แหล่งข้อมูลสำหรับการสร้างแบบจำลองแผนที่ภูมิประเทศ

Digital Terrain Model Map Data Sources

ธีระ ลาภิศชยางกูล

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

บทคัดย่อ

การสร้างแบบจำลองแผนที่ภูมิประเทศทำให้ผู้ใช้แผนที่สามารถมองภาพภูมิประเทศได้เสมือนจริงในภูมิประเทศจริง สามารถนำไปวิเคราะห์วางแผนตัดสินใจการใช้พื้นที่ในภูมิประเทศได้อย่างเหมาะสมและเกิดประโยชน์สูงสุด ในการสร้างแบบจำลองแผนที่ภูมิประเทศจำเป็นต้องใช้ข้อมูลความสูงของภูมิประเทศจากการสำรวจพื้นที่ ข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศหรือภาพดาวเทียม ข้อมูลแผนที่ในลักษณะแรสแตอร์ (Raster) โดยในบทความนี้จะกล่าวถึงลักษณะข้อมูลและแหล่งข้อมูลของแบบจำลองแผนที่ภูมิประเทศ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกข้อมูลสำหรับนำไปสร้างแผนที่ภูมิประเทศได้อย่างเหมาะสมในลักษณะแบบจำลองสามมิติ

คำสำคัญ : ข้อมูลแบบจำลองภูมิประเทศ ข้อมูลแผนที่ 3 มิติ

Abstract

A Digital Terrain Model (DTM) illustrates ground surface topography in a three-dimensional (3-D) view and assist in the ability to view and understand the physical shape of an area. Data to create a DTM is obtained from many sources such as direct surveying, photo-grammetry and/or satellite remote sensing. Different data sources require different procedures to create DTM. This paper presents characteristics and sources of DTM to create a 3-D digital map for terrain visualization.

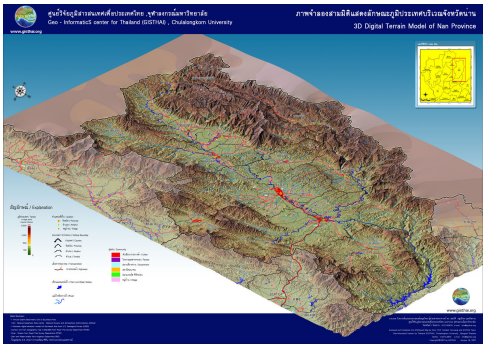
Keywords: Digital Terrain Model data, 3-D data

1. บทนำ

สิ่งมีชีวิตทุกชนิดได้อาศัยพื้นผิวภูมิประเทศในการดำรงชีวิตและสร้างสิ่งก่อสร้างต่างๆ สำหรับเป็นแหล่งอาศัย การทำกิจกรรมและการเรียนรู้ร่วมกันสำหรับชุมชนของตนเอง ซึ่งจะพบได้ว่าพื้นผิวภูมิประเทศจะมีความสูงและต่ำที่ไม่เท่ากันในแต่ละแห่งทำให้บางครั้งการทำกิจกรรมบางอย่างอาจจะไม่เหมาะสมจึงต้องมีการวางแผนก่อนทุกครั้งในการทำงานใดๆ การศึกษาข้อมูลแบบจำลองแผนที่ภูมิประเทศก่อนการทำงานแต่ละอย่าง จะสามารถทำให้การวางแผนและตัดสินใจได้ถูกต้องและเหมาะสมกับสภาพที่เป็นจริงมากขึ้น เช่น การก่อสร้างอาคารบ้านเรือนและสร้างถนน เป็นต้น โดยจะพบว่านักธรณีวิทยาในแต่ละประเทศพยายามที่จะศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพื้นผิวโลกนี้อยู่ตลอดเวลา โดยการได้มาซึ่งข้อมูลของพื้นดินบนโลกจึงต้องใช้ระยะเวลาในการทำงานเป็นเวลายาวนานก่อนจะนำมาสร้างเป็นฐานข้อมูลของพื้นผิวภูมิประเทศในแต่ละที่ ซึ่งวิธีการสำรวจข้อมูลของพื้นผิวภูมิประเทศจึงต้องใช้การวัดระยะ มุมและจดบันทึกรายละเอียดบนพื้นที่จากเครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจเช่น กล้องวัดมุม กล้องระดับร่วมกับภาพถ่ายทางอากาศหรือภาพถ่ายดาวเทียม เป็นต้น เพื่อนำมาประมวลผลสร้างเป็นแผนที่พื้นผิวภูมิประเทศ ดังนั้นผู้ที่ปฏิบัติจึงต้องมีความเข้าใจในการได้มาซึ่งข้อมูลจากแหล่งต่างๆและการทำงานในแต่ละวิธีการเหล่านั้น เพื่อให้การเลือกใช้เครื่องมือและวิธีการที่เหมาะสมได้มาซึ่งข้อมูลที่มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือในการนำไปใช้งาน ซึ่งในบทความนี้จึงจะกล่าวถึงลักษณะของแหล่งข้อมูลที่นำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองแผนที่ภูมิประเทศในลักษณะต่างๆที่ผู้สนใจได้ทราบและเลือกใช้ให้เหมาะสมกับงานของตนเอง

แบบจำลองแผนที่ภูมิประเทศ (Digital terrain model map) เป็นแผนที่ในลักษณะสามมิติของพื้นผิวภูมิประเทศที่แสดงรายละเอียดของสิ่งที่มีอยู่ตามธรรมชาติเช่น พื้นดิน ต้นไม้ และสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นเช่น อาคาร เขื่อน ในรูปแบบสามมิติ ทำให้การมองภาพภูมิประเทศที่ต้องการเสมือนอยู่ในตำแหน่งนั้นบนภูมิประเทศจริงและสามารถ

วิเคราะห์ลักษณะภูมิประเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพสำหรับไปใช้ประโยชน์ในการจัดการหรือวางแผนการใช้พื้นที่นั้น ในการสร้างแบบจำลองแผนที่ภูมิประเทศ ได้จากการสำรวจข้อมูลด้วยภาพดาวเทียม ภาพถ่ายทางอากาศและข้อมูลแผนที่เส้นชั้นความสูงในลักษณะจุดภาพแบบข้อมูลแรสเตอร์ หรือเวคเตอร์ บนคอมพิวเตอร์ (ศุภฤกษ์ ,2543) ดังรูปที่ 1 เป็นตัวอย่างลักษณะของแบบจำลองที่สร้างขึ้นที่แสดงความสูงของพื้นผิวภูมิประเทศไม่มีรายละเอียดอื่นๆ เกี่ยวข้องเช่น ต้นไม้ อาคารบ้านเรือน เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์และวางแผนในการป้องกันอุทกภัย จัดวางผังเมือง การสร้างระบบขนส่งและอ่างเก็บน้ำเป็นต้น ซึ่งถ้านำแบบจำลองแผนที่ภูมิประเทศมาประมวลผลร่วมกับข้อมูลทางสถิติในพื้นนั้นก็จะทำให้การจัดการพื้นที่แห่งนั้นมีประสิทธิภาพสูงยิ่งขึ้น



รูปที่ 1 แบบจำลองแผนที่ภูมิประเทศของน่าน (GISTHAI, 2009)

2. ลักษณะข้อมูล (Data Feature)

ข้อมูลที่ใช้ในการทำงานจะมีอยู่ด้วยกันหลายลักษณะ แต่สามารถแบ่งออกได้เป็นประเภทใหญ่ๆ 2 ประเภทคือ

- ข้อมูลแบบเชิงตัวเลข (Digital data)

โดยข้อมูลแบบเชิงตัวเลขเป็นข้อมูลในรูปดิจิทัลที่สามารถดูและประมวลผลได้ด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งข้อมูลแบบเชิงตัวเลขจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ ข้อมูลแบบแรสเตอร์ที่ประกอบไปด้วยจุดภาพหรือพิกเซลแทนค่าความสว่างบนภาพที่ต่อเนื่องกันไปประกอบกันเป็นภาพเชิงเลข (digital image) และข้อมูลแบบเวคเตอร์ที่เป็นข้อมูลที่แสดงรายละเอียดของพื้นที่ด้วยจุด เส้นและรูปปิดที่มีระยะและทิศทางของภาพจึงสามารถวัดและกำหนดตำแหน่งได้

- ข้อมูลแบบสิ่งพิมพ์ (Hardcopy data)

ส่วนข้อมูลแบบสิ่งพิมพ์เป็นลักษณะของข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลมาแล้วในรูปแบบของภาพถ่ายทางอากาศจากฟิลม์และแผนที่บนกระดาษ ที่สามารถนำไปใช้งานได้เลย ทำให้รายละเอียดของข้อมูลสามารถใช้ได้โดยตรงจากรายละเอียดที่แสดงบนกระดาษ ซึ่งประโยชน์ของข้อมูลเหล่านี้คือ สามารถพกพานำไปที่ไหนก็ได้ ง่ายต่อการขีดและเขียนด้วยปากกาหรือดินสอ นำมาใช้ได้บ่อยครั้ง แต่การใช้งานบ่อยครั้งทำให้ข้อมูลเหล่านี้เสียหายเนื่องจากสภาพภูมิอากาศและอายุการใช้งานของวัสดุ ทำให้เกิดการเปื่อยยุ่ย ฉีกขาดและรายละเอียดลบเลือนเมื่อใช้เป็นระยะเวลานาน ในปัจจุบันข้อมูลลักษณะเช่นนี้ยังมีการผลิตอยู่แต่ก็ได้เปลี่ยนไปเป็นข้อมูลเชิงตัวเลขเป็นส่วนใหญ่

3. แหล่งข้อมูล (Data Source)

ในการสำรวจหาข้อมูลสำหรับสร้างแบบจำลองแผนที่ภูมิประเทศ (DTM) ต้องทราบลักษณะของเครื่องมือที่จะนำมาใช้ในการเก็บข้อมูลว่ามีความสามารถ ความถูกต้องและการใช้เวลาในการทำงานเพื่อครอบคลุมพื้นที่ที่ต้องการ สิ่งเหล่านี้จึงเป็นส่วนสำคัญในการตัดสินใจเลือกใช้เครื่องมือในการได้มาซึ่งข้อมูลเหล่านั้น ซึ่งการวัดและคำนวณในการได้มาซึ่งข้อมูลมีอยู่ด้วยกัน 3 แบบจากลักษณะของเครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจคือ (Zhilin Li et. al. 2005)

1.ข้อมูลจากการสำรวจในสนาม

2.ข้อมูลจากการสำรวจด้วยภาพถ่ายทางอากาศหรือภาพถ่ายดาวเทียม

3.ข้อมูลจากการดิจิไทล์แผนที่

โดยลักษณะการทำงานทั้ง 3 แบบจะมีวิธีการในการทำงานต่างกันซึ่งข้อมูลในการรังวัดที่ได้นำไปประมวลผลจะให้ผลที่ต้องใช้ในการสร้างแบบจำลองเช่นเดียวกันในผลลัพธ์สุดท้าย

3.1 ข้อมูลจากการสำรวจในสนาม

ข้อมูลจากการสำรวจในสนามเป็นวิธีการหนึ่งในการได้มาซึ่งข้อมูลของพื้นภูมิประเทศบริเวณนั้นโดยตรงในสนามที่ทำการรังวัด โดยการใช้เครื่องในการจัดเก็บข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

1. ข้อมูลจากการสำรวจด้วยกล้องธีโอโดไลท์และกล้องระดับ

เป็นการทำงานด้วยกล้องระดับเพื่อให้ได้ค่าความสูงของพื้นภูมิประเทศจากจุดที่ต้องการกำหนดค่าความสูงซึ่งก็คือ หมุดควบคุมทางดิ่ง (Vertical Control Point) ที่อ้างอิงจากพื้นหลักฐานที่กำหนดซึ่งในประเทศไทยคือ ระดับน้ำ

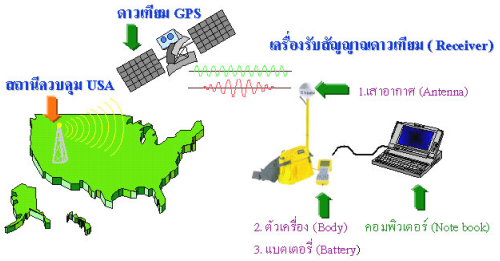
ทะเลปานกลาง (Mean Sea Level) ในแนวแกน z บนภูมิประเทศ ส่วนกล้องธีโอโดไลท์จะใช้ในการวัดค่ามุมและระยะจากหมุดที่ทราบค่าพิกัดตำแหน่งทางแกนราบทางแกน x และ y คือหมุดควบคุมทางราบ (Horizontal Control Point) สำหรับนำไปกำหนดตำแหน่งในแนวราบของจุดที่ต้องการบนภูมิประเทศ ซึ่งในปัจจุบันกล้องธีโอโดไลท์สามารถบันทึกข้อมูลมุม ระยะและพิกัดได้ในกล้องซึ่งเรียกว่า กล้องประมวลผลรวม (Total Station) ดังรูปที่ 2 ทำให้การทำงานรวดเร็วเพิ่มขึ้นแต่ก็คงต้องใช้ระยะเวลาในการสำรวจนานจึงเหมาะสมกับพื้นที่ขนาดเล็ก

a) b)

รูปที่ 2 แสดงกล้องธีโอโดไลท์ของบริษัท Sokkia a) กล้องธีโอโดไลท์ รุ่น DT5A b) กล้องประมวลผลรวมรุ่น SET30R (SOKKIA, 2009)

2. ข้อมูลจากการสำรวจด้วยเครื่องหาพิกัดด้วยดาวเทียมจีพีเอส

เครื่องหาพิกัดด้วยดาวเทียมจีพีเอส (Global Position System, GPS) เป็นการหาพิกัดของจุดบนภูมิประเทศจากการรับสัญญาณของดาวเทียม ที่มีกระบวนการทำงานดังรูปที่ 3 ซึ่งเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอสจะรับสัญญาณจากดาวเทียมที่โคจรอยู่รอบโลกแล้วทำการประมวลผลด้วยโปรแกรมของเครื่องหาพิกัดด้วยดาวเทียมจีพีเอสเช่น SKI-PROฯ สำหรับปรับแก้ความถูกต้องตำแหน่งของค่าพิกัดให้ถูกต้องทางราบบนแกน x, y และทางดิ่งบนแกน z บนพื้นผิวโลกด้วยคอมพิวเตอร์ ในการทำงานด้วยเครื่องหาพิกัดด้วยดาวเทียมจีพีเอสจะมีความถูกต้องสูงในระดับเซนติเมตร (ธีระ, 2549)



รูปที่ 3 แสดงส่วนประกอบของระบบดาวเทียมจีพีเอส (Peter, 2000)

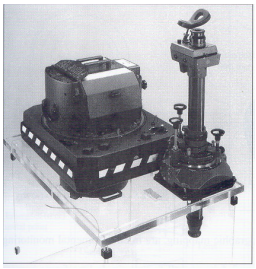
3.2 ข้อมูลจากการสำรวจด้วยภาพถ่ายทางอากาศหรือภาพถ่ายดาวเทียม

เป็นวิธีการสำรวจอีกวิธีหนึ่งสำหรับการเก็บข้อมูลและทำแผนที่ที่สามารถเก็บข้อมูลได้อย่างรวดเร็วในบริเวณพื้นที่กว้าง โดยในกระบวนการทำงานจะทำการกำหนดหมุดควบคุมทางราบและดิ่งได้บนภาพแล้วนำมาประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อสร้างแผนที่แบบ 2 และ 3 มิติซึ่งภาพที่ใช้ในการสำรวจจึงแบ่งเป็น 2 แบบคือ

1. ข้อมูลจากภาพถ่ายทางอากาศ

เป็นข้อมูลภาพจากการถ่ายภาพด้วยเครื่องบินที่มีขนาดภาพเท่ากับ 23 x 23 ซม.และมีมาตราส่วน 1:4,000 - 1:50,000 ตามปกติที่ใช้ในการทำงาน โดยกล้องที่ใช้ทำการถ่ายภาพจะมีความยาวโฟกัสตั้งแต่ 6-12 นิ้ว (152-305 มิลลิเมตร) (Paul, 2000) และสามารถบันทึกภาพ 150-880 ภาพ (ไพศาล, 2544) ดังรูปที่ 4 เป็นลักษณะของกล้องถ่ายภาพจากบริษัท Courtesy LH Systems, LLC. รุ่น Leica RC30 ที่มีความยาวโฟกัสในการถ่ายภาพที่ 89, 152, 210 หรือ 305 มิลลิเมตร และสามารถถ่ายภาพได้ประมาณ 500 ภาพ ภาพที่ได้จากการถ่ายจะมีลักษณะดังรูปที่ 5 ซึ่งจะมีความถูกต้องทางเรขาคณิตสูงจากจุดดัชนี (fiducially mark) ที่อยู่ตามมุมและขอบของภาพแต่ละรูปจำนวน 8 จุด โดยภาพถ่ายทางอากาศจะอัดสำเนาจากฟิล์มให้อยู่ในรูปของกระดาษอัดที่นำไปใช้กับเครื่องร่างแผนที่สามมิติแต่ถ้านำไปสแกนก็จะอยู่ในรูปของภาพเชิงเลขที่ประมวลผลด้วยโปรแกรมทางด้านภาพถ่ายทางอากาศเช่น ERDAS, PCI Geomaticฯ บนคอมพิวเตอร์ ในการสร้างแบบจำลองสามมิติด้วยภาพถ่ายทางอากาศ จะนำภาพมาประมวลผลด้วยการใช้หลักการของภาพคู่ซ้อนจะต้องเห็นจุดที่กำหนดบนวัตถุอย่างน้อยภายในสองภาพซึ่งแต่เดิมจะใช้เครื่องร่างแผนที่จากภาพคู่สามมิติ หรือที่เรียกกันทั่วๆ ไปว่า เครื่อง

ร่างแผนที่สามมิติ (Stereoplotter) เป็นหลักการสร้างแบบจำลองสามมิติจากแผ่นฟิลม์ที่จะจัดลักษณะการวางตัวของภาพถ่ายให้เหมือนกับการบินถ่ายภาพจากเครื่องบิน (ธีระ, 2547, Karl, 1993) จากนั้นก็ทำการประมวลผลทั้งสองภาพด้วยสมการสภาวะร่วมเส้น (Collinearity Condition) (Paul, 2000) เป็นวิธีเชิงวิเคราะห์ที่ใช้กันในการขยายจุดควบคุมในการสำรวจด้วยภาพถ่ายทางอากาศคล้ายๆกับการใช้เครื่องร่างแผนที่สามมิติ ที่จะสามารถคำนวณหาค่าพิกัดของจุดบนภาพถ่ายนำไปสร้างแบบจำลองสามมิติ (ธีระ, 2547) แต่ในปัจจุบันจะประมวลผลบนคอมพิวเตอร์โดยใช้หลักการเช่นเดียวกับเครื่องร่างแผนที่สามมิติจึงทำให้งานมีความรวดเร็วและประหยัดเวลาเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4 กล้องถ่ายภาพทางอากาศรุ่น Leica RC30 (Paul, 2000)

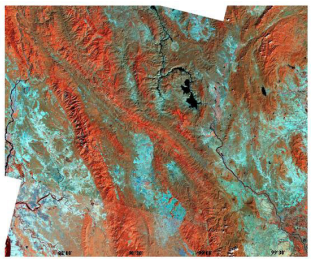
รูปที่ 5 ตัวอย่างภาพถ่ายทางอากาศ

2. ข้อมูลจากภาพดาวเทียม

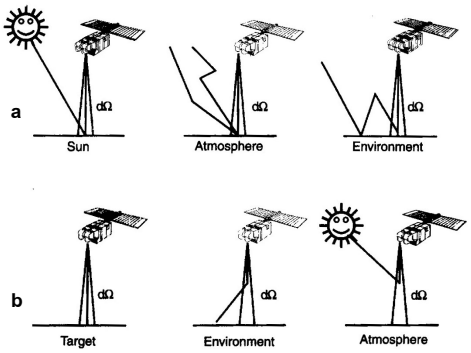
ข้อมูลจากภาพดาวเทียมได้จากดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติจากการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) ซึ่งภาพดาวเทียมจะมีขนาดของภาพครอบคลุมพื้นที่ที่ทำการถ่ายภาพเป็นตารางกิโลเมตรในแต่ละดาวเทียมที่นำมาใช้ในการเก็บข้อมูล เช่น ภาพดาวเทียม Landsat 7 จะมีความกว้างของภาพ 184 x 172 ตารางกิโลเมตร ในระดับ Full Scene สำหรับการจำหน่าย (GISTDA, 2001) ดังรูปที่ 6 ภาพที่ได้จึงอยู่ในรูปของแรสเตอร์ที่ประกอบไปด้วยจุดภาพจำนวนมากเรียงต่อๆกันในการตรวจจับ (Sensors) ข้อมูลบนดาวเทียมที่โคจรอยู่นอกโลกได้จากการสะท้อนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าบนพื้นผิวภูมิประเทศโดยการส่งรับและส่งผ่านพลังงานมายังดาวเทียม ดังรูปที่ 7 โดยจะแบ่งการตรวจวัดพลังงานเป็น 2 ประเภท(Michel-Claude and Colette, 2003) คือ

1. Passive Sensing System เป็นระบบการตรวจจับที่ได้รับพลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามาจากธรรมชาติ เช่น ดวงอาทิตย์ ความร้อนในพื้นผิวโลกแล้วสะท้อนกลับมายังระบบตรวจจับของดาวเทียม

2. Active Sensing System เป็นระบบการตรวจจับที่ดาวเทียมจะทำการส่งพลังงานลงไปกระทบกับวัตถุแล้วสะท้อนกลับมายังระบบตรวจจับของดาวเทียมโดยส่วนใหญ่จะใช้คลื่นไมโครเวฟ



รูปที่ 6 ภาพดาวเทียม Landsat 7 ETM+ ในช่วงคลื่น 4 (สีแดง) 5 (สีเขียว) และ 7 (สีน้ำเงิน) (กรมทรัพยากรธรณี, 2547)



รูปที่ 7 a) Passive; b) Active Sensing System (Michel-Claude and Colette, 2003)

จากการตรวจวัดของดาวเทียมทั้ง 2 แบบทำให้ได้ภาพดาวเทียมที่มีความสว่างบนภาพของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแบ่งเป็น 2 แบบคือ แบบภาพสีและภาพระดับเทา ซึ่ง

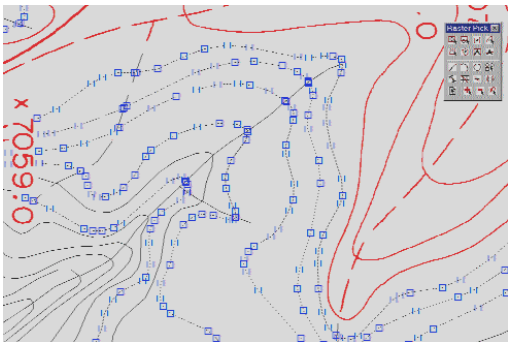
แบบภาพสีได้จากกราดภาพหลายๆ ช่วงคลื่น (Multi-Spectral Scanner) ที่ทำการบันทึกพลังงานในแต่ละแบนด์เพื่อนำมาผสมออกมาเป็นสีต่างๆ บนภาพจากแม่สีหลักคือ แดง เขียวและน้ำเงิน บนจุดภาพตั้งแต่ 0 ถึง 255 ในแต่ละสีเพื่อผสมสีออกมาให้เห็นบนภาพ ส่วนภาพระดับเทาเป็นการบันทึกช่วงคลื่นแสง (visible) ที่ให้ความสว่างบนภาพในระดับขาวจนถึงดำตามลำดับซึ่งมีตัวเลขแทนค่าความสว่างบนจุดภาพตั้งแต่ 0 ถึง 255 ซึ่งเมื่อนำภาพดาวเทียมที่ได้จะนำมาปรับแก้ทางเรขาคณิตและความสว่าง จากนั้นนำค่าความสูงของพื้นที่หรือเส้นชั้นความสูงมาซ้อนทับกับภาพแล้วทำการประมวลผลก็จะได้แบบจำลองสามมิติ ในปัจจุบันได้มีการนำช่วงคลื่นเลเซอร์และเรดาร์เข้ามาใช้ในการถ่ายภาพดาวเทียมโดยมีชื่อเรียกต่างๆ เช่น SAR (Synthetic aperture radar), ALS (Airborne Laser Scanning)ฯ บนดาวเทียม ERS-1, RADARSAT-1 ทำให้การประมวลผลความสูงเพื่อสร้างแบบจำลองภูมิประเทศได้อย่างรวดเร็วยิ่งขึ้น

3.3 การดิจิไทล์แผนที่ (Digitization)

เป็นการนำข้อมูลบนกระดาษหรือในรูปของข้อมูลที่ถูกสแกนที่เรียกว่า ข้อมูลแบบแรสเตอร์บนคอมพิวเตอร์เช่น เส้นชั้นความสูง ขอบเขตที่ดินฯ ไปเป็นข้อมูลเวคเตอร์บนคอมพิวเตอร์เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ในการสร้างแบบจำลองด้วยการซ้อนทับกับข้อมูลทางภูมิประเทศอื่นๆ ในการแปลงข้อมูลของแผนที่ในรูปแรสเตอร์หรือบนกระดาษไปเป็นข้อมูลเวคตอร์สามารถทำๆได้ 2 วิธี คือ

1. การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ในการแปลงข้อมูลภาพเป็นข้อมูลเวคตอร์ จะต้องทำให้ข้อมูลที่อยู่บนกระดาษอยู่ในรูปของข้อมูลแรสเตอร์เสียก่อนด้วยการใช้เครื่องกวาดภาพ (scanner) ที่มีการวัดสอบและปรับแต่งให้ความละเอียดถูกต้องสูงทางด้านเรขาคณิตและเรดิโอมิตรี (Geometric and Radiometric Correction) สำหรับภาพถ่ายทางอากาศผลิตแผนที่ในระดับไมโครเมตร (ไพศาล สันติธรรมนนท์, 2544) โดยงานสำรวจด้วยภาพถ่าย โดยทั่วไปจะสแกนภาพที่ความละเอียด 15 ไมครอน และงานผลิตภาพถ่ายออโธอาจลดหย่อนความละเอียดถูกต้องลงอีกเล็กน้อย ซึ่งนิยมกวาดภาพให้มีความละเอียดที่ 25 ถึง 30 ไมครอน (ชมรมภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2544) ส่วนภาพดาวเทียมจะมีความละเอียดตามคุณสมบัติของดาวเทียมที่มีความละเอียดของภาพแต่ละจุดภาพ (pixel) ตั้งแต่ 60 เมตร เช่น ดาวเทียม LANDSAT-7 จนถึงความละเอียดสูงที่ 0.61เมตร เช่น ดาวเทียม QuickBird เป็นต้น เมื่อแผนที่ ภาพถ่ายทางอากาศและภาพดาวเทียมถูกแปลงให้อยู่ในรูปของแรสเตอร์แล้วก็จะใช้โปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ในการจำแนกข้อมูลบนภาพออกเป็นชั้นข้อมูลและตามลักษณะของข้อมูลแต่ละประเภทคือ จุด เส้นและพื้นที่ ดังรูปที่ 8 เป็นการใช้โปรแกรม GTXImageCAD_Plus ในการแปลงข้อมูลเส้นชั้นความสูงให้อยู่ในรูปของเวคเตอร์ ทำให้การทำงานด้วยวิธีการนี้มีข้อดีคือ สามารถทำงานได้รวดเร็วและใช้เวลาสั้นในการแปลงข้อมูล แต่ก็จะมีข้อเสียคือ บางข้อมูลบนแผนที่หรือภาพที่ถูกแปลงจะมีความผิดพลาดบางส่วนจากการตัดสินใจของโปรแกรมที่ประมวลผลจึงต้องมีการตรวจสอบและแก้ไขก่อนนำไปใช้งานทุกครั้ง



รูปที่ 8 ตัวอย่างการแปลงเส้นชั้นความสูงเป็นเวคเตอร์ด้วยโปรแกรม GTXImageCAD_Plus (VectorteC. 2008)

2. การใช้เครื่องร่างแผนที่ (Map Digitizer)

ส่วนการใช้เครื่องร่างแผนที่เป็นการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปของเวคเตอร์ได้เลยจากข้อมูลบนกระดาษด้วยการใช้เครื่องร่างแผนที่ ดังรูปที่ 9 ที่ประกอบไปด้วยกระดานติดแผนที่หรือภาพและเมาส์ดังรูปที่ 10 สำหรับร่างข้อมูลบนกระดาษเพื่อให้ข้อมูลมีลักษณะแบบเวคเตอร์คือ จุด เส้นและพื้นที่ ในการทำงานผู้ร่างแผนที่จะต้องใช้เมาส์ในการลากข้อมูลเป็นจุด เส้นและพื้นที่ตามลักษณะของข้อมูลซึ่งที่ได้จะถูกแปลงให้อยู่ในรูปของเชิงเลขแบบเวคเตอร์บนคอมพิวเตอร์ในการทำงาน ข้อเสียของการทำงานลักษณะนี้คือ ผลของข้อมูลที่ถูกแปลงจะขึ้นอยู่กับผู้ร่างแผนที่ต้องมีความชำนาญและเข้าใจในลักษณะข้อมูลแบบต่างๆ อีกทั้งยังใช้เวลาในการทำงานนาน แต่ข้อดีของการใช้วิธีการนี้คือข้อมูลจะมีความถูกต้องสูงจากผู้ที่มีประสบการณ์ในการทำงานด้วยเครื่องร่างแผนที่ที่สามารถนำไปใช้งานได้ทันที

รูปที่ 9 เครื่องร่างแผนที่ (Wikipedia, 2008)

รูปที่ 10 เมาส์กำหนดรายละเอียดบนเครื่องร่างแผนที่ (VectorteC, 2008)

4. ลักษณะข้อมูลแต่ละประเภท

จากลักษณะของข้อมูลแต่ละประเภทที่ได้มาด้วยวิธีการต่าง ๆดังกล่าวข้างต้นจะพบว่าในการสำรวจข้อมูลบางประเภทก็ไม่เหมาะสมกับกับบางพื้นที่หรือลักษณะของข้อมูลที่ต้องการ ดังนั้นการเลือกวิธีการ ลักษณะของข้อมูล วัตถุประสงค์การนำไปใช้ ความถูกต้องของข้อมูลความสามารถของวิธีการสำรวจและเครื่องมือที่ใช้งานจึงเป็นสิ่งที่ควรจะพิจารณาเพื่อให้ได้ข้อมูลสำหรับนำมาสร้างแบบจำลองภูมิประเทศดังตารางที่ 1 เป็นการเปรียบเทียบลักษณะของวิธีการเก็บข้อมูลแต่ละแบบสำหรับนำมาสร้างแบบจำลองภูมิประเทศ จากการเปรียบเทียบพบว่าความถูกต้องสูงจะสามารถทำได้ด้วยการสำรวจภาคพื้นดินหรือใช้เครื่องหาพิกัดด้วยดาวเทียมจีพีเอสในระดับมิลลิเมตรถึงเซนติเมตร ส่วนการสำรวจด้วยภาพถ่ายทางอากาศจะอยู่ในระดับเซนติเมตรหรือภาพดาวเทียมก็เช่นกันซึ่งถ้าใช้ภาพดาวเทียมที่มีรายละเอียดสูงเช่น ภาพดาวเทียม Quickbird แบบ panchromatic (ภาพขาว-ดำ) ที่ 0.61 เมตรต่อจุดภาพ (ธีระ, 2549) จะทำให้ความถูกต้องของข้อมูลจะอยู่ที่ระดับมิลลิเมตรก็อาจจะเป็นไปได้ในปัจจุบัน ส่วนการดิจิไทล์จะอยู่ระดับเมตร ในเชิงประสิทธผลพบว่าการทำสำรวจภาคพื้นดินจะใช้เวลานานและกระทำในพื้นที่ที่มีขนาดเล็ก ส่วนการสำรวจด้วยภาพถ่ายทางอากาศและภาพดาวเทียมจะใช้เวลาเร็วและครอบคลุมพื้นที่มาก การดิจิไทล์จะใช้เวลานานและพื้นที่ขึ้นอยู่กับรายละเอียดของแผนที่ที่นำมาดิจิไทล์ ผลของวิธีการแต่ละแบบพบว่าการใช้ภาพถ่ายทางอากาศหรือภาพดาวเทียมจะให้รายละเอียดที่มีความถูกต้องในระดับเซนติเมตรและการทำงานที่รวดเร็ว ซึ่งเมื่อนำวิธีการสำรวจทางพื้นดินมาร่วมสำหรับในการกำหนดหมุดควบคุมด้วยแล้วก็จะทำให้มีความถูกต้องยิ่งขึ้น

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบลักษณะของวิธีการเก็บข้อมูลแต่ละแบบ

วิธีการ	ระดับความถูกต้อง	ใช้ระยะเวลา	ค่าใช้จ่าย	ลักษณะพื้นที่
การสำรวจและเครื่องหาพิกัดด้วยดาวเทียมจีพีเอส	สูง (มิลลิเมตร-เซนติเมตร)	นาน	สูง	เล็ก
การสำรวจด้วยภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข	ปานกลางถึงสูง (เมตร-เซนติเมตร)	เร็ว	ต่ำ	เล็กถึงปานกลาง
ภาพถ่ายดาวเทียม	ปานกลางถึงสูง (เมตร-เซนติเมตร)	เร็ว	สูง	ปานกลางถึงใหญ่
การดิจิไทล์แผนที่	ต่ำ (เมตร)	นาน	สูง	ตามขนาดแผนที่

5. สรุป

จากลักษณะของข้อมูลและแหล่งข้อมูลในการสร้างแบบจำลองที่มีอยู่อย่างหลากหลาย ทำให้การทำแผนที่หนึ่งชิ้นสามารถกำหนดวิธีการได้มาซึ่งข้อมูลสำหรับใช้ในการตัดสินใจเพื่อสร้างแผนที่และแบบจำลองภูมิประเทศสามมิติในงานแต่ละประเภท ในการได้มาซึ่งข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ด้วยวิธีการที่กล่าวมาแล้วในข้างต้น ทำให้ปัญหาในด้านการจัดการข้อมูลในการสร้างฐานข้อมูลและกำหนดข้อมูลที่ชัดเจนแต่ละจุดเพื่อที่จะบ่งชี้ลักษณะของข้อมูลนั้นว่าตรงกับวัตถุจริงในภูมิประเทศหรือไม่ สามารถทำได้อย่างรวดเร็ว

และประหยัดค่าใช้จ่ายในการทำงานจากการจัดการและเลือกใช้ข้อมูลที่มีประสิทธิภาพ ดังนั้นผู้ใช้งานถ้าเข้าใจลักษณะของการทำงานแต่ละประเภทว่าได้ข้อมูลอย่างไรเหมาะสมกับพื้นที่ขนาดเท่าใดและมีระยะเวลาในการทำงานนานเท่าใด แล้วนั้นจะทำให้การสร้างแบบจำลองภูมิประเทศสามมิติสามารถนำไปใช้งานและวิเคราะห์พื้นที่ที่ต้องการสำหรับการใช้งานให้เกิดประโยชน์ได้อย่างสูงสุด

บรรณานุกรม

กรมทรัพยากรธรณี. 2547. **ธรณีแปรสัญฐานของกลุ่มรอยเลื่อนเมย จังหวัดตาก**. http://www.dmr.go.th/geohazard/earthquake/MoeiFault.htm. 22 ธันวาคม 2550

ชมรมภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร. 2544. **ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการสำรวจด้วยภาพถ่าย**. http://student.nu.ac.th/geo/document.asp. 2 มกราคม 2551

ธีระ ลิลิตวรางกูร. 2547. “การสร้างแบบจำลองสามมิติด้วยการถ่ายภาพระยะใกล้”. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี** มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 12(1): 72-76.

ธีระ ลาภิศชยางกูล. 2549. “แนะนำเทคโนโลยีดาวเทียมจีพีเอส”. **วารสารมหาวิทยาลัยทักษิน**. 9(1): 93-98.

ธีระ ลาภิศชยางกูล. 2549**.** “การแนะนำเทคโนโลยีดาวเทียมรายละเอียดสูง” **วารสารวิชาการ ม.อบ.,** มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 8(2): 49-65.

ไพศาล สันติธรรมนนท์. 2544. ความถูกต้องทางเรขาคณิตของสแกนเนอร์สำหรับงานสำรวจด้วยภาพ. **วารสารสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์.** 2(2). พฤษภาคม-สิงหาคม: 29-34.

ศุภฤกษ์ ชัยชนะ, พ.อ. 2543. “ระบบจำลองภาพภูมิประเทศเสมือนจริง” ใน **เอกสารประกอบการสัมมนาเทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งชาติ**. กรุงเทพฯ: กรมแผนที่ทหาร.

GISTHAI. 2009. **3D Digital Terrain Model**. http://www.gisthai.org/map-galery/3dmodel_n.asp 20 January.

GISTDA. 2001. **Satellite Products**. http://www.gistda.or.th/Gistda/HtmlGistda/Html/HtmlDataServices/price/p_LS7_P20060301.pdf 20 December.

John Childs. 2007. **Digital Elevation Modeling Journal.** http://www.terrainmap.com/hftest2.jpg 24 November.

Karl Kraus and Peter Waldhausl. 1993. **Photogrammetry Vol. 1**. WB-Druck. Gremany.

Michel-Claude G. and Colette M. G., 2003. **Processing of Remote Sensing Data**. Paris: A.A. BALKEMA . pp. 33-54.

Paul R. W. and Bon A. D. 2000. **Elements of Photogrmmeter with Applications in GIS**. USA: McGraw-Hill.

Peter H. Dana. 2000. **Global Positioning System Overview**. http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps_f.html. 5 January.

SOKKIA. 2009. **Surveying Instruments.** http://www.sokkia.co.jp/english/product/index.html. 20 January.

VectorteC. 2008.**GTXImageCAD_Plus**. http://www.vectortec.com/PDF/gtxCADPlus2000.pdf. 2 January.

VectorteC. 2008. **What is a Digitizer?**. http://www.vectortec.com/what_is_adigitizer.htm. 2 January.

Wikipedia. 2008. **Graphics tablet.** http://en.wikipedia.org/ wiki/Digitizing_tablet. 2 January.

Zhilin Li, Quing Zhu and Christopher Gold. 2005. **Digital Terrain Model : Principles and Methodology**, USA. CRC PRESS.