

# XÂY DỰNG CHƯƠNG TRÌNH TÍNH TOÁN BỨC XẠ MẶT TRỜI THEO GIỜ TỪ SỐ LIỆU BỨC XẠ MẶT TRỜI TRUNG BÌNH THÁNG

Nguyễn Thế Bảo<sup>(1)</sup>, Lê Chung Phúc<sup>(2)</sup>

(1) Trường Đại Học Bách Khoa, ĐHQG-HCM

(2) Trung Tâm Kiểm Định Kỹ Thuật An Toàn Khu Vực 2

(Bài nhận ngày 07 tháng 06 năm 2005, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 08 tháng 11 năm 2006)

**TÓM TẮT:** Bài viết trình bày việc xây dựng chương trình tính toán mô phỏng cho phép tạo ra một chuỗi số liệu bức xạ mặt trời từng giờ trong một năm từ số liệu đầu vào là giá trị bức xạ mặt trời trung bình của 12 tháng. Kết quả so sánh số liệu tính toán mô phỏng từ chương trình với số liệu đo đạc thực tế cho thấy chương trình đảm bảo độ tin cậy để tạo ra chuỗi số liệu bức xạ sử dụng làm số liệu đầu vào của các bài toán mô phỏng kỹ thuật, đặc biệt là các bài toán thiết kế các thiết bị sử dụng năng lượng mặt trời hay đánh giá hiệu quả việc sử dụng các thiết bị này.

## 1. ĐỊNH NGHĨA CÁC KÝ HIỆU

- $\overline{H_b}$ : Mật độ bức xạ đến bề mặt nằm ngang trên mặt đất trong 1 ngày, là giá trị trung bình trong 1 tháng (J/m<sup>2</sup>.ngày).
- $\overline{H_o}$ : Mật độ bức xạ đến bề mặt nằm ngang bên ngoài bầu khí quyển trong 1 ngày, là giá trị trung bình trong 1 tháng (J/m<sup>2</sup>.ngày).
- $H$ : Mật độ bức xạ đến bề mặt nằm ngang trên mặt đất ứng với 1 ngày cụ thể nào đó (J/m<sup>2</sup>.ngày).
- $H_o$ : Mật độ bức xạ đến bề mặt nằm ngang bên ngoài bầu khí quyển ứng với 1 ngày cụ thể nào đó (J/m<sup>2</sup>.ngày).
- $I$ : Mật độ bức xạ đến bề mặt nằm ngang trên mặt đất ứng với 1 giờ cụ thể nào đó (J/m<sup>2</sup>.giờ).
- $I_o$ : Mật độ bức xạ đến bề mặt nằm ngang bên ngoài bầu khí quyển ứng với 1 giờ cụ thể nào đó (J/m<sup>2</sup>.giờ).
- $\overline{K_T} = \frac{\overline{H_b}}{\overline{H_o}}$ : Độ trong sáng trung bình của bầu trời trong một tháng.
- $K_T = \frac{H}{H_o}$ : Độ trong sáng trung bình của bầu trời trong một ngày.
- $k_T = \frac{I}{I_o}$ : Độ trong sáng trung bình của bầu trời trong một giờ.

## 2. GIỚI THIỆU

Số liệu bức xạ theo giờ của một địa phương là yêu cầu bắt buộc trong việc thiết kế các hệ thống sử dụng năng lượng mặt trời cũng như nghiên cứu việc sử dụng những thiết bị này tại địa phương đó, ngoài ra một số liệu bức xạ theo giờ có độ tin cậy cao cũng giúp ích rất nhiều trong việc tính toán các bài toán kỹ thuật trong các lĩnh vực nông nghiệp, năng lượng, môi trường và đặc biệt là trong lĩnh vực dự báo thời tiết, rất quan trọng ở nước ta, vốn là một nước nông nghiệp. Ở các nước phát triển, số liệu bức xạ theo giờ được đo đạc một cách có hệ thống từ lâu và các trạm quan trắc có thể cung cấp số liệu bức xạ theo giờ của từng vùng trong thời gian dài. Còn ở nước ta đa phần các trạm quan trắc chỉ đo bức xạ 3 giờ 1 lần, trong các trạm khí tượng thủy văn khu vực phía Nam có trạm Cần Thơ đo bức xạ theo giờ từ năm 2002 nhưng

thiết bị trực trực nên số liệu không đầy đủ và việc đo đã ngừng lại sau 1 năm do máy hỏng và trạm Nhà Bè đo từ năm 2005, do đó các số liệu đo này chưa thể sử dụng trong việc nghiên cứu, thiết kế các thiết bị năng lượng mặt trời cũng như các bài toán khác. Việc thiếu số liệu bức xạ theo giờ có thể được giải quyết bằng cách ngoại suy từ số liệu ở những vùng lân cận có khí hậu gần giống với địa phương cần nghiên cứu, nhưng ở nước ta biện pháp này không thể thực hiện được vì lượng số liệu đo quá hạn chế, và phương pháp này có độ chính xác hạn chế do sự sai biệt về vị trí gây ra. Biện pháp duy nhất để giải quyết khó khăn là sử dụng các mô hình thống kê toán học cho phép tạo ra chuỗi số liệu theo giờ từ những thông số đo dễ hơn hay ít tốn kém hơn như số giờ nắng, giá trị bức xạ trung bình, phương pháp này có ưu điểm là độ chính xác cao nếu xác định được mô hình tính toán phù hợp với khu vực khảo sát và được kiểm chứng tin cậy.

Trên cơ sở phân tích, cải tiến các phương pháp xây dựng mô hình tính toán hiện có, bài viết này trình bày một phương pháp phù hợp nhất để xây dựng chương trình tính toán bức xạ theo giờ từ số liệu bức xạ trung bình tháng của các địa phương thuộc Việt Nam nhằm phục vụ yêu cầu đánh giá tiềm khả thi các dự án sử dụng năng lượng mặt trời ở nước ta. Nhiều nhà khoa học đã nghiên cứu các mô hình tính toán chuỗi số liệu bức xạ trong đó sử dụng chính giá trị bức xạ làm biến số (Brinkwoth [6], Goh và Tan [10], Brook và Finney [7]). Do đặc tính của thông số bức xạ mặt trời phụ thuộc vào địa điểm khảo sát nên những mô hình này đều chỉ có thể ứng dụng cho 1 địa phương cụ thể mà thôi. (Graham [11]). Một số nhà nghiên cứu tìm cách xây dựng mô hình tính bức xạ thông qua các biến số trung gian như Excell [9], Vergara - Dominguez et al. [16] nghiên cứu tỷ số giữa lượng bức xạ thực và lượng bức xạ trong những ngày bầu trời trong sáng thay cho lượng bức xạ đến bên ngoài bầu khí quyển, tuy nhiên những nghiên cứu này thất bại trong việc kết hợp phân bố xác suất các giá trị bức xạ trong ngày, vốn được xem là yêu cầu quan trọng nhất trong việc tính toán chuỗi số liệu bức xạ theo ngày (Graham [11]). Ở Việt Nam, công trình của KS. Nguyễn Thị Bích [18] nghiên cứu tính toán tổng lượng bức xạ trong ngày theo số giờ nắng áp dụng mô hình Angstrom và từ biên độ nhiệt độ theo các mô hình DC (Donatelli - Campbell), mô hình DB (Donatelli - Bellocchi) và mô hình DCBB, là mô hình kết hợp của 2 mô hình nói trên và mô hình BC (Bristow and Campbell), tuy nhiên kết quả mới chỉ dừng lại ở việc tính toán tổng bức xạ theo ngày và so sánh giữa các mô hình.

Hướng nghiên cứu khả thi nhất hiện nay là tính toán bức xạ mặt trời qua độ trong sáng theo ngày của bầu trời  $K_T$  và độ trong sáng theo giờ của bầu trời  $k_T$ , lần lượt được định nghĩa là tỷ số giữa lượng bức xạ đến bề mặt trái đất và lượng bức xạ đến bên ngoài bầu khí quyển trên mặt phẳng nằm ngang trong 1 ngày hay 1 giờ và trên cùng 1 đơn vị diện tích. Do giá trị bức xạ đến bên ngoài bầu khí quyển trên mặt phẳng nằm ngang có thể tính toán được nên với  $K_T$  và  $k_T$  cũng sẽ xác định được giá trị bức xạ đến trên bề mặt trái đất. Liu và Jordan [15] phát hiện ra một tính chất đặc biệt của  $K_T$  là mặc dù bức xạ có những đặc tính phụ thuộc vào vị trí khảo sát nhưng  $K_T$  lại không phụ thuộc vào địa điểm mà chỉ phụ thuộc vào một thông số duy nhất đó là giá trị trung bình tháng, do đó  $K_T$  và  $k_T$  có thể sử dụng để xây dựng một mô hình không bị giới hạn bởi địa phương. Một ưu điểm khác của việc sử dụng  $K_T$  và  $k_T$  là nó cho phép khử sự thay đổi theo mùa (Klein [13]) và thành phần xác định mang tính xu hướng (trend) trong bức xạ (Mustacchi et al., [17]). Hơn nữa các mô hình dạng này có độ tin cậy khá cao do áp dụng mô hình ARMA (Auto Regressive Moving Average), một mô hình thống kê tuyến tính rất phổ biến, Tuy nhiên,  $K_T$  và  $k_T$  có phân bố xác suất phi chuẩn vì vậy số liệu phải được chuẩn hóa trước khi áp dụng bất kỳ mô hình ARMA nào ([13], [4]).

Có 2 cách tiếp cận để khắc phục nhược điểm này:

- Sử dụng các kỹ thuật chuẩn hóa Gaussian (Gaussian mapping) để biến đổi các biến số  $K_T$  và  $k_T$  về dạng phân bố chuẩn trước khi áp dụng mô hình ARMA: Mustacchi et al. [17], Sfeir [20], Graham et al. [11], [12], Knight et al. [14], Boland et al. [5].

- Sử dụng kỹ thuật ma trận chuyển đổi Markov (MTM): Mustacchi et al. [17], Aguiar et al. [1], Palomo [19].

Trong các nghiên cứu kể trên, có 2 mô hình được xây dựng dựa trên số liệu lấy từ nhiều vùng khí hậu hơn, do đó có tính đại diện hơn sẽ được phân tích, chọn lựa để xây dựng mô hình tính bức xạ cho Việt Nam:

- *Phương pháp của Graham sử dụng kỹ thuật chuẩn hóa Gaussian:*

Với mô hình tính toán bức xạ theo ngày, xuất phát từ nhận xét của Liu và Jordan [15] rằng phân bố của  $K_t$  chỉ phụ thuộc vào giá trị trung bình tháng  $\bar{K}_t$ , và không phụ thuộc vào mùa khảo sát, và hàm mật độ xác suất của giá trị  $K_t$  do nhóm Bendt [4] đưa ra sau khi phân tích số liệu trong 20 năm tại 90 địa điểm trên nước Mỹ, nhóm Graham đã áp dụng kỹ thuật chuẩn hóa Gaussian để biến đổi biến số  $K_t$  thành một biến  $\chi$  có phân bố chuẩn và tuân theo mô hình ARMA (1,0) hay còn gọi là mô hình AR(1).

Tuy nhiên, Saunier [21] phát hiện ra rằng hàm mật độ xác suất do Bendt xây dựng không phù hợp với đường cong phân bố  $K_T$  ở những vùng khí hậu nhiệt đới. Để thay thế, họ đề nghị bổ sung vào 1 thành phần bậc cao hơn và đưa đến hàm mật độ xác suất mới cho  $K_T$  tại những vùng có khí hậu nhiệt đới. Với mô hình tính toán bức xạ theo giờ, Graham [12] lại sử dụng thông số độ trong sáng của bầu trời theo giờ  $k_T$  làm biến số thay cho giá trị bức xạ theo giờ.  $k_T$  được chia thành 2 thành phần: một thành phần trung bình (hay xu hướng) và một thành phần ngẫu nhiên, trong đó thành phần xu hướng có thể xác định thông qua  $K_T$  và thành phần ngẫu nhiên cũng được biến đổi thành 1 biến trung gian  $h$  và sau đó áp dụng kỹ thuật chuẩn hóa Gaussian cho biến  $h$  để có chuỗi số liệu  $\beta$  tuân theo mô hình AR(1).

- *Phương pháp của Aguiar sử dụng kỹ thuật ma trận chuyển đổi Markov:*

Với mô hình tính bức xạ theo ngày, nhóm Aguiar phân tích dữ liệu bức xạ ngày trong 300 tháng từ 9 trạm khí tượng ở những vùng khí hậu khác nhau để xây dựng một thư viện 10 ma trận MTM  $10 \times 10$  và các MTM này được phân lớp theo các giá trị  $\bar{K}_t$ .

Mô hình này được kiểm tra bằng cách tính toán số liệu bức xạ cho nhiều địa phương trên nước Mỹ, những địa phương mà số liệu không được sử dụng để xác định các MTM. Mô hình này cho kết quả tốt hơn mô hình của Graham [11] trong hầu hết các trường hợp tính toán.

Một ưu điểm nữa của mô hình Anguiar là tính toán đơn giản. Với mô hình tính toán bức xạ theo giờ, Aguiar và Collares-Pereira [2] sử dụng phương pháp tương tự như Graham nhưng có 1 số khác biệt. Thứ nhất, hệ số hồi qui tự động không được chọn cố định mà được tính toán phụ thuộc  $K_T$  của ngày hôm đó. Thứ hai, xem xét thêm ảnh hưởng của góc cao độ mặt trời  $h_s$  và đưa ra các công thức tính toán độ lệch chuẩn phụ thuộc  $h_s$ . Thứ ba, họ giới thiệu chỉ số độ trong sáng của bầu trời khi trời quang  $k_{cs}$  để giới hạn việc sinh ra các giá trị  $k_t$  không thực.

### 3. PHÂN TÍCH VÀ CHỌN LỰA MÔ HÌNH PHÙ HỢP

#### 3.1. Số liệu sử dụng để phân tích và chọn lựa:

Sử dụng số liệu đo bức xạ theo giờ tại trạm Cần Thơ (kinh độ  $105^{\circ}46E$ , vĩ độ  $10^{\circ}02N$ ) năm 2002 để phân tích và chọn lựa mô hình, số liệu này có các đặc trưng thống kê theo bảng 1.

**Bảng 1.** Đặc trưng thống kê của số liệu bức xạ giờ tại trạm quan trắc Cần Thơ năm 2002

Trung bình (J/m <sup>2</sup> )	Trung vị (J/m <sup>2</sup> )	Giá trị min (J/m <sup>2</sup> )	Giá trị max (J/m <sup>2</sup> )	Độ lệch chuẩn (J/m <sup>2</sup> )
629.168,3	554.150,0	100,0	3.140.200,0	545.640,5

### 3.2. Phân tích và chọn lựa mô hình tính bức xạ theo ngày:

Với mô hình tính toán bức xạ ngày từ giá trị trung bình tháng, phương pháp sử dụng kỹ thuật ma trận chuyển đổi Markov được chọn áp dụng vì các lý do:

- Cách tiếp cận của Graham trong việc xây dựng mô hình tính toán bức xạ ngày có cơ sở là biểu thức của nhóm Bendt vốn được xây dựng từ số liệu của nước Mỹ, đã được đánh giá là không phù hợp với những vùng khí hậu nhiệt đới.

- Để khắc phục nhược điểm nói trên, có thể sử dụng kết hợp biểu thức Saunier để xác định phân bố của  $K_T$ , nhưng việc này lại tạo ra 1 mô hình phụ thuộc vào vùng khí hậu và việc sử dụng biểu thức Saunier để xây dựng chương trình tính bức xạ theo ngày cũng chưa được kiểm chứng đầy đủ.

- Các địa điểm mà nhóm Aguiar sử dụng để xây dựng các ma trận MTM bao gồm nhiều vùng khí hậu đặc trưng, trong các địa điểm này có 1 địa điểm có khí hậu tương đồng với miền Bắc Việt Nam là Macao (loại  $C_{aw}$ ) và 1 địa điểm có khí hậu tương đồng với miền Nam Việt Nam là Polana, Mozambique (loại  $A_w$ ) do đó việc sử dụng phương pháp này sẽ phù hợp với Việt Nam hơn.

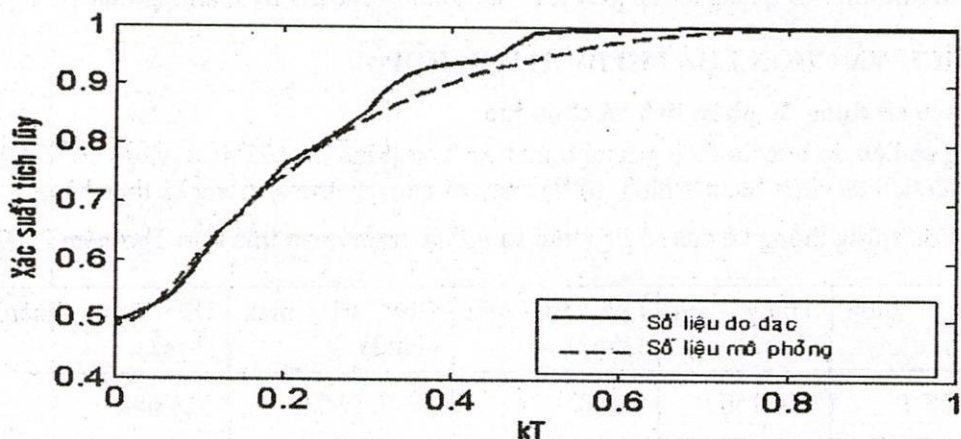
### 3.3. Phân tích và chọn lựa mô hình tính bức xạ theo giờ:

Vì cả 02 phương pháp tính bức xạ theo giờ đều chưa được kiểm chứng ở điều kiện khí hậu ở Việt Nam, các phương pháp tính  $k_T$  sau sẽ được xem xét: Phương pháp của Graham, phương pháp của Aguiar và một phương pháp kết hợp, sử dụng phương pháp của Graham nhưng có sự bổ sung chỉ số  $k_{cs}$  để ngăn việc sinh ra các chỉ số  $k_T$  không có thực. Để so sánh, ta xây dựng 03 chương trình tính chỉ số  $k_T$  theo 03 phương pháp nói trên bằng ngôn ngữ Matlab, sử dụng cùng 01 số liệu đầu vào và kết quả so sánh sự phù hợp giữa chỉ số  $k_T$  tính toán từ 03 chương trình và chỉ số  $k_T$  đo đạc thực tế sẽ là cơ sở để chọn lựa phương pháp xây dựng chương trình tính toán bức xạ theo giờ.

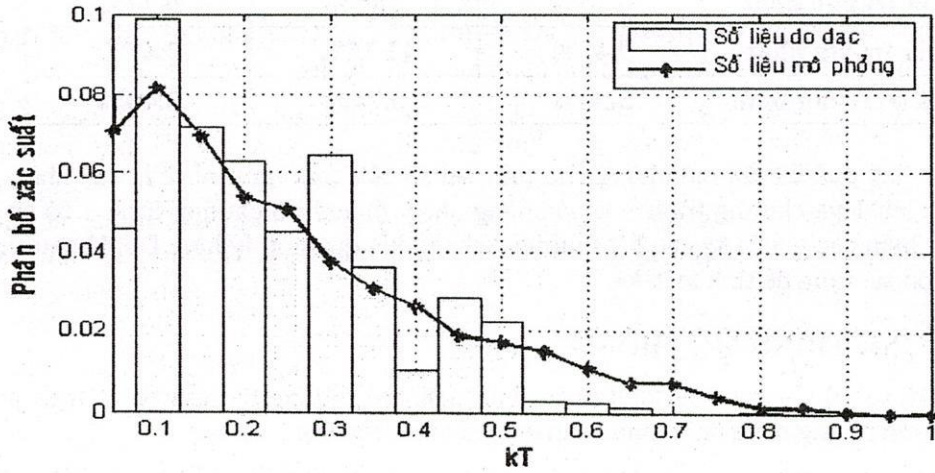
Từ số liệu đo thực tế của Cần Thơ năm 2002, tính toán 12 giá trị  $\overline{H_{10}}$  làm số liệu đầu vào của chương trình tính  $K_T$  (theo phương pháp sử dụng thư viện ma trận MTM), các giá trị  $K_T$  này sẽ được tiếp tục sử dụng làm số liệu đầu vào của 03 chương trình tính  $k_T$  để tính ra 03 chuỗi 8760 giá trị  $k_T$  và lượng tổng xạ tương ứng trong 1 năm. So sánh các chỉ tiêu thống kê và độ sai lệch tổng xạ giữa các số liệu tính toán và số liệu đo để chọn ra phương pháp phù hợp nhất.

### 3.4. Kết quả so sánh

Về các chỉ tiêu thống kê: số liệu tính toán từ 03 phương pháp này gần như đồng nhất, biểu đồ CDF (hàm tích lũy xác suất) và PDF (hàm phân bố xác suất) của 03 kết quả tính toán gần như trùng lấp nhau (Hình 1,2).



Hình 1. Đồ thị so sánh tích lũy xác suất của số liệu đo và số liệu mô phỏng trạm Cần Thơ



**Hình 2.** Đồ thị so sánh phân bố xác suất của số liệu đo và số liệu mô phỏng trạm Cần Thơ  
 Về sai số giữa lượng tổng xạ tính toán và lượng tổng xạ đo đạc: Chạy chương trình mô phỏng 20 lần, kết quả như bảng 2:

**Bảng 2.** Thống kê kết quả sai số tổng xạ 20 lần mô phỏng cho Cần Thơ

Lần mô phỏng	Sai số giữa tổng xạ tính toán và tổng xạ đo đạc (%)		
	Chương trình 1	Chương trình 2	Chương trình 3
01	0.76%	2.87%	0.74%
02	2.71%	5.31%	2.70%
03	2.49%	5.75%	2.49%
04	1.48%	3.81%	1.46%
05	9.47%	11.15%	9.47%
06	2.86%	5.04%	2.84%
07	2.06%	4.22%	2.06%
08	3.60%	5.19%	3.60%
09	2.29%	4.12%	2.27%
10	2.20%	4.70%	2.18%
11	4.45%	6.40%	4.40%
12	5.29%	7.33%	5.29%
13	4.26%	6.32%	4.22%
14	2.62%	5.07%	2.60%
15	2.86%	5.03%	2.78%
16	4.69%	7.52%	4.67%
17	2.53%	4.88%	2.52%
18	1.48%	3.24%	1.48%
19	6.44%	8.15%	6.44%
20	5.37%	8.68%	5.36%

Giá trị nhỏ nhất	0.76%	2.87%	0.74%
Giá trị lớn nhất	9.47%	11.15%	9.47%
Giá trị trung bình	3.50%	5.74%	3.48%

*Nhận xét:* Kết quả 20 lần mô phỏng cho thấy sai số của chương trình 2 là cao nhất, sai số của chương trình 1 và chương trình 3 là gần bằng nhau, nhưng do chương trình 3 có sự khống chế việc xuất hiện các giá trị  $k_T$  cao bất thường nên cho kết quả hợp lý hơn. Do đó chương trình 3 sẽ được chọn sử dụng để tính toán  $k_T$ .

#### 4. LẬP CHƯƠNG TRÌNH MÔ PHỎNG

Sau khi đã xác định được phương pháp tính toán cho bức xạ theo ngày và theo giờ, lập chương trình mô phỏng bằng ngôn ngữ Matlab theo các bước sau:

- Từ các thông số đầu vào là chuỗi 12 giá trị  $\overline{H}_{tb}$  và vị trí địa lý của địa phương cần tính bức xạ, ta tính được chuỗi 12 số liệu  $\overline{H}_0$  và chuỗi 12 số liệu  $\overline{K}_t$ .

- Sử dụng 12 giá trị  $\overline{K}_t$  của 12 tháng kết hợp với thư viện 10 ma trận MTM để xác định chuỗi giá trị  $k_T$  cho từng ngày.

- Với mỗi giá trị  $k_T$  cho từng ngày, tính toán 24 giá trị  $k_T$  theo trình tự sau:

- Xác định thành phần xu hướng  $k_m$ :

$$k_m = \lambda + \rho \exp(-\kappa m) \quad (1)$$

Trong đó  $m$  là hệ số khối lượng không khí, giá trị tính tại thời điểm giữa giờ. Các thông số  $\lambda, \rho, \kappa$  là hàm phụ thuộc vào  $K_t$ :

$$\lambda(K_t) = K_t - 1.167K_t^3(1 - K_t) \quad (2)$$

$$\rho(K_t) = 0.979(1 - K_t) \quad (3)$$

$$\kappa(K_t) = 1.141(1 - K_t) / K_t \quad (4)$$

- Tính toán chuỗi số liệu  $\beta$  có phân bố chuẩn và tuân theo qui luật AR(1):

$$\beta_t = \phi\beta_{t-1} + \mathcal{G}_t \quad (5)$$

Trong đó:  $\beta_{t-1}$ : là giá trị của biến số tại t-1.

$\Phi$ : là hệ số, được chọn là 0.54.

$\mathcal{G}_t$ : là một giá trị ngẫu nhiên từ một phân bố chuẩn có giá trị trung bình là 0 và độ lệch chuẩn  $\sqrt{1 - \phi}$ .

- Biến đổi ngược dãy số  $\beta$  thành chuỗi số có phân bố không chuẩn  $h$  bằng hàm norminv của Matlab, kết hợp với độ lệch chuẩn  $\sigma_\alpha$  của thành phần ngẫu nhiên  $\alpha$  để tính toán giá trị  $\alpha$  theo các công thức sau:

$$\sigma_\alpha(K_t) = 0.16 \sin(\pi K_t / 0.90) \quad (6)$$

$$\alpha = h \cdot \sigma_\alpha \quad (7)$$

- Xác định giá trị  $k_T$  theo công thức sau:

$$k_t = k_m + \alpha \quad (8)$$

- Tính toán giá trị  $k_{cs}$  theo công thức sau:

$$k_{cs}(t) = 0.88 \cos\{\pi(t - 12.5)/30\} \quad (9)$$

Với  $t$ : giờ tính bức xạ.

- So sánh  $k_T$  và  $k_{cs}$ , nếu  $k_T$  lớn hơn  $k_{cs}$  thì lấy tối đa  $k_T = k_{cs}$ .
- Tính toán các giá trị bức xạ  $I_0$  và  $I$  tương ứng.
- Xuất chuỗi số liệu bức xạ theo giờ  $I$ .

## 5. ĐÁNH GIÁ ĐỘ TIN CẬY CỦA CHƯƠNG TRÌNH

### 5.1. Số liệu cơ sở để đánh giá

Sử dụng số liệu đo thực tế tại Nhà Bè (kinh độ  $106^{\circ}41E$ , vĩ độ  $10^{\circ}45N$ ) năm 2005 để làm số liệu cơ sở để so sánh với kết quả tính toán cho Tp. HCM.

**Bảng 3.** Đặc trưng thống kê của số liệu bức xạ giờ tại trạm quan trắc Nhà Bè năm 2005

Trung bình (J/m <sup>2</sup> )	Trung vị (J/m <sup>2</sup> )	Giá trị min (J/m <sup>2</sup> )	Giá trị max (J/m <sup>2</sup> )	Độ lệch chuẩn (J/m <sup>2</sup> )
1.289.382,0	1.249.200,0	18,4	3.603.600,0	960.336,2

### 5.2. Phương pháp đánh giá

Từ số liệu đo thực tế tính được 12 giá trị  $\overline{H_{th}}$  làm số liệu đầu vào của chương trình để tính ra chuỗi 8760 giá trị  $k_T$  và lượng tổng xạ trong 1 năm. Chạy chương trình mô phỏng 50 lần, đánh giá độ sai lệch tổng xạ giữa các số liệu tính toán và số liệu đo.

Sử dụng số liệu đo thực tế để chạy 10 lần phần mềm HOMER Ver 2.09, là một chương trình tính toán các hệ thống sử dụng năng lượng tái tạo do tổ chức National Renewable Energy Laboratory có trụ sở tại Colorado, Mỹ xây dựng và có công cụ tính toán mô phỏng bức xạ hoàn toàn theo mô hình Graham cả trong tính bức xạ theo ngày và theo giờ, sau đó đánh giá độ sai lệch tổng xạ giữa số liệu do phần mềm HOMER tính toán và số liệu đo thực tế.

Sau đó chọn 01 chuỗi số liệu do chương trình mô phỏng và 01 số liệu do chương trình HOMER tính toán để so sánh với chuỗi số liệu đo về các chỉ tiêu thống kê CDF (hàm tích lũy xác suất) và PDF (hàm phân bố xác suất) bằng các biểu đồ.

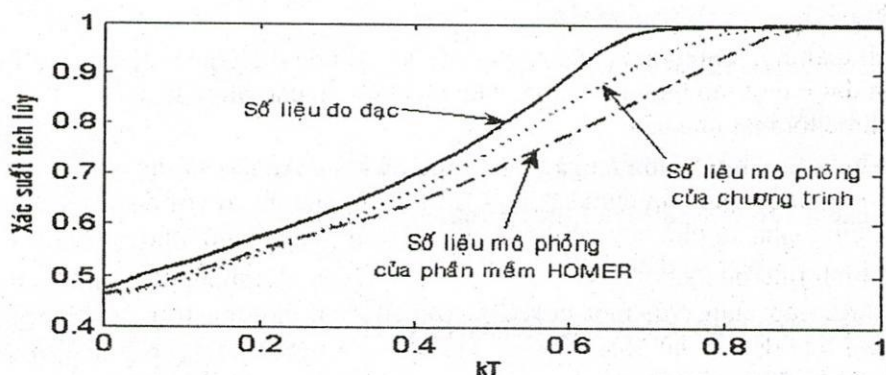
### 5.3. Kết quả đánh giá

- **Đánh giá về sai số tổng xạ**

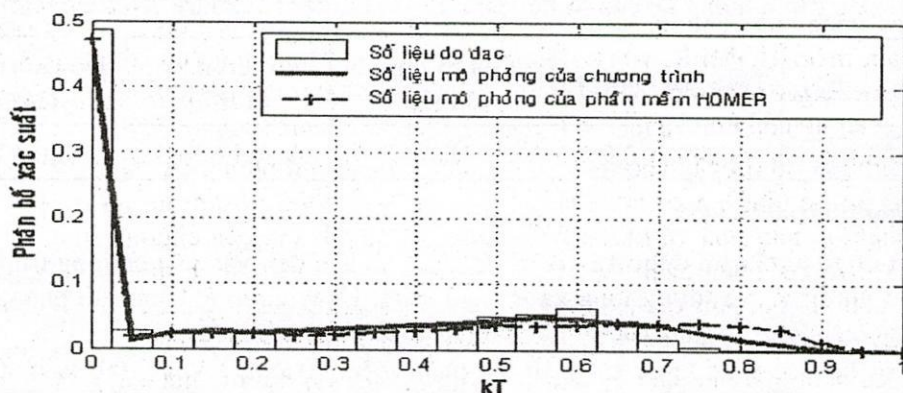
Kết quả chạy chương trình mô phỏng cho thấy sai số giữa lượng tổng xạ tính toán theo chương trình mô phỏng và đo đạc thực tế dao động trong khoảng 0.16% đến 8.84%, sai số trung bình là 4.32% trong khi sai số của lượng tổng xạ tính toán bằng phần mềm HOMER và số liệu thực tế dao động từ 13.16% đến 13.48%, sai số trung bình là 13.32%. Sai số của phần mềm HOMER khá cao có thể là do sai số của phần tính toán bức xạ theo ngày lớn, mô hình tính bức xạ ngày của phần mềm HOMER vốn tuân theo mô hình toán học tính bức xạ ngày của Graham, được xây dựng từ nguồn các số liệu đo tại Mỹ do đó chắc chắn có sự khác biệt với Việt Nam và mô hình này đã được nhận xét là không chính xác khi áp dụng cho các vùng khí hậu nhiệt đới. Điều này có thể được khẳng định khi xem xét phân bố của các giá trị  $k_T$ , ta nhận thấy đường cong phân bố  $k_T$  do phần mềm HOMER tính toán không bám sát vào đường cong phân bố  $k_T$  của số liệu đo thực tế, đặc biệt là ở vùng  $k_T$  cao.

- **So sánh các chỉ tiêu thống kê:**

Biểu đồ CDF:

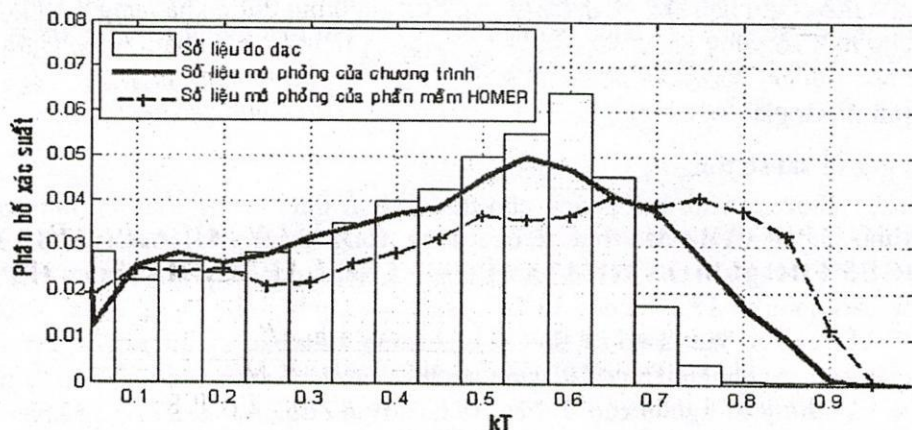


Hình 3. Đồ thị so sánh tích lũy xác suất của số liệu đo và số liệu mô phỏng cho trạm Nhà Bè  
Biểu đồ PDF (có xét các giá trị  $k_T=0$ ):



Hình 4. Đồ thị so sánh phân bố xác suất của số liệu đo và số liệu mô phỏng cho trạm Nhà Bè (Có xét đến các giá trị  $k_T=0$ )

Biểu đồ PDF (đã loại bỏ các giá trị  $k_T=0$ ).



Hình 5. Đồ thị so sánh phân bố xác suất của số liệu đo và số liệu mô phỏng cho trạm Nhà Bè (Đã loại bỏ các giá trị  $k_T=0$ )

### 5.5. Nhận xét:

Các biểu đồ CDF, PDF cho thấy chương trình mô phỏng khá tốt các giá trị  $k_T$  thấp, tuy nhiên ở vùng  $k_T$  cao thì các giá trị tính toán luôn cao hơn giá trị đo thực tế, tuy vậy số liệu mô phỏng từ chương trình bám sát số liệu đo thực tế hơn số mô phỏng của phần mềm HOMER.



## 6. KẾT LUẬN

Các mô hình toán học tính bức xạ theo ngày và theo giờ đã được phân tích, chọn lựa và cải tiến để xác định được một mô hình mô phỏng bức xạ phù hợp cho nước ta. Kết quả chọn lọc và cải tiến có thể được tóm tắt như sau:

- Với mô hình tính bức xạ theo ngày, mô hình toán của Aguiar sử dụng kỹ thuật ma trận chuyển đổi Markov được chọn áp dụng vì ưu điểm nổi bật của nó so với mô hình của Graham về độ chính xác cũng như sự phù hợp với khí hậu Việt Nam, vốn là một nước nhiệt đới
- Với mô hình tính bức xạ theo giờ, cả hai chương trình mô phỏng theo mô hình Graham và Aguiar đã được lập cùng với một chương trình thứ ba, chương trình sử dụng mô hình Graham và sự cải tiến để loại bỏ phần nào các giá trị  $k_T$  cao bất thường. Kết quả so sánh giữa các chương trình cho thấy chương trình cải tiến có độ chính xác cao nhất so với các chương trình còn lại, do đó chương trình này được áp dụng để tính bức xạ theo giờ.

Từ các kết quả phân tích, chọn lựa nói trên, một chương trình tính toán mô phỏng bức xạ cho từng giờ từ số liệu bức xạ trung bình tháng đã được xây dựng hoàn chỉnh và được đánh giá độ tin cậy bằng cách chạy chương trình mô phỏng đồng thời với sử dụng công cụ mô phỏng bức xạ của phần mềm HOMER, vốn sử dụng thuần túy mô hình toán của Graham trong tính toán bức xạ ngày và giờ. Sau đó các so sánh kết quả của 2 chương trình với số liệu đo thực tế được sử dụng là số liệu đo bức xạ theo giờ của trạm Nhà Bè năm 2005.

Kết quả đánh giá độ tin cậy cho thấy sai số giữa số liệu mô phỏng và số liệu đo thực tế là khá tốt, các sai số về tổng xạ có thể chấp nhận được và chương trình mô phỏng khá tốt các đường cong phân bố xác suất và tích lũy xác suất. Độ chính xác của chương trình mô phỏng vượt trội hơn khi so với phần mềm HOMER, điều này càng khẳng định tính đúng đắn của kết quả chọn lựa mô hình tính bức xạ theo ngày.

Từ các nhận xét trên, có thể kết luận chương trình đáp ứng được yêu cầu mô phỏng số liệu đầu vào cho việc đánh giá tiềm khả thi các dự án sử dụng năng lượng mặt trời ở khu vực Nam Bộ.

Nhược điểm của chương trình là chưa mô phỏng tốt vùng chỉ số  $k_T$  cao mặc dù tần suất xuất hiện của các giá trị  $k_T$  cao là rất ít. Điều này có thể giải thích là do nước ta có khí hậu nhiệt đới, độ ẩm cao nên do ảnh hưởng của độ ẩm mà giá trị  $k_T$  trong thực tế ít khi đạt được giá trị cao. Ngoài ra, do điều kiện hạn chế số liệu nên chưa kiểm chứng được khả năng mô phỏng của chương trình cho một số vùng khác, do đó cần bổ sung số liệu đo đạc nhằm kiểm chứng cũng như có hướng hoàn thiện, nâng cao độ chính xác của chương trình cũng như xem xét kết hợp thêm những biến số khác nhằm tạo ra các mô hình đa biến có độ chính xác cao hơn.

## A SIMULATION PROGRAM TO GENERATE HOURLY SOLAR RADIATION SEQUENCES FROM MONTHLY AVERAGE SOLAR RADIATION DATA

Nguyen The Bao<sup>(1)</sup>, Le Chung Phuc<sup>(2)</sup>

(1) University of Technology, VNU-HCM

(2) Center of Industrial Safety Registration Zone 2 (CISR2)

**ABSTRACT:** *This article describes how to build simulation program to generate hourly solar radiation sequences of whole year from monthly average solar radiation data. Comparisons have been made between calculated and measured data. The results show that the program proves sufficient reliability to generate input solar radiation data series for technical simulation, especially in the design of solar energy systems or evaluating the effectiveness of those systems.*

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Aguiar R. J., Collares-Pereira, and Conde Lneti J. P., *Simple procedure for generating sequences of daily radiation values using a library of Markov Transition Matrices*, Solar Energy, Vol. 40, pp. 269-279, (1988).
- [2]. Aguiar R. J., Collares-Pereira, and Conde Lneti J. P., *A time-dependent, autogressive Gaussian model for generating synthetic hourly radiation*, Solar Energy, Vol. 49, pp. 167-174, (1992).
- [3]. Amato U., Andretta A., Bartoli B., Coluzzi B., Cuomo V., Fontana F., Serio C., *Markov process and Fourier analysis as a tool to describe and simulate daily solar irradiance*, Solar Energy, Vol. 37, pp. 179-194, (1986).
- [4]. Bendt P., Collares-Pereira M. and Rabl A., *The frequency distribution of daily insolation values*, Solar Energy, Vol. 27, pp. 1-5, (1981).
- [5]. Boland J., *Time-series analysis of climate variables*, Solar Energy, Vol. 55, pp. 377-388, (1995).
- [6]. Brinkworth B. J., *Autocorrelation and stochastic modelling of insolation sequences*, Solar Energy, Vol. 19, pp. 343-347, (1977).
- [7]. Brook M. J. and Finney B. A., *Generation of bivariate solar radiation and temperature time series*, Solar Energy, Vol. 39, pp. 533-540, (1987).
- [8]. Degelman L. O., *A weather simulation model for building energy analysis*, ASHARE Transactions: Symposium on Weather data, pp. 435-446, (1976).
- [9]. Exell R. H. B., *A mathematical model for solar radiation in South-East Asia (Thailand)*, Solar Energy, Vol. 26, pp. 161-168, (1981).
- [10]. Goh T. N., Tan K. J., *Stochastic modelling and forecasting of solar radiation data*, Solar Energy, Vol. 22, pp. 105-111, (1977).
- [11]. Graham V. A., and Hollands K. G. T., Unny T. E, *A time series model for KT with application for global synthetic weather generation*, Solar Energy, Vol. 40, pp. 83-92, (1988).
- [12]. Graham V. A., and Hollands K. G. T., *A method to generate synthetic hourly solar radiation globally*, Solar Energy, Vol. 44, pp. 333-341, (1990).
- [13]. Klein S. A., *A method of simulation of solar process and its applications*, Solar Energy, Vol. 17, pp. 29-36, (1975).
- [14]. Knight K. M., Klein S. A. and Duffie J. A., *A methodology for the synthesis of hourly weather data*, Solar Energy, Vol. 44, pp. 333-341, (1990).
- [15]. Liu B. Y. H. and Jordan R. C., *The interrelationship and characteristic distribution of direct, diffuse, and total solar radiation*, Solar Energy, Vol. 4, pp. 1-19, (1960).
- [16]. Luis Vergara-Dominguez, Ramon Garcia-Gomez, Anibal R. Figueiras-Vidal, Jose R. Casar-Corredera and Fancisco J. Casajus-Quiros, *Automatic modelling and simulating of daily global solar radiation series*, Solar Energy, Vol. 35, pp. 483-489, (1985).
- [17]. Mustachi C., Cena V. and Rocchi M., *Stochastic simulation of hourly global radiation sequences*, Solar Energy, Vol. 23, pp. 47-51, (1979).
- [18]. Nguyễn Thị Bích, Đề tài nghiên cứu cấp cơ sở: *Tính toán bức xạ mặt trời ở khu vực Nam Bộ*, [www.sihymete.org.vn/ctbaocao.php?idbc=27](http://www.sihymete.org.vn/ctbaocao.php?idbc=27), Phân viện khí tượng thủy văn và môi trường khu vực phía Nam, (2004).
- [19]. Palomó E., *Hourly solar radiation time series as first-order Markov chains*, Congress of ISES, pp. 2146-2150, (1989).
- [20]. Sfeir A. A., *A stochastic model for predicting solar system performance*, Solar Energy, Vol. 25, pp. 149-154, (1980).

- [21]. Saunier G. Y., Reddy T. A. and Kumar S., *A monthly probability distribution function of daily global irradiation values appropriate for both tropical and temperate locations*, Solar Energy, Vol. 38, pp. 169-177, (1987).

