

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG GOOGLE EARTH ENGINE PHÂN TÍCH HẠN NÔNG NGHIỆP DỰA TRÊN CHỈ SỐ NDVI, LST VÀ VTCI TRÊN LƯU VỰC SÔNG ĐỒNG NAI

Nguyễn Vũ Huy^{1*}, Trương Ngọc Chinh¹, Nguyễn Hữu Chí¹, Nguyễn Lâm¹

¹Viện Quy hoạch Thủy lợi miền Nam

*Email: huyqhtl@gmail.com

TÓM TẮT

Hạn hán là một hiện tượng khí hậu cực đoan, gây tác động sâu rộng đến sản xuất nông nghiệp và chiến lược quản lý tài nguyên nước trên lưu vực sông Đồng Nai. Nghiên cứu này sử dụng ảnh vệ tinh Landsat 8 Collection 2 Level-1 (TOA) kết hợp với nền tảng Google Earth Engine (GEE) để xây dựng bản đồ phân vùng hạn hán nông nghiệp cho khu vực ngoài phạm vi phục vụ của các công trình thủy lợi, thông qua 3 chỉ số NDVI, LST và VTCI. Ảnh Landsat 8 trong giai đoạn mùa khô hằng năm (2014 - 2024) được xử lý để trích xuất NDVI từ phản xạ đỉnh khí quyển (TOA reflectance) và LST từ bức xạ nhiệt Band 10 sau các bước chuyển đổi nhiệt độ sáng và hiệu chỉnh phát xạ. Từ NDVI và LST, chỉ số VTCI được tính toán nhằm đánh giá mức độ khô hạn và phân cấp hạn hán theo bốn mức độ. Kết quả cho thấy, VTCI có mối tương quan mạnh và ổn định với các chỉ số tham chiếu SPEI và VHI. Đồng thời, bản đồ phân vùng hạn hán xây dựng từ ảnh viễn thám thể hiện mức độ phù hợp cao khi so sánh với dữ liệu điều tra thực địa tại 116 điểm khảo sát trên toàn lưu vực. Việc ứng dụng GEE cho phép xử lý nhanh khối lượng lớn dữ liệu ảnh Landsat, đảm bảo tính đồng nhất chuỗi thời gian và nâng cao hiệu quả giám sát. Điều này khẳng định, GEE là công cụ quan trọng, hỗ trợ quản lý tài nguyên nước và xây dựng chiến lược thích ứng hạn hán theo hướng bền vững.

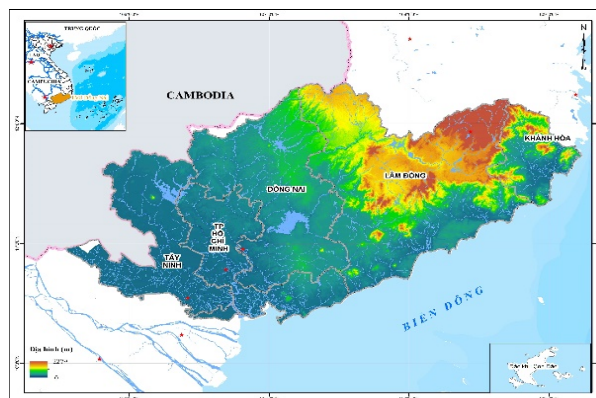
Từ khóa: Hạn hán, NDVI, LST, VTCI, Landsat 8 Collection 2 Level-1, Google Earth Engine, lưu vực sông Đồng Nai.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Lưu vực sông Đồng Nai có vai trò chiến lược trong phát triển kinh tế - xã hội của vùng kinh tế trọng điểm phía Nam, gồm các tỉnh: Lâm Đồng, Đồng Nai, Tây Ninh (cũ), thành phố Hồ Chí Minh và một phần tỉnh Khánh Hòa, với tổng diện tích khoảng 50.378 km². Địa hình lưu vực dốc dần từ cao nguyên Nam Trung bộ xuống Tây Nam, trung bình 4,6%. Tuy nhiên, do biến đổi khí hậu và mưa theo mùa, khu vực này thường thiếu nước nghiêm trọng vào mùa khô, ảnh hưởng đến nông nghiệp và đời sống [1].

Nghiên cứu hạn hán tại Việt Nam chủ yếu dựa vào số liệu từ trạm khí tượng hoặc mô hình toán học (SWAT, MIKE). Tuy nhiên, phương pháp trạm đo bị hạn chế bởi mật độ thưa thớt, trong khi các mô hình toán học yêu cầu nhiều dữ liệu và quá

trình hiệu chỉnh phức tạp [2]. Các phương pháp viễn thám truyền thống cũng gặp khó khi xử lý chuỗi dữ liệu lớn.



Hình 1. Khu vực nghiên cứu

Để khắc phục, công nghệ Google Earth Engine (GEE) nổi lên như giải pháp hiệu quả, cho phép xử lý dữ liệu vệ tinh trực tuyến mà không cần

hạ tầng phần cứng mạnh [3]. Nghiên cứu đã ứng dụng dữ liệu Landsat 8 Collection 2 Level-1 trên GEE để tính toán các chỉ số NDVI, LST và VTCI, giúp đánh giá sức khỏe thảm thực vật, độ ẩm đất và xây dựng bản đồ phân vùng hạn hán chính xác cho lưu vực sông Đồng Nai giai đoạn 2014 - 2024.

2. CÁCH TIẾP CẬN VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Tổng quan về GEE và Landsat 8

GEE là nền tảng điện toán đám mây do Google phát triển, tích hợp kho dữ liệu viễn thám toàn cầu và cung cấp các công cụ phân tích mạnh mẽ cho nghiên cứu môi trường – tài nguyên nước. Hệ thống hỗ trợ các ngôn ngữ lập trình như JavaScript và Python API, cho phép người dùng xây dựng thuật toán tùy chỉnh và phát triển ứng dụng WebGIS trực quan. Nhờ khả năng lưu trữ và xử lý dữ liệu quy mô petabyte, GEE giúp thực hiện nhanh các phép tính NDVI, LST và VTCI, phục vụ giám sát hạn hán và biến động thảm thực vật trên phạm vi rộng [4].

Dữ liệu vệ tinh Landsat 8 (được phóng lên quỹ đạo năm 2013) là nguồn tư liệu quan trọng trong giám sát tài nguyên thiên nhiên nhờ độ phân giải không gian 30 m và chu kỳ lặp lại 16 ngày. Trong nghiên cứu này, chuỗi ảnh Landsat 8 Collection 2 Level-1 giai đoạn mùa khô 2014 - 2024 được lựa chọn làm dữ liệu đầu vào cho toàn lưu vực sông Đồng Nai. Landsat 8 Collection 2 Level-1 (TOA) được sử dụng vì đảm bảo chuỗi thời gian đầy đủ, ổn định hơn SR trong điều kiện mây dày, đồng thời cho phép tính trực tiếp LST theo thuật toán Single Channel. NDVI từ TOA có thể chịu ảnh hưởng aerosol, tuy nhiên việc lọc mây + phân tích theo trung bình mùa khô giảm ảnh hưởng này đến mức chấp nhận được. Nhằm giảm thiểu ảnh hưởng của yếu tố khí quyển đối với dữ liệu Level-1, nghiên cứu đã áp dụng một quy trình lọc ảnh theo ngưỡng CLOUD_COVER_LAND nhằm loại bỏ pixel bị ảnh hưởng khí quyển, tức tỷ lệ mây che phủ trên đất liền, việc này giúp loại bỏ các ảnh bị ảnh hưởng bởi mây và sương mù trên đất liền. Dữ liệu sau khi sàng lọc đảm bảo tính nhất quán của chuỗi thời gian, cho phép phản ánh chính xác xu hướng hạn hán trong dài hạn.

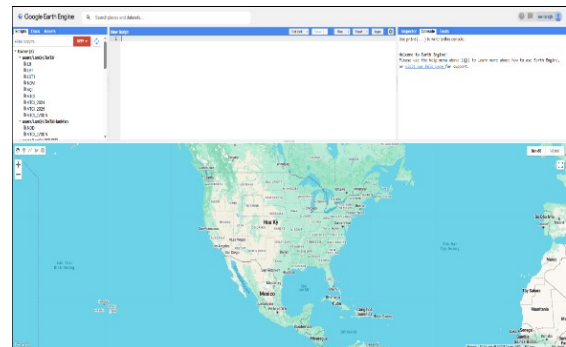
2.2. Tổng quan về các chỉ số

2.2.1. Chỉ số thực vật khác biệt chuẩn hóa (NDVI - Normalized Difference Vegetation Index)

NDVI phản ánh mật độ và sức khỏe thảm thực vật dựa trên sự khác biệt quang phổ giữa dải cận hồng ngoại (NIR) và dải đỏ (RED). Lá cây hấp thụ mạnh ánh sáng đỏ cho quang hợp và phản xạ mạnh ánh sáng NIR để tự điều hòa năng lượng [5]. Công thức tính như sau:

$$NDVI = \frac{PNIR - PREd}{PNIR + PREd}$$

Trong đó: $PNIR$: phản xạ đỉnh khí quyển của dải đỏ (Band 4); $PREd$: phản xạ đỉnh khí quyển của dải cận hồng ngoại (Band 5). Các giá trị NDVI < 0 được loại khỏi phân tích do không phản ánh thảm thực vật.



Hình 2. Môi trường làm việc trong GEE

2.2.2. Nhiệt độ bề mặt đất (LST - Land Surface Temperature)

Nhiệt độ bề mặt đất (LST) là một trong những tham số quan trọng phản ánh sự cân bằng năng lượng của bề mặt trái đất, có quan hệ mật thiết với điều kiện khí tượng, độ ẩm đất và tình trạng sinh trưởng của thực vật [6]. LST được xác định từ bộ cảm biến hồng ngoại nhiệt (TIRS) của Landsat 8 thông qua việc chuyển đổi bức xạ đo được tại Sensor thành nhiệt độ sáng dựa trên định luật Planck [7].

LST được xác định từ băng nhiệt (Band 10) của Landsat 8 thông qua thuật toán đơn kênh. Chuyển DN sang bức xạ phổ: $L_{\lambda} = M_L \cdot Q_{cal} + A_L$, chuyển đổi bức xạ sang nhiệt độ sáng: $T_b =$

$$\frac{K2}{\ln(K1/L_{\lambda} + 1)} - 273,15.$$

Tính độ phủ thực vật (Pv) từ NDVI: $P_v = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right)^2$.

Để hiệu chỉnh sai số, độ phát xạ bề mặt (ϵ) được tính từ chỉ số NDVI theo phương pháp của Sobrino và cs (2004) [8] $\epsilon = 0.004 \cdot P_v + 0.986$. Cuối cùng, LST thực tế được khôi phục theo công thức:

$$LST = \frac{T_b}{1 + \left(\frac{\lambda}{\rho} \ln \epsilon \right)}$$

Trong đó: LST là nhiệt độ bề mặt (°K); T_b là nhiệt độ sáng (°K); λ là bước sóng (10,8 μ m); $\rho = 1,438 \times 10^{-2}$ m·K - hằng số bức xạ.

2.3.3. Chỉ số khô hạn nhiệt độ – thực vật (Vegetation Temperature Condition Index – VTCI)

Chỉ số VTCI được xây dựng dựa trên không gian đặc trưng hình tam giác của mối quan hệ LST - NDVI, phản ánh trạng thái căng thẳng nước của thảm thực vật. Giá trị VTCI được xác định theo công thức của Wang và cs (2001) [9].

$$VTCI = \frac{LST_{NDVI_{max}} - LST_{NDVI_i}}{LST_{NDVI_{max}} - LST_{NDVI_{min}}}$$

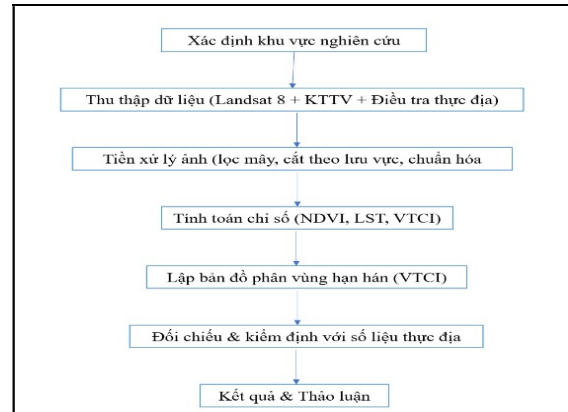
Trong đó: $LST_{NDVI_{max}} = a + bNDVI_i$; $LST_{NDVI_{min}} = a' + b'NDVI_i$.

$LST_{NDVI_{max}}$ (°C) và $LST_{NDVI_{min}}$ (°C) là LST cực đại và cực tiểu của các pixel có cùng giá trị $NDVI_i$ trong vùng nghiên cứu, LST_{NDVI_i} biểu thị LST của một pixel có giá trị là $NDVI_i$. Để khắc phục sai số do biến động khí quyển theo thời gian, các hệ số hồi quy xác định cạnh nóng (a, b) và cạnh lạnh (a', b') không sử dụng giá trị cố định mà được tính toán động cho từng cảnh ảnh riêng biệt trong chuỗi thời gian. Quy trình xác định biên được thực hiện tự động trên GEE thông qua hai bước: (1) phân nhóm chia dải NDVI thành các khoảng nhỏ; (2) lọc nhiễu: Trích xuất giá trị LST tại các ngưỡng phân vị 95% và 5% thay vì giá trị tuyệt đối để loại bỏ các điểm ảnh nhiễu, sau đó thực hiện hồi quy tuyến tính để thiết lập phương trình biên tối ưu cho từng thời điểm [10].

Dải NDVI được chia thành 20 - 25 bins (bin size 0,02 - 0,03) nhằm đảm bảo mỗi nhóm NDVI có đủ số lượng pixel để xác định cạnh nóng - cạnh lạnh. Đối với mỗi bin, số lượng pixel hợp lệ luôn đạt trên 10.000 pixel, vượt tiêu chuẩn tối thiểu 500 -

1.000 pixel cho hồi quy LST - NDVI. Để giảm nhiễu do outliers, $LST_{NDVI_{max}}$ và $LST_{NDVI_{min}}$ không được xác định từ giá trị cực đại/tối thiểu tuyệt đối mà từ phân vị 95% và 5% theo khuyến nghị của các nghiên cứu quốc tế. Cách tiếp cận này giúp ổn định hóa tam giác phổ NDVI - LST và nâng cao độ tin cậy của VTCI trong chuỗi thời gian Landsat 8

2.3. Phương pháp giải đoán ảnh viễn thám dựa trên nền GEE



Hình 3. Sơ đồ thực hiện

Quy trình xử lý ảnh được thực hiện trên GEE bằng ngôn ngữ JavaScript trên Code Editor. Dữ liệu Landsat 8 Collection 2 Level-1 được nhập vào hệ thống và xử lý theo các bước:

- Cắt ảnh theo ranh giới lưu vực sông Đồng Nai: Nhằm giảm dung lượng, tăng tốc độ xử lý và đảm bảo phân tích tập trung đúng phạm vi nghiên cứu.

- Tiền xử lý ảnh: Lọc mây bằng thuộc tính CLOUD_COVER_LAND, nhằm loại bỏ các pixel bị ảnh hưởng bởi mây, sương mù hoặc đốm sáng khí quyển. Bảo đảm dữ liệu TOA sạch và ổn định trước khi tính toán chỉ số.

- Tính toán các chỉ số NDVI, LST, VTCI: Bộ dữ liệu sau xử lý được dùng để tính 3 chỉ số chính phục vụ đánh giá mức độ hạn hán theo cả không gian và thời gian.

- Kiểm chứng với dữ liệu thực địa và chỉ số khí hậu: Kết quả NDVI - LST - VTCI được đối chiếu với chỉ số SPEI và VHI. Đồng thời, so sánh với dữ liệu thực đo tại 116 điểm khảo sát, nhằm đánh giá độ chính xác, độ tin cậy và mức độ phù hợp của phương pháp.

2.4. Phương pháp điều tra và thu thập số liệu

Để đánh giá toàn diện tình trạng hạn hán trên lưu vực sông Đồng Nai, nghiên cứu hợp dữ liệu viễn thám với số liệu khí tượng, thủy văn và thông tin thực địa. Chuỗi số liệu giai đoạn 2014 - 2024 được thu thập từ các trạm quan trắc thuộc Đài Khí tượng Thủy văn Nam bộ, bao gồm: Lượng mưa, nhiệt độ, độ ẩm, bốc hơi, dòng chảy và mực nước ngầm, nhằm đảm bảo đối chiếu tin cậy với dữ liệu ảnh Landsat.

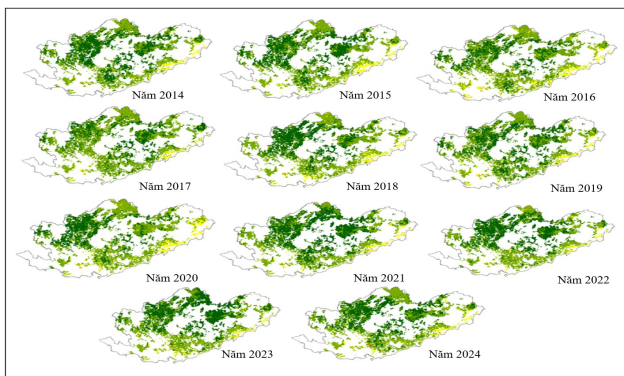
Cùng với đó, khảo sát thực địa được triển khai tại các vùng sản xuất nông nghiệp ngoài công trình thủy lợi chịu ảnh hưởng hạn hán nặng, tập trung vào tình trạng canh tác, thiệt hại năng suất, nguồn nước tưới và biện pháp ứng phó. Các báo cáo của ngành Nông nghiệp, chi cục thủy lợi và niên giám thống kê cũng được tích hợp để kiểm chứng thông tin. Từ bộ dữ liệu tổng hợp, đã tiến hành kiểm định và hiệu chỉnh chỉ số NDVI, LST, VTCI nhằm xác lập ngưỡng phân cấp hạn hán phù hợp, qua đó nâng cao độ tin cậy và hỗ trợ công tác quản lý, ứng phó với biến đổi khí hậu.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả nghiên cứu

3.1.1. Tính toán chỉ số NDVI, LST, VTCI

- Chỉ số NDVI



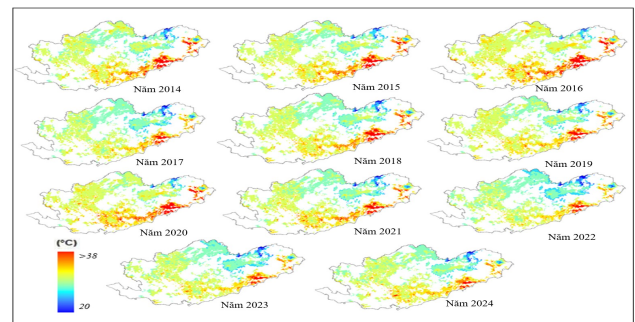
Hình 4. Chỉ số NDVI trung bình năm 2014 - 2024 cho lưu vực sông Đồng Nai

NDVI thể hiện phản ứng rõ rệt của thảm thực vật trước các pha ENSO trong giai đoạn 2014 - 2024. Giá trị NDVI giảm mạnh trong 3 pha El Niño lớn (2015 - 2016, 2019 - 2020 và 2023 - 2024), phản ánh tình trạng suy giảm độ ẩm đất và giảm khả năng quang hợp của cây trồng. Trong các pha La Niña (2017 - 2018, 2021 - 2022), NDVI phục hồi và

duy trì mức cao hơn, cho thấy điều kiện ẩm thuận lợi thúc đẩy sinh trưởng. Xu thế biến động NDVI đồng bộ với SPEI âm sâu và LST tăng trong các năm El Niño, khẳng định NDVI là chỉ báo nhạy đối với stress hạn nông nghiệp và phản ánh chính xác các dao động khí hậu - thảm thực vật theo chu kỳ ENSO.

- Chỉ số LST

Phân bố không gian của LST trên lưu vực sông Đồng Nai giai đoạn 2014 - 2024 được thể hiện ở hình 5. Mỗi điểm ảnh thể hiện giá trị trung bình của LST qua chuỗi thời gian, phản ánh đặc trưng nhiệt - ẩm và khả năng giữ nước của từng khu vực. Các khu vực có LST cao tương ứng với đất trơ và thảm thực vật thưa thớt.



Hình 5. LST trung bình năm 2014 - 2024 cho lưu vực sông Đồng Nai

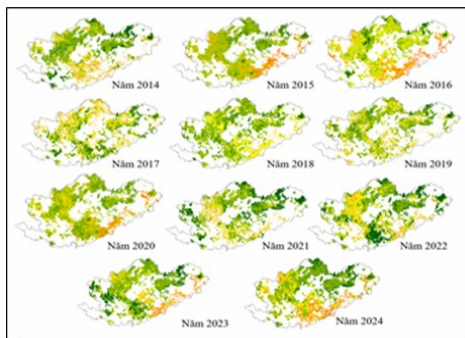
LST thấp trung bình giai đoạn 2014 - 2024 cho thấy sự phân hóa theo không gian rõ rệt. Các khu vực có LST cao ($> 35^{\circ}\text{C}$) tập trung chủ yếu tại vùng bán khô hạn phía Đông Nam tỉnh Lâm Đồng - Khánh Hòa cũ, nơi thảm phủ thấp và bề mặt đất trống nhiều. Các giá trị nhiệt độ này cho thấy khả năng giữ ẩm kém, làm gia tăng nguy cơ khô hạn và suy giảm NDVI. Khu vực có LST trung bình ($28 - 34^{\circ}\text{C}$) phân bố tại các vùng sản xuất nông nghiệp xen canh hoặc nơi có hệ thống tưới tiêu, trong đó nhiệt độ phụ thuộc vào mùa vụ và mật độ che phủ đất. Ngược lại, LST thấp ($< 27^{\circ}\text{C}$) xuất hiện ở rừng đầu nguồn tỉnh Lâm Đồng và vùng hồ Trị An - những khu vực có độ che phủ lớn giúp giảm hấp thụ năng lượng mặt trời và duy trì ẩm bề mặt. LST phản ánh đúng cấu trúc sinh thái - thảm phủ trên lưu vực, đồng thời cung cấp dữ liệu đầu vào quan trọng cho chỉ số VTCI. Mối quan hệ nghịch biến NDVI - LST thể hiện rõ ở các vùng dễ tổn thương trước khô hạn.

- Chỉ số VTCI

Các khu vực trên hình 6 thể hiện giá trị VTCI, qua đó mô tả rõ sự khác biệt về điều kiện ẩm đất trên toàn lưu vực sông Đồng Nai giai đoạn 2014 - 2024. Hệ thống ngưỡng phân cấp VTCI trong nghiên cứu được kế thừa từ bộ tiêu chuẩn của Wang và cs (2001) [9]. Trong đó, $VTCI < 0,4$ đặc trưng cho stress nước nghiêm trọng, $VTCI > 0,8$ đại diện cho điều kiện ẩm tốt. Nghiên cứu gần đây sử dụng Landsat/MODIS [11] cũng áp dụng hệ thống ngưỡng tương tự nhằm đảm bảo tính nhất quán và khả năng tái lập. Dựa trên các cơ sở này, nghiên cứu tiến hành phân loại VTCI theo các mức độ được thể hiện ở bảng 1.

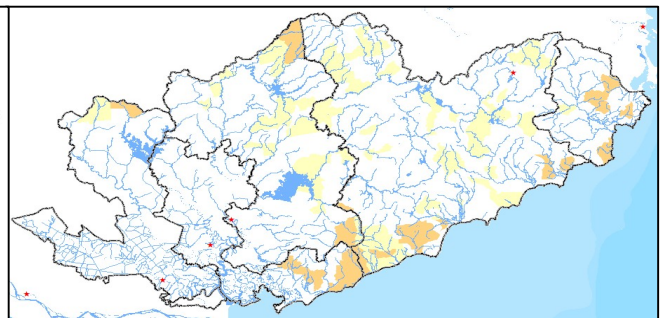
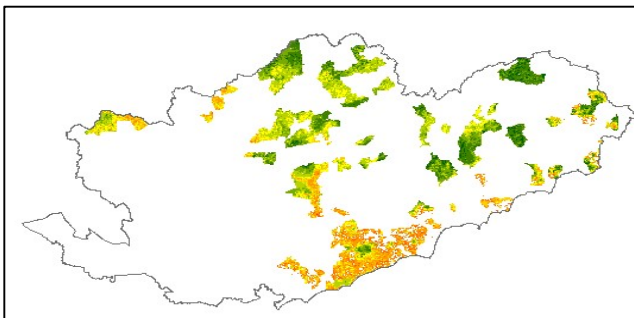
Bảng 1. Phân loại mức độ hạn hán dựa trên giá trị VTCI

Giá trị VTCI	Phân loại
0 - 0,2	Hạn hán rất nặng
0,2 - 0,4	Hạn hán nặng
0,4 - 0,6	Hạn hán trung bình
0,6 - 0,8	Hạn hán nhẹ
$> 0,8$	Không hạn hán



Hình 6. Vùng hạn hán đất sản xuất nông nghiệp ngoài hệ thống công trình thủy lợi - VTCI

Chỉ số VTCI cho thấy khả năng đánh giá độ

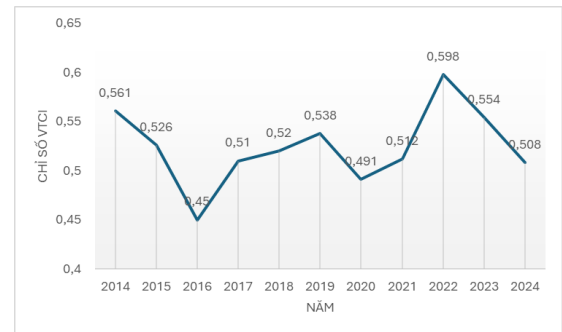


Hình 7. Chỉ số VTCI và điều tra hiện trạng

Đã khảo sát thực địa 116 vị trí trong giai đoạn 8/3/2025 - 28/3/2025 nhằm kiểm chứng các khu

ẩm đất và mức độ căng thẳng sinh thái rất tốt. Các giá trị VTCI thấp ($< 0,4$) thể hiện tình trạng khô hạn nghiêm trọng, trong khi các giá trị cao ($> 0,8$) tương ứng điều kiện ẩm tốt. Hoạt động phân vùng dựa trên VTCI cho phép nhận diện chi tiết các khu vực nhạy cảm với hạn trong từng thời đoạn.

Giai đoạn 2014 - 2016: VTCI giảm mạnh, đặc biệt là giai đoạn 2015 - 2016, phản ánh sự lan rộng của hạn hán dưới tác động El Niño. Giai đoạn 2017 - 2019: Điều kiện ẩm phục hồi nhưng không đồng đều; xuất hiện khu vực hạn ở Tây Bắc tỉnh Đồng Nai và Lâm Đồng. Giai đoạn 2020 - 2024: Hạn hán quay trở lại với cường độ mạnh (năm 2020, 2024). Pha La Niña 2021 - 2022 cải thiện độ ẩm nhưng không đủ để phục hồi bền vững tại vùng ven biển Nam Trung bộ.



Bảng 2. Giá trị VTCI trung bình mùa khô hàng năm

Sự biến động VTCI theo không gian - thời gian phù hợp với điều kiện khí hậu khu vực và phản ánh chính xác mức độ khô hạn ở các vùng sản xuất ngoài công trình thủy lợi.

3.1.2. Điều tra hiện trạng hạn hán khu vực nghiên cứu

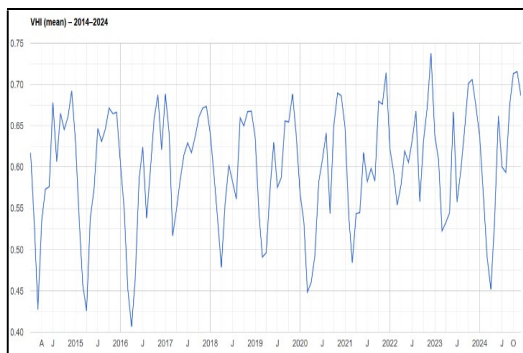
vực có nguy cơ hạn hán được xác định từ chỉ số VTCI. Khảo sát cho thấy, mức độ phù hợp cao giữa

tình trạng khô hạn thực tế và phân loại hạn hán dựa trên VTCl. Các điểm có VTCl < 0,4 đều ghi nhận hiện trạng thiếu nước tưới, nứt nẻ đất, thảm thực vật suy giảm hoặc bị cháy sém. Điều này khẳng định, VTCl là chỉ số nhạy với hạn nông nghiệp và phù hợp để giám sát khu vực thiếu trạm quan trắc. **3.1.3. Ứng dụng các chỉ số SPEI, VHI và kiểm định kết quả**

Để kiểm chứng độ tin cậy của chỉ số VTCl, nghiên cứu sử dụng phương pháp kiểm định chéo với 02 chỉ số tham chiếu là SPEI (đại diện cho điều kiện khí tượng) và VHI (đại diện cho sức khỏe thảm thực vật). SPEI được chọn vì là chỉ số mô tả cân bằng ẩm khí tượng dựa trên lượng mưa và bốc thoát hơi, phản ánh trực tiếp các pha hạn - ẩm theo ENSO. VHI được sử dụng vì tích hợp đồng thời tín hiệu nhiệt (TCl) và sinh trưởng (VCl), cho phép đánh giá đáp ứng của thảm thực vật đối với biến động khí tượng.

- Chỉ số SPEI

Chuỗi SPEI cho thấy biến động rõ rệt theo ENSO, với các giá trị âm sâu xuất hiện nhất quán trong các pha El Niño mạnh (2015 - 2016, 2019 - 2020 và 2023 - 2024). Những pha âm này phản ánh sự mất cân bằng nước nghiêm trọng giữa lượng mưa và bốc thoát hơi, cho thấy sự suy giảm độ ẩm đất mang tính hệ thống. Trong các giai đoạn La Niña (2017 - 2018, 2021 - 2022), SPEI chuyển sang pha dương, biểu hiện điều kiện ẩm phục hồi do lượng mưa vượt mức trung bình.

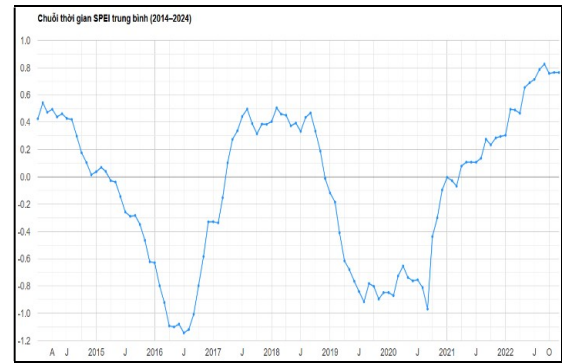


Hình 8. Chuỗi chỉ số SPEI trung bình trên lưu vực sông Đồng Nai

- Chỉ số VHI

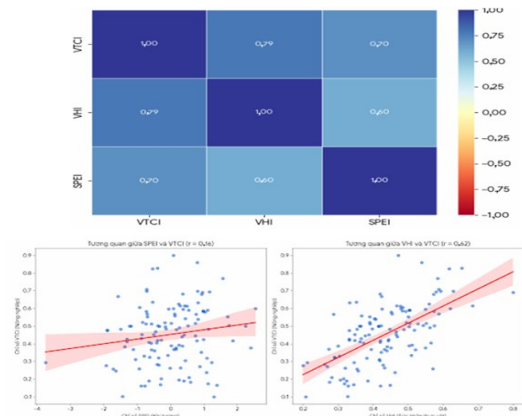
VHI cho thấy phản ứng sinh thái tương ứng với tín hiệu khí tượng từ SPEI. Cụ thể, VHI giảm mạnh trong các pha SPEI âm sâu, cho thấy thảm

thực vật chịu stress sinh học gia tăng do khô hạn kéo dài. Ngược lại, trong các pha SPEI dương, VHI tăng trở lại, phản ánh sự phục hồi của sức khỏe thực vật. Điều này cho thấy sự liên kết chặt chẽ giữa độ ẩm khí tượng và trạng thái sinh lý của cây trồng.



Hình 9. Chuỗi chỉ số VHI trung bình trên lưu vực sông Đồng Nai

- Quan hệ giữa SPEI - VHI - VTCl



Hình 10. Ma trận tương quan Pearson giữa các chỉ số

Phân tích SPEI và VHI cho thấy phản ứng nhất quán của hệ thống đất - khí quyển trước các pha ENSO và sự thay đổi độ ẩm đất. SPEI-6 thể hiện các pha âm sâu trong các năm El Niño 2015 - 2016, 2019 - 2020 và 2023 - 2024, phản ánh sự thiếu hụt lượng mưa và chi phí bốc thoát hơi tăng cao. VHI đồng thời giảm mạnh trong các giai đoạn này, cho thấy thảm thực vật chịu căng thẳng sinh học đáng kể. Hệ số tương quan Pearson cho thấy VTCl tương quan thuận mức trung bình - mạnh với VHI ($r = 0,68$; $p < 0,1$) và SPEI ($r = 0,65$; $p < 0,1$). Điều này chứng minh: SPEI chỉ ra thiếu ẩm khí tượng (mưa giảm - bốc hơi tăng); VHI chỉ ra stress thực vật do thiếu ẩm và nhiệt cao; VTCl phản ứng đồng bộ tín hiệu nhiệt - ẩm - sinh trưởng.

Sự đồng pha giữa 3 chỉ số cho thấy, VTCI không chỉ phản ứng nhạy với biến động khí tượng mà còn thể hiện chính xác mức độ stress sinh học của cây trồng. Điều này khẳng định, VTCI là chỉ báo hiệu quả trong giám sát hạn nông nghiệp, đặc biệt trong bối cảnh thiếu trạm quan trắc hoặc không có dữ liệu mặt đất liên tục

3.2. Thảo luận

Kết quả nghiên cứu khẳng định, việc tích hợp ảnh Landsat 8 với các chỉ số NDVI, LST và VTCI trên nền tảng GEE mang lại hệ thống giám sát hạn hán hiệu quả, có khả năng bao phủ toàn lưu vực và đảm bảo chuỗi dữ liệu đồng nhất trong 11 năm. Trong các chỉ số, VTCI thể hiện rõ ưu thế trong nhận diện stress sinh thái, theo dõi biến động ẩm - khô và mô tả phản ứng của thảm thực vật trước các pha ENSO. Các kết quả thu được phù hợp với xu hướng nghiên cứu quốc tế. Bên cạnh đó, nghiên cứu có 02 đóng góp nổi bật: (i) xây dựng biên nóng - biên lạnh động cho từng cảnh Landsat, giúp giảm sai lệch khí quyển và nâng cao độ ổn định VTCI; (ii) kiểm chứng thực địa quy mô lớn (116 điểm), mang lại mức độ xác thực cao hơn so với nhiều nghiên cứu trước. Hiện chưa có nghiên cứu nào tại Việt Nam sử dụng biên nóng - lạnh động cho Landsat để tính VTCI. Các nghiên cứu trong nước thường dùng VTCI MODIS cố định hoặc lấy pixel max/min. VTCI cho thấy tiềm năng tích hợp vào hệ thống cảnh báo hạn hán theo thời gian thực trên nền GEE.

Tuy vậy, phương pháp vẫn tồn tại một số hạn chế. Chu kỳ lặp 16 ngày của Landsat làm giảm khả năng ghi nhận biến động nhanh của độ ẩm đất, trong khi dữ liệu TOA nhạy với aerosol và hơi nước, dễ gây sai lệch phản xạ. VTCI cũng có thể bị nhiễu tại các vùng đô thị hoặc đất trống nơi quan hệ NDVI - LST không ổn định. Ngoài ra, mây dày kéo dài gây thiếu hụt dữ liệu cục bộ và ảnh hưởng đến quá trình xác định biên nóng - biên lạnh. Những hạn chế này cần được xem xét khi mở rộng áp dụng trong các khu vực có thảm phủ phức tạp hoặc yêu cầu chu kỳ quan sát dày hơn.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã chứng minh hiệu quả của việc tích hợp ảnh Landsat 8 Collection 2 Level-1 và nền tảng GEE trong giám sát hạn hán nông nghiệp

trên lưu vực sông Đồng Nai. Kết quả tính toán NDVI, LST, VTCI phản ánh chính xác diễn biến giảm ẩm đất và stress sinh thái theo không gian - thời gian, đồng thời thể hiện mối tương quan mạnh với các chỉ số khí hậu tham chiếu như SPEI và VHI. Việc kiểm chứng bằng 116 điểm khảo sát thực địa cho thấy mức độ phù hợp cao, khẳng định độ tin cậy của phương pháp.

Đóng góp mới của nghiên cứu nằm ở việc áp dụng VTCI trên nền tảng GEE cho chuỗi dữ liệu dài 11 năm, kết hợp đồng thời với kiểm định thực địa và phân tích tương quan khí hậu, từ đó xây dựng bản đồ hạn hán cho khu vực ngoài công trình thủy lợi - nơi ít được giám sát trong các nghiên cứu trước đây. Kết quả nghiên cứu là cơ sở quan trọng để nhận diện vùng dễ tổn thương, đánh giá tác động ENSO và hỗ trợ lập kế hoạch cấp nước, phân bổ nguồn nước trong mùa khô.

Về ứng dụng thực tiễn, phương pháp này có thể được tích hợp vào công tác vận hành liên hồ chứa, giám sát hạn cục bộ tại các vùng sản xuất nông nghiệp phụ thuộc nước mưa và phục vụ ra quyết định trong quản lý tài nguyên nước tại địa phương. Bên cạnh đó, nghiên cứu đề xuất phát triển hệ thống dashboard giám sát hạn hán trực tuyến trên nền tảng GEE để cập nhật liên tục các chỉ số NDVI, LST, VTCI và SPEI, góp phần hỗ trợ cảnh báo sớm và nâng cao năng lực ứng phó với hạn hán trong bối cảnh biến đổi khí hậu.

Nghiên cứu tương lai có thể mở rộng bằng cách kết hợp Sentinel-2, ERA5 hoặc mô hình học máy (RF, GBDT) để cải thiện độ phân giải thời gian và giảm nhiễu. Do đó, VTCI kết hợp GEE có thể được xem như một chỉ số tiền đề trong hệ thống cảnh báo hạn nông nghiệp tại Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Viện Quy hoạch Thủy lợi miền Nam (2013). *Quy hoạch tổng thể thủy lợi vùng Đông Nam bộ thích ứng với biến đổi khí hậu, nước biển dâng*. Dự án quy hoạch cấp Bộ.

2. Nguyễn Văn Hoàng, Huỳnh Thị Kim Nhân, Nguyễn Đình Vượng (2020). Nghiên cứu ứng dụng nền tảng Google Earth Engine thành lập bản đồ giám sát hạn hán lưu vực sông Đồng Nai vùng Đông Nam bộ. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Thủy lợi*, 58, 47-54.

3. Viện Quản lý nước Quốc tế - IWMI (2013). Integrated water resources management for drought mitigation in river basins. Research Report, International Water Management Institute (IWMI).
4. Trịnh Minh Ngọc, Nguyễn Quang Hưng (2022). Ứng dụng nền tảng Google Earth Engine xây dựng bản đồ phân vùng hạn hán cho tỉnh Bình Thuận. *Tạp chí Khoa học Biến đổi khí hậu*, 24, 22 - 31.
5. Tô Nguyễn Nhật Khôi, Nguyễn Trọng Nhân (2024). *Ứng dụng Google Earth Engine theo dõi nhiệt độ bề mặt trong quá trình đô thị hóa tại tỉnh Bình Dương giai đoạn 1995 - 2024*. Kỷ yếu Hội thảo Ứng dụng GIS toàn quốc năm 2024.
6. Taha, K. A., Günal, M. & Günal, A. Y. (2025). Drought assessment and monitoring using remote sensing Syria's Ar-Raqqa governorate. *SSRN Electronic Journal (Preprint)*, 5237603, 1 - 27.
7. Dash, P., Göttsche, F. M., Olesen, F. S. & Fischer, H (2002). Land surface temperature and emissivity estimation from passive sensor data: Theory and practice-current trends. *International Journal of Remote Sensing*, 23(13): 2563 - 2594.
8. Sobrino, J. A., Jiménez-Muñoz, J. C. & Paolini, L (2004). Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. *Remote Sensing of Environment*, 90(4): 434 - 440.
9. Wang, P. X., Li, X. J., Zhu, Y. H. & Gong, J. Y (2001). Vegetation temperature condition index and its application for drought monitoring. *Proceedings of IGARSS 2001*, 1, 141 - 143.
10. Đặng Quốc Khánh (2023). Nghiên cứu hành vi thích ứng với hạn hán nhằm đề xuất mô hình phát triển kinh tế hộ gia đình trong bối cảnh biến đổi khí hậu ở tỉnh Ninh Thuận. Luận án Tiến sĩ ngành Biến đổi khí hậu. Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu.
11. Miraç Kılıç (2022). Drought monitoring on Google Earth Engine with remote sensing: A case study of Şanlıurfa. *Levantine Journal of Applied Sciences*, 2(2): 35 - 40.

APPLICATION OF GOOGLE EARTH ENGINE FOR AGRICULTURAL DROUGHT ANALYSIS USING NDVI, LST AND VTCI INDICES IN THE DONG NAI RIVER BASIN

Nguyen Vu Huy¹, Truong Ngoc Chinh¹, Nguyen Huu Chi¹, Nguyen Lan¹

¹ Southern Institute for Water Resesources Planning

Abstract

Drought is an extreme climatic phenomenon that exerts significant impacts on agricultural production and water-resource management strategies within the Dong Nai river basin. This study employs Landsat 8 Collection 2 Level-1 (TOA) imagery in combination with the Google Earth Engine (GEE) platform to develop an agricultural drought-zoning map for areas located outside the service range of irrigation infrastructure, using three key indicators: NDVI, LST and VTCI. Landsat 8 dry-season imagery (2014 - 2024) was processed to derive NDVI from top-of-atmosphere (TOA) reflectance and LST from Thermal Band 10 through brightness-temperature conversion and emissivity correction. Based on these NDVI and LST datasets, the VTCI index was computed to quantify drought severity and classify drought into four levels. The results show that VTCI exhibits a strong and consistent correlation with the reference drought indicators SPEI and VHI. Moreover, the drought-zoning maps generated from satellite imagery demonstrate a high degree of agreement with field observations collected at 116 survey sites across the basin. The use of GEE enables rapid processing of large-scale Landsat data, ensures temporal consistency and significantly improves monitoring efficiency. These findings confirm that GEE is a powerful tool for water-resource management and for developing sustainable drought-adaptation strategies.

Keywords: *Drought, NDVI, LST, VTCI, Landsat 8 Collection 2, Google Earth Engine, Dong Nai river basin.*

Ngày nhận bài: 8/9/2025

Ngày chuyển phản biện: 20/10/2025

Ngày thông qua phản biện: 24/11/2025

Ngày duyệt đăng: 9/02/2026