

ฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ในเขต มทส

สัญญา สาริกรมย์^{1*}, สิริลักษณ์ ดีสูงเนิน¹, โชติภา กุลรัตน์¹ และ ปฏิวดี สอวงชัย¹

Sunya Sarapirome^{1*}, Sirilak Deesoongnoen², Chotipa Kulrat² and Patiwat Sa-angchai². (2006). **Geographic Information Database of the SUT Campus**. *Suranaree J. Sci. Technol.* 13(1): 71-84.

Received: Jul 29, 2005; Revised: Sept 15, 2005; Accepted: Sept 19, 2005

Abstract

The geographic information database of the Suranaree University of Technology (SUT) is developed to model the real world in the campus to be in forms of digital data layers using geo-informatics technology. The database includes 18 spatial data layers covering infrastructures and topography of the campus. These consist of 5,430 records of spatial features in forms of points, lines and polygons or areas, one record for one feature. Each spatial record is linked or attached with non-spatial data to identify what it is and specify its attributes. The database is conceptually and logically created to benefit chiefly all levels of the SUT officers and to follow the data dictionary designed to correspond to rules of relational database. This enables it to be dynamically linked, searched, queried, and analyzed interactively with users. The database allows adding fields to serve certain purpose in the future.

Keywords: GIS database, Suranaree University of Technology

บทคัดย่อ

การจัดทำฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ภายในเขตมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (มทส) เป็นการจำลองสภาพพื้นที่จริงในเขตมหาวิทยาลัย ให้อยู่ในรูปแบบชั้นข้อมูลภูมิศาสตร์เชิงเลขโดยใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ สามารถจำแนกได้ 18 ชั้นข้อมูล ครอบคลุมสิ่งอำนวยความสะดวกพื้นฐานและภูมิประเทศ ทำการจัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial data) ที่มีองค์ประกอบในรูปจุด (point) เส้น (line) และรูปปิด (polygon) หรือพื้นที่ (area) ที่มีพิกัดกำกับได้ถึง 5,430 ระเบียบ (records) หนึ่งองค์ประกอบต่อหนึ่งระเบียบ ทุกองค์ประกอบเชื่อมต่อกับข้อมูลเชิงอรรถ (non-spatial data) เพื่อบ่งบอกถึงคุณลักษณะ ฐานข้อมูลได้รับการออกแบบเชิงแนวคิดและเชิงตรรกะ (conceptual and logical designs) โดยมีพนักงานทุกระดับภายในมหาวิทยาลัยเป็นผู้ใช้ในกลุ่มเป้าหมายหลัก ฐานข้อมูลถูกสร้างขึ้นตามพจนานุกรมข้อมูล (data dictionary) ที่ออกแบบให้เป็นฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (relational

¹ สาขาวิชาการรับรู้อาการระยะไกล สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี E-mail: sunyas@sut.ac.th

^{*} ผู้เขียนที่ให้การติดต่อ

database) สามารถเรียกดู สืบค้น และวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ และข้อมูลมีการเชื่อมต่อกันอย่างเป็นพลวัตร ฐานข้อมูลเอื้อให้มีการเพิ่มเติมเพื่อตอบสนองความต้องการใช้งานเฉพาะอย่างได้

บทนำ

การขาดการรวบรวมและการจัดเก็บอย่างเป็นระบบของข้อมูลเกี่ยวกับทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ที่มนุษย์สร้างขึ้น เพื่อใช้ในการพิจารณาร่วมกันแบบบูรณาการได้ทันเวลาจะนำไปสู่ปัญหาการวิเคราะห์วางแผนจัดการเชิงพื้นที่ที่ขาดประสิทธิภาพ (Burrough and McDonnell, 1998) เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศจึงได้รับการพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้แก้ปัญหาความล้มเหลวในการวางแผนจัดการเชิงพื้นที่ที่เคยประสบมาแล้วอย่างได้ผล เทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS technology) เป็นเทคโนโลยีที่ช่วยให้การจำลองสภาพความเป็นจริงเชิงพื้นที่จากโลกแห่งความเป็นจริง (real world) ออกมาเป็นชั้นข้อมูลต่าง ๆ (data layers) และจัดเก็บอยู่ในรูปของฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ของโลกดิจิทัล (digital world) (Bernhardsen, 2002) การจำลองนี้มีขั้นตอน รูปแบบ โครงสร้างที่แน่นอนเป็นสากล ซึ่งจะเอื้อให้เกิดการจัดเก็บข้อมูล การแก้ไข และการทำให้เป็นปัจจุบัน ตลอดจนการสืบค้นและวิเคราะห์ กระทำได้โดยสะดวก รวดเร็ว ถูกต้อง และแม่นยำ (สัญญา สราภิรมย์ และ ชัยยุทธ ขันทปราบ, 2537; ESCAP, 1996)

ความละเอียดของชั้นข้อมูลจะแตกต่างกันไปตามมาตราส่วนที่ใช้งาน มาตราส่วนที่เหมาะสมในระดับประเทศอยู่ที่ 1:250,000 (Thailand Environment Institute, 1997) ระดับจังหวัดอยู่ที่มาตราส่วน 1:50,000 เช่น ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ของจังหวัดภูเก็ต (Sarapirome *et al.*, 2001) และจังหวัดนครราชสีมา (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2546) เป็นต้น การจัดทำฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ควรทำการออกแบบพจนานุกรมข้อมูลที่ใช้เป็นกรอบการจัดทำเสียก่อน กองธรณีวิทยากรมทรัพยากรธรณี โดยคณะทำงานการพัฒนาฐานข้อมูลวิชาการธรณีวิทยาร่วมกับสถาบัน

สิ่งแวดล้อมไทย จัดทำระบบข้อมูลวิชาการธรณีวิทยาให้กับกรมทรัพยากรธรณี (Geological Survey Division, 1998) ได้จัดทำพจนานุกรมข้อมูลของชั้นข้อมูลด้านธรณีวิทยาและภูมิศาสตร์ ซึ่งแสดงโครงสร้างของชั้นข้อมูลและตารางข้อมูลไว้อย่างครบถ้วนชัดเจน สามารถใช้เป็นต้นแบบอ้างอิงสำหรับข้อมูลในระดับมาตราส่วน 1:50,000 หรือที่เล็กกว่าได้ อย่างไรก็ตาม การจัดทำสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับมหาวิทยาลัยจะมีรายละเอียดสูงกว่าอยู่ที่มาตราส่วน 1:4,000 ถึง 1:10,000 ซึ่งเป็นมาตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ของมหาวิทยาลัย รายละเอียดของข้อมูลเชิงพื้นที่ระดับนี้อาจเทียบได้กับข้อมูลเชิงพื้นที่ในระดับเทศบาล และองค์การบริหารส่วนตำบล ซึ่ง Sarapirome *et al.* (2004) ได้กล่าวไว้ในภาพรวมถึงการนำเอาเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศที่เหมาะสม มาใช้กับองค์การบริหารส่วนท้องถิ่นของประเทศไทย ตามนโยบายรัฐบาลที่พยายามเปลี่ยนการบริหารงานให้อยู่ในรูปของรัฐบาลอิเล็กทรอนิกส์

ในการสำรวจข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีอยู่แต่เดิมของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (มทส) พบว่าข้อมูลขาดความเป็นสากลในทางวิชาการ ได้แก่ ไม่มีพิกัดกำกับหรือมีมูลฐาน (datum) ที่แตกต่างกัน มีมาตราส่วนขนาดเล็กเกินไป อยู่ในรูปของสิ่งพิมพ์ ไม่ใช่ข้อมูลเชิงเลขทำให้ใช้งานไม่สะดวกโดยเฉพาะการใช้งานด้านการประสานงาน ไม่ได้แยกเป็นชั้นข้อมูลตามชนิดขององค์ประกอบเชิงพื้นที่ ซึ่งได้แก่ จุด เส้น และรูปปิด ทำให้ไม่สอดคล้องกับส่วนการบริหารงานของพนักงานที่แยกหน้าที่กันรับผิดชอบตามชั้นข้อมูล มีข้อมูลคุณลักษณะไม่ครบถ้วนและเป็นปัจจุบัน ประกอบกับจากการสำรวจพบว่าการศึกษาวิจัยด้านการจัดทำฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ในเขตมหาวิทยาลัยของประเทศ

ไทยแทบไม่มีอยู่เลย โดยเฉพาะในมาตราส่วนขนาดใหญ่ ที่พบมีเพียง วิชาญ อมรากุล (2547) ที่ใช้ข้อมูลสำรวจระยะไกลรายละเอียดสูงในการจัดทำแผนประธานเพื่อการพัฒนาเมือง การจัดการสิ่งแวดล้อม และการเก็บภาษี โดยใช้มหาวิทยาลัยนครสวรรค์และพื้นที่โดยรอบเป็นพื้นที่ศึกษา และใช้แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหารเป็นฐาน ไม่ได้เน้นแบบฉบับการออกแบบพจนานุกรมข้อมูลและจัดทำฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์รายละเอียด

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ซึ่งได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจาก มทส จึงมีความมุ่งหมายที่จะจัดทำฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ต้นแบบสำหรับพื้นที่มหาวิทยาลัย โดยใช้พื้นที่ มทส เป็นพื้นที่ศึกษาตัวอย่าง ฐานข้อมูลที่ได้สามารถเรียกใช้ได้ง่าย มีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้และสอดคล้องกับการแบ่งหน้าที่ของส่วนการพนักงาน สามารถเผยแพร่สู่ผู้ใช้ได้อย่างทั่วถึงและใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถปรับปรุงให้มีความเป็นปัจจุบันได้ง่าย และมีระบบพิกัดที่เป็นมาตรฐานตามสากลนิยม (สัญญาสารภีกรมย์ และคณะ, 2548)

ข้อมูล อุปกรณ์และวิธีการ

ข้อมูลและอุปกรณ์

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาวิจัยประกอบด้วย ข้อมูลภาพจากดาวเทียม QuickBird-2 ซึ่งบันทึกเมื่อวันที่ 18 พฤศจิกายน 2545 ข้อมูลผังแม่บท มทส ข้อมูลแบบงานก่อสร้างระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสีย มทส ข้อมูลแปลนเสาไฟฟ้าจากงานไฟฟ้าและน้ำประปา ส่วนอาคารและสถานที่ ข้อมูลสำรวจและตรวจสอบภาคสนาม อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบด้วยซอฟต์แวร์ ArcView, Microsoft Access, ArcGIS และ ERDAS คอมพิวเตอร์ desktop และ note book เครื่องหาตำแหน่งพิกัด (GPS) และรถยนต์สำหรับสำรวจภาคสนาม

วิธีการ

1) การรวบรวม ตรวจสอบ และจัดระเบียบข้อมูล

ได้ทำไปพร้อมกับการสำรวจความต้องการของผู้ใช้ การรวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีอยู่แต่เดิมในเขตมหาวิทยาลัย และข้อมูลสำรวจระยะไกลที่จะใช้ในการแยกข้อมูลเชิงพื้นที่ จากการรวบรวมพบว่าผังดินแบบมหาวิทยาลัยในรูปของสิ่งพิมพ์ (hard copy) และไม่มีพิกัดที่เป็นสากลกำกับ (คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, 2532) มีมาตราส่วนขนาดเล็ก มีเนื้อหาครอบคลุมการใช้ที่ดิน เส้นทางจราจรและเดินเท้า กลุ่มอาคารและการขยายตัวในอนาคต ผังระบบระบายน้ำและการป้องกันน้ำท่วม ผังประปาและการระบายน้ำ ระบบไฟฟ้าและโทรศัพท์ ผังระบบการกำจัดขยะมูลฝอยและแนวความคิดการวางผังภูมิสถาปัตย์ หจก. ราชสีมา ส. ซัพพลายก่อสร้าง (2540) จัดทำข้อมูลแบบงานก่อสร้างระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียของ มทส เป็นแบบแปลนข้อมูลท่อน้ำทิ้งและบ่อพักน้ำเสียภายในมหาวิทยาลัยอยู่ในรูปของสิ่งพิมพ์ ไม่มีพิกัดกำกับ ข้อมูลแปลนเสาไฟฟ้าของส่วนอาคารและสถานที่อยู่ในรูปของสิ่งพิมพ์และไม่มีพิกัดกำกับเช่นกัน ข้อมูลกราฟภาพเส้นชั้นความสูงซึ่งทำการสำรวจโดยกรมแผนที่ดิน (ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์) และข้อมูลแบบแปลนของมหาวิทยาลัยในรูปข้อมูลเชิงเลขของส่วนอาคารและสถานที่ (ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์) ข้อมูลเชิงพื้นที่ทั้งสองมีข้อมูลคุณลักษณะไม่ครบถ้วนและไม่เป็นปัจจุบัน มีมูลฐานที่แตกต่างกันทำให้ขนาดขององค์ประกอบข้อมูลเชิงพื้นที่ และทิศทางการวางตัวผิดเพี้ยนไม่เหมือนจริง ข้อมูลเหล่านี้ไม่สามารถแยกเป็นชั้นข้อมูลตามชนิดขององค์ประกอบเชิงพื้นที่ซึ่งได้แก่ จุด เส้น และรูปปิด ทำให้ไม่สอดคล้องกับการบริหารงานของส่วนการพนักงานที่แยกหน้าที่กันรับผิดชอบตามชั้นข้อมูล นอกจากนี้ยังพบว่าบางชั้นข้อมูลที่ไม่ได้รับการจัดทำมาก่อน ได้แก่ ที่ตั้งถังขยะ ที่จอดรถ ทางระบายน้ำ ป้ายสัญญาณจราจร เสาไฟส่องสว่าง ทางเดินเท้า แหล่งน้ำผิวดิน

และบ่อบาดาล สำหรับการตัดสินใจเลือกใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมในการวิจัยครั้งนี้ ได้รวบรวมข้อมูลสำรวจระยะไกลรายละเอียดสูงที่มีศักยภาพหลายชนิด เพื่อพิจารณาร่วมกันทั้งหมด ดังแสดงในตารางที่ 1

2) การออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูล

การออกแบบฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์คำนึงถึงกรอบการออกแบบที่มีทั้งแนวคิดและตรรกะ (conceptual and logical) ซึ่งแนะนำไว้โดย ESCAP (1996) และ Sarapirome *et al.* (2001) การออกแบบจะนำไปสู่การจำแนกชั้นข้อมูล แหล่งที่มาของชั้นข้อมูล การกำหนดมาตราส่วนและรายละเอียดของข้อมูล การเลือกระบบพิกัด การกำหนดชนิดของข้อมูลเชิงพื้นที่และสาระในข้อมูลคุณลักษณะของแต่ละชั้นข้อมูลให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้ การกำหนดค่าความผิดพลาดของข้อมูลที่ยอมรับได้ การจัดทำพจนานุกรมข้อมูลซึ่งกำหนดโครงสร้างและความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเชิงพื้นที่ ตารางข้อมูลและตารางค้นหา การกำหนดลำดับการนำเข้าของชั้นข้อมูลเพื่อขจัดปัญหาการความซ้ำซ้อน

3) การแปลความหมายข้อมูลสำรวจระยะไกล

ข้อมูลภาพจากดาวเทียมที่ทราบระบบพิกัดและได้รับการแก้ไขความถูกต้องเชิงเรขาคณิตแล้วโดยปริยาย (default) สามารถใช้เป็นฐานในการดิจิทัลชั้นข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้ ดังตัวอย่างในรูปที่ 1 เราสามารถแยกชั้นข้อมูลอาคาร ลานจอดรถ แหล่งน้ำ และถนนออกมาได้เป็น 4 ชั้นข้อมูลชั้นข้อมูลเหล่านี้หรือแม้แต่ตำแหน่งเสาไฟฟ้าส่องสว่างที่มีสองแขน และเสาสปอทไลท์ อาจสามารถเห็นได้โดยตรงในข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม ส่วนชั้นข้อมูลบางประเภท เช่น เสาไฟฟ้าและบ่อพักน้ำที่จัดทำได้จากการใช้ข้อมูลภาพเป็นฐาน ประกอบกับข้อมูลจากภาคสนามและแบบแปลนที่เป็นข้อมูลเดิม โดยการกำหนดตำแหน่งให้สอดคล้องกับข้อมูลอื่น ๆ ตามความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล เช่น จะต้องไม่มีเสาไฟฟ้าหรือที่ตั้งถังขยะมาอยู่ในพื้นทางของถนน กรณีที่ใช้ข้อมูลเส้นร่วมกันแต่อยู่คนละชั้นข้อมูลควรใช้วิธีคัดลอกจากชั้นข้อมูลหนึ่งไปยังอีกชั้นข้อมูลหนึ่งเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาในการซ้อนทับข้อมูลจุดบางชั้นข้อมูลได้รับการกำหนดตำแหน่งโดยดูจากวัตถุอ้างอิงโดยรอบวัตถุที่ต้องการ

Table 1. High-resolution remotely sensed data gathered to be selected for the study

Type of RS data	Bands	Scanning resolution diapositive/bromide (micron)	Spatial resolution (centimeters)	Date recorded
Pan-sharpen QuickBird-2	4	-	61	18-11-02
Pan-sharpen IKONOS (SISEA)	4	-	100	20-02-04
RTSD airphoto				
Scale 1:15,000	1	20	30	03-12-00
Scale 1:50,000	1	20	100	09-11-94
RTSD color airphoto (scale 1:25,000)	1	25	63	14-10-02
MOAC color airphoto (scale 1:25,000)	1	20	50	11-01-03
ESRI airphoto (scale 1:50,000)	1	20	100	?

หาตำแหน่ง (รูปที่ 2) ชั้นข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการใช้ข้อมูลภาพจากดาวเทียมเป็นฐานจะมีค่าพิกัด เช่นเดียวกับพิกัดของข้อมูลภาพจากดาวเทียม เมื่อนำมาซ้อนทับกันจึงไม่มีปัญหาเรื่องความคลาดเคลื่อนด้านตำแหน่ง

4) การสำรวจและตรวจสอบภาคสนาม

เป็นงานที่สำคัญมากสำหรับการจัดทำฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ในครั้งนี้ เพราะทำให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้องและแม่นยำสูงเป็นงานที่ใช้เวลาก่อนข้างมาก โดยได้ทำการสำรวจ สำหรับข้อมูลที่ไม่สามารถมองเห็นได้ในข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม และทำการตรวจสอบความถูกต้องสำหรับชั้นข้อมูลที่ได้จากการแปลความหมาย อีกทั้งยังทำการเก็บข้อมูลคุณลักษณะประจำของข้อมูลองค์ประกอบเชิงพื้นที่ไปพร้อม ๆ กันอีกด้วย เครื่อง GPS ช่วยในการหาตำแหน่งของวัตถุที่ต้องการได้เป็นอย่างดี ทำให้การทำงานในภาคสนามง่ายขึ้น ข้อมูลบางอย่างไม่ปรากฏในข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมเนื่องจากมีขนาดเล็กเกินไป หรือข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมขาดความเป็นปัจจุบัน จึงต้องสร้างขึ้นด้วยการสำรวจในสนามโดยใช้ข้อมูลภาพจากดาวเทียมเป็นพื้นหลังดังที่ได้กล่าวแล้ว ข้อมูลคุณลักษณะบางอย่างต้องสำรวจจากภาคสนามเท่านั้น อาทิ เสาไฟฟ้าที่มีหลอดไฟให้แสงสว่าง ล้อโพงกระจายเสียง และหม้อแปลง ชนิดของป้ายสัญญาณจราจร และลักษณะพื้นทางระบายน้ำ เป็นต้น รูปที่ 3 แสดงสภาพความเป็นจริงในสนาม ซึ่งสามารถจัดเก็บเป็นข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ในรูปข้อมูลเชิงเลข ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปปรับปรุงแก้ไขและจัดทำชั้นข้อมูลให้ตรงตามการออกแบบของฐานข้อมูลต่อไป

5) การจัดทำข้อมูลเชิงพื้นที่และคุณลักษณะ

ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ได้จากการแปลความหมายข้อมูลภาพจากดาวเทียมและภาคสนาม รวมถึงข้อมูลคุณลักษณะจากข้อมูลเดิมในรูปแบบต่าง ๆ ตามที่ได้กล่าวไปแล้วและที่ได้จากภาคสนาม จะได้รับการนำเข้าและตรวจสอบแก้ไขให้เป็นไปตามพจนานุกรมข้อมูลที่ออกแบบไว้ ในการจัดทำ

ชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ต้องคำนึงถึงเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนยินยอม (tolerance) ที่มีอยู่หลายค่า (Sarapirome *et al.*, 2001) ในครั้งนี้ใช้ค่าโดยปริยายของข้อมูลภาพจากดาวเทียมแลซอฟต์แวร์ ArcGIS 8.x ชั้นข้อมูลได้รับการจัดทำให้อยู่ในรูปของ shapefile เพราะมีรูปแบบที่ง่าย สะดวกต่อการทำงานและใช้งาน ตารางข้อมูลคุณลักษณะสำหรับเชื่อมต่อกับข้อมูลองค์ประกอบเชิงพื้นที่และข้อมูลในตารางค้นหาได้รับการจัดทำในรูปของฐานข้อมูล Microsoft Access ที่สามารถนำออกมาใช้ในรูปของตาราง .dbf ได้ จำนวนตาราง ขนาด และจำนวนสคัมภ์ในแต่ละตาราง ประเภทข้อมูลที่จัดเก็บ และความสอดคล้องของคุณสมบัติข้อมูลเพื่อความสามารถในการเชื่อมต่อเป็นไปตามพจนานุกรมข้อมูลที่ออกแบบไว้ จากนั้นจึงทำการเชื่อมต่อข้อมูลทั้งหมดให้เข้ามาอยู่ในตาราง .dbf ของ shapefile เพื่อให้สะดวกต่อการเผยแพร่หรือกระจายสู่ผู้ใช้ที่ไม่จำเป็นต้องทราบเทคนิคการใช้ซอฟต์แวร์มากนัก

ผลการวิจัย

ผลการรวบรวมและจัดระเบียบข้อมูล

จากการตรวจสอบข้อมูลในเขตมหาวิทยาลัยสามารถจัดระเบียบให้มีข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้ 18 ชั้นข้อมูล และมีรายละเอียดของข้อมูลคุณลักษณะได้สมบูรณ์ในระดับหนึ่ง แต่ละชั้นข้อมูลถูกกำหนดให้มีองค์ประกอบเชิงพื้นที่เป็นจุดหรือเส้น หรือพื้นที่รูปปิด อย่างใดอย่างหนึ่ง และมีแหล่งที่มาตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 2

ในการพิจารณาเลือกข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม เพื่อใช้เป็นฐานสำหรับการแปลความหมายข้อมูลเชิงพื้นที่ พบว่าข้อมูลภาพจากดาวเทียม IKONOS ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม QuickBird-2 ข้อมูลกราดภาพ (scan) ที่ 20 ไมครอน จาก diapositive ภาพถ่ายทางอากาศของกรมแผนที่ทหารมาตราส่วน 1:15,000 และข้อมูลกราดภาพที่ 20 ไมครอน จาก diapositive ภาพถ่ายทางอากาศ

มาตราส่วน 1:25,000 จากกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (MOAC) มีรายละเอียดเชิงพื้นที่ที่ใช้ได้กับงานวิจัยครั้งนี้ แต่ที่เลือกข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม QuickBird-2 เนื่องจากข้อมูล IKONOS ครอบคลุมพื้นที่ตัวเมืองบางส่วน แต่ไม่ครอบคลุมพื้นที่มหาวิทยาลัย ส่วนข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศต้องทำการโมเสกจากข้อมูลหลายแผ่นจึงเป็นการเพิ่มงาน การเปรียบเทียบข้อมูลเหล่านี้ดูได้จาก Sarapirome *et al.* (2004)

ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม QuickBird-2 (รูปที่ 4) บันทึกเมื่อวันที่ 18 พฤศจิกายน 2545 ข้อมูลมีทั้งหมด 4 ช่วงคลื่น มีความละเอียดเชิง

พื้นที่ 0.60 เมตรต่อหนึ่งจุดภาพ โดยข้อมูลผ่านกระบวนการที่เรียกว่า การเน้นความคมชัดและรายละเอียดด้วยข้อมูลที่มีความละเอียดสูงกว่า (pansharpening) แล้ว ระบบพิกัดที่ใช้เป็นค่าโดยปริยาย (default value) จากดาวเทียมโดยตรง มีเส้นโครงแผนที่ (map projection) ระบบพิกัดฉาก (grid coordinate system) แบบ Universal Transverse Mercator (UTM) โซน 48 มีพื้นระดับมูลฐานทางราบ (horizontal datum) เป็น D_WGS1984 ซึ่งทรงรีที่ใช้เป็นแบบจำลองชื่อ WGS1984 มีครึ่งหนึ่งของความยาวแกนเอก (semi-major axis) เท่ากับ 6,378,137 เมตร โดยมีสัดส่วนระหว่างผลต่างของ

Table 2. Total 18 spatial data layers of the Suranaree University of Technology created in the study

Data layer	Feature type	Source
WasteSump	point	Ratchasima S. Supply Korsang Part., LTD. (2540) and field investigation
Sign	point	Field investigation
Lamp	point	Field investigation
ElectricPole	point	Field investigation and Division of Building and Ground
BinPoint	point	Field investigation
GroundwaterWell	point	Division of Building and Ground and field investigation
WaterPipe	line	Division of Building and Ground and field investigation
WastePipe	line	Ratchasima S. Supply Korsang Part., LTD. (2540) and field investigation
Road	line	QuickBird-2 imagery and field investigation
Contour	line	Modified from Land Development Department (no year)
Drain	line	QuickBird-2 imagery and field investigation
WalkingPath	line	QuickBird-2 imagery and field investigation
LineBoundary	line	QuickBird-2 imagery and field investigation
Building	polygon	QuickBird-2 imagery and field investigation
ParkingLot	polygon	QuickBird-2 imagery and field investigation
WaterBody	polygon	QuickBird-2 imagery and field investigation
LandZoning	polygon	Faculty of Architecture (1989) and Division of Building and Ground
PolyBoundary	polygon	Division of Building and Ground and QuickBird-2 imagery and field investigation

Table 3. Boundary of QuickBird-2 imagery covering SUT campus in geographic and UTM coordinate systems

Direction	Geographic (degrees)	UTM (meters)
West	101.993549	176,508.656250
East	102.041427	181,600.484375
North	14.903291	1,649,745.625000
South	14.858610	1,644,865.125000

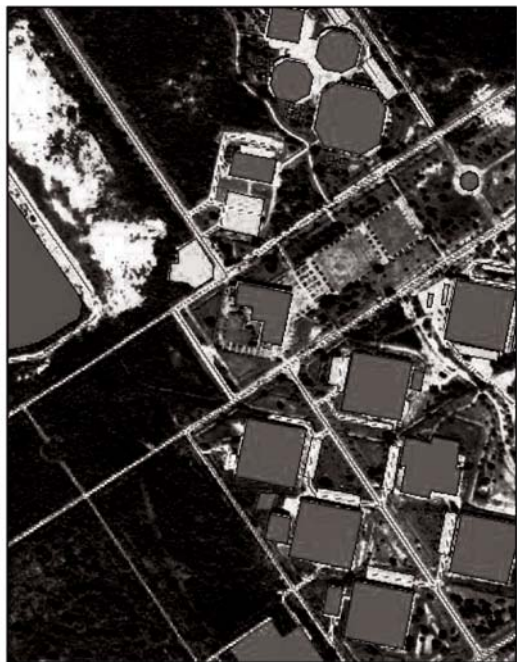








Figure 1. Spatial elements such as buildings (reddish brown), parking lots (light brown), water body (blue), and road (red line) digitized using QuickBird-2 imagery as a backdrop

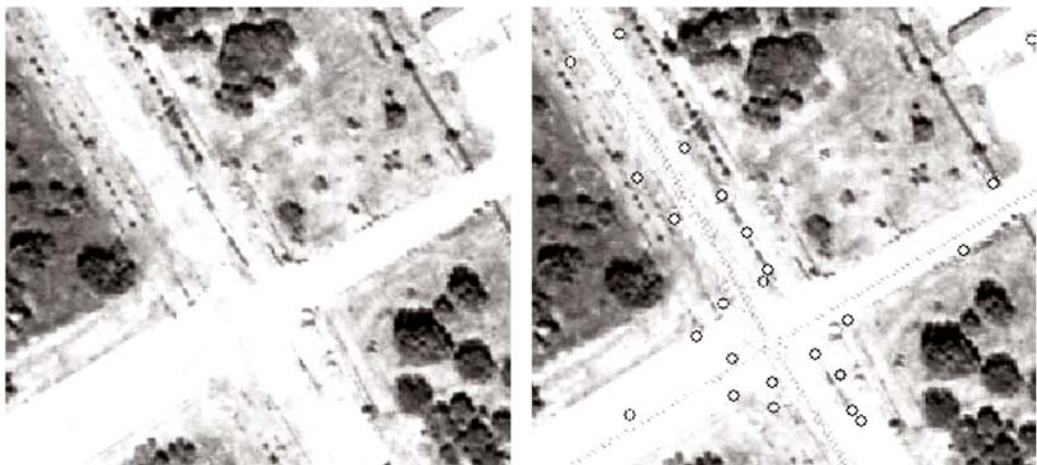
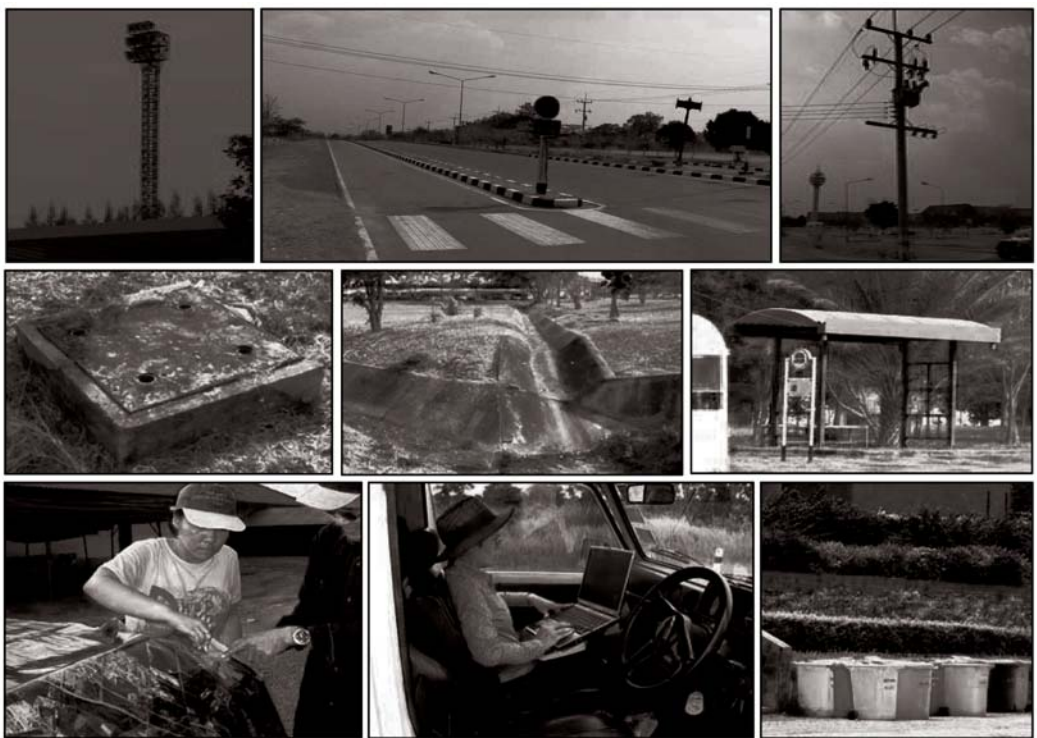


Figure 2. Points of traffic signs (yellow), lamp poles (red), and road (redline) are digitized referring to relative position of each other







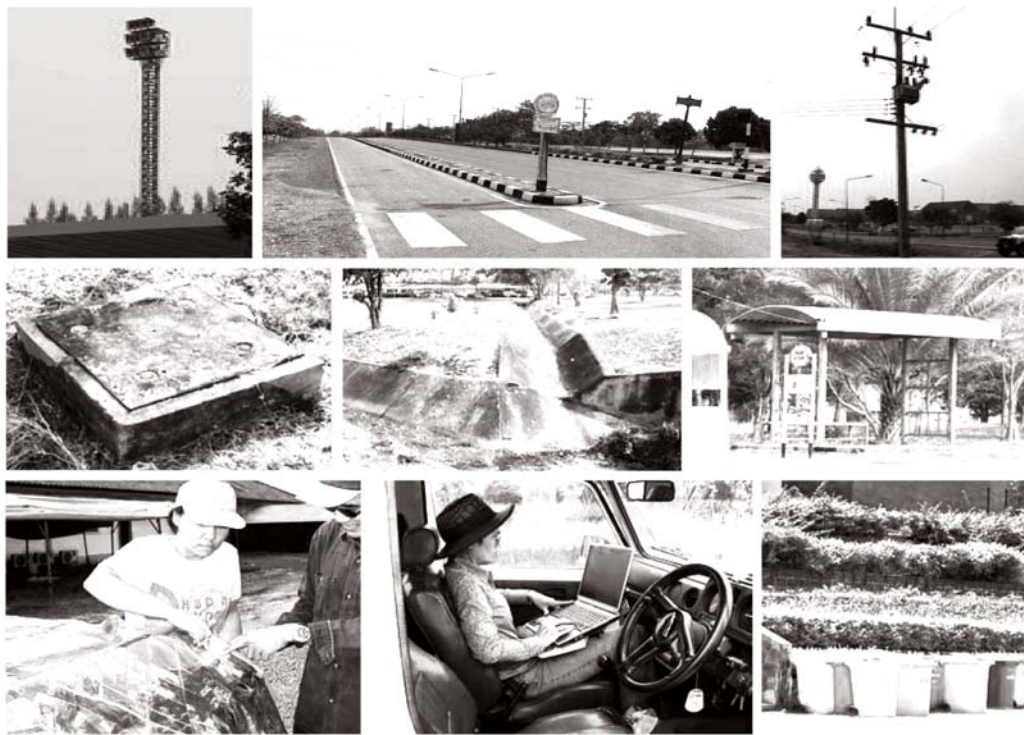


Figure 3. Examples of features and observations in the field investigation



Figure 4. QuickBird-2 imagery covering the Suranaree University of Technology, acquired on 18 November 2002

กึ่งแกนเอกและกึ่งแกนโทต่อกึ่งแกนเอก (denominator of flattening ratio) เท่ากับ 298.257224

กรอบพิกัดของพื้นที่สี่เหลี่ยมที่ครอบคลุมพื้นที่มหาวิทยาลัยมีความกว้าง x ความยาว ประมาณ 5 กิโลเมตร x 5 กิโลเมตร ดังตารางที่ 3 แต่พื้นที่มหาวิทยาลัยมีเพียงประมาณ 10.5 ตารางกิโลเมตร

ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่สร้างขึ้นจะมีระบบพิกัดเหมือนกับข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม พิกัดของข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ได้ควรมีความถูกต้องยอมรับได้ในระดับมาตราส่วนประมาณ 1:10,000 หรือใหญ่กว่า โดยองค์ประกอบข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ได้มีตำแหน่งและการวางตัวที่ถูกต้องในเชิงสัมพัทธ์

พจนานุกรมข้อมูล (Data Dictionary)

การออกแบบฐานข้อมูลในเชิงแนวคิดสู่เชิงตรรกะ ดังที่ได้กล่าวแล้วข้างต้น สามารถจัดทำข้อมูลเชิงพื้นที่ได้เป็นข้อมูลจุด 6 ชั้นข้อมูล ข้อมูลเส้น 7 ชั้นข้อมูล และข้อมูลพื้นที่รูปปิด 5 ชั้นข้อมูล พร้อมโครงสร้างสำหรับแต่ละตารางข้อมูล ตลอดจนความสัมพันธ์ระหว่างกันของชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ ตารางข้อมูลจริงและตารางค้นหาตารางข้อมูลจริงที่มีหนึ่งองค์ประกอบเชิงพื้นที่ต่อหนึ่งระเบียนมีทั้งสิ้น 18 ตาราง และตารางค้นหามีทั้งสิ้น 10 ตาราง (สัญญาสารภิรมย์ และคณะ, 2548)

ฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ของ มทส

ผลการพัฒนาฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ของ มทส จัดทำได้ 18 ชั้นข้อมูล เป็นข้อมูลเชิงเลข ในรูปแบบของ shapefile ทั้งแบบที่ข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลคุณลักษณะอยู่รวมกันหรือแยกกันอยู่หรือแปลงให้อยู่ในรูปแบบ geodatabase ข้อมูลเหล่านี้สามารถนำมาแสดงร่วมกันในรูปของสิ่งพิมพ์ได้หลายแบบตามวัตถุประสงค์ที่แตกต่าง (สัญญาสารภิรมย์ และคณะ, 2548)

ชั้นข้อมูลใหม่กับข้อมูลเดิม

ชั้นข้อมูลใหม่ที่สร้างขึ้นในรูปของสารสนเทศ

ภูมิศาสตร์มีความถูกต้องมากขึ้น ทั้งด้านขนาดรูปร่าง และทิศทางการวางตัว เช่น รูปร่างของอาคารที่แตกต่างจากข้อมูลเดิม ทิศทางการวางตัวขององค์ประกอบข้อมูลเชิงพื้นที่ต่าง ๆ และจำนวนสิ่งก่อสร้างไม่เท่ากัน ดังแสดงเป็นตัวอย่างในรูปที่ 5 ความแตกต่างมีสาเหตุมาจากข้อมูลเดิมอาจจะได้รับการจัดเตรียมในขณะที่ดำเนินการก่อสร้าง หรือวางแผนเพิ่มเติม แต่ภายหลังไม่ได้ดำเนินการตามที่วางแผนไว้ การวางตัวที่แตกต่างอาจจะเนื่องมาจากข้อมูลเดิมมีการสำรวจที่แยกกันทำเป็นส่วน ๆ แล้วจึงนำมารวมกันโดยแต่ละส่วนมีพิกัดหรือมีจุดอ้างอิงที่แตกต่างกัน ในขณะที่ชั้นข้อมูลใหม่ใช้ข้อมูลภาพจากดาวเทียมเป็นฐาน จึงมีพิกัดและมีจุดอ้างอิงร่วมกันทั้งพื้นที่ มีความเป็นปัจจุบันถึงเดือนพฤศจิกายน 2547 ซึ่งจัดว่าเป็นข้อมูลที่ทันสมัยกว่าข้อมูลเดิมค่อนข้างมาก

ตารางข้อมูลคุณลักษณะ

ตารางข้อมูลคุณลักษณะทั้งตารางข้อมูลจริงและตารางค้นหา จัดทำเป็นฐานข้อมูลในรูปแบบ .mdb ของ Microsoft Access (รูปที่ 6) ที่เป็นระเบียบประหยัดเนื้อที่และสะดวกในการปรับปรุงแก้ไข ซึ่งสามารถเรียกดู สืบค้น และค้นคืนได้ ในขณะที่ใช้งานสามารถใช้เชื่อมต่อกับชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ได้ทั้งแบบพลวัต (dynamic link) ข้ามตาราง หรือแบบรวมเป็นตารางเดียวกัน (join) หรืออาจเก็บข้อมูลคุณลักษณะไว้ในตารางเดียวกันหมด โดยในหนึ่งระเบียนของข้อมูลเชิงพื้นที่จะมีข้อมูลคุณลักษณะอยู่ร่วมกันทั้งหมด ทำให้ง่ายกว่าสำหรับผู้ทั่วไป

การใช้งานฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ มทส

ซอฟต์แวร์ ArcExplorer ArcView และ ArcMap เหมาะสมสำหรับเรียกใช้ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น

การเรียกใช้ข้อมูล

ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถเรียกดู

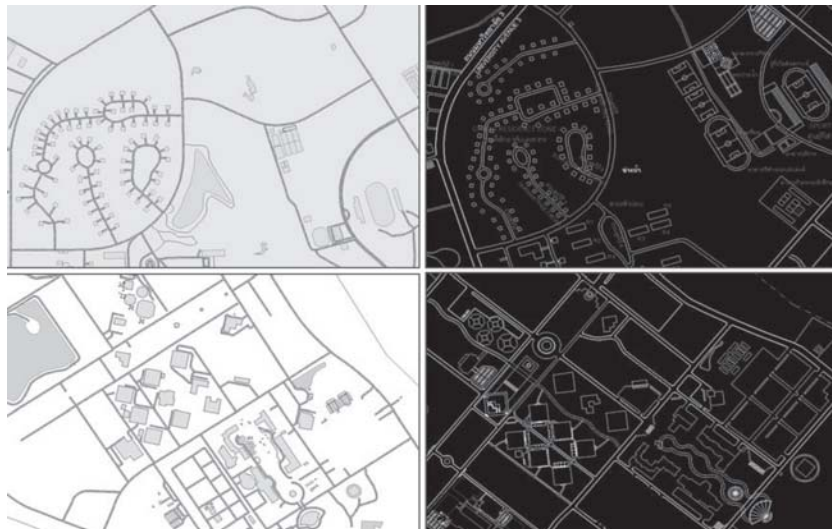
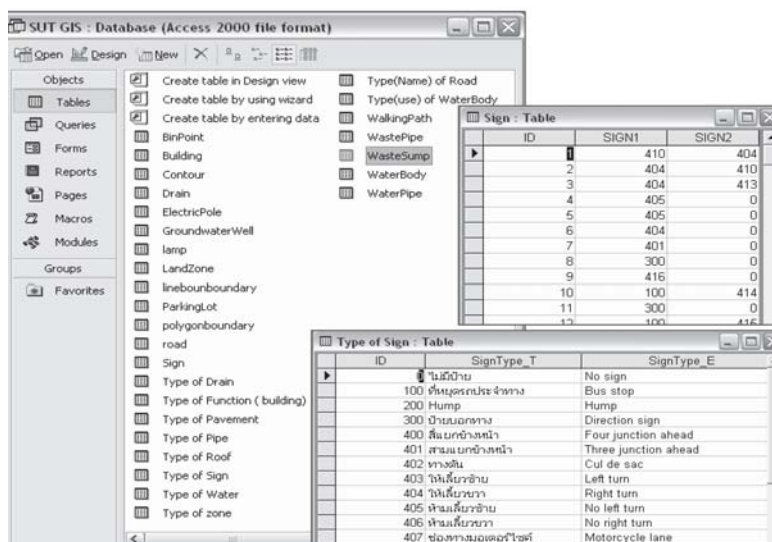


Figure 5. Comparison of old (right) data layers to the new (left) created in this study. Difference in relative position, shape and particularly orientation are obvious



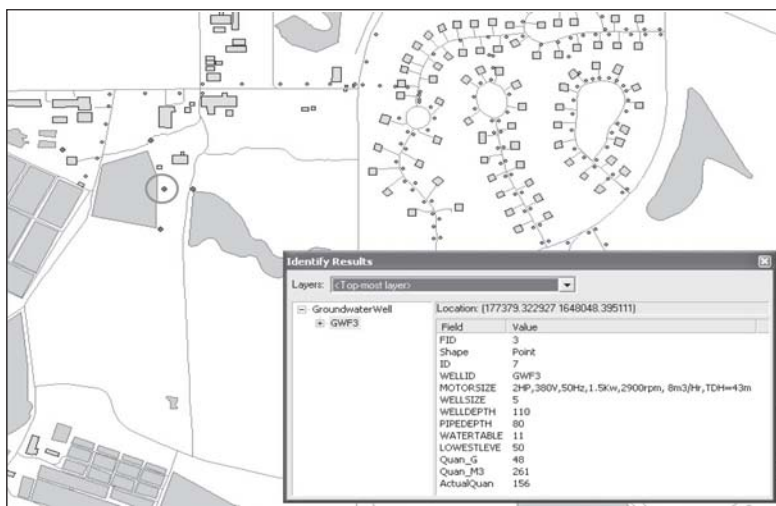


Figure 7. An example of a point in groundwater well data layer (in red circle: ID7) can be identified to show its attribute

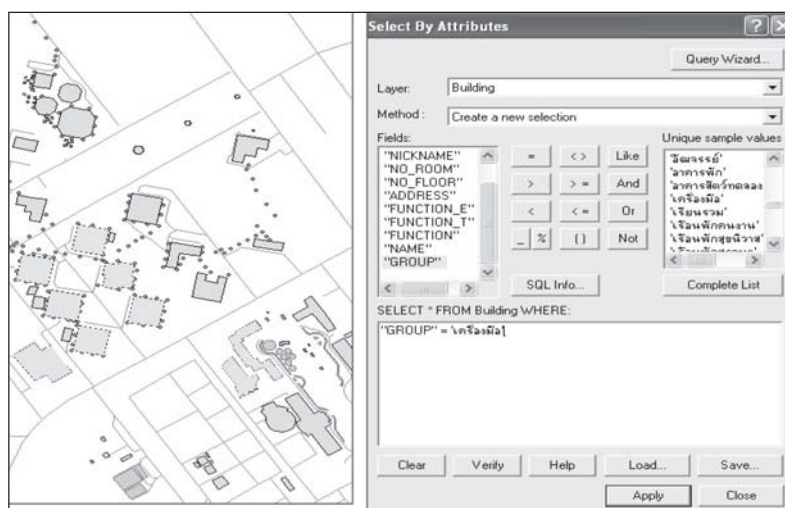


Figure 8. Showing a group of buildings (the Center for Scientific and Technological Equipment) selected using the query function

แบบซ้อนทับ (overlay) ระบุ (identify) ว่าข้อมูลองค์ประกอบเชิงพื้นที่เป็นอะไร ซึ่งก็คือการเรียกดูข้อมูลคุณลักษณะที่เชื่อมต่อกันไว้ สามารถสืบค้น (search) ค้นคืนโดยใช้เงื่อนไข (query) และเรียกดูภาพ (image) ที่ได้ทำ hot link ไว้กับข้อมูลองค์ประกอบเชิงพื้นที่นั้น ๆ ได้ การโต้ตอบระหว่างฐานข้อมูลและผู้ใช้ผ่านทางซอฟต์แวร์สามารถกระทำได้อย่างเป็นพลวัตร

เราสามารถเลือกองค์ประกอบข้อมูลเชิงพื้นที่ตามต้องการ ซึ่งจะแสดงข้อมูลคุณลักษณะได้ด้วยการเชื่อมต่ออย่างพลวัตร ตัวอย่างในรูปที่ 7 ระบุว่าบ่อบาดาลบ่อหนึ่งมีข้อมูลคุณลักษณะเป็นอย่างไร เราสามารถค้นคืนด้วยการกำหนดเงื่อนไขดังตัวอย่างในรูปที่ 8 ซึ่งเป็นการเลือกกลุ่มอาคารที่เป็นอาคารเครื่องมือทั้งหมดภายในมหาวิทยาลัย

การประยุกต์ใช้งานฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ยังมีอีกมากมาย อาทิ การวัดหรือคำนวณหาระยะทางจากจุดหนึ่งไปยังตำแหน่งต่าง ๆ หรือการคำนวณหาระยะทางที่เหมาะสมที่สุด ด้วยการใส่เงื่อนไขตามสภาพความเป็นจริงเข้าไปควบคุมกระบวนการคิดคำนวณ การวิเคราะห์เชิงพื้นที่และการจัดพื้นที่กันชนในแบบต่าง ๆ การเพิ่มเติมปรับแต่งตารางข้อมูลเพื่อการใช้งานเฉพาะด้าน เช่น การเพิ่มสดมภ์ (field) เพื่อบันทึกสถานภาพหรือติดตามดูแลสิ่งต่าง ๆ ที่ต้องทำการซ่อมแซม การคาดคะเนงบประมาณประจำปีโดยคำนวณจากระยะทางถนนทั้งหมด จำนวนหลอดไฟส่องสว่างทั้งหมดหรืออื่น ๆ เป็นต้น

ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์จากฐานข้อมูลสามารถนำมาใช้ในการจัดเตรียมแผนที่เพื่อผลิตสิ่งพิมพ์ด้วยการวางผัง (lay out) ตามสากลนิยมได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากปัจจุบันซอฟต์แวร์ทางด้านนี้มีฟังก์ชันที่เอื้อให้ทำงานได้อย่างสะดวก

การฝึกอบรมผู้ใช้

ได้มีการจัดประชุมเชิงปฏิบัติการขึ้น 2 ครั้ง เพื่อฝึกอบรมผู้ใช้และช่วยกันตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล การประชุมมีผู้เข้าร่วมทั้งสิ้นประมาณ

40 คน เป็นคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ภายใน มทส ผลจากการฝึกอบรมพบว่าผู้เข้าร่วมประชุมให้ความสนใจเป็นอย่างดี โดยเฉพาะการจัดประชุมเชิงปฏิบัติการในครั้งที่ 2 ที่จัดให้สำหรับพนักงานของส่วนอาคารและสถานที่ซึ่งอยู่ในกลุ่มผู้ใช้หลัก เป็นการเฉพาะ การฝึกอบรมนำไปสู่การร่วมกันแสดงความคิดเห็นและกำหนดนโยบายแบ่งกันรับผิดชอบชั้นข้อมูลตามหน้าที่ของส่วนงาน (สัญญาสารภิมย์ และคณะ, 2548)

บทสรุปและเสนอแนะ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยคือ การพัฒนาฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ต้นแบบในเขตมหาวิทยาลัยโดยใช้ มทส เป็นพื้นที่มหาวิทยาลัยตัวอย่าง ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ใช้สำหรับการจำลองสภาพพื้นที่จริงซึ่งครอบคลุมสิ่งอำนวยความสะดวกพื้นฐานและภูมิประเทศของมหาวิทยาลัย ให้อยู่ในรูปแบบชั้นข้อมูลเชิงเลข เพื่อตอบสนองความต้องการใช้งานของพนักงานทุกระดับภายในมหาวิทยาลัย โดยเฉพาะเจ้าหน้าที่ของส่วนอาคารและสถานที่ซึ่งเป็นผู้ใช้หลักในกลุ่มเป้าหมายการพัฒนาฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ในเขต มทส ได้จัดทำเป็นขั้นตอนโดยเริ่มจากการสำรวจความต้องการของผู้ใช้ รวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีอยู่แต่เดิม ตรวจสอบและจัดระเบียบข้อมูล ออกแบบพจนานุกรมข้อมูล แปลความหมายข้อมูลภาพจากดาวเทียม สำรวจและตรวจสอบข้อมูลภาคสนาม จัดทำฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ตามพจนานุกรม ข้อมูลที่ออกแบบไว้ ตรวจสอบความถูกต้อง และฝึกอบรมผู้ใช้ซึ่งเป็นบุคลากรภายในมหาวิทยาลัย

พจนานุกรมข้อมูลอันเป็นผลจากการออกแบบประกอบด้วย 18 ชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ใช้ระบบพิกัด UTM zone 48 ในการกำกับตำแหน่ง 18 ตารางข้อมูลคุณลักษณะ และ 10 ตารางค้นหา มีโครงสร้างเป็นแบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ โดยทำการจัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีองค์ประกอบในรูปจุด เส้น และรูปปิดหรือพื้นที่ได้ทั้งสิ้น 5,430 ระเบียบหนึ่งองค์ประกอบ

ต่อหนึ่งระเบียบ ทุกองค์ประกอบเชื่อมต่อกับข้อมูลคุณลักษณะ

ฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ของ มทส ได้รับการตรวจสอบและทดลองใช้งานในการประชุมเชิงปฏิบัติการ 2 ครั้ง มีผู้เข้ารับการอบรมเป็นคณาจารย์และพนักงานสายปฏิบัติการของ มทส ประมาณ 40 คน ผลจากการประชุมสรุปได้ว่าฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีความถูกต้องและสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถเรียกดูระบุ สืบค้น ค้นคืน และวิเคราะห์ข้อมูลจากฐานได้อย่างมีประสิทธิภาพสัมพันธ์กับผู้ใช้ ข้อมูลเชื่อมต่อกันได้อย่างเป็นพลวัตร และเอื้อให้แก้ไขและเพิ่มเติมข้อมูลเพื่อความเป็นปัจจุบัน และตอบสนองการใช้งานเฉพาะอย่างได้

ข้อจำกัดด้านความแม่นยำเชิงตำแหน่งของชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ในฐานข้อมูลยังคงมีอยู่ เนื่องจากการปรับแก้มูลเชิงเรขาคณิตของระบบพิกัดในข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม QuickBird-2 ที่ใช้เป็นฐานได้รับการปรับแก้มูลสำหรับพื้นที่กว้าง เป็นการปรับแก้โดยปริยาย (default) จากดาวเทียมโดยตรงทำให้ข้อมูลสามารถเชื่อมต่อกันได้ทั้งพื้นที่ แต่หากคำนึงถึงการใช้งานที่ต้องการความถูกต้องในระดับการออกแบบงานวิศวกรรม หรือภูมิสถาปัตยกรรมแล้ว จำเป็นต้องปรับแก้เชิงเรขาคณิตใหม่ด้วยการใช้จุดบังคับภาคพื้นดินในพื้นที่ศึกษา เช่น หมุดระดับอ้างอิง (bench mark) ของกรมแผนที่ทหาร หรือการถ่ายโอนจุดอ้างอิงมาจากหมุดดังกล่าวโดยใช้งานสนามหรือวิธีโฟโตแกรมเมตรี ชั้นข้อมูลเส้นชั้นความสูงซึ่งเป็นข้อมูลเก่าไม่ทันสมัยเช่นชั้นข้อมูลอื่นควรได้รับการจัดทำขึ้นใหม่ นอกจากนี้ข้อมูลในปัจจุบันยังเป็นข้อมูลในรูปของสองมิติยังไม่สามารถเก็บข้อมูลรายละเอียดภายในตัวอาคารทำให้ไม่สามารถตอบสนองความต้องการการทำงานด้านบำรุงรักษาภายในตัวอาคารได้

แนวทางในการพัฒนาต่อไปจึงน่าจะอยู่ที่การปรับปรุงแก้ไขข้อจำกัดดังกล่าว การปรับปรุงข้อมูล

ให้เป็นปัจจุบันอยู่ตลอดเวลา ที่สำคัญคือการเผยแพร่ข้อมูลให้สามารถเรียกใช้ข้อมูลผ่านทางอินเทอร์เน็ตหรืออินเทอร์เน็ตได้ สนับสนุนให้มีการนำฐานข้อมูลไปใช้อย่างเป็นรูปธรรมทั้งในการปฏิบัติการกิจภายใน มทส และการนำผลการวิจัยไปใช้เป็นต้นแบบในการพัฒนาฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับมหาวิทยาลัยอื่น ๆ ตลอดจนการพัฒนาต่อเนื่องให้เป็นระบบฐานข้อมูลที่มีฟังก์ชันตอบสนองการทำงานตามภารกิจจริงของกลุ่มผู้ใช้โดยตรง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ได้มอบทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อสนับสนุนการสร้างและพัฒนานักวิจัยรุ่นใหม่สำหรับการศึกษาในโครงการนี้ และขอขอบคุณบริษัท Space Imaging Southeast Asia (SISEA) จำกัด ที่ได้กรุณาอนุเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม IKONOS และขอขอบคุณกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (MOAC) ที่ได้กรุณาอนุเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศสีแบบเชิงเลขมาตราส่วน 1:25,000 เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. (ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์). ข้อมูลกราฟิกเส้นชั้นความสูง.
- กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. (2546). โครงการศึกษาและจัดทำฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม จังหวัดนครราชสีมา. เอกสารประกอบการสัมมนา, 11-12 กันยายน 2546; สถาบันราชภัฏนครราชสีมา, 49 หน้า.
- คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์. (2532). ผังแม่บทมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. ห้วยบ้านยาง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 91 หน้า.

- วิชาญ อมรากุล. (2547). การประยุกต์ใช้ข้อมูลสำรวจระยะไกลรายละเอียดสูงในการจัดทำแผนประจักษ์ภูมิสถาปัตย์และการจัดการสิ่งแวดล้อม. เอกสารการประชุมการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอากาศและภูมิสารสนเทศในการพัฒนาท้องถิ่น; 17-18 กันยายน 2547; ชลบุรี. GISTDA และ RCGIST, หน้า 23-36.
- ส่วนอาคารและสถานที่. (ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์). ข้อมูลเชิงเลขแสดงแบบแปลนของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.
- สัญญา สราภิรมย์ และ ชัยยุทธ จันทร์ปราบ. (2537). GIS สำหรับงานธรณีวิทยา. วารสารนิเวศวิทยา. มหาวิทยาลัยมหิดล, 21(3):36-47.
- สัญญา สราภิรมย์, สิริลักษณ์ ดีสูงเนิน, โชติกา กุลรัตน์ และ ปวีนิติ สอวงชัย. (2548). การพัฒนาสารสนเทศภูมิศาสตร์ในเขตมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. รายงานฉบับสมบูรณ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 67 หน้า.
- หจก. ราชสีมา ส. ซัพพลายก่อสร้าง. (2540). แบบงานก่อสร้างระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสีย มหาวิทยาลัยสุรนารี. 150 แผ่น.
- Bernhardsen, T. (2002). Geographic Information Systems: An Introduction. 3rd ed. John Wiley & Sons. Inc., p. 36-53.
- Burrough, P.A., and McDonnell, R.A. (1998). Principles of geographic information systems. Oxford University Press, NY, p. 1-16.
- ESCAP. (1996). Manual on GIS for Planners and Decision Makers. United Nations, NY, p. 7-10.
- Geological Survey Division. (1998). Geologic and geographic database design. Technical geologic data system development project. Report no.3, Contract no. 109/1997 by Department of Mineral Resources and Thailand Environment Institute, p. 787.
- Sarapirome, S., Sa-angchai, P., Kulrat, Ch., and Deesoongnoen, S. (2004). Optimum geo-informatics technology to support management of local administrative organization in Thailand. Proceedings of 25th ACRS; November 22-26, 2004, Chiangmai, Thailand, 2:1,169-1,174.
- Sarapirome, S., Trachu, C., and Subtawewung, T. (2001). GIS database for land-use planning in the Phuket Island, Thailand. ITIT Symposium on Geoinformation and GIS Application for the Urban Areas of East and Southeast Asia. February 14-15, 2000; Tsukuba, Japan. CCOP Technical Bulletin, 30:45-61.
- Thailand Environment Institute. (1997). Thailand on a disc. Data on a CD with manual, p. 132.