บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์แสดงความอุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศน้ำ ปัญหาและการจัดการน้ำในชุมชนเทศบาลเมืองเมืองแกนพัฒนา จังหวัดเชียงใหม่ มีวัตถุประสงค์ เพื่อสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำในพื้นที่เทศบาลเมืองเมืองแกนพัฒนา จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์แสดงความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรน้ำ และเพื่อประเมินผลการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ได้เลือกพื้นที่ในชุมชนเทศบาลเมืองเมืองแกนพัฒนา เป็นต้นแบบในการดำเนินการวิจัย ในส่วนของบทที่ 2 เป็นการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเนื้อหาในบทนี้ประกอบด้วย การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ การใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์กับคุณภาพน้ำในลำน้ำ การวิเคราะห์และออกแบบ สถิติสำหรับการวิจัย และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำจะมีวิธีการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อนำมาวิเคราะห์ และนำข้อมูลใช้เป็นแนวทางในการบริหารจัดการน้ำของงานชลประทานด้านต่างๆ เช่น การเกษตร การอุปโภค - บริโภค การอนุรักษ์ สิ่งแวดล้อม และการป้องกันและแก้ไขการระบายน้ำที่มีคุณภาพต่ำลงทางน้ำชลประทานและทางน้ำที่ต่อเชื่อมกับทางน้ำชลประทานพื้นที่การเก็บตัวอย่างน้ำจะต้องดำเนินการด้วยความรอบคอบและระมัดระวัง การเก็บตัวอย่างน้ำของแต่ละพารามิเตอร์มีวิธีการและเทคนิคแตกต่างกัน ดังนั้นการเก็บตัวอย่างที่ถูกต้องและเป็นตัวแทนของแหล่งน้ำที่แท้จริง ผู้เก็บตัวอย่างควรมีลักษณะดังนี้ (สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์, 2549)

1) รู้รายละเอียดเกี่ยวกับจุดเก็บตัวอย่างนั้นๆ จริงทั้งสภาพแวดล้อมบริเวณนั้นและตำแหน่งที่เก็บตัวอย่าง

2) ได้รับการอบรมถึงเทคนิคการเก็บตัวอย่างมาอย่างดีรวมถึงความเข้าใจวิธีการรักษาตัวอย่าง และการขนส่งไปยังห้องปฏิบัติการ

3) มีความชำนาญในการใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่าง เครื่องมือตรวจวัดคุณภาพในภาคสนามแต่ละประเภท และอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างน้ำ

4) มีความซื่อสัตย์ในการบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับการเก็บตัวอย่าง เช่น สถานที่ เวลา วิธีการเก็บ สภาพแวดล้อมต่างๆ ตามความเป็นจริง ซึ่งผู้เก็บตัวอย่างจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบเกี่ยวกับข้อมูลต่างๆ ของตัวอย่างด้วยเพราะเมื่อได้ผลการวิเคราะห์แล้วจะได้นำไปใช้บังคับหรือแก้ไขได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.1 วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำ ที่ปฏิบัติโดยทั่วไปมี 3 วิธี (สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์, 2549)

1) การเก็บแบบจ้วงหรือแบบแยก (Grab Sample) เป็นวิธีที่ง่ายและสะดวกที่สุดเป็นการเก็บตัวอย่างน้ำ ณ สถานที่และเวลาใดเวลาหนึ่งลักษณะการเก็บเช่นนี้เหมาะสำหรับการเก็บตัวอย่างน้ำในกรณีที่แหล่งน้ำนั้นมีคุณภาพค่อนข้างคงที่มีการเปลี่ยนแปลงไมมากนัก เช่น ในแหล่งน้ำตามธรรมชาติ แม่น้ำ ลำคลอง น้ำบาดาล

2) การเก็บตัวอย่างรวมแบบคอมโพสิต (Composite Sample) เป็นการเก็บตัวอย่างน้ำรวมที่ได้จากการนำเอาตัวอย่างน้ำที่เก็บแบบจ้วง ณ จุดเดียวกันแต่ต่างเวลา เช่น เก็บทุกๆ ชั่วโมง ในเวลา 8 ชั่วโมง หรือทุก 3 ชั่วโมงในเวลา 1 วัน แล้วนำมารวมกันเป็นตัวอย่างเดียว การเก็บตัวอย่างน้ำแบบนี้เพื่อทราบค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของตัวอย่างน้ำ ในกรณีที่แหล่งน้ำนั้นมีคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพไมคงที่ในแต่ละช่วงเวลา เนื่องมาจากกิจกรรมที่ปฏิบัติ เช่น น้ำเสีย จากโรงงานอุตสาหกรรม น้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสีย และน้ำทิ้งจากอาคารบ้านเรือน เป็นต้น

3) การเก็บตัวอย่างรวมแบบอินทิเกรต (Integrated Sample) เป็นการเก็บตัวอย่างน้ำรวมที่ได้ จากการนำเอาตัวอย่าง น้ำที่เก็บแบบจ้วง ณ จุดเก็บที่ต่างกัน ในเวลาเดียวกันหรือในเวลาที่ใกล้เคียงกัน แล้วนำมารวมกันเป็นตัวอย่างเดียว เช่น น้ำในอ่างเก็บน้ำ อาจจะเก็บหลายจุด เช่น ด้านเหนือน้ำปากทางเขา ด้านท้ายน้ำปากทางออก ด้านตะวันออก ด้านตะวันตกและกลางอ่าง หรือตามระดับความลึก เช่น ผิวน้ำ กึ่งกลาง ทองน้ำ แล้วนำมารวมเป็นตัวอย่างเดียว

1.2 จุดเก็บตัวอย่างน้ำ

การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อนำมาวิเคราะห์ มีการเลือกจุดเก็บและวิธีการเก็บตัวอย่างที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับแหล่งน้ำหรือประเภทของน้ำที่จะทำการตรวจวิเคราะห์ หลักเกณฑ์โดยทั่วไปที่ใช้สำหรับการเลือกจุดเก็บตัวอย่างน้ำ พอสรุปได้ดังนี้ (สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์, 2549)

1) แหล่งน้ำไหล ไดแก่ แม่น้ำ ลำธาร ห้วย คลอง คุณสมบัติของน้ำของแหล่งน้ำ ดังกล่าวจะแปรผันตามความลึก ความเร็วของกระแสน้ำ และระยะห่างจากฝั่ง เป็นต้น โดยทั่วไปแล้วการเก็บตัวอย่างน้ำในแม่น้ำลำธาร ควรเก็บแบบผสมผสานจากส่วนผิวน้ำ (Surface) ไปยังท้องน้ำ (Bottom) ที่บริเวณกึ่งกลางความกว้างของแม่น้ำ แล้วนำมารวมกัน (Integrated Sample) แต่ถ้าไม่สามารถทำได้อาจจะ เก็บแบบจ้วงหรือแบบแยก โดยเก็บตัวอย่างน้ำที่จุดกึ่งกลางความกว้างของแม่น้ำที่ระดับกึ่งกลางของความลึก โดยใช้เครื่องมือ Kemmerer Depth Sampler ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้เก็บตัวอย่างน้ำที่ระดับความลึกต่างๆ ตามความต้องการได้ ส่วนการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดและแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม ให้เก็บตัวอย่างน้ำที่ระดับความลึก 20-30 เซนติเมตร ณ จุด ตรวจสอบ

2) แหล่งน้ำนิ่ง ได้แก่ หนอง บึง อ่างเก็บน้ำ ทะเลสาบ สระ การเก็บตัวอย่าง น้ำในแหล่งน้ำดังกล่าวจะต้องคำนึงถึงสาเหตุและการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่เกิดขึ้นในแหล่งน้ำที่มีผลต่อคุณภาพน้ำ เช่น ฤดูกาล การแบ่งชั้นน้ำ ปริมาณน้ำฝน น้ำไหลบ่า ดังนั้นการเลือกจุดเก็บ ความลึก ความถี่ของการเก็บตัวอย่างขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการศึกษาการเก็บตัวอย่างน้ำให้เก็บที่ระดับความลึก 1 เมตร ณ จุด ตรวจสอบ สำหรับแหล่งน้ำ ที่มีความลึกเกินกว่า 2 เมตร และให้เก็บที่จุดกึ่งกลางความลึก ณ จุด ตรวจสอบ สำหรับ

แหล่งน้ำที่มีความลึกไม่เกิน 2 เมตร เว้นแต่แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดและแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม ให้เก็บที่ระดับความลึก 20-30 เซนติเมตร ณ จุดตรวจสอบ (วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำใช้วิธีเดียวกับการเก็บตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำทั่วไป)

3) การเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งให้เก็บตัวอย่างจากปลายท่อระบาย ณ จุดที่ระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อมนอกเขตที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรม นิคมอุตสาหกรรม หรือพื้นที่ประกอบกิจกรรมต่างๆ ในกรณีที่มีการระบายน้ำทิ้งหลายจุดให้เก็บทุกจุด การเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมให้เก็บแบบจ้วง 1 ครั้ง สวนนิคมอุตสาหกรรมให้เก็บตัวอย่างรวมแบบคอมโพสิต (Composite Sample) โดยเก็บ 4 ครั้งๆ ละ 500 มิลลิลิตร ทุก 2 ชั่วโมงต่อเนื่องกัน

4) การเก็บตัวอย่างน้ำจากบ่อที่มีปั้มมือหรือสูบโยก จะต้องปั้มน้ำหรือสูบน้ำ ปล่อยทิ้งประมาณ 3-5 นาทีแล้วจึงนำขวดเก็บตัวอย่างไปรองรับน้ำระวังอย่าให้ปากขวดไปสัมผัสกับปากปั้ม

5) การเก็บตัวอย่างน้ำจากก๊อกประปาควรเลือกก๊อกที่ต่อโดยตรงจากท่อประธานมายังท่อบริการ (ไม่ควรเก็บจากก๊อกที่ไหลมาจากถังในตัวอาคารซึ่งเป็นถังที่มีการกักเก็บน้ำไว้บนดาดฟ้าก่อนแล้วจึงปล่อยลงมาใช้) การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์ควรใช้สำลีชุบแอลกอฮอล์ทำความสะอาดก๊อกน้ำก่อนแล้วเปิดก๊อกให้น้ำไหลทิ้งประมาณ 3-5 นาทีเพื่อให้น้ำที่ค้างอยู่ตามท่อไหลทิ้งไปให้หมดแล้วจึงนำขวดเก็บตัวอย่างไปเก็บตัวอย่างน้ำได้ ในกรณีเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณแบคทีเรียต้องเติมสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3$) 10 % ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตรต่อน้ำตัวอย่าง 150 มิลลิลิตร ลงไปในขวดเก็บตัวอย่างน้ำก่อนเพื่อทำลายคลอรีนที่เหลืออยู่และใช้สำลีชุบแอลกอฮอล์ทำความสะอาดบริเวณปากก๊อกทั้งภายในและภายนอกนำไฟไปลนเพื่อฆ่าเชื้อปลายก๊อกประมาณ 5 นาที และปล่อยน้ำไหลทิ้งประมาณ 2-3 นาที จึงนำขวดไปรองรับน้ำตัวอย่างได้ ต้องระวังอย่าให้ปากขวดไปสัมผัสกับ ปลายก๊อกหรือสิ่งอื่นๆ เพราะจะทำให้มีการปนเปื้อนเกิดขึ้นได้

1.3 ภาชนะบรรจุตัวอย่างน้ำ

ภาชนะที่ใช้สำหรับเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อการวิเคราะห์ควรเลือกให้เหมาะสม ว่าควรใช้ภาชนะบรรจุประเภทใดในการเก็บรักษาสภาพน้ำตัวอย่างโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ (สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์, 2549)

1) ขวดปากแคบ ใช้เก็บตัวอย่างน้ำที่ไม่สกปรกมาก เช่น น้ำแม่น้ำ น้ำในอ่างเก็บน้ำ น้ำทะเล เป็นต้น

2) ขวดปากกว้าง ใช้สำหรับเก็บตัวอย่างน้ำที่สกปรกมากและมีพิษเช่น น้ำทิ้งจากอาคาร โรงพยาบาล โรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น ขวดเก็บตัวอย่างน้ำทั้ง 2 ลักษณะ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท (หมายถึงวัสดุที่ใช้ผลิตขวด) เพราะน้ำตัวอย่างอาจจะทำปฏิกิริยากับวัสดุที่ใช้ผลิตขวด และกระบวนการรักษาสภาพตัวอย่างน้ำของแต่ละพารามิเตอร์ต้องเลือกประเภทของขวดให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ ดังนี้

1.4 การเก็บรักษาสภาพตัวอย่างน้ำ

ตัวอย่างน้ำที่เก็บมาเพื่อทำการวิเคราะห์นั้น บางพารามิเตอร์ต้องตรวจวัดในภาคสนาม เพราะค่าจะเปลี่ยนแปลงได้ง่ายส่วนพารามิเตอร์อื่นๆ สามารถที่จะนำมาทำการวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการได้โดยการรักษาคุณภาพน้ำไว้เพื่อไม่ให้คุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลงไปทั้งทางเคมีและทางกายภาพ เนื่องจากการเติบโตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ วิธีการรักษาสภาพ (สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์, 2549)

1) การแช่เย็น จุดประสงค์เพื่อลดการทำงานของพวกจุลินทรีย์ และลดอัตราเร็วของการเกิดกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมี

2) การเติมสารเคมี เช่น กรดไนตริก (HNO3) หรือกรดซัลฟูริก (H2SO4) เข้มข้นเป็นการรักษาสภาพน้ำตัวอย่างโดยควบคุมพีเอช (พีเอชน้อยกว่า 2) วัตถุประสงค์คือ ป้องกันการดูดซับ 13 ไอออนที่ผิวภาชนะบรรจุตัวอย่างน้ำ และการตกตะกอน รวมทั้งยังช่วยยับยั้งการเจริญเติบโต หรือการทำงานของพวกจุลินทรีย์

ความถี่ในการเก็บตัวอย่างน้ำขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการศึกษา ซึ่งอาจจะเก็บทุกวันหรือทุกเดือนหรือเดือนเว้นเดือนหรือแบ่งเป็น 3 ช่วงให้ครอบคลุมฤดูกาล หรือ 12 ครั้งต่อปี ทั้งนี้จะต้องคำนึงถึงงบประมาณ และบุคลากรด้วย

1.5 การวิเคราะห์อุณหภูมิน้ำ (Temperature)

อุณหภูมิมีผลกระทบโดยตรงต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่เกิดขึ้น ดังนั้นอุณหภูมิจึงมีความสำคัญ มากในการตรวจวิเคราะห์ด้านสิ่งแวดล้อม การตรวจวัดอุณหภูมิน้ำควรจะต้องทำในทันที ณ จุดเก็บตัวอย่าง ไม่สามารถนำตัวอย่างน้ำกลับมาตรวจวัดที่ห้องปฏิบัติการได้ เนื่องจากอุณหภูมิจะเปลี่ยนไป (คู่มืออบรมเยาวชนอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม : ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, 2556)

เมื่อน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นสิ่งมีชีวิตจะมีกิจกรรมเพิ่มขึ้นอันเป็นผลมาจากปฏิกิริยาทางเคมีและ ยังส่งผลต่อการบำบัดน้ำคือทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายและความสามารถในการบำบัดน้ำของเชื้อจุลินทรีย์เปลี่ยนแปลงไป

1) อุปกรณ์ในการตรวจวัด

ใช้เทอร์โมมิเตอร์ในการตรวจวัด มีทั้งแบบดิจิตอลแต่แบบแท่งที่เป็นแอลกอฮอล์ สีแดงจะใช้งานง่ายที่สุด

2) วิธีการตรวจวัดอุณหภูมิ

ควรวัดในที่ร่มที่มีอากาศถ่ายเทสะดวกระวังอย่าให้เทอร์โมมิเตอร์เปียกน้ำหรือถูกแสงแดดโดยตรงและต้องอย่าให้กระเปาะของเทอร์โมมิเตอร์ถูกมือหรือส่วนอื่นๆ ของร่างกาย อาจใช้ด้ายผูกแท่งเทอร์โมมิเตอร์แล้วห้อยไว้ในที่ร่มประมาณ 5 นาที จึงทำการอ่านค่าให้จุ่มกระเปาะของเทอร์โมมิเตอร์ในน้ำประมาณ 1 นาที แล้วทำการอ่านค่าถ้าเป็นบริเวณที่เข้าไปถึงน้ำได้ก็แค่จุ่มเทอร์โมมิเตอร์ลงไปใน

น้ำเฉยๆ แต่ถ้าไม่ได้ก็ให้ใช้กระป๋องตักน้ำขึ้นมาแล้วทำ การวัดอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะเวลาที่อุณหภูมิน้ำแตกต่างจากอุณหภูมิอากาศมากๆ

3) ข้อควรระวังในการตรวจวัด

ถ้ามีเทอร์โมมิเตอร์แค่อันเดียวแต่ต้องใช้วัดทั้งอากาศและน้ำ ให้วัดอุณหภูมิอากาศก่อนแล้วจึงวัดอุณหภูมิน้ำแต่ถ้าเป็นไปได้ควรใช้เทอร์โมมิเตอร์แยกต่างหากระหว่างเทอร์โมมิเตอร์สำหรับวัดอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิน้ำ

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำด้วยค่าอุณหภูมิ

ค่าอุณหภูมิที่วัดได้ (°C)	คุณภาพน้ำ	การแปลผล
ต่ำกว่า 21	ไม่เหมาะสม	เป็นช่วงอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมในการดำรงชีวิตของพืชน้ำและสัตว์น้ำบางชนิดรวมทั้งอาจส่งผลต่อการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำทำให้สังเคราะห์แสงได้ลดลง ส่วนใหญ่อุณหภูมิช่วงนี้จะพบได้ในฤดูหนาว
21 - 32	เหมาะสม	เป็นช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการดำรงชีวิตของพืชน้ำและสัตว์น้ำ
มากกว่า 32	ไม่เหมาะสม	เป็นช่วงอุณหภูมิที่สูงเกินไปในการดำรงชีวิตของพืชน้ำและสัตว์น้ำบางชนิดแต่อาจมีสัตว์น้ำบางชนิด เช่น หอยบางประเภทรวมทั้งอาจส่งผลต่อการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำทำให้สังเคราะห์แสงได้ลดลงส่วนใหญ่ อุณหภูมิช่วงนี้จะพบได้ในฤดูร้อนหากไม่ใช่แสดงว่าเกิดการปล่อยน้ำเสียที่มีอุณหภูมิสูงลงในแหล่งน้ำ

(คู่มืออบรมเยาวชนอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม : ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, 2556)

1.6 การวิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ หรือ ดีโอ (Dissolved Oxygen)

ออกซิเจนเป็นปัจจัยที่นับว่ามีความสำคัญมากที่สุดในการดำรงชีวิตเนื่องจากสิ่งมีชีวิตทุกชนิดจำเป็นต้องใช้ออกซิเจนในกระบวนการต่างๆ ของร่างกายเพื่อการเจริญเติบโต ถ้าหากมีออกซิเจน ในปริมาณมากหรือน้อยเกินไป สิ่งมีชีวิตจะไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ โดยปกติออกซิเจนที่ละลายในน้ำ Dissolved Oxygen ได้มาจากบรรยากาศและการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช น้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ Dissolved Oxygen จะแปรผกผันกับอุณหภูมิและความเข้มข้นของแร่ธาตุที่ละลายน้ำ ถ้าหากอุณหภูมิและความเข้มข้นของแร่ธาตุในน้ำสูงจะทำให้ออกซิเจนละลายในน้ำได้น้อยลง น้ำในธรรมชาติทั่วไปปกติจะมีค่าดีโอ Dissolved Oxygen ประมาณ 5-7 มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/l) ถ้าค่าดีโอต่ำกว่า 2 มิลลิกรัมต่อลิตร จัดว่าน้ำในแหล่งน้ำนั้นเน่าเสีย (คู่มืออบรมเยาวชนอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม : ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, 2556)

1.6.1 อุปกรณ์ในการตรวจวัด

1) ขวดเก็บตัวอย่าง

2) ถ้วยวัดปริมาตร

3) สารละลายหมายเลข 1 สารละลาย แมงกานีสซัลเฟต ($MgSO_4$)

4) สารละลายหมายเลข 2 สารละลาย alkali-iodide-azide (AIA)

5) สารละลายหมายเลข 3 สารละลาย กรดซัลฟุริค (H_2SO_4)

6) สารละลายหมายเลข 4 สารละลาย น้ำแป้ง

7) สารละลายหมายเลข 5 สารละลาย มาตรฐานโซเดียมโธโอซัลเฟต

1.6.2 วิธีการหาค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO)

เก็บตัวอย่างน้ำในขวดเก็บตัวอย่างน้ำ ระวังอย่าให้มีอากาศเข้าไปข้างในขวดเปิดฝาขวดเก็บตัวอย่าง เติมสารละลายหมายเลข 1 จำนวน 5 หยด เติมสารละลายหมายเลข 2 จำนวน 5 หยด แล้วปิดจุกอย่างระมัดระวังเพื่อป้องกันมิให้เกิดฟองอากาศ ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน จนกระทั่งได้ส่วนใสประมาณครึ่งขวด ค่อยๆเปิดขวดแล้วเติมสารละลายหมายเลข 3 ลงไป จำนวน 10 หยด แล้วปิดจุกและเขย่าโดยการกลับขวดไปมาประมาณ 10 รอบ เพื่อให้ตะกอนละลายแล้วค่อยๆ หยดสารละลายหมายเลข 5 ลงไปจนได้สารละลายใส และนับจำนวนหยดด้วย

1.6.3 การคำนวณ

$$\text{ออกซิเจนละลาย (DO)} = \frac{\text{จำนวนหยดของสารละลายหมายเลข 5}}{2}$$

ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำด้วยปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO)

DO (มก./ล)	คุณภาพน้ำ	การแปลผล
≥ 8	ดีมาก	น้ำมีการไหลแรงอย่างต่อเนื่องรวมทั้งมีการเปลี่ยนแปลงของกระแสน้ำ เช่น มีโขดหิน น้ำตก ซึ่งเป็นแหล่งเพิ่มออกซิเจนในน้ำ
6.0 – 7.9	ดี	น้ำมีการไหลอย่างต่อเนื่องและไม่รุนแรงจนเกินไปเหมาะกับการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต เช่นสาหร่ายที่สามารถยึดเกาะกับโขดหินหรือพื้นดิน รวมทั้งแมลงน้ำและสัตว์น้ำที่สามารถดำรงชีวิตได้ในสภาพน้ำไหลแรง
4.0 – 5.9	พอใช้	น้ำมีการไหลอย่างต่อเนื่อง และไม่มีการปนเปื้อนของน้ำเสีย เหมาะกับการดำรงชีวิตของพืชน้ำ สาหร่ายหรือแพลงก์ตอนพืชอยู่ในน้ำ รวมทั้งสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กและสิ่งมีชีวิตขนาดใหญ่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้

ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำด้วยปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (ต่อ)

DO (มก./ล)	คุณภาพน้ำ	การแปลผล
2.0 – 3.9	เสื่อมโทรม	เป็นแหล่งน้ำที่ไม่การไหลหรือไหลช้าๆ รวมทั้งมีการทิ้งน้ำเสียจากบ้านเรือนลงไปยังแหล่งน้ำอย่างต่อเนื่องน้ำอาจมีลักษณะขุ่นทำให้แสงส่องผ่านไม่ถึงทำให้พืชน้ำหรือสัตว์น้ำไม่สามารถ ดำรงชีวิตอยู่ได้จะมีเฉพาะปลาบางชนิดเท่านั้นที่สามารถอยู่ได้ เช่น ปลานิล ปลาหมอ
< 2.0	เสื่อมโทรมมาก	เป็นแหล่งน้ำที่ไม่การไหลหรือไหลช้าๆ รวมทั้งมีการทิ้งน้ำเสียจากบ้านเรือนหรือโรงงานอุตสาหกรรมลงไปยังแหล่งน้ำอย่างต่อเนื่องและปริมาณมากและมีลักษณะน้ำเน่าเสียอาจมีกลิ่นเหม็นรวมทั้งมีลักษณะขุ่นหรือมสีทำให้แสงส่องผ่านไม่ถึงทำให้พืชน้ำหรือสัตว์น้ำไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้จะมีเฉพาะปลาบางชนิดเท่านั้นที่สามารถอยู่ได้

(คู่มืออบรมเยาวชนอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม : ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, 2556)

1.7 การวิเคราะห์ความเร็วของน้ำบริเวณผิวน้ำ (Speed)

ความเร็วของกระแสน้ำมีผลต่อการละลายของออกซิเจนจากอากาศลงสู่น้ำหากน้ำไหลเร็วก็จะมีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำค่อนข้างสูงกว่าในน้ำนิ่ง (คู่มืออบรมเยาวชนอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม : ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, 2556)

1.7.1 อุปกรณ์ในตรวจวัด

1) ลูกบอลพร้อมเชือก
2) เครื่องคิดเลข
3) นาฬิกาจับเวลา
4) สมุดบันทึกและดินสอ

1.7.2 วิธีการวัดความเร็วของน้ำบริเวณผิวน้ำ

กำหนดจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายของระยะทาง ซึ่งควรยาวประมาณ 10-50 เมตร ทั้งนี้ไม่ควรเป็นบริเวณที่มีจุดบรรจบของคลอง ไม่มีตอสะพาน ฝาย หรือเขื่อน และไม่มีทางโค้งของลำน้ำรวมทั้งก่อนหน้าและหลังบริเวณที่ตรวจวัดด้วย ผู้สำรวจปล่อยวัสดุที่ลอยน้ำได้หรือลูกบอลที่ติดกับเชือกที่มีความยาวของเชือกตามที่กำหนดลงในน้ำ พร้อมกับกดนาฬิกาเพื่อเริ่มจับเวลา จนเชือกเริ่มตึงกดหยุดนาฬิกาจับเวลา จดบันทึกเวลาที่ได้และควรทำซ้ำอีกประมาณ 3-5 รอบ เพื่อนำมาคำนวณค่าความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย

1.7.3 การอ่านผลและแปรผล

คำนวณความเร็วของกระแสน้ำบริเวณที่ผิวน้ำด้วยสูตร

$$\text{ความเร็วของกระแสน้ำ (เมตร/วินาที)} = \frac{\text{ระยะทางที่กำหนด}}{\text{เวลาที่จับได้}}$$

หากต้องการคำนวณปริมาณน้ำที่ไหลแล้วจะต้องมีการตรวจวัดความกว้างและ ความลึกของลำน้ำแล้วจึงคำนวณเป็นปริมาณน้ำที่ไหล คือ

$$\text{ปริมาณน้ำที่ไหล (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)} = \text{ความเร็วของกระแสน้ำ} \times \text{พื้นที่หน้าตัดของลำน้ำ}$$

หากคำนวณค่าอัตราเร็วของกระแสน้ำได้ค่าสูงแสดงว่าน้ำไหลเร็ว ซึ่งการที่น้ำไหลเร็วและแรงจะมีผลทำให้บริเวณนั้นมีสิ่งมีชีวิตในน้ำอาศัยอยู่น้อย

ตารางที่ 2.3 การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำด้วยค่าความเร็วของน้ำบริเวณผิวน้ำ

ความเร็วของกระแสน้ำ เมตร/วินาที (m/s)	**คุณภาพน้ำ**	**การแปลผล**
> 0.60	ความเร็วของกระแสน้ำสูงเกินไป	ความเร็วของกระแสน้ำที่สูงเกินไปทำให้เกิดการพังทลายของหน้าดินทำให้น้ำขุ่นและต้องเฝ้าระวังน้ำท่วมฉับพันและดินโคลนถล่ม โดยต้องพิจารณาร่วมกับความขุ่นของลำน้ำด้วยรวมทั้งไม่เหมาะสมในการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำยกเว้นพืชสามารถยึดเกาะกับหินได้ เช่น สาหร่าย
0.30-0.60	ความเร็วปกติ	ความเร็วของกระแสน้ำปกติไม่ทำให้เกิดการพังทลายของหน้าดินเหมาะสมในการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำทั้งพืชและสัตว์
< 0.30	ความเร็วของกระแสน้ำต่ำเกินไป	ความเร็วของกระแสน้ำที่ต่ำเกินไปทำให้เกิดการตกตะกอนทับถมของตะกอนแม่น้ำตื้นเขิน และอาจทำให้น้ำเน่าเสียได้หากมีความขุ่นจนพืชไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้

(คู่มืออบรมเยาวชนอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม : ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, 2556)

1.8 การวิเคราะห์ค่าสภาพกรดหรือด่าง (pH)

ความเป็นกรด-เบส หรือค่าพีเอช (pH) เป็นค่าที่บอกปริมาณของกรดที่ปนอยู่ในน้ำ ค่าพีเอชมีอิทธิพลต่อปฏิกิริยาเคมีส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นในน้ำ น้ำบริสุทธิ์ที่ปราศจากสิ่งปนเปื้อน (และต้องไม่สัมผัสกับอากาศด้วย) จะมีค่าพีเอชเท่ากับ 7 น้ำซึ่งมีสิ่งเจือปนอยู่ด้วยอาจจะมีค่าพีเอชเท่ากับ 7 ได้ ถ้าน้ำนั้นมีกรดและเบสอยู่ในปริมาณที่เท่ากันและสมดุลกัน ถ้าน้ำมีค่าพีเอชต่ำกว่า 7 แสดงว่าน้ำนั้นมีปริมาณกรดอยู่มากเกินจุดที่สมดุล แต่ถ้ามีค่าพีเอชมากกว่า 7 แสดงว่าในน้ำนั้นมีเบสมากเกินจุดที่สมดุล (คู่มืออบรมเยาวชนอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, 2556)

1.8.1 อุปกรณ์ในการตรวจวัด

1) ภาชนะใส่น้ำ เช่น แก้ว

2) กระดาษลิตมัส

1.8.2 วิธีการวัดค่าสภาพกรดหรือด่าง (pH)

ใช้ภาชนะตักน้ำที่ต้องการตรวจวัด แล้วนำกระดาษลิตมัสจุ่มลงในน้ำที่ตักมาโดยจุ่มลงในน้ำให้ท่วมแถบสี ทิ้งไว้ประมาณ 20 วินาที นำกระดาษลิตมัสขึ้นจากน้ำแล้วนำไปเทียบค่า

ตารางที่ 2.4 การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำด้วยค่าสภาพกรดหรือด่าง

ค่าสภาพกรดหรือด่าง (pH)	**คุณภาพน้ำ**	**การแปลผล**
ต่ำกว่า 4.0	มีสภาพน้ำเป็นกรดแก่	น้ำมีสภาพเป็นกรดแก่ไม่เหมาะสมกับการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ทุกชนิดรวมทั้งมีการปนเปื้อนของสารที่เป็นกรด เช่น ของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม หรือการเน่าเสียของพืชและสัตว์ในบริเวณแหล่งน้ำ รวมทั้งไม่สามารถนำไปใช้ในการอุปโภคบริโภคได้
4.0 – 6.4	มีสภาพน้ำเป็นกรดอ่อน	น้ำมีสภาพเป็นกรดอ่อนเหมาะสมกับการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทั้งพืชบางชนิดที่และสัตว์บางชนิดรวมทั้งไม่สามารถนำไปใช้ในการอุปโภคบริโภคได้ทันดีต้องมีการปรับค่าพีเอชให้เป็นกลางก่อนโดยใช้ด่าง
6.5 – 8.5	มีสภาพเป็นกลาง	น้ำมีสภาพเป็นกลางเหมาะสมกับการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์รวมทั้งสามารถนำไปใช้ในการอุปโภคบริโภคได้

ตารางที่ 2.4 การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำด้วยค่าสภาพกรดหรือด่าง (ต่อ)

ค่าสภาพกรดหรือด่าง (pH)	คุณภาพน้ำ	การแปลผล
8.6 – 10	มีสภาพน้ำเป็นด่างอ่อน	น้ำมีสภาพเป็นด่างอ่อนเหมาะสมกับการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทั้งพืชบางชนิดที่และสัตว์บางชนิดรวมทั้งไม่สามารถนำไปใช้ในการอุปโภคบริโภคได้ทันดีต้องมีการปรับค่าพีเอชให้เป็นกลางก่อนโดยใช้กรด
สูงกว่า 10	มีสภาพน้ำเป็นด่างแก่	น้ำมีสภาพเป็นกรดแก่ไม่เหมาะสมกับการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ทุกชนิดรวมทั้งอาจมีการปนเปื้อนของสารที่เป็นด่าง เช่น ของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม รวมทั้งไม่สามารถนำไปใช้ได้

(คู่มืออบรมเยาวชนอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม : ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, 2556)

1.9 การวิเคราะห์ความขุ่น

เมื่ออนุภาคขนาดเล็กมากแขวนลอยอยู่ในน้ำก็จะขุ่นทำให้ความใสลดลง โดยจะวัดความใสเป็นตัวเลขของระยะทางที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า การวัดความใสจะบอกถึงปริมาณสารแขวนลอยในน้ำแต่จะไม่สามารถบอกได้ว่าสารแขวนลอยนี้คืออะไร

1.9.1 วิธีทำเครื่องมือวัดความขุ่น (แผ่นตัวเลขวัดความขุ่น)

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ทำแผ่นตัวเลขวัดความขุ่น

1) กระดาษขาว A4
2) ดินสอ 2B
3) พลาสติกเคลือบ
4) เครื่องเคลือบ
5) กรรไกร
6) ไม้บรรทัด
7) วงเวียน

วิธีทำ

1) นำกระดาษ มาใช้วงเวียนวาดรูปวงกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 7 เซนติเมตร
2) ใช้กรรไกรตัดตามรอยวงเวียนที่วาดไว้
3) ใช้ไม้บรรทัดขีดเส้นให้ได้ 4 ช่องเท่าๆ กัน ใช้ดินสอเขียนตัวเลข 2 3 4 5 แล้วระบาย โดยให้ความเข้มของตัวเลขมีระดับที่ต่างกัน
4) นำไปเคลือบ

1.9.2 วิธีทำเครื่องมือวัดความขุ่น (เครื่องมือ)

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ทำเครื่องมือวัดความขุ่น

1) แผ่นตัวเลขวัดความขุ่น

2) ขวดน้ำขนาด 1 ลิตร

3) มีดคัทเตอร์

4) กาวสองหน้า

วิธีทำ

1) ใช้มีดคัทเตอร์ตัดบริเวณโค้งงอตรงปากขวดออก

2) ใช้ลวดที่เผาไฟจนร้อน เจาะรูเล็กๆ วัดจากปากขวดลงมา 1 เซนติเมตร

3) นำแผ่นตัวเลขวัดความขุ่น ใช้กาวสองหน้าติดไว้ก้นขวด

1.9.3 วิธีการวัดความขุ่น

ตักน้ำใส่ภาชนะทดลองให้เต็ม มองจากด้านบนปากขวดลงไปดูตัวเลขแล้วบันทึกผล

2. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในอเมริกามาจากภาษาอังกฤษ คือ (Geographic Information System : GIS)

ความหมายของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มีผู้ให้คำจำกัดความไว้มากมายสรุปได้ว่ามีคำหลักอยู่ 3 คำ ที่ใช้อธิบายคำจำกัดความของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ คือ เครื่องมือ กระบวนการ และข้อมูล (ชฎา ณรงค์ฤทธิ์, 2547)

1) เครื่องมือ (Tool) ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นเครื่องมือสำหรับดำเนินการกับข้อมูล เครื่องมือนี้ประกอบด้วย ฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์ที่ต้องอาศัยคนสั่งงานเพื่อดำเนินการทางเทคนิคต่างๆ แก่ข้อมูล

2) กระบวนการ (Process) ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นการปฏิบัติการที่เป็นขั้นตอน (procedure) ครอบคลุมตั้งแต่การนำเข้าการจัดเก็บการค้นคืนการสอบถาม การวิเคราะห์ และการแสดงผลข้อมูล ซึ่งโดยทั่วไปมักแสดงผลในรูปแผนที่

3) ข้อมูล (Data) ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นระบบการทำงานที่ต้องการข้อมูลมาเป็นตัวขับเคลื่อนการทำงานของเครื่องมือและกระบวนการ โดยข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มีลักษณะแตกต่างจากข้อมูลในระบบสารสนเทศอื่น คือเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ที่อ้างอิงตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (Geo-referenced data) และมีลักษณะเป็นชั้นที่วางซ้อนกันได้ จากคำดังกล่าวระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จึงหมายถึงชุดเครื่องมือที่เพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการต่างๆ ในการจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่ตั้งแต่เก็บรวบรวมบันทึก ค้นคืน สอบถาม เปรียบเทียบ วิเคราะห์และแสดงผลข้อมูลในรูปภาพแผนที่เพื่ออธิบายสิ่งต่างๆที่ปรากฏบนโลก

2.1 พัฒนาการของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ถูกพัฒนาและใช้อย่างแพร่หลายในต่างประเทศมานาน โดยมีวัตถุประสงค์ในระยะแรกคือการทำแผนที่ (Mapping) พัฒนาการของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ อาจแบ่งได้ 2 ยุคหลักๆ คือยุคที่ดำเนินการด้วยมือ และยุคที่ใช้คอมพิวเตอร์ (ชฎา ณรงค์ฤทธิ์, 2547)

2.1.1 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ดำเนินการด้วยมือ (Manual approach) เป็นการทำงานโดยอาศัยทักษะของมนุษย์ในการจัดทำข้อมูลภูมิลักษณ์บนโลกให้อยู่ในรูปแผนที่ลายเส้น ยุคที่ดำเนินการด้วยมือนี้เริ่มตั้งแต่ยุคอารยธรรมซึ่งเป็นยุคที่มีการสำรวจโลกอย่างกว้างขวาง จึงมีความต้องการในการเก็บรวบรวมข้อมูลทางพื้นที่เพื่อนำมาจัดเก็บเป็นภาพแผนที่สำหรับเป็นเครื่องมือในการสำรวจการเดินเรือและการทหารต่อมารัฐบาลหลายประเทศเริ่มให้ความสำคัญแก่การจัดทำแผนที่อย่างเป็นระบบ โดยเริ่มต้นจากการผลิตแผนที่ภูมิประเทศให้ครอบคลุมทั่วประเทศ เนื่องจากแผนที่ภูมิประเทศเหมาะสำหรับใช้ประโยชน์ทั่วไป ดังนั้นตั้งแต่คริสต์ศตวรรษที่ 19 ได้มีการจัดทำแผนที่เฉพาะเรื่อง (Thematic map) เพื่อบรรจุข้อมูลที่แสดงเนื้อหาเพียงเรื่องเดียวหรือเนื้อหาที่มีแนวเดียวกัน สำหรับใช้ในวัตถุประสงค์จำเพาะ เช่น ธรณีวิทยา ปฐพีวิทยาและธรณีสัณฐานวิทยา เป็นต้น ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ดำเนินการด้วยมือมีวิธีการหลักๆ คือการเขียนรายละเอียดของพื้นที่ในรูปลายเส้นบนสื่อวัสดุคงทน (Hardcopy) เช่น กระดาษ การวิเคราะห์ก็มีการถ่ายทอดรายละเอียดลงบนแผ่นใสเพื่อทำแผนที่เฉพาะเรื่องแล้วเอามาวางซ้อนเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสายตา

2.1.2 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ใช้คอมพิวเตอร์ (Computer approach) เริ่มประมาณปี 1960 เกิดจากแนวคิดในการดำเนินการใช้ข้อมูลแผนที่เพื่อประเมินค่าทรัพยากร เช่น ทรัพยากรที่ดิน ประกอบกับความต้องการปรับปรุงวิธีการการผลิตแผนที่และปรับปรุงคุณภาพแผนที่ ดังนั้น ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ใช้คอมพิวเตอร์จึงเริ่มพัฒนามาจากศาสตร์ต่างๆ มากมายโดยทั้งนี้มีจุดมุ่งหมายหลัก คือการพัฒนาเครื่องมือชุดหนึ่งที่มีความสามารถสูงในการเก็บรวบรวม บันทึก ค้นคืน เปลี่ยนแปลงและแสดงข้อมูลพื้นที่ของโลกเพื่อวัตถุประสงค์เรื่องหนึ่งเรื่องใดโดยเฉพาะระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ใช้คอมพิวเตอร์มีวิธีการทำงานหลักๆ ที่แตกต่างจากการดำเนินการด้วยมือ คือ การเปลี่ยนการจัดเก็บข้อมูลที่อยู่ในสื่อวัสดุคงทนมาอยู่ในรูปแบบตัวเลขในคอมพิวเตอร์ และการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถทำการซ้อนทับแล้วอาศัยหลักการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ และตรรกศาสตร์มาช่วยในการวิเคราะห์

เนื่องจากปัจจุบันเป็นยุคแห่งความรุดหน้าด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ใช้คอมพิวเตอร์จึงแพร่หลายไปทั่วโลก โดยมีเหตุผลสำคัญ 3 ประการคือ 1) เทคโนโลยีทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์ราคาถูกลงจึงสามารถใช้ระบบนี้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล 2) ซอฟท์แวร์ด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มีลักษณะเป็น (Graphic User Interface : GUI) ทำให้ใช้งานได้ง่ายขึ้น และ 3) ปริมาณข้อมูลจากการสำรวจตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันมีมากมายจึงเกิดความต้องการในการบูรณาการข้อมูลเหล่านี้อย่างเป็นระบบ เพื่อให้สามารถตอบคำถามในเชิงพื้นที่ตั้งแต่ระดับท้องถิ่นจนถึงระดับโลกได้

ระบบสารสนเทศที่ใช้คอมพิวเตอร์มีข้อเด่นดังตารางที่ 2.5 ส่วนข้อด้อย คือระบบที่ใช้คอมพิวเตอร์ต้องการบุคลากรที่มีทักษะด้านคอมพิวเตอร์และจำเป็นต้องใช้งบประมาณสูงในระยะเริ่มต้น

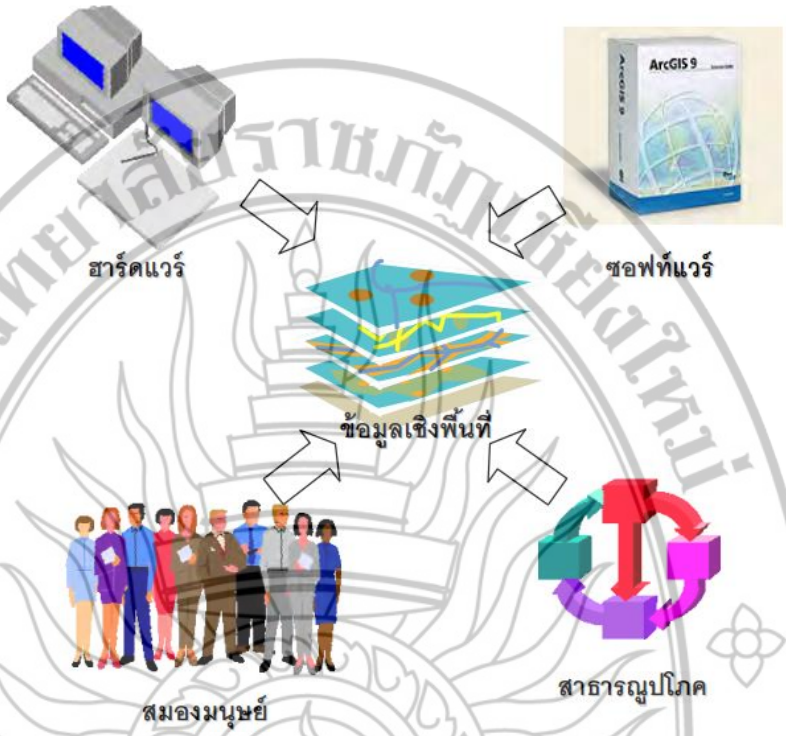
ตารางที่ 2.5 ลักษณะเด่นของระบบสารสนเทศที่ใช้คอมพิวเตอร์

ด้าน	ลักษณะเด่น
การนำเข้า จัดเก็บ เรียกค้น และปรับปรุงข้อมูล	- ออกแบบให้มีมาตรฐานเดียวกันทั้งด้านโครงสร้าง (Structure) และรูปแบบ (Format) - เรียกค้นและปรับปรุงได้ง่ายเนื่องจากเป็นข้อมูลเชิงเลข - ปรับข้อมูลให้ทันสมัยได้ง่ายขึ้น
การวิเคราะห์ข้อมูล	- วิเคราะห์ร่วมกับวิธีการสถิติหรือคณิตศาสตร์ได้ - ประหยัดเวลาและลดความผิดพลาดจากการอ่านด้วยสายตามนุษย์
การผลิตแผนที่	- ผลิตแผนที่ได้เร็วกว่าที่ดำเนินการด้วยมือ - ไม่จำเป็นต้องอาศัยนักแผนที่ที่มีทักษะมาก - แผนที่มีคุณภาพเดียวกัน เช่น สีสัญลักษณ์ - สามารถทำแผนที่ที่ยากที่จะทำได้ด้วยมือ เช่น แผนที่สามมิติหรือแผนที่ สเตริโอสโคปิค (Stereoscopic map) - สามารถทำแผนที่รูปแบบต่างๆ จากข้อมูลชุดเดียวกัน - แผนที่มีราคาถูกกว่าที่ดำเนินการด้วยมือ - เพิ่มมูลค่าและความสวยงามของแผนที่

(ชฎา ณรงค์ฤทธิ์ : ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมคณะเกษตรศาสตร์, 2547)

2.2 องค์ประกอบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ใช้คอมพิวเตอร์คล้ายกับเทคโนโลยีสารสนเทศ คือ จะมีองค์ประกอบหลักๆ 4 ด้าน ได้แก่ 1) ฮาร์ดแวร์ 2) ซอฟท์แวร์ด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ 3) สมองมนุษย์ และ 4) สาธารณูปโภค องค์ประกอบทั้ง 4 ด้านช่วยในการดำเนินการ ต่างๆในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ดังแสดงในภาพที่ 2.1 (ชฎา ณรงค์ฤทธิ์, 2547)



ภาพที่ 2.1 องค์ประกอบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมคณะเกษตรศาสตร์ : มหาวิทยาลัยนเรศวร
(ชฎา ณรงค์ฤทธิ์, 2547)

2.2.1 ฮาร์ดแวร์ (Hardware) หมายถึง ฮาร์ดแวร์ต่างๆ ที่ประกอบกันเป็นชุดอุปกรณ์คอมพิวเตอร์รวมทั้งระบบปฏิบัติการ (Operation system) ที่ช่วยในการทำงานของระบบคอมพิวเตอร์ ระบบคอมพิวเตอร์ในที่นี้ครอบคลุมตั้งแต่ระบบคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการเช่น Windows 2000 Windows NT จนถึงระบบคอมพิวเตอร์แบบ Workstations ที่ใช้ระบบปฏิบัติการ UNIX ฮาร์ดแวร์ที่ประกอบกันเป็นคอมพิวเตอร์แยกเป็น 3 ส่วนหลักๆ คือ หน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Units : CPU) หน่วยจัดเก็บข้อมูล (Storage Unit : SU) และหน่วยแสดงผล (Visual Display Unit : VDU) ซึ่งทั้ง 3 ส่วนนี้มีหน้าที่ต่างกัน ความสามารถของฮาร์ดแวร์ของชุดคอมพิวเตอร์มีผลต่อความเร็วของกระบวนการ ความยากง่ายของการใช้และผลลัพธ์ที่เป็นประโยชน์ นอกจากฮาร์ดแวร์ 3 ส่วนหลักๆ ที่ประกอบเป็นชุดคอมพิวเตอร์แล้ว ยังมีฮาร์ดแวร์ซึ่งเป็นอุปกรณ์เสริมที่ต่อพ่วงกับคอมพิวเตอร์ เช่น เครื่องดิจิไทส์ (Digitizer) สำหรับการนำเข้าข้อมูลเชิงเส้น (Vector - based data) เครื่องกวาดภาพหรือสแกนเนอร์ (Scanner) สำหรับนำเข้าข้อมูลภาพเชิงราสเตอร์ (Raster-based data) เครื่องกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก (Global Positioning System : GPS) สำหรับนำเข้า

ข้อมูลเชิงเส้นรวมทั้งเครื่องพิมพ์ แบบต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตสื่อคงทน เช่น เครื่องพิมพ์ปากกา (Pen plotters) เครื่องพิมพ์ความร้อน (Thermal plotters) เครื่องพิมพ์แบบพ่นหมึก (Inkjet plotters) เครื่องพิมพ์บนฟิล์ม (Film printers) และเครื่องพิมพ์เลเซอร์ (Laser printers) เป็นต้น

ตารางที่ 2.6 องค์ประกอบและหน้าที่ของฮาร์ดแวร์ในชุดคอมพิวเตอร์

ฮาร์ดแวร์ในชุดคอมพิวเตอร์	**หน้าที่**
หน่วยประมวลผลกลาง	- มีหน่วยควบคุม (Control unit หรือ CU) เพื่อจัดลำดับการดำเนินการของระบบ และหน่วยคำนวณเปรียบเทียบข้อมูล (arithmetic logic unit หรือ ALU) ที่ใช้หลักคณิตศาสตร์และ ตรรกศาสตร์
หน่วยจัดเก็บข้อมูล	- มีอุปกรณ์สำคัญที่ใช้ในการบันทึกข้อมูล เช่น เครื่องขับฮาร์ดดิสก์ (Hard disk drive) เครื่องขับฟลอปปี้ดิสก์ (Floppy disk drive) เทปแม่เหล็ก (magnetic tape) และแผ่นบันทึกแบบ หนาแน่น (compact disk หรือ CD) เป็นต้น อุปกรณ์เหล่านี้ใช้ในการบันทึกข้อมูล
หน่วยแสดงผล	- มีอุปกรณ์สำคัญคือจอภาพ (Monitor) มีหลายชนิด เช่น (Cathode ray tube : CRT), (Light-emitting diodes : LED), (Liquid crystal displays: LCD) เป็นต้น จอภาพแต่ละชนิดมี สมรรถนะในการแสดงผลต่างกันตั้งแต่ 800*600 จุด, 1024*768 จุด, 1152*864 จุด,1280*768 จุด, 1280*960 จุด และ 1280*1024 จุด จอภาพเป็นอุปกรณ์สำหรับแสดงข้อมูลระยะสั้น

(ชฎา ณรงค์ฤทธิ์ : ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมคณะเกษตรศาสตร์, 2547)

2.2.2 ซอฟท์แวร์ด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS software) หมายถึง โปรแกรมที่ติดตั้งในคอมพิวเตอร์ประกอบด้วยฟังก์ชันต่างๆ ในรูปเมนู (Menus) สัญลักษณ์ทางภาพ (Graphical icons) และคำสั่ง (Commands) เพื่อติดต่อสื่อสารกับระบบคอมพิวเตอร์ให้ทำงาน กับข้อมูลภูมิศาสตร์ ปัจจุบันโปรแกรมด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้ ถูกพัฒนาจนมีลักษณะเป็นมิตรกับผู้ใช้ (User-friendly software) โดยมีการพัฒนา Graphic User Interface (GUI) ที่ทำให้ผู้ใช้สามารถใช้โปรแกรมเป็นได้รวดเร็วขึ้นโดยไม่จำเป็นต้องมีความสามารถด้านภาษาโปรแกรม (Program language) ปัจจุบันซอฟท์แวร์ด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มีหลายผลิตภัณฑ์

2.2.3 สมองมนุษย์ (Brainware) นับว่ามีความสำคัญเทียบเท่าระบบคอมพิวเตอร์ และซอฟท์แวร์ เนื่องจากเป็นองค์ประกอบสำคัญในการกำหนดวัตถุประสงค์การมีเหตุผล (Reasoning) และการพิจารณาตัดสิน (Justification) ในการใช้ระบบคอมพิวเตอร์ และซอฟท์แวร์ เพื่อให้การดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องและสามารถผลิตซ้ำได้ (Reproducible) บุคคลที่ปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มีหลากหลายซึ่งอาจแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ 1) บุคลากรด้านการพัฒนาระบบและเทคนิค เช่น คนนำเข้าข้อมูล ผู้ทำแผนที่ ผู้ดูแลระบบ และผู้พัฒนาซอฟท์แวร์ เป็นต้น 2) บุคลากรด้านการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญที่สามารถวิเคราะห์และแปลผลข้อมูลในเนื้อหาเฉพาะเรื่อง เช่น นักปฐพีวิทยา นักธรณีวิทยา และนักสิ่งแวดล้อม เป็นต้น และ 3) บุคลากรด้านบริหาร ข้อมูล ได้แก่ ผู้บริหารที่ต้องการใช้ข้อมูลหรือสารสนเทศอันเป็นผลจากการวิเคราะห์ เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจในแต่ละเรื่อง

2.2.4 สาธารณูปโภค (Infrastructure) หมายถึง ความจำเป็นทางสภาพแวดล้อม ด้านกายภาพ องค์กรการบริหารและวัฒนธรรมที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานด้านระบบ สารสนเทศภูมิศาสตร์ สาธารณูปโภคในที่นี้จึงครอบคลุมตั้งแต่ทักษะจำเป็นเบื้องต้น (Requisite skills) มาตรฐานข้อมูล (Data standards) คลังข้อมูลหรือการจัดการเครือข่ายระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ด้านสิ่งแวดล้อม และแลกเปลี่ยนข้อมูล และรูปแบบทางองค์กร

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าองค์ประกอบทั้ง 4 ด้านดังกล่าวข้างต้นเป็นองค์ประกอบหลักในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์แต่องค์ประกอบทั้ง 4 นี้จะสามารถทำงานร่วมกันได้ ก็ต่อเมื่อมีข้อมูลดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าข้อมูลเป็นแกนกลางของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (ภาพ 2.1)

2.3 รูปแบบของข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (เอกพล ฉิ้มพงษ์, 2553)

2.3.1 ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งที่ตั้งของข้อมูลต่างๆ บนพื้นโลก สามารถอ้างอิงกับตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (Geo-referenced) ซึ่งข้อมูลเชิงพื้นที่สามารถแสดงสัญลักษณ์ได้ 3 รูปแบบ

1) จุด (Point) จะใช้แสดงข้อมูลที่เป็นลักษณะของตำแหน่งที่ตั้ง ได้แก่ ที่ตั้งแหล่งน้ำในอำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ ที่ตั้งมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เป็นต้น

2) พื้นที่ (Area or Polygon) จะใช้แสดงข้อมูลที่เป็นลักษณะพื้นที่ เช่น พื้นที่ขอบเขตอำเภอ พื้นที่ขอบเขตจังหวัด เป็นต้น

3) เส้น (Line) จะใช้แสดงข้อมูลที่เป็นลักษณะเชิงเส้น เช่น ถนน แม่น้ำ หรือลำคลอง เป็นต้น

2.3.2 ข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Non-Spatial Data) เป็นข้อมูลเชิงบรรยาย (Attribute) ซึ่งจะอธิบายถึงคุณลักษณะต่างๆ ในพื้นที่นั้นๆ ณ ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง หรือหลายๆ ช่วงเวลา เช่น ข้อมูลจำนวนประชากรในเขตต่างๆ ข้อมูลจำนวนนักเรียนแต่ละชั้นของโรงเรียนสังกัดกรุงเทพ เป็นต้น สามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภท

1) ตารางข้อมูลที่เชื่อมโยงกับกราฟิก (Graphic table)

2) ตารางข้อมูลที่ไม่เชื่อมโยงกับกราฟิก (Non-Graphic table)

2.4 ลักษณะข้อมูลเชิงพื้นที่ แบ่งได้ 2 ประเภท คือ Vector และ Raster

2.4.1 ข้อมูลแสดงทิศทาง (Vector Data) คือข้อมูลที่แสดงด้วยจุด เส้น หรือพื้นที่ที่ประกอบด้วยจุดพิกัดทางแนวราบ (X , Y) และ/หรือ แนวดิ่ง (Z) หรือระบบ Cartesian Coordinate System ถ้าเป็นพิกัดตำแหน่งเดียวก็จะเป็นค่าของจุด ถ้าจุดพิกัดสองจุดหรือมากกว่า จะเป็นค่าของเส้น ส่วนพื้นที่นั้นจะต้องมีจุดมากกว่า 3 จุดขึ้นไป และจุดพิกัดเริ่มต้นและจุดพิกัดสุดท้ายจะต้องอยู่ ตำแหน่งเดียวกัน ตัวอย่างข้อมูลแสดงทิศทาง เช่น ถนน แม่น้ำ ขอบเขตการปกครอง โรงเรียน เป็นต้นลักษณะข้อมูลเชิงพื้นที่ในรูปแบบเวกเตอร์ ทำให้การกำหนด ตำแหน่งบนผิวโลกทำได้อย่างแม่นยำจะมีลักษณะและรูปแบบต่างๆ สรุปได้ 3 รูปแบบดังนี้

1) รูปแบบของจุด (Point Features) เป็นตำแหน่งพิกัดที่ไม่มีขนาด และทิศทาง โดยจุดไม่มีมิติ จุดจะบันทึกบนแผนที่เป็นค่าพิกัด x, y 1 คู่ จะใช้แสดงข้อมูลที่เป็นลักษณะของตำแหน่งใดๆ เช่น ที่ตั้งของโรงเรียน เป็นต้น ซึ่งการแสดงข้อมูลภูมิศาสตร์นั้นขึ้นอยู่กับมาตราส่วนของแผน ที่หากมาตราส่วนเล็กที่ตั้งของโรงเรียนอาจแสดงเป็นจุด ถ้าเป็นแผนที่มาตราส่วนอาจแสดงเป็นพื้นที่รูปปิด

2) รูปแบบของเส้น (Linear Features) มีระยะและทิศทางระหว่างจุดเริ่มต้นไปยังจุดแนวทาง (Vector) และจุดสิ้นสุด เส้นใช้แทนวัตถุที่มี 1 มิติ ถูกบันทึกเป็นกลุ่มค่าพิกัด x, y 1 ชุด ประกอบไปด้วย ลักษณะของเส้นตรง เส้นหักมุม และเส้นโค้ง เช่น ถนน ทางด่วน คลอง เป็นต้น

3) รูปแบบของพื้นที่ (Polygon Features) มีระยะและทิศทางระหว่างจุดเริ่มต้น จุดแนวทาง (Vector) และจุดสิ้นสุด ใช้แทนวัตถุที่มี 2 มิติ ถูกบันทึกเป็นกลุ่มค่าพิกัด x, y ของเส้นโค้งที่ลากมาบรรจบกันเป็นขอบเขตของพื้นที่นั้นๆ ที่ประกอบกันเป็นรูปหลายเหลี่ยมมีขนาดพื้นที่ (Area) และเส้นรอบรูป (Perimeter) เช่น ขอบเขตการปกครอง ขอบเขตหมู่บ้าน

2.4.2 ข้อมูลแสดงลักษณะเป็นกริด (Raster Data) คือข้อมูลที่มีโครงสร้างเป็นช่องตารางสี่เหลี่ยม จัตุรัสขนาดเท่าๆ กัน เรียกว่า จุดภาพ (Grid cell, Pixel) เรียงต่อเนื่องกันในแนวราบและแนวดิ่ง ในแต่ละเซลล์สามารถเก็บค่าได้ 1 ค่า ความสามารถแสดงรายละเอียดของข้อมูลขึ้นอยู่กับขนาดของเซลล์ (Resolution) ณ จุดพิกัดที่ประกอบขึ้นเป็นฐานข้อมูลแสดงตำแหน่งชุดนั้น ค่าที่เก็บ ในแต่ละเซลล์สามารถเป็นได้ทั้งข้อมูลลักษณะสัมพันธ์ หรือรหัสที่ใช้อ้างอิงถึง ข้อมูลลักษณะ สัมพันธ์ที่เก็บอยู่ในฐานข้อมูล ตำแหน่งของแต่ละเซลล์จะกำหนดโดยตัวเลขประจำสดมภ์ และ แถว ค่าที่กำหนดให้แต่ละเซลล์จะแสดงถึงค่าของคุณลักษณะที่เซลล์นั้นเป็นตัวแทน เช่น จุดๆ หนึ่ง (บ้านหนึ่งหลัง) แสดงด้วยเซลล์ 1 เซลล์ เส้นหนึ่งเส้น (แนวถนน) แสดงด้วยเซลล์หลาย เซลล์ที่มีค่าเหมือนกัน เกิดเป็นกลุ่มเซลล์ที่เรียงต่อเนื่องกัน รูปหลายเหลี่ยม (ขอบเขตแปลง ที่ดิน) แสดงด้านกลุ่มเซลล์ที่ทุกเซลล์มีค่าเหมือนกัน ดังนั้นเซลล์ที่มีข้อมูลมากกว่า 1 ค่า จะถูก แยกเก็บคนละแฟ้มข้อมูล เช่น ข้อมูลชนิดดิน 1 แฟ้ม ข้อมูลประเภทการใช้ที่ดินของพื้นที่ เดียวกันต้องแยกเก็บอีก 1 แฟ้ม การแก้ไขข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลจะวิเคราะห์

แฟ้มข้อมูล หลายๆ แฟ้มร่วมกัน Raster Data อาจแปรรูปมาจากข้อมูล Vector หรือแปรจาก Raster ไปเป็น Vector ได้ แต่จะมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นระหว่างการแปรรูปข้อมูล

2.5 ลักษณะข้อมูลเชิงคุณลักษณะ ข้อมูลเชิงคุณลักษณะ คือ คุณสมบัติหรือคุณลักษณะประจำข้อมูลภูมิศาสตร์ ซึ่งเป็นข้อมูลที่ไม่ใช่ เชิงพื้นที่ (Non-Spatial Data) ข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติหรือคุณลักษณะ (Attribute Characteristics) สามารถจำแนกได้ 3 ลักษณะดังนี้

2.5.1 Nominal Level เป็นระดับที่มีการวัดข้อมูลอย่างหยาบๆ โดยจะกำหนดตัวเลขหรือ สัญลักษณ์ เพื่อจำแนกลักษณะของสิ่งต่างๆเท่านั้น เช่น การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นหนึ่งจำแนกได้เป็น ป่าไม้ แหล่งน้ำ ทุ่งหญ้า ฯลฯ เป็นต้น ลักษณะเหล่านี้อาจจะแทนค่าโดยตัวเลขเช่น 1 = ป่าไม้ 2 = ทุ่งหญ้า 3 = แหล่งน้ำ เป็นต้น ซึ่งค่าเหล่านี้ไม่สามารถทำการเปรียบเทียบกันได้ว่า 1 มากกว่า 2 หรือมากกว่า 3 ในแง่ของค่าตัวเลข

2.5.2 Ordinal Level หรือ Ranking Level เป็นการเปรียบเทียบลักษณะในแต่ละปัจจัยว่ามี ขนาดเล็กกว่า เท่ากัน หรือ ใหญ่กว่า เช่น พื้นที่ป่าไม่มีขนาดใหญ่กว่าพื้นที่ทุ่งหญ้าหรือ 1>2 หรือการให้ สัญลักษณ์แทนลักษณะของถนน เช่น ถนนสายเอเซีย = 1 และถนน 2 เลน = 2 ถนนทางลูกรัง = 3 อาจจะบ่ง บอกถึงความสำคัญว่า 1 สำคัญกว่า 2 แต่บอกไม่ได้ว่าสำคัญกว่าเป็นปริมาณเท่าใด

2.5.3 Interval หรือ Ratio Level เป็นการพิจารณาถึงความสัมพันธ์ในระหว่างแต่ละปัจจัยของ Ordinal Level ว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด เช่น พื้นที่ป่าไม้มีขนาดใหญ่กว่าพื้นที่ทุ่งหญ้า 2 เท่า หรือเส้นชั้นความสูงที่ระดับ 500 เมตร สูงกว่าที่ระดับ 400 เมตรอยู่ 100 เมตร เป็นต้น ซึ่งรายละเอียดของเกณฑ์การวัดในระดับต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 แสดงลักษณะเกณฑ์การวัดในระดับต่างๆ

เกณฑ์การวัด	NOMINAL	ORDINAL	INTERVAL-RATIO
ความสำคัญของสารสนเทศ	แสดงเอกลักษณ์ของวัตถุได้	แสดงเอกลักษณ์ของวัตถุได้เปรียบเทียบหรือจัดลำดับชั้นได้	แสดงเอกลักษณ์ของวัตถุได้เปรียบเทียบหรือจัดลำดับชั้นได้และหาค่าความแตกต่างได้
OPERATION ที่ทำได้	Operation ทางด้านตรรกวิทยาบางคำสั่ง เช่น เท่ากัน/ไม่เท่า	Operation ทางตรรกวิทยาได้ทุกคำสั่ง	Operation ทางตรรกวิทยา และคณิตศาสตร์ได้

ตารางที่ 2.7 แสดงลักษณะเกณฑ์การวัดในระดับต่างๆ (ต่อ)

เกณฑ์การวัด	NOMINAL	ORDINAL	INTERVAL-RATIO
ความสัมพันธ์ทาง STATISTICS	MODE CONTINGENCY COEFFICIENT	MEDIAN PERCENTILES	MEAN, VAREANCE COEDDICIENT OF CORRELATION

(เอกพล ฉิ้มพงษ์ : สำนักชลประทานที่ 14, 2553)

2.6 การปฏิบัติการของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ในการพัฒนาซอฟท์แวร์ด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มักมีฟังก์ชั่นต่างๆ สำหรับทำงานกับข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยสามารถแบ่งฟังก์ชั่นของซอฟท์แวร์ออกเป็น 6 กลุ่ม คือการนำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่ การจัดการข้อมูลคุณลักษณะ การแสดงผลข้อมูล การสำรวจข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการจำลองแบบในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (ชฎา ณรงค์ฤทธิ์, 2547)

2.6.1 การนำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data input) นับเป็นส่วนที่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมากที่สุดของการทำงานด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ การสร้าง ฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ให้แก่หน่วยงานหรือสำหรับใช้งานมี 2 แนวทาง คือ ใช้ข้อมูลที่มีอยู่แล้ว และสร้างข้อมูลใหม่ ในปัจจุบันมีการจัดตั้งเครือข่ายข้อมูลและคลัง แลกเปลี่ยนข้อมูลจำนวนมากโดยเฉพาะ การบริการข้อมูลภูมิสารสนเทศบนอินเตอร์เน็ตแบบ One stop service ผู้ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในปัจจุบัน จึงสามารถพิจารณาข้อมูลที่มีอยู่แล้วก่อนที่จะตัดสินใจจะเลือกสร้างข้อมูลใหม่หรือเลือกซื้อข้อมูลที่มีอยู่แล้วจากหน่วยงานที่ขายข้อมูล การสร้างข้อมูลภูมิสารสนเทศใหม่สามารถสร้างจาก 3 แหล่งหลักๆ คือ ข้อมูลจากการสำรวจระยะไกล ข้อมูลจากการเก็บสำรวจด้วย GPS และข้อมูลจากแผนที่ กระดาษ ข้อมูลที่ได้จาก 2 แหล่งแรกมักเป็นข้อมูลเชิงเลข ส่วนข้อมูลที่ได้ จากแผนที่กระดาษจำเป็นต้องเปลี่ยนให้เป็นแผนที่เชิงเลข การนำเข้าข้อมูลจากแผนที่ กระดาษสามารถดำเนินการได้ 2 วิธีคือ 1) การดิจิไทส์ (Digitizing) โดยใช้โต๊ะดิจิไทส์หรือโดยผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์และ 2) การกวาดภาพ (Scanning) อย่างไรก็ตาม การนำเข้าข้อมูลเชิงเลขมักมีความผิดพลาดจากการดิจิไทส์ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้านสิ่งแวดล้อม จึงจำเป็นต้องมีการแก้ไขข้อมูล (Data editing) เพื่อลดข้อผิดพลาดทางพื้นที่ (Location error) เช่น การลากเส้นบิดเบี้ยวหรือผิดรูปจากเส้นจริง นอกจากนี้ยังลดความผิดพลาดด้านความสัมพันธ์ (Topological error) เช่น โพลิกอน ไม่เป็นเส้นรอบรูปปิด และการพันกันของเส้น เป็นต้น ทำให้ไม่สามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่าง ข้อมูลเวกเตอร์ได้เนื่องจาก แผนที่ต้นฉบับจากการดิจิไทส์หรือการกวาดภาพอาจมีหน่วยเป็นนิ้ว ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเปลี่ยนหน่วยเหล่านี้ให้อยู่ในรูปพิกัดภูมิศาสตร์ของพื้นจริงบนโลกซึ่งเรียกกระบวนการนี้ว่าการแปลงรูปทางเรขาคณิต (Geometric transformation)

2.6.2 การจัดการข้อมูลคุณลักษณะ (Attribute data management) การสร้างฐานข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จะสมบรูณ์ก็ต่อเมื่อมีการนำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่ และการนำเข้าข้อมูลคุณลักษณะของข้อมูลเชิงพื้นที่เหล่านั้น ข้อมูลคุณลักษณะมักออกแบบในรูปฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational database) โดยข้อมูลคุณลักษณะนี้อาจอยู่กับ แฟ้มข้อมูลเชิงพื้นที่ หรือแยกจากแฟ้มข้อมูลเชิงพื้นที่ในรูปตารางภายนอกที่มีดัชนีหลัก (Primary index) สำหรับเชื่อมกับข้อมูลเชิงพื้นที่ หลักพื้นฐาน 2 ประการในการออกแบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์คือกุญแจ (Key) และชนิด (Type) ของความสัมพันธ์ข้อมูลกุญแจ คือ Common field ระหว่าง 2 ตารางซึ่งสามารถเชื่อมต่อกันระหว่างแถว (Record) ในตาราง ส่วนชนิดของความสัมพันธ์ข้อมูลเป็นตัวบ่งบอกว่าตารางจะเชื่อมต่อกัน อย่างถูกต้องได้อย่างไร ชนิดของความสัมพันธ์อาจเป็นหนึ่งต่อหนึ่ง (One-to-One) หนึ่งต่อหลาย (One-to-Many) หรือหลายต่อหนึ่ง (Many-to-One)

2.6.3 การแสดงผลข้อมูล (Data display) การแสดงผลข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มี 3 แบบหลักๆ คือ แผนที่ ตาราง และแผนภูมิอย่างไรก็ตาม การแสดงผล ข้อมูลในรูปแผนที่นับเป็นหัวใจสำคัญของการทำงานด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการสื่อสารข้อมูลได้ อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะสามารถแสดงสถานที่หรือรูปแบบการกระจายของข้อมูลเชิงพื้นที่ซึ่งสำคัญต่อการมองเห็นและเข้าใจข้อมูล การแสดงข้อมูล ในรูปแผนที่ อาจแสดงผลชั่วคราวผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ หรือการแสดงผลถาวรในรูปสิ่งพิมพ์คงทน

2.6.4 การสำรวจข้อมูล (Data exploration) วัตถุประสงค์หลักของการสำรวจ ข้อมูล คือ เพื่อทำความเข้าใจข้อมูลให้ดีขึ้น และช่วยให้คำตอบสำหรับคำถามหรือ สมมติฐานการวิจัย การสอบถามข้อมูล (Data query) นับเป็นหัวใจหลักของการสำรวจข้อมูล ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ สอบถามจากข้อมูลเชิงพื้นที่โดยใช้แผนที่ หรือสอบถามจากข้อมูลคุณลักษณะโดยใช้ตาราง ผลการสอบถามข้อมูลไม่ว่าจาก แผนที่ หรือตารางจะแสดงผลการค้นตามข้อกำหนดที่สอบถามที่เชื่อมโยงกันโดยปรากฏทั้งในแผนที่ และตาราง ดังนั้นองค์ประกอบสำคัญของการสำรวจข้อมูล คือ เครื่องมือ การมองเห็นที่ให้ผลเชื่อมโยงอย่างมีปฏิสัมพันธ์กัน (Interactive) และเป็นพลวัตร (Dynamic)

2.6.5 การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis) ฟังก์ชั่นในการวิเคราะห์ข้อมูลของซอฟท์แวร์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์แบ่งแยกตามแบบจำลองข้อมูล (Data model) กล่าวคือ เป็นแบบจำลองเวกเตอร์หรือแบบจำลองราสเตอร์

2.6.6 การจำลองแบบในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์แสดงปรากฏการณ์(Geographic Information System Modeling) คือระบบโดยการเลียนแบบจากของจริง โดยการทำให้มีขนาดเล็กลงหรือทำให้มีความซับซ้อนน้อยลงแต่สามารถนำมาเป็นตัวแทนในการตอบวัตถุประสงค์ของการศึกษาปรากฏการณ์หรือระบบนั้นๆ ได้โดยการสร้างแบบจำลองในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อเป็นแบบจำลองการวิเคราะห์ (Analytical model) ด้วยข้อมูลเชิงพื้นที่ จุดเด่นของการจำลองแบบในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์คือ การรวมข้อมูลเชิงพื้นที่และคุณลักษณะของหลายๆ ตัวแปร ในพื้นที่ เดียวกันให้เป็นแผนที่ผสม (Composite map) แบบจำลองระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มี 4 ประเภทหลักๆ คือ

Binary, Index, Regression และ Process แบบจำลอง Binary คือการสร้างแผนที่ผสมที่มีตัวเลขเพียง 2 ค่า คือ 0 และ 1 แบบจำลอง Index คือ การสร้างแผนที่ ผสมที่มีตัวเลขค่าอันดับที่จำแนกจากข้อมูลคุณลักษณะของแผนที่ผสม แบบจำลอง Regression เป็นการสร้างแผนที่ ผสมจากแบบจำลองสถิติของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามและแบบจำลอง Process เป็นการบูรณาการความรู้เกี่ยวกับกระบวนการทาง สิ่งแวดล้อมในสภาพจริงในรูปแบบของชุดความสัมพันธ์และสมการสำหรับตรวจวัดเชิงปริมาณในกระบวนการนั้นๆ

2.7 ความสัมพันธ์ และความเชื่อมโยงระหว่างระบบ (Global Positioning System : GPS, Geographic Information System : GIS, Remote Sensing : RS)

ปัจจุบันความต้องการใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ ทั้งในระดับท้องถิ่นและระดับสากล เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยข้อมูลดังกล่าวต้องการนำมาใช้ในการวางแผน สนับสนุนการตัดสินใจ และกำหนดนโยบายทั้ง การพัฒนาด้านสาธารณะ และการบริการเชิงตำแหน่งต่างๆ ดังนั้นข้อมูลที่นำมาใช้ ต้องเป็นข้อมูลที่มี คุณภาพ คือ มีความครบถ้วน ถูกต้อง สมบูรณ์ และทันสมัย เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ เป็นเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับ RS, GIS และ GPS สามารถใช้ ในการวิเคราะห์ในเชิงพื้นที่ ซึ่งการบูรณาการเทคโนโลยีดังกล่าวจะส่งผลให้ได้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจ และการวางแผนได้ครบถ้วนสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น โดยการวิเคราะห์ข้อมูลจำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีทั้ง 3 ด้าน ประกอบกันโดยเทคโนโลยี RS สามารถให้ข้อมูลที่ทันสมัย เพื่อใช้ในการปรับปรุงฐานข้อมูลในระบบ GIS และสามารถใช้ฟังก์ชันในระบบ GIS ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ รวมทั้งใช้เทคโนโลยี GPS เพื่อกำหนด พิกัดตำแหน่งทางพื้นที่ที่ถูกต้อง โดยทั้ง 3 ระบบมีความสัมพันธ์และเชื่อมโยงกัน ดังนี้

2.7.1 ข้อมูลจากระบบ GIS สามารถสนับสนุนระบบ RS ได้ดังนี้

1) สามารถใช้ข้อมูลในระบบ GIS เช่น สภาพภูมิประเทศ ความสูง ภูมิอากาศ ช่วยในการแปลตีความภาพถ่ายดาวเทียม ให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

2) สามารถใช้ข้อมูลในระบบ GIS ในการทำแผนที่ภาพถ่ายดาวเทียม เช่น ข้อมูลถนน ทางน้ำ ตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ต่างๆประกอบกับภาพถ่ายดาวเทียม เพื่อทำแผนที่ภาพถ่ายดาวเทียม

3) สามารถใช้ข้อมูลในระบบ GIS ในการแบ่งประเภทการใช้ที่ดินอย่างกว้างๆ (Stratification) เช่น ลักษณะภูมิประเทศ ลักษณะทางธรณีวิทยา เพื่อกำหนดขอบเขตและแบ่งประเภทการใช้ประโยชน์ ที่ดิน หรือทำแผนที่เฉพาะเรื่อง (Thematic Map) จากภาพถ่ายดาวเทียม

2.7.2 ข้อมูลจากระบบ RS สามารถสนับสนุนข้อมูลระบบ GIS ได้ดังนี้

1) ใช้ภาพถ่ายดาวเทียมเป็นข้อมูลอ้างอิง (Background) ในการสร้าง Vector Data หรือในการทำแผนที่ โดยเฉพาะในบริเวณพื้นที่ที่ไม่มีแผนที่ภูมิประเทศ

2) ใช้ภาพถ่ายดาวเทียมเป็นข้อมูลในการปรับปรุงฐานข้อมูล GIS ให้ทันสมัย

3) ใช้ภาพถ่ายดาวเทียมเป็นข้อมูลในการศึกษาและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินใน พื้นที่ (Change Detection)

4) นำข้อมูล DEM ทั้งได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมมาศึกษา, วิเคราะห์ในเรื่องต่างๆในระบบ GIS เช่น การสร้าง Contour Line, Visibility Map, การสร้างภาพ 3 มิติ

2.7.3 ข้อมูลจากระบบ GPS สามารถสนับสนุนข้อมูลในระบบ GIS ได้ดังนี้

1) ใช้ระบบ GPS ในการเก็บข้อมูลค่าพิกัดตำแหน่งเพื่อนำมาสร้างฐานข้อมูลในระบบ GIS โดยเฉพาะบริเวณพื้นที่ที่ไม่มีแผนที่ภูมิประเทศ

2) ใช้ในการทำแผนที่

3) ปรับปรุงข้อมูลต่างๆในฐานข้อมูล GIS ให้ทันสมัย และถูกต้องมากยิ่งขึ้น

4) ใช้ระบบ GPS ร่วมกับฐานข้อมูล GIS ในการนำร่อง เช่นการนำร่องในรถยนต์ หรือการใช้ GPS และฐานข้อมูลแผนที่ในเครื่อง PDA

2.8 การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในด้านต่างๆ

GIS เป็นระบบสารสนเทศของข้อมูลในเชิงพื้นที่ ซึ่งจะช่วยให้ผู้ใช้เข้าถึงข้อมูลอันซับซ้อนของพื้นที่ที่ต้องทำการตัดสินใจวางแผนหรือแก้ปัญหา เพิ่มความรับรู้ข้อมูลในพื้นที่ที่ทำการศึกษาและมีการจัดการข้อมูลอย่างเป็นระบบ โดยสามารถประยุกต์ใช้ GIS ในการตอบคำถาม หรือสนับสนุนการตัดสินใจตั้งแต่คำถามง่ายๆ เกี่ยวกับการหาตำแหน่งที่ตั้ง ไปจนสร้างแบบจำลองเพื่อทดลองตั้งสมมติฐาน เช่น ที่ตั้งอำเภอ อยู่ที่ไหน ผู้ป่วยที่มารับการรักษาอาศัยอยู่ ณ ที่ใด พื้นที่ในตำบลใดเหมาะสมที่จะส่งเสริมการปลูกพืช เศรษฐกิจชนิดต่างๆ จะตั้งป้อมยามตำรวจ ณ จุดใด รถดับเพลิงจะวิ่งผ่านถนนเส้นใด เพื่อให้ถึงจุดเกิดเหตุเร็วที่สุด โดยใช้ระยะทางสั้นที่สุด การประยุกต์ใช้งาน GIS ในด้านต่างๆ มีดังนี้ (วรเดช จันทรศร, 2545)

2.8.1 ด้านเศรษฐกิจ ในต่างประเทศมีการประยุกต์ใช้ GIS เพื่อช่วยเหลือในการพัฒนาทางด้าน เศรษฐกิจกันอย่างแพร่หลาย เช่น การวางแผนการใช้ทรัพยากรในการผลิต การวิเคราะห์ความพร้อมของ วัตถุดิบและแรงงาน รวมถึงความต้องการของประชากรในแต่ละพื้นที่จากข้อมูลพื้นฐาน เช่น อายุ การศึกษา รายได้ เป็นต้น การวิเคราะห์หาพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตสินค้าหรือวัตถุดิบตามศักยภาพของแต่ละพื้นที่ การตั้งศูนย์กระจายสินค้า เป็นต้น

2.8.2 ด้านคมนาคมขนส่ง GIS สามารถใช้ในการเพิ่มประสิทธิผลทางด้านการคมนาคมขนส่ง เช่น การวางแผนเส้นทางการเดินรถประจำทาง การวางแผนการสร้างเส้นทางคมนาคม ทางรถไฟ ทางด่วน ทางเดินเรือและเส้นทางการบิน ฯลฯ ได้เป็นอย่างดี เพราะหนึ่งในความสามารถในการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ของ GIS คือ การวิเคราะห์โครงข่าย (Network Analysis) การวิเคราะห์ความหนาแน่นของปริมาณการจราจรในแต่ละพื้นที่

2.8.3 ด้านสาธารณูปโภคพื้นฐาน การจัดหาสาธารณูปโภคพื้นฐานไปยังพื้นที่ต่างๆ ตามความต้องการของ ประชาชนนั้น GIS ได้เข้ามามีบทบาทอันสำคัญในการวางแผนใน การสร้างถนน การเดินสายไฟฟ้า ท่อ ประปา รวมถึงการวางแผนในการบำรุงรักษาสาธารณูปโภคพื้นฐานเหล่านี้ นอกจากนี้ยังใช้ในการวิเคราะห์ ถึงเงื่อนไขความต้องการสาธารณูปโภคในด้านต่างๆ เช่น วิเคราะห์ความเร่งด่วนใน

การให้บริการตามความ หนาแน่นของประชากรในพื้นที่ หรือความเปลี่ยนแปลงของประชากรในพื้นที่ต่างๆซึ่งจะมีผลต่อการใช้บริการสาธารณูปโภคพื้นฐาน

2.8.4 ด้านการสาธารณสุข การประยุกต์ใช้ GIS ในการบริหารจัดการภาครัฐกับงานทางด้านสาธารณสุข มีใช้กันอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ เช่น การระบุตำแหน่งของผู้ป่วยโรคต่างๆการวิเคราะห์ การแพร่ของโรคระบาด หรือแนวโน้มการระบาดของโรค ซึ่งการประยุกต์ใช้ GIS จะช่วยให้ผู้บริหาร สามารถวางแผนในการป้องกันและแก้ไขปัญหาทางด้านสาธารณสุขได้อย่างมีประสิทธิผลยิ่งขึ้น

2.8.5 ด้านการบริการชุมชน การประยุกต์ใช้ GIS ในการบริการชุมชน จะเกี่ยวข้องในส่วนของการ ให้บริการของรัฐกับประชาชนโดยทั่วๆ ไปซึ่งประชาชนในแต่ละพื้นที่จะมีความต้องการบริการจากภาครัฐ แตกต่างกันไปการใช้ GIS จะช่วยให้ผู้บริหารทราบถึงความต้องการของประชาชนโดยการให้บริการ สาธารณะได้อย่างเป็นพลวัตร

2.8.6 ด้านการบังคับใช้กฎหมายและการป้องกันอาชญากรรม มีการใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น การกำหนดจุดเสี่ยงต่อการเกิดอาชญากรรมเพื่อตั้งป้อมตำรวจ การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอาชญากรรม โดยการบันทึกจุดที่เกิดอาชญากรรมไว้ แล้วนำมาวิเคราะห์หาพื้นที่เสี่ยง ซึ่งเจ้าหน้าที่ผู้รักษากฎหมาย สามารถวางแผนและให้ความสำคัญกับบางพื้นที่ที่ต้องทำการดูแลเป็นพิเศษเพื่อลดปัญหาอาชญากรรมได้

2.8.7 ด้านการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน การประยุกต์ใช้ GIS เพื่อช่วยในการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นหนึ่งในกิจกรรมการประยุกต์ใช้ GIS ที่แพร่หลายที่สุดเพราะความสามารถในการ วิเคราะห์ ประเมินผล และนำเสนอข้อมูลต่างๆ ในเชิงพื้นที่ที่จำเป็นต่อการวางผังเมือง และการจัดการเมือง สามารถกระทำได้อย่างสะดวก ทั้งการวิเคราะห์และประเมินศักยภาพในการใช้ประโยชน์ของแต่ละพื้นที่

2.8.8 ด้านการจัดเก็บภาษี การประยุกต์ใช้ GIS เพื่อช่วยในการจัดเก็บภาษีโดยอาศัยข้อมูลแผนที่มาตราส่วนขนาดใหญ่ เช่น 1:1,000 ซึ่งสามารถมองเห็นขอบเขตของอาคาร เพื่อใช้ในการนำเข้าข้อมูลการชำระภาษีอากร ซึ่งภาครัฐสามารถทำการติดตาม ตรวจสอบผล การจัดเก็บภาษีได้โดยสะดวก เพราะข้อมูลของสถานประกอบการ บ้านเรือน ฯลฯ ที่ชำระค่า ภาษีอากรต่างๆ แล้วจะสามารถแสดงให้เห็นความแตกต่าง ได้โดยเฉดสีบนแผนที่ ทำให้สามารถค้นหา หรือติดตามการชำระภาษีอากรได้โดยสะดวก และทำให้การ จัดเก็บภาษีมีประสิทธิภาพมากขึ้น

2.8.9 ด้านสิ่งแวดล้อม การประยุกต์ใช้ GIS เพื่อทดลองสร้างแบบจำลองทางด้านสิ่งแวดล้อม มีใช้กันอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ เช่น การสร้างแบบจำลองสามมิติแสดงการถล่มของภูเขา การสร้างแบบจำลองระดับน้ำใต้ดิน แบบจำลองความสูงของภูมิประเทศ แบบจำลองแสดงการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าไม้ตามเวลาที่เปลี่ยนไป แบบจำลองแสดง การแพร่กระจายของมลพิษในอากาศ หรือแบบจำลองสามมิติของเมือง ซึ่งการสร้างแบบจำลองใน GIS จะช่วยให้ผู้ใช้สามารถทำความเข้าใจกับลักษณะของพื้นที่ได้โดยง่าย และเป็นการเพิ่มการรับรู้แบบเสมือนจริงในรูปแบบของแบบจำลองสามมิติ ซึ่งช่วยลดความผิดพลาดในการตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ GIS สามารถประยุกต์ใช้

ทั้งในการวางแผนและบริหารจัดการ การอนุรักษ์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมรวมทั้งเรื่องวิกฤตสิ่งแวดล้อม การตรวจสอบ การเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม ศึกษาหาสาเหตุปัจจัยแหล่งกำเนิดมลพิษ ตลอดจนการวิเคราะห์เพื่อสร้าง Model ในการวางแผนการใช้ที่ดินให้เหมาะสมกับศักยภาพของที่ดินและสอดคล้อง กับสิ่งแวดล้อม ซึ่งการวิเคราะห์ดังกล่าว ส่งผลต่อประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการบริหารจัดการ ด้านสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างยิ่ง

2.8.10 ด้านการจัดการภาวะฉุกเฉินและภัยพิบัติ สิ่งที่จำเป็นมากที่สุดในการจัดการในสภาวะ ฉุกเฉิน คือ การรับรู้ข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องให้มากที่สุดเพื่อทำการตัดสินใจให้เร็วที่สุด ผิดพลาดน้อยที่สุดและมีประสิทธิผลมากที่สุด GIS ช่วยให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลใน เชิงพื้นที่ได้อย่างทั่วถึงในเวลาอันรวดเร็วรวมถึงรายละเอียดต่างๆที่เกี่ยวข้องซึ่งจำเป็นต่อมาตรการในการป้องกันแก้ไข

ตารางที่ 2.8 สรุปการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในด้านต่างๆ

การพัฒนาด้านต่าง ๆ	**การประยุกต์ใช้ในการจัดเก็บข้อมูลในรายการต่างๆ**	**การประยุกต์ใช้การวิเคราะห์นโยบาย**	**การประยุกต์ใช้ในการบริหารจัดการ/การจัดทำนโยบาย**
ด้านเศรษฐกิจ	การจัดเก็บตำแหน่งที่ตั้งของธุรกิจที่สำคัญ และความต้องการทรัพยากรที่สำคัญ	การวิเคราะห์ความต้องการทรัพยากรตามศักยภาพของผู้จัดหา การสร้างแบบจำลองพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับพัฒนา	สนับสนุนให้มีการใช้ทรัพยากร หรือผู้จัดหาวัตถุดิบในท้องถิ่น
ด้านสาธารณสุข	การจัดเก็บตำแหน่งของผู้ป่วย	วิเคราะห์การแพร่กระจายของโรคตามเวลาที่เปลี่ยนไปหรือ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของ สาเหตุการเกิดโรคกับเงื่อนไขทางด้านสิ่งแวดล้อม	การวิเคราะห์หาตำแหน่ง/จุดกำเนิดหรือจุดแพร่กระจาย โรคติดต่อ

ตารางที่ 2.8 สรุปการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในด้านต่างๆ (ต่อ)

การพัฒนาด้านต่าง ๆ	**การประยุกต์ใช้ในการจัดเก็บข้อมูลในรายการต่างๆ**	**การประยุกต์ใช้ การวิเคราะห์นโยบาย**	**การประยุกต์ใช้ในการบริหารจัดการ/การจัดทำนโยบาย**
ด้านการติดตามตรวจสอบทางด้านสิ่งแวดล้อม	การจัดเก็บตำแหน่งของแหล่งจัดเก็บสารพิษร้ายแรง ซึ่งมีความสัมพันธ์กับข้อมูลเชิงพื้นที่ซึ่งเสี่ยงต่อการได้รับผลกระทบ	วิเคราะห์การแพร่กระจายและ การสะสมของมลพิษที่มีผลต่อประชากร	การสร้างแบบจำลองของการวิเคราะห์แหล่งมลพิษร้ายแรงที่มีผลต่อพื้นที่เฉพาะ
ด้านการจัดการภาวะฉุกเฉินและพิบัติภัย	การจัดเก็บตำแหน่งเส้นทางที่ใช้ในกรณีฉุกเฉิน เช่น เส้นทางที่มีการจราจรหนาแน่นที่ควร หลีกเลี่ยง หรือจัดเก็บตำแหน่งของสถานที่ที่เสี่ยงต่อการเกิดอันตราย	การวิเคราะห์ศักยภาพของความร้ายแรงของเหตุการณ์ในระดับต่างๆ	การสร้างแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบจากเหตุการณ์ฉุกเฉินที่มีต่อสาธารณูปโภคในสถานที่ต่างๆ
ข้อมูลและสารสนเทศเกี่ยวกับประชาชนในพื้นที่ต่างๆ	ข้อมูลประชาชนในพื้นที่ รูปแบบของการใช้สิทธิในการเลือกตั้ง/การใช้บริการภาครัฐ	การวิเคราะห์ลักษณะของการใช้สิทธิเลือกตั้งในแต่ละพื้นที่	แบบจำลองผลกระทบของการติดตั้งอิเล็กทรอนิกส์สำหรับ ให้บริการข้อมูล

(เอกพล ฉิ้มพงษ์ : สำนักชลประทานที่ 14, 2553)

3. การใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์กับคุณภาพน้ำในลำน้ำ

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) คือ เครื่องมือที่ใช้ระบบคอมพิวเตอร์ในการนำเข้า จัดเก็บ จัดเตรียม ดัดแปลง แก้ไข จัดการ วิเคราะห์และแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data) และข้อมูลอธิบาย (non-spatial data or attribute data) ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ

3.1 องค์ประกอบของ GIS ที่สำคัญอยู่ 5 ส่วน ดังนี้ (ยงยุทธ ไตรสุรัตน์ และ นันทิดา สุธรรมวงศ์, 2550: 2-4)

1) ข้อมูลและสารสนเทศ (Data/Information)

ข้อมูลที่จะนำเข้าสู่ระบบ GIS แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data) และข้อมูลอธิบายพื้นที่ (Attribute data) โดยข้อมูลเชิงพื้นที่หรือข้อมูลแผนที่ จะมีการจัดเก็บเป็นชั้นข้อมูล (Theme/Layer) โดยแบ่งตามรูปลักษณะของพื้นที่ (Feature) และเนื้อหาของข้อมูล (Theme) และสามารถจัดเก็บข้อมูลได้ 2 แบบ คือ ข้อมูลเชิงเส้น (Vector data) และข้อมูลเชิงภาพ (Raster data) โดยข้อมูลเชิงเส้นจะใช้รูปลักษณะ 3 ประเภท คือ จุด (Point) เส้น (Arc or Line) และพื้นที่ (Polygon) แทนรูปลักษณะต่าง ๆ ของข้อมูล เช่น ตำแหน่งเก็บตัวอย่างน้ำใช้ข้อมูลจุด ลำธารหรือแม่น้ำ พื้นที่ป่าไม้ใช้ข้อมูลเส้น และขอบเขตการปกครองที่คาบเกี่ยวพื้นที่ชุ่มน้ำใช้ข้อมูลพื้นที่ เป็นต้น ข้อมูลเชิงภาพใช้ตารางกริดหรือรูปสี่เหลี่ยมขนาดเล็ก (Grid Cell or Pixel) ที่มีขนาดเท่ากัน และต่อเนื่องกัน เช่น ภาพถ่ายดาวเทียม และข้อมูลระดับความสูง (Digital Elevation Model: DEM) ส่วนข้อมูลอธิบาย จะบรรยายคุณลักษณะของข้อมูลเชิงพื้นที่ เช่น จุดสำรวจ 1 จุดมีค่า pH เท่ากับ 7 จุดสำรวจที่ 2 มีค่า pH เท่ากับ 6.5 เป็นต้น ในกรณีที่มีข้อมูลจำนวนมากจะจัดทำตารางฐานข้อมูล (Attribute Table) เพื่อความสะดวกในการเรียกค้นและการจัดการข้อมูล เช่น pH ความขุ่นของน้ำ ความลึก เป็นต้น ซึ่งข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลอธิบาย จะมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน โดยจะถูกควบคุมโดยโปรแกรม GIS

2) เครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่างๆ (Hardware)

เครื่องคอมพิวเตอร์ รวมเรียกว่า ระบบฮาร์ดแวร์ (Hardware) ประกอบด้วย เครื่องคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์การนำเข้าข้อมูล เช่น Digitizer Scanner อุปกรณ์อ่านข้อมูล เก็บรักษาข้อมูลและแสดงผลข้อมูล เช่น Printer Plotter เป็นต้น ซึ่งอุปกรณ์แต่ละชนิดจะมีหน้าที่และคุณภาพแตกต่างกันออกไป

3) โปรแกรมหรือระบบซอฟต์แวร์ (Software)

โปรแกรมหรือระบบซอฟต์แวร์ คือ โปรแกรมที่ใช้ในการจัดการระบบและสั่งงานต่าง ๆ เพื่อให้ระบบฮาร์ดแวร์ทำงาน หรือเรียกใช้ข้อมูลที่จัดเก็บในระบบฐานข้อมูล ทำงานตามวัตถุประสงค์ โดยทั่วไปชุดคำสั่งหรือโปรแกรมของสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ประกอบด้วยหน่วยนำเข้าข้อมูล หน่วยเก็บ

ข้อมูลและการจัดการข้อมูล หน่วยวิเคราะห์ แสดงผล หน่วยแปลงข้อมูล และหน่วยโต้ตอบกับผู้ใช้ ในปัจจุบันมีโปรแกรม GIS มากมาย การเลือกใช้โปรแกรมควรเลือกให้เหมาะสมกับการใช้งาน ตรงตามวัตถุประสงค์ และสนองตอบความต้องการของหน่วยงาน

4) วิธีการปฏิบัติงาน (Methodology/Procedure)

วิธีการปฏิบัติงาน คือ ขั้นตอนการทำงาน หรือวิธีการในการนำเข้า การจัดเก็บ และการวิเคราะห์ของแต่ละหน่วยงานในการปฏิบัติการในส่วนของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งผู้ใช้จะเป็นผู้กำหนดให้เครื่องคอมพิวเตอร์จัดการกับข้อมูล เพื่อให้ตอบสนองวัตถุประสงค์ของการทำงานในหน่วยงานนั้นๆ

5) บุคลากร (Human Resource)

บุคลากร ประกอบด้วย ผู้ใช้ระบบ ผู้ใช้สารสนเทศ หรือผู้ชำนาญการ GIS ที่มีความชำนาญในหน้าที่ และได้รับการฝึกฝนมาแล้วเป็นอย่างดี พร้อมที่จะทำงานได้เต็มความสามารถ และสามารถนำเสนอข้อมูลให้นักวางแผน หรือผู้มีอำนาจตัดสินใจ นำข้อมูลแก้ไขปัญหาต่าง ๆ อย่างเหมาะสม

3.2 ลักษณะการทำงานของระบบ GIS

ระบบสามารถรวบรวมข้อมูลที่มีเข้าระบบจัดการฐานข้อมูล และเลือกข้อมูลต่างๆ ได้ตามเงื่อนไขที่ต้องการ จากนั้นนำไปเข้าสูตรการคำนวณเพื่อการประมาณค่า ซึ่งค่าที่ประมาณได้จะถูกเก็บลงฐานข้อมูลเพื่อใช้วิเคราะห์ เปรียบเทียบได้ ข้อมูลต่างๆ จะนำไปแสดงผลเชิงพื้นที่ในระบบภูมิสารสนเทศ (GIS) เพื่อผู้ใช้สามารถจำแนกลักษณะข้อมูลบนแผนที่ได้โดยง่าย รูปแบบการประมาณค่านี้จะเน้นการใช้สีเป็นหลักเนื่องจากสื่อสารต่อผู้ใช้ได้ชัดเจน

3.3 การประยุกต์ใช้งานระบบ GIS

นอกจากการใช้ในการประมาณค่าคุณภาพน้ำ ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อแสดงข้อมูลในรูปแบบอื่นๆ ได้ทั้งเชิงเส้นใน 1 มิติ หรือเชิงพื้นที่ ใน 2 มิติ ได้ โดยสามารถเลือกวิธีการประมาณค่าในรูปแบบหรือสูตรต่างๆ ได้ตามต้องการ ซึ่งข้อมูลต่างๆ ที่ใช้ถูกจัดเก็บในระบบฐานข้อมูลเพื่อเลือกนำข้อมูลที่ต้องการไปใช้ได้โดยง่าย

การวิเคราะห์สถานการณ์คุณภาพน้ำโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information Systems: GIS) เพื่อวิเคราะห์หาพื้นที่เสี่ยงและแหล่งน้ำที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดมลพิษทางน้ำ ซึ่งเป็นการศึกษาที่ใช้กระบวนการวิเคราะห์โดยมุ่งเน้นการนำเทคนิควิธีการทาง GIS มาเป็นเครื่องมือในการศึกษา มีวิธีการศึกษาและการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดมลพิษทางน้ำ ดำเนินการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดมลพิษทางน้ำ จากข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลลักษณะ

สัมพันธ์ที่เป็นสาเหตุและปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำ และจัดทำฐานข้อมูลหลัก เป็นการนำเข้าและจัดเก็บข้อมูลหลัก ได้แก่ ข้อมูลสภาพภูมิประเทศ และข้อมูลกิจกรรมของมนุษย์

2) รวบรวมและศึกษาข้อมูลคุณภาพน้ำ รวบรวมข้อมูลคุณภาพของแหล่งน้ำในลุ่มน้ำภาคเหนือ จากสถิติของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคและกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เพื่อนำไปสู่การสร้างฐานข้อมูลคุณภาพแหล่งน้ำที่เกิดมลพิษข้อมูลแหล่งน้ำที่เกิดมลพิษดังกล่าวจะถูกนำมาซ้อนทับกับฐานข้อมูลหลัก เพื่อหาความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ ที่ก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำ

3) การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อวิเคราะห์หาพื้นที่เสี่ยงและแหล่งน้ำที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดมลพิษทางน้ำ ดำเนินการประยุกต์ใช้ระบบฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อวิเคราะห์และคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดมลพิษทางน้ำ ซึ่งระบบจะสามารถวิเคราะห์ข้อมูลมลพิษทางน้ำจากฐานข้อมูลสภาพภูมิประเทศ ข้อมูลกิจกรรมของมนุษย์ และข้อมูลอื่นๆ เชิงบูรณาการได้

4. การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

4.1 การวิเคราะห์ และออกแบบระบบ (System Analysis Design)

อนันต์ เกิดคำ (2548) กล่าวว่า การออกแบบระบบ คือ “กระบวนการของการวางแผนระบบใหม่ หรือระบบที่จะนำมาเสริมกับระบบเดิมที่มีอยู่แล้ว” จุดประสงค์ของการออกแบบระบบ คือ ตัดสินว่าจะสร้างระบบอย่างไร จึงจะสอดคล้องกับเอกสารความต้องการ การออกแบบทั้งระบบจะประกอบด้วยการออกแบบจอภาพบันทึกข้อมูล การออกแบบ รายงาน และส่วนแสดงผลอื่นๆ การออกแบบแฟ้มข้อมูลและฐานข้อมูล

การออกแบบระบบถือว่าเป็นหัวใจของการพัฒนาระบบงานฐานข้อมูล หากเราออกแบบระบบได้ดี จะทำให้สามารถเขียนโปรแกรม และดูแลรักษาระบบต่อไปได้อย่างง่ายดาย เปรียบเสมือนกับการสร้างบ้าน บ้านที่จะสร้างได้ดีจะต้องมีแบบแปลนที่ดีเช่นเดียวกัน หากเราออกแบบไม่ดี โครงสร้างของบ้านไม่แข็งแรงก็อาจทำให้ทรุด หรือพังทลายลงมาได้ ซึ่งการออกแบบระบบนี้จะครอบคลุมถึงการออกแบบโปรแกรม และฐานข้อมูล สำหรับการออกแบบโปรแกรม โดยส่วนใหญ่จะอาศัยแบบแปลนที่เรียกว่า Data Flow Diagram เพื่อวิเคราะห์ Input/ Output และขั้นตอนการทำงานของระบบ

การวิเคราะห์แบบโครงสร้างยัวร์ดอน (Yourdon and Constantine,1979) และเพื่อนร่วมคณะของเขาได้พัฒนาการ วิเคราะห์แบบโครงสร้าง และการออกแบบโครงสร้างเมื่อต้นปี ค.ศ.1970 ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางที่ชี้ให้เห็นปัญหาในวัฏจักรของการพัฒนาระบบแนวคิดของ ยัวร์ดอน ก็คือ การทำให้การวิเคราะห์ และออกแบบระบบเป็นวิชาการมากขึ้น โดยมองคล้ายๆ กับวิศวกรรม เป้าหมายหลักของการวิเคราะห์แบบโครงสร้าง คือ เอกสาร การที่จะได้เอกสารนี้มาต้องใช้เครื่องมือต่างๆ เป็นต้นว่า แผนภูมิการไหลของข้อมูล พจนานุกรมข้อมูล ภาษาอังกฤษแบบโครงสร้างตารางการตัดสินใจ และแผนภูมิการตัดสินใจแบบต้นไม้

4.2 วงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle : SDLC)

สมจิตร อาจอินทร์ และงามนิจ อาจอินทร์ (พิสิษฐเจริญทัต) (2549) กล่าวว่า ในการพัฒนาฐานข้อมูลเพื่อระบบสารสนเทศโดยทั่วไปนั้นจะมีวงจรในการพัฒนา ซึ่งเป็นขั้นตอนที่มีการทำงานเป็นลำดับตั้งแต่ต้นจนกระทั่งสามารถสร้างระบบสารสนเทศออกมาได้ และเป็นขั้นตอนที่ผู้พัฒนาระบบซึ่งอาจประกอบด้วยผู้จัดการโครงการ นักวิเคราะห์ระบบ และผู้ออกแบบฐานข้อมูลจะต้องร่วมกันศึกษาและทำความเข้าใจในแต่ละขั้นตอน ซึ่งโดยทั่วไปแล้วขั้นตอนในการพัฒนาระบบจะมีอยู่ด้วยกัน 7 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1) การวิเคราะห์ปัญหา (Problem Analysis)

เป็นขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหาของระบบงานเดิม เมื่อผู้บริหารขององค์กรมีความต้องการที่จะสร้างระบบสารสนเทศขึ้น เนื่องจากความล้าหลังของระบบงานเดิม หรือการไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอของระบบงานเดิมที่จะตอบสนองความต้องการในปัจจุบันได้

2) การศึกษาความเป็นไปได้ (Feasibility Study)

หลังจากที่ทราบปัญหาของระบบงานเดิมแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการศึกษาความเป็นไปได้ว่า การสร้างระบบสารสนเทศ หรือการแก้ไขระบบสารสนเทศเดิมมีความเป็นไปได้หรือไม่

3) การวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้ (Users Requirement Analysis)

หลังจากศึกษาความเป็นไปได้ของระบบ และผู้บริหารเห็นสมควรที่จะให้ดำเนินการพัฒนาต่อขั้นตอนต่อไปที่นักวิเคราะห์ระบบจะต้องทำคือการวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้ความต้องการในที่นี้จะหมายถึง ความต้องการข้อมูลของผู้ปฏิบัติงาน และความต้องการสารสนเทศของผู้บริหารซึ่งเป็นเจ้าของหน่วยงาน ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญเพื่อให้สามารถออกแบบระบบใหม่ได้ตรงกับความต้องการนั้นมากที่สุด ในขั้นตอนสำคัญเพื่อให้สามารถออกแบบระบบใหม่ได้ตรงกับความต้องการนั้นมากที่สุด ในขั้นตอนนี้จะเริ่มตั้งแต่การศึกษาระบบการทำงานขององค์กรซึ่งเป็นระบบงานเดิมให้เข้าใจก่อนว่ามีลักษณะการทำงานอย่างไร และจะมีการเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ จากผู้ใช้ รวมไปถึงเกณฑ์และข้อบังคับต่างๆ ด้วย สำหรับวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลนั้นจะสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การใช้แบบสอบถาม การสัมภาษณ์ผู้ใช้ระดับบริหารและระดับพนักงานทั่วไป หรือจากรายงานต่างๆ ขององค์กรนั้นๆ หลังจากที่ได้ข้อมูลมากพอสมควรก็จะนำข้อมูล เหล่านั้นมาวิเคราะห์เพื่อสรุปให้ได้รายละเอียดต่อไป

4) การออกแบบฐานข้อมูล (Database Design)

หลังจากที่ได้เป้าหมายของงานที่ชัดเจนแล้วว่า ในระบบใหม่จะต้องทำอะไรมีการออกรายงานอะไรและใช้ข้อมูลใดบ้าง ก็จะมาเริ่มทำการออกแบบฐานข้อมูลซึ่งได้แก่การวิเคราะห์หาเอนทิตี้หรือรีเลชัน การวิเคราะห์หาแอททริบิวต์และคีย์ของเอนทิตี้หรือรีเลชัน รวมไปถึงการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตี้หรือรีเลชัน

5) การออกแบบและพัฒนาโปรแกรม (Implementation)

ในขั้นตอนนี้จะมีการเลือกระดับจัดการฐานข้อมูลขึ้นมาใช้ และผู้ออกแบบระบบซึ่งอาจจะเป็นนักวิเคราะห์ระบบหรือผู้ออกแบบฐานข้อมูล จะทำการออกแบบโปรแกรมว่าระบบจะต้องประกอบด้วยโปรแกรมใดบ้าง แต่ละโปรแกรมมีหน้าที่อะไร และมีความสัมพันธ์กันอย่างไร

การเชื่อมระหว่างโปรแกรมจะทำอย่างไร นอกจากนี้ยังมีการออกแบบหน้าจอการนำข้อมูลเข้ารูปแบบรายงาน และการควบคุมความคงสภาพของข้อมูล ซึ่งจะนำมาสร้างเป็นเอกสารที่เรียกว่าข้อมูลการออกแบบ โปรแกรมเพื่อเตรียมให้กับนักเขียนโปรแกรมหรือโปรแกรมเมอร์ใช้เป็นแบบในการเขียนโปรแกรมต่อไป

ในขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมโปรแกรมเมอร์จะทำการเขียน และทดสอบโปรแกรมว่าทำงานได้ถูกต้องหรือไม่โดยจะมีการทดสอบกับข้อมูลจริงที่มีอยู่ ถ้าเป็นระบบใหญ่ที่ต้องอาศัยโปรแกรมเมอร์หลายช่วงกันเขียนโปรแกรม หลังจากที่แต่ละคนทำการทดสอบโปรแกรมของตนเองเสร็จแล้วก็จะนำโปรแกรมเหล่านั้นมารวมกันให้เป็นระบบเดียว แล้วทำการทดสอบอีกทีซึ่งจะเรียกว่าการทดสอบระบบ

6) การทำเอกสารประกอบโปรแกรม (Documentation)

การทำเอกสารประกอบโปรแกรม คือการอธิบายในรายละเอียดของโปรแกรมว่าจุดประสงค์ของโปรแกรมคืออะไร ใช้งานในด้านไหนซึ่งอาจจะเป็นการสรุปรายละเอียดของโปรแกรมและแสดงเป็นผังงาน หรือรหัสจำลองก็ได้

7) การติดตั้งและการบำรุงรักษาโปรแกรม (Program Maintenance)

เมื่อโปรแกรมผ่านการตรวจสอบตามขั้นตอนเรียบร้อยแล้ว และถูกนำมาติดตั้งให้ผู้ใช้งานในขั้นตอนนี้จะรวมไปถึงการฝึกอบรมให้แก่ผู้ใช้ซึ่งอาจเป็นพนักงาน ที่ต้องใช้งานจริงเพื่อให้เข้าใจการทำงานและทำงานได้โดยไม่มีปัญหาซึ่งในช่วงแรกผู้ใช้อาจจะยังไม่คุ้นเคยก็อาจทำให้เกิดปัญหาขึ้นมาบ้าง ดังนั้นจึงต้องมีผู้คอยควบคุม ดูแลและตรวจสอบการทำงาน และเมื่อมีการใช้งานไปนาน ๆ ก็อาจจะต้องมีการปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมให้เหมาะสมกับเหตุการณ์และความต้องการของผู้ใช้ที่เปลี่ยนแปลงได้

4.3 สัญลักษณ์ที่ใช้ในแผนภาพกระแสข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้เป็นมาตรฐานในการแสดงแผนภาพกระแสข้อมูลมีหลายชนิด แต่ในที่นี้จะแสดงให้เห็นเพียง 2 ชนิด ได้แก่ ชุดสัญลักษณ์มาตรฐานที่พัฒนาโดย Gane and Sarson (1979) และชุดสัญลักษณ์มาตรฐานที่พัฒนาโดย DeMacro and Yourdon (DeMacro,1979 ; Yourdon and Constantine,1979) โดยมีสัญลักษณ์ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.9 สัญลักษณ์ที่ใช้ในแผนภาพกระแสข้อมูล

Gane & Sarson	ความหมาย
	การประมวลผล (Process) ขั้นตอนการทำ งานภายในระบบ
	แหล่งเก็บข้อมูล (Data Store) สามารถเก็บได้ทั้งไฟล์ข้อมูลและฐานข้อมูล
	เอนทิตี้ภายนอก (External Entity) ปัจจัย หรือสภาพแวดล้อมที่มีผลกระทบต่อระบบ
	กระแสข้อมูล (Data Flow) แสดงทิศทางของข้อมูลจากขั้นตอนการทำงานหนึ่งไปยังอีกขั้นตอนหนึ่ง

4.4 แนวคิดของแบบจำลองขั้นตอนการทำงานของระบบ

การสร้างแบบจำลองขั้นตอนการทำงานของระบบโดยใช้แผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram) มีแนวคิดต่างๆ ดังนี้

ขั้นตอนการทำงานของระบบ กิตติ ภักดีวัฒนะกุล และพนิดา พานิชกุล (2546) กล่าวว่า ขั้นตอนการทำงานที่เกิดขึ้นของระบบนั้น มีจุดประสงค์เพื่อเปลี่ยน แปลง หรือประมวลผลข้อมูลที่เข้าสู่ระบบให้กลายเป็นสารสนเทศที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ทันที เป็นการตอบรับ/ ตอบสนองต่อการดำเนินธุรกิจที่มีเงื่อนไข และเหตุการณ์ต่างๆ เกิดขึ้นมากมาย หรือเรียกว่าเป็นการตอบรับ/ ตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมในการดำเนินธุรกิจนั่นเอง

ดังนั้น ในการวิเคราะห์ระบบจึงต้องมีวิธีการที่จะอธิบายขั้นตอนการทำงานของระบบที่เกิดขึ้น ให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถเข้าใจได้ง่าย โดยใช้แบบจำลองเพื่ออธิบายข้อมูลนำเข้า ข้อมูลส่งออก และการทำงานของระบบ โดยสัญลักษณ์สี่เหลี่ยมจะเป็นตัวกำหนดขอบเขตการทำงานของระบบ และมีสภาพ แวดล้อมอยู่ภายนอกขอบเขต ระบบจะแลกเปลี่ยนข้อมูลนำเข้า และข้อมูลส่งออก กับสภาพแวดล้อมที่อยู่ภายนอก ดังนั้น หากมองระบบภาพรวมทั้งหมด ระบบงานใดๆ จะเปรียบเสมือนกับขั้นตอนการดำเนินงานขั้นตอนหนึ่ง

4. สถิติสำหรับการวิจัย

4.1 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน

1. ค่าเฉลี่ย (Mean) ของคะแนน โดยใช้สูตร

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ

$\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ย

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดในกลุ่ม

N แทน จำนวนคะแนนในกลุ่ม

2. ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : S.D.) ของคะแนน

$$S.D. = \sqrt{\frac{N\sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}}$$

เมื่อ

S.D. แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X แทน คะแนนแต่ละตัว

N แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

$\sum X^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง

$(\sum X)^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวทั้งหมดยกกำลังสอง

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สืบพงษ์ พงษ์สวัสดิ์ และชนันธร ขัติยะ (2559) เรื่อง ระบบแผนที่ออนไลน์เพื่อรายงานแหล่งเพาะพันธุ์ลูกน้ำยุงลาย กรณีศึกษาตำบลบ้านตาล อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่ ผลการศึกษา สรุปได้ว่าการรายงานสถิติแหล่งเพาะพันธุ์ลูกน้ำยุงลายด้วยระบบแผนที่ออนไลน์แบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก คือ ส่วนของการรับข้อมูลพิกัดตำแหน่งและข้อมูลการสำรวจจากโปรแกรมประยุกต์ในการรับข้อมูลพิกัดตำแหน่งทางภูมิสารสนเทศ ส่วนที่สองเป็นการแสดงผลแผนที่ออนไลน์ในจุดสำรวจรายงานแหล่งเพาะพันธุ์ลูกน้ำยุงลาย และส่วนที่สามเป็นการแสดงข้อมูลทางสถิติภาพรวมของจุดสำรวจแหล่งเพาะพันธุ์ลูกน้ำยุงลาย ทั้งนี้ระบบแสดง

ข้อมูลตำแหน่งของจุดสำรวจ สามารถประเมินความเสี่ยงในพื้นที่การสำรวจจากข้อมูลสถิติ เพื่อนำไปวางแผนป้องกันและควบคุมโรคติดต่อในพื้นที่ได้

สืบพงษ์ พงษ์สวัสดิ์ (2560) เรื่อง การพัฒนาระบบฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อม ในจังหวัดแม่ฮ่องสอน จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดลำพูน และจังหวัดเชียงราย ผลการศึกษา พบว่า ชั้นข้อมูลภูมิสารสนเทศด้านสิ่งแวดล้อม สามารถแสดงภาพในลักษณะของแผนที่ เชิงคุณภาพ (Qualitative Maps) คือ แผนที่แสดงระดับคุณภาพน้ำ ได้มาจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำ และผลการวิเคราะห์สารเคมีในน้ำ และแผนที่เชิงปริมาณ (Quantitative Maps) คือ แผนที่แสดงที่ตั้งสถานที่ กำจัดขยะมูลฝอย ซึ่งแสดงที่ตั้งและปริมาตรขยะสะสม แผนที่แสดงปริมาณขยะจำแนกเป็นรายตำบล และแผนที่แสดงสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ ฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศสิ่งแวดล้อม สามารถแสดงข้อมูลสถิติตัวเลขต่างๆ และตำแหน่งพิกัดในลักษณะแผนที่ ทำให้ทำความเข้าใจได้อย่างสะดวกมากกว่าการนำเสนอข้อมูลในรูปของตารางเพียงอย่างเดียว

มงคลกร ศรีวิชัย และพนิตตา พวงแก้ว (2556) เรื่อง การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อเตรียมพร้อมรับมือพิบัติภัยในชุมชนหลักหก อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการนำมาบูรณาการในการบริหารจัดการ ช่วยเหลือฟื้นฟู ที่ตำบลหลักหก หลังจากประสบอุทกภัย และเตรียมพร้อมรับมือกับภัยพิบัติในอนาคต มีการนำเสนอในรูปแบบของแผนที่ การสืบค้นข้อมูล และการจัดการระบบฐานข้อมูล เพื่อสร้างความร่วมมือในการเฝ้าระวังภัยในอนาคต

อรยา ปรีชาพานิช และสุดา เธียรมนตรี (2558) เรื่อง ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อสนับสนุนการเฝ้าระวังโรคไข้เลือดออกของจังหวัดสงขลา ประกอบด้วย 3 ส่วนหลักคือ 1) การจัดการข้อมูลผู้ป่วย ซึ่งสามารถนำเข้าข้อมูลได้ 2 วิธีการคือ การบันทึกข้อมูลผ่านระบบ และนำเข้าไฟล์ข้อมูลที่ได้จากโปรแกรม R506 2) การวิเคราะห์ข้อมูลผู้ป่วย 3) การนำเสนอข้อมูลในรูปแบบของแผนที่ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ระบบนี้ได้พัฒนาโดยใช้ซอฟต์แวร์เปิดเผยรหัสคือ Quantum GIS, GeoServer และ OpenLayers ร่วมกับระบบจัดการฐานข้อมูล PostgreSQL ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยใช้แบบสอบถามเกี่ยวกับความสอดคล้องของระบบกับความต้องการใช้งาน ความถูกต้องของสารสนเทศ และความสะดวกในการใช้งาน สรุปได้ว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับที่น่าพึงพอใจและสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้จริง

อิมตีซาล ดอเล๊าะ ดนุพล ตันนโยภาส และเพ็ญประไพ ภู่ทอง (2558) เรื่อง การประเมินสภาพอ่อนไหวแผ่นดินถล่มในจังหวัดสตูลโดยใช้เทคนิคภูมิสารสนเทศ และดัชนีพืชพรรณต่างกัน นำเสนอการทำแผนที่สภาพความอ่อนไวแผ่นดินถล่มของจังหวัดสตูล โดยใช้เทคนิคภูมิสารสนเทศและดัชนีพืชพรรณต่างกัน ประกอบด้วยปัจจัย 7 ประการ ประกอบด้วย ปริมาณน้ำฝน ชั้นหินพื้นฐาน ความลาดชันของพื้นที่ แนวกันชนจากรอยเลื่อน การใช้ประโยชน์ที่ดิน ทิศทางรับน้ำฝน ระดับความสูงของพื้นที่ และค่าดัชนีพืชพรรณต่างกัน ผ่านการประมวลผลด้วยโปรแกรม Arc GIS และ ERDAS Imagine ผลการวิเคราะห์แบ่งระดับสภาพอ่อนไหวแผ่นดินถล่มออกเป็น ไม่มีความเสี่ยง ความเสี่ยงน้อย ความเสี่ยงปานกลาง และความเสี่ยงสูง พื้นที่ความอ่อนไหวทั้งหมดคิดเป็น 170,034.66 ไร่ ประมาณร้อยละ 9.82 ของพื้นที่จังหวัดสตูล อำเภอควนกาหลง มีพื้นที่ความอ่อนไหวมากสุดถึง 53,846.61 ไร่