نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال دوم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹٤
صفحات۸۳ -٦۹

بالاترین بارش محتمل۲۴ ساعته و تاثیر آن در مخاطرات هیدرولوژیکی منطقه جنوب غرب خزر

محمود احمدی، استادیار اقلیم‌شناسی دانشگاه شهید بهشتی تهران[1]
حسن لشکری، دانشیار اقلیم‌شناسی دانشگاه شهید بهشتی تهران
پرستو عظیمی، کارشناسی ارشد اقلیم شناسی دانشگاه شهید بهشتی تهران

دریافت مقاله: ۹۳/۱۲/۱۵ پذیرش نهایی: ۹۴/۰۴/۱۸

چکیده

مطالعه بارش محتمل جهت ارزیابی و برآورد سیل برای طراحی سازه‌های هیدرولوژیکی شهری، از قبیل کانال آبیاری، تعیین بیشترین میزان آبی که وارد مخازن و یا سایر تاسیسات می‌شود ضروری است. سیلاب‌ها بالاترین نرخ تلفات جانی را به همراه دارند و به لحاظ وسعت تأثیر بعد از خشکسالی دومین بلای طبیعی محسوب می‌شوند. مفهوم بیشترین بارش محتمل (PMP) به لحاظ نظری بیشترین ارتفاع بارش در یک مدت مشخص برای یک دوره معین از سال که از نظر شرایط فیزیکی خاص در محدوده توفان و یک محدوده جغرافیایی می‌تواند ببارد اطلاق می‌شود. هدف از این تحقیق برآورد PMP در منطقه جنوب غرب خزر به روش سینوپتیک است. روش کار پس از بررسی آمار ۳۰ ساله ایستگاه‌های باران سنجی و کلیماتولوژی موجود در منطقه ، ۴ طوفان شدید و فراگیر انتخاب شدند. که از ۴ طوفان انتخاب شده، جهت محاسبه PMP به روش سینوپتیک پس از تحلیل نقشه‌های ارتفاعی هوا و رطوبت و صعود قائم هوا، و تعیین دهانه ورودی توفان از داده‌های سرعت باد، دمای نقطه شبنم و فشار مربوط به ایستگاه‌های سینوپتیک بندر انزلی، رشت، رامسر، اردبیل و پارس آباد استفاده شد. نتایج نشان داد مقادیر بیشترین بارش محتمل با تداوم ۲۴ ساعته برای منطقه مقدار آن برابر با ۲۷۶/۹۵ می باشد. و متوسط دبی حاصل از آن با در نظر گرفتن ضریب جریان، عدد ۲۱۷۹۷/۶۶ متر مکعب بر ثانیه است.این مقدار آب یک تهدید جدی برای مخاطرات سیلاب در منطقه می باشد.

واژگان کلیدی : بیشترین بارش محتمل، توفان، جنوب غرب خزر، روش سینوپتیک.

[1]. نویسنده مسئول: Email:٤٤ahmadi@yahoo.com

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.2.69]

مقدمه

شناخت اقلیم یک منطقه به عنوان نخستین گام و ضروری‌ترین اقدام مطالعاتی برای طرح‌های عمرانی و کاهش بلایای طبیعی برای محققان از اهمیت ویژه ای برخوردار است. هدف پژوهش حاضر برآورد حجم رواناب با استفاده از روش بیشترین بارش محتمل در جنوب غرب خزر برای بارش ۲۴ ساعته به منظور پیش بینی سیلاب و کاهش خطرات ناشی از آن می‌باشد. الویت سنجی پژوهش حاضر با علم به رشد روزافزون جمعیت و افزایش نیاز های آبی، لزوم اجرای پروژه‌های کوچک و بزرگ به منظور ذخیره سازی، انحراف و یا انتقال آب ، مطالعات آبخیزداری در کلید خورده است. مطالعه بیشترین بارش محتمل[۱] جهت ارزیابی و برآورد سیل محتمل برای طراحی سازه‌های هیدرولوژیکی شهری، از قبیل کانال آبیاری، تعیین بیشترین میزان آبی که وارد مخازن سرریز و یا سایر تاسیسات می‌شود ضروری است. بنابراین نداشتن آگاهی در این زمینه سبب وارد آمدن خسارات مالی و جانی فراوانی می‌شود (عزیزی و حنفی، ۱۳۸۹).

سیل به‌عنوان یک خطر طبیعی شدید در نظر گرفته می‌شود و غالباً خسارت حاصله از آن را نمی‌توان به‌طور دقیق اندازه‌گیری کرد کرون ؛ روزالیس و همکاران (Kron, ۲۰۰۲; Rozalis et al., ۲۰۱۰). به‌طورکلی خسارت حاصله از سیل می‌تواند به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم، محسوس و نامحسوس در نظر گرفت؛ که تمامی این موارد باید در خسارت حاصله از یک سیلاب در نظر گرفته شود اسمیت و وارد ؛ مرز (Smith and Ward, ۱۹۹۸; Merz, ۲۰۰۴). افزایش مکرر سیلاب به‌طور عمده به دلیل گسترش شهرنشینی که به دنبال آن موجب دست‌اندازی به حریم رودخانه از یکسو و قطع بی‌رویه درختان از سوی دیگر بوده، قابل تبیین می‌باشد. برانستت ؛ کریستین و کریستین (Bronstert, ۲۰۰۳; Christensen and Christensen., ۲۰۰۳). مدیریت سیلاب در چهار مرحله انجام می‌شود: پیش‌بینی، آماده‌سازی، پیشگیری و ارزیابی خسارت کانادو و فوسو (Konadu & Fosu, ۲۰۰۹). لذا در این راستا رویکرد مدرن در مدیریت سوانح طبیعی به‌ویژه سیلاب مدیریت زمان است؛ که به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل حاضر برای مدل‌های بارش-رواناب در نظر گرفته می‌شود آپلت؛ تهرانی و همکاران (Opolot, ۲۰۱۳; Tehrany et al., ۲۰۱۳). اولین عامل در ایجاد سیل، شدت بارش است که در مقطع زمانی معینی رخ می‌دهد (امینی، ۱۳۸۹). بنابراین لازمه و زیربنای پروژه‌های هیدرولوژیکی و یکی از اصلی‌ترین موضوعات در هیدرو اقلیم بوده، چرا که آگاهی از وقوع و میزان بیشترین بارش محتمل برای دوره‌های مختلف است؛ که با نیاز توسعه منابع و مخازن آبی در مناطق مختلف بر اساس کاربردی که در حوضه‌های مختلف مانند صنعت و کشاورزی و محیط زیست و خصوصاً پیش بینی سیل دارد، دارای اهمیت بسیار می‌باشد (رضایی پژند و قهرمان، ۱۳۸۵). تحقیقات صورت گرفته بر روی حوادث طبیعی بین سال‌های (۱۹۹۲-۱۹۶۲) نشان می‌دهد، سیلاب‌ها بالاترین نرخ تلفات جانی (حدود ۲۶ درصد) را به همراه داشته اند و به لحاظ وسعت تأثیر بعد از خشکسالی دومین بلای طبیعی محسوب می‌شود. کاندر لیک و بورن (Cunderlik & Burn, ۲۰۰۳). بیشترین بارش محتمل به لحاظ نظری بیشترین ارتفاع بارش در یک مدت مشخص برای یک دوره معین از سال که از نظر شرایط فیزیکی خاص در محدوده توفان و یک محدوده جغرافیایی می‌تواند ببارد اطلاق می‌شود. سازمان هواشناسی جهانی(WMO, ۱۹۸۶)

مطالعه همدیدی سیستم‌های مولد بارش‌های سنگین، می‌تواند نقش مهمی در تشخیص به موقع و کنترل سیلاب، آب‌گرفتگی‌های شهری، آبخیزداری، کاهش ضایعات و تخریب داشته باشد. در این راستا، شناخت چگونگی تکوین،

۱. Probable Maximum Precipitation (PMP)

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.2.69]

تقویت، مکانیسم فعالیت، قانونمندی حاکم بر حرکت الگوهای سینوپتیکی منجر به بارش‌های سنگین و سیل زا، زمینه لازم برای پیش بینی چنین توفان‌هایی را فراهم می‌کند (عزیزی و حنفی، ۱۳۸۸). از جمله مطالعات انجام شده می توان به پژوهش هرشفیلد (Hershfield, ۱۹۶۵) اشاره داشت وی اصول اولیه کاربردی را جهت برآورد بیشترین بارش محتمل مشخص نمود (خلیلی، ۱۳۸۱). هنسن (Hansen, ۱۹۸۷) در پژوهشی، مفاهیم جدید و کاربردهای برآورد بارش محتمل را توصیف نمود و همچنین پیشنهاداتی در خصوص روش اصلاح شده مورد استفاده در ارزیابی وسیع PMP ارائه نمود. تام لینسو (Tomlinso, ۱۹۹۵) مراحل مختلف برآورد بیشترین بارش محتمل حوضه آبریز رودخانه میامی بزرگ را شرح داده است (بوستانی، ۱۳۷۸). نتوانگ و کینگپای بون (Netwong and Kingpaiboon, ۲۰۰۴) به بررسی رابطه بیشترین بارش محتمل (عمق-مساحت-دوره) با استفاده از GIS پرداخته‌اند و بیشترین بارش محتمل را از دانسته‌های توفان‌های سنگین از ۱۹۷۲ تا ۲۰۰۰ ارزیابی کردند، سپس با استفاده از GIS به بررسی رابطه عمق-مساحت در تایلند پرداختند و بیشترین بارش محتمل به وسیله بررسی دمای نقطه شبنم برآورد کرده‌اند. نتایج یک مجموعه نقشه‌های دوره بیشترین بارش محتمل برای هر دوره بارندگی برای تایلند و روابط دوره-مساحت-عمق برای نواحی با مساحت بین ۱۰۰۰ و ۵۰۰۰۰ کیلومترمربع در دوره بارندگی ۱و۲و۳روزه می‌باشد. در ایران پژوهشگران مختلفی در این زمینه تحقیقات را ارائه داده اند. رشتچی (۱۳۷۱) بیشترین بارش محتمل حوضه طالقان در منطقه البرز مرکزی به دو روش آماری و همدیدی مورد مطالعه قرار داد به این منظور وی از آمار ۲۷ ایستگاه در منطقه استفاده کرد و با انتخاب ۳ توفان بزرگتر، مقدار متوسط بیشترین بارش محتمل یک روزه و دو روزه را به ترتیب ۲۷۵و ۴۲۹ میلی‌متر تعیین کرد. بوستانی (۱۳۷۸) با استفاده از داده‌های بارش ۴۳ ایستگاه درون و پیرامون حوضه کارون تا پل شالو این حوضه را با روش آماری و همدیدی برآورد کرده و مقادیر بر آوردی را با مقادیر بیشترین بارش مشاهده شده، مقادیر حاصل از نتایج تجزیه و تحلیل فراوانی و همچنین با یکدیگر مقایسه کرده است. مشایخی (۱۳۸۰) بیشترین بارش محتمل برای منطقه البرز مرکزی را به دو روش آماری و فیزیکی با استفاده از اطلاعات ۱۳۹ ایستگاه هواشناسی به دست آورده است در این بر آورد بیشترین بارش محتمل محاسبه شده به روش فیزیکی با تداوم ۲۴ ساعته برای بیشترین تا کمترین مساحت بین ۱۶۹ تا ۳۸۶ میلی‌متر و بیشترین بارش محتمل محاسبه شده به روش آماری با تداوم ۲۴ ساعته برای بیشترین تا کمترین مساحت بین ۱۱۹ تا ۴۰۶ میلی‌متر در تغییر است . عباسی (۱۳۸۵) بیشترین بارش محتمل را در حوضه آبریز رودخانه کرج به روش آماری و همدیدی مورد بررسی قرار داد. در این پژوهش از روش آماری هرشفیلد (۱) و(۲)، مقادیر PMP به ترتیب ۲۷۴ و ۱۳۱/۲۳ میلی‌متر برآورد گردید؛و در روش همگرایی با استفاده از ۵ ایستگاه همدید، بیشترین بارش محتمل در تداوم ۲۴ و ۴۸ ساعته به ترتیب ۱۴۰/۵۶ و ۲۵۴/۵۸ میلی‌متر به دست آمد. احمدی و همکاران (۱۳۸۹) مقدار بیشترین بارش محتمل را در حوزه آبریز جاجرود مورد مطالعه قرار داد و۲ طوفان شدید و فراگیر را طی سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۴۶ به دست آورد و در نهایت به این نتایج دست یافت:مقدار بیشترین بارش محتمل در تداوم ۲۴ ساعته مربوط به توفان بهمن ماه ۱۳۷۲ و برابر با ۱۰۱. ۹۵ میلی‌متر و مقدار بیشترین بارش محتمل در تداوم ۴۸ ساعته مربوط به توفان مهر ماه سال ۱۳۶۱ و برابر با ۱۴۷. ۸۷ میلی‌متر و مقدار بیشترین بارش محتمل در تداوم ۷۲ ساعته مربوط به توفان مهر ماه ۱۳۶۱ و برابر با ۱۸۸ میلی‌متر می‌باشد احمدی و همکاران (Ahmadi, et al., ۲۰۱۲). لذا با توجه به اینکه تاکنون مطالعات برآورد سیلاب در جنوب

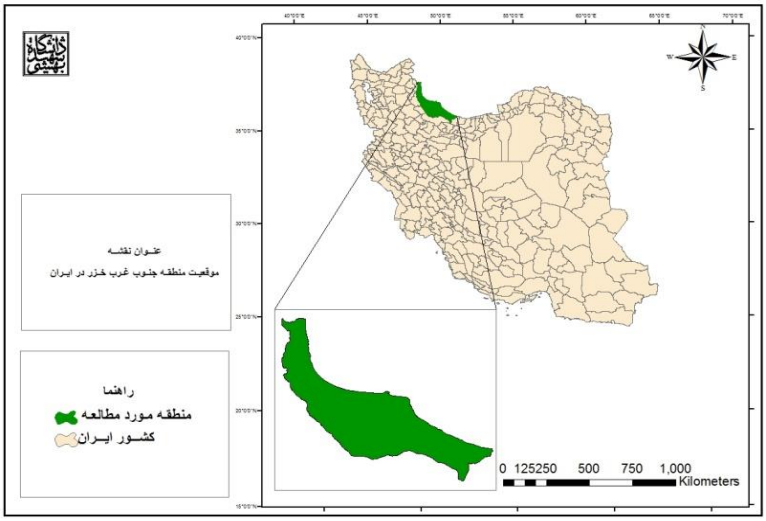
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.2.69]

خزر به روش همدیدی انجام نشده است و این منطقه به لحاظ سکونت‌گاهی و کشاورزی از تراکم بالایی برخوردار است این پژوهش به این امر مهم توجه دارد.

داده ها و روش کار

منطقه جنوب غرب خزر تمامی استان گیلان و بخش‌هایی از غرب استان مازندران را شامل می‌شود. این منطقه دارای وسعتی در حدود ۱۶۹۹۹/۳ کیلومتر مربع و دارای مختصات ۴۸ درجه و۴۵ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی و۳۶ درجه و۵۰ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی می‌باشد. استان گیلان با مساحتی حدود ۱۴۸۲۰ کیلومتر مربع حدود ۰/۹ درصد از مساحت کل کشور و قسمت اصلی منطقه جنوب غرب خزر را تشکیل می‌دهد. این استان از شمال با دریای خزر و جمهوری آذربایجان، از غرب با استان اردبیل، از جنوب با قزوین و زنجان و از طرف شرق با استان مازندران هم‌جوار است. شهر رشت مرکز استان با ارتفاع ۷- متر از سطح دریای آزاد بر روی مدار ۳۷ درجه و ۳۳ دقیقه عرض شمالی و نصف النهار۴۹ درجه و ۳۵ دقیقه طول شرقی واقع شده است. از نظر طبیعی دریای خزر و سلسله جبال البرز و ارتفاعات تالش دو عامل مهم در این منطقه محسوب می‌شود. از نظر جغرافیایی این استان از ۳ ناحیه جلگه‌ای پست، کوهپایه‌ای و کوهستانی تشکیل شده است که ۳۴ درصد استان جلگه‌ای و کوهستانی و ۵۱ درصد بقیه را کوهستان‌های تالش و البرز تشکیل داده است (کشتلی شاکری؛۱۳۹۰). اهمیت منطقه بلحاظ ظرفیت جمعیت و قطب کشاورزی بسیار با اهمیت و مخاطرات سیل در این منطقه نقش بسیار مهمی در بر دارد (شکل ۱).



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

در این تحقیق ابتدا توفان‌های مولد سیلاب‌های عمده را شناسایی، سپس بارش این توفان‌ها حداکثرسازی و به حوضه مورد مطالعه انتقال یافته و پس از انتخاب الگوی بارش توفان، بزرگترین مقادیر بارش تجزیه و تحلیل گردیده‌اند روش کار مبتنی بر دو مدل می باشد یکی روش آماری و دیگری روش همدیدی. در این پژوهش از روش همدیدی بمنظور برآورد بیشترین بارش محتمل در منطقه جنوب غرب خزر استفاده شد و مراحل ذیل دنبال گردید.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.2.69]

الف: پس از تهیه نقشه رقومی شده منطقه مورد مطالعه در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ موقعیت کلیه ایستگاه‌های سینوپتیک، کلیماتولوژی، باران سنجی و هیدرومتری منتخب مشخص گردید. و آمار دبی بیشترین لحظه‌ای و دبی بیشترین روزانه مربوط به ایستگاه‌های باران سنجی منتخب (۱۳۹۰-۱۳۵۵) مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۱).

ب : جمع آوری آمار بیشترین بارش روزانه ایستگاه‌های منتخب، بر اساس عناصر بارش ماهانه و سالانه برای دوره آماری (۱۳۸۸-۱۳۶۵)، شامل پدیده‌های جوی روزانه (ابرناکی، سرعت باد، دمای نقطه شبنم، فشار هوا) با فاصله زمانی هر ۳ ساعت ، آمار ماکزیمم تداوم هر ۱۲ ساعته نقطه شبنم سطحی (بر حسب درجه سانتی‌گراد) و سرعت باد بر حسب (نات) برای ایستگاه‌های سینوپتیک بندرانزلی، رشت، آستارا، رامسر، اردبیل، پارس آباد برای دوره‌های ۱۰ روزه اول، ۱۰ روزه دوم و ۱۰ روزه سوم برای محاسبه دوره‌های بازگشت ۵۰ ساله، ۸۰ ساله و ۱۰۰ ساله و آمار مربوط به میانگین فشار ماهانه ایستگاه‌های سینوپتیک منتخب از بدو تأسیس ایستگاه‌ها.

ج: انتخاب توفان‌های مورد نظر با بارش‌های ۲۴ ساعته و ۴۸ ساعته و به دست آوردن دوره‌های بازگشت ۵۰ ساله، ۸۰ ساله و ۱۰۰ ساله برای بیشینه تداوم ۱۲ ساعته نقطه شبنم و سرعت باد برای طول دوره آماری، به تفکیک هرماه و به تفکیک هر دهه.

د : تهیه نقشه‌های هم باران و رسم منحنی‌هایD. A. D .

ه: تهیه نقشه‌های هوا، رطوبت و نقشه‌های صعود قائم هوا در سطح زمین، تراز ۷۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال از روزهای قبل از شروع بارش تا روز اتمام بارش در دوره‌های توفانی .

و: محاسبه ضریب جریان باد از رابطه زیر

$$MW = \frac{MW_1}{MW_2}$$

رابطه(۱)

MW = ضریب جریان باد

MW_1 = بیشینه تداوم ۱۲ ساعته سرعت باد با دوره بازگشت ۵۰ ساله معین

MW_2 = بیشینه تداوم ۱۲ ساعته سرعت باد در طول توفان

ز: محاسبه ضریب آب قابل بارش از رابطه زیر

$$MP = \frac{MPW}{PWS}$$

رابطه (۲)

MP = ضریب رطوبت (ضریب بیشترین آب قابل بارش)

MPW = بیشترین آب قابل بارش (آب قابل بارش با دوره‌های بازگشت ۵۰، ۸۰ و ۱۰۰ ساله)

PWS = آب قابل بارش توفان مورد نظر

ح: محاسبه ضریب بیشینه توفان بر اساس رابطه زیر

$$FM + MP.MW$$

رابطه (۳)

FM= ضریب توفان

MP= ضریب رطوبت

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.2.69]

MW=ضریب باد

ط: محاسبه PMP حوضه از رابطه زیر.

رابطه(۴)

$$PMP = RM.FM$$

RM = مقدار متوسط بارش

FM = ضریب توفان

ی: برای بررسی آمار بارندگی از بیش از ۱۵۰ ایستگاه همدید، اقلیم شناسی، آب سنجی و باران سنجی در ۳ استان گیلان، مازندران و اردبیل استفاده گردید(جدول ۱).

جدول شماره ۱. مشخصات برخی از ایستگاه ها همراه با مقدار بارش منتخب

نام ایستگاه	میزان بارش ۲۴ ساعته ۲۵/۱۰/۱۹۸۷	نام ایستگاه	میزان بارش ۲۴ ساعته۰۱/۱۰/۲۰۰۱	نام ایستگاه	میزان بارش ۲۴ ساعته۲۱/۰۹/۱۹۹۳	نام ایستگاه	میزان بارش ۲۴ ساعته۱۸/۰۴/۱۹۹۲
شلمان	۹۱	لاهیجان	۱۲۸	شلمان	۵۳	لاهیجان	۱۲۸
گلناران	۷۴	شلمان	۱۹۵/۵	قلعه رودخان	۶۱	شلمان	۱۹۵/۵
پل آستانه	۶۷	چابکسر(هیدرو متری)	۱۵۴	آب ویر	۱۲۶	چابکسر(هیدرو متری)	۱۵۴
فخر آباد	۶۰	رشت	۱۳۴/۵	خرجگیل	۸۹	رشت	۱۳۴/۵
رشت	۷۵	قلعه رودخان	۱۰۵	هشتپر	۱۲۲/۵	قلعه رودخان	۱۰۵
قلعه رودخان	۶۴	قربان علی محله	۱۴۰	قاسم محله	۱۵۵	قربان علی محله	۱۴۰
پونل	۶۷	چابکسر (باران سنجی هواشناسی)	۱۸۰/۱	چلوند	۱۲۱	چابکسر (باران سنجی هواشناسی)	۱۸۰/۱
آب ویر	۴۶	انزلی	۲۰۲	حویق	۱۰۵	انزلی	۲۰۲
باش محله	۴۲	رشت(سینوپتیک)	۱۵۴	بالش محله	۱۱۲	رشت(سینوپتیک)	۱۵۴
کانرود بالا	۳۰	آب ویر	۱۱۰	کانرود بالا	۱۰۵	آب ویر	۱۱۰
کوچصفهان	۶۰	انزلی (هیدرومتری)	۱۳۷	چابکسر	۱۰۰	انزلی (هیدرومتری)	۱۳۷
لاهیجان	۷۱	کیان شهر	۱۰۳/۵	کیش لی	۱۸۰	کیان شهر	۱۰۳/۵
فشالم	۷۲	ماشین خانه	۱۰۵	حویق توالش (هیدرومتری)	۱۱۲	ماشین خانه	۱۰۵
انزلی	۷۶	سیاهکل	۱۱۵	انزلی	۶۶	سیاهکل	۱۱۵
رشت	۶۰	کلای بن	۱۰۱	آستارا	۸۵	کلای بن	۱۰۱
کلار آباد	۱۱۶	رامسر (باران سنجی)	۲۳۹	عباس آباد د تنکابن	۴۰	رامسر (باران سنجی)	۲۳۹
عباس آباد تنکابن	۱۰۸	رامسر (سینوپتیک)	۱۷۲	نشتارود	۴۴	رامسر (سینوپتیک)	۱۷۲
تالارسر	۶۷	گالش محله	۱۰۸/۴	رامسر	۷۰	گالش محله	۱۰۸/۴
رامسر	۷۹	کلار آباد	۷۲	رامسر	۶۳	کلار آباد	۷۲
نشتارود	۷۸	عباس آباد تنکابن	۵۸	شعیب کلایه	۸۴	عباس آباد تنکابن	۵۸

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.2.69]

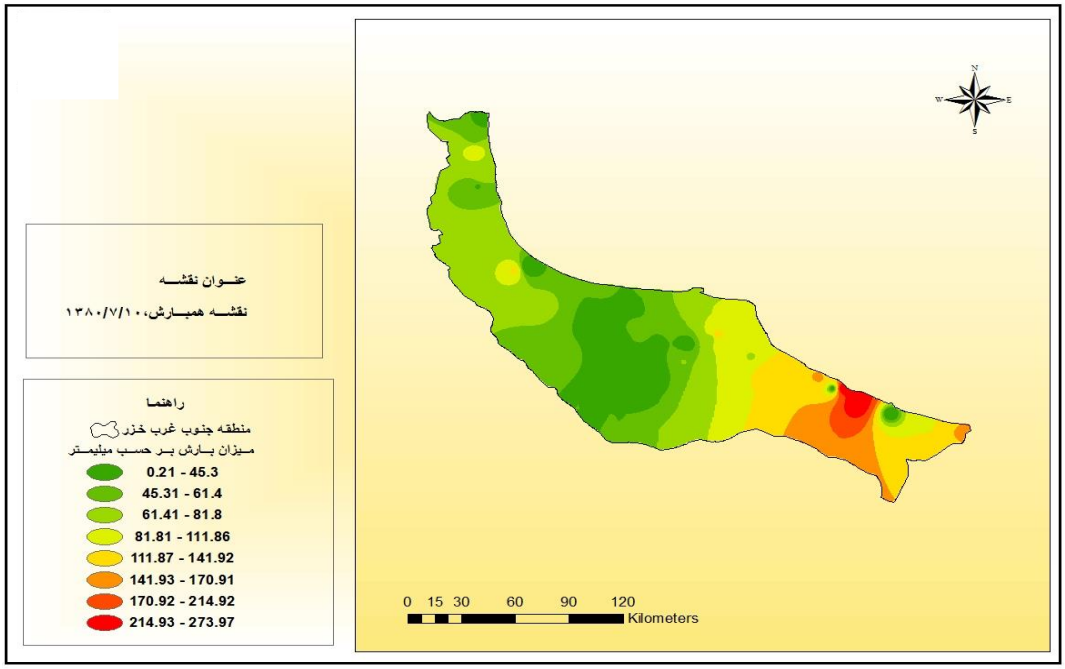
ک: به منظور پی بردن به گرم‌ترین اشباع آدیاباتیک شدیدترین توفان‌ها در دوره آماری ۱۳۵۵-۱۳۹۰ میزان دبی‌های بشینه لحظه‌ای و روزانه و همچنین آمار بیشترین بارش‌های فراگیر و تاریخ وقوع آنها در ایستگاه‌های مذکور به ترتیب ۴ توفان شدید و فراگیر که بیشترین مقادیر را داشته اند بر اساس(جدول ۲) انتخاب شد.

جدول شماره ۲. مشخصات توفا ن های منتخب

زمان	نام ایستگاه	مقدار بارش به میل متر
۱۳۶۶/۸/۶	کلارآباد	۱۱۶
۱۳۷۱/۱/۲۹	پل آستانه	۱۱۲
۱۳۷۲/۶/۳۰	کیشلی	۱۸۰
۱۳۸۰/۷/۱۰	رامسر	۲۷۴

از مجموع این چهار توفان ایستگاه رامسر بعنوان شدیدترین توفان انتخاب و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

ل: بر اساس (شکل ۲) نقشه همباران تهیه شد ، این شکل نشان می دهد در روز ۱۳۸۰/۷/۱۰ هسته بارش در شرق و شمال شرق منطقه قرار دارد و در قسمت‌های مرکزی منطقه بارش کمتری دیده می‌شود.



شکل ۲. نقشه هم بارش متعلق به روز ۱۳۸۰/۷/۱۰

بدین منظور بر مبنای محاسبه ارتفاع- مساحت توفان جهت به دست آوردن بارندگی در کل منطقه، بین ۲ پارامتر بارش و ارتفاع رابطه وایازی برقرار گردید و طبق (جدول ۳) حجم بارش و میزان متوسط بارندگی در سطح تجمعی در این روز برآورد گردید.

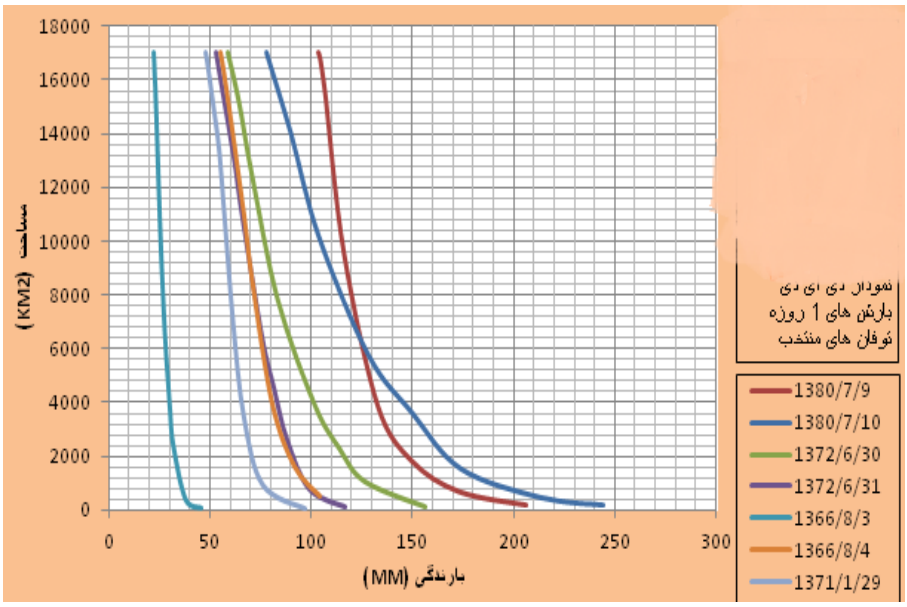
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.2.69]

جدول ۳. محاسبه ارتفاع، مساحت و حجم بارش در نقشه هم باران در تاریخ ۱۳۸۰/۷/۱۰

بارندگی بین ۲ خط هم باران (بر حسب میلی‌متر)	سطح بین ۲ خط هم باران (بر حسب کیلو متر مربع)	میانگین بارندگی بین خطوط همبارن (بر حسب میلی‌متر)	حجم بارندگی میان خطوط هم باران (متر مکعب)	حجم تجمعی بارندگی میان خطوط هم باران (متر مکعب)	مساحت تجمعی بارندگی (بر حسب کیلومتر مربع)	متوسط حجم تجمعی بارندگی بر روی مساحت تجمعی (بر حسب میلی‌متر)
۱۷۳/۹۴ – ۲۳۸/۱۳	۲۰۱/۳۹	۲۰۶/۰۳	۴۱۴۹۲/۳۸	۴۱۴۹۲/۳۸	۲۰۱/۳۹	۲۰۶/۰۲
۱۴۵/۳۲ – ۱۷۳/۹۳	۵۰۲/۵۷	۱۵۹/۶۲	۸۰۲۲۰/۲۲	۱۲۱۷۱۲/۶	۷۰۳/۹۶	۱۷۲/۸۹
۱۲۵/۳۷ – ۱۴۵/۳۱	۱۱۳۲/۳	۱۳۵/۳۴	۱۵۳۲۴۵/۴۸	۲۷۴۹۵۸/۰۸	۱۸۳۶/۲۶	۱۴۹/۷۳
۱۱۰/۶۲ – ۱۲۵/۳۶	۲۰۱۷/۸۴	۱۱۷/۹۹	۲۳۸۰۸۴/۹۴	۵۱۳۰۴۳/۰۲	۳۸۵۴/۱	۱۳۳/۱۱
۹۹/۳۴ – ۱۱۰/۶۱	۵۷۰۱/۸۷	۱۰۴/۹۷	۵۹۸۵۲۵/۲۹	۱۱۱۱۵۶۸/۳۱	۹۵۵۵/۹۷	۱۱۶/۳۲
۸۴/۶ – ۹۹/۳۳	۶۰۳۸/۹۵	۹۱/۹۶	۵۵۵۳۴۱/۸۴	۱۶۶۶۹۱۰/۱۵	۱۵۵۹۴/۹۲	۱۰۶/۸۸
۶۲/۹۱ – ۸۴/۵۹	۱۱۹۷/۹۴	۷۳/۷۵	۸۸۳۴۸/۰۷	۱۷۵۵۲۵۸/۲۲	۱۶۷۹۲/۸۶	۱۰۴/۵۲
۱۶/۹۲ – ۶۲/۹	۲۰۶/۴۴	۳۹/۹۱	۸۲۳۹/۰۲	۱۷۶۳۴۹۷/۲۴	۱۶۹۹۹/۳	۱۰۳/۷۳

با توجه به مقایسه جداول ارتفاع – مساحت هر ۴ توفان منتخب، ملاحظه شد ، بیشترین بارش متوسط ۱ روزه در سطح تجمعی، متعلق به روز ۱۳۸۰/۷/۱۰، با میزان بارندگی ۲۷۴ میلی‌متر است. بنابراین از بین بارش‌های یک روزه، این توفان از سایر طوفان‌های مورد مطالعه قوی تر بوده و سایر توفان‌ها را پوشش می‌دهد.

م: بر اساس شکل (۳) منحنی D. A. D: بر اساس جداول ارتفاع- مساحت هر یک از توفان‌ها به طور جداگانه منحنی D. A. D آنها بر اساس ستون‌های متوسط بارندگی در سطح تجمعی و مساحت تجمعی رسم گردید. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود برای هر ۴ مورد توفان (بارندگی‌های ۱روزه)، توفان سال ۱۳۸۰ در سمت راست منحنی ۳ توفان دیگر قرار داشته و منحنی پوش این ۳ توفان دیگر محسوب می‌گردد.



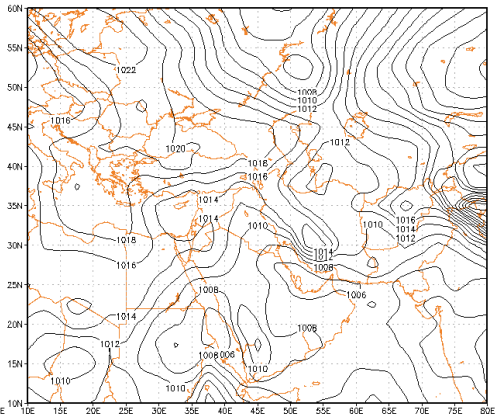
شکل۳. منحنی D. A. D بارش‌های ۱روزه توفان‌های منتخب

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

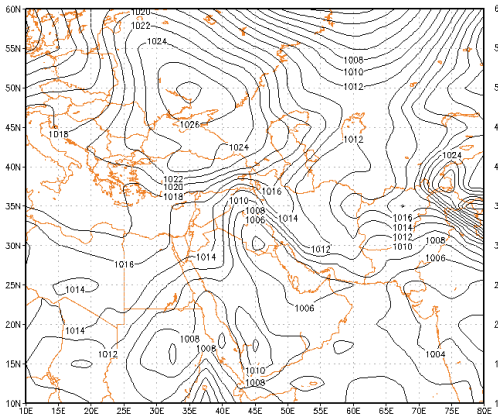
[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.2.69]

شرح و تفسیر نتایج

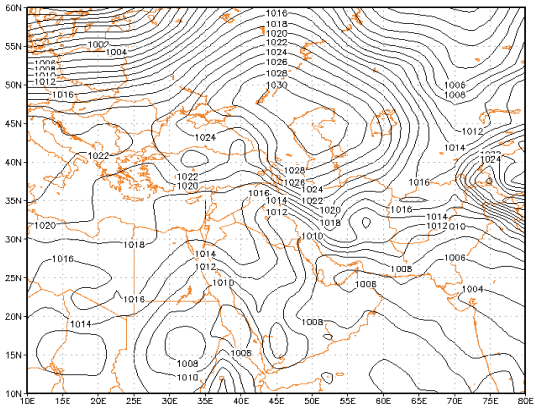
بررسی های حاصل از نقشه های فشار تراز دریا نشان داد از روز ۸ مهر۱۳۸۰ تا روز ۱۰ مهر با حرکت شرق سوی پرفشار سرد شمال شرق اروپا با عبور از روی دریای سیاه تا نیمه شمالی کشور گسترش یافته است و با شمالی شدن جریانات سرد بر روی دریای گرم خزر موجب رخداد بارش های سنگین شده است. در مقابل نیز با استقرار کم فشار گرم در جنوب غرب ایران، با ایجاد گرادیان دمایی شدید با پرفشار سرد شمالی، یک منطقه جبهه ای فعال را به وجود آورده است.



شکل۴. نقشه فشار سطح زمین۸مهر۱۳۸۰



شکل۵.نقشه فشار سطح زمین۹مهر۱۳۸۰.

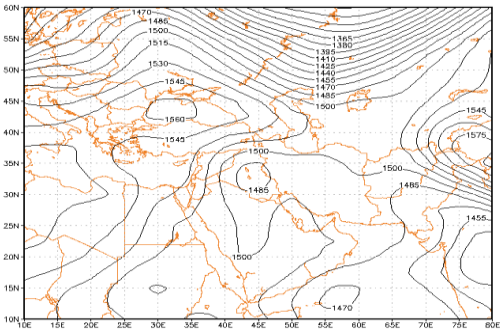


شکل۶.نقشه فشار سطح زمین۱۰مهر۱۳۸۰

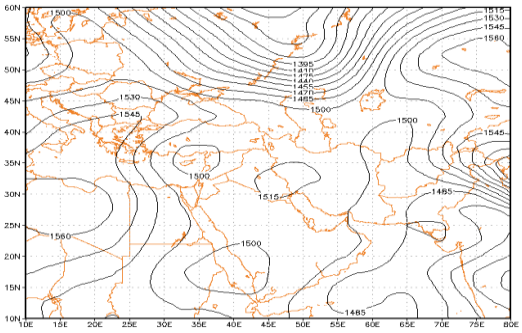
با توجه به نقشه های ارتفاع ژئوپتانسیل در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال مشاهده گردید ناوه عرض‌های میانی پس از رسیدن به شمال دریای خزر سبب تقویت پرفشار سیبری از نوع سرد شده و بنا به موقعیت ناوه مزبور جریان‌های سرد مناطق سیبری به سوی سواحل دریای خزر منتقل و یک پرفشار گرمایی از نوع سرد بر روی دریای خزر ایجاد میگردد. در ادامه گرادیان فشار نسبتاً شدیدی بین سواحل جنوبی دریای خزر و شیب‌های جنوبی رشته کوه‌های البرز ایجاد و در نتیجه هوای مرطوب و نسبتاً سردی را از شمال رشته کوه‌های البزر به سوی شیب‌های میانی و جنوبی این رشته کوه‌ها منتقل می‌سازد. در همین زمان پرفشارهایی که در مدیترانه و دریای سیاه و گاهاً شمال خزر (پرفشار سیبری) بسته شده است با آب‌های گرم دریاچه مازندران تلفیق شده به سوی سواحل شمال ایران انتقال یافته و شرایط مناسبی را برای ایجاد بارندگی در نواحی جنوبی خزر و به ویژه در ارتفاعات البرز به وجود می‌آورد.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

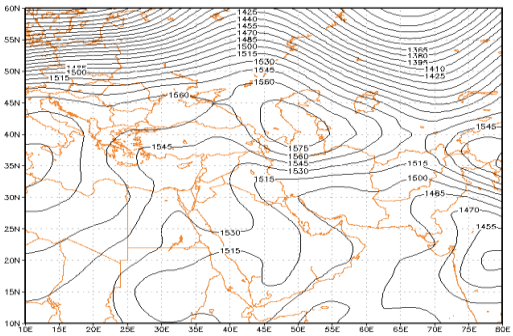
[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.2.69]



شکل۷. نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل۸۵۰ هکتوپاسکال۸مهر۱۳۸۰

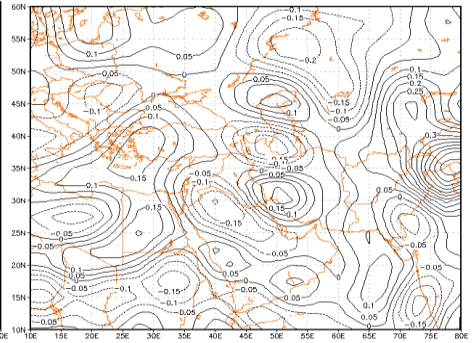


شکل۸. نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل۸۵۰ هکتوپاسکال۹مهر۱۳۸۰

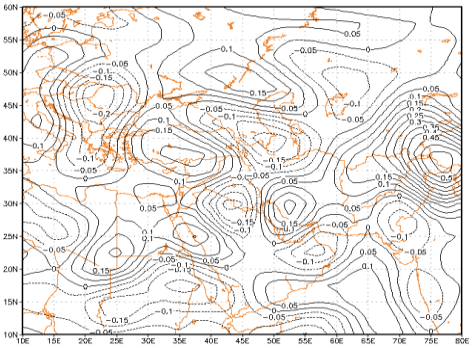


شکل۹.نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل۸۵۰ هکتوپاسکال۱۰مهر۱۳۸۰

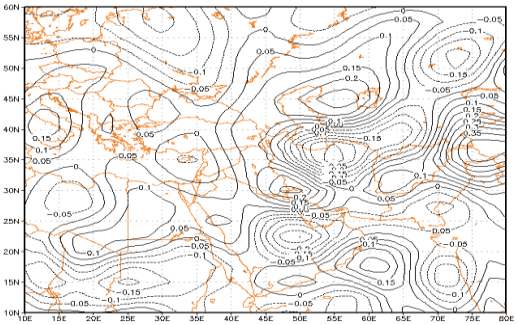
با توجه به نقشه های سرعت قائم جو در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در جنوب دریای خزر یک میدان امگای منفی با ۰.۲- پاسکال بر ثانیه بسته شده است که واگرایی شدید هوا و ناپایداری را در منطقه مورد مطالعه نشان می دهد. در روز ۱۰ مهر ۱۳۸۰ مرکز بسته امگای منفی به سمت خراسان شمالی حرکت کرده است که منطبق با آن از میزان بارش ها نیز کاسته شده است.



شکل۱۰.نقشه سرعت قائم جو(امگا) در روز ۸مهر۱۳۸۰



شکل۱۱.نقشه سرعت قائم جو(امگا) در روز ۹مهر۱۳۸۰

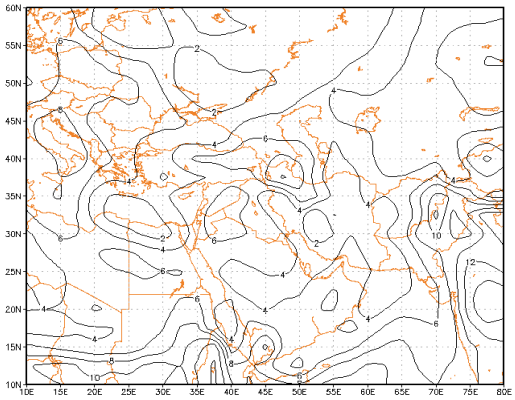


شکل۱۲.نقشه سرعت قائم جو(امگا)در روز۱۰مهر۱۳۸۰

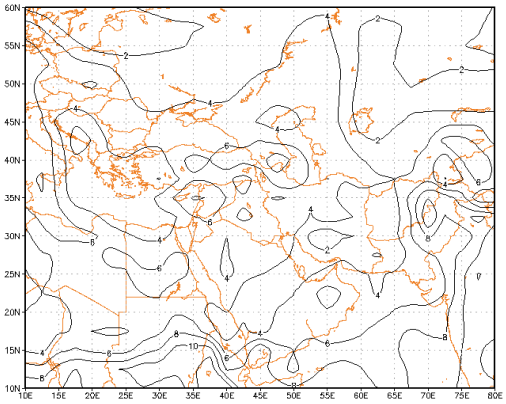
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.2.69]

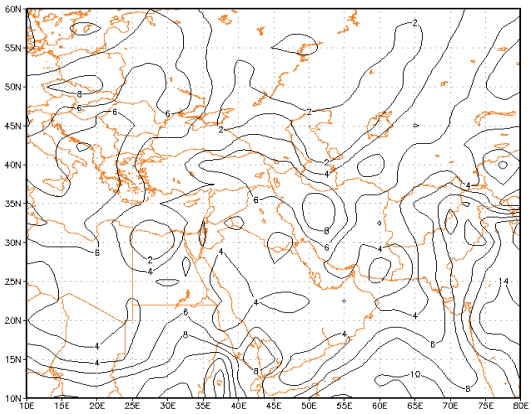
در نقشه های نم ویژه در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، هسته رطوبت بر روی جنوب غرب دریای خزر در روز ۸ مهر با ۸ گرم بر کیلوگرم و در روز ۹ مهر ۱۳۸۰ با ۱۰ گرم بر کیلوگرم بسته شده است که با روندی غربی-شرقی بر روی نوار شمالی کشور قرار گرفته است. جا به جایی میدان بیشینه رطوبت کاملاً منطبق بر سامانه پرفشار شمالی از غرب به شرق بوده که نقش مسلم این سامانه که با ریزش هوای سرد بر روی دریای گرم، ناپایداری های شدیدی را موجب شده است.



شکل۱۳. نقشه نم ویژه تراز۸۵۰ هکتوپاسکال۸مهر ۱۳۸۰



شکل۱۴. نقشه نم ویژه تراز۸۵۰ هکتوپاسکال ۹مهر۱۳۸۰



شکل۱۵. نقشه نم ویژه تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال۱۰مهر۱۳۸۰

با بررسی شکل های مذکور مشخص شد اکثر سیستم‌های ورودی به منطقه در زمان توفان‌ها رطوبت خود را از دریای سیاه و گاهاً مدیترانه وارد می‌سازند. زبانه‌های حاصل از پرفشارهای مهاجر در شمال غرب اروپا که معمولاً بر روی دریای سیاه استقرار می‌یابد هوای سرد عرض‌های بالا را بر روی دریای خزر فرارفت می‌نمایند و باعث انتقال هوای بسیار مرطوب به منطقه جنوب و جنوب غرب خزر می‌شوند. لذا توفان مورخ ۱۳۸۰/۷/۱۰ به عنوان شدیدترین آن قابل مشاهده و نقش اصلی را در این فرایند به خود اختصاص داده است.

بر اساس جدول (۴ و ۵)، جهت محاسبه آب قابل بارش از داده‌های ایستگاه‌های اطراف کانون اصلی هسته بارش که به صورت ۳ ساعته ثبت شده است و به دست آوردن گرم‌ترین اشباع آدیاباتیک با بیشینه سازی دمای نقطه شبنم و سرعت باد نشان داد در ۶ ایستگاه منتخب بیشینه نقطه شبنم و سرعت باد با دوره های بازگشت مختلف از شدت بیشتری در گذشته برخوردار بوده است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.2.69]

جدول ۴ : بیشینه سازی نقاط شبنم و سرعت باد در توفان منتخب

۰۱/۸/۰۷۸۱	نام ایستگاه	بیشینه تداوم ۱۲ ساعته نقطه شبنم در طول توفان	بیشینه تداوم ۱۲ ساعته سرعت باد در طول توفان	بیشینه تداوم ۱۲ ساعته نقطه شبنم با دوره بازگشت ۵۰ ساله	بیشینه تداوم ۱۲ ساعته نقطه شبنم با دوره بازگشت ۸۰ ساله	بیشینه تداوم ۱۲ ساعته نقطه شبنم با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله	بیشینه تداوم ۱۲ ساعته سرعت باد، با دوره بازگشت ۵۰ ساله	بیشینه تداوم ۱۲ ساعته سرعت باد، با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله
	بندر انزلی	۲۲/۱	۱۰	۲۳/۳۴	۲۳/۶۹	۲۳/۹	۳۰/۲۵	۳۴/۳۶
	رشت	۲۲/۲	۶	۲۱/۶۸	۲۱/۹۳	۲۲/۱۲	۱۲/۰۸	۱۳/۵
	آستارا	۱۹/۹	۱۴	۲۱/۶۶	۲۱/۹۲	۲۲/۱۱	۱۲/۷۷	۱۴/۲۳
	رامسر	۲۱/۱	۶	۲۲/۷۲	۲۳/۰۴	۲۳/۲۴	۱۸/۸۵	۲۱/۳۴
	اردبیل	۱۲/۱	۱۲	۱۳/۷۴	۱۴/۱۷	۱۴/۳۷	۲۹/۴۲	۳۲/۶۶
	پارس آباد	۱۳/۵	۱۴	۱۹/۵۸	۲۰/۳۳	۲۰/۵۴	۱۸/۶۵	۲۰/۷۸

جدول شماره ۵: میزان آب قابل بارش با نقطه شبنم

۰۱/۸/۰۷۸۱	نام ایستگاه	بیشینه تداوم ۱۲ ساعته نقطه شبنم توفان در تراز ۱۰۰۰۰	بیشینه تداوم ۱۲ ساعته نقطه شبنم با دوره بازگشت ۸۰ ساله در تراز ۱۰۰۰۰	بیشینه تداوم ۱۲ ساعته نقطه شبنم با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله در تراز۱۰۰۰۰	میزان آب قابل بارش با نقطه شبنم تبدیل شده به تراز ۱۰۰۰۰	میزان آب قابل بارش با نقطه شبنم تبدیل شده به تراز ۱۰۰۰۰	میانگین فشار ماه توفان از بدو تأسیس ایستگاه	کمترین فشار مشاهده شده در دوره توفان
	بندر انزلی	۲۲/۱	۱۰	۲۳/۳۴	۲۳/۶۹	۲۳/۹	۳۰/۲۵	۳۴/۳۶
	رشت	۲۲/۲	۶	۲۱/۶۸	۲۱/۹۳	۲۲/۱۲	۱۲/۰۸	۱۳/۵
	آستارا	۱۹/۹	۱۴	۲۱/۶۶	۲۱/۹۲	۲۲/۱۱	۱۲/۷۷	۱۴/۲۳
	رامسر	۲۱/۱	۶	۲۲/۷۲	۲۳/۰۴	۲۳/۲۴	۱۸/۸۵	۲۱/۳۴
	اردبیل	۱۲/۱	۱۲	۱۳/۷۴	۱۴/۱۷	۱۴/۳۷	۲۹/۴۲	۳۲/۶۶
	پارس آباد	۱۳/۵	۱۴	۱۹/۵۸	۲۰/۳۳	۲۰/۵۴	۱۸/۶۵	۲۰/۷۸

پس از به دست آوردن بیشینه نقاط شبنم و سرعت باد بر اساس جدول (۶) و بدست آمدن ضریب توفان - بمنظور دقت در انجام کار- از ضریب رطوبت با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله استفاده شد. و میزان بالاترین بارش محتمل پس از به دست آوردن ضرایب توفان، PMP آنها به دست آمد (جدول ۷).

رابطه(۵) ۲/۶۷= ۲/۱۴*۱/۲۵= ضریب توفان

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.2.69]

جدول ۶ : محاسبه ضریب توفان ۱۳۸۰/۷/۱۰ به عنوان شدیدترین توفان منتخب

نام ایستگاه	MW (با دوره بازگشت ۵۰ ساله)	MW (با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله)	MP (با دوره بازگشت ۵۰ ساله)	MP (با دوره بازگشت ۸۰ ساله)	MP (با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله)
بندر انزلی	۳/۰۲	۳/۴۳	۱/۰۶	۱/۱۱	۱/۱۴
رشت	۲/۰۱	۲/۲۵	۰/۹۲	۰/۹۴	۰/۹۶
آستارا	۰/۹۱	۱/۰۱	۱/۱۴	۱/۲۳	۱/۲۵
رامسر	۳/۱۴	۳/۵۵	۱/۱۲	۱/۱۶	۱/۱۸
اردبیل	۲/۴۵	۲/۷۲	۱/۱۲	۱/۱۶	۱/۱۸
پارس آباد	۱/۳۳	۱/۴۸	۱/۷	۱/۷۹	۱/۸۱
میانگین	۲/۱۴	۲/۳۵	۱/۱۷	۱/۲۳	۱/۲۵

جدول ۷. مقدار PMP توفان ها

مساحت تجمعی بارندگی یک روزه	۵۸/۸۶	۹۳۸/۰۸	۸۴	۷۱۹۰/۵۴	۱۲۹۲۱/۸۹	۱۳۹۱۶/۳	۱۶۵۸۶/۵	۱۶۹۹۹/۳
مقدار متوسط بارندگی یک روزه سطح تجمی	۹۷/۲۷	۷۶/۲۷	۶۶/۸۳	۶۱/۲۵	۵۵	۵۳/۷۱	۴۸/۷۵	۴۷/۸۵
PMPیک روزه	۳۶۴/۷۶	۲۸۶/۰۱	۲۵۰/۶۱	۲۲۹/۶۳	۲۰۶/۷	۲۰۱/۴۱	۱۸۲/۸۱	۱۷۹/۴۳

با توجه به PMP به دست آمده، بارندگی‌هایی با تداوم ۲۴ ساعته با ارقام ۲۷۶/۹۵ انتخاب شد. PMP به دست آمده نیز همانند بارندگی‌ها نشان دادند که توفان مورخ ۱۳۸۰/۷/۱۰ با تداوم ۲۴ ساعته از ۲ نمونه دیگر شدیدتر و فراگیرتر بوده است (جدول ۸). لذا بر اساس ضریب روان آب و تداوم بارندگی ۲۴ ساعته مقدار ۲۱۷۹۷/۶۶ متر مکعب در ثانیه بیشترین رقم روان آب در منطقه می باشد که لازم است در چنین برآوردهایی مدیریت سیلاب در مناطق خاص بمنظور کنترل آن اعمال تا خسارات ناشی از ان به حداقل برسد.

رابطه (۶) محاسبه حجم روان آب = میزان متوسط بارش * $\frac{(\text{مساحت منطقه برحسب کیلومتر مربع}*1000)}{(\text{میزان ساعت بارش‌های}*3600)}$ * ضریب روان‌آب

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.2.69]

جدول ۷ : مقدار متوسط بارندگی با در نظر گرفتن ضریب PMP و بدون در نظر گرفتن آن و حجم روان آب ناشی از آن

تداوم بارندگی بر حسب ساعت	متوسط بارندگی بدون در نظر گرفتن ضریب PMP بر حسب میلی‌متر	متوسط بارندگی با در نظر گرفتن ضریب PMP بر حسب میلی‌متر	حجم روان‌آب ناشی از بارندگی (بیشترین دبی) بدون در نظر گرفتن ضریب PMP بر حسب متر مکعب بر ثانیه	حجم روان‌آب ناشی از بارندگی (بیشترین دبی) با در نظر گرفتن ضریب PMP بر حسب متر مکعب بر ثانیه
۲۴	۱۰۳/۷۳	۲۷۶/۹۷	۸۱۶۳/۵۹	۲۱۷۹۷/۶۶

نتیجه گیری

امروزه مطالعات پیرامون مخاطرات محیطی و رصد عوامل تاثیر گذار از مشخصه های مدیریت شناخت بحران تلقی می گردد بی شک نقش سیل در توازن و تعادل اکولوژیکی جغرافیایی نقش بسیار موثر و تاثیر گذار می باشد چنانچه بتوان در این زمینه رفتار عناصر اقلیمی را با پارامترهای موثر را شناخت؛ می توان با اعمال مدیریت نسبت به کاهش خطرات، کمترین هزینه متحمل را بخوبی مدیریت نمود. لذا بررسی و مقایسه نتایج تحقیقات مختلف در زمینه برآورد بیشترین بارش محتمل که به روش‌های مختلف آماری و همگرایی انجام شده است؛ نشان داد که انجام PMP بر اساس روش اول هرشفیلد به مراتب بیشتر از روش همگرایی می‌باشد. ارقام حاصل از روش دوم تا حدی تعدیل شده و نتایج روش دوم هرشفیلد با حذف مقادیر خارج از مرز به مقادیر حاصل از روش همگرایی نزدیک شده‌اند. در روش‌های آماری تنها از عنصر بارش استفاده شده است در صورتی که در روش همگرایی علاوه بر بارش، پارامترهای جوی دمای نقطه شبنم، سرعت و جهت باد، فشار و دما به طور مستقل و در ارتباط با یکدیگر مورد بررسی قرار گرفته است و همچنین در این روش رسم منحنی‌های عمق سطح، مدت (D. A. D) توفان‌ها یک مقدار واقعی برای منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت برآورد PMP به روش همگرایی- سینوپتیک علمی‌تر و دقیق‌تر و با واقعیات بارش‌های رخ داده در منطقه مورد مطالعه انطباق بیشتری دارد و قابل قبول‌تر است. این نتایج با روش های احمدی و همکاران در حوضه جاجرود و عزیزی و همکاران در حوضه آجی چای بهتر مطابقت دارد.

منابع

امینی، میترا.۱۳۸۷. *برآورد بیشترین بارش محتمل حوضه رودخانه کشکان به روش سینوپتیک*؛ پایان نامه کارشناسی ارشد؛ دانشکده علوم زمین ؛ دانشگاه شهید بهشتی.

بوستانی، فردین. ۱۳۷۸. *بررسی مبانی علمی و فنی بیشترین بارش و سیلاب محتمل به عنوان معیار طراحی سازه‌های هیدرولیکی* – رساله دکترای تخصصی، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی.

خلیلی، علی. ۱۳۸۱. *طرح برآورد PMP آماری در سطح زمانی استاندارد در گستره ایران و پهنه بندی کشور از دیدگاه قانونمندی‌های آن*، معاونت پژوهشی و آموزشی وزارت راه و ترابری سازمان هواشناسی کشور.

رشتچی، ژاله. ۱۳۷۱. برآورد بیشترین بارش محتمل به روش‌های مختلف؛ مطالعه موردی برای حوضه آبریز طالقان ؛ پایان نامه کارشناسی ارشد ؛ دانشکده کشاورزی ؛ دانشگاه تهران .

رضائی پژند؛ قهرمان، . ۱۳۸۵. برآورد بیشترین بارش محتمل ۲۴ ساعته به روش چند ایستگاهی، مطالعه شمال خراسان، *تحقیقات منابع آب ایران*، **۱**؛۶۳-۵۵ .

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.2.69]

عباسی، افسانه. ۱۳۸۵. برآورد بیشترین بارش محتمل به روش آماری و سینوپتیک (مطالعه موردی، حوضه آبریز رودخانه کرج)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.

عزیزی،قاسم و علی حنفی. ۱۳۸۹. برآورد حداکثر بارش محتمل (PMP) حوضه آجی چای به روش سینوپتیکی ؛ مجله مطالعات جغرافیایی مناطق خشک،**۲** : ۷۱-۵۵.

کشتلی شاکری، مرضیه.۱۳۹۰. نقش اقلیم در اکوتوریسم استان گیلان بر اساس ؛ پایان نامه کارشناسی ارشد؛ دانشکده علوم زمین ؛ دانشگاه شهید بهشتی .

مشایخی، شهرام. ۱۳۸۰. برآورد بیشترین بارش محتمل به روش فیزیکی و آماری و مقایسه این دو روش برای منطقه البرز مرکزی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

Ahmadi,M., Fattahi, E. and Noormohammadi, A. ۲۰۱۲. Probable maximum precipitation (PMP) in the Jajroud basin of Iran using a synoptic model. IAHS-AISH publication, ۳۲۰-۳۲۷.

Bronstert, A., ۲۰۰۳. Floods and climate change: interactions and impacts. Risk Anal.

Christensen, J. H., & Christensen, O. B. ۲۰۰۳. Climate modelling: severe summertime flooding in Europe. Nature, **٤۲۱**(**٦۹۲۵**): ۸۰۵-۸۰٦.

Cunderlik, J. M., & Burn, D. H. ۲۰۰۳. Non-stationary pooled flood frequency analysis. Journal of Hydrology, **۲۷٦**(۱):۲۱۰-۲۲۳.

Hansen, E. M. ۱۹۸۷. Probable maximum precipitation for design floods in the United States. Journal of Hydrology, **۹٦**(۱): ۲٦۷-۲۷۸.

Hershfield, D. M, ۱۹٦۵. Method for estimation P. M. P. Journal of American water works Association,**۵۷**: ۹٦۵-۹۷۲.

Hershfield, David. M. ۱۹٦۱. Magnitude of Hydrological frequency factor in maximum rainfall estimation. Hydrological Sciences Bulletin, USA.

Kingpaiboon, S. ۱۹۸۵. Relation of Probable Maximum Precipitation Depth-Area-Duration Using GIS. Depression, ۱۲: ۳, ۱-۵

Konadu, D.D., Fosu, C. (Eds.), ۲۰۰۹. Digital Elevation Models and GIS for Watershed Modelling and Flood Prediction – A Case Study of Accra Ghana, Appropriate Technologies for Environmental Protection in the Developing World. Springer.

Kron, W. ۲۰۰۲. Keynote lecture: Flood risk= hazard× exposure× vulnerability. Proceedings of the Flood Defence Science Press, New York Ltd.

Merz, B., Kreibich, H., Thieken, A., and Schmidtke, R. ۲۰۰٤. Estimation uncertainty of direct monetary flood damage to buildings. Natural Hazards and Earth System Science, **٤**(۱): ۱۵۳-۱٦۳.

Opolot, E. ۲۰۱۳. Application of remote sensing and geographical information systems in flood management: a review. Research Journal of Applied Sciences Engineering and Technology, **٦**(**۱۰**): ۱۸۸٤-۱۸۹٤.

Rozalis, S., Morin, E., Yair, Y., & Price, C. ۲۰۱۰. Flash flood prediction using an uncalibrated hydrological model and radar rainfall data in a Mediterranean watershed under changing hydrological conditions. Journal of Hydrology, **۳۹٤**(۱): ۲٤۵-۲۵۵.

Smith, K., & Ward, R. (۱۹۹۸). Floods: physical processes and human impacts. John Wiley and Sons Ltd.

Tehrany, M.S., Pradhan, B., & Jebur, M. N. ۲۰۱۳. Spatial prediction of flood susceptible areas using rule based decision tree (DT) and a novel ensemble bivariate and multivariate statistical models in GIS. Journal of Hydrology, **۵۰٤**:٦۹-۷۹.

WMO, ۱۹۸٦. Manual for Estimation of probable maximum precipitation, WMO, No ۳۳۲, Operational Hydrology Report.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.2.69]

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.2.69]

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.2.69]