

## NHÓM DỮ LIỆU DÙNG CHO TIÊN ĐOÁN KHẢ NĂNG SẠT LỞ BỜ SÔNG TIỀN

TS. Dương Hồng Thắm\*

### TÓM TẮT

Bài báo này đề cập đến bộ các dữ liệu sẽ được dùng trong mô hình tính toán dự báo sạt lở bờ sông Tiền, đoạn đi qua huyện Hồng Ngự, tỉnh Đồng Tháp. Bộ dữ liệu là sự nối kết số liệu đường bờ (dùng ảnh vệ tinh viễn thám), số liệu của dòng nước, đáy sông (đo đạc thủy văn, thủy lực) và số liệu của đất (địa vật lý và khảo sát địa chất công trình). Từ bộ dữ liệu “Thiên-Thủy-Thổ”, mô hình dự báo có thể được thiết lập.

**Từ khóa:** Mô hình tích hợp – Đường bờ – Vận tốc thủy trực – Tốc độ thấm.

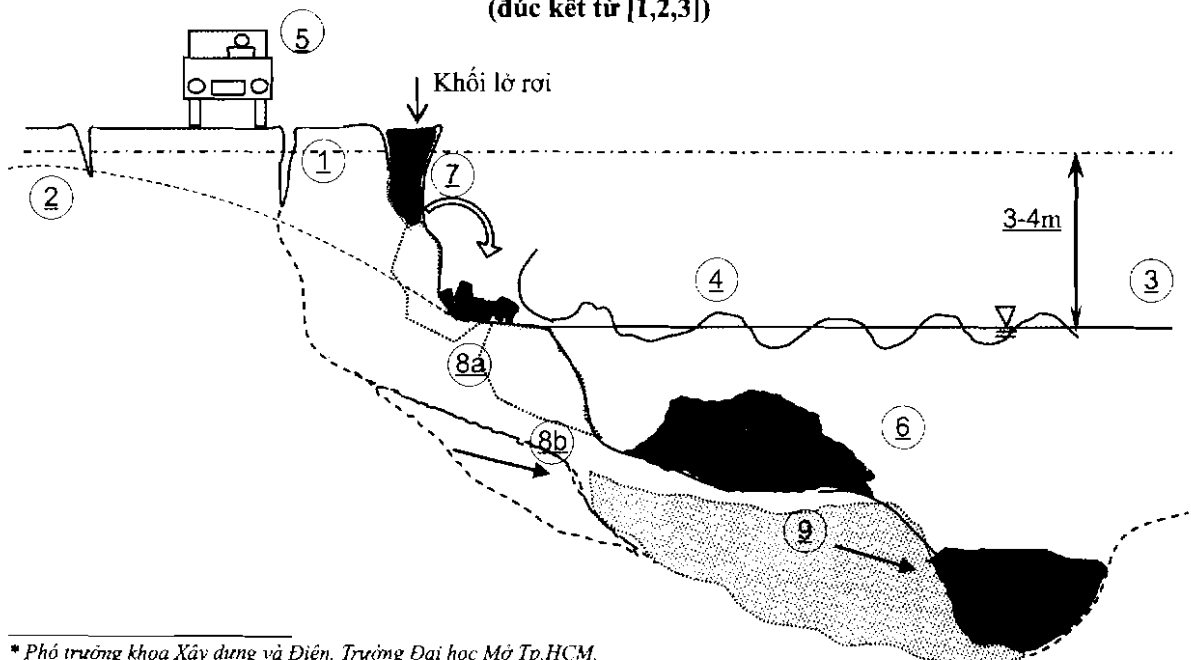
### 1. Giới thiệu – Đặt vấn đề

Biến đổi khí hậu toàn cầu đang là vấn đề đáng quan tâm hàng đầu của thế giới. Tình trạng nước biển dâng cao, làm phá vỡ hay gây tan rã cấu trúc đê điều, tình trạng xâm nhập mặn nội đồng; nạn chặt phá rừng trái phép và tùy tiện xả lũ... gây nước sông dâng cao, ngập lụt khắp nơi trên toàn thế giới, đã hủy hoại nghiêm trọng môi trường tự nhiên. Sạt lở là một trong những vấn nạn của tình trạng nước biển/sông dâng cao. Hướng nghiên cứu nhằm giải đoán khả năng sạt lở cũng là một trong ba hướng nghiên cứu quan trọng trong giảm nhẹ

thiên tai, bên cạnh hướng sử dụng vật liệu và hướng tính toán.

1. Vết nứt ngang tạo ra rãnh khe nứt; nước chen và thấm vào gây lở.
2. Lực dòng thấm do nước ngấm lên xuống, thủy triều biên độ lớn trong năm, gây lọc rửa, gia tăng trọng lượng thể thích hữu hiệu.
3. Biên độ triều lớn 3-4m, x 2 lần/ngày đêm (bán nhật triều), khối trượt chứa nước như tấm xốp lau bảng gia tăng trọng lượng khi sũng ướt, đẩy nổi lúc triều lên.
4. Sóng tàu hoặc do gió trên diện rộng gây ra, tác kích bờ gây rửa xói vách đất (tính toán được chiều cao sóng /biên độ triều).

Hình 1: Các nguyên nhân gây ra sạt lở (đúc kết từ [1,2,3])



\* Phó trưởng khoa Xây dựng và Điện, Trường Đại học Mở Tp.HCM.

5. Phụ tải bề mặt gia tăng nguy cơ mất ổn định, nếu có kè thì phụ tải này gây áp lực lên kè (tải gây áp lực ngang)

6. Trầm tích cục bộ và còn ở đáy sông gây biến đổi mặt cắt ngang dòng sông, gây biến đổi trường vận tốc và hướng dòng lưu, trên bề mặt lặn dưới sâu, tăng vận tốc gây xói.

7. Vách đất bị phơi nắng, hong khô, nước trong lỗ rỗng mất đi tạo những rãnh li ti trong đất, do không bão hòa nữa nên dễ gây đổ rơi do (mất mát độ ẩm, tăng tính thấm).

8. a) Dòng nước xói ngầm bên dưới không nhìn thấy được, chân ta luy bị xói mòn, tạo ra những hố xói cục bộ lòng dẫn. b) Cung trượt lở rất lớn, trượt sâu chưa phát hiện ra, biến đổi hình dạng đáy sông. Khi bồi tụ hay lở xuống lại tôn cao đáy sông, gây thay đổi dòng chảy.

9. Chuyển động chuỗi sừm dốc do mất ổn định triển đáy sông (phần nào do khai thác cát đã mọc sâu, gây sạt đáy, hoặc quá gần bờ gây lở bờ).

Một cách *định tính*, nguyên nhân gây ra sạt lở có thể được đúc kết như trong hình 1.

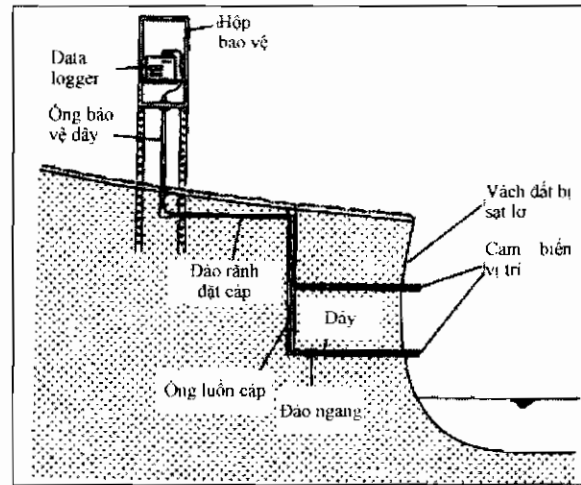
Rất nhiều nghiên cứu về giảm thiểu tác hại của nguy cơ này, hoặc để phòng tránh từ trước, hoặc để đương đầu chống lại nó bằng một giải pháp kỹ thuật...

Chúng ta có thể thấy rằng, tương tự như tất cả những nghiên cứu ứng dụng trong khoa học kỹ thuật, một nghiên cứu giảm thiểu tác hại về môi trường, định tính hay định lượng tựu trung lại cũng chỉ không ngoài việc giải quyết một trong ba mục tiêu sau:

- Phác thảo nhận diện *hình học* đối tượng: Phân tích đi đến tiên đoán được hình dạng, kích cỡ độ lớn... của một đối tượng trong tương lai (nghiên cứu về diện mạo hình học).

- Tính toán số liệu/tham số của đối tượng: Lập biểu thức tính toán định lượng một hệ số tham số nhóm trị số... cùng tốc độ biến thiên của chúng (nghiên cứu về cường độ). Mục tiêu của nhóm nghiên cứu này thường là tính toán hệ số an toàn ổn định bằng mô hình vật lý (tỉ lệ thu nhỏ đồng dạng hoặc không đồng dạng cơ học) trong đó, nhiều yếu tố ảnh hưởng đến

**Hình 2: Thiết kế trang bị để đo vẽ đường bờ và định lượng hóa tốc độ sạt lở (Nguồn: [4])**



đối tượng như lượng mưa, dòng thấm ngầm khi nước dâng lên rồi rút xuống (thủy triều)...

- Khả năng xảy ra nguy cơ: Dự báo tình trạng có hay không xảy ra nguy cơ (nghiên cứu xác suất, dự báo, tiên đoán).

Trong bài toán nghiên cứu sạt lở, các loại nghiên cứu dự báo thường là:

- Dự báo thời điểm sạt lở
- Dự báo sự thay đổi di chuyển vùng sạt lở
- Dự báo chiều sâu sạt lở vào đất liền, dự báo hình học cung trượt, sạt lở
- Dự báo loại sạt lở (lở rơi, lở xoay, sạt, hàm ếch, lở ngang) cho một khu vực

Không ít những nghiên cứu là tích hợp hai hoặc cả ba kiểu nghiên cứu nói trên. Tuy nhiên, dù nghiên cứu thuộc loại nào đi chăng nữa, số liệu thực phải được khảo sát và tập hợp. Tiến trình thu thập, tổng hợp dữ liệu, hệ thống hóa dữ liệu, phân tích (bất kỳ kiểu phân tích nào, như thống kê, số trị, lý thuyết toán) và đi đến hình thành mô hình toán học cai quản các hiện tượng được gọi là quá trình chẩn đoán; nếu chặt chẽ và khách quan đôi khi kèm chút may mắn tình cờ, quá trình chẩn đoán phát hiện được quy luật và điều đó sẽ giúp khoa học biết rõ yếu tố nào trong bộ dữ liệu là quan trọng nhất, mức độ ảnh hưởng bao nhiêu %, khi hợp với các yếu tố khác thì giảm xuống còn bao nhiêu %... một cách dễ dàng nhờ các công cụ lượng giá của thống kê mô tả.

Riêng về bài toán dự báo sạt lở bờ sông, đặc biệt là khu vực sông Tiền, đã có rất nhiều nghiên cứu của các nhà khoa học đến từ nhiều ngành khoa học kỹ thuật khác nhau như khảo sát viễn thám, thủy lực thủy văn, địa chất, cơ học đất...), nhưng mỗi ngành có một kiểu dự báo riêng, góc nhìn riêng. Số liệu quan trắc của mỗi ngành ít nhiều riêng rẽ, hoặc xuất phát từ quan điểm lấy số liệu đo khác nhau, hoặc chuẩn theo những chuẩn riêng. Chúng ta có thể tìm thấy đâu đó trong những nghiên cứu đã có, những tham số dữ liệu của các ngành khác chưa kết nối với nhau một cách đồng bộ để hình thành một mô hình đánh giá toàn diện.

Có thể thấy, vẫn chưa có mô hình nghiên cứu nào nối kết số liệu “Trên trời – Dưới nước – Trong lòng đất”, gồm số liệu: Số liệu = {Viễn thám + Địa vật lý + Thủy lực thủy văn + Cơ học đất} trong một mô hình tích hợp chung.

Trong ý đồ nghiên cứu đó, bài báo này đề cập đến các số liệu *định lượng* của các lãnh vực trên, do tác giả tổ chức định hướng nghiên cứu, tổ chức thu thập dữ liệu và đo đạc mới, phục vụ cho bài toán riêng nghiên cứu Dự báo sạt lở bờ sông Tiền, đoạn đi qua huyện Hồng Ngự Tỉnh Đồng Tháp, một khu vực được xem là khu vực điển hình về nguy cơ này trong phạm vi cả nước.

## 2. Phương thức thực hiện

### 2.1 Thu thập số liệu

#### Số liệu Viễn thám

Số liệu viễn thám đo diễn tiến của đường bờ của khu vực nghiên cứu chụp từ không ảnh. Dưới đây là diễn tiến đường bờ do Trung tâm Viễn thám và Hệ thống tin Địa Lý Viện Địa Lý Tài nguyên Tp.HCM tập hợp trong những năm 1966, 1989, 1995, 2001-2002, 2004, và lập mới năm 2010 [5]

**Hình 3: Ảnh viễn thám khu vực nghiên cứu chỉ ra biến đổi đường bờ. Hình dạng đường bờ a) 1966, b) 1985, c) 1995, d) 2001, e) 2010 f) vẽ chung trên một hình. (Nguồn [5] và số liệu mới năm 2010)**



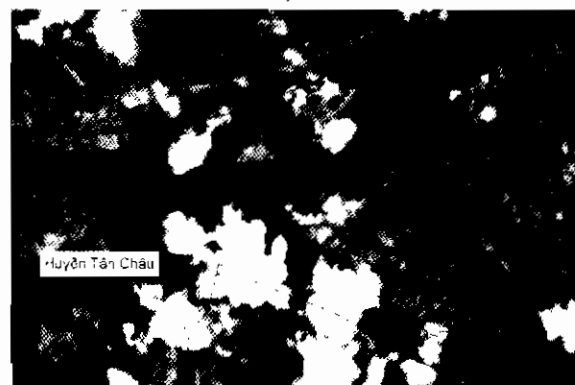
a)



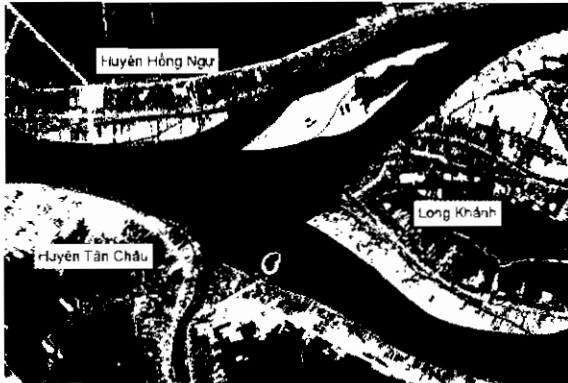
b)



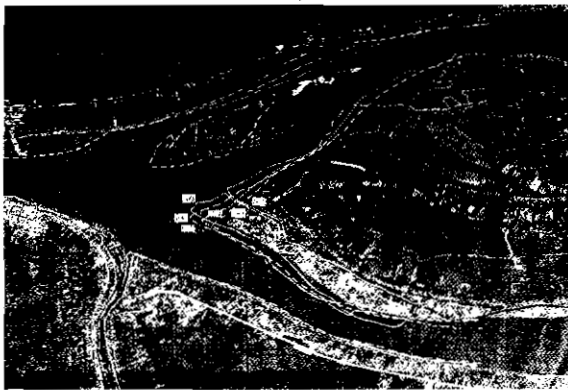
c)



d)



e)



f)

#### Số liệu về Địa Vật lý

Địa vật lý vẽ ra mặt cắt địa chất dựa vào các thông số đo độ thâm điện, độ dẫn điện, điện trở suất (đơn vị tính  $\Omega\text{m}$ ) và suy giảm sóng tần số rất thấp VLF (tính bằng đơn vị dB/m) dọc theo các tuyến. Những nơi mà biên độ sóng (dải tần xung quanh trị số 15,6kHz) có biên độ lớn, chỉ ra sự dị thường trong phân bố tầng địa chất. Một số mặt cắt địa điện căn cứ vào điện trở suất giúp xác nhận loại đất của các tầng, cụ thể tại cồn Long Khánh:

- Đất trên bề mặt (thay đổi từ 3-26  $\Omega\text{m}$ )
- Cát thô, trung (đến 30  $\Omega\text{m}$ )
- Cát bột sét (6-10  $\Omega\text{m}$ )
- Sét (2-6  $\Omega\text{m}$ )

Kết quả địa điện vẽ ra mặt cắt địa chất cho khu vực.

Dựa vào kết quả địa vật lý, qua đó cấu trúc địa chất khu vực *bề mặt*, nơi diễn ra sạt lở mà ai cũng có thể thấy được gọi là khu vực đường bờ, thuộc cấu trúc cồn sông. Đây là cấu

trúc địa chất không bền, dễ tan rã và độ bền cấu trúc thấp, lại chịu biến đổi độ ẩm và nhiệt độ lớn, hết sức bất lợi [6].

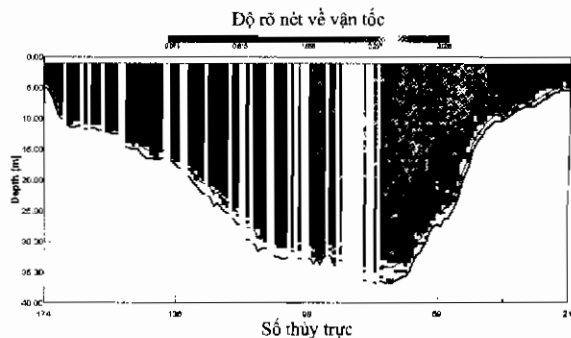
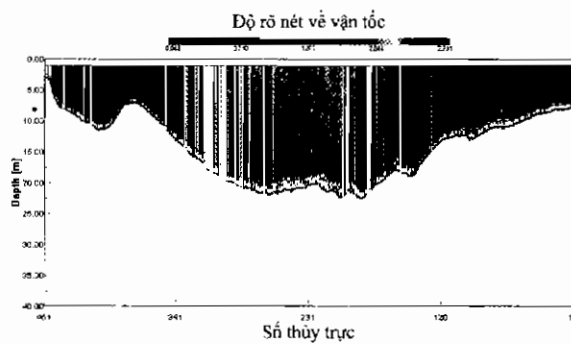
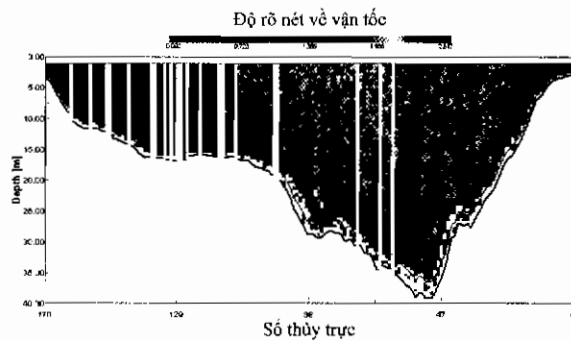
#### Số liệu về thủy lực, thủy văn

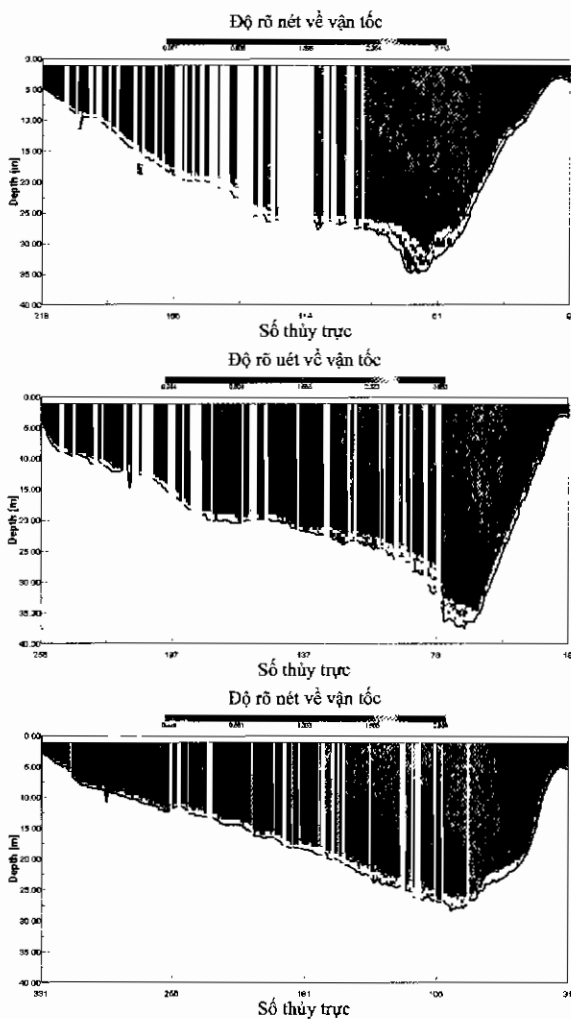
Dữ liệu từ việc tổ chức đo đạc quan trắc mới [4] nhằm:

- Vẽ ra mặt cắt ngang của khu vực nghiên cứu (Hồng Ngự, cù lao Long Khánh).

- Lấy trị số vận tốc trên bề mặt, xác định dòng chính lưu và vẽ được đường bao phân bố vận tốc dòng lưu tại các thủy trực tại các mặt cắt ngang theo độ sâu.

**Hình 4: Phân bố vận tốc thủy trực trên 6/35 mặt cắt ngang tiêu biểu (thực hiện 10/2009 [7])**





Dữ liệu quan trắc về thủy lực thủy văn này còn có giá trị giúp tính toán mặt cắt đáy sông, mặt cắt ướt và chu vi ướt... (hình 4)

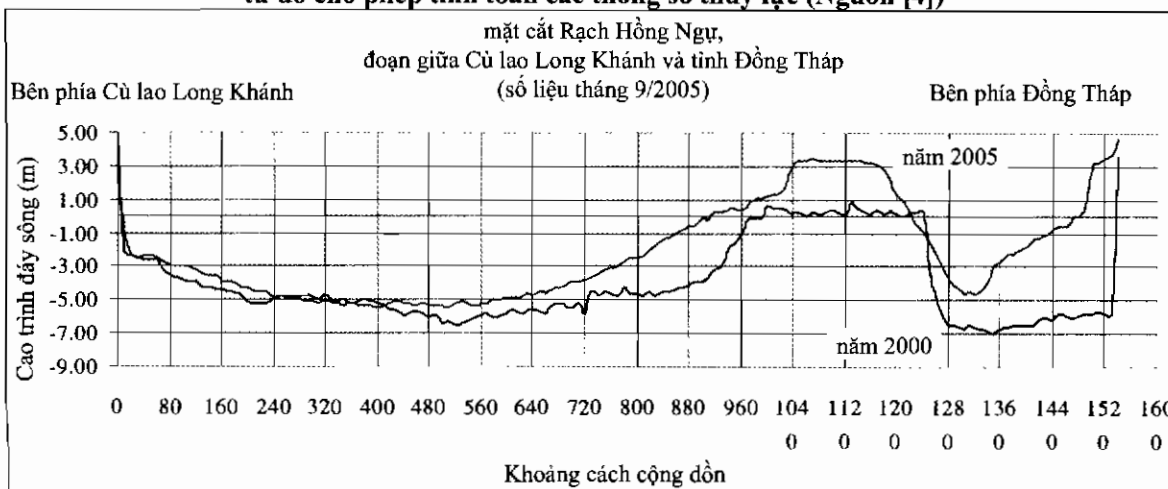
**Số liệu về địa chất**

Kết quả khảo sát địa chất được tập hợp từ 2 nguồn: các dữ liệu của Liên đoàn Bản đồ địa chất miền Nam và Phân viện Địa lý tại Tp.HCM gồm không ít hơn 60 hố khoan, khoan đến độ sâu 65m cho thấy:

Khu vực nghiên cứu có cấu trúc khá đồng đều, gồm 7 lớp đất như sau:

- Lớp 1 (độ sâu đến -1.00, chiều dày từ 2,9 đến 3,6m) Sét màu nâu đậm, dẻo chảy đến dẻo mềm, chưa cố kết và rất mềm.
- Lớp 2 (chiều dày trung bình 2m) là đất sét xám loang lổ vàng, trạng thái dẻo cứng.
- Lớp 3 (có chiều dày trung bình 11,5m) là lớp Bùn sét có hàm lượng bụi và cát mịn, màu xám đen, trạng thái chảy.
- Lớp 4 (có chiều dày trung bình 11,5m) cũng là sét màu xám xanh, trạng thái dẻo mềm.
- Lớp 5 (chiều dày trung bình khoảng 2m) là sét pha cát màu xám nhạt, trạng thái dẻo mềm đến dẻo chảy. Góc ma sát trong của đất lớp sét pha cát này đạt đến  $23^{\circ}$  !
- Lớp 6 (phân bố từ độ sâu thay đổi, có thể từ -22.500 đến độ sâu -42.500; chiều dày lớp khá lớn đến 20m) là cát bụi và cát mịn trạng thái chặt vừa.
- Lớp 7 (độ sâu đến -65.000) là cát hạt vừa, vàng nhạt, trạng thái chặt vừa đến chặt.

**Hình 5: Số liệu đo bằng máy ADCP vẽ hình dạng đáy sông, từ đó cho phép tính toán các thông số thủy lực (Nguồn [4])**



Số liệu tổng hợp chỉ tiêu cơ lý thể hiện trong bảng 2 [6]

**Bảng 2**

*Bảng 15: Đặc tính cơ lý của đất*

TT	ĐẶC TÍNH CƠ LÝ	1	2	3	4	5	6	7	7b
1	Độ ẩm tự nhiên W (%)	32.26	29.55	58.63	36.87	20.45	21.93	22.08	29.06
2	Dung trọng tự nhiên $\alpha_w$ (g/cm <sup>3</sup> )	1.853	1.843	1.638	1.841	1.877	1.905	1.916	1.915
3	Dung trọng khô $\gamma_d$ (g/cm <sup>3</sup> )	1.401	1.423	1.040	1.346	1.558	1.503	1.570	1.848
4	Tỷ trọng $\Delta$	2.68	2.70	2.65	2.70	2.66	2.65	2.65	2.71
5	Hệ số $\dots e_u$	0.914	0.901	1.575	1.005	0.705	0.698	0.691	0.526
6	Độ bão hoà G (%)	94.7	88.7	98.4	99.0	77.1	83.4	84.7	95.3
7	Thành phần cỡ hạt %								
	- Hạt sét	33	56	43	51	9	2	2	56
	- Hạt bụi	28	22	36	29	49	22	8	24
	- Hạt cát	39	20	21	20	42	76	86	20
	- Hạt sạn sỏi	6	2	0	0	0	0	5	0
8	Chỉ số dẻo Pd (%)	19.0	22.6	21.4	23.6	3.7	k/dẻo	k/dẻo	24.5
9	Độ sệt B	0.76	0.40	1.36	0.61	1.04	-	-	0.28
10	Góc ma sát trong $\varphi$ (độ)	12°	13°	4°	7°	23°	27°	30°	16°
11	Lực dính	0.14	0.29	0.11	0.3	0.04	0.03	0.02	0.31
12	Hệ số nén lún $a_{100}$ (cm <sup>2</sup> /kg)	0.063	0.042	1.163	0.062	0.018	0.018	0.97	0.033
13	Module biến dạng $E_{1,2}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	12.4	18.7	6.5	13.4	65.0	73.5	78.1	22.9
14	Hệ số $\dots K$ (cm/gy)	2.6.10 <sup>-6</sup>	6.5.10 <sup>-6</sup>	5.5.10 <sup>-6</sup>	5.2.10 <sup>-6</sup>	6.7.10 <sup>-6</sup>	3.0.10 <sup>-6</sup>	4.6.10 <sup>-6</sup>	4.8.10 <sup>-6</sup>
15	Thời gian tan rửa hoàn toàn T T (ngày đêm)	5	> 10	7 - 8	> 10	1	6	0	3
16	Áp lực tính toán quy ước $R_0$ $R_0$ (kg/cm <sup>2</sup> )	1.0	1.5	≤ 0.2	1.2	1.5	1.5	2.0	3.0

Trong bài toán tiên đoán nguy cơ sạt lở, về phương diện cơ học đất, có thể thấy rằng các thông số vật lý như độ ẩm (và sự biến đổi độ ẩm khi nước ngập, rồi nước rút kèm phơi nắng hong vách suốt thời gian trong ngày) có thể làm gia tăng tốc độ thấm và gây vỡ các tảng đất bị treo.

### 2.2 Tổng hợp dữ liệu

Có 6 ảnh chụp từ vệ tinh, trên đó vẽ chồng đường bờ của khu vực nghiên cứu từ những năm 1966, 1985, 1989, 1995, 1999, 2001, 2004 và 2010. Qua đó xác định được *đầy đủ* diễn tiến biến đổi đường bờ tại khu vực được xem là trọng điểm và diễn hình về sạt lở.

Có 35 mặt cắt (cách khoảng 200m) bên rạch Hồng ngự, bao quanh cù lao Long Khánh và đo sang rạch Long Khánh (nơi có xã Long Thuận, phía Tân Châu bị lở ăn vào hết một con đường ven sông).

### 3. Kết quả đạt được – Phân tích

3.1 Sử dụng số liệu viễn thám về đường bờ và số liệu thủy văn cho phép lập mối tương quan giữa lưu lượng với độ gặm (ăn vào) của bờ

Tất cả các đường bờ chụp từ vệ tinh từ năm 1966 đến 2010 được vẽ chung trên một ảnh cho thấy rõ sự diễn biến của đường bờ *hết sức phức tạp*. Tọa độ số theo hướng dòng lưu chính sẽ được sử dụng để đánh giá mối tương quan giữa hướng dịch chuyển đường bờ về hạ du với hướng dòng lưu chính. Như vậy, mô hình sẽ gồm các số liệu tọa độ số của đường bờ (viễn thám), mặt cắt ngang của khu vực và vận tốc dòng (số liệu đo đạc thủy văn), và địa chất (khảo sát địa chất công trình).

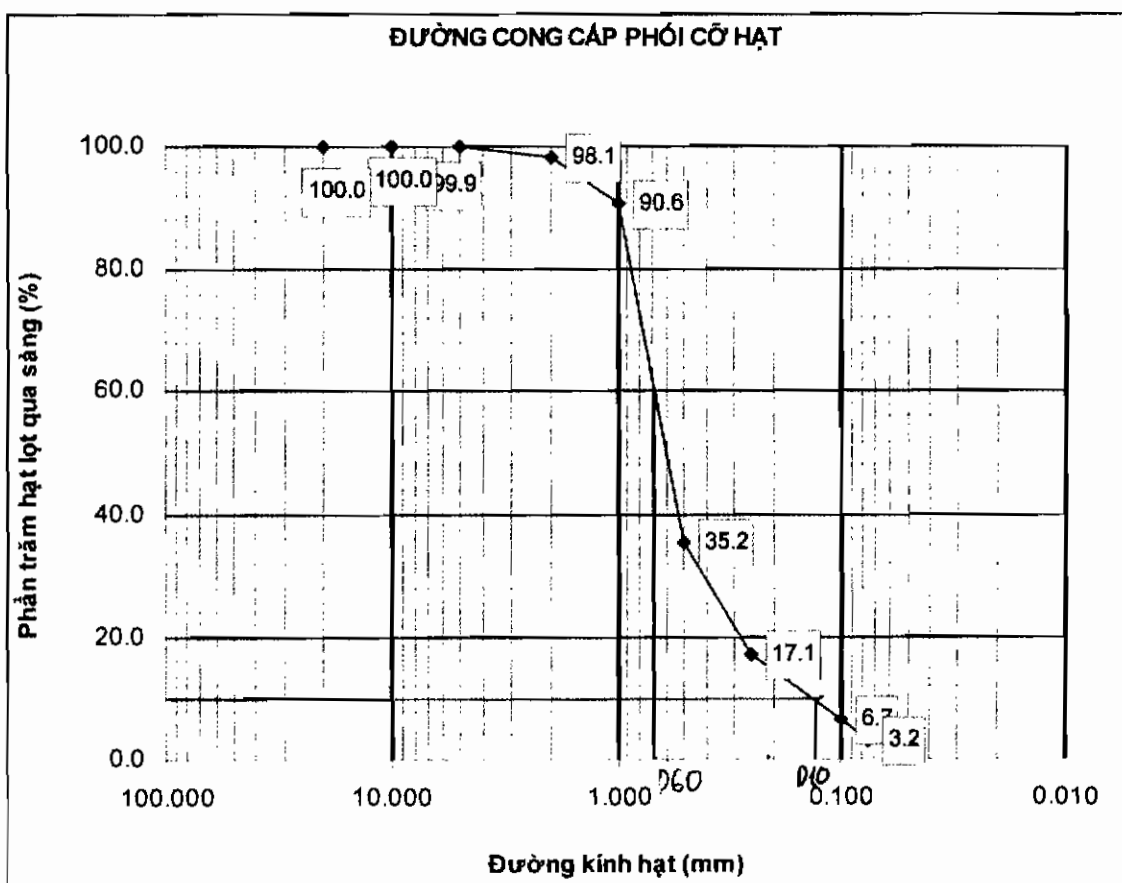
3.2 Từ đường cong phân bố cỡ hạt, xác định sự thay đổi tốc độ thấm

Mẫu đất lở ra từ vách đất bị phơi hong lấy tại thực địa được đưa về phòng thí nghiệm có cấu trúc cứng, tầng khối. Có thể cho rằng mẫu chỉ chịu tình trạng phơi khô sau khi lở rơi ra.

Hình 6: Kết quả thí nghiệm cỡ hạt lập bởi phòng thí nghiệm LAS 47 dùng cho mục tiêu đối chứng

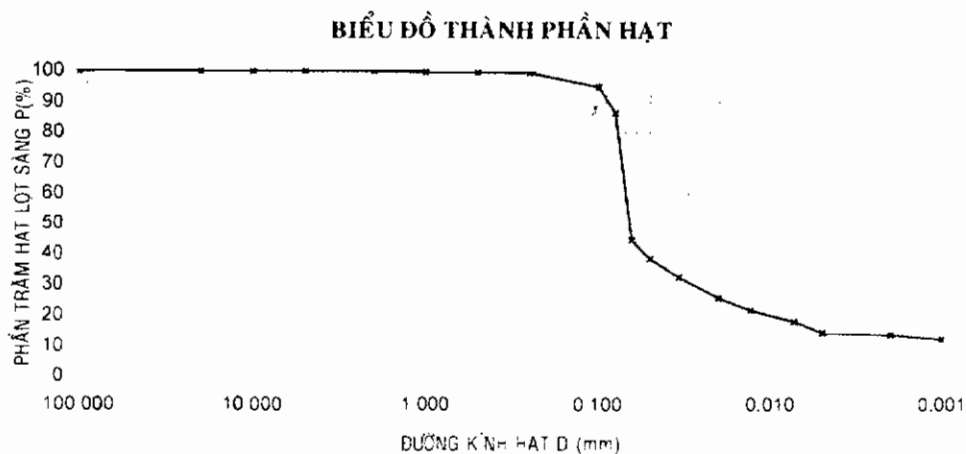
### SỐ LIỆU THÍ NGHIỆM PHƯƠNG PHÁP RÂY SÀNG

Khối lượng lọt qua (%)	Đường kính hạt (mm)	Cỡ rây #
100.0	20.000	20
100.0	10.000	10
99.9	5.000	5
98.1	2.000	2
90.6	1.000	1
35.2	0.500	0.5
17.1	0.250	0.25
6.7	0.100	0.1
3.2	0.075	0.075



**Hình 7: Kết quả thí nghiệm thực hiện tại PTN Cơ đất, khoa XD&Đ trường ĐH Mở Tp.HCM.**

Sạn	Cát					Bụi	Sét
150-2,0(mm)	2,0-1,0(mm)	1,0-0,5(mm)	0,5-0,25(mm)	0,25-0,1(mm)	0,1-0,08(mm)	0,08-0,002(mm)	<0,002(mm)
0.00 %	0.27 %	0.13 %	0.13 %	4.54 %	8.55 %	72.60 %	13.77 %



#### 4. Thảo luận

##### • Về số liệu viễn thám

Sai số của bản đồ không ảnh là 30m, cho nên dữ liệu quan trắc viễn thám ứng với khoảng thời gian dài hơn 2 năm là phù hợp. Cụ thể, nếu xem khu vực nghiên cứu có cấp sạt lở là 4, tức “sạt lở rất nghiêm trọng”, tốc độ là >20m/năm [6], các dữ liệu được tập hợp sau: 19 năm (từ 1966 đến 1985), 6 năm (từ 1989 đến 1995), 4 năm (từ 1995 đến 1999)... và tiếp tục sau đó trở đi.

##### • Về số liệu thủy văn, động lực học dòng

Bộ số liệu thủy văn là đầy đủ, tuy nhiên, do đường bờ biến đổi, nên vị trí tọa độ cắt mặt cắt không hoàn toàn trùng nhau, sai lệch chút ít gây khó khăn nhất định cho những tính toán so sánh bề rộng dòng chảy rạch và lưu tốc theo từng thời kỳ. Chuẩn về hệ tọa độ VN2000 là giải pháp tham chiếu tốt nhất.

Các dữ liệu rất phong phú và có ích, nhưng do đo đạc trong một thời gian dài, cung cấp bởi nhiều đơn vị khác nhau, nên cần được chuẩn hóa.

##### • Số liệu về cơ học đất

► Chúng ta chú ý rằng, mặc dù các lớp đất khác nhau về loại sét và chỉ khi đến lớp 6 mới là cát, nhưng hệ số thấm của tất cả các lớp đất chỉ dao động trong một dải trị số khá hẹp, có thể viết  $k = (\text{từ } 2,6 \text{ đến } 6,7) \times 10^{-6} \text{ cm/s}$ . Với kết quả thí nghiệm  $D_{10} \sim 0.01 - 0.009 \text{ mm}$  (Hình 6 và 7), hệ số thấm tính theo công thức kinh điển của Allen Hazen (1892):

$$k = 10^{-2} (D_{10})^2 = a \times 10^{-4} \text{ đến } 0.81 \times 10^{-6} \text{ cm/s.}$$

Trong đó  $D_{10}$  là cỡ hạt mà 10% khối lượng đều mịn hơn (có cỡ hạt bé hơn) nó.

Kết quả tính toán này chỉ ra rằng sự phơi bày ra nắng (hong khô) vách đất đã làm thay đổi theo chiều hướng gia tăng tính thấm, chứng tỏ rằng khi phơi khô, những rãnh li ti được hình thành bên trong cấu trúc đất, trở thành nguyên nhân nội sinh khiến đất bờ sông dễ dàng gây rơi.

► Kết quả thí nghiệm cung cấp bởi phòng thí nghiệm tiêu chuẩn LAS 47 đã được dùng để đối chiếu số liệu. Tác giả bài báo này sử dụng kết quả của nhóm nghiên cứu. Muốn hỗ trợ cho luận điểm này với độ tin cậy cao hơn, phải xúc tiến lấy mẫu nhiều hơn nữa.

Tuy số liệu khoan địa chất hạn chế, nhưng có thể xem địa chất khu vực này khá đồng đều [3,6].

• Mô hình đề nghị

Dựa vào các dữ liệu “từ trên trời (Thiên), dưới nước (Thủy) và trong lòng đất (Thổ)” thu thập được mô tả bên trên, tác giả kiến nghị một mô hình nghiên cứu tiên đoán (dự báo) như sau:

**Tốc độ ăn vào bờ (m/năm)  $V = f$  (hình dạng khúc sông, hình học đáy sông, vận tốc, thời gian)**

### 5. Kết luận

Dự báo sạt lở là một trong những thách thức của nghiên cứu giảm thiểu tác hại môi trường. Có nhiều hướng nghiên cứu dự báo. Nếu sử dụng thiết bị điện tử cài đặt tại nhiều trạm trên thực địa thành một mạng lưới trạm quan trắc, tuy có thể thu thập dữ liệu đạt độ chính xác cao, nhưng tốn nhiều thời gian theo dõi, có khi sạt lở di chuyển chỗ khác khiến số liệu quan trắc ấy không còn ý nghĩa.

Giải pháp tổng lực của nghiên cứu này gồm: a) lấy dữ liệu viễn thám không ảnh, tính độ tiến của đường bờ, b) đo đạc thủy văn và đo vẽ hình dạng đáy sông và c) lấy mẫu xác định loại đất và thông số về tính thấm, tính chất vật lý... đã tập hợp được số liệu đường bờ (trên trời) và những yếu tố liên quan (dưới nước, dưới đáy sông và bên trong lòng đất), cho phép xác định đi tiếp giai đoạn lập mô hình toán học (thống kê hồi quy và phân tích tương quan) để tiên đoán tốc độ sạt lở.

Trước khi có những nghiên cứu chi tiết khác, trong chừng mực nhất định, phương pháp luận nghiên cứu về mô hình tích hợp như trình bày trên đây có thể có ích cho những nghiên cứu quy mô lớn hơn.

### Lời cảm ơn

Bài báo này là một phần của đề tài NCKH cấp trường năm 2009 do tác giả làm chủ trì, trong khuôn khổ chương trình hợp

tác giữa trường ĐH Mở TpHCM với tỉnh Đồng Tháp. Tác giả bài báo này cũng xin cảm ơn PTN LAS 47 đã thực hiện các thí nghiệm song hành với các thí nghiệm của nhóm nghiên cứu để đối chiếu.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. <http://www.encyclopedia.com/doc/10112-slopestabilityandlandslides.html>, "Guide to slope stability and landslides", và nhiều tài liệu có liên quan trên mạng Internet khác.
2. Osman, N. & Barakabah, S. 2006, 'Parameters to predict slope stability – Soil water and root profiles', Ecological Engineering, vol. 28, no. 1, pp. 90-95.
3. Thám, D.H., (2009), "Sạt lở bờ sông Tiền", TCKH trường ĐH Mở TpHCM, số 1(14), năm 2009.
4. D.M. Lawler, J. Couperwaithe, L.J. Bullen and N.M Harris (1997), *Bank erosion events and process in the Upper Severn basin*, Hydrology and Earth system Sciences, 1(3), p 523-534
5. Trung tâm Viễn thám và Hệ thống tin Địa Lý Viện Địa Lý Tài nguyên TpHCM, (2010) "Giám sát diễn tiến bờ sông Tiền khu vực huyện Hồng Ngự bằng phương pháp Viễn Thám, tài liệu báo cáo theo hợp đồng thuê khoán chuyên môn giữa Trung Tâm Viễn Thám và ĐH Mở TpHCM tháng 5/2010.
6. Lê Ngọc Thanh, (2003), "Khảo sát bờ sông khu vực thị trấn Hồng Ngự để xác định cấu trúc địa chất, địa chất công trình và dự báo khả năng sạt lở bờ sông". Báo cáo tổng hợp đề tài NCKH theo hợp đồng với Sở KII-CN & MT tỉnh Đồng Tháp của Phân viện Địa lý TpHCM, tháng 1/2003.
7. Trung tâm Dự báo Khí tượng Thủy Văn An Giang, (2005), "Thuyết minh kỹ thuật nạo vét bãi bồi cồn Thường Thới Tiền thuộc xã Thường Thới Tiền và xã Long Khánh A, huyện Hồng Ngự, tỉnh Đồng Tháp", 9/2005.