

ÁP DỤNG MÔ HÌNH THẨM HAI GIAI ĐOẠN ĐỂ XÁC ĐỊNH LƯỢNG MƯA HIỆU QUẢ CHO LƯU VỰC ĐÔ THỊ

PTS. LÁ THANH HÀ

KS. TRẦN BÍCH NGÀ

Viên Khí tượng Thủy văn

I. MỞ ĐẦU

So sánh với lưu vực tự nhiên, lưu vực đô thị bao gồm nhiều phần diện tích với các tính chất thủy lực khác nhau như diện tích thấm (vườn, công viên...), diện tích không thấm (đường phố rải nhựa, mái nhà...). Thêm vào đó, do quy hoạch xây dựng ở các thành phố ở nước ta, các phần diện tích trên không có hoặc chưa có hệ thống thoát nước tách biệt nên trong các trận mưa, dòng chảy từ các diện tích nền cứng qua diện tích thấm hoặc ngược lại để chảy vào hệ thống thoát nước chung. Do vậy, việc tính toán lượng mưa hiệu quả ở các đô thị nước ta là vấn đề phức tạp, cần phải có những xử lý thích hợp để đạt độ chính xác cần thiết trong các mô hình thủy văn lưu vực đô thị.

Trong bài này, giới thiệu một mô hình thấm đang được áp dụng rộng rãi trên thế giới và đề xuất một cách xử lý để áp dụng trong điều kiện đô thị nước ta. Tiếp đó áp dụng mô hình để tính toán cho trận mưa tại khu vực Cầu Giấy - Láng Thượng ở thành phố Hà Nội.

II. GIỚI THIỆU TÓM TẮT MÔ HÌNH THẨM HAI GIAI ĐOẠN

1. Cơ sở khoa học của mô hình

Mô hình thấm hai giai đoạn (do Peschke xây dựng 1982) mô tả quá trình thấm một trận mưa theo hai giai đoạn: giai đoạn bão hòa và giai đoạn sau bão hòa. Mục đích cơ bản của mô hình là xác định đường cong thấm $f(t)$ cho hai giai đoạn:

Trong giai đoạn bão hòa, đường cong cường độ thấm $f(t)$ là đường quá trình cường độ mưa (hình 2), do lượng mưa trong giai đoạn này chỉ tham gia vào quá trình thấm. Trong pha sau bão hòa, tức là lớp đất bề mặt đã bão hòa nước, đường cong thấm giảm theo quy luật thấm trọng lực. Do vậy, đường cong thấm được định nghĩa như sau:

$$f(t) = \begin{cases} = PI(t) & \text{với } t \leq t_s \\ = f(t) & \text{với } t > t_s \end{cases} \quad (1)$$

với $PI(t)$ là cường độ mưa,

t_s là thời điểm mặt đất đạt đến trạng thái bão hòa.

Giả sử trong một lớp đất đồng nhất hình thành mặt ẩm dạng bậc nhảy (hình 1); trong thời gian mưa, mặt ẩm này biểu thị quá trình biến đổi độ ẩm từ độ ẩm ban đầu θ_0 và độ ẩm ở trạng thái bão hòa θ_s . Do không có quá trình tích tụ trong thời gian thấm của mưa nên với lớp đất đã chọn có thể áp dụng phương trình thấm Darcy:

$$V = K_s \frac{L + \Psi - \Psi_0}{L} \quad (2)$$

ở đây: V - tốc độ chuyển động thấm theo chiều thẳng đứng Z ,

K_s - độ dẫn thủy lực bão hòa,

L - chiều sâu mặt ẩm,

Ψ, Ψ_0 - thế hút trên bề mặt và trên mặt ẩm đang xét.

Xuất phát từ giả thiết (1) và phương trình (2), Peschke (1982) đã dẫn xuất các phương trình tính toàn bộ quá trình thấm trong một trận mưa với các luận cứ khoa học ở hai giai đoạn [1].

2. Tính toán cho giai đoạn bão hòa

- Xác định thời đoạn bão hòa:

Giả sử có một trận mưa có cường độ mưa được mô phỏng dưới dạng bậc thang $PI(t) = PI_j$ với $j = 1, 2, \dots$ (hình 2). Trước hết cần phải tìm thời đoạn m là thời đoạn đạt tới trạng thái bão hòa bằng cách thử:

$$\left[\frac{PI_m}{K_s} - 1 \right] \Delta t \cdot \sum_{j=1}^m PI_j > n\Psi \quad (3)$$

với $m = 1, 2, \dots$; PI_m - lượng mưa ở thời hạn thứ m ;

Δt - thời đoạn tính toán.

Nếu bất đẳng thức (3) thỏa mãn thì m chính là thời đoạn bão hòa cần tìm.

Tiếp theo, cần xác định liệu thời điểm bão hòa xảy ra ngay tại đầu thời đoạn (tại gờ của bước nhảy) hay trong thời đoạn bão hòa m .

$$\text{Nếu } PI_m \geq K_s \cdot \left[\frac{n\Psi}{\Delta t \sum_{j=1}^m PI_j} + 1 \right] \quad (4)$$

thì thời điểm bão hòa đạt ngay đầu thời đoạn m , ta xác định ngay:

$$t_s = (m - 1) \Delta t \quad (5)$$

và tổng lượng thấm trong giai đoạn bão hòa là:

$$F_s = \Delta t \sum_{j=1}^{m-1} PI_j \quad (6)$$

Nếu (4) không thỏa mãn thì thời điểm bão hòa xảy ra trong thời đoạn bão hòa m và xác định theo (7).

$$t_s = (m - 1) \Delta t + \frac{K_s \cdot n\Psi}{PI_m (PI_m - K_s)} - \frac{\Delta t}{PI_m} \sum_{j=1}^{m-1} PI_j \quad (7)$$

và tổng lượng thấm tính đến t_s là:

$$F_s = \frac{n\Psi}{\frac{P I_m}{K_s} - 1} \quad (8)$$

Như vậy, pha bão hòa hoàn toàn được xác định theo các phương trình từ (3) đến (8).

3. Tính toán cho giai đoạn sau bão hòa

Đường cong thấm bắt đầu từ thời điểm bão hòa có dạng:

$$f(t) = \frac{K_s}{2} \left[1 + \frac{1}{2} \left\{ \frac{A^2}{4} + AB + F_s^2 \right\}^{-\frac{1}{2}} (A + 2B) \right] \quad (9)$$

và tổng lượng thấm tích lũy đến thời điểm t là:

$$F(t) = \frac{A}{2} + \left\{ \frac{A^2}{4} + AB + F_s^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (10)$$

$$\text{với } A = K_s(t - t_s) \quad (11)$$

$$B = F_s + 2n\Psi$$

Khi đường cong thấm đã hoàn toàn xác định, ta xác định lượng mưa hiệu quả cho từng thời đoạn ở pha sau bão hòa theo (12)

$$PEF_j = P_j - F_j = P_j \Delta t - \int_{(j-1)\Delta t}^{j\Delta t} f(t)dt \quad (12)$$

và lượng mưa hiệu quả cho toàn trận mưa là:

$$\sum_{j=1}^n PEF_j = \sum_{j=1}^n P_j - \sum_{j=1}^n F_j \quad (13)$$

Hệ số dòng chảy tính theo:

$$\alpha = \frac{\sum_{j=1}^n PEF_j}{\sum_{j=1}^n P_j} \quad (14)$$

với PEF_j - lượng mưa hiệu quả; P_j - lượng mưa và F_j - lượng thấm thời đoạn j ($j = 1, 2, \dots, n$) của trận mưa.

4. Trường hợp tính toán cho các trận mưa có các giai đoạn bão hòa kế tiếp

Thực tế có xuất hiện các trận mưa rời rạc, nghĩa là trong toàn trận mưa có thời gian không mưa hoặc cường độ mưa nhỏ không đáng kể. Trong trường hợp như vậy giữa hai thời kỳ mưa kế tiếp, cường độ thấm lớn hơn cường độ mưa nên xuất hiện giai đoạn bão hòa mới. Độ thiếu hụt bão hòa trong các thời đoạn này được bù lại từ các lượng mưa vượt thấm (lượng mưa sinh dòng chảy) ở các thời đoạn kế tiếp.

Thuật toán tính cho giai đoạn bão hòa kế tiếp được mô tả trên hình 2.

5. Xác định thông số của mô hình

Trong mô hình có 3 thông số: độ dẫn thủy lực bão hòa k_s (m/s), n là hệ số độ rỗng của đất và Ψ : thế hút trên mặt ẩm (m). Các thông số này là các thông số vật lý biểu thị đặc tính chuyển động của nước trong môi trường đất và hoàn toàn có thể xác định theo lý thuyết.

- Xác định hệ số K_s :

Theo lý thuyết k_s được xác định theo phương trình:

$$K_s = \frac{d^2}{C} \frac{n^3}{(1-n)^2} \frac{g}{v} \quad (15)$$

ở đây: d - đường kính hạt hiệu quả.

C - hệ số phụ thuộc vào dạng hạt.

n - hệ số độ rỗng.

g - gia tốc trọng trường.

v - hệ số nhớt động học của nước.

Hiện tại có nhiều phương pháp xác định K_s , song nói chung có 3 phương pháp chính là:

- Xác định mẫu đất trong thí nghiệm
- Xác định theo công thức (15)
- Phương pháp xác định thực địa như tạo các giếng bơm...

Tuy nhiên, thông số K_s phụ thuộc vào độ lớn, phân bố dạng lỗ hổng trong đất nên chỉ đặc trưng cho một loại đất xác định. Do vậy, mặc dù K_s có thể xác định chính xác nhưng khi áp dụng thực tế trên một lưu vực có nhiều loại đất khác nhau nên thường có sai số lớn, nhiều khi không thực tế.

Trong thực tế khi áp dụng mô hình người ta thường lấy K_s từ các bảng tra sẵn cho từng loại đất và qua phép thử mô hình có thể chọn được trị số đại biểu đạt độ chính xác cần thiết. Trong ví dụ áp dụng ở phần III, K_s cũng được lấy từ bảng lập sẵn cho từng loại đất theo [3] và hiệu chỉnh qua tính toán để so sánh với kết quả đo đạc thực tế.

- Xác định hệ số độ rỗng n .

Tương tự như hệ số K_s , n phụ thuộc vào từng loại đất riêng biệt và theo (15), n có mối quan hệ chặt chẽ với hệ số K_s ; người ta cũng lập sẵn các trị số n tương ứng cho từng loại đất và cùng với K_s nó được hiệu chỉnh qua các phép thử mô hình.

- Xác định thế hút Ψ : Theo Peschke (1982), Ψ được xác định gần đúng qua quan hệ thực nghiệm:

$$\Psi = 1000.n \text{ (mm)} \quad (16)$$

6. Áp dụng mô hình cho lưu vực đô thị

Mô hình thấm hai giai đoạn được kiểm nghiệm và áp dụng rộng rãi ở nhiều nước trên thế giới như ở các nước châu Âu và Mỹ, nhưng chỉ thích hợp cho các lưu vực tự nhiên.

Để áp dụng mô hình cho các đô thị nước ta trong điều kiện không có sự thoát nước tách biệt giữa hai loại diện tích thấm và không thấm, cần phải có một số xử lý thích hợp về xác định thông số mô hình.

Thực tế như hình 3 cho thấy rằng, do khi bắt đầu mưa, dòng chảy sau khi thấm ướt đã hình thành ngay trên nền không thấm (nền cứng). Để chảy vào hệ thống tiêu thoát nó phải chảy qua các diện tích thấm và tham gia vào quá trình thấm tại đây. Như vậy, thời điểm bão hòa tại các diện tích thấm xuất hiện sớm hơn so với cùng loại đất và cùng một lượng mưa như nhau ở một lưu vực tự nhiên. Quá trình này có thể được nhìn nhận như là sự "tăng cường" cường độ mưa cho các diện tích thấm. Do vậy, thời gian bão hòa của các diện tích thấm phụ thuộc vào tỷ lệ phần diện tích nền không thấm hay phụ thuộc vào hệ số đất xây dựng e (tỷ số giữa đất xây dựng trên tổng diện tích lưu vực). Do lưu vực (bao gồm hai loại diện tích trên) là một khối diện tích không phân chia, nên để áp dụng mô hình vẫn phải xác định các thông số K_s và n đại biểu cho toàn lưu vực nghiên cứu. Để xác định các thông số này, cần giả thiết rằng thời gian bão hòa xảy ra sớm hơn ở các phần diện tích thấm do được bổ sung một phần lượng nước từ các diện tích nền cứng tương tự như hệ số thủy lực bão hòa và hệ số độ rỗng của đất bị giảm đi. Nghĩa là các thông số K_s và n cũng phụ thuộc vào hệ số đất xây dựng e .

Xuất phát từ giả thiết rằng, hệ số thấm thủy lực bão hòa cho toàn lưu vực được tính theo quan hệ với tỷ lệ các phần diện tích thấm và nền cứng:

$$K_{s,db} = \frac{A_{th} \cdot K_{s,th} + K_{s,nc} \cdot A_{nc}}{A_v} = \frac{K_{s,th} A_{th}}{A_v} + \frac{K_{s,nc} \cdot A_{nc}}{A_v} \quad (17)$$

ở đây:

- $K_{s,th}$, A_{th} tương ứng là hệ số thấm thủy lực bão hòa và diện tích của khu vực đất thấm.

- $K_{s,nc}$, A_{nc} tương ứng là hệ số thấm thủy lực bão hòa và diện tích của khu vực nền cứng.

- $K_{s,db}$ là hệ số thấm thủy lực bão hòa đại biểu cho toàn lưu vực.

- A_v là diện tích toàn lưu vực bộ phận.

Do $K_{s,nc} \approx 0$, do vậy từ (17) ta có:

$$K_{s,db} = K_{s,th} \frac{A_{th}}{A_v} = K_{s,th} \frac{A_v - A_{nc}}{A_v} = K_{s,th} \left(1 - \frac{A_{nc}}{A_v}\right)$$

Với $e = \frac{A_{nc}}{A_v}$ là hệ số đất xây dựng.

Do vậy, (17) trở thành: $K_{s,db} = K_{s,th} (1 - e)$ (18)

Lập luận tương tự ta cũng có: $n_{db} = n_{th} (1 - e)$ (19)

Với n_{th} và n_{db} tương ứng là hệ số độ rỗng cho lớp đất thấm và hệ số đại biểu cho lưu vực bộ phận.

Do vậy, các công thức (18) và (19) dùng để xác định các thông số xuất phát để thử nghiệm mô hình thấm cho các lưu vực đô thị.

III. VÍ DU ÁP DỤNG

Mô hình thấm hai giai đoạn được áp dụng để tính toán lượng mưa sinh dòng chảy cho trận mưa ngày 12-VII-1993 tại khu vực Cầu Giấy - Láng Thượng, Hà Nội.

Các thông số tính toán:

$K_{s,th} = 5,55 \cdot 10^{-7}$ m/s (cho đất pha sét)

Bảng 1. Tính toán lượng mưa hiệu quả theo mô hình hai giai đoạn
(Cho trận mưa ngày 12 - VII - 1993 ở khu vực Cầu Giấy - Láng Thượng)

Các thông số mô hình:

$$n = 0,12$$

$$k_s = 0,3 \text{ mm}/\Delta t \text{ (} 5 \cdot 10^{-7} \text{ m/s)}$$

$$\Psi = 120,0 \text{ mm}$$

$$\Delta t = 10 \text{ phút}$$

Δt	$f(t)$ (mm/ Δt)	PI (mm)	ΣPI (mm)	$F(t)$ (mm)	$\Sigma F(t)$ (mm)	PEF (mm)	ΣPEF (mm)	α
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
2	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	0,000
3	0,10	0,10	0,20	0,10	0,20	0,00	0,00	0,000
4	0,10	0,10	0,30	0,10	0,30	0,00	0,00	0,000
5	0,10	0,10	0,40	0,10	0,40	0,00	0,00	0,000
6	0,00	0,00	0,40	0,00	0,40	0,00	0,00	0,000
7	0,10	0,10	0,50	0,10	0,50	0,00	0,00	0,000
8	0,00	0,00	0,50	0,00	0,50	0,00	0,00	0,000
9	0,00	0,00	0,50	0,00	0,50	0,00	0,00	0,000
10	0,00	0,00	0,50	0,00	0,50	0,00	0,00	0,000
11	0,00	0,00	0,50	0,00	0,50	0,00	0,00	0,000
12	0,00	0,00	0,50	0,00	0,50	0,00	0,00	0,000
13	0,00	0,00	0,50	0,00	0,50	0,00	0,00	0,000
14	1,61	5,90	6,40	2,62	3,12	3,28	3,28	0,513
15	1,19	2,60	9,00	1,36	4,48	1,24	4,52	0,502
16	1,00	5,40	14,4	1,09	5,57	4,31	8,83	0,613
17	0,89	2,20	16,6	0,94	6,51	1,26	10,09	0,608
18	0,82	2,00	18,60	0,85	7,37	1,15	11,23	0,604
19	0,76	1,20	19,80	0,79	8,16	0,41	11,64	0,588
20	0,72	0,20	20,00	0,20	8,36	0,00	11,64	0,582
21	0,68	0,30	20,30	0,30	8,66	0,00	11,64	0,574
22	0,66	0,20	20,50	0,20	8,86	0,00	11,64	0,568
23	0,63	0,40	20,90	0,40	9,26	0,00	11,64	0,557
24	0,61	0,40	21,30	0,40	9,66	0,00	11,64	0,547
25	0,59	0,30	21,60	0,30	9,96	0,00	11,64	0,539
26	0,58	0,60	22,20	0,60	10,56	0,00	11,64	0,524
27	0,56	0,80	23,00	0,80	11,36	0,00	11,64	0,506

1	2	3	4	5	6	7	8	9
28	0.55	0.10	23.10	0.10	11.46	0.00	11.64	0.504
29	0.54	0.10	23.20	0.10	11.56	0.00	11.64	0.502
30	0.53	0.10	23.30	0.10	11.66	0.00	11.64	0.500
31	0.52	0.20	23.50	0.20	11.86	0.00	11.64	0.495
32	0.51	0.10	23.60	0.10	11.96	0.00	11.64	0.493
33	0.50	0.00	23.60	0.00	11.96	0.00	11.64	0.493
34	0.50	4.60	28.20	4.60	16.56	0.00	11.64	0.413
35	0.49	9.60	37.80	0.49	17.05	8.69	20.34	0.538
36	0.48	1.40	39.20	0.49	17.53	0.91	21.25	0.542
37	0.48	1.10	40.30	0.48	18.01	0.62	21.87	0.543
38	0.47	0.00	40.30	0.00	18.01	0.00	21.87	0.543
39	0.47	0.00	40.30	0.00	18.01	0.00	21.87	0.543
40	0.46	0.00	40.30	0.00	18.01	0.00	21.87	0.543
41	0.46	0.00	40.30	0.00	18.01	0.00	21.87	0.543
42	0.45	0.00	40.30	0.00	18.01	0.00	21.87	0.543
43	0.45	0.00	40.30	0.00	18.01	0.00	21.87	0.543
44	0.44	0.00	40.30	0.00	18.01	0.00	21.87	0.543
45	0.44	0.00	40.30	0.00	18.01	0.00	21.87	0.543
46	0.44	0.00	40.30	0.00	18.01	0.00	21.87	0.543
47	0.43	0.00	40.30	0.00	18.01	0.00	21.87	0.543
48	0.43	0.00	40.30	0.00	18.01	0.00	21.87	0.543
49	0.43	0.00	40.30	0.00	18.01	0.00	21.87	0.543
50	0.42	0.10	40.40	0.10	18.11	0.00	21.87	0.541
51	0.42	0.00	40.40	0.00	18.11	0.00	21.87	0.541
52	0.42	0.00	40.40	0.00	18.11	0.00	21.87	0.541
53	0.42	0.00	40.40	0.00	18.11	0.00	21.87	0.541
54	0.41	0.00	40.40	0.00	18.11	0.00	21.87	0.541
55	0.41	0.00	40.40	0.00	18.11	0.00	21.87	0.541
56	0.41	0.00	40.40	0.00	18.11	0.00	21.87	0.541
57	0.41	0.00	40.40	0.00	18.11	0.00	21.87	0.541
58	0.41	0.00	40.40	0.00	18.11	0.00	21.87	0.541
59	0.40	0.00	40.40	0.00	18.11	0.00	21.87	0.541
60	0.40	0.00	40.40	0.00	18.11	0.00	21.87	0.541
61	0.40	0.00	40.40	0.00	18.11	0.00	21.87	0.541
62	0.40	0.10	40.50	0.10	18.21	0.00	21.87	0.540
63	0.40	0.00	40.50	0.00	18.21	0.00	21.87	0.540

1	2	3	4	5	6	7	8	9
64	0.39	0.00	40.50	0.00	18.21	0.00	21.87	0.540
65	0.39	0.00	40.50	0.00	18.21	0.00	21.87	0.540
66	0.39	0.00	40.50	0.00	18.21	0.00	21.87	0.540
67	0.39	0.00	40.50	0.00	18.21	0.00	21.87	0.540
68	0.39	0.00	40.50	0.00	18.21	0.00	21.87	0.540
69	0.39	0.00	40.50	0.00	18.21	0.00	21.87	0.540
70	0.39	0.00	40.50	0.00	18.21	0.00	21.87	0.540
71	0.38	0.00	40.50	0.00	18.21	0.00	21.87	0.540
72	0.38	0.00	40.50	0.00	18.21	0.00	21.87	0.540
73	0.38	0.40	40.90	0.40	18.61	0.00	21.87	0.535
74	0.38	2.00	42.90	2.00	20.61	0.00	21.87	0.510
75	0.38	1.80	44.70	1.80	22.41	0.00	21.87	0.489
76	0.38	0.20	44.90	0.20	22.61	0.00	21.87	0.487
77	0.38	0.00	44.90	0.00	22.61	0.00	21.87	0.487
78	0.38	0.00	44.90	0.00	22.61	0.00	21.87	0.487
79	0.37	0.00	44.90	0.00	22.61	0.00	21.87	0.487
80	0.37	0.00	44.90	0.00	22.61	0.00	21.87	0.487
81	0.37	0.00	44.90	0.00	22.61	0.00	21.87	0.487
82	0.37	0.00	44.90	0.00	22.61	0.00	21.87	0.487
83	0.37	0.10	45.00	0.10	22.71	0.00	21.87	0.486
84	0.37	0.00	45.00	0.00	22.71	0.00	21.87	0.486
85	0.37	0.00	45.00	0.00	22.71	0.00	21.87	0.486
86	0.37	0.00	45.00	0.00	22.71	0.00	21.87	0.486
87	0.37	1.10	46.10	1.10	23.81	0.00	21.87	0.474
88	0.37	1.20	47.30	1.20	25.01	0.00	21.87	0.462
89	0.36	1.40	48.70	1.40	26.41	0.00	21.87	0.449

Thời điểm bão hòa của trận mưa: $t_s = 13.04 \Delta t$

Tổng lượng mưa = 48.70mm

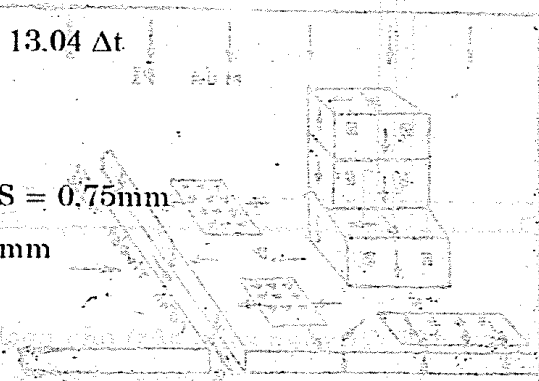
Tổng lượng mưa hiệu quả = 21.75mm

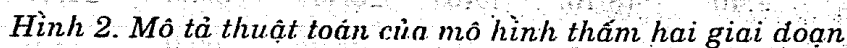
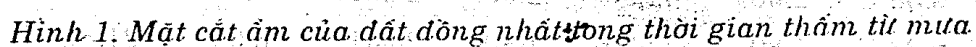
Tổng lượng thấm trong pha bão hòa $FS = 0.75mm$

Chiều sâu mặt ẩm bão hòa : $L_s = 6.43mm$

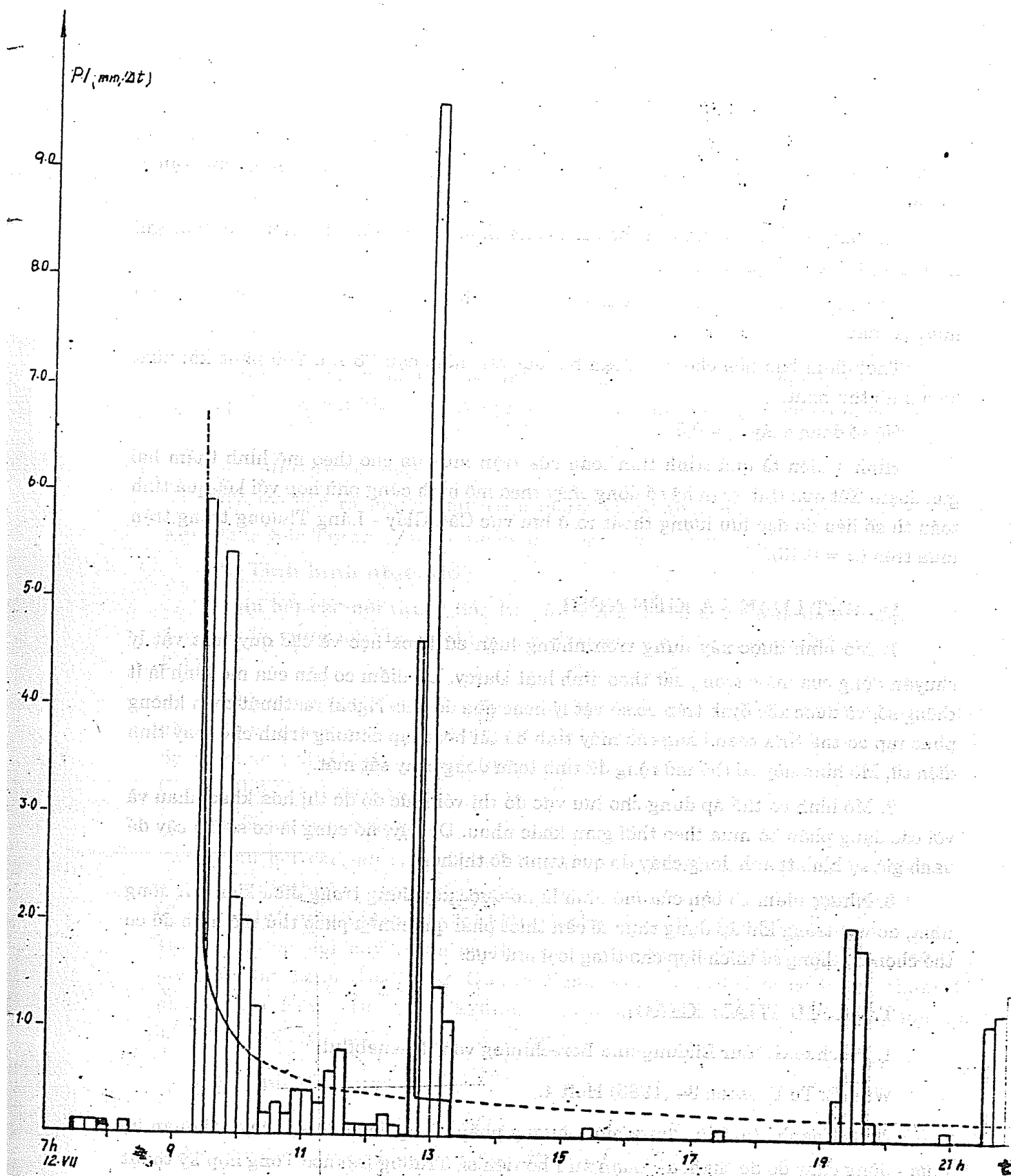
Hệ số dòng chảy = 0.449

Thời đoạn tính toán $\Delta t = 10$ phút





Hình 3. Dạng chảy tràn do mưa ở lưu vực đô thị



Hình 4. áp dụng mô hình thấm hai giai đoạn cho trận mưa ngày 12-VII-1993 ở khu vực Cầu Giấy - Láng Thượng

$n_{th} = 0,096$ (cho đất pha sét)

$K_{s,db} = 6.94 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$; $e = 20\%$

$n_{db} = 0,12$, $\Psi = 120 \text{ mm}$; $\Delta t = 10 \text{ phút}$

Thời gian mưa bắt đầu từ 7h20 ph đến 21h10ph ngày 12-VII-1993, có hai đỉnh tại 9h30ph và 13h00ph với các giai đoạn bão hòa liên tiếp. Tổng lượng mưa toàn trận là 48,7mm.

Các bước tính toán tuần tự theo các công thức từ (3) đến (19). Kết quả được ghi trên bảng 1. Các kết quả của trận mưa:

Thời điểm bão hòa cho giai đoạn đầu đạt tại thời đoạn 13 tức là 130 phút sau khi mưa bắt đầu.

*Thời điểm bão hòa cho giai đoạn hai đạt tại thời đoạn 33 sau 200 phút khi xuất hiện đỉnh thứ nhất.

Hệ số dòng chảy $\alpha = 0,5$

Hình 4 diễn tả quá trình tính toán của trận mưa đã cho theo mô hình thấm hai giai đoạn. Kết quả tính toán hệ số dòng chảy theo mô hình cũng phù hợp với kết quả tính toán từ số liệu đo đạc lưu lượng thoát ra ở lưu vực Cầu Giấy - Láng Thượng trong trận mưa trên ($\alpha = 0,46$).

IV. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Mô hình được xây dựng trên những luận cứ khoa học về các quy luật vật lý chuyển động của nước trong đất theo định luật Darcy. Ưu điểm cơ bản của mô hình là ít thông số, và được xác định trên cơ sở vật lý hoặc qua đo đạc. Ngoài ra, thuật toán không phức tạp có thể tính toán bằng các máy tính bỏ túi hoặc lập chương trình cho máy tính điện tử. Mô hình này có thể mở rộng để tính toán dòng chảy sát mặt.

2. Mô hình có thể áp dụng cho lưu vực đô thị với mức độ đô thị hóa khác nhau và với các dạng phân bố mưa theo thời gian khác nhau. Do vậy, nó cũng là cơ sở tin cậy để đánh giá sự hình thành dòng chảy do quá trình đô thị hóa.

3. Nhược điểm cơ bản của mô hình là nó được xây dựng trong điều kiện đất đồng nhất, do vậy trong khi áp dụng thực tế cần thiết phải qua nhiều phép thử mô hình để có thể chọn bộ thông số thích hợp cho từng loại lưu vực.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Peschke.G: "Zur Bildung und Berechnung von Regenabfluß"

Wiss. Z. Tu Dresden 34 (1985) Heft 4.

2. Lã Thanh Hà. "Xây dựng một phương pháp để nghiên cứu sự thay đổi quan hệ mưa - dòng chảy do đô thị hóa". Luận án Phó tiến sĩ, Trường Đại học Tổng hợp kỹ thuật Dresden, 1990. (tiếng Đức).

3. Vũ Văn Tảo, Nguyễn Cảnh Cầm, Thủy lực, tập II. NXB Nông nghiệp, 1978./.