บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในการสำรวจเพื่อวัตถุประสงค์ทางวิศวกรรมและการทำแผนที่ จำเป็นจะต้องทราบค่าพิกัดทางดิ่งและทางราบของจุดในภูมิประเทศ ในการหาค่าพิกัดทางดิ่งทำได้โดยการหาค่าระดับด้วยกล้องระดับ ซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายในการหาค่าระดับของหมุดควบคุมทางดิ่ง ค่าความถูกต้องที่ได้รับจะขึ้นอยู่กับอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ รวมไปถึงวิธีการทำงาน ในปัจจุบันการทำงานระดับชั้นที่หนึ่งยังถือว่าเป็นวิธีที่ให้ค่าความถูกต้องสูงที่สุดในบรรดาวิธีการที่ใช้กันอยู่ อย่างไรก็ดีในการทำงานระดับด้วยกล้องระดับไม่ว่าจะเป็นงานชั้นใดก็ตาม โดยเฉพาะการทำงานในเขตชุมชนเมือง ผู้ปฏิบัติงานมักจะประสบกับปัญหาและอุปสรรคในการทำงานหลายประการ เช่น ปัญหาการกีดขวางแนวเล็งจากอาคารบ้านเรือน ปัญหาจากการสั่นสะเทือนของกล้องเนื่องจากยานพาหนะที่สัญจรไปมาขณะทำงาน เป็นต้น ซึ่งสาเหตุเหล่านี้ทำให้การทำงานสนามล่าช้าลงและในบางครั้งอาจทำให้ผลที่ได้ไม่เป็นไปตามเกณฑ์หรือข้อกำหนดของชั้นงาน นอกจากนี้สถานการณ์บางสถานการณ์ สภาพพื้นที่ทำงานเองก็อาจไม่เอื้ออำนวยต่อการทำงานระดับด้วยกล้องระดับ เช่น การหาค่าระดับของจุดที่อยู่บนแนวเขาที่สูงชันและยากต่อการเข้าถึง เป็นต้น ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องหาวิธีการหรือเทคโนโลยีอื่นที่เหมาะสมแทนที่วิธีการหาค่าระดับด้วยกล้องระดับ

วิธีการสำรวจหาค่าพิกัดนั้นงานรังวัดดาวเทียมจีพีเอส(GPS) ได้ถูกนำมาใช้กันอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน โดยเฉพาะงานที่ต้องการค่าความถูกต้องทางตำแหน่งที่สูง เนื่องจากงานรังวัดดาวเทียมจีพีเอสมีข้อได้เปรียบงานรังวัดภาคพื้นดินอยู่หลายประการ เช่น สามารถทำงานได้ในทุกสภาพอากาศและตลอด 24 ชั่วโมง สะดวกรวดเร็ว ไม่มีข้อจำกัดในเรื่องการมองเห็นกันระหว่างสถานี เป็นต้น นอกจากนี้ผลลัพธ์ที่ได้ก็ยังเป็นค่าพิกัดในสามมิติ ค่าพิกัดทางดิ่งที่ได้จึงถือเป็นผลพลอยได้จากงานรังวัดดาวเทียมจีพีเอส การรังวัดด้วยดาวเทียมระบบจีพีเอส จะให้ค่าความสูงเหนือรูปทรงรี โดยอ้างอิงกับพื้นหลักฐานพิภพ WGS84 (World Geodetic System 1984) ในขณะที่การทำระดับจะให้ค่าความสูงที่อ้างอิงอยู่บนระดับทะเลปานกลาง หรือพื้นผิวจีออยย์(Geoid) ซึ่งเรียกว่าค่าระดับสูง(Elevation) หรือ ค่าความสูงออร์โทเมตริก(Orthometric height) ค่าทางดิ่งที่ได้จากการรังวัดดาวเทียมระบบจีพีเอสโดยตรง จึงเป็นข้อจำกัดที่สำคัญยิ่งในการใช้ดาวเทียมจีพีเอสในการสำรวจ เนื่องจากยังคงต้องใช้การสำรวจรังวัดระดับหาค่าระดับสูงออร์โทเมตริกแบบเดิม (กองยีออเดซี่และยีออฟิสิกส์, 2548)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ความจำเป็นในการใช้งานการสำรวจแบบเดิมมีน้อย (กองยีออเดซี่และยีออฟิสิกส์, 2548) จนกระทั่งการสำรวจก้าวเข้าสู่ยุคดาวเทียม การหาค่าความสูงจีออยย์จึงเป็นเรื่องที่มีความจำเป็น และได้รับความสนใจที่จะพัฒนาให้มีความละเอียดถูกต้องสูงขึ้นและครอบคลุมพื้นที่กว้างขวางมากขึ้น จากระดับประเทศสู่ระดับภูมิภาค และครอบคลุมทั่วโลก เช่น แบบจำลองความสูงจีออยย์ EGM96 (Earth Gravitational Model 1996) ที่ครอบคลุมพื้นที่ทั่วโลก โดยมีความละเอียดถูกต้องประมาณ 1 เมตร ค่าความสูงออร์โทเมตริก จากแบบจำลองความสูงจีออยย์ EGM96 กับค่าระดับสูงเหนือระดับทะเลปานกลางของประเทศไทย จะช่วยในการประเมินคุณภาพแผนที่ ตลอดจนให้นักสำรวจและผู้ใช้แผนที่ในประเทศไทย สามารถนำแบบจำลองความสูงจีออยย์ EGM96 ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม รวมทั้งใช้เป็นแนวทางการแก้ปัญหาให้นักสำรวจในประเทศไทยได้สามารถประยุกต์ใช้ดาวเทียมระบบจีพีเอส หาค่าความสูงออร์โทเมตริก เพื่อแทนการสำรวจระดับที่ต้องการความถูกต้องไม่มากนัก โดยการหาค่าความสูงออร์โทเมตริกของหมุดหลักฐานจีพีเอส จากการประยุกต์ ใช้ข้อมูลการรังวัดดาวเทียมระบบจีพีเอส แบบจำลองความสูงจีออยย์ EGM96 และค่าความสูงออร์โทเมตริกของจุดควบคุมทางดิ่งที่เหมาะสมทั้งในด้านจำนวนและตำแหน่ง ซึ่งจะได้ค่าความสูงออร์โทเมตริกของหมุดหลักฐานจีพีเอส โดยคาดว่าจะมีความละเอียดถูกต้องอยู่ในเกณฑ์งานสำรวจที่ไม่ต้องการความถูกต้องสูง ทำให้สามารถใช้วิธีการรังวัดดาวเทียมระบบจีพีเอส หาค่าความสูงออร์โทเมตริก แทนการรังวัดระดับได้ ซึ่งจะเป็นวิธีการสำรวจที่ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย

ในการประยุกต์ใช้จีพีเอสหาความสูงออร์โทเมตริกนั้น การสำรวจบางกรณีที่ต้องการประหยัดงบประมาณ และงานสำรวจอยู่ในเกณฑ์ความถูกต้อง จึงจำเป็นต้องทราบความเหมาะสมของจุดควบคุมทางดิ่งทั้งในด้านจำนวนและตำแหน่ง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาจำนวนจุดควบคุมทางดิ่งที่เหมาะสมในการหาความสูงออร์โทเมตริกด้วยดาวเทียมจีพีเอสในพื้นที่ราบและพื้นที่เขาสูง

2. เพื่อประเมินความถูกต้องของค่าความสูงออร์โทเมตริกที่ได้จากการรังวัดด้วยดาวเทียมระบบจีพีเอส

สมมติฐานของการวิจัย

พื้นที่ที่เป็นที่ราบและพื้นที่ที่เป็นเขาสูงจะใช้จำนวนจุดควบคุมทางดิ่งแตกต่างกัน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการประยุกต์ใช้ดาวเทียมจีพีเอสหาความสูงออร์โทเมตริก เพื่อทดแทนงานระดับชั้นที่สามหรือต่ำกว่า

2. เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับนำไปใช้ในงานขอบเขตที่จำกัด เช่น งานในพื้นที่เฉพาะโครงการ ในพื้นที่ห่างไกลที่ไม่มีหมุดระดับ หรือใช้เพื่อศึกษาความเหมาะสมขั้นต้น

ขอบเขตการวิจัย

การศึกษานี้ใช้พื้นที่ภาคกลางเป็นตัวแทนพื้นที่ราบ และใช้พื้นที่ภาคเหนือเป็นตัวแทนพื้นที่ที่เป็นภูเขา

ข้อจำกัดการวิจัย

เนื่องจากข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยนี้ ใช้ข้อมูลการรังวัดของกองยีออเดซี่และยีออฟิสิกส์ กรมแผนที่ทหาร หมุดหลักฐานดาวเทียมจีพีเอสที่มีค่าความสูงออร์โทเมตริกที่จะใช้ศึกษา ไม่สามารถกำหนดให้อยู่ในตำแหน่งที่ต้องการได้ทั้งหมด เนื่องจากหมุดที่มีค่าระดับโดยส่วนมากจะอยู่ตามสถานที่ราชการ ตามแนวถนนเส้นหลักในภาคเหนือการกระจายของหมุดหลักฐานไม่สม่ำเสมอ

นิยามศัพท์เฉพาะ

ในการวิจัยครั้งนี้ ความหมายของศัพท์ที่เกี่ยวข้องมีดังนี้ (กรมแผนที่ทหาร, 2549)

1. ภูมิมาตรศาสตร์ (Geodesy) เป็นศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับรูปร่าง ขนาด และตำแหน่งบนโลก

2. จีออยย์ (Geoid) คือ พื้นผิวภูมิศักยเท่า (Equipotential surfacc) เป็นพื้นผิวที่มีค่าแรงโน้มถ่วงของโลกเท่ากันตลอดทั้งพื้นผิว มีขนาดใกล้เคียงกับระดับทะเลปานกลาง

3. ทรงรี (Spheroid or Ellipsoid) รูปที่แตกต่างกับรูปทรงกลมเพียงเล็กน้อย ซึ่งจะมีลักษณะใกล้เคียงกับสัณฐานจริงโลกมาก เหมาะสำหรับใช้เป็นพื้นผิวการรังวัด และการแผนที่ที่ต้องการความละเอียดถูกต้อง

4. ความสูงทรงรี (Ellipsoidal height) คือ ความสูงของจุดในภูมิประเทศเหนือทรงรีที่ใช้อ้างอิงใช้สัญลักษณ์ h

5. ความสูงออร์โทเมตริก (Orthometric height) คือความสูงของจุดในภูมิประเทศเหนือพื้นผิวจีออยย์ตามแนวเส้นดิ่ง อาจเรียกว่า ค่าระดับสูงออร์โทเมตริก (Orthometric elevation) เมื่ออ้างอิงอยู่บนระดับทะเลปานกลางใช้สัญลักษณ์ H

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

6. ความสูงจีออยย์ (Geoidal height or Undulation of the Geoid or Geoid separation) คือ ความสูงของพื้นผิวจีออยย์ ที่อยู่เหนือทรงรีอ้างอิงใช้สัญลักษณ์ N โดยสามารถแสดงความสัมพันธ์ ด้วยสมการ N = h-H

7. แบบจำลองความสูงจีออยย์ EGM96 หรือ แบบจำลองความโน้มถ่วงของพิภพปี ค.ศ. 1996 (Earth Gravitational Model 1996) เป็นแบบจำลองความสูงจีออยย์ที่อ้างอิงบนพื้นหลักฐาน WGS84 ได้รับการพัฒนาขึ้นมาโดยความร่วมมือระหว่างหน่วยงานแผนที่และภาพถ่ายแห่งชาติ สหรัฐอเมริกา (National Imagery and Mapping Agency : NIMA) ศูนย์การบินอวกาศกอดดาร์ด องค์การนาซ่า (NASA's Goddard Space Flight Center) และมหาวิทยาลัยแห่งรัฐโอไฮโอ ประกอบด้วยค่าสัมประสิทธิ์ฮาร์มอนิกทรงกลม (Spherical harmonic coefficients) โดยใช้ข้อมูล ความโน้มถ่วงพิภพทั่วโลกทั้งทางพื้นดินและจากดาวเทียม มีความละเอียดของตารางกริด ขนาด 15 ลิปดา x 15 ลิปดา มีความคลาดเคลื่อนอยู่ในย่าน 0.5 เมตร ถึง 1 เมตร (The NASA GSFC and NIMA Joint Geopotential Model, n.d.)

8. พื้นหลักฐาน (Datum) คือจุดศูนย์กำเนิดอ้างอิงของระบบพิกัด แบ่งออกเป็นพื้น หลักฐานทางราบและพื้นหลักฐานทางดิ่ง ซึ่งแต่ละประเทศหรือภูมิภาคมักจะกำหนดพื้นหลักฐาน ของตนขึ้นมา เช่น ประเทศไทยใช้พื้นหลักฐานทางราบอินเดียน 1975 มีศูนย์กำเนิดอยู่ที่เขาสะแก กรัง จังหวัดอุทัยธานี และพื้นหลักฐานทางดิ่ง คือระดับทะเลปานกลาง ศูนย์กำเนิดอยู่ที่ เกาะหลัก จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

9. ระบบภูมิมาตรศาสตร์โลก 84 หรือ WGS84 (World Geodetic System 1984) เป็นพื้น หลักฐานแบบสามมิติ มีจุดศูนย์กำเนิดอยู่ที่ จุดศูนย์กลางมวลสารของโลก เป็นพื้นหลักฐานอ้างอิง ระบบพิกัดของดาวเทียมระบบจีพีเอส และเป็นที่ยอมรับกันว่าเป็นตัวแทนของพื้นหลักฐานของโลก (NIMA, 1998)

10. Pseudo Random Code (PRC) รหัสสุ่มที่ดาวเทียมสร้างขึ้นจากเลขฐานสอง (0,1) เพื่อใช้ในการรังวัดเวลาที่สัญญาณดาวเทียมจีพีเอสเดินทางจากดาวเทียมจีพีเอสมายังเครื่องรับ

11. Dilution of Precision (DOP) ค่าที่แสดงความคลาดเคลื่อนของการรังวัด โดยคำนวณ จากความสัมพันธ์ทางตำแหน่งของดาวเทียมแต่ละดวง ค่า DOP โดยทั่วไปมีดังนี้

11.1 Horizontal (HDOP) ความคลาดเคลื่อนของค่าพิกัดทางราบ

11.2 Vertical (VDOP) ความคลาดเคลื่อนของค่าพิกัดทางดิ่ง

11.3 Position (PDOP) ความคลาดเคลื่อนของค่าพิกัดสามมิติ

11.4 Time (TDOP) ความคลาดเคลื่อนของนาฬิกา

11.5 Geometric (GDOP) ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต $GDOP^2 = PDOP^2 + TDOP^2$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

12. มาตรฐานและคุณลักษณะเฉพาะของงานวางหมุดหลักฐานทางดิ่ง (กองยีออเดซี่และยีออฟิสิกส์, 2539) การจำแนกประเภทงานสำรวจระดับแบ่งออกเป็น งานชั้นที่หนึ่ง, งานชั้นที่สอง และงานชั้นที่สาม ความแตกต่างอยู่ที่รายละเอียดในแต่ละชั้นงาน ดังนี้

12.1 งานระดับชั้นที่หนึ่ง (First – Order levelling) งานระดับชั้นที่หนึ่งใช้ในการจัดทำโครงข่ายระดับเพื่อเป็นหลักฐานอ้างอิงทั่วประเทศ หมุดหลักฐานทางดิ่งที่ทำไว้มีการกระจายทั่วพื้นที่ สายการระดับ (Leveling line) ทุกเส้นจะเชื่อมโยงกับหมุดระดับชั้นที่หนึ่งประกอบเป็นวงจรปิด (Loop) หรือโครงข่ายระดับภายในสายการระดับแต่ละเส้นจะถูกแบ่งออกเป็นส่วนย่อยๆ ยาว 1-2 กิโลเมตร เรียกส่วนย่อยนี้ว่าตอนการระดับ (Section) แต่ละตอนการระดับจะมีการทำไปและทำกลับจนเข้าบรรจบจุดแรกของตอนการระดับนั้นๆ ผลต่างระหว่างค่าต่างระดับที่ได้จากการทำไปและทำกลับ จะต้องไม่เกิน ±3 มม.$\sqrt{k}$ สำหรับตอนการระดับของสายการระดับชั้นที่หนึ่งประเภทหนึ่ง หรือไม่เกิน ±4 มม.$\sqrt{k}$ สำหรับตอนการระดับของสายการระดับชั้นที่หนึ่งประเภทสอง โดยที่ k คือระยะทางของตอนการระดับมีหน่วยเป็นกิโลเมตร

12.2 งานชั้นที่สอง (Second – Order levelling) แบ่งได้เป็น

12.2.1 งานชั้นที่สอง ประเภทหนึ่ง เป็นมาตรฐานในการสร้างโครงข่ายหมุดระดับชั้นรองถัดจากงานชั้นที่หนึ่ง และใช้เป็นโครงข่ายเพื่อเพิ่มเติมจำนวนหมุดหลักฐานการระดับในเขตมหานคร ให้มีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น สายการระดับมีลักษณะเชื่อมโยงกับหมุดหลักฐานการระดับชั้นที่หนึ่ง หรืองานชั้นเดียวกัน โดยประกอบกันเป็นวงจรปิดสายการระดับทุกเส้น แบ่งออกเป็นตอนการระดับยาวประมาณ 1-2 กิโลเมตร การเดินระดับแต่ละตอนการระดับให้ทำไปและทำกลับ ค่าแตกต่างระหว่างการเดินระดับสองเที่ยวไม่เกิน ±6 มม.$\sqrt{k}$ โดยที่ k คือระยะทางของตอนการระดับมีหน่วยเป็นกิโลเมตร

12.2.2 งานระดับชั้นที่สอง ประเภทสอง ใช้ในการแบ่งซอยวงจรต่างๆ ของงานชั้นที่หนึ่ง และงานชั้นที่สอง ประเภทหนึ่ง เพื่อการวางหมุดหลักฐานการระดับให้เต็มพื้นที่ทั่วไป สายการระดับของงานประเภทนี้ควรเชื่อมโยงกับหมุดหลักฐานการระดับที่ละเอียดกว่าหรือทัดเทียมกันโดยประกอบกันเป็นวงจรปิด ในกรณีที่การเชื่อมโยงไม่เป็นไปตามลักษณะดังกล่าว สายการระดับก็ไม่ควรยาวเกิน 50 กิโลเมตร สำหรับสายการระดับที่มีระยะสั้นอนุโลมให้เดินระดับเที่ยวเดียว แต่ถ้าระยะทางมากกว่า 25 กิโลเมตร ให้เดินระดับสองเที่ยว ในการเดินระดับแบบทำไปและทำกลับนั้นควรจะแบ่งสายการระดับออกเป็นตอนการระดับย่อยๆ ระยะทาง 1-3 กิโลเมตร ในแต่ละตอนการระดับค่าต่างระดับที่ได้จากการเดินระดับสองเที่ยวจะต่างกันไม่เกิน ±8 มม.$\sqrt{k}$ โดยที่ k คือระยะทางของตอนการระดับมีหน่วยเป็นกิโลเมตร

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

12.3 งานระดับชั้นที่สาม (Third – Order levelling) งานระดับชั้นที่สามใช้ในการแบ่งซอยวงจรต่างๆ ของงานชั้นที่หนึ่ง และสอง ในกรณีที่ต้องการหมุดหลักฐานการระดับเพิ่มเติม เพื่อใช้ในการพัฒนาระดับท้องถิ่น สายการระดับของงานชั้นที่สาม อาจได้จากการเดินระดับเที่ยวเดียวก็ได้ แต่จะต้องบรรจบกันในลักษณะวงจรปิด และมีการ โยงยึดกับหมุดระดับชั้นที่ละเอียดกว่า หรือชั้นเดียวกันซึ่งในกรณีนี้ค่าคลาดบรรจบจะต้องไม่เกิน ±12 มม. $\sqrt{k}$ โดยที่ k คือระยะทางของตอนการระดับมีหน่วยเป็นกิโลเมตร สายการระดับที่มีการเดินระดับเที่ยวเดียวนี้ระยะทางไม่ควรเกิน 10 กิโลเมตร แต่ถ้าเป็นงานสำรวจทำแผนที่มาตราส่วน 1/24,000 หรือเล็กกว่า รวมทั้งงานระดับในพื้นที่ภูเขาซึ่งไม่ต้องการความละเอียดสูงมากนัก อาจอนุโลมให้สายการระดับยาวได้ถึง 25 กิโลเมตร

12.4 งานระดับชั้นรองลงไป (Lower – Order levelling) อาจจะจำแนกได้ว่า งานระดับตรีโกณมิติ งานระดับบารอเมตริก และงานระดับเพื่อการสำรวจเบื้องต้น เป็นงานระดับชั้นที่สี่ หรือต่ำกว่านั้น มาตรฐานสำหรับงานเหล่านี้ไม่อยู่ในขอบเขตของระเบียบกองยีออเดซีและยีออฟิสิกส์ ว่าด้วย การสำรวจวางหมุดหลักฐานทางราบและทางดิ่ง พ.ศ. 2539 การระดับสูงของงานเหล่านี้โดยปกติจะเป็นข้อมูลประกอบกับงานสำรวจอื่นไม่ถือว่าเป็นค่าระดับสูงเพื่องานวางหมุดหลักฐานทางดิ่ง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University