

KẾT QUẢ TÍNH TOÁN LỰA CHỌN HÀM VẬN CHUYỂN BÙN CÁT THÍCH HỢP NHẤT CHO ĐOẠN SÔNG HỒNG TỪ HOÀ BÌNH ĐẾN HÀ NỘI NHỜ ỨNG DỤNG MÔ HÌNH GSTARS 2.1

Nguyễn Thị Nga

*Khoa Khí tượng Thủy văn & Hải dương học
Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHN*

Tóm tắt: Bài báo khoa học này giới thiệu những kết quả tính và chọn hàm vận chuyển trầm tích phù hợp tốt nhất với đoạn sông Hồng từ Hòa Bình đến Hà Nội sử dụng mô hình GSTARS2.1. Các kết quả tính vận chuyển trầm tích theo 10 hàm vận chuyển trầm tích khác nhau với số liệu địa hình năm 1992, số liệu thủy văn và trầm tích năm 1993 sử dụng mô hình GSTARS2.1. Cho thấy rằng: hàm vận chuyển trầm tích của Engelund và Hansen phù hợp nhất đối với sông Hồng từ Hòa Bình đến Hà Nội. Do đó, hàm này được chọn khi tính toán và dự báo biến đổi đáy sông Hồng trong nghiên cứu tiếp theo của đề tài này.

1. Đặt vấn đề

GSTARS2.1 (Generalized Stream Tube model for Alluvial River Simulation version 2.1) là thế hệ nâng cao của mô hình GSTARS2.0 (1998), được Chih Ted Yang và Francisco J.M. Similes sửa đổi và cải tiến vào tháng 12 năm 2000. Đây là mô hình số mô phỏng các điều kiện dòng chảy theo kiểu bán hai chiều và các thay đổi hình học lòng dẫn theo kiểu bán ba chiều.

Có tới 11 hàm vận chuyển bùn cát có thể được sử dụng trong GSTARS2.1 để mô phỏng và dự báo quy luật thay đổi hình thái lòng sông. Bởi vậy, lựa chọn hàm vận chuyển bùn cát thích hợp nhất cho sông Hồng là vấn đề cần được giải quyết trước khi thực hiện việc mô phỏng và dự báo quy luật thay đổi hình thái lòng sông Hồng. Bài báo trước [1] của nghiên cứu đã công bố kết quả bước đầu tìm hiểu mô hình GSTARS2.1 và ứng dụng mô đun nước vật trong nó để tính trắc diện dọc mặt nước cho đoạn sông Hồng từ Hòa Bình đến Hà Nội. Bài báo này sẽ công bố kết quả nghiên cứu tiếp theo: ứng dụng mô hình GSTARS 2.1 để tính toán lựa chọn hàm vận chuyển bùn cát thích hợp nhất cho sông Hồng.

2. Cơ sở lý thuyết và các hàm vận chuyển bùn cát trong GSTARS 2.1

2.1. Cơ sở lý thuyết của các tính toán nước vật và diễn toán bùn cát trong GSTARS 2.1

Trong GSTARS 2.1, các tính toán nước vật và vận chuyển bùn cát có thể xem là hai mô đun của cùng một mô hình số. Bởi vậy, thủ tục giải không gắn liền phương trình cơ bản của dòng chảy với phương trình cơ bản để diễn toán bùn cát. Phương pháp dùng trong GSTARS 2.1 là sai phân hữu hạn không ghép nối, nghĩa là: sai phân hữu hạn được sử dụng để rời rạc hoá phương trình sai phân cơ bản, các đường cong nước vật được tính đầu tiên, sau đó diễn toán toán bùn cát và tính các thay đổi đáy, tất cả các tham số thủy lực được giữ ổn định trong mỗi bước thời gian tính toán.

Cơ sở lý thuyết của mô đun nước vật trong GSTARS 2.1 đã được trình bày khá chi tiết trong bài báo trước [1]. Để diễn toán bùn cát trong sông, GSTARS 2.1 sử dụng

phương trình liên tục bùn cát ở dạng giản hoá (2.12) dựa trên 2 giả thiết: sự thay đổi lượng ngậm cát lơ lửng trong mặt cắt ngang nhỏ hơn nhiều sự thay đổi của đáy sông và trong một bước thời gian, các tham số của hàm vận chuyển bùn cát đối với một mặt cắt ngang giữ nguyên không thay đổi. Phương trình này như sau:

$$\eta \frac{\partial A_d}{\partial t} + \frac{\partial Q_s}{\partial x} = q_s \quad (2.1)$$

với: η là thể tích bùn cát trong 1 đơn vị thể tích lớp đáy; A_d là thể tích bùn cát đáy trên mỗi đơn vị chiều dài; Q_s là lưu lượng bùn cát; q_s là dòng chảy bùn cát vào theo phương ngang và t là thời gian.

2.2. Các hàm vận chuyển bùn cát trong GSTARS 2.1

GSTARS 2.1 bao gồm 11 hàm vận chuyển bùn cát khác nhau: Duboys (1879), Meyer-Peter và Muller (1948), Laursen (1958), Toffaleti (1969), Engelund và Hansen (1972), Ackers và White (1973), Ackers và White (1990), Yang (1973) + Yang (1984), Yang (1979) + Yang (1984), Parker (1990), Yang và cộng sự (1996). Mỗi hàm vận chuyển bùn cát được xây dựng cho mỗi phạm vi kích thước bùn cát và các điều kiện dòng chảy nhất định. Các kết quả tính toán dựa trên cơ sở các hàm vận chuyển khác nhau có thể khác đáng kể so với các hàm khác và so với thực đo.

2.2.1. Phương pháp Duboys (1879)

Dựa theo tiêu chuẩn khởi động của bùn cát đáy là ứng suất tiếp đáy vượt quá ứng suất tiếp giới hạn, Duboys đã thu được biểu thức sau:

$$q_b = K\tau(\tau - \tau_c) \quad (2.2)$$

trong đó q_b là lưu lượng bùn cát đáy đơn vị; τ là ứng suất tiếp đáy và τ_c là lực kéo tối hạn dọc theo đáy, được tính từ biểu đồ Shields. Theo Traub (1935), K được tính theo công thức:

$$K = \frac{0,173}{d^{3/4}} \quad (2.3)$$

trong đó: d là đường kính hạt.

2.2.2. Công thức Meyer-Peter và Muller (1948)

Công thức Meyer-Peter và Muller (1948) là công thức chất tải đáy đối với sỏi hoặc vật liệu thô:

$$\gamma RS \left(\frac{K_s}{K_r} \right)^{3/2} = 0,047(\gamma_s - \gamma)d + 0,25\rho^{1/3}q_b^{2/3} \quad (2.4)$$

trong đó γ và γ_s tương ứng là trọng lượng riêng của nước và bùn cát (tấn/m³); R là bán kính thủy lực (m); S là độ dốc năng lượng; d là đường kính hạt trung bình (m); ρ là khối lượng riêng của nước (tấn/m⁴); q_b là suất chuyển cát đáy (tấn/s/m); $(K_s/K_r)S = S_r$ là loại độ dốc, được gây bởi sức cản do hạt và gây ra chuyển động của bùn cát đáy.

Phương trình (2.3) cũng có thể được biểu diễn ở dạng không thứ nguyên là:

$$q_b^{2/3} \left(\frac{\gamma}{g} \right)^{1/3} \frac{0,25}{(\gamma_s - \gamma)d} = \frac{(K_s / K_r)^{3/2} \gamma RS}{(\gamma_s - \gamma)d} - 0,047 \quad (2.5)$$

$$\text{với:} \quad \left(\frac{K_s}{K_r} \right)^{3/2} = \frac{S_r}{S} \quad (2.6)$$

$$\text{và:} \quad K_r = \frac{26}{d_{90}^{1/6}} \quad (2.7)$$

trong đó: d_{90} là đường kính ứng với tung độ 90% của đường cong cấp phối hạt.

2.2.3. Công thức Laursen (1958)

Công thức Laursen (1958) được biểu diễn ở các dạng đồng nhất có thứ nguyên bằng:

$$C_t = 0,01\gamma \sum_i p_i \left(\frac{d_i}{D} \right)^{7/6} \left(\frac{\tau'}{\tau_{ci}} - 1 \right) f \left(\frac{U^*}{\omega_i} \right) \quad (2.8)$$

trong đó: C_t là nồng độ bùn cát tính bằng trọng lượng trên mỗi đơn vị thể tích; $U^* = \sqrt{gDS}$; p_i là số phần trăm vật liệu hiện có trong phần kích thước i ; ω_i là độ thô thủy lực của hạt có đường kính trung bình d_i ; D là độ sâu nước trung bình và τ_{ci} là lực kéo tới hạn đối với đường kính bùn cát d_i cho bởi biểu đồ Shields. Ứng suất tiếp đáy gây bởi sức cản của hạt τ' tính được từ phương trình Manning bằng:

$$\tau' = \frac{\rho V^2}{58} \left(\frac{d_{50}}{D} \right)^{1/3} \quad (2.9)$$

2.2.4. Phương pháp Toffaleti (1969)

Phương pháp Toffaleti (1969) dựa trên các đơn giản hoá sau đây:

(1) Độ rộng kênh có lưu lượng bùn cát bằng lưu lượng bùn cát của kênh hình thang có độ rộng B và độ sâu R với R là bán kính thủy lực của kênh thực tế;

(2) Độ sâu tổng cộng của dòng chảy được phân chia thành 4 lớp. Vật liệu đáy Q_{ti} đối với bùn cát có kích thước d_i là:

$$Q_{ti} = B(q_{bi} + q_{sui} + q_{smi} + q_{sli}) \quad (2.10)$$

trong đó: B là độ rộng lòng dẫn và q_{bi} , q_{sui} , q_{smi} , q_{sli} tương ứng là lưu lượng bùn cát qua mỗi đơn vị độ rộng trong lớp đáy, lớp trên cao, lớp giữa và lớp dưới thấp. Toffaleti đã sử dụng các phương pháp bán kinh nghiệm và đồ thị để tính lưu lượng bùn cát trong mỗi lớp nói trên.

2.2.5. Phương pháp của Engelund và Hansen (1972)

Engelund và Hansen (1972) đã đề xuất công thức vận chuyển:

$$f\phi = 0,10^{5/2} \quad (2.11)$$

$$f = \frac{2gSD}{V^2} \quad (2.12)$$

$$\phi = \frac{q_t}{\gamma_s} \left[\left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \right) g d^3 \right]^{-1/2} \quad (2.13)$$

$$\theta = \frac{\tau}{(\gamma_s - \gamma)d} \quad (2.14)$$

trong đó: g là gia tốc trọng lực; S là độ dốc năng lượng; V là tốc độ dòng chảy trung bình; q_t là lưu lượng bùn cát tổng cộng tính bằng trọng lượng qua mỗi đơn vị độ rộng; γ_s và γ tương ứng là trọng lượng riêng của bùn cát và của nước; d là đường kính hạt trung bình; D là độ sâu dòng chảy trung bình và τ là ứng suất tiếp dọc theo đáy.

2.2.6. Phương pháp của Ackers và White (1973) và (1990)

Ackers và White (1973) đã ứng dụng phép phân tích thứ nguyên để biểu diễn tính chuyển động (the mobility) và suất vận chuyển bùn cát dưới dạng các số hạng của các tham số không thứ nguyên. Số chuyển động (mobility number) của họ đối với bùn cát là:

$$F_{gr} = U^* \left[gd \left(\frac{\gamma_s}{\gamma} - 1 \right) \right]^{-1/2} \left[\frac{V}{\sqrt{32 \lg(\alpha D / d)}} \right]^{1-n} \tag{2.15}$$

trong đó U^* là tốc độ động lực; n là số mũ chuyển đổi phụ thuộc vào kích thước bùn cát; trong dòng chảy rối $\alpha = 10$; d là kích thước hạt bùn cát và D là độ sâu dòng chảy. Kích thước bùn cát cũng được bằng một đường kính hạt không thứ nguyên:

$$d_{gr} = d \left[\frac{g}{\nu^2} \left(\frac{\gamma_s}{\gamma} - 1 \right) \right]^{1/3} \tag{2.16}$$

trong đó: ν là độ nhớt động học của nước. Bởi vậy, hàm vận chuyển bùn cát không thứ nguyên có thể được biểu diễn bằng:

$$G_{gr} = f(F_{gr}, d_{gr}) \tag{2.17}$$

$$\text{với: } G_{gr} = \frac{XD}{(d\gamma_s)/\gamma} \left(\frac{U^*}{V} \right)^n \tag{2.18}$$

trong đó: X là suất vận chuyển bùn cát. Hàm vận chuyển bùn cát không thứ nguyên cũng có thể được biểu diễn bằng:

$$G_{gr} = C \left(\frac{F_{gr}}{A} - 1 \right)^m \tag{2.19}$$

Các giá trị của A , C , m và n đã được Ackers và White (1973) xác định dựa trên việc khớp tốt nhất các đường cong của số liệu thí nghiệm với kích thước bùn cát lớn hơn 0,04 mm và số Froude nhỏ hơn 0,8.

Công thức nguyên bản của Ackers và White là công thức khá nổi tiếng để dự báo suất vận chuyển của bùn cát mịn (nhỏ hơn 0,2 mm) và bùn cát tương đối thô. Để hiệu chỉnh xu thế, một dạng sửa lại của các hệ số đã được công bố vào năm 1990 (HR Wallingford, 1990). Cả hai thế hệ của các hệ số đều được thực hiện trong GSTARS 2.1. Các hệ số nguyên dạng (1973) và các hệ số đã sửa lại (1990) như trong bảng dưới đây.

Các hệ số trong công thức Ackers và White thế hệ 1973 và 1990

	1973	1990
$1 < d_{gr} \leq 60$	$A = 0,23d_{gr}^{-1/2} + 0,14$ $\lg C = -3,53 + 2,86 \lg d_{gr} - (\lg d_{gr})^2$ $m = 9,66d_{gr}^{-1} + 1,34$ $n = 1,00 - 0,56 \lg d_{gr}$	$A = 0,23d_{gr}^{-1/2} + 0,14$ $\lg C = -3,53 + 2,79 \lg d_{gr} - 0,98(\lg d_{gr})^2$ $m = 6,83d_{gr}^{-1} + 1,67$ $n = 1,00 - 0,56 \lg d_{gr}$
$d_{gr} > 60$	$A = 0,17$ $C = 0,025$ $m = 1,50$ $n = 0$	$A = 0,17$ $C = 0,025$ $m = 1,78$ $n = 0$

2.2.7. Các công thức vận chuyển cát (1973) và sỏi (1984) của Yang.

Công thức năng lượng dòng chảy đơn vị không thứ nguyên của Yang năm 1973 là:

$$\lg C_{ts} = 5,345 - 0,286 \lg \frac{\omega d}{\nu} - 0,457 \lg \frac{U^*}{\omega} + \left(1,799 - 0,409 \lg \frac{\omega d}{\nu} - 0,314 \lg \frac{U^*}{\omega} \right) \lg \left(\frac{VS}{\omega} - \frac{V_{cr}S}{\omega} \right) \quad (2.20)$$

trong đó: C_{ts} là nồng độ cát tổng cộng (ppm); ω là độ thô thủy lực của bùn cát; d là đường kính hạt bùn cát; ν là độ nhớt động học của nước; U^* là tốc độ động lực; VS là năng lượng dòng chảy đơn vị; S là độ dốc mặt nước hoặc độ dốc năng lượng và V_{cr} là tốc độ dòng chảy trung bình tới hạn tại lúc khởi động. Các hệ số trong phương trình (2.20) đã được xác định từ 463 bộ số liệu thí nghiệm trong máng. Phương trình (2.20) nên được áp dụng đối với vận chuyển cát có đường kính hạt nhỏ hơn 2 mm.

Năng lượng dòng chảy đơn vị tới hạn không thứ nguyên $\frac{V_{cr}S}{\omega}$ là tích số của tốc độ tới hạn không thứ nguyên $\frac{V_{cr}}{\omega}$ và độ dốc năng lượng S , trong đó:

$$\frac{V_{cr}}{\omega} = \begin{cases} \frac{2,5}{\lg(U^* d / \nu) - 0,06} + 0,66 & \text{nếu } 1,2 < \frac{U^* d}{\nu} < 70 \\ 2,05 & \text{nếu } 70 \leq \frac{U^* d}{\nu} \end{cases} \quad (2.21)$$

Công thức năng lượng dòng chảy đơn vị không thứ nguyên của Yang năm 1984 đối với vận chuyển sỏi với đường kính hạt bằng hoặc lớn hơn 2 mm là:

$$\lg C_{ts} = 6,681 - 0,633 \lg \frac{\omega d}{\nu} - 4,816 \lg \frac{U^*}{\omega} + \left(2,784 - 0,305 \lg \frac{\omega d}{\nu} - 0,282 \lg \frac{U^*}{\omega} \right) \lg \left(\frac{VS}{\omega} - \frac{V_{cr}S}{\omega} \right) \quad (2.22)$$

trong đó: C_{ts} là nồng độ sỏi tổng cộng (ppm). Các hệ số trong phương trình (2.22) đã được xác định từ 167 bộ số liệu thí nghiệm trong máng.

2.2.8. Các công thức vận chuyển cát (1979) và sỏi (1984) của Yang.

Yang (1979) đã đề xuất một công thức vận chuyển cát đối với các điều kiện dòng chảy vượt quá nhiều các điều kiện dòng chảy để khởi động. Trong trường hợp này, năng lượng dòng chảy đơn vị tới hạn không thứ nguyên yêu cầu tại lúc khởi động có thể được bỏ qua. Công thức vận chuyển cát năm 1979 của Yang đối với nồng độ bùn cát lớn hơn 100 ppm là:

$$\lg C_{ts} = 5,165 - 0,153 \lg \frac{\omega d}{v} - 0,297 \lg \frac{U^*}{\omega} + \left(1,780 - 0,360 \lg \frac{\omega d}{v} - 0,480 \lg \frac{U^*}{\omega} \right) \lg \left(\frac{VS}{\omega} - \frac{V_{cr}S}{\omega} \right) \quad (2.23)$$

Các hệ số trong phương trình (2.23) đã được xác định từ 452 bộ số liệu thí nghiệm trong máng.

2.2.9. Phương pháp Parker (1990)

Parker (1990) đã xây dựng một hàm vận chuyển sỏi kinh nghiệm dựa trên khái niệm tính chuyển động ngang bằng và các số liệu thực tế. Hàm vận chuyển bùn cát đáy không thứ nguyên W_i^* và tham số ứng suất tiếp không thứ nguyên ϕ_i của Parker được xác định bằng:

$$W_i^* = \left(\frac{\gamma_s}{\gamma} - 1 \right) \frac{q_{bi}}{p_i DS \sqrt{gDS}} \quad (2.24)$$

$$\phi_i = \frac{DS}{d_i \tau_{ri}^*} \left(\frac{\gamma_s}{\gamma} - 1 \right)^{-1} \quad (2.25)$$

Giá trị của τ_{ri}^* dựa trên d_{50} bằng 0,875, nghĩa là:

$$\tau_{ri}^* = 0,875 \frac{d_{50}}{d_i} \quad (2.26)$$

trong đó: q_{bi} là bùn cát đáy qua mỗi đơn vị độ rộng kênh trong phần kích thước d_i ; D là độ sâu nước; S là độ dốc và p_i là phân trọng lượng trong kích thước d_i .

Do tính chuyển động ngang bằng của tất cả các kích thước, chỉ có một kích thước hạt d_{50} được sử dụng để đặc trưng cho lưu lượng bùn cát đáy như một hàm của ứng suất tiếp không thứ nguyên, tức là:

$$W^* = \begin{cases} 0,0025 \phi^{14.2} & \text{nếu } \phi_{50} < 1.0 \\ 0,0025 \exp\left\{ (\phi_{50} - 1) - 9,28(\phi_{50} - 1)^2 \right\} & \text{nếu } 1.0 \leq \phi_{50} \leq 1,59 \\ 13,685 \left(1 - \frac{0,853}{\phi_{50}} \right) & \text{nếu } \phi_{50} > 1,59 \end{cases} \quad (2.27)$$

Trong phương trình (2.27), ϕ_{50} dựa trên kích thước d_{50} . Phương trình này được làm cho phù hợp bằng kinh nghiệm nhờ sử dụng các số liệu thực tế với phạm vi kích thước bùn cát từ 18 đến 28 mm.

2.2.10. Công thức vận chuyển cát với nồng độ chất rửa trôi cao đã sửa đổi của Yang (1996)

Tất cả các hàm vận chuyển trên đều được xây dựng đối với vận chuyển bùn cát ở nơi ảnh hưởng của chất rửa trôi có thể được bỏ qua. Sự tồn tại của nồng độ chất rửa trôi cao có thể ảnh hưởng đáng kể đến độ nhớt của dòng chảy, độ thô thủy lực của bùn cát và mật độ tương đối hoặc trọng lượng tương đối của bùn cát. Đối với một tập hợp các điều kiện thủy lực đã cho, vận chuyển bùn cát không cân bằng có suất khác nhau có thể xảy ra do mức khác nhau của nồng độ chất rửa trôi cao. Yang và cộng sự (1996) đã viết lại công thức Yang năm 1979 dưới dạng sau đây cho dòng chảy chở đầy bùn cát có nồng độ chất rửa trôi cao:

$$\lg C_{ts} = 5,165 - 0,153 \lg \frac{\omega_{md}}{\nu_m} - 0,297 \lg \frac{U^*}{\omega_m} + \left(1,780 - 0,360 \lg \frac{\omega_{md}}{\nu_m} - 0,480 \lg \frac{U^*}{\omega_m} \right) \lg \left(\frac{\gamma_m}{\gamma_s - \gamma_m} \frac{VS}{\omega_m} \right) \quad (2.28)$$

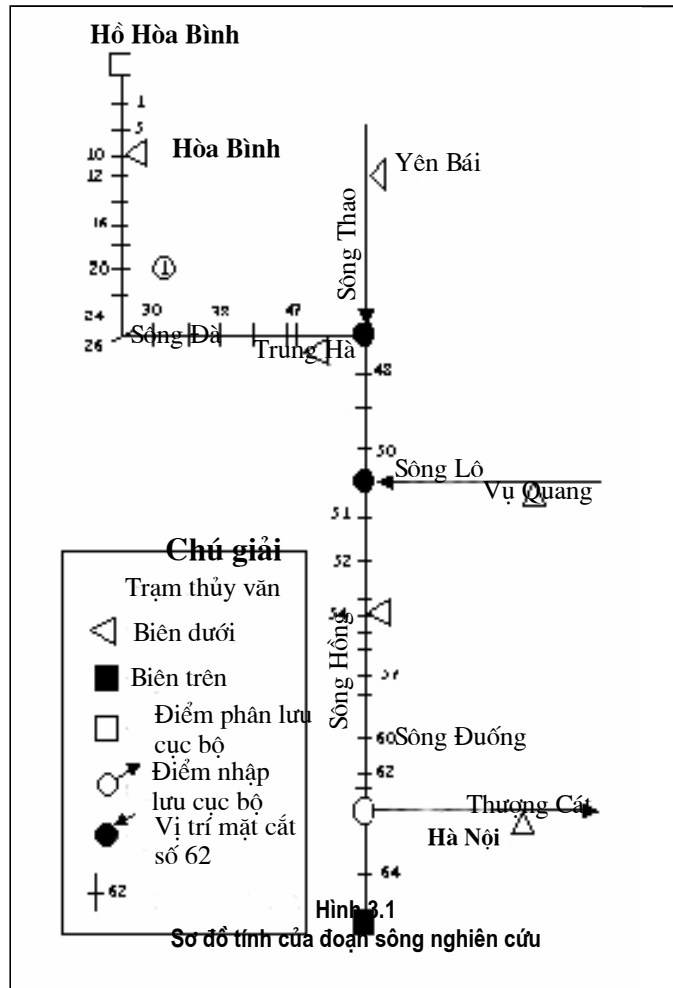
trong đó ω_m là độ thô thủy lực của hạt trong dòng chảy chở đầy bùn cát; ν_m là độ nhớt động học của dòng chảy chở đầy bùn cát; γ_s và γ_m tương ứng là trọng lượng riêng của bùn cát và của dòng chảy chở đầy bùn cát.

Các hệ số trong phương trình (2.28) giống hệt các hệ số trong phương trình (2.23). Tuy nhiên, các giá trị độ thô thủy lực, độ nhớt động học và trọng lượng riêng tương đối được sửa đổi đối với vận chuyển bùn cát trong các dòng chảy chở đầy bùn cát có nồng độ các vật liệu lơ lửng mịn cao. Các sửa đổi này được Yang và cộng sự thực hiện (1996) căn cứ vào bùn cát từ sông Hoàng Hà ở Trung Quốc, nơi nồng độ chất rửa trôi và chất tải vật liệu đáy rất cao.

3. Ứng dụng mô hình GSTARS 2.1 tính toán lựa chọn hàm vận chuyển bùn cát thích hợp cho đoạn sông Hồng từ Hoà Bình đến Hà Nội

3.1. Mô tả đoạn sông nghiên cứu

Đoạn sông nghiên cứu gồm đoạn sông Đà từ Hoà Bình đến ngã ba Thao-Đà và đoạn sông Hồng từ ngã ba Thao-Đà đến Hà Nội. Trên đoạn sông nghiên cứu này có hai



nhánh nhập lưu và một phân lưu. Nhánh nhập lưu thứ nhất là sông Thao tại ngã ba Thao-Đà và nhánh nhập lưu thứ hai là sông Lô tại ngã ba Lô-Hồng. Phân lưu duy nhất là sông Đuống từ ngã ba Hồng-Đuống.

Mô hình GSTARS 2.1 chỉ hạn chế cho những sông đơn nhưng có thể bao gồm các đóng góp nước và bùn cát bởi các nhánh chảy vào hoặc chảy ra khỏi đoạn sông mô hình hoá. Bởi vậy, có thể xem như trên đoạn sông nghiên cứu từ Hoà Bình đến Hà Nội có hai điểm nhập lưu cục bộ và một điểm phân lưu cục bộ. Điểm nhập lưu cục bộ thứ nhất là của sông Thao vào sông Đà tại ngã ba Thao-Đà và điểm nhập lưu thứ hai là của sông Lô vào sông Hồng tại Ngã ba Lô-Hồng. Điểm phân lưu cục bộ duy nhất là sông Đuống từ ngã ba Hồng-Đuống.

Đoạn sông nghiên cứu trên được sơ đồ hóa như trong hình 3.1.

3.2. Cơ sở số liệu

Dựa theo các yêu cầu về số liệu đầu vào của mô hình GSTARS 2.1, các số liệu sau đây đã được thu thập:

* *Số liệu địa hình*: do Đoàn khảo sát sông Hồng đo đạc bao gồm:

- 38 mặt cắt ngang (từ số 10 đến số 47) trên sông Đà đoạn từ Hoà Bình đến ngã ba Thao-Đà và 17 mặt cắt ngang (từ số 48 đến số 64) trên sông Hồng đoạn từ ngã ba Thao-Đà đến Hà Nội năm 1992.

- Trắc diện dọc đáy sông từ Hoà Bình đến Hà Nội năm 1992 và 1997.

* *Số liệu thủy văn*: đo đạc năm 1992 và 1993 của Trung tâm Khí tượng Thủy văn Quốc gia. Số liệu này bao gồm:

- Lưu lượng nước bình quân ngày tại các trạm Hoà Bình, Yên Bái, Vụ Quang và Thượng Cát.

- Mực nước bình quân ngày tại hai trạm Sơn Tây và Hà Nội.

* *Số liệu bùn cát*:

- Lưu lượng bùn cát lơ lửng bình quân ngày năm 1992 và 1993 tại các trạm Hoà Bình, Yên Bái, Vụ Quang và Thượng Cát.

- Số liệu phân tích thành phần hạt bùn cát lơ lửng ngày của 137 lần đo tại trạm Hoà Bình và 189 lần đo tại trạm Yên Bái các năm 70-73 của phòng Môi trường thuộc Viện Khoa học Thủy lợi.

- Số liệu phân tích thành phần hạt bùn cát lơ lửng trung bình tháng các năm 70 ÷ 74 tại trạm Thượng Cát và trung bình tháng trung bình nhiều năm tại trạm Vụ Quang.

- Số liệu phân tích thành phần hạt vật liệu đáy dọc sông Đà và sông Hồng đo đạc năm 1996 của Viện Khoa học Thủy lợi.

3.3. Phân tích, xử lý số liệu đầu vào

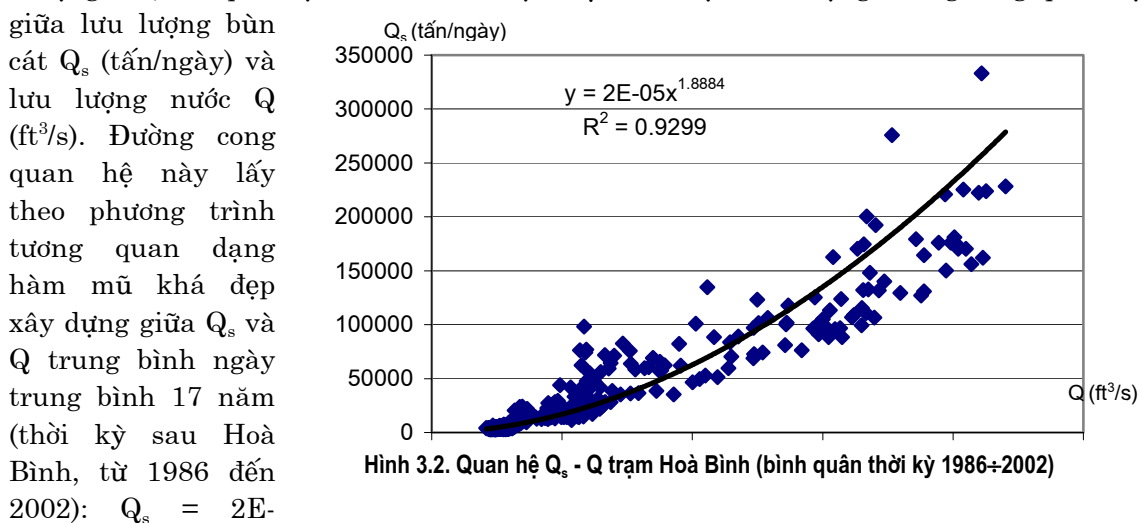
Số liệu đầu vào của mô hình GSTARS 2.1 bao gồm số liệu thủy lực và số liệu bùn cát.

3.3.1. Số liệu thủy lực: gồm số liệu hình dạng hình học lòng dẫn, các tham số thủy lực (các hệ số nhám, phương pháp tính tổn thất do ma sát, các hệ số tổn thất) và số liệu thủy văn.

Hình dạng hình học lòng dẫn của đoạn sông nghiên cứu được lấy số liệu thực đo năm 1992 của 55 mặt cắt ngang từ mặt cắt số 10 (trạm Hoà Bình) đến mặt cắt số 64 (trạm Hà Nội). Căn cứ vào hình dạng, chia từng mặt cắt ngang thành ba phân khu có hệ số nhám khác nhau: bãi trái, lòng chính và bãi phải. Từ kết quả hiệu chỉnh và kiểm nghiệm mô hình thủy lực trong công bố đầu [1], các hệ số nhám Manning n của lòng chính, của bãi sông và phương pháp tính độ dốc ma sát đã được xác định, cụ thể là: $n_{\text{lòng sông}} = 0,027$ và $n_{\text{bãi sông}} = 0,05$ và chọn sử dụng phương pháp tính độ dốc ma sát trung bình từ các đoạn sông kề liền. Đối với các số liệu thủy văn: với thời đoạn tính toán chọn bằng 1 ngày, quá trình lưu lượng nước đến đoạn sông nghiên cứu lấy quá trình lưu lượng nước bình quân ngày thực đo tại trạm Hoà Bình; quá trình lưu lượng gia nhập đoạn sông nghiên cứu tại điểm nhập lưu thứ nhất (mặt cắt số 48) lấy quá trình lưu lượng nước bình quân ngày thực đo tại trạm Yên Bái trên sông Thao; quá trình lưu lượng gia nhập đoạn sông nghiên cứu tại điểm nhập lưu thứ hai (mặt cắt số 51) lấy quá trình lưu lượng nước bình quân ngày thực đo tại trạm Vụ Quang trên sông Lô; quá trình lưu lượng chảy đi từ điểm phân lưu duy nhất (mặt cắt số 63) lấy quá trình lưu lượng nước bình quân ngày thực đo tại trạm Thượng Cát trên sông Đuống và quá trình mực nước tại mặt cắt kiểm soát phía hạ lưu (mặt cắt số 64) là quá trình mực nước bình quân ngày thực đo tại trạm Hà Nội.

3.4.2. Số liệu bùn cát: bao gồm số liệu dòng bùn cát chảy vào đoạn sông nghiên cứu qua mặt cắt xa nhất phía thượng lưu, dòng bùn cát chảy vào và chảy ra theo phương ngang tại các điểm nhập và phân lưu cục bộ, nhiệt độ nước, số liệu phân phối kích thước hạt của các lưu lượng bùn cát đến và vật liệu cấu tạo đáy.

Số liệu dòng bùn cát chảy vào đoạn sông nghiên cứu qua mặt cắt xa nhất phía thượng lưu, tức qua trạm Hoà Bình được chọn thể hiện dưới dạng đường cong quan hệ



Hình 3.2. Quan hệ Q_s - Q trạm Hoà Bình (bình quân thời kỳ 1986÷2002)

giữa lưu lượng bùn cát Q_s (tấn/ngày) và lưu lượng nước Q (ft^3/s). Đường cong quan hệ này lấy theo phương trình tương quan dạng hàm mũ khá đẹp xây dựng giữa Q_s và Q trung bình ngày trung bình 17 năm (thời kỳ sau Hoà Bình, từ 1986 đến 2002): $Q_s = 2E-05 \times Q^{1,8884}$ có $R^2 = 0,9299$ (hình 3.2).

Số liệu dòng bùn cát chảy vào và chảy ra theo phương ngang gồm:

- quá trình lưu lượng bùn cát từ sông Thao chảy vào tại điểm nhập lưu thứ nhất (mặt cắt 48) lấy quá trình lưu lượng bùn cát bình quân ngày thực đo tại trạm Yên Bái.

- quá trình lưu lượng bùn cát từ sông Lô chảy vào tại điểm nhập lưu thứ hai (mặt cắt 51) lấy quá trình lưu lượng bùn cát bình quân ngày thực đo tại trạm Vụ Quang.

- quá trình lưu lượng bùn cát chảy ra khỏi đoạn sông nghiên cứu từ điểm phân lưu duy nhất (mặt cắt 63) lấy quá trình lưu lượng bùn cát bình quân ngày thực đo tại trạm Thượng Cát trên sông Đuống.

Số liệu nhiệt độ nước sông lấy quá trình nhiệt độ nước bình quân tháng thực đo tại trạm Hoà Bình.

Số liệu phân phối kích thước hạt bùn cát tương ứng với 9 cấp lưu lượng nước đến đoạn sông nghiên cứu qua trạm Hoà Bình được chọn từ số liệu phân tích hạt của 189 mẫu bùn cát lấy tại trạm Hoà Bình.

Số liệu phân phối kích thước hạt bùn cát tương ứng với 9 cấp lưu lượng nước chảy vào đoạn sông nghiên cứu tại ngã ba Thao-Đà được chọn từ số liệu phân tích hạt của 189 mẫu bùn cát lấy tại trạm Yên Bái.

Số liệu phân phối kích thước hạt bùn cát tương ứng với của 9 cấp lưu lượng nước chảy vào đoạn sông nghiên cứu tại ngã ba Lô-Hồng được chọn từ số liệu phân tích hạt trung bình tháng trung bình nhiều năm tại trạm Vụ Quang.

Số liệu phân phối kích thước hạt bùn cát tương ứng với 9 cấp lưu lượng bùn cát chảy ra khỏi đoạn sông nghiên cứu từ ngã ba Hồng-Đuống được chọn từ số liệu phân tích hạt trung bình tháng các năm 70÷74 tại trạm Thượng Cát.

Số liệu phân phối kích thước hạt vật liệu đáy của 55 mặt cắt ngang của đoạn sông nghiên cứu lấy theo số liệu phân tích thành phần hạt vật liệu đáy dọc sông Đà và sông Hồng đo đạc năm 1996 của Viện Khoa học Thủy lợi.

Quá trình phân chia các lớp kích thước hạt bùn cát đến và vật liệu đáy được thực hiện theo hướng dẫn trong GSTARS2.1 căn cứ vào phạm vi kích thước hạt thực tế.

3.5. Điều kiện ban đầu và điều kiện biên

Số liệu thực đo năm 1992 của 55 mặt cắt ngang trên sơ đồ tính của đoạn sông nghiên cứu được sử dụng làm điều kiện địa hình ban đầu. Tại thời điểm ban đầu ($t=0$, chưa tính toán), lưu lượng và mực nước tại tất cả các mặt cắt đều bằng 0. Điều kiện biên trên là quá trình lưu lượng nước và bùn cát bình quân ngày tại trạm Hoà Bình. Điều kiện nội biên là lưu lượng nước và bùn cát nhập lưu cục bộ của nhánh sông Thao (trạm Yên Bái) và sông Lô (trạm Vụ Quang) cùng lưu lượng nước và bùn cát phân lưu cục bộ của sông Đuống tại trạm Thượng Cát. Điều kiện biên dưới là quá trình mực nước bình quân ngày tại trạm Hà Nội.

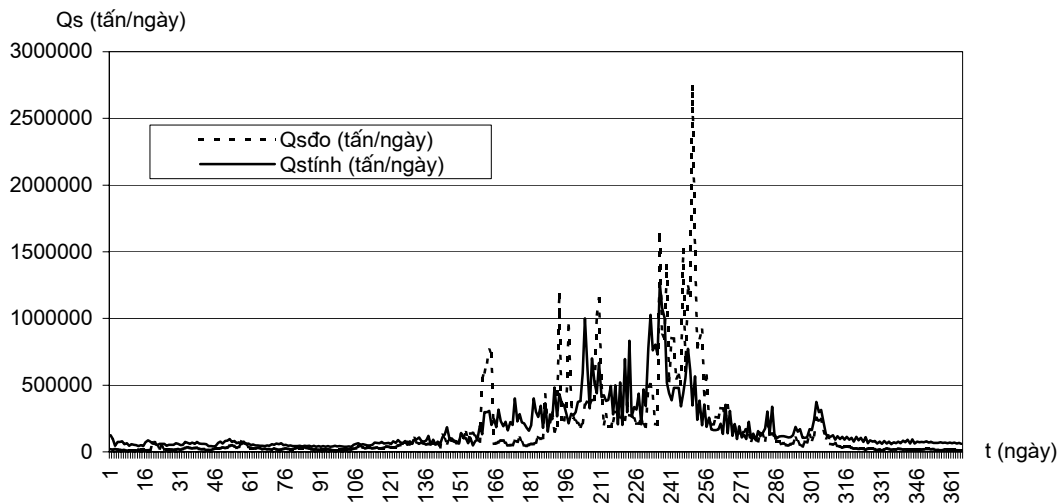
3.6. Kết quả tính toán và lựa chọn hàm vận chuyển bùn cát

Vì lấy số liệu địa hình đo đạc cuối năm 1992 làm số liệu địa hình ban đầu nên số liệu thủy văn và bùn cát năm 1993 được sử dụng để tính toán và lựa chọn hàm vận

chuyển bùn cát thích hợp cho đoạn sông nghiên cứu. Từ file số liệu đầu vào đã thiết lập, chạy mô hình GSTARS2.1 có vận chuyển bùn cát với 10 phương án sử dụng hàm vận chuyển bùn cát khác nhau. Lập chương trình con để trích đọc số liệu lưu lượng bùn cát bình quân ngày tính toán được cho trạm Sơn Tây tại mặt cắt số 54 (được chọn làm mặt cắt kiểm tra) sau mỗi lần chạy từ file đầu ra có phần mở rộng là SED. Với các số liệu trích đọc được, tiến hành vẽ phối hợp lên cùng một hệ trục tọa độ đường quá trình lưu lượng bùn cát bình quân ngày thực đo và tính toán được theo mỗi phương án hàm vận chuyển bùn cát đồng thời đánh giá mức độ phù hợp giữa chúng thông qua chỉ tiêu độ hữu hiệu R^2 của WMO và sai số quân phương tương đối của tổng lượng bùn cát năm (σ %). Kết quả phân tích các đồ thị vẽ phối hợp các đường quá trình lưu lượng bùn cát bình quân ngày thực đo và tính toán theo mỗi phương án hàm vận chuyển và các số liệu thống kê kết quả đánh giá từng hàm vận chuyển theo chỉ tiêu R^2 và σ (xem bảng 3.1) cho thấy:

- các kết quả tính toán từ các hàm vận chuyển bùn cát khác nhau sai khác nhau rất lớn và cũng sai khác khá nhiều so với số liệu thực đo.

- trong số 10 hàm vận chuyển bùn cát có thể thực hiện trong GSTARS2.1, chỉ có 4 hàm được đánh giá vào lại đạt theo tiêu chuẩn của WMO (có độ hữu hiệu R^2 nằm trong khoảng 40÷65%). Đó là: hàm vận chuyển bùn cát của Laussen (1958); hàm vận chuyển bùn cát của Engelund và Hansen (1972); công thức cát (1979) và sỏi (1984) của Yang; hàm vận chuyển bùn cát của Duboy (1979).



Hình 3.3. Đường quá trình lưu lượng bùn cát bình quân ngày thực đo và tính toán theo công thức Engelund và Hansen tại trạm Sơn Tây năm 1993

- trong số 4 hàm vận chuyển bùn cát có thể sử dụng được, hàm vận chuyển bùn cát của Engelund và Hansen cho kết quả tốt nhất vì có độ hữu hiệu lớn nhất ($R^2=54,56\%$), sai số quân phương tương đối của tổng lượng bùn cát nhỏ nhất ($\sigma = 9,86\%$) và đường quá trình lưu lượng bùn cát bình quân ngày ngày tính toán phù hợp nhất với đường quá trình thực đo (xem hình 3.3).

Bảng 3.1. Kết quả đánh giá các hàm vận chuyển bùn cát

TT	Hàm vận chuyển bùn cát	R ² (%)	σ (%)
1	Công thức Meyer-Peter và Muller (1948)	26,91	-55,75
2	Công thức Laussen (1958)	47,99	-19,19
3	Công thức Toffaleti (1969)	-1,52	131,41
4	Công thức của Enggelund và Hansen (1972)	54,56	9,86
5	Công thức của Ackers và White (1973)	28,37	-58,0
6	Công thức cát (1973) và sỏi (1984) của Yang	38,57	-36,01
7	Công thức cát (1979) và sỏi (1984) của Yang	45,91	-25,06
8	Công thức Yang sửa đổi (1996)	38,30	-36,11
9	Công thức của Ackers và White với các hệ số đã sửa đổi (1990)	28,37	-58,03
10	Công thức Duboy (1979)	46,32	-14,85

4. Kết luận

Với số liệu địa hình cuối năm 1992, số liệu thủy văn và bùn cát năm 1993, kết quả tính toán vận chuyển bùn cát nhờ ứng dụng mô hình GSTARS2.1 với 10 phương án sử dụng hàm vận chuyển bùn cát khác nhau đã cho phép kết luận rằng: hàm vận chuyển bùn cát của Enggelund và Hansen thích hợp nhất cho đoạn sông Hồng từ Hoà Bình đến Hà Nội. Chính vì vậy, hàm này sẽ được nghiên cứu sử dụng để tính toán vận chuyển bùn cát phục vụ việc mô phỏng và dự báo diễn biến đoạn sông nói trên trong nghiên cứu tiếp theo của đề tài.

Lời cảm ơn.

Nghiên cứu này được hoàn thành với sự hỗ trợ kinh phí của chương trình Nghiên cứu Cơ bản - Hội đồng Khoa học Tự nhiên - Bộ Khoa học và Công Nghệ (đề tài 740303, giai đoạn 2003-2005). Tác giả xin chân thành cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Thị Nga, Kết quả bước đầu tìm hiểu mô hình GSTARS2.1 và ứng dụng mô đun nước vật của mô hình tính trắc diện dọc mặt nước đoạn sông Hồng từ Hoà Bình đến Hà Nội, *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN*, T.XX, Số 3PT, 2004.
2. Nguyễn Thị Nga, Trần Thực., *Động lực học sông*, NXB Đại học Quốc gia Hà Nội, Hà Nội, 2003.
3. Trần Tuất và cộng sự, *Đặc trưng hình thái lưu vực sông Việt Nam*, Viện Khí tượng Thủy văn, Hà Nội, 1985.
4. Chih Ted Yang, *Sediment Transport - Theory and Practice*, McGraw - Hill Companies, Inc. 1996.
5. Chih Ted Yang and Francisco J.M.Simões, *User's Manual for GSTARS2.1 (Generalized Stream Tube model for Alluvial River Simulation version 2.1)*, U.S. Department of the Interior - Bureau of Reclamation - Technical Service Center - Denver, Colorado. December 2000.

VNU. JOURNAL OF SCIENCE, Nat., Sci., & Tech., T.XXI, N₀3AP., 2005

**RESULTS OF CALCULATION AND SELECTION SEDIMENT
TRANSPORT FUNCTION, THAT SUITS BEST FOR RED RIVER
REACH FROM HOA BINH TO HANOI APPLYING GSTARS2.1 MODEL**

Nguyen Thi Nga

*Department of Hydro-Meteorology & Oceanography
College of Science, VNU*

This scientific article introduced results of calculation and selection Sediment Transport Function, that suits best for Red river reach from Hoabinh to Hanoi applying GSTARS2.1 model. The results of sediment transport calculation according to 10 different Sediment Transport Functions with topographic data in 1992, hydrological and sediment data in 1993 applying GSTARS2.1 model show that: Sediment Transport Function of Engelund and Hansen suits best for Red river from Hoa binh to Hanoi. Therefore, this Function is selected in caculation and prediction Red river bed changes in following study of this subject.