بررسی پایداری تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از سنجش‌ازدور (مطالعه موردی: استان فارس)

ملیحه بهرنگ منش[۱]، اسماعیل حیدری علمدارلو[۲]، حسن خسروی[۳]

[۱]دانشجوی دکتری مدیریت و کنترل بیابان، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، البرز
[۲]دانشجوی پسادکتری، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، البرز
[۳]استاد، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، البرز

چکیده

بررسی پایداری تغییرات پوشش گیاهی یکی از حیاتی‌ترین مسائل در مدیریت پوشش گیاهی است. در این تحقیق، شاخص هرست ماه آوریل با استفاده از محصول NDVI سنجنده MOD13Q1 طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ در نرم‌افزار ArcGIS محاسبه شد. همچنین برای شناسایی الگوها و پایداری پوشش گیاهی فارس از تحلیل رگرسیون خطی استفاده شد. با تلفیق نتایج تجزیه و تحلیل رگرسیون خطی و نتایج شاخص Hurst، پایداری آینده در روند تغییرات NDVI نیز محاسبه شد. نتایج نشان داد که مناطق جنوبی استان فارس کمترین و مناطق شمالی، بیشترین مقدار NDVI را دارند. علاوه بر این، با حرکت به سمت شمال، حداقل و حداکثر مقادیر NDVI افزایش می‌یابد. همچنین در اکثر مناطق استان فارس، به‌ویژه در جنوب و شمال، سری زمانی NDVI شاخص هرست بیش از ۰/۵ است. تغییرات پوشش گیاهی مشاهده‌شده در ماه چهارم منعکس‌کننده این است که تغییرات پوشش گیاهی در آینده همسو با تغییراتی است که در گذشته اتفاق افتاده است. به‌عبارت‌دیگر، اگر دوره مورد مطالعه کاهش پوشش گیاهی را نشان دهد، با کاهش پوشش گیاهی در آینده مواجه خواهیم بود.

کلمات کلیدی

NDVI، شاخص هرست، استان فارس، داده‌های ماهواره‌ای، MOD13Q1

مقدمه

از آن‌جایی که پوشش گیاهی از پویایی فصلی و تغییرات سالانه برخوردار است، نظارت بر تغییرات پوشش گیاهی یک فعالیت مهم برای مطالعه تغییرات اقلیمی جهانی است (مینگ-گوآ[1]، ۲۰۰۶).

1. Ming-guo

پوشش گیاهی، به علل مختلف و به‌مرور زمان در اثر عوامل طبیعی یا انسانی دچار تغییر شده که شرایط و عملکرد اکوسیستم را تحت تأثیر قرار می‌دهد (پتورلی[1] و همکاران، ۲۰۰۵). پوشش گیاهی نه‌تنها به‌عنوان یک شاخص مستقیم از وضعیت اکوسیستم‌های زمینی به کار گرفته می‌شود، بلکه تغییرات محیطی محلی و جهانی را نیز به نمایش می‌گذارد (پوتر [2] و همکاران، ۲۰۰۸).

به‌طورکلی پویایی پوشش گیاهی و روند تغییرات آن به‌عنوان رد پای تغییرات آب‌وهوا در نظر گرفته شده و یک فرصت بسیار عالی برای بررسی اثرات تغییر اقلیم و فعالیت‌های انسانی بر اکوسیستم ازنظر زمان، مکان یا هر دو فراهم می‌کند. با توجه به مسئله تغییر اقلیم در غالب مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان شاهد تغییر در الگوهای پوشش گیاهی و درنهایت از بین رفتن پوشش‌ها و برهنه شدن سطح خاک و پدیده‌هایی همچون بیابانی شدن مواجه هستیم. پوشش گیاهی در هر منطقه تحت تأثیر آب‌وهوا، خاک و فعالیت‌های انسانی است؛ بنابراین، بررسی تغییرات پوشش گیاهی در طول زمان اطلاعات سودمندی در مورد تغییرات آب و هوایی گذشته و نیز زمینه نقش دخالت انسان در تغییر و تحول درازمدت پوشش گیاهی را فراهم می‌کند (رمضانی، ۱۳۹۲). درک و پیش‌بینی این پویایی‌ها، اگرچه حیاتی است، با این حال تاکنون توجه کمی به خود جلب کرده است (Mueller et al, 2008). نظارت مناسب برای وضعیت پوشش گیاهی یک پیش‌نیاز برای تصمیم‌گیری‌های محیطزیستی و ردیابی پیشرفت به سمت اهداف مدیریتی می‌باشد (Lawley et all., 2016). در دهه‌های گذشته، NDVI در پیش‌بینی پراکندگی گیاهان علفی و غیرعلفی، فراوانی و ویژگی‌های تاریخ حیات در فضا و زمان بسیار مفید بوده است. با توجه به ماهیت پیوسته NDVI از اواسط سال ۱۹۸۱، اهمیت نسبی تاخیرهای زمانی و مکانی متفاوت بر عملکرد جمعیت قابل ارزیابی است و درک ما از پویایی جمعیت را گسترش می‌دهد (Pettorelliet all., 2011). به‌طور دقیق، پیش‌بینی NDVI برای مدیریت اکولوژیک منطقه‌ای و محیطزیستی مهم است (هوانگ و همکاران، ۲۰۱۷). ویژگی‌های طیفی ـ زمانی سنجش‌ازدور مزیت اصلی در مطالعات محیطزیستی در نظر گرفته می‌شود (Suepa et al, 2016). تجزیه و تحلیل زمانی NDVI مبتنی بر ماهواره، از مهم‌ترین ابزارهای سنجش‌ازدور است که می‌تواند پوشش گیاهی را تشخیص دهد (Kundu et al., 2017).

شاخص هرست یک ارزیابی آماری است که برای طبقه‌بندی سری‌های زمانی استفاده می‌شود (Qian & Khaled, 2004). استان فارس نیز به علت حاکم بودن شرایط اقلیمی خشک و فراخشک در آن ازجمله مناطقی است که نوسانات اقلیمی می‌تواند بر پویایی پوشش گیاهی در این استان تأثیرگذار باشد. همچنین جهت بررسی پویایی پوشش گیاهی و مقایسه آن از منطقه‌ای به منطقه دیگر، تعیین مجموعه‌ای از شاخص‌های مناسب و دقیق از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است که در این تحقیق به آن پرداخته شد.

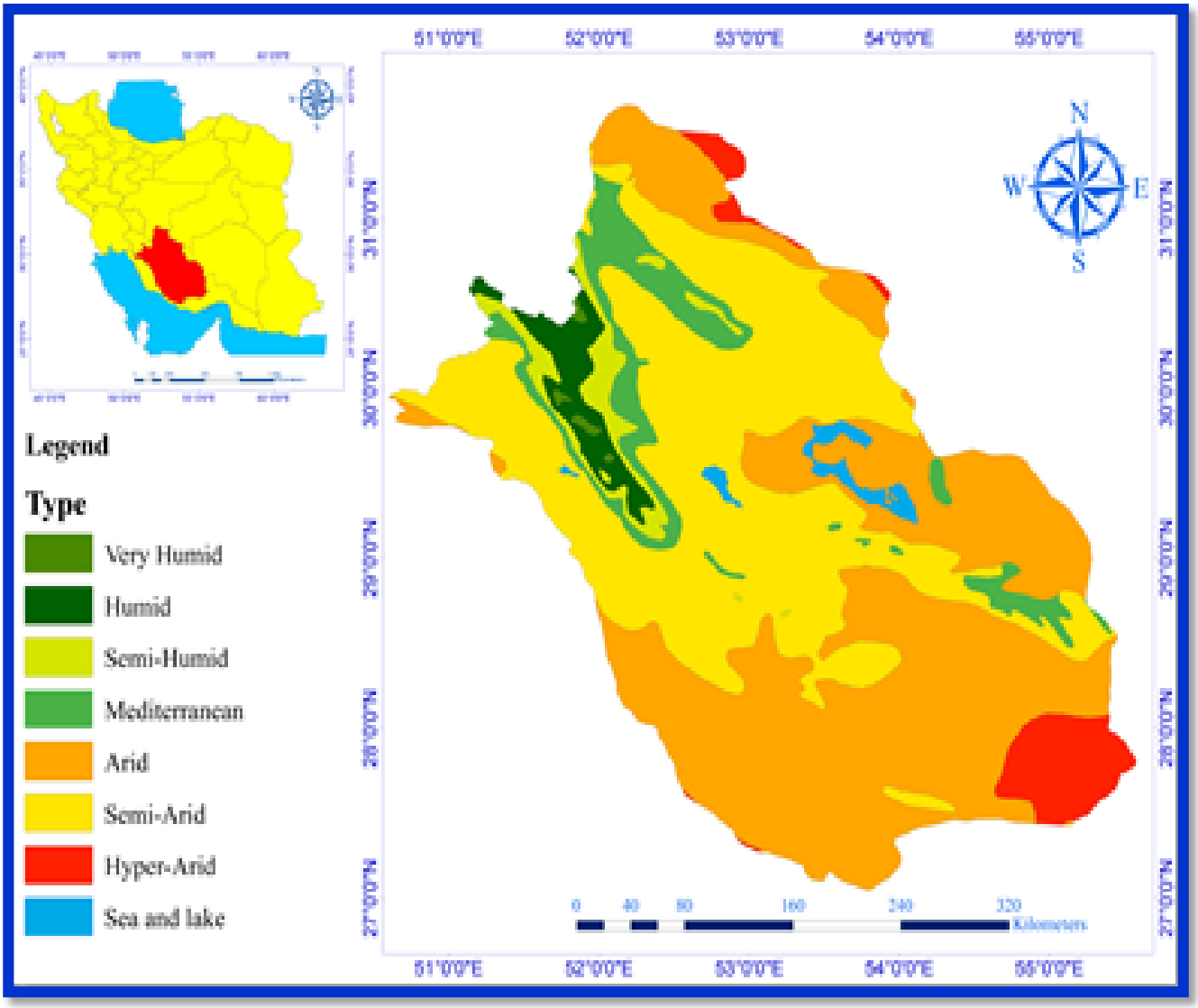
1. Pettorelli
2. Potter

مواد و روش‌ها

استان فارس به مرکزیت شهر شیراز، با وسعتی حدود ۱۲۳ هزار کیلومترمربع و بین مدارهای ۲۷ درجه و ۲ دقیقه و ۳۱ درجه و ۴۲ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۴۲ دقیقه و ۵۵ درجه و ۳۶ دقیقه طول خاوری از نیمروز گرینویچ قرارگرفته است (شکل۱).

و در گرم‌ترین ماه سال، بین ۳۵ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. مراتع استان، عمدتا وضعیت فقیر دارند و فقط یک میلیون هکتار از مراتع، وضعیت غنی دارند.

داده‌های سنجش‌ازدور مورد استفاده در این مطالعه، تصاویر MOD13Q1 با وضوح زمانی ۱۶ روز و وضوح مکانی ۲۵۰ متر از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ جمع‌آوری شد. تحلیل رگرسیون خطی و روش شاخص هرست برای تشخیص الگوهای مکانی ـ زمانی و



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی، طبقه‌بندی اقلیمی

میزان بارندگی بین ۲۰۰ تا ۴۰۰ میلی‌متر در سال است، همچنین میانگین دما در سردترین ماه سال بین ۷- تا ۲- درجه سانتی‌گراد

پایداری پوشش گیاهی استفاده شد.

محاسبه شاخص Hurst

شاخص Hurst توسط یک هیدرولوژیست بریتانیایی در سال ۱۹۵۱ مطرح شد و توسط مندلبرو و والیس [1] (1969) بهبودیافته است. در این مرحله از کار، ابتدا مرز حوزه مطالعاتی بر روی نقشه‌های شاخص‌های پوشش گیاهی به‌دست‌آمده از نرم‌افزار ترست، برای هرماه در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS ماسک شد. سری‌های زمانی شاخص‌های پوشش گیاهی، میانگین سالانه برای NDVI هرماه محاسبه‌شده و در معادلات شاخص Hurst مورداستفاده قرار گرفت؛ شاخص Hurst می‌تواند با تحلیل دامنه‌ی بازسازی‌شده (تحلیل R/S) محاسبه شود. برای یک سری زمانی X = X1, X2, X3,… شیب خط رگرسیون به‌طور تقریبی نشان‌دهنده‌ی شاخص Hurst است. روش تحلیل R/Sبه‌صورت زیر است:

میانگین سری زمانی X

$$m = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$$

انحرافات از میانگین

$$Y_t = X_t - m, \quad t = 1, 2\dots n$$

دامنه

$$Rt = \max(Z1, Z2\dots Zt) - \min(Z1, Z2\dots Zt)$$
$$t = 1, 2\dots n$$

محاسبه حداکثر و حداقل تجمعی

$$z_t = \sum_{i=1}^{t} y_i \qquad t = 1, 2\dots n$$

محاسبه انحراف معیار

$$s_t = \sqrt{\frac{1}{t}\sum_{i=1}^{t}(x_i - u)^2} \qquad t = 1, 2\dots n$$

محاسبه نسبت R/S

$$(R/S)_t = R_t/S_t$$
$$t = 1, 2\dots$$

– اگر (H < 0.5): سری زمانی دارای رفتار تصادفی است (خشک‌سالی).

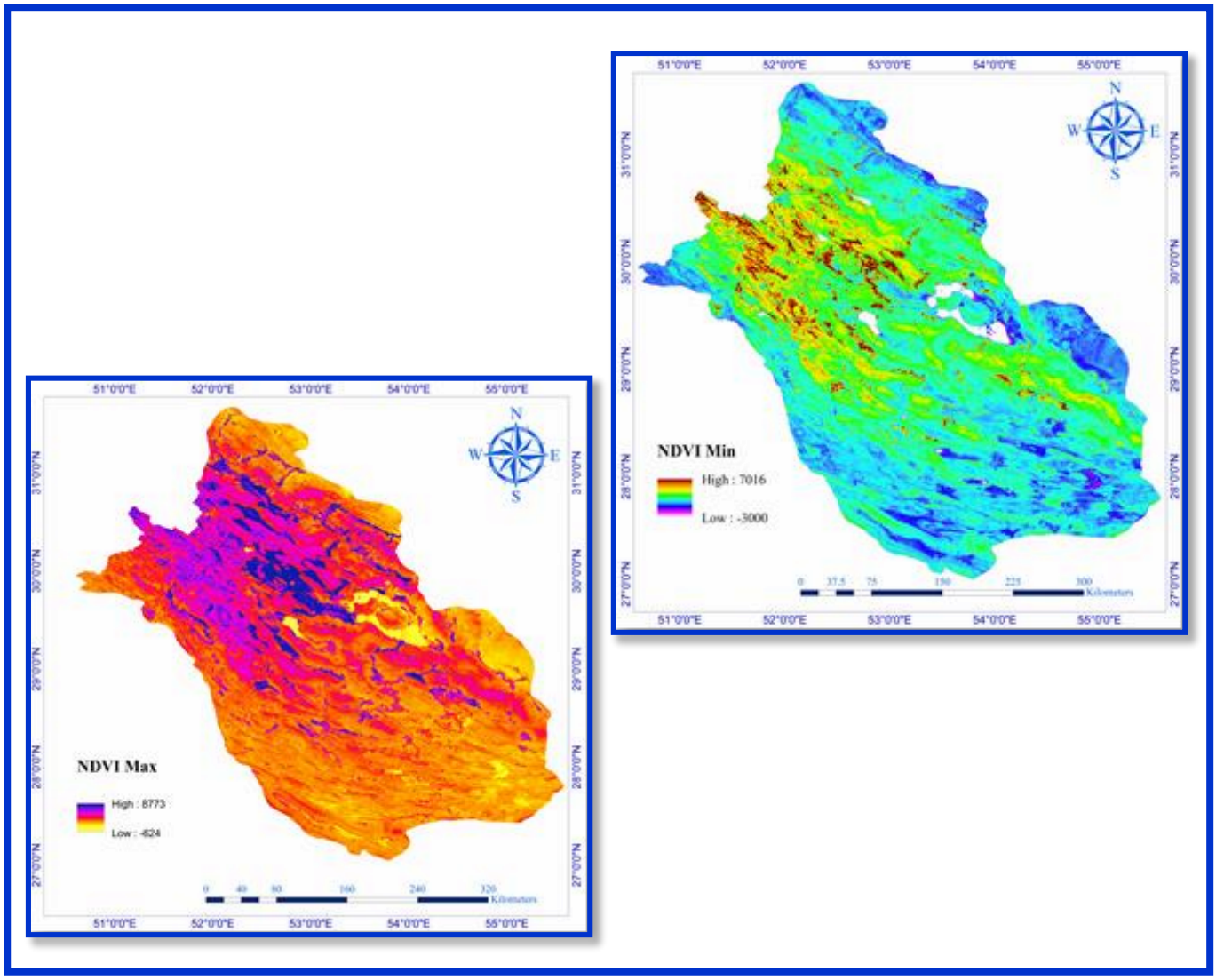
– اگر (H = 0.5): سری زمانی به‌صورت تصادفی است (نقطه تعادل).

– اگر (H > 0.5): سری زمانی دارای رفتار ماندگار است (تداوم خشک‌سالی).

1. Mandelbrot & Wallis

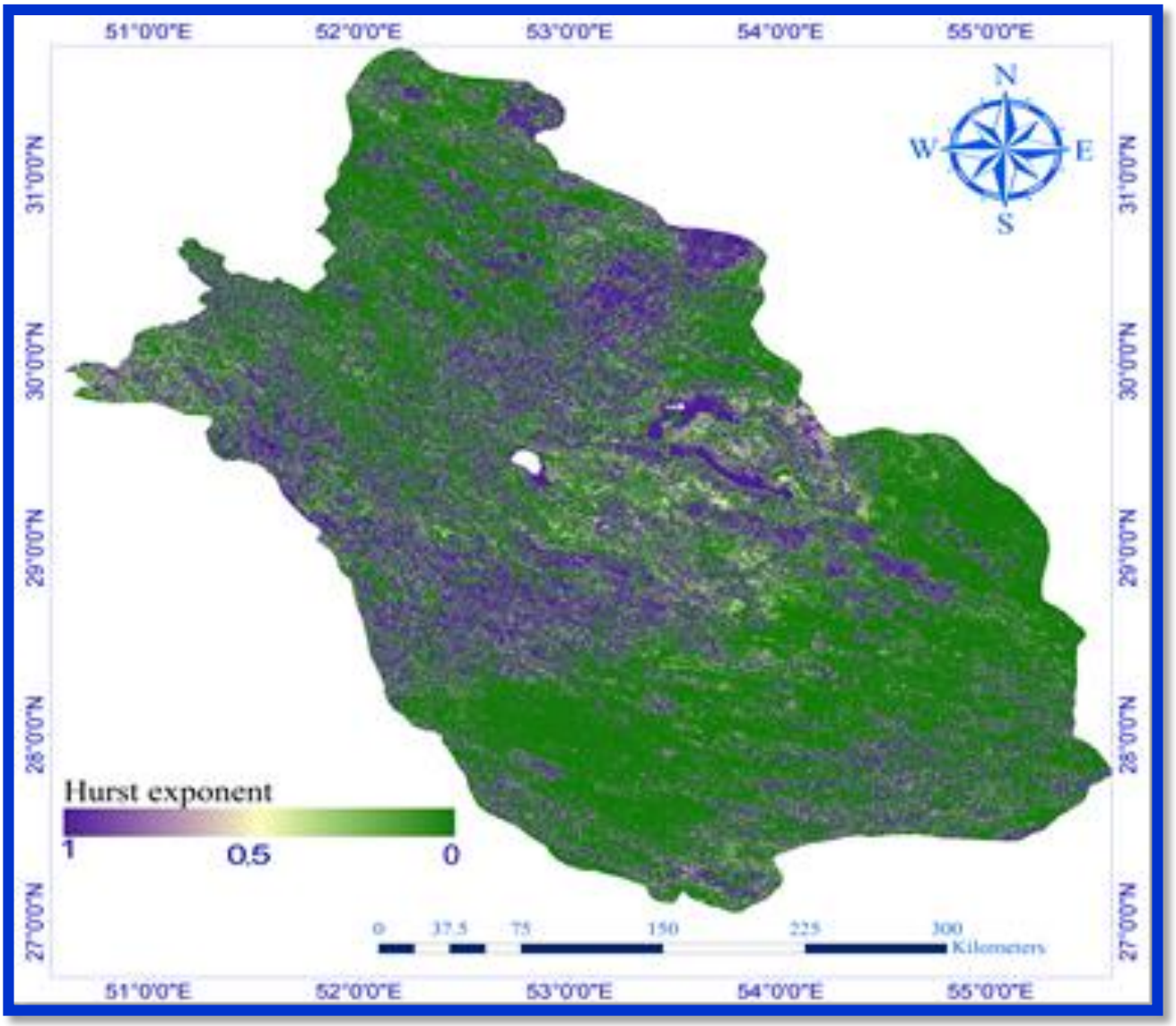
نتایج

شکل ۲ نشان‌دهنده توزیع NDVI (شاخص پوشش گیاهی نرمال‌شده) در بازه زمانی مشخص است. بر اساس این نقشه‌ها، مناطق جنوبی استان فارس کمترین و مناطق شمالی بیشترین مقادیر NDVI را به خود اختصاص داده‌اند و این، نشان‌دهنده این است که با حرکت به سمت شمال، مقدار NDVI به‌طور قابل‌توجهی افزایش می‌یابد و درنهایت، بالاترین مقدار NDVI در نواحی شمال غرب استان فارس مشاهده می‌شود. به‌علاوه، با توجه به نقشه توزیع طبقات اقلیمی (شکل ۱)، می‌توان استنباط کرد که تغییرات در مقادیر حداکثر و حداقل NDVI در ماه چهارم به‌طور چشم‌گیری تحت تأثیر شرایط اقلیمی قرار دارد. به این معنی که با افزایش رطوبت و تغییرات اقلیمی به سمت شرایط مرطوب‌تر، مقادیر حداکثر و حداقل NDVI نیز افزایش می‌یابد. این ارتباط نشان‌دهنده‌ی تأثیر معنادار اقلیم بر پوشش گیاهی منطقه است. درواقع، شرایط مرطوب‌تر باعث بهبود وضعیت پوشش گیاهی و افزایش NDVI می‌شود، که می‌تواند نشان‌دهنده رشد بیشتر گیاهان و افزایش تنوع زیستی باشد.



شکل ۲. پراکندگی حداکثر و حداقل NDVI در دوره موردمطالعه

شکل (۳) تغییرات مکانی شاخص Hurst را در ماه چهارم نشان می‌دهد. بر اساس این تحلیل، در برخی نقاط استان فارس، شاخص Hurst نزدیک به ۰/۵ است. این مقدار به‌روشنی بیانگر این است که سری زمانی NDVI به‌طور تصادفی رفتار می‌کند و روندهای آینده از داده‌های گذشته مستقل خواهند بود. درعین‌حال، در بخش‌های مرکزی، غربی و شمال غربی استان فارس، مقادیر شاخص Hurst کمتر از ۰/۵ مشاهده می‌شود. در این نواحی Hurst نشان‌دهنده‌ی ناپایداری و عدم پیش‌بینی در رفتار NDVI است. در مقابل، در اکثر نقاط استان فارس، به‌ویژه در نواحی جنوبی و شمالی، شاخص Hurst بیش از ۰/۵ است. این موضوع نشان‌دهنده وجود روندهای پایدار در سری زمانی NDVI در این نواحی است و به این معناست که تغییرات در پوشش گیاهی احتمالاً به‌صورت پیوسته و منظم ادامه خواهد یافت. به‌طورکلی، نتایج به‌دست‌آمده بیانگر این است که درحالی که برخی مناطق استان فارس با ناپایداری در پوشش گیاهی مواجه هستند، دیگر نواحی دارای روندهای ثابتی هستند که می‌توانند به‌عنوان مبنایی برای پیش‌بینی و مدیریت منابع طبیعی در آینده به کار روند.



شکل ۳. تغییرات شاخص Hurst در ماه آوریل

بحث و نتیجه‌گیری

گیاهان نقش حیاتی در تأمین نیازهای انسان ایفا می‌کنند (خواجوی نسب و خسروی، ۱۳۹۳). مطالعه سری‌های زمانی در مورد تغییرات پوشش گیاهی می‌تواند به بهبود مدیریت آن و تحقق توسعه پایدار کمک کند. در این تحقیق، با استفاده از محصول NDVI سنجنده MOD13Q1، پایداری تغییرات پوشش گیاهی در ماه آوریل طی دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ بر اساس شاخص Hurst محاسبه شد. پایداری یکی از ویژگی‌های کلیدی سری‌های زمانی است و به وابستگی رویدادهای آینده به رویدادهای گذشته اشاره دارد. نتایج نشان داد که حداکثر و حداقل مقادیر NDVI در ماه آوریل در نقاط مختلف استان فارس متفاوت است. با حرکت از جنوب به شمال، مقادیر حداکثر و حداقل NDVI افزایش می‌یابد. تغییرات شاخص Hurst نشان می‌دهد که بیشتر تغییرات پوشش گیاهی در استان فارس در ماه آوریل، به‌ویژه در نواحی جنوبی و شمالی، نشان‌دهنده یک سری زمانی پایدار است. با این‌حال، اگر روند این تغییرات در دوره مورد مطالعه (۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶) رو به کاهش باشد، احتمال دارد در آینده نیز پوشش گیاهی کاهش یابد. در عین‌حال، مطابق با تحقیقات (Peng et al., ۲۰۱۲)، تغییرات پوشش گیاهی در برخی بخش‌های استان فارس به‌طور تصادفی است و نمی‌توان به‌طور دقیق در مورد تغییرات آتی آن پیش‌بینی کرد. این نتایج همسو با نتایج (Jiang et al., ۲۰۱۷)، (Hou et al., ۲۰۱۲) است. این تحلیل‌ها درک بهتری از روندهای پوشش گیاهی و تأثیرات اقلیمی بر آن‌ها به ما می‌دهد و درنهایت، راهنمایی برای برنامه‌ریزی‌های مدیریتی و حفاظت از محیط‌زیست در استان فارس ارائه دهند. نتایج این مطالعات می‌تواند به‌عنوان مبنایی برای برنامه‌ریزی‌های مدیریتی و حفاظت از منابع طبیعی در استان فارس مورداستفاده قرار گیرد. به‌ویژه توجه به مناطق با NDVI بالا می‌تواند به حفظ و توسعه‌ی پوشش گیاهی کمک و از تخریب محیط‌زیست جلوگیری نماید.

منابع

- Thomas Mueller, Kirk A. Olson, Todd K. Fuller, George B. Schaller, Martyn G. Murray and Peter Leimgruber. (2008). In search of forage: predicting dynamic habitats of Mongolian gazelles using satellite-based estimates of vegetation productivity. Journal of Applied Ecology. 45, 649-658.
- Nathalie Pettorelli1, Sadie Ryan, Thomas Mueller, Nils Bunnefeld, Bogumila Jedrzejewska, Mauricio Lima, Kyrre Kausrud. (2011). The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI): unforeseen successes in animal ecology. Inter-Research. 46 (1), 15-27.
- Shengzhi Huang, Bo Ming, Qiang Huang, Guoyong Leng. (2017). A Case Study on a Combination NDVI Forecasting Model Based on the Entropy Weight Method. Beibei Hou Water Resources Management. 31 (11), 3667.
- Arnab Kundu, N. R. Patel, S. K. Saha, Dipanwita Dutta. (2017). Desertification in western Rajasthan (India): an assessment using remote sensing derived rain-use efficiency and residual trend methods. Natural Hazards. 86 (1): 297.
- Tanita Suepa, Jiaguo Q, Siam Lawawirojwong, Joseph Messina. (2016). Understanding Spatio-temporal variation of vegetation phenology and rainfall seasonality in the monsoon Southeast Asia. Environmental research. 47, 621-629.
- Lawley, M., Lewis, K., Clarke, B. (2016). Site-based and remote sensing methods for monitoring indicators of vegetation condition: An Australian review. Ecological Indicators. 71, 1273–1283.
- Qian, Bo & Rasheed, Khaled. (2004). Hurst exponent and financial market predictability. Proceedings of the Second IASTED International Conference on Financial Engineering and Applications.

J.M., Tucker. C.J., Stenseth, N.C. 2005. Using the satellite derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. Trends in ecology and evolution, 9 (20): 503-510.

- Jiang, L. Jiapaer, G. Bao, A. Guo, H. Ndayisaba, F. 2017. Vegetation dynamics and responses to climate change and human activities in Central Asia. Science of the Total Environment. 599-600: 967-980.
- Hou, X., Ting, W., Liangju, Y., Song, Qian. 2012. Characteristics of multi-temporal scale variation of vegetation coverage in the Circum Bohai Bay Region, 1999–2009. Acta Ecologica Sinica, 32 (6): 297-304.
- Hurst, H.E. 1951. Long-term storage capacity of reservoirs. Transactions of American Society of Civil Engineers, 116: 770.
- Guli Jiapaer, Shunlin Liang, Qiuxiang Yi, Jinping Liu. (2015). Vegetation dynamics and responses to recent climate change in Xinjiang using leaf area index as an indicator. Ecological Indicators. 58, 64-76.
- Khajoei Nasab, F., & Khosravi, A. R. (2014). Ethnobotanical study of medicinal plants of Sirjan in Kerman Province, Iran. Journal of ethnopharmacology, 154(1), 190-197.
- Peng, J., Liu, Zh., Liu, Y., W, J., Han, H. 2012. Trend analysis of vegetation dynamics in Qinghai–Tibet Plateau using Hurst Exponent. Ecological Indicators, 14 (1): 28-39.
- Potter, C., Boriah, S., Steinbach, M., Kumar, V., Klooster, S. 2008. Terrestrial vegetation dynamics and global climate controls. Climate Dynamics, 31 (1): 67–78.
- Pettorelli, N., Vik, O., Mysterud, A., Gaillard.