

Công thức thực nghiệm tính toán cường độ mưa từ độ phản hồi radar cho khu vực Đông Nam Bộ

Nguyễn Hương Điền*

Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHN, 334 Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội

Nhận ngày 26 tháng 6 năm 2015

Chỉnh sửa ngày 28 tháng 7 năm 2015; Chấp nhận đăng ngày 6 tháng 8 năm 2015

Tóm tắt: Dựa trên các số liệu độ phản hồi của radar thời tiết đặt tại Nhà Bè và lượng mưa quan trắc được tại 4 trạm đo mưa mặt đất trong khu vực Đông Nam Bộ trong các đợt mưa diện rộng trong các năm 2010-2012, các công thức liên hệ giữa cường độ mưa R và độ phản hồi radar Z' dạng hàm mũ $R = C10^{DZ'}$ và dạng Marshall-Palmer $Z=AR^B$ (với $Z=10^{Z'/10}$) được tính cho từng trạm và chung cho cả khu vực nghiên cứu, trong đó các hệ số thực nghiệm C, D, A, B được xác định theo phương pháp bình phương tối thiểu nhờ phần mềm EVIEW. Việc đánh giá sai số của các công thức lấy R là hàm cho thấy chúng có độ chính xác cao hơn hẳn các công thức lấy Z là hàm và công thức kinh điển của Marshall-Palmer. Sai số của công thức chung cho toàn vùng khá nhỏ, do vậy nó có thể thay thế cho các công thức riêng.

Từ khóa: Công thức thực nghiệm, độ phản hồi radar, cường độ mưa.

1. Mở đầu

Trên thế giới đã có nhiều công thức thực nghiệm liên hệ giữa cường độ mưa R (tính ra mm/h) với độ phản hồi radar Z (tính ra mm^6/m^3) được sử dụng và chúng đều có “dạng Marshall-Palmer” $Z=AR^B$ (cùng dạng với công thức kinh điển $Z=200R^{1.6}$ của Marshall-Palmer [1,2], thường được cài đặt mặc định trong các radar ngày nay). Tuy nhiên, các công thức này đều coi Z là hàm của R , có thể dẫn đến sai số lớn khi tính toán R vì phương pháp bình phương tối thiểu áp dụng để xác định các công thức đó chỉ cực tiểu hóa tổng bình phương sai số của Z chứ không phải của R . Thêm vào đó,

các công thức dạng này không thuận tiện khi sử dụng vì các radar thế hệ mới được chế tạo trong vài thập kỉ gần đây không còn trực tiếp đo độ phản hồi radar Z nữa, mà lại đo độ phản hồi radar Z' (trong đơn vị dBZ, liên hệ với Z qua hệ thức $Z'=10\lg Z$). Kỳ vọng của tác giả trong công trình này là tìm ra các công thức thực nghiệm coi R là hàm của Z' , vừa giảm được sai số, vừa tiện ích hơn các công thức dạng Marshall-Palmer (lấy Z là hàm).

2. Phương pháp xử lý sơ bộ số liệu, xác định công thức thực nghiệm và đánh giá sai số

Số liệu sử dụng gồm số liệu đo mưa bằng vũ lượng kế tại 4 trạm trong khu vực nghiên cứu, đó là các trạm Tân Sơn Hòa, Chơn Thành,

* Tel.: 84-904291148
Email: diennh@vnu.vn

Lộc Ninh và Tây Ninh, trong các đợt mưa diện rộng trong các năm 2010-2012, số liệu quan trắc độ phản hồi vô tuyến Z' (trong đơn vị dBZ) mà radar thời tiết Doppler DWSR-2500C (do Hoa Kỳ chế tạo) đặt tại trạm ở Ấp 3, xã Long Thời, huyện Nhà Bè, TP. Hồ Chí Minh đo được đồng thời trong các đợt mưa đó. Việc qui toán số liệu và đánh giá kết quả cũng vẫn như trong bài báo [3], tức là từ số liệu lượng mưa trong từng 5 phút một trên giản đồ vũ lượng kí qui ra cường độ mưa (mm/h) và số liệu độ phản hồi Z' (dBZ) trên các ảnh radar phải lấy trung bình trong một miền tròn ở độ cao 3km, bán kính 10km, có tâm tại điểm cố kính, vĩ độ trùng với kính, vĩ độ của trạm vũ lượng kí, ở cùng thời điểm với số liệu đo mưa.

Phương pháp tính toán vẫn là dùng phương pháp bình phương tối thiểu với sự trợ giúp của phần mềm EVIEW để xác định các hệ số trong công thức thực nghiệm. Phần mềm này có thể giúp xác định các hệ số tham gia vào công thức một cách phi tuyến mà không cần phải tuyến tính hóa công thức và giải hệ phương trình đặc trưng, do đó cũng tránh được các sai số do sự tuyến tính hóa công thức gây ra.

Các chỉ số đánh giá là sai số trung bình ME, sai số trung bình tuyệt đối MAE và sai số trung bình toàn phương RMSE [4].

Để thấy rõ việc chọn Z hay R là hàm ảnh hưởng thế nào đến độ chính xác của công thức thực nghiệm, hai dạng công thức cho 4 trạm vũ lượng kí và cho cả khu vực nghiên cứu sẽ được xác định trên cùng một tập số liệu phụ thuộc:

a) Dạng hàm mũ (lấy R là hàm) $R = C10^{DZ'}$.

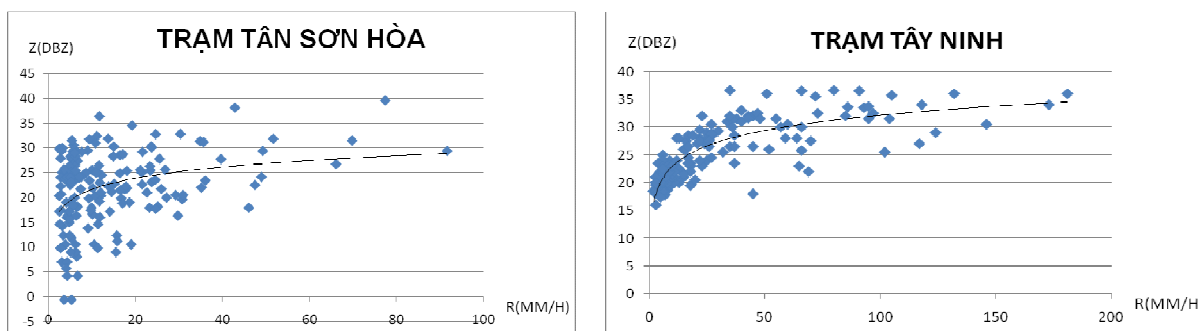
b) Dạng Marshall-Palmer (lấy Z là hàm) $Z=AR^B$.

Các công thức thực nghiệm nêu trên cùng với công thức kinh điển của Marshall-Palmer $Z = 200R^{1,6}$ sẽ được đánh giá sai số tính cường độ mưa R trên cùng một tập số liệu độc lập.

3. Các kết quả xác định và đánh giá các công thức

3.1. Kết quả vẽ đồ thị theo số liệu thực và xác định công thức

Công thức thực nghiệm được xây dựng cho từng trạm vũ lượng kí, sau đó cho toàn khu vực nghiên cứu (bao gồm cả 4 trạm), nhưng ở đây chỉ nêu kết quả ứng với một vài trạm nào đó như một ví dụ. Chẳng hạn, các kết quả vẽ đồ thị Z'-R (Scatter – plot) dựa trên các số liệu thực đối với trạm Tân Sơn Hòa và Tây Ninh được cho trong Hình 1.



Hình 1. Đồ thị Z'-R với độ phản hồi trung bình lấy trong vòng bán kính 10km trạm Tân Sơn Hòa và Tây Ninh.

Từ Hình 1 ta thấy độ phản hồi vô tuyến Z' (dBZ) và cường độ mưa R (mm/h) có mối quan hệ phi tuyến dạng logarit, từ đó ta nhận biết giữa chúng có mối quan hệ theo dạng loga:

$$Z' = a + \text{blg}R \quad (1)$$

Qua một vài biến đổi đơn giản, công thức (1) trở thành dạng hàm mũ

$$R = C10^{DZ'} \quad (2)$$

với $C=10^{-(a/b)}$ và $D=1/b$ hoặc thành dạng Marshall-Palmer (coi Z là hàm lũy thừa của R):

$$Z = AR^B \quad (3)$$

với $A=10^{a/10}$, $B=b/10$ và $Z=10^{Z'/10}$. Phần mềm EVIEW sẽ giúp xác định trực tiếp các hệ số C , D , A và B . Với mỗi trạm và toàn vùng ta thu được 5 công thức dạng lấy R là hàm (dạng a) và 5 công thức dạng lấy Z là hàm (dạng b). Các hệ số của chúng được cho trong Bảng 1 và 2.

Bảng 1. Kết quả tính hệ số C , D cho từng trạm và chung cho cả vùng khi chọn R là hàm

Tên trạm	C	D
Tân Sơn Hòa	4,742805	0,022283
Tây Ninh	0,917041	0,045458
Lộc Ninh	30,23180	0,005394
Chơn Thành	2,034258	0,031460
Chung 4 trạm	1,042271	0,050967

Bảng 2. Kết quả tính hệ số C , D , A và B cho từng trạm và chung cho cả vùng khi chọn Z là hàm

Tên trạm	A	B	C	D
Tân Sơn Hòa	2,87 E+01	0,27947	6,065E-15	0,35782
Tây Ninh	2,71 E+01	0,36911	0,000131	0,27092
Lộc Ninh	2,13 E+02	0,22811	1,373E-15	0,63839
Chơn Thành	3,76 E+01	0,24953	4,883E-7	0,40076
Chung 4 trạm	2,29 E+01	0,38695	0,0003067	0,25843

Sau khi có các công thức này, để dễ dàng so sánh sai số của chúng khi tính R , ta biến đổi các công thức dạng hàm lũy thừa $Z=AR^B$ về dạng hàm mũ $R=C10^{DZ'}$ với $C=A^{-1/B}$ và $D=1/(10B)$. Cả công thức kinh điển của Marshall-Palmer cũng được chuyển đổi như vậy và được $C=0,036$; $D=0,0625$.

3.2. Đánh giá công thức

Các sai số của tất cả các công thức tìm được cho từng trạm và cả vùng (5 công thức) cũng như của các công thức dạng Marshall-Palmer và công thức gốc của Marshall-Palmer được cho trong Bảng 3. Các sai số này đều được đánh giá trên tập số liệu độc lập.

Bảng 3. Sai số ME của ba dạng công thức cho từng trạm và cho cả vùng

Tên trạm	R là hàm	Z là hàm	Marshall-Palmer
Tân Sơn Hòa	0,5943	1,685	-4,681
Tây Ninh	0,543	0,1349	-20,63
Lộc Ninh	0,688	11,788	-12,88
Chơn Thành	1.0025	2,803	-2,553
Chung 4 trạm	0.8836	1,402	-4,866

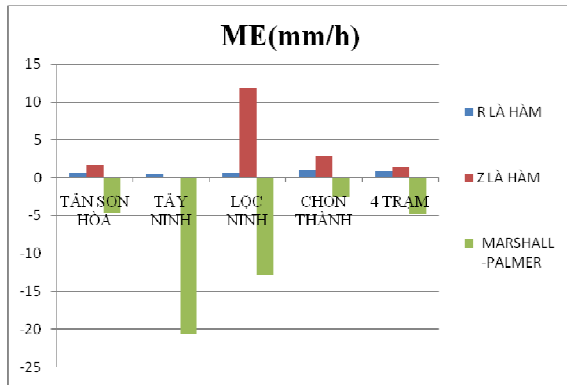
Bảng 4. Sai số MAE của ba dạng công thức cho từng trạm và cho cả vùng

Tên trạm	R là hàm	Z là hàm	Marshall-Palmer
Tân Sơn Hòa	3,5683	6,998	4,681
Tây Ninh	10,839	11,030	20,63
Lộc Ninh	3,758	11,776	12,88
Chơn Thành	2,066	5,450	2,554
Chung 4 trạm	3,307	4,158	4,867

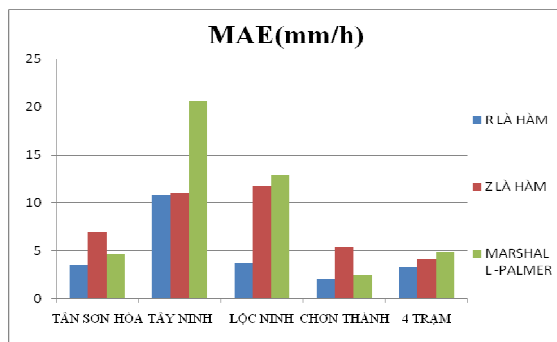
Bảng 5. Sai số RMSE của ba dạng công thức cho từng trạm và cho cả vùng

Tên trạm	R là hàm	Z là hàm	Marshall-Palmer
Tân Sơn Hòa	7,86813	9,428	11,64
Tây Ninh	6,684	8,9226	9,33
Lộc Ninh	7,1281	22,2	22,84
Chơn Thành	4,3222	10,584	5,6
Chung 4 trạm	8,1595	11,696	12,26

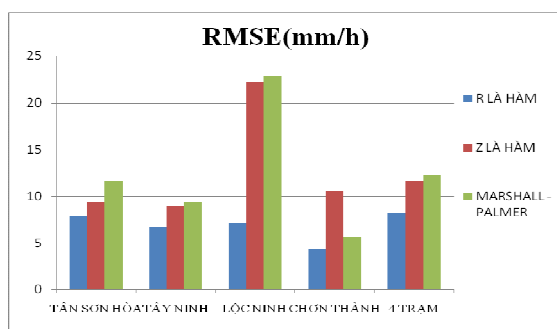
Các sai số của các công thức cũng được biểu diễn thành các đồ thị dạng cột (Hình 2, 3 và 4) để dễ dàng so sánh trực quan chúng với nhau.



Hình 2. Giản đồ so sánh sai số ME giữa công thức lấy R là hàm, Z là hàm và công thức Marshall-Palmer.



Hình 3. Giản đồ so sánh sai số MAE giữa công thức lấy R là hàm, Z là hàm và công thức Marshall-Palmer.



Hình 4. Giản đồ so sánh sai số RMSE giữa công thức lấy R là hàm, Z là hàm và công thức Marshall-Palmer.

Các chỉ số đánh giá trong Bảng 2 hoặc các Hình 2, 3 và 4 cho thấy:

- Các giá trị sai số của công thức Marshall-Palmer lớn hơn nhiều so với các giá trị tương ứng của các công thức tính được, kể cả công thức chung cho cả vùng.

- Sai số ME đối với công thức của Marshall – Palmer đều nhỏ hơn 0 đáng kể ở tất cả các trạm, chứng tỏ cường độ mưa tính toán từ công thức của Marshall – Palmer thiên âm mạnh (thường nhỏ hơn giá trị thực đo). Các công thức tự tính cũng có tình trạng thiên âm, trừ ở trạm Hương Khê, nhưng ở mức độ nhỏ hơn nhiều.

- Sai số của từng trạm nhỏ hơn so với sai số cho cả vùng.

4. Kết luận

Từ những kết quả tính toán được ở trên, cho thấy:

- Đã tính được 5 công thức riêng cho từng trạm và 1 công thức cho toàn vùng (bao trùm 4 trạm kể trên).

- Các công thức lấy R là hàm có các giá trị sai số ME nhỏ hơn nhiều so với các giá trị tương ứng của công thức lấy Z là hàm và Marshall-Palmer, chứng tỏ chúng có độ chính xác cao hơn hẳn các công thức dạng khác. Công thức kinh điển của Marshall-Palmer có độ chính xác thấp hơn cả trong hầu hết các trường hợp và luôn cho cường độ mưa thấp hơn thực tế (thiên thấp), trong khi các công thức còn lại đều cho giá trị thiên cao, nhưng ở mức độ nhỏ hơn nhiều. Các sai số MAE và RMSE nói chung cũng tăng dần từ công thức dạng a) sang dạng b) và Marshall-Palmer (trừ ở trạm Chơn Thành, chúng lại giảm từ công thức dạng b sang Marshall-Palmer). Những điều trên chứng tỏ các công thức dạng a có độ chính xác cao hơn hẳn các dạng công thức khác.

- Nói chung, sai số của công thức chung cho toàn vùng khá nhỏ, tương đương với các trạm có sai số nhỏ (như Tân Sơn Hòa, Chơn Thành), do vậy nó có thể thay thế cho các công thức riêng. Điều này có thể do tính khá đồng nhất của địa hình khu vực gây ra.

Tài liệu tham khảo

- [1] Christopher G. Collier, Applications of weather radar systems- A guide to uses of Radar data in Meteorology and Hydrology, Second edition, Praxis Publishing Chichester, p. 49, 53-54, 72.
- [2] Nguyễn Hường Điền, Tạ Văn Đa, Khí tượng radar, NXB Đại học QG. Hà Nội, 2010.
- [3] Nguyễn Hường Điền, Công thức thực nghiệm tính toán cường độ mưa từ độ phản hồi vô tuyến quan trắc bởi radar cho khu vực Bắc Trung Bộ và Nam Đồng Bằng Bắc Bộ, Tạp chí Khoa học, ĐHQG Hà Nội, tập 29, số 1S, tr. 51-55, 2013.
- [4] L.Z. Rumsixki, Phương pháp toán học xử lý các kết quả thực nghiệm, Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật Hà Nội (dịch bởi Hoàng Hữu Như, Nguyễn Bắc Vãn), 1972.

Empirical Formulas to Calculate Rainfall Rate from Radar Reflectivity for Southeast Region of Vietnam

Nguyễn Hường Điền

VNU University of Science, 334 Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hanoi

Abstract: Based on the reflectivity data of the weather radars located in Nha Be and rainfall in widespread rains during 2010-2012 observed at 4 ground rainfall stations in the Southeast Region of Vietnam, the formulas linked between rain rate R and radar reflectivity Z' , in exponential form $R = C10^{DZ'}$ and in Marshall-Palmer form $Z = AR^B$ (with $Z=10^{Z'/10}$) were calculated for each station and for the whole research area, in which empirical coefficients C , D , A , B are determined by the least squares method using software EVIEW. The evaluation of the errors of the formulas where R is obtained as function suggests that they have significantly higher accuracy than those formulas where Z is the function, as well as the Marshall-Palmer classic formula. Error of general formula for the whole region is quite small, therefore it can replace the specific formulas.

Keywords: Radar reflectivity, rainfall rate, empirical formula.