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

The effect of climatic variables on vegetation indices (Case study: Orange orchards in Hassan Abad, Darab County)

Ali Hashemi[1] | **Hojjatollah Yazdanpanah**[2]✉ | **Mehdi Momeni Shahraki** [3]

1. PhD Candidate of Climatology, Department of Physical Geography, Faculty of Geographical Sciences and Planning, University of Isfahan, Isfahan, Iran. **E-mail: A.hashemi2010@yahoo.com**
2. Corresponding author, Associate Professor of Climatology, Department of Physical Geography, Faculty of Geographical Sciences and Planning, University of Isfahan, Isfahan, Iran
E-mail: h.yazdanpanah@geo.ui.ac.ir
3. Associate Professor of Remote Sensing, Faculty of Civil Engineering and Transportation, University of Isfahan, Isfahan, Iran. **E-mail: momeni@eng.ui.ac.ir**

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received
2021/04/15
Received in revised
2021/07/03
Accepted
2021/07/05
Published
2021/07/12
Published online
2024/01/21

Keywords:
Climate variables,
Bayesian regression,
artificial neural network,
ARMAX.

ABSTRACT

This research study aims to investigate the effect of climatic variables, specifically precipitation, temperature, and humidity, on changes in vegetation indices of orange orchards in Hassan Abad, Darab County, using satellite data. Consequently, observational data, including orange tree phenology data and meteorological data from the agricultural weather station, were collected over a period of more than 10 years (2006 to 2016). MODIS images from 2006 to 2016 were referenced based on territorial data and 1:25000 maps from the Iran National Cartographic Center. These images were used to calculate remote sensing vegetation indices, namely the normalized difference vegetation index (NDVI) and enhanced vegetation index (EVI). The results demonstrated that the variables of maximum humidity, minimum temperature, and precipitation have a significant positive effect on the NDVI variable. Additionally, the variables of maximum temperature and minimum humidity have a significant negative effect on both the NDVI and EVI. To determine the significance of each independent variable in predicting the dependent variables, the artificial neural network method was employed. The findings showed that the climatic elements of precipitation, minimum temperature, maximum temperature, minimum humidity, and maximum humidity had the greatest effect on EVI, with values of 0.39, 0.3, 0.13, 0.1, and 0.06 respectively. Moreover, the effect of these variables on the NDVI index is equal to their coefficients, which are 0.2, 0.28, 0.22, 0.11, and 0.17 respectively. Finally, the ARMAX regression method was used to improve the explanatory power of the model. The results indicated that this method enhanced the explanatory power of the model and reduced the forecasting error.

Cite this article: Hashemi,Ali., Yazdanpanah, Hojjatollah., Momeni, Mehdi (2025). Studying the effect of climatic variables on vegetation indices (Case study: Orange orchards in Hassan Abad, Darab County). *Journal of Applied Researches in Geographical Sciences*, 75 (24), 254-272. DOI: http://dx.doi.org/10.61186/jgs.24.75.17

© The Author(s). Publisher: Kharazmi University.
DOI: http://dx.doi.org/10.61186/jgs.24.75.17

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOI: 10.61186/jgs.24.75.17]

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

Extended Abstract

Introduction

The southeastern region of Fars province is widely recognized as a significant hub for citrus cultivation within the country. It covers extensive areas of cultivable land in this province. Due to the crucial role of citrus cultivation in meeting the nation's food requirements and its substantial impact on the regional economy, strategic planning regarding the phenological information of citrus fruits in this area holds the potential to address numerous challenges within the agricultural sector of eastern Fars province. Understanding the phenological status of citrus plants in relation to climatic fluctuations within citrus orchards can significantly contribute to the planning and management of these fluctuations, ultimately fostering the development of the agricultural sector in the province. While previous studies have employed similar methodologies, this research aims to highlight three distinct methods for investigating this issue. Recognizing the profound influence of climatic variations on plant phenology and acknowledging the pivotal role this understanding can play in agricultural planning and management, this study approaches the matter from a fresh perspective and methodological approach. Thus, the objective of this research is to explore the relationship between the dependent variables EVI and NDVI and the independent variables of minimum humidity, maximum humidity, minimum temperature, maximum temperature, and precipitation using a Bayesian regression approach.

Material and Methods

In this study, the utilization of MODIS satellite images from 2015 to 2016 aligns with the stated objectives. These images were acquired at 10-day intervals. Moreover, 1:25000 maps from the Iran Mapping Organization were employed for ground reference purposes. To complement the satellite data, historical climate data, encompassing maximum temperature, minimum temperature, maximum and minimum daily humidity, and rainfall during key phenological stages over a period of ten agricultural years, were obtained from the Hasan-Abad Darab agricultural meteorological station on a daily basis throughout a statistical period of ten years (2006-2016). This research aims to investigate two widely used and significant remote sensing indicators for assessing vegetation health and condition. Additionally, artificial neural networks, Bayesian regression, and ARMAX regression methods were utilized to analyze and interpret the impacts of climate fluctuations on vegetation indicators. The selection rationale for each method is subsequently discussed briefly.

Results and Discussion

To compute the aforementioned coefficients, the Gibbs algorithm was employed in 30,000 simulations. Among these, 10,000 initial simulations were disregarded, and the average of the remaining 20,000 simulations was considered as the coefficients for the regression model. As indicated by the regression outcomes presented in Table (1), all variables demonstrate a significant impact on the EVI variable, as their probability values (P-values)

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

[DOI: 10.61186/jgs.24.75.17]

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

are less than 0.05. Specifically, the variables of maximum humidity, minimum temperature, and precipitation exhibit a significant positive effect on the EVI variable. Conversely, the variables of maximum temperature and minimum humidity display a significant negative effect on the dependent variable EVI. In summary, Bayesian regression analysis suggests that climatic variables such as maximum humidity, minimum temperature, and precipitation are responsible for the observed variations in the vegetation index within the orange orchards of the study area. In other words, for each unit increase in these variables during the period (2006-2016), the EVI also experiences a corresponding increase. However, the variable of maximum temperature demonstrates an inverse relationship; as maximum temperature increases, EVI values decrease.

Conclusion

On a global scale, there exists a close relationship between vegetation indicators and climate variables. Understanding this correlation and investigating the effects of climatic parameters on vegetation can have a significant impact on agricultural planning and management. The primary aim of this study was to utilize linear regression and neural network models to identify the most influential climatic factors that affect changes in vegetation indices within the study area over a period of ten years (2006-2016). In addition to employing ARMAX linear regression, this study also utilized Bayesian regression, which, unlike most previous research, incorporates prior distribution information in combination with the researcher's data to elucidate the role of climatic variables. The strength of this approach distinguishes the present study from past studies. Based on the findings of this research, it was observed that maximum humidity, minimum temperature, and precipitation have a significant positive effect on the NDVI variable. Conversely, maximum temperature and minimum humidity demonstrate a significant negative effect on both the dependent variables NDVI and EVI. These results are consistent with previous research conducted by Moradian et al. (2019), Kong et al. (2018), and Makram et al. (2016). In order to determine the importance of each independent variable in predicting the dependent variables, the artificial neural network method was employed. The results indicate that precipitation (0.39), minimum temperature (0.3), maximum temperature (0.13), maximum humidity (0.1), and minimum humidity (0.06) have the most significant impact on EVI. Furthermore, significant precipitation (0.2), minimum significant temperature (0.28), maximum significant temperature (0.22), maximum significant humidity (0.17), and minimum significant humidity (0.11) exert the greatest influence on NDVI.

Keywords: Climate variables, Bayesian regression, artificial neural network, ARMAX.

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

[DOI: 10.61186/jgs.24.75.17]

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

بررسی تأثیر متغیرهای اقلیمی بر شاخص‌های پوشش گیاهی (موردمطالعه: باغات پرتقال حسن‌آباد داراب)

علی هاشمی[۱]، حجت‌الله یزدان‌پناه[۲]✉ ، مهدی مومنی شهرکی[۳]

۱. دانشجوی دکتری آب و هواشناسی کشاورزی، گروه جغرافیایی طبیعی، دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران. رایانامه: A.hashemi2010@yahoo.com

۲. نویسنده مسئول، دانشیار آب و هواشناسی کشاورزی، گروه جغرافیایی طبیعی، دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه‌ریزی محیطی دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران. رایانامه: h.yazdanpanah@geo.ui.ac.ir

۳. دانشیار سنجش‌ازدور، گروه مهندسی نقشه‌برداری، دانشکده مهندسی عمران و حمل‌ونقل، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران. رایانامه: momeni@eng.ui.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۰/۰۱/۲۶

تاریخ بازنگری:
۱۴۰۰/۰۴/۱۲

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۰/۰۴/۱۴

تاریخ انتشار:
۱۴۰۰/۰۴/۲۱

تاریخ انتشار آنلاین:
۱۴۰۲/۱۱/۰۱

کلیدواژه‌ها:
آرماکس،
رگرسیون بیزی،
شبکه عصبی مصنوعی،
متغیرهای اقلیمی.

چکیده

هدف از پژوهش حاضر بررسی رابطه متغیر اقلیمی بارش، دما و رطوبت بر تغییرات شاخص‌های پوشش گیاهی باغات پرتقال حسن‌آباد داراب با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای می‌باشد. بدین منظور داده‌های مشاهداتی، شامل داده‌های فنولوژی درخت پرتقال و داده‌های هواشناسی در بازه زمانی ده‌ساله (۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵) مربوط به ایستگاه هواشناسی کشاورزی حسن‌آباد داراب جمع‌آوری‌شده است. تصاویر سنجنده مودیس برای سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵ با توجه به داده‌های زمینی و نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری زمین مرجع شدند. این تصاویر برای محاسبه شاخص‌های پوشش گیاهی سنجش‌ازدوری شامل شاخص تفاضلی نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI)، شاخص وضعیت پوشش گیاهی (EVI) استفاده گردید. نتایج نشان داد که متغیرهای حداکثر رطوبت، حداقل دما و بارش دارای تأثیر مثبت معنی‌دار بر متغیر NDVI هستند. به‌علاوه متغیرهای حداکثر دما، حداقل رطوبت دارای تأثیر منفی معنی‌دار بر متغیر وابسته NDVI و EVI هستند. به‌منظور تعیین اهمیت هریک از متغیرهای مستقل در پیش‌بینی متغیرهای وابسته از روش شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد. یافته‌ها نشان داد که عناصر اقلیمی بارش، حداقل دما، حداکثر دما، حداقل رطوبت و حداکثر با مقادیر به ترتیب (۰/۳۹، ۰/۳، ۰/۱۳، ۰/۱ و ۰/۰۶) بیشترین تأثیر را بر EVI دارند. به‌علاوه تأثیر این متغیرها بر شاخص NDVI به ترتیب ضرایب آن‌ها (۰/۲، ۰/۲۸، ۰/۲۲، ۰/۱۱ و ۰/۱۷) می‌باشد. در نهایت به‌منظور افزایش قدرت توضیح دهندگی مدل از روش رگرسیون ARMAX استفاده شد. نتایج نشان داد استفاده از این روش منجر به افزایش قدرت توضیح دهندگی مدل، کاهش خطای پیش‌بینی می‌گردد.

استناد: هاشمی، علی؛ یزدان‌پناه، حجت‌الله؛ مومنی شهرکی، مهدی (۱۴۰۳). بررسی تأثیر متغیرهای اقلیمی بر شاخص‌های پوشش گیاهی (موردمطالعه: باغات پرتقال حسن‌آباد داراب). *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۷۵ (۲۴)، ۲۷۲-۲۵۴.
http://dx.doi.org/10.61186/jgs.24.75.17

CC BY NC

ناشر: دانشگاه خوارزمی تهران. © نویسندگان.

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

[DOI: 10.61186/jgs.24.75.17]

مقدمه

اکوسیستم‌ها در مناطق خشک، نیمه‌خشک و نیمه مرطوب معمولاً ناپایدار بوده و به‌ویژه در برابر تغییرات محیطی ازجمله تغییرات آب‌وهوا، بیابان‌زایی و فرسایش خاک آسیب‌پذیر هستند (ژو[1] و همکاران، ۲۰۱۹.، لیو[2] و همکاران، ۲۰۱۸: ۱۴۵.، سان[3] و همکاران، ۲۰۱۵: ۸۸). در این میان مفهوم آب‌وهوا به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی که با پراکنش گیاهان و پوشش گیاهی ارتباط زیادی دارد (فرج زاده و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۰۷.، کرمپور و همکاران، ۱۳۹۴: ۴۸-۴۱). ارتباط بین تغییرات اقلیمی و پوشش گیاهی اولین بار در سال ۱۹۳۶ توسط کوپن مطرح گردید و انواع اقلیم بر پوشش گیاهی را بر اساس دما و بارش را معرفی کرد (ابراهیمی خوسفی و همکاران، ۱۳۹۸: ۴۱). با توجه به اینکه متغیرهای اقلیمی در طول زمان تغییر می‌کنند و این تغییرات باعث تأثیر در شاخص‌های پوشش گیاهی می‌شود (زایتچیک[4] و همکاران، ۲۰۰۷: ۳۹۲۴.، رایگانی، ۱۳۹۸: ۴۵۱)؛ بنابراین درک تأثیرات پارامترهای اقلیمی بر گونه‌های پوشش گیاهی نقش مهمی در مدیریت پوشش گیاهی آن دارد.

امروزه به‌صورت سنتی در ایستگاه‌های هواشناسی کشاورزی داده‌های فنولوژی و بیومتری توسط دیده‌بانی‌های مستقیم و توسط کارشناس انجام می‌شود که این کار مستلزم صرف هزینه و وقت زیادی هست (متکان و همکاران، ۱۳۹۷: ۱۴۴). علاوه بر این‌ها نقاط دیده‌بانی شده نیز تنها محدود به برخی ایستگاه‌های هواشناسی کشاورزی در سطح منطقه هست. فن سنجش‌ازدور این ویژگی را دارد که می‌تواند با گام‌های زمانی کافی و باقدرت تفکیک مکانی لازم این مشکل را حل نماید (خداکرمی و سفیانیان: ۱۳۹۱). درواقع فن سنجش‌ازدور یک ابزار مؤثر برای نظارت بر دینامیک گیاه در مقیاس گسترده می‌باشد (ریگانی و همکاران: ۱۳۹۸) می‌تواند به کمک تصویربرداری در باندهای مختلف و تلفیق آن‌ها، اطلاعات جامع‌تری را از شرایط فنولوژی و بیومتری گیاهی با توجه به نوسانات اقلیمی در اختیار ما قرار دهد؛ بنابراین در هزینه و وقت صرفه‌جویی می‌گردد.

تحقیقات زیادی در زمینه تأثیرات عوامل اقلیمی بر پوشش گیاهی در ایران و جهان انجام‌شده است که اکثر آن‌ها به این نتیجه رسیده‌اند که پوشش گیاهی در برابر نوسانات اقلیمی مخصوصاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک بسیار حساس می‌باشند: به‌عنوان‌مثال نیکلسون و همکاران (۱۹۹۰) مقایسه پاسخ پوشش گیاهی به بارندگی در ساحل آفریقای شرقی طی سال‌های ۱۹۸۲ تا ۱۹۸۵ به این نتیجه رسیدند که بین الگوهای مکانی NDVI سالانه و متوسط بارش سالانه همبستگی وجود دارد. یانگ و همکاران (۱۹۹۷) در مطالعه‌ای در نبراسکا رابطه دما و شاخص پوشش گیاهی NDVI را بررسی کردند آن‌ها همبستگی بالایی را بین NDVI با درجه روز رشد و دمای خاک مشاهده نمودند. دای و توکر (۲۰۰۳) رابطه بین پوشش گیاهی و شاخص NDVI را در شمال اوراسیا موردبررسی قراردادند. کنگ و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه‌ای تعامل بین پوشش گیاهی و تغییرات آب و هوایی در منطقه فلات لوس چین موردبررسی قراردادند و به این نتیجه رسیدند که دمای روزانه، رطوبت نسبی و بارش با پوشش گیاهی رابطه مستقیم دارند. مرادیان و همکاران (۲۰۱۹) رابطه بین پارامترهای اقلیمی و پوشش گیاهی کوهستان‌های ارمنستان را بررسی کردند به این نتیجه رسیدند که دما و بارش در فصل تابستان تأثیر زیادی بر پوشش گیاهی و رشد گیاهان دارد.

هادیان و همکاران (۱۳۹۲) به‌وسیله تصاویر لندست، به بررسی تأثیر بارش بر روی تغییرات پوشش گیاهی در بخش‌های از استان اصفهان و کهکیلویه و بویراحمد اقدام نمودند. نتایج کار ایشان نشان داد که در تیپ‌های مختلف تاج پوشش، تأثیرپذیری متفاوتی از بارش وجود دارد، اما گونه‌های مرتعی همبستگی معنی‌داری با بارش بهاره و تاج پوشش‌های جنگلی همبستگی با بارش سالانه دارند. مکرم و همکاران (۱۳۹۶) تغییرات پوشش گیاهی در شمال داراب و ارتباط آن با دما را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای موردبررسی قراردادند و به این نتیجه رسیدند که با افزایش دما شاخص پوشش گیاهی کاهش

1- Zhu
2 - Liu
3 - SUN
4 - Zaitchik

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOI: 10.61186/jgs.24.75.17]

پیدا می‌کند. علیمرادی و همکاران (۱۳۹۶) در مطالعه‌ای پویایی پوشش گیاهی مراتع حوضه کارون استان خوزستان در رابطه با دما و بارش را موردبررسی قراردادند. نتایج این مطالعه نشان داد که همبستگی فضایی (با سطح معنی‌داری ۰/۰۵) بین پوشش گیاهی با دمای سطح زمین و دمای هوا، نشان‌دهنده‌ی یک رابطه‌ی معکوس و یک رابطه‌ی مثبت با بارش است. ناصر زاده و همکاران (۱۳۹۹) در مطالعه‌ی ارتباط زمانی مکانی عناصر اقلیمی و پوشش گیاهی در استان کهگیلویه و بویراحمد را موردبررسی قراردادند که نتایج حاصل‌شده از تحقیق آن‌ها عنصر دمای سطح زمین، در همه ماه‌های سال به‌صورت هم‌زمان بالاترین همبستگی را با پوشش گیاهی و بالاترین همبستگی فضایی بین شاخص پوشش گیاهی و دمای سطح زمین، مربوط به ماه‌های دسامبر تا مارس هست.

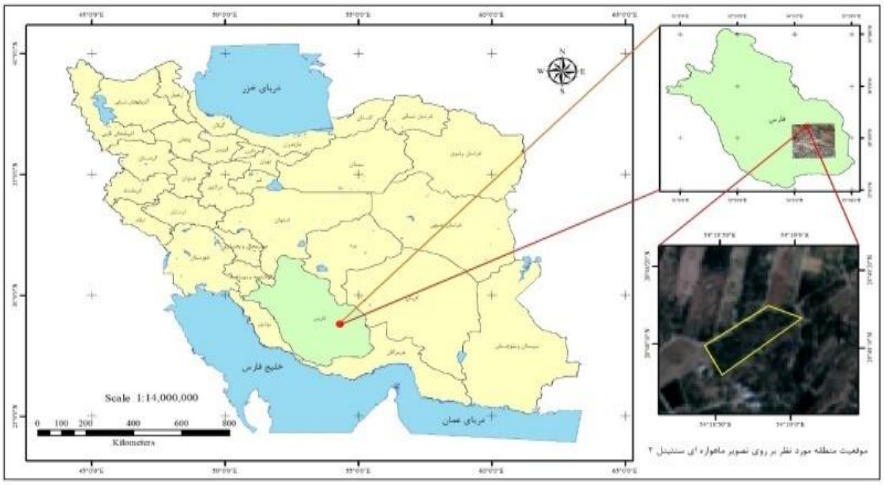
جنوب شرق استان فارس، یکی از مهم‌ترین قطب‌های کشت مرکبات در کشور است که سطح وسیعی از اراضی قابل‌کشت در این استان را به خود اختصاص داده است. با توجه به اهمیت کشت مرکبات در تولید مواد غذایی موردنیاز کشور و همچنین نقش بسزای آن در اقتصاد منطقه، برنامه‌ریزی در زمینه اطلاعات فنولوژیکی مرکبات این منطقه می‌تواند راهگشای بسیاری از چالش‌های بخش کشاورزی در شرق استان فارس باشد. به‌عبارتی‌دیگر اطلاع از وضعیت فنولوژیکی گیاهی با توجه به نوسانات اقلیمی در باغ‌های مرکبات می‌تواند در برنامه‌ریزی و مدیریت نوسانات اقلیمی و درنهایت توسعه بخش کشاورزی این استان نقش بسزایی داشته باشد.

تحقیقات انجام‌شده اکثراً از یک روش مشابه استفاده کرده‌اند، ما در این پژوهش تلاش کرده‌ایم که از سه روش متفاوت جهت بررسی موضوع تأکید نمایم. با توجه به اینکه نوسانات اقلیمی تأثیر زیادی روی فنولوژی گیاهان دارد و شناخت این موضوع در برنامه‌ریزی و مدیریت کشاورزی می‌تواند نقش مهمی داشته باشد، در این مطالعه سعی شده موضوع با دیدگاه و روش متفاوت انجام پذیرد؛ بنابراین هدف این پژوهش بررسی رابطه بین متغیر وابسته EVI ، NDVI و متغیرهای مستقل حداقل رطوبت، حداکثر رطوبت، حداقل دما، حداکثر دما و بارش با استفاده از رویکرد رگرسیون بیزی می‌باشد.

روش‌شناسی

موقعیت منطقه موردمطالعه

منطقه موردمطالعه یک باغ پرتقال در کشور ایران در جنوب شرقی استان فارس در فاصله ۲۵ کیلومتری شهر داراب و در روستای فسا رود به مختصات طول جغرافیایی: ″14 ′48 °28 و عرض جغرافیایی ″57 ′18 °54 است. شکل (۱). ارتفاع متوسط منطقه از سطح آب‌های آزاد ۱۱۱۵ متر هست. طی یک دوره آماری بین سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵ میانگین حداکثر دمای منطقه ۲۹/۹ میانگین حداقل دمای منطقه ۱۴/۴ درجه سانتی‌گراد توسط ایستگاه هواشناسی داراب گزارش‌شده است. منطقه موردمطالعه در نشان داده‌شده است.



شکل (۱). منطقه موردمطالعه

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

[DOI: 10.61186/jgs.24.75.17]

روش انجام پژوهش

در این مطالعه با توجه به اهداف در نظر گرفته‌شده، از تصاویر سنجندهِ مودیس برای سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵ استفاده‌شده است. این تصاویر به‌صورت ۱۰ روزه دانلود شده‌اند. همچنین از نقشه‌های ۱/۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری ایران به‌منظور زمین مرجع کردن تصاویر استفاده‌شده است. برای تعیین داده‌های تاریخی آب و هوایی شامل دمای بیشینه، دمای کمینه، بیشینه و کمینه رطوبت روزانه و بارندگی که مربوط به مراحل اصلی فنولوژی در ده سال زراعی هست از ایستگاه هواشناسی کشاورزی حسن‌آباد داراب به‌صورت روزانه طی دوره آماری ده ساله (۱۳۸۵-۱۳۹۵) استفاده‌شده است.

در این پژوهش، ۲ شاخص سنجش‌ازدوری پرکاربرد و مهم برای بررسی سلامت و وضعیت پوشش گیاهی موردبررسی قرار گرفتند. همچنین برای بررسی و تجزیه‌وتحلیل نتایج تأثیر نوسانات اقلیمی بر روی شاخص‌های پوشش گیاهی از روش‌های شبکه عصبی مصنوعی، رگرسیون بیزی و رگرسیون Armax استفاده گردید. در ادامه به‌اختصار به علت استفاده از هریک از روش‌های فوق اشاره می‌شود.

شاخص تفاضلی نرمال شده پوشش گیاهی[5]

شاخص NDVI که یکی از پرکاربردترین شاخص‌های پوشش گیاهی است نخستین بار توسط تاکر (۱۹۷۹) مطرح شد. این شاخص یک ارزش عددی بدون واحد برای پیش‌بینی یا ارزیابی ویژگی‌های گیاهی مانند برگ گیاهان، زیست کلی و سلامتی عمومی و توان سطح گیاهان استفاده می‌شود. بازه مقادیر این شاخص بین ۱ و ۱- می‌باشد و از رابطه (۱) قابل‌محاسبه می‌باشد (American Meteorological Society, 2012).

$$NDVI = \frac{(\rho_{NIR} - \rho_{Red})}{(\rho_{NIR} + \rho_{Red})}$$ رابطه (۱)

در رابطه (۱) (Rose 1974)، ρ_{NIR} و ρ_{Red} به ترتیب، بازتابندگی در باندهای فروسرخ و قرمز می‌باشند.

شاخص پوشش گیاهی بازسازی‌شده[6]

این شاخص درواقع همان شاخص NDVI بهینه‌شده است. درواقع در این شاخص اثرات پخش اتمسفر ازلحاظ پخش الکترومغناطیسی حذف یا تعدیل می‌شود. در این شاخص طیفی از باند آبی برای تصحیح اثر سیگنال‌های خاک پس‌زمینه و پخش اتمسفری استفاده‌شده است. این شاخص برای داده‌های سنجده مادیس طراحی‌شده بود؛ اما به‌مرور برای سایر داده‌های ماهواره‌ای مورداستفاده قرار گرفت. این شاخص از رابطه (۲) محاسبه می‌شود.

رابطه (۲)

$$EVI = 2.5 * \frac{(NIR - Red)}{(NIR + 6*RED - 7.5*Blue + L)}$$

رویکرد رگرسیون ARMAX

درروش رگرسیون خطی معمولی فقط متغیرهای مستقل استفاده می‌شود ازاین‌رو وقفه متغیر وابسته در مدل استفاده نمی‌شود بنابراین اولاً پیش‌بینی با رگرسیون معمولی دارای خطای بالا خواهد بود. به‌منظور افزایش دقت پیش‌بینی می‌توان از روش رگرسیون ARMAX استفاده نمود در این مدل علاوه بر متغیرهای مستقل می‌توان از وقفه‌های متغیر وابسته نیز استفاده نمود بنابراین دقت پیش‌بینی مدل افزایش می‌یابد همچنین ضرایب برآوری مدل دارای اعتبار بیشتری خواهند بود ازاین‌رو نتایج دقیق‌تر خواهد بود. رابطه (۳).

$$Y_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{n} \beta_i X_{it} + + \sum_{p=1}^{m} \gamma_p Y_{t-p} + \varepsilon_t$$ رابطه (۳)

[5] Normalized Difference Vegetation Index
[6] Enhanced Vegetation Index

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOI: 10.61186/jgs.24.75.17]

در رابطه (۳) Y متغیر وابسته است، α_0 عرض از مبدأ، X_{it} متغیرهای مستقل مدل، β_i ضرایب متغیرهای مستقل و γ_p ضرایب متغیر وابسته با وقفه است. در اینجا ما وقفه بهینه را یعنی p=1 در نظر گرفته ایم.

رویکرد رگرسیون بیزی

یکی از معایب اساسی رگرسیون‌های معمولی و حتی مدل ARMAX عدم توجه به اطلاعات محقق است؛ یعنی در روش‌های رگرسیون معمولی فقط از دادهِ برای برآورد ضرایب و تجزیه‌وتحلیل استفاده می‌شود؛ اما در رگرسیون بیزی علاوه بر داده‌ها از اطلاعات محقق یا همان توزیع پیشین استفاده می‌شود. به‌عنوان‌مثال هرگاه محقق انتظار داشته باشد متغیر دارای تأثیر مثبت بر متغیر EVI باشد آنگاه توزیع پیشین این متغیر را به‌گونه‌ای تعریف می‌کند شامل اعداد مثبت باشد؛ بنابراین انتظارات تئوریک (اطلاعات پیشین) و داده‌ها هر دو در تعیین توزیع پسین ضرایب مؤثر خواهند بود.

بر اساس منطق اقتصادسنجی بیزین، از قانون بیز به‌منظور به دست آوردن چگالی احتمال ضرایب استفاده می‌شود.

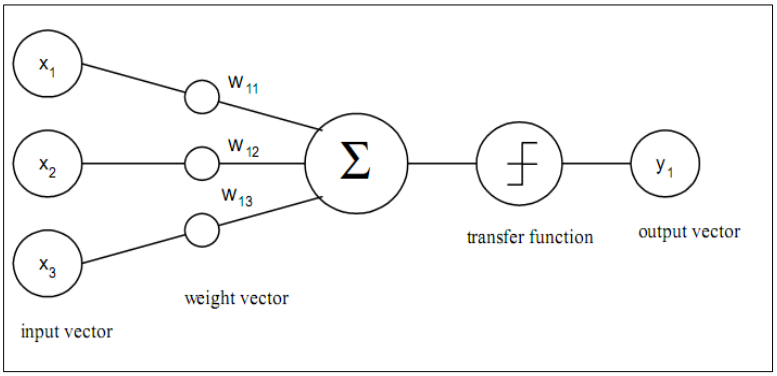
در مدل زیر ازآنجایی‌که درستنمایی نهایی یا $P(y|M_i)$ شامل بردار ضرایب تصادفی β^i نیست بنابراین می‌توان به‌صورت رابطه(۴) نوشت.

$$P(y|M_i) = \int P(y|\beta^i, M_i)P(\beta^i|M_i)d\beta^i \qquad \text{رابطه (۴)}$$

در رابطه (۴) توزیع پسین، $P(y|\beta^i, M_i)$ اطلاعات به‌دست‌آمده از داده‌ها است و $P(\beta^i|M_i)$ توزیع پیشین است.

رویکرد شبکه عصبی مصنوعی

تمامی روش‌های فوق فقط به روابط خطی بین متغیرها توجه دارند و روابط غیرخطی بین متغیرها را در نظر نمی‌گیرند بنابراین حذف این روابط غیرخطی ممکن است منجر به افزایش خطای مدل‌های موردبررسی می‌گردد بنابراین ممکن است خطای پیش‌بینی متغیر وابسته را افزایش دهند. به‌منظور رفع این مشکل از رویکرد شبکه عصبی مصنوعی استفاده می‌شود. استفاده از این رویکرد علاوه بر در نظر گرفتن روابط غیرخطی بین متغیرها این امکان را فراهم می‌سازد که تعیین گردد چه متغیرهای مستقلی بیشترین تأثیر را بر متغیرهای وابسته دارند. ساختار شبکه عصبی مصنوعی بر اساس شبکه عصبی موجودات زنده است. این رویکرد در یک مرحله آموزش می‌بینند و سپس در مرحله بعد بر اساس یادگیری مرحله آموزش می‌توان بر اساس اطلاعات جدید ورودی خروجی‌های جدید ارائه کند که معمولاً نسبت به روش‌های رگرسیونی دارای خطای کمتری است. البته در این روش تعیین تعداد نورون‌های هر لایه و تعداد لایه‌ها دارای اهمیت زیادی است. شکل (۲).



شکل (۲). ساختار شبکه عصبی مصنوعی

نتایج و بحث

در پژوهش حاضر شاخص‌های پوشش گیاهی، شاخص NDVI و EVI که با استفاده از تصاویر مودیس طی دوره آماری ده ساله (۱۳۹۵-۱۳۸۵) این شاخص‌ها موردمطالعه قرار گرفتند و به‌منظور بررسی رابطه بین متغیر وابسته EVI و متغیرهای

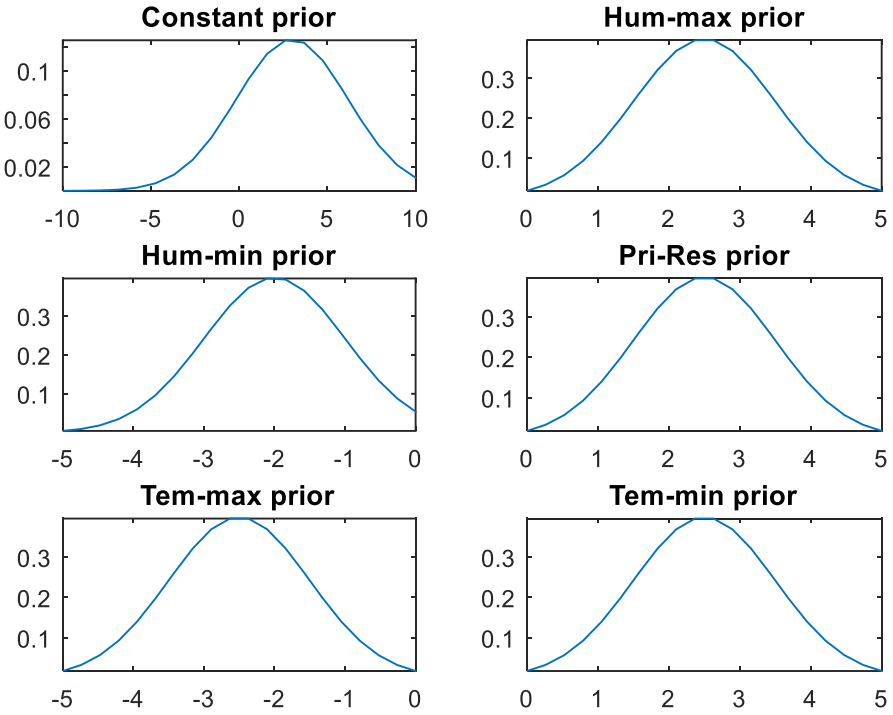
[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOI: 10.61186/jgs.24.75.17]

مستقل حداقل رطوبت (Hum_Min)، حداکثر رطوبت (Hum_Max)، حداقل دما (Tem-Min)، حداکثر دما (Tem_Max) و بارش (Pr_RES) از رویکرد رگرسیون خطی استفاده می‌شود. جهت برآورد ضرایب رگرسیون خطی از رویکرد بیزی استفاده می‌شود این رویکرد امکان استفاده از اطلاعات محقق در مورد ضرایب هریک از متغیرها را میسر می‌سازد. مدل رگرسیون خطی به‌صورت رابطه (۵) است.

رابطه (۵)

$$EVI_t = \alpha_0 + \beta_1 HUM_Max_t + \beta_2 HUM_Min_t + \beta_3 Pr_RES_t + \beta_4 TEM_Max_t + \beta_5 TEM_Min_t + \varepsilon_t$$

شکل (۲) توزیع پیشین ضرایب متغیرها را نشان می‌دهد. در توزیع پیشین فرض شده است که متغیر حداکثر رطوبت (HUM-Max) دارای تأثیر مثبت بر متغیر EVI است و به این دلیل توزیع پیشین آن به‌صورت نرمال در بازه ۰ تا ۵ رسم شده است. همچنین متغیرهای بارش (PRI-RES) و حداقل دما (TEM-Min) نیز تأثیر مثبت بر EVI دارند. به‌علاوه در توزیع پیشین فرض شده است که متغیر حداقل رطوبت (HUM-Min) دارای تأثیر منفی بر متغیر EVI است و به این دلیل توزیع پیشین آن به‌صورت نرمال در بازه ۰ تا -۵ رسم شده است. همچنین متغیر حداکثر دما (TEM-Max) نیز تأثیر منفی بر EVI دارد.

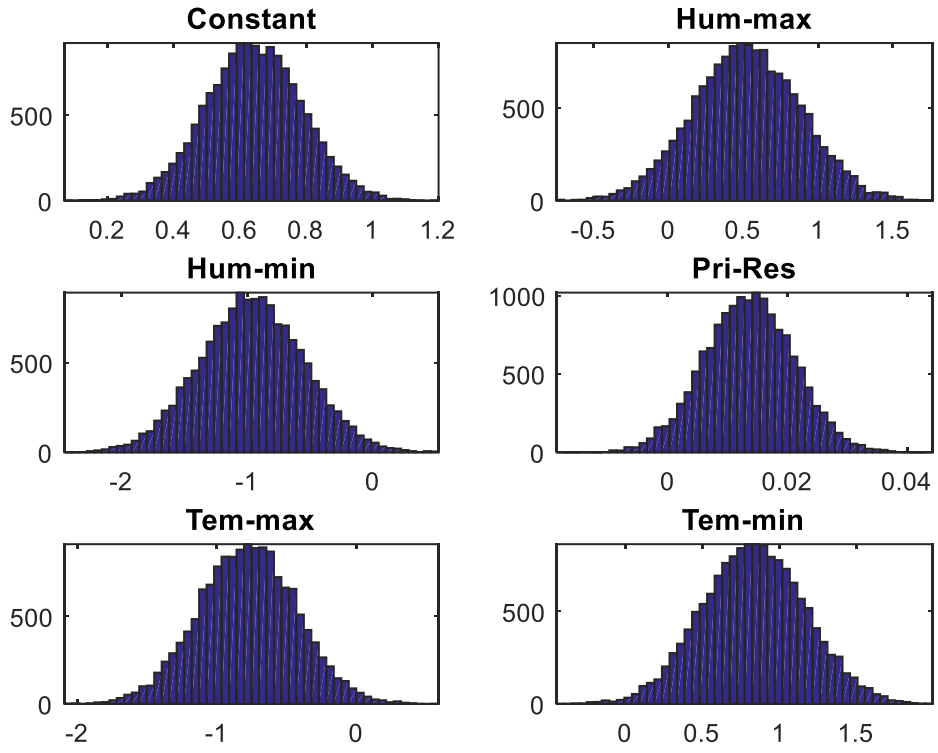


شکل (۲). نمودار توزیع پیشین ضرایب متغیرها

با استفاده از اطلاعات توزیع پیشین و اطلاعات داده‌های متغیرهای مستقل توزیع پسین محاسبه می‌گردد.

بر اساس نتایج توزیع پسین ، متغیر عرض از مبدأ (Constant) دارای تأثیر مثبت بر EVI است و بیشترین فراوانی آن در حدود ۰/۶ است. متغیر حداکثر رطوبت (Hum-Max) دارای تأثیر مثبت بر EVI است و بیشترین فراوانی آن در حدود ۰/۵ است. متغیر حداقل رطوبت (Hum-Min) دارای تأثیر منفی بر EVI است و بیشترین فراوانی آن در حدود ۱- است. شکل (۳).

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOI: 10.61186/jgs.24.75.17]



شکل (۳). نمودار توزیع پسین ضرایب متغیرها

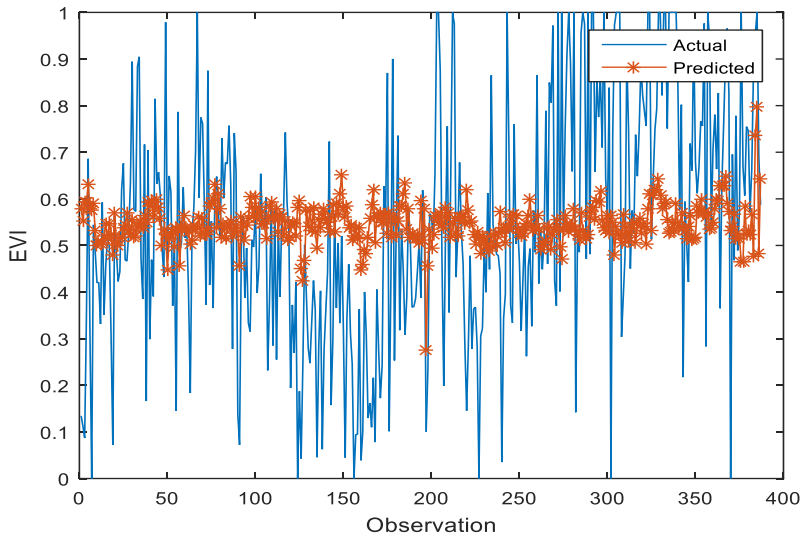
ضرایب محاسبه‌شده رگرسیون در جدول (۱) آمده است. به‌منظور محاسبه ضرایب فوق از الگوریتم گیبس به تعداد ۳۰۰۰۰ شبیه‌سازی استفاده‌شده است. از این تعداد ۱۰۰۰۰ شبیه‌سازی اولیه حذف‌شده است و میانگین مابقی ۲۰۰۰۰ شبیه‌سازی به‌عنوان ضرایب مدل رگرسیون در نظر گرفته می‌شود. همان‌طور که از نتایج رگرسیون جدول (۱) مشاهده می‌گردد تمامی متغیرها دارای تأثیر معنی‌دار بر متغیر EVI هستند زیرا ارزش احتمال (P_Value) آن‌ها کمتر ۰/۰۵ است. همچنین متغیرهای حداکثر رطوبت، حداقل دما و بارش دارای تأثیر مثبت معنی‌دار بر متغیر EVI هستند. به‌علاوه متغیرهای حداکثر دما، حداقل رطوبت دارای تأثیر منفی معنی‌دار بر متغیر وابسته EVI هستند. در کل رگرسیون بیزی نشان می‌دهد که متغیرهای اقلیمی حداکثر رطوبت، حداقل دما و میزان بارش منجر به تغییر وضعیت شاخص پوشش گیاهی در باغات پرتقال محدوده موردمطالعه شده است. به‌عبارتی‌دیگر به ازای هر واحد افزایش در این متغیرها طی بازه زمانی (۱۳۸۵-۱۳۹۵) میزان EVI نیز افزایش یافته است. ولی متغیر حداکثر دما رابطه عکس دارد یعنی با افزایش حداکثر دما مقادیر EVI کاهش پیدا می‌کند.

جدول (۱). برآورد ضرایب مدل (۱) با روش رگرسیون بیزی

متغیر	ضریب	انحراف معیار	آماره T	معنی‌داری
عرض از مبدأ	۰/۶۴۲۳	۰/۱۴۵۷	۴/۴۱۰	۰/۰۰
حداکثر رطوبت	۰/۵۲۳۵	۰/۳۵۹۰	۱/۴۵۸	۰/۰۷۳
حداقل رطوبت	-۰/۹۶۱۷	۰/۴۱۳۱	-۲/۳۲۸	۰/۰۱۰
بارش	۰/۰۱۳۵	۰/۰۰۷۴	۱/۸۲۳	۰/۰۳۵
حداکثر دما	۰/۷۸۱۱	۰/۳۴۸۴	-۲/۲۴۲	۰/۰۱۳
حداقل دما	۰/۸۳۵۴	۰/۳۳۳۴	۲/۵۰۶	۰/۰۰۶

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOI: 10.61186/jgs.24.75.17]

شکل (۴) مقادیر پیش‌بینی‌شده و مقادیر واقعی متغیر EVI با روش رگرسیون بیزی را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود روش رگرسیون بیزی به‌خوبی نتوانسته EVI را پیش‌بینی کند و میزان خطای بین داده‌های واقعی و پیش‌بینی شده زیاد می‌باشد.



شکل (۴). نمودار مقادیر واقعی و مقادیر پیش‌بینی شده متغیر EVI

رگرسیون ARMAX

همان‌طور که مشاهده می‌گردد ضریب تعیین (R_square) رگرسیون حدود ۰/۰۱۱ است، درواقع متغیرهای مستقل به‌خوبی قادر به توضیح رفتار متغیر وابسته نیستند. ازاین‌رو در ادامه از رویکرد رگرسیون ARMAX استفاده می‌گردد. ساختار این مدل به‌صورت رابطه (۶) است.

رابطه (۶)

$$EVI_t = \alpha_0 + \beta_1 HUM_Max_t + \beta_2 HUM_Min_t + \beta_3 \mathrm{Pr}_RES_t + \beta_4 TEM_Max_t + \beta_5 TEM_Min_t + EVI_{t-1} + \varepsilon_t$$

در رابطه (۶) EVI علاوه بر متغیرهای مستقل به مقادیر دوره قبل متغیرهای وابسته (EVI_{t-1}) بستگی دارد. به این ساختار رگرسیون خطی رگرسیون ARMAX گفته می‌شود. نتایج برآورد رگرسیون در جدول (۲) مشاهده می‌گردد.

جدول (۲). مقایسه دقت روش رگرسیون خطی معمولی و روش رگرسیون ARMAX برای متغیر EVI

معیار	R^2	مجموع مربعات خطا	AIC	دوربین واتسون	آماره F
رگرسیون معمولی	۰/۰۱	۲۴/۵	۰/۱	۱/۱	۲
ARMAX	۰/۲۱	۱۹/۵	-۰/۱	۲/۲	۱۷

همان‌طور که در جدول (۲) مشاهده می‌گردد افزودن وقفه‌های دوره قبل متغیر وابسته تأثیر معنی‌داری بر مقادیر جاری این متغیر دارد و منجر به افزایش ضریب تعیین از ۰/۰۱۱ به ۰/۲۱ می‌گردد. مقادیر پیش‌بینی‌شده و واقعی متغیر EVI با استفاده از رگرسیون ARMAX در نمودار شکل ۵ مشاهده می‌گردد. همچنین مجموع مربعات خطای رگرسیون از ۲۴/۵ به ۱۹/۷۳ کاهش یافته است. با توجه به جدول (۳) روش ARMAX دارای ضریب تعیین بالاتر (R^2)، خطای کمتر، آمار اکائیک (AIC) کمتر دوربین واتسون نزدیک به ۲ و آماره F بالاتر است. از این‌رو مدل مناسب‌تری است. افزایش آماره دوربین واتسون از ۱/۱ به ۲/۲ به‌خوبی نشانگر از بین رفتن مشکل همبستگی خطی بین خطاهای رگرسیون است.

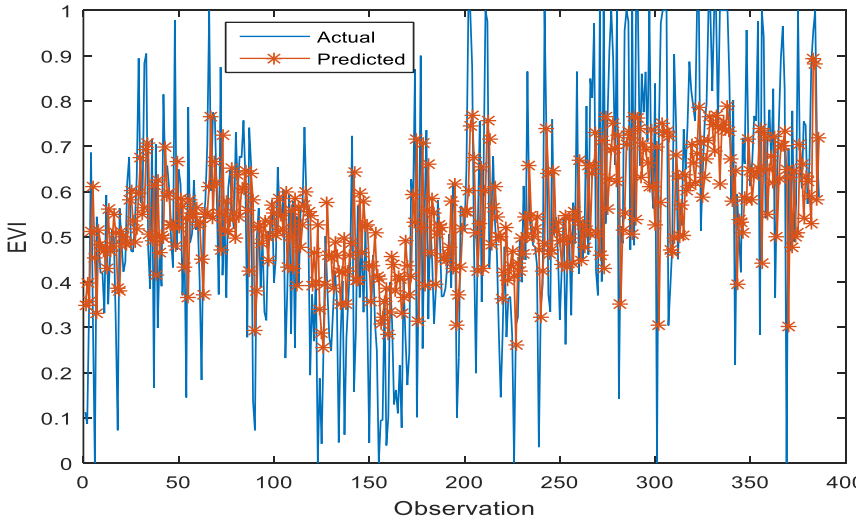
[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOI: 10.61186/jgs.24.75.17]

جدول (۳). برآورد ضرایب رگرسیون ARMAX (مدل (۲))

متغیر	ضریب	انحراف معیار	آماره T	معنی‌داری
عرض از مبدأ	۰/۶۵	۰/۱۴	۴/۶۰	۰/۰۰۱
حداکثر رطوبت	۰/۳۸	۰/۳۲	۱/۲۰	۰/۲۳۰
حداقل رطوبت	-۰/۷۸	۰/۳۹	-۱/۹۹	۰/۰۴۷
بارش	۰/۰۱	۰/۰۱	۱/۴۶	۰/۱۴۵
حداکثر دما	-۰/۶۸	۰/۳۴	-۱/۹۵	۰/۰۵۱
حداقل دما	۰/۷۱	۰/۳۲	۲/۱۷	۰/۰۳۰
EVI وقفه زمانی	۰/۴۴	۰/۰۵	۹/۴۰	۰/۰۰۱

مقادیر برآورد شده در جدول (۳) بیانگر این است: **الف**. اثر متغیرهای حداقل رطوبت، حداقل دما و وقفه زمانی EVI بر متغیر وابسته پژوهش (EVI) به لحاظ آماری معنادار (Sig $\leq$ ۰/۰۵). با توجه به مقادیر ضریب تأثیر می‌توان گفت اثر متغیر حداقل رطوبت بر این متغیر معکوس و در حد بالا، اثر متغیر حداقل دما مستقیم و در حد بالا و اثر متغیر وقفه زمانی مستقیم و در حد متوسط برآورد شده است؛ به‌عبارت‌دیگر می‌توان گفت متغیر افزایش حداقل رطوبت می‌تواند منجر به کاهش EVI و برعکس کاهش حداقل رطوبت منجر به افزایش این متغیر شود. درحالی‌که افزایش و کاهش متغیرهای حداقل دما و وقفه زمانی به ترتیب منجر به افزایش و کاهش EVI می‌شوند. **ب**. اثر سایر متغیرهای پژوهش (حداکثر رطوبت، بارش و حداکثر دما) تأثیر معناداری (Sig $>$ ۰/۰۵) بر متغیر EVI ندارند.

در شکل (۵) مقادیر پیش‌بینی‌شده با رگرسیون ARMAX و مقادیر واقعی متغیر EVI مشاهده می‌گردد. همان‌طور که مشاهده می‌شود این روش به‌خوبی توانسته EVI را پیش‌بینی کند.

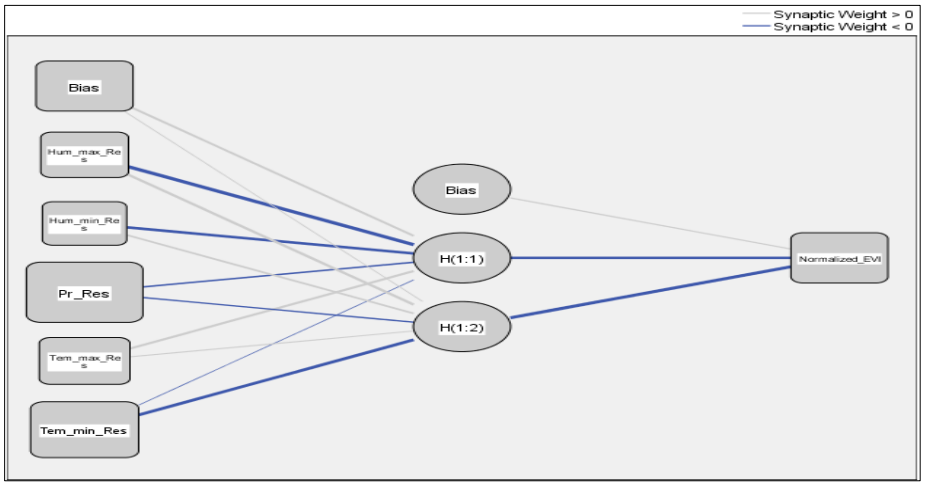


شکل (۵). نمودار مقادیر واقعی و مقادیر پیش‌بینی‌شده متغیر EVI با رگرسیون ARMAX

تعیین اهمیت هریک از متغیرها در پیش‌بینی EVI با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی

همان‌طور که در بحث روش تحقیق اشاره شد مدل‌های رگرسیونی نمی‌تواند روابط غیرخطی بین متغیرهای اقلیمی و شاخص‌های پوشش گیاهی را در نظر بگیرند بدین منظور برای به دست آوردن روابط غیرخطی و تعیین مصنوعی اهمیت هریک از متغیرهای مستقل در پیش‌بینی متغیرEVI از شبکه عصبی استفاده شد. ساختار شبکه عصبی بهینه به‌صورت شکل (۶) است. شبکه عصبی دارای یک‌لایه درونی با دو نورون است و مقادیر وزن‌های هر نورون و بایاس به‌صورت جدول (۴) محاسبه شده است.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOI: 10.61186/jgs.24.75.17]



شکل (۶). ساختار شبکه عصبی مصنوعی

جدول (۴). وزن‌های متغیرها در شبکه عصبی

Predictor		Predicted		
		وزن‌های لایه اول		خروجی
		H(1:1)	H(1:2)	EVI
ورودی	(Bias)	۰/۲۶۶	۰/۱۲۹	
	حداکثر رطوبت	-۰/۹۲۷	۰/۳۷۹	
	حداقل رطوبت	-۰/۵۳۸	۰/۲۵۹	
	بارش	۰/۲۵۷	-۰/۱۷۹	
	حداکثر دما	/۳۴۸	/۱۴۱	
	حداقل دما	-۰/۰۳۷	-۰/۶۰۲	
بایاس‌های لایه اول	(Bias)			۰/۱۵۰
	H(1:1)			-/۵۰۱
	H(1:2)			۰/۶۶۴

میزان تأثیر هر یک از متغیرها در پیش‌بینی متغیر EVI در جدول (۵) آورده شده است. بر اساس نتایج مندرج در جدول به ترتیب متغیرهای درصد بارش، حداقل دما، حداکثر دما، حداکثر رطوبت و حداقل رطوبت بیشترین تأثیر را بر EVI دارند.

جدول (۵). اهمیت متغیرهای مستقل در پیش‌بینی EVI

متغیر	Importance	Normalized Importance
حداکثر رطوبت	۰/۱۰۲	۲۶ درصد
حداقل رطوبت	۰/۰۶۷	۱۷/۱ درصد
بارش	۰/۳۹۳	۱۰۰ درصد
حداکثر دما	۰/۱۳۱	۳۳/۳ درصد
حداقل دما	/۳۰۸	۷۸/۳ درصد

در ادامه رابطه بین متغیر وابسته NDVI و متغیرهای مستقل حداقل رطوبت (Hum_Min)، حداکثر رطوبت (Hum_Max)، حداقل دما (Tem-Min)، حداکثر دما (Tem_Max) و بارش (Pr_RES) از رویکرد رگرسیون خطی استفاده

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOI: 10.61186/jgs.24.75.17]

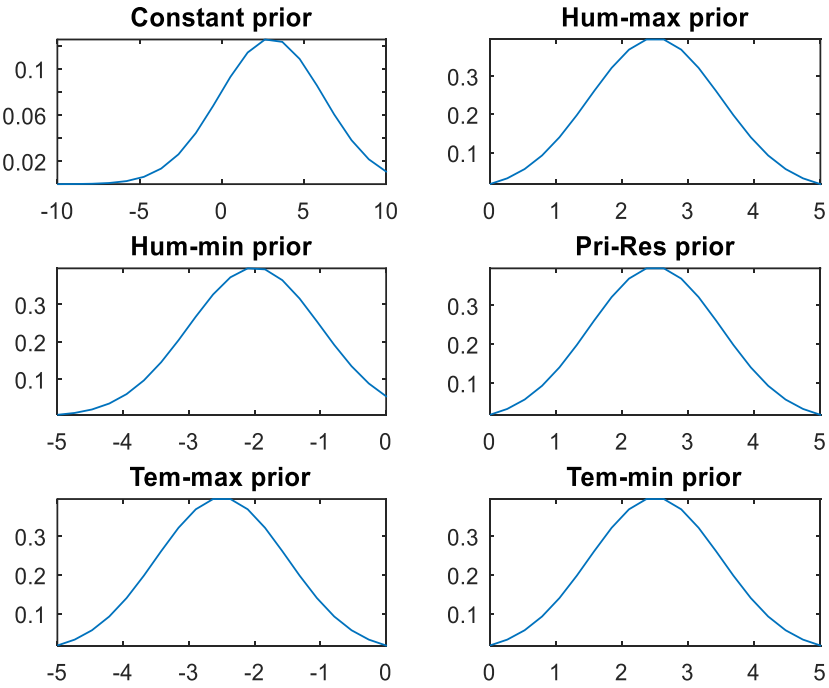
می‌شود. جهت برآورد ضرایب رگرسیون خطی از رویکرد بیزی استفاده می‌شود این رویکرد امکان استفاده از اطلاعات محقق در مورد ضرایب هریک از متغیرها را میسر می‌سازد.

مدل رگرسیون خطی به‌صورت رابطه (۷) است.

رابطه (۷).

$$NDVI_t = \alpha_0 + \beta_1 HUM_Max_t + \beta_2 HUM_Min_t + \beta_3 Pr_RES_t + \beta_4 TEM_Max_t + \beta_5 TEM_Min_t + \varepsilon_t$$

توزیع پیشین ضریب هریک از متغیرها در شکل (۷) قابل مشاهده می‌باشد.

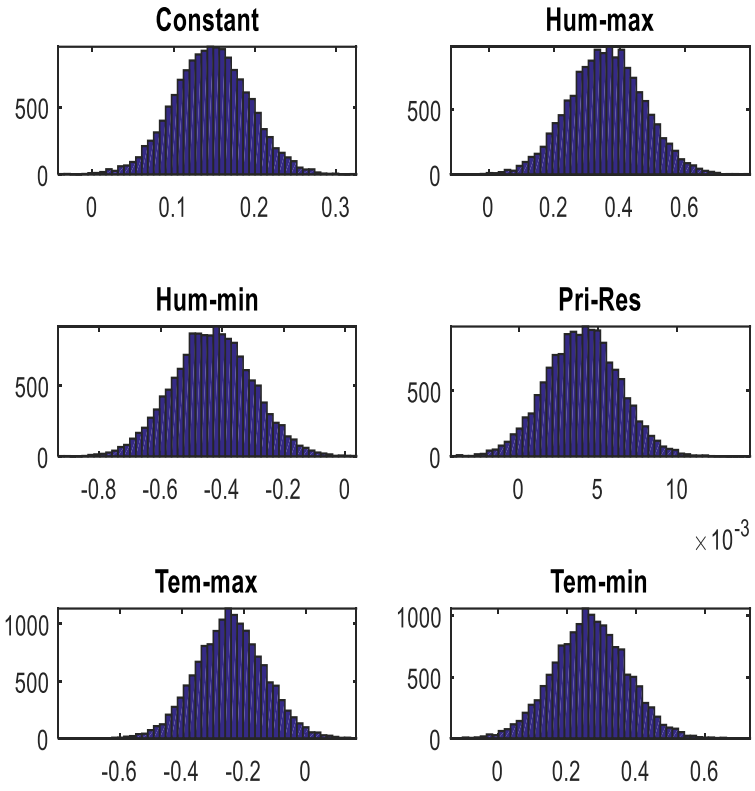


شکل (۷). توزیع پیشین ضرایب متغیرها

در توزیع پیشین فرض شده است که متغیر حداکثر رطوبت (HUM-Max) دارای تأثیر مثبت بر متغیر NDVI است و به این دلیل توزیع پیشین آن به‌صورت نرمال در بازه ۰ تا ۵ رسم شده است. همچنین متغیرهای بارش (PRI-RES) و حداقل دما (TEM-Min) نیز تأثیر مثبت بر NDVI دارند. به‌علاوه در توزیع پیشین فرض شده است که متغیر حداقل رطوبت (HUM-Min) دارای تأثیر منفی بر متغیر NDVI است و به این دلیل توزیع پیشین آن به‌صورت نرمال در بازه ۰ تا ۵- رسم شده است. همچنین متغیر حداکثر دما (TEM-Max) نیز تأثیر منفی بر NDVI دارد. با استفاده از اطلاعات توزیع پیشین و اطلاعات داده‌های متغیرهای مستقل توزیع پسین محاسبه می‌گردد. توزیع پسین ضریب هریک از متغیرها به‌صورت شکل (۸) می‌باشد.

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

[DOI: 10.61186/jgs.24.75.17]



شکل (۸). توزیع پسین ضرایب متغیرها

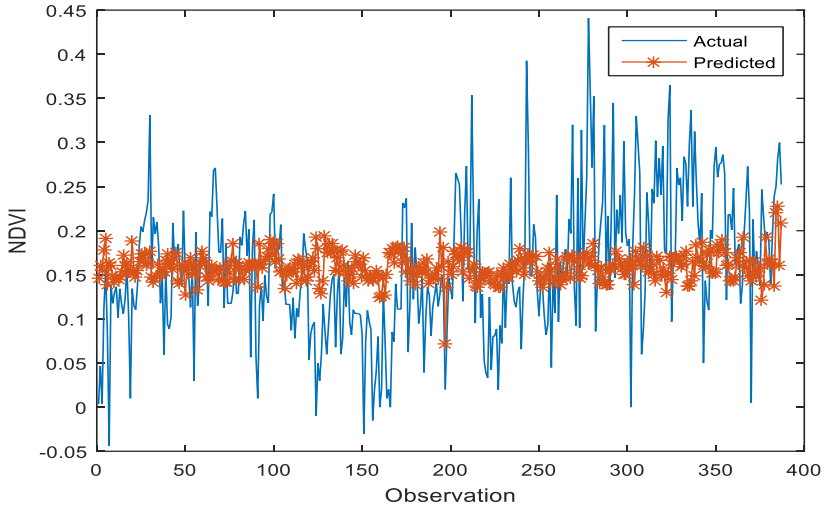
بر اساس نتایج توزیع پسین متغیر عرض از مبدأ (Constant) دارای تأثیر مثبت بر NDVI است و بیشترین فراوانی آن در حدود ۰/۱ است. متغیر حداکثر رطوبت (Hum-Max) دارای تأثیر مثبت بر NDVI است و بیشترین فراوانی آن در حدود ۰/۴ است. متغیر حداقل رطوبت (Hum-Min) دارای تأثیر منفی بر NDVI است و بیشترین فراوانی آن در حدود ۰/۴- است. ضرایب محاسبه‌شده رگرسیون به‌صورت جدول (۶) است.

جدول (۶). برآورد ضرایب رابطه (۷) با روش رگرسیون بیزی

متغیر	ضریب	انحراف معیار	آماره T	معنی‌داری
عرض از مبدأ	۰/۱۴۶۳	۰/۰۴۵۹	۳.۱۸۵	۰/۰۰۱
حداکثر رطوبت	۰/۳۵۹۵	۰/۱۱۲۷	۳/۱۹۱	۰/۰۰۱
حداقل رطوبت	۰/۴۳۱۲	۰/۱۲۸۹	-۳/۳۴۶	۰/۰۰
بارش	۰/۰۰۴۰	۰/۰۰۲۳	۱/۷۶۲	۰/۰۳۹
حداکثر دما	-۰/۲۴۳۳	۰/۱۱۰۶	-۲/۱۹۹	۰/۰۱۴
حداقل دما	۰/۲۶۷۲	۰/۱۰۶۱	۲/۵۱۹	۰/۰۰۶

به‌منظور محاسبه ضرایب مندرج در جدول (۶) از الگوریتم گیبس به تعداد ۳۰۰۰۰ شبیه‌سازی استفاده‌شده است. از این تعداد ۱۰۰۰۰ شبیه‌سازی اولیه حذف‌شده است و میانگین مابقی ۲۰۰۰۰ شبیه‌سازی به‌عنوان ضرایب مدل رگرسیون در نظر گرفته می‌شود. همان‌طور که از نتایج رگرسیون فوق مشاهده می‌گردد تمامی ضرایب دارد. نتایج نشان می‌دهد که تمامی متغیرها دارای تأثیر معنی‌دار بر متغیر NDVI هستند زیرا ارزش احتمال (P_Value) آن‌ها کمتر ۰/۰۵ است. همچنین متغیرهای حداکثر رطوبت، حداقل دما و بارش دارای تأثیر مثبت معنی‌دار بر متغیر NDVI هستند. به‌علاوه متغیرهای حداکثر دما، حداقل رطوبت دارای تأثیر منفی معنی‌دار بر متغیر وابسته NDVI هستند. شکل (۹).

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOI: 10.61186/jgs.24.75.17]



شکل (۹). مقادیر واقعی و مقادیر پیش‌بینی‌شده متغیر NDVI

رگرسیون ARMAX

همان‌طور که مشاهده می‌گردد ضریب تعیین رگرسیون حدود ۰/۰۲ است درواقع متغیرهای مستقل به‌خوبی قادر به توضیح رفتار متغیر وابسته نیستند. ازاین‌رو در ادامه از رویکرد رگرسیون ARMAX استفاده می‌گردد. ساختار این مدل به‌صورت رابطه (۸) است

رابطه (۸)

$$NDVI_t = \alpha_0 + \beta_1 HUM_Max_t + \beta_2 HUM_Min_t + \beta_3 \mathrm{Pr}_RES_t + \beta_4 TEM_Max_t + \beta_5 TEM_Min_t + NDVI_{t-1} + \varepsilon_t$$

در مدل فوق NDVI علاوه بر متغیرهای مستقل به مقادیر دوره قبل متغیرهای وابسته ($NDVI_{t-1}$) بستگی دارد. نتایج برآورد رگرسیون رابطه (۸) در جدول (۷) مشاهده می‌گردد.

جدول (۷). برآورد ضرایب رابطه (۸) (رگرسیون ARMAX)

متغیر	ضریب	انحراف معیار	آماره T	معنی‌داری
عرض از مبدأ	۰/۱۵۵	۰/۰۴۱۷	۳/۷۲	۰/۰۰۰۲
حداکثر رطوبت	۰/۲۴۷	۰/۰۹۰۴	۲/۷۳	۰/۰۰۶۷
حداقل رطوبت	۰/۲۹۶	۰/۱۰۹	-۲/۶۷	۰/۰۰۷۳
بارش	۰/۰۰۲۳	۰/۰۰۱۸	۱/۲۵	۰/۲۱۳
حداکثر دما	-۰/۲۰۵	۰/۱۰۱	-۲/۰۱۲	-/۰۴۵
حداقل دما	۰/۲۲۴۲	۰/۰۹۷	۲/۳۲	۰/۰۲۱۱
NDVI(-1)	۰/۵۵	۰/۰۴۲۲	۱۲/۹۲	۰/۰۰

با توجه به جدول (۷) می‌توان گفت که حداکثر دما با شاخص NDVI رابطه معکوس و معنی‌داری دارند یعنی با افزایش حداکثر دما مقدار شاخص کاهش می‌یابد. متغیرهای حداکثر و حداقل رطوبت و حداقل دما رابطه معنی‌دار و مستقیمی با شاخص NDVI دارند یعنی با افزایش هریک از این متغیرها مقادیر شاخص هم افزایش پیدا می‌کند. همچنین مشاهده می‌گردد افزودن وقفه‌های دوره قبل متغیر وابسته ((NDVI(-1)) تأثیر معنی‌داری بر مقادیر جاری این متغیر دارد و منجر به افزایش ضریب تعیین از ۰/۰۲ به ۰/۳۲ می‌گردد.

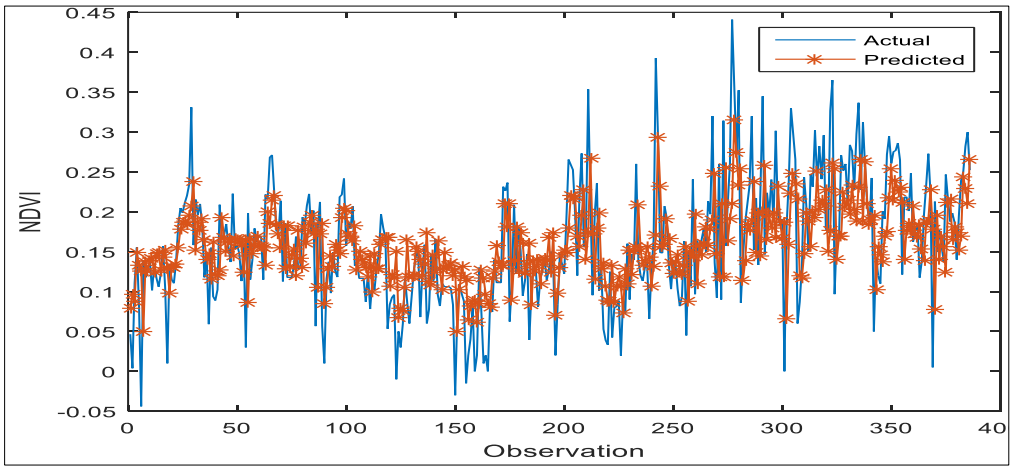
[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.61186/jgs.24.75.17]

جدول (۸). مقایسه دقت روش رگرسیون خطی معمولی و روش رگرسیون ARMAX برای متغیر NDVI

معیار	R^2	مجموع مربعات خطا	AIC	دوربین واتسون	آماره F
رگرسیون معمولی	۰/۰۲	۲/۳	-۲/۲	۰/۹	۳
ARMAX	۰/۳۲	۱/۶	-۲/۵	۲/۲	۲۵

همان‌طور که در جدول (۸) مشاهده می‌گردد روش ARMAX دارای ضریب تعیین بالاتر (R2)، خطای کمتر، آمار اکائیک (AIC) کمتر و دوربین واتسون نزدیک به ۲ و آماره F بالاتر است. این مدل مناسب‌تری است. شکل (۱۰) مقادیر پیش‌بینی‌شده با رگرسیون ARMAX و مقادیر واقعی متغیر NDVI مشاهده می‌گردد. همان‌طور که مشاهده می‌شود این روش به‌خوبی توانسته NDVI را پیش‌بینی کند.



شکل (۱۰). مقادیر واقعی و مقادیر پیش‌بینی‌شده متغیر NDVI با رگرسیون ARMAX

تعیین اهمیت هریک از متغیرها در پیش‌بینی NDVI با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی

در این بخش با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی اهمیت هریک از متغیرهای مستقل در پیش‌بینی متغیرNDVI تعیین می‌گردد. مقادیر وزن‌های هر نورون و بایاس در جدول (۹) درج شده است.

جدول (۹). وزن‌ها و بایاس مدل شبکه عصبی مصنوعی برای متغیر NDVI

Predictor		Predicted				
		وزن‌های لایه اول				خروجی
		H(1:1)	H(1:2)	H(1:3)	H(1:4)	NDVI
ورودی	(Bias)	۱/۰۸۳	۰/۶۳۰	۰/۴۹۵	۰/۰۸۶	
	حداکثر رطوبت	۰/۲۰۶	۰/۵۳	۰/۷۹۵	-۰/۰۶۳	
	حداقل رطوبت	۰/۳۲۵	۰/۲۵۱	۰/۴۲۰	۰/۸۲۷	
	بارش	۰/۲۷۵	۰/۲۴۸	۰/۲۴۳	۰/۲۱۲	
	حداکثر دما	۰/۴۲۵	۰/۲۱۸	۰/۶۵۷	۰/۸۲۶	
	حداقل دما	۱/۲	۰/۱۸۹	۰/۰۹۳	-۰/۰۷۵	
بایاس‌های لایه اول	(Bias)					-۰/۱۲۲
	H(1:1)					۱/۲۵۴
	H(1:2)					۰/۶۸۳
	H(1:3)					۰/۷۶۰
	H(1:4)					۰/۹۲۲

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOI: 10.61186/jgs.24.75.17]

اهمیت نسبی هر یک از متغیرها در پیش‌بینی متغیر NDVI برابر هستند. با توجه به جدول (۱۰)، به ترتیب متغیرهای بارش بااهمیت ۰/۲، حداقل دما بااهمیت ۰/۲۸، حداکثر دما بااهمیت ۰/۲۲، حداکثر رطوبت بااهمیت ۰/۱۷ و حداقل رطوبت بااهمیت ۰/۱۱ بیشترین تأثیر را بر NDVI دارند.

جدول (۱۰). اهمیت متغیرها در پیش‌بینی NDVI

متغیر	Importance	Normalized Importance
حداکثر رطوبت	۰/۱۷۳	۶۱/۷ درصد
حداقل رطوبت	۰/۱۱۷	۴۱/۵ درصد
بارش	۰/۲۰۴	۷۲/۷ درصد
حداکثر دما	۰/۲۲۴	۷۹/۷ درصد
حداقل دما	۰/۲۸۱	۱۰۰ درصد

نتیجه‌گیری

در مقیاس جهانی شاخص‌های پوشش گیاهی و متغیرهای اقلیمی ارتباط نزدیکی با هم دارند. پس شناخت این موضوع و بررسی تأثیرات پارامترهای اقلیمی بر پوشش گیاهی در برنامه‌ریزی و مدیریت کشاورزی می‌تواند نقش مهمی داشته باشد. این پژوهش با هدف اصلی بررسی مدل‌های رگرسیون خطی و شبکه عصبی به‌منظور شناسایی مهم‌ترین عوامل اقلیمی مؤثر بر تغییر شاخص‌های پوشش گیاهی در محدوده موردمطالعه در بازه زمانی ده‌ساله (۱۳۸۵-۱۳۹۵) انجام شد. در این پژوهش، علاوه بر استفاده از رگرسیون خطی ARMAX از رگرسیون بیزی استفاده شد که علاوه بر داده‌ها از اطلاعات محقق یا همان توزیع پیشین جهت تبیین نقش متغیرهای اقلیمی به کار گرفته شده است که نقطه‌ی قوت پژوهش حاضر نسبت به اغلب پژوهش‌های گذشته است. بر اساس یافته‌های این پژوهش متغیرهای حداکثر رطوبت، حداقل دما و بارش دارای تأثیر مثبت معنی‌دار بر متغیر NDVI هستند. به‌علاوه متغیرهای حداکثر دما، حداقل رطوبت دارای تأثیر منفی معنی‌دار بر متغیر وابسته NDVI و EVI هستند؛ که نتایج پژوهش با نتایج محققانی ازجمله (مرادیان و همکاران، ۲۰۱۹)، (کنگ و همکاران، ۲۰۱۸)، (مکرم و همکاران، ۱۳۹۶) سازگار می‌باشد. به‌منظور تعیین اهمیت هریک از متغیرهای مستقل در پیش‌بینی متغیرهای وابسته از روش شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد. نتایج نشان داد که متغیرهای بارش بااهمیت ۰/۳۹، حداقل دما بااهمیت ۰/۳، حداکثر دما بااهمیت ۰/۱۳، حداکثر رطوبت بااهمیت ۰/۱ و حداقل رطوبت بااهمیت ۰/۰۶ بیشترین تأثیر را بر EVI دارند. به‌علاوه بارش بااهمیت ۰/۲، حداقل دما بااهمیت ۰/۲۸، حداکثر دما بااهمیت ۰/۲۲، حداکثر رطوبت بااهمیت ۰/۱۷ و حداقل رطوبت بااهمیت ۰/۱۱ بیشترین تأثیر را بر NDVI دارند.

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

[DOI: 10.61186/jgs.24.75.17]

منابع

ابراهیمی خوسفی، زهره؛ روستائی، فاطمه؛ سلیمانی ساردو، مجتبی. (۱۳۹۸). تغییرات زمانی پوشش گیاهی مراتع غرب استان کرمان با استفاده از داده‌های سطح ۳ سنجنده‌ی مودیس و ارتباط آن با عوامل اقلیمی، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، ۱۰(۳۷)؛ ۵۲-۴۰.

خداکرمی، لقمان؛ علیرضا سفیانیان (۱۳۹۱). کاربرد سنجش‌ازدور چند زمانی در تعیین سطح زیرکشت، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب‌وخاک، ۱۶(۵۹)؛۲۱۵-۲۳۱.

ریگانی، بهزاد؛ ارزانی، حسین؛ حیدری، اسماعیل؛ مقدمی، محمدمهدی. (۱۳۹۸). کاربرد سنجش‌ازدور به‌منظور ارزیابی تغییر اقلیم بر تولید فنولوژی گیاهان، مرتع، ۱۳(۲)؛ ۴۶۰- ۴۵۰.

علیمرادی، سامان؛ خورانی، اسداله؛ اسماعیل پور، یحیی. (۱۳۹۶). پویایی پوشش گیاهی در رابطه با دما و بارش در مراتع حوضه کارون محدوده‌ی استان خوزستان، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۷(۴۴)، ۱۷۷-۱۵۱.

فرج زاده، منوچهر؛ فتح نیا، امان اله؛ علیجانی، بهلول؛ ضیاییان پرویز. (۱۳۹۰). ارزیابی اثر عوامل اقلیمی بر رشد پوشش گیاهی در مراتع متراکم ایران با استفاده از تصاویر AVHRR، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۴۳(۷۵)؛ ۱۳-۱.

کرمپور، مصطفی؛ یوسفی، عبدالحسین؛ کوهپایه، نواب. (۱۳۹۴). بررسی رابطه عناصر اقلیمی با پوشش گیاهی مراتع استان هرمزگان، فصلنامه اکوسیستم‌های طبیعی ایران، ۶(۳)؛ ۴۸-۴۱.

متکان، علی‌اکبر؛ عاشورلو، داود؛ عقیقی، حسین؛ گل صفتان، غلامرضا. (۱۳۹۷). ریزمقیاس سازی داده رطوبت خاکESA با استفاده از تصاویر ماهواره NOAA، مجله انجمن جغرافیا ایران، ۱۶(۵۷): ۱۵۶-۱۴۳.

مکرم، مرضیه؛ مزین، ملیحه؛ محمد فرجی؛ کتایون موسوی. (۱۳۹۶). بررسی تغییرات پوشش گیاهی در فصول مختلف رویش با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و ارتباط آن با تغییرات دما (منطقه موردمطالعه: شمال شهرستان داراب)، فصلنامه اکوسیستم‌های طبیعی ایران، ۳(۲۹)؛ ۲۰-۱.

ناصرزاده، محمدحسین؛ حجازی زاده، زهرا؛ علیجانی، بهلول؛ غلام پور، زهرا. (۱۳۹۹). آشکارسازی ارتباط زمانی مکانی عناصر اقلیمی پوشش گیاهی با به‌کارگیری محصولات سنجنده‌های MODIS و TRMM موردمطالعه: استان کهگیلویه و بویراحمد، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۲۰(۵)؛ ۳۷۰-۳۵۵.

هادیان، فاطمه؛ جعفری، رضا؛ بشیری، حسین؛ سلطانی، سعید. (۱۳۹۲). پایش تأثیر بارش در تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از تکنیک‌های سنجش‌ازدور در یک دوره ۱۲ ساله (مطالعه موردی: سمیرم لردگان)، آبخیزداری و مرتع، ۶۶(۴)؛ ۶۳۲-۶۲۱.

Dye, D. G., Tucker ,J, (2003). Seasonality and trends of snow-cover, vegetation index, and temperature in northern Eurasia. Geophysical Research Letters, 30 (7),1405. https://doi.org/10.1029/2002GL016384

Kong, D., Miao, C., Duan, Q., Lei, X., Li, H.(2018). Vegetation-climate interactions on the loess

Liu, Y., Li, L., Chen, X., Zhang, R., Yang, J.(2018). Temporal-spatial variations and influencing factors of vegetation cover in Xinjiang from 1982 to 2013 based on GIMMS-NDVI3g. Glob. Planet. Chang., 169, 145–155.

Muradyan, V., Tepanosyan, G., Asmaryan, S.(2019). Relationships between NDVI and climatic factors in mountain ecosystems: A case study of Armenia, Remote Sensing Applications: Society and Environment, Volume 14,158-169. https://doi.org/10.1016/j.rsase.2019.03.004

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

[DOI: 10.61186/jgs.24.75.17]