



บทที่ 3

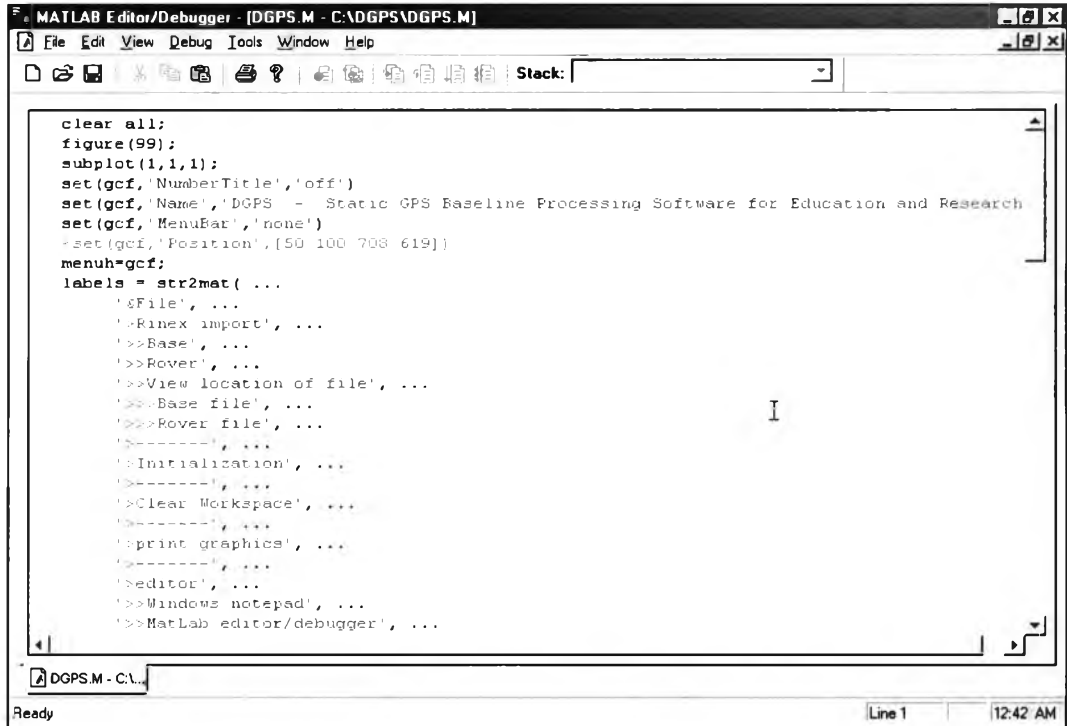
ซอฟต์แวร์สำหรับประมวลผลสัญญาณจีพีเอส

ในบทนี้จะกล่าวถึงหลักการทำงานและองค์ประกอบของซอฟต์แวร์โดยภาพรวมว่ามีแนวทางอย่างไร, มีการใช้ไฟล์อะไรบ้าง, การสร้างข้อมูลให้เกิดความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากคลื่นหลุด, การกระจายค่าจากตัวแปร, ผลลัพธ์ที่ได้ พร้อมทั้งอธิบายถึงหลักการทำงานโดยมีรูปภาพประกอบเพื่อความเข้าใจที่ง่ายขึ้น

3.1 หลักการทำงานและองค์ประกอบของซอฟต์แวร์

ในการพัฒนาซอฟต์แวร์จำเป็นต้องอาศัยองค์ความรู้หลายด้านดังเช่น เทคนิคการคำนวณ ปรับแก้ด้วยวิธี Least Squares รูปแบบมาตรฐานข้อมูลจีพีเอส การคำนวณตำแหน่งดาวเทียม แบบจำลองค่าคลาดเคลื่อนต่างๆ เป็นต้น องค์ความรู้พื้นฐานเหล่านี้บางส่วนก็มีอยู่ในหนังสือจีพีเอส ทั่วไปหลายเล่ม เช่น Leick (1995), Rizos (1997), Teunissen and Kleusberg (1998) เป็นต้น และบางส่วนก็จะได้จากบทความวิจัยที่เกี่ยวข้อง นอกจากนี้การพัฒนาซอฟต์แวร์ดังกล่าวก็ยังเกี่ยวข้องไปถึงการเรียนรู้รูปแบบคำสั่งและภาษาคอมพิวเตอร์ ซึ่งจากทฤษฎีในการคำนวณหาค่าสัญญาณ (Baseline) ได้ถูกแปลงให้เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรม Matlab 5.3 ซึ่งมีรายละเอียดของขั้นตอนและไฟล์ที่เกี่ยวข้องโดยสังเขปดังนี้

3.1.1 การเรียกเมนูหลัก – เป็นการเรียกเมนูหลักของซอฟต์แวร์ ซึ่งจะทำหน้าที่เชื่อมต่อกับทุกคำสั่งในการคำนวณและแสดงผล โดยมีไฟล์ที่เกี่ยวข้อง คือ DGPS.m ตัวอย่างของคำสั่งดังที่แสดงในรูปที่ 3.1 ซึ่งรูปแบบของคำสั่งในโปรแกรม Matlab สามารถอ่านได้จาก Help ของโปรแกรม



```

MATLAB Editor/Debugger - [DGPS.M - C:\DGPS\DGPS.M]
File Edit View Debug Tools Window Help
Stack:
clear all;
figure(99);
subplot(1,1,1);
set(gcf,'NumberTitle','off')
set(gcf,'Name','DGPS - Static GPS Baseline Processing Software for Education and Research')
set(gcf,'MenuBar','none')
set(gcf,'Position',[50 100 700 619])
menuh=gcf;
labels = str2mat( ...
    '%File', ...
    '%Rinex import', ...
    '>>Base', ...
    '>>Rover', ...
    '>>View location of file', ...
    '>>Base file', ...
    '>>Rover file', ...
    '-----', ...
    '%Initialization', ...
    '-----', ...
    '%Clear Workspace', ...
    '-----', ...
    '%print graphics', ...
    '-----', ...
    '%editor', ...
    '>>Windows notepad', ...
    '>>MatLab editor/debugger', ...
)

```

รูปที่ 3.1 แสดงตัวอย่างของคำสั่งที่ใช้ในไฟล์ DGPS.m

3.1.2 การนำเข้าข้อมูล – เป็นการระบุถึงตำแหน่งของไฟล์คำสั่งเกต แล้วทำการเก็บค่าตำแหน่งของไฟล์คำสั่งเกตลงในตัวแปร เพื่อให้ซอฟต์แวร์ใช้เป็นตำแหน่งอ้างอิงในการอ่านข้อมูลต่อไป โดยมีไฟล์ที่เกี่ยวข้อง คือ ImportBase.m, ImportRover.m

3.1.3 การตั้งค่าเริ่มต้นตัวแปรต่างๆ – เป็นการประกาศตัวแปรที่ใช้ในทุกๆฟังก์ชัน (Global) และตั้งค่าตัวแปรต่างๆที่ใช้ในการประมวลผลเช่น ค่าเริ่มต้น ตำแหน่งของไฟล์ข้อมูล ชนิดข้อมูลที่ใช้ในการประมวลผล ความยาวของช่วงเวลาที่ใช้คำนวณ ดาวเทียมที่ใช้เป็นดาวเทียมฐานในการประมวลผล เป็นต้น และการสร้าง Ephemeris file โดยมีไฟล์ที่เกี่ยวข้อง คือ Initial.m, Rinexe.m ซึ่งตัวอย่างของคำสั่งดังที่แสดงในรูปที่ 3.2 โดยคำอธิบายของการตั้งค่าตัวแปรต่างๆได้ระบุไว้แล้วอยู่ในไฟล์ Initial.m

```

MATLAB Editor/Debugger - [INITIAL.M - C:\DGPS\INITIAL.M]
File Edit View Debug Tools Window Help
Stack:
% Declare global variables
global Obs_types1 Obs_types2
global Eph_amb1 ty
global ATA ATb Solution
global sat_index removesat1 removesat2 removesat3 removesat4 removesat5 removesat6
global X_ista1 X_ista2
global option al basesat type_p AC
global removetime % add by Norasi 30 Aug 2004
global offset len rate ofile1 ofile2 navfile type_p tropomodel vcvmat basesat; % Add b
global basepatho basefileo basepathn basefilen rovepatho rovefileo
global orate
% Set default option
no_of_trans=0;model =3;
critical_value = 0.20;tem_coef = 2;
option = 1;cut_first = 0;
transform = 0;

% ofile1,ofile2: input observation files(base and roving stations)
ofile1 = strcat(basepatho,basefileo);
ofile2 = strcat(rovepatho,rovefileo);

% navfile: input binary navigation file
rinexe(strcat(basepathn,basefilen),'navfile.nav')
% navfile = strcat(basepathn,basefilen);
navfile = 'navfile.nav';

```

INITIAL.M - C... | Ready | Line 1 | 12:57 AM

รูปที่ 3.2 แสดงตัวอย่างของคำสั่งที่ใช้ในไฟล์ Initial.m

3.1.4 การอ่านข้อมูล RINEX เข้าไปในตัวแปร – ทำการอ่านข้อมูลการรับสัญญาณดาวเทียมในรูปแบบไฟล์ RINEX เพื่อนำเข้าข้อมูลในส่วนหัวของไฟล์คำสั่งที่ใช้ในการคำนวณต่างๆ เช่น ชนิดของข้อมูล, ความสูงของเครื่องรับ เป็นต้น (anheader.m) และทำการอ่านข้อมูลการรับสัญญาณดาวเทียมในรูปแบบไฟล์ RINEX เพื่อนำเข้าข้อมูลในส่วนของคำสั่งเกต (Grabdata.m) รวมถึงทำการแปลงข้อมูลบางอย่างให้อยู่ในรูปแบบที่ใช้งานได้ง่าย โดยมีไฟล์ที่เกี่ยวข้อง เช่น anheader.m, get_eph.m, Fepoch_0.m, Grabdata.m, Rinexe.m เป็นต้น ซึ่งตัวอย่างของไฟล์ RINEX แสดงได้ดังรูปที่ 3.3

```

Gps21601.96o - Notepad
File Edit Search Help
2 OBSERVATION DATA RINEX VERSION / TYPE
OBSTORNX Version 2.0 05-SEP-96 11:50 PGM / RUN BY / DATE
OBSERVER / AGENCY
GPS2 MARKER NAME
GPS2 MARKER NUMBER
SR399 3.6 REC # / TYPE / VERS
ANT # / TYPE
-2361140.3213 4838369.3656 -3408578.7221 APPROX POSITION XYZ
0.0000 0.0000 0.0000 ANTENNA: DELTA H/E/N
1 1 WAVELENGTH FACT L1/2
4 P1 L1 P2 L2 # / TYPES OF OBSERV
1996 6 8 0 55 30.000000 TIME OF FIRST OBS
END OF HEADER
96 6 8 3 53 15.0000000 0 7G27G29G14G 4G18G19G24 0.000000017
22675419.118 119160137.04347 22675411.938 92852032.42447
22199684.244 116660115.59148 22199675.809 90903947.43847
22622056.208 118879685.49448 22622049.019 92633485.12947
21739648.435 114242638.85148 21739640.628 89020206.52848
20919020.543 109930206.04549 20919012.121 85659875.47448

```

รูปที่ 3.3 แสดงตัวอย่างของไฟล์ RINEX

ในรูปที่ 3.3 แสดงตัวอย่างของไฟล์ RINEX ในเวอร์ชัน 2.0 โดยได้จากเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสยี่ห้อ Leica รุ่น SR399 โดยในไฟล์ RINEX นี้ จะระบุถึงค่าต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการรับสัญญาณดาวเทียมที่จุดนั้นๆ เช่น ชื่อหอดูดาว ผู้รังวัด ค่าประมาณของพิกัด ชนิดของข้อมูลที่รังวัด เป็นต้น

3.1.5 การประมวลผลแบบจุดเดี่ยว – ทำการคำนวณแบบจุดเดี่ยว เพื่อหาค่าพิกัดเริ่มต้นและค่าความคลาดเคลื่อนของนาฬิกาเครื่องรับ โดยใช้ Bancroft algorithm ซึ่งเป็นการคำนวณหาค่าพิกัดโดยใช้ซูโดเรนจ์และค่าพิกัดของดาวเทียม ณ ขณะเวลานั้นๆ มีไฟล์ที่เกี่ยวข้อง คือ B_point.m, Bancroft.m

3.1.6 สร้างข้อมูลของค่าต่างครั้งที่สอง (Double Difference Observation) – ทำการเปรียบเทียบระยะเวลาแล้วนำค่าสังเกตที่ได้จากขณะเวลาเดียวกันมาคำนวณเพื่อสร้างข้อมูลของค่าต่างครั้งที่สอง (Double Difference Observation) แล้วเก็บรวมกันไว้ในตัวแปรเพื่อใช้ต่อไป ซึ่งตัวอย่างในการเก็บค่าตัวแปรที่สำคัญแสดงดังรูปที่ 3.4 โดยมีไฟล์ที่เกี่ยวข้อง เช่น Sum_norm.m, get_rho.m

```

al - Notepad
File Edit Search Help
6.253939535 -0.562285446 0.052837422 47.751970397 5.000000000
3.801057307 -0.243256196 3.155045253 48.721847540 5.000000000
0.872167225 -2.191943321 4.566689455 -29.560548821 5.000000000
6.492017916 -1.495218950 -1.954311151 19.636301055 5.000000000
2.063391894 -1.324990501 4.371711409 5.744517140 5.000000000
6.254126045 -0.560993273 0.068370177 47.826290227 5.000000000
3.798662990 -0.246152735 3.169413765 48.759433362 5.000000000
0.866736260 -2.190867357 4.572080925 -29.499397391 5.000000000
6.493754585 -1.491749687 -1.940232440 19.744417514 5.000000000
2.060876888 -1.329572277 4.383368020 5.751868889 5.000000000
6.254300019 -0.559698467 0.083902956 47.828213421 5.000000000
3.796256315 -0.249044549 3.183771587 48.751232242 5.000000000
0.861302119 -2.189777496 4.577460883 -29.507510947 5.000000000
6.495482468 -1.488276680 -1.926149106 19.754805399 5.000000000
2.058351385 -1.334144370 4.395011572 5.732843302 5.000000000
6.254461457 -0.558401024 0.099435704 47.872072987 5.000000000
3.793837297 -0.251931613 3.198118671 48.755520034 5.000000000
0.855864831 -2.188673744 4.582829301 -29.514804205 5.000000000
6.497201565 -1.484799931 -1.912061196 19.745743018 5.000000000

```

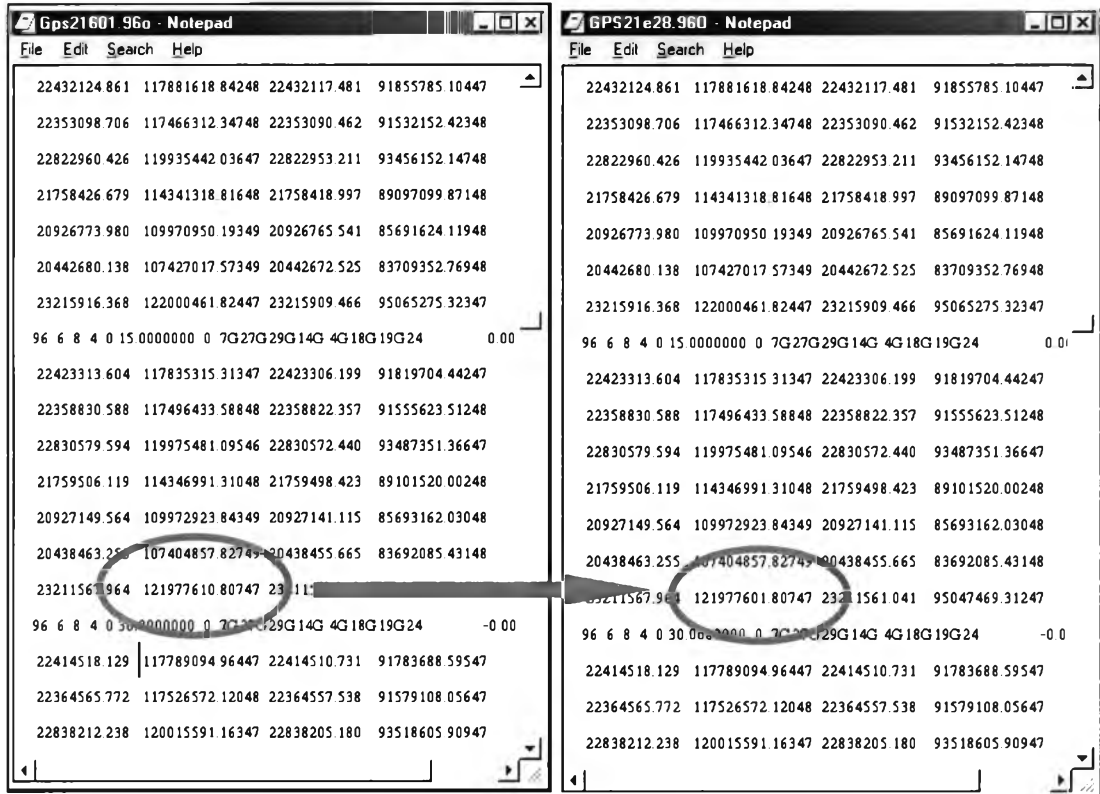
รูปที่ 3.4 แสดงการเก็บค่าตัวแปรในซอฟต์แวร์ที่ได้พัฒนาขึ้น

รูปที่ 3.4 แสดงตัวอย่างของการเก็บค่าตัวแปรในซอฟต์แวร์ที่ได้พัฒนาขึ้น ซึ่งดังตัวอย่างแสดงถึงการเก็บข้อมูลของตัวแปร al ซึ่งก็คือการเก็บค่าสัมประสิทธิ์ของเมตริกซ์ A และเมตริกซ์ L ในสมการการปรับแก้ด้วยลิสต์สแควร์ดังสมการที่ (2.12) โดยมีสามคอลัมน์แรกคือส่วนหนึ่งของค่าสัมประสิทธิ์ของพารามิเตอร์ในเมตริกซ์ A (สัมประสิทธิ์ของค่าพิกัดของเครื่องรับ X, Y, Z) คอลัมน์ที่ 4 คือค่าต่างระหว่างค่าสังเกตเริ่มต้นกับค่าสังเกตที่รังวัดได้ หรือคือเมตริกซ์ L ส่วนคอลัมน์สุดท้ายคือจำนวนความเทียมของขณะเวลานั้นๆลบออกด้วย 1 หรือเท่ากับจำนวนค่าสังเกตของการหาค่าต่างครั้งที่สองที่ได้ในแต่ละช่วงเวลา

3.1.7 จำนวนปรับแก้ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากชั้นบรรยากาศ Troposphere - จำนวนค่าแก้ที่เกิดจากชั้นบรรยากาศโดยใช้แบบจำลอง Saastamoinen ดังสมการ (2.5) โดยใช้ค่ามาตรฐานของชั้นบรรยากาศในการคำนวณ เช่น ใช้อุณหภูมิเท่ากับ 18 องศาเซลเซียส ความกดอากาศเท่ากับ 1013.0 มิลลิบาร์ เป็นต้น แล้วหักออกจากระยะระหว่างดาวเทียมกับเครื่องรับที่คำนวณได้ก่อนหน้านี้ โดยมีไฟล์ที่เกี่ยวข้อง คือ tropo.m, tropo1.m ซึ่งสมการในการหาค่าแก้นี้อธิบายไว้แล้วในบทที่ 2

3.1.8 จำนวนหาความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากคลื่นหลุด (Cycle Slip) – ทำการตรวจหาความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากคลื่นหลุด (Cycle Slip) โดยใช้เทคนิคการหาค่าต่างครั้งที่สาม (Triple

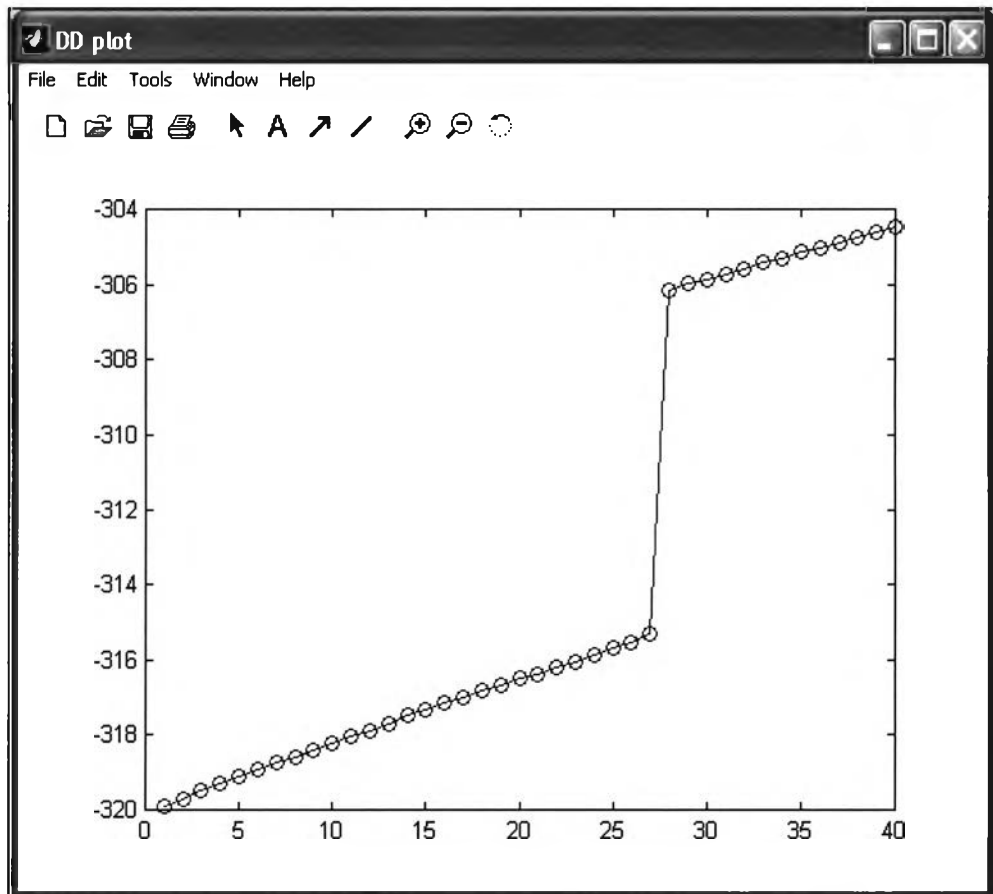
Differencing) แล้วทำการซ่อมแซมส่วนที่มีความคลาดเคลื่อนนี้แฝงอยู่ ซึ่งวิธีการในการขจัดค่าคลาดเคลื่อนนี้อธิบายอยู่ในหัวข้อที่ 2.6 โดยมีไฟล์ที่เกี่ยวข้อง คือ CSD.m ส่วนการสร้างข้อมูลที่มีความคลาดเคลื่อนจากคลื่นหลุด ตัวอย่างข้อมูลที่มีความคลาดเคลื่อนจากคลื่นหลุด ตัวอย่างข้อมูลที่ได้ทำการซ่อมแซมความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากคลื่นหลุดนั้น ดังแสดงในรูปที่ 3.5 ถึง รูปที่ 3.8



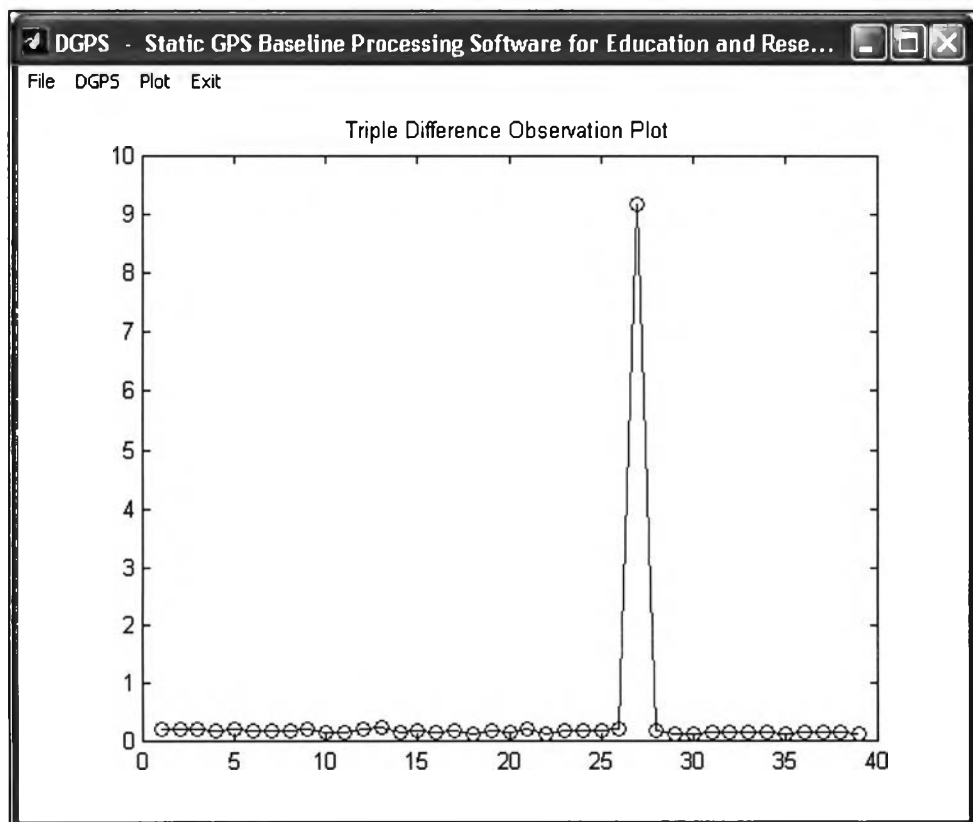
รูปที่ 3.5 แสดงการสร้างข้อมูลที่มีความคลาดเคลื่อนจากคลื่นหลุด

รูปที่ 3.5 แสดงการสร้างข้อมูลที่มีความคลาดเคลื่อนจากคลื่นหลุด โดยในภาพทางซ้ายคือตัวอย่างของไฟล์ RINEX ที่ไม่มีความคลาดเคลื่อนจากคลื่นหลุด และภาพทางขวาคือตัวอย่างของไฟล์ RINEX ที่มีความคลาดเคลื่อนจากคลื่นหลุด โดยการลดค่าในวงกลมทางซ้ายไปเป็นจำนวน 9 หน่วย ก็จะได้ค่าดังกล่าวทางขวา ในการกระทำนี้หมายความว่าเราได้ทำการใส่ความคลาดเคลื่อนจากคลื่นหลุดไปในดาวเทียมดวงที่ 24 ไปเป็นจำนวน 9 ลูกคลื่น

รูปที่ 3.6 แสดงตัวอย่างข้อมูลการหาค่าต่างครั้งที่สองที่เกิดความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากคลื่นหลุด โดยในแนวแกนนอนแสดงค่าจำนวนขณะเวลา ส่วนในแนวแกนตั้งแสดงค่าของค่าต่างครั้งที่สองในหน่วยของลูกคลื่น จากรูปจะเห็นได้ว่า ณ ขณะเวลาที่เกิดความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากคลื่นหลุดนั้น ค่าต่างครั้งที่สองจะเกิดการเลื่อนตัวขึ้นตามขนาดของคลื่นหลุด

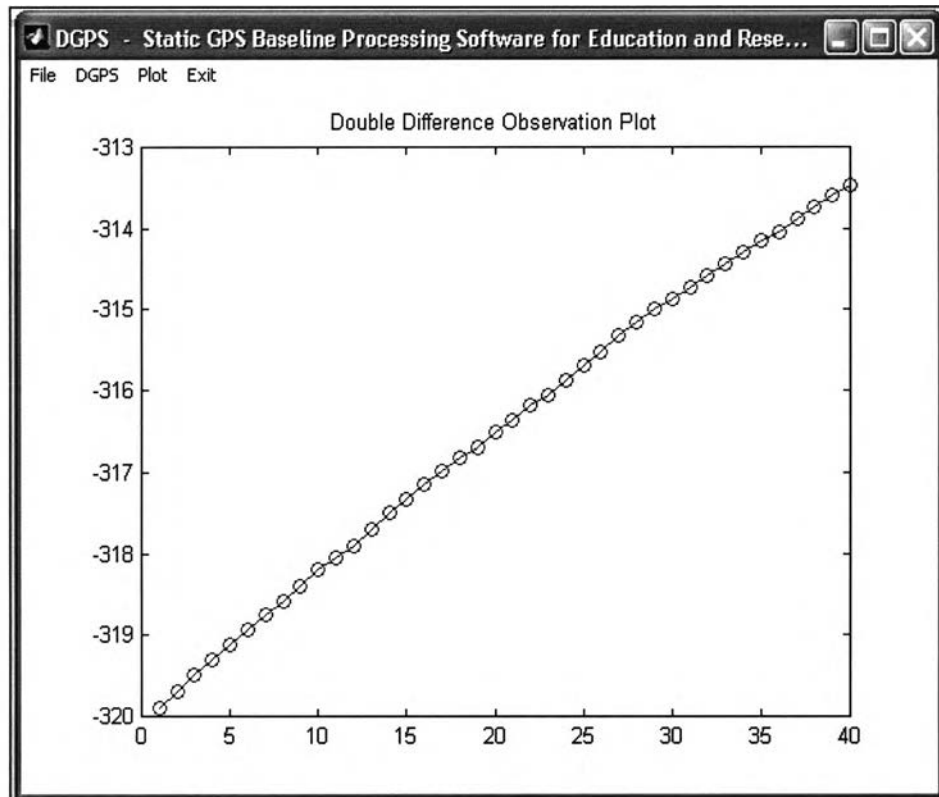


รูปที่ 3.6 แสดงตัวอย่างข้อมูลการหาค่าต่างครั้งที่สองที่เกิดความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากคลื่นหลุด



รูปที่ 3.7 แสดงตัวอย่างข้อมูลการหาค่าต่างครั้งที่สามที่เกิดความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากคลื่นหลุด

รูปที่ 3.7 แสดงตัวอย่างข้อมูลการหาค่าต่างครั้งที่สามที่เกิดความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากคลื่นหลุด โดยในแนวแกนอนแสดงค่าจำนวนระยะเวลา ส่วนในแนวแกนตั้งแสดงค่าของค่าต่างครั้งที่สามในหน่วยของลูกคลื่น จากรูปจะเห็นได้ว่า ณ ระยะเวลาที่เกิดความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากคลื่นหลุดนั้น ค่าต่างครั้งที่สามจะมีการเกิดยอดแหลมขึ้น



รูปที่ 3.8 แสดงตัวอย่างข้อมูลการหาค่าต่างครั้งที่สองที่มีการซ่อมแซมความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากคลื่นหลุดแล้ว

รูปที่ 3.8 แสดงตัวอย่างข้อมูลการหาค่าต่างครั้งที่สองที่มีการซ่อมแซมความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากคลื่นหลุดแล้ว โดยในแนวแกนอนแสดงค่าจำนวนระยะเวลา ส่วนในแนวแกนตั้งแสดงค่าของค่าต่างครั้งที่สองในหน่วยลูกคลื่น จากรูปจะเห็นได้ว่า ณ ระยะเวลาที่เกิดความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากคลื่นหลุดนั้น ได้มีการซ่อมแซมแล้วโดยการลดขนาดของค่าต่างครั้งที่สองลงในจำนวนเท่ากับขนาดของการเกิดคลื่นหลุดที่หาได้ แล้วทำแบบนี้ตั้งแต่ระยะเวลาที่เกิดคลื่นหลุดจนถึงระยะเวลาสุดท้ายของการประมวลผล ซึ่งผลที่ได้จะเห็นว่ากราฟของค่าต่างครั้งที่สองที่ได้ มีความต่อเนื่องกันไม่มีการเลื่อนตัวเกิดขึ้น ซึ่งเมื่อทำการซ่อมแซมความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากคลื่นหลุดนี้แล้ว ก็นำค่าต่างครั้งที่สองที่ได้ ไปทำการประมวลผลด้วยลิสท์สแควร์ต่อไป

3.1.9 จำนวนปรับแก้ด้วย Least Squares – นำค่าที่เกิดจากการหาค่าต่างครั้งที่สอง (Double Difference Observation) ที่ได้ทำการซ่อมแซมในกรณีที่มีความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากคลื่นหลุดมาแล้ว มาทำการคำนวณปรับแก้ด้วยลิสต์สแควร์ (สำหรับวิธีการปรับแก้ด้วยลิสต์สแควร์ได้อธิบายไว้ในบทที่ 2) แล้วคำนวณหาค่าจำนวนลูกคลื่น (ambiguity) ที่เหมาะสมที่สุด เพื่อทำการ fixed ambiguity จำนวนหาเวกเตอร์เส้นฐานและความยาวเส้นฐาน รวมถึงหาค่าทางสถิติต่างๆที่เกิดจากการคำนวณ โดยมีไฟล์ที่เกี่ยวข้อง คือ Minque.m, Lambda.m ซึ่งในการปรับแก้ด้วยลิสต์สแควร์นั้นมีเมตริกซ์ที่สำคัญๆ ได้แก่เมตริกซ์ A (เมตริกซ์สัมประสิทธิ์ของพารามิเตอร์) และเมตริกซ์ L (เมตริกซ์ค่าต่างระหว่างค่าสังเกตเริ่มต้นกับค่าสังเกตที่รังวัดได้) ซึ่งเมตริกซ์ทั้งสองได้จากการกระจายค่าจากตัวแปร a_l ดังที่จะได้อธิบายต่อไปนี้

| | | | | |
|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| 6.253939535 | -0.562285446 | 0.052837422 | 47.751970397 | 5.000000000 |
| 3.801057307 | -0.243256196 | 3.155045253 | 48.721847540 | 5.000000000 |
| 0.872167225 | -2.191943321 | 4.566689455 | -2.191943321 | 5.000000000 |
| 6.492017916 | -1.495218950 | -1.954311151 | 19.636301055 | 5.000000000 |
| 2.063391894 | -1.324990501 | 4.371711409 | 5.744517140 | 5.000000000 |
| 6.254126045 | -0.560993273 | 0.068370177 | 47.826290227 | 5.000000000 |
| 3.798662990 | -0.246152735 | 3.169413765 | 48.759433362 | 5.000000000 |
| 0.866736260 | -2.190867357 | 4.572080925 | -2.190867357 | 5.000000000 |
| 6.493754585 | -1.491749687 | -1.940232440 | 19.744417514 | 5.000000000 |
| 2.060876888 | -1.329572277 | 4.383368020 | 5.751868889 | 5.000000000 |
| 6.254300019 | -0.559698467 | 0.083902956 | 47.828215421 | 5.000000000 |
| 3.796256315 | -0.249044549 | 3.183771587 | 48.751232242 | 5.000000000 |
| 0.861302119 | -2.189777496 | 4.577460883 | -2.189777496 | 5.000000000 |
| 6.495482468 | -1.488276680 | -1.926149106 | 19.754805395 | 5.000000000 |
| 2.058351385 | -1.334144370 | 4.395011572 | 5.732843302 | 5.000000000 |
| 6.254461457 | -0.558401024 | 0.099435704 | 47.872072987 | 5.000000000 |
| 3.793837297 | -0.251931613 | 3.198118671 | 48.755520034 | 5.000000000 |

รูปที่ 3.9 แสดงการกระจายค่าจากตัวแปร a_l ไปยังเมตริกซ์ A

รูปที่ 3.9 แสดงการกระจายค่าจากตัวแปร a_l ไปยังเมตริกซ์ A โดยในด้านซ้ายคือตัวแปร a_l ดังรูปที่ 3.4 ในข้อที่ 6 ส่วนทางขวาคือเมตริกซ์สัมประสิทธิ์ของพารามิเตอร์ (เมตริกซ์ A) ที่ได้จากการกระจายตัวแปรตามจำนวนของดาวเทียม โดยทางด้านขวามือ สามคอลัมน์แรกคือสัมประสิทธิ์ของพารามิเตอร์ของค่าพิกัด ส่วนในคอลัมน์ถัดไปคือสัมประสิทธิ์ของพารามิเตอร์ของตัวเลขปริศนา (ambiguity) ในดาวเทียมแต่ละดวง

รูปที่ 3.10 แสดงการกระจายค่าจากตัวแปร a_l ไปยังเมตริกซ์ L โดยในด้านซ้ายคือตัวแปร a_l (ดังรูปที่ 3.4 ในข้อที่ 6) ส่วนทางขวาคือเมตริกซ์ค่าต่างระหว่างค่าสังเกตเริ่มต้นกับค่าสังเกตที่รังวัดได้ (เมตริกซ์ L)

| a1 - Notepad | | | | L - Notepad | | | |
|--------------|--------------|--------------|---------------|-------------|------|--------|---------------|
| File | Edit | Search | Help | File | Edit | Search | Help |
| 6.253939535 | -0.562285446 | 0.052837422 | 47.751970397 | 5.000000000 | | | 1 |
| 3.801057307 | -0.243256196 | 3.155045253 | 48.721847540 | 5.000000000 | | | 47.751970397 |
| 0.872167225 | -2.191943321 | 4.566689455 | -29.560548821 | 5.000000000 | | | 48.721847540 |
| 6.492017916 | -1.495218950 | -1.954311151 | 19.636301055 | 5.000000000 | | | -29.560548821 |
| 2.063391894 | -1.324990501 | 4.371711409 | 5.744517140 | 5.000000000 | | | 19.636301055 |
| 6.254126045 | -0.560993273 | 0.068370177 | 47.826290227 | 5.000000000 | | | 5.744517140 |
| 3.798662990 | -0.246152735 | 3.169413765 | 48.759433362 | 5.000000000 | | | |
| 0.866736260 | -2.190867357 | 4.572080925 | -29.499397391 | 5.000000000 | | | |
| 6.493754585 | -1.491749687 | -1.940232440 | 19.744417514 | 5.000000000 | | | 6 |
| 2.060876888 | -1.329572277 | 4.383368020 | 5.751868889 | 5.000000000 | | | 47.826290227 |
| 6.254300019 | -0.559698467 | 0.083902956 | 47.828213421 | 5.000000000 | | | 48.759433362 |
| 3.796256315 | -0.249044549 | 3.183771587 | 48.751232242 | 5.000000000 | | | -29.499397391 |
| 0.861302119 | -2.189777496 | 4.577460883 | -29.507510947 | 5.000000000 | | | 19.744417514 |
| 6.495482468 | -1.488276680 | -1.926149108 | 19.754805399 | 5.000000000 | | | 5.751868889 |
| 2.058351385 | -1.334144370 | 4.395011572 | 5.732843302 | 5.000000000 | | | |
| 6.254461457 | -0.558401024 | 0.099435704 | 47.872072987 | 5.000000000 | | | |
| 3.793837297 | -0.251931613 | 3.198118671 | 48.755520034 | 5.000000000 | | | 11 |
| 0.855864831 | -2.188673744 | 4.582829301 | -29.514804205 | 5.000000000 | | | 47.828213421 |
| 6.497201565 | -1.484799931 | -1.912061196 | 19.745743018 | 5.000000000 | | | 48.751232242 |

รูปที่ 3.10 แสดงการกระจายค่าจากตัวแปร a1 ไปยังเมตริกซ์ L

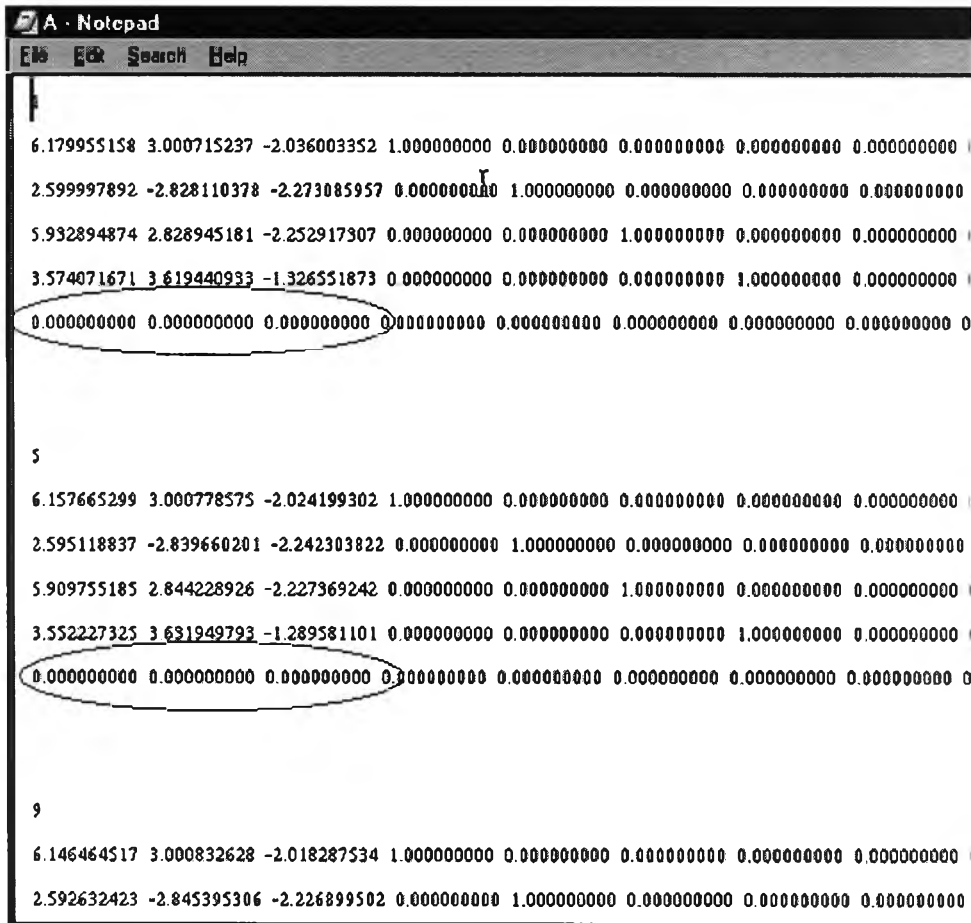
จากรูปที่ 3.9 และ 3.10 นั้น เป็นการกระจายตัวเพื่อสร้างเมตริกซ์ A และเมตริกซ์ L จากตัวแปร a1 ในกรณีที่การรังวัดมีจำนวนดาวเทียมเท่ากันตลอดทั้งช่วง แต่ในกรณีที่มิมีจำนวนดาวเทียมไม่เท่ากันตลอดทั้งช่วงของการรังวัดดังที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 นั้นสามารถแสดงตัวอย่างเพื่อความเข้าใจในการกระจายตัวแปรเพื่อสร้างเมตริกซ์ A และเมตริกซ์ L ให้ดูได้ดังนี้

| File | Edit | Search | Help | | | | | |
|-------------|--------------|---------------|---------------|-------------|--|--|--|--|
| 3.497484979 | 3.663369063 | -1.196940205 | -63.028062377 | 4.000000000 | | | | |
| 6.089904789 | 3.001328665 | -1.988633570 | -71.047335787 | 4.000000000 | | | | |
| 2.579733911 | -2.873670494 | -2.149751334 | -68.046386986 | 4.000000000 | | | | |
| 5.839864342 | 2.890342027 | -2.1511391378 | -64.005485967 | 4.000000000 | | | | |
| 3.486514811 | 3.669677734 | -1.178376578 | -63.031240262 | 4.000000000 | | | | |
| 6.078482162 | 3.001473357 | -1.982684151 | -71.030153657 | 5.000000000 | | | | |
| 2.577061357 | -2.879345070 | -2.134297429 | -68.015771161 | 5.000000000 | | | | |
| 5.828148154 | 2.898327910 | -2.137512664 | -64.011257323 | 5.000000000 | | | | |
| 3.475537657 | 3.675994558 | -1.159801497 | -63.018311465 | 5.000000000 | | | | |
| 0.471421245 | 2.126975210 | 3.176953699 | 14.007864839 | 5.000000000 | | | | |
| 6.067022804 | 3.001633319 | -1.976728657 | -71.024603607 | 5.000000000 | | | | |
| 2.574358000 | -2.884792698 | -2.118835779 | -68.020870107 | 5.000000000 | | | | |
| 5.816412898 | 2.906132861 | -2.124621494 | -64.016594796 | 5.000000000 | | | | |

รูปที่ 3.12 แสดงค่าของตัวแปร ai ที่ได้จากซอฟต์แวร์

จากรูปที่ 3.12 แสดงให้เห็นถึงค่าของตัวแปร ai ที่ได้จากค่าสังเกตที่มีจำนวนดาวเทียมไม่เท่ากันตลอดทั้งช่วงของการรังวัด ในสามคอลัมน์แรกคือส่วนหนึ่งของค่าสัมประสิทธิ์ของพารามิเตอร์ในเมตริกซ์ A คอลัมน์ที่ 4 คือค่าต่างระหว่างค่าสังเกตเริ่มต้นกับค่าสังเกตที่รังวัดได้ หรือคือเมตริกซ์ L ส่วนคอลัมน์สุดท้ายคือจำนวนดาวเทียมของขณะเวลานั้นๆ ลบออกด้วย 1 หรือเท่ากับจำนวนค่าสังเกตของการหาค่าต่างครั้งที่สองที่ได้ในแต่ละช่วงเวลา ในวงกลมแสดงให้เห็นถึงรอยต่อระหว่างขณะเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงของจำนวนดาวเทียมเกิดขึ้นซึ่งจะเห็นได้จากตัวเลขที่อยู่ในคอลัมน์สุดท้ายมีการเปลี่ยนจาก 4 ไปเป็น 5

และจากรูปที่ 3.13 แสดงค่าของของเมตริกซ์ A ที่ได้จากค่าสังเกตที่มีจำนวนดาวเทียมไม่เท่ากันตลอดทั้งช่วง จะเห็นได้ว่า ณ ขณะเวลาในช่วงแรกๆที่ยังมีดาวเทียม 5 ดวง ค่าของเมตริกซ์ A จะมีอยู่หนึ่งแถวที่มีค่าเป็นศูนย์ทั้งแถว (ในตัวอย่างคือแถวสุดท้าย) ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะ เราได้ทำการสร้างขนาดของเมตริกซ์ A ล่วงหน้าไว้ให้มีจำนวนแถวเท่ากับจำนวนดาวเทียมทั้งหมดลบด้วย 1 (จากการสำรวจข้อมูลของการรังวัด ดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 2) ปรากฏว่าในแถวนั้นซึ่งเป็นตัวแทนของดาวเทียมหมายเลข 24 (ดูรูปที่ 3.11 ประกอบ) ไม่มีค่าสังเกตเกิดขึ้น จึงทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ของดาวเทียมหมายเลข 24 มีค่าเท่ากับศูนย์ทั้งแถว

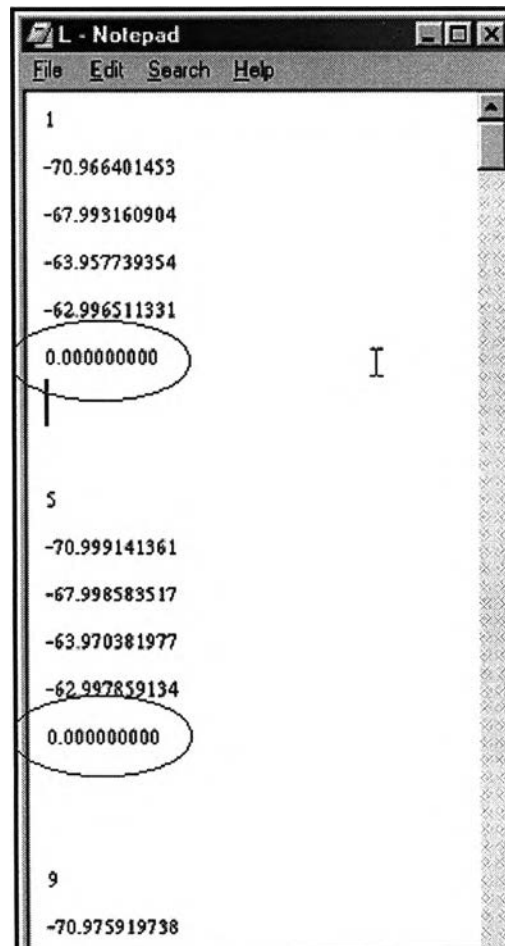


รูปที่ 3.13 แสดงค่าของเมตริกซ์ A ที่ได้จากค่าสังเกตที่มีจำนวนดาวเทียมไม่เท่ากันตลอดทั้งช่วง

| | | | | | | |
|-------------|--------------|--|-------------|-------------|-------------|--|
| 29 | I | Epoch: 4 Time: 174675.0 Sats used: 4 5 7 8 9 | | | | |
| 6.089904789 | 3.001328665 | -1.988633570 | 1.000000000 | 0.000000000 | 0.000000000 | Epoch: 5 Time: 174690.0 Sats used: 4 5 7 8 9 |
| 2.579733911 | -2.873670494 | -2.149751334 | 0.000000000 | 1.000000000 | 0.000000000 | Epoch: 6 Time: 174705.0 Sats used: 4 5 7 8 9 |
| 5.839864342 | 2.890542027 | -2.150390378 | 0.000000000 | 0.000000000 | 1.000000000 | Epoch: 7 Time: 174720.0 Sats used: 4 5 7 8 9 |
| 3.486514811 | 3.669677734 | -1.178376578 | 0.000000000 | 0.000000000 | 0.000000000 | Epoch: 8 Time: 174735.0 Sats used: 4 5 7 8 9 |
| 0.000000000 | 0.000000000 | 0.000000000 | 0.000000000 | 0.000000000 | 0.000000000 | Epoch: 9 Time: 174750.0 Sats used: 4 5 7 8 9 24 |
| 33 | | Epoch: 10 Time: 174765.0 Sats used: 4 5 7 8 9 24 | | | | |
| 6.078482162 | 3.001473357 | -1.982684151 | 1.000000000 | 0.000000000 | 0.000000000 | Epoch: 11 Time: 174780.0 Sats used: 4 5 7 8 9 24 |
| 2.577061357 | -2.879245070 | -2.134297429 | 0.000000000 | 1.000000000 | 0.000000000 | Epoch: 12 Time: 174795.0 Sats used: 4 5 7 8 9 24 |
| 5.828148154 | 2.898327910 | -2.137512664 | 0.000000000 | 0.000000000 | 1.000000000 | Epoch: 13 Time: 174810.0 Sats used: 4 5 7 8 9 24 |
| 3.475537637 | 3.675994558 | -1.159801497 | 0.000000000 | 0.000000000 | 0.000000000 | Epoch: 14 Time: 174825.0 Sats used: 4 5 7 8 9 24 |
| 0.471421245 | 2.126975210 | 3.176953699 | 0.000000000 | 0.000000000 | 0.000000000 | Epoch: 15 Time: 174840.0 Sats used: 4 5 7 8 9 24 |
| | | | | | | Epoch: 16 Time: 174855.0 Sats used: 4 5 7 8 9 24 |
| | | | | | | Epoch: 17 Time: 174870.0 Sats used: 4 5 7 8 9 24 |
| | | | | | | Epoch: 18 Time: 174885.0 Sats used: 4 5 7 8 9 24 |
| | | | | | | Epoch: 19 Time: 174900.0 Sats used: 4 5 7 8 9 24 |

รูปที่ 3.14 แสดงค่าของเมตริกซ์ A ณ ขณะเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงจำนวนดาวเทียม

จากรูปที่ 3.14 ซึ่งแสดงค่าของเมตริกซ์ A ณ เวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงจำนวนดาวเทียม จะเห็นได้ว่า ณ เวลาที่ 9 ได้เกิดมีค่าสังเกตของดาวเทียมหมายเลข 24 ขึ้น (วงกลมเล็กทางขวา) ค่าสัมประสิทธิ์ที่ตำแหน่งของดาวเทียมหมายเลข 24 จึงมีค่าเกิดขึ้น (วงกลมใหญ่ด้านล่าง) โดยที่ ก่อนหน้านั้น ณ เวลาที่ 8 ในตำแหน่งของค่าสัมประสิทธิ์ของดาวเทียมหมายเลข 24 ยังไม่มีค่าเกิดขึ้นเลย (วงกลมใหญ่ด้านบน)



รูปที่ 3.15 แสดงค่าของเมตริกซ์ L ที่ได้จากค่าสังเกตที่มีจำนวนดาวเทียมไม่เท่ากันตลอดทั้งช่วง

จากรูปที่ 3.15 แสดงค่าของเมตริกซ์ L ที่ได้จากค่าสังเกตที่มีจำนวนดาวเทียมไม่เท่ากันตลอดทั้งช่วง จะเห็นได้ว่า ณ เวลาในช่วงแรกๆที่ยังมีดาวเทียมแค่ 5 ดวง ค่าของเมตริกซ์ L จะมีอยู่แถวหนึ่งที่มีค่าเป็นศูนย์ทั้งแถว (ในตัวอย่างคือแถวสุดท้าย) ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะ เราได้ทำการสร้างขนาดของเมตริกซ์ L ล่วงหน้าไว้ให้มีจำนวนแถวเท่ากับจำนวนดาวเทียมทั้งหมดลบด้วย 1 (จากการสำรวจข้อมูลของการรังวัด ดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 2) ปรากฏว่าในแถวนั้นซึ่งเป็นตัวแทนของดาวเทียมหมายเลข 24 (ดูรูปที่ 3.11 ประกอบ) ไม่มีค่าสังเกตเกิดขึ้น จึงทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ของดาวเทียมหมายเลข 24 มีค่าเท่ากับศูนย์ทั้งแถว ดังเช่นเดียวกับเมตริกซ์ A ที่ได้อธิบายไปก่อนหน้านี้

3.1.10 สร้างผลลัพธ์ในไฟล์ – ทำการสร้างผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณด้วยซอฟต์แวร์ลงในไฟล์ โดยมีไฟล์ที่เกี่ยวข้อง คือ Output.txt ดังที่แสดงในรูปที่ 3.11

รูปที่ 3.16 แสดงตัวอย่างของไฟล์ Output.txt โดยในบรรทัดที่ 1-2 แสดงตำแหน่งของไฟล์ข้อมูลการรังวัดด้วยดาวเทียมจีพีเอสในรูปแบบของไฟล์ RINEX บรรทัดที่ 3-6 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับดาวเทียม ได้แก่ ดาวเทียมฐาน ดาวเทียมที่ใช้ในการคำนวณ ค่าทิศทางและค่ามุมสูงของดาวเทียมแต่ละดวง บรรทัดที่ 7 แสดงระยะเวลาในการคำนวณ อัตราการรังวัดของค่าสังเกต บรรทัดที่ 8-15 แสดงค่าเลขปริศนาของดาวเทียมแต่ละดวง โดยในคอลัมน์แรกคือค่าที่ดีที่สุดส่วนคอลัมน์ที่สองคือค่าที่ดีเป็นอันดับสอง บรรทัดที่ 16-17 แสดงอัตราส่วนความถูกต้องระหว่างค่าเลขปริศนา 2 ชุด บรรทัดที่ 18-19 แสดงค่าต่างพิกัดในระบบ ECEF โดยมีหน่วยเป็นเมตรและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าแต่ละตัว บรรทัดที่ 20 แสดงค่าความยาวเส้นฐานในหน่วยเมตร และบรรทัดที่ 21 แสดงเวลาที่ใช้ในการคำนวณและ PDOP

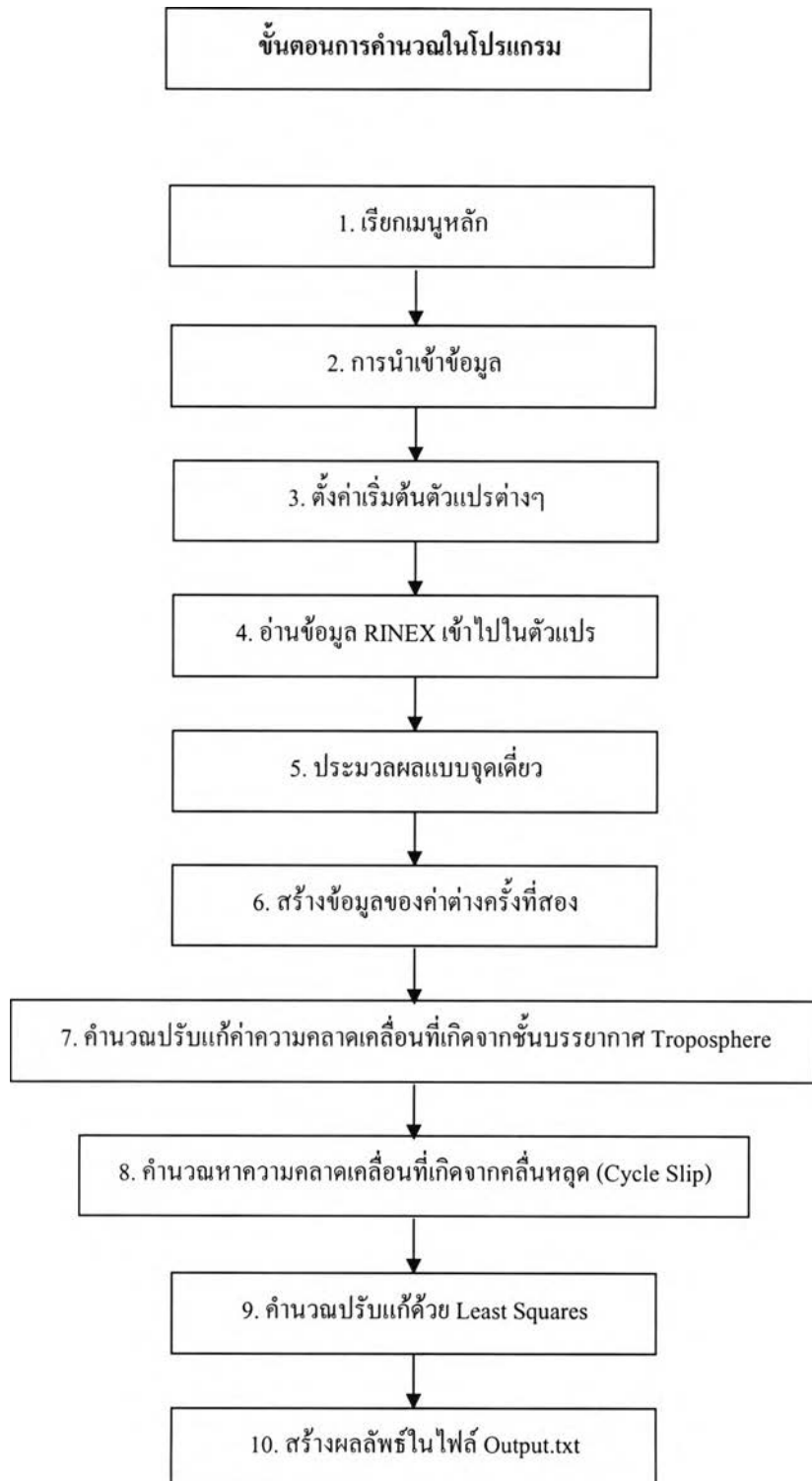
```

output - Notepad
File Edit Search Help
Station 1 C:\DGPS\data\Sat\CRSV\miv2850.990
Station 2 C:\DGPS\data\Sat\CRSV\ATH_c24.990
Base sat: 4
Sats used: 4 5 7 8 9
Sats elev: 64.3 29.3 34.6 32.3 55.3
Sats az: 27.6 218.5 318.6 221.7 195.9
Obs length: 10.0 mins Sampling rate: 15 sec Offset: 0.0 mins
xxxxxxx Proc_dd is used. xxxxxxxx
Ambiguity parameters
-71.0 -69.0
-68.0 -69.0
-64.0 -62.0
-63.0 -61.0
14.0 15.0
@@@@ Original measurements @@@@
F-ratio
Std. YCV : 2.955
Baseline vectors(dX,dY,dZ): -23.8961 -2185.1991 -1515.7046
Std of baseline vectors : 0.0011 0.0007 0.0013
Baseline length: 2659.5162
Computing time : 1.05 seconds PDOP 3.7
-----

```

รูปที่ 3.16 แสดงตัวอย่างของไฟล์ Output.txt

หลักการงานและขั้นตอนการประมวลผลเส้นฐานจีพีเอสของซอฟต์แวร์ที่ได้พัฒนาขึ้นนั้น สามารถแสดงให้อยู่ในรูปแบบของ Flow Chart เพื่อการทำความเข้าใจที่ง่าย ดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 ขั้นตอนการประมวลผลพื้นฐานจากข้อมูลจีพีเอส

จากขั้นตอนการประมวลผลเส้นฐานที่อธิบายไปนั้น ยังมีไฟล์ที่มีความสำคัญในการประมวลผลเส้นฐานอีกหลายไฟล์ ที่ยังไม่ได้กล่าวถึง เนื่องจากทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อระหว่างกลุ่ม เช่น `proc_dd.m` ซึ่งเป็นไฟล์ที่ทำหน้าที่สั่งงานในการประมวลผลโดยจะครอบคลุมขั้นตอนในการประมวลผลตั้งแต่ขั้นตอนที่ 4 – ขั้นตอนที่ 10 หรือเนื่องจากทำหน้าที่ต่างๆ ไป เช่น `gpstime.m` เป็นการแปลงเวลาจากเวลาปกติให้เป็นเวลาจีพีเอสที่ใช้ในการประมวลผล `julday.m` เป็นการแปลงวันที่ปกติให้เป็น Julian Day เป็นต้น

สำหรับซอฟต์แวร์ที่ถูกพัฒนาขึ้นด้วยโปรแกรม MATLAB นั้นจะเป็น script-file ที่มีนามสกุล `.m` โดยจากไฟล์ทั้งหมดสามารถแบ่งกลุ่มตามหน้าที่ในการทำงานได้ 4 กลุ่ม ซึ่งแต่ละกลุ่มประกอบไปด้วยไฟล์ดังที่แสดงในตารางที่ 3.1 ดังนี้

ตารางที่ 3.1 แสดงหน้าที่และชื่อไฟล์ต่างๆในซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้น

| กลุ่มที่ / หน้าที่ | ชื่อไฟล์ |
|--|---|
| <p>กลุ่มที่ 1</p> <p>ทำหน้าที่อ่านข้อมูลการรับสัญญาณดาวเทียมในรูปแบบไฟล์ RINEX เพื่อเก็บเข้าไปในตัวแปร</p> | <p>Anheader.m</p> <p>Fepoch_0.m</p> <p>Get_eph.m</p> <p>Grabdata.m</p> |
| <p>กลุ่มที่ 2</p> <p>ทำหน้าที่ประมวลผล เพื่อให้ได้มาซึ่งค่าพิกัด, ความคลาดเคลื่อนนาฬิกาเครื่องรับ, การสร้างข้อมูลแบบ Double Difference Observation, รวมถึงการปรับแก้ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากชั้นบรรยากาศ Troposphere</p> | <p>B_point.m</p> <p>Bancroft.m</p> <p>ECEF2LLA.m</p> <p>ECEF2NED.m</p> <p>ECEF2XYZ.m</p> <p>Get_rho.m</p> <p>Sumnorm.m</p> <p>Satpos.m</p> <p>Tropo.m</p> <p>Tropo1.m</p> |
| <p>กลุ่มที่ 3</p> <p>ทำหน้าที่คำนวณค่าที่ใช้ในการปรับแก้ด้วย Least Squares, คำนวณค่าทางสถิติต่างๆ, คำนวณหาค่า ambiguity ที่เหมาะสมที่สุด เพื่อทำการ fixed ambiguity, ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากคลื่นหลุด</p> | <p>AandL.m</p> <p>Accum0.m</p> <p>CSD.m</p> <p>Lambda.m</p> <p>Minque.m</p> <p>Outfixresidual.m</p> <p>Outfloatresidual.m</p> <p>Outresidual.m</p> |
| <p>กลุ่มที่ 4</p> <p>ทำหน้าที่เรียกเมนูหลักของซอฟต์แวร์, ระบุถึงตำแหน่งของไฟล์คำสั่ง</p> | <p>Dgps.m</p> <p>ImportBase.m</p> <p>ImportRover.m</p> |
| <p>กลุ่มที่ 5</p> <p>คือไฟล์ที่ไม่จัดอยู่ใน 4 กลุ่มแรก โดยจะเป็นไฟล์ที่ทำหน้าที่ต่างๆไป รวมถึงไฟล์ที่มีการใช้ร่วมกันระหว่างกลุ่มเช่น Proc_dd.m เป็นไฟล์ที่ทำหน้าที่สั่งงานการคำนวณ เป็นต้น</p> | <p>GPS_time.m</p> <p>Julday.m</p> <p>Proc_dd.m</p> <p>Rinexe.m</p> |

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดและหน้าที่หลักๆของไฟล์แต่ละไฟล์เท่านั้น สำหรับรายละเอียดการทำงานของไฟล์แต่ละไฟล์สามารถศึกษาเพิ่มเติมได้ในวิธีใช้ที่อยู่ภายในไฟล์ ส่วนวิธีใช้งานซอฟต์แวร์นั้นสามารถศึกษาได้จาก *ภาคผนวก ค*

3.2. คำแนะนำในการใช้ซอฟต์แวร์

3.2.1. ซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นสามารถนำเข้าข้อมูลในรูปแบบของ RINEX เวอร์ชัน 2.0 เท่านั้น ดังนั้นก่อนนำเข้าข้อมูลการรับสัญญาณดาวเทียมในรูปแบบไฟล์ RINEX มาใช้ควรตรวจสอบเวอร์ชันและรูปแบบไฟล์นั้น ๆ ก่อน

3.2.2. ซอฟต์แวร์สามารถตรวจหาและทำการซ่อมแซมความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากคลื่นหลุดได้ แต่ยังไม่สามารถที่จะตรวจหาและซ่อมแซมความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากคลื่นหลายวิถีได้ ดังนั้นในการนำเข้าข้อมูลมาประมวลผลด้วยซอฟต์แวร์นี้ ควรตรวจสอบด้วยว่าไม่มีความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากคลื่นหลายวิถีแฝงอยู่