

الگوهای سینوپتیکی سیلاب‌های رودخانه گرگان

بهلول علیجانی

استاد نیمه وقت دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات

طواق گل پرنیان

فارغ التحصیل دوره دکتری دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات



چکیده

به منظور شناسایی الگوهای سینوپتیکی سیلاب‌های حوزه گرگانرود در استان گلستان دبی‌های سیلابی روزانه در دوره ۷۷-۱۳۴۷ براساس افزایش ناگهانی دبی رودخانه به تفکیک ماه استخراج شد. از میان آن‌ها نیز شدیدترین و فراگیرترین سیلاب هر ماه (۵۰٪ ایستگاه‌ها سیلابی باشند) انتخاب شد و با بررسی نقشه‌های سینوپتیکی مربوط به این سیلاب‌ها، الگوهای حاکم شناسایی و طبقه بندی گردید. نتایج این مطالعه نشان داد که چهار الگوی عمده سیکلونی، آنتی سیکلون غربی، جبهه گرم و جبهه سرد محلی مهمترین الگوهای تولید سیلاب هستند.

واژگان کلیدی: الگوهای سینوپتیکی، سیلاب‌ها، الگوهای فشار و سیلاب‌ها، استان گلستان، رودخانه گرگان.

مقدمه

سیل در حقیقت افزایش ارتفاع آب رودخانه و بیرون زدن آب از آن و اشغال بخشی از دشت‌های حاشیه رودخانه می‌باشد که می‌تواند با غرقاب کردن منطقه، باعث وارد آمدن خسارت به ساختمان‌ها و تاسیسات عمومی و سرویس‌های خدماتی شده و تلفات انسانی و دامی و غیره را به همراه داشته باشد (مهدوی، ۱۳۷۶). این پدیده کم و بیش در تمام نقاط جهان اتفاق می‌افتد به طوری که طبق یک برآورد جهانی، سیل باعث ۴۰٪ مصائب طبیعی است (وزارت نیرو، ۱۳۷۷).

فراوانی وقوع سیل در ایران از ۳۹ مورد در سال ۱۳۵۰ به ۲۷۶ مورد در سال ۱۳۷۷ افزایش یافته است. تعداد سیل‌های به وقوع پیوسته در استان گلستان نیز سیر صعودی داشته است. در بررسی آمار ۴۰ ساله دبی روزانه رودخانه گرگان در ایستگاه قزاقلی در ۵ سال اول، ۳۱ مرتبه و در دوره‌های بعدی به ترتیب ۴۵، ۵۵، ۷۰ و ۸۰ سیل در هر دوره به ثبت رسیده است. فاجعه‌بارترین سیل استان در سال ۱۳۸۰ رخ داد که در اثر آن صدها تن از هموطنان جان خود را از دست داده و بیش از ۶۱۸۵۰۰ میلیارد ریال خسارت مالی به بار آمد (مساعدی، ۱۳۸۰).

استان گلستان با توجه به اقلیم خشک و نیمه‌خشک و گستردگی اراضی مستعد در مناطق میانی و شمالی و به دلیل تعدد رودخانه‌ها و تمرکز روستاها در حاشیه آن - که عموماً به دلیل نیاز به آب در این مناطق استقرار یافته‌اند - صدمات بیشتری در هنگام وقوع سیلاب متحمل می‌گردد (ستاد حوادث غیرمترقبه، ۱۳۸۰). چرا که در محدوده استان ۴۰ رودخانه وجود دارد که سالانه ۱۲۳۵ میلیون متر مکعب آب در آن‌ها جریان دارند و در حدود ۶۵ درصد آن‌ها به صورت سیلابی است. بنابراین سیلاب و کنترل آن اهمیت ویژه‌ای دارد (وزارت نیرو، ۱۳۷۷).

افراد متعددی در مورد عوامل سینوپتیک سیل مطالعه کرده‌اند که در بسیاری از آن‌ها کم فشار جبهه‌ای عامل موثر در وقوع بارش شدید است (Turkes, 1998; Rocheete, 1996; Maddox, 1979; Kahan, 2001).

یارنال (Yarnal, 1997) معتقد است توفان‌هایی که از اقیانوس اطلس تغذیه می‌شوند، نقش مهمی در طغیان رودخانه ساسکوانا ایفا می‌نمایند.

سنسی (Senesi, 1996) نیز توفان‌های سیلاب ناگهانی ۲۲ سپتامبر ۱۹۹۶ فرانسه را بررسی کرد و نتیجه گرفت که عامل وقوع آن، بارش مداوم حاصل از سردچال و همرفت متمرکز شده در یک ناحیه محدود است. همچنین نقش توپوگرافی در شروع سیلاب ناگهانی را آکادا (Acaeda, 1995) مطالعه کرد و دریافت که حضور رشته کوه باعث همرفتی طولانی مدت و حرکت آرام سیکلون‌ها شده و بارش سنگین ایجاد می‌کند. نتایج بررسی دایان (Dayan, 1983) نیز نشان داد که جابجایی محور رودباد در ایجاد رگبارهای سنگین مجاور دریاچه ناصر (در کشور مصر) مؤثر است.

درباره ریشه‌های سینوپتیک سیلاب‌ها و رگبارهای ایران نیز مطالعاتی انجام شده است. برای نمونه تقی زاده (۱۳۶۶) سیل بخش مرکزی ایران در پاییز ۱۳۶۵ را با استفاده از نقشه‌های سطوح زمین و ۵۰۰ هکتوپاسکال مطالعه کرد و دریافت که ورود کم فشار حرارتی سودان عامل ایجاد آن است. همچنین حجتی زاده (۱۳۸۱) در بررسی سیلاب رودهای دامنه غربی زاگرس (حوزه‌های کرخه و کارون - دز) و پرند خوزانی (۱۳۷۸) در بررسی حوزه دالکی به همین نتیجه رسیده است. اما از نتایج مطالعه نصیری (۱۳۷۸) چنین بر می‌آید که بارش حوزه دز تحت تاثیر کم فشار سودانی و حوزه کرخه در اثر کم فشار مدیترانه‌ای و ادغام هوای گرم حاره به درون آن است.

جدول ۱: فراوانی ماهانه سیلاب در حوزه گرگانرود

شماره	ایستگاه	ماه		مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مجموع
		طول دوره	تنگراه													
۱	تنگراه	۴۷-۷۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۱	۱۷	۱۱	۳	۲	۱	۱	۴۷
۲	گالیکش	۴۷-۷۷	۰	۰	۱	۱	۱	۲	۱۰	۱۰	۱۸	۳	۳	۳	۱	۵۲
۳	حاجی قوشان	۶۲-۷۷	۹	۴	۸	۱	۱	۱	۴	۱۳	۵	۲	۲	۱۱	۵	۶۴
۴	گنبد	۴۷-۷۷	۹	۶	۶	۱۰	۶	۶	۹	۶	۷	۶	۸	۶	۱۲	۹۶
۵	اراز کوسه	۵۲-۷۷	۶	۱۲	۲۱	۱۵	۱۱	۱۱	۱۰	۷	۲۵	۱۰	۵	۹	۱۰	۱۴۳
۶	رامیان	۴۷-۷۷	۳	۲	۱	۱	۱	۳	۱۶	۲۰	۱۱	۰	۱	۱	۵	۶۲
۷	سالیان تپه	۵۳-۷۷	۳	۶	۷	۵	۵	۵	۱۴	۷	۲۱	۶	۲	۲	۵	۸۷
۸	آق قلا	۴۷-۷۷	۲۰	۱۸	۱۱	۱۶	۱۶	۲۰	۲۱	۳۰	۲۱	۱۰	۸	۱۲	۱۳	۱۸۷

سبزی پرور (۱۳۷۰) عامل اصلی را تشدید و توقف سیستم‌های فشار در سطوح زمین تا ۵۰۰ هکتوپاسکال شناسایی نمود. این وضعیت در مورد سیل‌های شمال ایران توسط باقری (۱۹۷۲) تایید شده است. بابائیان و همکاران (۱۳۸۰) الگوی سینوپتیک سیل مرداد ماه تابستان ۱۳۸۰ استان گلستان را با استفاده از نقشه‌های سطوح زمین و ۵۰۰ هکتوپاسکال مطالعه کردند و نتیجه گرفتند که جابجایی و اچرخند جنب حاره‌ای به شمال اروپا، کسب تاوایی توسط جریانات سطح میانی جو به دلیل جابجایی نصف النهاری قابل ملاحظه، حرکت هوای سرد عرض‌های شمالی به سمت دریای خزر، تقویت کم فشار حرارتی در نواحی مرکزی و جنوب کشور و تاوایی کوهستانی دلایلی هستند که موجب بارندگی سنگین و سیل‌آسا توسط سیستم مذکور در استان‌های خراسان و گلستان گردید. وی همچنین در بررسی سیلاب ۲۹ تیر ۱۳۸۱ دریافت که وجود ناوه در سطوح فوقانی با جریان شمالی سطح زمین در روی دریای خزر و وجود کم فشار سطح زمین در دامنه جنوبی البرز برای بروز آن مؤثر است. بنابراین بررسی مطالعات گذشته نشان داد که کار تحقیقی جامع و دقیقی در مورد الگوهای فشار بوجود آورنده سیلاب‌های رود گرگان انجام نشده است. این تحقیق سعی دارد که این مسأله را بررسی کند.

داده‌ها و روش کار

این تحقیق در حوزه رودخانه گرگان (یکی از سه رودخانه استان گلستان) با وسعتی معادل ۱۲۶۰۰ کیلومتر مربع و در موقعیت جغرافیائی ۵۴°-۰۰' الی ۲۹°-۵۶' طول شرقی و ۳۶°-۳۶' تا ۴۷°-۳۷' عرض شمالی (شکل ۱) به شرح زیر انجام شد.

۱- آمار دبی جریان ایستگاه‌ها (۲۹ ایستگاه آسنجی و ۴۴ ایستگاه بارانسنجی) در دوره ۷۷-۱۳۴۷ از سازمان تحقیقات منابع آب (تماب) تهیه شد.

۲- روزهایی که طبق تعریف هیدرولوژیکی سیل، دبی جریان رودخانه افزایش ناگهانی داشت استخراج

شد.

جدول ۲: ویژگی سیلاب‌های انتخابی

ردیف	سیلاب‌های انتخاب شده	روزهای بارش	ایستگاه دارای بیشترین بارش ۲۴ ساعته برحسب میلیمتر	ایستگاه دارای بیشترین مجموع بارش در دوره سیلاب برحسب میلیمتر	ایستگاه دارای حداکثر دبی ۲۴ ساعته برحسب متر مکعب در ثانیه	سیستم‌های تاثیرگذار
۱	مهر ۱۳۷۵	۲۴-۲۵	غفارحاجی (۵/۳۷)	پیشکمر (۵/۶۸) در شمال شرق حوزه	حاجی قوشان (۶۰)	آنتی سیکلون غربی
۲	آبان ۱۳۶۸	۸-۷	پیشکمر (۱۴) در شمال شرق حوزه	پیشکمر (۵/۳۰) در شمال شرق حوزه	ارازکوسه (۹۵) در مرکز و تمر (۹۵)	آنتی سیکلون غربی
۳	آذر ۱۳۶۲	۲۱-۲۲	لزوه (۷۸) در جنوب حوزه	غفارحاجی (۱۲۹) در غرب حوزه	وشمگیر (۸۰/۷۷) در مرکز	آنتی سیکلون غربی
۴	دی ۱۳۷۲	۲۸-۲۷	رامیان (۵۵) در جنوب حوزه	رامیان (۵/۹۲) در جنوب حوزه	آق قلا (۱۵۲)	سیکلونی
۵	بهمن ۱۳۵۷	۲۸-۲۹	نوده (۵۷) در جنوب حوزه	پس پشته (۵/۱۰۷) در جنوب	آق قلا (۱۸۵)	آنتی سیکلون غربی
۶	اسفند ۱۳۵۲	-	--	--	آق قلا (۳۰۲)	جبهه گرم
۷	فروردین ۱۳۶۶	۱۱-۱۲	لزوه (۷۹) در جنوب حوزه	پس پشته (۱۷۷) در جنوب حوزه	بصیرآباد (۲۲۲)	سیکلونی
۸	اردیبهشت ۱۳۷۱	۲۳-۲۴	زردچگل (۱۲۶) در جنوب غرب	پس پشته (۱۶۸) در جنوب حوزه	قزاقلی (۳۶۸)	آنتی سیکلون غربی
۹	خرداد ۱۳۵۷	۱۲	قلی تپه (۶۴) در جنوب حوزه	پس پشته (۷۰) در جنوب حوزه	آق قلا (۲۴۵)	آنتی سیکلون غربی
۱۰	تیر ۱۳۵۳	۲۳-۲۴	نوده (۳۳) در جنوب حوزه	نوده (۶۸) در جنوب حوزه	قزاقلی (۵۲)	آنتی سیکلون غربی
۱۱	مرداد ۱۳۷۷	۲-۳	گالیکش (۱۸۸) در جنوب حوزه	گالیکش (۳۵۳) در جنوب حوزه	گنبد (۲۷۱)	جبهه سرد محلی
۱۲	شهریور ۱۳۷۷	۲۰-۱۹	کیودوال (۱۰۶) در جنوب غرب حوزه	کیودوال (۱۰۶) در جنوب غرب حوزه	آق قلا (۱۳۰)	جبهه سرد محلی

۳- فراوانی ماهانه سیلاب‌ها در ایستگاه‌های اصلی بررسی شد.

۴- از هر ماه یک سیلاب شدید (بالاترین دبی) و فراگیر (۵۰٪ ایستگاه‌ها سیلابی باشد) انتخاب شد.

۵- نقشه‌های هوای سطح زمین و سطح ۵۰۰ هکتو پاسکال ساعت صفر گرینویچ (یک روز قبل از شروع سیل تا روز فروکش سیل) سیلاب‌های انتخاب شده تهیه و مورد مطالعه قرار گرفتند.

۶- الگوهای سینوپتیکی حاکم در وقوع سیلاب‌های حوزه شناسایی شد.

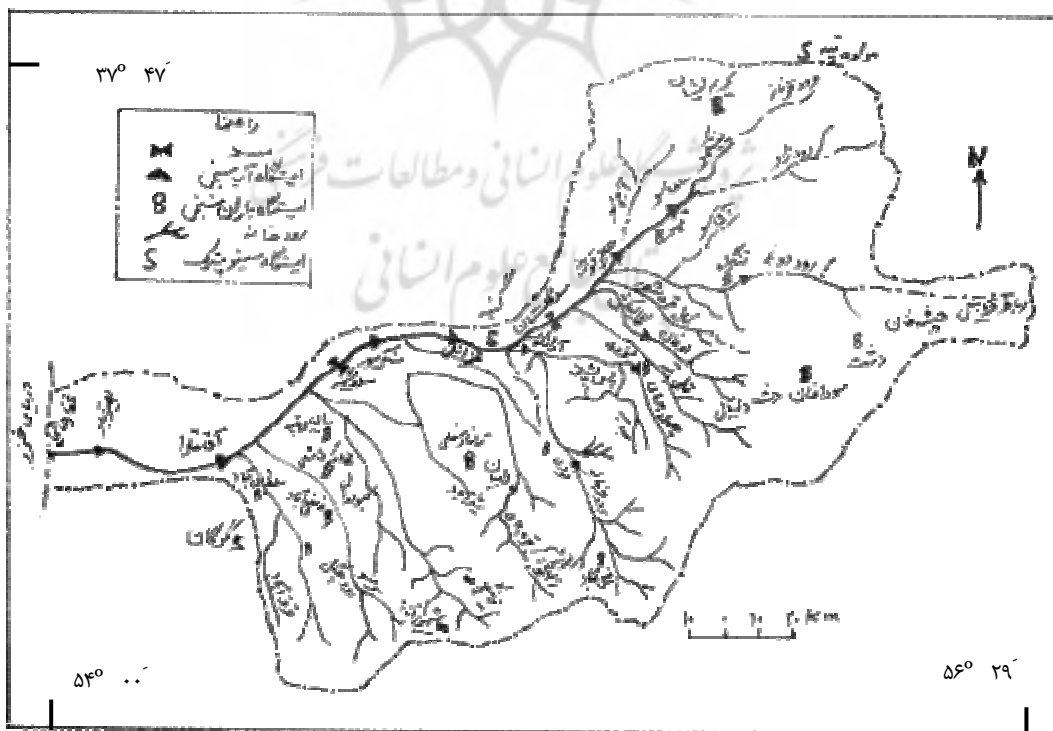
نتایج

با بررسی آمار دبی روزانه ایستگاه‌های دبی‌سنجی حوزه گرگانود، سیلاب‌های روزانه استخراج شد و فراوانی ماهانه آن‌ها مشخص گردید (جدول ۱). نتایج جدول نشان می‌دهد که بیشترین سیلاب این حوزه در

ماه‌های فروردین و اردیبهشت بوجود می‌آید. بیشترین فراوانی وقوع سیلاب اردیبهشت ماه در ایستگاه دبی‌سنجی آراز کوسه (۲۸مورد) و فروردین ماه در ایستگاه دبی‌سنجی آق قلا (۲۵ مورد) مشاهده شده است. همچنین کمترین سیلاب در ایستگاه دبی‌سنجی تنگراه (۴۷ مورد در شرق حوزه) و بیشترین سیلاب در ایستگاه دبی‌سنجی آق قلا (۱۸۷ مورد در غرب حوزه) به وقوع پیوسته است.

با استفاده از سیلاب‌های ماهانه، از هر ماه یک سیلاب شدید و فراگیر انتخاب شد. بعد از تهیه و تفسیر نقشه روزهای سیلابی، الگوهای فشار حاکم شناسایی گردیدند (جدول ۲). بررسی ویژگی سیلاب‌های حوزه رودخانه گرگان نشان داد که در سال‌های اخیر (دهه ۷۰) بر تعداد و شدت سیلاب‌های حوزه مطالعه افزوده شده است. بالاترین بارش ۲۴ساعته و مجموع بارش سیلاب حوزه در مردادماه ۱۳۷۷ در ایستگاه باران‌سنجی گالیکش به ترتیب ۱۸۸ و ۳۵۳ میلی‌متر گزارش شده است. همچنین در سیلاب‌های اردیبهشت ماه ۱۳۷۱ (زردچگل، ۱۲۶ میلی‌متر) و شهریور ۱۳۷۷ (کبودال، ۱۰۶ میلی‌متر) نیز بارش ۲۴ساعته نسبتاً بالایی ثبت شده است. همینطور ایستگاه‌های باران‌سنجی نوده (در سیلاب‌های تیرماه ۱۳۵۳ و بهمن ماه ۱۳۵۷) و لزوه (در سیلاب‌های آذرماه ۱۳۶۲ و فروردین ماه ۱۳۶۶) از نظر بالاترین بارش ۲۴ساعته، بیشترین فراوانی را داشته‌اند. بنابراین در اکثر سیلاب‌ها بیشترین بارش در ایستگاه‌های باران‌سنجی جنوب و جنوبغرب حوزه باریده است.

مطالعه دبی جریان سیلاب‌ها نیز نشان داد که بالاترین دبی ۲۴ساعته حوزه در سیلاب اردیبهشت ماه ۱۳۷۱ در ایستگاه دبی‌سنجی قزاقلی (۳۶۸ متر مکعب در ثانیه) در مرکز حوزه ثبت شده است. همچنین ایستگاه دبی‌سنجی آق قلا (در غرب حوزه) در ۵ مورد از سیلاب‌ها بالاترین دبی ۲۴ساعته را داشته است. از بررسی سیستم‌های مسئول در سیلابی شدن حوزه نیز معلوم می‌شود که آنتی‌سیکلون‌های غربی با حضور در فصل پاییز و بهار، سیلاب‌های فراوان (۷ مورد) و شدیدتری (اردیبهشت ۱۳۷۱) را تولید می‌کنند. همچنین جبهه سرد



شکل ۱. حوزه آبخیز رودخانه گرگان

جدول ۳: مقادیر بارش در سیلاب دی ۱۳۷۲

تاریخ	تاریخ	تاریخ	تاریخ	تاریخ	تاریخ	تاریخ	تاریخ	تاریخ	تاریخ
۷۲/۱۰/۲۸	۷۲/۱۰/۲۷	۷۲/۱۰/۲۶	۷۲/۱۰/۲۸	۷۲/۱۰/۲۷	۷۲/۱۰/۲۶	۷۲/۱۰/۲۸	۷۲/۱۰/۲۷	۷۲/۱۰/۲۶	۷۲/۱۰/۲۸
۹	۲۰/۵		زیرینگل	۱۵	۲۵	۲۴/۵		تنگراه	۱
۹	۲۶		سالیان تپه	۱۶		۱۲		رباط قره بیل	۲
۲۱	۶	۱۲	دشت دانیال	۱۷	۱۴	۱۴		چشمه خان	۳
۱۶	۱۰	۴	تقی آباد	۱۸	۸	۱۷		تمر	۴
۱۲	۳۵		آق قلا	۱۹	۱۹	۲۳		گالیکش	۵
۱	۱۸		سوداغان	۲۰	۷	۳۲		گنبد	۶
۱۶/۵	۱۴/۵	۲	فاضل آباد	۲۱	۲۴	۲۵/۵		لزوه	۷
۷/۲	۲۲	۲	غفار حاجی	۲۲	۱۵	۲۰		بهلکه داشلی	۸
۱۰	۱۰		تیل آباد	۲۳	۳۲	۳۸		پس پشته	۹
۲۸			کبودوال	۲۴	۳۵	۴۴		نوده	۱۰
۳۸	۲۱		سرمو	۲۵	۸/۵	۲۸	۴	اراز کوسه	۱۱
	۱۳	۵۰	خوش بیلاق	۲۶	۱۶	۱۴	۲	سلطان آباد	۱۲
	۲۴/۵		لاله باغ	۲۷	۵۵	۳۷/۵		رامیان	۱۳
۱۲/۹۰	۲۰	۱۴	وشمگیر	۲۸	۱۲	۲۹/۵	۶	قزاقلی	۱۴

محلی و سیکلونی به ترتیب در ایجاد سیلاب‌های فصل تابستان و زمستان نقش مهمی دارند.

نقشه‌های هوا

بررسی و مقایسه نقشه‌های سطوح زمین و ۵۰۰ هکتوپاسکال ساعت صفر گرینویچ روزهای سیلاب‌های انتخابی الگوهای سیل‌زا در حوزه گرگان‌رود، نشان دادند که عامل اصلی سیلاب‌های حوزه رود گرگان سیستم‌های فشار هستند. عمده‌ترین سیستم‌های مؤثر در سیلاب‌ها عبارتند از: الگوی سیکلونی، الگوی آنتی سیکلون غربی، الگوی جبهه گرم و الگوی جبهه سرد محلی. در زیر برای هر کدام از این الگوها یک سیستم معرف و حاکم در روز اوج بارش سیلاب شرح داده می‌شود.

سیکلون‌ها

نمونه معرف این الگو سیلاب دی‌ماه ۱۳۷۲ است. بارش این سیلاب به صورت پراکنده از روز ۲۶ دی شروع شد. در این روز فقط ایستگاه خوش بیلاق بارش بالایی داشت. اما روزهای ۲۷ و ۲۸ دی اکثر ایستگاه‌های باران سنجی بارش شدیدی را گزارش داده‌اند (جدول ۳). به طوری که در اکثر ایستگاه‌ها مانند ایستگاه رامیان ۱۰۰ درصد بارش دراز مدت دی‌ماه در این دو روز باریده است (شکل ۲). روز ۲۷ دی در اکثر ایستگاه‌های باران سنجی روز اوج بارش بود اما در روز ۲۸ دی تنها در چند ایستگاه بارندگی بالا ثبت شده است. در این سیلاب،

ایستگاه رامیان بالاترین بارش ۲۴ ساعته و مجموع بارش سیلاب را دریافت نموده است. همچنین تمرکز بارش در بخش جنوبی حوزه بوده است (جدول ۳).

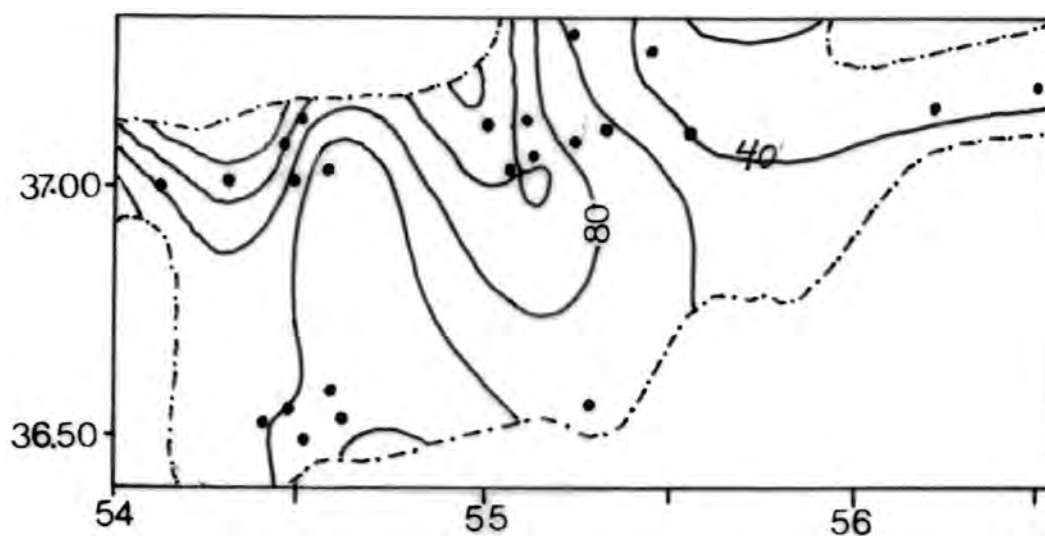
سیلاب این بارش در اکثر ایستگاه‌های دبی‌سنجی از روز ۲۷ دی شروع شد. اما در ایستگاه آق قلا (آخرین ایستگاه دبی‌سنجی) از روز ۲۹ دی شروع شد. در این روز در ایستگاه‌های دبی‌سنجی ارازکوسه، رامیان و گالیکش افزایش ناگهانی دبی جریان مشاهده می‌شود اما در روز ۲۸ دی اکثر ایستگاه‌های دبی‌سنجی سیلابی بودند. همچنین سیلاب در اکثر ایستگاه‌ها به‌طور نامنظم بین روز ۲۷ تا آخر دی به اوج خود رسید. اما در ایستگاه دبی‌سنجی آق قلا (آخرین ایستگاه حوزه) بالاترین دبی جریان در روز اول بهمن ثبت شده است. در این سیلاب بالاترین دبی در ایستگاه دبی‌سنجی آق قلا و کمترین دبی جریان در ایستگاه دبی‌سنجی حاجی قوشان گزارش شده است (جدول ۴).

باتوجه به اینکه بارش روزهای ۲۷ و ۲۸ دی سبب این سیلاب شده است، نقشه‌های هوای این روزها بررسی شدند.

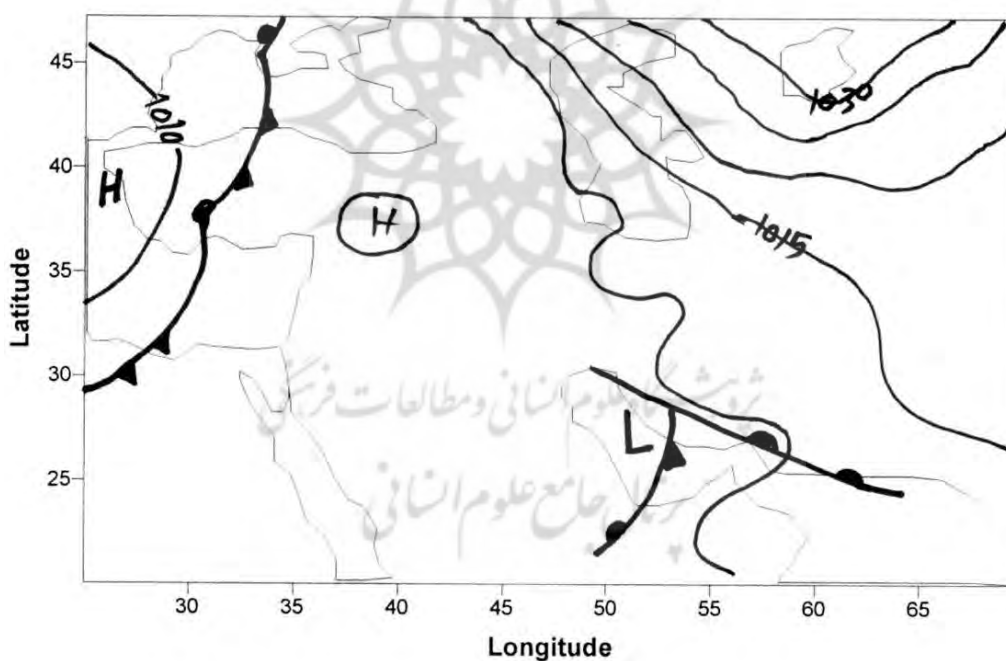
در روز ۲۶ دی در سطح زمین (شکل ۳) یک سیکلون در غرب ایران قرار دارد و زبانه پرفشار سیبری تا مرکز دریای خزر گسترش یافته است به طوری که منطقه تحت نفوذ هیچ کدام از این سیستم‌ها قرار ندارد. در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز (شکل ۴) فرازی قوی بر منطقه تسلط دارد. در نتیجه بارش منطقه بسیار کم است. اما در روز ۲۷ دی سیکلون غرب کشور به منطقه مطالعه رسیده و سبب بارش‌های شدید در اکثر ایستگاه‌ها گردیده است. همانطور که از شکل ۵ پیداست ظرف ۲۴ ساعت گذشته سیکلون از منطقه عبور کرده است. بنابراین پرفشار سیبری از شمال شرق دریای خزر و از روی دریاچه آرال به طرف جنوب غرب پیشروی کرده و به صورت یک مانع باعث انحراف کم-فشارهایی شده است که از شمال غرب اروپا به طرف شرق در حال حرکت بوده‌اند (شکل ۳). در نتیجه، این سیستم‌ها مجبور شدند مسیر خود را به طرف عرض‌های پایین تغییر دهند و از شمال غرب دریای خزر مسیری طولانی را طی نمایند (جهانبخش، ۱۳۷۸). پرفشار همراه

جدول ۴: مقادیر دبی جریان در ایستگاه‌های حوزه گرگانرود در سیلاب دی ۱۳۷۲

تاریخ	تاریخ							ایستگاه
	۷۲/۱۰/۲۶	۷۲/۱۰/۲۷	۷۲/۱۰/۲۸	۷۲/۱۰/۲۹	۷۲/۱۰/۳۰	۷۲/۱۱/۱	۷۲/۱۱/۲	
۱	۰/۹۰	۱/۶۳	۵/۸۲	۲/۲۲	۲	۲	۱/۷۶	تنگراه
۲	۲/۴۵	۵/۴۴	۸/۶	۵/۰۱	۴/۶	۵/۰۱	۴/۶	گالیکش
۳	۱/۲۰	۱/۷۸	۳/۲۴	۳/۸۳	۲/۸۳	۳/۳۶	۱/۷۸	حاجی قوشان
۴	۹/۱۶	۱۱/۵۰	۲۶/۶۰	۲۹/۷۰	۲۰	۱۹/۲۵	۱۶/۵۰	گنبد
۵	۵۰/۵	۹۰/۴۳	۴۰/۷۰	۴۰/۲۶	۴۰/۱۶	۶۰/۲۶	۳۰/۱۵	ارازکوسه
۶	۰/۰۱	۱۲/۴۰	۹/۹۶	۳/۴۹	۲/۵۹	۳/۴۹	۱/۹۰	رامیان
۷	۵/۵۲	۶/۶۴	۱۳/۳۰	۲۲/۷۳	۲۶/۴۰	۱۱/۱۱	۱۰/۵۵	سالیان تپه
۸	۱۷/۱۰	۱۷/۹۶	۲۴/۱۸	۶۷/۸۶	۱۲۶/۷۰	۱۵۲	۱۲۷/۴۰	آق قلا



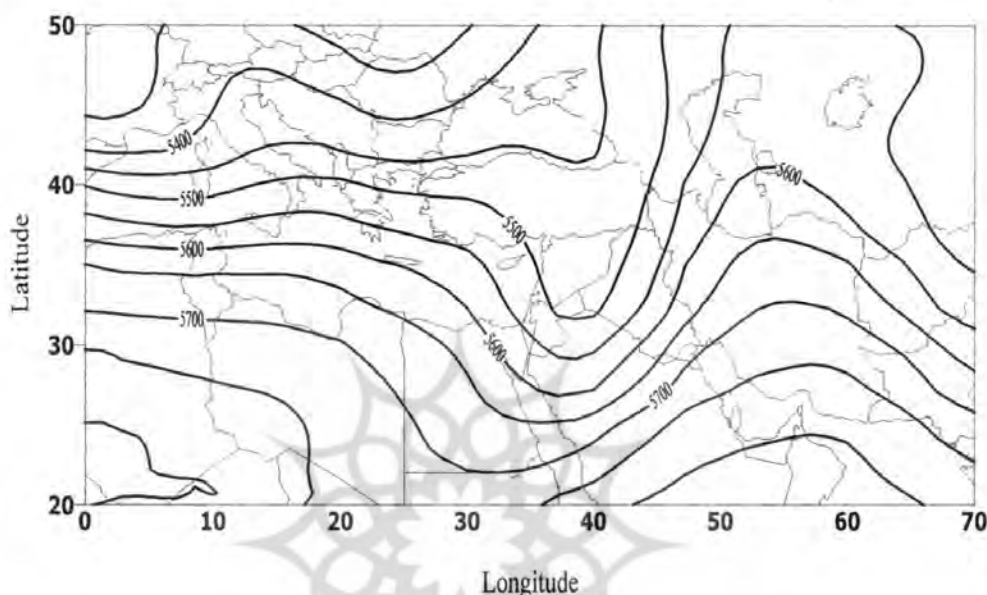
شکل ۲. سهم بارش سیلاب دی ماه ۱۳۷۲ از بارش نرمان همان ماه (بر حسب درصد)



شکل ۳. نقشه سطح زمین در روز ۲۶ دی ماه ۱۳۷۲

آن‌ها نیز از شمال تا جنوب این پهنه آبی را طی می‌کند و باعث هدایت رطوبت زیاد به داخل ناحیه می‌شود. در اثر همگرایی و صعود هوای مرطوب بوسیله سیکلون، بارش فراوانی تولید می‌گردد (Rohli, 2001). این سیستم فشار، هوای سرد و مرطوب پشت جبهه سرد را به عهده دارد و باعث تقویت آن می‌شود. به دنبال پیشروی آن از دمای هوای منطقه کاسته می‌شود و فشار هوا افزایش می‌یابد به طوری که در طول دوره سیلابی تفاوت فشار گاهی به ۱۸ میلیبار می‌رسد. با توجه به اینکه سیستم‌ها به دنبال هم قرار گرفته‌اند عبور مکرر آن‌ها باعث تداوم بارش می‌گردد (A kaeda, 1995).

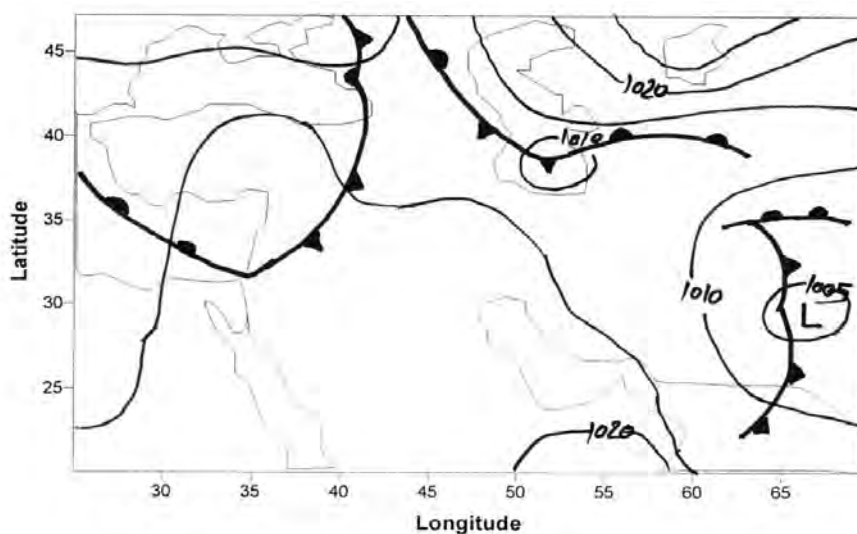
در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال زبانه‌ای کم ارتفاع از شمال شرق دریاچه آرال در حال پیشروی است که باعث تقسیم جریان بادهای غربی به دو شاخه شمالی و جنوبی شده است. در شرق اروپا و روی عربستان فراز و در غرب آسیا و شمال شرق اروپا فرود موج کوتاه دیده می‌شود. جریان‌های بالایی نشان دهنده جهت حرکت سیستم‌های روی زمین از شمال غرب دریای خزر به طرف شمال ایران است (شکل ۴).



شکل ۴. نقشه سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال در روز ۲۶ دی ماه ۱۳۷۲

آنتی سیکلون غربی

این الگو با سیلاب اردیبهشت ۱۳۷۱ معرفی می‌شود. بارش این سیلاب از روز ۲۲ اردیبهشت به صورت پراکنده شروع شد. در این روز تنها در ایستگاه زردچگل بارش نسبتاً بالایی بارید. اما در روز ۲۳ اردیبهشت، اکثر ایستگاه‌های باران سنجی بارندگی شدید داشته و تا روز ۲۴ اردیبهشت ادامه یافت. در روز ۲۳ اردیبهشت در اکثر ایستگاه‌های باران سنجی بارش به اوج خود رسید، اما در روز ۲۴ اردیبهشت (به استثنای ۵ ایستگاه) کاهش یافت. در این سیلاب، بالاترین بارش حوزه در ایستگاه باران سنجی زردچگل (۱۲۶ میلیمتر) باریده است. و ایستگاه باران سنجی پس پشته نیز بیشترین مجموع بارش دوره سیلاب را دریافت نموده است (جدول ۵). بارش این سیلاب آنقدر شدید بود که در اکثر ایستگاه‌های باران سنجی حوزه، بیشتر از ۱۵۰ درصد، و در تعدادی از ایستگاه‌ها نظیر زردچگل ...، بیشتر از ۲۵۰ درصد بارش درازمدت اردیبهشت ماه بارید (شکل ۶). سیلاب این بارش در اکثر ایستگاه‌های دبی سنجی از روز ۲۳ اردیبهشت شروع شد و تا روز ۲۶ اردیبهشت به اوج خود رسید. اما در ایستگاه دبی سنجی آق قلا (آخرین ایستگاه حوزه) از روز ۲۴ اردیبهشت شروع، و در روز ۲۷ اردیبهشت به بالاترین حد خود رسید. در این سیلاب بالاترین دبی جریان در ایستگاه دبی سنجی آرازکوسه (۳۲۰ مترمکعب در ثانیه) و کمترین دبی جریان در ایستگاه دبی سنجی تنگراه (۶۸/۱۰ مترمکعب در ثانیه) گزارش شده است (جدول ۶). با توجه به اینکه بارش روزهای ۲۳ و ۲۴ اردیبهشت باعث وقوع این سیلاب شده است، نقشه هوای این

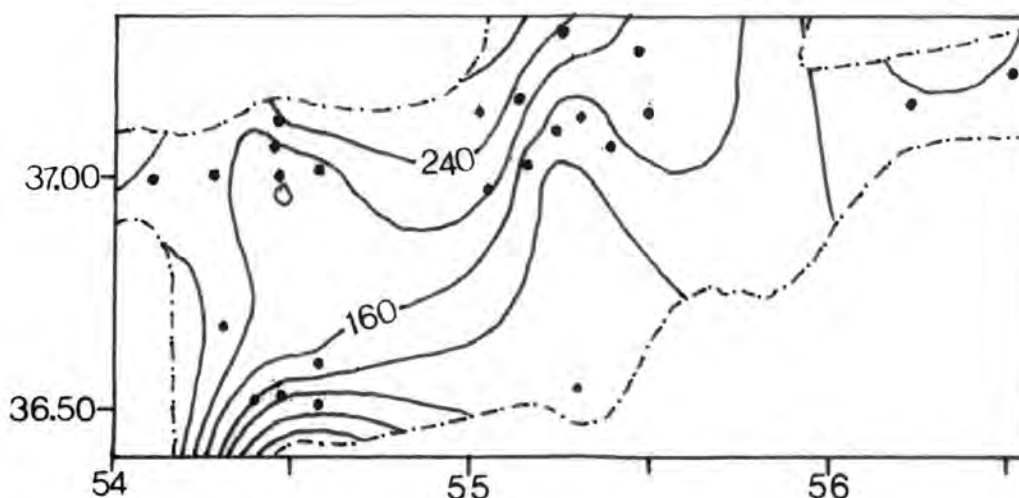


شکل ۵. نقشه سطح زمین در روز ۲۷ دی ماه ۱۳۷۲

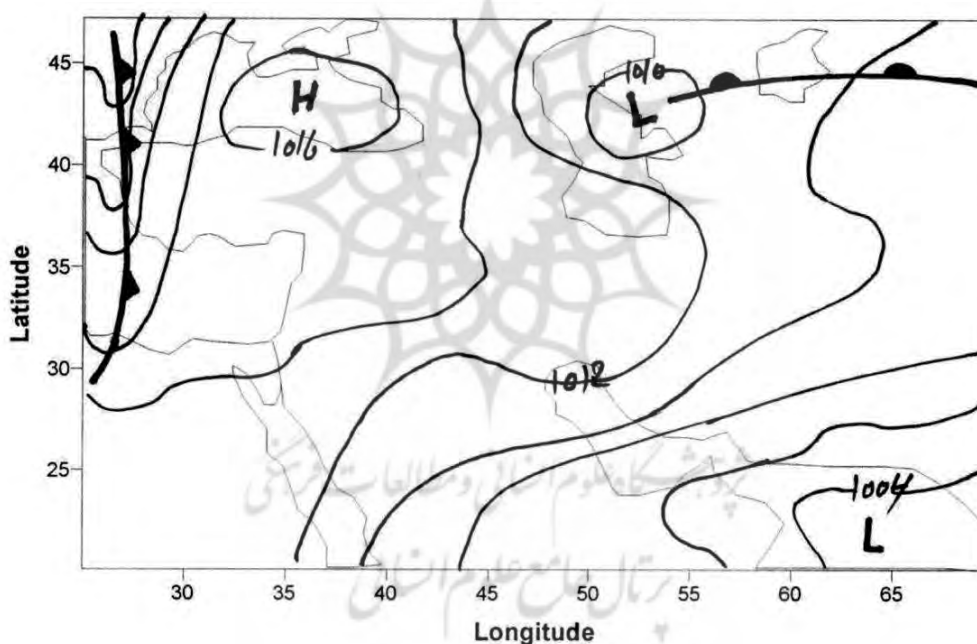
جدول ۵: مقادیر بارش در سیلاب اردیبهشت ۱۳۷۱

تاریخ	ایستگاه	مقدار بارش (م.م)	تاریخ	ایستگاه	مقدار بارش (م.م)	تاریخ	ایستگاه	مقدار بارش (م.م)
۱۶	۴۹/۵		۱۴	زیرنگل	۸۱	۴۶		۱ تنگراه
۱۷	۵۹		۱۵	سالیان تپه	۱۱	۱۶		۲ رباط قره بیل
۸۶	۸۰		۱۶	قلی تپه	۷	۲۳		۳ چشمه خان
۱۰	۶۷	۱۰	۱۷	تقی آباد	۴۴	۷۰		۴ تمر
۲۱/۵	۶۸/۵	۱	۱۸	آق قلا	۸۴/۵	۶۸		۵ گالیکش
۱۹/۵	۷۴		۱۹	لاله باغ	۴۵	۶۳		۶ گنبد
۴/۵	۴۹	۷	۲۰	فاضل آباد	۸۷	۷۳		۷ لزوه
۴	۷۳		۲۱	غفار حاجی	۱۴	۵۷		۸ بهلکه داشلی
۵/۴	۳۲/۵		۲۲	تیل آباد	۷۳	۹۵		۹ پس پشته
۱۰	۷۳		۲۳	کبودال	۴۳	۹۰		۱۰ نوده
۱۵	۱۲۶	۱۶	۲۴	زردچگل	۶۶	۶۲/۵		۱۱ اراز کوسه
۱۵/۲	۵۱/۷		۲۵	وشمگیر	۱۴	۶۹		۱۲ سلطان آباد
۳۴/۳	۷۱/۲		۲۶	قزاقلی	۳۸/۵	۱۰۹		۱۳ رامیان

روزها بررسی شد. در سطح زمین (شکل ۷) در ۲۴ ساعت گذشته، سیکلونی با بارش پراکنده از روی منطقه گذشته است. در روز ۲۳ اردیبهشت که در تمام ایستگاه‌ها بارندگی شدید گزارش شده است، زبانهٔ پرفشار روی دریای سیاه با عبور از روی دریای خزر بر روی منطقه مطالعه نفوذ کرده است. در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۸)، فراز موج کوتاه که در قسمت جلوی فرود بلند تشکیل شده، بر منطقه تسلط دارد.



شکل ۶. سهم بارش سیلاب اردیبهشت ۱۳۷۱ از بارش نرمال همان ماه (برحسب درصد).



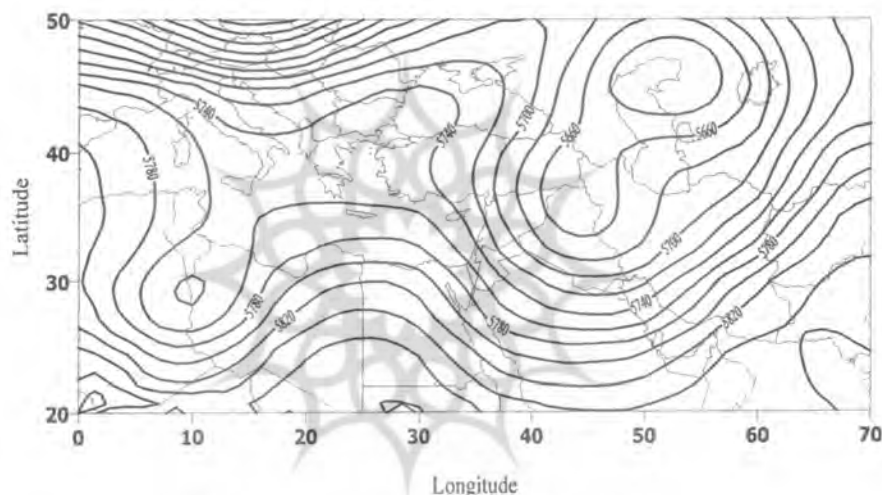
شکل ۷. نقشه سطح زمین در روز ۲۳ اردیبهشت ۱۳۷۱

در روز ۲۴ اردیبهشت که بارندگی ادامه داشت، در سطح زمین (شکل ۹) پدیده خاصی مشاهده نمی‌شود، اما در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال، منطقه مطالعه در جلوی فرود موج کوتاهی قرار دارد که سبب ناپایداری هوای منطقه شده است (شکل ۱۰).

بنابراین نتیجه می‌شود که بارش این سیلاب در روز اول در اثر آنتی سیکلون غربی بوده است. این سیستم از روی دریاهاى مدیترانه، سیاه و خزر رطوبت کافی کسب نموده و با چرخش آنتی سیکلونی وارد منطقه مطالعه شده و در حین عبور از روی دریا از زیر گرم شده و صعود نموده است و ارتفاعات البرز نیز به آن کمک کرده است. اما در روز دوم، آرایش امواج بادهای غربی در سطح بالا، نقش مهمی در ادامه بارش داشته است.

جدول ۶: مقادیر دبی جریان در ایستگاههای حوزه گرانرود در سیلاب اردیبهشت ۱۳۷۱

ردیف	تاریخ								
	۷۱/۲/۲۸	۷۱/۲/۲۷	۷۱/۲/۲۶	۷۱/۲/۲۵	۷۱/۲/۲۴	۷۱/۲/۲۳	۷۱/۲/۲۲	۷۱/۲/۲۱	
۱	۱۲/۷	۱۳/۲	۲۶/۵	۳۵/۳	۶۶/۸	۶۸/۱۰	۱۰/۲۰	۹/۸۶	تنگراه
۲	۱۶/۳	۸/۱۷	۲۰	۳۳/۱۰	۱۰/۷	۴۰/۸	۸/۵۶	۹/۴۰	گالیکش
۳	۱۴/۴	۱۶/۸	۱۸/۱۰	۴۷/۵	۱۳۷	۱۷/۵	۵/۸۶	۷/۳۶	حاجی قوشان
۴	۵۱/۴	۸۲/۲	۱۳۴	۲۶۵	۲۳۷	۴۴/۶	۳۳/۳	۳۲/۵	گنبد
۵	۱۱/۷	۴۵/۶	۹۲/۱۰	۲۰۹	۳۲۰	۹۲/۱۰	۱۹/۱۰	۲۱	اراز کوسه
۶	۶/۴	۸/۳۲	۱۲/۲	۱۸/۵	۵۳/۹	۱۴۱	۵/۱۷	۵/۶	رامیان
۷	۵۱/۱۰	۶۲/۸۳	۶۹/۹	۵۰/۵۲	۳۲/۸۲	۲۲/۳۱	۲۲/۲۷	۲۱/۲۳	سالیان تپه
۸	۲۴۵	۲۵۸/۱۰	۲۴۵/۵	۱۸۶/۵	۱۵۴/۹	۷۸/۵	۵/۸۶	۷۶/۷	آق قلا



شکل ۸. نقشه سطح ۵۰۰۰ هکتویاسکال در روز ۲۴ اردیبهشت ۱۳۷۱

جبهه گرم

معرف این الگو سیلاب اسفند ۱۳۵۲ است. این سیلاب در اکثر ایستگاههای دبی سنجی (جز رامیان) از روز ۲۵ اسفند شروع شد. این سیلاب در روز ۲۶ اسفند در تعدادی از ایستگاههای دبی سنجی به اوج خود رسید. اما در روز ۲۷ اسفند در بیشتر ایستگاهها بالاترین دبی جریان گزارش شده است. در تعدادی از ایستگاههای دبی سنجی نظیر گالیکش فاصله بین روز شروع و اوج سیلاب کوتاه بود (یک روز). اما در بعضی از آنها تداوم بیشتری داشت به طوری که در ایستگاه دبی سنجی آق قلا (آخرین ایستگاه حوزه) این مدت طولانی تر (۵ روز) بوده است (جدول ۷).

این سیلاب در اثر بارش بوجود نیامده است. زیرا در هیچیک از ایستگاههای باران سنجی حوزه بارندگی گزارش نشده است. به این دلیل دما و نم نسبی منطقه (جدول ۸) به عنوان عامل مؤثر در وقوع سیلاب بررسی شد.

همان‌طوریکه در جدول ۸ مشاهده می‌شود، افزایش دمای منطقه از روز ۲۴ اسفند شروع شد و در روز ۲۷ اسفند به بالاترین حد خود (۳۴ درجه سانتیگراد) رسید. به‌طوریکه در طول این مدت، ۱۵ درجه روز ذخیره انرژی حاصل شده است. همچنین دامنه دمای روزانه نیز تغییرات قابل ملاحظه‌ای نشان می‌دهد. در روز ۲۳ اسفند دامنه دمای روزانه ۸ درجه است، اما در روز اوج دما به ۲۲ درجه سانتیگراد رسید. نم نسبی منطقه نیز مطابق با افزایش دما کاهش یافت. در مجموع وضعیت عناصر جوی فوق نشان می‌دهد که هوای منطقه در طول این سیلاب گرم و خشک بوده است.

جدول ۷: مقادیر دبی جریان در ایستگاههای حوزه گرگانرود در سیلاب اسفند ۱۳۵۲

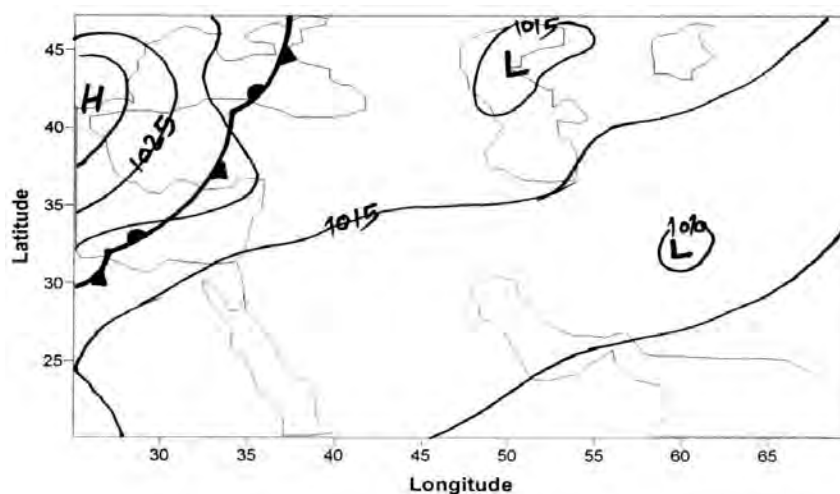
ردیف	تاریخ		دبی (مترمکعب بر ثانیه)	دبی (مترمکعب بر ثانیه)	دبی (مترمکعب بر ثانیه)	دبی (مترمکعب بر ثانیه)	دبی (مترمکعب بر ثانیه)	دبی (مترمکعب بر ثانیه)	ایستگاه
	۵۳/۱۲/۱	۵۲/۱۲/۲۹							
۱	۷/۸۸	۹/۲۰	۱۲/۲۰	۱۳/۹۰	۱۲/۴۰	۷/۱۱	۳/۳۶	تنگراه	
۲	۲۳/۱۰	۲۷/۳۰	۳۰/۹۰	۳۱/۲۰	۳۳/۹۰	۱۸/۳۰	۱۷/۴۰	گالیکش	
۳	۵/۸	۷/۲۱	۷/۷۰	۷/۱۴	۵/۳۷	۲/۲۸	۱/۶۱	ثمر	
۴	۵۶/۹۰	۷۲/۴۴	۸۹/۵۷	۱۷/۴۳	۵۲/۸۵	۲۶/۳	۹/۳۰	گنبد	
۵	۴۴/۸	۶۰	۸۵	۱۳۲	۱۰۹	۶۳/۶۰	۲۷/۴۰	اراز کوسه	
۶	۲/۲۷	۱/۹۲	۱/۸۸	۲/۷۵	۲/۴۰	۱/۹۲	۱/۸۰	رامیان	
۷	۹/۱۵	۱۳/۴	۳۴/۸۰	۶۴/۷۰	۱۱۸	۶۷/۳	۲۳/۵	پس پشته	
۸	۲۷۷	۳۰۲	۲۷۷	۲۲۰	۱۶۸	۹۸	۵۸/۹۰	آق قلا	

باتوجه به اینکه افزایش دما سبب این سیلاب شده است، نقشه هوای روز ۲۷ اسفند (روز اوج دما) بررسی شد. در این روز در سطح زمین (شکل ۱۱) سیکلونی از جنوب غرب وارد ایران شده و با عبور از روی منطقه مطالعه در نیمه جنوبی دریای خزر قرار می‌گیرد. در پشت جبهه گرم آن، زیانه‌ای از هوا از شمال شرق ایران نفوذ کرده است و با چرخشی از جنوب و مرکز ایران هوای گرم و خشک را از روی بیابان‌های ترکمنستان و لوت وارد منطقه نموده است.

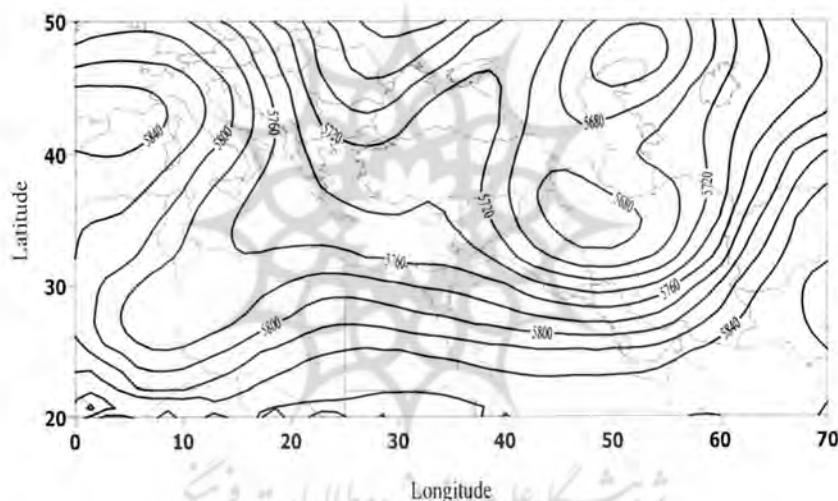
در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۱۲) فرودی بلند و عمیق در شرق مدیترانه تشکیل شده است که غرب و شمال غرب ایران در جلوی آن قرار دارد. این فرود، هوای گرم را از روی بیابان‌های شمال آفریقا و عربستان هدایت می‌کند و هوای گرم و خشک این مناطق را به طرف شمال شرق ارسال می‌دارد (علیجانی، ۱۳۷۵). همچنین در این روز منطقه مطالعه تحت تسلط فرازی قوی قرار دارد. بنابراین معلوم می‌شود که، عبور هوای گرم و خشک از روی منطقه باعث افزایش دمای هوا و کاهش رطوبت نسبی شده و ذوب برف، ارتفاعات این سیلاب را تولید نموده است.

جبهه سرد محلی

معرف این الگو سیلاب شهریور ۱۳۷۷ است. بارش این سیلاب از روز ۱۸ شهریور به صورت پراکنده شروع شد و در روز ۱۹ شهریور، بارندگی در تعداد بیشتری از ایستگاه‌های باران‌سنجی گزارش شده است. اما در روز ۲۰ شهریور، در اکثر ایستگاه‌های باران‌سنجی، بارش قابل ملاحظه‌ای به ثبت رسیده است. در روز ۲۱



شکل ۹. نقشه سطح زمین در روز ۲۴ اردیبهشت ۱۳۷۱

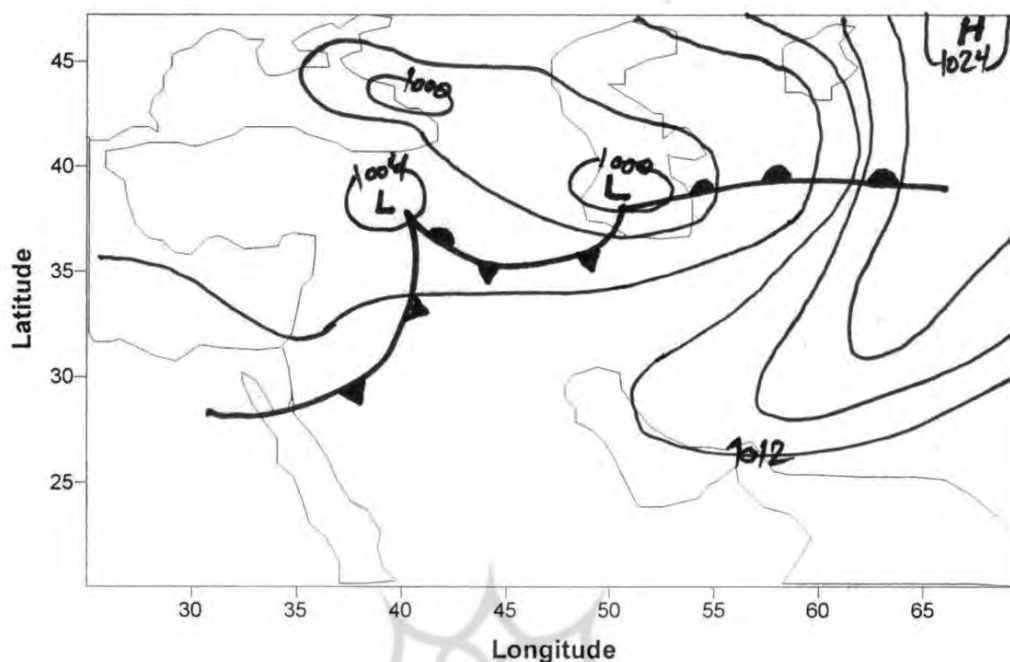


شکل ۱۰. نقشه سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال در روز ۲۴ اردیبهشت ۱۳۷۱

شهریور بارندگی (به جز ۴ ایستگاه) به پایان رسید. در این روز تنها ایستگاه باران سنجی بصیرآباد بارش بالایی داشت (۲۰/۵). در این دوره بارشی، بالاترین مقدار بارش را ایستگاه باران سنجی کبودال (۱۰۶ میلیمتر) در جنوب حوزه دریافت کرده است (جدول ۹) که این مقدار بیشتر از ۳۰۰ درصد بارش نرمال شهریور ماه است. همچنین در اکثر ایستگاه‌های باران سنجی حوزه این نسبت بیشتر از ۱۰۰ درصد می‌باشد (شکل ۱۳).

سیلاب این بارش در بیشتر ایستگاه‌های دبی سنجی از روز ۲۰ شهریور شروع شد و در همان روز به اوج خود رسید. اما در ایستگاه دبی سنجی آق قلا (آخرین ایستگاه حوزه) در روز ۲۵ شهریور به بالاترین حد خود رسید. در این سیلاب کمترین دبی جریان در ایستگاه دبی سنجی تنگراه (۰/۵۴ مترمکعب در ثانیه) و بیشترین دبی در ایستگاه دبی سنجی آق قلا (۱۳۰/۸۰ مترمکعب در ثانیه) ثبت شده است (جدول ۱۰).

در روز ۲۰ شهریور که در اکثر ایستگاه‌های باران سنجی بارندگی گزارش شده است، در سطح زمین (شکل ۱۴) یک مرکز پرفشار در شمال غرب دریای خزر قرار دارد که زبانه‌های آن تا دامنه‌های شمالی البرز گسترش یافته است. از جنوب و جنوب شرق ایران نیز یک مرکز کم فشار در حال پیشروی است. این دو



شکل ۱۱. نقشه سطح زمین در روز ۲۷ اسفند ۱۳۵۲

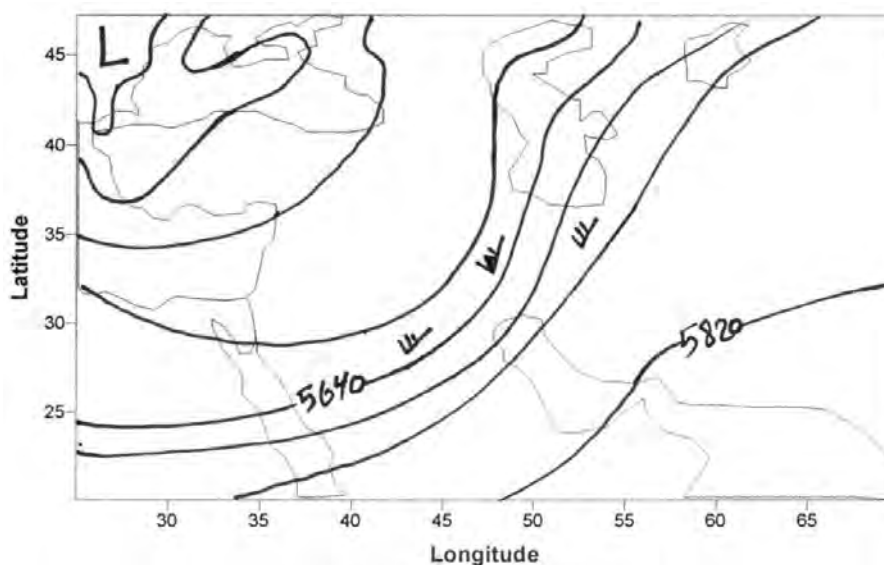
جدول ۸: دما و نم نسبی ایستگاه سینوپتیک گرگان در سیلاب اسفند ۱۳۵۲

تاریخ	دما			نم نسبی
	حداکثر	متوسط	حداقل	
۵۲/۱۲/۲۳	۱۲	۸	۴	۶۷/۸
۵۲/۱۲/۲۴	۱۵	۹	۳	۶۴/۲
۵۲/۱۲/۲۵	۲۱	۱۳	۵	۵۶
۵۲/۱۲/۲۶	۲۹	۱۷/۵	۶	۴۴
۵۲/۱۲/۲۷	۳۴	۲۳	۱۲	۳۹
۵۲/۱۲/۲۸	۱۹	۵/۱۷	۱۶	۶۸/۴
۵۲/۱۲/۲۹	۱۶	۱۲	۸	۸۲/۴

سیستم در روی رشته کوه البرز جبهه محلی به وجود آورده‌اند که جبهه سرد آن در روی منطقه مورد مطالعه قرار دارد.

در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال دو فرود یکی در شمال شرق دریای خزر و دیگری در شمال اروپا قرار دارد که در اثر عقب‌نشینی پرفشار جنب حاره آزور فرصت یافته‌اند که هوای سرد شمال آسیا و اروپا را به عرض‌های پایین هدایت کنند (شکل ۱۵).

بررسی نقشه‌ها نشان می‌دهد که زبانه‌های پرفشار شمال غرب دریای خزر از روی دریا و با طی مسیری طولانی گسترش یافته است. از جنوب و جنوب شرق ایران نیز یک مرکز کم فشار در حال پیشروی است. در بین این دو سیستم، سیکلونی به وجود آمده که منطقه مورد مطالعه را نیز تحت تأثیر قرار داده است. پرفشار شمال دریای خزر از روی دریای گرم عبور کرده و در حین کسب رطوبت صعود نموده و کوهستان البرز نیز به

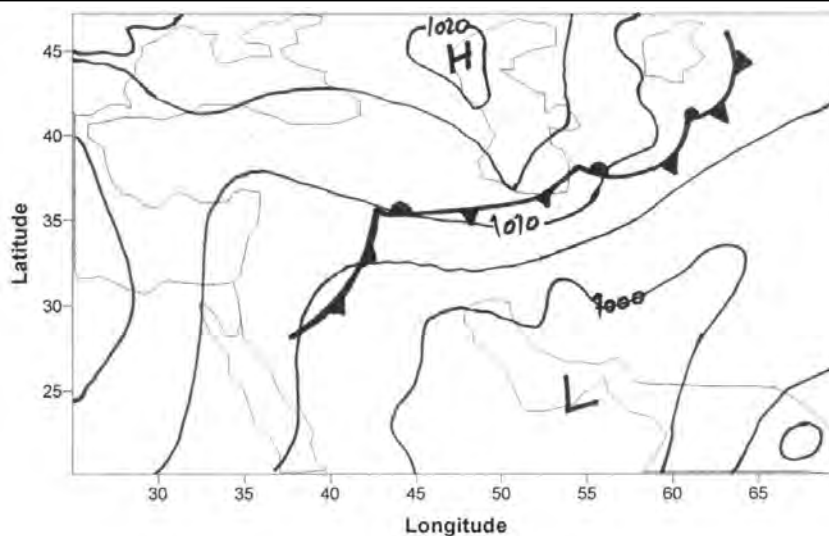


شکل ۱۲. نقشه سطح ۵۰۰۰ هکتوپاسکال در روز ۲۷ شهریور ۱۳۵۲

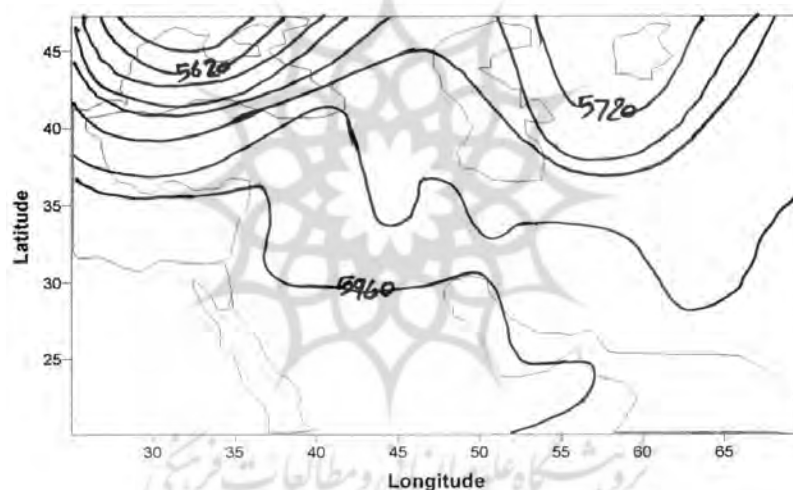
آن کمک کرده است. هوای گرم و مرطوب نیز از جنوب بوسیله کم فشار جنوب ایران به داخل سیستم تزریق شده و در نتیجه بارش سنگینی در منطقه تولید شده است. بنابراین الگوی سینوپتیکی جبهه سرد محلی به وسیله برخورد دو سیستم با ویژگی‌های متفاوت در روی منطقه به وجود آمده است (بابائیان، ۱۳۸۱). زیرا سیکلون‌های مهاجر در فصل تابستان وارد ایران نمی‌شود. چونکه بادهای غربی به طرف عرض‌های بالا جابجا شده‌اند.

نتیجه‌گیری

یافته‌های این تحقیق نشان دادند که بیشترین سیلاب حوزه گرانرود در ماه‌های فروردین و اردیبهشت به وجود می‌آید. بیشتر این سیلاب‌ها حاصل بارش‌های شدید و کوتاه مدت هستند که به طور عمده در بخش جنوبی حوزه می‌بارند. سیستم‌های فشار مؤثر در تولید سیلاب در قالب چهار الگوی سیکلونی، آنتی سیکلون غربی، جبهه گرم و جبهه سرد محلی عمل می‌کنند. در این الگوهای فشار (به جز الگوی جبهه گرم) بارش شدید و فراگیر باعث وقوع سیلاب می‌شود. اما در الگوی جبهه گرم، افزایش دمای محیط و ذوب برف سبب ایجاد سیلاب شده است. همچنین اکثر این الگوها به صورت سیستم‌های مهاجر عمل می‌کنند. اما سیستم جبهه سرد محلی در روی منطقه و در محل برخورد دو توده هوای متضاد به وجود آمده است. در این الگوها (به جز الگوی جبهه گرم) توده هوا از روی منابع رطوبتی پهناور، مسیری طولانی طی کرده و در اثر گرمای دریا (در فصل پاییز و اواخر تابستان) و خشکی‌ها (در فصل بهار) صعود نموده است. در این عمل، ارتفاعات البرز نیز به آن کمک کرده است. در نتیجه، رطوبت موجود به صورت بارندگی باریده است. اما در الگوی جبهه گرم، آرایش بادهای غربی سطح بالا، هوای نواحی گرم و خشک را به منطقه هدایت می‌نماید. تداوم سیلاب نیز در الگوی جبهه گرم طولانی‌تر از دیگر الگوها بوده است.



شکل ۱۴. نقشه سطح زمین در روز ۲۰ شهریور ۱۳۷۷



شکل ۱۵. نقشه سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال در روز ۲۰ شهریور ۱۳۷۷

جدول ۱۰: مقادیر دبی جریان در ایستگاههای حوزه گرگانرود در سیلاب شهریور ۱۳۷۷

تاریخ	ایستگاه	دبی (م ^۳ /ث)	۷۷/۶/۲۶	۷۷/۶/۲۵	۷۷/۶/۲۴	۷۷/۶/۲۳	۷۷/۶/۲۲	۷۷/۶/۲۱	۷۷/۶/۲۰	۷۷/۶/۱۹	۷۷/۶/۱۸
			۱	تنگراه	۰	۰	۰	۰/۱۶	۰/۲۶	۰/۵۴	۰
۲	گالیکش	۱/۸۴	۱/۸۴	۲/۶۷	۴/۵۸	۵/۱۲	۸/۳۶	۲۴/۲۰	۱/۸۴	۱/۸۴	
۳	حاجی قوشان	۰/۲۸	۰/۲۸	۱/۲۲	۱/۴۹	۳/۷۲	۱۴/۵	۲۴/۶	۰/۲۱	۰/۲۸	
۴	گنبد	۱/۸۶	۱/۸۶	۶/۸	۹/۴۲	۲۶/۵	۷۶	۱۰/۱۰	۱/۵۴	۱/۸۶	
۵	اراز کوسه	۲/۵۱	۲/۵۱	۲/۴۲	۲/۹	۴/۷۲	۲۳/۲	۴۲/۳	۱/۹۷	۲/۵۱	
۶	رامیان	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۰۹	۰/۳۲	۰/۴۴	۱/۰۸	۱۵/۴	۰/۳۰	۰/۴۴	
۷	سالیان تپه	۱/۸۶	۱/۸۶	۱۴/۲۳	۲۱/۴۶	۲۶/۷۲	۱۷/۶۶	۱/۳۰	۱/۶۴	۱/۸۶	
۹	آق قلا	۲۴/۵	۲۴/۵	۱۲۸/۵	۱۰۰/۳۰	۷۰/۷۲	۶۷/۱۷	۹۹/۰۳	۲۳	۲۴/۵	

منابع

- ۱- بابائیان، ایمان (۱۳۸۱). بررسی هواشناختی بارش‌های سنگین تابستانه در استان‌های گلستان و شمال خراسان، بولتن علمی پژوهشکده اقلیم‌شناسی، جلد دوم، شماره ۳، صفحات ۴۶-۵۲.
- ۲- بابائیان، ایمان و همکاران (۱۳۸۰). بررسی الگوی سینوپتیکی سیل تابستان ۱۳۸۰، استان‌های گلستان و شمال خراسان، بولتن علمی مرکز ملی اقلیم‌شناسی، شماره ۵، ص ۱۱.
- ۳- باقری، سعید (۱۳۷۲). بررسی سینوپتیکی سیستم‌های سیل‌زا در شمال ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، تهران، مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران.
- ۴- پرند خوزانی، اکرم (۱۳۷۸). بررسی سینوپتیکی سیستم‌های سیل‌زا در حوزه آبریز رودخانه دالکی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، تهران، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۵- تقی‌زاده، حبیب (۱۳۶۶). بررسی سیل پاییز ۶۵ از نظر هواشناسی، رشد آموزش زمین‌شناسی، شماره ۶، صفحات ۵۶-۵۱.
- ۶- جهانبخش، سعید و فریبا کرمی (۱۳۷۸). تحلیل تاثیر پرفشار سیبری بر بارش سواحل جنوبی دریای خزر، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۵۴-۵۵، صفحات ۱۳۱-۱۰۷.
- ۷- حاجتی‌زاده، رحیم (۱۳۸۱). بررسی سینوپتیکی سیلاب رودهای دامنه غربی زاگرس (با تاکید بر حوزه‌های کرخه و کارون - دز)، رساله دکتری - اصفهان، دانشگاه اصفهان.
- ۸- سازمان تحقیقات منابع آب (تماب)، آمار رودخانه‌های حوزه گرگانود (۷۷-۱۳۴۷).
- ۹- سازمان هواشناسی کشور، آمار هواشناسی و نقشه‌های سینوپتیک (۷۷-۱۳۴۷).
- ۱۰- ستاد حوادث غیرمترقبه استان گلستان (۱۳۸۰). گزارش سیلاب مورخه ۱۹/۸۰/۲۰، ص ۱.
- ۱۱- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، نقشه توپوگرافی شاهرود، مقیاس یک پانصد هزارم.
- ۱۲- سبزی‌پورو، علی اکبر (۱۳۷۰). بررسی سینوپتیکی سیستم‌های سیل‌زا در جنوب غرب ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، تهران، مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران.
- ۱۳- علیجانی، بهلول (۱۳۸۱). اقلیم‌شناسی سینوپتیک، تهران، سمت، صفحات ۲۰۱ و ۲۴۸.
- ۱۴- علیجانی، بهلول (۱۳۷۵). آب و هوای ایران، پیام نور، صفحات ۳۶-۳۳.
- ۱۵- مساعدی، ابوالفضل (۱۳۸۰). بررسی علل وقوع و عوامل تشدید خسارات سیل شرق گلستان در مرداد ۱۳۸۰، صفحات ۱-۲.
- ۱۶- مهدوی، محمد (۱۳۷۶). بررسی آثار اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی خسارت سیل، ص ۷۴.
- ۱۷- نصیری، بهروز (۱۳۷۸). تحلیل الگوی سینوپتیکی و دینامیکی بارش‌های کرخه و دز، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۵۴-۵۵، صفحات ۱۸۵-۱۷۷.
- ۱۸- وزارت نیرو، شرکت مهندسین مشاور جاماب (۱۳۷۸). طرح جامع آب کشور، حوزه آبریز گرگان و دشت، ص ۴۶-۴.
- ۱۹- وزارت نیرو (۱۳۷۷). سیل، بررسی علل وقوع و نقش دستگاه‌های اجرایی در کاهش خسارت آن، ص ۱.
- ۲۰- وزارت نیرو (۱۳۷۷). بررسی وقوع سیل در منطقه گنبد و مینودشت، ص ۱.
- 21- Akaeda, K. et al, (1995). Role of mesoscale and topographically induced circulation initiating a flash flood observed during the TAMEX project, Monthly Weather Review. 123: 1720- 1739.
- 22- Charles, E. et al, (2002). Relationships between tropical cyclone attributes and precipitation totals, considerations of scale, International Journal of Climatology. 22: 237- 247.
- 23- Dayan, U. and R. abramsky, (1983). Heavy rain in the Middle East related to unusual jet stream properties. Bulletin of American Meteorological Society. 64: 1138-1140.
- 24- Harnak, R . et al, (2001). The determination of observed atmospheric differences between heavy and light precipitation of observed atmospheric differences between heavy and light precipitation events in New Jersey, USA. International Journal of Climatology. 21: 1529- 1560.
- 25- Kahan, R. et al, (2002). Synoptic Climatology of Major floods in the Negev Desert, Israel. International Journal of Climatology. 22: 867-882.
- 26- Karaka, M. et al, (2000). Cyclone track variability over Turkey in asosiation with regional climate. International Journal of Climatology. 20:1225- 1236.
- 27- Maddox, R.A. et al, (1980). Meteorological characteristics of flash flood events over the western United States. Monthly Weather Reviw. 108: 1866-1877.
- 28- Rohli,R.V.et al, (2001). Synoptic circulation and stream discharge in the Great Lakes basine, USA. Applied Geography. 21: 369- 385.
- 29- Rochette, et al, (1996).Initiation of an Elevated mesoscale convective system associated with heavy rainfall. Weather and Forcasting,11: 443-456.

-
- 30- Sensi, S. et al , (1996).The vasion – la- romaine flash flood: mesoscale analysis and predictability issues. *Weather and Forcasting* .11: 417- 441.
- 31- Steenburgh. W.J.(1996),Interaction of an intense extra-tropical cyclone with coastal orography. *Monthly Weather Review*, 124:1329-1352.
- 32- Turkes, M. (1998). Influence of Geopotential height, cyclone frequency and Southern Oscilation on rain variation in Turkey. *International Journal of Climatology*. 18: 649-680.
- 33- Yarnal.B.and.B,Frakes. (1997). Using synoptic climatology to define representative discharge events. *International Journal of Climatology Int*.17:223-341.

