

การศึกษาผลกระทบของข้อมูลความโน้มถ่วงพิภพที่มีต่อการปรับแก้โครงข่ายระดับชั้นที่ 1

ในพื้นที่ประเทศไทย



บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

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 University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสำรวจ ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2558
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

AN INVESTIGATION ON EFFECTS OF USING GRAVITY DATA IN ADJUSTMENT
PROCEDURES OF THE 1ST ORDER LEVELING NETWORK IN THAILAND

Captain Thaweechai Choocherd



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 2015

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาผลกระทบของข้อมูลความโน้มถ่วงพิภพที่มีต่อ
	การปรับแก้โครงข่ายระดับชั้นที่ 1 ในพื้นที่ประเทศไทย
โดย	ร้อยเอกทวีชัย ชูเชิด
สาขาวิชา	วิศวกรรมสำรวจ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมชนม์ สติระพจน์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์วิชัย เยี่ยงวีรชน)

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

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พันเอก ดร.กนก วีรวงศ์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(พันเอก ดร.เอกภพ ภาณุมาศตระกูล)

ทวิชัย ชูเชิด : การศึกษาผลกระทบของข้อมูลความโน้มถ่วงพิภพที่มีต่อการปรับแก้โครงข่ายระดับชั้นที่ 1 ในพื้นที่ประเทศไทย (AN INVESTIGATION ON EFFECTS OF USING GRAVITY DATA IN ADJUSTMENT PROCEDURES OF THE 1ST ORDER LEVELING NETWORK IN THAILAND) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ศ. ดร.เฉลิมชนม์ สติระพจน์, 102 หน้า.

ค่าความสูงออร์โทเมตริกของหมุดหลักฐานทางดิ่งในโครงข่ายระดับชั้นที่ 1 ในพื้นที่ประเทศไทย มีระดับทะเลปานกลางเป็นพื้นหลักฐานอ้างอิง ปัจจุบันมีกระจายครอบคลุมอยู่ทั่วประเทศ ใช้เป็นค่าอ้างอิงทางดิ่งสำหรับงานด้านวิศวกรรมในหลายสาขา สำหรับประเทศไทยโดยกรมแผนที่ทหาร ได้มีการสำรวจค่าความโน้มถ่วงพิภพแบบสัมพัทธ์ ซึ่งค่าความโน้มถ่วงพิภพนี้ เป็นองค์ประกอบหนึ่งในการพัฒนาค่าความสูงออร์โทเมตริกให้มีความละเอียดถูกต้องมากขึ้น โดยในแต่ละบริเวณพื้นที่จะมีค่าความโน้มถ่วงพิภพที่แตกต่างกันตามลักษณะของภูมิประเทศและส่งผลต่อการคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกของหมุดหลักฐานทางดิ่งในโครงข่ายระดับชั้นที่ 1 วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงผลกระทบของค่าความโน้มถ่วงพิภพที่มีต่อการคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกของหมุดหลักฐานทางดิ่งในโครงข่ายระดับชั้นที่ 1 ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ค่าความแตกต่างระหว่างค่าระดับสูงที่ได้จากการสำรวจระดับชั้นที่ 1 กับค่าระดับสูงที่ได้จากการศึกษาบริเวณหมุดชุมทาง แตกต่างกันสูงสุดในพื้นที่เขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล พื้นที่ตอนบนเกาะหลัก และพื้นที่ตอนใต้เกาะหลัก เท่ากับ 0.07 , 37.6 และ 1.2 มม. ตามลำดับ โดยผลการศึกษาสามารถนำไปเป็นแนวทางในอนาคตสำหรับการสำรวจโครงข่ายระดับชั้นที่ 1 ของประเทศต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาควิชา วิศวกรรมสำรวจ

ลายมือชื่อนิสิต

สาขาวิชา วิศวกรรมสำรวจ

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

ปีการศึกษา 2558

5570204021 : MAJOR SURVEY ENGINEERING

KEYWORDS: ORTHOMETRIC HEIGHT / 1ST ORDER LEVELING NETWORK

THAWEECHAI CHOOCHERD: AN INVESTIGATION ON EFFECTS OF USING GRAVITY DATA IN ADJUSTMENT PROCEDURES OF THE 1ST ORDER LEVELING NETWORK IN THAILAND. ADVISOR: PROF.CHALERMCHON SATIRAPOD, Ph.D., 102 pp.

The Orthometric Height of Vertical Benchmarks in the 1st Order Leveling Network in Thailand is referred by the Mean Sea Level. Now, these vertical benchmarks are widely distributed over Thai region and have been used as references for various engineering applications. In Thailand especially the Royal Thai Survey Department (RTSD), a relative gravimetric survey has been carried out. The gravity data can be considered as the main factor in developing more precise orthometric heights. In each specific area, the gravity data is very much dependent on its terrain and this variation will inevitably affect a calculation of an orthometric height for each 1st order vertical benchmarks. This paper aims to present an effect of the gravity data on the determination of orthometric height of the 1st order vertical benchmarks. The study result shows that the difference between the height level of the 1st order leveling survey and the height level of the study on junction benchmark is maximally different in Bangkok and its perimeter areas, Northern part of Ko Lak and Southern part of Ko Lak which are 0.07 , 37.6 and 1.2 mm. respectively. The results of the study can be used as a future practice of the 1st order leveling survey for Thailand.

Department: Survey Engineering

Student's Signature

Field of Study: Survey Engineering

Advisor's Signature

Academic Year: 2015

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความช่วยเหลือและการสนับสนุนจากหลายฝ่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมชนม์ สติระพจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักที่ได้ให้แนวความคิด ให้คำแนะนำในการแก้ปัญหาต่างๆ รวมทั้งตรวจสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้แก่ข้าพเจ้าจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อันประกอบด้วย รองศาสตราจารย์วิชัย เยี่ยงวีรชน , ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พันเอก ดร.กนก วีรวงศ์ และ พันเอก ดร.เอกภพ ภาณุมาศ ตระกูล รองผู้อำนวยการกองวิชาเสนาธิการร่วม วิทยาลัยเสนาธิการทหาร สถาบันวิชาป้องกันประเทศ ที่ให้คำแนะนำและตรวจสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จโดยสมบูรณ์ รวมทั้งคณาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่าน ที่ได้มอบความรู้อันทรงคุณค่าแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณ พันเอก ชัยวัฒน์ พรหมทอง ผู้อำนวยการกองยื่อเดซีและยื่อฟิสิกส์ กรมแผนที่ทหาร รวมทั้งข้าราชการประจำกองยื่อเดซีและยื่อฟิสิกส์ กรมแผนที่ทหารทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์สนับสนุนข้อมูลและแนวคิดสำหรับการทำวิจัยแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พุทธิพล ดำรงชัย อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และ พันโท ดร.สรวิศ สุภเวชัย อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่กรุณาแนะนำแนวทางและแนวคิดสำหรับการทำวิจัยแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณ พี่น้อง ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยรวมทั้งผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่าน ที่คอยแนะนำแนวทางการเรียน แนวทางการดำเนินการจัดทำวิทยานิพนธ์ และการให้ความช่วยเหลือในทุกๆ ด้านให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณทุกท่านจากใจจริง

ท้ายสุดนี้ขอขอบพระคุณบิดา มารดา น้องชาย น้องสาว และคุณสาวตรี ขจรบุญ รวมทั้งผู้มีพระคุณทุกท่านที่คอยให้การสนับสนุนและมอบความรัก ความอบอุ่นและกำลังใจที่ดีเยี่ยม ให้แก่ข้าพเจ้าเสมอมา ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและต่อประเทศชาติสืบต่อไป

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญรูป.....	1
สารบัญตาราง.....	3
บทที่ 1 บทนำ.....	4
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	4
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	5
1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....	5
1.3.1 ขอบเขตเนื้อหาที่ศึกษา.....	5
1.3.2 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา.....	6
1.4 วิธีดำเนินการศึกษา.....	9
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	9
บทที่ 2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	10
2.1 การสำรวจโครงข่ายระดับชั้นที่ 1 ในประเทศไทย.....	10
2.2 การสำรวจค่าความโน้มถ่วงพิภพในประเทศไทย.....	13
2.3 ระดับทะเลปานกลางของประเทศไทย.....	18
2.4 ค่าจำนวนภูมิศักย์.....	20
2.5 ความสูงออร์โทเมตริก.....	20
2.6 กรณีสึกษาที่เกี่ยวข้อง.....	22
บทที่ 3 วิธีดำเนินการศึกษา.....	24

3.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา.....	24
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา.....	35
3.2.1 โปรแกรม VERNET	35
3.2.2 โปรแกรมคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกแบบเฮลเมิร์ท.....	37
3.3 การคำนวณค่าตัวแปรสำหรับการคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริก	39
3.3.1 การคำนวณค่าจำนวนภูมิศักร์ของหมุดหลักฐานอ้างอิง	39
3.3.2 การคำนวณค่าจำนวนภูมิศักร์ของหมุดหลักฐาน	42
3.4 การคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริก	65
บทที่ 4 ผลการศึกษา.....	67
4.1 ผลการคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกพื้นที่เขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล.....	67
4.2 ผลการคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกพื้นที่ตอนบนเกาะหลัก.....	70
4.3 ผลการคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกพื้นที่ตอนใต้เกาะหลัก	75
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	77
5.1 สรุปและวิเคราะห์ผลการศึกษา	77
5.2 ข้อเสนอแนะ	84
รายการอ้างอิง	85
ภาคผนวก.....	87
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	102

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1 พื้นที่ศึกษาเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล.....	6
รูปที่ 1.2 พื้นที่ศึกษาตอนบนเกาะหลัก.....	7
รูปที่ 1.3 พื้นที่ศึกษาตอนใต้เกาะหลัก.....	8
รูปที่ 2.1 หมุดหลักฐาน BMA.....	11
รูปที่ 2.2 ตัวอย่างหมุดหลักฐาน SBM. แบบ ช.....	12
รูปที่ 2.3 ตัวอย่างหมุดหลักฐาน PBM. แบบ ก.....	13
รูปที่ 2.4 สถานีความถี่วิทยุแห่งแรกของประเทศไทย (สถานี ๑0).....	14
รูปที่ 2.5 โครงข่ายหมุดหลักฐานความโน้มถ่วงวิทยุ.....	16
รูปที่ 2.6 เครื่องมือรังวัดค่าความโน้มถ่วงวิทยุแบบสัมบูรณ์.....	17
รูปที่ 2.7 เครื่องมือรังวัดค่าความโน้มถ่วงวิทยุแบบสัมพัทธ์.....	18
รูปที่ 2.8 สถานีวัดระดับน้ำเกาะหลัก อ.เมือง จ.ประจวบคีรีขันธ์.....	19
รูปที่ 2.9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสูงและสัญญาณโลก.....	21
รูปที่ 3.1 โปรแกรม VERNET.....	36
รูปที่ 3.2 ค่าพารามิเตอร์โปรแกรม VERNET.....	36
รูปที่ 3.3 ค่าทางสถิติโปรแกรม VERNET.....	37
รูปที่ 3.4 การพัฒนารหัสชุดคำสั่งโปรแกรมคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริก.....	38
รูปที่ 3.5 การแสดงผลการคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกผ่านเว็บเบราว์เซอร์.....	38
รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริก.....	39
รูปที่ 3.7 แผนที่สังเขปที่ตั้งหมุดหลักฐาน กทม.510.....	40
รูปที่ 3.8 แผนที่สังเขปที่ตั้งหมุดหลักฐาน RBM.5.....	41
รูปที่ 3.9 แผนที่สังเขปที่ตั้งหมุดหลักฐาน PBM.1763.....	42

รูปที่ 3.10 แสดงหน้าต่างโปรแกรมการคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกแบบเฮลเมิร์ท	66
รูปที่ 3.11 แสดงหน้าต่างผลการคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกแบบเฮลเมิร์ท	66
รูปที่ 5.1 แผนที่แสดงตำแหน่งและผลต่างค่าระดับสูง พื้นที่เขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล	78
รูปที่ 5.2 พิจารณาผลต่างค่าระดับสูงกับค่าพิกัดละติจูด พื้นที่เขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล...	79
รูปที่ 5.3 พิจารณาผลต่างค่าระดับสูงกับค่าพิกัดลองจิจูด พื้นที่เขตกรุงเทพมหานครและ ปริมณฑล	79
รูปที่ 5.4 แผนที่แสดงตำแหน่งและผลต่างค่าระดับสูง พื้นที่ตอนบนเกาะหลัก	80
รูปที่ 5.5 พิจารณาผลต่างค่าระดับสูงกับค่าพิกัดละติจูด พื้นที่ตอนบนเกาะหลัก	81
รูปที่ 5.6 พิจารณาผลต่างค่าระดับสูงกับค่าพิกัดลองจิจูด พื้นที่ตอนบนเกาะหลัก	81
รูปที่ 5.7 แผนที่แสดงตำแหน่งและผลต่างค่าระดับสูง พื้นที่ตอนใต้เกาะหลัก	82
รูปที่ 5.8 พิจารณาผลต่างค่าระดับสูงกับค่าพิกัดละติจูด พื้นที่ตอนใต้เกาะหลัก	83
รูปที่ 5.9 พิจารณาผลต่างค่าระดับสูงกับค่าพิกัดลองจิจูด พื้นที่ตอนใต้เกาะหลัก	83

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลโครงการสำรวจระดับการหลุดตัวของพื้นดินฯ ประจำปีงบประมาณ 2555	24
ตารางที่ 3.2 ข้อมูลผลการสำรวจค่าความโน้มถ่วงพิภพ ประจำปีงบประมาณ 2557	27
ตารางที่ 3.3 ข้อมูลการปรับแก้โครงข่ายความโน้มถ่วงพิภพ	34
ตารางที่ 3.4 ผลการคำนวณค่าความโน้มถ่วงพิภพเฉลี่ยและค่าความต่างระดับสูง พื้นที่เขต กรุงเทพมหานครและปริมณฑล	44
ตารางที่ 3.5 ผลการคำนวณค่าความโน้มถ่วงพิภพเฉลี่ยและค่าความต่างระดับสูง พื้นที่ตอนบน เกาะหลัก.....	46
ตารางที่ 3.6 ผลการคำนวณค่าโน้มถ่วงพิภพเฉลี่ยและค่าความต่างระดับสูง พื้นที่ตอนใต้เกาะ หลัก	53
ตารางที่ 3.7 ผลการคำนวณค่าความต่างจำนวนภูมิศักย์ พื้นที่เขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ..	55
ตารางที่ 3.8 ผลการคำนวณค่าความต่างจำนวนภูมิศักย์ พื้นที่ตอนบนเกาะหลัก	56
ตารางที่ 3.9 ผลการคำนวณค่าความต่างจำนวนภูมิศักย์ พื้นที่ตอนใต้เกาะหลัก.....	60
ตารางที่ 3.10 ผลการคำนวณปรับแก้ค่าจำนวนภูมิศักย์ พื้นที่เขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ...	61
ตารางที่ 3.11 ผลการคำนวณปรับแก้ค่าจำนวนภูมิศักย์ พื้นที่ตอนบนเกาะหลัก	62
ตารางที่ 3.12 ผลการคำนวณปรับแก้ค่าจำนวนภูมิศักย์ พื้นที่ตอนใต้เกาะหลัก	64
ตารางที่ 4.1 ผลการคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกแบบเฮลเมิร์ท พื้นที่เขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล	68
ตารางที่ 4.2 ผลการคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกแบบเฮลเมิร์ท พื้นที่ตอนบนเกาะหลัก	70
ตารางที่ 4.3 ผลการคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกแบบเฮลเมิร์ท พื้นที่ตอนใต้เกาะหลัก	76

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ค่าระดับ (Elevation) เป็นระยะดิ่งที่ได้จากกรรมวิธีการวัดระยะดิ่งระหว่างจุดบนพื้นผิวที่ต้องการกับพื้นผิวอ้างอิงที่เป็นพื้นหลักฐานทางระดับ (วิชัย เยี่ยงวีรชน, 2549) โดยที่ค่าระดับหรือค่าความสูงที่ใช้กันในงานด้านวิศวกรรมสำรวจและการทำแผนที่นั้น จะเป็นค่าความสูงที่อ้างอิงกับระดับทะเลปานกลาง (Mean Sea Level, MSL) ซึ่งเรียกว่าความสูงออร์โทเมตริก (Orthometric Height) หรือความสูงเหนือระดับทะเลปานกลาง (ดาร์ริห์ ปรงแต่งกิจ, 2555)

ค่าความสูงออร์โทเมตริก เป็นค่าความสูงที่อ้างอิงกับพื้นผิวศักย์สมมูล (Equipotential Surface) หรือพื้นผิวระดับ (Level Surface) ในทางทฤษฎีเรียกกันว่าพื้นผิวฮัยอยด์ (Geoid) ซึ่งในงานด้านวิศวกรรมสำรวจและการทำแผนที่ ถือว่าพื้นผิวฮัยอยด์ เป็นรูปร่างลักษณะที่แท้จริงหรือเป็นสัณฐานของโลกอย่างแท้จริง แต่ในทางปฏิบัติ การสำรวจหาพื้นผิวฮัยอยด์ให้มีความละเอียดถูกต้องสูงนั้น กระทำได้ค่อนข้างยาก อีกทั้งยังมีความสลับซับซ้อน โดยทั่วไปแล้วจึงนิยมให้ใช้ระดับทะเลปานกลาง เป็นพื้นผิวอ้างอิงสำหรับใช้เป็นพื้นผิวระดับและกำหนดให้มีค่าระดับเท่ากับศูนย์ เพื่อใช้เป็นพื้นหลักฐานทางดิ่งหรือเป็นพื้นหลักฐานอ้างอิงสำหรับการสำรวจค่าความสูงออร์โทเมตริก (เอ๋อเม็เกียรติ เจริญสม, 2549)

สำหรับประเทศไทย มีการสำรวจเพื่อหาค่าระดับหรือค่าความสูงออร์โทเมตริกของหมุดหลักฐานการแผนที่ในโครงข่ายระดับชั้นที่ 1 โดยกำหนดให้เป็นโครงข่ายควบคุมทางดิ่งแห่งชาติ (National Vertical Control Networks) เพื่อใช้เป็นค่าระดับอ้างอิงให้กับหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนที่จะนำไปใช้งานต่อไป ใช้วิธีการสำรวจระดับ (Spilit Leveling) อ้างอิงค่าระดับสูงเริ่มต้นจากหมุด BMA ซึ่งตั้งอยู่ที่เกาะหลัก อ.เมือง จ.ประจวบคีรีขันธ์ โดยทำการสำรวจจริงวัดค่าต่างระดับระหว่างหมุดหลักฐานการแผนที่ต่อเนื่องกันไปเป็นโครงข่าย และเพื่อให้ค่าความสูงออร์โทเมตริกมีความละเอียดถูกต้องสูง ต้องมีการคำนวณร่วมกันระหว่างค่าต่างระดับที่ได้จากการสำรวจระดับกับค่าความโน้มถ่วงพิภพ (Gravity) โดยที่ค่าความโน้มถ่วงพิภพที่จะใช้คำนวณร่วมกันนั้น ต้องมีการสำรวจในทุก ๆ ช่วงของการสำรวจระดับ

อย่างไรก็ตาม ค่าความสูงออร์โทเมตริกของหมุดหลักฐานการแผนที่ในโครงข่ายระดับชั้นที่ 1 ยังคงเป็นค่าที่ได้จากการสำรวจระดับเพียงอย่างเดียวเท่านั้น ไม่ได้มีการคำนวณร่วมกับค่าความโน้ม

ถ่วงพิภพแต่อย่างใด เนื่องจากในอดีตที่ผ่านมา ข้อมูลค่าความโน้มถ่วงพิภพในพื้นที่ประเทศไทยที่จะใช้ประกอบการคำนวณค่าความสูงออร์โธเมตริกนั้น ยังไม่ได้มีการสำรวจอย่างเพียงพอ

ในปัจจุบัน กรมแผนที่ทหาร โดยกองยื่อเดซีและยื่อฟิสิกส์ ได้มีการสำรวจรังวัดค่าความโน้มถ่วงพิภพกระจายอยู่ครอบคลุมทั่วประเทศ โดยการดำเนินการสำรวจตาม “ระเบียบกรมแผนที่ทหารว่าด้วยการสำรวจความโน้มถ่วงพิภพ ปี 2539” ซึ่งอาศัยมาตรฐานและข้อกำหนดของ “คณะกรรมการควบคุมยื่อเดซีแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (Federal Geodetic Control Committee 1984) หรือ FGCC 1984” เป็นแนวทางในการดำเนินการสำรวจ รวมทั้งได้มีการสำรวจค่าความโน้มถ่วงพิภพบริเวณหมุดชุมทาง (Junction) ของโครงข่ายระดับชั้นที่ 1

การศึกษาค้นคว้าเรื่อง “การศึกษาผลกระทบของข้อมูลความโน้มถ่วงพิภพที่มีต่อการปรับแก้โครงข่ายระดับชั้นที่ 1 ในพื้นที่ประเทศไทย” จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะศึกษาผลกระทบของค่าความโน้มถ่วงพิภพที่มีต่อการคำนวณค่าความสูงออร์โธเมตริกของหมุดหลักฐานการแผนที่บริเวณหมุดชุมทางของโครงข่ายระดับชั้นที่ 1 ในพื้นที่ประเทศไทย โดยอาศัยข้อมูลของหมุดหลักฐานการแผนที่ในพื้นที่ประเทศไทย ที่ได้มีการสำรวจค่าความสูงด้วยงานสำรวจระดับและมีการสำรวจค่าความโน้มถ่วงพิภพ แบบสัมพัทธ์ในหมุดหลักฐานการแผนที่เดียวกัน ซึ่งผลการศึกษาสามารถใช้เป็นแนวทางในการคำนวณค่าความสูงออร์โธเมตริกของโครงข่ายควบคุมทางดิ่งแห่งชาติที่มีในปัจจุบัน ให้มีความถูกต้องน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้นต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อศึกษาผลกระทบของความโน้มถ่วงพิภพที่มีต่อการคำนวณปรับแก้ค่าความสูงออร์โธเมตริก (Orthometric Height) ของหมุดหลักฐานการแผนที่บริเวณหมุดชุมทาง (Junction) ในโครงข่ายระดับชั้นที่ 1 ในพื้นที่ประเทศไทย

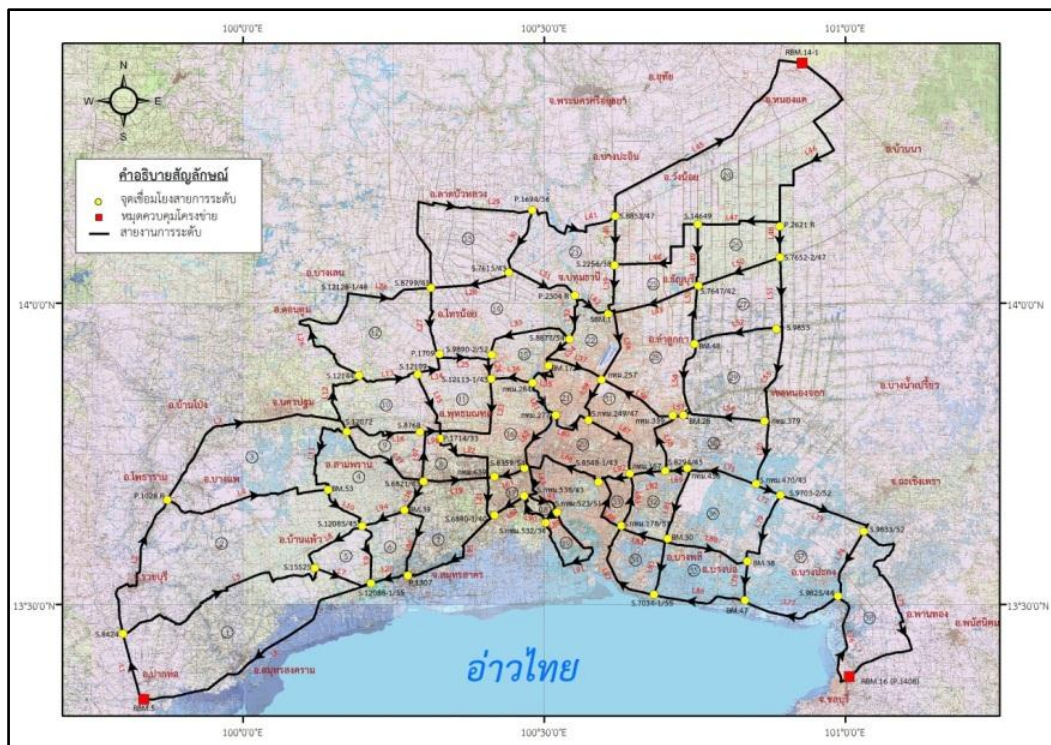
1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 ขอบเขตเนื้อหาที่ศึกษา

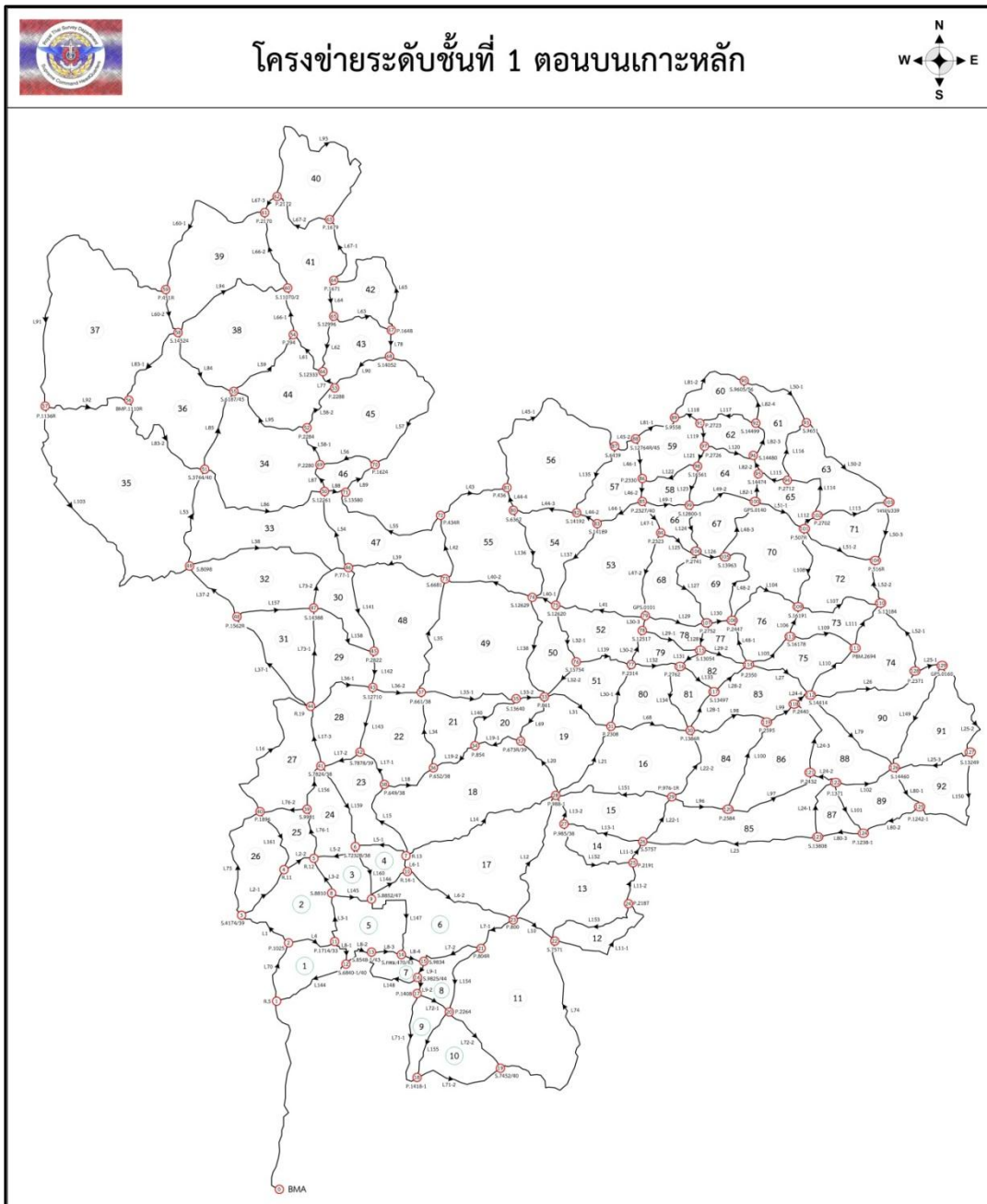
ศึกษาวิธีการคำนวณปรับแก้ค่าความสูงออร์โธเมตริกบริเวณหมุดชุมทาง โดยใช้ข้อมูลค่าระดับจากการสำรวจระดับชั้นที่ 1 และข้อมูลค่าความโน้มถ่วงพิภพจากการสำรวจค่าความโน้มถ่วงพิภพแบบสัมพัทธ์ของหมุดหลักฐานการแผนที่ โดยใช้รูปแบบการคำนวณค่าความสูงออร์โธเมตริกแบบเฮลเมิร์ต (Helmert Orthometric Height) เพื่อเปรียบเทียบค่าระดับที่คำนวณได้กับค่าระดับที่ได้จากการสำรวจระดับเพียงอย่างเดียว

1.3.2 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา

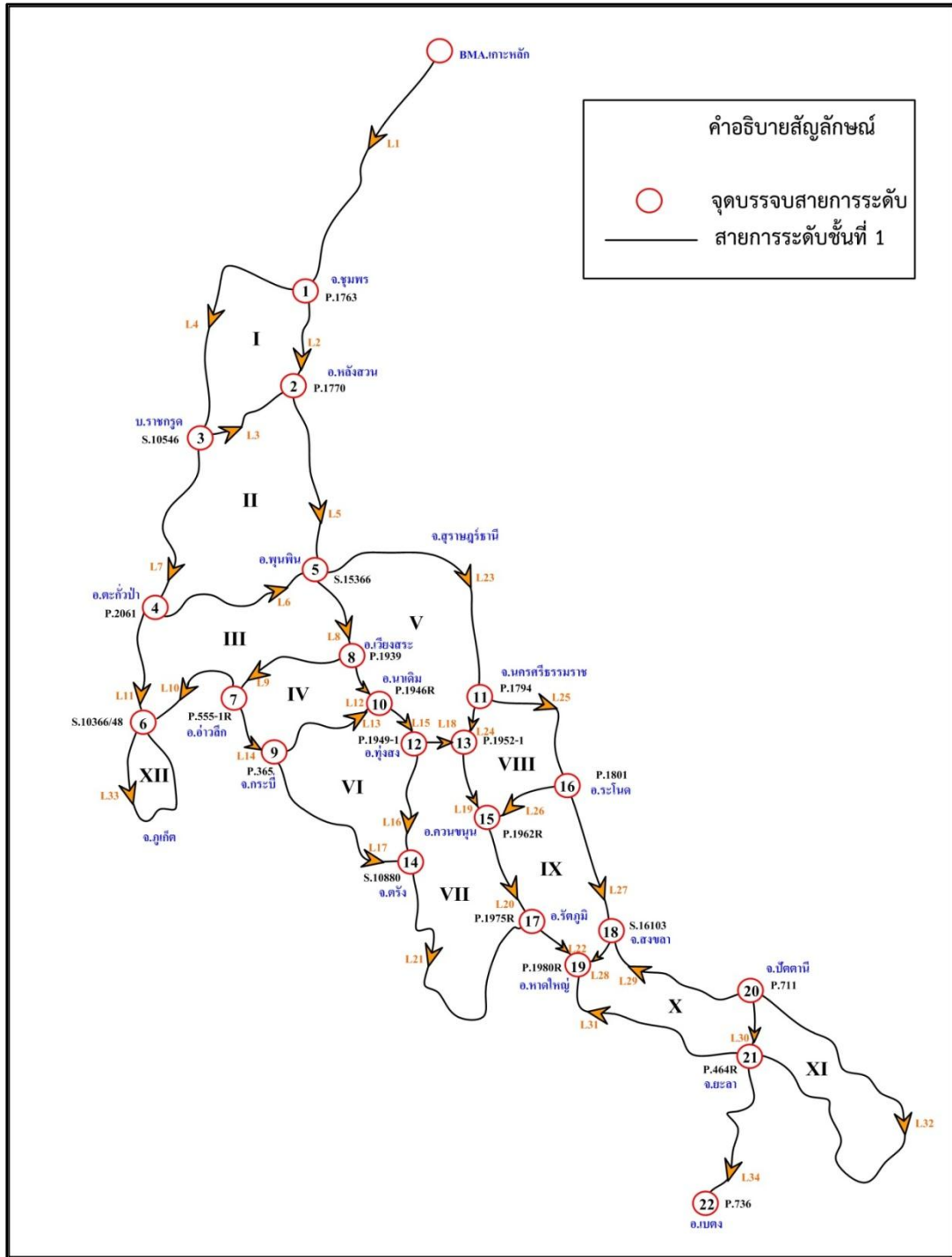
ในการศึกษาใช้พื้นที่ศึกษาที่มีหมุดหลักฐานการแผนที่ซึ่งประกอบด้วยค่าระดับสูงที่ได้จากการสำรวจระดับชั้นที่ 1 และค่าความโน้มถ่วงพิภพ แบ่งออกเป็น 3 พื้นที่ ประกอบด้วย พื้นที่เขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลรวมทั้งพื้นที่ใกล้เคียง (รูปที่ 1.1) พื้นที่ตอนบนเกาะหลัก (รูปที่ 1.2) และพื้นที่ตอนใต้เกาะหลัก (รูปที่ 1.3)



รูปที่ 1.1 พื้นที่ศึกษาเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล
(กรมแผนที่ทหาร, 2555)



รูปที่ 1.2 พื้นที่ศึกษาตอนบนเกาะหลัก
(กรมแผนที่ทหาร, 2555)



รูปที่ 1.3 พื้นที่ศึกษาตอนใต้เกาะหลัก
(กรมแผนที่ทหาร, 2555)

1.4 วิธีดำเนินการศึกษา

- 1.4.1 ศึกษารวบรวมแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 1.4.2 จัดเตรียมข้อมูลระดับและข้อมูลค่าความโน้มถ่วงพิภพที่ใช้สำหรับการศึกษา
- 1.4.3 คำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกของหมุดหลักฐานการแผนที่
- 1.4.4 เปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลการศึกษา
- 1.4.5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ
- 1.4.6 เรียบเรียงและจัดทำวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 ได้ทราบถึงผลกระทบของค่าความโน้มถ่วงพิภพที่มีต่อการคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกของหมุดหลักฐานการแผนที่บริเวณหมุดชุมทางในโครงข่ายระดับชั้นที่ 1
- 1.5.2 ใช้เป็นแนวทางการพิจารณาสำหรับการพัฒนาการสำรวจค่าความโน้มถ่วงพิภพในพื้นที่ประเทศไทย
- 1.5.3 ใช้เป็นแนวทางสำหรับการพัฒนาโครงข่ายควบคุมทางดิ่งแห่งชาติ (National Vertical Control Networks) ให้มีความละเอียดถูกต้องมากยิ่งขึ้น

บทที่ 2

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การสำรวจโครงข่ายระดับชั้นที่ 1 ในประเทศไทย

การสำรวจระดับ เป็นกรรมวิธีในการสำรวจเพื่อหาค่าระดับสูงของจุดที่ต้องการ โดยใช้วิธีการหาค่าต่างระดับระหว่างจุดที่ต้องการกับจุดที่ทราบค่าระดับสูง โดยวิธีการในการสำรวจมีหลากหลายรูปแบบ อาทิเช่น การวัดโดยตรงด้วยเทป การใช้กล้องระดับ (Differential Leveling) การวัดแบบตรีโกณมิติ (Trigonometric Leveling) หรือการวัดด้วยเครื่องวัดความกดอากาศ (Barometric Leveling) ซึ่งในแต่ละวิธีการรังวัดจะให้ค่าความละเอียดถูกต้องที่แตกต่างกัน (วิชัย เยี่ยงวีรชน, 2549) โดยในปัจจุบัน การสำรวจระดับด้วยการใช้กล้องระดับเป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมและใช้กันอย่างแพร่หลาย

สำหรับการสำรวจโครงข่ายระดับชั้นที่ 1 ในประเทศไทยนั้น กรมแผนที่ทหาร สังกัดกองบัญชาการกองทัพไทย กระทรวงกลาโหม โดยกองยื่อเดซีและยื่อฟิสิกส์ เป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบในการสำรวจระดับชั้นที่ 1 รวมทั้งรวบรวมและคำนวณปรับแก้ผลการสำรวจ เพื่อใช้เป็นโครงข่ายควบคุมทางดิ่งแห่งชาติ (National Vertical Control Networks) โดยดำเนินการสำรวจมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2455 จนถึงปัจจุบัน มีการดำเนินการสำรวจหมุดหลักฐานทางดิ่ง ให้กระจายและครอบคลุมทั่วประเทศ เพื่อเป็นโครงข่ายหลักให้แก่งานสำรวจที่มีความละเอียดถูกต้องในเกณฑ์งานชั้นรองลงไป สำหรับโครงข่ายระดับชั้นที่ 1 ของกรมแผนที่ทหาร ที่ใช้เป็นโครงข่ายควบคุมทางดิ่งแห่งชาตินั้น ใช้ค่าระดับทะเลปานกลาง (Mean Sea Level, MSL) เป็นจุดอ้างอิงของพื้นหลักฐานทางดิ่ง และใช้ค่าระดับสูงของหมุด BMA ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.4477 เมตร (รูปที่ 2.1) เป็นค่าความสูงอ้างอิงเพื่อใช้สำหรับโยงค่าระดับให้กับหมุดหลักฐานที่อยู่ในโครงข่ายระดับชั้นที่ 1 ของประเทศ



รูปที่ 2.1 หมุดหลักฐาน BMA
(เอี่ยมเกียรติ เจริญสม, 2549)

มาตรฐาน/เกณฑ์ความละเอียดถูกต้องของการสำรวจระดับชั้นที่ 1

การสำรวจระดับชั้นที่ 1 ของกรมแผนที่ทหาร ใช้ “ระเบียบกองยี่อเดซีและยี่อพิสิกส์ ว่าด้วย การสำรวจหมุดหลักฐานทางราบและทางดิ่ง พ.ศ.2539” เป็นแนวทางและสำรวจตามเกณฑ์มาตรฐาน การปฏิบัติงานสำรวจระดับชั้นที่ 1 ประเภท 1 ซึ่งมีรายละเอียด คือ

- 1) ระยะห่างของตอนการระดับ 1 – 3 กิโลเมตร โดยสร้างหมุดหลักฐาน SBM. (แบบ ช.) (รูปที่ 2.2) และหมุด PBM. (แบบ ง) (รูปที่ 2.3) ทุกๆ 6 – 10 กิโลเมตร ในบริเวณสถานที่เหมาะสมและปลอดภัย เช่น สถานีที่ราชการ โรงเรียน เป็นต้น
- 2) ใช้เครื่องมือ กล้องสำรวจระดับแบบอัตโนมัติ ไม่เล็งระดับแบบบาร์โค้ด พร้อมขาตั้ง
- 3) อ่านค่าโดยตรงบนไม้เล็งระดับ
- 4) แต่ละตอนการระดับ ใช้วิธีการรังวัด 2 เที้ยว (เที้ยวไป – เที้ยวกลับ) โดยมีความแตกต่างของวันและเวลา
- 5) ความต่างทางระยะระหว่างไม้เล็งระดับหน้ากับไม้เล็งระดับหลัง สำหรับหนึ่งการตั้งกล้องระดับ ต่างกันไม่เกิน 2 เมตร และความต่างทางระยะสะสมของตอนการระดับไม่เกิน 4 เมตร
- 6) ระยะห่างระหว่างจุดตั้งกล้องระดับกับไม้เล็งระดับ ห่างกันไม่เกิน 50 เมตร

- 7) ค่าความต่างของค่าระดับระหว่างเที่ยวไป – เทียบกลับ ในแต่ละตอนการระดับ แตกต่างกันไม่เกิน ± 3 มม.vK เมื่อ K เป็นระยะทางของตอนการระดับ มีหน่วยเป็น กิโลเมตร
- 8) ค่าความต่างของค่าระดับระหว่างเที่ยวไป – เทียบกลับ ในแต่ละสายการระดับ แตกต่างกันไม่เกิน ± 4 มม.vK เมื่อ K เป็นระยะทางของตอนการระดับ มีหน่วยเป็น กิโลเมตร
- 9) ค่าความคลาดเคลื่อนบรรจบ (Loop) ของวงบรรจบสายการระดับ ไม่เกิน ± 4 มม.vK เมื่อ K เป็นระยะทางของตอนการระดับ มีหน่วยเป็น กิโลเมตร
- 10) การตรวจสอบหมุดหลักฐานเดิมที่ใช้เป็นหมุดแรกออกและหมุดเข้าบรรจบงาน จำนวนไม่น้อยกว่า 3 หมุด หรือ 2 ตอนการระดับ



รูปที่ 2.2 ตัวอย่างหมุดหลักฐาน SBM. แบบ ซ.
(กรมแผนที่ทหาร, 2555)



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างหมุดหลักฐาน PBM. แบบ ก.
(กรมแผนที่ทหาร, 2555)

2.2 การสำรวจค่าความโน้มถ่วงพิภพในประเทศไทย

ค่าความโน้มถ่วง หรือความถ่วง หรือแรงถ่วง (Gravity) เป็นแรงที่กระทำต่อวัตถุบนผิวโลก ประกอบด้วยแรง 2 ส่วน คือ แรงดึงดูด (Gravitational Force) เป็นแรงที่เกิดจากการดูดเข้าหากันของมวลสารตามทฤษฎีของนิวตัน ซึ่งกระทำโดยมวลสารของโลกกับและวัตถุลอยฟ้าอื่นๆ และแรงอีกส่วนหนึ่ง คือ แรงเหวี่ยง (Centrifugal Force) ซึ่งเป็นผลมาจากการหมุนรอบตัวเองของโลก (ชูเกียรติ วิเชียรเจริญ, 2537)

กรมแผนที่ทหาร กองบัญชาการกองทัพไทย กระทรวงกลาโหม โดยกองยี่อเดซีและยี่ออพิสิกส์ เป็นหน่วยงานหลักที่รับผิดชอบในการรังวัดและจัดเก็บรวบรวมข้อมูลค่าความโน้มถ่วงพิภพของประเทศไทย มีวัตถุประสงค์เพื่อนำค่าความโน้มถ่วงพิภพที่รังวัดได้ มาใช้เป็นตัวแก้ค่าความสูงออร์โทเมตริก โดยเริ่มดำเนินการรังวัดค่าความโน้มถ่วงพิภพเป็นครั้งแรก เมื่อปี พ.ศ.2480 (พุทธิพล ดำรงค์ชัย, 2555) ซึ่งสถานีแห่งแรกที่ได้มีการรังวัดค่าความโน้มถ่วงพิภพมีชื่อว่า “สถานี g_0 ” ตั้งอยู่ในตัวอาคารวัดความโน้มถ่วงพิภพ ภายในกรมแผนที่ทหาร ถนนกัลยาณไมตรี กรุงเทพมหานคร มีค่าพิกัดละติจูดที่ 13 องศา 45 ลิปดา 06 ฟลิปดา เหนือ และค่าพิกัดลองจิจูดที่ 100 องศา 29 ลิปดา 40 ฟลิปดา ตะวันออก (รูปที่ 2.4)



รูปที่ 2.4 สถานีความโน้มถ่วงพิภพแห่งแรกของประเทศไทย (สถานี g0)
(พุทธิพล ดำรงชัย, 2555)

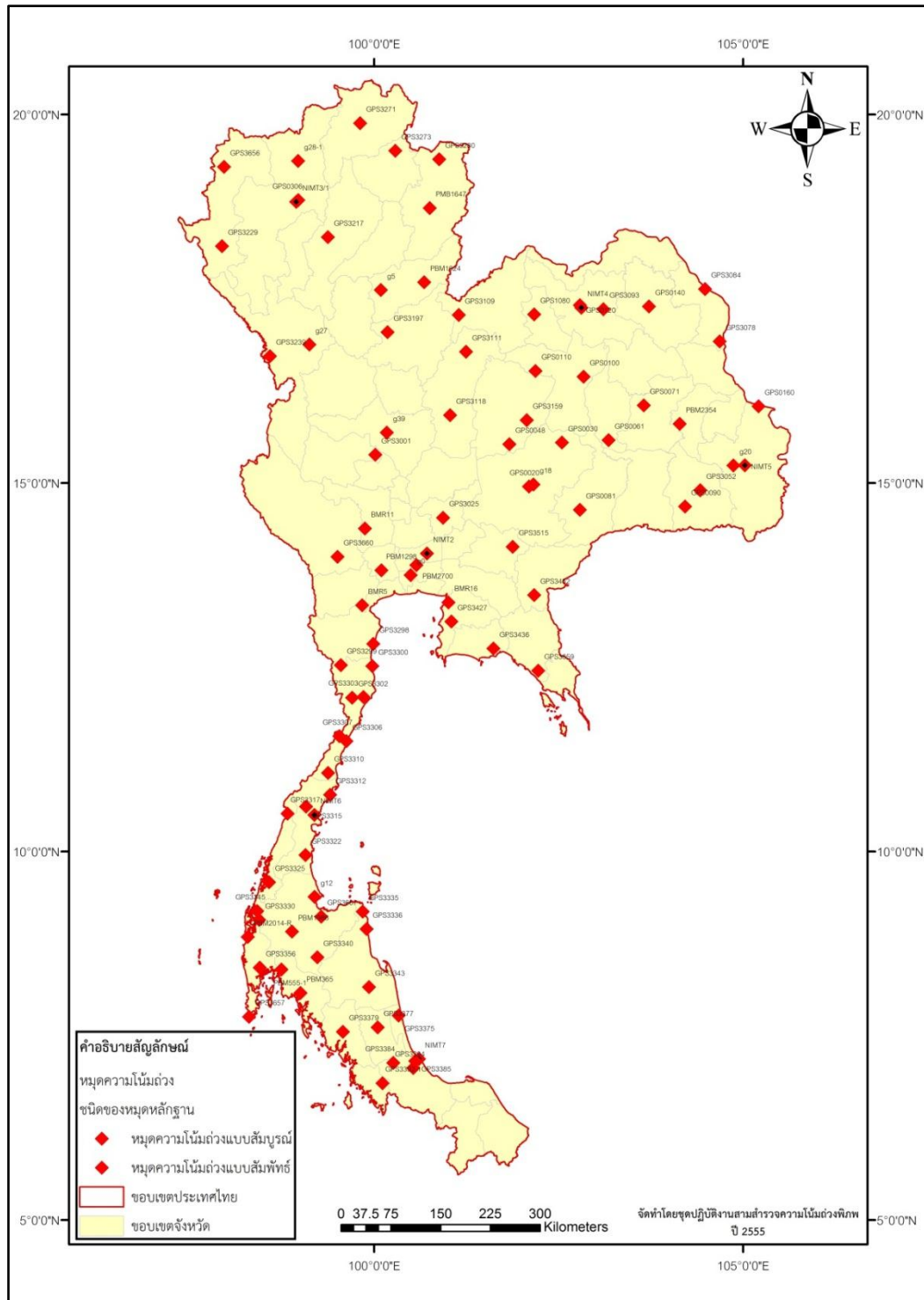
ในการรังวัดค่าความโน้มถ่วงพิภพที่สถานี g0 ใช้เครื่องมือวัดความโน้มถ่วงพิภพแบบลูกตุ้มแคมบริจซ์ (Cambridge Pendulum Apparatus) ทำการรังวัดโดยวิธีการรังวัดค่าความโน้มถ่วงพิภพแบบสัมพัทธ์ (Relative Gravimetry) โยงยึดกับสถานีความโน้มถ่วงพิภพ (Gravity Base Station) ที่ได้จากการรังวัดแบบสัมบูรณ์ (Absolute Gravimetry) ที่เมือง Teddington ประเทศอังกฤษ (เอ็ดมอนด์ เกียร์ติ เจริญสม, 2549) โดยอ้างอิงที่จุดกำเนิดความโน้มถ่วงพิภพพหุสแดม ที่เมืองพหุสแดม ประเทศเยอรมัน ดังนั้น จึงเรียกสถานีนี้ว่า สถานีความโน้มถ่วงพิภพแบบเพนดูลัม (Pendulum Gravity Station) หรือเรียกย่อๆ ว่า สถานีเพนดูลัม ซึ่งในช่วง พ.ศ.2482 – 2496 ได้มีการสำรวจขยายสถานีความโน้มถ่วงพิภพออกไปในภูมิภาคทั่วทั้งประเทศ ได้ทั้งหมด 42 สถานี เพื่อเป็นสถานีฐาน (Base Station) ใช้เป็นสถานีอ้างอิงในการสำรวจสถานีย่อย (Detail or Regional Station) ให้กระจายตัวและมีความหนาแน่นมากขึ้น

ต่อมาในปี พ.ศ.2514 ในการประชุมใหญ่สมัชชาสามัญของสหภาพย็อดเดซีและธรณีฟิสิกส์สากล (The International Union of Geodesy and Geophysics หรือ IUGG) ครั้งที่ 15 ที่กรุงมอสโก ประเทศรัสเซีย ได้มีการนำเสนอผลการปรับแก้โครงข่ายความโน้มถ่วงพิภพขั้นที่ 1 (First Order World Net) ที่ได้จากการรังวัดเชื่อมโยงสถานีความโน้มถ่วงพิภพหลักที่กระจายอยู่ทั่วโลก และกำหนดเป็นค่าอ้างอิงใหม่ เรียกว่า The International Gravity Standardization Net หรือ IGSN 1971 กรมแผนที่ทหาร จึงได้ดำเนินการปรับเปลี่ยนระบบอ้างอิงความโน้มถ่วงพิภพใหม่เป็น

IGSN 1971 ทำให้สถานี ๑0 ถูกเชื่อมโยงเข้าสู่ระบบโครงข่าย IGSN 1971 มีหมายเลขในระบบ 06230A มีค่าความโน้มถ่วงพิภพเท่ากับ 978,300.07 มิลลิแกล และสถานีเพนดูลัมในประเทศไทยก็ได้ถูกปรับเปลี่ยนให้อยู่ในระบบ IGSN 1971 ด้วยเช่นกัน

สถานการณ์ปัจจุบันของโครงข่ายหมุดหลักฐานความโน้มถ่วงพิภพ จากการตรวจสอบในปี 2550 จำนวน 42 หมุด พบว่า หมุดหลักฐานความโน้มถ่วงพิภพจำนวนมากได้ถูกทำลาย คงเหลืออยู่เพียง 8 หมุด ดังนั้น ตั้งแต่ปี พ.ศ.2551 เป็นต้นมา กรมแผนที่ทหาร โดยกองยื่อเดซีและยื่อฟิสิกส์ จึงได้เริ่มรังวัดโครงข่ายหมุดหลักฐานความโน้มถ่วงพิภพ จำนวน 93 หมุด ครอบคลุมพื้นที่ทั่วประเทศ โดยการประเมินเสถียรภาพของค่าความโน้มถ่วงพิภพ (Gravimetric Stability) ตามมาตรฐานของคณะกรรมการควบคุมยื่อเดซีแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (Federal Geodetic Control Committee หรือ FGCC 1984) ต้องทำการสำรวจซ้ำเป็นระยะเวลา 5 ปี ซึ่งในปี พ.ศ.2556 กรมแผนที่ทหาร ได้มีการสำรวจพร้อมทั้งคำนวณปรับแก้ค่าความโน้มถ่วงพิภพครบทุก 93 สถานี (รูปที่ 2.5)





รูปที่ 2.5 โครงข่ายหมุดหลักฐานความชื้นถ่วงพิภพ
(กรมแผนที่ทหาร, 2556)

การสำรวจรังวัดค่าความโน้มถ่วงพิภพ โดยทั่วไปมีรูปแบบวิธีการรังวัด 2 รูปแบบ คือ

การรังวัดค่าความโน้มถ่วงพิภพแบบสมบูรณ์ (Absolute Gravimetry)

เป็นวิธีการรังวัดค่าความโน้มถ่วงพิภพเพื่อให้ทราบขนาดของค่าความโน้มถ่วงพิภพ ณ จุด และเวลาที่กำหนด ใช้สำหรับการจัดตั้งและขยายโครงข่ายหมุดหลักฐานความโน้มถ่วงพิภพ โดยถือว่าการรังวัดค่าความโน้มถ่วงพิภพของหมุดใดๆ ซ้ำหลายๆ ครั้ง จะทำให้ทราบค่าความโน้มถ่วงพิภพแบบสมบูรณ์ของหมุดนั้นๆ ซึ่งค่าความโน้มถ่วงพิภพของหมุดใดๆ จะแปรผันได้ตามเวลา เนื่องจากอิทธิพลของแรงต่างๆ ที่กระทำต่อโลก จึงต้องมีการสำรวจซ้ำๆ เป็นเวลาหลายๆ ปี เพื่อที่จะประเมินเสถียรภาพของค่าความโน้มถ่วงพิภพของหมุดนั้นๆ

เครื่องมือที่ใช้ในการรังวัดค่าความโน้มถ่วงพิภพแบบสมบูรณ์นั้น เป็นเครื่องมือรังวัดแบบบัลลิสติกเลเซอร์ (Ballistic-Laser Device) ตัวอย่างเช่น เครื่องมือรังวัดค่าความโน้มถ่วงพิภพ ยี่ห้อ Micro-g Lacoste FG5 (รูปที่ 2.6) ซึ่งมีความละเอียดในการรังวัด 0.001 มิลลิแกล



รูปที่ 2.6 เครื่องมือรังวัดค่าความโน้มถ่วงพิภพแบบสมบูรณ์
(พุทธิพล ดำรงชัย, 2555)

การรังวัดค่าความโน้มถ่วงพิภพแบบสัมพัทธ์ (Relative Gravimetry)

เป็นวิธีการรังวัดค่าความโน้มถ่วงพิภพ โดยการหาขนาดความต่างของค่าความโน้มถ่วงพิภพระหว่างหมุด 2 หมุด ใช้สำหรับขยายและเพิ่มความหนาแน่นของหมุดความโน้มถ่วงพิภพ ซึ่งการกำหนดลักษณะเรขาคณิตของโครงข่ายหมุดความโน้มถ่วงพิภพที่จะทำการรังวัดใหม่ จำเป็นต้องเชื่อมโยงกับหมุดในโครงข่ายอย่างน้อย 2 หมุด ที่มีระดับชั้นของงานสูงกว่าหรือเทียบเท่ากับระดับชั้น

งานที่ต้องการ โดยก่อนการรังวัดจะต้องมีการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของหมุดในโครงข่าย รวมทั้งมีการตรวจสอบการเทียบมาตรฐานเครื่องมือ ซึ่งเครื่องมือที่กรมแผนที่ทหารใช้สำหรับการรังวัดค่าความโน้มถ่วงพิภพ เป็นเครื่องมือรังวัดค่าความโน้มถ่วงพิภพแบบสัมผัส ยี่ห้อ LaCoste & Romberg Model G-1092 และ Model G-121 มีความละเอียดในการรังวัด 0.01 มิลลิแกล

การรังวัดค่าความโน้มถ่วงพิภพแบบสัมผัส มีรูปแบบการรังวัดเป็นอนุกรม ที่เรียกว่า ลำดับวง (Loop Sequence) มีอยู่ 3 ลักษณะ คือ

- ลำดับวงขั้นบันได (Ladder) จะเริ่มต้นและสิ้นสุดที่หมุดเดียวกันของโครงข่าย มีการรังวัด 2 ครั้งทุกหมุด (เที่ยวไป – เที่ยวกลับ)
- ลำดับวงขั้นบันไดตัดแปร (Modified Ladder) จะเริ่มต้นและสิ้นสุดที่หมุดเดียวกันของโครงข่ายเช่นกัน แต่ไม่จำเป็นต้องวัด 2 ครั้ง
- ลำดับวงเส้น (Line) จะเริ่มต้นที่หมุดหนึ่งและสิ้นสุดที่อีกหมุดหนึ่งในโครงข่าย มีการรังวัดเพียงครั้งเดียวในแต่ละหมุด



รูปที่ 2.7 เครื่องมือรังวัดความโน้มถ่วงพิภพแบบสัมผัส

(พุทธิพล ดำรงชัย, 2555)

2.3 ระดับทะเลปานกลางของประเทศไทย

การตรวจวัดระดับน้ำครั้งแรกของประเทศไทย เริ่มขึ้นเมื่อใดไม่มีหลักฐานปรากฏไว้อย่างชัดเจน แต่เพียงว่าในสมัยก่อนนั้น การตรวจวัดระดับน้ำ จะใช้วิธีการใช้บรรทัด (Tidal Staff) ปักไว้ในทะเลบริเวณชายฝั่ง แล้วใช้การอ่านและบันทึกค่าน้ำขึ้นน้ำลงตลอดเวลา โดยไม่ได้อ้างอิงกับเกณฑ์ใดๆ ต่อมาในรัชสมัยของพระบาทสมเด็จพระมงกุฎเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชการที่ 6 ได้มีการสร้างสถานีวัดระดับ

น้ำถาวร (Tidal Station) ขึ้นเป็นครั้งแรก โดยการว่าจ้างชาวยุโรปชื่อว่า Mr.Master เป็นผู้ควบคุม การก่อสร้าง โดยให้ทำการสร้างสถานีวัดระดับน้ำแบบถาวรขึ้นที่เกาะหลัก อ.เมือง จ.ประจวบคีรีขันธ์ พิกัดภูมิศาสตร์ของสถานีวัดน้ำ คือ ละติจูดที่ 11 องศา 49 ลิปดา เหนือ ลองจิจูดที่ 99 องศา 46 ลิปดา ตะวัตออก เริ่มเปิดใช้เครื่องวัดระดับน้ำเมื่อวันที่ 21 ตุลาคม พ.ศ.2453 โดยทำการตรวจวัด ระดับน้ำอย่างต่อเนื่องมาจนถึงเดือนเมษายน พ.ศ.2454 เป็นระยะเวลา 6 เดือน จากนั้นจึงนำผลที่ได้ จากการทำรังวัดที่บันทึกไว้มาทำการหาค่าเฉลี่ย และกำหนดให้เป็นระดับทะเลปานกลาง (Mean Sea Level) และกำหนดให้มีค่าเท่ากับศูนย์ จากนั้นได้มีการโยนค่าระดับมาไว้ที่หมุดระดับบริเวณชายฝั่ง ของเกาะหลัก ที่สร้างเป็นรอยบากบนหินทราย กำหนดชื่อหมุดระดับนี้ว่า หมุด BMA มีค่าระดับสูง 1.4439 เมตร เหนือระดับทะเลปานกลาง



รูปที่ 2.8 สถานีวัดระดับน้ำเกาะหลัก อ.เมือง จ.ประจวบคีรีขันธ์
(เอี่ยมเกียรติ เจริญสม, 2549)

หลังจากจัดทำหมุด BMA แล้ว การตรวจระดับน้ำที่เกาะหลักยังดำเนินต่อไปจนถึงเดือน ตุลาคม พ.ศ.2458 รวมเวลาตรวจวัดประมาณ 5 ปี จึงได้มีการนำเอาค่าที่บันทึกได้ มาคำนวณหา ค่าเฉลี่ยใหม่อีกครั้ง ผลปรากฏว่า ค่าระดับทะเลปานกลางใหม่ต่ำกว่าเดิม 0.0038 เมตร ดังนั้น ค่า ระดับสูงของหมุด BMA จึงเปลี่ยนเป็น 1.4477 เมตร เหนือระดับทะเลปานกลาง ซึ่งระดับทะเลปาน กลางใหม่นี้ ได้ใช้เป็นพื้นเกณฑ์ระดับทะเลปานกลางมาตรฐานของประเทศไทย และกรมแผนที่ทหาร ได้ทำการโยนยึดค่าระดับจากหมุด BMA ถ่ายโยนค่าระดับไปยังหมุดหลักฐานทางดิ่งทั่วประเทศ

ปัจจุบัน ถึงแม้ว่าจะมีการตรวจวัดระดับน้ำที่เกาะหลักมาเป็นระยะเวลายาวนาน แต่ระดับทะเลปานกลางที่ใช้เป็นค่ามาตรฐานของประเทศไทยยังคงใช้ค่าระดับทะเลปานกลางที่ตรวจวัดที่เกาะหลัก ในช่วงปี พ.ศ.2453 – 2458 เช่นเดิม (กรมอุทกศาสตร์, 2550)

2.4 ค่าจำนวนภูมิศักย์

เมื่อกำหนดให้จุด O เป็นจุดหรือตำแหน่งบนพื้นผิวเยื่อยัด และกำหนดให้จุด A เป็นอีกหนึ่งจุดซึ่งเชื่อมต่อกับจุด O ด้วยสายการระดับ ดังนั้นค่าความต่างศักย์ระหว่างจุด A กับจุด O สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.1

$$\int_0^A gdn = W_0 - W_A = C \quad (2.1)$$

ซึ่งค่าความต่างระหว่างค่าศักย์ที่เยื่อยัดกับค่าศักย์ที่จุด A เรียกว่า ค่าจำนวนภูมิศักย์ (geopotential number) ที่จุด A

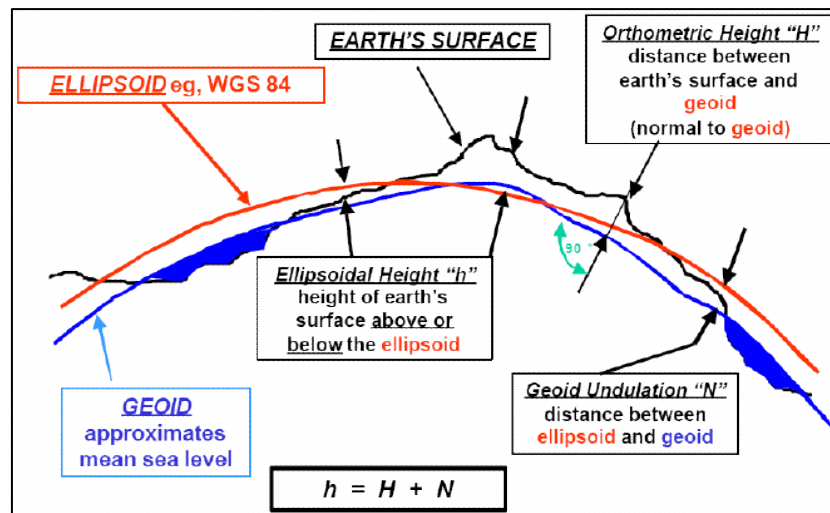
ค่าจำนวนภูมิศักย์ มีหน่วยเป็น geopotential unit หรือ g.p.u. ซึ่ง 1 g.p.u. เท่ากับ 1 kgal meter หรือเท่ากับ 1000 gal meter

2.5 ความสูงออร์โทเมตริก

การศึกษาทางด้านยื่อเดซี เป็นการหาสัณฐานและสนามความถ่วงของโลก และวัตถุลอยฟ้าอื่นๆ โดยได้อธิบายเกี่ยวกับเรื่องสัณฐานของโลกประกอบด้วยพื้นผิว 3 ลักษณะ คือ

- พื้นผิวจริงในภูมิประเทศ (Topography)
- พื้นผิวทรงรี (Ellipsoid)
- พื้นผิวเยื่อยัด (Geoid)

ซึ่งสัณฐานของโลกมีทั้งทางกายภาพ และทางคณิตศาสตร์ สัณฐานของโลกทางกายภาพ หมายถึงแนวเขตระหว่างผิวดินหรือผิวน้ำกับบรรยากาศรอบผิวโลก สำหรับสัณฐานของโลกทางคณิตศาสตร์ ได้จากการจินตนาการว่าพื้นผิวระดับของมหาสมุทรยื่นต่อเข้าไปในส่วนที่เป็นพื้นดิน ซึ่งพื้นผิวระดับที่ครอบคลุมโลกทั้งหมดนี้มีชื่อเรียกว่า เยื่อยัด (geoid) ซึ่งพื้นผิวเยื่อยัดในงานยื่อเดซี นั้นถือว่าเป็นพื้นผิวที่ใกล้เคียงกับสัณฐานของโลกมากที่สุด และยังใช้เป็นพื้นหลักฐานอ้างอิงสำหรับการคำนวณหาความสูงออร์โทเมตริก



รูปที่ 2.9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสูงและสัณฐานโลก

(http://nptel.ac.in/courses/105104100/lectureB_8/B_8_8coordinate.htm)

สำหรับค่าความสูงออร์โทเมตริก เป็นระยะตามแนวเส้นตั้ง (plumb line) ระหว่างพื้นผิวออยด์ กับจุดบนพื้นผิวภูมิประเทศที่สนใจ (Heiskanen & Moritz, 1979) ซึ่งรูปแบบการคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกมีหลากหลายรูปแบบ อาทิเช่น การคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกแบบ Helmert (Helmert Orthometric Height) , การคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกแบบ Mader (Mader Orthometric Height) , การคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกแบบ Niethammer (Niethammer Orthometric Height) เป็นต้น ซึ่งโดยทั่วไปนิยมใช้การคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกแบบ Helmert เนื่องจากไม่จำเป็นต้องมีค่าแก้ภูมิประเทศ (terrain corrections) จึงทำให้ง่ายต่อการคำนวณ

ค่าความสูงออร์โทเมตริก คำนวณได้จากสมการที่ 2.2 (Heiskanen & Moritz, 1979)

$$H = \frac{C}{g+0.0424H_0} \quad (2.2)$$

โดยที่

H คือ ค่าความสูงออร์โทเมตริกที่ได้จากการคำนวณ หน่วยเป็น กิโลเมตร

H₀ คือ ค่าความสูงออร์โทเมตริกที่ได้จากการสำรวจระดับ หน่วยเป็น กิโลเมตร

C คือ จำนวนภูมิศักย์ (Geopotential Number) หน่วยเป็น g.p.u

g คือ ค่าความโน้มถ่วงพิภพที่ได้จากการสำรวจรังวัดค่าความโน้มถ่วงพิภพ หน่วยเป็น แกล

2.6 กรณีศึกษาที่เกี่ยวข้อง

2.6.1 C.Hwang and Y.-S.Hsiao , 2003 ได้ศึกษาเกี่ยวกับค่าแก้ความสูงออร์โทเมตริก (Orthometric Correction) โดยใช้พื้นที่ของไต้หวันเป็นกรณีศึกษา ซึ่งมีการพิจารณาจากตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อค่าความโน้มถ่วงพิภพ ประกอบด้วย ข้อมูลการระดับ ความหนาแน่นของพื้นที่ ข้อมูลค่าความสูงของพื้นที่ เพื่อพิจารณาค่าแก้ความสูงออร์โทเมตริกที่แตกต่างกันจากตัวแปรสำหรับพิจารณาที่แตกต่างกัน ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ค่าแก้ความสูงออร์โทเมตริกจะมีขนาดเล็กในพื้นที่ต่ำ และมีขนาดใหญ่ในพื้นที่สูง (มากกว่า 10 เซนติเมตร สำหรับพื้นที่ที่มีความสูงมากกว่า 2 กิโลเมตร) และเมื่อพิจารณาจากการหาค่าแก้ความสูงออร์โทเมตริกด้วยวิธีการ Helmert Method โดยกำหนดความหนาแน่นของพื้นที่เป็นค่าคงที่ เท่ากับ 2.67 g/cm^{-3} แสดงให้เห็นค่าแก้ความสูงออร์โทเมตริกสูงสุดเท่ากับ 69.01 มิลลิเมตร

2.6.2 N.A.Allister and W.E.Featherstone , 2001 ได้ศึกษาเกี่ยวกับค่าแก้ความสูงออร์โทเมตริก เพื่อพัฒนา Australian Height Datum (AHD) โดยใช้ข้อมูลในพื้นที่ทางด้านตะวันตกของประเทศออสเตรเลีย ซึ่งเป็นข้อมูลการสำรวจระยะทางประมาณ 14.3 กิโลเมตร (จากหมุด UB55 ถึงหมุด F394) ประกอบด้วยข้อมูลการสำรวจระดับและการสำรวจค่าความโน้มถ่วงพิภพ โดยที่หมุด F394 ซึ่งเป็นหมุดสุดท้ายของสายการสำรวจ มีค่าความสูงที่ได้จากการสำรวจระดับแตกต่างจากหมุด UB55 ซึ่งเป็นหมุดแรกออกของสายการสำรวจเดียวกันเท่ากับ 174.4169 เมตร และมีผลต่างของค่าความโน้มถ่วงพิภพประมาณ 34 มิลลิแกล ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ที่หมุด F394 มีค่าความแตกต่างระหว่างค่าความสูงออร์โทเมตริกที่ได้จากการศึกษากับค่าความสูงที่ได้จากการสำรวจระดับเท่ากับ 4.84 มิลลิเมตร

2.6.3 Szu-Pyng Kao and Fang-shii Ning , 2008 ได้ศึกษาเกี่ยวกับค่าแก้ความสูงออร์โทเมตริก โดยใช้ข้อมูลจากโครงข่ายระดับชั้นที่ 1 ของไต้หวัน ช่วงสายการระดับสำหรับการศึกษาระยะทางประมาณ 2 กิโลเมตร แบ่งออกเป็นกรณีศึกษา 3 กรณีตามลักษณะพื้นที่ที่ที่แตกต่างกัน ประกอบด้วย พื้นที่ราบ (ความสูงเฉลี่ย 81.544 เมตร เหนือระดับทะเลปานกลาง) พื้นที่ภูเขา (ความสูงเฉลี่ย 1797.950 เมตร เหนือระดับทะเลปานกลาง) และพื้นที่ภูเขาสูง (ความสูงเฉลี่ย 3165.233 เมตร เหนือระดับทะเลปานกลาง) และทำการศึกษาเปรียบเทียบค่าแก้ความสูงออร์โทเมตริกที่ได้จากการสำรวจค่าความโน้มถ่วงพิภพ 2 วิธี คือ ศึกษาเปรียบเทียบค่าแก้ความสูงออร์โทเมตริกที่ค่าความโน้มถ่วงพิภพได้จากการสำรวจบนหมุดหลักฐานทั้งสองของสายการระดับที่ทำการศึกษาเท่านั้น และ

อีกวิธีหนึ่งคือศึกษาเปรียบเทียบค่าแก้ความสูงออร์โทเมตริกที่ค่าความโน้มถ่วงพิภพได้จากการสำรวจในแต่ละการตั้งกล้องรังวัดค่าระดับของสายการระดับที่ทำการศึกษา ผลการศึกษาในพื้นที่ภูเขาสูง ซึ่งมุมระดับหัวท้ายมีความสูงต่างกันประมาณ 185 เมตรนั้น ค่าแก้ความสูงออร์โทเมตริกโดยใช้ค่าความโน้มถ่วงพิภพเฉพาะบนมุมระดับทั้งสองของสายการระดับเท่ากับ 69.208 มิลลิเมตร และค่าแก้ความสูงออร์โทเมตริกโดยใช้ค่าความโน้มถ่วงพิภพในแต่ละการตั้งกล้องรังวัดค่าระดับของสายการระดับเท่ากับ 69.107 มิลลิเมตร



บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษา

การดำเนินการศึกษาประกอบด้วยกรรวบรวมข้อมูลสำหรับการศึกษา โดยแบ่งตามพื้นที่ศึกษา การคำนวณค่าของตัวแปรที่ใช้สำหรับการคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริก และการใช้งานเครื่องมือในการคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริก

3.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา เป็นชุดข้อมูลค่าระดับและชุดข้อมูลค่าความโน้มถ่วงพิภพของหมุดหลักฐานการแผนที่ จากงานหรือโครงการประจำปีงบประมาณของกองยื่อเดซีและยื่อฟิสิกส์ กรมแผนที่ทหาร กองบัญชาการกองทัพไทย ประกอบด้วย

3.1.1 ชุดข้อมูลค่าระดับสูงและค่าความโน้มถ่วงพิภพของหมุดหลักฐานการแผนที่ จากโครงการสำรวจระดับการทรุดตัวของพื้นดิน ประจำปีงบประมาณ 2555 กองยื่อเดซีและยื่อฟิสิกส์ กรมแผนที่ทหาร (กรมแผนที่ทหาร, 2555) ซึ่งข้อมูลค่าระดับสูงเป็นข้อมูลที่ได้จากการปฏิบัติงานสนามสำรวจระดับชั้นที่ 1 และข้อมูลค่าความโน้มถ่วงพิภพเป็นข้อมูลที่ได้จากการปฏิบัติงานสนามสำรวจค่าความโน้มถ่วงพิภพแบบสัมพัทธ์ รายละเอียดตามตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลโครงการสำรวจระดับการทรุดตัวของพื้นดินฯ ประจำปีงบประมาณ 2555

ลำดับ	หมายเลขหมุด	สถานที่ตั้งหมุด	ค่าระดับสูง (เมตร)	ค่าโน้มถ่วงพิภพ (มิลลิแกล)
1	PBM.2626	วัดนาขวาง อ.เมือง จ.สมุทรสาคร	1.1970	978306.745
2	PBM.1311R	วัดลาดใหญ่ อ.เมือง จ.สมุทรสงคราม	1.2722	978299.004
3	PBM.2625	วัดศรีสุวรรณคณคาราม จ.สมุทรสงคราม	1.5326	978302.587
4	PBM.1032	สถานีวิจัยข้าวราชบุรี อ.เมือง จ.ราชบุรี	8.7137	978300.456
5	PBM.642/39	สถานีรถไฟราชบุรี อ.เมือง จ.ราชบุรี	5.0099	978299.936
6	PBM.2618	โรงเรียนพัชรวิทยา อ.ดำเนินสะดวก	2.5044	978306.925
7	PBM.2619	สถานีอนามัยประสาธสิทธิ์ อ.ดำเนินสะดวก	1.6759	978305.528
8	PBM.2623	สถานีอนามัยทุ่งอินทรีย์ อ.บ้านแพ้ว	1.1285	978311.732
9	PBM.1026R	สถานีอนามัย ต.หนองโพ อ.โพธาราม	5.8559	978315.630
10	PBM.1298	วัดพระประโทนเจดีย์วรวิหาร จ.นครปฐม	5.0429	978307.868
11	SBM.8466/46	สะพานคลองบางกระอ่อม อ.สามพราน	3.0687	978297.537

ลำดับ	หมายเลขหมุด	สถานที่ตั้งหมุด	ค่าระดับสูง (เมตร)	ค่าโน้มถ่วงพิภพ (มิลลิแกล)
12	PBM.2256	ที่พักสายตรวจ ต.ลานตากฟ้า อ.นครชัยศรี	2.3615	978320.983
13	PBM.2629	หน้ามหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี	4.5802	978317.357
14	PBM.2630	โรงเรียนอนุบาลหนองแค อ.หนองแค	7.5215	978339.679
15	SBM.15630	สะพานคลองเรือ อ.วิหารแดง จ.สระบุรี	7.8727	978340.543
16	PBM.2649	วัดเจริญสุขศรีธารธรรม อ.บ้านนา	3.8654	978328.659
17	SBM.15494	สะพานคลองสิบเอ็ด จ.ปทุมธานี	4.7124	978323.307
18	PBM.1859	งานปฏิบัติการเรือชุดที่ 3 สป อ.บางบ่อ	0.4724	978310.583
19	PBM.1858	สถานีประมงน้ำจืดสมุทรปราการ	0.1182	978306.943
20	PBM.1402	โรงเรียนวัดมงคลนิมิตร อ.บางเสาธง	0.0652	978310.025
21	PBM.1702/34	โรงเรียนหลวงพ่อบานคลองด่านอนุสรณ์	0.3715	978297.552
22	PBM.1406	โรงเรียนบางประกงบวรวิทยายน อ.บางปะกง	1.4682	978302.843
23	PBM.2651	โรงเรียนพานทองสภาชนูปถัมภ์ อ.พานทอง	2.3013	978306.542
24	SBM.15651	สะพานคลองไม่มีชื่อใกล้แยกมาบ อ.พานทอง	7.4512	978301.378
25	PBM.1709	วัดเพรางาย อ.ไทรน้อย จ.นนทบุรี	1.7797	978306.959
26	PBM.1475	วัดบัวแก้วเกษร อ.ลาดหลุมแก้ว จ.ปทุมธานี	2.1480	978315.562
27	PBM.1696R	ศาลากลางจังหวัดปทุมธานี	3.2306	978320.358
28	SBM.6006/37	สำนักงานสหกรณ์การเกษตรปากท่อ	4.3724	978296.021
29	SBM.15506	สะพานคลองปราโมทย์ อ.วัดเพลง จ.ราชบุรี	4.1699	978301.956
30	SBM.15591	สะพานคลองท่าแร่ กม.39+964 ทล.35	3.4942	978305.765
31	SBM.7-3/45	สะพานคลองตาขุน อ.เมือง จ.สมุทรสาคร	2.6951	978304.665
32	SBM.5987/49	สะพานคลองขาว ถ.เพชรเกษม อ.โพธาราม	6.9453	978309.462
33	SBM.15460	สะพานคลองหัวโพ อ.บางแพ จ.ราชบุรี	4.6412	978312.980
34	SBM.15465	สะพานคลองจรเข้มด อ.เมือง จ.นครปฐม	3.0266	978315.613
35	SBM.5979-1/51	สะพานคลองหนองดินแดง จ.นครปฐม	5.8833	978315.609
36	SBM.12136/44	ซุ้มประตูวัดดอนตูม อ.ดอนตูม จ.นครปฐม	3.6356	978313.607

ลำดับ	หมายเลขหมุด	สถานที่ตั้งหมุด	ค่าระดับสูง (เมตร)	ค่าโน้มถ่วงพิภพ (มิลลิแกล)
37	SBM.8799/43	เกาะกลางสี่แยกคลองขวาง อ.ไทรน้อย	3.4366	978314.991
38	SBM.8809	สะพานคลองขวางวัดตรี อ.ลาดบัวหลวง	5.3457	978333.541
39	SBM.8815	สะพานคลองसान อ.ลาดบัวหลวง จ.อยุธยา	5.2367	978330.697
40	SBM.8821-3/47	สะพานคอนกรีตตรงข้ามซอยท้ายเกาะ1	3.4705	978328.333
41	SBM.8850/47	บาทวิถีทางเข้าโรงพยาบาลนวนคร	4.1131	978323.429
42	SBM.9691/51	สะพานคลองลำรี อ.ไทรน้อย จ.นนทบุรี	5.2862	978308.511
43	SBM.15474	สะพานคลองเชียงราก จ.ปทุมธานี	3.2909	978319.318
44	SBM.8847/50	สะพานคลองรังสิต ทล.306	5.0307	978314.171
45	SBM.15553	สะพานคลองบางม่วง กม.35+100 ทล.9	4.6775	978305.305
46	SBM.6840-1/40	สะพานคลองลาดลำภู ถ.พระราม 2	2.2003	978301.923
47	SBM.12118/51	สะพานคลองบางรัก อ.จรัญสนิทวงศ์	2.5977	978298.957
48	PBM.2511	วัดผลาหาร อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี	2.5078	978318.063
49	SBM.7647/42	สะพานคลองเจ็ด อ.ชัยบุรี จ.ปทุมธานี	5.3822	978316.614
50	SBM.9857/47	ประตูน้ำ ถ.เลียบบคลองสิบสาม จ.ปทุมธานี	2.3897	978325.259
51	SBM.8972	สะพานคลองระบายน้ำวัดลำกระดาน	4.1288	978310.264
52	SBM.9853-1/47	สะพานกรมโยธาธิการ พ.ศ.2536	3.9259	978319.184
53	S.กทม.449/51	สะพานคลองบัวเกาะ เขตลาดกระบัง	2.4679	978315.364
54	SBM.6914/32	สะพานคลองบางชัน ถ.รามอินทรา	2.9143	978313.100
55	SBM.8289/43	สะพานคลองบางปิ้ง ถ.เทพารักษ์ อ.บางพลี	2.2773	978303.201
56	SBM.15025	สะพานคลองก้นล่าง อ.บ้านโพธิ์	2.7476	978308.105
57	SBM.9819/43	สะพานคลองใหม่ กม.65+130 อ.บางบ่อ	2.6827	978293.244
58	S.กทม.258/48	สะพานคลองถนน ถ.แจ้งวัฒนะ	4.1259	978308.145
59	กทม.466	สะพานคลองกระทุ่มล้ม เขตหนองจอก	3.3063	978313.093
60	SBM.8921/44	สะพานคลองกะจะ เขตบางกะปิ	1.0778	978307.607
61	กทม.216	ใกล้อาคารพิพิธภัณฑ์ห้วยถั่วกร เขตจตุจักร	1.5654	978297.730
62	กทม.510	สะพานคลองดาวคะนอง ถ.รัชดา-ท่าพระ	2.0132	978307.152
63	PBM.2700	กองบัญชาการกองทัพไทย ถ.แจ้งวัฒนะ	2.2038	978306.563
64	SBM.12129/52	สะพานคลองปลาอิม จ.นครปฐม	4.3621	978320.718
65	GPS.3167	สนามกีฬาโรงเรียนวัดท่าตำหนัก	1.7777	978301.353

ลำดับ	หมายเลขหมุด	สถานที่ตั้งหมุด	ค่าระดับสูง (เมตร)	ค่าโน้มถ่วงพิภพ (มิลลิแกล)
		อ.นครชัยศรี		
66	CI.44-1	วัดบ้านหลวง อ.ดอนตูม จ.นครปฐม	3.1848	978316.744
67	CI.45-1	วัดทุ่งน้อย อ.นครชัยศรี จ.นครปฐม	2.8005	978311.066
68	BMR.8	ปากบ่อสำรวจน้ำมัน หมู่บ้านชะฎาวิลล่า	1.4002	978299.975
69	BMR.14-1	อ่างเก็บน้ำเขาโปร่งแรง อ.หนองแค จ.สระบุรี	20.7671	978339.972
70	g0	ตึกวัดดุด กรมแผนที่ทหาร	2.9990	978300.070

3.1.2 ชุดข้อมูลค่าระดับสูงและค่าความโน้มถ่วงพิภพของหมุดหลักฐานการแผนที่ จาก รายงานผลการสำรวจค่าความโน้มถ่วงพิภพ งานยื่อเดซีและยื่อฟิสิกส์ ประจำปีงบประมาณ 2557 กองยื่อเดซีและยื่อฟิสิกส์ กรมแผนที่ทหาร (กรมแผนที่ทหาร, 2557) ซึ่งข้อมูลค่าระดับสูงเป็น ข้อมูลที่ได้จากการปฏิบัติงานสนามสำรวจระดับชั้นที่ 1 และข้อมูลค่าความโน้มถ่วงพิภพเป็นข้อมูลที่ได้จากการปฏิบัติงานสนามสำรวจค่าความโน้มถ่วงพิภพแบบสัมพัทธ์ รายละเอียดตามตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลผลการสำรวจค่าความโน้มถ่วงพิภพ ประจำปีงบประมาณ 2557

ลำดับ	หมายเลขหมุด	สถานที่ตั้งหมุด	ค่าระดับสูง (เมตร)	ค่าโน้มถ่วงพิภพ (มิลลิแกล)
1	PBM.294	ที่ว่าการอำเภอแวง (เก่า) จ.ลำปาง	279.3318	978425.258
2	วงรอบ.399	วิทยาลัยเทคนิคนครพนม จ.นครพนม	163.5274	978401.450
3	PBM.434R	โรงพยาบาลสมเด็จพระยุพราช จ.เลย	371.6571	978348.058
4	PBM.436	แขวงทางจังหวัดเลย อ.เมือง จ.เลย	245.2484	978413.641
5	BMP.442R	ที่ว่าการอำเภอแม่สรวย จ.เชียงราย	454.5176	978435.500
6	PBM.451R	ที่ว่าการอำเภอแม่แตง จ.เชียงใหม่	335.9712	978431.848
7	PBM.516R	โรงเรียนบ้านต๋อง อ.ธาตุพนม จ.นครพนม	144.9964	978401.688
8	PBM.649/38	โรงเรียนจารีก้อมวิทยา อ.โคกสำโรง	29.9232	978359.698
9	PBM.652/38	ที่ว่าการอำเภอชัยบาดาล จ.ลพบุรี	47.9552	978355.110
10	PBM.661/38	วัดหนองแวง อ.บึงสามพัน จ.เพชรบูรณ์	81.8575	978367.714
11	BMP.667R/56	หมวดการทางวังชมภู อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์	140.8356	978377.884

ลำดับ	หมายเลขหมุด	สถานที่ตั้งหมุด	ค่าระดับสูง (เมตร)	ค่าโน้มถ่วงพิภพ (มิลลิแกล)
12	PBM.673R/39	หมวดการทางด่านขุนทดที่ 2 จ.ชัยภูมิ	238.2854	978302.806
13	BMP.782	โรงเรียนบ้านศาลเจ้าพ่อ อ.วังน้ำเขียว	504.5160	978234.638
14	PBM.800	หมวดการทางกบินทร์บุรี จ.ปราจีนบุรี	13.4012	978311.803
15	BMP.808	โรงเรียนบ้านปางแก อ.ปากช่อง	316.2026	978277.377
16	BMP.835	โรงเรียนบ้านหนองเต่า อ.เมือง จ.ปราจีนบุรี	15.6091	978313.902
17	PBM.854	หน่วยป้องกันและรักษาป่า ขย.ที่ 1	318.6033	978296.221
18	PBM.988-1	วัดพลับ อ.เมือง จ.นครราชสีมา	176.5862	978310.723
19	PBM.1025	วัดจันทาราม อ.บ้านโป่ง จ.ราชบุรี	5.2216	978319.966
20	BMP.1123	อุทยานแห่งชาติออบหลวง จ.เชียงใหม่	337.7017	978391.154
21	BMP.1148/16	เสาธงหน้า กศน.อ.ขุนยวม จ.แม่ฮ่องสอน	614.9911	978356.766
22	BMP.1336	โรงเรียนอนุบาลรอดบำรุง อ.บ้านตาก	136.6382	978403.261
23	BMP.1598	ด่านจุดตรวจป่าไม้ (บ.วัดจันทร์) อ.ปาย	517.8683	978378.043
24	PBM.1671	โรงเรียนบ้านปางค่า อ.ปง จ.พะเยา	437.1583	978439.847
25	PBM.2170	วัดร่องศาลา อ.แม่ลาว จ.เชียงราย	419.0488	978459.735
26	PBM.2280	สถานีวิทยุกระจายเสียงเวียงลับแล	78.2979	978451.675
27	BMP.2286	วัดใหม่บ้านเหล่า อ.เมือง จ.แพร่	163.0754	978426.237
28	PBM.2288	โรงเรียนร้องกวางอนุสรณ์ จ.แพร่	194.7808	978441.712
29	PBM.2308	วัดอัมพวันทาราม จ.นครราชสีมา	162.8302	978315.143
30	PBM.2314	วัดโพธิ์ศิริโสภณ อ.บ้านไผ่ จ.ขอนแก่น	167.1529	978339.737
31	BMP.379-4	วัดขุนวาริ อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์	153.7379	978363.933
32	BMP.838	โรงเรียนวัดหนองเตย อ.เมือง จ.นครนายก	5.2849	978331.889
33	BMP.1048	โรงเรียนบ้านหนองหอย อ.ปราณบุรี	17.1510	978264.360
34	BMP.1110R	ที่ว่าการอำเภอฮอด อ.ฮอด จ.เชียงใหม่	278.1627	978416.294
35	BMP.1164R	การประชุมแพ อ.ชุมแพ จ.ขอนแก่น	226.2129	978348.547
36	BMP.1839	โรงเรียนบ้านหนองแวง จ.บึงกาฬ	161.2842	978429.818
37	RBM.12	ประตูน้ำโพธิ์พระยา อ.เมือง จ.สุพรรณบุรี	7.6915	978339.625
38	RBM.13	เขายิงเป้า อ.เมือง จ.สระบุรี	25.3227	978332.228
39	RBM.14-1	อ่างเก็บน้ำเขาโปร่งแรง อ.หนองแค	20.7671	978339.854

ลำดับ	หมายเลขหมุด	สถานที่ตั้งหมุด	ค่าระดับสูง (เมตร)	ค่าโน้มถ่วงพิภพ (มิลลิแกล)
40	RBM.19	สนามกีฬาจังหวัดนครสวรรค์ จ.นครสวรรค์	61.0784	978387.916
41	GPS.0101	ศาลากลางจังหวัดขอนแก่น จ.ขอนแก่น	161.6557	978366.812
42	PBM.77-1	การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเขต 2 จ.พิษณุโลก	43.6728	978436.475
43	PBM.507R	สถานีตำรวจทางหลวง 5 จ.สกลนคร	164.8320	978410.695
44	PBM.804R	สวนรุกขชาติสมเด็จพระปิ่นเกล้า	63.7346	978288.867
45	PBM.861	สถานีวิทยุ จส.5 ชัยภูมิ อ.เมือง จ.ชัยภูมิ	187.9404	978332.166
46	PBM.976-1R	อนุสาวรีย์รัชกาลที่ 1 อ.เมือง จ.บุรีรัมย์	154.6221	978311.447
47	PBM.985/38	สถานีอุตุนิยมวิทยา อ.โชคชัย	191.2045	978294.072
48	PBM.1092R	วัดประตู่โขง อ.เมือง จ.ลำพูน	298.5834	978422.304
49	PBM.1136R	โรงเรียนจอมแจ้งมิตรภาพที่ 193	229.9479	978410.051
50	PBM.1238-1	โรงเรียนบ้านตรังกาต อ.กันทรลักษณ์	156.1387	978304.472
51	PBM.1242-1	โรงเรียนเดชอุดม อ.เดชอุดม จ.อุบลราชธานี	133.4331	978312.236
52	PBM.1353	โรงเรียนมิตรภาพที่ 38 จ.สุโขทัย	60.0162	978457.481
53	PBM.1371	โรงเรียนบ้านหนองครก อ.เมือง จ.ศรีสะเกษ	127.8592	978310.784
54	PBM.1386R	สถานีขนส่งพยุหะภูมิพิสัย จ.มหาสารคาม	135.8904	978322.494
55	PBM.1418-1	โรงเรียนบ้าน กม.5 อ.สัทธิษ จ.ชลบุรี	15.5286	978259.979
56	PBM.1562R	วัดอ่างทอง อ.เมือง จ.กำแพงเพชร	78.3919	978396.652
57	PBM.1619	โรงเรียนบ้านวังแดง อ.เมือง จ.อุดรดิตถ์	73.0014	978458.155
58	PBM.1647	ศูนย์ปฏิบัติการสูบน้ำชลประทานน่าน	203.4409	978461.744
59	PBM.1648	ศาลากลางจังหวัดน่าน อ.เมือง จ.น่าน	199.6085	978458.221
60	PBM.1679	ที่ว่าการอำเภอเทิ่ง อ.เทิ่ง จ.เชียงราย	367.1777	978480.743
61	PBM.1714/33	พุทธมณฑลประตูทางออก จ.นครปฐม	1.8011	978299.591
62	PBM.1763	สำนักงานเกษตรจังหวัดชุมพร จ.ชุมพร	32.9379	978188.809
63	PBM.1794	โรงเรียนวัดจันทุน จ.นครศรีธรรมราช	4.9201	978154.465
64	PBM.1801	วัดตะพังหม้อ อ.ระโนด จ.สงขลา	1.8584	978152.012
65	PBM.1896	วิทยาลัยเกษตรสุพรรณบุรี อ.ด่านช้าง	66.0883	978324.172
66	PBM.1939	โรงเรียนเวียงสระ จ.สุราษฎร์ธานี	21.9582	978142.294

ลำดับ	หมายเลขหมุด	สถานที่ตั้งหมุด	ค่าระดับสูง (เมตร)	ค่าโน้มถ่วงพิภพ (มิลลิแกล)
67	PBM.1946R	โรงเรียนบ้านหนองดี อ.นาบอน	40.7328	978144.948
68	PBM.1949-1	โรงเรียนบ้านหนองหว้า อ.ทุ่งสง	50.6171	978123.864
69	PBM.1952-1	โรงเรียนร่อนพิบูลย์วิทยา อ.ร่อนพิบูลย์	18.5055	978128.028
70	PBM.1962R	วัดท้ายวัง อ.ควนขนุน จ.พัทลุง	18.9101	978127.936
71	PBM.1975R	หมวดการทางรัตภูมิที่ 1 อ.รัตภูมิ จ.สงขลา	20.8142	978127.098
72	PBM.1980R	วัดหงษ์ประดิษฐาราม อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา	6.5871	978109.511
73	PBM.2061	บ้านนายไซ้ มาซาฮา อ.ตะกั่วป่า จ.พังงา	8.9141	978132.378
74	PBM.2172	โรงเรียนอนุบาลเชิงทราย จ.เชิงทราย	400.1104	978477.798
75	PBM.2187	โรงเรียนทัพบกอุทิศ อ.ตาพระยา จ.สระแก้ว	102.8598	978311.551
76	PBM.2191	ที่ว่าการอำเภอปะคำ อ.ปะคำ จ.บุรีรัมย์	202.6712	978272.466
77	PBM.2207	สถานสงเคราะห์เด็กบ้านสงขลา จ.สงขลา	2.1676	978118.759
78	PBM.2264	โรงเรียนบ้านหนองปรือ อ.บ้านบึง จ.ชลบุรี	54.5782	978273.172
79	PBM.2284	วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีแพร่	166.1874	978438.284
80	PBM.2323	โรงเรียนบ้านห้วยกองสี จ.อุดรธานี	181.3496	978406.051
81	PBM.2327/40	โรงเรียนค่ายประจักษ์ศิลปาคม จ.อุดรธานี	178.8658	978416.515
82	PBM.2330	วัดนาคาเทวี อ.เมือง จ.อุดรธานี	175.1170	978420.800
83	PBM.2350	ศาลากลางจังหวัดร้อยเอ็ด จ.ร้อยเอ็ด	145.4883	978346.656
84	PBM.2371	โรงเรียนบ้านหนองผือ อ.เขมราฐ	175.0160	978347.143
85	PBM.2432	ป้อมตำรวจบ้านส้มป่อย อ.อุทุมพรพิสัย	148.5244	978309.187
86	PBM.2440	วัดศรีสว่างพัฒนาราม จ.ร้อยเอ็ด	132.5266	978327.111
87	PBM.2447	ที่ทำการโทรศัพท์ อ.เมือง จ.กาฬสินธุ์	145.3796	978393.010
88	PBM.2520	โรงเรียนบ้านคางตะนะวิทยา อ.ลอง จ.แพร่	170.5221	978439.507
89	PBM.2532	วัดหนองบัว อ.เวียงป่าเป้า จ.เชียงราย	576.9691	978389.065
90	PBM.2533	โรงเรียนวังเหนือวิทยา อ.วังเหนือ จ.ลำปาง	437.5894	978417.368

ลำดับ	หมายเลขหมุด	สถานที่ตั้งหมุด	ค่าระดับสูง (เมตร)	ค่าโน้มถ่วงพิภพ (มิลลิแกล)
91	PBM.2584	สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติฯ จ.สุรินทร์	144.5162	978302.179
92	PBM.2595	ร.ร.สุวรรณภูมิพิทยไพศาล อ.สุวรรณภูมิ	138.3602	978320.565
93	PBM.2642	โรงเรียนวัดเมืองใหม่ อ.กลาง จ.ภูเก็ต	8.3305	978120.859
94	PBM.2663	หน้าที่พักรถมทางหลวง อ.ท่าสองยาง	122.5004	978409.179
95	PBM.2694	วัดพรหมวิหาร อ.เลิงนกทา จ.ยโสธร	152.6294	978365.358
96	PBM.2702	เทศบาลตำบลท่าแร่ อ.เมือง จ.สกลนคร	161.6517	978405.377
97	PBM.2712	เทศบาลตำบลอากาศอำนวย จ.สกลนคร	149.6691	978407.743
98	PBM.2723	โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลเฝ้าไร่	180.7343	978428.392
99	PBM.2726	โรงเรียนบ้านเหล่าอุดมทรัพย์สมบูรณ์	171.6574	978435.876
100	PBM.2741	โรงเรียนอนุบาลศรีธาตุ จ.อุดรธานี	180.9455	978399.222
101	PBM.2752	วัดชุมทางสว่างอารมณ์ จ.กาฬสินธุ์	150.2411	978379.172
102	PBM.2762	โรงเรียนบรบือ อ.บรบือ จ.มหาสารคาม	174.9979	978324.506
103	PBM.2822	หน่วยตำรวจทางหลวงเขาทราย อ.ทับคล้อ	50.2427	978415.984
104	PBM.2877	จุดบริการประชาชนน้อย จ.ฉะเชิงเทรา	11.2240	978309.465
105	SBM.3744/40	สะพานข้ามแม่น้ำวัง อ.เถิน จ.ลำปาง	169.1645	978412.869
106	SBM.4174/39	ท่อระบายน้ำสถานีจ่ายน้ำเขาหัวล้าน	36.5885	978309.622
107	SBM.4860/40	สะพานคอนกรีตแยกบ้านแยง อ.นครไทย	337.6053	978355.153
108	SBM.4965/39	สะพานแควโขมจ อ.กบินทร์บุรี จ.ปราจีนบุรี	17.4610	978306.104
109	SBM.5122	สะพานห้วยตาลวก อ.ปราสาท จ.สุรินทร์	159.4172	978301.895
110	SBM.5757	สะพานคลองลำนางรอง จ.บุรีรัมย์	179.4943	978296.676
111	SBM.6187/45	สะพานข้ามแม่น้ำวัง อ.เมือง จ.ลำปาง	232.4292	978421.318
112	SBM.6362	สะพานแม่น้ำเลย อ.วังสะพุง จ.เลย	252.6810	978399.908
113	SBM.6439	สะพานห้วยน้ำโมง อ.ท่าบ่อ จ.หนองคาย	171.0007	978425.362
114	SBM.6681	สะพานน้ำก้อใหญ่ อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์	147.5050	978366.306
115	SBM.6878/40	ท่อลอดคอนกรีต กม.0+550 อ.สี จ.ลำพูน	424.3029	978357.888
116	SBM.7232B/38	ปากทางแยกเข้าวัดเทพสุวรรณ	7.9305	978349.763

ลำดับ	หมายเลขหมุด	สถานที่ตั้งหมุด	ค่าระดับสูง (เมตร)	ค่าโน้มถ่วงพิภพ (มิลลิแกล)
117	SBM.7452/40	สะพานคลองตำ อ.แก่ง จ.ระยอง	4.3487	978270.993
118	SBM.7556	สะพานคลองวังใหม่ อ.วังสมบูรณ์	105.4253	978270.041
119	SBM.7571	สะพานข้ามคลองกระเบื้อง จ.สระแก้ว	42.0015	978309.754
120	SBM.7824/38	ตอม่อเสาไฟฟ้า No.9373 จ.ชัยนาท	15.8917	978371.187
121	SBM.7878/39	ท่อดูด กม.236+950 อ.ตากฟ้า	68.2134	978362.968
122	SBM.7898/38	สะพานคลองสมบูรณ์ อ.โคกสำโรง จ.ลพบุรี	26.3802	978360.582
123	SBM.8098	สะพานกิตติขจร กม.520+550 จ.ตาก	116.1190	978394.298
124	SBM.8670	สะพานห้วยตาเหิน อ.ปง จ.พะเยา	467.8535	978438.950
125	SBM.9558	สะพานห้วยหนองสอง อ.โพธิ์ชัย	164.1979	978420.516
126	SBM.9605/56	ท่อดูดหน้าวัดสามัคคีอุปถัมภ์ จ.บึงกาฬ	162.4196	978424.275
127	SBM.9651	ท่อดูด กม.210+512 อ.บึงโขงหลง	152.2562	978427.613
128	SBM.9825/44	เสาไฟฟ้า No.SD-SA-2 160 จ.ฉะเชิงเทรา	2.3754	978302.101
129	SBM.9834	สะพานคลองประเวศบุรีรมย์ อ.บ้านโพธิ์	4.7384	978307.711
130	SBM.9981	สะพานคลองชลประทาน จ.สุพรรณบุรี	15.9972	978357.080
131	SBM.11070/2	สะพานร้องโป่ง อ.เมือง จ.พะเยา	393.7346	978437.948
132	SBM.12145	สะพานข้ามคลองไม่มีชื่อ อ.เมือง จ.สุโขทัย	50.3978	978423.365
133	SBM.12261	สะพานคลองตรอน กม.80+710 อ.ตรอน	69.7155	978445.194
134	SBM.12333	สะพานคลองส่งน้ำ กม.8+365 จ.แพร่	181.1599	978451.453
135	SBM.12357	สะพานห้วยแม่โป่ง อ.งาว จ.ลำปาง	269.0968	978436.414
136	SBM.12517	สะพานแม่น้ำชี อ.เมือง จ.ขอนแก่น	157.3508	978356.949
137	SBM.12620	สะพานห้วยบง อ.ชุมแพ จ.ขอนแก่น	220.9256	978349.891
138	SBM.12629	สะพานห้วยน้ำพุ อ.คอนสาร จ.ชัยภูมิ	244.3503	978339.837
139	SBM.12710	สี่แยกหนองบัว อ.หนองบัว จ.นครสวรรค์	48.0441	978395.493
140	SBM.12764R/45	สะพานห้วยทอง อ.เมือง อ.หนองคาย	167.9720	978417.999
141	SBM.12800-1	วัดศรีสุธาทิพย์ อ.หนองหาน อ.อุดรธานี	190.1275	978411.186
142	SBM.12996	สะพานลำน้ำปี้ อ.เชียงม่วน อ.พะเยา	264.3625	978447.065
143	SBM.13054	สะพานห้วยบักเฒ่า อ.เมือง จ.มหาสารคาม	145.1383	978357.120

ลำดับ	หมายเลขหมุด	สถานที่ตั้งหมุด	ค่าระดับสูง (เมตร)	ค่าโน้มถ่วงพิภพ (มิลลิแกล)
144	SBM.13128	สะพานห้วยวังหมู อ.เมือง จ.อำนาจเจริญ	153.6973	978341.384
145	SBM.13184	สะพานห้วยแซ่ อ.เมือง จ.มุกดาหาร	140.0355	978390.250
146	SBM.13249	สะพานห้วยแสง อ.โขงเจียม	108.3471	978323.536
147	SBM.13497	สะพานห้วยจอกขวาง อ.วาปีปทุม	141.5201	978326.323
148	SBM.13539	สะพานคลองหนองตาหลูบ อ.นครไทย	200.9396	978378.581
149	SBM.13580	สะพานคลองตรอน อ.ทองแสนขัน	79.4471	978434.051
150	SBM.13640	สะพานข้ามห้วยระเทว จ.ชัยภูมิ	206.5331	978328.802
151	SBM.13754	สะพาน กม.38+760 อ.แก้งคร้อ จ.ชัยภูมิ	190.3270	978340.984
152	SBM.13808	สะพานห้วยไต้ อ.อุซันต์ จ.ศรีสะเกษ	157.3108	978296.048
153	SBM.13963	สะพานห้วยลาดแก้ว อ.วังสามหมอ	212.4864	978401.548
154	SBM.14052	สะพานแม่น้ำสา อ.เวียงสา จ.น่าน	191.5297	978453.601
155	SBM.14054	สะพานแม่น้ำน่าน อ.เวียงสา จ.น่าน	191.7549	978450.489
156	SBM.14189	สะพานห้วยเชียง อ.เมือง จ.หนองบัวลำภู	218.6011	978394.969
157	SBM.14192	ท่าลอดห้วยไฮน้อย อ.เมือง จ.หนองบัวลำภู	240.1828	978399.740
158	SBM.14388	สะพานคลองวังพยอม อ.วิเชียรบุรี จ.พิจิตร	40.8529	978409.798
159	SBM.14414	สะพานลำทวน อ.เมือง จ.ยโสธร	128.5277	978334.784
160	SBM.14460	สะพานข้ามแม่น้ำมูล จ.อุบลราชธานี	121.1528	978323.113
161	SBM.14461	สะพานกุดศรีมังคละ อ.วารินชำราบ	115.9416	978324.458
162	SBM.14474	เสาไฟฟ้า NO.458 SA-2 อ.วานรนิวาส	169.1328	978424.268
163	SBM.14480	สะพานข้ามห้วยไม่มีชื่อ อ.วานรนิวาส	163.6545	978414.694
164	SBM.14499	ท่าลอดหน้าโรงสีข้าว อ.พรเจริญ จ.บึงกาฬ	157.2583	978419.845
165	SBM.14524	สะพานข้ามแม่น้ำปิง อ.เมือง จ.เชียงใหม่	309.1586	978427.416
166	SBM.15739	สะพานห้วยหม่องหว้า อ.แม่ระมาด จ.ตาก	195.7499	978382.631
167	SBM.16178	สะพานห้วยใหญ่ อ.โพธารอง จ.ร้อยเอ็ด	143.8902	978372.002
168	SBM.16191	สวนเฉลิมครองราชย์ 60 ปี อ.ภูฉินารายณ์	166.8901	978383.657
169	SBM.16561	น๊อตเสาไฟส่องสว่าง อ.บ้านดุง	176.2995	978429.474

ลำดับ	หมายเลขหมุด	สถานที่ตั้งหมุด	ค่าระดับสูง (เมตร)	ค่าโน้มถ่วงพิภพ (มิลลิแกล)
170	SBM.6840-1/40	สะพานคลองลาดลำภู อ.บางขุนเทียน กทม.	2.2003	978301.971
171	SBM.7652-2/47	สะพานคลองสิบสาม จ.ปทุมธานี	5.5217	978326.271
172	SBM.8548-1/43	สะพานคลองบางจาก กทม.	1.6159	978301.481
173	SBM.8810	สะพานคลองพระยาบันลือ จ.ปทุมธานี	6.2966	978339.097
174	SBM.8852/47	สะพานคลองเชียงราก อ.บางปะอิน	4.5792	978325.731
175	SBM.10366/48	สะพานคลองนายจันทร์ อ.ตะกั่วทุ่ง จ.พังงา	8.9877	978123.900
176	SBM.10546	สะพานห้วยเกตุ กม.637+884 จ.ระนอง	9.8259	978157.274
177	SBM.10880	หน้าสนามกีฬาเทศบาลตรัง จ.ตรัง	12.1369	978132.409
178	SBM.15366	สะพานคลองพุ่มดวง จ.สุราษฎร์ธานี	9.6002	978162.763
179	SBM.กทม.470/43	สะพานคลองประเวศน์ฯ กรุงเทพฯ	2.2885	978309.695

3.1.3 ชุดข้อมูลค่าระดับสูงและค่าความโน้มถ่วงพิภพของหมุดหลักฐานการแผนที่ จากรายงานผลการปรับแก้โครงข่ายความโน้มถ่วงพิภพ กองยื่อเดซีและยื่อฟิสิกส์ กรมแผนที่ทหาร (กรมแผนที่ทหาร, 2557) ซึ่งข้อมูลค่าระดับสูงเป็นข้อมูลที่ได้จากการสำรวจระดับชั้นที่ 1 และข้อมูลค่าความโน้มถ่วงพิภพเป็นข้อมูลที่ได้จากการสำรวจจริงวัดค่าความโน้มถ่วงพิภพแบบสัมพัทธ์ รายละเอียดตามตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ข้อมูลการปรับแก้โครงข่ายความโน้มถ่วงพิภพ

ลำดับ	หมายเลขหมุด	สถานที่ตั้งหมุด	ค่าระดับสูง (เมตร)	ค่าโน้มถ่วงพิภพ (มิลลิแกล)
1	PBM.1770	สำนักสงฆ์ต้นโพธิ์ อ.หลังสวน จ.ชุมพร	8.7947	978182.622
2	PBM.555-1R	โรงเรียนอ่าวลึกประชาสรรค์ อ.อ่าวลึก	24.3265	978149.088
3	PBM.365	วัดพานิชรัตนานุกุล อ.เหนือคลอง จ.กระบี่	23.7135	978133.342
4	RBM.5	วัดเขาหลวง อ.ปากท่อ จ.ราชบุรี	5.6449	978294.093
5	RBM.11	วัดเขาพระศรีสรรเพชญ์ อ.อุททอง จ.สุพรรณบุรี	33.5203	978323.213
6	PBM.1408	ป.พัน.21 รอ. อ.เมือง จ.ชลบุรี	57.3712	978268.560
7	PBM.1624	โรงเรียนบ้านน้ำปาดชนูปถัมภ์ อ.น้ำปาด	149.7320	978412.781

ลำดับ	หมายเลขหมวด	สถานที่ตั้งหมวด	ค่าระดับสูง (เมตร)	ค่าโน้มถ่วงพิภพ (มิลลิแกล)
8	GPS.0140	โรงเรียนบ้านพังโคน อ.พังโคน จ.สกลนคร	164.5643	978416.172
9	GPS.0160	ที่ว่าการ อ.เขมราฐ จ.อุบลราชธานี	141.1293	978356.100

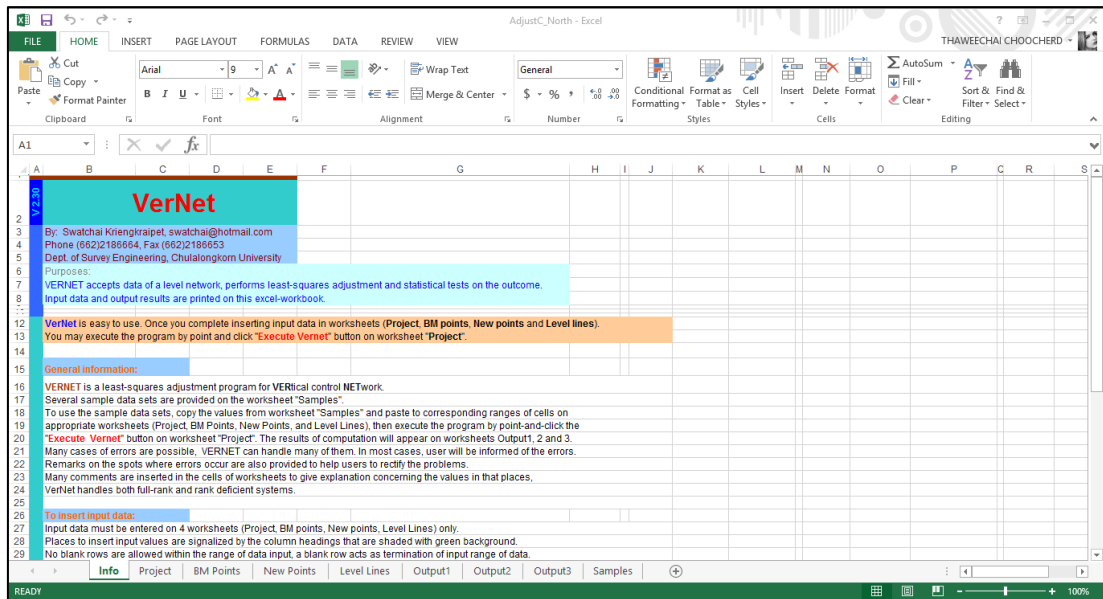
ทั้งนี้ การศึกษาในครั้งนี้จะทำการคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกที่บริเวณหมวดชุมทางของโครงข่ายระดับชั้นที่ 1 โดยเฉพาะในพื้นที่ศึกษาตอนบนเกาะหลัก และพื้นที่ศึกษาตอนใต้เกาะหลัก ซึ่งข้อมูลในชุดข้อมูลที่ 3.1.2 ยังไม่ครบถ้วนนั้น จึงได้นำชุดข้อมูลที่ 3.1.3 มาใช้เป็นข้อมูลเพิ่มเติมในการคำนวณ และสำหรับข้อมูลหมวดหลักฐานการแผนที่ที่ใช้ในการศึกษาทั้งหมด ทั้งค่าระดับสูง และค่าความโน้มถ่วงพิภพ ผ่านการคำนวณและตรวจสอบตามมาตรฐานเกณฑ์การสำรวจของกรมแผนที่ทหาร ก่อนนำมาใช้สำหรับการศึกษา

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

3.2.1 โปรแกรม VERNET

โปรแกรม VERNET เป็นโปรแกรมสำหรับการคำนวณปรับแก้โครงข่ายทางดิ่ง โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least-square) ซึ่งพัฒนามาบนโปรแกรม Microsoft Office Excel โดย รศ.สวัสดีชัย เกரியงไกรเพชร อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผู้ใช้งานสามารถใส่ข้อมูลสำหรับการคำนวณปรับแก้และค่าพารามิเตอร์ที่โปรแกรมกำหนด โปรแกรมจะทำการคำนวณพร้อมทั้งแสดงค่าพารามิเตอร์ รวมทั้งค่าสถิติต่าง ๆ



รูปที่ 3.1 โปรแกรม VERNET

	A	B	H	I
1	This worksheet contains project data.			
2				
3	Items	Values	Remarks	
4	Project title	DeltaC		
5	Number of new points (w unknown elevation)	32		
6	Number of observations (level lines)	50		
7	Number of BMs tied to the level net	1	Ok	
8	(A priori variance of unit weight) x 10,000	1	Ok	
9	Significance level of statistical test	0.05		
10				
11	Execute VerNet			
12				
13				
14				

รูปที่ 3.2 ค่าพารามิเตอร์โปรแกรม VERNET

	A	B	C	D
1	[Output3] This worksheet contains statistical test and conclusion.			
6	Project title	DeltaC		
7	Number of observations (level lines) = n	220		
8	Number of new points (w unknown elevation) = u	128		
9	Number of BMs tied to the level net	1		
10	A priori variance of unit weight (sigma0sq)	0.000100		
11	Degrees of freedom = (n - u)	92		
12	VPV	0.006770		
13	A posteriori variance of unit weight = VPV / (n-u)	0.000074		
14	Statistical test value = VPV / sigma0sq	67.704171		
15	Significance level	0.05		
16	Reference chi-square value(s)	115.3898	67.3556	120.4271
17	Statistical test result (one-tailed upper bound)	Not reject Ho		
18	Statistical test result (two-tailed)	Not reject Ho		
19				
20				
21	To perform advanced statistical tests on the parameters:			
22	1 Adjustment of data must be done and reiterated until convergence is achieved.			
23	2 Statistical tests on this worksheet must be positive, i.e., Ho is not rejected.			
24	3 Unhide "Constraints" worksheet (if it is hidden) and follow the instruction on it.			
25	4 Condition:- matrices A and inv(A*PA) must exists on "Output1" worksheet.			
26				
27	UnHide / Hide "Constraints" works heet			
28				

รูปที่ 3.3 ค่าทางสถิติโปรแกรม VERNET

3.2.2 โปรแกรมคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกแบบเฮลเมิร์ท

โปรแกรมคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริก เป็นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นโดยภาษา Java Script ซึ่งจะทำงานและแสดงผลผ่าน Web Browser

```

1 <html>
2 <head>
3 <script type="text/javascript">
4 var data = [];
5 data[data.length]=[0.0020132,978.307152,1.96953];
6 data[data.length]=[0.0022773,978.303201,2.2279];
7 data[data.length]=[0.0010779,978.307607,1.05442];
8 data[data.length]=[0.0000652,978.310026,0.06378];
9 data[data.length]=[0.0004724,978.310583,0.46215];
10 data[data.length]=[0.0024679,978.315364,2.41437];
11 data[data.length]=[0.0029143,978.3131,2.85108];
12 data[data.length]=[0.004328,978.310264,4.03953];
13 data[data.length]=[0.0039259,978.311914,3.84073];
14 data[data.length]=[0.0053822,978.316614,5.26547];
15 data[data.length]=[0.0047124,978.323307,4.6102];
16 data[data.length]=[0.0025078,978.318063,2.45339];
17 data[data.length]=[0.0015864,978.29773,1.53143];
18 data[data.length]=[0.004125,978.308145,4.0364];
19 data[data.length]=[0.0050307,978.314171,4.92158];
20 data[data.length]=[0.0032909,978.319318,3.2195];
21 data[data.length]=[0.0032306,978.320358,3.16052];
22 data[data.length]=[0.0034705,978.328333,3.39522];
23 data[data.length]=[0.0041131,978.323429,4.02389];
24 data[data.length]=[0.0022003,978.301923,2.15257];
25 data[data.length]=[0.0023615,978.320983,2.31027];
26 data[data.length]=[0.0052862,978.308511,5.17153];
27 data[data.length]=[0.0034366,978.318991,3.36203];
28 data[data.length]=[0.001779,978.306959,1.74109];
29 data[data.length]=[0.0029005,978.311066,2.73973];
30 data[data.length]=[0.0050429,978.307868,4.9335];
31 data[data.length]=[0.0017777,978.301353,1.73914];
32 data[data.length]=[0.0030266,978.315613,2.96093];
33 data[data.length]=[0.0011285,978.311732,1.104];
34 data[data.length]=[0.002851,978.304665,2.63683];
35 data[data.length]=[0.0034942,978.305765,3.41839];
36 data[data.length]=[0.0069453,978.309462,6.79463];

```

รูปที่ 3.4 การพัฒนารหัสชุดคำสั่งโปรแกรมคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริก

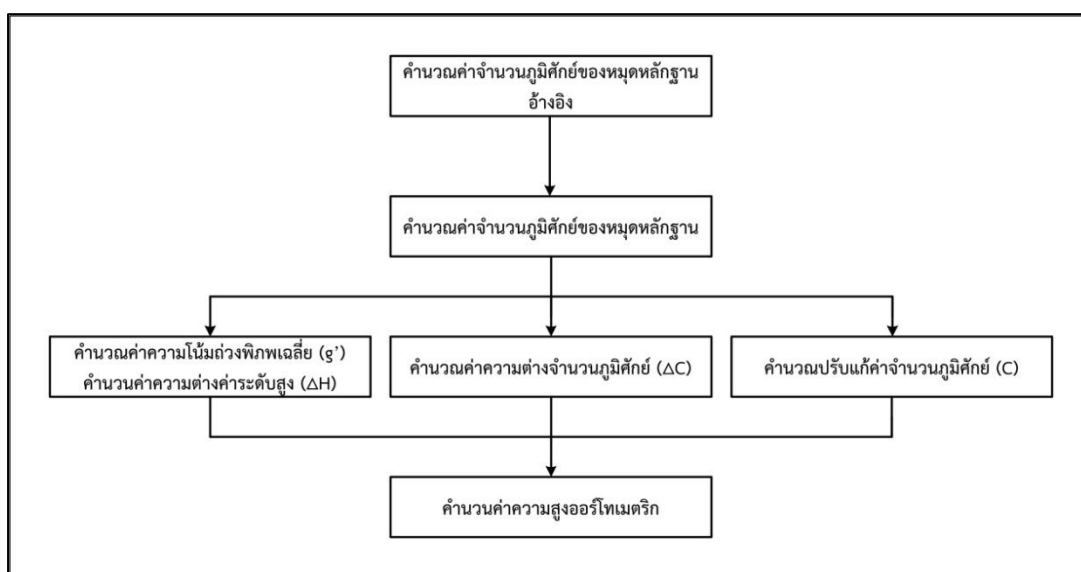
No. of BM.	Iteration	Diff	gp (gals.)	Cp (g.p.u)	Hp (Km.)	Hp new (Km.)	Compar Original Hp (Km.)
1	1	0.00000001911207	978.307152	1.96953000	0.00201320	0.00201320	0.00000000
2	1	0.000000010120044	978.303201	2.22790000	0.00227730	0.00227731	0.00000001
3	1	0.00000000012186	978.307607	1.05442000	0.00107780	0.00107780	0.00000000
4	1	0.000000005942707	978.310025	0.06378000	0.00006520	0.00006519	0.00000001
5	1	0.000000004015975	978.310583	0.46215000	0.00047240	0.00047240	0.00000000
6	1	0.000000015071881	978.315364	2.41437000	0.00246790	0.00246788	0.00000002
7	1	0.000000018631496	978.313100	2.85108000	0.00291430	0.00291428	0.00000002
8	1	0.00000001900424	978.310264	4.03925000	0.00412880	0.00412880	0.00000000
9	1	0.000000034690067	978.319184	3.84075000	0.00392590	0.00392587	0.00000003
10	1	0.000000027504502	978.316614	5.26547000	0.00538220	0.00538217	0.00000003
11	1	0.000000052838832	978.323307	4.61020000	0.00471240	0.00471235	0.00000005
12	1	0.000000037109653	978.318063	2.45339000	0.00250780	0.00250776	0.00000004
13	1	0.000000023131564	978.297730	1.53145000	0.00156540	0.00156542	0.00000002
14	1	0.000000002348169	978.308145	4.03640000	0.00412590	0.00412590	0.00000000
15	1	0.000000026753268	978.314171	4.92158000	0.00503070	0.00503067	0.00000003
16	1	0.000000052644153	978.319318	3.21950000	0.00329090	0.00329085	0.00000005
17	1	0.000000043126025	978.320358	3.16052000	0.00323060	0.00323056	0.00000004
18	1	0.000000070518603	978.328333	3.39522000	0.00347050	0.00347043	0.00000007
19	1	0.000000053983289	978.323429	4.02389000	0.00411310	0.00411305	0.00000005
20	1	0.000000012341333	978.301923	2.15257000	0.00220030	0.00220031	0.00000001
21	1	0.000000036018651	978.320983	2.31027000	0.00236150	0.00236146	0.00000004
22	1	0.00000005760625	978.308511	5.17153000	0.00528620	0.00528619	0.00000001
23	1	0.000000028414999	978.314991	3.36205000	0.00343660	0.00343657	0.00000003
24	1	0.00000003096397	978.306959	1.74109000	0.00177970	0.00177970	0.00000000
25	1	0.000000010705048	978.311066	2.73975000	0.00280050	0.00280049	0.00000001
26	1	0.000000010043671	978.307868	4.93350000	0.00504290	0.00504289	0.00000001
27	1	0.000000013851333	978.301353	1.73914000	0.00177770	0.00177771	0.00000001
28	1	0.000000041315668	978.315613	2.96093000	0.00302660	0.00302656	0.00000004

รูปที่ 3.5 การแสดงผลการคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกผ่านเว็บเบราว์เซอร์

3.3 การคำนวณค่าตัวแปรสำหรับการคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริก

การคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกในการศึกษานี้ เป็นการคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกของหมุดหลักฐานการแผนที่บริเวณหมุดชุมทาง ของแต่ละพื้นที่ศึกษา

ขั้นตอนการคำนวณค่าตัวแปรสำหรับการคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริก มีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริก

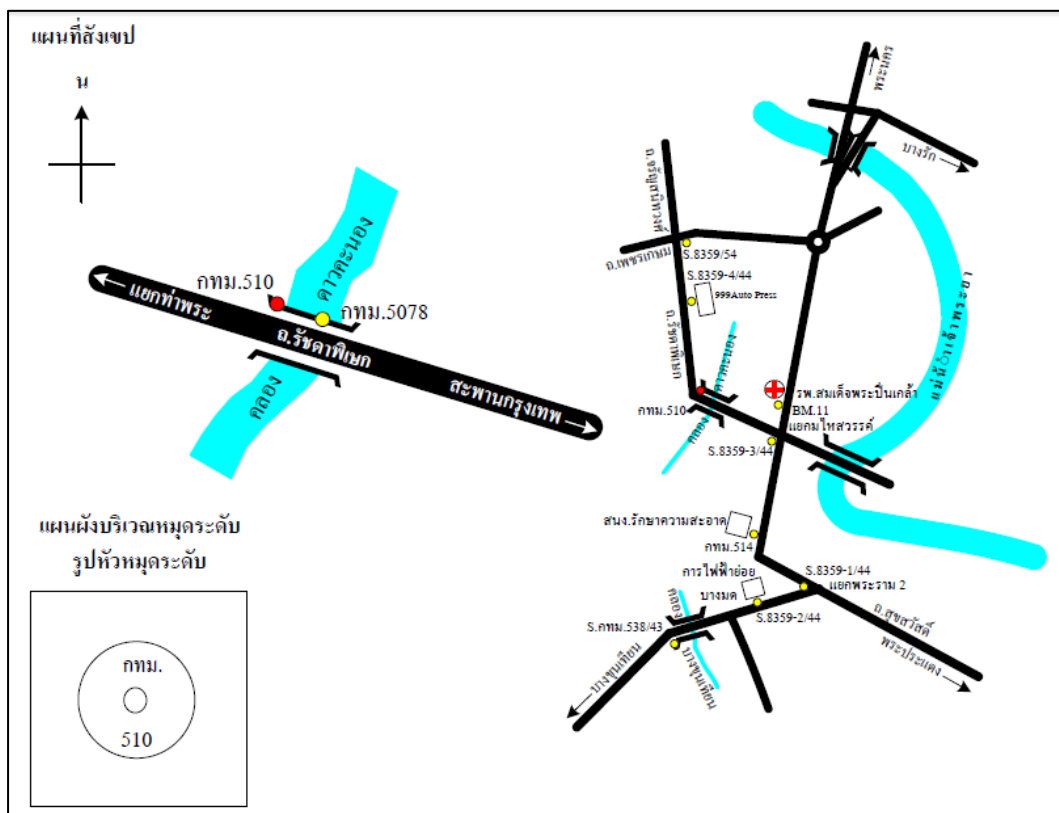
3.3.1 การคำนวณค่าจำนวนภูมิศาสตร์ของหมุดหลักฐานอ้างอิง

โดยปกติค่าความสูงออร์โทเมตริกของหมุดหลักฐาน จะอ้างอิงค่าระดับสูงจากหมุดหลักฐาน BMA ที่เกาะหลัก ซึ่งค่าจำนวนภูมิศาสตร์จึงควรจะอ้างอิงมาจากหมุด BMA เช่นกัน แต่เนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องของข้อมูลการสำรวจ ทำให้ไม่ทราบค่าศักย์ (W_0) ที่เกาะหลัก ในการศึกษานี้ จึงได้กำหนดหมุดอ้างอิงของแต่ละพื้นที่ศึกษา เพื่อใช้เป็นหมุดอ้างอิงในการคำนวณค่าจำนวนภูมิศาสตร์ (Geopotential Number, C) โดยอาศัยความสัมพันธ์จากสมการการคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริก (สมการที่ 2.2) ในการคำนวณค่าจำนวนภูมิศาสตร์เนื่องจากทราบค่าระดับสูงของหมุดหลักฐาน (H) และค่าความโน้มถ่วงพิภพของหมุดหลักฐาน (g) จึงสามารถคำนวณหาค่าจำนวนภูมิศาสตร์ (Hwang & Hsiao) เพื่อกำหนดเป็นค่าอ้างอิงได้ ตามสมการที่ 3.1

$$C = H_0 (g + 0.0424H_0) \quad (3.1)$$

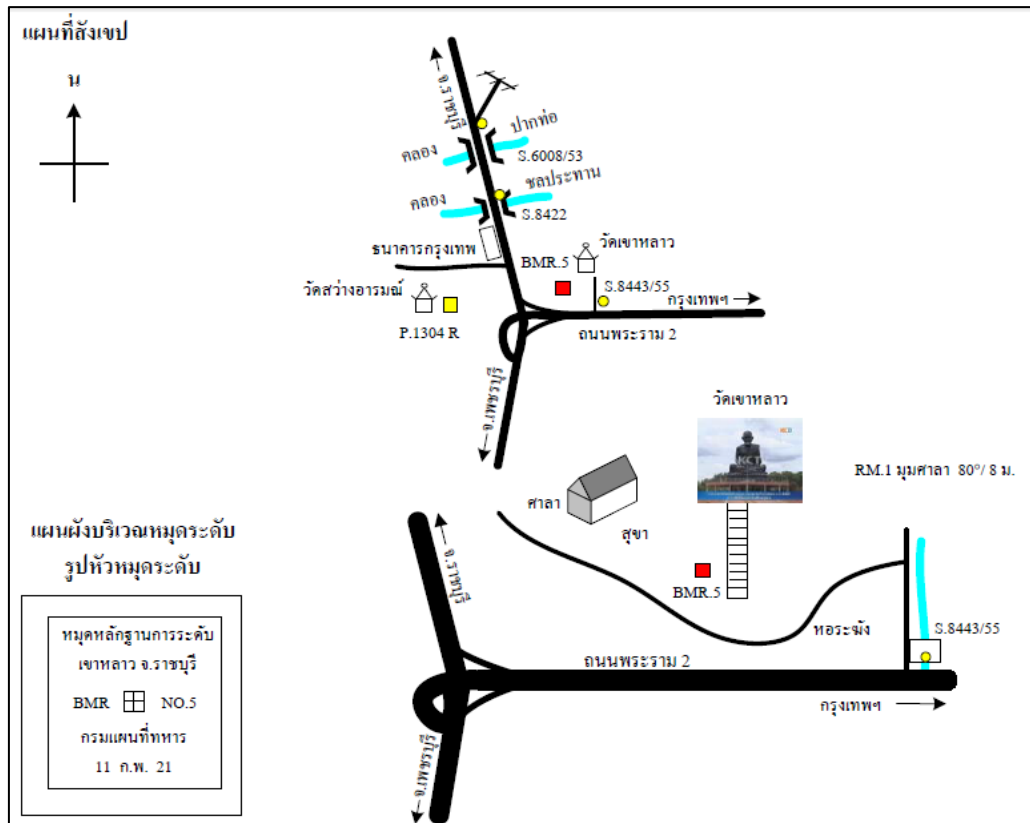
การคำนวณค่าจำนวนภูมิศักย์ของหมุดอ้างอิง แบ่งออกเป็น 3 หมุดหลักฐาน ตามพื้นที่ศึกษา คือ

3.3.1.1 พื้นที่ศึกษาเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล กำหนดให้หมุดหลักฐาน กทม.510 สถานที่ตั้ง สะพานคลองดาวคะนอง ถ.รัชดา – ท่าพระ เขตธนบุรี กรุงเทพมหานคร เป็นหมุดหลักฐานอ้างอิง มีค่าระดับสูง 2.0132 เมตร ค่าความโน้มถ่วงพิภพ 978307.152 มิลลิแกล ผลการคำนวณค่าจำนวนภูมิศักย์ของหมุดหลักฐาน กทม.510 เท่ากับ 1.96953 g.p.u



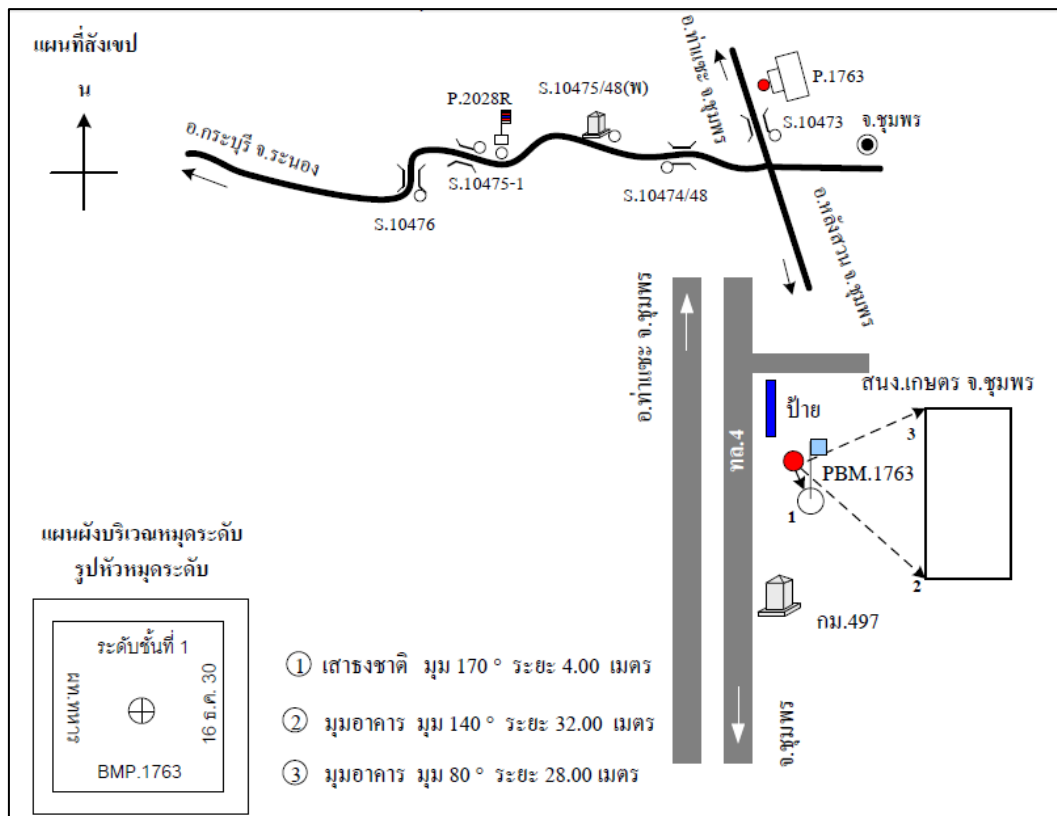
รูปที่ 3.7 แผนที่สังเขปที่ตั้งหมุดหลักฐาน กทม.510

3.3.1.2 พื้นที่ศึกษาตอนบนเกาะหลัก กำหนดให้หมุดหลักฐาน RBM.5 สถานที่ตั้ง วัดเขาหลวง ต.วังมะนาว อ.ปากท่อ จ.ราชบุรี เป็นหมุดหลักฐานอ้างอิง มีค่าระดับสูง 5.6449 เมตร ค่าความโน้มถ่วงพิภพ 978294.093 มิลลิแกล ผลการคำนวณค่าจำนวนภูมิศักย์ของหมุดหลักฐาน RBM.5 เท่ากับ 5.52237 g.p.u



รูปที่ 3.8 แผนที่สังเขปที่ตั้งหมุดหลักฐาน RBM.5

3.3.1.3 พื้นที่ศึกษาตอนใต้เกาะหลัก กำหนดให้หมุดหลักฐาน PBM.1763 สถานที่ตั้ง สำนักงานเกษตรจังหวัดชุมพร อ.เมือง จ.ชุมพร เป็นหมุดหลักฐานอ้างอิง มีค่าระดับสูง 32.9379 เมตร ค่าความโน้มถ่วงพิภพ 978188.809 มิลลิแกล ผลการคำนวณค่าจำนวนภูมิศักร์ของหมุดหลักฐาน PBM.1763 ที่ได้จากการคำนวณเท่ากับ 32.21953 g.p.u



รูปที่ 3.9 แผนที่สังเขปที่ตั้งหมุดหลักฐาน PBM.1763

3.3.2 การคำนวณค่าจำนวนภูมิศักร์ของหมุดหลักฐาน

หลังจากทราบค่าจำนวนภูมิศักร์ของแต่ละหมุดหลักฐานอ้างอิงในแต่ละพื้นที่ศึกษาแล้ว ลำดับต่อไปจะคำนวณค่าจำนวนภูมิศักร์ของแต่ละหมุดหลักฐานที่อยู่ในโครงข่ายระดับในพื้นที่ศึกษา โดยมีขั้นตอนและรายละเอียดในการคำนวณดังนี้

3.3.2.1 การคำนวณค่าความโน้มถ่วงพิภพเฉลี่ยและค่าความต่างของค่าระดับสูงระหว่างหมุดหลักฐาน

ปกติแล้ว การคำนวณค่าจำนวนภูมิศักร์สำหรับคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกแบบเฮลเมิร์ตั้น จะใช้ค่าความโน้มถ่วงพิภพที่ได้จากการรังวัดในแต่ละหนึ่งการตั้งกล้องระดับ แต่เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านข้อมูลค่าความโน้มถ่วงพิภพ เป็นค่าความโน้มถ่วงพิภพที่มีเฉพาะที่หมุดหลักฐานการแผนที่บริเวณหมุดชุมทางเท่านั้น ในการศึกษาครั้งนี้ กำหนดให้ใช้ค่าความโน้มถ่วงพิภพเฉลี่ยสำหรับการคำนวณค่าจำนวนภูมิศักร์

ค่าความโน้มถ่วงพิภพเฉลี่ย (g') คือ ผลเฉลี่ยของผลรวมค่าความโน้มถ่วงพิภพระหว่างหมุดแรกออกกับหมุดเข้าบรรจุของแต่ละสายการระดับ มีหน่วยเป็น กิโลแกล (Kgal) คำนวณจากสมการที่ 3.2

$$g' = \frac{g_1 + g_2}{2} \quad (3.2)$$

โดยที่

g' คือ ค่าความโน้มถ่วงพิภพเฉลี่ย หน่วยเป็น กิโลแกล

g_1 คือ ค่าความโน้มถ่วงพิภพของหมุดแรกออก หน่วยเป็น กิโลแกล

g_2 คือ ค่าความโน้มถ่วงพิภพของหมุดเข้าบรรจุ หน่วยเป็น กิโลแกล

และค่าความต่างระดับสูง (ΔH) คือ ค่าความต่างของระดับสูงระหว่างหมุดออกกับหมุดเข้าของสายการระดับนั้นๆ มีหน่วยเป็น เมตร (m) คำนวณจากสมการที่ 3.3

$$\Delta H = H_2 - H_1 \quad (3.3)$$

โดยที่

ΔH คือ ค่าความต่างระดับสูง หน่วยเป็น เมตร

H_2 คือ ค่าระดับสูงของหมุดแรกออก หน่วยเป็น เมตร

H_1 คือ ค่าระดับสูงของหมุดเข้าบรรจุ หน่วยเป็น เมตร

สำหรับการคำนวณค่าความโน้มถ่วงพิภพเฉลี่ยและค่าความต่างของค่าระดับสูงของแต่ละสายการระดับ ใช้โปรแกรม Microsoft Excel Version 2010 ในการคำนวณ โดยแบ่งตามพื้นที่ศึกษา ผลการคำนวณมีดังนี้

● พื้นที่เขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

การคำนวณค่าความโน้มถ่วงเฉลี่ยพิภพและค่าความต่างระดับสูงในพื้นที่ศึกษาพื้นที่เขต
กรุงเทพมหานครและปริมณฑล มีทั้งหมด 50 สายการระดับ ผลการคำนวณแสดงในตารางที่ 3.4
ตารางที่ 3.4 ผลการคำนวณค่าความโน้มถ่วงพิภพเฉลี่ยและค่าความต่างระดับสูง พื้นที่เขต
กรุงเทพมหานครและปริมณฑล

สายระดับ	หมายเลข หมุดแรกออก	หมายเลข หมุดเข้าบรรจบ	ค่าโน้มถ่วงพิภพเฉลี่ย (กิโลแกล)	ค่าความต่างสูง (เมตร)
1	กทม.510	SBM.8289/43	0.978305177	0.2641
2	SBM.8289/43	SBM.8921/44	0.978305404	-1.1995
3	SBM.8289/43	PBM.1402	0.978306613	-2.2121
4	PBM.1402	PBM.1859	0.978310304	0.4072
5	SBM.8921/44	S.กทม.449/51	0.978311486	1.3901
6	S.กทม.449/51	PBM.1859	0.978312974	-1.9955
7	กทม.510	กทม.216	0.978302441	-0.4478
8	SBM.8921/44	กทม.216	0.978302669	0.4876
9	กทม.216	S.กทม.258/48	0.978302938	2.5605
10	SBM.6914/32	S.กทม.258/48	0.978310623	1.2116
11	S.กทม.449/51	SBM.6914/32	0.978314232	0.4464
12	PBM.1859	SBM.9853-1/47	0.978314884	3.4535
13	SBM.6914/32	SBM.8972	0.978311682	1.2145
14	SBM.8972	SBM.9853-1/47	0.978314724	-0.2029
15	S.กทม.258/48	SBM.8847/50	0.978311158	0.9048
16	SBM.8847/50	SBM.15474	0.978316745	-1.7398
17	SBM.15474	SBM.7647/42	0.978317966	2.0913
18	SBM.8972	SBM.7647/42	0.978313439	1.2534
19	SBM.9853-1/47	SBM.15494	0.978321246	0.7865
20	SBM.7647/42	PBM.2511	0.978317339	-2.8744
21	PBM.2511	SBM.15494	0.978320685	2.2046
22	SBM.15494	SBM.8850/47	0.978323368	-0.5993
23	PBM.2511	SBM.8850/47	0.978320746	1.6053
24	SBM.8821-3/47	SBM.8850/47	0.978325881	0.6426

สายระดับ	หมายเลข หมุดแรกออก	หมายเลข หมุดเข้าบรรจุ	ค่าโน้มถ่วงพิภพเฉลี่ย (กิโลแกล)	ค่าความต่างสูง (เมตร)
25	PBM.1696R	SBM.8821-3/47	0.978324346	0.2399
26	SBM.15474	PBM.1696R	0.978319838	-0.0603
27	SBM.8847/50	SBM.9691/51	0.978311341	0.2555
28	PBM.1696R	SBM.8799/43	0.978317675	0.2060
29	SBM.8821-3/47	SBM.8799/43	0.978321662	-0.0339
30	PBM.1709	SBM.8799/43	0.978310975	1.6569
31	SBM.9691/51	PBM.1709	0.978307735	-3.5065
32	กทม.510	SBM.9691/51	0.978307832	3.2730
33	กทม.510	SBM.6840-1/40	0.978304538	0.1871
34	SBM.6840-1/40	PBM.2256	0.978311453	0.1612
35	PBM.2256	PBM.1709	0.978313971	-0.5818
36	CI.45-1	SBM.8799/43	0.978313029	0.6361
37	PBM.2256	CI.45-1	0.978316025	0.4390
38	GPS.3167	CI.45-1	0.978306210	1.0228
39	SBM.7-3/45	GPS.3167	0.978303009	-0.9174
40	SBM.6840-1/40	SBM.7-3/45	0.978303294	0.4948
41	SBM.7-3/45	SBM.15591	0.978305215	0.7991
42	SBM.15591	PBM.2623	0.978308749	-2.3657
43	PBM.2623	SBM.15465	0.978313673	1.8981
44	SBM.15465	PBM.1298	0.978311741	2.0163
45	GPS.3167	PBM.1298	0.978304611	3.2652
46	SBM.5987/49	PBM.1298	0.978308665	-1.9024
47	SBM.15465	SBM.5987/49	0.978312538	3.9187
48	PBM.1032	SBM.5987/49	0.978304959	-1.7684
49	PBM.2623	PBM.1032	0.978306094	7.5852
50	SBM.15591	PBM.1032	0.978303111	5.2195

- พื้นที่ตอนบนเกาะหลัก

การคำนวณค่าความโน้มถ่วงเฉลี่ยพิภพและค่าความต่างระดับสูงในพื้นที่ศึกษาพื้นที่ตอนบนเกาะหลัก มีทั้งหมด 220 สายการระดับ ผลการคำนวณแสดงในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ผลการคำนวณค่าความโน้มถ่วงพิภพเฉลี่ยและค่าความต่างระดับสูง พื้นที่ตอนบนเกาะหลัก

สายระดับ	หมายเลข หมุดแรกออก	หมายเลข หมุดเข้าบรรจบ	ค่าโน้มถ่วงพิภพเฉลี่ย (กิโลแกล)	ค่าความต่างสูง (เมตร)
1	PBM.1025	SBM.4174/39	0.978314794	31.3669
2-1	SBM.4174/39	RBM.11	0.978316418	-3.0682
2-2	RBM.11	RBM.12	0.978331419	-25.8288
3-1	PBM.1714/33	SBM.8810	0.978319344	4.4955
3-2	SBM.8810	RBM.12	0.978339361	1.3949
4	PBM.1025	PBM.1714/33	0.978309779	-3.4205
5-1	RBM.13	SBM.7232B/38	0.978340996	-17.3922
5-2	SBM.7232B/38	RBM.12	0.978344694	-0.2390
6-1	RBM.13	RBM.14-1	0.978336041	-4.5556
6-2	RBM.14-1	PBM.800	0.978325829	-7.3659
7-1	PBM.800	PBM.804R	0.978300335	50.3334
7-2	PBM.804R	SBM.9834	0.978298289	-58.9962
8-1	PBM.1714/33	SBM.6840-1/40	0.978300781	0.3992
8-2	SBM.6840-1/40	SBM.8548-1/43	0.978301726	-0.5844
8-3	SBM.8548-1/43	S.กทม.470/43	0.978305588	0.6726
8-4	S.กทม.470/43	SBM.9834	0.978308703	2.4499
9-1	SBM.9834	SBM.9825/44	0.978304906	-2.3630
9-2	SBM.9825/44	PBM.1408	0.978285331	54.9958
10	PBM.800	SBM.7571	0.978310779	28.6003
11-1	SBM.7571	PBM.2187	0.978310653	60.8583
11-2	PBM.2187	PBM.2191	0.978292009	99.8114
11-3	PBM.2191	SBM.5757	0.978284571	-23.1769
12	PBM.800	PBM.988-1	0.978311263	163.1850
13-1	SBM.5757	PBM.985/38	0.978295374	11.7102

สายระดับ	หมายเลข หมุดแรกออก	หมายเลข หมุดเข้าบรรจุบ	ค่าโน้มถ่วงพิภพเฉลี่ย (กิโลแกล)	ค่าความต่างสูง (เมตร)
13-2	PBM.985/38	PBM.988-1	0.978302398	-14.6183
14	RBM.13	PBM.988-1	0.978321476	151.2635
15	RBM.13	PBM.649/38	0.978345963	4.6005
16	PBM.1896	RBM.19	0.978356044	-5.0099
17-1	PBM.649/38	SBM.7878/39	0.978361333	38.2902
17-2	SBM.7878/39	SBM.7824/38	0.978367078	-52.3217
17-3	SBM.7824/38	RBM.19	0.978379552	45.1867
18	PBM.649/38	PBM.652/38	0.978357404	18.0320
19-1	PBM.673R/39	PBM.854	0.978299514	80.3179
19-2	PBM.854	PBM.652/38	0.978325666	-270.6481
20	PBM.988-1	PBM.673R/39	0.978306765	61.6992
21	PBM.988-1	PBM.2308	0.978312933	-13.7560
22-1	SBM.5757	PBM.976-1R	0.978304062	-24.8722
22-2	PBM.976-1R	PBM.1386R	0.978316971	-18.7317
23	SBM.13808	SBM.5757	0.978296362	22.1835
24-1	SBM.13808	PBM.1371	0.978303416	-29.4516
24-2	PBM.1371	PBM.2432	0.978309986	20.6652
24-3	PBM.2432	PBM.2440	0.978318149	-15.9978
24-4	PBM.2440	SBM.14414	0.978330948	-3.9989
25-1	PBM.2371	GPS.0160	0.978351622	-33.8867
25-2	GPS.0160	SBM.13249	0.978339818	-32.7822
25-3	SBM.13249	SBM.14460	0.978323325	12.8057
26	SBM.14414	PBM.2371	0.978340964	46.4883
27	PBM.2350	SBM.14414	0.978340720	-16.9606
28-1	PBM.1386R	SBM.13497	0.978324409	5.6297
28-2	SBM.13497	PBM.2350	0.978336490	3.9682
29-1	SBM.12517	SBM.13054	0.978357035	-12.2125
29-2	SBM.13054	PBM.2350	0.978351888	0.3500
30-1	PBM.2308	PBM.2314	0.978327440	4.3227
30-2	PBM.2314	SBM.12517	0.978348343	-9.8021

สายระดับ	หมายเลข หมุดแรกออก	หมายเลข หมุดเข้าบรรจุบ	ค่าโน้มถ่วงพิภพเฉลี่ย (กิโลแกล)	ค่าความต่างสูง (เมตร)
30-3	SBM.12517	GPS.0101	0.978361881	4.3049
31	PBM.861	PBM.2308	0.978323655	-25.1102
32-1	SBM.12620	SBM.13754	0.978345438	-30.5986
32-2	SBM.13754	PBM.861	0.978336575	-2.3866
33-1	PBM.661/38	SBM.13640	0.978348258	124.6756
33-2	SBM.13640	PBM.861	0.978330484	-18.5927
34	PBM.652/38	PBM.661/38	0.978361412	33.9023
35	PBM.661/38	SBM.6681	0.978367010	65.6475
36-1	RBM.19	SBM.12710	0.978391705	-13.0343
36-2	SBM.12710	PBM.661/38	0.978381604	33.8134
37-1	RBM.19	PBM.1562R	0.978392284	17.3135
37-2	PBM.1562R	SBM.8098	0.978395475	37.7271
38	SBM.8098	PBM.77-1	0.978415387	-72.4462
39	SBM.6681	PBM.77-1	0.978401391	-103.8322
40-1	SBM.12620	SBM.12629	0.978344864	23.4247
40-2	SBM.12629	SBM.6681	0.978353072	-96.8453
41	GPS.0101	SBM.12620	0.978358352	59.2699
42	SBM.6681	PBM.434R	0.978357182	224.1521
43	PBM.434R	PBM.436	0.978380850	-126.4087
44-1	PBM.2327/40	SBM.14189	0.978405742	39.7353
44-2	SBM.14189	SBM.14192	0.978397355	21.5817
44-3	SBM.14192	SBM.6362	0.978399824	12.4982
44-4	SBM.6362	PBM.436	0.978406775	-7.4326
45-1	PBM.436	SBM.6439	0.978419502	-74.2477
45-2	SBM.6439	SBM.12764R/45	0.978421681	-3.0287
46-1	SBM.12764R/45	PBM.2330	0.978419400	7.1450
46-2	PBM.2330	PBM.2327/40	0.978418658	3.7488
47-1	PBM.2327/40	PBM.2323	0.978411283	2.4838
47-2	PBM.2323	GPS.0101	0.978386432	-19.6939
48-1	PBM.2350	PBM.2447	0.978369833	-0.1087

สายระดับ	หมายเลข หมุดแรกออก	หมายเลข หมุดเข้าบรรจุ	ค่าโน้มถ่วงพิภพเฉลี่ย (กิโลแกล)	ค่าความต่างสูง (เมตร)
48-2	PBM.2447	SBM.13963	0.978397279	67.1068
48-3	SBM.13963	GPS.0140	0.978408860	-47.9221
49-1	PBM.2327/40	SBM.12800-1	0.978413851	11.2617
49-2	SBM.12800-1	GPS.0140	0.978413679	-25.5632
50-1	SBM.9605/56	SBM.9651	0.978425944	-10.1634
50-2	SBM.9651	วงรอบ.399	0.978414532	11.2712
50-3	วงรอบ.399	PBM.516R	0.978401569	-18.5310
51-1	GPS.0140	PBM.507R	0.978413434	0.2677
51-2	PBM.507R	PBM.516R	0.978406192	-19.8356
52-1	PBM.2371	SBM.13184	0.978368697	-34.9805
52-2	SBM.13184	PBM.516R	0.978395969	4.9609
53	SBM.8098	SBM.3744/40	0.978403584	53.0455
54	PBM.77-1	SBM.12261	0.978440835	26.0427
55	PBM.434R	SBM.13580	0.978391055	-292.2100
56	PBM.1624	PBM.2280	0.978432228	-71.4341
57	SBM.14052	PBM.1624	0.978433191	-41.7977
58-1	PBM.2280	PBM.2284	0.978444980	87.8895
58-2	PBM.2284	PBM.2288	0.978439998	28.5934
59	SBM.6187/45	PBM.294	0.978423288	46.9026
60-1	PBM.2170	PBM.451R	0.978445792	-83.0776
60-2	PBM.451R	SBM.14524	0.978429632	-26.8126
61	SBM.12333	PBM.294	0.978438356	98.1719
62	SBM.12996	SBM.12333	0.978449259	-83.2026
63	SBM.12996	PBM.1648	0.978452643	-64.7540
64	PBM.1671	SBM.12996	0.978443456	-172.7958
65	PBM.1648	PBM.1671	0.978449034	237.5498
66-1	PBM.294	SBM.11070/2	0.978431603	114.4028
66-2	SBM.11070/2	PBM.2170	0.978448842	25.3142
67-1	PBM.1671	PBM.1679	0.978460295	-69.9806
67-2	PBM.1679	PBM.2172	0.978479271	32.9327

สายระดับ	หมายเลข หมุดแรกออก	หมายเลข หมุดเข้าบรรจุ	ค่าโน้มถ่วงพิภพเฉลี่ย (กิโลแกล)	ค่าความต่างสูง (เมตร)
67-3	PBM.2172	PBM.2170	0.978468767	18.9384
68	PBM.2308	PBM.1386R	0.978318819	-26.9398
69	PBM.861	PBM.673R/39	0.978317486	50.3450
70	RBM.5	PBM.1025	0.978307030	-0.4233
71-1	PBM.1408	PBM.1418-1	0.978264270	-41.8426
71-2	PBM.1418-1	SBM.7452/40	0.978265486	-11.1799
72-1	PBM.1408	PBM.2264	0.978270866	-2.7930
72-2	PBM.2264	SBM.7452/40	0.978272083	-50.2295
73-1	RBM.19	SBM.14388	0.978398857	-20.2255
73-2	SBM.14388	PBM.77-1	0.978423137	2.8199
74	SBM.7452/40	SBM.7571	0.978290374	37.6528
75	SBM.4174/39	PBM.1896	0.978316897	29.4998
76-1	RBM.12	SBM.9981	0.978348353	8.3057
76-2	SBM.9981	PBM.1896	0.978340626	50.0911
77	PBM.2288	SBM.12333	0.978446583	-13.6209
78	PBM.1648	SBM.14052	0.978455911	-8.0788
79	SBM.14414	SBM.14460	0.978328949	-7.3749
80-1	SBM.14460	PBM.1242-1	0.978317675	12.2803
80-2	PBM.1242-1	PBM.1238-1	0.978308354	22.7056
80-3	PBM.1238-1	SBM.13808	0.978300260	1.1721
81-1	SBM.12764R/45	SBM.9558	0.978419258	-3.7741
81-2	SBM.9558	SBM.9605/56	0.978422396	-1.7783
82-1	GPS.0140	SBM.14474	0.978420220	4.5685
82-2	SBM.14474	SBM.14480	0.978419481	-5.4783
82-3	SBM.14480	SBM.14499	0.978417270	-6.3962
82-4	SBM.14499	SBM.9605/56	0.978422060	5.1613
83-1	SBM.14524	BMP.1110R	0.978421855	-30.9959
83-2	BMP.1110R	SBM.3744/40	0.978414582	-108.9982
84	SBM.14524	SBM.6187/45	0.978424367	-76.7294
85	SBM.3744/40	SBM.6187/45	0.978417094	63.2647

สายระดับ	หมายเลข หมุดแรกออก	หมายเลข หมุดเข้าบรรจุบ	ค่าโน้มถ่วงพิภพเฉลี่ย (กิโลแกล)	ค่าความต่างสูง (เมตร)
86	SBM.3744/40	SBM.12261	0.978429032	-99.4490
87	SBM.12261	PBM.2280	0.978448435	8.5824
88	SBM.12261	SBM.13580	0.978439623	9.7316
89	SBM.13580	PBM.1624	0.978423416	70.2849
90	SBM.14052	PBM.2288	0.978447657	3.2511
91	PBM.451R	PBM.1136R	0.978420950	-106.0233
92	PBM.1136R	BMP.1110R	0.978413173	48.2148
93	PBM.2172	PBM.1679	0.978479271	-32.9327
94	SBM.14524	SBM.11070/2	0.978432682	84.5760
95	PBM.2284	SBM.6187/45	0.978429801	66.2418
96	PBM.976-1R	PBM.2584	0.978306813	-10.1059
97	PBM.2584	PBM.2432	0.978305683	4.0082
98	PBM.1386R	PBM.2595	0.978321530	2.4698
99	PBM.2595	PBM.2440	0.978323838	-5.8336
100	PBM.2584	PBM.2595	0.978311372	-6.1560
101	PBM.1371	PBM.1238-1	0.978307628	28.2795
102	PBM.1371	SBM.14460	0.978316949	-6.7064
103	PBM.1136R	SBM.8098	0.978402175	-113.8289
104	PBM.2447	SBM.16191	0.978388334	21.5105
105	PBM.2350	SBM.16178	0.978359329	-1.5981
106	SBM.16178	SBM.16191	0.978377830	22.9999
107	SBM.16191	SBM.13184	0.978386954	-26.8546
108	PBM.507R	SBM.16191	0.978397176	2.0581
109	SBM.16178	PBM.2694	0.978368680	8.7392
110	SBM.14414	PBM.2694	0.978350071	24.1017
111	PBM.2694	SBM.13184	0.978377804	-12.5939
112	PBM.507R	PBM.2702	0.978408036	-3.1803
113	PBM.2702	วงรอบ.399	0.978403414	1.8757
114	PBM.2702	PBM.2712	0.978406560	-11.9826
115	PBM.2712	SBM.14474	0.978416006	19.4637

สายระดับ	หมายเลข หมุดแรกออก	หมายเลข หมุดเข้าบรรจุ	ค่าโน้มถ่วงพิภพเฉลี่ย (กิโลแกล)	ค่าความต่างสูง (เมตร)
116	PBM.2712	SBM.9651	0.978417678	2.5871
117	SBM.14499	PBM.2723	0.978424119	23.4760
118	PBM.2723	SBM.9558	0.978424454	-16.5364
119	PBM.2723	PBM.2726	0.978432134	-9.0769
120	PBM.2726	SBM.14480	0.978425285	-8.0029
121	PBM.2726	SBM.16561	0.978432675	4.6421
122	SBM.16561	PBM.2330	0.978425137	-1.1825
123	SBM.16561	SBM.12800-1	0.978420330	13.8280
124	SBM.12800-1	PBM.2741	0.978405204	-9.1820
125	PBM.2323	PBM.2741	0.978402637	-0.4041
126	PBM.2741	SBM.13963	0.978400385	31.5409
127	PBM.2741	PBM.2752	0.978389197	-30.7044
128	PBM.2752	SBM.13054	0.978368146	-5.1028
129	GPS.0101	PBM.2752	0.978372992	-11.4146
130	PBM.2752	PBM.2447	0.978386091	-4.8615
131	SBM.13054	PBM.2762	0.978340813	29.8596
132	PBM.2314	PBM.2762	0.978332122	7.8450
133	PBM.2762	SBM.13497	0.978325415	-33.4778
134	PBM.2762	PBM.1386R	0.978323500	-39.1075
135	SBM.6439	SBM.14192	0.978412551	69.1821
136	SBM.6362	SBM.12629	0.978369873	-8.3307
137	SBM.14189	SBM.12620	0.978372430	2.3245
138	SBM.12629	PBM.861	0.978336002	-56.4099
139	SBM.13754	PBM.2314	0.978340361	-23.1741
140	PBM.854	SBM.13640	0.978312512	-112.0702
141	PBM.77-1	PBM.2822	0.978426230	6.5699
142	PBM.2822	SBM.12710	0.978405739	-2.1986
143	SBM.12710	SBM.7878/39	0.978379231	20.1693
144	SBM.6840-1/40	RBM.5	0.978298032	3.4446
145	SBM.8810	SBM.8852/47	0.978332414	-1.7174

สายระดับ	หมายเลข หมวดแรกออก	หมายเลข หมวดเข้าบรรจุ	ค่าโน้มถ่วงพิภพเฉลี่ย (กิโลแกล)	ค่าความต่างสูง (เมตร)
146	SBM.8852/47	RBM.14-1	0.978332793	16.1879
147	SBM.8852/47	S.กทม.470/43	0.978317713	-2.2907
148	SBM.9825/44	SBM.8548-1/43	0.978301791	-0.7595
149	GPS.0160	SBM.14460	0.978339607	-19.9765
150	SBM.13249	PBM.1242-1	0.978317886	25.0860
151	PBM.976-1R	PBM.988-1	0.978311085	21.9641
152	PBM.985/38	PBM.2191	0.978283269	11.4667
153	PBM.2187	SBM.7571	0.978310653	-60.8583
154	PBM.804R	PBM.2264	0.978281020	-9.1564
155	PBM.2264	PBM.1418-1	0.978266576	-39.0496
156	SBM.9981	SBM.7824/38	0.978364134	-0.1055
157	PBM.1562R	SBM.14388	0.978403225	-37.5390
158	SBM.14388	PBM.2822	0.978412891	9.3898
159	SBM.7824/38	SBM.7232B/38	0.978360475	-7.9612
160	SBM.7232B/38	SBM.8852/47	0.978337747	-3.3513
161	PBM.1896	RBM.11	0.978323693	-32.5680

* หมายเหตุ หมายเลขสายการระดับอ้างอิงตามกรมแผนที่ทหาร โดยที่หมายเลขสายการระดับที่มีเครื่องหมายขีด (-) คั่นกลาง หมายถึง สายการระดับที่มีการแบ่งออกจากสายการระดับเดิม เช่น สายการระดับที่ 2-1 , 2-2 เกิดจากการแบ่งสายการระดับที่ 2 เดิม ออกเป็น 2 สายการระดับใหม่ เป็นต้น

- พื้นที่ตอนใต้เกาะหลัก

การคำนวณค่าความโน้มถ่วงเฉลี่ยพิภพและค่าความต่างระดับสูงในพื้นที่ศึกษาพื้นที่ตอนใต้
เกาะหลัก มีทั้งหมด 26 สายการระดับ ผลการคำนวณแสดงในตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 ผลการคำนวณค่าโน้มถ่วงพิภพเฉลี่ยและค่าความต่างระดับสูง พื้นที่ตอนใต้เกาะหลัก

สายระดับ	หมายเลข หมวดแรกออก	หมายเลข หมวดเข้าบรรจุ	ค่าโน้มถ่วงพิภพเฉลี่ย	ค่าความต่างสูง
2	PBM.1763	PBM.1770	0.978185716	-24.1432
3	SBM.10546	PBM.1770	0.978169948	-1.0312
4	PBM.1763	SBM.10546	0.978173042	-23.1120

สายระดับ	หมายเลข หมุดแรกออก	หมายเลข หมุดเข้าบรรจุ	ค่าโน้มถ่วงพิภพเฉลี่ย	ค่าความต่างสูง
5	PBM.1770	SBM.15366	0.978172693	0.8055
6	PBM.2061	SBM.15366	0.978147571	0.6861
7	SBM.10546	PBM.2061	0.978144826	-0.9118
8	SBM.15366	PBM.1939	0.978152529	12.3580
9	PBM.1939	PBM.555-1R	0.978145691	2.3683
10+11	PBM.2061	PBM.555-1R	0.978140733	15.4124
12	PBM.1939	PBM.1946R	0.978143621	18.7746
13	PBM.365	PBM.1946R	0.978139145	17.0193
14	PBM.555-1R	PBM.365	0.978141215	-0.6130
15	PBM.1946R	PBM.1949-1	0.978134406	9.8843
16	PBM.1949-1	SBM.10880	0.978128137	-38.4802
17	PBM.365	SBM.10880	0.978132876	-11.5766
18	PBM.1949-1	PBM.1952-1	0.978125946	-32.1116
19	PBM.1952-1	PBM.1962R	0.978127982	0.4046
20	PBM.1962R	PBM.1975R	0.978127517	1.9041
21	SBM.10880	PBM.1975R	0.978129754	8.6773
22	PBM.1975R	PBM.1980R	0.978118305	-14.2271
23	SBM.15366	PBM.1794	0.978158614	-4.6801
24	PBM.1794	PBM.1952-1	0.978141247	13.5854
25	PBM.1794	PBM.1801	0.978153239	-3.0617
26	PBM.1801	PBM.1962R	0.978139974	17.0517
27	PBM.1801	PBM.2207	0.978135386	0.3092
28	PBM.2207	PBM.1980R	0.978114135	4.4195

* หมายเหตุ หมายเลขสายการระดับอ้างอิงตามกรมแผนที่ทหาร โดยที่หมายเลขสายการระดับที่มีเครื่องหมายบวก

(+) คั่นกลาง หมายถึง สายการระดับที่มีการรวมกันของสายการระดับ 2 สายการระดับ เช่น สายการระดับที่

10+11 เกิดจากการต่อรวมกันของสายการระดับที่ 2 เดิม คือ สายการระดับที่ 10 และสายการระดับที่ 11

3.3.2.2 การคำนวณค่าความต่างของจำนวนภูมิภาคระหว่างหมวดหลักฐานสายการ ระดับ

ในการศึกษานี้ กำหนดให้ค่าความต่างของจำนวนภูมิภาคระหว่างหมวดหลักฐาน (ΔC) คือ ผลคูณระหว่างค่าโน้มถ่วงพิภพเฉลี่ย (g) หน่วยเป็นกิโลแคล กับค่าความต่างระดับสูง (ΔH) หน่วยเป็น เมตร ดังสมการที่ 3.4

$$\Delta C = g' \Delta H \quad (3.4)$$

ขั้นตอนการคำนวณค่าความต่างของจำนวนภูมิภาคระหว่างหมวดหลักฐานของแต่ละสายการระดับ หรือ ค่า ΔC นั้น ใช้โปรแกรม Microsoft Excel Version 2010 ในการคำนวณ แบ่งตามพื้นที่ศึกษา ผลการคำนวณมีดังนี้

- พื้นที่เขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

การคำนวณค่าความต่างของจำนวนภูมิภาคระหว่างหมวดหลักฐานของแต่ละสายการระดับในพื้นที่ศึกษาพื้นที่เขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล มีทั้งหมด 50 สายการระดับ ผลการคำนวณแสดงในตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 ผลการคำนวณค่าความต่างจำนวนภูมิภาค พื้นที่เขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

สายระดับ	ค่าความต่างจำนวนภูมิภาค (g.p.u)	สายระดับ	ค่าความต่างจำนวนภูมิภาค (g.p.u)
1	0.25837	2	-1.17348
3	-2.16411	4	0.39837
5	1.35995	6	-1.95222
7	-0.43808	8	0.47702
9	2.50494	10	1.18532
11	0.43672	12	3.37861
13	1.18816	14	-0.19850
15	0.88518	16	-1.70208
17	2.04596	18	1.22622
19	0.76945	20	-2.81208
21	2.15681	22	-0.58631
23	1.57050	24	0.62867

สายระดับ	ค่าความต่างจำนวนภูมิศักร์ (g.p.u)	สายระดับ	ค่าความต่างจำนวนภูมิศักร์ (g.p.u)
25	0.23470	26	-0.05899
27	0.24996	28	0.20153
29	-0.03317	30	1.62096
31	-3.43044	32	3.20200
33	0.18304	34	0.15770
35	-0.56918	36	0.62230
37	0.42948	38	1.00061
39	-0.89750	40	0.48406
41	0.78176	42	-2.31439
43	1.85694	44	1.97257
45	3.19436	46	-1.86113
47	3.83371	48	-1.73003
49	7.42065	50	5.10625

- พื้นที่ตอนบนเกาะหลัก

การคำนวณค่าความต่างของจำนวนภูมิศักร์ระหว่างหมวดหลักฐานของแต่ละสายการระดับในพื้นที่ศึกษาพื้นที่ตอนบนเกาะหลัก มีทั้งหมด 220 สายการระดับ ผลการคำนวณแสดงในตารางที่ 3.8 ตารางที่ 3.8 ผลการคำนวณค่าความต่างจำนวนภูมิศักร์ พื้นที่ตอนบนเกาะหลัก

สายระดับ	ค่าความต่างจำนวนภูมิศักร์ (g.p.u)	สายระดับ	ค่าความต่างจำนวนภูมิศักร์ (g.p.u)
1	30.68670	2-1	-3.00167
2-2	-25.26913	3-1	4.39803
3-2	1.36469	4	-3.34631
5-1	-17.01550	5-2	-0.23382
6-1	-4.45691	6-2	-7.20625
7-1	49.24118	7-2	-57.71588
8-1	0.39054	8-2	-0.57172
8-3	0.65801	8-4	2.39676
9-1	-2.31173	9-2	53.80158
10	27.97998	11-1	59.53832

สายระดับ	ค่าความต่างจำนวนภูมิศักร์ (g.p.u)	สายระดับ	ค่าความต่างจำนวนภูมิศักร์ (g.p.u)
11-2	97.64469	11-3	-22.67360
12	159.64572	13-1	11.45603
13-2	-14.30112	14	147.98433
15	4.50088	16	-4.90147
17-1	37.46165	17-2	-51.18983
17-3	44.20974	18	17.64174
19-1	78.57496	19-2	-264.78198
20	60.36074	21	-13.45767
22-1	-24.33257	22-2	-18.32554
23	21.70204	24-1	-28.81260
24-2	20.21697	24-3	-15.65094
24-4	-3.91225	25-1	-33.15311
25-2	-32.07213	25-3	12.52811
26	45.48141	27	-16.59325
28-1	5.50767	28-2	3.88223
29-1	-11.94819	29-2	0.34242
30-1	4.22902	30-2	-9.58987
30-3	4.21175	31	-24.56590
32-1	-29.93600	32-2	-2.33490
33-1	121.97616	33-2	-18.18981
34	33.16870	L35	64.22735
36-1	-12.75265	36-2	33.08241
37-1	16.93939	37-2	36.91202
38	-70.88248	39	-101.58957
40-1	22.91743	40-2	-94.74890
41	57.98720	42	219.30082
43	-123.67585	44-1	38.87725
44-2	21.11548	44-3	12.22824
44-4	-7.27211	45-1	-72.64540
45-2	-2.96335	46-1	6.99081
46-2	3.66790	47-1	2.43018
47-2	-19.26824	48-1	-0.10635

สายระดับ	ค่าความต่างจำนวนภูมิศักร์ (g.p.u)	สายระดับ	ค่าความต่างจำนวนภูมิศักร์ (g.p.u)
48-2	65.65711	48-3	-46.88741
49-1	11.01860	49-2	-25.01138
50-1	-9.94413	50-2	11.02791
50-3	-18.13076	51-1	0.26192
51-2	-19.40727	52-1	-34.22383
52-2	4.85372	53	51.89991
54	25.48124	55	-285.89565
56	-69.89343	57	-40.89626
58-1	85.99504	58-2	27.97693
59	45.89060	60-1	-81.28693
60-2	-26.23424	61	96.05515
62	-81.40952	63	-63.35872
64	-169.07092	65	232.43037
66-1	111.93531	66-2	24.76865
67-1	-68.47324	67-2	32.22396
67-3	18.53063	68	-26.35571
69	49.25339	70	-0.41412
71-1	-40.93312	71-2	-10.93691
72-1	-2.73231	72-2	-49.13812
73-1	-19.78861	73-2	2.75906
74	36.83537	75	28.86015
76-1	8.12587	76-2	49.00616
77	-13.32732	78	-7.90475
79	-7.21508	80-1	12.01403
80-2	22.21308	80-3	1.14667
81-1	-3.69265	81-2	-1.73993
82-1	4.46991	82-2	-5.36008
82-3	-6.25815	82-4	5.04993
83-1	-30.32707	83-2	-106.64543
84	-75.07391	85	61.89926
86	-97.30379	87	8.39744
88	9.52178	89	68.76839

สายระดับ	ค่าความต่างจำนวนภูมิศักร์ (g.p.u)	สายระดับ	ค่าความต่างจำนวนภูมิศักร์ (g.p.u)
90	3.18103	91	-103.73542
92	47.17400	93	-32.22396
94	82.75192	95	64.81295
96	-9.88667	97	3.92124
98	2.41626	99	-5.70715
100	-6.02248	101	27.66605
102	-6.56098	103	-111.37044
104	21.04562	105	-1.56352
106	22.50259	107	-26.27419
108	2.01364	109	8.55016
110	23.57990	111	-12.32159
112	-3.11163	113	1.83519
114	-11.72385	115	19.04360
116	2.53126	117	22.96948
118	-16.17962	119	-8.88113
120	-7.83024	121	4.54198
122	-1.15699	123	13.52960
124	-8.98372	125	-0.39537
126	30.85963	127	-30.04085
128	-4.99242	129	-11.16774
130	-4.75642	131	29.21287
132	7.67502	133	-32.75218
134	-38.25979	135	67.68863
136	-8.15051	137	2.27423
138	-55.18784	139	-22.67216
140	-109.63968	141	6.42816
142	-2.15112	143	19.73322
144	3.36985	145	-1.68019
146	15.83715	147	-2.24103
148	-0.74302	149	-19.54380
150	24.54208	151	21.48772
152	11.21768	153	-59.53832

สายระดับ	ค่าความต่างจำนวนภูมิศักร์ (g.p.u)	สายระดับ	ค่าความต่างจำนวนภูมิศักร์ (g.p.u)
154	-8.95753	155	-38.20092
156	-0.10322	157	-36.72828
158	9.18710	159	-7.78892
160	-3.27870	161	-31.86205

* หมายเหตุ หมายเลขสายการระดับอ้างอิงตามกรมแผนที่ทหาร โดยที่หมายเลขสายการระดับที่มีเครื่องหมายขีด (-) คั่นกลาง หมายถึง สายการระดับที่มีการแบ่งออกจากสายการระดับเดิม เช่น สายการระดับที่ 2-1 , 2-2 เกิดจากการแบ่งสายการระดับที่ 2 เดิม ออกเป็น 2 สายการระดับใหม่ เป็นต้น

- พื้นที่ตอนใต้เกาะหลัก

การคำนวณค่าความต่างของจำนวนภูมิศักร์ระหว่างหุุดหลักฐานของแต่ละสายการระดับในพื้นที่ศึกษาพื้นที่ตอนใต้เกาะหลัก มีทั้งหมด 26 สายการระดับ ผลการคำนวณแสดงในตารางที่ 3.9 ตารางที่ 3.9 ผลการคำนวณค่าความต่างจำนวนภูมิศักร์ พื้นที่ตอนใต้เกาะหลัก

สายระดับ	ค่าความต่างจำนวนภูมิศักร์ (g.p.u)	สายระดับ	ค่าความต่างจำนวนภูมิศักร์ (g.p.u)
2	-23.61653	3	-1.00869
4	-22.60754	5	0.78792
6	0.67111	7	-0.89187
8	12.08801	9	2.31654
10+11	15.07550	12	18.36426
13	16.64724	14	-0.59960
15	9.66817	16	-37.63857
17	-11.32345	18	-31.40919
19	0.39575	20	1.86245
21	8.48753	22	-13.91579
23	-4.57788	24	13.28844
25	-2.99481	26	16.67895
27	0.30244	28	4.32278

* หมายเหตุ หมายเลขสายการระดับอ้างอิงตามกรมแผนที่ทหาร โดยที่หมายเลขสายการระดับที่มีเครื่องหมายบวก (+) คั่นกลาง หมายถึง สายการระดับที่มีการรวมกันของสายการระดับ 2 สายการระดับ เช่น สายการระดับที่ 10+11 เกิดจากการต่อรวมกันของสายการระดับที่ 2 เดิม คือ สายการระดับที่ 10 และสายการระดับที่ 11

3.3.2.3 การคำนวณปรับแก้ค่าจำนวนภูมิศักร์

การคำนวณปรับแก้ค่าจำนวนภูมิศักร์ ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้การปรับแก้แบบกำลังสองน้อยที่สุด (Least-square) ด้วยวิธีสมการค่าสังเกต (Observation Equations) เพื่อคำนวณหาค่าจำนวนภูมิศักร์ของหมุดหลักฐานการแผนที่ โดยซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการคำนวณ เป็นการประยุกต์ใช้โปรแกรม VERNET ซึ่งเป็นโปรแกรมสำหรับคำนวณปรับแก้โครงข่ายทางดิ่ง

การกำหนดค่าน้ำหนักในการคำนวณครั้งนี้ทุกพื้นที่การศึกษากำหนดให้ค่าน้ำหนักเท่ากับ 1 เนื่องจากข้อมูลค่าระดับสูงและข้อมูลค่าความโน้มถ่วงพิภพที่ใช้ในการคำนวณครั้งนี้ เป็นข้อมูลที่ผ่านมาขั้นตอนการคำนวณปรับแก้แล้ว ผลการคำนวณปรับแก้ค่าจำนวนภูมิศักร์ของแต่ละพื้นที่ศึกษา มีดังนี้

- พื้นที่เขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

การคำนวณปรับแก้ค่าจำนวนภูมิศักร์ของหมุดหลักฐานการแผนที่บริเวณหมุดชุมทาง ในพื้นที่ศึกษาพื้นที่เขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล มีทั้งหมด 33 หมุด ผลการคำนวณแสดงในตารางที่ 3.10

ตารางที่ 3.10 ผลการคำนวณปรับแก้ค่าจำนวนภูมิศักร์ พื้นที่เขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

หมุดหลักฐาน	ค่าจำนวนภูมิศักร์ (g.p.u)	หมุดหลักฐาน	ค่าจำนวนภูมิศักร์ (g.p.u)
กทม.510	1.96953	SBM.8821-3/47	3.39520
SBM.8289/43	2.22790	SBM.8850/47	4.02387
SBM.8921/44	1.05442	SBM.6840-1/40	2.15257
PBM.1402	0.06379	PBM.2256	2.31027
PBM.1859	0.46216	SBM.9691/51	5.17153
S.กทม.449/51	2.41437	SBM.8799/43	3.36203
SBM.6914/32	2.85109	PBM.1709	1.74109
SBM.8972	4.03925	CI.45-1	2.73975
SBM.9853-1/47	3.84075	PBM.1298	4.93349
SBM.7647/42	5.26547	GPS.3167	1.73913
SBM.15494	4.61020	SBM.15465	2.96094
PBM.2511	2.45339	PBM.2623	1.10400
กทม.216	1.53145	SBM.7-3/45	2.63663
S.กทม.258/48	4.03639	SBM.15591	3.41839
SBM.8847/50	4.92157	SBM.5987/49	6.79465

หมวดหลักฐาน	ค่าจำนวนภูมิศัคย์ (g.p.u)	หมวดหลักฐาน	ค่าจำนวนภูมิศัคย์ (g.p.u)
SBM.15474	3.21949	PBM.1032	8.52464
PBM.1696R	3.16050		

- พื้นที่ตอนบนเกาะหลัก

การคำนวณปรับแก้ค่าจำนวนภูมิศัคย์ของหมวดหลักฐานการแผนที่บริเวณหมุดชุมทางในพื้นที่ศึกษาพื้นที่ตอนบนเกาะหลัก มีทั้งหมด 129 หมวด ผลการคำนวณแสดงในตารางที่ 3.11

ตารางที่ 3.11 ผลการคำนวณปรับแก้ค่าจำนวนภูมิศัคย์ พื้นที่ตอนบนเกาะหลัก

หมวดหลักฐาน	ค่าจำนวนภูมิศัคย์ (g.p.u)	หมวดหลักฐาน	ค่าจำนวนภูมิศัคย์ (g.p.u)
RBM.5	5.52237	SBM.12333	177.23944
PBM.1025	5.10818	PBM.1648	195.28985
SBM.4174/39	35.79484	SBM.14052	187.38562
RBM.11	32.79304	PBM.2280	76.59658
RBM.12	7.52378	PBM.1624	146.48945
SBM.7232B/38	7.75759	SBM.13580	77.72060
RBM.13	24.77358	PBM.434R	363.61416
SBM.8810	6.15958	SBM.6681	144.31123
SBM.8852/47	4.47961	SBM.12629	239.05846
RBM.14-1	20.31719	SBM.12620	216.14038
PBM.1714/33	1.76182	SBM.13754	186.20368
SBM.6840-1/40	2.15259	PBM.2314	163.53090
SBM.8548-1/43	1.58118	SBM.12517	153.94093
S.กทม.470/43	2.23909	GPS.0101	158.15272
SBM.9834	4.63626	SBM.6362	247.20987
SBM.9825/44	2.32460	PBM.436	239.93833
PBM.1408	56.12666	SBM.14192	234.98196
PBM.1418-1	15.19367	SBM.14189	213.86664
SBM.7452/40	4.25678	PBM.2323	177.42068
PBM.2264	53.39470	PBM.2327/40	174.99005
PBM.804R	62.35248	PBM.2330	171.32204

หมวดหลักฐาน	ค่าจำนวนภูมิศัคย์ (g.p.u)	หมวดหลักฐาน	ค่าจำนวนภูมิศัคย์ (g.p.u)
SBM.7571	41.09236	SBM.6439	167.29351
PBM.800	13.11190	SBM.12764R/45	164.33091
PBM.2187	100.63104	SBM.9558	160.63869
PBM.2191	198.27643	SBM.9605/56	158.89905
SBM.5757	175.60308	PBM.2723	176.81846
PBM.985/38	187.05922	SBM.14499	153.84908
PBM.988-1	172.75868	SBM.9651	148.95524
PBM.976-1R	151.27083	PBM.2712	146.42409
PBM.1386R	132.94557	SBM.14474	165.46758
PBM.2308	159.30174	SBM.14480	160.10729
PBM.673R/39	233.12123	PBM.2726	167.93738
PBM.861	183.86871	SBM.16561	172.47925
PBM.854	311.69712	SBM.12800-1	186.00896
SBM.13640	202.05847	GPS.0140	160.99778
PBM.652/38	46.91504	PBM.507R	161.25995
PBM.661/38	80.08330	PBM.2702	158.14815
PBM.649/38	29.27365	วงรอบ.399	159.98337
SBM.9981	15.64903	PBM.516R	141.85287
PBM.1896	64.65509	SBM.13963	207.88526
SBM.7824/38	15.54530	PBM.2741	177.02547
SBM.7878/39	66.73483	PBM.2752	146.98485
SBM.12710	47.00084	PBM.2447	142.22836
RBM.19	59.75362	SBM.16191	163.27382
PBM.2822	49.15102	SBM.13184	136.99959
PBM.77-1	42.72182	PBM.2694	149.32150
SBM.14388	39.96402	SBM.14414	125.74189
PBM.1562R	76.69269	SBM.16178	140.77136
SBM.8098	113.60477	PBM.2350	142.33502
SBM.12261	68.20044	SBM.13054	141.99261
SBM.3744/40	165.50454	PBM.2762	171.20551
PBM.2284	162.59087	SBM.13497	138.45312
PBM.2288	190.56707	PBM.2440	129.65430

หมวดหลักฐาน	ค่าจำนวนภูมิศัคย์ (g.p.u)	หมวดหลักฐาน	ค่าจำนวนภูมิศัคย์ (g.p.u)
PBM.294	273.29453	PBM.2595	135.36163
SBM.6187/45	227.40381	PBM.2584	141.38408
BMP.1110R	272.15013	PBM.2432	145.30521
PBM.1136R	224.97588	PBM.1371	125.08810
SBM.14524	302.47760	SBM.13808	153.90084
PBM.451R	328.71173	PBM.1238-1	152.75410
SBM.11070/2	385.22990	PBM.1242-1	130.54091
PBM.2170	409.99899	SBM.14460	118.52689
PBM.2172	391.46912	SBM.13249	105.99871
PBM.1679	359.24554	PBM.2371	171.22349
PBM.1671	427.71954	GPS.0160	138.07064
SBM.12996	258.64872		

- พื้นที่ตอนใต้เกาะหลัก

การคำนวณปรับแก้ค่าจำนวนภูมิศัคย์ของหมวดหลักฐานการแผนที่บริเวณหมู่ชุมชนทางในพื้นที่ศึกษาพื้นที่ตอนใต้เกาะหลัก มีทั้งหมด 18 หมวด ผลการคำนวณแสดงในตารางที่ 3.12

ตารางที่ 3.12 ผลการคำนวณปรับแก้ค่าจำนวนภูมิศัคย์ พื้นที่ตอนใต้เกาะหลัก

หมวดหลักฐาน	ค่าจำนวนภูมิศัคย์ (g.p.u)	หมวดหลักฐาน	ค่าจำนวนภูมิศัคย์ (g.p.u)
PBM.1763	32.21953	PBM.1949-1	49.51108
PBM.1770	8.60311	SBM.10880	11.87244
SBM.10546	9.61188	PBM.1952-1	18.10181
PBM.2061	8.71998	PBM.1962R	18.49752
SBM.15366	9.39106	PBM.1975R	20.35992
PBM.1939	21.47894	PBM.1980R	6.44402
PBM.555-1R	23.79547	PBM.1794	4.81332
PBM.1946R	39.84307	PBM.1801	1.81859
PBM.365	23.19587	PBM.2207	2.12114

3.4 การคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริก

ในการคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริก ใช้การคำนวณโดยการประมวลผลผ่านโปรแกรมการคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริก ซึ่งพัฒนาโดยภาษา Java Script ทำงานบนเว็บเบราว์เซอร์ (Web Browser)

รูปแบบการประมวลผลสำหรับการคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริก จะทำการคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริก โดยใช้ข้อมูลตัวแปรที่ได้ทำการคำนวณข้างต้นเป็นข้อมูลในการคำนวณค่าตามสมการการคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกแบบเฮลเมิร์ท โดยการทำงานของชุดรหัสคำสั่งในการคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกแสดงในภาคผนวก

ผลการคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริก จะแสดงผ่านหน้าเว็บเบราว์เซอร์ ประกอบด้วย

No. of BM คือ ลำดับของจำนวนหมุดหลักฐานที่ทำการคำนวณ

Iteration คือ จำนวนรอบของการวนซ้ำ

Diff คือ ผลต่างของพิกัดความเื้อ (Tolerance) ที่กำหนด

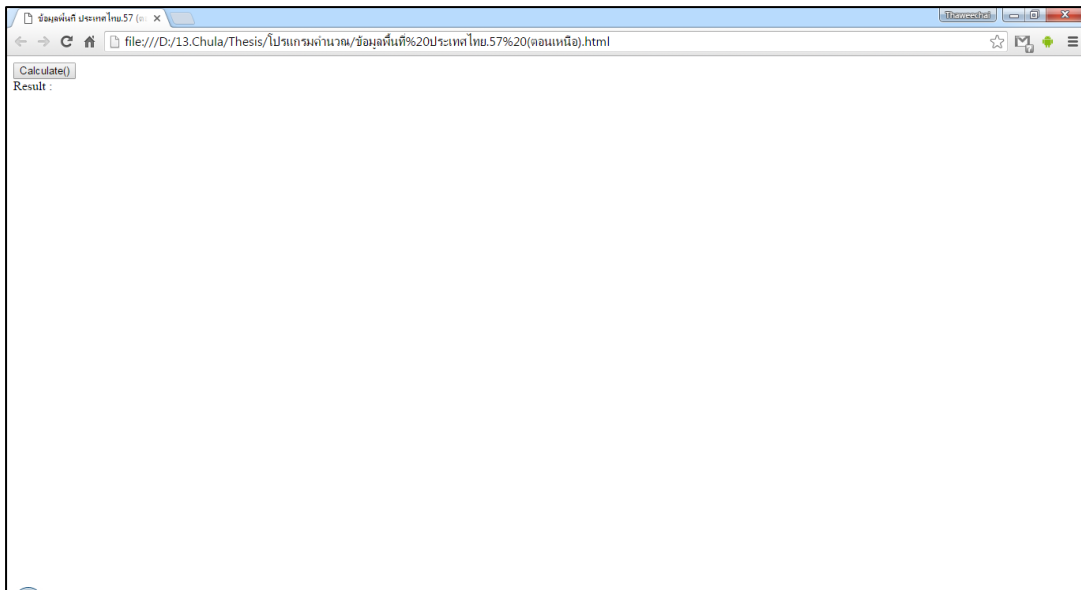
gp (gals.) คือ ค่าความโน้มถ่วงพิภพของหมุดหลักฐาน

Cp (g.p.u.) คือ ค่าจำนวนภูมิศักษ์ของแต่ละหมุดหลักฐาน

Hp (Km.) คือ ค่าความสูงของหมุดหลักฐานที่ได้จากการสำรวจ

Hp new (Km.) คือ ค่าความสูงของหมุดหลักฐานที่ได้จากการคำนวณ

Compare Original Hp (Km.) คือ ค่าความแตกต่างของค่าความสูงของหมุดหลักฐานที่ได้จากการสำรวจกับค่าความสูงที่ได้จากการคำนวณ



รูปที่ 3.10 แสดงหน้าต่างโปรแกรมการคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกแบบเฮลเมิร์ท

No. of BM.	Iteration	Diff	gp (gals.)	Cp (g.p.u)	Hp (Km.)	Hp new (Km.)	Compar Original Hp (Km.)
1	1	0.000000003758222	978.294093	5.52237000	0.00564490	0.00564490	0.00000000
2	1	0.000000221492420	978.319966	5.10818000	0.00522160	0.00522138	0.00000022
3	1	0.000000100546950	978.309622	35.79484000	0.03658850	0.03658840	0.00000010
4	1	0.000000710641218	978.323213	32.79304000	0.03352030	0.03351959	0.00000071
5	2	0.000000000000382	978.339625	7.52378000	0.00769150	0.00769035	0.00000115
6	2	0.000000000000427	978.349763	7.75759000	0.00793050	0.00792926	0.00000124
7	1	0.000000470901393	978.332228	24.77358000	0.02532270	0.02532223	0.00000047
8	1	0.000000645623833	978.339097	6.15958000	0.00629660	0.00629595	0.00000065
9	1	0.000000347610623	978.325731	4.47961000	0.00457920	0.00457885	0.00000035
10	1	0.000000112300297	978.339854	20.31719000	0.02076710	0.02076699	0.00000111
11	1	0.000000199868098	978.299591	1.76182000	0.00180110	0.00180090	0.00000020
12	1	0.00000032676959	978.301971	2.15259000	0.00220030	0.00220033	0.00000003
13	1	0.000000350123273	978.301481	1.58118000	0.00161590	0.00161625	0.00000035
14	1	0.000000233096853	978.309695	2.23909000	0.00228850	0.00228873	0.00000023
15	1	0.000000660109365	978.307711	4.63626000	0.00473840	0.00473906	0.00000066
16	1	0.000000757383598	978.302101	2.32460000	0.00237540	0.00237616	0.00000076
17	2	0.0000000000005285	978.268560	56.12666000	0.05737120	0.05737333	0.00000213
18	2	0.000000000001825	978.259979	15.19367000	0.01552860	0.01553131	0.00000271
19	2	0.000000000000496	978.270993	4.25678000	0.00434870	0.00435133	0.00000263
20	2	0.0000000000005283	978.273172	53.39470000	0.05457820	0.05458043	0.00000223
21	2	0.0000000000004117	978.288867	62.35248000	0.06373460	0.06373609	0.00000149
22	2	0.0000000000003364	978.309754	41.09236000	0.04200150	0.04200335	0.00000185
23	2	0.000000000000796	978.311803	13.11190000	0.01340120	0.01340257	0.00000137
24	2	0.0000000000007569	978.311551	100.63104000	0.10285980	0.10286150	0.00000170
25	2	0.00000000000063159	978.272466	198.27643000	0.20267120	0.20267839	0.00000719
26	2	0.00000000000024149	978.296676	175.60308000	0.17949430	0.17949740	0.00000310
27	2	0.00000000000029148	978.294072	187.05922000	0.19120450	0.19120802	0.00000352
28	2	0.000000000000269	978.310733	172.75868000	0.17658620	0.17658871	0.00000121

รูปที่ 3.11 แสดงหน้าต่างผลการคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกแบบเฮลเมิร์ท

บทที่ 4

ผลการศึกษา

ผลการคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริก แบ่งตามพื้นที่ศึกษา มีรายละเอียดดังนี้

4.1 ผลการคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกพื้นที่เขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

การคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกของหมุดหลักฐานการแผนที่บริเวณหมุดชุมทาง พื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล ประกอบด้วย ผลการคำนวณค่าความสูงหมุดหลักฐานจำนวน 33 หมุด ผลต่างค่าระดับสูงมากที่สุดที่หมุดหลักฐานหมายเลข SBM.8821-1/47 สถานที่ตั้ง สะพานคอนกรีตตรงข้ามซอยท้ายเกาะ 1 บ้านท้ายเกาะ ค่าระดับสูงที่ได้จากการสำรวจระดับชั้นที่ 1 เท่ากับ 3.4705 เมตร ค่าความโน้มถ่วงพิภพที่ได้จากการสำรวจค่าความโน้มถ่วงพิภพแบบสัมพัทธ์เท่ากับ 978328.333 มิลลิแกล มีผลต่างค่าระดับสูงเท่ากับ 0.07 มิลลิเมตร และผลต่างค่าระดับต่ำที่สุดที่มีผลต่างระดับเท่ากับ 0.00 มิลลิเมตร มีหมุดหลักฐานทั้งหมด 6 หมุด ประกอบด้วย หมุดหลักฐานหมายเลข SBM.7-3/45 สถานที่ตั้ง สะพานคลองตาขุน อ.เมือง จ.สมุทรสาคร ค่าระดับสูงที่ได้จากการสำรวจระดับชั้นที่ 1 เท่ากับ 2.6951 เมตร ค่าความโน้มถ่วงพิภพที่ได้จากการสำรวจค่าความโน้มถ่วงพิภพแบบสัมพัทธ์เท่ากับ 978304.665 มิลลิแกล , หมุดหลักฐานหมายเลข PBM.1859 สถานที่ตั้ง ฐานปฏิบัติการเรือชุดที่ 3 ชป. อ.บางบ่อ ค่าระดับสูงที่ได้จากการสำรวจระดับชั้นที่ 1 เท่ากับ 0.4724 เมตร ค่าความโน้มถ่วงพิภพที่ได้จากการสำรวจค่าความโน้มถ่วงพิภพแบบสัมพัทธ์เท่ากับ 978310.583 มิลลิแกล , หมุดหลักฐานหมายเลข SBM.8921/44 สถานที่ตั้ง สะพานคลองกะจะ ถ.ศรีนครินทร์ เขตบางกะปิ ค่าระดับสูงที่ได้จากการสำรวจระดับชั้นที่ 1 เท่ากับ 1.0778 เมตร ค่าความโน้มถ่วงพิภพที่ได้จากการสำรวจค่าความโน้มถ่วงพิภพแบบสัมพัทธ์เท่ากับ 978307.607 มิลลิแกล , หมุดหลักฐานหมายเลข S.กทม.258/48 สถานที่ตั้ง สะพานคลองถนน ถ.แจ้งวัฒนะ เขตบางเขน ค่าระดับสูงที่ได้จากการสำรวจระดับชั้นที่ 1 เท่ากับ 4.1259 เมตร ค่าความโน้มถ่วงพิภพที่ได้จากการสำรวจค่าความโน้มถ่วงพิภพแบบสัมพัทธ์เท่ากับ 978308.145 มิลลิแกล , หมุดหลักฐานหมายเลข PBM.1709 สถานที่ตั้ง วัดเพรางาย อ.ไทรน้อย จ.นนทบุรี ค่าระดับสูงที่ได้จากการสำรวจระดับชั้นที่ 1 เท่ากับ 1.7797 เมตร ค่าความโน้มถ่วงพิภพที่ได้จากการสำรวจค่าความโน้มถ่วงพิภพแบบสัมพัทธ์เท่ากับ 978306.959 มิลลิแกล และหมุดหลักฐานหมายเลข SBM.8972 สถานที่ตั้ง สะพานคลองระบายน้ำทางเข้าวัดลำกระดาน อ.ลำลูกกา ค่าระดับสูงที่ได้จากการสำรวจระดับชั้นที่ 1 เท่ากับ 4.1288 เมตร ค่าความโน้มถ่วงพิภพที่ได้จากการสำรวจค่าความโน้มถ่วงพิภพแบบสัมพัทธ์เท่ากับ 978310.264 มิลลิแกล ผลต่างค่าระดับเฉลี่ยเท่ากับ 0.02 มิลลิเมตร รายละเอียดผลการคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกแบบเฮลเมิร์ท พื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล แสดงตามตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกแบบเฮลเมิร์ท พื้นที่เขตกรุงเทพมหานครและ
ปริมณฑล

ลำดับ	รอบการวนซ้ำ	หมายเลขหมุดหลักฐาน	ค่าละติจูด (° , ' , ")			ค่าลองจิจูด (° , ' , ")			ค่าระดับ สูงเดิม (ม.)	ค่าระดับ สูงใหม่ (ม.)	ผล ต่าง (มม.)
			13	29	22	99	47	40			
1	1	PBM.1032	13	29	22	99	47	40	8.7137	8.71373	0.03
2	1	SBM.15591	13	31	9	100	10	9	3.4942	3.49419	0.01
3	1	PBM.2623	13	33	3	100	8	40	1.1285	1.1247	0.03
4	1	SBM.7-3 /45	13	33	16	100	18	10	2.6951	2.69510	0.00
5	1	PBM.1402	13	35	30	100	47	22	0.0652	0.06519	0.01
6	1	SBM.8289 /43	13	37	24	100	38	7	2.2773	2.27731	0.01
7	1	SBM.6840 - 1/40	13	38	51	100	25	4	2.2003	2.20031	0.01
8	1	SBM.5987 /49	13	40	37	99	52	36	6.9453	6.94527	0.03
9	1	SBM.15465	13	41	12	100	4	5	3.0266	3.02656	0.04
10	1	PBM.1859	13	41	27	100	51	55	0.4724	0.47240	0.00
11	1	กทม.510 *	13	42	27	100	28	54	2.0132	2.01320	0.00
12	1	S.กทม. 449/51	13	43	20	100	43	15	2.4679	2.46788	0.02
13	1	SBM.8921 /44	13	44	48	100	38	37	1.0778	1.07780	0.00
14	1	GPS.3167	13	47	17	100	10	18	1.7777	1.77771	0.01
15	1	กทม.216	13	48	42	100	33	25	1.5654	1.56542	0.02
16	1	SBM.6914 /32	13	48	46	100	41	51	2.9143	2.91428	0.02
17	1	PBM.1298	13	48	53	100	5	49	5.0429	5.04289	0.01
18	1	CI.45-1	13	51	50	100	9	11	2.8005	2.80049	0.01
19	1	PBM.2256	13	52	32	100	15	46	2.3615	2.36146	0.04
20	1	S.กทม.258 /48	13	52	48	100	35	19	4.1259	4.12590	0.00

ลำดับ	รอบการวนซ้ำ	หมายเลขหมุดหลักฐาน	ค่าละติจูด (° , ' , ")			ค่าลองจิจูด (° , ' , ")			ค่าระดับสูงเดิม (ม.)	ค่าระดับสูงใหม่ (ม.)	ผลต่าง (มม.)
21	1	PBM.1709	13	54	56	100	19	36	1.7797	1.77970	0.00
22	1	SBM.8972	13	55	6	100	45	6	4.1288	4.12880	0.00
23	1	SBM.9691 /51	13	56	9	100	24	58	5.2862	5.28619	0.01
24	1	SBM.9853 -1/47	13	57	19	100	53	41	3.9259	3.92587	0.03
25	1	SBM.8847 /50	13	58	1	100	33	2	5.0307	5.03067	0.03
26	1	SBM.15474	13	59	41	100	34	37	3.2909	3.29085	0.05
27	1	PBM.1696R	14	1	18	100	31	31	3.2306	3.23056	0.04
28	1	SBM.8799 /43	14	1	33	100	18	44	3.4366	3.43657	0.03
29	1	SBM.7647 /42	14	1	45	100	45	22	5.3822	5.38217	0.03
30	1	PBM.2511	14	6	51	100	43	53	2.5078	2.50776	0.04
31	1	SBM.8850 /47	14	6	56	100	37	6	4.1131	4.11305	0.05
32	1	SBM.8821 -3/47	14	7	37	100	30	59	3.4705	3.47043	0.07
33	1	SBM.15494	14	8	12	100	50	47	4.7124	4.71235	0.07
ผลต่างค่าระดับสูงมากที่สุด (มม.)										0.07	
ผลต่างค่าระดับสูงน้อยที่สุด (มม.)										0.00	
ผลต่างค่าระดับสูงเฉลี่ย (มม.)										0.02	

* หมายเหตุ หมุดหลักฐานหมายเลข กทม.510 ใช้เป็นหมุดหลักฐานอ้างอิงสำหรับพื้นที่ศึกษาเขต กรุงเทพมหานครและปริมณฑล

4.2 ผลการคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกพื้นที่ตอนบนเกาะหลัก

การคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกของหมุดหลักฐานการแผนที่บริเวณหมุดชุมทาง พื้นที่ตอนบนเกาะหลัก ประกอบด้วย ผลการคำนวณค่าความสูงหมุดหลักฐานจำนวน 129 หมุด ผลต่างค่าระดับสูงมากที่สุดที่หมุดหลักฐานหมายเลข PBM.2172 สถานที่ตั้ง โรงเรียนอนุบาลเชียงราย อ.เมือง จ.เชียงราย ค่าระดับสูงที่ได้จากการสำรวจระดับชั้นที่ 1 เท่ากับ 400.1104 เมตร ค่าความโน้มถ่วงพิภพที่ได้จากการสำรวจค่าความโน้มถ่วงพิภพแบบสัมพัทธ์เท่ากับ 978477.798 มิลลิแกล มีผลต่างค่าระดับสูงเท่ากับ 37.6 มิลลิเมตร และผลต่างค่าระดับต่ำที่สุดที่หมุดหลักฐานหมายเลข SBM.6840-1/40 สถานที่ตั้ง สะพานคลองลาดลำภู อ.บางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร ค่าระดับสูงที่ได้จากการสำรวจระดับชั้นที่ 1 เท่ากับ 2.2003 เมตร ค่าความโน้มถ่วงพิภพที่ได้จากการสำรวจค่าความโน้มถ่วงพิภพแบบสัมพัทธ์เท่ากับ 978301.971 มิลลิแกล ผลต่างค่าระดับเฉลี่ยเท่ากับ 8.5 มิลลิเมตร รายละเอียดผลการคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกแบบเฮลเมิร์ท พื้นที่ตอนบนเกาะหลัก แสดงตามตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกแบบเฮลเมิร์ท พื้นที่ตอนบนเกาะหลัก

ลำดับ	รอบการวนซ้ำ	หมายเลขหมุดหลักฐาน	ค่าละติจูด (° , ' , ")			ค่าลองจิจูด (° , ' , ")			ค่าระดับสูงเดิม (ม.)	ค่าระดับสูงใหม่ (ม.)	ผลต่าง (มม.)
1	2	PBM.1418-1	12	40	0	100	56	35	15.5286	15.5313	2.7
2	2	SBM.7452/40	12	47	1	101	39	14	4.3487	4.3513	2.6
3	2	PBM.2264	13	14	41	101	12	43	54.5782	54.5804	2.2
4	1	RBM.5 *	13	20	31	99	50	9	5.6449	5.6449	0.0
5	2	PBM.1408	13	22	30	101	0	20	57.3712	57.3733	2.1
6	1	SBM.9825/44	13	30	48	100	59	17	2.3754	2.3762	0.8
7	1	SBM.9834	13	37	59	101	2	16	4.7384	4.7391	0.7
8	1	SBM.6840-1/40	13	38	51	100	25	4	2.2003	2.2003	0.0
9	1	SBM.กทม.470/43	13	41	60	100	51	8	2.2885	2.2887	0.2
10	1	SBM.8548-1/43	13	42	11	100	35	25	1.6159	1.6163	0.4

ลำดับ	รอบการวนซ้ำ	หมายเลขหมุดหลักฐาน	ค่าละติจูด (° , ' , ")			ค่าลองจิจูด (° , ' , ")			ค่าระดับ สูงเดิม (ม.)	ค่าระดับ สูงใหม่ (ม.)	ผล ต่าง (มม.)
11	2	PBM.804R	13	45	34	101	30	34	63.7346	63.7361	1.5
12	1	PBM.1714 /33	13	46	31	100	19	40	1.8011	1.8009	0.2
13	2	SBM.7571	13	46	50	102	5	23	42.0015	42.0034	1.9
14	1	PBM.1025	13	47	30	99	56	47	5.2216	5.2214	0.2
15	2	PBM.800	13	59	42	101	45	49	13.4012	13.4026	1.4
16	1	SBM.4174 /39	14	2	26	99	32	14	36.5885	36.5884	0.1
17	2	PBM.2187	14	5	30	102	41	34	102.8598	102.8615	1.7
18	1	SBM.8852 /47	14	8	40	100	37	5	4.5792	4.5789	0.3
19	1	SBM.8810	14	10	3	100	17	29	6.2966	6.2960	0.6
20	1	RBM.11	14	22	59	99	52	29	33.5203	33.5196	0.7
21	1	RBM.14-1	14	24	0	100	55	44	20.7671	20.7670	0.1
22	2	PBM.2191	14	26	20	102	43	32	202.6712	202.6784	7.2
23	1	RBM.13	14	31	16	100	55	30	25.3227	25.3222	0.5
24	2	RBM.12	14	31	56	100	7	15	7.6915	7.6904	1.1
25	2	SBM.7232B /38	14	34	49	100	29	58	7.9305	7.9293	1.2
26	2	SBM.5757	14	37	60	102	48	5	179.4943	179.4974	3.1
27	2	SBM.13808	14	39	26	104	12	17	157.3108	157.3141	3.3
28	2	PBM.1238-1	14	42	33	104	36	30	156.1387	156.1406	1.9
29	2	PBM.985/38	14	44	22	102	9	53	191.2045	191.2080	3.5
30	1	PBM.1896	14	49	32	99	41	45	66.0883	66.0874	0.9
31	2	SBM.9981	14	52	7	100	1	21	15.9972	15.9952	2.0
32	2	PBM.2584	14	53	22	103	29	24	144.5162	144.5189	2.7
33	1	PBM.1242-1	14	55	3	105	3	54	133.4331	133.4340	0.9
34	2	PBM.988-1	14	58	51	102	6	35	176.5862	176.5874	1.2
35	2	PBM.976-1R	14	59	12	103	6	16	154.6221	154.6234	1.3
36	2	PBM.649/38	15	4	3	100	43	1	29.9232	29.9211	2.1

ลำดับ	รอบการวนซ้ำ	หมายเลขหมุดหลักฐาน	ค่าละติจูด (° , ' , ")			ค่าลองจิจูด (° , ' , ")			ค่าระดับสูงเดิม (ม.)	ค่าระดับสูงใหม่ (ม.)	ผลต่าง (มม.)
37	2	PBM.1371	15	4	36	104	17	38	127.8592	127.8606	1.4
38	2	PBM.2432	15	10	1	104	9	28	148.5244	148.5259	1.5
39	2	PBM.652/38	15	12	20	101	8	11	47.9552	47.9529	2.3
40	1	SBM.14460	15	13	27	104	51	27	121.1528	121.1525	0.3
41	2	SBM.7824/38	15	14	6	100	12	25	15.8917	15.8890	2.7
42	2	SBM.7878/39	15	19	29	100	28	58	68.2134	68.2105	2.9
43	1	SBM.13249	15	19	55	105	28	7	108.3471	108.3468	0.3
44	2	PBM.854	15	23	2	101	26	8	318.6033	318.6078	4.5
45	2	PBM.673R/39	15	24	51	101	50	4	238.2854	238.2890	3.6
46	1	PBM.1386R	15	31	12	103	12	2	135.8904	135.8906	0.2
47	2	PBM.2308	15	32	44	102	32	52	162.8302	162.8316	1.4
48	1	PBM.2595	15	36	28	103	48	13	138.3602	138.3604	0.2
49	2	RBM.19	15	42	41	100	6	23	61.0784	61.0734	5.0
50	1	PBM.2440	15	43	45	104	2	2	132.5266	132.5258	0.8
51	1	SBM.13640	15	45	21	101	45	17	206.5331	206.5325	0.6
52	2	SBM.14414	15	48	21	104	9	56	128.5277	128.5257	2.0
53	1	SBM.13497	15	50	48	103	23	16	141.5201	141.5195	0.6
54	1	PBM.861	15	51	1	102	4	5	187.9404	187.9395	0.9
55	2	PBM.661/38	15	51	43	101	0	45	81.8575	81.8537	3.8
56	2	SBM.12710	15	52	0	100	36	22	48.0441	48.0386	5.5
57	2	PBM.2371	15	58	49	105	2	5	175.0160	175.0117	4.3
58	2	GPS.0160	16	2	26	105	12	22	141.1293	141.1243	5.0
59	1	PBM.2762	16	2	37	103	7	25	174.9979	174.9974	0.5
60	2	PBM.2314	16	3	1	102	42	56	167.1529	167.1502	2.7
61	2	PBM.2350	16	3	14	103	39	6	145.4883	145.4844	3.9
62	2	SBM.13754	16	4	55	102	16	18	190.3270	190.3244	2.6
63	2	PBM.2822	16	8	59	100	37	16	50.2427	50.2352	7.5

ลำดับ	รอบการวนซ้ำ	หมายเลขหมุดหลักฐาน	ค่าละติจูด (° , ' , ")			ค่าลองจิจูด (° , ' , ")			ค่าระดับ สูงเดิม (ม.)	ค่าระดับ สูงใหม่ (ม.)	ผล ต่าง (มม.)
64	2	PBM.2694	16	11	47	104	30	40	152.6294	152.6224	7.0
65	2	SBM.13054	16	11	48	103	15	1	145.1383	145.1328	5.5
66	2	SBM.16178	16	17	54	103	58	43	143.8902	143.8824	7.8
67	2	SBM.12517	16	21	23	102	48	15	157.3508	157.3453	5.5
68	2	PBM.1562R	16	23	35	99	31	13	78.3919	78.3858	6.1
69	2	PBM.2752	16	23	45	103	17	58	150.2411	150.2320	9.1
70	2	GPS.0101	16	26	27	102	50	12	161.6557	161.6486	7.1
71	2	PBM.2447	16	28	1	103	31	28	145.3796	145.3684	11.2
72	2	SBM.13184	16	31	44	104	43	57	140.0355	140.0247	10.8
73	2	SBM.14388	16	31	48	100	8	37	40.8529	40.8458	7.1
74	2	SBM.16191	16	32	15	104	3	18	166.8901	166.8800	10.1
75	2	SBM.12620	16	33	19	102	4	35	220.9256	220.9213	4.3
76	2	SBM.12629	16	35	45	101	55	30	244.3503	244.3486	1.7
77	2	SBM.6681	16	45	22	101	12	45	147.5050	147.5013	3.7
78	2	PBM.77-1	16	49	4	100	19	18	43.6728	43.6633	9.5
79	2	SBM.8098	16	51	20	99	7	20	116.1190	116.1129	6.1
80	2	PBM.516R	16	55	17	104	40	50	144.9964	144.9834	13.0
81	2	PBM.2741	16	58	29	103	13	3	180.9455	180.9324	13.1
82	2	SBM.13963	17	0	20	103	26	18	212.4864	212.4724	14.0
83	2	PBM.2323	17	4	42	102	55	53	181.3496	181.3350	14.6
84	2	PBM.507R	17	11	23	104	5	41	164.8320	164.8171	14.9
85	2	SBM.14189	17	12	35	102	26	12	218.6011	218.5872	13.9
86	2	PBM.2702	17	15	31	104	11	20	161.6517	161.6375	14.2
87	2	PBM.434R	17	16	31	101	9	30	371.6571	371.6554	1.7
88	2	SBM.14192	17	17	28	102	16	12	240.1828	240.1672	15.6
89	2	SBM.6362	17	18	0	101	46	35	252.6810	252.6647	16.3
90	2	SBM.12800 -1	17	21	38	103	10	4	190.1275	190.1117	15.8
91	2	PBM.2327 /40	17	21	41	102	49	4	178.8658	178.8489	16.9

ลำดับ	รอบการวนซ้ำ	หมายเลขหมุดหลักฐาน	ค่าละติจูด (° , ' , ")			ค่าลองจิจูด (° , ' , ")			ค่าระดับสูงเดิม (ม.)	ค่าระดับสูงใหม่ (ม.)	ผลต่าง (มม.)
92	2	วงรอบ.399	17	23	30	104	4	8	163.5274	163.5139	13.5
93	2	GPS.0140	17	23	38	103	43	22	164.5643	164.5482	16.1
94	2	SBM.13580	17	27	38	100	20	50	79.4471	79.4334	13.7
95	2	SBM.12261	17	27	46	100	14	14	69.7155	69.7027	12.8
96	2	PBM.436	17	29	44	101	43	13	245.2484	245.2294	19.0
97	2	PBM.2330	17	33	7	102	48	6	175.1170	175.0992	17.8
98	2	PBM.2712	17	35	23	103	59	8	149.6691	149.6545	14.6
99	2	SBM.14474	17	37	36	103	45	6	169.1328	169.1152	17.6
100	2	SBM.3744 /40	17	38	30	99	13	53	169.1645	169.1549	9.6
101	2	PBM.2280	17	40	14	100	8	56	78.2979	78.2832	14.7
102	2	SBM.16561	17	40	34	103	15	10	176.2995	176.2804	19.1
103	2	PBM.1624	17	43	21	100	40	42	149.7320	149.7206	11.4
104	2	SBM.14480	17	43	52	103	42	22	163.6545	163.6383	16.2
105	2	PBM.2726	17	48	29	103	18	10	171.6574	171.6373	20.1
106	2	SBM.6439	17	52	0	102	34	33	171.0007	170.9811	19.6
107	2	SBM.12764R /45	17	52	28	102	44	35	167.9720	167.9545	17.5
108	2	PBM.2284	17	57	55	100	3	58	166.1874	166.1727	14.7
109	2	SBM.14499	18	0	23	103	42	41	157.2583	157.2413	17.0
110	2	PBM.2723	18	0	59	103	18	46	180.7343	180.7154	18.9
111	2	SBM.9651	18	1	37	103	8	39	152.2562	152.2384	17.8
112	2	SBM.9558	18	3	13	103	5	9	164.1979	164.1805	17.4
113	2	PBM.1136R	18	9	39	97	56	27	229.9479	229.9380	9.9
114	2	BMP.1110R	18	11	34	98	36	40	278.1627	278.1504	12.3
115	2	SBM.6187 /45	18	16	10	99	27	51	232.4292	232.4168	12.4
116	2	PBM.2288	18	18	14	100	17	21	194.7808	194.7643	16.5
117	2	SBM.9605 /56	18	22	33	103	37	24	162.4196	162.4019	17.7

ลำดับ	รอบการวนซ้ำ	หมายเลขหมุดหลักฐาน	ค่าละติจูด (° , ' , ")			ค่าลองจิจูด (° , ' , ")			ค่าระดับสูงเดิม (ม.)	ค่าระดับสูงใหม่ (ม.)	ผลต่าง (มม.)
118	2	SBM.12333	18	25	25	100	10	39	181.1599	181.1414	18.5
119	2	SBM.14052	18	34	18	100	44	33	191.5297	191.5104	19.3
120	2	PBM.294	18	45	20	99	58	54	279.3318	279.3174	14.4
121	2	PBM.1648	18	46	33	100	46	24	199.6085	199.5876	20.9
122	2	SBM.14524	18	48	37	99	0	15	309.1586	309.1426	16.0
123	2	SBM.12996	18	52	54	100	16	59	264.3625	264.3431	19.4
124	2	PBM.451R	19	7	18	98	56	37	335.9712	335.9528	18.4
125	2	SBM.11070 /2	19	9	2	99	54	44	393.7346	393.7126	22.0
126	2	PBM.1671	19	20	13	100	25	58	437.1583	437.1362	22.1
127	2	PBM.1679	19	41	8	100	11	37	367.1777	367.1404	37.3
128	2	PBM.2170	19	44	35	99	43	25	419.0488	419.0173	31.5
129	2	PBM.2172	19	52	21	99	48	58	400.1104	400.0728	37.6
ผลต่างค่าระดับสูงมากที่สุด (มม.)										37.6	
ผลต่างค่าระดับสูงน้อยที่สุด (มม.)										0.0	
ผลต่างค่าระดับสูงเฉลี่ย (มม.)										8.5	

* หมายเหตุ หมุดหลักฐานหมายเลข RBM.5 ใช้เป็นหมุดหลักฐานอ้างอิงสำหรับพื้นที่ศึกษาตอนบน เกาะหลัก

4.3 ผลการคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกพื้นที่ตอนใต้เกาะหลัก

การคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกของหมุดหลักฐานการแผนที่บริเวณหมุดชุมทาง พื้นที่ตอนใต้เกาะหลัก ประกอบด้วย ผลการคำนวณค่าความสูงหมุดหลักฐานจำนวน 18 หมุด ผลต่างค่าระดับสูงมากที่สุดที่หมุดหลักฐานหมายเลข PBM.1949-1 สถานที่ตั้ง โรงเรียนบ้านหนองหว้า อ.ทุ่งสง จ.นครศรีธรรมราช ค่าระดับสูงที่ได้จากการสำรวจระดับชั้นที่ 1 เท่ากับ 50.6171 เมตร ค่าความโน้มถ่วงพิภพที่ได้จากการสำรวจค่าความโน้มถ่วงพิภพแบบสัมพัทธ์เท่ากับ 978123.864 มิลลิแกล มีผลต่างค่าระดับสูงเท่ากับ 1.2 มิลลิเมตร และผลต่างค่าระดับต่ำที่สุดที่หมุดหลักฐานหมายเลข PBM.1770 สถานที่ตั้ง สำนักสงฆ์ตันโพธิ์ อ.หลังสวน จ.ชุมพร ค่าระดับสูงที่ได้จากการสำรวจระดับชั้นที่ 1 เท่ากับ 8.7947 เมตร ค่าความโน้มถ่วงพิภพที่ได้จากการสำรวจค่าความโน้มถ่วงพิภพแบบ

สัมพันธ์เท่ากับ 978182.622 มิลลิแกล ผลต่างค่าระดับเฉลี่ยเท่ากับ 0.8 มิลลิเมตร รายละเอียดผล
การคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกแบบเฮลเมิร์ต พื้นที่ตอนใต้เกาะหลัก แสดงตามตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกแบบเฮลเมิร์ต พื้นที่ตอนใต้เกาะหลัก

ลำดับ	รอบการวนซ้ำ	หมายเลขหมุดหลักฐาน	ค่าละติจูด (° , ' , ")			ค่าลองจิจูด (° , ' , ")			ค่าระดับ สูงเดิม (ม.)	ค่าระดับ สูงใหม่ (ม.)	ผล ต่าง (มม.)
1	2	PBM.1980R	7	1	11	100	29	38	6.5871	6.5882	1.1
2	1	PBM.2207	7	8	30	100	34	4	2.1676	2.1686	1.0
3	1	PBM.1975R	7	8	46	100	17	21	20.8142	20.8152	1.0
4	1	SBM.10880	7	33	11	99	36	51	12.1369	12.1379	1.0
5	2	PBM.1962R	7	44	14	99	58	56	18.9101	18.9111	1.0
6	1	PBM.1801	7	46	18	100	21	14	1.8584	1.8592	0.8
7	1	PBM.365	8	4	27	98	59	44	23.7135	23.7144	0.9
8	2	PBM.1949 -1	8	9	52	99	39	32	50.6171	50.6183	1.2
9	2	PBM.1952 -1	8	10	22	99	51	42	18.5055	18.5066	1.1
10	1	PBM.1946R	8	18	1	99	29	38	40.7328	40.7332	0.4
11	1	PBM.1794	8	19	16	99	59	9	4.9201	4.9208	0.7
12	1	PBM.555 - 1R	8	23	57	98	44	34	24.3265	24.3270	0.5
13	1	PBM.1939	8	38	39	99	20	53	21.9582	21.9589	0.7
14	1	PBM.2061	8	52	59	98	22	49	8.9141	8.9149	0.8
15	1	SBM.10546	9	4	8	98	35	33	9.8259	9.8265	0.6
16	1	SBM.15366	9	5	13	99	10	11	9.6002	9.6007	0.5
17	1	PBM.1770	9	57	8	99	4	8	8.7947	8.7950	0.3
18	1	PBM.1763 *	10	31	57	99	6	57	32.9379	32.9379	0.0
ผลต่างค่าระดับสูงมากที่สุด (มม.)										1.2	
ผลต่างค่าระดับสูงน้อยที่สุด (มม.)										0.3	
ผลต่างค่าระดับสูงเฉลี่ย (มม.)										0.8	

* หมายเหตุ หมุดหลักฐานหมายเลข PBM.1763 ใช้เป็นหมุดหลักฐานอ้างอิงสำหรับพื้นที่ศึกษาตอนใต้
เกาะหลัก

บทที่ 5

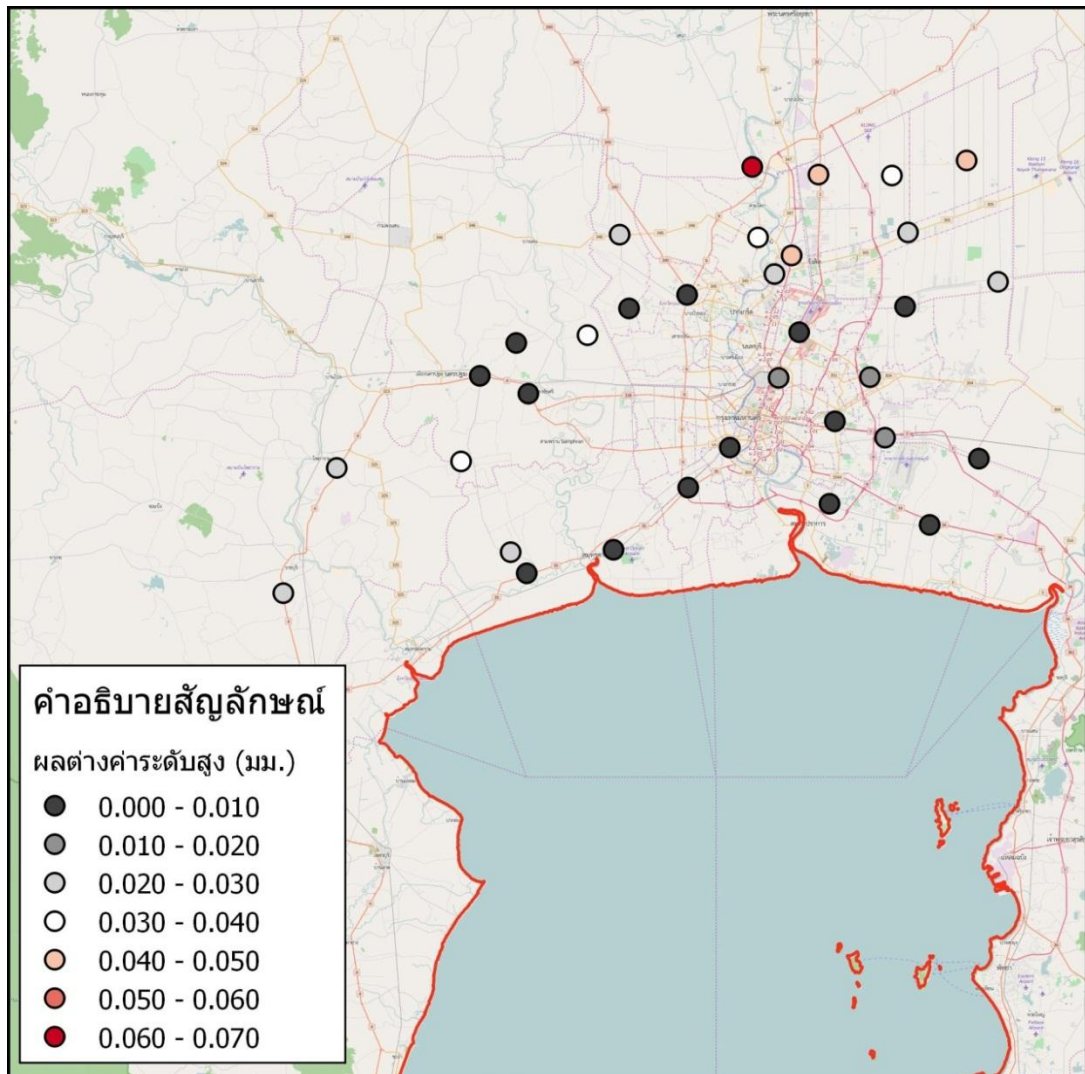
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาผลกระทบของค่าความโน้มถ่วงพิภพ ที่มีต่อการคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกของหมุดหลักฐานการแผนที่ในโครงข่ายชั้นที่ 1 ในพื้นที่ประเทศไทย โดย ด้วยการคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกแบบเฮลเมิร์ต (Helmert Orthometric Height) สามารถสรุปและวิเคราะห์ผลการศึกษาผลการศึกษาดังนี้

5.1 สรุปและวิเคราะห์ผลการศึกษา

ผลการศึกษาค่าความสูงออร์โทเมตริก แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างค่าระดับสูงที่ได้จากการสำรวจระดับกับค่าระดับสูงที่ได้จากการคำนวณแบบเฮลเมิร์ต โดยแบ่งตามพื้นที่ศึกษา สรุปได้ดังนี้

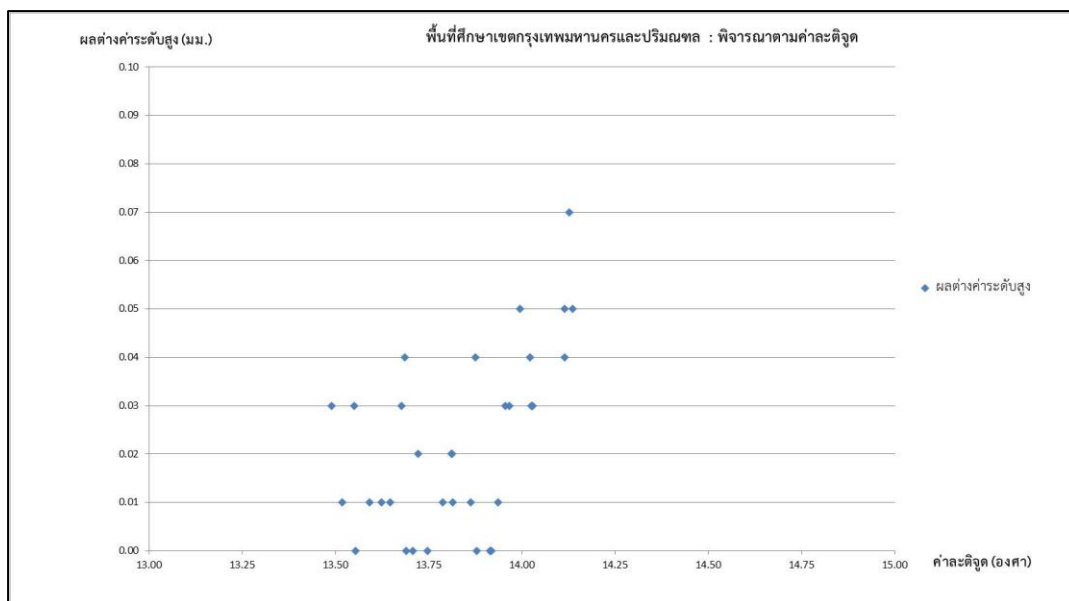
5.1.1 พื้นที่เขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล คำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกแบบเฮลเมิร์ต ของหมุดหลักฐานการแผนที่บริเวณหมุดชุมทาง จำนวน 33 หมุด ค่าความแตกต่างระหว่างค่าระดับสูงที่ได้จากการสำรวจระดับกับค่าระดับสูงที่ได้จากการศึกษาแตกต่างกันสูงสุดเท่ากับ 0.07 มิลลิเมตร ค่าความแตกต่างระหว่างค่าระดับสูงที่ได้จากการสำรวจระดับกับค่าระดับสูงที่ได้จากการศึกษาแตกต่างกันต่ำสุดเท่ากับ 0.00 มิลลิเมตร และค่าความต่างระดับสูงเฉลี่ยเท่ากับ 0.02 มิลลิเมตร ตำแหน่งของหมุดหลักฐานและผลการคำนวณแสดงดังรูปที่ 5.1



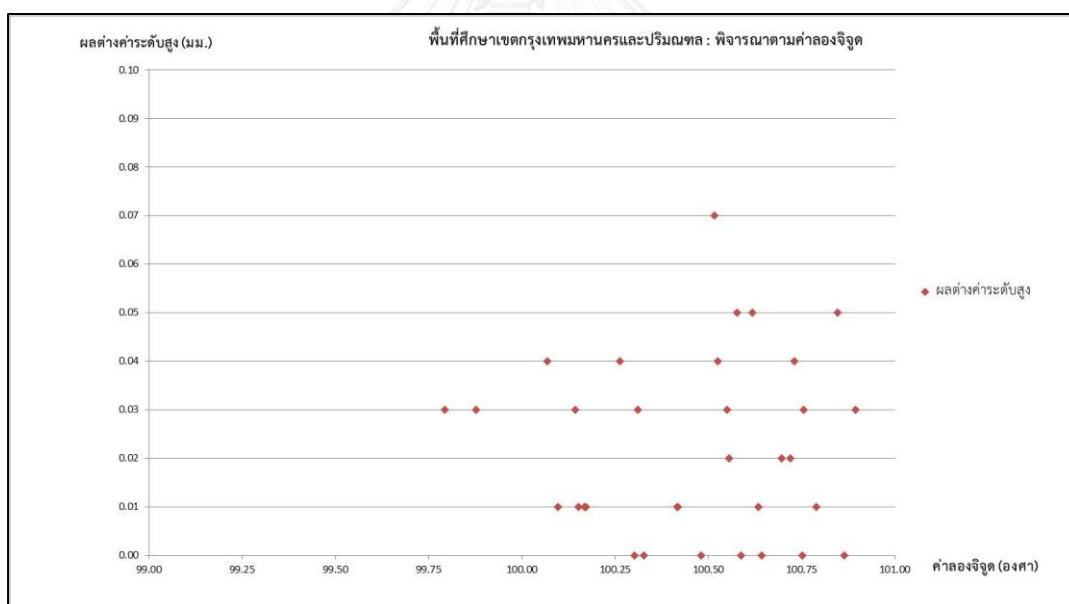
รูปที่ 5.1 แผนที่แสดงตำแหน่งและผลต่างค่าระดับสูง พื้นที่เขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

จะเห็นว่าในพื้นที่ศึกษาเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ซึ่งมีลักษณะภูมิประเทศเป็นพื้นที่ราบเรียบ ผลค่าต่างระดับสูงมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะห่างจากจุดมาตรฐานอ้างอิง

เมื่อพิจารณาผลต่างค่าระดับสูงกับค่าพิกัดจุดมาตรฐาน โดยแบ่งการพิจารณาตามค่าละติจูดและค่าลองจิจูด ผลต่างค่าระดับสูงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามค่าละติจูด แสดงดังรูปที่ 5.2 และ รูปที่ 5.3



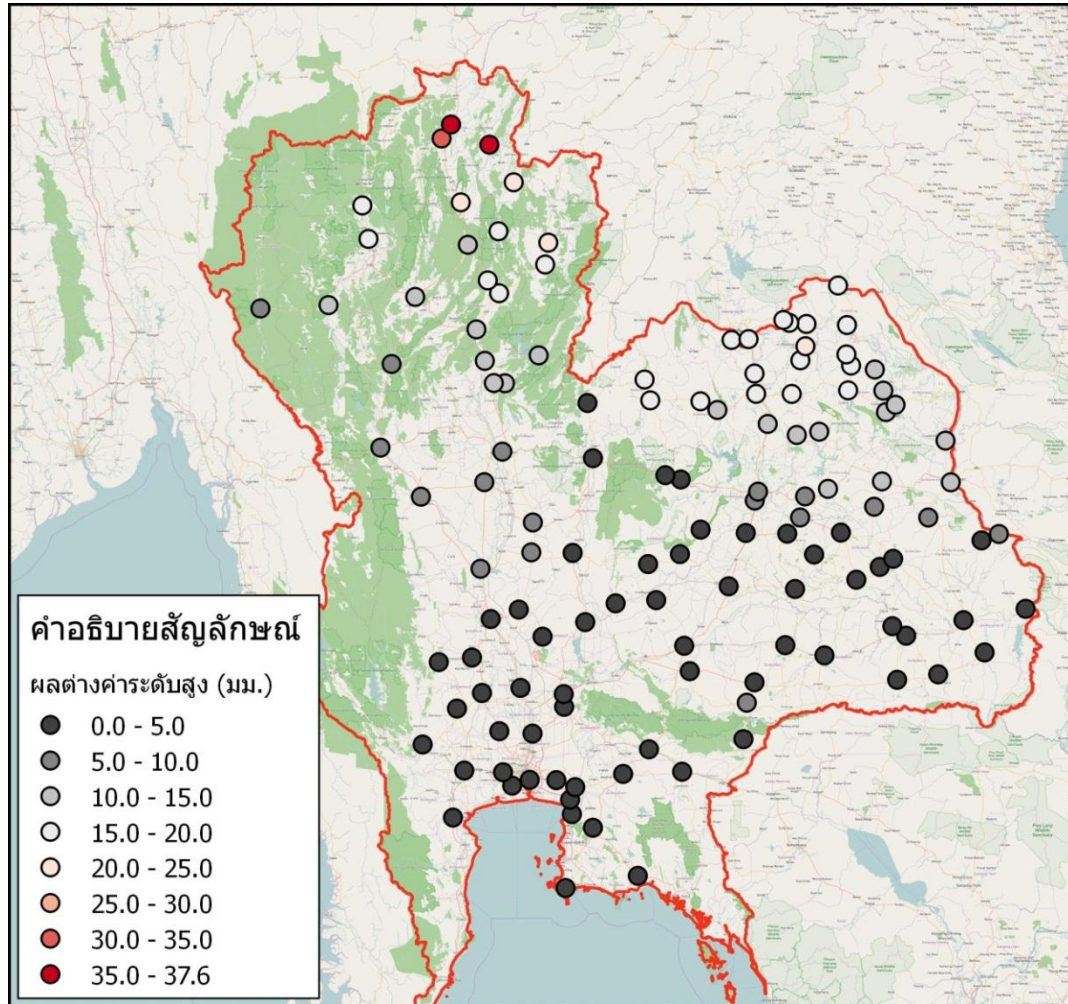
รูปที่ 5.2 พิจารณาผลต่างค่าระดับสูงกับค่าพิกัดละติจูด พื้นที่เขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล



รูปที่ 5.3 พิจารณาผลต่างค่าระดับสูงกับค่าพิกัดลองจิจูด พื้นที่เขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

5.1.2 พื้นที่ตอนบนเกาะหลัก คำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกแบบเฮลเมิร์ต ของหมุดหลักฐานการแผนที่บริเวณหมุดชุมทาง จำนวน 129 หมุด ค่าความแตกต่างระหว่างค่าระดับสูงที่ได้จากการสำรวจระดับกับค่าระดับสูงที่ได้จากการศึกษาแตกต่างกันสูงสุดเท่ากับ 37.6 มิลลิเมตร ค่าความแตกต่างระหว่างค่าระดับสูงที่ได้จากการสำรวจระดับกับค่าระดับสูงที่ได้จากการศึกษาแตกต่าง

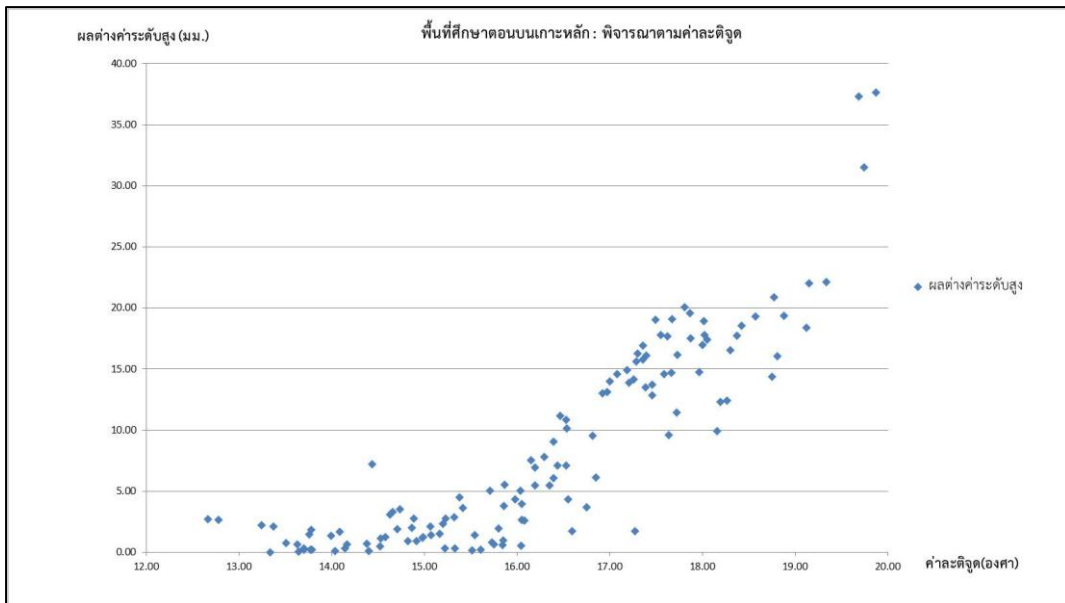
กันต่ำสุดเท่ากับ 0.0 มิลลิเมตร และค่าความต่างระดับสูงเฉลี่ยเท่ากับ 8.5 มิลลิเมตร ตำแหน่งของ
หมุดหลักฐานและผลการคำนวณแสดงดังรูปที่ 5.4



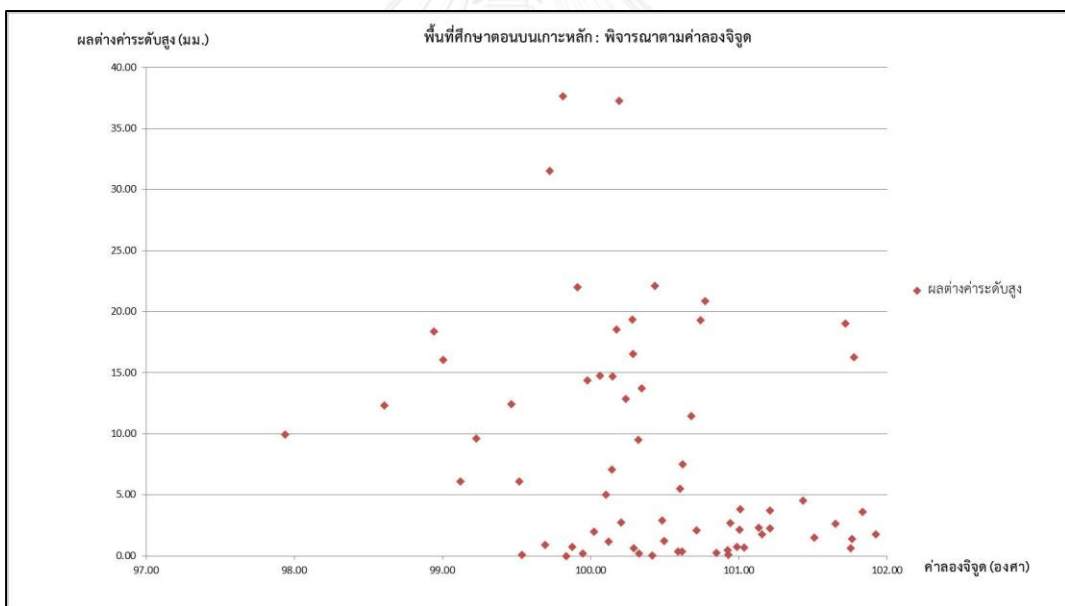
รูปที่ 5.4 แผนที่แสดงตำแหน่งและผลต่างค่าระดับสูง พื้นที่ตอนบนเกาะหลัก

จะเห็นว่าในพื้นที่ศึกษาตอนบนเกาะหลัก ผลค่าต่างระดับสูงมีความแตกต่างกันสูงโดยเฉพาะ
ในพื้นที่สูง อย่างเช่น ในพื้นที่ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งมีลักษณะภูมิประเทศเป็น
ภูเขาและที่ราบสูง และผลต่างค่าระดับสูงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะห่างจากหมุดหลักฐานอ้างอิง
เช่นเดียวกับพื้นที่ศึกษาเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

เมื่อพิจารณาผลต่างค่าระดับสูงกับค่าพิกัดหมุดหลักฐาน โดยแบ่งการพิจารณาตามค่าละติจูด
และค่าลองจิจูด ผลต่างค่าระดับสูงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามค่าละติจูดเช่นกัน แสดงดังรูปที่ 5.5 และ รูป
ที่ 5.6



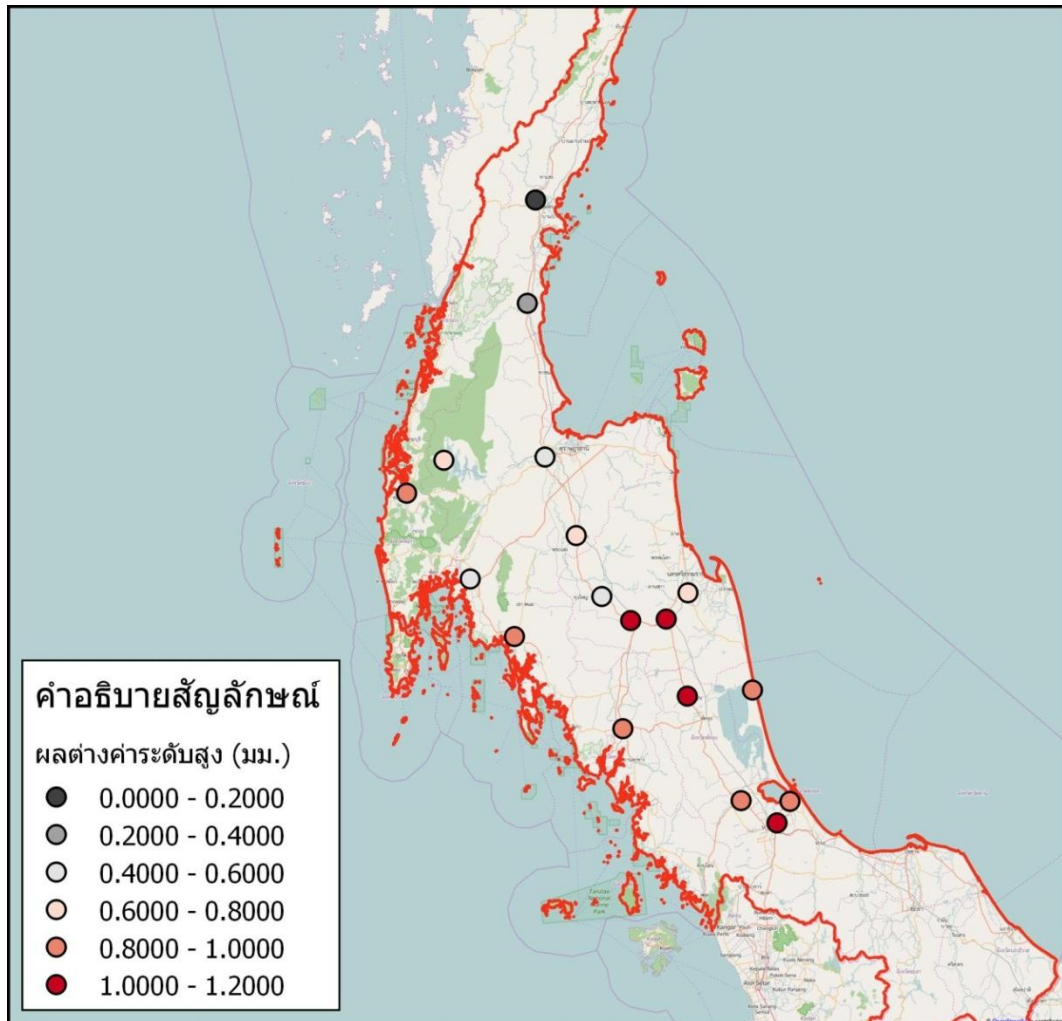
รูปที่ 5.5 พิจารณาผลต่างค่าระดับสูงกับค่าพิกัดละติจูด พื้นที่ตอนบนเกาะหลัก



รูปที่ 5.6 พิจารณาผลต่างค่าระดับสูงกับค่าพิกัดลองจิจูด พื้นที่ตอนบนเกาะหลัก

5.1.3 พื้นที่ตอนใต้เกาะหลัก คำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกแบบเฮลเมิร์ต ของหมุดหลักฐานการแผนที่บริเวณหมุดชุมทาง จำนวน 18 หมุด ค่าความแตกต่างระหว่างค่าระดับสูงที่ได้จากการสำรวจระดับกับค่าระดับสูงที่ได้จากการศึกษาแตกต่างกันสูงสุดเท่ากับ 1.2 มิลลิเมตร ค่าความแตกต่างระหว่างค่าระดับสูงที่ได้จากการสำรวจระดับกับค่าระดับสูงที่ได้จากการศึกษาแตกต่างกัน

ต่ำสุดเท่ากับ 0.3 มิลลิเมตร และค่าความต่างระดับสูงเฉลี่ยเท่ากับ 0.8 มิลลิเมตร ตำแหน่งของหมุดหลักฐานและผลการคำนวณแสดงดังรูปที่ 5.7

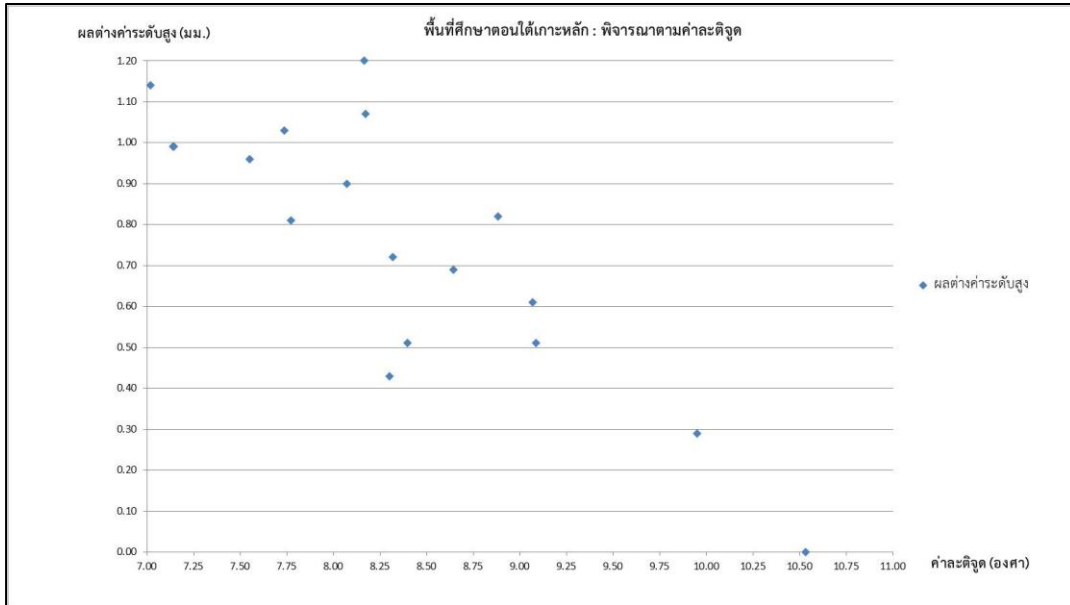


รูปที่ 5.7 แผนที่แสดงตำแหน่งและผลต่างค่าระดับสูง พื้นที่ตอนใต้เกาะหลัก

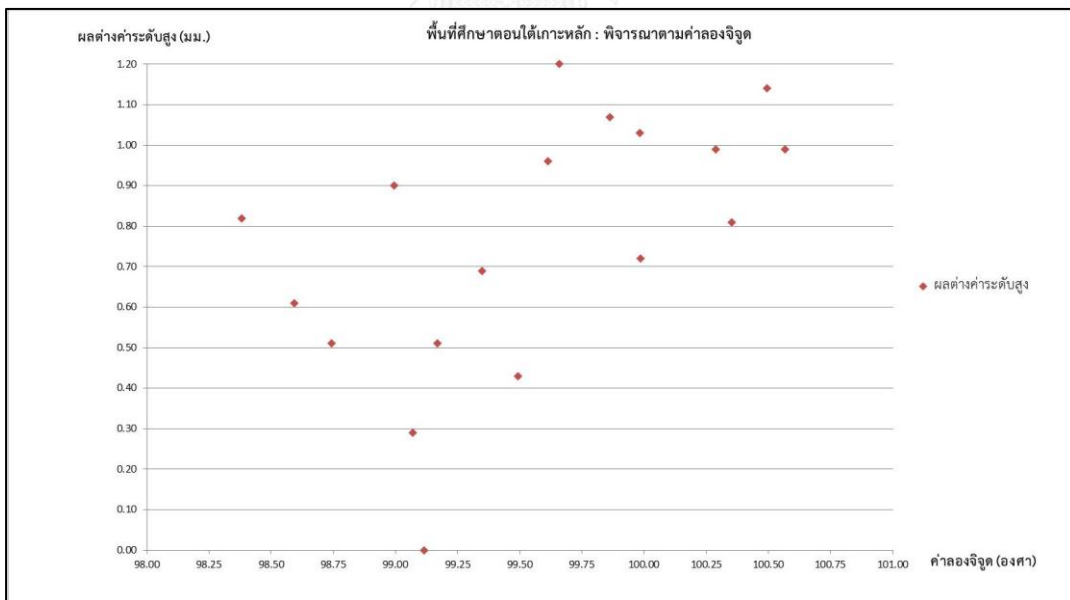
ในพื้นที่ศึกษาตอนใต้เกาะหลัก ผลค่าต่างระดับสูงมีความแตกต่างกันสูงโดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีลักษณะภูเขา และผลต่างค่าระดับสูงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะห่างจากหมุดหลักฐานอ้างอิง เช่นเดียวกับพื้นที่ศึกษาเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

แต่เมื่อพิจารณาผลต่างค่าระดับสูงกับตำแหน่งหมุดหลักฐาน โดยแบ่งการพิจารณาตามค่า ละติจูด และค่าลองจิจูด พบว่าผลต่างค่าระดับสูงมีแนวโน้มลดลงเมื่อค่าละติจูดเพิ่มขึ้น ซึ่งแตกต่างกับ

พื้นที่ศึกษาเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล และพื้นที่ตอนบนเกาะหลัก แสดงดังรูปที่ 5.8 และ รูปที่ 5.9



รูปที่ 5.8 พิจารณาผลต่างค่าระดับสูงกับค่าพิกัดระดับจุด พื้นที่ตอนใต้เกาะหลัก



รูปที่ 5.9 พิจารณาผลต่างค่าระดับสูงกับค่าพิกัดลงจุด พื้นที่ตอนใต้เกาะหลัก

จากผลการศึกษาคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริก สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1. เมื่อพิจารณาจากลักษณะภูมิประเทศ ค่าต่างระดับสูงมีแนวโน้มจะมีค่าสูงขึ้น ตามลักษณะภูมิประเทศที่มีความสูงชันขึ้น เมื่อเทียบกับหมวดหลักฐานอ้างอิง โดยเฉพาะพื้นที่ศึกษาตอนบน เกาะหลัก บริเวณภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งมีลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขา และที่ราบสูง
2. เมื่อพิจารณาจากค่าพิคัดของตำแหน่งหมวดหลักฐาน โดยเฉพาะค่าพิคัดละติจูด ค่าต่างระดับสูงมีแนวโน้มจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อค่าละติจูดมีค่าเพิ่มมากขึ้นในพื้นที่ศึกษาเขต กรุงเทพมหานครและปริมณฑล และพื้นที่ศึกษาตอนบนเกาะหลัก แต่สำหรับพื้นที่ศึกษาตอนใต้เกาะหลัก ค่าต่างระดับสูงกลับมีแนวโน้มลดลง เมื่อค่าละติจูดเพิ่มขึ้น
3. เมื่อพิจารณาจากระยะห่างระหว่างหมวดหลักฐานกับหมวดหลักฐานอ้างอิง ค่าต่างระดับสูงมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น ตามระยะห่างระหว่างหมวดหลักฐานกับหมวดอ้างอิงที่เพิ่มมากขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการศึกษาในครั้งนี้ เนื้อหาที่ทำการศึกษา เป็นเนื้อหาที่ยังไม่เคยมีตัวอย่างเป็นกรณีศึกษาในประเทศไทยมาก่อน เนื่องจากข้อจำกัดของข้อมูล ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงทำการศึกษาในเพียงบางประเด็น ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่ยังสามารถทำการศึกษาเพิ่มเติม ดังนี้

5.3.1 รูปแบบในการคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริก มีหลากหลายรูปแบบ อาทิเช่น การคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกแบบ Mader Orthometric , การคำนวณค่าความสูงเมตริกแบบ Niethammer Orthometric เป็นต้น ซึ่งแต่ละรูปแบบมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันออกไป

5.3.2 การกำหนดค่าน้ำหนักในการคำนวณปรับแก้ค่าจำนวนภูมิศักร์ หรือ Geopotential Number ควรมีการศึกษาเพิ่มเติม เพื่อให้มีการคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกมีความละเอียดถูกต้องมากยิ่งขึ้น

5.3.3 การกำหนดจุดอ้างอิงในการคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกของโครงข่ายระดับชั้นที่ 1 ในอนาคตหากมีการสำรวจข้อมูลค่าความโน้มถ่วงพิภพบริเวณเกาะหลัก ซึ่งเป็นหมวดอ้างอิงของค่าระดับของโครงข่ายระดับชั้นที่ 1 ในพื้นที่ประเทศไทย จะทำให้การคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกของโครงข่ายมีความเชื่อมโยงกันเป็นเอกภาพ ส่งผลให้ค่าระดับสูงของหมวดหลักฐานในโครงข่ายระดับชั้นที่ 1 ซึ่งใช้เป็นโครงข่ายควบคุมทางดิ่งแห่งชาติมีความเชื่อมโยงกันทั้งโครงข่าย

รายการอ้างอิง

- Fratherstone, W. E., & Kung, M. Height systems and vertical datums : a review in the Australian context.
- Heiskanen, W. A., & Moritz. (1979). *Physical Geodesy*. San Francisco.
- Hwang, C., & Hsiao, Y.-S. (2003). Orthometric corrections from leveling, gravity, density, and elevation data : a case study in Taiwan. *Journal of Geodesy.*, 77, 279 - 291.
- Kao, S. P., & Ning, F. S. (2008). A Further Evaluation of Orthometric Correction Using Measured Gravity for Each Set-up between Two Benchmark. *Journal of C.C.I.T.*, 37, 65 - 70.
- กรมแผนที่ทหาร. (2555). รายงานผลการปฏิบัติราชการ ประจำปีงบประมาณ 2555: กองยี่อเดซีและยี่อฟิลิกส์ กรมแผนที่ทหาร กองบัญชาการกองทัพไทย.
- กรมแผนที่ทหาร. (2555). รายงานผลการสำรวจความโน้มถ่วงพิภพ โครงการสำรวจระดับการทุดตัวของพื้นดินในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ประจำปีงบประมาณ 2555: กองยี่อเดซีและยี่อฟิลิกส์ กรมแผนที่ทหาร กองบัญชาการกองทัพไทย.
- กรมแผนที่ทหาร. (2555). รายงานผลการสำรวจระดับการทุดตัวของพื้นดิน โครงการสำรวจระดับการทุดตัวของพื้นดินในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ประจำปีงบประมาณ 2555: กองยี่อเดซีและยี่อฟิลิกส์ กรมแผนที่ทหาร กองบัญชาการกองทัพไทย.
- กรมแผนที่ทหาร. (2556). รายงานผลการสำรวจความโน้มถ่วงพิภพ ประจำปีงบประมาณ 2556: กองยี่อเดซีและยี่อฟิลิกส์ กรมแผนที่ทหาร กองบัญชาการกองทัพไทย.
- กรมแผนที่ทหาร. (2557). รายงานผลการปรับแก้โครงข่ายความโน้มถ่วงพิภพ: กองยี่อเดซีและยี่อฟิลิกส์ กรมแผนที่ทหาร กองบัญชาการกองทัพไทย.
- กรมแผนที่ทหาร. (2557). รายงานผลการสำรวจความโน้มถ่วงพิภพ ประจำปีงบประมาณ 2557: กองยี่อเดซีและยี่อฟิลิกส์ กรมแผนที่ทหาร กองบัญชาการกองทัพไทย.
- กรมอุทกศาสตร์. (2550). ระดับน้ำในน่านน้ำไทย (ที่ระลึกวันคล้ายวันสถาปนา กรมอุทกศาสตร์ครบรอบ 86 ปี).
- ชูเกียรติ วิเชียรเจริญ. (2537). ยี่อเดซี (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- ดำรงห์ ประสงค์กิจ. (2555). การคำนวณหาฮัยออยต์โดยวิธีการประมาณค่าภายใน บริเวณพื้นที่ภาค
กลางของประเทศไทย. (ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พุทธิพล ดำรงชัย. (2555). การวัดความโน้มถ่วงพิภพภาคพื้นดิน บริเวณประเทศไทย. วารสาร มก.25,
47-59.
- วิชัย เยี่ยงวีรชน. (2549). การสำรวจรังวัด : ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้ (พิมพ์ครั้งที่ 1).
กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เอื้อมเกียรติ เจริญสม. (2549). การสำรวจวางโครงข่ายหมุดหลักฐานทางดิ่งแห่งชาติ.





ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รหัสชุดคำสั่งสำหรับการคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกแบบเฮลเมิร์ท

บริเวณเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

```
<html>
```

```
<head>
```

```
<script type="text/javascript">
```

```
var data = []; //เก็บค่าตัวแปร
```

```
    data[data.length]=[0.0020132,978.307152,1.96953];
```

```
    data[data.length]=[0.0022773,978.303201,2.2279];
```

```
    data[data.length]=[0.0010778,978.307607,1.05442];
```

```
    data[data.length]=[0.0000652,978.310025,0.06378];
```

```
    data[data.length]=[0.0004724,978.310583,0.46215];
```

```
    data[data.length]=[0.0024679,978.315364,2.41437];
```

```
    data[data.length]=[0.0029143,978.3131,2.85108];
```

```
    data[data.length]=[0.0041288,978.310264,4.03925];
```

```
    data[data.length]=[0.0039259,978.319184,3.84075];
```

```
    data[data.length]=[0.0053822,978.316614,5.26547];
```

```
    data[data.length]=[0.0047124,978.323307,4.6102];
```

```
    data[data.length]=[0.0025078,978.318063,2.45339];
```

```
    data[data.length]=[0.0015654,978.29773,1.53145];
```

```
    data[data.length]=[0.0041259,978.308145,4.0364];
```

```
    data[data.length]=[0.0050307,978.314171,4.92158];
```

```
    data[data.length]=[0.0032909,978.319318,3.2195];
```

```
    data[data.length]=[0.0032306,978.320358,3.16052];
```

```
    data[data.length]=[0.0034705,978.328333,3.39522];
```

```
    data[data.length]=[0.0041131,978.323429,4.02389];
```

```
    data[data.length]=[0.0022003,978.301923,2.15257];
```

```
    data[data.length]=[0.0023615,978.320983,2.31027];
```

```
    data[data.length]=[0.0052862,978.308511,5.17153];
```

```
    data[data.length]=[0.0034366,978.314991,3.36205];
```

```
    data[data.length]=[0.0017797,978.306959,1.74109];
```

```
    data[data.length]=[0.0028005,978.311066,2.73975];
```

```
    data[data.length]=[0.0050429,978.307868,4.9335];
```

```
    data[data.length]=[0.0017777,978.301353,1.73914];
```



```

data[data.length]=[0.0030266,978.315613,2.96093];
data[data.length]=[0.0011285,978.311732,1.104];
data[data.length]=[0.0026951,978.304665,2.63663];
data[data.length]=[0.0034942,978.305765,3.41839];
data[data.length]=[0.0069453,978.309462,6.79463];
data[data.length]=[0.0087137,978.300456,8.52465];

```

```

function getH(hp_old, gp, Cp){
    // แปลงข้อมูลข้อความให้เป็นข้อมูลตัวเลขทศนิยม
    hp_old = parseFloat(hp_old);
    gp = parseFloat(gp);
    Cp = parseFloat(Cp);

    var hp_new;
    // คำนวณค่า hp ใหม่
    hp_new = Cp/(gp + (0.0424*hp_old));
    var i = 1;

    // ตรวจสอบว่าค่า hp ใหม่ยังมากกว่า hp เดิม ในค่าที่กำหนด หรือไม่
    // ถ้ายังมากกว่าให้ทำใน loop ต่อไปเรื่อย ๆ แต่ไม่เกิน 50 ครั้ง
    while( Math.abs(hp_new-hp_old)>0.000001 ){
        // เก็บ hp ใหม่ที่ทำไว้ก่อนหน้าไปเป็น hp เดิม
        hp_old = hp_new;
        // คำนวณ hp ใหม่อีกครั้ง
        hp_new = Cp/(gp + (0.0424*hp_old));
        //console.log("hp_new : "+hp_new);
        i++;
        if( i==50 ){
            // ถ้ามีการวนทำงานถึง 50 ครั้งให้ออกทันที
            return {i: i, hp_new: hp_new, diff: Math.abs(hp_new-hp_old)};
        }
    }
    hp_old));
}
// คืนค่าให้กับผู้เรียกใช้ ฟังก์ชัน

```

```

    return {i: i, hp_new: hp_new, diff: Math.abs(hp_new-hp_old) };
}

function calHeight(){
    var str = "";
    if( data && data.length && data.length > 0 ){
        var ln = data.length;
        var obj;
        for(var j=0;j<ln;j++){
            obj = getH(data[j][0],data[j][1],data[j][2]);
            str += "<tr>"+
                "<td>"+(j+1)+"</td>"+
                "<td>"+obj.i+"</td>"+
                "<td>"+obj.diff.toFixed(15)+"</td>"+
                "<td>"+data[j][1].toFixed(6)+"</td>"+
                "<td>"+data[j][2].toFixed(8)+"</td>"+
                "<td>"+data[j][0].toFixed(8)+"</td>"+
                "<td>"+obj.hp_new.toFixed(8)+"</td>"+
                "<td>"+(Math.abs(obj.hp_new-data[j][0]).toFixed(8))+"</td>"+
                "</tr>";
        }
        document.getElementById("result").innerHTML = "<table width='100%'>"+
"<tr>"+
    "<td>No. of BM.</td>"+
    "<td>Iteration</td>"+
    "<td>Diff</td>"+
    "<td>gp (gals.)</td>"+
    "<td>Cp (g.p.u)</td>"+
    "<td>Hp (Km.)</td>"+
    "<td>Hp new (Km.)</td>"+
    "<td>Compair Original Hp (Km.)</td>"+
"</tr>"+
str+"</table>";
    }
}

```

```
}  
  
</script>  
</head>  
<body>  
    <button onclick="calHeight();">Calculate</button>  
    <br/>  
    Result :  
    <div id="result"></div>  
</body>  
</html>
```



รหัสชุดคำสั่งสำหรับการคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกแบบเฮลเมิร์ต

บริเวณพื้นที่ตอนบนเกาะหลัก

```
<html>
```

```
<head>
```

```
<script type="text/javascript">
```

```
var data = []; //เก็บค่าตัวแปร
```

```
    data[data.length]=[0.0056449,978.294093,5.52237];
```

```
    data[data.length]=[0.0052216,978.319966,5.10818];
```

```
    data[data.length]=[0.0365885,978.309622,35.79484];
```

```
    data[data.length]=[0.0335203,978.323213,32.79304];
```

```
    data[data.length]=[0.0076915,978.339625,7.52378];
```

```
    data[data.length]=[0.0079305,978.349763,7.75759];
```

```
    data[data.length]=[0.0253227,978.332228,24.77358];
```

```
    data[data.length]=[0.0062966,978.339097,6.15958];
```

```
    data[data.length]=[0.0045792,978.325731,4.47961];
```

```
    data[data.length]=[0.0207671,978.339854,20.31719];
```

```
    data[data.length]=[0.0018011,978.299591,1.76182];
```

```
    data[data.length]=[0.0022003,978.301971,2.15259];
```

```
    data[data.length]=[0.0016159,978.301481,1.58118];
```

```
    data[data.length]=[0.0022885,978.309695,2.23909];
```

```
    data[data.length]=[0.0047384,978.307711,4.63626];
```

```
    data[data.length]=[0.0023754,978.302101,2.3246];
```

```
    data[data.length]=[0.0573712,978.26856,56.12666];
```

```
    data[data.length]=[0.0155286,978.259979,15.19367];
```

```
    data[data.length]=[0.0043487,978.270993,4.25678];
```

```
    data[data.length]=[0.0545782,978.273172,53.3947];
```

```
    data[data.length]=[0.0637346,978.288867,62.35248];
```

```
    data[data.length]=[0.0420015,978.309754,41.09236];
```

```
    data[data.length]=[0.0134012,978.311803,13.1119];
```

```
    data[data.length]=[0.1028598,978.311551,100.63104];
```

```
    data[data.length]=[0.2026712,978.272466,198.27643];
```

```
    data[data.length]=[0.1794943,978.296676,175.60308];
```

```
    data[data.length]=[0.1912045,978.294072,187.05922];
```

data[data.length]=[0.1765862,978.310723,172.75868];
data[data.length]=[0.1546221,978.311447,151.27083];
data[data.length]=[0.1358904,978.322494,132.94557];
data[data.length]=[0.1628302,978.315143,159.30174];
data[data.length]=[0.2382854,978.302806,233.12123];
data[data.length]=[0.1879404,978.332166,183.86871];
data[data.length]=[0.3186033,978.296221,311.69712];
data[data.length]=[0.2065331,978.328802,202.05847];
data[data.length]=[0.0479552,978.35511,46.91504];
data[data.length]=[0.0818575,978.367714,80.0833];
data[data.length]=[0.0299232,978.359698,29.27365];
data[data.length]=[0.0159972,978.35708,15.64903];
data[data.length]=[0.0660883,978.324172,64.65509];
data[data.length]=[0.0158917,978.371187,15.5453];
data[data.length]=[0.0682134,978.362968,66.73483];
data[data.length]=[0.0480441,978.395493,47.00084];
data[data.length]=[0.0610784,978.387916,59.75362];
data[data.length]=[0.0502427,978.415984,49.15102];
data[data.length]=[0.0436728,978.436475,42.72182];
data[data.length]=[0.0408529,978.409798,39.96402];
data[data.length]=[0.0783919,978.396652,76.69269];
data[data.length]=[0.116119,978.394298,113.60477];
data[data.length]=[0.0697155,978.445194,68.20044];
data[data.length]=[0.1691645,978.412869,165.50454];
data[data.length]=[0.1661874,978.438284,162.59087];
data[data.length]=[0.1947808,978.441712,190.56707];
data[data.length]=[0.2793318,978.425258,273.29453];
data[data.length]=[0.2324292,978.421318,227.40381];
data[data.length]=[0.2781627,978.416294,272.15013];
data[data.length]=[0.2299479,978.410051,224.97588];
data[data.length]=[0.3091586,978.427416,302.4776];
data[data.length]=[0.3359712,978.431848,328.71173];
data[data.length]=[0.3937346,978.437948,385.2299];
data[data.length]=[0.4190488,978.459735,409.99899];

data[data.length]=[0.4001104,978.477798,391.46912];
data[data.length]=[0.3671777,978.480743,359.24554];
data[data.length]=[0.4371583,978.439847,427.71954];
data[data.length]=[0.2643625,978.447065,258.64872];
data[data.length]=[0.1811599,978.451453,177.23944];
data[data.length]=[0.1996085,978.458221,195.28985];
data[data.length]=[0.1915297,978.453601,187.38562];
data[data.length]=[0.0782979,978.451675,76.59658];
data[data.length]=[0.149732,978.412781,146.48945];
data[data.length]=[0.0794471,978.434051,77.7206];
data[data.length]=[0.3716571,978.348058,363.61416];
data[data.length]=[0.147505,978.366306,144.31123];
data[data.length]=[0.2443503,978.339837,239.05846];
data[data.length]=[0.2209256,978.349891,216.14038];
data[data.length]=[0.190327,978.340984,186.20368];
data[data.length]=[0.1671529,978.339737,163.5309];
data[data.length]=[0.1573508,978.356949,153.94093];
data[data.length]=[0.1616557,978.366812,158.15272];
data[data.length]=[0.252681,978.399908,247.20987];
data[data.length]=[0.2452484,978.413641,239.93833];
data[data.length]=[0.2401828,978.39974,234.98196];
data[data.length]=[0.2186011,978.394969,213.86664];
data[data.length]=[0.1813496,978.406051,177.42068];
data[data.length]=[0.1788658,978.416515,174.99005];
data[data.length]=[0.175117,978.4208,171.32204];
data[data.length]=[0.1710007,978.425362,167.29351];
data[data.length]=[0.167972,978.417999,164.33091];
data[data.length]=[0.1641979,978.420516,160.63869];
data[data.length]=[0.1624196,978.424275,158.89905];
data[data.length]=[0.1807343,978.428392,176.81846];
data[data.length]=[0.1572583,978.419845,153.84908];
data[data.length]=[0.1522562,978.427613,148.95524];
data[data.length]=[0.1496691,978.407743,146.42409];
data[data.length]=[0.1691328,978.424268,165.46758];

data[data.length]=[0.1636545,978.414694,160.10729];
data[data.length]=[0.1716574,978.435876,167.93738];
data[data.length]=[0.1762995,978.429474,172.47925];
data[data.length]=[0.1901275,978.411186,186.00896];
data[data.length]=[0.1645643,978.416172,160.99778];
data[data.length]=[0.164832,978.410695,161.25995];
data[data.length]=[0.1616517,978.405377,158.14815];
data[data.length]=[0.1635274,978.40145,159.98337];
data[data.length]=[0.1449964,978.401688,141.85287];
data[data.length]=[0.2124864,978.401548,207.88526];
data[data.length]=[0.1809455,978.399222,177.02547];
data[data.length]=[0.1502411,978.379172,146.98485];
data[data.length]=[0.1453796,978.39301,142.22836];
data[data.length]=[0.1668901,978.383657,163.27382];
data[data.length]=[0.1400355,978.39025,136.99959];
data[data.length]=[0.1526294,978.365358,149.3215];
data[data.length]=[0.1285277,978.334784,125.74189];
data[data.length]=[0.1438902,978.372002,140.77136];
data[data.length]=[0.1454883,978.346656,142.33502];
data[data.length]=[0.1451383,978.35712,141.99261];
data[data.length]=[0.1749979,978.324506,171.20551];
data[data.length]=[0.1415201,978.326323,138.45312];
data[data.length]=[0.1325266,978.327111,129.6543];
data[data.length]=[0.1383602,978.320565,135.36163];
data[data.length]=[0.1445162,978.302179,141.38408];
data[data.length]=[0.1485244,978.309187,145.30521];
data[data.length]=[0.1278592,978.310784,125.0881];
data[data.length]=[0.1573108,978.296048,153.90084];
data[data.length]=[0.1561387,978.304472,152.7541];
data[data.length]=[0.1334331,978.312236,130.54091];
data[data.length]=[0.1211528,978.323113,118.52689];
data[data.length]=[0.1083471,978.323536,105.99871];
data[data.length]=[0.175016,978.347143,171.22349];
data[data.length]=[0.1411293,978.3561,138.07064];

```

function getH(hp_old, gp, Cp){
    // แปลงข้อมูลข้อความให้เป็นข้อมูลตัวเลขทศนิยม
    hp_old = parseFloat(hp_old);
    gp = parseFloat(gp);
    Cp = parseFloat(Cp);

    var hp_new;
    // คำนวณค่า hp ใหม่
    hp_new = Cp/(gp + (0.0424*hp_old));
    var i = 1;

    // ตรวจสอบว่าค่า hp ใหม่ยังมากกว่า hp เดิม ในค่าที่กำหนด หรือไม่
    // ถ้ายังมากกว่าให้ทำใน loop ต่อไปเรื่อย ๆ แต่ไม่เกิน 50 ครั้ง
    while( Math.abs(hp_new-hp_old)>0.000001 ){
        // เก็บ hp ใหม่ที่ทำไว้ก่อนหน้าไปเป็น hp เดิม
        hp_old = hp_new;
        // คำนวณ hp ใหม่อีกครั้ง
        hp_new = Cp/(gp + (0.0424*hp_old));
        //console.log("hp_new : "+hp_new);
        i++;
        if( i==50 ){
            // ถ้ามีการวนทำงานถึง 50 ครั้งให้ออกทันที
            return {i: i, hp_new: hp_new, diff: Math.abs(hp_new-hp_old)};
        }
    }
    hp_old));
}

// คืนค่าให้กับผู้เรียกใช้ ฟังก์ชัน
return {i: i, hp_new: hp_new, diff: Math.abs(hp_new-hp_old) };
}

function calHeight(){
    var str = "";
    if( data && data.length && data.length > 0 ){

```



```

var ln = data.length;
var obj;
for(var j=0;j<ln;j++){
    obj = getH(data[j][0],data[j][1],data[j][2]);
    str += "<tr>"+
        "<td>"+(j+1)+"</td>"+
        "<td>"+obj.i+"</td>"+
        "<td>"+obj.diff.toFixed(15)+"</td>"+
        "<td>"+data[j][1].toFixed(6)+"</td>"+
        "<td>"+data[j][2].toFixed(8)+"</td>"+
        "<td>"+data[j][0].toFixed(8)+"</td>"+
        "<td>"+obj.hp_new.toFixed(8)+"</td>"+
        "<td>"+(Math.abs(obj.hp_new-data[j][0]).toFixed(8))+"</td>"+
        "</tr>";
}
document.getElementById("result").innerHTML = "<table width='100%'>"+
"<tr>"+
    "<td>No. of BM.</td>"+
    "<td>Iteration</td>"+
    "<td>Diff</td>"+
    "<td>gp (gals.)</td>"+
    "<td>Cp (g.p.u)</td>"+
    "<td>Hp (Km.)</td>"+
    "<td>Hp new (Km.)</td>"+
    "<td>Compair Original Hp (Km.)</td>"+
"</tr>"+
str+"</table>";
}
}
</script>
</head>
<body>
<button onclick="calHeight();">Calculate()</button>

```


Result :

<div id="result"></div>

</body>

</html>



รหัสชุดคำสั่งสำหรับการคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกแบบเฮลเมิร์ต

บริเวณพื้นที่ตอนใต้เกาะหลัก

```

<html>
<head>
<script type="text/javascript">
var data = []; //เก็บค่าตัวแปร
    data[data.length]=[0.0329379,978.188809,32.21953];
    data[data.length]=[0.0087947,978.182622,8.60311];
    data[data.length]=[0.0098259,978.157274,9.61188];
    data[data.length]=[0.0089141,978.132378,8.71998];
    data[data.length]=[0.0096002,978.162763,9.39106];
    data[data.length]=[0.0219582,978.142294,21.47894];
    data[data.length]=[0.0243265,978.149088,23.79547];
    data[data.length]=[0.0407328,978.144948,39.84307];
    data[data.length]=[0.0237135,978.133342,23.19587];
    data[data.length]=[0.0506171,978.123864,49.51108];
    data[data.length]=[0.0121369,978.132409,11.87244];
    data[data.length]=[0.0185055,978.128028,18.10181];
    data[data.length]=[0.0189101,978.127936,18.49752];
    data[data.length]=[0.0208142,978.127098,20.35992];
    data[data.length]=[0.0065871,978.109511,6.44402];
    data[data.length]=[0.0049201,978.154465,4.81332];
    data[data.length]=[0.0018584,978.152012,1.81859];
    data[data.length]=[0.0021676,978.118759,2.12114];

function getH(hp_old,gp,Cp){
    // แปลงข้อมูลข้อความให้เป็นข้อมูลตัวเลขทศนิยม
    hp_old = parseFloat(hp_old);
    gp = parseFloat(gp);
    Cp = parseFloat(Cp);

    var hp_new;
    // คำนวณค่า hp ใหม่

```

```

hp_new = Cp/(gp + (0.0424*hp_old));
var i = 1;

// ตรวจสอบว่าค่า hp ใหม่ยังมากกว่า hp เดิม ในค่าที่กำหนด หรือไม่
// ถ้ายังมากกว่าให้ทำใน loop ต่อไปเรื่อย ๆ แต่ไม่เกิน 50 ครั้ง
while( Math.abs(hp_new-hp_old)>0.000001 ){
    // เก็บ hp ใหม่ที่ทำไว้ก่อนหน้าไปเป็น hp เดิม
    hp_old = hp_new;
    // คำนวณ hp ใหม่อีกครั้ง
    hp_new = Cp/(gp + (0.0424*hp_old));
    //console.log("hp_new : "+hp_new);
    i++;
    if( i==50 ){
        // ถ้ามีการวนทำงานถึง 50 ครั้งให้ออกทันที
        return {i: i, hp_new: hp_new, diff: Math.abs(hp_new-hp_old)};
    }
hp_old));
}
// คืนค่าให้กับผู้เรียกใช้ ฟังก์ชัน
return {i: i, hp_new: hp_new, diff: Math.abs(hp_new-hp_old) };
}

function calHeight(){
    var str = "";
    if( data && data.length && data.length > 0 ){
        var ln = data.length;
        var obj;
        for(var j=0;j<ln;j++){
            obj = getH(data[j][0],data[j][1],data[j][2]);
            str += "<tr>"+
                "<td>"+(j+1)+"</td>"+
                "<td>"+obj.i+"</td>"+
                "<td>"+obj.diff.toFixed(15)+"</td>"+
                "<td>"+data[j][1].toFixed(6)+"</td>"+

```

```

        "<td>"+data[j][2].toFixed(8)+"</td>"+
        "<td>"+data[j][0].toFixed(8)+"</td>"+
        "<td>"+obj.hp_new.toFixed(8)+"</td>"+
        "<td>"+(Math.abs(obj.hp_new-data[j][0]).toFixed(8))+"</td>"+
        "</tr>";
    }
    document.getElementById("result").innerHTML = "<table width='100%'>"+
    "<tr>"+
        "<td>No. of BM.</td>"+
        "<td>Iteration</td>"+
        "<td>Diff</td>"+
        "<td>gp (gals.)</td>"+
        "<td>Cp (g.p.u)</td>"+
        "<td>Hp (Km.)</td>"+
        "<td>Hp new (Km.)</td>"+
        "<td>Compair Original Hp (Km.)</td>"+
    "</tr>"+
    str+"</table>";
    }
}
</script>
</head>
<body>
    <button onclick="calHeight();">Calculate()</button>
    <br/>
    Result :
    <div id="result"></div>
</body>
</html>

```

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ : ร้อยเอกทวีชัย ชูเชิด

วันเดือนปีเกิด : 1 ตุลาคม พ.ศ. 2526

คุณวุฒิทางการศึกษา :

พ.ศ. 2550 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา กองวิชาวิศวกรรมโยธา
โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า

พ.ศ. 2558 วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสำรวจ ภาควิชาวิศวกรรม
สำรวจ คณะวิศวกรรมสำรวจ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประสบการณ์ทำงาน :

พ.ศ. 2551 หัวหน้าชุด งานสำรวจระดับชั้นที่ 1 โครงการสำรวจระดับสนับสนุนการ
ไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

พ.ศ. 2553 หัวหน้าชุด งานสำรวจระดับชั้นที่ 1 งานสำรวจโครงข่ายควบคุมทางดิ่ง
แห่งชาติ , งานสำรวจรังวัดติดตามการเคลื่อนตัวของเปลือกโลก กรมแผนที่ทหาร

รางวัลที่ได้รับ : นิสิตดีเด่น ระดับบัณฑิตศึกษา ประจำภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2556

ผลงานทางวิชาการ : บทความตีพิมพ์ 1. ทวีชัย ชูเชิด เฉลิมชนม์ สติระพจน์ และ
ชัยวัฒน์ พรหมทอง. 2556. การคำนวณค่าความสูงออร์โทเมตริกบนโครงข่ายระดับชั้นที่ 1 ตาม
มาตรฐาน FGCC 1984 ในพื้นที่เขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล. การประชุมวิชาการวิศวกรรม
โยธาแห่งชาติครั้งที่ 18. โรงแรม ดีเอ็มเพรส จังหวัดเชียงใหม่ 8-10 พฤษภาคม 2556