

Đồ án môn học
Sóng gió

Khoa Kỹ thuật biển, trường Đại học thủy lợi

Ngày 28 tháng 3 năm 2017

Khoa Kỹ thuật biển: Tầng 3 nhà C1

Trường Đại học thủy lợi

Số 175 Tây Sơn, Đống Đa, Hà Nội

email: `ktb@tlu.edu.vn`

Biên soạn: GV Nguyễn Quang Chiến

Phụ trách môn học: PGS Nghiêm Tiến Lam

Sắp chữ điện tử bằng L^AT_EX

Yêu cầu đối với sinh viên

- Chuẩn bị máy tính laptop và cài đặt đầy đủ phần mềm theo hướng dẫn của GV trước khi đến lớp. Liên hệ trước với GV nếu bản thân không thể chuẩn bị được một máy laptop.
- In ra quyển này (gọi là ‘sách’) và xem kỹ tất cả nội dung trong sách. Hoàn thành các câu hỏi và bài tập đặt ra (chỗ có dấu ♦). Thời gian thực hành khoảng 10 tiết.
- Tích cực làm bài trên lớp, kết hợp giữa đọc sách, điền các kết quả, và viết ra giấy (nếu viết tay báo cáo) hoặc gõ file báo cáo. *Đừng chép nguyên nội dung trong sách hướng dẫn!* Liên tục cập nhật báo cáo trong từng tiết học. Tích cực nêu và phản hồi ý kiến cho GV/trợ giảng.
- Lấy đúng số liệu dành cho mình. Cần dùng máy để nhập số liệu, tính toán, lưu kết quả (hình & số). Trong báo cáo phải có phương pháp tính toán, trả lời được các câu hỏi được đánh dấu, và sau đó mới biểu diễn kết quả tính toán (dưới dạng biểu đồ) và phần nhận xét.
- Nộp bài báo cáo đúng hạn. Báo cáo được viết tay hoặc in từ file. Trường hợp in từ file sẽ được kiểm tra rà soát kỹ hơn. In 2 mặt theo mẫu, không cần bìa: GV không thích xếp một chồng đồ án dày trên bàn làm việc! Ngoài ra, tất cả SV đều phải gửi file số liệu đầu vào và kết quả tính toán cho GV. Có thể phải bảo vệ đồ án (vấn đáp).

Ghi lại thông tin chung được GV hướng dẫn gửi email cho từng SV:

Họ tên SV: _____

Địa danh vùng nghiên cứu: _____ . Kinh độ ___° ___' ; Vĩ độ

Mã hiệu mặt cắt ngang: _____, ngày đo: _____.

Kích thước hạt bùn cát: _____

Độ gồ ghề đáy: _____ .

Đặc trưng sóng: _____ .

Giới thiệu

Sóng gió là môn học chuyên ngành quan trọng, gắn liền với thiết kế và thi công các công trình ven biển. Môn học có liên hệ mật thiết với kiến thức từ

nhiều môn khác mà sinh viên được học, chẳng hạn:

- Cơ sở kỹ thuật bờ biển → tổng quan về các quá trình tự nhiên ven bờ, trong đó quan trọng là hiện tượng truyền sóng từ ngoài khơi vào bờ.
- Mực nước - dòng chảy → Mực nước thủy triều làm thay đổi độ sâu nước và do đó ảnh hưởng đến chiều cao sóng gần bờ.
- Vận chuyển bùn cát → sự di động của trầm tích đáy biển, ngoài tác nhân dòng chảy còn có sóng.
- Hình thái bờ biển → Sóng, thông qua VCBC, gây ra sự thay đổi về vị trí và hình dáng của bờ biển trên *phạm vi lớn* trong *thời kì dài*.

Quyển bài tập lớn này không phải đơn thuần là trình bày kiến thức của môn học mà dành cho sự vận dụng kiến thức đó để giải quyết một vấn đề thực tiễn. Bên cạnh những câu hỏi cơ bản gắn với lý thuyết, còn nhiều câu hỏi nâng cao đòi hỏi những kỹ năng nhất định về thao tác máy tính. Mặc dù những câu hỏi này đều không bắt buộc trong phạm vi môn học này, nhưng sẽ rèn luyện cho SV những kỹ năng nhất định trong công việc chuyên môn. Trong quyển này có một số câu hỏi khó để thử khả năng của SV. Để làm rõ toàn bộ các vấn đề trong quyển đề án, SV sẽ phải dành thêm thời gian để tìm hiểu, thực hiện và báo cáo kết quả thật tỉ mỉ.

Một kỹ năng quan trọng cần thiết khi làm đề án là SV nên trình bày kết quả một cách chuyên nghiệp. Kỹ năng này còn hữu ích về sau khi các em làm đề án tốt nghiệp cũng như viết các báo cáo kỹ thuật sau này. Một sự hiểu nhầm thường thấy là SV làm đề án như là giải một tập hợp các bài tập toán. Cần nhớ rằng làm kỹ thuật không phải giải toán: trong giải pháp kỹ thuật ngoài phép tính và đáp số cần có thuyết minh, so sánh, đánh giá, khái quát, đề xuất. Tất cả yêu cầu người viết cần linh hoạt, có ý tưởng và lập luận tốt; luôn cố gắng viết các câu lập luận (lý thuyết) cũng như ghi lại ý kiến của GV và bạn học.

Số liệu đầu vào của mỗi đề án thường lớn hơn nhiều so với đề bài kiểm tra môn học in trên mặt giấy A4. Biết chọn lọc và xử lý khối lượng dữ liệu đó cần sự khéo léo và kiên nhẫn, và nhiều khi phải dùng đến máy tính PC. Trong nghiệp vụ kỹ thuật biển, thậm chí những số liệu này còn không chính xác (luôn có *độ bất định* trong dữ liệu), bởi vậy SV cần phải lường được những sai số và kết luận thận trọng hơn. Nhiều SV nghĩ lầm rằng với một

khuôn mẫu đồ án là có thể lấp số vào và tính toán như một kĩ sư biển thực thụ. Trong thực tế không có một bài giải mẫu nào cả. Sự bất định của số liệu có thể dẫn đến nhiều kịch bản tính toán khác nhau; người kĩ sư cần dùng kinh nghiệm để chọn được những kịch bản hợp lý để phục vụ thiết kế. Qua việc thực hiện đồ án này hi vọng rằng SV cảm thấy khích lệ khi hoàn thành phần việc của mình đồng thời khiêm tốn nhận thấy rằng kết quả tính được chỉ phản ánh một trong số nhiều trường hợp có thể gặp trong thực tế.

Nhằm ghi nhận nỗ lực của SV, tập thể Khoa và Bộ môn nhất trí rằng GV sẽ quy định một số ít SV có bài đồ án xuất sắc được nhận điểm quá trình vượt trội và tham gia hoạt động nghiên cứu khoa học SV (dưới sự hướng dẫn của GV) diễn ra hàng năm. Những SV hoàn thành cẩn thận các đồ án môn học sẽ có lợi vì đồ án tốt nghiệp thực ra chỉ là tập hợp có liên kết giữa các đồ án môn học mà thôi.

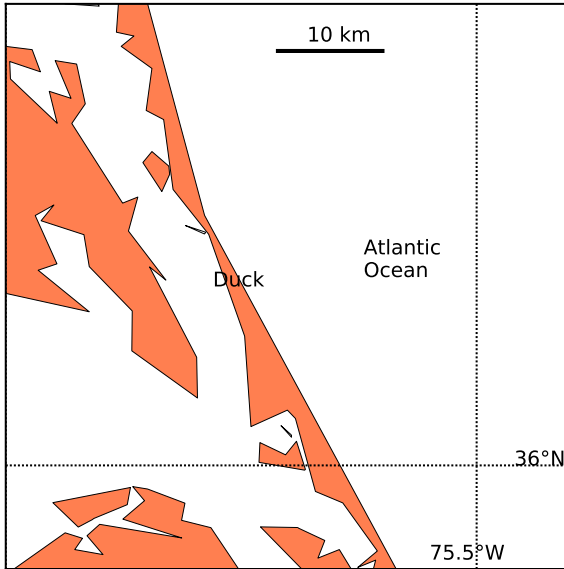
Mỗi SV nhận được một đề với số liệu riêng; các bạn cần ghi tóm tắt vào những chỗ trống trong trang đầu. SV có thể sử dụng một loạt công cụ tính toán:

- bảng tính, chẳng hạn Gnumeric, Microsoft Excel hay Google Sheet;
- chương trình phần mềm Swan¹, để tính toán sóng. Chương trình được phát hành trên web dưới dạng tự do cho tải về và sử dụng tùy mục đích. Swan là mô hình sóng phổ thể hệ thứ ba có tính năng mạnh mẽ [1]; được giới thiệu trong các giáo trình chuyên khảo quốc tế [2] và đưa vào giảng dạy. Mặc dù vậy, giao diện câu lệnh của chương trình tương đối khó để các SV sử dụng và theo dõi được trên lớp. Do đó, các thao tác sẽ được thực hiện với phần mềm chuyên dụng cho giảng dạy; GV sẽ cung cấp đường link để SV tải về phần mềm này và sử dụng. Hãy xem trước phần **Phụ lục** để biết cách thao tác phần mềm.

1 Mở đầu

Bạn có nhiệm vụ nghiên cứu một vùng bờ biển có tọa độ xác định cho trước. Đây là bờ biển tương đối đơn giản, đường bờ tương đối thẳng, các đường đồng mức đáy biển gần như song song. Gần đó không có lạch triều hay cửa sông lớn nào; công việc do đó sẽ đơn giản đi nhiều vì không có quá trình

¹www.swanmodel.sourceforge.net, không cần tải về



Hình 1: Khu vực nghiên cứu: Duck, NC, Hoa Kỳ

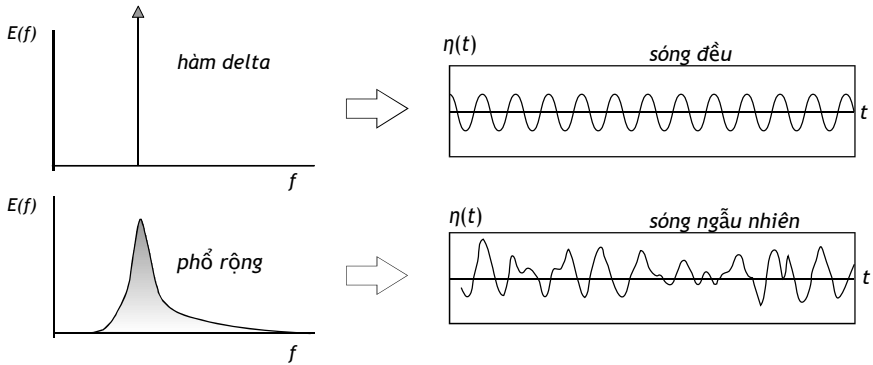
thủy động lực phức tạp gây bởi dòng triều. Cần xác định điều kiện sóng ven bờ, trong khi ta chỉ có số liệu sóng ngoài khơi.

1 ♦ Hãy viết một đoạn nêu quan điểm của bạn về tầm quan trọng của tính toán truyền sóng nói chung, từ đó dẫn đến mục đích của việc tính toán trong nội dung đề án môn học này. (Đây là phần đặt vấn đề, nhất thiết có trong các bản thuyết minh NCKH hoặc dự án kỹ thuật. Các báo cáo dù chứa đựng nội dung chuyên môn đến đâu, cũng thường bắt đầu bằng một đoạn dẫn dắt người đọc qua việc trình bày những thông tin tổng quan mang tính phổ thông, nhằm nêu bật ý nghĩa của công việc đang thực hiện.)

2 ♦ Xác định vị trí vùng nghiên cứu của bạn từ link Google Map <http://bit.ly/21jDfJS>,² và quan sát một số đặc điểm địa lý của vùng bờ. Hình 1 là bản đồ khu vực (quan sát cách trình bày, kẻ lưới tọa độ, ghi thang khoảng cách). Hãy vẽ một mặt cắt ngang bờ để thể hiện rằng việc tính toán sóng sẽ dọc theo mặt cắt này.

3 ♦ Hãy trình bày ngắn gọn các quá trình biến đổi của sóng khi truyền từ ngoài khơi vào bờ. (Có thể kèm theo hình vẽ minh họa.)

²Hoặc từ Google Earth, nếu đã cài đặt sẵn trong máy tính, www.earth.google.com.



Hình 2: Phổ năng lượng với hình dạng sóng tương ứng

2 Lại nói về phổ sóng

Để giải quyết được đề án môn học, nhất thiết phải nắm vững và vận dụng khái niệm phổ sóng (chương 6 slide bài giảng); có thể xem thêm trong giáo trình *Sóng gió* của Vũ Thanh Ca. Phổ sóng nói nôm na là sự phân bố của mật độ năng lượng sóng theo các “phân khúc” tần số f (\Rightarrow chu kì). Cũng cần nói thêm, phổ sóng còn thể hiện sự phân bố theo các “phân khúc” hướng (θ) trải sang hai phía của hướng truyền sóng chính. Sóng càng đều (như sóng lừng), phổ sóng càng hẹp (Hình 2).

Trong thực tế, hình dạng của phổ sóng được quy về một số loại chuẩn, như Pierson-Moskowitz (PM), JONSWAP, hay TMA (Texel-Marsen-Arsloe). Có thể tham khảo sách của Nguyễn Mạnh Hùng và Nguyễn Thọ Sáo (2005)³

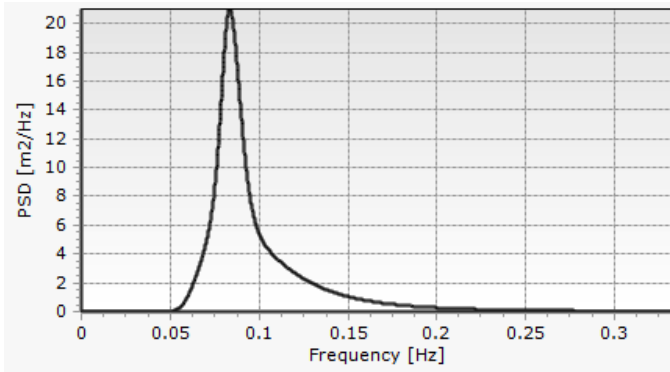
4 ♦ Cho một phổ sóng trên hình 3. Nhận diện loại phổ (PM, JONSWAP, hay TMA?). Tính ra chiều cao sóng ý nghĩa và chu kì sóng đỉnh phổ.

3 Lý thuyết mô hình sóng phổ

Trong mô hình sóng phổ như Swan, máy thực hiện tính toán để giải phương trình, tìm ra phân bố của *mật độ năng lượng phổ* trong không gian và theo thời gian. Riêng trong bài toán ổn định (điều kiện sóng ngoài khơi không có diễn biến đáng kể), thì bài toán chỉ thu về tính phân bố trong không gian.

Trong khuôn khổ đề án này, ta xét bài toán dạng ổn định; và vì thực hiện

³ http://coastalstudy.info/Pho_song_ven_bo.pdf; hãy lưu file về máy của bạn.



Hình 3: Một ví dụ về phổ sóng

tính truyền sóng dọc theo một mặt cắt ngang; nên bài toán còn thuộc loại 1 chiều.

Phương trình cơ bản của Swan là phương trình cân bằng mật độ “hoạt độ” sóng N (wave action density). Lý do chọn hoạt độ sóng thay vì mật độ năng lượng sóng (E) là vì cách thứ nhất cho phép giải bài toán tổng quát khi có mặt dòng chảy.

$$\frac{\partial N}{\partial t} + c_{g,x} \frac{\partial N}{\partial x} + c_{g,y} \frac{\partial N}{\partial y} + c_{g,\theta} \frac{\partial N}{\partial \theta} + c_{g,\sigma} \frac{\partial N}{\partial \sigma} = \frac{S}{\sigma} \quad (1)$$

trong đó N và E đều là các hàm của x, y, θ, σ .

5 ♦ Hãy viết lại phương trình trong trường hợp 1 chiều, ổn định, bằng cách rút gọn các số hạng.

Từ việc xác định phổ năng lượng sóng có thể dễ dàng suy diễn ra các đặc trưng sóng là chiều cao và chu kỳ sóng, để phục vụ bài toán kỹ thuật (như câu 4); Swan đã tính điều này và cho phép xuất kết quả H_s, T_p , v.v.

Trong mô hình Swan, một loạt các yếu tố làm tăng cường hoặc tiêu tán sóng trong quá trình truyền đi đã được xét đến:[8]

- Tác động bởi gió, làm tăng cường sóng.
- Thành phần tiêu tán năng lượng là tổng hợp của ba yếu tố: sóng bạc đầu, ma sát đáy và sóng vỡ do nước nông.
- Tương tác giữa các sóng phi tuyến.

Từng thành phần nêu trên được quy định bằng những tham số nhất định trong mô hình Swan. Để cho tiện, ta sẽ thảo luận các tham số cùng với cách khai báo chúng vào phần mềm chương trình trong Mục 13.

4 Những cơ chế biến đổi

Trong phương trình (1), thành phần nguồn S được biểu diễn bằng tổng các thành phần: $S = S_g + S_{wc} + S_f + S_{br} + S_{nl}$.

Sự phát triển của sóng do gió được đặc trưng bởi một số hạng nguồn S_g . Số hạng này trực tiếp phụ thuộc vào năng lượng E theo hệ thức $S_g = A + BE(\sigma, \theta)$ trong đó A và B phụ thuộc vào chu kỳ sóng cùng tốc độ và hướng gió. Với hướng phổ θ không lệch quá hướng gió $\theta_{gi} \pm 90^\circ$ thì:

$$A = \frac{1,5 \times 10^{-3}}{g^2 2\pi} [u_* \cos(\theta - \theta_{gi})]^4 \exp[-(\sigma/\sigma_{PM}^*)^{-4}] \quad (2)$$

(Còn nếu hướng phổ lệch quá $\pm 90^\circ$ so với hướng gió thì $A = 0$.)

ở đây $\sigma_{PM}^* = 2\pi \frac{0,13g}{28u_*}$ là tần số đỉnh trong phổ PM, u_* là vận tốc ma sát của gió, được liên hệ với U_{10} , tốc độ gió 10 m trên mặt biển, thông qua hệ số ma sát gió C_D :

$$C_D = \begin{cases} 1,2875 \times 10^{-3} & \text{với } U_{10} < 7,5 \text{ m/s;} \\ (0,8 + 0,065U_{10}) \times 10^{-3} & \text{với } U_{10} \geq 7,5 \text{ m/s;} \end{cases} \quad (3)$$

Hệ số lũy tiến tăng trưởng sóng, B , có thể được xác định theo:

$$B = 0,25 \frac{\rho_{nc}}{\rho_{kh}} \left[28 \frac{u_*}{c} \cos(\theta - \theta_{gi}) - 1 \right] \sigma \quad (4)$$

(Nếu tính ra kết quả âm thì lấy $B = 0$.)

Sóng bạc đầu (white-capping) S_{wc} là thành phần làm tiêu tán năng lượng sóng; theo Hasselman (1974):

$$S_{wc} = -C_{wc} \left((1-n) + n \frac{k}{\bar{k}} \right) \left(\frac{\tilde{s}}{\tilde{s}_{PM}} \right)^p \frac{\tilde{\sigma}}{\bar{k}} k E(\sigma, \theta) \quad (5)$$

trong đó độ dốc sóng trung bình \tilde{s} được định nghĩa bởi $\tilde{s} = \tilde{k} \sqrt{m_0}$ còn \tilde{s}_{PM} là độ dốc sóng trung bình trong phổ Pierson-Moskowitz, $\tilde{s}_{PM} = \sqrt{3,02 \times 10^{-3}}$.

Các trị số C_{wc} , n và p đều là các thông số điều chỉnh được. Gợi ý lựa chọn: $n = 0$, $C_{wc} = 2,36 \times 10^{-5}$ và $p = 4$.

Ma sát đáy S_b gây tiêu tán năng lượng được biểu diễn qua đại lượng:

$$S_b = -\frac{C_b}{g} \left[\frac{\sigma}{\sinh(kh)} \right]^2 E(\sigma, \theta) u_{rms,b} \quad (6)$$

trong đó $u_{rms,b}$ là căn quân phương vận tốc quỹ đạo sát đáy, còn hệ số ma sát đáy, C_b được tính theo một trong ba cách:

- mô hình thực nghiệm JONSWAP [chú ý: đây không phải là một phổ sóng] của Hasselman và nnk. (1973), theo đó $C_b = 0,038/u_{rms,b}$ với sóng lừng và $0,067/u_{rms,b}$ với sóng gió.
- mô hình định luật cản của Collins (1972), $C_b = 0,015$
- mô hình nhớt rối của Madsen và nnk. (1988), $C_b = f_w/\sqrt{2}$; hệ số ma sát phi thứ nguyên trong chế độ chảy thành nhám thủy lực lấy bằng $f_w = 0,30$.

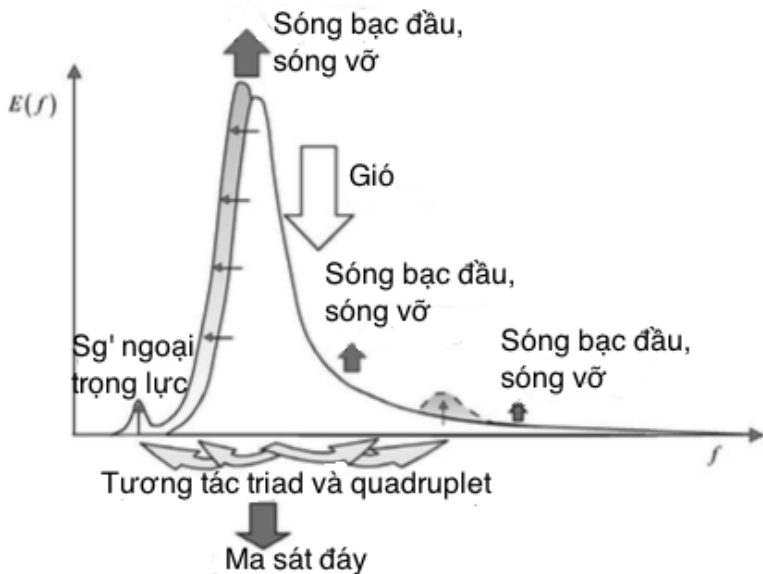
Mô phỏng **sóng vỡ** (breaking) do nước nông $S_{ds,br}$ được thiết lập theo công thức của Battjes và Janssen (1978):

$$S_b \approx -\frac{1}{4} Q_b H_{max}^2 / \overline{T_0} \quad (7)$$

trong đó $\overline{T_0}$ là chu kỳ sóng trung bình xác định theo cách “giao cắt qua 0”, H_{max} là chiều cao sóng lớn nhất (bị vỡ) $H_{max} = \gamma(h + \eta)$, và hệ số sóng vỡ γ là thông số điều chỉnh được, nhận giá trị mặc định bằng 0,73. Dĩ nhiên, không phải mọi con sóng đều vỡ do đó cần phải nhân với “tỉ lệ xuất hiện sóng vỡ”, Q_b xác định qua hệ thức: $(1 - Q_b)/Q_b = -(H_{rms}/H_{max})^2$.

Tương tác giữa các sóng phi tuyến có hai loại: tương tác sóng *quadruplet* rất quan trọng ở vùng nước sâu và tương tác sóng *triad* ở vùng nước nông. Cả hai thành phần này đều rất khó xác định chính xác; người ta đã áp dụng các phương pháp tính xấp xỉ như DIA, LTA trong Swan. Các biểu thức toán học liên quan rất phức tạp do đó sẽ không được trình bày ở đây.

Để giải được phương trình (1) nhằm tính ra biến hình phổ sóng, cần triển khai các phương pháp số. Những cách biến đổi như vậy ngoài phạm vi môn học này, và một phần sẽ được đề cập trong môn *Tin học ứng dụng trong kỹ thuật biển: Mô hình sóng*.



Hình 4: Các dòng năng lượng ảnh hưởng đến phổ sóng vùng nước nông [2]

5 Ảnh hưởng của đại lượng nguồn đến biến hình phổ sóng

Rõ ràng các số hạng nguồn ảnh hưởng đến phổ sóng: tăng năng lượng sóng đồng nghĩa với tăng diện tích dưới đường cong phổ. Nhưng sự tăng năng lượng này không trải đều toàn dải phổ mà tập trung vào những khoảng tần số nhất định. Như trên Hình 4, các nguồn bổ sung năng lượng được biểu thị bằng mũi tên trắng, nguồn rút năng lượng: mũi tên đen, chuyển năng lượng: mũi tên xám, và biến hình phổ: mũi tên nét mảnh. Điều này sẽ được kiểm chứng khi chạy mô hình (mục 14).

6 Các mã hiệu quy ước

Có một số biến số đóng vai trò mã hiệu quy ước trong chương trình Swan. Đây không phải các tham số quan trọng; nhưng cần kiểm tra trước khi chạy chương trình.

Hướng. Để đơn giản, trong đồ án này chỉ xét miền tính toán (trục x) trùng với mặt cắt, hướng từ đất liền ra biển. Như vậy, sóng truyền vào từ phía đông (E). Lưu ý hướng gió thực tế sẽ lệch đi và góc gió cần được quy

đổi phù hợp (sẽ làm trong Mục 11)

Góc hướng được xác định theo một trong hai quy ước:

- **Nautical** là hướng địa lý, thường dùng để biểu diễn hướng gió: ví dụ gió Bắc thì góc bằng 0° , gió Đông ứng với góc 90° , gió Đông Nam: 135° .
- **Cartesian** là hướng toạ độ Đề các (hay góc quay của vectơ quanh gốc toạ độ), thường dùng để biểu diễn hướng dòng chảy: ví dụ từ Bắc (đến Nam) thì góc bằng 270° , từ Đông (sang Tây): 180° , từ Đông Nam (lên Tây Bắc): 135° . Trong hệ toạ độ Đề các, với 1 trục x thì chiều âm sẽ có hướng tây (W) còn chiều dương có hướng đông (E).

6 ♦ Thử tìm một cách chuyển đổi góc giữa hai cách quy ước nêu trên.

7 Số liệu địa hình đáy

Đồ án này nhằm thực hiện tính truyền sóng qua mặt cắt ngang có dạng phức tạp, nghĩa là độ sâu không biến đổi đều mà có sự hình thành các cồn cát ngầm. 7 ♦ Sử dụng số liệu mặt cắt được GV cung cấp, điền vào bảng khoảng cách - cao độ và vẽ hình (giống như đã làm ở Bài tập số 3). Các điểm số liệu mặt cắt này cách đều nhau theo phương ngang bờ (x); hãy đưa các số ra file `.bot`. Định khoảng cách giữa các điểm tính (`dxinp` trên dòng `INPGRID BOT`), kiểm tra số lượng các điểm địa hình (`mxinp`) và toạ độ đầu của mặt cắt (`xpinp`).

Lưu ý quy ước về độ sâu: mặc định là càng sâu, địa hình đáy càng dương. Tuy nhiên số liệu mặt cắt ta nhập dưới dạng cao trình, bởi vậy cần kiểm tra hệ số điều chỉnh bằng `-1` trong lệnh `READINP BOT`. Thứ tự đọc file `.bot` là từ trên xuống dưới ứng với chiều tăng dần trục x .

8 Miền tính toán

Miền tính toán trên không gian một chiều kéo dài theo mặt cắt ngang số liệu được cho; do vậy việc định miền sẽ thực hiện dựa trên nguồn số liệu mặt cắt đã có. 8 ♦ Hãy xác định chiều dài miền tính toán và khoảng cách giữa các điểm tính (thuật ngữ gọi là *bề rộng ô lưới*). Lưu ý: Các điểm tính toán phải đủ dày mới chính xác (có thể dày hơn số điểm địa hình); tất nhiên khi

đó chương trình sẽ chạy lâu hơn. Nhập số liệu vào chương trình và kiểm tra dòng CGRID. So sánh khoảng cách ô lưới với khoảng cách giữa các điểm số liệu địa hình sau khi nội suy.

Đặc điểm hơi khó trong mô hình sóng đó là ngoài chiều không gian còn có “chiều phổ”. Như vậy tại mỗi điểm lưới dọc trục x , có hai chiều phổ. Tại mỗi điểm có một “quả núi” mật độ năng lượng mà người ta thường biểu diễn dưới dạng đường đồng mức. Trong hình này, số mũi hướng, các giới hạn tần thấp (f_{low}), tần cao (f_{high}), số khoảng tần được chỉ định. Các dải tần sẽ dẫn cách theo thang logarit, cho bởi hệ thức: Số khoảng tần = $\ln(f_{high}/f_{low})/\ln(1,1)$.

9 Số liệu sóng

Điều kiện sóng trong tự nhiên luôn biến đổi trong không gian và theo thời gian. Để đơn giản, trong mô hình ta sẽ tính với một số điều kiện sóng “điển hình”. Ta đã biết để đặc trưng cho sóng ngẫu nhiên có hai thuộc tính là chiều cao sóng ý nghĩa và chu kì sóng đỉnh phổ.

Trong bài toán truyền sóng, *điều kiện biên* phía biển đóng vai trò quyết định động thái sóng dọc mặt cắt. Biên này gồm hai yếu tố:

- Hình dạng phổ sóng: cho phép lựa chọn giữa JONSWAP và PM. Với mỗi cách, cần chỉ định xem: chu kì chỉ định là T_p hay T_m , và độ phân tán hướng lấy theo số mũ (POWER) hay theo độ (DEGREE). Riêng phổ JONSWAP, giá trị mặc định của thông số $\gamma = 3.3$.
- Phạm vi không gian, thời gian của biên: biên được đặt ở phía nào? Với trường hợp bài toán 1 chiều, miền tính toán được xếp chạy theo trục x thì biên phía biển chỉ ở phía E hoặc W (hãy kiểm tra xem). Tiếp theo là chỉ định giá trị của các đặc trưng sóng, gồm H_s , T_p , ϕ (hướng sóng) và độ phân tán hướng (dd). Các thông số này có thể là không đổi (một bộ giá trị duy nhất), hay biến đổi theo thời gian. Trong đồ án môn học này, ta chỉ xét các thông số sóng không đổi.

9 ♦ Trong mục nhập số liệu, hãy chọn loại phổ phù hợp cho điều kiện biên và nhập các đặc trưng sóng theo yêu cầu đề bài. Hãy viết phương trình cho phổ đó (dựa theo bài giảng *Sóng gió*).

10 Điều kiện ban đầu

Số liệu sóng trong Mục 9 đóng vai trò điều kiện biên (phía biển) của mô hình. Còn điều kiện ban đầu của mô hình, mặc dù không quan trọng bằng, song vẫn cần khai báo.

11 Điều kiện gió

Gió là nhân tố ảnh hưởng quy định sự phát triển sóng. Gió được coi là:

- phân bố đều trên miền tính toán và không đổi theo thời gian. Các tham số đưa vào là tốc độ gió, hướng gió (theo quy định Nautical) (gió ở độ cao 10 m), hoặc
- phân bố không đều trên miền tính toán: Swan cho phép trường hợp này, nhưng để đơn giản ta sẽ không dùng trong đồ án môn học.

10 ♦ Hãy nhập tham số gió thích hợp theo điều kiện khí hậu của khu vực nghiên cứu; hoa gió của bang NC Hoa Kỳ có thể xem ở <http://climate.ncsu.edu/windrose.php?state=NC>.

12 Mục nước

Mục nước là yếu tố quan trọng, làm ảnh hưởng đến độ sâu nước, và do đó đến hiện tượng sóng vỡ. Quy định mục nước = 0 là ngang với mức số không trong số liệu địa hình. Khi đó, có hai cách khai báo mục nước như sau:

- Mục nước không đổi. Chỉ định giá trị mục nước ngay sau từ khoá SET, cần lấy theo đề bài từng SV.
- Mục nước biến đổi; khai báo theo tinh thần tương tự địa hình ở mục 7, máy sẽ tự nội suy (theo cách giống như với địa hình đáy). Chú ý kiểm tra dòng lệnh INPGRID WLEV.

13 Chọn các tham số cho mô hình

Các tham số cũng là đầu vào của chương trình tính, nhưng khác với các số liệu (như địa hình và sóng), tham số không đa dạng bằng, và có thể chọn một

giá trị điển hình trong khoảng giá trị thường gặp trên thực tế. Chẳng hạn, tham số khối lượng riêng của nước biển điển hình vào khoảng 1025 kg/m^3 , dù rằng giá trị này vẫn có thay đổi theo nhiệt độ và độ muối. Độ nhớt của nước biển phụ thuộc mạnh vào nhiệt độ và có lẽ lớn hơn giá trị mặc định $1.0\text{E-}6 = 1 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$. Trong chương trình, các tham số này được nhập trực tiếp trên cửa sổ giao diện; nhiều tham số mô hình quy định độ lớn của các đại lượng (số hạng) nguồn gây biến hình phổ sóng.

13.1 Tạo sóng

Tương ứng với số hạng nguồn S_g , ta cần khai báo cơ chế tạo sóng. Chế độ mặc định là Swan chạy chế độ “thế hệ 3” (GEN3) đối với tạo sóng, tương tác phi tuyến *quadruplet* và bậc đầu. Công thức của Komen được dùng mặc định. Hệ số tiêu tán sóng bậc đầu C_{ds} và độ dốc sóng \tilde{s}_{PM}^2 . Một phương án khác là công thức Janssen, trong đó có hai hệ số: một hệ số khác quy định năng lượng bậc đầu tiêu tán, C_{ds}/\tilde{s}_{PM}^4 và hệ số δ quy định sự phụ thuộc hiện tượng bậc đầu theo số sóng. Các giá trị mặc định: $\text{c}ds2 = 2.36\text{E-}5$, $\text{stpm} = 3.02\text{E-}3$, $\text{c}ds1 = 4.5$, $\text{delta} = 0.5$.

Cả hai phương án đều có tùy chọn số hạng tuyến tính A (như phương trình 2); mặc định $a = 0.0015$.

11 ♦ (a) Hãy cho thấy các giá trị C_{ds} trong hai công thức Komen và Janssen sẽ vênh nhau nếu các trí số mặc định được sử dụng. (b) Nhập các giá trị tham số phù hợp.

13.2 Ma sát đáy

Ma sát đáy, có vai trò tiêu tán năng lượng sóng, được tính theo 1 trong 4 cách. Ba cách đã được trình bày trong mục 4, sau PT (6). Còn một cách nữa là tính ma sát trực tiếp từ đường kính hạt cát [6].

Đường kính hạt bùn cát, D , tốt nhất nên lấy từ biểu đồ cấp phối hạt của mẫu bùn cát đáy biển ven bờ vùng dự án. Độ nhám đáy biển k_s có lẽ là thông số khó xác định đúng nhất, và được chọn theo công thức sơ bộ: $k_s = 2,5D$. Kết hợp với đặc trưng thủy động lực A_b (biên độ dao động phần tử nước sát đáy), công thức Swart cho ta giá trị của hệ số ma sát: $f_w = \exp[5,213(k_s/A_b)^{0,194} - 5,977]$

12 ♦ Hãy ước tính giá trị của hệ số ma sát f_w tính theo đường kính hạt và so sánh với các hệ số ma sát Madsen (tr. 10).

13.3 Sóng vỡ

Hệ số sóng vỡ (γ) có thể chọn là một hằng số (khi đó dùng từ khoá **BREAK CONST**); kèm theo một hệ số **alpha** đặc trưng cho tốc độ tiêu tán năng lượng (giá trị mặc định là 1,0).

Hệ số sóng vỡ cũng có thể được tính theo phương pháp đáy dốc - chiều sâu (BKD). Khi đó ngoài **alpha**, phải nhập thêm γ_0 và **a1**, **a2**, **a3** (các giá trị mặc định lần lượt là 0.54, 7.59, -8.06, 8.09).

13.4 Các tham số nâng cao

Trong chương trình LunoSwan cho phép ta nhập những thông số nâng cao, theo nghĩa là không có sẵn trong giao diện; việc nhập tiến hành thông qua mục riêng. Trong đó SV tự gõ tên từ khoá và giá trị (nhờ GV hướng dẫn). Các cơ chế biến đổi sóng “nâng cao” thường gặp là: thực vật (**VEGE**), rối động (**TURB**) và bùn (**MUD**).

14 Kiểm tra số liệu và chạy chương trình

Các số liệu sau khi được nhập hết, cần được kiểm tra một lượt qua các hộp thoại. Lưu ý xem phần mã lệnh xem có gì bất thường không:

- Các từ khóa được viết chữ in
- Các số được viết rõ ràng, tách rời nhau.
- Mỗi giá trị được chỉ định sẽ tương ứng với 1 con số trong dòng lệnh của file **.swn**.
- Có đủ các dòng lệnh bắt buộc như **TEST**, **COMPUTE** và **STOP**.

13 ♦ Hãy lý giải giá trị các thông số được chọn (mục 13).

Khi kiểm tra xong số liệu, ấn chạy chương trình và quan sát kết quả in ra trong ô bên cạnh xem có lỗi không. Khi có vấn đề phát sinh, liên hệ với GV để xem xét giải quyết.

Trong đồ án này, mô phỏng được thực hiện ở chế độ “tĩnh tại”, nghĩa là sóng sẽ dần phát triển đến khi trạng thái sóng mặt biển ổn định và không thay đổi theo thời gian nữa; khi đó ngừng tính toán và báo cáo kết quả. Để tính toán phương trình vi phân ổn định, từ điều kiện ban đầu, máy sẽ thực hiện tính lặp nhiều lần đến khi kết quả giữa các lần lặp không thay đổi.

15 Lý giải kết quả

Trong mô hình Swan 1 chiều, có các kết quả đầu ra mô hình như sau:

- Phân bố đại lượng theo mặt cắt ngang (mã hiệu như sau: XP: tọa độ của điểm kết quả trên mặt cắt, HSIGN: chiều cao sóng ý nghĩa, DIR: hướng sóng, PER: chu kỳ sóng, DEPTH: độ sâu nước, WATLEV: mực nước, WLEN: chiều dài sóng trung bình, SETUP: độ dềnh nước do sóng, GENWIND: tốc độ sinh năng lượng do gió, DISSIP: tốc độ tiêu tán năng lượng tổng cộng, DISBOT: tốc độ tiêu tán năng lượng do ma sát đáy, DISSURF ... do sóng vỡ, DISWCAP ... do sóng bạc đầu). Lưu ý tất cả năng lượng đang có đơn vị m^2/s , cần nhân với giá trị $\rho g = 9810 \text{kgm}^{-1}\text{s}^{-2}$ để được đơn vị thực thụ là W/m^2 .
- Phổ sóng.

14 ♦ Tìm kết quả được xuất ra. Đưa vào bảng tính để vẽ đồ thị. Nhận xét kết quả theo một số ý sau:

- Sự giảm chiều cao sóng, chiều dài sóng dọc theo mặt cắt; đặc biệt những đoạn cồn ngầm nếu có.
- Nước dâng (dềnh) do sóng như thế nào?
- Phân bố của tốc độ biến đổi năng lượng sóng.

15 ♦ Hãy chọn lấy một tham số; thay đổi tham số này và ghi lại ảnh hưởng của nó đến kết quả. (Để làm như vậy, hãy lưu file xuất kết quả dưới một tên khác, chạy lại chương trình và so sánh hai kết quả.)

Phụ lục: Hướng dẫn sử dụng phần mềm

Phần phụ lục này rất quan trọng; SV cần xem trước khi bắt tay vào sử dụng phần mềm. Lý do phụ lục được đưa về cuối là để thuận theo mạch trình bày của bản thuyết minh với phần đặt vấn đề lên trước.

Sau khi tải file nén theo đường link mà GV đã gửi, SV cần thực hiện giải nén tất cả file vào cùng thư mục. Trên hệ điều hành Windows, thư mục này có một file hướng dẫn (`ReadMe.txt`), một file chạy chương trình (`LunoSwan.bat`). Ngoài ra còn có các file thực thi (`*.exe`), file phụ trợ Swan (`swanrun.bat`), file mã lệnh (`lunoswan.lua`), thư viện chương trình (`*.dll`); những file này đều quan trọng và phải được giữ nguyên, đầy đủ trong cùng thư mục. Hơn nữa, khi bạn chạy chương trình, bắt buộc phải có các file số liệu đầu vào và file kết quả đầu ra. Những file này để cùng trong một thư mục, không nhất thiết phải là thư mục chương trình nêu nên, song bạn phải biết rõ tên và vị trí của thư mục này trong máy để có thể truy cập chúng dễ dàng.

Thao tác mã lệnh. SV sử dụng file `lunoswan.lua` để nhập các tham số tùy theo yêu cầu đề bài. Lưu ý rằng chỉ được sửa trong phạm vi đoạn mã lệnh quy định. Các câu lệnh có thể kiểu như:

- `a1 = 4.15E-2` -- tham số `a1` → chỉ sửa phần số;
- `tenfile = 'diahinh.bot'` -- file địa hình → chỉ sửa phần *giữa* hai dấu nháy;
- `optOFFWCAP = true` -- có chọn OFFWCAP không? → chỉ sửa `true` thành `false` hoặc giữ nguyên.

Phần mềm chương trình này sẽ ghi ra một file có đuôi `*.swn`. Cấu trúc file này gồm nhiều câu lệnh khác nhau[7]. Khi chạy mô hình, file `swan.exe` được kích hoạt và đọc thông số từ file `*.swn` cùng một số file khác như địa hình (cũng được chỉ định từ file `*.swn`).

Cấu trúc file `swn`. Trong file này có: các câu lệnh, mỗi câu một dòng. (Riêng những câu lệnh dài quá thì sẽ có một dấu `&` trước khi xuống dòng.) Thứ tự các câu lệnh nói chung là quan trọng và phải tuân theo. Đứng đầu câu lệnh là các *từ lệnh* được quy định sẵn trong Swan. (Mỗi từ lệnh có thể viết gọn theo 4 chữ cái đầu tiên.) Sau từ lệnh là các số liệu (nếu là các chữ thì

phải đặt trong 'dấu nháy'), hoặc các từ khoá. Từ lệnh và từ khoá thường được quy định viết chữ IN.

LunoSwan là chương trình tiện ích đơn giản, phục vụ tính toán sóng 1 chiều và dùng một số đặc điểm mô hình phù hợp với đề án. Toàn bộ tính năng của Swan phức tạp hơn và SV có thể tìm hiểu để nhập thêm các giá trị từ khoá như mục 13.4 hoặc tự sửa file *.swn trước khi chạy mô hình, tùy theo nhu cầu.

Tài liệu

- [1] Booij, N., Ris, R.C., Holthuijsen, L.H. (1999), A third-generation wave model for coastal regions, 1. Model description and validation, *Journal of Geophysical Research*, **104**(C4), 7649–7666.
- [2] Holthuijsen, L.H. (2007) *Waves in Oceanic and Coastal Waters*, Cambridge.
- [3] Komen, G.J., Cavaleri L., Donelan M., Hasselmann K., Hasselmann S., Janssen P.A.E.M. (1994) *Dynamics and Modeling of Ocean Waves*, Cambridge.
- [4] Massel, S.R. (1996) *Ocean Waves: Their Physics & Prediction*, World Scientific.
- [5] Nguyễn Mạnh Hùng, Nguyễn Thọ Sáo (2005) *Mô hình tính sóng vùng ven bờ*, Giáo trình ĐH Khoa học Tự nhiên.
- [6] Smith, G.A., Babanin, A.V., Riedel, P., Young, I.R., Oliver, S., Hubbert, G. (2011) “Introduction of a new friction routine into the SWAN model that evaluates roughness due to bedform and sediment size changes”, *Coastal Engineering* **58**, 317–326.
- [7] The Swan Team (2016) *User Manual: SWAN Cycle III version 41.10*, Delft University of Technology. <http://swanmodel.sourceforge.net/download/zip/swanuse.pdf>
- [8] The Swan Team (2016) *SWAN Scientific and Technical Documentation*, Delft University of Technology. <http://swanmodel.sourceforge.net/download/zip/swantech.pdf>
- [9] Young, I.R. (1999) *Wind Generated Ocean Waves*, Elsevier.

