

## SỬ DỤNG MÔ HÌNH ANN (ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS) DỰ BÁO HẠN KHÍ TƯỢNG Ở ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG

Trần Văn Tỷ<sup>1</sup>, Huỳnh Vương Thu Minh<sup>2</sup> và Nguyễn Phương Đông<sup>3</sup>

**Tóm tắt:** Mục tiêu của nghiên cứu là sử dụng mô hình ANN để dự báo hạn khí tượng tại Đồng bằng sông Cửu Long. Chỉ số hạn hán SPI (Standardized Precipitation Index) được tính toán cho 3 và 6 tháng hạn trong giai đoạn hiện tại (1980-2013); từ đó, đường cong Mức độ - Thời gian - Tần suất hạn (SDF) được thiết lập. Mô hình ANN được thiết lập và hiệu chỉnh (1980-2000) các thông số hạn (SPI), kiểm định (2001-2013) và dự báo hạn khí tượng (thời gian  $t+1$  và  $t+2$ ). Kết quả tính toán SPI giai đoạn 1980–2013 cho thấy có sự thay đổi theo không gian và thời gian do lượng mưa thay đổi dẫn đến tần suất xuất hiện hạn cũng thay đổi theo. Dựa vào bản đồ hạn và đường cong SDF, các nhà quản lý có thể đưa ra những giải pháp thích hợp thích ứng cho từng vùng tương ứng với từng mức độ và khả năng xảy ra hạn. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định ANN tại 3 trạm (Bạc Liêu, Châu Đốc và Cần Thơ) cho thấy SPI (tính từ số liệu mưa thực đo) và mô phỏng là tương đối phù hợp và càng tốt nếu dự báo với bước thời gian ngắn.

**Từ khóa:** Hạn khí tượng; chỉ số khô hạn (SPI); mạng trí tuệ nhân tạo (ANN); Đồng bằng sông Cửu Long

### 1. GIỚI THIỆU

Trong những năm gần đây, tần suất xuất hiện lũ lụt và hạn hán tăng cao dưới ảnh hưởng của biến đổi khí hậu (BĐKH) (IPCC, 2007). Các nghiên cứu về quan trắc và dự báo hạn trong một khoảng thời gian dài là cần thiết để tìm các biện pháp đối phó với các hiện tượng hạn hán cục bộ có thể xảy ra ở tương lai (Kim và các cộng sự, 2013). Phương pháp thường dùng là sử dụng các số liệu khí tượng thủy văn quan trắc và số liệu khí tượng thủy văn dự báo thông qua các kết quả của mô hình khí hậu toàn cầu (Global Climate Models - GCMs).

Các nghiên cứu dự báo hạn trong thời gian gần đây còn tập trung vào phân tích phân bố không gian của hạn hán trong tương lai bằng cách ứng dụng các phương pháp phân tích thống kê như SAD (Severity – Area – Duration, Cường độ - Diện tích – Khoảng thời gian), SAF

(Severity – Area – Frequency, Cường độ - Diện tích – Tần suất), và SDF (Severity – Duration – Frequency, Mức độ - Khoảng thời gian – Tần suất). Các nghiên cứu gần đây về hạn khí tượng như Trần Văn Tỷ và cộng sự (2015) nghiên cứu xây dựng bản đồ hạn hán ĐBSCL trong bối cảnh biến đổi khí hậu. Nguyễn Đăng Tính (2010) nghiên cứu xác định khả năng và đánh giá mức độ hạn khí tượng ở vùng ĐBSCL. Nguyễn Đăng Tính (2006) nghiên cứu về ứng phó với hạn ở khu vực Tây Nguyên. Về dự báo hạn hán, một số nghiên cứu tiêu biểu những năm gần đây, như Campolo và Soldati (1999) đã sử dụng ANN để dự báo dòng chảy trên sông Sông Arno (Ý) chỉ sử dụng số liệu trong quá khứ. Nguyen Dang Tinh và các cộng sự (2007) ứng dụng ANN dự báo hạn hán tại Tây Nguyên, Việt Nam. Hung và các cộng sự (2009) đã sử dụng phương pháp ANN để cải thiện kết quả dự báo mưa tại Băng Cốc, Thái Lan.

Rất nhiều khu vực trên thế giới, trong đó có Việt Nam, đang phải gánh chịu những đợt hạn hán nghiêm trọng bất thường do tình trạng BĐKH gây ra (Trần Thực, 2011). Những năm hạn hán xảy ra ở Đồng bằng sông Cửu Long

---

<sup>1</sup> Khoa Công nghệ, Trường Đại học Cần Thơ; E-mail: [tvty@ctu.edu.vn](mailto:tvty@ctu.edu.vn)

<sup>2</sup> Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ

<sup>3</sup> Học viên cao học Kỹ thuật XD công trình thủy, Khoa Công nghệ, Trường Đại học Cần Thơ

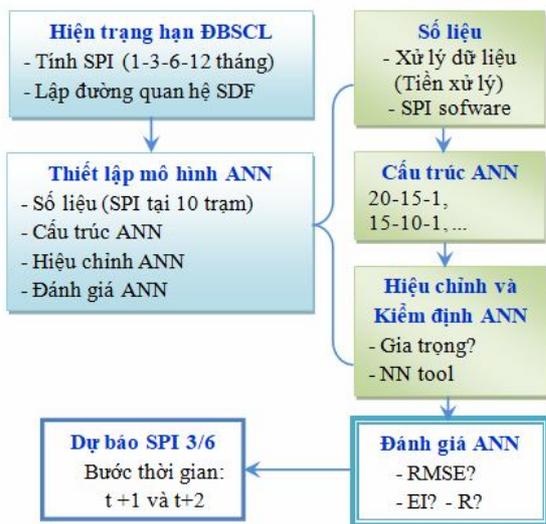
(ĐBSCL): năm 1982 tàn phá 180.000 ha cây màu; Vụ Đông Xuân 1992-1993, việc sản xuất ở ĐBSCL giảm 559,000 tấn lúa; diện tích bị hạn là 276.656 ha ở năm 1998; năm 2002, 2004 và 2005 hạn hán cũng xảy ra trầm trọng ở ĐBSCL, ngay cả nước sinh hoạt cũng phải hạn chế (Trần Đăng Hồng, 2007). Do đó, nghiên cứu dự báo hạn trong khoảng thời gian 3 tháng hay 6 tháng tại ĐBSCL là rất cần thiết nhằm điều chỉnh lịch thời vụ phù hợp, kịp thời chuẩn bị thích ứng, giảm thiểu thiệt hại đến mức thấp nhất là rất cần thiết.

Mục tiêu của nghiên cứu là sử dụng mô hình ANN để dự báo hạn khí tượng - thủy văn tại ĐBSCL. Để đạt được mục tiêu trên, các bước sau đây được thực hiện: Đánh giá hiện trạng hạn hán ở ĐBSCL những năm gần đây; thiết lập mô hình ANN, hiệu chỉnh và kiểm định các thông số hạn (SPI); và dự báo hạn khí tượng - thủy văn sử dụng các thông số hiệu chỉnh trên.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

- *Thu thập số liệu:* Số liệu mưa được thu thập từ Trung tâm khí tượng thủy văn ĐBSCL (trung bình tháng, 1980-2013).

- *Các bước thực hiện:* được thể hiện ở Hình 1.



Hình 1. Sơ đồ các bước thực hiện

### 2.1. Chỉ số khô hạn SPI

Chỉ số khô hạn (SPI) được tính từ chuỗi mưa nhiều năm nhằm đưa về dạng hàm phân bố chuẩn tắc của số liệu mưa, ứng với thời gian hạn

khác nhau SPI 3 và 6 ứng hạn 3 và 6 tháng. Theo Viện Khí tượng Thủy văn và Môi trường (VKHKTTV-MT) (2010), cách thức tính toán chỉ tiêu SPI (chỉ số chuẩn hóa lượng mưa) được thể hiện trong công thức sau:  $SPI = \frac{X - \bar{X}}{\sigma}$

Trong đó,  $X$ : lượng mưa khoảng thời gian  $i$  ( $i$ : tháng, mùa, vụ);  $\bar{X}$ : lượng mưa trung bình trong khoảng thời gian  $i$  qua nhiều năm; và  $\sigma$ : khoảng lệch tiêu chuẩn của lượng mưa khoảng thời gian  $i$  (1, 3, 6 và 12 tháng).

### 2.2. Mô hình mạng trí tuệ nhân tạo ANN (Artificial Neural Networks)

Trong nghiên cứu này, ANN được ứng dụng để xây dựng mô hình dự báo hạn khí tượng thông qua chỉ số hạn SPI (3 và 6 tháng) được tính từ số liệu mưa tại 10 trạm tiêu biểu ĐBSCL. Cấu trúc của mạng dẫn tiến nhiều lớp bao gồm một lớp vào (input layer) chứa các neural nhận tín hiệu vào, một lớp ra (output layer) chứa các neural xuất tín hiệu ra, và ít nhất một lớp ẩn (hidden layer) nằm giữa lớp vào và lớp ra. Trong nghiên cứu này, hàm kích hoạt của các nút ở dạng sigmoid được sử dụng. Các giá trị đầu ra của hàm sigmoid bị chặn giữa 0 và 1; các giá đầu vào hàm có thể thay đổi  $\pm \infty$ .

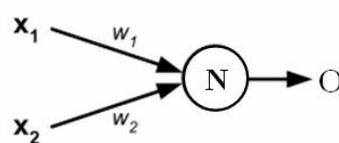
- *Xử lý số liệu:* Do hàm kích hoạt trong mạng ANN là hàm Sigmoid nên toàn bộ số liệu được biến đổi về giới hạn [0,05; 0,95] và kết quả đầu ra từ mô hình ANN được chuyển đổi về giá trị thực theo công thức sau:

$$y_t = \frac{[0.9(y_t - a)]}{(b-a)} + 0.05$$

và  $y_t = \frac{[(b-a)(y_t - 0.05)]}{0.9} + a,$

trong đó:  $y_t$  là giá trị thực;  $a, b$  lần lượt là giá trị cực tiểu, cực đại từ số liệu quan trắc;  $y_t$  là giá trị được chuyển đổi kết quả đầu ra của mô hình.

Công thức tổng quát:



$$N = \sum w_i x_i$$

Hàm kích hoạt Sigmoid:

$$O = f(N) = \frac{1}{1 + e^{-N}}$$

Trong đó:  $x$  and  $w$  lần lượt là giá trị đầu vào (input) và gia trọng (weight);  $O$  là giá trị đầu ra của nút (của lớp ẩn hoặc lớp ra).

**- Số liệu đầu vào:**

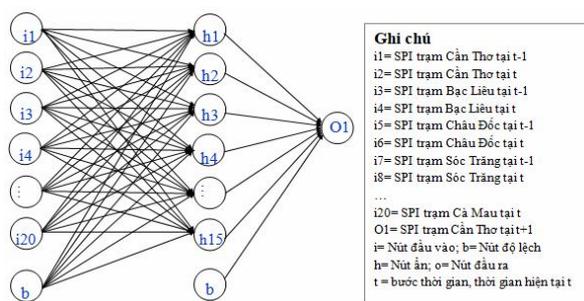
+ Trước tiên bằng tính hệ số tương quan (correlation ( $R^2$ )) lần lượt cho các giá trị giữa  $t$  với  $t-1$ ,  $t-2$  và  $t-3$  để đánh giá và lựa chọn số liệu đầu vào. Kết quả cho thấy giữa  $t$  với  $t-1$ ,  $t-2$ ,  $t-3$  có tương quan với  $R^2$  lần lượt là  $0,81 \div 0,88$ ,  $0,52 \div 0,66$  và  $0,40 \div 0,50$ . Từ kết quả này, giá trị đầu vào tại thời điểm  $t$  và  $t-1$  của 10 trạm được lựa chọn để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình.

+ Biến đầu vào là SPI tại thời điểm  $t$  và  $(t-1)$  của 10 trạm (Ba Tri, Bạc Liêu, Càng Long, Cao Lãnh, Châu Đốc, Cà Mau, Cần Thơ, Mỹ Tho, Rạch Giá và Sóc Trăng).

**- Lựa chọn cấu trúc ANN:**

Trong nghiên cứu này, từ 10 đến 20 neuron đối với dự báo SPI được chọn và thử dần cho cả lớp vào (Input layer) và lớp ẩn (Hidden layer). Thời gian mô phỏng để lựa chọn cấu trúc ANN là 1980-2013.

Các sơ đồ cấu trúc ANN trình bày trong Bảng 1 là tổng hợp các cấu trúc thử dần và Hình 2 là ví dụ cấu trúc mạng ANN (20-15-1) dự báo SPI tại trạm Cần Thơ.



Hình 2. Cấu trúc mạng ANN (20-15-1) dự báo SPI tại trạm Cần Thơ

**- Hiệu chỉnh và kiểm định ANN**

Với cấu trúc ANN được lựa chọn, mô hình được hiệu chỉnh (1980-2000) và kiểm định (2001-2013).

+ Thông số hiệu chỉnh: gia trọng ( $w$ ).

+ Phương pháp lan truyền ngược được sử dụng để cực tiểu hóa sai số này bằng cách điều chỉnh các gia trọng trong mỗi quá trình tính toán (Bordin, 2003).

+ Tốc độ học ( $\eta$ ) và hệ số momentum ( $\alpha$ ) được chọn ngẫu nhiên. Thông số học từ 0,01 đến 1 và tốc độ momentum giữa 0 và 1.

**- Xây dựng mô hình dự báo hạn (SPI)**

Trong nghiên cứu này, biến đầu ra là SPI (3, 6) dự báo tại thời điểm  $(t+\tau)$ , trong đó  $t$  là thời gian hiện tại,  $\tau$  là bước thời gian dự báo trong tương lai, tại 3 trạm Cần Thơ, Bạc Liêu và Châu Đốc và biến đầu vào là mực nước tại thời điểm  $t$  và  $(t-1)$  của 10 trạm. Các sơ đồ cấu trúc ANN trình bày trong Bảng 1.

Hàm số quan hệ của cấu trúc ANN cho SPI dự báo tại thời điểm  $(t+\tau)$  trong tương lai được trình bày như sau:  $SPI(t+\tau) = f(SPI_i(t-1), SPI_i(t))$ , trong đó:  $\tau$  là bước thời gian dự báo trong tương lai, chọn  $\tau = 1, 2$ ;  $SPI_i$  là SPI tính được từ số liệu mưa thực đo tại 10 trạm.

**- Đánh giá kết quả mô phỏng**

Kết quả mô phỏng được đánh giá theo các đặc trưng thống kê cho thấy sai khác/mức độ thích hợp giữa giá trị tính toán từ mô hình ANN và giá trị thực đo. Trong nghiên cứu này, các đặc trưng thống kê dưới đây sẽ được xem xét.

+ Sai số căn quân phương (RMSE):

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - Y_i)^2}$$

+ Hệ số hiệu quả (EI- Efficiency Index):

$$EI = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 - \sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

$X_i$  = Dữ liệu quan sát (đo đạc) tại thời điểm  $i$ ;

$\bar{X}$  = Giá trị trung bình của dữ liệu quan sát,

$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$ ;  $Y_i$  = Dữ liệu tính toán (dự đoán) tại thời điểm  $i$

$n$  = Độ dài của dữ liệu thực đo

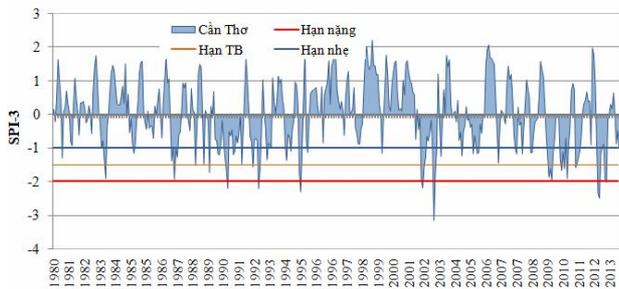
+ Hệ số tương quan ( $R$ ):

Hệ số tương quan là tỷ số của hiệp phương sai giữa  $X$  và  $Y$  tới tích độ lệch chuẩn.

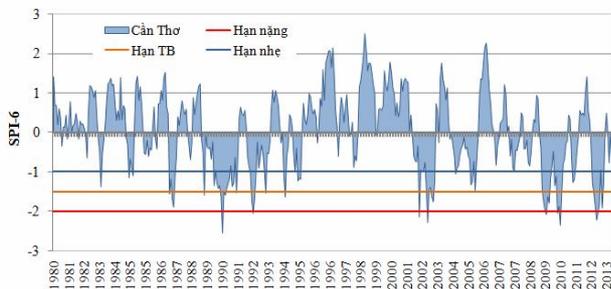
### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Hiện trạng hạn khí tượng ĐBSCL

Hạn khí tượng được tính toán thông qua chỉ số hạn hán SPI (với SPI 3 và SPI 6 tương ứng với chỉ số hạn hán tính cho 3 và 6 tháng). Kết quả tính toán SPI 6 từ chuỗi số liệu 33 năm (1980–2012) tại 3 trạm (Cần Thơ, Bạc Liêu, Châu Đốc) được thể hiện trên Hình 3. Kết quả thống kê tần suất ứng với số lần xuất hiện hạn khí tượng ở ĐBSCL (cả 3 mức độ: nhẹ, trung bình, nghiêm trọng) trong 34 năm qua (1980–2013) cho thấy hạn 6 tháng xuất hiện nhiều nhất tại trạm Cần Thơ với 72 lần xuất hiện (22,05%); và hạn 12 tháng xuất hiện nhiều nhất tại trạm Rạch Giá (21,09%).



(a) SPI 3

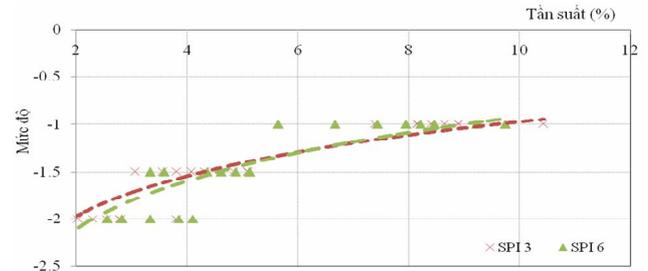


(b) SPI 6

Hình 3. SPI 3 (a) và 6 (b) tại trạm Cần Thơ

Hình 4 thể hiện mối tương quan giữa mức độ hạn, thời gian hạn và tần suất hạn của SPI 3 và SPI 6 giai đoạn 1980 - 2013. Nhìn chung, 3 mức độ hạn (nhẹ, trung bình, nghiêm trọng) đều xảy ra trong 33

năm qua ở khu vực ĐBSCL. Chẳng hạn, ở mức độ hạn trung bình của hạn 3 tháng có tần suất xuất hiện hạn thấp, là 1,91%. Dựa vào mối quan hệ này được lập theo số liệu mưa mô phỏng trong tương lai, từ đó, có thể đánh giá được hạn xảy ra với tần suất bao nhiêu, trong thời gian nào để có thể áp dụng giải pháp thích nghi kịp thời và thích hợp trong tương lai.



Hình 4. Đường cong SDF

#### 3.2. Kết quả lựa chọn cấu trúc

Từ bảng 2 cho thấy rằng, các cấu trúc **20-10-1**, **15-12-1** và **15-15-1** phù hợp với thời gian dự báo thời gian  $t+1$ , và  $t+2$  cho bộ ANN1 và ANN2 do có EI,  $R^2$  lớn nhất và RMSE nhỏ nhất.

#### 3.3. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

Kết quả hiệu chỉnh (1980-2000) và kiểm định (2001-2013) tại 3 trạm đại diện ĐBSCL (Bạc Liêu, Châu Đốc và Cần Thơ) cho thấy mô hình có thể mô phỏng tương đối tốt với thời gian dự báo là  $t+1$ . Kết quả dự báo càng tốt nếu dự báo với bước thời gian ngắn (Bảng 3 và Hình 5).

#### 3.4. Kết quả dự báo

Kết quả dự báo tốt khi thời gian dự báo trong tương lai ngắn. Độ chính xác giảm dần khi bước thời gian dự báo trong tương lai tăng lên. SPI 3 và SPI 6 dự báo với bước thời gian một và hai ( $t+1$ ,  $t+2$ ) trong tương lai tại trạm Cần Thơ, Bạc Liêu và Châu Đốc trong giai đoạn 1980-2013 được trình bày trong Hình 6 đến 9.

Bảng 1. Các sơ đồ cấu trúc ANN

| Ký hiệu | Cấu trúc     | Dữ liệu vào (Input)      | Dữ liệu ra (Output)  | Thông số sự báo  |
|---------|--------------|--------------------------|--|--|
| ANN1    | 20-(10-20)-1 | SPI tại 10 trạm $t-1, t$ | SPI ( $t+1$ ), SPI ( $t+2$ ) tại 3 trạm Cần Thơ, Bạc Liêu, Châu Đốc <sup>(1)</sup> | SPI 3, SPI 6 <sup>(2)</sup> tại 3 trạm Cần Thơ, Bạc Liêu, Châu Đốc |

| Ký hiệu | Cấu trúc                    | Dữ liệu vào (Input)    | Dữ liệu ra (Output)   | Thông số sự báo                                     |
|---------|-----------------------------|------------------------|---|---|
| ANN2    | 15-(10-20)-1                | SPI tại 10 trạm t-1, t | SPI (t+1), SPI (t+2) tại 3 trạm Cần Thơ, Bạc Liêu, Châu Đốc | SPI 3, SPI 6 tại 3 trạm Cần Thơ, Bạc Liêu, Châu Đốc |
| ANN3    | 10-(10-20)-1 <sup>(3)</sup> | SPI tại 10 trạm t-1, t | SPI (t+1), SPI (t+2) tại 3 trạm Cần Thơ, Bạc Liêu, Châu Đốc | SPI 3, SPI 6 tại 3 trạm Cần Thơ, Bạc Liêu, Châu Đốc |

(1): Trong nghiên cứu này chỉ trình bày kết quả dự báo tại 3 trạm đại diện ĐBSCL (có sự khác biệt) là Cần Thơ, Bạc Liêu và Châu Đốc;  
(2): Trong nghiên cứu này chỉ trình bày kết quả SPI 3 và SPI6;  
(3): Cấu trúc 10-(10-20)-1: Thử dần số lượng neuron lớp ẩn (từ 10 đến 20), giữ nguyên số lượng neuron lớp vào (10).

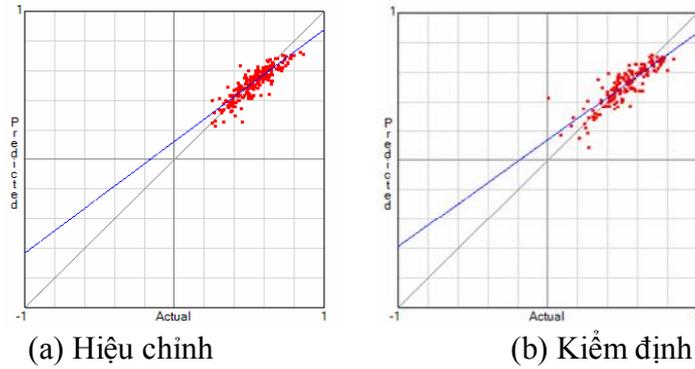
**Bảng 2. Kết quả thực hiện mô hình ANN2 với các neuron khác nhau trong lớp ẩn (Trạm Cần Thơ)**

| Bước thời gian | Cấu trúc       | SPI3         |              |                | SPI6         |              |                |
|----------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
|                |                | RMSE         | EI           | R <sup>2</sup> | RMSE         | EI           | R <sup>2</sup> |
| t + 1          | 15-10-1        | 0.059        | 0.792        | 0.711          | 0.061        | 0.781        | 0.671          |
|                | <b>15-12-1</b> | <b>0.059</b> | <b>0.790</b> | <b>0.675</b>   | <b>0.060</b> | <b>0.783</b> | <b>0.672</b>   |
|                | 15-15-1        | 0.059        | 0.791        | 0.675          | 0.061        | 0.781        | 0.722          |
|                | 15-18-1        | 0.059        | 0.791        | 0.673          | 0.061        | 0.782        | 0.713          |
|                | 15-20-1        | 0.059        | 0.790        | 0.672          | 0.061        | 0.782        | 0.723          |
| t+2            | 15-10-1        | 0.059        | 0.790        | 0.472          | 0.061        | 0.788        | 0.488          |
|                | 15-12-1        | 0.059        | 0.791        | 0.470          | 0.061        | 0.788        | 0.535          |
|                | <b>15-15-1</b> | <b>0.003</b> | <b>0.794</b> | <b>0.470</b>   | <b>0.061</b> | <b>0.789</b> | <b>0.546</b>   |
|                | 15-18-1        | 0.059        | 0.789        | 0.470          | 0.061        | 0.788        | 0.555          |
|                | 15-20-1        | 0.059        | 0.790        | 0.494          | 0.060        | 0.790        | 0.564          |

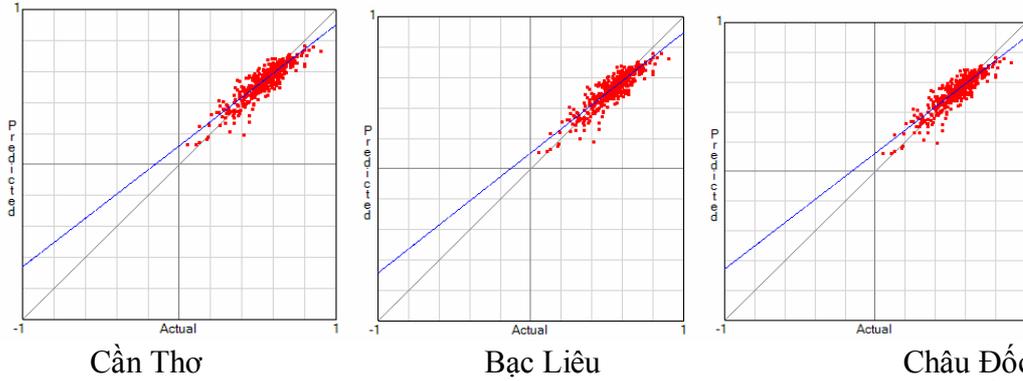
**Bảng 3. Kết quả hiệu chỉnh (1980-2000) và kiểm định (2001-2013) (giá trị R<sup>2</sup>) cho SP3 và SPI6 tại 3 trạm Cần Thơ, Bạc Liêu và Châu Đốc**

| Trạm     | SPI3       |           | SPI6       |           |      |
|----------|------------|-----------|------------|-----------|------|
|          | Hiệu chỉnh | Kiểm định | Hiệu chỉnh | Kiểm định |      |
| Cần Thơ  | t+1        | 0,69      | 0,68       | 0,69      | 0,67 |
|          | t+2        | 0,50      | 0,45       | 0,50      | 0,45 |
| Bạc Liêu | t+1        | 0,64      | 0,65       | 0,64      | 0,63 |
|          | t+2        | 0,45      | 0,37       | 0,46      | 0,36 |
| Châu Đốc | t+1        | 0,76      | 0,75       | 0,77      | 0,75 |
|          | t+2        | 0,56      | 0,57       | 0,57      | 0,55 |

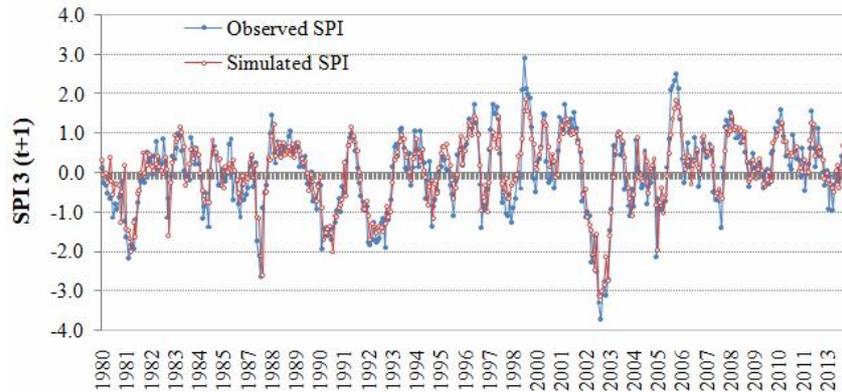
Cấu trúc 20-10-1 và 15-15-1 lần lượt được sử dụng để hiệu chỉnh và kiểm định với thời gian dự báo t+1, và t+2.



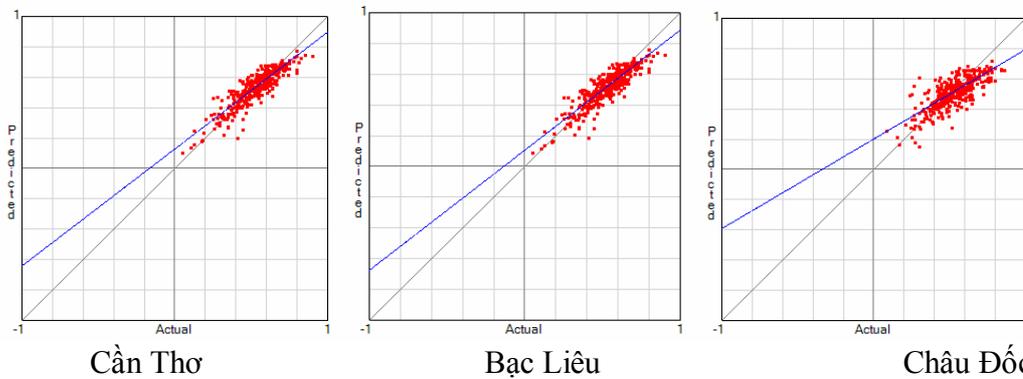
Hình 5. Kết quả hiệu chỉnh (1980-2000) và kiểm định (2001-2013) tại trạm Châu Đốc



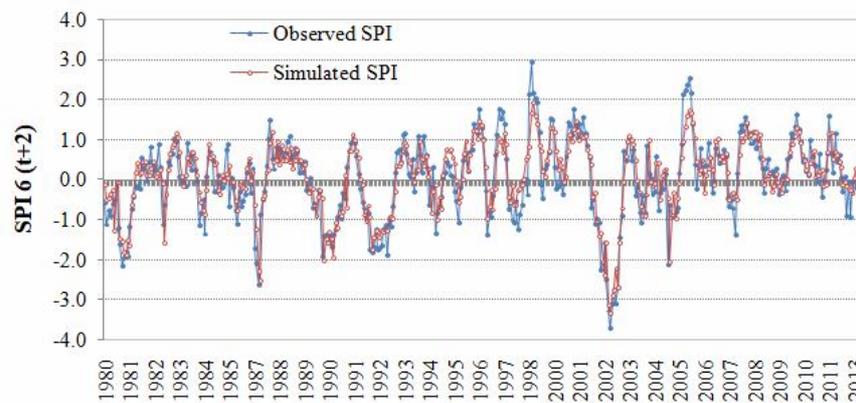
Hình 6. SPI 3 dự báo với bước thời gian  $(t+1)$  trong tương lai tại trạm Cần Thơ, Bạc Liêu và Châu Đốc (cấu trúc 15-10-1)



Hình 7. SPI 3 dự báo và thực đo (tính theo số liệu mưa) với bước thời gian  $(t+1)$  trong tương lai tại trạm Cần Thơ (cấu trúc 15-10-1)



Hình 8. SPI 6 dự báo với bước thời gian  $(t+2)$  trong tương lai tại trạm Cần Thơ, Bạc Liêu và Châu Đốc (cấu trúc 15-10-1)



Hình 9. SPI 6 dự báo và thực đo (tính theo số liệu mưa) với bước thời gian (t+2) trong tương lai tại trạm Bạc Liêu (cấu trúc 15-10-1)

#### 4. KẾT LUẬN

- Kết quả tính toán SPI từ chuỗi số liệu 34 năm giai đoạn 1980–2013 cho thấy có sự thay đổi theo không gian và thời gian do lượng mưa thay đổi dẫn đến tần suất xuất hiện hạn cũng thay đổi theo. Dựa vào bản đồ hạn và đường cong SDF, các nhà quản lý có thể đưa ra những giải pháp thích hợp thích ứng cho từng vùng tương ứng với từng mức độ và khả năng xảy ra hạn.

- Kết quả mô phỏng cho thấy SPI (tính từ số liệu mưa thực đo) và mô phỏng là tương đối phù hợp và càng tốt nếu dự báo với bước thời gian ngắn. Điều này cho thấy khả năng ứng dụng ANN trong dự báo hạn khí tượng tại các trạm thủy văn ở ĐBSCL là tương đối chính xác.

- Nghiên cứu sâu hơn nhằm tăng độ chính xác của mô hình khi bước thời gian dự báo tăng lên cần được thực hiện trong tương lai.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Nguyễn Đăng Tính. 2006. *Coping with droughts in the central highlands, Vietnam*. PhD thesis, DTU, Denmark.
- Nguyễn Đăng Tính. 2010. *Xác định khả năng và đánh giá mức độ hạn khí tượng ở vùng Đồng bằng sông Cửu Long*. Tạp chí Khoa học kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường, 28, 14-21.
- Trần Đăng Hồng, 2007. *Ảnh hưởng của Biến đổi khí hậu toàn cầu trên vùng Châu thổ Đồng bằng sông Cửu Long Việt Nam*.
- Trần Thực, 2011. *Tác động của biến đổi khí hậu đến tài nguyên nước Việt Nam*. Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật Hà Nội.
- Trần Văn Tỷ, Đặng Thu Hoài và Huỳnh Vương Thu Minh. 2015. *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. Special Issue: Environment and Climate Change. 226-233.
- VKHKTTV-MT, 2010. *Tài liệu hướng dẫn đánh giá tác động của biến đổi khí hậu và xác định các giải pháp thích ứng*. Nhà xuất bản Tài Nguyên - Môi Trường và Bản đồ Việt Nam.
- Bordin, K.. 2003. *Application of neural network model for daily flood forecasting of inflow and release of sirikit reservoir and downstream flood discharges*. Asian Institute of Technology, Thailand.
- Campolo, M. and Soldati, A. 1999. *Forecasting river flow rate during low-flow periods using neural networks*, Water Resour. Res., 35(11), 3547–3552.

- Hung, N. Q., Babel, M. S., Weesakul, S. and Tripathi, N. K. 2009. *An artificial neural network model for rainfall forecasting in Bangkok, Thailand*. Hydrol. Earth Syst. Sci., 13, 1413–1425.
- IPCC, 2007. Fourth Assessment Report, Working Group II report. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Dasgupta Susmita, Benoit Laplante, Craig Meisner, David Wheeler, and Jianping Yan, 2007. *The Impact of Sea Level Rise on Developing Countries: A Comparative Analysis*. World Bank Policy Research, Working Paper 4136, February 2007.
- Kim, C. J., Park, M. J., and Lee, J. H. 2013. *Analysis of climate change impacts on the spatial and frequency patterns of drought using a potential drought hazard mapping approach*. International Journal of Climatology. Doi: 10.1002/joc.3666
- Nguyen Dang Tinh, Dan Rosbjerg, Cintia Uvo and Nguyen Quang Kim. 2007. *Drought prediction in the Vietnamese central highlands*. Proceedings of Symposium HS3006 at IUGG2007, Perugia: Changes in Water Resources Systems: Methodologies to Maintain Water Security and Ensure Integrated Management. IAHS Publ.315.157-171.

**Abstract:**

**METEOROLOGICAL DROUGHT FORECASTING IN THE MEKONG DELTA USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS (ANN)**

*The objective of this study is to forecast meteorological droughts in the Mekong Delta using Artificial Neural Networks (ANN). Standardized Precipitation Index (SPI) was first calculated to determine 3 and 6 - month droughts for current period of 1980-2013; and SDF (Severity – Duration – Frequency) curve was then established. ANN for meteorological droughts (SPI 3 và 6) was established, calibrated, validated and then used to forecast SPI3 và SPI6, leading time  $t+1$  and  $t+3$ . Results of SPI calculation for period of 1980-2013 are found to change in terms of spatial and frequency. From results of drought index maps and SDF curve, solutions will be proposed to adapt to meteorological drought under different severity level and frequency. The results of calibration and validation at 3 stations (Can Tho, Bac Lieu and Chau Doc) for SPI show a relatively good agreement between simulated and observed SPI (calculated from rainfall data) and the accuracy has reduced when the forecasting lead time increased.*

**Keywords:** Meteorological drought; Standardized Precipitation Index (SPI); ANN; Mekong Delta

---

*Ngày nhận bài: 20/3/2018*

*Ngày chấp nhận đăng: 23/4/2018*