

## Sử dụng ảnh MODIS đa thời gian xây dựng bản đồ biến động khô hạn tại tỉnh Lâm Đồng giai đoạn 2003-2022

Phan Văn Tuấn<sup>1\*</sup>, Trần Văn Thương<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Lâm nghiệp – Phân hiệu Đồng Nai

<sup>2</sup>Trường Đại học Thủ Dầu Một

### Mapping the variation in droughts in Lam Dong province during the period from 2003 to 2022 using MODIS Time-Series Imagery

Phan Van Tuan<sup>1\*</sup>, Tran Van Thuong<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Vietnam National University of Forestry – Dong Nai Campus

<sup>2</sup>Thu Dau Mot University

\*Corresponding author: phanvantuandc@gmail.com

<https://doi.org/10.55250/jo.vnuf.13.1.2024.064-071>

#### TÓM TẮT

Mục tiêu của nghiên cứu này nhằm sử dụng chỉ số khô hạn đa biến tổng hợp (iMDI) kết hợp với dữ liệu ảnh vệ tinh MODIS đa thời gian để đánh giá biến động khô hạn giai đoạn 2003-2022 tại tỉnh Lâm Đồng. Chỉ số iMDI là sự kết hợp của ba chỉ số như: chỉ số điều kiện thực vật (VCI), chỉ số điều kiện nhiệt độ (TCI) và chỉ số ứng suất bay hơi (ESI). Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng, vùng hạn hán nghiêm trọng và cực đoan tập trung ở khu vực phía Tây huyện Đam Rông, Lâm Hà, phía Bắc huyện Đơn Dương, trung tâm thành phố Đà Lạt và huyện Lạc Dương với tổng diện tích 564,10 (km<sup>2</sup>). Ngoài ra, xu thế hạn tăng tập trung chủ yếu ở phía Đông và Đông Bắc tỉnh Lâm Đồng. Khu vực nghiên cứu chịu ảnh hưởng của hạn hán nghiêm nặng và cực đoan (D3-D4) cao vào các năm 2004, 2010 và 2013. Kết quả từ nghiên cứu này góp phần cung cấp cơ sở khoa học cho nhà quản lý trong việc đề xuất các chiến lược giảm thiểu rủi ro hạn hán.

#### ABSTRACT

The aim of this study was to determine the annual drought patterns spanning from 2003 to 2022 in Lam Dong province, utilizing a combined multivariate drought index and MODIS time-series data. An integrated multivariate drought index (iMDI) was developed based on a copula combining three univariate drought indices (vegetation condition index-VCI, temperature condition index-TCI and evaporative Stress Index-ESI). The findings reveal that drought severity regions are concentrated in the western areas of Dam Rong and Lam Ha districts, the northern part of Don Duong district, central Da Lat and Lac Duong districts, covering a total area of 564.10 (km<sup>2</sup>). Furthermore, the increasing drought trend is predominantly observed in the eastern and northeastern regions of the province. The research areas influenced by severe and extreme drought (D3-D4) were also high in 2004, 2010 and 2013. The outcomes of this study offer valuable scientific insights that can assist local governments in formulating strategies to mitigate drought risks.

#### Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 04/10/2023

Ngày phản biện: 06/11/2023

Ngày quyết định đăng: 27/11/2023

#### Từ khóa:

ảnh MODIS, chỉ số khô hạn, hạn cực đoan, phân tích không gian, viễn thám đa thời gian.

#### Keywords:

drought index, drought severity, MODIS imagery, satellite time series, spatial analysis.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những thập kỷ gần đây, hạn hán đã gây nhiều thiệt hại về kinh tế, ảnh hưởng đến đời sống con người và môi trường sinh thái của 130 quốc gia trên thế giới [1]. Tác động của hạn hán đã gây thiệt hại ít nhất 124 tỷ USD về kinh tế và ảnh hưởng tới hơn 1,5 tỷ người trên toàn thế giới từ năm 1998 đến năm 2017 [2]. Lâm

Đồng được nhận định là vùng trọng điểm cây cà phê của Việt Nam (153.000 ha) và được đánh giá như “lá phổi xanh” của quốc gia với tổng diện tích có rừng gần 596.642 ha, chiếm 60% diện tích toàn tỉnh. Hiện nay, độ che phủ rừng của các tỉnh Tây Nguyên nói chung và Lâm Đồng nói riêng có sự suy giảm, dẫn đến sự gia tăng dòng chảy tràn trên bề mặt, hạn chế quá

trình thẩm thấu nước mưa, làm giảm thiểu lượng nước ngầm được tích trữ để cung ứng nước tưới cho cây trồng. Vào mùa khô, hạn hán diễn ra nghiêm trọng, gây ảnh hưởng nặng nề lên cây lâu năm (chủ yếu là cây cà phê) và một phần nhỏ diện tích lúa, hoa màu. Vì vậy, tầm quan trọng của việc theo dõi khô hạn ở khu vực Tây Nguyên nói chung và Lâm Đồng nói riêng đã được khẳng định tại một vài nghiên cứu. Hiện nay, ảnh viễn thám được sử dụng rộng rãi trong việc theo dõi và giám sát khô hạn [3-7]. Trong các loại ảnh vệ tinh, thì MODIS có nhiều ưu điểm như độ phân giải thời gian lớn (chu kỳ lặp từ 1-2 ngày), độ phân giải ảnh cao (12 bit), số lượng kênh phổ lớn (36 kênh), và độ phân giải không gian đa dạng từ 250 m đến 1 km. Ở những vùng nhiệt đới, độ che phủ từ các đám mây đã tạo nên một thách thức lớn cho các cảm biến quang phổ trong quá trình thu nhận ảnh nhưng với chu kỳ lặp cao (1 ngày), các giá trị trung bình của MODIS đã giảm thiểu được tác động này [8]. Từ những lý do trên, nghiên cứu đã sử dụng ảnh MODIS để xây dựng bản đồ

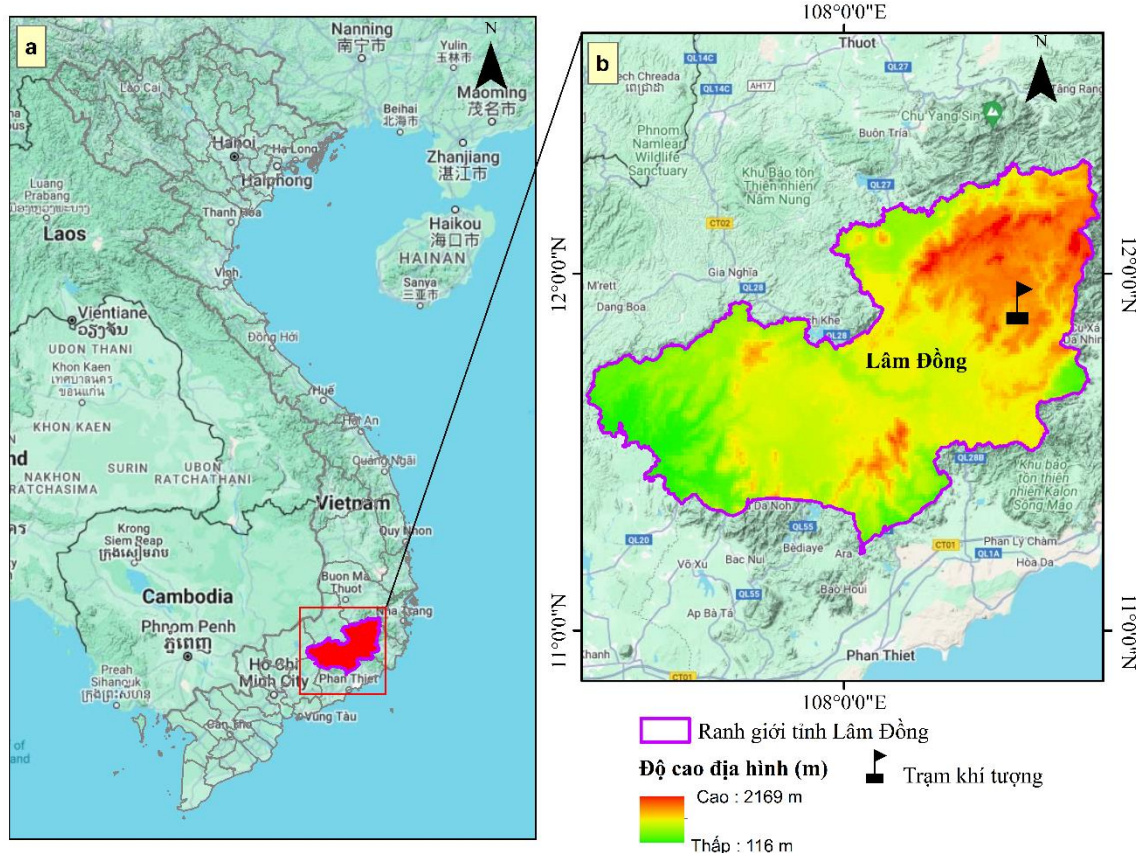
biến động khô hạn cho tỉnh Lâm Đồng giai đoạn 2003-2022 nhằm xác định khả năng hạn hán từ đó giúp các nhà quản lý có thể đưa ra chiến lược quy hoạch và ứng phó kịp thời.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

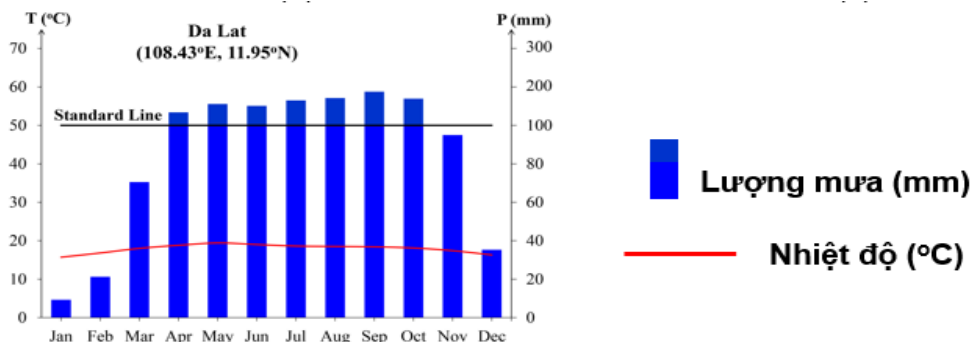
### 2.1. Địa điểm nghiên cứu

Lâm Đồng là tỉnh miền núi phía Nam Tây Nguyên có độ cao trung từ 116 – 2.169 m so với mặt nước biển, có tổng diện tích tự nhiên 9.772,19 km<sup>2</sup>; Địa hình chủ yếu là bình sơn nguyên, núi cao đồng thời cũng có những thung lũng nhỏ bằng phẳng đã tạo nên những yếu tố tự nhiên khác nhau về khí hậu, thổ nhưỡng, thực động vật... và những cảnh quan kỳ thú cho Lâm Đồng. Phía Đông giáp các tỉnh Khánh Hoà và Ninh Thuận, phía Tây Nam giáp tỉnh Đồng Nai, phía Nam – Đông Nam giáp tỉnh Bình Thuận, phía Bắc giáp tỉnh Đắk Lắk.

Lâm Đồng nằm trong khu vực chịu ảnh hưởng của khí hậu nhiệt đới gió mùa biến thiên theo độ cao, trong năm có 2 mùa rõ rệt; mùa mưa từ tháng 5 đến tháng 11, mùa khô từ tháng 12 đến tháng 4 năm sau.



**Hình 1. Mô hình số độ cao được thu nhận từ ảnh vệ tinh ASTER (30 m)**  
 (a) Vị trí khu vực nghiên cứu và (b) Độ cao, ranh giới các tỉnh và trạm khí tượng



Hình 2. Nhiệt độ trung bình hàng tháng (T, trục y chính) và lượng mưa (P, trục y phụ) thu được từ năm trạm khí tượng trong khu vực nghiên cứu từ dữ liệu khí hậu 50 năm (1972 -2021) của Trung tâm Dự báo Khí tượng Thủy văn Quốc gia

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Chuẩn bị dữ liệu đầu vào

Dữ liệu quan sát trái đất từ các cảm biến của các vệ tinh MODIS, chu kỳ lặp 1 ngày, giai đoạn 2003–2022 đã được sử dụng cho nghiên cứu này (Bảng 1). Chỉ số khô hạn tổng hợp đa biến được tính toán dựa trên mối quan hệ giữa các thông số đầu vào từ các sản phẩm của ảnh vệ tinh MODIS, bao gồm nhiệt độ bề

mặt (LST) (MOD11A2 và MYD11A2), bốc hơi thực tế (ET) và bốc hơi tiềm năng (PET) (MOD16A2 và MYD16A2) và chỉ số thực vật tăng cường EVI (MOD13A1 và MYD 13A1). Nguồn ảnh được lấy từ Land Processes Distributed Active Archive Center (LP DAAC) và xử lý bằng hệ điện toán đám mây Google Earth Engine.

Bảng 1. Dữ liệu được sử dụng trong nghiên cứu

Dữ liệu	Ảnh	Độ phân giải không gian	Thời gian chụp
Nhiệt độ bề mặt (LST)	MOD11A2 MYD11A2	1000 m	Ảnh tổ hợp 8 ngày
Chỉ số chuẩn hóa khác biệt thực vật (NDVI)	MOD13A1 MYD 13A1	1000 m (tái chia độ phân giải không gian)	Ảnh tổ hợp 8 ngày
Bốc thoát hơi thực tế (ET) và bốc thoát hơi tiềm năng (PET)	MOD16A2 MYD16A2	1000 m (tái chia độ phân giải không gian)	Ảnh tổ hợp 8 ngày

Chuẩn hóa và tính toán chỉ số khô hạn

Trong nghiên cứu này, chỉ số khô hạn đa biến tổng hợp (iMDI) được sử dụng như một chỉ số mở rộng của chỉ số sức khỏe thực vật (VHI) bởi việc thêm chỉ số ứng suất bốc thoát hơi (ESI) và dùng trong đánh giá hạn nông nghiệp [9]. Các bước phát triển chỉ số được đề cập như sau:

1) Chỉ số điều kiện thực vật (VCI) (phương trình 1) được tính toán dựa trên thuật toán chuẩn hóa Min-Max (normalization) của chỉ số NDVI [10]:

$$VCI_i = \frac{V_{i,mean} - V_{min}}{V_{max} - V_{min}} \tag{1}$$

Trong đó,  $V_{mean}$ ,  $V_{max}$  và  $V_{min}$  là giá trị trung bình, lớn nhất, và nhỏ nhất tương ứng của NDVI giai đoạn 2003-2022 và  $i$  là số năm.

2) Chỉ số điều kiện nhiệt độ (TCI) (phương trình 2) được sử dụng để đánh giá sự nhạy cảm của thảm thực vật do nhiệt độ cao và lượng mưa quá mức gây ra [11]:

$$TCI_i = \frac{T_{max} - T_{i,mean}}{T_{max} - T_{min}} \tag{2}$$

Trong đó,  $T_{mean}$ ,  $T_{max}$  và  $T_{min}$  là giá trị trung bình, giá trị lớn nhất, và giá trị nhỏ nhất tương ứng của chỉ số nhiệt độ bề mặt giai đoạn 2003-2022 và  $i$  là năm.

3) Các chỉ số khô hạn liên quan đến ước tính

lượng bốc thoát hơi chủ yếu dựa trên tỉ lệ ET/PET, còn được gọi là chỉ số ứng suất bốc thoát hơi (phương trình 3) [12]:

$$ESI_i = \frac{ET_i}{PET_i} \quad (3)$$

Cuối cùng, (4) phép cộng toán học đã được áp dụng để tổng hợp 3 chỉ số bên trên thành một chỉ số khô hạn đa biến tổng hợp iMDI [9]:

$$iMDI_i = VCI_i + TCI_i + ESI_i \quad (4)$$

$$Z_{iMDI} = \frac{iMDI_i - iMDI_{mean}}{\delta_{iMDI}} \quad (5)$$

Trong đó,  $\delta_{iMDI}$  và  $iMDI_{mean}$  là độ lệch chuẩn và giá trị trung bình tương ứng của  $iMDI$ .  $Z_{iMDI}$  là giá trị không thứ nguyên và biến động trong  $(-\infty, +\infty)$  cho các điều kiện khô hạn đến ẩm ướt tương ứng. Khi có hạn hán trong một năm cụ thể do ba thông số đầu vào thấp, giá trị  $iMDI_i$  sẽ thấp. Các điều kiện hạn hán được thể hiện bằng các giá trị nhỏ hơn 0, trong khi các điều kiện ẩm ướt được thể hiện bằng các giá trị trên 0.

**Bảng 2. Các ngưỡng khô hạn dựa trên giá trị của iMDI [9]**

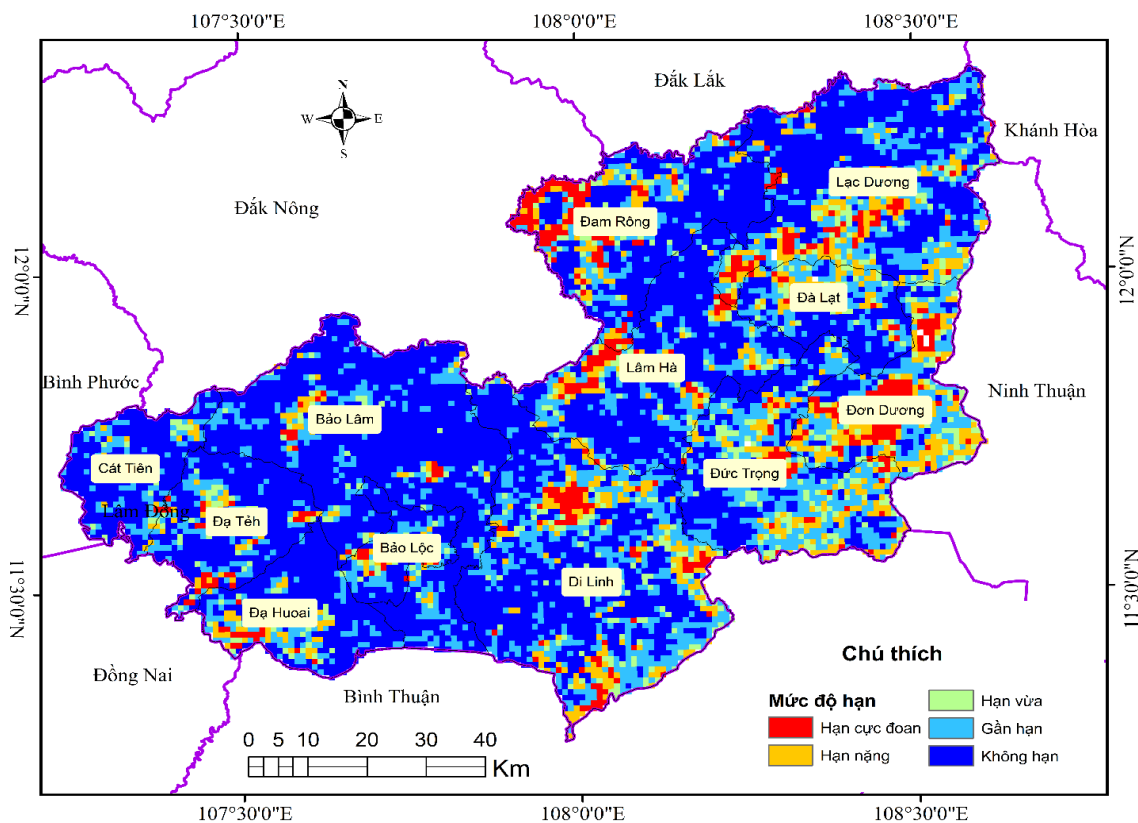
Ngưỡng	Mô tả	iMDI
D0	Không hạn	> 0
D1	Gần hạn	0,0 – -0,80
D2	Hạn vừa	-0,80 – -1,10
D3	Hạn nặng	-1,10 – -1,80
D4	Hạn cực đoan	< -1,80

### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Bản đồ phân vùng khô hạn cho tỉnh Lâm Đồng

Kết quả phân bố không gian các cấp độ khô hạn tại tỉnh Lâm Đồng được thể hiện hạn cực đoan và hạn nặng thường phân bố thành từng dải khu vực ranh giới phía Tây huyện Đam Rông,

Lâm Hà với tỉnh Đắk Nông, hay ở phía bắc huyện Đơn Dương và dải kéo dài khu vực trung tâm Đà Lạt tới Lạc Dương (Hình 3). Trong khi đó, khu vực phía tây nam như huyện Cát Tiên, Bảo Lâm, Đạ Tẻh, Đạ Hoai hay Bảo Lộc thì hạn cực đoan diện tích nhỏ và phân bố rải rác.



**Hình 3. Bản đồ phân vùng khô hạn tỉnh Lâm Đồng năm 2022**

Thống kê theo diện tích (Bảng 3) chỉ ra diện tích khô hạn cực đoan và hạn nặng chiếm 5,77% và 9,38% diện tích toàn tỉnh Lâm Đồng, với tổng diện tích là 564,10 (km<sup>2</sup>). Huyện Đam Rông có diện tích hạn cực đoan chiếm cao nhất với diện

tích là 104,83 (km<sup>2</sup>), tiếp theo là huyện Đơn Dương diện tích 122,8 (km<sup>2</sup>). Các huyện có diện tích hạn cực đoan thấp như Cát Tiên 5,99 (km<sup>2</sup>), Bảo Lộc 10,98 (km<sup>2</sup>), Bảo Lâm và Đạ Hoai với khoảng 15,97 (km<sup>2</sup>).

**Bảng 3. Tổng hợp diện tích các cấp khô hạn của tỉnh Lâm Đồng năm 2022**

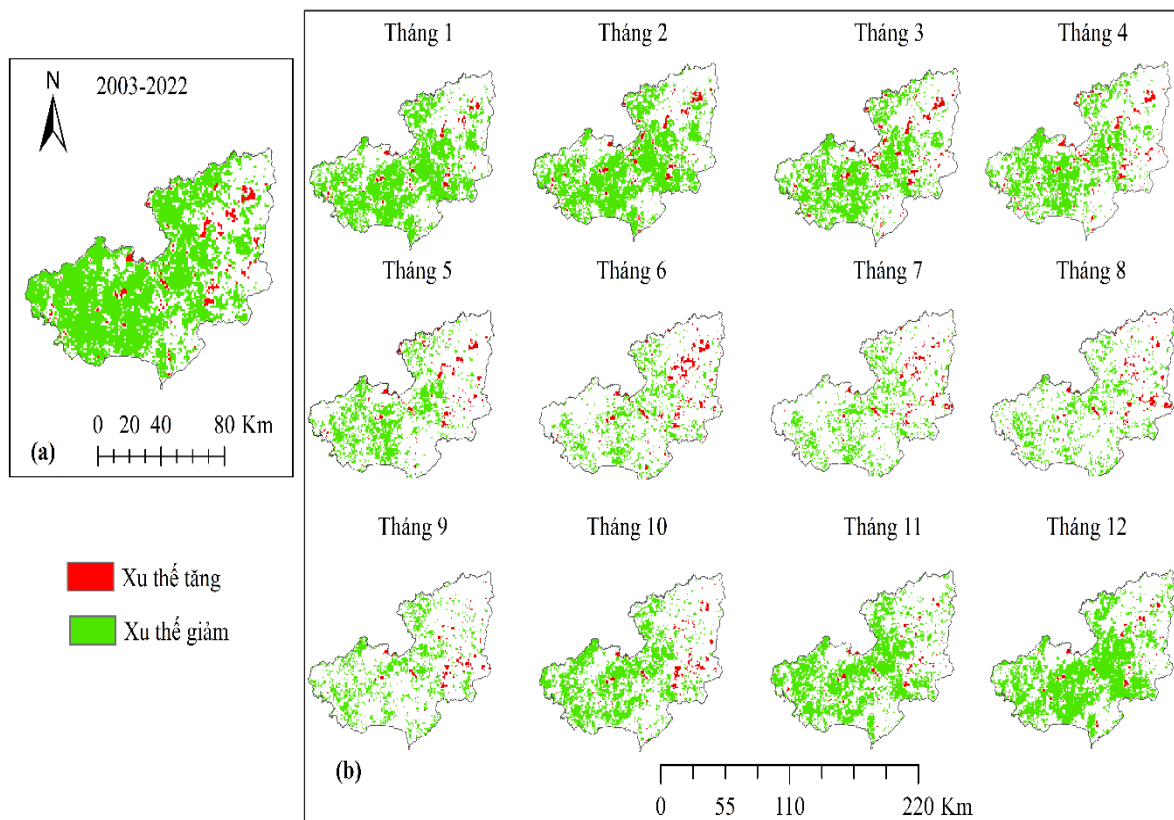
STT	Tên huyện	Diện tích (km <sup>2</sup> )					
		Tổng diện tích tự nhiên	Hạn cực đoan	Hạn nặng	Hạn vừa	Gần hạn	Không hạn
1	Bảo Lộc	230,63	10,98	12,98	13,98	65,90	126,80
2	Bảo Lâm	1464,67	15,97	36,94	39,94	258,59	1113,23
3	Cát Tiên	426,32	5,99	11,98	15,97	93,85	298,53
4	Đạ Huoai	498,21	15,97	39,94	30,95	99,84	311,50
5	Đạ Tẻh	522,17	24,96	32,95	28,95	94,85	340,46
6	Đức Trọng	905,56	36,94	119,81	96,85	321,49	330,47
7	Đà Lạt	389,38	13,98	61,90	36,94	117,81	158,75
8	Đam Rông	864,63	104,83	91,85	50,92	159,75	457,27
9	Di Linh	1620,42	85,86	152,76	111,82	451,28	818,70
10	Đơn Dương	610,03	122,80	152,76	63,90	173,72	96,85
11	Lạc Dương	1311,91	81,87	144,77	84,87	336,47	663,94
12	Lâm Hà	938,51	43,93	58,91	49,92	195,69	590,06
<b>Toàn tỉnh</b>	<i>Diện tích</i>	<b>9782,45</b>	<b>564,10</b>	<b>917,54</b>	<b>625,01</b>	<b>2369,23</b>	<b>5306,57</b>
	<i>Tỷ lệ</i>	<b>100%</b>	<b>5,77%</b>	<b>9,38%</b>	<b>6,39%</b>	<b>24,22%</b>	<b>54,25%</b>

*Ghi chú: Diện tích tính theo file ranh giới đơn vị hành chính tải từ trang <http://gadm.org>*

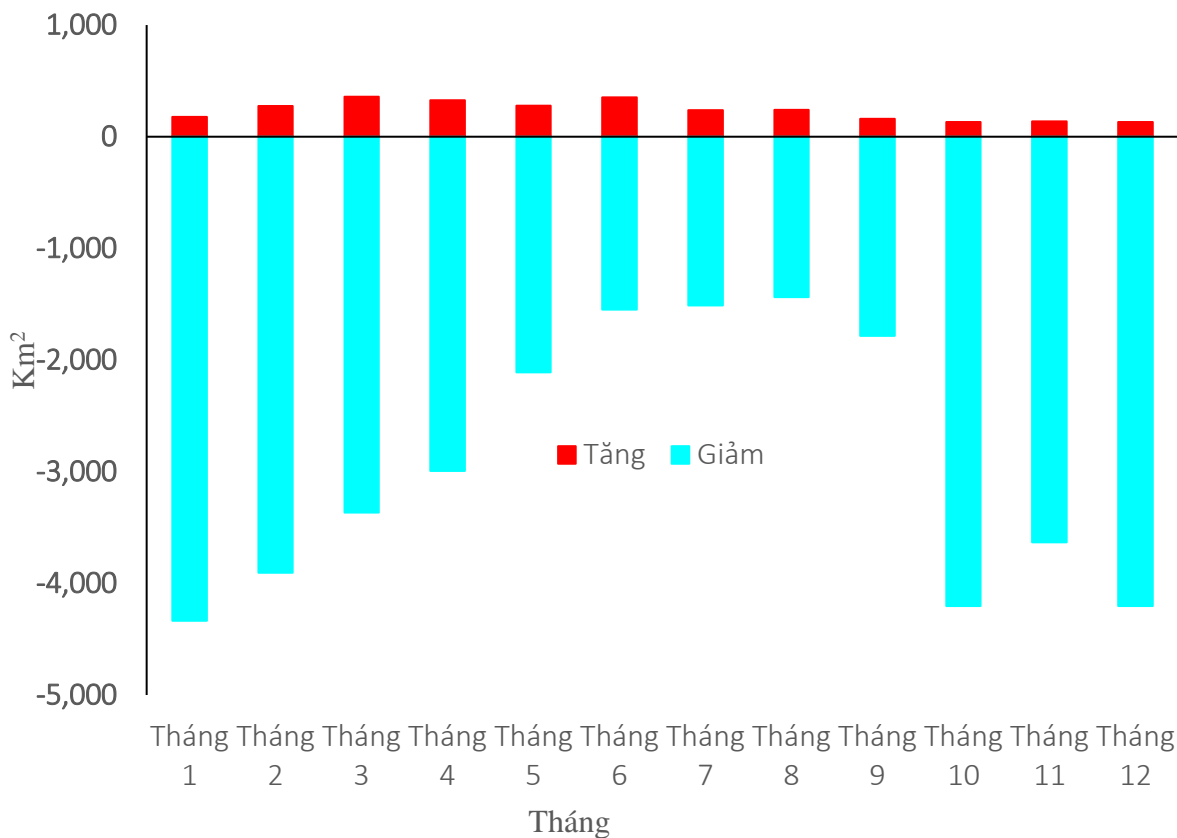
**3.2. Xu thế biến đổi của hạn theo không gian và thời gian**

Nguy cơ hạn hán tại Lâm Đồng thể hiện cả hai xu thế tăng và giảm nhưng xu thế giảm chiếm tỉ lệ lớn hơn trên toàn bộ lãnh thổ (Hình 4). Bên cạnh đó, sự thay đổi của xu thế hạn cũng có sự khác biệt theo không gian và theo mùa. Xu thế hạn tăng tập trung chủ yếu ở phía Đông và Đông Bắc (Hình 4a). Vào đầu mùa khô (tháng 11-12), xu thế hạn tăng xuất hiện ở khu

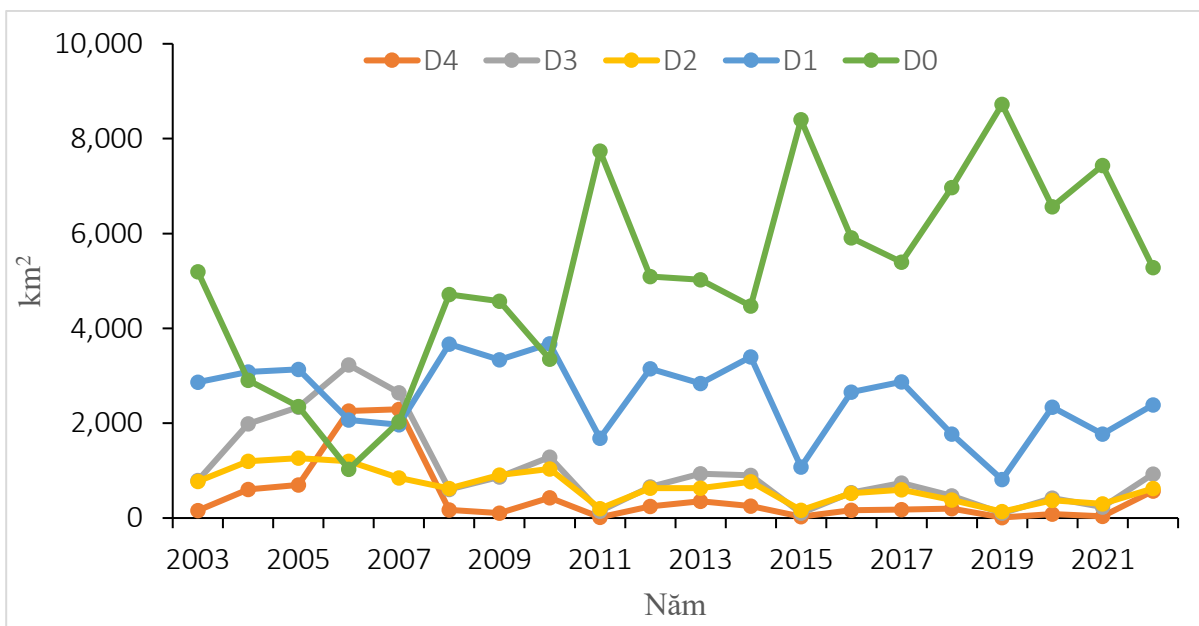
vực trung tâm của khu vực nghiên cứu. Xu thế này mở rộng về phía đông trong các tháng tiếp theo và đạt cực đại vào tháng 6 (Hình 4b và Hình 5). Xu thế hạn tăng tiếp tục mở rộng ở khu vực phía đông và giảm đáng kể trong tháng 8 (Hình 4b). Ngược lại, diện tích bị ảnh hưởng bởi hạn có xu thế giảm được ghi nhận vào giữa mùa mưa (tháng 8) và giá trị cao nhất được phát hiện vào tháng 12 (Hình 4b và Hình 5).



Hình 4. (a) Xu thế năm và (b) tháng của hạn hán dựa trên chỉ số iMDI tại Lâm Đồng giai đoạn 2003-2022



Hình 5. Biến động diện tích bị ảnh hưởng bởi hạn hán theo tháng giai đoạn 2003-2022



Hình 6. Biến động diện tích bị ảnh hưởng bởi các cấp độ hạn từ 2003 đến 2022 (D1: gần hạn; D2: hạn vừa; D3: hạn nặng; D4: hạn cực đoan)

Khu vực bị ảnh hưởng hàng năm theo các loại hạn hán từ năm 2003 đến 2022 được thể hiện tại Hình 6. Sự thay đổi theo thời gian của iMDI thể hiện cường độ hạn hán đã đạt đến đỉnh điểm vào năm 2006 (hạn nặng) và 2007 (hạn cực đoan). Điều này được minh chứng thông qua diện tích bị ảnh hưởng bởi các loại hạn hán vừa và cao (D2-D4). Diện tích hạn nặng và cực đoan có xu hướng tăng lên vào các năm 2004, 2010, 2013 và 2022. Trong khi đó, rủi ro hạn đã giảm xuống trong các giai đoạn 2008–2012 và 2019–2021 và diện tích bị ảnh hưởng bởi hạn thấp nhất vào năm 2019.

#### 4. KẾT LUẬN

Nhiều chỉ số khô hạn khác nhau đã được phát triển để phát hiện cường độ và mức độ nghiêm trọng của hạn hán trên toàn thế giới, chỉ số iMDI tích hợp nhiều yếu tố hơn như thảm thực vật, nhiệt độ và thoát hơi nước để định lượng và hiểu các mô hình hạn hán ở quy mô địa phương. Sự tích hợp của ba chỉ số hạn hán (VCI, TCI và ESI) đã bao gồm các điều kiện của các yếu tố môi trường liên quan đến thảm thực vật, độ ẩm của đất và các điều kiện thiếu nước. Nghiên cứu thông qua chỉ số iMDI cho thấy mức độ ảnh hưởng của mức độ hạn hán

ng nghiêm trọng tập trung ở khu vực ranh giới phía tây huyện Đam Rông, Lâm Hà với tỉnh Đắk Nông, hay ở phía Bắc huyện Đơn Dương và - kéo dài khu vực trung tâm Đà Lạt tới Lạc Dương với tổng diện tích 564,10 (km<sup>2</sup>) chiếm 15,15% diện tích tự nhiên toàn tỉnh. Nguy cơ hạn hán thể hiện cả hai xu thế tăng và giảm nhưng xu thế giảm chiếm tỉ lệ lớn hơn trên toàn bộ lãnh thổ giai đoạn 2003-2022. Trong đó, xu thế hạn tăng tập trung chủ yếu ở phía Đông và Đông Bắc ở các tỉnh Đơn Dương, Lạc Dương và Lâm Đồng.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. W Erian, R Pulwarty, JV Vogt, K AbuZeid, F Bert, M Bruntrup, H El-Askary, M de Estrada, F Gaupp & M Grundy (2021). *GAR special report on drought 2021*. ed. United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR).
- [2]. F Fao (2018). *The impact of disasters and crises on agriculture and food security*. Report.
- [3]. Gabriele Caccamo, LA Chisholm, Ross A Bradstock & ML Puotinen (2011). *Assessing the sensitivity of MODIS to monitor drought in high biomass ecosystems*. Remote Sensing of Environment. 115(10). 2626-2639.
- [4]. Tenanile Dlamini & Veeranun Songsom (2019). *Landsat-based drought phenomenon evaluation of cassava and sugar cane in northeast Thailand*. J. Eng. Sci. Res. 3. 6-13.
- [5]. Qiaozhen Mu, Maosheng Zhao, John S Kimball, Nathan G McDowell & Steven W Running (2013). *A remotely sensed global terrestrial drought severity index*. Bulletin of the American Meteorological Society. 94(1). 83-98.

- [6]. Nguyen Thanh Son, CF Chen, CR Chen, LY Chang & Vo Quang Minh (2012). *Monitoring agricultural drought in the Lower Mekong Basin using MODIS NDVI and land surface temperature data*. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 18. 417-427.
- [7]. Marcel Urban, Christian Berger, Tami E Mudau, Kai Heckel, John Truckenbrodt, Victor Onyango Odipo, Izak PJ Smit & Christiane Schmullius (2018). *Surface moisture and vegetation cover analysis for drought monitoring in the southern Kruger National Park using Sentinel-1, Sentinel-2, and Landsat-8*. Remote Sensing. 10(9). 1482-1492
- [8]. Rajen Bajgain, Xiangming Xiao, Jeffrey Basara, Pradeep Wagle, Yuting Zhou, Yao Zhang & Hayden Mahan (2017). *Assessing agricultural drought in summer over Oklahoma Mesonet sites using the water-related vegetation index from MODIS*. International journal of biometeorology. 61. 377-390.
- [9]. Thuong V Tran, David Bruce, Cho-Ying Huang, Duy X Tran, Soe W Myint & Duy B Nguyen (2023). *Decadal assessment of agricultural drought in the context of land use land cover change using MODIS multivariate spectral index time-series data*. GIScience & Remote Sensing. 60(1). 2163-2173
- [10]. Khalid M Elhag & Wanchang Zhang (2018). *Monitoring and assessment of drought focused on its impact on sorghum yield over Sudan by using meteorological drought indices for the period 2001–2011*. Remote Sensing. 10(8). 1231-1241
- [11]. F Kogan & J Sullivan (1993). *Development of global drought-watch system using NOAA/AVHRR data*. Advances in Space Research. 13(5). 219-222.
- [12]. Munkhzul Dorjsuren, Yuei-An Liou & Chi-Han Cheng (2016). *Time series MODIS and in situ data analysis for Mongolia drought*. Remote Sensing. 8(6). 509-519