

## A study of summer rainfall on the southern coast of the Caspian Sea using WRF and satellite numerical forecasting models

Sadeghnezhad, D.<sup>1</sup>  | Fattahi, E.<sup>2</sup>  | Kamali, Gh. A.<sup>3</sup>  | Ghassabi, Z.<sup>4</sup>  | Vazifehdoust, M.<sup>5</sup> 

1. **Corresponding Author**, Doctoral student of Meteorology, Islamic Azad University, Science and Research Unit, Tehran, Iran. E-mail: [d.sadeghnezhad@gmail.com](mailto:d.sadeghnezhad@gmail.com)
2. Associate Professor of Climatology, Research Institute of Meteorology and Atmospheric Sciences, Tehran, Iran. E-mail: [ebfat2002@yahoo.com](mailto:ebfat2002@yahoo.com)
3. Associate Professor of Climatology, Islamic Azad University, Science and Research Unit, Tehran, Iran. E-mail: [a.kamali@srbiau.ac.ir](mailto:a.kamali@srbiau.ac.ir)
4. Assistant Professor of Meteorology, Research Institute of Meteorology and Atmospheric Sciences, Tehran, Iran. E-mail: [z.ghassabi@gmail.com](mailto:z.ghassabi@gmail.com)
5. Assistant Professor of Water Engineering, Gilan University, Gilan, Iran. E-mail: [Vazifedoust@guilan.ac.ir](mailto:Vazifedoust@guilan.ac.ir)

(Received: 22 Jan 2023, Revised: 4 Feb 2023, Accepted: 6 Mar 2023, Published online: 6 Mar 2023)

### Abstract

The amount of precipitation plays an essential role in the occurrence of floods. The more accurate the rainfall forecast is, the better the flood can be predicted. Numerical weather forecasting models such as WRF usually do not have suitable outputs for predicting the amount of precipitation in the first hours of implementation; This is intensified in the summer season on the southern shores of the Caspian Sea in the provinces of Gilan and Mazandaran. Because most of the heavy rains in this season occur in the form of convection and in small spatial and temporal dimensions. Using the extrapolation of GPM, TRMM satellite products to predict short-term rainfall up to 24 hours can be a suitable method to achieve the amount of rainfall with more appropriate resolution and accuracy. In this research, the occurrence of two daily precipitation systems of more than 40 mm in summer on the southern shores of the Caspian Sea was investigated. The results showed that the use of GPM, TRMM satellite products for short-term rainfall forecast up to 24 hours is more accurate compared to the model output. Statistical analysis showed a good correlation between model prediction and ground data and satellite data.

**Keywords:** Summer rain, WRF model, GPM satellite and TRMM, The southern shores of the Caspian Sea

**Cite this article:** Sadeghnezhad, D. Fatehi, E. Kamali, Gh. A. Ghassabi, Z. (2022). A study of summer rainfall on the southern coast of the Caspian Sea using WRF and satellite numerical forecasting models. *Nivar*, Vol. 46, No. 118-119. 163-174. DOI: <https://doi.org/10.30467/nivar.2022.168045>



## مطالعه بارش‌های تابستانه سواحل جنوبی دریای خزر با کاربست مدل پیش‌بینی عددی WRF و ماهواره

دنیا صادق نژاد<sup>۱</sup> | ابراهیم فتاحی<sup>۲</sup> | غلامعلی کمالی<sup>۳</sup> | زهرا قصابی<sup>۴</sup> | مجید وظیفه دوست<sup>۵</sup>

۱. نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری هواشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران. رایانامه:

[d.sadeghnezhad@gmail.com](mailto:d.sadeghnezhad@gmail.com)

۲. دانشیار اقلیم‌شناسی، پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو، تهران، ایران. رایانامه: [ebfat2002@yahoo.com](mailto:ebfat2002@yahoo.com)

۳. دانشیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران. رایانامه: [a.kamali@srbiau.ac.ir](mailto:a.kamali@srbiau.ac.ir)

۴. استادیار هواشناسی، پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو، تهران، ایران. رایانامه: [z.ghassabi@gmail.com](mailto:z.ghassabi@gmail.com)

۵. استادیار مهندسی آب، دانشگاه گیلان، گیلان، ایران. رایانامه: [Vazifedoust@guilan.ac.ir](mailto:Vazifedoust@guilan.ac.ir)

(دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۰۲، بازنگری: ۱۴۰۱/۱۱/۱۵، پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۱۵، انتشار آنلاین: ۱۴۰۱/۱۲/۱۵)

### چکیده

میزان بارش نقش اساسی در وقوع سیل دارد. هر چه پیش‌بینی بارش از دقت بیشتری برخوردار باشد می‌توان سیل را نیز بهتر پیش‌بینی نمود. مدل‌های پیش‌بینی عددی وضع هوا نظیر WRF معمولاً در ساعت‌های ابتدایی اجراء، دارای خروجی‌های مناسب برای پیش‌بینی میزان بارش نیستند؛ این امر در فصل تابستان در سواحل جنوبی دریای خزر در استان‌های گیلان و مازندران تشدید می‌گردد. زیرا اغلب بارش‌های سنگین در این فصل به صورت همرفتی و در ابعاد مکانی و زمانی کوچک رخ می‌دهد. استفاده از برون‌یابی محصولات ماهواره TRMM، GPM برای پیش‌بینی بارش کوتاه مدت تا ۲۴ ساعت می‌تواند روشی مناسب برای دستیابی به مقدار بارش با تفکیک و دقت مناسبتر باشد. در این تحقیق رخداد دو سامانه بارشی روزانه بیش از ۴۰ میلی‌متر در تابستان در سواحل جنوبی دریای خزر بررسی شد. نتایج نشان داد که استفاده از محصولات ماهواره TRMM، GPM برای پیش‌بینی بارش کوتاه‌مدت تا ۲۴ ساعت در مقایسه با برونداد مدل از دقت بیشتری برخوردار است. بررسی آماری همبستگی مناسبی بین پیش‌بینی مدل و داده‌های زمینی و داده‌های ماهواره نشان داد.

**کلمات کلیدی:** بارش تابستانه، مدل WRF، ماهواره GPM و TRMM، سواحل جنوبی دریای خزر.

### ۱. مقدمه

و مالی بلایای طبیعی و اقلیمی در کوتاه‌مدت و بلندمدت منتج می‌شود. بسیاری از بلایای طبیعی از جمله سیل در مدت زمان کوتاه و در منطقه مکانی کوچک رخ می‌دهد. پیش‌بینی و پیش‌آگاهی‌های هواشناسی به منظور مقابله با بحران‌های احتمالی نیازمند دقت بالای مکانی، زمانی و برآورد میزان بارش برای مقابله با سیل‌های احتمالی می‌باشند. در این تحقیق، هدف پیش‌بینی بارش‌های سنگین تابستانه است که عمدتاً منجر به وقوع سیل در سواحل جنوبی دریای خزر می‌گردد. یکی از

شناخت نحوه تغییرات آب و هوا در زمان از دیرباز مورد توجه بشر بوده است. در سال‌های اخیر، پیشرفت‌های قابل ملاحظه‌ای در پیش‌بینی‌های هواشناسی به دلیل افزایش دقت در خروجی مدل‌های عددی و استفاده از ابزارهای مختلف دیدبانی مانند ماهواره حاصل شده است. در واقع منافع اقتصادی و اجتماعی کاربری فناوری‌های هواشناسی در مدیریت بلایای طبیعی و اقلیمی از هزینه نسبتاً اندک به کارگیری این فناوری‌ها و نیروهای متخصص در مقابل کاهش قابل توجه خسارات انسانی

**استناد:** صادق نژاد، دنیا فتاحی، ابراهیم فتاحی، غلامعلی کمالی، غلامعلی؛ زهرا قصابی، زهرا وظیفه دوست، مجید (۱۴۰۱)، مطالعه بارش‌های تابستانه سواحل جنوبی دریای خزر با کاربست مدل پیش‌بینی عددی WRF و ماهواره، مجله نیوار، دوره ۴۶، شماره ۱۱۸-۱۱۹، ۱۶۳-۱۷۴. DOI: <https://doi.org/10.30467/nivar.2022.168045>



عوامل مهم و موثر در پیش‌بینی وقوع سیل، پیش‌بینی بارش است. (متکان، ۱۹۹۹) در طول سال‌های اخیر ماهواره‌ها برای اکتساب داده‌های باران به هر دو صورت بلندمدت و کوتاه‌مدت استفاده شده‌اند. تصاویر ماهواره می‌توانند علاوه بر مطالعه بارش در کل سطح یک منطقه، داده‌ها را در زمان واقعی و در مناطق دور از دسترس کسب کنند. ماهواره TRMM اولین ماهواره‌ای است که بارش را در سه بعد اندازه‌گیری شدت و توزیع باران، تخمین عمق توفان و اندازه‌گیری آب معادل ذوب برف بررسی می‌کند. بی‌همتا و همکاران (۱۳۹۷) به بررسی داده‌های بارش ماهواره‌های GPM و TRMM در مقیاس‌های روزانه، ماهانه و فصلی در شهر تهران پرداختند. در مقایسه‌ی تطبیقی بین داده‌های ماهواره‌ای و داده‌های مشاهده‌ای بارش، ضریب همبستگی، انحراف نسبی، خطای قدر مطلق میانگین و میانگین مربعات خطا به منظور ارزیابی و واسنجی داده‌ها و مقادیر احتمال تشخیص، نسبت هشدار اشتباه و شاخص موفقیت با هدف راستی‌آزمایی داده‌ها بررسی شد. نتایج نشان داد که هر دو محصول 3B42V7 و IMERG در ایستگاه شمیران، کمترین میزان خطا را با داده‌های مشاهده‌ای دارند. میری و همکاران (۱۳۹۸) با ارزیابی دقت برآورد بارش روزانه داده‌های TRMM و GPM در مقابل داده‌های مشاهده‌ای در ایران به این نتیجه رسیدند که هر چند شباهت زیادی بین مقادیر بارش برآوردی GPM و TRMM وجود دارد، ولی دقت داده‌های روزانه سنجنده GPM در ایران نسبت به داده‌های TRMM بیشتر است، زیرا مقدار ضریب تعیین برای داده‌های بارش TRMM در بهترین حالت به ۰.۴۶ و برای GPM به ۰.۶ می‌رسد.

مدل‌های پیش‌بینی عددی وضع هوا برای بررسی کمی و کیفی پدیده‌ها و جریان‌های جوی در مقیاس‌های گوناگون استفاده می‌شوند و علاوه بر هسته دینامیکی، دارای طرحواره‌های مختلف برای پارامتری‌سازی کمیت‌های فیزیکی و ترمودینامیکی در مقیاس زیر شبکه‌ای هستند. برای نمایش بهتر مشخصه‌های محیط همرفتی و بالا بردن دقت پیش‌بینی وضع هوا در شرایط سخت، نیاز به کاهش خطاها در پیش‌بینی

ساختار قائم جو به ویژه لایه مرزی است. پارامتری‌سازی لایه مرزی یکی از کلیدی‌ترین عناصر در مدل‌سازی جریان باد درون لایه مرزی است. نتایج بررسی بارش همرفتی سیل‌آسا در سواحل جنوبی دریای خزر با مطالعه طرحواره‌های لایه مرزی سیاره‌ای مدل WRF، کمترین میزان خطا را در پیکربندی طرحواره محلی لایه مرزی سیاره‌ای MYNN3 با لایه سطحی MM5 نشان داد. بررسی عوامل مؤثر بر بارش‌های تابستانی در سواحل از طرحواره‌های فیزیکی انتخاب شده پس از راست‌آزمایی مدل WRF بر روی پارامتر بارش شامل طرحواره میکروفیزیکی WSM5، طرحواره تابش طول موج بلند RRTM، طرحواره طول موج کوتاه Dudhia، طرحواره لایه مرزی YUS و پارامتر کومولوس kian-Fritsch هستند. دلیل اصلی بارش‌های شدیدی که در جنوب شرق دریای خزر رخ داده‌اند، شار افقی گرما و رطوبت و ناپایداری همرفتی است. این ناپایداری همرفتی به دلیل فرارفت گرم در سطح زمین و فرارفت هوای سرد در ترازهای میانی وردسپهر است. چشمه رطوبتی این سامانه در نواحی شمالی تر و روی دریای خزر دیده می‌شود. بر این اساس در این تحقیق از طرحواره‌های لایه مرزی سیاره‌ای MYNN3 پارامتر بارش شامل طرحواره میکروفیزیکی WSM5 طرحواره تابش طول موج بلند RRTM طرحواره طول موج کوتاه Dudhia پارامتر کومولوس kian-fritsch استفاده شده است.

در این تحقیق بارش مشاهده شده در ایستگاه‌های زمینی با بارش برآورد شده ماهواره (TRMM و GPM) و پرونداد مدل پیش‌بینی عددی WRF در سواحل جنوبی دریای خزر برای بارش‌های روزانه بیش از ۴۰ میلی‌متر مورد بررسی قرار گرفته است.

## ۲. مواد و روش

در این تحقیق بارش‌های تابستانه سواحل جنوبی دریای خزر مورد بررسی قرار می‌گیرد. منظور از سواحل جنوبی دریای خزر پهنه‌ای است که استان‌های گیلان و مازندران را در بر می‌گیرد. این منطقه بین عرض جغرافیایی ۳۶ تا ۳۸ درجه شمالی و طول جغرافیای ۴۸.۵ تا ۵۶ درجه شرقی قرار دارد.

از WRF می‌بایست آنها را متناسب با وضعیت جغرافیایی محل، مقیاس و کاربرد تنظیم نمایند. در این پژوهش، پیکربندی مدل به صورت زیر انتخاب شد. طرحواره‌های لایه مرزی سیاره‌ای MYNN3، میکروفیزیکی WSM5، تابش طول موج بلند RRTM، طرحواره طول موج کوتاه Dudhia و کومولوس klan-fritsch. مدل در دو آشیانه به ترتیب با تفکیک ۹ و ۳ کیلومتر برای دو رویداد بارشی منتخب اجرا گردید. داده‌های ورودی مدل ERA5 از مرکز اروپایی پیش-بینی‌های میان‌مدت (ECMWF) با تفکیک ۲۵/۰ درجه طول و عرض جغرافیایی استخراج شد.

برای مقایسه بارش شبکه داده‌های واقعی (ثبت شده در ایستگاه زمینی)، خروجی بارش مدل و ماهواره می‌بایست داده‌های بارش در ایستگاه زمینی بر روی نقاط شبکه طراحی شده درون‌یابی شود. تحقیقات متعددی برتری روش کریجینگ را بر سایر روش‌ها در ایران نشان می‌دهد، لذا از این روش برای درون‌یابی بارش ثبت شده در ایستگاه‌های زمینی استفاده شد.

### ۳. نتایج

جدول ۱ سری مقادیر حداکثر سیلاب لحظه‌ای با دوره بازگشت‌های مختلف (متر مکعب بر ثانیه) در حوزه‌های آبریز استان‌های گیلان و مازندران را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه مقادیر حداکثر سیلاب لحظه‌ای در اغلب ایستگاه‌ها بیشتر از ۴۰ میلی‌متر است، در نهایت دو مورد بارش روزانه بیش از ۴۰ میلی‌متر در تاریخ‌های ۱۱ اوت ۲۰۱۸ و ۲۳ اوت ۲۰۲۰ برای مطالعه انتخاب شد.

به منظور انتخاب بارش شدید تابستانه در منطقه مطالعه در دوره ۲۰۲۰-۲۰۱۰، ابتدا مقادیر دبی در حوزه‌های آبخیز ایستگاه‌های هیدرومتری موجود شامل لوندویل، حویق، شمرود، شفارود، خالکایی، گشت رودخان، خشکرو، شلمانرود و پلرود در استان‌های گیلان و مازندران که از طول آماری مناسبی برخوردارند، از اداره رودخانه‌های این دو استان دریافت شد. سپس با روش سری مقادیر حداکثر سالانه، مقادیر سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف (۲، ۳، ۵، ۱۰، ۲۰، ۲۵ و ۵۰ ساله) محاسبه شد. مناسب‌ترین توزیع آماری در برآورد دبی حداکثر سالانه سیلاب، توزیع آماری لوگ پیرسون نوع سوم برای ایستگاه‌های مورد بررسی به دلیل داشتن کمترین خطا انتخاب شد. در سری‌های حداکثر، مقداری از هر متغیر که ۹۰ درصد داده‌ها از آن کوچک‌تر باشند به عنوان مقدار آستانه در نظر گرفته و کلیه وقایع که از آستانه بالاتر باشند در تحلیل فراوانی سیلاب مورد استفاده قرار می‌گیرد.

سپس داده‌های ۶ ساعته بارش ماهواره TRMM و GPM شامل محصولات 3B42 V7 و 3IMERGE از پایگاه سازمان فضایی آمریکا در روزهای مورد نظر و یک روز قبل و بعد از آن استخراج گردید. برون‌یابی داده‌ها با استفاده از روش برون‌یابی خطی براساس رابطه (۱) صورت گرفته. در این رابطه بارش گام پیش‌بینی، بارش یک گام قبل از پیش‌بینی و بارش دو گام قبل از پیش‌بینی است و فواصل گام‌های زمانی سه ساعت یکبار می‌باشد.

برای کاربست مدل WRF انتخاب‌های زیادی برای خواص فیزیکی و دینامیکی وجود دارد که کاربران برای استفاده بهینه

جدول ۱. سری مقادیر حداکثر سیلاب لحظه‌ای با دوره بازگشت‌های مختلف (متر مکعب بر ثانیه) در حوزه‌های آبریز گیلان و مازندران

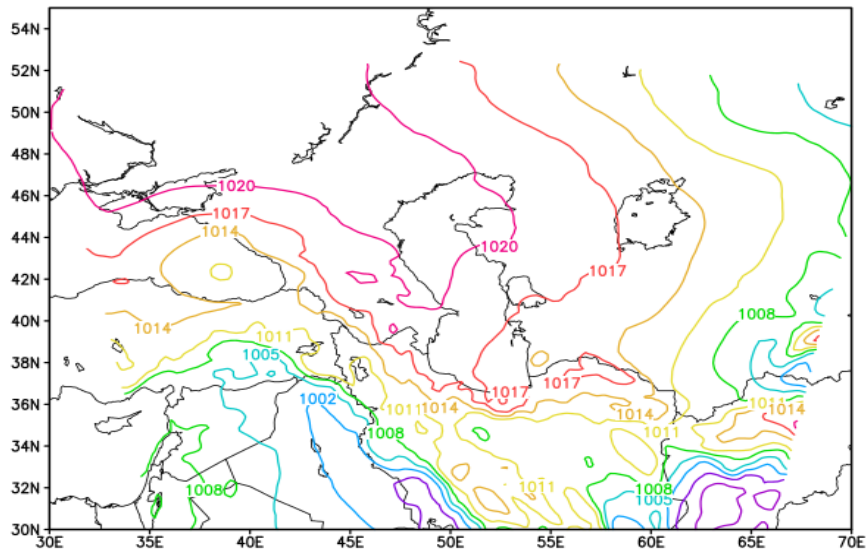
نام ایستگاه	دوره بازگشت (سال)					
	۲	۳	۵	۱۰	۲۰	۲۵
لونویل	۱۸/۷	۲۴/۵	۳۱/۴	۴۱	۵۰/۸	۵۴
حویق	۲۹/۸	۴۰/۶	۵۴/۴	۷۵/۶	۱۰۰	۱۰۹
شمروود	۳۹/۸	۴۹/۴	۶۰/۵	۴۵/۶	۹۱	۹۶/۱
شفارود	۵۶/۷	۷۵/۸	۹۸/۶	۱۳۰	۱۶۲	۱۷۳
خالکانی	۴۲/۲	۴۹/۳	۵۶/۸	۶۶/۳	۷۵/۲	۷۸/۱
گشت‌رودخان	۲۹/۳	۳۷/۶	۴۶/۷	۵۷/۷	۶۷/۷	۷۰/۷
خشک‌رود	۲۹/۱	۴۱	۵۶	۷۷/۹	۱۰۲	۱۱۰
شلمانرود	۱۰۳	۱۳۵	۱۷۶	۲۴۴	۳۲۶	۳۵۵
پلرود	۹۵/۵	۱۲۱	۱۵۵	۲۱۱	۲۷۹	۳۰۴
بابرود	۶۳/۴	۸۰/۳	۹۹/۷	۱۲۵	۱۵۱	۱۵۹
تالار	۷۳/۳	۹۸	۱۲۹	۱۷۵	۲۲۶	۲۴۴
تجن	۱۲۳	۱۶۴	۲۱۲	۲۷۴	۳۳۴	۳۵۳
چالوس	۵۵/۴	۶۶/۸	۸۰	۹۸/۴	۱۱۸	۱۲۴
نهرآبلو	۳۰/۷	۶۹/۵	۱۰/۷	۲۳/۷	۴۸/۹	۶۰/۹
هراز	۹۱/۱	۱۱۳	۱۳۷	۱۶۷	۱۹۶	۲۰۵

### ۳-۱. داده‌ها

نقشه‌های بارش نشان می‌دهد که شروع بارش در منطقه مطالعه در ساعات پایانی روز ۱۰ ام اوت است و از ساعت ۰۶ روز ۱۱ تا ساعت ۰۰ گرینویچ روز ۱۲ اوت بیشترین مقدار را داشته است. اوج بارش در ساعات‌های ۱۸-۰۶۱۲ و ۲۴ روز ۱۱ ام اوت ۲۰۱۸ دیده می‌شود. در زمان شروع بارش مقدار بارش ۲۵ میلی‌متر در بخش‌های مرکزی و شرق استان گیلان و در ساعات اوج بیش از ۷۰ میلی‌متر در منطقه مذکور پیش‌بینی شده است. جریان جتی در میانه دریای خزر واقع شده و نوار ساحلی شمال کشور در ورودی سرد پایین جت قرار دارد. سرعت هسته‌ی جت ۵۰ نات است. بررسی نقشه‌ی رطوبت تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال تزریق رطوبت از روی دو منبع رطوبتی دریای خزر و دریای سیاه از سمت غرب منطقه مطالعه را نشان می‌دهد. بیشینه مقدار آن در ساعت ۰۰ و ۰۶ گرینویچ روز ۱۱ اوت ۲۰۱۸ (۹۰ درصد) است (به علت محدودیت حجم مقاله نقشه‌های ساعت ۱۸ گرینویچ روز ۱۱ اوت ۲۰۱۸ در ذیل آمده است).

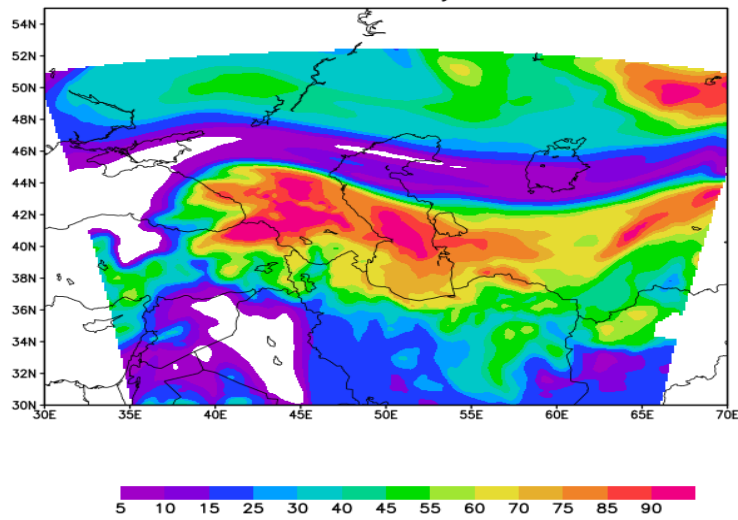
**سامانه ۱۱ اوت ۲۰۱۸:** نقشه‌ی فشار تراز سطح دریا حاکی از حضور کم‌فشار با مرکز ۹۹۹ دکامتر در جنوب هند است و از سمت جنوب‌شرق وارد کشور شده است و تا مرکز ایران را تحت تاثیر خود قرار داده است. در جنوب‌غربی ایران بر روی خلیج فارس نیز مرکز کم‌فشار شکل گرفته و در امتداد جنوب-غربی- غربی کشیده شده است. پرفشاری از اروپا به سوی شمال‌غرب گسترش دارد و هم‌فشار ۱۰۱۴ هکتوپاسکال بر روی سواحل جنوبی دریای خزر نشسته است. در ساعت ۹ گرینویچ روز ۱۱ اوت ۲۰۱۸ گرادیان فشاری ۶ هکتوپاسکال در نیمه‌ی غربی دریای خزر مشاهده می‌شود و نشان از افزایش وزش باد در این منطقه است. در نقشه‌ی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال طی روزهای ۱۰ تا ۱۲ اوت ۲۰۱۸ پراترفاع جنب‌حاره با مرکز ۵۸۲ دکامتر روی ایران استقرار دارد. با تقویت پراترفاع در مرکز ایران و توسعه‌ی پشته به عرض‌های بالاتر، کم‌فشار در امتداد شرقی-غربی دریای خزر به سوی ایران پیشروی داشته است. همچنین بررسی خروجی مدل در

### Sea Level Pressure 20180811:18z



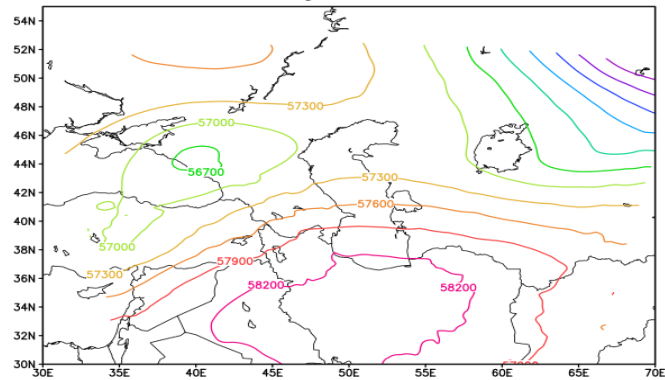
شکل ۱. نقشه تراز سطح زمین مورخ ۱۱ اوت ۲۰۱۸ ساعت ۱۸ گریونویچ

### 700mb Relative Humidity 20180811:18z

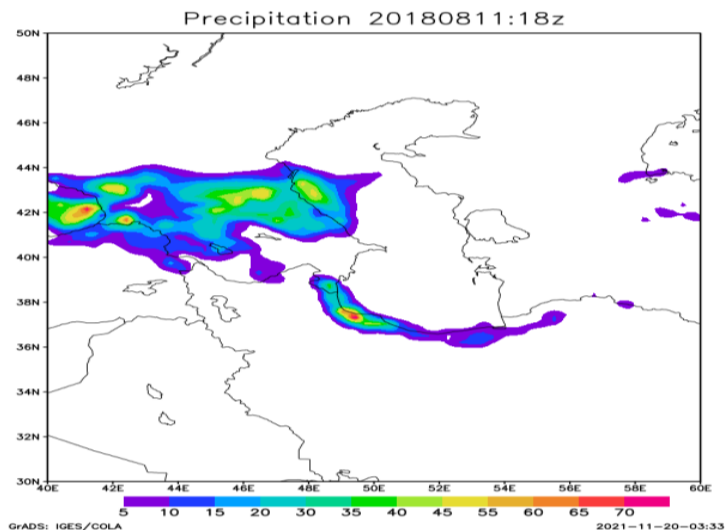


شکل ۲. نقشه تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال مورخ ۱۱ اوت ۲۰۱۸ ساعت ۱۸ گریونویچ

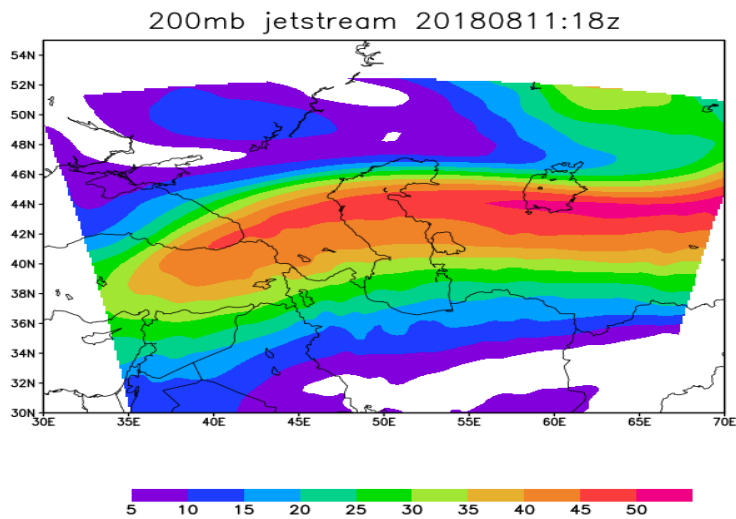
### 500mb Height 20180811:18z



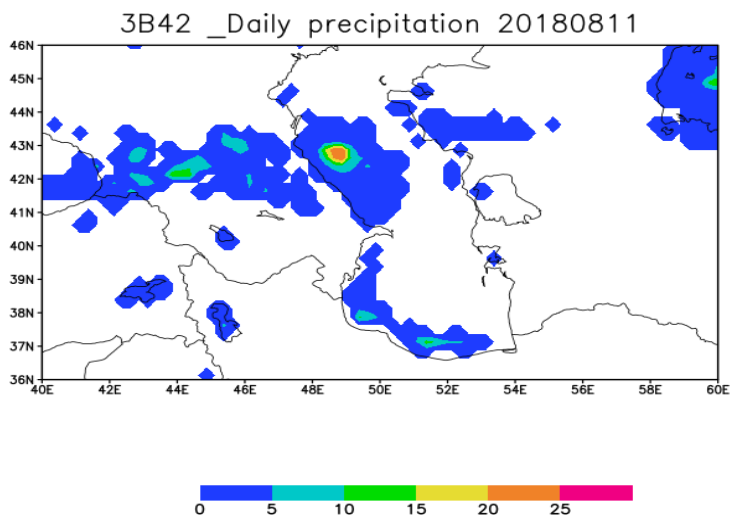
شکل ۳. نقشه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مورخ ۱۱ اوت ۲۰۱۸ ساعت ۱۸ گریونویچ



شکل ۴. نقشه بارش ۶ ساعته مورخ ۱۱ اوت ۲۰۱۸ ساعت ۱۸ گرینویچ



شکل ۵. نقشه جت استریم تراز ۲۰۰ میلی بار مورخ ۱۱ اوت ۲۰۱۸ ساعت ۱۸ گرینویچ



شکل ۶. تصویر روزانه ماهواره مورخ ۱۱ اوت ۲۰۱۸

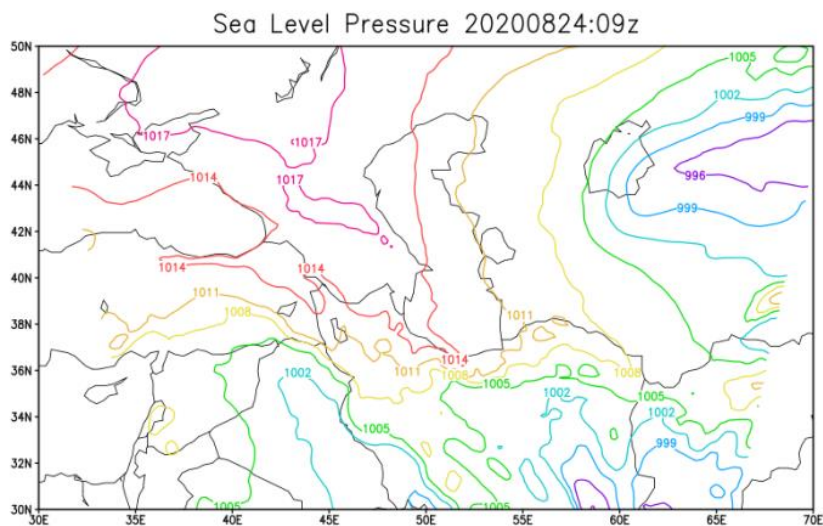
جدول ۲. بارش دیدبانی شده طی ۲۴ ساعت برای ایستگاه های سواحل جنوبی دریای خزر

بارش دیدبانی شده مورخ ۱۱/۰۸/۲۰۱۸					
نام ایستگاه					ساعت
99306	40736	40734	انزلی	آستارا	
۱	۱۰	۱	۰.۱	۴۱	۰
۳	۰.۴	۳	۳	۴۷	۶
۰	۰	۰	۴۱	۰.۱	۱۲
۲۲	۰	۲۲	۴۰	TR	۱۸

پیشروی شرق سوی کم ارتفاع بر روی سواحل شده است. تزریق تاوایی از ترازهای بالاتر به درون ناوه سبب شده است که ناوه در این منطقه به سوی عرض های پایین تر گسترش یابد طوری- که انتهای ناوه تا عرض ۳۲ درجه شمالی گسترش دارد. در ساعات های بعد گرادیان خطوط ارتفاعی افزایش یافته است و مقدار ارتفاع از ۵۷۰ به ۵۶۴ دکامتر کاهش یافته است. نقشه ی رطوبت تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال تزریق رطوبت کافی از روی دریای خزر با مقدار رطوبت بالای ۹۰ درصد را طی روزهای فعالیت سامانه نشان می دهد. هسته سرعت جریان جتی ۵۵ نات است و نوار شمالی کشور در ورودی سرد پایین جت قرار دارد. واگرایی در سمت راست منطقه ورودی سبب بوجود آمدن همگرایی در تراز پائین، افزایش سرعت باد در ترازهای پایین و حرکات صعودی قوی شده است. نقشه های بارش ۶ ساعته نشان دهنده رخداد بیشینه بارش (بیش از ۷۰ میلی متر در مناطق شرقی و مرکزی استان گیلان در ساعت ۲۱ روز ۲۳ و ساعت های ۳، ۹ و ۱۵ روز ۲۴ ام و پیشروی بارش به سمت شرق سواحل با مقدار کمتر را نشان می دهد.

**سامانه ۲۳ اوت ۲۰۲۰:** نقشه فشار تراز دریای روزهای ۲۲ تا ۲۴ اوت ۲۰۲۰ نشان دهنده مرکز پرفشار از شمال دریای سیاه و گسترش زبانه آن بر روی دریای خزر خصوصا نیمه ی غربی سواحل شمالی کشور است. در شرق دریای خزر کم فشار ۹۹۸ هکتوپاسکال در جنوب دریاچه اورال بسته شده و زبانه های آن شرق سواحل را تحت تاثیر خود قرار داده است. از جنوب شرق تا شمال شرق کشور تحت تاثیر کم فشار قرار دارد و هم فشار ۱۰۱۴ هکتوپاسکال روی خط ساحلی کشیده شده است. در ساعات اولیه روز ۲۴ اوت اوج فعالیت سامانه و بیشینه مقادیر بارش دیده می شود. در تراز میانی جو، مرکز کم ارتفاع در موقعیت جغرافیایی با طول ۴۸ درجه شرقی و عرض ۴۸ درجه شمالی با مرکز ۵۵۵ دکامتر بسته شده است. هم مقدار ۵۷۰ دکامتر بر روی سواحل خصوصا استان گیلان می باشد و امتداد آن تا عرض های پایین در حد فاصل شمال تا غرب ایران کشیده شده است. ایران در دامنه شرقی کم ارتفاع قرار گرفته است و تشدید جریانات غربی- جنوب غربی بر روی ایران سبب شده که پشته عمیقی در نیمه شرقی ایران شکل بگیرد که در امتداد جنوب شرق تا شمال شرق ایران قرار دارد و مانع

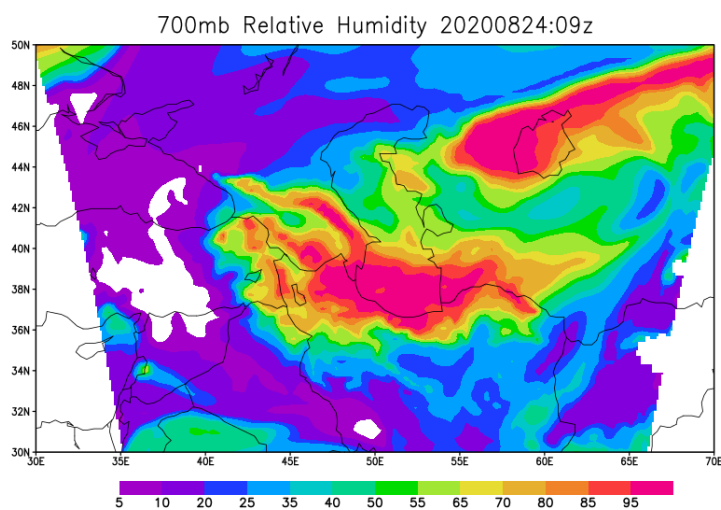




GRADS: IGES/COLA

2021-11-20-13:42

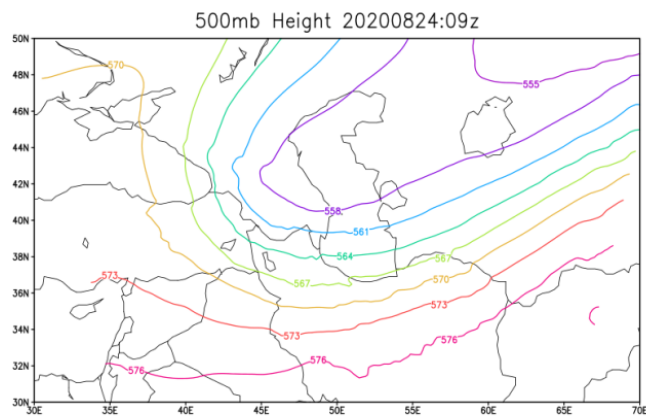
شکل ۷. نقشه سطح زمین مورخ ۲۳ اوت ۲۰۲۰ ساعت ۱۵ گرینویچ



GRADS: IGES/COLA

2021-11-20-13:10

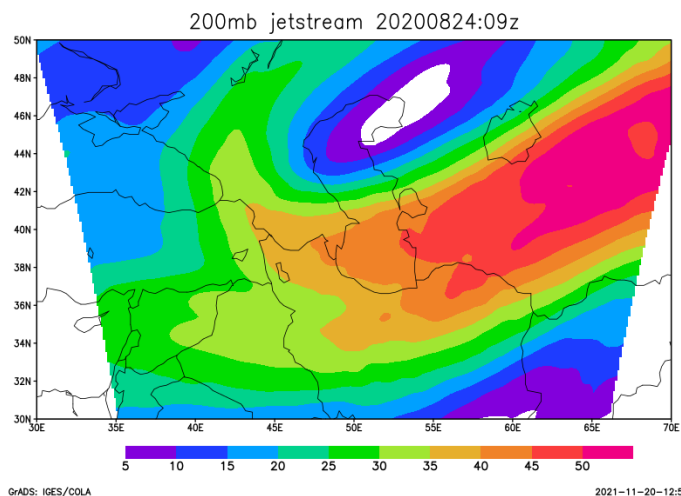
شکل ۸. نقشه تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال مورخ ۱۱ اوت ۲۰۱۸ ساعت ۰۹ گرینویچ



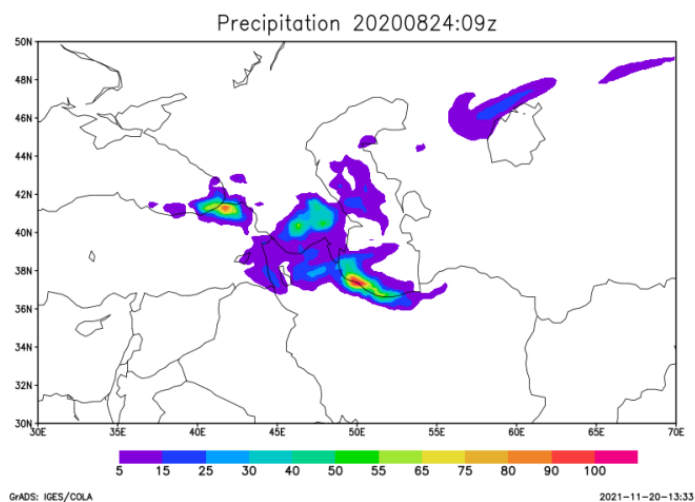
GRADS: IGES/COLA

2021-11-20-13:18

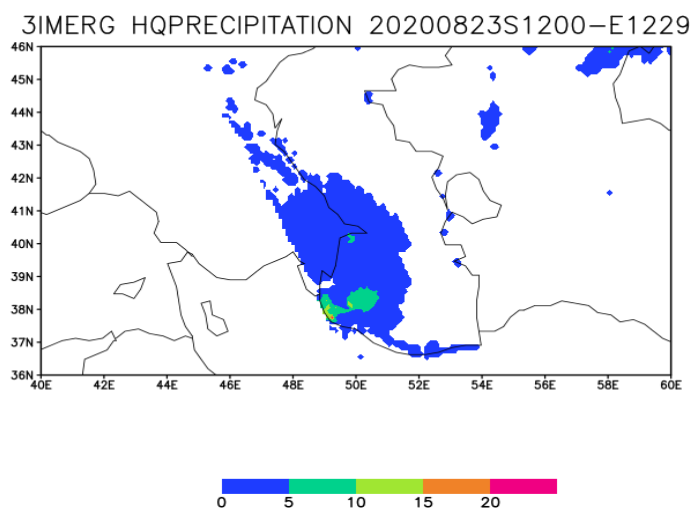
شکل ۹. نقشه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مورخ ۲۴ اوت ۲۰۲۰ ساعت ۰۹ گرینویچ



شکل ۱۰. نقشه جت استریم تراز ۲۰۰ میلی بار مورخ ۲۴ اوت ۲۰۲۰ ساعت ۰۹ گرینویچ



شکل ۱۱. نقشه بارش ۶ ساعته مورخ ۲۴ اوت ۲۰۲۰ ساعت ۰۹ گرینویچ



شکل ۱۲. تصویر ماهواره سه ساعته مورخ ۲۳ اوت ۲۰۲۰

جدول ۳. بارش دیدبانی شده طی ۲۴ ساعت برای ایستگاه‌های سواحل جنوبی دریای خزر

بارش دیده بانی شده مورخ ۲۳/۰۸/۲۰۲۰					
نام ایستگاه					ساعت
99306	40736	40734	انزلی	آستارا	(گرینویچ)
۱۹	۰		۴۹	۳۱	۰
۱۹	tr	۴۰	۵۶	۲۰	۶
۱	۰		۲۷	۱۹	۱۲
۵	۰		۲۴	۴	۱۸
۳۹.۳	tr	۴۰	۱۱۳.۲	۶۳.۵	بارش ۲۴ ساعته

#### ۴. نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

ثبت رسیده است (جدول ۳). بیشینه بارش دیدبانی شده در سامانه بارشی مورخ ۱۱ اوت ۲۰۱۸ در ساعت‌های ۰۰،۰۶ و ۱۲ گرینویچ به ثبت رسیده است. مطالعه همبستگی بین داده‌های ماهواره و پیش‌بینی مدل برای رخداد بارش سال ۲۰۲۰ همبستگی مناسب و مثبت با مقدار ۰/۵ و برای رخداد بارشی سال ۲۰۱۸ همبستگی مثبت با مقدار ۰/۴ نشان می‌دهد که در مقایسه با داده‌های زمینی کاملاً هم‌خوانی و مطابقت در زمان رخداد و مقدار بارش دیده می‌شود.

امتیاز درستی (accuracy) نشان دهنده امتیاز ۱ است و این زمانی رخ خواهد داد که پیش‌بینی مدل کامل باشد. و در اینجا مقدار یک را کسب کرده است نسبت هشدار نادرست (False Alarm Ratio) این امتیاز نشان می‌دهد که چه کسری از پیش‌بینی رویدادهای "yes" در واقع رخ نداده‌اند. دامنه تغییرات آن بین ۰ و ۱ می‌باشد. امتیاز ۰ برای حالتی است که پیش‌بینی کامل باشد و در اینجا برای هر دو رویداد امتیاز ۰ را کسب کرده است.

#### ۵. منابع

۱. متکان، ع و غیره، ۱۳۸۸ قابلیت داده‌های ترکیبی مادون قرمز و میکروویو غیرفعال سنجش از دور و تخمین بارندگی و پایش سیلاب (مطالعه موردی: استان گلستان) جلد ۲، ۳۱-۴۴ pp.
۲. بی‌همتا، آرش، گهرنژاد، حمید و معظمی، صابر، ۱۳۹۷. "بررسی داده‌های بارش ماهواره‌های GPM و TRMM

برای انجام فرآیند صحت‌سنجی به تابع احتمال مشترک پیش-بینی و مشاهدات نیاز داریم. به این منظور ساده‌ترین راه استفاده از جدول توافقی (۲×۲) است. در جدول توافقی دودویی (جدول ۲) فراوانی پیش‌بینی‌ها و مشاهدات به صورت توزیع مشترک از چهار ترکیب پیش‌بینی‌ها و مشاهدات به صورت "بله" یا "خیر" می‌باشد که عبارتند:

- Hit رویداد پیش‌بینی شده و اتفاق نیز افتاده است.

- Miss رویداد پیش‌بینی نشده و اما اتفاق افتاده است.

- False alarm- رویداد پیش‌بینی شده و اما اتفاق نیفتاده است.

- Correct Negative- رویداد پیش‌بینی نشده و اتفاق نیز نیفتاده است.

در این تحقیق ضریب همبستگی نشان می‌دهد مقادیر پیش‌بینی مدل و مقادیر دیدبانی بارش مطابقت مناسبی دارند. برای رخداد بارش سال ۲۰۱۸ از محصولات ماهواره TRMM و برای رخداد بارش سال ۲۰۱۹ از محصولات ماهواره GPM استفاده شد. در این پژوهش به کمک نرم‌افزار GrADS خروجی بارش مدل به تصویر کشیده شد و به کمک نرم‌افزار PANOPLY آرایه‌های دوبعدی محصول بارش ماهواره، جهت مقایسه بین پیش‌بینی مدل و داده‌های دیدبانی برای بارش‌های ۶ ساعته طی ۲۴ ساعت بررسی و همبستگی گرفته شد. داده‌های دیدبانی با توجه به بلندمدت انتخاب و جهت بررسی استفاده شده است.

بیشینه بارش دیدبانی شده در سامانه بارشی مورخ ۲۳ اوت ۲۰۲۰ در ساعت‌های ۰۰ و ۰۶ گرینویچ در استان گیلان به

۷. عباسی جندانی، شهربانو و ع. طالبی ۱۳۹۵. بررسی تأثیر زمان وقوع رگبار بر اولویت‌بندی عوامل مؤثر در فرسایش با استفاده از آنالیز حساسیت مدل WEPP، مرتع و آبخیزداری، ص ۱۲۵-۱۴۰
۸. صفتی ز، م. انصاری. ۱۳۹۳. ارزیابی روش‌های زمین-آمارای مبتنی بر GIS در پهنه‌بندی مکانی میانگین بارش سالانه در استان بوشهر، همایش ملی کاربرد مدل‌های پیشرفته تحلیل فضایی سنجش از دور GIS در آمایش سرزمین.
۹. ثقفیان ب. ه. رزمخواه و ب. قرمز چشمه. ۱۳۹۰. بررسی تغییرات منطقه‌ای بارش سالانه با کاربرد روش‌های زمین آمار، مجله مهندسی منابع آب، ص ۲۹-۳۸.
10. Thomsen, G. L., T, M. M. & Smith, R. K., 2014. Sensitivity of tropical-cyclone intensification to perturbations in the surface drag coefficient. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Societyc. 140,407-415.
- در مقیاس‌های روزانه و فصلی در شهر تهران، سنجش از دور و GIS ایران، شماره ۲، ۱۲۴-۱۱۵.
۳. میری، مرتضی، رحیمی، مجتبی و نوروزی، علی‌اکبر، ۱۳۹۸. "ارزیابی دقت برآورد بارش روزانه پایگاه داده‌های TRMM و GPM در مقابل داده‌های مشاهده‌ای در ایران" نشریه مهندسی و مدیریت آبخیز، شماره ۴، ۹۷۲-۹۸۳.
۴. فتحی، مائده، قصابی، زهرا، رضازاده، پرویز، وظیفه، احد، ۱۳۹۷. بررسی بارش همرفتی سیل‌آسا در سواحل خزر با مطالعه طرحواره‌های لایه مرزی سیاره‌ای مدل WRF، مطالعه موردی: ۵-۶ اکتبر ۲۰۱۸، نشریه هواشناسی و علوم جو، شماره ۴، ص ۳۷۹-۳۶۵.
۵. شبانیان چالشری، امیر، نصراصفهان‌ی، محمدعلی، ارکیان، فروزان، ۱۳۹۴. بررسی عوامل مؤثر بر بارش‌های تابستانی در یک ناحیه با توپوگرافی پیچیده، مجله فیزیک زمین و فضا، شماره ۳، ص ۵۶۵-۵۷۷.
۶. عساکره، حسین، رزمی، ۱۳۹۰. تحلیل ناهنجاری‌های بارش شمال‌غرب ایران طی دهه‌های اخیر، مجله علمی و فنی نیوار، شماره ۷۴ و ۷۵، ص ۲۷-۴۰.