نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی سال هجدهم، شماره ۵۰، پاییز۹۷

برآورد بیشینه بارش محتمل (PMP) در حوضه آبریز قمرود، به روش همدیدی

دریافت مقاله: ۹۶/۵/۲ **پذیرش نهایی:** ۹۷/۲/۱۵

صفحات: ۷۵-۶۱

فرانک بهرامی: دانشجوی دکتری هواشناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران[۱].
bahrami.faranak@yahoo.com
عباس رنجبر سعادت آبادی: دانشیار و عضو هیئت علمی پژوهشکده هواشناسی، تهران، ایران.
aranjbar@gmail.com
ابراهیم فتاحی: دانشیار و عضو هیئت علمی پژوهشکده هواشناسی، تهران، ایران.
ebfat2002@yahoo.com

چکیده

بیشینه بارش محتمل بیشترین ارتفاع بارندگی است که در دوره زمانی معین در یک حوضه به وقوع می پیوندد. هیدرولوژیست‌ها از مقادیر بیشینه بارش محتمل برای محاسبه بیشینه سیل محتمل در محاسبه طراحی سرریز سدها استفاده می‌کنند و به دو روش آماری و همدیدی قابل محاسبه است. هدف از این تحقیق برآورد بیشینه بارش محتمل در حوضه آبریز قمرود به روش همدیدی است. بدین منظور داده‌های باران سنجی از سازمان هواشناسی کشور دریافت گردید. همچنین داده‌های ترازهای ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال از مرکز ملی پیش‌بینی محیطی و مرکز ملی مطالعات جوی سازمان هواشناسی آمریکا اخذ گردید. نقشه‌های همدیدی مورد نیاز تولید و بررسی شدند. نقشه‌های همباران ترسیم و منحنی‌های عمق- مساحت- مدت، برای هر یک از توفانها تعیین شدند. در نهایت، مقدار بیشینه بارش محتمل در تداوم‌های ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت برآورد گردید. به‌گونه‌ای که بیشینه بارش محتمل ۲۴ ساعته با محاسبه نقطه شبنم با دوره بازگشت ۵۰ و ۱۰۰ سال به ترتیب مقادیر ۵۱/۷۵ و ۵۴ میلی‌متر، ۴۸ ساعته ۱۲۸/۲۵ و ۱۳۲/۰۵میلی‌متر و ۷۲ ساعته ۹۷/۹ و ۱۰۱/۷۵ بدست آمده است.

کلیدواژگان: بیشینه بارش محتمل، حوضه قمرود، روش همدیدی، توفان، ایران

مقدمه

۱ . **نویسنده مسئول:** تهران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات ، پژوهشکده هواشناسی.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.7.2]
[DOI: 10.29252/jgs.18.50.61]

بیشینه بارش محتمل به بیشترین عمق بارش، برای مدت زمان معینی در منطقه جغرافیایی خاص و با وسعت معین که به طور فیزیکی امکان ریزش دارد، گفته می‌شود (WMO, 1986). این تعریف از نظرکاربردی شامل گام‌هایی است که در رسیدن به مقاصد برداشته می‌شود.

مطالعه بیشینه بارش محتمل، به جهت ارزیابی و برآورد سیل محتمل برای طراحی سازه‌های هیدرولوژیکی، تعیین بیشینه مقدار آبی که وارد مخازن سرریز و دیگر تأسیسات می‌شود، ضروری است. بر اساس آخرین یافته های سازمان جهانی هواشناسی، محاسبه بیشینه بارش محتمل از روش‌های پیچیده همدیدی و روش‌های ساده‌تر آماری امکان‌پذیر است. مدل همدیدی شامل مدل‌های کوهستانی و همگرایی می‌باشد. انتخاب روش بیشینه بارش محتمل به میزان، نوع و کیفیت داده‌های قابل دسترس بستگی دارد (WMO,2010).

هدف از مطالعه حاضر برآورد بیشینه بارش محتمل با تداوم زمانی مختلف در حوضه آبریز قمرود با روش سینوپتیکی و با استفاده از آخرین آمار و اطلاعات جمع‌آوری شده در این منطقه می‌باشد.

به منظور برآورد بیشینه بارش محتمل در این مطالعه از مدل همگرایی سینوپتیکی استفاده شده است. از مزایای مدل همگرایی این است که در مناطقی که داده‌های سطوح بالای جو و داده های رادیو سوندی در محل ورودی و خروجی حوضه ثبت نشده باشد و یا در دسترس نباشد، با استفاده از داده‌های سطح زمین نظیر دمای نقطه شبنم، سرعت و سمت باد و فشار می‌توان آب قابل بارش یک توفان را تخمین زد. از اواخر سال ۱۹۳۰ شرایط سرریز برای اکثر مخازن در ایالات متحده بر مبنای بیشینه بارش محتمل تعیین شده است. (گزارشات آب و هواشناسی NOAA). این گزارشات شامل ۳۱ حوضه که مقادیر کلی PMP و PMF آنها بر اساس روش همدیدی و با مدل‌های مختلف هیدرولوژیکی محاسبه شده است. هرشفیلد[2] در سال ۱۹۶۱ از معادله عمومی تناوب و با داشتن آمار بارش روزانه بیش از ۲۶۰۰ ایستگاه که ۹۰ درصد آنها در ایالات متحده قرار داشتند، دریافت که ۱۵ = K منحنی پوشی برای داده‌های مشاهده شده ماکزیمم بارندگی روزانه می‌باشد. هرشفیلد در تحقیق دیگری در سال ۱۹۶۵ مشخص کرد که مقدار K به طور معکوس با متوسط بارندگی بیشینه روزانه تغییر می‌کند و مقدار K=15برای مناطق پر باران خیلی زیاد و برای مناطق خشک خیلی کم است، وی در سال ۱۹۷۷ با آنالیز بیشتر برای تداوم‌های ۲۴ ساعته، یک ساعته و ۵ دقیقه مقدار K را محاسبه و نسبت به نتایج قبلی میزان آن را افزایش داد. کلیر و هارداکر[3] در سال ۱۹۹۶، یک مدل توفان که به مدل توفان بریتانیا معروف شد را برای برآورد بیشینه بارش محتمل ارائه دادند. اسونسن و راخچا[4] (۱۹۹۷) بیشینه بارش محتمل برای سدها در حوضه رودخانه هونگرو چین را برآورد نموده‌اند، در این مطالعه مقادیر PMP با استفاده از تحلیل عمق بارش – ناحیه توفان – مدت زمان بارش و بیشینه سازی رطوبت است تخمین و مقادیر منطقه‌ای PMP برای کل حوضه آبریز رودخانه هونگرو و نیز برای دیگر حوضه‌های آبخیز واقع در مناطق بالای سدهای بانکیاو، شیمانتان، بوشان و سویاهو برآورد شده است. داگلاس و باروز[5] در سال ۲۰۰۲ با استفاده از شیوه‌های تحلیل چند بخشی به برآورد بیشینه بارندگی

2 Hershfield

3 Collier & Hardaker

4 Svnson & Rakhecha

5 Douglas & Barros

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.7.2]

[DOI: 10.29252/jgs.18.50.61]

محتمل در شرق ایالات متحده پرداختند، آنها این کار را ابتدا با مشخص کردن میزان عمق‌های بیشینه بارندگی مشاهده شده انجام دادند و سپس تفاوت این ویژگی‌ها را هم به لحاظ زمانی و هم مکانی ارزیابی کردند.
در ایران نیز در این زمینه مطالعاتی انجام گرفته است که از نخستین مطالعات بیشینه بارش محتمل در سطح کشور می‌توان به بررسی انجام شده مربوط به طرح سد دز در سال ۱۹۵۵-۱۹۵۴ میلادی و کارون یک (شهید عباسپور) طی سال‌های ۱۹۶۸-۱۹۶۷ (۱۳۴۷-۱۳۴۶) اشاره کرد که توسط شرکت بین‌المللی مهندسی هارزا انجام شده است. در این دو بررسی به سبب نبود داده‌های بارش و فراسنج‌های جوی مورد نیاز در برآورد بیشینه بارش محتمل در حوضه دز و کارون تا آن تاریخ، از انتقال توفانی که برای برآورد بیشینه بارش محتمل حوضه دیاله به کار رفته، استفاده شده است. مطالعات بیشینه بارش محتمل سد کارون ۳ در سال‌های ۱۹۸۲ (۱۳۶۱) و ۱۹۸۴ (۱۳۶۳) با مشارکت مهندسین مشاور مهاب قدس و مهندسین مشاور ایکرز انجام شده است. این گزارش مجدداً توسط مشاور مهاب قدس در سال ۱۹۹۸ بازنگری شد. برآورد بیشینه بارش محتمل حوضه کارون ۴ نیز توسط مهندسین مشاور مهاب قدس در سال ۱۹۹۹(۱۳۷۸) به روش سینوپتیکی انجام شد. به منظور برآورد بیشینه بارش محتمل در این حوضه از توفان‌های انتخاب شده برای کارون ۳ استفاده شده است. در همین ارتباط مطالعات سد گدار لندر در سال ۱۹۹۲(۱۳۷۱) با مشارکت مهاب قدس- لامایر به روش همدیدی انجام شد. به منظور برآورد بیشینه بارش محتمل در این حوضه از بین ۱۱ توفان شدید توفان ۷ روزه بهمن ۱۳۵۴ انتخاب شد. در سال ۱۹۹۶ (۱۳۷۵) طرح مطالعاتی بیشینه بارش محتمل در سد گتوند به روش سینوپتیکی با مشارکت مشانیر– کایتک اجرا شد. به منظور برآورد بیشینه بارش محتمل در این حوضه از بین ۲۲ توفان شدید، توفان ۷ روزه دسامبر ۱۹۸۹(آذر ۱۳۶۸) انتخاب شد. در سالهای ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ بیشینه بارش محتمل حوضه آبریز خراسان و حوضه آبریز سد پارسیان نیز به روش همدیدی (سینوپتیکی) انجام شده است. سازمان هواشناسی کشور در سال۲۰۰۴ (۱۳۸۳) در قالب یک پروژه ملی مقادیر بیشینه بارش محتمل را برای تمامی حوضه‌های آبریز کشور بر اساس روش همدیدی برآورد و ارائه داده است.

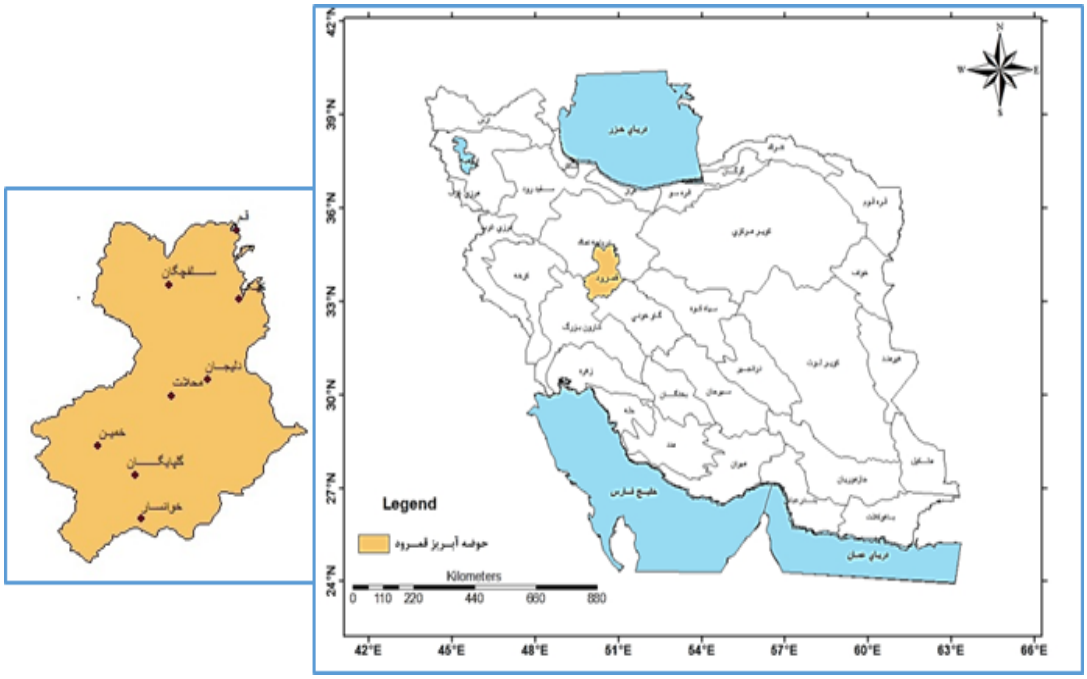
روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در این پژوهش، حوضه آبریز قمرود است که از شمال به استان قم، از غرب به مرکزی، از شرق به اصفهان و از جنوب به استان همدان محدوده شده است. این حوضه در محدوده جغرافیایی'۴۰ °۴۹ تا '۱۸ °۵۶ طول شرقی و °۳۳ تا '۳۳ °۳۴ عرض شمالی قرار دارد. همچنین این حوضه آبریز از سمت شمال به حوضه آبریز رودخانه قره‌چای و از جنوب به حوضه آبریز رودخانه دز و رودخانه زاینده رود محدود می‌باشد. همچنین در سمت شرق این حوضه دریاچه نمک و کویر کاشان و سمت غرب آن نیز حوضه آبریز رودخانه مسدود کویر میقان اراک وجود دارد. این حوضه در محدوده جغرافیایی استان‌های قم، مرکزی و اصفهان واقع شده و دارای وسعتی برابر ۱۳۹۵۹ کیلومتر مربع در نقطه خروجی منتهی به پل اتوبان قم-کاشان می‌باشد. از مراکز مهم جمعیتی آن می‌توان شهرهای قم، گلپایگان، خمین و شهر خوانسار را نام برد. حوضه آبریز قمرود دارای آبراهه‌های متعددی است، رودخانه قمرود آبراهه اصلی آن می‌باشد که سرچشمه آن در کوه سرخ واقع در جنوب غربی حوضه بوده و به سمت شمال حوضه امتداد می‌یابد. همچنین در امتداد مسیر این رودخانه آبراهه‌های متعددی به آن

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.7.2]
[DOI: 10.29252/jgs.18.50.61]

می‌پیوندند که ازجمله آن‌ها می‌توان رودهای هزار جریب، دره سوخته، خشکه رود، خورهه ، شور و سلمان را نام برد. ازجمله سازه‌های هیدرولیکی مهم احداث شده بر روی رودخانه قمرود نیز دو سد مخزنی گلپایگان و پانزده خرداد را می‌توان نام برد. اما محدوده‌ای از این حوضه که در مطالعات برآورد بیشینه سیل محتمل مورد بررسی قرار می‌گیرد میان حوضه آن از سد پانزده خرداد تا شهر قم می‌باشد. این حوضه مساحتی حدود ۳۷۰۰ کیلومتر مربع داشته و محدوده ارتفاعی آن از ۱۵۱۵ تا ۲۵۵۵ متر است شکل (۱).



شکل(۱). منطقه مورد مطالعه

داده و روش (گامهای اجرایی روش همدیدی در برآورد بیشینه بارش متحمل به شرح زیر است):

۱- شناسایی بارش توفان‌های مربوط به محدوده

۲- شناسایی توفان‌های اصلی که از طریق توزیع بارش و شدت آن در دوره‌های زمانی متفاوت از ۲۴ تا بیش از ۷۲ ساعت به طور متوالی و در دوره آماری درازمدت بیش از سی سال .

۳- تعیین الگوی همباران توفان از توفان‌های دیده بانی شده

۴- استخراج توزیع زمانی توفان براساس مرتب کردن تمام مقادیر بارش توفان در کلیه دوره‌ها در طی توفان یا براساس منحنی‌های جرم در طی توفان‌های فرین (اکستریم) دیده بانی شده.

۵-رسم و تحلیل منحنی‌های عمق-سطح-تداوم در توفان‌های شناسایی شده و رسم منحنی‌های پوش

۶- تعیین نقطه شبنم معرف در سطح ایستگاه با تداوم ۱۲ ساعته برای هر توفان و محاسبه بالاترین مقدار نقطه شبنم توفان با تداوم ۱۲ ساعته در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال

۷- محاسبه آب قابل بارش در ستون هوا در ارتباط با نقطه شبنم توفان در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.7.2]
[DOI: 10.29252/jgs.18.50.61]

۸- محاسبه آب قابل بارش مربوط به بیشینه تداوم ۱۲ ساعته در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال در دوره ۱۰ روزه از پدیده توفان گزارش شده باشد

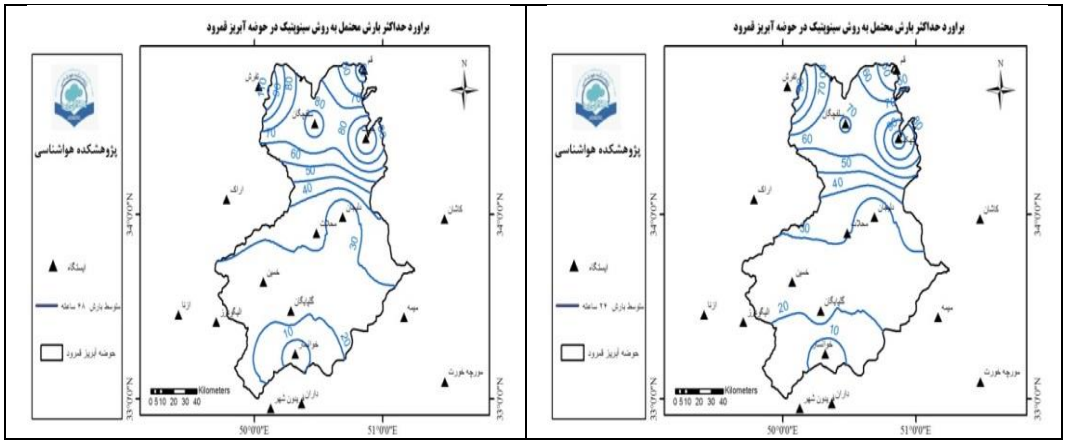
۹-محاسبه نسبت بیشینه سازی

۱۰- حاصل ضرب داده های عمق–سطح-تداوم برای هر توفان در نسبت بیشینه شده رطوبت مربوط به هر توفان

علاوه بر این مراحل اضافی مانند بیشینه سازی باد در جایی که سازوکارهای کوهستانی دارای اهمیت است، به کار می رود.

نتایج

نقشه‌های همباران مربوط به ده توفان مختلف رخ داده در حوضه آبریز قمرود در محیط GIS ترسیم گردیده و نحوه توزیع بارش در توفان‌های مربوطه مشخص گردید، سپس به منظور رسیدن به منحنی‌های عمق-مساحت-تداوم (DAD)، متوسط بارش در سطح تجمعی با استفاده از میزان بارندگی بین منحنی‌های همباران، محاسبه و برآورد گردیدشکل(۳و۲) و جدول(۱). نقشه همباران و محاسبات مربوطه را برای توفان۴۸ ساعته ۳۰ تا ۳۱ مارس ۲۰۰۹ به صورت منتخب نشان می‌دهد. منحنی DAD مربوط به توفان‌های منتخب رخ داده در حوضه آبریز قمرود ترسیم گردید. با توجه به اشکال می‌توان دریافت که هر چه بر زمان تداوم افزوده می‌شود، بر میزان مجموع بارش آن افزوده شده و با کاهش مساحت، کاهش محسوسی در مجموع مقدار بارندگی مشاهده می‌گردد.

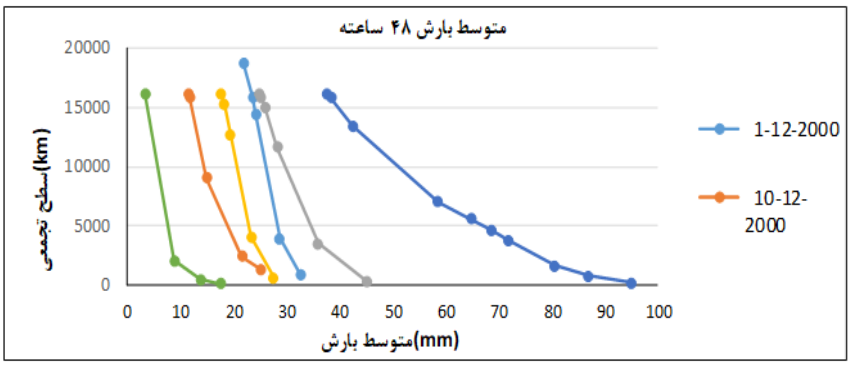


شکل (۲). منحنی‌های همبارش تداوم یک روزه (سمت راست و ب دو روزه سمت چپ) ۳۰ تا ۳۱ مارس ۲۰۰۹

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.7.2]
[DOI: 10.29252/jgs.18.50.61]

جدول (۱). منحنی های عمق-سطح- تداوم بارش ۴۸ ساعته (۳۰ تا ۳۱ مارس ۲۰۰۹)

۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
ردیف	حدود بارندگی بین دو خط همباران	سطح بین دو خط همباران	میانگین بارندگی بین دو خط همباران	حجم بارندگی بین دو خط همباران	حجم تجمعی بارندگی	سطح تجمعی خطوط همباران	متوسط بارندگی روی مساحت
	(mm)	(Km2)	(mm)	(mm* Km2)	(mm* Km2)	(Km2)	(mm)
۱	۱۰۰-۹۰	۱۴۴/۱۹۲۱	۹۵	۱۳۶۹۸/۲۵	۱۳۶۹۸/۲۵	۱۴۴/۱۹۲۱	۹۵/۰۰
۲	۹۰-۸۰	۶۱۲/۸۱۶۳	۸۵	۵۲۰۸۹/۳۹	۶۵۸۷۸.۶۴	۷۵۷/۰۰۸۴	۸۶/۹۰
۳	۸۰-۷۰	۸۶۵/۱۵۲۴	۷۵	۶۴۸۸۶/۴۳	۱۳۰۶۷۱/۴	۱۶۲۲/۱۶۱	۸۰/۵۶
۴	۷۰-۶۰	۲۱۶۲/۸۸۱	۶۵	۱۴۰۵۸۷/۲۷	۲۷۱۲۶۳/۱	۳۷۸۵/۰۴۲	۷۱/۶۷
۵	۶۰-۵۰	۸۶۵/۱۵۲۴	۵۵	۴۷۵۸۳/۳۸	۳۱۸۸۴۷/۴	۴۶۵۰/۱۹۴	۶۸/۵۷
۶	۵۰-۴۰	۹۰۱/۲۰۰۴	۴۵	۴۰۵۵۴/۰۲	۳۵۹۳۹۸/۷	۵۵۵۱/۳۹۵	۶۴/۷۴
۷	۴۰-۳۰	۱۴۷۷/۹۶۹	۳۵	۵۱۷۲۸/۹۲	۴۱۱۱۲۷/۷	۷۰۲۹/۳۶۴	۵۸/۴۹
۸	۳۰-۲۰	۶۴۵۲/۵۹۵	۲۵	۱۶۱۳۱۴/۸۸	۵۷۲۴۴۲/۵	۱۳۴۸۱/۹۶	۴۲/۴۶
۹	۲۰-۱۰	۲۳۴۳/۱۲۱	۱۵	۳۵۱۴۶/۸۲	۶۰۷۵۸۹/۴	۱۵۸۲۵/۰۸	۳۸/۳۹
۱۰	۱۰-۰	۳۶۰/۴۸۰۲	۵	۱۸۰۲/۴۰	۶۰۹۳۹۱/۸	۱۶۱۸۵/۵۶	۳۷/۶۵



شکل(۳). منحنی های عمق – سطح – تداوم بارش ۴۸ ساعته توفانهای منتخب

مهمترین عواملی که در شدت ناپایداری یک سیستم نقش دارد، دمای نقطه شبنم و سرعت باد است که در این تحقیق، جهت بررسی بیشینه بارش محتمل در حوضه آبریز قمرود، اقدام به بیشینه‌سازی دمای نقطه شبنم و سرعت باد گردید. با استخراج بیشینه دمای نقطه شبنم دوازده ساعته پایدار در دوره‌های ده روزه برای ایستگاه‌های اراک، دزفول، خرم آباد، شهرکرد و همدان در یک دوره بلند مدت (از بدو تاسیس تا ۲۰۱۴) تحلیل فراوانی داده‌ها انجام شد. با استفاده از توزیع لوگ نرمال بعنوان مناسب‌ترین توزیع احتمالات برای کمیت مذکور، دمای نقطه شبنم برای دوره بازگشت های ۵۰ و ۱۰۰ مختلف و ایستگاه منتخب شهرکرد و خرم‌آباد استخراج شد جدول(۲). براساس توصیه‌های سازمان هواشناسی جهانی دمای نقطه شبنم دوازده ساعته پایدار با دوره برگشت

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.7.2]
[DOI: 10.29252/jgs.18.50.61]

۵۰ ساله برای محاسبه ضریب بیشینه سازی انتخاب گردید. سپس با استفاده از دیاگرامSkew-T-LOG-P بیشینه نقطه شبنم اندازه گیری شده در سطح زمین محل ایستگاه برای هر یک از توفان‌های منتخب به سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال تبدیل شد. همچنین دمای نقطه شبنم برای دوره بازگشتهای ۵۰ و ۱۰۰ ساله نیز به سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال تبدیل شد جدول(۲). این عمل به سبب اینکه ایستگاه‌ها در ارتفاعات و فشارهای متفاوت قرار دارند و تاثیر ارتفاع بر روی آنها وجود دارد انجام می‌گیرد تا نقاط شبنم مشاهده شده در ارتفاعات متفاوت به یک تراز تبدیل شده و بتوان آنها را با یکدیگر مقایسه کرد. در ادامه با توجه به جداول پیشنهادی سازمان هواشناسی جهانی آب قابل بارش برای هریک از توفان‌های منتخب و برای ایستگاه‌های مورد مطالعه محاسبه گردید و به ارتفاع ۲۸۰۰ متری انتقال یافت. همچنین برای محاسبه ضریب بیشینه‌سازی رطوبت از رابطه عمومی نسبت آب قابل بارش برای تداوم نقطه شبنم با دوره بارگشت ۵۰ ساله در دوره ده روزه به آب قابل بارش توفان مورد نظر استفاده شده است.

جدول (۲). دمای نقطه شبنم دوازده ساعته پایدار ده روزه در ماه های مختلف و مقادیر آن برای دوره برگشت ۵۰ و ۱۰۰ ساله در ایستگاه‌های مطالعاتی (بر حسب درجه سلسیوس)

ایستگاه	دهه	۱-۱۰		۱۱-۲۰		۲۱-۳۰		بیشینه ماهانه	
	دوره بازگشت / ماه	۱۰۰	۵۰	۱۰۰	۵۰	۱۰۰	۵۰	۱۰۰	۵۰
خرم آباد	ژانویه	۹/۱۴	۸/۴۶	۸/۳۷	۷/۷۱	۹/۱۲	۸/۴۷	۹/۱۴	۸/۴۷
	فوریه	۹/۷۶	۸/۹۹	۸/۲۶	۷/۶۹	۹/۸	۹/۰۷	۹/۸	۹/۰۷
	مارس	۱۱/۳	۹/۹۴	۱۱/۴	۱۰/۸	۱۳/۵	۱۲/۵	۱۳/۵	۱۲/۵
	آوریل	۱۲/۶	۱۲/۱	۱۴/۸	۱۴/۱	۱۶	۱۵/۳	۱۶	۱۵/۳
	مه	۱۳/۴	۱۲/۹	۱۵	۱۴/۵	۱۵/۲	۱۴/۵	۱۵/۲	۱۴/۵
	ژوئن	۱۵/۸	۱۴/۸	۱۵/۸	۱۴/۸	۱۶/۳	۱۵/۴	۱۶/۳	۱۵/۴
	ژوئیه	۱۷/۱	۱۶/۱	۱۶/۱	۱۵/۳	۱۶/۶	۱۵/۸	۱۷/۱	۱۶/۱
	اوت	۱۴/۶	۱۴	۱۴	۱۳/۴	۱۳/۳	۱۲/۷	۱۴/۶	۱۴
	سپتامبر	۱۳/۷	۱۲/۸	۱۴/۱	۱۳/۲	۱۱/۹	۱۱/۱	۱۴/۱	۱۳/۲
	اکتبر	۱۳/۹	۱۲/۸	۱۶/۳	۱۵/۱	۱۶/۷	۱۵/۶	۱۶/۷	۱۵/۶
	نوامبر	۱۵/۳	۱۴/۴	۱۳/۴	۱۲/۶	۱۳/۲	۱۲/۳	۱۵/۳	۱۴/۴
	دسامبر	۱۲/۱	۱۱/۳	۱۰/۹	۱۰/۱	۹/۲۴	۸/۶۴	۱۲/۱	۱۱/۳
شهرکرد	ژانویه	۵/۸۵	۴/۹۹	۴/۱۵	۳/۴۲	۵/۷۶	۴/۹	۵/۸۵	۴/۹۹
	فوریه	۶/۶۴	۵/۶۸	۶/۵	۵/۶	۴/۷۲	۴/۱	۶/۶۴	۵/۶۸
	مارس	۶/۶۹	۵/۹۳	۷	۶/۳۳	۹/۷۹	۸/۶۸	۹/۷۹	۸/۶۸
	آوریل	۷/۶۱	۷/۰۲	۷/۸۱	۷/۳۶	۱۰/۳	۹/۶۷	۱۰/۳	۹/۶۷
	مه	۱۱/۵	۱۰/۸	۱۰/۳	۹/۷۳	۱۲/۲	۱۱/۵	۱۲/۲	۱۱/۵
	ژوئن	۱۲/۵	۱۱/۷	۱۳/۴	۱۲/۶	۱۴/۶	۱۳/۸	۱۴/۶	۱۳/۸
	ژوئیه	۱۶/۳	۱۵/۴	۱۶/۱	۱۵/۲	۱۸/۱	۱۷	۱۸/۱	۱۷
	اوت	۱۶/۷	۱۵/۷	۱۵/۱	۱۴/۲	۱۴/۴	۱۳/۴	۱۶/۷	۱۵/۷
	سپتامبر	۱۲/۲	۱۱/۲	۱۱	۱۰/۱	۹/۶۸	۸/۸۶	۱۲/۲	۱۱/۲
	اکتبر	۷/۷۷	۷/۰۸	۱۰/۵	۹/۵۵	۹/۶۳	۸/۷۷	۱۰/۵	۹/۵۵
	نوامبر	۹/۵۵	۸/۷	۸/۶۵	۷/۸	۷/۴۸	۶/۶۵	۹/۵۵	۸/۷
	دسامبر	۶/۳۸	۵/۶۳	۵/۶۱	۴/۹	۵/۶۷	۴/۸۵	۶/۳۸	۵/۶۳

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.7.2]
[DOI: 10.29252/jgs.18.50.61]

محاسبه ضریب بیشینه باد از نسبت بیشینه تندی باد با تداوم دوازده ساعته و دوره برگشت ۵۰ ساله در یک دوره ده روزه، به بیشینه تندی باد با تداوم دوازه ساعته برای توفان‌های منتخب مطابق رابطه(۱) محاسبه می‌شود که نتایج آن در جدول (۳) آمده است.

$$MW = \frac{MW_1}{MW_2}$$ رابطه (۱)

MW_1 = بیشینه سرعت باد با دوره برگشت ۵۰ ساله

MW_2 = بیشینه سرعت باد ۱۲ ساعته پایدار در طول دوره توفان

با توجه به پراکندگی ایستگاه‌ها، ضریب بیشینه سازی باد برای هر توفان در هر ایستگاه متفاوت می‌باشد. به همین منظور برای یکسان سازی ضریب بیشینه سازی باد هر توفان از ضرایب به دست آمده برای هر تاریخ توفان میانگین‌گیری شده، و میانگین ضریب باد هر توفان در منطقه بدست آمده است. همانگونه که قابل مشاهده است دامنه ضریب بیشینه‌سازی رطوبت در منطقه مورد مطالعه بین ۱/۵۲ تا ۲/۰۵ بدست آمده است. با اعمال ضرایب بیشینه ۱۲ ساعته پایدار سرعت باد در ضریب بیشینه آب قابل بارش (ضریب رطوبت)، ضریب بیشینه توفان (FM) بدست می آید جدول(۳).

جدول (۳). برآورد بیشینه سرعت باد(بر حسب نات) برای دوره بازگشت ۵۰ و ۱۰۰ ساله

ایستگاه	ماه	ژانویه			فوریه			مارس			آوریل			می			ژوئن		
	دوره بازگشت	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳
اراک	۵۰	۱۷.۱	۱۴.۲	۱۵.۸	۱۷.۵	۱۷.۴	۱۷.۹	۲۰.۷	۱۹.۵	۱۷.۱	۲۰.۱	۲۱.۳	۱۸.۸	۲۱.۲	۱۶.۷	۱۶.۲	۱۵.۶	۱۳.۱	۱۲.۷
	۱۰۰	۱۸.۶	۱۵.۴	۱۷	۱۸.۸	۱۸.۸	۱۹.۳	۲۲.۲	۲۰.۶	۱۸.۳	۲۱.۴	۲۲.۷	۲۰.۱	۲۲.۸	۱۷.۸	۱۷.۲	۱۶.۸	۱۴	۱۳.۷
دزفول	۵۰	۱۵.۳	۱۷	۱۷.۴	۱۶.۷	۱۸.۳	۱۴.۸	۱۷.۳	۲۰.۲	۱۹.۹	۱۹.۱	۱۶.۹	۱۷۶	۲۰.۳	۱۷.۳	۲۰.۲	۱۹.۳	۱۷.۴	۱۹.۲
	۱۰۰	۱۶.۵	۱۸.۳	۱۸.۶	۱۷.۸	۱۷	۱۵.۹	۱۸.۶	۲۱.۶	۲۱.۵	۲۰.۵	۱۷.۸	۱۸.۵	۲۱.۵	۱۸.۱	۲۱.۴	۲۰.۵	۱۸.۳	۲۰.۴
خرم آباد	۵۰	۱۲.۹	۱۳.۱	۱۴.۵	۱۵۸	۱۳.۷	۱۷.۵	۱۸.۱	۱۸.۸	۱۴	۱۶.۸	۱۶.۹	۱۶.۴	۱۵۶	۱۴.۲	۱۳.۳	۱۲.۶	۱۱.۲	۱۰.۸
	۱۰۰	۱۳.۹	۱۴.۲	۱۵.۶	۱۷.۱	۱۴.۷	۱۸.۹	۱۹.۵	۲۰.۲	۱۵.۲	۱۸.۳	۱۸.۳	۱۷.۸	۱۷	۱۵.۴	۱۴.۴	۱۱.۶	۱۰.۳	۱۱.۸
شهرکرد	۵۰	۱۴.۷	۱۴.۹	۱۶.۹	۱۸.۴	۱۷	۱۶.۸	۱۹.۲	۱۹.۳	۱۵.۴	۱۵.۹	۱۸.۳	۱۶.۴	۱۴۸	۱۲.۶	۱۴۵	۱۱.۷	۱۰.۹	۸۸۱
	۱۰۰	۱۶	۱۶.۴	۱۸.۳	۲۰	۱۸.۵	۱۸.۲	۲۰.۶	۲۰.۷	۱۶۶	۱۷.۱	۱۹.۷	۱۷.۷	۱۶	۱۳.۵	۱۵.۵	۱۲.۸	۱۱.۹	۹۶۵
همدان	۵۰	۱۶.۲	۱.۲۵	۱۷.۹	۱۹	۱۷.۸	۱۹.۹	۲۰.۹	۲۰	۱۵.۹	۲۱.۹	۲۴.۹	۱۷.۱	۱۵	۱۱.۹	۱۷.۸	۱۳.۵	۱۰.۸	۹.۳۷
	۱۰۰	۱۷.۴	۱.۳۷	۱۹.۳	۲۰.۴	۱۹.۱	۲۱.۴	۲۲.۳	۲۱.۳	۱۷.۲	۲۰.۵	۲۶.۹	۱۸.۳	۱۶	۱۱.۱	۱۶.۶	۱۴۶	۱۱.۷	۱۰.۷

ایستگاه	ماه	ژوئیه			اوت			سپتامبر			اکتبر			نوامبر			دسامبر		
	دوره بازگشت	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳
اراک	۵۰	۱۳۶	۱۲۸	۱۲۵	۱۳۵	۱۳.۱	۱۲۵	۱۲	۱۲.۱	۱۲۳	۱۵۳	۱۴.۲	۱۵.۱	۱۴	۱۴۵	۱۶.۲	۱۶۳	۱۵.۷	۱۴
	۱۰۰	۱۴۶	۱۳.۷	۱۳۵	۱۴۵	۱۴	۱۳۶	۱۳	۱۳.۱	۱۳۵	۱۶۶	۱۵۵	۱۶۳	۱۵۳	۱۵.۹	۱۷۵	۱۷.۷	۱۷	۱۵.۲
دزفول	۵۰	۱۱	۱۴۵	۱۴۸	۱۳.۳	۱۴	۱۷۵	۱۳۵	۱۶.۷	۱۷۳	۱۴.۱	۱۷.۷	۱۶۶	۱۷.۲	۱۵.۴	۱۳.۳	۱۷.۱	۱۷	۱۶.۷
	۱۰۰	۱۱۶	۱۳.۷	۱۵.۷	۱۴.۱	۱۴۸	۱۸.۷	۱۴۵	۱۸	۱۸۶	۱۵.۱	۱۹.۲	۱۷.۹	۱۸۵	۱۶۶	۱۴.۴	۱۸۵	۱۸.۳	۱۸.۱
خرم آباد	۵۰	۱۰۴	۱۱.۷	۱۱.۹	۱۴۸	۱۰۵	۱۰۷	۱۱.۳	۹.۴۴	۱۳۵	۱۲.۹	۱۹.۹	۱۲	۱۱.۷	۱۲.۱	۱۴.۳	۱۲.۹	۱۴.۷	۱۴.۳
	۱۰۰	۱۱.۴	۱۲.۷	۱۲.۹	۱۶.۲	۱۱.۴	۱۱.۶	۱۲.۳	۱۰.۳	۱۴.۹	۱۳.۹	۱۱.۸	۱۳	۱۲.۷	۱۳.۱	۱۵۶	۱۴	۱۵.۹	۱۵۵
شهرکرد	۵۰	۱۰۳	۱۰۵	۱۱.۷	۱۰۶	۸.۳۸	۷.۱۵	۹.۷۱	۱۰۵	۷۸۲	۱۱.۷	۱۲.۷	۱۴۸	۱۴۶	۱۵	۱۵.۱	۱۳.۱	۱۵.۳	۱۵.۲
	۱۰۰	۱۱.۲	۱۱.۴	۱۲.۷	۱۱۶	۹.۲	۷۸۴	۱۰۶	۱۱.۵	۸۶	۱۲۸	۱۳.۹	۱۶.۱	۱۵.۹	۱۶.۴	۱۶.۴	۱۴.۲	۱۶.۷	۱۶۶
همدان	۵۰	۱۸.۲	۱۷۶	۱۴.۹	۱۶.۱	۱۱.۲	۱۰.۳	۱۱.۱	۹.۹۵	۱۲.۷	۱۳	۱۳.۸	۱۵.۱	۱۴.۹	۱۸.۹	۱۶.۲	۱۵۶	۱۴.۹	۱۴.۹
	۱۰۰	۱۹۸	۱۹.۲	۱۶.۲	۱۷.۴	۱۲.۱	۱۱.۲	۱۲	۱۰.۹	۱۳.۹	۱۳.۹	۱۴.۹	۱۶.۳	۱۶.۱	۲۰.۶	۱۷.۵	۱۶.۸	۱۶.۱	۱۶.۱

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.7.2]
[DOI: 10.29252/jgs.18.50.61]

جدول (۴). محاسبه ضریب رطوبت توفان۳۰ تا ۳۱ مارس ۲۰۰۹

ایستگاه	پارامتر	دهه سوم مارس		فشار ماهانه	توفان		
		دوره بازگشت			باد	نقطه شبنم ۳ ساعته	فشار
		۵۰/۰۰	۱۰۰/۰۰				
اراک	دمای نقطه شبنم در محل ایستگاه	۹/۱۸	۱۰/۳۰	822.43	۸/۵۷	۷	۸۲۳
	دمای نقطه شبنم در تراز 1000 hPa	۱۷/۰۰	۱۹/۰۰			۱۵/۵	
	آب بارش شو	۱۳/۰۰	۱۳/۵۰			۸/۵	
	ضریب رطوبت	۱/۵۲	۱/۵۸				
دزفول	دمای نقطه شبنم در محل ایستگاه	۱۸/۹۰	۱۹/۸۰	992	۸/۷۷	۱۷	۹۹۲/۳
	دمای نقطه شبنم در تراز 1000 hPa	۱۹/۵۰	۲۰/۰۰			۱۷/۴	
	آب بارش شو	۲۷/۴۰	۲۸/۴۰			۱۴/۲۸	
	ضریب رطوبت	۱/۹۲	۱/۹۹				
خرم آباد	دمای نقطه شبنم در محل ایستگاه	۱۲/۵۰	۱۳/۵۰	882.7	۸/۵۸	۹/۸	۸۸۱
	دمای نقطه شبنم در تراز 1000 hPa	۱۸/۷۰	۱۹/۲۰			۱۵/۲	
	آب بارش شو	۱۷/۱۰	۱۷/۷۰			۸/۳۴	
	ضریب رطوبت	۲/۰۵	۲/۱۲				
شهر کرد	دمای نقطه شبنم در محل ایستگاه	۸/۶۸	۹/۷۹	791	۸/۲۳	۶/۸	۷۸۹
	دمای نقطه شبنم در تراز 1000 hPa	۱۸/۱۰	۱۹/۸۰			۱۶/۵	
	آب بارش شو	۱۲/۲۰	۱۲/۷۰			۶/۵۵	
	ضریب رطوبت	۱/۸۶	۱/۹۴				
همدان	دمای نقطه شبنم در محل ایستگاه	۸/۸۸	۱۰/۱۰	822.4	۷/۸۶	۶	۸۱۷/۱۶
	دمای نقطه شبنم در تراز 1000 hPa	۱۴/۸۰	۱۷/۹۰			۱۴/۸	
	آب بارش شو	۱۳/۴۰	۱۳/۹۰			۸/۵۸	
	ضریب رطوبت	۱/۵۶	۱/۶۲				

جدول (۴) ضریب رطوبت توفان با دوره بازگشت ۵۰ و ۱۰۰ سال را برای توفان‌های ۲۴ ساعته، ۴۸ ساعته و ۷۲ ساعته در حوضه آبریز قمرود نشان می‌دهد.

جدول (۵) . برآورد بیشینه بارش محتمل به روش همدیدی با دوره بازگشت ۵۰ و ۱۰۰ سال

تاریخ توفان	ضریب توفان (۵۰)	ضریب توفان (۱۰۰)
توفان ۲۴ ساعته	۱/۱۵	۱/۲
توفان ۴۸ ساعته	۱/۷۸	۱/۸۵
توفان ۷۲ ساعته	۱/۳۵	۱/۳۹

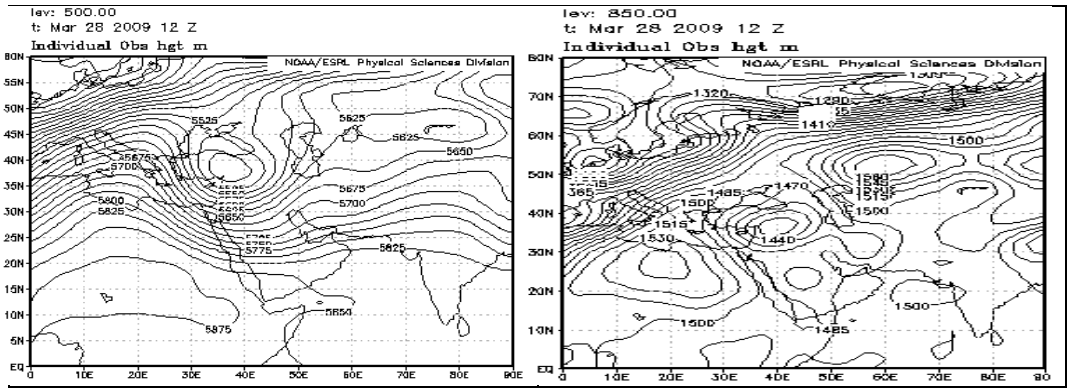
تحلیل همدیدی توفان مورخ ۳۰ تا ۳۱ مارس ۲۰۰۹

شکل (۴) میدان فشارسطح زمین برحسب پاسکال را در ساعت ۱۲۰۰ گرینویچ مورخ ۲۸ مارس سال ۲۰۰۹ نشان می دهد. یک ناوه فشاری بر روی شمال سوریه قرار دارد که زبانه ۱۴۷۰ متری آن تا روی منطقه مورد مطالعه کشیده شده است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.7.2]
[DOI: 10.29252/jgs.18.50.61]

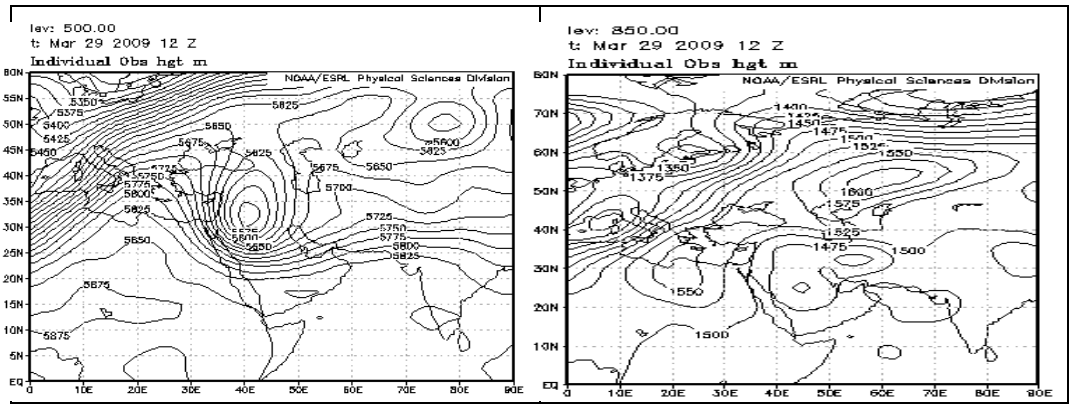
با توجه به نقشه های روزهای آینده در این تراز ارتفاعی، شاهد ریزش هوای سرد از عرضهای بالا و تقویت ناوه می‌باشیم، بطوریکه این ناوه در طی حرکت شرق سوی خود، علاوه بر تقویت به عرض های پایین تر هم گسترش پیدا می‌کند. به تدریج ناوه ارتفاعی به سوی شرق حرکت می‌کند، شرایط ناپایداری جو به منطقه مورد مطالعه نزدیک می‌گردد، به گونه‌ای که در روز اوج توفان یعنی روزهای ۳۰ و ۳۱ مارس این ناوه ارتفاعی با گرادیان نسبتاً قوی کل محدوده حوضه آبریز قمرود را در برگرفته است اشکال(۶ و ۷). اشکال (۹و۸)نشان می‌دهند که این ناوه ارتفاعی در روزهای اول و دوم آوریل همزمان با پایان یافتن توفان از محدوده مطالعاتی خارج شده و به سمت شرق حرکت کرده است. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، یک مرکز کم ارتفاع ۵۴۷۵ متری بر روی شمال سوریه و جنوب ترکیه بسته شده است که زبانه‌های آن تا روی منطقه مورد مطالعه کشیده شده است. بررسی نقشه‌ها در روزهای بعد نشان از قوی شدن این سیستم دارد، به گونه‌ای که در روز ۳۱ مارس در ساعت ۱۲ UTC مرکز بسته ۵۵۵۰ متری با گرادیان شدید بر روی منطقه بسته شده است شکل(۷) به روشنی بیانگر خروج سیستم از شرق منطقه مورد مطالعه است. بنابراین ناوه تراز میانی جو و زبانه سامانه کم ارتفاع تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، همدیگر را تقویت کرده، بطوریکه این شرایط بیانگر تقویت ناپایداری می‌باشد. با توجه با گرادیان قوی کنتوری در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال و تراز میانی جو و همچنین تقویت ناپایداری در منطقه مورد مطالعه در زمان فعالیت این سامانه بارشی و با توجه به این نکته که منطقه مورد مطالعه در جلو این ناوه قرار گرفته است، در این شرایط در شرق ناوه شرایط برای ناپایداری جو به صورت رگبار باران و رعد و برق فراهم شده است.

از طرفی تحلیل میدان رطوبت در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال حاکی از محتوای بالای رطوبت این سامانه می‌باشد. اشکال (۱۰ و ۱۱) نشان دهنده رطوبت کمتر از ۳۰ درصدی در روزهای قبل از آغاز توفان و رطوبت بالای ۹۰ درصد در روز اوج توفان می‌باشد.

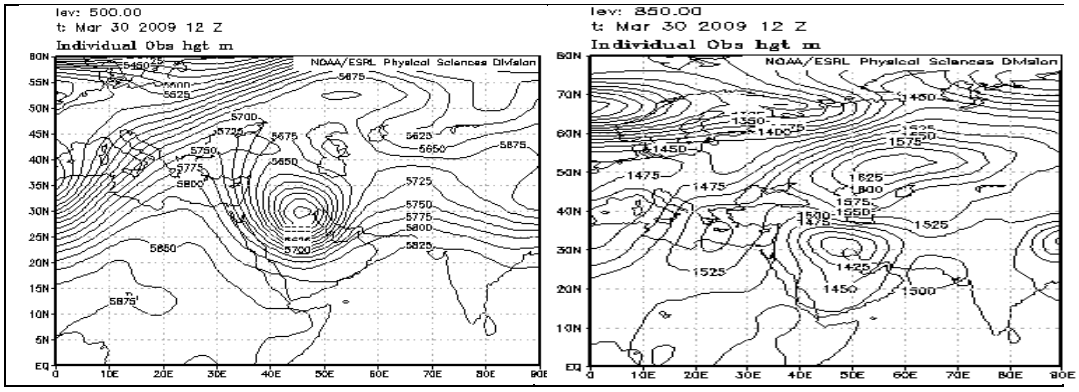


شکل (۴): میدان ارتفاع تراز ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتو پاسکال در ساعت ۱۲:۰۰ گرینویچ روز ۲۸ مارس ۲۰۰۹.

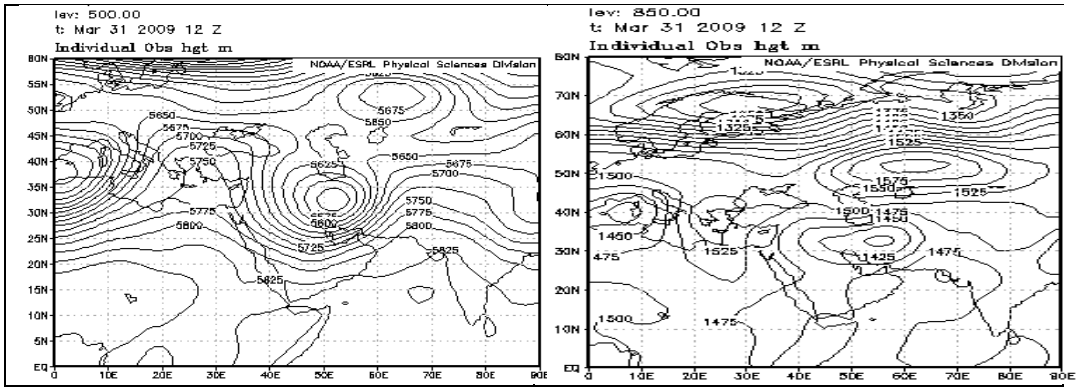
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.7.2]
[DOI: 10.29252/jgs.18.50.61]



شکل (۵): ارتفاع تراز ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتو پاسکال بر حسب متر، ساعت ۱۲:۰۰ گرینویچ روز ۲۹ مارس ۲۰۰۹.

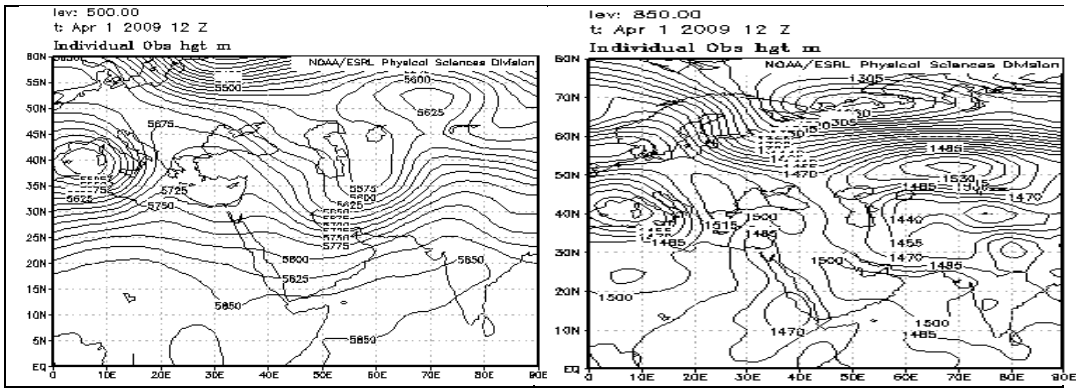


شکل (۶): میدان ارتفاع تراز ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتو پاسکال بر حسب متر، ساعت ۱۲:۰۰ گرینویچ روز ۳۰ مارس ۲۰۰۹.

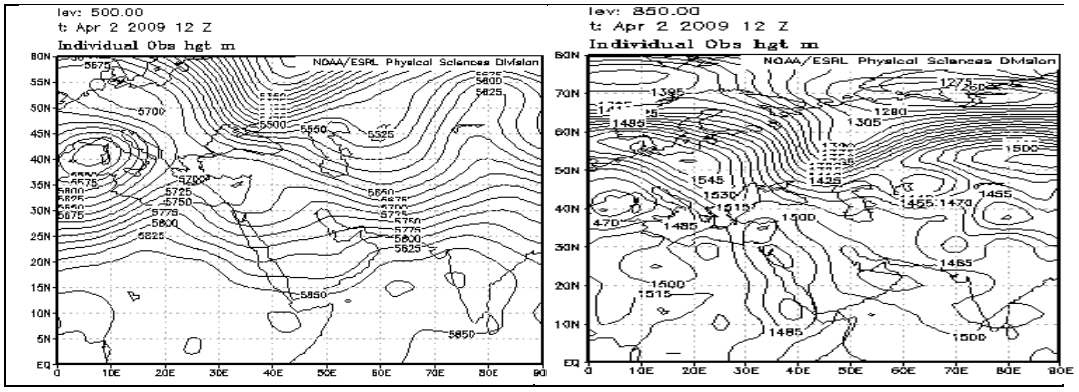


شکل(۷): میدان ارتفاع تراز ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتو پاسکال بر حسب متر، ساعت ۱۲:۰۰ گرینویچ روز ۳۱ مارس ۲۰۰۹.

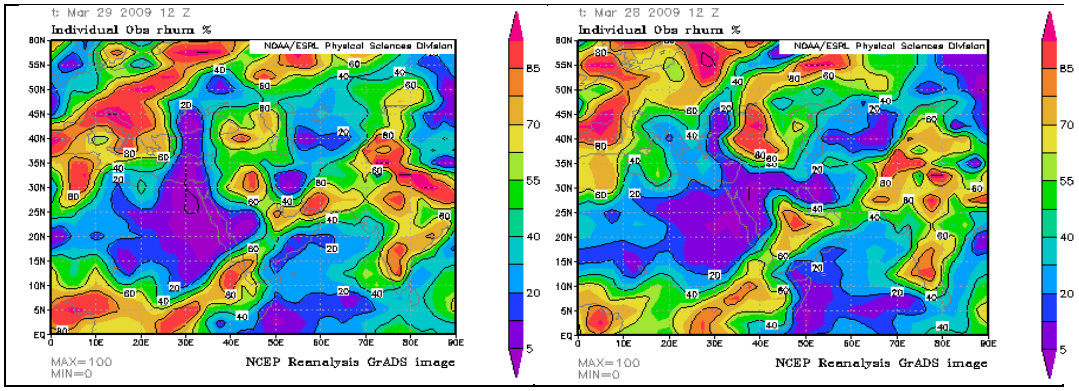
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.7.2]
[DOI: 10.29252/jgs.18.50.61]



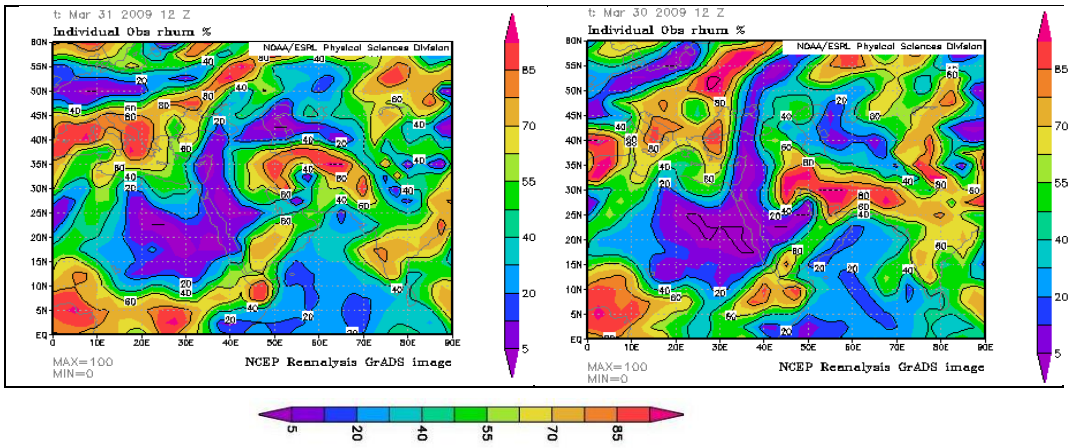
شکل(۸): میدان ارتفاع تراز ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتو پاسکال بر حسب متر، ساعت ۱۲:۰۰ گرینویچ روز ۱ آوریل ۲۰۰۹.



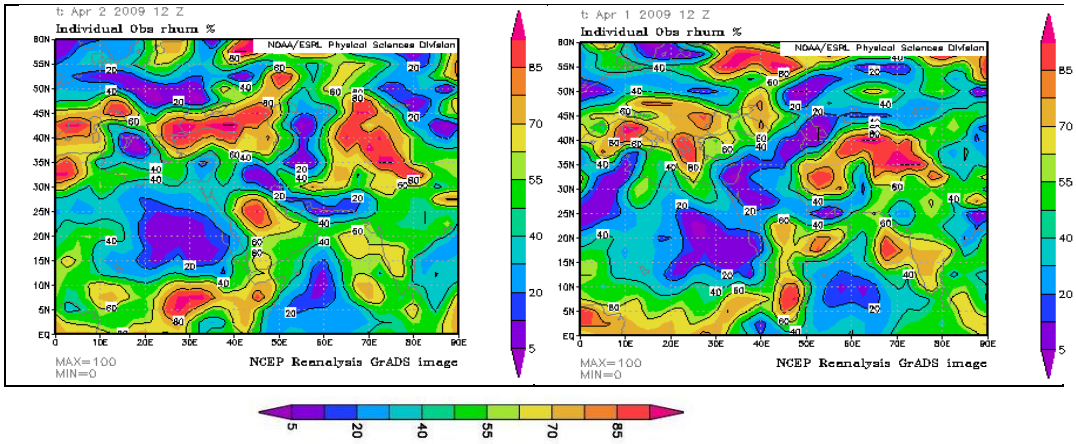
شکل (۹): میدان ارتفاع تراز ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتو پاسکال بر حسب متر، ساعت ۱۲:۰۰ گرینویچ روز ۲ آوریل ۲۰۰۹.



[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.7.2]
[DOI: 10.29252/jgs.18.50.61]



شکل (۱۰): رطوبت نسبی تراز ۷۰۰ هکتو پاسکال در ساعت ۱۲:۰۰ گرینویچ برای روزهای ۲۸ تا ۳۱ مارس ۲۰۰۹



شکل (۱۱): رطوبت نسبی تراز ۷۰۰ هکتو پاسکال در ساعت ۱۲:۰۰ گرینویچ برای روزهای ۱ تا ۲ آوریل ۲۰۰۹

نتیجه‌گیری

در این پژوهش بیشینه بارش محتمل حوضه آبریز قمرود برای تداوم ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعته با دوره بازگشت‌های ۵۰ و ۱۰۰ ساله محاسبه گردید. نتایج حاصل نشان داد که بیشینه بارش محتمل ۲۴ ساعته برای حوضه آبریز قمرود در دوره‌های بازگشت ۵۰ و ۱۰۰ سال به ترتیب مقادیر ۵۱/۷۵ و ۵۴ میلی‌متر، ۴۸ ساعته ۱۲۸/۲۵ و ۱۳۲/۰۵میلی‌متر و ۷۲ ساعته ۹۷/۹ و ۱۰۱/۷۵ تخمین زده شده است. همچنین ضریب توفان ۲۴ ساعته برای دوره‌های بازگشت ۵۰ و ۱۰۰ سال به ترتیب ۱/۱۵ و ۱/۲، برای ۴۸ ساعته ۱/۷۸ و ۱/۸۵ و ۷۲ ساعته ۱/۳۵ و ۱/۳۹ بدست آمد. تحلیل همدیدی توفان ۴۸ ساعته مورخ ۳۰ تا ۳۱ مارس ۲۰۰۹ میلادی نشان داد که وجود یک ناوه ارتفاعی بر روی شمال سوریه و کشیده شدن آن بر روی منطقه مورد مطالعه و همزمان تقویت شدن آن شرایط برای ایجاد ناپایداری را مهیا می‌سازد. درتراز میانی جو مرکز کم ارتفاع با گرادیان کنتوری مناسب بر روی شمال سوریه و جنوب ترکیه مشاهده گردید. با توجه با گرادیان قوی کنتوری در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال و تراز

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.7.2]
[DOI: 10.29252/jgs.18.50.61]

میانی جو و همچنین تقویت ناپایداری در منطقه مورد مطالعه در زمان فعالیت این سامانه بارشی و با توجه به این نکته که منطقه مورد مطالعه در جلو این ناوه قرار گرفته است، در این وضعیت در شرق ناوه شرایط برای ناپایداری جو به صورت رگبار باران و رعد و برق فراهم شده است. در نتیجه شاهد رگبارها و توفان شدید در منطقه مورد مطالعه هستیم، که میدان رطوبت در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال با رطوبت بالای ۹۰ درصد در روزهای اوج توفان این شرایط را کاملا نشان می‌دهد.

منابع

عباسی، افسانه و قائمی، هوشنگ. (۱۳۹۱) . **بیشینه بارش محتمل به روش همدیدی در حوضه آبریز سد کرج،** نشریه علمی پژوهشی جغرافیا و برنامه ریزی ، (۱۷) ۴۳، بهار ۱۳۹۲.

قهرمان، بیژن و سپاس خواه، علیرضا. (۱۳۷۵). **تخمین بیشینه بارش محتمل کوتاه مدت در جنوب ایران،** نشریه نیوار، ۳۰.

مشارکت مشاورین مطالعات طرح بختیاری. (۱۳۸۵). **طرح سد و نیروگاه بختیاری،** گزارش هواشناسی، شرکت توسعه منابع آب و نیرو (آب و نیرو).

مشانیر- کایتک. (۱۳۷۵). **گزارش توجیهی سد و نیروگاه آبی گتوند علیا،** جلد هشتم، هیدرولوژی- بیشینه بارش محتمل، شرکت توسعه منابع آب و نیرو (آب و نیرو).

مشاورین مهاب قدس. (۱۳۸۳). **طرح مطالعات بیشینه بارندگی محتمل و بیشینه سیل محتمل در رودخانه دز تا محل سد دز،** گزارش مطالعات بیشینه بارش محتمل، شرکت توسعه منابع آب و نیرو (آب و نیرو).

وزرات نیرو ، معاونت آب و آبفا ، **پیش نویس دستورالعمل روش های محاسبه حداکثربارش محتمل PMP و تهیه منحنی های عمق سطح، تداوم بارش DAD** ، نشریه شماره ۴۰۳ الف، مهر ماه ۱۳۹۱.

ASTER, G. (2009). **Validation Team: ASTER Global DEM Validation–Summary Report. METI & NASA,** 28.

Chow, V. T., D. R. Maidment and L. W. Mays (1987) **applied hydrology.** McGrew-Hill, bookmcompany.

Eckhardt, K., Breuer, L., & Frede, H. G. (2003). **Parameter uncertainty and the significance of simulated land use change effects**. Journal of Hydrology, 273(1), 164-176.

FERC Hydropower PMF Guide, 2001. **Determination of the Probable Maximum Flood**. Chapter VIII.

Hall, D. K., Riggs, G. A., & Salomonson, V. V. (1995). **Development of methods for mapping global snow cover using moderate resolution imaging spectroradiometer data**. Remote sensing of Environment, 54(2), 127-140.

Hershfield, D.M. 1961. **Estimating the probable maximum precipitation**. J.Hydraul. Div., ASCE 887(HY5), Pp: 99-116.

.Hershfield, D.M. 1965. **Method for estimating the probable maximum precipitation**. Journal of American Water Works Association, 57: 965-972.

Lahmeyer International (1992) **Godar-E-Landar Hydroelecteric Power Project**, Feasibility Study, volume 3, Hydrology.

Martz, H. F., Beckman, R. J., Campbell, K., Whiteman, D. E., & Booker, J. M. (1983). **Comparison of methods for uncertainty analysis of nuclear-power-plant safety-system fault-tree models** (No. NUREG/CR--3263). Los Alamos National Lab.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.7.2]
[DOI: 10.29252/jgs.18.50.61]

Mohab Ghodss General Partnership (1991) **Karun III Development Project**, Miscellaneous Study No. 05-600, Probable Maximum Flood.
Mohab Ghodss (1996) , **Probable Maximum Studies**, Karun IV Development Project.
Mohab Ghodss (1999) **Karun IV Feasibility Study**, Appendix 3.2, Hydrology.
Newton, D. W., 1983. **Realistic assessment of maximum flood potentials**. ASCE 109(6), pp. 905918.
Riggs, G., Hall, D. K., & Salomonson, V. V. (1996, May). Recent progress in development of the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer snow cover algorithm and product. In Geoscience and Remote Sensing Symposium, 1996. IGARSS'96.'Remote Sensing for a Sustainable Future.', International (Vol. 1, pp. 139-141).
United States National Weather Service (1977) "**probable maximum precipitation estimates Colorado river and great basin drainages"** Hydrometorological Report. NO.49, Washington D.C.
United States National Weather Service (1986) "**Probable maximum and T.V.A precipitation estimates with area distribution for Tennessee River Drainage less than 3000** " Hydrometorological Report. No. 56, Silver Silver Springs, MD
U.S. Department of Commerce (1994) " **Probable maximum precipitation Pacific northwest state. Hydrometorological Report.** No. 57, Silver Silver Springs, MD
U.S. Department of Commerce (1996) " **Probable maximum precipitation for California: calculation procedures**, Hydrometorological Report. No. 59, Silver Springs, MD.
World Meteorological Organization (1969) "**Manual for Depth-Area-Duration Analysis of Storm Precipitation**" WMO. No. 237. Tp. 129, Geneva.
World meteorological Organization (1986) "**Manual for Estimation of Probable Maximum Precipitation"** Operational Hydrology Report No. 1, WMO-No 332, Geneva.
World meteorological Organization (2010) "**Manual for Estimation of Probable Maximum Precipitation"** Operational Hydrology Report No. 1, WMO-No 332, Geneva.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.50.7.2]
[DOI: 10.29252/jgs.18.50.61]