บทที่ 2
สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ป่าไม้ เป็นระบบที่ประกอบด้วยการ จัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) ข้อมูลเชิงบรรยาย (Attribute Data) และในส่วนของการสืบค้น (Retrieval) และการแสดงผล (Display) ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ และส่วนติดต่อกับผู้ใช้เพื่อให้ผู้ใช้ประโยชน์จากระบบสารสนเทศ สามารถเรียกแสดงผลข้อมูลสารสนเทศทั้งหมดได้ ดังนั้นในการจัดสร้างระบบสารสนเทศนั้น ต้องคำนึงถึงการศึกษาถึงองค์ประกอบทั้งหมดของระบบสารสนเทศและการจัดสร้างระบบเพื่อให้เกิดความเข้าใจในเบื้องต้น ดังนี้

2.1 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

2.1.1 ความหมายของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

มีผู้กล่าวถึงนิยามของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ไว้หลายความหมายดังต่อไปนี้

Geographic Information Systems (GIS) **:** ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นระบบฐานข้อมูลที่มีความสามารถในการจัดเก็บข้อมูล การค้นหาข้อมูลตลอดจนการวิเคราะห์และแสดงผลข้อมูล มักจะประกอบไปด้วยข้อมูลสองประเภทใหญ่คือ ข้อมูลเชิงตำแหน่ง (Spatial Data) และข้อมูลเชิงบรรยาย (Attribute Data)

สมพร สง่าวงศ์ (2544) ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์(Geographic Information System ,GIS) เป็นวิชาที่เกี่ยวข้องกับ การค้นหา การจัดเก็บ การจัดการ และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงตำแหน่ง (Spatial Data) และข้อมูลเชิงลักษณะ (Attribute Data) ตลอดจนการแสดงผลข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ ในรูปแบบต่างๆ เช่น แผนที่ และตาราง และการจัดทำแบบจำลอง เพื่อช่วยให้ผู้ที่เกี่ยวข้องนำไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ศิระ โอภาสพงษ์ (2542) ได้กล่าวถึงสมรรถนะและนัยเชิงกลยุทธ์ของเทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์ไว้ว่า ระบบ GIS (Geographic Information System) เป็นเทคโนโลยีที่สามารถนำไปใช้เพื่อดึงคลังสารสนเทศ ซึ่งมีอยู่แล้วในตำแหน่งที่อยู่ รวมทั้งข้อมูลต่างๆ ในนั้น ซึ่งพูดถึงตำแหน่งที่ตั้ง (รหัสไปรษณีย์ รหัสประจำประเทศ เส้นรุ้ง เส้นแวง เป็นต้น) GIS เป็นระบบสนับสนุนการจัดการ การวิเคราะห์ และการตัดสินใจข้อมูล โดยสร้างแพลทฟอร์มหนึ่งขึ้นมาจากข้อมูลที่ได้รับและนำมาผสมผสานกันเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ (แผนที่) เพื่อสร้างความหมายให้แก่ตำแหน่งที่ตั้งหนึ่งๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ป่าไม้

ดร.สุวิทย์ วิบูลย์เศรษฐ์ (2536) กล่าวว่าประเทศไทยได้นำข้อมูลจากดาวเทียมสำรวจทรัพยากรมาใช้ในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศในหลายสาขาและได้สร้างองค์กรและบุคลากรที่มีความสามารถในการนำเทคโนโลยีมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพ และอาศัยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และเครื่องมืออื่นๆ ที่ใช้ประโยชน์ร่วมกัน และในส่วนของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในประเทศไทย หากได้มีการประสานร่วมมือกัน อย่างเต็มที่แล้ว ประเทศไทยก็พร้อมที่จะก้าวไปข้างหน้าด้วยความมั่นคง

อภิรดี สรวิสูตร (2543) ได้ทำการศึกษา การใช้ที่ดิน และสิ่งปกคลุมดินบริเวณพื้นที่ชายแดนไทย – ลาว ซึ่งได้อาศัยการประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และใช้ข้อมูลดาวเทียมต่างระดับความละเอียด มาช่วยในการศึกษา เพื่อเปรียบเทียบความสามารถของข้อมูลระยะไกล (Remote Sensing) ในการจำแนกการใช้ที่ดิน และสิ่งปกคลุมดิน ผลการศึกษาพบว่า ข้อมูลดาวเทียม สามารถอธิบายรูปแบบเชิงคลื่น และแสดงลักษณะสัมพันธ์ด้านการจำแนกประเภทเชิงพื้นที่ (Spatial Thematic Classification) ทำให้เห็นการใช้ประโยชน์ร่วมกันของข้อมูลดาวเทียมต่างระดับมาตราส่วน ที่เชื่อมกันได้หลายระดับ และสามารถคำนวณ ความหนาแน่นของประชากรจำนวนพื้นที่ที่สามารถใช้ประโยชน์ ต่อประชากร ศักยภาพการใช้ประโยชน์พื้นที่ป่าไม้ ฯลฯ

สรุปได้ว่า ผลการศึกษา แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการใช้ประโยชน์ข้อมูลดาวเทียมร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ว่าสามารถนำมาใช้ประโยชน์ร่วมกันได้

wolfgang Irsen ,Stefan Sandman (1996) ได้ทำการค้นคว้าในนามของ German Surveying mapping Agencies ซึ่งค้นคว้าในเรื่องที่จะทำการปรับแก้ความสามารถของเครื่องบอกพิกัด (Global Positioning System ,GPS) ที่เกิดความคลาดเคลื่อนในการบอกพิกัด ในระยะที่มากน้อยแตกต่างกัน โดยในส่วนของการศึกษาวิถีทางที่จะแก้ปัญหาในส่วนนี้ ได้ทดลองใช้ระบบ RASANT (Radio Aided Sattlelite Navigation Technique) จะเป็นรูปแบบการใช้คลื่นสัญญาณ UHF ในการช่วยปรับแก้ค่าพิกัดที่เกิดความคลาดเคลื่อนของค่าพิกัดได้ไม่เกิน 3 เมตร โดยอาศัยเครื่องมือหลายประเภท เช่น แผนที่ดิจิตอล คอมพิวเตอร์ เครื่อง GPS และเครื่องรับสัญญาณวิทยุ เป็นต้น

Jean Wolfsack (1996) ได้ทำการศึกษาการผสมผสานข้อมูลหลายๆรูปแบบให้อยู่ในรูปแบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ โดย Corine Land Cover Project ที่สร้าง Thematic Map โดยสร้างขึ้นและแยกประเภทของประเภทเป็น 44 ประเภท อาศัยข้อมูลจากดาวเทียมความละเอียดสูง ในมาตราส่วน 1:100000 และองค์กร National Forrest Inventory (IFN) ได้สร้าง Database ที่ประกอบด้วยภาพถ่ายทางอากาศ และข้อมูลจากการวัดค่าต่างๆ แผนที่ Cartographic 1:25000 จากการที่ข้อมูล

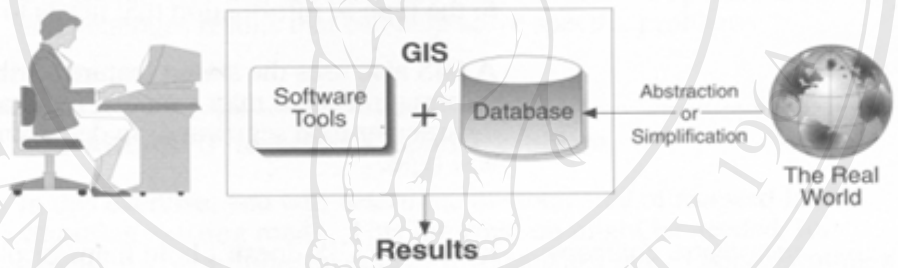
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

อยู่ในรูปแบบข้อมูลหลายรูปแบบ และหลายมาตราส่วน จึงต้องให้มีการ เปลี่ยนแปลง ปรับแก้รูปแบบข้อมูลต่างๆ ซึ่งมี ขั้นตอน 3 ขั้นตอน คือ

Level 1. จัดการข้อมูล Input หลายๆรูปแบบ ให้อยู่ในรูปแบบที่โปรแกรมทางด้าน GIS ประมวลผลได้

Level 2. จัดการโครงสร้างข้อมูล Raster ด้วยโปรแกรมทางด้าน Image Processing

Level 3. Raster Format Database จะเชื่อมโยงกับข้อมูล คุณลักษณะ โดยการจัดการโดย GIS และ Relation Database Management Software



รูป 2.1 แสดงระบบการทำงานของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

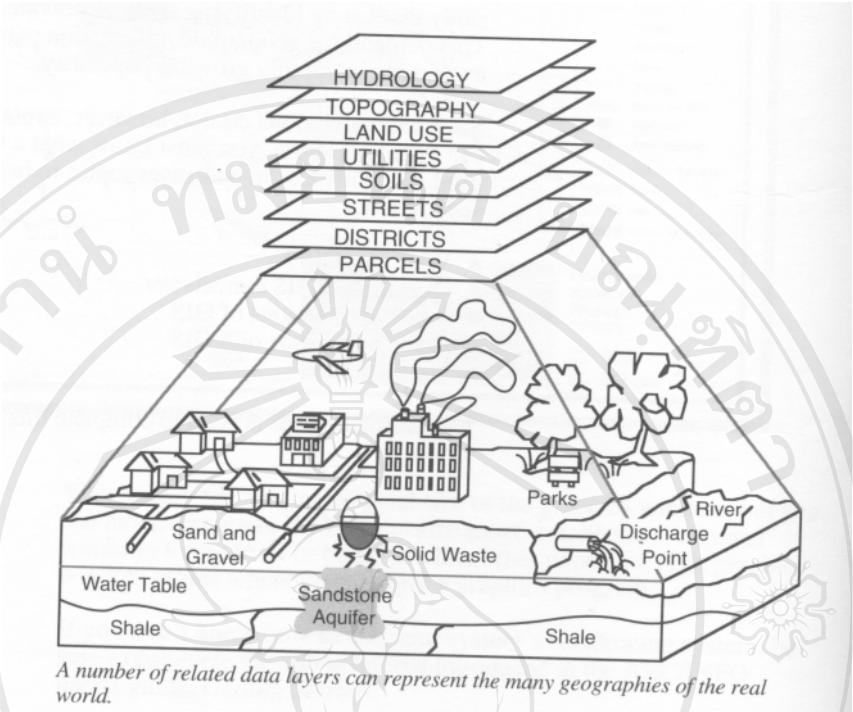
2.1.2 หน้าที่หลักของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นระบบสารสนเทศชนิดหนึ่ง ที่ประกอบด้วยหน้าที่หลักๆ ที่สำคัญดังต่อไปนี้

1. หน้าที่การจัดเก็บรวบรวมข้อมูล

เป็นหน้าที่ทางด้านหนึ่งของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงกับการจัดเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกันในเชิงพื้นที่ ซึ่งในกรณีของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ป่าไม้ จะต้องเกี่ยวข้องกับข้อมูล บริเวณที่ตั้งของป่าไม้ ลักษณะพืชพรรณ การใช้ประโยชน์ที่ดิน ขอบเขตของป่าไม้ ถนน ทางน้ำ เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 2.2 การจัดเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่ของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

2. การเก็บบันทึกและการเรียกค้นข้อมูล (Data Storage and Retrieval)

ในการที่จะสามารถจัดเก็บบันทึกข้อมูลเพื่อเข้าสู่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์นั้น สิ่งที่เป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึง คือการที่จะต้องมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะข้อมูล เนื่องจากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นระบบที่ใช้ข้อมูลในเชิงตัวเลข (Digital Data) โดยข้อมูลเชิงพื้นที่เป็นข้อมูลทั่วไปในรูปแบบ แผนที่ เอกสาร ขอมูลภาพ ซึ่งเป็นข้อมูลเชิง Analog จึงต้องมีการแปลงข้อมูลเหล่านี้ให้เป็นข้อมูลเชิงตัวเลข (Digital) ในขั้นตอนเหล่านี้ประกอบด้วยวิธีการ การใช้เครื่องมือที่เรียกว่า ดิจิไทซ์เซอร์ (Digitizer) หรือใช้วิธีการสแกน ด้วยสแกนเนอร์ (Scanner)นอกจากนี้ยังสามารถนำเข้าข้อมูลตัวเลขจากแหล่งข้อมูลอื่นๆ เช่น ข้อมูลจากดาวเทียม ข้อมูลจากเอกสารต่างๆตามรูปแบบที่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ สามารถรับเข้าสู่ระบบได้โดยตรง ประเภทของข้อมูลที่ป้อนเข้าสู่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ มีดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.) ข้อมูลเชิงพื้นที่

เป็นข้อมูลที่ระบุตำแหน่งพิกัดที่ตั้ง ซึ่งเป็นข้อมูลสามารถอ้างอิงถึงตำแหน่งที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ (Geo-Referenced) และถือเป็นข้อมูลที่สำคัญอันดับต้นๆของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยประกอบด้วย แผนที่ต่างๆ เช่นแผนที่มาตราส่วน1 :50000 แผนที่มาตราส่วน1:1000 แผนที่ ดิจิตอล เป็นต้น

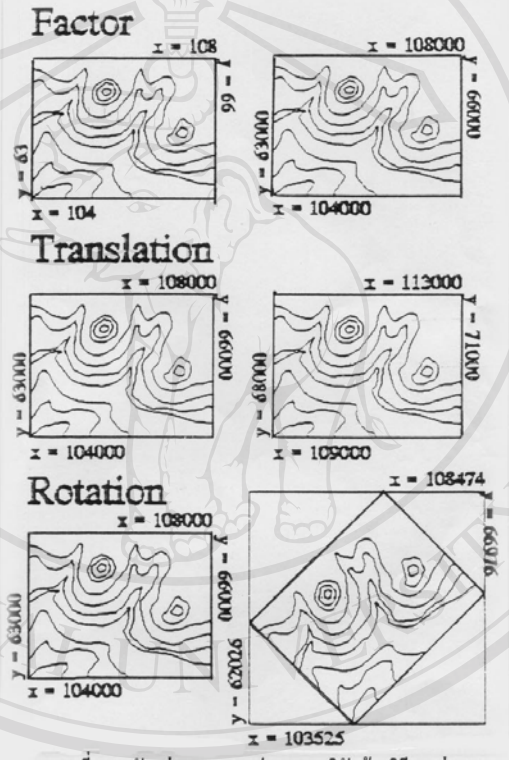
2.) ข้อมูลที่ไม่อยู่ในเชิงพื้นที่ (Non-Spatial Data)

เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะต่างๆ แต่ยังคงเกี่ยวข้องกับพื้นที่นั้นๆ (Associated Attributes) ข้อมูลเหล่านี้ ข้อมูล ชนิดของป่า ลักษณะพืชพรรณ คุณสมบัติของการป้อนข้อมูลเข้าสู่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนย่อยดังนี้

2.1)ป้อนข้อมูลเชิงพื้นที่สู่ระบบโดยวิธีการแปลงข้อมูลเชิงตัวเลขด้วยวิธีการดิจิไทซ์ (Digitize) หรือสแกน (Scan) เข้าไปซึ่งจะทำได้โดยการกำหนดจุดค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ (Ground Control Point) ตามระบบโครงข่าย(Projection)ต่างๆ ที่มีอยู่ส่วนมากมักจะใช้ค่าละติจูด (Latitude) ลองกิจูด (Longitude) และ ระบบยูทีเอ็ม (UTM : Universal Transverse Mercator)

2.2) เชื่อมข้อมูลทั้งสองประเภทข้างต้นเข้าด้วยกันด้วยระบบซอฟต์แวร์ทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งในแต่ละระบบอาจมีวิธีการจัดการกับข้อมูลในแต่ละขั้นตอนต่างกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับซอฟแวร์ที่ใช้ เช่น ArcView Arc/nfo ILLWIS เป็นต้น ต่างก็เป็นซอฟต์แวร์ที่เอื้ออำนวยให้สามารถสร้างแผนที่วิเคราะห์แสดง และจัดเก็บการกับข้อมูลแผนที่ได้ ซึ่งในแต่ละโปรแกรมต่างก็มีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป

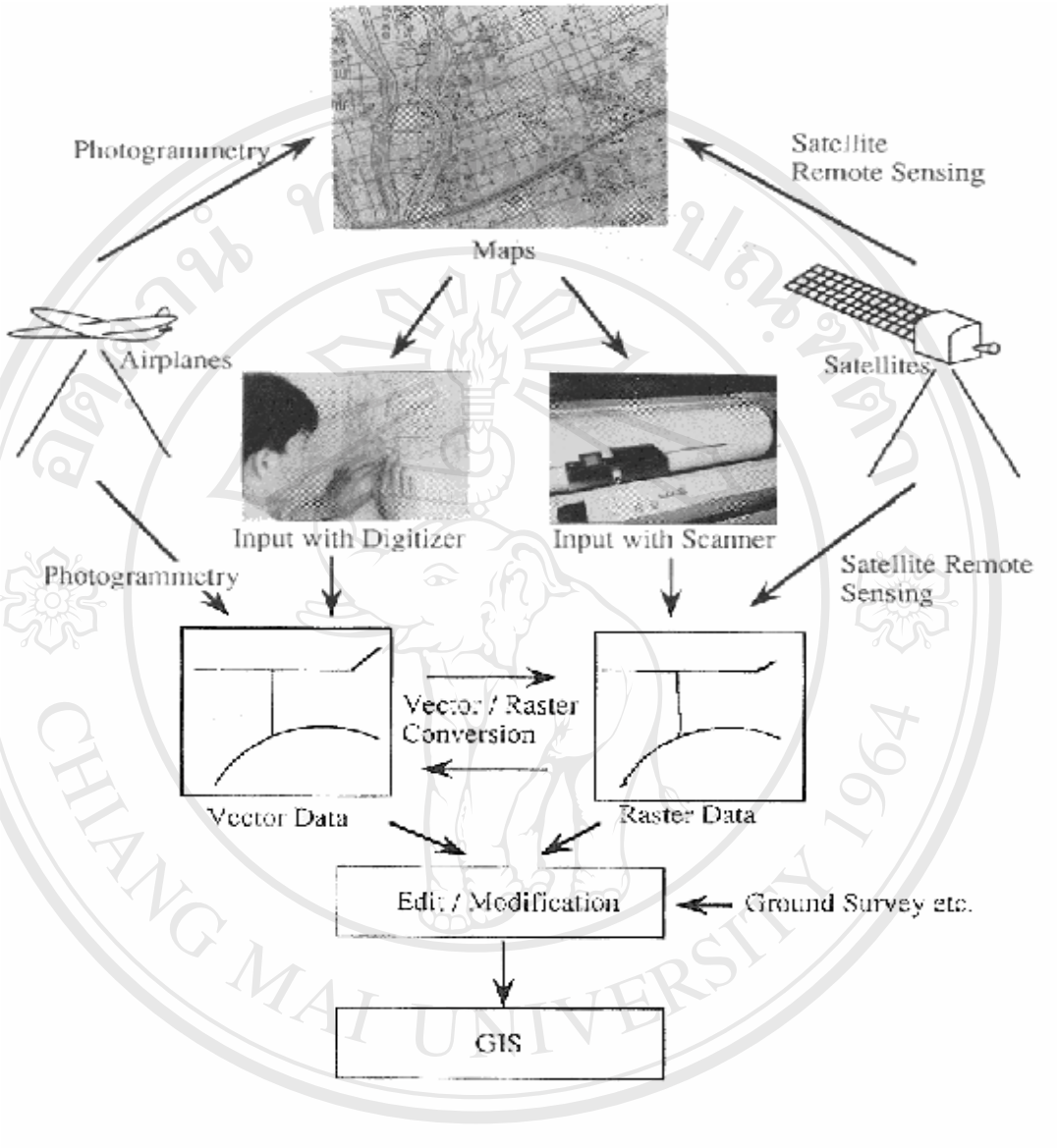
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 3.5 ตัวอย่างของการแปลงระบบพิกัดด้วยวิธีการต่างๆ
ที่มา: van WESTEN (1995)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

รูป 2.3 แสดงการแปลงค่าระบบพิกัดของแผนที่



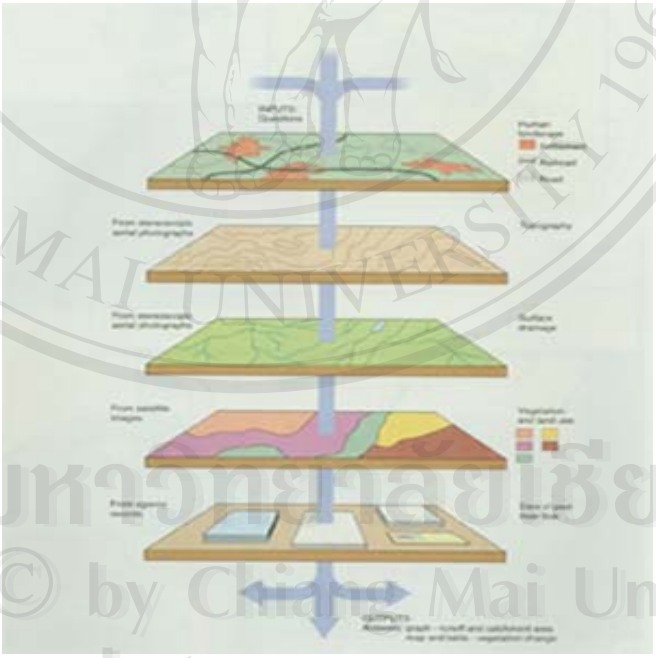
รูป 2.4 แสดงกรรมวิธีนำเข้าและปรับความใหม่ของข้อมูลภูมิศาสตร์

Source: Japan Association on Remote Sensing (1993)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

3. การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis)

การวิเคราะห์ข้อมูลในเชิงของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์นั้น มีวิธีการของการวิเคราะห์ที่แตกต่างจากวิเคราะห์สารสนเทศรูปแบบอื่นๆ เนื่องด้วยข้อมูลของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นข้อมูลรูปแบบเชิงกราฟฟิก ดังนั้นการประมวลผลจึงเป็นการประมวลผลแบบการซ้อนทับ (Overlay) โดยการนำเอาข้อมูลแผนที่ต่างๆที่เก็บไว้ในระบบมาทำการประมวลผลด้วยวิธีการซ้อนทับ (Overlay) และการเชื่อมโยงข้อมูลเชิงพื้นที่กับข้อมูลบรรยายเพื่อทำการวิเคราะห์หรือกำหนดวางแผนการจัดการกับพื้นที่นั้น ๆ เพื่อให้เกิดผลลัพธ์ตามวัตถุประสงค์ของผู้ใช้ตามที่ต้องการ ดังตัวอย่างในรูป 2.5 เป็นตัวอย่างของการวิเคราะห์ข้อมูลแบบซ้อนทับ (Overlay) เพื่ออธิบายถึงการพังทลายของหน้าดิน และการเปลี่ยนแปลงของพืชพรรณ ซึ่งต้องใช้ข้อมูล พื้นที่ตั้งต่างๆที่มนุษย์สร้างขึ้น แผนที่แสดงเส้นชั้นความสูง แผนที่ทางน้ำ แผนที่แสดงพืชพรรณและการใช้ประโยชน์ที่ดิน และจะได้ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์เป็นข้อมูลที่ช่วยในการตัดสินใจเกี่ยวกับกรณีศึกษานั้นๆ



รูป 2.5 การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis) โดยการนำเอาข้อมูลแผนที่ต่างๆ มาทำการประมวลผล ด้วยวิธีการซ้อนทับ (Overlay)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4. การวิเคราะห์ประมวลข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Operation on Data)

ที่สำคัญได้แก่ การแสดงผล (Display) ในรูปแผนที่ การค้นหา (Query) การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (Map Analysis) แบบจำลองที่ตั้ง/ ทำเล (Location/Allocation Model) และรวมถึงกระบวนการวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูลเชิงบรรยาย ของสารสนเทศ

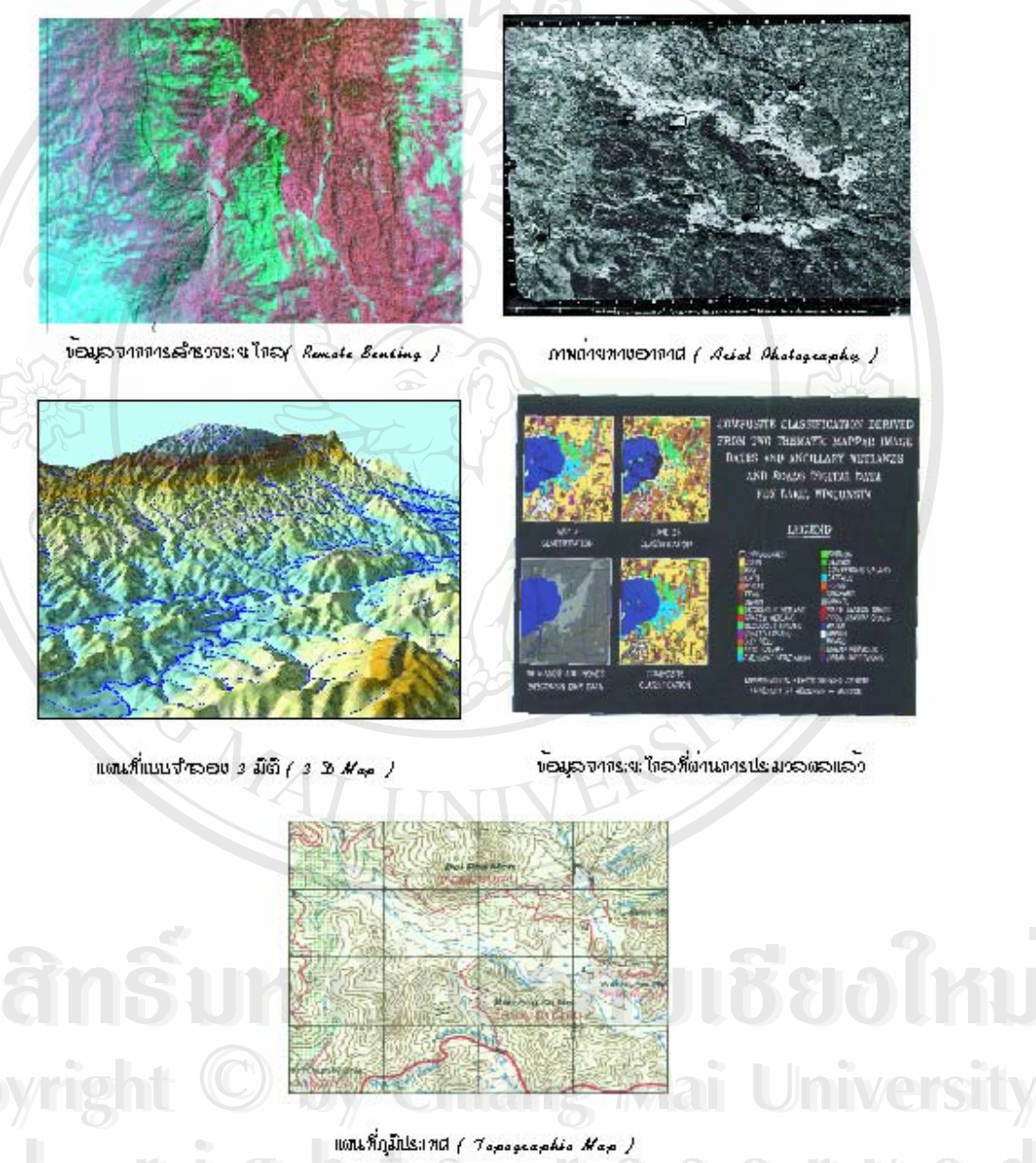
5. การแสดงผลข้อมูล (Data Display)

ในการเรียกค้นข้อมูลหรือผลการวิเคราะห์ข้อมูลในระบบ GIS สามารถแสดงผลออกมาได้ในลักษณะของแผนที่หรือตารางแสดงผลข้อมูลออกมาได้ทั้งในจอคอมพิวเตอร์ หรือจะพิมพ์ออกมาเป็นภาพจัดทำเป็นรายการต่าง ๆ ได้ จะทำได้หลากหลายและสวยงามเพียงใดขึ้นอยู่กับซอฟต์แวร์ที่ระบบ GIS นั้น ๆ ใช้รวมทั้งความสามารถของผู้ใช้ด้วยข้อเด่นของ GIS ในการแสดงผล คือ ความสามารถสร้างภาพที่เหมือนจริง (Visualization) เป็นวิธีการที่สร้างภาพให้เหมือนจริงหรือเสมือนมองเห็นได้ในสภาพจริง ทำให้ผลลัพธ์ออกมาในลักษณะที่สื่อความหมายได้ง่าย เช่น ภาพมุมมองสามมิติ การใช้ระบบมัลติมีเดีย (Multimedia) ช่วยเสริมในระบบ GIS สามารถที่จะทำการแก้ไขข้อผิดพลาดของข้อมูลได้ ไม่ว่าจะเป็นการเพิ่มข้อมูลใหม่เข้าไปรวมหรือซ้อนข้อมูลแผนที่ ปรับปรุงข้อมูล เรียกค้นข้อมูลที่มีลักษณะตามต้องการได้รายงานเกี่ยวกับข้อมูลแผนที่ และตารางพื้นที่ เป็นต้น สิ่งเหล่านี้จะเป็นประโยชน์ในการแสดงผลข้อมูลของระบบ GIS ได้มากขึ้น โดยสรุประบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ครอบคลุมการจัดเก็บข้อมูล การค้นหาข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการแสดงข้อมูล GIS แตกต่างจากระบบข้อมูลประเภทอื่น ๆ ตรงที่ GIS วางอยู่บนรากฐานของการอ้างอิงเป็นค่าพิกัดภูมิศาสตร์ GIS ประกอบด้วยข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลที่ไม่เป็นเชิงพื้นที่ซึ่งบ่งบอกคุณลักษณะต่าง ๆ ของตำแหน่งนั้น ๆ เช่น จำนวนประชากร คุณลักษณะของดิน เป็นต้น GIS ช่วยในการจัดเก็บข้อมูลแผนที่ที่มีปริมาณมาก ให้เป็นไปได้อย่างรวดเร็ว สามารถนำมาใช้ในการตัดสินใจและการวางแผนได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตาม สิ่งที่จะต้องคำนึงอยู่เสมอ คือการใช้ GIS ให้ได้ประโยชน์หรือตอบปัญหาได้ถูกต้องมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับความถูกต้องแม่นยำของข้อมูลเบื้องต้นที่ถูกใส่เข้าไปในระบบ GIS

ดังจะเห็นได้ว่าระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นระบบที่มีศักยภาพในการสนับสนุนการทำงานเชิงพื้นที่ แต่สาเหตุที่ระบบดังกล่าวไม่ได้มีการใช้อย่างแพร่หลายนั้นสืบเนื่องมาจากความซับซ้อนของระบบ ถึงแม้ว่าข้อมูลที่มีการจัดเก็บโดยหน่วยงานต่าง ๆ จะมีอยู่จำนวนมากและมีประโยชน์ต่อการวางแผนและศึกษางานเชิงพื้นที่เพียงใดก็ตาม ดังนั้นหากมีการพัฒนาหรือปรับปรุงให้ระบบดังกล่าวมีการใช้งานที่ง่ายขึ้น ก็จะทำให้ผู้ที่ต้องการใช้ระบบสามารถใช้งานได้โดยไม่ต้องมีการเรียนรู้มากนัก จะทำให้มีความนิยมในการใช้งานระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์อย่างแพร่หลาย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

มากยิ่งขึ้น อันเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนและการพัฒนางานเชิงพื้นที่ให้มีประสิทธิภาพ ถูกต้องแม่นยำ ต่อไป



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

รูป 2.6 แสดงรูปแบบการแสดงข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ในรูปแบบต่างๆ

2.2 การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้

ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ นั้นสิ่งที่สำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่า ฐานข้อมูลสารสนเทศหรือแม้กระทั่ง การวิเคราะห์ข้อมูลนั่นก็คือ ส่วนที่ใช้ติดต่อกับผู้ใช้งานสารสนเทศ หรือ Graphic User Interface ซึ่งนั่นก็หมายถึงว่าการสร้างส่วนติดต่อกับผู้ใช้ที่สะดวกและเหมาะสมกับผู้ใช้งานแล้ว ก็จะทำให้เกิดการใช้ประโยชน์จากระบบสารสนเทศนั้นได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ และก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดนั่นเอง และ ในการออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้ที่ดีนั้นจะช่วยลดความยุ่งยากซับซ้อนในการใช้งานระบบ การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ที่น่าสนใจ และง่ายต่อการใช้งานก็เป็นแนวทางหนึ่งที่จะทำให้ผู้ใช้นิยมใช้งานระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้

งานเขียนที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้

Jacky Hartnett ,Ray William , Paul Crowther and Katrina Hill (1996) Department of Applied Computing & Mathmatic ได้ทำการพัฒนาระบบทางด้าน GIS ในการสร้าง User Interface สำหรับ Application ทางด้าน GIS และพัฒนาระบบ SPARTEX (Spatial System for Remote sensing Tied to an Expert system) สำหรับปฏิบัติงานบน UNIX Workstation และ IBM PCs โดยทำระบบ Expert system สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลทางด้าน Graphic ที่ได้ค่าแต่ละ Pixel ที่สัมพันธ์กับข้อมูลเชิงพื้นที่โดยตรง

Roger S.Pressman (1987) เขียนถึงความสำคัญของการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ไว้ว่า ถ้าซอฟต์แวร์ทำให้ผู้ใช้รู้สึกว่าใช้งานยากทำให้ผู้ใช้ไม่ชอบ จะทำให้ผู้ใช้เกิดข้อผิดพลาดในการใช้งานได้ หรืออาจทำให้ขาดประสิทธิภาพในการทำงานให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ได้ ถึงแม้ว่าซอฟต์แวร์นั้นจะมีความสามารถในการคำนวณ หรือมีฟังก์ชั่นพร้อมสำหรับงานนั้น ๆ เพียงใดก็ตาม เพื่อปลูกสร้างทัศนคติที่ดีต่อผู้ใช้ จึงต้องมีส่วนติดต่อผู้ใช้ที่ออกแบบไว้อย่างถูกต้องจึงถือเป็นส่วนที่สำคัญส่วนหนึ่ง

Theo Mandel (1997) ได้กล่าวถึง “Golden Rules” สามข้อไว้ว่า

1. สนองตอบความต้องการของผู้ใช้ (Place the user in control)
2. ช่วยลดภาระในการจำของผู้ใช้ (Reduce the user’s memory load)
3. ควรมีมาตรฐานของจอภาพเดียวกันตลอดการใช้งาน (Make the interface consistent)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ซึ่งกฎทั้งสามข้อนี้ เป็นแนวทางในการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ให้น่าใช้งานและง่ายต่อการใช้งาน ดังรายระเอียดดังนี้

1.) สนองตอบความต้องการของผู้ใช้ (Place the user in control)

1.1) กำหนดการโต้ตอบหรืออำนวยความสะดวกกับผู้ใช้ในลักษณะที่ไม่กดดันหรือให้ความช่วยเหลือในสิ่งที่ผู้ใช้ไม่ต้องการ

1.2) มีส่วนโต้ตอบที่มีความยืดหยุ่น เนื่องจากผู้ใช้แต่ละคนมีความต้องการใช้งานและปฏิกิริยาโต้ตอบกับระบบที่ต่างกัน เช่น อาจให้ผู้ใช้สามารถใช้ได้ทั้งเมาส์ คีย์บอร์ด หรือสั่งงานด้วยเสียง แต่ก็ไม่จำเป็นเสมอไปว่าการอำนวยความสะดวกเหล่านี้จะทำให้งานง่ายขึ้นเสมอไป เช่นการใช้คำสั่งงานด้วยเสียง หรือใช้คีย์บอร์ดในการวาดภาพเป็นต้น

1.3) ให้ผู้ใช้ยกเลิกการทำงานใด ๆ หรือยกเลิกการกระทำครั้งล่าสุดได้ (Undo)

1.4) อำนวยความสะดวกในการเพิ่มศักยภาพการใช้งานของระบบสำหรับผู้ใช้ที่ต้องการพัฒนาสิ่งอำนวยความสะดวกเพิ่มเติม เช่น macro เพื่อให้ทำงานที่ซ้ำ ๆ แทนผู้ใช้ได้

1.5) ซ่อนส่วนประกอบเชิงเทคนิคไม่ให้มาเกี่ยวข้องกันผู้ใช้ เช่น ไม่ต้องให้ผู้ใช้ถึงกับต้องไปยุ่งกับภาษาเครื่อง หรือต้องป้อนคำสั่งด้วยตนเอง

1.6) ออกแบบให้สามารถปรับแต่งคุณสมบัติต่าง ๆ ได้กับวัตถุโดยตรง เช่น ผู้ใช้สามารถย่อขยายภาพได้โดยการกระทำใด ๆ บนภาพได้เลย

2.) ช่วยลดภาระการในการจำของผู้ใช้ (Reduce the user's memory load)

2.1) ลดการจำในระยะสั้น ควรออกแบบให้ผู้ใช้สามารถเรียกใช้คำสั่งเดิม ๆ ที่เคยเรียกใช้ในเวลาอันสั้น ได้อีกครั้งอย่างรวดเร็ว

2.2) จัดเตรียมค่าเริ่มต้น (Default) ที่จำเป็น และเหมาะสมไว้ ค่าเริ่มต้นควรเป็นค่าที่เหมาะสำหรับการใช้งานโดยทั่วไปของคนส่วนใหญ่ ควรมีการให้สามารถกำหนดสิ่งต่าง ๆ ให้กลับคืนเป็นค่าเริ่มต้นได้ (Reset)

2.3) มีคีย์ลัด (Short Cut) เมื่อผู้ใช้ได้ใช้งานเป็นประจำผู้ใช้จะต้องการความสะดวกในการสั่งงานที่ง่ายและรวดเร็วขึ้น

2.4) การออกแบบส่วนแสดงผลของส่วนติดต่อผู้ใช้ (Layout) ควรอยู่บนพื้นฐานของความเป็นจริง เช่น การออกแบบให้ผู้ใช้ป้อนข้อมูลใบกำกับภาษีก็ควรจะยึดรูปแบบหรือการแสดงผลของใบกำกับภาษีจริง ๆ แทนที่จะให้ผู้ใช้กรอกข้อมูลตามลำดับลงตามช่องต่าง ๆ ที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เตรียมไว้ในรูปแบบที่ไม่เหมือนใบกำกับภาษีจริง แล้วเอาข้อมูลดังกล่าวไปบรรจุไว้ในรูปแบบของใบกำกับภาษีภายหลัง

2.5) ลำดับการให้ข้อมูลต่าง ๆ มีลำดับขั้นที่เหมาะสม ส่วนติดต่อผู้ใช้ควรมีการจัดการอย่างมีลำดับ นั่นหมายถึง หน้าที่ (Task) วัตถุ (Object) และพฤติกรรม (Behavior) หลัก ๆ ควรมีการนำเสนอให้เห็นก่อนและส่วนประกอบอื่น ๆ ที่เป็นรายละเอียดภายใต้สิ่งเหล่านั้น

3.) ควรมีมาตรฐานของจอภาพเดียวกันตลอดการใช้งาน (Make the interface consistent)

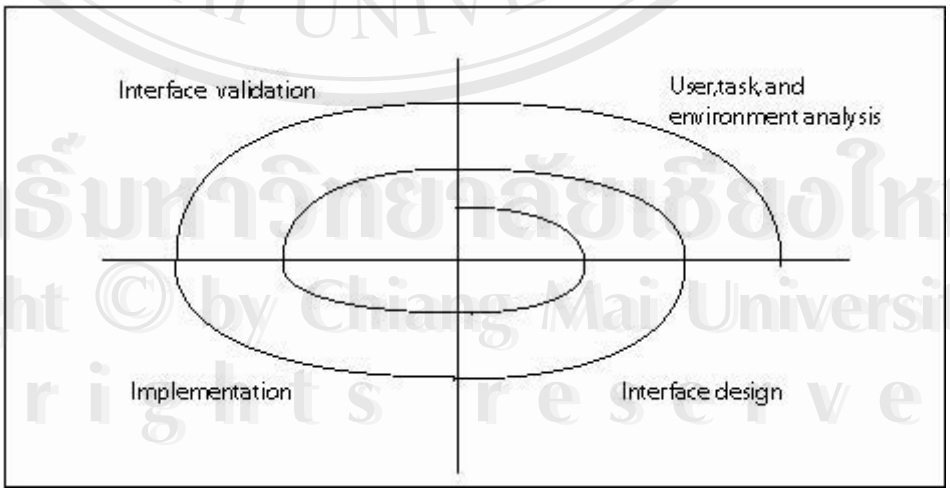
3.1) มีคำประกอบการใช้งานให้ผู้ใช้รู้อยู่ตลอดเวลา เพื่อให้ผู้ใช้ทราบว่าขณะนั้นได้เข้ามาสู่ส่วนไหน กำลังทำงานเกี่ยวกับอะไรตลอดจนทราบว่าขั้นตอนต่อไปมีอะไรบ้างที่จะเป็นตัวเลือกให้ปฏิบัติได้

3.2) ควรมีมาตรฐานเดียวกันตลอดการทำงานถึงแม้ว่าจะมีการข้ามส่วนโปรแกรมประยุกต์ (Application) สำหรับการใช้งานใด ๆ

3.3) ถ้ามีการโต้ตอบใด ๆ ที่ผู้ใช้คาดหวังว่าการกระทำนั้น ๆ ควรจะให้ผลเช่นเดิมเสมอ ควรคงมาตรฐานนั้นไว้จนกว่าจะมีเหตุผลเพียงพอที่จะเปลี่ยนแปลง เช่น การใช้ Ctrl-s หมายถึงการบันทึกข้อมูล ดังนั้นทุก ๆ ส่วนโปรแกรมประยุกต์ควรจะใช้ Ctrl-s เสมอไปในการบันทึกข้อมูล

2.2.1 กระบวนการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ (The User Interface Design Process)

Roger S.Perssmam (1987) ได้กล่าวถึงกระบวนการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ (The User Interface Design Process) โดยสรุปได้ดังนี้



รูป2.7 แสดงกระบวนการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้(The User Interface Design Process)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากรูป 2.7 จะสามารถที่จะชี้ให้เห็นรูปแบบกระบวนการของการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้นั้น โดยรูปแบบกระบวนการนั้นจะมีลักษณะของการเกิดกระบวนการที่สามารถวนซ้ำกันได้หลายรอบ ประกอบไปด้วยขั้นตอนของกระบวนการดังต่อไปนี้

1. กำหนดรูปแบบและวิเคราะห์ ผู้ใช้ หน้าที่ของส่วนติดต่อผู้ใช้ ตลอดจนสิ่งแวดล้อมต่างๆ (User ,task and environment analysis and modeling) ขั้นตอนนี้จะเน้นไปที่ความต้องการและปฏิกิริยาของผู้ใช้ที่มีต่อระบบ ความรู้พื้นฐาน ความเข้าใจในธุรกิจนั้นๆ ความสามารถรับรู้ในสิ่งใหม่ๆ ในระบบ ดังนั้นจะเห็นได้ว่ามีกลุ่มผู้ใช้ที่แตกต่างกัน ทั้งในส่วนความต้องการ และข้อจำกัดในด้านต่างๆ ของผู้ใช้ ดังนั้นการออกแบบระบบและส่วนติดต่อผู้ใช้จึงต้องคำนึงถึงผู้ใช้ในกลุ่มต่างๆ

2. การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ เป้าหมายของการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้คือ การกำหนดวัตถุ(Object) และการกระทำ(Action) ต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นโดยวัตถุนั้น บนจอภาพ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถออกคำสั่งในการทำงานได้ให้ตรงความต้องการและวัตถุประสงค์การใช้งานของระบบอย่างแท้จริง

3. สร้างส่วนติดต่อผู้ใช้ (Interface Construction) การจัดสร้างส่วนติดต่อผู้ใช้ มักจะเริ่มจากการสร้างตัวต้นแบบ(Prototype) ซึ่งจะสามารถทำให้ผู้ใช้สามารถประเมินการออกแบบดังกล่าวให้ตรงตามความต้องการได้จริง

4. การนำไปใช้งานจริง (Interface Validation) การนำไปใช้งาน มุ่งเน้นไปที่ความสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างถูกต้อง และตอบสนองทุกหน้าที่ของระบบ อีกประการหนึ่งคือ ความง่ายในการเข้าใช้งานของผู้ใช้ และการตอบรับของผู้ใช้ต่อส่วนติดต่อผู้ใช้และอุปกรณ์ต่างๆ ที่ช่วยเอื้ออำนวยความสะดวก

2.2.2 กราฟฟิกที่ใช้ติดต่อกับผู้ใช้ (Graphic User Interface : GUI)

กราฟฟิกที่ใช้ติดต่อกับผู้ใช้ ของระบบจะใช้หน้าต่าง (Window) แถบเมนู (Menu Bar) เมนูพูลดาวน์ (Pull-Down Menu) และเมนูป็อบอัพ (Pop-Up Menu) และรูปภาพกราฟิก หรือเรียกว่า ไอคอน (Icon) ซึ่งผู้ใช้จะใช้ในการติดต่อกับระบบ ในการจะเข้าไปเลือกสั่งงานจะใช้เม้าส์ (Mouse) ดับเบิ้ลคลิกที่ไอคอน นั้น

จอภาพทั้งหมดจะมีจุดมุ่งหมายในการใช้อยู่ 2 อย่าง คือเพื่อนำเสนอข้อมูล และช่วยในการปฏิบัติการกับระบบ มีแนวทางมากมายในการออกแบบที่จะต้องพิจารณาคือ

1.) จอภาพทั้งหมดที่ปรากฏ ควรจะมีลักษณะที่มีความน่าสนใจ ดึงดูดใจในการใช้งาน

2.) ปุ่มที่อยู่บนหน้าจอไม่ควรมาก และดูแน่นจนเกินไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.) จอภาพที่ปรากฏควรจะประกอบด้วยไตเติ้ลของหน้าข่าวสาร คำแนะนำ โดยมีตำแหน่งเดียวกันในทุกหน้าจอ มีหลักการทำงานเดียวกัน

4.) มีเวลาให้ผู้ใช้ระบบได้อ่านข้อความจนครบถ้วน หรืออาจจะให้ผู้ใช้งานกำหนดเวลาของการอ่านข่าวสารด้วยตัวเอง

5.) ในการออกแบบจอภาพควรจะมีการเน้นในการแสดงผลในจอภาพ โดยการเน้นการใช้เสียง และ สี ในการนำเสนอข้อมูลต่างๆ ซึ่งจะทำให้เกิดความน่าสนใจ และใช้เสียงเตือนเมื่อเกิดความผิดพลาดของการใช้งาน เป็นต้น

6.) ในขณะประมวลผลข้อมูล ซึ่งอาจจะมีความล่าช้า จำเป็นที่จะต้องมีการแสดงผลสถานะ การทำงานของระบบ เพื่อผู้ใช้ทราบถึงการทำงานของระบบ

2.2.3 วัตถุที่ปรากฏของส่วนติดต่อผู้ใช้

1.) ไดอะล็อกบ็อกซ์ (Dialog Box) คือหน้าต่างที่ปรากฏขึ้นเมื่อต้องการให้ผู้ใช้เข้าใช้ข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในการปฏิบัติการ

2.) เท็กซ์บ็อกซ์ (TextBox) คือกล่องที่ใช้ในการนำเข้าข้อมูลที่เป็นตัวอักษรหรือตัวเลข

3.) ปุ่มทอกเกิ้ล (Toggle Button) คือปุ่มที่เหมือนเป็นสวิทช์เปิด(On) หรือ ปิด (Off) เมื่อมีการคลิกที่ปุ่มสวิทช์นี้จะเป็นการเลือกสถานะเปิด ปิด

4.) ลิสต์บ็อกซ์ (List Box) คือกล่องที่แสดงตัวเลือก ให้เลือกถ้ามีตัวเลือกมากกว่า 1 เลือก จะใช้แถบสกอล (Scroll Bar) ซึ่งอยู่ทางขวามือของลิสต์บ็อกซ์ เพื่อเคลื่อนรายการให้ปรากฏขึ้นลงได้ตามตัวเลือกที่มีทั้งหมด

5.) ดรอปดาวน์ลิสต์บ็อกซ์ (Drop-down List Box) คือกล่องที่แสดงให้เห็นตัวเลือกขณะนั้น โดยผู้ใช้สามารถเลื่อนโดยใช้ลูกศร ที่อยู่ทางช่องสี่เหลี่ยมขวามือ เพื่อเลือกตัวเลือกอื่น

6.) ปุ่มออฟชั่น (Option Buttons) คือปุ่มซึ่งใช้เลือกตัวเลือก โดยสามารถเลือกได้เพียงตัวเลือกเดียวเท่านั้นในครั้งเดียว

7.) เช็คบ็อกซ์ (Check Box) คือกล่องซึ่งผู้ใช้เลือกตัวเลือก นั้นหรือไม่ก็ได้ และสามารถที่จะเลือกได้มากกว่า 1 ตัวเลือก

8.) ปุ่มคำสั่ง (Command Button) คือปุ่มคำสั่งที่ผู้ใช้สามารถคลิกที่ปุ่มเพื่อสั่งให้ทำตามคำสั่งที่เขียนไว้

9.) แถบสปิน (Spin Bar) คือแถบที่ใช้เปลี่ยนค่าตัวเลือกซึ่งเป็นตัวอักษร โดยคลิกที่ลูกศรชี้ขึ้นที่ด้านขวาเพื่อเพิ่มตัวเลข ขณะที่เมื่อคลิกที่ลูกศรชี้ลงจะเป็นการลดตัวเลข

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3 ตัวต้นแบบ (Prototype)

2.3.1 ความหมายของตัวต้นแบบ

ตัวต้นแบบคือ ระบบการทำงาน ไม่ใช่เพียงความคิดเพียงอย่างเดียว แต่หมายถึงความคิดที่ถูกพัฒนาขึ้นมาภายใต้สมมติฐานของระบบใหม่ อาจเทียบกับระบบคอมพิวเตอร์เป็นพื้นฐาน โดยประกอบด้วยโปรแกรมการทำงานที่รับข้อมูลเข้า มีการคำนวณ ประมวลผล และแสดงผลลัพธ์ออกมา

การออกแบบและสารสนเทศที่สร้างขึ้นมา โดยระบบจะถูกประเมินผลโดยผู้ใช้ ซึ่งจะมีประสิทธิภาพมากก็ต่อเมื่อข้อมูลนั้นถูกใช้ในสภาวะการทำงานจริง วิธีการสร้างตัวต้นแบบเกี่ยวข้องโดยตรงกับการวิเคราะห์และออกแบบระบบ การสร้างตัวต้นแบบจะมีประสิทธิภาพมาก ถ้าอยู่ภายใต้กรณีแวดล้อมที่ถูกต้อง

2.3.2 ความสำคัญของการสร้างตัวต้นแบบ

เหตุผลหลักในการนำการสร้าตัวต้นแบบมาใช้ คือ

1) เพื่อใช้เป็นเครื่องมือที่จะทำให้รู้ถึงความต้องการของผู้ใช้ให้ชัดเจนมากขึ้น

2) เพื่อใช้เป็นตัวแทนระบบที่ได้ออกแบบ ให้ผู้ใช้ได้ทดลองใช้งาน ให้นักวิเคราะห์ได้ประมาณเวลา และสิ่งที่จะออกแบบต่อไป

3) เพื่อใช้ตรวจสอบความเป็นไปได้ของระบบ ให้เห็นถึงผลกระทบของระบบที่ออกแบบ และหาทางเลือกใหม่เพื่อแก้ไขผลกระทบนั้น

นักวิเคราะห์พบว่าตัวต้นแบบจะให้ประโยชน์มากที่สุด ต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขเหล่านี้

1) ไม่มีระบบที่มีคุณลักษณะที่เป็นเป้าหมาย ถูกสร้างโดยนักพัฒนาชุดเดียวกัน

2) คุณสมบัติที่สำคัญของระบบที่ไม่ทราบเพียงบางส่วนเท่านั้น

3) ประสบการณ์ในการใช้ระบบจะเป็นสัญญาณบอกถึงรายละเอียดของความต้องการที่ระบบควรมี

4) ผู้ใช้ระบบมีส่วนร่วมในการพัฒนา

การสร้างตัวต้นแบบระบบเป็นขบวนการปฏิสัมพันธ์ อาจจะเริ่มด้วยฟังก์ชั่นหลักๆ ที่จำเป็นก่อนแล้วค่อยขยายฟังก์ชั่นที่สมบูรณ์ขึ้นภายหลัง โดยทั่วไป มีขั้นตอนในการสร้างตัวต้นแบบดังนี้

1) กำหนดความต้องการสารสนเทศที่ผู้ใช้ทราบ และลักษณะที่จำเป็นในระบบ

2) พัฒนาสร้างตัวต้นแบบ

3) ใช้ตัวต้นแบบ ที่ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงความต้องการ

4) ปรับปรุงตัวต้นแบบโดยมีพื้นฐานที่ได้รับผ่านประสบการณ์ ของผู้ใช้

5) ทำซ้ำขั้นตอนที่ต้องการเพื่อให้ระบบประสบความสำเร็จ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตามขั้นตอนข้างต้น การสร้างตัวต้นแบบไม่ใช่ขบวนการพัฒนาที่เป็นแบบลองผิดลองถูกก่อนที่การเขียนโปรแกรมและการออกแบบระบบจะเกิดขึ้นจริง ผู้ใช้และนักวิเคราะห์พบว่าหนึ่งในสองส่วนของงานที่ต้องกำหนดขึ้นส่วนหนึ่งก็คือฐานในการสร้างตัวต้นแบบ

2.3.3 การพัฒนาตัวต้นแบบ

การพัฒนาตัวต้นแบบควรพิจารณาให้เป็นทางเลือกหนึ่งในวงจรการพัฒนาระบบเนื่องจากสาเหตุหลายประการ ซึ่งสิ่งที่สำคัญที่สุดคือ ความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งความต้องการของผู้ใช้มีการเปลี่ยนแปลงเสมอ ในระหว่างการวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้ที่ยาวนาน และจบลงด้วยการส่งมอบ ซึ่งอาจจะต้องใช้ระยะเวลาที่ยาวนานย่อมมีผลกระทบต่อผู้ใช้ เป็นต้น

2.3.4 ข้อดีของการใช้ตัวต้นแบบ

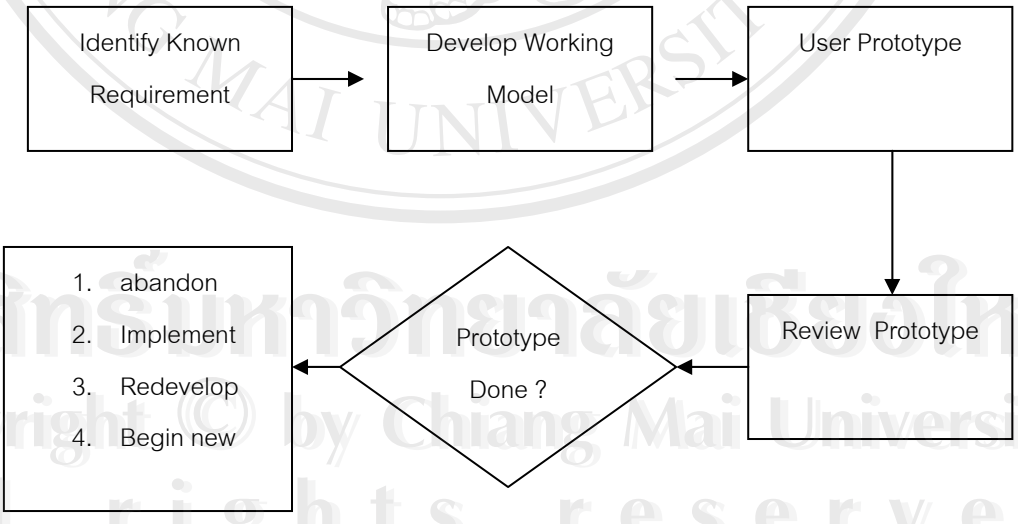
1) ทำให้ตัดสิ่งที่ระบบไม่ต้องการออกไป เนื่องจากการสร้างตัวต้นแบบในบางส่วนของระบบ

2) ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงก่อนเวลาในการพัฒนาระบบ

3) ได้ระบบที่ตรงกับความต้องการของผู้ใช้

2.3.5 ขั้นตอนในวิธีการสร้างตัวต้นแบบ

การพัฒนาตัวต้นแบบประยุกต์มีขบวนการทำ ในขั้นตอนดังรูป 2.8



รูป 2.8 แสดงกระบวนการพัฒนาตัวต้นแบบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ซึ่งสามารถอธิบายขั้นตอนต่างๆได้ดังนี้

1) กำหนดความต้องการ (Identify Known Requirement)

การกำหนดความต้องการ คือ การพิจารณาถึงความต้องการของผู้ที่ต้องการใช้งานระบบ เพื่อพิจารณาถึงเป้าหมายและขอบเขตการทำงานที่ระบบควรจะมี

2) พัฒนารูปแบบการทำงาน (Develop Working Model)

การพิจารณาถึงโครงสร้างของลำดับการทำงาน การใช้งาน ความรับผิดชอบของงานในแต่ละส่วน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการเพิ่มขบวนการสร้างตัวต้นแบบ โดยการพัฒนาแผนทั่วไป จนถึงรายละเอียดในแต่ละส่วน ตารางเวลาตั้งแต่จุดเริ่มต้นไปจนถึงสิ้นสุด ทำให้ทราบความก้าวหน้าของงาน

3) ผู้ใช้ตัวต้นแบบ (User Prototype)

เป็นความรับผิดชอบของผู้ใช้ที่ต้องทำงานกับตัวต้นแบบและประเมินคุณสมบัติในการปฏิบัติงานประสบการณ์ที่มีในการทำงานจริงจะเป็นตัวกำหนดว่า คุณสมบัติของตัวต้นแบบใดบ้างควรจะมีการเปลี่ยนแปลง เพิ่มเติม หรือ ตัดทิ้ง

4) ทบทวนตัวต้นแบบ (Review Prototype)

ในระหว่างการประเมินผล นักวิเคราะห์ต้องเก็บข้อมูลว่าสิ่งใดที่ผู้ใช้ต้องการ และไม่ต้องการ ซึ่งจะมีความสำคัญต่องานในงานรุ่นต่อไป

5) ทำซ้ำเมื่อต้องการ (Repeat Needed)

ขบวนการปรับปรุงอาจมีหลายครั้ง ขึ้นอยู่กับความพอใจของผู้ใช้ และนักวิเคราะห์ซึ่งอาจจะต้องมีการทำซ้ำในหลายรอบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved