

## Phân vùng hạn hán dựa trên chỉ số hạn và mô phỏng chế độ thủy văn trên lưu vực Srepok vùng Tây Nguyên

Nguyễn Thị Ngọc Quyên<sup>1,\*</sup>, Nguyễn Duy Liêm<sup>2</sup>, Nguyễn Đại Nguỡng<sup>3</sup>,  
Nguyễn Thoan<sup>3</sup>, Bùi Tá Long<sup>4</sup>, Nguyễn Kim Lợi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Đại học Tây Nguyên-567 Lê Duẩn, Tp. Buôn Ma Thuột, Đắk Lắk

<sup>2</sup>Đại học Nông Lâm thành phố HCM - Khu phố 6, Phường Linh Trung, Quận Thủ Đức, Tp. HCM

<sup>3</sup>Trung tâm Khí tượng Thủy văn Đắk Lắk-60 Đinh Tiên Hoàng, Tp. Buôn Ma Thuột, Đắk Lắk

<sup>4</sup>Đại học Bách Khoa thành phố HCM - 268 Lý Thường Kiệt, phường 14, Quận 10, Tp. HCM

Nhận ngày 07 tháng 11 năm 2016

Chỉnh sửa ngày 05 tháng 01 năm 2017; Chấp nhận đăng ngày 15 tháng 03 năm 2017

**Tóm tắt:** Lưu vực Srepok có vai trò quan trọng trong phát triển kinh tế, xã hội vùng Tây Nguyên nên cần có những nghiên cứu đánh giá các yếu tố tác động đến tài nguyên thiên nhiên tại khu vực. Mục tiêu nghiên cứu là ứng dụng được công cụ SWAT mô phỏng lưu lượng dòng chảy, từ đó tính toán hệ số hạn và phân bố về mặt không gian trên khu vực nghiên cứu. Kết quả, lưu lượng dòng chảy được mô phỏng tốt với chỉ số NSI,  $R^2$  đạt trên 0,7 và PBIAS khoảng 10% trong giai đoạn hiệu chỉnh và kiểm định tại trạm Giang Sơn, Cầu 14 và Bản Đôn. Riêng trạm Đức Xuyên, quá trình kiểm định NSI chỉ đạt trên 0,6 do trận lũ lịch sử xảy ra trên sông Krông Nô. Sau quá trình phê chuẩn, dữ liệu về bốc hơi tiềm năng, mưa và lưu lượng dòng chảy được trích xuất từ mô hình làm đầu vào tính toán hệ số hạn. Bản đồ phân vùng lưu vực Srepok xuất hiện hạn đặc biệt, nặng và vừa vào tháng 2, tháng 3 hàng năm và thời gian hạn kéo dài 1-5 tháng.

*Từ khóa:* Lưu vực Srepok, hệ số hạn, mô hình SWAT.

### 1. Giới thiệu

Hiện nay, nhiều lưu vực đang đứng trước nguy cơ suy thoái nghiêm trọng do sự gia tăng dân số và khai thác quá mức nguồn tài nguyên thiên nhiên để phát triển kinh tế. Trong đó, đất và nước là hai nguồn tài nguyên có mối quan hệ chặt chẽ với nhau, cùng có vai trò quan trọng đối với mọi mặt của đời sống, kinh tế, xã hội và là những yếu tố được xem xét đầu tiên khi đánh giá sự suy thoái hay bền vững của một lưu vực.

Lưu vực Srepok có tổng diện tích là 30.900 km<sup>2</sup>, trong đó phần thuộc Việt Nam là 18.200 km<sup>2</sup> và Campuchia là 12.700 km<sup>2</sup>. Hệ thống sông Srepok trong lãnh thổ Việt Nam bao gồm hai nhánh chính là dòng chính Srepok bắt nguồn từ vùng núi phía Đông Nam và sông Ea H'Leo bắt nguồn từ vùng núi phía Đông Bắc tỉnh Đắk Lắk. Dòng chính Srepok trên địa bàn tỉnh Đắk Lắk có diện tích lưu vực chiếm tới 2/3 diện tích lãnh thổ, do hai nhánh chính là Krông Ana và Krông Knô hợp thành với tổng diện tích lưu vực là 4200 km<sup>2</sup>, với chiều dài 125 km. Lưu vực sông Srepok rất có tiềm năng phát triển thủy điện và hầu hết các nhà máy thủy điện đều được xây dựng hoặc quy hoạch trên lưu vực này.

\* Tác giả liên hệ. ĐT: 84-963003316.

Email: ngocquyendhtn@yahoo.com.vn



Hình 1. Lưu vực Sreпок.

Trên thực tế, hạn hán đang là một trong những thiên tai gây trở ngại lớn đối với sự phát triển kinh tế xã hội và đời sống của con người trên lưu vực Sreпок. Hạn hán gây ra những hậu quả cực kỳ nghiêm trọng như sông suối cạn kiệt, thiếu nước sinh hoạt cho người dân, giảm năng suất cây trồng và mất khả năng canh tác của nhiều vùng đất sản xuất nông nghiệp. Tuy đây là vùng có lượng nước phong phú nhưng vào thời kỳ mùa khô (khoảng tháng 12 đến tháng 4 năm sau), hạn hán vẫn xảy ra liên tiếp và gây ảnh hưởng trên diện rộng. Thống kê năm 2003, trên lưu vực sông Sreпок đã có khoảng 40.400 ha cà phê bị hạn, thiệt hại ước tính lên đến 277 tỷ đồng; và theo báo cáo năm 2013 của Bộ Nông nghiệp & Phát triển Nông thôn, toàn vùng Tây Nguyên diện tích hạn là 39.607 ha, bao gồm lúa 11.036 ha, cà phê 23.921 ha. Trong đó, hạn nặng và mất trắng là 3857 ha. Hầu hết các hồ chứa thủy lợi, thủy điện vừa và lớn trong vùng đều bị thiếu hụt nghiêm trọng, nhiều hồ chứa nhỏ đã cạn hoặc gần xuống đến mực nước chết không đủ tưới suốt vụ.

Xuất phát từ thực tế đó, rất nhiều công trình, đề tài, dự án đã được triển khai trên khu vực Tây Nguyên nhằm quản lý bền vững tài nguyên đất và nước ứng phó với thiên tai hạn hán, lũ lụt và biến đổi khí hậu. Điển hình như Dương Văn Khâm đã ứng dụng công nghệ viễn thám để giám sát hạn ở khu vực Tây Nguyên. Theo đó, chỉ số nước bề mặt LSWI (Land Surface Water Index) và chỉ số khô hạn nhiệt độ, thực vật VTCI (Vegetable Temperature Dryness Index) được khẳng định là phù hợp vì

vừa đảm bảo được tính chất sinh học, vật lý của quá trình hạn hán vừa đảm bảo tính thực tiễn hạn hán ở Việt Nam [1]; Trần Thực đã đánh giá khả năng ứng dụng chỉ số hạn Keetch-Byram (KBDI) trong giám sát hạn hán ở Việt Nam và lấy vùng Tây Nguyên làm thực nghiệm. Kết quả cho thấy chỉ số KBDI được tính toán từ số liệu viễn thám đã mô tả khá tốt phân bố theo không gian và thời gian của điều kiện khô hạn trên khu vực Tây Nguyên năm 2010. KBDI được cho là cũng thể hiện về mức độ khô/hạn trong các tháng khô/hạn nặng [2]. Những nghiên cứu hạn hán trên, mặc dù các tác giả đã luận giải và kiểm chứng để đưa ra kết luận có tính hợp lý, các kết quả chỉ mang tính giải đoán và tiềm ẩn nhiều sai số bởi các phương pháp áp dụng mà ở đây chúng được gọi là các “phương pháp gián tiếp”; và đặc biệt điểm hạn chế của viễn thám chưa thể là cơ sở để dự báo và tính toán theo các tần suất thiết kế công trình, ít nhất cho đến thời điểm hiện tại. Thực tế, hạn hán được coi là một loại thiên tai, liên quan đến nhiều yếu tố tự nhiên, kinh tế, xã hội và môi trường. Các nghiên cứu trong những năm đầu thập niên 1980 đã phát hiện hơn 150 định nghĩa được công bố của hạn hán. Các định nghĩa này phản ánh sự khác biệt về khu vực, nhu cầu, và các phương pháp tiếp cận. Tùy theo từng lĩnh vực mà có định nghĩa, khái niệm khác nhau về hạn hán, như hạn khí tượng, hạn khí hậu, hạn thủy văn, hạn nông nghiệp, hạn công nghiệp, hạn kinh tế xã hội, hạn sinh thái... Theo Wilhite và Glantz (1985) đã phân thành 4 loại hạn hán: hạn khí tượng, hạn thủy văn, hạn nông nghiệp và hạn kinh tế xã hội. Tuy nhiên, về bản chất vật lý, hạn hán là hệ quả của tổ hợp bất lợi của các điều kiện khí hậu khô nóng và chế độ thủy văn cạn kiệt. Hay nói một cách khác, để nghiên cứu hạn hán, về nguyên lý cơ bản, vẫn cần phải dựa trên cơ sở của chuỗi số liệu khí tượng thủy văn với các đặc trưng trực tiếp gồm bốc hơi, mưa và lưu lượng dòng chảy. Do đó, có thể nói, xây dựng bản đồ phân vùng hạn hán trên cơ sở giá trị hệ số hạn ( $K_{han}$ ) bằng khai căn tích số hệ số khô ( $K_{kho}$ ), hệ số cạn nước sông ( $K_{can}$ ) được tính toán từ số liệu khí tượng (với hai thông số trực tiếp là mưa và bốc thoát hơi

nước) và thủy văn (lưu lượng dòng chảy) là cách tiếp cận và phương pháp nghiên cứu có tính logic và có tính chất vật lý chặt chẽ.

Bên cạnh đó, một khu vực miền núi hạn chế về số lượng các trạm thủy văn và chất lượng số liệu thực đo như lưu vực Srepok là một trở ngại lớn ảnh hưởng đến mức độ chi tiết trong phân vùng hạn hán tại khu vực nghiên cứu. Lúc này, mô hình toán gần như là một công cụ hữu hiệu để bổ khuyết những dữ liệu cần thiết. Hiện nay có hàng trăm loại mô hình toán thủy văn, thủy lực khác nhau do các hãng phần mềm chuyên nghiệp xây dựng nhưng không có mô hình nào là toàn cầu. Vì vậy việc lựa chọn một mô hình phù hợp là một nhiệm vụ hết sức khó khăn. Trong số các mô hình đó, căn cứ vào đặc điểm lưu vực Srepok không có ảnh hưởng của thủy triều, SWAT được lựa chọn bởi cấu trúc mô hình được thiết kế để mô phỏng dòng chảy một chiều và đặc tính linh hoạt của một mô hình mã nguồn mở giúp người dùng có thể thay đổi những thành phần nội tại trong cấu trúc mô hình để phù hợp với khu vực nghiên cứu. Điều này được chứng minh trong nhiều lĩnh vực như đánh giá chất lượng nước mặt [3, 4]; xây dựng hệ thống cảnh báo lũ nhờ vào ưu điểm mô phỏng tốt và chính xác lưu lượng dòng chảy [5-9]; Bên cạnh đó, cùng với xu hướng nghiên cứu hiện nay, SWAT cũng được ứng dụng để đánh giá ảnh hưởng của biến đổi khí hậu lên tài nguyên nước và vấn đề sử dụng bền vững tài nguyên nước [10]. Trên lưu vực Srepok, SWAT đã được ứng dụng để mô phỏng lưu lượng dòng chảy và tải lượng bùn cát tại lưu vực nam sông Krông Ana. Tác giả đã tìm được bộ thông số phù hợp cho mô hình SWAT mặc dù các chỉ tiêu đánh giá mô hình còn thấp nhưng có thể chấp nhận được để mô phỏng dòng chảy và bồi lắng trên lưu vực [11].

Do đó, trong nghiên cứu này, hệ số hạn với các thông số đầu vào bao gồm bốc thoát hơi nước tiềm năng, lượng mưa trung bình, lưu lượng dòng chảy trung bình trong giai đoạn 1980-2012 được trích xuất từ mô hình SWAT đã được hiệu chỉnh và kiểm định đảm bảo độ chính xác của kết quả đầu ra để đánh giá thực trạng hạn hán trên lưu vực sông Srepok, khu

vực trung tâm đặc trưng cho vùng Tây Nguyên. Từ đó, bản đồ phân cấp hạn hán trên lưu vực sông Srepok được xây dựng. Đây mới chỉ là kết quả bước đầu xây dựng cho kịch bản trung bình nhiều năm. Tuy nhiên, kết quả này kỳ vọng là cơ sở cho nghiên cứu tính toán theo các tần suất thiết kế khác nhau (năm nhiều nước, năm ít nước và năm nước trung bình) và dự báo theo không thời gian, cũng như xem xét đến ảnh hưởng của biến đổi khí hậu.

## 2 Phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Mô hình SWAT

SWAT là công cụ đánh giá nước và đất. SWAT được xây dựng bởi tiến sĩ Jeff Arnold ở Trung tâm phục vụ nghiên cứu nông nghiệp (ARS - Agricultural Research Service) thuộc Bộ Nông nghiệp Hoa Kỳ (USDA - United States Department of Agriculture) [12]. Mô hình được xây dựng nhằm đánh giá và dự đoán các tác động của thực tiễn quản lý đất đai tác động đến nguồn nước, lượng bùn và lượng hóa chất sinh ra từ hoạt động nông nghiệp trên một lưu vực rộng lớn và phức tạp với sự không ổn định về các yếu tố như đất, sử dụng đất và điều kiện quản lý trong một thời gian dài. Mô hình là sự tập hợp những phép toán hồi quy để thể hiện mối quan hệ giữa giá trị thông số đầu vào và thông số đầu ra [13]. Dữ liệu đầu vào của SWAT được sắp xếp theo các mức chi tiết: lưu vực, tiểu lưu vực, đơn vị thủy văn.

SWAT mô hình hóa chu trình nước dựa trên cơ sở phương trình cân bằng nước sau:

$$SW_t = SW_0 + \sum_{i=1}^t (R_{day} - Q_{surf} - E_a - w_{seep} - Q_{gw}) \quad (1)$$

Trong đó:  $SW_t$ : Lượng nước trong đất tại thời điểm t (mm);  $SW_0$ : Lượng nước trong đất tại thời điểm ban đầu (mm); t: thời gian (ngày);  $R_{day}$ : Tổng lượng mưa tại ngày thứ i (mm);  $Q_{surf}$ : Tổng lượng nước bề mặt ngày thứ i (mm);  $E_a$ : Lượng bốc thoát hơi nước ngày thứ i (mm);  $w_{seep}$ : Lượng nước đi vào tầng ngầm ngày thứ i (mm);  $Q_{gw}$ : Lượng nước ngầm chảy ra sông trong ngày thứ i (mm) [12].

Bảng 1. Phân cấp các chỉ tiêu thống kê đánh giá mức độ tin cậy kết quả mô phỏng của mô hình theo tháng

Chỉ tiêu	NSE	PBIAS (%)	
		Lưu lượng dòng chảy	Tải lượng bùn cát
Rất tốt	$0,75 < NSE \leq 1,00$	$PBIAS < \pm 10$	$PBIAS < \pm 15$
Tốt	$0,65 < NSE \leq 0,75$	$\pm 10 \leq PBIAS < \pm 15$	$\pm 15 \leq PBIAS < \pm 30$
Đạt	$0,50 < NSE \leq 0,65$	$\pm 15 \leq PBIAS < \pm 25$	$\pm 30 \leq PBIAS < \pm 55$
Không đạt	$NSE \leq 0,50$	$PBIAS \geq \pm 25$	$PBIAS \geq \pm 55$

(D.N. Moriasi, 2007) [14]

Mô hình được đánh giá độ chính xác thông qua các đặc trưng thống kê với  $O_i$  là giá trị thực đo tại thời điểm  $i$ ;  $\bar{O}$  giá trị thực đo trung bình,  $P_i$  là giá trị mô phỏng của mô hình tại thời điểm  $i$ ;  $\bar{P}$  là giá trị mô phỏng trung bình của mô hình;  $n$  số các giá trị quan trắc.

Hệ số hiệu quả (Nash Sutcliffe Efficiency - NSE): được sử dụng để đo mức độ liên kết giữa các giá trị thực đo và mô phỏng. Hệ số này được đề xuất bởi Nash-Sutcliffe (1970).

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \quad (2)$$

Hệ số cân bằng tổng lượng (Percent Bias - PBIAS): là sự phù hợp giữa trung bình dự báo và trung bình quan trắc. Hệ số này cũng xác định xu hướng trị trung bình của giá trị dự báo lớn hơn hay nhỏ hơn trị trung bình quan trắc.

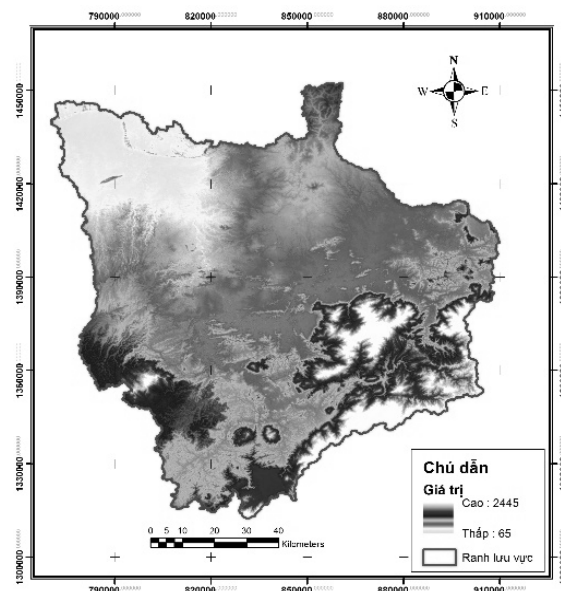
$$PBIAS = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n O_i - \sum_{i=1}^n P_i}{\sum_{i=1}^n O_i} \times 100\% \quad (3)$$

Hệ số tương quan Pearson ( $R^2$ ): là thước đo độ chặt chẽ của mối quan hệ tuyến tính giữa bộ giá trị thực đo và mô phỏng. Mục đích của mô phỏng khi hệ số tương quan được sử dụng là để hàm mục tiêu cực đại hoá tới 1. Tuy nhiên, khả năng đạt giá trị tuyệt đối khó có thể đạt được nên giá trị  $R^2$  thường được chấp nhận khi đạt trên 0,5 [15].

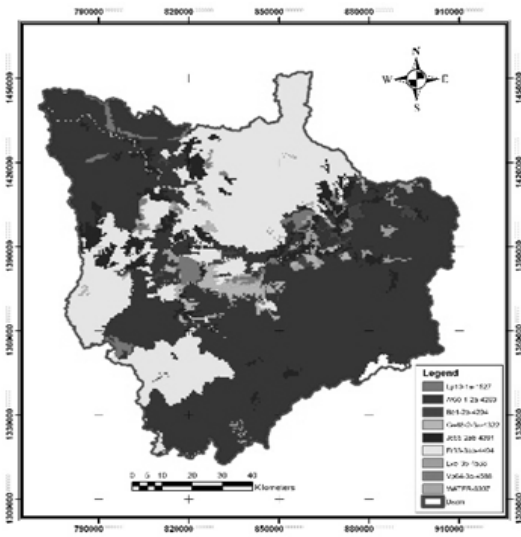
$$R^2 = \frac{(\sum_{i=1}^n O_i - \bar{O})(\sum_{i=1}^n P_i - \bar{P})^2}{(\sqrt{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2})(\sqrt{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2})^2} \quad (4)$$

Trong nghiên cứu này, dữ liệu đầu vào được thu thập tại các cơ quan chức năng tại địa phương và từ các nguồn dữ liệu toàn cầu trên Internet, bao gồm dữ liệu không gian là các bản đồ chuyên đề tỷ lệ 1:1000000 và dữ liệu thuộc tính là số liệu thực đo tại các trạm quan trắc, cụ thể:

- Mô hình cao độ số (DEM) được thu thập từ dữ liệu cao độ số toàn cầu ASTER (Advanced Space borne Thermal Emission and Reflection Radiometer) của NASA (National Aeronautics and Space Administration) với độ phân giải 30 x 30 m, giá trị độ cao từ 65-2445 m. (Hình 2).

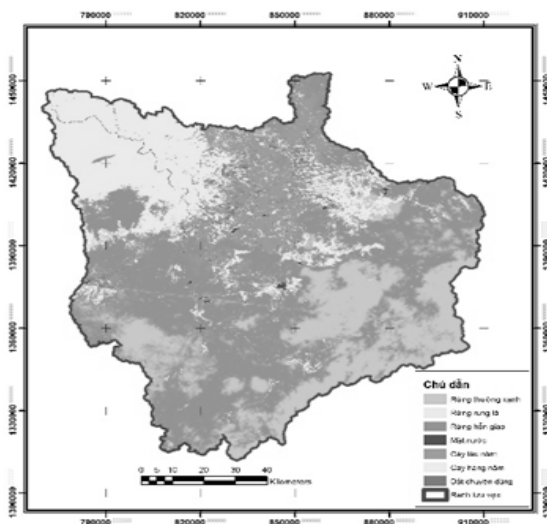


Hình 2. Mô hình cao độ số lưu vực Srepok.

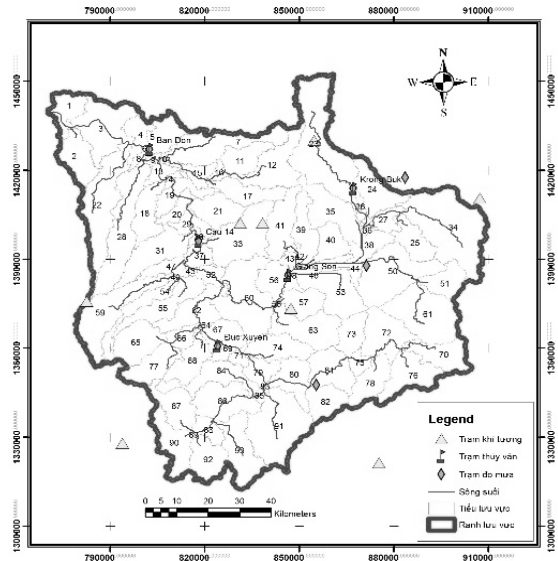


Hình 3. Bản đồ thổ nhưỡng lưu vực Srepok.

• Bản đồ thổ nhưỡng lưu vực sông Srepok được ghép từ bản đồ thổ nhưỡng của 3 tỉnh Đắk Lắk, Đắk Nông, Lâm Đồng và được thu thập từ Phân viện Quy hoạch và Thiết kế Nông nghiệp miền Trung. Các loại đất được mã hóa theo quy định của mô hình SWAT bao gồm đất nâu đỏ, đất xám bạc màu, đất đen có tầng loang lổ, đất đen nứt nẻ, đất mới biến đổi trung tính ít chua, đất nứt nẻ loang lổ, đất phù sa, đất Glây trung tính ít chua (Hình 3).



Hình 4. Bản đồ thảm phủ lưu vực Srepok.



Hình 5. Mạng lưới trạm thực đo lưu vực Srepok.

• Bản đồ thảm phủ lưu vực Srepok năm 1990 được giải đoán từ ảnh vệ tinh Landsat 4,5 TM tải từ trang web <http://earthexplorer.usgs.gov> với độ phân giải 30x30m. Tương tự như bản đồ khác, bản đồ thảm phủ được chia thành bảy loại dựa trên mã của mô hình SWAT bao gồm cây lâu năm, cây hàng năm, rừng rụng lá, rừng thường xanh, rừng hỗn giao, đất chuyên dùng và mặt nước (Hình 4).

• Mạng lưới sông suối, vị trí địa lý các trạm khí tượng, trạm thủy văn, các trạm đo mưa trong và ngoài lưu vực (Hình 5). Số liệu khí tượng bao gồm nhiệt độ không khí trung bình (tối cao, tối thấp), lượng mưa trung bình ngày, độ ẩm, tốc độ gió... tại 8 trạm khí tượng Buôn Ma Thuột, Buôn Hồ, Ea K'Mát, M'Đrắk, Đắk Mil, Lắk, Đắk Nông, Đà Lạt; Tài liệu mưa trung bình ngày tại 8 trạm đo mưa Krông Buk, Krông Bông, Giang Sơn, Đức Xuyên, Cầu 14, Bản Đôn, Ea Soup, Ea Knốp; Lưu lượng dòng chảy trung bình tháng tại các trạm thủy văn Đức Xuyên, Giang Sơn, Cầu 14 và Bản Đôn được thu thập từ Đài khí tượng thủy văn và môi trường khu vực Tây Nguyên và Đài khí tượng thủy văn tỉnh Đắk Lắk.

## 2.2. Tính toán hệ số hạn

Để xây dựng bản đồ phân vùng hạn hán lưu vực Srepok, phương pháp nghiên cứu ở đây là dựa trên cơ sở tính toán hệ số hạn được tính cho 93 tiểu lưu vực với lượng bốc thoát hơi nước tiềm năng tính toán bằng mô hình Penman-Monteith, lượng mưa trung bình xác định bằng phương pháp đa giác Thiessen và lưu lượng trung bình các tiểu lưu vực, cụ thể:

Hệ số hạn ( $K_{han}$ ) được xác định theo công thức:

$$K_{han} = \sqrt{K_{kho} K_{can}} \quad (5)$$

trong đó  $K_{kho}$  là hệ số khô biểu thị mức độ hạn khí tượng và  $K_{can}$  là hệ số cạn nước sông biểu thị mức độ phong phú về nguồn nước vào thời kỳ nào đó trong năm.

Hệ số khô phụ thuộc chủ yếu vào hai yếu tố là mưa và tiềm năng bốc hơi. Theo bản chất vật lý của hiện tượng, khi lượng mưa (nguồn cấp) nhỏ hơn lượng bốc thoát hơi nước (tiêu hao) sẽ gây ra sự thiếu hụt, có nghĩa là có khả năng sinh hạn. Trong nghiên cứu này chỉ tiêu phân cấp hạn được xác định dựa vào công thức:

$$K_{kho} = 1 - \frac{X}{ET_p} \quad (6)$$

trong đó X là lượng mưa tháng,  $ET_p$  là bốc thoát hơi tiềm năng của tháng tương ứng.

Hệ số cạn nước sông được tính toán theo công thức:

$$K_{can} = 1 - \frac{Q_{j,i}}{\sqrt{Q_i Q_o}} \quad (7)$$

trong đó  $Q_{ji}$  là lưu lượng nước sông trung bình trong thời kỳ thứ j của năm thứ i,  $Q_i$  là lưu lượng nước sông trung bình năm kỳ thứ i, và  $Q_o$  là lưu lượng nước sông trung bình nhiều năm.

Như vậy, hệ số  $K_{han}$  là hệ số biểu thị mức độ hạn (cả khô và cạn) cho thời điểm xuất hiện và nơi sinh hạn cụ thể. Hệ số hạn được tính toán cho từng trạm khí tượng nằm trong lưu vực hoặc lân cận với lưu vực sông.  $K_{han}$  được xác định khi đồng thời  $K_{kho}$  và  $K_{can}$  là dương.

Phân cấp mức độ hạn: chỉ tiêu phân cấp mức độ hạn dựa theo diễn biến thực tế các năm. Có thể ấn định:

$K_{han} = 0.5$	:	Dấu hiệu sinh hạn
$0.5 < K_{han} \leq 0.6$	:	Hạn nhẹ
$0.6 < K_{han} \leq 0.8$	:	Hạn vừa
$0.8 < K_{han} \leq 0.9$	:	Hạn nặng
$0.9 < K_{han} \leq 1$	:	Hạn đặc biệt

Hệ số hạn hán tính theo công thức (5) có ưu điểm biểu thị đầy đủ mối tương tác giữa các yếu tố chính chi phối hạn như mưa, bốc thoát hơi nước tiềm tàng, lưu lượng năm và lưu lượng trung bình nhiều năm, do đó tránh được sai số (nếu chỉ dùng lượng mưa hoặc mức độ cạn nước trong sông thì độ chính xác thấp); thể hiện rõ mức độ hạn của từng thời đoạn hạn nhất trong những thời khoảng khác nhau trong năm; có thể dùng để xây dựng bản đồ phân vùng hạn. Ngược lại, nhược điểm của nó là nếu áp dụng công thức tính hệ số khô và dòng chảy cạn cho những vùng chưa có số liệu thì độ chính xác không được đảm bảo. Tuy nhiên, điều này đã được khắc phục nhờ sự hỗ trợ của mô hình SWAT.

## 3. Kết quả, thảo luận

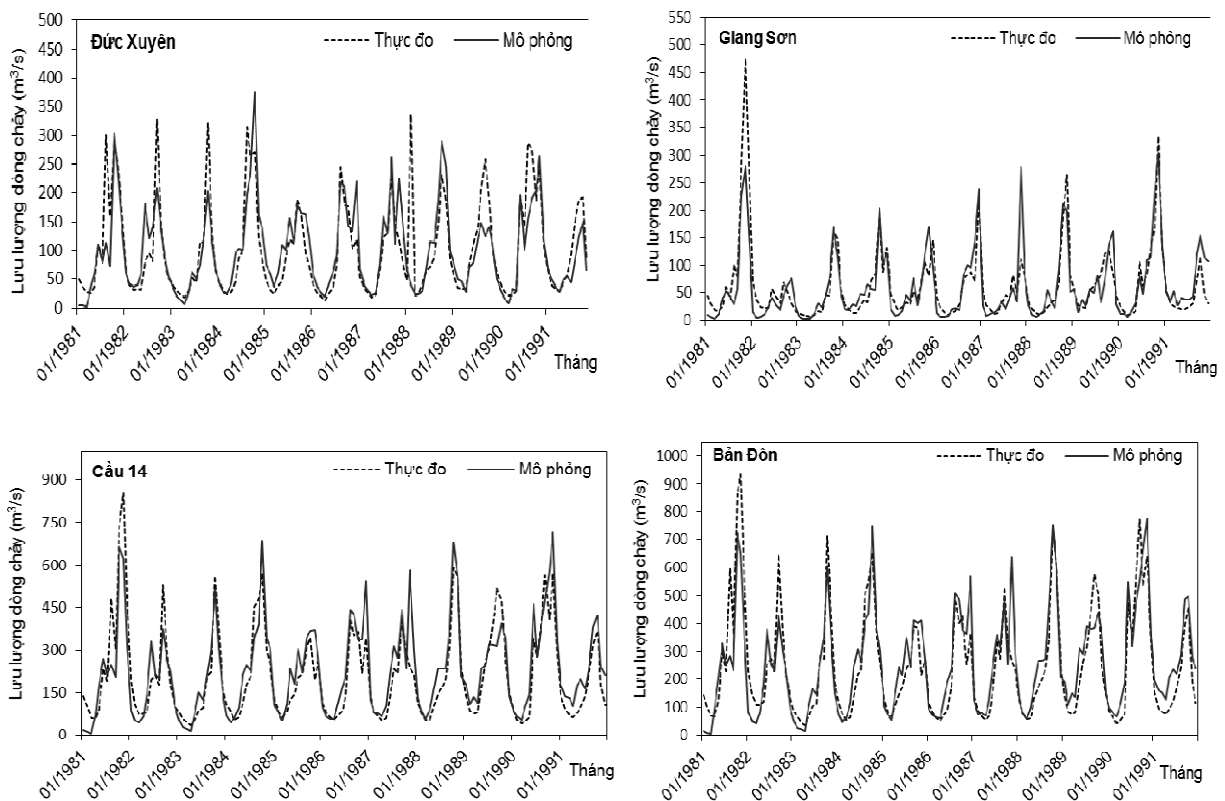
### 3.1. Hiệu chỉnh và kiểm định lưu lượng dòng chảy

Dữ liệu về lưu lượng dòng chảy thu thập tại 4 trạm thủy văn Giang Sơn, Đức Xuyên, Cầu 14, Bản Đôn được chia thành hai giai đoạn: hiệu chỉnh (1981-1991), kiểm định (1992-2002).

Đầu tiên, quá trình hiệu chỉnh được hiệu chỉnh tự động bằng phần mềm SWAT-CUP với thuật toán SUFI-2 (Semi Automated Sequential Uncertainty Fitting). Quá trình hiệu chỉnh được thực hiện riêng lẻ ứng với từng trạm thủy văn với nguyên tắc hiệu chỉnh từ trạm thượng nguồn đến trạm ở hạ nguồn. Như vậy, xét về vị trí, trạm Đức Xuyên và trạm Giang Sơn là hai trạm độc lập, không ảnh hưởng lẫn nhau nên được hiệu chỉnh trước và sử dụng bộ thông số mới đạt được để hiệu chỉnh cho các trạm kế tiếp theo thứ tự trạm Cầu 14 và Bản Đôn. Giá trị các thông số được lựa chọn thể hiện tại Bảng 2.

Bảng 2. Kết quả hiệu chỉnh các yếu tố ảnh hưởng đến lưu lượng dòng chảy theo mùa trên lưu vực Srepok

Tham số	Ý nghĩa	Giá trị phù hợp			
		Đức Xuyên	Giang Sơn	Cầu 14	Bản Đôn
r_CN2	Hệ số CN ứng với điều kiện ẩm II (%)	-1,78	-1,99	-1,16	-1,83
v_SURLAG	Hệ số trễ dòng chảy mặt (ngày)	8,75	14,88	7,99	-
v_ESCO	Hệ số bốc hơi của đất	0,003	0,03	2,17	0,15
v_SOL AWC	Khả năng trữ nước của đất	0,45	0,19	1,55	0,41
v_SOL BD	Dung trọng của lớp đất (g/cm <sup>3</sup> )	0,93	1,65	2,79	-
v_CH_N2	Hệ số nhám của sông chính	0,29	-	-	-
v_ALPHA_BF	Hệ số triết giảm dòng chảy ngầm	0,45	0,27	-	-
v_GW_DELAY	Thời gian trữ nước tầng ngầm (ngày)	120,0	116,94	488,50	602,33
v_GWQMN	Ngưỡng sinh dòng chảy ngầm (mm)	1703,0	6562,1	6675,0	4999,4
v_GW_REVAP	Hệ số tái bốc hơi nước ngầm	0,18	0,16	0,28	0,27
v_REVAP MN	Ngưỡng sinh dòng thấm xuống tầng nước sâu (mm)	381,19	122,50	-	127,50

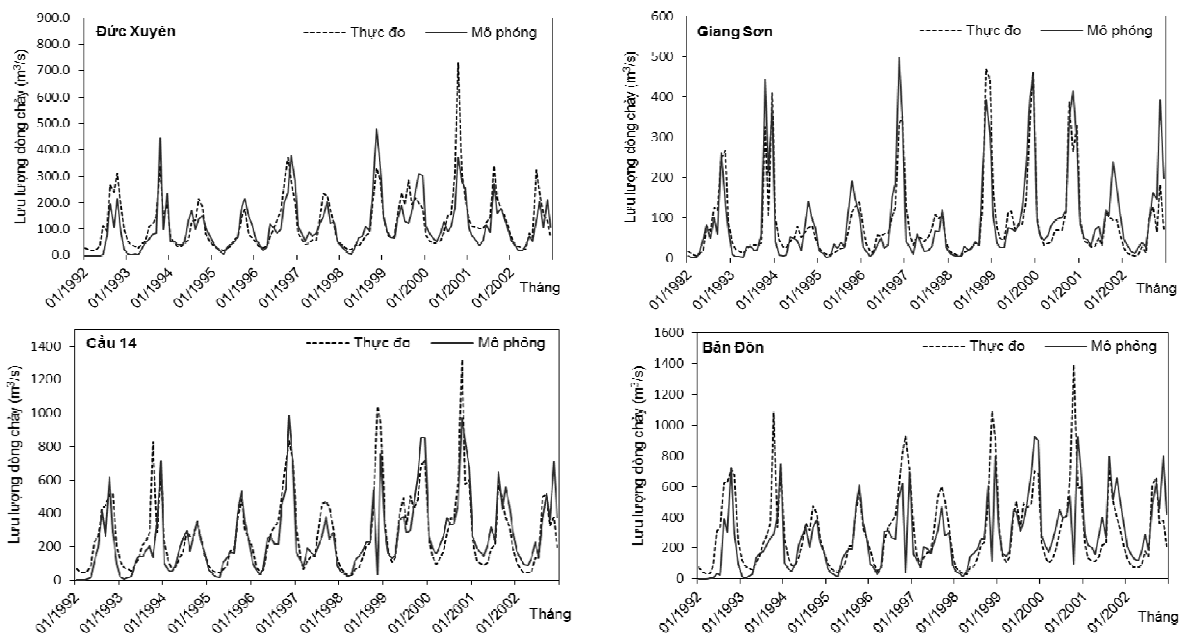


Hình 6. So sánh kết quả lưu lượng mô phỏng và thực đo sau hiệu chỉnh tại các trạm quan trắc.

Bảng 3. Sự thay đổi khoảng giá trị một số thông số sau quá trình hiệu chỉnh lưu lượng dòng chảy

Nhóm	Thông số	Khoảng giá trị cài đặt trong mô hình		Khoảng giá trị thay đổi	
		Min	Max	Min	Max
.sol	Sol_AWC	0	1	0	2
	Sol_BD	0,9	2,5	0,9	3
.hru	ESCO	0	1	0	2,5
.gw	GWQMN	0	5000	0	7000
	GW_Delay	0	500	0	650
	GW_Revap	0,02	0,2	0,02	0,3
.mgt	CN <sub>2</sub>	35	98	12	98

Tiếp theo, bộ thông số xác định từ quá trình hiệu chỉnh được sử dụng để kiểm chứng lại mức độ đáng tin cậy kết quả mô phỏng của mô hình trong giai đoạn 1992-2002.



Hình 7. Lưu lượng dòng chảy mô phỏng và thực đo sau kiểm định tại các trạm quan trắc.

Thuật toán SUFI - 2 không chỉ đưa ra bộ thông số phù hợp cho mô hình mà còn xuất kết quả lưu lượng mô phỏng tương ứng với các giá trị thực đo. Kết quả, lưu lượng dòng chảy mô phỏng được đánh giá thông qua các chỉ số thống kê. Căn cứ theo các mức độ phân cấp của D.N. Moriasi (2007), kết quả mô phỏng lưu lượng dòng chảy tại 4 trạm đều đạt mức tốt hệ số NSE, R<sup>2</sup> đạt từ 0,7 trở lên và PBIAS ở mức rất tốt với các giá trị đều nhỏ hơn trị tuyệt đối của 10. Kết quả so sánh giá trị mô phỏng và giá trị thực đo được thể hiện tại Bảng 4. Ngoài ra, để có cái nhìn trực quan hơn, kết quả được thể hiện qua biểu đồ tại hình 6. Nhìn chung, giá trị mô phỏng có thiên hướng cao hơn giá trị thực đo ở 3 trạm Đức Xuyên, Cầu 14 và Bản Đôn

nhưng xu thế biến đổi của các đỉnh lưu lượng vào mùa lũ hàng năm khá đồng nhất.

Quá trình hiệu chỉnh cũng chỉ ra rằng, khoảng giá trị của một vài thông số ảnh hưởng đến sự hình thành dòng chảy được cài đặt sẵn trong mô hình SWAT chưa phù hợp với điều kiện tự nhiên của khu vực Tây Nguyên do mô hình được viết dựa trên hệ thống cơ sở dữ liệu của Mỹ. Khoảng giá trị của các thông số này đã được xác định và được chỉnh sửa trực tiếp trong cấu trúc nội tại của mô hình. Điều này cũng khẳng định được tính linh hoạt của một mô hình mã nguồn mở khi cho phép người sử dụng có thể can thiệp trực tiếp và thay đổi các biến số tương ứng với khu vực nghiên cứu. Sự thay đổi đó được trình bày tại bảng 3.



Bảng 4. Độ chính xác kết quả mô phỏng lưu lượng dòng chảy trong giai đoạn hiệu chỉnh và kiểm định

Giai đoạn	Hiệu chỉnh				Kiểm định			
	Chỉ tiêu/Trạm	Đức Xuyên	Giang Sơn	Cầu 14	Bản Đôn	Đức Xuyên	Giang Sơn	Cầu 14
NSE	0,70	0,72	0,76	0,77	0,63	0,76	0,81	0,77
PBIAS	-0,10	2,30	-8,90	-5,00	10,50	-5,50	0,30	0,20
R <sup>2</sup>	0,70	0,73	0,78	0,78	0,66	0,80	0,83	0,79

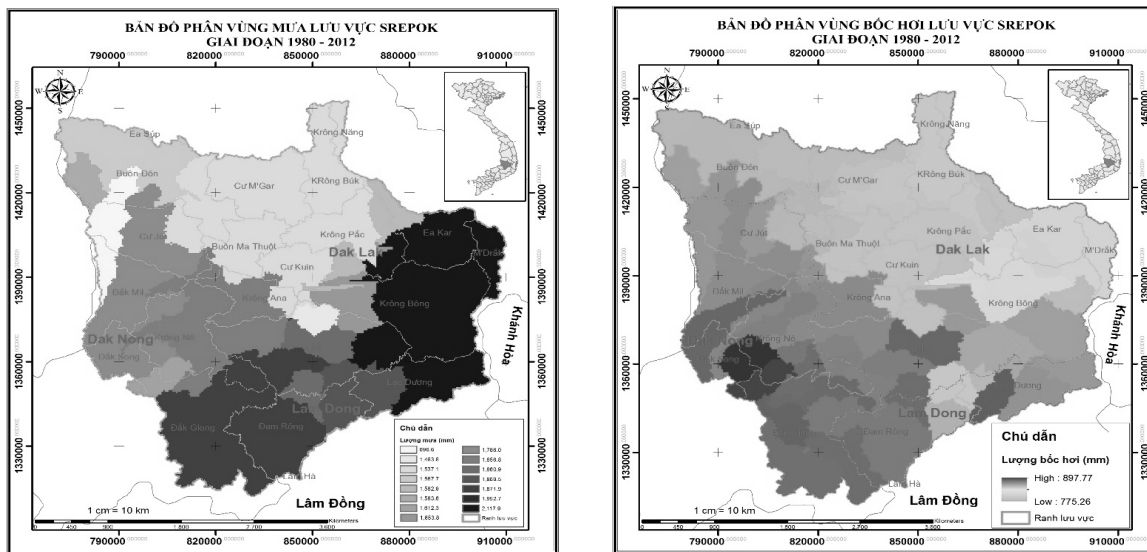
Tại bảng 4, các chỉ tiêu thống kê đều đạt mức rất tốt với NSE, R<sup>2</sup> đạt trên 0,75 và PBIAS dưới ± 10% ở 3 trạm Giang Sơn, Cầu 14 và Bản Đôn. Riêng trạm Đức Xuyên, NSE và R<sup>2</sup> chỉ đạt trên 0,63 nhưng PBIAS vẫn đạt mức tốt (<15%) do trận bão lịch sử xảy ra vào tháng 10/2000 trên sông Krông Nô làm cho lưu lượng dòng chảy thực đo tăng lên một cách đột ngột. Theo số liệu ghi nhận tại thủy văn Đức Xuyên, lưu lượng dòng chảy từ 696m<sup>3</sup>/s ngày 9/10/2000 đã vọt lên 3010m<sup>3</sup>/s vào ngày 10/10/2000 và duy trì ở mức 1070-2480m<sup>3</sup>/s trong 5 ngày sau đó.

Tương tự, mức độ tương quan giữa giá trị mô phỏng của mô hình và giá trị thực đo cũng được đánh giá dưới dạng biểu đồ tại hình 7. Lúc này, dữ liệu mô phỏng lại có xu hướng thấp hơn dữ liệu thực đo ở trạm Đức Xuyên, Cầu 14, Bản Đôn và có xu hướng cao hơn dữ liệu thực đo tại trạm Giang Sơn nhưng các đỉnh lũ có xu thế đồng nhất hơn so với giai đoạn hiệu chỉnh. Như vậy, có thể khẳng định rằng các thông số được lựa chọn và các giá trị của nó là phù hợp để mô phỏng lưu lượng dòng chảy trên lưu vực Srepok.

### 3.2. Chỉ số hạn và phân vùng hạn hán trên lưu vực Srepok

*Bốc thoát hơi tiềm năng, mưa và lưu lượng dòng chảy*

Sau quá trình phê chuẩn mô hình SWAT, các thành phần cân bằng nước như lượng mưa, bốc hơi tiềm năng, lưu lượng dòng chảy được trích xuất từ mô hình phục vụ cho quá trình tính toán hệ số hạn trên lưu vực. Kết quả trong bảng 5 và hình 8 phản ánh rất tốt và thực tế về nền khí hậu biến đổi theo không thời gian. Cụ thể, các tiểu lưu vực ở phía Tây và Tây Nam có lượng bốc thoát hơi lớn (897,8 mm/năm) bởi đây là vùng khí hậu khô nóng nhất lưu vực; ngược lại, các tiểu lưu vực ở phía Đông và Đông Bắc có lượng bốc thoát hơi thấp (775,3 mm/năm) bởi phía Đông Bắc là vùng núi cao và phần nào chịu ảnh hưởng của nền nhiệt độ á ôn đới Đà Lạt; Lượng mưa trung bình được xác định theo đa giác Thiessen từ số liệu mưa ngày thực đo từ 1980-2012 tại 16 trạm quan trắc trong vùng và phụ cận. Kết quả tính toán lượng mưa trung bình của các tiểu lưu vực cho thấy, chuẩn mưa năm ở đây khoảng 1.750 mm, thấp hơn trung bình của cả nước (1.960 mm/năm). Lượng mưa cao nhất ở khu vực phía Đông, với lượng mưa 1.953-2.118 mm/năm; và thấp nhất ở các khu vực phía Tây và Đông Bắc (700-1.464 mm/năm). Mùa mưa bắt đầu từ tháng 5 đến tháng 10 hàng năm; Thống kê lưu lượng dòng chảy trung bình tháng tại cửa ra của 93 tiểu lưu vực giai đoạn 1980-2012, trong đó lưu lượng cửa ra của tiểu lưu vực 1 là giá trị lưu lượng trung bình năm của toàn bộ lưu vực nghiên cứu Srepok.



Hình 8. Một số đặc trưng thành phần cân bằng nước được mô phỏng bởi mô hình SWAT

Bảng 5. Các thành phần cân bằng nước trên lưu vực Srepok

Tiểu lưu vực	ET <sub>p</sub>	X	Q	Tiểu lưu vực	ET <sub>p</sub>	X	Q
1	778,6	1567,7	380,7	48	784,5	1537,1	101,3
2	864,8	1583,6	5,9	49	875,1	1856,9	10,7
3	778,3	1567,7	370,8	50	786,2	2117,9	31,8
4	779,1	1567,7	355,1	51	871,1	2117,9	4,6
5	781,3	1567,7	4,3	52	841,8	1856,9	267,0
6	779,2	1567,7	347,9	53	853,3	1653,9	6,2
7	781,6	1537,1	4,7	54	873,9	1786,0	4,2
8	779,5	1567,7	347,8	55	868,0	1856,9	6,4
9	779,2	1567,7	338,8	56	875,5	1537,1	104,6
10	778,5	1567,7	14,8	57	877,7	1463,6	2,9
11	785,3	1537,1	2,1	58	787,1	1952,7	107,5
12	790,6	1537,1	3,9	59	786,7	1786,0	10,7
13	779,2	1567,7	323,8	60	873,5	1856,9	129,0
14	775,3	1537,1	319,2	61	886,4	2117,9	13,6
15	778,0	1537,1	9,9	62	873,8	1856,9	136,2
16	781,8	1537,1	6,4	63	865,3	1861,0	8,3
17	786,8	1537,1	2,3	64	873,8	1856,9	116,9
18	867,5	1786,0	3,7	65	887,1	1786,0	6,1
19	777,8	1537,1	317,2	66	873,5	1856,9	12,9
20	779,3	1537,1	313,6	67	897,8	1856,9	111,6
21	782,5	1537,1	2,4	68	880,7	1856,9	5,1
22	868,8	696,7	5,7	69	876,8	1871,9	108,3
23	793,7	1537,1	10,8	70	884,6	2117,9	6,4
24	786,3	1582,9	3,7	71	877,5	1871,9	104,4
25	843,7	2117,9	5,0	72	867,2	2117,9	22,1
26	786,0	1582,9	15,0	73	875,9	2117,9	4,2
27	843,5	2117,9	28,2	74	861,2	1871,9	4,9
28	872,8	1786,0	8,7	75	861,4	1869,5	28,0

29	779,4	1537,1	310,3	76	878,4	2117,9	7,8
30	869,4	1856,9	303,8	77	856,0	1612,4	4,6
31	872,1	1786,0	5,3	78	869,7	1869,5	4,5
32	868,7	1856,9	303,3	79	895,6	1871,9	98,5
33	787,0	1537,1	7,7	80	889,0	1861,0	46,3
34	844,5	2117,9	20,7	81	877,6	1869,5	37,8
35	787,9	1537,1	4,4	82	884,1	1869,5	4,1
36	842,4	1653,9	43,6	83	848,3	1871,9	49,7
37	870,9	1856,9	295,7	84	857,3	1871,9	5,6
38	841,9	2117,9	51,6	85	877,7	1871,9	37,2
39	788,4	1537,1	2,7	86	885,5	1871,9	31,3
40	785,4	1582,9	2,4	87	878,2	1871,9	4,9
41	788,9	1537,1	3,7	88	880,0	1871,9	17,6
42	786,1	1537,1	5,4	89	887,9	1871,9	10,8
43	786,8	1537,1	9,6	90	884,0	1871,9	5,9
44	841,1	1653,9	85,0	91	880,3	1871,9	12,3
45	871,6	1856,9	269,5	92	883,4	1871,9	4,8
46	778,6	1582,9	95,1	93	880,2	1871,9	7,0
47	864,8	1856,9	24,0	Trung bình	839,0	1749,9	78,1

*Hệ số khô, hệ số cạn và hệ số hạn*

Trên cơ sở tài liệu bốc thoát hơi tiềm năng, lượng mưa và lưu lượng dòng chảy trung bình tháng trong giai đoạn 1980-2012 trên các tiểu lưu vực thuộc vùng nghiên cứu, hệ số hạn hán, hệ số khô, hệ số cạn nước sông và được xác định theo công thức (5), (6) và (7). Kết quả thể hiện trong Bảng 6, Bảng 7 và Bảng 8.

Tính toán  $K_{k\text{ho}}$  (Bảng 6) cho thấy hạn khí tượng ở mức cực khô ( $> 0,8$ ) ở một số tiểu lưu vực ở tháng 12 và ở hầu hết các tiểu lưu vực vào tháng 1 và tháng 2, đến tháng 3 giảm xuống ở mức rất khô ( $> 0,6$ ), sang đến tháng 4 với những cơn mưa đầu mùa đã làm độ khô của lưu vực chỉ còn ở mức thấp (0,11-0,58).

Bảng 6. Hệ số khô trung bình tháng giai đoạn 1980-2012 các tiểu lưu vực trong vùng nghiên cứu

Tiểu lưu vực	Tháng					Tiểu lưu vực	Tháng				
	1	2	3	4	12		1	2	3	4	12
1	1,00	0,98	0,72	0,06	0,83	48	0,88	0,89	0,76	-0,02	0,13
2	1,00	0,98	0,75	0,17	0,85	49	0,91	0,93	0,69	-0,01	0,45
3	1,00	0,98	0,72	0,06	0,83	50	-0,30	0,64	0,56	0,04	-7,55
4	1,00	0,98	0,72	0,06	0,83	51	-0,28	0,65	0,57	0,05	-7,45
5	1,00	0,98	0,72	0,06	0,83	52	0,91	0,93	0,69	-0,01	0,45
6	1,00	0,98	0,72	0,06	0,83	53	0,49	0,91	0,74	0,33	-3,91
7	0,88	0,89	0,76	-0,03	0,12	54	0,93	0,91	0,49	-0,62	0,59
8	1,00	0,98	0,72	0,06	0,83	55	0,91	0,94	0,69	0,00	0,45
9	1,00	0,98	0,72	0,06	0,83	56	0,88	0,89	0,76	-0,02	0,13
10	1,00	0,98	0,72	0,06	0,83	57	0,83	0,92	0,64	-0,08	-0,60
11	0,88	0,89	0,76	-0,02	0,12	58	0,96	0,95	0,79	0,15	0,24
12	0,88	0,89	0,76	-0,02	0,13	59	0,93	0,91	0,49	-0,60	0,59

13	1,00	0,98	0,72	0,06	0,83	60	0,91	0,93	0,69	-0,01	0,45
14	0,88	0,89	0,76	-0,04	0,11	61	-0,26	0,65	0,57	0,06	-7,34
15	0,88	0,89	0,76	-0,03	0,12	62	0,91	0,93	0,69	-0,01	0,45
16	0,88	0,89	0,76	-0,03	0,12	63	0,75	0,92	0,72	0,11	-1,09
17	0,88	0,89	0,76	-0,02	0,13	64	0,91	0,93	0,69	-0,01	0,45
18	0,92	0,91	0,48	-0,63	0,59	65	0,93	0,91	0,50	-0,58	0,60
19	0,88	0,89	0,76	-0,03	0,12	66	0,91	0,94	0,69	0,00	0,46
20	0,88	0,89	0,76	-0,03	0,12	67	0,91	0,94	0,69	0,00	0,45
21	0,88	0,89	0,76	-0,03	0,12	68	0,91	0,94	0,70	0,01	0,46
22	0,99	0,99	0,85	0,58	0,91	69	0,90	0,93	0,79	-0,07	-0,16
23	0,88	0,89	0,76	-0,01	0,13	70	-0,26	0,65	0,58	0,07	-7,32
24	0,71	0,94	0,73	0,11	-2,17	71	0,90	0,93	0,79	-0,07	-0,16
25	-0,30	0,64	0,56	0,04	-7,54	72	-0,27	0,65	0,57	0,06	-7,38
26	0,71	0,94	0,73	0,11	-2,17	73	-0,27	0,65	0,57	0,06	-7,37
27	-0,30	0,64	0,56	0,04	-7,54	74	0,90	0,93	0,79	-0,07	-0,16
28	0,93	0,91	0,48	-0,62	0,59	75	0,63	0,91	0,68	0,19	-2,02
29	0,88	0,89	0,76	-0,03	0,12	76	-0,26	0,65	0,58	0,07	-7,30
30	0,91	0,93	0,69	-0,01	0,45	77	0,94	0,96	0,76	0,06	0,57
31	0,93	0,91	0,48	-0,62	0,59	78	0,64	0,91	0,69	0,22	-1,92
32	0,91	0,93	0,69	-0,01	0,45	79	0,90	0,93	0,79	-0,07	-0,16
33	0,88	0,89	0,76	-0,02	0,13	80	0,75	0,92	0,71	0,11	-1,10
34	-0,30	0,64	0,56	0,04	-7,53	81	0,62	0,91	0,68	0,19	-2,04
35	0,88	0,89	0,76	-0,02	0,13	82	0,63	0,91	0,68	0,19	-2,01
36	0,48	0,90	0,73	0,31	-4,05	83	0,90	0,93	0,79	-0,07	-0,16
37	0,91	0,93	0,69	-0,01	0,45	84	0,90	0,93	0,79	-0,06	-0,15
38	-0,30	0,64	0,56	0,04	-7,56	85	0,90	0,93	0,79	-0,07	-0,16
39	0,88	0,89	0,76	-0,02	0,13	86	0,90	0,93	0,79	-0,07	-0,16
40	0,70	0,94	0,73	0,11	-2,17	87	0,90	0,93	0,80	-0,06	-0,14
41	0,88	0,89	0,76	-0,02	0,13	88	0,90	0,93	0,79	-0,06	-0,15
42	0,88	0,89	0,76	-0,02	0,13	89	0,90	0,93	0,79	-0,07	-0,15
43	0,88	0,89	0,76	-0,02	0,13	90	0,90	0,93	0,79	-0,06	-0,15
44	0,48	0,90	0,73	0,31	-4,05	91	0,90	0,93	0,79	-0,07	-0,15
45	0,91	0,93	0,69	-0,01	0,45	92	0,90	0,93	0,79	-0,06	-0,15
46	0,70	0,94	0,73	0,11	-2,17	93	0,90	0,93	0,79	-0,06	-0,15
47	0,91	0,93	0,69	-0,01	0,45						

Từ giá trị hệ số cạn nước sông trong Bảng 7, hạn thủy văn có sự chậm pha khoảng 1 tháng so với hạn khí tượng. Nước sông Srepok bắt

đầu kiệt vào tháng 1, tăng dần lên mức độ kiệt vào tháng 2, tháng 3, tháng 4 và đến tháng 5 dòng chảy có sự phục hồi.

Bảng 7. Hệ số cận trung bình tháng giai đoạn 1980-2012 các tiểu lưu vực trong vùng nghiên cứu

Tiểu lưu vực	Tháng					Tiểu lưu vực	Tháng				
	1	2	3	4	12		1	2	3	4	12
1	-0,31	0,13	0,30	0,10	-1,68	48	0,21	0,58	0,69	0,64	-1,16
2	0,92	0,98	0,98	0,94	0,83	49	0,77	0,79	0,81	0,75	0,70
3	-0,31	0,12	0,30	0,10	-1,68	50	0,73	0,92	0,90	0,81	-0,30
4	-0,31	0,11	0,29	0,10	-1,68	51	0,90	0,97	0,96	0,93	0,51
5	0,94	0,98	0,99	0,95	0,87	52	-0,16	0,27	0,44	0,32	-1,60
6	-0,32	0,10	0,28	0,10	-1,68	53	0,92	0,99	0,98	0,93	0,54
7	0,83	0,85	0,88	0,88	0,76	54	0,88	0,89	0,89	0,83	0,84
8	-0,32	0,10	0,28	0,10	-1,68	55	0,80	0,82	0,84	0,82	0,75
9	-0,30	0,12	0,29	0,13	-1,68	56	0,20	0,57	0,67	0,63	-1,16
10	0,67	0,71	0,76	0,76	0,56	57	0,90	0,92	0,92	0,88	0,81
11	0,88	0,89	0,91	0,91	0,84	58	0,19	0,56	0,66	0,61	-1,16
12	0,84	0,86	0,88	0,88	0,78	59	0,79	0,82	0,82	0,74	0,73
13	-0,26	0,16	0,33	0,16	-1,64	60	0,15	0,50	0,60	0,53	-1,15
14	-0,25	0,17	0,34	0,17	-1,63	61	0,84	0,96	0,94	0,87	0,16
15	0,72	0,75	0,79	0,79	0,63	62	0,22	0,47	0,61	0,51	-0,53
16	0,78	0,81	0,84	0,84	0,71	63	0,90	0,93	0,93	0,86	0,72
17	0,87	0,89	0,90	0,90	0,83	64	0,23	0,50	0,65	0,59	-0,54
18	0,85	0,87	0,88	0,86	0,80	65	0,94	0,95	0,92	0,79	0,90
19	-0,25	0,16	0,34	0,17	-1,64	66	0,89	0,91	0,89	0,75	0,82
20	-0,26	0,16	0,34	0,18	-1,64	67	0,24	0,51	0,66	0,61	-0,53
21	0,98	0,99	0,98	0,91	0,94	68	0,86	0,88	0,89	0,86	0,81
22	0,91	0,97	0,98	0,94	0,82	69	0,25	0,52	0,67	0,63	-0,53
23	0,71	0,79	0,86	0,89	0,55	70	0,74	0,84	0,88	0,88	0,39
24	0,70	0,78	0,85	0,88	0,59	71	0,24	0,51	0,66	0,63	-0,53
25	0,80	0,91	0,93	0,92	0,43	72	0,51	0,70	0,77	0,77	-0,14
26	0,58	0,70	0,80	0,84	0,39	73	0,79	0,87	0,90	0,90	0,51
27	0,50	0,76	0,82	0,81	-0,35	74	0,86	0,90	0,94	0,92	0,75
28	0,81	0,84	0,85	0,80	0,75	75	0,48	0,68	0,76	0,76	-0,17
29	-0,25	0,17	0,34	0,19	-1,64	76	0,71	0,82	0,86	0,86	0,33
30	-0,24	0,18	0,36	0,20	-1,63	77	0,95	0,96	0,95	0,89	0,90
31	0,81	0,84	0,86	0,84	0,76	78	0,85	0,90	0,93	0,93	0,69
32	-0,23	0,19	0,36	0,20	-1,63	79	0,26	0,53	0,67	0,64	-0,50
33	0,74	0,77	0,80	0,80	0,67	80	0,36	0,60	0,71	0,72	-0,37
34	0,61	0,83	0,87	0,85	-0,16	81	0,41	0,63	0,73	0,74	-0,31
35	0,81	0,87	0,91	0,93	0,71	82	0,84	0,90	0,93	0,93	0,71
36	0,35	0,62	0,73	0,75	-0,46	83	0,62	0,75	0,84	0,78	0,26
37	-0,21	0,21	0,38	0,23	-1,61	84	0,90	0,94	0,97	0,95	0,77
38	0,28	0,58	0,71	0,73	-0,56	85	0,69	0,80	0,87	0,82	0,38
39	0,85	0,90	0,93	0,94	0,78	86	0,71	0,81	0,87	0,83	0,43
40	0,89	0,95	0,97	0,97	0,67	87	0,90	0,95	0,97	0,95	0,78
41	0,78	0,84	0,89	0,92	0,70	88	0,74	0,83	0,89	0,87	0,53
42	0,81	0,89	0,93	0,93	0,61	89	0,81	0,87	0,92	0,90	0,64
43	0,70	0,80	0,87	0,90	0,49	90	0,83	0,88	0,92	0,91	0,71
44	0,27	0,62	0,71	0,67	-1,05	91	0,77	0,84	0,90	0,88	0,60
45	-0,15	0,27	0,44	0,31	-1,59	92	0,86	0,90	0,94	0,92	0,75
46	0,20	0,57	0,68	0,65	-1,11	93	0,83	0,89	0,93	0,91	0,70
47	0,67	0,70	0,72	0,62	0,56						

Tích số  $K_{kho}$  và  $K_{can}$ , giá trị trong Bảng 8 chỉ ra rằng về tổng thể vùng nghiên cứu hạn có khả năng (50%) xảy ra trong thời kỳ tháng 12 năm

trước đến tháng 3 năm sau, với mức độ nhẹ đến đặc biệt. Sang tháng 4, hạn chỉ còn để lại dấu vết trên một số tiểu lưu vực ở thượng nguồn.

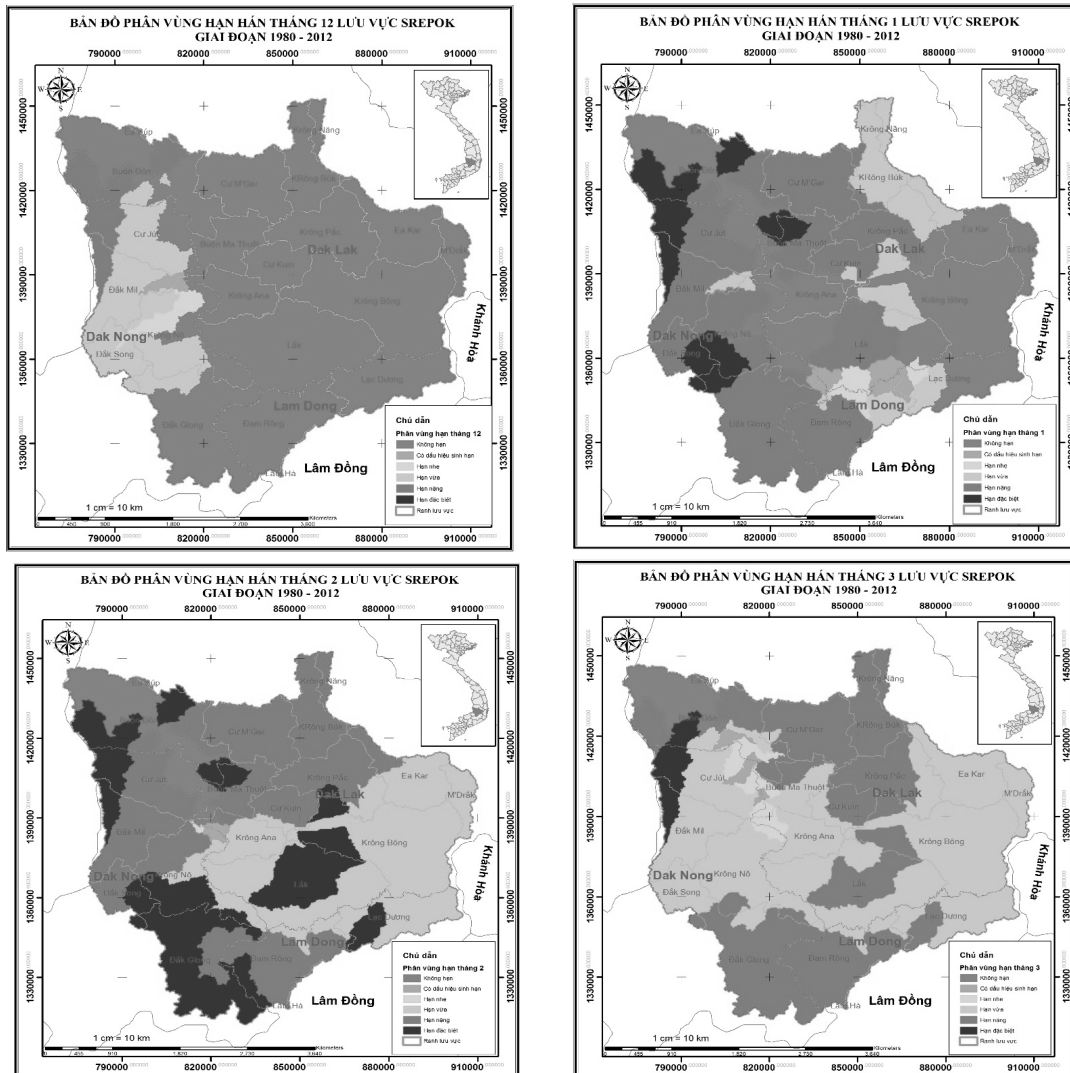
Bảng 8. Hệ số hạn trung bình tháng giai đoạn 1998-2010 các tiểu lưu vực vùng nghiên cứu

Tiểu lưu vực	Tháng					Tiểu lưu vực	Tháng				
	1	2	3	4	12		1	2	3	4	12
1	0,00	0,35	0,47	0,08	0,00	48	0,43	0,72	0,72	0,00	0,00
2	0,96	0,98	0,86	0,40	0,84	49	0,84	0,86	0,75	0,00	0,56
3	0,00	0,34	0,46	0,08	0,00	50	0,00	0,77	0,71	0,17	0,00
4	0,00	0,33	0,45	0,08	0,00	51	0,00	0,79	0,74	0,22	0,00
5	0,97	0,98	0,84	0,25	0,85	52	0,00	0,50	0,55	0,00	0,00
6	0,00	0,32	0,45	0,08	0,00	53	0,67	0,95	0,85	0,55	0,00
7	0,85	0,87	0,82	0,00	0,30	54	0,90	0,90	0,66	0,00	0,70
8	0,00	0,31	0,45	0,08	0,00	55	0,85	0,88	0,76	0,00	0,58
9	0,00	0,34	0,46	0,09	0,00	56	0,42	0,71	0,72	0,00	0,00
10	0,82	0,83	0,74	0,21	0,68	57	0,86	0,92	0,76	0,00	0,00
11	0,88	0,89	0,83	0,00	0,32	58	0,43	0,73	0,72	0,30	0,00
12	0,86	0,88	0,82	0,00	0,32	59	0,86	0,86	0,64	0,00	0,66
13	0,00	0,39	0,49	0,10	0,00	60	0,37	0,68	0,65	0,00	0,00
14	0,00	0,39	0,51	0,00	0,00	61	0,00	0,79	0,74	0,24	0,00
15	0,80	0,82	0,77	0,00	0,27	62	0,44	0,67	0,65	0,00	0,00
16	0,83	0,85	0,80	0,00	0,29	63	0,82	0,92	0,81	0,31	0,00
17	0,88	0,89	0,83	0,00	0,32	64	0,46	0,68	0,67	0,00	0,00
18	0,88	0,89	0,65	0,00	0,69	65	0,94	0,93	0,68	0,00	0,74
19	0,00	0,38	0,51	0,00	0,00	66	0,90	0,92	0,78	0,02	0,61
20	0,00	0,38	0,50	0,00	0,00	67	0,47	0,69	0,68	0,00	0,00
21	0,93	0,94	0,86	0,00	0,34	68	0,89	0,91	0,79	0,07	0,61
22	0,95	0,98	0,91	0,74	0,87	69	0,47	0,70	0,73	0,00	0,00
23	0,79	0,84	0,81	0,00	0,27	70	0,00	0,74	0,71	0,24	0,00
24	0,70	0,85	0,79	0,31	0,00	71	0,47	0,69	0,73	0,00	0,00
25	0,00	0,76	0,72	0,19	0,00	72	0,00	0,67	0,66	0,21	0,00
26	0,64	0,81	0,76	0,31	0,00	73	0,00	0,75	0,72	0,23	0,00
27	0,00	0,70	0,68	0,18	0,00	74	0,88	0,92	0,86	0,00	0,00
28	0,87	0,87	0,64	0,00	0,66	75	0,55	0,79	0,72	0,38	0,00
29	0,00	0,38	0,51	0,00	0,00	76	0,00	0,73	0,70	0,24	0,00
30	0,00	0,41	0,49	0,00	0,00	77	0,94	0,96	0,85	0,23	0,72
31	0,87	0,87	0,65	0,00	0,67	78	0,74	0,91	0,80	0,46	0,00
32	0,00	0,42	0,50	0,00	0,00	79	0,49	0,70	0,73	0,00	0,00
33	0,81	0,83	0,78	0,00	0,29	80	0,52	0,74	0,71	0,28	0,00
34	0,00	0,73	0,70	0,19	0,00	81	0,50	0,76	0,70	0,37	0,00
35	0,85	0,88	0,83	0,00	0,30	82	0,73	0,90	0,80	0,43	0,00
36	0,41	0,75	0,73	0,48	0,00	83	0,75	0,83	0,81	0,00	0,00
37	0,00	0,45	0,51	0,00	0,00	84	0,90	0,94	0,88	0,00	0,00
38	0,00	0,61	0,63	0,17	0,00	85	0,79	0,86	0,83	0,00	0,00
39	0,87	0,89	0,84	0,00	0,32	86	0,80	0,87	0,83	0,00	0,00
40	0,79	0,94	0,84	0,33	0,00	87	0,90	0,94	0,88	0,00	0,00
41	0,83	0,87	0,83	0,00	0,30	88	0,82	0,88	0,84	0,00	0,00
42	0,84	0,89	0,84	0,00	0,28	89	0,85	0,90	0,85	0,00	0,00
43	0,79	0,85	0,81	0,00	0,25	90	0,86	0,91	0,86	0,00	0,00
44	0,36	0,75	0,72	0,45	0,00	91	0,83	0,89	0,85	0,00	0,00
45	0,00	0,51	0,55	0,00	0,00	92	0,88	0,92	0,86	0,00	0,00
46	0,38	0,73	0,71	0,27	0,00	93	0,87	0,91	0,86	0,00	0,00
47	0,78	0,81	0,71	0,00	0,50						

*Xây dựng bản đồ phân vùng hạn hán*

Từ kết quả tính toán hệ số hạn, bản đồ phân cấp hạn trên lưu vực Srepok tỷ lệ 1:1000000 được xây dựng dưới sự hỗ trợ của hệ thống thông tin địa lý (GIS) trên lớp bản đồ nền về ranh giới hành chính, mạng lưới thủy văn và giao thông. Cụ thể, hệ số hạn tính toán cho 93 tiểu lưu vực và được thể hiện tại hình 9 với các bản đồ phân vùng hạn hán theo tháng từ tháng 12 năm trước đến tháng 3 năm sau trên lưu vực Srepok. Thậm chí, một số xã phía Tây của huyện Cư Jút và Đắk Mil thời gian hạn kéo dài đến 5 tháng. Các bản đồ này như là bức tranh

tổng thể về hạn hán theo không gian và thời gian, có thể cho chúng ta thấy rõ được từng vị trí với mức độ hạn trong vùng nghiên cứu. Theo đó, hạn nặng và hạn đặc biệt xuất hiện chủ yếu vào tháng 2 tại phía Nam (huyện Đắk Glong, Đam Rông, Lắk), Tây Nam (huyện Đắk Song Đắk Mil, Cư Jút) và phía Bắc (huyện Krông Pắc, Krông Búk, Cư M'gar) của lưu vực. Nhìn chung, kết quả nghiên cứu có thể làm cơ sở cho các hoạt động sản xuất nông nghiệp và phục vụ quá trình quản lý, quy hoạch sử dụng đất, quy hoạch nông nghiệp tiến tới sự phát triển bền vững trên lưu vực.



Hình 9. Bản đồ phân cấp hạn trung bình tháng 12-3 thời kỳ 1980-2012 trên lưu vực Srepok.

#### 4. Kết luận, kiến nghị

Nghiên cứu sử dụng mô hình SWAT mô phỏng quá trình dòng chảy diễn ra trên lưu vực Srepok. Kết quả chỉ ra rằng lưu lượng dòng chảy được mô phỏng tốt trong cả giai đoạn hiệu chỉnh và kiểm định với NSE,  $R^2$  trên 0,7 và PBIAS dưới 15% tại trạm Giang Sơn, Cầu 14 và Bản Đôn. Riêng trạm Đức Xuyên, hệ số NSE và  $R^2$  chỉ đạt trên 0,6 do lũ lụt xảy ra trong giai đoạn kiểm định. Sau đó, bằng cách tiếp cận tổng hợp với các phương pháp nghiên cứu được ứng dụng thích hợp và đảm bảo độ tin cậy, nghiên cứu đã tính toán hệ số hạn trên cơ sở bốc thoát hơi nước tiềm năng, mưa trung bình lưu vực và lưu lượng dòng chảy trên 93 tiểu lưu vực trong vùng nghiên cứu trong thời kỳ 1980-2012. Kết quả đã xác định được rằng trung bình thời gian hạn hán trên lưu vực thường kéo dài từ tháng 1 đến tháng 3 với mức độ từ dấu hiệu sinh hạn (0,5), hạn nhẹ (0,5-0,6), hạn vừa (0,6-0,8), hạn nặng (0,8-0,9), đến hạn đặc biệt (0,9-1). Trên cơ sở đó, ứng dụng công nghệ GIS đã xây dựng được bản đồ phân cấp hạn trung bình nhiều năm cho lưu vực. Kết quả kỳ vọng là tài liệu tham chiếu trong quy hoạch khai thác sử dụng tài nguyên nước lưu vực sông Srepok.

#### Tài liệu tham khảo

- [1] Dương Văn Khâm, Sơn N. H. & Tâm T. T., Nghiên cứu ứng dụng công nghệ viễn thám giám sát hạn hán ở Tây Nguyên, Hội thảo khoa học liên ngành nhóm nhiệm vụ thuộc chương trình Tây Nguyên 3: Quản lý bền vững đất và nước ứng phó với hạn hán, hoang mạc hóa và lũ lụt vùng Tây Nguyên (2013) 167.
- [2] Trần Thục, Thắng N. V., Cường H. D., Khiêm M. V., Mậu N. Đ., Thăng V. V., Takeuchi W. & An V. N, Khả năng ứng dụng chỉ số hạn Keetch-Byram (KBDI) trong giám sát hạn hán ở Việt Nam, Hội thảo khoa học liên ngành nhóm nhiệm vụ thuộc chương trình Tây Nguyên 3: Quản lý bền vững đất và nước ứng phó với hạn hán, hoang mạc hóa và lũ lụt vùng Tây Nguyên (2013) 177.
- [3] Cyril O, Wilson and Qihao Weng, Simulating the impacts of future land use and climate changes on surface water quality in the Des Plaines River watershed, Chicago Metropolitan Statistical Area, Illinois, Science of the Total Environment 409 (2011) 4387.
- [4] Y. Panagopoulos et al., Decision support for diffuse pollution management, Environmental Modelling & Software 30 (2012) 57.
- [5] Mohammad K.A., Flood Forecasting for Bangladesh with Satellite Data. MSc Thesis, UNESCO-IHE Institute for Water Education, 2006.
- [6] Mehmet C.D et al., Flow forecast by SWAT model and ANN in Pracana basin, Portugal, Advances in Engineering Software 40 (2009) 467.
- [7] Malutta S, and Kobiyama M., SWAT application to analyze the floods in Negrinho River basin – SC, Brazil, 12th International Conference on Urban Drainage, Porto Alegre/Brazil, 2011.
- [8] Winai W, and Kobkiat P., Integrated Hydrologic and Hydrodynamic model for flood risk assessment for Nam Loei basin, Thailand, The 1st EIT International Conference on Water Resources Engineering, Bangkok, Thailand, 2011.
- [9] Samuel Rivera et al., Predicting flood hazard areas: a SWAT and HEC-RAS simulations conducted in Aguan river basin of Honduras, central America, ASPRS 2007 Annual Conference, Tampa, Florida, 2007.
- [10] P.P. Mujumdar, Implications of Climate Change for sustainable water resources management in India, Physics and Chemistry of the Earth Magazine Number 33 (2008) 354.
- [11] Huỳnh Thị Thanh Hạnh, Ứng dụng GIS và mô hình SWAT đánh giá tài nguyên đất và nước tại thượng nguồn lưu vực sông Srepok tỉnh Đắk Lắk, Luận văn cao học, Trường Đại học Bách Khoa, Thành phố Hồ Chí Minh, 2012.
- [12] Arnold. J.G. et al, Large Area Hydrologic Modelling and Assessment Part I: Model Development, Journal of American Water Resources Association 34 (1998) 73.
- [13] Nguyen Kim Loi et al., Assessing Water discharge in Be River Basin, Vietnam using SWAT model, International SWAT Conference Proceedings (2012) 414.
- [14] D.N. Moriasi et al., Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. American Society of Agricultural and Biological Engineers ISSN 0001-2351, vol, 50 (2007) 885.
- [15] C. Santhi et al., Validation of the SWAT model on the large river basin with point and nonpoint sources, Journal of American water resources association, Vol 37, No 5 (2001) 1169.



## Zoning Drought Reply on Drought Index and Simulation Hydrological Regime in Srepok Watershed Tay Nguyen Area

Nguyen Thi Ngoc Quyên<sup>1</sup>, Nguyen Duy Liem<sup>2</sup>, Nguyen Dai Nguong<sup>3</sup>,  
Nguyen Thoan<sup>3</sup>, Bui Ta Long<sup>4</sup>, Nguyen Kim Loi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tay Nguyen University-567 Le Duan Street, Buon Ma Thuot City, Dak Lak Province

<sup>2</sup>Nong Lam University, Ho Chi Minh City-Zone 6, Linh Trung Ward, Thu Duc District, HCM City

<sup>3</sup>DakLak Hydro-Meteorological Station-60 Dinh Tien Hoang Street, Buon Ma Thuot City, Dak Lak Province

<sup>4</sup>Bach Khoa University, Ho Chi Minh City-268 Ly Thuong Kiet Street, Ward 14, District 10, HCM City

**Abstract:** Srepok watershed plays an important role which impacts to developing social-economic conditions in Central Highland area. Therefore, it is necessary to research about natural resources here. The aims of research were to apply SWAT for runoff simulation, then calculating drought index and its spatial distribution in Srepok watershed. In this study, water discharge was simulated quite well with over 0.7 for NSI and  $R^2$  values, about 10% for Bias index in both calibration and verification period at Giang Son, Cau 14, Ban Don stations. An exceptional case happened in validation period at Duc Xuyen station where NSI and  $R^2$  reached over 0.6 due to a historical flood in October, 2000 on Krong No river. The potential evaporation, precipitation and flow extracted from the model were used as inputs for calculating the drought index. In conclusion, drought-level zoning maps indicated that the zones of special, heavy and medium drought appeared in February, and March each year and extended from 1 to 5 months.

*Keywords:* Srepok watershed, drought index, SWAT model.