

ศึกษาเปรียบเทียบซอฟต์แวร์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

(Quantum GIS 1.4 VS Map Window GIS 4.6)

Comparison of Geographic Information System Software

(Quantum GIS 1.4 VS Map Window GIS 4.6)

วรชัย ชูเกิด*

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 15 ถ.กาญจนวนิชย์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110

*ผู้ติดต่อ: warachaic@ttt.co.th, โทรศัพท์ 0-7331-0013, เบอร์โทรสาร 0-7331-0020

บทคัดย่อ

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หรือ Geographic Information System : GIS คือกระบวนการทำงานเกี่ยวกับข้อมูลในเชิงพื้นที่ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ที่ใช้กำหนดข้อมูลและสารสนเทศ ที่มีความสัมพันธ์กับตำแหน่งในเชิงพื้นที่ เช่น ที่อยู่ สัมพันธ์กับตำแหน่งในแผนที่ ตำแหน่ง เส้นรุ้ง เส้นแวง ข้อมูลและแผนที่ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นระบบข้อมูลสารสนเทศที่อยู่ในรูปของตารางข้อมูล และฐานข้อมูลที่มีส่วนสัมพันธ์กับข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) ซึ่งรูปแบบและความสัมพันธ์ของข้อมูลเชิงพื้นที่ทั้งหลาย จะสามารถนำมาวิเคราะห์ด้วย GIS และทำให้สื่อความหมายเข้าใจได้ง่าย

ซอฟต์แวร์ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ประกอบด้วยฟังก์ชัน การทำงานและเครื่องมือที่จำเป็นต่างๆ สำหรับนำเข้าและปรับแต่งข้อมูล จัดการระบบฐานข้อมูล เรียกค้น วิเคราะห์ และ จำลองภาพ ซอฟต์แวร์ที่มีประสิทธิภาพและมีคุณลักษณะเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ควรมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับและใช้งานได้ง่าย ดังนั้นงานวิจัยฉบับนี้จึงเป็นการเปรียบเทียบซอฟต์แวร์ Quantum GIS 1.4 กับ Map Window GIS 4.6 ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์รหัสเปิด (Open Source Software) โดยตรวจสอบคุณสมบัติพิจารณาจุดเด่นและจุดด้อยของซอฟต์แวร์ เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้ซอฟต์แวร์สำหรับผู้เริ่มต้นใช้งานและผู้ใช้งานระดับกลาง

คำหลัก: ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ข้อมูลเชิงพื้นที่ ซอฟต์แวร์รหัสเปิด

Abstract

GIS (Geographic Information System) is the spatial data management system by computer in order to determine the positions that are linked to location in the map. With GIS, information on latitude,

longitude and map will be stored in the spatial database formats and can be analyzed and interpreted by GIS for easy understanding.

Software is a key component of GIS to process, analyze, import, modify, simulate and manage the databases efficiently. For this reason, the appropriate software using for geographic information system should have acceptable quality and be user friendly. This research is the comparative analysis on both distinctive and weak points of the features and performance of open source software between Quantum GIS 1.4 and Map Window GIS 4.6, to be as a guideline for the beginners and intermediate users.

Keywords: Geographic Information System, Spatial Data, Open Source Software

1. บทนำ

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์(GIS) เป็นเครื่องมือทางภูมิศาสตร์ที่มีประโยชน์อย่างยิ่งต่อการรวบรวม จัดเก็บข้อมูลต่างๆที่มีอยู่มากมายเพื่อนำมาวิเคราะห์และนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ไปใช้ในงานด้านต่างๆ เช่น การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม การขนส่ง สาธารณสุข เศรษฐกิจ และสังคม เป็นต้น ปัจจุบันได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้งานอย่างแพร่หลายในหน่วยงานภาครัฐและเอกชน ในส่วนของซอฟต์แวร์มีให้เลือกใช้มากมาย และมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องทั้งในส่วนของซอฟต์แวร์การค้า และซอฟต์แวร์รหัสเปิด ในการเลือกใช้จึงมีความจำเป็นต้องเปรียบเทียบซอฟต์แวร์เพื่อให้ได้ซอฟต์แวร์ที่เหมาะสมต่อการใช้งาน

จากงานวิจัยของ Todd R. Buchanan (2005) เรื่อง Comparison of Geographic Information System (ArcGIS 9.0 and Grass 6.0) Implementation and Case Study[1] ได้ทำการเปรียบเทียบซอฟต์แวร์ ArcGIS 9.0 ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์การค้า กับ Grass 6.0 ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์โอเพนซอร์ซ โดยเปรียบเทียบในด้านราคา การใช้งาน การแสดงผล การฝึกอบรมและการสนับสนุนทางเทคนิค การจัดการฐานข้อมูล เป็นต้น งานวิจัยของ T. Heng , C. H. Grohmann , R. S. Bivand , O. Conrad , and A. Lobo (2009) เรื่อง SAGA vs GRASS: A Comparative Analysis of the Two Open Source

Desktop GIS for the Automated Analysis of Elevation Data[2] ได้ทำการเปรียบเทียบซอฟต์แวร์ SAGA 2.0.3 กับ Grass 6.3 ซึ่งทั้งสองเป็นซอฟต์แวร์โอเพนซอร์ซ โดยเปรียบเทียบความสามารถในการแสดงผลภูมิประเทศ ความเร็วในการประมวลผล และการเพิ่มหรือขยายขีดความสามารถของซอฟต์แวร์ งานวิจัยของ Mahmoud Refaat Nasr (2007) เรื่อง Open Source Software: The use of open source GIS software and its impact on Organizations[3] ได้ทำการเปรียบเทียบซอฟต์แวร์ MapServer ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์โอเพนซอร์ซ กับซอฟต์แวร์การค้า คือ ArcIMS, GeoMedia WebMap และ MapInfo โดยเปรียบเทียบในด้านการรองรับ Web browser ความสามารถในการเชื่อมต่อ แสดงผลและประมวลผลข้อมูลที่หลากหลาย การสนับสนุนทางเทคนิค การติดตั้ง และภาษาที่ใช้ในการโปรแกรม

ในบทความนี้จะทำการเปรียบเทียบซอฟต์แวร์รหัสเปิด (Open Source Software) Quantum GIS 1.4[4] กับ Map Window GIS 4.6[5] โดยตรวจสอบคุณสมบัติ และพิจารณาจุดเด่นจุดด้อยของซอฟต์แวร์ เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้ซอฟต์แวร์สำหรับผู้เริ่มต้นใช้งานและผู้ใช้งานระดับกลาง

2. ทฤษฎีและหลักการ

คุณสมบัติของซอฟต์แวร์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์[6] ที่ใช้งานระบบได้อย่างสมบูรณ์ประกอบ

ด้วยส่วนที่สำคัญ 5 ประการ คือ

2.1 การป้อนข้อมูลและการตรวจสอบข้อมูล (Data Input and Verification)

ซอฟต์แวร์ควรมีระบบการป้อนข้อมูลที่ดี มีประสิทธิภาพ โดยการนำเข้าข้อมูลนั้นอาจเป็นการเปลี่ยนข้อมูลจากแผนที่ต้นแบบ ข้อมูลดาวเทียม ภาพถ่ายทางอากาศ ให้อยู่ในรูปของดิจิทัล โดยใช้เครื่องมือ เช่น Digitizer, Scanner เป็นต้น ซึ่งในขณะนำเข้า ซอฟต์แวร์ควรมีส่วนช่วยเหลือให้ผู้ใช้สามารถดำเนินการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลเพื่อลดความผิดพลาดของการนำเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์

2.2 การจัดเก็บข้อมูลและการจัดการฐานข้อมูล (Data Storage and Database management)

ซอฟต์แวร์ควรมีระบบการจัดเก็บข้อมูลทางภูมิศาสตร์เกี่ยวกับรูปแบบข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์ (Features) ประเภทต่างๆ คือ จุด เส้น หรือพื้นที่ (Point, Line, Polygon) ให้มีโครงสร้างที่สามารถจัดเก็บไว้ในคอมพิวเตอร์ และผู้ใช้สามารถเรียกมาใช้ได้โดยสะดวก ซึ่งในแต่ละซอฟต์แวร์จะมีโครงสร้างหรือรูปแบบในการจัดเก็บข้อมูลต่างกัน

2.3 การคำนวณและการวิเคราะห์ข้อมูล (Data Manipulation and Analysis)

ซอฟต์แวร์ควรมีรูปแบบการคำนวณและวิเคราะห์ผลข้อมูลหลายรูปแบบ โดยจะปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสม เพื่อแก้ไขข้อผิดพลาดของข้อมูลนั้นๆ ซอฟต์แวร์สามารถนำข้อมูลทั้ง Spatial และ Non-Spatial data มาใช้ในการวิเคราะห์โดยตัวเองหรืออาจจะใช้ในการวิเคราะห์ร่วมกันได้อย่างเป็นระบบ

2.4 การรายงานผลข้อมูล (Data Output and Presentation)

ซอฟต์แวร์ควรมีวิธีการแสดงผลของข้อมูล และข้อมูลผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ โดยผลที่จะได้อยู่ในรูปของแผนที่ ตาราง กราฟ ฯลฯ อ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ และอาจจะพิมพ์รายงานผลโดยใช้พลอต

เตอร์ หรือเครื่องพิมพ์ หรืออาจจะเชื่อมโยงกับซอฟต์แวร์อื่นๆ ในการรายงานผลได้อย่างสมบูรณ์

2.5 ความสัมพันธ์กับผู้ใช้ (Interaction with the User)

ซอฟต์แวร์จะต้องอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้ได้เป็นอย่างดี โดยมีการสร้างรายการ (Menu) ต่างๆ ที่ไม่ยุ่งยาก ในระบบของคำสั่งในรูปแบบกราฟฟิก (Graphic User Interface – GUI) ซึ่งสื่อความหมายของคำสั่งทำให้ผู้ใช้ซอฟต์แวร์เข้าใจได้ง่าย หรืออนุญาตให้ผู้ใช้งานสามารถสร้างหน้าต่างให้เหมาะสมได้ และสามารถนำไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. การดำเนินงาน

3.1 ขอบเขตการทดสอบ

เปรียบเทียบซอฟต์แวร์โดยแบ่งเป็น 2 เรื่องหลัก ดังนี้

3.1.1 ความต้องการพื้นฐานของซอฟต์แวร์และการติดตั้ง

เพื่อทดสอบเปรียบเทียบความต้องการพื้นฐานของระบบในเรื่อง

- ระบบปฏิบัติการ
- หน่วยความจำ
- พื้นที่ของฮาร์ดดิสก์
- การติดตั้ง

3.1.2 คุณสมบัติของซอฟต์แวร์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

3.1.2.1 การป้อนข้อมูลและการตรวจสอบข้อมูล

ทดสอบโดยการนำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่ทั้งแบบเวกเตอร์ และแบบแรสเตอร์ในรูปแบบต่างๆ เช่น Shapefile, GeoTIFF และ coverage

3.1.2.2 การจัดเก็บข้อมูลและการจัดการฐานข้อมูล

ทดสอบการเชื่อมตารางกับฐานข้อมูลจากภายนอก

3.1.2.3 การคำนวณและการวิเคราะห์ข้อมูล

- ทดสอบการนำข้อมูล Spatial เข้าระบบและให้ซอฟต์แวร์วางสัญลักษณ์แล้วตรวจสอบความถูกต้อง

- ทดสอบการ Query ข้อมูล

3.1.2.4 การรายงานผลข้อมูล

- การแสดงผลทางหน้าจอ

- การนำออกแผนที่เป็นไฟล์ต่างๆเช่น

ไฟล์ .pdf, .svg, .ps, .png, .jpg, .gif, และ .pdf เป็นต้น

3.1.2.5 ความสัมพันธ์กับผู้ใช้

- ทดสอบการใช้งานแถบเครื่องมือ

- การพัฒนาโปรแกรมเสริม (Plugin)

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

ติดตั้งซอฟต์แวร์ทั้ง 2 ตัวในคอมพิวเตอร์ COMPAQ Presario V3000 Intel Pentium® Dual CPU T2410 @ 2 GHz RAM ขนาด 2 GB ระบบปฏิบัติการ Windows XP

4. ผลการทดสอบ

4.1 ความต้องการพื้นฐานของซอฟต์แวร์และการติดตั้ง

ตรวจสอบความต้องการพื้นฐานของซอฟต์แวร์จากคู่มือของซอฟต์แวร์และทดสอบการติดตั้ง

ตารางที่ 1 แสดงความต้องการพื้นฐานของซอฟต์แวร์และผลการทดสอบการติดตั้ง

การทดสอบ	Quantum GIS 1.4	Map Window GIS 4.6
ระบบปฏิบัติการ	Linux, MAC, Windows	Windows
หน่วยความจำ	256 MB ขึ้นไป	128 MB ขึ้นไป
พื้นที่ของฮาร์ดดิสก์	อย่างน้อย 140 MB	อย่างน้อย 110 MB
การติดตั้ง - ความง่าย - เวลาที่ใช้	ง่ายมาก 2:28	ง่ายมาก 2:24

จากตารางที่ 1 Quantum GIS 1.4 รองรับระบบปฏิบัติการ Windows, Mac, Linux แต่ MapWindow GIS 4.6 รองรับระบบปฏิบัติการ Windows ได้เท่านั้น

ในการติดตั้งซอฟต์แวร์ทั้ง 2 ตัวมีความต้องการใช้หน่วยความจำ และพื้นที่ของฮาร์ดดิสก์ใกล้เคียงกันมีความง่ายในการติดตั้งเหมือนซอฟต์แวร์รหัสเปิดทั่วไป สามารถสั่งติดตั้งแล้วกดปุ่ม Next ไปเรื่อยๆ จนสุดท้าย กดปุ่ม Finished การติดตั้งก็เสร็จเรียบร้อยใช้เวลาในการติดตั้งใกล้เคียงกัน

4.2 คุณสมบัติของซอฟต์แวร์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

4.2.1 การป้อนข้อมูลและการตรวจสอบข้อมูล

ทำการทดสอบการนำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่แบบเวกเตอร์และแบบแรสเตอร์ ได้ผลการทดสอบดังนี้

Quantum GIS 1.4 สนับสนุนการทำงานกับข้อมูลเวกเตอร์ และแรสเตอร์ ในรูปแบบที่เป็นมาตรฐานแพร่หลาย เช่น Shapefile และ GeoTIFF เป็นต้น

ส่วน MapWindow GIS 4.6 สนับสนุนการทำงานกับข้อมูลทั้งประเภทเวกเตอร์และแรสเตอร์ โดยชนิดของรูปแบบการจัดเก็บข้อมูล (format) มีค่อนข้างหลากหลายโดยเฉพาะในข้อมูลแรสเตอร์ แต่ค่อนข้างจำกัดในข้อมูลเวกเตอร์ โดยรูปแบบการจัดเก็บข้อมูลของข้อมูลเวกเตอร์จะสนับสนุนเฉพาะ shapefile กับ coverage เท่านั้น

4.2.2 การจัดเก็บข้อมูลและการจัดการฐานข้อมูล

ทำการทดสอบการเชื่อมตารางจากฐานข้อมูลภายนอก ได้ผลการทดสอบดังนี้

Quantum GIS 1.4 สามารถเชื่อมต่อระบบฐานข้อมูล PostgreSQL เพื่อนำเข้าข้อมูลได้โดยตรง

ส่วน MapWindow GIS 4.6 สามารถทำการเชื่อมโยงตารางหลักกับตารางอื่นๆภายนอกที่อยู่ในรูปแบบไฟล์ .dbf เท่านั้น

4.2.3 การคำนวณและการวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูล Spatial เข้าระบบและทดสอบการวางสัญลักษณ์อัตโนมัติและการ Query ข้อมูลของซอฟต์แวร์ ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบการวางสัญลักษณ์อัตโนมัติและการ Query ข้อมูลของซอฟต์แวร์

การทดสอบ	Quantum GIS 1.4	Map Window GIS 4.6
1. การวางสัญลักษณ์อัตโนมัติ	ทำได้ไม่ดี	ทำได้พอใช้
2. การ Query ข้อมูล		
- Point and Click	ได้	ได้
- Table Select	ได้	ได้
- Attribute Select	ได้	ได้
- Geographic Select	ได้	ได้
- Command Line Select	ไม่ได้	ไม่ได้

จากตารางที่ 2 Map Window GIS 4.6 สามารถวางสัญลักษณ์อัตโนมัติได้ดีกว่า Quantum GIS 1.4 เล็กน้อย และในส่วนการ Query ข้อมูลซอฟต์แวร์ทั้ง 2 ตัว สามารถทำการ Query ข้อมูลได้เกือบทุกแบบ ยกเว้นการสั่ง Query ข้อมูลผ่าน Command Line

4.2.4 การรายงานผลข้อมูล

ทำการทดสอบการแสดงผลทางหน้าจอและการนำออกแผนที่เป็นไฟล์ต่างๆ

4.2.4.1 การแสดงผลทางหน้าจอ

จะทดสอบในส่วนของ แผนที่ของแผนที่ การแสดงสี และการแสดงสัญลักษณ์ต่างๆ ได้ผลการทดสอบดังนี้

ตารางที่ 3 แสดงผลการทดสอบในส่วนของแผนที่ของแผนที่

ซอฟต์แวร์	ส่วนประกอบแผนที่มาตรฐาน	การปรับแต่งและวางสัญลักษณ์ด้วยมือ	การแยกแผนที่มาดูเป็นส่วน
Quantum GIS 1.4	ยกเว้น North Arrow	ทำได้	ทำได้
Map Window GIS 4.6	มีครบถ้วน	ทำไม่ได้	ทำไม่ได้

จากตารางที่ 3 Quantum GIS 1.4 มีส่วนประกอบแผนที่มาตรฐาน ยกเว้น North Arrow ต้องใช้ Plugin ช่วย ส่วน Map Window 4.6 มีส่วนประกอบแผนที่มาตรฐานครบ

Quantum GIS 1.4 สามารถปรับแต่งและวางสัญลักษณ์ในแผนที่ได้และยังสามารถแยกแผนที่มาดูเป็นส่วนๆได้ แต่ Map Window 4.6 ไม่สามารถทำได้

ตารางที่ 4 แสดงผลการทดสอบการแสดงสี

ซอฟต์แวร์	การแสดงสี
Quantum GIS 1.4	RGB, HSV
Map Windows GIS 4.6	RGB

จากตารางที่ 4 Quantum GIS 1.4 สามารถแสดงสีได้ทั้ง RGB Color Model และ HSV Color Model แต่ Map Window GIS 4.6 สามารถแสดงสีได้เฉพาะ RGB Color Model เท่านั้น

ตารางที่ 5 แสดงผลการทดสอบการแสดงผลสัญลักษณ์ต่างๆ

ซอฟต์แวร์	จำนวนสัญลักษณ์	ข้อความอธิบายสัญลักษณ์
Quantum GIS 1.4	หลากหลาย	ต้องใช้ Plugin
Map Windows GIS 4.6	น้อย	ทำได้

จากตารางที่ 5 Quantum GIS 1.4 มีจำนวนสัญลักษณ์ให้เลือกใช้หลากหลาย แต่ Map Window GIS 4.6 มีให้เลือกใช้ได้น้อย

Map Window GIS 4.6 สามารถแสดงข้อความอธิบายสัญลักษณ์ได้ แต่ Quantum GIS 1.4 ต้องใช้ Plugin ช่วย

4.2.4.2 การนำออกแผนที่เป็นไฟล์ต่าง ๆ

Quantum GIS 1.4 สามารถนำออกแผนที่เป็นไฟล์ได้หลายรูปแบบ แต่ Map Window GIS 4.6 สามารถนำออกแผนที่เป็นไฟล์ได้เฉพาะไฟล์ .bmp, .gif, .png และ .jpg เท่านั้น

4.2.5 ความสัมพันธ์กับผู้ใช้

4.2.5.1 การใช้งานแถบเครื่องมือ

Quantum GIS 1.4 และ Map Window GIS 4.6 มีแถบเครื่องมือที่มีปุ่มเครื่องมือให้เลือกใช้ครบถ้วน ตามมาตรฐานของซอฟต์แวร์ GIS และสะดวกต่อการใช้งาน มีคำอธิบายสั้นๆซึ่งจะแสดงให้เห็นเมื่อนำเมาส์ไปวางบนปุ่ม

Quantum GIS 1.4 สามารถใช้งานปุ่มต่างๆผ่าน คีย์บอร์ด shortcut ได้ แต่ Map Window GIS 4.6 ไม่สามารถทำได้

4.2.5.2 การพัฒนาโปรแกรมเสริม (Plugin)

Quantum GIS 1.4 สามารถพัฒนาโปรแกรมเสริม (Plugin) ได้โดยใช้ภาษา Python และ ภาษา C++

ส่วน MapWindow GIS 4.6 สามารถพัฒนาโปรแกรมเสริม (Plugin) ได้โดยใช้ภาษา Visual Basic .NET และ ภาษา C#

5. บทสรุป

ซอฟต์แวร์ทั้ง 2 ต่างมีข้อเด่นข้อด้อยแตกต่างกัน Quantum GIS 1.4 มีจุดเด่นในเรื่องการรองรับระบบปฏิบัติการได้หลายระบบ การนำเข้าและนำออกข้อมูลไฟล์ได้หลายรูปแบบ การปรับแต่งและวางสัญลักษณ์ด้วยมือ การแยกแผนที่มาดูเป็นส่วนๆ การแสดงสี มีสัญลักษณ์ให้เลือกใช้หลากหลาย การใช้งานแถบเครื่องมือซึ่งสามารถใช้งานผ่านคีย์บอร์ด shortcut ได้

ส่วน Map Window GIS 4.6 มีจุดเด่นในเรื่องมีส่วนประกอบของแผนที่มาตรฐานครบถ้วน การวางสัญลักษณ์แบบอัตโนมัติ และการมีข้อความอธิบายสัญลักษณ์

ซอฟต์แวร์ทั้ง 2 สามารถพัฒนาโปรแกรมเสริม (Plugin) ตามความต้องการของผู้ใช้งานได้ แต่ใช้ภาษาคอมพิวเตอร์ในการพัฒนาต่างกัน Quantum GIS 1.4 ใช้ภาษา Python และ ภาษา C++ ส่วน MapWindow GIS 4.6 ใช้ภาษา Visual Basic .NET และ ภาษา C#

จากข้อสรุปทั้งหมด Quantum GIS 1.4 มีคุณสมบัติเด่นหลายข้อเหมาะสมสำหรับผู้เริ่มต้นหรือผู้ใช้งานระดับกลางจะเลือกไปใช้งาน

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Buchanan, T.R. (2005). *Comparison of Geographic Information System Software (ArcGIS 9.0 and Grass 6.0) Implementation and Case Study*, Hardin-Simmons University, USA.
- [2] Hengl, T., Grohmann, C.H., Bivand, R.S., Conrad, O., and Lobo, A. (2009). SAGA vs GRASS: A Comparative Analysis of the Two Open Source Desktop GIS for the Automated Analysis of Elevation Data, paper presented in *Geomorphometry 2009*, Zurich, Switzerland.
- [3] Nasr, Mohmoud R (2007). *Open Source Software: The use of Open Source GIS Software and its Impact on Organization*, Master's Thesis, Middlesex University, UK.
- [4] Quantum GIS 1.4 Manual, available online: http://download.osgeo.org/qgis/doc/manual/qgis-1.4.0_user_guide_en.pdf
- [5] Map Window GIS Manual, available online: http://www.mapwindow.org/wiki/index.php/MapWindow_User%27s_Guide
- [6] เรียนรู้-ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์,องค์ประกอบด้านซอฟต์แวร์, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://www.gis2me.com/th/?p=43>