دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

"مقاله پژوهشی"

تخمین حداکثر بارش محتمل در حوضه تالار استان مازندران به‌روش همدیدی

همت اله رورده[۱]، طاهر صفرراد[۲] و زهرا علیخانی کشککی[۳]

۱- دانشیار دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه مازندران، (نویسنده مسوول: H.roradeh@umz.ac.ir)
۲- استادیار دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه مازندران
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه مازندران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۲/۲۱
صفحه: ۱۷۸ تا ۱۸۸

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: شدت، مدت و نوع بارش از جمله داده‌هایی است که در ایجاد سیل اهمیت بالایی دارد. بارش شدید با تبدیل به رواناب، می‌تواند سبب سیلاب و عواقب مصیبت‌باری گردد. اگر بالاترین میزان بارش که باعث ایجاد سیل شده محاسبه شود می‌توان از آن در جهت کاهش اثرات مخرب سیل بهره گرفت. حداکثر بارش محتمل در طول قرن فعلی نسبت به گذشته به علت تغییرات آب‌وهوایی افزایش قابل‌توجهی داشته است. برآورد این پارامتر بسیار حائز اهمیت بوده و معمولاً برای کاربردهای مهندسی و تخمین حداکثر سیل محتمل استفاده می‌گردد.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق برآورد حداکثر بارش محتمل حوضه تالار استان مازندران به روش همدیدی موردمطالعه قرار گرفت. از آمار بارش ایستگاه‌های منطقه و روش IDW برای ترسیم نقشه های هم باران استفاده شد.

یافته‌ها: ایستگاه زیرآب با ۲۴۵/۵ میلی‌متر بیشترین بارش را در تداوم ۷ روزه ثبت کرد و به‌عنوان مرکز بارش شناسایی شد. با استفاده از دمای نقطه شبنم و سرعت باد، ضریب بیشینه‌سازی طوفان ۱/۷۶ محاسبه شد و مقدار حداکثر بارش محتمل برای تداوم یک الی هفت‌روزه به دست آمد که به طور میانگین میزان بارندگی حداکثر بارش محتمل نسبت به بارش‌های ثبت شده ۷۵/۹۶ درصد بیش‌تر است. بررسی نقشه‌های سطح دریا و تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در طوفان ۲۶ اسفند ۱۳۹۷ نشان می‌دهد یک کم‌ارتفاع روی ایران مستقر بوده که محور ناوه آن از شرق دریای سیاه شروع شده و تا مرکز ایران ادامه دارد و در غرب آن در روی دریای سیاه پرارتفاع دیده می‌شود که محور پشته آن از شمال دریای سیاه شروع شده و تا جنوب شرق مدیترانه امتداد دارد. ناوه با تاوایی بسیار شدید و پشته قوی در کنارش موجب شکل‌گیری یک بندال شد.

نتیجه‌گیری: استقرار بندال و قرارگیری موج‌های کوتاه در جلوی فرود به شرایط ناپایداری هوا در منطقه افزود. زبانه‌ای از سامانه کم‌فشار در شمال غرب اروپا از روی دریا سیاه و غرب ایران عبور کرد، سپس وارد سواحل جنوبی دریای خزر شد. استقرار کم‌فشار دینامیکی بر روی دریای خزر و شارش رطوبت به منطقه موردمطالعه، موجب تشدید سامانه بارشی شد؛ در نتیجه آن، رطوبت نسبی سواحل شمالی کشور در روزهای ۱۸ و ۱۹ مارس به ۹۰ درصد رسید و در طراحی سازه‌های هیدرولیکی با تاکید بر این طوفان، باید به میزان حداکثر بارش محتمل ۴ الی ۶ روز توجه شود که قوی‌تر از سایر تداوم‌ها برآورد شد.

واژه‌های کلیدی: بارش، حداکثر بارش محتمل، حوضه، روش همدیدی، طوفان

مقدمه

در بین سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۱ به طور متوسط ۲۳۲ میلیون نفر در سال تحت‌تأثیر بلایای طبیعی قرار گرفتند که از این تعداد ۱۰۶ میلیون نفر آن‌ها با سیلاب مواجه بوده‌اند که فقط در سال ۲۰۱۰ بیش از ۱۷۸ میلیون نفر در سراسر جهان به‌نوعی تحت‌تأثیر سیلاب قرار گرفتند (۱۷). تحقیقات صورت‌گرفته بین سال‌های (۱۹۶۴-۱۹۸۹) نشان می‌دهد، سیلاب‌ها بالاترین نرخ تعداد وقوع یعنی ۴۵ درصد را به خود اختصاص داده‌اند و ازنظر وسعت تأثیر بعد از خشکسالی با ۴۰ درصد، دومین بلای طبیعی محسوب می‌شود (۱۴). سیل ازجمله مخاطرات اقلیمی است که همه‌ساله خسارت‌های جبران‌ناپذیری به طبیعت و جان و مال انسان‌ها وارد می‌کند. در ایجاد این مخاطره عوامل متعددی تأثیرگذار هستند که مهم‌ترین آن بارش است. بارش شدید با تبدیل به رواناب، می‌تواند سبب سیلاب و عواقب مصیبت باری گردد. اگر بالاترین میزان بارش یا همان حداکثر بارش محتمل که منجر به ایجاد سیل می‌شود محاسبه گردد می‌توان از آن در جهت کاهش اثرات مخرب سیل با اعلام هشدارهای به‌موقع بهره گرفت (۶)؛ حداکثر بارش محتمل یعنی مقدار بارانی که در یک سطح معین با یک دوام مشخص ممکن است اتفاق افتد و در شرایط هواشناختی موجود امکان تجاوز از آن وجود نداشته باشد (۲۵). این مقدار بر مبنای استفاده از داده‌های بلندمدت روزانه در چندین ایستگاه داخل و خارج حوزه تعیین می‌شود (۳۰). برآورد این پارامتر بسیار حائز اهمیت بوده و معمولاً برای کاربردهای مهندسی از قبیل طراحی ابعاد سد، پهنه‌بندی مناطق سیلابی و سیلاب‌دشت‌هایی که نیروگاه‌های هسته‌ای در آن ساخته شده و تخمین حداکثر سیل محتمل استفاده می‌گردد (۱۱)؛ لذا برای طراحی سازه‌های هیدرولیکی در مرحله اول باید حداکثر بارش محتمل را محاسبه کرد (۱۸). نتایج نشان داد حداکثر بارش محتمل در طول قرن فعلی نسبت به گذشته به علت تغییرات آب‌وهوایی افزایش قابل‌توجهی داشته است (۲۰)؛ بنابراین عدم آگاهی از حداکثر بارش محتمل می‌تواند خسارت‌های جانی و مالی زیادی به بار آورد. به‌طوری‌که دانشمندان در سراسر جهان به برآورد حداکثر بارش محتمل با روش‌های مختلف مبادرت داشته‌اند.

هانسن (۱۶) با استفاده از مطالعات مقایسه‌ای مقادیر طوفان و سایر شاخص‌های بارندگی به ارزیابی حداکثر بارش‌های محتمل طی ۱۰ سال گذشته برای مشخص‌شدن طراحی سیلاب در ایالات متحده آمریکا پرداخت. کولیر و هاردکر (۷) با استفاده از سامانه‌ها همرفتی مقادیر حداکثر بارش محتمل انگلستان را برآورد کردند و مشخص شد اگر مدت‌زمان طوفان بین ۱۱ تا ۲۴ باشد مقدار حداکثر بارش محتمل از گزارش وزارت محیط‌زیست فراتر است. شریف و همکاران (۲۷) تخمین زدند بالاترین ضریب حداکثر بارش محتمل برای ساحل شرقی و کمترین میزان آن برای دشت‌های بیابانی امارات متحده عربی است. سونسن و ریکچا (۲۹) از طوفان

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.16.4]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.178]

اوت ۱۹۷۵ برای برآورد حداکثر بارش محتمل سدهای حوزه رودخانه هنگرو در چین استفاده کردند. با روش همدیدی مقادیر نقطه‌ای حداکثر بارش محتمل در روز اول، دوم و سوم به‌ترتیب ۱۲۰۰، ۱۴۶۰ و ۱۹۱۰ میلی‌متر برآورد شد که با مطالعات قبلی هم‌خوانی دارد. ریزیکیوا و همکاران (۲۳) حداکثر بارش محتمل در سیل‌های ۱۹۹۷ اروپای مرکزی و ۲۰۰۲ چک و آلمان را برآورد کردند. نتایج به‌دست‌آمده با میزان بارندگی در سیل‌های ۱۹۹۷ و ۲۰۰۲ مقایسه شد و نتایج نشان داد که بیش‌ترین میزان بارندگی در حوضه‌های آبریز چک از ۶۳ درصد مقادیر حداکثر بارش محتمل تجاوز نمی‌کند. فرناندو و ویکراماسوریا (۱۰) در رابطه با مطالعات ایمنی سد سریلانکا در ۲۲ منطقه سد، حداکثر بارش محتمل که تحت‌تأثیر سامانه موسمی آسیا و اثرات سیکلونی است را مورد تجزیه‌وتحلیل قرار دادند. پس از بررسی سری طولانی از داده‌های سالانه حداکثر بارندگی روزانه هفت ایستگاه، مقدار تقریبی حداکثر بارش محتمل می‌تواند ۲ تا ۳ برابر بارش‌های روزانه باشد. کازز و همکاران (۵) حداکثر بارندگی محتمل در بارسلونا برای مدت زمان ۵ تا ۳۰ ساعت را مطالعه کردند. بدین منظور از دو روش مختلف همدیدی و آماری هرشفیلد استفاده شد در هر دو مورد رفتار رو به افزایش حداکثر بارش محتمل با مدت‌زمان پیدا شد که به نظر می‌رسد مربوط به شرایط جوی است که بارش‌های شدید را در بارسلونا تولید می‌کند. کیم و همکاران (۱۹) از روش همدیدی حداکثر بارش محتمل برای تجزیه‌وتحلیل دقیق‌تر D.A.D استفاده کردند؛ زیرا استفاده تنها از منحنی‌های D.A.D در حوزه‌های بزرگ‌تر یا مدت‌زمان بارندگی بالاتر باعث بروز خطاهای بیش‌تر در برآورد میانگین بارندگی ناحیه و درنتیجه کاهش دقت نتایج می‌شود. روهیداس چوان و سرینیواس (۲۶) حداکثر بارش محتمل یک‌روزه و نقشه‌های آن را برای حوضه رودخانه ماهاندی بر اساس روش‌های همدیدی و آماری ارائه دادند. حوضه رودخانه مستعد سیل‌های مکرر است. درنهایت از حداکثر بارش محتمل برای رسیدن به حداکثر سیل محتمل حوزه استفاده شد. روهنی و لکونته (۲۵) از داده‌های خروجی مدل اقلیمی منطقه‌ای کانادا برای برآورد حداکثر بارش محتمل و حداکثر تجمع برف در پیش‌بینی‌های آب‌وهوای آینده استفاده کردند. نتایج نشان می‌دهد که حداکثر سیل محتمل در حوضه جنوب کبک در افق آینده بدون تغییر باقی می‌ماند اما این روند برای حوضه واقع در مناطق شمالی و شرقی استان کبک ۱۱ درصد افزایش یافته است. سینگ و همکاران (۲۸) از حداکثر بارندگی احتمالی برای برآورد حداکثر بارش سیل احتمالی در ایالت تگزاس آمریکا استفاده کردند گانگریت و همکاران (۱۱) باتوجه‌به اهمیت زیرساخت‌های نیروگاه‌های هسته‌ای و سدهای اصلی به محاسبه حداکثر بارش محتمل و حداکثر سیل محتمل در ایالات متحده پرداختند زیرا افزایش حداکثر بارش محتمل و حداکثر سیل محتمل در محیط‌های در حال تغییر می‌تواند امنیت دارایی‌های آمریکا را تهدید کند. حجازی زاده و صالحی پاک (۱۳) حداکثر بارش محتمل را در حوضه آبخیز ماملو به روش همدیدی مورد بررسی قرار داد. در این بررسی ۳ طوفان انتخاب شد. درنهایت برای حداکثر بارش محتمل یک‌روزه، دوروزه و سه‌روزه حوضه به ترتیب اعداد ۱۲۶/۶ میلی‌متر، ۱۸۳/۷۶میلی‌متر و ۲۲۹/۶ میلی‌متر به دست آمد. عزیزی و حنفی (۳) به‌منظور برآورد حداکثر بارش محتمل در سطح حوضه آجی چای، از روش همدیدی استفاده کردند درنهایت حداکثر بارش محتمل ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعته برای دوره بازگشت ۵۰ و ۱۰۰ ساله تخمین زده شد. مجرد و معصوم پور (۲۱) طی محاسبه حداکثر بارش محتمل به روش همدیدی متوجه شدند در خلال طوفان‌های شدید استان کرمانشاه تحت‌تأثیر سامانه‌های کم‌ارتفاع دینامیکی ناشی از بندال امگا[1] قرار داشته که سبب بارندگی‌های شدید در استان شده است. احمدی و همکاران (۲) تأثیر حداکثر بارش محتمل را بر ایجاد مخاطرات هیدرولوژیکی منطقه جنوب غرب خزر به روش همدیدی موردمطالعه قرار دادند و با انتخاب ۴ طوفان بزرگ‌تر مقدار بیشترین بارش محتمل با تداوم ۲۴ ساعته را ۲۷۶/۹۵ میلی‌متر تعیین کردند. جهان‌دیده و همکاران (۱۵) مقادیر حداکثر بارش محتمل برای دوره بازگشت ۵۰ و ۱۰۰ ساله را به ترتیب ۷۱۴ و ۷۷۱ میلی‌متر برای استان فارس محاسبه و با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS نقشه‌های هم‌مقدار حداکثر بارش محتمل ۲۴ ساعته و منحنی‌های D.A.D تهیه کردند. گرجی و همکاران (۱۲) ضریب فراوانی مناسب برای برآورد حداکثر بارش محتمل حوضه‌های جنوبی استان کهگیلویه و بویراحمد را به دست آورند. از روش‌های متعددی می‌توان حداکثر بارش محتمل را محاسبه کرد. هرشفلید در سال ۱۹۶۱ روش آماری را پایه‌ریزی کرد و برای ۲۶۴۵ ایستگاه حداکثر بارش محتمل ۲۴ ساعته را ارائه نمود که در سال‌های بعد بارندگی‌هایی بالاتر از حداکثر بارش محتمل محاسبه شده، رخ داد، در نتیجه این روش به زیر سؤال رفت (۲۴)، مقادیر برآورد شده این روش دوره بازگشت بسیار بالا ۶۰۰۰ سال دارند که به طور غیرضروری هزینه‌های طراحی‌ها را بالا می‌برد (۹). یکی از روش‌های محاسبه حداکثر بارش محتمل روش همدید و مدل همگرایی است. از مزایای مدل همگرایی این است که در مناطقی که داده‌های سطوح بالا جو و داده‌های 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 جهت باد و فشار می‌توان آب قابل بارش یک طوفان را تخمین زد (۴). این پژوهش سعی دارد با روش همدیدی حداکثر بارش محتمل سطح حوضه تالار در استان مازندران طی طوفان ۲۶ اسفند ۱۳۹۷ برآورد و علل همدیدی آن را مورد تحلیل قرار دهد.

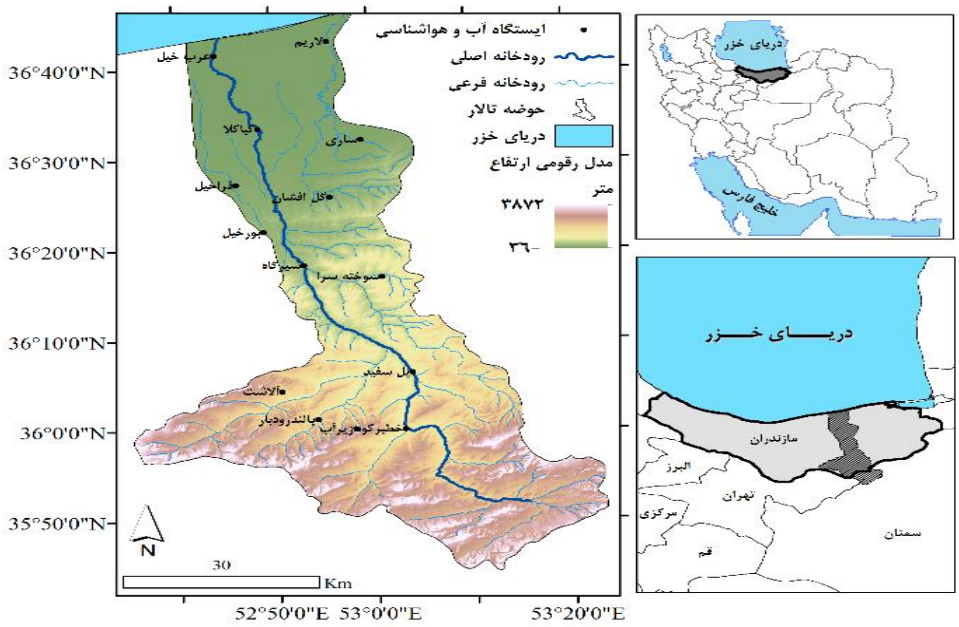
مواد و روش‌ها

حوضه تالار در البرز مرکزی بین ۳۵ درجه و ۳۷ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۴۵ دقیقه عرض شمالی و ۵۲ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۵۲ درجه و ۱۸ دقیقه طول شرقی قرار دارد. این حوضه توسط یک رودخانه اصلی به اسم تالار که امتداد جنوب به شمال دارد زهکش می‌شود و از سرشاخه‌های مهم آن می‌توان به رودخانه کبیر، اریم، سرخ آباد، چرات، شش رودبار و کسیلیان اشاره کرد و مساحت حوضه بالغ بر ۳۳۴۵/۹۸ کیلومترمربع

1- Omega Block

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.16.4]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.178]

است (۲۲). در این تحقیق برای برآورد حداکثر بارش محتمل حوضه تالار به روش همدیدی از داده‌های بارش، دمای نقطه شبنم و سرعت باد مربوط به ۴ ایستگاه سینوپتیک و داده‌های بارش ۳ ایستگاه باران‌سنجی و ۷ ایستگاه‌های آب منطقه‌ای طی دوره‌های آماری کوتاه‌مدت از سال ۲۰۰۰ الی ۲۰۱۹ استفاده شده است (جدول ۱). در مطالعات انجام شده برای تهیه نقشه های هم باران استان مازندران از روش‌های زمین آمار استفاده کردند (۳۱) برای طوفان منتخب با استفاده از داده های بارش ۲۴ ساعته سطوح هم باران با استفاده از روش معکوس فاصله وزین (IDW) ترسیم شد. با استفاده از مساحت هر طبقه و مقادیر حداکثر و حداقل بارش، مقدار متوسط بارندگی در هر سطح محاسبه شد (۸).



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌ها و رودخانه تالار
Figure 1. Location of station and Talar river

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های سطح حوضه تالار
Table 1. Station specifications in the Talar basin

ایستگاه	ارتفاع (متر)	نوع ایستگاه
خطیرکوه	۸۵۷	هیدرومتری
لاریم	-۲۲	هیدرومتری
پالندرودبار	۱۲۲۲	هیدرومتری
شیرگاه	۲۴۳	هیدرومتری
گل‌افشان	۹۰	هیدرومتری
کیاکلا	-۳	هیدرومتری
عرب خیل	-۲۱	هیدرومتری
سوخته سرا	۶۱۹	باران‌سنجی
بورخیل	۱۳۰	باران‌سنجی
زیرآب	۲۲۵۷	باران‌سنجی
پل سفید	۶۲۵	سینوپتیک
قرا خیل	۴۲	سینوپتیک
ساری	۱۱	سینوپتیک
آلاشت	۱۸۲۳	سینوپتیک

برای به‌دست‌آوردن ضریب بیشینه‌سازی طوفان و اعمال آن در مقدار متوسط بارندگی، از محاسبات دمای نقطه شبنم و سرعت باد استفاده شد، زیرا؛ مهم‌ترین عواملی که در شدت ناپایداری یک سامانه نقش دارد، دمای نقطه شبنم و سرعت باد است؛ لذا داده‌های دمای نقطه شبنم ایستگاه‌های سینوپتیک از سال ۲۰۰۰ تا سال ۲۰۱۹ طبقه‌بندی شدند. چنانچه طول دوره آماری کوتاه باشد بهتر است از دوره بازگشت ۱۰۰ ساله برای حداکثرسازی دمای نقطه شبنم و سرعت باد استفاده شود (۲۵) و به‌وسیله توزیع گامبل به‌عنوان بهترین توزیع، دوره بازگشت ۱۰۰ساله محاسبه و حداکثر دمای نقطه شبنم طی طوفان و دوره بازگشت آن به‌وسیله دیاگرام Skew-T-Log-P به سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال منتقل شد. بر اساس توصیه سازمان هواشناسی جهانی چنانچه طول دوره آماری کوتاه باشد بهتر است از دوره بازگشت صدساله استفاده شود (۲۵) برای به‌دست‌آوردن ضریب رطوبت، آب قابل بارش دمای نقطه شبنم برای ایستگاه‌ها

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.16.4]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.178]

محاسبه شده و به سطح ۲۰۰ هکتوپاسکال منتقل شد (جدول ۳). ضریب باد، از رابطه (۱) به دست آمد و ضریب بیشینه‌سازی طوفان محاسبه شد.

رابطه (۱) $MW=MW1/MW2$

MW: ضریب بیشینه باد، MW1: میانگین تندی باد بیشینه برآورد شده با تداوم ۱۲ ساعته و MW2: میانگین تندی باد بیشینه دیده‌بانی شده در روز طوفان.

نتایج و بحث

طبق نقشه‌های تداوم‌های ۱ الی ۷ روزه، مراکز بیش‌ترین بارش‌ها تحت‌تأثیر پشته‌ها و ناوه‌های بادهای غربی، مراکز فشار سطح دریا و ناهمواری‌های منطقه حوضه تالار جابه‌جا شده‌اند، در تداوم ۱ روزه مرکزیت بارش در ایستگاه پل سفید و زیرآب، در تداوم ۲ روزه در ایستگاه لاریم، در تداوم ۳ روزه در ایستگاه عرب خیل، در تداوم ۴ روزه در ایستگاه زیرآب و محمودآباد ساری، در تداوم ۶ روزه ایستگاه سوخته‌سرا و در تداوم ۷ روزه ایستگاه زیرآب بیش‌ترین بارش‌ها را به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۲ الی ۸). منحنی‌های D.A.D باتوجه‌به نقشه تداوم‌ها رسم شد. در تمامی نمودارها با کاهش مساحت تجمعی میزان بارندگی متوسط در سطح افزایش داشت این افزایش در منحنی‌های ۱، ۲ و ۳ روزه تدریجی و بسیار ناچیز است ولی در منحنی‌های ۴ الی ۷ روز میزان افزایش بارش با کاهش مساحت بسیار چشمگیر است. با قرارگیری منحنی‌های عمق – سطح برای همه تداوم‌ها کنار یکدیگر می‌توان مشاهده کرد در ۳ روز نخست از شروع طوفان، مقدار بارش در سطح، زیر ۵۰ میلی‌متر است ولی با تداوم بارش در روز چهارم، پنجم و ششم میزان بارش نسبت به ۳ روز گذشته افزایش یافت و مقدار بارش در سطح به ترتیب بالاتر از ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر رسید (شکل ۹). براین اساس ضریب بیشینه‌سازی طوفان که در مقدار بارش متوسط در سطح تجمعی اعمال شد، حداکثر بارش محتمل برای تداوم ۱ روزه ۶/۵۴ میلی‌متر، برای تداوم ۲ روزه ۱۹/۱۸ میلی‌متر، برای تداوم ۳ روزه ۲۵/۱۳ میلی‌متر، برای تداوم ۴ روزه ۱۴۲/۱۹ میلی‌متر، برای تداوم ۵ روزه ۲۴۳/۱۸ میلی‌متر، برای تداوم ۶ روزه ۲۸۰/۴۷ میلی‌متر و برای تداوم ۷ روزه ۲۹۱/۵۳ میلی‌متر محاسبه شد. حداکثر بارش‌های محتمل به‌دست‌آمده نیز مانند بارندگی‌های سطح حوضه نشان دادند که تداوم ۴ الی ۶ روزه از سایر تداوم‌های ثبت شده در حوزه قوی‌تر و شدیدتر بوده است و طرح‌ها و سازه‌های هیدرولیکی چنانچه بخواهند این طوفان را مدنظر قرار دهند باید باتوجه‌به میزان حداکثر بارش محتمل ۴ الی ۶ روز طراحی شوند طبق این اعداد میزان افزایش طبق حداکثر بارش محتمل ۷۵/۹۶ درصد است

جدول ۲- دمای نقطه شبنم ایستگاه‌های سینوپتیک در سطح حوزه رودخانه تالار

Table 2. Dew point temperature of synoptic stations of Talar river basin

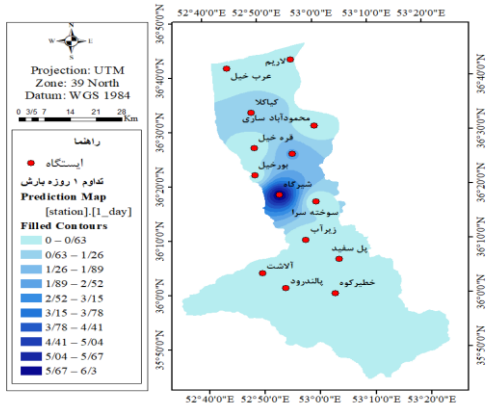
متغیر / ایستگاه	ساری	قراخیل	آلاشت	پل سفید
حداکثر دما نقطه شبنم ۱۲ ساعته پایدار در طول طوفان	۱۰/۷۴	۱۰/۰۹	۲/۸۷	۶/۲۶
حداقل فشار سطح ایستگاه در طول طوفان	۹۹۹	۹۹۹	۸۱۰/۶	۹۲۹/۵
دما نقطه شبنم ۱۲ ساعته پایدار در سطح ۱۰۰۰ در طول طوفان	۱۰/۷	۱۰	۵/۸	۷/۳
میانگین فشار سطح ایستگاه در دوره دوم ماه مارس	۱۰۱۴/۰۱	۱۰۱۶/۲۳	۸۱۷/۴۱	۹۴۱/۸۹
دما نقطه شبنم ۱۲ ساعته پایدار دوره بازگشت ۱۰۰	۱۳/۸	۱۳/۶	۳/۶۴	۸/۹۸
دما نقطه شبنم ۱۲ ساعته پایدار در دوره بازگشت ۱۰۰ ساله در سطح ۱۰۰۰	۱۳/۶	۱۳/۴	۶/۵	۹/۸

جدول ۳- فاکتور رطوبت و باد و ضریب بیشینه‌سازی طوفان ۲۶ اسفند ۱۳۹۷

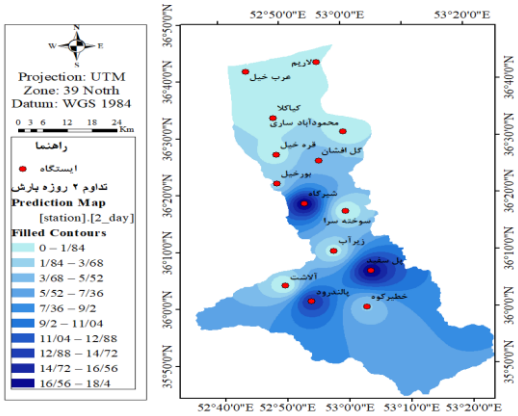
Table 3. Humidity factor and wind factor and storm maximization factor March 17, 2017

متغیر / ایستگاه	ساری	قراخیل	آلاشت	پل سفید
آب قابل بارش دما نقطه شبنم در طول طوفان در سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال (میلی‌متر)	۲۳	۲۱	۱۵	۱۶
آب قابل بارش دمای نقطه شبنم دوره بازگشت ۱۰۰ سال در تراز ۱۰۰۰ (میلی‌متر)	۳۰	۲۸	۱۵	۲۱
میانگین ضریب رطوبت	۱/۲۴	۱/۲۴	۱/۲۴	۱/۲۴
حداکثر تداوم ۱۲ ساعته تندی باد در طول طوفان (نات)	۹/۶۳	۱۵/۵۵	۳/۴	۶/۳۲
حداکثر تداوم ۱۲ ساعته تندی باد دوره بازگشت ۱۰۰ ساله (نات)	۶/۵۱	۷/۸۶	۹/۱۱	۱۱/۵
میانگین ضریب باد	۱/۴۲	۱/۴۲	۱/۴۲	۱/۴۲
ضریب بیشینه‌سازی طوفان (میانگین فاکتور تندی باد × میانگین فاکتور رطوبت)	۱/۷۶	۱/۷۶	۱/۷۶	۱/۷۶

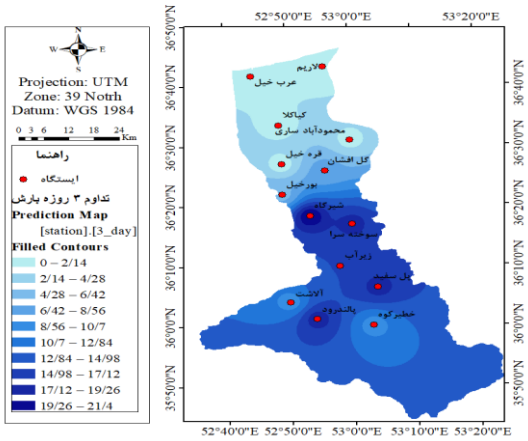
[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.16.4]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.178]



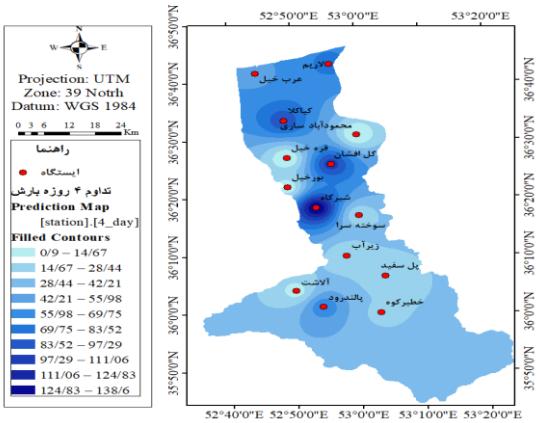
شکل ۲– نقشه تداوم ۱ روزه بارش
Figure 2. 1-day precipitation duration map



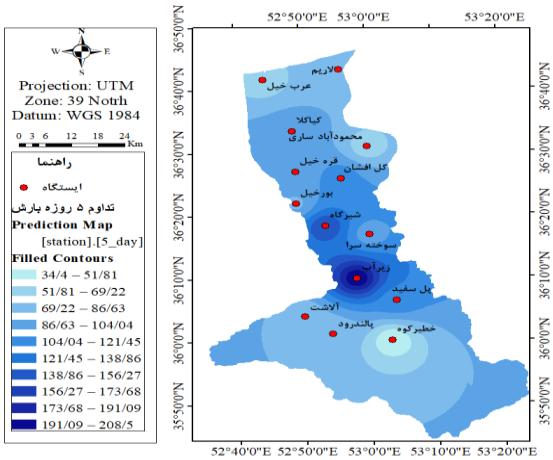
شکل ۳– نقشه تداوم ۲ روزه بارش
Figure 3. 2-day precipitation duration map



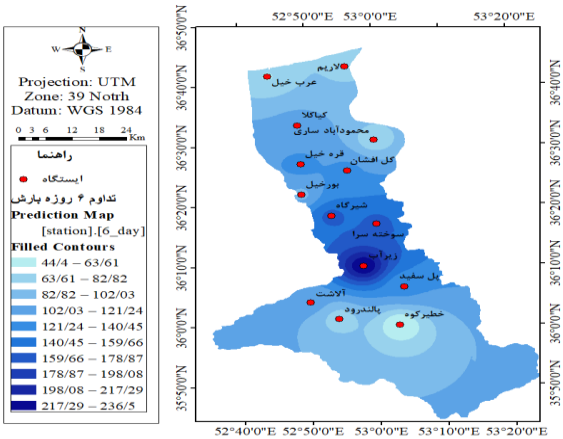
شکل ۴– نقشه تداوم ۳ روزه بارش
Figure 4. 3-day precipitation duration map



شکل ۵– نقشه تداوم ۴ روزه بارش
Figure 5. 4-day precipitation duration map

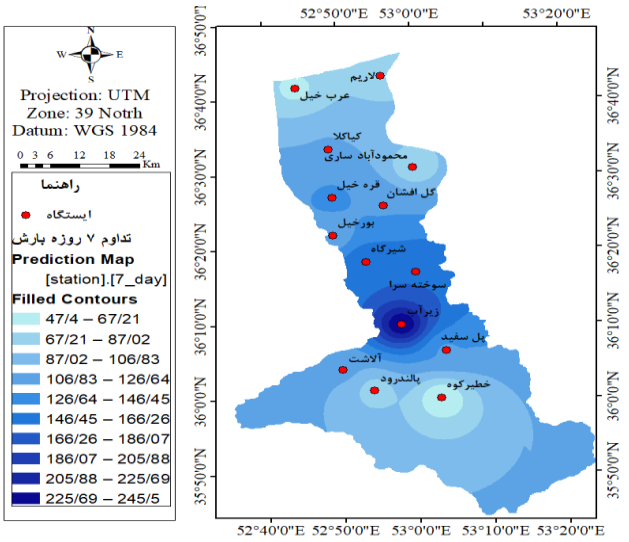


شکل ۶– نقشه تداوم ۵ روزه بارش
Figure 6. 5-day precipitation duration map

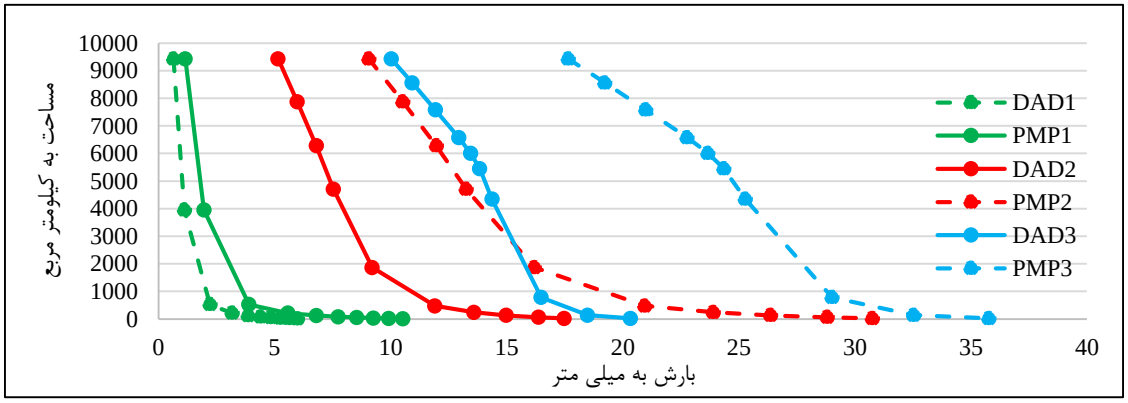


شکل ۷– نقشه تداوم ۶ روزه بارش
Figure 7. 6-day precipitation duration map

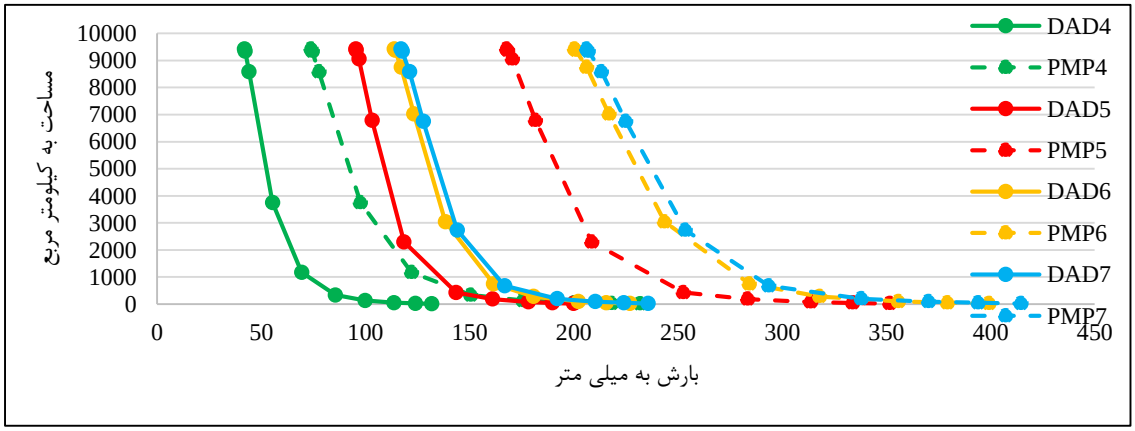
[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.16.4]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.178]



شکل ۸– نقشه تداوم ۷ روزه بارش
Figure 8. 7-day precipitation duration map



شکل ۹– منحنی‌های عمق – سطح – تداوم و حداکثر بارش محتمل ۱ الی ۳ روزه
Figure 9. Depth - area - duration and probable maximum precipitation 1 to 3 days



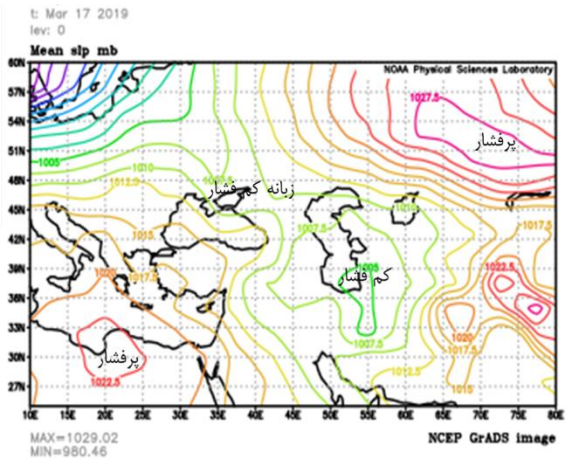
شکل ۱۰– منحنی‌های عمق – سطح – تداوم و حداکثر بارش محتمل برای تداوم ۴ الی ۷ روزه
Figure 10. Depth - area - duration and probable maximum precipitation 4 to 7 days

تحلیل همدیدی نقشه‌های همدیدی

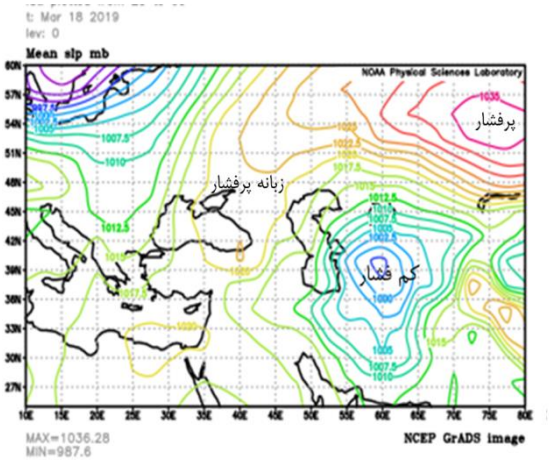
به‌منظور تحلیل همدیدی طوفان ۲۶ اسفند ۱۳۹۷ از نقشه‌های مرکز داده‌های آنالیز شده NCEP در روزهایی که میزان بارندگی افزایش چشمگیری داشت، استفاده شد. نقشه همدیدی سطح دریا در روز ۱۷ مارس ۲۰۱۹ که مصادف با ۲۷ اسفند ۹۷ است یک بازوی کم‌فشار ۱۰۰۵ هکتوپاسکال روی جنوب شرق دریای خزر دیده می‌شود دو مرکز پرفشار با مرکزیت فشار ۵/۱۰۲۲ هکتوپاسکال در غرب و شرق و شمال

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.16.4]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.178]

شرق ایران قرار دارند، زبانه‌های این دو مرکز در حوالی موقعیت ۴۰ تا ۵۰ درجه طول شرقی و ۴۲ تا ۴۸ درجه عرض شمالی موجب جداسازی چند منحنی بسته کم‌فشار از مرکزیت اصلی شمال اروپا شده و رطوبت لازم را از روی دریای مدیترانه و سیاه به کم‌فشار مستقر روی خزر منتقل می‌کند (شکل ۱۱). در ۱۸ و ۱۹ مارس زبانه‌های دو مرکز پرفشار روز قبل در شمال دریای خزر به یکدیگر رسیده‌اند و زبانه کم‌فشار دریای خزر از مرکز اصلی خود به طور کامل جدا شد. این زبانه به‌صورت چندین منحنی بسته با کاهش فشار ۵,۲ هکتوپاسکال نسبت به روز گذشته با مرکزیت ۵,۹۹۷ هکتوپاسکال روی شمال شرق کشور مستقر شد و گسترش یافت. قرارگیری دو مرکز پرفشار در روی دریای مدیترانه و نواحی مرکزی آسیا موجب انتقال رطوبت و هوای سرد به زبانه کم‌فشار مذکور شد که بر شدت بارش‌ها در ۱۸ و ۱۹ مارس ۲۰۱۹ افزود (شکل ۱۲ و ۱۳) که با یافته های عباسی و همکاران به مطالعه حداکثر بارش محتمل در کرج پرداختند و نتیجه گرفتند یک پر فشار در شمال دریای خزر که منشا سیبری یا شمال اروپا دارد موجب زیرش هوای سرد جنوب قطبی به جنوب دریا خزر می‌شود مطابقت دارد (۱). باتوجه‌به نقشه های فشار سطح دریا و الگوهای فشار، مرکز اصلی بارش در استان گلستان مستقر است و دامنه نفوذ آن با ورود به شرق استان مازندران به حوضه آبریز تالار رسیده است، میزان بارش در سطح حوضه تالار با عامل ارتفاع همبستگی معناداری داشته و با افزایش ارتفاع میزان بارش نیز در البرز شمالی افزایش داشته است و ایستگاه زیرآب با ۲۲۵۷ متر ارتفاع از سطح دریا بیشترین بارش را به خود اختصاص داد. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مورخ ۱۷ مارس ۲۰۱۹ یک کم‌ارتفاع روی ایران مستقر است که محور ناوه آن در شمال عربستان تا روی نیمه غربی ایران ادامه دارد محورهای ناوه از عرض ۵۷ درجه شمالی شروع شده و تا ۳۰ درجه شمالی امتداد یافت که موجب انتقال برودت عرض‌های بالا به عرض‌های پایین شد. قرارگیری پرارتفاع با پشته در کنار این کم‌ارتفاع موجب شکل‌گیری بندال طی روزهای آینده می‌شود (شکل ۱۴). در نقشه ۱۸ و ۱۹ مارس به علت استقرار یک مرکز کم‌فشار روی نواحی شمال شرق ایران جریان ناوه و چند منحنی بسته از خطوط کم‌ارتفاع روی نواحی شمال شرقی و شمال غربی دیده می‌شود و موج‌های کوتاه این منحنی دقیقاً در جلو فرود واقع شده است که موجب تشدید ناپایداری هوا شده و صعود هوای زیر ناوه را بیشتر می‌کند و با تشکیل یک ناوه با فرود عمیق و پشته قوی در کنار آن یک بندال در سواحل خزر تشکیل داده‌اند که موجب فرارفت هوای سرد به سمت دریا خزر می‌گردد. این بندال برای ناحیه تحت پوشش خود هوای ابری و مرطوب همراه با بارش به ارمغان آورد. در نقشه ۱۷ مارس ناوه بسیار عمیق بوده تحت‌تأثیر رودباد قطبی بریده شده و چند منحنی بسته از آن به‌صورت راکد روی ایران باقی ماند، این سردچال حاوی هوای سرد از نواحی شمالی اروپا بوده، با قرارگیری روی مرکز کم‌فشار و هوای گرم آن موجب تشدید بارندگی روی نواحی جنوب شرقی خزر شد (شکل ۱۵ و ۱۶). در نقشه رطوبت نسبی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال مورخ ۱۷ مارس می‌توان مشاهده کرد که رطوبت نسبی سواحل شمالی حدود ۴۵ درصد است که در روزهای ۱۸ و ۱۹ به ۹۰ درصد رسید (شکل ۱۷ و ۱۸ و ۱۹).

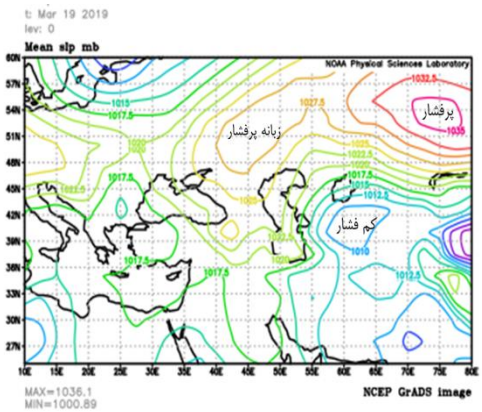


شکل ۱۱– نقشه فشار سطح دریا، ۱۷ مارس ۲۰۱۹
Figure 11. Sea level pressure map, March 17, 2019

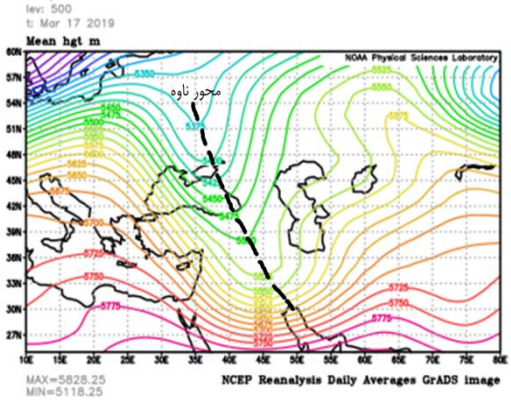


شکل ۱۲– نقشه فشار سطح دریا، ۱۸ مارس ۲۰۱۹
Figure 12. Sea level pressure map, March 18, 2019

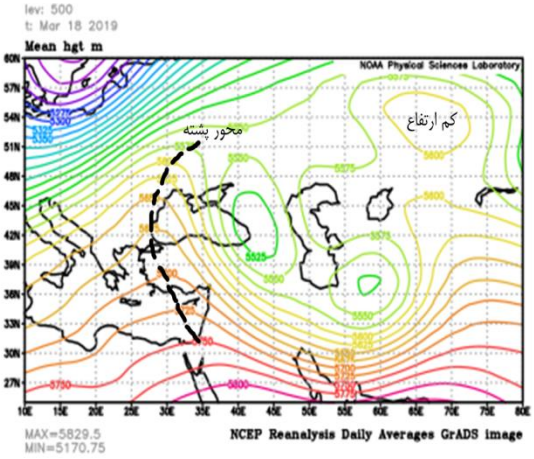
[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.16.4]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.178]



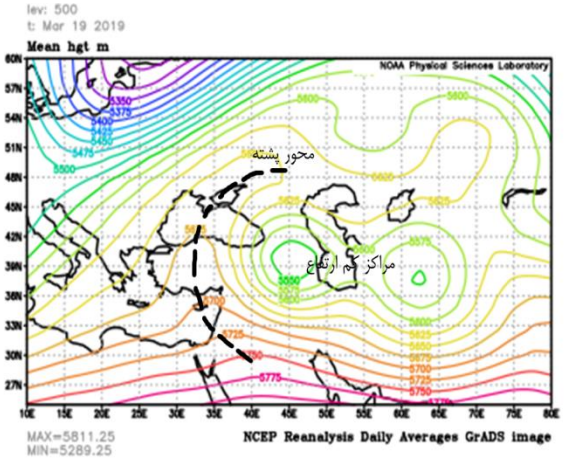
شکل ۱۳- نقشه تراز سطح دریا، ۱۹ مارس ۲۰۱۹
Figure 13. Sea level pressure map, March 19, 2019



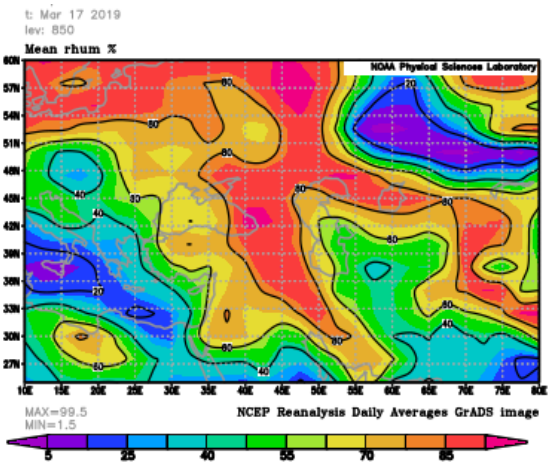
شکل ۱۴- نقشه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، ۱۷ مارس ۲۰۱۹
Figure 14. 500 hPa level map, March 17, 2019



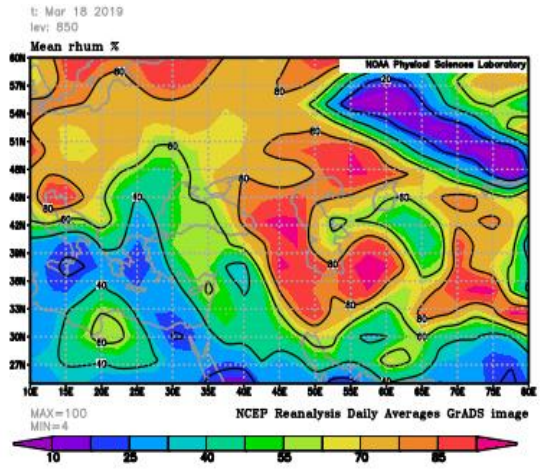
شکل ۱۵- نقشه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، ۱۸ مارس ۲۰۱۹
Figure 15. 500 hPa level map, March 18, 2019



شکل ۱۶- نقشه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، ۱۹ مارس ۲۰۱۹
Figure 16. 500 hPa level map, March 19, 2019

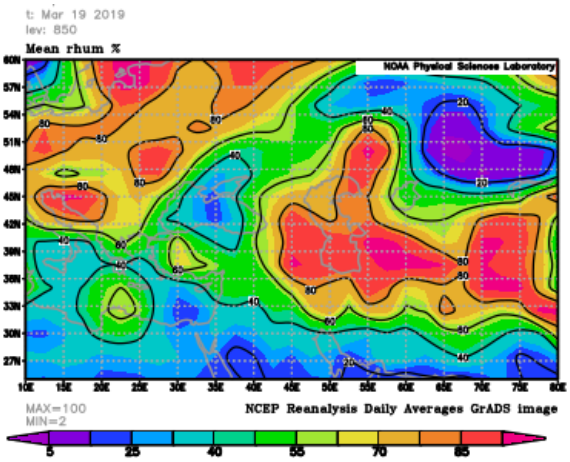


شکل ۱۷- نقشه رطوبت نسبی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، ۱۷ مارس ۲۰۱۹
Figure 17. 850hPa level RH, March 17, 2019



شکل ۱۸- نقشه رطوبت نسبی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، ۱۸مارس ۲۰۱۹
Figure 18. 850 hPa level RH, March 18, 2019

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.16.4]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.178]



شکل ۱۹- نقشه رطوبت نسبی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در ۱۹ مارس ۲۰۱۹
Figure 19. 850hPa level RH, March 19, 2019

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش مشخص ساخت که در دوره مورد مطالعه، ایستگاه زیرآب با ۲۴۵/۵ میلی‌متر بیشترین بارش را در تداوم ۷ روزه ثبت کرده است و به‌عنوان مرکز حداکثر بارش شناسایی شد. بر همین اساس، با استفاده از دمای نقطه شبنم و سرعت باد، ضریب بیشینه‌سازی طوفان برابر با ۱/۷۶ محاسبه شد و مقدار حداکثر بارش محتمل برای تداوم یک الی هفت‌روزه نیز به دست آمد و نشان داد که به طور متوسط ۷۵/۹۶ درصد نسبت به بارش‌های ثبت شده بیشتر است. نتایج حاصل از تحلیل نقشه‌های سطح دریا و تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در طوفان ۲۶ اسفند ۱۳۹۷ نشان داد یک کم‌ارتفاع روی ایران مستقر بوده که محور ناوه آن از شرق دریای سیاه شروع شده و تا مرکز ایران ادامه داشته است و همزمان با آن روی دریای سیاه پرارتفاع دیده می‌شود که محور پشته آن از شمال دریای سیاه شروع شده و تا جنوب شرق مدیترانه امتداد داشته است، استقرار الگوی یاد شده سبب شکل گیری ناوه با تاوایی بسیار شدید شده است و پشته قوی در کنار آن شکل‌گیری یک بندال را تسریع نموده است. شکل گیری بندال و قرارگیری موج‌های کوتاه در جلوی فرود به شرایط ناپایداری هوا در منطقه افزوده است بنابراین زبانه‌ای از سامانه کم‌فشار در شمال غرب اروپا از روی دریا سیاه به سمت غرب ایران عبور کرده است که با عبور از مناطق غربی وارد سواحل جنوبی دریای خزر شده است، متعاقب شرایط یاد شده، استقرار کم‌فشار دینامیکی بر روی دریای خزر و شارش رطوبت به منطقه موردمطالعه، موجب تشدید سامانه بارشی گردیده است؛ در نتیجه، رطوبت نسبی سواحل شمالی کشور در روزهای ۱۸ و ۱۹ مارس به ۹۰ درصد افزایش یافته بود.

منابع

1. Abbasi, A. and H. Ghaemi. 2013. Probable maximum precipitation based on synoptic method in Karaj basin. Journal of Geography and Planning, 43: 145-168.
2. Ahmadi, M., H. Lashkari and P. Azimi. 2015. Probable maximum precipitation of 24 hours and its impact on hydrological hazards in the south - west Caspian region. Journal of Spatial Analysis Environmental Hazarts, 02: 69-83 (In Persian).
3. Azizi, GH. and A. Hanafi. 2017. Estimation of probable maximum precipitation by using synoptic method (Case study: Ajichai basin). Journal of Arid Regions Geographic Studies, 02: 55-77 (In Persian).
4. Bahrami, F., A. Ranjbar Saadat Abadi and A. Fattahi. 2018. Estimating probable maximum precipitation based on synoptic method in GHomrood basin. Journal of Geoghraphical Sciences, 18(50): 61-75 (In Persian).
5. Casas, Mc., R. Prohom, M. Gazquez and A. Redano. 2011. Estimation of the probable maximum precipitation in Barcelona (Spain). International Journal of Climatology, 9(31): 1322-1327.
6. Clavet-Gaumont, J., D. Huard, A. Frigon, K. Koenig and B. Larouche. 2017. Probable maximum flood in a changing climate: An overview for Canadian basins. Journal of Hydrology, 13: 11-25.
7. Collier, C.G. and P.J. Hardaker. 1996. Estimating probable maximum precipitation using a storm model approach. Journal of Hydrology, 183(3-4): 277-306.
8. Country Program and Budget Organization. Methods for calculating the probable maximum precipitation and depth-area-duration curves. Criterion 716.
9. Farmanara, S.M. and B. Bakhtiari. 2020. Evaluation of two physical and statistical approaches in probable maximum precipitation Estimatition in Bushehr Province. Iranian Journal of Irrigation and Drainage, 13(6): 1612-1622.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.16.4]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.178]

10. Fernando, K. and S. Wickramasuriya. 2011. The hydrometeorological estimation of probable maximum precipitation under varying scenarios in Sri Lanka. International Journal of Climatology, 31(5): 668-676.
11. Gangrade, S., S. Kao, C.T. T.Dullo, A.J.Kalyanapu and B. Lee Preston. 2019. Ensemble-based flood vulnerability assessment for probable maximum flood in a changing environment. Journal of Hydrology, 576: 342-355.
12. Gorji, M., M. Raeani Sarjaz and R. Fazloula. 2017. Estimation of maximum possible 24-hour precipitation using local spatial variation in southern Kohgiluyeh-e-Boyerahmad watersheds. Journal of Watershed Management Research, 8(16): 213-222 (In Persian).
13. Hejazi Zadeh, Z. and T. Salehi Pak. 2002. Estimation of the probable maximum precipitation by using synoptic method in the basin of Mamloo dam. Journal of the Faculty of Literature and Humanities (Kharazmi Univercity), 10(35-39): 51-86 (In Persian).
14. Heyman, B., C. Davis and P. Krumpke. 1991. An assessment of worldwide disaster vulnerability. Disaster Management, 4: 3-36.
15. Jahandideh, Z., B. Bakhtiari and K. Ghaderi. 2017. Derivation of depth - area - duration curves for estimating areal h probable maximum precipitation in Fars province (Technical note). Iran - Water Resources Research, 13(2): 99-206 (In Persian).
16. Hansen, E. 1987. Probable maximum precipitation for design floods in the United States. Journal of Hydrology, 96(1-4): 267-278.
17. Kjha, A., R. Bloch and J. Almond. 2012. A manual to integrated urban flood risk management for 21th century (cities and flooding). the world bank report washington.
18. Khalaji Pirbaluti, M and A. Sepas Khah. 2003. Estimating and mapping 24-h probable maximum precipitation by statistical methods as compared to synoptic method for Iran. Journal of Water and Soil Science, 6(1): 1-12 (In Persian).
19. Kim, Y., Y. Kim, W. Yu, S.Oh and K. Jung. 2016. Development of basin-scale PMP estimation method using grid-based rain search method. Procedia Engineering, 154: 1243-1250.
20. M.Kleina, N., Rousseaua, A., Iris.Freudigerab, D., Gagnona, P., Frigonc, A., and Ratté-Fortina, C. 2014. Development of a methodology to evaluate probable maximum precipitation (PMP) under changing climate conditions: Application to southern Quebec, Canada. Journal of Hydrology, 519, 3094–3109.
21. Mojarad, F. and J. Masoompur. 2013. Estimation of probable maximum precipitation by using synoptic method in Kermanshah province. Journal of Arid Regions Geographic Studies, 4(13): 1-16 (in Persian).
22. Moshaverin Khazar. 1994. Phase of justification identification study in Talar basin, scale 1:50.000. General Department of Natural Resources and Watershed Management of Mazandaran Province.
23. Rezacova, D., P. Pesice, and Z. Sokol. 2005. An estimation of the probable maximum precipitation for river basins in the Czech Republic. Atmospheric Research, 1-4(77): 407-421.
24. Rezaee-Pazhand, H and B. Ghahraman. 2006. Estimating maximum daily precipitation by multi-station method: A case study of north Khorasan. Iran-water Resources Research, 2(1): 45-53.
25. Rouhani, H. and R. Leconte. 2018. A methodological framework to assess PMP and PMF in snow-dominated watersheds under changing climate conditions – A case study of three watersheds in Québec (Canada). Journal of Hydrology, 561: 796–809.
26. RohidasChavan, S. and V. Srinivas. 2016. Regionalization based envelope curves for PMP estimation by Hershfield method. International Journal of Climatology, 37(10): 3767-3779.
27. Sherif, M., M. Almulla, A. Shetty and K.R.Chowdhury. 2013. Analysis of rainfall, PMP and drought in the United Arab Emirates. International Journal of Climatology, 34(4): 1318-1328.
28. Singh, A., V. Singh and B. Ar. 2018. Computation of probable maximum precipitation and its uncertainty. Journal of Hydrology, 2(4): 504-514.
29. Svensson, C. and P. Rakhecha. 1998. Estimation of Probable Maximum Precipitation for Dams in the Hongru River Catchment, China. Theoretical and Applied Climatology, 59(1-2): 79-91.
30. World Meteorological Organization. 2009. Manual on Estimation of Probable Maximum Precipitation (PMP), (wmo-1045). 1.
31. Yousefi Kebriya, A., M. Nadi and M. Jamei. 2020. Investigation of statistical and geostatistical methods in preparing the rainfall map of Mazandaran Provine. Journal of Watershed Management Research, 12(23): 212-223.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.16.4]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.178]

Estimation of Probable Maximum Precipitation at Talar Basin of Mazandaran Province using Synoptic Method

Hemmatollah Roradeh[1], Taher Safarrad[2] and Zahra Alikhani Koshkaki[3]

1- Associate professor of Climatology, Faculty of Humanities and Social Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran, (Corresponding author: H.roradeh@umz.ac.ir)
2- Assistant professor of Climatology, Faculty of Humanities and Social Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran
3- MSc student, Department of Geography, University of Mazandaran, Babolsar-Iran
Received: 6 April, 2022 Accepted: 11 May, 2022

Extended Abstract

Introduction and Objective: Intensity, duration, and type of precipitation are among the data that are very important in creating floods. Heavy precipitation that turns into runoff can cause floods and catastrophic consequences. If the highest precipitation that causes flood is calculated, it can be used to reduce the destructive effects of the flood. The probable maximum precipitation during the current century compared to the past has increased significantly due to climate change. Estimation of this parameter is very important and is usually used for engineering applications and estimating the probable maximum flood.

Material and Methods: In this study, the estimation of the probable maximum precipitation of the Talar basin in Mazandaran province was studied by the synoptic method. Precipitation statistics of regional stations and the IDW method were used to draw rainfall maps.

Results: The Zirab station with 245.5 mm recorded the highest rainfall in 7 days and was identified as the center of precipitation. Using dew point temperature and wind speed, the storm maximization coefficient was calculated to be 76.1 and the maximum probable precipitation for a duration of one to seven days was obtained, which on average the rate of increase in precipitation according to the maximum probable precipitation is 75.96%. Examination of sea level maps and 500 hPa level in the storm of March 17, 2017, shows that a low height is located in Iran, the axis of trough starts from the east of the Black Sea and continues to the center of Iran and in the west, it can be seen on the high Black Sea. Its ridge axis starts from the north of the Blacking Sea and extends to the southeast of the Mediterranean. The trough with very strong vorticity and a strong ridge next to it formed a Blocking.

Conclusion: Deployment of the Blocking and the embedment of short waves in front of the trough added to the unstable weather conditions in the area. The low-pressure system in northwestern Europe crossed the Black Sea and western Iran, then entered the southern shores of the Caspian Sea. Deployment of low dynamic pressure on the Caspian Sea Moisture fluid from the sea to the study area increased the precipitation system .As a result, the relative humidity of the northern coasts of the country reached 90% on March 17 and 18, and in the design of hydraulic structures, emphasizing this storm, the maximum possible rainfall of 4 to 6 days should be considered, which was estimated stronger than other continuities.

Keywords: Basin, Probable maximum precipitation, Precipitation, Synoptic, Storm

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.16.4]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.178]