

การศึกษาแนวทางการทำให้ระบบพิกัดของโครงข่ายหมุดหลักฐานของประเทศไทยเป็นเอกภาพ



นางสาวเสาวณี ศรีชาย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสำรวจ ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2550

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A STUDY OF APPROACHES TO UNIFY COORDINATE SYSTEMS OF CONTROL NETWORKS
OF THAILAND

Miss. Saowanee Srichai

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

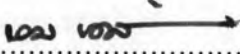
Academic Year 2007

Copyright of Chulalongkorn University

500953

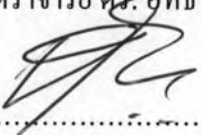
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาแนวทางการทำให้ระบบพิกัดของโครงข่ายหมุดหลักฐานของ
ประเทศไทยเป็นเอกภาพ
โดย นางสาวเสาวณีย์ ศรีชาย
สาขาวิชา วิศวกรรมสำรวจ
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. ชูเกียรติ วิเชียรเจริญ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจ



..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. อธิติ ตรีนิตยวงศ์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. ชูเกียรติ วิเชียรเจริญ)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สวัสดิ์ชัย เกரியงไกรเพชร)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมชนม์ สถิระพจน์)

นางสาวเสาวณีย์ ศรีชาย : การศึกษาแนวทางการทำให้ระบบพิกัดของโครงข่ายหมุด
หลักฐานของประเทศไทยเป็นเอกภาพ. (A STUDY OF APPROACHES TO UNIFY
COORDINATE SYSTEMS OF CONTROL NETWORKS OF THAILAND.) อ.ที่ปรึกษา
: รศ. ดร. ชูเกียรติ วิเชียรเจริญ, 150 หน้า.

ปัญหาสำคัญประการหนึ่งเมื่อทำการรังวัดโดยใช้หมุดควบคุมทางราบจากต่างหน่วยงานมา
ใช้งานร่วมกัน คือ หมุดหลักฐานหมุดเดียวกันมีค่าพิกัดแตกต่างกัน เมื่อนำมาใช้งานร่วมกันจึงเกิด
เกิดความสับสน และมีค่าความคลาดเคลื่อนบรรจบสูง ทั้งนี้เกิดจากการที่หน่วยงานที่ได้จัดสร้าง
หมุดหลักฐานต่างจัดสร้างหมุดและใช้ระบบพิกัดเพื่อใช้ในการกิจของหน่วยงานเท่านั้น จึงทำให้
หมุดหลักฐานที่ได้จากหน่วยงานใดหน่วยงานหนึ่งมีค่าพิกัดไม่เท่ากับหน่วยงานอื่นๆ

การวิจัยนี้ได้นำข้อมูลค่าพิกัดทางราบของหมุดหลักฐานที่จัดสร้างโดย 3 หน่วยงาน คือ
กรมแผนที่ทหาร , กรมที่ดิน และกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ มาวิเคราะห์หาความแตกต่าง
ของค่าพิกัดทางราบและสาเหตุของค่าความแตกต่าง เพื่อนำเสนอวิธีการสำหรับการปรับแก้ค่าพิกัด
ให้เป็นระบบพิกัดเดียวกัน เพื่อที่จะนำมาใช้งานร่วมกันได้โดยไม่เกิดความเหลื่อมซ้อนหรือเกิด
ช่องว่างของแผนที่อีกต่อไป ซึ่งจากการวิเคราะห์ พบว่า ค่าพิกัดทางราบของหมุดหลักฐานของกรม
ที่ดินและกรมแผนที่ทหารมีค่าความแตกต่างทางราบประมาณ 1.4 เมตร ส่วนหมุดหลักฐานที่
จัดสร้างโดยกระทรวงเกษตรและสหกรณ์มีความถูกต้องของค่าพิกัดทางราบและใช้ระบบพิกัด
เช่นเดียวกับกรมแผนที่ทหาร จึงไม่ได้นำมาใช้วิจัยในลำดับต่อไป การวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการปรับแก้
ค่าพิกัดระหว่างกรมที่ดินและกรมแผนที่ทหารเพื่อให้เป็นระบบพิกัดเดียวกัน 5 วิธี คือ วิธีการแปลง
ค่าพิกัดโดยใช้ค่าเลื่อนเฉลี่ย , วิธีการแปลงค่าพิกัดแบบออฟไลน์ , วิธีการปรับแก้โครงข่ายใหม่โดย
ใช้เส้นฐานของกรมที่ดิน , วิธีการปรับแก้โครงข่ายใหม่โดยใช้เส้นฐานของกรมที่ดินร่วมกับกรม
แผนที่ทหาร และวิธีการแปลงค่าพิกัดโดยใช้เส้นฐานของกรมที่ดิน แบบ Seven-Parameter
Transformation และ Horizontal Adjustment

ผลจากการวิจัยและตรวจสอบด้วยหมุดหลักฐาน 20 หมุด พบว่า วิธีการที่ให้ผลลัพธ์ดีที่สุด
มีความถูกต้อง 0.03 เมตร ที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ คือ วิธีการปรับแก้เส้นฐานโดยใช้ข้อมูลเส้น
ฐานของกรมที่ดินร่วมกับกรมแผนที่ทหาร ซึ่งผลลัพธ์จากการวิจัยนี้ถือว่าให้ความถูกต้องในระดับที่
น่าพึงพอใจ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับชุดข้อมูลทั่วประเทศได้ต่อไป

ภาควิชา.....วิศวกรรมสำรวจ..... ลายมือชื่อนิสิต.....เสาวณีย์ ศรีชาย.....
สาขาวิชา.....วิศวกรรมสำรวจ..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา ...2550.....

4870538721 : MAJOR SURVEY ENGINEERING

KEY WORD : CONTROL NETWORKS / COORDINATE SYSTEM / UNIFY COORDINATE SYSTEMS / COORDINATE TRANSFORMATION / ADJUSTMENT


SAOWANEE SRICHAI : A STUDY OF APPROACHES TO UNIFY COORDINATE SYSTEMS OF CONTROL NETWORKS OF THAILAND. THESIS ADVISER : ASSOC.PROF. CHUGIAT WICHIECHAROEN, Ph.D., 150 pp.

One important problem of using horizontal controls from different organizations is that there are different coordinates between the same controls derived from different sources that might confuse users and may affect to loop misclosure. This is because each organization has its own methodology and independent coordinate system which is only used within the organization. Therefore, the coordinates from one organization are not equal to those from the other organization.

Controls from three organizations ie., Royal Thai Survey Department(RTSD), Department of Lands(DOL), Ministry of Agriculture and Cooperatives(MoAC) were used in this research project. Approaches to unify different coordinate systems were studied. First the magnitudes of coordinate differences between organizations were determined. It was found that the average horizontal position difference between controls of DOL and RTSD was about 1.4 meters. The controls of MoAC were established using controls of RTSD as fixed frameworks and having the same coordinate system as RTSD's, therefore, the control network of MoAC was not used in furthered study. In the study, five approaches to unify the coordinate systems of RTSD and DOL were examined. These are (i) Average Shift, (ii) Affine Parametric Transformation by Least Squares Adjustment Method, (iii) Adjustment of DOL vectors, (iv) Adjustment of combined of DOL and RTSD vectors and (v) GPS Site Calibration of DOL vectors by method of Seven Parameter Transformation and Horizontal Adjustment.

According to the research, it was concluded that the best way to unify coordinate system of networks of DOL and RTSD was to adjust the combined of DOL and RTSD vectors. An agreement of coordinates at 20 test points was 0.03 meters with 95% confidence. The level of accuracy should be satisfactory and the method can be applied to networks in other parts of the country.

DepartmentSurvey Engineering..... Student's signature.....SAOWANEE SRICHAI.....

Field of studySurvey Engineering..... Advisor's signature..........

Academic year....2007.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและการสนับสนุนเป็นอย่างดีจากหลายฝ่าย ข้าพเจ้าจึงขอกราบขอบพระคุณทุกท่าน ทุกฝ่ายและทุกหน่วยงานมา ณ ที่นี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงสำหรับ รองศาสตราจารย์ ดร. ชูเกียรติ วิเชียรเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้แนวคิด คำปรึกษา แนะนำวิธีการ ตลอดจนช่วยเหลือปัญหาและอำนวยความสะดวกในด้านต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ด้วยดีเสมอมา

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. เถลิงชนม์ สติระพจน์ เป็นอย่างสูงสำหรับคำปรึกษา และการแนะนำ ในทุกๆ เรื่อง

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์สมชาย เกரியไกรวศิน เป็นอย่างสูงที่กรุณาให้คำปรึกษาชี้แนะแนวทาง และอนุเคราะห์เอกสารในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ทั้งในส่วนหลักการ วิชาการ ด้านจีพีเอส และการปฏิบัติงานของส่วนงานสนามจีพีเอส กรมที่ดิน

ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงสำหรับคณะกรรมการทุกท่าน ที่สละเวลาและให้คำแนะนำต่างๆ สำหรับการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณคุณคุณ ไพโรจน์ เผือกวิไล นายช่างใหญ่กรมที่ดิน สำนักเทคโนโลยีทำแผนที่ โดยคุณวันชัย นันทสุรศักดิ์ ผู้อำนวยการสำนัก, คุณมนตรี เพชรชะเอม ผู้อำนวยการส่วนพัฒนาการรังวัดมาตรฐานแผนที่โดยระบบดาวเทียม ที่กรุณาอนุเคราะห์ให้ข้อมูลและความช่วยเหลือสำหรับการออกปฏิบัติงานในภาคสนาม เพื่อใช้ในการวิจัยครั้งนี้ รวมทั้งขอขอบคุณคุณศิริพงษ์ โรจนะประเสริฐกิจ ที่กรุณาให้ข้อมูลรายละเอียดและคำปรึกษาเป็นอย่างดีเสมอ

ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงสำหรับกองยี่ออเคซี่และยี่ออฟิลิกส์ กรมแผนที่ทหาร โดยรองผู้อำนวยการกองการศึกษา โรงเรียนแผนที่ กรมแผนที่ทหาร พันเอกชัยวัฒน์ พรหมทอง ที่กรุณาอนุเคราะห์ข้อมูลสำหรับงานวิจัย รวมทั้งขอขอบคุณพันโทศรายุทธ อยู่สำราญ , พันตรีเกรียงไกร บุญเดิมและร้อยเอกพลภัทร เทียนไทยที่กรุณาให้ข้อมูลรายละเอียดและคำปรึกษาเป็นอย่างดีเสมอ

ขอกราบขอบพระคุณบิดา-มารดา, คุณบุญทอง ลายทิพย์ สำหรับกำลังใจและการสนับสนุนในทุกๆ ด้าน และขอขอบคุณพิเศษสำหรับคุณนพเกล้า สุทธิวุฒิ และคุณจุฑาทิพย์ ธนกิตต์เมธาวุฒิ สำหรับความช่วยเหลือทุกประการในการทำวิจัยครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงด้วยดีมา โดยตลอด

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฎ
1. บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย	5
2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 แนวความคิดและเหตุผลที่สำคัญ	6
2.1.1 การรังวัดในระบบดาวเทียมจีพีเอส	6
1) โครงข่ายหมุดหลักฐานของกรมแผนที่ทหาร	7
2) โครงข่ายหมุดหลักฐานของกรมที่ดิน	9
3) โครงข่ายหมุดหลักฐานของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ...	10
2.1.2 วิธีการหาค่าตำแหน่งด้วยดาวเทียมจีพีเอส	11
1) วิธีการหาค่าตำแหน่งแบบสัมบูรณ์	11
2) วิธีการหาค่าตำแหน่งแบบสัมพัทธ์	12
2.1.3 พื้นหลักฐานแผนที่	13
1) พื้นหลักฐาน WGS84	14
2) พื้นหลักฐาน ITRF	14
2.1.4 ทฤษฎีการแปลงพื้นหลักฐาน	15
2.1.5 Ephemeris	17
1) Broadcast Ephemeris	17
2) Precise ephemeris	17

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3. วิธีการดำเนินการวิจัย	19
3.1 การรวบรวมข้อมูล	19
3.1.1 โปรแกรมที่เลือกใช้ในการดำเนินงานวิจัย	19
3.1.2 การจัดเตรียมและรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย	20
3.1.3 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น	20
3.2 การปฏิบัติงานสนาม	25
3.2.1 การวางแผนปฏิบัติงานเบื้องต้น	25
3.2.2 การเตรียมการเพื่อปฏิบัติงานสนาม	26
3.2.3 การปฏิบัติงานสนาม	26
3.3 แนวความคิดในการทำให้ระบบฟักของโครงข่ายหมุดหลักฐานเป็น เอกภาพ	31
3.4 การประมวลผลและวิจัย	31
3.5 การประมวลผลเส้นฐาน	32
3.5.1 การประมวลผลหมุดโยงยึด	32
3.5.2 การประมวลผลหมุดตรวจสอบ	34
3.6 การปรับแก้ระบบฟักให้เป็นเอกภาพ	38
3.6.1 วิธีการแปลงค่าฟักโดยใช้ค่าเลื่อนเฉลี่ย	40
3.6.2 วิธีการแปลงค่าฟักแบบแอฟไฟน์	42
3.6.3 วิธีการปรับแก้โครงข่ายใหม่โดยใช้เส้นฐานของกรรมที่ดิน	42
3.6.4 วิธีการปรับแก้โครงข่ายใหม่โดยใช้เส้นฐานของกรรมที่ดินร่วมกับ กรรมแผนที่ทหาร	43
3.6.5 วิธีการแปลงค่าฟักโดยใช้เส้นฐานของกรรมที่ดิน	44
4. ผลการวิจัย	45
4.1 ผลการปรับแก้ค่าฟักให้เป็นเอกภาพ	45
4.1.1 วิธีการแปลงค่าฟักโดยใช้ค่าเลื่อนเฉลี่ย	45
4.1.2 วิธีการแปลงค่าฟักแบบแอฟไฟน์	47
4.1.3 วิธีการปรับแก้โครงข่ายใหม่โดยใช้เส้นฐานของกรรมที่ดิน	50

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4.1.4 วิธีการปรับแก้โครงข่ายใหม่โดยใช้เส้นฐานของกรมที่ดินร่วมกับ กรมแผนที่ทหาร	52
4.1.5 วิธีการแปลงค่าพิกัดโดยใช้เส้นฐานของกรมที่ดิน	55
4.2 เปรียบเทียบผลลัพธ์	55
4.2.1 เทียบค่าพิกัดระหว่างผลลัพธ์ที่ได้จากการแปลงค่าพิกัดวิธีต่างๆ	56
4.2.2 เทียบค่าพิกัดผลลัพธ์กับข้อมูลค่าพิกัดก่อนแปลงค่าพิกัด	56
4.2.3 เทียบค่าพิกัดผลลัพธ์กับค่าพิกัดหมุดตรวจสอบ	61
5. สรุปผลการวิจัย ปัญหาและข้อเสนอแนะ	65
5.1 สรุปผลการวิจัย	65
5.1.1 วิธีการแปลงค่าพิกัดโดยใช้ค่าเลื่อนเฉลี่ย	65
5.1.2 วิธีการแปลงค่าพิกัดแบบออฟไลน์	66
5.1.3 วิธีการปรับแก้โครงข่ายใหม่โดยใช้เส้นฐานของกรมที่ดิน	66
5.1.4 วิธีการปรับแก้โครงข่ายใหม่โดยใช้เส้นฐานของกรมที่ดินร่วมกับ กรมแผนที่ทหาร	67
5.1.5 วิธีการแปลงค่าพิกัดโดยใช้เส้นฐานของกรมที่ดิน	67
5.2 ปัญหาและอุปสรรค	68
5.3 ข้อเสนอแนะ	72
รายการอ้างอิง	74
ภาคผนวก	77
ภาคผนวก ก : ตารางการออกปฏิบัติงานสนาม	78
ภาคผนวก ข : การคำนวณปรับแก้	113
ภาคผนวก ค : ผลลัพธ์จากการทำงานวิจัยในขั้นตอนต่างๆ	126
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	150

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
ตารางที่ 3-1	แสดงการจัดแบ่งพื้นที่การตรวจสอบผลการวิจัย	24
ตารางที่ 3-2	หมุดหลักฐานร่วมและหมุดหลักฐานสำหรับทำการรังวัดโยงชิดหมุดหลักฐานร่วม เข้ากับโครงข่ายของกรมที่ดิน	27
ตารางที่ 3-3	แสดงหมุดควบคุมสำหรับการออกปฏิบัติงานภาคสนามครั้งที่ 1	35
ตารางที่ 3-4	แสดงหมุดควบคุมสำหรับการออกปฏิบัติงานภาคสนามครั้งที่ 2	35
ตารางที่ 3-5	แสดงค่าพิกัดทางราบในระบบ WGS84 ทั้งรูปแบบยูทีเอ็มกริด และระบบพิกัด ภูมิศาสตร์ของหมุดตรวจสอบที่ได้จากการประมวลผลข้อมูลการปฏิบัติงานสำรวจ ภาคสนามเพื่อเก็บข้อมูลจีพีเอสทั้ง 2 ครั้ง	37
ตารางที่ 3-6	แสดงการเปรียบเทียบค่าพิกัดทางราบของหมุดหลักฐานของกรมแผนที่ทหาร และ กรมที่ดินบน WGS84 โซน UTM48	41
ตารางที่ 4-1	แสดงตัวอย่างค่าพิกัดทางราบในระบบ WGS84 โซน UTM48 ของหมุดหลักฐาน กรมที่ดินก่อนการแปลงค่าพิกัด	46
ตารางที่ 4-2	แสดงค่าต่างพิกัดระหว่างหมุดหลักฐานร่วมของกรมแผนที่ทหารและกรมที่ดิน	47
ตารางที่ 4-3	แสดงตัวอย่างค่าพิกัดผลลัพธ์ทางราบในระบบ WGS84 โซน UTM48 ของหมุด หลักฐานกรมที่ดินจากการแปลงค่าพิกัดโดยใช้ค่าเลื่อนเฉลี่ย	48
ตารางที่ 4-4	แสดงตัวอย่างค่าพิกัดผลลัพธ์ทางราบในระบบ WGS84 โซน UTM48 ของหมุด หลักฐานกรมที่ดินจากการแปลงค่าพิกัดแบบออฟไลน์	49
ตารางที่ 4-5	แสดงตัวอย่างค่าพิกัดผลลัพธ์ทางราบในระบบ WGS84 โซน UTM48 ของหมุด หลักฐานกรมที่ดินจากการปรับแก้โครงข่ายใหม่โดยใช้เส้นฐานของกรมที่ดิน	51
ตารางที่ 4-6	แสดงตัวอย่างค่าพิกัดผลลัพธ์ทางราบในระบบ WGS84 โซน UTM48 ของหมุด หลักฐานกรมที่ดินจากการปรับแก้โครงข่ายใหม่โดยใช้เส้นฐานของกรมที่ดิน ร่วมกับกรมแผนที่ทหาร	54
ตารางที่ 4-7	แสดงตัวอย่างค่าพิกัดผลลัพธ์ทางราบในระบบ WGS84 โซน UTM48 ของหมุด หลักฐานกรมที่ดินจากการแปลงค่าพิกัดโดยใช้เส้นฐานของกรมที่ดิน	57
ตารางที่ 4-8	แสดงตัวอย่างค่าพิกัดผลลัพธ์ทางราบในระบบ WGS84 โซน UTM48 ของหมุด หลักฐานกรมที่ดินที่ใช้สำหรับตรวจสอบกับค่าพิกัดหมุดที่ได้จากการแปลงค่าพิกัด ด้วยวิธีต่างๆ 5 วิธี	58

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
ตารางที่ 4-9	แสดงตัวอย่างการเปรียบเทียบค่าต่างพิกัดผลลัพธ์ทางราบในระบบ WGS84 โชน UTM48 ของหมุดหลักฐานกรมที่ดินก่อนการแปลงค่าพิกัดกับค่าที่ได้จากการแปลงค่าพิกัดด้วยวิธีต่างๆ 5 วิธี	60
ตารางที่ 4-10	แสดงตัวอย่างการเปรียบเทียบค่าต่างพิกัดผลลัพธ์ทางราบในระบบ WGS84 โชน UTM48 ของหมุดตรวจสอบกับหมุดหลักฐานกรมที่ดินจากการคำนวณปรับแก้ค่าพิกัดด้วยวิธีต่างๆ 5 วิธี	62
ตาราง ก-1	แผนการออกปฏิบัติงานสนามเพื่อโยยัดหมุดหลักฐานกรมที่ดิน	78
ตาราง ก-2	การจดสมุดสนามในการออกปฏิบัติงานสนามเพื่อโยยัดหมุดหลักฐานกรมที่ดิน	79
ตาราง ก-3	แผนการออกปฏิบัติงานสนามเพื่อใช้ตรวจสอบผลการวิจัย ครั้งที่ 1	79
ตาราง ก-4	แผนการออกปฏิบัติงานสนามเพื่อใช้ตรวจสอบผลการวิจัย ครั้งที่ 2 UTM48 ของหมุดหลักฐานกรมที่ดินก่อนการปรับแก้ค่าพิกัดกับค่าที่ได้จากการ คำนวณปรับแก้ค่าพิกัดด้วยวิธีด้วยวิธีต่างๆ 5 วิธี	80
ตาราง ก-5	สรุปพื้นที่การออกปฏิบัติงานสนามเพื่อใช้ตรวจสอบผลการวิจัยแบ่งเป็น 4 กลุ่ม	80
ตาราง ก-6	การจดสมุดสนามในการออกปฏิบัติงานสนามเพื่อใช้ตรวจสอบผลการวิจัย ครั้งที่ 1 กลุ่ม 1	81
ตาราง ก-7	การจดสมุดสนามในการออกปฏิบัติงานสนามเพื่อใช้ตรวจสอบผลการวิจัย ครั้งที่ 1 กลุ่ม 2	83
ตาราง ก-8	การจดสมุดสนามในการออกปฏิบัติงานสนามเพื่อใช้ตรวจสอบผลการวิจัย ครั้งที่ 2	85
ตาราง ก-9	ค่าพิกัดจากการประมวลผลเส้นฐาน โยยัดหมุดหลักฐานที่ยังไม่ได้ทำการปรับแก้	96
ตาราง ก-10	ค่าพิกัดหมุดหลักฐานก่อนทำการคำนวณปรับแก้ของกรมที่ดินและกรมแผนที่ทหาร	104
ตาราง ข-1	วิธีการแปลงค่าพิกัดโดยใช้ค่าเลื่อนเฉลี่ยจากหมุดหลักฐานร่วม 6 หมุด	115
ตาราง ค-1	ผลลัพธ์ของข้อมูลหมุดตรวจสอบผลการวิจัย	126
ตาราง ค-2	ค่าต่างพิกัดระหว่างข้อมูล โครงข่ายที่นำมาใช้ทำการวิจัยกับหมุดที่ใช้ทำการ ตรวจสอบผลการวิจัย	127
ตาราง ค-3	ค่าพิกัดผลลัพธ์ของหมุดตรวจสอบและผลลัพธ์จากการแปลงค่าพิกัดวิธีต่างๆ	128
ตาราง ค-4	ค่าต่างพิกัดระหว่างหมุดหลักฐานจากการแปลงค่าพิกัดกับค่าพิกัดเดิมก่อนทำการ แปลงค่าพิกัด	130
ตาราง ค-5	ค่าต่างพิกัดระหว่างหมุดหลักฐานจากการแปลงค่าพิกัดกับค่าพิกัดหมุดตรวจสอบ	131

สารบัญญัตราจ (ต่อ)

ตาราง		หน้า
ตาราง ค-6	การทดสอบค่าทางสถิติที่ความเชื่อมั่นที่ 95% ด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.050 เมตร สำหรับวิธีการแปลงค่าพิกัดโดยใช้ค่าเลื่อนเฉลี่ย	139
ตาราง ค-7	การทดสอบค่าทางสถิติที่ความเชื่อมั่นที่ 95% ด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.050 เมตร สำหรับวิธีการแปลงค่าพิกัดแบบแอฟไฟน์	140
ตาราง ค-8	การทดสอบค่าทางสถิติที่ความเชื่อมั่นที่ 95% ด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.050 เมตร สำหรับวิธีการปรับแก้โครงข่ายใหม่โดยใช้เส้นฐานของกรมที่ดิน	141
ตาราง ค-9	การทดสอบค่าทางสถิติที่ความเชื่อมั่นที่ 95% ด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.050 เมตร สำหรับวิธีการปรับแก้โครงข่ายใหม่โดยใช้เส้นฐานของกรมที่ดินร่วมกับกรมแผนที่ ทหาร	142
ตาราง ค-10	การทดสอบค่าทางสถิติที่ความเชื่อมั่นที่ 95% ด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.050 เมตร สำหรับวิธีการแปลงค่าพิกัดโดยใช้เส้นฐานของกรมที่ดิน แบบ Seven-Parameter	143
ตาราง ค-11	การทดสอบค่าทางสถิติที่ความเชื่อมั่นที่ 95% ด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.050 เมตร สำหรับวิธีการแปลงค่าพิกัดโดยใช้เส้นฐานของกรมที่ดิน แบบ Horizontal Adjustment	144
ตาราง ค-12	การทดสอบค่าทางสถิติที่ความเชื่อมั่นที่ 95% ด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.030 เมตร สำหรับวิธีการปรับแก้โครงข่ายใหม่โดยใช้เส้นฐานของกรมที่ดิน	145
ตาราง ค-13	การทดสอบค่าทางสถิติที่ความเชื่อมั่นที่ 95% ด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.030 เมตร สำหรับวิธีการปรับแก้โครงข่ายใหม่โดยใช้เส้นฐานของกรมที่ดินร่วมกับกรมแผนที่ ทหาร	146
ตาราง ค-14	การทดสอบค่าทางสถิติที่ความเชื่อมั่นที่ 95% ด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.050 เมตร เพื่อ หาค่าต่างสำหรับวิธีการปรับแก้โครงข่ายใหม่โดยใช้เส้นฐานของกรมที่ดิน กับ วิธีการปรับแก้โครงข่ายใหม่โดยใช้เส้นฐานของกรมที่ดินร่วมกับกรมแผนที่ทหาร	147

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ	หน้า
รูปที่ 3-1	แสดงหมุดหลักฐานร่วมระหว่างกรมแผนที่ทหารกับกรมที่ดินที่นำมาทำการวิจัยจำนวน 6 หมุด 23
รูปที่ 3-2	แสดงหมุดตรวจสอบผลการวิจัยจำนวน 20 หมุด 24
รูปที่ 3-3	แสดงหมุดหลักฐานร่วมของกรมแผนที่ทหารและกรมที่ดินที่ทำการรับสัญญาณ โยงชิดใหม่ 27
รูปที่ 3-4	แสดงหมุดหลักฐานที่ทำการรับสัญญาณเพื่อใช้ตรวจสอบผลการวิจัยครั้งที่ 1 โดยกลุ่มการทำงานที่ 1 จำนวน 5 หมุด 28
รูปที่ 3-5	แสดงหมุดหลักฐานที่ทำการรับสัญญาณเพื่อใช้ตรวจสอบผลการวิจัยครั้งที่ 1 โดยกลุ่มการทำงานที่ 2 จำนวน 6 หมุด 29
รูปที่ 3-6	แสดงหมุดหลักฐานที่ทำการรับสัญญาณเพื่อใช้ตรวจสอบผลการวิจัยครั้งที่ 2 จำนวน 9 หมุด 30
รูปที่ 3-7	แสดงโปรเจกต์เส้นฐานผลลัพธ์จากการประมวลผลหมุดโยงชิด 33
รูปที่ 3-8	แสดงเส้นฐานของหมุดโยงชิดในโครงข่ายหลังการประมวลผลเมื่อนำมารวมกับโครงข่ายทั้งหมดสำหรับทำการวิจัย 34
รูปที่ 3-9	แสดงหมุดควบคุมสำหรับการออกปฏิบัติงานสนามเพื่อตรวจสอบผลการวิจัย 36
รูปที่ 3-10	โครงข่ายหมุดหลักฐานกรมแผนที่ทหารบริเวณพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 39
รูปที่ 3-11	โครงข่ายหมุดหลักฐานกรมแผนที่ทหารที่เลือกมาใช้ทำการวิจัย 39
รูปที่ 3-12	โครงข่ายหมุดหลักฐานของกรมที่ดิน 39
รูปที่ 3-13	โครงข่ายรวมหมุดหลักฐานของกรมที่ดินและหมุดหลักฐานกรมแผนที่ทหาร 40
รูปที่ 3-14	แสดงขนาดและทิศทางการต่างพิกัดระหว่างหมุดหลักฐานร่วมระหว่างกรมแผนที่ทหารและกรมที่ดิน (กรมแผนที่ทหาร – กรมที่ดิน) จำนวน 6 หมุด 41
รูปที่ 4-1	แสดงโครงข่ายกรมที่ดินที่ใช้ทำการปรับแก้โครงข่ายใหม่ 50
รูปที่ 4-2	แสดงโครงข่ายกรมแผนที่ทหารที่ใช้ทำการปรับแก้โครงข่ายใหม่ร่วมกับโครงข่ายกรมที่ดิน 53

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
รูปที่ 4-3	แสดงโครงข่ายกรมนที่ดินและกรมแผนที่ทหารที่ใช้ทำการปรับแก้ โครงข่ายใหม่ 53
รูปที่ 4-4	แสดงตัวอย่างความแตกต่างพิกัดผลลัพธ์ทางราบของหมุดหลักฐานกรมน ที่ดินก่อนการแปลงค่าพิกัดกับค่าที่ได้จากการแปลงค่าพิกัดด้วยวิธีการ แปลงค่าพิกัดโดยใช้เส้นฐานของกรมนที่ดิน แบบ Seven-Parameter Transformation 61
รูปที่ 4-5	แสดงตัวอย่างความแตกต่างพิกัดผลลัพธ์ทางราบของหมุดตรวจสอบกับ ค่าที่ได้จากการแปลงค่าพิกัดด้วยวิธีการแปลงค่าพิกัดโดยใช้เส้นฐานของ กรมนที่ดินแบบ Seven-Parameter Transformation โครงข่ายใหม่โดยใช้เส้นฐานของกรมนที่ดิน 63
รูปที่ ก-1	หมุดโยงยึดหมุดหลักฐานกรมนที่ดิน 78
รูปที่ ก-2	ตัวอย่าง โปรเจกต์การประมวลผลเส้นฐานโยงยึดหมุดหลักฐาน 91
รูปที่ ก-3	โครงข่ายอ้างอิง (Reference Network) กรมแผนที่ทหาร 93
รูปที่ ก-4	โครงข่ายหลัก (Primary Network) กรมแผนที่ทหาร 94
รูปที่ ก-5	โครงข่ายรอง (Secondary Network) กรมแผนที่ทหาร (บางส่วน) 95
รูปที่ ก-6	โครงข่ายหมุดหลักฐานพื้นที่ฝั่งตะวันออกของกรมแผนที่ทหาร พ.ศ. 2547 96
รูปที่ ก-7	ตัวอย่าง โปรเจกต์ประมวลผลเส้นฐานหมุดหลักฐานกรมแผนที่ทหาร 98
รูปที่ ก-8	โครงข่ายหมุดหลักฐานที่ใช้ในการวิจัยของกรมแผนที่ทหาร 99
รูปที่ ก-9	ตัวอย่าง โปรเจกต์การประมวลผลเส้นฐานหมุดหลักฐานของกรมนที่ดิน ... 102
รูปที่ ก-10	ตัวอย่าง โครงข่ายหมุดหลักฐานของกรมนที่ดินร่วมกับกรมแผนที่ทหาร ... 103
รูปที่ ก-11	ตัวอย่าง โปรเจกต์ข้อมูลหมุดหลักฐานก่อนทำการแปลงค่าพิกัดของกรมน ที่ดินและกรมแผนที่ทหาร หมุดหลักฐานร่วมและหมุดควบคุม สำหรับ การออกแบบพื้นที่การทำงาน 104
รูปที่ ก-12	ตัวอย่างการประมวลผลและคำนวณปรับแก้หมุดตรวจสอบ 1 Session ใช้หมุด 0770 ซึ่งเป็นหมุดหลักฐานของกรมแผนที่ทหารเป็นหมุด ควบคุม 112
รูปที่ ข-1	ตัวอย่าง Source Code และผลการแปลงค่าพิกัด 122

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
รูปที่ ข-2 ตัวอย่าง โปรเจคต์วิธีการแปลงค่าพิกัด โดยใช้เส้นฐานของกรมที่ดินด้วยวิธี Seven-Parameter	123
รูปที่ ข-2 ตัวอย่าง โปรเจคต์วิธีการแปลงค่าพิกัด โดยใช้เส้นฐานของกรมที่ดินด้วยวิธี Seven Parameters	124
รูปที่ ข-3 ตัวอย่าง โปรเจคต์วิธีการแปลงค่าพิกัด โดยใช้เส้นฐานของกรมที่ดินแบบ Horizontal Adjustment	125
รูปที่ ค-1 ทิศทางแสดงความแตกต่างระหว่างค่าพิกัดหมุดหลักฐานกรมที่ดินเดิมก่อนการแปลงค่าพิกัดกับค่าพิกัดหมุดหลักฐานจากวิธีการแปลงค่าพิกัดโดยใช้ค่าเลื่อนเฉลี่ย	132
รูปที่ ค-2 ทิศทางแสดงความแตกต่างระหว่างค่าพิกัดหมุดหลักฐานกรมที่ดินเดิมก่อนการแปลงค่าพิกัดกับค่าพิกัดหมุดหลักฐานจากวิธีการแปลงค่าพิกัดแบบออฟไลน์	132
รูปที่ ค-3 ทิศทางแสดงความแตกต่างระหว่างค่าพิกัดหมุดหลักฐานกรมที่ดินเดิมก่อนการแปลงค่าพิกัดกับค่าพิกัดหมุดหลักฐานจากวิธีการปรับแก้โครงข่ายใหม่โดยใช้เส้นฐานของกรมที่ดิน	133
รูปที่ ค-4 ทิศทางแสดงความแตกต่างระหว่างค่าพิกัดหมุดหลักฐานกรมที่ดินเดิมก่อนการแปลงค่าพิกัดกับค่าพิกัดหมุดหลักฐานจากวิธีการปรับแก้โครงข่ายใหม่โดยใช้เส้นฐานของกรมที่ดินร่วมกับกรมแผนที่ทหาร	133
รูปที่ ค-5 ทิศทางแสดงความแตกต่างระหว่างค่าพิกัดหมุดหลักฐานกรมที่ดินเดิมก่อนการแปลงค่าพิกัดกับค่าพิกัดหมุดหลักฐานจากวิธีการแปลงค่าพิกัดโดยใช้เส้นฐานของกรมที่ดิน แบบ Seven-Parameter Transformation	134
รูปที่ ค-6 ทิศทางแสดงความแตกต่างระหว่างค่าพิกัดหมุดหลักฐานกรมที่ดินเดิมก่อนการแปลงค่าพิกัดกับค่าพิกัดหมุดหลักฐานจากวิธีการแปลงค่าพิกัดโดยใช้เส้นฐานของกรมที่ดิน แบบ Horizontal Adjustment	134
รูปที่ ค-7 ทิศทางแสดงความแตกต่างระหว่างค่าพิกัดหมุดหลักฐานกรมที่ดินเดิมก่อนการแปลงค่าพิกัดกับค่าพิกัดหมุดตรวจสอบ	135

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ

หน้า

รูปที่ ค-8	ทิศทางแสดงความแตกต่างระหว่างค่าพิกัดหมุดตรวจสอบกับค่าพิกัดหมุดหลักฐานจากวิธีการแปลงค่าพิกัดโดยใช้ค่าเลื่อนเฉลี่ย	135
รูปที่ ค-9	ทิศทางแสดงความแตกต่างระหว่างค่าพิกัดหมุดตรวจสอบกับค่าพิกัดหมุดหลักฐานจาก วิธีการแปลงค่าพิกัดแบบออฟไลน์	136
รูปที่ ค-10	ทิศทางแสดงความแตกต่างระหว่างค่าพิกัดหมุดตรวจสอบกับค่าพิกัดหมุดหลักฐานจากวิธีการปรับแก้โครงข่ายใหม่โดยใช้เส้นฐานของกรมที่ดิน	136
รูปที่ ค-11	ทิศทางแสดงความแตกต่างระหว่างค่าพิกัดหมุดตรวจสอบกับค่าพิกัดหมุดหลักฐานจากวิธีการปรับแก้โครงข่ายใหม่โดยใช้เส้นฐานของกรมที่ดินร่วมกับกรมแผนที่ทหาร	137
รูปที่ ค-12	ทิศทางแสดงความแตกต่างระหว่างค่าพิกัดหมุดตรวจสอบกับค่าพิกัดหมุดหลักฐานจากวิธีการแปลงค่าพิกัดโดยใช้เส้นฐานของกรมที่ดินแบบ Seven-Parameter Transformation	137
รูปที่ ค-13	ทิศทางแสดงความแตกต่างระหว่างค่าพิกัดหมุดตรวจสอบกับค่าพิกัดหมุดหลักฐานจากวิธีการแปลงค่าพิกัดโดยใช้เส้นฐานของกรมที่ดินแบบ Horizontal Adjustment	138
รูปที่ ค-14	ตัวอย่างรายงานผล Loop Closure โครงข่ายหมุดหลักฐานกรมที่ดินของเส้นฐานบริเวณพื้นที่ด้านล่างบริเวณ จ.สุรินทร์ ของหมุดที่ให้ค่าต่างพิกัดระหว่างหมุดตรวจสอบกับหมุดหลังการปรับแก้ค่อนข้างมาก	148
รูปที่ ค-15	ตัวอย่างบริเวณพื้นที่ด้านล่างบริเวณ จ.สุรินทร์ ของหมุดที่ให้ค่าต่างพิกัดระหว่างหมุดตรวจสอบกับหมุดหลังการปรับแก้ค่อนข้างมาก และมีค่า Loop Closure ไม่ผ่านค่าการยอมรับ	149