บทที่ 2
วรรณกรรมปริทัศน์

2.1 ธรณีวิทยาทั่วไปของพื้นที่ศึกษาวิจัยและใกล้เคียง

พื้นที่ของจังหวัดสงขลา ตั้งอยู่ในบริเวณตอนล่างของแอ่งลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาที่ครอบคลุมพื้นที่สามจังหวัดคือ พัทลุง(ทุกอำเภอ) จังหวัดนครศรีธรรมราช (อ.เชียรใหญ่ อ.หัวไทร และ อ.ชะอวด) และจังหวัดสงขลา (อ.เมือง อ.หาดใหญ่ อ.สทิงพระ อ.รัตภูมิ อ.สะเดา อ.คลองหอยโข่ง อ.ควนเนียง อ.บางกล่ำ อ.ระโนด อ.กระแสสินธุ์ อ.สิงหนคร) พื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดสงขลาด้านทิศตะวันตกเป็นแนวเทือกเขาสูง และค่อยๆลาดลงสู่ที่ราบ - ที่ราบลุ่มในพื้นที่รอบๆ ทะเลสาบสงขลา และบริเวณที่เรียกว่า แอ่งหาดใหญ่ มีที่ราบที่เกิดจากการเลื่อนตัว (fault) ทำให้เกิดลักษณะโครงสร้างแบบฮอร์สและกราเบน (horst & graben) ลักษณะทางธรณีวิทยาทั่วไปของพื้นที่ศึกษาวิจัยและใกล้เคียง มีดังนี้ (ภาพประกอบ 2.1)

2.1.1 หินตะกอนและหินแปร (Sedimentary and Metamorphic Rocks)

หินยุคคาร์บอนิเฟอรัส (Carboniferous) พบวางตัวตามแนวเหนือใต้ จากบริเวณอำเภอสะเดา ติดต่อขึ้นมาทางเหนือ จนถึงอำเภอเมือง อำเภอรัตภูมิ และยังต่อไปในพื้นที่จังหวัดพัทลุง ประกอบด้วย หินควอร์ตไซต์ (quartzite) หินทราย หินเชิร์ต (chert) หินดินดาน (shale) หินดินดานเนื้อปนทราย หินดินดานเนื้อปนซิลิกา (siliceous shale) และหินทรายแป้ง (siltstone)

หินยุคเพอร์เมียน (Permian) หรือเรียกว่า ชุดหินราชบุรี (Rat Buri Group) มักโผล่เป็นเขาโดดๆ ตามที่ราบ บริเวณอำเภอรัตภูมิและตอนใต้ของอำเภอสะบ้าย้อย ประกอบด้วยหินปูน (limestone) เนื้อสมานแน่น (massive) สีเทา หินปูนเป็นชั้น (bedded limestone) และ หินเชิร์ต หินทราย หินดินดาน แทรกสลับ

หินยุคไทรแอสซิก (Triassic) ประกอบด้วย หินทราย หินกรวดมน (conglomerate) หินทรายแป้ง หินโคลน (mudstone) หินดินดาน ชั้นหินนี้จัดอยู่ในหน่วยหินนาทวี (Na Thawi formation) พบมากในพื้นที่อำเภอที่อยู่ด้านทิศตะวันออกและทิศใต้ของจังหวัดสงขลา

ตะกอนยุคควอเทอร์นารี (Quaternary) เป็นตะกอนที่ยังไม่ถูกประสานเชื่อมให้แข็งกลายเป็นหิน ได้แก่ ชั้นตะกอนกรวด ทราย ทรายแป้ง ดินเหนียว และโคลนตม ที่มีสภาพแวดล้อมการสะสมตัวของตะกอนในพื้นที่จังหวัดสงขลา 2 แบบ คือ สภาพแวดล้อมทะเล (marine environment) และ สภาพแวดล้อมพื้นทวีป (non-marine environment) บริเวณด้านทิศตะวันออกของแอ่งลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา เป็นบริเวณที่มีการสะสมตัวจากการกระทำของน้ำทะเล ได้แก่ ทรายชายหาด (beach sands) ตะกอนใกล้ฝั่ง (nearshore sediments) และแหล่งตะกอนน้ำทะเลตื้น (shallow marine deposits) พื้นที่ด้านตะวันตกของแอ่งฯ และด้านทิศใต้ ส่วนใหญ่เป็นบริเวณที่มีการสะสมตัวของตะกอนที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากน้ำทะเล นั่นคือ เป็นตะกอนเศษหินเชิงเขา (colluvial sediments) ที่อยู่เป็นแนวยาวบริเวณของภูเขา เชิงเขา โดยอาจมีดินลูกรังที่วางอยู่บนชั้นกรวดที่เกิดจากหินที่ผุพัง (weathered rocks) และตะกอนธารน้ำพาที่มาสะสมตัวบริเวณที่ราบ (fluvial sediments) พบอย่างกว้างขวางในที่ราบ ที่มีส่วนประกอบเป็น ดินเหนียว ทรายแป้ง ทราย ที่มีเศษพืชปนค่อนข้างมาก นอกจากนั้น ยังมีบริเวณเปลี่ยนแปลง (transitional zone) ที่มีอิทธิพลจากทั้งแม่น้ำและการมีน้ำขึ้นน้ำลง ส่วนใหญ่ในบริเวณนี้ประกอบด้วยตะกอนทรายแป้ง ดินเหนียวปนพีต (peaty clay) หรือมีชั้นของพีต (peats) อยู่บริเวณที่เป็นแหล่งตะกอนน้ำพาต่อกับบริเวณที่มีอิทธิพลของทะเล (นิรันดร์ ชัยมณี , 2527)

2.1.2 หินอัคนี (Igneous rocks)

จากแผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทย มาตราส่วน 1 : 250,000 ระวาง NB 47-3, NB 47-7 และ NB 47-8 (กรมทรัพยากรธรณี, 2528) ได้จำแนกหินอัคนีในพื้นที่จังหวัดสงขลาออกเป็น 2 ช่วงอายุ คือ

หินอัคนีอายุครีเทเชียส (creataceous) ประกอบด้วย หินแกรนิต หินควอรตซ์มอนโซไนต์ (quartz monzonite) หินเพกมาไทต์ (pegmatite) หินแอไพลต์ (aplite) หินทัวร์มาลีนแกรนิต (tourmaline granite) พบอยู่ในพื้นที่อำเภอนาหม่อม อำเภอจะนะ และอำเภอเทพา

หินอัคนีอายุไทรแอสซิก (Triassic) ประกอบด้วย หินไบโอไทต์แกรนิต (biotite granite) หินทัวร์มาลีนแกรนิต (tourmaline granite) หินแกรนิตเนื้อดอก (porphyritic granite) และสายแร่ควอรตซ์ (quartz veins) พบมากในพื้นที่รอยต่อจังหวัดสงขลากับจังหวัดสตูล และบางส่วนของอำเภอเมือง อำเภอหาดใหญ่ และอำเภอนาหม่อม

จังหวัดสงขลา อยู่ในแนวหินแกรนิตตอนกลาง (central belt) ของประเทศไทย ที่แผ่ต่อเนื่องมาจากเหนือจรดใต้และต่อลงไปถึงประเทศมาเลเซีย เป็นกลุ่มหินแกรนิตที่เกิดการดันตัว

เข้ามาอยู่กับกับหินตะกอนเนื้อผสม ส่วนใหญ่มีอายุประมาณมหายุคพาลีโอโซอิค (Paleozoic era) ปัญญา จารุศิริ และคณะ (2534) กล่าวว่า จากการศึกษาทางธรณีเคมีของหินแกรนิตในแนวกลาง พบว่า ส่วนใหญ่เกิดจากการหลอมละลายบางส่วนของหินที่สะสมตัวอยู่เดิม ในเปลือกโลก หรือที่เรียกว่า S-type ในช่วงอายุประมาณยุคไทรแอสซิกถึงต้นยุคจูแรสซิก (Jurassic) อันเป็นผลเนื่องมาจากการชนกันของจุลทวีปฉาน-ไทย (Shan-Thai) และอินโดจีน (Indochina) ในจังหวัดสงขลา พบหินแกรนิตกระจายอยู่ทั้งทางด้านทิศตะวันตกและทิศใต้ของจังหวัด จากการตรวจอายุสัมบูรณ์ของแกรนิตโดยวิธีไอโซไทป $^{40}Ar/^{39}Ar$ (ปัญญา จารุศิริ และคณะ, 2534) พบว่า มีอายุระหว่าง 180 – 200 ล้านปี

2.2 การสำรวจทางธรณีเทคนิค (Geotechnical Investigation)

Hunt (1984) กล่าวว่า งานด้านวิศวกรรมโยธา จะเกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันระหว่างสภาพแวดล้อมทางธรณีวิทยากับการทำงานของมนุษย์ ส่วนงานด้านวิศวกรรมธรณีเทคนิค (geotechnical engineering) เป็นการศึกษาทางด้านวิศวกรรมธรณี (geological engineering) และวิศวกรรมโยธา ซึ่งทั้งสองเป็นสาขาของวิทยาศาสตร์ประยุกต์ที่มีความแตกต่างกัน โดยนักธรณีวิทยาจะสรุปผลการศึกษาจากหลักฐานที่ได้จากการสังเกต การสำรวจเก็บข้อมูลและอธิบายตามเหตุผลที่เป็นไปได้จากหลักการทางธรณีวิทยา ขณะที่วิศวกรทำการตรวจหาสมบัติของวัสดุต่างๆ และประยุกต์กับความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาข้อสรุปต่างๆ สาขาวิชาทางด้านวิศวกรรมธรณี หรือธรณีวิศวกรรม จึงพยายามที่จะลดช่องว่างของงานด้านวิศวกรรมและธรณีวิทยา ซึ่งเป็นการรวมทั้งสองสาขาวิชาเข้าด้วยกัน แต่ในการศึกษาช่วงแรกๆ จะเกี่ยวข้องกับการประเมินถึงปรากฏการณ์ทางด้านธรณีวิทยา เช่น การเคลื่อนที่ของความลาดชัน (slope movement) เป็นต้น สำหรับวิศวกรรมธรณีเทคนิค เป็นการรวมเอาสาขาวิชาธรณีวิทยาและวิศวกรรมโยธาเข้าด้วยกัน พิจารณาจากลักษณะการสำรวจและการอธิบายลักษณะแวดล้อมทางด้านธรณีวิทยา เพื่อจุดประสงค์ในการตระเตรียมบรรทัดฐาน สำหรับการออกแบบในงานด้านวิศวกรรม ไม่ว่าจะเกี่ยวกับหินหรือดิน วิศวกรธรณีเทคนิค จะต้องคุ้นเคยกับส่วนประกอบของลักษณะแวดล้อมทางด้านธรณีวิทยา ได้แก่ ชนิดของหินและมวลหิน ชนิดของดินและชั้นดิน ลักษณะน้ำบาดาล รวมทั้งปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับภัยพิบัติทางธรณีวิทยา (geologic hazard)

ในการสำรวจทางธรณีเทคนิค (geotechnical investigation) จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องจำแนกลักษณะแวดล้อมต่างๆ ดังกล่าว และอธิบายการวางตัวเชิงพื้นที่ (spatial orientation) ของลักษณะนั้นๆ เมื่อมีการใช้เทคนิคการสำรวจวิธีต่างๆ

ภาพประกอบ 2.1 ลักษณะธรณีวิทยาทั่วไปในพื้นที่จังหวัดสงขลา (กรมทรัพยากรธรณี, 2528)

2.2.1 เป้าหมายพื้นฐานของการสำรวจทางด้านธรณีเทคนิค

โดยทั่วไปเป้าหมายพื้นฐานของการสำรวจทางด้านธรณีเทคนิค ประกอบด้วย

ก) การกระจายทางแนวราบ และความหนา/ความลึกของชั้นดิน และชั้นหิน ที่อยู่ในขอบเขตที่มีผลกระทบต่อการก่อสร้างหรือการพัฒนา

ข) ลักษณะสภาวะของน้ำบาดาล ที่เกี่ยวกับการขึ้น-ลงของระดับน้ำ และผลกระทบของการขึ้น-ลงนี้ที่ทำให้มีการทรุดตัวระหว่างการก่อสร้าง

ค) สมบัติทางด้านกายภาพ และ ด้านวิศวกรรมของชั้นดินและชั้นหิน และคุณภาพของน้ำบาดาล

ง) สภาวะทางภัยพิบัติ รวมทั้งพื้นที่ลาดชันที่ไม่เสถียร รอยเลื่อนมีพลัง (active fault) หรือรอยเลื่อนที่มีศักยภาพที่จะมีพลัง (potentially active fault) แผ่นดินไหว ที่ราบน้ำท่วมถึง และการยุบตัว และพองตัวของพื้นดิน

จ) ลักษณะพื้นดินที่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพธรรมชาติ เช่น การรับน้ำหนักของดินจากโครงสร้างของอาคารที่ก่อสร้าง หรือน้ำหนักที่กดทับออกไป เช่น การเปิดหน้าดินหรือขุดใต้ดิน เป็นต้น

ฉ) ความเหมาะสมของธรณีวัตถุ (geologic materials) สำหรับเป็นมวลรวม และเพื่อการก่อสร้างพื้นถนนหรือถมสันเขื่อน

2.2.2 ขั้นตอนการสำรวจทางด้านธรณีเทคนิค

ในการสำรวจฯ แบ่งออกเป็นหลายขั้นตอน และในแต่ละขั้นก็มีเป้าหมายต่างกัน ซึ่งต้องมีการแปลความ (interpretation) วิเคราะห์ (analysis) และประเมินผล (evaluation)

1) การสำรวจบนพื้นผิว เป็นการสำรวจสภาพธรณีวิทยาทั่วไป ซึ่งอาจได้จากข้อมูลที่มีการสำรวจแล้ว แผนที่ธรณีวิทยา การแปลความภาพการรับรู้จากระยะไกล (remote sensing imagery) และการสำรวจในสนาม เพื่อการสร้างแผนที่ธรณีวิศวกรรม

2) ภาพตัดขวางของชั้นดิน/หินใต้ดิน จากข้อมูลที่ได้จากการเจาะสำรวจ ขุดหลุมสำรวจ หรือการสำรวจทางด้านธรณีฟิสิกส์ เป็นต้น

3) เก็บตัวอย่างดิน/หิน เพื่อนำไปทดสอบในห้องปฏิบัติการ

4) ตรวจวัดสมบัติทางวิศวกรรมของดิน/หิน ทั้งในห้องปฏิบัติการและในที่ (in situ)

5) ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัด เพื่อติดตามความเปลี่ยนแปลงของชั้นดินและโครงสร้าง

2.3 ทราย (Sand)

2.3.1 คำจำกัดความโดยทั่วไปของทราย

ทราย คือ เม็ดแร่ (mineral matter) ที่เกิดจากการผุพังสลายตัวมารวมตัวกัน แตกต่างจากกรวด (gravel) ที่ขนาดของอนุภาค มีลักษณะเด่นแตกต่างจากดิน/ดินเหนียว (clay) คือ ดินเหนียวมักจะมีสารอินทรีย์ประกอบอยู่ด้วย ทรายจะถูกคัดขนาดและแยกออกจากสารอินทรีย์ต่างๆ โดยกระแสน้ำหรือลมในบริเวณที่แห้งแล้ง ทำให้เม็ดทรายมีขนาดที่ใกล้เคียงกันอยู่ด้วยกัน บนพื้นผิว(ส่วนที่เป็นตะกอน)ของโลกที่ส่วนใหญ่ ประกอบด้วยทราย และทรายในส่วนนี้ส่วนใหญ่ประกอบด้วย แร่ควอรตซ์ (quartz) และวัสดุเนื้อซิลิกา(siliceous materials) อื่นๆ (Brady and Clauser, 1991)

2.3.2 คำจำกัดความของทรายด้านธรณีวิทยา

ทราย (sand) หมายถึง วัสดุธรรมชาติ มีลักษณะร่วนซุย เป็นเม็ด มีเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 0.06 - 2 มิลลิเมตร ทราย ประกอบด้วย ควอรตซ์เป็นส่วนใหญ่ สามารถแบ่งขนาดตามเส้นผ่าศูนย์กลางได้ดังนี้ (สิน สินสกุล, 2540)

ทรายละเอียด	มีขนาดตั้งแต่ 0.125 - 0.25	มิลลิเมตร
ทรายขนาดกลาง	มีขนาดตั้งแต่ 0.25 - 0.5	มิลลิเมตร
ทรายหยาบ	มีขนาดตั้งแต่ 0.5 - 1	มิลลิเมตร
ทรายหยาบมาก	มีขนาดตั้งแต่ 1 - 2	มิลลิเมตร

ถ้าวัสดุนั้นมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง มากกว่า 2 มิลลิเมตร และอยู่ระหว่าง 2 - 64 มิลลิเมตร จัดเป็นกรวด กรวดมักจะเกิดร่วมกับทราย แต่กรวดนอกจากเป็นแร่ควอรตซ์แล้วยังเป็นหินและแร่ชนิดอื่นด้วย

ตามพจนานุกรมธรณีวิทยา (2530) ทราย หมายถึง วัตถุที่เป็นเศษหิน เศษแร่ ขนาดเล็ก มีลักษณะร่วนซุย ไม่เกาะกัน ส่วนใหญ่ประกอบด้วยแร่เขี้ยวหนุมาน (quartz) มีเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 1/16 – 2 ม.ม. โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น ทรายละเอียดมาก มีขนาด 1/16 – 1/8 ม.ม. อย่างละเอียดขนาด 1/8 - ¼ ม.ม. อย่างกลางขนาด ¼ - ½ ม.ม. อย่างหยาบขนาด ½ - 1 ม.ม. และอย่างหยาบมากขนาด 1 – 2 ม.ม. คำนี้ยังใช้เรียกดินปนทรายที่มีทรายปนอยู่มากกว่าร้อยละ 90 อีกด้วย

2.3.3 คำจำกัดความของทรายในพจน์ของมวลรวมละเอียด (Fine aggregate)

ESCAP (1993) กำหนดว่า ทรายเกรดก่อสร้าง (construction-grade sand) เป็นทรายที่ประกอบด้วยแร่ควอรตซ์เป็นหลัก มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 0.06–2.0 มิลลิเมตร แต่โดยทั่วไปในทรายมักจะมีส่วนประกอบของแร่ไมกา (micas) เฟลด์สปาร์ (feldspar) และ เม็ดของเฟร์ริกออกไซด์ เกิดร่วมอยู่บ้างเล็กน้อย

Goldman and Reining (1975) กล่าวว่า ทราย ใช้กับเศษหิน เศษแร่ ที่มีขนาดอนุภาคที่ค้างตะแกรงร่อนเบอร์ 200 (ขนาดตา 0.074 ม.ม.) จนถึงผ่านตะแกรงร่อนเบอร์ 4 (4.76 ม.ม.) ส่วนกรวด จะประกอบด้วยเศษหินและเศษแร่ ที่มีขนาดโตกว่า 4.76 ม.ม จนถึงขนาดใหญ่สุดที่ 3½ นิ้ว 96 % ของทรายและกรวด ใช้ในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง ส่วนที่เหลือใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น กระจก เซรามิค เป็นต้น

มอก. 566-2528 นิยามว่า มวลผสมละเอียด (fine aggregate) หมายถึงมวลผสมที่ส่วนใหญ่ลอดผ่านตะแกรงร่อนขนาด 4.75 มิลลิเมตรได้ และอาจมีบางส่วนที่หยาบกว่าผสมอยู่ได้บ้าง

วินิต ช่อวิเชียร (2529) นิยามว่า ทราย หมายถึง วัสดุที่มีขนาดเล็กกว่า 4.5 มิลลิเมตร หรือ ที่สามารถลอดผ่านตะแกรงร่อนมาตรฐานเบอร์ 4 แต่ทั้งนี้ต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 0.07 มิลลิ-เมตร วัสดุผสมหรือมวลรวมที่มีขนาดเล็กกว่านี้ เรียกว่า ฝุ่น (silt หรือ clay)

พงศ์พัน วรสุนทโรสถ (2523) นิยามว่า ทราย เป็นเม็ดหรือส่วนเล็กๆของหินซึ่งมีขนาดใหญ่พอที่จะมองเห็นด้วยตาเปล่า แต่ไม่โตเกินไปจนถึงขนาดที่เรียกว่ากรวด หรือ หิน (stone) ขนาดของหินย่อยเล็กๆ มีตั้งแต่ที่เป็นฝุ่น (dust) ดินเหนียว (mud, clay) จนถึงกรวด (กรวดคือทรายที่มีขนาดใดๆ ตั้งแต่ 3/16 นิ้วขึ้นไป ใช้ในการผสมคอนกรีตแทนหินย่อยได้) กรวดที่มีขนาดอยู่ในระหว่าง 3/16 นิ้ว ถึง 1/4 นิ้ว ลงไปจนถึงไม่เล็กกว่า 1/400 นิ้ว เรียกว่าทราย แร่ธาตุที่ประกอบเป็นทราย โดยมากมีควอรตซ์, ไมกา

2.4 เกณฑ์กำหนดของมวลรวมละเอียดในงานคอนกรีต

มวลรวมละเอียด เป็นวัสดุที่มีความสำคัญมากในงานคอนกรีต จึงมีหลายหน่วยงานกำหนดมาตรฐานมวลรวมละเอียดที่เหมาะสมกับงานคอนกรีต สำหรับการศึกษาวิจัยนี้ได้ยึดตามมาตรฐานของ The American Standard Society for Testing and Material (ASTM C33) และ สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.566-2528) เป็นหลัก

2.4.1 ข้อกำหนดของมวลรวมละเอียดตามมาตรฐานอเมริกัน (ASTM C33)

ได้กำหนดสมบัติของมวลรวมละเอียด ไว้ดังนี้

ก) ขนาดคละ (gradation) ได้กำหนดการกระจายขนาดของมวลรวมละเอียด โดยวิธีร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐาน ซึ่งกำหนดร้อยละของมวลรวมตามขนาดตะแกรงต่างๆ ไว้ดังนี้ (ตาราง 2.1)

ตาราง 2.1 ขนาดมวลรวมละเอียดกำหนดในงานผสมคอนกรีต (ASTM C33)

ขนาดตะแกรงร่อน	ร้อยละผ่านโดยน้ำหนัก
9.5 มม.	100
4.75 มม.	95 – 100
2.36 มม.	80 – 100
1.18 มม.	50 – 85
600 ไมครอน	25 – 60
300 ไมครอน	10 – 30
150 ไมครอน	2 - 10

โดยได้กำหนดค่าโมดูลัสความละเอียด มีค่าอยู่ระหว่าง 2.3 – 3.1

ข) สมบัติทั่วไป (general characteristics)

มวลรวมละเอียด ต้องเป็นทรายธรรมชาติ ทรายที่ผลิตขึ้น (manufactured sand) หรือวัสดุผสม (combination) โดยยอมให้มีวัสดุเจือปนได้ตามตาราง 2.2

ตาราง 2.2 วัสดุเจือปนที่เป็นอันตรายต่อคอนกรีต

วัสดุเจือปน	วัสดุเจือปนร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่เกิน
1. ดินเหนียวหรือวัสดุอ่อน	3.0
2. วัสดุที่มีขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 200	
คอนกรีตที่ทนการขัดสี	3.0
คอนกรีตทั่วไป	5.0
3. ถ่านหินและลิกไนต์	
คอนกรีตเปลือย	0.5
คอนกรีตทั่วไป	1.0

2.4.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไทย (มอก. 566-2528)

ก) ขนาดคละ (gradation)

มอก. 566-2528 ได้กำหนดให้มีการคละขนาดตามที่แสดงไว้ในตาราง 2.3 ซึ่งมีเขตการแบ่งขนาดเป็น I II III และ IV

ตาราง 2.3 มวลรวมละเอียด (มอก. 566-2528)

ขนาดตะแกรงร่อน	ส่วนที่ผ่านตะแกรง ร้อยละโดยน้ำหนัก			
	เขตการแบ่งขนาด			
	I	II	III	IV
9.5 มม.	100	100	100	100
4.75 มม.	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
2.36 มม.	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
1.18 มม.	30 – 70	55 – 90	75 – 100	90 – 100
600 ไมโครเมตร	15 – 34	35 – 59	60 – 79	80 – 100
300 ไมโครเมตร	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 – 50
150 ไมโครเมตร	0 - 10	0 - 30	0 - 40	0- 15

ข) ลักษณะทั่วไป

- มวลรวมคอนกรีตต้องแข็ง แน่น ทนทาน สะอาด ไม่มีส่วนผุกร่อน หรือวัชพืชเจือปนอยู่ ทั้งไม่ควรมีลักษณะแบนหรือยาว หรือพรุนที่มองเห็นได้ด้วยตา
- ไม่มีสารอินทรีย์เจือปนมากกว่ามาตรฐาน
- ต้องไม่มีวัสดุอันตรายเกินกว่าขีดจำกัดที่กำหนดไว้ในตาราง2.4

ตาราง2.4 ขีดจำกัดของวัสดุอันตราย

ลำดับที่	วัสดุอันตราย	ไม่เกินจำนวน ร้อยละโดยน้ำหนัก
1	ก้อนดินหรือสะเก็ดวัสดุอ่อน	3.0
2	วัสดุที่ผ่านตะแกรงร่อนขนาด 75 ไมโครเมตร	
	- มวลรวมสำหรับงานทนการขัดสี	3.0
	- มวลรวมสำหรับคอนกรีตทั่วไป	5.0
3	ถ่านหินและลิกไนต์	1.0

2.5 การกำเนิดทราย

ก่อนที่จะมีแหล่งทรายขนาดต่างๆ มีองค์ประกอบหลายอย่างที่ทำให้วัตถุต้นกำเนิดพัฒนากลายเป็นตะกอนทราย โดยที่การสะสมตัวของแหล่งทรายมักจะเกี่ยวข้องกับตะกอนที่เกิดจากการผุพังอยู่กับที่ (weathering) แล้วมีกระบวนการที่ทำให้ตะกอนเคลื่อนที่จากที่หนึ่งไปตกทับถมกันอีกที่หนึ่ง มักทำให้เกิดการแยกขนาดหรือชนิดของตะกอนขณะที่เกิดการเคลื่อนที่นั้น ตัวการที่ทำให้เกิดการพัดพาเหล่านี้ได้แก่ น้ำ ลม ธารน้ำแข็ง เป็นต้น แหล่งสะสมของตะกอนที่เกิดขึ้นอาจจำแนกตามลักษณะภูมิประเทศที่สะสมตัว เช่น แหล่งตะกอนน้ำพา (alluvial deposits) แหล่งเศษหินเชิงเขา (colluvial deposits) หรือจำแนกตามตัวการที่พัดพาตะกอนมาสะสม เช่น ดินลมหอบหรือดินเลิสส์ (loess) เป็นต้น

2.5.1 สิ่งที่มีอิทธิพลต่อการกำเนิดตะกอน

ตะกอนมีการกำเนิดแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ 5 ประการด้วยกัน ได้แก่

ก) วัสดุต้นกำเนิด (parent materials) หมายถึง สิ่งต่างๆ ที่เป็นอินทรียวัตถุหรือแร่ธาตุ ชนิดของวัตถุที่เป็นต้นกำเนิด โดยเฉพาะองค์ประกอบของวัตถุนั้น เป็นปัจจัยสำคัญมากทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อลักษณะ สมบัติ และวิวัฒนาการของดินที่สะสมตัวอยู่ในแหล่งต่างๆ โดยที่วัสดุต้นกำเนิดทรายที่สำคัญที่สุด ได้แก่ หินแกรนิต หินไนส์ นอกจากนั้น ได้แก่ หินทราย หินควอร์ตไซต์ เหล่านี้เป็นหินที่ประกอบด้วย แร่ควอรตซ์เป็นองค์ประกอบหลัก ที่จะมาสะสมตัวเป็นแหล่งทรายเมื่อเกิดการผุพังอยู่กับที่และถูกพัดพามาทับถม

ข) ลักษณะภูมิประเทศ (topography) หมายถึง รูปร่าง ลักษณะ ความลาดชัน และระดับความสูง - ต่ำของพื้นที่ การพัดพาตะกอนโดยตัวการต่างๆ เพื่อมาสะสมในที่ต่ำกว่านั้น ความลาดชันของภูมิประทศมีผลต่อความเร็วของน้ำในการพัดพาให้ตะกอนเคลื่อนที่ ทำให้เกิดการชะล้างและกัดกร่อน ซึ่งส่งผลต่อการตกสะสมตัวของตะกอน

ค) เวลา (time) ระยะเวลาในการผุพังอยู่กับที่ การกัดกร่อน และการพัดพามาสะสมตัวจนพัฒนาเป็นชั้นตะกอนที่ถึงขั้นสมบูรณ์แบบ (maturity) จะต้องใช้เวลาอันยาวนาน การเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่เกิดขึ้นในชั้นตะกอนจะค่อยดำเนินไปอย่างช้าๆ การใช้เวลามากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับสภาพความลาดชัน วัตถุต้นกำเนิด และภูมิอากาศ

ง) ลักษณะภูมิอากาศ (climate) มีความสำคัญต่อการกำเนิด และการพัฒนาแหล่งทรายมาก ทั้งทางตรงและทางอ้อม เนื่องจากเป็นองค์ประกอบที่เข้าไปเกี่ยวข้องกับการเกิดแหล่งทรายหรือดินต่างๆ ซึ่งได้แก่ ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และ ลม

จ) อิทธิพลของสิ่งมีชีวิต (role of organisms) กรดอินทรีย์ที่เกิดขึ้นจากซากพืช จะไปทำให้แร่ธาตุที่เป็นส่วนประกอบของหิน/วัสดุต้นกำเนิดของดินแตกแยกผุพัง ส่วนสัตว์นั้น มักมีผลทางกลศาสตร์เป็นส่วนใหญ่

2.5.2 การผุพังอยู่กับที่ (Weathering)

ทราย เป็นตะกอนที่เกิดจากการสลายตัวผุพังของหินหลายชนิด ทั้งหินอัคนี หินตะกอน และหินแปร แต่หินที่เกิดการสลายตัวผุพังแล้วสามารถให้ตะกอนทรายได้ดีคือหินแกรนิต เนื่องจากหินแกรนิต เป็นหินที่มีส่วนประกอบเป็นแร่ควอรตซ์อยู่มากและมีขนาดเม็ดโต เมื่อผุพังจึงให้ทรายในปริมาณมาก และทรายที่เป็นแร่ควอรตซ์นี้ เป็นแร่ที่คงทนต่อการกัดกร่อนได้สูง นอกจากหินแกรนิตแล้ว ตะกอนทรายอาจได้มาจากหินทราย ทั้งนี้ แร่ควอรตซ์ที่ประกอบเป็นหินทรายมักมีขนาดเล็กและอัดตัวกันไม่แน่น จึงผุพังง่ายเมื่อถูกพัดพา การกัดกร่อนที่เกิดขึ้นตามลำน้ำจะทำให้ทรายขนาดเม็ดเล็กกว่าทรายที่ได้จากหินแกรนิต ขนาด และส่วนประกอบของทราย จึงแปรผันไปตามระยะทางที่ถูกพัดพามา และลักษณะหินต้นกำเนิด

ตะกอนทรายที่เกิดสะสมตัวเป็นแหล่งทรายในประเทศไทย ส่วนมากเกิดขึ้นในยุคควอเทอร์นารี โดยมีอายุประมาณ 2 ล้านปีที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบัน กระบวนการทางธรณีวิทยา เช่น การผุพัง การกร่อน (erosion) ด้วยตัวการต่างๆ เช่น น้ำ ลม คลื่นทะเล จะทำให้หินต้นกำเนิดเปลี่ยนสภาพเป็นตะกอนทราย กรวด ดินเหนียว ตะกอนเหล่านี้ถูกพัดพามาสะสมตัวในที่ใหม่ ถ้าตะกอนทรายมีปริมาณมากกว่าตะกอนชนิดอื่นก็จะเป็นแหล่งทรายได้

การผุพังสลายตัวอยู่กับที่ เป็นกระบวนการขั้นแรกของการผุพังสลายตัวของหินที่เกิดบริเวณผิวและไม่ถูกเคลื่อนย้ายหรือพัดพา โดยการกระทำของอุณหภูมิ ลม น้ำฝน สิ่งมีชีวิต และการกระทำทางเคมี

การจำแนกลักษณะการผุพังอยู่กับที่ ตามกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาทางเคมีและรูปลักษณ์ของแร่ที่เกิดใหม่ เป็นการผุพังทางเคมี (chemical weathering) และกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพ เป็นการผุพังทางกายภาพ (physical weathering) ถึงแม้ว่าในทางทฤษฎีจะจำแนกกระบวนการทั้งสองออกจากกันอย่างชัดเจน แต่ในกระบวนการที่เกิดขึ้นจริงในธรรมชาติ มักจะไม่แสดงความแตกต่างหรือแบ่งแยกการทำงานอย่างชัดเจน ซึ่งผล

ของกระบวนการหนึ่งมักจะเป็นตัวส่งเสริม หรือช่วยให้เกิดอีกกระบวนการหนึ่งเสมอ เช่น หินที่เกิดการแตกหักซึ่งเป็นการผุพังอยู่ทางกายภาพ จะมีผลทำให้มีการผุพังอยู่กับที่ทางเคมีเกิดขึ้นด้วย เนื่องจากวัสดุที่แตกหักนั้นมีพื้นที่ผิวเพิ่มขึ้น สามารถส่งเสริมให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีมากขึ้นด้วย ในทางกลับกัน การที่หินมีการผุพังอยู่กับที่ทางเคมีที่เกิดขึ้นในรอยแตกขนาดเล็ก (micro fracture) ในเนื้อหิน จะทำให้หินนั้นมีความอ่อนแอและมีผลให้สามารถเกิดการแตกหักซึ่งเป็นการผุพังอยู่กับที่ทางกายภาพได้ง่ายขึ้น

ก) การผุพังทางกายภาพ (physical weathering)

เป็นกระบวนการที่หินถูกกระทำให้แตกหักลงเป็นเศษหินขนาดเล็ก โดยแรงกระทำทางกายภาพ ซึ่งแรงเหล่านี้เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเป็นหลัก เช่น การแข็งตัวของน้ำ (frost action) ผลจากความร้อน (thermal effect) การผุพังแบบพองออก (spheroidal weathering) ความไม่สมดุลของแรงกดดัน และ สิ่งมีชีวิต

ข) การผุพังทางเคมี(chemical weathering)

เป็นกระบวนการผุพังที่เกิดขึ้น โดยปฏิกิริยาทางเคมีอันซับซ้อน เนื่องมาจาก น้ำ ออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และกรดจากสิ่งมีชีวิต ปฏิกิริยาทางเคมีต่างๆ จะไปเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบทางเคมีของแร่ในหินให้กลายเป็นแร่ชนิดใหม่ ที่เปลี่ยนไปทั้งขนาดและส่วนประกอบ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นมีปัจจัยที่เข้ามาเกี่ยวข้องอยู่หลายอย่าง ได้แก่ ลักษณะทางภูมิอากาศ หินและแร่ สิ่งมีชีวิต สภาพพื้นที่ และระยะเวลา ปฏิกิริยาทางเคมีที่สำคัญ เช่น สารละลายหรือการสลายตัว (solution or dissolution) ปฏิกิริยาไฮเดรชัน (hydration) ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (hydrolysis) และ ปฏิกิริยาคาร์บอเนชัน (carbonation)

2.5.3 ทรายจากหินอัคนี

Gilluly et al. (1960) กล่าวถึง การผุพังของหินแกรนิต หรือหินแกรโนไดออไรต์ (granodiorite) ซึ่งเป็นหินต้นกำเนิดทรายที่สำคัญ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในแร่หลักต่างๆ มีดังต่อไปนี้

ก) แร่ควอรตซ์ เป็นแร่ที่ทนทานต่อปฏิกิริยาทางเคมีค่อนข้างสูง เกือบจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง ยกเว้นการเปื้อนสี และการแตกหัก มีปฏิกิริยากับกรดบ้างแต่ช้ามาก ดังเห็นได้จากอนุกรมปฏิกิริยาของโบเวน (Bowen's reaction series)

ข) แร่โพแทสเซียม เฟลด์สปาร์ (potassium feldspar)

$$2KAlSi_3O_8 + H_2CO_3 + nH_2O \rightarrow K_2CO_3 + Al_2(OH)_2Si_4O_{10}.nH_2O + 2SiO_2$$

โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ กรดคาร์บอนิค น้ำ โพแทสเซียมคาร์บอเนต แร่ดิน ซิลิกา

ค) แร่แพลจิโอเคลส (plagioclase)

$$CaAl2Si_2O_8.2NaAlSi_3O_8 + 4H_2CO_3 + 2(nH_2O) \rightarrow Ca(HCO_3)_2 + 2NaHCO_3 + 2Al_2(OH)_2Si_4O_{10}.nH_2O$$

อะนอไทต์ แอลไบต์ กรดคาร์-บอนิค น้ำ แคลเซียมไบ-คาร์บอเนต โซเดียมไบ-คาร์บอเนต แร่ดิน

ง) แร่ไบโอไทต์ (biotite)

$$2KMg_2Fe(OH)_2AlSi_3O_{10} + O_2 + 10H_2CO_3 + nH_2O \rightarrow 2KHCO_3 +$$

ไบโอไทต์ ออกซิเจน กรดคาร์บอนิค น้ำ โพแทสเซียมไบคาร์บอเนต

$$4Mg(HCO_3)_2 + Fe_2O_3.H_2O + Al_2(OH)_2Si_4O_{10}.nH_2O + 2SiO_2 + 5H_2O$$

แมกนีเซียม ไบคาร์บอเนต อิลเมไนต์ แร่ดิน ซิลิกา น้ำ

จะเห็นได้ว่า แร่ควอรตซ์ เป็นแร่เพียงชนิดเดียวที่คงทน และจะคงเหลืออยู่มาก ภายหลังจากกระบวนการผุพังทางเคมี ส่วนแร่เฟลด์สปาร์จะเกิดการผุสลาย

2.6 กระบวนการธารน้ำพา (Fluvial Process)

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ มุ่งเน้นเฉพาะแหล่งทรายที่เกิดจากน้ำจืด หรือเป็นแหล่งทรายที่เกิดสะสมตัวจากกระบวนการธารน้ำพา ซึ่งหลังจากมีตะกอนที่เกิดจากการผุพังอยู่กับที่จากหินต้นกำเนิดทราย เช่น หินแกรนิต หรือหินทราย ฯลฯ จากนั้นก็ถึงกระบวนการที่ตะกอนเหล่านี้ถูกพัดพามาสะสมตัวในบริเวณที่ราบ ที่ลุ่มต่างๆ ส่วนใหญ่เป็นการสะสมตัวจากกระบวนการที่เกิดจากน้ำไหล เป็นตัวพัดพาตะกอนทรายเหล่านั้นมา การกระทำของน้ำไหล เป็นกระบวนการเกลี่ยผิวของแผ่นดินที่สำคัญที่ปรากฏขึ้นมาบนผิวโลก ที่เริ่มจาก การกร่อน การพัดพา และการทับถม ซึ่งการกระทำของน้ำไหลจะได้ผลมากน้อยขึ้นอยู่กับ ความแข็งของหินดานในบริเวณนั้นๆ ชนิดของพืชพันธ์ที่ปกคลุม ปริมาณและความรุนแรงของการไหลของน้ำ และสภาพทั่วไปของดิน การทำงานของลำธาร แม่น้ำ ที่มีต่อภูมิประเทศ ประกอบด้วย

2.6.1 การกร่อน

การกร่อน หรือการกัดเซาะของทางน้ำที่กระทำต่อท้องน้ำหรือตลิ่งทั้งสองข้าง มีได้ 2 ลักษณะใหญ่ๆ คือ การครูดถู (abrasion or corrasion) และการกร่อนสลายตัว (corrosion)

2.6.2 การพัดพา

ความสามารถของธารน้ำไหลในการกัดกร่อน และพัดพาตะกอนดินและเศษหิน ขึ้นอยู่กับความ เร็วของน้ำ และขนาดอนุภาค ความเร็วของน้ำที่ต้องใช้ในการกัดกร่อนจะมากกว่าความเร็วของน้ำในการพัดพา ขณะที่ความเร็วของน้ำลดลงมาจนถึงระดับหนึ่ง การตกตะกอนทับถมก็จะเกิดขึ้น การไหลของน้ำสามารถพัดพาวัตถุต่างๆได้ 3 แบบด้วยกัน คือ

ก) วัตถุพัดพาในสภาพสารละลาย (dissolved load or solution)

ข) วัตถุพัดพาในสภาพสารแขวนลอย (suspension load)

ค) วัตถุพัดพาไปตามพื้นท้องน้ำ (bed load or traction load)

2.7 การทับถมของตะกอนธารน้ำพา (Fluvial Deposition)

Summerfield (1991) กล่าวว่า ตะกอนขนาดต่างๆ ที่ถูกพัดพามาโดยน้ำในธารน้ำจะเริ่มมีการตกจมสะสมตัวในบริเวณพื้นของร่องน้ำที่ความเร็วของน้ำจุดหนึ่ง ที่เรียกว่า ความเร็วตกจม (fall velocity) ซึ่งเป็นฟังก์ชันที่เกี่ยวข้องกับ ความถ่วงจำเพาะ ขนาดและรูปร่างของอนุภาคตะกอน และเกี่ยวข้องกับความหนืดและความถ่วงจำเพาะของของเหลวที่เป็นตัวการพัดพา ขณะที่ความเร็วการไหลของน้ำลดลงตะกอนขนาดใหญ่จะเริ่มตกตะกอนก่อน โดยที่ตะกอนขนาดเล็กกว่ายังคงเคลื่อนที่ไปตามน้ำ ความแตกต่างของการตกจมสะสมตัวของวัตถุที่ถูกพัดพามานี้จะทำให้เกิดการคัดขนาดของตะกอนมากขึ้นเรื่อยๆ

สง่า ตั้งชวาล (2541) กล่าวว่า การทับถมของตะกอนไม่ใช่หน้าที่โดยตรงของการกระทำของทางน้ำ แต่ตะกอนหรือวัตถุที่น้ำพามา อาจจะตกสู่ท้องน้ำ ตามลำธาร แม่น้ำ หรือปากน้ำ เนื่องจากพลังงานในการพัดพาลดลง หรือปริมาณน้ำลดลง หรือปริมาณของตะกอนเพิ่มขึ้นมากจนเกินความสามารถของแม่น้ำลำธารที่จะพัดพาต่อไป จึงทำให้เกิดการทับถมของตะกอนขึ้น ขนาดของตะกอนที่ทับถมบริเวณท้องน้ำหรือบริเวณต้นน้ำจะมีขนาดใหญ่ และจะมีขนาดเล็กลงตามลำดับจากต้นน้ำไปจนถึงปากแม่น้ำลำธาร

2.8 ทางน้ำเชิงธรณีสัณฐานวิทยา(Geomorphological Drainage)

2.8.1 ลักษณะแอ่งลุ่มน้ำ(Drainage basin characteristics)

แอ่งลุ่มน้ำ (drainage basin) คือ บริเวณพื้นที่ที่ล้อมรอบด้วยสันปันน้ำ เป็นพื้นที่รองรับน้ำหรือน้ำหยาดฟ้า (precipitation) ที่ตกลงมาและไหลสู่ระบบการระบายน้ำหรือแหล่งกักเก็บน้ำ มีความหมายเหมือนกับ คำว่า พื้นที่ทางน้ำ (drainage area) และ พื้นที่รับน้ำ (catchment area) ที่ใช้ในงานวิศวกรรมที่เกี่ยวกับการควบคุมแม่น้ำ (river control engineering) และคำว่า watershed ในงานด้านวิศวกรรมการประปา (water supply engineering)

Summerfield (1991) กล่าวว่า บริเวณแอ่งลุ่มน้ำ เป็นหน่วยพื้นฐานของวิชาธรณีสัณฐานวิทยาธารน้ำไหล (fluvial geomorphology) โดยปกติบริเวณแอ่งลุ่มน้ำเป็นพื้นที่ที่แบ่งออกจากกันอย่างเด็ดขาดจากบริเวณใกล้เคียงด้วยสันปันน้ำ (drainage divides) ที่ภายในแอ่งมีการไหลของน้ำบริเวณพื้นผิวและใกล้พื้นผิวพร้อมๆ กับการพัดพาตะกอน และสารที่ละลายมากับน้ำ การเคลื่อนย้ายมวลสารเหล่านี้ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับภูมิประเทศทั้งเพิ่มและลด

ขนาดของบริเวณลุ่มน้ำ มีอิทธิพลต่อปริมาณของน้ำที่แอ่งรับไว้ ความยาว รูปร่าง และความสูงต่ำของพื้นดิน (relief) มีผลต่ออัตราการไหลของน้ำและปริมาณตะกอน รูปลักษณ์และการขยายตัวของทางน้ำไหลมีผลต่อปริมาณตะกอนและอัตราของน้ำที่ได้รับจากบริเวณลุ่มน้ำ

ความหนาแน่นของทางน้ำ หรือความยาวทั้งหมดของร่องน้ำต่อหน่วยพื้นที่ ในบริเวณลุ่มน้ำนั้นๆ ที่แสดงถึงปริมาณฝนตกและปริมาณน้ำที่ซึมลงไปในดิน/หิน และสามารถที่จะนำไปสู่การอธิบายลักษณะทางกายภาพของบริเวณลุ่มน้ำ ในขณะเดียวกันก็จะได้ข้อมูลเกี่ยวกับการกัดกร่อนโดยทางน้ำ ในพื้นที่นั้น ปัจจัยที่มีผลต่อความหนาแน่นของทางน้ำ ได้แก่ ชนิดของหิน รอยแตก ริ้วขนาน (foliation) ชนิดของดิน ความสูงต่ำของพื้นที่ พืชพันธุ์ ปริมาณและความถี่ของฝนตก และอัตราการระเหย

2.8.2 แบบรูปทางน้ำ (Drainage pattern)

รูปลักษณ์ของทางน้ำมีอยู่หลากหลายแบบรูป ซึ่งรูปลักษณ์ดังกล่าวจะเป็นอย่างไรนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของหิน โครงสร้างทางธรณีวิทยา ลักษณะทางภูมิอากาศ และระยะเวลาในการกัดกร่อน อย่างไรก็ตาม ก็มีการจำแนกลักษณะแบบรูปทางน้ำเหล่านี้ออกมาเพื่อให้ง่ายแก่การอธิบาย

ถึงแม้ว่าในธรรมชาติจริงๆ แล้ว แบบรูปทางน้ำนั้นไม่ได้สมบูรณ์แบบอย่างที่จำแนกไว้ ซึ่งแบบรูปพื้นฐาน (ภาพประกอบ 2.2) ได้แก่

ก) แบบรูปทางน้ำขนาน (parallel pattern) ทางน้ำส่วนใหญ่วางตัวอยู่ในแนวที่ขนานหรือเกือบขนานกัน แสดงถึงลักษณะพื้นที่ที่มีหินที่มีโครงสร้างการวางตัวเอียงสม่ำเสมอกัน หรือในพื้นที่ที่มีสภาพทางธรณีวิทยาแบบเดียวกัน

ข) แบบรูปทางน้ำกิ่งไม้ (dendritic pattern) เป็นแบบรูปที่พบทั่วไปมีทางน้ำหลายสาขาไหลมาลงทางน้ำสายใหญ่ ทำให้มีลักษณะคล้ายกิ่งก้านสาขาของต้นไม้ มักเกิดในบริเวณที่หินรองรับมีความทนทานต่อการกร่อนใกล้เคียงกัน และไม่ขึ้นอยู่กับอิทธิพลของโครงสร้างทางธรณีวิทยา

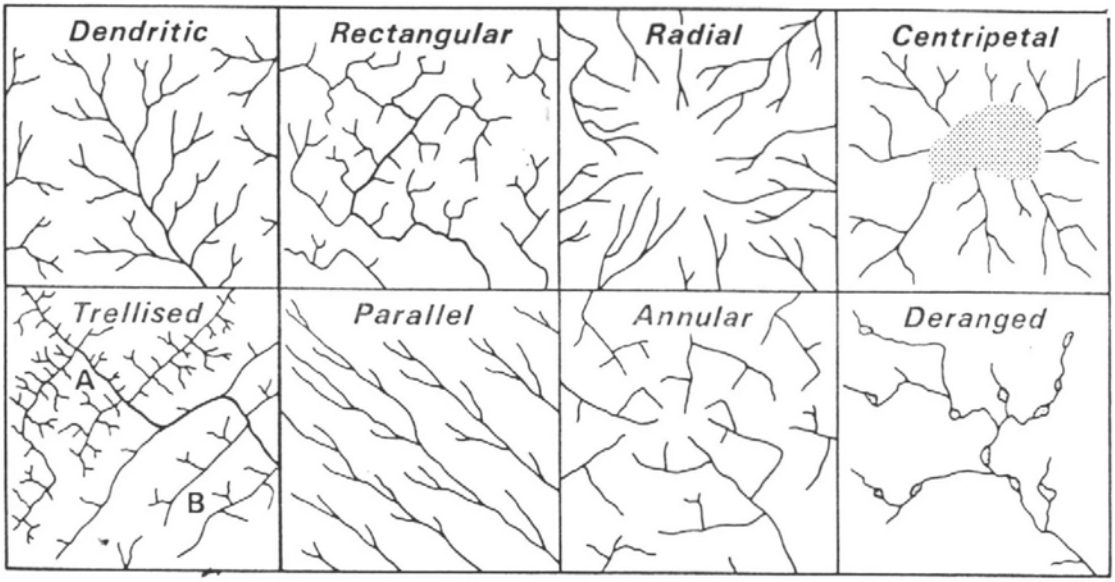
ค) แบบรูปทางน้ำร้านเถาองุ่น (trellis pattern) เป็นทางน้ำที่มีสายใหญ่หลายสายไหลขนานกัน โดยมีทางน้ำสาขาไหลมาบรรจบในแนวตั้งฉากกับทางน้ำสายใหญ่ และทางน้ำสาขานั้นๆ ยังแตกแขนงออกไปในแนวตั้งฉาก ซึ่งไหลขนานกับทางน้ำสายใหญ่ด้วย ทางน้ำเหล่านี้จะเกิดในบริเวณที่มีชั้นหินแข็งสลับกับชั้นหินเนื้ออ่อน ในแถบเทือกเขาคดโค้งหรือแถบที่มีชั้นหินเอียงเท ถ้าเกิดตามรอยเลื่อนเรียกว่า แบบรูปทางน้ำร้านเถาองุ่นตามรอยเลื่อน (fault trellis pattern)

ง) แบบรูปทางน้ำตั้งฉาก (rectangular pattern) เป็นแบบรูปทางน้ำที่มีทางน้ำประธานและลำน้ำสาขาบรรจบกันเป็นมุมฉากหลายๆ แห่ง เนื่องมาจากทางน้ำไหลมาตามรอยแยก (joint) หรือรอยเลื่อน ทำให้มีรูปลักษณะคล้ายสี่เหลี่ยมผืนผ้า

จ) แบบรูปทางน้ำรัศมี (radial pattern) มีทิศทางการไหลของทางน้ำออกจากศูนย์กลางคล้ายรัศมี มักเกิดบริเวณที่พื้นที่ตรงกลางสูง โดยเฉพาะโครงสร้างรูปโดมที่เกิดใหม่ๆ ยังไม่มีการกร่อน หรือพื้นที่กรวยภูเขาไฟ หากเป็นพื้นที่รูปโดมที่มีการกร่อนจนเป็นแอ่งบนโดม จะเกิดทางน้ำเป็นแบบรูปทางน้ำสู่ศูนย์กลาง

ฉ) แบบรูปทางน้ำสู่ศูนย์กลาง (centripetal pattern) ทางน้ำมีทิศทางการไหลเข้าสู่ศูนย์กลางแอ่ง ลักษณะเช่นนี้อาจแสดงว่าแอ่งดังกล่าวเป็นปล่องหรือแอ่งภูเขาไฟ แอ่งโครงสร้างแอ่งบนโดม หรือหลุมยุบ (sink hole)

ช) แบบรูปทางน้ำสับสน (deranged pattern) ทางน้ำมีลักษณะไม่เป็นระบบอาจมีบางแห่งที่ลำธารไหลลงในหนองหรือบึง มักเกิดในบริเวณที่ปกคลุมด้วยสิ่งตกจมจากธารน้ำแข็ง



ภาพประกอบ 2.2 ลักษณะแบบรูปทางน้ำต่างๆ

(ที่มา : Gregory and Walling, 1973)

2.8.3 ธรณีสัณฐานตะกอนธารน้ำพา (Fluvial depositional landforms)

การทับถมของตะกอนโดยธารน้ำพา ส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในบริเวณท้องน้ำหรือพื้นของหุบเขา เนื่องจากเป็นที่ซึ่งมีความลาดเอียงต่ำ เป็นจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงของความลาดเอียงอย่างมีนัยสำคัญ หรือที่ซึ่งการไหลของทางน้ำมีการแผ่ออกกว้างขึ้น ความลึกและความเร็วของทางน้ำลดลงตามลำดับ ถ้าหากจำแนกแบบของลักษณะของแหล่งสะสมตะกอนหลักๆ ตามจุดที่เกิดการทับถม สามารถจำแนกออกได้ใน 4 แบบ คือ แหล่งสะสมทางน้ำ (channel deposits) และแหล่งสะสมบริเวณขอบทางน้ำ (channel margin deposits) ซึ่งเป็นการสะสมตะกอนตามยาวของทางน้ำ แหล่งสะสมล้นฝั่ง (overbank deposits) เกิดขึ้นเมื่อทางน้ำเต็มและล้นตลิ่งออกมาทำให้เกิดการสะสมของตะกอนขนาดเล็ก และ แหล่งสะสมบริเวณขอบหุบเขา (valley margin deposits) ที่ซึ่งมีการสะสมตัวของตะกอนบริเวณฐาน หรือพื้นของบริเวณลาดชันหุบเขา (valley slope)

การทับถมของตะกอนที่เกิดจากธารน้ำพา ทำให้เกิดลักษณะธรณีสัณฐานต่างๆ ขึ้นมาหลายแบบ ที่สำคัญ ได้แก่

ก) ที่ราบน้ำท่วมถึง (flood plains)

เป็นที่ราบที่ปรากฏอยู่ตามสองฝั่งทางน้ำ (ภาพประกอบ 2.3) เกิดขึ้นเมื่อปริมาณน้ำที่พัดพาเอาตะกอนมานั้นมีมากเกินกว่าที่ร่องน้ำจะรับได้จึงไหลเอ่อล้นไปยังที่ราบสองฝั่งทางน้ำ ทำให้เกิดการตกตะกอนขึ้นเมื่อความเร็วกระแสน้ำลดลง ตะกอนที่ทับถมบริเวณใกล้ฝั่งของลำน้ำจะมีปริมาณมากกว่าและหยาบกว่าบริเวณที่ห่างออกไป ทำให้เกิดลักษณะภูมิประเทศที่สูงต่ำไม่เท่ากัน โดยจะเกิดเป็นคันดินสูงในบริเวณใกล้ฝั่งขนานไปกับลำน้ำ ซึ่งเรียกว่า คันดินธรรมชาติ (natural levee) และบริเวณที่ราบที่อยู่ลึกจากชายฝั่งของลำน้ำเข้าไป มีการสะสมตัวของตะกอนน้อยและมีระดับต่ำ ทำให้เกิดเป็น ที่ลุ่มหลังคันดิน (back swamp) ในบริเวณนี้อาจมีลำธารเล็กๆ ไหลขนานไปกับลำน้ำสายหลักเป็นระยะทางไกล เนื่องจากมีคันดินธรรมชาติกั้นอยู่ ก่อนวกเข้ามารวมกับลำน้ำสายหลักในจุดที่คันดินนั้นอยู่ในระดับต่ำ เรียกทางน้ำนี้ว่า ธารน้ำยาซู (yazoo stream)

ข) เนินตะกอนน้ำพารูปพัด (alluvial fan)

เป็นเนินตะกอนที่เกิดจากการสะสมตัวของตะกอน ในบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงระดับของทางน้ำจากหุบเขาชันลงสู่ที่ราบ ซึ่งทำให้ความเร็วของกระแสน้ำลดลง จนไม่สามารถนำพาตะกอนบางส่วนต่อไปได้ ตะกอนดังกล่าวจึงตกสะสมในลักษณะที่แยกกระจายออกไปรอบข้างเป็นรูปพัด (ภาพประกอบ 2.4)

ภาพประกอบ 2.3 ที่ราบน้ำท่วมถึง ทางน้ำ โค้งตวัดและทะเลสาบรูปแอก
(ที่มา : Plummer and McGeary, 1988)

ภาพประกอบ 2.4 เนินตะกอนน้ำพารูปพัด (ที่มา : Lillesand and Kiefer, 1994)

ภาพประกอบ 2.5 ดินดอนสามเหลี่ยม (ที่มา : Plummer and McGeary, 1988)

ค) ทางน้ำโค้งตวัด (meander) และทะเลสาบรูปแอก (oxbow lake)

ทางน้ำโค้งตวัด (meander) เป็นลำน้ำที่โค้งไปโค้งมาแลดูคล้ายเส้นเชือกที่วางขดไว้เป็นหยักๆ เป็นลักษณะของทางน้ำที่มักพบอยู่ในบริเวณที่ธารน้ำไหลผ่านในบริเวณพื้นที่ค่อนข้างราบ การกัดเซาะในทางลึกมีน้อยกว่าในทางข้าง กระแสน้ำที่ไหลมาปะทะตลิ่งข้างหนึ่งจะค่อยๆ กัดเซาะตลิ่งด้านนั้นให้พังทลายไปทีละน้อยๆ ในขณะเดียวกันตลิ่งด้านที่อยู่ตรงข้ามจะเกิดการทับถมงอกยื่นออกมา เรียก บริเวณทับถมนี้ว่า แหล่งแหลมยื่น (point bar deposits) นานๆ เข้าทางน้ำจึงโค้งมากขึ้น บางครั้งก็โค้งตวัดจนเกือบจะประชิดกัน ถ้าหากประชิดกันมากกระแสน้ำอาจกัดเซาะตรงคอคอดให้ขาดเป็นลำน้ำตัดตรงไป ส่วนที่โค้งอ้อมนั้นกลายเป็นบึงโค้งหรือทะเลสาบรูปแอก บึงโค้งนี้ต่อมาจะมีตะกอนทับถมจนกลายเป็นที่ราบน้ำท่วมถึง โดยที่จะทิ้งร่องรอยบึงโค้งไว้ให้เห็นอย่างเลือนลาง เรียก รอยรูปแอก (oxbow scar) (ภาพประกอบ 2.3)

ง) ดินดอนสามเหลี่ยม (deltas) เป็นการทับถมของเม็ดดินเหนียว ทรายแป้ง ทราย หรือกรวดที่ลำน้ำพัดพามาทับถมไว้บริเวณปากน้ำ จะทำให้เกิดพื้นดินงอกสูงขึ้นจากระดับน้ำทะเลขึ้นมา (ภาพประกอบ 2.5)

จ) ตะพักลุ่มน้ำ (alluvial terrace)

เป็นที่ราบที่มีลักษณะเป็นขั้นๆ ข้างตลิ่ง เกิดจากทางน้ำที่ตะกอนตกจมทับถมจนกลายเป็นที่ราบลุ่มน้ำ แล้วต่อมากระแสน้ำไหลแรงและสามารถกัดเซาะที่ราบลุ่มน้ำจมต่ำลง จึงทำให้ที่ราบลุ่มส่วนที่เหลืออยู่สูงกว่าท้องน้ำใหม่ (ภาพประกอบ 2.6)

ภาพประกอบ 2.6 ตะพักลุ่มน้ำ ภาพประกอบ 2.7 ทางน้ำประสานสาย

(ที่มา : Plummer and McGeary, 1988)

ฉ) ทางน้ำประสานสาย (braided stream)

ธารน้ำสายหนึ่งในช่วงที่แตกออกเป็นช่องเล็กๆ หลายร่อง ไหลประสานกันไปมา ทั้งแยกจากกันและเชื่อมโยงกันเข้าคล้ายเปียถัก ธารน้ำแบบนี้เกิดเนื่องจากท้องน้ำตอนนั้นเกิดตื้นเขิน เพราะมีตะกอนกรวดทรายมาทับถมกันมาก ทำให้น้ำไหลไม่สะดวก จึงเกิดไหลแยกเป็นร่องน้ำต่างๆ (ภาพประกอบ 2.7)

2.9 รูปถ่ายทางอากาศ (Aerial Photograph)

รูปถ่ายทางอากาศ คือ รูปที่ได้จากการถ่ายจากอากาศยาน เช่น บอลลูน เครื่องบิน เฮลิคอปเตอร์ หรือยานอวกาศ เป็นต้น

ก่อนที่จะทำการแปลความหมายรูปถ่ายทางอากาศ ควรมีการจัดเตรียมและศึกษาข้อมูลพื้นฐานที่อยู่ในพื้นที่ศึกษาวิจัย ซึ่งได้แก่ ข้อมูลทางด้านอุตุนิยมวิทยา ลักษณะป่าไม้ที่ปกคลุม สิ่งก่อสร้างทางด้านวัฒนธรรม ประเพณี ลักษณะภูมิประเทศ ธรณีวิทยา ปฐพีวิทยา และอุทกวิทยา ส่วนประกอบพื้นฐานดังกล่าว มีผลต่อการแปลความหมายรูปถ่ายทางอากาศทั้งที่เป็นภาพขาว-ดำ หรือภาพสี ตัวอย่างเช่น การแสดงลักษณะต่างๆ ของดินถูกควบคุมโดยตรงจากปริมาณน้ำฝน และจากอิทธิพลทางอ้อมของอุณหภูมิ ความเร็วลม และการปกคลุมของเมฆ ชนิดและรูปแบบของป่าไม้ตามธรรมชาติ มักจะบ่งชี้ถึงความแตกต่างของดินทั้งที่เป็นดินที่เกิดจากการพัดพาหรือเกิดอยู่กับที่ ลักษณะธรณีวิทยา ลักษณะภูมิประเทศ และแบบรูปทางน้ำ (Seigal and Gillespie, 1980)

2.9.1 ปัจจัยที่ช่วยในการแปลความรูปถ่ายทางอากาศ

ความสามารถในการแปลความรูปถ่ายของบุคคลใดๆ นั้น จะดีมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ (สรรค์ใจ กลิ่นดาว, 2534) ได้แก่

ก) ความคมชัดของภาพ ซึ่งเกี่ยวข้องกับ ชนิดของฟิล์มที่ใช้ มาตราส่วน เลนส์ของกล้องถ่ายรูป และฤดูกาลที่ถ่าย

ข) ความรู้และประสบการณ์ของผู้แปลความ รูปถ่ายทางอากาศจะประกอบด้วยข้อมูลอย่างมากมาย การแแปลความเพื่อนำข้อมูลออกมาใช้ประโยชน์ต้องอาศัยความรู้เฉพาะด้านของผู้แปลความเป็นหลัก เช่น นักธรณีวิทยาจะสามารถตรวจพบโครงสร้างทางธรณีวิทยาหรือจำแนกชนิดของหินได้ แต่จะไม่สามารถตีความข้อมูลทางด้านป่าไม้ได้ดีเท่านักวิชาการด้านป่าไม้ เป็นต้น

ค) ความรู้ ความคุ้นเคยในสภาพท้องถิ่นที่ปรากฏในรูปถ่ายของผู้แปลความ จะมีส่วนช่วยอย่างมากในการแปลความให้ถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น

2.9.2 การแปลความหมายรูปถ่ายทางอากาศ

องค์ประกอบหลักๆในการแปลความหมาย และประเมินลักษณะของพื้นที่จากรูปถ่ายทางอากาศ ภายใต้กล้องมองภาพสามมิติ (stereoscope) (Lillesand and Kiefer, 1994) เพื่อที่จะหาขอบเขตแหล่งทราย ได้แก่

ก) ลักษณะภูมิประเทศ

ลักษณะของพื้นที่ผิวดินที่ปรากฏให้เห็น และชั้นหินที่รองรับอยู่ด้านล่างนั้น จะแสดงลักษณะรูปแบบของภูมิประเทศเฉพาะตัว รวมทั้งขนาดและรูปร่าง โดยมักจะแบ่งแยกลักษณะภูมิประเทศที่เปลี่ยนไปบริเวณขอบเขต ที่แตกต่างกันระหว่างสองพื้นที่ เช่น ความสัมพันธ์กันระหว่างยอดเขาและหุบเขา ลักษณะความชันของภูมิประเทศต่างๆ เป็นต้น

ข) ลักษณะแบบรูปของทางน้ำ

ลักษณะแบบรูปและความหนาแน่นของทางน้ำ ที่มองเห็นจากรูปถ่ายทางอากาศ จะเป็นตัวชี้ถึงลักษณะธรณีสัณฐาน (landform) และหินดาน (bed rocks) ที่รองรับอยู่ รวมทั้งแสดงถึงลักษณะของดินและเงื่อนไขที่ทำให้เกิดทางน้ำในลักษณะนั้นๆ ลักษณะแบบรูปของทางน้ำที่พบมาก มีอยู่ 6 แบบ ตามที่กล่าวในข้อ 2.8.2

ค) การกร่อน

ร่องธาร (gullies) เป็นรูปลักษณ์ของทางน้ำที่เล็กที่สุดที่สามารถมองเห็นได้จากภาพ

ถ่ายทางอากาศ โดยอาจมีขนาดเล็กมากถึง 1 เมตร และยาวนับร้อยๆ เมตร ร่องธารที่เกิดขึ้นนี้เป็นผลมาจากการกัดกร่อนวัตถุบนพื้นผิวที่ยังไม่แข็งตัว โดยการกระทำของ “ น้ำไหลผ่าน ” ที่เป็นน้ำฝนส่วนที่เหลือจากการซึมลงในพื้นดิน ภาพตัดขวางของร่องธารที่ตัดผ่านชั้นทรายและกรวด จะมีลักษณะเป็นรูปตัววี “ V ” ถ้าร่องธารนั้นตัดเข้าไปในชั้นดินที่เป็นทรายแป้ง จะมีรูปร่างเป็นรูปตัวยู “ U ” และจะมีรูปร่างภาพตัดขวางโค้งมนและค่อนข้างราบ ในชั้นดินเหนียวปนทรายแป้งและชั้นดินเหนียว

ง) วรรณะสีของรูป (Photo tone)

ในที่นี้จะหมายถึง “ความสว่าง” (brightness) ในจุดใดๆ ของรูปถ่ายทางอากาศ ซึ่งไม่ได้ขึ้นอยู่กับลักษณะความสูงต่ำของภูมิประเทศเพียงอย่างเดียว แต่จะมีความเกี่ยวข้องกับสิ่งต่างๆ อีกหลายอย่าง เช่น ชนิดของฟิล์ม แผ่นกรองแสง การเปิดหน้ากล้อง กระบวนการล้างอัดภาพ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยภายนอก ได้แก่ ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ที่เป็นสภาพภูมิอากาศขณะถ่ายภาพ เช่น หมอก มุมของแสงอาทิตย์ เงาเมฆ เป็นต้น ในการประเมินลักษณะภูมิประเทศ ความแตกต่างของวรรณะสีภาพที่ใช้ในการวิเคราะห์นั้น จะใช้วิธีการดูค่าวรรณะสีสัมพัทธ์ (relative tone value) เพื่อให้สามารถแยกแยะความแตกต่างของรูปแบบทั้งหลายที่มีอยู่ในภาพถ่ายได้ โดยที่ไม่มีมาตรฐานสีที่แน่นอน แต่หลักการโดยทั่วไป วรรณะสีจาง (light tone) จะแสดงถึงวัสดุดินหยาบ ที่มีการระบายน้ำได้ดี ส่วนวรรณะสีเข้ม (dark tone) แสดงถึงวัสดุดินละเอียดที่ระบายน้ำไม่ดี

สีขาว (white) หรือความสว่างในรูปถ่ายฯ ชี้ให้เห็นว่า เป็นพื้นที่ที่ประกอบด้วยเม็ดหยาบ ระบายน้ำได้ดี ที่อาจเป็น ทรายหรือกรวด

สีเทาจาง (light gray) มักจะเป็นบริเวณพื้นที่ประกอบด้วย ดินที่ปนกันระหว่างตะกอนขนาดหยาบและละเอียด ค่อนข้างแห้ง มีอินทรีย์วัตถุปนอยู่เล็กน้อย

นอกจากนั้น ความสม่ำเสมอของวรรณะสี ยังแสดงถึงความสม่ำเสมอ (homogeneous) ของวัสดุดินหรือวัสดุหิน วรรณะสีสม่ำเสมอ แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงอย่างเล็กน้อยของความชื้นและเนื้อดินหรือหิน (texture) ส่วนวรรณะสีที่ไม่สม่ำเสมอ แสดงถึงความแตกต่างของสภาวะของดินหรือหินนั้นๆ

จ) พืชพันธุ์และการใช้ที่ดิน (Vegetation and land use)

ความแตกต่างของพืชพันธ์ที่มีอยู่ตามธรรมชาติและพืชพันธ์ที่มนุษย์ปลูกขึ้น มักจะบ่งชี้ถึงความแตกต่างของภูมิประเทศ เช่น แนวที่ปรากฏเนื่องจากพันธุ์ไม้ขึ้นเป็นทางยาวตามธรรมชาติ อาจแสดงถึงความแตกต่างของสองสิ่งที่มาสัมผัสอยู่ติดกันหรือเป็นแนวของรอยเลื่อน สวนผลไม้มักอยู่ในบริเวณที่ดินระบายน้ำได้ดี ขณะที่การทำกสิกรรมมักอยู่ในบริเวณที่ที่ดินมีสาร

อินทรีย์สูง อย่างไรก็ตามในหลายๆ กรณี พืชพันธุ์และการใช้ที่ดิน จะมีผลทำให้เกิดการบดบังความแตกต่างของภูมิประเทศ ต้องพิจารณาอย่างรอบคอบในการแปลความ

ชนิดและรูปแบบของป่าไม้ตามธรรมชาติ มักจะบ่งชี้ถึงความแตกต่างของดินทั้งที่เป็นดินที่เกิดจากการพัดพาหรือเกิดอยู่กับที่ สมบัติต่างๆ ของดินที่ตกค้าง (residual soil) มีความสัมพันธ์โดยตรงกับหินดานที่รองรับอยู่ด้านล่าง ขณะที่ดินที่ถูกพัดพามาสะสมตัว (transported soils) จะแสดงถึงอิทธิพลของความโน้มถ่วง ลม น้ำ หรือ น้ำแข็ง

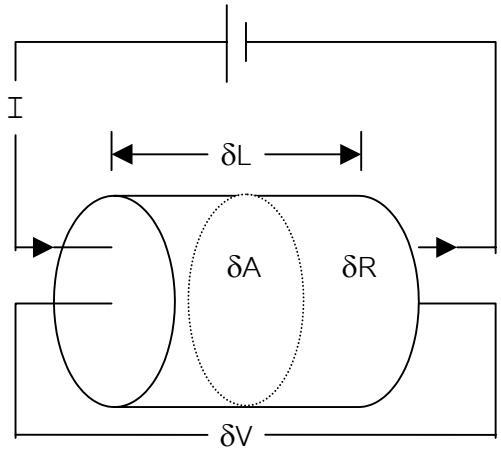
2.10 การสำรวจความต้านทานไฟฟ้า (Resistivity survey)

มีหลายวิธีในการสำรวจด้วยวิธีทางไฟฟ้า บางวิธีอาศัยสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ขณะที่บางวิธีก็ใช้กระแสที่สร้างขึ้นปล่อยลงไปในดิน วิธีการวัดค่าความต้านทางไฟฟ้า (resistivity method) ใช้ในการศึกษาความไม่ต่อเนื่องทางแนวราบและแนวดิ่งด้านสมบัติทางไฟฟ้าของพื้นดิน และสามารถที่จะให้รูปร่างที่เป็นสามมิติของบริเวณที่มีสภาพนำกระแสไฟฟ้าผิดปกติ (anomalous electrical conductivity) ซึ่งมักใช้ในงานการสำรวจทางด้านวิศวกรรมและอุทกธรณีวิทยา เพื่อตรวจหาสภาพทางธรณีวิทยาใต้ดินในระดับตื้น (shallow subsurface geology) วิธีการทางไฟฟ้า ใช้ประโยชน์ของไฟฟ้ากระแสตรง หรือไฟฟ้ากระแสสลับที่ความถี่ต่ำ เพื่อการสำรวจคุณสมบัติทางไฟฟ้าของชั้นดินที่อยู่ด้านล่าง

ในวิธีการสำรวจความต้านทานไฟฟ้า เป็นการวัดค่าความต้านทานทั้งหมด (bulk resistance) ของวัตถุในโลกที่กระแสไฟฟ้าเดินทางผ่าน โดยใช้วิธีการส่งกระแสไฟฟ้าที่สร้างขึ้นลงไฟยังพื้นดิน โดยผ่านทางขั้วไฟฟ้า 2 ขั้ว และทำการวัดค่าความต่างศักย์ (potential difference) ที่เกิดขึ้นบนผิวดิน การเบี่ยงเบนของค่าความต่างศักย์โดยตั้งอยู่บนสมมติฐานที่ชั้นดินแต่ละชั้นมีความเป็นเอกพันธ์ และสมบัติทางไฟฟ้าของชั้นดินแต่ละชั้นมีค่าต่างกัน

2.10.1 สภาพความต้านทางไฟฟ้าของหินและดิน

สภาพความต้านทานไฟฟ้าของวัตถุ กำหนดเป็นความต้านทานในหน่วยโอห์มระหว่างผิวด้านตรงข้ามของแท่งลูกบาศก์ที่มีขนาดหนึ่งหน่วย ในกรณีของทรงกระบอกตัวนำที่มีความต้านทาน δR มีความยาว δL และมีพื้นที่หน้าตัด δA (ภาพประกอบ 2.8) สภาพความต้านทานปรากฏ ρ โดย



ภาพประกอบ 2.8 ตัวแปรที่กำหนดในการสำรวจความต้านทานไฟฟ้า
(ที่มา : Kearey and Brooks, 1991)

$$\rho = (\delta R \cdot \delta A) / \delta L \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.1)$$

ในระบบ SI สภาพความต้านทานไฟฟ้ามีหน่วยเป็น โอห์ม-เมตร (Ω-m)

2.10.2 ค่าความต้านทานของวัตถุบนโลก

สภาพความต้านทานไฟฟ้าเป็นหนึ่งในสมบัติทางกายภาพ ที่มีความเปลี่ยนแปลงมาก แร่ เช่น โลหะธรรมชาติ และแกรไฟต์ จะมีการนำไฟฟ้าโดยผ่านทางเส้นทางการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน อย่างไรก็ตาม แร่ประกอบหินส่วนใหญ่เป็นฉนวนไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าส่วนใหญ่จะเคลื่อนที่ผ่านหิน โดยมีไอออนของสารละลายในน้ำที่แทรกตัวอยู่ในช่องว่าง ของหินเป็นตัวนำกระแส สภาพความพรุน (porosity) ของหินและความอิ่มตัวของของไหล (fluid saturation) จึงเป็นตัวควบคุมสภาพความต้านทานไฟฟ้าของหิน และความต้านทานไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นเมื่อความพรุนลดลง อย่างไรก็ตามในกรณีที่เป็นหินเนื้อผลึก (crystalline rocks) ที่มีความพรุนเล็กน้อยในบริเวณรอยต่อระหว่างเม็ดผลึก จะมีการนำไฟฟ้าตามรอยแยกหรือรอยแตกของหิน โดยทั่วไปค่าส 36
ความต้านทานไฟฟ้าของหินต่างชนิดกันมีส่วนที่ซ้อนเกยกัน (ภาพประกอบ 2.9) การพิจารณาวาคาความต้านทานที่วัดได้นั้นๆ เป็นหินชนิดใดจึงไม่สามารถตัดสินเจาะจงเด็ดขาดได้

ภาพประกอบ 2.9 พิสัยโดยประมาณของค่าสภาพความต้านทานไฟฟ้าของหินทั่วไป
(ที่มา : Kearey & Brooks, 1991)

2.10.3 การไหลของกระแสไฟฟ้าในพื้นดิน

เมื่อพิจารณาให้วัตถุนั้นๆ มีเนื้อเป็นเอกพันธ์ตามภาพประกอบ 2.8 มีกระแสไฟฟ้า I ไหลผ่านทรงกระบอกทำให้ศักย์ไฟฟ้าลดลง $-\delta V$ ระหว่างปลายของวัตถุนั้น

กฎของโอห์ม (Ohm's law) ได้ให้ความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ไฟฟ้า และความต้านทานไฟฟ้า ดังนี้คือ $-\delta V = -\delta RI$ และจากสมการ (1) จะได้ว่า

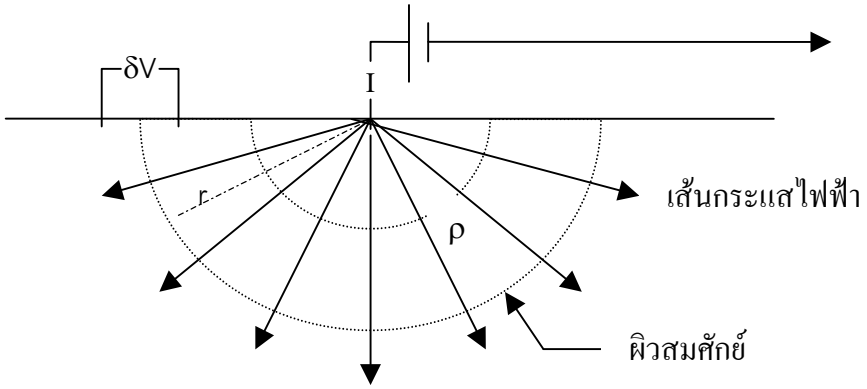
$$\delta V/\delta L = \rho I/\delta A = -\rho i \qquad \text{.....(2.2)}$$

เมื่อ $\delta V/\delta L$ แทน เกรเดียนท์ศักย์ที่ผ่านวัตถุ มีหน่วยเป็นโวลต์ต่อเมตร (Volt m^{-1})

i แทน ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า มีหน่วยเป็นแอมป์ต่อตารางเมตร (A m^{-2})

โดยทั่วไป ค่าความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าในทิศทางใดๆ ภายในวัตถุ จะกำหนดโดยอนุพันธ์ย่อย (partial derivative) ของศักย์ในทิศทางนั้นหารด้วยค่าความต้านทานไฟฟ้า

เมื่อพิจารณาในกรณีที่เป็นขั้วกระแสขั้วเดียว ที่อยู่บนพื้นผิวดินตัวกลางที่มีความต้านทานสม่ำเสมอ ρ (ภาพประกอบ 2.10) วงจรถูกทำให้ครบโดยที่กระแสไฟฟ้าไหลลงเป็นระยะทางไกลจากขั้วไฟฟ้าที่ปล่อยกระแส โดยจะไหลตามแนวรัศมีจากขั้วและกระจายสม่ำเสมอบนเปลือกทรงกลม (hemispherical shells) ที่มีจุดปล่อยกระแสเป็นจุดกึ่งกลาง



ภาพประกอบ 2.10 กระแสไฟฟ้าไหลจากขั้วไฟฟ้าเดี่ยวที่อยู่บนผิวดิน
(ที่มา : Kearey & Brooks, 1991)

ที่ระยะ r จากขั้วไฟฟ้า เปลือกครึ่งทรงกลมจะมีพื้นที่ผิว $2\pi r^2$ ดังนั้น ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า i จะถูกกำหนดโดย

$$i = I/2\pi r^2 \qquad \text{..... (2.3)}$$

จากสมการ (2.3) เกรเดียนท์ศักย์ (potential gradient) ที่เกี่ยวเนื่องอยู่กับความหนาแน่นของกระแส คือ

$$\partial V/\partial r = -\rho i = \rho I/2\pi r^2 \qquad \text{..... (2.4)}$$

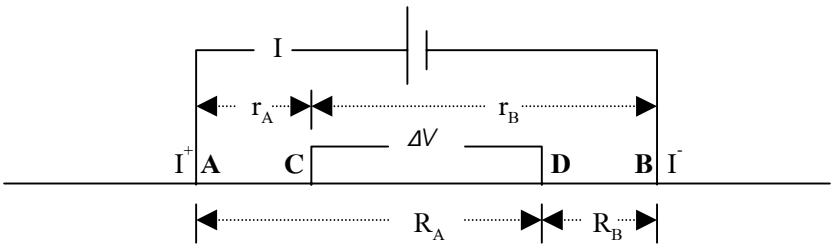
ดังนั้น ศักย์ V_r ที่ระยะ r จะได้จาก

$$V_r = \int \partial V = \int \rho I \partial r/2\pi r^2 = \rho I/2\pi r \qquad \text{.....(2.5)}$$

ค่าคงที่ของการอนุพันธ์ (integration) จะเท่ากับศูนย์, $V_r = 0$ เมื่อ $r = \infty$

สมการ (2.5) ใช้ในการคำนวณศักย์ไฟฟ้าที่จุดใดๆ ที่อยู่บนหรือใต้ผิวของตัวกลางเอกพันธ์ครึ่งทรงกลม เปลือกของรูปครึ่งทรงกลมในภาพประกอบ 2.10 แทนบริเวณผิวที่มีค่าศักย์ไฟฟ้าคงที่และเรียกว่า ผิวสมศักย์ (equipotential surfaces)

ถ้าพิจารณาในกรณีที่ซึ่งกระแสที่ปล่อยลงดิน (ขั้วลบ) อยู่ในระยะทางที่จำกัดจากแหล่งกำเนิด (ขั้วบวก) (ภาพประกอบ 2.11) ศักย์ไฟฟ้า V_C ที่ขั้วไฟฟ้าศักย์ C เป็นผลรวมของศักย์ไฟฟ้า V_A และ V_B จากขั้วไฟฟ้าบวกที่ A และขั้วไฟฟ้าลบที่ B ตามลำดับ



ภาพประกอบ 2.11 รูปแบบทั่วไปของการจัดขั้วไฟฟ้าที่ใช้ในการสำรวจความต้านทานไฟฟ้า

$$V_C = V_A + V_B$$

จากสมการที่ (5) จะได้

$$V_C = (1/r_A - 1/r_B)\,\rho I/2\pi \qquad \text{.....(2.6)}$$

ในทำนองเดียวกัน

$$V_D = (1/R_A - 1/R_B)\,\rho I/2\pi \qquad \text{.....(2.7)}$$

ดังนั้นค่าความต่างศักย์ ΔV ระหว่างขั้วไฟฟ้าทั้งสองคือ C และ D หาได้ดังนี้

$$\Delta V = V_C - V_D = \{(1/r_A - 1/r_B) - (1/R_A - 1/R_B)\}\rho I/2\pi$$

นั่นคือ $$\rho = 2\pi\Delta V / I\{(1/r_A - 1/r_B) - (1/R_A - 1/R_B) \qquad \text{.....(2.8)}$$

บริเวณใดที่ชั้นดินมีความสม่ำเสมอ สภาพความต้านทานไฟฟ้าที่คำนวณได้จากสมการ (2.8) จะมีค่าคงที่และจะไม่ขึ้นกับทั้งระยะระหว่างขั้วไฟฟ้าทั้งสอง และตำแหน่งบนพื้นผิว อย่างไรก็ตาม เมื่อชั้นใต้ดินมีความไม่สม่ำเสมอ ค่าความต้านทานไฟฟ้าจะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า ค่าที่คำนวณได้เรียกว่า สภาพความต้านทานไฟฟ้าปรากฏ (apparent resistivity, ρ_a) ซึ่งสมการที่ (2.8) เป็นสมการพื้นฐานที่ใช้คำนวณสภาพความต้านทานปรากฏ สำหรับการจัดกระบวนขั้วไฟฟ้า (electrode configuration) แบบใดๆ

ในกรณีที่พื้นดินมีความเป็นเอกพันธ์ กระแสสามารถทะลุทะลวงได้เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มระยะระหว่างขั้วกระแสไฟฟ้า ภาพประกอบ 2.12 แสดงสัดส่วนของกระแสไฟฟ้าที่ไหลอยู่ภายใต้ความลึกที่กำหนด Z ที่เป็นอัตราส่วนกับระยะระหว่างขั้วไฟฟ้า L กับความลึกที่เพิ่มขึ้น เมื่อ L = Z ประมาณ 30 % ของกระแส ไหลอยู่ใต้ความลึก Z และ เมื่อ L = 2Z ประมาณ 50 % ของกระแสไฟฟ้าไหลอยู่ใต้ความลึก Z ต้องเลือกระยะระหว่างขั้วไฟฟ้ากระแสที่เหมาะสม เพื่อทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลในความลึกที่ต้องการ และอย่างน้อยควรให้ระยะระหว่างขั้วไฟฟ้าเท่ากับความลึกที่ต้องการ

ภาพประกอบ 2.12 เศษส่วนของกระแสที่ไหลทะลุทะลวงใต้ความลึก Z สำหรับระยะระหว่างขั้วกระแส (ที่มา : Kearey & Brooks, 1991)

2.10.4 ระเบียบวิธีปฏิบัติในการสำรวจความต้านทานไฟฟ้า

มีวิธีปฏิบัติ 2 แบบ คือ

ก) การหยั่งทางไฟฟ้าในแนวดิ่ง (vertical electrical sounding; VES)

ใช้ในการศึกษารอยต่อของชั้นดินที่วางตัวอยู่ในแนวราบหรือเกือบราบ ขั้วกระแสไฟฟ้าและขั้วศักย์มีการขยายออกไปในระยะห่างที่สัมพันธ์กัน โดยมีจุดกึ่งกลางที่แน่นอนไม่เปลี่ยนแปลง ผลของค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือ แสดงถึงค่ากระแสที่ไหลลงไปถึงระดับลึกมากขึ้น เมื่อมีการขยายขั้วกระแสไฟฟ้ามากขึ้น เทคนิคนี้มักใช้กันอย่างกว้างขวางในการสำรวจทางธรณีเทคนิค เพื่อหาความหนาของชั้นหน้าดิน (overburden) และในการสำรวจทางอุทกธรณีวิทยา เพื่อหาชั้นหินหรือตะกอนที่พรุน และวางตัวในแนวราบ การสำรวจในลักษณะนี้อาจเรียก การเจาะสำรวจทางไฟฟ้า (electrical drilling)

ข) การสำรวจหาความแปรผันทางด้านข้าง (constant separation traversing; CST)

เป็นการสำรวจเพื่อหาความเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทานไฟฟ้าในด้านข้าง ขั้วกระแสและขั้วศักย์ มีระยะห่างจะคงที่อยู่ที่ในทุกจุดสำรวจที่เปลี่ยนไปตามแนวสำรวจ มักใช้ในการสำรวจหาแร่เพื่อที่จะกำหนดตำแหน่งขอบเขตรอยเลื่อน (fault zone) หรือเขตรอยเฉือน (shear zone) ตรวจสอบรูปร่างของวัตถุที่มีความผิดปกติทางการนำไฟฟ้าเฉพาะที่ และยังใช้ในการสำรวจทางธรณีเทคนิค เพื่อตรวจหาการเปลี่ยนแปลงความลึกของหินดาน และแนวที่มีความไม่ต่อเนื่อง (steep discontinuity) การสำรวจในลักษณะนี้อาจเรียก หน้าตัดเชิงไฟฟ้า (electrical profiling)

2.10.5 การจัดวางขั้วไฟฟ้า (Electrode spreads)

รูปแบบของกระบวนขั้วไฟฟ้าที่นิยมวางจัดกันมี 3 รูปแบบ คือ

ก) แบบเวนเนอร์ (Wenner)

ข) แบบชลัมเบอร์เจร์ (Schlumberger)

ค) แบบไดโพล – ไดโพล (Dipole - Dipole)

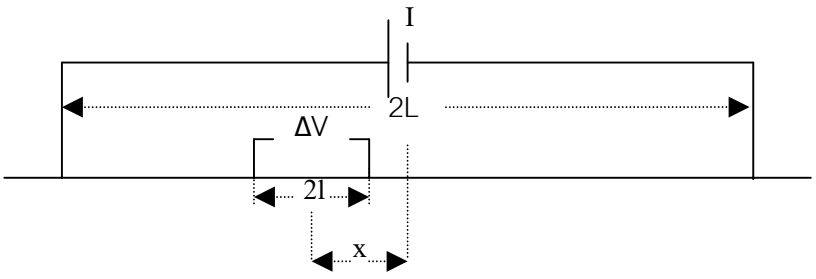
สำหรับการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้เลือกวิธีการจัดวางขั้วไฟฟ้าแบบชลัมเบอร์เจร์ (ภาพประกอบ 2.13) จัดวางโดยมีระยะระหว่างขั้วศักย์เท่ากับ 2l ซึ่งควรเป็นระยะที่น้อยมากเมื่อเทียบกับระยะระหว่างขั้วกระแสที่อยู่ด้านนอก ขณะที่ x เป็นระยะจากจุดกึ่งกลางของขั้วศักย์และจุดกึ่งกลางขั้วกระแส

$$\rho_a = (\pi/2l)\{(L^2 - x^2)^2/(L^2 + x^2)\}.\ \Delta V / I \quad \text{..... (2.9)}$$

ที่ซึ่ง x เป็นระยะที่จุดกึ่งกลางของขั้วศักย์และขั้วกระแส นั่นคือ $x = 0$ จะได้ว่า

$$\rho_a = (\pi L^2/2l).\ \Delta V/I \quad \text{..... (2.10)}$$

เมื่อ $\pi L^2/2l$ เป็นค่าคงที่ของกระบวนขั้วไฟฟ้า



ภาพประกอบ 2.13 กระบวนขั้วไฟฟ้าแบบชลัมเบอร์เจร์ (ที่มา : Kearey & Brooks, 1991)

วรวุฒิ โลหวิจารณ์ (2537) กล่าวถึงข้อเด่นข้อด้อยของแบบชลัมเบอร์เจร์ ไว้ดังนี้

1) ข้อเด่น

- จำนวนผู้ร่วมงานน้อยกว่า เนื่องจากส่วนใหญ่ขั้วไฟฟ้ากระแสเท่านั้นที่จะถูกเคลื่อนย้ายในการวัด ขั้วศักย์จะถูกเคลื่อนย้ายเป็นบางครั้ง
- ไม่ไวต่อการควบคู่ข้ามกันระหว่างสายเคเบิลกระแสกับสายเคเบิลศักย์ เนื่องจากสายเคเบิลศักย์สั้นกว่า
- ไม่ไวต่อลักษณะที่ไม่เป็นเอกพันธ์เชิงตำบลของดินชั้นบน เนื่องจากขั้วไฟฟ้าศักย์จะอยู่คงที่เกือบตลอดการวัด และถ้าขั้วไฟฟ้าศักย์ถูกเปลี่ยนตำแหน่ง ยังสามารถสังเกตและแยกอิทธิพลของลักษณะที่ไม่เป็นเอกพันธ์เชิงตำบลออกจากออกจากอิทธิพลของชั้นหิน
- เครื่องมือช่วยในการแปลความ ได้รับการพัฒนามากกว่ารูปกระบวนเวนเนอร์
- มีกำลังแยก (resolving power) มากกว่ากว่ารูปกระบวนเวนเนอร์

2) ข้อด้อย

- ต้องการเครื่องมือวัดที่มีกำลังสูง เนื่องจากขั้วไฟฟ้าศักย์อยู่ใกล้กันมากหรือเครื่องมือมีความไวมาก

2.10.6 การแปลความข้อมูลสภาพความต้านทานไฟฟ้า

ผลจากการวัด VES นำมาแสดงในรูปของกราฟที่เป็น double logarithmic scale ที่กำหนดให้ ค่าสภาพความต้านทานไฟฟ้าปรากฏ (ρ_a) ที่วัดได้อยู่บนแกน y และ ระยะระหว่างขั้วกระแสกับจุดกึ่งกลาง ให้อยู่บนแกน x กราฟที่ได้สามารถนำมาแปลความได้จากหลายวิธีด้วยกัน ในที่นี้ขอกล่าวเพียง 2 วิธี คือ

ก) การเปรียบเทียบกราฟสนามกับกราฟหลัก

การเปรียบเทียบกราฟที่ได้จากข้อมูลสำรวจจากสนาม กับกราฟที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎี การเปรียบเทียบกระทำได้ก็ต่อเมื่อ

- กราฟสนามแสดงจำนวนชั้นดินเท่ากับกราฟหลักซึ่งได้จากการคำนวณ
- กราฟสนามและกราฟหลักใช้การจัดวางรูปแบบกระบวนขั้วไฟฟ้าเดียวกัน

ข) โปรแกรมประมวลผลข้อมูล (computer program)

โดยการนำค่าข้อมูลที่สำรวจได้จากภาคสนาม มาป้อนเข้าเครื่องประมวลผลข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ที่พัฒนาเพื่อการแปลความข้อมูลสภาพความต้านทานไฟฟ้าโดยเฉพาะให้อยู่ในชั้นโครงสร้างจำลอง (model) ของความต้านทานไฟฟ้าจริงของชั้นใต้ดิน โปรแกรมฯ จะ

รับการนำเข้าข้อมูลสนาม และให้ผู้แปลความทำการสร้างชั้นโครงสร้างจำลองโดยประมาณ ตามลักษณะการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทานไฟฟ้า จากนั้นโปรแกรมก็ทำการปรับเปลี่ยนเพื่อสร้างลักษณะชั้น (layer) ในโครงสร้างจำลองใหม่ เพื่อให้มีค่าความผิดพลาด (RMS-error) น้อยที่สุด หรืออยู่ในวิสัยที่ยอมรับได้ และแสดงผลถึงลักษณะชั้นใต้ดินในส่วนที่เป็นความหนา ความลึก และค่าความต้านทานไฟฟ้าของชั้นนั้นๆ

2.11 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ศิริลักษณ์ โรจนกิจอำนวย (2539) กล่าวว่า ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นระบบที่นำเอาคอมพิว เตอร์มาช่วยในการจัดเก็บ การรวบรวม การตรวจสอบ การวิเคราะห์ การดัดแปลง และการแสดงข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial data) โดยใช้แผนที่เชิงตัวเลข (digitized map)

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นระบบที่ประยุกต์การนำเขาข้อมูลอัตโนมัติ การวิเคราะห์ข้อมูล การบันทึกข้อมูล และการนำเสนอข้อมูลในเชิงแผนที่ชนิดต่างๆ เข้ามาสัมพันธ์กัน ซึ่งข้อมูลในเชิงแผนที่ดังกล่าว เช่น ข้อมูลแผนที่ทางธรณีวิทยา แผนที่ป่าไม้ แผนที่ที่ดิน แผนที่แหล่งธรรมชาติอันควรอนุรักษ์ แผนที่ภูมิประเทศ แผนที่แสดงเส้นทางคมนาคม ทางน้ำ เป็นต้น ซึ่งข้อมูลต่างๆ นั้น พยายามแสดงข้อมูลพื้นที่โลกจริงโดยยึดโยงกับพิกัดทางภูมิศาสตร์ หรือค่าพิกัดแผนที่ต่างๆ ที่รู้จักกัน เช่น UTM (Universal Transverse Mercator) เป็นต้น

กล่าวโดยสรุป ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ คือ ระบบที่ใช้เครื่องมือทางคอมพิวเตอร์ (ภาพประกอบ 2.14) ในการจัดเก็บ เชื่อมโยง วิเคราะห์ และจัดการฐานข้อมูลทั้งที่เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ (จุด เส้น และรูปหลายเหลี่ยม) และฐานข้อมูลเชิงเชิงอรรถหรือสมบัติต่างๆ ในรูปที่สามารถอ้างอิงกับพิกัดทางภูมิศาสตร์จริงของโลกได้

ภาพประกอบ 2.14 องค์ประกอบของอุปกรณ์ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

2.11.1 โปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS software)

ชุดของโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ ประกอบด้วย โปรแกรมการจัดการทางด้านเทคนิคขั้นพื้นฐาน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ก) การนำเข้าข้อมูล (data input) หมายถึง การแปลงข้อมูลทุกรูปแบบเพื่อให้เป็นข้อมูลเชิงตัวเลข เช่น แผนที่สามารถนำเข้าข้อมูลโดยใช้เครื่องอ่านพิกัด เครื่องกวาดภาพ ซึ่งจะแปลงแผนที่เป็นภาพกราฟิกเชิงตัวเลข (digital graphic) แล้วแปลงข้อมูลภาพกราฟิกเชิงตัวเลขเป็นข้อมูลทางสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งเป็นข้อมูลประเภทไม่เป็นกราฟิก (non-graphic) ข้อมูลที่นำเข้าแล้วจะมีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลเบื้องต้น นอกจากนั้นยังมีโปรแกรมที่ใช้ในการแปลงค่าพิกัดอ้างอิงแผนที่จากการนำเข้าข้อมูลโดยไม่อ้างอิงค่าพิกัด ให้เป็นข้อมูลที่อ้างอิงค่าพิกัดแผนที่ และแปลงค่าพิกัดแผนที่ชนิดหนึ่งไปเป็นค่าพิกัดแผนที่อีกชนิดหนึ่ง เช่น พิกัดกริดภูมิศาสตร์เปลี่ยนเป็นค่าพิกัดกริดยูทีเอ็ม เป็นต้น

นอกจากการนำเข้าข้อมูลแผนที่เป็นข้อมูลเชิงตัวเลขแล้ว ข้อมูลดังกล่าวสามารถอธิบายคุณลักษณะจำเพาะ เช่น พื้นที่เป็นดินชนิดใด ความอุดมสมบูรณ์เท่าใด มีอัตราการสูญเสียดินเท่าใดหรือจุดนี้เป็นที่ตั้งของวัด โรงเรียน โรงพยาบาล ชุมชน เป็นต้น เหล่านี้ถือว่าเป็นข้อมูลเชิงอรรถ (attribute data) ซึ่งโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ จะสร้างการเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลเชิงตัวเลขกับข้อมูลเชิงอรรถเหล่านี้ การเชื่อมโยงข้อมูลดังกล่าวเรียก โทโปโลยี (topology)

ข) การวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อข้อมูลต่างๆ ถูกนำเข้าสู่ฐานข้อมูล มีการจำแนกออกเป็นชั้นข้อมูลต่างๆ ที่ได้สร้างความเชื่อมโยงข้อมูล สร้างข้อมูลเชิงอรรถ และมีการปรับเปลี่ยนระบบพิกัดของเครื่องอ่านพิกัด มาเป็นระบบพิกัดจริงของโลกในระบบยูทีเอ็ม เรียบร้อยแล้ว พร้อมที่จะเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ โดยวิธีการซ้อนทับ (overlay) ซึ่งเป็นเป็นการนำเอาหลายๆ ชั้นข้อมูล มาใช้ร่วมกันเพื่อให้เกิดผลลัพธ์อย่างใดอย่างหนึ่งในเชิงวิเคราะห์

การซ้อนทับ แบ่งออกเป็นกลุ่มๆ ได้ดังนี้

ก) การเชื่อม/รวมข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial join) ประกอบด้วยคำสั่งที่ใช้ 3 คำสั่ง ตามลักษณะการเชื่อม/รวม (ภาพประกอบ 2.15) คือ

1) Union เป็นการนำชั้นข้อมูลรูปหลายเหลี่ยมมาซ้อนทับกัน โดยให้คงสภาพพื้นที่ทั้งหมดของชั้นข้อมูลทั้งสอง

2) Identity เป็นการนำชั้นข้อมูลที่เป็นจุด เส้น หรือรูปหลายเหลี่ยม มาตัดชั้นข้อมูลรูปหลายเหลี่ยม ชั้นข้อมูลที่ได้จะอยู่ในขอบเขตชั้นข้อมูลที่นำไปตัดและจะคงรูปลักษณ์ของชั้นข้อมูลที่นำไปตัดไว้ทั้งหมด

3) Intersect เป็นการนำชั้นข้อมูลรูปหลายเหลี่ยม 2 ชั้นข้อมูล ไปซ้อนทับและตัดกับชั้นข้อมูลใดๆ แล้วทำให้ชั้นข้อมูลที่เป็นผลลัพธ์ประกอบด้วยส่วนที่ตัดกันของชั้นข้อมูลทั้งสองที่ร่วมกัน

ภาพประกอบ 2.15 การเชื่อม/รวมข้อมูลเชิงพื้นที่ (ที่มา : ESRI, 1994)

ภาพประกอบ 2.16 การสร้างพื้นที่กันชนจากข้อมูลแบบต่างๆ (ที่มา : ESRI, 1994)

ข) การทำเขตพื้นที่กันชน (buffer) เป็นการสร้างข้อมูลขึ้นมาใหม่ชนิดที่เป็นรูปหลายเหลี่ยมเท่านั้น โดยใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ชนิดใดๆ ของชั้นข้อมูลเดิม มากำหนดระยะกันชน (buffer distance) เข้าไป (ภาพประกอบ 2.16) โดยให้มีหน่วยระยะทางเดียวกันกับของชั้นข้อมูล

ค) การแยกหรือดึงข้อมูลออกมา (Feature extraction) ประกอบด้วยคำสั่ง 4 คำสั่ง ได้แก่

1) clip การตัดชั้นข้อมูลใดๆ ด้วยชั้นข้อมูลอื่น โดยชั้นข้อมูลได้จะอยู่ในข้อเขตของชั้นข้อมูลที่นำไปตัด

2) reselect การเลือกกลุ่มรูปลักษณ์ย่อย จากกลุ่มรูปลักษณ์ ที่เลือกไว้ก่อนแล้ว

3) erasecov การซ้อนทับเพื่อให้ได้ชั้นข้อมูลที่เกิดจากการนำชั้นข้อรูปหลายเหลี่ยมไปลบข้อมูลใดๆ (เส้น จุด หรือ รูปหลายเหลี่ยม) ของอีกชั้นข้อมูลหนึ่ง

4) split การแตกหรือกระจายชั้นข้อมูลใดๆ ออกเป็นชั้นข้อมูลย่อยที่มีขนาดเล็กกว่า

ง) การรวมข้อมูลให้เป็นกลุ่มก้อนเดียวกัน (feature merging) ประกอบด้วยชุดคำสั่ง 3 คำสั่งด้วยกัน คือ

1) dissolve การรวมรูปหลายเหลี่ยมหลายรูปที่อยู่ใกล้กันให้ต่อเนื่องเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน

2) eliminate การรวมรูปหลายเหลี่ยมที่อยู่ใกล้ๆ กัน โดยการลบด้านประกอบหลายเหลี่ยมที่ร่มกันอยู่ซึ่งยาวที่สุด ทิ้งไป

3) mapjoin การรวมเฉพาะชั้นข้อมูลรูปหลายเหลี่ยมที่อยู่ใกล้เคียงหรือต่อเนื่องกัน