Journal of Applied Researches in Geographical Sciences
Print ISSN: 2228-7736 Online ISSN: 2588-5138
https://jgs.khu.ac.ir/

Detection of the effect of microphysical properties of flood-producing clouds in Lorestan province using MODIS cloud sensor products

Ebrahim Beiranvand[1] | **Amir Gandomkar**[2]✉ | **Alireza Abbasi**[3] | **Morteza Khodagholi**[4]

1. PhD student in Meteorology, Department of Geography, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran, **E-mail:** ebrahimbeyranvand8@gmail.com
2. Corresponding author, Associate Professor, Department of Geography, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran. **E-mail:** aagandomkar@gmail.com
3. Assistant Professor, Department of Geography, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran. **E-mail:** abbasi.ara@gmail.com
4. Associate Professor, Rangeland Research Division, Rangelands and Forests of Institute Research, Agricultural Research Extension Education Organization (AREEO), Tehran, Iran. **E-mail:** M_khodagholi@yahoo.com

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received
2022/06/30
Received in revised
2022/07/31
Accepted
2022/08/27
Published
2022/08/29
Published online
2025/12/22

Keywords:
Heavy Rainfall,
MODIS Sensor,
Cloud Product,
Spatial Correlation,
Doroud-Borujerd Basin.

ABSTRACT

The torrential rains that occurred in April 2017 in Lorestan Province exemplified severe precipitation that inflicted substantial damage on agricultural, urban, transportation, and communication infrastructures. This study aims to investigate and elucidate the relationship between the physical structure of clouds responsible for two waves of heavy rainfall in April 2017 within the Doroud catchment area of Boroujerd. In this context, the statistical characteristics of two precipitation events on March 25 and April 1, 2019, were analyzed. The microphysical properties of the clouds generating these two heavy rainfall events were examined utilizing the Madis superconductor product and MOD06. Four microphysical factors contributing to the formation of clouds during these two rainfall waves in the Doroud-Borujerd basin—including cloud top temperature (CTT), cloud top pressure (CTP), optical cloud thickness (OCT), and cloud cover ratio (CFR)—were analyzed. Statistical assessments indicated that the first wave of heavy rainfall, occurring on March 25, 2019 (5 April 1398), accounted for 15% of the total annual rainfall, while the second wave on April 1, 2019 (12 April 1398) contributed 20% of the region's average annual rainfall within these two days. The findings from the analysis of the microphysical structure of the clouds producing these two precipitation waves, based on data from the MODIS cloud sensor product, revealed a significant spatial correlation between the four microphysical factors and the recorded precipitation values of these two heavy rainfall events. Specifically, the cloud top temperature and pressure, indicative of vertical cloud expansion in the area, exhibited a significant inverse relationship with the precipitation amounts in the basin. Conversely, the cloud cover ratio and optical thickness demonstrated a direct and significant spatial correlation with the recorded rainfall values. The results of this study thus establish a significant and robust relationship between the microphysical structure of clouds and the precipitation amounts recorded in the region during these two heavy rainfall events.

Cite this article: Beiranvand, Ebrahim., Gandomkar, Amir., Abbasi, Alireza., & Khodagholi, Morteza. (2025). Detection of the effect of microphysical properties of flood-producing clouds in Lorestan province using MODIS cloud sensor products. *Applied Researches in Geographical Sciences*, 25 (79), 300-315. DOI: http://dx.doi.org/10.61882/jgs.25.79.9

© The Author(s). Publisher: Kharazmi University
DOI: http://dx.doi.org/10.61882/jgs.25.79.9

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOI: 10.61882/jgs.25.79.9]

Journal of Applied Researches in Geographical Sciences
Print ISSN: 2228-7736 Online ISSN: 2588-5138
https://jgs.khu.ac.ir/

Extended Abstract

Introduction

Climate change has emerged as a significant driver of atmospheric anomalies, intensifying extreme weather events on a global scale. In Iran, this phenomenon has manifested through unprecedented occurrences of drought, torrential rainfall, heatwaves, and unseasonal frosts, thereby disrupting the natural climatic equilibrium. The floods that occurred in Lorestan Province in April 2019, which resulted in widespread devastation, exemplify this trend toward climatic extremes. These events underscore the urgent need to understand the microphysical properties of clouds, which serve as crucial mediators of precipitation dynamics. Recent studies have emphasized the role of cloud parameters such as Cloud Optical Thickness (COT), Cloud Top Pressure (CTP), and Cloud Fraction (CF) in modulating rainfall patterns. Satellite remote sensing, particularly through NASA's Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS), provides high-resolution data for the analysis of these parameters. This study utilizes MODIS-derived cloud products (MOD06) to investigate the microphysical characteristics of clouds during two extreme rainfall events in Lorestan Province on April 5 and April 12, 2019, and their correlation with recorded precipitation. The objective of this research is to elucidate the relationship between the physical structure of clouds and the two waves of heavy rainfall experienced in April 2019 within the Doroud catchment area of Boroujerd.

Material and Methods

This research examines the Dorood-Borujerd watershed located in Lorestan Province, which is a sub-basin of the Karun River system. The area encompasses 2,546 km² and features a wide range of elevations from 1,437 m to 4,015 m, exhibiting diverse topographical and climatic conditions. Data Sources: This study employs two types of data: Ground Data: Daily precipitation records were collected from the Borujerd and Dorood synoptic stations for April 2019, sourced from the Lorestan Meteorological Administration. Satellite Data: The study utilizes the MODIS Terra/Aqua Level-2 Cloud Product (MOD06) with a spatial resolution of 1 km, providing the following parameters: cloud Fraction (CF): The percentage of the sky covered by clouds. Cloud Top Pressure (CTP): The vertical extent of cloud layers (hPa). Cloud Top Temperature (CTT): The thermal profile of cloud tops (Kelvin). Cloud Optical Thickness (COT): The density and water content of clouds. A Pearson's spatial correlation matrix at a 95% confidence level was employed to quantify the relationships between cloud parameters and precipitation. Geographic Information System (GIS) mapping was conducted to analyze the distribution of rainfall and cloud microphysical features across Lorestan Province. In this context, the statistical characteristics of two significant precipitation events occurring on March 25 and April 1, 2019, were analyzed. The properties of the clouds responsible for these two heavy rainfall events were assessed using the MADIS superconductor product and MOD06 data. The microphysical factors influencing the formation of clouds associated with these two precipitation events in the Doroud-Borujerd basin were examined, including Cloud Top Temperature (CTT), Cloud Top Pressure (CTP), Cloud Optical Thickness (COT), and Cloud Fraction (CF) . Statistical analysis revealed that during the first heavy rainfall event on March 25, 2019 (5 April 1398), 15% of the total annual rainfall was recorded, while the second event on April 1, 2019

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOI: 10.61882/jgs.25.79.9]

Journal of Applied Researches in Geographical Sciences
Print ISSN: 2228-7736 Online ISSN: 2588-5138
https://jgs.khu.ac.ir/

(12 April 1398) accounted for 20% of the region's total average annual rainfall over the course of these two days.

.

Results and Discussion

Statistics Data regarding the two incidents of heavy rainfall indicated that during the first event on March 25, 2019 (5 April 1398), 15% of the total annual rainfall was recorded, while the second event on April 1, 2019 (12 April 1398) accounted for 20% of the region's total average annual rainfall, occurring within these two days. An analysis of the microphysical structure of the clouds responsible for these precipitation events, utilizing data from the MODSI cloud sensor product, revealed a significant spatial correlation among four microphysical parameters of the clouds and the recorded precipitation values from both heavy rainfall events. Specifically, the cloud peak temperature and pressure, which indicate vertical cloud expansion in the region, exhibited a notable inverse relationship with the amount of precipitation observed in the basin. Conversely, the cloud ratio and cloud optical thickness demonstrated a direct and significant spatial correlation with the recorded rainfall values. The findings of this study indicate that a substantial and robust relationship exists between the microphysical structure of the clouds and the amount of rainfall recorded during these two heavy precipitation events.

Conclusion

The two factors of cloud top temperature and cloud top pressure, which represent the vertical extent of clouds over the study area, demonstrated a significant inverse correlation with basin-level precipitation. In contrast, the cloud cover ratio and cloud optical thickness (COT) exhibited a direct and significant spatial correlation with recorded precipitation values. The findings of this study indicate that during the two heavy precipitation events analyzed, a robust and significant relationship existed between the microphysical structure of clouds and the recorded precipitation levels in the region. Research conducted by Sarengi et al. (2017) and Chakraborty (2013) established that widespread and significant monsoon rainfall in the region occurs when the cloud cover ratio exceeds 70%. The cloud optical thickness (COT), derived from the visible bands of the MODIS sensor in the MOD06 product—which reflects aerosol density and cloud moisture content—plays a critical role in determining recorded precipitation amounts. Previous studies have indicated that thick clouds are essential for the formation of heavy precipitation, whereas this factor is less critical for light rainfall (Choubary & Chakraborty, 2017). In this study, the optical thickness of clouds exhibited significant spatial correlation during the two heavy rainfall events. In addition to cloud cover ratio and optical thickness, cloud top temperature and pressure were also analyzed in relation to the two heavy precipitation cases. These factors demonstrated a significant inverse correlation with basin-level precipitation. Similar findings were reported by Halimi et al. (2017), who examined the relationship between cloud microphysical parameters and precipitation in Fars Province. In conclusion, this study posits that the optical and physical structure of clouds during heavy and widespread precipitation events can serve as substantial and precise predictors of rainfall.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.61882/jgs.25.79.9]

تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی
شاپا چاپی: ۷۷۳۶-۲۲۲۸ شاپا الکترونیکی: ۵۱۳۸-۲۵۸۸
https://jgs.khu.ac.ir/

آشکارسازی تأثیرگذاری ویژگی‌های میکروفیزیکی ابرهای مولد بارش‌های سیلابی در استان لرستان با استفاده از محصولات ابر سنجنده MODIS

ابراهیم بیرانوند[۱]،امیر گندمکار[۲]✉، علیرضا عباسی[۳]، مرتضی خداقلی[۴]

۱. دانشجوی دکتری آب و هواشناسی گروه جغرافیا، واحد نجف‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف‌آباد، ایران، رایانامه: ebrahimbeyranvand8@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، دانشیار گروه جغرافیا، واحد نجف‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف‌آباد، ایران. رایانامه: aagandomkar@gmail.com

۳. استادیار گروه جغرافیا، واحد نجف‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف‌آباد، ایران. رایانامه: abbasi.ara@gmail.com

۴. دانشیار بخش تحقیقات مرتع، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. رایانامه:M_khodagholi@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۱/۰۴/۰۹

تاریخ بازنگری:
۱۴۰۱/۰۵/۰۹

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۱/۰۶/۰۵

تاریخ انتشار:
۱۴۰۱/۰۶/۰۷

تاریخ انتشار آنلاین:
۱۴۰۴/۱۰/۰۱

کلیدواژه‌ها:
بارش سنگین،
سنجنده MODIS،
محصول ابر،
همبستگی فضایی،
حوضه درود-بروجرد.

چکیده

رخداد بارش سیل‌آسای فروردین ۱۳۹۸ در استان لرستان نمونه‌ای بارز از بارش‌های حدی بود که خسارات بسیار سنگینی به زیرساخت‌های کشاورزی، شهری، حمل‌ونقل و ارتباطات برجای گذاشت. هدف این پژوهش بررسی و آشکارسازی ارتباط بین ساختار فیزیکی ابرهای مولد دو موج بارش سنگین فروردین ۱۳۹۸ در حوضه آبریز دورود بروجرد است. در این راستا ویژگی‌های آماری دو موج بارشی ۲۵ مارس و ۱ آوریل ۲۰۱۹ مورد تحلیل قرار گرفت. ویژگی‌های ابرناکی ابرهای مولد این دو موج بارش سنگین، با استفاده از محصول ابرسنجنده مادیس یعنی محصول **MOD06**، بررسی شد. ۴ فاکتور میکروفیزیکی ابرهای مولد این دو موج بارش سنگین در سطح حوضه دورود-بروجرد، شامل دمای قله ابر (**CTT**)، فشار قله ابر (**CTP**) ضخامت اپتیکال ابر (**COT**) و نسبت ابرناکی (**CF**)، موردبررسی قرار گرفت، تحلیل آماری این دو موج بارش سنگین نشان داد که در موج اول بارش سنگین یعنی موج ۲۵ مارس ۲۰۱۹، (۵ فروردین ۱۳۹۸) ۱۵ درصد از کل بارش سالانه منطقه و در موج دوم یعنی موج ۱ آوریل ۲۰۱۹ (۱۲ فروردین ۱۳۹۸) ۲۰ درصد از کل مجموع بارش متوسط سالانه منطقه، در این دو روز ثبت شد. نتایج حاصل از تحلیل ماتریس همبستگی بین پیکسل‌های بارشی پوشش‌دهنده دشت دورود-بروجرد و مقادیر فاکتورهای میکروفیزیکی ابرهای مولد این بارش‌ها بیانگر آن بود که فشار قله ابر در رخداد بارش ۲۵ مارس همبستگی معکوسی برابر ۰/۶۲- و در رخداد بارش ۱ آپریل، همبستگی برابر ۰/۷۳- نشان داده است. در مورد فاکتور دمای قله ابر نیز مقادیر همبستگی در رخداد بارش ۲۵ مارس برابر ۰/۵۷- و در رخداد بارشی ۱ آوریل برابر ۰/۵۳- بوده است، اما درصد ابرناکی آسمان، در رخداد بارش ۲۵ مارس، میزان همبستگی برابر ۰/۷۵ و در رخداد بارش ۱ آوریل میزان همبستگی برابر ۰/۷۹ بوده است. ضخامت اپتیکال ابرناکی در رخداد بارش ۲۵ مارس همبستگی برابر ۰/۴۵ و در رخداد بارش ۱ آوریل برابر ۰/۶۷۰ با مقادیر بارش نشان داد. نتیجه این تحقیق بیانگر آن بود که در این دو رخداد بارش سنگین یک ارتباط معنی‌دار و قوی بین ساختار میکروفیزیکی ابر و مقادیر بارش ثبت شده در سطح منطقه برقرار بوده است.

استناد: بیرانوند، ابراهیم؛ گندمکار، امیر؛ ؛ عباسی، علیرضا؛ و خداقلی، مرتضی (۱۴۰۴). آشکارسازی تأثیرگذاری ویژگی‌های میکروفیزیکی ابرهای مولد بارش‌های سیلابی در استان لرستان با استفاده از محصولات ابر سنجنده MODIS. *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۲۵ (۷۹)، ۳۱۵-۳۰۰. http://dx.doi.org/10.61882/jgs.25.79.9

ناشر: دانشگاه خوارزمی تهران.

© نویسندگان.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.61882/jgs.25.79.9]

مقدمه

امروزه پدیده عمومی و رو به گسترش تغییراقلیم به یکی از مهم‌ترین جنبه‌های آب‌وهوا شناختی تبدیل‌شده است. به دنبال افزایش ناهنجاری‌های اتمسفری برخی رخدادهای حدی مانند خشک‌سالی‌های شدید، بارش‌های رگباری و سیل‌آسا، دماهای فرا گرم (امواج گرم) در تابستان و یخبندان‌های دیررس در بهار، به‌صورت معنی‌داری در سراسر کشور افزایش داشته است. رفتار اقلیم طبیعی منطقه هرسال به‌صورت معنی‌داری به سمت بی‌نظمی و ناهنجاری میل می‌کند و نمونه بارز آن خشک‌سالی‌های مداوم، امواج گرم (موج‌های گرم خوزستان و تهران در سال ۱۳۹۷) و نمونه اخیر آن بارش‌های رگباری شدید و سیل‌آسا در نقاط مختلف کشور می‌باشد. زمانی که دستگاه اقلیم به‌صورت نرمال و طبیعی عمل می‌کند، رفتاری در چهارچوب میانگین های بلندمدت خواهد داشت، اما رخداد کلان‌مقیاس تغییر اقلیم و گرمایش جهانی، با واردکردن ناهنجاری و بی‌نظمی‌های بسیاری زیادی به اتمسفر، رفتار اتمسفر را از حالت نرمال خارج ساخته و رفتارهای حدی آن هرساله رو به افزایش است. بارش سیل‌آسای فروردین ۱۳۹۸ را که بخش وسیعی از غرب و جنوب غرب کشور را نیز درگیر کرد در راستای همین ناهنجاری سامانه اقلیم باید در نظر گرفت. گزارش‌های سازمان‌های معتبر جهانی طی سالیان اخیر بیانگر این مسئله است که اثرات تغییر اقلیم با تغییر در رویدادهای حدی اقلیمی چون سیل، توفان، خشک‌سالی نمود بیشتری یافته است (WMO, 2011,p76). همه‌ساله بخش‌های مهمی از پهنه وسیع کشورمان تحت تأثیر مخاطره اقلیمی بارش سنگین قرارگرفته و خسارات فراوانی به کشور وارد می‌آید. از پیامدهای بارش سنگین در ایران وقوع سیل‌های شدید و مخربی است که خسارات زیانباری به بار می‌آورد. بارش یکی از عناصر حیاتی اقلیم است که همواره همراه با مقادیر عدم قطعیت زمانی مکانی بالایی بوده که دلیل آن درگیر بودن متغیرهای متعددی از قبیل ساختار موقعیتی، توپوگرافی، لندکاور، الگوهای سینوپتیکی، ساختار و ویژگی‌های ابرهای مولد بارش و ... در ایجاد بارش است (مهتا و همکاران[1]،۲۰۱۹؛ هر[2]و همکاران،۲۰۱۹؛ کوری و وبستر[3]،۲۰۱۹). با شفاف‌سازی ارتباط زمانی مکانی بارش با هرکدام از این متغیرهای کمکی و آشکارسازی میزان اهمیت هرکدام از آن‌ها می‌توان مدل‌های چندمتغیره دقیقی برای مدل‌سازی و برآورد زمانی و مکانی بارش توسعه داد. امروزه محصولات سنجش‌ازدوری سنجنده MODIS با طیف گسترده‌ای محصولات زمینی، اتمسفری و اقیانوسی و قدرت تفکیک زمانی و مکانی مناسب، امکان مطالعه بسیاری از متغیرهای محیطی را به صورت مناسبی فراهم کرده‌اند. محصول ابر سنجنده MODIS که در آن بسیاری از ویژگی‌های فیزیکال و اپتیکال ابر در مقیاس روزانه با رزولوشن فضایی ۱ و ۵ کیلومتری ارائه شده است، می‌تواند، در زمینه مطالعه دینامیک ابرها و ارتباط آن‌ها با توزیع زمانی مکانی بارش بسیار مفید فایده باشد (پاونی و پرزا[4]،۲۰۱۴). تحلیل ارتباط بین ویژگی‌های میکروفیزیکی و اپتیکال، ابرهای مولد رخدادهای بارش، با توزیع زمانی و مکانی مقادیر بارش، می‌تواند تا حد قابل‌توجهی منجر به بهبود و ارتقاء برآوردهای مقادیر بارش در موقعیت‌های ایستگاهی سطح زمین شود و عدم قطعیت برآوردها را تا حد قابل‌توجهی کاهش دهد (پلانتیک[5]و همکاران،۲۰۱۷). محصول ابر سنجنده MODIS با توالی زمانی و قدرت تفکیک فضایی مناسبی که دارد، امکان مطالعه ویژگی‌های میکروفیزیکی و اپتیکال ابرها را که از باندهای مرئی و مادون‌قرمز بازیابی شده است، فراهم کرده است. ویژگی‌های میکروفیزیکی از قبیل شعاع مؤثر[6](CER)، ضخامت اپتیکال ابرناکی[7](COT)، دمای قله ابر[8](CTT)، فشار قله ابر[9](CTP)، ارتفاع قله ابر(CTH)، فاز ابر(برف یا مایع) و نسبت ابرناکی آسمان[10](CF)، در محصول ابر سنجنده مادیس

[1] Mehta
[2] Her
[3] Curry and Webester
[4] Punay and Perza
[5] Plantik
[6] Cloud Effective Raduis(CER)
[7] Cloud Optical Thikness(COT)
[8] Cloud Top Temperature (CTT)
[9] Cloud Top Pressure(CTP)
[10] Cloud Top Height (CTH)
[11] Cloud Phases
[12] Cloud Fraction(CF)

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOI: 10.61882/jgs.25.79.9]

می‌توانند برای آشکارسازی الگو، نوع و توزیع زمانی مکانی بارش به کار گرفته شوند و دقت پیش‌بینی زمانی و مکانی بارش را ارتقاء دهند (باوم[1] و همکاران،۲۰۱۲). تحقیقات متعددی نشان داده است که توزیع زمانی مکانی بارش ارتباط معنی‌داری با توزیع زمانی مکانی ابرها و ویژگی‌های ابرهای مولد بارش دارد (فیلیپیاک و جزول[2] ۲۰۱۶). ترنبرس و فلسو[3] (۲۰۰۹) با استفاده از مدل‌های تحلیل سری زمانی تغییرات ابرهای مختلف را بررسی کردند. نتایج تحقیق حاکی از تغییرات قابل‌توجه در ابرهای مختلف بود، تغییرات تا سال ۲۰۱۲ ملایم بوده است و با یک افزایش ضعیف در ابرهای بالا و متوسط نزدیک قطب و کاهش در ابرهای پایین و متوسط در عرض‌های میانه همراه بوده است. فیلیپیاک و مایتوس (۲۰۰۹) تغییرات زمانی و مکانی پوشش ابر را در لهستان بررسی کردند، آن‌ها ۴۱ ایستگاه همدید در یک دوره آماری ۳۰ ساله از ۱۹۷۱ تا ۲۰۰۰ مطالعه کردند و نتیجه گرفتند که تغییرات معنی‌داری در مقدار ابرناکی تنها در ۲۵ درصد ایستگاه‌ها وجود دارد. دم و همکاران[4] (۲۰۱۱) با استفاده از مقایسه داده‌های ابرناکی دو سنجنده MODIS و NOAA، اقدام به تحلیل روند سری زمانی ابرناکی در هند نمودند. آن‌ها مشاهده کردند که هرچند ویژگی‌های این تغییر در ماهواره‌ها متفاوت بود، ولی کاهش مشاهده شده به‌طورکلی در ابرهای پایین بارزتر بوده است. وینجینگ[5] و همکاران (۲۰۱۴) توزیع زمانی و مکانی تغییرات پوشش ابر در دلتای رودخانه یانسته را بررسی نمودند. نتایج نشان داد که تغییرپذیری ابر و پوشش آن به شدت از شرایط جهانی در قالب سامانه‌ها و الگوهای پیوند از دور و شرایط محلی و فصلی بستگی دارد. جزول (۲۰۱۶) تغییرپذیری و تغییرات پوشش ابر در هندوستان در دوره ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۰ را بررسی نموده است. نتایج حاکی از روند کاهشی در میانگین پوشش ابری در منطقه می‌باشد و تغییرپذیری ابری به پارامترهای اقلیمی چون دمای روزانه ارتباط دارد. رسولی و همکاران (۱۳۹۱) در مطالعه‌ای تحت عنوان بررسی تغییرات زمانی و مکانی مقدار پوشش ابر در ایران به این نتیجه رسیده‌اند که روند تغییرات مقدار پوشش ابر در نیمه شمالی استان از نظر آماری معنی‌دار (منفی) می‌باشد. حاتمی بهمن بیگلو و همکاران (۱۳۹۵) به شناسایی فصلی و ماهانه ابرناکی در ایران با بهره‌گیری از داده‌های فرآورده ابر سنجنده مودیس ماهواره ترا پرداختند نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که بیشترین فراوانی تعداد روزهای ابری در فصل زمستان با ۳۶ روز و کمترین آن در فصل تابستان با ۷/۸ روز رخ می‌دهد. در مقیاس ماهانه، بیشترین فراوانی روزهای ابری در ماه بهمن با ۱۲/۸ روز و کمترین آن در شهریور با ۱/۸ روز رخ می‌دهد توزیع مکانی پوشش ابر نشان داد که گستره بیشینه فراوانی تعداد روزهای ابری در فصول بهار، تابستان و پاییز در سواحل جنوبی و غربی دریای خزر است؛ اما در فصل زمستان بر روی ارتفاعات کوهستانی شمال کشور قرار می‌گیرد. گستره کمینه روزهای ابری در فصول بهار، پاییز و زمستان در جنوب شرق کشور است، اما در فصل تابستان از جنوب و جنوب شرقی کشور جدا شده و در مناطق مرکزی کشور دیده می‌شود. پن[6] و همکاران (۲۰۲۱) با بررسی ویژگی‌های میکروفیزیکی ابرهای سطح پایین مناطق اقیانوسی و نوع آئروسل‌های این ابرها، با استفاده از داده‌های باز تحلیل بارش، میزان و نوع بارش این ابرها را در مقیاس سیاره‌ای تحلیل کردند. در مقیاس منطقه‌ای نیز بررسی‌هایی در مناطق خاصی مانند کشورهای حاشیه خلیج‌فارس (کومار و سوزوکی[7]،۲۰۱۹)، استان فارس در ایران (حلیمی و همکاران،۲۰۱۷) صورت گرفته است که نتایج حاصل از این مطالعات نشان داد در سنگین‌ترین بارش‌ها، بیشترین همبستگی بین ویژگی‌های میکروفیزیکی ابرناکی و مقادیر بارش ثبت شده وجود دارد درحالی‌که در بارش‌های سبک همبستگی معنی‌دار نبود. در این تحقیق هدف اساسی آشکارسازی ویژگی‌های میکروفیزیکی ابرهای مولد بارش‌های سنگین فروردین ۱۳۹۸ در استان لرستان می‌باشد.

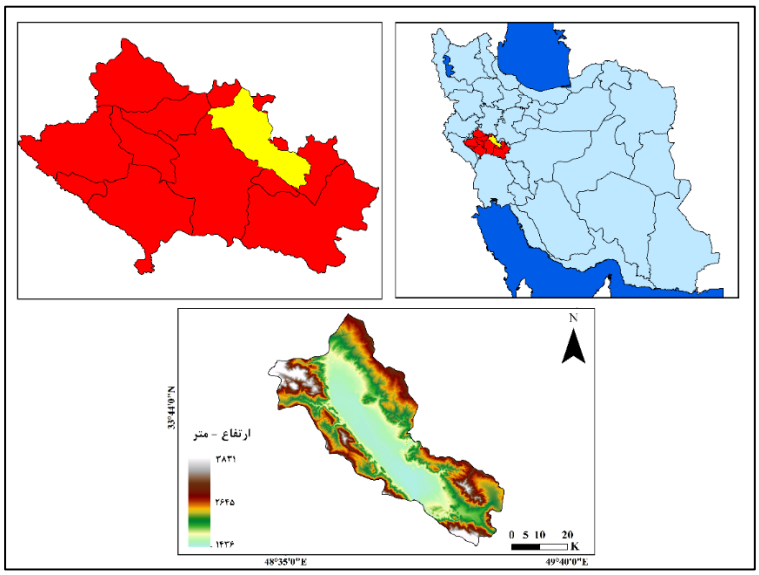
[1] Baum
[2] Filipiak and Jaswal
[3] Trenberth&Fasullo
[4] Dim
[5] Wenjing
[6] Pan
[7] Kumar, Suzuki

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOI: 10.61882/jgs.25.79.9]

روش‌شناسی

موقعیت منطقه موردمطالعه

منطقه موردمطالعه این تحقیق حوضه آبریز دورود بروجرد در استان لرستان است شکل (۱). این حوضه آبریز یکی از زیر حوضه‌های حوضه آبریز کارون بزرگ است. زیر حوضه دورود-بروجرد با وسعت نسبتاً زیاد به میزان ۲۵۴۶ کیلومترمربع در شمالی‌ترین قسمت حوضه آبریز کارون بزرگ و در جنوب محدوده مطالعاتی اشترینان واقع شده است که ازلحاظ مدیریتی زیرمجموعه شرکت منابع آب استان لرستان است. ۵۶۶ کیلومترمربع از وسعت این حوضه را دشت و ۱۹۹۷ کیلومترمربع از وسعت محدوده را ارتفاعات تشکیل می‌دهند. به علت ورود جریانات سطحی به این محدوده و همچنین وجود بارندگی کافی و برف‌گیر بودن ارتفاعات این محدوده آبراهه‌های واقع در آن دائمی بوده و زهکش اصلی این محدوده را رودخانه‌های سیلاخور، ماربره و رودخانه تیره تشکیل می‌دهند. کمترین ارتفاع محدوده ۱۴۳۷ متر، مربوط به بخش‌های خروجی حوضه و بیشترین ارتفاع محدوده ۴۰۱۵ متر از سطح دریا، مربوط به جنوب شرقی محدوده می‌باشد. در خصوص رودخانه‌هایی که به این محدوده وارد شده و جریان می‌یابند می‌توان به رودخانه سیلاخور که از مخلوط‌کنی‌های کوه گرین در ۲۸ کیلومتری شمال غرب بروجرد سرچشمه می‌گیرد اشاره داشت. رودخانه مزبور در امتداد شمال شرق به جنوب غرب جریان یافته تا به جنوب بروجرد می‌رسد.



شکل (۱). موقعیت منطقه مطالعاتی حوضه دورود و بروجرد

داده‌ها و روش انجام پژوهش

در این تحقیق از ۲ دسته از داده‌ها استفاده شد دسته اول داده‌های مربوط به میزان بارش ایستگاهی ماه فروردین ۱۳۹۸ ایستگاه سینوپتیک بروجرد و دورود می‌باشد که از اداره کل هواشناسی استان لرستان اخذ گردید. دسته دوم مربوط به داده‌های میکروفیزیکی ابرهای مولد این بارش‌های سنگین در سطح استان لرستان و به‌ویژه در محدوده حوضه آبریز دورود بروجرد بودند. محصول MOD06 سنجنده MODIS که در واقع محصول ابر این سنجنده است، ویژگی‌های مختلف فیزیکی و بازتابشی ابرناکی را ارائه می‌کند. در این تحقیق از ۴ پارامتر محصول MOD06 سنجنده مادیس در روزهای مقارن با دو بارش سنگین ۵ و ۱۲ فروردین استفاده شده است. دو پارامتر درصد ابرناکی آسمان(CF)[1] و دمای قله ابر[2]

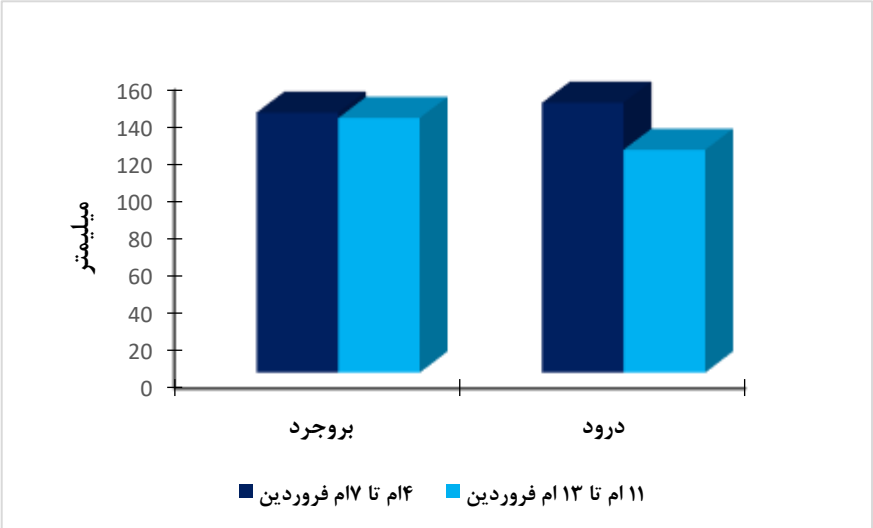
[1] Clud Fraction(CF)
[2] Cloud Top Temperature(CTT)

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOI: 10.61882/jgs.25.79.9]

(CTT) از باندهای مادون‌قرمز سنجنده MODIS بازیابی شده و پارامتر ضخامت اپتیکال ابر(COT)[1]، از باندهای مرئی سنجنده و فشار قله ابر (CTP) نیز یک فاکتور مشتق استخراج شده می‌باشد (۲۰). این داده‌ها با فرمت داده‌های سلسله مراتبی HDF با سیستم تصویر سینوسیدال از پایگاه داده‌های جامع سنجنده LADDS WEB[2] با رزولوشن فضایی ۱ کیلومتر و به‌صورت روزانه، اخذ گردید. در ابتدا ویژگی‌های آماری بارش دو موج بارشی ۵ و ۱۲ فروردین موردبررسی قرار گرفت. داده‌های بارش این دو موج بارشی سنگین با استفاده از داده‌های روزانه دو ایستگاه سینوپتیک دورود و بروجرد موردبررسی قرار گرفت. از ماتریس همبستگی فضایی پیرسون در سطح اطمینان ۰/۹۵ (P_value =0.05) برای تحلیل همبستگی بین مقادیر بارش ثبت شده در دو موج بارش ۵ و ۱۲ فروردین و ویژگی‌های میکروفیزیکی ابرناکی استفاده شد.

نتایج و بحث

در نمودار شکل (۲) مقدار تجمعی بارش طی دو موج بارشی فروردین ۱۳۹۸ ارائه شده است. در موج بارشی ۴ تا ۷ فروردین‌ماه، ایستگاه دورود ۱۴۴/۶ میلی‌متر و ایستگاه بروجرد ۱۳۹/۳ میلی‌متر بارش دریافت کرده‌اند درحالی‌که در موج دوم بارشی ۱۱ تا ۱۳ فروردین ۱۳۹۸ ایستگاه دورود ۱۱۹/۴ میلی‌متر و بروجرد ۱۳۶/۴ میلی‌متر بارش دریافت کرده‌اند.

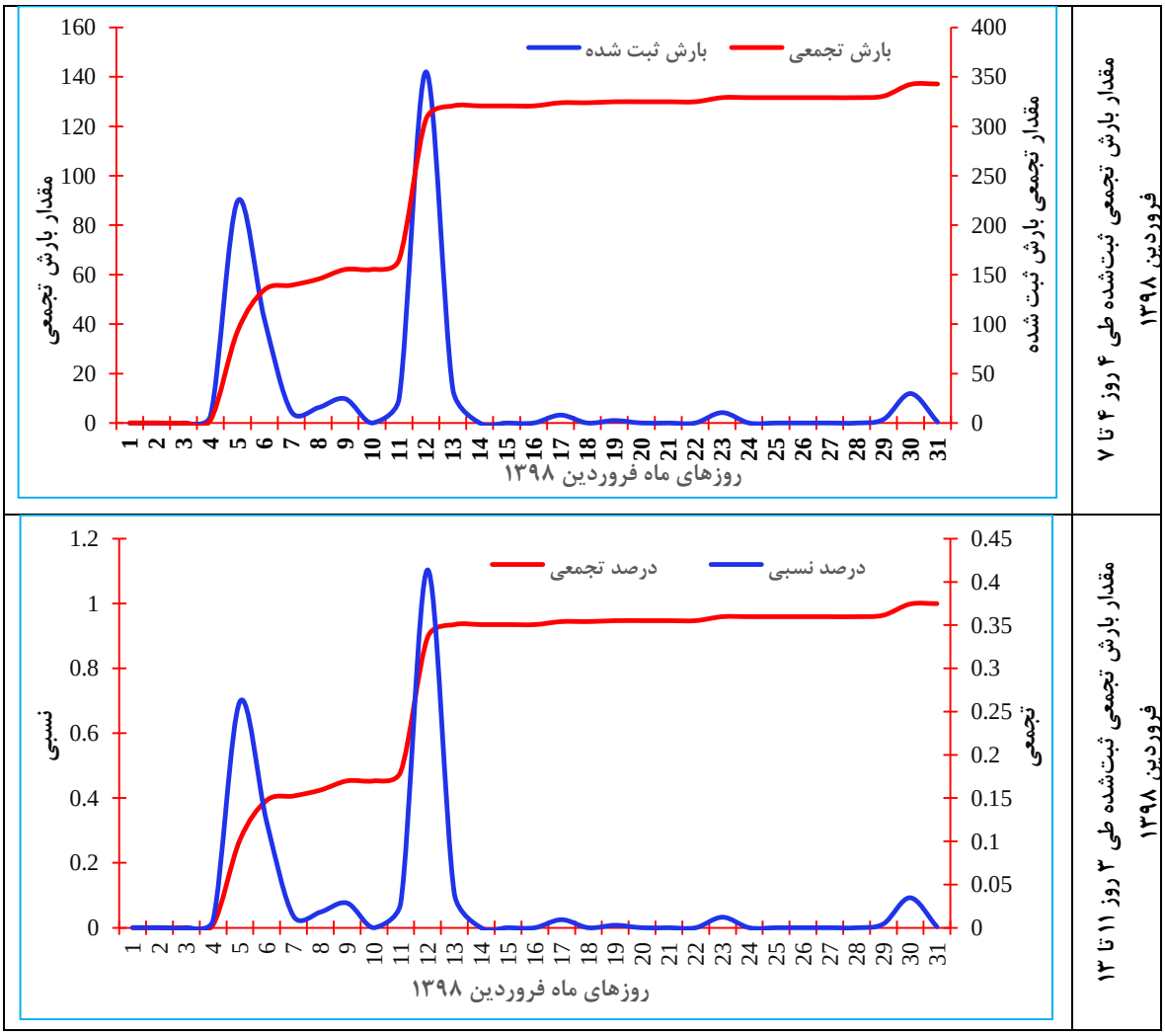


شکل (۲). میزان بارش ایستگاه‌های بروجرد و دورود طی موج بارشی فروردین ۱۳۹۸

همان‌طور که در این نمودارها مشاهده می‌گردد، دو پیک بارشی در روزهای ۵ فروردین با بارش ۸۹/۷ میلی‌متر و روز ۱۲ فروردین با بارش ۱۴۲ میلی‌متر ثبت شده است. نمودار تجمعی بارش نشان‌دهنده آن است که از روز ۱ تا ۶ فروردین ۰/۴۰ از کل بارش ثبت شده کل ماه فروردین ۱۳۹۸ در (میانگین دو ایستگاه دورود و بروجرد) که برابر ۱۳۵ میلی‌متر بوده است، ثبت شده است. یک جهش دیگر در بارش این دو ایستگاه در روز ۱۲ فروردین ثبت شده است. در این روز به‌تنهایی ۰/۴۱ از کل بارش ثبت شده ماه فروردین ۱۳۹۸، ثبت شده است. نمودار تجمعی روزانه بارش نشان می‌دهد که ۹۳ از کل بارش ثبت‌شده ماه فروردین این دو ایستگاه تا روز ۱۳ فروردین ثبت‌شده است و از ۱۳ فروردین تا ۳۱ فروردین تنها ۷ درصد از کل بارش ماه باریده است. در موج بارشی ۵ فروردین به‌تنهایی ۲۶ درصد از کل بارش ماه فروردین ثبت‌شده است و در موج بارشی ۱۲ فروردین ۴۱ درصد از کل بارش ماه فروردین ثبت‌شده است.

[1] Cloud Optical Thikness(COT)
[2] ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOI: 10.61882/jgs.25.79.9]

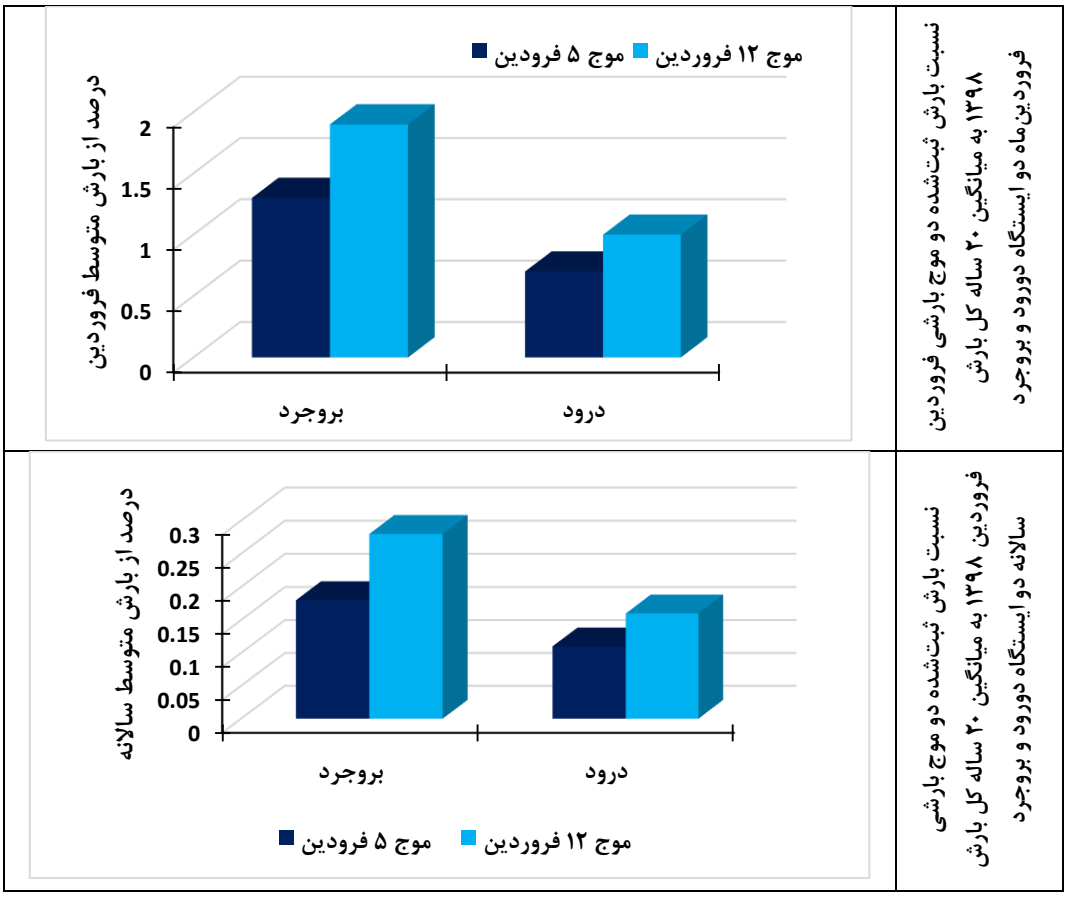


شکل (۳). مقایسه مقادیر بارش ثبت‌شده و تجمعی روزانه دو ایستگاه دورود و بروجرد در فروردین ۱۳۹۸

مقدار مطلق بارش ثبت‌شده به‌خودی‌خود شاید زیاد گویا نباشد اما زمانی که مقدار بارش ثبت‌شده این دو موج بارشی با بارش‌های میانگین بلندمدت سالانه و فروردین ماه سال‌های قبل مقایسه شود، میزان بزرگی این بارش‌ها به‌نوعی آشکارتر خواهد شد. همان‌طور که در شکل (۴) دیده می‌شود، در ایستگاه بروجرد بارش ثبت‌شده روز ۵ فروردین ۱۳۰ درصد مجموع بارش متوسط ماه فروردین و ۱۸ درصد مجموع بارش متوسط سالانه این ایستگاه بود و در ایستگاه دورود نیز بارش این روز ۷۰ درصد مجموع بارش متوسط ماه فروردین و ۱۱ درصد مجموع بارش متوسط سالانه بود؛ اما بارش ثبت‌شده در روز ۱۲ فروردین در ایستگاه بروجرد، ۱۹۰ درصد مجموع بارش متوسط ماه فروردین ۲۸ درصد مجموع بارش متوسط سالانه این ایستگاه بود اما در ایستگاه دورود این بارش ۱۰۰ درصد مجموع بارش متوسط ماه فروردین و ۱۶ درصد مجموع بارش متوسط سالانه این ایستگاه بوده است.

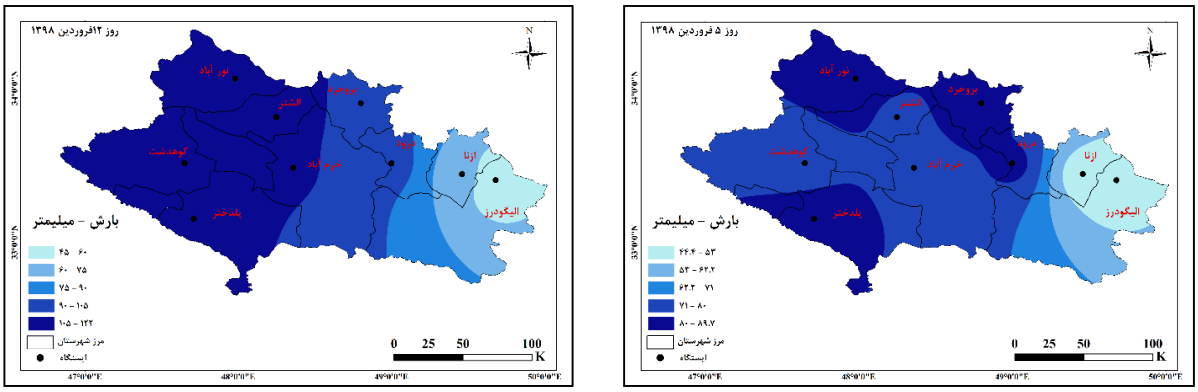
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.61882/jgs.25.79.9]



شکل (۴). مقایسه نسبت بارش ثبت‌شده ایستگاه‌های سینوپتیک دورود و بروجرد طی دو موج بارشی منجر به سیل فروردین ۱۳۹۸

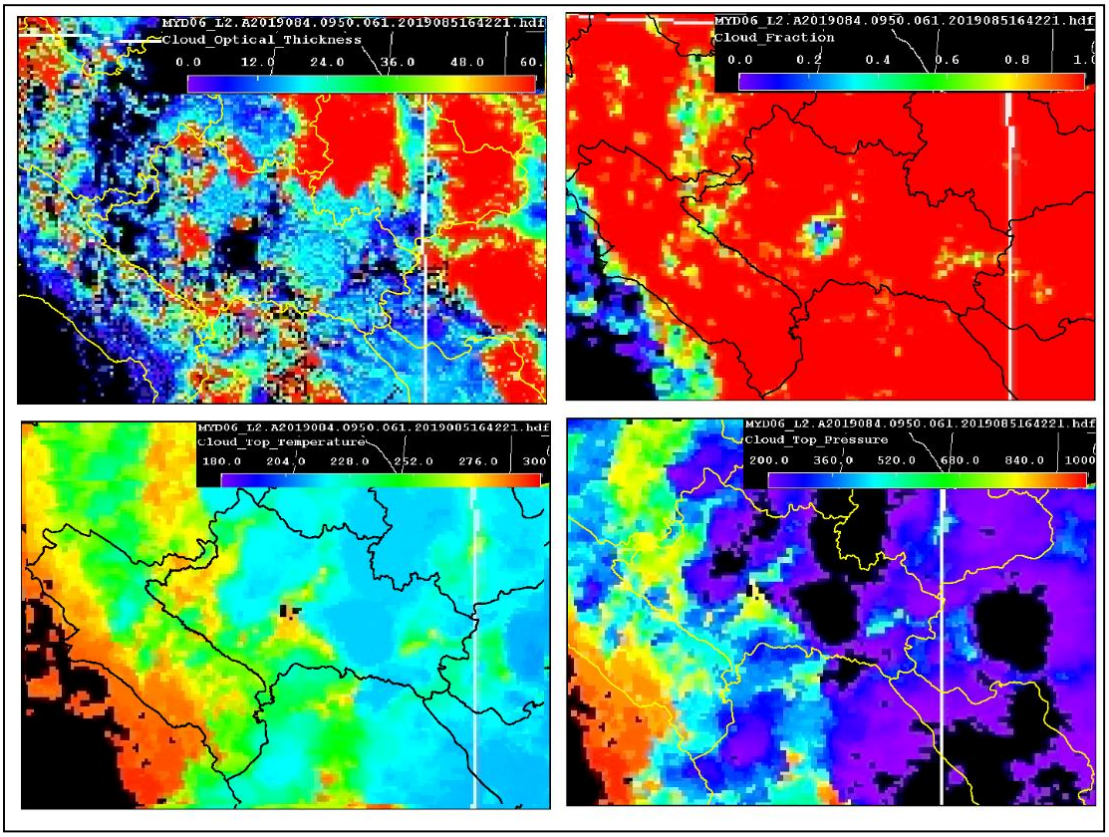
در اشکال (۵ و ۶) توزیع فضایی مقادیر بارش ثبت شده در سطح استان لرستان ارائه شده است. همان‌طور که در این نقشه توزیع فضایی بارش دیده می‌شود، در بخش‌های شمالی استان یعنی از نورآباد تا بروجرد، در رخداد بارش سنگین ۵ فروردین ۱۳۹۸، بین ۸۰ تا ۹۰ میلی‌متر بوده است در بخش‌های جنوبی استان نیز یعنی شهر ستان پلدختر مقادیر بارش ثبت شده این بارش سنگین در همین حدود بوده است، اما در بخش‌های شرقی استان یعنی ازنا و الیگودرز تأثیر این موج بارش سنگین کاهش داشته و میزان بارش ثبت شده این موج بارش سنگین بین ۴۰ تا ۵۰ میلی‌متر در ۲۴ ساعت بوده است؛ اما در موج بارش ۱ آوریل ۲۰۱۵، الگوی توزیع فضایی بارش هسته‌های بیشینه بارش در بخش‌های غربی استان متمرکز است و در بخش‌های مرکزی و شمال شرق استان بارشی بین ۶۰ تا ۱۰۰ میلی‌متر ثبت شده است.



شکل (۵). توزیع فضایی مقادیر بارش ثبت شده در سطح استان در رخداد بارش سنگین ۲۵ مارس ۲۰۱۹ (۵ فروردین ۱۳۹۸) و ۱ آوریل ۲۰۱۹ (۱۲ فروردین ۱۳۹۸)

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOI: 10.61882/jgs.25.79.9]

آشکارسازی ویژگی‌های میکروفیزیکی ابرهای مولد این دو رخداد بارش سنگین، با استفاده از محصول ابر سنجنده مادیس یعنی MOD06، انجام گرفت. در شکل (۶) توزیع فضایی ۴ فاکتور میکروفیزیکی ابرهای مولد رخداد بارش ارائه شده است، براساس این شکل‌ها، مقادیر هرکدام از فاکتورهای میکروفیزکی ابرناکی برای دو موقعیت ایستگاه دورود و بروجرد، استخراج گردید که به‌صورت جدول (۱) گزارش شده است. همان‌طور که در جدول (۱) دیده می‌شود، فاکتور پوشش ابرناکی در موقعیت این دو ایستگاه دورود و بروجرد در روز ۲۵ مارس ۲۰۱۹، رخداد بارش برابر ۱۰۰ درصد بوده است. فاکتور فشار قله ابر که در واقع بیان کننده گسترش عمودی پوشش ابر است، در رخداد براش ۲۵ مارس در ایستگاه دورود برابر ۲۵۰ هکتوپاسکال بوده است درحالی‌که در ایستگاه بروجرد برابر ۳۰۷ هکتوپاسکال بوده است. دمای قله ابر نیز در این دو ایستگاه در رخداد بارش مذکور در ایستگاه بروجرد و دورود به ترتیب برابر ۲۱۷ (۵۶- درجه سانتی‌گراد) و ۲۰۷(۶۶- درجه سانتی‌گراد) درجه کلوین بوده است. در نهایت ضخامت اپتیکال ابرناکی که به نوعی می‌توان از آن مشتقاتی از قبیل تراکم ابر، گسترش عمودی ابرناکی، محتوای رطوبت ابر، نوع و اندازه قطرات و ذرات داخل ابر را استنباط کرد، برای بارش ۲۵ مارس ۲۰۱۹ در دو ایستگاه دورود و بروجرد، بررسی گردید. نتایج بیانگر آن بود که مقدار شاخص COT در ایستگاه بروجرد بالاتر از ایستگاه دورود بوده است و مقدار این شاخص در ایستگاه بروجرد برابر ۴۲ بوده است درحالی‌که در ایستگاه دورود برابر ۲۵ بوده است.

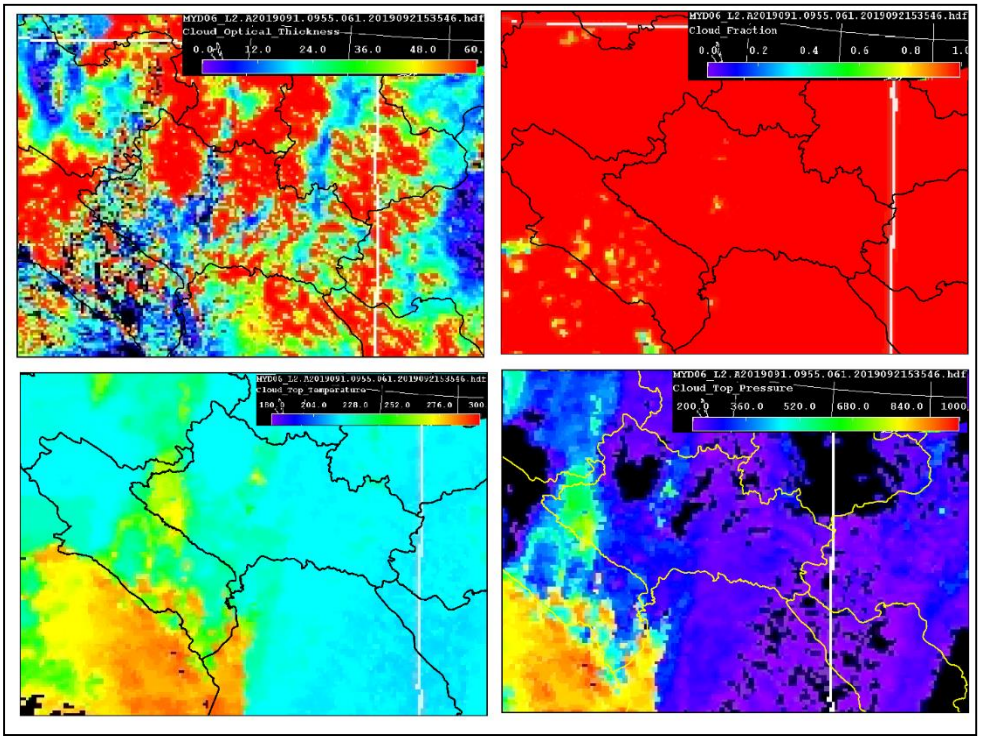


شکل (۶). فاکتورهای میکروفیزیکی ابرهای مولد رخداد بارش ۲۵ مارس ۲۰۱۹ (۵ فروردین ۱۳۹۸) مستخرج از محصول ابر سنجنده MODIS

در رخداد بارش ۱ آوریل ۲۰۲۰، نیز ویژگی‌های میکروفیزیکی ابرهای مولد این رخداد بارش سنگین برای منطقه با استفاده از محصول MOD06، ارائه گردید. نتایج بیانگر آن بود که در این رخداد بارش نیز پوشش ابرناکی در منطقه موردمطالعه یعنی حوضه دورود بروجرد برابر ۱۰۰ درصد بوده است و پوشش ابرناکی کامل برقرار بوده است. فشار قله ابر (CTP) که به نوعی ارتفاع یا گسترش عمودی ابرناکی را می‌تواند نشان دهد، در موقعیت ایستگاه دورود برابر ۱۸۵ هکتوپاسکال و در موقعیت ایستگاه بروجرد برابر ۳۰۸ هکتوپاسکال بوده است. از لحاظ ضخامت اپتیکال ابرناکی نیز همان‌طور که در جدول

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOI: 10.61882/jgs.25.79.9]

(۱) دیده می‌شود، ضخامت ابرناکی در موقعیت ایستگاه بروجرد به‌صورت قابل‌توجهی بالاتر از موقعیت ایستگاه دورود بوده است در ایستگاه دورود شاخص COT برابر ۲۷ و در موقعیت ایستگاه بروجرد مقدار شاخص COT برای رخداد بارش ۱ آوریل ۲۰۲۰ برابر ۴۸ بوده است. دمای قله ابر یک فاکتور بازیابی شده از باند مادون‌قرمز سنجنده MODIS است برای موقعیت ایستگاه‌های دورود و بروجرد به ترتیب برابر ۲۰۴ و ۲۲۰ درجه کلوین بوده است.



شکل (۷). فاکتورهای میکروفیزیکی ابرهای مولد رخداد بارش ۱ آپریل ۲۰۱۹ (۱۲ فروردین ۱۳۹۸) مستخرج از محصول ابر سنجنده مادیس MOD06 سنجنده مادیس برای روز ۲۵ مارس

جدول (۱). مقادیر فاکتورهای میکروفیزیکی ابرناکی ابرهای مولد دو رخداد بارش سنگین ۲۵ مارس و ۱ آوریل ۲۰۱۹، در موقعیت دو ایستگاه هواشناسی دورود و بروجرد

مشخصات ابرناکی	دورود		بروجرد	
	۵ فروردین	۱۲ فروردین	۵ فروردین	۱۲ فروردین
درصد ابرناکی آسمان (CF)	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
فشار قله ابر (CTP)-هکتوپاسکال	۲۵۰	۱۸۵	۳۰۷	۳۰۱
دمای قله ابر (CTT)-کلوین	۲۰۷	۲۰۴	۲۱۷	۲۲۰
ضخامت اپتیکال ابر (COT)-	۲۴	۲۷	۴۲	۴۸
مقدار بارش	۸۲	۹۵	۹۰	۱۰۴

در جدول (۲) ماتریس همبستگی فضایی بین فاکتورهای میکروفیزیکی ابرناکی ابرهای مولد دو رخداد بارش سنگین ۲۵ مارس و ۱ آوریل ۲۰۱۹ در حوضه آبریز دورود-بروجرد ارائه شده است. این همبستگی در سطح اطمینان ۰/۹۵ (P_value=0.05) براساس پیکسل‌های ۱ کیلومتری پوشش‌دهنده محدوده دشت دورود-بروجرد، ارائه شده است. همان‌طور که در این ماتریس همبستگی دیده می شود، ۲ فاکتور میکروفیزیکی ابرهای مولد دو رخداد بارش مذکور شامل دمای قله ابر (CTT) و فشار قله ابر (CTP) همبستگی معکوسی با مقادیر بارش ثبت شده در سطح حوضه دورود-بروجرد

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOI: 10.61882/jgs.25.79.9]

ارائه کرده است. فشار قله ابر که در واقع تراز ژئوپتانسیل ابر را نشان می‌دهد، در رخداد بارش ۲۵ مارس همبستگی معکوسی برابر ۰/۶۲- و در رخداد بارش ۱ آپریل ۲۰۱۹، نیز همبستگی برابر ۰/۷۳ نشان داده است. این همبستگی‌ها در سطح اطمینان ۰/۹۵ معنی‌دار بوده است و بیانگر آن است مقادیر بارش رخ داده در دو رخداد بارش سنگین مذکور ارتباط معنی‌داری با فشار قله ابر داشته است. در مورد فاکتور دمای قله ابر (CTT) نیز مقادیر همبستگی در رخداد بارش ۲۵ مارس برابر ۰/۵۷- و در رخداد بارشی ۱ آوریل برابر ۰/۵۳- بوده است که این ارتباط نیز در سطح اطمینان ۰/۹۵ معنی‌دار بوده است؛ اما درصد ابرناکی آسمان (CF) نیز یکی دیگر از فاکتورهای موردبررسی بود که ارتباط مستقیمی با مقادیر بارش ثبت شده در سطح منطقه نشان داده است در رخداد بارش ۲۵ مارس، میزان همبستگی برابر ۰/۷۵ و در رخداد بارش ۱ آوریل میزان همبستگی برابر ۰/۷۹ بوده است. ضخامت اپتیکال ابرناکی (COT)، در سطح محدوده موردمطالعه همبستگی معنی‌داری با مقادیر بارش سطح حوضه نشان داده است. در رخداد بارش ۲۵ مارس همبستگی بین ضخامت اپتیکال ابرناکی و مقدار بارش سطح حوضه برابر ۰/۴۵ و در رخداد بارش ۱ آوریل برابر ۰/۶۷۰ بوده است.

جدول (۲). مقادیر همبستگی فضایی بین ویژگی‌های میکروفیزیکی ابرناکی ابرهای مولد دو رخداد بارش سنگین ۲۵ مارس و ۱ آوریل ۲۰۱۹ در حوضه آبریز دورود-بروجرد (محاسبه شده براساس پیکسل‌های یک کیلومتری) با مقادیر بارش ثبت شده در سطح محدوده (در سطح اطمینان ۰/۹۵ (P_value=0.05))

مشخصات ابرناکی	رخداد بارش ۲۵ مارس	رخداد بارش ۱ آپریل
درصد ابرناکی آسمان (CF)	۰/۷۵	۰/۷۹
فشار قله ابر (CTP)	-۰/۶۲	-۰/۷۳
دمای قله ابر (CTT)	-۰/۵۷	-۰/۵۳
ضخامت اپتیکال ابر (COT)	۰/۴۵	۰/۶۷

نتیجه‌گیری

استان لرستان یکی پرظرفیت‌ترین و متنوع‌ترین استان‌های کشور از لحاظ منابع طبیعی و ظرفیت‌های محیطی است. تنوع توپوگرافیکی استان یکی از مهم‌ترین عوامل تنوع اقلیمی استان است که به‌تبع آن ظرفیت قابل‌توجهی را برای کشاورزی اعم از زراعت، باغداری، دام‌پروری، زنبورداری فراهم کرده است؛ اما از طرف دیگر این تنوع توپوگرافیکی و اقلیمی با طیف گسترده‌ای از مخاطرات محیطی همراه است که بارش‌های رگباری و سیل‌آسا یکی از نمونه‌های برجسته این مخاطرات است. بارش‌های سیل‌آسای فروردین ۱۳۹۸، در سطح استان لرستان یکی از سنگین‌ترین بارش‌های ثبت شده در سطح استان طی ۳۰ سال اخیر بود که منجر به خسارات قابل‌توجهی در اراضی زراعی، باغی و روستاها و شهرهای این استان شد. در این تحقیق سعی شد که با به‌کارگیری ویژگی‌های میکروفیزیکی و اپتیکال ابرهای مولد این بارش‌های سنگین با به‌کارگیری محصول روزانه ابر MOD06 سنجنده MODIS بررسی گردد. رخداد بارشی فروردین ۱۳۹۸، ازجمله بارش‌های سنگینی بوده که در موج اول بارش سنگین یعنی موج ۲۵ مارس ۲۰۱۹، (۵ فروردین ۱۳۹۸) ۱۵ درصد از کل بارش سالانه منطقه و در موج دوم یعنی موج ۱ آوریل ۲۰۱۹ (۱۲ فروردین ۱۳۹۸) ۲۰ درصد از کل مجموع بارش متوسط سالانه منطقه، در این دو روز ثبت شد. نتایج حاصل از تحلیل ساختار میکروفیزیکی ابرهای مولد این دو موج بارش با استفاده از داده‌های محصول ابر سنجنده MODIS یعنی محصول MOD06، در سطح منطقه انجام گرفت و ۴ فاکتور میکروفیزیکی ابرناکی شامل نسبت ابرناکی، فشار و دمای قله ابر و ضخامت اپتیکال ابرناکی، برای ابرهای مولد این دو رخداد بارش سنگین بررسی شد. نتایج بیانگر آن بود که ۴ فاکتور میکروفیزیکی ابر مذکور همبستگی فضایی معنی‌داری با مقادیر بارش ثبت شده این دو موج بارش سنگین نشان دادند. دو فاکتور دما و فشار قله ابر که به نوعی گسترش عمودی ابرهای سطح محدوده را نشان می‌دهد، ارتباط معکوس معنی‌داری با مقادیر بارش سطح حوضه نشان دادند، درحالی‌که دو فاکتور نسبت ابرناکی و ضخامت اپتیکال ابرناکی همبستگی فضایی مستقیم و معنی‌داری با مقادیر بارش ثبت شده نشان دادند. نتیجه این تحقیق بیانگر آن بود که در این دو رخداد بارش سنگین یک ارتباط معنی‌دار و قوی بین ساختار میکروفیزیکی ابر و مقادیر بارش ثبت شده در سطح منطقه

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.61882/jgs.25.79.9]

برقرار بوده است. تحقیقات سرنگی[1] و همکاران (۲۰۱۷) و چاکرابورتی[2](۲۰۱۳)، نشان داد که در موسمی‌ها زمانی بارش فراگیر و قابل‌توجه در سراسر منطقه موسمی شکل می‌گیرد که نسبت ابرناکی در سطح منطقه به بیش از ۷۰ درصد رسیده باشد. فاکتور ضخامت ابر (COT) که در محصول MOD06 از باندهای مرئی سنجنده MODIS بازیابی شده است که به نوعی بیانگر تراکم آئروسل‌ها و محتوای رطوبت ابر است، نقش اساسی در مقادیر بارش ثبت شده دارد. برخی از تحقیقات نشان داده‌اند که ابرهای با ضخامت بالا، در شکل‌گیری بارش‌های سنگین نقش کلیدی دارند درحالی‌که در بارش‌های سبک این فاکتور نقش اساسی ایفا نمی‌کند (چوباری[3] و چاکرابورتی،۲۰۱۷) در این تحقیق دیده شد که فاکتور ضخامت اپتیکال ابرناکی در دو بارش سنگین همبستگی فضایی معنی‌داری داشت. در کنار این شاخص‌های مربوط به نسبت ابرناکی و ضخامت اپتیکال ابرناکی دو فاکتور دمای قله ابر و فشار قله ابر نیز در دو کیس بارشی سنگین بررسی شده که در این تحقیق دو فاکتور دمای قله ابر و فشار قله ابر ارتباط معکوس معنی‌داری با مقادیر بارش سطح حوضه نشان دادند. نتیجه مشابهی نیز در کار حلیمی و همکاران (۲۰۱۷) که ارتباط بین فاکتورهای میکروفیزیکی ابرناکی در ارتباط بارش‌های استان فارس را بررسی کرده بودند مشاهده شد. در هر صورت، نتیجه کلی این تحقیق مؤید این نکته است که ساختار اپتیکال و فیزیکال ابرناکی در رخدادهای بارش سنگین و فراگیر می‌توانند به‌عنوان برآوردگرهای عمده و دقیق عمل کنند.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آن‌هاست.

مشارکت نویسندگان

جمع‌آوری داده‌ها: ابراهیم بیرانوند، امیر گندمکار تهیه گزارش پژوهش: ابراهیم بیرانوند، امیر گندمکار علیرضا عباسی تحلیل داده‌ها: مرتضی خداقلی

مشارکت نویسندگان در مقاله مستخرج از پایان‌نامه تقریباً به شکل زیر باشد:

نویسنده اول: تهیه و آماده‌سازی نمونه‌ها، انجام آزمایش و گردآوری داده‌ها، انجام محاسبات، تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها، تحلیل و تفسیر اطلاعات و نتایج، تهیه پیش‌نویس مقاله

نویسنده دوم: استاد راهنمای پایان‌نامه، طراحی پژوهش، نظارت بر مراحل انجام پژوهش، بررسی و کنترل نتایج، اصلاح، بازبینی و نهایی‌سازی مقاله

نویسنده سوم: استاد مشاور پایان‌نامه، مشارکت در طراحی پژوهش، نظارت بر پژوهش، مطالعه و بازبینی مقاله

نویسنده چهارم: استاد مشاور پایان‌نامه، مشارکت در طراحی پژوهش، نظارت بر پژوهش، مطالعه و بازبینی مقاله

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

حامی مالی

این پژوهش حامی مالی ندارد

[1] Sarangi
[2] Chakraborty
[3] Choobari

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.61882/jgs.25.79.9]

منابع

حاتمی بهمن بیگلو، خداکرم؛ موحدی، سعید. (۱۳۹۵). شناسایی فصلی و ماهانه ابرناکی در ایران با بهره‌گیری از داده‌های فرآورده ابر سنجنده مودیس ماهواره ترا. *جغرافیا و توسعه*، ۵۰ (۱): ۲۳۰-۲۱۳،

رسولی، علی‌اکبر؛ جهانبخش، سعید؛ قاسمی، احمدرضا؛ (۱۳۹۳). بررسی ارتباط بین پارامترهای مهم ابر و بارش روزانه در ایران، *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، ۲۹(۱): ۲۳ –۴۲،

Baum, B., Menzel, W. P., Frey, R., Tobin, D., & Holz, R. (2012). MODIS cloud top property refinements for Collection 6. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 51, 1145–1163. https://doi.org/10.1175/JAMC-D-11-0203.1

Chakraborty, S., & Maitra, A. (2013). Interrelation between microphysical and optical properties of cloud and rainfall in the Indian region. Indian *Journal of Radio & Space Physics*, 42, 105–112. http://hdl.handle.net/123456789/17096

Choobari, A., & Gharaylou, M. (2017). Aerosol impacts on radiative and microphysical properties of clouds and precipitation formation. *Atmospheric Research*, 185(1), 43–64.

Curry, J. A., & Webster, P. J. (2011). Climate science and the uncertainty monster. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 92(12), 1667–1682. https://doi.org/10.1175/2011BAMS3139.1

Dim, J. R., Murakami, H. T., Nakajima, Y., Nordell, B., Heidinger, A. K., & Takamura, T. (2011). The recent state of the climate: Driving components of cloud-type variability. *Journal of Geophysical Research*, 116, 1–14.

Filipiak, J., & Mietus, M. (2009). Spatial and temporal variability of cloudiness in Poland, 1971-2000. *International Journal of Climatology*, 29, 1294–1311.

Halimi, M., Rezaei, M., Mohammadi, Ch., & Farajzadeh, M. (2017). Association between cloudiness and rainfall over Fars province in Iran. *Russian Meteorology and Hydrology*, 42, 671–676. https://doi.org/10.3103/S1068373917100077

Hatami Bahman Biglu, Kh., & Movahedi, S. (2016). Seasonal and monthly identification of cloudiness in Iran using MODIS Terra satellite cloud product data. *Geography and Development, 50*, 213–230. (In presiean)

Her, Y., Yoo, S. H., Cho, J., Hwang, S., Jeong, J., & Seong, C. (2019). Uncertainty in hydrological analysis of climate change: Multi-parameter vs. multi-GCM ensemble predictions. *Scientific Reports*, 9, Article 4974. https://doi.org/10.1038/s41598-019-41334-7

Jaswal, A. K. (2017). Variability and changes in cloud cover over India during 1951–2010. In Observed climate variability and change over the Indian Region (pp. 107–127). *Springer Singapore*.

Kumar, K. N., & Suzuki, K. (2019). Assessment of seasonal cloud properties in the United Arab Emirates and adjoining regions from geostationary satellite data. *Remote Sensing of Environment*, 228, 90–104. https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.04.024

Mehta, L., Srivastava, S., Adam, H. N., Bose, A. S., Ghosh, U., & Kumar, V. (2019). Climate change and uncertainty from 'above' and 'below': Perspectives from India. *Regional Environmental Change*, 19, 1533–1547. https://doi.org/10.1007/s10113-019-01479-7

Pan, B., Liu, D., Kumar, K., Wang, M., & LathaDevi, N. (2021). Global distribution of maritime low clouds with an emphasis on different aerosol types and meteorological parameters inferred from multi-satellite and reanalysis data during 2007–2016. *Atmospheric Environment*, 246(1), Article 118082. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.118082

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.61882/jgs.25.79.9]

Platnick, S., Meyer, K., King, M. D., Wind, G., Amarasinghe, N., Marchant, B., ... & Riedi, J. (2017). The MODIS cloud optical and microphysical products: Collection 6 updates and examples from Terra and Aqua. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 55, 502–525. https://doi.org/10.1109/TGRS.2016.2610522

Punay, J., & Perez, G. J. P. (2014). Evaluation of MODIS Cloud Product-derived rainfall estimates. In 35th Asian Conference on Remote Sensing 2014: *Sensing for Reintegration of Societies*.

Rasouli, A. A., Jahanbakhsh, S., & Qasemi, A. (2014). Investigating the relationship between important cloud parameters and daily precipitation in. *Geographical Research Quarterly*, 29(1), 23–42.. (In presiean)

Sarangi, C., Tripathi, S., Kanawade, V., Koren, I., & Sivanand, D. (2017). Investigation of the aerosol–cloud–rainfall association over the Indian summer monsoon region. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 17(1), 5185–5204. https://doi.org/10.5194/acp-17-5185-2017

Trenberth, K. E., & Fasullo, J. T. (2009). Global warming due to increasing absorbed solar radiation. *Geophysical Research Letters*, 36(7), 1–5. https://doi.org/10.1029/2009GL037527

Wenjing, Z., Ning, Z., & Jianning, S. (2014). Spatiotemporal variations of cloud amount over the Yangtze River Delta, China. *Journal of Meteorological Research*, 28(3), 371–380.

World Meteorological Organization. (2011). Weather extremes in a changing climate: Hindsight on foresight. ISBN: 978-92-63-11075-6.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.61882/jgs.25.79.9]