

1. LỜI MỞ ĐẦU

Hệ thống định vị toàn cầu (Global Positioning System) - một hệ thống dẫn đường và định vị chính xác dựa trên các vệ tinh NAVSTAR (Navigation Satellite Timing And Ranging) được xây dựng và phát triển bởi Bộ quốc phòng Mỹ. Hệ thống này hiện đang được sử dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực: trắc địa, địa chất, dầu khí, thủy văn, xây dựng, hải dương học, du lịch....

Khi khảo sát thiết kế và thi công xây dựng các công trình ở vùng địa hình đặc biệt khó khăn (Công trình thủy điện, cầu vượt sông .v.v) công tác truyền độ cao bằng phương pháp thủy chuẩn hình học truyền thống gặp rất nhiều khó khăn, hiệu quả kinh tế không cao và trong nhiều trường hợp không thể thực hiện được do yếu tố địa hình gây nên. Bằng kết quả đo GPS tương đối tĩnh có thể xác định chênh cao trắc địa (H) giữa hai điểm cách xa nhau từ 1 - 8 km với độ chính xác rất cao. Nhưng giá trị chênh cao này lại không sử dụng được trong trắc địa công trình vì hệ độ cao sử dụng là hệ độ cao thường. Nghiên cứu xây dựng thuật toán và lập chương trình máy tính để tính chuyển độ cao đo bằng công nghệ GPS về hệ độ cao thi công công trình sẽ đem lại hiệu quả kinh tế cũng như đáp ứng được yêu cầu về tiến độ thời gian khi khảo sát thiết kế và thi công xây dựng các công trình tại vùng địa hình khó khăn

Xuất phát từ những điều kiện khách quan và chủ quan, nhất là yêu cầu từ thực tiễn sản xuất, tôi đã tham khảo đề xuất và được phép thực hiện đề tài Nghiên cứu xây dựng thuật toán và lập chương trình tính chuyển độ cao GPS trong trắc địa công trình bằng phương pháp sử dụng hàm địa hình của Walter H.F. Smith

2. MỤC TIÊU ĐỀ TÀI

Nghiên cứu nguyên lý đo cao bằng công nghệ GPS. Từ đó xây dựng thuật toán phù hợp với quá trình tính toán thực tế. Lập chương trình tự động hóa quá trình tính toán để tính chuyển độ cao GPS về hệ độ cao thi công, nhằm đáp ứng

được yêu cầu về độ chính xác, cũng như đẩy nhanh tiến độ đo cao trong khảo sát, thiết kế và thi công xây dựng công trình ở những khu vực có đặc điểm địa hình khó khăn.

3.NỘI DUNG CỦA ĐỀ TÀI

1.Phương pháp hình sử dụng hàm địa hình của Walter H.F. Smith

Công thức thức nội suy dị thường độ cao xuất phát từ hàm toán học sau:

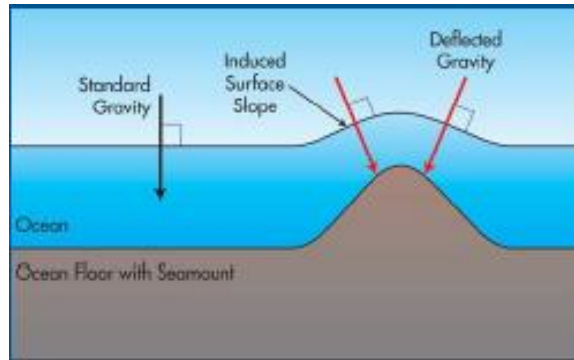
$$N = a_0 + a_1X + a_2Y + a_3h_{tb} = N_0 + \delta_N$$

Với giả thiết trong phạm vi không lớn, độ cao Geoid nhận được từ mô hình Geoid toàn cầu có quy luật gần với phần biến đổi tuyến tính của $N_0 = a_0 + a_1X + a_2Y$. Như vậy $\delta_N = a_3h_{tb}$ được coi như là phần “dị thường” của độ cao Geoid do ảnh hưởng của độ cao bề mặt địa hình. Phần “dị thường” này có hệ số a_3 (nằm trong giới hạn từ $-0.008 \div -0.006$) cố định cho đặc trưng từng loại địa hình khu vực xét và phụ thuộc vào độ cao trung bình của địa hình xung quanh điểm xét trong một bán kính R đủ lớn.

Trong trắc địa công trình độ cao thường gắn với mặt Kvadigeoid của khu vực nên cũng có thể đưa ra thuật toán tương tự với đối tượng hàm xét ở đây là dị thường độ cao ζ . Các tham số a_0, a_1, a_2, a_3 xác định tùy thuộc vào từng công trình. Các biến của hàm chính là tọa độ phẳng và độ cao trắc địa nhận được từ công nghệ GPS với lưu ý dùng tọa độ trọng tâm của các điểm tham gia quá trình tính toán nội suy để thể hiện mối quan hệ tương đối về mặt bằng giữa các điểm trong khu vực.

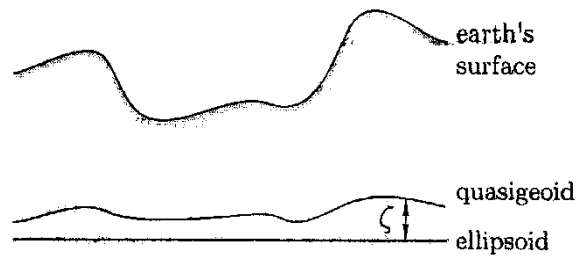
a. Cơ sở lý thuyết

Rất nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng ảnh hưởng của địa hình đến độ cao Geoid là rất phức tạp, theo Walter H.F Smith, tại vùng núi ngầm của đại dương bề mặt nước đại dương cũng được nâng lên.



Mặt đại dương và địa hình đáy

Ngoài ra theo mối quan hệ giữa độ cao địa hình và mặt Quasigeod cũng thể hiện khá rõ.



. Bề mặt đất và mặt quasigeoid

Trên một phạm vi giới hạn mà công trình xây dựng, quy luật biến đổi địa thường độ cao có xét đến ảnh hưởng độ cao bề mặt địa hình được thể hiện qua biểu thức :

$$N = a_o + a_1 X + a_2 Y + a_3 h_{tb} = N_o + \delta_N$$

Trong đó: a_o , a_1 , a_2 , a_3 là các tham số cần xác định của quy luật biến đổi

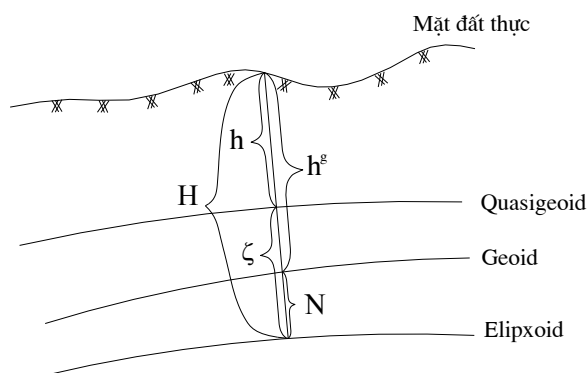
X , Y là tọa độ của điểm

h_{tb} là độ cao trung bình của điểm xét

$$N_o = a_o + a_1 X + a_2 Y$$

$$\delta_N = a_3 h_{tb}$$

Trên một phạm vi không lớn, giá trị độ cao Geoid nhận được từ mô hình Geoid toàn cầu có quy luật gần với phần biến đổi tuyến tính của N_0 . Như vậy δ_N được coi là phần “dị thường” của độ cao Geoid do ảnh hưởng của độ cao bề mặt địa hình.



Mặt cắt địa hình

Tại các điểm song trùng ta có thể tính N theo công thức:

$$N = H - h^g$$

b. Thuật toán ứng dụng trong trắc địa công trình

Trắc địa công trình xét trong một phạm vi nhỏ nên có thể coi quy luật biến đổi dị thường độ cao có xét đến ảnh hưởng độ cao bề mặt địa hình được thể hiện qua biểu thức:

$$\zeta = a_0 + a_1x + a_2y + a_3H$$

Trong đó: ζ là dị thường độ cao

a_0, a_1, a_2, a_3 là các tham số cần xác định của quy luật biến đổi

H là độ cao trắc địa

x, y là các hiệu tọa độ phẳng của điểm song trùng so với điểm trung bình của cả khu vực, xác định như sau:

$$x = X - \bar{X} = X - \frac{[X]}{n} \text{ và } y = Y - \bar{Y} = Y - \frac{[Y]}{n}$$

($\bar{X}, \bar{Y}$ là giá trị tọa độ phẳng trung bình của các điểm tham gia tính toán nội suy,
n là tổng số điểm tham gia tính toán nội suy)

Mặt khác ta lại có mối quan hệ giữa độ cao ζ , độ cao trắc địa H và độ cao thủy chuẩn h như sau:

$$\zeta = H - h$$

Đối với mỗi điểm song trùng đã biết độ cao thủy chuẩn và độ cao trắc địa thì ta sẽ có một phương trình. Vì thế số điểm song trùng cần biết ít nhất là 4. Khi số lượng điểm song trùng lớn hơn 4 thì các hệ số a_0, a_1, a_2, a_3 của quy luật biến đổi sẽ xác định theo nguyên lý số bình phương nhỏ nhất.

Viết dưới dạng ma trận ta có:

$$AX + L = 0$$

Trong đó A là ma trận hệ số

X là ma trận ẩn số

L là ma trận số hạng tự do

$$A = \begin{bmatrix} 1 & x_1 & y_1 & H_1 \\ 1 & x_2 & y_2 & H_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & x_n & y_n & H_n \end{bmatrix}; \quad X = \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix}; \quad L = \begin{bmatrix} l_1 \\ l_2 \\ \dots \\ l_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -(H_1 - h_1) \\ -(H_2 - h_2) \\ \dots \\ -(H_n - h_n) \end{bmatrix}$$

(n là số lượng điểm song trùng, điều kiện $n \geq 4$)

Như vậy nếu các hệ số a_0, a_1, a_2, a_3 xác định từ hệ (3.7) thì ta sẽ tìm được độ cao cho từng điểm và thay vào (3.8) sẽ tính được độ cao thủy chuẩn h.

$$h = H - \zeta$$

2. Hàm lập trên ngôn ngữ lập trình C của phương pháp Walter H.F. Smith

```
void W_Smith()
{ int i, j, nst, ntt ;
  FILE *fp, *fpr;
  double ast[maxhang][4], att[maxhang][3];
  char tdst[maxhang][6], tdt[maxhang][6], tg[5];
  double tongx = 0, tongy = 0, x, y, htd, htc;
  printf("Moi nhap ten tep song trung : ");
  fflush(stdin); gets(tt); fp = fopen(tt, "r");
  if (fp==NULL) { printf(" Khong doc duoc tep, nhan phim bat ky ket thuc
!"); getch();}
  else
  {
    fscanf(fp, "%d", &nst);
    for(i=0; i<nst; i++)
    { fscanf(fp, "%s%lf%lf%lf%lf", &tg, &x, &y, &htd, &htc);
      ast[i][0]=x; ast[i][1]=y; ast[i][2]=htd; ast[i][3] = htc;
      strcpy(tdst[i], tg); tongx = tongx + x; tongy = tongy + y;
    }
    fclose(fp);
    printf("Moi nhap ten tep tinh toan : ");
    fflush(stdin); gets(tt); fp = fopen(tt, "r");
    if (fp==NULL) { printf(" Khong doc duoc tep, nhan phim bat ky ket thuc
!"); getch();}
    else
    { fscanf(fp, "%d", &ntt);
      for(i=0; i<ntt; i++)
      { fscanf(fp, "%s%lf%lf%lf%lf", &tg, &x, &y, &htd);
        att[i][0]=x; att[i][1]=y; att[i][2]=htd;
        strcpy(tdt[i], tg); tongx = tongx + x; tongy = tongy + y;
      }
      fclose(fp);

      tongx = tongx /(ntt+nst); tongy = tongy/(ntt+nst);
      // Thanh lap he phuong trinh so hieu chinh
      for(i=0; i<nst; i++)
      { A[i][0] = 1; A[i][1] = ast[i][0] - tongx;
        A[i][2] = ast[i][1]- tongy; A[i][3] = ast[i][2];
        A[i][4] = ast[i][3]-ast[i][2];
      }
      // Thanh lap he phuong trinh chuan
      LapPTC(nst, 5);
      GiaiMaTran(4);
      TinhNghiem(4);
      //danh gia do chinh xac
      clrscr();
      printf("\nKET QUA DANH GIA DO CHINH XAC VOI PHUONG PHAP SO HIEU CHINH DIA
HINH");
      printf("\n STT      X      Y      Htd      dn      Hns
Htc");
      double mtp = 0;
      for(i=0; i<nst; i++)
      { double dn = X[0] + X[1]*A[i][1] + X[2]*A[i][2] + X[3]*A[i][3];
```

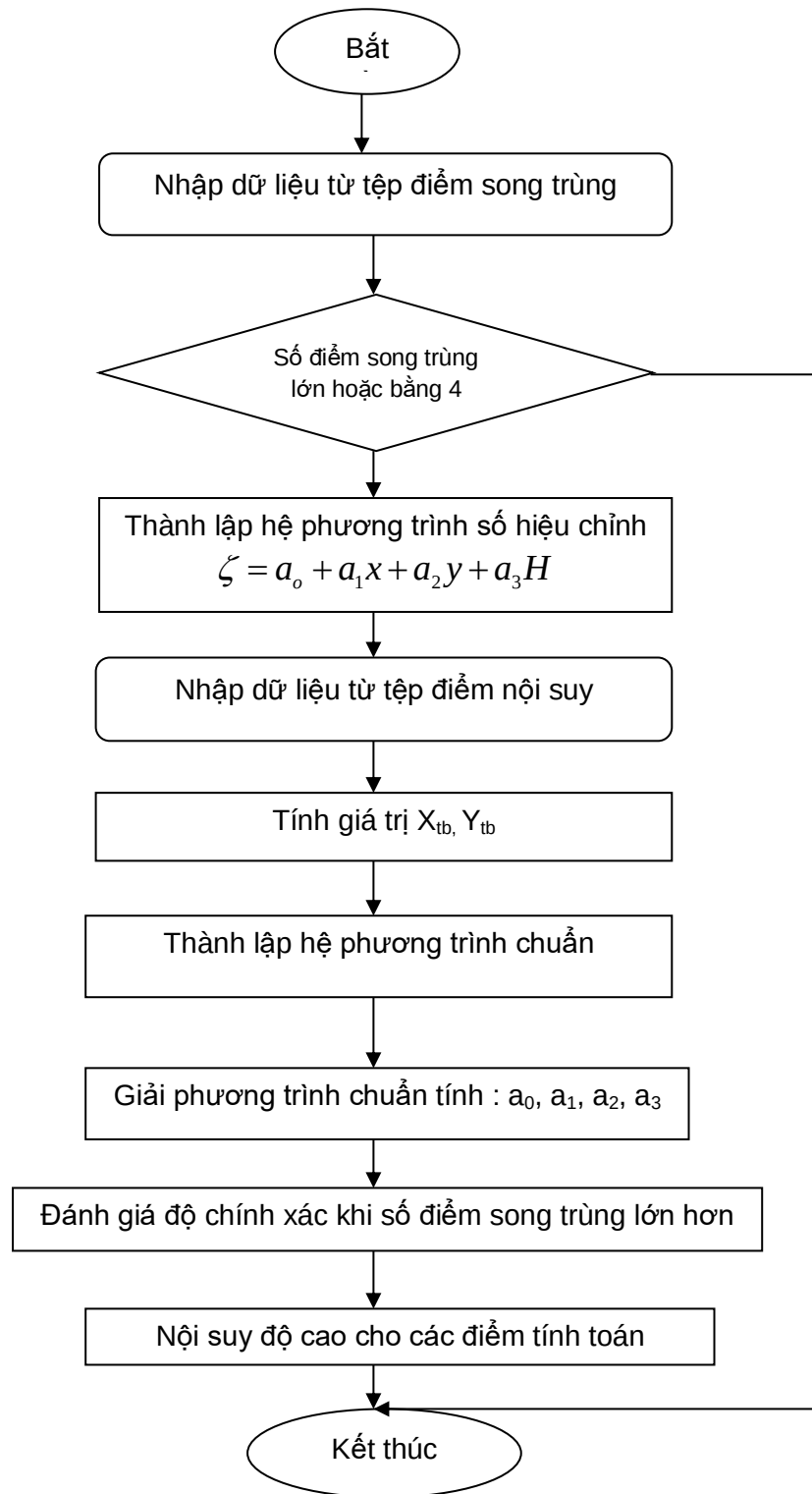
```

        printf("\n%5s %12.4lf %12.4lf %10.4lf %10.4lf %10.4lf
%10.4lf",tdst[i],ast[i][0],ast[i][1],ast[i][2],dn,ast[i][2]-dn,ast[i][3]);
        mtp = (ast[i][2]-dn-ast[i][3])*(ast[i][2]-dn-ast[i][3]);
    }
    printf("\nSai so trung phuong m = %10.5lf",sqrt(mtp/(2*nst)));
    // Noi suy tinh do cao thi cong cho cac diem

    printf("\nMoi nhap ten tep ket qua tinh toan : ");
    fflush(stdin); gets(tt);
    fp = fopen(tt, "w");
    if (fp==NULL) { printf(" Khong doc duoc tep, nhan phim bat ky ket thuc
!"); getch();}
    else
    { fprintf(fp," STT, X, Y, Htd, dn, Hns\n");
      printf("\n KET QUA NOI SUY CHO CAC DIEM TINH TOAN");
      printf("\n STT      X      Y      Htd      dn      Hns");
      for(i=0; i<ntt; i++)
      {double x = att[i][0] - tongx, y = att[i][1] - tongy;
        double dn = X[0] + X[1]*x + X[2]*y + X[3]*att[i][2];

fprintf(fp,"\n%5s,%12.4lf,%12.4lf,%10.4lf,%10.4lf,%10.4lf",tdtt[i],att[i][0],a
tt[i][1],att[i][2],dn,att[i][2]-dn);
        printf("\n%5s %12.4lf %12.4lf %10.4lf %10.4lf
%10.4lf",tdtt[i],att[i][0],att[i][1],att[i][2],dn,att[i][2]-dn);
      }
      fprintf(fp,"\nSstp, m , = , %10.5lf",sqrt(mtp/(2*nst)));
      printf("\n Sstp m = %10.5lf",sqrt(mtp/(2*nst)));
      fclose(fp);
      printf("\n\n Moi nhan phim bat ky de ket thuc !"); getch();
    }
  }
}
}

```



Sơ đồ khối hàm chương trình phương pháp số hiệu chỉnh địa hình.

4. Kết quả thử nghiệm cho tuyến đường Hồ Chí Minh

Tuyến đường Hồ Chí Minh được xây dựng phía đông Trường Sơn có độ cao trung bình từ 350 - 850m để đưa vào tính toán thực nghiệm. Đây là công trình xây dựng trên địa hình miền núi và trung du. Đoạn tuyến đi qua tỉnh Playcu có chiều dài khoảng 115 Km được đo 40 điểm GPS hạng IV và dẫn độ cao thủy chuẩn hạng IV đến tất cả các điểm GPS. Để tính toán thực nghiệm cho chương trình, tác giả chọn các điểm GPS20, GPS21, GPS22, GPS23, GPS24, GPS 25 để kiểm định độ tin cậy của chương trình. Đây là những điểm song trùng co đo cao GPS và đo cao hình học.

Kết quả kiểm tra tuyến theo tiêu chuẩn đánh giá độ chính xác cho phép khi dẫn thủy chuẩn hạng IV (Sai số khép giới hạn $20\sqrt{L}$)

Tuyến: GPS20; GPS21; GPS22; GPS23; GPS24; GPS25

Số đoạn đo $N = 5$

Chiều dài tuyến: $[S] = 15.44$ (km)

Sai số khép cho phép : $Wh_{(gh)} = 20\sqrt{L} = 0.078$ (m)

Tọa độ, độ cao trắc địa, độ cao thủy chuẩn các điểm song trùng.

STT	X	Y	Htđ	Htc
gps20	1357519.640	402223.767	869.302	868.063
gps21	1354487.796	403654.356	876.600	875.337
gps22	1352040.970	404057.745	855.584	854.301
gps23	1349341.664	405675.871	859.019	857.711
gps24	1345698.023	406250.511	839.541	838.236
gps25	1342798.643	406877.938	810.838	809.525

Kết quả nội suy độ cao theo phương pháp số hiệu chỉnh địa hình

STT	X	Y	Htd	dn	Hns
gps20	1357519.64	402223.767	869.302	1.2424	868.0596
gps21	1354487.796	403654.356	876.6	1.2686	875.3314
gps22	1352040.97	404057.745	855.584	1.2715	854.3125
gps23	1349341.664	405675.871	859.019	1.3056	857.7134
gps24	1345698.023	406250.511	839.541	1.3072	838.2338
gps25	1342798.643	406877.938	810.838	1.3157	809.5223
Sstp	m	=	0.0008		

- Lựa chọn các điểm GPS20 đến GPS25 làm điểm song trùng.

- Sai số trung phương nội suy :

$$m_0 = \pm \sqrt{\frac{[dd]}{2n}} = 0.0008 \text{ (m)}$$

4. KẾT LUẬN

Từ kết quả tính toán thực nghiệm cho một số tuyến đường cao tốc Hồ Chí Minh đoạn từ GPS20 đến GPS25 :

- So với các phương pháp đo cao truyền thống thì phương pháp đo cao GPS có nhiều ưu điểm hơn. Việc ứng dụng đo cao GPS trong khảo sát và thi công các tuyến đường cao tốc đã đem lại những hiệu quả kinh tế rõ rệt.

- Phương pháp đo cao GPS đã hoàn toàn đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật trong quy trình, quy phạm ngành.

- Kết quả tính thực nghiệm chương trình cho tuyến đường Hồ Chí Minh, đoạn từ GPS20 đến GPS25. Modul của chương trình cho độ chính xác chính

xác đảm bảo yêu cầu qui phạm ngành. Vì vậy chương trình hoàn toàn có thể áp dụng cho thực tế sản xuất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Đặng Nam Chinh, Đặng Viết Khanh (2000),”Chuyển độ cao qua sông bằng máy thu GPS trimble 4600 LS ”, *Đặc san khoa học công nghệ địa chính* 2000 (1),tr 9-13.
2. Đỗ Ngọc Đường, Đặng Nam Chinh (2003), *Bài giảng công nghệ GPS*, Hà nội .
3. Đỗ Ngọc Đường(2004), *Cơ sở trắc địa cao cấp*, Hà Nội.
4. Phạm Thị Tuyết Lan (2009), *Nghiên cứu một số biện pháp nâng cao độ chính xác đo cao bằng công nghệ GPS trong trắc địa công trình*, Luận văn thạc sĩ kỹ thuật , Đại học Mỏ- Địa chất, Hà Nội.
5. Lê Hoàng Linh (2013) , *Nghiên cứu độ chính xác đo caobawngf công nghệ GPS trong trắc địa công trình*, Luận văn thạc sĩ kỹ thuật, Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.
6. Vũ Đức Long (2010) , *Nghiên cứu ứng dụng đo cao GPS trong khảo sát các công trình giao thông*, Luận văn thạc sĩ kỹ thuật, Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.
7. Trần Viết Tuấn (2006),“ Tính chuyển độ cao các điểm đo GPS về hệ độ cao thi công công trình ”, *Tuyển tập các công trình khoa học Mỏ -Địa chất, (Chuyên đề kỷ niệm 40 năm thành lập khoa Trắc địa –6/2006)*, Tr.124-126.
8. Trần Viết Tuấn (2007), *Nghiên cứu ứng dụng công nghệ GPS trong trắc địa công trình ở Việt Nam*, *Luận án tiến sĩ kỹ thuật*.
9. *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về xây dựng lưới độ cao* (2008), Hà Nội.

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ ĐỊA CHẤT**

BÁO CÁO HỌC THUẬT 2026

Tên đề tài :

**Nghiên cứu xây dựng thuật toán
và lập chương trình tính chuyển độ cao GPS
trong trắc địa công trình bằng phương pháp
sử dụng hàm địa hình của Walter H.F. Smith**

Tác giả đề tài : *Phạm Đức Hậu, bộ môn HTTT&TT*

Hà Nội 06/2026

