

การคำนวณหาอ้อยค์โดยวิธีการประมาณค่าภายใน บริเวณพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย

นายคำริห์ ประต่งกิจ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสำรวจ ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2555

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)

are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

GEOID DETERMINATION BY INTERPOLATION METHOD IN CENTRAL PART OF
THAILAND

Mr. Damri Prungtaengkit

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Survey Engineering

Department of Survey Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2012

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การคำนวณหาซื้อโดยวิธีการประมาณค่าภายใน
บริเวณพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย

โดย

นายคำรึห์ ปรุ่งแต่งกิจ

สาขาวิชา

วิศวกรรมสำรวจ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมชนม์ สติระพจน์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศธีรวัณวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.บรรเจิด พละการ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมชนม์ สติระพจน์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรรเพชญ์ ชื่อนิติไพศาล)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พุทธิพล ดำรงชัย)

คำริห์ ประสงค์กิจ : การคำนวณหาชื่อยอดด้วยวิธีการประมาณค่าภายใน บริเวณพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย. (GEOID DETERMINATION BY INTERPOLATION METHOD IN CENTRAL PART OF THAILAND) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ศ.ดร.เฉลิมชนม์ สติระพจน์, 107 หน้า.

ปัจจุบันการคำนวณหาชื่อยอดในประเทศไทยได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก รวมไปถึงการประยุกต์ใช้แบบจำลองชื่อยอดร่วมกับค่าความสูงเหนือทรงรีอ้างอิงที่ได้จากการรังวัดดาวเทียมจีพีเอสเพื่อหาค่าความสูงออร์โทเมตริกที่อ้างอิงกับพื้นผิวชื่อยอด งานวิจัยนี้จึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างแบบจำลองชื่อยอดท้องถิ่นบริเวณพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย โดยวิธีการประมาณค่าภายใน (Interpolation Method) โดยใช้ข้อมูลที่เป็นหมุดร่วมจำนวนทั้งสิ้น 70 หมุด ที่มีค่าการรังวัดดาวเทียมจีพีเอสและค่าระดับในงานชั้นที่ 1 ซึ่งดำเนินการโดยกรมแผนที่ทหาร มาใช้สร้างแบบจำลองพื้นผิวชื่อยอดบริเวณพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย พร้อมทั้งประเมินผลแบบจำลองชื่อยอดท้องถิ่นดังกล่าวด้วยชุดข้อมูลหมุดตรวจสอบจำนวน 20 หมุดที่กระจายตัวอยู่ในพื้นที่ศึกษา

จากการศึกษาการคำนวณหาค่าความสูงชื่อยอดด้วยวิธีการประมาณค่าภายในทั้ง 4 วิธีคือ Inverse Distance Weighted (IDW), Kriging, Spline และ Triangulated Irregular Network (TIN) ผลปรากฏว่า วิธี IDW มีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยของชื่อยอดเท่ากับ 1.6 เซนติเมตร มีค่าความผิดพลาดที่มีขนาดใหญ่ที่สุดเท่ากับ 15.7 เซนติเมตร วิธี Kriging มีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยของชื่อยอดเท่ากับ 1.7 เซนติเมตร มีค่าความผิดพลาดที่มีขนาดใหญ่ที่สุดเท่ากับ 5.2 เซนติเมตร วิธี Spline มีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยของชื่อยอดเท่ากับ 1.3 เซนติเมตร มีค่าความผิดพลาดที่มีขนาดใหญ่ที่สุดเท่ากับ 5.4 เซนติเมตร และวิธี TIN มีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยของชื่อยอดเท่ากับ 1.4 เซนติเมตร มีค่าความผิดพลาดที่มีขนาดใหญ่ที่สุดเท่ากับ 5.4 เซนติเมตร ดังนั้นในงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองชื่อยอดท้องถิ่นที่สร้างขึ้นมาด้วยวิธีการประมาณค่าภายในด้วยวิธี Kriging, Spline และ TIN สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการแปลงค่าความสูงเหนือทรงรีอ้างอิงมาเป็นค่าความสูงออร์โทเมตริกได้ในบริเวณพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย

ภาควิชา.....วิศกรรมการสำรวจ.....ลายมือชื่อนิติศ.....
 สาขาวิชา.....วิศกรรมการสำรวจ.....ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....
 ปีการศึกษา.....2555.....

5270298821 : MAJOR SURVEY ENGINEERING

KEYWORDS : GEOID / GPS, ELLIPSOIDAL / HEIGHT / ORTHOMETRIC HEIGHT / LEVELING

DAMRI PRUNGTAENKIT : GEOID DETERMINATION BY INTERPOLATION METHOD IN CENTRAL PART OF THAILAND. ADVISOR : PROF. CHALERMCHON SATIRAPOD, Ph.D., 107 pp.

The measurement of geoid in Thailand has recently gained its importance. Applications of geoid model can be used to determine the orthometric heights of geoid surface from relative reference GPS ellipsoid. The main objective of this research is to develop a local geoid model in central part of Thailand using the interpolation method. A total of 70 GPS points positioning were used for this observation. The GPS signals and the first order leveling survey marks measurement were provided by the Royal Thai Survey Department (RTSD). These data were then used to generate a local geoid model in the central region of Thailand. Subsequently, this local geoid model was assessed by 20 check points within the research area.

This research revealed an average error values of the orthometric heights of geoid surface from 4 different interpolation methods which are 1) Inverse Distance Weighted (IDW), 2) Kriging, 3) Spline and 4) Triangulated Irregular Network (TIN). IDW method gave an average error value at 1.6 centimeter with the largest discrepancy at 15.7 centimeter. While Kriging, Spline and TIN gave 1.7 centimeter with the largest discrepancy at 5.2 centimeter, 1.3 centimeter with the largest discrepancy at 5.4 centimeter and 1.4 centimeter with the largest discrepancy at 5.4 centimeter, respectively. In conclusion, the results confirm that the Kriging, Spline and TIN methods can be accurately used to evaluate the orthometric heights from relative reference GPS ellipsoid within the central region of Thailand.

Department : Survey Engineering Student's Signature.....

Field of Study : Survey Engineering Advisor's Signature.....

Academic Year : 2012.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยการสนับสนุนเป็นอย่างดีจากหลายฝ่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมชนม์ สติระพจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เป็นอย่างสูง ที่คอยให้คำแนะนำ คำปรึกษา พร้อมทั้งตรวจสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้กับข้าพเจ้า รวมทั้งคณาจารย์ในภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่านที่ให้ความรู้ และคำแนะนำต่างๆ แก่ข้าพเจ้า

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ กองยื่อเคซีและยื่อพีสิกส์ กรมแผนที่ทหารที่อนุเคราะห์ข้อมูลระดับของหมุดระดับอ้างอิง (ชั้นที่ 1) และข้อมูลการรังวัดดาวเทียม GPS เพื่อใช้ในงานวิจัยครั้งนี้

ท้ายสุดนี้ข้าพเจ้าขอขอบคุณในวิทยานิพนธ์นี้แก่ บิดา-มารดา ของข้าพเจ้าและคณาจารย์ทุกท่าน พร้อมทั้งครอบครัวที่คอยช่วยเหลือ สนับสนุนและเป็นกำลังใจในการศึกษาครั้งนี้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูป.....	ญ
คำจำกัดความ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	3
1.3 กรณศึกษาที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย.....	3
1.4 ขอบเขตการวิจัย.....	5
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	6
1.6 สรุปรายงานการทำวิทยานิพนธ์.....	6
บทที่ 2 ทฤษฎีบทที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย.....	7
2.1 สันฐานของโลก.....	7
2.2 พื้นหลักฐานทางย็ออเดซี.....	8
2.3 ความสูง.....	9
2.4 ย็อออยด์.....	9
2.5 ระบบดาวเทียมจีพีเอส.....	10
2.6 หลักการหาตำแหน่ง.....	10
2.7 หลักการหาค่าระดับจากงานรังวัดดาวเทียมจีพีเอส.....	12
2.4 วิธีการหาค่าต่างของความสูงระหว่างย็อออยด์ และทรงรีอ้างอิง.....	14
บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย.....	15
3.1 ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย.....	15
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	16
3.3 การรังวัดดาวเทียมจีพีเอสของหมุดตรวจสอบ.....	17

	หน้า
3.4 การคำนวณค่าชื่อย่อชด และสร้างแบบจำลองพื้นผิวชื่อย่อชด.....	17
3.5 การประเมินผลการหาค่าชื่อย่อชด.....	20
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย.....	21
4.1 ข้อมูลระดับ.....	21
4.2 ข้อมูลการสำรวจหาค่าพิกัดด้วยดาวเทียมจีพีเอส.....	22
4.3 หมุดตรวจสอบ.....	41
4.4 แบบจำลองพื้นผิวชื่อย่อชด.....	47
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	66
5.1 ผลจากการวิจัย.....	66
5.2 ประโยชน์ที่ได้จากการวิจัย.....	67
5.3 ปัญหาและอุปสรรคในงานวิจัย.....	67
5.4 ข้อเสนอแนะ.....	68
รายการอ้างอิง.....	70
ภาคผนวก.....	72
ก การตรวจสอบโครงข่ายระดับและการคำนวณปรับแก้โครงข่ายระดับ.....	73
ข แสดงรายละเอียดแบบบันทึกข้อมูลระดับของหมุดตรวจสอบ.....	84
ค แสดงรายละเอียดค่าพิกัดของหมุดร่วมในการสร้างแบบจำลองชื่อย่อชดท้องถิ่น.....	104
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	107

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 แสดงค่าพิกัดและความยาวเส้นฐานของหมู่คร่อม 70 หมู่.....	24
2 แสดงผลการตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูล RINEX ของสถานีฐาน.....	28
3 แสดงค่าพิกัดของหมู่จีพีเอสถาวร.....	31
4 แสดงผลลัพธ์ของการประมวลผลเส้นฐานของหมู่คร่อม.....	32
5 แสดงผลลัพธ์การคำนวณหาค่าความสูงย็อยด์ตามสูตรที่ 1 ของหมู่คร่อม.....	38
6 แสดงผลการประมวลผลของหมู่ตรวจสอบ.....	44
7 แสดงผลการคำนวณหาค่าย็อยด์ของหมู่ตรวจสอบ.....	46
8 แสดงผลการหาค่าความสูงย็อยด์ของหมู่ตรวจสอบ โดยใช้แบบจำลองพื้นผิวย็อยด์ที่สร้างด้วยวิธี IDW.....	49
9 แสดงผลการหาค่าความสูงย็อยด์ของหมู่ตรวจสอบ โดยใช้แบบจำลองพื้นผิวย็อยด์ที่สร้างด้วยวิธี Kriging.....	53
10 แสดงผลการหาค่าความสูงย็อยด์ของหมู่ตรวจสอบ โดยใช้แบบจำลองพื้นผิวย็อยด์ที่สร้างด้วยวิธี Spline.....	56
11 แสดงผลการหาค่าความสูงย็อยด์ของหมู่ตรวจสอบ โดยใช้แบบจำลองพื้นผิวย็อยด์ที่สร้างด้วยวิธี TIN.....	58
12 แสดงการเปรียบเทียบค่าย็อยด์ที่คำนวณได้จากสูตรที่ 1 กับค่าย็อยด์ที่ได้จากการประมาณค่าภายในด้วยวิธี IDW.....	60
13 แสดงการเปรียบเทียบค่าย็อยด์ที่คำนวณได้จากสูตรที่ 1 กับค่าย็อยด์ที่ได้จากการประมาณค่าภายในด้วยวิธี Kriging.....	61
14 แสดงการเปรียบเทียบค่าย็อยด์ที่คำนวณได้จากสูตรที่ 1 กับค่าย็อยด์ที่ได้จากการประมาณค่าภายในด้วยวิธี Spline.....	63
15 แสดงการเปรียบเทียบค่าย็อยด์ที่คำนวณได้จากสูตรที่ 1 กับค่าย็อยด์ที่ได้จากการประมาณค่าภายในด้วยวิธี TIN.....	64
ก.1 แสดงรายการตรวจสอบโครงข่าย.....	73
ก.2 แสดงค่าต่างระดับหลังการปรับแก้.....	75
ก.3 แสดงค่าระดับของหมู่หลักฐานหลังการปรับแก้.....	80
ค.1 แสดงรายละเอียดค่าพิกัดของหมู่คร่อม.....	104

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1 แสดงโครงข่ายสายการระดับการทรุดตัวของพื้นดิน ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร และปริมณฑล.....	6
2 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงเหนือทรีแองอิง และความสูงออร์โทเมตริก.....	13
3 แสดงตำแหน่งของหมุดร่วมจำนวน 70 หมุด หมุดจีพีเอสถาวรของหน่วยงานต่างๆ และหมุดตรวจสอบ ในบริเวณพื้นที่ศึกษา.....	15
4 แสดงสมการของการประมาณค่าด้วยวิธี Inverse Distance Weighted.....	18
5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Semi-Variance กับ Distance.....	19
6 แสดงโครงข่ายสายการระดับการทรุดตัวของพื้นดินประจำปีงบประมาณ 2553.....	21
7 แสดงหมุดหลักฐานดาวเทียม GPS แบบถาวร (GPS 3166).....	23
8 แสดงเส้นฐานที่ประมวลผลได้แบบ Side Shot.....	23
9 แสดงเส้นฐานหลังการปรับปรุงสถานีฐาน.....	37
10 แสดงลักษณะหมุดระดับที่นำมาใช้เป็นหมุดตรวจสอบ.....	42
11 แสดงการรังวัดดาวเทียมจีพีเอสภาคสนาม.....	43
12 แสดงผลการสร้างแบบจำลองพื้นผิวขี้อยอดด้วยวิธี IDW (Power = 2, Number = 12)....	48
13 แสดงผลการสร้างแบบจำลองพื้นผิวขี้อยอดด้วยวิธี IDW (Power = 2, Number = 6)....	48
14 แสดงผลการสร้างแบบจำลองพื้นผิวขี้อยอดด้วยวิธี IDW (Power = 2, Number = 3)....	49
15 แสดงผลการสร้างแบบจำลองพื้นผิวขี้อยอดด้วยวิธี Kriging (Spherical).....	51
16 แสดงผลการสร้างแบบจำลองพื้นผิวขี้อยอดด้วยวิธี Kriging (Circular).....	52
17 แสดงผลการสร้างแบบจำลองพื้นผิวขี้อยอดด้วยวิธี Kriging (Linear).....	52
18 แสดงผลการสร้างแบบจำลองพื้นผิวขี้อยอดด้วยวิธี Spline (Regularized).....	55
19 แสดงผลการสร้างแบบจำลองพื้นผิวขี้อยอดด้วยวิธี Spline (Tension).....	55
20 แสดงผลการสร้างแบบจำลองพื้นผิวขี้อยอดด้วยวิธี TIN.....	58

คำจำกัดความ

ข้อมูลหมู่รวม	เป็นหมู่ที่มีทั้งค่าการรังวัดจีพีเอส และค่าระดับ (งานชั้นที่ 1) ดำเนินการ โดยกรมแผนที่ทหารทั้งหมด
ข้อมูลหมู่ตรวจสอบ	เป็นหมู่ที่มีทั้งค่าการรังวัดจีพีเอส และค่าระดับ (งานชั้นที่ 1) โดยการ รังวัดจีพีเอส ดำเนินการโดยผู้วิจัย ส่วนค่าระดับ (งานชั้นที่ 1) ดำเนินการ โดยกรมแผนที่ทหาร

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันมีการนำเอาเทคโนโลยีจีพีเอสเข้ามาใช้ในการสำรวจทางด้านวิศวกรรมและการทำแผนที่ในประเทศไทยอย่างกว้างขวาง เนื่องจากงานรังวัดดาวเทียมระบบจีพีเอสมีข้อได้เปรียบงานรังวัดภาคพื้นดินอยู่หลายประการ เช่น สามารถทำงานได้ในทุกสภาพอากาศและสามารถทำงานได้ตลอด 24 ชั่วโมง สะดวกรวดเร็ว ไม่มีข้อจำกัดในเรื่องการมองเห็นกันระหว่างสถานี เป็นต้น นอกจากนี้ผลลัพธ์ที่ได้ก็ยังเป็นค่าพิกัดในรูปแบบสามมิติ คือ ได้ค่าพิกัดทางราบและทางดิ่งไปพร้อมกัน แต่ค่าพิกัดทั้งทางราบและทางดิ่งที่ได้ อ้างอิงอยู่บนรูปทรงรี (ellipsoid) แต่ค่าทางดิ่งที่ใช้ในงานสำรวจทางด้านวิศวกรรมและการทำแผนที่ ค่าทางดิ่งจะเป็นค่าความสูงที่อ้างอิงอยู่บนระดับทะเลปานกลาง (Mean Sea Level, MSL) หรือพื้นผิวฮิอยด์ (Geoid) ซึ่งเรียกว่า ค่าระดับ (Elevation) หรือ ค่าความสูงออร์โธเมตริก (Orthometric height) ดังนั้น ค่าทางดิ่งที่ได้จากการรังวัดดาวเทียมระบบจีพีเอส จึงยังคงเป็นข้อจำกัดที่สำคัญในการใช้ดาวเทียมจีพีเอสในการสำรวจดังกล่าวเนื่องจากไม่สามารถนำไปใช้ได้โดยตรง ทำให้ยังคงต้องใช้การสำรวจรังวัดระดับ แบบดั้งเดิมอยู่ต่อไป ซึ่งเป็นวิธีการที่ล่าช้าและค่าใช้จ่ายสูง

ปัญหาที่สำคัญประการหนึ่งก็คือการหารูปทรงของฮิอยด์ที่แท้จริงของประเทศ โดยวิธีการหาฮิอยด์มีอยู่หลายวิธีด้วยกัน โดยจะกล่าวถึงวิธีต่างๆ ในหัวข้อที่ 2.7 วิธีการหาค่าต่างของความสูงระหว่างฮิอยด์และทรงรีอ้างอิง แต่ประเทศไทยมีข้อจำกัดในเรื่องข้อมูล และความจำเป็นในการใช้งานการสำรวจแบบดั้งเดิมมีน้อย การหาค่าความสูงฮิอยด์ จึงเป็นเรื่องที่มีความจำเป็นและได้รับความสนใจที่จะพัฒนาให้มีความละเอียดถูกต้องสูงขึ้น และครอบคลุมพื้นที่กว้างขวางมากขึ้น และจากงานรังวัดดาวเทียมจีพีเอสได้ถูกนำมาใช้กันอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน โดยเฉพาะงานที่ต้องการค่าความถูกต้องทางตำแหน่งที่สูง อย่างไรก็ตามประเทศไทยยังไม่มีแบบจำลองฮิอยด์ท้องถิ่นที่ประกาศใช้อย่างเป็นทางการ ดังนั้นจึงต้องอาศัยแบบจำลองฮิอยด์สากล (Global geoid model) ที่มีอยู่ เช่น Earth Gravitational Model 1996 (EGM96) แบบจำลองดังกล่าวให้ค่าความถูกต้องแบบสมบูรณ์ (Absolute accuracy) อยู่ที่ประมาณ 1 เมตร (NASA, 2005) โดยจะเห็นว่ายังไม่เหมาะกับงานที่ต้องการความถูกต้องสูง และในปัจจุบันก็มีแบบจำลองฮิอยด์สากล Earth Gravitational Model 2008 (EGM2008) ออกมา แต่ก็ยังไม่มีใครยืนยันถึงค่าความถูกต้องของแบบจำลองดังกล่าว

ช่วงเวลาหลายปีที่ผ่านมาได้มีผลงานวิจัยหลายเรื่องที่พยายามประยุกต์ใช้จีพีเอสร่วมกับแบบจำลองย็อยด์สากล EGM96 ในการหาค่าความสูงออร์โทเมตริก โดยการประยุกต์ใช้ค่าต่างระหว่างพื้นผิวทรงรี และพื้นผิวย็อยด์ (N) เชิงสัมพัทธ์ เช่น ตัวอย่างกรณีศึกษาโดยทำการทดสอบในพื้นที่บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (ธนัช สุขวิมลเสรี, 2540) บริเวณตอนบนของประเทศไทย (ธนัช สุขวิมลเสรี, 2547) และ บริเวณพื้นที่เขตตลิ่งชัน และภาษีเจริญของกรุงเทพมหานคร (Wichiencharoen, 1998) เป็นต้น โดยค่าความถูกต้องที่ได้รับจากการหาค่าระดับด้วยวิธีการดังกล่าว ค่าความถูกต้องจะขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศเป็นสำคัญ (เฉลิมชนม์ สติระพจน์ และคณะ, 2547)

ในปัจจุบันประเทศไทย โดยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่และกรมแผนที่ทหารได้ร่วมมือกันในการดำเนินการศึกษาวิจัยการหาขี้ออยด์หรือผิวระดับอ้างอิงบริเวณประเทศไทยขึ้น ในขั้นต้นนี้แบบจำลองย็อยด์ถูกสร้างขึ้นจากข้อมูลความโน้มถ่วงพิภพ ข้อมูลความสูงที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่สูง (เช่น Digital Elevation Model - DEM (SRTM-3) ที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่เท่ากับ $3" \times 3"$ หรือประมาณ 90 เมตร \times 90 เมตร) และข้อมูลความสูงอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยการใช้ทฤษฎีปัญหาค่าขอบเขตของสโตกส์ แบบจำลองที่สร้างขึ้นนี้มีชื่อว่า CMU0701 ที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่เท่ากับ $30" \times 30"$ (ประมาณ 900 เมตร \times 900 เมตร) โดยมีความถูกต้องอยู่ที่ระดับ ± 30 ซ.ม.(RMS) ซึ่งค่าคลาดเคลื่อนดังกล่าวอาจเกิดจาก ค่าความสูงออร์โทเมตริก, H หรือตัว CMU0701 เอง (พุทธิพล คำรงค์ชัย และสุกฤษฎ์ ชัยชนะ, 2552) หรืออาจจะเป็นค่าความสูงเหนือรูปทรงรี, h ก็เป็นไปได้

ในปี พ.ศ.2553 กรมแผนที่ทหาร โดยกองขี้ออยด์และฟิสิกส์ได้ดำเนินการโครงการสำรวจระดับการทรุดตัวของพื้นดินในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล ซึ่งเป็นการสำรวจระดับชั้นที่ 1 รวมเป็นระยะทางทั้งสิ้น 1,718 กิโลเมตร จำนวน 1,232 หมู่ และจากรายงานผลการสำรวจหาค่าพิกัดด้วยดาวเทียม GPS (2553) ในโครงการดังกล่าวทางกรมแผนที่เองก็ได้สำรวจหาค่าพิกัดด้วยดาวเทียมจีพีเอส และความโน้มถ่วงพิภพบนหมู่คร่อม จำนวนทั้งสิ้น 70 หมู่

จากความเป็นมา และความสำคัญของปัญหาดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการหาค่าขี้ออยด์ ในบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ไม่มีความแตกต่างกันมากนักทางด้านความสูง และพื้นที่ดังกล่าวมีชุดข้อมูลการรังวัดที่มีความละเอียดสูงซึ่งเป็นหมู่คร่อม (หมู่หลักฐานที่มีค่ารังวัดจีพีเอส และค่าความสูงออร์โทเมตริก (งานชั้นที่ 1)) ด้วยวิธีการประมาณค่าภายในจากชุดข้อมูลดังกล่าว ซึ่งคาดว่าแนวทางปฏิบัตินี้จะสามารถนำแบบจำลองย็อยด์ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ร่วมกับดาวเทียมระบบจีพีเอส ในการหาค่าระดับของงานสำรวจทางด้านวิศวกรรมและการทำแผนที่ เพื่อทดแทนการรังวัดระดับแบบดั้งเดิม ซึ่งจะเป็นวิธีการสำรวจที่ประหยัดทั้งเวลาและค่าใช้จ่ายมากกว่าเท่าตัว

1.2 วัตถุประสงค์

ศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการสร้างแบบจำลองขี้อยอดที่ท้องถิ่นบริเวณพื้นที่ภาคกลาง โดยวิธีการประมาณค่าภายใน เพื่อนำไปสู่วิธีการหาค่าความสูงภูมิประเทศด้วยเทคโนโลยีจีพีเอสในงานสำรวจทางด้านวิศวกรรมและการทำแผนที่

1.3 กรณีศึกษาที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

กรณีศึกษาเกี่ยวกับการหาค่าระดับจากงานรังวัดดาวเทียมจีพีเอสในประเทศไทยจะอาศัยแบบจำลองขี้อยอดของพิภพ (Global geoid model) มาใช้ ซึ่งในที่นี้ใช้แบบจำลอง EGM96 มาประยุกต์ใช้เพื่อหาค่า N เริงสัมพัทธ์ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

1.3.1 ธนัช สุขวิมลเสรี (2540) ได้ทำการศึกษาการหาค่าระดับด้วยการรังวัดดาวเทียมจีพีเอสด้วยวิธีการคำนวณแบบโครงข่ายในบริเวณพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 80,000 ตารางกิโลเมตร โดยโครงข่ายดังกล่าวประกอบไปด้วยเส้นฐานจำนวนทั้งสิ้น 227 เส้นฐาน เชื่อมกับหมุดร่วมที่รู้ค่าระดับชั้นที่ 1 จำนวน 7 หมุด และค่าระดับชั้นที่ 3 จำนวน 12 หมุด จากจำนวนหมุดทั้งสิ้น 94 หมุด และในการเลือกใช้หมุดร่วมดังกล่าวจำนวน 4 หมุดเป็นจุดโยงยึดทางตั้งในการคำนวณโครงข่ายให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบค่าความสูงออร์โทเมตริกที่ได้จากการรังวัดดาวเทียมจีพีเอสกับการทำระดับ โดยมีค่าทางสถิติของการเปรียบเทียบค่าดังกล่าวดังต่อไปนี้คือ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.030 เมตร ค่าสูงสุดเท่ากับ 0.219 เมตร ค่าต่ำสุดเท่ากับ -0.111 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.103 เมตร

1.3.2 ธนัช สุขวิมลเสรี (2547) ได้ทำการศึกษาการหาค่าระดับด้วยการรังวัดดาวเทียมจีพีเอสด้วยวิธีการคำนวณแบบโครงข่ายในพื้นที่ตอนบนของประเทศไทยครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 180,000 ตารางกิโลเมตร โดยโครงข่ายดังกล่าวประกอบไปด้วยเส้นฐานจำนวนทั้งสิ้น 464 เส้นฐาน เชื่อมกับหมุดร่วมที่รู้ค่าระดับจำนวน 28 หมุด จากจำนวนหมุดทั้งสิ้น 124 หมุด โดยใช้จุดโยงยึดทางตั้งจำนวน 5 หมุดให้ค่าผลลัพธ์ที่ดีที่สุด เมื่อนำค่าความสูงออร์โทเมตริกที่ได้จากการรังวัดดาวเทียมจีพีเอสกับการทำระดับของหมุดในโครงข่ายทั้ง 23 หมุดมาเปรียบเทียบกัน ได้ค่าทางสถิติของการเปรียบเทียบค่าดังกล่าวดังต่อไปนี้คือ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.013 เมตร ค่าสูงสุดเท่ากับ 0.166 เมตร ค่าต่ำสุดเท่ากับ -0.304 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.115 เมตร

1.3.3 Wichiencharoen (1998) ได้ทำการศึกษาการหาค่าระดับด้วยการรังวัดดาวเทียมจีพีเอสด้วยวิธีการคำนวณแบบโครงข่ายในบริเวณพื้นที่เขตดิ่งชันและภาษีเจริญของกรุงเทพมหานคร ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 200 ตารางกิโลเมตร โดยโครงข่ายดังกล่าวประกอบไปด้วยหมุดควบคุมทางราบจำนวน 14 คู่ และหมุดเดี่ยวจำนวน 2 หมุด และออกแบบโครงข่ายเชื่อม

กัน และโยยัดเข้ากับหมุดหลักฐานของกรมแผนที่จำนวน 3 หมุด พร้อมทั้งมีการถ่ายค่าระดับเข้าสู่หมุดควบคุมจำนวน 28 หมุด โดยวิธีการทำระดับชั้นที่ 2 และทำการปรับแก้โครงข่ายโดยใช้จุดโยยัดทางราบ 3 หมุดของหมุดหลักฐานของกรมแผนที่ทหาร และทางคิ่งจำนวน 4 หมุดซึ่งวางตัวอยู่ ณ มุมของโครงข่าย ให้ค่าผลลัพธ์ที่ดีที่สุด เมื่อนำค่าความสูงออร์โทเมตริกที่ได้จากการรังวัดดาวเทียมจีพีเอสกับการทำระดับของหมุดในโครงข่ายทั้ง 24 หมุดมาเปรียบเทียบกัน ได้ค่าทางสถิติของการเปรียบเทียบค่าดังกล่าวดังต่อไปนี้คือ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.000 เมตร ค่าสูงสุดเท่ากับ 0.034 เมตร ค่าต่ำสุดเท่ากับ -0.052 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.022 เมตร

1.3.4 ชนัชและเฉลิมชนม์ (2548) ได้ทำการศึกษาการหาค่าระดับด้วยการรังวัดดาวเทียมจีพีเอสด้วยวิธีการคำนวณแบบเส้นฐาน โดยได้ทำการทดสอบกับเส้นฐานจากการรังวัดดาวเทียมจีพีเอสจำนวน 22 เส้นฐาน โดยมีความยาวตั้งแต่ 8.8 กิโลเมตรไปจนถึง 70.8 กิโลเมตร โดยทุกๆเส้นฐานจะเชื่อมกับหมุดร่วมที่รู้ค่าความสูงออร์โทเมตริกซึ่งได้มาจากการทำระดับชั้นที่ 3 หรือดีกว่า เมื่อนำค่าความสูงออร์โทเมตริกที่ได้จากการประยุกต์ใช้วิธีการคำนวณแบบเส้นฐานกับค่าที่ได้จากการทำระดับมาเปรียบเทียบกัน ได้ค่าทางสถิติของการเปรียบเทียบค่าดังกล่าวดังต่อไปนี้คือ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.037 เมตร ค่าสูงสุดเท่ากับ 0.392 เมตร ค่าต่ำสุดเท่ากับ -0.208 เมตร และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.147 เมตร

จากงานวิจัยต่างๆข้างต้นแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการประยุกต์หาค่าความสูงออร์โทเมตริกโดยใช้การรังวัดดาวเทียมจีพีเอส ทั้งวิธีการคำนวณแบบโครงข่ายหรือวิธีการคำนวณแบบเส้นฐาน แต่สิ่งหนึ่งที่แสดงให้เห็นว่ามีผลต่อค่าความถูกต้องที่ได้รับก็คือสภาพพื้นที่ที่ทำการศึกษามีสภาพภูมิประเทศเป็นอย่างไร โดยถ้าลักษณะสภาพภูมิประเทศเป็นที่ราบก็ให้ผลลัพธ์ของการหาค่าความสูงออร์โทเมตริกมีความถูกต้องมากกว่าสภาพพื้นที่เป็นที่ราบสูง และอีกหนึ่งปัจจัยก็คือจำนวนหมุดร่วมที่ทราบค่าความสูงออร์โทเมตริกจากการรังวัดระดับ ซึ่งในกรณีการประยุกต์หาค่าความสูงออร์โทเมตริกโดยใช้การรังวัดดาวเทียมจีพีเอสด้วยวิธีการคำนวณแบบโครงข่าย ตำแหน่งของหมุดอ้างอิงทางคิ่งควรอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมและครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด และจากวิธีการคำนวณแบบเส้นฐาน ซึ่งที่จุดปลายทั้งสองของเส้นฐานจะทราบค่าความสูงออร์โทเมตริกที่ได้จากการรังวัดระดับ และเส้นฐานที่มีความยาวต่ำกว่า 20 กิโลเมตรจะให้ค่าความถูกต้องอยู่เกณฑ์ของงานระดับชั้นที่ 4

ผลจากงานวิจัยดังกล่าวข้างต้นแสดงให้เห็นว่าถ้าพื้นที่ศึกษามีลักษณะเป็นที่ราบ และบริเวณพื้นที่ดังกล่าวมีหมุดหลักฐานที่มีข้อมูลทั้งค่าการรังวัดดาวเทียมจีพีเอส และค่าระดับอยู่บนหมุดเดียวกัน เมื่อเรานำเอาค่าทั้งสองดังกล่าวมาคำนวณหาค่าที่ย่อยคิ่งของแต่ละหมุด และนำค่า

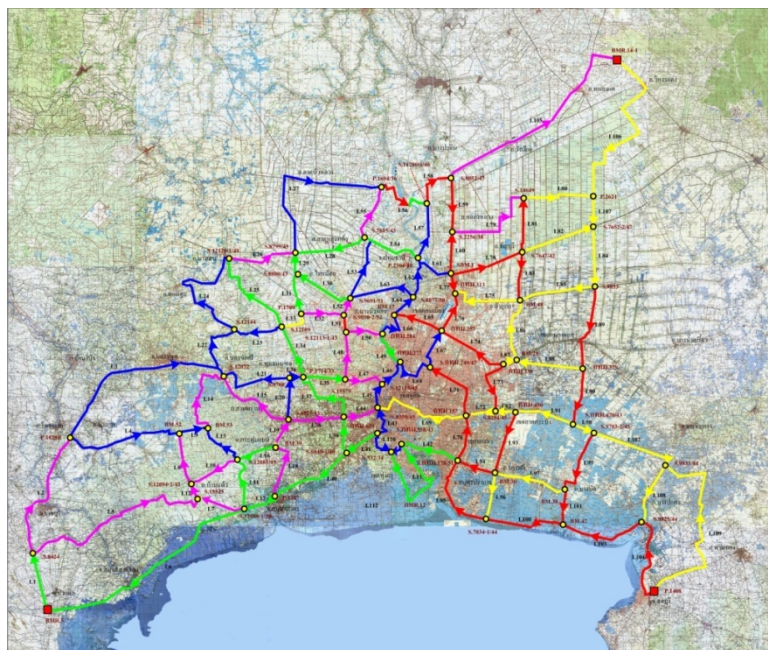
ชื่อยอดดังกล่าวมาใช้สร้างแบบจำลองพื้นผิวชื่อยอดของพื้นที่ศึกษาด้วยวิธีการประมาณค่าภายในผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองนี้ก็น่าจะให้ค่าความถูกต้องที่ดีด้วยเช่นกัน

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1.4.1 พื้นที่ศึกษา ใช้พื้นที่ภาคกลาง ครอบคลุมพื้นที่ ละติจูด $13^{\circ} 15'$ ถึง $14^{\circ} 30'$ เหนือ ลองจิจูด $99^{\circ} 45'$ ถึง $101^{\circ} 10'$ ตะวันออก

1.4.2 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาวิจัย เป็นหมุดร่วม (หมุดหลักฐานที่มีค่ารังวัดจีพีเอส และค่าความสูงออร์โทเมตริก (งานชั้นที่ 1)) บริเวณพื้นที่ภาคกลาง ประกอบไปด้วย กรุงเทพมหานคร จ.นนทบุรี จ.ปทุมธานี จ.สมุทรปราการ จ.สมุทรสาคร จ.สมุทรสงคราม จ.นครปฐม จ.ราชบุรี จ.สุพรรณบุรี จ.พระนครศรีอยุธยา จ.สระบุรี จ.นครนายก จ.ฉะเชิงเทรา และจ.ชลบุรี รวมทั้งสิ้น 14 จังหวัด จำนวน 70 หมุด โดยจะอยู่บนโครงข่ายสายการระดับการท Rudตัวของพื้นดิน ในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล ประจำปีงบประมาณ 2553 ดังแสดงในรูปที่ 1

1.4.3 คำนวณหาค่าชื่อยอดและสร้างแบบจำลองพื้นผิวชื่อยอด พร้อมประเมินผลการหาค่าชื่อยอดท้องถิ่นของพื้นที่ศึกษาด้วยชุดข้อมูลหมุดร่วมจำนวน 20 หมุด ซึ่งอยู่บนโครงข่ายสายการระดับการท Rudตัวของพื้นดิน ในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล ประจำปีงบประมาณ 2553



รูปที่ 1 แสดงโครงข่ายสายการระดับการตรวจตัวของพื้นดิน ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร
และปริมณฑล

(รายงานผลการสำรวจระดับการตรวจตัวของพื้นดิน ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล, 2553)

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 แบบจำลองข้อมูลของพื้นที่ศึกษา เพื่อจะนำไปใช้ในงานสำรวจของประเทศ
ไทยในอนาคต

1.5.2 ทำให้ทราบค่าความสูงออร์โทเมตริกของหมุดหลักฐานจีพีเอสในโครงข่ายของกรม
แผนที่ทหารโดยประยุกต์ใช้การรังวัดดาวเทียมจีพีเอส มีความละเอียดถูกต้องทัดเทียมกับการสำรวจ
รังวัดระดับแบบดั้งเดิมหรือไม่

1.5.3 สามารถประยุกต์ใช้การรังวัดดาวเทียมจีพีเอสหาค่าความสูงออร์โทเมตริก ทดแทน
การสำรวจรังวัดระดับแบบดั้งเดิมได้ในบริเวณพื้นที่ศึกษา

1.5.4 เป็นข้อมูลข้อมูลพื้นฐาน ซึ่งสามารถนำไปใช้งานสำรวจทางด้านวิศวกรรมและการ
ทำแผนที่

1.6 สรุปรายงานการทำวิทยานิพนธ์

บทที่ 2 ทฤษฎีบทที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย

บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

บทที่ 2

ทฤษฎีบทที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

ในงานสำรวจจริงวัดและการทำแผนที่ สัณฐานของโลกจะเป็นรากฐานที่สำคัญในการคำนวณ ซึ่งจะกระทำอยู่บนพื้นผิวที่เป็นสัณฐานของโลก สัณฐานของโลกก็คือย็อยด์ ซึ่งเป็นพื้นผิวที่ศักย์ภาพแรงถ่วงเท่ากัน แต่ในการคำนวณในงานรังวัด เราใช้รูปทรงรีซึ่งเป็นรูปทรงทางเรขาคณิตเป็นสัณฐานของโลกในการคำนวณ ดังนั้นจึงต้องมีการหาความสัมพันธ์กันระหว่างสัณฐานที่แท้จริงกับสัณฐานที่ใช้ในการคำนวณ โดยมีเนื้อหาอ้างอิงมาจากหนังสือย็อยด์ของซูเกียรติ วิเชียรเจริญ (2537)

2.1 สัณฐานของโลก

งานย็อยด์ซี เป็นการหาสัณฐานและสนามความถ่วงของโลก และวัตถุลอยฟ้าอื่นๆ รวมทั้งการหารูปทรงรีเฉลี่ยของโลก (Mean earth ellipsoid) จากปริมาณที่รังวัดได้บนและนอกผิวโลก

สัณฐานของโลกมีทั้งทางกายภาพ และทางคณิตศาสตร์ สัณฐานของโลกทางกายภาพหมายถึงแนวเขตระหว่างผิวดินหรือผิวน้ำกับบรรยากาศรอบผิวโลก ค่าพิคัดของหมุดหลักฐานจากการทำงานรังวัดขั้นสูง ใช้แสดงสัณฐานส่วนที่เป็นพื้นดินได้อย่างหยาบๆ ในขณะที่สัณฐานทางกายภาพของโลกส่วนที่เป็นพื้นน้ำมองเห็นได้ง่าย เพราะภายใต้สมมุติฐานบางอย่างจะถือได้ว่าผิวน้ำของมหาสมุทรคือพื้นผิวดระดับของสนามความถ่วงของโลกที่มีศักย์ภาพความถ่วงเท่ากันทุกจุด สำหรับสัณฐานของโลกทางคณิตศาสตร์ได้จากการจินตนาการว่าพื้นผิวดระดับของมหาสมุทรยื่นต่อเข้าไปในส่วนที่เป็นพื้นดิน พื้นผิวดระดับที่ครอบคลุมโลกทั้งหมดนี้มีชื่อเรียกว่า ย็อยด์ (geoid) ซึ่งในงานย็อยด์ซีเมื่อพูดถึงสัณฐานของโลกเราหมายถึงย็อยด์ ซึ่งเป็นพื้นผิวอ้างอิงในการทำงานรังวัดขั้นสูง และงานรังวัดทางดาราศาสตร์รวมถึงงานรังวัดอื่นๆด้วย

เนื่องจากย็อยด์ มีรูปทรงที่ไม่ราบเรียบ จึงไม่เหมาะที่จะนำมาใช้เป็นระบบอ้างอิงของการคำนวณในงานย็อยด์ซี และงานรังวัดขั้นสูง เราจึงจำเป็นต้องหารูปทรงทางเรขาคณิตที่สามารถคำนวณหาได้ง่าย โดยปรกติแล้วนิยมใช้รูปทรงรี ซึ่งมีชื่อเรียกเฉพาะว่า รูปทรงรีอ้างอิง (Reference ellipsoid) ซึ่งมีอยู่มากกว่าสิบรูป โดยรูปทรงรีที่มีขนาด และคุณสมบัติใกล้เคียงกับย็อยด์มากที่สุด จะเรียกว่า รูปทรงรีเฉลี่ยของโลก

2.2 พื้นหลักฐานทางยิปโตเดซี (Geodetic Datum)

งานรังวัดต่างๆจะเกี่ยวข้องกับการวัดระยะ ทิศทาง ค่าระดับ และอื่นๆ และนำค่าต่างๆเหล่านี้มาคำนวณหาตำแหน่งของจุดต่างๆ ซึ่งในการทำงานรังวัดจะกระทำอยู่บนพื้นผิวที่เป็นหลักฐานของโลก ซึ่งจะหมายถึงยิปโตเดซีซึ่งเป็นหลักฐานที่แท้จริงของโลกแต่ว่ายิปโตเดซีก็ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้เป็นพื้นผิวอ้างอิงเพื่อกำหนดตำแหน่ง จึงจำเป็นต้องมีการนำเอารูปทรงรีมาเป็นพื้นผิวอ้างอิงในการคำนวณแทน

พื้นหลักฐานทางยิปโตเดซีแบ่งออกเป็นพื้นหลักฐานทางราบ และพื้นหลักฐานทางโค้งแยกออกจากกันมาตั้งแต่ในอดีตแต่ว่าในปัจจุบันการรังวัดดาวเทียมให้ค่าพิกัดตำแหน่งที่เป็นแบบสามมิติ ทั้งพิกัดตำแหน่งทางราบ และพิกัดตำแหน่งทางโค้ง จึงได้มีความพยายามนำเอาทั้งสองส่วนนี้รวมเข้าด้วยกัน

การกำหนดขนาดและรูปร่างของทรงรีที่ใช้จะพยายามเลือกให้ผิวของรูปทรงรีซ้อนทับกับพื้นผิวยิปโตเดซีมากที่สุด ซึ่งถ้ามีความใกล้เคียงกันมากก็จะทำให้การกำหนดตำแหน่ง และการคำนวณปริมาณต่างๆมีความคลาดเคลื่อนน้อยลง ในการเลือกพื้นผิวทรงรีจะประกอบด้วย

2.2.1 การเลือกขนาดและรูปร่างของทรงรี กำหนดโดยพารามิเตอร์ 2 ตัว คือ ค่าครึ่งแกนยาว a และค่าเยื้องศูนย์กลาง e^2

2.2.2 การกำหนดตำแหน่งของจุดศูนย์กลางทรงรีเทียบกับจุดศูนย์กลางมวลสารของโลก ซึ่งอยู่ในรูปแบบค่าเลื่อน (shift) ทางแกน x , y และ z ในระบบพิกัดฉากขั้วติดโลก หรืออาจอยู่ในรูปของพิกัดทางยิปโตเดซีที่จุดเริ่มต้นของโครงข่ายหมุดหลักฐานทางราบ นั่นคือ ϕ_0 , λ_0 และ h_0 รวมได้พารามิเตอร์ 5 ตัว ซึ่งเป็นจำนวนที่น้อยที่สุดที่สามารถนำมาใช้ในการกำหนดพื้นหลักฐานทางราบได้

และวิธีการนี้จะถือว่าแกนสั้นของรูปทรงรีนั้นจะขนานกับแกนโลก และแนวเมริเดียนหลักของรูปทรงรีจะขนานกับแนวเมริเดียนศูนย์กลาง

ระบบพิกัดขั้วติดโลก (earth fixed coordinate system) เป็นระบบพิกัดที่ผูกติดอยู่กับพื้นผิวโลก โดยมีระบบพิกัดฉากแบบสามมิติ โดยมีจุดกำเนิดอยู่ที่ศูนย์กลางรูปทรงรี โดยมีแกน z ในทิศทางของแกนสั้น แกน x อยู่ในทิศทางของเมริเดียนหลัก และแกน y ตั้งฉากกับแกน x และแกน y ซึ่งสามารถใช้ค่าพิกัดฉากนี้กำหนดตำแหน่งต่างๆได้เช่นเดียวกับค่าพิกัดรูปทรงรีหรือพิกัดทางยิปโตเดซี เพราะมีความสัมพันธ์ระหว่างกันที่เป็นเอกภาพ

พื้นหลักฐานต่างๆถูกสร้างและพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ประโยชน์ต่างๆตามความจำเป็นของแต่ละประเทศหรือระดับภูมิภาค ซึ่งแต่ละพื้นหลักฐานอาจจะเหมาะสมกับบางประเทศหรือบางภูมิภาคเท่านั้น ซึ่งส่วนใหญ่ข้อมูลที่ได้และนำมาใช้คำนวณงานรังวัดนั้นจะเป็นข้อมูลเฉพาะพื้นที่ ซึ่งรูปทรงรีดังกล่าวก็จะซ้อนทับเฉพาะพื้นที่นั้นๆ ของโลก ซึ่งเรียกว่า พื้นหลักฐานท้องถิ่น (Local datum) และเมื่อดาวเทียมเข้ามามีบทบาทมากขึ้นในการทำงานรังวัดในปัจจุบันจึงทำให้สามารถเชื่อมโยงข้อมูลส่วนต่างๆ เข้าด้วยกัน และทำให้สามารถคำนวณหารูปทรงรีที่มีขนาดและรูปร่างใกล้เคียงกับขี้ออยด์ของโลกได้มากยิ่งขึ้น ซึ่งเรียกว่าพื้นหลักฐานสากล (Global datum) เช่น WGS84 (World Geodetic System 1984) ซึ่งใช้อยู่ในระบบการรังวัดดาวเทียมจีพีเอสในปัจจุบัน

2.3 ความสูง

ความสูงหรือระดับที่ใช้กันอยู่ในงานรังวัดทั่วไป ค่าระดับที่ได้จะหมายถึงค่าความสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง นับว่าเป็นความสูงขี้ออยด์ ส่วนความสูงในงานรังวัดดาวเทียมจีพีเอสจะอ้างอิงกับพื้นผิวทรงรี เนื่องจากว่าในการบอกพิกัดตำแหน่งของจุดใดๆแบบสามมิติค่าพิกัดทั้งทางราบและทางดิ่งจะต้องอ้างอิงอยู่บนพื้นผิวเดียวกันซึ่งมีรูปทรงรีเป็นผิวอ้างอิงนั่นเอง โดยความสูงเหนือรูปทรงรีเป็นระยะที่วัดตามแนวตั้งฉากกับรูปทรงรี ส่วนความสูงขี้ออยด์จะเป็นระยะที่วัดตามแนวสายดิ่งซึ่งตั้งฉากกับพื้นผิวขี้ออยด์ โดยแนววัดความสูงของทั้งสองจะเป็นคนละแนวกันด้วยค่าป้ายเบนของสายดิ่ง แต่ค่าต่างของแนวทั้งสองนี้ก็มีขนาดเล็กมาก (น้อยกว่า 12 ลิปดา) ซึ่งจะมีผลต่อค่าความสูงน้อยมากไม่ว่าจะใช้แนวไหนเป็นหลัก

2.4 ขี้ออยด์

เมื่อพิจารณาถึงน้ำในมหาสมุทรว่าเป็นสารเนื้อเดียวกัน (homogeneous) และเคลื่อนที่ได้ อย่างเป็นอิสระในสนามความถ่วงของโลก โดยไม่มีแรงอื่นใดมาเกี่ยวข้องด้วยเลย ในสภาวะที่สมดุล พื้นผิวของมหาสมุทรในมโนทัศน์นี้ จะเป็นพื้นผิวระดับของสนามความถ่วง และถ้าเราขยายพื้นที่ผิวนี้ออกไปภายใต้พื้นดิน พื้นผิวระดับอันนี้ก็คือ ขี้ออยด์

เนื่องจากความโค้งของผิวขี้ออยด์ไม่มีความต่อเนื่อง ดังนั้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของมวลสารจึงไม่เหมาะที่จะนำเอามาใช้เป็นพื้นผิวอ้างอิงสำหรับการหาตำแหน่งทางราบ แต่จะเหมาะเป็นพื้นผิวอ้างอิงค่าต่างความสูงหรือศักย์ภาพ ซึ่งวัดได้จากการทำงานด้วยกล้องระดับและการวัดแรงถ่วง ซึ่งโดยทั่วไปเรารู้ว่าขี้ออยด์ก็คือระดับน้ำทะเลปานกลางที่สร้างขึ้นมานั่นเอง

2.5 ระบบดาวเทียมจีพีเอส

ระบบดาวเทียมจีพีเอสเป็นระบบดาวเทียมที่ใช้ในการหาพิกัดตำแหน่งโดยการรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอส ซึ่งถูกพัฒนามาจากระบบทรานซิท (Transit) ที่เลิกใช้ไปแล้วเมื่อปี พ.ศ. 2538 โดยกระทรวงกลาโหม (Department of defense) ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยมีแนวคิดในการออกแบบระบบดาวเทียมจีพีเอส เพื่อใช้ประโยชน์ทางด้านทหารเป็นหลัก และสามารถค้นหาพิกัดตำแหน่งได้ตลอด 24 ชั่วโมงโดยไม่ขึ้นกับสภาพภูมิอากาศและใช้ได้ทั่วโลก ผลจากการพัฒนาของระบบดาวเทียมจีพีเอสอย่างต่อเนื่องทั้งเทคโนโลยีและวิธีการทำงานภาคสนามเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการหาพิกัดตำแหน่งด้วยดาวเทียมจีพีเอส ทำให้ในปัจจุบันทางฝ่ายพลเรือนก็มีการนำเอาระบบดาวเทียมจีพีเอสมาใช้ในการหาพิกัดตำแหน่งอย่างกว้างขวางโดยเฉพาะงานทางด้านการสำรวจรังวัดและทำแผนที่ที่ต้องการความละเอียดถูกต้องสูงในทางตำแหน่ง

ระบบดาวเทียมจีพีเอสประกอบด้วยส่วนหลักๆอยู่ 3 ส่วนคือ ส่วนควบคุม (Control segment) ส่วนอวกาศ (Space segment) และส่วนผู้ใช้ (User segment) ในแต่ละส่วนมีความสัมพันธ์กันดังนี้

ส่วนควบคุมจะมีสถานีติดตามภาคพื้นดินที่กระจายอยู่บนพื้นโลกเพื่อคอยติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมซึ่งทำให้สามารถคำนวณวงโคจรและตำแหน่งของดาวเทียมที่ขณะเวลาต่างๆได้จากนั้นส่วนควบคุมก็จะทำนายวงโคจรและตำแหน่งของดาวเทียมทุกดวงในระบบล่วงหน้าแล้วส่งข้อมูลเหล่านี้ไปยังส่วนอวกาศซึ่งก็คือดาวเทียมนั่นเอง ดาวเทียมก็จะทำการส่งข้อมูลเหล่านี้ออกมาพร้อมกับคลื่นวิทยุมายังโลกในส่วนผู้ใช้เมื่อต้องการที่จะทราบตำแหน่งของจุดใดๆบนพื้นโลกก็เพียงแค่นำเอาเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมไปตั้งตรงตำแหน่งจุดที่ต้องการหาค่าแล้วนำข้อมูลที่รับวัดได้ไปประมวลผลก็จะทราบพิกัดตำแหน่งของจุดที่ต้องการ

2.6 หลักการหาตำแหน่ง (Positioning concept)

ในการหาตำแหน่งในระบบดาวเทียมจีพีเอสแบ่งออกเป็น 2 วิธีดังต่อไปนี้

2.6.1 การหาตำแหน่งจุดเดียว

การหาตำแหน่งจุดเดียว (Single point positioning) เป็นการหาตำแหน่งสัมบูรณ์ของเครื่องรับโดยตรง และใช้เครื่องรับเพียงเครื่องเดียวและใช้วิธีการวัดซูดเรนจ์ ซึ่งจะต้องมีการวัดระยะจากจุดดังกล่าวไปยังดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง เพื่อที่จะสามารถหาค่าพิกัดของจุดได้ทั้ง X, Y และ Z ซึ่งจะสามารถหาตำแหน่งสัมบูรณ์ได้ทันทีจากเครื่องรับ

2.6.2 การหาตำแหน่งแบบสัมพัทธ์ด้วยระบบดาวเทียมจีพีเอส

การหาตำแหน่งแบบสัมพัทธ์ (Relative Positioning) เป็นวิธีการหาตำแหน่งเปรียบเทียบกันระหว่างจุดสองจุด วัตถุประสงค์ของการหาตำแหน่งแบบสัมพัทธ์ คือ ต้องการให้ความถูกต้องของตำแหน่งเครื่องรับดีขึ้นกว่าการหาตำแหน่งของจุดเดียว การหาตำแหน่งแบบสัมพัทธ์นี้ต้องใช้

เครื่องรับแบบนำหนดั้งแต่สองเครื่องขึ้นไป เครื่องรับอันหนึ่งจะวางรับสัญญาณที่หมุดหลักฐานซึ่งรู้ค่าพิกัดแล้ว เรียกว่าสถานีฐาน (Base station) หรือสถานีอ้างอิง (Reference station) เครื่องรับอื่นๆ ที่เคลื่อนนำไปวางตามจุดที่ต้องการหาตำแหน่งเปรียบเทียบกับสถานีฐาน จุดต่างๆเหล่านี้เรียกว่าสถานีจร (Roving station) หรือสถานีผู้ใช้ (User station) หลักการทำงานของการทำงานหาตำแหน่งแบบสัมพัทธ์ คือ เครื่องรับที่สถานีฐานและที่สถานีจร จะต้องรับข้อมูลจากดาวเทียมกลุ่มเดียวกันและในช่วงระยะเวลาเดียวกัน โดยรับสัญญาณจากดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง ที่สถานีฐานจะทำหน้าที่เหมือนจุดอ้างอิงนำไปใช้ในการปรับแก้สำหรับคำนวณตำแหน่งอื่นได้ ด้วยลักษณะการทำงานดังกล่าวจะทำให้ความคลาดเคลื่อนมีระบบ (Systematic errors) เกิดขึ้นหลายชนิด อาทิเช่น ความคลาดเคลื่อนจากวงโคจร ความคลาดเคลื่อนจากชั้นบรรยากาศ ความคลาดเคลื่อนจากนาฬิกา ดาวเทียมและนาฬิกาเครื่องรับ เป็นต้น จะถูกหักล้างไปทำให้ตำแหน่งที่ได้จะมีค่าความถูกต้องที่ดีขึ้น เช่น วิธีการรังวัดแบบสถิต (static survey) วิธีการรังวัดแบบจลน์ (kinematic survey) วิธีการรังวัดแบบกึ่งสถิต (pseudostatic survey) หรือวิธีการรังวัดแบบสถิตอย่างรวดเร็ว (rapid static survey) และวิธีการรังวัดแบบจลน์ในทันที (real-time kinematic)

2.6.2.1 การรังวัดแบบสถิต (static survey) เป็นการหาตำแหน่งสัมพัทธ์โดยวิธีการวัดเฟสของคลื่นส่ง กล่าวคือเมื่อรู้ค่าตัวเลขปริศนาที่ถูกต้องเมื่อไร ก็จะสามารถคำนวณหาตำแหน่งได้ในทันที วิธีการนี้เป็นการทำงานโดยใช้เครื่องรับตั้งแต่ 2 เครื่องขึ้นไปวางอยู่ที่ปลายเส้นฐานที่ต้องการหาความยาวหรือตำแหน่งสัมพัทธ์โดยเครื่องรับจะไม่มีการเคลื่อนที่ โดยเครื่องรับเครื่องหนึ่งจะวางอยู่ที่จุดที่รู้ตำแหน่งแล้ว ส่วนเครื่องอื่นที่เหลือจะวางอยู่ที่ที่ต้องการหาตำแหน่ง โดยปกติเพื่อให้มีข้อมูลของการรังวัดที่เพียงพอจะประมวลผลหาจำนวนลูกคลื่นของคลื่นส่งจำนวนเต็มลูกที่ไม่รู้ค่า ได้ระยะเวลาที่ใช้ในการรับสัญญาณจะต้องนานเพียงพอที่จะนำมาหาค่าเลขปริศนาได้ตามเกณฑ์ความถูกต้องที่ต้องการ ซึ่งระยะเวลาดังกล่าวก็จะขึ้นอยู่กับความยาวเส้นฐาน จำนวนดาวเทียมรวมทั้งเรขาคณิตดาวเทียมด้วย โดยความยาวเส้นฐานยังมีขนาดสั้นยิ่งจะทำให้การคำนวณเส้นฐานมีความถูกต้องมาก

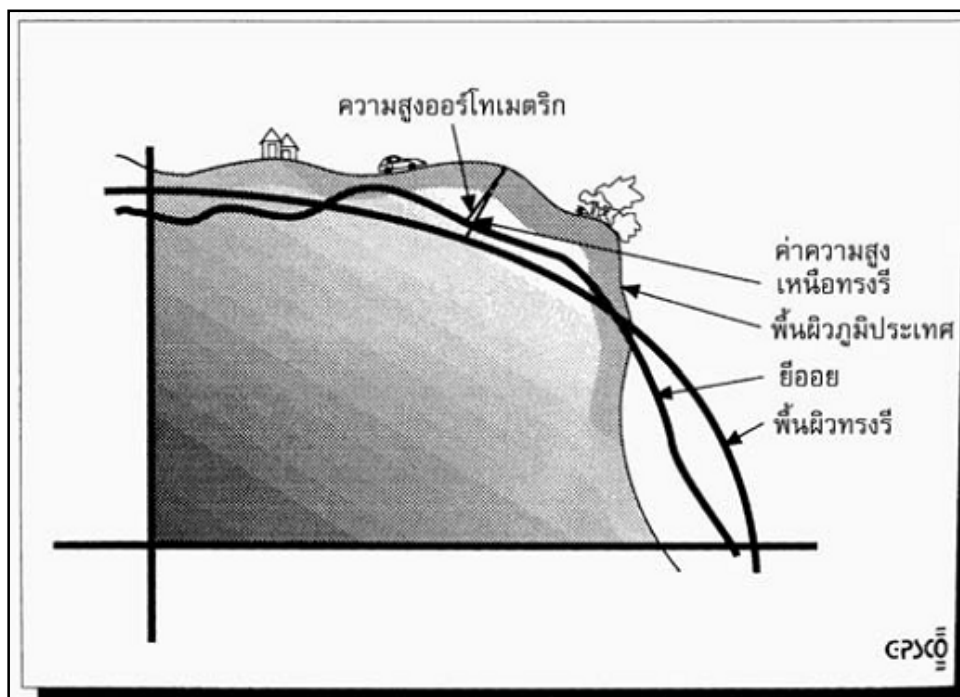
2.6.2.2 วิธีการรังวัดแบบจลน์ (kinematic survey) เป็นวิธีการหาตำแหน่งในขณะที่เครื่องรับสัญญาณเคลื่อนที่ และเป็นวิธีการที่ทำให้การหาพิกัดตำแหน่งของจุดต่างๆ ได้เป็นจำนวนมาก รวดเร็วโดยมีความถูกต้องถึงเซนติเมตร ซึ่งในการรังวัดด้วยวิธีนี้จะนำเอาเสาอากาศไปวางบนที่จุดที่ต้องการทราบค่าพิกัดเพียงช่วงระยะเวลาเพียงสั้นๆ 1-2 นาที แล้วเคลื่อนไปยังจุดต่อไป ซึ่งวิธีนี้พัฒนามาจากวิธีการรังวัดแบบสถิต แต่วิธีนี้มีวิธีการเริ่มทำงาน (initialization) เพื่อหาค่าเลขปริศนาก่อนเมื่อเริ่มต้นสัญญาณ

2.6.2.3 วิธีการรังวัดแบบกึ่งสถิต (pseudostatic survey) หรือวิธีการรังวัดแบบสถิตอย่างรวดเร็ว (rapid static survey) เป็นการรังวัดทางเลือกที่อยู่ระหว่างกลางของการรังวัดแบบสถิตที่มีเวลาที่ใช้ในการรังวัดเป็นชั่วโมงกับวิธีการรังวัดแบบจลน์ที่มีข้อจำกัดว่าต้องมีการลือคสัญญาณดาวเทียมให้ได้ก่อนอย่างน้อย 4 ดวง รวมทั้งต้องมีวิธีการเริ่มทำงาน (initialization) เพื่อหาค่าเลขปริศนาก่อนเมื่อเริ่มต้นสัญญาณ โดยวิธีการรังวัดแบบกึ่งสถิตนี้จะใช้เวลาในการรับสัญญาณในแต่ละจุดเพียง 4-8 นาที และจะต้องย้อนกลับมาที่ตำแหน่งเดิมหลังจากที่เวลาผ่านไป 1-2 ชั่วโมงแล้ว แต่ไม่ต้องมีการลือคสัญญาณในระหว่างเครื่องรับเลื่อนจากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่ง ซึ่งมีหลักการว่า ลักษณะทางเรขาคณิตของดาวเทียมที่แตกต่างกันจะช่วยให้สามารถคำนวณหาเลขปริศนาได้อย่างถูกต้อง โดยที่ข้อมูลช่วงกลางไม่ได้ช่วยในการหาค่าดังกล่าวเลย เพียงแต่ข้อมูลดาวเทียมที่ใช้ในการรังวัดจะต้องเป็นชุดเดียวกันในการวางเครื่องรับทั้งสองครั้ง

2.6.2.4 วิธีการรังวัดแบบจลน์ในทันที (real-time kinematic) เป็นการรังวัดแบบสถิตอย่างรวดเร็วโดยมีวิธีการทำงานแบบเดียวกับการรังวัดแบบสถิต แต่ใช้เวลาในการรังวัดสั้นกว่ามาก กล่าวคือ ในการคำนวณหาเลขปริศนา ทำได้โดยใช้ข้อมูลการรังวัดที่รวดเร็วกว่าในการแก้ค่าตัวเลขปริศนาได้เร็วขึ้นโดยใช้หลักการ 2 แบบ คือ ค่าผสมของรหัสและคลื่นส่งในเครื่องรับแบบสองความถี่ที่มีรหัส P ซึ่งก็คือระยะทางที่ได้จากรหัสจะไม่มีปัญหาของเลขปริศนา จึงนำมาใช้ในการหาระยะทางที่วัดโดยคลื่นส่ง และวิธีการหาค่าเลขปริศนาแบบนี้จะไม่ขึ้นอยู่กับเรขาคณิตดาวเทียม ดังนั้นข้อมูลในช่วงระยะเวลาสั้นๆเพียงไม่กี่นาทีก็จะนำมาแก้ค่าเลขปริศนาได้ และวิธีการค้นหาเลขปริศนาคด้วยดาวเทียมตั้งแต่ 6 ดวง โดยจะเลือกค่าผสมของเลขปริศนาของคลื่นส่ง L_1 และ L_2 หรือของคลื่นผสมอื่นๆที่เหมาะสม โดยมีวิธีการดังนี้คือ เริ่มต้นคำนวณค่าเลขปริศนาที่เป็นจำนวนจริง (real number) ก่อนแล้วค่อยกำหนดค่าเป็นจำนวนเต็ม (integer) ภายในขอบเขตของความน่าเชื่อถือ โดยอัลกอริทึมจะเลือกคอมบิเนชันที่มีความเป็นไปได้บางอันมาคำนวณตรวจสอบทุกๆครั้งที่มีจำนวนดาวเทียมเพิ่มขึ้น ยิ่งดาวเทียมเพิ่มมากขึ้นคอมบิเนชันที่มีความเป็นไปได้ก็จะลดลงทำให้ใช้เวลาในการรังวัดที่สั้นลง

2.7 หลักการหาระดับจากงานรังวัดดาวเทียมจีพีเอส

ในงานสำรวจและทำแผนที่ในปัจจุบันได้มีการนำเอาเทคโนโลยีจีพีเอสมาประยุกต์ใช้มากขึ้น โดยค่าพิกัดทางดิ่งที่ได้จากจีพีเอสนั้น จะอ้างอิงอยู่กับพื้นผิวทรงรีอ้างอิง แต่ค่าพิกัดทางดิ่งที่ใช้กันโดยทั่วไปในงานวิศวกรรมต่างๆจะอ้างอิงอยู่กับระดับน้ำทะเลปานกลาง หรือพื้นผิวฮัยอยด์ โดยสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงอ้างอิงทั้งสองแบบดังรูป



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงเหนือทรงรีอ้างอิง และความสูงออร์โทเมตริก
(เฉลิมชนม์, 2546)

จากรูปที่ 2 จะเห็นได้ว่าการแปลงค่าความสูงเหนือทรงรีอ้างอิง สามารถแปลงมาเป็นค่าความสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง หรือความสูงออร์โทเมตริกได้ โดยจะต้องทราบค่าต่างระหว่างพื้นผิวทรงรีอ้างอิง และพื้นผิวยี่ออยด์ (geoid undulation - N) โดยความสัมพันธ์ระหว่างค่า N กับความสูงเหนือทรงรีอ้างอิง และความสูงออร์โทเมตริก แสดงได้ดังสมการ

$$h = H + N \quad (1)$$

โดยที่ h คือ ค่าความสูงเหนือทรงรีอ้างอิง

H คือ ค่าความสูงออร์โทเมตริก

N คือ ค่าต่างระหว่างพื้นผิวทรงรีอ้างอิง และพื้นผิวยี่ออยด์ หรือเรียกว่าความสูงยี่ออยด์

จากสมการที่ 1 จะพบว่าค่าความถูกต้องของค่าความสูงออร์โทเมตริกนั้นจะขึ้นอยู่กับค่าความถูกต้องของค่าความสูงเหนือทรงรีที่ได้จากงานรังวัดดาวเทียมจีพีเอส และค่าความถูกต้องของการหาค่า N ดังนั้นค่าความถูกต้องของค่า N จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการหาค่าระดับจากงานรังวัดดาวเทียมจีพีเอส

2.7 วิธีการหาค่าต่างของความสูงระหว่างย็อยด์ และทรงรีอ้างอิง

เฉลิมชนม์ สติระพจน์ ได้สรุปวิธีการหาความสูงย็อยด์ หรือค่าต่างของความสูงระหว่างย็อยด์ และทรงรีอ้างอิงไว้ในเอกสารคำสอน ไว้ 4 วิธี ซึ่งมีรายละเอียดโดยสังเขปดังนี้

2.7.1 วิธี Astro-geodetic เป็นวิธีที่เชื่อมโยงกับโครงข่ายหมุดควบคุมท้องถิ่นโดยตรง ซึ่งอาศัยข้อมูลพื้นฐานดังเช่น มุมบ่ายเบนของแนวตั้ง (Deflection of vertical) ค่าต่างระหว่างค่าพิกัดย็อยด์ซึ่งจากการปรับแก้แบบ 2 มิติ กับค่าพิกัดทางดาราศาสตร์ ในแต่ละหมุดหรือสถานี เป็นต้น ซึ่งจะเรียกสถานีที่มีข้อมูลดังกล่าวว่าสถานี Astro-geodetic ข้อมูลพื้นฐานจะถูกนำมาใช้ในการหาคความลาดชันของพื้นผิวย็อยด์ระหว่าง สถานี Astro-geodetic ค่าความถูกต้องของค่า N เชิงสัมพัทธ์โดยรวมที่ได้จากวิธีนี้จะอยู่ในระดับหลายเมตร ซึ่งปัจจุบันไม่นิยมใช้แล้ว

2.7.2 วิธีแบบจำลอง Geopotential ของสนามความถ่วงของพิภพ เป็นวิธีที่คำนวณมาจากอนุกรม ฮาร์มอนิกทรงกลมของสนามความถ่วงของพิภพ (Spherical harmonic of the earth's gravity field) โดยใช้ข้อมูลดาวเทียม และข้อมูลภาคพื้นดินเป็นข้อมูลนำเข้าในการสร้างแบบจำลอง Geopotential ค่าความถูกต้องของค่า N ที่คำนวณได้ขึ้นอยู่กับปริมาณข้อมูลสนามความถ่วงในพื้นที่ที่นำเข้าไปใช้ในการสร้างแบบจำลอง ในปัจจุบันมีแบบจำลอง Earth Gravitational Model 2008 (EGM2008) ที่สร้างโดย The National Geospatial-Intelligence Agency (NGA) ประเทศสหรัฐอเมริกา ที่อะนอมะลีแรงถ่วงเฉลี่ยที่ 5 ลิปดา x 5 ลิปดา มีดีกรีและออเดอร์สูงสุดถึง 2160 (Pavlis et al, 2008)

2.7.3 วิธี Gravimetric เป็นวิธีการใช้ข้อมูลค่าความถ่วงภาคพื้นดิน (Terrestrial gravity observations) ในพื้นที่ที่ต้องการหาค่า N ร่วมกับ Stoke's integral ซึ่งส่วนใหญ่จะมีการวัดค่าความถ่วงพื้นผิวในประเทศที่พัฒนาแล้ว ค่าความถูกต้องของค่า N ที่คำนวณได้ขึ้นอยู่กับคุณภาพและลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลความถ่วงในพื้นที่

2.7.4 วิธีการประมาณค่าภายใน (Interpolation method) เป็นการนำจุดที่มีทั้งค่าความสูงออร์โทเมตริก และค่าความสูงเหนือทรงรีมาทำการหาค่า N และใช้การประมาณค่าภายในเพื่อคำนวณหาค่า N ของจุดอื่นๆ ที่อยู่ในพื้นที่ ค่าความถูกต้องของค่า N ที่คำนวณได้ขึ้นอยู่กับคุณภาพและลักษณะการกระจายตัวของสถานีที่มีค่าความสูงทั้งสองระบบในพื้นที่ และความราบเรียบของย็อยด์

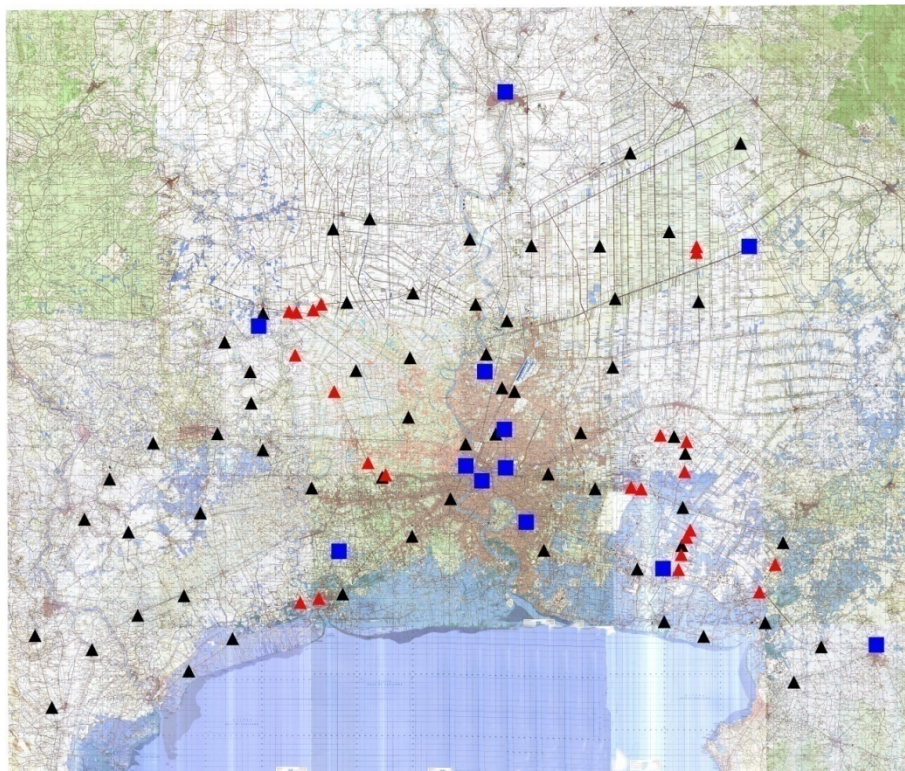
บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย

3.1 ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

หมุดร่วมที่นำมาใช้ในการทำวิจัยจะเป็นหมุดมีทั้งค่าการรังวัดจีพีเอส และค่าระดับ (งานชั้นที่ 1) ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ มีจำนวน 70 หมุด ดำเนินการ โดยกรมแผนที่ทหาร ดังแสดงในรูปที่ 3

3.1.1 ข้อมูลระดับ

ผู้วิจัยจะทำการตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูลระดับเบื้องต้นตลอดสายการระดับ พร้อมทำการตรวจสอบการคำนวณปรับแก้ค่าระดับ เพื่อให้แน่ใจว่าข้อมูลมีความถูกต้องสมบูรณ์



- ▲ หมุดร่วม
- หมุดจีพีเอสถาวร
- ▲ หมุดตรวจสอบ

รูปที่ 3 แสดงตำแหน่งของหมุดร่วมจำนวน 70 หมุด หมุดจีพีเอสถาวรของหน่วยงานต่างๆ และหมุดตรวจสอบ ในบริเวณพื้นที่ศึกษา

3.1.2 ข้อมูลการสำรวจค่าพิกัดด้วยดาวเทียมจีพีเอส

ผู้วิจัยจะทำการประมวลผลข้อมูลใหม่โดยมีแนวทางปฏิบัติดังต่อไปนี้

การปรับปรุงความยาวเส้นฐานให้มีขนาดที่สั้นลง โดยใช้ข้อมูลการรังวัดของหมุดจีพีเอสถาวรของหน่วยงานต่างๆ ดังต่อไปนี้ บริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย, ภาควิชาธรณีวิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, กรมแผนที่ทหาร, กรมโยธาธิการและผังเมือง, กรมที่ดิน, บริษัทอัลทีเมท, กรมอุตุนิยมวิทยา, กรมอุทกศาสตร์ และ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่อยู่ในบริเวณพื้นที่ศึกษาดังแสดงในรูปที่ 3 โดยผู้วิจัยจะทำการคัดเลือกหมุดที่มีตำแหน่งที่เหมาะสมและมีข้อมูลการรังวัดที่สมบูรณ์ เพื่อนำมาใช้ในการปรับปรุงเส้นฐานต่อไป

และในการประมวลผลเส้นฐานจะใช้ข้อมูลวงโคจรดาวเทียมความละเอียดสูง (Precise Ephemeris) ของหน่วยงาน IGS (International GPS Service) ซึ่งมีความความละเอียดถูกต้องของตำแหน่งดาวเทียมดีกว่า 5 เซนติเมตร เข้าร่วมประมวลผลเส้นฐานด้วย

3.1.3 หมุดตรวจสอบ

หมุดตรวจสอบที่จะนำมาใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองพื้นผิวยอดที่สร้างขึ้น จะเป็นหมุดร่วมซึ่งจะมีทั้งค่าระดับ และค่าความสูงเหนือทรวงรีอ้างอิง ซึ่งหมุดดังกล่าวจะเป็นหมุดที่ตั้งอยู่บนโครงข่ายสายการระดับการทวัดตัวของพื้นดิน ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร และบริเวณลพบุรี ประมาณปีงบประมาณ 2553 และปีงบประมาณ 2554 ส่วนค่าความสูงเหนือทรวงรีอ้างอิงจะได้อาจมาจากการรังวัดดาวเทียมจีพีเอสดำเนินการโดยผู้วิจัย

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 ชุดเครื่องมือรังวัดดาวเทียมระบบจีพีเอสยี่ห้อ Trimble รุ่น 5700

3.2.2 โปรแกรม Microsoft Office Excel version 2007 รวบรวมข้อมูลและตรวจสอบค่าทางสถิติ รวมทั้งการคำนวณเปรียบเทียบต่างๆ

3.2.3 โปรแกรมประมวลผลข้อมูลการรังวัดดาวเทียมระบบจีพีเอส ได้แก่ LGO (LEICA Geo Office) Version 4.0 ใช้ในการประมวลผลข้อมูลการรังวัดจีพีเอส

3.2.4 โปรแกรม Arc GIS version 9.3 ใช้ในการสร้างแบบจำลองพื้นผิวยอดด้วยวิธีการประมาณค่าภายในรูปแบบต่างๆ

3.3 การรังวัดดาวเทียมจีพีเอสของหมุดตรวจสอบ

ขั้นตอนการดำเนินการรังวัดดาวเทียมจีพีเอสของหมุดตรวจสอบ มีขั้นตอนดังนี้

3.3.1 การสำรวจเบื้องต้น จะประกอบด้วย

3.3.1.1 การคัดเลือกหมุดที่จะนำมาใช้เป็นหมุดตรวจสอบ โดยจะทำการคัดเลือกหมุดส่วนใหญ่ที่ตั้งอยู่บน โครงสร้างสะพานเป็นหลัก และตั้งอยู่ในพื้นที่โล่งแจ้ง เหมาะสำหรับรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอส และมีลักษณะการกระจายตัวอยู่ทั่วบริเวณพื้นที่ศึกษา

3.3.1.2 การสำรวจสภาพ และความสมบูรณ์ของหมุดตรวจสอบ ลักษณะสภาพภูมิประเทศของตำแหน่งหมุด และสภาพการจราจรในพื้นที่

3.3.2 การวางแผนการทำงาน

ระยะเวลาที่ใช้ทำงานรังวัดในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการทำงานรังวัดแบบสถิต (Static) ระยะเวลาที่ใช้ในการรังวัดขึ้นอยู่กับระยะทางของเส้นฐาน และจำนวนดาวเทียม ซึ่งสำหรับเส้นฐานสั้นๆ จะใช้เวลาในการรังวัดตั้งแต่ 45 นาทีขึ้นไป แต่ถ้าจำนวนดาวเทียมเพิ่มมากขึ้น ระยะเวลาที่ใช้ในการรังวัดก็จะน้อยกว่า ซึ่งในงานวิจัยนี้ เลือกใช้ระยะเวลาในการรังวัด 90 นาที

3.3.3 การจัดเตรียมเครื่องมือและแผนที่รายละเอียดประกอบหมุดต่างๆ

3.3.4 การประมวลผลข้อมูล

3.4 การคำนวณค่าย็อยด์ และสร้างแบบจำลองพื้นผิวย็อยด์

การคำนวณหาขั้วออยด์ภาคปฏิบัตินั้นจะหาได้จากสูตรที่ 1 บนหมุดร่วมที่มีค่ารังวัดจีพีเอส และค่าระดับ (งานชั้นที่ 1) จำนวน 70 หมุดนำค่าขั้วออยด์ที่คำนวณได้มาทำการสร้างแบบจำลองพื้นผิวย็อยด์ โดยวิธีการประมาณค่าภายใน

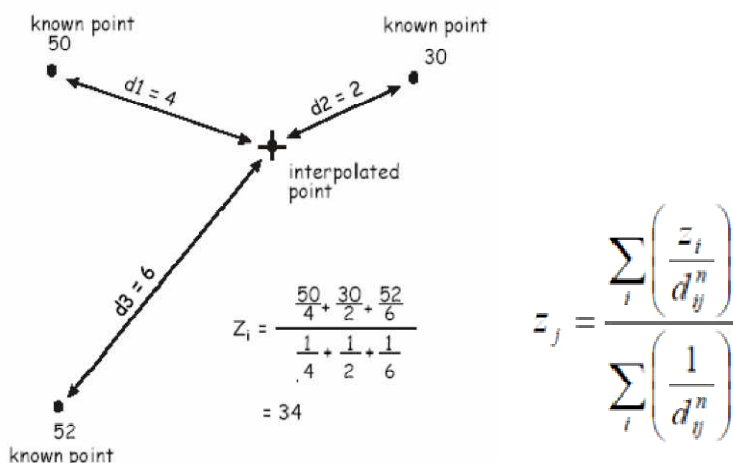
การประมาณค่าคือการประมาณค่าของจุดที่ไม่ทราบค่าด้วยจุดอ้างอิงที่ทราบค่าที่กระจายตัวอยู่รอบๆ จุดที่ไม่ทราบค่า ซึ่งจะถูกประมาณค่าโดยวิธีการประมาณค่าภายใน (Interpolation Method) โดยใช้ค่า N ที่คำนวณได้จากสูตรที่ 1 ของหมุดร่วมทั้ง 70 หมุด

วิธีการประมาณค่าภายใน มีวิธีการต่างๆ ดังต่อไปนี้

3.4.1 การประมาณค่าด้วยวิธี Inverse Distance Weighted (IDW)

วิธีการนี้จะสมมุติว่าจุดที่ทราบค่าความสูงจะมีอิทธิพลในทางผกผันกับระยะทางสำหรับการกำหนดค่าความสูงของแต่ละจุดที่ต้องการทราบค่าความสูง กล่าวคือจุดที่ทราบค่าความสูงใดๆ

ที่อยู่ใกล้กว่าจะมีค่าความสำคัญหรือมีค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight) ในการกำหนดค่าความสูงของจุดนั้น ๆ มากกว่าจุดที่ทราบค่าความสูงที่อยู่ไกลออกไป



รูปที่ 4 แสดงสมการของการประมาณค่าด้วยวิธี Inverse Distance Weighted

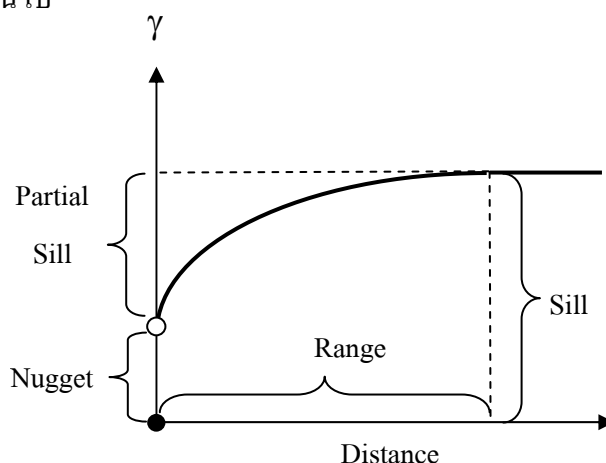
ที่มา : ดัดแปลงมาจาก สุเพชร จิรขจรกุล, 2555. หน้า 157

โดยสามารถกำหนดจำนวนจุด หรืออาจใช้ทุกจุดที่ทราบค่าความสูงที่อยู่ในรัศมีที่กำหนด มาคำนวณหาค่าความสูงให้กับจุดที่ไม่ทราบค่าความสูงได้ และการเลือกค่ายกกำลัง (Power) ก็มีผลต่อผลการประมาณค่าข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยวิธีการนี้จะเหมาะกับกรณีที่มีข้อมูลจุดที่รู้ค่าความสูงของพื้นที่ศึกษาที่มีความหนาแน่นมาก และมีการกระจายตัวหนาแน่น และในการประมาณค่าจะไม่คำนึงแนวโน้ม (Trend) หรืออิทธิพลของปัจจัยอื่นที่มีต่อข้อมูล วิธีนี้สามารถลดปัญหาการเลือกจำนวนจุดประมาณค่าด้วยการกำหนดจำนวนของจุดที่ทราบค่าความสูง (Number of points) และรัศมีพื้นที่ (Sample size radius) และสามารถป้องกันผลการประมาณค่าเกินขอบเขตด้วยการกำหนดตัวกั้นของการประมาณค่าในช่วง (Interpolation barrier)

3.4.2 การประมาณค่าด้วยวิธี Kriging

เป็นวิธีการประมาณค่าโดยการให้ถ่วงน้ำหนักของค่าข้อมูลขาเข้าเฉลี่ย (averaged input values) คล้ายคลึงกับวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ การคำนวณถ่วงน้ำหนักกระทำโดยใช้แบบจำลองพื้นผิวแบบ Semi-variogram แสดงความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของข้อมูล จึงต้องมีการทดสอบว่าข้อมูลมีความเหมาะสมกับแบบจำลองพื้นผิวแบบ Semi-variogram ไหมมากที่สุด โดยค่าอัตราความผันแปรระหว่างจุดที่เปลี่ยนแปลงตามระยะทางซึ่งแสดงค่าเฉลี่ยความแตกต่างระหว่างค่าของจุดที่เปลี่ยนไป (semi-variance) กับระยะทางของแต่ละจุด (lag distance) คล้ายการถ่วงน้ำหนักตามระยะทางแต่จะไม่ได้เป็นการถ่วงน้ำหนักตามระยะทางระหว่างจุดที่ทราบค่าความสูงกับจุดที่ไม่ทราบค่า แต่เป็นการจัดกลุ่มของจุดที่ทราบค่าความสูงไว้เป็นกลุ่มๆ ตามลักษณะความสัมพันธ์กันเชิงพื้นที่ที่มีความ

เกี่ยวพันกันในแต่ละจุด แล้วหาค่าความผันแปรเพื่อมาใช้เป็นค่าถ่วงน้ำหนัก โดยอาศัยการวัดระยะห่างของจุดข้อมูลทุกคู่ (Pairs of sample point) เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกันเชิงพื้นที่ (spatial autocorrelation) โดยใช้แบบจำลองพื้นผิวแบบ Semi-variogram โดยสมการในการปรับ variogram จะมีอยู่หลายสมการ ซึ่งแต่ละสมการจะมีค่าเริ่มต้นของค่าความผันแปร (nugget) ค่าที่ระดับของ variogram ต่ำสุดลง หรือค่าเริ่มคงที่ (sill) และระยะจากระยะทางของแต่ละจุดไปถึง sill (range) แตกต่างกันไป



รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Semi-Variance กับ Distance

3.4.3 การประมาณค่าด้วยวิธี Spline

เป็นวิธีการประมาณค่าทางพื้นที่เป็นตัวแทนทางคณิตศาสตร์ของไม้บรรทัดที่งอได้ โดยกำหนดค่าความสูงของจุดที่ไม่ทราบค่าความสูงด้วยการสร้างความโค้งตามพื้นผิวอย่างเหมาะสม โดยสามารถปรับให้สอดคล้องกับจุดข้อมูลที่ทราบค่าความสูงในจำนวนที่ไม่มากนักได้อย่างพอดีพอดี ดังนั้นจึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมกับกรณีที่มีข้อมูลจุดที่มีจำนวนไม่มากนักในพื้นที่

เป็นการประมาณค่าโดยใช้สมการแบบ Linear โดยมีหลักการคล้ายกับการโค้งของแผ่นยางผ่านจุดที่มีความโค้งรวมน้อยที่สุดของพื้นผิว โดยการสร้างพื้นผิวต้องผ่านจุดข้อมูลตั้งต้นเสมอ มีอยู่ 2 ชนิด คือ Tension และ Regularized หากจุดที่ทราบค่าความสูงอยู่ใกล้กัน และมีความแตกต่างของค่ามาก ผลการประมาณค่าจะให้ผลลัพธ์ที่ไม่ดีนัก (สุเพชร จิรขจรกุล, 2555)

3.4.4 การประมาณค่าด้วยวิธีโครงข่ายสามเหลี่ยม (Triangulated Irregular Network)

วิธีนี้จะใช้หมุดอ้างอิงเป็นจุดที่ไม่ใช่ข่ายของรูปสามเหลี่ยมที่ทับซ้อนกันที่ครอบคลุมพื้นที่ การการประมาณค่า มีหลากหลายวิธีที่จะใช้สำหรับการสร้างสามเหลี่ยมเชิงมุม โดยที่รูปสามเหลี่ยมเชิงมุมที่เหมาะสมจะถูกออกแบบให้ผลรวมของความยาวด้านมีขนาดเล็กที่สุด อีกวิธีก็คือการที่ด้านแต่ละด้านนั้นสั้นที่สุด ส่วน Delaunay triangulation จะกำหนดสามเหลี่ยมของชุดข้อมูลจะไม่มี

หมุดอ้างอิงอยู่ภายในcircumcircle ของรูปสามเหลี่ยมใด ๆ สามเหลี่ยม Delaunay จะกำหนดหมุดอ้างอิงที่อยู่ใกล้กับcircumcenter ที่สุด Delaunay triangulation เป็นโซลูชันที่ไม่ซ้ำกันสำหรับรูปสามเหลี่ยมเพราะไม่ได้ขึ้นอยู่กับจุดเริ่มต้นข่ายสามเหลี่ยมใหม่สำหรับทุกๆทางเลือกของจุดเริ่มต้น คุณสมบัติที่สำคัญของสามเหลี่ยมเชิงมุม Delaunay เป็นรูปสามเหลี่ยมที่มีด้านเท่ากันทั้งหมดที่ดีที่สุด วิธีการประมาณค่าในรูปสามเหลี่ยมที่เป็นที่นิยมมากที่สุดก็คือการประมาณค่าแบบเส้นตรง

3.5 การประเมินผลการหาค่ายี่ออยด์

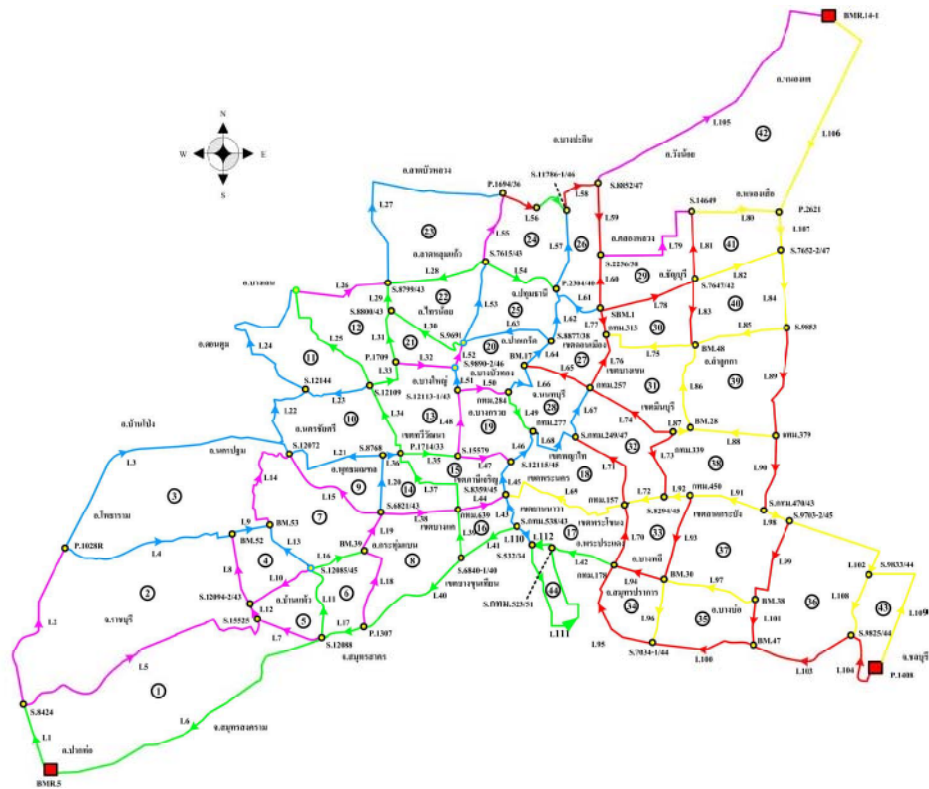
ในงานวิจัยนี้จะทำการประเมินความถูกต้องของแบบจำลองยี่ออยด์ท้องถิ่นที่คำนวณได้ด้วยการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าความสูงยี่ออยด์ที่ได้จากแบบจำลองพื้นผิวยี่ออยด์ท้องถิ่นโดยวิธีการประมาณค่าในรูปแบบต่างๆ กับค่าความสูงยี่ออยด์ที่คำนวณได้จากสูตรที่ 1 คือค่าต่างระหว่างค่าความสูงเหนือทรงรีกับค่าระดับ โดยใช้หมุดตรวจสอบที่เป็นข้อมูลหมุดร่วมที่มีทั้งค่ารังวัดดาวเทียมจีพีเอส และค่าระดับ (งานชั้นที่ 1) จำนวน 20 หมุด โดยจะทำการวิเคราะห์ผลที่ได้ด้วยการทดสอบค่าทางสถิติทั้งค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของการประมาณค่าภายในแต่ละวิธี

บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย

การตรวจสอบข้อมูล

4.1 ข้อมูลระดับ

จากรายงานผลการสำรวจระดับการทรุดตัวของพื้นดิน โครงการสำรวจระดับการทรุดตัวของพื้นดิน ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ประจำปีงบประมาณ 2553 และข้อมูลระดับของแต่ละสายการระดับที่ได้รับจากกรมแผนที่ทหาร มาทำการตรวจสอบโครงข่ายระดับ ซึ่งมีอยู่หลายสายที่มีการต่อเชื่อมกันเป็นรูปปิด ดังแสดงในรูปที่ 6 โดยมีเกณฑ์ตรวจสอบค่าคลาดเคลื่อนบรรจบ (Misclosure) คือ $\pm 4 \text{ มม.} \sqrt{K}$ เมื่อ K คือ ระยะทาง หน่วยเป็นกิโลเมตร



รูปที่ 6 แสดงโครงข่ายสายการระดับการทรุดตัวของพื้นดินประจำปีงบประมาณ 2553 (รายงานผลการสำรวจระดับการทรุดตัวของพื้นดิน ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล, 2553) ซึ่งมีผลการตรวจสอบโครงข่ายระดับเบื้องต้น และการคำนวณปรับแก้โครงข่ายระดับ ดังแสดงในภาคผนวก ก

การคำนวณปรับแก้โครงข่ายระดับ เมื่อตรวจสอบโครงข่ายระดับเบื้องต้นเรียบร้อยแล้ว ก็ทำการคำนวณปรับแก้ด้วยวิธีลีสตแควร์ ด้วยวิธีสมการค่าสังเกต (Observation Equations) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

จุดบังคับโครงข่ายมีอยู่ 3 จุดคือ จุดหลักฐาน BMR.5 ตั้งอยู่ที่วัดเขาหลวง อำเภอปากท่อ จังหวัดราชบุรี ค่าระดับสูง 5.6449 เมตร จุดหลักฐาน BMR.14-1 ตั้งอยู่ที่วัดเขาโปรงร้าง อำเภอนองแคว จังหวัดสระบุรี ค่าระดับสูง 20.7671 เมตร และจุดหลักฐาน BMR.16 (PBM.1408) ตั้งอยู่ที่กองพันทหารปืนใหญ่ที่ 21 รักษาพระองค์ อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี ค่าระดับสูง 57.3712 เมตร ทุกๆ จุดบรรจบของสายการระดับ จะเป็นค่าพารามิเตอร์ของโครงข่ายและค่าต่างระดับของสายการระดับต่างๆ ในโครงข่ายจะเป็นค่าสังเกต

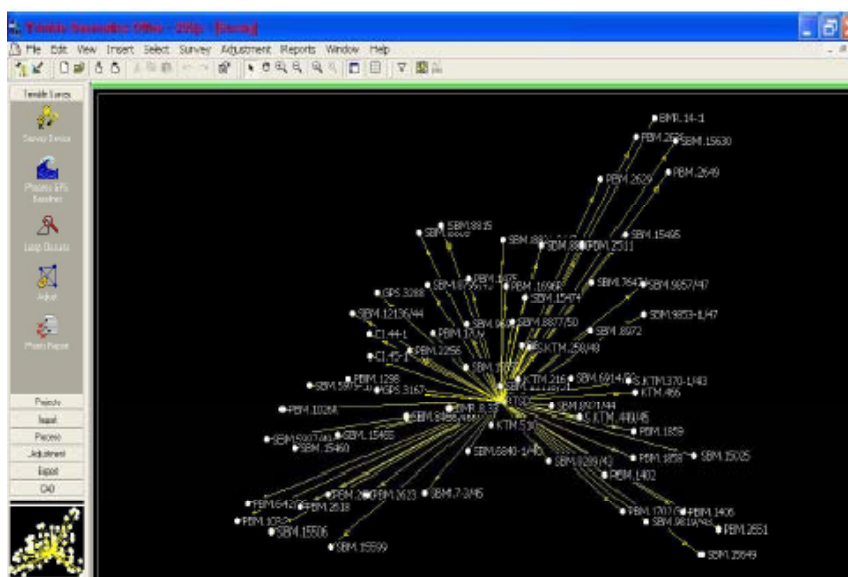
จากการตรวจสอบโครงข่ายระดับเบื้องต้น ค่าที่ได้จากข้อมูลของกรมแผนที่กับรายงานบางจุดมีค่าไม่เท่ากัน แต่ก็ไม่มีนัยสำคัญเพราะหลังจากมีการนำเอาค่าต่างระดับของแต่ละสายการระดับมาทำการคำนวณปรับแก้ และได้ค่าระดับของหมุดระดับแล้ว ปรากฏว่าค่าระดับที่ได้มีค่าที่ใกล้เคียงกันกับค่าที่คำนวณ โดยกรมแผนที่ซึ่งกล่าวได้ว่าค่าดังกล่าวมีความถูกต้อง ดังนั้นจึงนำค่าระดับของโครงการสำรวจการทรุดตัวของพื้นดินในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ประจำปีงบประมาณ 2553 มาใช้ในการคำนวณหาค่าชื่อยอดต่อไป

4.2 ข้อมูลการสำรวจหาค่าพิกัดด้วยดาวเทียมจีพีเอส

จากรายงานผลการสำรวจหาค่าพิกัดด้วยดาวเทียมจีพีเอส งานชื่อยอดและชื่อยอดฟิสิกส์ ประจำปีงบประมาณ 2553 ชุดสำรวจหาค่าพิกัดด้วยดาวเทียมจีพีเอส และความโน้มถ่วงพิภพ กองสนามสำรวจระดับการทรุดตัวของพื้นดิน พื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล และข้อมูลการรังวัดในรูปแบบ RINEX ของหมุดทั้ง 70 หมุด จากกรมแผนที่ทหารพบว่าหมุดหลักฐานที่ใช้เป็นสถานีฐานมีอยู่เพียง 1 หมุดเท่านั้น คือ หมุดหลักฐานดาวเทียมจีพีเอสแบบถาวร (GPS 3166) ซึ่งมีที่สถานที่ตั้งอยู่ที่ รร.แผนที่ ผท.ทหาร และมีการรังวัดแบบ Side Shot ดังแสดงในรูปที่ 7 และรูปที่ 8



รูปที่ 7 แสดงหมุดหลักฐานดาวเทียม GPS แบบถาวร (GPS 3166)
(รายงานผลการสำรวจระดับการทรุดตัวของพื้นดิน ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล, 2553)



รูปที่ 8 แสดงเส้นฐานที่ประมวลผลได้แบบ Side Shot
(รายงานผลการสำรวจระดับการทรุดตัวของพื้นดิน ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล, 2553)

จากรายงานแสดงว่าเราไม่สามารถคำนวณปรับแก้แบบโครงข่ายหมุดหลักฐานดาวเทียม GPS ได้เนื่องจากว่าในโครงการนี้ใช้วิธีการการรังวัดเป็นแบบ Side Shot ซึ่งมีผลการประมวลผล

เส้นฐานดังแสดงในตารางที่ 1 โดยมีค่าเฉลี่ยความยาวเส้นฐานประมาณ 44 กิโลเมตร ซึ่งถือว่าเป็นเส้นฐานที่ขนาดยาว และเส้นฐานที่มีขนาดยาวที่สุดคือประมาณ 86 กิโลเมตร โดยที่เส้นฐานที่มีขนาดที่สั้นที่สุดมีความยาวอยู่ที่ประมาณ 10 กิโลเมตร

ตารางที่ 1 แสดงค่าพิกัดและความยาวเส้นฐานของหมุดรวม 70 หมุด

No.	Station	Latitude	Longitude	Ellipsoidal Height, h (m.)	Baseline (m.)
1	PBM.642/39	13°31'50.01405"N	99°49'26.76673"E	-26.678	78,179.042
2	PBM.1032	13°29'21.84147"N	99°47'39.73422"E	-22.701	82,771.994
3	PBM.1026R	13°44'32.00513"N	99°55'06.07553"E	-25.917	63,736.861
4	SBM.5979-1/51	13°48'00.50676"N	99°59'27.10703"E	-25.845	56,030.502
5	GPS.3167	13°47'17.24152"N	100°10'18.41040"E	-29.587	36,424.589
6	PBM.1298	13°48'52.93373"N	100°05'49.11436"E	-26.413	44,787.217
7	SBM.6840-1/40	13°38'50.73467"N	100°25'04.42072"E	-28.297	15,802.914
8	SBM.8466/46	13°43'33.63976"N	100°15'08.11841"E	-28.006	27,855.341
9	SBM.12118/51	13°47'44.19224"N	100°30'25.75398"E	-27.965	3,905.630
10	KTM.510	13°42'26.82912"N	100°28'54.31929"E	-28.399	6,472.749
11	S.KTM.258/48	13°52'48.41329"N	100°35'19.20811"E	-26.235	15,902.180
12	SBM.8289/43	13°37'24.09271"N	100°38'06.92340"E	-27.511	20,514.266
13	SBM.8921/44	13°44'47.73617"N	100°38'36.98640"E	-28.822	14,807.343
14	KTM.216	13°48'41.78834"N	100°33'24.96602"E	-28.846	7,803.261
15	CI.44-1	13°54'53.48583"N	100°09'05.30511"E	-28.418	42,107.875
16	CI.45-1	13°51'49.74338"N	100°09'10.99252"E	-28.732	39,988.194
17	GPS.3288	14°00'31.19354"N	100°10'23.95502"E	-29.324	45,376.223
18	PBM.1709	13°54'56.36002"N	100°19'36.51733"E	-29.383	26,011.597
19	PBM.2256	13°52'31.86659"N	100°15'45.87906"E	-28.816	29,363.676
20	SBM.12136/44	13°57'45.63940"N	100°06'34.17401"E	-28.204	48,492.216

No.	Station	Latitude	Longitude	Ellipsoidal Height, h (m.)	Baseline (m.)
21	PBM.1475	14°02'25.52507"N	100°25'18.24394"E	-28.902	32,345.124
22	SBM.8799/43	14°01'33.17311"N	100°18'43.97002"E	-27.880	36,172.186
23	SBM.8809	14°08'41.12920"N	100°17'24.59105"E	-26.106	48,582.576
24	SBM.8815	14°09'38.28952"N	100°21'03.29240"E	-25.935	47,409.660
25	SBM.9691/51	13°56'09.16468"N	100°24'58.44821"E	-25.685	21,782.243
26	SBM.15553	13°50'23.49253"N	100°24'46.40995"E	-26.192	13,487.383
27	PBM.1696R	14°01'17.58466"N	100°31'31.15545"E	-27.436	28,968.073
28	SBM.8821-3/47	14°07'36.94624"N	100°30'59.30290"E	-27.307	40,574.095
29	SBM.8850/47	14°06'55.70971"N	100°37'05.74216"E	-26.379	41,080.223
30	SBM.8877/50	13°56'26.93728"N	100°32'31.50177"E	-28.079	20,319.584
31	SBM.15474	13°59'40.71538"N	100°34'37.10163"E	-27.222	26,994.539
32	BMR.14-1	14°24'00.17734"N	100°55'44.16237"E	-9.026	84,155.375
33	PBM.2629	14°15'52.50288"N	100°46'58.77215"E	-25.613	63,238.057
34	PBM.2649	14°16'43.05502"N	100°57'56.88588"E	-25.583	75,765.963
35	SBM.15630	14°21'03.79275"N	100°59'12.05322"E	-21.586	83,374.863
36	PBM.2511	14°06'51.24402"N	100°43'52.56667"E	-27.623	46,027.281
37	SBM.7647/42	14°01'45.04284"N	100°45'22.03487"E	-24.576	40,093.550
38	SBM.8972	13°55'06.37596"N	100°45'05.82044"E	-25.696	31,671.285
39	SBM.9857/47	14°01'23.33886"N	100°53'38.67133"E	-26.943	50,913.996
40	SBM.15495	14°08'12.19554"N	100°50'46.69401"E	-25.004	55,455.959
41	S.KTM.370-1/43	13°48'20.43613"N	100°51'06.46171"E	-25.757	37,576.437
42	S.KTM.449/45	13°43'20.06813"N	100°43'14.69806"E	-27.149	23,454.555
43	SBM.6914/32	13°48'46.44694"N	100°41'51.09210"E	-26.935	21,365.248
44	SBM.9853-1/47	13°57'19.18194"N	100°53'40.79539"E	-25.379	47,095.360

No.	Station	Latitude	Longitude	Ellipsoidal Height, h (m.)	Baseline (m.)
45	KTM.466	13°46'41.74963"N	100°52'13.15845"E	-25.915	39,295.601
46	PBM.1406	13°30'12.65995"N	101°00'00.11720"E	-26.995	60,401.670
47	PBM.1859	13°41'26.60663"N	100°51'55.26140"E	-28.554	39,472.949
48	PBM.2651	13°27'49.82073"N	101°05'31.68790"E	-25.869	71,270.181
49	SBM.15025	13°37'57.23795"N	101°01'50.66180"E	-25.695	58,347.816
50	SBM.15649	13°24'25.21716"N	101°02'47.19427"E	-16.684	70,221.081
51	PBM.1402	13°35'30.44816"N	100°47'21.86277"E	-29.107	35,753.162
52	PBM.1702/34	13°30'23.25956"N	100°49'59.64385"E	-28.633	45,073.823
53	PBM.1858	13°37'45.31191"N	100°51'47.71989"E	-28.888	41,133.571
54	SBM.9819/43	13°28'56.22300"N	100°53'52.98852"E	-26.171	52,277.412
55	SBM.15599	13°25'52.71662"N	100°02'52.05734"E	-29.137	61,634.942
56	PBM.2700	13°53'10.34841"N	100°34'04.35243"E	-28.110	15,386.899
57	PBM.2623	13°33'02.92361"N	100°08'40.39512"E	-29.732	45,589.674
58	SBM.15465	13°41'11.94399"N	100°04'04.90768"E	-28.266	48,217.588
59	SBM.5987/49	13°40'37.28991"N	99°52'35.69201"E	-24.759	68,851.860
60	SBM.15460	13°39'22.99395"N	99°56'56.83478"E	-26.912	61,473.845
61	SBM.15506	13°27'58.98443"N	99°53'17.88689"E	-27.287	74,469.329
62	SBM.7-3/45	13°33'15.81350"N	100°18'09.53936"E	-27.873	31,776.982
63	PBM.2625	13°22'03.31594"N	99°57'15.40214"E	-29.529	73,972.034
64	PBM.2626	13°28'59.81214"N	100°07'13.21140"E	-29.636	51,900.445
65	SBM.6006/37	13°22'23.28002"N	99°49'17.77183"E	-27.171	85,699.183
66	SBM.15591	13°31'08.85757"N	100°10'09.08298"E	-27.309	45,290.301
67	BMR.8	13°44'35.41163"N	100°22'08.73897"E	-29.435	15,078.417
68	PBM.2619	13°33'10.03016"N	100°02'25.73449"E	-29.388	55,490.361

No.	Station	Latitude	Longitude	Ellipsoidal Height, h (m.)	Baseline (m.)
69	PBM.2618	13°31'18.31920"N	99°57'50.60912"E	-28.884	64,442.378
70	PBM.2630	14°21'40.76576"N	100°52'38.35562"E	-22.457	77,574.555
				ค่าเฉลี่ย	44,490.476
				ค่ามากที่สุด	85,699.183
				ค่าน้อยที่สุด	3,905.630

แสดงให้เห็นว่าเส้นฐานมีขนาดที่ค่อนข้างยาว ผู้วิจัยจึงทำปรับปรุงเส้นฐานให้มีขนาดที่สั้นลง พร้อมทั้งประมวลผลข้อมูลใหม่ โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.2.1 การเพิ่มจำนวนสถานีฐาน

จากข้อมูลการรังวัดดาวเทียมจีพีเอสพบว่าเส้นฐานในแต่ละเส้นมีขนาดค่อนข้างยาว ทางผู้วิจัยจึงทำการปรับปรุงความยาวเส้นฐานให้มีขนาดที่สั้นลง โดยใช้หมุดจีพีเอสถาวรของกรมที่ดินมาใช้เป็นสถานีฐานเพิ่มเติมอีก 7 สถานี ดังต่อไปนี้ BLAN (สถานีบางเลน), KKOI (สถานีแก่งคอย), OKRK (สถานีองครักษ์), PKKT (สถานีปากเกร็ด), KTBN (สถานีกระทุ่มแบน), BPLE (สถานีบางพลี) และPNNK (สถานีพนัสนิคม) รวมทั้งสิ้นจะมีสถานีฐานที่ใช้ในการประมวลผลเส้นฐานคือ 8 สถานี(รวมสถานี RTSD เดิม) พร้อมทั้งตรวจสอบข้อมูลการรังวัดของแต่ละสถานีฐานนั้นๆ ว่ามีข้อมูลการรังวัดเพียงพอสำหรับการประมวลผลเส้นฐานหรือไม่ ซึ่งมีผลการตรวจสอบข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงผลการตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูล RINEX ของสถานีฐาน

ลำดับที่	สถานี	วัน เดือน ปี	ผลการตรวจสอบ ข้อมูล	หมายเหตุ
1	GPS.3288	18 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	ลำดับที่ 1 – 13 ใช้ BLAN เป็นสถานีฐาน
2	SBM.12136/44	18 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
3	CI.44-1	18 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
4	CI.45-1	18 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
5	PBM.2256	18 ม.ค. 53	ข้อมูลไม่สมบูรณ์	
6	PBM.1709	18 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
7	SBM.8799/43	19 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
8	SBM.8809	19 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
9	SBM.8815	19 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
10	SBM.5979-1/51	14 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
11	PBM.1298	15 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
12	GPS.3167	15 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
13	PBM.1026R	14 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
14	BMR.14-1	21 ม.ค. 53	ข้อมูลไม่สมบูรณ์	ลำดับที่ 14 – 16 ใช้ KKOI เป็นสถานีฐาน
15	SBM.15630	21 ม.ค. 53	ข้อมูลไม่สมบูรณ์	
16	PBM.2630	21 ม.ค. 53	ข้อมูลไม่สมบูรณ์	
17	SBM.15494	22 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	ลำดับที่ 17 – 23 ใช้ OKRK เป็นสถานีฐาน
18	SBM.9857/47	22 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
19	SBM.9853-1/47	23 ม.ค. 53	ข้อมูลไม่สมบูรณ์	
20	SBM.7647/42	22 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
21	PBM.2511	22 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
22	PBM.2629	21 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
23	PBM.2649	21 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
24	PBM.1475	19 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	ลำดับที่ 24 – 33

ลำดับที่	สถานี	วัน เดือน ปี	ผลการตรวจสอบ ข้อมูล	หมายเหตุ
25	PBM.1696R	20 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	ใช้ PKKT เป็นสถานีฐาน
26	SBM.15474	20 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
27	SBM.8877/50	20 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
28	SBM.9691/51	19 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
29	SBM.8821-3/47	20 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
30	SBM.8850/47	20 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
31	SBM.8972	22 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
32	S.KTM.258/48	18 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
33	SBM.6914/32	23 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
34	PBM.2700	6 เม.ย. 53	ข้อมูลไม่สมบูรณ์	
35	BMR.8	2 ก.พ. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
36	SBM.8921/44	17 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
37	KTM.216	17 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
38	SBM.15553	19 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
39	SBM.12118/51	16 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
40	SBM.8289/43	17 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
41	SBM.6840-1/40	15 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
42	KTM.510	16 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
43	PBM.2626	4 ก.ย. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	ลำดับที่ 43 – 58 ใช้ KTBN เป็นสถานีฐาน
44	PBM.2623	14 ม.ค. 53	ข้อมูลไม่สมบูรณ์	
45	SBM.15591	4 ก.ย. 53	ข้อมูลไม่สมบูรณ์	
46	SBM.7-3/45	15 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
47	SBM.8466/46	15 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
48	SBM.15465	14 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
49	SBM.15460	14 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	

ลำดับที่	สถานี	วัน เดือน ปี	ผลการตรวจสอบ ข้อมูล	หมายเหตุ
50	SBM.5987/49	14 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
51	PBM.2619	13 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
52	PBM.2618	13 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
53	SBM.15506	13 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
54	PBM.642/39	13 ม.ค. 53	ข้อมูลไม่สมบูรณ์	
55	PBM.1032	13 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
56	SBM.6006/37	4 ก.ย. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
57	PBM.2625	4 ก.ย. 53	ข้อมูลไม่สมบูรณ์	
58	SBM.15599	3 ก.พ. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
59	S.KTM.370-1/43	23 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
60	KTM.466	23 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
61	PBM.1858	26 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
62	PBM.1859	24 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
63	PBM.1402	26 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
64	PBM.1702/34	26 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
65	SBM.9819/43	26 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
66	SBM.15025	24 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
67	S.KTM.449/45	23 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
68	PBM.2651	24 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	ลำดับที่ 68 – 70 ใช้ PNNK เป็นสถานีฐาน
69	SBM.15649	24 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	
70	PBM.1406	24 ม.ค. 53	ข้อมูลสมบูรณ์	

จากการตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูล (RINEX) ของหมุดจีพีเอสดาวดังกล่าวปรากฏว่ามีอยู่ 11 หมุดที่ข้อมูลไม่สมบูรณ์เพียงพอ และหมุด PBM.2700 ไม่สามารถปรับปรุงเส้นฐานให้มีขนาดที่สั้นลงได้ แต่ก็ยังสามารถใช้สถานีฐาน RTSD เดิมได้เพราะเส้นฐานมีขนาดไม่ยาวมากนัก และแก้ไขชื่อสถานีจาก SBM.15495 เป็น SBM.15494 ดังนั้นสรุปได้ว่าจะมีหมุดรวมจำนวนทั้งสิ้น

61 หมด ที่สามารถปรับปรุงเสถียรภาพให้สั้นลงได้โดยใช้หมุดจีพีเอสดาว 7 สถานี แต่ว่าสถานีฐาน KKOI ไม่สามารถประมวลผลเสถียรภาพได้ โดยหมุดจีพีเอสดาวมีค่าพิกัดดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงค่าพิกัดของหมุดจีพีเอสดาว

Station	Owner	Latitude	Longitude	h (m.)
BLAN	DOL	13°59'17.323250"	100°09'58.700268"	-17.858
BPLE	DOL	13°35'31.289824"	100°49'55.628003"	-18.395
KKOI	DOL	14°35'10.998886"	100°59'53.991440"	-0.876
KTBN	DOL	13°37'24.264177"	100°17'49.459495"	-19.282
OKRK	DOL	14°06'40.892709"	100°58'43.643001"	-15.371
PKKT	DOL	13°54'44.913829"	100°32'24.264378"	13.383
PNNK	DOL	13°27'57.012479"	101°11'00.038716"	-12.322
RTSD	RTSD	13°45'37.109208"	100°30'26.679572"	-16.661

4.2.2 ข้อมูลวงโคจรดาวเทียมความละเอียดสูง(Precise Ephemeris)

ในการประมวลผลเสถียรภาพจะใช้ข้อมูลวงโคจรดาวเทียมความละเอียดสูง (Precise Ephemeris) ของหน่วยงาน IGS (International GPS Service) ซึ่งจะมีค่าความคลาดเคลื่อนของวงโคจรของดาวเทียมน้อยกว่า 5 เซนติเมตร ซึ่งดาวน์โหลดจากเว็บไซต์ <http://igsb.jpl.nasa.gov/igsb/product/> และนำมาใช้ร่วมในการประมวลผลด้วย

เมื่อตรวจสอบข้อมูลระดับ ข้อมูลการรังวัดดาวเทียมของหมุดจีพีเอสดาวที่จะนำมาใช้เป็นสถานีฐาน และข้อมูลวงโคจรดาวเทียมความละเอียดสูงเรียบร้อยแล้ว จึงทำการประมวลผลข้อมูลดังกล่าวด้วยโปรแกรม LGO โดยมีผลลัพธ์ของการประมวลผลเสถียรภาพของหมุดรวมจำนวน 61 หมุด ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงผลลัพธ์ของการประมวลผลเส้นฐานของหมุดร่วม

Station	Latitude	Longitude	h (m.)	Baseline (m.)
BLAN เป็นสถานีฐาน				
GPS.3288	14° 00' 31.18874" N	100° 10' 23.95733" E	-29.3182	2,393.3283
	Sd. 0.0001	Sd. 0.0001	Sd. 0.0004	
SBM.12136/44	13° 57' 45.63745" N	100° 06' 34.17581" E	-28.2328	6,754.1563
	Sd. 0.0003	Sd. 0.0004	Sd. 0.0012	
CI.44-1	13° 54' 53.48406" N	100° 09' 05.30681" E	-28.4193	8,265.4119
	Sd. 0.0004	Sd. 0.0004	Sd. 0.0008	
CI.45-1	13° 51' 49.74097" N	100° 09' 10.99461" E	-28.7236	13,829.8198
	Sd. 0.0004	Sd. 0.0004	Sd. 0.0009	
PBM.1709	13° 54' 56.35818" N	100° 19' 36.51901" E	-29.4345	19,108.1789
	0.0009	0.0010	0.0027	
SBM.8799/43	14° 01' 33.17125" N	100° 18' 43.97169" E	-27.9204	16,306.1120
	Sd. 0.0007	Sd. 0.0008	Sd. 0.0019	
SBM.8809	14° 08' 41.12724" N	100° 17' 24.59281" E	-26.1334	21,890.3666
	Sd. 0.0003	Sd. 0.0004	Sd. 0.0015	
SBM.8815	14° 09' 38.28631" N	100° 21' 03.29764" E	-26.0626	27,599.2144
	Sd. 0.0004	Sd. 0.0005	Sd. 0.0013	
SBM.5979-1/51	13° 48' 00.50459" N	99° 59' 27.10880" E	-25.8934	28,146.5418
	Sd. 0.0006	Sd. 0.0005	Sd. 0.0013	
PBM.1298	13° 48' 52.92920" N	100° 05' 49.12534" E	-26.5842	20,600.3118
	Sd. 0.0024	Sd. 0.0067	Sd. 0.0096	
GPS.3167	13° 47' 17.23947" N	100° 10' 18.41212" E	-29.6140	22,138.0515
	Sd. 0.0007	Sd. 0.0009	Sd. 0.0038	
PBM.1026R	13° 44' 32.00017" N	99° 55' 06.07805" E	-25.9921	38,192.4815

Station	Latitude	Longitude	h (m.)	Baseline (m.)
	Sd. 0.0009	Sd. 0.0010	Sd. 0.0043	
OKRK เป็นสถานีฐาน				
SBM.15494	14° 08' 12.19287" N	100° 50' 46.69647" E	-25.0604	14,577.7411
	Sd. 0.0005	Sd. 0.0004	Sd. 0.0012	
SBM.9857/47	14° 01' 23.33670" N	100° 53' 38.67377" E	-27.0275	13,377.4842
	Sd. 0.0003	Sd. 0.0004	Sd. 0.0010	
SBM.7647/42	14° 01' 45.04062" N	100° 45' 22.03666" E	-24.6320	25,709.8384
	Sd. 0.0005	Sd. 0.0005	Sd. 0.0015	
PBM.2511	14° 06' 51.24183" N	100° 43' 52.56864" E	-27.7236	26,729.3344
	Sd. 0.0013	Sd. 0.0014	Sd. 0.0035	
PBM.2629	14° 15' 52.50041" N	100° 46' 58.77392" E	-25.6609	27,094.2933
	Sd. 0.0019	Sd. 0.0016	Sd. 0.0037	
PBM.2649	14° 16' 43.05276" N	100° 57' 56.88729" E	-25.6523	18,559.5258
	Sd. 0.0007	Sd. 0.0007	Sd. 0.0026	
PKKT เป็นสถานีฐาน				
PBM.1475	14° 02' 25.52277" N	100° 25' 18.24583" E	-28.9136	19,075.3669
	Sd. 0.0012	Sd. 0.0010	Sd. 0.0021	
PBM.1696R	14° 01' 17.58205" N	100° 31' 31.15783" E	-27.4621	12,172.7540
	Sd. 0.0005	Sd. 0.0005	Sd. 0.0013	
SBM.15474	13° 59' 40.70958" N	100° 34' 37.10403" E	-27.2112	9,926.7457
	Sd. 0.0002	Sd. 0.0003	Sd. 0.0011	
SBM.8877/50	13° 56' 26.93502" N	100° 32' 31.50365" E	-28.1260	3,143.2048
	Sd. 0.0002	Sd. 0.0002	Sd. 0.0006	
SBM.9691/51	13° 56' 09.16197" N	100° 24' 58.45058" E	-25.7137	13,631.2017
	Sd. 0.0003	Sd. 0.0003	Sd. 0.0009	

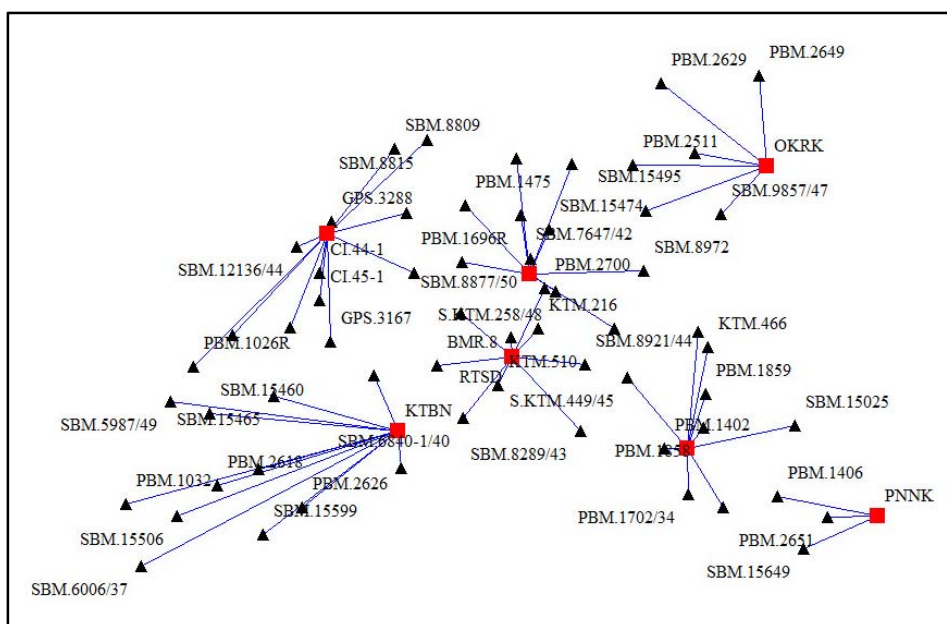
Station	Latitude	Longitude	h (m.)	Baseline (m.)
SBM.8821-3/47	14° 07' 36.94412" N	100° 30' 59.30467" E	-27.3465	23,863.5131
	Sd. 0.0006	Sd. 0.0006	Sd. 0.0013	
SBM.8850/47	14° 06' 55.70776" N	100° 37' 05.74397" E	-26.4201	23,995.3726
	Sd. 0.0008	Sd. 0.0007	Sd. 0.0023	
SBM.8972	13° 55' 06.37387" N	100° 45' 05.82226" E	-25.7389	22,871.7666
	Sd. 0.0004	Sd. 0.0005	Sd. 0.0013	
S.KTM.258/48	13° 52' 48.41142" N	100° 35' 19.20988" E	-26.2686	6,356.7643
	Sd. 0.0003	Sd. 0.0003	Sd. 0.0009	
SBM.6914/32	13° 48' 46.44481" N	100° 41' 51.09387" E	-27.0003	20,274.5991
	Sd. 0.0008	Sd. 0.0008	Sd. 0.0021	
RTSD เป็นสถานีฐาน				
PBM.2700	13° 53' 10.34631" N	100° 34' 04.35125" E	-28.2399	15,386.8576
	Sd. 0.0016	Sd. 0.0017	Sd. 0.0033	
BMR.8	13° 44' 35.40964" N	100° 22' 08.74080" E	-29.4622	15,078.4156
	Sd. 0.0002	Sd. 0.0002	Sd. 0.0005	
SBM.8921/44	13° 44' 47.73403" N	100° 38' 36.98747" E	-28.8620	14,807.3225
	Sd. 0.0010	Sd. 0.0011	Sd. 0.0026	
KTM.216	13° 48' 41.78758" N	100° 33' 24.96831" E	-28.8791	7,803.2994
	Sd. 0.0009	Sd. 0.0009	Sd. 0.0022	
SBM.15553	13° 50' 23.48983" N	100° 24' 46.41200" E	-26.2319	13,487.3628
	Sd. 0.0005	Sd. 0.0006	Sd. 0.0018	
SBM.12118/51	13° 47' 44.19054" N	100° 30' 25.75528" E	-27.9305	3,905.6381
	Sd. 0.0014	Sd. 0.0026	Sd. 0.0069	
SBM.8289/43	13° 37' 24.09069" N	100° 38' 06.92527" E	-27.5454	20,514.2686
	Sd. 0.0010	Sd. 0.0012	Sd. 0.0032	

Station	Latitude	Longitude	h (m.)	Baseline (m.)
SBM.6840-1/40	13° 38' 50.73263" N	100° 25' 04.42253" E	-28.3296	15,802.9151
	Sd. 0.0009	Sd. 0.0008	Sd. 0.0024	
KTM.510	13° 42' 26.82738" N	100° 28' 54.32122" E	-28.4306	6,472.7408
	Sd. 0.0005	Sd. 0.0005	Sd. 0.0013	
KTBN เป็นสถานีฐาน				
PBM.2626	13° 28' 59.80997" N	100° 07' 13.21332" E	-29.7052	24,622.7429
	Sd. 0.0007	Sd. 0.0012	Sd. 0.0027	
SBM.7-3/45	13° 33' 15.81175" N	100° 18' 09.54154" E	-27.9164	7,659.2725
	Sd. 0.0003	Sd. 0.0003	Sd. 0.0008	
SBM.8466/46	13° 43' 33.63729" N	100° 15' 08.12022" E	-28.0328	12,343.7089
	Sd. 0.0003	Sd. 0.0004	Sd. 0.0009	
SBM.15465	13° 41' 11.94163" N	100° 04' 04.91544" E	-28.3164	25,749.3595
	Sd. 0.0004	Sd. 0.0005	Sd. 0.0019	
SBM.15460	13° 39' 22.99199" N	99° 56' 56.83659" E	-26.9583	37,824.5153
	Sd. 0.0006	Sd. 0.0005	Sd. 0.0013	
SBM.5987/49	13° 40' 37.28641" N	99° 52' 35.69260" E	-24.9102	45,880.0030
	Sd. 0.0006	Sd. 0.0006	Sd. 0.0011	
PBM.2619	13° 33' 10.03292" N	100° 02' 25.73301" E	-29.4950	28,847.2408
	Sd. 0.0006	Sd. 0.0006	Sd. 0.0017	
PBM.2618	13° 31' 18.31987" N	99° 57' 50.60684" E	-28.8284	37,756.0132
	Sd. 0.0008	Sd. 0.0008	Sd. 0.0036	
SBM.15506	13° 27' 58.98394" N	99° 53' 17.88909" E	-27.2481	47,534.4028
	Sd. 0.0008	Sd. 0.0008	Sd. 0.0017	
PBM.1032	13° 29' 21.83944" N	99° 47' 39.74013" E	-22.9417	56,394.5369
	Sd. 0.0008	Sd. 0.0008	Sd. 0.0018	

Station	Latitude	Longitude	h (m.)	Baseline (m.)
SBM.6006/37	13° 22' 23.27803" N	99° 49' 17.77367" E	-27.2015	58,450.2151
	Sd. 0.0008	Sd. 0.0009	Sd. 0.0020	
SBM.15599	13° 25' 52.71462" N	100° 02' 52.05901" E	-29.1499	34,348.6975
	Sd. 0.0008	Sd. 0.0009	Sd. 0.0022	
BPLE เป็นสถานีฐาน				
S.KTM.370-1/43	13° 48' 20.43447" N	100° 51' 06.46315" E	-25.7682	23,733.1879
	Sd. 0.0010	Sd. 0.0007	Sd. 0.0021	
KTM.466	13° 46' 41.74724" N	100° 52' 13.16063" E	-25.9156	21,015.0377
	Sd. 0.0004	Sd. 0.0006	Sd. 0.0015	
PBM.1858	13° 37' 45.31030" N	100° 51' 47.72215" E	-28.9377	5,321.3941
	Sd. 0.0005	Sd. 0.0004	Sd. 0.0010	
PBM.1859	13° 41' 26.60428" N	100° 51' 55.26329" E	-28.6608	11,496.3433
	Sd. 0.0003	Sd. 0.0003	Sd. 0.0008	
PBM.1402	13° 35' 30.44585" N	100° 47' 21.86461" E	-29.1776	4,622.4478
	Sd. 0.0002	Sd. 0.0003	Sd. 0.0008	
PBM.1702/34	13° 30' 23.25726" N	100° 49' 59.64574" E	-28.6791	9,467.2011
	Sd. 0.0003	Sd. 0.0002	Sd. 0.0007	
SBM.9819/43	13° 28' 56.22024" N	100° 53' 52.99040" E	-26.2247	14,083.6002
	Sd. 0.0003	Sd. 0.0003	Sd. 0.0007	
SBM.15025	13° 37' 57.23583" N	101° 01' 50.66347" E	-25.7518	21,956.2181
	Sd. 0.0005	Sd. 0.0006	Sd. 0.0017	
S.KTM.449/45	13° 43' 20.06614" N	100° 43' 14.69947" E	-27.1932	18,781.1372
	Sd. 0.0007	Sd. 0.0006	Sd. 0.0018	
PNNK เป็นสถานีฐาน				
PBM.2651	13° 27' 49.82214" N	101° 05' 31.68820" E	-25.8244	9,878.4409

Station	Latitude	Longitude	h (m.)	Baseline (m.)
	Sd. 0.0005	Sd. 0.0005	Sd. 0.0014	
SBM.15649	13° 24' 25.21809" N	101° 02' 47.19561" E	-16.8106	16,191.1121
	Sd. 0.0007	Sd. 0.0009	Sd. 0.0030	
PBM.1406	13° 30' 12.65794" N	101° 00' 00.11904" E	-27.0483	20,280.1463
	Sd. 0.0007	Sd. 0.0009	Sd. 0.0021	
	ค่าเฉลี่ย			19,902.9390
	ค่ามากที่สุด			58,450.2151
	ค่าน้อยที่สุด			2,393.3283

จากตารางที่ 4 แสดงผลลัพธ์ของการประมวลผลเส้นฐานของหมุดร่วมหลังจากที่มีการนำเอาหมุดหลักฐานถาวรของหน่วยงานต่างๆ ดังที่กล่าวมาแล้วมาใช้เพื่อปรับปรุงเส้นฐานให้มีขนาดที่สั้นลง และในขั้นตอนของการประมวลผลก็มีการนำเอาข้อมูลวงโคจรดาวเทียมความละเอียดสูงมาร่วมในการประมวลผลด้วย ผลปรากฏว่าความยาวเส้นฐานโดยเฉลี่ยจะอยู่ที่ 19.9 กิโลเมตร โดยมีค่าความยาวเส้นฐานยาวที่สุดเท่ากับ 58.5 กิโลเมตร และมีค่าความยาวเส้นฐานสั้นที่สุดเท่ากับ 2.4 กิโลเมตร



รูปที่ 9 แสดงเส้นฐานหลังการปรับปรุงสถานีฐาน

จากรูปที่ 9 แสดงให้เห็นว่าเส้นฐานที่ได้หลังจากทำการเพิ่มสถานีฐาน และทำการประมวลผลเส้นฐานใหม่แล้ว ปรากฏว่าเส้นฐานจะมีขนาดที่สั้นลง

จากการตรวจสอบข้อมูลทั้งข้อมูลระดับ และข้อมูลการรังวัดเวทิมจีพีเอสพร้อมทั้งทำการประมวลผลเส้นฐานใหม่เรียบร้อยแล้ว และนำข้อมูลทั้งสองมาทำคำนวณหาค่าความสูงขี้อยู่ตามสูตรที่ 1 ได้ผลการคำนวณดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงผลลัพธ์การคำนวณหาค่าความสูงขี้อยู่ตามสูตรที่ 1 ของหมุดร่วม

Station	Ellipsoidal Height, h (m.)	Orthometric Height, H (m.)	Geoid Height, N (m.)
BMR.8	-29.4622	1.4004	-30.8626
CI.44-1	-28.4193	3.1895	-31.6088
CI.45-1	-28.7236	2.8077	-31.5313
GPS.3167	-29.6140	1.7921	-31.4061
GPS.3288	-29.3177	2.39162	-31.7093
KTM.216	-28.8791	1.5644	-30.4435
KTM.466	-25.9156	3.3066	-29.2222
KTM.510	-28.4306	2.0136	-30.4442
PBM.1026R	-25.9921	5.8709	-31.8630
PBM.1032	-22.9417	8.7140	-31.6557
PBM.1298	-26.5842	5.0659	-31.6501
PBM.1402	-29.1776	0.1115	-29.2891
PBM.1406	-27.0483	1.4723	-28.5206
PBM.1475	-28.9136	2.1366	-31.0502
PBM.1696R	-27.4621	3.2398	-30.7019
PBM.1702/34	-28.6791	0.4364	-29.1155
PBM.1709	-29.4345	1.7886	-31.2231

Station	h (m.)	H (m.)	N (m.)
PBM.1858	-28.9377	0.1513	-29.0890
PBM.1859	-28.6608	0.5010	-29.1618
PBM.2511	-27.7235	2.5116	-30.2351
PBM.2618	-28.8284	2.5181	-31.3465
PBM.2619	-29.4950	1.7055	-31.2005
PBM.2626	-29.7052	1.2354	-30.9406
PBM.2629	-25.6609	4.5789	-30.2398
PBM.2649	-25.6523	3.8722	-29.5245
PBM.2651	-25.8244	2.2901	-28.1145
PBM.2700	-28.2399	2.2165	-30.4564
S.KTM.258/48	-26.2685	4.1328	-30.4013
S.KTM.370-1/43	-25.7682	3.5817	-29.3499
S.KTM.449/45	-27.1932	2.4746	-29.6678
SBM.12118/51	-27.9304	2.5965	-30.5269
SBM.12136/44	-28.2328	3.6415	-31.8743
SBM.15025	-25.7518	2.7503	-28.5021
SBM.15460	-26.9583	4.6564	-31.6147
SBM.15465	-28.3164	3.0448	-31.3612
SBM.15474	-27.2112	3.3002	-30.5114
SBM.15494	-25.0604	4.7200	-29.7804
SBM.15506	-27.2481	4.1674	-31.4155
SBM.15553	-26.2319	4.6790	-30.9109
SBM.15599	-29.1499	1.8688	-31.0187
SBM.15649	-16.8106	11.4519	-28.2625
SBM.5979-1/51	-25.8934	5.8906	-31.7840
SBM.5987/49	-24.9102	6.9428	-31.8530

Station	h (m.)	H (m.)	N (m.)
SBM.6006/37	-27.2015	4.3772	-31.5787
SBM.6840-1/40	-28.3296	2.2016	-30.5312
SBM.6914/32	-27.0003	2.9222	-29.9225
SBM.7-3/45	-27.9164	2.7063	-30.6227
SBM.7647/42	-24.6320	5.3849	-30.0169
SBM.8289/43	-27.5454	2.2824	-29.8278
SBM.8466/46	-28.0328	3.0805	-31.1133
SBM.8799/43	-27.9204	3.4486	-31.3690
SBM.8809	-26.1334	5.3495	-31.4829
SBM.8815	-26.0626	5.2346	-31.2972
SBM.8821-3/47	-27.3465	3.4813	-30.8278
SBM.8850/47	-26.4201	4.1133	-30.5334
SBM.8877/50	-28.1260	2.4878	-30.6138
SBM.8921/44	-28.8370	1.09445	-29.93145
SBM.8972	-25.7389	4.1343	-29.8732
SBM.9691/51	-25.7137	5.2949	-31.0086
SBM.9819/43	-26.2247	2.6761	-28.9008
SBM.9857/47	-27.0275	2.4401	-29.4676
		ค่าเฉลี่ย	-30.4981
		ค่ามากที่สุด	-28.1145
		ค่าน้อยที่สุด	-31.8743

จากตารางที่ 5 ผลลัพธ์ของการคำนวณหาค่าความสูงขี้อยู่ตามสูตรที่ 1 ของหมุดรวมทั้ง 61 หมุด ปรากฏว่าค่าความสูงขี้อยู่โดยเฉลี่ยจะอยู่ที่ -30.5 เมตร โดยมีค่าความสูงขี้อยู่มากที่สุดเท่ากับ -28.1 เมตร และมีค่าความสูงขี้อยู่ที่น้อยที่สุดเท่ากับ -31.9 เมตร

4.3 หมุดตรวจสอบ

หมุดร่วมที่จะนำมาใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองท้องถิ่นที่สร้างขึ้น ผู้วิจัยจะเป็นผู้ดำเนินการในส่วนของการรังวัดจีพีเอสเพื่อหาค่าความสูงเหนือทรงรีอ้างอิง ซึ่งหมุดดังกล่าวจะเป็นหมุดที่ตั้งอยู่บนโครงข่ายสายการระดับการทวัดตัวของพื้นดิน ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร และปริมณฑล ประจำปีงบประมาณ 2554 โดยมีขั้นตอนและวิธีการดำเนินการดังต่อไปนี้

4.3.1 การคัดเลือกหมุด

เลือกหมุดระดับชั้นหนึ่งที่อยู่ในสายการระดับของกรมแผนที่ทหาร โดยเลือกหมุดที่อยู่บนโครงสร้างของสะพานเป็นหลักซึ่งโครงสร้างดังกล่าวจะตั้งอยู่บนเข็ม และส่วนใหญ่จะตั้งอยู่ในบริเวณที่โล่งและไม่มีสิ่งใดกีดขวางสามารถรับสัญญาณได้ดี และไม่มีการรบกวนสัญญาณ โดยหมุดที่เลือกไว้จะติดตั้งอยู่บนสะพานเป็นหลัก เช่นหมุดหลักฐานทางดิ่งของกรุงเทพมหานคร ซึ่งรวมอยู่ในโครงการสำรวจระดับเป็นหมุดทองเหลืองฝังอยู่บนโครงสร้างสะพานคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งมีความยาวเสาเข็มลึกถึงชั้นทราย และหมุดหลักฐานของกรมแผนที่ทหาร ชนิดหมุด SBM โดยมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 10



รูปที่ 10 แสดงลักษณะหมุดระดับที่นำมาใช้เป็นหมุดตรวจสอบ

4.3.2 การรังวัดภาคสนาม

ในการรังวัดภาคสนามมีจำนวนหมุดที่ได้ดำเนินการรังวัด และสามารถประมวลผลเส้นฐานสำเร็จทั้งสิ้นจำนวน 20 หมุด ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.3.2.1 วันที่ 30 มกราคม 2555 ใช้สถานีบางพลี เป็นสถานีฐาน โดยออกทำการรังวัดในหมุดระดับชั้นที่ 1 หมายเลข SBM.9828 และ SBM.9831 ซึ่งอยู่ในพื้นที่ อ.บางปะกง และ อ.บ้านโพธิ์ จ.ฉะเชิงเทรา

4.3.2.2 วันที่ 31 มกราคม 2555 ใช้สถานีกระทู้มแบนเป็นสถานีฐาน โดยออกทำการรังวัด ในหมุดระดับชั้นที่ 1 หมายเลข SBM.15532, SBM.12109, KTM.654 และ KTM.659 ซึ่ง

อยู่ในพื้นที่ อ.บางเลน จ.นครปฐม อ.ไทรน้อย จ.นนทบุรี เขตทวีวัฒนาและเขตภาษีเจริญ กรุงเทพมหานคร

4.3.2.3 วันที่ 9 กุมภาพันธ์ 2555 ใช้สถานีออร์คิดเป็นสถานีฐาน โดยออกทำการรังวัดบนหมุดระดับชั้นที่ 1 หมายเลข SBM.15497 และ SBM.15498 ในพื้นที่ อ.หนองเสือ จ.ปทุมธานี

4.3.2.4 วันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2555 ใช้สถานีบางพลีเป็นสถานีฐาน โดยออกทำการรังวัดบนหมุดระดับชั้นที่ 1 หมายเลข KTM.369 , KTM.464 , KTM.467 , KTM.456 และ KTM.454 ในพื้นที่เขตมีนบุรี เขตหนองจอก เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

4.3.2.5 วันที่ 16 กุมภาพันธ์ 2555 ใช้สถานีบางพลีเป็นสถานีฐาน โดยออกทำการรังวัดบนหมุดระดับชั้นที่ 1 หมายเลข SBM.9708-1/43 , SBM. 9708/43 , SBM.9707-2/51 และ SBM.9707-1/43 โดยออกทำการรังวัดบนหมุดระดับชั้น 1 ในพื้นที่ อ.บางบ่อ จ.สมุทรปราการ

4.3.2.6 วันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2555 ใช้สถานีกระทู้มแบนเป็นสถานีฐาน โดยออกทำการรังวัดบนหมุดระดับชั้นที่ 1 หมายเลข SBM. 12090-1/49, SBM.8797/43 และ SBM.12089-44 ในพื้นที่ อ.เมือง จ.สมุทรสาคร

โดยมีรายละเอียดหมุดหลักฐานแสดงอยู่ในภาคผนวก ข.



รูปที่ 11 แสดงการรังวัดดาวเทียมจีพีเอสภาคสนาม

4.3.3 การประมวลผลข้อมูลของหมุดตรวจสอบ

เมื่อดำเนินการรังวัดดาวเทียมจีพีเอสของหมุดตรวจสอบภาคสนามแล้วเสร็จ ก็ทำการประมวลผลข้อมูลดังกล่าวด้วยโปรแกรม Leica Geomatic Office (LGO) โดยมีผลลัพธ์ของการประมวลผลพื้นฐานดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงผลการประมวลผลของหมุดตรวจสอบ

Station	Latitude	Longitude	h (m.)	Baseline (m.)
KTM.369	13°48'28.22519"	100°49'45.29677"	-26.177	23,879.0188
	Sd. 0.0051	Sd. 0.0034	Sd. 0.0454	
KTM.454	13°43'26.59835"	100°46'48.45527"	-24.689	15,652.9313
	Sd. 0.0007	Sd. 0.0009	Sd. 0.0028	
KTM.456	13°43'17.12068"	100°47'49.03965"	-23.845	14,812.8672
	Sd. 0.0004	Sd. 0.0005	Sd. 0.0016	
KTM.464	13°47'50.45169"	100°52'20.74129"	-25.709	23,130.8220
	Sd. 0.0028	Sd. 0.0034	Sd. 0.0209	
KTM.467	13°44'55.33406"	100°52'07.71729"	-26.059	17,783.0031
	Sd. 0.0008	Sd. 0.0007	Sd. 0.0023	
KTM.654	13°45'59.44760"	100°20'44.27402"	-27.492	16,681.3860
	Sd. 0.0003	Sd. 0.0003	Sd. 0.0011	
KTM.659	13°44'48.82990"	100°22'28.71551"	-28.291	16,033.7633
	Sd. 0.0004	Sd. 0.0005	Sd. 0.0016	
SBM.12089/44	13°32'27.82897"	100°13'57.29389"	-27.627	11,476.3458
	Sd. 0.0012	Sd. 0.0010	Sd. 0.0020	
SBM.12090-1/49	13°32'51.31883"	100°15'46.87608"	-29.331	9,161.9592
	Sd. 0.0006	Sd. 0.0005	Sd. 0.0014	
SBM.12109	13°52'55.44573"	100°17'25.84005"	-26.877	28,626.2193
	Sd. 0.0016	Sd. 0.0020	Sd. 0.0116	
SBM.15497	14°06'44.01575"	100°53'29.33240"	-26.692	9,428.1712

Station	Latitude	Longitude	h (m.)	Baseline (m.)
	Sd. 0.0005	Sd. 0.0005	Sd. 0.0012	
SBM.15498	14°06'09.69252"	100°53'29.38561"	-25.615	9,474.9295
	Sd. 0.0005	Sd. 0.0005	Sd. 0.0012	
SBM.15532	13°56'28.12943"	100°13'34.65783"	-27.664	8,309.6920
	Sd. 0.0003	Sd. 0.0003	Sd. 0.0008	
SBM.8797/43	14°00'42.24760"	100°12'59.14048"	-27.000	44,343.5065
	Sd. 0.0005	Sd. 0.0006	Sd. 0.0015	
SBM.9707-1/43	13°39'14.98994"	100°52'38.45672"	-25.768	8,438.9685
	Sd. 0.0005	Sd. 0.0005	Sd. 0.0013	
SBM.9707-2/51	13°38'33.35181"	100°52'16.28652"	-26.274	7,012.9437
	Sd. 0.0005	Sd. 0.0005	Sd. 0.0012	
SBM.9708-1/43	13°36'51.99405"	100°51'44.52717"	-26.042	4,106.9971
	Sd. 0.0003	Sd. 0.0003	Sd. 0.0006	
SBM.9708/43	13°35'25.24862"	100°51'26.63125"	-25.710	2,742.0080
	Sd. 0.0003	Sd. 0.0003	Sd. 0.0007	
SBM.9828	13°33'12.02733"	100°59'26.78861"	-23.476	17,696.6671
	Sd. 0.0008	Sd. 0.0005	Sd. 0.0015	
SBM.9831	13°35'51.09669"	101°01'02.03117"	-24.010	20,042.1092
	Sd. 0.0006	Sd. 0.0006	Sd. 0.0015	
			ค่าเฉลี่ย	15,441.7154
			ค่ามากที่สุด	44,343.5065
			ค่าน้อยที่สุด	2,742.0080

จากตารางที่ 4 แสดงผลลัพธ์ของการประมวลผลเส้นฐานของหมุดตรวจสอบโดยมีความยาวเส้นฐานโดยเฉลี่ยจะอยู่ที่ 15.4 กิโลเมตร โดยมีความยาวเส้นฐานยาวที่สุดเท่ากับ 44.3 กิโลเมตร และมีความยาวเส้นฐานสั้นที่สุดเท่ากับ 2.7 กิโลเมตร

4.3.4 การคำนวณหาค่าความสูงยี่ออยด์

เมื่อทำการประมวลผลข้อมูลการรังวัดความเทียมนของหมุดตรวจสอบแล้วเสร็จก็ทำการคำนวณหาค่าความสูงยี่ออยด์ของหมุดดังกล่าวจากสูตรที่ 1 โดยใช้ค่า h ที่ได้จากการประมวลผลเส้นฐานโดยค่าจากตารางที่ 6 และค่าระดับจากโครงข่ายสายการระดับการทุดตัวของพื้นดิน ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร และปริมณฑล ประจำปีงบประมาณ 2554 ดังแสดงรายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ข ซึ่งผลลัพธ์ของการคำนวณค่า N ของหมุดตรวจสอบดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แสดงผลการคำนวณหาค่ายี่ออยด์ของหมุดตรวจสอบ

Station	h (m.)	H (m.)	N (m.)
KTM.369	-26.177	3.245	-29.422
KTM.454	-24.689	4.771	-29.460
KTM.456	-23.845	5.545	-29.390
KTM.464	-25.709	3.569	-29.278
KTM.467	-26.059	3.118	-29.178
KTM.654	-27.492	3.513	-31.005
KTM.659	-28.291	2.579	-30.870
SBM.12089/44	-27.627	3.117	-30.745
SBM.12090-1/49	-29.331	1.342	-30.672
SBM.12109	-26.877	4.354	-31.231
SBM.15497	-26.692	2.870	-29.562
SBM.15498	-25.615	3.947	-29.561
SBM.15532	-27.664	3.771	-31.435
SBM.8797/43	-27.000	4.428	-31.428
SBM.9707-1/43	-25.768	3.305	-29.073
SBM.9707-2/51	-26.274	2.802	-29.076
SBM.9708-1/43	-26.042	3.028	-29.070
SBM.9708/43	-25.710	3.366	-29.076
SBM.9828	-23.476	5.058	-28.534

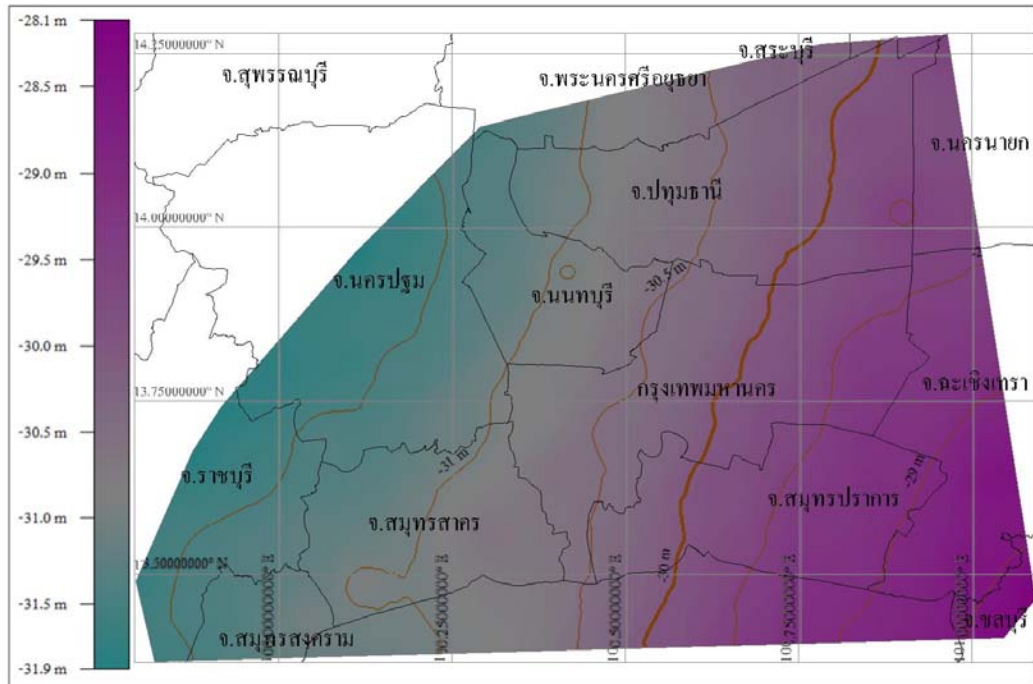
Station	h (m.)	H (m.)	N (m.)
SBM.9831	-24.010	4.483	-28.494
		ค่าเฉลี่ย (เมตร)	-29.828
		ค่ามากที่สุด (เมตร)	-31.435
		ค่าน้อยที่สุด (เมตร)	-28.494

จากตารางที่ 7 ค่าความสูงขี้ออยด์ที่คำนวณได้ของหมุดตรวจสอบทั้ง 20 หมุด มีค่าเฉลี่ยความสูงอยู่ที่ -29.828 เมตร โดยมีค่าความสูงขี้ออยด์ที่มากที่สุดเท่ากับ -31.435 เมตร และมีค่าความสูงขี้ออยด์น้อยที่สุดเท่ากับ -28.494 เมตร

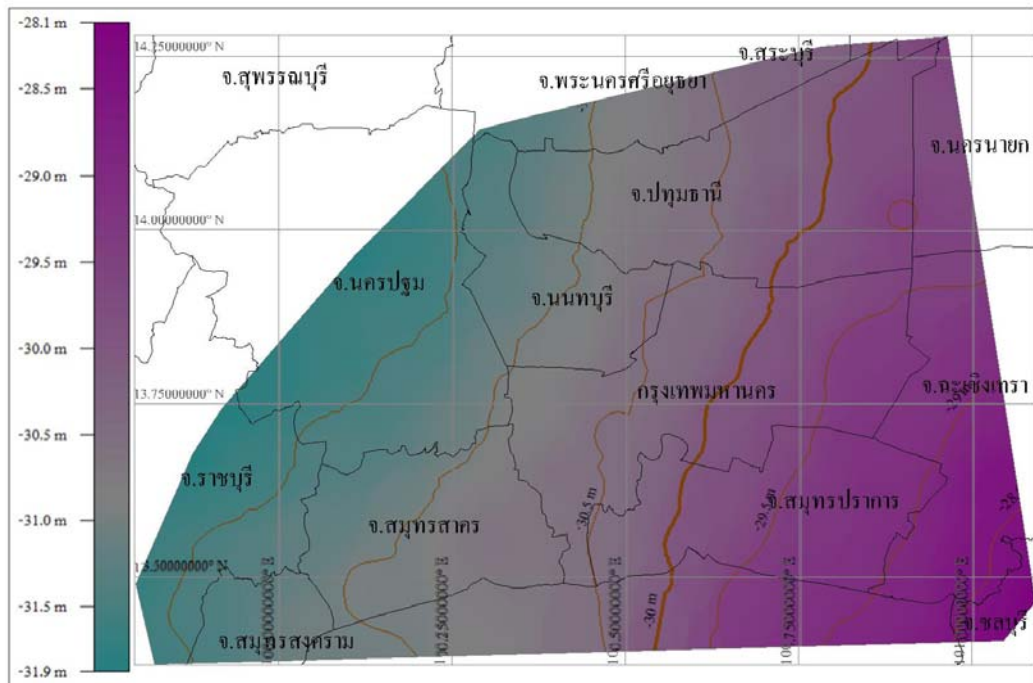
4.4 แบบจำลองพื้นผิวขี้ออยด์

นำค่า N ของหมุดรวมทั้ง 61 หมุด ซึ่งจะใช้เป็นหมุดหลักในการนำมาสร้างแบบจำลองพื้นผิวขี้ออยด์ด้วยวิธีการประมาณค่าภายในรูปแบบต่างๆ จำนวนทั้งสิ้น 4 วิธี ดังต่อไปนี้คือ การประมาณค่าด้วยวิธี Inverse Distance Weighted (IDW) การประมาณค่าด้วยวิธี Kriging การประมาณค่าด้วยวิธี Spline และการประมาณค่าด้วยวิธีโครงข่ายสามเหลี่ยม (Triangulated Irregular Network, TIN) โดยใช้โปรแกรม ARC GIS Version 9.3 โดยกำหนดขนาดของจุดที่จะทำการประมาณค่าพื้นผิวมีความละเอียดเท่ากับ 400 เมตร x 400 เมตร

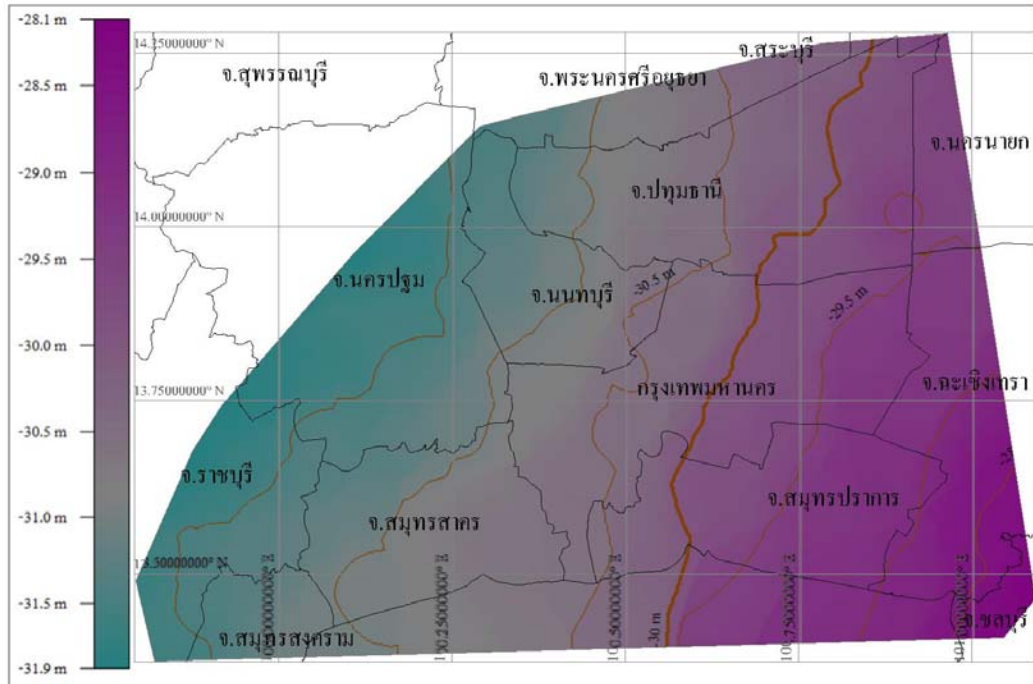
4.4.1 การสร้างแบบจำลองพื้นผิวขี้ออยด์ด้วยวิธี IDW เนื่องจากวิธีนี้จะสมมติว่าจุดระดับความสูง (ความสูงขี้ออยด์) จะมีอิทธิพลในทางผกผันกับระยะทางแต่เนื่องจากว่าข้อมูลหมุดรวมทั้ง 61 หมุดที่นำมาใช้สร้างแบบจำลองพื้นผิวขี้ออยด์นี้มีการกระจายตัวที่ไม่สม่ำเสมอ และจำนวนหมุดรวมก็ไม่มากนักเมื่อเทียบกับพื้นที่ ดังนั้นจึงใช้อัตราส่วนผกผันของระยะทางจะใช้ค่ายกกำลังสอง (POWER) ของระยะทางเป็นค่าเดียวกัน แต่จะปรับจำนวนของหมุดหลักที่จะนำมาใช้ในการประมาณค่าแทนการกำหนดระยะค้นหา โดยมีจำนวน (Number) 3 ค่าดังนี้คือ 12, 6 และ 3 ซึ่งเป็นจำนวนที่น้อยที่สุด ผลการสร้างแบบจำลองพื้นผิวขี้ออยด์ในแต่ละรูปแบบดังแสดงในรูปที่ 12 - รูปที่ 14



รูปที่ 12 แสดงผลการสร้างแบบจำลองพื้นผิวขี้อยัดด้วยวิธี IDW (Power = 2, Number = 12)



รูปที่ 13 แสดงผลการสร้างแบบจำลองพื้นผิวขี้อยัดด้วยวิธี IDW (Power = 2, Number = 6)



รูปที่ 14 แสดงผลการสร้างแบบจำลองพื้นผิวขี้อยู่ด้วยวิธี IDW (Power = 2, Number = 3)

ตารางที่ 8 แสดงผลการหาค่าความสูงขี้อยู่ของหมุดตรวจสอบโดยใช้แบบจำลองพื้นผิวขี้อยู่ที่สร้างด้วยวิธี IDW

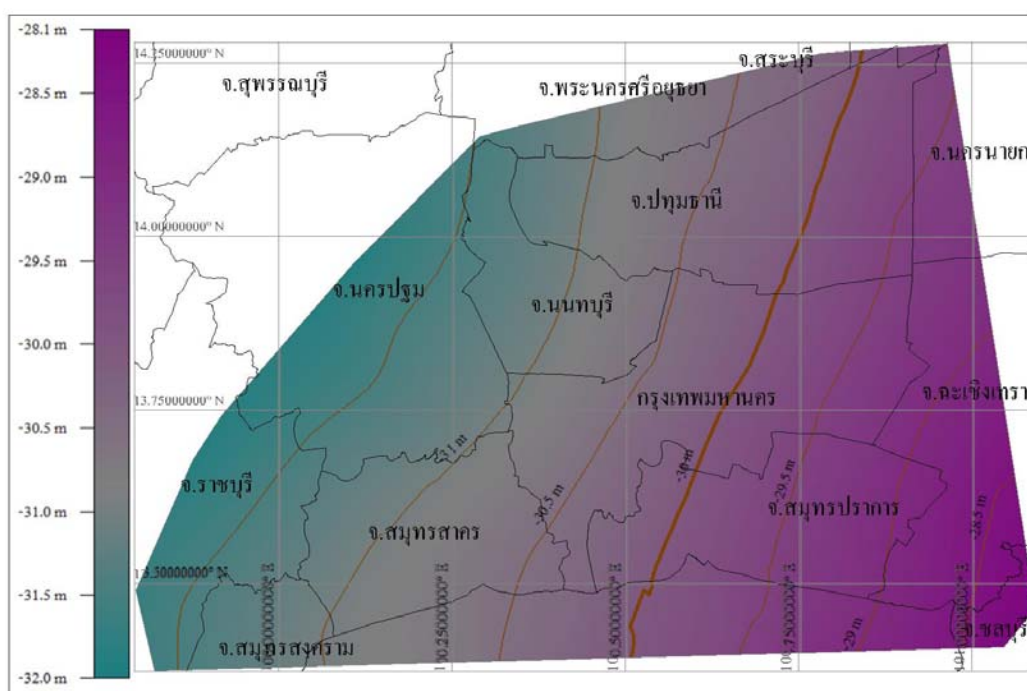
Station	IDW (P=2 N=12) m.	IDW (P=2 N=6) m.	IDW (P=2 N=3) m.
KTM.369	-29.370	-29.356	-29.324
KTM.454	-29.514	-29.461	-29.464
KTM.456	-29.404	-29.327	-29.364
KTM.464	-29.287	-29.281	-29.275
KTM.467	-29.257	-29.239	-29.233
KTM.654	-30.876	-30.870	-30.889
KTM.659	-30.860	-30.860	-30.861
SBM.12089/44	-30.861	-30.780	-30.741
SBM.12090-1/49	-30.729	-30.678	-30.664

Station	IDW (P=2 N=12) m.	IDW (P=2 N=6) m.	IDW (P=2 N=3) m.
SBM.12109	-31.266	-31.241	-31.167
SBM.15497	-29.785	-29.770	-29.726
SBM.15498	-29.770	-29.753	-29.703
SBM.15532	-31.507	-31.566	-31.561
SBM.8794/43	-31.593	-31.636	-31.652
SBM.8795/43	-31.545	-31.594	-31.609
SBM.8796/43	-31.429	-31.486	-31.445
SBM.8797/43	-31.394	-31.395	-31.418
SBM.9707-1/43	-29.127	-29.116	-29.123
SBM.9707-2/51	-29.104	-29.097	-29.100
SBM.9708-1/43	-29.100	-29.098	-29.099
SBM.9708/43	-29.120	-29.105	-29.136
SBM.9828	-28.648	-28.546	-28.564
SBM.9831	-28.599	-28.548	-28.485
ค่าเฉลี่ย (เมตร)	-30.093	-30.078	-30.070
ค่ามากที่สุด (เมตร)	-28.599	-28.546	-28.485
ค่าน้อยที่สุด (เมตร)	-31.593	-31.636	-31.652

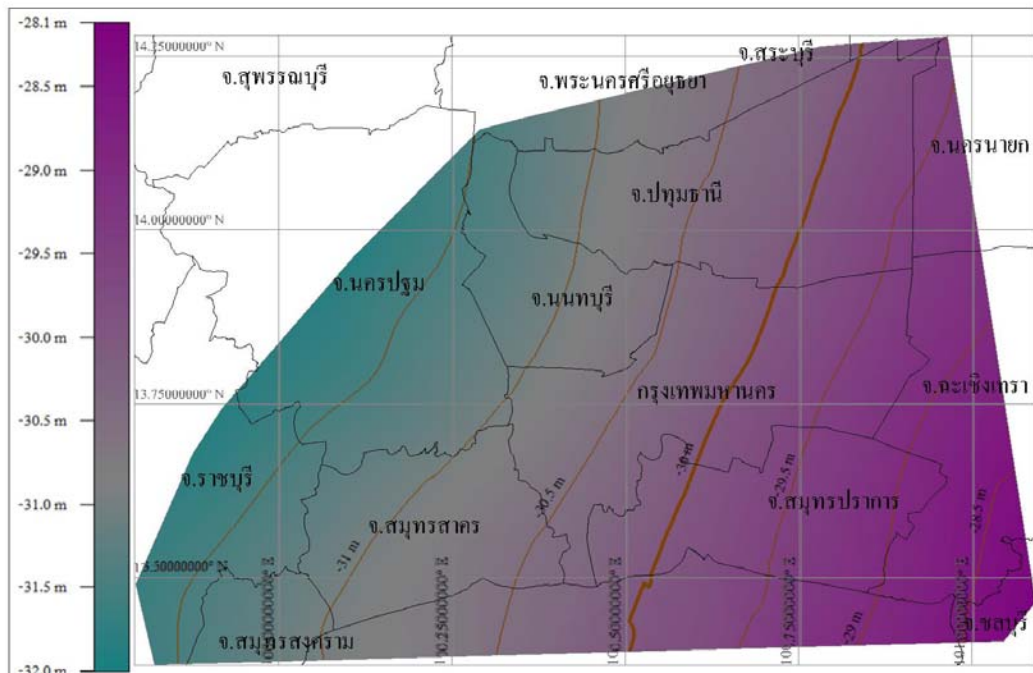
จากตารางที่ 8 แสดงผลของการหาค่าความสูงย่อยของหมุดตรวจสอบด้วยวิธี IDW ได้ค่าความสูงโดยเฉลี่ยดังนี้ เมื่อใช้ P=2 N=12 เท่ากับ -30.093 เมตร, P=2 N=6 เท่ากับ -30.078 เมตร และเมื่อใช้ P=2 N=3 เท่ากับ -30.070 เมตร ตามลำดับ และมีค่าความสูงมากที่สุดเท่ากับ -28.599 เมตร, -28.546 เมตร และ -28.485 เมตร ตามลำดับ และมีค่าความสูงน้อยที่สุดเท่ากับ -31.593 เมตร, -31.636 เมตร และ -31.652 เมตร ตามลำดับ

4.4.2 การสร้างแบบจำลองพื้นผิวขี้อยู่ด้วยวิธี Kriging

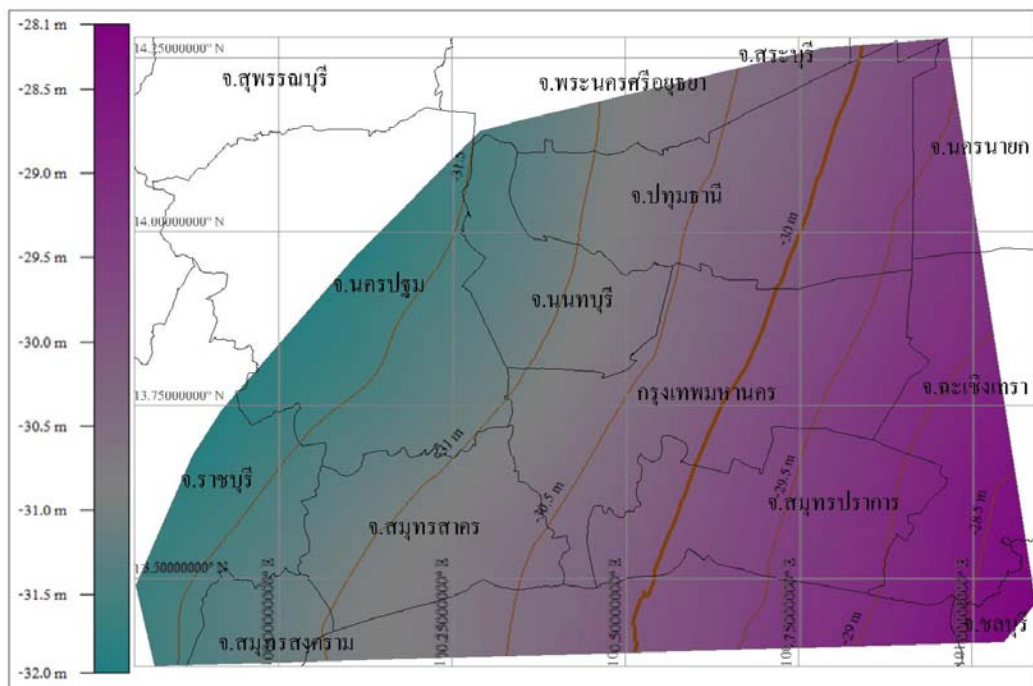
ในการประมาณค่าด้วยวิธี Kriging นั้น มีรูปแบบของ Semi-Variogram มีอยู่หลายรูปแบบด้วยกัน ซึ่งในงานวิจัยนี้ทางผู้วิจัยได้ทำการทดลองในทุกๆ รูปแบบที่สามารถทำได้ด้วยโปรแกรม Arc GIS แต่ทางผู้วิจัยขอเสนอผลการประมาณค่าด้วย Semi-Variogram เพียงแค่ 3 รูปแบบที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดเท่านั้นคือ Spherical, Circular และ Linear ปรากฏผลการสร้างแบบจำลองพื้นผิวขี้อยู่ด้วยวิธีการประมาณค่าภายในด้วยวิธี Kriging ดังแสดงในรูปที่ 15 – รูปที่ 17 และผลของการหาค่าขี้อยู่ของหมุดตรวจสอบได้ค่าดังแสดงอยู่ในตารางที่ 9



รูปที่ 15 แสดงผลการสร้างแบบจำลองพื้นผิวขี้อยู่ด้วยวิธี Kriging (Spherical)



รูปที่ 16 แสดงผลการสร้างแบบจำลองพื้นผิวขี้ออกด้วยวิธี Kriging (Circular)



รูปที่ 17 แสดงผลการสร้างแบบจำลองพื้นผิวขี้ออกด้วยวิธี Kriging (Linear)

ตารางที่ 9 แสดงผลการหาค่าความสูงขี้อยู่ของหมุดตรวจสอบโดยใช้แบบจำลองพื้นผิวขี้อยู่ที่สร้างด้วยวิธี KRIGING

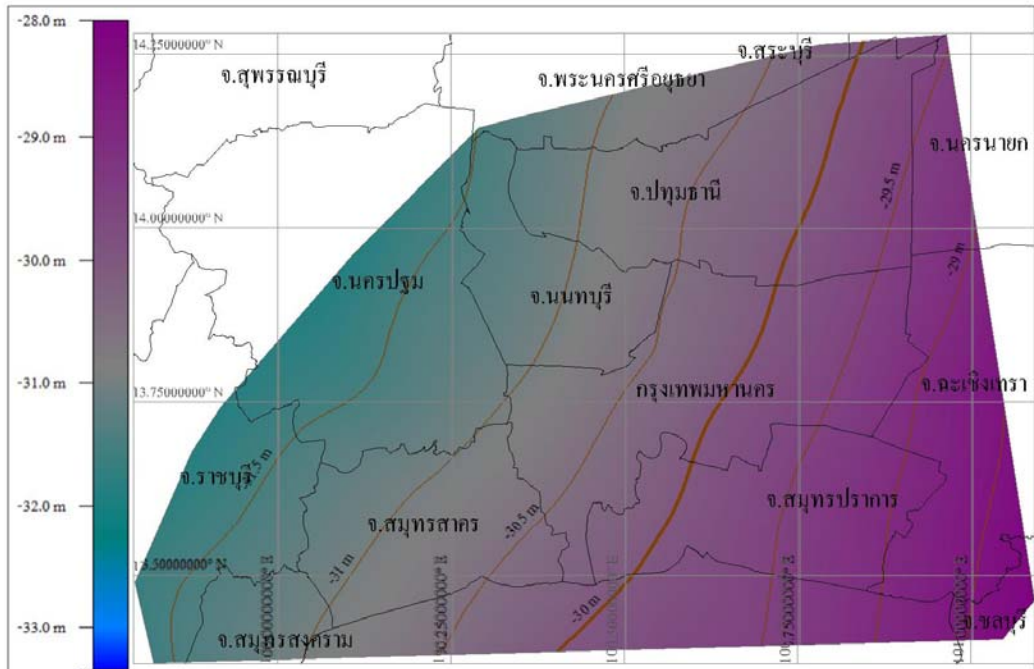
Station	Semivariogram	Semivariogram	Semivariogram
	Model Spherical (m.)	Model Circular (m.)	Model Linear (m.)
KTM.369	-29.426	-29.426	-29.425
KTM.454	-29.458	-29.459	-29.457
KTM.456	-29.424	-29.423	-29.424
KTM.464	-29.257	-29.257	-29.258
KTM.467	-29.200	-29.200	-29.200
KTM.654	-30.966	-30.966	-30.967
KTM.659	-30.852	-30.852	-30.852
SBM.12089/44	-30.785	-30.784	-30.787
SBM.12090-1/49	-30.718	-30.718	-30.720
SBM.12109	-31.248	-31.248	-31.248
SBM.15497	-29.610	-29.610	-29.614
SBM.15498	-29.598	-29.598	-29.601
SBM.15532	-31.485	-31.485	-31.486
SBM.8794/43	-31.595	-31.595	-31.595
SBM.8795/43	-31.563	-31.563	-31.563
SBM.8796/43	-31.499	-31.499	-31.499
SBM.8797/43	-31.473	-31.473	-31.473
SBM.9707-1/43	-29.068	-29.068	-29.068
SBM.9707-2/51	-29.076	-29.076	-29.076
SBM.9708-1/43	-29.076	-29.076	-29.075
SBM.9708/43	-29.075	-29.075	-29.074

Station	Semivariogram	Semivariogram	Semivariogram
	Model Spherical (m.)	Model Circular (m.)	Model Linear (m.)
SBM.9828	-28.585	-28.586	-28.585
SBM.9831	-28.522	-28.522	-28.522
ค่าเฉลี่ย (เมตร)	-30.068	-30.068	-30.068
ค่ามากที่สุด (เมตร)	-28.522	-28.522	-28.522
ค่าน้อยที่สุด (เมตร)	-31.595	-31.595	-31.595

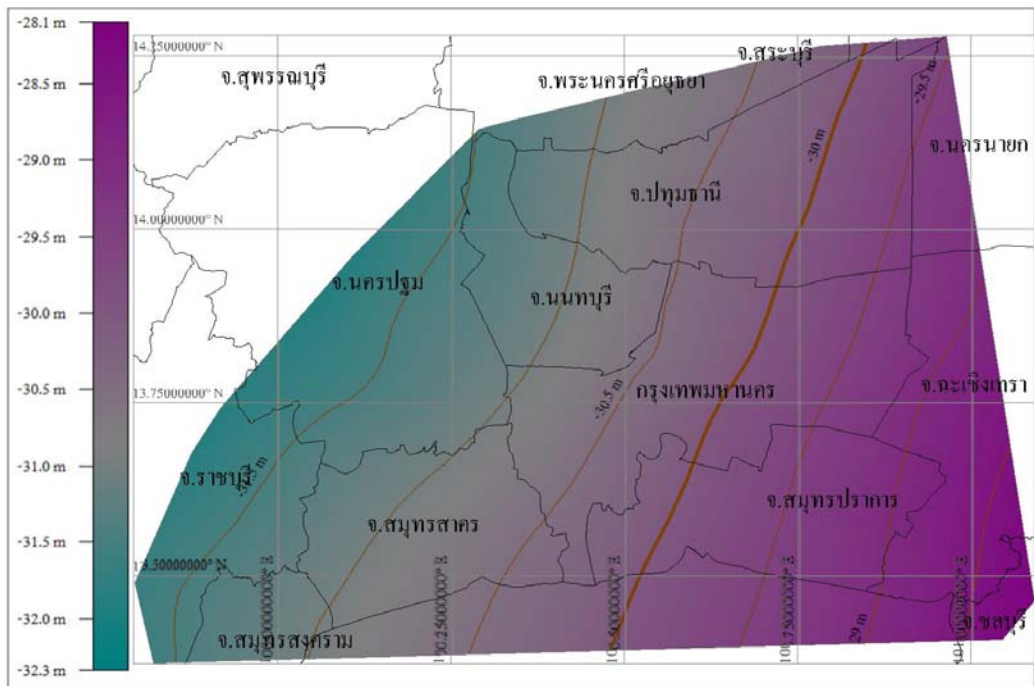
จากตารางที่ 9 แสดงผลของการหาค่าความสูงย่อยของหมุดตรวจสอบด้วยวิธี Kriging ได้ค่าความสูงโดยเฉลี่ย เท่ากับ -30.068 เมตร และมีค่าความสูงมากที่สุด เท่ากับ -28.522 เมตร และมีค่าความสูงน้อยที่สุด เท่ากับ -31.595 เมตร เท่ากันทั้ง 3 model

4.4.3 การสร้างแบบจำลองพื้นผิวย่อยด้วยวิธี Spline

ผลการสร้างแบบจำลองพื้นผิวย่อยด้วยวิธีการประมาณค่าภายในด้วยวิธี Spline ดังแสดงในรูปที่ 18 - รูปที่ 19 และผลของการหาค่าย่อยของหมุดตรวจสอบได้ค่าดังแสดงอยู่ในตารางที่



รูปที่ 18 แสดงผลการสร้างแบบจำลองพื้นผิวขี้อยอดด้วยวิธี Spline (Regularized)



รูปที่ 19 แสดงผลการสร้างแบบจำลองพื้นผิวขี้อยอดด้วยวิธี Spline (Tension)

ตารางที่ 10 แสดงผลการหาค่าความสูงยึดยึดของหมุดตรวจสอบโดยใช้แบบจำลองพื้นผิวยึดยึดที่สร้างด้วยวิธี SPLINE

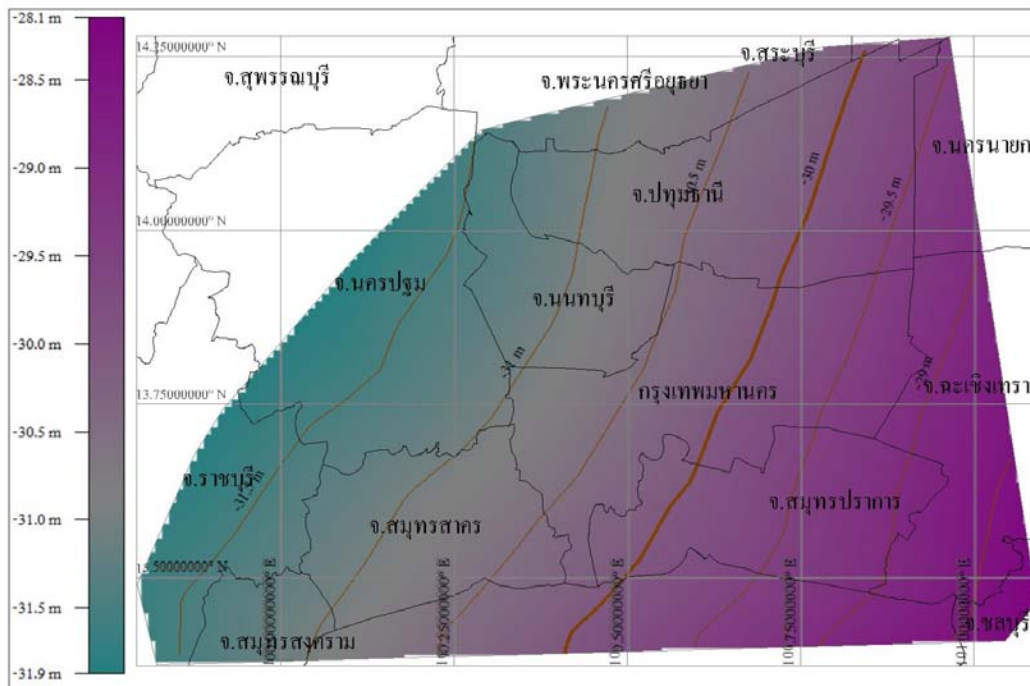
Station	Spline Regularized (m.)	Spline Tension (m.)
KTM.369	-29.448	-29.439
KTM.454	-29.502	-29.477
KTM.456	-29.444	-29.418
KTM.464	-29.245	-29.251
KTM.467	-29.195	-29.195
KTM.654	-30.977	-30.973
KTM.659	-30.854	-30.854
SBM.12089/44	-30.772	-30.763
SBM.12090-1/49	-30.708	-30.703
SBM.12109	-31.262	-31.266
SBM.15497	-29.573	-29.572
SBM.15498	-29.562	-29.560
SBM.15532	-31.439	-31.467
SBM.8794/43	-31.581	-31.592
SBM.8795/43	-31.548	-31.561
SBM.8796/43	-31.492	-31.501
SBM.8797/43	-31.474	-31.479
SBM.9707-1/43	-29.073	-29.072
SBM.9707-2/51	-29.079	-29.078
SBM.9708-1/43	-29.076	-29.077
SBM.9708/43	-29.072	-29.076
SBM.9828	-28.587	-28.588

Station	Spline Regularized (m.)	Spline Tension (m.)
SBM.9831	-28.520	-28.518
ค่าเฉลี่ย (เมตร)	-30.064	-30.064
ค่ามากที่สุด (เมตร)	-28.520	-28.518
ค่าน้อยที่สุด (เมตร)	-31.581	-31.592

จากตารางที่ 10 แสดงผลของการหาค่าความสูงขี้อยู่ของหมุดตรวจสอบด้วยวิธี Spline ได้ค่าความสูงโดยเฉลี่ยดังนี้ เมื่อใช้แบบ Regularized เท่ากับ -30.064 เมตร และเมื่อใช้แบบ Tension เท่ากับ -30.064 เมตร ตามลำดับ และมีค่าความสูงมากที่สุด เท่ากับ -28.520 เมตร และ -28.518 เมตร ตามลำดับ และมีค่าความสูงน้อยที่สุด -31.581 เมตร และ -31.592 เมตร ตามลำดับ

4.4.4 การสร้างแบบจำลองพื้นผิวขี้อยู่ด้วยวิธี TIN

ผลการสร้างแบบจำลองพื้นผิวขี้อยู่ด้วยวิธีการประมาณค่าภายในด้วยวิธี TIN ดังแสดงในรูปที่ 20 และผลของการหาค่าขี้อยู่ของหมุดตรวจสอบได้ค่าดังแสดงอยู่ในตารางที่ 11



รูปที่ 20 แสดงผลการสร้างแบบจำลองพื้นผิวขี้อยอดด้วยวิธี TIN

ตารางที่ 11 แสดงผลการหาค่าความสูงขี้อยอดของหมุดตรวจสอบโดยใช้แบบจำลองพื้นผิวขี้อยอดที่สร้างด้วยวิธี TIN

Station	N (m.)
KTM.369	-29.434
KTM.454	-29.473
KTM.456	-29.415
KTM.464	-29.243
KTM.467	-29.200
KTM.654	-30.953
KTM.659	-30.852
SBM.12089/44	-30.765
SBM.12090-1/49	-30.705
SBM.12109	-31.260
SBM.15497	-29.587

Station	N (m.)
SBM.15498	-29.575
SBM.15532	-31.486
SBM.8794/43	-31.602
SBM.8795/43	-31.569
SBM.8796/43	-31.501
SBM.8797/43	-31.475
SBM.9707-1/43	-29.072
SBM.9707-2/51	-29.078
SBM.9708-1/43	-29.084
SBM.9708/43	-29.086
SBM.9828	-28.588
SBM.9831	-28.525
ค่าเฉลี่ย (เมตร)	-30.066
ค่ามากที่สุด (เมตร)	-28.525
ค่าน้อยที่สุด (เมตร)	-31.602

จากตารางที่ 11 แสดงผลของการหาค่าความสูงขี้อยค์ของหมุดตรวจสอบด้วยวิธี TIN ได้ค่าความสูงโดยเฉลี่ยเท่ากับ -30.066 เมตร และมีค่าความสูงมากที่สุด เท่ากับ -28.525 เมตรและมีค่าความสูงน้อยที่สุด เท่ากับ -31.602 เมตร ตามลำดับ

เมื่อได้ค่าขี้อยค์ของหมุดตรวจสอบจากวิธีการประมาณค่าภายในด้วยวิธีการต่างๆ เรียบร้อยแล้ว นำค่าขี้อยค์ดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับค่าขี้อยค์ที่คำนวณได้จากสูตรที่ 1 ของหมุดตรวจสอบทั้ง 20 หมุด ได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 12 แสดงการเปรียบเทียบค่าชื่อยอดที่คำนวณได้จากสูตรที่ 1 กับการประมาณค่าภายในด้วยวิธี IDW

Station	IDW (P=2 N=12) m.	IDW (P=2 N=6) m.	IDW (P=2 N=3) m.
KTM.369	0.052	0.066	0.098
KTM.454	-0.054	-0.001	-0.004
KTM.456	-0.014	0.063	0.026
KTM.464	-0.009	-0.003	0.003
KTM.467	-0.079	-0.061	-0.055
KTM.654	0.129	0.135	0.116
KTM.659	0.010	0.010	0.009
SBM.12089/44	-0.116	-0.035	0.004
SBM.12090-1/49	-0.057	-0.006	0.008
SBM.12109	-0.035	-0.010	0.064
SBM.15497	-0.216	-0.201	-0.157
SBM.15498	-0.209	-0.192	-0.142
SBM.15532	-0.072	-0.131	-0.126
SBM.8797/43	0.034	0.033	0.010
SBM.9707-1/43	-0.054	-0.043	-0.050
SBM.9707-2/51	-0.028	-0.021	-0.024
SBM.9708-1/43	-0.030	-0.028	-0.029
SBM.9708/43	-0.044	-0.029	-0.060
SBM.9828	-0.114	-0.012	-0.030
SBM.9831	-0.105	-0.054	0.009
ค่าเฉลี่ย (เมตร)	-0.051	-0.026	-0.016
ค่าต่างมากที่สุด (เมตร)	0.129	0.135	0.116

ค่าต่ำน้อยที่สุด (เมตร)	-0.216	-0.201	-0.157
ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.080	0.080	0.071

จากตารางแสดงผลการเปรียบเทียบค่าขี้อยอดที่ได้จากสูตรที่ 1 และจากการวิธีการประมาณค่าภายในด้วยวิธี IDW มีผลของค่าเฉลี่ยเท่ากับ -0.051 เมตร, -0.026 เมตร และ -0.016 เมตร ตามลำดับ ค่าต่ำมากที่สุดเท่ากับ 0.129 เมตร, 0.135 เมตร และ 0.116 เมตร ตามลำดับ ค่าต่ำน้อยที่สุดเท่ากับ -0.216 เมตร, -0.201 เมตร และ -0.157 เมตร ตามลำดับ และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.080 เมตร, 0.080 เมตร และ 0.071 เมตร ตามลำดับ จากผลทางสถิติดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการประมาณค่าภายในด้วยวิธี IDW ทั้ง 3 รูปแบบ ให้ค่าความถูกต้องยังไม่ค่อยดีนัก โดยการกำหนดจำนวน N เท่ากับ 3 จะให้ค่าความถูกต้องดีที่สุด

ผลการเปรียบเทียบค่าขี้อยอดของหมุดตรวจสอบด้วยวิธีการประมาณค่าภายในด้วยวิธี KRIGING ดังแสดงอยู่ในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 แสดงการเปรียบเทียบค่าขี้อยอดที่คำนวณได้จากสูตรที่ 1 กับค่าขี้อยอดที่ได้จากการประมาณค่าภายในด้วยวิธี KRIGING

Station	Semivariogram	Semivariogram	Semivariogram
	Model Spherical (m.)	Model Circular (m.)	Model Linear (m.)
KTM.369	-0.004	-0.004	-0.003
KTM.454	0.002	0.001	0.003
KTM.456	-0.034	-0.033	-0.034
KTM.464	0.021	0.021	0.020
KTM.467	-0.022	-0.022	-0.022
KTM.654	0.039	0.039	0.038
KTM.659	0.018	0.018	0.018
SBM.12089/44	-0.040	-0.039	-0.042
SBM.12090-1/49	-0.046	-0.046	-0.048

Station	Semivariogram	Semivariogram	Semivariogram
	Model Spherical (m.)	Model Circular (m.)	Model Linear (m.)
SBM.12109	-0.017	-0.017	-0.017
SBM.15497	-0.041	-0.041	-0.045
SBM.15498	-0.037	-0.037	-0.040
SBM.8797/43	-0.045	-0.045	-0.045
SBM.9707-1/43	0.005	0.005	0.005
SBM.9707-2/51	0.000	0.000	0.000
SBM.9708-1/43	-0.006	-0.006	-0.005
SBM.9708/43	0.001	0.001	0.002
SBM.9828	-0.051	-0.052	-0.051
SBM.9831	-0.028	-0.028	-0.028
ค่าต่างเฉลี่ย (เมตร)	-0.017	-0.017	-0.017
ค่าต่างมากที่สุด (เมตร)	0.039	0.039	0.038
ค่าต่างน้อยที่สุด (เมตร)	-0.051	-0.052	-0.051
ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.027	0.026	0.027

จากตารางแสดงผลการเปรียบเทียบค่าอีออซด์ที่คำนวณได้จากสูตรที่ 1 และค่าอีออซด์ที่ได้จากการประมาณค่าภายในด้วยวิธี Kriging โดยใช้ Semivariogram Model ต่างๆ ดังนี้คือ Spherical Circular และ Circular จะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -0.017 เมตร ทั้งสามรูปแบบ ค่าต่างมากที่สุดของสองแบบแรกอยู่ที่ 0.039 เมตร ส่วน Linear มีค่าเท่ากับ 0.038 เมตร และค่าต่างน้อยที่สุดเท่ากับ -0.051 เมตร, -0.052 เมตร และ -0.051 เมตร ตามลำดับ และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.027 เมตร, 0.026 เมตร และ 0.027 เมตร ตามลำดับ จากผลทางสถิติดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการประมาณค่าภายในด้วยวิธี Kriging โดยใช้ Semivariogram Model แบบ Circular ให้ค่าความถูกต้องดีที่สุด

ผลการเปรียบเทียบค่าอีออซด์ของหมุดตรวจสอบด้วยวิธีการประมาณค่าภายในด้วยวิธี Spline ดังแสดงอยู่ในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 แสดงการเปรียบเทียบค่าขี้อยด์ที่คำนวณได้จากสูตรที่ 1 กับค่าขี้อยด์ที่ได้จากการ
ประมาณค่าภายในด้วยวิธี Spline

Station	Spline Regularized (m.)	Spline Tension (m.)
KTM.369	-0.026	-0.017
KTM.454	-0.042	-0.017
KTM.456	-0.054	-0.028
KTM.464	0.033	0.027
KTM.467	-0.017	-0.017
KTM.654	0.028	0.032
KTM.659	0.016	0.016
SBM.12089/44	-0.027	-0.018
SBM.12090-1/49	-0.036	-0.031
SBM.12109	-0.031	-0.035
SBM.15497	-0.004	-0.003
SBM.15498	-0.001	0.001
SBM.15532	-0.004	-0.032
SBM.8797/43	-0.046	-0.051
SBM.9707-1/43	0.000	0.001
SBM.9707-2/51	-0.003	-0.002
SBM.9708-1/43	-0.006	-0.007
SBM.9708/43	0.004	0.000
SBM.9828	-0.053	-0.054
SBM.9831	-0.026	-0.024
ค่าต่างเฉลี่ย (เมตร)	-0.015	-0.013
ค่าต่างมากที่สุด (เมตร)	0.033	0.032

ค่าต่างน้อยที่สุด (เมตร)	-0.054	-0.054
ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.025	0.023

จากตารางแสดงผลการเปรียบเทียบค่าขี้ออยด์ที่ได้สูตรที่ 1 และค่าขี้ออยด์ที่ได้จากการประมาณค่าภายในวิธี Spline ในรูปแบบต่างๆ จะมีค่าขี้ออยด์เฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ -0.015 และ -0.013 เมตร ตามลำดับ ค่าต่างมากที่สุดอยู่ที่ 0.033 เมตร และ 0.032 เมตรตามลำดับ ค่าต่างน้อยที่สุดอยู่ที่ -0.054 เมตร ทั้งสองรูปแบบ และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.025 เมตร และ 0.023 เมตรตามลำดับ จากผลทางสถิติดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการประมาณค่าภายในด้วยวิธี Spline แบบ Tension ให้ค่าความถูกต้องดีที่สุด

ผลการเปรียบเทียบค่าขี้ออยด์ของหมุดตรวจสอบด้วยวิธีการประมาณค่าภายในด้วยวิธี TIN ดังแสดงอยู่ในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 แสดงการเปรียบเทียบค่าขี้ออยด์ที่คำนวณได้จากสูตรที่ 1 กับค่าขี้ออยด์ที่ได้จากการประมาณค่าภายในด้วยวิธี TIN

Station	TIN (m.)
KTM.369	-0.012
KTM.454	-0.013
KTM.456	-0.025
KTM.464	0.035
KTM.467	-0.022
KTM.654	0.052
KTM.659	0.018
SBM.12089/44	-0.020
SBM.12090/1.49	-0.033
SBM.12109	-0.029
SBM.15497	-0.018
SBM.15498	-0.014
SBM.15532	-0.051

Station	TIN (m.)
SBM.8797/43	-0.047
SBM.9707-1/43	0.001
SBM.9707-2/51	-0.002
SBM.9708-1/43	-0.014
SBM.9708/43	-0.010
SBM.9828	-0.054
SBM.9831	-0.031
ค่าต่างเฉลี่ย (เมตร)	-0.014
ค่าต่างมากที่สุด (เมตร)	0.052
ค่าต่างน้อยที่สุด (เมตร)	-0.054
ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.026

จากตารางแสดงผลการเปรียบเทียบค่าฮัยออยด์ที่ได้สูตรที่ 1 และค่าฮัยออยด์ที่ได้จากการประมาณค่าภายในด้วยวิธี TIN จะมีค่าฮัยออยด์เฉลี่ยอยู่ที่ -0.014 เมตร ค่าต่างมากที่สุดอยู่ที่ 0.052 เมตร ค่าต่างน้อยที่สุดอยู่ที่ -0.054 เมตร และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.026 เมตร

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษารวบรวมข้อมูลเพื่อคำนวณหาค่าชื่อยอดด้วยวิธีการประมาณค่าภายใน พื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลหมุดร่วมจำนวน 61 หมุด จากจำนวนทั้งสิ้น 70 หมุด และทำการประเมินค่าความถูกต้องของค่าความสูงชื่อยอดที่ได้ด้วยวิธีการประมาณค่าภายในด้วยวิธีการแตกต่างกันจำนวน 4 วิธี โดยใช้หมุดตรวจสอบจำนวนทั้งสิ้น 20 หมุด ซึ่งสามารถสรุปผลการศึกษารวบรวมได้ดังนี้

5.1 ผลจากการวิจัย

ผลการวิจัยการคำนวณหาค่าความสูงชื่อยอดด้วยวิธีการประมาณค่าภายในด้วยวิธีการต่างๆ ดังนี้ วิธีการประมาณค่าภายในด้วยวิธี IDW เมื่อกำหนดกำลังของน้ำหนักที่ใช้ให้มีค่าเท่ากับ 2 และปรับจำนวนของหมุดร่วมที่ทราบค่าความสูงชื่อยอดให้มีจำนวนที่ลดลงจาก 12, 6, และ 3 ตามลำดับ จำนวนหมุดร่วมที่เท่ากับ 3 ให้ค่าความถูกต้องดีที่สุด โดยมีค่าทางสถิติดังนี้ คือ ค่าความต่างเฉลี่ยของค่า N เท่ากับ -0.016 เมตร ค่าความต่างมากที่สุดเท่ากับ 0.116 เมตร ค่าความต่างน้อยที่สุดเท่ากับ -0.157 เมตร และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.071 เมตร จากผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการคำนวณหาค่าชื่อยอดด้วยวิธีนี้ได้มีค่าที่ไม่ค่อยดีมากนัก อาจเนื่องมาจากหลายปัจจัย อาทิเช่น จำนวนของหมุดร่วมมีจำนวนที่น้อยเกินไป และการกระจายตัวที่ไม่สม่ำเสมอของหมุดร่วมที่นำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองของหมุดร่วม และหมุดตรวจสอบอยู่ในบริเวณขอบพื้นที่ศึกษาจึงทำให้ค่าชื่อยอดที่คำนวณได้มีค่าไม่ตรงกับความเป็นจริงมากนัก

การประมาณค่าภายในด้วยวิธี Kriging โดยใช้ Semivariogram model Circular ให้ค่าความถูกต้องดีที่สุด โดยมีค่าความต่างเฉลี่ยค่า N เท่ากับ -0.017 เมตร ค่าความต่างมากที่สุดเท่ากับ 0.039 เมตร ค่าความต่างน้อยที่สุดเท่ากับ -0.052 เมตร และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.026 เมตร

การประมาณค่าภายในด้วยวิธี Spline แบบ Tension ให้ค่าความถูกต้องดีที่สุด โดยมีค่าความต่างเฉลี่ยของค่า N เท่ากับ -0.013 เมตร ค่าความต่างมากที่สุดเท่ากับ 0.032 เมตร ค่าความต่างน้อยที่สุดเท่ากับ -0.054 เมตร และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.023 เมตร

การประมาณค่าด้วยวิธี TIN มีค่าความต่างเฉลี่ยของค่า N เท่ากับ -0.014 เมตร ค่าความต่างมากที่สุดเท่ากับ 0.052 เมตร ค่าความต่างน้อยที่สุดเท่ากับ -0.054 เมตร และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.026 เมตร

จากค่าทางสถิติแสดงให้เห็นว่าการสร้างแบบจำลองพื้นผิวขี้อยู่ด้วยวิธีการประมาณค่าภายในทั้ง 4 วิธีนั้นมีอยู่ 3 วิธี คือ Kriging, Spline และ TIN ที่แสดงให้เห็นถึงค่าความถูกต้องของค่าความสูงขี้อยู่ที่ประมาณค่าได้ของหมุดตรวจสอบทั้ง 20 หมุด จะมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดีและมีค่าที่ใกล้เคียงกันมาก แต่วิธี IDW มีค่าที่แตกต่างออกไป ซึ่งแสดงให้เห็นว่าวิธีการหาค่าความสูงขี้อยู่ด้วยวิธีการประมาณค่าภายในสามารถนำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองพื้นผิวขี้อยู่ได้ แต่ว่าวิธีการและรูปแบบที่แตกต่างกันก็จะให้ค่าความถูกต้องไม่เหมือนกัน ดังนั้นต้องพิจารณาด้วยว่าวิธีการใดเหมาะสมที่จะนำมาใช้ ซึ่งสามารถพิจารณาจากข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองว่ามีจำนวนมากน้อยเพียงใด และมีลักษณะการกระจายตัวดีหรือไม่

5.2 ประโยชน์ที่ได้จากการวิจัย

จากพื้นผิวขี้อยู่ที่สร้างขึ้นมาจากข้อมูลหมุดรวมจำนวนทั้งสิ้น 61 หมุด และจากผลของการประมาณค่าความถูกต้องของขี้อยู่ด้วยข้อมูลของหมุดตรวจสอบจำนวนทั้งสิ้น 20 หมุด แสดงให้เห็นว่าเราสามารถนำเอาแบบจำลองพื้นผิวขี้อยู่ดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ร่วมกับการรังวัดดาวเทียมจีพีเอสเพื่อหาค่าความสูงออร์โทเมตริกของจุดต่างๆ ในพื้นที่ที่ไม่สามารถเข้าถึงได้ง่ายๆ ด้วยวิธีการรังวัดระดับแบบดั้งเดิม อีกทั้งยังช่วยประหยัดทั้งเวลาและค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงานสนามอีกด้วย

5.3 ปัญหาและอุปสรรคในงานวิจัย

เนื่องจากว่างานวิจัยนี้ได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลของหมุดรวมซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลระดับ และข้อมูลการรังวัดดาวเทียมจีพีเอส ของกรมแผนที่ทหาร ซึ่งมีปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นดังต่อไปนี้

5.3.1 หมายเลขของหมุดรวมที่แสดงอยู่ในรายงาน ไม่ตรงกับหมายเลขหมุดที่ได้ทำการรังวัดจริง ทำให้การนำเอาค่าระดับของหมุดรวมในตำแหน่งดังกล่าวมาคำนวณหาค่าความสูงขี้อยู่

มีค่าที่ไม่ถูกต้อง และทำการประมาณค่าหาค่าความสูงขี้อยู่ของหมุดตรวจสอบ มีค่าผิดจากความ เป็นจริง และจากการตรวจสอบรายงานและข้อเท็จจริงแล้วพบว่าหมุดหมายเลข SBM.15495 ไม่ได้ เป็นหมุดที่ใช้ในการรังวัดภาคสนาม แต่เป็นหมุดหมายเลข SBM.15494 แทน

5.3.2 เนื่องจากข้อมูลการรังวัดดาวเทียมจีพีเอสใน โครงการของกรมแผนที่ทหารใช้หมุด จีพีเอสดาวเทียมของสถานี RTSD เพียงสถานีเดียว และเมื่อมีการนำเอาหมุดจีพีเอสดาวเทียมของหน่วยงาน อื่นเข้ามาเพื่อปรับปรุงความยาวเส้นฐานให้มีขนาดที่สั้นลงนั้น ปรากฏว่าข้อมูลการรังวัดดาวเทียม ของหมุดจีพีเอสดาวเทียมดังกล่าวมีความสมบูรณ์ของข้อมูลบางส่วนไม่เพียงพอที่จะนำมาใช้ในการ ปรับปรุงเส้นฐาน ได้ครบทั้ง 70 หมุด

5.3.3 การรังวัดจีพีเอสของหมุดตรวจสอบจำนวน 20 หมุด ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้หมุดจีพีเอส ดาวเทียมของกรมที่ดิน จำนวน 4 สถานี คือ สถานีองค์รักษ์ บางพลี กระทุ่มแบน และบางเลน แต่ใน ระหว่างวันที่ทำการรังวัด ผู้วิจัยไม่สามารถคาดการณ์ได้ว่าในวัน-เวลาที่ทำการรังวัดดาวเทียม ดังกล่าวนั้น ข้อมูลจะมีความสมบูรณ์หรือไม่อย่างไร จึงทำให้การทำงานภาคสนามต้องใช้จำนวน วัน-เวลาที่มากเกินไปจนความจำเป็น

5.4 ข้อเสนอแนะ

สืบเนื่องจากว่าพื้นที่ศึกษาในการคำนวณหาขี้อยู่ ด้วยวิธีการประมาณค่าภายในนี้ เป็น บริเวณพื้นที่ภาคกลาง และมีลักษณะสภาพภูมิประเทศที่ค่อนข้างราบเรียบ ดังนั้นในการคำนวณหา ค่าขี้อยู่ด้วยวิธีการประมาณค่าภายในดังกล่าว จึงให้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ แต่ ก็ไม่ได้หมายความว่าวิธีการนี้จะเหมาะสมกับพื้นที่ภาคอื่นๆ ของประเทศไทย โดยเฉพาะเขตพื้นที่ ภาคเหนือซึ่งมีลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขา ซึ่งอาจจะต้องหาแนวทางในการปรับปรุงให้แบบจำลอง พื้นที่ขี้อยู่มีความละเอียดถูกต้องมากขึ้นและครอบคลุมพื้นที่ของประเทศมากยิ่งขึ้น

แต่เนื่องจากว่าในงานวิจัยนี้ยังไม่ได้มีการศึกษาว่าจำนวนของหมุดรวมทั้ง 61 หมุดที่นำมา ใช้ในการสร้างแบบจำลองพื้นที่ขี้อยู่มีความเหมาะสมหรือไม่ ทั้งในเรื่องของจำนวนหมุดรวม และระยะห่างระหว่างหมุดรวม ซึ่งในกรณีนี้อาจจะมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป และอาจจะทำให้ สามารถอธิบายถึงความคุ้มค่าในการสร้างแบบจำลองด้วยวิธีนี้ในพื้นที่ศึกษาที่มีลักษณะภูมิประเทศ

ที่ค่อนข้างราบเรียบ และแนวทางในการปรับปรุงอาจจะมีนำเอาข้อมูลอื่นๆ มาผสมกับข้อมูลจีพีเอส/ระดับ ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ เช่น ข้อมูลแรงโน้มถ่วงของโลก เป็นต้น พร้อมทั้งทำการศึกษาเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียของแต่ละวิธีว่าเป็นอย่างไร เพื่อที่จะได้เลือกแนวทางที่ถูกต้อง เหมาะสม และมีความคุ้มค่าเพียงพอในการปรับปรุงพัฒนาแบบจำลองย็อดด์ท้องถิ่นต่อไปในอนาคต ซึ่งจะก่อให้เกิดประโยชน์อีกมากมายในการสำรวจทางด้านวิศวกรรมและการทำแผนที่ด้วยเทคโนโลยีจีพีเอส

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- กองสนามสำรวจระดับการทุดตัวของพื้นดิน. 2553. รายงานผลการสำรวจหาค่าพิกัดด้วยดาวเทียม GPS งานยี่ห้อเดซีและยี่ห้อฟิสิกส์ ประจำปีงบประมาณ 2553. กรุงเทพมหานคร : กองยี่ห้อเดซีและยี่ห้อฟิสิกส์ กรมแผนที่ทหาร
- เฉลิมชนม์ สติระพจน์, สุทธิพงษ์ วิญญูประดิษฐ์, บรรเจิด พละการ, วิชัย เยี่ยงวีรชน และ อธิธิ ตริสิริสัตยวงศ์. 2547. การหาค่าระดับเหนือน้ำทะเลปานกลางของสถานีวัดน้ำใน อ่าวไทยด้วยจีพีเอส. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 9, โรงแรมริเจนท์ ชะอำ เพชรบุรี. 19-21 พฤษภาคม.
- เฉลิมชนม์ สติระพจน์. 2546. การสำรวจรังวัดดาวเทียมจีพีเอสเบื้องต้น. (แปลและเรียบเรียง). พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,
- เฉลิมชนม์ สติระพจน์. 2552. เอกสารคำสอนวิชางานรังวัดดาวเทียมจีพีเอสขั้นสูง. ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชุดสำรวจหาค่าพิกัดด้วยดาวเทียม GPS และความโน้มถ่วงพิภพ. 2553. รายงานผลการสำรวจระดับการทุดตัวของพื้นดิน ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล โครงการสำรวจระดับการทุดตัวของพื้นดิน ประจำปีงบประมาณ 2553. กรุงเทพมหานคร : กองยี่ห้อเดซีและยี่ห้อฟิสิกส์ กรมแผนที่ทหาร.
- ชูเกียรติ วิเชียรเจริญ. 2537. ยี่ห้อเดซี. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธนัช สุขวิมลเสรี. 2540. การศึกษาเปรียบเทียบความเหมาะสมของค่าความสูงออร์โทเมตริก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สาขาวิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธนัช สุขวิมลเสรี. 2547. ความสูงออร์โทเมตริกจากการรังวัดด้วยดาวเทียมจีพีเอสร่วมกับแบบจำลองความสูงยี่ห้อเดซี. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 9, โรงแรมริเจนท์ ชะอำ เพชรบุรี. 19-21 พฤษภาคม.
- ธนัช สุขวิมลเสรี และเฉลิมชนม์ สติระพจน์. 2548. การประเมินความถูกต้องของค่าความสูงออร์โทเมตริกจากการรังวัดดาวเทียมระบบ GPS. วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา ปีที่ 16 ฉบับที่ 4 : 18-21

พุทธิพล ดำรงชัย และศุภฤกษ์ ชัยชนะ. 2552. การคำนวณหาชื่อยอดบริเวณประเทศไทยขั้นต้น.

วิศวกรรมสาร มก ฉบับที่ 67 ปีที่ 22 (กุมภาพันธ์ – เมษายน) : 29-41.

สุเพชร จิระจรกุล. 2555. เรียนรู้ระบบภูมิสารสนเทศด้วยโปรแกรม ArcGIS Desktop 9.3.1 ฉบับ

ปรับปรุง. พิมพ์ครั้งที่ 1. นนทบุรี : เอ.พี. กราฟิเคิลดีไซน์และการพิมพ์,

ภาษาอังกฤษ

NASA. 2005. EGM's official web site [Online]. Available from:

<http://cddisa.gsfc.nasa.gov/926/egm96/egm96.html> [2005, January 10]

Pavlis N.K., Holmes S.A., Kenyon S.C. and Factor J.K. 2008. An Earth Gravitational Model

to Degree 2160 : EGM2008. General Assembly of the European Geosciences Union.

Vienna, Austria. 13-18 April.

Wichiencharoen, C. 1998. Orthometric Heights from GPS: Experience of Thailand. Proceedings

of the 3rd International Symposium on GPS Technology. Tainan, Taiwan. 10-11

November.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การตรวจสอบโครงข่ายระดับและการคำนวณปรับแก้โครงข่ายระดับ

ผลการตรวจสอบโครงข่ายสายการระดับจำนวนทั้งสิ้น 44 วง โดยมีผลการตรวจสอบเบื้องต้นค่าระยะและค่าคลาดเคลื่อนบรรจบระหว่างรายงานกับข้อมูลที่ได้ไม่สอดคล้องกัน ซึ่งผู้วิจัยได้ยึดข้อมูลของกรมแผนที่ ที่ได้รับเป็นหลัก การตรวจสอบค่าคลาดเคลื่อนบรรจบ ผลปรากฏว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ดังแสดงในตารางที่ ก.1

ตารางที่ ก.1 แสดงรายการตรวจสอบโครงข่าย

วงที่	สายการระดับ	ระยะ (กม.)	ค่าคลาดเคลื่อนบรรจบ (มม.)	เกณฑ์ ($\pm 4 \text{ มม. } \sqrt{K}$)
1	1,5,7,6	124.928	-3.47	44.71
2	2,4,5,8,12	119.608	7.23	43.75
3	3,14,9,4	97.366	0.25	39.47
4	8,9,13,10	41.449	-7.00	25.75
5	7,12,10,11	41.202	1.77	25.68
6	11,16,18,17	45.497	-3.44	26.98
7	13,14,15,19,16	65.946	-0.24	32.48
8	18,19,38,39,40	69.113	4.11	33.25
9	15,21,20	43.806	11.61	26.47
10	21,22,23,34,36	62.026	4.49	31.50
11	23,24,25	61.060	8.73	31.26
12	25,26,29,31,33	59.474	-22.89	30.85
13	34,33,32,51,48,35	55.921	2.25	29.91
14	20,36,37,38	46.445	1.15	27.26
15	35,47,45,44,37	49.700	-6.93	28.20
16	39,44,43,41	31.687	2.18	22.52
17	42,112,110,43,69,70	74.424	-24.98	34.51

วงที่	สายการระดับ	ระยะ (กม.)	ค่าคลาดเคลื่อนบรรจบ (มม.)	เกณฑ์ (± 4 มม. \sqrt{K})
18	45,46,68,71,69	68.055	4.39	33.00
19	48,50,49,46,47	42.854	-1.27	26.19
20	51,52,63,64,66,50	44.002	-7.18	26.53
21	31,30,52,32	38.244	-2.13	24.74
22	29,28,53,30	48.040	25.87	27.72
23	27,55,28	66.961	-35.07	32.73
24	55,56,57,54	43.839	-0.64	26.48
25	53,54,62,63	53.353	-12.10	29.22
26	57,58,59,60,61	48.663	1.12	27.90
27	62,61,77,76,65,64	51.668	0.03	28.75
28	66,65,67,68,49	47.930	-4.38	27.69
29	60,79,81,78	62.854	4.26	31.71
30	78,83,75,77	52.727	6.76	29.05
31	74,76,75,86,87	62.929	3.21	31.73
32	67,74,73,72,71	60.677	3.65	31.16
33	70,72,92,93,94	46.875	-6.05	27.39
34	95,94,96	39.752	4.65	25.22
35	100,96,97,101	54.271	-10.39	29.47
36	102,108,103,101,99	74.588	-2.36	34.55
37	97,93,91,98,99	69.037	7.48	33.24
38	90,91,92,73,87,88	63.884	0.42	31.97
39	86,85,89,88	70.595	16.17	33.61
40	84,85,83,82	61.797	-17.97	31.44
41	81,80,107,82	49.168	-4.53	28.05
42	105,106,80,79,59	141.378	0.43	47.56

วงที่	สายการระดับ	ระยะ (กม.)	ค่าคลาดเคลื่อนบรรจบ (มม.)	เกณฑ์ (± 4 มม. \sqrt{K})
43	109,104,108	77.608	11.62	35.24
44	111,112	30.307	-12.39	22.02

เมื่อทำการตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบเรียบร้อยแล้ว ก็ทำการคำนวณปรับแก้สายการระดับโดยใช้ข้อมูลสายการระดับที่ได้รับมาจากกรมแผนที่ทหาร โดยมีหมุด BMR.5, BMR.14-1 และ BMR.16 (P.1408) เป็นหมุดควบคุมโครงข่ายสายการระดับ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

$$n = 112$$

n คือ จำนวนสายการระดับ

$$u = 66$$

u คือ จำนวนหมุดบรรจบ

$$r = n - u = 112 - 66 = 46$$

r คือ Degree of freedom

$$\sigma_0^2 = 1$$

$$\text{Sd. of diff in elevation for a 1 Km. length of level line} = 1.30$$

โดยมีผลการปรับแก้โครงข่ายสายการระดับได้ค่าต่างระดับหลังการปรับแก้ ค่าระดับของหมุดหลักฐาน และค่าทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ ก.2 และ ก.3

ตารางที่ ก.2 แสดงค่าต่างระดับหลังการปรับแก้

สายที่	จากหมุด	ถึงหมุด	ระยะ (km.)	ค่าต่างระดับ จากการรังวัด (Lb, m)	ค่าต่างระดับ หลังการปรับแก้ (La, m)	เศษเหลือ (V, mm)
1	BMR.5	S.8424	14.601	7.37529	7.3806	5.35
2	S.8424	P.1028R	31.050	-7.01852	-7.0139	4.62
3	P.1028R	S.12072	43.324	-2.20061	-2.1965	4.13
4	P.1028R	BM.52	27.132	-4.10885	-4.1074	1.45
5	S.8424	S.15525	46.649	-10.01509	-10.0049	10.17
6	S.12088-1/50	BMR.5	52.606	3.89693	3.8845	-12.46
7	S.12088-1/50	S.15525	11.072	1.26060	1.2602	-0.41

สาย ที่	จากหมุด	ถึงหมุด	ระยะ (km.)	ค่าต่างระดับ จากการรังวัด (Lb, m)	ค่าต่างระดับ หลังการปรับแก้ (La, m)	เศษเหลือ (V, mm)
8	S.12094-2/43	BM.52	11.387	-0.82924	-0.8267	2.52
9	BM.52	BM.53	6.038	-0.06478	-0.0631	1.66
10	S.12085/45	S.12094-2/43	13.329	0.49071	0.4913	0.54
11	S.12088-1/50	S.12085/45	13.411	0.47785	0.4793	1.43
12	S.15525	S.12094-2/43	3.390	-0.29027	-0.2897	0.61
13	S.12085/45	BM.53	10.695	-0.39631	-0.3986	-2.28
14	BM.53	S.12072	20.872	1.97277	1.9740	1.27
15	S.6821/43	S.12072	18.316	1.07088	1.0655	-5.34
16	S.12085/45	BM.39	8.494	-0.75713	-0.7548	2.37
17	P.1307	S.12088-1/50	7.292	0.37425	0.3730	-1.22
18	P.1307	BM.39	16.300	0.09841	0.0975	-0.86
19	BM.39	S.6821/43	7.569	1.26295	1.2647	1.71
20	S.6821/43	S.8768	10.243	-0.06916	-0.0650	4.18
21	S.8768	S.12072	15.247	1.12843	1.1305	2.09
22	S.12072	S.12144	15.628	-0.68081	-0.6808	0.03
23	S.12109	S.12144	11.858	-1.22312	-1.2227	0.42
24	S.12144	S.12128-1/48	26.942	0.65477	0.6558	1.02
25	S.12109	S.12128-1/48	22.260	-0.57708	-0.5669	10.17
26	S.12128-1/48	S.8799/43	15.689	-0.35015	-0.3424	7.76
27	S.8799/43	P.1694/36	38.578	-0.53032	-0.5080	22.31
28	S.7615/43	S.8799/43	15.192	-1.25334	-1.2438	9.56
29	S.8800/43	S.8799/43	3.504	0.35839	0.3565	-1.91
30	S.9691/51	S.8800/43	14.797	-2.19834	-2.2038	-5.42
31	P.1709	S.8800/43	10.608	1.30472	1.3028	-1.90

สาย ที่	จากหมุด	ถึงหมุด	ระยะ (km.)	ค่าต่างระดับ จากการรังวัด (Lb, m)	ค่าต่างระดับ หลังการปรับแก้ (La, m)	เศษเหลือ (V, mm)
32	P.1709	S.9890-2/52	9.691	1.68063	1.6809	0.25
33	S.12109	P.1709	7.413	-2.56745	-2.5686	-1.14
34	P.1714/33	S.12109	14.280	2.88916	2.8940	4.84
35	P.1714/33	S.15579	10.168	0.70089	0.7032	2.31
36	S.8768	P.1714/33	5.013	-1.22291	-1.2216	1.36
37	กทม.639	P.1714/33	17.498	-1.39264	-1.3875	5.17
38	S.6821/43	กทม.639	13.691	0.09942	0.1009	1.51
39	S.6840-1/40	กทม.639	9.851	0.64651	0.6482	1.68
40	S.6840-1/40	P.1307	21.702	-0.81016	-0.8150	-4.79
41	S.กทม.538/43	S.6840-1/40	6.900	-1.13520	-1.1355	-0.35
42	S.กทม.178/51	S.กทม.523/51	14.662	0.18524	0.1908	5.60
43	S.กทม.538/43	S.8359/45	7.910	-1.26584	-1.2624	3.42
44	กทม.639	S.8359/45	7.026	-0.77497	-0.7751	-0.10
45	S.8359/45	S.12115/45	5.809	1.28409	1.2846	0.49
46	S.12115/45	กทม.277	6.732	-1.88708	-1.8866	0.44
47	S.15579	S.12115/45	9.199	1.19394	1.1938	-0.16
48	S.15579	S.12113-1/43	10.383	0.02909	0.0316	2.54
49	กทม.284	กทม.277	9.211	-0.87943	-0.8797	-0.31
50	S.12113-1/43	กทม.284	7.329	0.15593	0.1553	-0.68
51	S.12113-1/43	S.9890-2/52	3.986	1.27011	1.2715	1.34
52	S.9890-2/52	S.9691/51	3.148	1.82456	1.8257	1.14
53	S.9691/51	S.7615/43	14.547	-0.61248	-0.6035	8.99
54	S.7615/43	P.2304R	14.660	-1.87870	-1.8753	3.40
55	S.7615/43	P.1694/36	13.191	-1.74859	-1.7518	-3.21

สาย ที่	จากหมุด	ถึงหมุด	ระยะ (km.)	ค่าต่างระดับ จากการรังวัด (Lb, m)	ค่าต่างระดับ หลังการปรับแก้ (La, m)	เศษเหลือ (V, mm)
56	P.1694/36	S.11786-1/46	15.988	-0.01508	-0.0097	5.36
57	P.2304R	S.11786-1/46	11.146	0.11567	0.1138	-1.89
58	S.11786-1/46	S.8852/47	8.463	1.65367	1.6551	1.40
59	S.8852/47	S.2256/38	9.229	-0.10421	-0.1038	0.39
60	SBM.1	S.2256/38	11.883	1.67815	1.6773	-0.84
61	SBM.1	P.2304R	7.942	0.01414	0.0123	-1.86
62	S.8877/50	P.2304R	8.613	0.32962	0.3282	-1.43
63	S.8877/50	S.9691/51	15.533	2.80870	2.8070	-1.72
64	BM.17	S.8877/50	6.816	0.67931	0.6774	-1.89
65	กทม.257	BM.17	12.325	-0.02899	-0.0317	-2.70
66	กทม.284	BM.17	7.190	-0.54209	-0.5425	-0.42
67	S.กทม.249/47	กทม.257	8.701	1.01814	1.0160	-2.12
68	กทม.277	S.กทม.249/47	10.503	-0.64743	-0.6471	0.33
69	กทม.157	S.8359/45	29.603	0.24255	0.2327	-9.89
70	S.กทม.178/51	กทม.157	10.235	0.22085	0.2175	-3.32
71	กทม.157	S.กทม.249/47	15.408	-1.01226	-1.0165	-4.24
72	S.8294/45	กทม.157	7.338	-0.54389	-0.5460	-2.09
73	กทม.339	S.8294/45	13.804	0.72115	0.7227	1.51
74	กทม.339	กทม.257	15.426	0.17949	0.1762	-3.29
75	BM.48	กทม.3020	18.178	-0.18171	-0.1828	-1.06
76	กทม.257	กทม.3020	10.345	0.45914	0.4567	-2.46
77	SBM.1	กทม.3020	5.627	-0.50663	-0.5050	1.67
78	SBM.1	S.7647/42	17.088	2.58084	2.5810	0.15
79	S.2256/38	S.14649	22.409	-0.91507	-0.9157	-0.63

สาย ที่	จากหมุด	ถึงหมุด	ระยะ (km.)	ค่าต่างระดับ จากการรังวัด (Lb, m)	ค่าต่างระดับ หลังการปรับแก้ (La, m)	เศษเหลือ (V, mm)
80	S.14649	P.2621	16.218	-0.90986	-0.9066	3.27
81	S.7647/42	S.14649	11.474	-1.82202	-1.8194	2.64
82	S.7647/42	S.7652-2/47	15.747	0.15571	0.1578	2.09
83	S.7647/42	BM.48	11.834	-2.89900	-2.9032	-4.18
84	S.7652-2/47	S.9853	15.305	-3.71554	-3.7116	3.92
85	S.9853	BM.48	18.911	0.64286	0.6506	7.78
86	BM.28	BM.48	15.677	0.84114	0.8393	-1.82
87	กทม.339	BM.28	3.303	-0.02401	-0.0237	0.34
88	กทม.379	BM.28	15.193	-2.01455	-2.0179	-3.35
89	S.9853	กทม.379	20.814	1.83244	1.8292	-3.23
90	กทม.379	S.กทม.470/43	12.605	-1.37444	-1.3736	0.82
91	S.กทม.470/43	กทม.450	14.552	-1.62937	-1.6311	-1.69
92	กทม.450	S.8294/45	4.427	1.73484	1.7331	-1.74
93	กทม.450	BM.30	15.124	0.58500	0.5892	4.20
94	BM.30	S.กทม.178/51	9.751	0.37905	0.3804	1.35
95	S.7034-1/44	S.กทม.178/51	18.742	-1.52021	-1.5217	-1.52
96	BM.30	S.7034-1/44	11.259	1.90391	1.9021	-1.78
97	BM.38	BM.30	17.904	-0.53972	-0.5451	-5.33
98	S.กทม.470/43	S.9703-2/52	5.394	-1.76002	-1.7590	0.98
99	S.9703-2/52	BM.38	16.063	1.26285	1.2622	-0.62
100	BM.47	S.7034-1/44	17.806	1.47521	1.4766	1.38
101	BM.38	BM.47	7.302	-0.12141	-0.1195	1.89
102	S.9703-2/52	S.9833/52	18.632	1.59877	1.6029	4.10
103	S.9825/44	BM.47	19.165	-0.58529	-0.5888	-3.49

สาย ที่	จากหมุด	ถึงหมุด	ระยะ (km.)	ค่าต่างระดับ จากการรังวัด (Lb, m)	ค่าต่างระดับ หลังการปรับแก้ (La, m)	เศษเหลือ (V, mm)
104	P.1408	S.9825/44	20.480	-55.10364	-55.1120	-8.35
105	S.8852/47	BMR.14-1	49.036	16.17591	16.1820	6.07
106	BMR.14-1	P.2621	44.486	-18.10462	-18.1081	-3.47
107	P.2621	S.7652-2/47	5.729	2.88306	2.8838	0.71
108	S.9833/52	S.9825/44	13.426	0.12560	0.1286	3.03
109	P.1408	S.9833/44	43.702	-55.24086	-55.2406	0.25
110	S.กทม.532/34	S.กทม.538/43	8.002	-1.28573	-1.2888	-3.06
111	S.กทม.532/34	S.กทม.523/51	26.295	-0.22090	-0.2330	-12.08
112	S.กทม.523/51	S.กทม.532/34	4.012	0.23329	0.2330	-0.31

ตารางที่ ก.3 แสดงค่าระดับของหมุดหลักฐานหลังการปรับแก้

ลำดับ	หมายเลขหมุดหลักฐาน	ค่าระดับ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
H1	S.8424	13.02554	4.3
H2	P.1028R	6.01164	5.9
H3	S.12072	3.81516	5.3
H4	BM.52	1.90424	5.5
H5	S.15525	3.02062	5.3
H6	S.12088-1/50	1.76043	5.1
H7	S.12094-2/43	2.73096	5.3
H8	BM.53	1.84112	5.5
H9	S.12085/45	2.23971	5.2
H10	S.6821/43	2.74962	5.2
H11	BM.39	1.48495	5.3
H12	P.1307	1.38741	5.4

ลำดับ	หมายเลขหมวดหลักฐาน	ค่าระดับ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
H13	S.8768	2.68463	5.3
H14	S.12144	3.13438	5.8
H15	S.12109	4.35708	5.5
H16	S.12128-1/48	3.79017	6.1
H17	S.8799/43	3.44778	5.6
H18	P.1694/36	2.93977	5.9
H19	S.7615/43	4.69157	5.5
H20	S.8800/43	3.09130	5.6
H21	S.9691/51	5.29506	5.3
H22	P.1709	1.78849	5.5
H23	S.9890-2/52	3.46936	5.3
H24	P.1714/33	1.46308	5.2
H25	S.15579	2.16628	5.3
H26	กทม.639	2.85055	5.1
H27	S.6840-1/40	2.20236	5.4
H28	S.กทม.538/43	3.33790	5.3
H29	S.กทม.178/51	1.62530	5.2
H30	S.8359/45	2.07548	5.1
H31	S.12115/45	3.36006	5.1
H32	กทม.277	1.47342	5.2
H33	กทม.284	2.35316	5.2
H34	S.12113-1/43	2.19791	5.2
H35	P.2304R	2.81627	5.1
H36	S.11786-1/46	2.93005	5.4
H37	S.8852/47	4.58512	5.3
H38	S.2256/38	4.48130	5.4

ลำดับ	หมายเลขหมวดหลักฐาน	ค่าระดับ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
H39	SBM.1	2.80399	5
H40	S.8877/50	2.48808	5.3
H41	BM.17	1.81066	5.3
H42	กทม.257	1.84235	5.1
H43	S.กทม.249/47	0.82632	5.2
H44	กทม.157	1.84282	5.1
H45	S.8294/45	2.38880	5.1
H46	กทม.339	1.66614	5.2
H47	BM.48	2.48180	5.3
H48	กทม.3020	2.29903	5.2
H49	S.7647/42	5.38498	5.3
H50	S.14649	3.56560	5.6
H51	P.2621	2.65901	5.4
H52	S.7652-2/47	5.54278	5.4
H53	S.9853	1.83116	5.7
H54	BM.28	1.64248	5.3
H55	กทม.379	3.66038	5.5
H56	S.กทม.470/43	2.28676	5.2
H57	กทม.450	0.65570	5.2
H58	BM.30	1.24490	5.2
H59	S.7034-1/44	3.14703	5.6
H60	BM.38	1.78995	5.3
H61	S.9703-2/52	0.52772	5.1
H62	BM.47	1.67044	5.2
H63	S.9833/52	2.13059	4.8
H64	S.9825/44	2.25921	4.4

ลำดับ	หมายเลขหมวดหลักฐาน	ค่าระดับ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
H65	S.กทม.532/34	2.04912	5.8
H66	S.กทม.523/51	1.81614	5.8

การวิเคราะห์ผลลัพธ์หลังการปรับแก้โครงข่ายสายการระดับ ได้ค่าความแปรปรวนของ
หนึ่งหน่วยน้ำหนักดังนี้

A priori variance of unit weight = 1

A posteriori variance of unit weight = 1.34

ซึ่งค่าความแปรปรวนของหนึ่งหน่วยน้ำหนักทั้งก่อนและหลังมีค่าใกล้เคียงกันอย่างมี
นัยสำคัญ โดยจากการทดสอบทางสถิติ

Statistical test value = 61.75

Significance level = 0.05

Reference chi-square value (s) = 62.83

ผลการทดสอบทางสถิติ (one-tailed upper bound) ถือว่าผลลัพธ์ของการปรับแก้มีความ
น่าเชื่อถือตามเกณฑ์มาตรฐานการทดสอบทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังกล่าว

ภาคผนวก ข

แสดงรายละเอียดแบบบันทึกข้อมูลระดับของหมุดตรวจสอบ

แบบบันทึกข้อมูลหมุดระดับ (Bench Mark : BM)

(Description of BM)

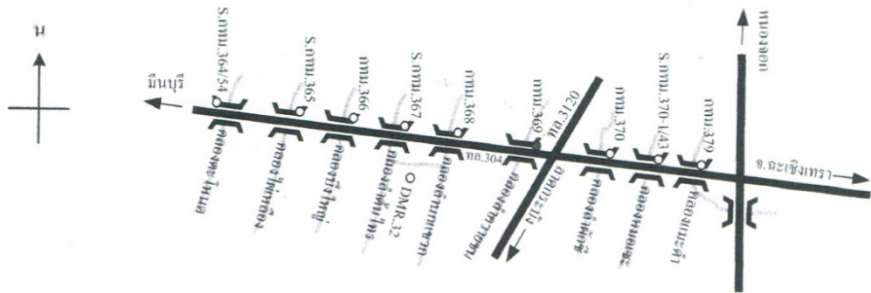
ชื่อ / หมายเลขหมุดระดับ กทม.369 งานระดับชั้นที่ 1 สำรจปี พ.ศ. 2554
 เส้นทาง / สายงานระดับ ที่ 88...จ.ภ...กทท.379... (สะพานคลองแม่ค้ำ) - BM.28 (สำนักงานเขตมีนบุรี.)
 สถานที่ตั้ง สะพานคลองลำควายชน อำเภอ หนองจอก จังหวัด กรุงเทพฯ
 ค่าพิกัดทางราบในแผนที่ L7018 หมายเลขระวาง 5136-1 ϕ : 13° 48' 28.19" N : 1527227 เมตร
 λ : 100° 49' 45.33" E : 697736 เมตร
 ค่าระดับสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง (Elevation) H : 3.24458 เมตร ± มม.

คำบรรยายประกอบหมุดระดับ

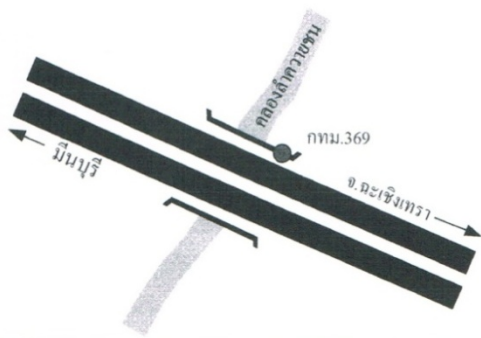
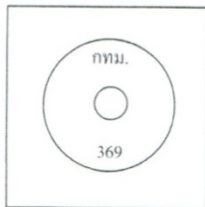
เส้นทาง ทางหลวงหมายเลข 304

ลักษณะหมุด กรงเทพมหานคร เป็นหมุดทองเหลืองหัวกลม สลักฝังไว้บนบาทวิถี ด้านทิศเหนือ ฝั่งตะวันออก
 ของสะพานคลองลำควายชน

แผนที่สังเขป



แผนผังบริเวณหมุดระดับ
รูปหัวหมุดระดับ



ผู้จัดทำ จ.ศ.อ.สามารถ สุขแจ่ม ผู้ตรวจสอบ จ.ศ.อ.วสันต์ อินน้ำคบบ วันที่

แบบบันทึกข้อมูลหมุดระดับ (Bench Mark : BM)

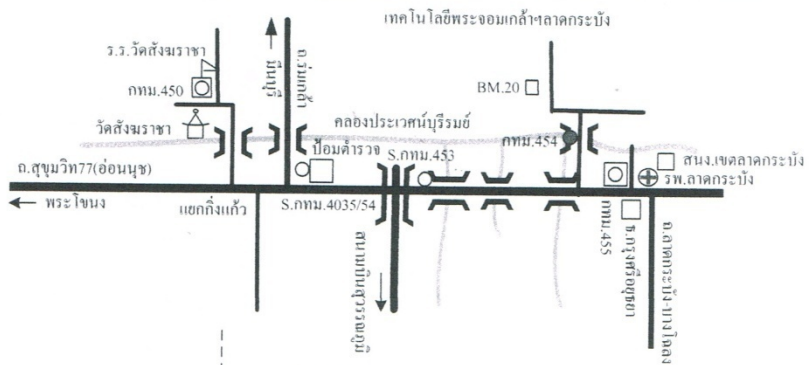
(Description of BM)

ชื่อ / หมายเลขหมุดระดับ กทม.454 งานระดับชั้นที่ 1 ดำรงปี พ.ศ. 2554
 เส้นทาง / สายงานระดับ ที่ 91 จาก ส.ถม.470/43 (สะพานคลองประเวศน์ฯ หน้าวัดราชโกษา) - กทม.450 (ร.ร.วัดสังฆราชา)
 สถานที่ตั้ง สะพานคลองประเวศน์ฯ ถ.คลองกรุง อำเภอ ลาดกระบัง จังหวัด กรุงเทพฯ
 ค่าพิกัดทางราบในแผนที่ L7018 หมายเลขระวาง 5136-III ϕ : $13^{\circ} 43' 26.69''$ N : 1517921 เมตร
 λ : $100^{\circ} 46' 48.45''$ E : 692492 เมตร
 ค่าระดับสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง (Elevation) H : 4 ๒๗๐.๘๙ เมตร \pm มม.

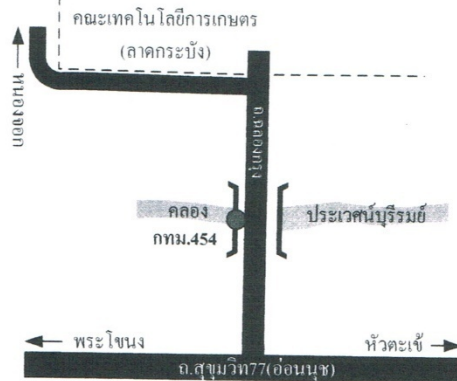
คำบรรยายประกอบหมุดระดับ

เส้นทาง ถ.คลองกรุง
 ลักษณะหมุด กรุงเทพมหานคร (แบบฝัง) เป็นหมุดทองเหลืองหัวกลม สักดฝังบนบาทวิถึกลางสะพาน ฝั่งทิศตะวันตก
 ของสะพานคลองประเวศน์บุรีรมย์

แผนที่สังเขป



แผนผังบริเวณหมุดระดับ
รูปหัวหมุดระดับ



ผู้จัดทำ จ.ศ.อ.สามารถ สุขแจ่ม ผู้ตรวจสอบ จ.ศ.อ.วันดี อินน้ำทับ วันที่

หมายเลข KTM.454

แบบบันทึกข้อมูลหมุดระดับ (Bench Mark : BM)

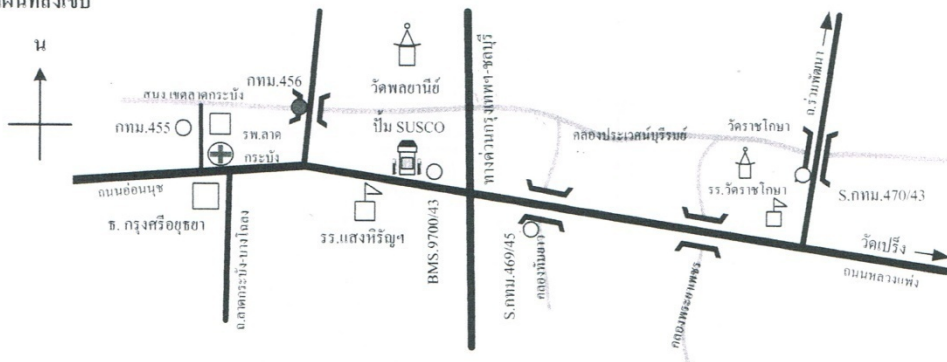
(Description of BM)

ชื่อ / หมายเลขหมุดระดับ กทม.456 งานระดับชั้นที่ 1 สำรลงปี พ.ศ. 2554
 เส้นทาง / สายงานระดับ ที่ 91.จาก.ร.กทม.470/43.(สะพานคลองประเวศน์หน้าวัดราชนัดดา).....กทม.450.(ร.ร.วัดตั้งมาชวา).....
 สถานที่ตั้ง สะพานคลองประเวศน์ฯทางเข้าวัดพลมานีย์ อำเภอ ลาดกระบัง จังหวัด กรุงเทพฯ.....
 ค่าพิกัดทางราบในแผนที่ L7018 หมายเลขระวาง 5136-111 ϕ : ..13.°.. 43' .. 17.17" N : 1517642 เมตร
 λ : ..100° .. 47' .. 49.12" E : 694317 เมตร
 ค่าระดับสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง (Elevation) H : 5.54499 เมตร \pm มม.
MSL

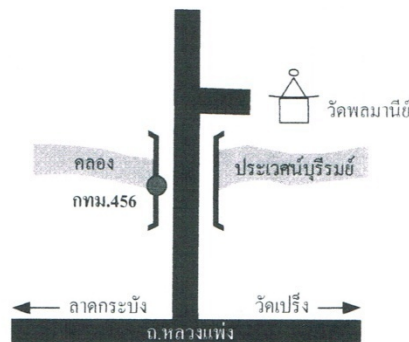
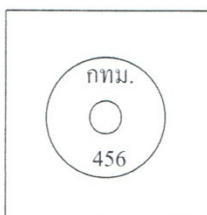
คำบรรยายประกอบหมุดระดับ

เส้นทาง ถนนหลวงแพ่ง
 ลักษณะหมุด กรุงเทพมหานคร (แบบแขวน) เป็นหมุดทองเหลืองหัวกลม ของกรุงเทพมหานคร สักดิ่งไว้บนบาทวิถี
 ทางด้านทิศใต้ ฟังตะวันตก ของสะพานคลองประเวศน์ฯ ทางเข้าวัดพลมานีย์

แผนที่สังเขป



**แผนผังบริเวณหมุดระดับ
รูปหัวหมุดระดับ**



ผู้จัดทำ จ.ศ.อ.สามารถ สุขแจ่ม ผู้ตรวจสอบ จ.ศ.อ.วสันต์ อินน้ำคน วันที่

หมายเลข KTM.456

แบบบันทึกข้อมูลหมุดระดับ (Bench Mark : BM)

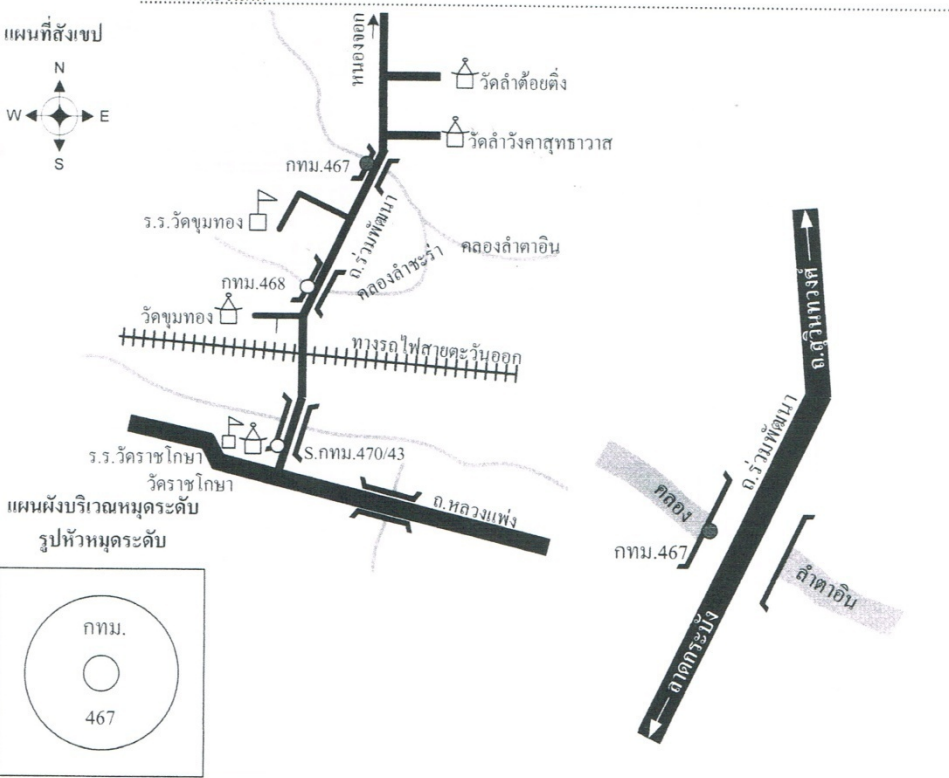
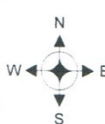
(Description of BM)

ชื่อ / หมายเลขหมุดระดับ กทม.467 งานระดับชั้นที่ 1 ดำรงไว้ พ.ศ. 2554
 เส้นทาง / สายงานระดับ ที่ 90 จาก กทม.379 (สะพานคลองแม่ค้ำ) - S.กทม.470/43 (สะพานคลองประเวศบุรีรมย์)
 สถานที่ตั้ง สะพานคลองลำตาดิน อำเภอ หนองจอก จังหวัด กรุงเทพฯ
 ค่าพิกัดทางราบในแผนที่ L7018 หมายเลขระวาง 5136-II. ϕ : 13° 44' 55.10" N : 1520711 เมตร
 λ : 100° 52' 07.70" E : 702063 เมตร
 ค่าระดับสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง (Elevation) H : 3.11949 เมตร \pm มม.
MSL

คำบรรยายประกอบหมุดระดับ

เส้นทาง ถ.ร่วมพัฒนา
 ลักษณะหมุด กรุงเทพมหานคร (แบบเข็มเจาะ) เป็นหมุดทองเหลืองหัวกลม สักดิ่งไว้บนบาทวิถี กลางสะพานคลองลำตาดิน
 ด้านทิศตะวันตก

แผนที่สังเขป



ผู้จัดทำ จ.ศ.อ.ชยันต์ มาระพุด ผู้ตรวจสอบ ร.อ.ชริศร คุ้มยานนท์ วันที่

หมายเลข KTM.467

แบบบันทึกข้อมูลหมุดระดับ (Bench Mark : BM)

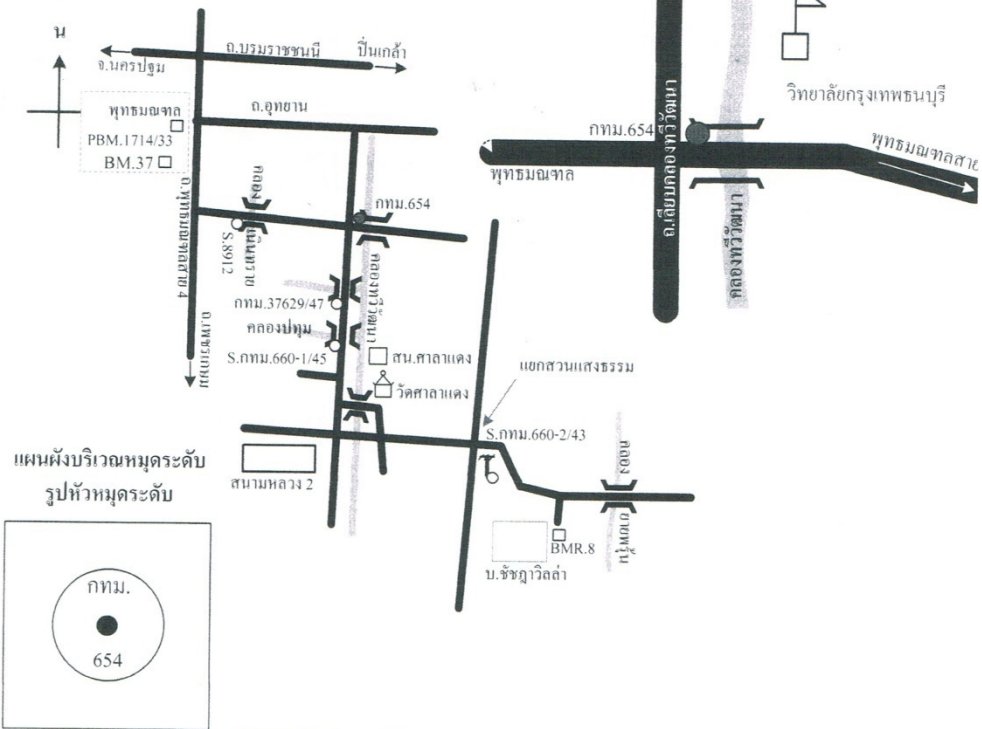
(Description of BM)

ชื่อ / หมายเลขหมุดระดับ กทม.654 งานระดับชั้นที่ 1 ดำรงจปี พ.ศ. 2554
 เส้นทาง / สายงานระดับ ที่ 37 จาก กทม.639 (สะพานคลองชายเทียบ อ.เพชรเกษม) ถึง PBM.1714/33 (พุทธมณฑล จ.นครปฐม)
 สถานที่ตั้ง สะพานคลองทวีวัฒนา อำเภอ ทวีวัฒนา จังหวัด กรุงเทพมหานคร
 ค่าพิกัดทางราบในแผนที่ L7018 หมายเลขระวาง ...5036-II... f : ... 13° 45' 59.52" N : ... 1522313 เมตร
 l : ... 100° 20' 44.31" E : ... 645473 เมตร
 ค่าระดับสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง (Elevation) H : ... 3.51332 เมตร ± มม.
MSL

คำบรรยายประกอบหมุดระดับ

เส้นทาง เส้นทางลัดสี่แยกทศกัณฐ์ไปพุทธมณฑลสาย 4
 ลักษณะหมุด กรุงเทพมหานคร (แบบเข็มเจาะ) เป็นหมุดทองเหลืองหัวกลมมน ขนาด Ø 5 ซม.
 สกัคฝังไว้บนบาทวิถีสะพานคลองทวีวัฒนา ด้านทิศเหนือฝั่งตะวันตก

แผนที่สังเขป



ผู้จัดทำ จ.ส.อ.สุทธิชัย ระกานุสิทธิ์ ผู้ตรวจสอบ ร.ต.สุนันต์ แจกเมือง วันที่

หมายเลข KTM.654

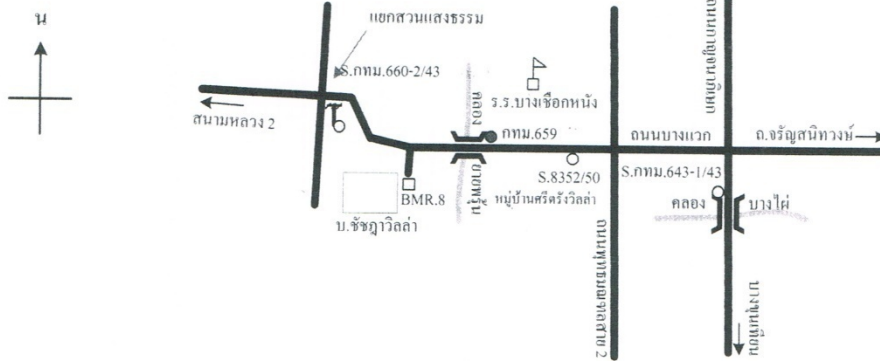
แบบบันทึกข้อมูลหมุดระดับ (Bench Mark : BM)

(Description of BM)

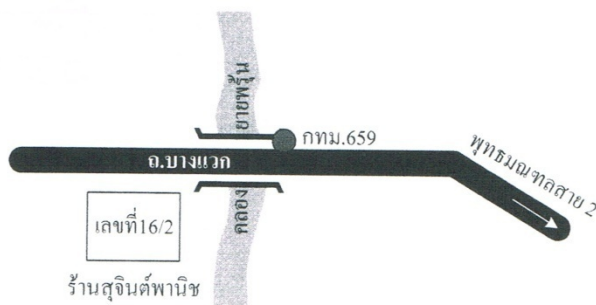
ชื่อ / หมายเลขหมุดระดับ กทม.659 งานระดับชั้นที่ 1 ดำรงปี พ.ศ. 2554
 เส้นทาง / สายงานระดับ ที่ 37 จาก กทม.639 (สะพานคลองยายเหียบ อ.เพชรเกษม) ถึง PBM.1714/33 (พุทธมณฑล อ.นครปฐม)
 สถานที่ตั้ง สะพานคลองยายเหียบ อำเภอ ภาษีเจริญ จังหวัด กรุงเทพมหานคร
 ค่าพิกัดทางราบในแผนที่ L7018 หมายเลขระวาง ...5036-II... f : ...13° 44' 48.90" N : 1520161 เมตร
 I : 100° 22' 28.61" E : 648619 เมตร
 ค่าระดับสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง (Elevation) H : 2.52904 เมตร ± มม.
MSL

คำบรรยายประกอบหมุดระดับ

เส้นทาง ถนนบางแวก
 ลักษณะหมุด กรุงเทพมหานคร (แบบเข็มเจาะ) เป็นหมุดทองเหลืองหัวกลมขนาด Ø 5 ซม.
 สกัคฝังไว้บนบาทวิถีสะพานคลองยายเหียบ ด้านทิศเหนือ ฝั่งตะวันออก
 แผนที่สังเขป



แผนผังบริเวณหมุดระดับ
รูปหัวหมุดระดับ



ผู้จัดทำ จ.ส.อ.สุทธิชัย ระภาณุสิทธิ์ ผู้ตรวจสอบ ร.ต.สนั่นศักดิ์ แจกเมือง วันที่

หมายเลข KTM.659

แบบบันทึกข้อมูลหมุดระดับ (Bench Mark : BM)

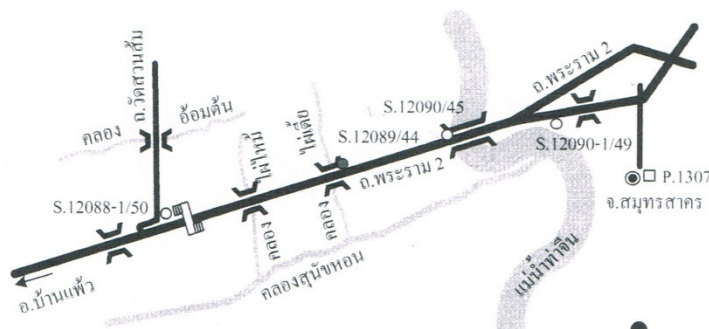
(Description of BM)

ชื่อ / หมายเลขหมุดระดับ SBM.12089/44 งานระดับชั้นที่ 1 ดำรงจปี พ.ศ. 2554
 เส้นทาง / สายงานระดับ ที่ 17 จาก PBM.1307 (ศาลากลาง จ.สมุทรสาคร) - SBM.12088-1/50 (สะพานลอยคนเดินข้าม ถ.พระราม 2)
 สถานที่ตั้ง สะพานคลองบางไผ่เค็ด อำเภอ เมือง จังหวัด สมุทรสาคร
 ค่าพิกัดทางราบในแผนที่ L7018 หมายเลขระวาง 5036 - III ϕ : $13^{\circ} 32' 27.66''$ N : 1497302 เมตร
 λ : $100^{\circ} 13' 57.31''$ E : 633377 เมตร
 ค่าระดับสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง (Elevation) H : 3.14725 เมตร \pm มม.
MSL

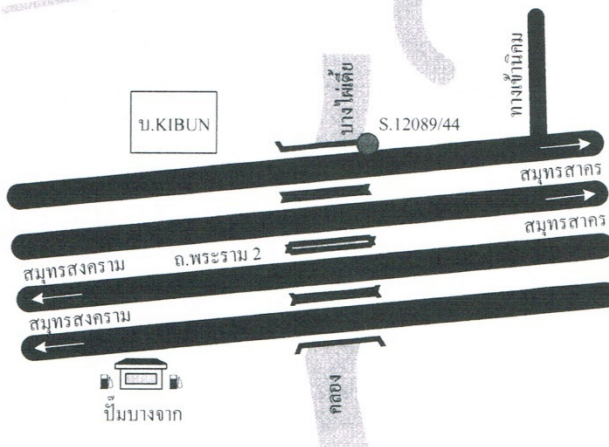
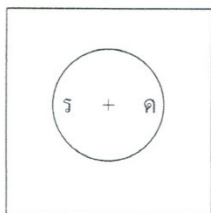
คำบรรยายประกอบหมุดระดับ

เส้นทาง ทล.35 (ถนนพระราม 2)
 ลักษณะหมุด กรมแผนที่ทหาร (แบบ ซ) เป็นหมุดทองเหลืองหัวกลม ขนาด ϕ 2.5 ซม. สลัก ร+ด บนหัวหมุด
 สลักฝังไว้บนบาทวิถีด้านทิศเหนือ ฝังตะวันออกของสะพานคลองบางไผ่เค็ด

แผนที่สังเขป



**แผนผังบริเวณหมุดระดับ
รูปหัวหมุดระดับ**



ผู้จัดทำ ศ.อ.ธนธิป เส็งมี ผู้ตรวจสอบ จ.ศ.อ.พิสิทธิ์ ทองจินดา วันที่

แบบบันทึกข้อมูลหมุดระดับ (Bench Mark : BM)

(Description of BM)

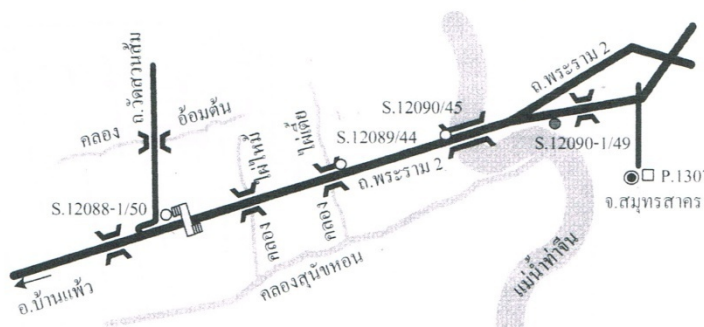
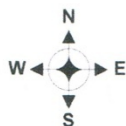
ชื่อ / หมายเลขหมุดระดับ SBM.12090-1/49 งานระดับชั้นที่ 1 ดำรงปี พ.ศ. 2554
 เส้นทาง / สายงานระดับ ที่ 17 จาก PBM.1307 (ศาลากลาง จ.สมุทรสาคร) - SBM.12088-1/50 (สะพานลอยคนเดินข้าม ถ.พระราม 2)
 สถานที่ตั้ง งานเสาธงชาติ สนม.เกษตร จ.สมุทรสาคร อำเภอ เมือง จังหวัด สมุทรสาคร
 ค่าพิกัดทางราบในแผนที่ L7018 หมายเลขระวาง ..5036-II... ϕ : ..13° 32' 51.49" N : 1498051 เมตร
 λ : ..100° 15' 46.77" E : 636664 เมตร
 ค่าระดับสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง (Elevation) H : ..1.34184 เมตร ± มม.
MSL

คำบรรยายประกอบหมุดระดับ

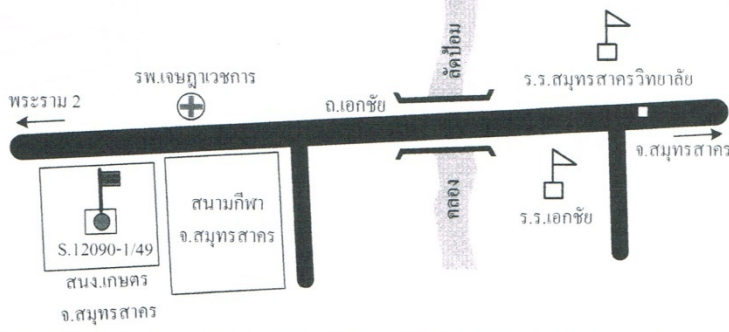
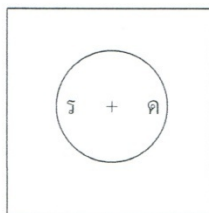
เส้นทาง ถนนเอกชัย

ลักษณะหมุด กรมแผนที่ทหาร (แบบ ช) เป็นหมุดทองเหลืองหัวกลม ขนาด ϕ 2.5 ซม. สลัก ร+ด บนหัวหมุด
 สลักฝังไว้บนฐานเสาธงชาติ สนม.เกษตร จ.สมุทรสาคร

แผนที่สังเขป



**แผนผังบริเวณหมุดระดับ
รูปหัวหมุดระดับ**



ผู้จัดทำ ส.อ.ธนาธิป เล็งมี ผู้ตรวจสอบ จ.ศ.อ.พิสิทธิ ทองจินดา วันที่

หมายเลข SBM.12090-1/49

แบบบันทึกข้อมูลหมุดระดับ (Bench Mark : BM)

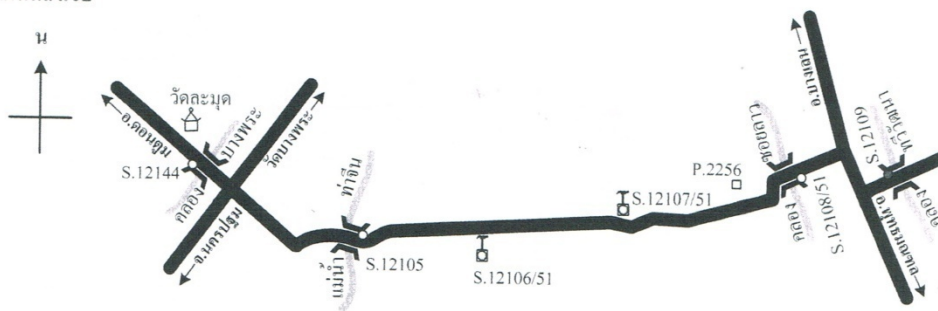
(Description of BM)

ชื่อ / หมายเลขหมุดระดับ SBM.12109 งานระดับชั้นที่ 1 ดำรงปี พ.ศ. 2553
 เส้นทาง / สายงานระดับ ที่ 23 จาก SBM.12109 (สะพานคลองทวิวัฒนา) - SBM.12144 (สะพานคลองบางพระ)
 สถานที่ตั้ง สะพานคลองทวิวัฒนา อำเภอ ไทรน้อย จังหวัด นนทบุรี
 ค่าพิกัดทางราบในแผนที่ L7018 หมายเลขระวาง 5036-1 ϕ : $13^{\circ} 52' 55.46''$ N : 1535061 เมตร
 λ : $100^{\circ} 17' 25.82''$ E : 639444 เมตร
 ค่าระดับสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง (Elevation) H : 4.35403 เมตร \pm มม.
MSL

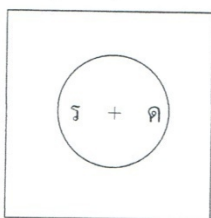
คำบรรยายประกอบหมุดระดับ

เส้นทาง ถนนอนามย์ลี้มกุล
 ลักษณะหมุด กรอบแผนที่ทหาร (แบบ ข) เป็นหมุดทองเหลืองหัวกลม ขนาด ϕ 2.5 ซม. สลัก ร-ค บนหัวหมุด
 สลักไว้บนบาทวิถีสะพานคลองทวิวัฒนา ด้านทิศเหนือ ฝั่งตะวันตก

แผนที่สังเขป



**แผนผังบริเวณหมุดระดับ
รูปหัวหมุดระดับ**



ผู้จัดทำ จ.ศ.อ.กมล มาลัยรัตน์ ผู้ตรวจสอบ ร.อ.วรินทร์ คุชพันธ์ วันที่

หมายเลข SBM.12109

แบบบันทึกข้อมูลหมุดระดับ (Bench Mark : BM)

(Description of BM)

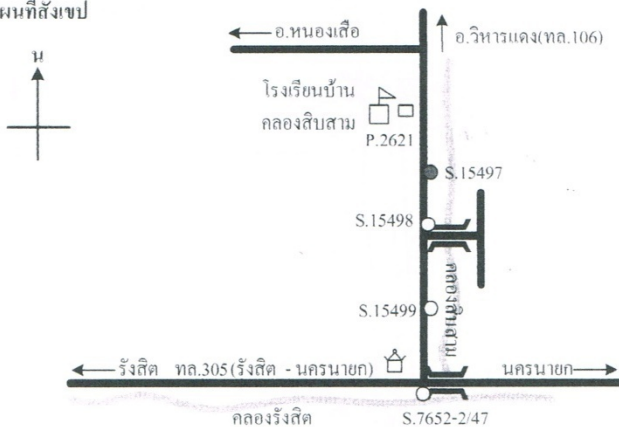
ชื่อ / หมายเลขหมุดระดับSBM.15497..... งานระดับชั้นที่1..... สักรวปี พ.ศ.2554.....
 เส้นทาง / สายงานระดับ ที่ 107 จาก P.2621 (โรงเรียนบ้านคลองสิบสาม) - S.7652-2/47 (สะพานข้ามคลองสิบสาม ทล.305)
 สถานที่ตั้ง บ้านประจวบฯ อำเภอ หนองเสือ จังหวัด ปทุมธานี
 ค่าพิกัดทางราบในแผนที่ L7018 หมายเลขระวาง5137-11..... ϕ : 14° 06' 43.85" N : 1560955เมตร
 λ : 100° 53' 29.30" E : 704195เมตร
 ค่าระดับสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง (Elevation) H : ๕.๘๖.๙๙๕ เมตร ± มม.
MSL

คำบรรยายประกอบหมุดระดับ

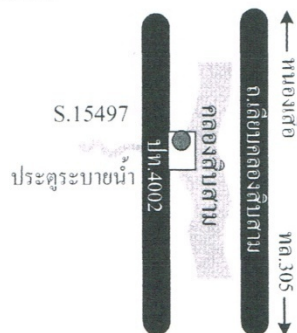
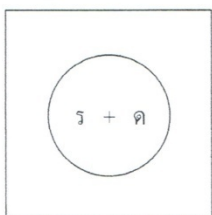
เส้นทางทางหลวงชนบท ปท.4002 (หนองเสือ - ถนนเลียขคลองสิบสาม).....

ลักษณะหมุดกรมแผนที่ทหาร(แบบ ซ) เป็นหมุดทองเหลืองหัวกลม ขนาด ϕ 2.5 ซม.สลัก ร+ค บนหัวหมุด
 สลักฝังไว้บนคานประจวบฯ ประมาณ กม.3+950.....

แผนที่สังเขป



**แผนผังบริเวณหมุดระดับ
รูปหัวหมุดระดับ**



ผู้จัดทำ จ.ส.อ.สามารถ สุขแจ่ม ผู้ตรวจสอบ จ.ส.อ.วสันต์ อินน้ำคบ วันที่

หมายเลข SBM.15497

แบบบันทึกข้อมูลหมุดระดับ (Bench Mark : BM)

(Description of BM)

ชื่อ / หมายเลขหมุดระดับ SBM.15498 งานระดับชั้นที่ 1 ดำรงปี พ.ศ. 2554
 เส้นทาง / สายงานระดับ ที่ 107 จาก P.2621 (โรงเรียนบ้านคลองสิบสาม) - S.7652-2/47 (สะพานข้ามคลองสิบสาม ทล.305)
 สถานที่ตั้ง สะพานคลองสิบสาม อำเภอ หนองเสือ จังหวัด ปทุมธานี
 ค่าพิกัดทางราบในแผนที่ L7018 หมายเลขระวาง 5137-111 ϕ : $14^{\circ} 06' 09.58''$ N : 1559902 เมตร
 λ : $100^{\circ} 53' 29.45''$ E : 704208 เมตร
 ค่าระดับสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง (Elevation) H : 3.94665 เมตร \pm มม.
MSL

คำบรรยายประกอบหมุดระดับ

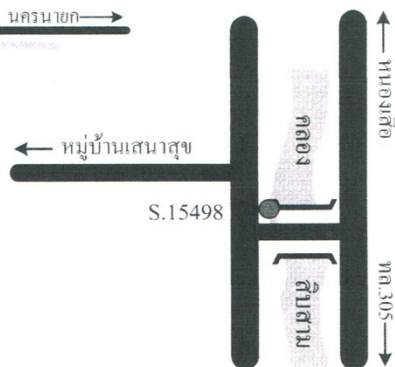
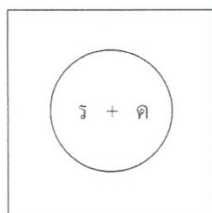
เส้นทาง ทางหลวงชนบท ปท.4002 (หนองเสือ - ถนนเลียบคลองสิบสาม)

ลักษณะหมุด กรณีสถาปัตยกรรม (แบบ ข) เป็นหมุดทองเหลืองกลม ขนาด ϕ 2.5 ซม. สลัก ร+ค บนหัวหมุด สลักฝังไว้บนผนังข้าง
 สะพานคลองสิบสาม ด้านทิศเหนือฝั่งตะวันตกของสะพาน ตรงข้ามกับ รังสิตสปอर्टคลับ ประมาณ กม.2-900

แผนที่สังเขป



**แผนผังบริเวณหมุดระดับ
รูปหัวหมุดระดับ**



ผู้จัดทำ จ.ศ.อ.สามารถ สุขแจ่ม ผู้ตรวจสอบ จ.ศ.อ.วสันต์ อินน้ำคบบ วันที่

หมายเลข SBM.15498

แบบบันทึกข้อมูลหมุดระดับ (Bench Mark : BM)

(Description of BM)

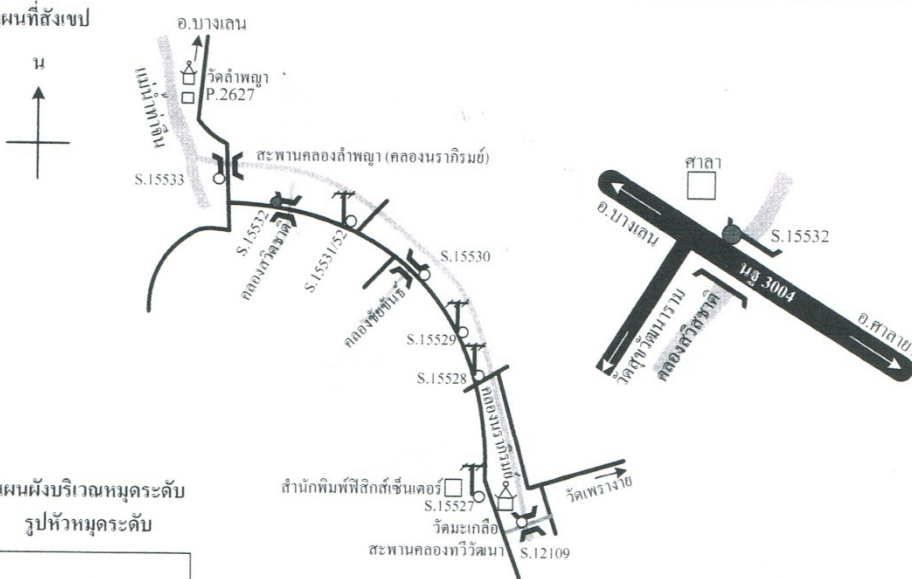
ชื่อ / หมายเลขหมุดระดับ SBM.15532 งานระดับชั้นที่ 1 ดำรงปี พ.ศ. 2554
 เส้นทาง / สายงานระดับ ที่ 25 จาก S.12109 (สะพานคลองทวีวัฒนา) ถึง S.12128-1/48 (นอตยึดเสาไฟจราจรหน้า ร.ร.บ้านบางเลน)
 สถานที่ตั้ง สะพานคลองสวิสชาติ อำเภอ บางเลน จังหวัด นครปฐม
 ค่าพิกัดทางราบในแผนที่ L7018 หมายเลขระวาง ...5036-IV. ϕ : $13^{\circ} 56' 28.06''$ N : 1541557 เมตร
 λ : $100^{\circ} 13' 34.59''$ E : 632469 เมตร
 ค่าระดับสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง (Elevation) H : 3.7086 เมตร \pm มม.
MSL

คำบรรยายประกอบหมุดระดับ

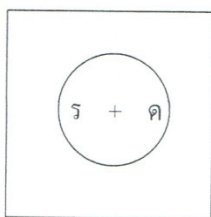
เส้นทาง ทางหลวงชนบท นร 3004 ศาลา - บางภาษี

ลักษณะหมุด กรณีสถาปัตยกรรม (แบบ ข) เป็นหมุดทองเหลืองหัวกลมขนาด ϕ 2.5 ซม. สลัก "ร+ค" บนหัวหมุด
 สลักฝังไว้บนบาทวิถีสะพานคลองสวิสชาติ ด้านทิศเหนือ ฝั่งทิศตะวันออก

แผนที่สังเขป



แผนผังบริเวณหมุดระดับ
รูปหัวหมุดระดับ



ผู้จัดทำ จ.ส.อ.สุทธิชัย ระกานุสิทธิ์ ผู้ตรวจสอบ ร.ต.สุนันต์ แจกเมือง วันที่

หมายเลข SBM.15532

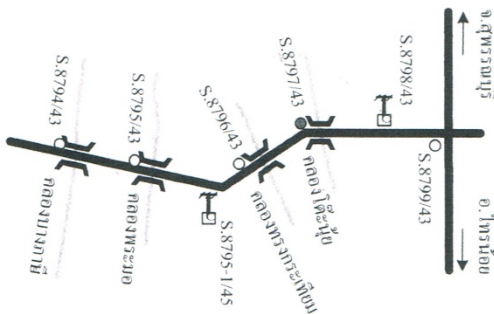
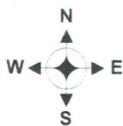
แบบบันทึกข้อมูลหมุดระดับ (Bench Mark : BM)

(Description of BM)

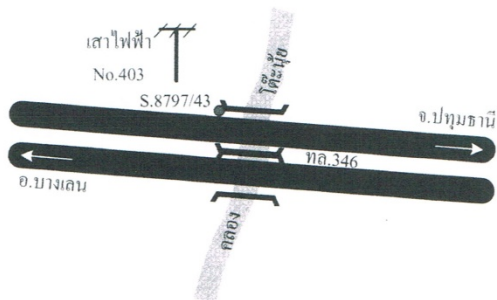
ชื่อ / หมายเลขหมุดระดับ SBM.8797/43 งานระดับชั้นที่ 1 ดำรงปี พ.ศ. 2553
 เส้นทาง / สายงานระดับ ที่ 26 จาก S.12128-1/48 (เนื้อคเสาไฟจราจรหน้าร.ร.บ้านบางเลน) - S.8799/43 (เกาะกลางถนนสี่แยกไทรน้อย)
 สถานที่ตั้ง สะพานคลองไต่ะน้อย อำเภอ ไทรน้อย จังหวัด นนทบุรี
 ค่าพิกัดทางราบในแผนที่ L7018 หมายเลขระวาง 5037-111 ϕ : $14^{\circ} 01' 23.97''$ N : 1550674 เมตร
 : $100^{\circ} 16' 11.55''$ E : 637101 เมตร
 ค่าระดับสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง (Elevation) H : 4.42822 เมตร \pm มม.
 MSL

คำบรรยายประกอบหมุดระดับ

เส้นทาง ทางหลวงหมายเลข 346
 ลักษณะหมุด กรมแผนที่ทหาร (แบบ ช) กรมทางหลวง ขนาด \varnothing 8 ซม. บนหัวหมุด BM NO KM MSL สกัดฝังบนบาทวิถี
 ด้านทิศเหนือฝั่งทิศตะวันตก ของสะพานคลองไต่ะน้อย
 แผนที่สังเขป



แผนผังบริเวณหมุดระดับ
 รูปหัวหมุดระดับ



ผู้จัดทำ จ.ศ.อ.อมร.มณีนธ์สิน ผู้ตรวจสอบ ร.อ.วรินทร์.ศราพันธ์ วันที่

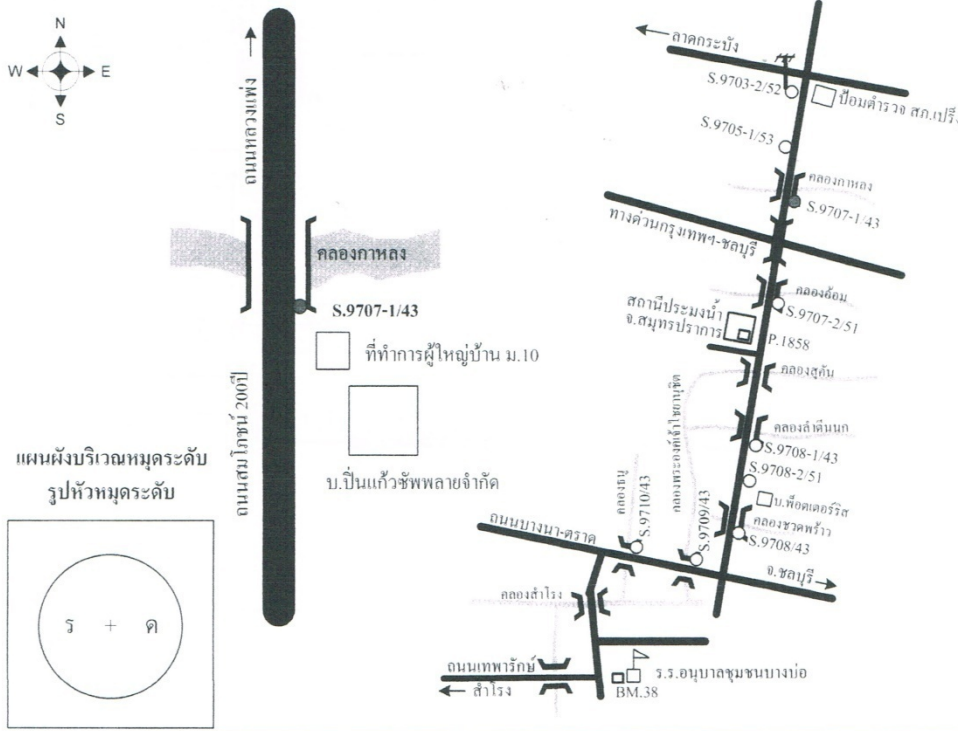
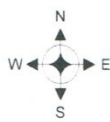
แบบบันทึกข้อมูลหมุดระดับ (Bench Mark : BM)
(Description of BM)

ชื่อ / หมายเลขหมุดระดับ SBM.9707-1/43 งานระดับชั้นที่ 1 ดำรงปี พ.ศ. 2554
 เส้นทาง / สายงานระดับ ที่ 99 จาก S.9703-2/45 (ท่อระบายน้ำสี่แยกถนนสมโภชน์ฯ 200 ปี) - BM.38 (ร.ร.อนุบาลชุมชนบางบ่อ)
 สถานที่ตั้ง สะพานคลองกาหลง อ.สม.โกษาฯ 200 ปี อำเภอ บางบ่อ จังหวัด สมุทรปราการ
 ค่าพิกัดทางราบในแผนที่ L7018 หมายเลขระวาง 5136-11 ϕ : ..13° 39' 15.60" N : 1510283 เมตร
 λ : ..100° 52' 38.40" E : 703067 เมตร
 ค่าระดับสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง (Elevation) H : 3.20525 เมตร \pm มม.

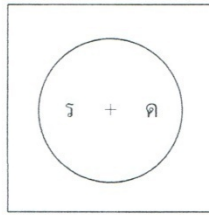
คำบรรยายประกอบหมุดระดับ

เส้นทาง ถนนสมโภชน์ 200 ปี
 ลักษณะหมุด กรมแผนที่ทหาร.แบบ.ชว.เป็นหมุดชนิดหัวกลม.ขนาด.ศ.2.5.ชม.สลัก.ร.+ค.บนหัวหมุด.....
 สกัดฝังไว้ที่สะพานคลองกาหลง ด้านทิศใต้ ฝังตั้งวันออก อ. สม.โกษาฯ 200 ปี

แผนที่สังเขป



**แผนผังบริเวณหมุดระดับ
รูปหัวหมุดระดับ**



ผู้จัดทำ จ.ส.อ.ชยันต์ มาคะพุด ผู้ตรวจสอบ ร.อ.ธวัช ติวานนท์ วันที่

หมายเลข SBM.9707-1/43

แบบบันทึกข้อมูลหมุดระดับ (Bench Mark : BM)

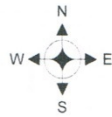
(Description of BM)

ชื่อ / หมายเลขหมุดระดับ SBM.9707-2/51 งานระดับชั้นที่ 1สำรวจปี พ.ศ. 2554
 เส้นทาง / สายงานระดับ ที่ 99 จาก S.9703-2/45 (ท่อระบายน้ำสี่แยกถนนสมโภชน์ฯ 200 ปี) - BM.38 (ร.ร.อนุบาลชุมชนบางบ่อ)
 สถานที่ตั้ง สะพานคลองอ้อม อำเภอ บางบ่อ จังหวัด สมุทรปราการ
 ค่าพิกัดทางราบในแผนที่ L7018 หมายเลขระวาง 5136-11 ϕ : 13° 38' 33.30" N : 1508978 เมตร
 λ : 100° 52' 16.20" E : 702409 เมตร
 ค่าระดับสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง (Elevation) H : 2.90198 เมตร ± มม.

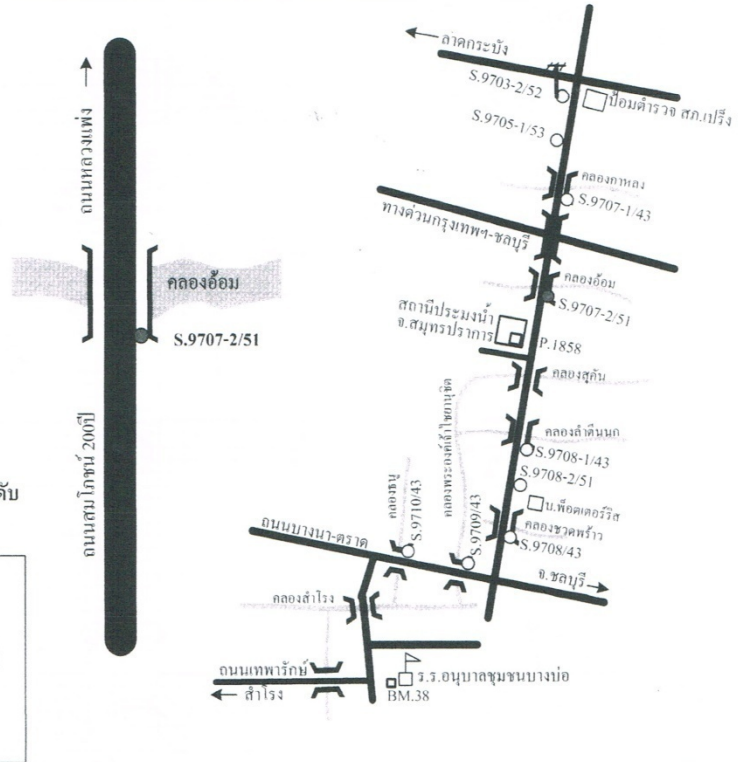
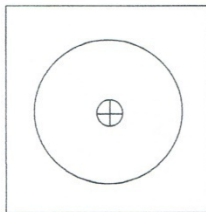
คำบรรยายประกอบหมุดระดับ

เส้นทาง ถนนสมโภชน์ 200 ปี
 ลักษณะหมุด กรมแผนที่ทหาร (แบบ ซ) เป็นหมุดน็อคหัวกลม สก๊ตฝังไว้ที่บาทวิถีสะพานคลองอ้อม
 ด้านทิศใต้ ฝั่งตะวันออก ถ. สมโภชน์ 200 ปี

แผนที่สังเขป



แผนผังบริเวณหมุดระดับ
รูปหัวหมุดระดับ



ผู้จัดทำ จ.ศ.อ.ชยันต์ มากะพรม ผู้ตรวจสอบ ร.อ.ฉวีศรี ตูวานนท์ วันที่

หมายเลข SBM.9707-2/51



แบบบันทึกข้อมูลหมุดระดับ (Bench Mark : BM)

(Description of BM)

ชื่อ / หมายเลขหมุดระดับ SBM.9708-1/43 งานระดับชั้นที่ 1 สำรวจปี พ.ศ. 2554
 เส้นทาง / สายงานระดับ ที่ 99 จาก S.9703-2/45 (ท่อระบายน้ำสี่แยกถนนสมโภชน์ฯ 200 ปี) - BM.38 (ร.ร.อนุบาลชุมชนบางบ่อ)
 สถานที่ตั้ง สะพานคลองลำตึนบก อ.สมโภชน์ 200 ปี อำเภอ บางบ่อ จังหวัด สมุทรปราการ
 ค่าพิกัดทางราบในแผนที่ L7018 หมายเลขระวาง 5136-111 ϕ : ..13° 36' 52.00" N : 1505857 เมตร
 λ : 100° 51' 44.50" E : 701480 เมตร
 ค่าระดับสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง (Elevation) H : 3.028.35 เมตร \pm มม.
MSL

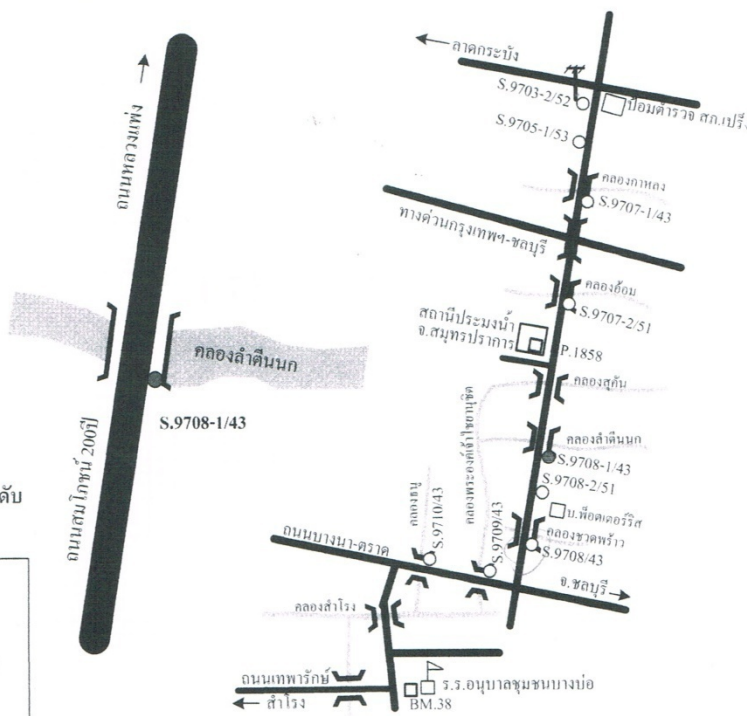
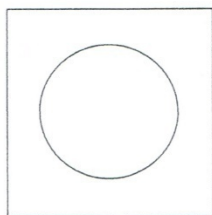
คำบรรยายประกอบหมุดระดับ

เส้นทาง ถนนสมโภชน์ 200 ปี
 ลักษณะหมุด กรมแผนที่ทหาร (แบบ ข) เป็นหมุดทองเหลืองหัวกลม สกิดฝังไว้ที่ข้างสะพานคลองลำตึนบก
 ด้านทิศใต้ ฝั่งตะวันออกของสะพาน อ. สมโภชน์ 200 ปี

แผนที่สังเขป



**แผนผังบริเวณหมุดระดับ
รูปหัวหมุดระดับ**



ผู้จัดทำ จ.ศ.อ. ชัยนต์ มาคะทุฒ ผู้ตรวจสอบ ร.อ.ชริศร ดุทยานนท์ วันที่

หมายเลข SBM.9708-1/43

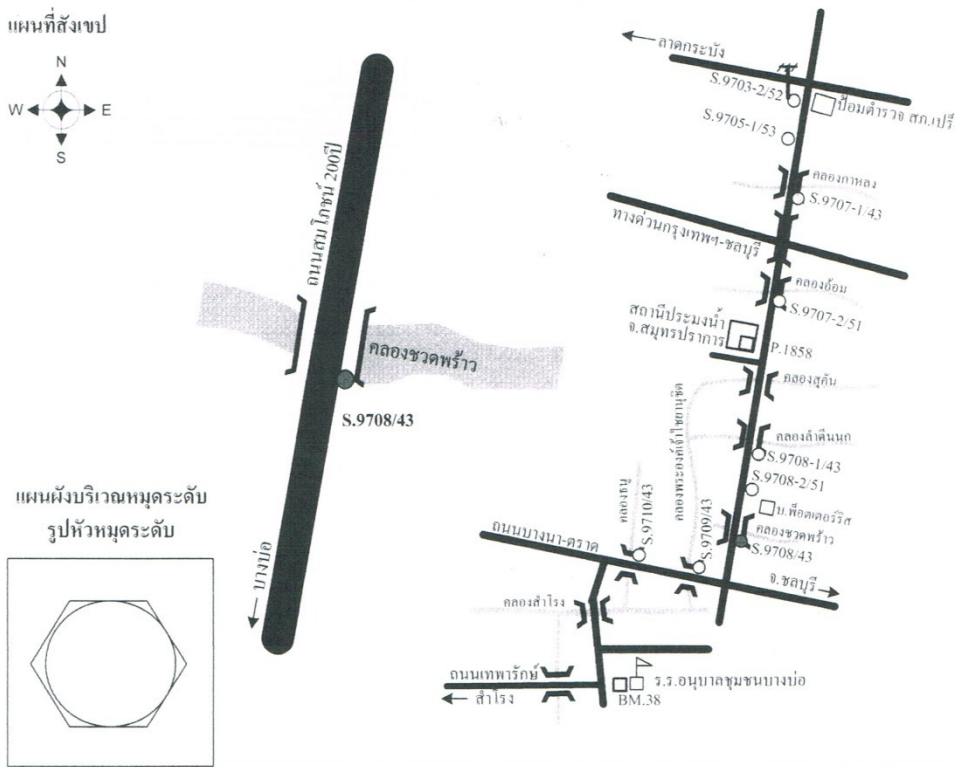
แบบบันทึกข้อมูลหมุดระดับ (Bench Mark : BM)

(Description of BM)

ชื่อ / หมายเลขหมุดระดับ SBM.9708/43 งานระดับชั้นที่ 1 สำรจปี พ.ศ. 2554
 เส้นทาง / สายงานระดับ ที่ 99 จาก S.9703-2/45 (ท่อระบายน้ำสี่แยกถนนสมโภชน์ฯ 200 ปี) - BM.38 (ร.ร.อนุบาลชุมชนบางบ่อ)
 สถานที่ตั้ง สะพานคลองชวดพร้าว, ถ.สมโภชน์ 200 ปี อำเภอ บางบ่อ จังหวัด สมุทรปราการ
 ค่าพิกัดทางราบในแผนที่ L7018 หมายเลขระวาง ... 5136-11... ϕ : 13° 35' 25.40" N : 1503192 เมตร
 λ : 100° 51' 26.60" E : 700963 เมตร
 ค่าระดับสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง (Elevation) H : 3.36560 เมตร \pm มม.
M.S.L.

คำบรรยายประกอบหมุดระดับ

เส้นทาง ถนนสมโภชน์ 200 ปี
 ลักษณะหมุด กรมแผนที่ทหาร (แบบ ช) เป็นหมุดทองเหลืองหัวกลมเหลี่ยม สักคฝังไว้ที่สะพานคลองชวดพร้าวด้านทิศใต้
 ฝั่งตะวันออก ถ.สมโภชน์ 200 ปี
 แผนที่สังเขป



ผู้จัดทำ จ.ส.อ. ชัยนิต์ มาคะพะฒ ผู้ตรวจสอบ ร.อ.ชริศร ดวยานนท์ วันที่

แบบบันทึกข้อมูลหมุดระดับ (Bench Mark : BM)

(Description of BM)

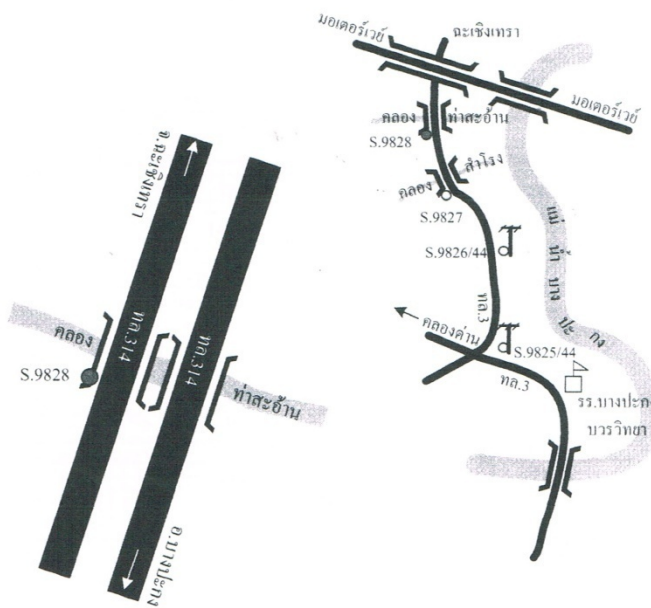
ชื่อ / หมายเลขหมุดระดับ SBM.9828 งานระดับชั้นที่ 1 สำรจปี พ.ศ. 2554
 เส้นทาง / สายงานระดับ ที่ 108.จกต.ร.9833/52 (นี้อตเสไฟฟ้าจวจร.แยกเข้าอ.บ้านโพธิ์) - S.9825/44 (โคนเสาไฟฟ้า No.SD-SA:2)
 สถานที่ตั้ง สะพานคลองท่าสะพาน อำเภอ บางปะกง จังหวัด ฉะเชิงเทรา
 ค่าพิกัดทางราบในแผนที่ L7018 หมายเลขระวาง 5136-II ϕ : 13° 33' 12."14 N : 1499210 m...
 λ : 100° 59' 26."82 E : 715434 m...
 ค่าระดับสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง (Elevation) H_{MSL} : 5.05814 เมตร ± มม.

คำบรรยายประกอบหมุดระดับ

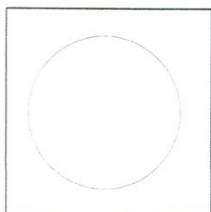
เส้นทาง ทล.314 ถนนสาย บางปะกง - ฉะเชิงเทรา

 ลักษณะหมุด กรมแผนที่ทหาร (แบบ ข) ลักษณะเป็นหมุดน็อดเหล็กหัวกลม ขนาด ϕ 1.5 ซม.
 สกัคฝังไว้บนบาทอิฐตั้งวันคกด้านทิศใต้ของสะพานข้ามคลองท่าสะพาน

แผนที่สังเขป



**แผนผังบริเวณหมุดระดับ
รูปหัวหมุดระดับ**



ผู้จัดทำ จ.ส.อ.สามารถ สุขแจ่ม ผู้ตรวจสอบ จ.ส.อ.วสันต์ อินน้ำคบ วันที่

หมายเลข SBM.9828

แบบบันทึกข้อมูลหมุดระดับ (Bench Mark : BM)

(Description of BM)

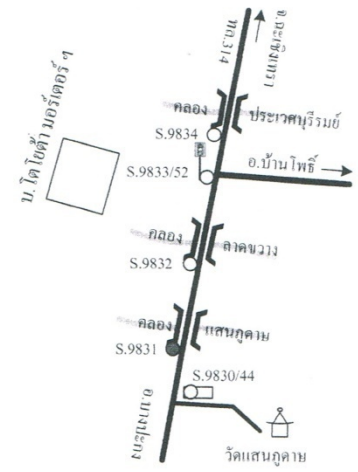
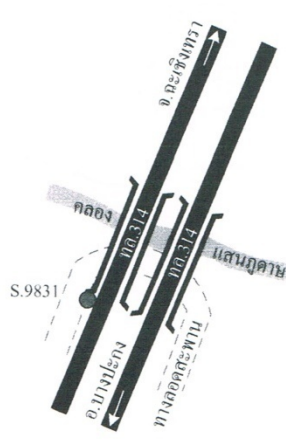
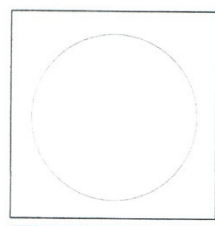
ชื่อ / หมายเลขหมุดระดับ SBM.9831 งานระดับชั้นที่ 1 ดำรงปี พ.ศ. 2554
 เส้นทาง / สายงานระดับ ที่ 108 จาก S.9833/52 (เน็ตคสาไฟฟ้าจร.แยกเข้า อ.บ้านโพธิ์) - S.9825/44 (โคมเสาไฟฟ้า No. SD-SA-2)
 สถานที่ตั้ง สะพานคลองแสนภูคาน อำเภอ บ้านโพธิ์ จังหวัด ฉะเชิงเทรา
 ค่าพิกัดทางราบในแผนที่ L7018 หมายเลขระวาง 5236-III ϕ : $13^{\circ} 35' 51.19''$ N : 1504122 m
 λ : $101^{\circ} 01' 02.11''$ E : 718259 m
 ค่าระดับสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง (Elevation) H_{MSL} : 4 48330 เมตร ± มม.

คำบรรยายประกอบหมุดระดับ

เส้นทาง ทล. 314 ถนนสาย บางปะกง - ฉะเชิงเทรา
 ลักษณะหมุด กรมแผนที่ทหาร (แบบ ซ) ลักษณะเป็นหมุดนอตเหล็กหัวกลม ขนาด ϕ 1.5 ซม. สกัฝังไว้
 บนบาทวิถีฝั่งตะวันตกด้านทิศใต้ของสะพานข้ามคลองแสนภูคาน
 แผนที่สังเขป



แผนผังบริเวณหมุดระดับ
รูปหัวหมุดระดับ



ผู้จัดทำ จ.ส.อ.สามารถ สุขแจ่ม ผู้ตรวจสอบ จ.ส.อ.วสันต์ อินน้ำคน วันที่

หมายเลข SBM.9831

ภาคผนวก ก

แสดงรายละเอียดค่าพิกัดของหมุดร่วมในการสร้างแบบจำลองยี่อียดท้องถิ่น

ตารางที่ ก.1 แสดงรายละเอียดค่าพิกัดของหมุดร่วม

Station	Latitude	Longitude	Ellipsoidal Height, h (m.)	Orthometric Height, H (m.)
BMR.8	13° 44' 35.40964" N	100° 22' 08.74080" E	-29.4622	1.4004
CI.44-1	13° 54' 53.48406" N	100° 09' 05.30681" E	-28.4193	3.1895
CI.45-1	13° 51' 49.74097" N	100° 09' 10.99461" E	-28.7236	2.8077
GPS.3167	13° 47' 17.23947" N	100° 10' 18.41212" E	-29.6140	1.7921
GPS.3288	14° 00' 31.18874" N	100° 10' 23.95733" E	-29.3182	2.3916
KTM.216	13° 48' 41.78758" N	100° 33' 24.96831" E	-28.8791	1.5644
KTM.466	13° 46' 41.74724" N	100° 52' 13.16063" E	-25.9156	3.3066
KTM.510	13° 42' 26.82738" N	100° 28' 54.32122" E	-28.4306	2.0136
PBM.1026R	13° 44' 32.00017" N	99° 55' 06.07805" E	-25.9921	5.8709
PBM.1032	13° 29' 21.83944" N	99° 47' 39.74013" E	-22.9417	8.7140
PBM.1298	13° 48' 52.92920" N	100° 05' 49.12534" E	-26.5842	5.0659
PBM.1402	13° 35' 30.44585" N	100° 47' 21.86461" E	-29.1776	0.1115
PBM.1406	13° 30' 12.65794" N	101° 00' 00.11904" E	-27.0483	1.4723
PBM.1475	14° 02' 25.52277" N	100° 25' 18.24583" E	-28.9136	2.1366
PBM.1696R	14° 01' 17.58205" N	100° 31' 31.15783" E	-27.4621	3.2398
PBM.1702/34	13° 30' 23.25726" N	100° 49' 59.64574" E	-28.6791	0.4364
PBM.1709	13° 54' 56.35818" N	100° 19' 36.51901" E	-29.4345	1.7886
PBM.1858	13° 37' 45.31030" N	100° 51' 47.72215" E	-28.9377	0.1513

Station	Latitude	Longitude	Ellipsoidal Height, h (m.)	Orthometric Height, H (m.)
PBM.1859	13° 41' 26.60428" N	100° 51' 55.26329" E	-28.6608	0.5010
PBM.2511	14° 06' 51.24183" N	100° 43' 52.56864" E	-27.7235	2.5116
PBM.2618	13° 31' 18.31987" N	99° 57' 50.60684" E	-28.8284	2.5181
PBM.2619	13° 33' 10.03292" N	100° 02' 25.73301" E	-29.4950	1.7055
PBM.2626	13° 28' 59.80997" N	100° 07' 13.21332" E	-29.7052	1.2354
PBM.2629	14° 15' 52.50041" N	100° 46' 58.77392" E	-25.6609	4.5789
PBM.2649	14° 16' 43.05276" N	100° 57' 56.88729" E	-25.6523	3.8722
PBM.2651	13° 27' 49.82214" N	101° 05' 31.68820" E	-25.8244	2.2901
PBM.2700	13° 53' 10.34631" N	100° 34' 04.35125" E	-28.2399	2.2165
S.KTM.258/48	13° 52' 48.41142" N	100° 35' 19.20988" E	-26.2685	4.1328
S.KTM.370-1/43	13° 48' 20.43447" N	100° 51' 06.46315" E	-25.7682	3.5817
S.KTM.449/45	13° 43' 20.06614" N	100° 43' 14.69947" E	-27.1932	2.4746
SBM.12118/51	13° 47' 44.19054" N	100° 30' 25.75528" E	-27.9305	2.5965
SBM.12136/44	13° 57' 45.63745" N	100° 06' 34.17581" E	-28.2328	3.6415
SBM.15025	13° 37' 57.23583" N	101° 01' 50.66347" E	-25.7518	2.7503
SBM.15460	13° 39' 22.99199" N	99° 56' 56.83659" E	-26.9583	4.6564
SBM.15465	13° 41' 11.94163" N	100° 04' 04.91544" E	-28.3164	3.0448
SBM.15474	13° 59' 40.70958" N	100° 34' 37.10403" E	-27.2112	3.3002
SBM.15494	14° 08' 12.19287" N	100° 50' 46.69647" E	-25.0604	4.7200
SBM.15506	13° 27' 58.98394" N	99° 53' 17.88909" E	-27.2481	4.1674
SBM.15553	13° 50' 23.48983" N	100° 24' 46.41200" E	-26.2319	4.6790
SBM.15599	13° 25' 52.71462" N	100° 02' 52.05901" E	-29.1499	1.8688

Station	Latitude	Longitude	Ellipsoidal Height, h (m.)	Orthometric Height, H (m.)
SBM.15649	13° 24' 25.21809" N	101° 02' 47.19561" E	-16.8106	11.4519
SBM.5979-1/51	13° 48' 00.50459" N	99° 59' 27.10880" E	-25.8934	5.8906
SBM.5987/49	13° 40' 37.28641" N	99° 52' 35.69260" E	-24.9102	6.9428
SBM.6006/37	13° 22' 23.27803" N	99° 49' 17.77367" E	-27.2015	4.3772
SBM.6840-1/40	13° 38' 50.73263" N	100° 25' 04.42253" E	-28.3296	2.2016
SBM.6914/32	13° 48' 46.44481" N	100° 41' 51.09387" E	-27.0003	2.9222
SBM.7-3/45	13° 33' 15.81175" N	100° 18' 09.54154" E	-27.9164	2.7063
SBM.7647/42	14° 01' 45.04062" N	100° 45' 22.03666" E	-24.6320	5.3849
SBM.8289/43	13° 37' 24.09069" N	100° 38' 06.92527" E	-27.5454	2.2824
SBM.8466/46	13° 43' 33.63729" N	100° 15' 08.12022" E	-28.0328	3.0805
SBM.8799/43	14° 01' 33.17125" N	100° 18' 43.97169" E	-27.9204	3.4486
SBM.8809	14° 08' 41.12724" N	100° 17' 24.59281" E	-26.1334	5.3495
SBM.8815	14° 09' 38.28631" N	100° 21' 03.29764" E	-26.0626	5.2346
SBM.8821-3/47	14° 07' 36.94412" N	100° 30' 59.30467" E	-27.3465	3.4813
SBM.8850/47	14° 06' 55.70776" N	100° 37' 05.74397" E	-26.4201	4.1133
SBM.8877/50	13° 56' 26.93502" N	100° 32' 31.50365" E	-28.1260	2.4878
SBM.8921/44	13° 44' 47.73403" N	100° 38' 36.98747" E	-28.8620	1.0945
SBM.8972	13° 55' 06.37387" N	100° 45' 05.82226" E	-25.7389	4.1343
SBM.9691/51	13° 56' 09.16197" N	100° 24' 58.45058" E	-25.7137	5.2949
SBM.9819/43	13° 28' 56.22024" N	100° 53' 52.99040" E	-26.2247	2.6761
SBM.9857/47	14° 01' 23.33670" N	100° 53' 38.67377" E	-27.0275	2.4401

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายคำริห์ ปรุ่งแต่งกิจ เกิดวันที่ 15 สิงหาคม 2515 ที่จังหวัดระยอง สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ปีการศึกษา 2539 ปัจจุบันทำงานประจำบริษัท สเปน จำกัด ตำแหน่งวิศวกรสำรวจ

ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์

1. คำริห์ ปรุ่งแต่งกิจและเฉลิมชนม์ สติระพจน์. การคำนวณหาขี้อ้อยค์โดยวิธีการประมาณค่าภายใน บริเวณพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย, การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 17 โรงแรม เซ็นทารา แกรนด์แอนคอนเวนชั่นเซ็นเตอร์ อุตรธานี. 9-11 พฤษภาคม 2555

การบรรยาย

1. คำริห์ ปรุ่งแต่งกิจและเฉลิมชนม์ สติระพจน์. การคำนวณหาขี้อ้อยค์โดยวิธีการประมาณค่าภายใน บริเวณพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย, การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 17 โรงแรม เซ็นทารา แกรนด์แอนคอนเวนชั่นเซ็นเตอร์ อุตรธานี. 9-11 พฤษภาคม 2555