

SỬ DỤNG TRỊ ĐO GPS TRONG BÀI TOÁN KHÔI PHỤC ĐIỂM THIÊN VĂN TRẮC ĐỊA BỊ MẤT

ThS. BÙI ĐĂNG QUANG

Cục Đo đạc và Bản đồ Việt Nam

Tóm tắt:

Như đã trình bày trong tài liệu [3], việc khôi phục các điểm thiên văn trắc địa bị mất trên thực địa là cần thiết với bài toán hiệu chỉnh hiện đại các dữ liệu thiên văn trắc địa trong CSDL trắc địa phục vụ xây dựng hệ thống thông tin trắc địa quốc gia. Hiện nay việc khôi phục các điểm thiên văn trắc địa bị mất bằng phương pháp đo hướng không còn tồn tại, thay vào đó là công nghệ GPS.

Bài báo này đề cập đến việc lập phương trình số hiệu chỉnh của trị đo GPS và trọng số của phương trình đó để đưa vào tính toán bình sai truy hồi khôi phục các điểm thiên văn trắc địa bị mất.

I. Đặt vấn đề

Trong tài liệu [3] đã trình bày quy trình phục hồi điểm thiên văn trắc địa bị mất và các thuật toán T thuận, T nghịch sử dụng cho bài toán phục hồi điểm. Khi một điểm thiên văn trắc địa bị mất, sau khi phục hồi lại điểm bị mất, tiến hành đo nối điểm này với các điểm đang tồn tại trên thực địa. Với mục đích hiệu chỉnh các dữ liệu đo GPS bổ sung trong mạng lưới thiên văn trắc địa quốc gia, chúng ta thực hiện các bước sau. Đầu tiên chúng ta cần loại bỏ tất cả các trị đo hướng của điểm bị mất tới các điểm khác theo thuật toán T nghịch, CSDL sẽ lưu lại kết quả loại bỏ trị đo gồm ma trận tam giác trên T_n , véc tơ Y_n , tổng bình phương có trọng số $[PVV]_n$ và véc tơ tọa độ gần đúng (ảnh số gần đúng) $X^{(0)}$. Bước tiếp theo chúng ta sẽ đưa các trị đo GPS vào tính toán bình sai truy hồi theo thuật toán T thuận để phục hồi lại điểm bị mất.

Bài báo sẽ đưa ra quy trình đưa các trị đo GPS (trị đo cạnh) vào quá trình tính toán bình sai truy hồi để khôi phục các mốc thiên văn trắc địa bị mất.

II. Giải quyết vấn đề

Các thông tin của baseline nhận được từ kết quả xử lý cạnh đo GPS là hiệu tọa độ không gian $(\Delta X, \Delta Y, \Delta Z)$ giữa hai điểm và ma trận tương quan bậc 3 giữa hai điểm $K_{\Delta X, \Delta Y, \Delta Z}$. Để đưa các trị đo GPS vào tính toán bình sai trong mạng lưới đo hướng, dựa trên hiệu tọa độ không gian và ma trận tương quan, chúng ta sẽ xác định được giá trị và trọng số cho các thành phần $\Delta x, \Delta y$

II.1. Phương pháp chuyển thành phần vectơ Baseline từ tọa độ không gian về tọa độ trắc địa

Theo tài liệu [2], từ các thông tin của hiệu tọa độ không gian $(\Delta X, \Delta Y, \Delta Z)$ sẽ xác định được hiệu tọa độ trắc địa $\Delta B, \Delta L$ theo các công thức sau:

$$\Delta B = B_2 - B_1 = \text{arcSin} \left[\frac{\text{Cos}B_1^{(0)} \cdot \Delta Z}{N_2 + H_2^{(0)}} - \frac{\left(1 - e^2 + \frac{H_1^{(0)}}{N_1}\right) \text{Sin}B_1^{(0)}}{1 + \frac{H_1^{(0)}}{N_1}} \times \right. \\ \left. \times \left(2 \cdot \text{Cos}B_2^{(0)} \cdot \text{Sin}^2 \frac{\Delta L}{2} + \frac{\text{Cos}L_1^{(0)} \cdot \Delta X + \text{Sin}L_1^{(0)} \cdot \Delta Y}{N_2 + H_2^{(0)}} \right) + \frac{2e^2 \cdot \text{Cos}B_1^{(0)} \cdot \text{Cos}B_m \cdot \text{Sin} \frac{\Delta B}{2}}{1 + \frac{H_2^{(0)}}{N_2}} + \right. \\ \left. + e^2 \cdot \text{Sin}B_1^{(0)} \times \left[\frac{2 \cdot \text{Sin}B_m \cdot \text{Sin} \frac{\Delta B}{2}}{\left(1 + \frac{H_1^{(0)}}{N_1}\right) \left(1 + \frac{H_2^{(0)}}{N_2}\right)} - \frac{\text{Cos}B_2^{(0)}}{\left(1 + \frac{H_1^{(0)}}{N_1}\right) \left(1 + \frac{N_2}{H_2^{(0)}}\right)} + \frac{\text{Cos}B_1^{(0)}}{\left(1 + \frac{H_2^{(0)}}{N_2}\right) \left(1 + \frac{N_1}{H_1^{(0)}}\right)} \right] \right] \\ \Delta L = L_2 - L_1 = \text{arcSin} \left[\frac{\text{Cos}L_1^{(0)} \cdot \Delta Y - \text{Sin}L_1^{(0)} \cdot \Delta X}{(N_2 + H_2^{(0)}) \cdot \text{Cos}B_2} \right] \\ N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \cdot \text{Sin}^2 B}}$$

trong đó: $B_1^{(0)}, L_1^{(0)}, H_1^{(0)}$ và $B_2^{(0)}, L_2^{(0)}, H_2^{(0)}$ là các tọa độ ellipsoid của các điểm 1 và 2 nhận được từ kết quả bình sai lưới GPS; a, e^2 - các tham số của ellipsoid thực dụng; N - bán kính cong của đường thẳng đứng thứ nhất.

II.2. Xác định giá số tọa độ $\Delta x, \Delta y$

Việc xây dựng công thức tính $\Delta x, \Delta y$ trực tiếp từ $\Delta B, \Delta L$ rất phức tạp. Vì vậy khi thực hiện công việc này ta có thể dùng tọa độ trắc địa của điểm vẫn tồn tại trong lưới (không phải điểm cần phục hồi) để tính ra tọa độ trắc địa B, L cho điểm cần phục hồi dựa vào các giá số tọa độ $\Delta B, \Delta L$. Tiếp theo thực hiện chuyển đổi từ hệ tọa độ trắc địa B, L về hệ tọa độ phẳng của các điểm. Sau khi đã thực hiện chuyển đổi ta dễ dàng tính được $\Delta x, \Delta y$ của cạnh đo GPS.

II.3. Xác định trọng số cho thành phần $\Delta x, \Delta y$

Khi phục hồi các điểm thiên văn trắc địa bằng trị đo GPS, trong tính toán bình sai truy hồi, trọng số các trị đo hướng và GPS được xác định như sau:

$$P_h = \frac{\mu^2}{m_h^2} \quad ; \quad P_{\Delta x, \Delta y} = \mu^2 \cdot K_{\Delta x, \Delta y}^{-1} \quad (1)$$

trong đó: P_h - trọng số cho các trị đo hướng

$P_{\Delta x, \Delta y}$ - Ma trận trọng số của các giá trị $\Delta x, \Delta y$

μ - Sai số trung phương đơn vị trọng số được lấy từ kết quả bình sai mạng lưới thiên văn trắc địa đã chọn từ trước.

* Tính chuyển ma trận tương quan $K_{\Delta X, \Delta Y, \Delta Z}$ về $K_{\Delta B, \Delta L}$

Theo tài liệu [1] ta có công thức $K_{\Delta B, \Delta L} = \gamma \cdot K_{\Delta X, \Delta Y, \Delta Z} \cdot \gamma^T$

với ma trận tương quan $K_{\Delta X, \Delta Y, \Delta Z}$ lấy từ lời giải cạnh GPS và $\gamma = \begin{pmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \end{pmatrix}$;
cách tính các hệ số của ma trận γ nêu trên được trình bày cụ thể trong tài liệu [1].

* Tính chuyển ma trận tương quan $K_{\Delta B, \Delta L}$ về $K_{\Delta x, \Delta y}$

Theo tài liệu [1] ta có công thức $K_{\Delta x, \Delta y} = C \cdot K_{\Delta B, \Delta L} \cdot C^T$ với $C = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} \\ C_{21} & C_{22} \end{bmatrix}$;

cách tính các hệ số của ma trận C nêu trên được trình bày cụ thể trong tài liệu [1].

Trọng số tính được $P_{\Delta x, \Delta y}$ là ma trận bậc 2x2 rất phức tạp khi xử lý trong quá trình tính toán bình sai truy hồi. Để các phương trình số cải chính gia số tọa độ $\Delta x, \Delta y$ đơn giản hóa trong quá trình đưa vào tính toán ta sẽ biến đổi phương trình đó sao cho ma trận trọng số tương ứng là $P = E$.

Giả sử ta có hệ phương trình số cải chính: $V = A \cdot \Delta X + L$, với ma trận trọng số P.

Ta có phương trình: $A^T P A \cdot \Delta X + A^T P L = 0$ (2)

Theo phương pháp Cholesky ta luôn xác định được ma trận tam giác trên T thỏa mãn $P = T^T T$. (3)

Thay (3) vào (2) ta có phương trình $A^T T^T T A \cdot \Delta X + A^T T^T T L = 0$ (4)

Đặt $TA = \bar{A}$, $TL = \bar{L}$ (5)

Thay (5) vào (4) chúng ta được: $\bar{A}^T \bar{A} \cdot \Delta X + \bar{A}^T \bar{L} = 0$ (6)

Phương trình (6) chính là phép biến đổi tương ứng từ phương trình số cải chính $\bar{V} = \bar{A} \Delta X + \bar{L}$ với trọng số $\bar{P} = E$

Từ lý luận trên rút ra kết luận: hệ phương trình số cải chính $\bar{V} = \bar{A} \Delta X + \bar{L}$ với ma trận trọng số $\bar{P} = E$ có thể thay thế cho hệ phương trình số cải chính $V = A \Delta X + L$ với ma trận trọng số P.

II.4. Lập phương trình số cải chính theo $\Delta x, \Delta y$

Phương trình gia số tọa độ cho cạnh đo AB bằng công nghệ GPS có dạng:

$$\begin{aligned} V_{d\Delta x} &= \delta x_B - \delta x_A + lx ; \\ V_{d\Delta y} &= \delta y_B - \delta y_A + ly ; \end{aligned} \quad (7)$$

trong đó: $\delta x_A, \delta y_A, \delta x_B, \delta y_B$ - số cải chính vào tọa độ của điểm A và B;

lx, ly - số hạng tự do của phương trình với: $lx = x_B^0 - x_A^0 - \Delta x; ly = y_B^0 - y_A^0 - \Delta y$

ma trận trọng số của hệ (7) là $P_{\Delta x, \Delta y} = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} \\ P_{12} & P_{22} \end{bmatrix}$, các thành phần của ma trận $P_{\Delta x, \Delta y}$ được tính theo công thức (1).

Theo (3) ta có phương trình

$$P_{\Delta x, \Delta y} = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} \\ P_{12} & P_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_{11} & 0 \\ T_{12} & T_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_{11} & T_{12} \\ 0 & T_{22} \end{bmatrix} \quad (8)$$

Giải hệ phương trình (8) ta tìm được ma trận:

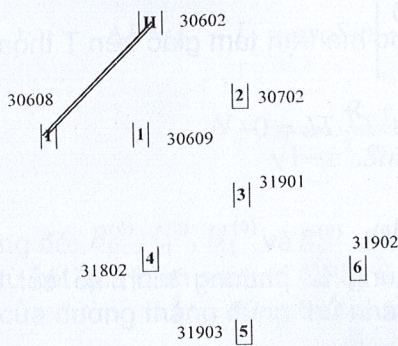
$$T = \begin{bmatrix} \sqrt{P_{11}} & \frac{P_{12}}{\sqrt{P_{11}}} \\ 0 & \sqrt{P_{22} - \frac{P_{12}^2}{P_{11}}} \end{bmatrix} \quad (9)$$

Kết hợp giữa (9), (5) thì hệ phương trình (7) tương ứng với hệ phương trình sau:

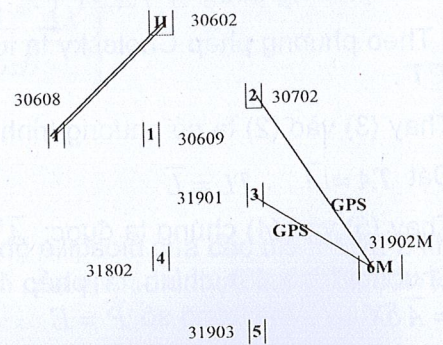
$$\begin{aligned} \bar{V}_{d\Delta x} &= \sqrt{P_{11}} \cdot \delta x_B - \sqrt{P_{11}} \cdot \delta x_A + \frac{P_{12}}{\sqrt{P_{11}}} \delta y_B - \frac{P_{12}}{\sqrt{P_{11}}} \delta y_A + (\sqrt{P_{11}} \cdot lx + \frac{P_{12}}{\sqrt{P_{11}}} ly) \\ \bar{V}_{d\Delta y} &= \sqrt{P_{22} - \frac{P_{12}^2}{P_{11}}} \cdot \delta y_B - \sqrt{P_{22} - \frac{P_{12}^2}{P_{11}}} \cdot \delta y_A + \sqrt{P_{22} - \frac{P_{12}^2}{P_{11}}} ly \end{aligned} \quad (10)$$

Hệ phương trình (10) là phương trình số cải chính giá số cạnh đo GPS với trọng số của các phương trình $P=1$.

III. Kết quả thực nghiệm:



Hình 1



Hình 2

Giả sử ta có mạng lưới như hình 1 bị mất điểm 31902. Trong CSDL trắc địa điểm 31902 bị loại bỏ đồng nghĩa với các hướng liên quan bị loại bỏ. Khi phục hồi trên thực địa chúng ta có điểm mới 31902M, đo GPS tới hai điểm là 30702, 31901 với các thông tin về cạnh đo như bảng 1.

Bảng 1

Thông số tính cạnh	Tên cạnh					
	31901-31902M			31902M-30702		
Occupation Time	4h02'			4h02'		
Reference Variance	3.942			5.320		
RMS	0.022			0.024		
ΔX (WGS84) (m)	-22034.305			23486.432		
ΔY (WGS84) (m)	-2612.692			-2269.169		
ΔZ (WGS84) (m)	-13298.627			30202.944		
Aposteriori Covariance Matrix	2.637038E-5			3.540402E-5		
	-3.218397E-5	1.127601E-4		-4.162161E-5	1.461491E-4	
	-1.016571E-5	2.713361E-5	9.368239E-6	-1.307701E-5	3.502478E-5	1.237521E-5

III.1. Tính các thành phần $(\Delta x, \Delta y)$ trên hệ VN 2000 theo $(\Delta X, \Delta Y, \Delta Z)$ trên hệ WGS84. Các thành phần $(\Delta X, \Delta Y, \Delta Z)$ sẽ được chuyển từ WGS84 về tọa độ $\Delta x, \Delta y$ trên hệ

VN2000 như bảng 2, 3, 4.

Bảng 2

Cạnh đo	31901-31902M			31902M-30702		
$\Delta X(VN2000)$ (m)			-22034.301			23486.429
$\Delta Y(VN2000)$ (m)			-2612.691			-2269.168
$\Delta Z(VN2000)$ (m)			-13298.621			30202.934
Aposteriori	2.637038E-5			3.540402E-5		
Covariance	-3.218397E-5	1.127601E-4		-4.162161E-5	1.461491E-4	
Matrix	-1.016571E-5	2.713361E-5	9.368239E-6	-1.307701E-5	3.502478E-5	1.237521E-5

Bảng 3

Cạnh đo	31901-31902M	31902M-30702
$\Delta B(VN2000)$	-00° 07' 31".807067	00° 17' 06".100584
$\Delta L(VN2000)$	00° 12' 17".198439	-00° 12' 15".703662

Bảng 4

Cạnh đo	31901-31902M	31902M-30702
$\Delta x(VN2000)$ (m)	-13652.663	31310.216
$\Delta y(VN2000)$ (m)	21980.395	-22121.961

III.2. Xác định ma trận trọng số cho các thành phần ($\Delta x, \Delta y$) trên hệ VN 2000

Quá trình xác định ma trận trọng số trong các bảng 5,6,7

Bảng 5

$K_{\Delta B, \Delta L}$	31901-31902M		$K_{\Delta B, \Delta L}$	31902M-30702	
	2.65966E-19	1.58733E-19		3.50149E-19	2.09948E-19
	1.58733E-19	4.22207E-19	2.09948E-19	5.79747E-19	

Bảng 6

$K_{\Delta x, \Delta y}$	31901-31902M		$K_{\Delta x, \Delta y}$	31902M-30702	
	1.08500E-05	6.21335E-06		1.42680E-05	8.20679E-06
	6.21335E-06	1.56382E-05	8.20679E-06	2.14231E-05	

Bảng 7

$P_{\Delta x, \Delta y}$	31901-31902M		$P_{\Delta x, \Delta y}$	31902M-30702	
	298.2814881	-118.5131577		224.7361535	-86.09222115
	-118.5131577	206.9529411	-86.09222115	149.6767207	

III.2. Lập các phương trình số hiệu chỉnh với ma trận trọng số $P=E$ để đưa vào tính toán bình sai truy hồi

Mạng lưới hình 2 có tọa độ gần đúng các điểm lưu trong CSDL như bảng 8

Bảng 8

Tọa độ gần đúng			
Ký hiệu	Tên điểm	x^0	y^0
1	30609	1881348.556	699648.393
2	30702	1887986.210	719550.744
3	31901	1870328.691	719692.249
4	31802	1859701.863	701323.958
5	31903	1845067.377	720139.746
6	31902M	1856676.028	741672.644

Các phương trình trị đo GPS theo (7) trong bảng 9 có ma trận trọng số trong bảng 7

Bảng 9

STT	äx1	äy1	äx2	äy2	äx3	äy3	äx4	äy4	äx5	äy5	äx6	äy6	Li
1					-1						1		0
2						-1						1	0
3			1								-1		-0.034
4				1								-1	0.061

Hệ phương trình của 2 cạnh trong bảng 9 sẽ tương ứng với hệ phương trình theo (10) trong bảng 10:

Bảng 10

STT	äx1	äy1	äx2	äy2	äx3	äy3	äx4	äy4	äx5	äy5	äx6	äy6	L'i	P'i
1					-17.271	6.861					17.271	-6.862	0	1
2						-12.644						12.644	0	1
3			14.991	-5.743							-14.991	5.743	-0.860	1
4				10.803								-10.803	0.659	1

Hệ phương trình gia số toạ độ trong bảng 10 với ma trận trọng số P=E chính là hệ phương trình cần tìm của 2 cạnh đo bổ sung bằng GPS.

IV. Kết luận:

Từ các bước lập phương trình số hiệu chính cạnh và thực nghiệm nêu trên, chúng ta hoàn toàn có thể sử dụng công nghệ GPS để khôi phục các điểm thiên văn trắc địa bị mất trong quy trình của bài toán bình sai truy hồi theo thuật toán T thuận.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Hà Minh Hòa, Dương Chí Công, Nguyễn Ngọc Lâu và nnk, Nghiên cứu ứng dụng công nghệ GPS để xác định chuyển dịch vỏ trái đất trên khu vực đứt gãy Lai Châu - Điện Biên. Báo cáo tổng kết khoa học kỹ thuật đề tài nghiên cứu khoa học cấp bộ Tài nguyên và Môi trường. Hà Nội 2006.
- [2]. Phạm Hoàng Lân, Về vấn đề tính chuyển kết quả đo GPS, tạp chí trắc địa bản đồ, N_o1, 1993, trang1-18. Cục Đo đạc và Bản đồ Nhà nước.
- [3]. Bùi Đăng Quang, Vấn đề loại bỏ trị đo liên quan đến điểm thiên văn trắc địa bị mất trong quy trình bình sai truy hồi khôi phục điểm, Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ, số 6, tháng 12/2010.○

Summary

USING GPS OBSERVATIONS IN PROBLEM OF RESTORATION OF MISSING ASTROGEODETTIC POINTS

MSc. Bui Dang Quang

Department of Survey and Mapping of Vietnam

(Xem tiếp trang 62)

thành xuất sắc những nhiệm vụ Bộ giao.

Chủ trì buổi làm việc, Thứ trưởng Bộ Tài nguyên và Môi trường đã khen ngợi những thành tích mà Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ đã đạt được trong thời gian qua, đặc biệt là hoàn thành các đề tài nghiên cứu khoa học đúng thời hạn. Tuy nhiên Viện cần mở rộng hợp tác khoa học hơn nữa với các đơn vị bạn trong Bộ cũng như ngoài Bộ và hợp tác quốc tế để đưa thương hiệu lên tầm cao mới.

Lãnh đạo các đơn vị trực thuộc Bộ chân thành cảm ơn sự hợp tác có hiệu quả, đặc biệt là trong công tác nghiên cứu khoa học với Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ. Và mong sự hợp tác ngày càng phát triển.

Bộ trưởng Bộ Tài nguyên và Môi trường

Phạm Khôi Nguyên chúc mừng Viện đã vượt qua nhiều khó khăn, đạt nhiều thành tích trong thời gian qua. Tuy nhiên lực lượng nghiên cứu khoa học của viện đặc biệt là những nhà khoa học đầu ngành còn thiếu. Viện cần mở rộng sự hợp tác, nhất là nghiên cứu khoa học hơn nữa để đáp ứng nhu cầu ngày càng cao không chỉ trong ngành mà còn ngoài ngành Tài nguyên và Môi trường.

Ông Hà Minh Hòa, Viện trưởng Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ thay mặt cán bộ, viên chức, người lao động cảm ơn sự quan tâm của Bộ trưởng Phạm Khôi Nguyên, Thứ trưởng Nguyễn Mạnh Hiển, lãnh đạo các đơn vị trực thuộc Bộ và hứa toàn Viện sẽ cố gắng hơn nữa để hoàn thành xuất sắc những nhiệm vụ được giao.○

SỬ DỤNG TRỊ ĐO GPS.....

(Tiếp theo trang 18)

As showed in [3], the restoration of missing astrogeodetic points is necessary in the problem of correction of astrogeodetic data in geodetic database for building the National Geodetic Information System. Nowadays GPS technology is used instead of remeasuring directions in restoration of missing astrogeodetic points.

This paper discusses the making adjustment equations of the GPS observations and their weight for recurrent adjustment in a group of problems in restoration of missing points.○

ỨNG DỤNG VIỄN THÁM VÀ GIS.....

(Tiếp theo trang 60)

[2]. Đặng Văn Bát (1999), Xây dựng các giải pháp công nghệ phòng chống ô nhiễm môi trường do khai thác than ở vùng than Quảng Ninh và triển khai thực hiện một số phương án được lựa chọn ở những vùng đặc trưng, Đề tài thuộc Bộ Khoa học Công nghệ và Môi trường, Trường Đại học Mở-Địa chất.

[3]. Trần Yêm (2001), Những vấn đề tài nguyên và môi trường liên quan đến khai thác than ở tỉnh Quảng Ninh (lấy vùng Hòn Gai-Cẩm Phả và lân cận làm ví dụ), Luận án tiến sĩ Địa lý, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Hà Nội.

[4]. Kiều Văn Thành (2005), Điều tra, đánh giá những yếu tố tác động môi trường vùng nuôi thủy hải sản tập trung và đề xuất

giải pháp phát triển bền vững tại Quảng Ninh, Báo cáo kết quả đề tài, Sở Thủy Sản Quảng Ninh.

[5]. Đặng Trung Thuận và nnk (1998), Nghiên cứu biến động môi trường do hoạt động kinh tế và quá trình đô thị gây ra, các biện pháp kiểm soát và làm sạch, đảm bảo phát triển bền vững vùng Hạ Long - Quảng Ninh - Hải Phòng, Báo cáo kết quả đề tài, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Hà Nội.

[6]. Chương trình tài nguyên và môi trường KHCN-07. Đề tài KHCN-07-06 (Đặng Trung Thuận chủ biên). Nghiên cứu sự biến động tài nguyên và môi trường do các hoạt động kinh tế và các giải pháp tổng hợp để phát triển bền vững khu vực Hạ Long-Quảng Ninh-Hải Phòng, 1998.○