیایی مرکز پرفشار آזור می‌باشد.

$$y = 450/964 - 13/105 x_1 + 2/393 x_2 + 1/939 x_3 \quad R=0/875 \quad (3)$$

در این معادله y مقدار بارش و x_1 عرض جغرافیایی مرکز پرفشار آזור و x_2 طول جغرافیایی مرکز کم فشار اسکاندیناوی و x_3 طول جغرافیایی مرکز پرفشار سبیری می‌باشد. نتیجه‌گیری کلی آنکه مراکز چرخندی مؤثر در ریزش بارش منطقه عمدتاً دارای چهار منشأ هستند که عبارتند از:

- الف- کم فشارهای مهاجر قطبی اروپایی که از حوالی اسکاندیناوی منشأ می‌گیرند.
 - ب- کم فشارهای مدیترانه‌ای که از طرف غرب و جنوب غرب وارد منطقه می‌شود.
 - ج- کم فشارهای سودانی و دریای سرخ که از جنوب غرب وارد منطقه می‌شوند.
 - د- کم فشار مهاجر قطبی سبیری که از مناطق قطبی در شمال سبیری منشأ گرفته و از طریق دریاچه آرال و شمال شرق یا شمال، منطقه را تحت تأثیر قرار می‌دهند.
- زمانی که سیستم‌های کم فشار مدیترانه‌ای یا کم فشارهای مهاجر قطبی اروپایی به همراه کم فشار دریای سرخ با هم از طریق جنوب و جنوب غرب وارد کشور شده و با یکدیگر ادغام شوند، بارش‌های شدید و با تداوم زیاد در منطقه را موجب می‌گردند. در این شرایط، در اروپای شرقی و بر روی بالکان پرفشار استقرار می‌یابد. با ریزش هوای سرد از طریق این مراکز پرفشار بر روی دریای سرخ و شمال سودان، سیستم‌های کم فشار حرارتی مستقر در این مناطق به حالت دینامیک درآمده و به سمت شرق جابجا می‌شوند.

در تراز بالا، ناوه‌هایی که منطقه را تحت تأثیر قرار می‌دهند معمولاً دارای سه منشأ اصلی هستند:

الف- ناوه‌هایی که از مراکز ناوه قطبی مستقر در شمال اسکاندیناوی سرچشمه می‌گیرند.

ب- ناوه‌هایی که از مراکز ناوه قطبی مستقر در حوالی ایسلند منشأ می‌گیرند.

ج- ناوه‌هایی که از مراکز ناوه قطبی مستقر در شمال سیبری منشأ می‌گیرند.

منابع و مآخذ

۱. آل احمد، سید مهرداد (۱۳۵۸)؛ بررسی سینوپتیکی امواج ناشی از توفانهای دریای خزر، پایان نامه کارشناسی ارشد مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران.
۲. باقری، سعید (۱۳۷۲)؛ بررسی سینوپتیک سیستم‌های سیل‌زا در شمال ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران.
۳. جونبخش، حسنعلی (۱۳۷۴)؛ بررسی سینوپتیکی اقلیمی سیل در شهرستان لار، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران.
۴. حقیقت‌کاشانی، خسرو (۱۳۷۰)؛ توفان تندری در ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران.
۵. خسروشاهی، محمد (۱۳۸۰)؛ تعیین نقش زیرحوضه‌های آبخیز در شدت سیل‌خیزی حوضه، رساله دکتری دانشگاه تربیت مدرس.
۶. خوشحال، جواد (۱۳۷۶)؛ الگوی سینوپتیک - کلیماتولوژی برای بارش‌های بیش از صد میلی‌متر در سواحل جنوبی دریای خزر، رساله دکتری دانشگاه تربیت مدرس.
۷. سبزی‌پرور، علی‌اکبر؛ بررسی سینوپتیک سیستم‌های سیل‌زا در جنوب غرب ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران.
۸. شادمان، فریده (۱۳۷۳)؛ نگرشی به دریای خزر و علل نوسان آب آن، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شهید بهشتی.
۹. لشکری، حسن (۱۳۷۵)؛ الگوی بارش‌های سیل‌زا در جنوب غرب ایران، رساله دکتری دانشگاه تربیت مدرس.
۱۰. مرادی، حمید رضا (۱۳۸۱)؛ تحلیل هم‌دیدگی بارش‌های سواحل جنوبی دریای خزر در شش ماه سرد سال، مجله علوم دریایی ایران، شماره ۲، ۶۱-۷۲.
۱۱. مرادی، حمید رضا (۱۳۸۰)؛ بررسی سینوپتیک سیلاب ۲۱ آبان ماه سال ۱۳۷۵ نواحی مرکزی استان مازندران، مجله رشد آموزش جغرافیا، شماره ۵۶.
۱۲. نقشه‌های سینوپتیک سازمان هواشناسی کشور و اطلس‌های روسی.

13. Alexander, M, J, Rashid, M.S, shamsuddin, S.D, Alam, M.S (1998); Flood Control, drainage and irrigation projects in Bangladesh and their impact on soils. land degradation and development, 9:3, 233 – 246.

14. Calea, G. Barbet, D (1992); Influence of vegetation cover on flood hydrology in experimental basins if Mt.lozere, Hydrology Continental, 7:1, 33 – 49.

15. Chai, X, Hong, X, Shun, H, Chai, Z, Hong, L, Shun, G (1995); Relationship between Flood and Forest, Vegetation in zheyiarg Provinces in 1994, Acta Agriculture 7: 2, 97 – 100.

16. Dmyterko, E, Ciesla, A, Bruchwald, A (1997); The Flood, Sylwan, 141: 12, 113 – 115.

17. Gilbert, C, Gouy, C, Rosenthal, U, Hart, P (1998); Flood management in France, Flood response and crisis management, 15 – 56.

18. Stromberg, J.C, Richter, B. D, Patten, D. T, Wolden, L. G (1993); Response of a Sanoran riparian Forest to a 10 year return Flood. Naturalist, 53, 2, 118 – 139.

19. W.M.O/td (1990); program on long-range forecasting research (Nanjing, China, 8-12 October 1990) No.362.