

بررسی اثر الگوهای سینوپتیک در تغییرات زمانی سیلاب‌های جنوب دریای خزر مطالعه موردی: رودخانه‌های سفارود و تالار

دکتر بهلول علیجانی

استاد گروه جغرافیا، دانشگاه تربیت معلم

دکتر قاسم عزیزی

استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه تهران

دکتر پرویز رضایی

استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت

چکیده

به منظور بررسی اثر الگوهای سینوپتیک در تغییرات زمانی سیلاب‌های جنوب دریای خزر دبی دو رودخانه تالار در شرق و سفارود در غرب سواحل جنوبی خزر طی دوره آماری ۹۸-۱۹۶۱ مطالعه شده است. در این پژوهش سعی بر این بوده است تا علاوه بر معرفی الگوهای سینوپتیکی منجر به سیل، آرایش این الگوها و گستره تحت نفوذ هر سیستم و تغییرات این سیستم‌ها از نظر زمانی بررسی گردد. در این دوره ۵۵۸ سیل در دو حوضه رخ داده است، ۵۹ درصد از این سیل‌ها مربوط به حوضه تالار و ۴۱ درصد آن نیز مربوط به حوضه سفارود است. نتایج حاصل از بررسی اطلاعات دبی و بارش ایستگاه‌های دو حوضه و نقشه‌های سینوپتیک نشان می‌دهد که ۱۱ درصد سیلاب‌ها همزمان و ۸۹ درصد مستقل از یکدیگر بوده‌اند. حدود ۶/۷۰ درصد سیلاب‌های حوضه تالار و ۲/۶۳ درصد سیلاب‌های سفارود در نتیجه آرایش سیستم‌های سینوپتیکی سطوح بالا و قرارگیری حوضه‌ها در جلوی ناوه بادهای غربی ایجاد شده‌اند. بقیه سیلاب‌ها نیز نتیجه حضور سیستم‌های چرخندی و واچرخندی در سطح زمین به وجود آمده‌اند. همچنین ۶۵ درصد سیلاب‌های حوضه تالار و ۵۳ درصد از سیلاب‌های حوضه سفارود از منشأ مستقیم بارش و بقیه در اثر ذوب برف یا ترکیبی از بارش و ذوب برف رخ داده است. تمام سیلاب‌های همزمان در فاصله ماه‌های اسفند و فروردین و منشأ رطوبت آن از مدیترانه است. منابع رطوبتی سایر سیلاب‌ها نیز علاوه بر دریای مدیترانه، دریای خزر، دریای سیاه و یا ترکیب منابع فوق است.

واژگان کلیدی: سواحل جنوبی دریای خزر، سیستم‌های سینوپتیک، سیلاب، حوضه تالار، حوضه سفارود.

مقدمه

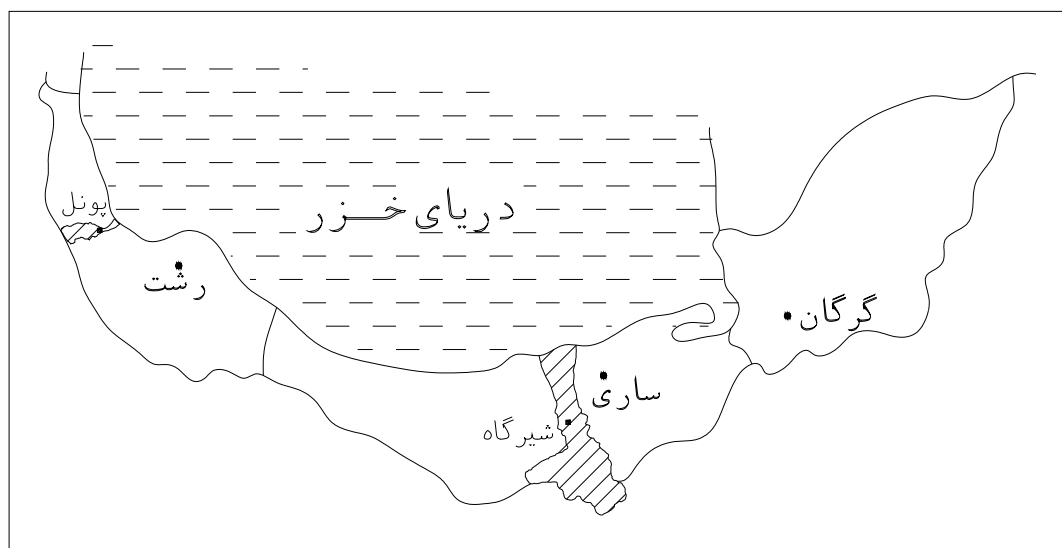
سیل، یکی از مخرب‌ترین بلایای طبیعی است که معمولاً با خسارت‌های جانی و مالی فراوانی همراه است. وقوع سیل در یک حوضه تابع متغیرهای زیادی است. این متغیرها هر ساله از شرایط و مقدار ثابتی برخوردار نیستند، وجود نوسان در آبدی روزانه و حداکثرهای آن در هر سال امری بدیهی و اجتناب‌ناپذیر است، چنانکه در یک حوضه رودخانه‌ای آب به‌وسیله نزولات جوی وارد زمین شده بخشی از آن تبخیر، بخشی در زمین نفوذ کرده و بخشی نیز بر سطح زمین جاری می‌شود. اگر یکی از مؤلفه‌های چرخه فوق به گونه‌ای تغییر کند که در فرآیندهای فوق اختلال ایجاد گردد، توزیع نزولات جوی بهم می‌خورد. سیل، زمانی به وجود می‌آید که این تغییر باعث افزایش رواناب و ضریب جریان سطحی گردد. از آنجایی که فراوانی و ابعاد خسارت ناشی از سیل در ایران ابعاد گسترده دارد و در تمام حوضه‌های اصلی و رودخانه‌ای کشور احتمال وقوع آن پیش‌بینی می‌گردد، مطالعه عوامل ایجاد سیل ضرورت پیدا می‌کند. این ضرورت هنگامی ملموس‌تر می‌شود که ابعاد خسارت و زیان‌های ناشی از آن بیان گردد. با مراجعه به آمار سیل در سال‌های گذشته و خسارت‌های عظیم بر جای مانده نشان می‌دهد که سه استان جنوبی خزر در برابر سیل بسیار آسیب‌پذیر و شکننده شده‌اند. به‌عنوان نمونه در گزارشی که توسط وزارت کشور (وزارت کشور، ۱۳۷۸، ص ۵۷) ارائه شده در فاصله زمانی سال‌های ۷۵-۱۳۵۱ در کل کشور ۹۶۷ سیل ثبت گردیده است که ۱۰۴ مورد آن در سه استان جنوبی خزر رخ داده‌اند. میزان خسارت، ۴۳۷/۸۰۵ میلیارد ریال و تعداد تلفات ناشی از آن نیز ۳۵ نفر بوده است. افزایش میزان تخریب و تلفات سیل از سال ۱۳۷۵ به بعد غیرقابل تصور و در تاریخ سیل‌های کشور بی‌سابقه است. سیل در این سه استان یک تهدید بزرگ محسوب می‌گردد چه از نظر جانی و چه از نظر اقتصادی و تمام زیر ساخت‌های اقتصادی و ارتباطی شامل سدها، کانال‌های آبیاری، جاده‌ها، پل‌ها و سایر سرمایه‌گذاری‌ها در بخش‌های کشاورزی و غیرکشاورزی را در معرض تهدید و تخریب قرار داده است. به‌طوری‌که بر اساس اعلام ستاد حوادث غیرمترقبه وزارت کشور تمام حوضه‌های جنوبی خزر از نظر سیل‌خیزی فعال هستند (حوزه معاونت عمرانی استانداری گیلان، ۱۳۸۰، ص ۲). وضعیت تمام حوضه‌ها در شرایط فعلی به گونه‌ای است که یک بارندگی با شدت متوسط می‌تواند تولید سیل نماید. در جدول ۱ سه نمونه بارز از سیلاب‌های سال‌های اخیر این سه استان اشاره شده است. تمام سیلاب‌های فوق همزمان با فعالیت‌های کشاورزی و ورود توریست به منطقه است.

با این مقدمه و با توجه به اهمیت نقش سیل در اقتصاد ملی و جایگاه زیست محیطی آن و با تأکید بر این مسأله که امروزه کشورهای دنیا در خصوص سیستم‌های پیش‌بینی، پیش‌گیری و هشدار سیل اقدامات زیادی به انجام رسانده‌اند، به‌نظر می‌رسد پژوهش‌هایی از این قبیل بتواند گامی مؤثر در جهت شناخت بیشتر ویژگی‌ها و عوامل اقلیمی سیل‌زا و در نهایت کاهش خسارت ناشی از این پدیده و هرز و هدر رفتن منابع آب در شرایط کشور ما باشد. هدف این مطالعه، بررسی سینوپتیکی سیستم‌های سیل‌زا در شرق و غرب سواحل جنوبی خزر، شناسایی این الگوها، شناخت منابع رطوبتی و مقایسه اثرات آن در قسمت‌های مختلف محدوده تحقیق و بررسی تغییرات زمانی آن در حوضه‌های مطالعاتی است.

جدول ۱. سه نمونه بارز از سیل‌های سال‌های اخیر استان‌های جنوبی خزر

حوضه	استان	زمان وقوع	میزان خسارت	تلفات انسانی
ماسوله		۹/۵/۱۳۷۷	۵ میلیارد و دویست میلیون ریال	۵۴ نفر
زکا		۵/۵/۱۳۷۹	۲۰ هزار نفری خانمان، نابودی بیش از ۲۰ دستگاه خودرو و تخریب ۵۱۰۰ هکتار اراضی کشاورزی	بیش از ۵۰ نفر
گرگان رود		۱۹/۵/۱۳۸۰	بیش از ۲۵۰۰ میلیارد ریال	۱۷۵ نفر کشته و ۱۳۵ نفر مفقود

محدوده مورد مطالعه در این تحقیق شامل حوضه تالار در نیمه شرقی و حوضه شفارود در نیمه غربی سواحل جنوبی خزر است (شکل ۱ و جدول ۲). این دو حوضه با موقعیت مناسب جغرافیایی و دارا بودن دوره آماری کافی و امکان تعمیم نتایج آن به حوضه‌های مجاور به عنوان حوضه‌های معرف سواحل جنوبی خزر در نظر گرفته شده‌اند.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی حوضه‌های شفارود و تالار و ایستگاه‌های مطالعاتی

جدول ۲. موقعیت جغرافیایی و برخی ویژگی‌های فیزیکی دو حوضه

حوضه	طول جغرافیایی		عرض جغرافیایی		مساحت (کیلومتر مربع)	محیط (کیلومتر)	طول آبراهه (کیلومتر)	بلندترین نقطه	پست‌ترین نقطه	زمان تمرکز (پاسینی)	زمان تاخیر (اشنایدر)
	تا	از	تا	از							
تالار	۵۲	۳۵	۳۶	۱۹	۲۳۷۰	۲۸۹	۴۷/۹۶	۳۹۱۰	۲۱۵	۴/۴	۶۳/۲۰
شفارود	۴۸	۶	۳۷	۳۵	۳۵۶	۹۴	۴۳/۲۸	۲۹۰۳	۶۰	۵۳/۱	۵۴/۱۲

پیشینه تحقیق

در ارتباط با مطالعات سیل و بررسی‌های سینوپتیکی آن، تحقیقات زیادی در دنیا و در سال‌های اخیر در ایران انجام شده است. این تحقیقات به‌ویژه از سال ۱۹۵۰ با استفاده از روش‌های جدید در پیش‌بینی رقومی نقشه ترازهای مختلف و به‌ویژه تراز بالا ارائه شد و در پیش‌بینی عملی مورد استفاده قرار گرفت. از جمله می‌توان به تحقیق نیکلسون (۱۹۸۱) در خصوص بررسی بارش در ارتباط با چرخش اتمسفری در طی دوره‌های ترسالی و خشکسالی در غرب آفریقا، مطالعه ارتباط گردش هوا در مقیاس سینوپتیک و دبی رودخانه‌های حوضه دریاچه‌های پنجگانه آمریکا توسط روهلی و همکاران (۱۹۹۹)، اقلیم‌شناسی سینوپتیکی سیلاب‌های اصلی در بیابان نگو (Negev) توسط رون کاهانا و همکاران (۲۰۰۲)، استفاده آب و هواشناسی برای تعیین رخداد

دبی نمونه (یارنال و فراکس، ۱۹۹۷)، کاربرد اطلاعات سطح زمین و جو در تعیین آب و هوای سینوپتیکی و متغیرهای سطح زمین (کیدسون، ۱۹۹۷)، تغییرات بارش در سواحل غربی شبه جزایر اقیانوس منجمد جنوبی از دید سینوپتیکی (ترنر و همکاران، ۱۹۹۷)، و بالاخره تأثیر سیستم‌های بارش در مقیاس سینوپتیک و سیاره‌ای روی حوضه آبریز مکنزی (لاکمن و گیلکام، ۱۹۹۶) اشاره نمود. در اکثر این مطالعات، تحلیل سینوپتیکی بارش‌های ماهانه و فصلی مناطق مورد توجه بوده است. از بین کارهای انجام شده در این زمینه تحقیق هارناک و همکارانش (۱۹۹۸) درباره رگبارهای تابستانی ایالت یوتا مورد توجه است. معیار آنان برای مطالعه رگبارهای شدید ریزش بیشتر از پنجاه میلیمتر در مدت ۳ تا ۲۴ ساعت بود و برای هر یک از رگبارهای شدید متغیرهای متعددی را درباره ویژگی‌های سطح زمین و سطوح ۸۰۰ تا ۲۵۰ هکتوپاسکال بررسی کردند.

مطالعه در مورد ارتباط چرخش‌های اتمسفری و وقوع بارش و سیل در ایران محدود است. از جمله این تحقیقات می‌توان به الگوی سینوپتیکی بارش‌های تابستانه جنوب شرق ایران (نجار سلیقه، ۱۳۷۷) اشاره نمود. ایشان در بررسی‌های خود اشاره می‌کند که نفوذ زبانه کم فشار موسمی از سمت شرق در سطوح زیرین تروپوسفر باعث انتقال رطوبت از اقیانوس هند و خلیج بنگال می‌شود و چنانچه شرایط مساعدی برای صعود توده‌های مرطوب در لایه‌های میانی تروپوسفر وجود داشته باشد، بارش‌های رگباری شدید حاصل می‌شود. وی آرایش سیستم‌های فشار این بارش‌ها را تحت سه الگو طبقه‌بندی کرده است. لشگری (۱۳۷۵) در مطالعات خود به این نتیجه رسید که وقوع بارش‌های سنگین و سیل‌آسا در جنوب غرب ایران نتیجه تقویت و تشدید فعالیت مرکز کم فشار سودانی و منطقه همگرایی دریای سرخ و تبدیل آن‌ها به سیستم دینامیکی و ترمودینامیکی است. ذوالفقاری (۱۳۷۹) هم در تحلیل الگوهای زمانی و مکانی بارش‌های روزانه در غرب ایران با استفاده از روش‌های آماری و سینوپتیکی بر اساس آمار ۲۰ ساله ایستگاه‌های غرب کشور تغییرات مکانی و زمانی سیستم‌های باران‌زا را در دو سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال و سطح زمین بررسی نموده است. خوشحال دستجردی (۱۳۷۶) در تحلیل و ارائه مدل‌های سینوپتیک بارش‌های بیش از صد میلی‌متر در سواحل جنوبی دریای خزر به این نتیجه رسیده است که باران‌های بیش از ۱۰۰ میلی‌متر، در سواحل جنوبی دریای خزر، در اثر ورود و استقرار زبانه سیستم‌های واچرخندی روی این دریا فرو می‌ریزند. قشقایی (۱۳۷۵) بررسی اثر فرابار سیبری بر بارش‌های پاییزی سواحل جنوبی خزر را در دوره ۱۹۹۱-۱۹۹۳ در ایستگاه‌های گرگان و انزلی بررسی کرده و متوجه شده است که بیشینه بارندگی فصلی ناحیه در انزلی قرار دارد و به طرف گرگان و آستارا کاهش می‌یابد. بیشترین مقدار بارش و بارش‌های شدید توسط آنتی‌سیکلون‌های مهاجر ایجاد می‌شود و شدیدترین بارندگی زمانی اتفاق می‌افتد که فرابار سیبری با فشار مرکزی ۱۰۳۵ هکتوپاسکال در شمال دریای خزر قرار دارد و در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال یک ناوه عمیق مستقر است. همین موضوع توسط جهانبخش و کرمی (۱۳۷۸) نیز در دوره آماری طولانی‌تر برای چهار ماه میان فصلی سال تأیید شده است.

بررسی سینوپتیکی سیستم‌های سیل‌زا در شمال ایران توسط باقری (۱۳۷۲)، بررسی سینوپتیکی امواج ناشی از توفان‌های دریای خزر توسط آل احمد (۱۳۷۴)، مطالعه اقلیم سینوپتیکی شمال کشور به وسیله محمد قلی‌پور (۱۳۷۸)، بررسی نمونه‌هایی از سیستم‌های باران‌زا در سواحل جنوبی دریای خزر توسط تقیان (۱۳۷۸) و سرانجام مطالعه و بررسی سینوپتیک و آماری بارندگی‌های سواحل جنوبی دریای خزر به وسیله وحیدی (۱۳۷۶) از دیگر پژوهش‌های مرتبط با محدوده مورد مطالعه است. در پژوهش‌های فوق‌عده‌تاً به مکانیسم‌های ایجاد سیل و سیستم‌های چرخندی و واچرخندی و فرارفت هوای گرم و سرد روی دریای خزر پرداخته شده است. اما کار گسترده‌تر و جامعی درباره عوامل سینوپتیکی سیلاب‌ها و مقایسه آن‌ها در شرق و غرب انجام نشده است. بدین جهت این تحقیق سعی دارد که این مهم را به انجام رساند.

مواد و روش کار

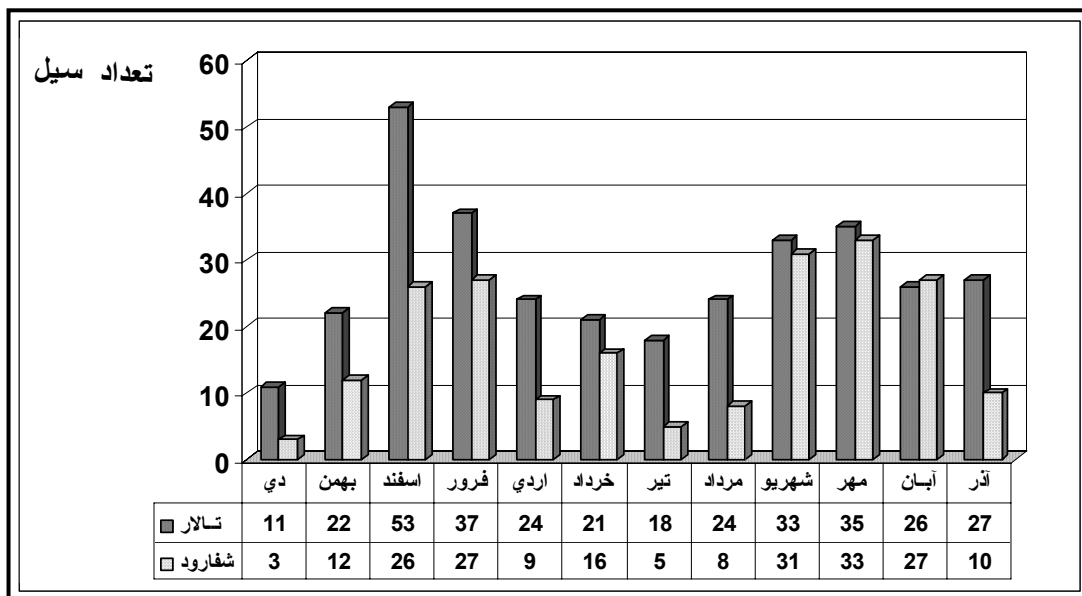
جهت بررسی سینوپتیکی سیستم های سیل زا دبی متوسط روزانه دو ایستگاه شیرگاه و پونل (شکل ۱) در دوره آماری ۱۹۶۱ تا ۱۹۹۸ (۱۳۴۰ تا ۱۳۷۷ هجری شمسی) از سازمان تحقیقات آب وابسته به وزارت نیرو (شرکت تهاب) دریافت شد. دوره آماری و ایستگاهها به گونه ای انتخاب شدند که کمترین نقص آماری را داشته باشند و هم دارای آمار طولانی مدت و مشترک باشند. در انتخاب روزهای سیلابی روزی به عنوان سیلابی انتخاب شد که دبی آن با روزهای قبل و بعد تفاوت چشمگیر داشته و در نهایت با توجه به آستانه اختلاف فاحش، سیلاب های دو حوضه بر اساس دبی متوسط روزانه در دوره آماری مورد نظر بدست آمد. در بخش مطالعات سینوپتیکی سیلاب نیز با توجه به ابعاد و گستردگی سیلاب ها، عدم تطابق برخی سیلاب ها با زمان وقوع بارش و در نهایت به دلیل عدم دستیابی به همه نقشه های منتخب و نبودن برخی نقشه ها یا کامل نبودن آن در منابع موجود و فرصت زمانی محدود برای استخراج و بررسی همه آنها، ۳۶ مورد از سیلاب های شاخص (دارای اطلاعات کامل) برای تعیین الگوهای سیل زا و طبقه بندی آن انتخاب گردید. از سیلاب های مورد نظر، ۱۹ مورد مربوط به حوضه تالار و ۱۷ مورد مربوط به حوضه سفارود است. ۴ مورد از سیلاب های فوق به طور همزمان و مشترک در دو حوضه اتفاق افتاده است. نقشه های سینوپتیکی مورد مطالعه سیلاب ها شامل نقشه های سطح زمین و ۵۰۰ هکتوپاسکال است که از ۳ روز قبل تا یک روز بعد از وقوع سیلاب از اطلس نقشه های روسی آرشیو سازمان هواشناسی استخراج و در محیط نرم افزار گرافیکی (AutoCAD14) ترسیم گردید. روی نقشه های هوا موقعیت و آرایش سیستم های تأثیرگذار روی بارش های منطقه مانند محور ناوه بادهای غربی نسبت به دریای خزر، موقعیت سیکلون ها و آنتی سیکلون ها، مسیر حرکت و عمر سیستم ها شناسایی شد.

پس از بررسی و تفسیر نقشه های سینوپتیکی سیل های منتخب، الگوهای حاکم و شرایط سینوپتیکی سیستم های مشابه در روی نقشه های تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مشخص گردید. در ادامه با استفاده از نقشه های سطح زمین جزئیات هر سیستم مورد بررسی دقیق تر قرار گرفت و ویژگی های سینوپتیکی این الگوها و میزان تأثیر آنها در ایجاد سیل شناسایی شد.

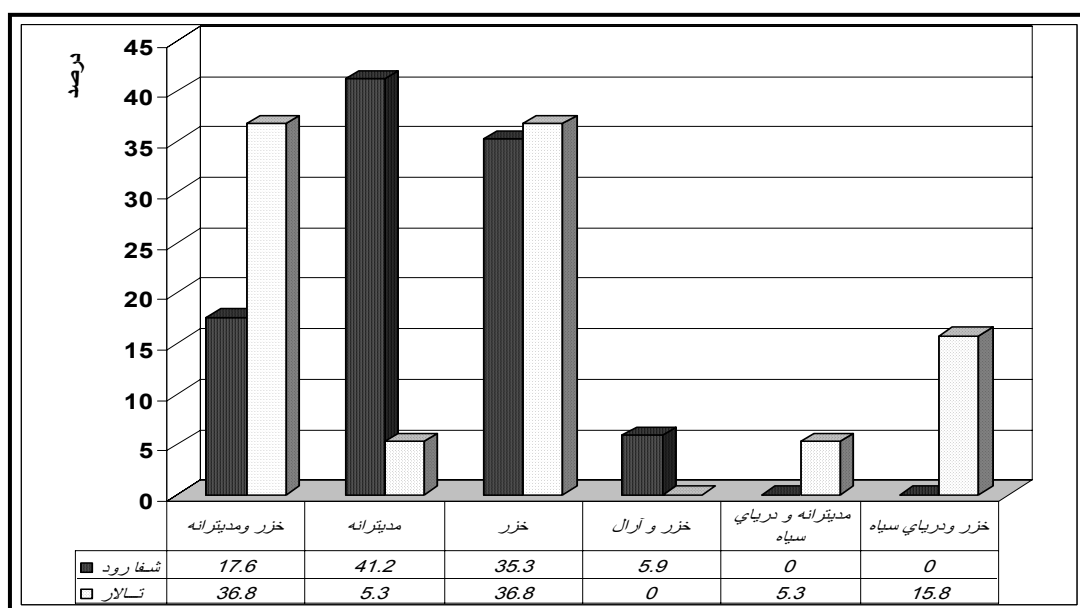
نتایج

بر اساس آستانه سیلابی تعریف شده، در کل دوره مطالعاتی ۳۳۱ روز سیلابی در حوضه تالار و ۲۰۷ سیلاب در حوضه سفارود شناسایی شدند. فراوانی ماهانه این سیلاب ها در شکل ۲ ترسیم شده است. طبق این شکل اکثر سیلاب های حوضه سفارود در ماه های شهریور تا آبان و حوضه تالار در ماه های اسفند و فروردین اتفاق افتاده است. اما ویژگی های کامل ۳۶ سیلاب مطالعه شده در جدول ۳ (حوضه تالار) و جدول ۴ (حوضه سفارود) درج شده است. از این تعداد ۴ سیلاب به صورت همزمان در هر دو حوضه رخ داده اند. در نتیجه در حوضه تالار ۱۵ سیلاب و در حوضه سفارود ۱۳ سیلاب مستقل رخ داده است. فراوانی ماهانه سیلاب های منتخب هر دو حوضه و بر اساس سیستم سیل زا (چرخندی و یا واچرخندی) در شکل ۳ و منابع اصلی رطوبت آنها در شکل ۴ نشان داده شده اند.

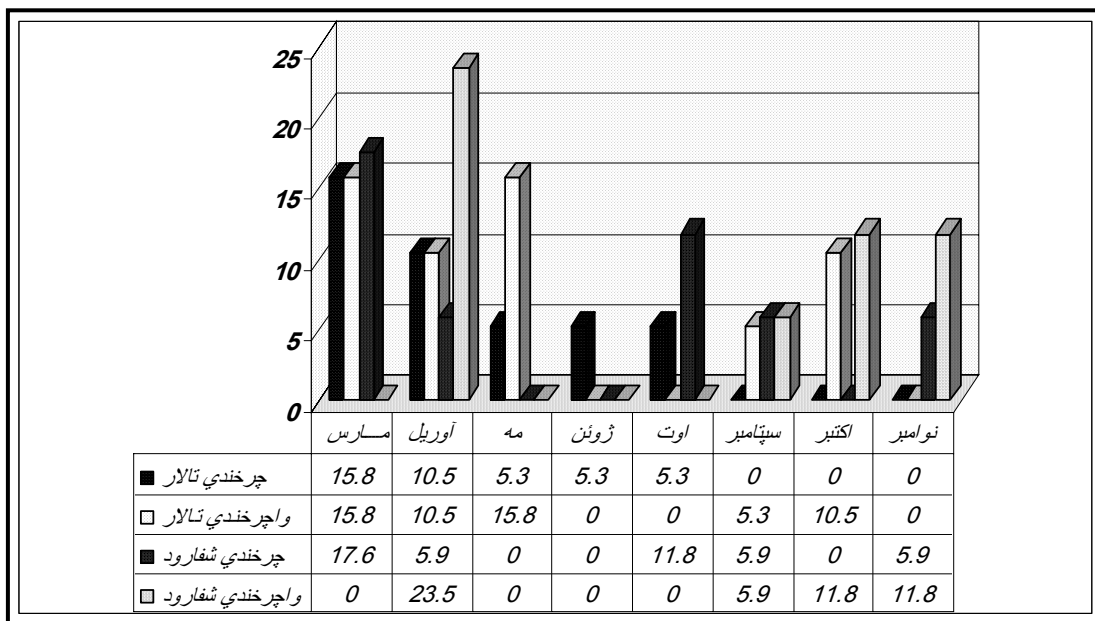
شکل ۲. فراوانی ماهانه همه سیلاب‌های حوضه‌های مطالعاتی (۱۹۶۱-۱۹۹۸)



شکل ۳. سیستم‌های سیل‌زای سطح زمین و تغییرات زمانی آن در دو حوضه تالار و شفارود (به درصد)



شکل ۴. منشأ سیلاب‌های حوضه‌های مطالعاتی به تفکیک منابع (به درصد)



جدول شماره ۳. منشأ رطوبت، تغییرات زمانی و طبقه‌بندی سیستم‌های سیل‌زا به تفکیک نوع سیستم تاثیر گذار در حوضه تالار

روزهای همراه با بارش	سیل	Q ^{m3/s}	تاریخ وقوع سیل	منشأ رطوبت	موقعیت سیستم سطح زمین	نوع سیستم سطح زمین		موقعیت محور ناوه
						چرخند	واچرخند	
۲	۱	۶۱	۱۶/۳/۱۹۸۹	خزر و مدیترانه	جنوبشرق خزر	واچرخند	غرب خزر	
۵	۲	۱۱۴	۲۴/۴/۱۹۹۵	خزر و مدیترانه	مرکز اروپا			
۴	۱	۲۲	۵/۵/۱۹۹۱	خزر و مدیترانه	سیبری			
۱۲	۲	۴۲	۱۲/۱۰/۱۹۸۴	مدیترانه و دریای سیاه	دریای سیاه			
۲	۴	۷۲	۶/۴/۱۹۹۷	مدیترانه	اروپا			
۳	۱	۲۶	۲۰/۳/۱۹۷۰	خزر و مدیترانه	شرق خزر	چرخند		
۰	۸	۴۱	۲۲/۳/۱۹۸۵	خزر	روی خزر			
۱	۳	۵۵	۳۱/۳/۱۹۹۲	خزر و مدیترانه	مرکز ایران			
۱	۲	۳۸	۱/۴/۱۹۷۳	خزر و مدیترانه	شرق خزر			
۲	۲	۷۲	۱۶/۴/۱۹۹۶	خزر و مدیترانه	شمال خزر			
۰	۱	۷۰	۲۸/۸/۱۹۸۸	خزر و دریای سیاه	غرب ایران	واچرخند	روی خزر	
۳	۱	۸۴	۲۲/۶/۱۹۸۰	خزر و دریای سیاه	شرق ایران			
۰	۴	۹۴	۱۷/۳/۱۹۷۵	خزر	سیبری			
۰	۱	۴۰	۲۷/۳/۱۹۸۲	مدیترانه، خزر و سیاه	مدیترانه			
۴	۱	۹۹	۸/۵/۱۹۷۹	خزر	جنوبشرق ایران			
۰	۱	۵۹	۶/۱۰/۱۹۷۷	خزر	دریای سیاه و خزر	چرخند		
۳	۲	۳۸	۷/۵/۱۹۷۶	خزر	پاکستان			
۰	۲	۶۴	۹/۵/۱۹۹۳	خزر	شمال خزر و شرق اروپا	واچرخند		شرق خزر
۷	۲	۵۶	۱۵/۹/۱۹۸۳	خزر	سیبری			

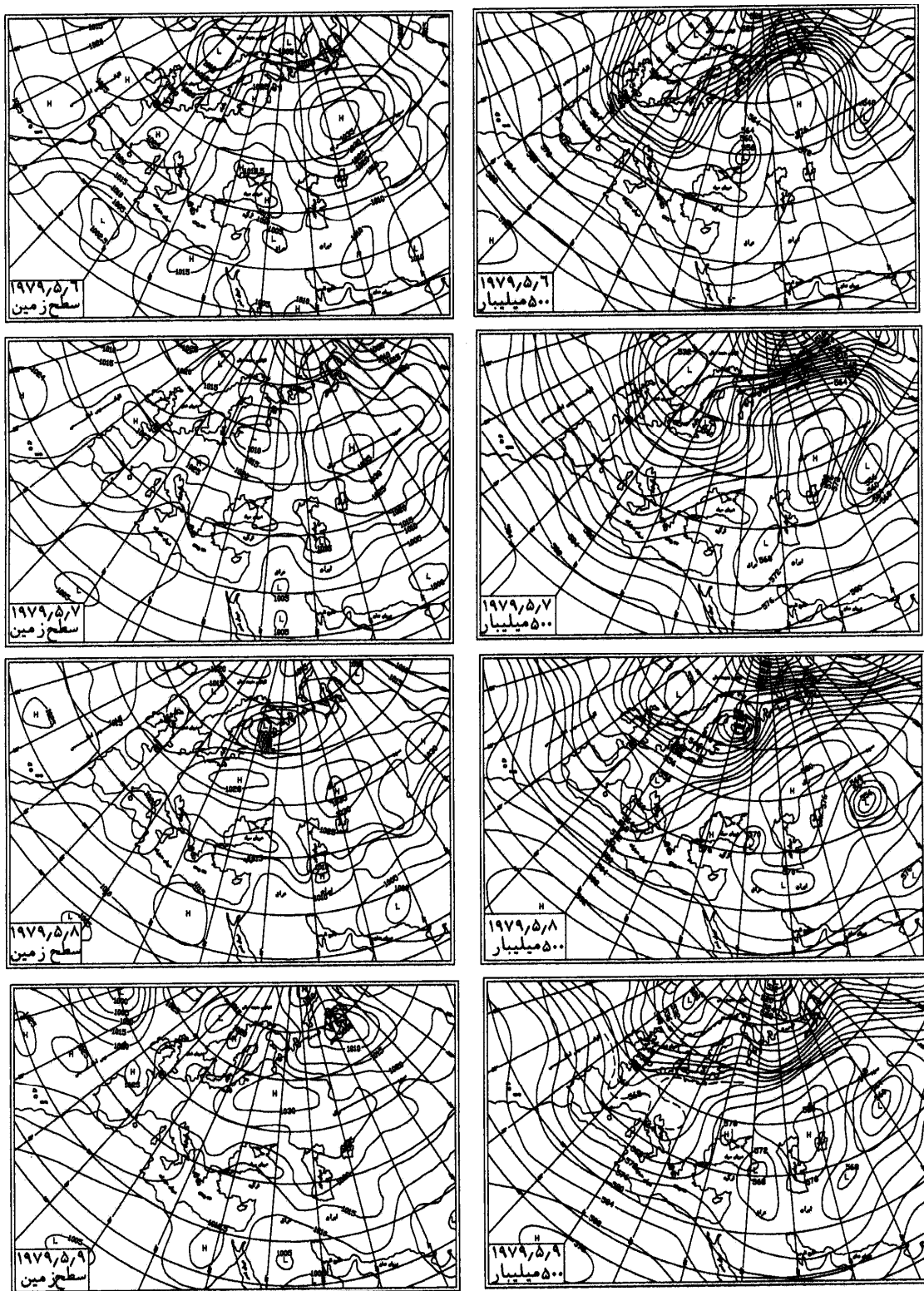
جدول شماره ۴. منشاء رطوبت، تغییرات زمانی و طبقه‌بندی سیستم‌های سیل‌زا به تفکیک نوع سیستم تاثیرگذار در حوضه سفارود

روزهای همراه با سیل	بارش	$Q^{m^3/s}$	تاریخ وقوع سیل	منشاء رطوبت	موقعیت سیستم سطح زمین	موقعیت محور ناوه	
						نوع سیستم سطح زمین	موقعیت محور ناوه
۲	۱	۶۱	۱۶/۳/۱۹۸۹	خزر و مدیترانه	جنوبشرق خزر	واچرخند	غرب خزر
۵	۲	۱۱۴	۲۴/۴/۱۹۹۵	خزر و مدیترانه	مرکز اروپا		
۴	۱	۲۲	۵/۵/۱۹۹۱	خزر و مدیترانه	سیبری		
۱۲	۲	۴۲	۱۲/۱۰/۱۹۸۴	مدیترانه و دریای سیاه	دریای سیاه		
۲	۴	۷۲	۶/۴/۱۹۹۷	مدیترانه	اروپا		
۳	۱	۲۶	۲۰/۳/۱۹۷۰	خزر و مدیترانه	شرق خزر	چرخند	
۰	۸	۴۱	۲۲/۳/۱۹۸۵	خزر	روی خزر		
۱	۳	۵۵	۳۱/۳/۱۹۹۲	خزر و مدیترانه	مرکز ایران		
۱	۲	۳۸	۱/۴/۱۹۷۳	خزر و مدیترانه	شرق خزر		
۲	۲	۷۲	۱۶/۴/۱۹۹۶	خزر و مدیترانه	شمال خزر		
۰	۱	۷۰	۲۸/۸/۱۹۸۸	خزر و دریای سیاه	غرب ایران	واچرخند	
۳	۱	۸۴	۲۲/۶/۱۹۸۰	خزر و دریای سیاه	شرق ایران		
۰	۴	۹۴	۱۷/۳/۱۹۷۵	خزر	سیبری		
۰	۱	۴۰	۲۷/۳/۱۹۸۲	مدیترانه، خزر و سیاه	مدیترانه		
۴	۱	۹۹	۸/۵/۱۹۷۹	خزر	جنوبشرق ایران		
۰	۱	۵۹	۶/۱۰/۱۹۷۷	خزر	دریای سیاه و خزر	چرخند	
۳	۲	۳۸	۷/۵/۱۹۷۶	خزر	پاکستان		
۰	۲	۶۴	۹/۵/۱۹۹۳	خزر	شمال خزر و شرق اروپا	واچرخند	شرق خزر
۷	۲	۵۶	۱۵/۹/۱۹۸۳	خزر	سیبری		

بررسی موقعیت محور ناوه سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال همه سیلاب‌ها، سه الگوی متفاوت نشان داد. یعنی این که محور ناوه در غرب، مرکز، و یا شرق دریای خزر قرار داشته است. سیلاب‌های هر یک از این الگوها به همراه سیستم‌های سطح زمین و منبع رطوبت آن‌ها در جداول ۳ و ۴ درج شده‌اند. طبق این جداول در الگوی غرب دریای خزر، محور ناوه در محدوده دریای مدیترانه تا دریای خزر جابه‌جا شده و در بیشتر موارد چرخندهای سطح زمین سبب سیلاب می‌شده‌اند و منبع اصلی رطوبت هم دریای مدیترانه بوده است. اما در الگوهای مرکز و شرق دریای خزر، حوضه‌های سیلابی در عقب ناوه قرار داشته و سیستم‌های واچرخندی سطح زمین با استفاده از رطوبت دریای خزر سبب سیلاب شده‌اند. بیشتر سیلاب‌ها توسط الگوی غرب خزر رخ داده‌اند. الگوی شرق خزر فقط در یک مورد در حوضه سفارود و دو مورد در تالار عمل کرده است. برای شرح وضعیت سینوپتیکی سیلاب‌ها برای هر یک از الگوها یک سیلاب معرف انتخاب شده و در زیر شرح داده می‌شود.

الگوی غرب خزر

در این الگو محور ناوه در محدوده دریای مدیترانه تا دریای خزر در سه موقعیت متفاوت، بارش‌های سیل آسا ایجاد می‌کند. زمانی که مرکز بسته کم ارتفاع در شمال دریای مدیترانه و بالاتر از مدار ۵۰ درجه شمالی قرار گیرد، در حوضه سفارود بارش ایجاد می‌گردد. اما زمانی که بادهای غربی، ناوه‌ای عمیق روی مدیترانه ایجاد



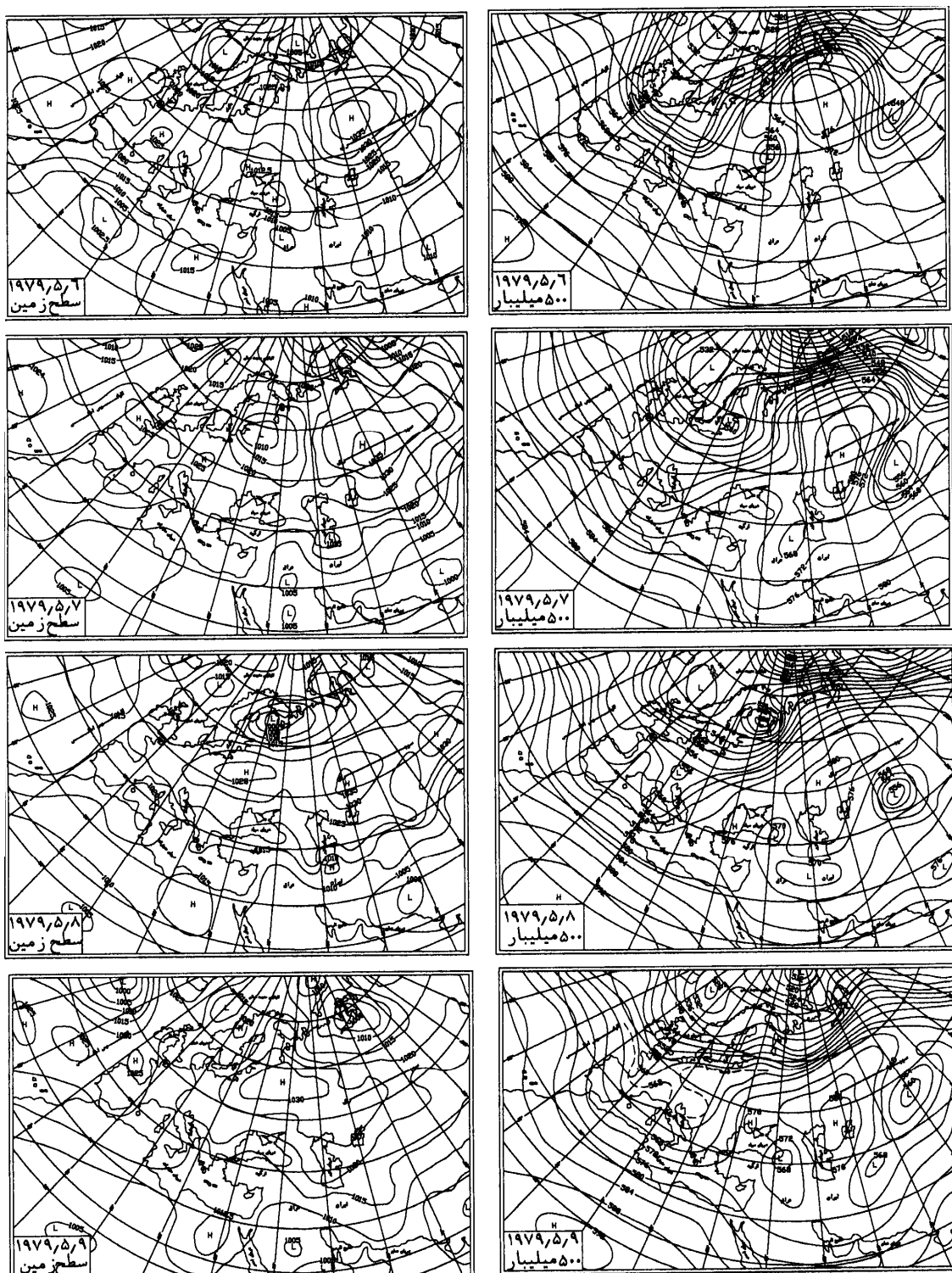
شکل (۵) نقشه‌های هوای سیلاب ۱۷ اوت ۱۹۸۷ نمونه الگوی سیل‌زای غرب خزر در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال و زمین (دو روز قبل تا یک روز بعد از سیلاب)

کنند و منحنی بسته کم ارتفاع آن در جنوب شرق و یا شرق مدیترانه در پایین تر از مدار ۴۰ درجه شمالی تشکیل می‌شود، در حوضه تالار سیلاب رخ می‌دهد. زمانی که محور ناوه بادهای غربی در مرکز مدیترانه و منحنی بسته کم ارتفاع در غرب نصف‌النهار ۳۰ درجه شرقی و روی مدار ۴۰ درجه شمالی مستقر گردد، در هر دو حوضه بارش وجود دارد. حدود ۶۳/۳ درصد از سیلاب‌های تالار و ۷۰/۶ درصد از سیلاب‌های حوضه سفارود توسط این الگو ایجاد شده‌اند. سیلاب اول ۱۹۸۷ به‌عنوان نمونه معرف این الگو انتخاب شده است که در دو حوضه بارش‌های شدید ایجاد کرده است. نقشه‌های سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال و سطح زمین این سیستم در شکل ۵ برای روزهای ۱۵ تا ۱۸ اوت ۱۹۸۷ ترسیم شده‌اند. این سیستم در روزهای مورد نظر در حوضه سفارود سیل ایجاد کرده است که سیلاب روز ۱۷ بالاترین دبی متوسط روزانه را در طول دوره مطالعاتی داشته است (جدول ۵).

جدول ۵. مقایسه تغییرات بارش و دبی روزهای ۱۵ الی ۲۲ اوت ۱۹۸۷ (۲۴ الی ۲۷ مرداد ۶۶-۱۳۶۵) در حوضه‌های سفارود و تالار

روزهای وقوع سیلاب (تقویم میلادی)				پارامتر	ایستگاه	حوضه
۱۸	۱۷	۱۶	۱۵			
۱۰۲	۱۸۷	۱۵۴	۲۵/۶	دبی (متر مکعب بر ثانیه)	پونل	سفارود
۱۱	۰	۱۱۷	۲۸	بارش (میلی متر)		
۰/۲	۲۵	۳	۰	دبی (متر مکعب بر ثانیه)	شیرگاه	
۲/۶	۳/۶	۵/۳	۱۲/۷	بارش (میلی متر)	شیرگاه	تالار
۴	۲۶/۵	۶/۵	۰	بارش (میلی متر)		

طبق این جدول میزان بارش در روز شروع سیلاب ۲۸ میلی‌متر در ایستگاه پونل بوده که با توجه به زمان تمرکز حوضه (۱/۵۳ ساعت) دبی متوسط روزانه آن از ۱/۶ متر مکعب در روز ۱۴ اوت به ۲۵/۶ متر مکعب در روز پانزدهم افزایش یافته است. در این روز در نقشه سطح زمین (شکل ۵) در جنوب شرق دریای سیاه و غرب خزر یک کم فشار ضعیف مشاهده می‌گردد. اما در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال ناوه عمیقی روی مدیترانه ایجاد شده و حوضه سفارود در جلوی محور این ناوه قرار دارد. در نتیجه گرمایش سطح زمین سبب تزریق رطوبت از دریای خزر به منطقه شده و در بالا نیز موقعیت جلوی ناوه نسبت به حوضه سفارود شرایط مناسبی را برای ایجاد بارش فراهم نموده است. در روز بعد در سطح زمین کم فشار مستقر روی مدیترانه گسترش مداری پیدا کرده، به‌طوری‌که زبانه این سیستم تا غرب خزر کشیده شده است. در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز ناوه بادهای غربی با عبور از روی منطقه و در ترکیب با سیستم سطح زمین رطوبت زیادی را از دریای خزر جذب و باعث افزایش بارش تا ۱۱۷ میلی‌متر و دبی تا ۱۵۴ متر مکعب در ثانیه شده است. در روز ۱۷ اوت ناوه بادهای غربی از منطقه خارج و روی دریای خزر یک پشته ایجاد شده است. در نقشه‌های سطح زمین نیز الگوی سینوپتیکی قابل مشاهده کم فشار محلی ضعیف در شرق خزر است. در نتیجه حاکمیت شرایط فوق، بارش قطع شده اما با توجه به زمان تأخیر سیل (حدود ۱۲/۵۴ ساعت در حوضه سفارود) و پوشش گیاهی جنگلی منطقه دبی روزانه با میزان ۱۸۷ متر مکعب بر ثانیه به حداکثر میزان افزایش یافته است. در روز ۱۸ اول پشته ایجاد شده از منطقه خارج و ناوه ضعیفی در پشت آن به منطقه وارد شده و بارشی به میزان ۱۱ میلی‌متر ایجاد کرده که به همراه بارش‌های روز قبل دبی را در ۱۰۲ متر مکعب در ثانیه نگه داشته است.



شکل (۶) نقشه‌های هوای سیلاب ۸ مه ۱۹۷۹ نمونه الگوی سیل‌زای روی خزر در سطح زمین و ۵۰۰ هکتوپاسکال (دو روز قبل تا یک روز بعد از سیلاب)

جدول ۶. مقایسه تغییرات بارش و دبی روزهای ۵ الی ۱۰ مه ۱۹۷۹ (۱۵ اردیبهشت ۵۸ - ۱۳۵۷) حوضه‌های سفارود و تالار

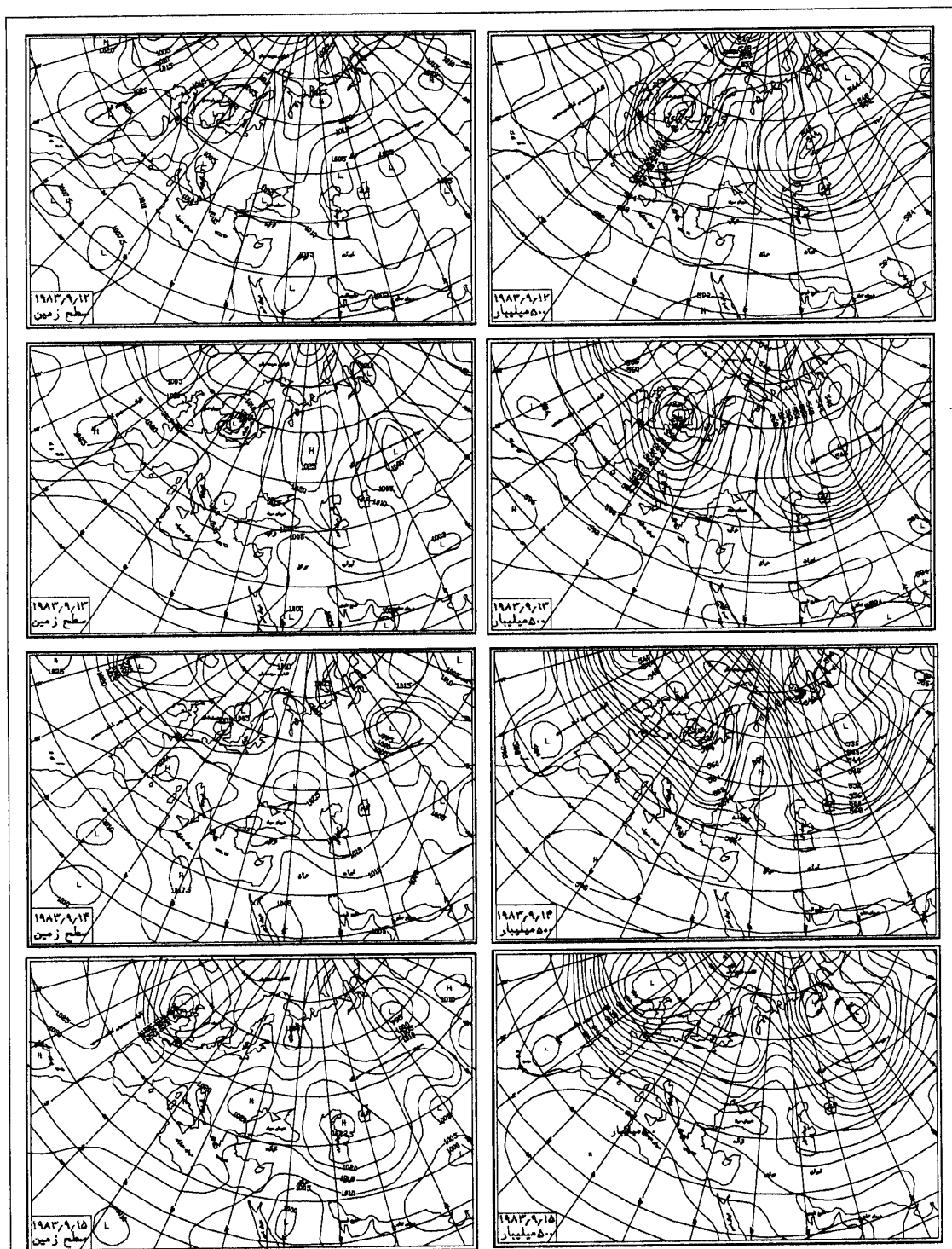
روزهای وقوع سیلاب (تقویم میلادی)						پارامتر	ایستگاه	حوضه
۱۰	۹	۸	۷	۶	۵			
۵/۲	۴/۸	۵/۲	۵/۲	۴/۸	۵/۵	دبی (متر مکعب بر ثانیه)	پونل	سفارود
۰	۰	۱۸	۶	۰	۰	بارش (میلی متر)	انزلی	
۲۷/۸	۳۴/۷	۹۹/۴	۲/۳	۹/۹	۱۰/۴	دبی (متر مکعب بر ثانیه)	شیرگاه	تالار
۰	۰	۰	۲۳	۱۳	۱/۵	بارش (میلی متر)		

الگوی مرکز خزر

حدود ۲۱ درصد سیلاب‌های حوضه تالار و ۲۴ درصد سیلاب‌های سفارود در نتیجه استقرار این الگو به وجود آمده‌اند. این الگو زمانی باعث بارش می‌گردد که در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال روی خزر یک سیستم پرفشار سردچال در ارتفاع مانع ایجاد شده و باعث بلوکه شدن بادهای غربی در د و مسیر جداگانه گردد و یک سیستم سردچال در سرتاسر نیمه جنوبی آن قرار گیرد. نقشه منتخب برای معرفی این الگو مربوط به ۸ مه ۱۹۷۹ است (شکل ۶). طبق جدول ۶ بارش این سیلاب از روز ۴ مه شروع شده است ولی مقدار آن در روزهای ۴ و ۵ مه ناچیز می‌باشد. بارش قابل ملاحظه در روزهای ۶ و ۷ به مقادیر ۱۳ و ۳۳ میلی‌متر باریده که در روز ۸ مه سبب افزایش ناگهانی دبی رودخانه تالار به مقدار ۹۹/۴ متر مکعب بر ثانیه گردیده است. به‌منظور شناسایی الگوهای سینوپتیک مؤثر نقشه‌های هوای سطح زمین و ۵۰۰ هکتوپاسکال در روزهای ۶ الی ۹ مه بررسی می‌شوند. در روز ۶ مه در سطح زمین، سیستم قابل توجهی مشاهده نمی‌شود. فقط زبانه‌ای از پرفشار سیبری منطقه را فراگرفته است. اما در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال شاخه جنوبی بادهای غربی که به جهت وجود شرایط مانع در شمال دریای خزر ایجاد شده بر روی دریای خزر ناوهای تشکیل داده و ناپایداری کافی برای صعود ایجاد نموده است. در نتیجه بارش حوضه تالار به ۱۳ میلی‌متر افزایش داشته است. اما در روز ۷ مه پرفشار سیبری با گسترش مداری تا شمال دریای خزر کشیده شده و در جنوب نیز یک کم فشار محلی ضعیف مشاهده می‌گردد که سبب تراکم منحنی‌های هم فشار در جنوب خزر و شمال البرز شده است.

در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز پرفشار سردچال در ارتفاع مانع تقویت و تا مرکز خزر کشیده شده و باعث شده تا ناو بادهای غربی عمیق‌تر و در ترکیب با سیستم سطح زمین سبب افزایش بارش در این روز تا ۳۳ میلی‌متر در حوضه تالار گردد. در روز ۸ مه سرتاسر منطقه در شمال خزر تحت سیطره پرفشار سیبری قرار دارد و زبانه‌های جبهه سرد این سیستم با نفوذ به منطقه تا شمال غربی دریای خزر کشیده شده است. در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز کم ارتفاع مستقل جدا شده از بادهای غربی با استقرار در شرق آرال به سمت جنوب و جنوب غربی دریای خزر کشیده شده و پرفشار مانع با استقرار بر روی خزر سبب خارج شدن ناوهای غربی از منطقه و قطع بارش شده است.

دبی ماکزیمم این روز در نتیجه بارش‌های روز قبل و احتمالاً ذوب برف ارتفاعات بوده که با توجه به زمان تأخیر در حوضه تالار (۲۰/۶۳ ساعت) افزایش دبی تا میزان ۹۹/۴ متر مکعب در ثانیه را نشان می‌دهد. در نقشه



شکل (۷) - نقشه‌های هوای سیلاب ۱۴ سپتامبر ۱۹۸۳ نمونه الگوی سیل‌زای شرق خزر در سطح زمین و ۵۰۰ هکتوپاسکال (دو روز قبل تا یک روز بعد از سیلاب)

روز ۹ مه در سطح زمین و سطوح فوقانی سیستم بارانزای خاصی مشاهده نمی‌گردد و دبی رودخانه نیز به میزان ۳۴/۷ متر مکعب در ثانیه کاهش یافته است.

الگوی شرق خزر

برای معرفی این الگو نقشه روزهای ۱۲ الی ۱۵ سپتامبر ۱۹۸۳ انتخاب شده است (شکل ۷). این سیستم زمانی باعث بارش می‌گردد که ناوه بادهای غربی به شرق دریای خزر منتقل و عقب ناوه روی منطقه مطالعاتی قرار گیرد. در نتیجه ناپایداری جلوی ناوه نقش مؤثری در ایجاد بارش ندارد و بارش‌های ناشی از این سیستم در اثر استقرار سیستم‌های واچرخندی در شمال و شمال شرق دریای خزر است.

جدول ۷. مقایسه تغییرات بارش و دبی روزهای ۱۲ الی ۱۶ سپتامبر ۱۹۸۳ (۲۱ الی ۲۵ شهریور ۶۲-۱۳۶۱) در حوضه‌های شفارود و تالار

روزهای وقوع سیلاب (تقویم میلادی)					پارامتر	ایستگاه	حوضه
۱۶	۱۵	۱۴	۱۳	۱۲			
۲۳/۱	۵۷/۴	۴۰/۷	۳۲/۶	۱۲/۶	دبی (متر مکعب بر ثانیه)	پونل	شفارود
۰	۳۸/۳	۴۶	۱۸	۰	بارش (میلی متر)	انزلی	
۱۷/۵	۵۵/۹	۴۰/۹	۱۱/۴	۸/۵	دبی (متر مکعب بر ثانیه)	شیرگاه	تالار
۰	۰	۱۴	۳۸	۲۱	بارش (میلی متر)		

طبق این جدول در روز ۱۷ سپتامبر در حوضه شفارود بارش ثبت نشده است. اما در حوضه تالار در این روز میزان بارش ۲۱ میلی‌متر بوده است. بررسی نقشه‌های سطح زمین بیانگر استقرار یک سیستم واچرخندی قوی روی جزایر آزر در شرق اقیانوس اطلس است. در این روز روی دریای سیاه یک چرخند محلی ضعیف با فشار ۱۰۱۰ هکتوپاسکال شکل گرفته است و در شمال این چرخند بر روی اروپا یک واچرخند با فشار ۱۰۲۵ هکتوپاسکال قرار دارد. محور پشته این سیستم تا شمال دریای سیاه کشیده شده است و در سطح زمین زبانه پرفشار ناشی از آن با منحنی همفشار ۱۰۱۰ هکتوپاسکال نیمه جنوبی دریای خزر را پوشش داده است. در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال در شمال شرق دریای خزر نیز یک ناوه روی سیبری استقرار یافته است. محور این ناوه در شرق دریای خزر مستقر است. این سیستم با ریزش و هدایت هوای سرد از روی آب‌های گرم دریای خزر شرایط ناپایداری ایجاد کرده و سبب ۲۱ میلی‌متر بارش در حوضه تالار شده است.

در روز سیزدهم واچرخند شرق سیبری و شمال خزر نیز با نفوذ به سمت جنوب باعث رانش هوای سرد از عرض‌های بالاتر به جنوب دریای خزر شده است و در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال همان‌طور که انتظار می‌رفت محور ناوه مستقر روی سیبری در شرق دریای خزر استقرار یافته و با آرایش موجی شکل و با توجه به استقرار رودباد در این تراز در شمال دریای خزر شرایط کلاسیک برای ریزش باران فراهم شده است. در این روز در ایستگاه شیرگاه ۳۸ و بندرانزلی ۱۸ میلی‌متر بارش نازل شده است.

در روز ۱۴ سپتامبر دریای خزر همانند روز قبل تحت تأثیر واچرخند شمال قرار دارد. این وضعیت سبب تراکم منحنی‌های هم فشار در جنوب دریای خزر شده و در نتیجه بارش قابل ملاحظه‌ای نیز در دو حوضه ثبت شده است. در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال محور ناوه بادهای غربی بر خلاف روز قبل به سمت شرق جابه‌جا شده

و از شمال دریای سیاه که پشته آن تا مدار قطبی می‌رسد سبب بلوکه شدن بادهای غربی در این منطقه گردیده و با فرارفت هوای سرد در شمال دریای خزر باعث ریزش رطوبت به سمت سواحل جنوبی آن شده است. ناوه مستقر در روی سیبری در این روز کاملاً به شرق دریای خزر کشیده و محور آن در جهت جنوب غرب تا شمال شرق ایران قرار دارد. در نتیجه میزان بارش در حوضه سفارود تا ۴۶ میلی‌متر افزایش یافته و بارش حوضه تالار به میزان ۱۴ میلی‌متر کاهش داشته است.

در روز پانزدهم که همزمان با افزایش دبی هر دو رودخانه و حداکثر سیلاب است، در سطح زمین واچرخند مستقر در شمال شرق دریای خزر و غرب دریاچه آرال در امتداد مدار ۴۰ درجه محدوده مطالعاتی را متأثر ساخته است. استقرار این سیستم سبب شده تا تراکم منحنی‌های هم فشار همانند روز قبل در نواحی جنوب خزر بیشتر از سایر نواحی مجاور گردد و بارش قابل ملاحظه‌ای را در منطقه بویژه ایستگاه انزلی به همراه داشته باشد. در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال ناوه مستقر در روی سیبری به سمت شرق منتقل شده و با توجه به محور این ناوه که تقریباً در جهت شمال شرق، جنوب غرب تا سواحل جنوب غربی خزر تداوم دارد، باعث انتقال رطوبت و ریزش هوای سرد به صورت فرا رفت حرارتی به سواحل جنوبی خزر شده است. در این روز بارش در ایستگاه شیرگاه قطع، ولی در ایستگاه انزلی به میزان ۳۸/۳ میلی‌متر ثبت گردیده است. این وضعیت ناشی از موقعیت این نقطه نسبت به محل واچرخند مستقر در شرق و شمال شرق آن بوده است.

نتیجه‌گیری

با بررسی‌ها و مطالعاتی که روی ۳۶ سیلاب منتخب در دو حوضه انجام گرفت، مشخص شد که سیلاب‌های دو حوضه ارتباط معناداری با الگوهای فشار در سطح زمین و سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال دارند و نتایج عمده به شرح زیر می‌باشد:

بیشتر سیلاب‌های حوضه تالار در اسفند و فروردین و سیلاب‌های حوضه سفارود در ماه‌های شهریور تا آبان رخ می‌دهند.

سیلاب‌های منطقه مطالعاتی در مجموع تحت سه الگوی مشخص ناوه بادهای غربی ایجاد شدند. بیشتر سیلاب‌ها توسط الگوی ناوه غرب دریای خزر تشکیل شده‌اند (۷۰/۶ درصد تالار و ۶۳/۳ درصد سفارود). از کل سیلاب‌ها ۱۱ درصد به صورت همزمان در دو حوضه رخ دادند. این سیلاب‌ها زمانی رخ دادند که ناوه عمیقی بین دریای سیاه و دریای خزر شکل گرفته است. این ناوه ابتدا در سفارود و روز بعد در حرکت خود به طرف شرق در حوضه تالار بارش ایجاد کرده است. منبع عمده رطوبت این سیلاب‌ها دریای مدیترانه و در درجه بعد دریای خزر است.

سیلاب‌های حوضه تالار عمدتاً توسط ناوه سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال اتفاق افتادند و در سطح زمین هم یک کم فشار نسبتاً ضعیفی روی دریای خزر مستقر می‌شود. منبع اصلی رطوبت این سیلاب‌ها دریای خزر و در درجه بعد دریای سیاه می‌باشد.

سیلاب‌های حوضه سفارود زمانی رخ دادند که عقب ناوه غربی روی دریای خزر مستقر بود و یا این‌که حالت مانع در منطقه ایجاد شده بود. در این صورت در سطح زمین واچرخندهای غربی و یا زبانه واچرخندی سیبری سطح دریای خزر را پوشانده و از طریق همرفت وزشی شرایط ناپایداری را ایجاد می‌کرد. منبع عمده رطوبت این سیلاب‌ها دریای خزر است.

منابع و مأخذ

- ۱- آل احمد، مهرداد، ۱۳۷۴؛ بررسی سینوپتیکی امواج ناشی از توفان‌های دریای خزر؛ پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران.
- ۲- استانداری گیلان، ۱۳۸۱، گزارش و نگرشی بر سیل شهریور و مهر ۱۳۸۰، دفتر حوادث غیرمترقبه، حوزه معاونت عمرانی.
- ۳- باقری، سعید؛ ۱۳۷۲، بررسی سینوپتیکی سیستم‌های سیل‌زا در شمال ایران؛ پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران.
- ۴- تقیان، عزت‌الله؛ ۱۳۷۸، بررسی نمونه‌هایی از سیستم‌های بارانزا در سواحل جنوبی دریای خزر، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شمال تهران، دانشکده علوم و فنون دریایی، گروه فیزیک.
- ۵- جهانپخش، سعید و فریبا، کرمی، ۱۳۷۸، تحلیل سینوپتیکی تأثیر پرفشار سبیری بر بارش سواحل جنوبی دریای خزر، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره پیاپی ۵۴ و ۵۵، صص ۱۰۷-۱۳۱.
- ۶- خوشحال دستجردی، جواد، ۱۳۷۶، تحلیل و ارائه مدل‌های سینوپتیکی برای بارش‌های بیش از ۱۰۰ میلی‌متر در سواحل جنوبی دریای خزر، رساله دکتری، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۷- ذوالفقاری، حسن، ۱۳۷۹، تحلیل الگوهای زمانی و مکانی بارش‌های روزانه در غرب ایران با استفاده از روش‌های آماری و سینوپتیکی، رساله دکتری، دانشگاه تبریز.
- ۸- روزنامه کیهان مورخه ۱۱ مرداد ماه ۱۳۷۷.
- ۹- روزنامه همشهری ۲۳ مرداد ماه ۱۳۸۰.
- ۱۰- روزنامه همشهری ۷ مرداد ماه ۱۳۷۹.
- ۱۱- سازمان هواشناسی کشور، نقشه‌های هوای نیمکره شمالی، ماخوذه از اتحاد جماهیر شوروی سابق از سال ۱۹۷۰ تا ۱۹۸۹ به‌طور ناپیوسته.
- ۱۲- سازمان هواشناسی کشور، سالنامه هواشناسی، مرکز اسناد، نقشه‌های سینوپتیکی کشور از سال ۱۹۶۰ تا ۱۹۹۸ به‌طور ناپیوسته.
- ۱۳- علیچانی، بهلول و محمدرضا، کاویانی، ۱۳۷۱، مبانی آب و هواشناسی، سمت.
- ۱۴- علیچانی، بهلول، ۱۳۸۱، اقلیم‌شناسی سینوپتیکی، سمت، ص ۲۰۸.
- ۱۵- لشگری، حسن. ۱۳۷۵، الگوی سینوپتیکی بارش‌های شدید جنوب غرب ایران، رساله دکتری، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۱۶- محمدقلی‌پور، محمد، ۱۳۷۸، مطالعه اقلیم سینوپتیکی شمال کشور، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شمال تهران، گروه فیزیک.
- ۱۷- نجار سلیقه، محمد، ۱۳۷۷، الگوی سینوپتیکی بارش‌های تابستانی جنوب شرق ایران، رساله دکتری، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۱۸- وحیدی، جهاندار، ۱۳۷۶، مطالعه و بررسی سینوپتیکی، آماری بارندگی‌های سواحل جنوبی دریای خزر، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شمال تهران.
- ۱۹- وزارت کشور، ۱۳۷۸، طرح مدیریت سیل، مرحله اول، دفتر مطالعات و هماهنگی امور ایمنی و بازسازی.
- ۲۰- وزارت نیرو، آمار دبی روزانه رودخانه‌های تالار و سفارود از سال ۱۳۴۰ تا ۱۳۷۷.
- 21- Atkins, N.T., and Wakimoto, R.W. 1997. Influence of the Synoptic Scale Flow on Breeze observed During Cape. Monthly Weather Review, Vol. 125, IS 9.
- 22- Harnack, et al. 1998, Investigation of Upper Air Conditions Occurring With Heany Summer rains in Utah, Inter. J. of Climatology; Vol. 18, pp. 701-723.
- 23- Kidson, Jw. 1992. The Utility of surface and upper Air Data in synoptic Climatological Specification of surface Climatic Variables. International Journal of Climatology; Vol. 17, pp 399-413.
- 24- Konrad, CE. 1997. Synoptic- Scale Features Associated with Warm – Season Heavy Rainfall over the Interior southeastern United and states; weather Forecasting, Vol. 12, IS. 3.
- 25- Lakmann, G. M. and Gyakam, J.R. 1996; The Synoptic-Scale and Panetary Scale Signitures of Precipitation Systems over the Mackenzie Basin. Atmosphere – Ocean; Vol. 34. IS. 4.
- 26- Nicholson, S.E, 1981. Rainfall and atmospheric circulation during drought periods and wetter years in West Africa. Mon. We. Rev.; Vol. 109. PP. 2119-2208.
- 27- Ron Kahana. et al. 2002. Synoptic Climatology of major floods in the Negev Desert, Isreal. Inter. J. of Climatology; vol. 22 pp. 867-882.
- 28- Rohli, R. V. et al. 2001. Synoptic Circulation and Stream discharge in the Great Lakes Basin, USA, Applied geography; vol.21, pp.369-385.
- 29- Turner, J. Colwell, S.R. and Harangozo, S. 1997. Variability of Precipitation over the Coastal Western Antarctic Peninsula From Synoptic Observation, Journal of Geophysical Research; Vol. 102, IS. D.
- 30- Yarnal B. and Frakes B., 1997. Using Synoptic Climatology to Define Reperesentative Discharge events, Internation Journal of Climatology, Vol. 17 pp. 323-341.