

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ทรัพยากรน้ำเป็นสิ่งที่สำคัญในการดำรงชีวิตของมนุษย์ เช่น การอุปโภค บริโภค การเกษตร และอุตสาหกรรม ซึ่งอยู่ในภาวะที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วพร้อมๆ กับการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ ทำให้มีความต้องการแหล่งน้ำเพื่อพัฒนามากขึ้นตามลำดับ ความต้องการใช้น้ำในกิจกรรมด้านต่างๆ รวมประมาณ 73,400 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ความต้องการใช้น้ำของประชาชนไทยรวมทั้งหมด จะเพิ่มขึ้นเป็น 93,900 ล้านลูกบาศก์เมตร ในปี พ.ศ. 2549 และในปี พ.ศ. 2553 จะเพิ่มขึ้นเป็น 98,800 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2548) ในขณะที่แหล่งน้ำผิวดินมีปริมาณจำกัด อันมีสาเหตุจากหลายประการ เช่น สภาพฝนไม่ถูกต้องตามฤดูกาล การตัดไม้ทำลายป่า สภาพภูมิประเทศไม่เหมาะสมในการสร้างเขื่อนหรืออ่างเก็บน้ำ ฉะนั้น แหล่งน้ำใต้ดินหรือแหล่งน้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำที่สำคัญอีกแหล่งหนึ่งที่สามารถพัฒนาขึ้นมาใช้ได้ เนื่องจากราคาถูก พัฒนาขึ้นมาได้ในระยะเวลาอันรวดเร็ว และสามารถพัฒนาในพื้นที่ที่ห่างไกล เช่น ชนบท พื้นที่สูง เป็นต้น น้ำบาดาลเป็นอีกหนึ่งแหล่งน้ำที่สามารถพัฒนาขึ้นมาเพื่อตอบสนองความต้องการน้ำในอนาคตได้ แต่ยังคงขาดแนวทางการบริหารจัดการที่ดี เนื่องจากยังไม่ทราบปริมาณน้ำบาดาลที่มีอยู่ในประเทศไทย รวมถึงปริมาณที่สามารถพัฒนาขึ้นมาใช้ได้ โดยไม่เกิดผลกระทบต่อแหล่งน้ำบาดาลและสิ่งแวดล้อม ในขณะที่ความต้องการน้ำบาดาลมีมากขึ้น แต่การพัฒนาขึ้นมาใช้ประโยชน์กลับทำได้ไม่มากเท่าที่ควร เนื่องจากยังขาดข้อมูลที่สำคัญและจำเป็น ในเรื่องของชนิดของชั้นหินอุ้มน้ำ ความหนา และปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถพัฒนาขึ้นมาใช้ได้

อย่างไรก็ตามการพัฒนาทรัพยากรน้ำบาดาลในประเทศไทย ยังกระจุกตัวอยู่ในพื้นที่ที่เป็นแหล่งน้ำบาดาลชั้นดี ส่วนใหญ่ที่พัฒนาขึ้นมาใช้เป็นชั้นน้ำบาดาลระดับตื้น สำหรับพื้นที่ที่มีการพัฒนาน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ปริมาณมาก จะมีผลกระทบต่อแหล่งน้ำบาดาลและสิ่งแวดล้อม เช่น พื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล ดังนั้นเพื่อให้มีการพัฒนาน้ำบาดาลอย่างทั่วถึงและป้องกันการเกิดวิกฤตการณ์น้ำบาดาล ตลอดจนการแก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำในบริเวณที่ที่หาน้ำบาดาลยาก จึงมีความจำเป็นที่จะต้องปรับกลยุทธ์การพัฒนาทรัพยากรน้ำบาดาล

ปัจจุบันพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ปิงตอนบนโดยเฉพาะพื้นที่ราบของแอ่งเชิงใหม่ – ลำพูนได้มีการพัฒนาการใช้ที่ดิน (land use) กันอย่างกว้างขวาง ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้านต่างๆ

เป็นอย่างมาก จนกระทั่งรัฐบาลได้จัดทำแผนแม่บทเพื่อการบริหารและจัดการลุ่มน้ำอย่างยั่งยืนทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ปิงตอนบนและตอนล่าง การเติบโตจากการพัฒนาการใช้ที่ดิน เพื่อการท่องเที่ยว การเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมขนาดย่อม มักจะอาศัยแหล่งน้ำบาดาลเป็นน้ำเพื่อการอุปโภค บริโภคและประกอบการธุรกิจ ซึ่งคาดว่าแนวโน้มการใช้ น้ำบาดาลจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ หากไม่ได้มี มาตรการหรือสร้างระบบการติดตาม ควบคุมและป้องกันไว้ล่วงหน้า ผลกระทบต่าง ๆ ก็อาจจะ เกิดขึ้นได้เช่นเดียวกับพื้นที่ในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล ดังนั้นเพื่อให้เกิดมีการพัฒนาแหล่งน้ำ บาดาลอย่างเป็นระบบและได้ประโยชน์สูงสุด จึงจำเป็นต้องดำเนินการศึกษาสำรวจทางอุทก ธรณีวิทยาและติดตามเปลี่ยนแปลงของระดับ และคุณภาพน้ำบาดาลของแต่ละชั้นน้ำบาดาลอย่าง ต่อเนื่อง พร้อมศึกษาศักยภาพน้ำบาดาลอย่างละเอียด ถึงปริมาณการสูบน้ำบาดาลสูงสุด ปราศจาก ผลกระทบสิ่งแวดล้อมใด ๆ ในอนาคต ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาในพื้นที่แอ่งน้ำบาดาลเชียงใหม่-ลำพูน เนื่องจากในปัจจุบันแอ่งน้ำบาดาลนี้มีการใช้น้ำบาดาลในการอุปโภค บริโภค การเกษตร และ อุตสาหกรรมในปริมาณมาก ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำบาดาลสูงในบริเวณนี้

ทิศทางการพัฒนาทรัพยากรน้ำบาดาลของผู้วิจัย ได้มุ่งเน้นในการนำเทคโนโลยีทางด้าน ภูมิสารสนเทศ (Geoinformatics) มาใช้ในการศึกษา อันได้แก่ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information Systems) การสำรวจจากระยะไกล (Remote Sensing) และการรังวัด โดยใช้ GPS (Global Positioning System) ทำให้ข้อมูลที่ได้มีความถูกต้องแม่นยำ ง่ายต่อการนำ ข้อมูลมาวิเคราะห์

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาปริมาณของน้ำบาดาลที่สามารถนำมาใช้ได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อ สิ่งแวดล้อมในพื้นที่แอ่งน้ำบาดาลเชียงใหม่-ลำพูน

1.2.2 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำบาดาลในพื้นที่แอ่งน้ำบาดาลเชียงใหม่-ลำพูน

1.2.3 เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้ภูมิสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาล

อย่างมีประสิทธิภาพ

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 ขอบเขตด้านเนื้อหาการศึกษา

เพื่อการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลอย่างมีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องประกอบด้วย ข้อมูลต่างๆดังนี้ ข้อมูลเกี่ยวกับน้ำบาดาล ซึ่งการจะได้มาซึ่งข้อมูลดังกล่าว ได้มาจากการสำรวจบ่อ น้ำบาดาลหรือหลุมเจาะน้ำบาดาล ได้แก่ ที่ตั้งบ่อน้ำบาดาล (จากการรังวัดด้วย GPS) ข้อมูลบ่อ

(ความลึกของบ่อน้ำบาดาล ชั้นน้ำบาดาล ระดับน้ำบาดาลปริมาณน้ำบาดาล ชั้นหิน ชั้นดินของบ่อน้ำบาดาล คุณภาพน้ำบาดาล เป็นต้น) ข้อมูลธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยา ข้อมูลทางด้านอุตุนิยมวิทยา(ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ อัตราการระเหย) ข้อมูลการใช้ที่ดิน(ด้วยการแปลความหมายจากภาพถ่ายดาวเทียม) ข้อมูลความสูงค่าของภูมิประเทศ (Digital Elevation Model:DEM) ข้อมูลทั่วไปในพื้นที่ เช่น ถนน ทางน้ำ เส้นชั้นความสูง จากแผนที่ภูมิประเทศ 1:50,000 เป็นต้น

1.3.2 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา

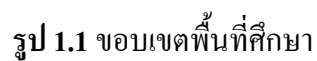
ขอบเขตพื้นที่ศึกษาอยู่ในส่วนของแอ่งเชิงใหม่-ลำพูน ประกอบด้วย จังหวัดเชียงใหม่ ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 9 อำเภอ ได้แก่ อำเภอแมริม สันทราย ดอยสะเก็ด สันกำแพง หางดง สันป่าตอง จอมทอง สารภี เมืองเชียงใหม่ และจังหวัดลำพูน ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 5 อำเภอ ได้แก่อำเภอบ้านธิ ป่าซาง แม่ทา บ้านโฮ้ง เมืองลำพูน ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 3,007 ตารางกิโลเมตร ดังรูป 1.1

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการการพัฒนาน้ำบาดาลอย่างทั่วถึงในพื้นที่แอ่งเชิงใหม่-ลำพูน และป้องกันการเกิดวิกฤตการณ์น้ำบาดาล ตลอดจน การแก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำ

1.4.2 ทำให้ทราบปริมาณน้ำบาดาล รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำบาดาลในพื้นที่แอ่งน้ำบาดาลเชิงใหม่-ลำพูน และเผยแพร่ผลงานให้กับหน่วยงานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง หรือหน่วยงานที่รับผิดชอบงานด้านทรัพยากรน้ำบาดาล

1.4.3 สามารถประยุกต์ใช้ภูมิสารสนเทศ เพื่อการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน



1.5 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการศึกษา

น้ำบาดาล หมายถึง น้ำที่กักเก็บอยู่ระหว่างช่องว่างระหว่างเม็ดตะกอน หรืออยู่ตามช่องว่างภายในรอยแตก รอยแยก หรือโพรงหินที่อยู่ใต้ดิน วัตถุตัวกลางหรือชั้นหินที่กักเก็บน้ำเรียกว่า ชั้นหินอุ้มน้ำ (Aquifer) ลักษณะของน้ำบาดาลจะกักเก็บอยู่ในชั้นน้ำที่อิ่มตัวตลอดเวลาเรียกว่า “โซนที่อิ่มตัวด้วยน้ำ”

บ่อน้ำบาดาล หมายถึง รูหรือปล่องที่ขุดหรือเจาะลงไปถึงชั้นน้ำบาดาล เพื่อประสงค์ที่จะจัดการกับน้ำบาดาลตามวัตถุประสงค์ ฉะนั้น ในทางวิชาการจึงไม่กำหนดความลึกของบ่อเอาไว้ว่าบ่อลึกเท่าใด จึงจะเรียกว่าบ่อน้ำธรรมดา บ่อลึกเท่าใดจึงจะเรียกว่าบ่อน้ำบาดาล เนื่องจากชั้นน้ำบาดาลและระดับน้ำใต้ดินนั้นอาจจะอยู่เสมอระดับผิวดิน ต่ำกว่าผิวดินเพียง 2-3 เมตร หรือร้อยละเมตรก็ได้ ฉะนั้น บ่อทุกบ่อไม่ว่าลึกเท่าใดหากขุดหรือเจาะลงไปถึงชั้นน้ำบาดาลก็เรียกว่า บ่อน้ำบาดาลได้

ฐานข้อมูลพสุธา หมายถึง ฐานข้อมูลบ่อน้ำบาดาลของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ซึ่งมีข้อมูลบ่อน้ำบาดาลภาครัฐทั้งหมดอยู่

ปริมาณน้ำบาดาล (Groundwater Quantity) คือการบอกขนาดของทรัพยากรน้ำบาดาล โดยใช้มิติต่าง ๆ ได้แก่ ปริมาตร พื้นที่ และระยะทาง

ความลึกของชั้นน้ำ (Depth of Aquifer) หมายถึงระยะทางในแนวดิ่งที่วัดจากผิวดินลงไปจนถึงส่วนบนสุดของชั้นน้ำบาดาล

แอ่งน้ำบาดาล (Groundwater Basin) หมายถึง พื้นที่ใต้ผิวดินทั้งหมดที่น้ำบาดาลมีการไหลรวมลงสู่บริเวณที่น้ำบาดาลไหลออก (Discharge zone) โดยมีสันปันน้ำบาดาล (Groundwater divide) เป็นตัวแบ่งแอ่งน้ำบาดาลแต่ละแอ่งออกจากกัน ในพื้นที่ใด ๆ ขอบเขตของแอ่งรับน้ำของน้ำผิวดิน และขอบเขตของแอ่งน้ำบาดาล อาจจะไม่สอดคล้องเป็นแอ่งหรือพื้นที่รับน้ำเดียวกัน ถึงแม้ว่าสมดุลของน้ำจะส่งผลต่อทั้งน้ำผิวดินและน้ำบาดาลก็ตาม

ศักยภาพของน้ำบาดาล หมายถึง ปริมาณของน้ำบาดาลที่สะสมตัวอยู่ในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง ซึ่งสามารถพัฒนาขึ้นมาใช้ได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ปริมาณการใช้น้ำบาดาล หมายถึง ปริมาณน้ำบาดาลที่ถูกนำขึ้นมาใช้ในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งโดยการวัดจากบ่อน้ำบาดาลในบริเวณพื้นที่นั้น มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อช่วงเวลาหนึ่งๆแล้วแต่กำหนด ซึ่งอาจวัดเป็นลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงสำหรับบ่อน้ำบาดาล หรือลูกบาศก์เมตรต่อปีสำหรับหน่วยพื้นที่ใหญ่ๆ

ระดับน้ำบาดาล หมายถึง ความลึกของน้ำบาดาลจากปากบ่อน้ำบาดาลถึงระดับน้ำในบ่อน้ำบาดาล

1.6 ทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำบาดาล ในพื้นที่แอ่งน้ำบาดาลเชียงใหม่-ลำพูนมีแนวคิด ทฤษฎี และหลักการที่เกี่ยวข้องกับวัตถุประสงค์ในการศึกษา โดยสามารถแบ่งออกเป็นประเด็นหลัก ดังนี้

1.6.1 แนวความคิดเกี่ยวกับน้ำบาดาล

1.6.1.1 แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดของน้ำบาดาล (Origin of groundwater)

น้ำบาดาลมีต้นกำเนิดมาจาก 3 ทางใหญ่ ๆ คือ

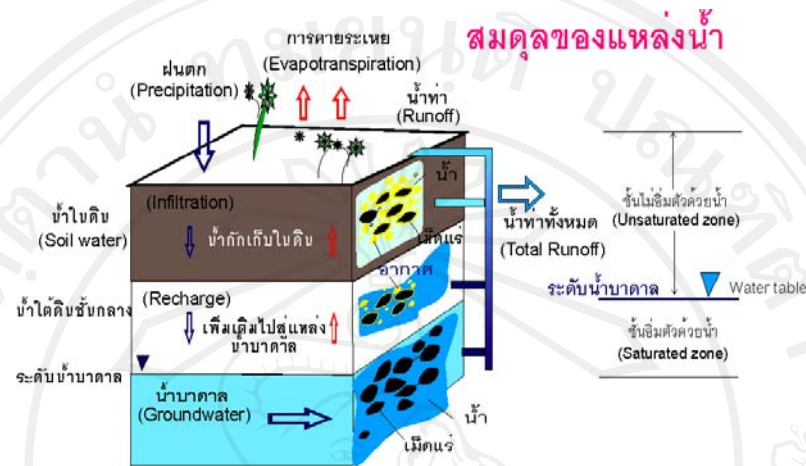
1. น้ำจากบรรยากาศ (Meteoric water) ได้แก่ ฝน น้ำค้าง ลูกเห็บ และหิมะ น้ำเหล่านี้เมื่อตกลงสู่พื้นโลก บางส่วนจะไหลลงสู่แม่น้ำ ลำคลอง หนองบึง ทะเลสาบ หรือมหาสมุทร กลายเป็นน้ำผิวดิน แต่บางส่วนจะไหลลงไปได้ดินและถูกกักเก็บไว้ในดินและในหิน เกิดเป็นน้ำใต้ดิน

น้ำที่ซึมลงไปได้ดิน แบ่งออกได้เป็นสองส่วน ส่วนบนเรียกว่าโซนสัมผัสอากาศ (Zone of aeration) และส่วนล่างเรียกว่า โซนอิ่มตัวด้วยน้ำ (Zone of saturation)

โซนสัมผัสอากาศแบ่งออกเป็น 3 แถบ เรียกว่าแถบดินชุ่มน้ำ แถบกลาง และแถบแรงดึงดูดอนุ (Capillary fringe) เรียงลำดับจากบนลงล่าง

ในแถบดินชุ่มน้ำจะมีน้ำประเทซึมซาบอยู่ใต้ผิวดิน ซึ่งมีความลึกเท่าที่รากพืชจะหยั่งลงไปถึงเป็นชั้นน้ำสำหรับการเกษตร และการยังชีพของพืช น้ำบางส่วนจากชั้นแถบดินชุ่มน้ำนี้อาจจะแห้งหายไป เมื่อไม่มีฝนตกมาเพิ่มเติม หรือถูกแดดเผาจนระเหยเป็นไอ บ่อขุดที่มีน้ำใช้ในฤดูฝน แต่แห้งในฤดูแล้ง ก็ได้ น้ำจากน้ำชั้นนี้ น้ำที่เหลือจากที่ดินดูดไว้จะไหลซึมลึกลงสู่แถบกลาง ซึ่งรากพืชยังไม่ถึงแต่เป็นแถบที่พืชใช้ประโยชน์ได้ น้ำที่ผ่านแถบกลางไปได้ก็จะลงสู่แถบแรงดึงดูดอนุ น้ำบางส่วนจะถูกดูดเก็บไว้ในระหว่างอนุ (Capillarity) ความหนาของแถบนี้อาจจะมีตั้งแต่ 1 นิ้วถึง 10 ฟุต ขึ้นอยู่กับขนาดของช่องว่างและรูปร่างของสารประกอบที่เป็นชั้นหิน น้ำที่อยู่ในชั้นนี้จะอยู่คงที่ ไม่สามารถไหลไปไหนได้ ยกเว้นบางแห่งที่ไม่มีแถบกลางมีแต่แถบดินชุ่มน้ำบาง ๆ น้ำจากแถบแรงดึงดูดอนุจะสูญหายไปเนื่องจากการระเหยเป็นไอโดยตรงหรือจากการถ่ายเทเป็นไอเนื่องจากรากพืชดูดซึม แล้วขับถ่ายออก น้ำที่เหลือจากการดูดเก็บจากแถบทั้งสองจะไหลไปกักเก็บรวมไว้ในส่วนถัดไป คือ โซนอิ่มตัวด้วยน้ำ โซนอิ่มตัวด้วยน้ำนี้มักประกอบด้วยชั้นกรวดทรายหรือดินเนื้อพรุนน้ำซึมได้ หรือที่ว่าง ช่องว่าง รอยแตกหรือโพรง น้ำที่เก็บอยู่ในโซนอิ่มตัวด้วยน้ำนี้เรียกว่า น้ำบาดาล ที่ระดับผิวน้ำของน้ำบาดาลหรือตรงรอยต่อระหว่าง แถบแรงดึงดูดอนุกับโซนอิ่มตัวด้วยน้ำเรียกว่าระดับน้ำบาดาลหรือระดับน้ำใต้ดินต่ำกว่าโซนอิ่มตัวด้วยน้ำลงไปจะ

เป็นหินเนื้อแน่น น้ำไม่มีโอกาสไหลซึมลงไปได้ โชนอ้อมตัวด้วยน้ำจึงเป็นจุดสุดท้ายที่หาน้ำบาดาลได้



รูป 1.2 ประเภทของน้ำใต้ดิน

ที่มา : กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, “โครงการสำรวจจำแนกแอ่งน้ำบาดาลเพื่อการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลอย่างมีประสิทธิภาพ.” รายงานโครงการ 2548.

2. น้ำบาดาลที่มาจากการเย็นตัวของหินหลอมเหลว (Juvenile Water) ภายใต้ผิวโลกวัตถุหลอมเหลวต่าง ๆ ที่อยู่ภายใต้เปลือกโลกประกอบไปด้วยก๊าซและไอน้ำปริมาณมากมาย เมื่อหินอัคนีมีการเย็นตัวลงไอน้ำต่าง ๆ จะกลายเป็นน้ำ ในขณะที่แร่ต่าง ๆ มีการตกผลึก น้ำจะแทรกตัวตามรอยต่อ โพรงอากาศ และช่องว่างของหิน-แร่ต่าง ๆ

3. น้ำบาดาลที่เกิดขึ้นพร้อมกับการกำเนิดของหินชั้น (Connate Water) ในขณะที่แร่ธาตุต่าง ๆ เกิดการตกตะกอนและแข็งตัวกลายเป็นหินในที่สุด น้ำจะเกิดการ ขังตัวหรือแทรกตัวตามรูพรุนที่อยู่ในเนื้อหิน เช่น น้ำบาดาลที่เกิดขึ้นในชั้นกรวด-ทราย ในบริเวณลุ่มแม่น้ำต่าง ๆ ในขณะที่น้ำพัดพาเอาตะกอนต่าง ๆ ไปทับถมกัน เช่น ชั้นน้ำที่ได้จากทางน้ำเก่า เป็นต้น (เจริญเพียรเจริญ, 2542)

1.6.1.2 แนวคิดเกี่ยวกับชั้นหินอุ้มน้ำ (Types of Aquifer)

ชั้นหินอุ้มน้ำที่พบโดยทั่ว ๆ ไป มี 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ หินร่วนและหินแข็ง

1. หินร่วน (Unconsolidated Rocks)

หินร่วน หมายถึง หินที่ประกอบด้วยตะกอนต่าง ๆ ที่รวมตัวกันแต่ยังไม่แข็งตัว เช่น กรวด ทราย ดินเหนียว โคลนตม และเศษหินที่สะสมตัวตามแอ่ง พังราบ หุบเขา ริมแม่น้ำ และริมทะเล หินร่วนดังกล่าวนี้เป็นที่กักเก็บน้ำบาดาลได้ดี การหาแหล่งน้ำบาดาลโดยทั่ว ๆ ไป แล้วจะต้องหาจากแหล่งกรวดทรายไว้ก่อนหินชนิดอื่นเสมอทั้งนี้เพราะ

- เจาะง่าย
- ระดับน้ำบาดาลในชั้นกรวดทราย มักจะอยู่ตื้นกว่าในหินชนิด อื่น ๆ ง่ายแก่การที่จะสูบขึ้นมาใช้

2. หินแข็ง

หินแข็ง หมายถึง หินที่ประกอบด้วยแร่ธาตุต่างๆ ที่รวมตัวกันและมีสารมาเชื่อมประสานจนกลายเป็นหินแข็ง เช่น หินทราย หินทรายแป้ง หินดินดาน หินปูน หินกรวด หินชนวน หินควอร์ตไซต์ หินแกรนิต และหินบะซอลต์ เป็นต้น(กรมทรัพยากรธรณี, 2544)

ประเภทของชั้นหินอุ้มน้ำบาดาล สามารถแบ่งได้ 3 ประเภท คือ

1. ชั้นหินอุ้มน้ำไร้แรงดัน (Unconfined Aquifer) หมายถึงชั้นหินอุ้มน้ำอิสระที่ไม่ได้อยู่ภายใต้ความกดดัน และมีระดับน้ำบาดาลอยู่ตอนบนของส่วนที่อิ่มตัวด้วยน้ำ ระดับน้ำบาดาลจะมีความลาดชันไม่แน่นอน อาจจะสูงขึ้นหรือต่ำลงขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่ถูกเก็บจะอยู่ในส่วนที่อิ่มตัวด้วยการไหลของน้ำบาดาลจะไหลไปตามความลาดชัน หรือเอียงเทของระดับน้ำบาดาล โดยทั่วไปจะสัมพันธ์กับลักษณะภูมิประเทศ กล่าวคือจะไหลไปตามความดันน้ำและแรงดึงดูดของโลกในพื้นที่ที่ต่ำกว่า

2. ชั้นหินอุ้มน้ำมีแรงดัน (Confined Aquifer) หมายถึงชั้นหินอุ้มน้ำที่อยู่ภายใต้แรงดันหรือกักขัง ซึ่งเกิดจากชั้นหินเนื้อแน่นวางปิดทับอยู่ทั้งข้างบนและข้างล่างซึ่งจากผลของแรงกดดันจากชั้นหิน ที่ปิดทับขนาดนี้จะทำให้น้ำบาดาลและชั้นหินอุ้มน้ำอยู่ภายใต้ความกดดันมากกว่าหนึ่งบรรยากาศ ระดับน้ำที่ปรากฏในบ่อที่เจาะผ่านชั้นหินอุ้มน้ำภายใต้แรงดันนี้ จะมีระดับสูงกว่าส่วนที่อิ่มตัวด้วยน้ำของชั้นหินอุ้มน้ำอิสระเสมอ แนวหรือระดับสมมุติ ที่แสดง ความกดดันที่เท่ากันนี้เรียกว่า ระดับความกดดัน (Piezometric surface)

3. ชั้นหินอุ้มน้ำปลอม (Perch Aquifer) หมายถึง ชั้นดินเหนียวหรือดินดานวางตัวโค้งงอเป็นแอ่งกักเก็บน้ำอยู่ตอนใดตอนหนึ่ง ในส่วนที่สัมผัสอากาศเหนือส่วนที่อิ่มตัวด้วยน้ำ บางส่วนจะถูกกักเก็บอยู่ในแอ่งนี้เหมือนน้ำบาดาลทั่วไป แต่เมื่อสูบน้ำมากๆ นานๆ เข้าน้ำก็จะหมด (กรมทรัพยากรธรณี, 2544)

1.6.1.3 แนวคิดการแบ่งเขตน้ำบาดาล

แหล่งน้ำบาดาลในประเทศไทยสามารถจำแนกพื้นที่ออกเป็น “เขตน้ำบาดาล” (Groundwater province) ตามสภาพทางธรณีวิทยา อุทกธรณีวิทยา และภูมิประเทศ ออกได้เป็น 6 เขตน้ำบาดาลใหญ่ ๆ ได้แก่

1. เขตน้ำบาดาลพื้นที่สูงภาคเหนือ (Northern highland groundwater province) ลักษณะภูมิประเทศเป็นเทือกเขาสูง ครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำสาละวิน โขง ลุ่มน้ำปิง วัง ยม น่าน ตอนบนภายในเขตน้ำบาดาลพื้นที่สูงภาคเหนือ จะมีแอ่งน้ำบาดาลย่อยๆ จำนวนมาก เช่น แอ่งน้ำบาดาลเชียงใหม่ ลำพูน แอ่งแม่เมาะ แอ่งน่าน เป็นต้น
2. เขตน้ำบาดาลภาคกลางตอนบน (Upper central plain groundwater province) ลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ค่อนข้างราบในบริเวณตอนกลาง และมีลักษณะเป็นเทือกเขาสูงทางด้านทิศตะวันตกและตะวันออกครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำปิง ยม น่านตอนล่าง และป่าสักตอนบน ก่อนที่จะรวมเป็นแม่น้ำเจ้าพระยา หรือเรียกแอ่งน้ำบาดาลนี้ว่าแอ่งเจ้าพระยาตอนบน (Upper Chao Phraya groundwater basin) ประกอบด้วยแอ่งน้ำบาดาลย่อย ๆ เช่น แอ่งอุ้มผาง แอ่งตาก แอ่งเพชรบูรณ์ ฯลฯ เป็นต้น
3. เขตน้ำบาดาลภาคกลางตอนล่าง (Lower central plain groundwater province) ลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบลุ่ม ลักษณะเป็นแอ่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่ต่อเนื่องมาจากแอ่งน้ำบาดาลในเขตน้ำบาดาลภาคกลางตอนบน ครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา ท่าจีน ป่าสักตอนล่าง แมกกลอง และสะแกกรังหรือเรียกว่าแอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนล่าง (Lower Chao Phraya groundwater basin)
4. เขตน้ำบาดาลภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (North-eastern groundwater province) ลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบสูง มีสภาพอุทกธรณีวิทยาแตกต่างกับพื้นที่ภาคอื่นๆ ของประเทศไทย ชัดเจน สามารถแบ่งออกเป็น 2 แอ่งน้ำบาดาลใหญ่ ๆ คือ แอ่งน้ำบาดาลอุดร-สกลนคร ที่ประกอบด้วยพื้นที่ลุ่มน้ำโขง และลุ่มน้ำสงคราม และแอ่งน้ำบาดาลโคราช-อุบล ประกอบด้วยพื้นที่ลุ่มน้ำมูล และชี ภายในแอ่งน้ำบาดาลทั้ง 2 นี้ ยังมีแอ่งน้ำบาดาลย่อยๆ อีกหลายแอ่ง ได้แก่ แอ่งน้ำบาดาลลุ่มแม่น้ำมูล แอ่งน้ำบาดาลลุ่มแม่น้ำชี และแอ่งน้ำบาดาลลุ่มแม่น้ำสงคราม เป็นต้น
5. เขตน้ำบาดาลภาคตะวันออก (Eastern groundwater province) ลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาสูงและที่ราบชายฝั่งทะเล ครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรี บางปะกง โตนเลสาบ สามารถแบ่งแอ่งน้ำบาดาลย่อย ได้แก่ แอ่งน้ำบาดาลที่ราบชายฝั่งชลบุรี แอ่งน้ำบาดาลระยอง แอ่งน้ำบาดาลจันทบุรี แอ่งน้ำบาดาลที่ราบชายฝั่งระยอง-จันทบุรี-ตราด เป็นต้น
6. เขตน้ำบาดาลภาคใต้ (Southern groundwater basin) ลักษณะพื้นที่เป็นแนวยาวเหนือ-ใต้ ลักษณะภูมิประเทศเป็นเทือกเขาสูงตอนกลาง และลาดต่ำลงสู่ทิศตะวันตกและ

ตะวันออก จรดทะเลอันดามันและอ่าวไทย ประกอบด้วยพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี ลุ่มน้ำตาปี ลุ่มน้ำปากพนัง ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ลุ่มน้ำปัตตานี ฯลฯ พื้นที่เขตนํ้าบาดลภาคได้สามารถแบ่งเป็นแอ่งนํ้าบาดลนราธิวาส ปัตตานี-ยะลา สะบ้าย้อย หาดใหญ่ สุราษฎร์ธานี กระบี่ รวมทั้งแอ่งนํ้าบาดลที่ราบชายฝั่งทะเลสงขลา-นครศรีธรรมราช สุราษฎร์ธานี-ชุมพร พังงา-ระนอง สตูล-กระบี่ และแอ่งนํ้าบาดลขนาดเล็กในพื้นที่เกาะตะรุเตา ลันตา เกาะยาว เกาะยาวใหญ่ เกาะพีพี เกาะสมุย เกาะพัง เป็นต้น (เจริญ เพียรเจริญ, 2542)

1.6.1.4 แนวคิดเกี่ยวกับสมดุลนํ้าบาดล

ระบบนํ้าบาดล ก่อนการพัฒนานํ้าบาดลขึ้นมาใช้ จะอยู่ในสภาวะสมดุลตามธรรมชาติ กล่าวคือ ปริมาณนํ้าไหลเข้าจะเท่ากับปริมาณนํ้าไหลออก ปริมาณนํ้าที่ไหลเข้าสู่ระบบนํ้าบาดลนั้น ๆ ประกอบด้วยนํ้าฝนที่ซึมลงไปและนํ้าที่ซึมลงมาเพิ่มเติมจากทางนํ้า ทะเลสาบ พื้นที่ชุ่มนํ้า ที่มีความต่อเนื่องกับนํ้าบาดล สำหรับปริมาณนํ้าที่ไหลออกจะประกอบด้วย นํ้าบาดลที่ไหลออกไปสู่ทางนํ้า ทะเลสาบ พื้นที่ชุ่มนํ้า นํ้าพุ นํ้าซับต่าง ๆ ตลอดจนจากกระบวนการระเหยของนํ้า

เมื่อมีการพัฒนานํ้าบาดลขึ้นมาใช้ สมดุลของนํ้าที่มีอยู่เดิมจะเปลี่ยนไป เนื่องจากมีการสูบนํ้าออกจากระบบ ทำให้ระบบนํ้าบาดลนี้ต้องสร้างสมดุลขึ้นใหม่ ปริมาณนํ้าที่สูบขึ้นมาใช้จะมาจากการปรับตัวหลาย ๆ ส่วนรวมกัน ซึ่งอาจจะมาจากปริมาณนํ้าไหลเข้าที่เพิ่มมากขึ้น บวกกับปริมาณนํ้าที่ดึงออกจากส่วนที่กักเก็บอยู่เดิมบวกกับปริมาณนํ้าไหลออกที่ลดลง ดังนั้น ปริมาณนํ้าที่สูบออกจากระบบ จะส่งผลกระทบต่อสมดุลและปริมาณนํ้าในส่วนต่าง ๆ ปริมาณนํ้าที่ไหลออกจากระบบที่ลดลง อาจส่งผลกระทบต่อทางนํ้า พื้นที่ชุ่มนํ้า นํ้าพุที่เคยมีนํ้าอยู่เดิมอาจจะแห้งลง เป็นต้น ซึ่งปริมาณนํ้าที่เหมาะสมที่ควรสูบออกจากระบบจะเป็นจำนวนเท่าใดนั้น จะต้องได้รับการพิจารณาอย่างรอบคอบ รวมถึงผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ

ในกรณีของนํ้าผิวดิน หน่วยหรือระบบที่สำคัญในการพิจารณาคือ พื้นที่รับนํ้าหรือแอ่งรับนํ้า (Catchments or Drainage basin) ซึ่งจะประกอบด้วย พื้นที่ทั้งหมดที่ลาดเอียงเข้าหาทางนํ้าที่สำคัญของพื้นที่นั้นๆ โดยจะมี สันปันนํ้า (Topographic divides) เป็นตัวหรือเขตแบ่งพื้นที่รับนํ้าหรือแอ่งรับนํ้าแต่ละแอ่ง ในขณะที่ในกรณีของนํ้าบาดลจะมีหน่วยหรือระบบที่เรียกว่าแอ่งนํ้าบาดล (Groundwater basin) ซึ่งหมายถึง พื้นที่ใต้ผิวดินทั้งหมด ที่นํ้าบาดลมีการไหลรวมลงสู่บริเวณที่นํ้าบาดลไหลออก (Discharge zone) โดยมีสันปันนํ้าบาดล (Groundwater divide) เป็นตัวแบ่งแอ่งนํ้าบาดลแต่ละแอ่งออกจากกัน ในพื้นที่ใด ๆ ขอบเขตของแอ่งรับนํ้าของนํ้าผิวดิน และขอบเขตของแอ่งนํ้าบาดล อาจจะไม่สอดคล้องเป็นแอ่งหรือพื้นที่รับนํ้าเดียวกัน ถึงแม้ว่าสมดุลของนํ้าจะส่งผลต่อทั้งนํ้าผิวดินและนํ้าบาดลก็ตาม ดังนั้น การทราบพื้นที่ของแอ่งรับนํ้าทั้งนํ้าผิวดินและนํ้าบาดลจึงมีความสำคัญ เมื่อมีการประเมินหรือคำนวณสมดุลของนํ้าในแต่ละพื้นที่ ทั้งนี้

ในการปฏิบัติจริง พื้นที่ที่กำลังทำการศึกษาอยู่ อาจจะเป็นเพียงส่วนหนึ่งของแอ่งรับน้ำหรือแอ่งน้ำบาดาล ไม่ได้เป็นส่วนหนึ่งของแอ่งทั้งหมดก็ได้

การเติมน้ำบาดาลและการหนุนแทรกของน้ำเค็ม (Groundwater recharge and Saline water intrusion) ในการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลขึ้นมาใช้เพื่อกิจกรรมต่าง ๆ ปัญหาที่สำคัญในการพัฒนาไม่ได้ขึ้นอยู่กับปริมาณของน้ำบาดาลที่กักเก็บอยู่ในชั้นหินอุ้มน้ำ แต่จะอยู่ที่ปริมาณของน้ำที่เราสามารถนำขึ้นมาใช้ในแต่ละปีอย่างต่อเนื่อง โดยไม่ทำให้น้ำในชั้นหินอุ้มน้ำหมดไป หรือก่อให้เกิดปัญหาต่อเนื่อง เช่น การเกิดแผ่นดินทรุด การลดลงของระดับน้ำบาดาลอย่างต่อเนื่องและไม่คืนตัว ปริมาณน้ำดังกล่าวจะหมายถึงปริมาณที่เหมาะสม (Safe yield) ซึ่งจะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่ลดลงไปเพิ่มเติมให้แหล่งกักเก็บได้ปริมาณดังกล่าวนี้ ก็จะเป็นปริมาณที่เหมาะสมที่จะพัฒนานำขึ้นมาใช้ได้อย่างต่อเนื่องยาวนาน และสามารถยืดอายุการใช้งานของแหล่งน้ำบาดาล โดยไม่รบกวนหรือรบกวนน้อยที่สุดต่อปริมาณของน้ำบาดาลที่กักเก็บอยู่แล้ว ซึ่งเป็นการจัดการและพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลอย่างยั่งยืนนั่นเอง (ทวิศักดิ์ ระมิงค์วงศ์, 2527)

1.6.1.5 แนวคิดเกี่ยวกับปริมาณการกักเก็บน้ำบาดาล

ปริมาณน้ำฝนที่ไหลซึมลงไปกักเก็บอยู่ในแหล่งน้ำบาดาล (Groundwater Recharge) จะมีปริมาณมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับความสามารถของชั้นหินใต้ดินที่สามารถกักเก็บน้ำไว้ได้ กล่าวคือถ้าเป็นหินร่วน (Unconsolidated rocks) เช่น กรวด ทราย หรือดินเหนียว ปริมาณน้ำขึ้นอยู่กับความพรุนของหิน หรือช่องว่างในหิน ถ้าเป็นหินแข็ง (Consolidated rocks) ปริมาณน้ำขึ้นอยู่กับ รอยแตก รอยเลื่อน โพรง และช่องว่างระหว่างการวางตัวของชั้นหินต่างชนิดกัน จากข้อมูลการศึกษาโดยทั่วไปกล่าวได้ว่า บริเวณที่เป็นหินร่วน ปริมาณน้ำฝนที่ไหลซึมลงสู่แหล่งน้ำบาดาลประมาณ 10% ของปริมาณน้ำฝนที่ตกเฉลี่ยทั้งปี บริเวณที่เป็นหินแข็งน้ำมาก ประมาณ 5% บริเวณที่เป็นหินแข็งมีน้ำปานกลาง ประมาณ 3% และหินแข็งน้ำน้อย ประมาณ 2 % ของปริมาณน้ำฝน (ตาราง 1.1)

ตาราง 1.1 อัตราการไหลซึมของน้ำฝนที่ไหลลงสู่แหล่งน้ำบาดาล

ประเภทแหล่งน้ำบาดาล	อัตราการไหลของน้ำฝนสู่แหล่งน้ำบาดาล คิดเป็น % ของน้ำฝนเฉลี่ยต่อปี
หินร่วน	10
หินแข็งอุ้มน้ำมาก	5
หินแข็งน้ำปานกลาง	3
หินแข็งน้ำน้อย	2

ที่มา : วชิรธรรมรงค์ และสมชัย วงศ์สวัสดิ์, 2541. ศักยภาพน้ำบาดาลในประเทศไทย. วารสารชมรม
นักอุทกวิทยา ปีที่ 2 ฉบับที่ 2-2541.

ปริมาณน้ำฝนที่ไหลซึมลงสู่แหล่งน้ำบาดาลนั้น ส่วนหนึ่งไหลซึมออกไปจากแหล่งน้ำบาดาล สู่พื้นที่ที่ต่ำกว่าตามทิศทางการไหลของน้ำตามธรรมชาติ เช่น แม่น้ำ ลำธาร หนอง บึง และทะเล ส่วนหนึ่งเก็บกักอยู่ในแหล่งน้ำบาดาล การคำนวณหาปริมาณน้ำบาดาลที่กักเก็บอยู่ในแหล่งน้ำบาดาลที่สามารถสูบขึ้นมาใช้ได้ ข้อมูลที่จำเป็นที่สุด คือ การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำในรอบปี ข้อมูลระดับน้ำบาดาลที่ดีที่สุดได้จากการติดตามตรวจวัดระดับน้ำบาดาลอย่างต่อเนื่อง โดยการติดตั้งเครื่องบันทึกระดับน้ำ (Continuous water level recorder) ข้อมูลที่ได้นำมาจัดทำ hydrograph และแผนที่ระดับน้ำต่ำสุดและระดับน้ำสูงสุด นอกจากนี้ข้อมูลที่จะต้องนำมาใช้อีกคือ พื้นที่ของแหล่งน้ำบาดาล และปริมาณน้ำจำเพาะ (Specific yield) ในกรณีของชั้นน้ำบาดาลชนิดไม่มีแรงดัน (Unconfined หรือ water table aquifer) ใช้ค่าสัมประสิทธิ์การเก็บกักน้ำ (Storage coefficient) แทนปริมาณน้ำจำเพาะ โดยใช้สูตร

ปริมาณที่เก็บกัก = การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำ x พื้นที่ของชั้นน้ำ x สัมประสิทธิ์การเก็บกักน้ำ

การคำนวณปริมาณน้ำในแอ่งน้ำบาดาลของภาคต่างๆ ได้ใช้ค่าระดับความสูงของการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำในชั้นน้ำเฉลี่ย 5 เมตร ค่าสัมประสิทธิ์ของการกักเก็บน้ำในชั้นน้ำชนิดไม่มีแรงดัน (Unconfined aquifer) เท่ากับ 0.16 ชั้นน้ำชนิดที่มีแรงดัน (Confined aquifer) เท่ากับ 2×10^{-4} และชั้นน้ำกึ่งแรงดัน (Semi – confined aquifer) เท่ากับ 0.025 สำหรับปริมาณน้ำที่สามารถพัฒนาขึ้นมาใช้ได้โดยไม่เกิดผลกระทบ (Safe yield) คือมีความสมดุลกับปริมาณน้ำที่ไหลเติมลงไปตามธรรมชาติ ในที่นี้ได้ใช้ค่าการกักตัวของระดับน้ำที่ลดลงไป 5 เมตร กลับสู่ระดับเดิม ดังตาราง 1.2

ตาราง 1.2 ปริมาณน้ำที่เก็บกักอยู่ในแอ่งน้ำบาดาล และปริมาณน้ำที่สามารถพัฒนาได้โดยไม่เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

แอ่งน้ำบาดาล	ปริมาณน้ำที่เก็บ กัก (ล้าน ลบ.ม)	ปริมาณน้ำที่พัฒนาได้ต่อ ปี (ล้าน ลบ.ม)	ปริมาณน้ำที่พัฒนาได้ต่อ วัน (ลบ.ม)
แอ่งเชียงใหม่ - ลำพูน	485	97	265,000
แอ่งลำปาง	295	59	161,000
แอ่งเชียงราย - พะเยา	212	42	115,000
แอ่งแพร่	160	32	87,000
แอ่งน่าน	200	40	110,000
แอ่งเจ้าพระยาตอนเหนือ	6,400	1,280	3,500,000
แอ่งเจ้าพระยาตอนใต้	6,470	1,294	3,500,000
แอ่งท่าฉาง	320	64	175,000
แอ่งนครศรีธรรมราช	420	84	230,000
แอ่งระโนด - สงขลา	400	80	200,000
แอ่งหาดใหญ่	175	35	96,000
แอ่งปัตตานี	340	68	186,000

ที่มา : กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. “โครงการสำรวจจำแนกแอ่งน้ำบาดาลเพื่อการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลอย่างมีประสิทธิภาพ.” รายงานโครงการ 2548.

นอกจากนี้ปริมาณน้ำบาดาลที่เก็บกักอยู่ในแหล่งน้ำบาดาลนั้น ต้องขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของชั้นหินอุ้มน้ำ เช่น ประสิทธิภาพในการจ่ายน้ำ (Specific yield) ประสิทธิภาพในการดูดค้าง (Specific retention) สัมประสิทธิ์ของการกักเก็บ (Storativity หรือ Storage coefficient) และความพรุน (Porosity) (วชิ วัฒนรงค์ และสมชัย วงศ์สวัสดิ์, 2541)

1.6.2 แนวความคิดเกี่ยวกับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information Systems : GIS)

1.6.2.1 แนวคิดเกี่ยวกับข้อมูลเชิงพื้นที่ประเภท High-Level Data

ข้อมูลเชิงพื้นที่ประเภท High-Level Data เป็นข้อมูล vector ประเภทหนึ่งซึ่งจะมีความซับซ้อนกว่าข้อมูล point line polygon ทั่วไป โดยจะมีการแฝงหรือผนวกข้อมูลเกี่ยวกับ Topology ค่าในแนวดิ่ง ช่วงเวลา หรือการเปลี่ยนแปลงต่างๆ โดยที่ไม่ได้เก็บเป็น attribute แต่เก็บไว้ในตัว spatial data ได้แก่ TIN Data, Region Data และ Dynamic Segmentation (ESRI GIS Dictionary of ArcGIS Desktop Help , 2004)

TIN ย่อมาจาก Triangulated Irregular Network หรือเรียกอีกอย่างว่าโครงข่ายสามเหลี่ยม เป็นข้อมูลเชิงเส้นชนิดหนึ่ง ประกอบด้วย Node และ Line ต่อเชื่อมกันเป็นลักษณะสามเหลี่ยมใดๆ คล้ายใยแมงมุม โดยแต่ละ node จะมีค่าความสูง (ค่า Z) ฝังอยู่ด้วย ดังนั้นข้อมูล TIN จึงมีความต่อเนื่องและ สามารถนำไปคำนวณเชิงพื้นที่ที่เกี่ยวข้องกับความสูงได้เช่น ความลาดชัน (Slope) ทิศด้านลาด (Aspect) และเงาเขา (Hillshade) ได้ ลักษณะอีกอย่างหนึ่งของข้อมูล TIN คือในเรื่องการคำนวณพื้นที่จะใช้ค่าความสูงและความลาดชันไปคำนวณด้วย ต่างจากพื้นที่ที่คำนวณจากข้อมูล Polygon มีการคำนวณเฉพาะ ความกว้างกับความยาว ไม่คำนึงค่าความสูง ดังนั้นพื้นที่ที่มีความสูงต่ำของภูมิประเทศและมีความลาดชันมากจะมีความผิดพลาดในเรื่องของขนาดพื้นที่มากตามไปด้วย

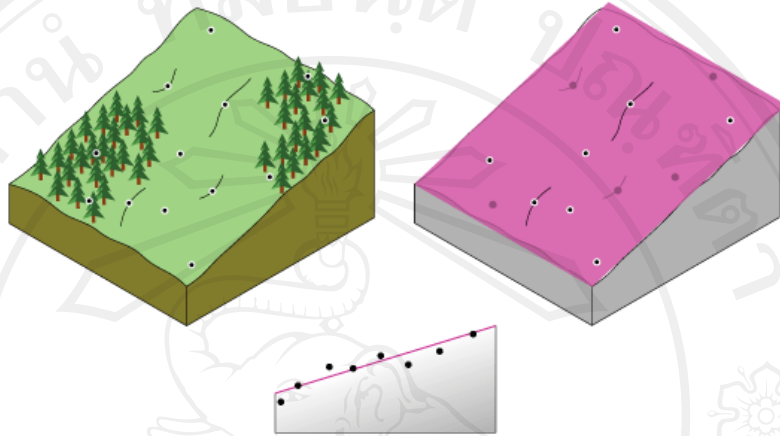
Region เป็นข้อมูล polygon ชนิดหนึ่ง แต่ลักษณะของข้อมูล Region ในรูปแบบของ coverage feature สามารถแทนพื้นที่พื้นที่หนึ่ง แต่มีหลาย polygon ได้ กล่าวคือ หนึ่งพื้นที่ (Single Area) สามารถแทนได้ด้วย polygon มากกว่าหนึ่ง polygon โดยจะมีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ทั้งข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงบรรยายด้วย file หลาย file ตัวอย่างเช่น มี .pat, .pal, .pax, .rxp เป็น format file ที่สร้างให้เกิดความสัมพันธ์กับตัว polygon ใหญ่หรือที่เรียกว่า Single Area

Dynamic Segmentation เป็นการจัดเก็บข้อมูลรูปแบบหนึ่ง ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงหรือ ข้อมูลที่มีการเคลื่อนไหว จึงมีส่วนหนึ่งที่จะนำมาใช้แสดงการเปลี่ยนแปลงที่มีการเคลื่อนไหวนั้นๆ โดยจะมีเรื่องของเวลา หรือช่วงเวลามาเกี่ยวข้อง โดยที่ file จะมีคุณสมบัติสามารถคำนวณรูปร่างของจุดและเส้น หรือแนวของจุดและเส้น ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งของเหตุการณ์ใดเหตุการณ์หนึ่ง

1.6.2.2 แนวคิดการวิเคราะห์เพื่อแทรกค่าข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Interpolation)

การวิเคราะห์แบบ Trend Surface Analysis เป็นการวิเคราะห์เพื่อแทรกค่าข้อมูลเชิงพื้นที่โดยกระบวนการคำนวณทางคณิตศาสตร์แบบ Global Polynomial ใช้วิเคราะห์ข้อมูลที่มีความละเอียดไม่มาก เช่น การคำนวณพื้นที่ที่มีความชันค่อนข้างสม่ำเสมอ วิธีการประมาณค่าจะเหมือนกับการใช้แผ่นกระดาษมาเรียงต่อกันครอบคลุมทั่วพื้นที่ ผลการประมาณค่า จะมีค่าที่มี

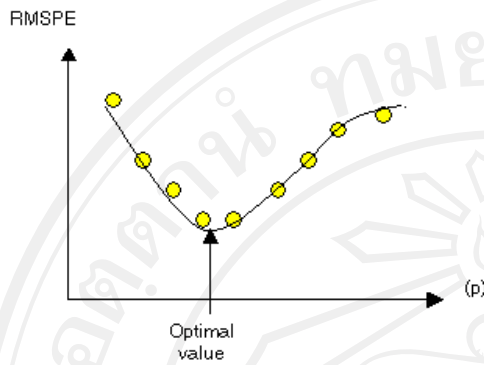
ความถูกต้องค่อนข้างต่ำ การกระจายตัวของข้อมูลในบางจุดอยู่ในกลุ่มที่ไม่เหมาะสม โดยผลการวิเคราะห์ จะมีค่า Root Mean Square Error มากกว่าการวิเคราะห์แบบอื่นๆ โดยการคำนวณจะมีการจัดกลุ่มข้อมูลของจุดกลุ่มตัวอย่างแบบหยาบๆ การวิเคราะห์ไม่ค่อยซับซ้อน



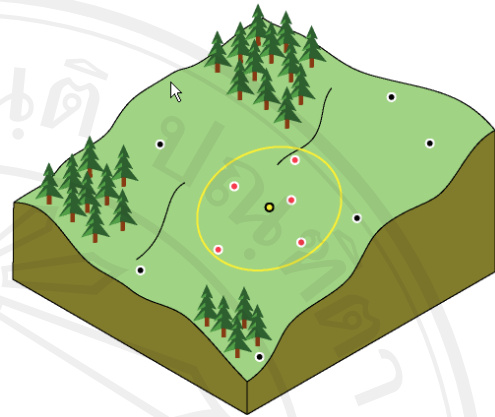
รูป 1.3 ตัวอย่างการวิเคราะห์แบบ Trend Surface โดยประมาณค่าจากจุดที่มีค่าความสูงของภูมิประเทศ โดยสีม่วงคือเปรียบเหมือนแผ่นกระดาษที่นำมาวางโดยปรับความเอียงให้ใกล้เคียงกับค่าของจุดความสูง

การวิเคราะห์แบบ **Inverse distance Weighted Interpolation** เป็นการวิเคราะห์เพื่อแทรกค่าข้อมูลเชิงพื้นที่โดยผลการคำนวณจะขึ้นอยู่กับค่า (p) ซึ่งได้จากการหาค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด (Minimizing the Root Mean Square Prediction Error : RMSPE) จากการคำนวณทางคณิตศาสตร์แบบ Local Polynomial ประกอบกับการใช้ค่าของจุดข้างเคียงมาช่วยในการคำนวณโดยวิธี Search Neighborhood คือนำเอาค่าของจุดในพื้นที่ที่กำหนดมาทำการถ่วงน้ำหนักโดยใช้ค่าของจุดข้างเคียงมาช่วยคำนวณ โดยทำการสุ่มจุดตัวอย่างแต่ละจุดจากตำแหน่งที่สามารถส่งผลกระทบไปยังเซลล์ที่ต้องแทรกค่าได้ ซึ่งจะมีผลกระทบน้อยลงเรื่อยๆ ตามระยะทางที่ไกลออกไปจากเซลล์ที่ต้องการแทรกค่า ดังนั้นจุดที่อยู่ใกล้กับเซลล์ที่ต้องการคำนวณค่าจะมีน้ำหนักมากกว่าจุดที่อยู่ไกลออกไป โดยเราสามารถเจาะจงจำนวนจุด หรือ อาจใช้ทุกจุดที่อยู่ในรัศมีที่กำหนด มาคำนวณหาให้เซลล์ผลลัพธ์ได้ วิธีการนี้เหมาะกับกรณีที่ตัวแปรที่ใช้ในการสร้างแผนที่มีการปรับค่าตามระยะทางจากจุดตัวอย่าง ผลการประมาณค่า มีความถูกต้องน่าเชื่อถือพอใช้ การกระจายตัวของข้อมูลมีการจัดกลุ่มข้อมูลได้เหมาะสมกว่าแบบที่หนึ่งโดยการคำนวณจะมีการจัด

กลุ่มข้อมูลของจุดกลุ่มตัวอย่างได้ละเอียดมากกว่าการคำนวณแบบแรก โดยค่า Root Mean Square Error มีค่าอยู่ระหว่างกลางของการคำนวณแบบ Trend Surface Analysis กับ Ordinary Kriging



รูป 1.4 ตัวอย่างการทำ Optimal Value



รูป 1.5 ลักษณะการ Search Neighborhood



รูป 1.6 การประมาณค่าแบบ Inverse distance Weighted

การวิเคราะห์แบบ **Ordinary Kriging** เป็นการวิเคราะห์เพื่อแทรกค่าข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ทำการสันนิษฐานจากระยะทางหรือทิศทางระหว่างจุดตัวอย่างแต่ละจุด ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ ที่สามารถนำมาใช้ในการอธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวได้ ด้วยวิธีการ นี้จะทำการเลือกสมการทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับจุดตัวอย่างที่เลือกไว้ หรือจุดตัวอย่างทั้งหมด ภายในรัศมีที่กำหนด เพื่อให้ค่าผลลัพธ์ในแต่ละพื้นที่ออกมา Kriging ทำงานหลายขั้นตอน โดยผสมผสานการสำรวจวิเคราะห์ค่าทางสถิติของข้อมูล การทำแบบจำลองแบบ Variogram การสร้างพื้นผิว และยังมีส่วนเสริมให้สามารถตรวจสอบความแปรปรวนของพื้นผิวได้อีกด้วย วิธีการนี้มักนิยมใช้ในกรณีที่ต้องการทราบความสัมพันธ์ของระยะทาง หรือทิศทางที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล โดยมากมักจะใช้ทางปฐพีวิทยาและธรณีวิทยา ผลการประมาณค่ามีความถูกต้องน่าเชื่อถือมากที่สุดใน 3 แบบ ค่า RMS น้อยกว่าทั้งสองแบบ มีการใช้สูตรการคำนวณที่ซับซ้อน มี Model การคำนวณดังนี้

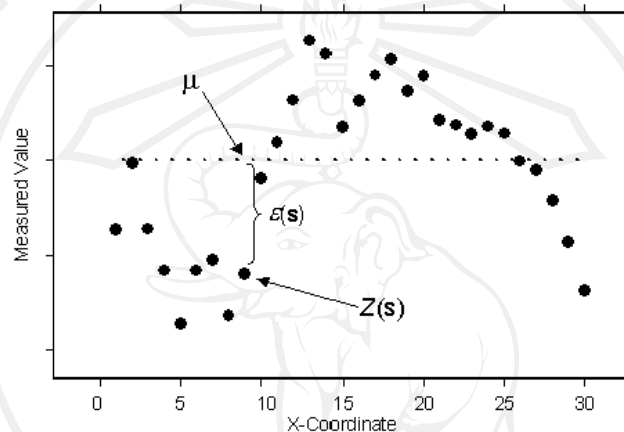
$$Z(s) = \mu + \varepsilon(s)$$

$Z(s)$ คือ ค่าที่ได้จากการประมาณค่า

μ คือ ค่าคงที่ซึ่งไม่ทราบค่า (เส้นประในรูป)

$\varepsilon(s)$ คือ ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากค่า μ

s คือ ค่าตัวอย่างข้อมูลที่ตรวจวัดได้จริงในพื้นที่ (Observations Point)



รูป 1.7 แบบจำลองการวิเคราะห์แบบ Ordinary Kriging

ที่มา: ESRI . “GIS Dictionary of ArcGIS Desktop Help” Manual of Software ArcGIS Desktop 2004 [e-book].

ค่าที่ได้ในภาพข้างต้นเป็นค่าที่ได้จากการประมาณค่าแบบ Ordinary Kriging โดยใช้ค่าคงที่ μ มาร่วมในการคำนวณ ซึ่งทำให้ค่าที่ได้เกิดความสม่ำเสมอและต่อเนื่อง

กล่าวโดยสรุป การทำ spatial interpolation กระบวนการวิเคราะห์ที่จะเลือกใช้ นั้นขึ้นกับการกระจายตัวกับกลุ่มข้อมูลตัวอย่าง ผลของการประมาณค่าจะมีความถูกต้องน่าเชื่อถือ นั้นก็ขึ้นกับความละเอียดและการกระจายตัวที่เหมาะสมด้วยกลุ่มข้อมูลตัวอย่างที่เราได้มา (Burgess and Webster, 1980) ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลบ่อน้ำบาดาลนั้น วิธีที่เหมาะสมที่สุดคือ Ordinary Kriging เนื่องจากวิธีการวิเคราะห์แบบ Trend Surface และ Inverse distance Weighted ดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น เป็นวิธีวิเคราะห์ที่ระบุเงื่อนไขตายตัว เพราะวิธีการเหล่านั้นจะทำงานตามพื้นฐานปัจจัยแวดล้อมด้านค่าระยะทางคงที่ หรือไม่ก็มีการระบุสมการคงที่ เพียงสมการเดียว เพื่อสร้างพื้นผิวที่มีความกลมกลืนสูง ส่วนการวิเคราะห์แบบ Ordinary Kriging ประกอบไปด้วยวิธีการทางด้านสถิติ ภูมิศาสตร์ (Geostatistical) จะทำงานโดยใช้พื้นฐานจากแบบจำลองทางสถิติต่างๆ และเพิ่มการ

วิเคราะห์การเกี่ยวพันกันของข้อมูลโดยอัตโนมัติ (ความสัมพันธ์ทางสถิติของจุดที่วัดได้) เพราะวิธีการนี้ ไม่ได้ใช้เพียงแค่เทคนิคต่างๆ ที่มีประสิทธิภาพในการสร้างพื้นผิวล่วงหน้า (Prediction surface) แต่ยังสามารถกำหนด ความแน่นอน หรือความถูกต้องของพื้นผิวที่ทำนายได้อีกด้วย

1.6.3 แนวความคิดเกี่ยวกับการสำรวจจากระยะไกล (Remote Sensing)

1.6.3.1 แนวคิดการวิเคราะห์ข้อมูลภาพ (Image Data Analysis)

การวิเคราะห์ข้อมูลจากการสำรวจจากระยะไกล มีวิธีการวิเคราะห์อยู่ 2 วิธี คือการวิเคราะห์ด้วยสายตา (Visual Analysis) ที่ให้ผลข้อมูลออกมาในเชิงคุณภาพ (Qualitative) ไม่สามารถวัดออกมาเป็นค่าตัวเลขได้แน่นอน ซึ่งอาจจะตีออกมาในรูปของดีเลว และอีกวิธีหนึ่งคือการวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์ (Digital Analysis) ที่ให้ผลข้อมูลในเชิงปริมาณ (Quantitative) ที่สามารถแสดงผลการวิเคราะห์ออกมาเป็นค่าตัวเลขได้ การวิเคราะห์หรือการจำแนกประเภทข้อมูลต้องคำนึงถึงหลักการดังต่อไปนี้

1) Multitemporal Approach คือ การเปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลา ซึ่งการวิเคราะห์จำเป็นต้องใช้ข้อมูล หลายช่วงเวลา เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาความแตกต่างนำมาเสริมหรือเพิ่มข้อมูลหรือนำมาลบออกเพื่อเน้นข้อมูลบาง ประเภทให้เด่นขึ้น

2) Multispectral Approach คือ ข้อมูลในบริเวณเดียวกันและเวลาเดียวกันจะถูกบันทึกในหลายช่วงคลื่นพร้อมๆ กันและในแต่ละช่วงความยาวคลื่น (Band) ที่แตกต่างกันจะให้ค่าการสะท้อนพลังงานของวัตถุหรือพื้นผิวโลกที่แตกต่างกันซึ่งเป็นผลดีในการแยกจำแนกวิเคราะห์ข้อมูล

3) Multilevel Approach คือ ระดับความละเอียดในการจำแนก หรือวิเคราะห์ข้อมูล เช่น การวิเคราะห์ที่ต้องการ ความละเอียดสูงจะต้องใช้ข้อมูลดาวเทียมที่ให้รายละเอียดภาพสูง (High Resolution) เช่น ข้อมูลจากดาวเทียม IKONOS, QuickBIRD, SPOT หรือจากภาพถ่ายทางอากาศ ส่วนการวิเคราะห์ในระดับภูมิภาคก็อาจใช้ข้อมูลจากดาวเทียมที่ให้รายละเอียดภาพปานกลาง (Medium Resolution) เช่น Landsat เป็นต้น (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2540)

1.6.3.2 แนวคิดการจำแนกประเภทข้อมูล (Image Classification)

1) การจำแนกข้อมูลจากดาวเทียมด้วยสายตา (Visual Classification) หรือ การแปลตีความหมาย (Interpretation) หมายถึงการวินิจฉัย (Identification) หรือ พิสูจน์ข้อมูลหรือสิ่งที่ปรากฏอยู่ในลักษณะต่าง ๆ ในข้อมูลจากดาวเทียม หรือภาพถ่ายจากดาวเทียม นั้นๆ ว่าควรเป็นสิ่งที่ใด หรือน่าจะเป็นอะไร การแปลตีความหมายจากข้อมูล ดาวเทียม มิใช่เป็นการแปล ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาวิเคราะห์กันอย่างมีระบบโดยการ นำเอาข้อมูล และข้อสนเทศ จากหลาย ๆ

ด้าน มาประกอบกันเพื่อช่วยในการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยว่าข้อมูลหรือสิ่งที่ปรากฏในภาพ หรือ ข้อมูล จากดาวเทียมนั้น ๆ ว่าน่าจะเป็นสิ่งใดในพื้นที่จริง ๆ

2) การจำแนกข้อมูลจากดาวเทียมด้วยคอมพิวเตอร์ (Digital Classification)

สามารถแบ่งได้ 2 ประเภทคือ

1. การจำแนกประเภทแบบกำกับดูแล (Supervised Classification)

หมายถึง การจำแนกประเภทข้อมูล โดยที่ผู้วิเคราะห์จะต้องกำหนดพื้นที่ข้อมูลตัวอย่าง (Training Area) ของข้อมูลแต่ละประเภทให้ กับคอมพิวเตอร์ เพื่อกำหนดค่าสถิติ ได้แก่ Mean, Standard Deviation และ Covariance Matrix เป็นต้น โดยค่าสถิติดังกล่าว จะเป็นตัวแทน สำหรับการ จำแนก ประเภทข้อมูล ของพื้นที่ทั้งหมด และในพื้นที่ข้อมูลตัวอย่าง จะต้องมีการระบุข้อมูลอย่าง เดียว ส่วน ๆ (Homogeneous) ซึ่งสามารถตรวจสอบได้ว่ามีประเภทข้อมูลเดียว หรือไม่โดยจะดูจาก Histograms ในพื้นที่ข้อมูลตัวอย่างนั้น ๆ เพื่อใช้ในการจำแนกประเภทข้อมูลต่อไป ซึ่งมีลำดับ ขั้นตอน การวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

- การสำรวจข้อมูลภาคพื้นดิน (Ground Survey) ในขั้นตอนนี้จำเป็นอย่าง ยิ่ง สำหรับการให้ประโยชน์ ข้อมูลดาวเทียม ไม่ว่าจะเป็นการแปลภาพ ด้วยสายตาหรือการวิเคราะห์ ด้วยคอมพิวเตอร์ เนื่องจากสภาพสิ่งปกคลุมบนพื้นผิวโลก มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาและวัตถุ บนพื้นโลก บางอย่างมีค่าการสะท้อน ช่วงคลื่น เหมือนกันหรือใกล้เคียงกันสำหรับการวิเคราะห์ ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ นั้นการสำรวจข้อมูลภาคพื้นดินมีวัตถุประสงค์ เพื่อให้ผู้วิเคราะห์ ผู้วิจัย ทราบถึงพื้นที่ ที่ศึกษาจริงเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลดาวเทียม แล้วนำข้อมูลที่ได้รับ จากข้อมูล ภาคพื้นดิน ไปป้อนให้กับคอมพิวเตอร์ รายละเอียดของข้อมูล ควรประกอบด้วยตำแหน่งของจุด สำรวจ ที่อ้างอิงไปบนแผนที่และภาพดาวเทียม ลักษณะพื้นที่ประเภทของสิ่งปกคลุมพื้นผิว ชนิดพืช การเจริญเติบโตของพืช เปอร์เซนต์พืชปกคลุม รวมทั้งสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ บริเวณใกล้เคียง ช่วงเวลาใน การสำรวจควร ใกล้เคียงหรืออยู่ในฤดูกาลเดียวกัน กับการบันทึกข้อมูลดาวเทียม ถ้าต่างเวลากัน ควรสอบถาม ถึงข้อมูลในช่วงเวลาที่บันทึกข้อมูล จากคน ท้องถิ่นนั้น ๆ หรือคนที่อาศัยอยู่ใน บริเวณที่เราทำการศึกษาและวิจัย

- การกำหนดพื้นที่ข้อมูลตัวอย่าง (Training Area) เป็นขั้นตอนที่ผู้ วิเคราะห์ต้องกำหนดบริเวณ พื้นที่ตัวอย่างของข้อมูลแต่ละประเภทให้กับคอมพิวเตอร์ โดยพิจารณา จากค่าระดับสีเทา หรือค่าสะท้อนช่วงคลื่น ของข้อมูลประเภทข้อมูลเดียวกันควรมีความเป็นเอก พันธุ์ (Homogeneous) ทั้งนี้ควรพิจารณาข้อมูลจาก การสำรวจ ภาคพื้นดินประกอบด้วย ในกรณีนี้ ประเภทข้อมูลเดียวกัน แต่มีค่าการสะท้อนช่วงคลื่น แตกต่างกันไปมาก ควรแยกเป็น หลาย ประเภท ข้อมูล ตามความแตกต่างนั้นแล้วรวบรวมกันภายหลังการจำแนกประเภท ผู้วิเคราะห์อาจเลือกพื้นที่

ข้อมูลตัวอย่างเพียงบริเวณ เดียว หรือหลายบริเวณก็ได้สำหรับแต่ละประเภทข้อมูล แต่การเลือกจากหลายบริเวณจะดีกว่า ส่วนจำนวนจุดภาพของพื้นที่ข้อมูลตัว อย่างแต่ละประเภทนั้นทางปฏิบัติไม่ควรจะน้อยกว่า $10n - 100n$ โดย n หมายถึง จำนวนช่วงคลื่นของข้อมูลที่ใช้ และอาจ กล่าวได้ว่า จำนวนจุดภาพ ของพื้นที่ข้อมูลตัวอย่าง ยิ่งมาก ความถูกต้องจะยิ่งสูง (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, 2548)

- การคำนวณค่าสถิติ (Statistical Calculation) เป็นการนำเอาค่าระดับสีเทา (Intensity Value) ของทุกจุดภาพ ทุกช่วงคลื่นที่กำหนดภายใต้พื้นที่ ข้อมูลตัวอย่างแต่ละประเภทข้อมูลมาคำนวณ ค่าสถิติต่าง ๆ คือ ค่าเฉลี่ย และค่าความแปรปรวน ของแต่ละประเภทข้อมูลและค่าความสัมพันธ์ระหว่างประเภท ข้อมูล และค่าความสัมพันธ์ ระหว่างประเภทข้อมูล เช่น Autocorrelation Matrix และ Separability Matrix ทั้งนี้ขึ้นกับเงื่อนไขของแต่ละระบบ จากค่าสถิติดังกล่าว ผู้วิเคราะห์สามารถพิจารณาได้ว่า ประเภทข้อมูลใดแยกอย่างเด็ดขาด จากข้อมูลประเภทอื่น ประเภทข้อมูลใดที่มีความเหมือน หรือใกล้เคียงกับประเภทอื่น จากการพิจารณา ดังกล่าว หากค่าสถิติ เป็นที่พอใจ ผู้วิเคราะห์สามารถ ดำเนินการในขั้นตอนต่อไปได้ หากค่าสถิติดังกล่าวยังไม่เป็นที่พอใจจะต้องกลับไปขั้นตอนที่ 2 คือการเลือกพื้นที่ข้อมูลตัวอย่างให้คอมพิวเตอร์ใหม่ หรือแก้ไขข้อมูลตัวอย่าง บางประเภทข้อมูลจนกว่าจะได้ผลเป็นที่พอใจ

- การจำแนกประเภทข้อมูล (Classification) โดยการนำเอาค่าสถิติที่คำนวณได้ จากขั้นตอนที่ 3 มาเป็นดัชนีในการพิจารณาจำแนกประเภทข้อมูล ทุกจุดภาพในพื้นที่ที่ศึกษาสำหรับ จุดภาพใดที่ไม่อยู่ในช่วงค่าสถิติของประเภทข้อมูลใด ๆ จะถูกจัดอยู่ในข้อมูล Unclassified ทั้งนี้โดยทฤษฎีการจำแนกประเภทข้อมูล

2. การจำแนกประเภทแบบไม่กำกับดูแล (Unsupervised Classification)

เป็นวิธีการที่ผู้แปลกำหนดให้คอมพิวเตอร์แปลข้อมูลเอง โดยใช้หลักการทางสถิติ เพียงแต่ผู้แปลกำหนดจำนวนประเภทข้อมูลให้แก่เครื่องคอมพิวเตอร์ โดยไม่ต้องเลือกพื้นที่ตัวอย่างให้ หมายถึงการจำแนกประเภทข้อมูล ที่ผู้วิเคราะห์ไม่ต้องกำหนดพื้นที่ข้อมูลตัวอย่าง ของแต่ละประเภทข้อมูลให้กับคอมพิวเตอร์แต่จะกำหนด พื้นที่ข้อมูลตัวอย่างของแต่ละประเภทข้อมูลให้กับคอมพิวเตอร์แต่จะกำหนดให้มีความหลากหลายของประเภทข้อมูล (Heterogeneous) ภายในพื้นที่ศึกษา จากนั้นก็คำนวณ ค่าสถิติ ของแต่ละประเภทข้อมูล ที่หลากหลายเพื่อใช้ในการจำแนกข้อมูล แล้วทำการ จัดกลุ่ม เพื่อแบ่งประเภทข้อมูลตามที่ยุ่จำแนกกำหนด (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2540)

1.6.3.3 ทฤษฎีการจำแนกประเภทข้อมูล (Classification Algorithm)

ทฤษฎีที่ใช้กันทั่วไปในการจำแนกและวิเคราะห์ประเภทข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ มีดังต่อไปนี้

1) Minimum Distance to Means Classification เป็นวิธีการจำแนกประเภทข้อมูล โดยพิจารณาจากค่าสะท้อนช่วงคลื่นของแต่ละจุดภาพ ว่ามีค่าความห่างน้อยที่สุดจากจุดศูนย์กลาง (Means) ของประเภทข้อมูลใดหรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ จุดภาพที่จำแนกให้เป็นประเภท ข้อใด นั้นขึ้นอยู่กับค่าของจุดภาพนั้นว่าใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของข้อมูลไหน หากจุดภาพใดมีค่าความห่างเกินกว่าช่วงที่กำหนดจะถูกจัด เป็น Unclassified Pixel อย่างไรก็ตาม ทฤษฎีนี้ ไม่เป็นที่นิยมใช้มากนักเนื่องจากข้อเสียคือ อาจมีการจำแนกข้อมูลผิดประเภทใน กรณีที่จุด ภาพบางจุดที่อยู่ในประเภทข้อมูลที่มีค่า Variance สูง (ทำให้มีความห่างจากจุดศูนย์กลางมาก) อาจถูกจำแนกเป็นอีกประเภทข้อมูลหนึ่ง ที่มีค่าความห่างน้อยกว่า

2) Parallelepiped Classification เป็นทฤษฎีการจำแนกประเภทข้อมูลที่ใช้วิธีการกำหนดช่วง Variance ของแต่ละประเภท ข้อมูลจากการสะท้อนช่วงคลื่นต่ำสุดและสูงสุดของจุดภาพได้พื้นที่ข้อมูลตัวอย่างแต่ละแบนด์ วิธีการนี้เรียกว่า NonParametric จะมีปัญหาในกรณีจุดภาพที่อยู่ระหว่างข้อมูล 2 ประเภท ที่มีค่า Variance เหลื่อมกัน (Overlap) ซึ่งอาจทำให้การจำแนกข้อมูลผิด ประเภท เพราะโดยทั่วไปค่า Variance ของประเภทข้อมูลต่าง ๆ มีโอกาสเหลื่อมกันได้มาก วิธีการที่จะลดปัญหานี้คือใช้วิธี Parametric เพื่อปรับขนาด Variance ให้มีขนาดเล็กลง อย่างไรก็ตามวิธีการนี้มีข้อดี คือใช้เวลาคอมพิวเตอร์ในการจำแนกประเภท ข้อมูลน้อย

3) Maximum Likelihood Classification เป็นทฤษฎีการจำแนก ประเภทข้อมูลที่นิยมใช้มากที่สุด โดยอาศัยทฤษฎีความ น่าจะเป็น (Probability) ของ Bayes ข้อมูลที่ทำการจำแนกจะต้องตัดสินใจให้ได้ว่าอยู่ในประเภทข้อมูลใดทั้งนี้โดยพิจารณา ค่า Mean Vector และ Covariance Matrix ของข้อมูลแต่ละประเภทโดยตั้งสมมุติฐานว่าแต่ละประเภทข้อมูล มีการกระจายแบบ Normal Distribution แล้วคำนวณค่า Probability ของแต่ละจุดภาพว่าจะถูกจำแนกอยู่ในประเภทข้อมูลใด โดย มี Equiprobability Contours เป็นรูป Ellipsoid ทฤษฎีนี้ใช้เวลาคอมพิวเตอร์มากกว่าทฤษฎีอื่น ๆ เนื่องจากมีความซับซ้อน ในการคำนวณมากกว่า แต่ในขณะเดียวกันทฤษฎี Maximum Likelihood จะให้ผลการจำแนกประเภทข้อมูลที่มีความถูกต้อง สูงกว่าทฤษฎีอื่น ๆ (JARS, 1999)

1.6.3.4 แนวคิดการหาอัตราส่วนระหว่างแบนด์ (Ratio Image)

เป็นการจำแนก ความแตกต่างของข้อมูล โดยการนำค่า ความเข้มของแบนด์หนึ่ง มาหารกับค่าความเข้ม ของอีกแบนด์หนึ่ง ในแต่ละจุดภาพ ที่ตรงกัน เช่น 4/5, 4/6, 5/7 มีประโยชน์ดังนี้

1) แสดงความแตกต่าง ของค่าความเข้มได้เด่นชัดขึ้น เช่น โดยปกติ พืชจะสะท้อนแสงมาก ในช่วงคลื่น Infrared (แบนด์ 6 และ 7 ของ MSS) ดังนั้น อัตราส่วนใดก็ตาม ที่หารด้วย

แบนด์ 6 หรือ 7 จะทำให้พืช มีค่าความเข้ม มากยิ่งขึ้น หรือในแบนด์ 4 และ 5 พืชจะออกสีดำ ดังนั้น อัตราส่วนระหว่างแบนด์ 4/5 จะทำให้พืช ออกสีสว่าง (สีขาว)

2) ลดความแตกต่าง ของค่าความเข้ม ของข้อมูลหน้าเขา และหลังเขา (ส่วนที่รับแสงกับเงา)

3) ทำให้เห็นโครงสร้างทางธรณีวิทยาเด่นชัดขึ้น เช่น อัตราส่วนระหว่างแบนด์ 5/6 และแบนด์ 5/7

อัตราส่วนอีกประเภทหนึ่ง คือ Difference Over Sum เช่น อัตราส่วนระหว่าง 5 - 7 / 5 + 7 เป็นอัตราส่วน ที่นิยมใช้มาก ในการศึกษา ถึงความเป็นพืช สำหรับอัตราส่วน ระหว่าง 5 - 7 / 5 + 7 นี้ มีชื่อเรียกเฉพาะว่า VI หรือ Vegetation Index (ศูนย์วิจัยภูมิสารสนเทศเพื่อประเทศไทย, 2549)

1.6.3.5 แนวคิดการใช้คุณสมบัติช่วงคลื่นของแต่ละแบนด์ของภาพ

ดาวเทียม Landsat5 ระบบ TM

ระบบเก็บข้อมูลของดาวเทียม Landsat5 ระบบ TM มี 7 ช่วงคลื่น ความละเอียดของจุดภาพ 30 เมตร ยกเว้นแบนด์ 6 ซึ่งมีความละเอียด 120 เมตร โดยแต่ละช่วงคลื่นหรือแต่ละแบนด์ ต่างก็มีคุณสมบัติแตกต่างกันดังนี้

ตาราง 1.3 คุณสมบัติแต่ละช่วงคลื่นของภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM

ช่วงคลื่น (Channel)	ความยาวคลื่น (Wavelength Band) (ไมครอน)	ศักยภาพประโยชน์ (Potential Application)
1	0.45 – 0.52	- ใช้ตรวจสอบลักษณะน้ำตามชายฝั่ง - ใช้ดูความแตกต่างหรือแยกชนิดต้นไม้ชนิดผลัดใบและไม่ผลัดใบออกจากกัน - ใช้ดูความแตกต่างหรือแยกดินจากพืชพันธุ์ต่าง ๆ มีความไวต่อการมีหรือไม่มีคลอโรฟิลล์
2	0.52 – 0.60	- แสดงการสะท้อนพลังงานสีเขียวจากพืชพันธุ์ที่เจริญเติบโตแล้ว
3	0.63 – 0.69	- ใช้แยกความแตกต่างของการดูดกลืนคลอโรฟิลล์ในพืชพันธุ์ชนิดต่าง ๆ กัน

ตาราง 1.3 (ต่อ)

ช่วงคลื่น (Channel)	ความยาวคลื่น (Wavelength Band) (ไมครอน)	ศักยภาพใช้ประโยชน์ (Potential Application)
4	0.76 – 0.90	- ใช้ตรวจวัดปริมาณมวลชีวะ - ใช้ดูความแตกต่างของน้ำและส่วนที่ไม่ใช่น้ำ
5	1.55 – 1.75	- ใช้ตรวจความชื้นในพืช - ใช้ดูความแตกต่างระหว่างหิมะกับเมฆ
6	10.40 – 12.50 รายละเอียด 120 เมตร	- ใช้ตรวจความเหี่ยวเฉาอันเนื่องมาจากความร้อนในพืช - ใช้ดูความแตกต่างของความร้อนในพื้นที่ศึกษา - ใช้ดูความแตกต่างของความชื้นของดิน
7	2.08 – 2.35	- ใช้ตรวจความร้อนในน้ำ - ใช้แยกประเภทแร่ธาตุและดินชนิดต่าง ๆ

ที่มา: สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ. ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ.
เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการ. กรุงเทพฯ, 2548.

คุณสมบัติแต่ละช่วงคลื่นหรือแต่ละแบนด์ ของดาวเทียม Landsat5 ระบบ TM จะมีความแตกต่างกันทั้ง 7 ช่วงคลื่น ทั้งนี้การเลือกช่วงคลื่นที่จะนำมาศึกษานั้นขึ้นกับวัตถุประสงค์ของการศึกษา เช่น ในกรณีศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่เกี่ยวข้องกับน้ำบาดาล ควรเลือกใช้แบนด์ 3,4,5 และ 7 เนื่องจากสามารถจำแนกสิ่งปลูกสร้างหรือแหล่งชุมชน พืชพรรณ พื้นที่ว่างเปล่า น้ำ ลักษณะทางธรณีวิทยา และลักษณะภูมิสัณฐาน (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, 2548)

1.6.4 แนวความคิดเกี่ยวกับระบบหาค่าพิกัดด้วยดาวเทียม (GPS : Global Positioning System)

กระทรวงกลาโหม ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ดำเนินการโครงการ Global Positioning System หรือ "GPS" ขึ้น GPS จะใช้ดาวเทียมจำนวน 24 ดวง โคจรอยู่ในระดับสูงที่พ้นจากคลื่นวิทยุรบกวนของโลกและวิธีการที่สามารถให้ความถูกต้อง เพียงพอที่จะใช้บอกตำแหน่งได้ทุกแห่งบนโลกตลอดเวลา 24 ชั่วโมง จากการนำมาใช้งานจริงจะให้ความถูกต้องสูง โดยที่ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตำแหน่งทางราบต่ำกว่า 50 เมตร และถ้ารังวัดแบบวิธี "อนุพันธ์" (Differential) จะให้

ความถูกต้องถึงระดับเซนติเมตร จากการพัฒนาทางด้านอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ทำให้สามารถผลิตเครื่องรับ GPS ที่มีขนาดเล็กลง และมีราคาถูกลงกว่าเครื่องรับระบบ TRANSIT เดิมเป็นอันมาก

ปัจจุบันมีการนำ GPS มาใช้งานในหลายสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องกับงานสำรวจ อาทิเช่น ภูมิศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ สิ่งแวดล้อม ได้แก่ การนำ GPS มาใช้ในการกำหนดขอบเขตและจุดที่แน่นอนของป่าสงวน และอุทยาน ใช้ในการบอกตำแหน่งเพื่อใช้ออกงานวงรอบ (TRAVERS) การใช้ GPS ในการสำรวจภูมิประเทศเพื่อทำแผนที่เส้นชั้นความสูง และงานถนนหรือแม้แต่การนำ GPS มาใช้ตรวจสอบรายละเอียดความถูกต้องของงานโครงข่ายสามเหลี่ยมและงานวงรอบ เป็นต้น (กฤษฎา อนันตกาลต์ และทองพูล พงษ์เพชร, 2540)

การรังวัดแบบ static ด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS แบบรังวัด

วิธีการรังวัดแบบ Static มีหลักการดังนี้

1. ต้องเป็นการรังวัดแบบสัมพัทธ์ คือ ต้องมีเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS 2 เครื่องขึ้นไป
2. ต้องมีเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS เครื่องหนึ่งอยู่บนหัวมุมหลักฐานที่ทราบค่าแล้ว
3. ต้องเป็นการรังวัดแบบต่อเนื่อง คือรับสัญญาณต่อเนื่องกันไปในช่วงเวลาที่กำหนด
4. ต้องรับสัญญาณพร้อมกัน คือเครื่อง GPS ที่นำมาใช้รังวัด(2 เครื่องขึ้นไป) ต้องเปิดเครื่องเพื่อเริ่มรับสัญญาณพร้อมๆกัน เพื่อนำค่าข้อมูลที่รังวัดได้จากเครื่อง GPS แต่ละเครื่อง ไปทำการ Post Processing บน Software (สมบัติ อยู่เมือง (ก), 2542)

1.7 ทบทวนวรรณกรรม

ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำบาดาล ในพื้นที่แอ่งน้ำบาดาลเชิงใหม่ - ลำพูน สามารถทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับน้ำบาดาลได้ ดังนี้

1.7.1 งานวิจัยเกี่ยวกับการปนเปื้อนของชั้นน้ำบาดาลจากมลพิษต่างๆ

สหัสยา ลาตปาละ (2544) ศึกษาการปนเปื้อนของมลพิษจากน้ำชะขยะในน้ำบาดาลบริเวณสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอยเทศบาลนครพิษณุโลก มีวัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้เพื่อตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนของมลพิษจากน้ำชะขยะในน้ำบาดาลที่เปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล

วิธีการศึกษา คือ 1) วัดระดับน้ำบาดาล 2) เก็บและตรวจวิเคราะห์น้ำบาดาลจากบ่อสังเกตการณ์จำนวน 6 บ่อ และจากบ่อน้ำบาดาลน้ำชะขยะจำนวน 1 จุด โดยเก็บจำนวน 3 ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน และ 3) เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล

ผลการวิจัยพบว่า ระดับน้ำบาดาลในรอบหนึ่งปีขึ้นสูงสุดในเดือนพฤศจิกายน และลดต่ำสุดในเดือนพฤษภาคม มีทิศทางการไหลจากทิศตะวันออกเฉียงใต้ไปสู่ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ แต่ในบริเวณบ่อบำบัดน้ำชะขยะ น้ำบาดาลไหลไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ การแปลความหมายผลการตรวจวิเคราะห์น้ำบาดาลแสดงว่าน้ำ ชะขยะได้ปนเปื้อนในน้ำบาดาลในบริเวณบ่อ 4 และบ่อ 5 ดัชนีสำคัญคือ คลอไรด์ ของแข็งละลายในน้ำทั้งหมด และการนำไฟฟ้าแหล่งกำเนิดของมลพิษอาจมาจากบ่อบำบัดน้ำชะขยะ แต่โลหะหนักในน้ำบาดาลอาจจะไม่ปนเปื้อนจากแหล่งกำเนิด ผลการเปรียบเทียบระหว่างฤดูกาลแสดงว่า เมื่อปริมาณน้ำบาดาลลดลง ความเข้มข้นของมลพิษส่วนใหญ่เพิ่มขึ้น

สุรทวี ขำจตุรัส (2539) ศึกษาคุณภาพน้ำบาดาลบริเวณกองขยะ : กรณีศึกษากองขยะอ่อนนุช กรุงเทพมหานคร โดยได้ทำการกำหนดสถานีตรวจวัดจำนวน 2 สถานี คือ บริเวณกองขยะอ่อนนุชและบริเวณวัดกระทุ่ม เป็นตัวแทนในการศึกษา และได้ทำการตรวจวัดใน 2 ช่วง คือ ช่วงฤดูแล้ง (มีนาคม) และช่วงฤดูน้ำหลาก (พฤศจิกายน) ทำการตรวจวัดดัชนีคุณภาพน้ำจำนวน 35 ดัชนี ซึ่งครอบคลุมตามมาตรฐานน้ำบาดาลเพื่อการบริโภคกำหนดโดยกองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม (2534)

ผลการศึกษาพบว่า ดัชนีคุณภาพน้ำที่กำหนด 35 ดัชนีครอบคลุมด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้นปรอท และแคดเมียม ที่มีค่าเกินมาตรฐาน ค่าดัชนีส่วนใหญ่ในช่วงฤดูแล้งจะมีค่ามากกว่าช่วงฤดูน้ำหลาก กล่าวคือคุณภาพน้ำบาดาลที่ตรวจวัดได้ ไม่มีแนวโน้มการปนเปื้อนอันเนื่องมาจากกองขยะอ่อนนุช แต่อย่างไรก็ตาม คุณภาพน้ำบาดาลทั้ง 2 แห่งไม่เหมาะสมต่อการบริโภคโดยตรง

1.7.2 งานวิจัยเกี่ยวกับการออกแบบจำลองการจัดการระบบน้ำบาดาล (Ground Water Modeling)

นพดล เกลิมชัยรัตนกุล (2546) ศึกษาเรื่องพฤติกรรมทางชลศาสตร์ของการไหลเข้าและออกจากบ่อน้ำบาดาล กล่าวว่าการสูบน้ำได้ดินขึ้นมาใช้มากกว่าสมดุลของธรรมชาติทำให้เกิดผลกระทบต่างๆ เช่น แผ่นดินทรุด การบรรเทาปัญหาวิธีการหนึ่งคือ การเติมน้ำลงไปในพื้นที่ แต่ยังขาด ความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการไหลของน้ำใต้ดินระหว่างการเติมน้ำ การศึกษานี้จึงทดลองในห้องปฏิบัติการเพื่อศึกษาพฤติกรรมการไหลของน้ำภายใต้แรงดันเข้าสู่บ่อน้ำบาดาลขณะทำการสูบน้ำและ การไหลของน้ำออกจากบ่อน้ำบาดาลขณะทำการเติมน้ำ เมื่อขนาดอนุภาคทรายชั้นน้ำเปลี่ยนไป การศึกษาได้จัดทำแบบจำลองบ่อน้ำบาดาลชั้นน้ำขึ้น 2 แบบ เพื่อทำการทดลองการไหลภายใต้แรงดันประกอบด้วยแบบจำลองการไหลในแนวรัศมี เป็นรูปส่วนหนึ่งของวงกลม มุมที่จุด

ศูนย์กลาง 30 องศา ยาว 2 เมตร หนา 0.2 เมตร และแบบจำลองการไหลในทิศทางเดียว ความกว้าง 0.1 เมตร ยาว 3 เมตร หนา 0.2 เมตร โดยบ่อบาดาลเป็นรูปส่วนหนึ่งของวงกลม มุมที่จุดศูนย์กลาง 30 องศา รัศมี 0.2 เมตร นอกจากนี้ยังได้ทดลองการไหลแบบมาตรฐานในเพอร์เมมิเตอร์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 นิ้ว สูง 1 เมตร เพื่อหาค่าพารามิเตอร์พื้นฐานที่ใช้อธิบายพฤติกรรมทางชลศาสตร์

ผลการทดลองพบว่า การไหลเข้าและออกจากบ่อน้ำบาดาลในการทดลอง มีเสถียรภาพจากการไหลประกอบด้วยคุณสมบัติของบ่อน้ำบาดาลและผลการสูญเสียจากการไหลในชั้นน้ำ ซึ่งเสถียรภาพจากการไหลสามารถแบ่งออกเป็นผลการสูญเสียจากการไหลแบบเชิงเส้น และผลการสูญเสียจากการไหลแบบไม่เชิงเส้น

ธีระเดช คุรุวุฒิ (2544) ศึกษากระบวนการไหลของน้ำบาดาลในพื้นที่ฝายราษีไศล อ.ราษีไศล จ.ศรีสะเกษ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการทางอุทกธรณีวิทยา และการจำแนกระบบการไหลเวียนของน้ำบาดาล ในบริเวณที่มีการกักเก็บน้ำในลำน้ำมูล การศึกษาครั้งนี้ได้ตั้งข้อสมมติฐานว่า ระบบการไหลแบบเฉพาะแห่งในบริเวณข้างเคียงแม่น้ำมูลจะมีผลการแพร่กระจายของน้ำบาดาลเต็ม และดินเต็มในระดับตื้น เนื่องจากการกักเก็บของน้ำในแม่น้ำที่ระดับ 117.42 ม. รทก. ของการสร้างฝายราษีไศล ขั้นตอนการศึกษาได้ดำเนินการภาคสนาม ได้แก่ การสำรวจอุทกธรณี การติดตั้งบ่อสังเกตการณ์ และการวัดระดับน้ำและความเต็มของน้ำบาดาล และการศึกษาทฤษฎี ได้แก่ การวิเคราะห์ค่าขั้ว การไหลของน้ำโดยวัดค่าเฉลี่ยของเสดในระดับลึกต่างๆ ที่กระจายตามพื้นที่ที่ศึกษาร่วมกับวิเคราะห์การแพร่กระจายของน้ำเต็มและรูปแบบคุณภาพทางเคมีของน้ำ นอกจากนี้ยังนำผลการสำรวจและข้อมูลของระบบอุทกธรณีวิทยามาจำลองการไหลของน้ำบาดาลเชิงคณิตศาสตร์โดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป MODFLOW เพื่อยืนยันผลการวิเคราะห์ระบบการไหลของน้ำบาดาล

ผลการศึกษาพบว่า พื้นที่ราษีไศลรองรับด้วยหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยา 5 หน่วย ได้แก่ หน่วยตะกอนน้ำพาและตะกอนลมพา และหน่วยตะกอนตะกั่วกลุ่มน้ำ หน่วยหินทรายและหินทรายแป้ง หน่วยหินดินเหนียวและเกลือหิน และหน่วยหินทรายหินกรวดมนเนื้อปูน การไหลของน้ำบาดาลและน้ำผิวดินมีความสัมพันธ์กับระบบการไหลของน้ำบาดาล ระบบการไหลของน้ำบาดาลและน้ำผิวดินมีความสัมพันธ์กับระบบการไหลของน้ำบาดาล ระบบการไหลของน้ำบาดาลสามารถจำแนกออกได้ 6 ระบบ คือ ระบบการไหลเฉพาะแห่งโคกลำ ระบบการไหลเฉพาะแห่งหนองบ่อ ระบบการไหลเฉพาะแห่งแม่น้ำมูล ระบบการไหลขนาดกลางโคกลำ ระบบการไหลขนาดกลางหนองบ่อ และระบบ การไหลขนาดกว้างแม่น้ำมูล ระบบการไหลแต่ละระบบมีทิศทางความลึก

ความเร็วของ น้ำบาดาลผ่านหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยาแตกต่างกัน และรูปแบบทางเคมีของน้ำบาดาลมีการวิวัฒนาการตามทิศทางการไหลที่แตกต่างกัน การวิเคราะห์ระบบการไหลทั้ง 6 ระบบของพื้นที่ศึกษาอาศัยข้อมูลระดับน้ำบาดาลและคุณภาพน้ำบาดาลเฉพาะในช่วงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2542 เท่านั้น ดังนั้นระบบการไหลของน้ำบาดาลแต่ละระบบอาจมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ขนาด ทิศทาง และรูปแบบคุณภาพทางเคมีได้ตามสภาพการกักเก็บน้ำและสภาพดินฟ้าอากาศ ดังนั้น ข้อพิถกของการศึกษาในการจำแนก ผลการศึกษาเป็นการวิเคราะห์ในสภาพเขตที่คงที่ ดังนั้นจำลองการไหลของน้ำบาดาลเชิงคณิตศาสตร์ในสภาพการเปลี่ยนแปลงเสถียร (Transient state) ร่วมกับการติดตามการวัดระดับน้ำ การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีของน้ำและสภาพอุทกวิทยาเป็นวิธีการที่ควรดำเนินการศึกษาวิจัยต่อไป การศึกษาความสัมพันธ์ความเค็มของน้ำบาดาลและความเข้มข้นของมวลเกลือในดินลักษณะต่างๆ ในชั้นที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ เพื่อศึกษาการเกิดและการแพร่กระจายดินเค็มต่อไป ผลการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ถึงระบบการไหลของน้ำบาดาลในระบบการไหลเฉพาะแห่งแม่น้ำมูล โกล่ลุ่ม และหนองบ่อมีผลต่อการแพร่กระจายของน้ำเค็มใกล้ผิวดินมากกว่าระบบการไหลของน้ำบาดาลขนาดกลางและบริเวณกว้าง

อมรภรณ์ ขจรพิพัฒน์ (2546) ศึกษากระบวนการอุทกเคมีของระบบน้ำบาดาลเป็น การศึกษาเพื่อสร้างความเข้าใจกระบวนการทางเคมีที่มีการเปลี่ยนแปลงไปพร้อมกับระบบการไหลของน้ำบาดาล ที่ทำให้เกิดดินเค็มและน้ำเค็มในพื้นที่ชลประทาน และทำให้เกิดความเข้าใจกระบวนการไหลของน้ำบาดาลได้มากยิ่งขึ้น

สมมติฐานของการศึกษา คือ กระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของน้ำบาดาลมีความสัมพันธ์กับการไหลของน้ำบาดาลในสภาพอุทกธรณีวิทยาที่แตกต่างกัน

วิธีการศึกษาประกอบด้วย การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลอุทกธรณีสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ภูมิประเทศ การแพร่กระจายดินเค็ม น้ำบาดาลเค็ม ธรณีวิทยา อุทกธรณีวิทยา และอุทกเคมีจากหน่วยงานต่างๆ

ผลการศึกษาทำให้สามารถจำแนกระบบการไหลของน้ำบาดาลในเขตพื้นที่ชลประทานลำปาวออกเป็น 3 ระบบคือ ระบบการไหลบริเวณกว้างภูพาน ระบบการไหลบริเวณกว้างชี และระบบการไหลขนาดกลางลำปาว การวิเคราะห์กระบวนการอุทกเคมีของน้ำบาดาลได้ทำการคัดเลือกแนวทางไหลหลัก 3 แนว เพื่อศึกษากระบวนการอุทกเคมีที่เกิดขึ้นในระบบการไหลที่มีลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาที่แตกต่างกัน ผลการศึกษาค้นคว้าพบว่า ปัจจัยหลักที่ควบคุมกระบวนการอุทกเคมีได้แก่ แร่วิทยาของหินและทิศทางการไหลของน้ำบาดาล มี การละลายของแร่ที่มีผลต่อคุณภาพน้ำและดิน

วินัย สามารถ (2540) การศึกษาความเป็นไปได้ของรูปแบบการจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลแบบชุมชนมีส่วนร่วม ในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพัฒนา รูปแบบการจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลแบบชุมชนมีส่วนร่วม และเพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ในการใช้รูปแบบการจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลแบบชุมชนมีส่วนร่วมในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่ การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ ผู้ประกอบกิจการน้ำบาดาล สมาชิกสภาเทศบาล ผู้นำชุมชน ข้าราชการ และพนักงานรัฐวิสาหกิจที่ปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับการจัดการน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคในพื้นที่เทศบาลนครเชียงใหม่ จำนวนทั้งสิ้น 169 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา คือ แบบสอบถามควบคู่กับรูปแบบการจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลแบบชุมชนมีส่วนร่วมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการศึกษาเอกสาร การเก็บข้อมูลใช้วิธีส่งแบบสอบถามทางไปรษณีย์ และส่งด้วยตนเอง การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลสถานภาพบุคคลใช้การแจกแจงความถี่และค่าร้อยละ ส่วนสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ความคิดเห็นที่มีต่อรูปแบบการจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลแบบชุมชนมีส่วนร่วมใช้การหาค่าเฉลี่ยประกอบกับการหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นว่า รูปแบบการจัดการทรัพยากรแบบชุมชนมีส่วนร่วมด้วยการชักนำจากหน่วยงานรัฐ มีความเหมาะสมและมีความเป็นไปได้ในระดับสูง การนำรูปแบบดังกล่าวมาใช้จะส่งผลให้ชุมชนเข้าร่วมกิจกรรมอันประกอบด้วย การมีความคิดริเริ่มที่จะเข้ามามีส่วนร่วมในการจัดการและมีส่วนร่วมในการรักษาผลประโยชน์ของชุมชนในระดับมาก ส่วนการส่งผลให้ชุมชนมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ มีส่วนร่วมในการปฏิบัติงาน ติดตามผลการดำเนินกิจกรรมและประเมินผล อยู่ในระดับปานกลาง

แนวทางในการชักนำชุมชนให้มีส่วนร่วมในการจัดการทรัพยากรน้ำบาดาล ด้วยการเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ มีความเหมาะสมและเป็นไปได้ในระดับมาก เรื่องที่ควรจัดทำสื่อในลำดับแรกคือ เรื่องผลกระทบจากวิกฤตการณ์น้ำบาดาล ประเภทของสื่อที่ควรใช้ในการเผยแพร่ประชาสัมพันธ์คือ การจัดประชุมชี้แจงโดยตรง วิทยุกระจายเสียงท้องถิ่น โทรทัศน์ และหนังสือพิมพ์ ตามลำดับ แนวทางให้การศึกษาเรื่องการจัดการทรัพยากรน้ำบาดาล ทำให้ประชาชนเกิดความรู้ความเข้าใจ และนำไปสู่กระบวนการจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลอย่างมีแบบแผน มีความเหมาะสมและเป็นไปได้ในระดับมาก เรื่องที่ควรให้การศึกษาในลำดับแรกคือ การฝึกอบรม เรื่องการสร้างบ่อน้ำบาดาลตามหลักวิชาการแก่ช่างเจาะน้ำบาดาลท้องถิ่น ส่วนการบรรจุเรื่องการจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลไว้ในหลักสูตรการศึกษาทุกระดับอยู่ในลำดับท้ายสุด แนวทางการให้กรรมสิทธิ์ในการจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลแก่ชุมชน เพื่อให้ชุมชนเกิดความรักและหวงแหนทรัพยากรน้ำบาดาล เกิดการจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลอย่างมีประสิทธิภาพ มี

ความเหมาะสมและมีความเป็นไปได้ในระดับสูง การแบ่งรายได้ของรัฐจากค่าธรรมเนียม การขออนุญาตเจาะและใช้น้ำบาดาล รายได้จากค่าใช้น้ำบาดาลให้แก่ชุมชน กลุ่มตัวอย่างมีความเห็นว่าควรแบ่งให้ชุมชนมากกว่าร้อยละ 50 แนวทางการปฏิบัติงานร่วมกันระหว่างเจ้าหน้าที่ของรัฐและผู้นำชุมชนท้องถิ่น มีความเหมาะสมและมีความเป็นไปได้มาก โดยมีขั้นตอน การปฏิบัติงานร่วมกัน 5 ขั้นตอน คือ 1. ร่วมกันสำรวจปัญหาและสาเหตุของปัญหาการจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลของชุมชน 2. ร่วมกันวางแผนดำเนินกิจกรรม 3. ร่วมกันปฏิบัติงานตามแผน 4. ร่วมกันจัดการผลประโยชน์ 5. ร่วมกันติดตามและประเมินผล

สมพล จรรยากรณ์ (2545) ศึกษาการจัดการน้ำบาดาลของสถานประกอบการอุตสาหกรรมในเขตอำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาเพื่อ 1) การจัดการน้ำบาดาลของสถานประกอบการอุตสาหกรรมในเขตอำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 2) ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการจัดการน้ำบาดาลของสถานประกอบการอุตสาหกรรมในเขตอำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 3) ศึกษาปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการจัดการน้ำบาดาลของสถานประกอบการอุตสาหกรรมในเขตอำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

ประชากรที่ใช้ในการศึกษา คือสถานประกอบการอุตสาหกรรมในเขตอำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น จำนวน 140 แห่ง เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for window สถิติที่ใช้ประกอบด้วย 1) สถิติพรรณนา ได้แก่ การแจกแจงความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด 2) สถิติอนุมาน วิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการจัดการน้ำบาดาลของสถานประกอบการในเขตอำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น โดยใช้สถิติวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ

ผลการวิจัยพบว่า การจัดการน้ำบาดาลของสถานประกอบการอุตสาหกรรมในเขตอำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น ภาพรวมอยู่ในระดับพอใช้ เมื่อวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการจัดการน้ำบาดาล ได้แก่ การสนองตอบนโยบายของรัฐในการพัฒนาอุตสาหกรรม และการได้รับสนับสนุนจากหน่วยงานของรัฐ และปัญหาอุปสรรคในการจัดการน้ำบาดาลคือการขาดแคลนน้ำบาดาลในฤดูแล้ง คุณภาพของน้ำบาดาลกร่อยจนถึงเค็ม การขาดความรู้ความเข้าใจในข้อกฎหมาย ระเบียบวิธีปฏิบัติในการจัดการน้ำบาดาล การขาดบุคลากรที่มีความรู้ความชำนาญในทักษะเทคนิคและวิธีการในการจัดการน้ำบาดาล

1.7.3 งานวิจัยเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการจัดการน้ำบาดาลและระบบประปาบาดาล

สมบัติ อยู่เมือง (2542) ศึกษาเรื่องการพัฒนากระบวนการจัดการน้ำบาดาลในเขตกรุงเทพมหานครจำเป็นต้องทำอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน เพื่อขจัดปัญหาการขาดแคลนทรัพยากรน้ำและปัญหาสิ่งแวดล้อม ซึ่งวัตถุประสงค์ของการวิจัย คือ การพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาลในเขตกรุงเทพมหานครโดยใช้ซอฟต์แวร์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ อาทิ Arc View GIS, Arc View Spatial Analyst, และ Arc View 3D Analyst ซึ่งผลของการวิจัยทำให้ได้ โครงสร้างของระบบการจัดการ น้ำบาดาลในเขตกรุงเทพมหานครที่สามารถนำไปปฏิบัติได้จริงและเป็นระบบ และได้ศึกษาข้อมูลและศักยภาพการพัฒนาแหล่งเพื่อการอุตสาหกรรมในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล 10 จังหวัด ได้แก่ พระนครศรีอยุธยา นครปฐม ปทุมธานี สมุทรสาคร นนทบุรี กาญจนบุรี สมุทรปราการ ราชบุรี สุพรรณบุรี และสมุทรสงคราม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) จัดทำ โครงร่างแผนงาน (Conceptual Plan) การพัฒนาแหล่งน้ำเพื่ออุตสาหกรรม โดยจะต้องสอดคล้องกับแผนงานการจัดหาน้ำเพื่อการเกษตร การอุปโภค-บริโภค และอื่นๆ ตามลำดับความจำเป็นและความสำคัญตามนโยบายของรัฐบาล 2) เพื่อเสนอแนะข้อกำหนดและขอบเขตงาน (Term of Reference) ในการศึกษาขั้นความเหมาะสมในลำดับต่อไป 3) เพื่อกำหนดแนวทาง การปฏิบัติในการพัฒนาทรัพยากรน้ำเพื่อการอุตสาหกรรม ให้มีการจัดหาและจัดสรรน้ำ แหล่งน้ำผิวดิน และน้ำใต้ดินที่เป็นระบบและมีระเบียบแบบแผนที่เหมาะสม ซึ่งจากการศึกษาองค์ประกอบทุกด้านที่เกี่ยวข้องกับ การพัฒนาแหล่งน้ำเพื่ออุตสาหกรรม ทำให้ทราบถึงสิ่งต่างๆ คือ 1) สภาพทั่วไปในปัจจุบันของพื้นที่ศึกษา ซึ่งประกอบด้วย สภาพทั่วไปในปัจจุบันของพื้นที่ศึกษาทางด้านกายภาพ และลักษณะสังคม สภาพและแนวโน้มความเจริญทางเศรษฐกิจ สภาพคุณภาพแหล่งน้ำ (น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน และน้ำประปา) และการจัดการองค์การน้ำ นโยบายและปัญหาการบริหารจัดการน้ำ 2) การ จัดหาน้ำ ประกอบด้วย การศึกษาศักยภาพการพัฒนาแหล่งน้ำผิวดินและใต้ดิน โครงสร้างความต้องการใช้น้ำต้นทุน และการกำหนดราคาน้ำ ประกอบด้วย ภาพรวมของการใช้น้ำในปัจจุบัน ภาพรวมการใช้น้ำในอุตสาหกรรมโดยกำหนดตามโซน การใช้น้ำของครัวเรือนและเพื่อการผลิตในภาคอุตสาหกรรมจากการสำรวจภาคสนามความต้องการใช้น้ำในการผลิตโดยภาคอุตสาหกรรม แหล่งน้ำต่อคุณภาพชีวิตและปัจจัยกำหนดราคาน้ำ 3) การจัดหาน้ำในอนาคต ประกอบด้วย ปริมาณน้ำในอนาคต และสมดุลของการใช้และการจัดหาน้ำในแต่ละโซน แนวทางการจัดการและพัฒนา น้ำเพื่ออุตสาหกรรมประกอบด้วย ขั้นตอนหลักในการกำหนดแนวทาง แนวทางการจัดการและพัฒนา น้ำเพื่อ อุตสาหกรรม ประเด็นด้านนโยบายที่ต้องพิจารณา และขั้นตอนการดำเนินการ จัดการและพัฒนา น้ำเพื่ออุตสาหกรรม ประกอบด้วย แนวทางการจัดหาน้ำ แนวทางด้านความต้องการใช้น้ำ และ แนวทางด้านการบริหาร

พียดา ขุนหอโณทัย (2544) ทำการศึกษาเรื่องการประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับการทำประปาหมู่บ้าน ในอำเภอแกลง จังหวัดระยอง การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางด้านกายภาพ และการประเมินจัดหาแหล่งน้ำที่เหมาะสมในการทำระบบประปาหมู่บ้าน ในพื้นที่อำเภอแกลง จังหวัดระยอง โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) พร้อมกับออกสำรวจในพื้นที่จริง และออกแบบสอบถาม ซึ่งใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการศึกษาพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับทำประปาหมู่บ้าน

รูปแบบประปาหมู่บ้าน สามารถแบ่งได้ 2 ประเภท คือ ระบบประปาหมู่บ้านผิวดิน และระบบประปาบาดาล โดยมีปัจจัยทางกายภาพที่เหมาะสมในการจัดหาแหล่งน้ำสำหรับจัดทำระบบประปาหมู่บ้านผิวดิน ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน แหล่งกักเก็บน้ำผิวดิน คุณภาพน้ำ ความลาดชัน และระยะทางระหว่างแหล่งน้ำกับชุมชน ส่วนปัจจัยทางกายภาพที่มีความเหมาะสมเพื่อหาแหล่งน้ำสำหรับการจัดทำระบบประปาบาดาล ได้แก่ ความลึก ปริมาณน้ำ คุณภาพน้ำ และชนิดหินอุ้มน้ำ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ได้ถูกนำมาใช้สำหรับการสร้างแบบสอบถาม และให้ผู้เชี่ยวชาญ 10 คน จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดหาแหล่งน้ำสำหรับอุปโภคบริโภค เพื่อทำการให้น้ำหนักของปัจจัยแต่ละประเภท

จากการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับจัดทำระบบประปาหมู่บ้าน กรณีระบบประปาหมู่บ้านผิวดิน แบ่งเป็น 2 ขนาด ได้แก่ ระบบประปาหมู่บ้านผิวดินขนาดเล็ก และระบบประปาหมู่บ้านผิวดินขนาดใหญ่ โดยนำแผนที่ 4 ประเภท ได้แก่ แผนที่ปริมาณน้ำฝน แผนที่แหล่งกักเก็บน้ำผิวดิน แผนที่ความลาดชัน และแผนที่ระยะทางระหว่างแหล่งน้ำกับชุมชน มาซ้อนทับกันโดยใช้หลักของสมการ multi-criteria model ทำให้ได้พื้นที่ที่เหมาะสมทางกายภาพในระดับสูงสำหรับจัดทำระบบประปาหมู่บ้านผิวดินแต่ละขนาด

สำหรับระบบประปาบาดาล ได้แบ่งเป็น 3 ขนาด ได้แก่ ระบบประปาบาดาลขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ โดยนำแผนที่ 4 ประเภท ได้แก่ แผนที่ความลึก แผนที่ปริมาณน้ำฝน แผนที่คุณภาพน้ำ และแผนที่ชนิดหินอุ้มน้ำมาซ้อนทับกัน โดยใช้หลักสมการเช่นเดียวกับระบบประปาหมู่บ้านผิวดิน ทำให้ได้พื้นที่ที่เหมาะสมทางกายภาพในระดับสูงสำหรับระบบประปาแต่ละขนาด

หลังจากได้มีการวิเคราะห์แนวทางการทำระบบประปาหมู่บ้านผิวดิน และน้ำบาดาลเป็นขนาดต่างๆ แล้วจึงได้มีการแบ่งขนาดของหมู่บ้านให้เหมาะสมสอดคล้องกับการวิเคราะห์โดยพิจารณาจากจำนวนครัวเรือน สำหรับหมู่บ้านที่เหมาะสมสำหรับทำประปาผิวดิน สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ หมู่บ้านที่มีไม่เกิน 300 ครัวเรือน เหมาะสมสำหรับทำประปาหมู่บ้านผิวดินขนาดเล็ก และหมู่บ้านที่มีมากกว่า 300 ครัวเรือน เหมาะสมสำหรับทำประปาหมู่บ้านผิวดินขนาดใหญ่ ส่วนการทำ

ประปาหมู่บ้านได้แบ่งขนาดหมู่บ้านออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ โดยมีครัวเรือนไม่เกิน 50 ครัวเรือน 50-120 ครัวเรือน และมากกว่า 120 ครัวเรือน ตามลำดับ

เมื่อนำจำนวนครัวเรือนมาวิเคราะห์ร่วมกันปัจจัยทางกายภาพ จะได้หมู่บ้านที่เหมาะสมในการจัดทำระบบประปาหมู่บ้านระบบต่างๆ

กัลยาณี สุวรรณประเสริฐ (2546) ศึกษาเรื่องการประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการศึกษาเพื่อการพัฒนาประปาหมู่บ้าน : กรณีศึกษา อำเภอกะเคา จังหวัดลำปาง มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาสภาพปัญหา สถานภาพทางคุณภาพและปริมาณของน้ำสะอาดที่ใช้อุปโภคบริโภคในระดับหมู่บ้าน 2) ศึกษารูปแบบ วิธีการ และปัญหาในการจัดการประปาหมู่บ้าน 3) ประเมินศักยภาพของประปาหมู่บ้าน และ 4) ประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการจัดทำฐานข้อมูลประปาหมู่บ้าน และประเมินความเหมาะสมเชิงพื้นที่สำหรับจัดสร้างประปาหมู่บ้านของอำเภอกะเคา จังหวัดลำปาง วิธีการศึกษาประกอบด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ การสำรวจภาคสนาม การสัมภาษณ์ประชาชนในพื้นที่และผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง และการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มีการศึกษาไว้แล้ว

ผลการศึกษาด้านปัญหา และสถานภาพของน้ำสะอาดในอำเภอกะเคาพบว่า ด้านคุณภาพน้ำมีปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อประชาชนมากที่สุดคือ ปัญหาปริมาณสารฟลูออไรด์เจือปนในน้ำอุปโภคบริโภคเกินมาตรฐาน รองลงไปเป็นปัญหาสนิทเหล็ก และปัญหาทางด้านแบคทีเรียสำหรับปัญหาทางด้านปริมาณน้ำพบว่าหมู่บ้านในอำเภอ เกาะคาที่มีปัญหาขาดแคลนน้ำอุปโภคบริโภค มีจำนวน 14 หมู่บ้าน โดยปัญหาจะมี ความรุนแรงในช่วงฤดูแล้ง ผลกระทบจากปัญหาน้ำอุปโภคบริโภคที่พบมาก คือ ปัญหา ฟลูออไรด์เป็นพิษซึ่งทำให้เกิดโรคฟันและกระดูกผุ ซึ่งจะพบมากบริเวณทางตอนเหนือของอำเภอกะเคา รวมทั้งปัญหาการอุดตันของระบบท่อปัญหาภาชนะหุงต้มเสียหาย

ในด้านรูปแบบ วิธีการ และปัญหาในการจัดการ พบว่าประปาหมู่บ้านในอำเภอกะเคาสามารถแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบ คือ ประปาหมู่บ้านที่สร้างด้วยงบประมาณภาครัฐ และประปาหมู่บ้านที่สร้างขึ้นด้วยงบประมาณชุมชน ปัญหาการจัดการประปาหมู่บ้านของอำเภอกะเคาสามารถแบ่งได้ 3 กลุ่ม คือ ปัญหาการจัดการอันเนื่องมาจากลักษณะของแหล่งน้ำ ปัญหาการจัดการด้านโครงสร้างและการผลิตน้ำประปา และปัญหาการจัดการด้านบริหารกิจการ ปัจจัยที่มีผลต่อปัญหาและศักยภาพของประปาหมู่บ้าน ได้แก่ นโยบายของรัฐ การจัดการน้ำโดยประชาชนเองโดยภาครัฐมิได้เข้าไปติดตามให้คำแนะนำ การมีส่วนร่วมของประชาชน ดังนั้นลักษณะขององค์กรควร

จะมีการผสมผสานระหว่างองค์กรท้องถิ่นและรัฐส่วนท้องถิ่น นอกจากนี้บทบาทของผู้นำชุมชน คณะกรรมการหมู่บ้าน และกฎ กติกาการใช้น้ำยังมีผลด้วย

การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการประเมินศักยภาพของประปาหมู่บ้าน และความเหมาะสมเชิงพื้นที่สำหรับจัดสร้างประปาหมู่บ้าน พบว่าศักยภาพของแหล่งน้ำผิวดิน โดยเฉพาะในด้านการไหลบ่าบนผิวดินส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง คือ ร้อยละ 47.09 ของพื้นที่ทั้งหมด โอกาสที่จะเกิดการปนเปื้อนของแหล่งน้ำผิวดินที่ใช้ผลิตประปามีโอกาสที่จะเกิดการปนเปื้อนอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ มีความเสี่ยงจากยาฆ่าแมลง และสารไนเตรตอยู่ในระดับสูง และมีเสถียรภาพของแหล่งผลิต ซึ่งประกอบด้วยลักษณะเฉพาะของประปา และวิธีการดำเนินการดูแลรักษาอยู่ในระดับค่อนข้างสูง สำหรับประปาหมู่บ้านที่มีเสถียรภาพต่ำ เมื่อพิจารณาศักยภาพโดยรวมของประปาผิวดินพบว่ามี ศักยภาพต่ำจนถึงสูงอยู่จำนวนใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เนื่องจากการดูแลจัดการการปนเปื้อนที่แตกต่างกัน สำหรับศักยภาพของประปาบาดาล พบว่าแหล่งน้ำใต้ดิน โดยทั่วไปมีคุณภาพสูงเหมาะที่จะนำมาผลิตเป็นน้ำประปา แต่มีศักยภาพในเชิงปริมาณในระดับปานกลาง โอกาสที่จะเกิดการปนเปื้อนอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำเป็นส่วนใหญ่ แหล่งผลิตน้ำประปาบาดาลส่วนใหญ่มีเสถียรภาพอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งควรมีการตรวจสอบติดตามผล รวมทั้งการให้คำแนะนำในข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตน้ำประปา

เอี่ยมพร ภักธชัยยาคุปต์ (2545) ศึกษาการจัดการทรัพยากรระดับชุมชน : กรณีศึกษาการจัดการน้ำบาดาลเพื่อการเกษตรในอำเภอป่าซาง จังหวัดลำพูน วัตถุประสงค์ของการศึกษาคือ 1) เพื่อศึกษาการปรับเปลี่ยนรูปแบบการจัดการน้ำของชุมชนจากน้ำเหมืองฝายมาเป็นน้ำบาดาลและการนำความรู้ในการจัดการน้ำเหมืองฝายมาปรับใช้ในการจัดการน้ำบาดาลในเชิงสถาบัน และ 2) เพื่อศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างการจัดการทรัพยากรน้ำกับการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

การศึกษานี้ใช้วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ โดยอาศัยแนวคิดเกี่ยวกับเศรษฐกิจแบบมีศีลธรรม ความเข้มในการใช้ที่ดิน และการวิเคราะห์การจัดการเชิงสถาบันของทรัพยากรส่วนรวม มีการเก็บข้อมูลทั้งเชิงคุณภาพและปริมาณ โดยการสัมภาษณ์เจาะลึก การออกแบบสอบถาม การเก็บข้อมูลภาคสนาม และการแปลภาพถ่ายทางอากาศ

ผลการศึกษาพบว่า การนำน้ำบาดาลมาใช้ในการเกษตรของชุมชนบ้านสันกำแพงเป็นยุทธวิธีในการแก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำ เกษตรกรได้ร่วมกันวางรูปแบบโครงสร้างองค์กร ภาระตมแรงงาน การกำหนดสิทธิและหน้าที่ของผู้ใช้น้ำบาดาล การกำหนดระเบียบกฎเกณฑ์ ตลอดจนกลไกแก้ไขปัญหาความขัดแย้งที่เกิดขึ้นในกลุ่มผู้ใช้น้ำบาดาล การปรับเปลี่ยนดังกล่าวเป็นสิ่งจำเป็น เพราะการนำน้ำบาดาลมาใช้จำเป็นต้องใช้ทุน และเทคโนโลยีค่อนข้างมาก

การปรับเปลี่ยนที่สำคัญด้านหนึ่งคือ ลักษณะการเข้าถึงน้ำ โดยสมาชิกจะได้สิทธิใช้น้ำบาดาลด้วยการซื้อหุ้นน้ำบาดาล นอกจากมีการปรับเปลี่ยนการจัดการน้ำเชิงสถาบันแล้วยังพบว่า ภายหลังการนำน้ำบาดาลมาใช้ในการเกษตรส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน คือมีการใช้ที่ดินแบบเข้มข้นเพื่อการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจต่างๆ ได้แก่ ข้าว หอมแดง กระเทียม และพริก นอกจากนี้ยังมีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่นาไปเป็นสวนลำไย ซึ่งนำไปสู่ การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเศรษฐกิจภายในชุมชน การมีรายได้และมีมาตรฐานการครองชีพสูงขึ้น และการเปลี่ยนแปลงความสัมพันธ์ทางการผลิตในภาคเกษตร การแลกเปลี่ยนแรงงานในสังคมเกษตรถูกแทนที่ด้วย การจ้างงาน การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนอกจากมาพร้อมกับ การนำน้ำบาดาลมาใช้แล้ว ยังเกิดขึ้นพร้อมกับการแทรกซึมของรัฐและระบบตลาดที่เข้าสู่ชุมชนด้วย

1.7.4 งานวิจัยเกี่ยวกับการทรุดตัวของแผ่นดินกับการใช้น้ำบาดาล

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล (2549) ศึกษาหาสาเหตุการทรุดตัวของแผ่นดิน บริเวณกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล วัตถุประสงค์ของการศึกษา คือ 1) รวบรวมสภาพแผ่นดินทรุดจากอดีตถึงปัจจุบันในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล 2) วิเคราะห์หาอัตราการทรุดตัวของแผ่นดินจากการลดลงของระดับแรงดันน้ำในดินเนื่องจากการสูบน้ำบาดาล การรับน้ำหนักของดินจากการเติบโตของเมือง และการอัดตัวตามธรรมชาติของชั้นดินร่วนที่รองรับพื้นที่บริเวณดังกล่าว

ผลการศึกษาพบว่า การทรุดตัวของแผ่นดินและการลดลงของระดับน้ำบาดาลในเขตพื้นที่วิกฤตระดับ 1 ที่มีการทรุดตัวของพื้นดินมากกว่า 3 เซนติเมตรต่อปี เช่น ที่บริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหง หัวหมาก และใกล้เคียงพบว่าระดับการทรุดตัวของแผ่นดินและระดับการลดลงของระดับน้ำบาดาลมีความสัมพันธ์กันโดยตรง นอกจากนี้ในบริเวณรอบนอกของกรุงเทพมหานคร ซึ่งมีการใช้น้ำบาดาลเพิ่มขึ้นก็จะมีอัตราการทรุดตัวเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ดังนั้นในปี 2526 – 2530 ดังนั้นหน่วยงานของรัฐจึงได้มีมาตรการออกมาเพื่อป้องกันปัญหาวิกฤตดังกล่าว โดยช่วงแรกเป็นการควบคุมการสูบน้ำบาดาลโดยกำหนดให้การประปานครหลวงเลิกใช้น้ำบาดาลในเขตวิกฤตอันดับ 1 และ 2 ภายในปี 2530 และให้เอกชนสามารถใช้น้ำบาดาลเพิ่มขึ้นในช่วงปี 2526 – 2530 ได้ปีละ 5 % ต่อมาในช่วงที่ 2 (2526 – 2530) ได้มีมาตรการกำหนดให้เอกชนลดการใช้น้ำบาดาลลดลงปีละ 5 % และในช่วงที่ 3 (2526 – 2540) มาตรการกำหนดลดการใช้น้ำของเอกชนปี 10 % นอกจากนี้ยังมีการเก็บค่าใช้น้ำบาดาลซึ่งเป็นมาตรการควบคุมการใช้น้ำบาดาลอีกทางหนึ่งด้วย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประหยัดและลดการใช้น้ำบาดาลอย่างฟุ่มเฟือย

การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำบาดาล ในช่วงแรกของมาตรการฯ (2526 – 2530) ผลจากการควบคุมการใช้น้ำบาดาลตามมาตรการการป้องกันและแก้ไขวิกฤตการณ์ น้ำบาดาลและแผ่นดินทรุด และ จากมาตรการเก็บค่าใช้น้ำบาดาล ทำให้ปริมาณการใช้น้ำลดลงซึ่งส่งผลให้ระดับน้ำบาดาล

สูงขึ้นเฉลี่ย ปีละ 2 – 4 เมตร สำหรับช่วงที่ 2 ของมาตรการ (2531 – 2535) ระดับน้ำในระยะแรก ระหว่างปี 2531 – 2535 ระดับน้ำในชั้นน้ำพระประแดงสูงขึ้น 8 เมตร ในชั้นน้ำนครหลวงบริเวณใจกลางกรุงเทพมหานคร สูง 2 เมตร ส่วนชานเมืองด้านตะวันออกลดลง 1 เมตร แต่ตั้งแต่ต้นปี 2534 ถึงปลายปี 2535 ระดับน้ำบาดาลลดลงอย่างรวดเร็วทุกชั้นน้ำ อัตราการลดลงเฉลี่ยปีละ 3 เมตร ในช่วงที่ 3 ของมาตรการฯ (2536 – 2540) ระดับน้ำของชั้นน้ำพระประแดง นครหลวงและนนทบุรี ลดลงอย่างรวดเร็วทุกบริเวณ ทั้งในบริเวณชานเมืองกรุงเทพมหานคร และบริเวณใจกลาง กรุงเทพมหานคร ระดับน้ำในชั้นน้ำนครหลวงลดลง จาก 54 เมตร ในปี 2536 อยู่ที่ 64 เมตร ทั้งนี้สืบเนื่องมาจากการใช้น้ำของภาคเอกชนแทนที่จะลดลงกลับเพิ่มขึ้นเฉลี่ยปีละมากกว่า 12 % เพราะใช้อัตราการขยายตัวทั้งด้านเศรษฐกิจและสังคมเพิ่มมากขึ้น

สาเหตุการทรุดตัวของพื้นดิน

1. สาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการทรุดตัวของพื้นดิน เกิดจากการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้เป็นจำนวนมากเกินกว่าที่น้ำบาดาลจะไหลมาทดแทนได้ทัน จากการศึกษาวิจัย ในประเทศญี่ปุ่น โดยการติดตั้งโครงข่ายเครื่องวัดการทรุดตัวของพื้นดิน ในพื้นที่บริเวณกว้างขวางเป็นเวลานาน ทำให้ทราบว่า การทรุดตัวของพื้นดินมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ และจากการวิจัยของสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชียใน พ.ศ. 2519 เพื่อคาดการณ์แนวโน้มของการทรุดตัวของพื้นดินในอนาคตนั้น แบรดและบาลาสูบรามาเนียมคาดว่าถ้าระดับน้ำบาดาลลดลงไป 20 เมตร, 30 เมตร และ 40 เมตรแล้ว อาจทำให้พื้นดินทรุดลงได้มากที่สุดถึง 2 เมตร, 2.7 เมตร และ 3.1 เมตร ตามลำดับ

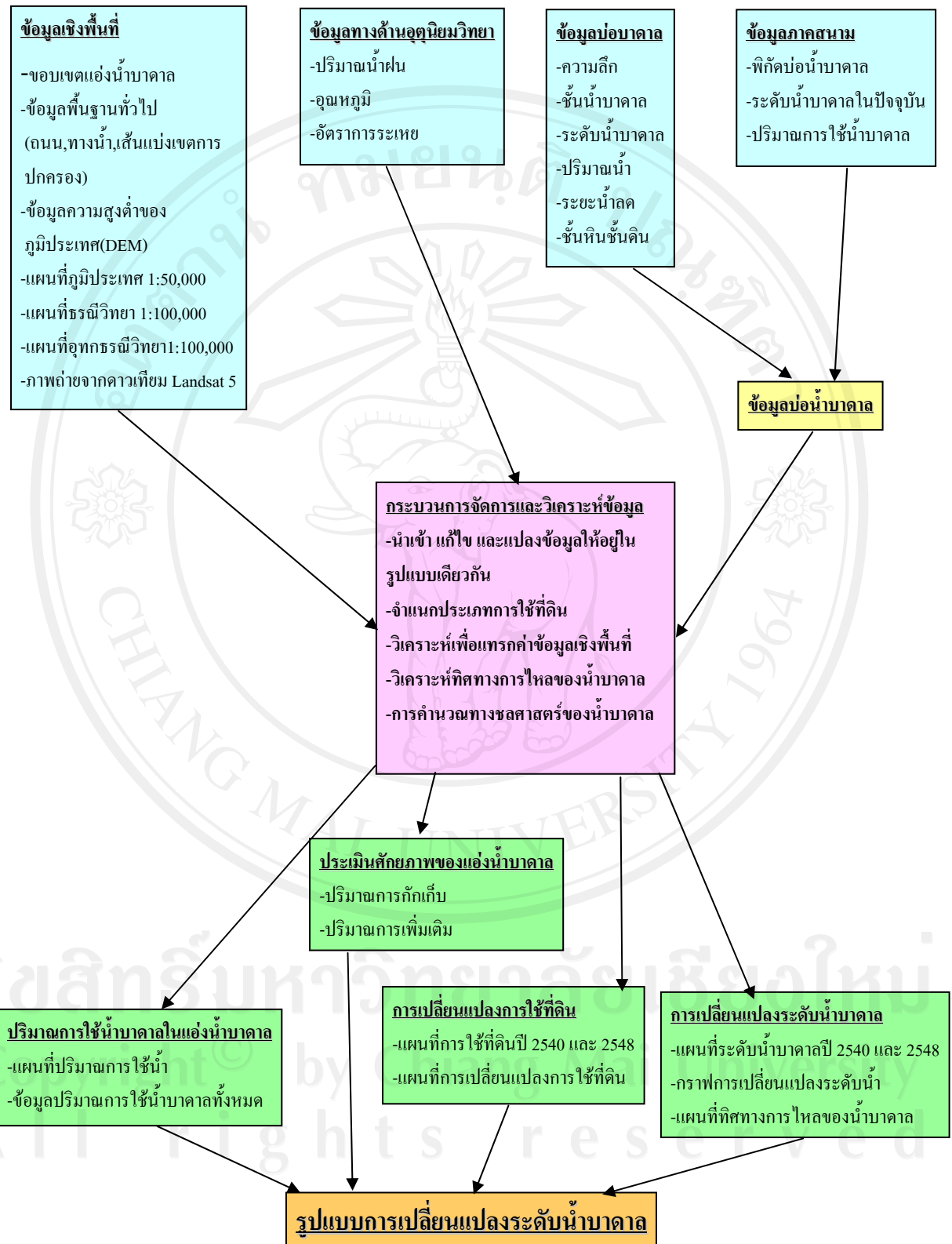
2. สาเหตุอื่นที่ทำให้เกิดการทรุดตัวของพื้นดิน ได้มีผู้เสนอรายงานผลการค้นคว้าทฤษฎีการทรุดตัวของพื้นดินมากกว่า 80 ทฤษฎี ซึ่งส่วนใหญ่ยังพิสูจน์แน่นอนไม่ได้ และได้รวบรวมทฤษฎีหลักเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่เป็นสาเหตุการทรุดตัวของพื้นดินดังต่อไปนี้

- การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการเคลื่อนตัวของเปลือกโลก
- การยุบตัวของชั้นดินภายใต้น้ำหนักของมันเอง
- การยุบตัวของชั้นดินเนื่องจากสิ่งของที่ทับถมและโครงสร้างที่มีน้ำหนักมาก ซึ่งทับอยู่บนชั้นดินนั้น
- การยุบตัวตามธรรมชาติของชั้นดินที่เกิดขึ้นใหม่
- แรงดันของก๊าซในดินลดลง
- น้ำฝนไหลซึมลงสู่ใต้ดินได้น้อยลง เนื่องจากหน้าดินถูกปกคลุมมากขึ้น และมีการจัดระบบการระบายน้ำดีขึ้น
- การดูดทรายออกจากชั้นน้ำใต้ดิน และการรบกวนโครงสร้างของดินในชั้นน้ำใต้ดิน

- ดินเหนียวถูกน้ำซึ่งไหลอยู่ในชั้นน้ำใต้ดินกัดเซาะสลายตัวออกไปจากชั้นดินซึ่งอยู่ในชั้นน้ำนั้น
- ชั้นดินถูกอัดแน่นเนื่องจากการจรรजरและแผ่นดินไหว
- การยุบตัวของชั้นดินเนื่องจากน้ำใต้ดินลดระดับลงไป

1.8 กรอบแนวคิดในการศึกษา

กรอบแนวคิดการศึกษาได้เชื่อมโยงข้อมูลที่เกี่ยวข้องรวบรวมจากภาคสนาม ข้อมูลจากการแปลความหมายจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม และข้อมูลที่ได้มีการรวบรวมอยู่ในฐานข้อมูลอยู่แล้ว นำมาทำการปรับ (reformat) ให้อยู่ในรูปแบบและระบบเดียวกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งได้นำเอาเทคโนโลยีทางด้านภูมิสารสนเทศ อันได้แก่ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ การสำรวจระยะไกล ทำให้ข้อมูลที่ได้มีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น และยังง่ายต่อการนำข้อมูลมาวิเคราะห์ นอกจากนี้ยังได้มีการนำเอา GPS มาช่วยในการเก็บตำแหน่งบ่อบาดาล และเส้นทางการเข้าถึงบ่อ ทำให้เราทราบตำแหน่งบ่อ และเส้นทางที่จะเข้าถึงบ่อ เมื่อนำมาจัดทำแผนที่ทำให้มองเห็นภาพได้ชัดเจนและง่ายมากขึ้น



รูป 1.8 กรอบแนวคิดในการศึกษา

1.9 ระเบียบวิธีวิจัย

1.9.1 ข้อมูลและแหล่งข้อมูล

1) ข้อมูลปฐมภูมิ

- ก. ข้อมูลจากการสำรวจและสังเกตในพื้นที่ศึกษา เป็นข้อมูลสภาพทั่วไปของพื้นที่
- ข. ข้อมูลตำแหน่งบ่อน้ำบาดาลโดยการรังวัดด้วยเครื่อง GPS
- ค. ข้อมูลระดับน้ำบาดาลโดยการวัดระดับน้ำบาดาลด้วยเครื่องวัดระดับน้ำบาดาล(Electric Tape)
- ง. ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำบาดาลของบ่อน้ำบาดาลแต่ละบ่อโดยการคำนวณจากอัตราการสูบ ระยะเวลาในการใช้และ/หรือ มิเตอร์ประจำบ่อ
- จ. ข้อมูลจากการประมวลผลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และรีโมตเซนซิง ได้แก่ การจำแนกประเภทการใช้ที่ดิน

2) ข้อมูลทุติยภูมิ

ข้อมูลเชิงเส้น(Vector Data)

ข้อมูลจุด(point)	ข้อมูลเชิงบรรยาย(Attribute)	ที่มาของข้อมูล
1. หมู่บ้าน	- ทำเนียบหมู่บ้านพร้อมรหัส - จำนวนประชากร,ครัวเรือน - บัญชีหมู่บ้านภัยแล้งประกาศโดยกระทรวงมหาดไทย - ข้อมูลผลการสำรวจหมู่บ้านทั่วประเทศในโครงการแก้ไขปัญหาขาดแคลนน้ำอุปโภคบริโภค	กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
2. สถานีตรวจวัดด้านอุตุณิยมวิทยา	- อุณหภูมิ - ปริมาณน้ำฝน - การระเหย	กรมอุตุณิยมวิทยา กรมอุตุณิยมวิทยา กรมอุตุณิยมวิทยา

ข้อมูลจุด(point)	ข้อมูลเชิงบรรยาย(Attribute)	ที่มาของข้อมูล
3. บ่อน้ำบาดาล	คุณลักษณะของบ่อน้ำบาดาลเช่น ความลึก ปริมาณน้ำ เครื่องสูบ ระดับน้ำ คุณภาพน้ำ ฯลฯ	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากร ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
4. ระบบประปา	ข้อมูลทั่วไป เช่น แหล่งน้ำดิบ ปริมาณการใช้น้ำ ฯลฯ	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากร ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
6. สถานที่สำคัญ	วัด , โรงเรียน,สถานที่ท่องเที่ยว	กรมส่งเสริมการท่องเที่ยว และกรมแผนที่ทหาร
ข้อมูลเส้น (Line)	ข้อมูลเชิงบรรยาย (Attribute)	ที่มาของข้อมูล
1. ถนน	- ชื่อถนน - หมายเลขทางหลวง - สภาพถนน - ความยาว	กรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1 : 50,000
2. ทางน้ำ	- ชื่อแม่น้ำและลำค้ำทางน้ำ - ความยาว	กรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1 : 50,000
3. เส้นชั้นความสูง	ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง	กรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1 : 50,000

ข้อมูลรูปปิด (Polygon)	ข้อมูลเชิงบรรยาย (Attribute)	ที่มาของข้อมูล
1. ขอบเขตการ ปกครอง	- ตำบล อำเภอ จังหวัด พร้อมรหัส - พื้นที่	กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย
2. แผนที่อุทก ธรณีวิทยา - ชั้นหินอุ้มน้ำ - ปริมาณน้ำ - คุณภาพน้ำ	ชนิดของชั้นหินอุ้มน้ำ ปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถพัฒนาขึ้นมา ใช้ได้ ปริมาณสารต่างในน้ำบาดาล	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากร ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
3. แผนที่แอ่งน้ำ บาดาล	- ชื่อและขอบเขตแอ่งน้ำบาดาล - พื้นที่แต่ละแอ่ง	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากร ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
4. แหล่งน้ำผิว ดิน, เขื่อนอ่างเก็บน้ำ รวมถึงแหล่งน้ำ ธรรมชาติ	- ปริมาณการกักเก็บ - ข้อมูลด้านแหล่งน้ำธรรมชาติต่างๆ	กรมชลประทาน กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากร ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ข้อมูลภาพ(Raster)

ชนิดของข้อมูลภาพ	ที่มาของข้อมูล
1. ภาพถ่ายจากดาวเทียมความละเอียดปานกลาง - Landsat 5 TM	สำนักงานเทคโนโลยีอวกาศและภูมิ สารสนเทศ
2. ข้อมูลความสูงต่ำของภูมิประเทศ (Digital Elevation Model:DEM)	SRTM (Shuttle Radar Topography Mission)

1.9.2 วิธีการศึกษา

1. เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการศึกษา ประกอบด้วย
 - ข้อมูลตำแหน่งบ่อน้ำบาดาล โดยการวัดค่าตำแหน่งภูมิศาสตร์ โดยเครื่อง GPS
 - ข้อมูลทางด้านธรณีวิทยาของหลุมเจาะบ่อน้ำบาดาลและระดับน้ำบาดาลในอดีตจากฐานข้อมูลบ่อน้ำบาดาล (พสุธารา) กรมทรัพยากรน้ำบาดาล
 - ข้อมูลระดับน้ำบาดาลปัจจุบันจากบ่อน้ำบาดาลโดยการใช้เครื่องมือวัดระดับน้ำบาดาล (Electric Tape)
 - ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำบาดาลของบ่อน้ำบาดาลแต่ละบ่อ
2. วิเคราะห์โครงสร้างทางธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยาเพื่อศึกษาโครงสร้างใต้ผิวดิน
 - โดยศึกษาจากข้อมูลวิเคราะห์ชั้นดิน ชั้นหิน ของบ่อน้ำบาดาล ซึ่งโดยทั่วไปจะเก็บตัวอย่างชั้นดิน ชั้นหิน ทุกๆ 1.5 เมตร โดยมีจุดประสงค์หลักในการตรวจหาความลึกของชั้นน้ำบาดาล(Aquifer) และสร้างภาพตัดขวางอุทกธรณีวิทยา
3. วิเคราะห์ศักยภาพแหล่งน้ำบาดาล คำนวณหาปริมาณการกักเก็บ การเพิ่มเติม การเคลื่อนที่ของน้ำบาดาล
4. วิเคราะห์และจัดทำแผนที่ระดับน้ำบาดาลจากข้อมูลระดับน้ำบาดาลโดยกระบวนการ Spatial Interpolation โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
5. Image Classification เพื่อจำแนกประเภทการใช้ที่ดิน(การใช้ที่ดินแต่ละประเภทจะมีกิจกรรมและปริมาณการใช้น้ำที่ต่างกัน รวมถึงสิ่งปกคลุมดินมีผลต่อการซึมของน้ำลงสู่ชั้นน้ำบาดาล)
 - ใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat TM5 ที่รับสัญญาณในปี 2540 กับปี 2548 เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน
 - ประเภทการใช้ที่ดินจะจำแนกออกเป็น 9 ประเภท ได้แก่ สิ่งปลูกสร้างหรือชุมชน ที่รกร้าง ป่าไม้ผลัดใบ ป่าดิบเขา ป่าเสื่อมโทรม สวนไม้ยืนต้นเช่นสวนลำไย พืชไร่นาข้าว และแหล่งน้ำ
 - จัดกลุ่มการใช้ที่ดินใหม่ (Reclass) ให้เหลือ 5 ประเภท ได้แก่ แหล่งน้ำ ป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่รกร้างหรือเปิดโล่ง สิ่งปลูกสร้างหรือแหล่งชุมชน
6. วิเคราะห์และจัดทำแผนที่ปริมาณการใช้น้ำบาดาลโดยแยกเป็นรายตำบล
7. เปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำบาดาล ระดับน้ำบาดาลที่เปลี่ยนแปลงไป และการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน
8. สรุปผลที่ได้จากข้อมูลที่ได้ และเสนอแนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหา