การเชื่อมต่อเครื่องมือรังวัดแบบอิเล็กทรอนิกส์กับคอมพิวเตอร์แบบพกพาเพื่อการเก็บข้อมูลภาคสนาม

นายศักดิ์ชัย กำธรพิพัฒนกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาระบบสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2547

ISBN 974-17-6504-5

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

30 ส.ค. 2548
I22043925

CONNECTION OF ELECTRONIC SURVEY INSTRUMENT AND PERSONAL DIGITAL ASSISTANT FOR FIELD DATA COLLECTION

Mr. Sakchai Kamthonpipatkul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Spatial Information System in Engineering

Department of Survey Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2004

ISBN 974-17-6504-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเชื่อมต่อเครื่องมือรังวัดแบบอิเล็กทรอนิกส์กับคอมพิวเตอร์แบบพกพาเพื่อการเก็บข้อมูลภาคสนาม
โดย	นายศักดิ์ชัย กำธรพิพัฒนกุล
สาขาวิชา	ระบบสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อิทธิ ตริสิริสัตยวงศ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชูเกียรติ วิเชียรเจริญ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อิทธิ ตริสิริสัตยวงศ์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สวัสดิ์ชัย เกรียงไกรเพชร)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บรรเจิด พละการ)

ศักดิ์ชัย กำธรพิพัฒนกุล: การเชื่อมต่อเครื่องมือรังวัดแบบอิเล็กทรอนิกส์กับคอมพิวเตอร์แบบพกพาเพื่อการเก็บข้อมูลภาคสนาม (CONNECTION OF ELECTRONIC SURVEY INSTRUMENT AND PERSONAL DIGITAL ASSISTANT FOR FIELD DATA COLLECTION) อ. ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. อิทธิ ตริสิริสัตยวงศ์, 101 หน้า, ISBN 974-17-6504-5

การศึกษาครั้งนี้เป็นการนำเอาเครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพามาเชื่อมต่อเครื่องมือรังวัดแบบอิเล็กทรอนิกส์ ได้แก่ เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส เครื่องวัดระยะทาง และกล้องส่องทางไกลพร้อมเข็มทิศเพื่ออ่านค่ารังวัดโดยตรง โดยใช้ซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์ ArcPad มาพัฒนาโปรแกรมเพิ่มเติมเพื่อใช้ช่วยในการเก็บข้อมูลในภาคสนาม แล้วทำการเก็บข้อมูลจริงในภาคสนาม 3 กรณีคือ 1) สำรวจข้อมูลแผนที่ฐานของการไฟฟ้านครหลวง 2) สำรวจข้อมูลข้อเท็จจริง และ 3) งานตรวจสอบจุดควบคุมภาพถ่าย เพื่อวิเคราะห์ถึงความเหมาะสมและความคุ้มค่าและข้อจำกัดในการนำเครื่องคอมพิวเตอร์ชนิดพกพามาทำงานในภาคสนาม

สำหรับงานสำรวจข้อมูลแผนที่ฐานเลือกพื้นที่บริเวณหมู่บ้านมัณฑนา จังหวัดนนทบุรี และภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับพื้นที่ทดสอบงานสำรวจข้อเท็จจริง (Ground Truth) และงานตรวจสอบจุดควบคุมภาพถ่ายอยู่ในพื้นที่อำเภอแกลงและอำเภอบ้านค่าย จังหวัดระยอง จากการศึกษาพบว่าในการนำเอาเครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพามาเก็บข้อมูลในภาคสนามแทนระบบดั้งเดิมที่ใช้กระดาษในการบันทึกข้อมูล สามารถลดขั้นตอนการทำงานที่ซ้ำซ้อนในการนำเข้าข้อมูลในสำนักงาน ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย ผลการทดสอบในกรณีศึกษาทั้ง 3 กรณี พบว่ากรณีที่ 1) ในการจัดซื้อเครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพามาแทนระบบดั้งเดิม พบว่าจุดคุ้มทุนมีค่าเท่ากับ 1 ปี 1 เดือน ในกรณีที่ 2) และ 3) พบว่า ข้อมูลที่สำรวจได้มีคุณภาพเท่ากับวิธีการแบบดั้งเดิม แต่จะได้ผลตอบแทนที่ไม่สามารถจับต้องได้ ได้แก่ ผู้สำรวจสามารถเห็นผลลัพธ์บนหน้าจอคอมพิวเตอร์ สามารถตรวจสอบผลการนำเข้าได้ทันที ทำให้มีความมั่นใจมากขึ้น

ในการทดสอบการทำงานจริงในภาคสนามพบว่าเครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพามาตรฐานที่ใช้ทดสอบยังมีจุดอ่อนในเรื่องของความบอบบาง ยังไม่สามารถใช้งานในสภาพภูมิอากาศได้ทุกสถานการณ์ ดังนั้นหากมีการลงทุนจัดคอมพิวเตอร์แบบพกพาชนิด Rugged เพื่อให้สามารถใช้งานได้คงทนขึ้น ซึ่งจะต้องลงทุนเพิ่มขึ้น จากการศึกษาพบว่าจุดคุ้มทุนจะนานขึ้นเป็น 2 ปี 2 เดือน

ภาควิชา วิศวกรรมสำรวจ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา ระบบสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2547

4470562321: MAJOR SPATIAL INFORMATION SYSTEM IN ENGINEERING

KEY WORD: PDA, FIELD DATA COLLECTION, MOBILE GIS

SAKCHAI KAMTHONPIPATKUL: CONNECTION OF ELECTRONIC SURVEY INSTRUMENT AND PERSONAL DIGITAL ASSISTANT FOR FIELD DATA COLLECTION. THESIS ADVISOR: ASST. PROF. DR. ITTHI TRISIRISATAYAWONG, 101 pp., ISBN 974-17-6504-5

This research studies the connection of PDA (Personal Digital Assistant) with three types of electronic survey i.e. GPS receiver, laser range finder and laser binocular for direct intake of the measurements. Application programs are developed on ArcPad, a commercial GIS software package, to assist the field data collection. The suitability, worthiness and limitation of the systems are evaluated on three case studies i.e. 1) landbase updating for MEA (Metropolitan Electricity Authority) 2) ground truth survey for ASTER image supervised classification and 3) photo control checking for georeferencing the same ASTER image in case study two.

This research selectes Mantana residential village in Nonthaburi and Chulalongkorn University as two test areas for the first case study. The second and the third case studies are carried out in amphoe Glaeng and Bankai in Rayong province. It is found that employing PDA reduces duplication of data input in the office and consequently save time and cost. The evaluation results show that for the first case study, replacing the existing paper-based procedure by deploying 10 PDA-base systems reaches break-event point in thirteen months. For case study two and three, the PDA-based system provides no obvious tangible benefit. However, the system does generate intangible benefit in the form of user confidence as they are able to see and verify measurements on computer screen immediately after taking.

The case studies reveal weakness of standard PDA as non all-weather equipment and thus not suitable for field data collection particularly in rough environment. The system based on rugged PDA is more appropriate but also more costly. The evaluation in case study one shows that it would need twenty six months to break even.

Department Survey Engineering Student's signature

Field of study Spatial Information System in Engineering Advisor's signature

Academic year 2004

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความปรารถนาดี และความกรุณาของบุคคลต่างๆ ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผศ.ดร.อิทธิ ตริสิริสัตยวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่กรุณาให้แนวคิดและคำแนะนำในการดำเนินงานวิจัย ตลอดจนแก้ปัญหาต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่องานวิจัยนี้ ขอขอบพระคุณคณาจารย์ในภาควิชาวิศวกรรมสำรวจทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ในด้านวิศวกรรมสำรวจ ตลอดจนให้ความรู้ในด้านวิชาการอันเป็นประโยชน์

อนึ่งผู้ทำการวิจัยขอขอบพระคุณ คุณถนอม ปัญญาทรานนท์ รองผู้อำนวยกองสารสนเทศแผนที่ระบบไฟฟ้า คุณนันทวรรณ ธรรมวิไลรัตน์ นักประมวลผลข้อมูล 8 คุณนิรันดร รุ่งโรจน์ หัวหน้ากลุ่มงานสำรวจและปรับปรุงแผนที่ระบบไฟฟ้า ของฝ่ายแผนผังและอุปกรณ์งานจำหน่าย การไฟฟ้านครหลวง วัดเลียบ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือด้านข้อมูลต่างๆ ได้แก่ วิธีการทำงานปรับปรุงแผนที่ฐาน จำนวนพนักงาน เป็นต้น สำหรับประกอบการทำวิทยานิพนธ์

สุดท้ายขอขอบคุณบริษัท จีไอเอส ดาต้า จำกัด ที่ได้ให้โอกาสศึกษาต่อระดับปริญญาโท สนับสนุนและเอื้อเฟื้อเครื่องมือรังวัดอิเล็กทรอนิกส์และแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:20,000 พื้นที่บริเวณที่ใช้ศึกษาการสำรวจข้อเท็จจริงและพื้นที่บริเวณที่ใช้สำรวจจุดควบคุมภาพถ่ายเพื่อแปลงค่าพิกัดสำหรับทำการทดสอบในงานวิจัยในครั้งนี้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อไทย ..... ง

บทคัดย่ออังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ญ

บทที่

1. บทนำ 1

1.1 ความสำคัญและความเป็นมาและปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2

1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย 5

1.5 ข้อจำกัดของงานวิจัย 6

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 6

1.7 วิธีดำเนินการวิจัย 7

2. แนวคิดที่เกี่ยวข้อง 8

2.1 ปัญหาของงานเก็บข้อมูลภาคสนามแบบดั้งเดิม 8

2.2 แนวคิดการนำพีดีเอมาใช้ในงานภาคสนามแทนระบบดั้งเดิม 10

2.3 งานวิจัยที่ผ่านมา 12

2.4 แนวคิดด้านเครื่องมือ 14

2.5 แนวคิดด้านโปรแกรมสารสนเทศทางภูมิศาสตร์บนพีดีเอ 17

2.6 ข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์สำหรับพีดีเอ 20

3. การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ 21

3.1 โปรแกรมรับข้อมูลกับเครื่องมือสำรวจอิเล็กทรอนิกส์เข้าสู่พีดีเอชนิดพ็อกเก็ตพีซี 21

3.2 โปรแกรมนำหน 23

3.3 โปรแกรม Coordinate Geometry (COGO) 24

3.4 โปรแกรมงานสำรวจข้อเท็จจริงประกอบด้วยฟังก์ชัน Lookup Table 48

3.5 โปรแกรมนำข้อมูลจุดโดยใช้เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส 50

3.6 โปรแกรมแปลงค่าพิกัดภาพให้เป็นพิกัดฉากยูทีเอ็มโดยใช้สมการของเฮลเมิร์ต 51

บทที่ หน้า

3.7 การบันทึกข้อมูล Running Number และ Metadata 54

4. การทดสอบเก็บข้อมูลภาคสนาม 55

4.1 การทดสอบฟังก์ชันต่างๆ ของโปรแกรม 55

4.2 งานสำรวจแผนที่ฐาน 55

4.3 งานสำรวจข้อเท็จจริง (Ground Truth) 59

4.4 งานตรวจสอบจุดบังคับภาพถ่าย 60

5. การวิเคราะห์ความคุ้มค่า 62

5.1 งานสำรวจข้อมูลภาคสนาม 62

5.2 งานสำรวจข้อมูลข้อเท็จจริง 72

5.3 งานตรวจสอบจุดบังคับภาพถ่าย 73

5.4 ข้อดีในการนำพีดีเอมาประยุกต์ใช้งานเก็บข้อมูลภาคสนาม 74

5.5 ปัญหาของการนำพีดีเอมาใช้งานเก็บข้อมูลภาคสนาม 75

6. สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ 78

6.1 สรุปผลการวิจัย 78

6.2 ข้อเสนอแนะ 79

รายการอ้างอิง 83

ภาคผนวก 87

ภาคผนวก ก. เครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพาชนิดพ็อกเก็ตพีซี 87

ภาคผนวก ข. เครื่องวัดระยะทางแบบใช้แสงเลเซอร์ (Laser Range Finder: LRF) 91

ภาคผนวก ค. รูปแบบการส่งข้อมูลของเครื่องวัดระยะทางแบบใช้แสงเลเซอร์ 93

ภาคผนวก ง. การโอนถ่ายโปรแกรมหรือข้อมูลเข้าสู่พ็อกเก็ตพีซี 96

ภาคผนวก จ. โครงสร้างฐานข้อมูลโปรแกรมเก็บข้อเท็จจริง 98

ภาคผนวก ฉ. ฐานข้อมูลการแปลงค่าพิกัดจากพิกัดภาพเป็นพิกัดยูทีเอ็ม 100

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 101

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

ตารางที่ 1.1 รายการเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ศึกษา 5
ตารางที่ 4.1 ผลค่า RMSE ที่ได้จากการแปลงค่าพิกัด 61
ตารางที่ 5.1 การเปรียบเทียบวิธีการปรับปรุงแผนที่ฐานด้วยวิธีดั้งเดิมและระบบโมบาย 64
ตารางที่ 5.2 ค่าใช้จ่ายการลงทุนระบบโมบายของหน่วยงานตัวอย่าง การไฟฟ้านครหลวง 65
ตารางที่ 5.3 ตัวอย่างการคำนวณงบลงทุนและผลตอบแทนแต่ละปี 66
ตารางที่ 5.4 Cash Flow ของโครงการ 67
ตารางที่ 5.5 สรุปการคำนวณ %ROI และจุดคุ้มทุนในกรณีต่างๆ 69
ตารางที่ 5.6 การเปรียบเทียบวิธีการทำงานสำรวจข้อเท็จจริง 72

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ 1.1 พื้นที่ศึกษาหมู่บ้านมัณฑนา จ.นนทบุรี 3
รูปที่ 1.2 พื้นที่ศึกษาอาคารภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 3
รูปที่ 1.3 พื้นที่ศึกษากรณีเก็บข้อมูลข้อเท็จจริง บริเวณอำเภอแกลง
จังหวัดระยอง ขนาดพื้นที่ 40x40 กิโลเมตร 4
รูปที่ 1.4 พื้นที่ศึกษากรณีตรวจสอบจุดควบคุมภาพถ่าย
บริเวณอำเภอบ้านค่าย จังหวัดระยอง ขนาดพื้นที่ 32x32 กิโลเมตร 4
รูปที่ 2.1 แผนผังการสำรวจงานภาคสนามด้วยวิธีดั้งเดิม 10
รูปที่ 2.2 แผนผังการสำรวจงานภาคสนามด้วยพีดีเอ 10
รูปที่ 2.3 พีดีเอชนิด Rugged 15
รูปที่ 2.4 กล่อง Rugged สำหรับพีดีเอ 15
รูปที่ 3.1 แผนผังโปรแกรมรับข้อมูลกับเครื่องวัดระยะทางเข้าสู่พีดีเอชนิดพ็อกเก็ตพีซี 22
รูปที่ 3.2 โปรแกรมรับข้อมูลกับเครื่องวัดระยะทางเข้าสู่พีดีเอชนิดพ็อกเก็ตพีซี 23
รูปที่ 3.3 แผนผังโปรแกรมนำหน 23
รูปที่ 3.4 โปรแกรมนำหน 24
รูปที่ 3.5 แผนผังโปรแกรม SNAP 25
รูปที่ 3.6 โปรแกรม SNAP 26
รูปที่ 3.7 ตัวอย่างการแสดงสัญลักษณ์ของการ SNAP 26
รูปที่ 3.8 แผนผังโปรแกรมเพิ่มหรือย้ายตำแหน่งของจุดเมื่อทราบระยะทางและแอซิมัท 27
รูปที่ 3.9 โปรแกรมการเพิ่มหรือย้ายตำแหน่งของจุดเมื่อทราบระยะทางและแอซิมัท 28
รูปที่ 3.10 แผนผังโปรแกรมลากเส้นขนาน 28
รูปที่ 3.11 โปรแกรมลากเส้นขนาน 29
รูปที่ 3.12 แผนผังโปรแกรมลากเส้นตั้งฉาก 30
รูปที่ 3.13 โปรแกรมลากเส้นตั้งฉาก 31
รูปที่ 3.14 แผนผังโปรแกรมลากวงกลม 32
รูปที่ 3.15 โปรแกรมลากวงกลม 32
รูปที่ 3.16 แผนผังโปรแกรมหาจุดตัดวงกลมหรือจุดตัดเส้น 33
รูปที่ 3.17 โปรแกรมหาจุดตัดวงกลม 34
รูปที่ 3.18 แผนผังโปรแกรมสร้างอาคารโดยเลือกจากจุดหรือสร้างอาคารฉากโดยใช้จุด 3 จุด 34
รูปที่ 3.19 โปรแกรมสร้างอาคารโดยเลือกจากจุดหรือสร้างอาคารฉากโดยใช้จุด 3 จุด 35

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ 3.20 แผนผังโปรแกรมแบ่งห้องโดยกำหนดความกว้างหรือจำนวนห้อง 36
รูปที่ 3.21 โปรแกรมแบ่งห้องโดยกำหนดความกว้างหรือจำนวนห้อง 37
รูปที่ 3.22 แผนผังโปรแกรมการแบ่งเส้น(Break) 38
รูปที่ 3.23 โปรแกรมการแบ่งเส้น 39
รูปที่ 3.24 แผนผังโปรแกรมการรวมเส้นเข้าด้วยกัน (Unsplit) 39
รูปที่ 3.25 โปรแกรมการรวมเส้นเข้าด้วยกัน 40
รูปที่ 3.26 แผนผังโปรแกรมการการเล็มเส้น (Trim) 41
รูปที่ 3.27 โปรแกรมการเล็มเส้น 42
รูปที่ 3.28 แผนผังโปรแกรมการยืดเส้นไปชน (Extend) 42
รูปที่ 3.29 โปรแกรมการยืดเส้นไปชน 43
รูปที่ 3.30 แผนผังโปรแกรมสลับตำแหน่ง Vertex (Flip) 43
รูปที่ 3.31 โปรแกรมการสลับตำแหน่ง Vertex 44
รูปที่ 3.32 แผนผังโปรแกรมการแบ่งเส้นที่ตำแหน่ง Vertex 44
รูปที่ 3.33 โปรแกรมการแบ่งเส้นที่ตำแหน่ง Vertex 45
รูปที่ 3.34 แผนผังโปรแกรมสร้างส่วนโค้งวงกลมโดยกำหนดจุด 3 จุด 46
รูปที่ 3.35 โปรแกรมสร้างส่วนโค้งวงกลมโดยกำหนดจุด 3 จุด 47
รูปที่ 3.36 แผนผังโปรแกรมสร้างจุดโดยมีระยะทางเท่าๆกันเมื่อทราบตำแหน่งหัวและท้าย 47
รูปที่ 3.37 โปรแกรมสร้างจุดโดยมีระยะทางเท่าๆกันเมื่อทราบตำแหน่งหัวและท้าย 48
รูปที่ 3.38 แผนผังโปรแกรมงานสำรวจข้อเท็จจริงประกอบด้วยฟังก์ชัน Lookup Table 49
รูปที่ 3.39 โปรแกรมงานสำรวจข้อเท็จจริงประกอบด้วยฟังก์ชัน Lookup Table 50
รูปที่ 3.40 แผนผังโปรแกรมนำข้อมูลจุดโดยใช้เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส 50
รูปที่ 3.41 โปรแกรมนำข้อมูลจุดโดยใช้เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส 51
รูปที่ 3.42 แผนผังโปรแกรมแปลงค่าพิกัดภาพถ่ายให้เป็นพิกัดฉากยูทีเอ็ม 52
รูปที่ 3.43 โปรแกรมแปลงค่าพิกัดภาพถ่ายให้เป็นพิกัดฉากยูทีเอ็ม 53
รูปที่ 3.44 โปรแกรมแปลงค่าพิกัดภาพถ่ายให้เป็นพิกัดฉากยูทีเอ็ม(ต่อ) 53
รูปที่ 3.45 การบันทึกข้อมูล Running Number และ Metadata 54
รูปที่ 4.1 ตำแหน่งที่ทำการรังวัดจีพีเอส ด้วยวิธีหาค่าพิกัดตำแหน่งในทันที DGPS 56
รูปที่ 4.2 ค่าที่ได้จากการทำรังวัดจีพีเอส ด้วยวิธีหาค่าพิกัดตำแหน่งในทันที DGPS 56
รูปที่ 4.3 นำเข้าถนนภายในโครงการหมู่บ้านมัณฑนา 56

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ 4.4 นำเข้าอาคารภายในหมู่บ้านมัณฑนา 57
รูปที่ 4.5 ตำแหน่งจีพีเอสที่รังวัดด้วยการหาพิกัดตำแหน่งในทันที DGPS 58
รูปที่ 4.6 อาคารภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่นำเข้าแล้ว 58
รูปที่ 4.7 ตำแหน่งข้อเท็จจริงจากการสำรวจภาคสนาม 59
รูปที่ 4.8 ข้อมูลเชิงบรรยายข้อเท็จจริงจากการสำรวจภาคสนาม 60
รูปที่ 4.9 ตำแหน่งจุดควบคุมภาพถ่ายสำหรับการแปลงค่าพิกัด 61
รูปที่ 5.1 แผนผังการสำรวจงานภาคสนามด้วยวิธีดั้งเดิม 62
รูปที่ 5.2 แผนผังการสำรวจงานภาคสนามด้วยวิธีใช้ระบบโมบาย 63
รูปที่ 5.3 กราฟแสดงจุดคุ้มทุนกรณีใช้พีดีเอชนิดพ็อกเก็ตพีซีมาตรฐาน ค่าเสื่อม 3 ปี 68
รูปที่ 5.4 กราฟแสดงจุดคุ้มทุนกรณีใช้พีดีเอชนิดพ็อกเก็ตพีซีมาตรฐาน ค่าเสื่อม 4 ปี 69
รูปที่ 5.5 กราฟแสดงจุดคุ้มทุนกรณีใช้พีดีเอชนิดพ็อกเก็ตพีซีมาตรฐาน ค่าเสื่อม 5 ปี 70
รูปที่ 5.6 กราฟแสดงจุดคุ้มทุนกรณีใช้พีดีเอชนิดพ็อกเก็ตพีซีแบบ Rugged ค่าเสื่อม 3 ปี 70
รูปที่ 5.7 กราฟแสดงจุดคุ้มทุนกรณีใช้พีดีเอชนิดพ็อกเก็ตพีซีแบบ Rugged ค่าเสื่อม 4 ปี 71
รูปที่ 5.8 กราฟแสดงจุดคุ้มทุนกรณีใช้พีดีเอชนิดพ็อกเก็ตพีซีแบบ Rugged ค่าเสื่อม 5 ปี 71
รูปที่ 5.9 โปรแกรมแก้ไข Codepage ให้เป็นภาษาไทย 77
รูปที่ 6.1 ตำแหน่งพื้นที่ทดสอบในบริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 81
รูปที่ 6.2 ตำแหน่งในบริเวณจุฬาฯ หลังจากเปิดชั้นข้อมูลของ http://gis.mot.go.th 81
รูปที่ ข.1 LRF ชนิดวัดระยะใกล้ 92
รูปที่ ข.2 LRF ชนิดวัดระยะกลางและไกล 92
รูปที่ ข.3 LRF ชนิดกล้องส่องทางไกล 92
รูปที่ ค.1 โปรแกรม Microsoft ActiveSync 96
รูปที่ ค.2 โปรแกรม Explore ของ ActiveSync 96
รูปที่ ค.3 การคัดลอกโปรแกรมเข้าสู่พีดีเอชนิดพ็อกเก็ตพีซีโดยใช้ ActiveSync 97