จำนวนจุดควบคุมทางดิ่งที่เหมาะสม สำหรับหาค่าความสูงออร์โทเมตริกด้วยดาวเทียมจีพีเอส กรณีศึกษาภาคกลางและภาคเหนือของประเทศไทย

ร้อยเอกวิชัย พะวิขุณี

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีภูมิศาสตร์
คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
ตุลาคม 2553
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ ร้อยเอก วิชัย พะวิขุณี ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีภูมิศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร. แก้ว นวลฉวี)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุญเชิด หนูอิ่ม)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ดร. สุรชัย รัตนเสริมพงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธาน
(ดร. เชาวลิต ศิลปทอง)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. แก้ว นวลฉวี)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุญเชิด หนูอิ่ม)

.....กรรมการ
(ดร. สุรชัย รัตนเสริมพงศ์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณยศ คุรุกิจโกศล)

คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีภูมิศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพา

.....คณบดีคณะภูมิสารสนเทศศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัชราภรณ์ เขื่อนแก้ว)
วันที่ 14 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2553

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก รองศาสตราจารย์ ดร.แก้ว นวลฉวี อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ดร.สุรชัย รัตนเสริมพงศ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญเชิด หนูอิ่ม อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อผิดพลาดต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วนและเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณกองยืออเดชี่และยืออฟีสิกส์ กรมแผนที่ทหาร กองบัญชาการกองทัพไทย ที่กรุณาสนับสนุนข้อมูลการรังวัดด้วยดาวเทียมระบบจีพีเอส และข้อมูลการรังวัดระดับชั้นที่หนึ่ง นอกจากนี้ ยังได้รับความอนุเคราะห์จาก พันโทเกรียงไกร บุญเติม ตลอดจนเจ้าหน้าที่กองยืออเดชี่และยืออฟีสิกส์ กรมแผนที่ทหาร กองบัญชาการกองทัพไทย ที่ให้ความช่วยเหลือในการประมวลผลโครงข่ายจีพีเอสในการวิจัยครั้งนี้ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อสมศรี คุณแม่ใส พะวิขุณี และพี่ๆ น้องๆ ทุกคน ที่ให้กำลังใจ และสนับสนุนผู้วิจัยเสมอมา

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาแด่บุพการี บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษาและประสบความสำเร็จมาตราบเท่าทุกวันนี้

ร้อยเอกวิชัย พะวิขุณี

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

50910316: สาขาวิชา: เทคโนโลยีภูมิศาสตร์; วท.ม. (เทคโนโลยีภูมิศาสตร์)
คำสำคัญ: จุดควบคุมทางดิ่ง/ ความสูงออร์โทเมตริก/ ดาวเทียมจีพีเอส

วิชัย พะวิขุณี: จำนวนจุดควบคุมทางดิ่งที่เหมาะสม สำหรับหาค่าความสูงออร์โทเมตริกด้วยดาวเทียมจีพีเอส กรณีศึกษาภาคกลางและภาคเหนือของประเทศไทย
(SUITABLE NUMBER OF VERTICAL CONTROL POINTS FOR ORTHOMETRIC HEIGHT MEASUREMENT BY GPS : A CASE STUDY IN CENTRAL AND NORTHERN REGIONS, THAILAND)
คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: แก้ว นวลฉวี, Ph.D., บุญเชิด หนูอิ่ม, Ph.D.,
สุรชัย รัตนเสริมพงศ์, Ph.D., 155 หน้า. ปี พ.ศ. 2553.

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) หาจำนวนจุดควบคุมทางดิ่งที่เหมาะสมในการหาค่าความสูงออร์โทเมตริกด้วยดาวเทียมจีพีเอส ในพื้นที่ราบและพื้นที่เขาสูง 2) ประเมินความถูกต้องของค่าความสูงออร์โทเมตริกที่ได้จากการรังวัดด้วยดาวเทียมระบบจีพีเอส การวิจัยนี้ ใช้พื้นที่ภาคกลางของประเทศไทยแทนพื้นที่ราบ และพื้นที่ภาคเหนือแทนพื้นที่เขาสูง ทั้งสองพื้นที่สร้างเป็นโครงข่ายจีพีเอส แล้วทำการประยุกต์ใช้แบบจำลองความสูงจีออยด์ EGM 96 ร่วมกับการรังวัดดาวเทียมระบบจีพีเอส และการกำหนดค่าความสูงของหมุดควบคุมทางดิ่งหลักให้คงที่ หมุดควบคุมทางดิ่งหลักจะทำการสุ่มเลือกจำนวนและลักษณะพื้นที่ที่ตั้งหมุด จนกว่าค่าระดับสูงที่ได้จะมีค่าที่ดีที่สุด จึงนำค่าที่ได้มาตรวจสอบเกณฑ์งาน โดยใช้เกณฑ์งานชั้นที่ 3 การวิจัยครั้งนี้กำหนดให้หมุดควบคุมทางดิ่งหลักที่ทราบความสูงในภาคกลางมีจำนวน 35 หมุด และภาคเหนือมีจำนวน 30 หมุด สำหรับเส้นฐานการรังวัดที่ใช้ในการทดสอบเกณฑ์งานนั้น ภาคกลางมีจำนวน 16 เส้นฐาน ส่วนภาคเหนือมีจำนวน 18 เส้นฐาน

ผลจากการวิจัย พบว่า ความแตกต่างระหว่างค่าความสูงที่ได้จากการประยุกต์ใช้แบบจำลองความสูงจีออยด์ EGM96 กับค่าความสูงจีออยด์จากระดับทะเลปานกลางที่เกาะหลักประเทศไทย โดยเฉลี่ย 0.057 เมตร และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.297 เมตร และเมื่อทำการตรวจสอบเส้นฐานการรังวัดจำนวน 16 เส้นฐาน เมื่อกำหนดค่าความสูงของหมุดควบคุมทางดิ่งหลักจำนวนสี่หมุดซึ่งเป็นจำนวนที่เหมาะสมที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ ผ่านเกณฑ์งานชั้นที่ 3 จำนวน 9 เส้นฐาน สำหรับในพื้นที่ภาคกลาง ส่วนในพื้นที่ภาคเหนือนั้น ความแตกต่างระหว่างค่าความสูงที่ได้จากการประยุกต์ใช้แบบจำลองความสูงจีออยด์ EGM96 กับค่าความสูงจีออยด์จากระดับทะเลปานกลางที่เกาะหลักประเทศไทย โดยเฉลี่ย 0.125 เมตร และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.331 เมตร เมื่อทำการตรวจสอบเส้นฐานการรังวัดจำนวน 18 เส้นฐาน เมื่อกำหนดค่าระดับของหมุดควบคุมทางดิ่งหลักจำนวนสี่หมุด ผ่านเกณฑ์งานชั้นที่ 3 จำนวน 7 เส้นฐาน โดยในพื้นที่ภาคเหนือไม่มีจำนวนที่เหมาะสมในการหาค่าความสูง จะเห็นได้ว่าผลที่ได้ในภาคกลางสามารถนำไปใช้ในงานสำรวจที่ไม่ต้องการความถูกต้องสูงได้ แต่ในภาคเหนือยังไม่มีความละเอียดถูกต้องดีพออาจต้องใช้ข้อมูลหรือเทคนิคการประมวลผลที่สลับซับซ้อนมากขึ้น

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

50910316: MAJOR: GEOGRAPHICAL TECHNOLOGY; M.Sc.(GEOGRAPHICAL TECHNOLOGY)

KEYWORDS: VETICAL CONTROL POINTS/ ORTHOMETRIC HEIGHT/ GPS

WICHAI PAWIKUNEE: SUITABLE NUMBER OF VERTICAL CONTROL POINTS FOR ORTHOMETRIC HEIGHT MEASUREMENT BY GPS : A CASE STUDY IN CENTRAL AND NORTHERN REGIONS, THAILAND

ADVISORY COMMITTEE: KAEW NUALCHAWEE, Ph.D., BOONCHERD NU-IM, Ph.D., SURACHAI RATANASERMPONG, Ph.D.155 P. 2010.

The purpose of this research was to find the number of appropriate vertical control points for determining orthometric height with GPS in the relatively flat area and the mountainous area, and to accurately assess orthometric height by GPS observation. In this research the flat area was represented by the Central region of Thailand and the mountainous area was represented by the Northern region of the country and the two areas were linked by GPS network in order to apply the EGM96 with GPS observation and fixed vertical control point. The test was conducted by keeping the vertical control point fixed while searching for number of control points at the most suitable height when the standard test values are greater than the criteria of working level 3.

In this research, the central region made was of 35 GPS stations with the measure baseline for standard test of 16 baselines. In the northern region the GPS stations were selected to be 30 stations and the measure baseline were 18 baselines.

The results of this research indicated that the difference between the height observation by applying EGM96 and the height from the mean sea level at Koh Lak, Thailand the mean was 0.057 m. with a standard deviation of 0.297 m. When the 16 baselines were used to test at the 4 fixed vertical control points which is an appropriate value from this research, except 9 baselines pass the test for Central region of Thailand. However when the same proeedure was conducted for northern Thailand, it was found that the difference between the height value obtained by EGM96 and that from the mean sea level mean was 0.125 m. with the standard deviation of 0.331 m. When the 18 baselines were used to test at the 4 fixed vertical control points, except 7 baselines pass the test. For northern region of Thailand is not an appropriate value from this research

From the results obtained it could be concluded that the vertical control point method could be used in the central plain for survey work that does not require high accuracy, but it could not be used for the mountainous area with this method.

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ซ

สารบัญภาพ ..... ฌ

บทที่

1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

สมมติฐานของการวิจัย 2

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 3

ขอบเขตการวิจัย 3

ข้อจำกัดการวิจัย 3

นิยามศัพท์เฉพาะ 3

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7

ความเป็นมาและความสำคัญของการสำรวจด้วยการรังวัดตำแหน่งวัตถุบนโลก 7

สัณฐานของโลก 8

มูลฐานทางภูมิมาตรศาสตร์ (Geodetic Datum) 9

ค่าความสูงออร์โทเมตริก (Orthometric Height) 11

การกำหนดตำแหน่งด้วยระบบจีพีเอส 13

หลักการของระบบจีพีเอส 18

เทคนิคการรังวัดของระบบจีพีเอส 28

การพัฒนาระบบการกำหนดจุดพิกัดด้วยดาวเทียม 31

NAVSTAR GPS 31

GLONASS (GLObal NAvigation Satellite System) 35

GNSS (Global Navigation Satellite System) 36

BeiDou 38

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	QZSS (Quasi Zenith Satellite System)	39
	องค์ประกอบของระบบจีพีเอส	40
	แนวโน้มของจีพีเอสในอนาคต	43
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	44
3	วิธีดำเนินการวิจัย	49
	แหล่งข้อมูลและการรวบรวมข้อมูล	49
	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	55
	ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	56
4	ผลการวิจัย	61
	การวิเคราะห์ผลของการเลือกใช้หมุดควบคุมทางดิ่งหลัก	61
	พื้นที่ราบหรือพื้นที่ภาคกลาง	61
	พื้นที่เขาสูงหรือพื้นที่ภาคเหนือ	71
5	สรุปและอภิปรายผล	87
	สรุปผลการวิจัย	87
	อภิปรายผล	88
	ข้อเสนอแนะ	90
บรรณานุกรม		91
ภาคผนวก		95
	ภาคผนวก ก	96
	ภาคผนวก ข	118
	ภาคผนวก ค	131
	ภาคผนวก ง	146
ประวัติย่อผู้วิจัย		155

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	จุดควบคุมทางดิ่งที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาในภาคเหนือ	51
2	จุดควบคุมทางดิ่งที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาในภาคกลาง	53
3	เปรียบเทียบความสูงจากการทำระดับและความสูงจากการประมวลผลในภาคกลางและภาคเหนือเมื่อใช้หมุดควบคุมทางดิ่ง	81
4	เปรียบเทียบความสูงจากการทำระดับและความสูงจากการประมวลผลในภาคกลาง	82
5	เปรียบเทียบความสูงจากการทำระดับและความสูงจากการประมวลผลในภาคเหนือ	83
6	แสดงการประเมินเส้นฐานการรังวัด ในพื้นที่ภาคกลาง	85
7	แสดงการประเมินเส้นฐานการรังวัด ในพื้นที่ภาคเหนือ	86

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	สัณฐานของโลกทางกายภาพและทางคณิตศาสตร์	10
2	ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงออร์โทเมตริก ความสูงเหนือรูปทรงรี และความสูงยีออย	12
3	ดาวเทียมสปุตนิก	14
4	ดาวเทียมทรานสิท1B	15
5	ดาวเทียมออสการ์	15
6	ดาวเทียมโนวา	16
7	ดาวเทียมไทเมชัน1 และ2	16
8	ดาวเทียมไทเมชัน3 หรือ NTS-1	17
9	ดาวเทียมไทเมชัน4 หรือ NTS-2	17
10	ตำแหน่งของจุดที่ได้จากการรังวัดดาวเทียม 1 ดวง	18
11	ตำแหน่งของจุดที่ได้จากการรังวัดดาวเทียม 2 ดวง	19
12	ตำแหน่งของจุดที่ได้จากการรังวัดดาวเทียม 3 ดวง	19
13	ตำแหน่งของจุดที่ได้จากการรังวัดดาวเทียม 4 ดวง	20
14	การรังวัดเวลาที่ถูกต้องจากดาวเทียม 2 ดวง	23
15	การรังวัดเวลาที่ผิดพลาดจากดาวเทียม 2 ดวง	23
16	การรังวัดเวลาที่ผิดพลาดจากดาวเทียม 3 ดวง	24
17	วงโคจรดาวเทียมระบบจีพีเอส	25
18	ความคลาดเคลื่อนเนื่องมาจากสภาพชั้นบรรยากาศของโลก	26
19	การสะท้อนของสัญญาณจีพีเอสเมื่อตกกระทบกับอาคาร สิ่งก่อสร้าง	27
20	รอยตัดที่เกิดจากการรังวัดที่มีเรขาคณิตไม่ดี	27
21	รอยตัดที่เกิดจากการรังวัดที่มีเรขาคณิตดี	28
22	การรังวัดแบบ Single Difference	29
23	การรังวัตแบบ Double Difference	30
24	การรังวัดแบบ Triple Difference	31
25	ดาวเทียมระบบจีพีเอส BLOCK I	32
26	ดาวเทียมระบบจีพีเอส BLOCK II/IIA	33
27	ดาวเทียมระบบจีพีเอส BLOCK IIR/IIR-M	33

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
28	ดาวเทียมระบบจีพีเอส BLOCK IIF	34
29	วิวัฒนาการนำร่องโดยใช้ดาวเทียม	34
30	ดาวเทียม GLONASS	36
31	ดาวเทียม Galileo	38
32	ดาวเทียม Beidou-1	39
33	ดาวเทียม Beidou-2	39
34	ดาวเทียม QZSS (QZSS Progress Spurs Spirent Simulator Capability, 2008)	40
35	องค์ประกอบของระบบจีพีเอส	40
36	ที่ตั้งสถานีควบคุมภาคพื้นดิน	41
37	ลักษณะของการกล้ำสัญญาณ	43
38	ตำแหน่งของหมุดจีพีเอสในภาคเหนือ	49
39	ตำแหน่งของหมุดจีพีเอสในภาคกลาง	50
40	แสดงความสูงออร์โทเมตริกของหมุดจีพีเอสในภาคเหนือ	53
41	แสดงความสูงออร์โทเมตริกของหมุดจีพีเอสในภาคกลาง	55
42	โครงข่ายจีพีเอสในพื้นที่ภาคเหนือ	56
43	โครงข่ายจีพีเอสในพื้นที่ภาคกลาง	57
44	แผนผังแสดงขั้นตอนการศึกษา	60
45	เปรียบเทียบค่าความสูงซึ่งได้จากการทำระดับ และจากการประมวลผล เมื่อไม่มีการกำหนดหมุดควบคุมทางดิ่งหลักในพื้นที่ภาคกลาง	62
46	เปรียบเทียบค่าความสูงซึ่งได้จากการทำระดับ และจากการประมวลผล เมื่อกำหนดให้มีหมุดควบคุมทางดิ่งหลักหนึ่งหมุด GPS 3165	63
47	การประเมินเส้นฐานการรังวัดของหมุดควบคุมทางดิ่งหลักหนึ่งหมุด GPS 3165	63
48	เปรียบเทียบค่าความสูงซึ่งได้จากการทำระดับ และจากการประมวลผล เมื่อกำหนดให้มีหมุดควบคุมทางดิ่งหลักสองหมุด GPS 3168 และ GPS 3423	64
49	การประเมินเส้นฐานการรังวัดของหมุดควบคุมทางดิ่งหลักสองหมุด GPS 3168 และ GPS 3423	65

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

50 เปรียบเทียบค่าความสูงซึ่งได้จากการทำระดับ และจากการประมวลผล เมื่อกำหนดให้มีหมุดควบคุมทางดิ่งหลักสามหมุด GPS 3002, GPS 3017 และ GPS 3424..... 66

51 การประเมินเส้นฐานการรังวัดของหมุดควบคุมทางดิ่งหลักสามหมุด GPS 3002, GPS 3017 และ GPS 3424..... 66

52 เปรียบเทียบค่าความสูงซึ่งได้จากการทำระดับ และจากการประมวลผล เมื่อกำหนดให้มีหมุดควบคุมทางดิ่งหลักสี่หมุด GPS 3017, GPS 3170, GPS 3424 และ GPS 3493..... 67

53 การประเมินเส้นฐานการรังวัดของหมุดควบคุมทางดิ่งหลักสี่หมุด GPS 3017, GPS 3170, GPS 3424 และ GPS 3493..... 68

54 เปรียบเทียบค่าความสูงซึ่งได้จากการทำระดับ และจากการประมวลผล เมื่อกำหนดให้มีหมุดควบคุมทางดิ่งหลักห้าหมุด GPS 3002, GPS 3017, GPS 3170, GPS 3424 และ GPS 3493..... 69

55 การประเมินเส้นฐานการรังวัดของหมุดควบคุมทางดิ่งหลักห้าหมุด GPS 3002, GPS 3017, GPS 3170, GPS 3424 และ GPS 3493..... 69

56 เปรียบเทียบค่าความสูงซึ่งได้จากการทำระดับ และจากการประมวลผล เมื่อกำหนดให้มีหมุดควบคุมทางดิ่งหลักหกหมุด GPS 3165, GPS 3168, GPS 3423, GPS 3428, GPS 3491 และGPS 3542..... 70

57 การประเมินเส้นฐานการรังวัดของหมุดควบคุมทางดิ่งหลักหกหมุด GPS 3165, GPS 3168, GPS 3423, GPS 3428, GPS 3491 และGPS 3542..... 71

58 เปรียบเทียบค่าความสูงซึ่งได้จากการทำระดับ และจากการประมวลผล เมื่อไม่มีการกำหนดหมุดควบคุมทางดิ่งหลักในพื้นที่ภาคเหนือ..... 72

59 เปรียบเทียบค่าความสูงซึ่งได้จากการทำระดับ และจากการประมวลผล เมื่อกำหนดให้มีหมุดควบคุมทางดิ่งหลักหนึ่งหมุด GPS 3219..... 73

60 การประเมินเส้นฐานการรังวัดของหมุดควบคุมทางดิ่งหลักหนึ่งหมุด GPS 3219..... 73

61 เปรียบเทียบค่าความสูงซึ่งได้จากการทำระดับ และจากการประมวลผล เมื่อกำหนดให้มีหมุดควบคุมทางดิ่งหลักสองหมุด GPS 3247 และ GPS 3282..... 74

62 การประเมินเส้นฐานการรังวัดของหมุดควบคุมทางดิ่งหลักสองหมุด GPS 3247 และ GPS 3282..... 75

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

63 เปรียบเทียบค่าความสูงซึ่งได้จากการทำระดับ และจากการประมวลผล เมื่อกำหนดให้มีหมุดควบคุมทางดิ่งหลักสามหมุด GPS 3185, GPS 3220 และ GPS 3285..... 76

64 การประเมินเส้นฐานการรังวัดของหมุดควบคุมทางดิ่งหลักสามหมุด GPS 3185, GPS 3220 และ GPS 3285..... 76

65 เปรียบเทียบค่าความสูงซึ่งได้จากการทำระดับ และจากการประมวลผล เมื่อกำหนดให้มีหมุดควบคุมทางดิ่งหลักสี่หมุด GPS 3204, GPS 3220, GPS 3247 และ GPS 3282..... 77

66 การประเมินเส้นฐานการรังวัดของหมุดควบคุมทางดิ่งหลักสี่หมุด GPS 3204, GPS 3220, GPS 3247 และ GPS 3282..... 78

67 เปรียบเทียบค่าความสูงซึ่งได้จากการทำระดับ และจากการประมวลผล เมื่อกำหนดให้มีหมุดควบคุมทางดิ่งหลักห้าหมุด GPS 3185, GPS 3217, GPS 3256, GPS 3264 และ GPS 3285..... 79

68 การประเมินเส้นฐานการรังวัดของหมุดควบคุมทางดิ่งหลักห้าหมุด GPS 3185, GPS 3217, GPS 3256, GPS 3264 และ GPS 3285..... 79

69 เปรียบเทียบค่าความสูงซึ่งได้จากการทำระดับ และจากการประมวลผล เมื่อกำหนดให้มีหมุดควบคุมทางดิ่งหลักหกหมุด GPS 3185, GPS 3220, GPS 3243, GPS 3256, GPS 3274 และ GPS 3285..... 80

70 การประเมินเส้นฐานการรังวัดของหมุดควบคุมทางดิ่งหลักหกหมุด GPS 3185, GPS 3220, GPS 3243, GPS 3256, GPS 3274 และ GPS 3285..... 81

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University