

PHÂN TÍCH ĐẶC TRƯNG HẠN HÁN NÔNG NGHIỆP TẠI TỈNH ĐẮK LẮK SAU SÁP NHẬP TỪ DỮ LIỆU MODIS GIAI ĐOẠN 2001-2022

Nguyễn Thị Tuyết¹, Phạm Thị Minh^{1*}, Huỳnh Thị Minh Sương¹, Lê Minh Lưu¹

Tóm tắt: Nghiên cứu phân tích đặc trưng hạn hán nông nghiệp tại tỉnh Đắk Lắk sau sáp nhập dựa trên dữ liệu MODIS giai đoạn 2001–2022. Chỉ số TVDI được xây dựng từ mối quan hệ NDVI–LST, kết hợp SPI-3 để đánh giá mối liên hệ giữa hạn khí tượng và hạn nông nghiệp. Kết quả cho thấy hạn hán có tính mùa vụ rõ rệt, gia tăng từ đầu năm và đạt cực đại vào tháng 3–4 trước khi giảm nhanh trong mùa mưa. Về không gian, khu vực phía Tây có cường độ hạn cao nhưng thời gian duy trì ngắn, trong khi khu vực phía Đông có xu hướng hạn kéo dài hơn khoảng 1–2 tháng. Ở quy mô năm, hạn nhẹ và hạn vừa chiếm ưu thế với tỷ lệ khoảng 60–80% diện tích trong nhiều năm, phản ánh tình trạng thiếu ẩm thường xuyên. Phân tích tần suất và xu thế cho thấy khu vực Tây Bắc có nguy cơ gia tăng khô hạn. Kết quả bước đầu cho thấy TVDI có tương quan nghịch ở mức yếu đến trung bình với SPI (r khoảng $-0,21$ đến $-0,46$) và tồn tại độ trễ phản ứng theo không gian. Những kết quả này cho thấy TVDI có khả năng hỗ trợ theo dõi diễn biến hạn nông nghiệp ở quy mô vùng, đặc biệt trong điều kiện thiếu hụt dữ liệu quan trắc mặt đất.

Từ khóa: Hạn hán nông nghiệp, TVDI, MODIS, SPI, Đắk Lắk, viễn thám.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tỉnh Đắk Lắk sau sáp nhập là vùng sản xuất nông nghiệp trọng điểm với các cây trồng chủ lực như cà phê và hồ tiêu, phụ thuộc lớn vào điều kiện khí hậu và nguồn nước. Hạn hán thường xuyên gây thiệt hại đáng kể cho sản xuất. Gần nhất, vụ Đông Xuân 2023–2024, ở phía Tây tỉnh khoảng 27.284 ha cây trồng bị ảnh hưởng, trong đó hơn 1.400 ha mất trắng, thiệt hại trên 165 tỷ đồng (Ban Chỉ huy PCTT&TKCN tỉnh Đắk Lắk, 2024). Trong 9 tháng năm 2024, hơn 29.000 ha đất nông nghiệp ở phía Tây tỉnh bị ảnh hưởng với thiệt hại khoảng 209 tỷ đồng (Cục Thống kê tỉnh Đắk Lắk, 2024). Do đó, việc đánh giá đặc trưng hạn hán theo không gian và thời gian là cần thiết.

2. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

Trên thế giới, hạn hán nông nghiệp được nghiên cứu bằng cả số liệu khí tượng và viễn thám. Chỉ số SPI được sử dụng phổ biến để đánh giá thiếu hụt lượng mưa (McKee et al., 1993), trong khi TVDI được xây dựng từ mối quan hệ NDVI–LST nhằm phản ánh trạng thái khô hạn bề mặt (Sandholt et al., 2002). Nhiều nghiên cứu cho thấy TVDI có khả năng theo dõi hiệu quả hạn nông nghiệp và có liên hệ với độ ẩm đất (Wang et al., 2011; Patel et al., 2019). Việc kết hợp TVDI và SPI giúp đánh giá đồng thời hạn khí tượng và hạn nông nghiệp (Quiring & Ganesh, 2010).

Tại Việt Nam, các nghiên cứu về hạn hán chủ yếu

dựa trên số liệu quan trắc tại trạm và các chỉ số như SPI hoặc SPEI (Nguyễn Văn Thắng và nnk., 2015; Trần Thực và nnk., 2018). Các kết quả cho thấy hạn hán có xu hướng gia tăng về cường độ và phạm vi, đặc biệt tại khu vực Tây Nguyên, gây ảnh hưởng đáng kể đến sản xuất nông nghiệp và sinh kế người dân. Gần đây, một số nghiên cứu đã bắt đầu ứng dụng dữ liệu viễn thám, đặc biệt là MODIS, để giám sát hạn hán trên diện rộng. Tuy nhiên, phần lớn các nghiên cứu còn tập trung ở quy mô lưu vực hoặc khu vực nhỏ, chưa khai thác đầy đủ chuỗi số liệu dài hạn và chưa phân tích sâu mối quan hệ giữa hạn khí tượng và phản ứng của thảm thực vật.

Đối với khu vực Tây Nguyên nói chung và tỉnh Đắk Lắk nói riêng, các nghiên cứu tích hợp dữ liệu viễn thám và khí tượng trên chuỗi thời gian dài vẫn còn hạn chế. Do đó, nghiên cứu này tập trung phân tích đặc trưng không gian - thời gian của hạn hán nông nghiệp tại tỉnh Đắk Lắk giai đoạn 2001-2022 bằng dữ liệu MODIS và chỉ số TVDI. Điểm mới của nghiên cứu bao gồm: (i) xây dựng chuỗi bản đồ hạn hán nông nghiệp dài hạn theo ranh giới hành chính tỉnh Đắk Lắk sau sáp nhập; (ii) phân tích sự khác biệt về đặc trưng hạn giữa tiểu vùng cao nguyên phía Tây và tiểu vùng duyên hải phía Đông; (iii) đánh giá mối liên hệ và độ trễ giữa hạn khí tượng (SPI) và phản ứng bề mặt thông qua TVDI; và (iv) xác định các khu vực có xu thế khô hạn hóa có ý nghĩa thống kê trong giai đoạn nghiên cứu.

3. DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

3.1. Khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu là tỉnh Đắk Lắk sau sáp

¹Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường thành phố Hồ Chí Minh

*Tác giả liên hệ: ptminh@hcmunre.edu.vn

nhập, nằm trong khu vực chuyển tiếp giữa Tây Nguyên và duyên hải Nam Trung Bộ. Địa hình và khí hậu có sự phân hóa rõ rệt theo hướng Tây – Đông. Khu vực phía Tây chủ yếu là cao nguyên với độ cao phổ biến từ 400–800 m, khí hậu nhiệt đới gió mùa với mùa khô kéo dài, lượng bốc hơi lớn và thường xuyên xảy ra thiếu nước trong mùa khô. Trong khi đó, khu vực phía Đông mang đặc trưng duyên hải với địa hình dốc, mưa tập trung mạnh vào cuối năm và phân bố không đều theo mùa, làm gia tăng nguy cơ thiếu ẩm trong thời kỳ ít mưa.

Sự khác biệt về địa hình, chế độ mưa và lớp phủ bề mặt tạo nên tính phân hóa không gian rõ rệt của hạn hán trong khu vực nghiên cứu. Đây cũng là cơ sở để phân tích sự khác biệt về đặc trưng hạn giữa tiểu vùng cao nguyên phía Tây và tiểu vùng duyên hải phía Đông trong nghiên cứu này.



Hình 1. Khu vực nghiên cứu và vị trí các trạm đo mưa

3.2. Dữ liệu sử dụng và phương pháp tính

Nghiên cứu sử dụng dữ liệu MODIS trên Google Earth Engine, gồm sản phẩm MOD13Q1 Version 6.1 (NDVI, độ phân giải 250 m, chu kỳ 16 ngày) và MOD11A2 Version 6.1 (LST ban ngày, độ phân giải 1 km, chu kỳ 8 ngày) trong giai đoạn 2001–2022. Giá trị NDVI được chuyển đổi bằng hệ số scale factor 0,0001. Dữ liệu nhiệt độ bề mặt đất (LST) được chuyển đổi từ Kelvin sang độ C theo công thức: $LST(^{\circ}C) = LST_{MODIS} \times 0,02 - 273,15$

Các điểm ảnh không hợp lệ được loại bỏ dựa trên lớp chất lượng (QA), bao gồm mây, bóng mây và mặt nước. Để đồng bộ dữ liệu NDVI và LST, NDVI được resample về độ phân giải 1 km bằng phương pháp bilinear trước khi xây dựng không gian NDVI–LST. Tất cả dữ liệu được xử lý trong hệ tọa độ WGS84.

Chỉ số TVDI được xây dựng dựa trên mối quan hệ giữa NDVI và LST theo phương pháp của

Sandholt et al. (2002). Không gian NDVI–LST được chia thành các bin NDVI với bước 0,02. Trong mỗi bin, các giá trị phân vị 2% và 98% của LST lần lượt được sử dụng để xác định đường biên ướt (wet edge) và đường biên khô (dry edge), nhằm giảm ảnh hưởng của các giá trị ngoại lai. Sau đó, các đường biên được xấp xỉ bằng hồi quy tuyến tính: $LST_{wet} = a_1 + b_1 \times NDVI$ và $LST_{dry} = a_2 + b_2 \times NDVI$. Chỉ số TVDI được xác định theo công thức:

$$TVDI = \frac{LST - LST_{wet}(NDVI)}{LST_{dry}(NDVI) - LST_{wet}(NDVI)}$$

Giá trị TVDI dao động từ 0–1, trong đó giá trị càng lớn thể hiện mức độ khô hạn càng cao. Trong nghiên cứu, TVDI được phân thành 5 cấp: ẩm (<0,2), bình thường (0,2–0,4), hạn nhẹ (0,4–0,6), hạn vừa (0,6–0,8) và hạn nặng ($\geq 0,8$). Các pixel có TVDI $\geq 0,6$ được xem là có nguy cơ hạn hán nông nghiệp, tham khảo theo Patel et al. (2009) và Liu et al. (2014).

Chỉ số SPI được tính từ chuỗi lượng mưa tháng tại các trạm khí tượng theo phương pháp của McKee et al. (1993), sử dụng phân bố Gamma và hiệu chỉnh xác suất mưa bằng 0 trước khi chuyển đổi sang phân bố chuẩn. Nghiên cứu sử dụng SPI-3 để so sánh với TVDI-3 nhằm phản ánh điều kiện thiếu hụt ẩm ngắn hạn phù hợp với hạn nông nghiệp. Xu thế hạn được đánh giá bằng độ dốc Theil–Sen kết hợp kiểm định Mann–Kendall ở mức ý nghĩa $\alpha=0,05$, trong khi tần suất hạn được xác định dựa trên tỷ lệ pixel có TVDI $\geq 0,6$.

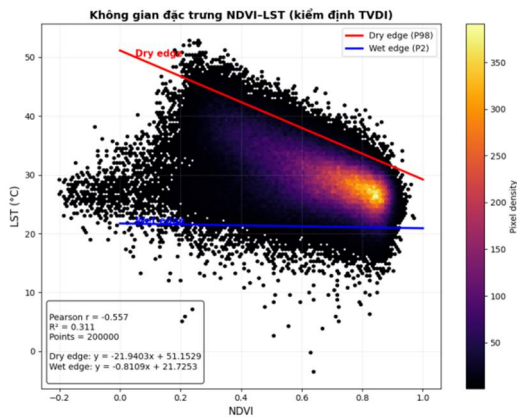
Do khu vực nghiên cứu bao gồm cả cao nguyên và duyên hải với sự khác biệt lớn về địa hình, khí hậu và lớp phủ bề mặt, việc sử dụng chung không gian NDVI–LST cho toàn vùng có thể tạo ra bất định trong xác định đường biên khô–ướt. Các pha ENSO được xác định theo chỉ số ONI của NOAA, với El Niño (La Niña) tương ứng khi ONI trung bình trượt 3 tháng $\geq +0,5^{\circ}C$ ($\leq -0,5^{\circ}C$) kéo dài ít nhất 5 tháng liên tiếp.

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

4.1. Xây dựng và đặc trưng không gian NDVI–LST phục vụ tính toán TVDI

Chỉ số TVDI được xây dựng từ khoảng 200.000 điểm ảnh trong không gian NDVI–LST, đảm bảo tính đại diện cho khu vực nghiên cứu. Kết quả cho thấy NDVI và LST có tương quan nghịch ($r = -0,557$; $R^2 = 0,311$). Đường biên khô và ướt lần lượt được xác định theo các phương trình: $LST_{dry} = 51,1529 - 21,9403 \times NDVI$ và $LST_{wet} = 21,7253 - 0,8109 \times NDVI$.

Phân bố điểm ảnh tập trung chủ yếu ở NDVI 0,75–0,85 và LST 24–28°C, phản ánh trạng thái thảm thực vật phát triển tương đối tốt.



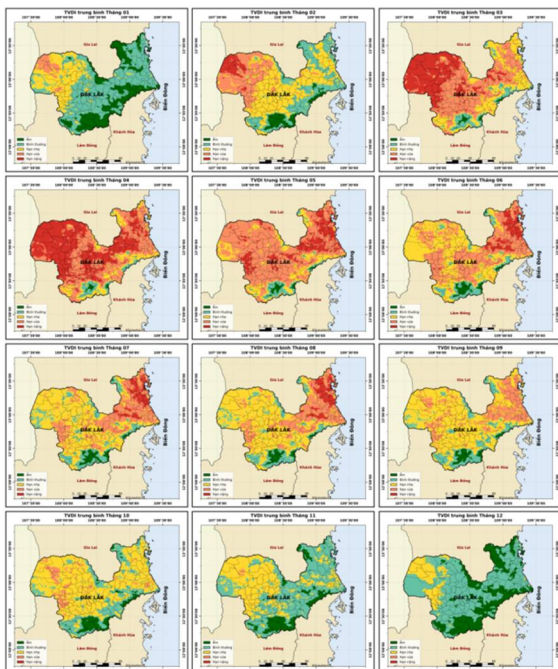
Hình 2. Phân bố không gian NDVI–LST và xác định đường biên khô – ướt phục vụ xây dựng chỉ số TVDI

4.2. Đặc trưng biến động hạn hán theo thời gian

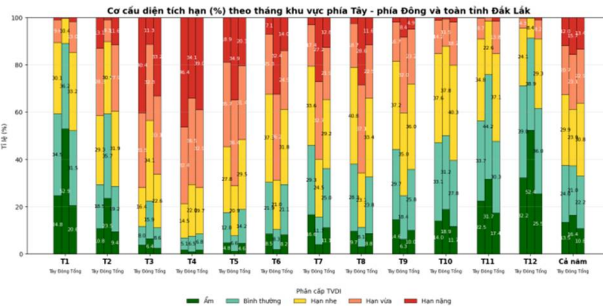
❖ Biến động hạn hán theo tháng

Diễn biến hạn hán theo tháng tại Đắk Lắk thể hiện rõ tính mùa vụ. Hạn gia tăng từ đầu năm, đạt cực đại vào tháng 3–4 với tỷ lệ hạn vừa và nặng tăng mạnh, sau đó giảm nhanh từ tháng 5 khi mùa mưa bắt đầu.

Về không gian, khu vực phía Tây có cường độ hạn cao hơn nhưng thời gian duy trì ngắn, với đỉnh hạn tập trung vào tháng 3–4 (khoảng 30–40% diện tích hạn nặng), sau đó phục hồi nhanh trong mùa mưa. Ngược lại, khu vực phía Đông có xu hướng hạn kéo dài hơn, bắt đầu sớm từ tháng 1–2 và duy trì đến tháng 6–8. Đặc điểm này có thể liên quan đến chế độ mưa lệch mùa và điều kiện địa hình, dẫn đến khả năng phục hồi độ ẩm chậm hơn. Thời gian duy trì hạn tại khu vực này thường kéo dài hơn khoảng 1–2 tháng so với phía Tây.

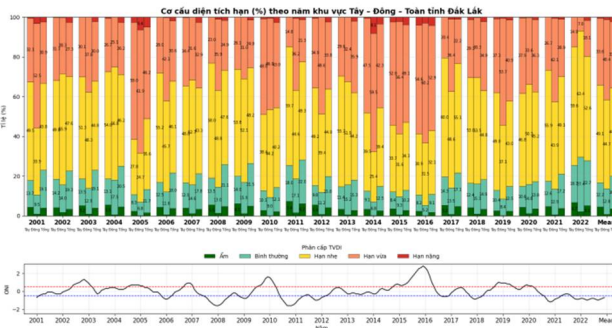


Hình 3. Phân bố không gian chỉ số TVDI trung bình tháng



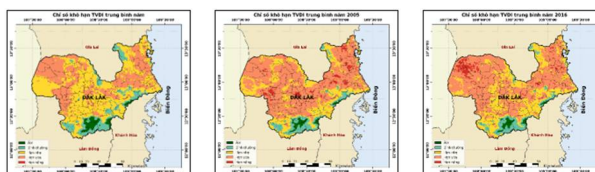
Hình 4. Tỷ lệ % diện tích hạn hán theo tháng

❖ Biến động hạn hán theo năm



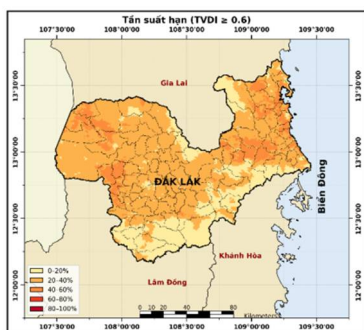
Hình 5. Tỷ lệ % diện tích hạn hán theo năm và diễn biến chỉ số ONI

Biến động hạn hán theo năm giai đoạn 2001–2022 cho thấy trạng thái khô hạn chiếm ưu thế, với hạn nhẹ và hạn vừa phổ biến trong hầu hết các năm (khoảng 60–80% diện tích), trong khi diện tích ẩm duy trì ở mức thấp (<25%). Điều này phản ánh đặc trưng thiếu ẩm mang tính thường xuyên của khu vực. Các năm 2005, 2010 và đặc biệt giai đoạn 2014–2016 ghi nhận sự gia tăng rõ rệt của hạn vừa và hạn nặng. Các giai đoạn này trùng với các pha El Niño mạnh theo chỉ số ONI của NOAA vượt mức +0,5⁰C. Kết quả cho thấy TVDI có xu hướng đồng biến với các pha nóng ENSO trong các năm khô hạn mạnh. Tuy nhiên, nghiên cứu mới dừng ở mức mô tả mối liên hệ khí hậu quy mô lớn và chưa đủ cơ sở để khẳng định quan hệ nhân quả trực tiếp giữa ENSO và hạn hán nông nghiệp tại khu vực nghiên cứu.



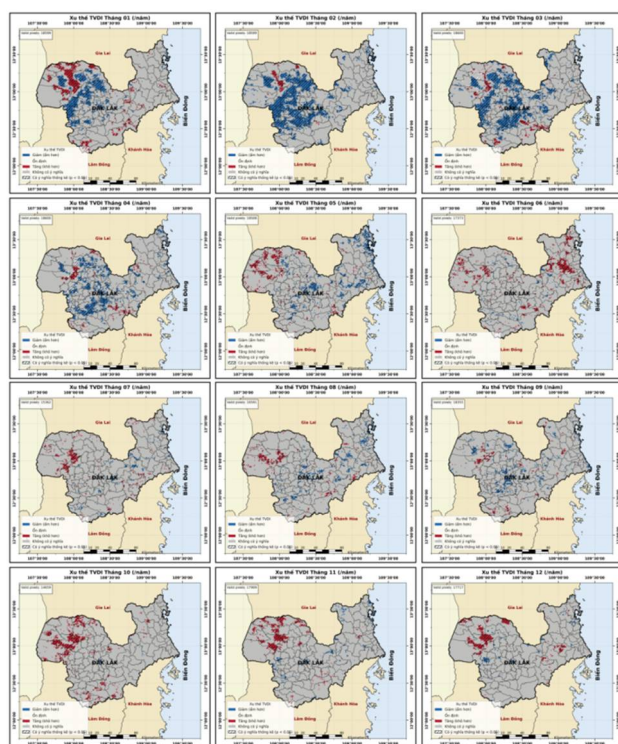
Hình 6. Phân bố không gian chỉ số TVDI trung bình năm và một số năm hạn điển hình

4.3. Phân tích tần suất và xu thế hạn hán



Hình 7. Tần suất hạn

Phân tích tần suất cho thấy sự khác biệt rõ về mức độ rủi ro hạn hán giữa các khu vực. Khu vực phía Tây và Tây Bắc ghi nhận tần suất cao nhất (40–60%), cho thấy mức độ rủi ro nổi bật. Khu vực phía Đông và Đông Bắc có tần suất trung bình (20–40%), phản ánh các đợt hạn mang tính đột xuất và liên quan đến các năm khô hạn cực đoan. Riêng khu vực phía Nam có tần suất thấp (<20%), cho thấy điều kiện ẩm ổn định hơn nhờ vai trò điều tiết của rừng và nguồn nước tự nhiên.



Hình 8. Xu thế biến động hạn hán theo tháng

Bản đồ xu thế cho thấy sự đan xen giữa các khu

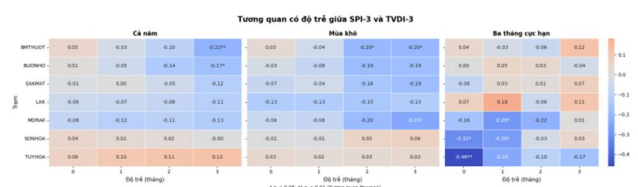
vực có xu hướng ẩm hóa (giảm TVDI) và khô hạn hóa (tăng TVDI). Đáng chú ý, trong cao điểm khô hạn tháng 2–4, nhiều khu vực trung tâm và phía Nam lại có xu thế giảm TVDI, gợi ý điều kiện ẩm có xu hướng cải thiện, có thể liên quan đến các yếu tố khí hậu và sử dụng đất. Ngược lại, khu vực phía Tây Bắc thể hiện xu thế tăng TVDI rõ rệt, đặc biệt vào cuối năm (tháng 10–12), cho thấy xu hướng gia tăng mức độ khô hạn vào cuối năm. Trong các tháng 6–7, xu thế tăng TVDI vẫn xuất hiện cục bộ, phản ánh hiện tượng hạn giữa mùa (dry spell/intra-seasonal drought) có xu hướng gia tăng, làm tăng rủi ro cho sản xuất nông nghiệp dù tổng lượng mưa năm không thay đổi đáng kể.

4.4. Kiểm định độ tin cậy của chỉ số TVDI thông qua tương quan với chỉ số SPI

Độ tin cậy của TVDI được đánh giá thông qua tương quan Pearson giữa TVDI-3 và SPI-3 tại 8 trạm khí tượng với độ trễ 0–3 tháng trong giai đoạn 2001–2022. Kết quả cho thấy tương quan nghịch là xu thế chủ đạo giữa TVDI và SPI, tuy nhiên mức độ tương quan có sự khác biệt theo không gian và thời gian.

Trong giai đoạn cực hạn, các trạm phía Đông như Tuy Hòa và Sơn Hòa có tương quan âm mạnh nhất ở độ trễ 0 tháng ($r \approx -0,32$ đến $-0,46$), phản ánh phản ứng nhanh của bề mặt đối với thiếu hụt mưa. Trong khi đó, tại các trạm phía Tây như Mđrăk, tương quan rõ hơn ở độ trễ 1 tháng ($r \approx -0,29$). Vào mùa khô, một số trạm phía Tây xuất hiện tương quan nghịch ở độ trễ 2–3 tháng với $r \approx -0,13$ đến $-0,25$, cho thấy tác động tích lũy của hạn khí tượng lên độ ẩm bề mặt.

Kết quả bước đầu cho thấy TVDI có mối quan hệ nghịch ở mức yếu đến trung bình với SPI-3, phản ánh tiềm năng ứng dụng trong giám sát hạn nông nghiệp. Tuy nhiên, cần tiếp tục kiểm định với dữ liệu độ ẩm đất, năng suất cây trồng hoặc thống kê thiệt hại hạn để đánh giá đầy đủ hơn độ tin cậy của chỉ số này.



Hình 9. Ma trận hệ số tương quan giữa chỉ số hạn khí tượng (SPI-3) và hạn nông nghiệp (TVDI-3) theo các độ trễ thời gian tại các trạm khí tượng

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã xây dựng chuỗi chỉ số TVDI từ dữ liệu MODIS giai đoạn 2001–2022 nhằm phân tích đặc trưng hạn hán nông nghiệp tại khu vực nghiên cứu. Kết quả cho thấy hạn hán có tính mùa vụ rõ rệt, thường đạt cực đại vào các tháng 3–4 hằng năm. Đồng thời, sự phân hóa không gian của hạn hán cũng thể hiện rõ giữa khu vực phía Tây (cao nguyên) và phía Đông (duyên hải). Trong đó, khu vực phía Tây Bắc được xác định là nơi có nguy cơ và xu thế gia tăng khô hạn nổi bật nhất trong giai đoạn nghiên cứu.

Kết quả kiểm định giữa TVDI và SPI-3 cho thấy hai chỉ số có xu hướng tương quan nghịch, phản ánh phản ứng của độ ẩm bề mặt trước tình trạng thiếu hụt lượng mưa. Tuy nhiên, mức độ tương quan chỉ đạt từ yếu đến trung bình và có sự khác biệt theo không gian cũng như thời gian. Mỗi liên hệ này thể hiện rõ hơn trong các tháng mùa khô cực hạn (tháng 1–3). Cụ thể, tại khu vực phía Đông, TVDI phản ứng gần như tức thời với độ trễ 0 tháng, điển hình như tại Tuy Hòa ($r=-0,46$); trong khi tại khu vực phía Tây, TVDI có xu hướng phản ứng chậm hơn

với độ trễ từ 1–3 tháng, như tại Buôn Ma Thuột ($r=-0,22$). Vì vậy, TVDI phù hợp hơn với vai trò là chỉ số hỗ trợ trong giám sát hạn nông nghiệp khi kết hợp cùng các thông tin về lượng mưa, độ ẩm đất hoặc dữ liệu thủy văn, thay vì được xem là một chỉ số đại diện độc lập cho hạn khí tượng.

Bên cạnh đó, nghiên cứu vẫn còn một số hạn chế. Độ phân giải không gian 1 km của dữ liệu MODIS chưa phản ánh đầy đủ tính không đồng nhất bề mặt tại quy mô địa phương; chất lượng dữ liệu còn chịu ảnh hưởng bởi mây, địa hình phức tạp và hiện tượng bão hòa NDVI tại các khu vực rừng dày. Ngoài ra, việc áp dụng chung một không gian đặc trưng NDVI–LST cho toàn vùng nghiên cứu có thể tạo ra sai số do sự khác biệt sinh thái giữa các tiểu vùng, đồng thời nghiên cứu cũng chưa tách biệt được ảnh hưởng của hoạt động tưới tiêu đến giá trị TVDI. Trong thời gian tới, cần thực hiện kiểm định độc lập với dữ liệu độ ẩm đất thực đo, năng suất cây trồng hoặc thống kê thiệt hại thực tế nhằm đánh giá đầy đủ hơn khả năng ứng dụng của TVDI và xác định các ngưỡng cảnh báo hạn phù hợp cho từng khu vực.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Ban Chỉ huy Phòng chống thiên tai và Tìm kiếm cứu nạn tỉnh Đắk Lắk (2024), *Tổng kết công tác phòng, chống hạn hán mùa khô năm 2023–2024 trên địa bàn tỉnh Đắk Lắk*, Đắk Lắk.
- Cục Thống kê tỉnh Đắk Lắk (2024), *Báo cáo tình hình kinh tế - xã hội 9 tháng năm 2024 tỉnh Đắk Lắk*, Đắk Lắk.
- Nguyễn Văn Thắng, Trần Thục, Nguyễn Đức Ngữ (2015), *Nghiên cứu hạn hán và sa mạc hóa ở Việt Nam*, Nxb Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội.
- Trần Thục, Nguyễn Văn Thắng, Phan Văn Tân (2018), *Biến đổi khí hậu và các hiện tượng cực đoan ở Việt Nam*, Nxb Tài nguyên và Môi trường, Hà Nội.
- McKee, T. B., Doesken, N. J., Kleist, J. (1993), "The relationship of drought frequency and duration to time scales", *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*, pp. 179–184.
- Patel, N. R., Anapashsha, R., Kumar, S. (2019), "Remote sensing of drought: vegetation and temperature based indices", *International Journal of Remote Sensing*, 40(4), pp. 1–20.
- Patel, N. R., Anapashsha, R., Kumar, S., Saha, S. K., & Dadhwal, V. K. (2009). *Assessing potential of MODIS derived temperature vegetation dryness index (TVDI) to infer soil moisture status*. *International Journal of Remote Sensing*, 30(1), 23–39.
- Quiring, S. M., Ganesh, S. (2010), "Evaluating the utility of the Vegetation Condition Index for monitoring meteorological drought", *Agricultural and Forest Meteorology*, 150(3), pp. 330–339.
- Sandholt, I., Rasmussen, K., Andersen, J. (2002), "A simple interpretation of the surface temperature/vegetation index space for assessment of surface moisture status", *Remote Sensing of Environment*, 79(2–3), pp. 213–224.
- Wang, P., Zhang, J., Li, X. (2011), "Assessment of drought using MODIS-based drought indices", *Remote Sensing of Environment*, 115(8), pp. 1–10.
- Wang, P., Gong, J., Li, X., & Yu, Y. (2011). *Vegetation temperature condition index and its application for drought monitoring*. *Remote Sensing*, 3(12), 2738–2754.

Abstract:
**ANALYSIS OF AGRICULTURAL DROUGHT CHARACTERISTICS
IN ĐẮC LẮK USING MODIS DATA**

This study analyzes the characteristics of agricultural drought in Đắk Lắk Province using MODIS data for the period 2001–2022. The Temperature Vegetation Dryness Index (TVDI) was derived from the NDVI–LST relationship and integrated with the Standardized Precipitation Index (SPI) to assess the linkage between meteorological and agricultural droughts. The results indicate a pronounced seasonal pattern, with drought peaking in March–April and rapidly declining with the onset of the rainy season. Spatially, the western region experiences higher drought intensity but shorter duration, whereas the eastern region exhibits more prolonged drought conditions. On an annual scale, mild to moderate droughts dominate, reflecting persistent moisture deficits. Trend and frequency analyses reveal an increasing risk of aridity in the northwestern area. TVDI shows a negative correlation with SPI and exhibits a time lag, demonstrating its effectiveness in capturing agricultural drought dynamics.

Keywords: Agricultural drought, TVDI, MODIS, SPI, Đắk Lắk, remote sensing.

Ngày nhận bài: 28/4/2026

Ngày chấp nhận đăng: 13/5/2026