

تحلیل هم‌دید ریخت‌ساز سیلاب در حوضه ماسوله^۱

پرویز رضایی* - استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت

پذیرش مقاله: ۱۳۸۶/۷/۱۹ تأیید نهایی: ۱۳۸۸/۲/۲۹

چکیده

در پژوهش حاضر به بررسی سیل در حوضه ماسوله پرداخته شده است. ابعاد مطالعه به دبی ایستگاه کمادول در دوره ۱۸ ساله ۲۰۰۳-۱۹۸۴ (۸۱-۱۳۶۳) و بررسی علل سیلاب‌های دوره مورد نظر و الگوهای هم‌دید ایجاد سیل محدود می‌شود. به منظور تحلیل سیل، دبی‌های متوسط روزانه و حداکثر لحظه‌ای ایستگاه کمادول بررسی شده و برای کنترل صحت داده‌ها از ایستگاه چومتقال در پایین‌دست حوضه و گزارش‌های ستاد حوادث غیرمترقبه استان کمک گرفته شده است. در دوره مطالعاتی ۱۸۱ سیل استخراج گردید و از بین سیلاب‌های مورد نظر ۶۱ سیل در فاصله زمانی ۸۱-۱۳۷۵ به منظور بررسی انتخاب شد. پس از بررسی سیلاب‌ها با توجه به عوامل مؤثر در ایجاد آنها به دو گروه اصلی تقسیم شدند. گروه اول، سیلاب‌های ناشی از ناپایداری هوا و استقرار سامانه باران‌زا در سطح حوضه است و گروه دوم سیلاب‌هایی است که میزان بارش در آنها اندک است اما دبی در فاصله کوتاهی از آبراهه اصلی طغیانی و وحشی قرار دارد، که البته در ایستگاه کمادول میزان آن حتی کمتر از میانگین دوره است. ۴۹ درصد سیلاب‌های حوضه مربوط به این دسته است. برای بقیه سیل‌ها نیز با بررسی نقشه‌های سینوپتیکی مربوط به سطح زمین و تراز ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال ۳ الگوی سیل‌زا شناسایی گردید. تفاوت عمده این الگوها از نظر موقعیت سامانه‌های چرخندی و واچرخندی نسبت به حوضه و مسیر حرکت آن از روی منابع رطوبتی است. منشأ مدل‌های چرخندی، دریای مدیترانه و سیاه است و مدل‌های واچرخندی نیز عمدتاً بر روی دریای خزر و به‌ندرت نیز از دریای سیاه است. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که سامانه‌های مذکور بر حسب ویژگی و یا توقف خود بر روی حوضه ماسوله از یک تا حداکثر سه روز پی در پی ایجاد سیل کرده‌اند. و از کل سیلاب‌های انتخابی ۳۴ مورد آن یک روزه، ۱۳ مورد دو روزه و ۱۴ مورد آن سه روزه است. از نظر توزیع زمانی نیز بیشترین سیل‌ها در فاصله ماه‌های سپتامبر (شهریور) تا اکتبر (مهر) و در اواخر زمستان تا اوایل بهار به ثبت رسیده است.

کلیدواژه‌ها: سیل، حوضه ماسوله، سامانه‌های سینوپتیکی.

مقدمه

تاریخ حیات بشر از دیرباز با حوادث و مخاطرات مختلف طبیعی مواجه بوده است. کشور ما نیز از نظر موقعیت جغرافیایی، شرایط متنوع اقلیمی و محیطی و ویژگی‌های زمین‌شناسی از این قاعده مستثنی نبوده و در طی قرون متمادی، مخاطرات طبیعی سهمگینی را پشت سر گذاشته است.

۱. این مقاله حاصل طرح پژوهشی «بررسی سیستم‌های سینوپتیکی سیل‌زا در حوضه آبخیز ماسوله» است، که هزینه آن از سوی معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت تأمین شده است.

* E- mail: rezaei@iaurasht.ac.ir

نویسنده مسئول: ۰۹۱۱۳۳۱۴۳۵۳

در گزارش ستاد حوادث غیرمترقبه استانداری گیلان (۱۳۸۰)، سیل به عنوان تهدیدی جدی - از نظر جانی و از نظر اقتصادی - قلمداد شده است. تمام حوضه‌های رودخانه‌ای استان گیلان از نظر سیل‌خیزی فعال‌اند و وضعیت فعلی حوضه‌ها به گونه‌ای است که بارندگی با شدت متوسط می‌تواند به سیل بینجامد. محدوده مطالعاتی در این پژوهش بخشی از حوضه ماسوله در جنوب غربی استان گیلان در بالاتر از ارتفاع ۲۰۰ متری از سطح آب‌های آزاد است. این حوضه با توجه به جاذبه‌های موجود در آن، هر ساله پذیرای هزاران گردشگر داخلی و خارجی است و اغلب تأسیسات و خدمات گردشگری در فاصله نزدیکی از بستر رودخانه قرار دارند. از آنجا که بیشترین سیلاب‌های مخرب و شدید حوضه در دوره گرم سال (همزمان با ورود گردشگران) اتفاق می‌افتند، به تبع آن در اثر وقوع سیل گردشگران اولین قربانیان جدی این پدیده به‌شمار می‌آیند و تکرار این پدیده تا حد زیادی در اقتصاد منطقه تأثیر منفی خواهد داشت.

با این مقدمه و با توجه به میزان خسارت و ابعاد گسترده سیل و تأثیر منفی آن در ورود گردشگران و با تأکید بر این موضوع که امروزه کشورهای زیادی به تهیه مقدمات پیش‌بینی، شناسایی الگوهای سیل‌زا و مقابله با آن اقدام کرده‌اند، به نظر می‌رسد پژوهش‌هایی از این دست بتواند گامی در جهت شناخت سامانه‌های سیل‌زا و کاهش خسارت ناشی از ناهنجاری‌های اقلیمی در کشور باشد.

در زمینه سیل و علل وقوع آن در این حوضه، مطالعات محدودی صورت گرفته است. اغلب پژوهش‌های به‌عمل آمده زیر نظر ستاد حوادث غیرمترقبه و سایر سازمان‌های مرتبط صورت گرفته و پدیده سیل از نظر هیدرولوژیکی و یا سایر خصوصیات فیزیکی حوضه بررسی شده است. از جمله شرکت جهاد و تحقیقات آب و آبخیزداری (۵ و ۴ و ۱۳۷۸) به‌عنوان مشاور پروژه «طرح جامع مهار سیلاب استان گیلان» و در قالب طرح سیل استان، گزارشی را در خصوص آثار و علل سیلاب مرداد ماه ۱۳۷۷ ماسوله تهیه کرده و راه‌حل‌های مقابله با آن را برای ستاد حوادث غیرمترقبه استان ارائه داده و به این نتیجه رسیده‌اند که سیلاب مذکور در نتیجه بارش شدید در زیرحوضه خلیل دشت و شرایط نامناسب حوضه به‌دلیل از بین رفتن پوشش گیاهی، شیب زیاد، فرسایش به‌صورت روانه گلی و ساخت‌وسازهای نامناسب در عرض این رودخانه در شهرک ماسوله بوده است. گروه حفاظت و مهندسی رودخانه و سواحل اداره کل امور آب استان (۴ و ۱۳۷۷) و حسین‌خان ناظر و همکاران (۱۵ و ۱۳۷۷)، نیز در گزارش جداگانه‌ای همان نتایج شرکت جهاد و تحقیقات را تأیید کرده‌اند. مدیریت آبخیزداری و سازمان جهاد کشاورزی استان گیلان (۳ و ۱۳۷۸) نیز در پروژه «طرح پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوضه‌های غرب استان گیلان» بر حساسیت حوضه ماسوله از نظر سیل‌خیزی تأکید داشته‌اند.

رضانی (۱۳۸۰) نیز در طرح «بررسی و شناخت بلایای طبیعی ماسوله»، مهم‌ترین مخاطرات این حوضه را ریزش سنگ، سیل، زلزله، و مخاطرات تکنولوژیکی، عمرانی و انسانی برشمرد. وی در مقاله‌ای دیگر (رضانی، ۱۳۸۲) به بررسی و شناخت عامل مؤثر در سیل مرداد ۱۳۷۷ ماسوله گیلان پرداخت و مهم‌ترین عامل سیل را عملکرد نامناسب فعالیت‌های انسانی در برخورد با ویژگی‌های طبیعی حوضه بیان کرد. رفیعی (۱۳۸۲) نیز با بررسی «نقش ساخت‌وسازها به‌ویژه پل‌سازی بر روی رودخانه ماسوله» اعلام داشت که عدم توجه به ویژگی‌های محیطی و هیدرولوژی رودخانه از مهم‌ترین عوامل ایجاد سیل در این حوضه به‌شمار می‌آید. بالاخره، پارسایی (۱۳۸۲)، در مقاله خود با نام «ماسوله دهکده‌ای در

آستانه نابودی» به بررسی نقش و اهمیت این شهرک از نظر تاریخی و گردشگری پرداخته و در نهایت به این نتیجه رسیده است که این شهرک امروزه در معرض تهدیدهای متعددی قرار دارد که اگر به آن توجه نشود، احتمال آسیب دیدگی قوت می‌یابد. علاوه بر پژوهش‌های مذکور، تعدادی رساله و پایان‌نامه نیز در خصوص حوضه ماسوله تهیه شده است. از جمله می‌توان به رساله دکتری رنجبر (۱۳۸۰) با نام «بررسی ژئومورفولوژی حوضه آبریز ماسوله» و پایان‌نامه کارشناسی ارشد عبداللهی (۱۳۸۰) با نام «هیدروکلیماتولوژی حوضه ماسوله» اشاره کرد.

در مورد منشأ سیلاب‌ها و بررسی الگوهای چرخشی منجر به سیل نیز مطالعات گسترده‌ای در دنیا صورت گرفته و نتایج مطالعات سینوپتیک در مدیریت سیل و سامانه‌های هشدار سیل انکارناپذیر است. از جمله مطالعات مرتبط می‌توان به بررسی بارندگی‌های سنگین جنوب شرق ایالات متحد آمریکا (Konrad, 1997) اشاره کرد. کنراد با مطالعه ۳۱۲ بارش سنگین، ۱۴ پارامتر و ویژگی سینوپتیکی مرتبط با وقوع بارش سنگین را شناسایی کرده و بر مبنای این پارامترها یک طرح خودکار سینوپتیکی را برای طبقه‌بندی وقوع بارش‌های سنگین ارائه داده است.

لاکمن و گیاکام^۱ (۱۹۹۴) تأثیرات سینوپتیکی و سیاره‌ای سامانه‌های بارش بر روی حوضه آبریز مکنزی را از روی نمونه‌های ۲۸ ساله بررسی می‌کنند. این رخدادهای بارش به عنوان روزهایی تعریف شده‌اند که در آنها ۵ یا بیشتر از ۱۲ ایستگاه سطح زمین، حداقل ۲/۵ میلی‌متر بارش دریافت کرده باشند و بعد سامانه‌های سینوپتیکی را که باعث ایجاد بارش در این حوضه شده‌اند، توضیح می‌دهند. یارنال و فراکس (۱۹۹۷) معتقدند طوفان‌هایی که از اقیانوس اطلس تغذیه می‌شوند، نقش مهمی در طغیان رودخانه ساسکوانا دارند. همچنین می‌توان به کاربرد اطلاعات سطح زمین و جو در تعیین آب‌وهوای سینوپتیکی و متغیرهای سطح زمین (Kidson, 1997) اشاره کرد. در اکثر این مطالعات، تحلیل سینوپتیکی بارش‌های ماهانه و فصلی مناطق مورد توجه بوده است. از بین کارهای انجام‌شده 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 ۵۰ میلی‌متر در مدت ۳ تا ۲۴ ساعت بود و برای هر کدام از رگبارهای شدید متغیرهای متعددی را در سطح زمین و سطح ۲۵۰ تا ۸۰۰ هکتوپاسکال بررسی کردند.

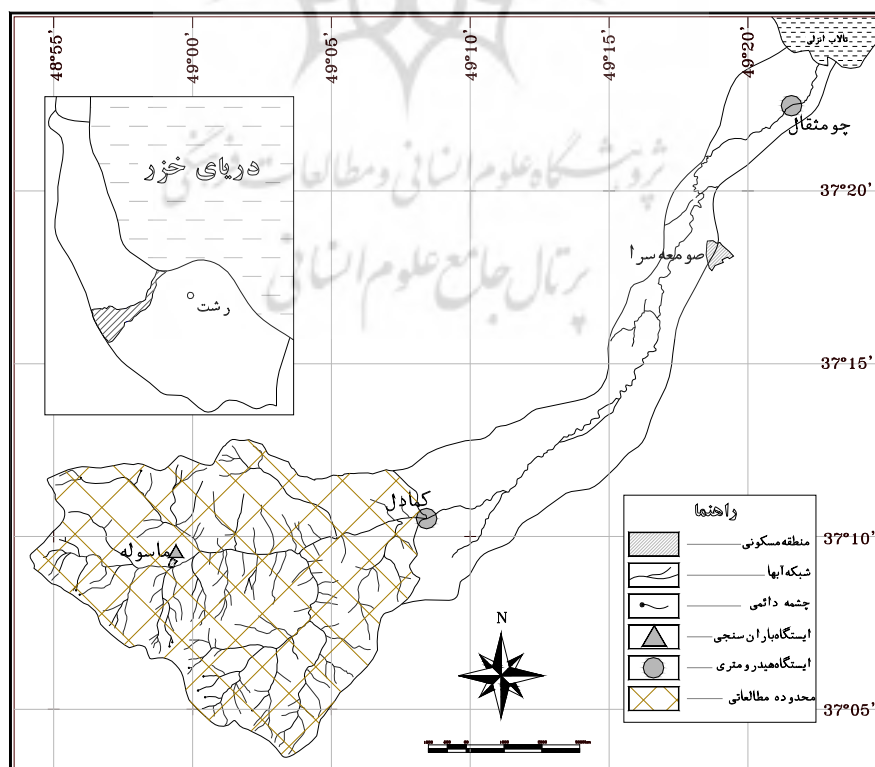
مطالعه سینوپتیکی در مورد سیلاب‌های شمال کشور نیز به چند مورد می‌رسد. در اغلب این تحقیقات به مطالعه سینوپتیکی سیل، بارش و عامل ایجاد آن همانند سامانه‌های چرخندی و واچرخندی اشاره شده و یا به نقش پرفشار سبیری در این خصوص پرداخته شده است. از جمله می‌توان به تحقیقات باقری (۱۳۷۲)، آل احمد (۱۳۷۴)، خوشحال دستجردی (۱۳۷۶)، وحیدی (۱۳۷۶)، قلی‌پور (۱۳۷۸) و تقیان (۱۳۷۸) اشاره کرد.

رضایی (۱۳۸۲) در تحقیق خود با نام «بررسی اثر الگوهای سینوپتیک در تغییرات زمانی سیلاب‌های جنوب دریای خزر...» در دو حوضه سفارود و تالار به این نتیجه رسیده‌اند که ۱۱ درصد سیلاب‌های دو حوضه همزمان و ۸۹ درصد آن مستقل از یکدیگر بوده‌اند. حدود ۷۶ درصد سیلاب‌های حوضه تالار و ۶۳/۲ درصد سیلاب‌های حوضه سفارود در نتیجه آرایش سامانه‌های سطوح بالا و قرارگیری حوضه‌های مطالعاتی در جلوی ناوه بادهای غربی ایجاد شده‌اند. بقیه سیلاب‌های دو حوضه نیز در نتیجه حضور سامانه‌های چرخندی و واچرخندی در سطح زمین به وجود آمده‌اند. گل‌پرنیان

(۱۳۸۲) نیز در بررسی «الگوی سینوپتیکی سیلاب‌های رودخانه گرگان» چهار الگوی عمده سینکلونی، آنتی‌سینکلون غربی، جبهه گرم و جبهه سرد محلی را به عنوان مهم‌ترین الگوی سیل معرفی کرده‌اند. اما تاکنون در زمینه شناخت سینوپتیکی سامانه‌های باران‌زا در این حوضه مطالعه‌ای صورت نگرفته و پژوهش حاضر در جهت رفع این نقیصه و گامی در جهت کامل کردن تحقیقات مرتبط با سیل است.

مواد و روش‌ها

محدوده مطالعاتی در پژوهش حاضر سطحی از حوضه ماسوله است که بالاتر از ایستگاه کمادول قرار دارد (شکل ۱). به همین دلیل داده‌های مورد نیاز برای مطالعه سیل به دبی‌های روزانه و حداکثر لحظه‌ای ایستگاه هیدرومتری کمادول در بالادست و ایستگاه چومثقال در پایین‌دست حوضه محدود است (جدول ۱). علاوه بر دو ایستگاه فوق در سطح حوضه یک ایستگاه باران‌سنجی نیز در ارتفاع ۱۰۰۰ متری نصب شده است و از سال ۱۳۶۳ داده‌های مربوط به نزولات جوی را ثبت می‌کند. در پژوهش حاضر برای کنترل داده‌ها ابتدا دبی روزانه دو ایستگاه استخراج و کیفیت آماری ایستگاه‌ها از نظر همگن بودن به روش Run-Test مورد ارزیابی قرار گرفت. بعد از برازش و همگن بودن داده‌ها، ایستگاه کمادول به عنوان ایستگاه معرف و ایستگاه چومثقال به عنوان ایستگاه کمکی برای کنترل داده‌های مربوط به سیل انتخاب گردیدند. کلیه آمار این دو ایستگاه در دوره موردنظر با استفاده از معادله همبستگی کنترل و داده‌های مشکوک یا غلط آن اصلاح و بازسازی شده‌اند.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی حوضه ماسوله، محدوده مطالعاتی به همراه ایستگاه‌های هواشناسی و هیدرومتری

به منظور استخراج سیلاب‌ها، علاوه بر داده‌های هیدرومتری از کلیه منابع موجود و سازمان‌های مرتبط کمک گرفته شد. بدین ترتیب در مرحله نخست با بررسی دبی‌های روزانه دو ایستگاه، ۲۲۳ مورد سیل در دوره زمانی ۱۸ ساله (۱۳۶۳-۱۳۸۱) برمبنای شاخص آستانه افزایش شدید دبی نسبت به روزهای قبل و بعد استخراج گردید. در ادامه برای اطمینان از صحت سیلاب‌های ثبت شده به سازمان آب منطقه‌ای استان گیلان مراجعه شد و با دریافت حداکثر لحظه‌ای دبی‌های سیلابی در روزهای فوق و تطابق آن با سیل‌های ثبت شده؛ سیلاب‌های مشکوک حذف گردید. در مرحله بعد با مراجعه به ستاد حوادث غیرمترقبه استنادی، سیلاب‌ها از نظر صحت وقوع و ابعاد خسارت مورد بررسی مجدد قرار گرفتند و در نتیجه سیلاب‌هایی که مورد وثوق سازمان آب منطقه‌ای و ستاد حوادث غیرمترقبه بوده‌اند، به عنوان روزهای همراه با سیل انتخاب شدند و در نهایت تعداد سیلاب‌ها به ۱۸۱ مورد کاهش یافت. بر این اساس، داده‌های سیل پس از دریافت از سازمان آب در چندین مرحله مورد ارزیابی قرار گرفت و پس از اطمینان از صحت آنها به تحلیل سیلاب‌ها پرداخته شد.

جدول ۱. موقعیت و مشخصات ایستگاه‌های هیدرومتری حوضه ماسوله

ایستگاه	موقعیت جغرافیایی		ارتفاع (متر)	مساحت (کیلومتر مربع)	سال تأسیس	دوره آماری موجود
	طول	عرض				
کمدول	۴۹°۰۸'	۳۷°۱۱'	۲۴۰	۲۱۶	۱۳۶۳	۱۸
چومتقال	۴۹°۲۱'	۳۷°۵۷'	-۲۲	۳۶۲	۱۳۶۵	۱۶

پس از استخراج داده‌های سیل، به منظور تحلیل همدیدی آن (با توجه به ابعاد و گستردگی سیلاب‌ها، عدم تطابق برخی سیلاب‌ها با زمان وقوع بارش و فرصت زمانی محدود برای استخراج و بررسی همه آنها) ۶۱ مورد از سیل‌ها در فاصله سال‌های ۱۹۹۶ الی ۲۰۰۲ (۱۳۷۵-۱۳۸۱ ه. ش.) انتخاب گردید و از این تعداد ۳۶ مورد به منظور بررسی علل و الگوهای منجر به سیل مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۲). در ادامه به منظور بررسی همدیدی سامانه‌های سیل‌زا، نقشه‌های مربوطه از سازمان هواشناسی کشور و سایت‌های مرتبط دریافت شد و مورد تحلیل قرار گرفت. با مطالعه و بررسی نقشه‌های سینوپتیکی، الگوهای سیل‌زا شناسایی گردید و از میان هر الگو آن سامانه‌ای که از لحاظ آرایش ایزوباری و کنتوری دارای کلاسیک‌ترین شرایط همدیدی بود، به عنوان مدل برگزیده شد. برای هر مدل یک سیلاب شاخص (دارای اطلاعات کامل) انتخاب شد و نقشه‌های سینوپتیکی آنها در ساعت ۱۲ و ۰۰ در سطح زمین و سطوح ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال از سازمان هواشناسی و سایت www.cdc.noaa.gov/cdc/data/ncep.reanalysis.html دریافت گردید.

روش مطالعه، بررسی آماری داده‌های بارش و دبی و تحلیل همدیدی نقشه‌های هوا بر اساس اصول آب‌هواشناسی همدیدی است. با توجه به زمان تمرکز حوضه (۰/۶۴ ساعت) و زمان تأخیر آن (۹/۲۹ ساعت)، بارش‌های سطح حوضه در کمتر از یک روز به پایین دست می‌رسد و از حوضه خارج می‌گردد (رضایی، ۱۳۸۴، ۵۴).

بر این اساس در این مرحله با بررسی نقشه‌ها، مؤلفه‌های همدیدی در سطح زمین تا سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال برای مدت دو روز (یک روز قبل از وقوع سیل و روز وقوع سیل) مورد ارزیابی قرار گرفته و سپس با توجه به مسیر حرکت بادهای غربی در ترازهای بالا و موقعیت محور ناوه آنها نسبت به حوضه مطالعاتی و همچنین الگوهای همدیدی تراز

متوسط دریا نظیر چرخندها و واچرخندها سامانه‌های منجر به سیل مشخص شده‌اند. به منظور تحلیل داده‌های آماری از نرم‌افزار آماری اکسل و برای ترسیم نقشه‌ها نیز از نرم‌افزار اتوکد استفاده شده است.

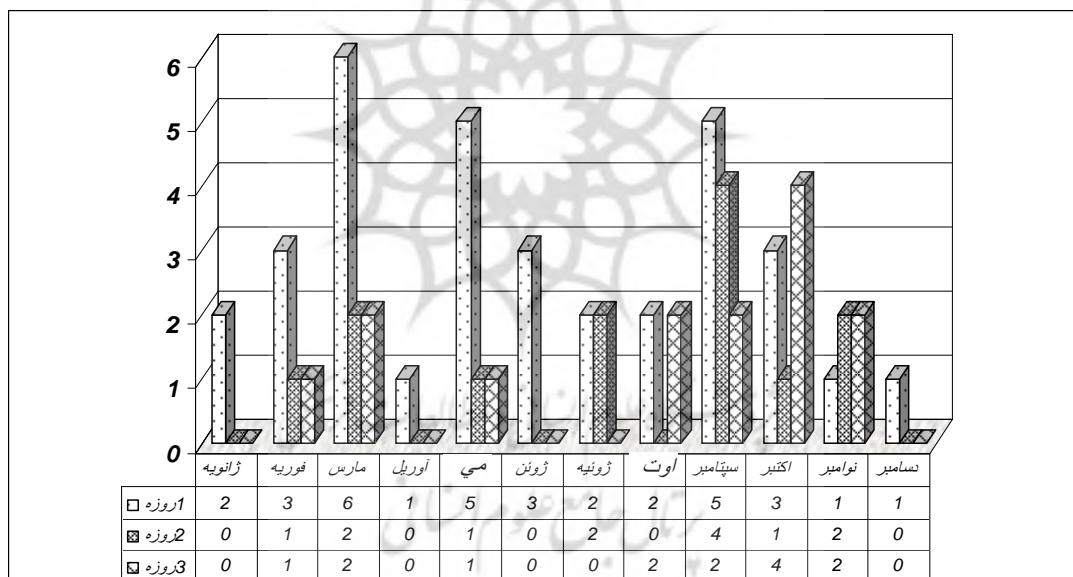
جدول ۲. سیلاب‌های ثبت‌شده در ایستگاه کمادول و میزان دبی همزمان در ایستگاه چومتقال و بارش همزمان در ایستگاه ماسوله

ردیف	ایستگاه کمادول				دبی همزمان در روز وقوع سیل در ایستگاه چومتقال						میزان بارش ایستگاه ماسوله در روز وقوع، قبل و بعد از وقوع سیل (میلی‌متر)					
	تاریخ وقوع سیلاب		روزهای همراه با سیل (م)	تداوم به روز	دبی به مترمکعب		روز وقوع سیل		روز بعدازسیل		تداوم سیل به روز	قبل از وقوع سیلاب		روز وقوع سیل	روز بعد از وقوع سیلاب	
	شمسی	میلادی			متوسط	حداکثر	متوسط	حداکثر	متوسط	حداکثر		۱	۲		۱	۲
					روزانه		روزانه		روزانه							
۱	۱۳۷۵/۷/۲۵	۱۹۹۶/۱۰/۷	۱۶-۱۸	۳	۱۷/۵	۱۹/۲	۲۷/۴	-	۲۸/۹	-	۴	۱۱	۱۶	۲۴	۰	۳
۲	۱۳۷۶/۴/۹	۱۹۹۷/۶/۳۰	۳۰	۱	۱/۸	۳/۷	-۰/۷۶	-	-۰/۷	-		۰	۰	۰	۰	۰
۳	۱۳۷۶/۵/۳۰	۱۹۹۷/۸/۲۰	۱۹-۲۱	۳	۱۰/۷	۱۴/۵	۱۳/۹	-	۷/۲۲	-	۲	۶	۱۰	۵	۳	۳
۴	۱۳۷۶/۶/۲۲	۱۹۹۷/۹/۱۳	۱۳-۱۵	۳	۳۱/۴	۴۴	۸۵/۶	۱۵۶	۸۳/۶	۱۱۱	۴	۰	۰	۱۳	۲۳	۰
۵	۱۳۷۶/۸/۱۵	۱۹۹۷/۱۱/۶	۴-۸	۴	۹/۵۵	۱۵/۱	۳/۷	-	۱/۷۶	-	۶	۰	۹	۱۰	۶	۰
۶	۱۳۷۶/۱۱/۱۹	۱۹۹۸/۲/۸	۷-۹	۳	۱۲	۱۵	۱۱/۵	-	۷/۹۲	-	۱	۰	۷	۶	۰	۱۴
۷	۱۳۷۶/۱۲/۲۶	۱۹۹۸/۳/۱۷	۱۷-۱۹	۳	۲۷/۱	۴۵/۵	۱۶/۵	۳۴/۶	۴۰/۲	۵۴	۳	۰	۰	۶۲	۱۰	۰
۸	۱۳۷۷/۰۱/۱۰	۱۹۹۸/۳/۳۰	۲۹-۳۰	۲	۲۸/۶	۴۶/۵	۳۵/۲	۵۲/۵	۱۷/۵	۱۹/۲	۱	۰	۰	۳۸	۵	۱۲
۹	۱۳۷۷/۴/۱۷	۱۹۹۸/۷/۸	۷-۸	۲	۱۴/۴	۱۷/۶	۱۵/۵	۲۹/۲	۱۵	۲۳/۵	۴	۰	۳	۹	۰	۰
۱۰	۱۳۷۷/۵/۹	۱۹۹۸/۷/۳۱	۹	۱	۲/۶	۹/۴	-۰/۵۱		۳	-	-	۰	۲	۰	۱۰	۰
۱۱	۱۳۷۷/۶/۱۶	۱۹۹۸/۹/۷	۷-۸	۲	۱۶/۹	۲۳/۳	۱۴/۱	۲۲/۱	۴۳/۷	۵۴/۵	۳	۳	۹	۷	۱۰	۴
۱۲	۱۳۷۷/۶/۲۰	۱۹۹۸/۹/۱۱	۱۰-۱۲	۳	۲۵/۳	۳۶/۵	۶۵	۸۵	۵۲/۲	۶۴/۶	۴	۴	۷	۱۰	۶	۲
۱۳	۱۳۷۷/۷/۱۷	۱۹۹۸/۱۰/۹	۸-۱۰	۳	۳۴/۹	۵۸/۴	۱۲۵	۱۳۳	۹۵	۱۱۳	۶	۰	۱۰	۳۲	۵	۳
۱۴	۱۳۷۸/۲/۳۰	۱۹۹۹/۵/۲۰	۲۰	۱	۶/۳۱	۱۳/۵	۲/۳	-	۱۶/۶	-	-	۲	۳	۱۰	۰	۰
۱۵	۱۳۷۸/۴/۲۲	۱۹۹۹/۷/۱۳	۱۲-۱۳	۲	۴/۶۴	۱۲/۵	۴۰	-	۸/۴۴	۱۲	۲	۰	۸,۵	۴	۱۶	۰
۱۶	۱۳۷۸/۶/۱۳	۱۹۹۹/۹/۴	۴-۵	۲	۶/۱۵	۱۰/۲	۱۶/۵	۱۹/۱	۱۴/۴	-	۲	-	-	-	-	-
۱۷	۱۳۷۸/۶/۲۶	۱۹۹۹/۹/۱۷	۱۶-۱۷	۲	۱۰/۷	۲۲/۳	۲۹	۵۹/۲	۲	۵/۲	۹	-	-	-	-	-
۱۸	۱۳۷۸/۷/۱	۱۹۹۹/۹/۲۳	۲۳	۱	۲۲	۲۷/۷	۳۰/۷	۳۴/۸	۱۶/۹	۲۳/۵	۹	-	-	-	-	-
۱۹	۱۳۷۸/۸/۳	۱۹۹۹/۱۰/۲۵	۲۴-۲۵	۲	۱۵/۴	۱۸/۷	۲۱/۳	۲۳/۹	۱۸/۵	۲۱/۵	۳	۳	۵	۴۲	۹	۲
۲۰	۱۳۷۸/۱۲/۲۹	۲۰۰۰/۳/۱۹	۱۹	۱	۱۵/۸	۱۹/۳	۲/۰۱	-	۲/۰۱	-	-	۰	۰	۰	۰	۰
۲۱	۱۳۷۹/۱/۵	۲۰۰۰/۳/۲۴	۲۴	۱	۲۴/۲	۳۷/۷	۲۷/۹	۳۰/۹	۲۴/۷	۲۵/۵	۹	۱۰	۱۲	۲۱	۰	۴
۲۲	۱۳۷۹/۶/۲۱	۲۰۰۰/۹/۱۱	۱۱	۱	۲۸/۴۸	۳۸/۵	۳۰/۵	۴۳/۳	۱۸/۷	۲۴/۲	۴	۸	۱۲	۱۵	۲	۰
۲۳	۱۳۷۹/۷/۱۰	۲۰۰۰/۱۰/۱	۱	۱	۲۵/۲	۱۴/۲	۳/۴		۲۵/۲		۳	۶	۷	۹	۱۶	۱۶
۲۴	۱۳۷۹/۷/۲۳	۲۰۰۰/۱۰/۱۴	۱۴-۱۶	۳	۲۸/۳	۴۲/۲	۲۹/۷	۴۸/۱	۴۱/۶	۴۸/۸	۳	۰	۵	۱۱	۶	۱
۲۵	۱۳۷۹/۸/۱۱	۲۰۰۰/۱۱/۱	۱-۲	۲	۲۰/۹	۳۸	۲۶/۱	۲۹/۹	۳۴/۹	۳۷/۸	۳	۰	۱	۸	۰	۰
۲۶	۱۳۷۹/۸/۱۶	۲۰۰۰/۱۱/۱۶	۵-۷	۳	۴۰/۸	۶۱/۴	۴۸/۹	۶۷/۷	۳۴/۱	۴۶/۳	۶	۰	۸	۱۷	۰	۰
۲۷	۱۳۷۹/۱۱/۱۳	۲۰۰۱/۲/۱	۱	۱	۸/۱۸	۱۱	۴/۶۶	-	۴/۵۹	-	-	۰	۰	۰	۰	۰
۲۸	۱۳۸۰/۱/۵	۲۰۰۱/۳/۲۵	۲۵	۱	۶/۸۵	۸/۸۶	۷/۳۷	۱۴/۹	۱۰/۷	۱۵/۶	۲	۰	۰	۲۲	۵	۰
۲۹	۱۳۸۰/۱/۲۰	۲۰۰۱/۴/۹	۹	۱	۷/۷۹	۱۰/۵	۱/۱۹	-	۷/۵۳	۸۸/۸	۳	۱۴	۱۷	۲۳	۲	۰
۳۰	۱۳۸۰/۶/۱۰	۲۰۰۱/۹/۱	۱	۱	۶/۴۱	۱۴	۳/۱۶	۵/۴۴	۳/۹۳	-	۱	۰	۰	۱۵	۰	۰
۳۱	۱۳۸۰/۷/۱۰	۲۰۰۱/۱۰/۲	۱-۳	۳	۴۵/۴	۶۲/۶	۶/۱	۲۴/۸	۵۸	۶۹/۵	۶	۰	۵	۵۹	۲۵	۰
۳۲	۱۳۸۰/۸/۷	۲۰۰۱/۱۰/۲۹	۲۹	۱	۱۶/۸	۹/۴	۲۰/۱	۲۴/۱	۱۴/۹	۱۹	۷	۲	۰	۱۶	۰	۰
۳۳	۱۳۸۰/۹/۱	۲۰۰۱/۱۱/۲۲	۲۲	۱	۱۴/۵	۵/۶۴	۹/۹۴	۱۵/۹	۱۷/۹	۲۵/۲	۴	۰	۰	۴	۷	۰
۳۴	۱۳۸۰/۱۲/۲۹	۲۰۰۲/۳/۲۰	۱۹-۲۱	۳	۱۶/۴	۱۲/۵	۱۰/۵	۱۱/۱	۱۱/۴	۱۳/۸	۷	۱۰	۲۶	۷	۰	۰
۳۵	۱۳۸۱/۱/۱۳	۲۰۰۲/۵/۰	۱۰	۱	۱۲/۴	۲۰/۸	۴۳/۳	۴۷/۶	۲۸/۷	۳۶/۱	۲	۰	۰	۹	۴	۰
۳۶	۱۳۸۱/۶/۷	۲۰۰۲/۸/۲۹	۲۷-۲۹	۳	۱۰	۱۴	۱۴/۶	۱۷/۴	۱۳/۱	۲۱/۳	۹	۱۵	۲	۱۴	۵	۰

یافته‌های تحقیق

نتایج حاصل از تحقیق نشان می‌دهد که سیلاب‌های حوضه از حداقل یک روز تا ۳ روز پی‌درپی تداوم داشته‌اند. ۳۴ مورد سیل‌ها در یک روز، ۱۳ مورد در دو روز و ۱۴ مورد آن در سه روز تداوم داشته است (شکل ۲). از نظر توزیع زمانی نیز بیشترین بارش‌ها در دو زمان ثبت گردیده، دوره اول در فاصله ماه‌های سپتامبر (شهریور) تا اکتبر (مهر) و دوره دوم در اواخر زمستان تا اوایل بهار به ثبت رسیده است.

با بررسی‌هایی که بر روی ۶۱ سیل منتخب حوضه انجام گرفت، مشخص شد که ۴۹ درصد سیلاب‌ها در زمانی اتفاق افتاد که میزان بارش در ایستگاه باران‌سنجی ماسوله صفر یا کمتر از ۱۰ میلی‌متر بوده است (جدول ۲). مطالعه داده‌های ایستگاه‌های محدوده تحقیق، نشان‌دهنده دو گروه سیلاب در سطح حوضه است. گروه اول، سیلاب‌های ناشی از عوامل مختلف جوی و استقرار سامانه‌های متفاوت سینوپتیکی همراه با ناپایداری و بارش زیاد و گروه دوم، سیلاب‌هایی که میزان بارش اندک و یا کمتر از ۱۰ میلی‌متر است. در نوشتار حاضر نیز با توجه به ویژگی دو گروه سیلاب، به بررسی عوامل ایجاد و ویژگی‌های سینوپتیکی آن پرداخته شده است. معیار مورد نظر برای انتخاب این سیلاب‌ها، میزان و ابعاد خسارت، میزان دبی و بارش است.



شکل ۲. فراوانی ماهانه سیلاب‌های حوضه ماسوله برحسب تداوم روزانه (دوره ۲۰۰۳-۱۹۹۶)

سیلاب‌های نوع اول

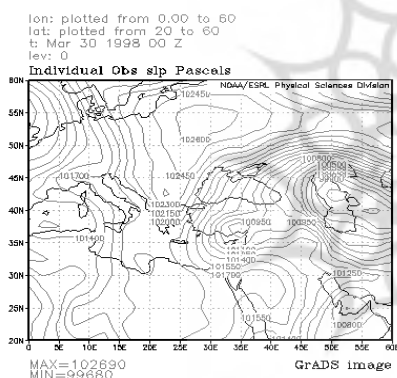
این سیلاب‌ها در اثر استقرار الگوهای مختلف جوی، ناپایداری هوا و نزول بارش ایجاد شده‌اند. سیلاب‌های ناشی از این سامانه ۱ تا ۳ روز تداوم دارند. سیلاب کلاسیک مورد نظر برای معرفی این مدل مربوط به روز ۳۰ مارس ۱۹۹۸ (۱۰ فروردین ۱۳۷۷) است. معیار اصلی برای انتخاب این سیلاب دبی بسیار بالا به همراه اطلاعات کامل است. در این روز، در هر دو ایستگاه کمادول و چومثقال دبی بالاست و آمار ایستگاه باران‌سنجی ماسوله نیز حاکی از وقوع بارش شدید (میزان ۳۸ میلی‌متر) در روز وقوع سیل است. دبی متوسط روزانه و حداکثر لحظه‌ای در ایستگاه کمادول به ترتیب ۲۸/۶ و ۴۶/۵ مترمکعب بر ثانیه است. مقادیر فوق در ایستگاه چومثقال نیز به ترتیب ۳۵/۲ و ۵۲/۵ مترمکعب بر ثانیه ثبت شده است (جدول ۳). بررسی نقشه‌های سینوپتیک نیز آرایش الگوهای جوی را در ایجاد این سیلاب بهتر نشان می‌دهد.

جدول ۳. میزان دبی و بارش ایستگاه‌های حوضه ماسوله در تاریخ ۳۰ مارس ۱۹۹۸ (۱۰ فروردین ۱۳۷۷)

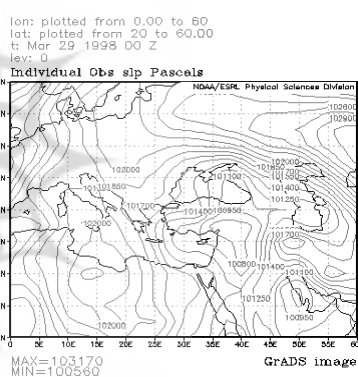
ایستگاه	تداوم سیل به روز	دبی روز وقوع سیل (مترمکعب)		میزان بارش ایستگاه ماسوله در روز وقوع، قبل و بعد از وقوع سیل (میلی‌متر)			
		متوسط روزانه	حداکثر لحظه‌ای	۲ روز قبل از وقوع	۱ روز قبل از وقوع	روز وقوع سیل	۱ روز بعد از وقوع
کمداول	۲	۲۸/۶	۴۶/۵	۰	۰	۳۸	۵
چومثقال	۱	۳۵/۲	۵۲/۵	۰	۰	۳۸	۵

نقشه‌های سطح متوسط دریا

با توجه به آرایش خطوط فشار (شکل ۳) در روز ۲۹ مارس، زبانهٔ پرفشار از عرض‌های بالاتر به سمت جنوب کشیده شده و با توجه به پرفشار محلی مستقر بر روی مرکز ایران، فاصلهٔ خطوط فشار بر روی دریای خزر فشرده‌تر شده است. در این روز یک کم‌فشار گسترده در شرق دریای مدیترانه تا دریای سرخ استقرار یافته و زبانه‌های این سامانه تا نیمه غربی کشور ایران کشیده شده است.



(ب)



(الف)

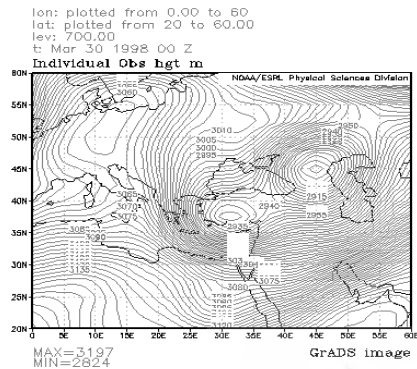
شکل ۳. الگوی هم‌دیدی فشار سطح دریا در روز ۲۹ مارس (الف) و ۳۰ مارس (ب) ۱۹۹۸ ساعت صفر

تداوم این سامانه در روز ۳۰ مارس و گسترش آن در سطح حوضه باعث ناپایداری هوا و نزول بارش شدید در بالادست است. در این روز، کم‌فشار روز قبل کاملاً به نیمهٔ شمالی ایران کشیده شده است. با توجه به آرایش منحنی‌های فشار، سراسر ایران در این روز تحت تأثیر این سامانهٔ ناپایدار قرار دارد. آمار ایستگاه باران‌سنجی ماسوله نیز نشان‌دهندهٔ بارش به میزان ۳۸ میلی‌متر (جدول ۳) در این روز است که تا دو روز بعد نیز البته با میزان کمتری تداوم دارد و حاکی از استقرار این سامانه در روزهای بعد از سیل در حوضه ماسوله است.

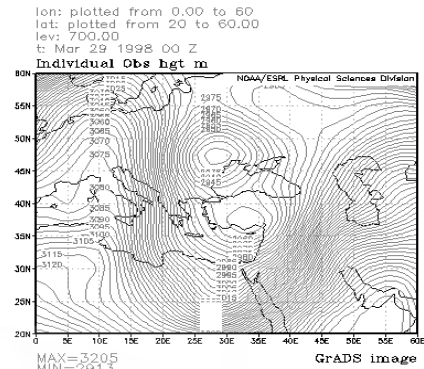
الگوی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکالی

بررسی نقشه‌های این تراز در روز ۲۹ مارس نشان‌دهندهٔ یک سامانهٔ کم‌ارتفاع با دو مرکز است. مرکز اصلی آن در شمال شرق دریای سیاه و مرکز فرعی آن در شرق دریای مدیترانه قرار گرفته است. ناوه ناشی از این سامانه تا مدار ۲۰ درجه شمالی در امتداد نصف‌النهار ۳۰ درجه شرقی کشیده شده است و امواج ناشی از این سامانه با عبور از روی دریای سرخ

تقریباً تمام ایران و به‌ویژه نیمه شمالی آن را تحت تأثیر خود دارند. در روز ۳۰ مارس، سامانه کم‌ارتفاع حاکم کاملاً به شرق کشیده شده و محور ناوه آن با ۱۰ درجه جابه‌جایی از روی نصف‌النهار ۳۰ درجه به نصف‌النهار ۴۰ درجه شرقی کشیده شده است. با انتقال رطوبت از روی مدیترانه به حوضه مطالعاتی و ناپایداری ناشی از این سامانه، شرایط لازم برای ایجاد بارش در سطح حوضه فراهم آمده است.



(ب)

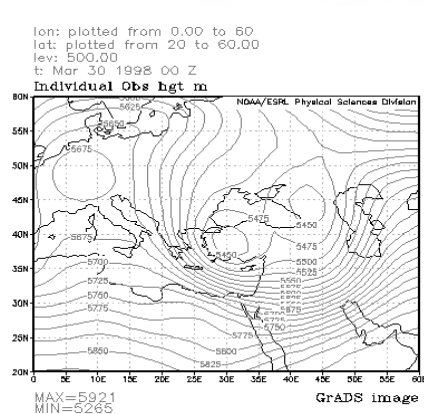


(الف)

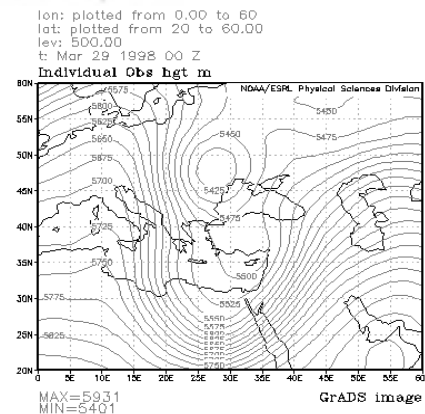
شکل ۴. الگوی آرایش تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال روز ۲۹ (الف) و ۳۰ مارس (ب) ۱۹۹۸ ساعت صفر

الگوی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکالی

شکل ۵ تصاویر مربوط به الگوی همیدی روز ۲۹ مارس، سامانه‌ای را نشان می‌دهد که از سطح زمین تا این تراز تداوم دارد. محور ناوه این سامانه به سمت عرض‌های جنوبی‌تر کشیده شده و در روز ۳۰ مارس مرکز کم‌ارتفاع شمالی از غرب دریای سیاه به غرب دریای خزر جابه‌جا شده، در حالی که مرکز جنوبی در همان موقعیت روز قبل تقویت شده و باعث کشیدگی این سامانه به سمت شمال غرب خزر شده است. در این روز، الگوی همیدی نشان‌دهنده فشردگی خطوط ارتفاع بر روی دریای خزر است. با توجه به ناپایداری هوا و انتقال رطوبت از منشأ مدیترانه به این حوضه، بارشی به میزان ۳۸ میلی‌متر در ایستگاه ماسوله ثبت گردیده است و انتظار می‌رود این مقدار در ارتفاعات بیشتر از این میزان باشد. در این روز سیل ایجاد شده و دبی ایستگاه کامدول به ۲۸/۶ مترمکعب بر ثانیه افزایش داشته است.



(ب)



(الف)

شکل ۵. الگوی همیدی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در روز ۲۹ (الف) و ۳۰ مارس (ب) ۱۹۹۸ ساعت صفر

سیلاب‌های نوع دوم

اطلاعات مربوط به این سیلاب‌ها نشان می‌دهد که میزان بارش در روز وقوع سیل اندک بوده و دبی ایستگاه‌های هیدرومتری نیز چندان بالا نبوده است. از آنجا که ۴۹ درصد سیلاب‌های حوضه در چنین شرایطی اتفاق افتاده‌اند، به نظر می‌رسد که در ایجاد این سیلاب‌ها نبود مدیریت هماهنگ و واحد حوضه بیشتر مشهود است. نمونه منتخب این سیلاب مربوط به ۳۱ ژوئیه ۱۹۹۸ (برابر ۹ مرداد ۱۳۷۷) است. برابر گزارش‌های رسمی در ساعت ۱۸ روز جمعه نهم مرداد ماه ۱۳۷۷ در مدت ۱۵ دقیقه چنان سیل مخربی در ماسوله رخ داد که از نظر شدت و میزان خسارت در سطح منطقه بی‌سابقه بوده است. سیل ماسوله براساس گزارش‌های رسمی ۵۴ نفر کشته و ۵ میلیارد و ۲۰۰ میلیون ریال خسارت به همراه داشته (کیهان، ۱۱ مرداد ۱۳۷۷) و در تاریخ سیلاب‌های استان گیلان بی‌سابقه است. بررسی بارش ایستگاه باران‌سنجی ماسوله نشان می‌دهد که در روز وقوع سیل، میزان بارش صفر بوده و فقط میزان ۲ میلی‌متر در روز قبل از سیل ثبت شده است. لذا با توجه به زمان تمرکز حوضه، احتمال وقوع سیل براساس بارش‌های یک روز قبل بعید بوده و شاید وقوع بارش در بالاتر از ایستگاه اتفاق افتاده و به دلیل فقدان ایستگاه ثبت بارش صورت نگرفته است. البته در روز بعد از سیل نیز بارش ۱۰ میلی‌متر به ثبت رسیده و بر این اساس وقوع بارش در حوضه‌های فرعی بالادست محتمل است.

جدول ۴. میزان دبی و بارش ایستگاه‌های حوضه ماسوله در تاریخ ۳۱ ژوئیه ۱۹۹۸ (۹ مرداد ۱۳۷۷)

میزان دبی روز وقوع سیل در ایستگاه کمادول (مترمکعب)		میزان بارش ایستگاه ماسوله (میلی‌متر)		
متوسط روزانه	حد اکثر لحظه‌ای	۱ روز قبل از سیل	روز سیل	۱ روز بعد از سیل
۲/۶	۹/۴	۲	۰	۱۰

بررسی داده‌های رسوب این واقعیت را روشن می‌کند که میزان بار رسوب این سیل برابر ۷۶۷/۲ تن در روز بوده و با توجه به فاصله محل وقوع سیل با ایستگاه هیدرومتری و مقایسه آن با سیلاب‌های ثبت شده در ۴ خرداد تا شهریور بیانگر بار جامد بیشتر و طغیانی بودن و وحشی بودن سیلاب است (جدول ۵).

جدول ۵. میزان دبی و رسوب ایستگاه کمادول در روز وقوع سیل و مقایسه آن با سیلاب‌های دوره گرم سال ۱۳۷۷

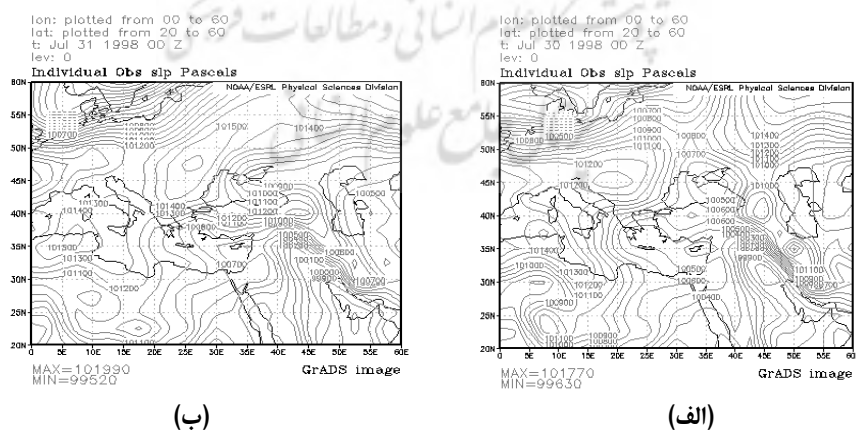
ماه	روز	دبی (مترمکعب بر ثانیه)	متوسط غلظت رسوب (میلی‌گرم در لیتر)	رسوب (تن در روز)
خرداد	۲۳	۱/۴۱	۲۵	۳/۰۵
تیر	۸	۲/۹۵	۲۲۰	۵۶/۰۷
تیر	۲۸	۱/۳	۲۵	۲/۸۱
مرداد	۶	۰/۸۵	۲۵	۱/۸
مرداد	۱۰	۱/۷۶	۵۰۴۵	۷۶۷/۲
مرداد	۲۱	۰/۸۷	۷۰	۵/۳
شهریور	۱۵	۷/۸۱	۲۶۵	۱۷۸/۸

در خصوص علل سیل مورد نظر، گزارش‌های متعددی از سوی کارشناسان و نهادهای ذی‌ربط ارائه گردیده، که در مبحث پیشینه تحقیق سیل ماسوله به آن پرداخته شده است. نکته مشترک تمام تحقیقات موردنظر تأکید بر غیرطبیعی بودن سیل، نقش عوامل انسانی و ساخت‌وسازهای غیراستاندارد در حوضه است.

بررسی نقشه‌های سینوپتیکی روزهای قبل تا تاریخ وقوع سیل، ویژگی‌های سیلاب موردنظر و غیرطبیعی بودن آن را به شکل ملموس‌تری نمایش می‌دهد. میزان متوسط روزانه و حداکثر لحظه‌ای سیل نیز به ترتیب ۲/۶ و ۹/۴ مترمکعب بر ثانیه در ایستگاه کمادول ثبت شده است، که در مقایسه با سیلاب‌های شدید حوضه بسیار اندک اما ابعاد خسارات آن بی‌سابقه است.

نقشه‌های سطح متوسط دریا

بررسی نقشه‌های تراز دریا (شکل ۶) در روز ۳۱ ژوئیه (روز وقوع سیل) و یک روز قبل از آن نشان می‌دهد که در این دو روز، حوضه مطالعاتی تحت تأثیر کم‌فشارهای محلی یا سامانه قوی‌تر مستقر در شمال شرق دریای سرخ قرار داشته است. زبانه‌های ناشی از کم‌فشار مستقر بر روی دریای سرخ با عبور از شرق مدیترانه، حوضه مطالعاتی را تحت تأثیر قرار داده است. در روز ۳۰ ژوئیه، پرفشار مستقر در شرق اروپا به سمت شرق منتقل شده و محور پشته این سامانه در امتداد نصف‌النهار ۴۵ درجه شرقی در حد فاصل دریای سیاه و خزر قرار گرفته و با تداوم تا سطح منطقه، ناپدیداری و بارش ثبت شده است. در این روز، میزان بارش ایستگاه باران‌سنجی ماسوله برابر دو میلی‌متر به ثبت رسیده است. در روز ۳۱ ژوئیه، سامانه موردنظر از منطقه خارج شده و حوضه ماسوله تحت تأثیر سامانه‌های چرخندی از سمت شمال‌غرب قرار گرفته است. در این روز در ایستگاه باران‌سنجی ماسوله بارش ثبت نشده اما نزول بارش در روز قبل و بعد از وقوع سیل احتمال وقوع رگبارهای کوتاه‌مدت را در بالادست حوضه با توجه به نقشه‌های سطح زمین تأیید می‌کند.

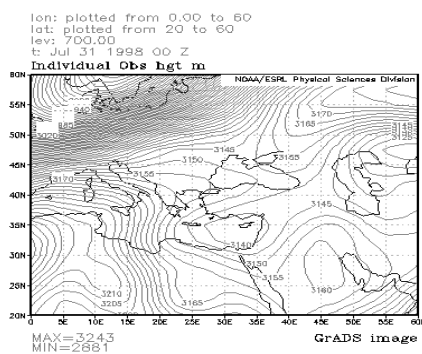


شکل ۶. الگوی همیدی فشار در سطح دریا در روز ۳۰ (الف) و ۳۱ ژوئیه (ب) ۱۹۹۸ ساعت صفر

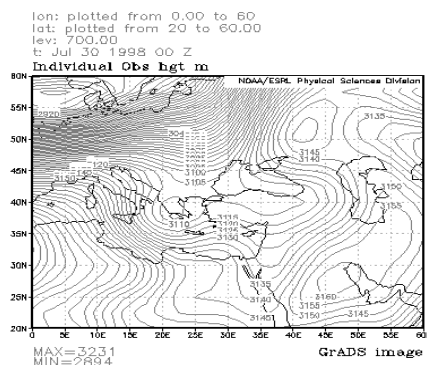
تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال

بررسی خطوط ارتفاعی این سطح (شکل ۷) نشان می‌دهد که تراکم خطوط ارتفاعی بر روی منطقه مطالعاتی بسیار اندک است و الگوی همیدی باران‌زایی مشاهده نمی‌گردد. در روز ۳۰ ژوئیه، سامانه چرخندی مستقر بر روی اقیانوس اطلس

تا شمال اروپا گسترش یافته است و زبانه‌های این سامانه با عبور از روی دریای سیاه باعث ناپایداری و بارش شده‌اند. اما در روز ۳۱ ژوئیه، سامانه مذکور از منطقه خارج گردید و در نتیجه شرایط حاکم بر منطقه حاکی از پایداری هواست. بر این اساس، بارشی هم در این روز ثبت نشده است.



(ب)

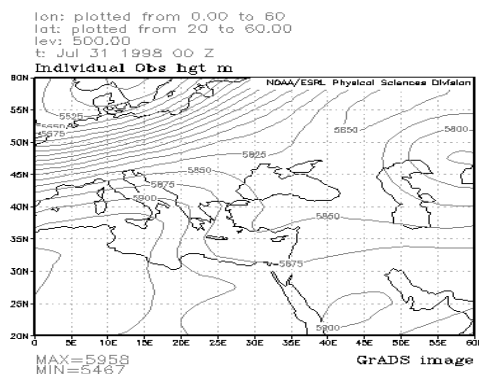


(الف)

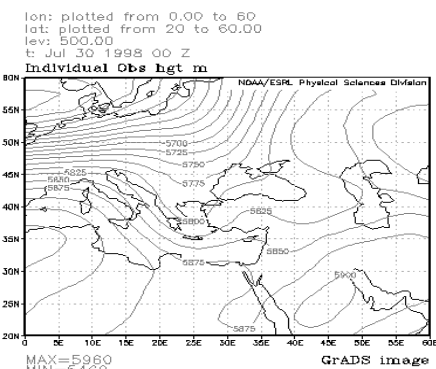
شکل ۷. الگوی همدیدی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال در روز ۳۰ (الف) و ۳۱ ژوئیه (ب) ۱۹۹۸ ساعت صفر

الگوی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

در این سطح، الگوی سینوپتیکی حاکم با سطح ۷۰۰ هکتوپاسکال تفاوت چندانی ندارد. در روز ۳۰ ژوئیه، یک سامانه پراتفاح در شمال خلیج فارس استقرار یافته است. این سامانه با منحنی ۵۸۸ هکتوپاسکال بسته شده است و زبانه‌های آن کشیدگی و نفوذ به سمت شمال را نشان می‌دهد. در روز ۳۱ ژوئیه، الگوی حاکم با روزهای قبل تفاوت داشته است و حوضه ماسوله تحت تأثیر دو سامانه متفاوت قرار دارد. در شمال شرق، آن سامانه کم‌ارتفاع تا شمال خزر کشیده شده است و بخشی از شمال خزر را تحت تأثیر دارد. سامانه دیگری در غرب حوضه در حد فاصل دریای سیاه و خزر، استقرار پراتفاح را با کشیدگی نصف‌النهاری نشان می‌دهد. این سامانه باعث بلوکه شدن کم‌ارتفاع حاکم بر اروپای غربی و هدایت و انحراف امواج ناشی از آن به سمت عرض‌های جنوبی‌تر شده و در نتیجه شرایط پایدار در حوضه مطالعاتی حاکم بوده و عملاً بارش نیز کاهشی نداشته است.



(ب)



(الف)

شکل ۸. الگوی همدیدی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در روز ۳۰ ژوئیه (الف) و ۳۱ ژوئیه (ب) ۱۹۹۸ ساعت صفر

نتیجه گیری

بررسی داده‌های ایستگاه‌های هیدرومتری و هواشناسی، گزارش‌ها و اسناد موجود نشان می‌دهد که حدود ۵۰ درصد سیلاب‌های حوضه در موقعی اتفاق می‌افتد که بارش کم و حتی میزان دبی در ایستگاه کمادول از میانگین سالانه کمتر است. در ۱۴ مورد از سیلاب‌ها، میزان دبی کمتر از متوسط دبی سالانه بوده است. میزان بارش روزانه ۶۱ سیل منتخب نیز متغیر است. در ۳۱ مورد بالای ۱۰ میلی‌متر و در ۳۰ مورد کمتر از این میزان و فقط در ۹ مورد بارش بالای ۲۰ میلی‌متر ثبت شده است. بر این اساس، نتیجه بررسی‌ها نشان‌دهنده این واقعیت است که:

- بارش به تنهایی عامل ایجاد سیل نیست، بلکه عوامل دیگری نیز دخالت دارند. عامل اصلی خرابی‌ها و خسارت‌ها فقدان مدیریت واحد در سطح حوضه و تأثیر عوامل مختلف در این امر است. آمار مربوط به میزان بار رسوب برخی سیلاب‌ها بیانگر میزان تخریب در بالادست و دستکاری در آن است.
- تمام بارش‌های منجر به سیل حوضه در اثر استقرار سامانه‌های چرخندی در سطوح میانی و بالای جو، به‌ویژه ۵۰۰ هکتوپاسکال به‌وجود آمده‌اند.
- زمانی که آرایش توپوگرافی سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان‌دهنده استقرار یک سامانه کم‌ارتفاع در بالاتر از مدار ۴۰ درجه بر روی دریای سیاه گردد و در سطح زمین نیز یک واچرخند نه چندان قوی بر روی دریای سیاه قرار گیرد، با انتقال هوای سرد به سمت حوضه باعث رخداد بارش می‌گردد.

منابع

- Abdollahi, A., 2001, **Hydro-climatology of Masoule Catchments**, Azad University, Najafabad Unit.
- Aleahmad, M., 1995, **Synoptic Analysis of Wave Resulting from Caspian Sea Storms**, MS.c thesis, Geophysics Inst, Tehran University.
- Bagheri, S., 1993, **Synoptic Analysis of Flooding Systems in North of Iran**, MS.c thesis, Geophysics Inst Tehran University.
- Brent Yarnal and Brent Frakes, 1997, **Using Synoptic Climatology to Define Representative Discharge Events**, International Journal of Climatology, 17:323-341.
- Golparnian, T., 2003, **Analysis of Synoptic Pattern of Gorganrood Floods**, Quarterly of Sarzamin, year 1, No. 2.
- Guilan Province Office, Unexpected Event Sector, 2001, **Master plane of Guilan Flood Control**.
- Guilan Regional Water Company, 1998, Preserving and engineering Dept. of river and coastal zone.
- Guilan Regional Water Company, 2004, Surface water sector, **Recharge Data for Komadoul and Chomesghal Stations**.
- Ray K. Linsley, Max A. kohler, Joseph L. H. Paulhus, MC., **Hydrology For Engineers, SI Metric Edition**,
- Iran Meterological Organization, Road and Transportation Ministry, 1980-2002, **Meteorological Yearbook**.

- Iran Meteorological Organization, Road and Transportation Ministry, **Meteorological Yearbook**, Documents center, Synoptic maps from 1995-2002.
- Jihad-e-Agriculture of Guilan, 1999, **Zonation of Flooding Potential of West Catchments of Guilan province**, Watershed Management Sector.
- Khan Nazar, H. & et al., 1998, **Review of Factors Making Flood in Historical City of Masoule**, Page 2.
- Khoshhal, D. J., 1997, **Analysis and Presenting of Climatologically Synoptic Models for Rain more than 100 mm in South Coasts of Caspian Sea**, Ph.D. thesis, Tarbiat Modares University, abstract.
- Kidson, 1997, **The Utility of Surface and upper Air Data in Synoptic Climatological Specification of Surface Climatic Variables**, International journal of Climatology, 17, (4): 399-413.
- Konrad, CE., 1997, **Synoptic-Scale Features Associated with Warm-Season Heavy Rainfall over the Interior South Eastern United States**, Weather and Forecasting, 2(3).
- Lackmann, GM. And Gyakam, JR., 1994, **The Synoptic Scale and Planetary-scale Signatures of Precipitation Systems over the Mackenzie River Basin Atmosphere-Ocean**, 34, (4):647-674.
- Ministry of Power, 1961-1998, **Daily Recharge Data for Masoule River**.
- Gholipour, M., 1999, **The Story of Synoptic Climatology of North of Iran**, B.A. Thesis, Azad University, Tehran North Unit, Physics Dept., Abstract.