รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กรมควบคุมมลพิษ.2540.โครงการจัดการคุณภาพน้ำและจัดทำแผนปฏิบัติการในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคกลาง : ข้อมูลพื้นฐาน ลุ่มน้ำสะแกกรัง. กรุงเทพฯ .

กรมพัฒนาที่ดิน.2535.รายงานแผนที่ความเหมาะสมของดินกับพืชเศรษฐกิจเบื้องต้น.กรุงเทพฯ.

คณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจแห่งชาติ,สำนักงาน.2537.การศึกษาศักยภาพการพัฒนาลุ่มน้ำสะแกกรัง. กรุงเทพฯ ,

ณัฐวุฒิ นากสุก. 2539 .การประเมินศักยภาพในการพัฒนาลุ่มน้ำบางสะพานโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต วิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย .

ดิเรก ทองอร่าม. 2532. ความต้องการน้ำของพืช. กรมชลประทาน กรุงเทพฯ .

วีระพล แต้สมบัติ. 2531.อุทกวิทยาประยุกต์ ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.245-283.

ภาษาอังกฤษ

Aemitage,D. 1995. An Integrative Methodological Framework for Sustainable environment Planning and Management. Environmental Management. 19(4):469-479.

Black , P.E. 1970. The Watershed in Principle. Water Resources Bulletin. 6(2):53-62.

Burrough, P.A.1986.Principle of Geographical Information System for Land Resources Assessment. Oxford , New York. Clarendon Press.

Japan International Cooperation Agency.1985. Feasibility Study on The Sakae Krung River Basin Irrigation Project :Draft Final Report. Royal Irrigation Department Ministry of Agriculture and Cooperatiives.

Japan International Cooperation Agency.1989. The Effective Use of Industrial Water in the Kingdom of Thailand. Ministry of Industry The Kingdom of Thailand.

Lake , E. 1990. Approch to sustainable development in wet tropic highlands. Artical presented to 1990 international winter meeting of the American Society of Agricultural Engineers. Chicago , Illinios.

Markarovic, B. 1989.Structures for geo-information and their application in selective sampling for digital terrain models .ITC.TTC Journal .

Marble,D.F.,Lauzon,J.O.,and McGranaghan.1984.Development of conceptual model of the manual digitig process.Zurich,146-171.

Marble D.F and D.J.Peuquet.1985.Geographic Information system and remote sensing. Manual of remote sensing.923-958.

Newson , M. 1992. Land , Water and Development : River Basin System and Their Sustainable Management. New York .

R.L.Holder.1985.Mutiple Regression in Hydrology. Institute of Hydrology Wallingford,147p.

The American Farmland Trust,1985.A survay of geographic ibformation system. The American Farmkand Trust,Washington,D.C.

ภาคผนวก ก

หลักการเบื้องต้นของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

1 ลักษณะทางภูมิศาสตร์

ลักษณะทางภูมิศาสตร์แบ่งเป็นสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติและสภาพแวดล้อมที่มนุษย์สร้างขึ้น โดยทั่วๆ ไป ลักษณะทางภูมิศาสตร์ จะถูกแทนบนแผนที่ด้วย จุด (Point), เส้น (Line), พื้นที่ (Area)

ลักษณะเหล่านี้ถูกทำให้แตกต่างกันด้วยสี สัญลักษณ์ ข้อความอธิบาย ทั้งหมดนี้ถูกอธิบายได้ด้วย สัญลักษณ์แผนที่ (Legend), สิ่งแสดงความหมาย (Key) และข้อความบรรยาย (Annotation) ลักษณะทางภูมิศาสตร์ จะมีความสัมพันธ์กับตำแหน่งจริงบนโลก โดยการแทนข้อมูลจริงบนโลกไปอยู่ในรูปของตัวเลข (Digital Form)

ดังนั้นระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ จึงมีความสัมพันธ์อย่างมากกับการทำแผนที่ตัวเลข ความสำคัญของการใช้คอมพิวเตอร์ เพื่อการนำเสนอข้อมูลภาพหรือที่เรียกกันว่า Computer Graphic จึงมีมากขึ้น เพราะการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบของภาพนั้น สามารถนำมาเชื่อมโยงสัมพันธ์กับรายละเอียด และลักษณะเชิงปริมาณของข่าวสารข้อมูล ทั้งการนำเสนอจะออกมาในรูปของตำแหน่งที่ตั้ง แนวเส้นทางยาว และขอบเขตพื้นที่บนแผนที่ หรืออาจกล่าวสั้น ๆ ก็คือ รายละเอียดของพื้นโลกจะถูกคอมพิวเตอร์นำเข้าระบบจัดการ และนำเสนอออกมาในรูปของภาพ

2 ข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์

ข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์ มีส่วนประกอบ 2 ส่วน คือ

2.1 ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data Structure)

ในทางการทำแผนที่ ถือว่าเป็นข้อมูลเชิงเรขาคณิต (Geometric Data) เพราะประกอบด้วยตำแหน่ง ที่ตั้งของปรากฏการณ์บนระนาบพื้นที่ ซึ่งสามารถแบ่งข้อมูลประเภทนี้ออกเป็น 3 ส่วนย่อย ๆ คือ

1) ข้อมูลแบบจุด (Point) เป็นการแสดงตำแหน่งที่ตั้งของปรากฏการณ์ ที่มีการกำหนด ค่าพิกัด ทาง X และ Y บนระนาบพื้นที่

2) ข้อมูลลายเส้น (Line) เป็นการเชื่อมโยงเส้นระหว่างจุดต่อจุด

3) ข้อมูลรูปปิดเชิงพื้นที่ (Polygon) เป็นการพิจารณาถึงการลากขอบเขตของพื้นที่ ต่าง ๆ เป็นวงรอบปิด

2.2 ข้อมูลเชิงคุณลักษณะหรือข้อมูลเชิงบรรยาย (Non-Spatial Data Structure or Attribute Data

เป็นการแสดงลักษณะปรากฏการณ์ของข้อมูลเชิงพื้นที่ หรือเป็นการเก็บคำอธิบายแบบง่าย ๆ โดย ระบบ GIS จะเชื่อมโยงข้อมูลทั้ง 2 ส่วน คือ ข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงบรรยาย เข้าด้วยกัน เพื่อที่จะแสดงแผนที่ของวัตถุทางภูมิศาสตร์ และคำอธิบายวัตถุเหล่านั้น สามารถสอบถามข้อมูล วิเคราะห์และประมวลผลข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์ได้

3 โครงสร้างข้อมูลของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

ในการศึกษาถึงระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ เกี่ยวกับโครงสร้างข้อมูลนั้น แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

3.1 โครงสร้างข้อมูลตารางพื้นที่ (Raster Data Structure)

ข้อมูลตารางพื้นที่นี้มีลักษณะเป็นการจัดรูปข้อมูลเชิงพื้นที่แบบอนุภาค (cellular organization) โครงสร้างข้อมูลประเภทนี้ จัดเก็บข้อมูลด้วยค่าตัวแทนของพื้นที่ที่อยู่ในความสนใจ เช่น ระดับความสูงมีหน่วยเป็นเมตร เหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง ประเภทการใช้ที่ดินแบ่งตามลักษณะสิ่งปกคลุมดิน ฯลฯ

3.2 โครงสร้างข้อมูลลายเส้น (Vector Data Structure)

เป็นโครงสร้างข้อมูลที่แสดงถึงค่าพิกัดของจุดเริ่มต้น แล้วมีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่กำหนด

ฐานข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์ เป็นหัวใจของระบบ GIS ความสมบูรณ์และความถูกต้องของฐานข้อมูล มีผลกระทบกับระบบงานทั้งหมดที่ใช้ฐานข้อมูลนี้ ฐานข้อมูลเป็นที่ซึ่งเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะทางภูมิศาสตร์ ที่อยู่ภายใต้พื้นที่บนพื้นโลกบริเวณเดียวกัน และมีโครงสร้างในแนวที่

จะให้บริการแก่ระบบงานระบบหนึ่ง หรือหลายระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ ฐานข้อมูลทางด้านภูมิศาสตร์ ควรมีการทำเอกสารและมีการจัดการฐานข้อมูลที่ถูกวิธีด้วย

ข้อมูลต่างชนิดกันจะจัดเก็บด้วยโครงสร้างที่ต่างกัน เพื่อให้มีประสิทธิภาพ โดยข้อมูลเหล่านี้จะเชื่อมโยงกันด้วยตัวเลขเฉพาะ Identifier ที่ไม่ซ้ำกัน ซึ่งเก็บไว้ทั้งข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงบรรยาย

4 องค์ประกอบของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

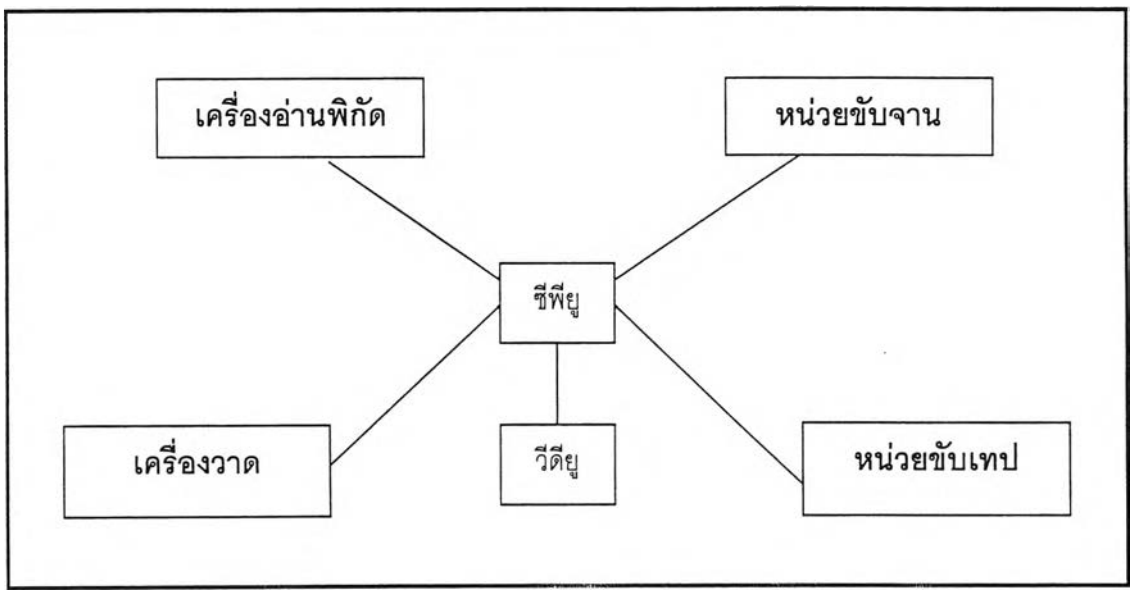
องค์ประกอบของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ที่สำคัญมี 2 ส่วน ประกอบด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์หรือระบบฮาร์ดแวร์ และชุดโปรแกรมคำสั่งหรือระบบซอฟท์แวร์ ทั้งนี้ระบบทั้งสองมีหน้าที่จัดการใน 4 ประเด็น คือ

1) ป้อนข้อมูลเข้าสู่ระบบ
2) จัดเก็บข้อมูล
3) ปรับแปลงและเปลี่ยนแปลงรูปแบบข้อมูล โดยผ่านทางกระบวนการวิเคราะห์
4) แสดงผลการวิเคราะห์

4.1 ระบบฮาร์ดแวร์

โดยทั่วไปองค์ประกอบของระบบฮาร์ดแวร์ ที่ใช้สำหรับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ มี 6 ส่วนหลัก คือ

1) หน่วยประมวลผลกลาง (CPU)
2) หน่วยจัดเก็บข้อมูล (Disk Drive Storage)
3) อุปกรณ์นำเข้าข้อมูลแบบตัวเลข (Digitizer)
4) เครื่องพิมพ์ผลกราฟฟิค (Plotter)
5) อุปกรณ์บันทึกข้อมูลสำรอง (Tape Drive)
6) หน่วยแสดงผลประจักษ์ (Visual Display)



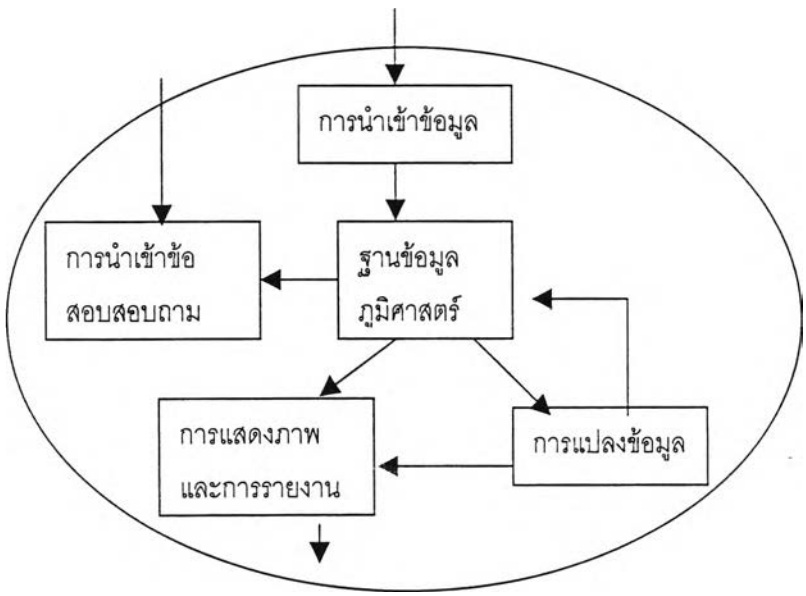
รูปที่ 1 องค์ประกอบของระบบฮาร์ดแวร์ สำหรับระบบ GIS
ที่มา : .Burrough , 1986

4.2 ระบบซอฟท์แวร์

ชุดโปรแกรมคำสั่งในการทำงานของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ มีลักษณะเป็นโปรแกรมสำเร็จรูป ประกอบไปด้วยชุดคำสั่งหลักภายใน 5 ชุด คือ

1) การนำเข้าข้อมูล

หมายรวมถึง การแปลงข้อมูลทุกรูปแบบซึ่งอาจได้จากแผนที่ การสำรวจภาคสนาม เครื่องรับรู้ (ซึ่งรวมถึงภาพถ่ายทางอากาศ ดาวเทียม และเครื่องบันทึก) ให้อยู่ในรูปดิจิทัลที่เข้ากันได้ มีเครื่องมือทางคอมพิวเตอร์หลายอย่างซึ่งผลิตขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์นี้ ได้แก่ เครื่องปลายทางแบบโต้ตอบ จอภาพ เครื่องอ่านพิกัด รายการข้อมูลในแฟ้มข้อความ เครื่องกราดตรวจ (scanners) (ในดาวเทียมหรือในเครื่องบินใช้สำหรับบันทึกข้อมูลโดยตรง แต่เครื่องกราดตรวจก็ใช้สำหรับแปลงข้อมูลแผนที่และภาพถ่ายได้ด้วย) หรือเครื่องมือที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลซึ่งบรรจุอยู่ในสื่อแม่เหล็ก เช่น เทป ดรัม และจานแม่เหล็ก



รูปที่ 2 องค์ประกอบของระบบซอฟท์แวร์สำหรับระบบ GIS
ที่มา Peter A.Burrough , 1986

ข้อมูลเชิงพื้นที่ : สามารถนำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่หรือข้อมูลเชิงแผนภาพไปเก็บในคอมพิวเตอร์ในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง ดังนี้

- Digitized แผนที่
- Scan เอกสารที่เป็นแผ่น
- ใช้คีย์บอร์ด หรือ เมาส์ นำเข้าข้อมูลค่าพิกัด
- ซื้อข้อมูลที่ค้าขายกัน ตัวอย่างเช่น แผ่นดิสค์ เทป แล้วนำเข้าข้อมูลนี้สู่คอมพิวเตอร์

ข้อมูลเชิงบรรยาย : สามารถที่จะนำเข้าข้อมูลเชิงบรรยาย ไปเก็บในคอมพิวเตอร์ในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง ดังนี้

- ใส่ข้อมูลเชิงบรรยายด้วยคีย์บอร์ด
- ใช้แฟ้มข้อมูลที่มีอยู่แล้วในคอมพิวเตอร์
- อ่านข้อมูลที่มีอยู่แล้ว ที่เก็บอยู่บนเทป คาร์ททริดจ์เทป หรือแผ่นดิสค์

2) การเก็บข้อมูลไว้ในคอมพิวเตอร์และการจัดการฐานข้อมูล

เป็นเรื่องของวิธีการซึ่งใช้กับข้อมูลเกี่ยวกับตำแหน่ง ความเชื่อมโยงทางโทโพโลยี (Topology) และลักษณะประจำต่าง ๆ ขององค์ประกอบทางภูมิศาสตร์ (จุด เส้น พื้นที่ ซึ่งใช้แทนสิ่งต่าง ๆ บนพื้นผิวโลก) โดยข้อมูลเหล่านี้จะถูกจัดเป็นโครงสร้างและเป็นระบบให้สอดคล้องกับการที่จะนำข้อมูลไปจัดการโดยใช้คอมพิวเตอร์และให้สอดคล้องกับทัศนะของผู้ใช้ด้วย โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับจัดการระบบฐานข้อมูลเรียกว่าระบบการจัดการข้อมูล (Database Management System - DBMS)

3) การแปลงข้อมูล

หมายรวมถึง วิธีการดำเนินการ 2 ประเภท ได้แก่ 1) การแปลงเพื่อลบส่วนที่ผิดพลาดออกจากข้อมูล หรือการปรับให้ทันสมัย หรือการจับคู่กับข้อมูลชุดอื่น และ 2) วิธีการวิเคราะห์หลายรูปแบบที่สามารถใช้กับข้อมูล การแปลงข้อมูลสามารถกระทำกับข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงบรรยายโดยอาจดำเนินการร่วมกันหรือแยกกันก็ได้ วิธีการแปลงข้อมูลมีมากมายหลายแบบ เช่น การเปลี่ยนมาตราส่วน การปรับข้อมูลตามเส้นโครงแผนที่ใหม่ การค้นคืนข้อมูล การคำนวณพื้นที่และความยาวเส้นแนวเขต วิธีการแปลงข้อมูลเหล่านี้เป็นวิธีทั่วไปซึ่งควรจะมีใน GIS ทุกประเภท ไม่ว่าจะเป็น GIS ในรูปแบบใดก็ตาม การแปลงข้อมูลแบบอื่น ๆ ส่วนใหญ่มักจะเพื่อการใช้งานที่เฉพาะเจาะจงมาก และการเพิ่มส่วนนี้ไว้ใน GIS มักเป็นไปตามข้อเรียกร้องของผู้ใช้ระบบ

4) การแสดงผลข้อมูลและการนำเสนอ

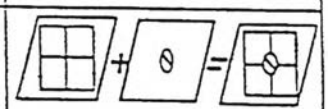
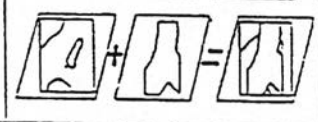
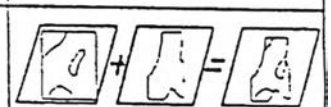
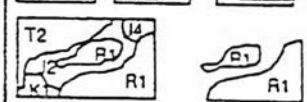
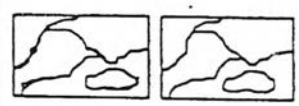
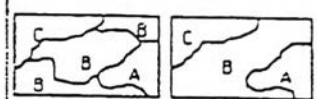
การแสดงข้อมูลและการรายงานผลการวิเคราห์ต่อผู้ใช้ ข้อมูลอาจนำเสนอในรูปของแผนที่ ตาราง และ รูป (กราฟและผัง) โดยวิธีการต่าง ๆ ตั้งแต่การแสดงภาพชั่วคราวทางจอภาพ (CRT) ตลอดจนการแสดงผลด้วยเครื่องพิมพ์ หรือเครื่องวาดรูปบนกระดาษหรือฟิล์ม จนถึงข้อมูลที่บันทึกในรูปดิจิทัลบนสื่อแม่เหล็ก

5) ชุดคำสั่งสร้างความสัมพันธ์กับผู้ใช้ระบบ

การสร้างระบบเชื่อมโยงระหว่างผู้ใช้กับระบบเครื่องมือ (ระบบ User - Interface) ซึ่งมีความจำเป็นสำหรับระบบสนเทศใด ๆ ระบบดังกล่าว ทำให้ผู้ใช้มีการสัมผัสโดยตรงกับระบบคอมพิวเตอร์ ผู้พัฒนาระบบที่ดีควรให้มีระบบ Interface ที่มีลักษณะเข้าใจง่าย ไม่ต้องใช้ความจำหรือคำสั่งที่ยุ่งยาก แต่ใช้เป็นระบบเมนูหรือใช้เป็นภาษาธรรมดา ที่เข้าใจง่าย จะทำให้ผู้ใช้ที่ไม่สันทัดคอมพิวเตอร์รู้สึกดีขึ้น ซึ่งเรียกว่าเป็นลักษณะ " User Friendly" (Burrough,1986)

5. การวิเคราะห์โดยการซ้อนทับข้อมูล (Overlay)

ตารางที่ 1 แสดงวิธีการซ้อนทับข้อมูล

Type of operation	Description	Commands Used	Example
Coverage updating	-merge new features via a 'cut and paste'	UPDATE	
	-erase part of a coverage before adding update features	ERASECOV	
Feature extraction, subset or reduce a coverage	-cut out a piece of a coverage using a 'cookie cutter'	CLIP	
	-split a coverage into a number of smaller coverages	SPLIT	
	-remove part of the inside of a coverage	ERASECOV	
	-logically select features to be kept	RESELECT	
Feature merging	-logically select polygons to be merged into a neighboring polygon	ELIMINATE	
	-drop borders between neighboring polygons with equal values for a selected item	DISSOLVE	

6. แบบจำลองระดับความสูงเชิงตัวเลข

การแสดงการแปรเปลี่ยนทางความสูงต่ำของพื้นที่เป็นเชิงตัวเลขเรียกว่า แบบจำลองระดับความสูงเชิงตัวเลข (digital elevation model หรือ DEM) คำว่าแบบจำลองภูมิประเทศเชิงตัวเลข (digital elevation model หรือ DEM) ก็ใช้กันทั่วไปเช่นกัน แต่คำว่า ภูมิประเทศ มิได้หมายถึงเฉพาะระดับสูงเท่านั้น อาจหมายถึงลักษณะเฉพาะอื่น ๆ ของภูมิทัศน์ได้ด้วย ดังนี้จึงนิยมใช้คำว่า DEM เรียกแบบจำลองที่มีแต่ข้อมูลระดับความสูงเท่านั้น แม้ว่าแรกทีเดียว DEM ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อจำลองความสูงต่ำของพื้นดิน แต่วิธีนี้ก็สามารถนำไปใช้ในการจำลองความแปรเปลี่ยนอย่างต่อเนื่องของตัวแปร Z ตัวอื่น ๆ บนพื้นที่สองมิติได้

แบบจำลองระดับสูงเชิงตัวเลขสามารถใช้งานได้หลายอย่าง ที่สำคัญ ได้แก่

1) การเก็บข้อมูลระดับความสูงสำหรับการทำแผนที่ภูมิประเทศในฐานข้อมูลระดับชาติ

2) ปัญหาการขุดหรือถมหรือถมพื้นที่เพื่อประกอบการออกแบบถนน หรือโครงการวิศวกรรมโยธา หรือวิศวกรรมทางทหารอื่น ๆ

3) การแสดงภูมิลักษณ์ (landform) เป็นสามมิติเพื่อวัตถุประสงค์ทางทหาร (ระบบนำวิถีทางอาวุธ การฝึกนักบิน) และเพื่อการออกแบบและวางผังภูมิทัศน์ (ภูมิสถาปัตย์)

4) เพื่อการวิเคราะห์ทัศนวิสัยตามแนวตัดขวางภูมิประเทศ (เพื่อวัตถุประสงค์ทางทหารและการวางผังภูมิทัศน์เช่นกัน)

5) เพื่อการวางผังเส้นทางถนน ตำแหน่งของเขื่อน ฯลฯ

6) เพื่อการวิเคราะห์ทางสถิติและการเปรียบเทียบลักษณะภูมิประเทศ

7) เพื่อการคำนวณในการทำแผนที่แสดงความลาดเท แผนที่แสดงตำแหน่งปรากฏ (aspect) และรูปหน้าตัดด้านข้างของความลาดเท ซึ่งสามารถนำไปสร้างแผนที่ความสูงต่ำเชิงเงา (shaded relief) เพื่อช่วยในการศึกษาธรณีสัณฐาน การประมาณอัตราการพังทลายของดินและปริมาณน้ำที่ผ่านไหล

8) เป็นฉากหลังสำหรับการแสดงข้อสนเทศเฉพาะเรื่อง หรือสำหรับการแสดงข้อมูลความสูงต่ำร่วมกับข้อมูลเฉพาะเรื่องอื่น ๆ เช่น ดิน การใช้ที่ดิน หรือพืชพรรณ

9) ให้ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองภาพซึ่งแสดงภูมิทัศน์ หรือกระบวนการทางภูมิทัศน์

การแทนที่ระดับความสูงด้วยตัวแปรอื่น ๆ ที่มีการแปรเปลี่ยนอย่างต่อเนื่อง DEM สามารถแสดงพื้นผิวของเวลาการเดินทาง ค่าใช้จ่าย ประชากร ดัชนีความสวยงามของภาพระดับมลพิษ ระดับน้ำใต้ดิน และอื่น ๆ

รูปแบบของ DEM ที่พบมากที่สุด คือ แมทริกซ์ระดับความสูงหรือกริดรูปสี่เหลี่ยมที่มีขนาดสม่ำเสมอซึ่งได้จากการอ่านค่าความสูงเป็นตัวเลขจากภาพถ่ายทางอากาศแบบสเตริโอด้วยเครื่องวาดสเตริโอเชิงวิเคราะห์ (analytical stereo-plotters) เช่น GESTALT GPM-II (Kelly กับคณะ 1977) อีกวิธีหนึ่ง คือการสร้างแมทริกซ์ระดับความสูงโดยการประมาณค่าจากข้อมูลจุดซึ่งกระจายอย่างสม่ำเสมอหรือไม่สม่ำเสมอก็ได้

ผลิตผลที่สามารถสร้างขึ้นจาก DEM

ผลิตผลหลายชนิดสามารถสร้างจาก DEM ไม่ว่า DEM นั้นจะอยู่ในรูปของแมทริกซ์ระดับความสูง หรือข้อมูลจุดที่ไม่สม่ำเสมอ หรือเครือข่ายสามเหลี่ยม ได้แก่

แผนภาพบล็อก รูปหน้าตัดด้านข้าง และรูปเส้นขอบ

การประมาณปริมาตรโดยการอินทิเกรตเชิงตัวเลข (numerical integration)

แผนที่แสดงเส้นชั้นความสูง

แผนที่แสดงแนวมอง

แผนที่แสดงความลาดเท ความโค้งนูน ความโค้งเว้า และตำแหน่งปรากฏ

แผนที่แสดงความสูงต่ำเชิงเงา

แผนที่แสดงเครือข่ายร่องน้ำและแนววงเขตลุ่มน้ำ

7. การเขียนขอบเขตภูมิลักษณ์แบบอัตโนมัติจากข้อมูล DEM

ในการเขียนขอบเขตภูมิทัศน์แบบอัตโนมัติจากข้อมูล DEM นั้นอาจจะช่วยลดหรือหลีกเลี่ยงความผิดพลาดในการทำงานดังกล่าวในบางขั้นตอน โดยเฉพาะในพื้นที่ซึ่งมีความแตกต่างทางระดับความสูงที่น้อย ซึ่งอาจเป็นการยากที่จะตัดสินด้วยตาว่าแนวเขตลุ่มน้ำควรจะอยู่ที่ใด นอกจากนี้แม้แต่บนแผนที่ภูมิประเทศที่มีความละเอียดสูง เครือข่ายร่องน้ำซึ่งแสดงไว้บนแผนที่อาจจะมีจำนวนน้อยกว่าร่องน้ำที่มีอยู่จริง ดังนั้นคงจะมีประโยชน์มาก ถ้าผู้ใช้สามารถแยกร่องน้ำที่มีน้ำออกจากร่องน้ำที่แห้งในช่วงเวลาต่างๆ ในรอบปี จากข้อมูลจากการสำรวจระยะไกลและข้อมูลร่องน้ำของ DEM (Burrough ,1986)

อย่างไรก็ตามปัญหาที่อาจเกิดขึ้นกับการใช้แมทริกซ์ระดับความสูงในการสืบหาหรือวิเคราะห์ลักษณะที่เป็นเส้น เช่น ร่องน้ำ ได้แก่ ปัญหา “หลุม” (pits) ในพื้นผิวดิจิตอลซึ่งเกิดจากสัญญาณรบกวน ซึ่งถ้ากริดหยาบเกินไปก็อาจพลาดแนวเขาและร่องน้ำได้ ข้อเสียจากการปัดเศษตัวเลขอาจมีผลทำให้พื้นผิวเปลี่ยนเป็นที่ราบ ซึ่งทำให้แบบรูปร่องน้ำขาดหายไปไม่ต่อเนื่องกัน อย่างไรก็ตามปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ได้โดยขั้นตอนการกรองสัญญาณรบกวนภายในขั้นตอนการสร้างข้อมูลระดับสูงเชิงตัวเลข

1) การสืบหาแนวเขาและร่องน้ำ

การสืบหาสันเขาจำเป็นต้องหาตำแหน่งของบริเวณที่มีลักษณะโค้งนูนแบบคว่ำ ส่วนการหาร่องน้ำมีลักษณะตรงข้ามกัน Poiker และ Douglas (1975) แนะขั้นตอนวิธีที่ง่ายและทำได้ในบริเวณแคบ ๆ คือการใช้ตารางแก่นที่มี 4 ช่อง ตารางแก่นจะเลื่อนไปตามแมทริกซ์ระดับความสูงโดยที่การคำนวณแต่ละครั้งจะทำภายในช่องกริด 4 ช่อง ในการคำนวณเพื่อหาเครือข่ายลุ่มน้ำนั้น ช่องที่มีระดับสูงสุดจะมีป้ายบอกไว้ ส่วนการคำนวณหาแนวสันเขาจะมีป้ายให้แก่ช่องที่มีระดับต่ำสุด เมื่อขั้นตอนการใส่ป้ายเสร็จสิ้นลง ช่องที่ไม่มีป้ายคือแนวร่องน้ำและสันเขาตามลำดับ ขั้นต่อไปคือการลากเส้นเชื่อมช่องที่ไม่มีป้ายเพื่อสร้างรูปแบบของเส้น

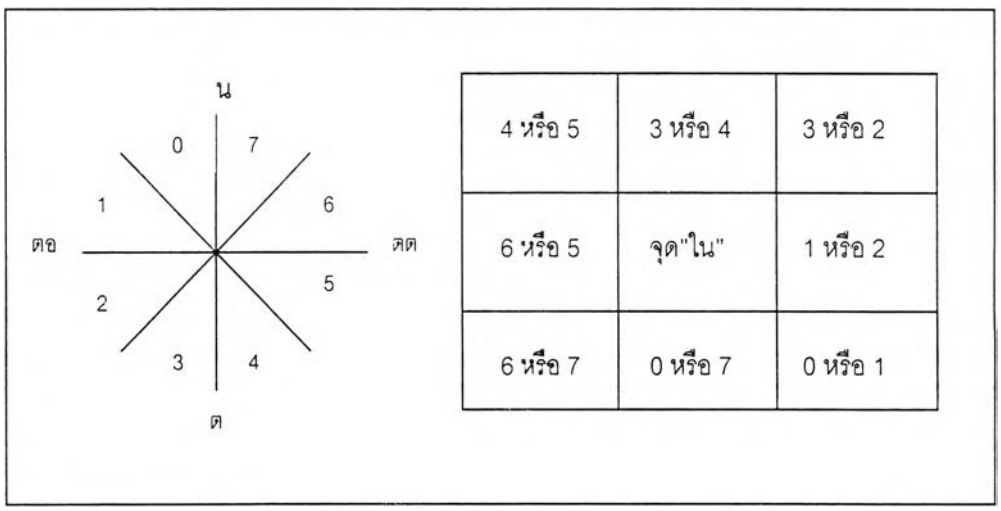
แม้ว่าขั้นตอนง่าย ๆ เช่นนี้จะทำงานได้ดี แต่เป็นวิธีที่ไม่ได้อาศัยพื้นความรู้เกี่ยวกับกระบวนการทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นในระบบธารน้ำ Mark และคณะ (1984) ได้ค้นคว้าดูว่า ถ้าการศึกษาทางธรณีสัณฐานมีขั้นตอนวิธีเพื่อหาทิศทางการไหลของน้ำจากการทดสอบกับข้อมูล DEM ซึ่งขั้นตอนวิธีดังกล่าวน่าจะคล้ายคลึงกับนิยามของทฤษฎีบทของโคชี (Cauchy theorem) ซึ่งกล่าวว่าเส้นทางที่สั้นที่สุดระหว่างจุดใดบนผิวโค้งไปยังจุดที่มีระดับต่ำสุดจะเป็นแนวที่มีการไหลลงที่ชันที่สุด

ขั้นตอนวิธีแบบที่ Mark เสนอต้องกำหนดจุดที่น้ำไหลออกจากระบบร่องน้ำและตำแหน่งของช่องกริดที่เป็นจุดเริ่มต้น ที่ช่องกริดทุกช่องยกเว้นช่องที่น้ำไหลออกระดับความสูงของช่อง กริดนั้นจะถูกเปรียบเทียบกับช่องที่อยู่ข้างเคียงภายในตารางแก่นขนาด 3 × 3 ทั้งแปดช่อง ช่อง กริดข้างเคียงที่มีค่าต่ำสุดจะได้รับป้ายและเป็นจุดที่น้ำไหลมา (ปริมาณน้ำเป็นฟังก์ชันของจำนวนช่องกริดที่น้ำไหลผ่านกับขนาดพื้นที่ของกริด) ต่อจากนี้ตารางแก่นจะถูกเลื่อนมายังจุดนี้ แล้วคำนวณซ้ำแบบเดิม ซึ่งขั้นตอนวิธีนี้จะใกล้เคียงกับปรากฏการณ์จริง แต่การคำนวณทำให้สิ้นเปลืองเวลาและหน่วยความจำมากกว่าขั้นตอนวิธีของ Poiker และ Douglas ถึง 20 เท่า (Markและคณะ,1984) อย่างไรก็ตามปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ไขได้โดยการพัฒนาอุปกรณ์และระบบคอมพิวเตอร์ให้มีความสามารถและมีเนื้อที่หน่วยความจำสูงขึ้น ซึ่งในปัจจุบันระบบคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่ได้มีการพัฒนามากขึ้นกว่าในอดีต ทำให้ใช้เวลาในการวิเคราะห์น้อยลง ดังนั้นวิธีการของ Mark จึงได้มีการนำมาประยุกต์ใช้ในโปรแกรมการวิเคราะห์ของซอฟต์แวร์ต่าง ๆเนื่องจากให้ผลที่ใกล้เคียงกับปรากฏการณ์จริง

2) การกำหนดขอบเขตของลุ่มน้ำ

วิธีการนี้อาศัยความรู้ที่ได้จากการหาแนวสันเขา แต่ในกรณีนี้ต้องการเพียงแนวเขตลุ่มน้ำเพียงแนวเดียวเพื่อแยกข้อมูลส่วนนี้ออกจากฐานข้อมูลส่วนที่เหลือ Markและคณะ(1984) ได้เสนอขั้น

ตอนวิธีดังนี้ เริ่มต้นด้วยการคำนวณค่าความชันและตำแหน่งปรากฏของช่องกริดทุกช่องดังที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 1)การสืบหาแนวเขาและร่องน้ำ จากนั้นกำหนดจุดที่ทางน้ำไหลออกจากลุ่มน้ำโดยวิธีโต้ตอบ หลังจากนั้นจึงค้นหากริดทุกช่องที่อยู่ต้นน้ำของจุดที่น้ำไหลออกจากลุ่มน้ำและอยู่ในลุ่มน้ำเดียวกัน โดยใช้ขั้นตอนวิธีดังต่อไปนี้ กำหนดให้เริ่มต้นจากการที่ตารางแก่น 3 × 3 ช่อง ถูกเลื่อนมาอยู่ตรงช่องกริดที่ทางน้ำไหลออก ต่อจากนั้นกริดใดที่จะเป็นกริดที่อยู่ต้นน้ำของจุดศูนย์กลางของตารางแก่นจะต้องเป็นกริดที่มีตำแหน่งปรากฏของความลาดเทหันหน้าเข้าจุดศูนย์กลางนี้ ตำแหน่งปรากฏของความลาดเทแสดงด้วยค่าที่กำหนดเป็นตัวเลข 8 ตัว ดังรูป



รูปที่ 3 การประมาณช่วงชั้นของตำแหน่งปรากฏและการกำหนดให้จุดใดก็ตามที่เป็นจุดที่อยู่ต้นน้ำของจุดศูนย์กลางนั้นเป็นจุด "ใน" จุดใหม่

ที่มา : Peter A. Burrough , 1986.

ขั้นตอนวิธีนี้จะทำงานย้อนถอยขึ้นจากจุดเริ่มต้นที่ทางน้ำไหลออก ตรงจุด "ใน" ซึ่งเป็นจุดศูนย์ของตารางแก่น การทำงานจะตรวจสอบกริดข้างเคียง 8 จุดตามลำดับ ยกเว้นจะไม่มีการตรวจจุดที่อยู่มุมหรือขอบ และถ้าจุดข้างเคียงใดถูกยกป้ายว่าเป็นจุด "ใน" อยู่แล้วก็จะยกเว้นด้วย ส่วนจุดข้างเคียงใดที่ถูกกำหนดให้เป็นจุดที่อยู่"ต้นน้ำ" หรืออยู่ในระดับเกือบเสมอกัน (ค่าที่ใช้ตัดสินขึ้นอยู่กับฐานข้อมูล) จุดนั้นจะถูกเลือกเป็นจุดศูนย์กลางจุดใหม่ของตารางแก่น การคำนวณตามขั้นตอนวิธีเช่นนี้จะทำกับข้อมูล DEM โดยเลื่อนตำแหน่งไปเรื่อยๆ จนกระทั่งพบแนวเขาหรือขอบของข้อมูล หลังจากนั้นจะย้อนกลับและทำงานด้วยวิธีเดิม จนกระทั่งมีการเขียนเส้นขอบของลุ่มน้ำ การทำงานจะผ่านไปที่ช่อง กริดแต่ละช่องเพียงครั้งเดียวและจะไม่สนใจกริดที่อยู่นอกลุ่มน้ำ

ภาคผนวก ข

ตารางที่ 1 ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำสะแกกรังและพื้นที่ใกล้เคียง

ลำดับ	รหัส	ชื่อสถานี	Station Name	ละติจูด	ลองติจูด	หน่วยงาน
1	04012	อ.เมือง จ.ชัยนาท	A.Muang ,Chai Nat	100 07 36	15 11 05	กรมชลประทาน
2	04022	อ.สรรค์พระยา จ.ชัยนาท	A. Sanphaya,Chai Nat	100 14 48	15 08 06	กรมชลประทาน
3	04032	อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท	A.Manorom ,Chai Nat	100 05 08	15 18 34	กรมชลประทาน
4	04042	อ.สันบุรี จ.ชัยนาท	A. Sanburi,	100 09 53	15 02 43	กรมชลประทาน
5	04062	อ.วัดสิงห์ จ.ชัยนาท	A.Wat Sing	100 02 52	15 15 24	กรมชลประทาน
6	04072	สถานีทดลองพันธุ์ข้าวชัยนาท	Chai Nat Rice Experimental Station	100 09 00	15 21 00	กรมชลประทาน
7	04080	คลองทุ่งระหานตอนบน (SUP.1)	Upper Thung Rahan Canal (SUP.1),A.Muang	100 06 30	15 11 08	กรมชลประทาน
8	04090	คลองมะขามเฒ่าอู่ทอง ตอนบน(SUP.2)	Upper Makham Thao-U-Thong Canal(SUP.2)	100 04 00	15 13 09	กรมชลประทาน
9	04100	คลองพรเทพ 2R (SUP.3)	2R Phon Thep Canal (SUP.3) , A.Wat Sing	100 03 22	15 10 53	กรมชลประทาน
10	04110	คลองระหาน 2L ตอนบน (SUP.4)	Upper 2L Rahan Canal (SUP.4) ,A.Muang	100 05 22	15 08 30	กรมชลประทาน
11	04120	คลอง 1L-1R ตอนบน (SUP.5)	Upper 1L-1R Canal (SUP.5) ,A.Wat Sinng	100 01 03	15 04 02	กรมชลประทาน
12	04130	คลองระหาน 2L (SUP.6)	2L Rahan Canal (SUP.6),A.Han Kha	100 01 36	15 07 15	กรมชลประทาน
13	04140	คลองระหาน 3L ตอนบน (SUP.7)	Upper 3L Rahan Canal (SUP.7),A. Muang	100 04 14	15 07 00	กรมชลประทาน
14	04150	คลอง 1L-2L ตอนบน (SUP.8)	Upper 1L-2LCanal (SUP.8),A.Han Kha	100 03 02	15 05 12	กรมชลประทาน
15	04160	สถานีวัดน้ำพรเทพ (SUP.23)	Phon Thep Regulator (SUP.23),A.Muang	100 04 42	15 12 52	กรมชลประทาน
16	04170	สถานีวัดน้ำท่าบก (SUP.24)	Tha Bot Regulator (SUP.24),A.Han Kha	100 00 54	15 03 14	กรมชลประทาน
17	04180	คลอง 2L M-U (SUP.27)	2L M-U Canal (SUP.27),A.Han Kha	99 54 46	15 01 32	กรมชลประทาน
18	04250	คลอง 2R ตอนบน (CPK.1)	Upper 2R Canal (CPK.1)	100 05 51	15 20 27	กรมชลประทาน
19	04290	สถานีตรวจวัดน้ำมโนรมย์ (CPK.25)	Manorom Regulator (CPK.25)	100 06 05	15 20 20	กรมชลประทาน

ตารางที่ 1 (ต่อ) ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำสะแกกรังและพื้นที่ใกล้เคียง

ID	CODE	ชื่อสถานี	Station Name	Latitude	Longtitude	หน่วยงาน
20	04300	คลอง 3R-1R ตอนบน (NOI.1) อ. สันบุรี	Upper 3R-1R Canal (NOI.1),A.San Buri	100 09 06	15 03 00	กรมชลประทาน
21	04361	คลอง 3L-1R ตอนบน (NOI.2)	Upper 3L-1R Canal (NOI.2)	100 11 32	15 09 57	กรมชลประทาน
22	12012	อ.เมือง จ.กำแพงเพชร	A. Muang	99 31 26	16 28 56	กรมชลประทาน
23	12022	อ.คลองขลุง	A. Khlong Khlung	99 43 16	16 12 52	กรมชลประทาน
24	12042	อ.ขาณุวรลักษณ์บุรี	A. Khanu Woralakburi	99 51 49	16 03 37	กรมชลประทาน
25	12052	ชุมชนพึ่งตนเองทุ่งโพธิ์ทะเล	Thung Pho Thale Self-Supporting Settlement	99 39 00	16 28 00	กรมชลประทาน
26	12061	คลองสวนหมาก (P.26)	Khlong Suanmak (P.26),A.Muang	99 25 57	16 26 54	กรมชลประทาน
27	12081	บ้านปางมะค่า (Ct.5A),อ.ขาณุวรลักษณ์บุรี	Ban Pangmakha (Ct.5A),A.Khanu Woralakburi	99 28 45	15 54 10	กรมชลประทาน
28	12091	บ้านปางไว (P.35),อ.คลองขลุง	Ban Pang Wai (P.35),A.Klong Khlung	99 24 18	16 04 22	กรมชลประทาน
29	12102	อ.ไทรงาม	A. Sai Ngam	99 53 00	16 27 00	กรมชลประทาน
30	12121	บ้านโป่งน้ำร้อน(P.47)อ.คลองลาน	Ban Pong Nam Ron (P.47),A.Khlong Lan	99 16 29	16 20 03	กรมชลประทาน
31	12132	อ.คลองลาน	A.Khlong Lan	99 16 29	16 14 47	กรมชลประทาน
32	26013	อ.เมือง จ.นครสวรรค์	A. Muang	100 08 27	15 42 11	กรมชลประทาน
33	26022	อ.ชุมแสง	A. Chumsaeng	100 18 20	15 52 48	กรมชลประทาน
34	26042	อ.โกรกพระ	A. Krok Phra	100 04 34	15 33 16	กรมชลประทาน
35	26052	อ.พยุหะคีรี	A. Phayuha Khiri	100 08 18	15 27 14	กรมชลประทาน
36	26062	อ.บรรพตพิสัย	A. Banphot Phisai	99 59 08	15 56 01	กรมชลประทาน
37	26072	อ.ลาดยาว	A. Lat Yao	99 47 32	15 44 58	กรมชลประทาน
38	26082	อ.ตาคลี	A. Takhli	100 20 50	15 15 40	กรมชลประทาน

ตารางที่ .1 (ต่อ) ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำสะแกกรังและพื้นที่ใกล้เคียง

ID	CODE	ชื่อสถานี	Station Name	Latitude	Longtitude	หน่วยงาน
39	26092	สถานีวิจัยอาหารสัตว์	Animal Food Division Unit2,A.Muang	100 10 00	15 39 00	กรมชลประทาน
40	26170	คลองบ้านเล็กตอนบน (CPA.1)	Upper Ban Lek Canal (CPA.1)	100 08 14	15 24 57	กรมชลประทาน
41	26180	คลอง 6R ตอนบน(CPK.5)	Upper 6R Canal (CPK.5)	100 19 38	15 14 17	กรมชลประทาน
42	26190	คลอง7R ตอนบนเ (CPK.6)	Upper 7R Canal (CPK.6)	100 20 50	15 12 55	กรมชลประทาน
43	26200	คลอง 8R ตอนบน (CPK.7)	Upper 8R Canal (CPK.7)	100 23 42	15 10 20	กรมชลประทาน
44	26262	บ้านศาลเจ้าไก่โต อ.ลาดยาว	Ban San Chao Kai To ,A.Lat Yao	99 41 00	15 47 00	กรมชลประทาน
45	26271	ห้วยแม่วงค์ (Ct.4)อ.ลาดยาว	Huai Mae Wong (Ct.4),A.Lat Yao	99 40 55	15 47 01	กรมชลประทาน
46	26281	คลองโพธิ์ (Ct.7),อ.ลาดยาว	Khlong Pho (Ct.7),Ban Hang Rai,A.Lat Yao	99 32 20	15 38 23	กรมชลประทาน
47	26292	อ.เขาเลี้ยว	A. Kao Lieo	100 04 38	15 50 40	กรมชลประทาน
48	69012	อ.เมือง จ.อุทัยธานี	A. Muang	100 01 41	15 22 39	กรมชลประทาน
49	69022	อ.ทัพทัน	A. Thap Than	99 53 34	15 27 27	กรมชลประทาน
50	69032	อ.หนองขาหย่าง	A. Nong Kha Yang	99 55 57	15 21 45	กรมชลประทาน
51	69042	อ.หนองฉาง	A. Nong Chang	99 50 40	15 23 18	กรมชลประทาน
52	69052	อ.บ้านไร่	A. Ban Rai	99 31 27	15 04 48	กรมชลประทาน
53	69062	อ.สว่างอารมณ์	A. Sawang Arom	99 51 49	15 34 55	กรมชลประทาน
54	69104	สถานีสวนป่าห้วยระบำ	Huai Rabam Forest Plantation Station	99 24 00	15 29 00	กรมชลประทาน
55	69121	บ้านบุ่งไอชาม	Ban Bung Ai Chiam (Ct.9),A. Lam Sak	99 28 10	15 31 38	กรมชลประทาน
56	69132	อ.ลานสัก	A. Lan Sak	99 34 00	15 28 00	กรมชลประทาน
57	69144	บริษัทไทยโพลีวูด จำกัด	Thai Polywood Company Limited	99 44 00	15 26 00	กรมชลประทาน

ตารางที่ 1 (ต่อ) ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำสะแกกรังและพื้นที่ใกล้เคียง

ID	CODE	ชื่อสถานี	Station Name	Latitude	Longtitude	หน่วยงาน
58	69150	บ้านสมอทอง อ.บ้านไร่	Ban Sa Mo Thong (C.30),A. Ban Rai	99 32 22	15 21 04	กรมชลประทาน
59	63042	อ.อุ้มผาง	A. Umphang	98 52 00	16 00 58	กรมชลประทาน
60	-	สถานีวิจัยสัตว์ป่าเขานางรำ	Khao Nang Rum Wildlife Research Stationn	531727	1711124	กรมป่าไม้
61	376201	จ.ตาก	Tak	99 07 00	15 53 00	กรมอุตุนิยมวิทยา
62	376401	อ.อุ้มผาง	Umphang	98 53 00	16 01 00	กรมอุตุนิยมวิทยา
63	410001	จ.อุทัยธานี	Uthai Thani	100 03 00	15 21 00	กรมอุตุนิยมวิทยา
64	410002	อ.บ้านไร่	Ban Rai	99 33 00	15 02 00	กรมอุตุนิยมวิทยา
65	410003	อ.หนองขาหย่าง	Nong Khayang	99 57 00	15 19 00	กรมอุตุนิยมวิทยา
66	410004	อ.หนองฉาง	Nong Chang	99 52 00	15 21 00	กรมอุตุนิยมวิทยา
67	410005	อ.ทัพทัน	Thap Than	99 55 00	15 25 00	กรมอุตุนิยมวิทยา
68	410006	อ.สว่างอารมณ์	Sawang Arom	99 53 00	15 31 00	กรมอุตุนิยมวิทยา
69	410007	อ.ลานสัก	Lan Sak	99 34 00	15 27 00	กรมอุตุนิยมวิทยา
70	410008	อ.ห้วยคต	Huai Kot	99 39 00	15 18 00	กรมอุตุนิยมวิทยา
71	rf1*			99 00 00	16 30 00	กรมอุตุนิยมวิทยา
72	rf2*			100 30 00	16 30 00	กรมอุตุนิยมวิทยา
73	rf3*			99 00 00	15 00 00	กรมอุตุนิยมวิทยา
74	rf4*			100 30 00	15 00 00	กรมอุตุนิยมวิทยา

ภาคผนวก ค

ผลิตภัณฑ์มวลรวมในแต่ละสาขาการผลิตของทุกจังหวัดที่อยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำสะแกกรัง ปี 2533 - 2537

ปี พ.ศ.	2533		2534		2535		2536		2537	
สาขาการผลิต	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1.การเกษตรกรรม	11.75	27.21	13.87	27.75	15.84	28.22	12.44	22.14	14.63	23
1.1 กสิกรรม	8.94	20.7	10.7	21.4	12.44	22.16	9.08	16.16	11.04	17.4
1.2 ปศุสัตว์	0.87	2.01	1.27	2.54	1.3	2.32	1.36	2.42	1.38	2.19
1.3 ประมง	0.26	0...6	0.22	0.44	0.22	0.39	0.23	0.41	0.25	0.39
1.4 ป่าไม้	0.02	0.05	0	0.01	0.02	0.04	0.02	0.04	0.03	0.05
1.5 บริการทางเกษตร	1	2.32	1.04	2.08	1.04	1.85	0.94	1.67	1.07	1.68
1.6แปรรูปสินค้าเกษตร	0.66	1.53	0.64	1.28	0.82	1.46	0.81	1.44	0.86	1.35
2.เหมืองแร่และย่อยหิน	3.83	8.87	4.3	8.6	4.64	8.27	4.48	7.97	4.43	6.97
3.การอุตสาหกรรม	5.31	12.3	6.16	12.32	0.25	12.92	7.89	14.04	8.75	13.8
4.การก่อสร้าง	2.42	5.6	2.77	5.54	2.67	4.76	2.68	4.77	4.19	6.6
5.การไฟฟ้าและประปา	0.5	1.16	0.55	1.1	0.67	1.19	0.76	1.35	0.92	1.43
6.การคมนาคมขนส่ง	1.63	3.77	1.78	3.56	2.15	3.83	2.32	4.13	2.63	4.14
7.การค้าส่งและค่าปลีก	7.16	16.58	7.89	15.78	8.68	15.46	9.52	16.95	10.64	16.8
8.การธนาคาร ประกันภัย และอสังหาริมทรัพย์	1.2	2.78	1.41	2.82	1.92	3.42	2.45	4.36	2.64	4.16
9.ที่อยู่อาศัย	2.14	4.96	2.22	4.44	2.37	4.22	2.55	4.54	2.78	4.38
10.บริหารราชการและป้องกันประเทศ	1.85	4.28	2.16	4.32	2.66	4.74	3	5.34	3.09	4.86
11.การบริการ	5.39	12.48	6.88	13.76	7.28	12.97	8.09	14.4	8.83	13.9
ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด	43.18	100	49.99	100	56.13	100	56.18	100	63.53	100
อัตราการเปลี่ยนแปลง	-		15.78		12.27		0.09		13.08	
ผลิตภัณฑ์มวลรวมทั้งประเทศ	2,186,.03		2,507.03		2ล807.16		3,163.91		3,600.91	

ที่มา: กองบัญชีประชาชาติคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ อ้างถึงในกรมควบคุมมลพิษ

หมายเหตุ: 1 = ผลิตภัณฑ์มวลรวมของแต่ละสาขาการผลิต (พันล้าน) โดยพิจารณาเป็นรายจังหวัดที่อยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำ

2 = ร้อยละของผลิตภัณฑ์มวลรวมในแต่ละสาขาการผลิต

ประวัติผู้เขียน

นางสาวประชุมพร นิรัติศยกุล สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ในปีการศึกษา 2538 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อพ.ศ.2539