บทที่ 4
การประมวลผลข้อมูลภาพเบื้องต้น

ทบทอง ชั้นเจริญ

หัวข้อ

- 4.1 คุณลักษณะของข้อมูลภาพ
- 4.2 การบันทึกข้อมูลภาพ
- 4.3 การแสดงผลข้อมูลภาพ
- 4.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลภาพ
- 4.5 การประเมินคุณภาพของข้อมูลภาพ
- 4.6 การปรับแก้ข้อมูลภาพ
- 4.7 การเน้นข้อมูลภาพ
- 4.8 การจำแนกประเภทข้อมูลภาพ
- 4.9 การประเมินความถูกต้องของการจำแนกประเภทข้อมูลภาพ

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

- 1. อธิบายคุณลักษณะของข้อมูลภาพได้
- 2. อธิบายการบันทึกข้อมูลภาพแต่ละรูปแบบได้
- 3. อธิบายลักษณะการแสดงผลข้อมูลภาพได้
- 4. จำแนกขั้นตอนของการวิเคราะห์ภาพเชิงเลขได้

บทนำ

- ในการรวบรวมข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลสำหรับใช้ในการประมวลผล ความรู้เบื้องต้นที่ผู้วิเคราะห์ควรให้ความสำคัญมีหลายประการ ความเข้าใจคุณลักษณะของข้อมูลภาพจะทำให้เข้าใจถึงธรรมชาติของข้อมูลภาพ ขั้นตอนของการวิเคราะห์ภาพเชิงเลข ตลอดจนการประมวลผลภาพเชิงเลขเบื้องต้น ก่อนนำข้อมูลภาพไปปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสีและเชิงเรขาคณิตที่เกิดขึ้นระหว่างที่เครื่องมือตรวจวัดบันทึกข้อมูล รวมไปถึงการเพิ่มคุณภาพของข้อมูลภาพ ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการศึกษาและระดับความถูกต้องของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการจำแนกข้อมูลภาพนั้นในภายหลังด้วย

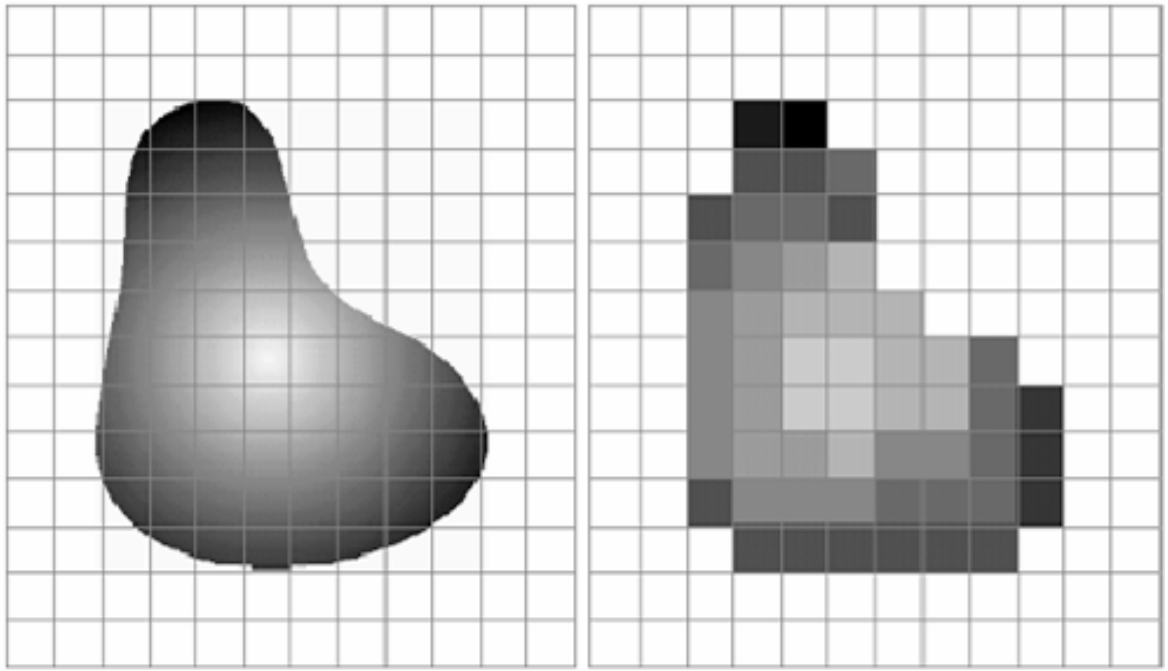
4.1 คุณลักษณะของข้อมูลภาพ

- การทำงานของระบบการสแกนของเครื่องมือตรวจวัดจากระยะไกลคล้ายกับของกล้องถ่ายภาพแบบดิจิทัลในปัจจุบัน สิ่งที่แตกต่างกันคือกล้องดิจิทัลจะเก็บภาพซึ่งประกอบด้วยหลาย ๆ จุดภาพจากการถ่ายครั้งเดียว ขณะที่ระบบการสแกนของเครื่องมือตรวจวัดจะเก็บข้อมูลของสภาพแวดล้อมเป็นจุดภาพย่อย ๆ เรียกว่า จุดภาพ (Pixel) ซึ่งในแต่ละจุดภาพจะมีค่าตัวเลขที่เป็น ค่าการแผ่รังสีเฉลี่ย หรือ ค่าความสว่าง ของพื้นที่ภายในจุดภาพ จากนั้นจึงนำข้อมูลแต่ละจุดภาพที่ได้มาประกอบกันเป็นภาพที่สมบูรณ์ภายหลัง โดยขนาดพื้นที่ของจุดภาพจะส่งผลต่อรายละเอียดของภาพ ในขณะที่พื้นที่ของจุดภาพลดลงรายละเอียดของภาพจะเพิ่มมากขึ้น

4.1 คุณลักษณะของข้อมูลภาพ (ต่อ)

- **1) ข้อมูลอนาล็อก (Analog data)** หรือ ข้อมูลแบบต่อเนื่อง (Continuous data) เครื่องตรวจวัดจะบันทึกค่าของความเข้มรังสีที่วัดได้จริงอย่างละเอียด ทำให้ได้ผลการตรวจวัดซึ่งมีค่าต่อเนื่องตลอดพื้นที่ศึกษา เช่น ข้อมูลความเข้มแสงที่ปรากฏบนภาพถ่ายทางอากาศ ซึ่งบันทึกไว้บนฟิล์มไวแสง เป็นต้น
- **2) ข้อมูลภาพเชิงเลข (Digital data)** หรือ ข้อมูลแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete data) เครื่องตรวจวัดจะแปลงข้อมูลอนาล็อก (ข้อมูลแบบต่อเนื่อง) ที่ได้รับมา เป็นค่าจำนวนเต็มค่าหนึ่งที่ใกล้เคียงค่าจริงเดิมมากที่สุด ตามชุดตัวเลขจำนวนเต็มที่ระบบกำหนดขึ้น ดังนั้น ข้อมูลที่ได้หลังการแปลงจึงมีค่าไม่ต่อเนื่องเหมือนข้อมูลดั้งเดิม แต่มีลักษณะคล้ายกับขั้นบันไดจากค่าหนึ่งไปยังอีกค่าหนึ่งถัดกัน โดยภายในเนื้อหาของบทนี้จะเรียกว่า ข้อมูลภา

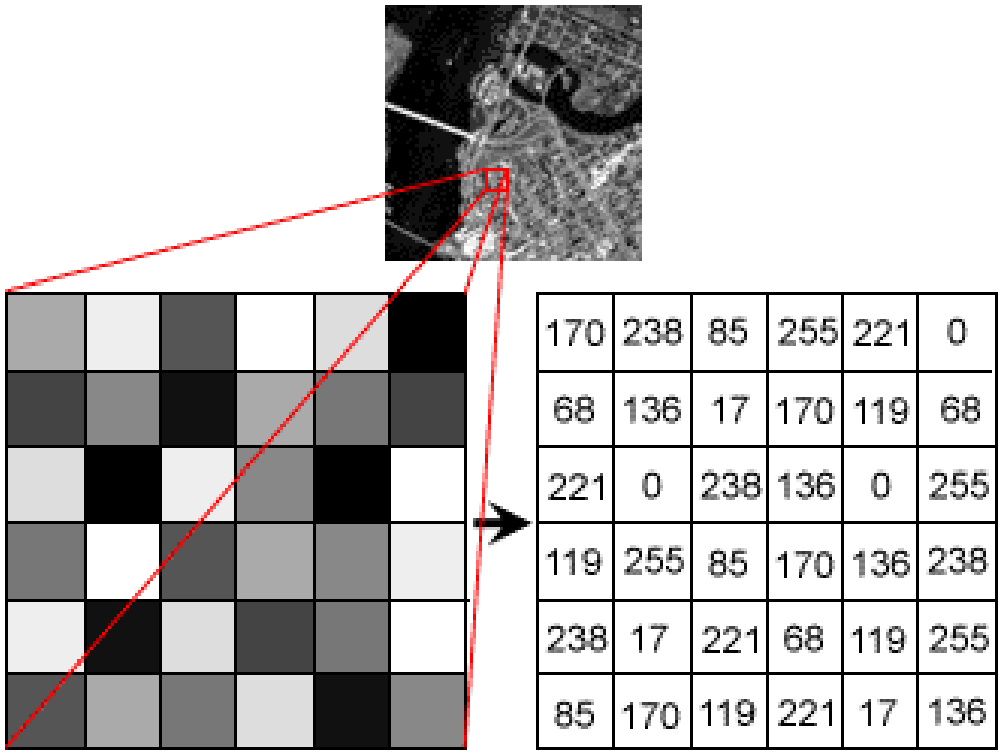
ภาพที่ 4.1 การบันทึกข้อมูลค่าความเข้มแสงใน 2 รูปแบบ



4.1 คุณลักษณะของข้อมูลภาพ (ต่อ)

- ข้อมูลแสดงความเข้มของรังสีที่ถูกแบ่งออกเป็นระดับในการจัดเก็บเรียกว่าค่า บิต (Bit) โดยข้อมูล n บิต จะแบ่งเป็น 2^n ระดับความเข้ม โดยทั่วไป ข้อมูลภาพจะแบ่งออกเป็น 256 ระดับความเข้ม เรียกว่าเป็นข้อมูล 8 บิต ทำให้เครื่องตรวจวัดที่บันทึกข้อมูลแบบ 8 บิต จะสามารถแยกบันทึกข้อมูลได้ตั้งแต่ 0 ถึง 255 ระดับความเข้มเท่านั้น โครงสร้างของข้อมูลภาพจะจัดเก็บในระบบเลขฐานสอง

ภาพที่ 4.2 ข้อมูลภาพแบบ 8 บิต ที่บันทึกข้อมูล 256 ระดับความเข้ม



170	238	85	255	221	0
68	136	17	170	119	68
221	0	238	136	0	255
119	255	85	170	136	238
238	17	221	68	119	255
85	170	119	221	17	136

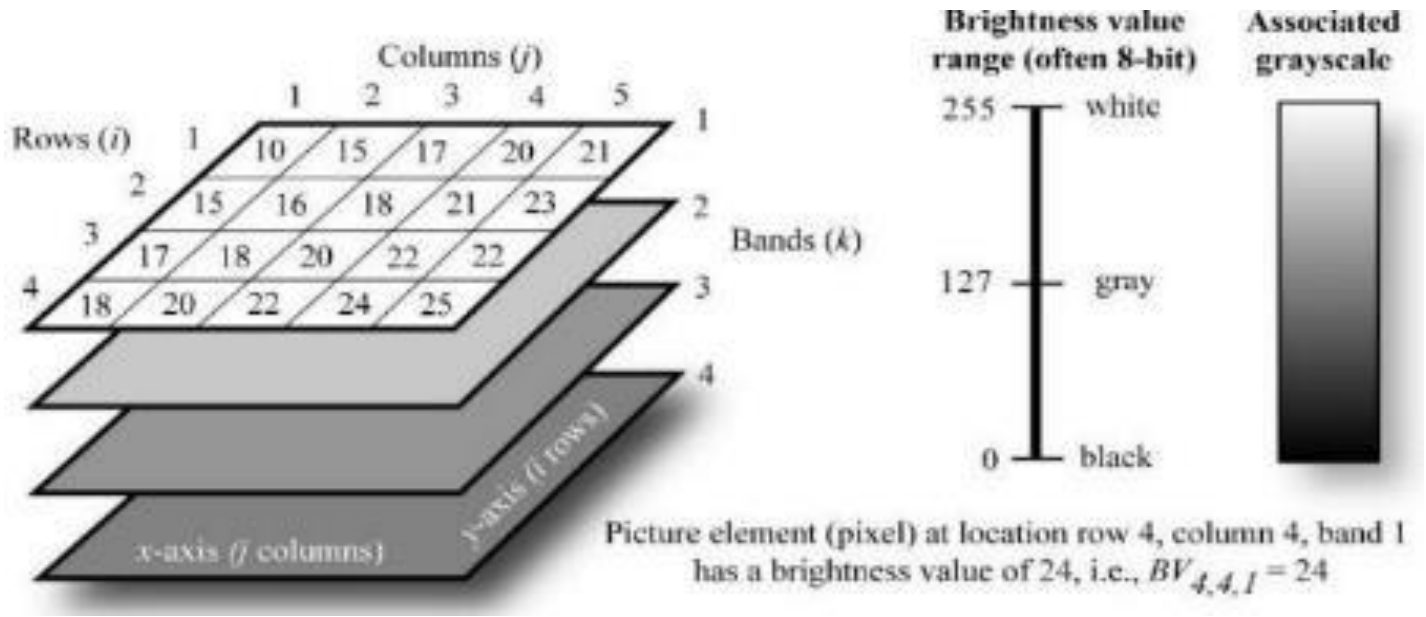
ตารางที่ 4.1 โครงสร้างของข้อมูลภาพจากการรับรู้ระยะไกล

จำนวนบิต	ระดับความเข้ม	ระดับสีเทา	ช่วงระดับสีเทา	ตัวอย่างข้อมูลภาพ
6	2^8	64	0-63	IRS
7	2^7	128	0-127	IRS
8	2^8	256	0-256	LANDSAT 5 / SPOT
10	2^{10}	1,024	0-1,023	NOAA / AVIRISS
11	2^{11}	2,048	0-2,047	IKONOS
16	2^{12}	65,536	0-65,535	RADASAT

4.1 คุณลักษณะของข้อมูลภาพ (ต่อ)

- นอกจากคุณลักษณะข้อมูลภาพจากการรับรู้จากระยะไกลเชิงพื้นที่และเชิงรังสี ยังประกอบด้วยคุณลักษณะเชิงคลื่นและเชิงเวลาด้วย เนื่องจากสามารถเลือกแสดงผลภาพของภูมิทัศน์ในแต่ละช่วงคลื่นและบันทึกในช่วงเวลาที่แตกต่างกันได้

ภาพที่ 4.3 คุณลักษณะข้อมูลภาพจากการรับรู้จากระยะไกล



4.1 คุณลักษณะของข้อมูลภาพ (ต่อ)

- **1) ความละเอียดเชิงคลื่น (Spectral resolution)** หมายถึง ช่วงความยาวคลื่นเฉพาะในสเปคตรัมแม่เหล็กไฟฟ้าที่เครื่องมือตรวจวัดสามารถบันทึกได้ เช่น แบนด์ 1 ของเครื่องมือตรวจวัดของดาวเทียมแลนด์แซต (LANDSAT) ระบบ Thematic Mapper (TM) จะบันทึกพลังงานระหว่างช่วงคลื่น 0.45-0.52 ไมครอน ในช่วงคลื่นสายตามองเห็นของสเปคตรัม
- **2) ความละเอียดเชิงพื้นที่ (Spatial resolution)** หมายถึง ขนาดของวัตถุเล็กที่สุดที่สามารถแยกชัดโดยเครื่องมือตรวจวัด หรือความสามารถแสดงผลพื้นที่ทางภาคพื้นดินในแต่ละจุดภาพ ความละเอียดเชิงพื้นสูงจะมีค่าตัวเลขน้อยลง เช่น ความละเอียดเชิงพื้นที่เท่ากับ 79 เมตร จะหยาบกว่าความละเอียดเชิงพื้นที่เท่ากับ 10 เมตร ความละเอียดเชิงพื้นที่จะสัมพันธ์กับมาตราส่วนของภาพ
- **3) ความละเอียดเชิงคลื่นรังสี (Radiometric resolution)** หมายถึง จำนวนของค่าไฟล์ข้อมูลที่เป็นไปได้ในแต่ละช่วงคลื่น ความละเอียดเชิงคลื่นรังสีถูกบ่งชี้ด้วยจำนวนของบิตซึ่งเป็นค่าพลังงานที่ถูกแบ่งออกเป็นส่วน ๆ ในการบันทึก เช่น ในข้อมูล 8 บิต ค่าไฟล์ข้อมูลมีพิสัยระหว่าง 0 ถึง 255
- **4) ความละเอียดเชิงเวลา (Temporal resolution)** หมายถึง ความสามารถในการถ่ายภาพซ้ำของเครื่องมือตรวจวัดที่จะบันทึกภาพในพื้นที่เดิม เช่น ดาวเทียมแลนด์แซตสามารถถ่ายภาพซ้ำในพื้นที่เดิมของทั่วโลกทุก ๆ 16 วัน ในขณะที่ ดาวเทียมสปอต (SPOT) สามารถถ่ายภาพซ้ำในพื้นที่เดิมทุก ๆ 26 วัน เป็นต้น

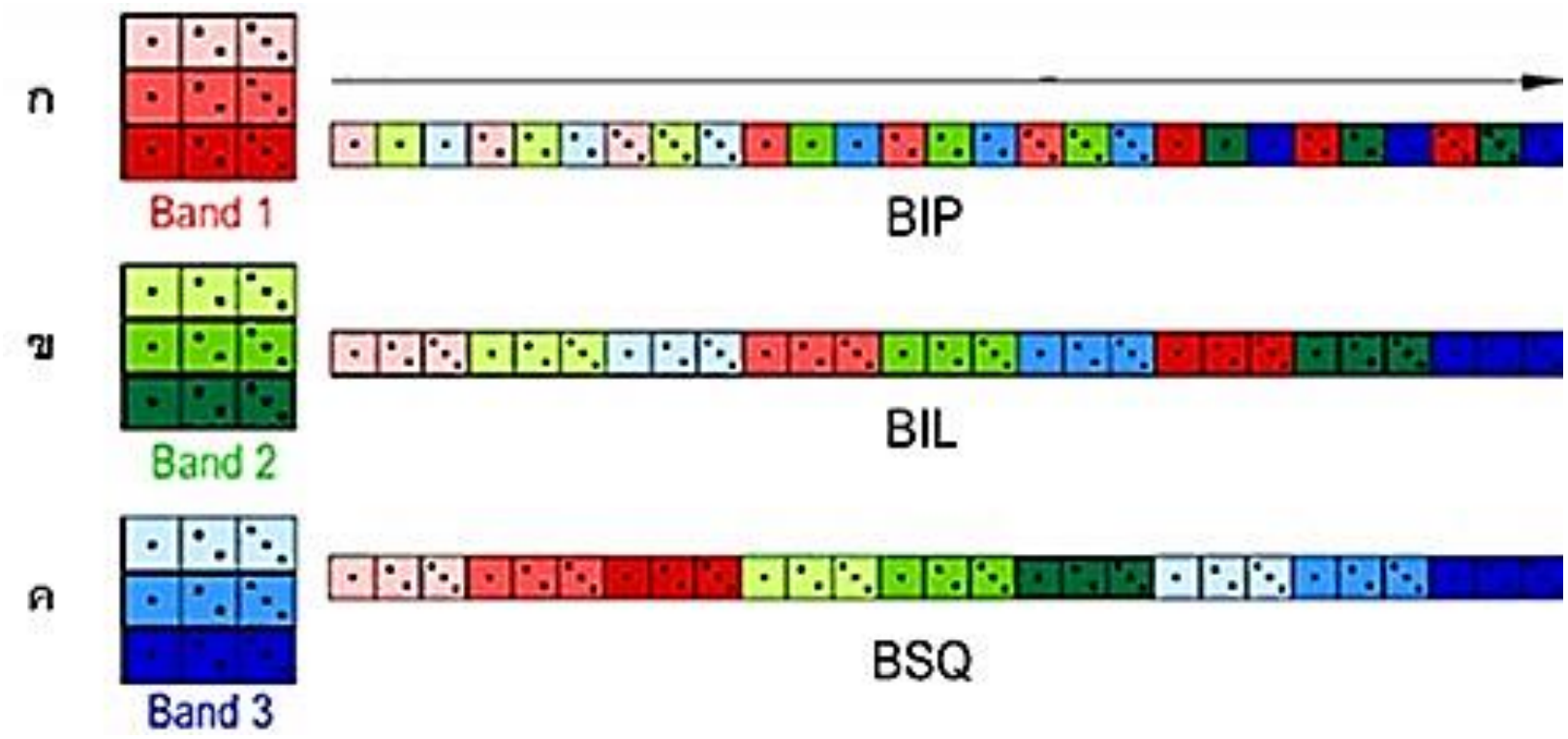
4.2 การบันทึกข้อมูลภาพ

- การบันทึกข้อมูลภาพจากการรับรู้จากระยะไกลที่วิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์ในอดีตบันทึกลงบนเทปแม่เหล็ก (Computer Compatible Tape : CCT) แต่ในปัจจุบันนิยมบันทึกลงบนแผ่นซีดีรอม หรือแผ่นดีวีดี ข้อมูลภาพซึ่งบันทึกค่าสะท้อนของพลังงานในพื้นที่และเวลาเดียวกันในหลายช่วงคลื่น
- ดังนั้น ข้อมูลภาพจึงเป็นเมทริกซ์แบบหลายมิติของค่าความสว่างที่กำหนดคุณลักษณะของภาพภูมิทัศน์
- เช่น ค่าความสว่างในแต่ละจุดภาพของดาวเทียมแลนด์แซต-ทีเอ็ม จำนวน 7 ช่วงคลื่น ใน 1 เวกเตอร์ จะมีค่า (X1 X2 X3 X4 X X5 X6 และ X7) ตามลำดับ
- หรือเป็นเมตริกซ์ P x L x 7 โดย P เป็นจำนวนจุดภาพ L เป็นจำนวนแถว ตามลำดับ

4.2 การบันทึกข้อมูลภาพ (ต่อ)

- **4.2.1 แบบยึดตามตำแหน่งจุดภาพภาพ (Band Interleaved by Pixel: BIP)** ข้อมูลค่าความสว่างของภาพจะถูกเก็บโดยยึดตามตำแหน่งของจุดภาพเป็นหลัก เริ่มต้นจากจุดภาพที่ 1 ของแถวที่ 1 ของช่วงคลื่นที่ 1 จากนั้นจึงเก็บจุดภาพที่ 1 ของแถวที่ 1 ของช่วงคลื่นที่ 2 ต่อไปจนครบทุกช่วงคลื่น หลังจากนั้นจึงเริ่มบันทึกข้อมูลใหม่จากจุดภาพที่ 2 ของแถวที่ 1 ของช่วงคลื่นที่ 1 และเก็บจุดภาพที่ 2 ของแถวที่ 1 ของช่วงคลื่นที่ 2 จนครบแถวแรก จากนั้นจึงเก็บข้อมูลในแถวถัดไปตามรูปแบบเดิมจนครบทุกแถวของทุกช่วงคลื่น
- **4.2.2 แบบยึดตามแถวของการตรวจวัด (Band Interleaved by Line: BIL)** ข้อมูลค่าความสว่างของภาพจะถูกเก็บโดยยึดตามลำดับของแถว เริ่มต้นจากแถวที่ 1 ของช่วงคลื่นที่ 1 จากนั้นจึงเก็บแถวที่ 1 ของช่วงคลื่นที่ 2 ต่อไปจนครบทุกช่วงคลื่น หลังจากนั้นจึงเริ่มบันทึกข้อมูลใหม่จากแถวที่ 2 ของช่วงคลื่นที่ 1 และแถวที่ 2 ของช่วงคลื่นที่ 2 จนครบทุกช่วงคลื่น จากนั้นจึงเก็บข้อมูลแถวถัดไปตามรูปแบบเดิมจนครบทุกแถวของทุกช่วงคลื่น
- **4.2.3 แบบยึดตามช่วงคลื่นของการตรวจวัด (Band Sequential format: BSQ)** ข้อมูลค่าความสว่างของภาพจะถูกเก็บโดยยึดตามลำดับของช่วงคลื่นเป็นหลัก เริ่มต้นจากช่วงคลื่นที่ 1 จากนั้นจึงเก็บช่วงคลื่นที่ 2 จากนั้นจึงเก็บข้อมูลช่วงคลื่นถัดไปตามรูปแบบเดิมจนครบทุกช่วงคลื่น

ภาพที่ 4.4 การบันทึกข้อมูลภาพจากการรับรู้จากระยะไกล



4.3 การแสดงผลข้อมูลภาพ

- โดยทั่วไปการแสดงผลข้อมูลการรับรู้จากระยไกลที่ได้จากตัวตรวจวัดจะอาศัยช่วงคลื่นจำนวน 1 หรือ 3 ช่วงคลื่นสำหรับการประมวลผลเพื่อสร้างเป็นภาพเชิงเลขที่ต้องการ

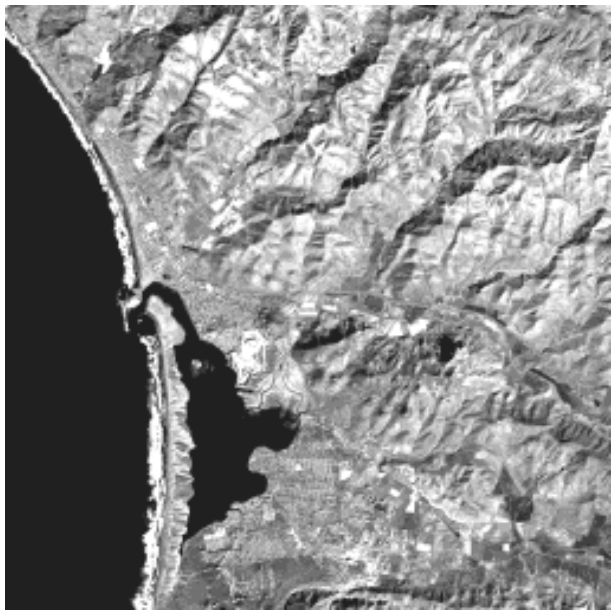
- **4.3.1 ภาพขาวดำ (Black-and-white image: B/W)**
- **4.3.2 ภาพสีผสม (Color composite image)**

4.3 การแสดงผลข้อมูลภาพ (ต่อ)

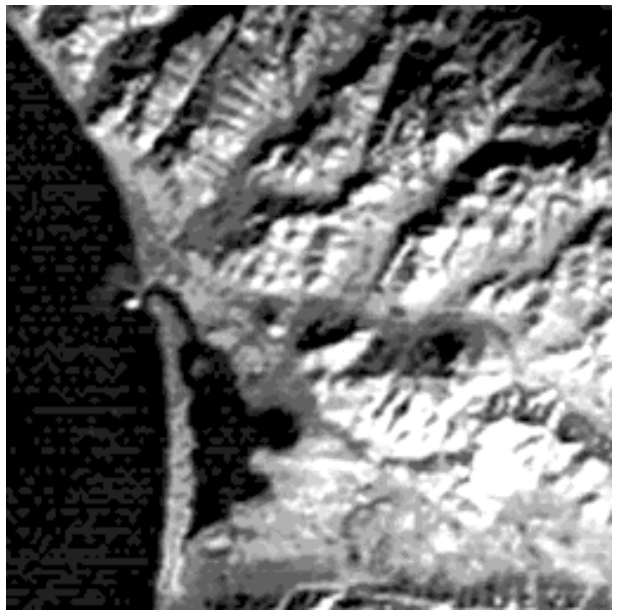
- **4.3.1 ภาพขาวดำ (Black-and-white image: B/W)**
- การแสดงผลภาพขาวดำมักใช้แสดงข้อมูลจากช่วงคลื่นใดช่วงคลื่นหนึ่งของตัวตรวจวัดโดยเฉพาะ เพื่อใช้พิจารณารายละเอียดที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงคลื่นของข้อมูลภาพ

ภาพที่ 4.5 ภาพขาวดำจากข้อมูลภาพจากดาวเทียมแลนด์แซต-ทีเอ็ม

(ก) ช่วงคลื่นที่ 1 ความยาวคลื่น 0.45-0.515 ไมโครเมตร (แสงสีน้ำเงิน)



(ข) ช่วงคลื่นที่ 4 ความยาวคลื่น 0.75-0.90 ไมโครเมตร (อินฟาเรดใกล้ : NIR)



(ค) ช่วงคลื่นที่ 6 ความยาวคลื่น 10.40-12.50 ไมโครเมตร (อินฟาเรดความร้อน : TIR)

4.3 การแสดงผลข้อมูลภาพ (ต่อ)

- **4.3.2 ภาพสีผสม (Color composite image)**
- **4.3.2.1 ภาพสีผสมธรรมชาติ (Natural-color composite)** อาศัยการผสมกันของข้อมูล 3 ช่วงคลื่น ประกอบด้วยช่วงคลื่นของแม่สีหลัก 3 สี ได้แก่ แดง (R) เขียว (B) และ น้ำเงิน (B) ให้เป็นตัวแสดงผลข้อมูลในช่วงคลื่นของตัวเอง ทำให้ได้ภาพสีที่มีลักษณะคล้ายกับที่ตามนุษย์มองเห็นตามปกติ
- **4.3.2.2 ภาพสีผสมเท็จ (False-color image)** อาศัยการผสมกันของข้อมูล 3 ช่วงคลื่น ประกอบด้วยช่วงคลื่นของแม่สีหลัก 3 สี ได้แก่ แดง (R) เขียว (B) และ น้ำเงิน (B) ให้เป็นตัวแสดงผลข้อมูลในช่วงคลื่นของตัวเอง หรือของช่วงคลื่นอื่น ทำให้ได้ภาพสีที่มีลักษณะแตกต่างไปจากที่ตามนุษย์มองเห็นตามปกติ

ภาพที่ 4.6 ภาพสีผสมของข้อมูลภาพจากดาวเทียมแลนด์แซต-ทีเอ็ม

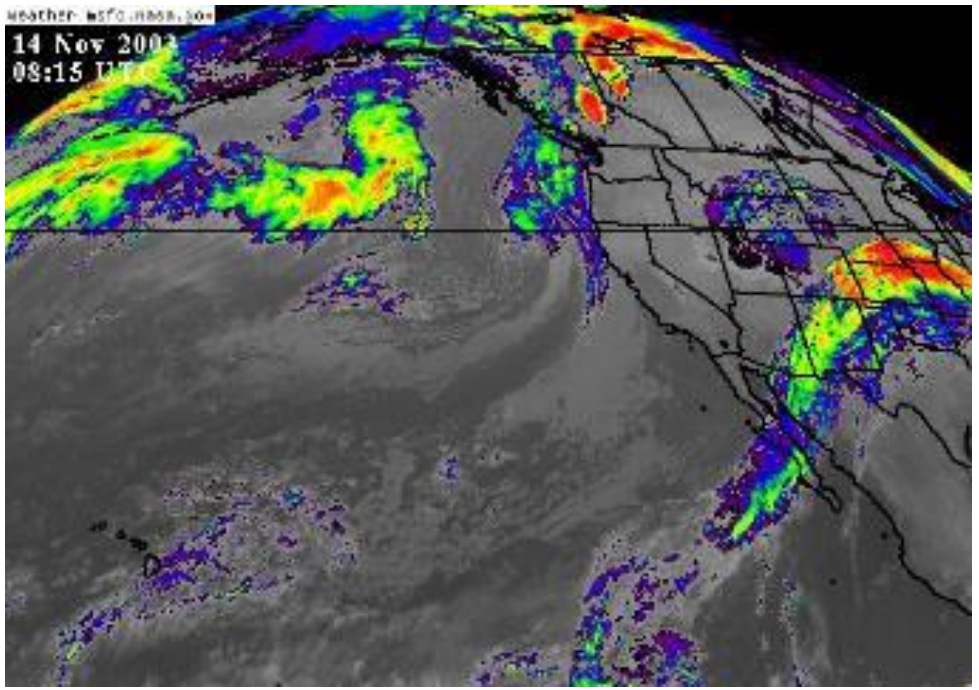
(ก) ภาพสีผสมธรรมชาติ

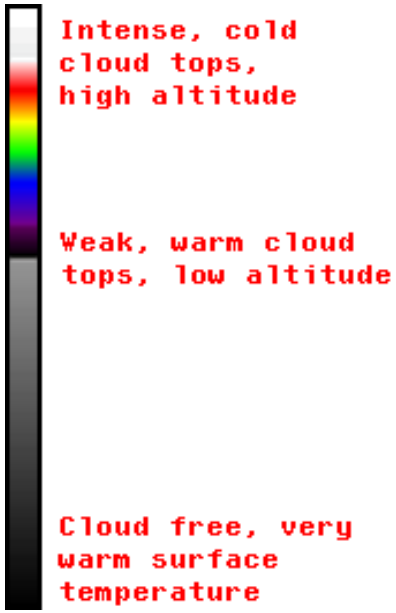
(ข) ภาพสีผสมเท็จ

4.3 การแสดงผลข้อมูลภาพ (ต่อ)

- **4.3.2 ภาพสีผสม (Color composite image)**
- **4.3.2.3 ภาพสีผสมเทียม (Pseudo-color composite)** ภาพสีผสมเทียมจะต่างจากภาพสีผสมดังที่กล่าวมาข้างต้น เนื่องจากเป็นภาพที่อาศัยข้อมูลเพียงช่วงคลื่นเดียวในการแสดงผลเหมือนกับภาพขาวดำ แต่มีการกำหนดสีที่แตกต่างกันให้สำหรับแต่ละช่วงของค่าความเข้มแสง (DN) เพื่อเน้นความแตกต่างของตัวข้อมูลซึ่งปรากฏบนภาพ

ภาพที่ 4.7 ภาพสีผสมเทียมของอุณหภูมิที่แตกต่างกัน

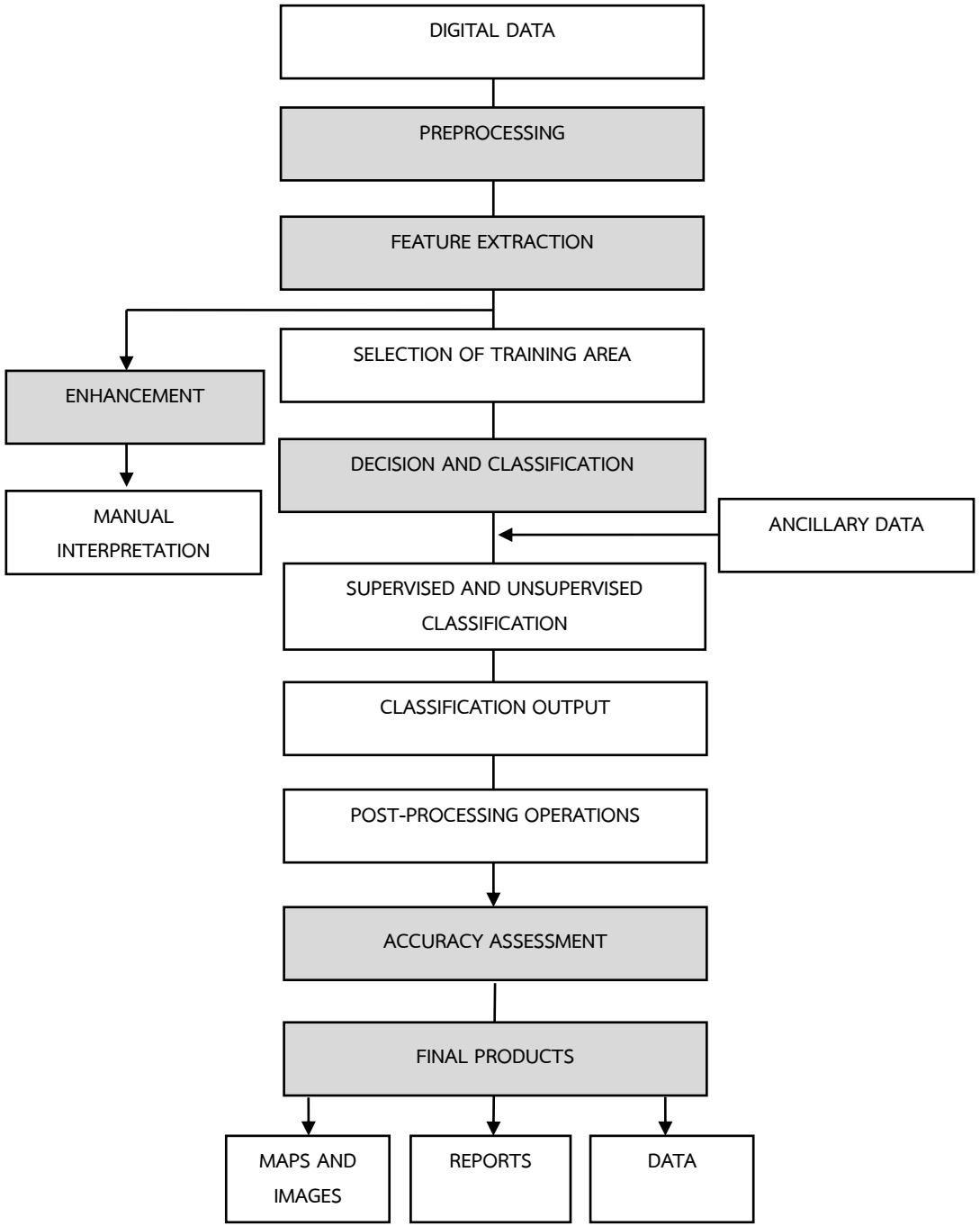




4.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลภาพ

- 4.4.1 การประมวลผลเบื้องต้น (Preprocessing)
- 4.4.2 การสกัดรูปลักษณ์ (Feature extraction)
- 4.4.3 การเน้นความคมชัดภาพ (Image enhancement)
- 4.4.4 การตัดสินใจและการจำแนก (Decision and classification)
- 4.4.5 การประเมินความถูกต้อง (Accuracy assessment)
- 4.4.6 ผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย (Final product)

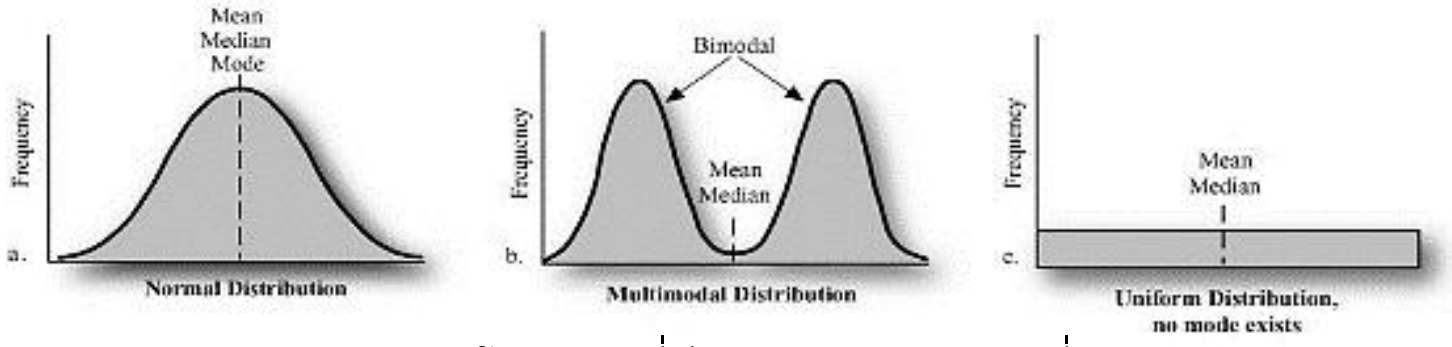
ภาพที่ 4.8 ขั้นตอนของการวิเคราะห์ข้อมูลภาพ



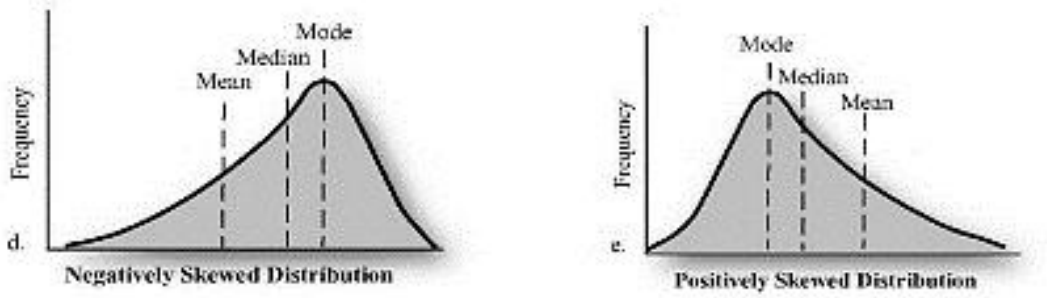
4.5 การประเมินคุณภาพของข้อมูลภาพ

- ข้อมูลภาพที่ได้จากการบันทึกของเครื่องตรวจวัดจากการรับรู้ระยะไกลในช่วงแรก เรียกว่า ข้อมูลดิบ ซึ่งมักจะมีค่าความคลาดเคลื่อนปรากฏอยู่หลายรูปแบบ รวมถึงคุณภาพโดยรวมยังไม่ดีมากพอสำหรับการนำมาศึกษาหรือวิเคราะห์ผลตามต้องการ
- ด้วยเหตุนี้ การประมวลผลเบื้องต้นในการประมวลผลภาพเชิงเลข ซึ่งคือการประเมินคุณภาพของภาพและการประเมินผลทางสถิติเบื้องต้น จึงเป็นกระบวนการที่สำคัญและควรมีการปฏิบัติก่อนการนำไปใช้งานเสมอ ทั้งนี้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการศึกษาและเพิ่มระดับความถูกต้องในของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลภาพนั้น
- โดยทั่วไป ในการประเมินคุณภาพข้อมูลภาพและการประเมินผลทางสถิติจะดำเนินการโดยอาศัยการแสดงผลกราฟของคุณลักษณะของฮิสโตแกรมของข้อมูลภาพ ซึ่งแต่ละช่วงคลื่นจะถูกวิเคราะห์ในหลายรูปแบบ

ภาพที่ 4.9 รูปแบบของฮิสโตแกรม



(ก) รูปแบบของฮิสโตแกรมที่มีการแจกแจงความถี่แบบสมมาตร



(ข) รูปแบบของฮิสโตแกรมที่มีการแจกแจงความถี่แบบเบ้

4.6 การปรับแก้ข้อมูลภาพ (Data correction)

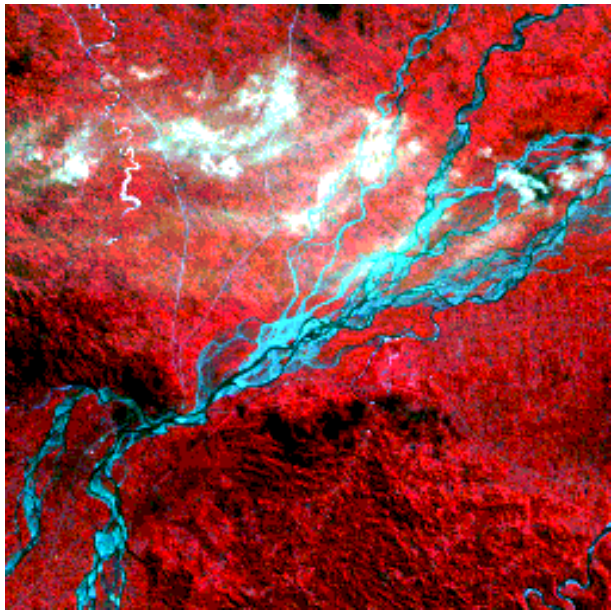
- มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับแก้ความผิดพลาดของข้อมูล (Data error) ความผิดพลาดเชิงรังสี (Radiometric error) ที่เกิดจากสัญญาณรบกวน (Noise) และความผิดพลาดเชิงเรขาคณิต (Geometric error) ที่เกิดขึ้นในกระบวนการตรวจวัด การบันทึกข้อมูลสัญญาณการสะท้อนของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า การส่งสัญญาณ และการโคจรของดาวเทียม โดยกระบวนการปรับแก้ข้อมูลภาพ

- **4.6.1 การปรับแก้เชิงรังสี (Radiometric correction)**
- **4.6.2 การปรับแก้เชิงเรขาคณิต (Geometric correction)**

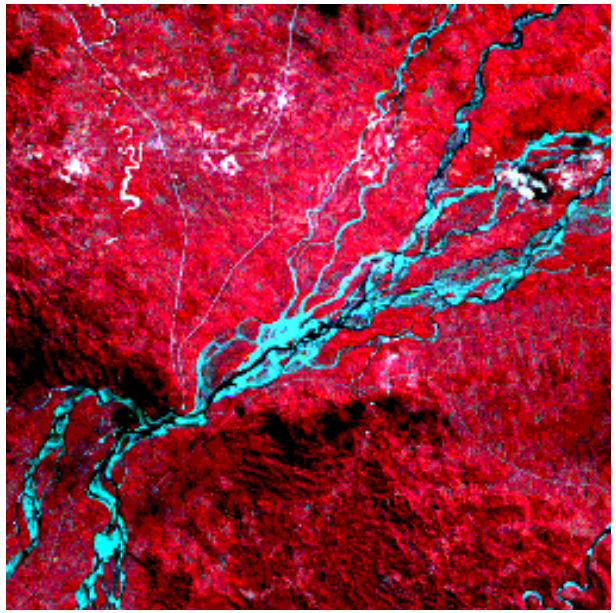
4.6 การปรับแก้ข้อมูลภาพ (Data correction) (ต่อ)

- **4.6.1 การปรับแก้เชิงรังสี (Radiometric correction)**
- เป็นการชดเชยความผิดพลาดเชิงคลื่นรังสีซึ่งเกิดจากความบกพร่องในการทำงานของเครื่องมือตรวจวัด การดูดซับและการกระเจิงในบรรยากาศ การแปรผันของการสแกนภาพ การแปรผันของความสว่างของภาพ สัญญาณรบกวนของระบบ เป็นต้น
  - 1) ตัวตรวจจับ (Detectors)
  - 2) ตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล (A/D converter)
  - 3) ผลกระทบจากบรรยากาศ (Atmospheric effects)
  - 4) การรับแสงและลักษณะภูมิประเทศ (Solar and topographic correction)

ภาพที่ 4.10 ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสีและการปรับแก้



(ก) ภาพที่เกิดความผิดพลาดเชิงรังสี



(ข) ภาพหลังจากการปรับแก้

4.6 การปรับแก้ข้อมูลภาพ (Data correction) (ต่อ)

- **4.6.2 การปรับแก้เชิงเรขาคณิต (Geometric correction)**
- เป็นการชดเชยความผิดพลาดเชิงพื้นที่ทางเรขาคณิตของข้อมูลภาพ โดยเป็นความผิดพลาดทางตำแหน่งของความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลภาพที่ใช้แสดงรูปลักษณ์ทางภาคพื้นดินและความสัมพันธ์ทางภูมิศาสตร์จริงของข้อมูลภาพที่ปรากฏบนพื้นผิวโลก ผลที่เกิดขึ้นจากการปรับแก้ความผิดพลาดเชิงเรขาคณิต ตำแหน่งของจุดภาพจะถูกย้ายเข้าสู่ตำแหน่งจริงทางภาคพื้นดิน

- **4.6.2.1 ความคลาดเคลื่อนอย่างเป็นระบบ (Systematic errors)**
- **4.6.2.2 ความคลาดเคลื่อนอย่างไม่เป็นระบบ (Nonsystematic errors)**

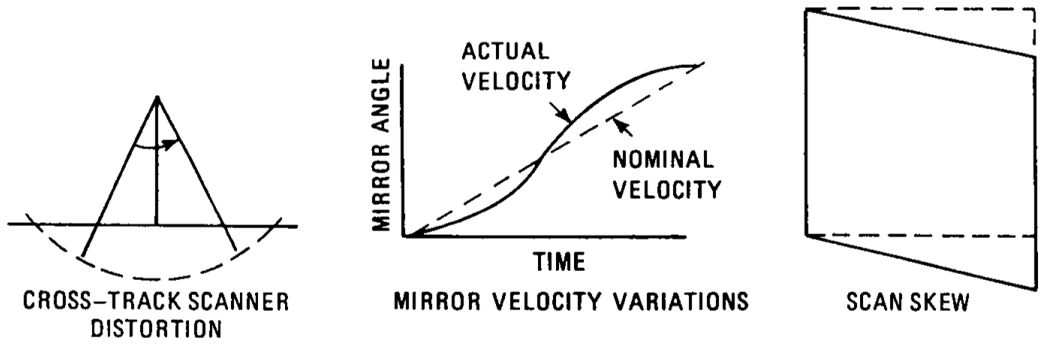
4.6 การปรับแก้ข้อมูลภาพ (Data correction) (ต่อ)

- **4.6.2.1 ความคลาดเคลื่อนอย่างเป็นระบบ (Systematic errors)**
- เกิดขึ้นจากตัวระบบการรับรู้จากระยะไกลเอง รวมถึงการหมุนของโลกหรือความโค้งของโลก ซึ่งทำให้สามารถคาดการณ์สาเหตุได้
- **1) การเฉของภาพ (Image offset)** เกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ของดาวเทียมขณะบันทึกภาพ ในขณะที่โลกหมุนรอบตัวเอง
- **2) การแปรผันความละเอียดของจุดภาพ (Variation in resolution cell size)** เกิดขึ้นจากระดับความสูงของระบบตรวจวัดที่แตกต่างกัน
- **3) การเลื่อนตำแหน่งจากความสูงต่ำของผิวโลก (Relief displacement)** เกิดขึ้นจากการเลื่อนตำแหน่งความสูงต่ำของผิวโลกในขณะบันทึกภาพ
- **4) การบิดเบี้ยวของมาตราส่วนจากแนวสัมผัส (Tangential scale distortion)** เกิดขึ้นจากเครื่องตรวจวัดจะสแกนระยะทางในภูมิประเทศในแนวดิ่งสั้นกว่าบริเวณขอบภาพ

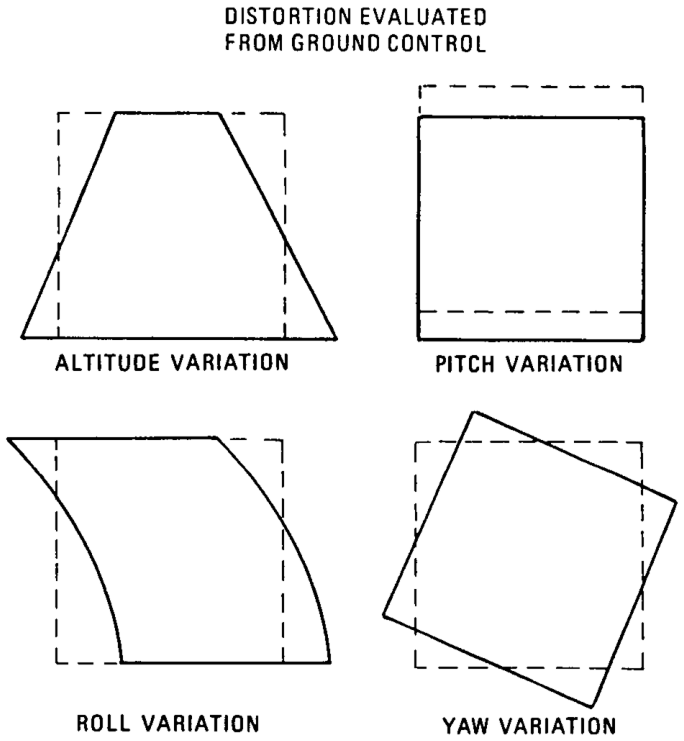
4.6 การปรับแก้ข้อมูลภาพ (Data correction) (ต่อ)

- **4.6.2.2 ความคลาดเคลื่อนอย่างไม่เป็นระบบ (Nonsystematic errors)**
- เกิดจากการแปรผันในธรรมชาติตามเวลาและสถานที่ ตัวแปรภายนอกที่สำคัญคือการเคลื่อนที่ของสถานีติดตั้งขณะบันทึกข้อมูล
- **1) การเปลี่ยนแปลงระดับความสูง (Altitude change)** เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนระดับความสูงของสถานีติดตั้ง
- **2) การเปลี่ยนแปลงการวางตัวของอากาศยานหรือยานอวกาศ (Attitude change)** เกิดขึ้นจากสถานีติดตั้งเผชิญกับสภาพบรรยากาศขณะบันทึกข้อมูล ทำให้สถานิติดตั้งหมุนที่เรียกว่า การเอียงข้าง (Roll) การกระดก (Pitch) การหันเห (Yaw)

ภาพที่ 4.11 ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตอย่างเป็นระบบ และอย่างไม่เป็นระบบ

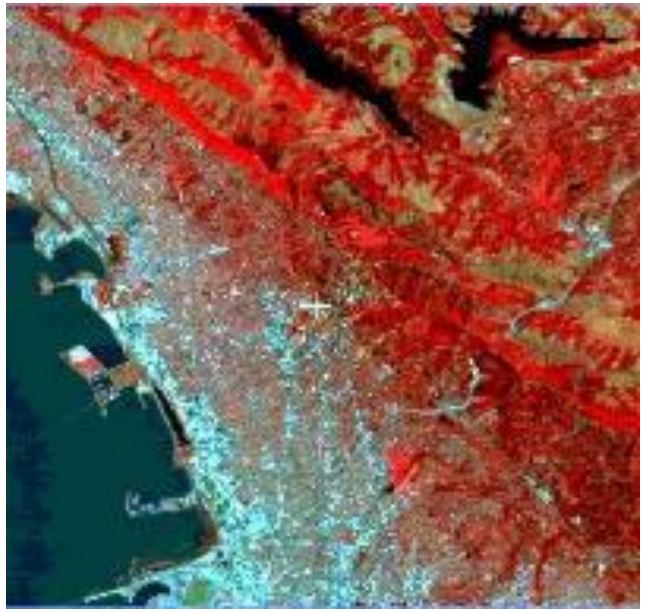


(ก) ความคลาดเคลื่อนอย่างเป็นระบบ

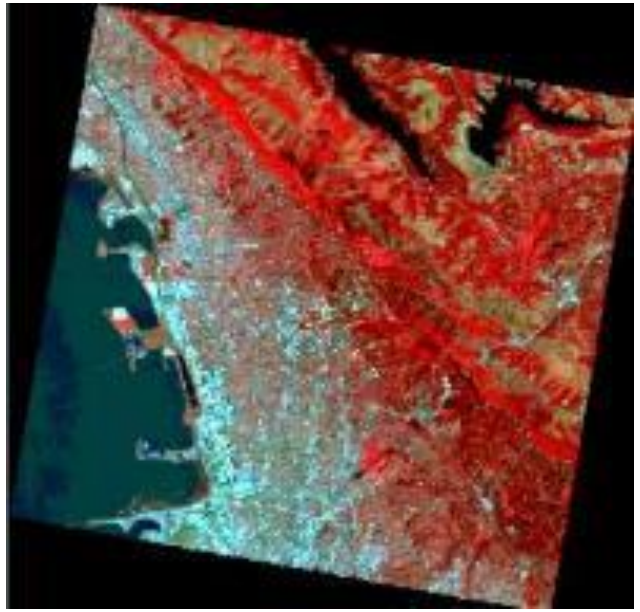


(ข) ความคลาดเคลื่อนอย่างไม่เป็นระบบ

ภาพที่ 4.12 ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตและการปรับแก้



(ก) ภาพที่เกิดความผิดพลาดเชิงรังสี



(ข) ภาพหลังจากการปรับแก้

4.7 การเน้นข้อมูลภาพ (Image enhancement)

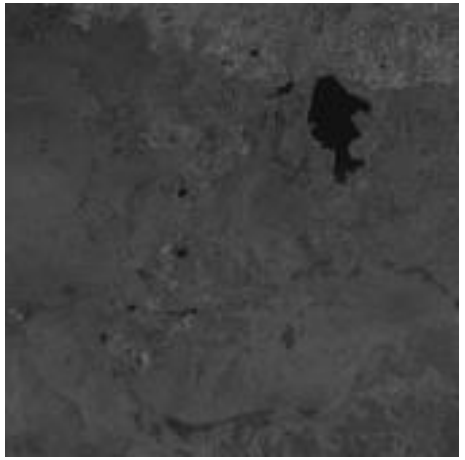
- เป็นเลือกใช้เทคนิคเพื่อปรับปรุงวัตถุหรือรูปลักษณ์ที่ปรากฏในภาพ โดยการเน้นความคมชัดภาพจะเปลี่ยนแปลงข้อมูลภาพต้นฉบับ
- ดังนั้น การเน้นความคมชัดภาพส่วนใหญ่จะใช้สำหรับการแปลตีความด้วยสายตาและจะไม่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ผลเชิงเลข

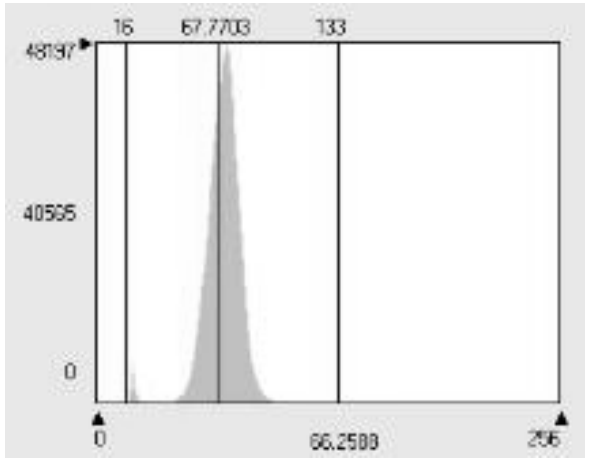
- **4.7.1 การเน้นข้อมูลภาพเชิงรังสี (Radiometric image enhancement)**
- **4.7.2 การเน้นข้อมูลภาพเชิงพื้นที่ (Spatial image enhancement)**
- **4.7.3 การเน้นข้อมูลภาพเชิงคลื่น (Spectrometric image enhancement)**

4.7 การเน้นข้อมูลภาพ (Image enhancement) (ต่อ)

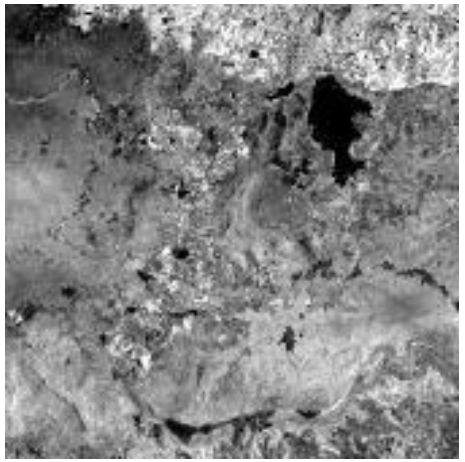
- **4.7.1 การเน้นข้อมูลภาพเชิงรังสี (Radiometric image enhancement)**
- เป็นการเน้นข้อมูลภาพโดยการพิจารณาค่าความสว่างของจุดภาพเดี่ยว (Individual pixel) โดยไม่พิจารณาจุดภาพข้างเคียง
- วัตถุประสงค์ของการเน้นข้อมูลแบบนี้คือเพื่อทำให้ประเภทข้อมูล (Class) ที่ต้องการปรากฏให้เห็นชัดเจนมากขึ้นกว่าเดิม
- ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าความสว่างของจุดภาพและช่วงคลื่นที่ใช้ การเน้นข้อมูลภาพเชิงรังสีที่ใช้กับช่วงคลื่นหนึ่งอาจไม่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้กับช่วงคลื่นอื่น ๆ ดังนั้น ในการเน้นข้อมูลภาพเชิงรังสีกับข้อมูลแบบหลายช่วงคลื่นจะต้องพิจารณาเป็นชุดข้อมูลที่เป็นอิสระจากกัน โดยทำการเน้นข้อมูลภาพในแต่ละช่วงคลื่นแยกกัน การเน้นความคมชัดของภาพมีหลายรูปแบบ ทั้งนี้เพื่อให้เหมาะสมกับประเภทข้อมูลของผลลัพธ์ที่สนใจศึกษา

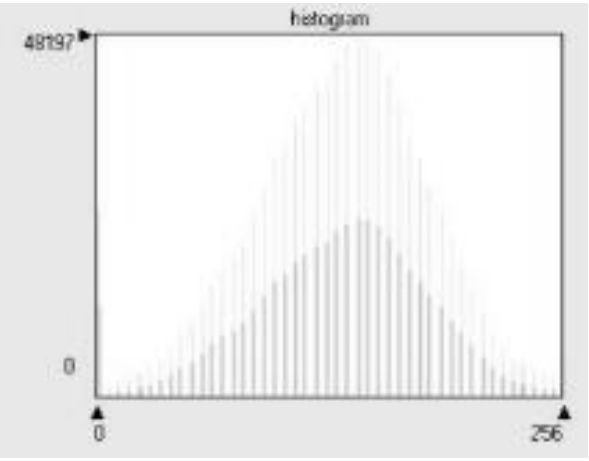
ภาพที่ 4.13 การเน้นความคมชัดของข้อมูลภาพเชิงรังสี



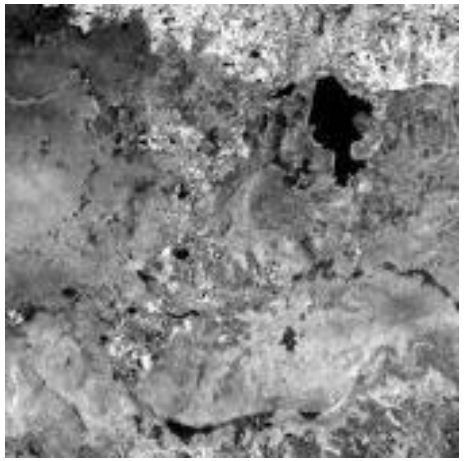


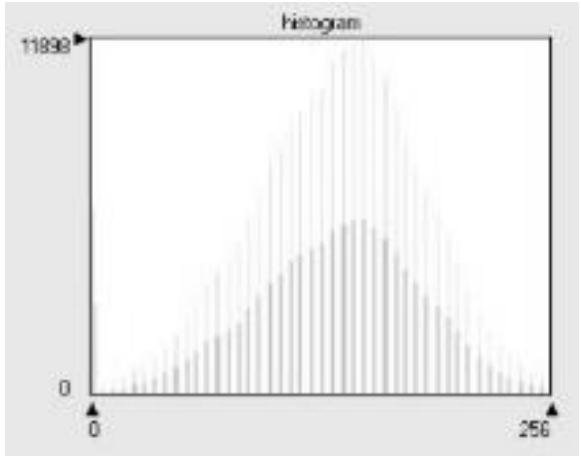
(ก) ภาพต้นฉบับ



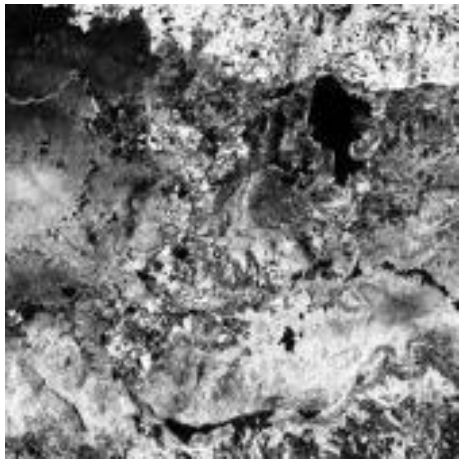


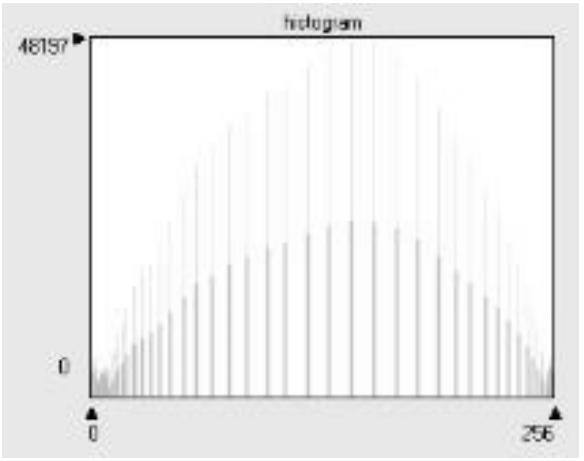
(ข) การยืดความเปรียบต่างจากค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด





(ค) การยืดความเปรียบต่างจากค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน





(ง) การยืดความเปรียบต่างแบบฮิสโตแกรมแบบเสมอภาค

4.7 การเน้นข้อมูลภาพ (Image enhancement)

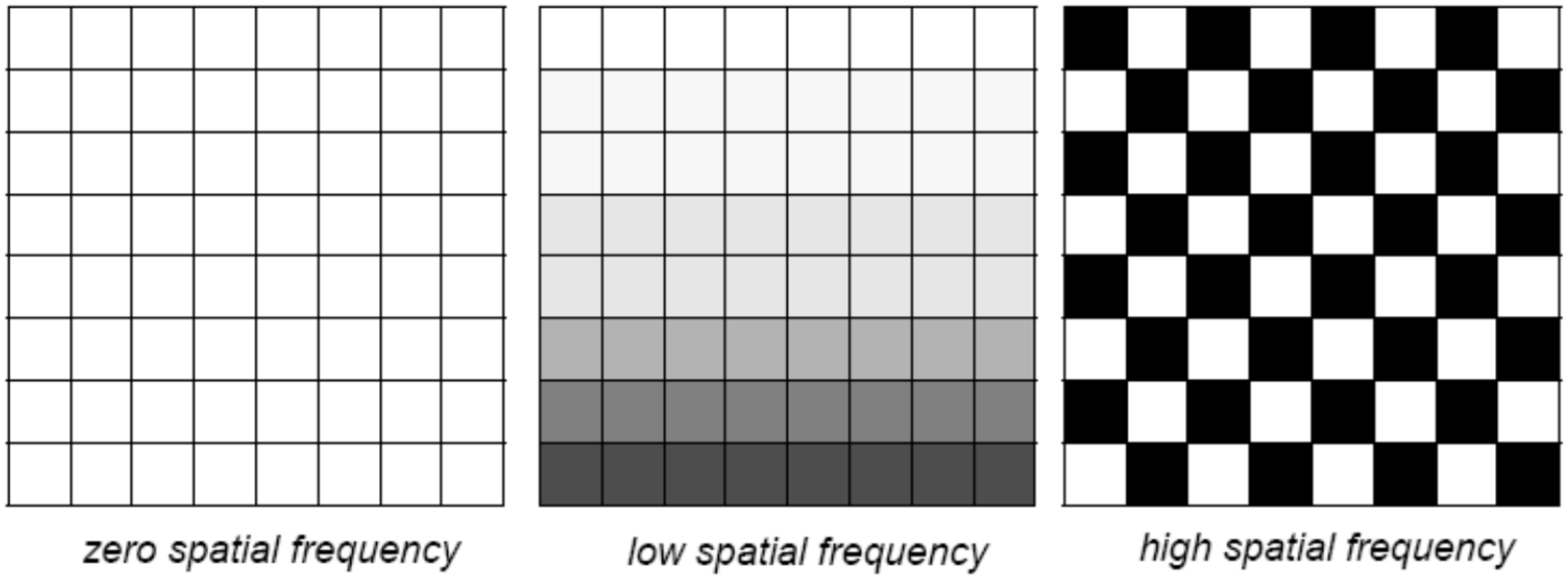
- **4.7.2 การเน้นข้อมูลภาพเชิงพื้นที่ (Spatial image enhancement)**
- เป็นการปรับเปลี่ยนค่าความสว่างของจุดภาพโดยอาศัยค่าความสว่างโดยรอบจุดภาพนั้น
- โดยเกี่ยวข้องกับความถี่เชิงพื้นที่ (Spatial frequency) ซึ่งเป็นความแตกต่างระหว่างค่าสูงสุดและต่ำสุดของจุดภาพบนพื้นที่ที่กำหนด หากการเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่างบนพื้นที่ที่กำหนดในข้อมูลภาพมีน้อย เรียกว่า พื้นที่ความถี่ต่ำ (Low-frequency area) และหากค่าความสว่างมีการเปลี่ยนแปลงมีมาก เรียกว่า พื้นที่ความถี่สูง (High-frequency area)
- ความถี่เชิงพื้นที่ในข้อมูลภาพจะถูกเน้นความคมชัดของภาพหรือลดความคมชัดของภาพโดยการกรองข้อมูลภาพ (Image filtering) ซึ่งเป็นการปรับเปลี่ยนค่าของจุดภาพที่มีจำนวนน้อยเข้ากับจุดภาพที่มีจำนวนมากหรือกำจัดจุดภาพที่มีส่วนน้อยออกไป

- **4.7.2.1 ตัวกรองเชิงพื้นที่ (Spatial filter)**
- **4.7.2.2 การแปลงฟูเรียร์ (Fourier transform)**

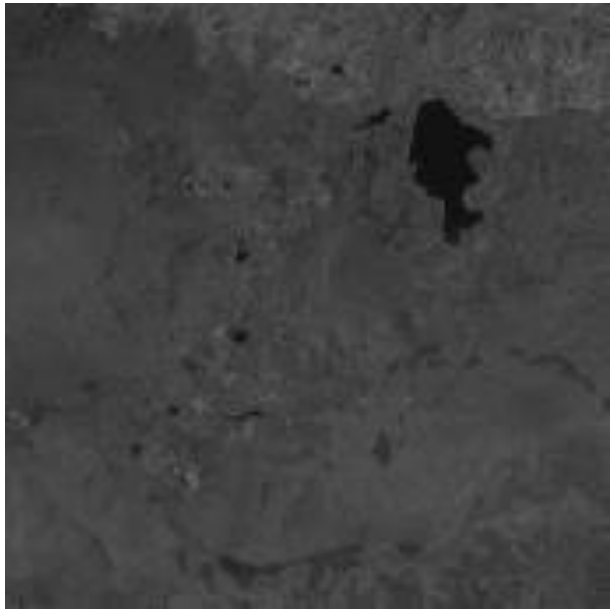
4.7 การเน้นข้อมูลภาพ (Image enhancement)

- **4.7.2 การเน้นข้อมูลภาพเชิงพื้นที่ (Spatial image enhancement) (ต่อ)**
- **4.7.2.1 ตัวกรองเชิงพื้นที่ (Spatial filter)** เป็นตารางกริดรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส (Matrix) โดยมีจำนวนจุดภาพทั้งในแนวตั้งและแนวนอนเป็นเลขคี่เสมอ เช่น 3x3 5x5 และ 7x7 เป็นต้น เทคนิคนี้ค่อนข้างง่ายและสามารถนำมาใช้เพื่อเน้นความคมชัดของพื้นที่ความถี่ต่ำและความถี่สูง รวมทั้งเส้นขอบ (Edge) ในข้อมูลภาพ
- **1) ตัวกรองความถี่ต่ำ (Low-pass filter)** ตัวกรองนี้จะกรองข้อมูลบนภาพที่มีค่าความถี่เชิงพื้นที่สูงไว้ เช่น บริเวณรอยต่อของวัตถุต่างชนิดกัน และปล่อยให้ส่วนของข้อมูลบนภาพที่มีความถี่เชิงพื้นที่ต่ำกว่าระดับที่กำหนดผ่านออกไป ส่งผลให้ภาพดูเรียบขึ้น เช่น ตัวกรองแบบค่าเฉลี่ย ตัวกรองแบบค่ากลาง และตัวกรองแบบเกาซ์ (Gaussian filter) เป็นต้น
- **2) ตัวกรองความถี่สูง (High-pass filter)** ตัวกรองนี้จะกรองข้อมูลภาพที่มีค่าความถี่เชิงพื้นที่ต่ำไว้ และปล่อยข้อมูลส่วนที่มีค่าความถี่สูงกว่าที่กำหนดผ่านออกไป ส่งผลให้ภาพมีขอบเขตขององค์ประกอบบนภาพเห็นได้ชัดเจนขึ้น เช่น ตัวกรองโซเบล (Sobel operator) และ ตัวกรองปรีวิทท์ (Prewitt operator) เป็นต้น

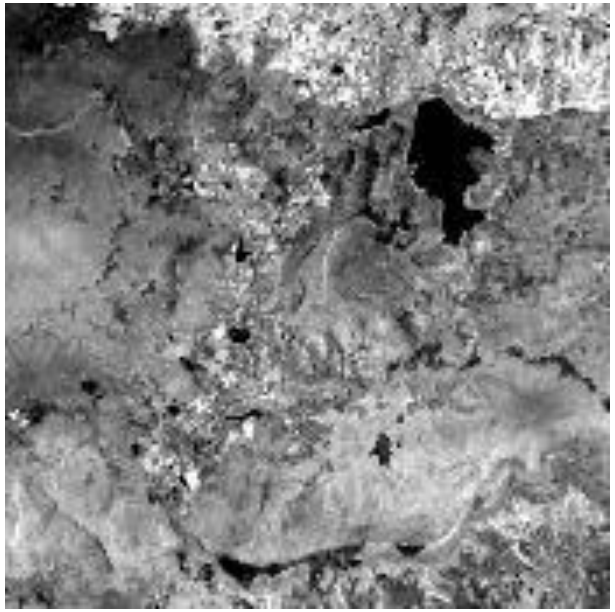
ภาพที่ 4.14 ความถี่เชิงพื้นที่



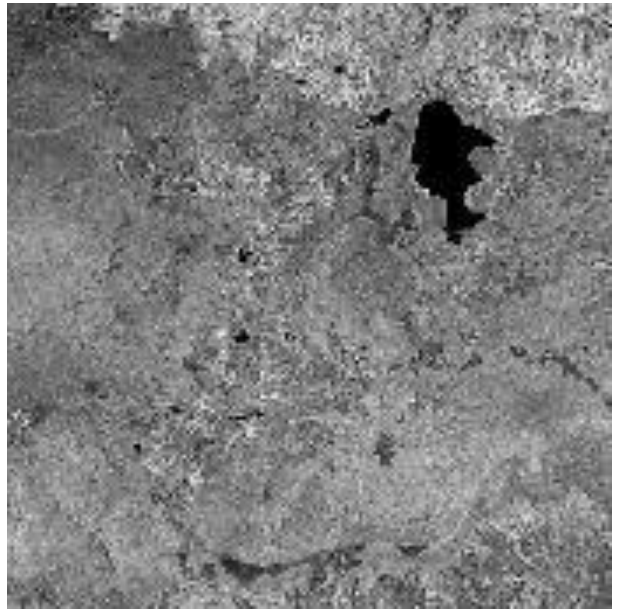
ภาพที่ 4.15 การเน้นความคมชัดของข้อมูลภาพเชิงพื้นที่จากตัวกรองเชิงพื้นที่



(ก) ภาพต้นฉบับ



(ข) การกรองข้อมูลภาพจากตัวกรองความถี่ต่ำ



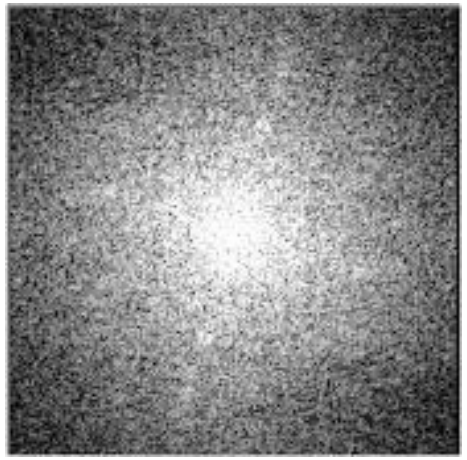
(ค) การกรองข้อมูลภาพจากตัวกรองความถี่สูง

4.7 การเน้นข้อมูลภาพ (Image enhancement)

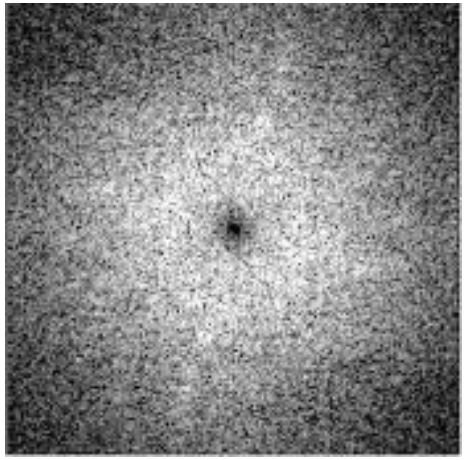
- **4.7.2 การเน้นข้อมูลภาพเชิงพื้นที่ (Spatial image enhancement) (ต่อ)**
- **4.7.2.2 การแปลงฟูเรียร์ (Fourier transform)** เป็นการแยกข้อมูลภาพทางคณิตศาสตร์ตามองค์ประกอบความถี่เชิงพื้นที่ของข้อมูลภาพ
- โดยการแปลงข้อมูลความถี่เชิงพื้นที่ของข้อมูลภาพแต่ละจุดภาพไปอยู่ในพิกัดใหม่เรียกว่า สเปกตรัมฟูเรียร์ (Fourier spectrum) จากนั้นทำการลบสัญญาณรบกวนที่ต้องการออกไป และแปลงข้อมูลความถี่เชิงพื้นที่กลับมาอีกครั้งเพื่อสร้างข้อมูลภาพที่ผ่านการเน้นความคมชัด
- โดยภาพที่ได้หลังการแปลงฟูเรียร์เรียกว่า ภาพฟูเรียร์ (Fourier image)

ภาพที่ 4.16 การเน้นความคมชัดของข้อมูลภาพเชิงพื้นที่จากการแปลงฟูเรียร์

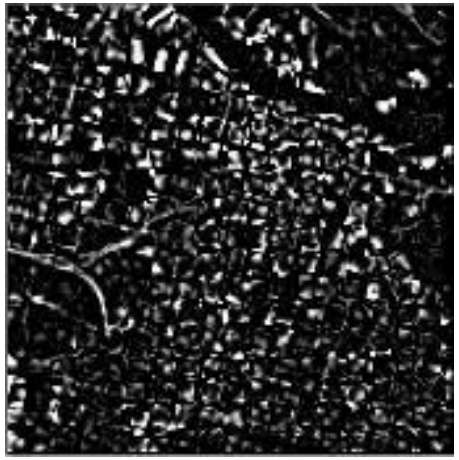
(ก) ภาพต้นฉบับ



(ข) ภาพฟูเรียร์ในสองมิติของภาพต้นฉบับ



(ค) การเน้นความคมชัดจากการแปลงฟูเรียร์



(ง) ภาพภาพหลังจากการเน้นข้อมูล

4.7 การเน้นข้อมูลภาพ (Image enhancement)

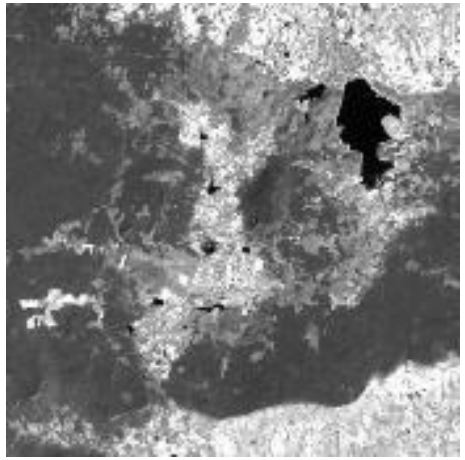
- **4.7.3 การเน้นข้อมูลภาพเชิงคลื่น (Spectrometric image enhancement)**
- เป็นการปรับเปลี่ยนข้อมูลภาพมากกว่าหนึ่งช่วงคลื่น
- โดยทั่วไป การเพิ่มความคมชัดของภาพเชิงคลื่นนิยมนำมาใช้งานเพื่อเป้าหมายหลัก เช่น บีบอัดข้อมูลของช่วงคลื่นที่มีความคล้ายคลึง สร้างข้อมูลช่วงคลื่นใหม่ที่สามารถแปลตีความด้วยสายตาได้มากขึ้น นำขั้นตอนวิธีและการแปลงทางคณิตศาสตร์มาใช้งาน และการแสดงสารสนเทศที่มีหลากหลายในรูปภาพสี (R, G, B) เป็นต้น

- **1) การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis: PCA)**
- **2) ดัชนี (Indices)**

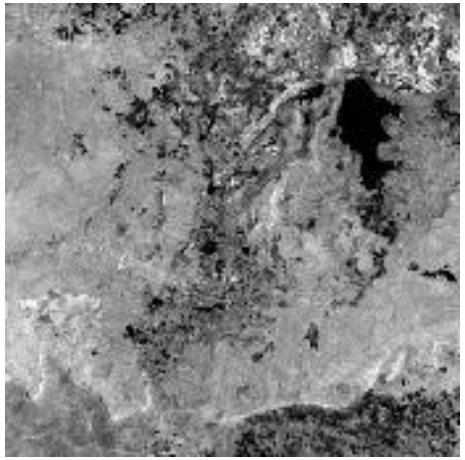
4.7 การเน้นข้อมูลภาพ (Image enhancement)

- **4.7.3 การเน้นข้อมูลภาพเชิงคลื่น (Spectrometric image enhancement) (ต่อ)**
- **1) การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis: PCA)** เป็นการแปลงชุดข้อมูลให้มีขนาดเล็กลงและง่ายในการแปลตีความ โดยการวิเคราะห์ชุดข้อมูลในแต่ละช่วงคลื่นที่มีสหสัมพันธ์ระหว่างกันน้อยที่สุดเพื่อใช้ในการจำแนกประเภทต่อไป
- โดยหลักการ หากชุดข้อมูลในแต่ละช่วงคลื่นที่มีสหสัมพันธ์ระหว่างกันมาก หรือมีค่าการสะท้อนใกล้เคียงมาก ผลการจำแนกประเภทจากชุดข้อมูลเหล่านี้ย่อมไม่แตกต่างกันมากนัก การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักจึงเป็นการลดมิติข้อมูลเพื่อเลือกใช้แต่เฉพาะข้อมูลบางช่วงคลื่น เพื่อจำแนกประเภทแต่ละประเภทออกจากกันได้ง่ายขึ้นและใช้เวลาในการประมวลผลลดลง

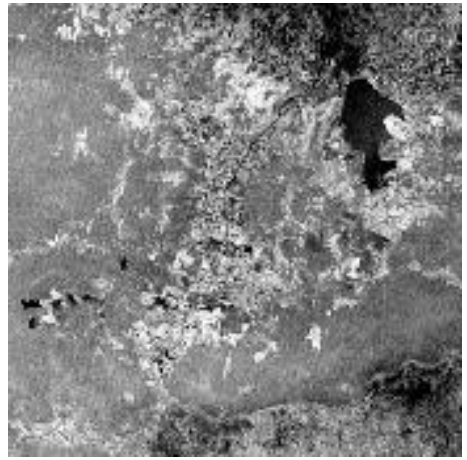
ภาพที่ 4.17 การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก



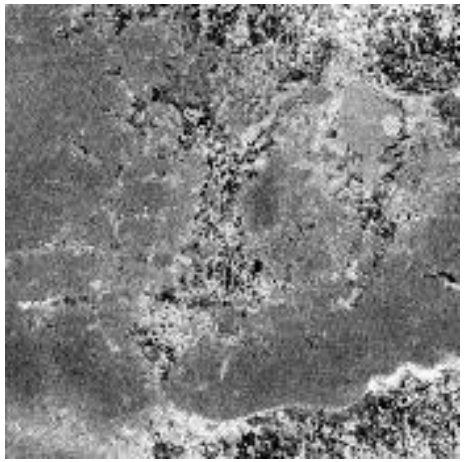
(ก) PCA-1 ของช่วงคลื่นสีน้ำเงิน



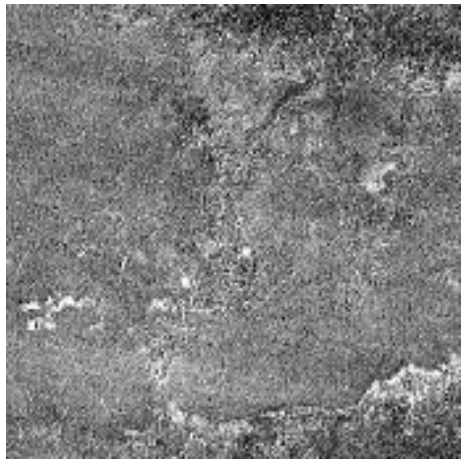
(ข) PCA-2 ของช่วงคลื่นสีเขียว



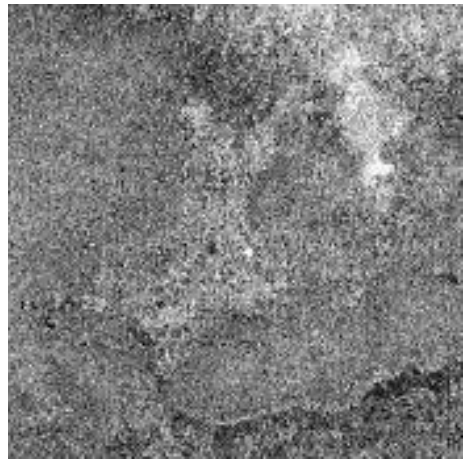
(ค) PCA-3 ของช่วงคลื่นสีแดง



(ง) PCA-4 ของช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้



(จ) PCA-5 ของช่วงคลื่นอินฟราเรดกลางที่ 1

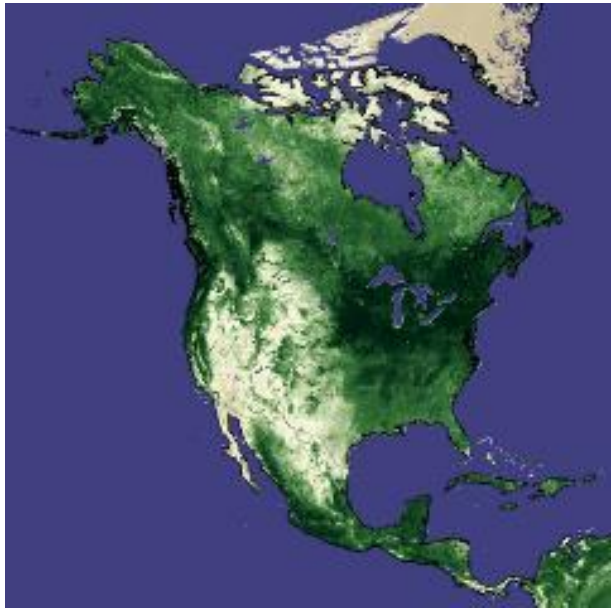


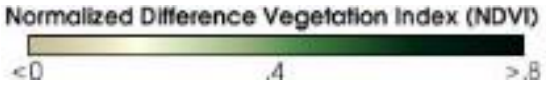
(ฉ) PCA-6 ของช่วงคลื่นอินฟราเรดกลางที่ 2

4.7 การเน้นข้อมูลภาพ (Image enhancement)

- **4.7.3 การเน้นข้อมูลภาพเชิงคลื่น (Spectrometric image enhancement) (ต่อ)**
- **2) ดัชนี (Indices)**
- เป็นการสร้างภาพมาจากรูปของอัตราส่วนของค่าการสะท้อน ณ จุดภาพเดียวกันที่ได้จากการตรวจวัดต่างช่วงคลื่น โดยต้องมีการเทียบอัตราส่วนของค่าการสะท้อนให้อยู่ในช่วงปกติ (ข้อมูล 8 บิต จะอยู่ระหว่าง 0-255) ก่อนจะนำมาสร้างเป็นภาพผลลัพธ์
- วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ค่าดัชนี คือ เพื่อช่วยลดผลกระทบจากค่าความเข้มของพลังงานที่แตกต่างกัน (Brightness variation) ของพื้นผิวบนภาพ อันเนื่องมาจากการได้รับแสงตกกระทบในปริมาณที่ต่างกัน ซึ่งเกิดจากความสูงต่ำและแนวลาดเอียงของภูมิประเทศตามแนวรับแสง
- โดยภาพใหม่ที่ได้จากอัตราส่วนของค่าการสะท้อนต่างช่วงคลื่น จะแสดงความเข้มสัมพัทธ์ของแสงในแต่ละจุดภาพที่ไม่ขึ้นกับปริมาณแสงจริงที่ตกกระทบบนพื้นที่มากเท่ากับการใช้ความเข้มแสงแบบสัมบูรณ์ในการสร้างภาพซึ่งจะทำให้เกิดเป็นเขตรับแสงและเขตเงาขึ้นได้ง่ายกว่า
- ประโยชน์ที่สำคัญของเทคนิคนี้คือ การช่วยเน้นความแตกต่างของข้อมูลค่าการสะท้อนต่างช่วงคลื่นในจุดภาพเดียวกันในการคำนวณ ค่าดัชนีพืชพรรณ (Vegetation Index : VI) ซึ่งจะบ่งบอกถึงระดับความสมบูรณ์ของพืชพรรณที่ปรากฏในข้อมูลการรับรู้จากระยะไกล โดยดัชนีพืชพรรณที่ใช้กันโดยทั่วไป ได้แก่ ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอมอลไลซ์ (Normalized Differential Vegetation Index: NDVI)

ภาพที่ 4.18 ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มอลไลซ์





4.8 การจำแนกประเภทข้อมูลภาพ

- ข้อมูลที่ต้องประมวลผลและสกัดรูปลักษณ์ต้องถูกวิเคราะห์เชิงปริมาณเพื่อกำหนดประเภทข้อมูล (Class) เฉพาะให้แต่ละจุดภาพ โดยแต่ละจุดภาพที่ถูกจัดเข้ากลุ่มเดียวกันอาจสอดคล้องกับขอบเขตบนพื้นดิน ซึ่งมีคุณสมบัติทางธรณีวิทยาและชีวภาพเหมือนกัน เช่น การใช้ประโยชน์ที่ดิน คุณภาพน้ำ ธรณีวิทยา เป็นต้น โดยทั่วไป
- **4.8.1 การจำแนกแบบกำกับดูแล (Supervised classification)**
- **4.8.2 การจำแนกแบบไม่กำกับดูแล (Unsupervised classification)**

4.8 การจำแนกประเภทข้อมูลภาพ (ต่อ)

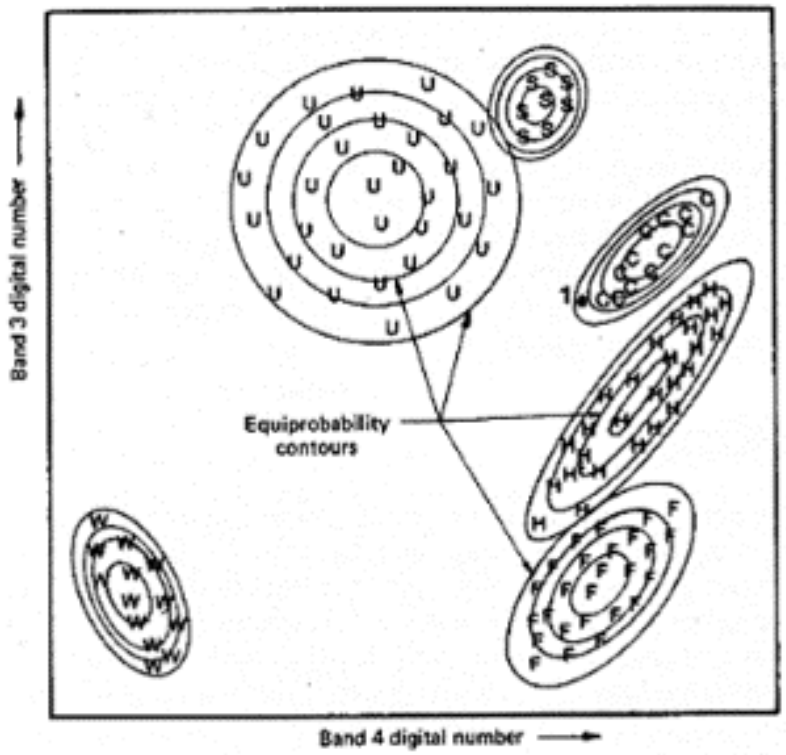
- **4.8.1 การจำแนกแบบกำกับดูแล (Supervised classification)**
- เป็นการกำหนดประเภทข้อมูลจากสารสนเทศที่รู้จักมาก่อนล่วงหน้าใน พื้นที่ตัวอย่าง (Training sites) เพื่อให้เป็นตัวแทนของประเภทข้อมูลทั้งบนพื้นดินและบนภาพโดยอาศัยคุณลักษณะเชิงคลื่นของ จากนั้นจะถูกใช้เพื่อกฎเกณฑ์ทางสถิติให้กับขั้นตอนวิธีการจำแนกสิ่งปกคลุมดินของข้อมูลจุดภาพที่ยังไม่ได้ระบุประเภทข้อมูลส่วนที่เหลือ
- ทั้งนี้จะใช้ค่าทางสถิติแบบหลายตัวแปร เช่น ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เมทริกซ์ของค่าความแปรปรวนร่วม เมทริกซ์สหสัมพันธ์ เป็นต้น ในการคำนวณพื้นที่ตัวอย่างของแต่ละประเภทข้อมูล จากนั้นจุดภาพที่อยู่ภายในและภายนอกพื้นที่ตัวอย่างแต่ละจุดภาพจะถูกประเมินและกำหนดประเภท โดยพิจารณาค่าควรจะเป็นสูงที่สุดของการเป็นสมาชิกของแต่ละประเภทข้อมูล

- **1) การจำแนกแบบความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum likelihood classification)**
- **2) การจำแนกแบบระยะห่างต่ำสุด (Minimum distance to means)**
- **3) การจำแนกแบบสี่เหลี่ยมด้านขนาน (Parallelepiped classification or box classifier)**

4.8 การจำแนกประเภทข้อมูลภาพ (ต่อ)

- **4.8.1 การจำแนกแบบกำกับดูแล (Supervised classification) (ต่อ)**
- **1) การจำแนกแบบความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum likelihood classification)** การตัดสินความน่าจะเป็นสูงสุดจะขึ้นอยู่กับความน่าจะเป็น (Probability) ซึ่งกำหนดให้มีการวัดรูปแบบของค่าการสะท้อนในแต่ละจุดภาพให้กับประเภทข้อมูลใด ๆ ซึ่งมีความน่าจะเป็นหรือมีโอกาสเป็นรูปลักษณ์ของประเภทข้อมูลนั้น ๆ
- หรืออาจกล่าวได้ว่า ความน่าจะเป็นของการเป็นสมาชิกของจุดภาพในแต่ละประเภทข้อมูลทั้งหมดที่ถูกกำหนดไว้ในพื้นที่ตัวอย่างจะถูกการคำนวณ หลังจากนั้นจุดภาพจะถูกกำหนดให้เป็นประเภทข้อมูลใดประเภทข้อมูลหนึ่งจากค่าความน่าจะเป็นสูงสุด

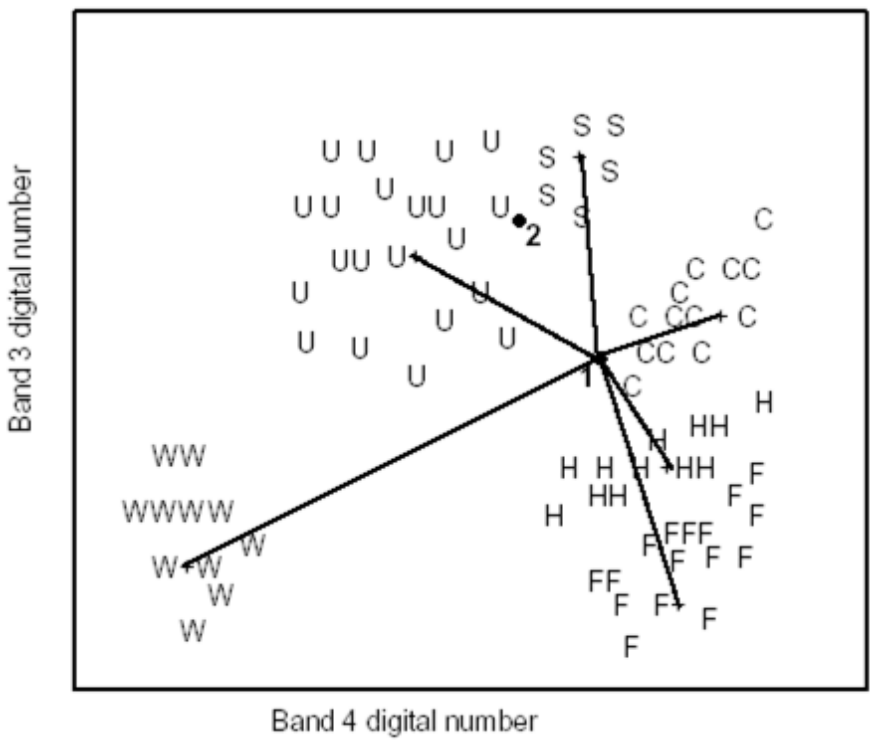
ภาพที่ 4.19 การจำแนกแบบความน่าจะเป็นสูงสุด



4.8 การจำแนกประเภทข้อมูลภาพ (ต่อ)

- **4.8.1 การจำแนกแบบกำกับดูแล (Supervised classification) (ต่อ)**
- **2) การจำแนกแบบระยะห่างต่ำสุด (Minimum distance to means)** การตัดสินการเป็นสมาชิกของจุดภาพในแต่ละประเภทข้อมูลที่กำหนดขึ้น อาศัยระยะห่างของจุดภาพนั้นเทียบกับศูนย์กลางของกลุ่มข้อมูลทั้งหมดที่ถูกระบุไว้ในพื้นที่ตัวอย่าง ซึ่งคือจุดที่เป็นตำแหน่งค่าการสะท้อนเฉลี่ยของแต่ละประเภทข้อมูลใด ๆ จากนั้นแต่ละจุดภาพจะถูกกำหนดเข้าสู่กลุ่มข้อมูลที่มีระยะห่างดังกล่าวน้อยที่สุด
- อย่างไรก็ตาม แม้ว่าตัดสินให้แต่ละจุดภาพเข้าสู่ประเภทข้อมูลลักษณะนี้ จุดภาพทั้งหมดจะถูกจัดเข้าสู่ประเภทข้อมูลใดประเภทข้อมูลหนึ่งได้เสมอ แต่ในบางกรณี บางจุดภาพอาจไม่สามารถเข้ากับกลุ่มข้อมูลใด ๆ ได้ เนื่องจากอยู่ห่างจากศูนย์กลางของแต่ละกลุ่มมากเกินไป ในกรณีนี้ อาศัยการกำหนดระยะห่างมากที่สุดที่ยอมรับได้ (Distance threshold) มาใช้กำหนดการเข้าสู่กลุ่ม และแยกจุดภาพที่ไม่สามารถเป็นสมาชิกของกลุ่มใด ๆ ได้เลย (Unknown class) ออกมาเป็นอีกประเภทข้อมูลหนึ่ง วิธีการนี้จะกำหนดให้จุดภาพที่อยู่ห่างจากศูนย์กลางของกลุ่มข้อมูลใด ๆ เกินระยะที่กำหนดไว้จะไม่สามารถเข้าสู่ประเภทข้อมูลนั้น ถึงแม้ว่าระยะห่างจากจุดภาพถึงศูนย์กลางจะน้อยที่สุดก็ตาม

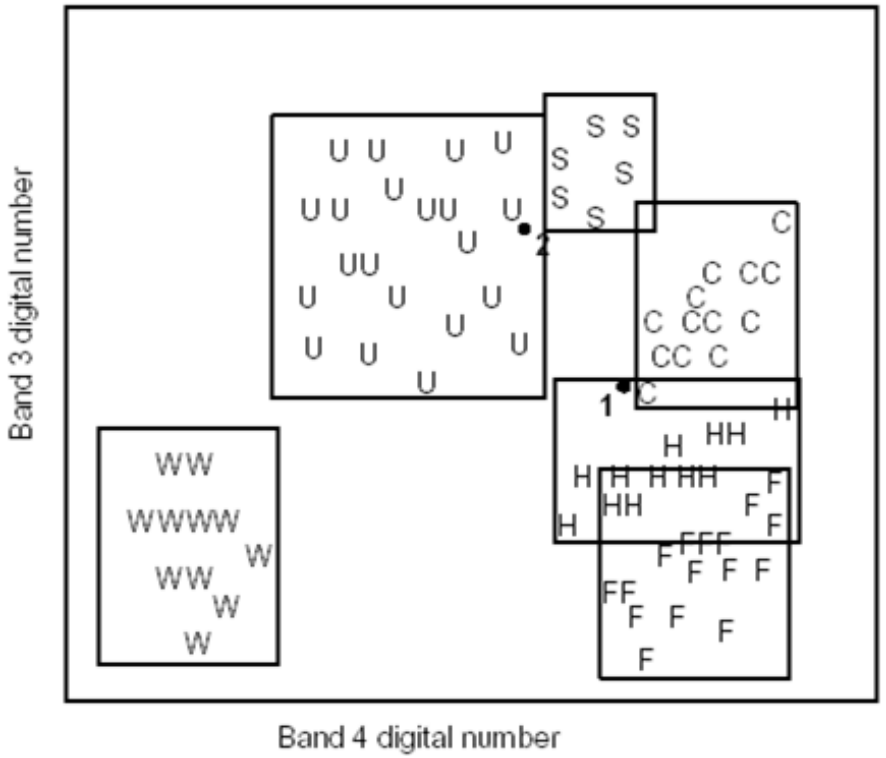
ภาพที่ 4.20 การจำแนกแบบระยะห่างต่ำสุด



4.8 การจำแนกประเภทข้อมูลภาพ (ต่อ)

- **4.8.1 การจำแนกแบบกำกับดูแล (Supervised classification) (ต่อ)**
- **3) การจำแนกแบบสี่เหลี่ยมด้านขนาน (Parallelepiped classification or box classifier)** การจำแนกแบบสี่เหลี่ยมด้านขนานหรือแบบกล่อง ถือว่าเป็นวิธีการจำแนกประเภทข้อมูลที่ง่ายที่สุด โดยที่ขอบเขตของแต่ละกลุ่มข้อมูลจะถูกกำหนดโดยอาศัยค่าต่ำสุดและสูงสุดคงที่ค่าหนึ่ง โดยทั่วไปจะใช้ค่าการสะท้อนสูงสุดและต่ำสุดในแต่ละช่วงคลื่น แต่ในบางครั้งอาจใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) หรือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ได้เช่นกัน
- ทั้งนี้ในการกำหนดค่าสูงสุดและต่ำสุดอาศัยค่าการสะท้อนเป็นขอบเขตของกลุ่มข้อมูล ซึ่งจะส่งผลให้พื้นที่ของแต่ละกลุ่มข้อมูลคล้ายกับกล่องสี่เหลี่ยมในปริภูมิรังสี โดยในการคำนวณค่าทางสถิติดังกล่าวจะจำแนกให้แต่ละจุดภาพไปอยู่ในกล่องใดกล่องหนึ่ง แต่หากไม่สามารถจำแนกเพื่อเข้าสู่กล่องใด ๆ ได้จะถูกจัดไว้ในประเภทข้อมูลที่จำแนกไม่ได้ (Rejected หรือ unknown class)

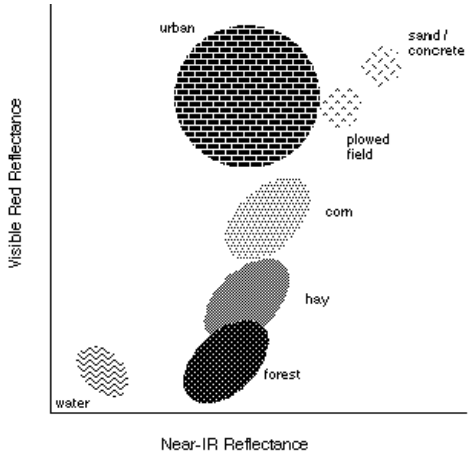
ภาพที่ 4.21 การจำแนกแบบสี่เหลี่ยมด้านขนาน



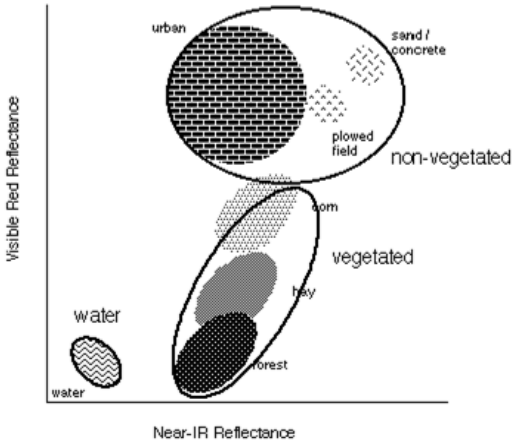
4.8 การจำแนกประเภทข้อมูลภาพ (ต่อ)

- **4.8.2 การจำแนกแบบไม่กำกับดูแล (Unsupervised classification)**
- มักนำมาใช้ในกรณีที่ไม่ทราบชื่อประเภทข้อมูลของสิ่งปกคลุมดินที่ต้องการใช้กำหนดประเภทข้อมูลภายในข้อมูลภาพ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการขาดข้อมูลอ้างอิงทางภาคพื้นดินหรือรูปลักษณ์ของพื้นผิวภายในข้อมูลภาพไม่สามารถกำหนดได้อย่างชัดเจน
- โดยขั้นตอนวิธีการ (Algorithm) ที่เลือกใช้จะทำการจัดกลุ่มจุดภาพที่มีคุณลักษณะของค่าการสะท้อนคล้ายคลึงกันเข้าในกลุ่มตามกฎเกณฑ์ที่ถูกกำหนดทางสถิติ หลังจากนั้นจึงทำการกำหนดชื่อประเภทข้อมูลในภายหลัง
- โดยในการการจัดกลุ่มจุดภาพจะใช้เทคนิคการจัดกลุ่มข้อมูล (Clustering) ทั้งนี้ในการทำงานข้อมูลที่อยู่บนภาพจะถูกแยกออกเป็นกลุ่มย่อย ๆ (Cluster) โดยอาศัยรูปแบบการกระจายตัวของจุดภาพที่ปรากฏในปริภูมิรังสี เรียกว่า กลุ่มเชิงรังสี ของการจำแนก จากนั้นจึงกำหนดจำนวนกลุ่มที่ต้องการจำแนกออก เช่น 3 กลุ่ม 5 กลุ่ม หรือ 15 กลุ่ม เป็นต้น

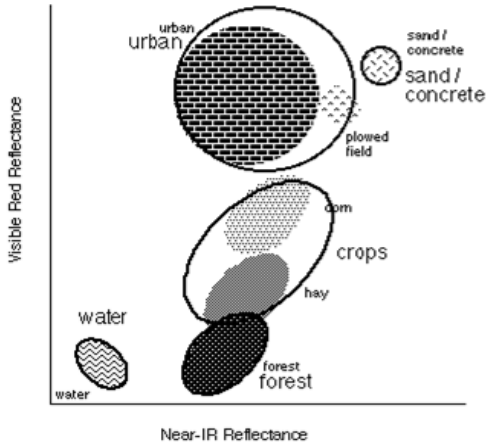
ภาพที่ 4.22 การจำแนกแบบจัดกลุ่ม



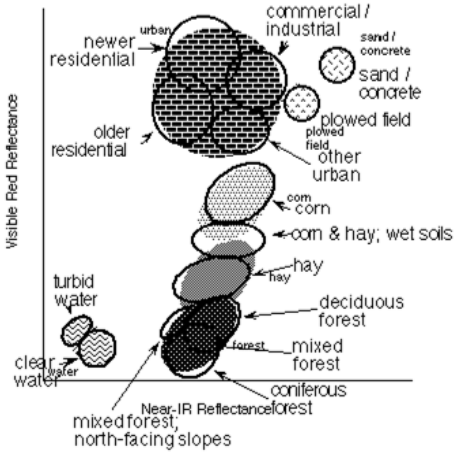
(ก) กลุ่มของข้อมูลภาพ 7 กลุ่มตามค่าการสะท้อน



(ข) การกำหนดกลุ่มข้อมูลภาพ 3 กลุ่ม



(ค) การกำหนดกลุ่มข้อมูลภาพ 7 กลุ่ม



(ง) การกำหนดกลุ่มข้อมูลภาพ 15 กลุ่ม

4.9 การประเมินความถูกต้องของการจำแนกประเภทข้อมูลภาพ (Accuracy assessment)

- จะกระทำภายหลังการจำแนกเสร็จสมบูรณ์ โดยเปรียบเทียบผลการจำแนกประเภทที่ได้จากภาพกับข้อมูลในภาคสนาม โดยการพัฒนาสารสนเทศในรูปของของตารางเมตริกซ์ของความผิดพลาด (Error matrix) สำหรับใช้ในการประเมินความถูกต้องของแต่ละประเภทและผลการจำแนกโดยรวม
- สามารถประเมินได้จากเกณฑ์ 2 ประเภทคือ ความถูกต้องของตำแหน่งที่ตั้ง หมายถึง การวัดความถูกต้องเชิงตำแหน่งของสิ่งที่ปรากฏบนแผนที่เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับตำแหน่งจริงในภาคพื้นดิน ว่ามีความถูกต้องมากน้อยอย่างไร และความถูกต้องของการจำแนก หมายถึง ความถูกต้องของประเภทที่จำแนกว่าสอดคล้องกับประเภททางภาคพื้นดินมากน้อยอย่างไร
- อย่างไรก็ตาม การตรวจสอบความถูกต้องของผลการจำแนกเพื่อความน่าเชื่อถือของผลการศึกษาควรทำทั้งเชิงคุณภาพ (Qualitative assessment) โดยจะเน้นศึกษาความถูกต้องโดยรวมของผลการจำแนก เมื่อเทียบกับตำแหน่งจริงในภาคพื้นดิน และเชิงปริมาณ (Quantitative assessment) ที่จะเน้นศึกษาเรื่องรูปแบบและระดับของความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอย่างละเอียด

4.9 การประเมินความถูกต้องของการจำแนกประเภทข้อมูลภาพ (Accuracy assessment) (ต่อ)

- **4.9.1 ขนาดของตัวอย่าง (Sample size)** เป็นการอ้างอิงทางภาคพื้นดินสำหรับใช้ในการประเมินความ
- **4.9.2 วิธีการสุ่มตัวอย่าง (Sampling design)**
- **4.9.3 เมทริกซ์ความผิดพลาด (Error matrix)**
- **4.9.4 การประเมินผลเมทริกซ์ความผิดพลาด (Evaluation of error matrix)**

4.9 การประเมินความถูกต้องของการจำแนกประเภทข้อมูลภาพ (Accuracy assessment) (ต่อ)

- **4.9.1 ขนาดของตัวอย่าง (Sample size)** เป็นการอ้างอิงทางภาคพื้นดินสำหรับใช้ในการประเมินความถูกต้องของแต่ละประเภทของแผนที่ที่สร้างจากการจำแนกข้อมูลการรับรู้จากระยะไกล
- โดยทั่วไป สามารถประมาณขนาดของตัวอย่างได้หลายวิธีการ เช่น วิธีการทางสถิติแบบดั้งเดิม (Conventional statistics) การคำนวณบนพื้นฐานการแจกแจงทวินาม (Binomial distribution) และการคำนวณบนพื้นฐานการแจกแจงอเนกนาม (Multinomial distribution) เป็นต้น

4.9 การประเมินความถูกต้องของการจำแนกประเภทข้อมูลภาพ (Accuracy assessment) (ต่อ)

- **4.9.2 วิธีการสุ่มตัวอย่าง (Sampling design)** เป็นวิธีการที่นิยมใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลทดสอบอ้างอิงภาคพื้นดินสำหรับการประเมินความถูก เช่น การสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random sampling) การสุ่มตัวอย่างแบบมีระบบ (Systematic sampling) การสุ่มตัวอย่างแบบจำแนกชั้น (Stratified random sampling) การสุ่มตัวอย่างแบบจำแนกชั้นอย่างมีระบบแบบไม่เป็นเส้นตรง (Stratified systematic unaligned sampling) และการสุ่มตัวอย่างแบบรวมกลุ่ม (Clustering sampling) เป็นต้น

4.9 การประเมินความถูกต้องของการจำแนกประเภทข้อมูลภาพ (Accuracy assessment) (ต่อ)

- **4.9.3 เมทริกซ์ความผิดพลาด (Error matrix)** สามารถแสดงในรูปของตาราง โดยที่ คอลัมน์ของเมทริกซ์แสดงข้อมูลอ้างอิงภาคพื้นดินและแถวของเมทริกซ์แสดงผลการจำแนกประเภทข้อมูล จำนวนของตัวอย่างทั้งหมดเท่ากับ N จุดภาพ แนวเส้นทแยงมุมของเมทริกซ์แสดงจำนวนจุดภาพที่จำแนกได้ถูกต้อง ความผิดพลาดของการจำแนกประเภทข้อมูลที่สัมพันธ์กับข้อมูลอ้างอิงภาคพื้นดินแสดงไว้ในเซลล์นอกแนวเส้นทแยงมุมของเมทริกซ์
- โดยความผิดพลาดที่เกิดขึ้นแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ ส่วนที่ขาดหายไป (Omission) ของประเภทข้อมูลที่ต้องจำแนกให้ถูกต้อง และส่วนที่เกินเข้ามา (Commission) ของประเภทที่ได้จำแนกผิดพลาด ผลรวมของคอลัมน์ภายในตารางของเมทริกซ์นอกแนวเส้นทแยงมุมของเมทริกซ์จะใช้ในการคำนวณความถูกต้องของผู้ผลิต (Producer’s accuracy) และความผิดพลาดของส่วนที่ขาดหายไป (Omission error) ในขณะเดียวกัน ผลรวมของแถวภายในตารางของเมทริกซ์นอกแนวเส้นทแยงมุมของเมทริกซ์จะใช้ในการคำนวณความถูกต้องสำหรับผู้ใช้ (User’s accuracy) และความผิดพลาดของส่วนเกินเข้ามา (Commission errors)

ภาพที่ 4.22 การจำแนกแบบจัดกลุ่ม

	ข้อมูลทดสอบอ้างอิงทางภาคพื้นดิน (Ground reference test information)					
ผลการจำแนกจากการรับรู้จากระยะไกล (Remote sensing classification)	ประเภท (Class)	1	2	3	K	ผลรวมของแถว (Row total)
	1	$x_{1,1}$	$x_{1,2}$	$x_{1,3}$	$x_{1,k}$	x_{1+}
	2	$x_{2,1}$	$x_{2,2}$	$x_{2,3}$	$x_{2,k}$	x_{2+}
	3	$x_{3,1}$	$x_{3,2}$	$x_{3,3}$	$x_{3,k}$	x_{3+}
	K	$x_{k,1}$	$x_{k,2}$	$x_{k,3}$	$x_{k,k}$	x_{k+}
	ผลรวมของคอลัมน์ (Column total)	x_{+1}	x_{+2}	x_{+3}	X_{+k}	N

4.9 การประเมินความถูกต้องของการจำแนกประเภทข้อมูลภาพ (Accuracy assessment) (ต่อ)

- **4.9.4 การประเมินผลเมทริกซ์ความผิดพลาด (Evaluation of error matrix)** จะทำภายหลังจากเก็บรวบรวมข้อมูลทดสอบอ้างอิงทางภาคพื้นดินจากตำแหน่งที่ตั้งที่กำหนดแบบสุ่ม ข้อมูลทดสอบจะถูกนำมาเปรียบเทียบแบบจุดภาพต่อจุดภาพ (หรือพื้นที่รูปพื้นต่อพื้นที่รูปปิดหากข้อมูลจากการรับรู้จากระยะไกลแปลตีความด้วยสายตา) กับแผนที่การจำแนกจากข้อมูลระยะไกล ความสอดคล้องหรือขัดแย้งถูกแสดงในเซลล์ของเมทริกซ์ความผิดพลาด
- จากนั้น ข้อมูลในเมทริกซ์ความผิดพลาดจะถูกนำไปใช้ประเมินโดยอาศัยหลักการทางสถิติ ด้วยวิธีสถิติเชิงพรรณาแบบง่าย (Simple description statistics) และสถิติการวิเคราะห์หลายตัวแปร (Multivariate analytical statistics)

?