Journal of Geography

Journal Homepage: https://mag.iga.ir

Online ISSN: 2717-2996

Research Paper 2025, 22 (83)

Investigating the impact of land surface temperature, evaporation, transpiration, and rainfall on changes in vegetation cover in Hormozgan province (Case study of Hormozgan province)

Negar Shamsaei [1], Rasool Mahdavi [2], Asadolah khoorani [3], Hamid Gholami [4]

1. Ph. D. Student in the Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran. E: n.shamsaei81@gmail.com
2. Associate Professor in the Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran. E: ra_mahdavi2000@hormozgan.ac.ir (Corresponding Author)
3. Department of Geography Sciences, Faculty of Humanities, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran. E: khoorani@hormozgan.ac.ir
4. Professor in the Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran. E: hgholami@hormozgan.ac.ir

ARTICLE INFO

Keywords
Degradation of vegetation
Climate
Mann-Kendall test
Estimated slope

Article History:
Received:
25 OC 2024
Received in revised form:
15 JUN 2025
Accepted:
22 JUN 2025
Available online:
19 FE 2025

ABSTRACT

The degradation of vegetation is an essential parameter for studying environmental changes. Therefore, understanding the processes and factors affecting vegetation changes is crucial. In this study, we used remote sensing data from the MODIS sensor and reanalyzed data from ERA5 to investigate the trend of changes in Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Land Surface Temperature (LST), actual evaporation and transpiration (ET), and rainfall in Hormozgan province. The data was analyzed using the Man-Kendall method and Sen's slope estimates between 2001 and 2022. Then, the correlation between vegetation cover and temperature, evaporation and transpiration, and rainfall in this period was calculated. Investigating the trend of monthly vegetation changes using the Mann-Kendall statistic showed that the vegetation has increased in more than 80% of the province's area, and the slope of the estimate also confirms this increase. The examination of the changes in the temperature of the earth's surface, actual evaporation transpiration, and rainfall also showed that the trends of the changes in evaporation, transpiration, temperature of the earth's surface, and rainfall were increasing in most months. This increase was seen in over 65, 85 and 61% of the province, respectively. Investigating the correlation between vegetation cover and surface temperature index showed that this relationship is negative and strong in cold months. Examining the relationship between vegetation and actual evaporation and transpiration also showed that this relationship is positive in most months and more than 53% of the province. The investigation into the correlation between vegetation cover, and rainfall indicates that this relationship is predominantly positive throughout most months and is observable in over 54% of Hormozgan province. These findings suggest that it is feasible to use remote sensing data to analyze the connections between various variables, vegetation changes, and their evolution over time.

Citation:, Shamsaei, N., Mahdavi, R., khoorani, A. & Gholami, H. (2025). Investigating the impact of land surface temperature, evaporation, transpiration, and rainfall on changes in vegetation cover: a case study of Hormozgan province. Journal of Geography, 22 (83), 93-121.

http://doi.org/10.22034/jiga.2025.2036593.1319

© The Author (s). Publisher: Iranian Geographical Associati This is an open access article under the CC BY NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Extended Abstract

Introduction

In recent decades, land degradation has emerged as a critical global environmental issue that has garnered attention from researchers, planners, and policymakers. It refers to the temporary or permanent decline in land productivity due to physical, chemical, and biological factors impacting agricultural production, ecosystem functions, quality of life, and human livelihood. Vegetation and soil degradation, leading to the loss of high-quality vegetation and soil, are considered significant forms of land degradation worldwide. Remote sensing data has become valuable and reliable for studying land degradation, particularly in assessing long-term ecosystem function decline. Vegetation cover, often measured using the normalized vegetation cover index (NDVI) derived from satellite data, is a crucial parameter for investigating land degradation. Studies have explored its relationship with other factors such as land surface temperature (LST), evapotranspiration, and precipitation. This study aims to analyze changes in vegetation trends in Hormozgan province and its correlation with evapotranspiration, surface temperature, and rainfall using MODIS sensor data from 2001 to 2022.

Methodology

In this study, we used the Normalized Vegetation Index (NDVI) data from the MODIS sensor (MOD13A3) to examine changes in land surface vegetation. The NDVI data was collected monthly with a 1000-meter resolution. Additionally, we utilized MOD16A2 and MOD11A2 products to analyze evaporation, transpiration, and ground surface temperature. These products have spatial resolutions of 500 and 1000 meters and cover 8 days. We downloaded ET, NDVI, and LST data from the United States Geological Survey (USGS) website in HDF format, spanning 2001-2022. Furthermore, we used reanalyzed ERA5 data from the ECMWF database to assess monthly rainfall trends. To prepare the data for analysis, we utilized the geographical longitude and latitude coordinate system and processed it using Acgis10.8 and Terrset software. I analyzed the changes in vegetation cover, evaporation, transpiration, land surface, and rainfall from 2001 to 2022 using the non-parametric Mann-Kendall analysis and Sen's slope estimation. Initially presented by me and later developed by Kendall, this test is based on data ranks in a time series. It is used to determine trends. Additionally, I used the slope of the age estimator to assess the accuracy and enhance the process. Furthermore, in Terrset software, I performed a correlation analysis to examine the relationship between vegetation and soil surface indicators, evaporation, and rainfall. The correlation coefficient ranges between -1 and +1, where a positive value indicates a direct relationship and a negative value indicates an inverse relationship between the two changes.

Results and Discussion

The analysis of spatial and temporal changes in vegetation cover index (NDVI), evapotranspiration (ET), land surface temperature (LST), and monthly rainfall from 2001 to 2022 indicates that during winter and early spring, the vegetation cover index, evapotranspiration, and precipitation reach their highest values, while the land surface temperature shows its lowest value during these months. Over the 22 years, the average spatial changes in NDVI reveal that the highest vegetation cover is primarily located in the region's northern, northeastern, and northwestern parts, aligning with the monthly rainfall patterns during this period. The examination of the land surface temperature index (LST) indicates that the highest values are observed in the southern parts of Hormozgan province, particularly in the Persian Gulf and Oman Sea. The analysis of changes in the z-kendall index of the NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) showed an increase throughout all the months studied, with the increase observed in over 80% of Hormozgan province. The examination of the slope of the monthly estimator confirmed the increase in vegetation cover during these months. Similarly, the z-kendall evapotranspiration index analysis indicated an increase in the evapotranspiration index in most months, occurring in over 54% of the region. The slope of the estimator for evaporation and transpiration index also supported these findings. The z-Kendall LST (Land Surface Temperature) index exhibited increasing trends in the majority of months over the 21 years, encompassing over 61% of the area. The slope statistics of the age estimator

for this index confirmed the monthly increase in the Hormozgan province. Lastly, based on the z-Kendall change, the rainfall index over the 21 years increased in most months, covering more than 76% of the province. The slope statistics of the age estimator of this index also supported the monthly increase .From 2001 to 2022, the monthly correlation between the vegetation cover index and the evapotranspiration index in Hormozgan province indicated a strong positive relationship in most months, covering over 80% of the province. Additionally, the vegetation cover index and surface temperature correlation showed a predominantly negative relationship, especially during autumn and winter, covering more than 54% of the area. Furthermore, the correlation between the vegetation cover index and the rainfall index revealed a positive relationship in over 54% of the province for most months over the 21 years.

Conclusion

The analysis of monthly vegetation changes in Hormozgan province using Mann-Kendall statistics and the age estimator slope indicates that there has been an increase in vegetation cover in over 80% of the area. The study by Eskandari Doman et al. in 2019 confirmed that the trend of vegetation changes, as indicated by the NDVI index between 2018 and 2019, showed a significant increase, particularly in the higher classes of the index (exceeding 0.4). Furthermore, examining changes in the earth's surface temperature, evaporation, transpiration, and rainfall revealed that these factors increased in most months, with increases observed in over 65%, 85%, and 61% of the province, respectively. The study also found a correlation between vegetation cover and earth surface temperature, indicating a positive relationship in most areas of the province and both negative and positive correlations between evaporation, transpiration, and rainfall. Given the comprehensive nature of this study, it is recommended to conduct similar research and compare the results with those presented here.

Funding

There is no funding support.

Authors' Contribution

the work. All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

We are grateful to all the scientific consultants of this paper.

References

1) Ahmadaali, K., Eskandari Damaneh, H., Ababaei, B. & Eskandari Damaneh, H. (2021). Impacts of droughts on rainfall use efficiency in different climatic zones and land uses in Iran. Arabian Journal of Geosciences, 14(2), 126. https://doi.org/10.1007/s12517-020-06389-1
2) Azhdari, Z., bazrafshan, O., Bazrafshan, J., Shekari, M. & Zamani, H. (2021). Meteorological drought monitoring based on multivariate statistical and probability indices in Hormozgan province. Journal of Arid Biome, 10(2), 1-17. https://doi.org/10.29252/aridbiom.2021.15258.1821. [Persian].
3) Bakhtiari, M., Darvishi Boloorani, A., Abdollahi Kakroodi, A., Rangzan, K. & Mousivand, A. (2021). Land degradation modeling of dust storm sources using MODIS and meteorological time series data. Journal of Arid Environments, 190, 104507. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2021.104507
4) Dawelbait, M. & Morari, F. (2012). Monitoring desertification in a Savannah region in Sudan using Landsat images and spectral mixture analysis. Journal of Arid Environments, 80, 45-55. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2011.12.011

5) Derakhshandeh, A., Khoorani, A. & Rezazadeh, M. (2023). Trend analysis of precipitation in Iran based on MERRA2. Journal of the Earth and Space Physics, 49(3), 669-683. http//doi.org/10.22059/jesphys.2023.350125.1007465. [Persian].
6) Eskandari Damaneh, H., Gholami, H., Mahdavi, R., Khoorani, A. & Li, J. (2021). Assessing the land degradation using water use efficiency (WUE) and drought indices (case study: Fars province). Journal of Range and Watershed Managment, 74(1), 103-120. https://doi.org/10.22059/jrwm.2021.314310.1550. [Persian].
7) Eskandari Damaneh, H., Zehtabian, G., Khosravi, H., Azarnivan, H. & Barati, A. (2022). Investigating the Influence of Drought on Trend of Vegetation Changes in Arid and Semiarid Regions, Using Remote Sensing Technique: A Case Study of Hormozgan province). Desert Ecosystem Engineering, 9(28), 13-28. https://doi.org/10.22052/deej.2020.9.28.11. [Persian].
8) Eskandari Dameneh, H., Gholami, H., Telfer, M. W., Comino, J. R., Collins, A. L. & Jansen, J. D. (2021). Desertification of Iran in the early twenty-first century: assessment using climate and vegetation indices. Scientific Reports, 11(1), 20548. https://doi.org/10.1038/s41598-021-99636-8. [Persian].
9) Eskandari, H., Borji, M., Khosravi, H. & Mesbahzadeh, T. (2016). Desertification of forest, range and desert in Tehran province, affected by climate change. Solid Earth, 7(3), 905-915. https://doi.org/10.5194/se-7-905-2016, 2016
10) Fiorillo, E., Maselli, F., Tarchiani, V. & Vignaroli, P. (2017). Analysis of land degradation processes on a tiger bush plateau in South West Niger using MODIS and Landsat TM/ETM+ data. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 62, 56-68. https://doi.org/10.1016/j.jag.2017.05.010
11) Gao, W., Zheng, C., Liu, X., Lu, Y., Chen, Y., Wei, Y. & Ma, Y. (2022). NDVI-based vegetation dynamics and their responses to climate change and human activities from 1982 to 2020: A case study in the Mu Us Sandy Land, China. Ecological Indicators, 137, 108745. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108745
12) Ge, W., Deng, L., Wang, F. & Han, J. (2021). Quantifying the contributions of human activities and climate change to vegetation net primary productivity dynamics in China from 2001 to 2016. Science of The Total Environment, 773, 145648. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145648
13) Hereher, M. & El-Kenawy, A. (2022). Assessment of Land Degradation in Northern Oman Using Geospatial Techniques. Earth Systems and Environment, 6(2), 469-482. https://doi.org/10.1007/s41748-021-00216-7
14) Huete, A. (2016). Vegetation's responses to climate variability. Nature, 531(7593), 181-182. https://doi.org/10.1038/nature17301
15) Huang, Y., Zhu, B., Zhu, Z., Zhang, T., Gong, W., Ji, Y. & Chen, D. (2019). Evaluation and comparison of MODIS collection 6.1 and collection 6 dark target aerosol optical depth over mainland China under various conditions including spatiotemporal distribution, haze effects, and underlying surface. Earth and Space Science, 6(12), 257-259. https://doi.org/10.1029/2019EA000809 2
16) Javadi, S., Ranjbar Fordoie, A., Khosravi, H. & Eskandari Damaneh, H. (2023). Investigating the effects of drought on the water use efficiency in different climates and land uses (Case study: Tehran province). Journal of Arid Biome, 13(2), 1-15. https://doi.org/10.29252/aridbiom.2024.20742.1965. [Persian].
17) Kendall, M. "Rank correlation methods." (1948). https://doi.org/10.1007/978-1-4684-6683-6_9
18) Kumar, B. P., Babu, K. R., Anusha, B. N. & Rajasekhar, M. (2022). Geo-environmental monitoring and assessment of land degradation and desertification in the semi-arid regions using Landsat 8 OLI / TIRS, LST, and NDVI approach. Environmental Challenges, 8, 100578. https://doi.org/10.1016/j.envc.2022.100578
19) Liu, F., Chen, Y., Lu, H. & Shao, H. (2017). Albedo indicating land degradation around the Badain Jaran Desert for better land resources utilization. Science of The Total Environment, 578, 67-73. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.17
20) Liu, X., Yin, T., Zhang, Y., Huang, D., Wu, P., Wang, N. & Wang, R. (2023). Water use strategies of Robinia pseudoacacia and Quercus acutissima vary among seasons and planting methods. Plant and Soil, 483(1), 199-207. https://doi.org/10.1007/s11104-022-05736-3
21) Liu, Z., Si, J., He, X., Jia, B., Zhou, D., Wang, C., Zhu, X., Qin, J., Ndayambaza, B. & Bai, X. (2024). The impact of desertification on soil health stability in Semi-Arid alpine Regions: A case study of the Qilian Mountains in the northeastern Tibetan Plateau, China. Ecological Indicators, 163, 112098. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.112098
22) Mann, H. B. (1945). Nonparametric tests against trend. Econometrica: Journal of the econometric society,13, 245-259. https://doi.org/10.2307/1907187

23) Mehmood, K., Anees, S. A., Muhammad, S., Hussain, K., Shahzad, F., Liu, Q. & Khan, W. R. (2024). Analyzing vegetation health dynamics across seasons and regions through NDVI and climatic variables. Scientific Reports, 14(1), 11775. https://doi.org/10.1038/s41598-024-62464-7
24) Meshesha, K. S., Shifaw, E., Kassaye, A. Y., Tsehayu, M. A., Eshetu, A. A. & Wondemagegnehu, H. (2024). Evaluating the relationship of vegetation dynamics with Rainfall and Land Surface Temperature using geospatial techniques in South Wollo zone, Ethiopia. Environmental Challenges, 15, 100895. https://doi.org/10.1016/j.envc.2024.100895
25) Mu, Q., Heinsch, F. A., Zhao, M. & Running, S. W. (2007). Development of a global evapotranspiration algorithm based on MODIS and global meteorology data. Remote Sensing of Environment, 111(4), 519-536. https://doi.org/10.1016/j.rse.2007.04.015
26) Mu, Q., Zhao, M. & Running, S. W. (2011). Improvements to a MODIS global terrestrial evapotranspiration algorithm. Remote Sensing of Environment, 115(8), 1781-1800. https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.02.019
27) Nateghi S., Ghohardoust, A. & Soleimani Sardoo F. Investigating the Effect of Vegetation on the Occurrence of Dust Phenomenon (Case Study: Hormozgan Province). E.E.R. 2022; 12(2) :43-60. https://doi.org/20.1001.1.22517812.1401.12.2.6.3. [Persian].
28) Niu, H., Marquer, L., Sack, D., Gao, G., Wang, J., Meng, M, & Jie, D. (2023). Middle to late Holocene plant cover variation in relation to climate, fire, and human activity in the Songnen grasslands of northeastern China. Frontiers in Plant Science, 13, 1071273. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1071273
29) Paroon, S., Yavari, G, & Rezazadeh, M. (2019). Climate classification of Hormozgan province using classical methods. Geography (Regional Planning), 8(33), 115-127. [Persian]. https://doi.org/20.1001.1.22286462.1397.9.1.8.8
30) Rahimzadeh,F, Hedayat Dezfouli, A, & Porasgharian, A. (2010). Evaluation of trends and jumps of extreme temperature and precipitation profiles in Hormozgan province. Geography and Development, 9(21), 97-116. https://doi.org/10.61186/jsaeh.10.2.149. [Persian].
31) Roohollah Nejad, M., Salamati Hormozi, V., Ramezani, R. & Khansalari, S. (2022). Prediction of temperature and precipitation in the statistical period 2021-2080 in Hormozgan province for drought extraction and its downscaling by LARS-WG software. Journal of the Earth and Space Physics, 48(3), 693-712. https://doi.org/10.22059/jesphys.2022.334358.1007383. [Persian].
32) Roy, P., Pal, S. C., Chakrabortty, R., Chowdhuri, I., Saha, A., Ruidas, D. & Islam, A. (2024). Climate change and geo-environmental factors influencing desertification: a critical review. Environmental Science and Pollution Research, 1-14. https://doi.org/10.1007/s11356-024-32432-9
33) Running, S. W., Mu, Q., Zhao, M. & Moreno, A. (2019). MODIS global terrestrial evapotranspiration (ET) product (MOD16A2/A3 and year-end gap-filled MOD16A2GF/A3GF) NASA Earth Observing System MODIS Land Algorithm (for collection 6). National Aeronautics and Space Administration, Washington, DC, USA [data set], 3-37. https://doi.org/10.5067/MODIS/MOD16A2, 6
34) Sen, P. K. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. Journal of the American Statistical Association, 63(324), 1379-1389. https://doi.org/10.1080/01621459.1968.10480934
35) Shao, Y., Jiang, Q. o., Wang, C., Wang, M., Xiao, L. & Qi, Y. (2020). Analysis of critical land degradation and development processes and their driving mechanism in the Heihe River Basin. Science of The Total Environment, 716, 137082. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137082
36) Tucker, C. J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. Remote sensing of Environment, 8(2), 127-150. https://doi.org/10.1016/0034-4257(79)90013-0
37) Tucker, C. J. & Sellers, P. J. (1986). Satellite remote sensing of primary production. International journal of remote sensing, 7(11), 1395-1416. https://doi.org/10.1080/01431168608948944
38) Wang, J., Wei, H., Cheng, K., Ochir, A., Davaasuren, D., Li, P., Shun Chan, F. K. & Nasanbat, E. (2020). Spatio-Temporal Pattern of Land Degradation from 1990 to 2015 in Mongolia. Environmental Development, 34, 100497. https://doi.org/10.1016/j.envdev.2020.100497
39) Yang, Y., Wang, Z., Li, J., Gang, C., Zhang, Y., Zhang, Y., Odeh, I. & Qi, J. (2016). Comparative assessment of grassland degradation dynamics in response to climate variation and human activities in China, Mongolia, Pakistan and Uzbekistan from 2000 to 2013. Journal of Arid Environments, 135, 164-172. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2016.09.004
40) Yin, T., Zhai, Y., Zhang, Y., Yang, W., Dong, J., Liu, X. & Wang, R. (2023). Impacts of climate change and human activities on vegetation coverage variation in mountainous and hilly areas in Central South of Shandong Province based on tree-ring. Frontiers in Plant Science, 14, 1158221. https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1158221

41) Zhang, H., Li, L., Zhao, X., Chen, F., Wei, J., Feng, Z. & Hu, M. (2024). Changes in Vegetation NDVI and Its Response to Climate Change and Human Activities in the Ferghana Basin from 1982 to 2015. Remote Sensing, 16(7), 1296. https://doi.org/10.3390/rs16071296
42) Zhang, R., Ouyang, Z. T., Xie, X., Guo, H. Q., Tan, D. Y., Xiao, X. M. & Zhao, B. (2016). Impact of climate change on vegetation growth in arid northwest of China from 1982 to 2011. Remote Sensing, 8(5), 364.

نشریهٔ جغرافیا

Journal Homepage: https://mag.iga.ir

شاپا الکترونیکی: ۲۹۹۶-۲۷۱۷

مقاله برگرفته از رساله دکتری

دوره۲۲، شمارهٔ۸۳، ۱۴۰۳

بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی تحت تأثیر عنصرهای اقلیمی دمای سطح زمین، تبخیر و تعرق واقعی و بارندگی در استان هرمزگان

نگار شمسائی[۱]، رسول مهدوی[۲]، اسداله خورانی[۳]، حمید غلامی[۴]

۱. دانشجوی دکتری مدیریت و کنترل بیابان، گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.

۲. دانشیار گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران. (نویسنده مسئول). E: ra_mahdavi2000@hormozgan.ac.ir

۳. گروه علوم جغرافیایی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران. **E:** khoorani@hormozgan.ac.ir

۴. استاد گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.

اطلاعات مقاله | **چکیده**

واژگان کلیدی:

تخریب پوشش گیاهی، اقلیم، آزمون من-کندال، شیب تخمین‌گر سن

تخریب پوشش گیاهی از جمله پارامترهای مهم برای بررسی تغییرات زیست محیطی است. بنابراین درک روند و عوامل موثر بر تغییرات پوشش گیاهی از اهمیت بالایی برخوردار است. از این‌رو در این مطالعه، با هدف بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی (NDVI)، دمای سطح زمین (LST)، تبخیر و تعرق واقعی (ET) و بارندگی استان هرمزگان از داده‌های سنجش از دور حاصل از سنجنده مودیس و داده‌های ERA5 با روش من-کندال و شیب تخمین‌گرسن در بازه زمانی ۲۰۲۲-۲۰۰۱ استفاده شد. سپس همبستگی بین پوشش گیاهی و دمای سطح خاک، تبخیر و تعرق واقعی و بارندگی در این بازه زمانی محاسبه گردید. بررسی روند تغییرات ماهانه پوشش گیاهی با استفاده از آماره من-کندال نشان داد که پوشش گیاهی در بیش از ۸۰ درصد از مساحت استان افزایشی است و همچنین شیب تخمین‌گرسن نیز این افزایش را تأیید می‌کند. تجزیه و تحلیل تغییرات دمای سطح زمین، تبخیر و تعرق واقعی و بارندگی نیز نشان داد که روند تغییرات تبخیر تعرق، دمای سطح زمین و بارندگی در اکثر ماه‌ها افزایشی بوده که به ترتیب این افزایش در بیش از ۶۵، ۸۵ و ۶۱ درصد از استان دیده شده است. بررسی رابطه همبستگی بین پوشش گیاهی با شاخص دمای سطح زمین نشان داد که در ماه‌های سرد، این رابطه منفی و قوی می‌باشد. بررسی این رابطه بین پوشش گیاهی و تبخیر و تعرق واقعی نیز نشان داد که در اکثر ماه‌ها این رابطه مثبت و در بیش از ۵۳ درصد از سطح استان دیده شده است. از طرفی دیگر نتایج رابطه همبستگی بین پوشش گیاهی و بارندگی بیان داشت که این رابطه در اکثر ماه‌های سال مثبت بوده و در بیش از ۵۴ درصد از استان هرمزگان به خوبی مشهود است. با توجه به این نتایج می‌توان بیان داشت که با استفاده از داده‌های سنجش از دور به خوبی می‌توان روابط بین متغیرهای مختلف با تغییرات پوشش گیاهی و روند تغییرات آن‌ها را در طول زمان مورد بررسی قرار داد.

تاریخ دریافت:
۱۴۰۳/۰۸/۰۴
تاریخ بازنگری:
۱۴۰۳/۱۰/۲۶
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۳/۱۱/۰۳
تاریخ چاپ:
۱۴۰۳/۱۲/۰۱

استناد: شمسائی، نگار؛ مهدوی، رسول؛ خوران، اسداله و غلامی، حمید. (۱۴۰۳). بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی تحت تأثیر عنصرهای اقلیمی دمای سطح زمین، تبخیر و تعرق واقعی و بارندگی در استان هرمزگان، نشریهٔ جغرافیا، (۸۳) ۲۲، ۱۲۱-۹۳.

http://doi.org/10.22034/jiga.2025.2036593.1319

© نویسندگان

صاحب امتیاز: انجمن جغرافیایی ایران

مقدمه و پیشینه

پوشش گیاهی یکی از مهم‌ترین و فعال‌ترین اجزاء اکوسیستم زمینی است که تحت تأثیر عوامل اکولوژیکی از جمله اقلیم، خاک و شرایط هیدرولوژی اکوسیستم می‌باشد. توسعه پوشش گیاهی را می‌توان به طور کمی با شاخص‌های پوشش گیاهی برآورد کرد، که این شاخص‌ها می‌تواند به طور مشهودی توسعه کمی پوشش گیاهی را نشان دهد. و همچنین با بررسی روند تغییرات آن به طور مداوم تغییرات پویا در پوشش گیاهی را تا حد زیادی در طول یک دوره آماری بلند مدت با دقت مناسب پایش کرد(Mehmood etal, 2024: 2). عملکرد اکوسیستم‌های زمینی و ارزیابی تأثیر تغییرات اقلیمی بر اکوسیستم‌های زمینی به طور قابل توجهی به پویایی پوشش گیاهی بستگی دارد. تنوع اقلیمی تأثیر زیادی بر محیط زیست دارد، اما تأثیر آن برای هر منطقه یکسان نیست (Meshesha etal, 2024: 68). برای مناطق حساس به تغییرات که از نظر شرایط اقلیمی و پوشش گیاهی شکننده می‌باشند این تأثیرات مشهود و قابل لمس است. پوشش گیاهی بخش کاملاً حساس محیط به تغییرات اقلیمی است، در حالی که نقش مهمی در ایجاد تعادل در محیط دارد (Huete, 2016: 182). پویایی پوشش گیاهی شامل فصل رشد و کل مقدار پوشش گیاهی می‌شود. که به شدت تحت تأثیر تغییرات اقلیمی است. تخریب پوشش گیاهی و خاک با کیفیت بالا به طور گسترده به عنوان یکی از درد سرسازترین و قابل توجه‌ترین راه‌های تخریب سرزمین در سراسر جهان در نظر گرفته می‌شود (Roy etal, 2024: 68; Wang etal, 2020: 34). امروزه داده‌های سنجش از دور به عنوان یک منبع اطلاعاتی مفید و قابل اعتماد برای بررسی تخریب و تغییرات پوشش گیاهی شناخته شده است. به طوریکه، رویکردهای مختلفی برای ارزیابی و نظارت بر پوشش گیاهی، به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک در مقیاس محلی تا جهانی وجود دارد (Liu etal, 2017: 165; Yang etal, 2016: 9). از این‌رو برای بررسی تخریپ وشش گیاهی، به‌عنوان کاهش طولانی مدت در عملکرد اکوسیستم، به طور مستقیم یا غیرمستقیم با استفاده از انواع شاخص‌ها و پارامترهای مختلف حاصل از داده‌ها و محصولات سنجش از دور استفاده شده است. از این‌رو، تولید خالص اولیه (NPP)[1] (Eskandari etal, 2016: 906) ، شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI)[2] (Fiorillo etal, 2017: 66)، کارایی مصرف بارش باران (RUE)[3] (Ahmadaali etal, 2021: 20)، خشکسالی، دمای سطح زمین (LST)[4] (Kumar etal, 2022: 4) و بررسی تغییرات سطح زمین براساس فعالیت‌های انسان (Shao etal, 2020: 14) از جمله نمونه‌های مؤثری از کاربردهای سنجش از دور برای تخمین و مدل‌سازی تخریب سرزمین در رابطه با پدیده‌های زیست محیطی با سایر موارد را نام برد. یکی از پارامترهای مهم برای بررسی تخریب سرزمین، پوشش گیاهی بوده که در اکثر مطالعات از شاخص پوشش گیاهی نرمالیزه شده (NDVI) حاصل از داده‌های ماهواره‌ای به عنوان شاخص اساسی و رابطه آن با سایر پارامترهای دیگر از جمله دمای سطح زمین (LST)، تبخیر و تعرق واقعی (ET)[5] و بارندگی پرداخته‌اند. فرآیند تبادل انرژی و آب بین سطح زمین و جو تحت تأثیر دمای سطح زمین است که یک پارامتر ژئوفیزیکی اولیه است. دمای سطح زمین برای مدل‌سازی هیدرولوژیکی، تخریب زمین، مطالعات اکولوژیکی و تحقیقات تغییرات اقلیمی بسیار اهمیت دارد. امروزه دمای سطح زمین به یکی از پارامترهای اصلی برای بررسی تغییرات مکانی

---

[1] Net primary production
[2] Normalized Difference Vegetation Index
[3] Rain Use Efficiency
[4] Land surface temperature
[5] Evapotranspiration

تبدیل شده است زیرا یکی از حیاتی‌ترین شاخص‌های تغییرات سطح زمین می‌باشد. بسیاری از محققین که در زمینه‌های تحقیقاتی زیست محیطی، مانند تغییرات اقلیمی جهانی، چرخه‌های هیدرولوژیکی و کشاورزی و کاربری شهری–پوشش زمین، کار می‌کنند در تحقیقات خود از LST به عنوان یک پارامتر مهم، مؤثر و کارآمد سنجش از دور نام می‌برند (Hereher & El-Kenawy, 2022: 471; Shao etal, 2020: 3). از این رو داده‌های سنجش از دور نقش مهمی در تهیه این پارامتر مهم دارد. یکی دیگر از شاخص‌های مهم و حیاتی در برررسی تغییرات سطح و تخریب زمین، شاخص تبخیر و تعرق واقعی (ET) است که با استفاده از پارامترهای اقلیمی سرعت باد، رطوبت و ساعات آفتابی محاسبه می‌شود و آن را به شاخص خوبی برای ارزیابی اثرات تغییرات اقلیمی بر سایر پارامترها مخصوصا پوشش گیاهی تبدیل می‌کند. داده‌های سنجنده مودیس اولین مجموعه داده ET با وضوح مکانی ۱ کیلومتری برای مناطق دارای پوشش گیاهی جهانی در یک بازه زمانی ۸ روزه در اختیار محققین قرار داده است (Mu etal, 2007: 532; Mu etal, 2011: 1776). این داده‌ها به طور مستقیم و غیر مستقیم به عنوان داده‌های مناسبی برای بررسی روند تغییرات پوشش سطح زمین مورد استفاده قرار گرفته‌اند. استان هرمزگان با توجه به موقعیت خاص از نظر سیاسی و اقلیمی از جمله استان‌های است که در سال‌های اخیر مورد توجه مهاجران از اقصی نقاط کشور قرار گرفته و این امر باعث رشد جمعیت این استان نسبت به سایر استان‌های کشور شده است. از طرفی دیگر؛ پوشش گیاهی این استان با توجه به موقعیت جغرافیایی خاص آن تحت تاثیر تغییرات اقلیمی می‌باشد. مطالعات مختلف در زمینه تغییرات پوشش گیاهی و پارامترهای اقلیمی در این استان نشان می‌دهد که این منطقه درگیر تخریب پوشش گیاهی به همراه تغییرات اقلیمی موثر بر آن است. لازم به ذکر است که اغلب این مطالعات برای بررسی تغییرات اقلیمی تنها از یک یا دو پارامتر خاص از جمله دما، بارندگی و خشکسالی و... استفاده کرده‌اند،که این باعث شده است سایر عوامل اقلیمی موثر بر تغییرات پوشش گیاهی نادیده گرفته شود. با توجه به این مطالب بررسی دقیق و جامع‌تر تغییرات اقلیمی و پوشش گیاهی و اثرات این تغییرات اقلیمی بر پوشش گیاهی در این استان لازم به تحقیق است. از این رو هدف از مطالعه حاضر بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی استان هرمزگان و پاسخ آن به تغییرات تبخیر و تعرق واقعی، دمای سطح زمین با استفاده از داده‌های سنجنده مودیس و بارندگی با استفاده از داده‌ای مدل بازسازی شده ERA5 در بازه زمانی ۲۰۲۲–۲۰۰۱ می‌باشد.

پوشش گیاهی بخش مهمی از اکوسیستم زمینی بوده که نه تنها لیتوسفر، اتمسفر و هیدروسفر را به هم متصل می‌کند، بلکه نقش مهمی در حفظ تعادل اکولوژیکی جهانی ایفا می‌کند. تغییرات پوششی اغلب به عنوان شاخصی از تغییرات محیطی در مقیاس‌های زمانی و مکانی مختلف دیده می‌شود (Gao etal, 2022: 2) و تصور می‌شود که توسط عوامل اقلیمی، فعالیت‌های انسانی یا هر دو ایجاد می‌شود (Zhang etal, 2022: 532). در سال‌های اخیر، به دلیل تغییرات اقلیمی و سطوح مختلف تداخل فعالیت‌های انسانی، پوشش گیاهی به درجات مختلف تخریب یا احیاء شده است و تنوع زیستی را تا حد زیادی تحت تأثیر قرار داده است. در چند دهه گذشته، اقلیم جهانی دستخوش تغییرات بی‌سابقه‌ای شده است و گرمایش جهانی به یک واقعیت غیرقابل انکار تبدیل گردیده است (Gao etal, 2022: 4). مجموعه‌ای از وقایع ناشی از تغییرات اقلیمی، مانند تغییرات دما، نوسانات بارندگی و تغییرات تشعشع، منجر به تغییرات چشم‌گیری در پوشش گیاهی در بسیاری از نقاط کره زمین شده است (Liu etal, 2022: 532). افزایش قابل توجه دما منجر به افزایش تبخیر و تعرق واقعی می‌شود که ممکن است بر رشد پوشش گیاهی تأثیر منفی بگذارد، در حالی که تغییر الگوی توزیع بارندگی ممکن است منجر به درجات مختلف تخریب پوشش گیاهی شود. از این‌رو محققان برای بررسی تغییرات پوشش گیاهی در

مقابل عوامل اقلیمی از داده‌های مختلف سنجش از دوری و اقلیمی استفاده کرده‌اند که در ادامه به تعدادی از این تحقیقات اشاره می‌گردد.

ین و همکاران (۲۰۲۳)، در مطالعه اثرات تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی بر تنوع پوشش گیاهی در مرکز جنوب استان شاندونگ در بازه زمانی ۲۰۲۰–۱۹۰۵ بیان داشتند که روند تغییرات پوشش گیاهی در سال‌های اخیر در این بازه زمانی کاهشی بوده که عامل اصلی تعیین کننده تنوع پوشش گیاهی در این منطقه پارامتر اقلیمی بارش می‌باشد. نیو و همکاران (۲۰۲۳)، تغییرات پوشش گیاهی مراتع سونگن شمال شرقی چین در رابطه با تغییرات اقلیمی، آتش‌سوزی و فعالیت‌های انسانی در دوره هلوسن میانی تا اواخر آن مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که تغییرات طولانی مدت پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه عمدتا تحت تأثیر تغییرات بارشی، مخصوصا بارش‌های مونسونی تابستانه می‌باشد. جائو و همکاران (۲۰۲۲)، در مطالعه پویایی پوشش گیاهی مبتنی بر NDVI و پاسخ آنها به تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی از سال ۱۹۸۲ تا ۲۰۲۰ در سرزمین ماسه شنی، چین بیان داشتند؛ روند تغییرات پوشش گیاهی از سال ۲۰۰۶ به بعد به طور چشمگیری افزایش یافته است. همچنین این نتایج نشان داد که در مقیاس سالانه بارندگی به عنوان محرک اصلی تغییرات پوشش گیاهی نسبت به دما می‌باشد. محمود و همکاران (۲۰۲۴)، برای بررسی و تجزیه و تحلیل پوشش گیاهی در فصول و مناطق مختلف پاکستان از رابطه بین NDVI و متغیرهای اقلیمی از جمله بارندگی استفاده کردند. نتایج آنها بیان کرد که در اکثر مناطق پاکستان مخصوصا مناطق خشک و نیمه‌خشک آن بارندگی به عنوان فاکتور اصلی و تعیین کننده تغییرات پوشش گیاهی بوده است. اسکندری دامنه و همکاران (۱۴۰۱)، در بررسی تخریب اراضی و بیابان‌زایی از داده‌های تولید ناخالص اولیه گیاهان و تبخیر و تعرق واقعی سنجنده مودیس برای محاسبه کارایی مصرف بارش استان فارس استفاده کردند، نتایج تحقیق آنها کاهش تولیدات گیاهی در مقابل عوامل مؤثر اقلیمی و نهایت افزایش تخریب سرزمین را نشان می‌دهد. جوادی و همکارن (۱۴۰۲)، در بررسی اثرات خشکسالی بر کارایی مصرف آب گیاهان در اقلیم و کاربری‌های مختلف، از داده‌های تبخیر و تعرق واقعی، تولید ناخالص اولیه حاصل از سنجنده مودیس استفاده کردند. مطالعه آنها بیان داشت که با استفاده از این داده‌های سنجش از دور، به‌خوبی می‌توان اثرات عوامل اقلیمی بر آب مصرفی برای تولید گیاهان را در اقلیم‌های مختلف مورد بررسی قرار داد.

از آنجایی که بارندگی به عنوان یکی از عوامل اصلی تعیین کننده و مؤثر بر پراکنش مکانی و زمانی گیاهان می‌باشد، در بسیاری از مطالعات به عنوان یک عامل اصلی و کاربردی بررسی تغییرات پوشش گیاهی و تخریب اراضی مورد مطالعه قرار گرفته است. بررسی پیشینه تحقیق انجام شده نشان می‌دهد که این مطالعات در بررسی اثرات تغییرات اقلیمی بر تخریب اراضی و پوشش گیاهی تنها از یک یا نهایتا دو شاخص که عمدتا دما و بارندگی بوده استفاده نموده‌اند و نتایج تحقیق خود را بر مبنای این شاخص‌ها ارائه کردند.

اما در تحقیق حاضر برای بررسی عوامل اقلیمی موثر بر تخریب پوشش گیاهی از پارامترهای اقلیمی مانند دما سطح زمین، بارندگی و شاخص مهم تبخیر و تعرق واقعی استفاده می‌شود، تا با دقت بهتری عوامل موثر بر تخریب پوشش گیاهی مورد بررسی قرار گیرد. همچنین در این تحقیق برای بررسی بارندگی از داده‌های مدل‌های بازسازی شده استفاده می‌گردد، تا بارندگی استان هرمزگان با دقت بهتری در واحد پیکسل مورد بررسی قرار گیرد.

روش پژوهش

داده‌های مورد استفاده: در این مطالعه برای بررسی تغییرات پوشش گیاهی سطح زمین از شاخص پوشش گیاهی نرمالیزه شده (NDVI) که از تولیدات سنجنده مودیس (MOD13A3) در بازه زمانی ماهانه و با قدرت تفکیک ۱۰۰۰ متر استفاده گردید. برای محاسبه شاخص پوشش گیاهی NDVI از رابطه ۱ استفاده شد:

رابطه (۱)

$$NDVI = \frac{(NIR - R)}{(NIR + R)}$$

در این رابطه:

NIR مقدار بازتاب در باند مادون قرمز نزدیک و R مقدار بازتاب باند قرمز می‌باشد. دامنه تغییرات این شاخص بین ۱ و ۱- است. مقادیر زیاد این شاخص حداکثر پوشش گیاهی را نشان می‌دهند (Tucker & Sellers, 1986: 1380؛ Tucker, 1979: 140). همچنین برای مطالعه تبخیر و تعرق واقعی و دمای سطح زمین به ترتیب از از تولیدات MOD16A2 و MOD11A2 با تفکیک مکانی ۵۰۰ و ۱۰۰۰ متر در بازه زمانی ۸ روزه استفاده شد (Running etal, 2019: 3; Huang etal, 2019: 2580). تولیدات ET، NDVI و LST برای بازه زمانی ۲۰۲۲-۲۰۰۱ از سایت سنجش از دور زمین شناسی آمریکا (USGS) با فرمت HDF دانلود شد. با توجه به وسعت استان هرمزگان این منطقه در دو صفحه (فریم) از تولیدات سنجنده مودیس قرار می‌گرفت پس از انجام تصحیحات لازم، در نرم‌افزار $ENVI_{5.3}$ تصاویر موزاییک شدند. همچنین در این تحقیق برای بررسی روند میزان بارش، از داده‌های باز تحلیل شده ERA5[۲] پایگاه اطلاعاتی ECMWF[۳] به صورت ماهانه با تفکیک مکانی ۱۰ کیلومتر در بازه زمانی مورد مطالعه استفاده شد. در نهایت تمامی داده‌های مورد مطالعه در سیستم مختصات طول و عرض جغرافیای آماده و برای تجزیه و تحلیل در نرم‌افزار $Arcgis_{10.8}$ و Terrset آماده‌سازی شدند.

بررسی روند تغییرات شاخص‌های مورد مطالعه:

روند تغییرات شاخص‌های پوشش گیاهی، تبخیر و تعرق واقعی، دمای سطح زمین و بارندگی در دوره زمانی ۲۰۲۲-۲۰۰۱ با استفاده از آنالیز ناپارامتری من-کندال و شیب تخمین گرسن انجام شد. این آزمون ابتدا توسط من[۴] ارائه و سپس توسط کندال[۵] بر پایه رتبه داده‌ها در یک سری زمانی بسط و توسعه یافت (Mann, 1945: 250; Kendall, 1975: 5). آزمون من-کندال برای تعیین این که آیا یک دنباله زمانی روند صعودی یا نزولی یکنواخت دارد، استفاده می‌شود.

مراحل محاسبه آماره این آزمون به شرح زیر است:

محاسبه اختلاف بین تک تک جملات سری با همدیگر و اعمال تابع علامت و استخراج پارامتر S به شرح رابطه ۲ است:

۱ United States Geological Survey
۲ ECMWF Reanalysis v5
۳ European Centre for Medium-Range Weather Forecasts
۴ Mann
۵ Kendall

رابطه (۲)

$$U_{t,T} = \sum_{i=2}^{n}\sum_{j=1}^{i-1} sgn(X_i - X_j)$$

که در آن، n طول سری زمانی، xj و xi داده‌های متوالی و sgn(Xi-Xj) تابع علامت بوده که از رابطه ۳ قابل تعیین می-شود:

رابطه (۳)

$$sign = (X_i - X_j) = \begin{cases} +1 \; if \; (X_i - X_j) > 0 \\ 0 \;\; if \; (X_i - X_j) = 0 \\ -1 \; if \; (X_i - X_j) < 0 \end{cases}$$

میانگین E(S) و واریانس آماره به ترتیب از روبط ۴ و ۵ به دست می‌آید:

رابطه (۴)

$$E(S) = 0$$

رابطه (۵)

$$var(s) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^{n} tp(p)(p-1)(2p+5)}{18}$$

تعداد دنباله‌ها برای pامین مقدار و p تعداد مقادیر دنباله‌ها است. جزء دوم در فرمول فوق، یک تعدیل برای دنباله‌ها یا داده‌های حساس است. آماره استاندارد شده آزمون z از رابطه ۶ به دست می‌آید:

رابطه (۶)

$$z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{var(s)}}, if \; s > 1 \\ 0, \qquad if \; s > 0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{var(s)}}, if \; s > 1 \end{cases}$$

مقدار مثبت Z روند صعودی و مقدار منفی Z روند نزولی سری زمانی را نشان می‌دهد (جدول ۱). (جوادی و همکاران، ۱۴۰۲: ۶).

جدول ۱. جدول توزیع نرمال

سطح معنی‌داری	Z
معنی‌دار نیست	Z = ± ۱/۹۶
روند افزایشی و معنی‌دار است	Z > ۱/۹۶
روند کاهشی و معنی‌دار است	Z < ۱/۹۶

منبع: (یافته‌های پژوهش)

برای تأیید درستی و صحت تغییرات روند از شیب تخمین‌گر سن استفاده شد. که از طریق فرمول (۷) محاسبه می‌گردد.

رابطه (۷)

$$\beta = \text{Median}\left[\frac{X_i - X_j}{i - j}\right](\forall j > i)$$

که در آن β برآوردگر شیب خط روند، X_i و X_j به ترتیب مقادیر مشاهداتی iام و jام می‌باشند شمارنده سال می‌باشد. مقادیر مثبت آن نشان دهنده روند افزایشی و مقادیر منفی آن نشان دهنده روند کاهشی است (Sen, 1986: 1380).

آنالیز همبستگی بین شاخص‌های پوشش گیاهی و دمای سطح خاک و تبخیر و تعرق واقعی:

برای بررسی همبستگی بین شاخص‌های پوشش گیاهی و دمای سطح خاک، تبخیر و تعرق واقعی و بارندگی از آنالیز همبستگی در نرم‌افزار Terrset استفاده شد که رابطه ۸ آن را نشان می‌دهد.

رابطه (۸)

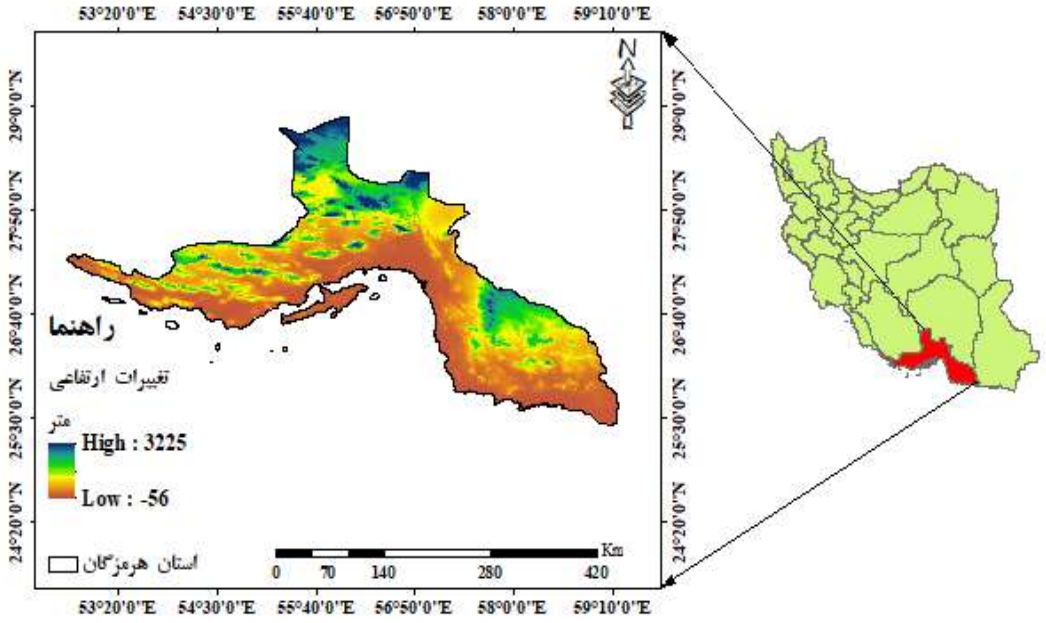
$$R_{x,y} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - X)(y_i - y)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i - x)^2 \times \sum_{i=1}^{n}(y_i - y)^2}}$$

که در آن، $R_{x.y}$ ضریب همبستگی ساده بین x و y است، xi مقدار شاخص مستقل در بازه زمانی iام، yi متغیرهای مستقل بازه زمانی iام و i بازه زمانی است.

ضریب همبستگی بین ۱- و ۱ تغییر می‌کند. چنانچه r مثبت باشد بیانگر رابطهٔ مستقیم کامل بین دو متغیر است و زمانی که r منفی باشد یک رابطهٔ معکوس کامل بین دو متغیر را نشان می‌دهد (جوادی و همکاران، ۱۴۰۲: ۶)

محدوده مورد مطالعه

استان هرمزگان در حدفاصل بین مختصات جغرافیایی '۲۰ °۲۴ تا '۰ °۲۴ عرض شمالی و '۲۰ °۵۳ تا '۱۰ °۵۹ طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ واقع شده است. این استان دارای وسعتی حدود ۶۹۷۰۰ کیلومترمربع، متوسط دمای هوای سالانه C° ۲۶/۶ با میانگین رطوبت نسبی ۶۸ درصد و میانگین بارندگی سالیانه این استان کمتر از ۲۰۰ می‌باشد (پرون و همکاران، ۱۳۹۷: ۱۲۴). با توجه به مشخصات اقلیمی و استقرار استان هرمزگان در منطقه جنب حاره‌ای، گرمی هوا مهمترین پدیده مشهود اقلیمی آن می‌باشد. ویژگی‌های آب و هوایی این استان، یک فصل طولانی گرم و یک فصل کوتاه خنک است (اسکندری دامنه و همکاران، ۱۴۰۰: ۶). موقعیت استان هرمزگان در ایران و تغییرات ارتفاعی آن در (شکل ۱) نشان داده شده است.

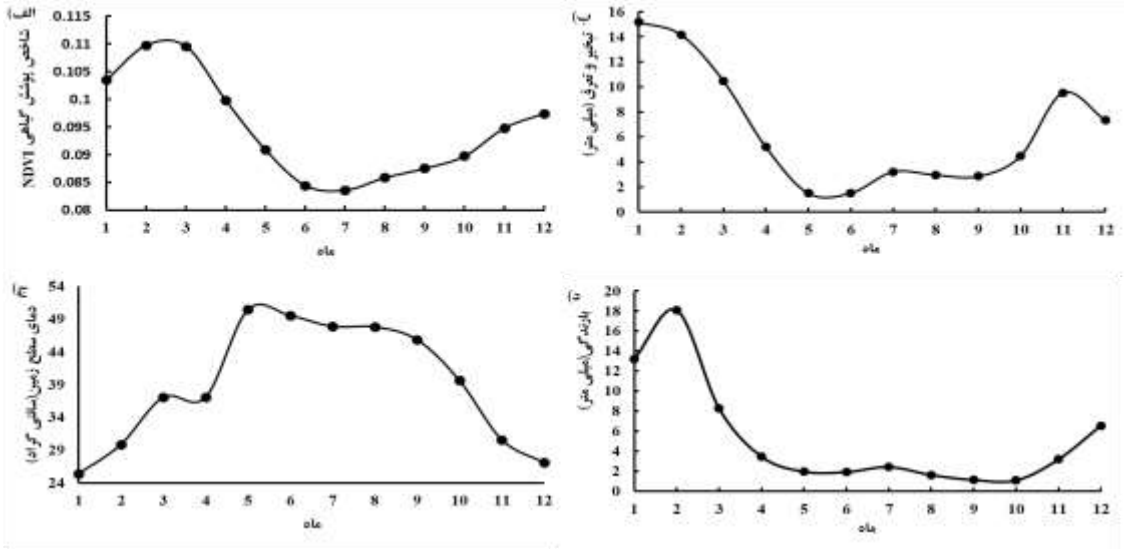


شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه و تغییرات ارتفاعی آن

منبع: (ترسیم از نگارندگان پژوهش)

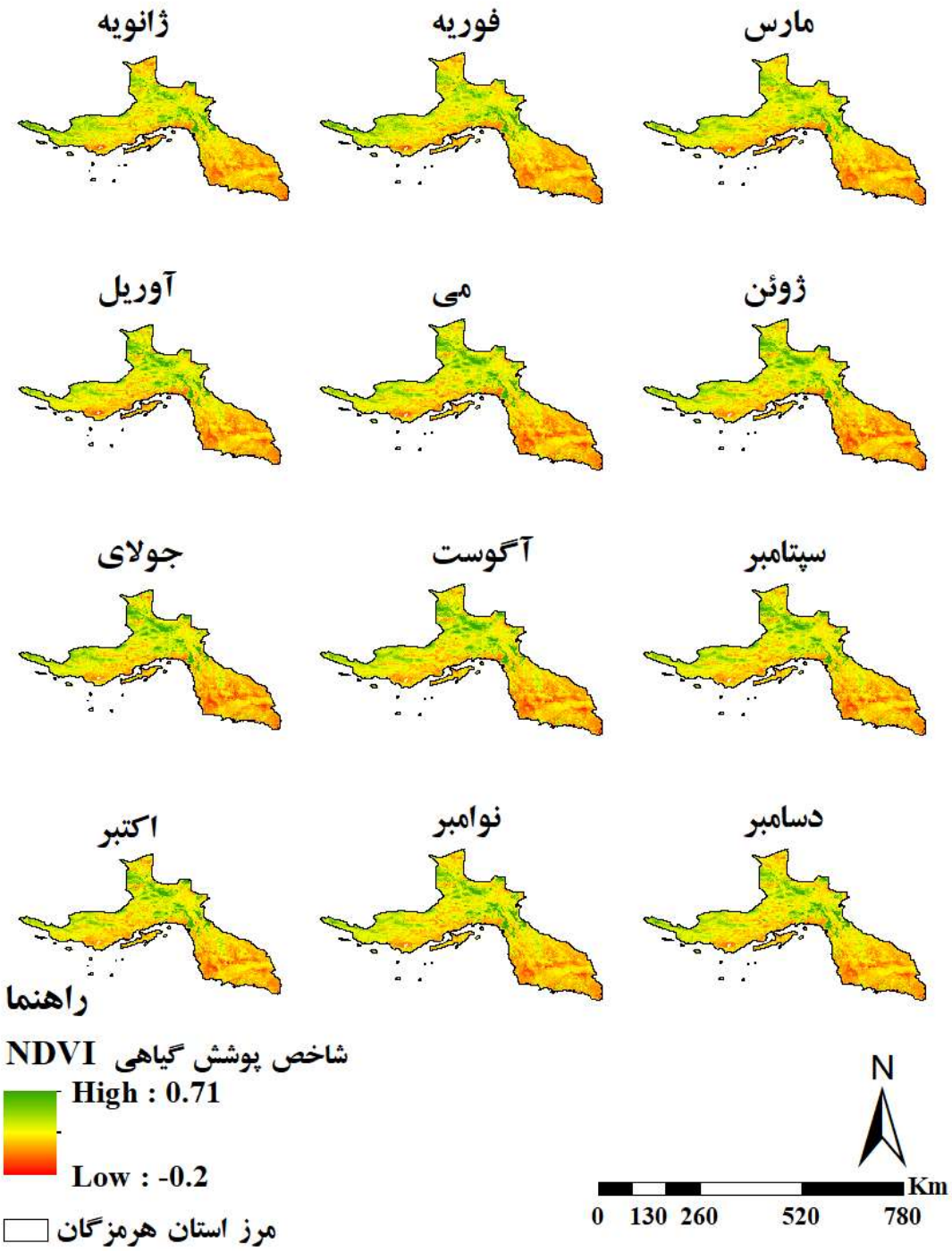
بحث و یافته‌ها

تغییرات زمانی و مکانی پوشش‌گیاهی، تبخیر و تعرق واقعی ودمای سطح زمین: بررسی تغییرات مکانی و زمانی روند تغییرات شاخص پوشش گیاهی NDVI، تبخیر و تعرق واقعی(ET)، دمای سطح زمین (LST) و بارندگی ازماه ژانویه تا دسامبر (۱ تا ۱۲) در بازه زمانی سال ۲۰۲۲-۲۰۰۱ به ترتیب در (شکل ۲ و ۶) آورده شده است. بررسی تغییرات متوسط ۲۱ ساله شاخص پوشش گیاهی، تبخیر و تعرق واقعی، دمای سطح زمین و بارندگی در شکل ۲ الف تا د نشان داده شده است. نتایج حاصل از (شکل۲ الف تا ج) نشان می‌دهد که حداکثر مقادیر شاخص پوشش گیاهی، تبخیر و تعرق واقعی و بارندگی و حداقل مقادیر دمای سطح زمین در فصل زمستان و ابتدای بهار قابل مشاهده است، به طوری‌که حداکثر شاخص پوشش گیاهی در ماه‌های فوریه و مارس به ترتیب ۰/۱۱ و ۰/۱۰ می‌باشد. حداکثر شاخص تبخیر و تعرق واقعی در ماه‌های ژانویه و مارس به ترتیب ۱۵/۱۷ و ۱۴/۱۶ میلی‌متر و حداکثر بارندگی در ماه‌های مارس و ژانویه که به ترتیب ۱۸/۰۹ و ۱۳/۲۲ میلی‌متر قرار دارد، همچنین بررسی متوسط ۲۱ ساله شاخص دمای سطح زمین حداقل مقدار خود را در ماه‌های ژانویه و دسامبر که به ترتیب ۲۵/۴۳ و ۲۷/۱۲ سانتی گراد نشان داد (شکل۲، د). بررسی تغییرات مکانی متوسط ۲۱ ساله شاخص پوشش گیاهی NDVI در شکل ۳ نشان می‌دهد که حداکثر پوشش گیاهی بیشتر در قسمت‌های شمالی، شمال شرقی و شمال غرب این منطقه بوده که این حداکثر پوشش در ماه‌های سرد سال که شامل ماه ژانویه تا می بوده در این شکل مشهود است. بررسی تغییرات تبخیر و تعرق واقعی مشابه با تغییرات شاخص NDVI بوده که در (شکل ۴) آورده شده است. تغییرات مکانی دمای سطح خاک (LST) در (شکل ۵) نشان می‌دهد که مقادیر حداکثر این شاخص در قسمت‌های جنوبی استان هرمزگان مخصوصا حاشیه خلیج فارس و دریای عمان بوده و مقادیر حداقل این شاخص در قسمت‌های شمالی، شمال شرقی و شمال غرب این استان مشاهده شده است. بررسی تغییرات متوسط بارندگی در ماه‌های مختلف در شکل ۶ نشان می‌دهد مقادیر حداکثر بارندگی بیشتر در قسمت‌های شمالی، شمال شرقی و تا حدودی قسمت‌های مرکزی استان و مقادیر حداقل آن نیز در سایر قسمت‌های استان مشاهده می‌شود.



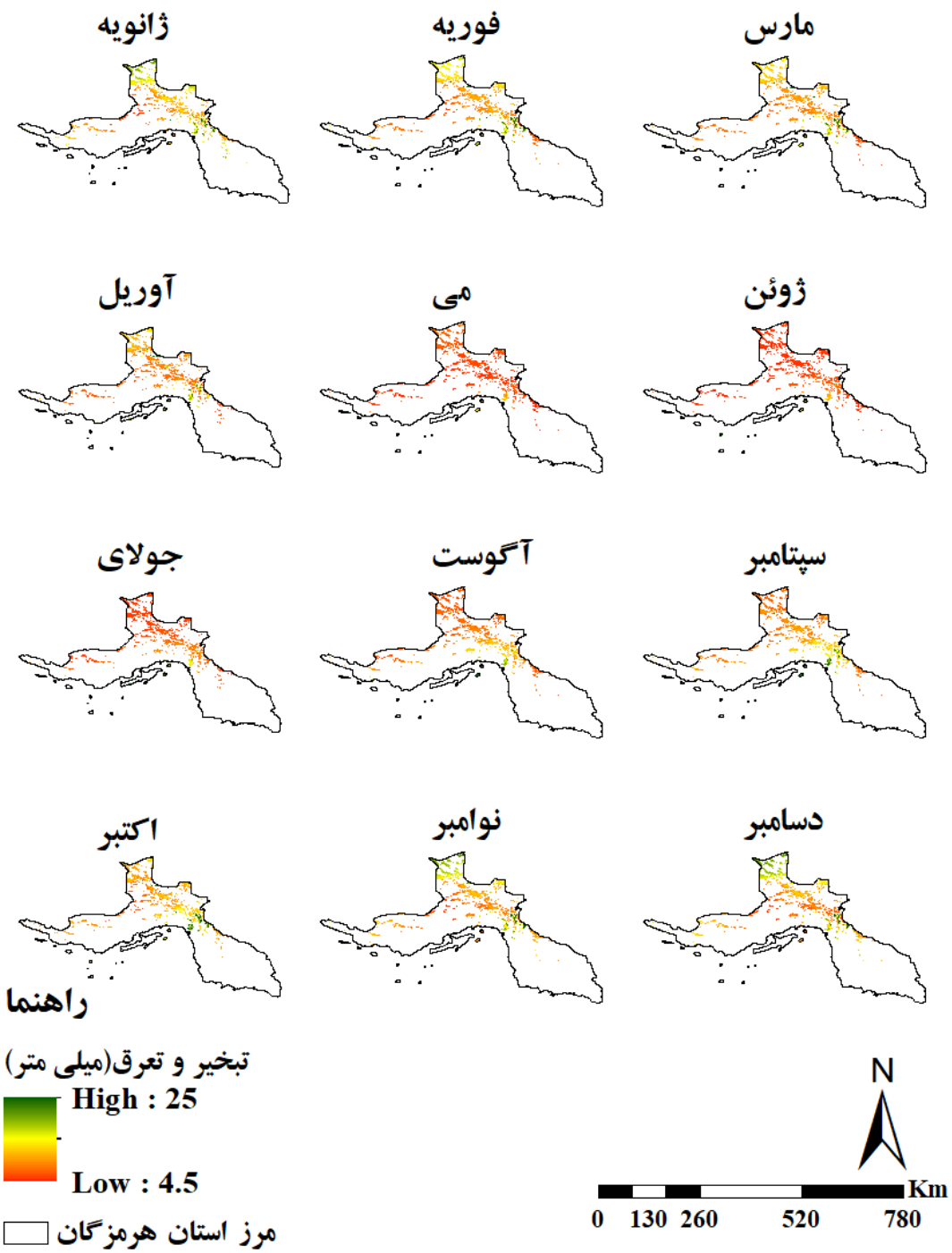
شکل۲. تغییرات متوسط شاخص‌های NDVI، ET، LST و بارندگی به ترتیب الف، ب، ج و د در بازه زمانی ۲۰۲۲-۲۰۰۱ استان هرمزگان

منبع: (یافته‌های پژوهش)



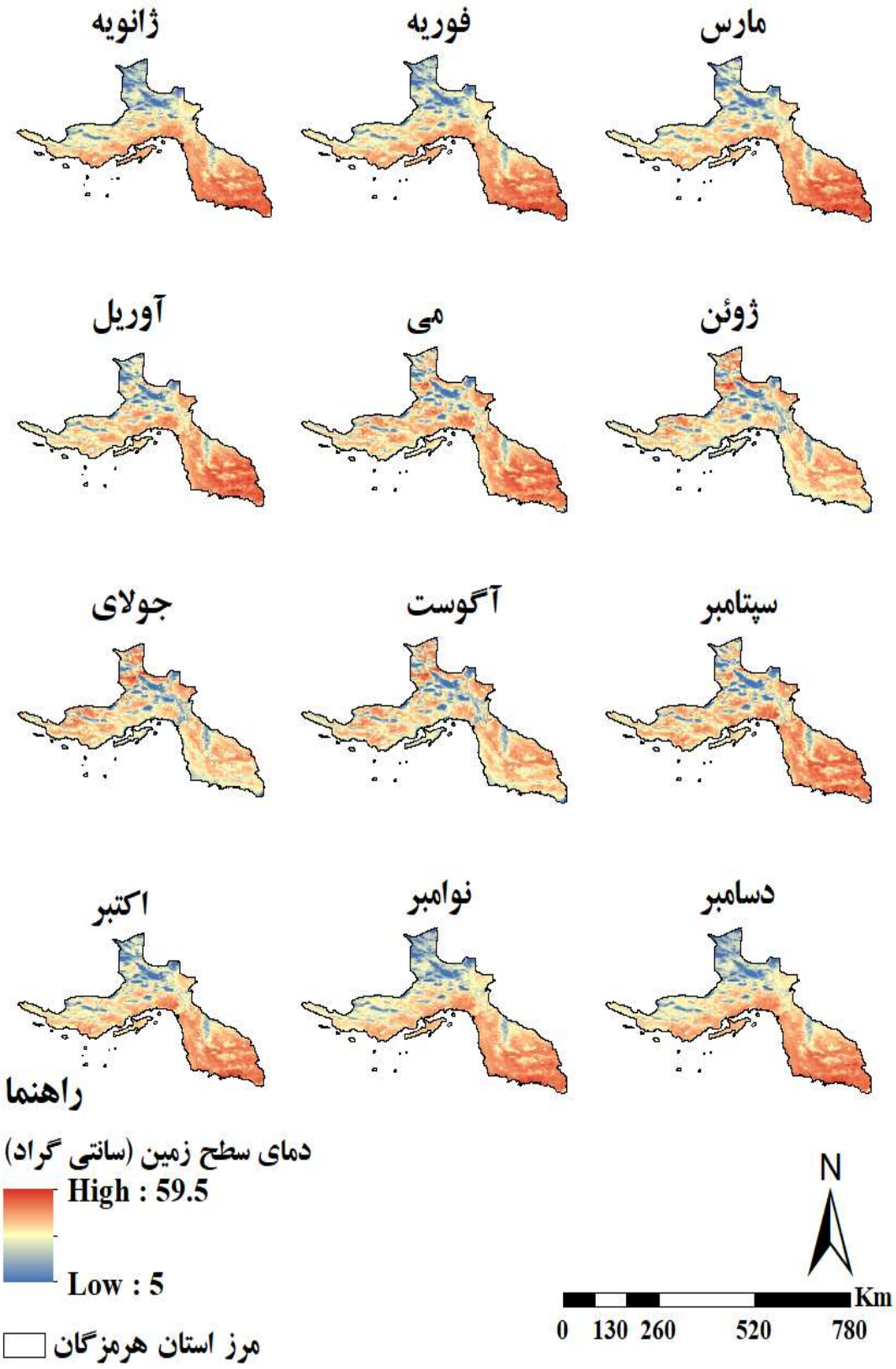
شکل۳. تغییرات مکانی متوسط ۲۱ ساله ۱۲ ماهه شاخص پوشش گیاهی NDVI استان هرمزگان

منبع: (یافته‌های پژوهش)



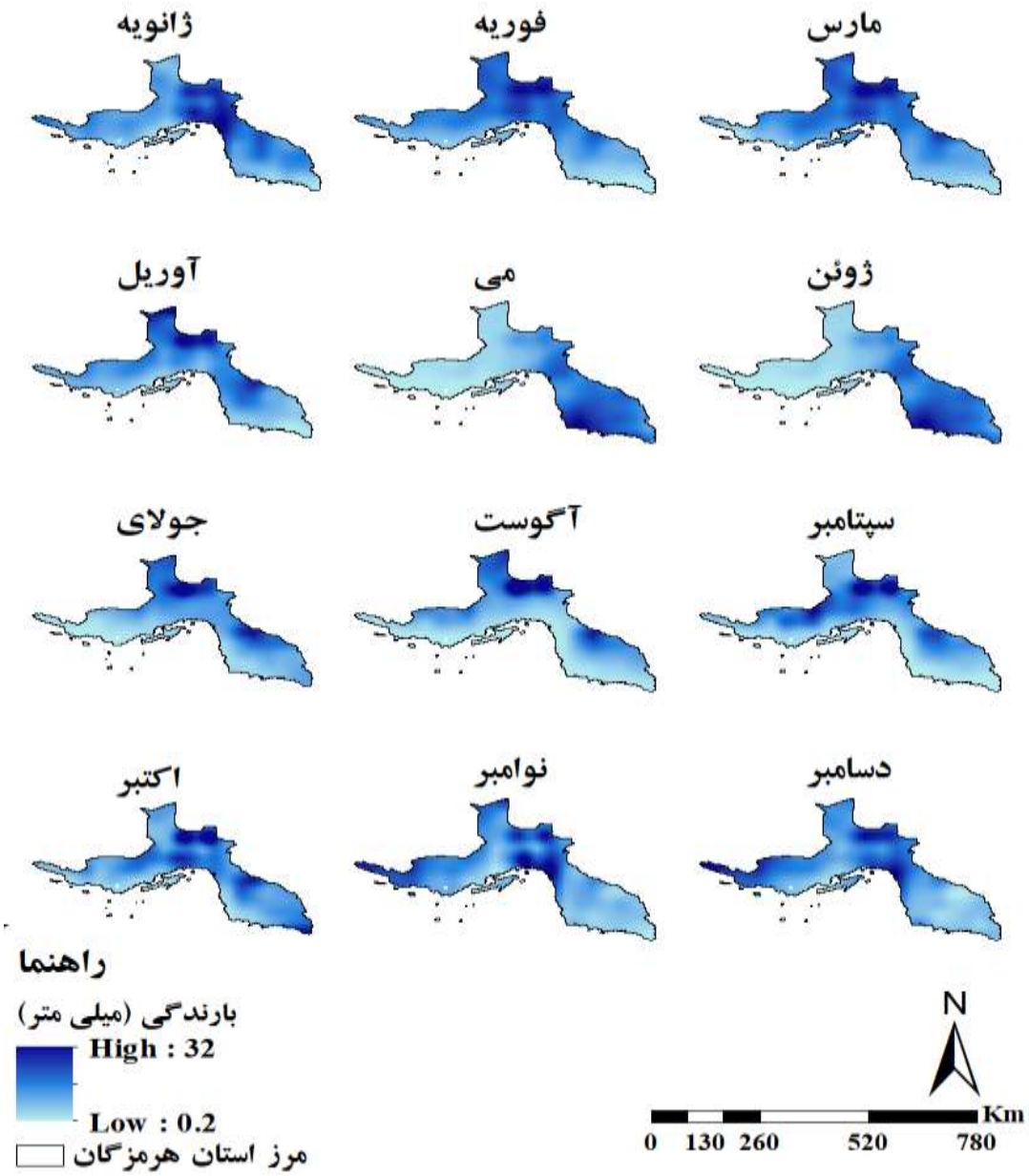
شکل۴. تغییرات مکانی متوسط ۲۱ ساله ۱۲ ماهه تبخیر و تعرق واقعی استان هرمزگان

منبع: (یافته‌های پژوهش)



شکل۵. تغییرات مکانی متوسط ۲۱ ساله ۱۲ ماهه دمای سطح زمین استان هرمزگان

منبع: (یافته‌های پژوهش)



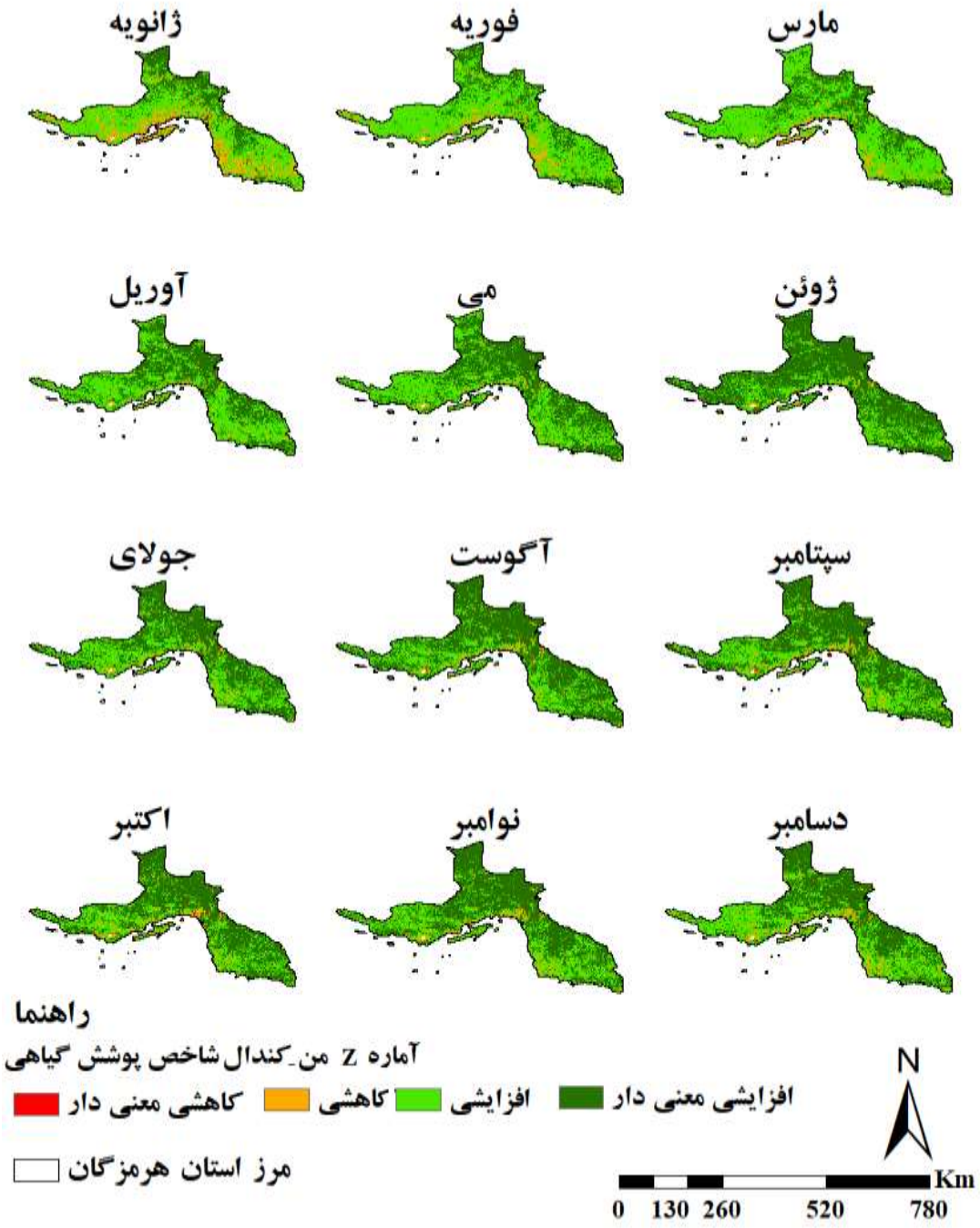
شکل۶. تغییرات مکانی متوسط ۲۱ ساله ۱۲ ماهه بارندگی استان هرمزگان

منبع: (یافته‌های پژوهش)

بررسی شیب تغییرات مکانی و زمانی شاخص‌های NDVI، ET و LST و بارندگی در بازه زمانی ۲۰۲۲-۲۰۰۱: بررسی شیب تغییرات شاخص‌های پوشش گیاهی NDVI، تبخیر و تعرق واقعی، دمای سطح زمین و بارندگی بر اساس آزمون‌های من-کندال و شیب تخمین‌گر س در بازه زمانی ۲۰۲۲-۲۰۰۱ در (شکل ۷ تا ۱۴) نشان داده شده است. نتایج حاصل از بررسی تغییرات z من-کندال و شیب تخمین گر سن شاخص پوشش گیاهی NDVI در بازه زمانی ۲۰۰۱-۲۰۲۲ در (شکل ۷ و ۸) آورده شده است. براساس نتایج حاصل از (شکل ۷) تغییرات z من-کندال در تمامی ماه‌های مورد مطالعه افزایشی بوده به طوری‌که در ماه‌های ژانویه، فوریه مارس، آوریل، می، ژوئن، جولای، آگوست،

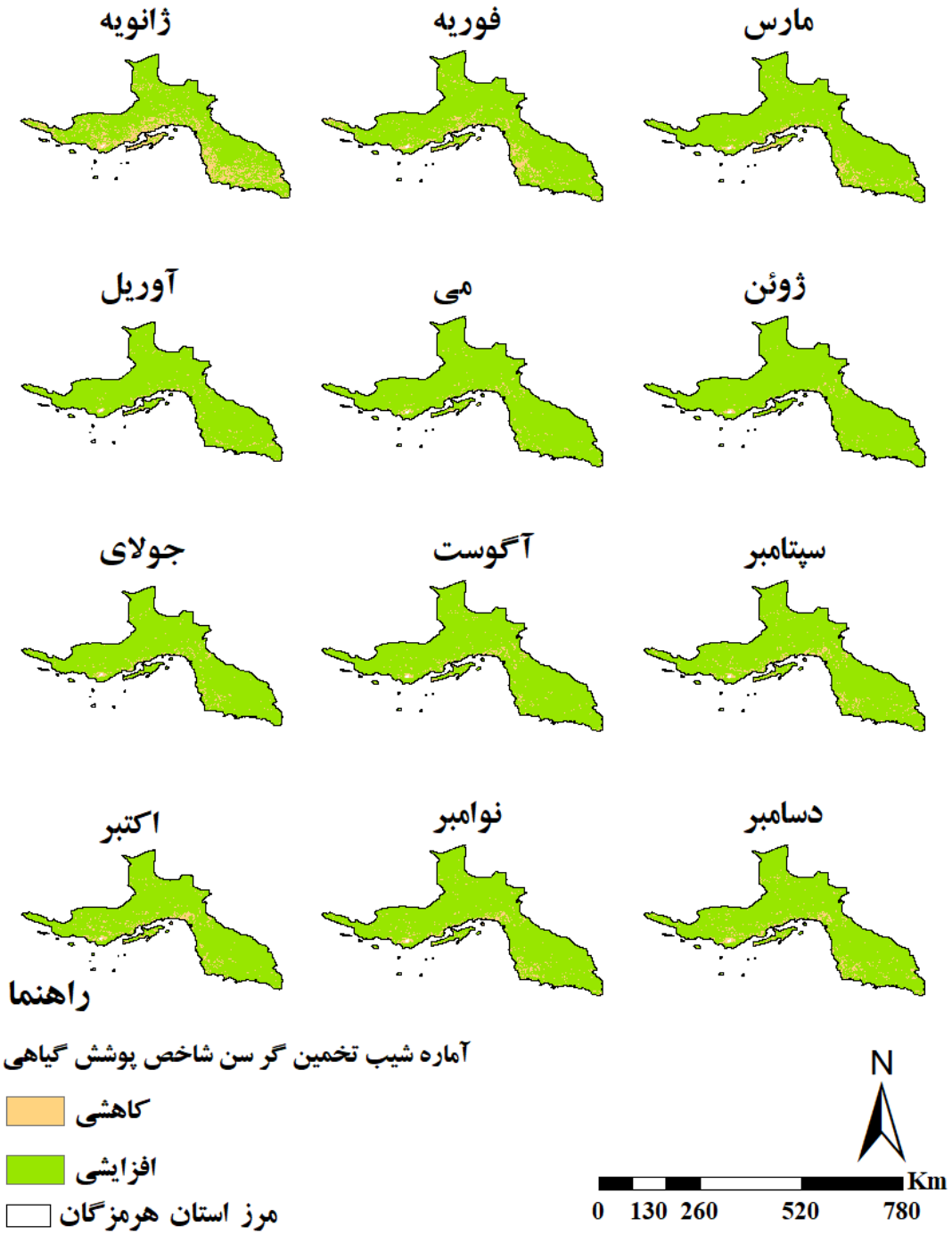
سپتامبر، اکتبر، نوامبر و دسامبر بـه ترتیـب در ۸۰/۲۵، ۹۰/۵۸، ۹۳/۳۹، ۹۶/۱۹، ۹۶/۶۸، ۹۷/۷۴، ۹۵/۳۸، ۹۵/۷۱، ۹۳/۹۰، ۹۳/۶۷، ۹۴/۱۸ و ۹۲/۷۶ درصد از استان هرمزگان افزایشـی بـوده و بـه همـین ترتیـب حـدود ۲۳/۶۰، ۲۲/۵۹، ۲۷/۳۱، ۴۳/۷۶، ۴۹/۵۳، ۶۹/۹۸، ۵۴/۰۹، ۶۱/۲۷، ۵۷/۲۶، ۵۹/۱۱، ۵۹/۰۳ و ۴۹/۹۴ درصـد از ایـن افـزایش معنـی‌دار مـی‌باشـد. بررسی شیب تخمین‌گر ماهانه شاخص NDVI در شکل ۸ افزایش پوشش گیاهی را در این ماه‌ها تأیید مـی‌کنـد. مطالعـه اسکندری دامنه و همکاران در سال ۱۳۹۹ در استان هرمزگان بیان داشت که رونـد تغییـرات پوشـش گیـاهی حاصـل از شاخص NDVI در بازه زمانی ۱۳۹۵-۱۳۷۹ افزایشی بوده که در کلاس‌های بالای این شـاخص (بیشـتر از ۰/۴) مشـهود است؛ تأیید کننده این مورد می‌باشد. نتایج حاصل از بررسی تغییرات z من-کندال و شیب تخمین گر سن شاخص تبخیـر و تعرق واقعی در (شکل ۹ و ۱۰) در بازه زمانی ۲۰۲۲-۲۰۰۱ نشان داده شده است. براساس (شـکل ۹) تغییـرات z مـن-کندال، شاخص تبخیر و تعرق واقعی در اکثر ماه‌ها افزایشی است. براساس نتایج این شاخص در مـاه‌هـای ژانویـه، فوریـه مارس، آوریل، می، ژوئن، اکتبر، به ترتیب در حـدود ۹۹/۴۷، ۶۵/۱۸، ۹۵/۶۹، ۷۵/۶۱، ۸۹/۸۴، ۵۴/۳۵ و ۷۵/۵۳ از سـطح استان هرمزگان افزایشی است از این مساحت‌ها به ترتیب حـدود ۰/۶۱، ۱/۴۳، ۱/۸۵، ۰/۹۷، ۹/۸۷، ۰/۰۴ و ۶/۲۸ درصـد از این مساحت افزایش معنی‌دار داشته است. بررسی شیب تخمین‌گر سن شاخص تبخیر و تعرق واقعی در (شـکل ۸) نیـز این نتایج را کاملا تأیید می‌کند. این نتایج با نتایج مطالعه ناطقی و همکاران(۱۴۰۱) هم‌سو بوده به طوری‌کـه نتـایج آنهـا بیان داشت که روند تغییرات تبخیر و تعرق واقعی در استان هرمزگان در بـازه زمـانی۲۰۲۰-۲۰۰۰ افزایشـی بـوده اسـت. نتایج حاصل از بررسی تغییرات z من-کندال و شیب تخمین گر سن شاخص دمای سطح زمین LST در شـکل ۱۱ و ۱۲ در بازه زمانی ۲۰۲۲-۲۰۰۱ نشان داده شده است. براساس (شکل ۱۱) تغییرات z من-کندال شـاخص LST در ایـن بـازه زمانی ۲۱ ساله در اکثر ماه‌های افزایشی بوده است. به طوری‌که به ترتیب در مـاه‌هـای ژانویـه، مـارس، ژوئـن، جـولای، آگوست، سـپتامبر، نـوامبر و دسـامبر در حـدود ۹۱/۰۳، ۹۲/۱۷، ۹۴/۸۸، ۶۰/۷۷، ۸۳/۶۲، ۶۹/۹۱، ۳۸ و ۹۰/۴۳ درصـد از منطقه مورد مطالعه افزایشی است که این مقـادیر بـه ترتیـب حـدود ۳/۴۷، ۰/۰۷، ۱۴/۰۳، ۰/۸۰، ۱۰/۵۵، ۱/۳۵، ۰/۲۴ و ۰/۰۸ درصد از این افزایش معنی‌دار بوده است از طرفی دیگر بررسی آماره شیب تخمین‌گرسن این شاخص در شـکل ۱۲ نیز این افزایش دمای سطح زمین را در اکثر ماه‌ها استان هرمزگان تأیید می‌کند. نتایج حاصل از بررسی تغییرات z مـن-کندال و شیب تخمین‌گر سن شاخص بارندگی در شـکل ۱۳ و ۱۴ دربـازه زمـانی ۲۰۲۲-۲۰۰۱ نشـان داده شـده اسـت. براساس شکل ۱۳ تغییرات z من-کندال شاخص بارندگی در این بازه زمانی ۲۱ ساله در اکثر ماه‌ها افزایشی بوده است، به طوری‌که بارندگی ماه‌های ژانویه، فوریه مارس، آوریل، جولای، آگوست، سپتامبر و نوامبر بـه ترتیـب در ۶۱/۵۰، ۹۹/۱۳، ۹۵/۵۶، ۹۴/۸۲، ۹۹/۲۱، ۷۶/۶۱، ۹۳/۱۳ و ۷۶/۶۶ درصد از استان هرمزگان افزایشی بوده که فقط در مـاه‌هـای جـولای، آگوست، سپتامبر و نوامبر به ترتیب ۱۲/۷۴، ۴۳/۹۶، ۰/۵۱ و ۴/۹۷ درصد افزایش معنی‌دار داشته است. بررسی آماره شیب تخمین‌گر سن این شاخص در (شکل ۱۴) نیز این افزایش بارندگی را در اکثر ماه‌های استان تأیید می‌کند. نتایج مطالعـات اژدری و همکاران ۱۳۹۹، رحیم‌زاده و همکاران ۱۳۹۰، و روح الله نژاد و همکاران ۱۴۰۱، نیز این افـزایش دمـا و افـزایش بارندگی‌های شدید استان هرمزگان را تأیید کردند. همچنین که بررسی روند تغییـرات دمـایی در سـطح کشـور و اسـتان هرمزگان تأیید کرد که این مناطق به پیرو تغییرات اقلیمی افزایش دما و به دنبال آن افـزایش تبخیـر و تعـرق واقعـی را تجربه کرده است (روح الله نژاد و همکاران، ۱۴۰۱: ۷۱۰; Ahmadaali etal, 2021: 13). از طرفی دیگر با افزایش پوشش گیاهی مخصوصا پوشش گیاهی کشاورزی روند افزایشی تبخیر و تعرق واقعی رو به افزایش بوده که ایـن خـود باعـث از

دست رفتن آب موجود می‌شود. نتایج بخشند و همکاران (۱۴۰۲) در بررسی جنبه‌های مختلف بارندگی در بازه زمانی ۱۹۹۰–۲۰۲۰ بیان داشتند که بارندگی در جنوب و جنوب شرق کشور مخصوصا استان هرمزگان روند افزایشی معنی‌داری داشته است. مطالعه اسکندری و همکاران (۱۴۰۲) که بررسی روند تغییرات بارندگی را در مطالعه تخریب سرزمین مد نظر داشتند تأیید می‌کند که در بازه زمانی مد نظر این مطالعه، بارندگی در قسمت‌های جنوبی و جنوب شرقی کشور که استان هرمزگان را نیز در بر می‌گیرد؛ افزایشی بوده است.



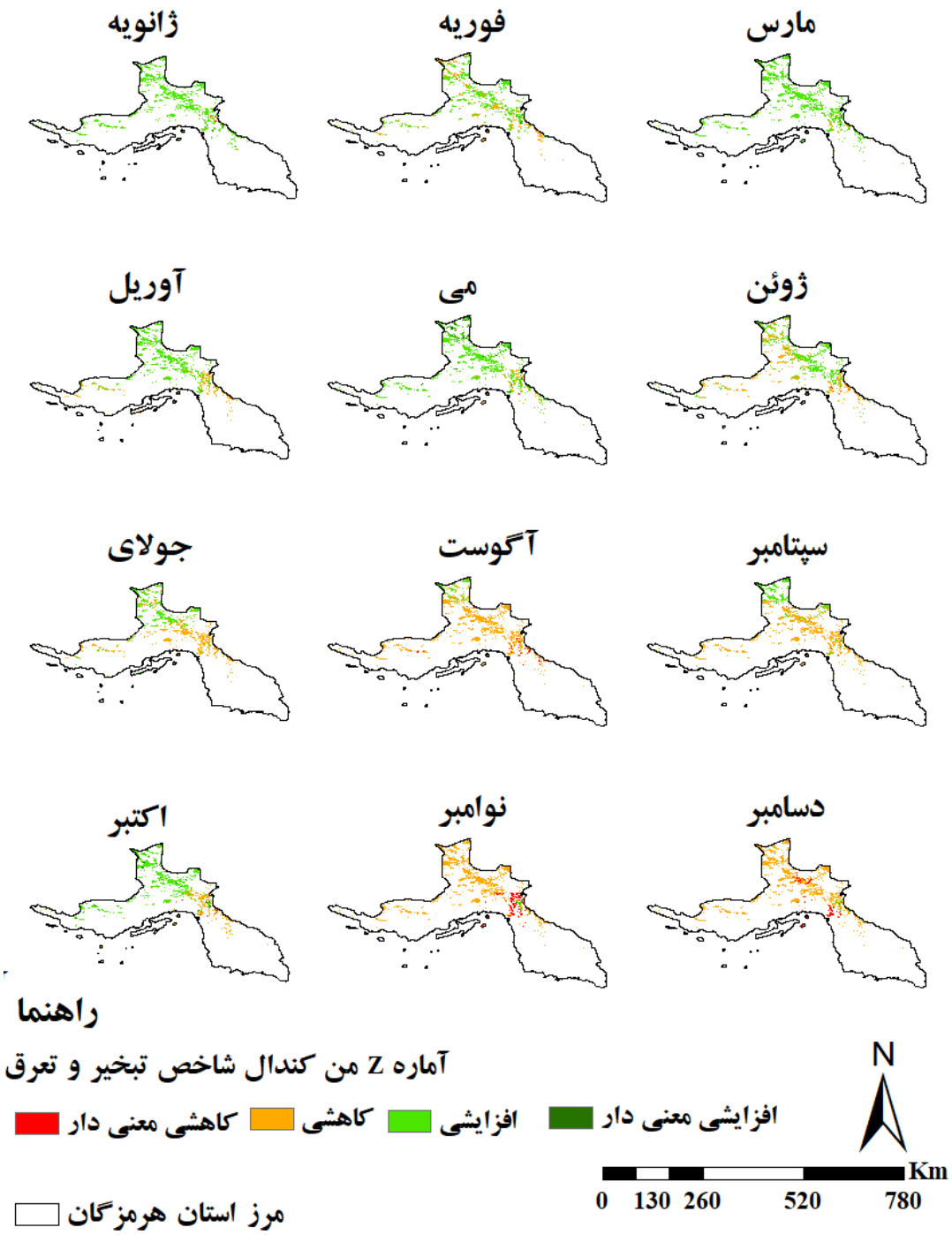
شکل۷. روند شاخص پوشش گیاهی NDVI بر اساس آزمون‌های من-کندال در بازه زمانی ۲۰۲۲-۲۰۰۱

منبع: (یافته‌های پژوهش)



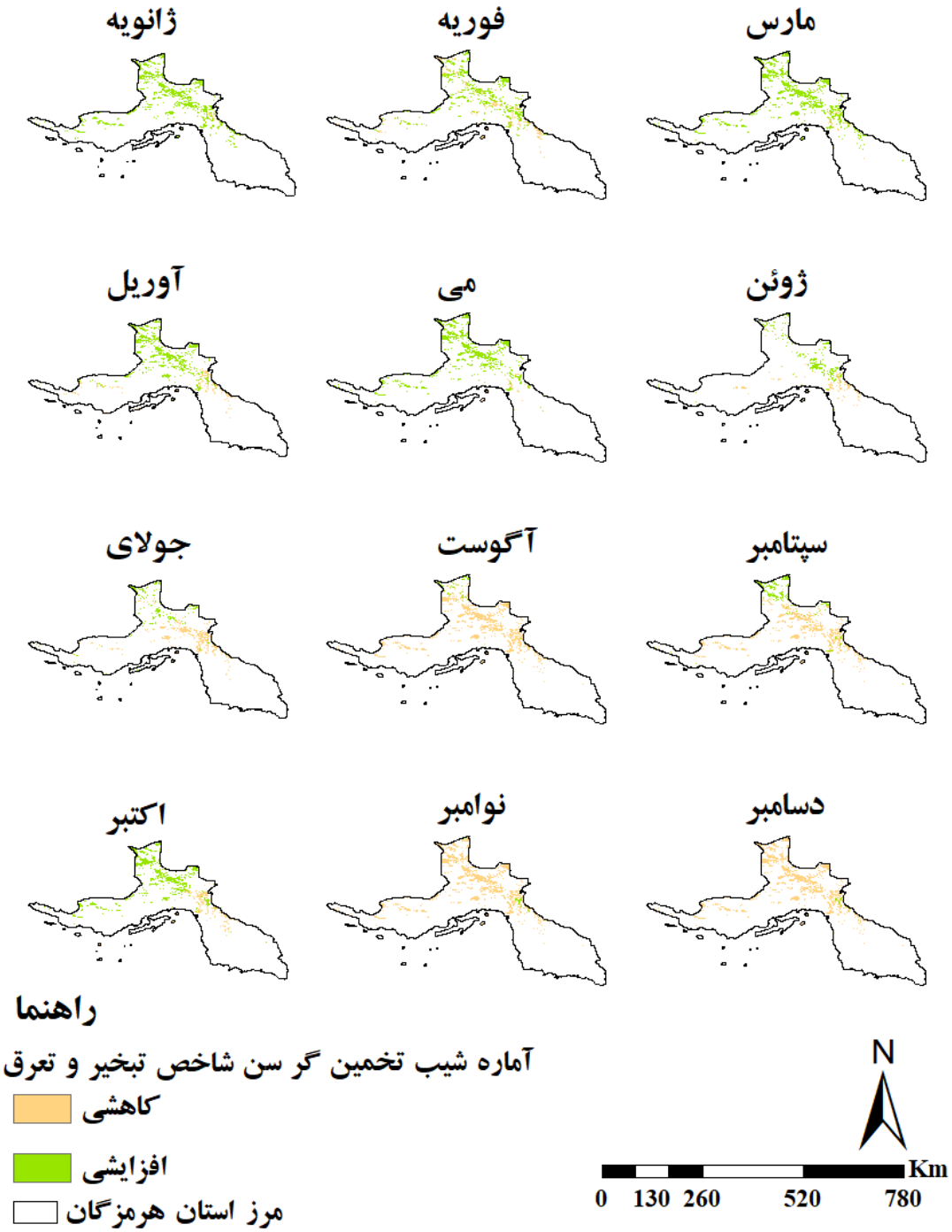
شکل۸. روند شاخص پوشش گیاهی NDVI بر اساس شیب تخمین‌گرسن در بازه زمانی ۲۰۰۱-۲۰۲۲

منبع: (یافته‌های پژوهش)



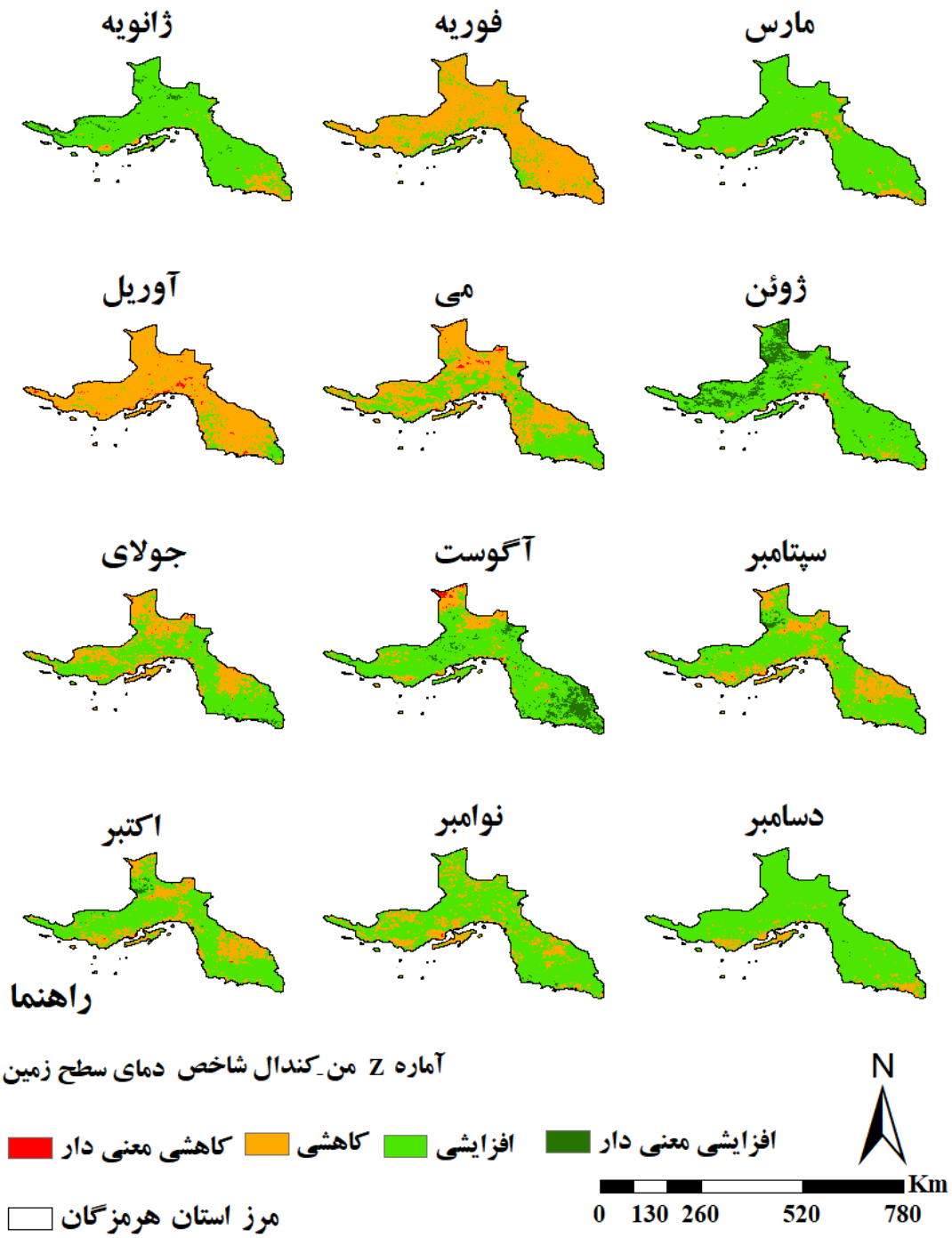
شکل۹. روند تغییرات شاخص تبخیر و تعرق واقعی بر اساس آزمون‌های من-کندال در بازه زمانی ۲۰۲۲-۲۰۰۱

منبع: (یافته‌های پژوهش)



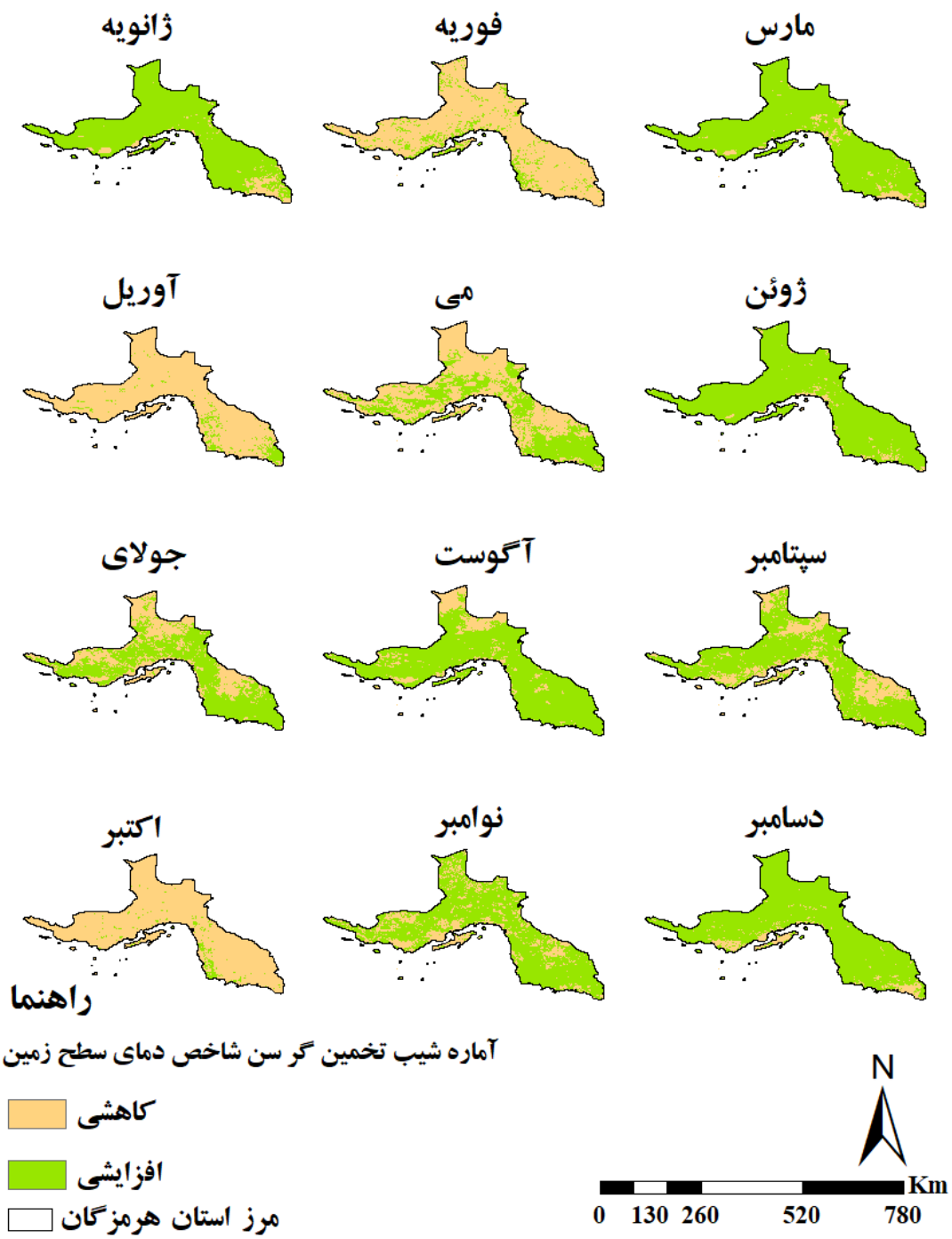
شکل۱۰. روند تغییرات شاخص تبخیر و تعرق واقعی بر اساس شیب تخمین‌گر سن در بازه زمانی ۲۰۲۲-۲۰۰۱

منبع: (یافته‌های پژوهش)



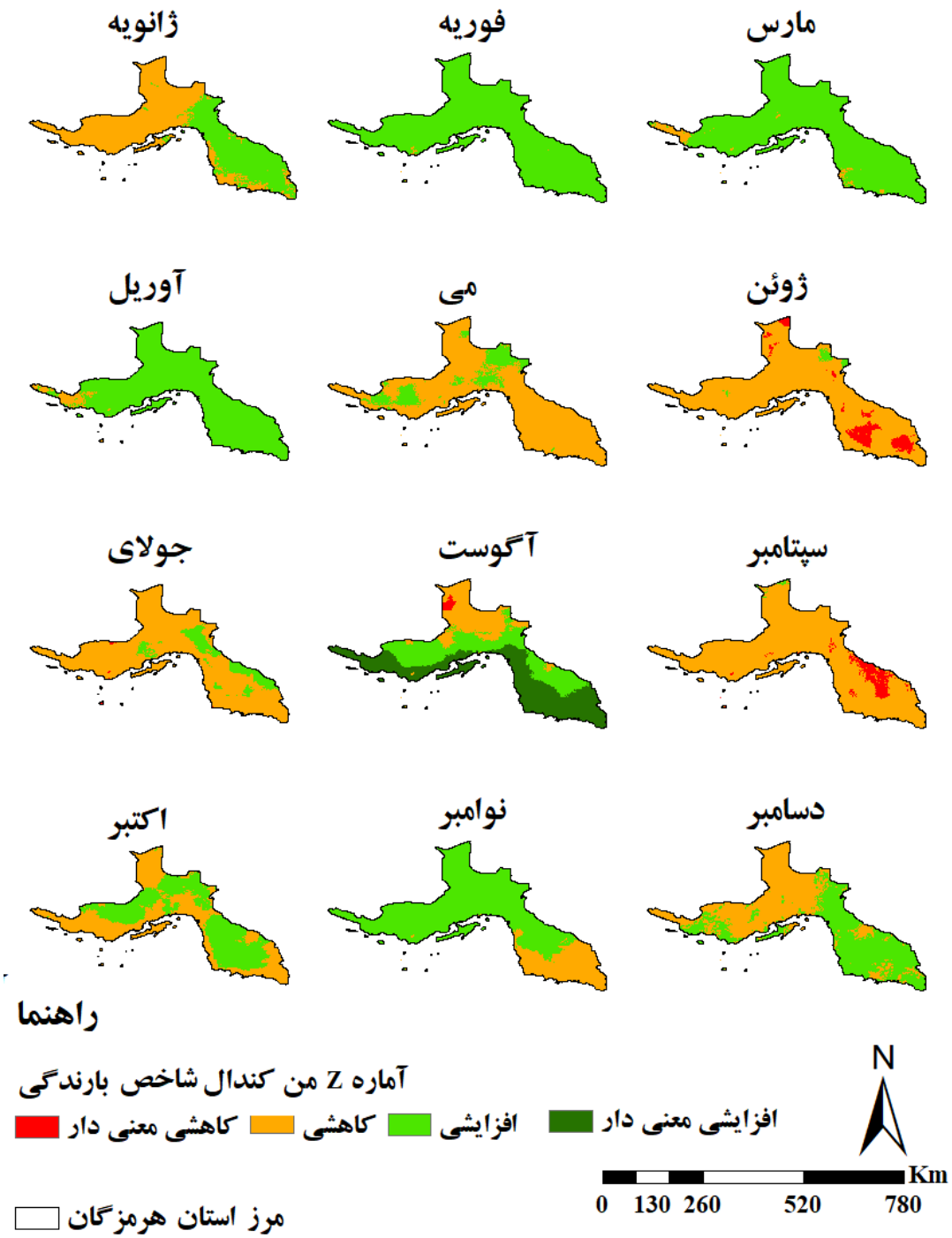
شکل۱۱. روند تغییرات شاخص دمای سطح خاک بر اساس من-کندال در بازه زمانی ۲۰۲۲-۲۰۰۱

منبع: (یافته‌های پژوهش)



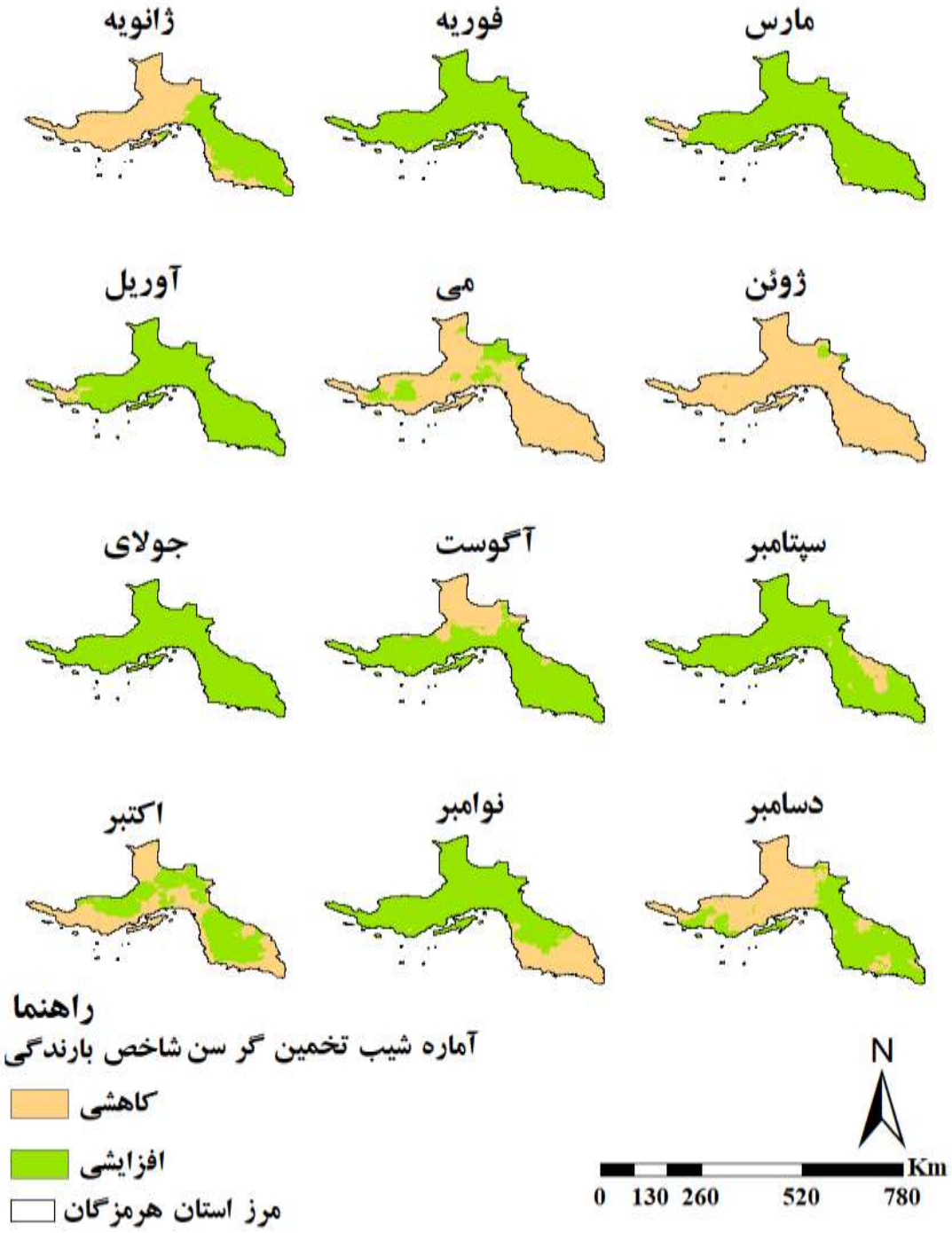
شکل۱۲. روند تغییرات شاخص دمای سطح خاک بر اساس آماره شیب تخمین‌گر سن در بازه زمانی ۲۰۲۲-۲۰۰۱

منبع: (یافته‌های پژوهش)



شکل۱۳. روند تغییرات شاخص بارندگی بر اساس آماره من-کندال در بازه زمانی ۲۰۲۲-۲۰۰۱

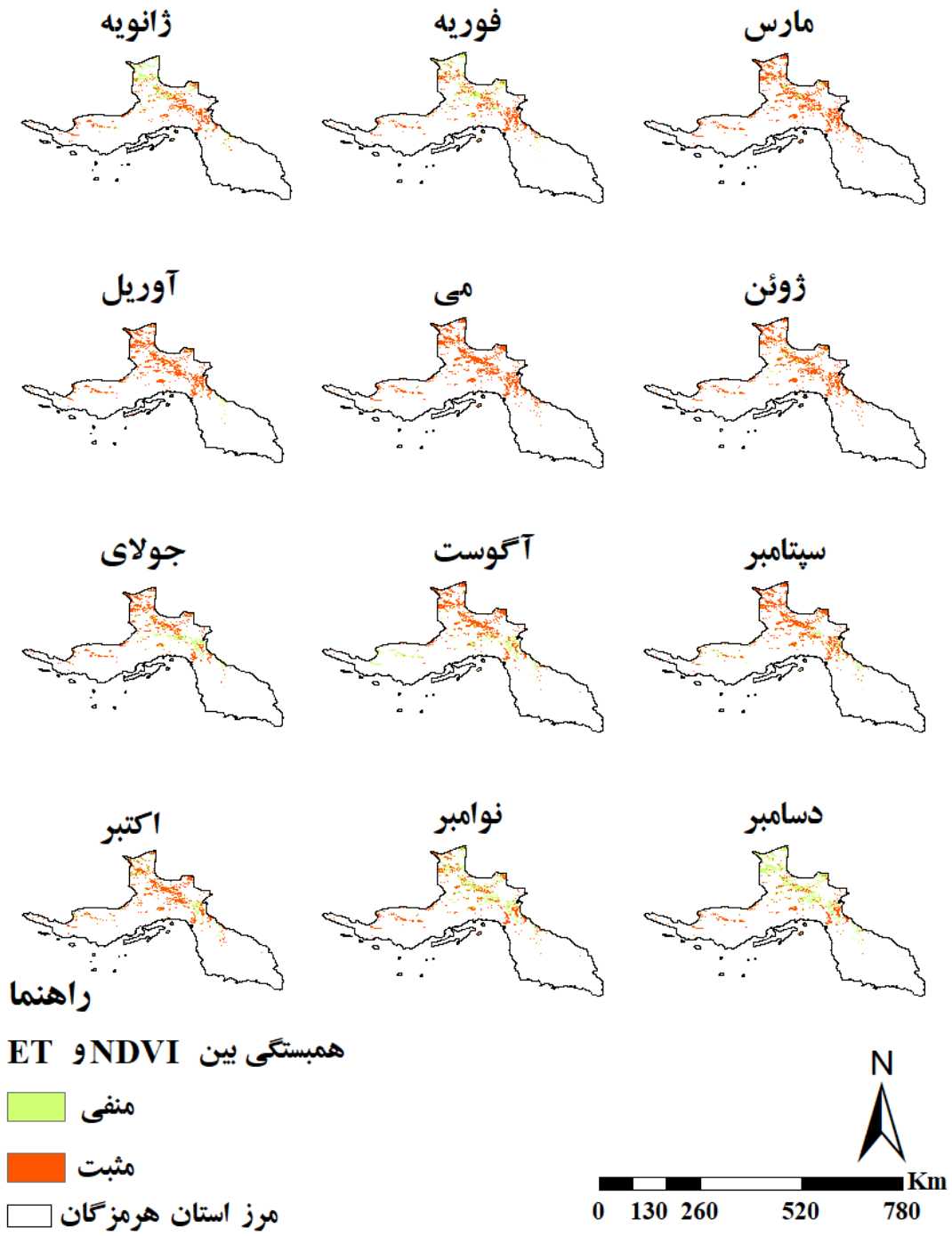
منبع: (یافته‌های پژوهش)



شکل۱۴. روند تغییرات شاخص بارندگی بر اساس آماره شیب تخمین‌گرسن در بازه زمانی ۲۰۲۲-۲۰۰۱
منبع: (یافته‌های پژوهش)

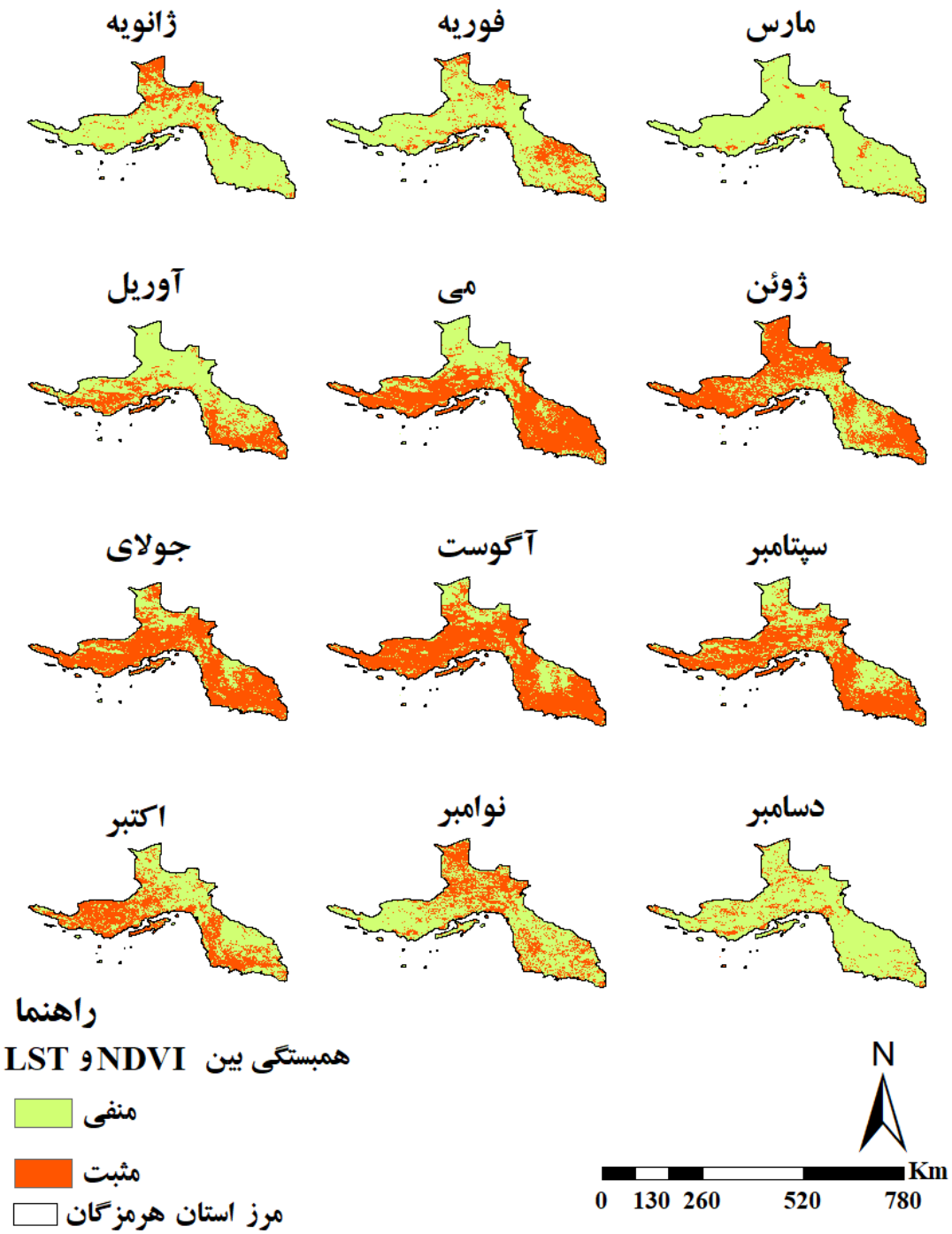
همبستگی بین شاخص NDVI با تبخیر و تعرق واقعی (ET)، دمای سطح زمین (LST) و بارندگی در بازه زمانی ۲۰۲۲-۲۰۰۱: بررسی همبستگی ماهانه بین شاخص پوشش گیاهی (NDVI) و شاخص تبخیر و تعرق واقعی (ET) استان هرمزگان در بازه زمانی ۲۰۲۲-۲۰۰۱ در شکل ۱۵ آورده شده است. بررسی این رابطه همبستگی ماه‌های

مختلف در این بازه زمانی ۲۱ ساله نشان داد که در اکثر ماه‌ها و بیشتر مساحت استان هرمزگان این رابطه مثبت بوده به طوری‌که به ترتیب در ماه‌های ژانویه، فوریه مارس، آوریل، می، ژوئن؛ جولای، آگوست، سپتامبر، اکتبر و نوامبر به ترتیب در ۵۹/۰۶، ۶۴/۹۷، ۹۲/۰۳، ۹۳/۲۸، ۹۸/۸۹، ۸۹/۱۰، ۶۸/۵۹، ۶۸/۰۷، ۷۹/۱۶، ۵۳/۰۴ و ۵۳/۹۵ درصد از این منطقه این رابطه مثبت بوده است. بررسی همبستگی ماهانه بین شاخص پوشش گیاهی (NDVI) و شاخص دمای سطح زمین (LST) استان هرمزگان در بازه زمانی مورد مطالعه در شکل ۱۶ آورده شده است. بررسی نتایج حاصل از شکل ۱۶ نشان می‌دهد که در اکثر ماه‌های این بازه زمانی که شامل ماه‌های فصل‌های پاییز و زمستان است. این رابطه همبستگی منفی بوده به طوری‌که به ترتیب ژانویه، فوریه مارس، آوریل، اکتبر، نوامبر و دسامبر به ترتیب ۸۰/۸۶، ۷۸/۳۳، ۹۴/۷۸، ۶۵/۲۳، ۵۴/۱۵، ۶۴/۰۴ و ۸۶/۴۱ درصد از استان هرمزگان این رابطه منفی می‌باشد. همچنین بررسی این رابطه ماهانه بین شاخص پوشش گیاهی (NDVI) و شاخص بارندگی استان هرمزگان در بازه زمانی ۲۰۲۲-۲۰۰۱ در شکل ۱۷ آورده شده است. بررسی این رابطه همبستگی نشان داد که در اکثر ماه‌های دوره مورد مطالعه این رابطه مثبت بوده به طوری‌که در ماه‌های ژانویه، فوریه مارس، آوریل، ژوئن؛ جولای، آگوست، اکتبر، نوامبر و دسامبر به ترتیب در ۹۰/۹۲، ۸۹/۶۴، ۸۹/۱۰، ۶۸/۷۷،۵۴/۱۲، ۹۲/۷۵، ۶۶/۹۹، ۵۸/۹۲، ۸۵/۲۴ و ۷۷/۰۶ درصد از منطقه مورد مطالعه این رابطه مثبت است. بررسی مطالعات گذشته در استان هرمزگان گویای است که اقلیم این استان جز اقلیم‌های خشک بوده که از ویژگی‌های آن می‌توان به دمای بالا، بارندگی کم و همچنین تبخیر و تعرق واقعی زیاد اشاره کرد (Paroon etal, 2019: 124). بررسی مطالعات دیگر نیز نشان داده که حداکثر میزان پوشش گیاهی شامل کشاورزی اعم از زراعی و باغی بوده که در فصل‌های سرد سال مشاهده شده است در نتیجه در این فصول دما و تبخیر و تعرق واقعی در حداقل‌های خود و بارندگی نسبت به سایر ماه‌ها زیادتر می‌باشد. اما در فصول گرم سال دما بالا و بارندگی کم و پوشش گیاهی بیشتر پوشش باغی بوده که نسبت به فصول سرد سال کمتر می‌باشد (اسکندری دامنه و همکاران،۱۴۰۱: ۱۱۷؛120 :Paroon etal, 2020). مطالعات دیگر نیز بیان کردند در مناطق خشک و نیمه‌خشک که عامل اصلی و محدود کننده رشد گیاهان افزایش دما، تابش خورشیدی و کمبود بارش می‌باشد و به تبع آن کمبود آب دردسترس گیاهان که این حساسیت رشد گیاهان را به افزایش دما و کاهش آب در دسترس بالا می‌برد که در استان هرمزگان نیز این امر به خوبی قابل مشاهده است (اسکندری دامنه و همکاران، ۱۳۹۹: ۷۸۰؛ Ge etal, 2021: 7).



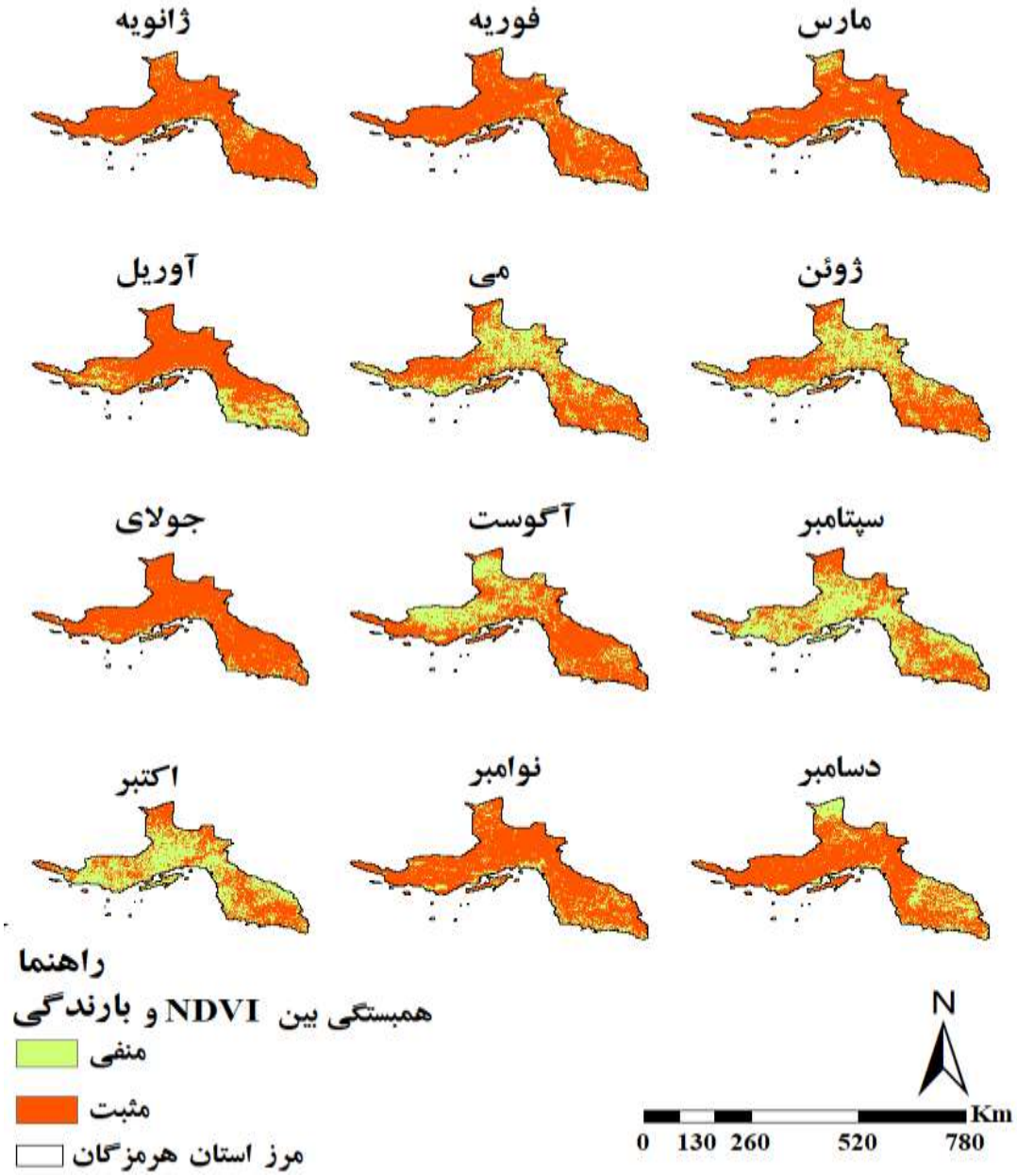
شکل۱۵. همبستگی بین شاخص پوشش گیاهی NDVI و ET در بازه زمانی ۲۰۲۲-۲۰۰۱

منبع: (یافته‌های پژوهش)



شکل۱۶. همبستگی بین شاخص پوشش گیاهی NDVI و LST در بازه زمانی ۲۰۲۲-۲۰۰۱

منبع: (یافته‌های پژوهش)



شکل۱۷. همبستگی بین شاخص پوشش گیاهی NDVI و بارندگی در بازه زمانی ۲۰۲۲-۲۰۰۱
منبع: (یافته‌های پژوهش)

نتیجه‌گیری

تخریب زمین موضوعی نگران کننده است که توسعه پایدار را در سراسر جهان تهدید می‌کند. تخریب پوشش گیاهی از جمله مشکلات زیست محیطی هستند که با تخریب زمین و بیابان‌زایی با شدت بیشتری رخ می‌دهد. از این‌رو در این مطالعه برای بررسی روند تغییرات و تخریب ماهانه پوشش گیاهی، دمای سطح زمین، تبخیر و تعرق واقعی و بارندگی استان هرمزگان از شاخص NDVI، LST و ET حاصل از محصولات سنجنده مودیس ماهواره ترا و بارندگی بازسازی شده حاصل از ERA5، با استفاده از آماره من–کندال و شیب تخمین‌گرسن در بازه زمانی سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۲ استفاده شد

و در نهایت رابطه همبستگی بین پوشش گیاهی و دمای سطح زمین و تبخیر و تعرق واقعی و بارندگی محاسبه گردید. براساس نتایج تحلیل روند تغییرات در این بازه زمانی ۲۱، پوشش گیاهی، تبخیر و تعرق واقعی و بارندگی روند افزایشی معنی داشته این درحالی است که دمای سطح زمین روند تغییرات کاهشی معنی‌داری از خود نشان داده است. با توجه به نتایج بررسی همبستگی بین پوشش گیاهی با سایر پارامترها تأکید داشت که پوشش با دمای سطح زمین همبستگی منفی و با تبخیر و تعرق واقعی و بارندگی همبستگی مثبت نشان داده است. مطالعات انجام شده از قبیل مطالعه اسکندری دامنه و همکاران، ۱۴۰۰؛ جوادی و همکارن، ۱۴۰۲ و Ge etal, 2021 نشان داد که که آنها در تحقیقات خود برای بررسی تخریب و تغییرات پوشش گیاهی تحت پارامترهای اقلیمی بیشتر از پارامترهای اقلیمی نظیر دما و بارندگی استفاده نمودند. که این باعث می‌شود تا اثر سایر پارامترهای اقلیمی لحاظ نگردد، از این رو در تحقیق حاضر علاوه بر داده‌های مورد استفاده در تحقیقات گذشته از داده‌های دیگر مانند دمای سطح زمین و تبخیر تعرق واقعی و همچنین از داده‌های بارندگی از منابع دیگر داده مانند مدل‌های بازسازی شده ERA5 نیز استفاده گردید تا اثرات این پارمترها نیر بر پوشش گیاهی دیده شود و با دقت بهتری اثرات آنها بر پوشش گیاهی مورد بررسی قرار گیرد. که تا کنون تحقیقی با این سطح و این حجم چه در داخل و خارج کشور صورت نپذیرفته است و این تحقیق برای اولین بار به این مهم می‌پردازد. از طرفی دیگر از آنجایی که پوشش گیاهی تحت تأثیر پارامترهای مختلفی بوده، پیشنهاد می‌شود که علاوه بر پارامترهای مهم مورد مطالعه در این تحقیق سایر پارامترها دیگر مانند رطوبت خاک، تبخیر و تعرق پتانسل و خشکسالی نیز مورد مطالعه قرار گیرد. همچنین با توجه با اینکه در این مطالعه شاخص‌های مورد مطالعه در سطح کل استان هرمزگان بررسی شده‌اند پیشنهاد می‌شود با توجه به گستردگی و متنوع بودن اقلیم و کاربری‌های استان این مطالعه در این دو سطح انجام شود و نتایج آن با نتایج این تحقیق مورد مقایسه قرار گیرد.

حامی مالی

این مقاله حاصل از رساله دکتری نویسنده اول در دانشگاه هرمزگان می‌باشد.

سهم نویسندگان

نویسندگان در انجام این پژوهش سهم برابر دارند.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند، هیچ تضاد و منافعی در رابطه با نویسندگی و یا انتشار این مقاله ندارند.

تقدیر و تشکر

بنا به اظهار نویسنده مسئول، این مقاله حاصل از رساله دکتری تخصصی نویسنده اول در دانشگاه هرمزگان می‌باشد.

منابع

۱) اژدری، زهرا؛ بذرافشان، ام البنین؛ بذرافشان، جواد؛ شکاری، مرضیه و زمانی، حسین (۱۳۹۹). پایش خشکسالی هواشناسی در استان هرمزگان مبتنی بر شاخص‌های چند متغیره آماری و احتمالاتی. خشک بوم (۲)۱۰، ۱۷-۱. https://doi.org/10.29252/aridbiom.2021.15258.1821

۲) اسکندری دامنه، حامد؛ زهتابیان، غلامرضا؛ خسروی، حسن؛ آذرنیوند، حسین و براتی، علی اکبر (۱۴۰۱). بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی متأثر از خشکسالی در مناطق خشک و نیمه‌خشک با استفاده از تکنیک سنجش از دور (مطالعهٔ موردی: استان هرمزگان) . مهندسی اکوسیستم بیابان، (۲۸)، ۲۸-۱۳. https://doi.org/10.22052/deej.2020.9.28.11

۳) اسکندری دامنه، هادی، غلامی، حمید، مهدوی، رسول، خورانی، اسداله و لی، جوران (۱۴۰۰). ارزیابی تخریب اراضی با استفاده از شاخص کارایی مصرف آب و خشکسالی (مطالعهٔ موردی: استان فارس) .نشریه علمی - پژوهشی مرتع و آبخیزداری، (۱)، ۱۲۰-۱۰۳. https://doi.org/10.22059/jrwm.2021.314310.1550

۴) پرون، صدیقه؛ یاوری، غلامرضا و رضازاده، مریم (۱۳۹۷). پهنه بندی اقلیمی استان هرمزگان با استفاده از روشهای کلاسیک .فصلنامه جغرافیا (برنامه ریزی منطقه ای) (۳۳)۸، ۱۲۷-۱۱۵. https://doi.org/20.1001.1.22286462.1397.9.1.8.8

۵) جوادی، شیما؛ رنجبرفردویی، ابوالفضل؛ خسروی، حسن و اسکندری‌دامنه، هادی (۱۴۰۲). بررسی اثرات خشکسالی بر کارایی مصرف آب در اقلیم و کاربری‌های مختلف (مطالعه موردی: استان تهران).خشک بوم، (۲)، ۱-۱۵. https://doi.org/10.29252/aridbiom.2024.20742.1965

۶) درخشنده، علی؛ خورانی، ا و رضازاده، مریم (۱۴۰۲). روندیابی بارش در ایران بر اساس داده‌های .MERRA2 فیزیک زمین و فضا (۱۰)۴۹، ۶۶۹-۶۸۳ . http//doi.org/10.22059/jesphys.2023.350125.1007465

۷) رحیم زاده، فاطمه؛ هدایت دزفولی، اکرم و پوراصغریان، آرزو (۱۳۹۰). ارزیابی روند و جهش نمایه‌های حدی دما و بارش در استان هرمزگان . نشریه جغرافیا و توسعه (۲۱)۹، ۹۷-۱۱۶. https://doi.org/10.61186/jsaeh.10.2.149

۸) روح‌الله نژاد، محمد؛ سلامتی هرمزی، وحید؛ رمضانی، راحله و خان سالاری، سکینه (۱۴۰۱). پیش‌یابی کمیت‌های دما و بارش در دوره آماری ۲۰۸۰-۲۰۲۱ در استان هرمزگان جهت استخراج خشکسالی و ریزمقیاس نمایی آن توسط نرم‌افزار. فیزیک زمین و فضا، (۳)، ۷۱۲-۶۹۳. https://doi.org/10.22059/jesphys.2022.334358.1007383

۹) ناطقی، سعیده، گوهردوست، آزاده و سلیمانی ساردو، فرشاد (۱۴۰۱). واکاوی اثر پوشش گیاهی بر وقوع پدیده گرد و غبار (مطالعه موردی: استان هرمزگان). پژوهش‌های فرسایش محیطی، (۲)۱۲، ۴۳-۶۰. https://doi.org/20.1001.1.22517812.1401.12.2.6.3

10) Ahmadaali, K., Eskandari Damaneh, H., Ababaei, B. & Eskandari Damaneh, H. (2021). Impacts of droughts on rainfall use efficiency in different climatic zones and land uses in Iran. Arabian Journal of Geosciences, 14 (2), 126. https://doi.org/10.1007/s12517-020-06389-1

11) Bakhtiari, M., Darvishi Boloorani, A., Abdollahi Kakroodi, A., Rangzan, K. & Mousivand, A. (2021). Land degradation modeling of dust storm sources using MODIS and meteorological time series data. Journal of Arid Environments, 190, 104507. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2021.104507

12) Dawelbait, M. & Morari, F. (2012). Monitoring desertification in a Savannah region in Sudan using Landsat images and spectral mixture analysis. Journal of Arid Environments, 80, 45-55. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2011.12.011

13) Eskandari Dameneh, H., Gholami, H., Telfer, M. W., Comino, J. R., Collins, A. L. & Jansen, J. D. (2021). Desertification of Iran in the early twenty-first century: assessment using climate and vegetation indices. Scientific Reports, 11(1), 20548. https://doi.org/10.1038/s41598-021-99636-8

14) Eskandari, H., Borji, M., Khosravi, H. & Mesbahzadeh, T. (2016). Desertification of forest, range and desert in Tehran province, affected by climate change. Solid Earth, 7(3), 905-915. https://doi.org/10.5194/se-7-905-2016, 2016

15) Fiorillo, E., Maselli, F., Tarchiani, V. & Vignaroli, P. (2017). Analysis of land degradation processes on a tiger bush plateau in South West Niger using MODIS and landsat TM/ETM+ data. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 62, 56-68. https://doi.org/10.1016/j.jag.2017.05.010

16) Gao, W., Zheng, C., Liu, X., Lu, Y., Chen, Y., Wei, Y. & Ma, Y. (2022). NDVI-based vegetation dynamics and their responses to climate change and human activities from 1982 to 2020: A case

study in the Mu Us Sandy Land, China. Ecological Indicators, 137, 108745. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108745

17) Ge, W., Deng, L., Wang, F. & Han, J. (2021). Quantifying the contributions of human activities and climate change to vegetation net primary productivity dynamics in China from 2001 to 2016. Science of The Total Environment, 773, 145648. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145648
18) Hereher, M. & El-Kenawy, A. (2022). Assessment of Land Degradation in Northern Oman Using Geospatial Techniques. Earth Systems and Environment, 6(2), 469-482. https://doi.org/10.1007/s41748-021-00216-7
19) Huang, Y., Zhu, B., Zhu, Z., Zhang, T., Gong, W., Ji, Y. & Chen, D. (2019). Evaluation and comparison of MODIS collection 6.1 and collection 6 dark target aerosol optical depth over mainland China under various conditions including spatiotemporal distribution, haze effects, and underlying surface. Earth and Space Science, 6(12), 2575-2592. https://doi.org/10.1029/2019EA000809 2
20) Huete, A. (2016). Vegetation's responses to climate variability. Nature, 531(7593), 181-182. https://doi.org/10.29252/aridbiom.2024.20742.1965
21) Kendall, M. Rank correlation methods . (1948). https://doi.org/10.1007/978-1-4684-6683-6_9
22) Kumar, B. P., Babu, K. R., Anusha, B. N. & Rajasekhar, M. (2022). Geo-environmental monitoring and assessment of land degradation and desertification in the semi-arid regions using Landsat 8 OLI / TIRS, LST, and NDVI approach. Environmental Challenges, 8, 100578. https://doi.org/10.1016/j.envc.2022.100578
23) Liu, F., Chen, Y., Lu, H. & Shao, H. (2017). Albedo indicating land degradation around the Badain Jaran Desert for better land resources utilization. Science of The Total Environment, 578, 67-73. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.171
24) Liu, X., Yin, T., Zhang, Y., Huang, D., Wu, P., Wang, N. & Wang, R. (2023). Water use strategies of Robinia pseudoacacia and Quercus acutissima vary among seasons and planting methods. Plant and Soil, 483(1), 199-207. https://doi.org/10.1007/s11104-022-05736-3
25) Liu, Z., Si, J., He, X., Jia, B., Zhou, D., Wang, C., Zhu, X., Qin, J., Ndayambaza, B. & Bai, X. (2024). The impact of desertification on soil health stability in Semi-Arid alpine Regions: A case study of the Qilian Mountains in the northeastern Tibetan Plateau, China. Ecological Indicators, 163, 112098. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.112098
26) Mann, H. B. (1945). Nonparametric tests against trend. Econometrica: Journal of the econometric society,13(3), 245-259. https://doi.org/10.2307/1907187
27) Mehmood, K., Anees, S. A., Rehman, A., Tariq, A., Zubair, M., Liu, Q. & Luo, M. (2024). Exploring spatiotemporal dynamics of NDVI and climate-driven responses in ecosystems: Insights for sustainable management and climate resilience. Ecological Informatics, 80, 102532. https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2024.102532
28) Meshesha, K. S., Shifaw, E., Kassaye, A. Y., Tsehayu, M. A., Eshetu, A. A. & Wondemagegnehu, H. (2024). Evaluating the relationship of vegetation dynamics with Rainfall and Land Surface Temperature using geospatial techniques in South Wollo zone, Ethiopia. Environmental Challenges, 15, 100895. https://doi.org/10.1038/s41598-024-62464-7
29) Mu, Q., Heinsch, F. A., Zhao, M. & Running, S. W. (2007). Development of a global evapotranspiration algorithm based on MODIS and global meteorology data. Remote Sensing of Environment, 111(4), 519-536. https://doi.org/10.1016/j.rse.2007.04.015
30) Mu, Q., Zhao, M. & Running, S. W. (2011). Improvements to a MODIS global terrestrial evapotranspiration algorithm. Remote Sensing of Environment, 115(8), 1781-1800. https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.02.019.
31) Niu, H., Marquer, L., Sack, D., Gao, G., Wang, J., Meng, M. & Jie, D. (2023). Middle to late Holocene plant cover variation in relation to climate, fire, and human activity in the Songnen grasslands of northeastern China. Frontiers in Plant Science, 13, 1071273. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1071273
32) Roy, P., Pal, S. C., Chakrabortty, R., Chowdhuri, I., Saha, A., Ruidas, D. & Islam, A. (2024). Climate change and geo-environmental factors influencing desertification: a critical review. Environmental Science and Pollution Research, 1-14. https://doi.org/10.1007/s11356-024-32432-9
33) Running, S. W., Mu, Q., Zhao, M. & Moreno, A. (2019). MODIS global terrestrial evapotranspiration (ET) product (MOD16A2/A3 and year-end gap-filled MOD16A2GF/A3GF) NASA Earth Observing System MODIS Land Algorithm (for collection 6). National Aeronautics and Space Administration, Washington, DC, USA [data set],3-37. https://doi.org/10.5067/MODIS/MOD16A2, 6

34) Sen, P. K. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. Journal of the American Statistical Association, 63(324), 1379-1389. https://doi.org/10.1080/01621459.1968.10480934
35) Shao, Y., Jiang, Q. o., Wang, C., Wang, M., Xiao, L. & Qi, Y. (2020). Analysis of critical land degradation and development processes and their driving mechanism in the Heihe River Basin. Science of The Total Environment, 716, 137082. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137082
36) Tucker, C. J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. Remote sensing of Environment, 8(2), 127-150. https://doi.org/10.1016/0034-4257(79)90013-0
37) Tucker, C. J. & Sellers, P. J. (1986). Satellite remote sensing of primary production. International journal of remote sensing, 7(11), 1395-1416. https://doi.org/10.1080/01431168608948944
38) Wang, J., Wei, H., Cheng, K., Ochir, A., Davaasuren, D., Li, P., Shun Chan, F. K. & Nasanbat, E. (2020). Spatio-Temporal Pattern of Land Degradation from 1990 to 2015 in Mongolia. Environmental Development, 34, 100497. https://doi.org/10.1016/j.envdev.2020.100497
39) Yang, Y., Wang, Z., Li, J., Gang, C., Zhang, Y., Zhang, Y., Odeh, I. & Qi, J. (2016). Comparative assessment of grassland degradation dynamics in response to climate variation and human activities in China, Mongolia, Pakistan and Uzbekistan from 2000 to 2013. Journal of Arid Environments, 135, 164-172. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2016.09.004
40) Yin, T., Zhai, Y., Zhang, Y., Yang, W., Dong, J., Liu, X. & Wang, R. (2023). Impacts of climate change and human activities on vegetation coverage variation in mountainous and hilly areas in Central South of Shandong Province based on tree-ring. Frontiers in Plant Science, 14, 1158221. https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1158221
41) Zhang, H., Li, L., Zhao, X., Chen, F., Wei, J., Feng, Z. & Hu, M. (2024). Changes in Vegetation NDVI and Its Response to Climate Change and Human Activities in the Ferghana Basin from 1982 to 2015. Remote Sensing, 16(7), 1296. https://doi.org/10.3390/rs16071296
42) Zhang, R., Ouyang, Z. T., Xie, X., Guo, H. Q., Tan, D. Y., Xiao, X. M. & Zhao, B. (2016). Impact of climate change on vegetation growth in arid northwest of China from 1982 to 2011. Remote Sensing, 8(5), 364. https://doi.org/10.3390/rs8050364