บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษารวบรวมแนวคิดทางด้านป่าชุมชน และระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ งานวิจัย รวมทั้งข้อมูลการจัดทำเว็บไซต์ที่เกี่ยวข้องการระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ โดยเน้นการใช้ซอฟต์แวร์รหัสเปิด คือ ซอฟต์แวร์มินเนโซต้า แมพเซิร์ฟเวอร์ สร้างและพัฒนาขึ้น ณ มหาวิทยาลัย มินเนโซต้า ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งรวบรวมแนวความคิดเพื่อจัดทำและพัฒนาระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ด้านป่าชุมชนของศูนย์ศึกษาและพัฒนาวนศาสตร์ชุมชนที่ 14 (ลำปาง) บนเว็บไซต์ ผู้ศึกษาได้ค้นคว้าข้อมูลจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามลำดับหัวข้อและรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

2.2 แนวคิดการพัฒนาระบบแผนที่ผ่านเว็บไซต์

2.3 หลักการทำงานของระบบซอฟต์แวร์ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

สุจิตรา เจริญหิรัญยิ่งยศ (2548) อธิบายว่าระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เป็นกระบวนการสร้างประสิทธิภาพของจัดเก็บข้อมูล การปรับปรุงข้อมูล การคำนวณ และการวิเคราะห์ข้อมูลให้แสดงผลในรูปของข้อมูลที่สามารถอ้างอิงได้ในทางภูมิศาสตร์ เพื่อใช้ข้อมูลอธิบายสภาพต่างๆ บนพื้นผิวโลก โดยอาศัยลักษณะทางภูมิศาสตร์ เป็นตัวเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลต่างๆ ซึ่งมีองค์ประกอบหลักสำคัญอยู่ 5 องค์ประกอบ คือ ฮาร์ดแวร์ (Hardware) ซอฟต์แวร์ (Software) ข้อมูล (Data) บุคลากร (People) และกระบวนการหรือขั้นตอน (Process or Method) ทุกองค์ประกอบมีความสำคัญล้วนมีความสำคัญ แต่องค์ประกอบที่มีความสำคัญอันดับแรก ๆ คือ บุคลากรที่ปฏิบัติงานเกี่ยวกับระบบงานสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ได้แก่ เจ้าหน้าที่เก็บข้อมูล เจ้าหน้าที่นำเข้าข้อมูล นักวิเคราะห์ข้อมูล ผู้เชี่ยวชาญระบบการพัฒนาระบบจีไอเอส ผู้ใช้งาน เป็นต้น บุคลากรนับเป็นปัจจัยสำคัญของระบบจีไอเอสที่ช่วยพัฒนาให้หน่วยงานสามารถทำงานอย่างเป็นระบบ โดยอาศัยเทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นเครื่องมือช่วยในการดำเนินงานและจัดการ ทำให้เกิดผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ดังนั้นบุคลากรจึงเป็นสิ่งสำคัญในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดนครราชสีมา (2549. [ระบบออนไลน์]) ได้ให้ความหมายระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ หมายถึง ซอฟต์แวร์ทางด้านกราฟิกที่มีความสามารถในการเก็บข้อมูลด้านแผนที่หรือข้อมูลในลักษณะที่เป็นภาพต่างๆ เช่น ภาพดาวเทียม (Satellite images) ภาพถ่ายทางอากาศ (Arial photographs) เป็นต้น ซึ่งซอฟต์แวร์ดังกล่าวนี้สามารถนำเข้าข้อมูลแผนที่หรือข้อมูลภาพต่าง ๆ ของพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งซึ่งข้อมูลแต่ละด้านจะถูกจัดเก็บไว้ในโปรแกรมในลักษณะของข้อมูลเฉพาะเรื่อง (Layer) หรือการซ้อนทับข้อมูล (Overlays) หรือชั้นข้อมูล (Coverages) แล้วสามารถนำเอาข้อมูลมาวิเคราะห์ประมวลผลร่วมกันเพื่อหาคำตอบเกี่ยวกับข้อมูลในพื้นที่

สุเพชร จิรขจรกุล (2545) อธิบายถึงระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ว่า เป็นระบบสารสนเทศข้อมูลเชิงพื้นที่หรือข้อมูลที่มีพิกัดตำแหน่ง ซึ่งเป็นการผสมผสานการทำงานระหว่างกระบวนวิธีวิเคราะห์ร่วมกับระบบฐานข้อมูลที่มีการอ้างอิงเชิงพิกัด ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์จึงหมายรวมถึงทั้งระบบของการให้คำตอบเชิงพื้นที่ซึ่งใช้เทคโนโลยีเพื่อดำเนินการในขั้นตอนต่างๆ เริ่มตั้งแต่การรวบรวมและนำเข้าข้อมูล การจัดเก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบ การกำหนดเงื่อนไขสำหรับเลือกใช้ข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์ หรือสร้างแบบจำลองเชิงพื้นที่ และในท้ายที่สุดจะทำการแสดงผลซึ่งเป็นการตอบคำถามเชิงพื้นให้แก่ผู้ใช้

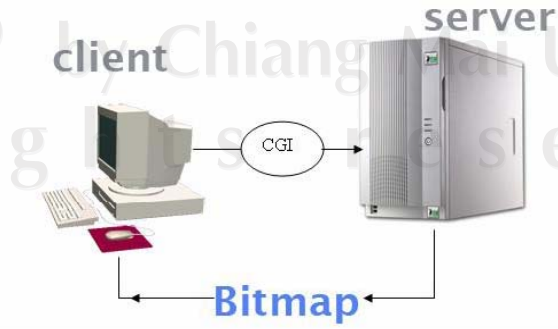
ศูนย์วิจัยภูมิสารสนเทศเพื่อประเทศไทย (2542) ได้กล่าวถึงระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ คือ กระบวนการทำงานเกี่ยวกับข้อมูลในเชิงพื้นที่ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้กำหนดข้อมูลและสารสนเทศที่มีความสัมพันธ์กับตำแหน่งในเชิงพื้นที่ เช่น ที่อยู่ บ้านเลขที่ สัมพันธ์กับตำแหน่งในแผนที่ ตำแหน่ง เส้นรุ้ง เส้นแวง ข้อมูลและแผนที่ในจีไอเอส เป็นระบบข้อมูลสารสนเทศที่อยู่ในรูปของตารางข้อมูลและฐานข้อมูลที่มีส่วนสัมพันธ์กับข้อมูลเชิงพื้นที่ ซึ่งรูปแบบและความสัมพันธ์ของข้อมูลเชิงพื้นที่ทั้งหลายจะสามารถนำมาวิเคราะห์ด้วยจีไอเอส และทำให้สื่อความหมายในเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่สัมพันธ์กับเวลาได้ เช่น การแพร่ขยายของโรคระบาด การเคลื่อนย้ายถิ่นฐาน การบุกรุกทำลาย การเปลี่ยนแปลงของการใช้พื้นที่ ฯลฯ ข้อมูลเหล่านี้ เมื่อปรากฏบนแผนที่ทำให้สามารถแปลและสื่อความหมาย ใช้งานได้ง่าย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2 แนวคิดการพัฒนาระบบแผนที่ผ่านเว็บไซต์

กรมทรัพยากรธรณี (2549) การเผยแพร่ข้อมูลเชิงพื้นที่ของหน่วยงานไปยังผู้ใช้ ส่วนใหญ่จะเป็นการให้บริการเรียกดูและค้นคืนข้อมูลในฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่มีอยู่ แต่เดิมการนำเสนอข้อมูลเชิงพื้นที่ในงานสารสนเทศภูมิศาสตร์ต้องอาศัยซอฟต์แวร์เฉพาะเพื่อเรียกใช้ฐานข้อมูล โดยส่วนใหญ่จะเป็นซอฟต์แวร์ที่ออกแบบสำหรับติดตั้งเฉพาะเครื่องคอมพิวเตอร์

ระบบใดระบบหนึ่งเท่านั้น เมื่อผู้ใช้ต้องการใช้งานที่เครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องอื่น ก็จะต้องนำซอฟต์แวร์เดียวกันนั้นไปติดตั้ง และต้องจัดหาระบบคอมพิวเตอร์ที่สามารถใช้งานได้กับชุดคำสั่งซอฟต์แวร์นั้น ปัจจุบันซอฟต์แวร์ที่ใช้เรียกดู และค้นคืนข้อมูลระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ได้มีการพัฒนาให้มีขีดความสามารถในการค้นหา เรียกหาหรือวิเคราะห์ข้อมูลผ่านระบบเครือข่าย อาจกล่าวได้ว่า เป็นการเพิ่มความสามารถในการเผยแพร่ข้อมูลที่มีประสิทธิภาพระบบซอฟต์แวร์ที่ใช้เพื่อให้บริการเผยแพร่ข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายนั้น ส่วนใหญ่เป็นซอฟต์แวร์เพิ่มเติม จากซอฟต์แวร์สารสนเทศทางภูมิศาสตร์เดิม ส่งผลให้ต้องมีงบประมาณในการจัดหา ทำให้ผู้ใช้ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น เพื่อให้สามารถนำเสนอข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ผ่านระบบเครือข่าย อันเป็นอุปสรรคสำคัญในการเผยแพร่ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์เช่นกัน แนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดการใช้ซอฟต์แวร์สำเร็จรูปจากต่างประเทศที่มีราคาสูง คือ การใช้ซอฟต์แวร์รหัสเปิด ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่ไม่ต้องเสียค่าลิขสิทธิ์ เป็นการประยุกต์ใช้พัฒนาต่อยอดเทคโนโลยีและสนับสนุนการพัฒนานวัตกรรมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตข้อมูลและการให้บริการข้อมูลเซิร์ฟเวอร์แผนที่ซึ่งมีสองแบบ ได้แก่ เซิร์ฟเวอร์แผนที่แบบเวคเตอร์ มีข้อดี คือ เมื่อโหลดข้อมูลแล้วการทำงานบนแผนที่จะรวดเร็ว เนื่องจากมีข้อมูลบางส่วนถูกโหลดมาอยู่บนเครื่องลูกข่ายแต่มีข้อเสียคือ ใช้เวลามากในการแสดงผลข้อมูลในตอนแรก อีกแบบหนึ่งคือเซิร์ฟเวอร์แผนที่แบบราสเตอร์ ซึ่งข้อดีคือเซิร์ฟเวอร์แผนที่แบบนี้ เป็นเซิร์ฟเวอร์ที่สร้างเป็นแผนที่ภาพส่งไปให้ผู้ใช้ ผู้ใช้งานเห็นเป็นภาพๆ หนึ่ง แต่ไม่ใช่เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ หากมีการแก้ไขข้อมูล เมื่อผู้ใช้เรียกภาพต่อไป ก็ได้ข้อมูลใหม่ทันทีเหมาะสำหรับ เครือข่ายที่มีแบนด์วิด (Bandwidth) ไม่มาก เนื่องจากความเร็วในการเรียกแผนที่ค่อนข้างคงที่ และเซิร์ฟเวอร์แผนที่ที่เลือกใช้ คือ มินเนโซต้า แมพเซิร์ฟเวอร์ โดยมีหลักการทำงานดังรูปที่ 2.1โดยเครื่องลูกข่ายจะร้องขอข้อมูลผ่านตัวกลาง ที่ทำให้เซิร์ฟเวอร์กับไคลแอนต์ติดต่อกันได้อย่างยืดหยุ่นหรือเรียกว่า ซีจีไอ (Common Gateway Interface – CGI) ผ่านเครือข่ายไปยังเครื่องเซิร์ฟเวอร์ เซิร์ฟเวอร์ประมวลผลและจัดสร้างเป็นแผนที่ภาพแบบบิตแมพ (Bitmap) ส่งไปยังเครื่องลูกข่าย



รูป 2.1 แสดงการทำงานของแมพเซิร์ฟเวอร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

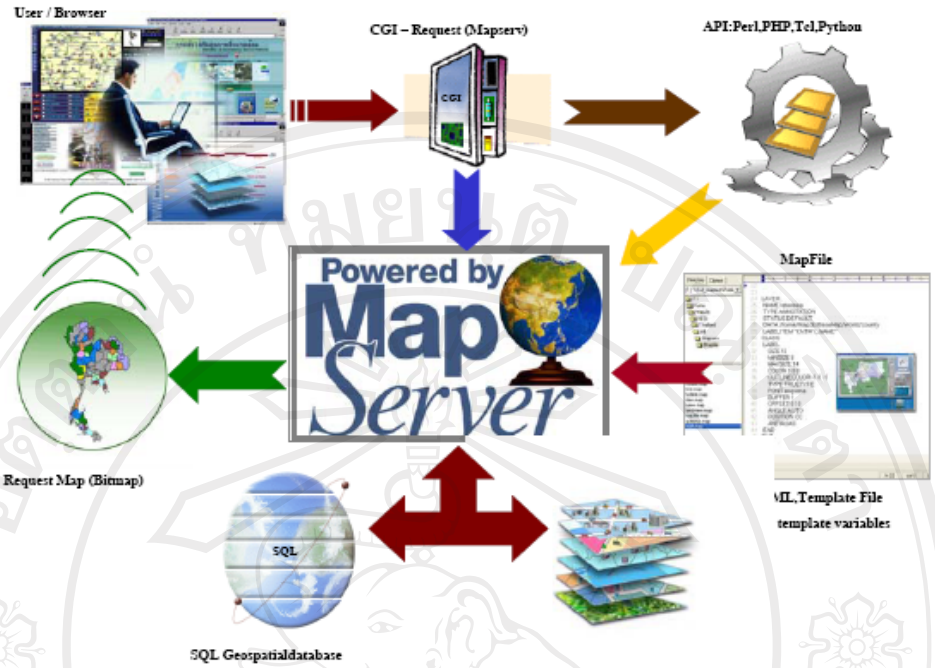
2.3 หลักการทำงานของระบบซอฟต์แวร์สารสนเทศทางภูมิศาสตร์

ในการศึกษาค้นคว้าอิสระเรื่อง “การพัฒนาระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ด้านป่าชุมชนของศูนย์ศึกษาและพัฒนาวนศาสตร์ชุมชนที่ 14 (ลำปาง) บนเว็บไซต์” ผู้ศึกษาได้ใช้ซอฟต์แวร์มินเนโซต้า แมพเซิร์ฟเวอร์ เป็นซอฟต์แวร์หลักในการจัดการแผนที่บนเว็บไซต์

2.3.1 หลักการทำงานซอฟต์แวร์มินเนโซต้า แมพเซิร์ฟเวอร์

โรงพยาบาลภูเขียว (2550) เมื่อผู้ใช้ส่งคำขอมาในรูปแบบซีจีไอที่แมพเซิร์ฟเวอร์เข้าใจ แมพเซิร์ฟเวอร์มีคำสั่งแบบซีจีไอให้เรียกใช้กว่า 30 ตัวเลือก ที่ผู้ใช้สามารถใช้เปลี่ยนแปลงขอบเขตภูมิศาสตร์ในการเรียกดูแผนที่ การสืบค้นคืน เมื่อแมพเซิร์ฟเวอร์ ได้รับคำสั่งผ่านกลไกซีจีไอ แมพเซิร์ฟเวอร์ก็จะอ่านแมพไฟล์เข้ามา หน้าที่หลักของแมพไฟล์ คือ การกำหนดว่าจะต้องมีการอ่านข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ใดบ้าง อ่านอย่างไรและแสดงผล อย่างไร แมพไฟล์ประกอบด้วยชุดคำสั่งที่ออกแบบเป็นเชิงวัตถุ 15 ชั้น สำหรับตอบสนองความต้องการเบื้องต้นและขั้นสูงในการเรียกใช้สารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านเว็บตัวอย่าง มีคำสั่งในการกำหนดคุณลักษณะของวัตถุ เช่น การกำหนดชั้นข้อมูลแต่ละชั้นอยู่ในแฟ้มข้อมูลใด จะแสดงผลด้วยคุณลักษณะทางแผนที่ด้วยสัญลักษณ์อย่างไร จะตอบสนองการสืบค้นของผู้ใช้อย่างไร เป็นต้น จากนั้นแมพเซิร์ฟเวอร์ก็จะส่งภาพบิตแมพให้กับผู้ใช้ปลายทางคืนบิตแมพ ผลลัพธ์สำหรับซอฟต์แวร์มินเนโซต้า แมพเซิร์ฟเวอร์สามารถติดตั้งและรับการร้องขอได้หลายรูปแบบได้แก่ GIF, TIFF, PNG และ WBMP นอกจากนี้หากในแมพไฟล์ มีการระบุ Template file ที่เป็น HTML และมี Template variable ที่ทำหน้าที่รับส่งข้อมูลกับแมพเซิร์ฟเวอร์ด้วยหลักการนี้ผู้ใช้สามารถใช้เครื่องมือในการพัฒนาเว็บเพจทั่วไปในการพัฒนารูปแบบของโปรแกรมประยุกต์ได้ เมื่อมีการส่งข้อมูลบิตแมพมายังผู้ใช้ ก็จะมีการนำ Template มาใช้ในการแสดงผลพร้อมกับแผนที่ที่เรียกดูได้ ในภาพแสดงหลักการทำงานและส่วนประกอบต่างของซอฟต์แวร์มินเนโซต้า แมพเซิร์ฟเวอร์ บริษัท DM Solution แห่งประเทศแคนาดา ซึ่งเป็นผู้ใช้ซอฟต์แวร์มินเนโซต้า แมพเซิร์ฟเวอร์และผู้พัฒนาร่วมได้เผยแพร่โปรแกรมแมพแลป ซึ่งเป็นชุดซอฟต์แวร์ที่ประกอบด้วยซอฟต์แวร์ 3 ส่วน ได้แก่ แมพอีดิท (MapEdit), แมพบราวส์เซอร์ (MapBrowser) และ จีแมพแฟคเทอร์รี (GMapFactory) ซึ่งทำให้ผู้พัฒนาเซอร์ฟเวอร์ และผู้ที่ต้องการเผยแพร่ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านเครือข่าย สามารถติดตั้ง ออกแบบ และกำหนดชั้นข้อมูล และคุณสมบัติของการนำเสนอได้

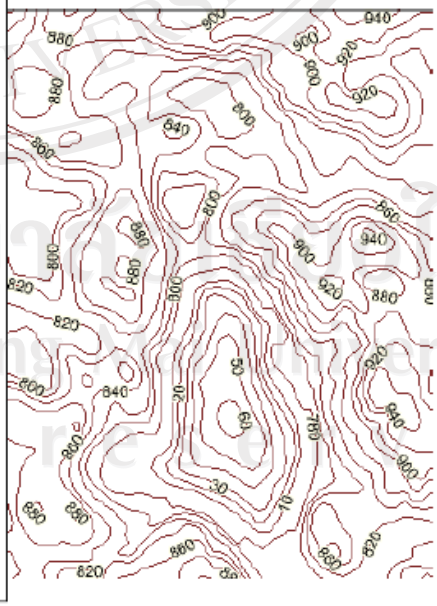
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 2.2 แสดงลำดับการทำงานเบื้องต้นของซอฟต์แวร์มินเนโซต้า แมพเซิร์ฟเวอร์

ในภาพข้างล่างแสดงตัวอย่างของแมพไฟล์ เมื่อผู้ใช้ร้องขอดูแผนที่เพื่อใช้ในการแสดงเส้นชั้นความสูง

```
MAP
  NAME contour
  STATUS ON
  EXTENT 519000 4983000 529800 4997500
  SIZE 300 400
  UNITS meters
  FONTSET ../../fonts/fonts.list
LAYER
    NAME contour
    TYPE LINE
    STATUS DEFAULT
    DATA "../../data/contours"
    SYMBOLSCALE 10000
    LABELMAXSCALE 24000
    CLASS
      COLOR 128 40 40
      LABEL
        TYPE TRUETYPE
        ANTIALIAS
         FONT arial
        COLOR 0 0 0
         OUTLINECOLOR 255 255 230
         SIZE 8
         MINSIZE 4
         MAXSIZE 8
         ANGLE AUTO
         POSITION CC
         MINFEATURESIZE AUTO
         BUFFER 2
      END
    END
END
END
```



รูป 2.3 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้ของการร้องขอเมื่อใช้แมพไฟล์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดังนั้นไม่ว่าเครื่องเซิร์ฟเวอร์จะมีข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์มากน้อยเท่าใดก็ตาม ข้อมูลที่ส่งผ่านเครือข่ายก็จะเป็นเพียงบิตแมพ ที่มีขนาดที่เล็กกว่าจอภาพมอนิเตอร์โดยทั่วไปและมีขนาดที่คงที่ ในการแสดงผลแผนที่แมพเซิร์ฟเวอร์สามารถที่จะใช้สัญลักษณ์ที่ผู้ใช้สามารถออกแบบเองได้ สามารถทำสัญลักษณ์จากบิตแมพก็ได้การแสดงตัวอักษรสามารถเรียกใช้ True Type Font ซึ่งทำให้ผู้ใช้มีความสะดวกในการเลือกใช้แบบอักษรที่มีให้เลือกทั่วไป รวมทั้งสามารถใช้แสดงผลภาษาไทยได้อย่างสวยงามอีกด้วยนอกจากนั้นการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ซอฟต์แวร์มินเนโซต้าแมพเซิร์ฟเวอร์ ยังสามารถทำได้ด้วยภาษาแทบจะทุกภาษาที่แพร่หลายในการเขียนเว็บเพจ เช่น Java, JavaScript เป็นต้น ซอฟต์แวร์มินเนโซต้า แมพเซิร์ฟเวอร์ ยังมี API ที่รองรับการเชื่อมต่อภาษาขั้นสูงที่เรียกว่าแมพสคริป (MapScript) ทำให้ผู้ใช้สามารถพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ทั่วไปและผ่านเครือข่ายด้วยภาษาชั้นสูง เช่น Perl, PHP, Tk/Tcl หรือ Python ได้ ซึ่งทำให้แมพเซิร์ฟเวอร์มีทางผ่านไปยัง API อื่นๆ ที่มีอยู่ในภาษาขั้นสูงนี้อีกเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะการเชื่อมต่อกับระบบฐานข้อมูลแบบสัมพัทธ์อื่นๆ ที่เป็นเชิงพาณิชย์ เช่น MS-SQL, ODBC, Oracle, Informix หรือซอฟต์แวร์รหัสเปิดอย่างมายเอสคิวเอล หรือ PostgreSQL

2.3.2 ความสามารถในการอ่านข้อมูล

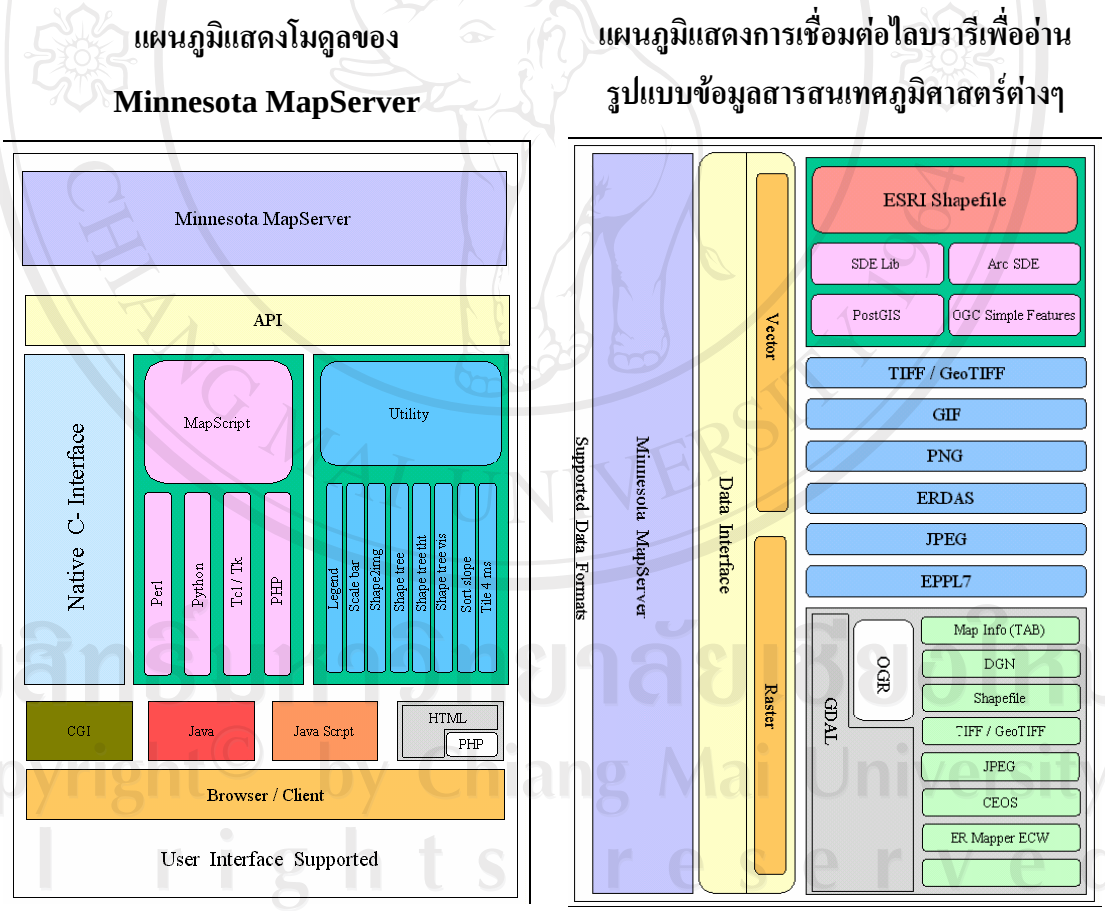
ซอฟต์แวร์มินเนโซต้า แมพเซิร์ฟเวอร์ สามารถอ่านข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่เป็นมาตรฐานและแพร่หลายได้เป็นจำนวนมากทั้งราสเตอร์และเวคเตอร์ แมพเซิร์ฟเวอร์อ่านข้อมูลหลายรูปแบบเข้าโดยตรงและไม่จำเป็นต้องแปลงรูปแบบการจัดเก็บเสียก่อน ทำให้ข้อมูลมีความเป็นเอกภาพ ประหยัดเนื้อที่ในการจัดเก็บ เวลาในการแปลงและไม่มีความผิดเพี้ยนในระหว่างการแปลงรูปแบบการจัดเก็บซอฟต์แวร์มินเนโซต้า แมพเซิร์ฟเวอร์ มีไลบราลีที่อ่านรูปแบบการจัดเก็บต่างเป็นของตนเอง (Native Library) ส่วนหนึ่งและอีกส่วนหนึ่งอาศัยไลบรารี Geospatial Data Abstraction Library (GDAL) ที่มีความสามารถในการอ่านข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้หลากหลายทั้งราสเตอร์และเวคเตอร์รวมแล้วกว่า 20 แบบ ในตารางข้างล่างแสดงวิธีการเชื่อมต่อไลบรารีเพื่ออ่านข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ในรูปแบบที่สามารถอ่านเข้าได้โดยตรง

ตาราง 1.1 การเชื่อมต่อไลบรารีและรูปแบบข้อมูลที่แมพเซิร์ฟเวอร์อ่านได้ตรง

การเชื่อมต่อไลบรารี	รูปแบบราสเตอร์	รูปแบบเวคเตอร์
Minnesota MapServer Native API	TIFF, GeoTIFF, PNG, ERDAS,JPEG, EFPL7	ESRI Shapefile
GDAL	TIFF, GeoTIFF, JPEG, CEOS, ERDAS, ER Mapper ECW	MapInfo(TAB),DGN, Shapefile
PostgreSQL	ไม่มี	OGC Simple Feature via,PostGIS
ESRI	ไม่มี	SDE Lib, ARC SDE

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากในตารางจะเห็นว่ารูปแบบที่แมพเซิร์ฟเวอร์สามารถอ่านได้ตรงจะเป็นรูปแบบการจัดเก็บข้อมูลที่พบเห็นอยู่ทั่วไปแล้วแมพเซิร์ฟเวอร์ ยังมีความสามารถในการอ่านข้อมูลในแบบโครงสร้างของ OGC Simple Feature Specification ที่เป็นการใช้ประโยชน์จากระบบจัดฐานข้อมูลแบบปฏิสัมพันธ์ในการเก็บข้อมูลเวคเตอร์ที่เหมาะกับข้อมูลเวคเตอร์ปริมาณมากและสามารถบริหารจัดการข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อเปรียบเทียบกับการเก็บข้อมูลแบบแฟ้มข้อมูล (File-bassed database) โดยทั่วไป เช่น เชพไฟล์ (Shapefile) สำหรับระบบจัดการฐานข้อมูลที่มีให้ดาวน์โหลดฟรีและมีประสิทธิภาพสูงคือ PostgreSQL ส่วนชุดซอฟต์แวร์ที่มีสนับสนุนการเชื่อมต่อซอฟต์แวร์มินเนโซต้า แมพเซิร์ฟเวอร์ และ OGC Simple Feature ได้แก่ PostGIS



รูป 2.4 แผนภูมิแสดงโมดูลและแสดงการเชื่อมต่อไลบรารี
ของซอฟต์แวร์มินเนโซต้า แมพเซิร์ฟเวอร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3.3 การเชื่อมต่อกับระบบฐานข้อมูลไคลแอนต์และเซิร์ฟเวอร์

การเชื่อมต่อระบบฐานข้อมูลสำหรับซอฟต์แวร์มินเนโซต้า แมพเซิร์ฟเวอร์ จะต้องอาศัยชุดซอฟต์แวร์ “PostGIS” PostGIS คือ ชุดซอฟต์แวร์ที่ทำให้ซอฟต์แวร์มินเนโซต้า แมพเซิร์ฟเวอร์สามารถติดต่อกับระบบฐานข้อมูลชนิดไคลแอนต์และเซิร์ฟเวอร์ PostgreSQL ได้ PostgreSQL เป็นซอฟต์แวร์ฐานข้อมูลที่มีคุณสมบัติเป็น Relational Database Management System (RDBMS) ที่มีการใช้งานเป็นชนิดติดต่อกันผ่านโปรโตคอลบนเครือข่าย การอ่านการเขียน การปรับปรุง การค้นคืนจะเป็นในลักษณะของ Transaction ทำให้การจัดเก็บและบริหารฐานข้อมูลขนาดใหญ่มีประสิทธิภาพมาก เช่น ปรับปรุงข้อมูลบนฐานข้อมูลเดียวกันจากผู้ใช้หลายคนพร้อมๆ กันการเชื่อมต่อซอฟต์แวร์มินเนโซต้า แมพเซิร์ฟเวอร์ สามารถทำได้โดยการคอนฟิกส์ชั้นข้อมูลต่างๆ ที่จัดเก็บใน PostgreSQL ให้เป็นเสมือนชั้นข้อมูลหนึ่งในเซิร์ฟเวอร์ ส่วนข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่จัดเก็บใน PostgreSQL และ PostGIS จะมีเครื่องมือ (Utility) ที่ใช้ในการอ่าน Shapefile แล้วสร้างตาราง จัดโครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตาราง ตลอดจน Import ข้อมูลเข้าในตาราง โดยอาศัยชุดคำสั่ง SQL PostGIS ใช้มาตรฐานของ OpenGIS Consortium ที่เรียกว่า Simple Feature Specification for SQL เป็นมาตรฐานในการกำหนดตารางและความสัมพันธ์

2.3.4 การเพิ่มประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์มินเนโซต้า แมพเซิร์ฟเวอร์

การเพิ่มประสิทธิภาพมีความจำเป็นเมื่อมีข้อมูลขนาดใหญ่ เพื่อให้ระบบสามารถรองรับข้อมูลในการอ่านเข้าสู่ระบบเพื่อไปให้บริการ ทำให้สามารถประมวลผลข้อมูลและส่งผลไปยังผู้เรียกใช้อย่างรวดเร็ว การเพิ่มประสิทธิภาพทำให้ระบบมีความน่าเชื่อถือ ทำให้ระยะเวลาและจำนวนครั้งของหยุดชะงักลดลงจนเหลือน้อยที่สุดดังนั้นการเพิ่มประสิทธิภาพสำหรับซอฟต์แวร์มินเนโซต้า แมพเซิร์ฟเวอร์ สามารถทำได้โดยการจัดโครงสร้างข้อมูล สำหรับข้อมูลเวคเตอร์และราสเตอร์ที่มีขนาดใหญ่ ซอฟต์แวร์มินเนโซต้า แมพเซิร์ฟเวอร์ มีความสามารถในการจัดการบริหารข้อมูลขนาดใหญ่ได้โดยสามารถกำหนดมาตราส่วนจำกัดน้อยที่สุด (Minimum Scale) และมาตราส่วนจำกัดมากที่สุด (Maximum Scale) ที่ข้อมูลชั้นหนึ่งๆ จะสามารถแสดงผลได้ ดังนั้นเมื่อมีข้อมูลขนาดใหญ่ก็จะมีการลดทอนขนาดให้มีปริมาณลดน้อยลง แล้วจัดการแสดงผลให้เหมาะสม เนื่องจากการอาศัยหลักความจริงที่ว่าจอภาพมอนิเตอร์ที่ใช้แสดงผลหรือกรอบภาพภายในเว็บบราวเซอร์มีขนาดที่จำกัดมากเมื่อเทียบกับขอบเขตภูมิศาสตร์ของชั้นข้อมูลแผนที่และความละเอียดดั้งเดิมของชั้นข้อมูล การลดทอนข้อมูลสามารถทำได้หลายวิธีและอาจใช้หลายวิธี

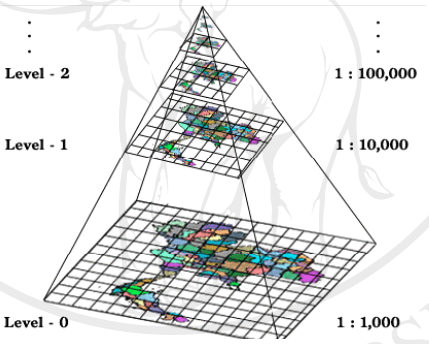
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประกอบกัน การลดทอนข้อมูลอาจพิจารณาชนิดและลักษณะของข้อมูลประกอบด้วย การลดทอนข้อมูลจะทำลดลงเป็นชั้นๆ โดยที่การอัตราการลดทอนในแต่ละชั้นข้อมูลที่ถัดกันไป ควรแตกต่างอย่างชัดเจน ชั้นข้อมูลควรลดลงจนกระทั่งแมพเซิร์ฟเวอร์สามารถจัดการอ่าน ประมวลผลและแสดงผลได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งปัจจัยนี้ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของเครื่องเซิร์ฟเวอร์ ปริมาณหน่วยความจำความเร็วในการอ่านฮาร์ดดิสก์ (Hard Disk) เป็นสำคัญ เทคนิคการลดทอนข้อมูลลงเป็นชั้นๆ และจัดข้อมูลให้มีการเรียกใช้ตามมาตราส่วนที่ความเหมาะสมนี้นิยมเรียกว่าการจัดโครงสร้างข้อมูลแบบ “ปิรามิด” (Pyramid) สำหรับข้อมูลเวคเตอร์ การลดทอนข้อมูลสามารถทำได้โดยการลดทอนขนาดข้อมูลลงตามลำดับความสำคัญของชนิดข้อมูลเสียตามรายละเอียดของการจำแนกที่มีก่อน เช่น กรณีข้อมูลป่าไม้ อาจทำการลดทอนตามระดับชั้นของข้อมูลป่าไม้ให้เป็นชั้นข้อมูลที่มีปริมาณน้อยลงลดหลั่นไป เทคนิค Generalization ก็ทำให้ข้อมูลมีปริมาณน้อยลง เมื่อทำการติดตั้งแมพเซิร์ฟเวอร์ก็จะจัดชั้นข้อมูลที่มีปริมาณน้อยแสดงผลในจังหวะที่ผู้ใช้เรียกดูแผนที่เป็นพื้นที่บริเวณกว้างมาก เมื่อผู้ใช้ร้องขอดูแผนที่ในพื้นที่ที่แคบเข้า ก็จะติดตั้งให้แมพเซิร์ฟเวอร์แสดงผลให้แผนที่ที่มีความละเอียดมากขึ้นแสดงผล สำหรับข้อมูลเวคเตอร์ ยังสามารถใช้เทคนิคไทลิ่ง (Tiling) ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการอ่านข้อมูลสำหรับแมพเซิร์ฟเวอร์ได้ไทลิ่งเป็นการตัดแบ่งข้อมูลออกเป็นส่วนย่อยตามขอบเขตภูมิศาสตร์ เช่น การตัดแบ่งตามระวางแผนที่มาตรฐาน การตัดแบ่งตามขอบเขตการปกครอง การทำไทลิ่ง จะทำให้ข้อมูลมีขนาดเล็กลง เมื่อผู้ใช้เรียกดูแผนที่ในบริเวณดังกล่าวแมพเซิร์ฟเวอร์ ก็จะสามารถอ่านเข้ามาและประมวลผลได้อย่างรวดอย่างไรก็ตามไทลิ่งทำให้ Topology และความ ต่อเนื่องของเวคเตอร์ขาดต่อกัน ดังนั้น เทคนิคการทำไทลิ่งสำหรับเวคเตอร์จะใช้ได้ผลดีเมื่อต้องการแสดงแผนที่อย่างรวดเร็วแต่อาจจะไม่เหมาะสำหรับการ

รูป 2.5 การแบ่งข้อมูลเวคเตอร์ชนิดไทลิ่ง ก) ข้อมูล ข) ตามภูมิภาค และ ค) ตามจังหวัด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิเคราะห์เครือข่ายที่ข้าม Tile ในชุดโปรแกรมอรรถประโยชน์ที่ให้มากับชุดซอฟต์แวร์มินเนโซต้า แมพเซิร์ฟเวอร์ ยังมีซอฟต์แวร์ที่ทำหน้าที่สร้างดัชนี (Index) ให้กับเชพไฟล์ อีกด้วย การทำดัชนีเป็นการเรียงลำดับองค์ประกอบของข้อมูลตามตำแหน่งทำให้เร่งการค้นหา การแสดงผลเทคนิคที่ซอฟต์แวร์มินเนโซต้า แมพเซิร์ฟเวอร์ ใช้เรียกว่า Quadtree Spatial Indexing ดังนั้นก่อนที่จะนำข้อมูลเวคเตอร์ให้บริการผ่านเว็บก็ควรทำดัชนีเสียก่อนสำหรับข้อมูลราสเตอร์การทำปิรามิดข้อมูลสามารถทำได้โดยการ Subsampling ราสเตอร์ให้มี Ground Sampling Distance (GSD) ลดลงทีละครึ่ง ซึ่งจะทำให้ขนาดราสเตอร์มีมิติเล็กลงด้านละครึ่ง หรือข้อมูลจะมีขนาดเล็กลงเหลือเพียงหนึ่งในสี่ของปริมาณข้อมูลเดิม การทำปิรามิดสำหรับราสเตอร์จะทำไปเรื่อยๆ จนกระทั่ง “เล็กพอเพียง” โดยการวิเคราะห์อนุกรมไบโนเมียลจะได้ว่าผลรวมของปริมาณข้อมูลหลังการลดทอนข้อมูลราสเตอร์ให้มีมิติลดลงทีละครึ่งหนึ่ง จะทำให้มีข้อมูลเพิ่มขึ้นจากเดิมที่ต้องจัดเก็บเพิ่มเติมเป็น 1.33 เท่าหรือเพิ่มขึ้น 33%



รูป 2.6 การทำปิรามิดสำหรับข้อมูลแบบราสเตอร์

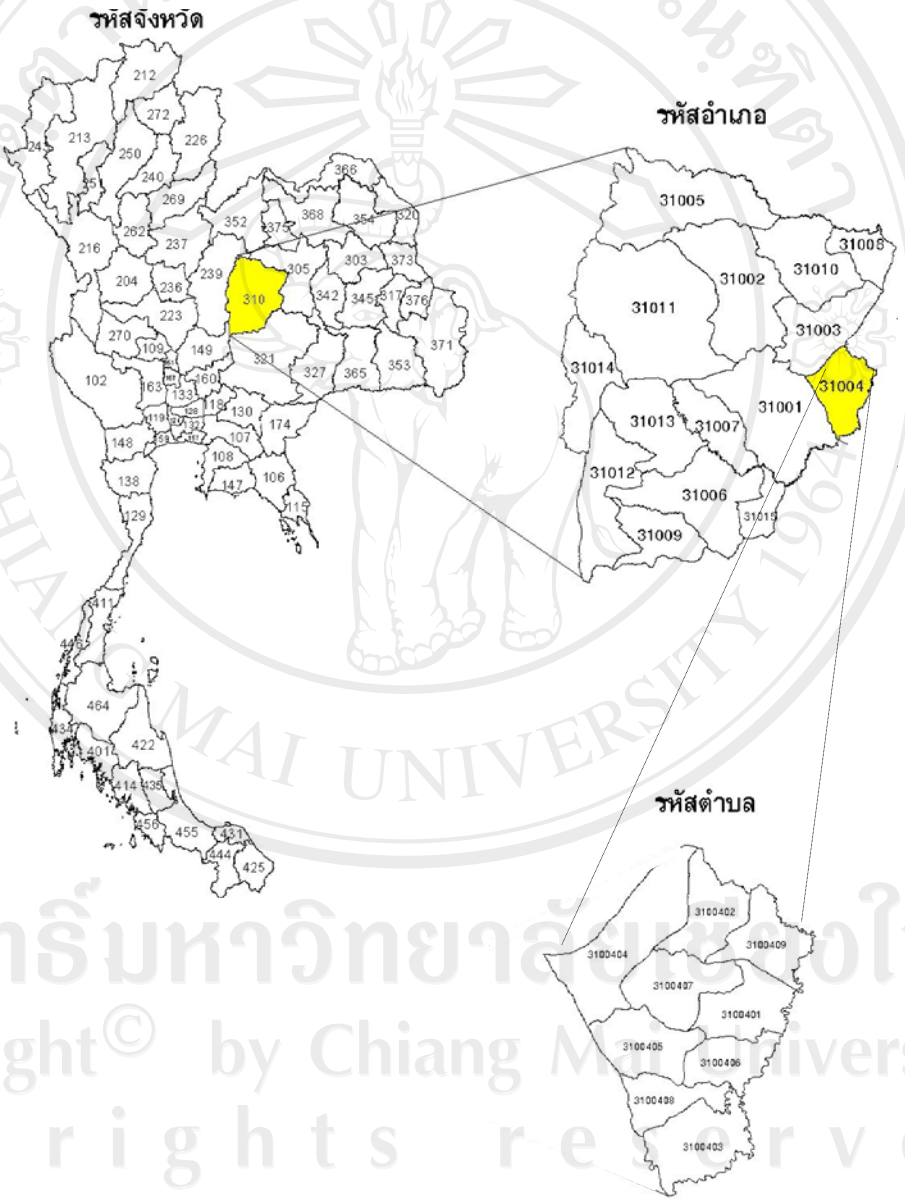
นอกจากนี้ยังสามารถใช้เทคนิคการแบ่งข้อมูลออกเป็นระวางย่อยเช่นเดียวกับไทลิ่ง โดยในการทำไทลิ่งในซอฟต์แวร์มินเนโซต้า แมพเซิร์ฟเวอร์ ก็จะมีโปรแกรมช่วยในการนี้ที่ช่วยตัดแบ่งราสเตอร์ออกเป็นระวางย่อยและทำการสรุปรวบรวมค่าพิกัดขอบเขตของระวางราสเตอร์ใหม่ให้เป็นตารางและมีการเชื่อมต่อกับชื่อระวางย่อย แล้วจัดเก็บในรูปแบบแฟ้ม Dbase เพื่อทำตารางของขอบเขตภูมิศาสตร์และไดเรกทอรี (Directory)ไปสู่แฟ้มข้อมูลราสเตอร์ เช่นกับการทำแคตตาลอก (Catalogue) ของราสเตอร์ใน ArcView

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3.5 ความสามารถในการทำงานร่วมกับข้อมูลแบบเวกเตอร์

ปกติซอฟต์แวร์มินเนโซต้า แมพเซิร์ฟเวอร์ ออกแบบทำงานร่วมกับไฟล์เวกเตอร์รูปแบบเชพไฟล์สามารถอ่านข้อมูลได้ทั้ง ข้อมูลแบบเป็น จุด เส้น และรูปปิด นอกจากนี้ยังสามารถติดต่อข้อมูลแบบเวกเตอร์ในรูปแบบอื่นได้อีกโดยอาศัย มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบโอจีอาร์ (OGR)

โดยโอจีอาร์ เป็นไลบราลี่ที่เป็นรหัสเปิด ที่พัฒนาบนภาษาซีพลัสพลัส (C++) ใช้สำหรับเปิดหรือเข้าถึงข้อมูลแบบเวกเตอร์ในรูปแบบต่างๆรวมทั้งไฟล์รูปแบบเชพไฟล์เพื่อความสะดวกในการใช้งานเนื่องจากไม่ต้องทำการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบ เชพไฟล์ก่อนใช้งานในซอฟต์แวร์มินเนโซต้า แมพเซิร์ฟเวอร์ โดยโอจีอาร์รองรับการเชื่อมต่อข้อมูลเวกเตอร์ เช่น ESRI Shape file, Mapinfo TAB and MIF/MID files, OGDI vectors, IHO S-57 dataset, PostgreSQL

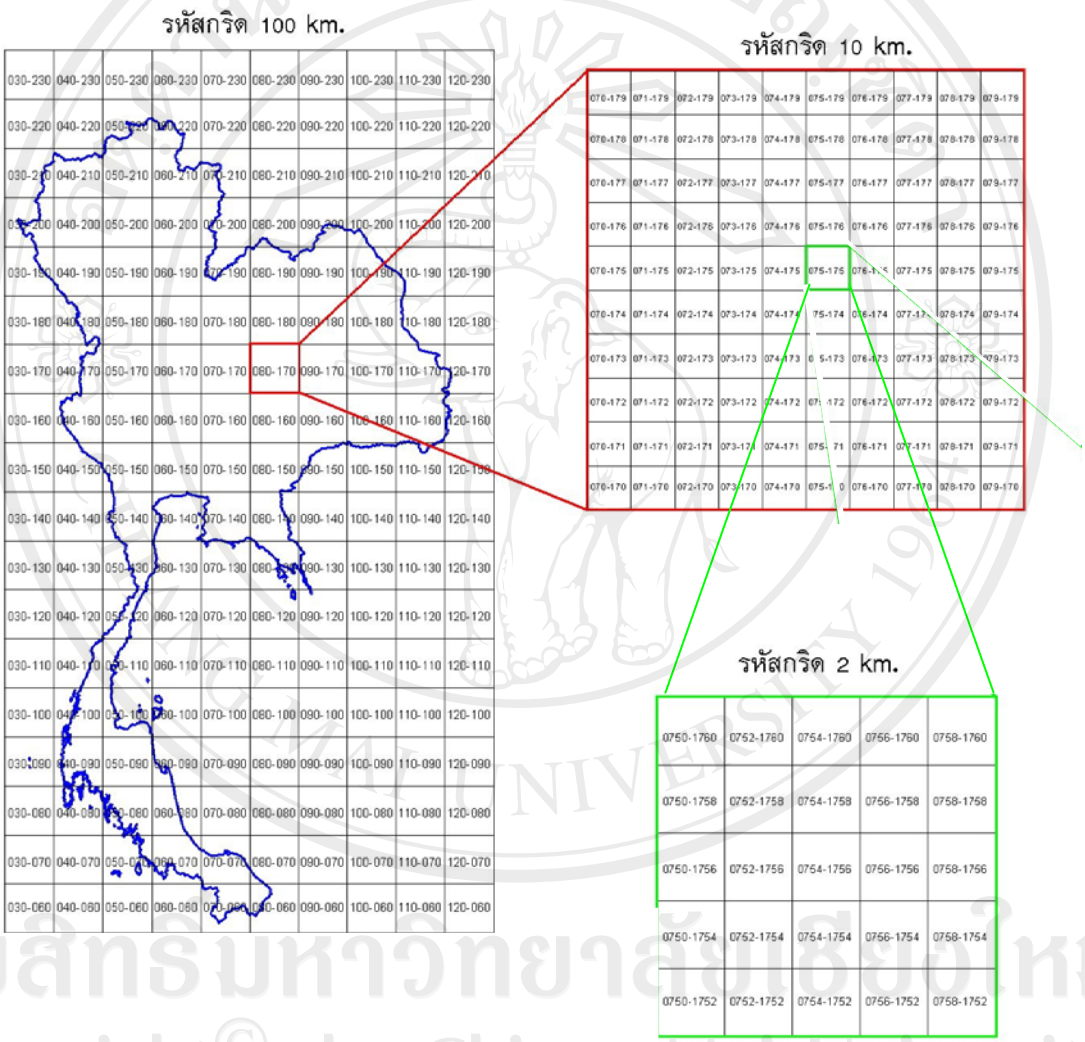


รูป 2.7 ภาพโครงสร้างการจัดเก็บข้อมูลเวกเตอร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3.6 ความสามารถในการทำงานร่วมกับข้อมูลแบบราสเตอร์

ซอฟต์แวร์มินเนโซต้า แมพเซิร์ฟเวอร์ สามารถแสดงข้อมูลราสเตอร์หลากหลายรูปแบบบนแผนที่ที่สร้างขึ้น รูปแบบไฟล์ของข้อมูลราสเตอร์ที่สามารถใช้งานบนซอฟต์แวร์มินเนโซต้าแมพเซิร์ฟเวอร์ เช่น TIFF หรือ GeoTIFF, GIF, PNG, JPEG



รูป 2.8 ภาพโครงสร้างการจัดเก็บข้อมูลราสเตอร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นอกจากการเชื่อมต่อไฟล์ข้อมูลราสเตอร์แบบมาตรฐานแล้วซอฟต์แวร์มินเนโซต้า แมพเซิร์ฟเวอร์ ยังสามารถเชื่อมต่อข้อมูลราสเตอร์รูปแบบอื่นโดยอาศัยไลบราลี่ GDAL ในการเชื่อมต่อ GDAL มีความสามารถในการเชื่อมต่อข้อมูลแบบราสเตอร์สูงกว่าการเชื่อมต่อข้อมูลราสเตอร์แบบมาตรฐานของซอฟต์แวร์มินเนโซต้า แมพเซิร์ฟเวอร์ ข้อมูลแบบราสเตอร์ที่ GDAL สามารถติดต่อได้มีดังนี้ TIFF/GeoTIFF: GDAL สามารถติดต่อข้อมูล TIFF หรือ GeoTIFF ได้เช่นเดียวกับซอฟต์แวร์มินเนโซต้า แมพเซิร์ฟเวอร์

- แมพเซิร์ฟเวอร์ แต่ยังรองรับไฟล์ TIFF หรือ GeoTIFF
- VRT: Virtual Raster
- NITF: National Imagery Transmission Format
- ไฟล์อิมเมจ ของโปรแกรม ERDAS นามสกุลไอเอ็มจี (.img)
- ELAS
- Arc/Info ASCII Grid
- DTED
- PNG
- JPEG
- GIF
- MEM: In Memory Raster
- BSB: Maptech BSB Nautical Charts
- XPM: X11 PixMap
- BMP
- ECW: ERMapper Compressed Wavelets
- HDF4
- PNM: Portable Pixmap
- ENVI ข้อมูลนามสกุล (.img) จากโปรแกรม ENVI
- PAux: PCI .aux Labelled
- MFF: Atlantis MFF Raster
- MFF2: Atlantis MFF2 (HKV) Raster
- JPEG-2000
- FIT

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ไพศาล สันติธรรมนนท์ (2550) ได้อธิบายว่า ซอฟต์แวร์มินเนโซต้า แมพเซิร์ฟเวอร์ เป็นเซิร์ฟเวอร์แผนที่ที่ครอบคลุมการใช้งานที่กว้างขวาง รองรับโครงสร้างข้อมูลจีไอเอสขนาดใหญ่ทั้งเวกเตอร์และแรสเตอร์ ซอฟต์แวร์มินเนโซต้า แมพเซิร์ฟเวอร์ เป็นซอฟต์แวร์ที่พัฒนาโดยกลุ่มนักพัฒนาหลักจากมหาวิทยาลัยมินเนโซต้า (University of Minnesota) และ Department of Mineral Resource โดยซอฟต์แวร์มินเนโซต้า แมพเซิร์ฟเวอร์ สามารถใช้งานเป็นซีจีไอเพื่อสร้างเว็บไซต์บริการแสดงข้อมูลแผนที่ (web map service) ตามมาตรฐานโอจีซี (Open GIS Consortium – OGC) โดยรองรับมาตรฐานส่วนที่ให้บริการข้อมูลในส่วนของข้อมูลภาพ (Web Mapping Service - WMS) , ส่วนที่ให้บริการข้อมูลในส่วนของข้อมูลที่เป็นเว็คเตอร์ (Web Feature Service - WFS), WCS, SLD และ FE ล่าสุดมีการรองรับ Senser-Oriented Service (SOS) ที่สำคัญได้แก่ GeoRSS อีกด้วย ซึ่งถือได้ว่าเป็นซอฟต์แวร์เซิร์ฟเวอร์แผนที่ที่สมบูรณ์ที่สุด สามารถรองรับข้อมูลขนาดใหญ่ โดยการจัดโครงสร้างข้อมูลเป็นลักษณะไทลิ่งและปิรามิด (Pyramid) เพื่อช่วยลดภาระระบบในการย่อขยายภาพ เลื่อนภาพ ตลอดจนส่งภาพไปยังปลายทางผู้ใช้ได้อย่างรวดเร็ว

กรมทรัพยากรธรณี (2549) ระบุว่าซอฟต์แวร์มินเนโซต้า แมพเซิร์ฟเวอร์ เป็นซอฟต์แวร์แบบซอฟต์แวร์รหัสเปิด สามารถดาว์นโหลดโปรแกรมสำหรับใช้งานและซอร์สโคดได้ทางอินเทอร์เน็ตที่ http://mapserver.gis.umn.edu/ ซอฟต์แวร์มินเนโซต้า แมพเซิร์ฟเวอร์ สร้างพัฒนาขึ้นที่มหาวิทยาลัย มินเนโซต้า ประเทศสหรัฐอเมริกา พัฒนาซอฟต์แวร์ขึ้นด้วยภาษาซี ทำงานแบบซีจีไอ สคริปท์ โดยอาศัยเซิร์ฟเวอร์อินเทอร์เน็ตในการใช้งานซีจีไอ สคริปท์ สามารถทำงานได้ทั้งบนระบบปฏิบัติการ วินโดว์ ลีนุกซ์และยูนิกส์ ซอฟต์แวร์มินเนโซต้า แมพเซิร์ฟเวอร์ อาศัยไลบรารี่ของซอฟต์แวร์รหัสเปิด อื่นๆอีกหลายซอฟต์แวร์ ในการทำงานตั้งแต่การติดต่อข้อมูลในรูปแบบต่างๆ การติดต่อฐานข้อมูล รวมไปถึงการแสดงผลเป็นรูปภาพและตัวอักษรในไฟล์รูปแบบต่างๆ ซอฟต์แวร์มินเนโซต้า แมพเซิร์ฟเวอร์ได้พัฒนาเรื่อยมาจนปัจจุบันพัฒนามาจนถึงเวอร์ชัน 4.8 (มกราคม 2549)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พงษ์ศักดิ์ ติยานันทิ และชัยภัทร เนื่องคำมา (2548) อธิบายหลักการทำงานของซอฟต์แวร์มินเนโซต้า แมพเซิร์ฟเวอร์ ว่าเมื่อผู้ใช้ร้องขอมาในรูปแบบซีจีไอ แล้วซอฟต์แวร์มินเนโซต้า แมพเซิร์ฟเวอร์ ได้รับคำสั่งผ่านกลไกซีจีไอ แมพเซิร์ฟเวอร์ (CGI Map Server) จากนั้นจะอ่านแมพไฟล์ (Mapfile) เข้ามาซึ่งหน้าที่หลักของแมพไฟล์ คือการกำหนดว่าจะต้องมีการอ่านข้อมูล

สารสนเทศภูมิศาสตร์ใดบ้าง อ่านอย่างไร แสดงผลอย่างไรแมพไฟล์ ประกอบด้วยชุดคำสั่งที่ออกแบบเป็นเชิงวัตถุ 15 ชั้น (Classes) เมื่อมีการอ่านแมพไฟล์เข้ามาแล้วจากนั้นซอฟต์แวร์มินเนโซต้า แมพเซิร์ฟเวอร์ ก็จะส่งภาพบิตแมพให้กับผู้ใช้ปลายทางนอกจากนี้หากในแมพไฟล์มีการระบุ Template file ที่เป็น HTML และมี Template variable ที่ทำหน้าที่รับคำสั่งข้อมูลกับแมพเซิร์ฟเวอร์ ซึ่งด้วยหลักการนี้ผู้ใช้สามารถใช้เครื่องมือในการพัฒนาเว็บเพจทั่วไป ในการพัฒนารูปแบบของโปรแกรมประยุกต์ที่ใช้งานร่วมกับซอฟต์แวร์มินเนโซต้า แมพเซิร์ฟเวอร์ ได้ การแสดงตัวอักษรสามารถรียกใช้ True Type Font ซึ่งทำให้สะดวกในการเลือกแบบอักษรรวมทั้งสามารถแสดงผลภาษาไทยได้

อภิชัย หมุดใหม่ (2549) ได้กล่าวถึงการศึกษาและพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อการบริหารการศึกษา สำหรับใช้สืบค้นตำแหน่งที่ตั้งโรงเรียนในเขตพื้นที่การศึกษาอุตรดิตถ์เขต 2 โดยพัฒนาโปรแกรมในรูปแบบของเว็บไซต์ในลักษณะแมพเซิร์ฟเวอร์โดยใช้ซอฟต์แวร์มินเนโซต้า แมพเซิร์ฟเวอร์ ซึ่งเป็นชุดซอฟต์แวร์รหัสเปิด และใช้ภาษาพีเอสพี ในการติดต่อกับฐานข้อมูล PostgreSQL การแสดงผลของโปรแกรมผ่าน เว็บไซต์ โปรแกรมสามารถค้นหา บันทึก เพิ่ม ลบ แก้ไขข้อมูลโรงเรียน รวมถึงการแสดงแผนที่แสดงชั้นข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ต่างๆ ได้แก่ จุดที่ตั้งโรงเรียน จุดที่ตั้งสถานที่สำคัญ ขอบเขตตำบล ชั้นความสูงถนน แม่น้ำ แหล่งน้ำ ขอบเขตอำเภอ หลังจากการพัฒนาโปรแกรมผู้ศึกษาได้ทำการทดสอบและประเมินผลการใช้งานกับผู้ใช้งานจำนวน 10 คน พบว่าผู้ใช้งานมีความคิดเห็นว่าโปรแกรมดังกล่าวมีประโยชน์สามารถนำไปใช้งานได้จริงและสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้เป็นอย่างดี แต่การศึกษานี้ยังมีข้อจำกัดในส่วนซอฟต์แวร์มินเนโซต้า แมพเซิร์ฟเวอร์ที่ต้องพัฒนาฟังก์ชั่นต่างๆขึ้นมาใช้เองซึ่งค่อนข้างยากทำให้การพัฒนาโปรแกรมใช้เวลามาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved