

# ĐÁNH GIÁ SỰ PHÂN BỐ VÀ DIỄN BIẾN HẠN HÁN TRÊN LƯU VỰC SÔNG HỒNG SỬ DỤNG THÔNG SỐ ĐỘ ẨM ĐẤT MÔ PHỎNG TRÊN MÔ HÌNH THỦY VĂN VIC

Nguyễn Đức Lượng<sup>a</sup>, Bùi Thị Hiếu<sup>a,\*</sup>, Nguyễn Hoàng Hiệp<sup>b</sup>, Nguyễn Bình Minh<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Khoa Kỹ thuật môi trường, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội,  
55 đường Giải Phóng, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam

<sup>b</sup>Viện Khoa học Kỹ thuật Môi trường, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội,  
55 đường Giải Phóng, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam

Nhận ngày 06/7/2021, Sửa xong 07/9/2021, Chấp nhận đăng 08/9/2021

## Tóm tắt

Nghiên cứu này đánh giá sự phân bố và diễn biến hạn hán nông nghiệp trên lưu vực sông Hồng (LVSH) sử dụng Mô hình biến đổi lượng nước thấm (VIC). Ảnh hưởng của các thông số khí tượng, địa hình, thổ nhưỡng, lớp phủ đất và kiểu thảm phủ thực vật tới sự phân bố độ ẩm đất ở những vùng khác nhau trên Lưu vực sông Hồng (LVSH) cũng được phân tích và đánh giá chi tiết trong nghiên cứu này. Độ ẩm đất ở vùng đồng bằng sông Hồng (ĐBSH) có giá trị tương đối ổn định và cao hơn so với những vùng khác. Tuy nhiên, phân tích sự thay đổi theo không gian-thời gian của chỉ số hạn hán SMAPI sử dụng thông số độ ẩm của đất cho thấy nhiều khu vực ở vùng Đông Bắc bị hạn hán nghiêm trọng hơn so với những khu vực ở vùng Tây Bắc và vùng ĐBSH, đặc biệt vào mùa khô và các tháng chuyển mùa. Trong khi đó, vùng Tây Bắc chủ yếu có tình trạng khô hạn nhẹ và ẩm ướt nhẹ.

*Từ khoá:* mô hình VIC; độ ẩm đất; chỉ số hạn SMAPI; hạn nông nghiệp; lưu vực sông Hồng.

## INVESTIGATING THE SPATIO-TEMPORAL VARIATION OF DROUGHT SITUATION OVER THE RED RIVER BASIN USING THE VIC-BASED SOIL MOISTURE APPROACH

### Abstract

This study investigated the drought situation in the Red river basin (RRB) using VIC (Variable Infiltration Capacity) hydrological model. The influence of meteorological parameters, topographical characteristics, soil type, and land cover and vegetation cover type on the distribution of soil moisture over the space was also investigated in the RRB. The soil moisture content in the Red River Delta (RRD) is relatively stable and higher than in other regions throughout the year. However, the spatial-temporal variation of the SMAPI drought index using the soil moisture parameter expressed that more areas in the Northeast suffered from severe drought than those in the Northwest and the RRD, especially in the dry season. On the other hand, the Northwest showed mainly dry and mildly wet conditions.

*Keywords:* VIC model; soil moisture; drought index SMAPI; agriculture drought remote sensing precipitation; Red river basin.

[https://doi.org/10.31814/stce.huce\(nuce\)2021-15\(4V\)-11](https://doi.org/10.31814/stce.huce(nuce)2021-15(4V)-11) © 2021 Trường Đại học Xây dựng Hà Nội (ĐHXDHN)

## 1. Giới thiệu

Ở Việt Nam, hạn hán là một trong những hiện tượng cần được quan tâm, theo dõi trong bối cảnh tác động của biến đổi khí hậu ngày càng gia tăng. Hạn hán đã và đang gây ra những tác động không

\*Tác giả đại diện. Địa chỉ e-mail: [hieubt@nuce.edu.vn](mailto:hieubt@nuce.edu.vn) (Hiếu, B. T.)

nhỏ đến nguồn nước, hoạt động của các nhà máy thủy điện – một trong những nguồn cung cấp năng lượng chính của nước ta hiện nay. Việc giám sát, đánh giá và dự báo hạn hán là những hoạt động cấp bách, quan trọng và cần thiết phải thực hiện một cách liên tục, chính xác, góp phần xây dựng hệ thống cơ sở dữ liệu phục vụ công tác quản lý tài nguyên nước, tưới tiêu và sản xuất nông nghiệp. Với đặc thù là một vùng đồng bằng rộng lớn, khu vực đồng bằng sông Hồng có nhu cầu sử dụng nước rất lớn. Dựa trên số liệu thống kê của các tỉnh, thành vùng đồng bằng sông Hồng năm 2010, nhu cầu sử dụng nước cho toàn vùng được tính toán là 12,1 tỷ m<sup>3</sup>, trong đó, lượng nước lớn nhất cung cấp cho ngành nông nghiệp (chiếm tới 71,8% tổng nhu cầu sử dụng), nhu cầu cấp nước cho các ngành khác như cấp nước đô thị (5,7%), công nghiệp (5,1%) và các ngành dịch vụ, du lịch, giao thông (khoảng 9%) [1]. Từ năm 2003 trở lại đây, hiện tượng hạn hán đã liên tục xảy ra trên diện rộng ở đồng bằng sông Hồng làm cho nguồn nước bị suy thoái nghiêm trọng, trong khi nhu cầu sử dụng nước cho sinh hoạt, nông nghiệp và công nghiệp vẫn không ngừng tăng lên [2]. Trong bối cảnh tác động của biến đổi khí hậu và tình trạng hạn hán tới các hoạt động kinh tế, xã hội có xu hướng gia tăng và ngày càng trở nên trầm trọng, công tác nghiên cứu, đánh giá và dự báo nhằm đưa ra các cảnh báo sớm và các biện pháp phòng chống hạn hán là việc làm cấp thiết, đem lại lợi ích trực tiếp đến đời sống xã hội. Việc ứng dụng các công cụ tiên tiến như mô hình hoá, vệ tinh viễn thám, hệ thống thông tin địa lý (Geographic Information System – GIS) có thể đem lại nhiều lợi ích và khắc phục những hạn chế về phạm vi không gian và thời gian của các biện pháp quan trắc truyền thống trong công tác đánh giá và dự báo hạn hán nói riêng và quản lý tài nguyên nước nói chung [3–8].

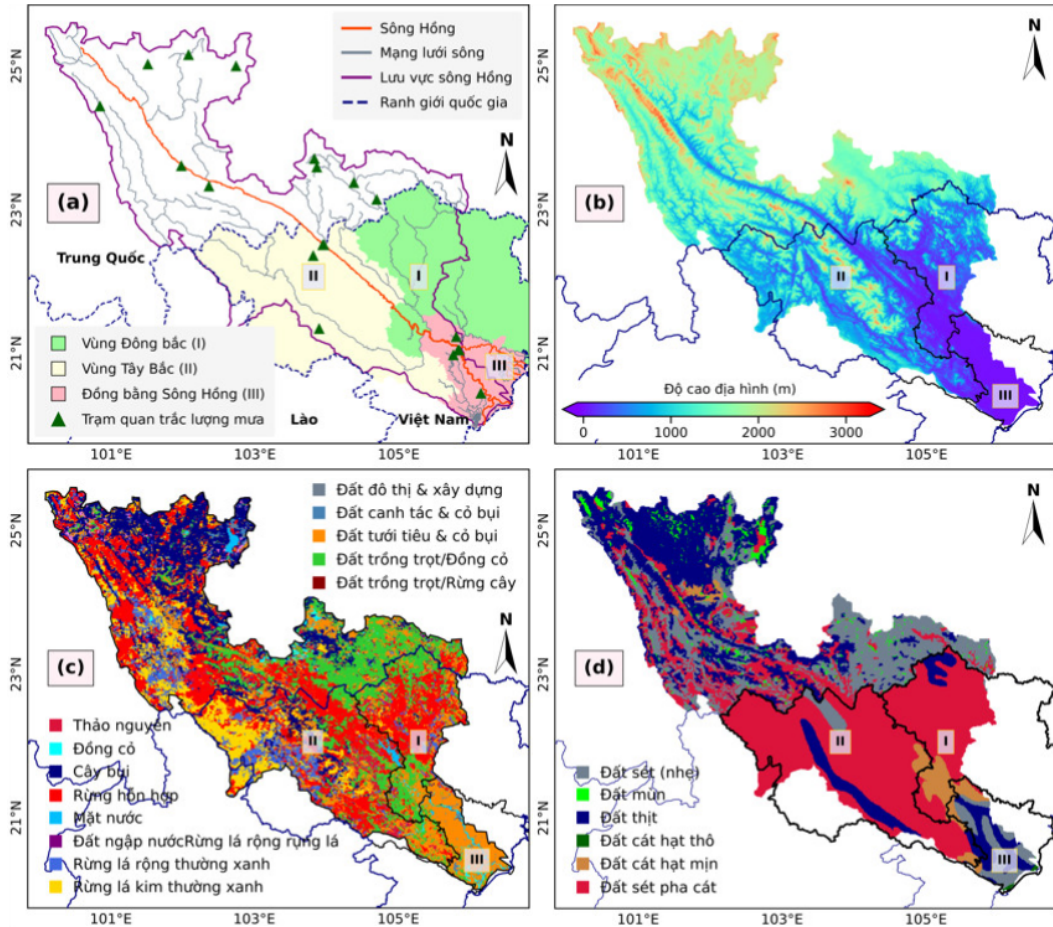
Mặc dù có rất nhiều nghiên cứu trên thế giới [9–11] đã sử dụng các chỉ số hạn hán liên quan đến độ ẩm đất, nhưng nghiên cứu về lĩnh vực này trên các lưu vực sông của Việt Nam còn rất hạn chế. Một trong những rào cản về nghiên cứu các chỉ số hạn hán liên quan đến độ ẩm đất trên lưu vực sông ở Việt Nam là chưa có mạng lưới quan trắc thông số độ ẩm đất [12]. Gần đây, có một số nghiên cứu ứng dụng ảnh vệ tinh viễn thám và công cụ mô hình hóa để đánh giá hạn hán tại một số lưu vực sông tại Việt Nam [5, 6, 13, 14]. Trong đó, Lan và cs. (2014) sử dụng chỉ số khô hạn nhiệt độ TDVI từ ảnh MODIS để đánh giá hạn hán ở ĐBSH trong giai đoạn từ năm 2000 đến năm 2012. Tuy nhiên, ảnh vệ tinh MODIS chỉ được thu thập trong một khoảng thời gian nhất định trong tháng 2 hàng năm nên kết quả nghiên cứu chưa phân tích được diễn biến hạn hán nông nghiệp theo thời gian trên ĐBSH. Vì vậy, nghiên cứu này đánh giá sự phân bố và diễn biến của thông số độ ẩm đất và chỉ số hạn hán nông nghiệp SMAPI trên lưu vực sông Hồng sử dụng Mô hình biến đổi lượng nước thấm (Variable Infiltration Capacity – VIC). Nghiên cứu này sử dụng chỉ số hạn hán nông nghiệp SMAPI vì chỉ số này đã được sử dụng phổ biến để đánh giá hạn hán ở các lưu vực sông trên thế giới [15–17]. Thêm vào đó, nghiên cứu này còn đánh giá ảnh hưởng của các thông số khí tượng bao gồm mưa, nhiệt độ và thông tin về lớp phủ đất và kiểu thảm thực vật, địa hình, và thổ nhưỡng tới sự phân bố độ ẩm đất trong không gian cũng như diễn biến độ ẩm đất theo thời gian ở những vùng khác nhau của lưu vực sông Hồng.

## 2. Khu vực và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Khu vực nghiên cứu

Tổng diện tích của toàn bộ lưu vực sông Hồng (LVSH) khoảng 169.000 km<sup>2</sup>, trong đó 50,3% của lưu vực sông Hồng nằm ở Việt Nam, 48,8% ở Trung Quốc và 0,9% ở Lào. Lưu vực sông Hồng nằm trên lãnh thổ phía Bắc Việt Nam, có tọa độ địa lý trong khoảng từ 20°00' đến 21°80' vĩ độ Bắc và từ 105°30' đến 107°00' kinh độ Đông. Địa hình lưu vực sông Hồng dốc từ tây bắc xuống đông nam. Địa hình núi non ở phía đông và bắc chiếm diện tích ưu thế phần thượng lưu và có xu hướng giảm theo

hướng tây bắc - đông nam với độ cao trung bình 1.090 m (Hình 1). Khu vực miền núi ở biên giới giữa Việt Nam và Lào có nhiều núi cao trên 1.800 m như Pu Si Lung, Pu Đen Đinh, Pu San Sao. Trong LVSH, dãy núi Hoàng Liên Sơn ngăn chia lưu vực sông Đà và sông Thao, hai nhánh chính của thượng lưu sông Hồng. Độ cao trung bình của lưu vực sông theo dãy thứ tự: Sông Lô, sông Đà, sông Thao.



Hình 1. Bản đồ a) Lưu vực sông Hồng với khu vực I: vùng Đông Bắc, II: vùng Tây Bắc; b) Địa hình lưu vực sông Hồng, III: vùng ĐBSH; c) Lớp phủ đất và kiểu thảm thực vật; d) Thổ nhưỡng

Khí LVSH khá đồng nhất trong bốn tiểu lưu vực và mang đặc tính cận nhiệt đới. Mùa mưa kéo dài từ tháng 5 tới tháng 9, chiếm 85 đến 90% tổng lượng mưa hàng năm, và mùa khô từ tháng 11 - tháng 3 chỉ chiếm 10-15% [18]. Tháng 4 và tháng 11 là hai tháng chuyển mùa. Hướng gió ở lưu vực nói chung phụ thuộc vào hướng của các thung lũng. Hướng gió có thể thay đổi chủ yếu theo hướng tây hoặc tây bắc trong mùa hè trong lưu vực sông Đà đến hướng nam hoặc đông nam tại lưu vực sông Lô. Sự phân bố lượng mưa ở lưu vực phụ thuộc rất nhiều vào địa hình. Độ ẩm tương đối trung bình trong lưu vực là cao và giá trị từ 80% - 90% là phổ biến. Nhiệt độ không khí bình quân nhiều năm là 23,3 °C [18]. Nhiệt độ cao nhất vào tháng VII với bình quân tháng là 28,8 °C. Nhiệt độ thấp nhất là vào các tháng XII, I bình quân vào khoảng 15,9 đến 18,2 °C [18]. Trong nghiên cứu này, LVSH được chia làm ba vùng để phân tích về phân bố độ ẩm đất và chỉ số hạn hán bao gồm: 1) Vùng đồng bằng bao gồm những tỉnh thành có mật độ dân cư cao như Hà Nội, Bắc Ninh, Hải Phòng, Hưng Yên; 2) Vùng núi và trung du Đông Bắc; 3) Vùng núi và trung du Tây Bắc. Bản đồ lớp phủ đất và kiểu thảm

phủ thực vật, địa hình, thổ nhưỡng ở ba vùng này được thể hiện ở Hình 1.

## 2.2. Mô hình thủy văn VIC

Nghiên cứu này áp dụng mô hình thủy văn VIC để mô phỏng độ ẩm đất trên lưu vực sông Hồng với độ phân giải  $0,1^\circ \times 0,1^\circ$  trong giai đoạn từ năm 2005 đến năm 2014. Mô hình VIC là một mô hình thủy văn vĩ mô được sử dụng để giải quyết vấn đề cân bằng năng lượng và nước. Mô hình VIC mô phỏng các dòng năng lượng địa quyển-khí quyển, cân bằng nước và năng lượng trên mặt đất cho từng ô lưới một cách độc lập [19]. Trên cơ sở đó, mô hình định tuyến các dòng chảy bề mặt và dòng chảy cơ sở để ước tính các dòng chảy từ hệ thống dữ liệu ô lưới.

Trong nghiên cứu này, mô hình thủy văn VIC được thiết lập sử dụng các nhóm dữ liệu cơ bản: 1) Dữ liệu khí tượng; 2) Dữ liệu địa hình; 3) Dữ liệu về sự biến đổi của thảm phủ thực vật bề mặt và sử dụng đất; 4) Dữ liệu về thông số đất. Công cụ hệ thống thông tin địa lý GIS, ngôn ngữ lập trình Python cũng được sử dụng để xây dựng bộ số liệu đầu vào bao gồm thông số địa hình, thông số khí tượng, bản đồ lớp phủ đất và kiểu thảm thực vật, bản đồ thổ nhưỡng.

Nghiên cứu này sử dụng mô hình số độ cao (Digital Elevation Model – DEM) với độ phân giải 90 m để thiết lập khu vực mô phỏng LVSH được thu thập từ dữ liệu của NASA Shuttle Radar Topographic Mission – SRTM (<https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>). Dựa trên mô hình DEM, cao độ của LVSH Hồng được thiết lập (Hình 1).

Bộ số liệu khí tượng là đầu vào của mô hình VIC bao gồm các thông số như nhiệt độ cao nhất ( $^\circ\text{C}$ ), nhiệt độ thấp nhất ( $^\circ\text{C}$ ), lượng mưa (mm/ngày), và tốc độ gió (m/s) được thu thập từ 19 trạm quan trắc khí tượng của NCDC trong giai đoạn từ năm 2005 đến năm 2014 trên LVSH (Hình 1(a)). Trung tâm dữ liệu khí hậu Hoa Kỳ (NCDC) là một trung tâm dữ liệu lớn của thế giới thu thập các dữ liệu về khí tượng nói riêng cũng như các thông số khác về môi trường nói chung được cung cấp từ rất nhiều nguồn khác nhau như vệ tinh quan trắc trái đất, trạm radar, trạm thời tiết tự động tại các sân bay, tàu bay, tàu biển, thiết bị đo gió Wind Profilers (bao gồm cả Radar Wind Profilers và Sodar Wind Profilers), thiết bị quan trắc khí quyển Rocketsonde, mạng lưới bức xạ năng lượng mặt trời (Solar Radiation Network – SolRad-Net).

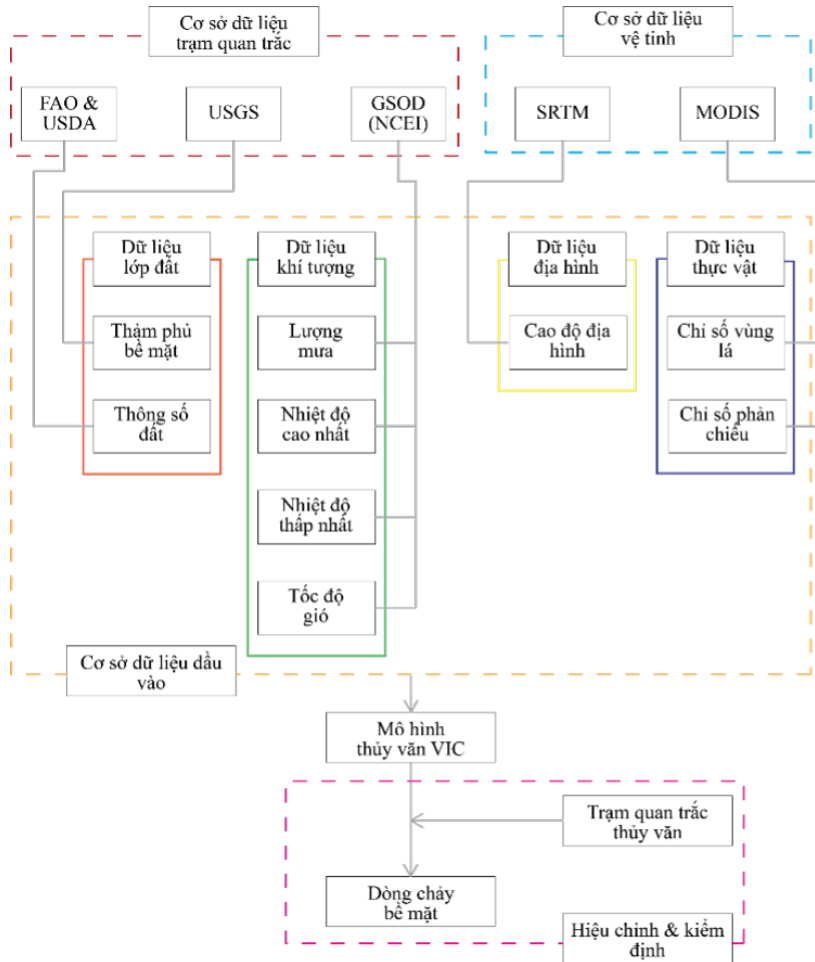
Các thông số của thảm phủ thực vật là một trong những thông số đầu vào của mô hình thể hiện sự đặc trưng cho tính chất của từng ô lưới trong mô hình thủy văn VIC bao gồm vị trí ô lưới, loại thực vật đặc trưng của ô lưới được xác định trong thư viện thảm phủ thực vật như loại thực vật, độ sâu của gốc (rễ) và hệ số kèm theo và đặc biệt là thông số LAI được cung cấp bởi cơ quan khảo sát địa chất Hoa Kỳ [20].

Ngoài ra, thông số lớp đất là một trong những thành phần quan trọng chứa nhiều thông số phức tạp nhất trong quá trình thu thập, xử lý và thiết lập dữ liệu cho mô hình thủy văn VIC vì nó ảnh hưởng rất nhiều đến kết quả mô phỏng. Trong khuôn khổ nghiên cứu này, mô hình thủy văn VIC – 2L [21] với thiết lập giả định gồm 02 lớp đất (lớp đất trên cùng – TOP SOIL và lớp đất thứ 2 – SUB SOIL) cho mỗi ô lưới. Kết cấu của đất (soil texture) được thu thập và cung cấp bởi Bộ Nông nghiệp Hoa Kỳ - USDA [22].

Mô hình VIC được hiệu chỉnh sử dụng số liệu từ năm 2005 đến năm 2009, và kiểm định sử dụng số liệu từ năm 2010 đến năm 2014. Để tiến hành quá trình hiệu chỉnh mô hình thủy văn, nhóm tác giả thay đổi 04 thông số của đất bao gồm thông số Ds (tốc độ gia tăng dòng chảy dựa trên dòng chảy cơ bản), thông số Dsmax (giá trị tối hạn tối đa của dòng chảy dựa trên độ dẫn thủy lực), thông số Ws (giá trị tối đa của hàm lượng ẩm có trong đất), thông số binf (đường cong thấm thể hiện mối liên hệ khối lượng nước có thể thấm với diện tích đã bị bão hòa). Dựa trên những khuyến nghị của nhà phát triển mô hình thủy văn VIC cũng như các nghiên cứu đã áp dụng thành công trước đây, thông số Ds nằm

trong khoảng từ 0 ~ 1, thông Dsmax nằm trong khoảng từ 0 ~ 30, thông số Ws nằm trong khoảng từ 0 ~ 1 và thông số binf nằm trong khoảng từ 0 ~ 0,4.

Các bản đồ thể hiện sự phân bố và diễn biến của thông số độ ẩm đất và chỉ số hạn trên vùng đồng bằng sông Hồng theo không gian và thời gian trong giai đoạn 2005 – 2014 được thiết lập sử dụng công cụ hệ thống thông tin địa lý GIS. Phương pháp luận để thiết lập mô hình VIC trong mô phỏng độ ẩm đất để đánh giá hiện trạng hạn hán nông nghiệp sử dụng chỉ số SMAPI được mô tả trong Hình 2.



Hình 2. Phương pháp luận để thiết lập mô hình VIC

### 2.3. Chỉ số hạn hán SMAPI

Chỉ số hạn hán SMAPI mô tả đặc điểm của hạn hán nông nghiệp ở quy mô khu vực [15] và được tính toán như sau:

$$SMAPI = \frac{(SM - SM^*)}{SM}$$

trong đó, SM và SM\* lần lượt biểu thị giá trị độ ẩm đất theo ngày và giá trị độ ẩm đất trung bình trong suốt giai đoạn nghiên cứu. Thông số độ ẩm đất, lượng bay thoát hơi nước được mô phỏng sử dụng mô hình VIC. Giá trị SMAPI thể hiện mức độ hạn hán của khu vực nghiên cứu. Phân loại giá trị SMAPI dựa trên các nghiên cứu của Wen và cs. [23]. Giá trị SMAPI nằm trong khoảng  $\leq -0,05$ ; từ  $-0,05$

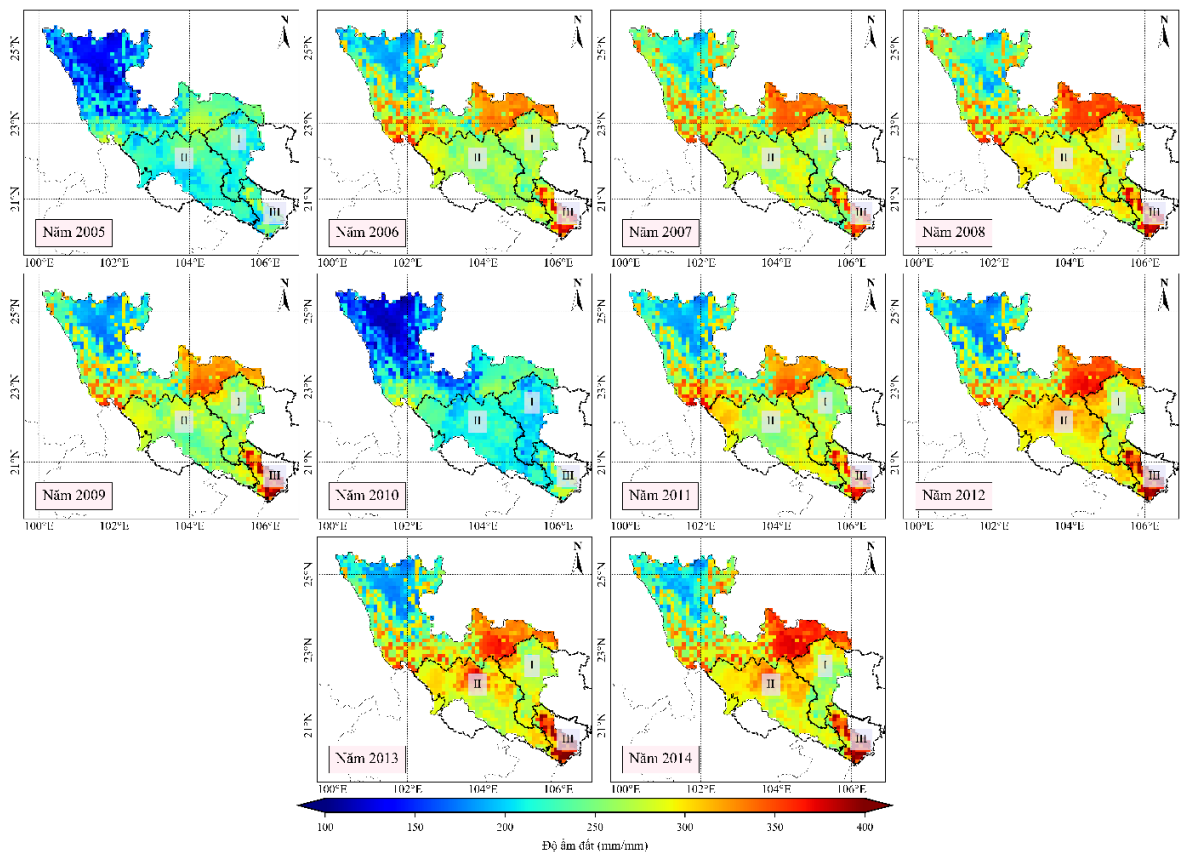
đến  $-0,03$ ; từ  $-0,03$  đến  $-0,15$ ; từ  $-0,15$  đến  $-0,05$  thể hiện các mức độ hạn hán lần lượt ở cấp độ hạn hán cực độ, hạn hán nghiêm trọng, hạn vừa, hạn nhẹ. Giá trị SMAPI trong khoảng từ  $-0,05$  đến  $0,05$  biểu thị điều kiện bình thường. Giá trị SMAPI nằm trong khoảng từ  $0,05$  đến  $0,15$ ; từ  $0,15$  đến  $0,3$ ; từ  $0,3$  đến  $0,5$  và  $\geq 0,5$  lần lượt biểu thị mức độ hơi ướt, ẩm ướt, rất ướt và cực kỳ ẩm ướt. Chỉ số hạn hán SMAPI trong nghiên cứu này được tính toán sử dụng số liệu mô phỏng độ ẩm đất của mô hình VIC.

### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1. Sự phân bố thông số độ ẩm đất trên lưu vực sông Hồng và ảnh hưởng của các yếu tố địa hình, lớp phủ đất và kiểu thảm phủ thực vật, và thổ nhưỡng

Chỉ số hạn hán tính toán từ dữ liệu độ ẩm đất mô phỏng sử dụng mô hình VIC đã được sử dụng rộng rãi để giám sát hạn hán ở các lưu vực sông trên thế giới và Việt nam [13, 16, 17]. Trong nghiên cứu ứng dụng mô hình thủy văn VIC [16, 24], cấu trúc lớp đất của vùng ĐBSH được mô phỏng thành 2 lớp, độ dày mỗi lớp lần lượt là 30 cm và 70 cm. Dựa trên kết quả phân tích dữ liệu, độ ẩm của hai lớp đất này, tính theo trung bình năm là hoàn toàn trùng khớp do cấu trúc hai lớp đất được giả thiết giống nhau nên khả năng lưu giữ và vận chuyển nước có sự tương đồng. Vì vậy, thông số độ ẩm đất được tính bằng trung bình độ ẩm của hai lớp đất. Độ ẩm đất trung bình năm trên LVSH từ năm 2005 đến năm 2014 được tính toán dựa vào kết quả mô phỏng của mô hình và được biểu thị trên Hình 2. Nhìn chung, độ ẩm đất trên LVSH thuộc lãnh thổ Việt Nam biểu thị sự phân bố không gian rõ ràng với giá trị lớn hơn vùng ĐBSH và giá trị nhỏ hơn vùng núi và trung du phía Tây Bắc và Đông Bắc. Sự phân bố không gian của độ ẩm đất, đặc biệt là lớp đất gần bề mặt phụ thuộc đáng kể vào đặc điểm địa hình như độ cao tương đối, độ dốc, độ cong, và khía cạnh ở các quy mô khác nhau [25–27]. Địa hình LVSH có độ dốc giảm dần từ phía tây bắc xuống phía đông nam với địa hình chuyển dần từ đồi núi sang trung du và đồng bằng (Hình 1). Địa hình miền núi có thể tạo điều kiện thuận lợi cho dòng chảy bề mặt và giảm lượng nước thấm trong đất, dẫn đến độ ẩm của đất thấp ở vùng Tây Bắc, Đông Bắc LVSH thấp hơn ở vùng ĐBSH. Ngoài ra, đặc điểm của lớp phủ đất và kiểu thảm thực vật bao gồm loại thực vật, mật độ và độ đồng đều cũng ảnh hưởng tới sự phân bố độ ẩm đất trong không gian [25, 28]. Rừng hỗn giao, đất trồng trọt, khảm cỏ lần lượt là những lớp phủ đất và kiểu thảm thực vật chiếm ưu thế ở vùng Đông Bắc LVSH tiếp giáp với Trung Quốc và tiếp giáp với ĐBSH (Hình 1). Đất trồng trọt và khảm cỏ thúc đẩy quá trình bay hơi và có khả năng yếu trong việc làm giảm tốc độ dòng chảy trong đất [9, 29]. Thêm vào đó, địa hình đồi núi và trung du tại các khu vực này làm tăng dòng chảy bề mặt, giảm sự thấm thấu của nước trong các lớp đất dẫn tới điều kiện độ ẩm thấp ở trong đất (Hình 3). Ngoài ra, những khu vực khác của vùng Đông Bắc LVSH được che phủ hầu hết bởi rừng hỗn giao, loại thảm thực vật có khả năng làm chậm dòng chảy, tăng độ thấm trong đất, dẫn tới độ ẩm đất cũng tăng theo [9, 30–33]. Khu vực tây bắc và tây nam của vùng Tây Bắc LVSH có thảm thực vật chủ yếu là rừng lá rộng thường xanh và rừng lá rộng rụng lá. Các khu vực này có độ ẩm đất cao và ổn định hơn so với các khu vực khác do đất được che phủ bởi những tán cây rậm rạp quanh năm của rừng thường xanh làm giảm tốc độ bay hơi của nước trong đất. Khu vực phía đông và phía nam của vùng Tây Bắc LVSH được bao phủ chủ yếu bởi rừng hỗn giao có khả năng làm giảm lượng bay hơi và duy trì độ ẩm đất ổn định. Đất trồng trọt và đồng cỏ là các loại thảm phủ đất phổ biến của vùng ĐBSH. Khả năng điều tiết nước của đất nông nghiệp và đồng cỏ thấp hơn rất nhiều so với thảm phủ rừng. Tuy nhiên địa hình ở vùng ĐBSH bằng phẳng tạo điều kiện tăng cường lượng nước mưa thấm qua các lớp đất, hạn chế sự hình thành dòng chảy mặt, dẫn tới độ ẩm đất tăng cao ở vùng này. Sự không đồng nhất của kết cấu đất, độ xốp, cấu trúc, và hàm lượng chất hữu cơ [25–27] trong không gian có thể ảnh

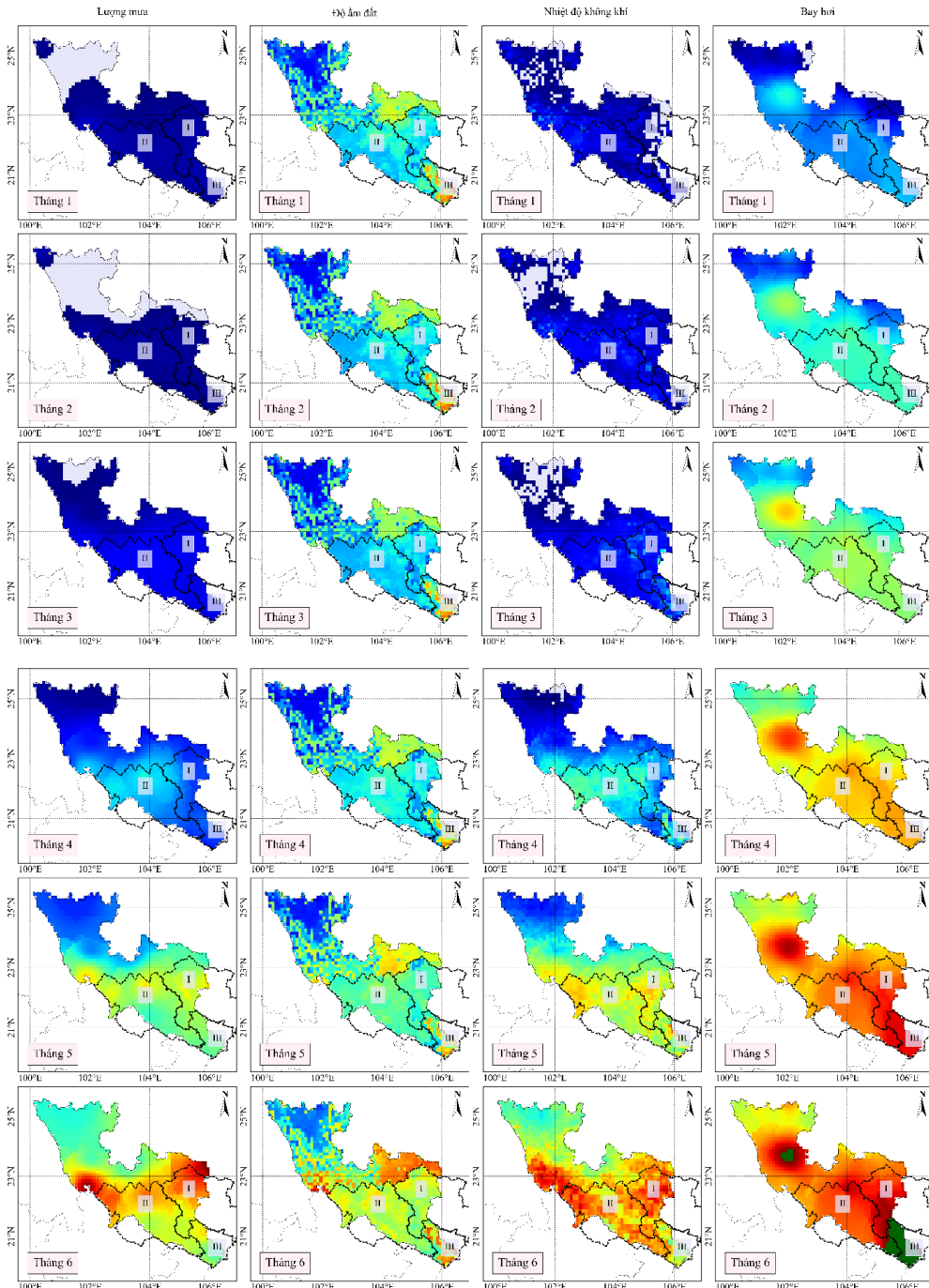
hưởng đến sự phân bố độ ẩm của đất thông qua chi phối việc truyền và giữ nước trong đất [34]. Do sự biến đổi của kích thước hạt đất hoặc kích thước lỗ rỗng có thể dẫn tới sự thay đổi đáng kể của độ ẩm đất, và sau đó ảnh hưởng đến sự di chuyển dòng chảy trong đất [28]. Hình 1 cho thấy đất sét pha cát, đất thịt, đất cát hạt mịn lẫn lộn là ba loại đất chiếm ưu thế ở vùng Tây Bắc và Đông Bắc LVSH. Trong khi đó, vùng ĐBSH có các loại đất sét (nhẹ), đất thịt và đất cát hạt mịn. Nghiên cứu trước đây đã chỉ ra rằng những loại đất có thành phần đất sét cao hơn sẽ có lỗ hổng giữa các hạt lớn hơn cùng với diện tích bề mặt lớn hơn những loại đất có kích thước hạt thô (cát) kéo theo khả năng giữ nước tốt hơn [35]. Do đó, ngoài yếu tố địa hình bằng phẳng, thành phần đất giàu đất sét với khả năng giữ nước cao cũng là một yếu tố góp phần làm độ ẩm trong đất tại vùng ĐBSH cao hơn so với các vùng khác. Thêm vào đó, độ ẩm đất trung bình năm 2005 và 2010 trên toàn bộ LVSH thấp hơn rất nhiều so với các năm khác. Những nghiên cứu trước đây cũng chỉ ra hiện tượng hạn hán diễn ra nghiêm trọng trên LVSH. Lưu lượng dòng chảy trên sông Hồng năm 2005 thiếu hụt so với trung bình nhiều năm từ 30% đến 40% vào những tháng đầu mùa khô [36]. Nghiên cứu của tác giả Lan và cs. chỉ ra hạn hán trên LVSH xảy ra khốc liệt nhất vào năm 2010 với mực nước sông Hồng tại Hà Nội xuống đến 0,1 m (thấp nhất trong các mực nước đo đạc trong vòng 100 năm) [2]. Ngoài ra, độ ẩm đất vùng Tây Bắc và Đông Bắc vào những năm 2008, 2012, 2013, 2014 cao hơn so với những năm còn lại. Lượng mưa lớn hơn kết hợp với nhiệt độ trung bình thấp hơn của các năm này so với các năm còn lại dẫn tới lượng nước bay hơi giảm xuống kéo theo một phần nào đó làm tăng độ ẩm đất. Mối quan hệ giữa các thông số khí tượng bao gồm lượng mưa, nhiệt độ và bay hơi sẽ được phân tích cụ thể hơn trong mục 3.2.



Hình 3. Bản đồ độ ẩm đất trung bình năm theo không gian từ năm 2005 đến năm 2014

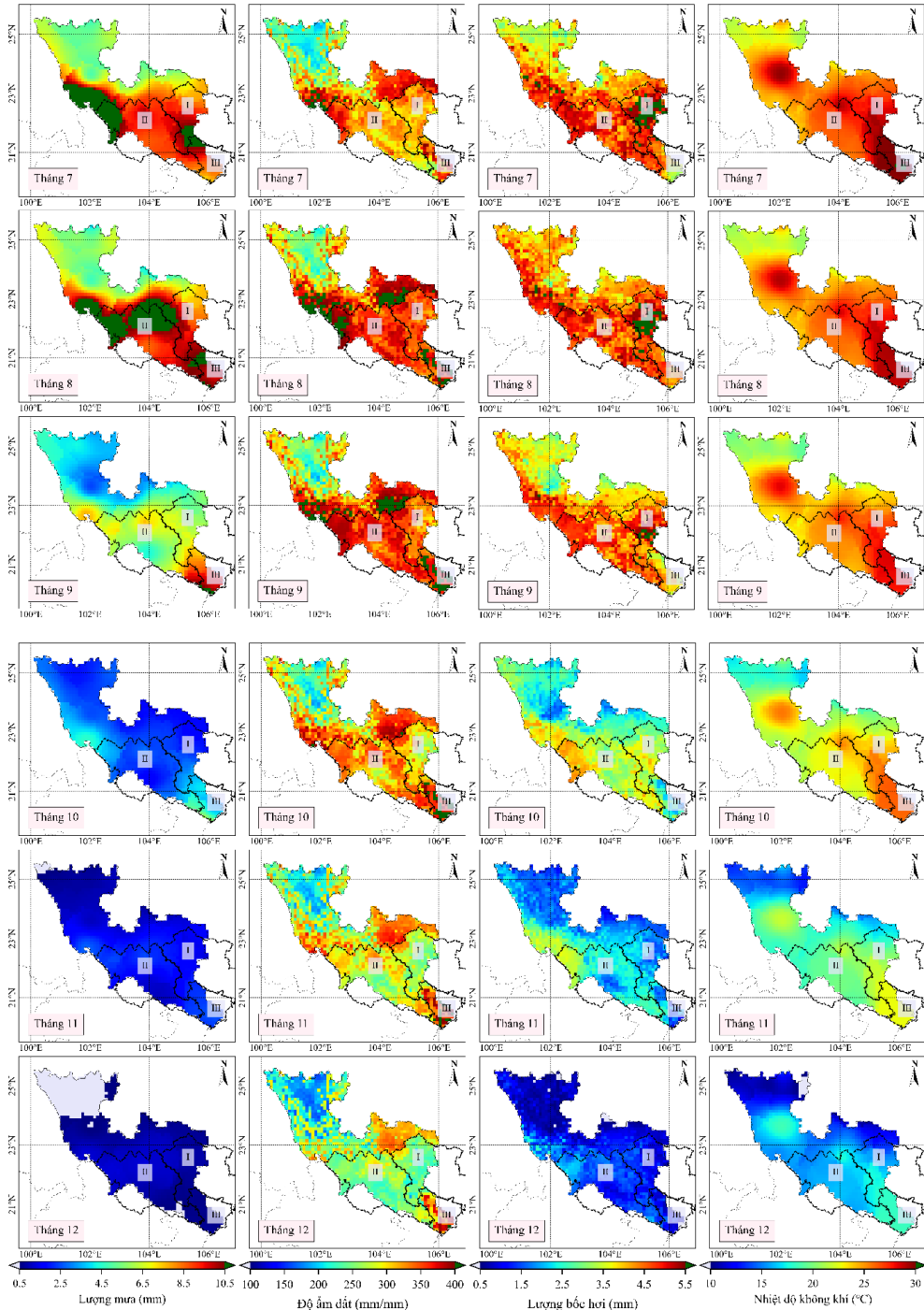
### 3.2. Diễn biến thông số độ ẩm đất trên lưu vực sông Hồng và ảnh hưởng của các yếu tố khí tượng

Thông số độ ẩm đất trung bình các tháng được biểu diễn trên Hình 4 và 5 kèm theo các thông số khí tượng bao gồm mưa, nhiệt độ và bay hơi, thể hiện sự biến đổi rõ ràng của thông số độ ẩm đất xuyên suốt các tháng trong năm. Nhìn chung, độ ẩm đất vào các tháng mùa mưa (từ tháng 5 đến tháng



Hình 4. Bản đồ mưa, độ ẩm đất, bay hơi, và nhiệt độ trung bình tháng trên LVSH từ năm 2005 đến năm 2014

9) cao hơn so với các tháng mùa khô (từ tháng 11 đến tháng 3). Kết quả này có thể giải thích thông qua ảnh hưởng trực tiếp từ lượng mưa dồi dào vào các tháng mùa mưa làm độ ẩm trong đất tăng nhanh. Nhìn chung, các tháng mùa khô có khí hậu lạnh và lượng mưa ít. Các tháng mưa nhiều là các tháng



Hình 5. Bản đồ mưa, độ ẩm đất, bay hơi, và nhiệt độ trung bình tháng trên LVSH từ năm 2005 đến năm 2014 (tiếp)

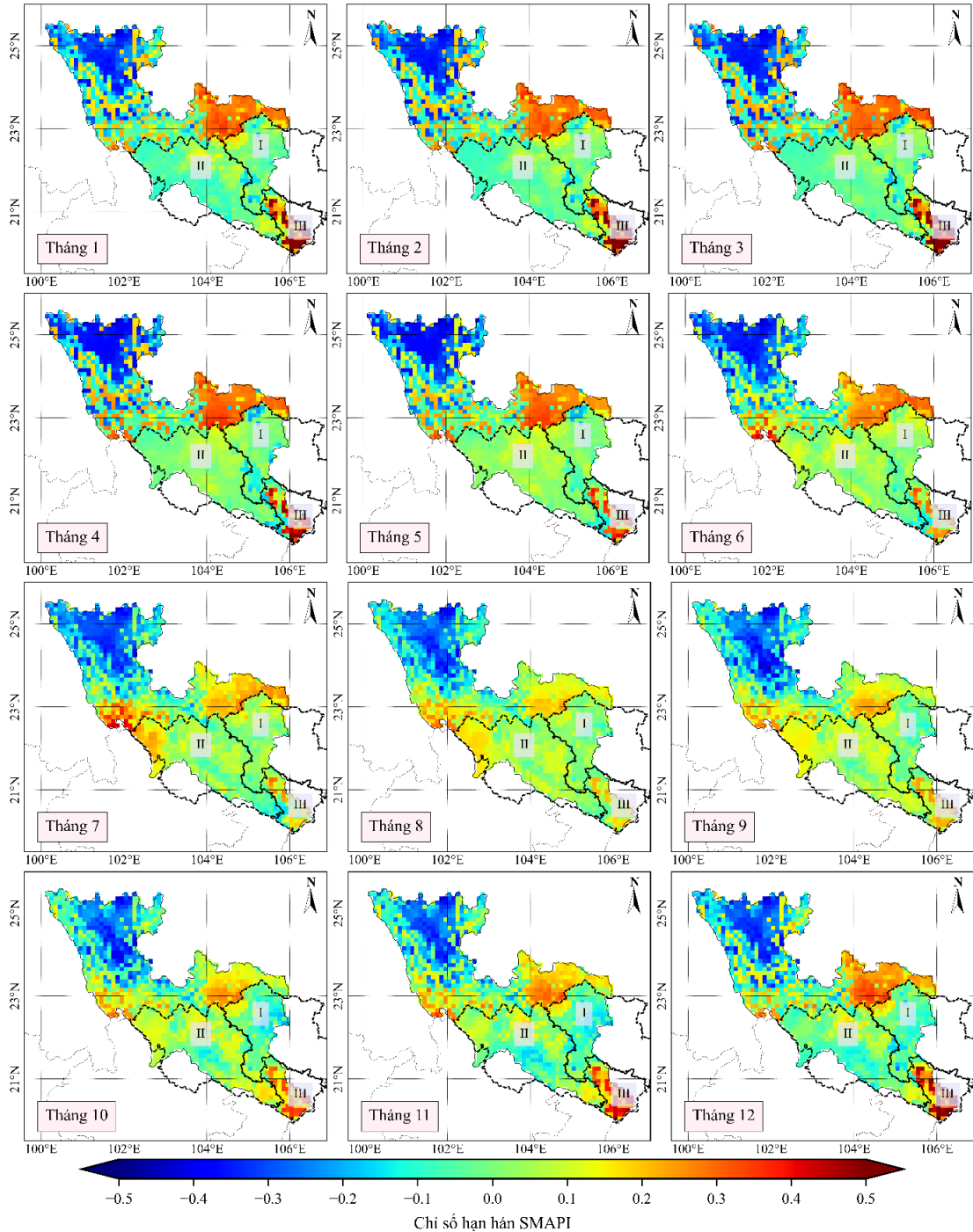
5, 6, 7, 8, 9 rơi vào mùa hè có lượng mưa lớn kèm theo nhiệt độ cao. Tuy lượng mưa dồi dào là nguồn bổ sung độ ẩm cho đất, nhiệt độ cao cũng kéo theo lượng bay hơi cao dẫn đến làm giảm độ ẩm trong đất. Dọc theo dòng chảy của sông Hồng, nhiệt độ có xu hướng tăng dần. Trong giai đoạn nghiên cứu, khu vực đồng bằng sông Hồng nằm ở hạ lưu của LVSH luôn là khu vực có nhiệt độ trung bình năm cao nhất (xét trong lãnh thổ Việt Nam). Điều này chủ yếu do chênh lệch cao độ khi vùng đồng bằng ở hạ lưu luôn có nhiệt độ cao hơn các khu vực đồi núi và trung du ở thượng lưu. Thêm vào đó, các khu vực miền núi và trung du, phần lớn diện tích đất là rừng cây, thảm thực vật đa dạng dẫn đến khí hậu ổn định nên nhiệt độ có xu hướng thấp hơn so với vùng ĐBSH. Các khu vực đồng bằng chủ yếu là đô thị, diện tích bao phủ của thực vật thấp, đồng thời bị các yếu tố tác động từ các hoạt động sản xuất công nghiệp và đô thị hóa làm giảm diện tích cây xanh và làm tăng các bề mặt vật liệu có hiệu quả giữ nhiệt cao và không được che phủ bởi các tán cây xanh. Do đó, bức xạ từ mặt trời dẫn đến hiện tượng đảo nhiệt đô thị diễn ra ở các khu vực này. Vì vậy, mức nhiệt ở các khu vực đồng bằng duy trì sự chênh lệch rõ rệt so với các khu vực miền núi và trung du phía Tây Bắc của đồng bằng sông Hồng. Tuy nhiệt độ ở vùng ĐBSH cao hơn rõ rệt so với các vùng Đông Bắc và Tây Bắc trong khi lượng mưa không chênh lệch quá nhiều giữa các vùng, độ ẩm đất vùng ĐBSH vẫn duy trì ổn định và ở mức cao hơn. Ngoài các yếu tố về lượng mưa, nhiệt độ, lượng bay hơi, độ ẩm đất còn phụ thuộc vào các yếu tố khác như địa hình, lớp che phủ đất và thảm thực vật, thổ nhưỡng. Ảnh hưởng của các yếu tố này được phân tích cụ thể trong mục 3.1.

Trong hai tháng giao mùa, tháng 4 có độ ẩm đất thấp hơn so với tháng 11. Tuy lượng mưa trung bình tháng 4 cao hơn một chút so với tháng 11, nhiệt độ trong tháng này lớn hơn nhiều so với tháng 11 hơn kéo theo lượng bay hơi cũng tăng theo. Ngoài ra, độ ẩm đất duy trì ở mức thấp trong các tháng mùa khô trước tháng tư và độ ẩm đất duy trì ở mức cao trong các tháng mùa mưa trước tháng 11 cũng góp phần đáng kể làm độ ẩm đất tháng 4 thấp hơn tháng 11.

### 3.3. Phân bố không gian và diễn biến chỉ số hạn hán nông nghiệp SMAPI

Hình 6 mô tả phân bố không gian và diễn biến chỉ số hạn hán nông nghiệp SMAPI trên lưu vực sông Hồng trong giai đoạn 2005–2014. Bản đồ chỉ số hạn hán nông nghiệp SMAPI phản ánh được sự biến thiên theo không gian và thời gian của các điều kiện hạn hán ở các vùng khác nhau của LVSH. SMAPI là chỉ số phần trăm bất thường về độ ẩm đất, có khả năng đo lường mức độ nghiêm trọng của hạn hán trong nông nghiệp. Do vùng ĐBSH có độ ẩm đất duy trì tương đối ổn định và cao quanh năm nên vùng này luôn có điều kiện ẩm ướt. Nhìn chung, phần lớn vùng ĐBSH luôn có điều kiện ẩm ướt vừa phải đến rất ẩm ướt trong cả năm. Nghiên cứu của tác giả Lan và cs. (2014) sử dụng chỉ số khô hạn nhiệt độ TDVI từ ảnh MODIS để đánh giá hạn hán ở ĐBSH. Ảnh vệ tinh MODIS được thu thập trong khoảng thời gian từ 1-10 tháng 2 hàng năm (vào thời điểm đông xuân). Kết quả chỉ số TDVI thu được từ nghiên cứu này cho thấy điều kiện bình thường ở ĐBSH. Tuy nhiên, một số khu vực ở vùng Đông Bắc trải qua hiện tượng hạn hán với cường độ hạn hán khác nhau (nhẹ và nghiêm trọng) tương ứng với điều kiện trong các tháng chuyển tiếp và trong mùa khô. Vùng Đông Bắc trải qua những đợt hạn hán nghiêm trọng hơn với diện tích chịu hạn hán lớn hơn với những vùng khác, đặc biệt là vào mùa khô và các tháng chuyển tiếp. Tuy đồng bằng Sông Hồng không xảy ra hiện tượng hạn vừa vào các tháng mùa khô, Diện tích hạn vừa ở vùng Đông Bắc, Tây Bắc trong các tháng này lần lượt là 3,55 km<sup>2</sup> và 1,89 km<sup>2</sup>. Trong các tháng chuyển tiếp, diện tích hạn vừa của các khu vực Đông Bắc, Tây Bắc, đồng bằng sông Hồng lần lượt là 10,55 km<sup>2</sup>; 10,32 km<sup>2</sup> và 0,33 km<sup>2</sup>. Tuy nhiên, trong mùa mưa, nhiều khu vực ở vùng Đông Bắc được phân loại là có tình trạng hơi ẩm ướt. Các khu vực ở vùng Tây Bắc chủ yếu trong điều kiện khô hạn nhẹ và ẩm ướt nhẹ trong mùa khô. Trong khi đó, hầu hết các khu vực ở vùng Tây Bắc có điều kiện ẩm ướt nhẹ/vừa trong thời gian mùa mưa và các tháng chuyển tiếp.

Hiện tượng hạn hán diễn ra trên ĐBSH cũng được đề cập trong nghiên cứu trước đây [2]. Nghiên cứu của tác giả Lan và cs. (2013) đánh giá thực trạng thiếu nước vùng ĐBSH dựa trên dữ liệu khí tượng thủy văn và chỉ số khô hạn khí tượng đã chỉ ra hiện tượng hạn hán tại đây diễn ra vào diện rộng, liên tục trong các năm từ 2004 đến 2010.



Hình 6. Bản đồ chỉ số hạn SMAPI trung bình tháng trên LVSH từ năm 2005 đến năm 2014

#### 4. Kết luận

Nghiên cứu này đã áp dụng mô hình thủy văn VIC (Variable Infiltration Capacity) để mô phỏng độ ẩm đất trên LVSH với độ phân giải  $0,1^\circ \times 0,1^\circ$  trong khoảng thời gian từ năm 2005 đến năm 2014. Thông số độ ẩm đất được sử dụng để tính toán chỉ số hạn hán SMAPI để đánh giá mức độ, diễn biến hạn hán tại những khu vực khác nhau trên LVSH nhằm phục vụ trong công tác quản lý tài nguyên. Bản đồ hạn hán theo các tháng khác nhau trên LVSH được thiết lập sử dụng hệ thống thông tin địa lý GIS để hỗ trợ việc đánh giá mức độ, diễn biến hạn hán theo phạm vi thời gian và không gian một cách trực quan trong giai đoạn từ năm 2005 đến năm 2014. Ngoài ra, nghiên cứu này còn đánh giá phân bố và diễn biến của thông số độ ẩm đất và phân tích ảnh hưởng của những yếu tố khí tượng (lượng mưa, nhiệt độ, lượng bay hơi), địa hình, thổ nhưỡng, lớp phủ đất và kiểu thảm phủ thực vật đến phân bố độ ẩm đất ở những khu vực khác nhau trên LVSH. Độ ẩm đất được mô phỏng sử dụng mô hình VIC có khả năng thể hiện sự phân bố và diễn biến của độ ẩm đất cho những khu vực khác nhau trên LVSH. Phân tích sự thay đổi theo không gian-thời gian của chỉ số hạn hán SMAPI sử dụng thông số độ ẩm của đất cho thấy nhiều khu vực ở vùng Đông Bắc bị hạn hán nghiêm trọng hơn so với những khu vực ở vùng Tây Bắc và vùng ĐBSH, đặc biệt vào mùa khô và các tháng chuyển mùa. Trong khi đó, vùng Tây Bắc chủ yếu có tình trạng khô hạn nhẹ và ẩm ướt nhẹ. Khác với các vùng Đông Bắc và Tây Bắc, phần lớn diện tích ĐBSH có điều kiện ẩm ướt vừa phải đến rất ẩm ướt trong suốt cả năm, đặc biệt là trong mùa khô.

#### Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia (NAFOSTED) trong đề tài số 11/2019/TN.

#### Tài liệu tham khảo

- [1] Dan, N. L. (2010). *Researching in scientific foundations of drought and desertification management to create management system, propose tactical and general mitigating solutions: Cases study in Red river delta and Southern Central*.
- [2] Lan, V. T. T., Sơn, H. T., Tuấn, B. A. (2013). Thực trạng và nguyên nhân thiếu nước vùng đồng bằng sông Hồng. *Tạp chí các khoa học về Trái Đất*, 35:374–380.
- [3] Zormand, S., Jafari, R., Koupaie, S. S. (2016). [Assessment of PDI, MPDI and TVDI drought indices derived from MODIS Aqua/Terra Level 1B data in natural lands](#). *Natural Hazards*, 86(2):757–777.
- [4] Faridatul, M. I., Ahmed, B. (2020). [Assessing Agricultural Vulnerability to Drought in a Heterogeneous Environment: A Remote Sensing-Based Approach](#). *Remote Sensing*, 12(20):3363.
- [5] Tran, H., Campbell, J., Wynne, R., Shao, Y., Phan, S. (2019). [Drought and Human Impacts on Land Use and Land Cover Change in a Vietnamese Coastal Area](#). *Remote Sensing*, 11(3):333.
- [6] Tran, H. T., Campbell, J. B., Tran, T. D., Tran, H. T. (2017). [Monitoring drought vulnerability using multispectral indices observed from sequential remote sensing \(Case Study: Tuy Phong, Binh Thuan, Vietnam\)](#). *GIScience & Remote Sensing*, 54(2):167–184.
- [7] Hieu, B. T. (2018). [Study on quantification of areal mean precipitation using satellite-gauge merging precipitation](#). *Journal of Science and Technology in Civil Engineering (STCE) - HUCE*, 12(5):117–126.
- [8] Luong, N. D. (2017). [Application of VIC hydrological model for simulating river flow of red river system to support water resource management](#). *Journal of Science and Technology in Civil Engineering (STCE) - HUCE*, 11(6):198–204.
- [9] Xu, L., Abbaszadeh, P., Moradkhani, H., Chen, N., Zhang, X. (2020). [Continental drought monitoring using satellite soil moisture, data assimilation and an integrated drought index](#). *Remote Sensing of Environment*, 250:112028.

- [10] Sheffield, J. (2004). [A simulated soil moisture based drought analysis for the United States](#). *Journal of Geophysical Research*, 109(D24).
- [11] Ding, Y., Xu, J., Wang, X., Cai, H., Zhou, Z., Sun, Y., Shi, H. (2021). [Propagation of meteorological to hydrological drought for different climate regions in China](#). *Journal of Environmental Management*, 283: 111980.
- [12] Luong, N. D., Hiep, N. H., Bui, T. H. (2021). [Investigating the Spatio-Temporal Variation of Soil Moisture and Agricultural Drought towards Supporting Water Resources Management in the Red River Basin of Vietnam](#). *Sustainability*, 13(9):4926.
- [13] Nguyen, L. B., Li, Q. F., Ngoc, T. A., Hiramatsu, K. (2015). [Drought Assessment in Cai River Basin, Vietnam: a Comparison with Regard to SPI, SPEI, SSI, and SIDI](#). *Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University*, 60(2):417–425.
- [14] Lan, V. T. T., Phương, Đ. M., Thủy, L. N. (2014). Xác định hạn hán vùng đồng bằng sông Hồng qua chỉ số mức độ khô hạn nhiệt độ-thực vật. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam*, 19:40–44.
- [15] Wu, Z. Y., Lu, G. H., Wen, L., Lin, C. A. (2011). [Reconstructing and analyzing China's fifty-nine year \(1951–2009\) drought history using hydrological model simulation](#). *Hydrology and Earth System Sciences*, 15(9):2881–2894.
- [16] Zhang, B., Wu, P., Zhao, X., Wang, Y., Gao, X., Cao, X. (2013). [A drought hazard assessment index based on the VIC–PDSI model and its application on the Loess Plateau, China](#). *Theoretical and Applied Climatology*, 114(1-2):125–138.
- [17] Shi, H., Chen, J., Wang, K., Niu, J. (2018). [A new method and a new index for identifying socioeconomic drought events under climate change: A case study of the East River basin in China](#). *Science of The Total Environment*, 616-617:363–375.
- [18] Vu, P. N., Truong, V. A. (2010). Assessing the impact of climate change on the inflow to Hoa Binh reservoir, Vietnam. *Politecnico Di Milano*.
- [19] Liang, X., Lettenmaier, D. P., Wood, E. F., Burges, S. J. (1994). [A simple hydrologically based model of land surface water and energy fluxes for general circulation models](#). *Journal of Geophysical Research*, 99(D7):14415.
- [20] Gou, J., Miao, C., Duan, Q., Tang, Q., Di, Z., Liao, W., Wu, J., Zhou, R. (2020). [Sensitivity Analysis-Based Automatic Parameter Calibration of the VIC Model for Streamflow Simulations Over China](#). *Water Resources Research*, 56(1).
- [21] Liang, X., Wood, E. F., Lettenmaier, D. P. (1996). [Surface soil moisture parameterization of the VIC-2L model: Evaluation and modification](#). *Global and Planetary Change*, 13(1-4):195–206.
- [22] Ditzler, C., Scheffe, K., Monger, H. C. (2017). *Soil survey manual*. Government Printing Office, Washington, D.C.
- [23] Wen, L., Lin, C. A., Wu, Z., Lu, G., Pomeroy, J., Zhu, Y. (2011). [Reconstructing sixty year \(1950-2009\) daily soil moisture over the Canadian Prairies using the Variable Infiltration Capacity model](#). *Canadian Water Resources Journal*, 36(1):83–102.
- [24] Hiep, N. H., Luong, N. D., Nga, T. T. V., Hieu, B. T., Ha, U. T. T., Duong, B. D., Long, V. D., Hossain, F., Lee, H. (2018). [Hydrological model using ground- and satellite-based data for river flow simulation towards supporting water resource management in the Red River Basin, Vietnam](#). *Journal of Environmental Management*, 217:346–355.
- [25] Mohanty, B., Skaggs, T. (2001). [Spatio-temporal evolution and time-stable characteristics of soil moisture within remote sensing footprints with varying soil, slope, and vegetation](#). *Advances in Water Resources*, 24(9-10):1051–1067.
- [26] Jacobs, J. (2004). [SMEX02: Field scale variability, time stability and similarity of soil moisture](#). *Remote Sensing of Environment*, 92(4):436–446.
- [27] Joshi, C., Mohanty, B. P. (2010). [Physical controls of near-surface soil moisture across varying spatial scales in an agricultural landscape during SMEX02](#). *Water Resources Research*, 46(12).
- [28] Mohanty, B. P., Ines, A. V. M., Shin, Y., Gaur, N., Das, N., Jana, R. (2016). [A Framework for Assessing Soil Moisture Deficit and Crop Water Stress at Multiple Space and Time Scales Under Climate Change Scenarios Using Model Platform, Satellite Remote Sensing, and Decision Support System](#). *Springer*

*Remote Sensing/Photogrammetry*, Springer International Publishing, 173–196.

- [29] Zhang, M., Wei, X., Sun, P., Liu, S. (2012). [The effect of forest harvesting and climatic variability on runoff in a large watershed: The case study in the Upper Minjiang River of Yangtze River basin](#). *Journal of Hydrology*, 464-465:1–11.
- [30] Nicolai-Shaw, N., Zscheischler, J., Hirschi, M., Gudmundsson, L., Seneviratne, S. I. (2017). [A drought event composite analysis using satellite remote-sensing based soil moisture](#). *Remote Sensing of Environment*, 203:216–225.
- [31] Miyata, S., Gomi, T., Sidle, R. C., Hiraoka, M., Onda, Y., Yamamoto, K., Nonoda, T. (2019). [Assessing spatially distributed infiltration capacity to evaluate storm runoff in forested catchments: Implications for hydrological connectivity](#). *Science of The Total Environment*, 669:148–159.
- [32] Aryal, Y., Zhu, J. (2019). [Multimodel ensemble projection of meteorological drought scenarios and connection with climate based on spectral analysis](#). *International Journal of Climatology*, 40(7):3360–3379.
- [33] Cao, R., Jia, X., Huang, L., Zhu, Y., Wu, L., Shao, M. (2018). [Deep soil water storage varies with vegetation type and rainfall amount in the Loess Plateau of China](#). *Scientific Reports*, 8(1).
- [34] Zhang, W., An, S., Xu, Z., Cui, J., Xu, Q. (2011). [The impact of vegetation and soil on runoff regulation in headwater streams on the east Qinghai–Tibet Plateau, China](#). *CATENA*, 87(2):182–189.
- [35] Mohanty, B. P., Zhu, J. (2007). [Effective Hydraulic Parameters in Horizontally and Vertically Heterogeneous Soils for Steady-State Land–Atmosphere Interaction](#). *Journal of Hydrometeorology*, 8(4):715–729.
- [36] Dung, N. T. K., Lưu, Đ. K. (2012). Hạn hán ở Đồng bằng Sông Hồng và một số giải pháp phòng chống. *Vietnam Journal of Earth Sciences*, 32(3):226–230.