TẠP CHÍ
KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Bài báo khoa học

Nghiên cứu ứng dụng công nghệ viễn thám và GIS xây dựng bản đồ hạn nông nghiệp tỉnh Ninh Thuận

Đặng Quốc Khánh[1], Dương Văn Khảm[2*], Dương Hải Yến[2]

[1] Tổng Cục Khí tượng Thủy văn; khanhdangkhtc@gmail.com
[2] Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu; dvkham.kttv@gmail.com; duongyen185@gmail.com
*Tác giả liên hệ: dvkham.kttv@gmail.com; Tel.: +84–915239807

Ban Biên tập nhận bài: 1/1/2022; Ngày phản biện xong: 2/3/2022; Ngày đăng bài: 25/4/2022

Tóm tắt: Ninh Thuận là một trong những tỉnh khô hạn lớn nhất cả nước. Đây chính là bất lợi lớn nhất của thiên nhiên đối với phát triển nông nghiệp nói riêng và phát triển kinh tế nói chung của tỉnh. Trên cơ sở số liệu khí tượng thủy văn và các thông tin viễn thám, áp dụng chỉ số viễn thám (*Vegetation – Temperature Dryness Index VTCI*) và công nghệ GIS bài báo đã xây dựng bộ bản đồ hạn nông nghiệp bao gồm bản đồ tần suất hạn và bản đồ mức độ khắc nghiệt hạn nông nghiệp tỉnh Ninh Thuận. Bộ bản đồ với tỷ lệ nền là 1/50.000 và độ phân giải không gian trên kích thước ô lưới 1km × 1km được thể hiện trong phần mềm ArcGis dễ dàng cho tra cứu và sử dụng. Trong đó, bản đồ tần suất hạn nông nghiệp cho thấy: dù mùa mưa hay mùa khô trên lãnh thổ tỉnh Ninh Thuận đều xuất hiện hạn hán, tuy nhiên mùa khô tần suất xuất hiện hạn lớn hơn mùa mưa, diện tích hạn mùa khô cao hơn mùa mưa khoảng 600 km^2. Bản đồ mức độ khắc nghiệt hạn hán cho thấy hạn nặng chiếm khoảng gần 500 km^2 (tỷ lệ 13.8% diện tích toàn tỉnh), hạn rất nặng chiếm hơn 1.000 km^2 (tỷ lệ 31.6% diện tích toàn tỉnh). Hệ thống bản đồ hạn nông nghiệp là cơ sở khoa học quan trọng, hiển thị một cách trực quan phân bố hạn hán nói chung và hạn nông nghiệp nói riêng phục vụ cho địa phương trong việc quy hoạch sản xuất nông nghiệp ứng phó với hạn hán trong bối cảnh biến đổi khí hậu.

Từ khóa: Hạn nông nghiệp; VTCI; Ninh Thuận; MODIS; GIS.

1. Mở đầu

Trên thế giới đã có rất nhiều các nghiên cứu về hạn hán và có một số kết luận như sau: Hạn hán là hiện tượng hết sức phức tạp mà sự hình thành là do cả hai nguyên nhân: tự nhiên và con người. Các yếu tố tự nhiên gây hạn như sự dao động của các dạng hoàn lưu khí quyển ở phạm vi rộng và các vùng xoáy nghịch, hoặc các hệ thống áp thấp cao, sự biến đổi khí hậu, sự thay đổi nhiệt độ mặt nước biển như El Nino...; các nguyên nhân do con người như: nhu cầu nước ngày càng gia tăng, phá rừng, ô nhiễm môi trường ảnh hưởng tới nguồn nước, quản lý đất và nước kém bền vững, gây hiệu ứng nhà kính... Vì vậy, đã có rất nhiều nghiên cứu về hạn hán và tập trung theo các hướng: hiện trạng, nguyên nhân, diễn biến, xu thế của các loại hạn, đánh giá mức độ khắc nghiệt của hạn hán và xây dựng bản đồ hạn hán theo quy mô cấp vùng và cấp quốc gia [1–4].

Hạn hán được phân ra 4 loại gồm có: Hạn khí tượng (thiếu hụt lượng mưa trong cán cân mưa–bốc hơi), hạn thủy văn (dòng chảy sông suối giảm rõ rệt, mực nước trong các tầng chứa nước dưới đất hạ thấp), hạn nông nghiệp (thiếu hụt nước mưa dẫn tới mất cân bằng giữa lượng nước thực tế và nhu cầu nước của cây trồng), hạn kinh tế–xã hội (thiếu hụt nguồn nước cấp cho các hoạt động kinh tế–xã hội) [1]. Việc đánh giá tổng hợp hiện trạng,

nguyên nhân, diễn biến và xu thế của các loại hạn được dựa trên các chỉ số hạn và các ngưỡng hạn. Hiện nay, rất nhiều chỉ số/hệ số hạn khác nhau đã được phát triển và ứng dụng ở các nước trên thế giới như: Chỉ số ẩm Ivanov (1948) [4], Chỉ số khô Penman [5], Chỉ số mưa chuẩn hóa SPI [6], Chỉ số Sazonov [7], Hệ số khô, Hệ số cạn, Chỉ số Penman – Monteith [8], Chỉ số độ ẩm cây trồng, Chỉ số cấp nước mặt (SWSI) [9], Chỉ số RDI (*Reclamation Drought Index*) [10]… Cùng với sự phát triển và ngày càng hiện đại của công nghệ viễn thám rất nhiều các nghiên cứu đã và đang ứng dụng viễn thám trong việc giám sát, dự báo hạn hán và đã mang lại những hiệu quả thiết thực [11–13], chỉ rõ một cách trực quan khu vực hạn, mức độ hạn, tần suất phát sinh hạn hán, từ đó giúp chính quyền và người dân khu vực chịu tác động của hạn hán lên kế hoạch phát triển kinh tế-xã hội phù hợp, thích ứng hiệu quả, hạn chế tối đa tác động bất lợi của hạn hán.

Thông thường hạn hán xảy ra trên diện rộng, việc quan trắc bằng các phương pháp truyền thống rất khó khăn, đặc biệt ở những nước đang phát triển do những hạn chế đáng kể trong việc đầu tư cho hệ thống quan trắc. Chính vì vậy, những số liệu vệ tinh quan trắc Trái đất rất có ích và rất đáng được quan tâm trong điều kiện này. Dữ liệu ảnh MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometers*) có thể cung cấp thông tin về bề mặt Trái đất trong các kênh phổ khác nhau: kênh thị phổ, cận hồng ngoại và nhiệt hồng ngoại. Chỉ số thực vật (*Normalized Difference Vegetation Index* - NDVI) kết hợp thông tin trong kênh phổ màu đỏ và kênh cận hồng ngoại đã được sử dụng một cách hiệu quả trong quan trắc tình trạng lớp phủ thực vật [11,14–15]. Đây là một kênh quan trọng để đánh giá tình trạng cũng như mức độ hạn hán của khu vực quan trắc.

Phương pháp truyền thống trong giám sát và đánh giá hạn hán dựa vào số liệu mưa, sẽ rất hạn chế khi không có trạm quan trắc hoặc số lượng trạm quan trắc không đầy đủ, và điều quan trọng là khó thu được số liệu thời gian thực. Ngược lại, các số liệu từ ảnh vệ tinh MODIS là đồng nhất và có thể được sử dụng để nhận biết sự xuất hiện của hạn hán ở bất kỳ khu vực nào, kể cả khu vực không có dữ liệu quan trắc [13]. Ngày nay kỹ thuật viễn thám đã chụp được bề mặt trái đất với độ phân giải rất cao cả về không gian, thời gian và phổ. Với độ phân giải cao, viễn thám có thể xác định được kịp thời và chi tiết diễn biến từng điểm cụ thể của bề mặt trái đất. Gần đây, ảnh viễn thám còn được sử dụng để theo dõi, đánh giá tình trạng cháy rừng tại khu vực cụ thể. Các dữ liệu thu được từ ảnh viễn thám như mật độ che phủ thực vật, nhiệt độ bề mặt, phổ hồng ngoại, bức xạ nhiệt giúp cung cấp các thông tin quan trọng để đánh giá tình trạng hạn hán tại khu vực quan trắc.

Trước tác động của biến đổi khí hậu, mặc dù tổng lượng mưa năm có thể thay đổi không đáng kể, nhưng sự phân bố theo không gian và thời gian lại thay đổi rất lớn, mùa khô sẽ dài hơn trong khi mùa mưa ngắn lại và tập trung vào những trận mưa cường độ lớn hơn vì vậy hạn hán có nguy cơ xảy ra cao hơn. Bên cạnh đó, những thay đổi với tốc độ nhanh về kinh tế, xã hội và môi trường, đã dẫn đến những thách thức mà cộng đồng phải đối mặt trước hạn hán ngày càng gay gắt. Những thách thức nêu trên chủ yếu chỉ nguy cơ mất cân bằng cung – cầu về nguồn nước. Nguy cơ thiếu nước, hạn hán, nhất là trong mùa khô ở toàn lãnh thổ Việt Nam trong đó có tỉnh Ninh Thuận đang diễn biến gay gắt [16]. Vì vậy, nghiên cứu hạn hán và xây dựng bộ bản đồ hạn nông nghiệp thông qua các chỉ số hạn viễn thám nhằm nâng cao năng lực giám sát hạn hán và đề xuất biện pháp phòng chống hạn hán cho tỉnh Ninh Thuận trong bối cảnh hiện nay là một vấn đề hết sức cấp thiết.

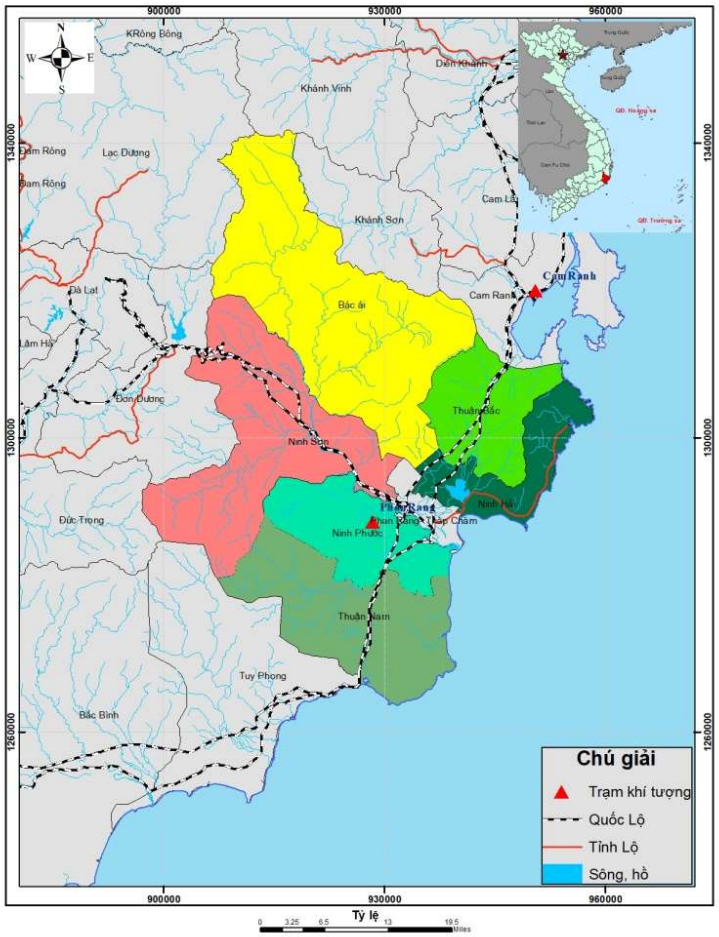
2. Số liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Giới thiệu khu vực nghiên cứu

Ninh Thuận là một tỉnh ven biển thuộc vùng Duyên hải Nam Trung Bộ, song thiên nhiên đã không thật sự ưu đãi cho người dân Ninh Thuận: khô hạn và nắng gió được nhắc đến như một biểu trưng khí hậu khắc nghiệt, và đây chính là sự bất lợi lớn nhất của thiên

nhiên đối với phát triển nông nghiệp nói riêng, kinh tế–xã hội nói chung của tỉnh. Nhìn tổng thể, cả tỉnh Ninh Thuận có dạng như một cái chảo lớn, do vành chảo chắn phần lớn các hướng gió gây mưa chính nên tỉnh có nắng nhiều và mưa ít [16].

Ninh Thuận có lượng mưa trung bình năm khoảng 1.000 mm, song phân bố không đều. Lượng mưa trong năm chủ yếu tập trung vào 4 tháng, từ tháng 9–12. Hạ lưu lưu vực sông Cái được xem là vùng khô hạn nhất cả nước. Cộng thêm vào đó, biến động mưa tính theo năm lại rất lớn. Những năm khô hạn, lượng mưa chỉ bằng 60–70% mức trung bình. Mưa ít lại chỉ diễn ra trong 3–4 tháng, còn lại là mùa khô kéo dài 8–9 tháng, nên hạn hán đã nghiêm trọng càng nghiêm trọng hơn. Đặc biệt nhiều năm từ tháng 1 đến tháng 6 không có một giọt mưa, nên hầu như năm nào đây cũng là thời gian hạn, tuy với các mức độ khác nhau. Năm hạn bình thường, diện tích lúa thiếu nước khoảng 200–300 ha và diện tích rau màu bị hạn 2.000–3.000 ha, gia súc thiếu nước 40.000–50.000 con... Những năm hạn nặng, con số thiệt hại trên cao hơn 2–3 lần, như năm 2004, diện tích lúa bị khô hạn và thiếu nước là 1.250 ha, diện tích rau màu bị hạn là gần 4.000 ha, số dân bị thiếu nước lên đến 150.000 người, gây thiệt hại hàng trăm tỷ đồng… Liên tiếp 2 năm 2015–2016, Ninh Thuận lại gặp hạn hán nặng nề. Tình trạng hạn hán này tiếp tục lặp lại vào cuối năm 2021. Đến nay, tổng diện tích đất nông nghiệp được tưới tiêu của tỉnh cũng mới chỉ đạt 18.000 ha (khoảng 35%). Vì thế, hàng năm tỉnh vẫn xảy ra tình trạng thiếu nước và nếu gặp năm hạn nặng thì càng nghiêm trọng. Do thiếu nước tưới nên diện tích phải dừng sản xuất vụ Đông Xuân 2019–2020 là hơn 7.800 ha đất lúa, hoa màu. Bên cạnh đó, các loại cây trồng lâu năm có nguy cơ chết do thiếu nước tưới, giảm năng suất, sản lượng [16–17].



Hình 1. Khu vực nghiên cứu.

2.2. Số liệu nghiên cứu

Nghiên cứu sử dụng số liệu khí tượng về lượng mưa và nhiệt độ ngày các trạm khí tượng của khu vực nghiên cứu và vùng phụ cận từ năm 2000 đến năm 2020, gồm trạm Phan Rang, Cam Ranh và Phan Thiết. Từ các số liệu khí tượng này, nghiên cứu đã tính toán được các chỉ số hạn làm cơ sở để so sánh với các kết quả được tính toán trên ảnh vệ tinh.

Số liệu viễn thám: các ảnh vệ tinh MODIS tổ hợp 8 ngày từ năm 2001 đến năm 2020. Bao gồm 912 ảnh tổ hợp với độ phân giải không gian của ảnh nhiệt độ bề mặt (*Land Surface Temperature - LST*) là 1000 m và của ảnh chỉ số khác biệt thực vật NDVI là 250 m.

Bản đồ địa hình, hành chính giao thông thủy hệ tỉnh Ninh Thuận tỷ lệ 1/50.000. Phép chiếu UTM (*Universal Transverse Mercator*) múi chiều kinh tuyến 6°, hệ tọa độ VN2000. *(Nguồn: Cục Đo đạc Bản đồ và Thông tin Địa lý Việt Nam)*.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

2.3.1. Quy trình xây dựng bản đồ hạn nông nghiệp

Khi thành lập bản đồ, trước tiên là xác định một cơ sở toán học cho bản đồ để biểu diễn hình của Trái đất lên mặt phẳng bản đồ [18–19]:

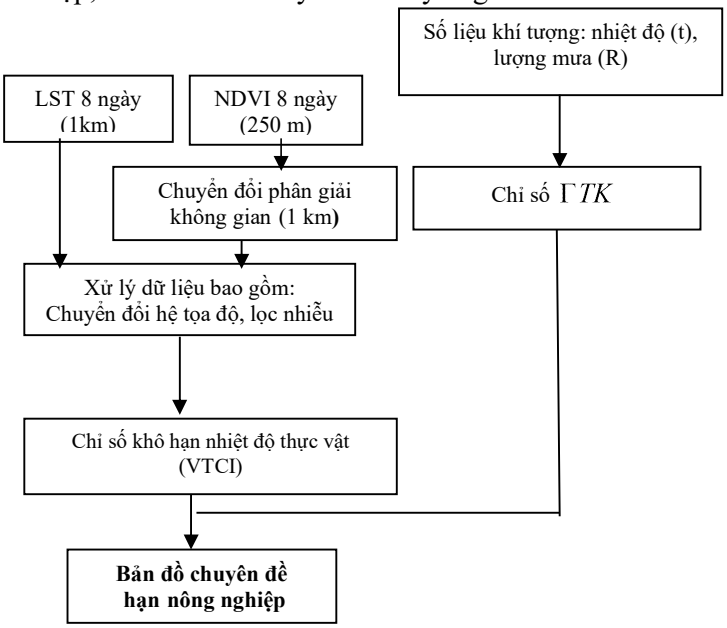
Trong xây dựng bản đồ thiên tai, có nhiều phương pháp khác nhau, trong đó phương pháp kết hợp giữa ảnh vệ tinh, mô hình số độ cao DEM cùng với các số liệu quan trắc khí tượng đã được phân tích để xây dựng bản đồ. Việc xây dựng bản đồ theo phương pháp trên đều cần sự hỗ trợ đắc lực của hệ thống tin địa lý–GIS, đặc biệt là modun phân tích không gian đi kèm. Quy trình xây dựng bản đồ chuyên đề được thể hiện ở Hình 2 [20–22].

Quy trình chung cho thành lập bản đồ chuyên đề thường có 3 bước công việc:

Công việc 1: Chuẩn bị dữ liệu; bản đồ nền (hành chính, độ cao địa hình, tiền xử lý ảnh viễn thám, tính toán các đặc trưng khí hậu...dựa trên thông tin từ ảnh viễn thám), số liệu khảo sát, số liệu khí tượng, KTNN có liên quan (nếu có) đến việc tính toán các chỉ tiêu hạn hán;

Công việc 2: Xử lý, tính toán trên lưới có độ phân giải không gian 1 x 1km liên quan đến các chỉ tiêu hạn hán; các chỉ số hạn, dựa trên mối quan hệ giữa số liệu khí tượng và thông tin được xác định từ ảnh viễn thám trên nền GIS và bản đồ nền;

Công việc 3: Phân cấp mức độ hạn hán, biên tập bản đồ, các chuyên gia kiểm tra, đánh giá bản đồ đã được biên tập, điều chỉnh theo ý kiến chuyên gia và xuất bản bản đồ.



Hình 2. Sơ đồ khối thành lập bản đồ chuyên đề.

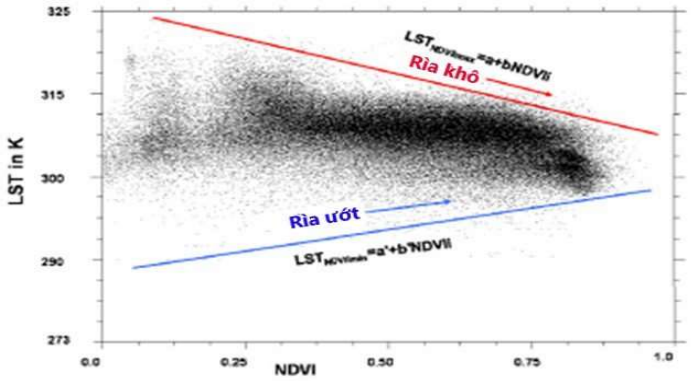
Việc tính toán các chỉ tiêu hạn nông nghiệp bằng số liệu viễn thám cũng có nhiều phương pháp khác nhau, dưới đây là một trong những phương pháp đã được ứng dụng ở nhiều nghiên cứu [11–12]:

- Phương pháp chỉ số khô hạn nhiệt độ–thực vật *(Vegetation – Temperature Dryness Index VTCI)*

Như phân tích ở trên với các lợi thế của số liệu viễn thám và công nghệ GIS trong nghiên cứu hạn nông nghiệp, nghiên cứu này thống nhất sử dụng phương pháp viễn thám với chỉ số VTCI:

Theo tính chất vật lý của quá trình bốc thoát hơi và tính chất sinh học của thực vật: thông thường độ ẩm đất cao cây trồng phát triển tốt, sự bốc thoát hơi cây trồng mạnh nhiệt độ thảm cây trồng và bề mặt đất giảm. Ngược lại khi cây trồng bị hạn hán, sự bốc thoát hơi nước của cây trồng sẽ giảm, nhiệt độ bề mặt thảm cây trồng sẽ tăng cao. Như vậy, chỉ số thực vật có tương quan thuận với độ ẩm đất và tương quan nghịch với nhiệt độ bề mặt (*land surface temperature - LST*). Sau khi bị hạn hán, cây trồng không thể phát triển một cách bình thường, chỉ số diện tích lá giảm xuống, dẫn đến chỉ số thực vật (normalized difference vegetation index NDVI) giảm. Như vậy, LST và NDVI kết hợp có thể cung cấp thông tin về điều kiện sức khỏe thực vật và độ ẩm tại bề mặt lớp phủ [11, 23–24].

Trong không gian (LST, NDVI), độ dốc của đường hồi quy liên quan đến mức độ bay hơi của bề mặt, đến trở kháng của lá cây và đến độ ẩm trung bình của đất (Hình 3). Các pixel ảnh trong không gian (LST, NDVI) bị ảnh hưởng bởi rất nhiều yếu tố như nhiệt độ, độ phủ thực vật, độ ẩm, độ bay hơi, v.v... và những đường đồng mức của các yếu tố chính (độ ẩm, độ bay hơi) có thể vẽ được trong tam giác xác định trên không gian (LST, NDVI). Với cùng điều kiện khí hậu, nhiệt độ bề mặt LST sẽ nhỏ nhất tại những bề mặt có độ bay hơi cực đại do lượng nước bão hòa–tạo nên đường đáy "rìa ướt" của tam giác không gian (LST, NDVI). Ngược lại, tại các bề mặt có độ bay hơi cực tiểu do bề mặt rất khô (dù có hay không có phủ thực vật) thì nhiệt độ bề mặt LST sẽ tăng cực đại–tạo nên đường hạn chế trên "rìa khô" của tam giác không gian (LST, NDVI). Phương pháp này được gọi là chỉ số khô hạn nhiệt độ thực vật (VTCI). Giá trị VTCI thấp tương ứng với điều kiện khô hạn và VTCI cao ứng với điều kiện ẩm ướt. Giá trị phân cấp chỉ số hạn VTCI theo Bảng 1 [11–12, 20, 23].



Hình 3. Đồ thị phân tán của LST và NDVI.

Công thức toán học có thể viết như sau:

$$VTCI = \frac{LST_{maxNDVIi} - LST_{NDVIi}}{LST_{maxNDVIi} - LST_{minNDVIi}} \quad (1)$$

Trong đó

$$LST_{max\,NDVIi} = a + bNDVIi \quad (2)$$

$$LST_{min\,NDVIi} = a' + b'NDVIi \quad (3)$$

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (4)$$

Trong đó NIR,R là phổ phản xạ của bề mặt ở dải sóng cận hồng ngoại và dải đỏ. $LST_{max\,NDVIi}$ và $LST_{min\,NDVIi}$ là LST cực đại và cực tiểu tương ứng các pixel có cùng giá trị NDVIi trong vùng nghiên cứu, và LST_{NDVIi} biểu thị LST của một pixel có giá trị NDVI là NDVIi. Các hệ số a, b, a', b' có thể ước lượng từ một diện tích đủ lớn trong đó độ ẩm đất tại bề mặt trải rộng ra từ điểm khô hạn tới điểm ẩm ướt trên toàn bộ cánh đồng. Hình dạng của đồ thị phân tán thường là hình tam giác tại quy mô khu vực. Hình 3 LST_{max} có thể được xem như "rìa khô" ở đó độ ẩm đất và thực vật hầu như trong điều kiện khô hạn. LST_{min} được xem như là "rìa ẩm" trong đó độ ẩm đất và thực vật hầu như trong điều kiện ẩm ướt.

Bảng 1. Phân cấp mức độ khô hạn đối với chỉ số VTCI.

STT	Giá trị VTCI	Mức độ khô hạn
1	0 – 0,20	Khô hạn rất nặng
2	0,21 – 0,40	Khô hạn nặng
3	0,41 – 0,60	Khô hạn trung bình
4	0,61 – 0,80	Khô hạn nhẹ
5	0,81 – 1,00	Không khô hạn

- Phương pháp chỉ số khô hạn nhiệt ẩm Celianinova (ΓTK)

Trên thế giới có rất nhiều phương pháp, chỉ số khô hạn khác nhau áp dụng trong việc đánh giá mức độ chính xác và hiệu chỉnh chỉ số viễn thám VTCI. Nghiên cứu này sử dụng chỉ số khô hạn nhiệt ẩm ΓTK [12, 20]:

$$\Gamma TK = \frac{\sum R}{0,1\sum t > 10^{o}C} \quad (5)$$

Trong đó $\sum R$ là tổng lượng mưa trong thời kỳ xem xét với nhiệt độ không khí > 10°C, $\sum t > 10^{0}C$ là tổng nhiệt độ cũng trong thời kỳ đó.

Cấp độ hạn theo chỉ số ΓTK được thể hiện ở Bảng 2.

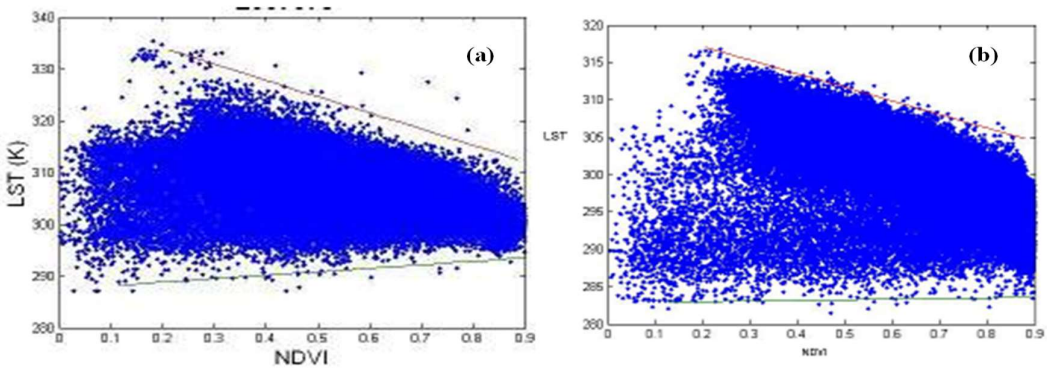
Bảng 2. Các cấp hạn hán theo chỉ số ΓTK.

Chỉ số ΓTK	Mức độ
> 2,0	Rất ẩm
1,0 – 2,0	Ẩm
0,5 – 1,0	Hạn
≤ 0,5	Hạn nặng

3. Kết quả và thảo luận

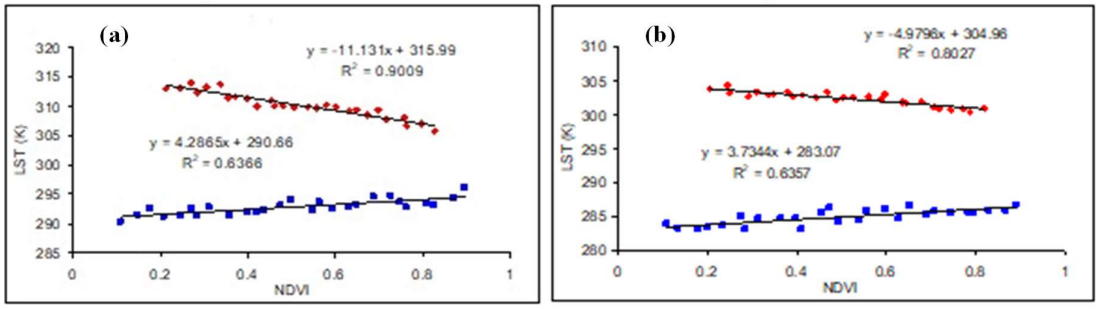
Căn cứ quy trình tính toán hạn hán Hình 1, trên cơ sở dữ liệu ảnh tổ hợp MODIS qua quá trình xử lý ảnh chuyển đổi hệ tọa độ và các thông tin số về cùng độ phân giải sau đó xác định được các chỉ tiêu viễn thám LST và NDVI, nghiên cứu đã tính toán và đưa ra kết quả đồ thị phân tán của LST và NDVI cho từng tổ hợp ảnh 8 ngày ở Ninh Thuận. Hình 4 là một kết quả của đồ thị phân tán (*scatterplots*) của LST như là một hàm số của chỉ số thực vật chuẩn hóa NDVI được xây dựng cho từng ảnh MODIS đã được chọn.

Giá trị $LST_{max\,NDVIi}$ và $LST_{min\,NDVIi}$ được xác định như giá trị nhiệt độ trung bình của bề mặt trong điều kiện nước được cung cấp có giới hạn và không có giới hạn. Đường rìa khô (đường màu đỏ) và đường rìa ướt (đường màu xanh) được xác định theo phương pháp hồi quy tuyến tính và và cho kết quả tại các phương trình ở Hình 6. Sau đó áp dụng công thức 1,2,3 để tính giá trị VTCI cho từng chu kỳ quan trắc 8 ngày.



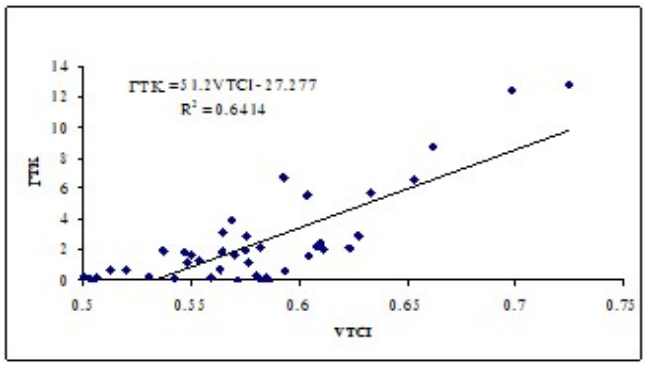
Hình 5. Đồ thị phân tán của LST theo NDVI khu vực Ninh Thuận: (a) Tuần 4/11/2012; (b) Tuần 3/2/2013.

Từ các phương trình hồi quy nhận thấy (Hình 6): hệ số tương quan của các phương trình "rìa khô" "rìa ướt" rất cao ($R^2 > 0,64$ tương ứng với $R > 0,80$) chứng tỏ xu thế hạn hán phù hợp với quá trình bốc thoát hơi. Độ dốc của các đường rìa khô thường lớn hơn các đường rìa ướt điều đó chứng tỏ sự ảnh hưởng của không gian LST–NDVI đối với quá trình hạn hán lớn hơn đối với quá trình ẩm ướt, phù hợp với thực tế của quá trình khô hạn. Từ những phân tích trên ta có thể tin tưởng khi sử dụng phương trình trong Hình 6 để tính chỉ tiêu hạn hán bằng các dữ liệu viễn thám cho toàn bộ chuỗi thời gian.



Hình 6. Đồ thị đường rìa khô và rìa ướt: (a) ngày 30/11/2012; (b) ngày 18/02/2013 khu vực Ninh Thuận.

Để so sánh với kết quả tính toán từ ảnh viễn thám và kết quả tính toán từ các số liệu khí tượng cho từng vùng, bài báo đã tính toán chỉ số hạn hán ГТК (công thức 4) tương ứng với chỉ số hạn VTCI được tính cho chuỗi ảnh tổ hợp 8 ngày theo cùng thời gian và kết quả được thể hiện trên Hình 7.



Hình 7. Mối tương quan giữa chỉ số hạn VTCI và chỉ số hạn ГТК.

Từ các đồ thị trên hình vẽ ta nhận thấy: Mối tương quan giữa chỉ số hạn VTCI được tính theo dữ liệu vệ tinh và chỉ số hạn ГТК được tính từ số liệu khí tượng của trạm quan trắc là tương đối cao. Hệ số tương R^2 = 0,64 tương ứng với R = 0,80 thể hiện sự xu thế đồng nhất tương đối giữa giá trị đo bằng các số liệu viễn thám và giá trị đo tại các trạm khí tượng. Điều này chứng tỏ mức độ tin cậy khá cao cho thuật toán tính chỉ số hạn hán bằng chỉ số VTCI trên cơ sở dữ liệu viễn thám.

* Kết quả xây dựng tập bản đồ chuyên đề hạn nông nghiệp

Các bản đồ chuyên đề hạn nông nghiệp các vùng sinh thái Việt Nam được xây dựng bằng phương pháp phân tích, tổ hợp từ các chỉ tiêu hạn nông nghiệp trên cơ sở công nghệ GIS [25–26].

Bài báo xây dựng hai bộ bản đồ: Bản đồ tần suất muốn đề cập khu vực hạn hán xảy ra nhiều nhưng mức độ có thể khắc nghiệt hoặc không khắc nghiệt. Còn bản đồ khắc nghiệt thể hiện tính chất, mức độ khắc nghiệt của hạn hán tại khu vực nghiên cứu. Ví dụ có khu vực tần suất hạn thường xuyên nhưng các lần xuất hiện lại nhẹ thì hạn hán đó chưa chắc đã khắc nghiệt. Nhưng có những khu vực tần xuất hạn không thường xuyên, có điều mỗi lần xuất hiện lại rất khắc nghiệt và ngược lại. Tóm lại, tần suất hạn cho biết hạn ở một khu vực hạn xảy ra nhiều hay ít mà không thể hiện rõ ràng mức độ hạn trầm trọng hay không trầm trọng. Ngược lại bản đồ mức độ khắc nghiệt không cho biết hạn xảy ra nhiều hay ít mà chỉ biết hạn ở đây khi đã xảy ra thì rất khắc nghiệt. Kết hợp cả hai bản đồ sẽ quan sát được ở một khu vực hạn xảy ra nhiều hay ít, mức độ khắc nghiệt cao hay thấp.

Để xây dựng được bản đồ mức độ khắc nghiệt hạn nông nghiệp, nghiên cứu trước tiên tính toán chỉ số VTCI từ các ảnh tổ hợp 8 ngày như đã trình bày ở trên, sau đó tính VTCI trung bình cho từng tháng của từng năm trong suốt thời gian từ 2000 đến 2020. Sau khi tính giá trị VTCI trung bình cho từng tháng, nghiên cứu tiến hành phân ngưỡng giá trị VTCI để xác định ngưỡng hạn (Bảng 1). Cuối cùng xác định mức độ khắc nghiệt hán hán.

Với bản đồ tần suất xuất hiện của hạn hán, sử dụng phương pháp thống kê như sau:

Trước hết lựa chọn các chỉ số VTCI < 0,6 được tính là tháng hạn, sau đó áp dụng công thức tính tần suất hạn như sau:

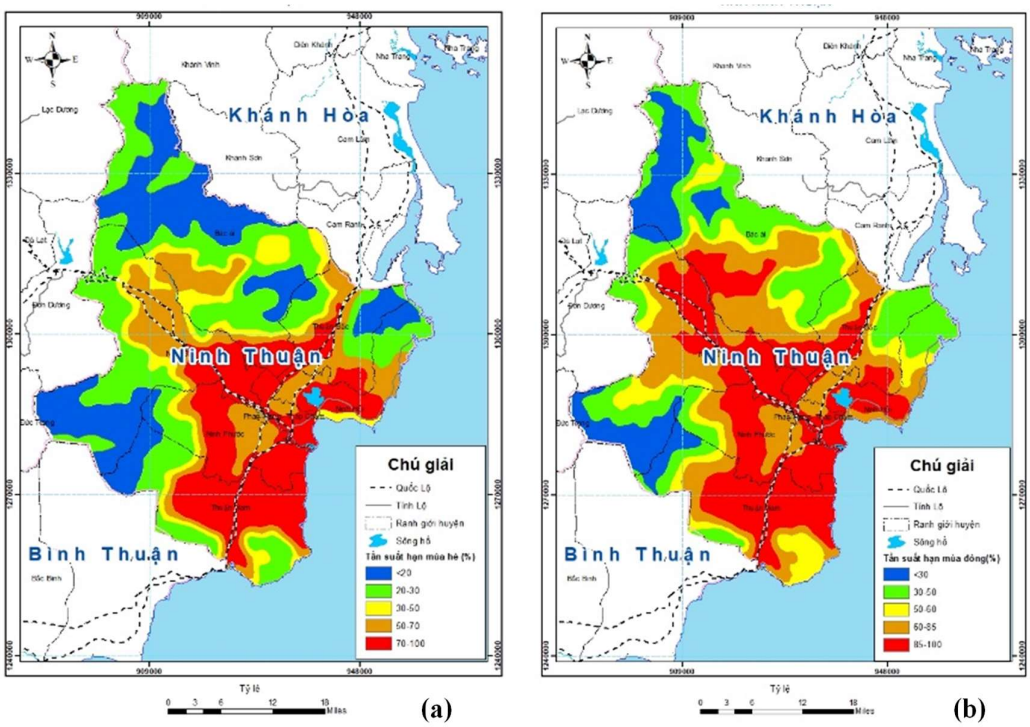
$$P = \frac{n'}{n} \times 100 \quad (6)$$

Trong đó P là tần suất hạn; n’ là số tháng hạn với chỉ số VTCI < 0,6; n là tổng số tháng trong thời gian xem xét.

Sau đó các số liệu tính toán được xuất ra dạng text để nhập vào phần mềm ARVIEW nhằm tiến hành phân ngưỡng các mức hạn và biên tập bản đồ [26]. Toàn bộ tập bản đồ chuyên đề các đặc trưng hạn nông nghiệp với tỷ lệ bản đồ nền là 1/50.00 và độ phân giải không gian trên kích thước ô lưới 1km x 1km được biên tập và lưu trên phần mềm Mapinfo và ArcGIS bao gồm: Tập bản đồ tần suất hạn nông nghiệp được thể hiện trong hai mùa: mùa mưa (Hình 8) và mùa khô (Hình 9).

Bảng 3. Tần suất xuất hiện tương ứng với diện tích hạn nông nghiệp ở Ninh Thuận (VTCI < 0,6).

Tần suất (%)	Diện tích hạn mùa mưa (km^2)	Diện tích Hạn mùa khô (km^2)
<30	730	378
30–50	940	735
50–60	245	398
60–85	624	814
85–100	816	1030
Tổng số	3355	3355



Hình 8. Bản đồ tần suất hạn nông nghiệp: (a) mùa mưa; (b) mùa khô tỉnh Ninh Thuận (VTCI < 0,6).

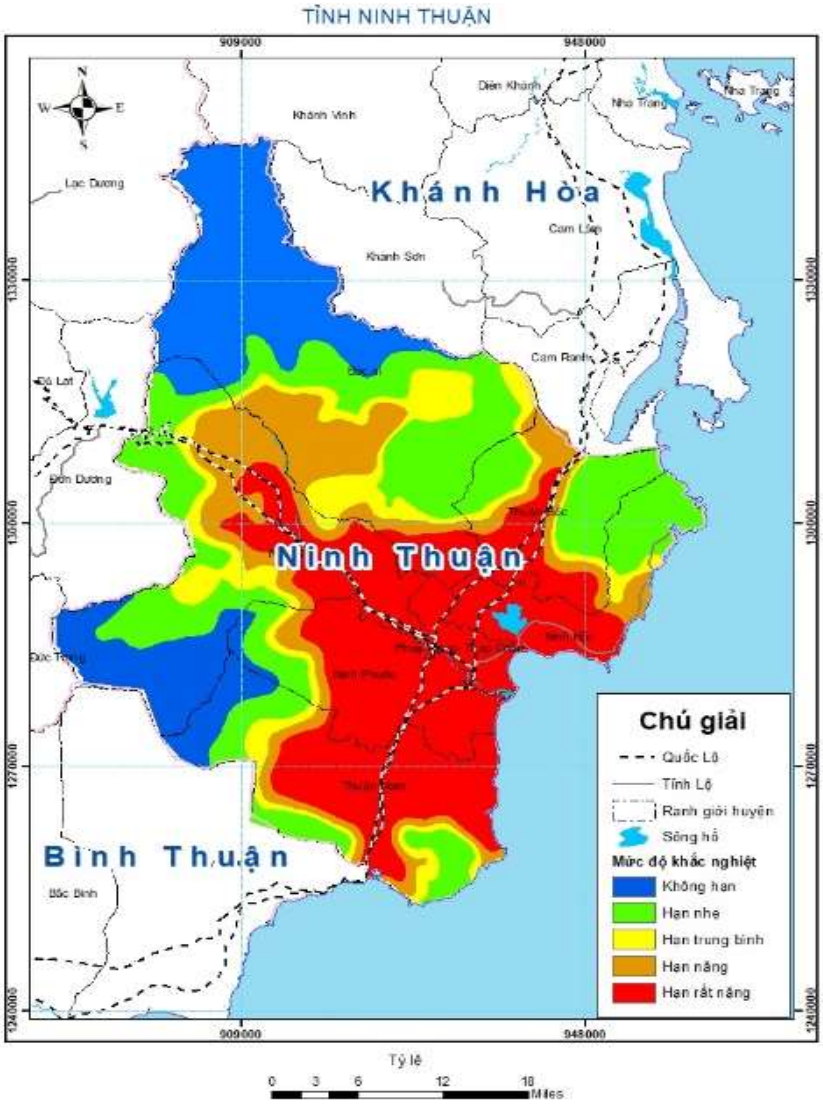
Trên hai bản đồ Hình 8a–8b và Bảng 3 nhận thấy: cho dù mùa mưa hay mùa khô trên lãnh thổ tỉnh Ninh Thuận đều xuất hiện hạn hán. Tuy nhiên mùa khô tần suất xuất hiện hạn lớn hơn mùa mưa. Các mức tần suất hạn 50% trở lên diện tích bị hạn mùa khô cao hơn mùa mưa khoảng 600 km^2.

Tập bản đồ mức độ khắc nghiệt hạn nông nghiệp trung bình tháng theo phân ngưỡng chỉ số VTCI ở bảng 1, thể hiện phân bố mức độ khắc nghiệt của hạn hán nông nghiệp cho từng khu vực cụ thể (Hình 9).

Bảng 4. Mức độ khô hạn tương ứng với diện tích hạn nông nghiệp ở Ninh Thuận.

Mức độ khô hạn	Diện tích (km^2)	Tỷ lệ (%)
Không hạn	690	20,6
Hạn nhẹ	815	24,3
Hạn trung bình	325	9,7
Hạn nặng	463	13,8
Hạn rất nặng	1062	31,6
Tổng số	3355	100

Nhìn tổng thể các bản đồ tần suất và mức độ khắc nghiệt không khác nhiều, nhưng chi tiết cho từng khu vực cụ thể, sẽ có sự khác biệt đáng kể. Hạn nặng chiếm khoảng gần 500 km^2 (tỷ lệ 13.8% diện tích toàn tỉnh), phân bố chủ yếu tại phía Nam huyện Bác Ái, phía Bắc huyện Ninh Sơn và rải rác ở một số huyện Thuận Nam, Thuận Bắc. Hạn rất nặng hơn 1.000 km^2 (tỷ lệ 31,6% diện tích toàn tỉnh), phân bố gần như toàn bộ thành phố Phan Rang–Tháp Chàm, các huyện Ninh Hải, Ninh Phước, đại bộ phận huyện Thuận Nam, một phần huyện Thuận Bắc và huyện Ninh Sơn. Khu vực phía Nam có độ lớn tương đối giống nhau cả về tần xuất và mức độ khắc nghiệt là sự trùng hợp ngẫu nhiên. Biểu hiện khu vực đó tần suất hạn vừa nhiều, mức độ khắc nghiệt lại trầm trọng.



Hình 9. Bản đồ mức độ khắc nghiệt hạn nông nghiệp tỉnh Ninh Thuận theo chỉ số VTCI.

4. Kết luận và kiến nghị

Việc sử dụng chỉ số khô hạn viễn thám VTCI để đánh giá, theo dõi hạn hán và xây dựng bộ bản đồ hạn nông nghiệp là phù hợp vì vừa phù hợp tính chất sinh–vật lý của quá trình hạn hán vừa đảm bảo tính thực tiễn hạn hán ở Việt Nam nói chung và tỉnh Ninh Thuận nói riêng.

Hạn hán đã trở thành một thách thức nghiêm trọng ở Ninh Thuận. Cùng với các số liệu quan trắc bề mặt, việc tích hợp các thông tin viễn thám với độ phân giải không gian và thời gian phù hợp, sử dụng các chỉ tiêu hạn hán thích hợp để theo dõi, giám sát hạn hán trên cơ sở các bản đồ hạn hán là rất trực quan và phù hợp với diễn biến hạn hán ở tỉnh Ninh Thuận. Nghiên cứu nhận thấy, tần suất hạn ở Ninh Thuận ngày càng gia tăng cùng với mức độ khắc nghiệt ngày càng nghiêm trọng, hạn hán xuất hiện bất kỳ mùa nào trong năm, tuy nhiên mùa khô tần suất xuất hiện hạn lớn hơn mùa mưa. Các mức tần suất hạn 50% trở lên diện tích bị hạn vào mùa khô cao hơn mùa mưa khoảng 600 km^2. Đặc biệt trong cả năm, mức độ hạn nặng chiếm khoảng gần 500 km^2 (tỷ lệ 13,8% diện tích toàn tỉnh), hạn rất nặng hơn 1.000 km^2 (tỷ lệ 31,6% diện tích toàn tỉnh).

Để đảm bảo công tác phòng chống hạn hán ở Ninh Thuận hiệu quả, nghiên cứu đề xuất nên sử dụng các biện pháp công trình, đặc biệt là hồ chứa điều tiết sâu, bởi đây được xem là giải pháp hiệu quả và bền vững nhất. Nguồn nước thủy điện Đa Nhim và nguồn nước nội tỉnh trên lưu vực sông Cái được xem là tài nguyên khan hiếm và quý giá, rất khó thay thế, cần phải được khai thác một cách hiệu quả và bền vững. Cần tiếp tục tập trung xây dựng hồ chứa quy mô các cấp, từ lớn, vừa đến nhỏ và cực nhỏ, nhằm dần tiến đến chủ động được nguồn nước, đáp ứng các nhu cầu phát triển trong tỉnh, đặc biệt tại vùng ven biển. Bên cạnh đó, cần chuyển đổi cơ cấu cây trồng hợp lý, lựa chọn các giống cây trồng chịu hạn, phù hợp với điều kiện khí hậu ở Ninh Thuận nhất là các khu vực hạn nặng và rất nặng. Giải pháp thứ ba là ứng dụng công nghệ tưới nhỏ giọt và các giải pháp canh tác hiện đại khác để hạn chế tối đa việc thất thoát, lãng phí nguồn nước, tăng hiệu quả sử dụng nước tưới trong nông nghiệp.

Bản đồ hạn hán được xây dựng trong nghiên cứu này mới chỉ thể hiện một cách trực quan diễn biến hạn hán đã từng xảy ra ở tỉnh Ninh Thuận. Để dự báo được diễn biến hạn hán, ngoài các thông tin viễn thám cần phải kết hợp nhiều mô hình dự báo khí tượng thủy văn khác, đây là hạn chế của nghiên cứu này và sẽ được tiếp tục nghiên cứu ở các công trình sau.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: Đ.Q.K., D.V.K.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: D.V.K., Đ.Q.K.; Viết bản thảo bài báo: D.V.K., Đ.Q.K., D.H.Y.; Chỉnh sửa bài báo: D.V.K., Đ.Q.K., D.H.Y.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Tài nguyên và Môi trường, trong khuôn khổ dự án "Xây dựng bộ bản đồ hạn hán cho Việt Nam", theo quyết định số 1727/QĐ–BTNMT, ban hành ngày 17 tháng 9 năm 2013.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Wilhite, D.A.; Glantz, M.H. Understanding the Drought Phenomenon: *The Role of Definitions. Water Int*. **1985**, *10*, 111–120.
2. Kim, C.J.; Park, M.J.; Lee, J.H. Analysis of climate change impacts on the spatial and frequency patterns of drought using a potential drought hazard mapping approach. *Int. J. Climatol*. **2013**, *34(1)*, 61–80. https://doi.org/10.1002/joc.3666.
3. Website: http://www.bom.gov.au/climate/drought/.
4. Ravi, S.; Manekar, V.L.; Christian, R.A.; Mistry, N.J. Estimation of Reconnaissance Drought Index (RDI) for Bhavnagar District, Gujarat. *India. Int. J. Environ. Chem. Ecol. Geol. Geophys. Eng*. **2013**, *7*, 507–510.
5. Thục, T. Xây dựng bản đồ hạn hán và mức độ thiếu nước sinh hoạt ở Nam Trung Bộ và Tây Nguyên. Báo cáo tổng kết đề án cấp Bộ, 2008.
6. Thắng, N.V; Khiêm, M.V; Mậu, N.Đ; Trí, T.Đ. Nghiên cứu xác định chỉ tiêu hạn hán cho vùng Nam trung bộ. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, **2014**, *3*, 49–55.
7. Tsakiris, H.V. Establishing a Drought Index Incorporating Evapotranspiration. *Eur. Water* **2005**, *9–10*, 3–11.
8. Phi, N.Q. Xác định nhu cầu nước tưới cho cây lạc bằng phương trình FAO Penman – Monteith và phương pháp hệ số cây trồng đơn. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường* **2014**, *46*, 79–85.
9. Cường, H.V.; Trà, T.V.; Phương, N.H. Đánh giá diễn biến hạn hán và phân cấp độ yếu tố tác động đến hạn thủy văn ở vùng Đồng bằng Sông Hồng – Thái Bình. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi* **2019**, *56*, 1–12.

10. Tsakiris, G.; Pangalou, D.; Vangelis, H. Regional Drought Assessment Based on the Reconnaissance Drought Index (RDI). *Water Resour. Manage*. **2007**, *21(5)*, 821–833.
11. Hùng, T. Sử dụng tư liệu MODIS theo dõi độ ẩm đất/thực vật bề mặt: thử nghiệm với chỉ số mức khô hạn nhiệt độ – thực vật (TVDI). *Tạp chí Viễn thám và Địa tin học* **2007**, *2*, 28–35.
12. Thục, T.; Khảm, D.V. Công nghệ viễn thám (RS) và hệ thống thông tin địa lý (GIS) trong khí tượng thủy văn. *Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật* **2012,** 68-85 và 116-117.
13. Thiruvengadachari, S.; Gopalkrishna, H.R. An integrated PC environment for assessment of drought. *Int. J. Remote Sens*. **1993**, *14(17)*, 3201–3208.
14. Bikash, R.P. Analysing the effect of severity and duration of Agricultural drought on crop performance using Terra/MODIS Satellite data and Meteorological data. Luận văn thạc sĩ Khoa học Thông tin Địa lý và Quan sát Trái đất, 2006, 1–92.
15. Xiao, X.; Stephen, B.; Steve F.; Changsheng, L.; Jagadeesh, Y.B.; William, S.; Berrien, M. Mapping paddy rice agriculture in South and Southeast Asia using multi–temporal MODIS images. *Remote Sens. Environ*. **2006**, 95–113.
16. https://vjst.vn/vn/tin–tuc/3132/han–han–o–ninh–thuan–va–giai–phap–khac–phuc.aspx. Hạn hán ở Ninh Thuận và giải pháp khắc phục. *Tạp chí Khoa học công nghệ Việt Nam (điện tử),* **2020**.
17. Anh, N.N. Hạn hán ở Ninh Thuận – Bình Thuận và giải pháp khắc phục, https://siwrp.org.vn/tin–tuc/han–han–o–ninh–thuan–binh–thuan–va–giai–phap–khac–phuc_313.html. Cổng thông tin điện tử Viện Quy hoạch Thủy lợi miền Nam, **2016**.
18. Thành, N.N.; Thái, T.H.; Dũng, B.Q. Nghiên cứu xây dựng bản đồ phân vùng hạn hán lưu vực sông Ba trong bối cảnh biến đổi khí hậu. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2019**, *8*, 1–8.
19. Tỷ, T.V.; Hoài, Đ.T.T.; Minh, H.V.T. Xây dựng bản đồ hạn hán đồng bằng sông Cửu Long trong bối cảnh biến đổi khí hậu. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ Số chuyên đề: Môi trường và Biến đổi khí hậu* **2015**, 226–233.
20. Zhou, X.J.; Wang, P.X.; Kevin, T.S.; Darren, G.; Zhang, S.Y.; Li, S.Y.; Wang, L. Drought Monitoring Using the Sentinel–3–Based Multiyear Vegetation Temperature Condition Index in the Guanzhong Plain, China. *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.* **2020**, *13*, 129–142.
21. Khảm, D.V.; Quyền, N.H.; Tâm, T.T.; Dũng, L.T. Nghiên cứu ứng dụng công nghệ viễn thám đánh giá mức độ khắc nghiệt hạn hán ở các tỉnh duyên hải miền trung. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2014**, *648,* 27–32.
22. Khảm, D.V; Thu, C.M; Tùng, Đ.T. Ứng dụng ảnh vệ tinh MODIS trong tính toán nhiệt độ lớp phủ bề mặt. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2009**, *578*, 50–54.
23. Xiao, X.; He, L.; Salas, W.; Li, C.; Moore, B.; Zhao, R.; et al. Quantitative relationships between field–measured leaf area index and vegetation index derived from VEGETATION images for paddy rice fields. *Int. J. Remote Sens.* **2002**, *23*, 3595–3604.
24. Doraiswamy, P.C.; Moulin, S.; Cook, P.W.; Stern, A. Crop yield assessment from remote sensing. *Photogramm. Eng. Remote Sens.* **2003**, 69, 665–674.
25. Khảm, D.V.; Quyền, N.H.; Tâm, T.T.; Dũng, L.T. Nghiên cứu ứng dụng công nghệ viễn thám đánh giá mức độ khắc nghiệt hạn hán ở các tỉnh Duyên hải miền Trung. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2014**, *638*, 26–32.
26. Khảm, D.V. Báo cáo tổng kết dự án "Xây dựng bộ bản đồ hạn hán cho Việt Nam", Dự án cấp bộ, 2020.

Research and application of remote sensing and GIS technology to build agricultural drought maps of Ninh Thuan province

Dang Quoc Khanh[2], Duong Van Kham[2*], Duong Hai Yen[2]

[1] Viet Nam Meteorological and Hydrological Administration; khanhdangkhtc@gmail.com
[2] Vietnam Institute of Meteorology, Hydrology and Climate Change;
dvkham.kttv@gmail.com; duongyen185@gmail.com

Abstract: Ninh Thuan is one of the largest arid provinces in the country. This is the biggest disadvantage of nature for agricultural development in particular and economic development in general of the province. Based on hydrometeorological data and remote sensing information, applying remote sensing index (Vegetation – Temperature Dryness Index VTCI) and GIS technology, the article has built a set of agricultural drought maps including frequency drought yield and agricultural drought severity map in Ninh Thuan province. The map set with the scale of 1:50,000 and the spatial resolution on the grid size of 1km × 1km is shown in Mapinfo software, which is easy to look up and use. In which, there is a map of agricultural drought frequency showing that whether in the rainy season or the dry season in the territory of Ninh Thuan province, drought occurs, however, the frequency of drought occurrence in the dry season is greater than that of the rainy season, about 600 km^2 higher than the rainy season. The map of drought severity shows that severe drought accounts for nearly 500 km^2 (accounting for 13.8% of the province's area), very severe drought accounts for more than 1,000 km^2 (accounting for 31.6% of the province's area). The agricultural drought map system is an important scientific basis, visually displaying the distribution of drought in general and agricultural drought in particular, serving the locality in planning agricultural production to cope with drought in the context of climate change.

Keywords: Agricultural drought; VTCI; Ninh Thuan; MODIS; GIS.