

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาเทคนิคการสำรวจระยะไกล (Remote sensing) ในการสำรวจพื้นที่บ่อทิ้งร้างในอำเภอบ้านโพธิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ ได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งออกเป็นหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้

พื้นที่ศึกษา

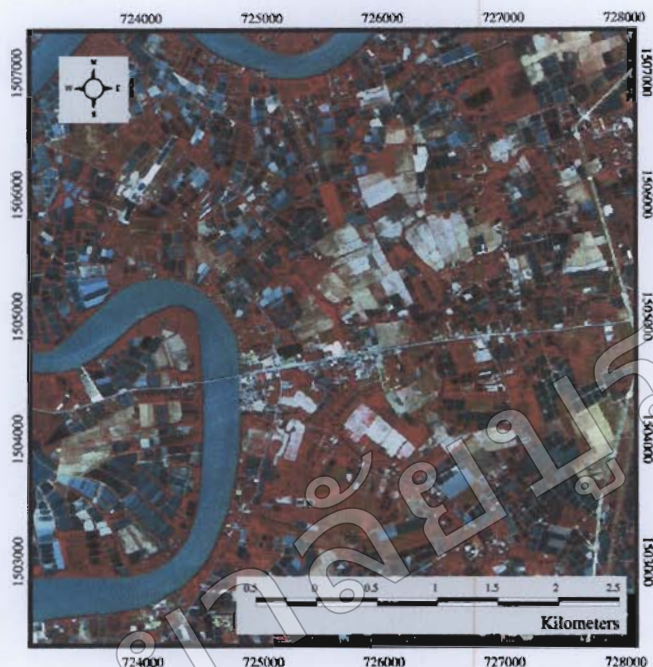
1. ที่ตั้ง

พื้นที่ศึกษาอยู่ในขอบเขตของอำเภอบ้านโพธิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเป็นจำนวนมาก อยู่ในตำแหน่งพิกัดกริด (Universal Transverse Mercator-UTM) ที่ 723069.42 E ถึง 728081.92 E และ 1502316.88 N ถึง 1507346.88 N คิดเป็นเนื้อที่ทั้งสิ้น 25 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 15,625 ไร่ ดังแสดงในภาพที่ 1 และ 2



ภาพที่ 1 ตำแหน่งของพื้นที่ศึกษา (บริเวณกรอบสีแดง)

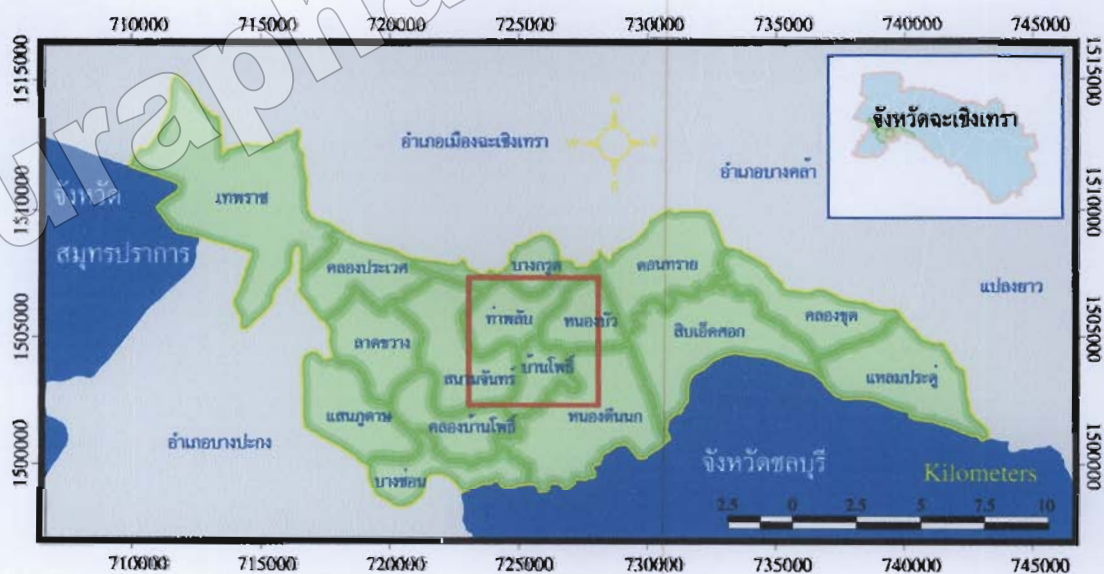
ที่มา : ดัดแปลงมาจากแผนที่ภูมิประเทศชุด L7018 กรมแผนที่ทหาร, 2548



ภาพที่ 2 ขอบเขตและลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ศึกษา

ที่มา : คัดแปลงมาจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม ALOS, 2551

พื้นที่อยู่ในเขตพื้นที่อำเภอบ้านโพธิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา ครอบคลุมพื้นที่ 7 ตำบล 30 หมู่บ้าน ดังแสดงในภาพที่ 3 ดังนี้



ภาพที่ 3 ขอบเขตตำบลต่างๆ ในพื้นที่ศึกษา

ที่มา : คัดแปลงมาจากแผนที่ภูมิประเทศชุด L7018 กรมแผนที่ทหาร, 2548

1.1 ตำบลบ้านโพธิ์ ประกอบด้วย 4 หมู่บ้าน ได้แก่ บ้านสนามจันทร์ บ้านคลองหลอด
ขอ บ้านคลองขวดแค และบ้านตลาดทด

1.2 ตำบลคลองบ้านโพธิ์ ประกอบด้วย 4 หมู่บ้าน ได้แก่ บ้านปากคลองบ้านโพธิ์ บ้าน
ดินชะคราม บ้านปากคลองต้นหมัน และบ้านท่าไฟไหม้

1.3 ตำบลท่าพลับ ประกอบด้วย 4 หมู่บ้าน ได้แก่ บ้านบางกรูด บ้านตลาดโรงสีล่าง
บ้านวัดเกาะชัน และบ้านกันกรอก

1.4 ตำบลสนามจันทร์ ประกอบด้วย 6 หมู่บ้าน ได้แก่ บ้านปากคลองท่าถั่ว บ้านหนอง
น้ำกิน บ้านคลองตาแฉ่ม บ้านคลองนกก บ้านคลองสวนน้อย และบ้านหัวสวน

1.5 ตำบลหนองดินนก ประกอบด้วย 5 หมู่บ้าน ได้แก่ บ้านช้างวัดอินทาราม บ้านคู
เตาอิฐ บ้านโรงหลวง บ้านชวดล่างหัวไผ่ และบ้านตลาดหนองดินนก

1.6 ตำบลหนองบัว ประกอบด้วย 4 หมู่บ้าน ได้แก่ บ้านหนองบัว บ้านสามขาบ้าน
คอนสินธุ์ และบ้านทุ่งช้าง

1.7 ตำบลบางกรูด ประกอบด้วย 3 หมู่บ้าน ได้แก่ บ้านอู่ตะเภา บ้านบางชายสอ และ
บ้านท่าถั่ว

2. ภูมิประเทศ

ลักษณะภูมิประเทศทั่วไปของอำเภอบ้านโพธิ์เกือบทั้งหมดเป็นที่ราบลุ่ม โดยมีแม่น้ำ
บางปะกงเป็นแม่น้ำสายสำคัญไหลผ่านกลางพื้นที่ในแนวเหนือ-ใต้ คิดเป็นระยะทาง
โดยประมาณ 15 กิโลเมตร ไหลผ่านตำบลบางช้อน ตำบลคลองโพธิ์ ตำบลบ้านโพธิ์ ตำบลท่า
พลับ ตำบลบางกรูด ตำบลสนามจันทร์ ตำบลลาดขวาง และตำบลแสนภูดาษ นอกจากนี้ยังมี
ทางน้ำและคลองที่ไหลแยกออกจากแม่น้ำบางปะกงอีกหลายสาย โดยมีคลองประเวศบุรีรมย์
เป็นคลองสายที่ใหญ่ที่สุด ไหลไปสู่อำเภอบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ

3. ภูมิอากาศ

อำเภอบ้านโพธิ์ มีสภาพภูมิอากาศแบบเขตเมืองร้อนหรืออากาศร้อนชื้นแถบเส้นศูนย์
สูตร โดยมีลักษณะอากาศร้อนชื้น สลับร้อนและแห้งแล้ง เนื่องจากอยู่ในพื้นที่ด้านตะวันตกตอนบน
ของของภาคตะวันออก ซึ่งมีอุณหภูมิสูงเกือบตลอดทั้งปี โดยเฉพาะในช่วงเดือนมีนาคม –
พฤษภาคม อากาศค่อนข้างร้อนจัด ส่วนเดือนที่มีอุณหภูมิต่ำสุดคือเดือนธันวาคม สามารถแบ่ง
ฤดูกาลออกได้เป็น 3 ช่วงคือ

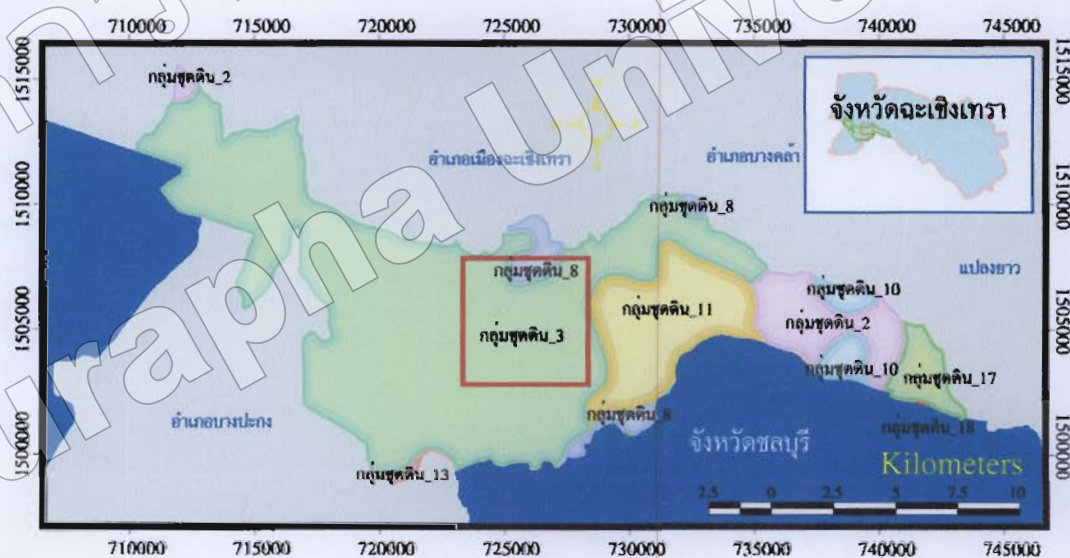
3.1 ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ - กลางเดือนพฤษภาคม โดยมีลม
ตะวันออกเฉียงใต้พัดผ่าน มีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 35 - 37 °C อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 25 - 27 °C
ปริมาณฝนตกเฉลี่ย 200-330 มิลลิเมตร

3.2 ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคม - กลางเดือนตุลาคม โดยมีลมมรสุม ตะวันตกเฉียงใต้พัดผ่าน มีฝนตกหนักบางพื้นที่ อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 31 - 33 °C อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 23 - 25 °C ปริมาณฝนตกเฉลี่ย 1,000 - 1,200 มิลลิเมตร

3.3 ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่กลางเดือนตุลาคม - กลางเดือนกุมภาพันธ์ โดยมีลมมรสุม ตะวันออกเฉียงเหนือพัดผ่าน มีอากาศเย็นและแห้ง อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 30 - 32 °C อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 20 - 23 °C ปริมาณฝนตกเฉลี่ย 50 - 100 มิลลิเมตร

4. ทรัพยากรธรรมชาติ

4.1 ทรัพยากรดิน ลักษณะของดินในพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่เป็นตะกอนดินเหนียว มีการระบายน้ำไม่ดี แต่มีปริมาณแร่ธาตุอาหารตามธรรมชาติค่อนข้างสูงจึงเป็นพื้นที่ที่เหมาะสมแก่การทำนา ทำสวน และปลูกพืชไร่เป็นอย่างยิ่ง ซึ่งกรมพัฒนาที่ดิน (2543) ได้จัดแบ่งประเภทของดินแยกตาม คุณสมบัติที่มีความคล้ายคลึงกันเพื่อจัดทำเป็นแผนที่ชุดดินทั่วประเทศไทย โดยจำแนกได้จำนวน 62 ชุดดิน สำหรับพื้นที่ศึกษาอยู่ในเขตอำเภอบ้านโพธิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา ประกอบด้วยชุดดินทั้งสิ้น 2 ชนิด ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 3 และกลุ่มชุดดินที่ 8 ดังแสดงในภาพที่ 4 ดังนี้



ภาพที่ 4 กลุ่มชุดดินทั้ง 2 ชนิดในพื้นที่ศึกษา

ที่มา : คัดแปลงมาจากข้อมูลจากระบบสารสนเทศข้อมูลดินของกรมพัฒนาที่ดิน, 2552

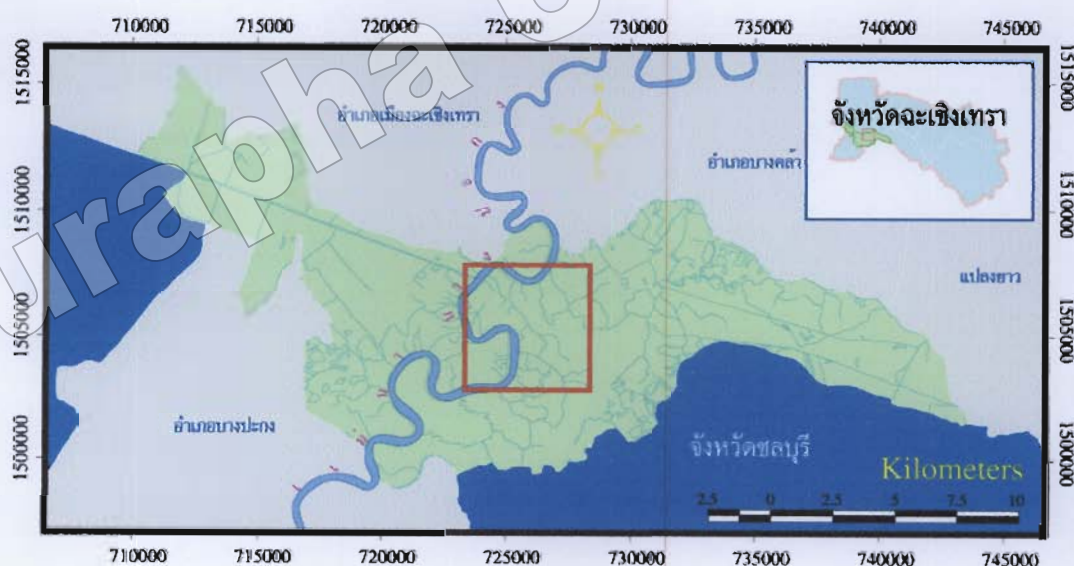
กลุ่มชุดดินที่ 3 มีลักษณะทั่วไปของเนื้อดินเป็นดินเหนียว ดินบนมีสีเทาเข้มหรือสีน้ำตาลปนเทาเข้ม ดินล่างมีสีเทาหรือสีน้ำตาลอ่อนมีจุดประสีน้ำตาลแก่ สีน้ำตาลปนเหลือง สีแดงปนเหลือง มีการระบายน้ำแล้ว ดินมีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติปานกลาง มีความเป็นกรดปาน

กลางถึงเป็นกรดเล็กน้อย มีค่า pH ประมาณ 5.5 – 6.5 ในฤดูฝนน้ำขังลึก 20 – 50 เซนติเมตร เป็นเวลานาน 4 – 5 เดือน ฤดูแล้งดินแห้งแตกกระแหงเป็นร่องกว้างลึก เนื่องจากกลุ่มดินชุดนี้ในช่วงฤดูฝนจะถูกน้ำขังเป็นเวลานานถึง 4 – 5 เดือน อีกทั้งเนื้อดินเป็นดินเหนียวที่มีการระบายน้ำเลว จึงเหมาะสำหรับการทำนา และปลูกพืชไร่และพืชผักบางชนิดได้ในช่วงฤดูแล้งหลังการเก็บเกี่ยวข้าว ไม่เหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับการปลูกไม้ผลและไม้ยืนต้น

กลุ่มชุดดินที่ 8 มีลักษณะทั่วไปของเนื้อดินเป็นดินเหนียว ดินบนมีลักษณะของการทับถมเป็นชั้น ๆ ของดิน และพบอินทรีย์วัตถุที่มาจากการขุดลอกร่องน้ำ ดินล่างมีสีเทาและบางแห่งพบเปลือกหอยปะปนอยู่ด้วย มีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติปานกลางถึงสูง pH ประมาณ 6.0 – 7.0 เหมาะสำหรับการปลูกไม้ผล พืชผักและพืชไร่บางชนิด ควบคู่กับการเลี้ยงสัตว์น้ำ

4.2 ทรัพยากรน้ำ

น้ำผิวดิน มีแม่น้ำบางปะกงเป็นแหล่งน้ำสำคัญ ปัจจุบันใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ เช่น เป็นแหล่งน้ำดิบที่สำคัญของการผลิตน้ำประปา เป็นเส้นทางคมนาคม เป็นแหล่งน้ำสำหรับการเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม ตลอดจนมีศักยภาพเหมาะสมสำหรับการศึกษาด้านการอนุรักษ์ระบบนิเวศแม่น้ำ นอกจากนี้ยังมีเส้นทางน้ำที่สำคัญ ๆ อีกหลายสายที่แยกตัวออกมาจากลำน้ำบางปะกง เช่น คลองประเวศบุรีรัมย์ คลองลาดขวาง แสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 เส้นทางน้ำในพื้นที่ศึกษา

ที่มา : คัดแปลงมาจากแผนที่ภูมิประเทศชุด L7018 กรมแผนที่ทหาร, 2548

น้ำฝน ปริมาณน้ำฝนในพื้นที่

เทศบาลตำบลบ้านโพธิ์ อยู่ในเขตมรสุมจึงได้รับอิทธิพลจากลมทะเลประจำถิ่น ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ทำให้ในฤดูร้อนอากาศร้อนจัดและในฤดูฝนมีฝนตกชุก มีปริมาณน้ำฝน วัดได้เฉลี่ย 1,156.2 มิลลิเมตรต่อปี ในช่วงฤดูหนาว อากาศไม่หนาวจัด อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี อยู่ระหว่าง 26.9 – 32 องศาเซลเซียส ซึ่งปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้โดยสถานีอุตุนิยมวิทยา จังหวัดฉะเชิงเทรา พบว่าปริมาณน้ำฝนตั้งแต่ปี 2545 – 2551 มีปริมาณน้อยลงทุกปี ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณน้ำฝนต่อปี ณ สถานีอุตุนิยมวิทยา จังหวัดฉะเชิงเทรา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545 – 2551 (ที่มา : สถานีอุตุนิยมวิทยา จังหวัดฉะเชิงเทรา, 2551)

ปี พ.ศ.	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551
ปริมาณน้ำฝน (ม.ม.)	1,315.0	1,287.5	1,061.6	1,251.7	1,541.7	1,288.3	689.8 (ม.ค.-ก.ค.51)
จำนวนวันฝนตก	119	133	107	107	120	117	66 (ม.ค.-ก.ค.51)

5. สภาพเศรษฐกิจและสังคม

5.1 การทำนา มีการทำนาปี ประมาณ 24,212 ไร่ ผลผลิตเฉลี่ย 61 ถัง/ไร่ เกษตรกรประมาณ 986 ครัวเรือน มีการทำนาปรัง ประมาณ 8,949 ไร่ ผลผลิตเฉลี่ย 70 ถัง/ไร่

5.2 การทำสวน มีการทำสวนไม้ผล เช่น มะพร้าว มะม่วง ประมาณ 5,102 ไร่

5.3 การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มีเกษตรกรประมาณ 623 ครัวเรือน มีจำนวนบ่อประมาณ 1,764 บ่อ และมีเนื้อที่ประมาณ 6,163.30 ไร่ สำหรับปริมาณการจับสัตว์น้ำจืดมีประมาณ 1,990,649 กิโลกรัม สามารถแบ่งออกได้ดังนี้

การเพาะลูกกุ้งในบ่อซีเมนต์ ประมาณ 1,500 ราย

การเพาะฟัก และ อนุบาลลูกปลาน้ำจืด ประมาณ 97 ราย

การเลี้ยงกุ้งทะเล 1,771 ราย เนื้อที่ 10,587.25 ไร่

การเลี้ยงปลาน้ำจืด 240 ราย เนื้อที่ 4,800 ไร่

การเลี้ยงปลาน้ำกร่อย (กะพงขาว) 220 ราย เนื้อที่ 660 ไร่

การเพาะฟัก และ อนุบาลจระเข้ 2 ราย

การสำรวจระยะไกล (Remote sensing)

การวางแผนการบริหารทรัพยากรธรรมชาติและสภาพแวดล้อมอย่างมีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องรู้ถึงข้อมูลที่เป็นข้อเท็จจริงของทรัพยากรธรรมชาติในสภาพปัจจุบัน ซึ่งเทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing Technology) เป็นวิทยาการด้านหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการสำรวจข้อมูลได้ โดยทำให้ทราบรายละเอียดเกี่ยวกับสภาพปัจจุบันและการเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่ต้องการศึกษารวดเร็วและช่วยอย่างประหยัดค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมาก โดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ได้ให้ความหมายของการสำรวจระยะไกลไว้ว่า การสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) หมายถึง การบันทึกหรือการได้มาซึ่งข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับวัตถุ พื้นที่เป้าหมายด้วยอุปกรณ์บันทึกข้อมูล (Sensor) โดยปราศจากการสัมผัสกับวัตถุนั้น ๆ ซึ่งอาศัยคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นสื่อในการได้มาของข้อมูลใน 3 ลักษณะ คือ ช่วงคลื่น (Spectral) รูปทรงस्थาน (Spatial) และ การเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา (Temporal) ของสิ่งต่าง ๆ บนพื้นผิวโลก (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2538)

1. ระบบการบันทึกข้อมูล การสำรวจระยะไกลต้องอาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในการสำรวจวัตถุที่อยู่ห่างจากอุปกรณ์บันทึกข้อมูลที่ติดตั้งอยู่บนยานสำรวจ (Platform) ซึ่งระบบบันทึกข้อมูลสามารถแบ่งออกตามแหล่งกำเนิดพลังงานที่ก่อให้เกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ 2 ประเภท ได้แก่

1.1 ระบบการสำรวจข้อมูลระยะไกลโดยอาศัยพลังงานแสงธรรมชาติ (Passive Remote Sensing) เป็นระบบที่ใช้แหล่งพลังงานที่เกิดตามธรรมชาติ คือ ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงาน ระบบนี้จะรับและบันทึกข้อมูลได้ในเวลากลางวัน และมีข้อจำกัดด้านสภาพภูมิอากาศ จึงไม่สามารถรับข้อมูลได้ในฤดูฝน หรือในเวลามีเมฆ หมอก ฝน

1.2 ระบบการสำรวจข้อมูลระยะไกลโดยอาศัยพลังงานที่สร้างขึ้น (Active Remote Sensing) เป็นระบบที่มีแหล่งพลังงานเกิดจากการสร้างขึ้นในตัวเครื่องมือสำรวจเอง เช่น ช่วงคลื่นไมโครเวฟที่สร้างในระบบเรดาร์ แล้วส่งพลังงานนั้นไปยังพื้นที่เป้าหมาย ระบบนี้ สามารถทำการรับและบันทึกข้อมูล ได้โดยไม่มีข้อจำกัดด้านเวลา หรือ ด้านสภาวะภูมิอากาศ คือสามารถรับส่งสัญญาณได้ทั้งกลางวันและกลางคืน อีกทั้งยังสามารถทะลุผ่านกลุ่มเมฆ หมอก ฝนได้ในทุกฤดูกาล

การสำรวจระยะไกลอาศัยความยาวช่วงคลื่นและคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในการสำรวจ โดยตัวคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทั้งหมดประกอบด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหลายประเภท ตั้งแต่ช่วงคลื่นที่มีความยาวที่สุด คือ คลื่นวิทยุ (Radio) จนถึงช่วงคลื่นที่มีความสั้นที่สุด คือ รังสีแกมมา (Gamma Ray) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ประเภทของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ประเภทคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	ช่วงคลื่น	คุณสมบัติ
1. Gamma Ray	< 0.03 nm	ถูกดูดกลืนทั้งหมดโดยชั้นบรรยากาศชั้นบน จึงไม่มีประโยชน์ในการสำรวจระยะไกล
2. X-ray	0.03-3.0 nm	ถูกดูดกลืนทั้งหมดโดยชั้นบรรยากาศชั้นบน จึงไม่มีประโยชน์ในการสำรวจระยะไกล
3. Ultraviolet	0.03-0.4 μm	ช่วงคลื่นสั้นกว่า 0.3 μm ถูกดูดซับทั้งหมดโดยโอโซน (O_3) ในบรรยากาศชั้นบน
4. Photographic Ultraviolet Band	0.3-0.4 μm	ผ่านชั้นบรรยากาศได้ สามารถถ่ายภาพด้วยฟิล์มถ่ายรูป แต่มีการกระจายในชั้นบรรยากาศ
5. Visible	0.4-0.7 μm	สามารถบันทึกด้วยฟิล์มถ่ายภาพ และอุปกรณ์บันทึกภาพได้ดี แบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ 0.4-0.5 μm ช่วงคลื่นสีน้ำเงิน 0.5-0.6 μm ช่วงคลื่นสีเขียว 0.6-0.7 μm ช่วงคลื่นสีแดง
6. Infrared		
6.1 Near Infrared	0.7-1.3 μm	ใช้ในการศึกษาพืชพรรณ แยกแยะดินกับน้ำ
6.2 Short Wave Infrared	1.3-3.0 μm	ใช้ในการศึกษาการใช้ที่ดินและแร่ธาตุ
6.3 Middle Infrared	3.0-8.0 μm	ใช้ในการจำแนกแร่ธาตุและวัตถุสะท้อนแสงสูง
6.4 Thermal Infrared	8.0-14.0 μm	ใช้ศึกษาโรคพืช ความร้อน และความชื้นในดิน
6.5 Far Infrared	14.0 μm -1 mm	ช่วงคลื่นถูกดูดกลืนในชั้นบรรยากาศเกือบทั้งหมด
7. Microwave	0.1-30.0 cm	สามารถทะลุผ่านหมอก เมฆ และฝนได้
8. Radar		
8.1 KA Band	10 mm	เป็นระบบ Active สามารถทะลุผ่านหมอก เมฆ และฝนได้
8.2 X Band	30 mm	ฝนได้
8.3 L Band	25 cm	
9. Radio	1 m-100 km	เป็นช่วงคลื่นที่ยาวที่สุด อาจพบเรดาร์ในช่วงนี้ด้วย

ที่มา : ดัดแปลงจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2538

2. การวิเคราะห์ข้อมูล ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจระยะไกล ต้องนำมาทำการวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis) ก่อนจึงจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลมี 2 วิธีการ ได้แก่

2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสายตา (Visual Interpretation) เป็นการแปลตีความจากลักษณะองค์ประกอบของภาพ โดยอาศัยการพิจารณาปัจจัยด้านต่าง ๆ ได้แก่ สี (Color, Shade, Tone) เงา (Shadow) รูปทรง (Shape) ขนาดของวัตถุ (Size) รูปแบบ (Pattern) ลวดลายหรือลักษณะเฉพาะ (Texture) และองค์ประกอบทางพื้นที่ (Spatial Components) ซึ่งเป็นหลักการตีความเช่นเดียวกับการแปลภาพถ่ายทางอากาศ

2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ (Digital Analysis and Image Processing) เป็นการแปลตีความเพื่อค้นหาข้อมูลส่วนที่ต้องการ โดยอาศัยหลักการทางคณิตศาสตร์และสถิติ เนื่องจากข้อมูลมีปริมาณมาก จึงไม่สะดวกที่จะทำการคำนวณด้วยมือ ดังนั้นจึงมีการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการประมวลผลมีความรวดเร็วขึ้นเป็นอย่างมาก ซึ่งวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์นี้สามารถแบ่งออกได้ 2 วิธี ดังนี้

2.2.1 การแปลแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) หมายถึง การที่ผู้แปลเป็นผู้กำหนดตัวอย่างของประเภทข้อมูลที่ต้องการแปลตีความให้แก่คอมพิวเตอร์ โดยใช้การเลือกพื้นที่ตัวอย่าง (Training Areas) จากความรู้ด้านต่าง ๆ เกี่ยวกับพื้นที่ศึกษา รวมทั้งจากการสำรวจภาคสนาม

2.2.2 การแปลแบบไม่กำกับดูแล (Unsupervised Classification) เป็นวิธีการที่ผู้แปลกำหนดให้คอมพิวเตอร์แปลข้อมูลเอง โดยใช้หลักการทางสถิติ เพียงแต่ผู้แปลกำหนดจำนวนประเภทข้อมูล (Classes) ให้แก่เครื่อง โดยไม่ต้องเลือกพื้นที่ตัวอย่างให้ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการแปลจะต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือ ก่อนนำไปใช้งานโดยการเปรียบเทียบกับสภาพจริงหรือข้อมูลที่น่าเชื่อถือได้ โดยวิธีการทางสถิติ

คุณลักษณะของข้อมูลดาวเทียม ALOS

ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ Advanced Land Observing Satellite "Daichi" หรือเรียกว่า ALOS พัฒนาจากดาวเทียม JERS และ ADEOS โดยองค์การสำรวจอวกาศแห่งชาติญี่ปุ่น (JAXA) เพื่อใช้ในการทำแผนที่, การสำรวจทรัพยากร, ภัยพิบัติ ฯ ถูกส่งขึ้นสู่อวกาศเมื่อวันที่ 24 มกราคม 2549 เวลา 10:33 น. ตามเวลาท้องถิ่น (หรือ 08:33 น. ตามเวลาในประเทศไทย) จากฐาน Tanegashima Space Center ประเทศญี่ปุ่น ด้วยจรวด H-IIA F8 โดยระบบบันทึกข้อมูลที่ติดตั้งบนดาวเทียม ALOS มี 3 แบบ ได้แก่

1. ระบบบันทึกข้อมูลแบบ PRISM (Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping) เป็นอุปกรณ์บันทึกข้อมูลในช่วงคลื่นแสง (Optical Sensor) ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 3 ใช้ระบบบันทึกข้อมูลนี้สำรวจพื้นที่ภูมิประเทศ มีรายละเอียดเชิงพื้นที่ 2.5 เมตร และมีอุปกรณ์บันทึกข้อมูล 3 ตัวแยกกัน สามารถบันทึกข้อมูลในแนวตั้ง แนวด้านหน้า และแนวด้านหลังในเวลาเดียวกันทำให้ได้ข้อมูลภูมิประเทศแบบสามมิติสำหรับการทำแผนที่ Digital Elevation Mapping

ตารางที่ 3 ข้อมูลของอุปกรณ์บันทึกสัญญาณดาวเทียมประเภท PRISM

Observation	0.52 – 0.72 μ m
Number of Optics	3 (Nadir/Forward/Backward)
Base/Height	1.0 (Forward/Backward)
S/N	> 70
MTF	> 0.2
Spatial Resolution	2.5 meter
Swath width	35 kilometer (Triplet mode)
	70 kilometer Nadir only (Wide swath mode)
Pointing angle	+ - 1.5 degree (Triplet mode)

ที่มา : Japan Aerospace Exploration Agency Public Affairs Department, 2009

2. ระบบบันทึกข้อมูลแบบ AVNIR-2 (Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type 2) เป็นอุปกรณ์บันทึกข้อมูลในช่วงคลื่นที่สายตามองเห็นและช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Visible and Near-infrared Radiometer) ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 4 ใช้ระบบบันทึกข้อมูลนี้ในการสำรวจพื้นดินและชายฝั่งสำหรับการจัดทำแผนที่การใช้ที่ดิน

ตารางที่ 4 ข้อมูลของอุปกรณ์บันทึกสัญญาณดาวเทียมประเภท AVNIR-2

Observation band	Band 1 : 0.42 – 0.50 μm
	Band 2 : 0.52 – 0.60 μm
	Band 3 : 0.61 – 0.69 μm
	Band 4 : 0.76 – 0.89 μm
S/N	> 200
MTF	> 0.2
Spatial Resolution	10 meter (Nadir)
Swath width	70 kilometer (Nadir)
Pointing angle	About 44 degree

ที่มา : Japan Aerospace Exploration Agency Public Affairs Department, 2009

3. ระบบบันทึกข้อมูลแบบ PALSAR (Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar) เป็นอุปกรณ์บันทึกข้อมูลแบบในช่วงคลื่นไมโครเวฟ (Active Microwave) ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 5 ใช้ระบบบันทึกข้อมูลนี้ในการสำรวจพื้นดินทั้งในช่วงกลางวันและกลางคืน สามารถปรับแนวกวาดและมี ScanSAR mode การพัฒนา PALSAR เป็นความร่วมมือระหว่าง JAXA กับ the Japan Resources Observation System Organization (JAROS) ใช้สำหรับการสำรวจพื้นที่ทั้งกลางวันและกลางคืน

ตารางที่ 5 ข้อมูลของอุปกรณ์บันทึกสัญญาณดาวเทียมประเภท PALSAR

Observation mode	Fine Resolution	Scan SAR
Frequency	L-Band (1.27 GHz)	
Polarization	HH, VV, HH&HV, VV&VH	HH, VV
Spatial Resolution	10 meter	100 meter
Swath width	70 kilometer	250 – 350 kilometer
Off-Nadir angle	10 – 15 degree	
NEs°	About -23 dB	

ที่มา : Japan Aerospace Exploration Agency Public Affairs Department, 2009

ปัจจุบัน สทอภ. ได้รับความเห็นชอบจากองค์การสำรวจอวกาศแห่งชาติญี่ปุ่น (JAXA) ให้เป็นศูนย์ข้อมูลดาวเทียม ALOS สำหรับภูมิภาคอาเซียน เพื่อรับสัญญาณและบริการข้อมูลให้แก่ประเทศต่าง ๆ ในภูมิภาคอาเซียนตะวันออกเฉียงใต้ครอบคลุมพื้นที่ทั้งสิ้น 10 ประเทศ ได้แก่ ไทย ลาว พม่า กัมพูชา เวียดนาม มาเลเซีย สิงคโปร์ อินโดนีเซีย บรูไน และฟิลิปปินส์ ซึ่ง สทอภ. ได้ว่าจ้างศูนย์เทคโนโลยีสำรวจระยะไกลแห่งประเทศญี่ปุ่น (Remote Sensing Technology Center of Japan : RESTEC) เพื่อดำเนินการติดตั้งระบบและอุปกรณ์ใหม่ให้เป็นมาตรฐานเดียวกันกับสถานีรับสัญญาณดาวเทียมอื่นทั่วโลก

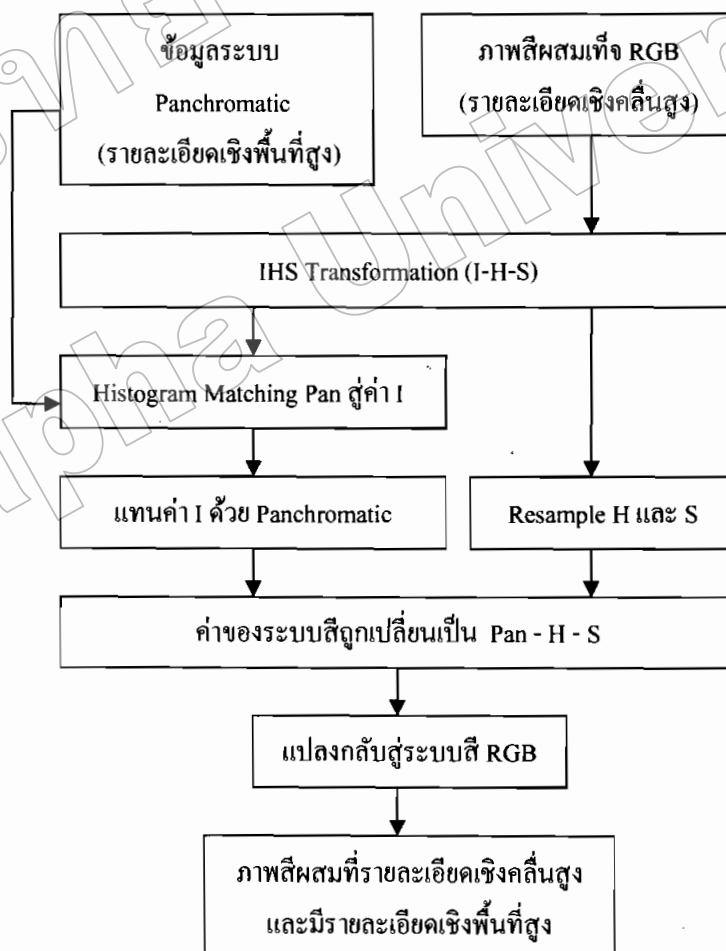
การหลอมข้อมูลภาพ (Pan-sharpening)

การหลอมข้อมูลภาพ หมายถึง เทคนิคในการประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม โดยการนำข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมในระบบหลายช่วงคลื่นที่มีรายละเอียดเชิงคลื่นสูง (High Spectral Resolution) มาผสมรวมกับข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมในระบบขาวดำที่มีรายละเอียดเชิงพื้นที่สูง (High Spatial Resolution) เพื่อให้ได้ผลลัพธ์เป็นข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมที่มีรายละเอียดเชิงคลื่นและรายละเอียดเชิงพื้นที่สูงมารวมไว้ในภาพเพียงภาพเดียว (Inbreeding) โดยในปัจจุบันที่นิยมกันคือการหลอมข้อมูลภาพโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมในระบบ Panchromatic ที่มีรายละเอียดเชิงพื้นที่สูง นำมาหลอมรวมกับข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมในระบบหลายช่วงคลื่น (Multispectral) ที่มีรายละเอียดเชิงพื้นที่ต่ำกว่าแต่มีรายละเอียดเชิงคลื่นสูงกว่า เมื่อนำข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมมาทำการหลอมข้อมูลแล้วจะได้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมที่มีรายละเอียดเชิงพื้นที่สูงและยังคงรายละเอียดเชิงคลื่นไว้อีกด้วย ซึ่ง สุรัตน์ เจียรนัยวิวัฒน์ (2550) ได้จำแนกวิธีการหลอมข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมออกเป็น 4 วิธี ดังนี้

1. เทคนิคด้านสี (Color-related Techniques) เป็นเทคนิคที่กล่าวถึงการรวมสีผสมของ 3 ช่อง (Channel) ประกอบด้วยสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน หรือลักษณะที่คล้ายคลึงกันในระบบสีของ Hue Saturation Intensity (HSI) และ Hue Saturation Value (HSV) เริ่มต้นด้วยการใช้เทคนิคการทำภาพสีผสม (RGB Color Composite) โดยนำข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมที่บันทึกใน 3 ช่วงคลื่นมาทำการซ้อนทับกัน โดยกำหนดให้แต่ละช่วงคลื่นผ่านฟิลเตอร์สี 3 สี คือ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน (Red : Green : Blue) เพื่อทำภาพสีผสมเท็จที่มีความสามารถในการจำแนกรายละเอียดของข้อมูลได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งภาพสีผสมที่นิยมกันใช้กันอย่างแพร่หลายคือ ภาพสีผสมสีธรรมชาติ (Natural Color Composite : 3-2-1) ภาพสีผสมเท็จ (False Color Composite : 4-2-1) ที่ให้รายละเอียดของพืชพรรณเป็นสีแดง และภาพสีผสมเทียมแบบสีธรรมชาติ (Pseudo Natural Color Composite : 3-4-1) ที่ให้รายละเอียดของพืชพรรณเป็นสีเขียวสดกว่าธรรมชาติ โดยมีหลักการสร้างภาพสีผสมเท็จ 4-2-1 คือ

การกำหนดข้อมูลที่บันทึกในช่วงคลื่นอินฟราเรด ($0.76-0.90\ \mu$) ที่สามารถสะท้อนคลอโรฟิลล์ในใบพืชได้เป็นอย่างดีผ่านฟิลเตอร์สีแดง และกำหนดข้อมูลที่บันทึกอีก 2 ช่วงคลื่นอยู่ในช่วงคลื่นที่ที่สายตามองเห็น ($0.45-0.69\ \mu$) ผ่านฟิลเตอร์สีเขียวและสีน้ำเงิน ซึ่งข้อมูลผลลัพธ์ที่ได้เป็นภาพสีผสมเท็จที่แสดงข้อมูลพืชพรรณเป็นสีแดงทำให้ง่ายต่อการจำแนกข้อมูลลักษณะความแตกต่างของพืชพรรณ

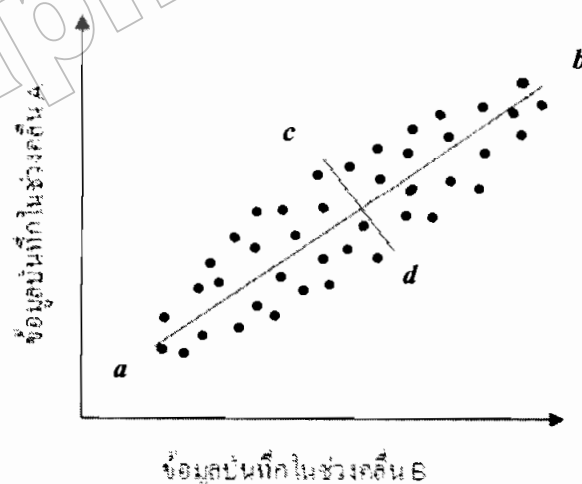
การหลอมข้อมูลโดยใช้เทคนิค IHS Transformation (Intensity Hue Saturation) เป็นการหลอมข้อมูลภาพที่มีรายละเอียดเชิงพื้นที่แตกต่างกัน โดยการแปลงข้อมูลภาพสีผสมเท็จในระบบสี RGB (Red : Green : Blue) ไปสู่ระบบ IHS (Intensity Hue Saturation) ซึ่งเป็นระบบสีที่ประกอบด้วยค่า Intensity (I : ค่าความสว่างเฉลี่ย) Hue (H : พื้นผิว) และ Saturation (S : ความบริสุทธิ์) โดยให้ค่า I แทนรายละเอียดเชิงพื้นที่ (Panchromatic) ส่วนค่า H, S แทนรายละเอียดเชิงคลื่น ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แผนผังการหลอมข้อมูลภาพด้วยเทคนิค IHS Transformation

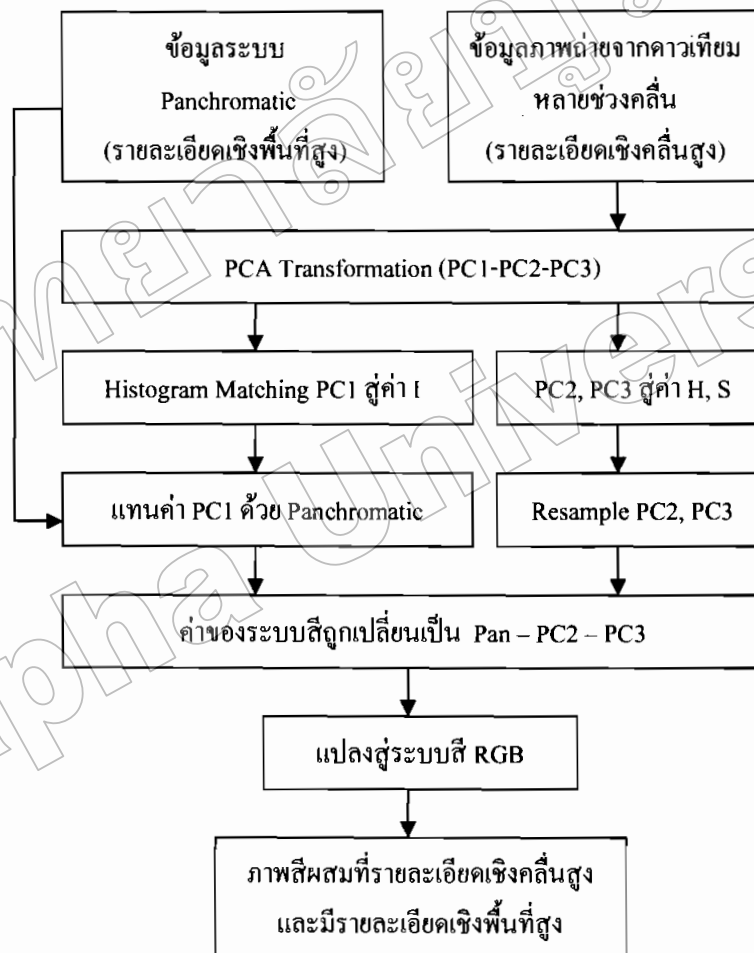
จากภาพที่ 6 จะเห็นได้ว่าภาพสีผสมเท็จของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมได้ถูกแปลงค่าระบบสีจาก RGB ไปสู่ระบบ IHS โดยที่แทนค่า I ด้วยค่าความเข้มของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมที่มีรายละเอียดเชิงพื้นที่สูงในระบบขาวดำ และทำการกำหนดขนาดจุดภาพใหม่ (Resampling) ค่า H และ S ให้มีรายละเอียดเชิงพื้นที่เท่ากับรายละเอียดเชิงพื้นที่ของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมที่แทนในค่า I จากนั้นทำการแปลงค่าระบบสีจาก IHS กลับไปสู่ระบบสี RGB ซึ่งวิธีการหลอมข้อมูลด้วยเทคนิคนี้จะทำให้ภาพผลลัพธ์ที่ได้ออกมามีความคมชัด และมีรายละเอียดเชิงพื้นที่และรายละเอียดเชิงคลื่นสูง

2. เทคนิคทางสถิติ (Statistical Techniques) เป็นเทคนิคที่กล่าวถึงการประยุกต์เทคนิคทางสถิติเพื่อสร้างเมตริกของความแปรปรวนร่วม (Covariance Matrix) ของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม โดยการหลอมข้อมูลภาพถ่ายด้วยเทคนิควิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis) เหมาะสำหรับการประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมในระบบหลายช่วงคลื่น โดยการนำข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมในทุกช่วงคลื่นที่บันทึกทั้งหมดมาดำเนินการลดความหลากหลายของข้อมูลลงด้วยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของค่าระดับสีเทาที่บันทึกในแต่ละช่วงคลื่นของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม เพื่อตัดทอนข้อมูลส่วนที่มีมากเกินไปในทุกช่วงคลื่นก่อนแปลงข้อมูลไปสู่ระบบสี IHS (Intensity Hue Saturation) โดยกำหนดแกนของกลุ่มข้อมูลที่มีความแปรปรวนมากที่สุดเป็นองค์ประกอบหลักที่ 1 (PC1) และกำหนดแกนของกลุ่มข้อมูลที่มีความแปรปรวนน้อยลงมาเป็นองค์ประกอบหลักที่ 2 (PC2) และองค์ประกอบหลักที่ 3 (PC3) ตามลำดับดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 การกระจายตัวของข้อมูลของภาพถ่ายจากดาวเทียม A และ B

จากภาพที่ 7 จะเห็นได้ว่าองค์ประกอบของข้อมูลหลักที่ 1 (แกนของเส้นตรง *ab*) มีความแปรปรวนมากที่สุด และองค์ประกอบของข้อมูลหลักที่ 2 (แกนของเส้นตรง *cd*) มีความแปรปรวนน้อยลงมา ซึ่งข้อมูลที่มีความแปรปรวนมากยิ่งหมายถึงค่าของระดับสีเทาที่เป็นตัวแทนของข้อมูล ในแต่ละช่วงคลื่นมีความคลาดเคลื่อนกันมาก เมื่อนำข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมที่มีรายละเอียดเชิงพื้นที่สูง (Panchromatic) มาทำ Histogram Matching กับองค์ประกอบหลักที่ 1 (PC1) มาใช้แทนค่าในระบบสี IHS ในองค์ประกอบด้านความสว่าง (I) ดังแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 แผนผังการหลอมข้อมูลภาพด้วยเทคนิค PCA Transformation

การทำหลอมข้อมูลโดยเทคนิควิเคราะห์องค์ประกอบหลักนั้นค่อนข้างมีความอ่อนไหว และไวต่อพื้นที่ที่ต้องการทำให้มีความคมชัดเพิ่มมากขึ้น ค่าความแปรปรวนของค่าระดับสีเทา และค่าความสัมพันธ์ของการสะท้อนข้อมูลในแต่ละช่วงคลื่นที่แตกต่างกันออกไปตามประเภทของสิ่งปกคลุมดิน เนื่องจากการหลอมข้อมูลด้วยเทคนิคนี้ต้องใช้การคำนวณค่าความแปรปรวนร่วม ซึ่ง

ค่าที่ได้จากการคำนวณนั้นจะขึ้นอยู่กับภาพข้อมูลดาวเทียมซึ่งมีความสัมพันธ์ระหว่างช่วงคลื่นในระบบหลายช่วงคลื่นของแต่ละคู่ที่แตกต่างกันออกไป

3. เทคนิคทางคณิตศาสตร์ (Arithmetic Techniques) เป็นเทคนิคที่กล่าวถึงการหาสัดส่วน อัตราส่วน และความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมแต่ละภาพ โดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์ในการแปลงค่าระดับค่าสีเทาของข้อมูลเชิงตัวเลขด้วยวิธีการถ่วงน้ำหนักให้กับแต่ละภาพ ซึ่งการหาลอมข้อมูลด้วยเทคนิค Brovey Transformation นี้เป็นวิธีการที่มีกระบวนการบนพื้นฐานของสมการทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ การบวก ลบ คูณ และหาร ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมในแต่ละช่วงคลื่น ดังสมการ

$$R = \frac{R}{(R+G+B)} \times I$$

$$G = \frac{G}{(R+G+B)} \times I$$

$$B = \frac{B}{(R+G+B)} \times I$$

โดยกำหนดให้ R แทนข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมในช่วงคลื่นที่ผ่านฟิลเตอร์สีแดง

G แทนข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมในช่วงคลื่นที่ผ่านฟิลเตอร์สีเขียว

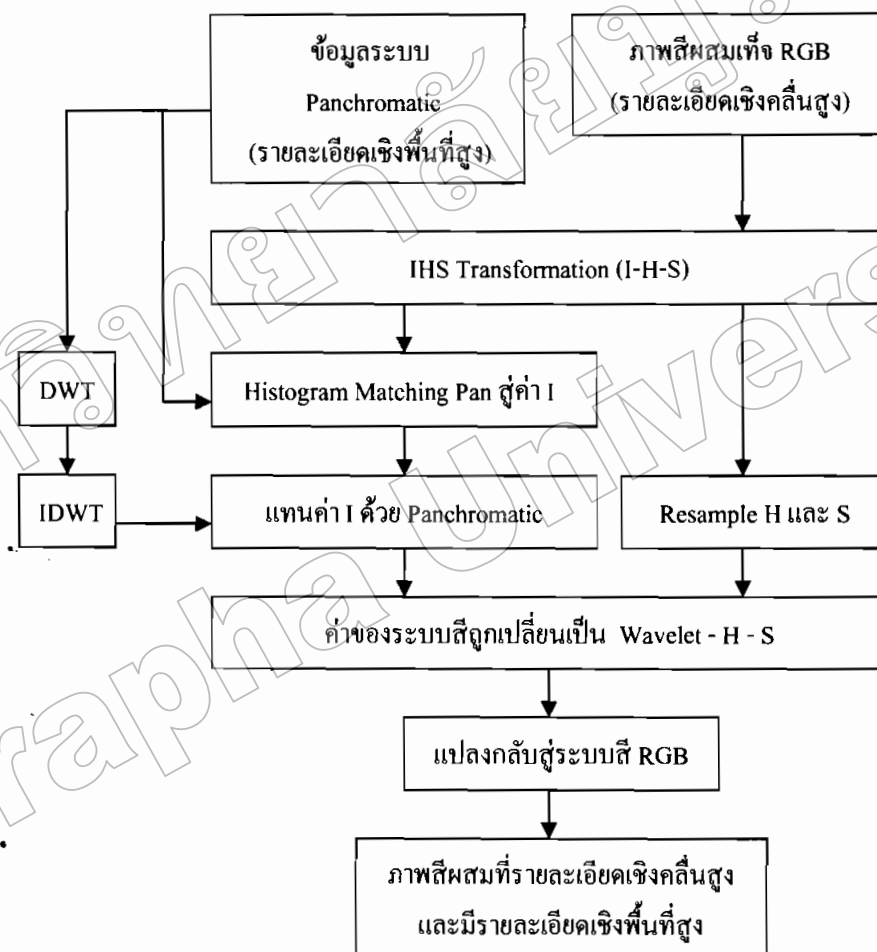
B แทนข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมในช่วงคลื่นที่ผ่านฟิลเตอร์สีน้ำเงิน

I แทนค่าความสว่าง (Panchromatic)

จากสมการจะเห็นว่า การหาลอมข้อมูลด้วยเทคนิคทางคณิตศาสตร์เป็นการนำข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม 3 ช่วงคลื่นมาทำการผสมสีกันแล้วมาทำการหาลอมข้อมูลภาพ และกำหนดให้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมที่มีรายละเอียดเชิงพื้นที่สูง (Panchromatic) แทนค่าความสว่าง (I)

4. เทคนิคการแปลงเวฟเลต (Wavelet Transformation) พุทรวดี สุขสินธารานนท์ (2549) ได้กล่าวถึงวิธีการนี้ว่าเป็นวิธีการหาลอมข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลที่มีลักษณะไม่คงที่และเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลระหว่างแกนเวลา และการสเกล เพื่อทำการแยกความถี่ของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม โดยอาศัยหลักเน้นข้อมูลเชิงพื้นที่แบบการกรองข้อมูลผ่านความถี่สูง (High-pass Filter) และการกรองข้อมูลผ่านความถี่ต่ำ (Low-pass Filter) ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบเชิงพื้นที่ของข้อมูลที่มีความถี่ทั่วทั้งภาพไม่เท่ากัน เทคนิคนี้เป็นการหาลอมข้อมูลโดยอาศัยวิธีการ IHS Transformation ร่วมกับการแตกกระจายเวฟเลต (Wavelet Decomposition) โดยการนำข้อมูลในระบบบันทึก Panchromatic มาทำการแปลงเวฟเลตแบบเต็มหน่วย (Discrete Wavelet Transform:

DWT) ด้วยตัวกรองความถี่สูงและตัวกรองความถี่ต่ำ ผลลัพธ์จะได้ข้อมูลที่ถูกแยกเป็น 2 ส่วน คือ ข้อมูลส่วนที่มีความถี่สูง เรียกว่า สัมประสิทธิ์เวฟเลต (Wavelet Coefficient) ที่มีรายละเอียดของข้อมูลสูง และข้อมูลส่วนที่มีความถี่ต่ำ ที่มีรายละเอียดของข้อมูลต่ำ จากนั้นจึงทำการแปลงกลับเวฟเลตแบบเต็มหน่วย (Inverse Discrete Wavelet Transform : IDWT) ไปเป็นค่า I ก่อนจะแปลงกลับไปสู่ระบบสีแบบ RGB โดยผลลัพธ์ของภาพที่ได้จะมีรายละเอียดเชิงพื้นที่สูงและมีรายละเอียดเชิงคลื่นสูงด้วย ดังแสดงในภาพที่ 9



ภาพที่ 9 แผนผังการหลอมข้อมูลภาพด้วยเทคนิค Wavelet Transformation

การเน้นข้อมูลภาพ (Image Enhancement)

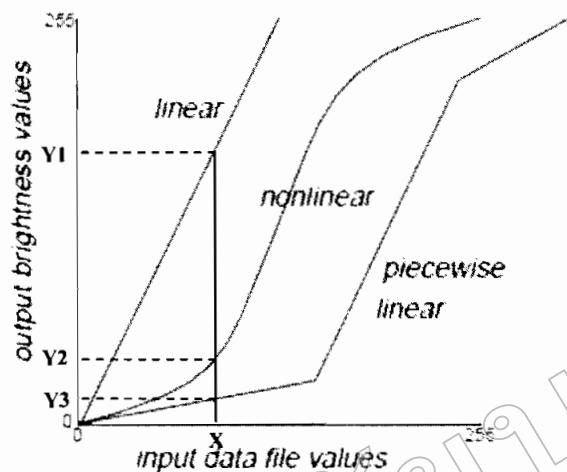
การเน้นข้อมูลภาพ (Image Enhancement) หมายถึง กระบวนการเปลี่ยนแปลงค่าระดับสีเทา (Grey Level Value) หรือค่าความเข้มของข้อมูล หรือเรียกว่าค่า DN (Digital Number) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำรายละเอียดของประเภทข้อมูลที่ปรากฏในภาพให้มีความชัดเจนและง่ายต่อการจำแนกประเภทข้อมูล (สุภาพิศ ผลงาม, 2546 อ้างถึงใน สุรัตน์ เกียรติวิวัฒน์, 2550 หน้า 22) โดยมีหลักในการเน้นข้อมูลภาพดังนี้

1. วัตถุประสงค์ในการเน้นข้อมูล เพื่อให้สามารถจำแนกข้อมูลได้ตรงตามความต้องการของผู้ทำการจำแนก ซึ่งแตกต่างกันตามสาขางานที่นำไปประยุกต์ใช้
2. ค่าระดับความเข้มของข้อมูลที่แตกต่างกันของระบบบันทึกภาพในดาวเทียมแต่ละดวง ทำให้วัตถุนิดเดียวกันมีค่าการสะท้อนแต่ละช่วงคลื่นแตกต่างกัน ซึ่งผู้ทำการจำแนกต้องมีความรู้ความเข้าใจในรูปแบบของการสะท้อนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่กระทำต่อวัตถุเป้าหมายของระบบบันทึกภาพในดาวเทียมที่ใช้เพื่อเน้นข้อมูลภาพได้อย่างเหมาะสม
3. การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มของข้อมูล ภายหลังการเน้นข้อมูลภาพโดยใช้ค่าสถิติ
4. ประสิทธิภาพของผู้จำแนกเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้สามารถเน้นข้อมูลภาพได้อย่างเหมาะสม เพื่อให้สามารถจำแนกข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การเน้นข้อมูลภาพ นิภา หลีระพันธ์ (2548) ได้อธิบายถึงรูปแบบการเน้นข้อมูลภาพสามารถแบ่งได้ 2 ประเภท คือ

1. การเน้นข้อมูลภาพเชิงรังสี (Radiometric Enhancement) เป็นการเน้นข้อมูลภาพโดยใช้ค่าระดับสีเทาของจุดภาพเดี่ยวๆ ในแต่ละแบนด์ และเน้นข้อมูลภาพทีละแบนด์เป็นอิสระต่อกัน ซึ่งวิธีการนี้อาจใช้ได้ผลดีกับภาพแบนด์หนึ่งแต่อาจจะไม่สามารถใช้กับแบนด์อื่นได้ ภายหลังการเน้นข้อมูลภาพแต่ละแบนด์แล้ว เราสามารถนำข้อมูลภาพดังกล่าวมาทำภาพสีผสมตามต้องการได้ โดยแบ่งการเน้นข้อมูลภาพเชิงรังสีได้ 2 ประเภท ได้แก่

1.1 การขยายค่าระดับสีเทาของภาพ (Contrast Stretching) เป็นการขยายความเข้มของโทนสีให้อยู่ในพิสัยที่ต้องการ เทคนิคแบบที่ใช้ มีทั้งแบบสมการเส้นตรง (Linear Contrast Stretch) แบบไม่เป็นเส้นตรง (Nonlinear Contrast Stretch) หรือแบบแตกส่วน (Piecewise Linear) ดังแสดงในกราฟ ภาพที่ 10



ภาพที่ 10 กราฟแสดงการเน้นข้อมูลภาพโดยการปรับค่าระดับสีเทาแบบต่าง ๆ
ที่มา : ดัดแปลงจาก ERDAS Inc., 2542, p. 145

การเน้นข้อมูลภาพโดยการขยายความกว้างของค่าระดับสีเทาทั้งแบบเส้นตรงและแบบไม่เป็นเส้นตรง เป็นการใช้สมการเดียวกับข้อมูลภาพทั้งภาพ ส่วนการเน้นข้อมูลภาพแบบแตกส่วนจะใช้สมการหลายเส้นในการขยายความเข้มของค่าระดับสีเทา ในกรณีที่แตกต่างกันในช่วงที่แตกต่างกัน จากกราฟในภาพที่ 10 แสดงให้เห็นว่า ถ้าค่าข้อมูลนำเข้ามีค่า x เมื่อมีการเน้นข้อมูลภาพโดยใช้สมการต่างกัน จะได้ค่าที่ส่งออกมาไม่เหมือนกัน คือเมื่อใช้ สมการแบบเส้นตรง(Linear) แบบไม่เป็นเส้นตรง(Nonlinear) และแบบแตกส่วน(Piecewise Linear) จะได้ค่าออกมาเป็น $Y1$ $Y2$ และ $Y3$ ตามลำดับ

1.1.1 การขยายแบบแบบเส้นตรง (Linear Contrast Stretch) เป็นวิธีการเน้นข้อมูลภาพที่ง่ายที่สุด โดยการปรับข้อมูลส่วนที่เลือกไว้โดยใช้สมการเส้นตรง โดยค่าใหม่จะเท่ากับ

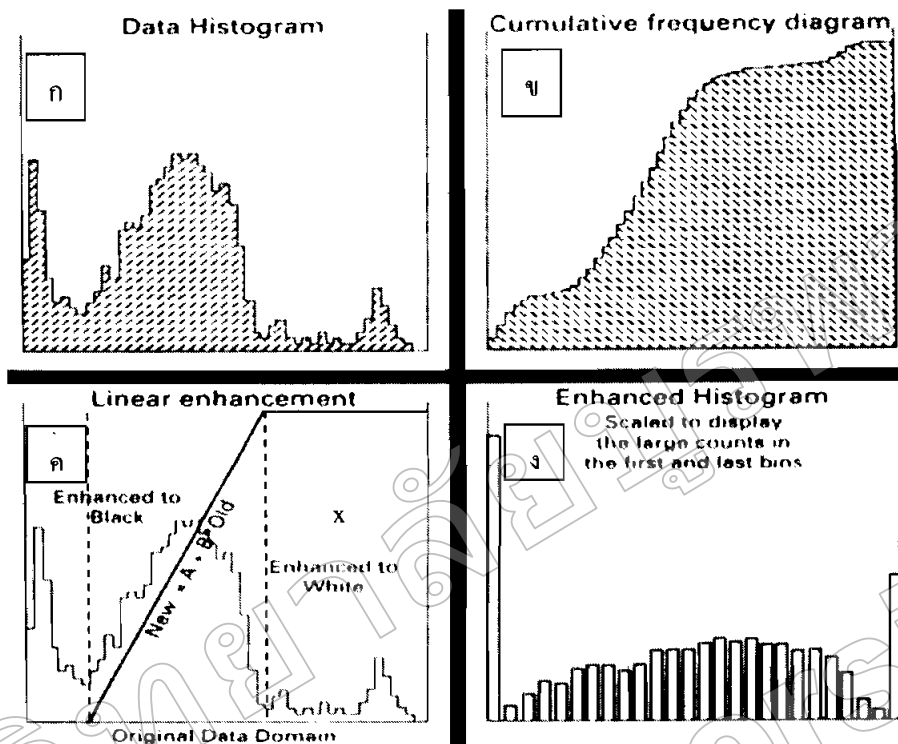
$$\begin{aligned} & A + B \times \text{Old} && \text{เมื่อ } 0 \leq (A + B \times \text{ค่าเก่า}) \leq M \\ & = 0 && \text{เมื่อ } (A + B \times \text{ค่าเก่า}) < 0 \\ & = M && \text{เมื่อ } (A + B \times \text{ค่าเก่า}) > M \end{aligned}$$

โดยกำหนดให้ A เป็นค่าจุดตัดแกน y

B เป็นความลาดชันของกราฟ

M คือ ค่าสูงสุดที่ข้อมูลสามารถแปลงได้ (เช่น 255)

Old คือ ค่าระดับความเข้มสีเทาดั้งเดิม



ภาพที่ 11 การขยายข้อมูลภาพแบบเส้นตรง (Linear Contrast Stretch)

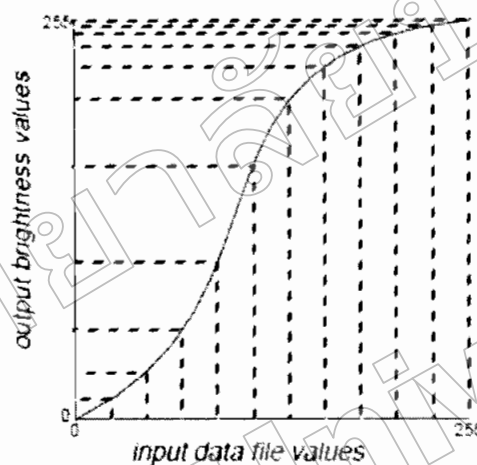
- (ก) กราฟแท่งของเซตข้อมูล (ข) ไดอะแกรมความถี่สะสม
(ค) การขยายค่าระดับสีเทาแบบเส้นตรง (ง) กราฟแท่งของข้อมูลที่ขยายแล้ว

ที่มา : คัดแปลงจาก นิภา หิระพันธ์, 2548, หน้า 99

ในรูป 11 นี้แสดงการเลือกขยายค่าระดับสีเทาเฉพาะส่วนกลางของกลุ่มข้อมูลที่มีความถี่สูงหรือมีลักษณะของค่าระดับสีเทาใกล้เคียงกัน ดังแสดงในภาพที่ 11ก และ 11ข เมื่อทำการขยายแบบเส้นตรง (Linear Contrast Stretch) ค่าระดับสีเทาที่มีค่าต่ำกว่าช่วงข้อมูลที่ต้องการขยาย (x_1) จะมีค่าเป็น 0 ทั้งหมดซึ่งจะแสดงด้วยสีดำ และข้อมูลที่มีค่าสูงกว่าช่วงข้อมูลที่ต้องการขยาย (x_2) ก็จะมีค่าเท่ากับ 255 ซึ่งจะแสดงด้วยสีขาวดังแสดงในภาพที่ 11ค จะมีเฉพาะข้อมูลตรงกลางเท่านั้นที่มีการขยายอย่างชัดเจนทำให้ภาพส่วนใหญ่มีความแตกต่างของโทนสีมากขึ้นดังแสดงในภาพที่ 11ง ค่า A และ B ผู้ใช้สามารถกำหนดได้เอง โดยพิจารณาจากไดอะแกรมความถี่สะสมของกราฟ หรือ ตามความประสงค์ของผู้ใช้ ซึ่งข้อดีของการขยายข้อมูลแบบเส้นตรง คือ ผลของข้อมูลที่ได้อาจจะเห็นได้ง่าย และค่าระดับสีเทาที่แปลงแล้วจะมีความสัมพันธ์กับข้อมูลเดิม

1.1.2 การขยายข้อมูลแบบไม่เป็นเส้นตรง (Nonlinear Contrast Stretch) ในการเน้นข้อมูลภาพแบบเส้นตรงจะมีข้อเสียเปรียบที่สำคัญ คือ ในกรณีที่ภาพเป็นแบบมีค่าฐานนิยมหลายค่า

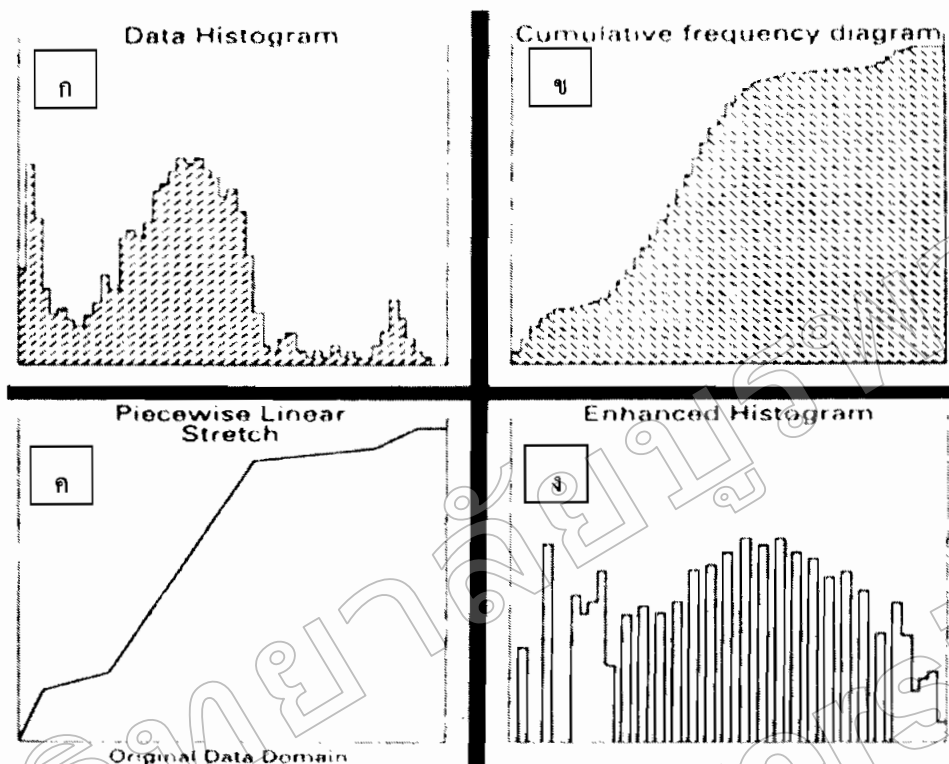
หรือมีข้อมูลที่ต้องการหลายชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งมีจุดสูงสุดที่ปลายทั้งสองข้างของกราฟแท่ง ทำให้การใช้การปรับภาพแบบเส้นตรงไม่ให้เกิดผลดี วิธีแก้ คือ การใช้การปรับแบบไม่เป็นเส้นตรง มักใช้การเน้นข้อมูลแบบไม่เป็นเส้นตรงในการเน้นข้อมูลประเภทหนึ่งและลดข้อมูลอีกประเภทหนึ่งดังแสดงในกราฟภาพที่ 12 ซึ่งวิธีการขยายแบบไม่เป็นเส้นตรงนี้สามารถแบ่งได้ 2 ชนิดตามความนิยมได้แก่ การขยายแบบแตกส่วน (Piecewise Linear Contrast Stretch) และการแบ่งกราฟให้เท่ากัน (Histogram Equalization)



ภาพที่ 12 กราฟแสดงการเน้นข้อมูลภาพแบบไม่เป็นเส้นตรง

ที่มา : คัดแปลงจาก ERDAS Inc., 1999, p. 146

1.1.2.1 การขยายข้อมูลแบบแตกส่วน (Piecewise Linear Contrast Stretch) เป็นวิธีการลดข้อจำกัดจากวิธีการขยายแบบเส้นตรง โดยใช้สมการเส้นตรงหลายเส้นในการแปลงข้อมูลในหลายๆ ช่วงดังแสดงในกราฟภาพที่ 13 ซึ่งวิธีการคำนวณแบบนี้จะทำการสร้างกราฟความถี่สะสมแสดงดังกราฟในภาพที่ 13x หลังจากนั้นจึงกำหนดจุดเบรคที่จุดเปลี่ยนความลาดชันในกราฟ แล้วพิตสมการการขยายข้อมูลแต่ละเส้นสำหรับแต่ละส่วน ซึ่งภาพที่ถูกขยายข้อมูลแล้วจะมีลักษณะดังแสดงในกราฟภาพที่ 13ง จะเห็นว่าทุกส่วนของข้อมูลได้รับการปรับปรุงให้ดีขึ้น



ภาพที่ 13 การขยายข้อมูลภาพแบบแตกส่วน (Piecewise Linear Contrast Stretch)

- (ก) กราฟแท่งของเซตข้อมูล (ข) โคออร์ดิเนตความถี่สะสม
(ค) การขยายค่าระดับสีเทาแบบแตกส่วน (ง) กราฟแท่งของข้อมูลที่ขยายแล้ว

ที่มา : ดัดแปลงจาก นิภา หลิมะพันธ์, 2548, หน้า 100

1.1.2.2 การขยายข้อมูลแบบแบ่งกราฟให้เท่ากัน (Histogram Equalization) เป็น

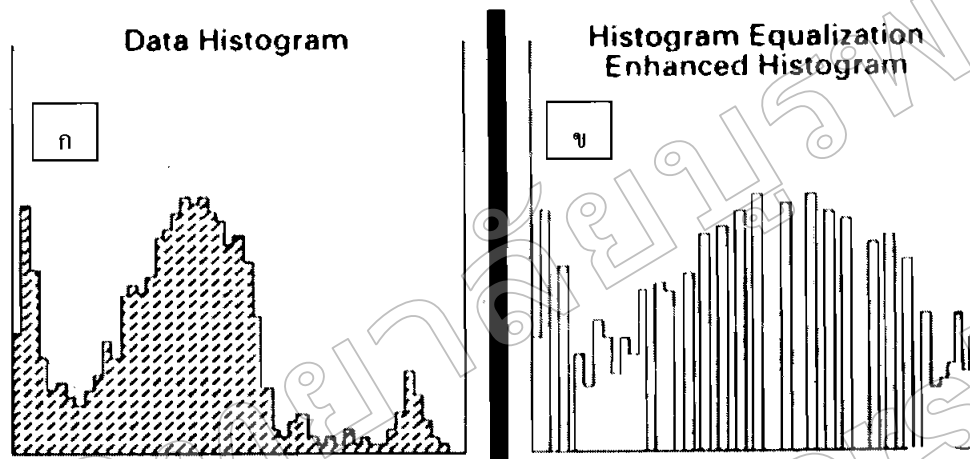
วิธีการสร้างภาพให้มีจำนวนจุดภาพใกล้เคียงกัน หรือทำให้ข้อมูลมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ

วิธีการนี้ใช้การกำหนดจำนวนจุดภาพที่เหมาะสมให้กับแต่ละค่า ดังสมการ

$$A = T / N$$

โดยกำหนดให้	A	เป็นจำนวนจุดภาพ (pixel) เฉลี่ยต่อ ค่าระดับสีเทาแต่ละค่า
	T	เป็นจำนวนจุดภาพ (pixel) ทั้งหมดในภาพ
	N	เป็นจำนวนค่าระดับสีเทาทั้งหมด

การคำนวณจะเริ่มจากค่าที่น้อยที่สุด โดยเริ่มบวกจำนวนจุดภาพเข้าด้วยกัน จนกระทั่งเกินจำนวนจุดภาพที่เหมาะสมที่คำนวณได้ จึงกำหนดให้ค่าจุดภาพเหล่านั้นเป็นค่าค่าแรก และใช้ค่าถัดไปเป็นค่าใหม่ที่สอง จุดภาพที่มีจำนวนเกินที่คำนวณได้ก็จะคงจำนวนเดิมไว้ แต่ถ้าเกินมากกว่า 1 เท่าก็ยังคงค่าเดิมไว้แต่จำนวนจุดภาพของค่าความเข้มของระดับสีเทาถัดไปจะไม่มี



ภาพที่ 14 การขยายข้อมูลแบบแบ่งกราฟให้เท่ากัน (Histogram Equalization)

(ก) กราฟแท่งของเซตข้อมูล

(ข) กราฟแท่งของข้อมูลที่ขยายแล้ว

ที่มา : ดัดแปลงจาก นิภา หลิมะพันธ์, 2548, หน้า 101

จากกราฟตั้งต้นในภาพที่ 14ก เมื่อทำการขยายข้อมูลแล้วพบว่า กราฟที่ได้หลังจากการขยายข้อมูลแบบแบ่งกราฟให้เท่ากันจะคล้ายกราฟแท่งที่แบนราบกว่าเดิมแสดงดังกราฟในภาพที่ 14ข จะเห็นได้ว่า บริเวณภาพที่มีค่าระดับสีเทา หรือมีจุดภาพที่มีค่าใกล้เคียงกัน จะถูกขยายออก ทำให้มีความแตกต่างของค่าระดับสีเทาเพิ่มขึ้น (บริเวณกราฟที่มีความถี่สูงจะถูกขยายออก) ในขณะที่ส่วนน้อยของภาพที่มีค่าแตกต่างกัน(ส่วนหางของกราฟ) จะมีความต่างกันของค่าลดลง หรือมีช่วงห่างของความเข้มของค่าระดับสีเทาลดลง

2. การเน้นข้อมูลภาพเชิงพื้นที่ (Spatial Enhancement) เป็นการเน้นข้อมูลภาพโดยใช้ค่าระดับสีเทาที่อยู่รอบ ๆ จุดภาพนั้นมาคำนวณร่วมด้วย ซึ่งเกี่ยวข้องกับค่าความแตกต่างของค่าระดับสีเทาของจุดภาพที่อยู่ติดกันหรืออยู่ใกล้เคียงกัน โดยการปรับภาพเชิงพื้นที่นี้มักจะใช้เทคนิคการกรองภาพ (Filtering) ซึ่งหมายถึง การแปลงข้อมูลเพื่อลดสัญญาณรบกวน หรือปรับลักษณะบางอย่างของภาพโดยการเน้น หรือลดความถี่ของข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยการเน้นข้อมูลภาพเชิงพื้นที่ในโปรแกรมทั่วไปมี 2 วิธีการ ดังนี้

2.1 การกรองผ่านความถี่ต่ำ (Low-pass Filter) เป็นเทคนิคการกรองข้อมูลภาพบริเวณที่มีความถี่เชิงพื้นที่ต่ำสามารถผ่านไปได้ ส่วนบริเวณที่มีความถี่สูงกว่าที่กำหนดจะถูกกรองให้ลดความถี่ลงทำให้ภาพที่มีความถี่เชิงพื้นที่สูงมีความนุ่มนวลขึ้น มักใช้ในการลบหรือลดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นขณะที่ตรวจจับภาพ หรือในขณะที่บันทึกภาพ โดยทั่วไปการกรองด้วยวิธีนี้มักใช้กับข้อมูลที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ถ่ายในระบบเรดาร์ ตัวอย่างการกรองแบบนี้ ได้แก่ การเฉลี่ยค่าจุดภาพในหน้าต่างเคลื่อนที่ 3×3 หรือ 5×5 แล้วแทนที่จุดภาพตรงกลาง หรือ การใช้ค่าฐานนิยม หรือค่ามัธยฐาน แทนที่จุดภาพตรงกลางของหน้าต่างเคลื่อนที่ ซึ่งขนาดของหน้าต่างเคลื่อนที่ยิ่งมีขนาดใหญ่ภาพที่ได้จะยิ่งเบลอนมากขึ้น เพราะจุดภาพตรงกลางจะถูกคาดคะเนมาจากจุดภาพจำนวนมากขึ้นตามขนาดของหน้าต่างเคลื่อนที่

2.2 การกรองผ่านความถี่สูง (High-pass Filter) เป็นเทคนิคการกรองข้อมูลภาพโดยการสกัดเอาองค์ประกอบที่มีความแปรปรวนเชิงพื้นที่สูง โดยแสดงด้วยค่าระดับสีเทาของกลุ่มจุดภาพที่อยู่ข้างเคียงซึ่งกันและกัน ซึ่งลักษณะดังกล่าวที่ปรากฏในข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม ได้แก่ บริเวณรอยต่อของพื้นที่ที่แตกต่างกัน หรือลักษณะที่เป็นเส้น มักใช้วิธีการนี้ในการปรับภาพข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมเพื่อนำขอบเขตของข้อมูลให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น

การประเมินความถูกต้องของการจำแนก

เมื่อทำการจำแนกสิ่งปกคลุมดินที่ปรากฏบนภาพถ่ายจากดาวเทียมแล้ว จำเป็นจะต้องมีการประเมินความถูกต้องของการจำแนก (Classification Accuracy Assessment) ว่ามีความถูกต้องมากน้อยเพียงใด โดยทำการประเมินความถูกต้องจากความสอดคล้องกันของประเภทของสิ่งปกคลุมดินที่เราจำแนกกับข้อมูลในพื้นที่ศึกษาจริง โดย สรรค์ใจ กลิ่นดาว (2550) ได้สรุปขั้นตอนการประเมินความถูกต้องของการจำแนกโดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. สาเหตุและลักษณะของความคลาดเคลื่อน ส่วนใหญ่สาเหตุของความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการแปลตีความภาพถ่ายจากดาวเทียมด้วยสายตาอาจเกิดจากการกำหนดขอบเขตของสิ่งปกคลุมดินผิดประเภทหรือการวางนัยทั่วไปมากเกินไป ซึ่งมีผลทำให้จุดภาพผิดพลาด กล่าวคือ ระบุจุดภาพของสิ่งปกคลุมดินที่ทำการจำแนกผิดประเภท โดยความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นมักมีลักษณะดังนี้

1.1 ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นกับสิ่งปกคลุมดินประเภทใดประเภทหนึ่งโดยเฉพาะ

1.2 ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นกับจุดภาพเพียงจุดภาพเดียว แต่จะเกิดเป็นกลุ่มที่มีขนาดและรูปร่างแตกต่างกัน

1.3 ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นมีแนวโน้มที่จะเกิดบริเวณขอบของขอบเขตสิ่งปกคลุมดินแต่ละประเภท

เมื่อคาดคะเนสาเหตุของความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในการจำแนกสิ่งปกคลุมดินบนภาพถ่ายจากดาวเทียมแล้ว จำเป็นจะต้องมีการประเมินความถูกต้องของข้อมูลที่ทำกรจำแนกโดยเปรียบเทียบกับแผนที่อ้างอิงซึ่งใช้เป็นมาตรฐานในการเปรียบเทียบต่อไป

2. การสร้างแผนที่อ้างอิง เริ่มจากการสุ่มพื้นที่ตัวอย่างเพื่อออกสำรวจในขอบเขตพื้นที่ทำการศึกษา และนำมาจัดทำเป็นแผนที่อ้างอิงสำหรับนำมาใช้ในการเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้มาจากการจำแนก เพื่อว่าข้อมูลมีความถูกต้องมากน้อยเพียงใด โดยทำการสุ่มจำนวนจุดภาพ (Sample Size) นำมาใช้สร้างแผนที่อ้างอิงนั้นเป็นเรื่องยากที่จะกำหนดจำนวนที่แน่นอนลงไปได้ แต่ก็มีนักวิเคราะห์ภาพถ่ายจากดาวเทียมหลายท่านใช้วิธีการกระจายแบบทวินาม (Binomial Distribution) เช่น

$$N = \frac{Z^2(p \times q)}{E^2}$$

เมื่อ N	แทน	จำนวนของจุดภาพ
E	แทน	ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้
p	แทน	ความถูกต้องที่คาดหวังเป็นร้อยละ
q	มีค่าเท่ากับ $100 - p$	
Z	มีค่าเท่ากับ 2 จากส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ 1.9 สำหรับร้อยละ 95 ของระดับความเชื่อมั่น 2 ทาง	

3. การสร้างเมตริกความคลาดเคลื่อน เมื่อทำการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากการจำแนกกับแผนที่อ้างอิงที่ได้จากการออกสำรวจพื้นที่ภาคสนามแล้ว นำข้อมูลที่ได้มาทำการพิจารณาจุดภาพต่อจุดภาพว่า จุดภาพที่ตำแหน่งเดียวกันในแผนที่อ้างอิงเป็นสิ่งปกคลุมดินประเภทใด เปรียบเทียบกับจุดภาพของข้อมูลที่ได้จากการจำแนกเป็นสิ่งปกคลุมแล้วนำข้อมูลที่ได้มาทำการเปรียบเทียบลงในเมตริกความคลาดเคลื่อน ซึ่งเมตริกความคลาดเคลื่อนที่ได้จะประกอบด้วยตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด $n \times n$ โดยที่ n แทน จำนวนประเภทของสิ่งปกคลุมดินที่ได้จากการจำแนก โดยมีประเภทของสิ่งปกคลุมดินที่จากแผนที่อ้างอิงอยู่ทางด้านซ้ายของแถวจัตุรัส และประเภทของสิ่งปกคลุมดินที่ได้จากการจำแนกอยู่ด้านบนของจัตุรัส แสดงตัวอย่างดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ตัวอย่างการกรอกข้อมูลลงในเมตริกความคลาดเคลื่อน

แผนที่ระวางที่จะถูกประเมิน							
	1,748	พื้นที่ เมือง	พืชไร่	ทุ่งหญ้า	แหล่งน้ำ	ป่าไม้	ที่รกร้าง
แผนที่ ที่ อ้างอิง	พื้นที่เมือง	150	21	0	7	17	30
	พืชไร่	0	730	93	14	115	21
	ทุ่งหญ้า	33	121	320	23	54	43
	แหล่งน้ำ	3	18	11	83	8	3
	ป่าไม้	23	81	12	4	350	13
	ที่รกร้าง	39	8	15	3	11	115
	รวม	248	979	451	134	555	225
รวม							
		2,592					

4. การประเมินความถูกต้องจากเมตริกความคลาดเคลื่อน จากการพิจารณาจากตารางตัวอย่างที่ 6 พบว่า ตัวเลขที่อยู่ในแนวทแยงมุมจากมุมซ้ายบนจนถึงมุมขวาล่างคือจำนวนจุดภาพทั้งหมดที่จำแนกอย่างถูกต้องในแต่ละประเภทสิ่งปกคลุมดิน ส่วนตัวเลขที่ไม่ได้อยู่ในแนวทแยงของแต่ละแถว (Row) เรียกว่า ความคลาดเคลื่อนที่ละไว้หรือมิได้รวมไว้ (Error of Omission or Exclusion) และตัวเลขที่ไม่ได้อยู่ในแนวทแยงของแต่ละคอลัมน์ (Column) เรียกว่า ค่าความคลาดเคลื่อนที่รวมไว้ (Error of Commission or Inclusion) ซึ่งผลของการประเมินความถูกต้องรวมและการประเมินความคลาดเคลื่อนที่ละไว้และที่รวมไว้จะออกมาในรูปของร้อยละ แสดงตัวอย่างของการคำนวณดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ตัวอย่างการคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนแบบต่าง ๆ

ประเภทสิ่งปกคลุมดิน	Error of Omission (%)	Error of Commission (%)	Accuracy (%)
พื้นที่เมือง	$(75/225) \times 100 = 33$	$(98/225) \times 100 = 44$	$(150/225) \times 100 = 67$
พืชไร่	$(243/973) \times 100 = 25$	$(249/973) \times 100 = 26$	$(730/973) \times 100 = 75$
ทุ่งหญ้า	$(274/594) \times 100 = 25$	$(131/594) \times 100 = 22$	$(320/594) \times 100 = 54$
แหล่งน้ำ	$(43/126) \times 100 = 34$	$(51/126) \times 100 = 41$	$(83/126) \times 100 = 66$
ป่าไม้	$(133/483) \times 100 = 28$	$(205/483) \times 100 = 42$	$(350/483) \times 100 = 73$
ที่รกร้าง	$(76/191) \times 100 = 40$	$(110/191) \times 100 = 58$	$(115/191) \times 100 = 62$
รวมทั้งหมด	$(844/2592) \times 100 = 33$	$(844/2592) \times 100 = 33$	$(1748/2592) \times 100 = 67$

จากตารางที่ 7 แสดงผลสรุปค่าความถูกต้องของการจำแนกประเภทสิ่งปกคลุมดินรวม (Overall Accuracy) ความถูกต้องจากการจำแนกแต่ละประเภทสิ่งปกคลุมดิน และความคลาดเคลื่อนที่ละไว้และที่รวมไว้ อย่างไรก็ตามการประเมินความถูกต้องของการจำแนกสิ่งปกคลุมดินจากภาพถ่ายจากดาวเทียมเป็นเรื่องที่มีความซับซ้อนมาก ผู้ประเมินควรกระทำด้วยความรอบคอบ

ความรู้เกี่ยวกับการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล

จิรศักดิ์ ตั้งตรงไพโรจน์ (2543) ได้กล่าวถึงการเลี้ยงกุ้งของไทยไว้ว่า การเลี้ยงกุ้งกุลาดำของไทยมีวิวัฒนาการมาจากการทำนากุ้งในอดีต โดยการขุดเป็นบ่อขนาดใหญ่ตามชายฝั่งทะเล ซึ่งเรียกว่า วังกุ้ง โดยมีการสูบน้ำทะเลเข้ามาภายในวังหรือปล่อยน้ำเข้า-ออกจากวังกุ้งตามการขึ้นลงของระดับน้ำทะเล จนครบกำหนด 4 เดือนจึงปล่อยน้ำเค็มออกจากวังกุ้งเพื่อทำการจับกุ้งและสัตว์น้ำอื่น ๆ ที่ปะปนออกมาพร้อมกับน้ำเค็มที่ปล่อยทิ้ง ซึ่งในอดีตได้ผลผลิตเพียงประมาณปีละ 150 – 200 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งเรียกวิธีการเลี้ยงแบบนี้ว่า การเลี้ยงกุ้งแบบดั้งเดิม (Extensive System) ต่อมามีการพัฒนาปรับเปลี่ยนเป็นการเลี้ยงกุ้งแบบกึ่งพัฒนา (Semi-intensive System) โดยการหาพันธุ์กุ้งจากภายนอกมาปล่อยเพิ่มเติมและมีการให้อาหารบ้าง ทำให้มีผลผลิตเพิ่มขึ้นเป็นประมาณ 500 กิโลกรัมต่อไร่ เนื่องจากวิธีการดังกล่าวได้ผลผลิตสูงมากกว่าวิธีการเลี้ยงกุ้งแบบดั้งเดิมมากทำให้ต่อมามีการพัฒนาการเลี้ยงกุ้งเป็นแบบพัฒนา (Intensive System) และมีการดำเนินการอย่างจริงจังเมื่อประมาณปี พ.ศ.2528 โดยมีนักวิชาการจากไต้หวันเข้ามาเริ่มบุกเบิกการเลี้ยงแบบพัฒนาบริเวณจังหวัดสมุทรสงครามจนในปัจจุบันแพร่หลายไปทั่วทั้งประเทศ ซึ่งหลักเกณฑ์การเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนามีดังนี้

1. การเลือกสถานที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้ง
2. การจัดการและการควบคุมคุณภาพน้ำและดิน
3. การจัดหาพ่อแม่พันธุ์และลูกพันธุ์กุ้ง
4. การออกแบบและจัดสร้างบ่อเลี้ยงกุ้ง
5. ชนิดของอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งและการให้อาหาร
6. การควบคุม ป้องกัน และรักษาโรค

การเลี้ยงกุ้งมีหลายขั้นตอน เริ่มจากการหาพ่อแม่พันธุ์กุ้งจากธรรมชาติ ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ทางแถบทะเลด้านอันดามันของประเทศไทย เมื่อชาวประมงได้พ่อแม่พันธุ์จากการลากอวนแล้วจะนำไปขายให้แก่โรงเพาะฟัก (Hatchery) ซึ่งจะนำแม่กุ้งกุลาดำที่ไข่แก่แล้ว (สังเกตจากการมองเห็นไข่สีเทาดำแผ่กระจายเต็มด้านหลังและด้านข้างของลำตัวแม่พันธุ์กุ้ง) ไปใส่ในถังน้ำที่มีน้ำทะเลที่มีคุณภาพเหมาะสมสำหรับให้แม่กุ้งวางไข่ (Spawn) โดยลูกกุ้งจะมีการพัฒนาเป็นตัวอ่อนในระยะต่าง ๆ ตั้งแต่ Egg – Nauplius – Zoea – Mysis – Postlava ตามลำดับ ซึ่งโรงเพาะฟักจะขายลูกกุ้งในระยะ Postlava ให้ผู้เลี้ยงกุ้งนำไปเลี้ยงในบ่อดิน (Grow-out Pond) และขายลูกกุ้งในระยะ Nauplius ให้กับฟาร์มอนุบาลลูกกุ้ง (Nursery) เพื่อนำไปเลี้ยงต่อจนถึงระยะ Postlava แล้วจึงขายให้กับผู้เลี้ยงกุ้งต่อไป ซึ่งจากอดีตจนถึงปัจจุบันพบว่ามีการเลี้ยงกุ้งอยู่ทั้งสิ้น 3 วิธีการได้แก่

1. การเลี้ยงกุ้งแบบดั้งเดิม (Extensive System) หรือเรียกอีกอย่างว่าการทำนากุ้ง เนื่องจากพื้นที่เลี้ยงกุ้งแบบนี้ส่วนใหญ่ดัดแปลงมาจากนาข้าวหรือนาเกลือที่อยู่ในพื้นที่ใกล้ทะเล สามารถนำพันธุ์กุ้งธรรมชาติเข้ามาเลี้ยงในพื้นที่ขนาดใหญ่ตั้งแต่ 50-200 ไร่ มีการขุดร่องน้ำหรือเรียกว่า ขาวัง โดยรอบของพื้นที่นากุ้งลึกลงไป และมีส่วนที่เป็นดินตรงกลางถูกยกเป็นคันดินให้สูงพอประมาณ ให้กักเก็บน้ำได้ในระดับ 0.5 – 1 เมตร มีประตูบังกุ้งและประตูคั่นน้ำติดตั้งระทัดหรือเครื่องสูบน้ำเข้านา โดยส่วนมากจะนำน้ำเข้านาในช่วงน้ำขึ้นซึ่งจะมีลูกกุ้งธรรมชาติ ลูกปลา และสัตว์น้ำอื่น ๆ ติดเข้ามาด้วย ซึ่งการเลี้ยงกุ้งวิธีการนี้จะปล่อยไปตามธรรมชาติไม่มีการให้อาหารเพราะมีอาหารจากธรรมชาติอยู่แล้ว การเปลี่ยนถ่ายน้ำบ่อยซึ่งน้ำที่นำเข้ามาใหม่เป็นน้ำที่มีคุณภาพดีและมีอาหารธรรมชาติผ่านตะแกรงเข้ามาเพื่อป้องกันไม่ให้ศัตรูของกุ้งเข้ามาภายในบ่อและป้องกันกุ้งหลุดออกไปขณะทำการถ่ายน้ำ การเลี้ยงแบบดั้งเดิมนี้เป็นลักษณะพื้นฐานของการเลี้ยงกุ้งในประเทศไทยซึ่งในปัจจุบันมีเหลือเพียงแต่ประมาณ 5% ของพื้นที่เลี้ยงกุ้งทั้งหมดในประเทศไทย เหตุผลที่ยังคงมีการเลี้ยงกุ้งแบบนี้เพราะเมื่อเลี้ยงไปได้ 1 – 2 เดือนก็สามารถทยอยจับกุ้งขายได้ แต่เมื่อดูจากผลผลิตที่ได้เฉลี่ยต่อพื้นที่แล้วนับว่าค่อนข้างต่ำเพียง 40 – 60 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปีเท่านั้น แถมผลผลิตที่ได้ยังไม่มีควมสม่ำเสมอและไม่สามารถควบคุมปริมาณผลผลิตได้อีกด้วย อีกทั้งในปัจจุบันพันธุ์กุ้งในธรรมชาติลดน้อยลงเป็นอย่างมาก อย่างไรก็ตามการเลี้ยงแบบดั้งเดิมนี้ไม่อาศัย

เทคโนโลยีในการเลี้ยงมากนักจึงมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนต่ำ ส่วนชนิดของกุ้งที่พบในการเลี้ยงกุ้งโดยใช้วิธีการนี้ได้แก่ กุ้งแชบ๊วย กุ้งตะกวด กุ้งหัวมันหรือกุ้งหลังไข่ กุ้งขาวกรีนสัน กุ้งกะต๋อม และกุ้งแป๊ะแห โดยวิธีการเลี้ยงกุ้งแบบดั้งเดิมนี้เริ่มต้นขึ้นเมื่อประมาณปี พ.ศ.2486 ที่จังหวัดสมุทรปราการ เป็นแห่งแรก

2. การเลี้ยงกุ้งแบบกึ่งพัฒนา (Semi-intensive System) หรือเรียกว่าการเลี้ยงกุ้งแบบปล่อยเสริม (Additional System) สืบเนื่องจากนาุ้งแบบดั้งเดิมในหลายพื้นที่มีปริมาณของเชื้อกุ้งไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้เลี้ยงกุ้งประกอบกับความสำเร็จของกรมประมงไทยในการเพาะพันธุ์กุ้งเมื่อปี พ.ศ.2515 จึงมีการนำลูกกุ้งที่ได้มาปล่อยเสริมในบ่อเลี้ยงแบบดั้งเดิมในอัตรา 5 – 10 ตัวต่อตารางเมตร และมีการดัดแปลงรูปแบบนาุ้งบางส่วนให้เป็นบ่ออนุบาล มีระบบการให้อาหาร และกำจัดศัตรูกุ้ง จนเมื่อกุ้งเจริญเติบโตและแข็งแรงพอจึงเปิดบ่ออนุบาลปล่อยกุ้งไปเลี้ยงรวมกับกุ้งจากธรรมชาติต่อไป ซึ่งการเลี้ยงกุ้งวิธีการนี้สามารถเพิ่มผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ขึ้นมาได้ในระดับหนึ่งเฉลี่ยประมาณ 80 – 100 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ปัจจุบันพบว่าวิธีการนี้มีเหลือเพียง 15% ของพื้นที่เลี้ยงกุ้งทั้งหมดของประเทศไทย โดยบ่อที่พบส่วนใหญ่มีลักษณะของบ่อเล็กลงเหลือแปลงละ 6 – 20 ไร่ และขาวังรอบ ๆ บ่อลึกประมาณ 0.8 – 1.2 เมตร เพื่อเพิ่มปริมาณน้ำให้มากขึ้น

3. การเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนา (Intensive System) หรือเรียกว่า การเลี้ยงแบบให้ผลผลิตสูง โดยมีการใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยและใช้ความรู้ตามหลักการวิชาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำตลอดจนการบริหารด้านต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้ในการดำเนินงานตั้งแต่การเพาะขยายพันธุ์กุ้ง การเตรียมบ่อ การกำจัดศัตรู การใส่ปุ๋ย การอนุบาลลูกกุ้ง การควบคุมระดับน้ำ การปล่อยลูกพันธุ์กุ้งลงในบ่อเลี้ยงชนิดของอาหารและการให้อาหาร เป็นต้น ซึ่งเป็นวิธีการเลี้ยงที่ค่อนข้างซับซ้อนกว่าการเลี้ยงในแบบดั้งเดิมและการเลี้ยงแบบกึ่งพัฒนามาก โดยต้องอาศัยความรู้ความชำนาญเป็นอย่างมากทำให้การเลี้ยงกุ้งวิธีการนี้ส่วนใหญ่อยู่ในระดับอุตสาหกรรมการลงทุนสูง แต่ก็มิได้มีผลผลิตต่อไร่สูงเช่นกัน

ปัจจุบันการเลี้ยงกุ้งวิธีการนี้ได้ใช้พันธุ์กุ้งที่มาจากการเพาะพันธุ์ทั้งหมด โดยอัตราปล่อยที่กรมประมงแนะนำคือประมาณ 20 – 30 ตัวต่อตารางเมตร แต่ผู้เลี้ยงส่วนใหญ่มักจะปล่อยกุ้งมากกว่าจำนวนที่กรมประมงแนะนำ เนื่องจากความต้องการผลผลิตต่อไร่ที่เพิ่มขึ้น เป็นเหตุให้ต้องควบคุมดูแลอย่างเข้มงวดขึ้นตามไปด้วย ส่วนอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งส่วนใหญ่เป็นอาหารสำเร็จรูปและมีการให้อาหารสมทบจำพวกปลาสดบดและหอยบ้าง ด้านเครื่องจักรมีการนำเครื่องตีน้ำเข้ามาใช้เพื่อเพิ่มออกซิเจนในนาุ้งและทำให้น้ำหมุนเวียนตลอดในช่วงระยะเวลาการเลี้ยง 4 – 5 เดือน ปัจจุบันการเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนานี้ได้กระจายไปทั่วทั้งประเทศไม่จำกัดเฉพาะบริเวณชายฝั่งเหมือนแบบดั้งเดิมและแบบกึ่งพัฒนา ทำให้ปริมาณผลผลิตกุ้งของประเทศไทยมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นจากอดีตเป็นจำนวนมาก

การเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนาในยุคแรกเริ่มจะเป็นระบบเปิด (Open System) ทั้งนี้เพราะตลอดระยะเวลาการเลี้ยงจะต้องมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำบ่อยประมาณ 2 – 3 วันต่อครั้ง เนื่องจากภายหลังจากการเลี้ยงกุ้งพันธุ์ช่วง 1 เดือนแรกน้ำที่ขังไว้นานจะเกิดสาหร่ายขนาดเล็กขึ้นภายในบ่อทำให้น้ำมีสีเขียวหรือสีน้ำตาล ซึ่งสาหร่ายเหล่านี้ในตอนกลางคืนจะใช้ออกซิเจนในการหายใจทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดต่ำลง และเมื่อสาหร่ายตายลงจะเกิดการเน่าเปื่อยประกอบกับเศษอาหารเหลือและสิ่งขับถ่ายที่ออกมาจากตัวกุ้งจะทำให้เกิดแก๊สพิษที่เป็นอันตรายต่อกุ้งได้ ดังนั้นผู้เลี้ยงจึงต้องอาศัยการเปลี่ยนถ่ายน้ำบ่อย ๆ เข้ามาช่วย โดยต้องใช้น้ำแต่ละครั้งในปริมาณมาก อีกทั้งการเปลี่ยนถ่ายน้ำยังมีผลทำให้กุ้งมีการเจริญเติบโตขึ้นด้วย ซึ่งวิธีการนี้นับว่าเป็นการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำธรรมชาติอย่างเต็มที่ จนเมื่อกิจกรรมการเลี้ยงกุ้งเพิ่มสูงขึ้นและมีน้ำเสียจากกิจกรรมอื่น ๆ ไหลเข้ามาปะปนทำให้แหล่งน้ำธรรมชาติเสื่อมโทรมอย่างรวดเร็ว ซึ่งเมื่อนำน้ำจากแหล่งน้ำเหล่านั้นมาใช้เลี้ยงกุ้งพบว่า เกิดปัญหาโรคระบาด ขึ้นตามมา จึงทำให้มีการปรับวิธีการเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนามาเป็นระบบปิด (Closed System) ดังที่เห็นในปัจจุบัน โดยวัตถุประสงค์หลักของการเลี้ยงในระบบปิดคือไม่ต้องการนำน้ำจากภายนอกเข้าสู่บ่อเลี้ยงกุ้งเพื่อเป็นการป้องกันโรคระบาดตามมา ซึ่งในปัจจุบันพบว่าวิธีการเลี้ยงกุ้งในระบบปิดนี้มีหลากหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่และการจัดการของแต่ละฟาร์ม สามารถแยกออกเป็น 2 ลักษณะได้ดังนี้

1. ระบบปิดเฉพาะช่วง 1 – 2 เดือนแรก มีการเติมน้ำลงไปบ่อเพื่อรักษาระดับและคุณภาพน้ำ จนถึงเวลาจับจะปล่อยน้ำออกสู่ภายนอกฟาร์มและเมื่อถึงรอบการเลี้ยงใหม่จะนำน้ำจากภายนอกเข้ามาบำบัดเพื่อใช้เลี้ยงต่อไป ซึ่งระบบนี้ยังไม่ถือว่าเป็นระบบปิดที่แท้จริง อาจเรียกได้ว่าเป็นระบบกึ่งปิดกึ่งเปิด

2. ระบบปิดถาวร ไม่มีการเปลี่ยนระบายน้ำทั้งตลอดระยะเวลาการเลี้ยง มีการจัดการน้ำภายในฟาร์มให้มีการหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ได้ใหม่โดยไม่พึ่งพาและไม่ปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติเลย อาจเรียกได้ว่าเป็นระบบรีไซเคิล หรือระบบปิดนอกเปิดใน

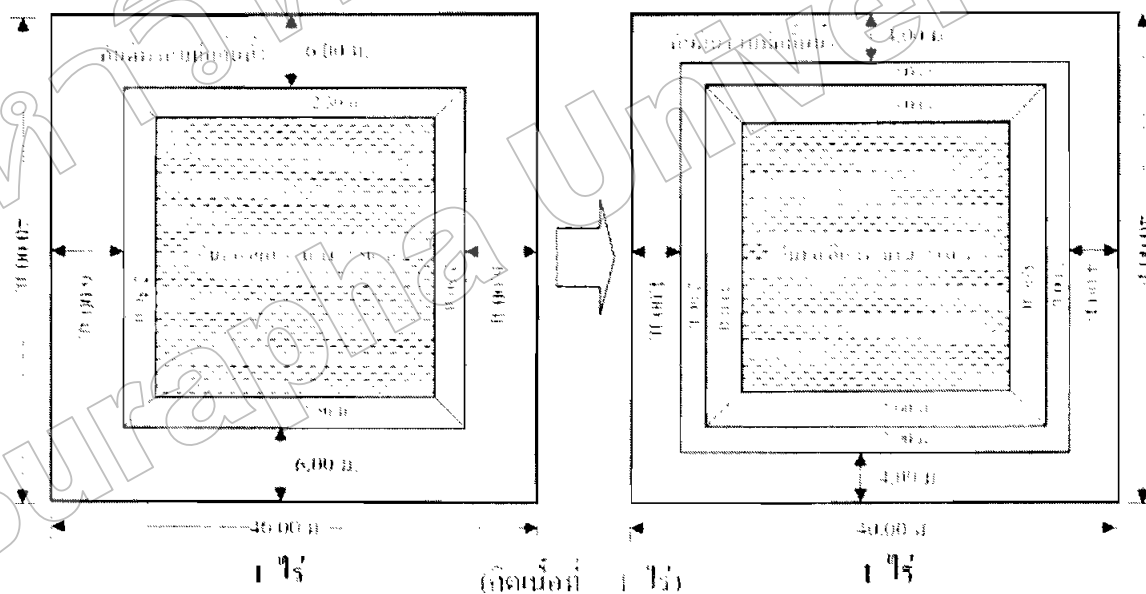
การฟื้นฟูพื้นที่ผ่านการเลี้ยงกุ้ง

การฟื้นฟูพื้นที่ที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ เป็นภารกิจหนึ่งที่กรมพัฒนาที่ดินรับผิดชอบ ซึ่งเริ่มดำเนินการตั้งแต่ปีงบประมาณ 2543 เพื่อให้เป็นไปตามนโยบายของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์และตามมติคณะรัฐมนตรี เมื่อวันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2541 ที่ให้มีการประกาศใช้มาตรา 9 พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ให้ระงับการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบความเค็มต่ำในพื้นที่น้ำจืดในทุกจังหวัดและให้กรมพัฒนาที่ดินเข้าไปดำเนินการช่วยเหลือเกษตรกรที่ได้รับผลกระทบดังกล่าว โดยการฟื้นฟูพื้นที่ที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งกุลาดำให้เปลี่ยน

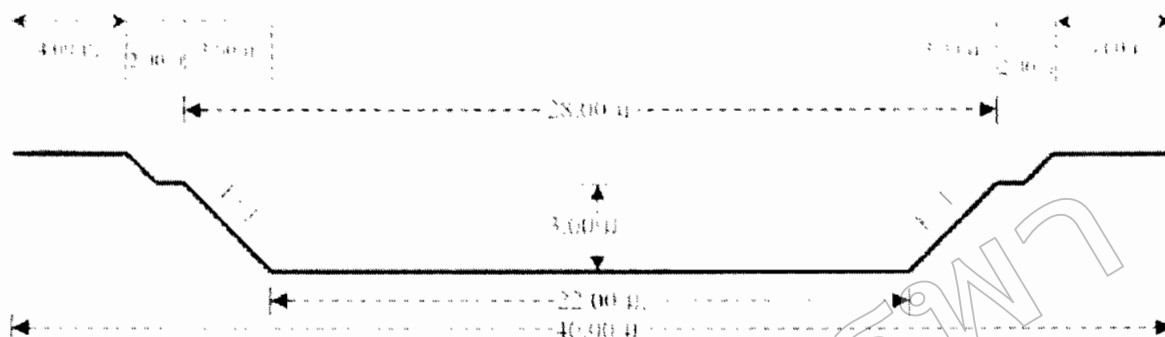
มาทำนาหรือทำการเกษตรแบบผสมผสานแทน จากผลการดำเนินงานพื้นที่พื้นที่ที่ผ่านการเลี้ยงกุ้ง
 กูลาคาที่ผ่านมาตั้งแต่ปี พ.ศ.2543 จนถึงปัจจุบันได้พบปัญหาหลายประการ โดยเฉพาะเรื่องการ
 จัดทำระบบ โครงสร้าง ซึ่งไม่เป็นไปตามหลักการวิชาการที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ ซึ่งเป็นปัญหาที่
 สำคัญมากที่ทำให้เกิดความล้มเหลว ดังนั้นจึงสมควรกำหนดแนวทางในการป้องกันปัญหาที่จะ
 เกิดขึ้น โดยให้มีการวิเคราะห์สภาพพื้นที่ดั้งเดิมก่อนที่จะกลายสภาพเป็นบ่อเลี้ยง สภาพพื้นที่และการ
 ใช้ที่ดินของพื้นที่ข้างเคียง เพื่อนำมาใช้ในการพิจารณาความเหมาะสมของการใช้ที่ดินและความ
 ต้องการของเกษตรกรทั้งรูปแบบแปลงและการใช้ที่ดิน ซึ่งสามารถแบ่งการใช้ประโยชน์พื้นที่จาก
 การพื้นที่พื้นที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งเพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. การพื้นที่พื้นที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งเพื่อทำบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด หรือบ่อสำรองน้ำจืด

การพื้นที่พื้นที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งทะเลเพื่อทำบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด หรือบ่อสำรองน้ำจืด
 ต้องทำการปรับปรุงบ่อเลี้ยงกุ้งทิ้งร้าง โดยการขุดลอกพื้นบ่อให้ลึกจากกันบ่อเดิมประมาณ 1 เมตร
 ดังแสดงในภาพที่ 15 และ 16



ภาพที่ 15 โครงสร้างบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดหรือบ่อสำรองน้ำจืดที่ดัดแปลงมาจากพื้นที่ผ่าน
 การเลี้ยงกุ้งที่มา : ดัดแปลงจาก กรมพัฒนาที่ดิน, 2546ข, หน้า 74



ภาพที่ 16 ภาพตัดขวาง บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด หรือบ่อสำรองน้ำจืดที่ดัดแปลงมาจากพื้นที่ผ่านการเลี้ยงกุ้ง ที่มา : ดัดแปลงจาก กรมพัฒนาที่ดิน, 2546ข, หน้า 75

2. การฟื้นฟูพื้นที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งเพื่อปลูกพืชเศรษฐกิจ

เนื่องจากพื้นที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งทะเล จะมีปัญหาความเค็มของดินหรือบางพื้นที่มีปัญหาทั้งดินเค็มและดินเปรี้ยวจัดรวมอยู่ด้วยกัน ดังนั้นการนำพื้นที่ดังกล่าวไปปลูกพืชเศรษฐกิจต่าง ๆ จึงจำเป็นต้องมีการจัดการเป็นพิเศษเพื่อให้ดินมีสภาพเหมาะสมกับการปลูกพืชให้เจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ โดย กรมพัฒนาที่ดิน (2546ข) ได้ระบุขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.1 ปรับสภาพพื้นที่ให้เหมาะสมกับพืชที่ปลูก โดยลบล้างบ่อปรับพื้นที่ให้สม่ำเสมอสำหรับปลูกข้าว หรือยกทรงสวนสำหรับปลูกไม้ผล ไม้ยืนต้น

2.2 ล้างดิน โดยใช้น้ำฝนหรือน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติขังในพื้นที่ประมาณ 7 วัน เพื่อให้เกลือละลายออกมา แล้วจึงระบายน้ำออกและปฏิบัติเช่นนี้ซ้ำอีก 2-3 ครั้ง ก่อนทำการปลูกพืช

2.3 ใช้วัสดุปรับปรุงดิน เช่น ปูนต่าง ๆ ในดินที่มีความเป็นกรดสูง (หรือดินเปรี้ยว) หรือใส่ยิปซัมในดินเค็มที่เป็นด่าง แล้วทิ้งบ่มไว้ประมาณ 7 วัน ก่อนขังน้ำแล้วทำการล้างดินประมาณ 3 ครั้ง

2.4 ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ปรับปรุงดิน หรือปลูกพืชปุ๋ยสดสับกลบเป็นปุ๋ยพืชสด

2.5 คัดเลือกพันธุ์พืชทนเค็มมาปลูก เช่น

2.5.1 พันธุ์ข้าวทนเค็มที่มีคุณภาพสูง ได้แก่ กข, กข 7, กข 8, ข้าวดอกมะลิ 105 เอ็กกระโดด กอเดียวเบา ข้าวซีต้า แดงน้อย ข้าวตาอุ ข้าวตาแห้ง เหนียว สันป่าตอง เป็นต้น

2.5.2 ไม้ผลทนเค็ม ได้แก่ ละมุด ทับทิม ฝรั่ง มะพร้าว เป็นต้น

2.5.3 ผัก ได้แก่ มะเขือเทศ หน่อไม้ฝรั่ง ผักโขม ผักบุ้งจีน กระเพรา ชะอม เป็นต้น

สภาพพื้นที่ของพื้นที่ศึกษาในอำเภอบ้านโพธิ์ส่วนใหญ่มีสภาพพื้นที่ราบเรียบหรือค่อนข้างราบเรียบ ที่ราบลุ่ม ที่ลุ่ม ที่ต่ำ ได้แก่ บริเวณพื้นที่นาต่าง ๆ ที่ลุ่มที่ต่ำ ความลาดชัน 0 - 2 % บริเวณนี้เป็นเขตพื้นที่น้ำจืดเหมาะสำหรับใช้ทำนา แต่ได้มีการขุดบ่อเลี้ยงกุ้งกันอย่างกว้างขวาง อย่างไรก็ตามเกษตรกรได้ทิ้งพื้นที่บริเวณนี้ไว้เป็นบ่อเลี้ยงกุ้งจำนวนมาก หรือเกษตรกรที่มีความประสงค์จะปรับเปลี่ยนพื้นที่ไปทำการเพาะปลูกพืชอย่างเดิม จะพบปัญหาดินบางแห่งเป็นดินเปรี้ยว อาจเกิดน้ำท่วมในช่วงฤดูฝนเป็นเวลา 4 - 5 เดือน ในระดับความลึกไม่แน่นอน บางแห่งขาดน้ำในช่วงฤดูแล้งทำให้ดินแห้งแตกกระแหว่งเป็นร่องกว้างลึก การฟื้นฟูพื้นที่บริเวณนี้ไม่ค่อยมีปัญหาใด ๆ มาตรการการแก้ไขปัญหาดินและฟื้นฟูที่ดินเพื่อการปลูกพืชในบริเวณ มีดังนี้

โดยทั่วไปแล้วพื้นที่บริเวณนี้ สามารถดำเนินการฟื้นฟูเป็นพื้นที่นาขอร่องปลูกพืช บ่อสำรองน้ำจืด และทำการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้

กรณีพบดินเปรี้ยวจัดสามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวด้วยการใช้ปูนขาวแก้ปัญหาดินเปรี้ยวก่อน จากนั้นจึงแก้ปัญหาคือความเค็มที่เกิดจากการเลี้ยงกุ้งลดค่าโดยการใส่ยิปซัมและตามด้วยการล้างดิน เกิดปัญหาน้ำท่วมในช่วงฤดูฝนในระดับความลึกไม่แน่นอน หรือบริเวณพื้นที่ต่ำมาก ไม่สามารถทำคันดินกันน้ำท่วมได้เมื่อขอร่อง ให้ฟื้นฟูพื้นที่เพื่อการปลูกข้าวและบ่อน้ำเพื่อเลี้ยงปลา ไม่ควรขอร่อง

การขาดน้ำในช่วงฤดูแล้งในบางแห่ง จำเป็นต้องขุดสระน้ำโดยใช้พื้นที่ประมาณ 30 % หรือมากกว่าของพื้นที่ทั้งหมด

บางแห่งเนื้อดินค่อนข้างเป็นทรายถึง เป็นทราย ควรจะฟื้นฟูพื้นที่เป็นพื้นที่นา และบ่อน้ำจืดเพื่อเลี้ยงปลา โดยให้ขังบ่อมีความลาดเท 1 : 2

บางแห่งเป็นดินดินถึงลึกปานกลาง ควรฟื้นฟูพื้นที่เป็น 2 ลักษณะเท่านั้น คือเป็นพื้นที่นา และบ่อน้ำสำหรับเลี้ยงปลา โดยขังบ่อมีความลาดเท 1 : 2

ชีววิทยาบางประการของต้นธูปฤาษีกับการฟื้นฟูพื้นที่ผ่านการเลี้ยงกุ้ง

ต้นธูปฤาษี (*Typha angustifolia* Lin.) หรือต้นกกช้าง เป็นพืชชนิดหนึ่งที่มีประโยชน์อย่างยิ่งในกระบวนการบำบัดน้ำเสียโดยต้นธูปฤาษีเป็นพืชน้ำมีลักษณะคล้ายพืชประเภทกก มีลำต้นยาวคล้ายทางมะพร้าว มีเหง้าใต้ดิน และแทงไหลแตกหน่อขึ้นเป็นหมู่ใหญ่ มักขึ้นในที่ลุ่มน้ำขังและชายขอบพรุ ใบมีลักษณะเรียวยาวประมาณ 200-400 เซนติเมตร และมีความกว้างประมาณ 1-2 เซนติเมตร ผิวใบเกลี้ยง ปลายใบแหลม บริเวณโคนใบจะแผ่กว้างเป็นกาบหุ้มลำต้น ดอกมีเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียอยู่บนก้านช่อเดียวกัน ซึ่งจากการศึกษาพบว่า ต้นธูปฤาษีเป็นพืชที่มีการขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็ว สามารถทนทานต่อสภาพความเป็นกรดเป็นด่างและความเค็มได้เป็นอย่างดี มี

ความสามารถดูดซึมแร่ธาตุและโลหะหนักได้ในปริมาณที่สูง ซึ่ง สุภาพร จันรุ่งเรือง และพิสนุย์ จิตวาพรวนิช (2540) ได้ศึกษาศักยภาพการใช้รูปธาตุในการบำบัดน้ำเสีย พบว่า รูปธาตุมี
ความสามารถในการดูดซับธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสโดยเฉลี่ย 760 และ 60 กิโลกรัม ต่อพื้นที่
1 เฮกตาร์ ต่อปี นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่บ่งชี้ว่า ดันรูปธาตุมีความสามารถในการบำบัดสารฆ่า
แมลงได้ จากการศึกษาของ จีร์รัตน์ สาตราวาหะ (2540) ได้ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดสารฆ่า
แมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำเสียชุมชนโดยการปลูกพืชในสภาพของดินสลับน้ำขังและน้ำแห้ง
โดยใช้รูปธาตุมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนเมืองเพชรบุรีที่มีการปนเปื้อนของสารฆ่าแมลง
จำนวน 3 ชนิด คือ แอลฟา-บีเอชซี, เฮปตาคลอร์ และแกมมา-บีเอชซี ทำการวิจัยโดยใช้เวลา 1 ปี
(ธันวาคม 2538-พฤศจิกายน 2539) ภายหลังการบำบัดพบว่า สารฆ่าแมลงทุกชนิดมีปริมาณลดต่ำลง
หรือถูกบำบัดทั้งหมด ซึ่งโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจาก
พระราชดำริ อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี ได้นำดันรูปธาตุไปใช้ในการจัดการของเสียโดยใช้
วิธีธรรมชาติบำบัดธรรมชาติ โดยใช้บำบัดน้ำเสียที่มาจากเทศบาลเมืองเพชรบุรี โดยมีการศึกษาวิจัย
ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการใช้พื้นที่ชุ่มน้ำเทียมในการบำบัดน้ำเสียชุมชน โดย
ใช้พืชจำพวก กก และดันรูปธาตุ ปลูกติดกันมีขนาดกว้าง 5 เมตร ยาวประมาณ 100 เมตร ขังน้ำสูง
ประมาณ 30 เซนติเมตร อัตราส่วนความกว้างต่อความยาวประมาณ 1 ต่อ 5- 10 พบว่าที่ความยาว
ของแปลงเพียง 50 เมตร ก็เพียงพอในการบำบัดน้ำเสียชุมชนให้ได้มาตรฐาน มีค่าบีโอดีน้อยกว่า 20
มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำทิ้งที่ระบายออกมามีลักษณะใสสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

จากการสำรวจพื้นที่ศึกษาพบว่าพืชที่ขึ้นภายในบ่อเลี้ยงกุ้งทั้งร้างในขอบเขตพื้นที่ศึกษา
ส่วนใหญ่ คือ ดันรูปธาตุ ซึ่งมีความสามารถในการดูดซึมแร่ธาตุและบำบัดสารพิษที่ตกค้างอยู่
บริเวณพื้นบ่อภายหลังจากการไม่ถูกใช้ประโยชน์ ซึ่งยังไม่มีการศึกษาที่แน่ชัดว่าปริมาณแร่ธาตุ
และสารพิษตกค้างในบ่อเลี้ยงกุ้งทั้งร้างมีปริมาณเท่าใด และจะปลูกดันรูปธาุนานเท่าใดจึงจะ
สามารถกำจัดแร่ธาตุส่วนเกินและสารพิษตกค้างในบ่อจนกระทั่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์
ทางด้านเกษตรกรรมได้ โดยในพื้นที่ศึกษามักจะพบดันรูปธาตุกระจายอยู่ทั่วทั้งพื้นที่ ดังนั้นผู้วิจัย
จึงได้นำบ่อเลี้ยงกุ้งทั้งร้างที่มีดันรูปธาตุภายในบ่อมาเป็นเกณฑ์ที่ใช้ในการบ่งบอกถึงลักษณะบ่อ
เลี้ยงกุ้งทั้งร้างที่กำลังได้รับการฟื้นฟูสภาพให้สามารถกลับมาใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การทดสอบไคสแควร์ (Chi-square test)

การทดสอบไคสแควร์ (Chi-square Test) เป็นวิธีการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบข้อมูลที่อยู่ในรูปของความถี่หรือในรูปของสัดส่วนซึ่งไม่สามารถวัดค่า ออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้ แต่สามารถจำแนกออกเป็นหมวดหมู่ได้ เช่น มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด เป็นต้น (สมการเทียมมล, 2549) ซึ่งเป็นข้อมูลที่เกิดจากการเก็บรวบรวมจากตัวแปรที่เกี่ยวข้องแล้วจำแนกออกมาเป็นความถี่หรือสัดส่วน การทดสอบไคสแควร์เหมาะสำหรับการเปรียบเทียบตัวแปร 2 กลุ่มหรือมากกว่า 2 กลุ่มว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่ โดยใช้สมการทดสอบดังนี้

$$X^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E}$$

สมมติให้ O แทนความถี่ที่ได้จากการศึกษา และ E แทนความถี่ที่คาดหวัง โดยพิจารณา ค่าที่คำนวณได้จากสมการเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการเปิดตารางไคสแควร์ที่ $df = (r-1)(k-1)$ เมื่อ r = จำนวนกลุ่มของตัวแปรตัวที่หนึ่ง และ k = จำนวนกลุ่มของตัวแปรตัวที่สอง ถ้าค่าที่คำนวณได้จากสมการมากกว่าค่าวิกฤติจากตารางไคสแควร์ แสดงว่า ตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กัน แต่ถ้าค่าที่คำนวณได้จากสมการน้อยกว่าค่าวิกฤติจากตารางไคสแควร์ แสดงว่า ตัวแปรทั้งสองไม่มีความสัมพันธ์กัน

ข้อจำกัดของการทดสอบด้วยไคสแควร์

1. กรณีตารางข้อมูลมีลักษณะเป็น 2×2 ถ้าความถี่ที่คาดหวังค่าใดค่าหนึ่ง มีค่าน้อยกว่า 5 แล้ว การทดสอบด้วยไคสแควร์จะมีความเชื่อถือน้อยลง
2. กรณีตารางข้อมูลใหญ่กว่า 2×2 ถ้าความถี่ที่คาดหวังค่าใดค่าหนึ่งมีค่าน้อยกว่า 1 หรือมีค่าน้อยกว่า 5 เกินร้อยละ 20 ของจำนวนกลุ่มทั้งหมดของตัวแปรการทดสอบด้วยไคสแควร์จะไม่เหมาะสม
3. ประชากรที่ใช้ในการทดสอบไคสแควร์ ถ้ามีขนาดมากกว่า 50 ($N > 50$) จะได้ผลค่อนข้างดี การทดสอบไคสแควร์จึงเหมาะสมสำหรับประชากรขนาดใหญ่

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. การสำรวจระยะไกล

ประสาร อินทเจริญ (2549) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศในการประเมินความเหมาะสมของพื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้งทะเลในเขตพื้นที่น้ำจืด กรณีศึกษาจังหวัดชลบุรี พบว่า ผลที่ได้จากการแปลข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมโดยใช้เทคนิคการหลอมข้อมูลดาวเทียม Landsat-5TM (Band 453) กับข้อมูลดาวเทียม IRS-1D (Panchromatic) มีความสามารถในการจำแนกประเภทบ่อกุ้งทะเลได้ 4 ลักษณะ ได้แก่ บ่อเลี้ยงกุ้ง บ่อร้าง บ่อพักน้ำ และบ่อปลาและบ่ออื่นๆ ซึ่งผลที่ได้จากการตรวจสอบความถูกต้องพบว่า ข้อมูลที่ทำการจำแนกแต่ละประเภทมีความถูกต้องร้อยละ 49.26, 31.18, 36.17 และ 48.00 ตามลำดับ แต่เมื่อทำการหลอมข้อมูลดาวเทียม SPOT-5 กับข้อมูลดาวเทียม IRS-1D (Panchromatic) พบว่าข้อมูลที่ทำการจำแนกมีความถูกต้องสูงขึ้นมาก โดยคิดเป็นร้อยละ 82.33, 77.92, 74.14 และ 95.81 ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลที่ทำการจำแนกบ่อกุ้งทะเลมาประเมินความเหมาะสมเชิงพื้นที่พบว่า บริเวณอำเภอนนทบุรีและปทุมธานีมีความเหมาะสมมากที่สุด บริเวณอำเภอนนทบุรีและบ่อทองมีความเหมาะสมปานกลาง บริเวณอำเภอบ่อทองและกิ่งอำเภอกะฉันทน์มีความเหมาะสมน้อย และบริเวณอำเภอบ่อทองและกิ่งอำเภอกะฉันทน์มีความไม่เหมาะสม ซึ่งผลที่ได้มีความสอดคล้องกับรายงานผลการผลิตกุ้งทะเลในพื้นที่ศึกษา

วิญญิต มั่นทะจิตร, เกรียงศักดิ์ เผด็จภัย, ประสาร อินทเจริญ และสุรัตน์ เจียรนัยวิวัฒน์ (2550) ได้ศึกษาการประเมินการเปลี่ยนแปลงพื้นที่การเลี้ยงกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) บริเวณลุ่มน้ำบางปะกง โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยใช้เทคนิคการหลอมข้อมูลดาวเทียม SPOT-5 (Band 1-4-3) กับข้อมูลดาวเทียม SPOT-5 (Panchromatic) เพื่อทำการจำแนกพื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้งทะเลเป็นระยะเวลาทั้งสิ้น 3 ช่วงเวลาดังตั้ง พ.ศ. 2548 - 2550 พบว่าข้อมูลดาวเทียมที่ผ่านกระบวนการหลอมข้อมูลแล้วสามารถใช้ในการจำแนกการใช้ประโยชน์พื้นที่ในการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลได้เป็นอย่างดี เมื่อนำข้อมูลที่ทำการจำแนกมาใช้ในการประเมินความเสี่ยงจากการหลุดรอดของกุ้งทะเลจากการเลี้ยงพบว่า ตลอดระยะเวลา 3 ปีที่ทำการศึกษามีค่าระดับความอันตราย (HQ) จากการหลุดรอดของกุ้งทะเลลดลงเล็กน้อยจาก 0.079, 0.064 และ 0.062 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาระดับพื้นที่พบว่า บริเวณที่มีความเสี่ยงสูงมีความเหมือนกันทั้ง 3 ปี ได้แก่ บริเวณอำเภอบ้านโพธิ์ อำเภอเมือง และอำเภอบางคล้า จากผลการเก็บตัวอย่างกุ้งทะเลในแม่น้ำบางปะกงมีความสอดคล้องกับพื้นที่เสี่ยงที่ได้จากการศึกษา

สุรัตน์ เจียรนัยวิวัฒน์ (2550) ได้ศึกษากระบวนการหลอมข้อมูลดาวเทียมที่ต่างรายละเอียดภาพและระบบบันทึกข้อมูล โดยใช้เทคนิค Brovey Transformation, HSI (Hue :

Saturation : Intensity) Color Transformation, PCA (Principal Component Analysis)

Transformation และ HPF (High Pass Filter) ในการหลอมข้อมูลดาวเทียมเพื่อศึกษาพื้นที่ตัวอย่าง 3 พื้นที่ ได้แก่ บริเวณพื้นที่นาทุ่งและเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำติดอำเภอบางปะกง บริเวณอ่าวชลบุรี และบริเวณอ่างเก็บน้ำบางพระ พบว่าการหลอมข้อมูลดาวเทียม Landsat-5TM (Band 1 - 7) กับข้อมูลดาวเทียม SPOT-5(Panchromatic) ด้วยวิธีการ PCA Transformation สามารถจำแนกประเภทนาทุ่งและพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้ดี สามารถมองเห็นขอบเขตแปลงได้อย่างชัดเจน การหลอมข้อมูลดาวเทียม Landsat-5TM (Band 1 - 5) กับข้อมูลดาวเทียม Radarsat (ระบบ SAR) ด้วยเทคนิค Brovey Transformation สามารถจำแนกเครื่องมือประมงประจำที่ในบริเวณอ่าวชลบุรีได้เป็นอย่างดี และการหลอมข้อมูลดาวเทียม Landsat-5TM (Band 1 - 7) กับข้อมูลดาวเทียม SPOT-5 (Panchromatic) สามารถจำแนกเส้นทางคมนาคมในพื้นที่อ่างเก็บน้ำบางพระได้เป็นอย่างดี

Chittima Raksa, Thanakorn Sanguantrakool and Ramphing Simking (2009) ได้ศึกษาเรื่องการประยุกต์ใช้การสำรวจระยะไกลด้วยข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-5TM, SPOT-5 และ ALOS เพื่อติดตามการสถานการณ์ของป่าชายเลนจังหวัดตรัง ในภาคใต้ของประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-5TM และ SPOT-5 ในปี พ.ศ. 2533, พ.ศ.2539, พ.ศ. 2543 และ พ.ศ.2549 ทำการวิเคราะห์โดยนำข้อมูลจาก Landsat-5TM มาทำการผสมสีเท็จด้วยแบนด์ 453/RGB และนำข้อมูลจากดาวเทียม ALOS มาทำการผสมสีเท็จด้วยแบนด์ 421/RGB จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ทำการผสมสีแล้วไปหลอมข้อมูลกับข้อมูลดาวเทียม SPOT-5 ในระบบบันทึกภาพแบบ Panchromatic เพื่อให้ข้อมูลมีรายละเอียดที่สูงขึ้น ได้ข้อมูลที่มีรายละเอียดเชิงพื้นที่ 2.5 เมตร เมื่อนำมาจำแนกข้อมูลด้วยวิธีการจำแนกแบบอัตโนมัติและการแปลภาพด้วยสายตาโดยอาศัยหลักการดังนี้ Tone, Size, Shape, Texture, Pattern, Location และ Association และอาศัยประกอบการตรวจสอบข้อมูลที่ได้จากการลงสำรวจพื้นที่ป่าชายเลนในพื้นที่จริง, แผนที่ภูมิประเทศ, ภาพถ่ายทางอากาศ ฯลฯ เพื่อศึกษาการพัฒนาการและการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าชายเลนโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) พบว่า พื้นที่ป่าชายเลนส่วนใหญ่ในพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่เลี้ยงกุ้งเป็นจำนวนมาก

Niemann, Filion, Flaherty and Steckler (2002) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้ข้อมูลจากดาวเทียม RADARSAT-1 ในการติดตามและทำแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในเขตร้อนชื้นในประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียม RADARSAT-1 ในช่วงเวลาที่ต่างกันและมีมุมบันทึกข้อมูลที่แตกต่างกัน โดยเลือกข้อมูล RADARSAT-1 ระบบบันทึกภาพรายละเอียดสูงในมุมบันทึกข้อมูลที่แตกต่างกัน ดังนี้ 36.8-39.9 (F1), 43.5-45.8 (F4) และ 45.3-47.5 (F5) บันทึกข้อมูลในเดือนกันยายน พ.ศ. 2544 จากผลการศึกษาพบว่า จากการนำข้อมูลต่างช่วงเวลากันมาผสม

สีกันสามารถใช้ในการจำแนกบ่อเลี้ยงกุ้งได้อย่างชัดเจน ข้อมูลที่ได้จากการผสมสีภาพปราศจากการรบกวนของเมฆ หมอก สามารถแสดงให้เห็นถึงรูปแบบที่มีลักษณะร่วมกันของกิจกรรมการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินได้อย่างชัดเจน

Qian Du, Oguz Gungor and Jie Shan (2008) ได้ศึกษาเปรียบเทียบความถูกต้องและความแม่นยำของผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้เทคนิคการหลอมข้อมูลด้วยเทคนิค Intensity-hue-saturation Transform, Principal Component Analysis (PCA), Arithmetic Combination และ Wavelet โดยใช้ข้อมูลดาวเทียม Quickbird ระบบ Multispectral (Blue, Green, Red และ Near-infrared) ที่มีรายละเอียดเชิงพื้นที่ 2.6 เมตร และข้อมูลดาวเทียม Quickbird ระบบ Panchromatic ที่มีรายละเอียดเชิงพื้นที่ 0.75 เมตร พบว่า ข้อมูลภาพที่หลอมข้อมูลด้วยเทคนิค PCA มีความบิดเบือนของรายละเอียดเชิงรังสีอย่างเห็นได้ชัด แต่ข้อมูลภาพที่หลอมข้อมูลด้วยเทคนิค Wavelet มีรายละเอียดเชิงรังสีที่ดีกว่า และเมื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้กับภาพดั้งต้นพบว่า ข้อมูลภาพที่หลอมข้อมูลด้วยเทคนิค Wavelet มีรายละเอียดเชิงพื้นที่และรายละเอียดเชิงรังสีที่ดีกว่าข้อมูลภาพที่หลอมข้อมูลด้วยเทคนิค PCA

Ramphing Simking and Thanakorn Sanguantrakool (2007) ได้ศึกษาเรื่องการประยุกต์ใช้การสำรวจระยะไกลด้วยข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-5TM และ SPOT-5 เพื่อติดตามการสถานการณ์ของป่าชายเลนในจังหวัดตรัง ในภาคใต้ของประเทศไทย พบว่าประเทศไทยได้มีการสูญเสียพื้นที่ป่าชายเลนเป็นจำนวนมาก นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2504 – 2539 โดยกิจกรรมหลักที่มีส่วนในการทำให้พื้นที่ป่าชายเลนลดลง ได้แก่ ฟาร์มเลี้ยงกุ้ง การทำเหมืองดินบุก การใช้ประโยชน์ป่าชายเลนอย่างไม่ถูกต้อง การทำเป็นพื้นที่อุตสาหกรรม และการเข้ามาตั้งรกรากของประชาชนในบริเวณป่าชายเลน ทำการศึกษาโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-5TM และ SPOT-5 ในปี พ.ศ. 2533, พ.ศ. 2539, พ.ศ. 2543 และ พ.ศ. 2549 ทำการวิเคราะห์โดยนำข้อมูลทั้งหมดในแต่ละปีศึกษามาทำการผสมสีเท็จด้วยแบนด์ 453/RGB และใช้วิธีการปรับแก้เชิงรังสีด้วยวิธี Linear Stretch Enhancement เมื่อนำข้อมูลทั้งหมดแปลผลโดยแบ่งเป็นประเภทการใช้ประโยชน์ได้ 10 ประเภท ได้แก่ 1. ป่าชายเลน 2. ป่าชายเลนเสื่อมโทรม 3. สวนยางและปาล์มน้ำมัน 4. ฟาร์มเลี้ยงกุ้ง 5. พื้นที่ว่างเปล่า 6. นาข้าว 7. ทะเลและแม่น้ำ 8. อ่างเก็บน้ำ 9. ตัวเมืองและชุมชน และ 10. ตะกอนในแหล่งน้ำ จากผลการศึกษาพบว่า กิจกรรมหลักที่ทำให้พื้นที่ป่าชายเลนลดลงคือ ฟาร์มเลี้ยงกุ้ง

2. การฟื้นฟูสภาพบ่อเลี้ยงกุ้งร้าง

กัมปนาท ภักดีกุล (2535) ได้ศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการใช้ประโยชน์จากน้ำระบายทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามเพื่อการปลูกข้าว โดยมีแนวคิดที่น้ำระบายทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งทะเลจะมีธาตุอาหารที่สำคัญ ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ซึ่งอาจจะนำไปใช้ประโยชน์

กับนาข้าวได้ ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่า น้ำระบายทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งทะเลอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเดียวกับน้ำชลประทานทำให้สามารถใช้แทนน้ำชลประทานได้โดยไม่ก่อให้เกิดความแตกต่างของผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตของข้าว

Stevenson (1997) ได้ศึกษาเรื่อง การนำบ่อทิ้งทิ้งร้างมาใช้เป็นทางเลือกในการพัฒนาพื้นที่ป่าชายเลน ได้กล่าวถึงสาเหตุที่ทำให้บ่อเลี้ยงกุ้งกลายเป็นบ่อทิ้งร้าง และสภาพปัญหาของบ่อเลี้ยงกุ้งร้าง โดยพบว่าบ่อเลี้ยงกุ้งที่มีการเลี้ยงกุ้งอย่างสม่ำเสมอจะมีสภาพปัญหาของดินที่มีกรดซัลเฟตสะสมตัวเป็นเหตุให้ผลผลิตกุ้งลดลงต่ำลง เมื่อกลายเป็นบ่อทิ้งร้างจะคงสภาพของดินที่มีกรดซัลเฟต เมื่อได้รับน้ำจะทำให้ปริมาณของกรดจำนวนมากละลายปะปนในน้ำเกิดเป็นพิษของเหล็กและอลูมิเนียมซึ่งมีผลกระทบโดยตรงต่อสัตว์น้ำประเภทปลาและกุ้งส่งผลให้ผลผลิตสัตว์ตกต่ำลง ส่วนวิธีการที่ใช้ในการจัดการกับสภาพของดินที่เป็นกรดซัลเฟตนี้โดยการใช้ปูนขาวและการถ่ายน้ำ แต่วิธีการนี้ก็ไม่สามารถจะนำบ่อเลี้ยงกุ้งทิ้งร้างมาใช้ประโยชน์ได้โดยทันที และในหลายประเทศได้กล่าวถึงปริมาณความเป็นกรดซัลเฟตของดินมีผลในการทำให้ผลผลิตทางการเกษตรลดต่ำลงด้วย และเมื่อบ่อทิ้งร้างแล้วอาจจะมีปริมาณกรดซัลเฟตหลงเหลือต่อไปอีกหลายปี ซึ่งวิธีการฟื้นฟูนิยมใช้การปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์ที่มีความทนทานต่อกรดซัลเฟตได้

Ujang Komarudin AK (2005) ได้ศึกษาความเป็นพิษฉับพลันของสารพิษไนโตรที่ที่มีผลต่อกุ้งกุลาดำและกุ้งขาวที่เลี้ยงในน้ำความเค็มต่ำ พบว่ากุ้งกุลาดำและกุ้งขาวที่เลี้ยงในน้ำความเค็มต่ำโดยลดความเค็มของน้ำที่ใช้เลี้ยงในบ่อเลี้ยงกุ้งจาก 25 ppt, 15 ppt, 5 ppt จนเหลือ 1ppt จะเพิ่มความเป็นพิษของไนโตรที่เป็น 6.9 เท่าในกุ้งกุลาดำ และ 4.9 เท่าในกุ้งขาว ซึ่งสารแอมโมเนีย ในไนโตรและไนเตรด เป็นสารพิษที่มักตกตะกอนและพบได้เสมอในบ่อเลี้ยงกุ้ง

อุไรวรรณ เอกสินธุ์ (2545) ได้ศึกษาเรื่อง การกำจัดไนโตรเจนจากน้ำเสียฟาร์มสุกรที่ผ่านการบำบัดแบบไร้ออกซิเจนในระบบบึงประดิษฐ์แบบผสมผสานด้วยรูปถ่ายและเอกสารเพิ่มเติมพบว่าสามารถกำจัดไนโตรเจนรวมได้ 85-92 เปอร์เซ็นต์ กำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนได้ 98-99.6 เปอร์เซ็นต์ สำหรับค่าบีโอดี ซีโอดี ของแ่งแขวนลอย ฟอสฟอรัสละลายทั้งหมด และฟิโคลโคลิฟอร์มแบคทีเรียสามารถกำจัดได้ 93-99 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังพบว่ารูปถ่ายมีการสะสมไนโตรเจนได้ดีกว่าเอกสารเพิ่มเติมโดยจะสะสมมากที่บริเวณใบ ต้น และรากตามลำดับ โดยมีกลไกหลักในการกำจัดไนโตรเจนคือปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน ดีไนตริฟิเคชัน และการสะสมในเซลล์แบคทีเรีย

จิรัตน์ สาตราวาหะ (2540) ได้ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำเสียชุมชนโดยการปลูกพืชในสภาพของดินสลับน้ำจืดและน้ำแ่ง โดยใช้พืช 2 ชนิด คือ กกกลม (*Cyperus Corymbosus* Rottb.) และรูปถ่าย (*Typha Angustifolia* Lin.) มาใช้ใน

การบำบัดน้ำเสียชุมชนเมืองเพชรบุรีที่มีการปนเปื้อนของสารฆ่าแมลงจำนวน 3 ชนิด คือ แอลฟา-บีเอชซี เฮปตาคลอร์ และแกมมา-บีเอชซี ทำการวิจัยโดยใช้เวลา 1 ปี (ธันวาคม 2538-พฤศจิกายน 2539) ภายหลังการบำบัดพบว่า สารฆ่าแมลงทุกชนิดมีปริมาณลดต่ำลงหรือถูกบำบัดทั้งหมด ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าระบบบำบัดโดยการปลูกพืชในสภาพของดินสลับน้ำขังและน้ำแห้งมีแนวโน้มในการช่วยลดปริมาณสารฆ่าแมลงที่ตกค้างได้ โดยดินและพืชต่างมีส่วนช่วยบำบัดสารฆ่าแมลงในน้ำเสียชุมชน

สุภาพร จันรุ่งเรือง และพิชญ์ จัตุพรวนิช (2540) ได้ศึกษาศักยภาพการใช้รูปธาตุไนโตรเจนในการบำบัดน้ำเสีย โดยรูปธาตุเป็นวัชพืชน้ำที่แพร่กระจายและขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็วตามแหล่งน้ำต่าง ๆ พบได้ทั้งในเขตร้อนและเขตอบอุ่น สามารถทนความเป็นกรดเป็นด่างและความเค็มได้ มีน้ำหนักรากสูงมาก มีความสามารถในการดูดซับสารอาหารและโลหะหนักในปริมาณสูง จากการทดลองพบว่า รูปธาตุมีน้ำหนักรากเฉลี่ย 56.6 ตัน/เฮกตาร์/ปี โดยแบ่งเป็นน้ำหนักรากผลผลิตส่วนเหนือดินและใต้ดินมีค่าระหว่าง 3.8-52.7 และ 1.6-48.7 ตัน/เฮกตาร์/ปี มีความสามารถในการดูดซับธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเฉลี่ย 760 และ 60 กิโลกรัม/เฮกตาร์ ตามลำดับ ซึ่งจากการศึกษายังพบอีกว่าการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลมีผลต่อปริมาณธาตุอาหารและน้ำหนักรากผลผลิตของรูปธาตุ โดยปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมของส่วนเหนือดินจะมีค่าสูงสุดในช่วงปลายฤดูใบไม้ร่วง และจะมีน้ำหนักรากผลผลิตส่วนใต้ดินสูงสุดในช่วงฤดูหนาว