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

Estimation of relative humidity in Hormozgan province using MODIS products

Masihollah Mohammadi [1] | **Behrouz Sobhani** [2✉]

1. PhD student in Meteorology, University of Mohaghegh Ardabili,, Ardabil, Iran **Email:** masihmohamadi.2410@gmail.com
2. Corresponding author, Professor, Department of Meteorology, University of Mohaghegh Ardabili,, Ardabil, Iran. **Email**: Sobhani@uma.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received
2020/04/10
Received in revised
2021/01/15
Accepted
2021/02/14
Pre-Published
2021/02/14
Published online
2025/03/21

Keywords:
Relative Humidity,
Hormozgan Province,
Regional Algorithms,
MODIS Sensor.

ABSTRACT

Relative humidity is considered to be one of the most important climatic parameters and atmospheric phenomena. The purpose of the present study is to evaluate the regional algorithms for estimating relative humidity using remote sensing data in Hormozgan province. To this end, MOD05 and MOD07 products were employed to estimate total perceptible water, air temperature, and sea-level pressure Additionally, MOD35 was used for cloud verification, , resulting in the identification of 2190 cloudless images with 95% confidence level for analysis. radiosound data of Bandar Abbas ststion and synoptic stations Covering entire Hormozgan Province. were used to evaluate the results. The findings demonstrated high accuracy of the algorithms and experimental model, with acceptable R^2 and RMSE values between Modis product and ground data. These results align well with ground station measurements. The province's climate was determined to be semi-desert with a long warm season and a short cool period. Further analysis revealed a strong correlation between sea-level pressure and total perceptible water (TPW) with the region's topography. Maximum TPW and sea-level pressure values were recorded in coastal lowlands, while minimum values occurred in the highlands. Based on zoning maps, Hormozgan province can be divided into four regions based on relative humidity: from very dry conditions with less than 20% relative humidity in the highlands to humid areas with over 65% relative humidity along the coast.

Cite this article: Mohammadi, Masihollah., Sobhani, Behrouz. (2025). Estimation of relative humidity in Hormozgan province using MODIS products. Journal of Applied Researches in Geographical Sciences, 25 (76), 48-67.
DOI: http://dx.doi.org/10.61186/jgs.25.76.5

© The Author(s). Publisher: Kharazmi University
DOI: http://dx.doi.org/10.61186/jgs.25.76.5

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.61186/jgs.25.76.5]

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

Extended Abstract

Introduction

Humidity is said to be an important climatic element that significantly influences human activities and natural processes, particularly in arid and semi-arid regions. Traditional meteorological station measurements offer limited and localized information on air temperature and relative humidity, which restricts their applicability in certain weather and spatial conditions and lacks large-scale data. Recent advancements in remote sensing technology have provided new opportunities for more accurate estimation of humidity. This study aims to present a local algorithm for estimating relative humidity using the MODIS MOD05 and MOD07 data in Hormozgan province on cloudless days.

Material and Methods

Hormozgan province, located in the southern region of Iran, covers an area of 68,475.8 square kilometers. It is situated between the geographical coordinates of 25 degrees and 23 minutes to 28 degrees and 57 minutes north latitude, and 52 degrees and 41 minutes to 59 degrees and 15 minutes east longitude of the Greenwich meridian. It is bordered by Kerman province to the north and northeast, Sistan and Baluchestan province to the south, and Fars and Bushehr provinces to the west.

MODIS Sensor Data

To estimate relative humidity in this study, three datasets from the Terra MODIS sensor have been utilized: 1) cloud product (MOD35) for cloud testing, 2) MODIS rainwater product (MOD05) for water vapor estimation, and 3) MODIS product (MOD07) for surface pressure and air temperature estimation.

Extraction of Temperature and Humidity through Statistical Regression in MODIS Sensor Images

The first research on the use of statistical regression to derive atmospheric parameters was conducted in 1970 by Smith and Wolf. In the regression method, which is known as a computationally efficient method, to extract the vertical distribution of atmospheric temperature, humidity and ozone is used from satellite measurements, the predetermined statistical relationships between the flux density of the size radiation or modeled with their corresponding atmospheric profiles. In these methods, regression between temperature and humidity is performed using the flux density of radiation from CO2, vapor and absorption bands of these atmospheric compounds.

Ground Air Pressure

For this research, hydrostatic atmospheric equations and temperature and humidity profiles were employed to extract the surface pressure profile. These equations assume that the dominant vertical forces acting on the air parcel include gravitational force and vertical pressure gradient force, which are in equilibrium.

Results

Estimation of Atmospheric Temperature

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.61186/jgs.25.76.5]

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

The temperature fluctuations in Hormozgan province exhibit a clear distinction between the cold and hot periods. The cold season encompasses the months of September, January, and February, while the warm season prevails for a duration of 9 months, stretching from November to November. From a temperature perspective, Hormozgan province can be categorized into distinct zones. The temperature within the province never drops below 10 degrees Celsius above zero, with a notable rise as one ventures further south, particularly in the southeast. Even during the coldest days of the year, the temperature remains above 20 degrees Celsius.

Rainfall Estimation

The estimation of rainfall is conducted by extracting the amount of TPW rainwater using the infrared algorithm from the MODIS MOD05 product. The extracted data shows an average Root Mean Square Error (RMSE) of 2.7 mm and an average R2 value of 1.1. Based on the rainfall zoning map, the highest amount of rainwater in July is observed in the central and southeastern coasts of the province, specifically in Bandar Abbas, Minab, Sirik, and Jask, with a recorded value of 57 mm per square meter. On the other hand, the lowest amount of rainwater is found in the mountainous areas of Hajiabad city during January and February, with a measurement of 6 mm per square meter. The distribution pattern of TPW rainwater in the province can be attributed to the variation in roughness and the influence of different atmospheric systems that occur during different seasons.

Calculation of ground pressure

Based on the surface pressure maps obtained in Hormozgan province, it can be concluded that the altitude factor has the greatest impact on surface pressure. The maps reveal two low-pressure areas in the province, corresponding to the heights of the region. As we approach the shores and decrease in altitude, the pressure on the surface of the earth increases. For instance, the shores of Jask experience a pressure of 1005 hectopascals.

Calculation of relative humidity

The MODIS sensor recorded the highest humidity in July, reaching 85%, on the shores of the Persian Gulf. The lowest relative humidity, on the other hand, was recorded in June in the Hajiabad highlands. The seasonal dispersion of this parameter indicates that in the cold season, relative humidity is uniformly distributed throughout the province. However, in the warm season, with the establishment of high-pressure aspects, air moisture accumulates in a very thin layer close to the ground. As a result, the province can be divided into four regions in terms of moisture distribution**.**

Conclusion

According to the findings, the recorded air temperature has never dropped below 10 °C. Moreover, the ground pressure maps indicate a strong correlation between surface pressure and altitude, with pressure decreasing as altitude increases. The total precipitable water (TPW) recorded by the MODIS sensor demonstrates a significant correlation with distance and the air masses entering the province. Finally, by utilizing the data of these parameters, it is possible to determine the relative humidity of the air in Hormozgan province using an experimental relationship. The results highlight the close relationship between relative humidity and temperature as well as topography. In the south and southeast, where temperatures are lower compared to the east, relative humidity can exceed 65%, while in the highlands of the province, it remains below 20%.

.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.61186/jgs.25.76.5]

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

برآورد میزان رطوبت نسبی استان هرمزگان با استفاده از پردازش محصولات سنجنده مودیس

مسیح اله محمدی[۱]، بهروز سبحانی[۲]✉

۱ دانشجوی دکتری آب‌وهواشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. رایانامه: masihmohamadi.2410@gmail.com
۲. نویسنده مسئول، استاد گروه آب‌وهواشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. رایانامه: Sobhani@uma.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۳۹۹/۰۱/۲۲

تاریخ بازنگری:
۱۳۹۹/۱۰/۲۶

تاریخ پذیرش:
۱۳۹۹/۱۱/۲۶

تاریخ پیش انتشار:
۱۳۹۹/۱۱/۲۶

تاریخ انتشار آنلاین:
۱۴۰۴/۰۱/۰۱

کلیدواژه‌ها:
رطوبت نسبی،
استان هرمزگان،
الگوریتم‌های ناحیه‌ای،
سنجنده MODIS

چکیده

رطوبت نسبی یکی از پارامترهای مهم اقلیمی و پدیده‌های جوی محسوب می‌شود. هدف مطالعه حاضر ارزیابی الگوریتم‌های ناحیه‌ای در محاسبه مقدار رطوبت نسبی با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور در استان هرمزگان است. در این راستا از محصولات (MOD05 و MOD07) جهت برآورد مقدار آب قابل بارش، دمای هوا و فشار سطح زمین و از محصول (MOD35) جهت تست ابر استفاده شده که با انجام تست ابر حدود ۲۱۹۰ تصویر بدون ابر با درجه اطمینان ۹۵ درصد برای پردازش، شناسایی شدند. برای ارزیابی نتایج از داده‌های رادیوسوند ایستگاه بندرعباس و ایستگاه‌های سینوپتیک در سطح استان استفاده شد که نتایج بیانگر دقت بالای الگوریتم‌ها و مدل تجربی بکار برده شده است؛ به‌طوری‌که مقدار R2 و RMSE لایه‌های ثبت‌شده از سنجنده و داده‌های زمینی، قابل‌قبول بودند و هم‌خوانی مناسبی با اندازه‌گیری‌های ایستگاه‌های زمینی دارند. نتایج این پژوهش بیانگر این است که اقلیم استان یک در حالت نیمه بیابانی قرار دارد که داری یک‌فصل طولانی گرم و یک فصل کوتاه خنک است. فشار سطح زمین و مقدار آب قابل بارش TPW در این استان با توپوگرافی منطقه همبستگی بالای دارند. به‌طوری‌که بیشترین آب قابل بارش و فشار سطح زمین در مناطق پست جلگه‌ای ساحلی و کمترین آن‌ها در ارتفاعات استان ثبت شده است.

استناد: محمدی، مسیح اله؛ سبحانی، بهروز (۱۴۰۴). برآورد میزان رطوبت نسبی استان هرمزگان با استفاده از پردازش تصاویر سنجنده MODIS. تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۲۵ (۷۶)، ۶۷-۴۸.
http://dx.doi.org/10.61186/jgs.25.76.5

ناشر: دانشگاه خوارزمی تهران.

© نویسندگان.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.61186/jgs.25.76.5]

مقدمه

حاصل تعامل عوامل محلی و الگوهای گردشی در بلندمدت، نوع و حالت آرایش الگوهای رطوبتی هر پهنه جغرافیایی را تعیین می‌کند. آگاهی از پراکندگی مکانی رطوبت در پهنه‌های جغرافیایی، زمینه‌ساز برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری‌های درست محیطی است. رطوبت یکی از عناصر مهم اقلیمی است که آثار انکارناپذیری بر فعالیت‌های مختلف انسانی و فرایندهای طبیعی، بخصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌گذارد (فلاح قالهری و همکاران، ۱۳۹۴: ۲). افزایش یا کاهش رطوبت در یک ناحیه وابسته به انتقال رطوبت به داخل یا خارج از آن ناحیه به‌وسیله جریان‌های اتمسفری و گردش هوا به اشکال گاز یا مایع می‌باشد (کریمی و همکاران، ۱۳۹۰: ۲). بررسی سازوکار انتقال و شناسایی منابع تأمین رطوبت یک منطقه و شناخت مؤلفه‌های چرخه آب بر روی آن از موضوعات موردتوجه در علوم جوی می‌باشد (دوستکامیان و همکاران، ۱۳۹۴: ۳). اندازه-گیری‌های ایستگاه‌های هواشناسی، اطلاعات دمای هوا و رطوبت نسبی را به‌صورت گسسته و محدود (نقطه‌ای) فراهم می‌کنند (ویلمت و روبسون[1]، ۱۹۹۵: ۲۲۱)؛ که این امر باعث محدودیت استفاده در بعضی شرایط هوایی و مکانی و عدم پوشش منطقه‌ای در بزرگ‌مقیاس است (ژئو و همکاران[2]، ۲۰۱۶: ۱). پیشرفت‌های اخیر در فناوری سنجش‌ازدور پتانسیل جدیدی برای برآورد بهتر و دقیق‌تر رطوبت هوا فراهم آورده است. تاکنون مطالعات مختلفی بر داده‌های سنجش‌ازدور برای بررسی رطوبت هوا انجام شده است که در زیر به برخی از آن‌ها اشاره می‌کنیم. مرادی زاده و همکاران (۱۳۹۶) به بررسی رابطه بین دمای سطح خاک و رطوبت نزدیک به سطح در مرکز ایران پرداختند. در این راستا جهت تعیین مقدار رطوبت نزدیک به سطح زمین از روش Ratio و بر اساس داده‌های سنجنده MODIS استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که رابطه مستقیمی بین رطوبت نزدیک به سطح زمین و دمای سطح خاک وجود دارد. بدین معنا که با افزایش دمای سطح، رطوبت در نزدیکی زمین افزایش می‌یابد که علت آن افزایش تبخیر و تعریق است. رطوبت نزدیک به سطح زمین ارزیابی شده با روش Ratio حدود ۱/۱ گرم در کیلوگرم است و خطایی نسبی برآورد شده حدود ۶ درصد است. بیات و مشهدی زاده ملکی (۱۳۹۸) با استفاده از شیدسنج خورشیدی، سنجنده AIRS و رادیوسوندها مقدار TPW[3] سراسر ایران را موردبررسی قرار داده‌اند. در این پژوهش برای اعتبار سنجی داده‌های سنجنده AIRS از اندازه‌گیری شیدسنج خورشیدی استفاده شده است که همبستگی بین آن‌ها ۹۰ درصد بوده است. میانگین TPW اندازه‌گیری شده با شیدسنج خورشیدی و سنجنده AIRS به ترتیب برابر با ۹/۸ و ۱۰/۸ میلی‌متر است. بیشترین مقدار TPW در سواحل دریای عمان، خلیج‌فارس و دریای خزر و کمترین مقدار در داخل ایران و در بالای رشته‌کوه‌های زاگرس می‌باشد. مریخ پور و رحیم زادگان (۲۰۱۷a) با بهبود الگوریتم استخراج آب قابل بارش از تصاویر سنجنده AMSR2 مقدار TPW غرب ایران را برآورد کردند. آن‌ها با استفاده از درخشندگی باندهای ۱۸، ۲۳، ۳۶، ۸۹ گیگاهرتز در یک بازده زمانی یک ساله با در نظر گرفتن اثر آب داخل ابر، دمای سطح زمین، تراز ارتفاع زمین و شاخص گیاهی NDVA مقدار آب قابل بارش را به دست آوردند. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده بهترین دقت الگوریتم مربوط به تِرم توانی NDVI با ضریب همبستگی R2 ۰/۶۴ و مقدار خطایی RMSE ۳/۸۹۱ میلی‌متر محاسبه شد. کافمن و گائو[4] (۱۹۹۲) روشی جهت برآورد مقدار آب قابل بارش با استفاده از سنجش‌ازدور با بهره‌گیری از بازتابندگی خورشیدی از سطوح پرداختند. مبانی توسعه الگوریتم در این روش بر اساس گذردهی طیفی باند جذبی بخار آب ۰/۹۴۰ میکرومتر و اطراف باند غیر جذبی بخار آب ۱/۰۳ و ۰/۸۷ میکرومتر بود.گائو و کافمن (۲۰۰۳) با استفاده از کانال‌های مادون‌قرمز نزدیک سنجنده MODIS به ارزیابی مقدار بخار آب جوی پرداختند. تکنیک استفاده شده از نسبت کانال‌های جذبی ۰/۹۰۵، ۰/۹۳۶ و ۰/۹۴۰ میلی‌متر با کانال‌های پنجره جوی در ۰/۵۶۵ و ۱/۲۴ میلی‌متر استفاده می‌شود. نتایج پژوهش آن‌ها اثبات کرد که این نسبت‌ها تا حدودی اثرات تغییر بازتاب سطح با طول‌موج را حذف می‌کنند و منجر به انتقال آب جو می‌شوند. بنفونی همکاران[5] (۲۰۱۱) با استفاده از روش شبکه عصبی چندلایه و بر اساس دماهای درخشندگی حاصل از سنجنده AMSR-E به‌عنوان

1 Willmott and Robeson
2 Zhou et al
3 Total Precipitable Water Vapor
4 Kaufman and Gao
5 Bonafoni et al

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOI: 10.61186/jgs.25.76.5]

داده‌های ورودی و مقادیر بخار آب قابل بارش به‌دست‌آمده از ایستگاه‌های سازمان پیش‌بینی هواشناسی اروپا در شهرهای کومو و رم ایتالیا به‌عنوان داده‌های خروجی در روزهای فاقد ابر و در بازه زمانی ۲ ساله، بهینه‌سازی برآورد بخار آب قابل بارش را انجام دادند. در ارزیابی خروجی حاصل شده با ایستگاه‌های زمینی، مقدار خطای RMSE در شهرهای کومو و رم به ترتیب ۴ و ۳/۵ میلی‌متر به دست آمد. پرز - رامیرز[6] (۲۰۱۴) با ارزیابی مقادیر بخار آب قابل بارش به‌دست‌آمده از شبکه رباتیک هواویز در برابر مقادیر حاصل شده از ایستگاه‌های GPS، رادیوسوند و رادیومترهای ماکروویو مستقر در ۳ سایت اندازه‌گیری تابش جوی سازمان انرژی آمریکا به این نتیجه رسیدند که خطای به‌دست‌آمده در ارزیابی ایستگاه‌های GPS، رادیوسوند و رادیومترهای ماکروویو به ترتیب ۳/۸، ۴/۸ و ۷/۸ درصد می‌باشد ژئو و همکاران (۲۰۱۶) بر اساس دماهای درخشندگی در ۵ باند ۱۰/۱۰، ۱۸/۷، ۲۳/۸، ۳۶/۵ و ۸۹ گیگاهرتز در قطبیدگی‌های افقی و قائم حاصل از سنجنده چینی F-Y-3B الگوریتمی را توسعه دادند که مقادیر بخار آب قابل بارش در سطح زمین را برآورد می‌کند. در منطقه ژانگی چین در روزهای بدون ابر مقدار RMSE ۴/۳۹ میلی‌متر و خطای BIAS ۰/۳۶ میلی‌متر محاسبه شده و در روزهای ابری مقدار RMSE ۴/۸۴ و خطای BIAS ۰/۵۲ میلی‌متر به‌دست‌آمده و در مناطق دلانزدگید مغولستان و سنگاپور و در روزهای فاقد ابر مقادیر RMSE و BIAS در برآورد بخار آب قابل بارش به ترتیب ۴/۷۳ و ۰/۸۴ میلی‌متر محاسبه شده است. هدف از این مطالعه، ارائه الگوریتمی محلی جهت برآورد رطوبت نسبی از سنجنده MODIS بر روی سکوی Terra بر مبنای محصولات MOD05 و MOD07 در استان هرمزگان در روزهای فاقد ابر است. محصول MOD05 شامل مقادیر بخار آب قابل بارش حاصل از سنجنده MODIS در محدوده امواج مادون‌قرمز و مادون‌قرمز نزدیک و محصول MOD07 شامل مقادیر بخار آب، دما و فشار سطح زمین در محدوده امواج مادون‌قرمز در سراسر دنیا است. آموزش و ارزیابی دقت این الگوریتم، توسط TPW اندازه‌گیری شده در ایستگاه رادیوسوند بندرعباس و ایستگاه‌های سینوپتیک در محدوده استان برای لحظه گذر ماهواره Terra انجام شده است.

روش‌شناسی

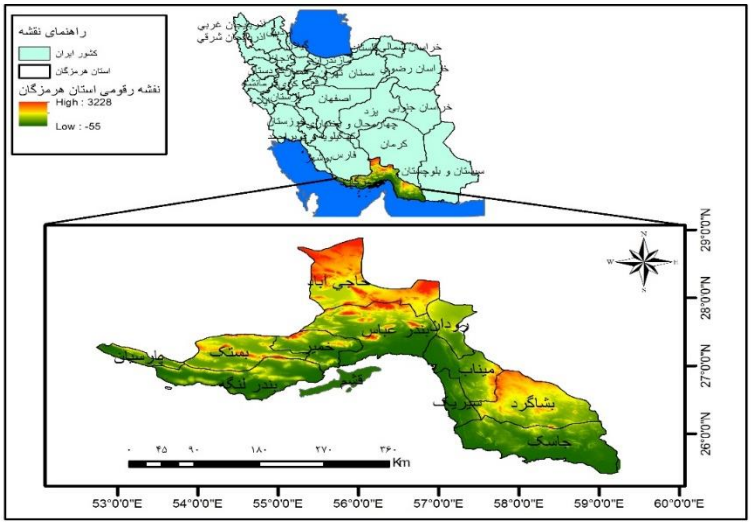
موقعیت منطقه موردمطالعه

استان هرمزگان با وسعت ۶۸۴۷۵/۸ کیلومترمربع در جنوب ایران در مختصات جغرافیایی ۲۵ درجه و ۲۳ دقیقه تا ۲۸ درجه و ۵۷ دقیقه عرض شمالی و ۵۲ درجه و ۴۱ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۱۵ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ واقع شده است. این استان از شمال و شمال شرقی با استان کرمان از جنوب با استان سیستان و بلوچستان و از غرب با استان‌های فارس و بوشهر همسایه است. بخش عمده‌ای از مساحت این استان را مناطق کوهستانی در برگرفته‌اند. کوه‌های این منطقه ادامه رشته‌کوه‌های زاگرس‌اند که به‌تدریج از شمال شرقی به جنوب شرقی امتداد می‌یابند. ادامه این رشته همراه با کاهش ارتفاع به تپه‌ماهورهای آهکی، گچی و شنی منتهی شده و به زمین‌های پست ساحلی خلیج‌فارس و دریای عمان متصل گردیده است. استان هرمزگان از مناطق گرم و خشک ایران است و اقلیم آن تحت تأثیر آب‌وهوای نیمه بیابانی و بیابانی قرار دارد هوای نوار ساحلی در تابستان‌ها بسیار گرم و مرطوب است و گاهی نیز دمای آن از ۵۲ درجه سانتی‌گراد تجاوز می‌کند. دمای متوسط سالانه این منطقه در حدود ۲۷ درجه سانتی‌گراد است.

6 Pérez-Ramírez et al

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.61186/jgs.25.76.5]



شکل (۱). موقعیت جغرافیایی منطقه موردمطالعه

داده‌های سنجنده MODIS

در این پژوهش از داده‌های سنجنده MODIS استفاده شده است. سنجنده MODIS یکی از پنج سنجنده مستقر بر روی ماهواره ترا می‌باشد که در ۱۸ دسامبر ۱۹۹۹ به فضا پرتاب شد (ایلدرمی و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۲۹). Terra MODIS هر یک یا دو روز یک‌بار از تمام سطوح زمین تصویربرداری کرده و داده‌ها را در ۳۶ باند طیفی اخذ می‌کند. باندهای سنجنده MODIS در حدودِ طیفی ۰/۴ تا ۱۴ میکرومتر با توان تفکیک ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ متری قرار دارد (حجازی و همکاران، ۱۳۹۳: ۵۰). در این مطالعه جهت تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی رطوبت نسبی از چند محصول سنجنده MODIS به‌قرار زیر استفاده شده است:

۱ - برای شناسایی پیکسل‌های فاقد ابر با احتمال بالاتر از ۹۵ درصد از محصول سطح دو MODIS با عنوان MOD35 باقدرت مکانی ۱ کیلومتر.

۲ - برای استخراج آب قابل بارش TPW از محصول (MOD05) در محدوده امواج مادون‌قرمز نزدیک باقدرت مکانی ۱ کیلومتر.

۳ - جهت استخراج دمای هوا و فشار سطح زمین از محصول (MOD07) در محدوده مادون‌قرمز با تفکیک مکانی ۵ کیلومتر.

بازده زمانی انتخابی در این پژوهش روزانه با بازده ۱۰ ساله از ۱ ژانویه ۲۰۰۹ تا ۳۱ دسامبر ۲۰۱۸ می‌باشد. درمجموع از هرکدام یک از محصولات حدود ۳۶۵۰ تصویر از سایت ناسا (https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/) دانلود شد که با انجام تست ابر با استفاده از نرم‌افزار Matlab2017 حدود ۲۱۹۰ تصویر بدون ابر برای پردازش برای محصولات (MOD05 و MOD07) شناسایی شد. در ادامه برای بهبود دقت این مدل‌ها و همچنین مدل‌سازی منطقه‌ای می‌توان از داده‌های رادیوسوند هم‌مکان با داده‌های تصویر استفاده نمود و مبنایی برای اندازه‌گیری دقیق‌تر این پروفایل‌ها از تصاویر MODIS به دست آورد.

روش محاسبه رطوبت نسبی

در این پژوهش جهت محاسبه رطوبت نسبی در پهنه استان هرمزگان از روابط تجربی و پارامترهای آب قابل بارش TPW، فشار سطح زمین و دمای نزدیک زمین که با استفاده از داده‌های سنجنده MODIS (که در بالا نحوه محاسبه آن‌ها آمده است) در بازده ۱۰ ساله استفاده شده است.

میزان رطوبت نسبی از رابطه زیر به دست می‌آید.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.61186/jgs.25.76.5]

$$RH = \frac{e}{e_s} \times 100$$ رابطه (۱)

که در این رابطه (e) نسبت فشار جزئی بخار آب در یک دما و (es) فشار اشباع بخار آب در همان دما می‌باشد (موسوی بایگی و اشرف، ۱۳۹۰: ۲۰۶). فشار جزئی بخار آب به فشار سطح و رطوبت ویژه بستگی دارد و فشار اشباع بخار آب به دمای هوا بستگی دارد (پنگ[۷] و همکاران، ۲۰۰۶: ۲۶۱).

e_s فشار بخار اشباع برحسب میلی بار است و تابعی از دمای هوا است و با رابطه زیر تعریف می‌شود (مو سوی بایگی و اشرف: ۱۳۹۰: ۳۲۲).

$$e_s = 33.8639[(0.00738\,\overline{T} + 0.8072)^8 - 0/000019\,(1.8\ \overline{T}\ + 48) + 0.0001316]$$ رابطه (۲)

در این رابطه$\overline{T}$ دمای متوسط هوا برحسب درجه سانتی‌گراد است.

فشار جزئی بخار آب (e) به فشار سطح زمینP_a و رطوبت ویژه بستگی دارد که با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌گردد.

$$e = Q \times P_a/0.622$$ رابطه (۳)

که در آن ۰/۶۲۲ نسبت وزن مول بخار آب در هوای خشک است.

در این پژوهش از آب قابل بارش کلی (TPW) و رطوبت ویژه ایستگاه‌های منطقه موردمطالعه، برای یافتن رابطه رگرسیونی پلی نومینال بین آن‌ها استفاده شده و با استفاده از ایستگاه‌های ارزیابی، بهترین ضرایب این رابطه برای استان هرمزگان به‌دست‌آمده است. رابطه پلی نومینال بین فراورده آب قابل بارش کلی (TPW) و رطوبت ویژه به‌صورت زیر است.

$$Q = 0.021 \times (-0.0745 \times TPW^2 + 1.753 \times TPW + 12.405) \times 0.1$$ رابطه (۴)

حال با استفاده از توان‌ها و ضرایب به‌دست‌آمده و فراورده آب قابل بارش کلی می‌توان رطوبت ویژه (Q) برای تمام پیکسل‌ها محاسبه نمود. سپس با استفاده از رطوبت ویژه محاسباتی، فراورده‌های فشار سطح MODIS و رابطه ۱، فشار جزئی بخار آب باقدرت تفکیک مکانی ۱ کیلومتر در ۱ کیلومتر به روش سنجش‌ازدور قابل‌محاسبه می‌باشد.

نتایج و بحث

برآورد دمای جوّ با استفاده از سنجنده MODIS

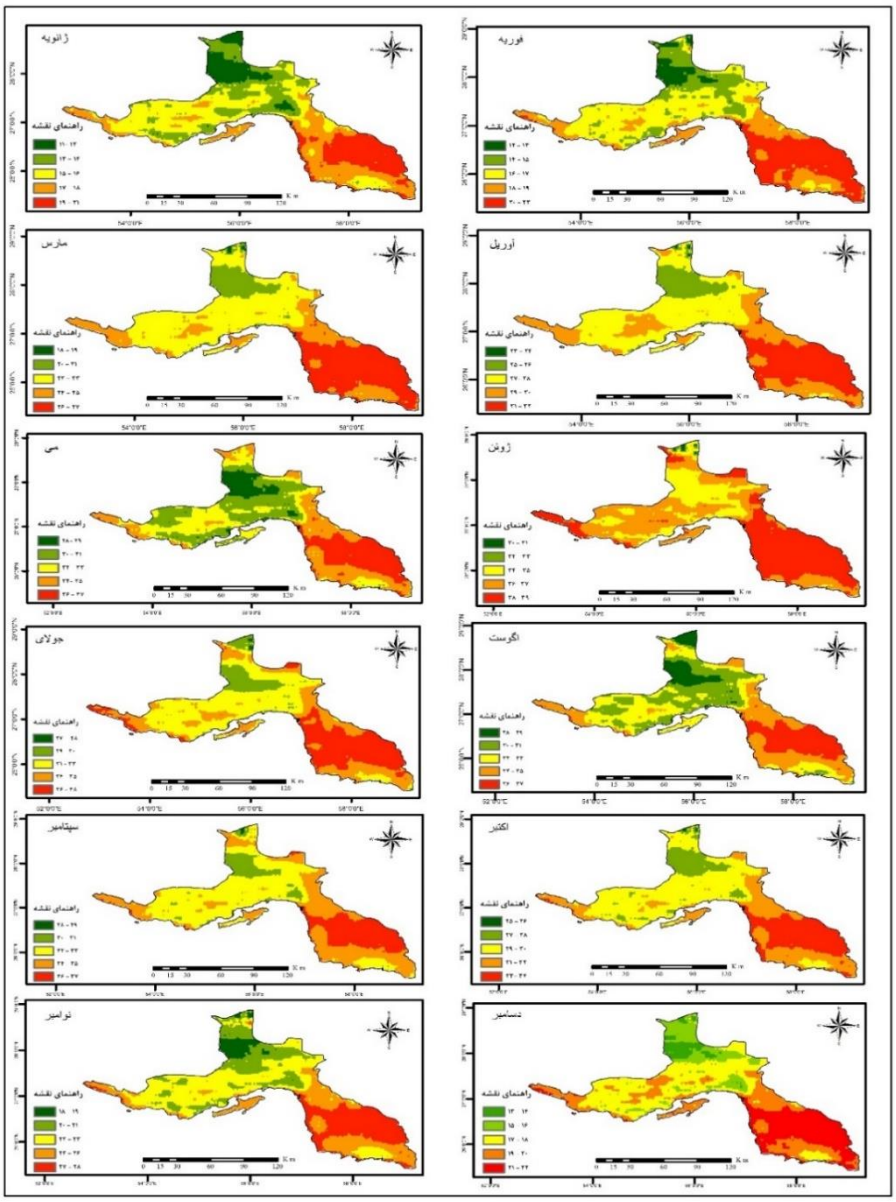
دمای اتمسفر معیار مهمی از شرایط آب و هوایی است (سبحانی و همکاران، ۱۳۹۷: ۲۲). این پارامتر یکی از مهم‌ترین عوامل کنترل مقدار بخار آب در جو می‌باشد. مقدار بخار آب جو با دمای آن رابطه مستقیمی دارد، به‌طوری‌که هر چه دما بالاتر رود، گنجایش رطوبت جوّ بیشتر می‌شود (کاویانی و علیجانی، ۱۳۸۸: ۲۰۶). امروزه علم سنجش‌ازدور قابلیت بالای در تخمین بزرگ‌مقیاس دمای هوا با استفاده از تصاویر دمای سطحی را داراست (محمدی و همکاران، ۱۳۹۷: ۱۳۲). جهت تهیه نقشه پهنه‌بندی دمای جوّ با استفاده از داده‌های سنجنده MODIS، تصاویر ۱۰ ساله محصول MOD07 سنجنده MODIS را در بازده ۱۰ ساله از ۱ ژانویه ۲۰۰۹ تا ۳۱ دسامبر ۲۰۱۸ از سایت (https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/) دانلود شد. سپس به‌منظور پیاده‌سازی مدل رگرسیون آماری ابتدا پیش‌پردازش‌های هندسی و رادیو متری بر روی تصاویر MOD07 صورت گرفت. همچنین به‌منظور اطمینان از عاری بودن تصاویر از ابر، آزمون ابر با MOD35 بر روی تصاویر صورت گرفت که در نهایت ۲۱۹۰ تصویر بدون ابر با درجه اطمینان ۹۵٪ برای پردازش شناسایی شد. در مرحله بعد از تصاویر انتخاب شده، دمای نزدیک زمین استخراج شد. برای اعتبار سنجی داده‌های سنجنده MODIS از داده‌های رادیوسوند بندرعباس از سایت دانشگاه وایومینگ (http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html) و داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک منطقه

7 - Peng

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.61186/jgs.25.76.5]

استفاده شد که ضریب تعیین R2 برابر با ۱/۸۷۲ و RMSE را برابر با ۴/۳۲۵ نشان می‌دهد. درنهایت بعد از اطمینان از نتایج برآورد دما نقشه‌های پهنه‌بندی دما برای استان هرمزگان تهیه گردید. با توجه به نقشه‌های تهیه شده شکل (۲).



شکل (۲). نقشه پهنه‌بندی دمای هوا در استان هرمزگان

دمای استان هرمزگان به دو دوره خنک و گرم تقسیم می‌شود. فصل خنک استان را می‌توان ماه‌های (سپتامبر، ژانویه و فوریه) دانست. این استان را در فصل خنک می‌توان به دو قسمت شمالی و جنوبی تقسیم کرد. ۱ - قسمت شمالی استان که شمال شهرستان حاجی‌آباد و قسمتی از شهرستان‌های رودان و بندرعباس می‌باشد این بخش عمده آن را رشته‌کوه‌های زاگرس در برگرفته است از شمال شرق به جنوب شرقی استان امتداد دارد. میانگین دمای ثبت‌شده توسط سنجنده MODIS در این منطقه ۱۱ تا ۱۴ درجه سانتی‌گراد است که در اوایل ماه مارس (اسفندماه) به ۱۸ درجه سانتی‌گراد می‌رسد. ۲ - قسمت‌های جنوبی استان که تپه‌های ماهور آهکی، گچی و شنی و زمین‌های پست ساحلی خلیج‌فارس و دریای عمان آن را پوشانده است که دمای این مناطق در فصل خنک بین ۱۸ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد است. در مجموع فصل خنک استان را این‌گونه می‌توان تعریف کرد که این فصل بین ۷۵ تا ۹۰ روز طول می‌کشد که دمای هوا بین ۱۱ درجه در نقاط کوهستانی

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOI: 10.61186/jgs.25.76.5]

شمال استان تا ۲۵ درجه نقاط پست ساحلی استان متغیر است. فصل گرم استان که مدت آن ۹ ماه از اوایل ماه مارس با استقرار پرفشار آزور تا ماه نوامبر ادامه دارد.

به طول کلی از نظر دمایی استان هرمزگان را می‌توان این‌گونه پهنه‌بندی کرد. از ویژگی‌های آب و هوایی استان هرمزگان، یک فصل طولانی گرم و یک فصل کوتاه خنک است. فصل گرم همراه با هوای شرجی ۹ ماه به درازا می‌کشد. فصل تابستان از اوایل اسفندماه شروع می‌شود؛ هوا رفته‌رفته رو به گرمی می‌رود تا این‌که گرما در تیر و مردادماه به اوج خود می‌رسد. فصل خنک آن همراه با خشکی نسبی هوا، در حدود ۳ ماه طول می‌کشد. این فصل از اوایل آذرماه شروع می‌شود و تحت تأثیر توده‌های هوای خنک غربی قرار می‌گیرد. دمای هوای این استان، در سردترین شب‌های سال، به‌ندرت به صفر درجه می‌رسد و در روزهای زمستانی، دمای آن معمولاً از ۱۰ درجه سانتی‌گراد بالای صفر پایین‌تر نمی‌آید.

برآورد آب قابل بارش

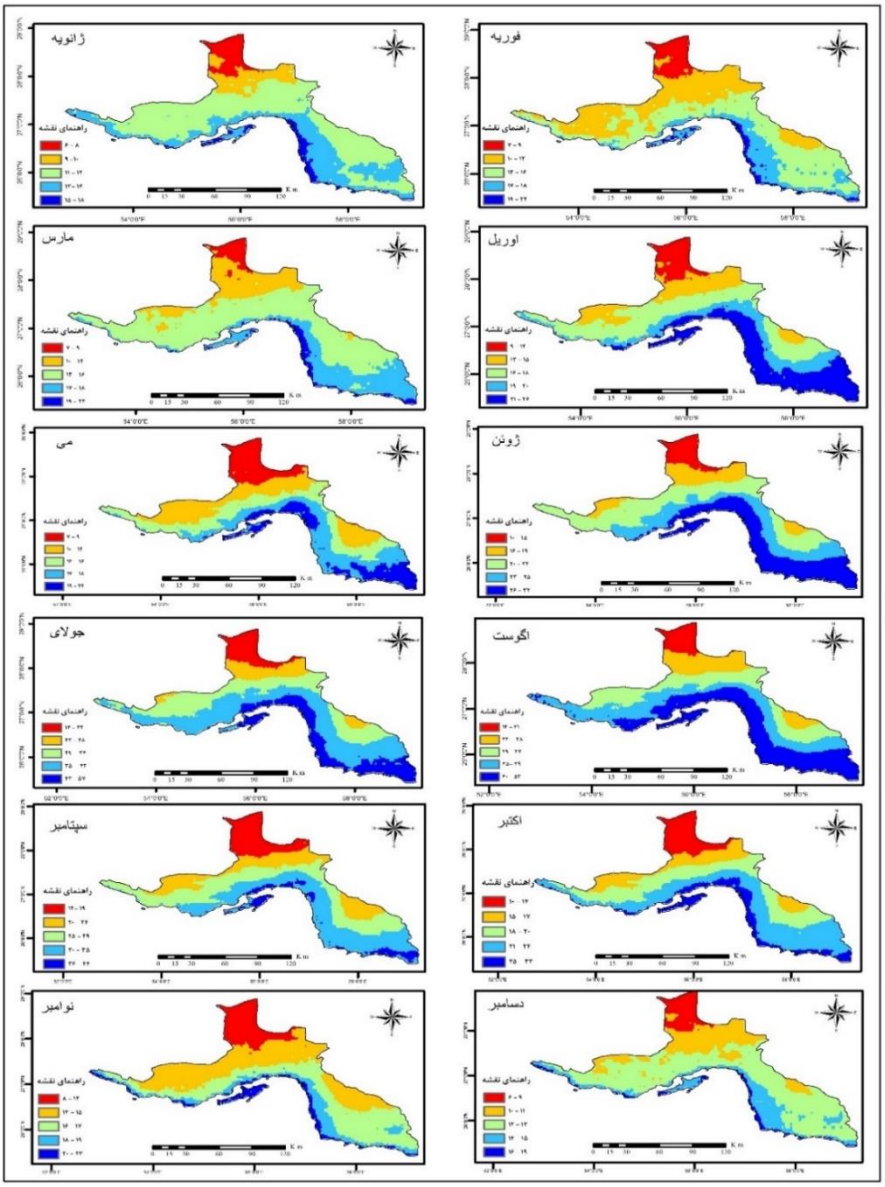
کل بخار آب موجود در ستونی از جوّ، از سطح زمین تا نقطه پایانی بخارآب در جو، بخارآب قابل بارش TPW گفته می‌شود (بیات و مشهدی زاده ملکی، ۱۳۹۸: ۲۰). این عنصر تحت تأثیر توپوگرافی و همچنین ارتفاع دچار تغییراتی می‌گردد (عساکره و دوستکامیان، ۱۳۹۴: ۷). تخمین دقیق TPW می‌تواند تأثیر زیادی در پیش‌بینی جوی و نیز برآورد میزان بارش و رواناب داشته باشد (مباشری و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۱۰). روش‌های مختلفی بر مبنایی داده‌های زمینی و داده‌های سنجش‌ازدور برای تخمین TPW ارائه شده است (مریخ پور و رحیم زادگان، ۱۳۹۷: ۳۲۸). استفاده از تصاویر ماهواره‌ای جهت سنجش مقدار آب قابل بارش دارای مزایای زیادی است از جمله: پوشش مکانی زیاد، به‌روز بودن اطلاعات، صرفه‌جویی در وقت و هزینه که باعث شده است کارشناسان را به سمت استفاده از تکنیک‌های سنجش‌ازدور سوق دهد. در این پژوهش برای انتخاب تصاویر مناسب تا حد ممکن سعی شده است که تصاویر MODIS بدون ابر انتخاب شود. برای این منظور آزمون ابر با MOD35 صورت گرفت و پیکسل‌های بدون ابر با درجه اطمینان بیش از ۹۵ درصد انتخاب شد. در مرحله بعد بر روی تصاویر عملیات پرداز تصویر شامل تصحیح اتمسفری و تصحیح هندسی انجام شد. سپس با استفاده از الگوریتم رگرسیون آماری (که در بالا شرح داده شد) مقدار آب قابل بارش TPW را از محصول MODIS MOD05 استخراج کردیم و برای ارزیابی دقت الگوریتم از داده‌های رادیوسوند ایستگاه بندرعباس که در ساعت Z ۰۰.۰۰ در سایت دانشگاه وایومینگ (http://weather.uwyo.edu/upperair/mideast.html) جمع‌آوری می‌شود، استفاده شده است. مقدار آب قابل بارش TPW استخراج شده با استفاده از الگوریتم مادون‌قرمز از محصول MODIS MOD05 به ترتیب دارای RMSE متوسط ۲/۷ و R2 متوسط ۱/۱ میلی‌متر است. بر اساس نقشه (۳) که مقدار آب قابل بارش استان هرمزگان را در طول سال نشان می‌دهد بیشترین مقدار آب قابل بارش در ماه جولای در سواحل مرکزی و جنوب شرق استان (بندرعباس، میناب، سیریک و جاسک) با ۵۷ میلی‌متر در مترمربع و کمترین مقدار آب قابل بارش در نواحی کوهستانی شهرستان حاجی‌آباد در ماه‌های ژانویه و فوریه با ۶ میلی‌متر در مترمربع قرار دارد. این نوع پراکندگی در آب قابل بارش TPW در پهنه استان را می‌توان در نحوه پراکندگی ناهمواری‌ها و ورود سیستم‌های مختلف اتمسفری در فصول مختلف به استان توجیه کرد. عواملی که به‌شدت بر نحوه پراکندگی آب قابل بارش (TPW) در پهنه استان تأثیر دارد عبارت‌اند از: ۱ ـ دوری و نزدیکی به توده‌های بزرگ آبی خلیج‌فارس و دریای عمان، همان‌گونه که شکل ۳ (نقشه پهنه‌بندی آب قابل بارش) نشان می‌دهد به ازا هر ۱۰۰ کیلومتر فاصله از دریا مقدار معینی (به‌طور متوسط در ماه‌های مختلف حدود ۸ میلی‌متر) کاهش می‌یابد. ۲ - عامل دیگری که به‌شدت بر میزان آب قابل بارش تأثیر می‌گذارد عامل توپوگرافی است. با پایش نقشه‌های پهنه‌بندی آب قابل بارش TPW در ماه‌های مختلف در استان می‌توان مشاهده کرد رشته‌کوه‌های بلندی که در پهنه استان وجود دارد مانع نفوذ رطوبت خلیج‌فارس و دریای عمان به قسمت‌های شمالی استان می‌گردد این عامل را می‌توان به‌طور واضح در قسمت مرکز و جنوب شرق استان که توپوگرافی کمتری دارند مشاهده کرد که رطوبت تا مسافت زیادی در خشکی‌های این مناطق نفوذ کرده است. ۳ ـ توده‌های مختلف هوا: اقلیم استان هرمزگان تحت تأثیر توده‌های مختلف هوا قرار دارد که در فصول گوناگون این استان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در فصل زمستان که فصل خنک استان است توده‌هواهای غربی به علت کاهش قدرت پرفشار

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.61186/jgs.25.76.5]

جنب‌حاره‌ای آزور وارد منطقه می‌شود که به علت گذر از روی اقیانوس اطلس و دریای مدیترانه با خود رطوبت را به منطقه به ارمغان می‌آورد و با توجه به نقشه‌های پهنه‌بندی آب قابل بارش TPW ماه‌های (ژانویه، فوریه و مارس)، می‌توان مشاهده کرد که مقدار آب قابل بارش در استان به جزء شهرستان حاجی‌آباد که در این ماه‌ها زیر نفوذ توده‌هواهای شمالی که از قسمت شمال آسیا وارد منطقه می‌شوند که باعث کاهش دما درنتیجه کاهش مقدار گنجایش هوا می‌گردند، تقریباً حالت یکنواخت دارند.

استان هرمزگان به علت استقرار در مجاورت منطقه حاره‌ای به مدت ۹ ماه تحت تأثیر پرفشار جنب‌حاره‌ای آزور قرار دارد. ضخامت این پرفشار از ۲۰۰ تا ۷۰۰ هکتوپاسکال گذارش شده است. علت عدم گسترش آن تا نزدیک سطح زمین گرمایش شدید سطح زمین به علت تابش آفتاب است؛ که سبب می‌شود در سطح زمین کم‌فشارهای حرارتی تشکیل شوند. این امر باعث تشکیل بادهای محلی بانام‌های (باد شرعی یا شرقی، باد لوارد و باد بحری) می‌شود که از بیابان‌های عربستان هوای گرم و خشک را به داخل استان می‌کشد و این توده‌ها با جذب رطوبت از آب‌های گرم خلیج‌فارس و دریای عمان به سواحل استان می‌رسد که به جهت غالب بودن سمت جنوب غربی باد سواحل مرکزی و جنوب شرقی استان از رطوبت بیشتری نسبت به سواحل جنوب غربی استان برخوردار است.



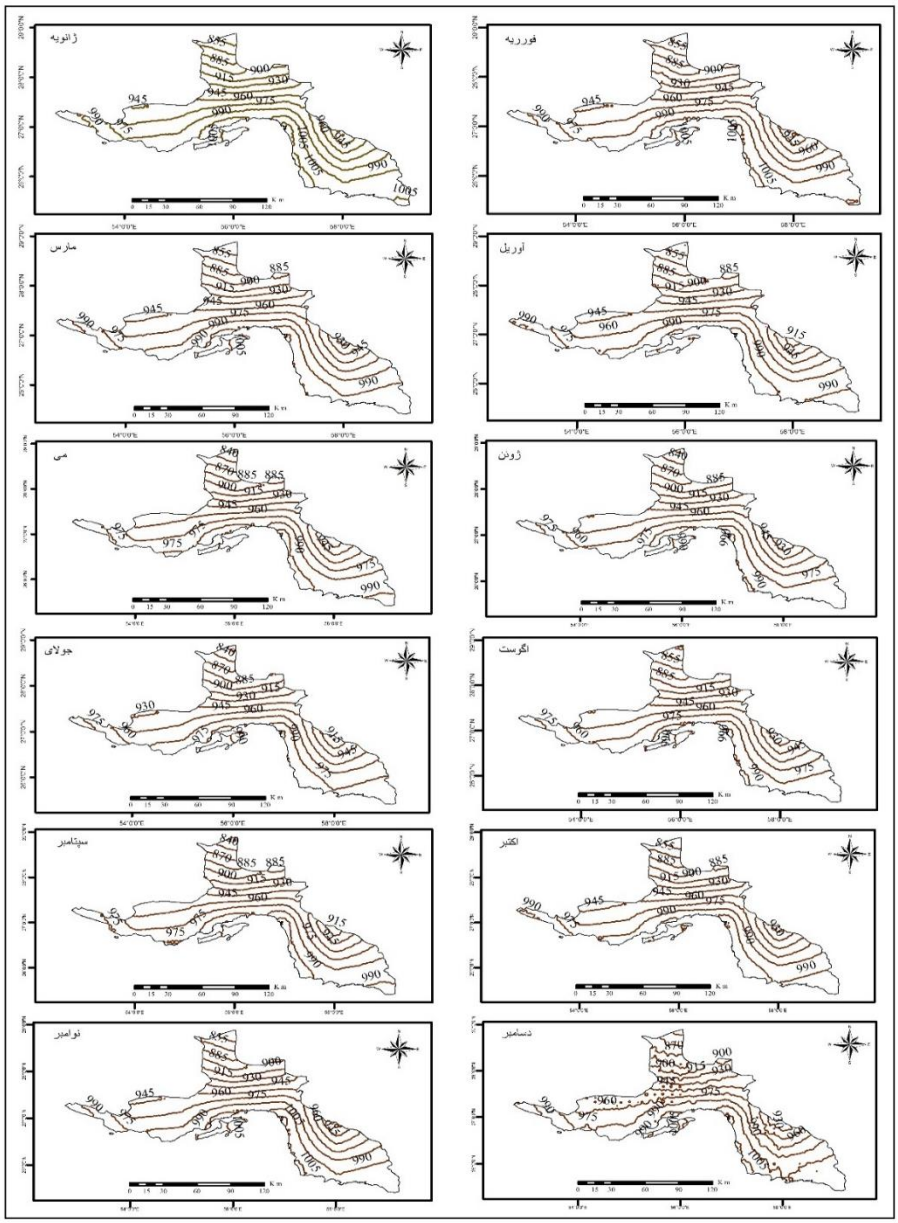
شکل (۳). نقشه پهنه‌بندی آب قابل بارش در استان هرمزگان

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.61186/jgs.25.76.5]

محاسبه فشار سطح زمین

فشار در سطح زمین برابر است با وزن ستونی از هوا به سطح مقطع واحد سطح که تا حد فوقانی جو ادامه دارد و بنابراین فشار به چگالی گازهای جو بستگی دارد. چگالی نیز به‌نوبه خود تحت تأثیر دمای گازها واقع می‌شود. این بستگی معکوس است، یعنی هر چه دما بیشتر باشد چگالی کمتر می‌شود (نوحی، ۱۳۷۳: ۳۹). از طرف دیگر تراکم هوا با افزایش ارتفاع کاهش می‌یابد یعنی با افزایش ارتفاع فشار هوا نیز کم شود (کاویانی و علیجانی، ۱۳۸۸، ۱۴۳). پس می‌توان گفت فشار تابعی از ارتفاع می‌باشد و به‌طور مستقیم فشار به ارتفاع نیز وابسته است (نوحی ، ۱۳۷۳: ۱۴). در این پژوهش جهت تعیین میزان فشار سطح زمین از روش جو هیدرو استاتیک استفاده شده است که معادلات آن با کمک پروفایل‌های دما و آب قابل بارش TPW سنجنده MODIS محاسبه گردیده است. برای ارزیابی مدل هیدرو استاتیک از داده‌های فشار سطح ایستگاه‌های هواشناسی موجود در استان در بازده ۱۰ ساله از سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۸ استفاده شد. در ارزیابی مدل، مقدار ضرایب همبستگی R2 و RMSE به‌طور متوسط به ترتیب ۰/۹۷۸ و ۳/۸۱۲ هکتوپاسکال محاسبه شدند. شکل (۴) نقشه پهنه‌بندی فشار سطح زمین با الگوریتم MODIS MOD07 و جوی هیدرو استاتیک را برای دوازده ماه سال نمایش می‌دهد.



شکل (۴). نقشه فشار سطح زمین در استان هرمزگان

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.61186/jgs.25.76.5]

از نقشه‌های فشار سطح زمین به‌دست‌آمده در پهنه استان هرمزگان طی دوازده ماه سال می‌توان این‌گونه استنتاج کرد که نقش عامل ارتفاع بیشترین تأثیر را بر روی فشار سطح زمین می‌گزارد همان‌طوری که این نقشه‌ها (شکل ۴) نشان می‌دهند در سطح استان دو منطقه کم‌فشار مطابق با ارتفاعات استان وجود دارد و با نزدیک شدن به سواحل و کاهش ارتفاع بر فشار سطح زمین افزوده می‌شود تا جایی که ما در سواحل جاسک فشار ۱۰۰۵ هکتوپاسکال را نیز داریم.

محاسبه رطوبت نسبی استان هرمزگان

در هر نقطه از جو آب به مقدار متفاوتی وجود دارد، ولی این آب معمولاً نامرئی و به شکل بخار است (نوحی ، ۱۳۷۳: ۴۵). در پژوهش حاضر از معیار ضریب تعیین (R2) و میانگین مربعات خطا (RMSE) بین رطوبت نسبی ۸ ایستگاه سینوپتیک استان با رطوبت نسبی به‌دست‌آمده از سنجنده MODIS برای این نقاط برای ارزیابی دقت رطوبت محاسبه شده استفاده شد که نتایج آن به‌صورت جدول زیر قابل مشاهده است

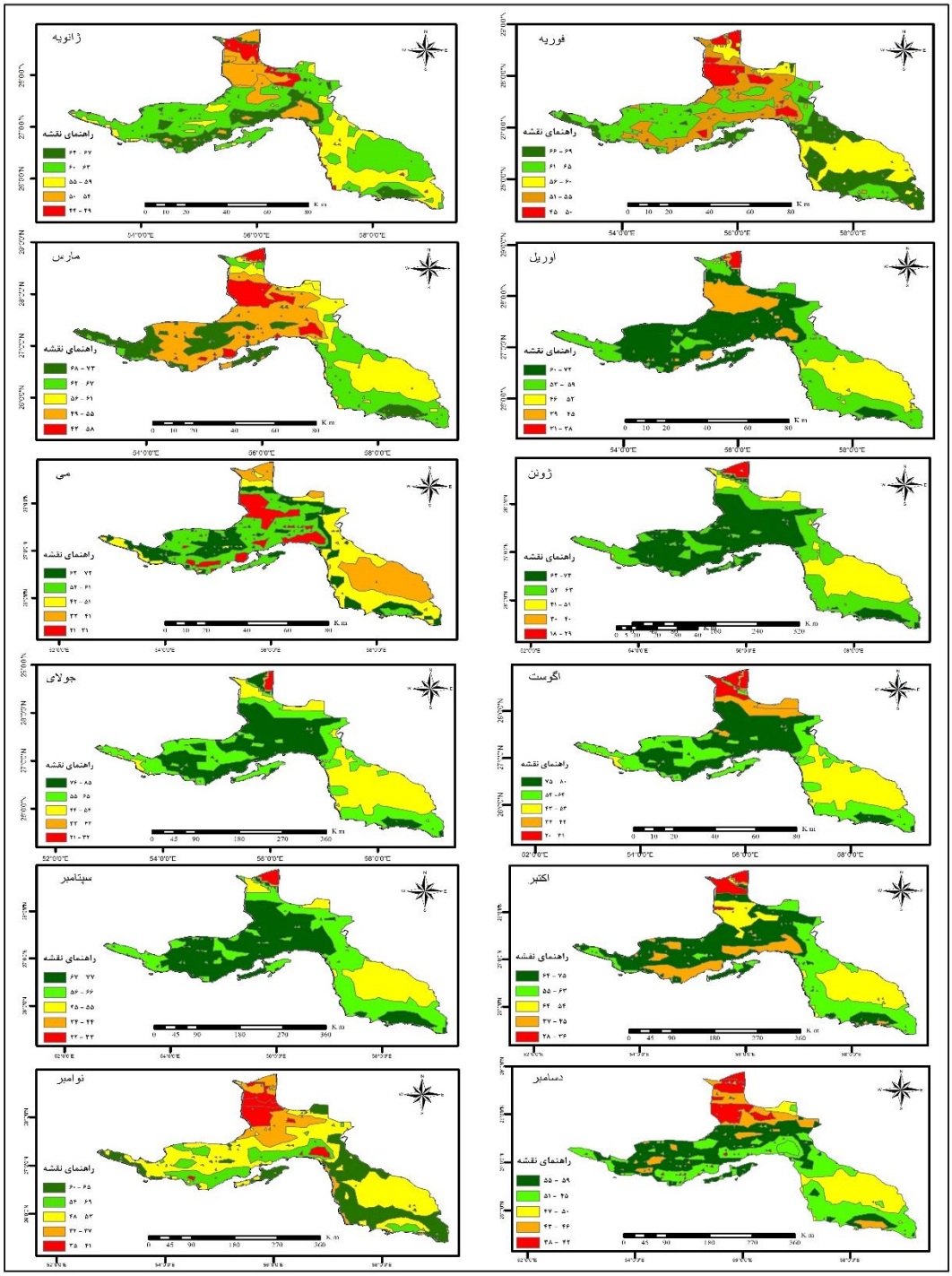
جدول (۱). نتایج ارزیابی مدل رطوبت نسبی

ایستگاه	رادان	میناب	قشم	کیش	بندر لنگه	بندرعباس	حاجی‌آباد	جاسک
RMSE	۳/۷۲	۲/۳۳	۴/۲۶	۴/۲۴	۲/۱۴	۱/۳	۶/۰۵	۴/۵۴
R2	۰/۱۳۸	۰/۵۳۹	۰/۳۷۶	۰/۱۳۵	۰/۲۴۲	۰/۵۰۱	۰/۷۶۳	۰/۸۷۱

از جدول (۱) که بیانگر قدرت سنجنده MODIS در برآورد رطوبت نسبی است و با توجه به نتایج به دست از آزمون داده‌ها و همبستگی بالا و خطای اندکی که دارند می‌توان با اطمینان از داده‌های سنجنده MODIS و روابط بالا جهت پهنه‌بندی استان هرمزگان (از نظر رطوبت نسبی با دقت مکانی ۱×۱ کیلومتر) استفاده کرد. با توجه به نقشه به‌دست‌آمده (شکل ۵) بیشترین رطوبت ثبت شده توسط سنجنده MODIS در ماه جولای با ۸۵ درصد در سواحل خلیج‌فارس و کمترین رطوبت نسبی ثبت شده مربوط به ماه ژوئن در ارتفاعات حاجی‌آباد ثبت شده است. با توجه به نقشه‌های پهنه‌بندی رطوبت نسبی که برای ۱۲ ماه سال برای استان هرمزگان تهیه شده می‌توان مشاهده کرد که بیشتر رطوبت نسبی در سواحل استان و کمترین رطوبت نسبی در ارتفاعات ثبت شده است و پراکندگی فصلی این پارامتر نشانگر آن است که در فصل خنک پراکنش رطوبت نسبی در پهنه استان حالت یکنواختی دارد. به‌طوری‌که در ماه‌های خنک سال (سپتامبر، ژانویه و فوریه) رطوبت نسبی به‌طور میانگین بین ۴۰ تا ۶۵ درصد در سطح استان پراکنده است. علت این امر را می‌توان در دو پارامتر دانست اولین پارامتر که بسیار تأثیرگذار بر رطوبت نسبی است عامل دمای هوا است که همان‌طور که در نقشه پراکندگی دما (شکل ۲) قابل‌مشاهده است دمای در سطح استان بین ۱۱ تا ۲۲ درجه سانتی‌گراد است. عامل دیگری که بر این پارامتر تأثیرگذار است توده‌های هوای مختلف است که در این فصل وارد استان می‌شوند و با خود رطوبت هوا را به‌کل استان وارد می‌کنند. با آغاز ماه مارس پرفشار جنب حاره آزور وارد استان شده و فصل گرم سال که به مدت آن ۹ ماه است شروع می‌شود. در فصل گرم با استقرار پرفشار جنب‌حاره‌ای رطوبت هوا در لایه بسیار نازک نزدیک سطح زمین جمع می‌شود. همان‌گونه که از نقشه‌های پراکنش رطوبت نسبی در فصل گرم (شکل ۵) می‌توان استنتاج کرد استان را می‌توان به ۴ منطقه تقسیم کرد ۱ ـ منطقه با رطوبت نسبی بالای ۶۵ درصد که این مناطق شامل شهرستان‌های بندر لنگه، بستک، بندر خمیر، قشم و بندرعباس است. ۲ ـ مناطقی با رطوبت بین ۵۰ تا ۶۵ درصد که این مناطق بیشتر شرق استان را در برمی‌گیرند که این مناطق با آنکه مقدار آب قابل بارش TPW بالاتری نسبت به منطقه اول داشتند (شکل ۴) ولی به دلیل دمای هوای بالاتر، هوا گنجایش بخار بیشتری دارد در نتیجه رطوبت نسبی آن کمتر شده است. ۳ ـ مناطقی که رطوبت نسبی آن‌ها بین ۴۰ تا ۵۰ درصد است. این قسمت شامل مناطقی کوهستانی کم ارتفاع است (شهرستان بشاگرد) و کوهپایه‌های کوهستان‌های مرتفع (شهرستان رودان و حاجی‌آباد) که از رطوبت دریا عمان و خلیج‌فارس دور هستند و دمای هوا نیز به‌شدت بالا می‌باشد که به این مناطق یک حالت نیمه بیابانی و بیابانی داده است. ۴ـ مناطق کوهستانی با ارتفاع بالا (ارتفاعات حاجی‌آباد) که رطوبت

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOI: 10.61186/jgs.25.76.5]

نسبی آن‌ها کمتر از ۴۰ درصد است و گاهی به زیر ۲۰ درصد هم می‌رسد. این مناطق به علت دوری از منابع آبی بزرگ و ارتفاع بالا و حاکم بودن پرفشار آزور در این استان که دما را به‌شدت بالا می‌برد حالت بیابانی دارد.



شکل (۵). نقشه میانگین رطوبت نسبی ثبت شده در استان هرمزگان

نتیجه‌گیری

رطوبت نسبی محاسبه شده با استفاده از سنجنده MODIS از اهمیت بالایی در کاربری‌ها و مطالعات متعدد برخوردار است. مقدار و نحوه توزیع این پارامتر در پهنه یک منطقه، تحت تأثیر شرایط محیطی مانند موقعیت زمانی و مکانی، توپوگرافی، پارامترهای سینوپتیکی و اقلیمی قرار دارد. برای بسیاری از مطالعات علمی و تصمیمات مدیریتی همچون کشت گونه‌های

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOI: 10.61186/jgs.25.76.5]

خاص گیاهی، مکان‌یابی برخی از صنایع، آسایش اقلیمی و برخی از زیرساخت‌های شهری مانند برق از اهمیت بالای برخوردار است. در پژوهش حاضر ابتدا با تهیه لایه‌های داده‌های (دمای هوا، آب قابل بارش کلی TPW و فشار سطح زمین) با کمک داده‌های سنجنده MODIS و ارائه مدل تجربی برای محاسبه رطوبت نسبی با استفاده از لایه‌های به‌دست‌آمده سعی شد پهنه استان هرمزگان از نظر مقدار رطوبت نسبی پهنه‌بندی گردد. برای ارزیابی نتایج از پارامترهای ضریب تعیین R2 و RMSE بین رطوبت نسبی مدل شده و اندازه‌گیری شده با استفاده از دستگاه‌های ایستگاه‌های سینوپتیک استفاده شده است. نتایج حاصل از پژوهش نشان می‌دهد که مقادیر ضریب تعیین R2 و RMSE برای رطوبت نسبی به ترتیب ۱/۳۷ و ۳/۸۲ برای داده‌های MODIS بوده است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش دمای هوا ثبت‌شده در استان با توجه به زمان گذر ماهواره (۹ تا ۱۱ صبح) هیچ زمانی زیر ۱۰ درجه سانتی‌گراد نبوده است و دمای هوا در برخی از روزهای جولای و اگوست بالای ۴۵ درجه سانتی‌گراد نیز رسیده است. فشار سطحی استان با توجه به نقشه‌های فشار سطح زمین (شکل ۴) با عامل ارتفاع همبستگی بالای دارد و با افزایش ارتفاع از فشار سطح کاسته می‌شود که کمترین فشار ثبت شده ۸۲۵ هکتوپاسکال در ماه ژوئن و اگوست در ارتفاعات حاجی‌آباد است. مقدار آب قابل بارش TPW ثبت شده توسط سنجنده MODIS بیانگر آن است که این پارامتر با دوری و نزدیکی و توده‌های هوای ورودی به استان همبستگی بالای دارد. بیشترین مقدار آب قابل بارش در جلگه‌های پست کنار دریای عمان و خلیج‌فارس در دوره‌ای اوج گرما (ماه ژوئن) با ۵۷ میلی‌متر ثبت شده است. درنهایت با در اختیار داشتن داده‌های این پارامترها می‌توان مقدار رطوبت نسبی هوا را در پهنه استان هرمزگان با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS با استفاده از رابطه تجربی (۱۳) تا (۱۶) که به آن اشاره شد به دست آورد. نتایج نشان می‌دهد که رطوبت نسبی با دما و توپوگرافی رابطه بسیار نزدیکی دارند به‌طوری‌که برخلاف مقدار آب قابل بارش کلی که در شرق استان درصد بالای دارد رطوبت نسبی در جنوب و جنوب شرق که نسبت به شرق دمای کمتری دارد بالای ۶۵ درصد می‌رسد و میزان رطوبت نسبی در ارتفاعات استان کمتر از ۲۰ درصد است. نتایج این بررسی با سایر پژوهش‌ها که توسط پنگ و همکاران (۲۰۰۶) در شبه‌جزیره مالزی انجام‌شده است بیانگر آن است که پژوهش قبلی در یک منطقه با هوای بسیار مرطوب و پهنه پوشیده از جنگل انجام‌شده که در آن مطالعه پهنه حالت تعادل داشته است ولی در استان هرمزگان که دارای شرایط ویژه اقلیمی (خشک تا بسیار مرطوب) است و با توجه به نبود پوشش گیاهی مناسب (جهت تعرق)، مقدار خطا R2 و RMES (طبق جدول ۱) که برای رطوبت نسبی به‌دست‌آمده می‌توان نتیجه گرفت لایه اطلاعاتی تولیدشده بسیار مناسب می‌باشد.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.61186/jgs.25.76.5]

منابع

ایلدرمی، علیرضا؛ حبیب نژاد روشن، محمود؛ صفری شاد، مهتاب؛ دلال اوغلی، علی. (۱۳۹۴). استفاده از تصاویر ماهواره‌ای MODIS و شاخص NDSI به‌منظور تهیه نقشه پوشش برف (مطالعه موردی حوضه آبخیز بهار)، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی فضایی جغرافیایی، ۱۵: ۱۴۰ – ۱۲۵.

بی. جی. رتالاک. (۱۳۷۳). هواشناسی عمومی، ترجمه، نوحی، احمد، انتشارات علمی و فرهنگی، چاپ دوم.

بیات، علی؛ مشهدی زاده ملکی، سعید. (۱۳۹۸). تحلیل همبستگی مکانی و زمانی بین بخار آب قابل بارش سنجنده AIRS و داده ۲۹ ایستگاه سینوپتیک ایران، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۹ (۵۳): ۳۲ ـ ۱۹.

تام استریسگوت و مایکل ای. من. (۱۳۹۷). مقابله با گرمایش جهانی فرین آب و هوایی، ترجمه سبحانی، بهروز؛ میکائیلی، خدیجه؛ محمدی، مسیح اله، انتشارات دانشگاه محقق اردبیلی، چاپ اول.

حجازی، سید عباس؛ مباشری، محمدرضا؛ مجیدی، داود. (۱۳۹۳). استفاده از تصویر ماهواره‌ای در محاسبه قابلیت دید افقی جو، نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، ۵ (۱۷): ۵۶ – ۴۷.

دوستکامیان، مهدی؛ محمدی بیگدلی، فرشته؛ کوهپایه‌ای، نواب. (۱۳۹۴). تحلیل تغییرات رطوبتی ماهانه جو ایران طی نیم‌قرن اخیر، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۵ (۳۹): ۱۵۲ – ۱۳۹.

عساکره، حسین؛ دوستکامیان، مهدی. (۱۳۹۴). بررسی نقش عوامل مکانی بر توزیع ـ پراکندگی پیشینه‌های آب قابل بارش جو ایران، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۵ (۳۶): ۲۴ ـ ۷.

فلاح قالهری، غلام عباس؛ اسدی، مهدی؛ داداشی رودباری، عباس علی. (۱۳۹۴). تحلیل فضایی پراکنش رطوبت در ایران، پژوهش-های جغرافیایی طبیعی، ۴۷ (۴): ۶۵۰ – ۶۳۷.

کاویانی، محمدرضا؛ علیجانی، بهلول. (۱۳۸۸). مبانی آب و هواشناسی، انتشارات سمت، چاپ پانزدهم.

کریمی، مصطفی؛ فرج زاده، منوچهر. (۱۳۹۰). شار رطوبت و الگوهای فضایی – زمانی منابع تأمین رطوبت بارش‌های ایران، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۲۲ (۱۹): ۱۲۷ – ۱۰۹.

مباشری، محمدرضا؛ پور باقر کردی، سید مهدی؛ فرج زاده اصل، منوچهر؛ صادقی نائینی، علی. (۱۳۸۹). برآورد آب قابل بارش با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای MODIS و داده‌های رادیوساوند: ناحیه تهران، فصل‌نامه مدرس علوم انسانی، ۱۴: ۱۲۶ ـ ۱۰۷.

محمدی، چنور؛ فرج زاده، منوچهر؛ قویدل رحیمی، یوسف؛ علی اکبربیدختی، عباسعلی. (۱۳۹۷). تخمین دمای هوا بر اساس پارامترهای محیطی با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی،۱۸ (۴۸): ۱۳۱-۱۵۲.

مردای زاده، مینا؛ مومنی، مهدی؛ سراچیان، محمدرضا. (۱۳۹۶). بررسی رابطه بین دما سطحی و رطوبت نزدیک به سطح در مرکز ایران، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۲۸ (۳): ۶۸ – ۵۹.

مریخ پور، محمدحسین، رحیم زادگان، مجید. (۱۳۹۷). ارزیابی و مقایسه کارایی الگوریتم بخار آب قابل بارش جو MODIS و AMSR2 در سطح خشکی در نیمه غربی ایران، تحقیقات منابع آب ایران، ۴: ۳۳۸ ـ ۳۲۷.

موسوی بایگی، محمد؛ اشرف، بتول. (۱۳۹۰). هوا و اقلیم‌شناسی در کشاورزی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، چاپ دوم.

هاریس رابیت باریز. (۱۳۷۷). هواشناسی عمومی، ترجمه بنی هاشم، تاج‌الدین، حاجبی، بهروز، بهروزیان، علیرضا، مرکز نشر دانشگاهی، چاپ اول.

Bonafoni, S., Mattioli,V., Basili,P., Ciotti.P. (2011). Satellite-based retrieval of precipitable water vapor over land by using a neural network approach. IEEE transactions on geoscience and remote sensing 49(9): 3236-3248. doi: 10.1109/TGRS.2011.2160184

Gao B and Kaufman Y. (2003). Water vapor retrievals using Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) near-infrared channels. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, Wiley Online Library 108(D13). doi.org/10.1029/2002JD003023

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.61186/jgs.25.76.5]

Kaufman. Y. J, and Gao. B. C. (1992). Remote sensing of water vapor in the near IR from EOS/MODIS, IEEE Transaction on Geosciences and Remote Sensing, vol. 30, 871–884. DOI: 10.1109/36.175321

Merrikhpour MH and Rahimzadegan M. (2017). Improving the algorithm of extracting regional total precipitable water vapor over land from MODIS images. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 55(10). DOI: 10.1109/TGRS.2017.2716414

NASA Website. (2016). Available at: https://ladsweb.nascom.nasa.gov.

Peng, G., Li, J., Chen, Y., Norizan, A. P., & Tay, L. (2006). High-resolution surface relative humidity computation using MODIS image in Peninsular Malaysia. Chinese Geographical Science, 16(3), 260-264. doi 10.1007/s11769-006-0260-6

Pérez-Ramírez, D. (2014). Evaluation of AERONET precipitable water vapor versus microwave radiometry, GPS, and radiosondes at ARM sites. Journal of Geophysical Research: Atmospheres 119(15): 9596-9613. doi.org/10.1002/2014JD021730

Willmott, C. J., & Robeson, S. M. (1995). Climatologically aided interpolation (CAI) of terrestrial air temperature. International. Journal of Climatology, 15, 221–229. doi:10.1002/joc.3370150207

Wyoming University Website (2016) Radiosonde data. http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html

Zhou, F.-C., Song, X., Leng, p.,Wu,H. (2016). An Algorithm for Retrieving Precipitable Water Vapor over Land Based on Passive Microwave Satellite Data. Advances in Meteorology. (14):1-11. doi: 10.1155/2016/4126393

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.61186/jgs.25.76.5]