

# NGHIÊN CỨU LỰA CHỌN HỆ QUY CHIẾU HỢP LÝ CHO LƯỚI KHỔNG CHẾ TRẮC ĐỊA CÔNG TRÌNH

NGUYỄN QUANG PHÚC, HOÀNG THỊ MINH HƯƠNG

Trường Đại học Mỏ-Địa chất

Email: phuctdct@gmail.com

## 1. Đặt vấn đề

Như đã biết, mặt Ellipsoid trái đất là một bề mặt toán học và tiệm cận tốt nhất với hình dạng và kích thước của toàn bộ Trái đất. Sau khi mạng lưới cơ sở được chiếu lên mặt Ellipsoid thì việc xác định tọa độ các điểm của lưới có thể thực hiện một cách chặt chẽ và chính xác.

Tuy nhiên, vì mặt Ellipsoid là mặt cong nên không thuận tiện cho các công tác trắc địa khi thành lập các loại bản đồ cũng như các công tác trắc địa công trình. Ngoài ra, các công thức để giải quyết các bài toán trắc địa dù là trên khoảng cách ngắn cũng rất phức tạp. Việc tính toán trong hệ tọa độ vuông góc phẳng sẽ được tiến hành nhanh chóng và dễ dàng hơn với các công thức hình học và lượng giác phẳng.

Vì vậy, để thuận tiện cho các công tác trắc địa bản đồ nói chung cũng như để tiến hành các công tác trắc địa công trình, cần phải sử dụng hệ quy chiếu và hệ tọa độ phẳng. Do đó, việc chiếu các trị đo từ mặt đất tự nhiên lên mặt phẳng là rất cần thiết.

Lưới khống chế trắc địa công trình thường khống chế trên một phạm vi hẹp, có yêu cầu độ chính xác cao, lại được phát triển dựa trên các điểm của lưới cũ đã có tọa độ trong các hệ thống tọa độ khác nhau trên khu xây dựng. Vì vậy, lựa chọn một hệ quy chiếu hợp lý cho lưới khống chế trắc địa công trình tức là phải lựa chọn một phép biến đổi phù hợp để đưa trị đo từ mặt đất về mặt phẳng sao cho lưới có biến dạng nhỏ nhất so với kích thước thật của nó trên bề mặt đất.

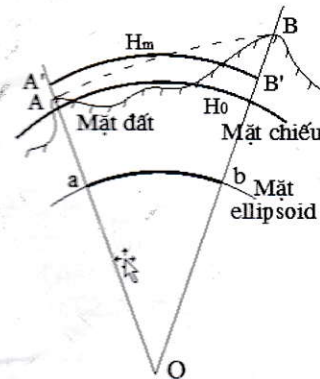
Để nghiên cứu lựa chọn một hệ quy chiếu hợp lý cho lưới trắc địa công trình, cần tìm hiểu các số cải chính do chiếu các trị đo từ mặt đất tự nhiên lên mặt phẳng. Do lưới trắc địa công trình có chiều dài cạnh ngắn nên số cải chính góc đo rất nhỏ, vì vậy chỉ xem xét số cải chính chiều dài cạnh.

## 2. Số cải chính chiều dài do chiếu cạnh lên bề mặt ellipsoid

Số cải chính do chiếu cạnh AB xuống mặt Ellipsoid quy chiếu (H.1) được tính theo công thức [1]:

$$\Delta S_H = -\frac{S(H_m - H_0)}{R_m} \quad (1)$$

Trong đó: S - Chiều dài cạnh đo;  $H_m$  - Độ cao trung bình của cạnh đo;  $H_0$  - Độ cao của bề mặt chiếu;  $R_m$  - Bán kính trung bình của Ellipsoid ( $\approx 6371$  km).



H.1. Chiếu cạnh đo lên mặt ellipsoid

Công thức (1) cho thấy, số cải chính  $\Delta S_H$  càng lớn (tức biến dạng chiều dài cạnh càng lớn) khi độ cao trung bình của cạnh đo càng lớn và ngược lại. Số cải chính này sẽ không làm sai lệch tỷ lệ lưới nếu bảo đảm điều kiện:

$$\frac{\Delta S_H}{S} \leq \frac{1}{200.000} \quad (2)$$

Khi đó:

$$H_0 = -R_m \frac{\Delta S_H}{S} = -\frac{6371000}{200000} \approx -32 \text{ m.} \quad (3)$$

Tức là khi hiệu độ cao mặt đất và mặt chiếu không quá 32 m thì có thể bỏ qua ảnh hưởng của số cải chính này.

## 3. Số cải chính chiều dài do chiếu cạnh từ mặt ellipsoid lên mặt phẳng

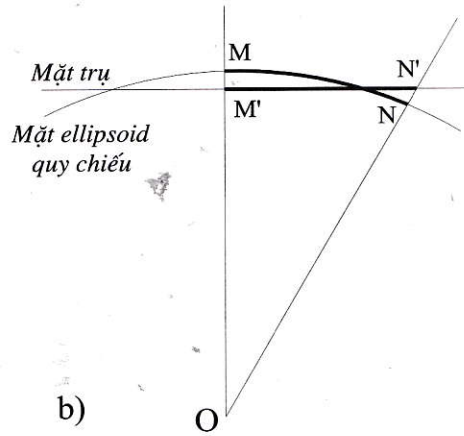
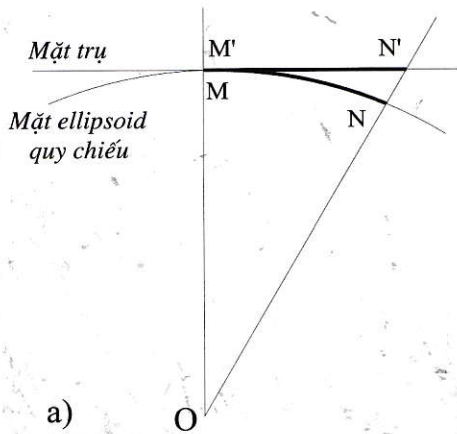
Sau khi chiếu cạnh đo xuống mặt Ellipsoid, tiếp theo sẽ chiếu cạnh từ mặt Ellipsoid lên mặt phẳng



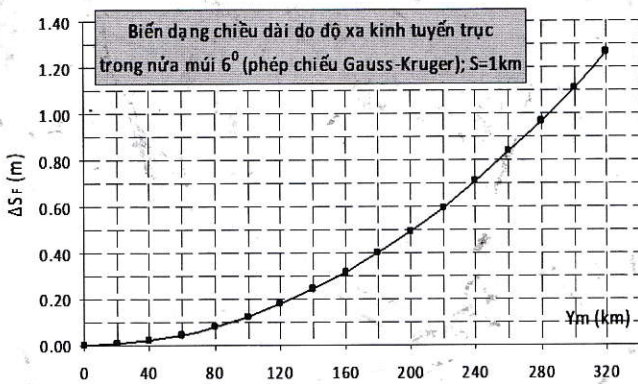
trong phép chiếu hình trụ ngang đồng góc (H.2). Số cải chính này được tính theo công thức tổng quát [2]:

$$\Delta S_F = \left( m_0 - 1 + \frac{y_m^2}{2R_m^2} \right) S' \quad (4)$$

Trong đó:  $m_0$  - Hệ số biến dạng độ dài trên kinh tuyến trục của múi chiếu;  $S'$  - Chiều dài cạnh trên Ellipsoid;  $y_m$  - Trị trung bình của hoành độ điểm đầu và cuối của cạnh đo  $S$ , đặc trưng cho độ xa kinh tuyến trục của cạnh đo.



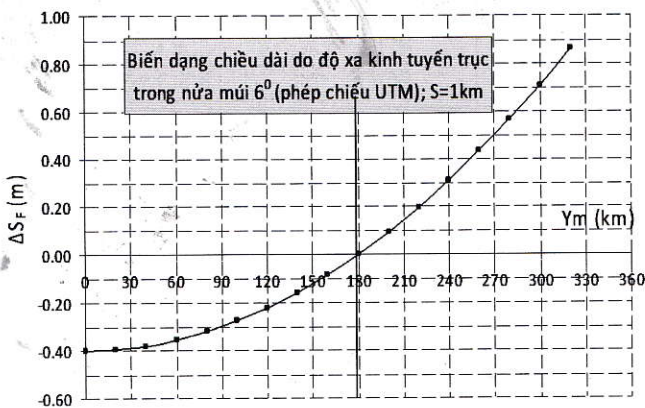
H.2. Chiếu cạnh đo từ ellipsoid về mặt phẳng trong phép chiếu Gauss-Kruger (a) và trong phép chiếu UTM (b)



trụ lớn hơn chiều dài tương ứng trên mặt ellipsoid), hệ số biến dạng luôn >1. Càng xa kinh tuyến trục, biến dạng chiều dài cạnh càng lớn. Trên kinh tuyến trục, hệ số biến dạng bằng 1;

➤ Trong phép chiếu UTM, chỉ trên 2 vị trí đường cắt tuyến (giao của mặt trụ và mặt Ellipsoid), hệ số biến dạng bằng 1. Trong khoảng giữa 2 đường cắt tuyến, hệ số biến dạng <1 và ngoài khoảng 2 đường cắt tuyến, hệ số biến dạng >1. Mức độ biến dạng chiều dài cạnh trong phép chiếu này được biểu diễn như trên H.3 và H.4.

H.3. Biến dạng chiều dài cạnh trong phép chiếu Gauss-Kruger



4. Lựa chọn hệ tọa độ và mặt chiếu cho lưới trắc địa công trình

Sau khi tính hai số cải chính  $\Delta S_H$  và  $\Delta S_F$ , chiều dài cạnh trước bình sai được xác định là:

$$S_0 = (S + \Delta S_H + \Delta S_F) \quad (5)$$

Trong đó:  $S_0$  - Chiều dài cạnh đưa vào bình sai;  $S$  - Chiều dài đo trực tiếp trên mặt đất.

Như vậy chiều dài cạnh đưa vào bình sai sẽ có sự khác biệt so với chiều dài cạnh đo trực tiếp trên mặt đất do ảnh hưởng của 2 số cải chỉnh nêu trên.

Vì các công trình được xây dựng trên bề mặt đất tự nhiên nên cần phải thu được các kết quả đo không qua hiệu chỉnh do các phép chiếu. Nói cách khác, cần phải chọn hệ tọa độ và mặt chiếu sao cho có thể bỏ qua các số hiệu chỉnh tính theo các công thức (1) và (4).

Để có thể bỏ qua số cải chỉnh tính theo công thức (1), cần phải có:

$$(H_m - H_0) \approx 0, \text{ suy ra } H_0 = H_m \quad (6)$$

Điều đó có nghĩa là độ cao mặt chiếu được

Từ H.2 có thể thấy:

➤ Trong phép chiếu Gauss-Kruger, số cải chính chiều dài cạnh luôn luôn dương (chiều dài trên mặt



chọn xấp xỉ bằng độ cao trung bình của khu vực xây dựng công trình. Để có thể bỏ qua số cải chính tính theo công thức (4) cần phải có:

$$m_0 - 1 + \frac{y_m^2}{2R_m^2} \approx 0, \text{ hay } y_m \approx \pm R_m \sqrt{2(1-m_0)}. \quad (7)$$

Từ đây nhận thấy:

- > Đối với phép chiếu Gauss-Kruger,  $m_0=1$ . Khi đó  $y_m \approx 0$  km;
- > Đối với phép chiếu UTM múi chiếu  $3^0$ ,  $m_0=0,9999$ . Khi đó  $y_m \approx \pm 90$  km;
- > Đối với phép chiếu UTM múi chiếu  $6^0$ ,  $m_0=0,9996$ . Khi đó  $y_m \approx \pm 180$  km.

Như vậy khi lập lưới trắc địa công trình, hệ tọa độ và mặt chiếu được chọn theo quy tắc như sau:

> Hệ tọa độ phẳng được chọn sao cho kinh tuyến trung ương của múi chiếu đi qua giữa của khu vực xây dựng công trình đối với phép chiếu Gauss-Kruger. Còn đối với phép chiếu UTM, hệ tọa

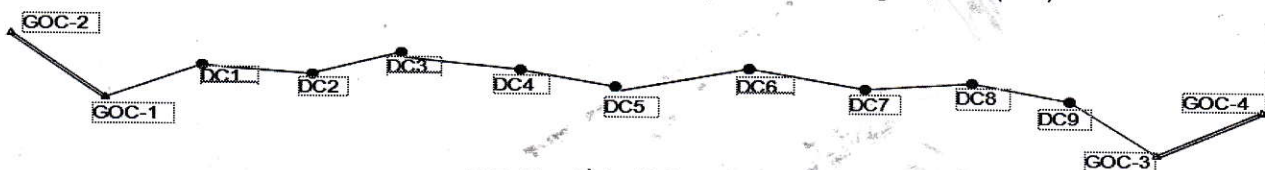
độ được chọn sao cho kinh tuyến trung ương của múi chiếu cách xa trung tâm khu vực xây dựng công trình khoảng 90 km và 180 km (ứng với múi  $3^0$  và  $6^0$ ) tính theo đường xích đạo sang trái hoặc sang phải, cho phép dao động trong khoảng  $\pm 20$  km [4];

> Mặt quy chiếu toạ độ phẳng được chọn có độ cao xấp xỉ độ cao trung bình của khu vực xây dựng.

Với quy tắc đó, cần phải đặc biệt lưu ý xem các điểm gốc khởi tính cho lưới trắc địa công trình cần thành lập đã thuộc hệ tọa độ và mặt chiếu của công trình chưa. Nếu không, cần phải tính chuyển về hệ tọa độ và mặt chiếu đã chọn của công trình [3].

### 5. Tính toán thực nghiệm

Để minh chứng cho những nội dung lý thuyết đã nêu ở trên, chúng tôi đã tiến hành thực nghiệm xử lý một mạng lưới khống chế mặt bằng trắc địa công trình có trong thực tế (H.5).



H.5. Sơ đồ lưới thực nghiệm

Mạng lưới gồm có 4 điểm góc khởi tính là GOC-1, GOC-2, GOC-3 và GOC-4 đã được xác định trong hệ tọa độ VN-2000, múi chiếu  $3^0$ , kinh tuyến trung ương  $105^0 00'$ , với các giá trị tọa độ như nêu trong Bảng 1. Theo thiết kế kỹ thuật, hệ tọa độ công trình này được chọn với các thông số như sau: hệ tọa độ phẳng UTM múi  $3^0$ ; kinh tuyến trục  $L_0=104^0 30'$ ; độ cao mặt chiếu công trình  $H_0=120$  m. Trên cơ sở của 4 điểm góc, đã thành lập một tuyến đường chuyền phù hợp gồm 9 điểm đo bằng máy toàn đạc điện tử TS09 của hãng Leica với các thông số kỹ thuật theo lý lịch máy là  $m_B=1''$  và

$m_S=2+2$  ppm. Danh sách các trị đo góc và cạnh như trong Bảng 2 và 3.

Bảng 1. Tọa độ của các điểm góc khởi tính

TT.	Tên điểm	Tọa độ	
		X (m)	Y (m)
1	GOC-1	2138823,525	396171,105
2	GOC-2	2139718,406	395082,065
3	GOC-3	2138074,746	408360,344
4	GOC-4	2138692,012	409570,830

Ghi chú: hệ tọa độ VN-2000; múi chiếu  $3^0$ ; kinh tuyến trung ương  $105^0 00'$

Bảng 2. Danh sách góc đo

TT	Tên góc			Giá trị góc đo		
	Điểm trái	Điểm giữa	Điểm phải	Độ	phút	giây
1	GOC-2	GOC-1	DC1	118	23	49,2
2	GOC-1	DC1	DC2	207	25	26,5
3	DC1	DC2	DC3	158	29	30,6
4	DC2	DC3	DC4	202	55	26,6
5	DC3	DC4	DC5	189	56	31,3
6	DC4	DC5	DC6	151	33	10,1
7	DC5	DC6	DC7	203	37	25,5
8	DC6	DC7	DC8	164	09	50,3
9	DC7	DC8	DC9	196	17	5,5
10	DC8	DC9	GOC-3	204	11	49,5
11	DC9	GOC-3	GOC-4	116	34	11,2



Bảng 3. Danh sách cạnh đo

TT	Tên cạnh		Trị đo (m)	TT	Tên cạnh		Trị đo (m)
	Điểm trước	Điểm sau			Điểm trước	Điểm sau	
1	GOC-1	DC1	1213,567	6	DC5	DC6	1514,207
2	DC1	DC2	1278,991	7	DC6	DC7	1370,733
3	DC2	DC3	1073,122	8	DC7	DC8	1239,264
4	DC3	DC4	1347,161	9	DC8	DC9	1160,449
5	DC4	DC5	1267,934	10	DC9	GOC-3	1259,374

Bảng 4. So sánh kết quả hiệu chỉnh góc

TT	Tên góc			Giá trị góc đo			Số hiệu chỉnh phương án (")			
	Điểm trái	Điểm giữa	Điểm phải	Độ	phút	giây	1	2	3	4
1	GOC-2	GOC-1	DC1	118	23	49,2	+28,93	+36,8	-9,77	-1,92
2	GOC-1	DC1	DC2	207	25	26,5	-1,77	-1,98	-0,68	-0,89
3	DC1	DC2	DC3	158	29	30,6	+1,64	+2,27	-1,37	-0,76
4	DC2	DC3	DC4	202	55	26,6	-19,33	-24,23	4,90	-0,01
5	DC3	DC4	DC5	189	56	31,3	-13,74	-17,24	3,59	+0,08
6	DC4	DC5	DC6	151	33	10,1	+4,56	+5,79	-1,40	-0,19
7	DC5	DC6	DC7	203	37	25,5	-18,32	-23,14	5,51	+0,69
8	DC6	DC7	DC8	164	09	50,3	-5,33	-6,82	2,07	+0,59
9	DC7	DC8	DC9	196	17	5,5	-14,12	-17,96	4,88	+1,05
10	DC8	DC9	GOC-3	204	11	49,5	-2,59	-3,48	1,81	+0,94
11	DC9	GOC-3	GOC-4	116	34	11,2	+39,43	+49,48	-10,06	+0,01

Bảng 5. So sánh kết quả hiệu chỉnh cạnh

T	Tên cạnh		Trị đo (m)	Số hiệu chỉnh của phương án (m)			
	Điểm trước	Điểm sau		1	2	3	4
1	GOC-1	DC1	1213,567	+0,055	+0,070	-0,016	-0,001
2	DC1	DC2	1278,991	+0,064	+0,081	-0,019	-0,002
3	DC2	DC3	1073,122	+0,050	+0,064	-0,014	-0,001
4	DC3	DC4	1347,161	+0,068	+0,086	-0,020	-0,002
5	DC4	DC5	1267,934	+0,062	+0,078	-0,018	-0,002
6	DC5	DC6	1514,207	+0,076	+0,096	-0,022	-0,002
7	DC6	DC7	1370,733	+0,069	+0,087	-0,020	-0,002
8	DC7	DC8	1239,264	+0,062	+0,078	-0,018	-0,002
9	DC8	DC9	1160,449	+0,057	+0,072	-0,016	-0,002
10	DC9	GOC-3	1259,374	+0,053	+0,066	-0,015	-0,002

Bảng 6. So sánh các chỉ tiêu sai số

TT	Loại chỉ tiêu	Phương án			
		1	2	3	4
1	Sai số trung phương trọng số đơn vị	±30,1	±38,0	±8,7	±1,1
2	Sai số trung phương góc đo sau bình sai (")	±60,3	±76,0	±17,4	±2,1
3	Sai số vị trí điểm yếu nhất (cm)	±92,0	±116,0	±26,6	±3,2

Từ các thông tin nêu trên có thể thấy rằng, tọa độ của các điểm gốc khởi tính chưa thuộc hệ tọa độ và mặt chiếu của công trình. Để thấy được vai trò của

việc lựa chọn hệ tọa độ và mặt chiếu đối với lưới trắc địa công trình, chúng tôi đã tiến hành bình sai mạng lưới trên với 4 phương án sau đây:



➢ Phương án 1 (PA-1): không tính chuyển hệ tọa độ và mặt chiếu các điểm gốc;

➢ Phương án 2 (PA-2): chỉ tính chuyển mặt chiếu các điểm gốc;

➢ Phương án 3 (PA-3): chỉ tính chuyển hệ tọa độ các điểm gốc;

➢ Phương án 4 (PA-4): tính chuyển cả hệ tọa độ và mặt chiếu các điểm gốc.

Các kết quả tính toán được tổng hợp, so sánh trong các Bảng 4, Bảng 5 và Bảng 6.

Từ các kết quả so sánh nêu trên, có thể rút ra những nhận xét sau:

➢ Trong các phương án chưa tính chuyển hoặc tính chuyển một phần, số hiệu chỉnh khá lớn. Trong phương án đã tính chuyển cả hệ tọa độ và độ cao (PA-4), số hiệu chỉnh tương ứng là nhỏ nhất, đồng nghĩa với việc lưới ít bị biến dạng nhất bởi các số liệu gốc;

➢ Trong các phương án chưa tính chuyển hoặc tính chuyển một phần, các chỉ tiêu sai số khá lớn. Trong phương án đã tính chuyển cả hệ tọa độ và độ cao (PA-4), các chỉ tiêu sai số là nhỏ nhất, đồng nghĩa với việc lưới ít bị biến dạng nhất bởi các số liệu gốc và độ chính xác của lưới là tốt nhất.

## 6. Kết luận

Từ kết quả nghiên cứu nêu trên, có thể rút ra một số kết luận sau đây:

➢ Lưới khống chế trắc địa công trình là cơ sở tọa độ phục vụ cho cả 3 giai đoạn: khảo sát thiết kế, thi công xây dựng và khai thác sử dụng công trình. Ngoại trừ lưới quan trắc biến dạng được thành lập trong hệ tọa độ độc lập, lưới khảo sát và lưới thi công cần phải được thành lập sao cho bảo đảm nguyên tắc: đồng nhất về hệ tọa độ giữa hệ tọa độ khảo sát và hệ tọa độ thi công; lưới ít bị biến dạng nhất so với kích thước thật của nó trên mặt đất. Để bảo đảm các nguyên tắc đó, cần phải lựa chọn hệ tọa độ và mặt chiếu một cách hợp lý cho lưới trắc địa công trình như đã trình bày trong bài báo;

➢ Khi phát triển lưới trắc địa công trình, nhất thiết phải sử dụng tọa độ các điểm của lưới cũ đã được xác định trong các hệ tọa độ khác nhau. Tuy nhiên, nếu tọa độ các điểm của lưới cũ chưa thuộc múi chiếu và mặt chiếu đã chọn của công trình thì phải thực hiện tính chuyển trước khi tính toán bình sai lưới. □

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Серапинас Б.Б. (2001). Геодезические основы карт. Учебное пособие. Москва. Издательство "Московский университет". 132 стр.

2. В.В. Авакян (2016). Прикладная геодезия: Технологии инженерно-геодезических работ. Москва.

Издательство "Инфра-Инженерия". 587 стр.

3. Nguyễn Quang Phúc (2010). Nghiên cứu hoàn thiện phương pháp thành lập và xử lý số liệu lưới khống chế thi công các công trình xây dựng trong điều kiện Việt Nam. Đề tài cấp Bộ (Bộ Giáo dục và Đào tạo). Mã số: B2008-02-52.

4. TCVN 9401:2012. Tiêu chuẩn kỹ thuật đo và xử lý số liệu GPS trong trắc địa công trình.

**Ngày nhận bài:** 08/01/2017

**Ngày gửi phản biện:** 22/02/2017

**Ngày nhận phản biện:** 25/04/2017

**Ngày chấp nhận đăng bài:** 25/07/2017

**Từ khóa:** *trắc địa công trình, độ cao mặt chiếu, hệ tọa độ công trình, ellipsoid Trái đất*

## SUMMARY

Engineering surveying networks are the basis for the survey, design and construction of buildings and structures. In order for the work to be implemented smoothly and to ensure the accuracy according to the design, it is necessary to select a reasonable reference frame for the control networks. The content of the paper presents the theoretical base for the proper selection of coordinate system and projection surface for geodesic control networks. Implemented experimental calculations to demonstrate the theoretical contents mentioned.

## ĐÓNG THẺ ĐÓNG ĐÓNG

1. Hãy làm việc thiện, mọi thứ sẽ tốt đẹp. *Vua Solomon.*

2. Đừng ca ngợi ngày mai vì không biết cái gì sẽ đến. *Vua Solomon.*

3. Một bộ óc không có trí nhớ là một cửa khẩu không có trạm gác. *Napoleon.*

4. Bi kịch cuộc đời là chỉ sống cho người khác xem hoặc chỉ xem người khác sống. *Strven K. Scott.*

5. Khi chiến thắng được nỗi sợ cái chết bạn sẽ trở thành chủ nhân của cuộc đời mình. *George Meredith.*

VTH sưu tầm