

6.1 กระบวนการผสมสี (Methods of color composite)

การแสดงผลข้อมูลดาวเทียมออกมาเป็นภาพสีนั้นเป็นสิ่งที่สำคัญยิ่ง เนื่องจากการแสดงผลภาพจากดาวเทียมที่อยู่ในรูปของช่วงความแตกต่างของสี (Range of different colors) จะช่วยในการแปลตีความด้วยสายตาได้ดีกว่าภาพระดับสีเทา (Tone of gray) โดยปกติสายตาของมนุษย์สามารถที่จะแยกแยะลำดับชั้นของสี (Shade of color) ได้ดีกว่าการแยกแยะระดับความเข้มของสีเทา (Tone of gray) คุณสมบัติที่สำคัญนี้ ทำให้ภาพสีเป็นที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในด้านการแสดงผลภาพหรือการผลิตข้อมูลภาพจากดาวเทียม สำหรับภาพสีที่แสดงออกมาสามารถทำการปรับเน้นข้อมูลภาพ (Enhancement) ซึ่งมีเทคนิคหลายวิธีด้วยกัน เพื่อปรับปรุงคุณภาพของช่วงระดับสีตามความต้องการของผู้แปลตีความหรือตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ

Color look-up table มักจะถูกใช้ในการแสดงผลข้อมูลภาพจากดาวเทียมเพียงแบนด์เดียว (Single band) โดยใช้เทคนิคการแสดงผลภาพแบบ Pseudo-color หรือ เทคนิคการทำ Density slicing ในขณะที่การแสดงผลข้อมูลภาพจากดาวเทียมหลายแบนด์ (Multi-band) สามารถแสดงออกมาเป็นภาพสีผสม (Color composites) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทราบถึงการผสมสีและคุณลักษณะของสี เพราะมีความสัมพันธ์ต่อการแสดงผลภาพจากดาวเทียม

6.1.1 การผสมแสงสีแบบบวก (Additive color composite)

แสงเป็นส่วนหนึ่งของพลังงานการแผ่รังสีที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของอะตอมในโครงสร้างทางกายภาพของสสารและแพร่ออกจากต้นกำเนิดแสงทุกทิศทางในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ด้วยอัตราเร็วในอากาศประมาณ 300,000 กิโลเมตรต่อวินาที หรือ 186,000 ไมล์ต่อวินาที นักฟิสิกส์จำแนกคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ออกเป็นชนิดต่างๆ กัน โดยอาศัยคุณลักษณะ 2 ประการ คือ ความยาวคลื่นซึ่งเป็นระยะระหว่างยอดคลื่นที่อยู่ชิดกันและความถี่ซึ่งหมายถึงจำนวนคลื่นที่วิ่งผ่านจุดคงที่จุดหนึ่งในเวลา 1 วินาที

โดยทั่วไปแล้วการที่คนเรามองเห็นเป็นแสงสีได้นั้น เกิดจากการที่วัตถุต่างๆ สะท้อนพลังงานออกมาในรูปของแสงสีที่อยู่ในช่วงคลื่นที่ตามองเห็น หรือ ช่วงคลื่นแสงสว่าง (Visible Wavelength) มีความยาวช่วงคลื่นระหว่าง 0.4-0.7 μm ช่วงคลื่นนี้จะมีผลตอบสนองต่อสายตาของมนุษย์ ซึ่งแสงสีขาวที่ตาของคนเรามองเห็นได้นั้นสามารถแบ่งได้ 3 ช่วงสีหลัก คือ 0.4-0.5 μm (Blue), 0.5-0.6 μm (Green) และ 0.6-0.7 μm (Red) และจะแบ่งออกเป็น 6 ช่วงชั้นสีย่อย คือ Violet, Indigo, Blue, Green, Yellow, Orange และ Red โดยแต่ละช่วงคลื่นบอกให้เราทราบถึงจุดกลางของแต่ละสี ตาของมนุษย์สามารถรับรู้เป็นสีต่างๆ โดยประกอบและผสมผสานกับความเข้มของสีสามสี คือ สีน้ำเงิน (Blue), เขียว (Green) และแดง (Red) ซึ่งทั้งสามสีนี้เรียกว่า แม่สีขั้นพื้นฐาน (Additive Primaries Color)

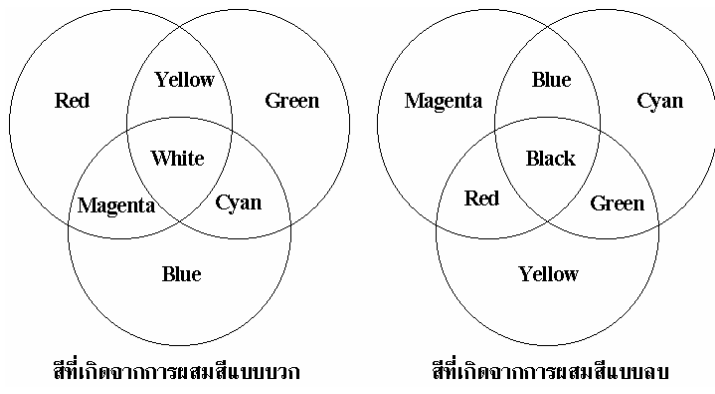
ถ้าฉายแสงสีแดงเข้ม เขียวเข้ม และน้ำเงินเข้มไปรวมกันบนจอสีขาว โดยปรับความเข้มของแสงสีทั้งสามให้พอเหมาะ จะพบว่าบริเวณที่แสงสีทั้งสามซ้อนกันจะปรากฏเป็นสีขาว และถ้าปรับความเข้มของแสงสีทั้งสาม ให้มีอัตราส่วนต่างๆ กัน ก็สามารถผลิตสีต่างๆ ที่ต้องการได้ เช่น ถ้าต้องการให้เกิดสีเหลือง (Yellow) ต้องใช้แสงสีแดงผสม

กับแสงสีเขียวในปริมาณเท่าๆ กันถ้าต้องการให้เกิดสีฟ้า (Cyan) ต้องใช้แสงสีน้ำเงิน ผสมกับแสงสีเขียว ถ้าต้องการให้เกิดสีบานเย็นหรือสีม่วงแดง (Magenta) ต้องใช้แสงสีแดงผสมกับแสงสีน้ำเงินในปริมาณเท่าๆ กัน การผสมแสงสีแบบนี้เรียกว่า การผสมสีแบบบวก (Additive color composite) ดังแสดงในภาพที่ 6.1

6.1.2 การผสมแสงสีแบบลบ (Subtractive color composite)

เมื่อแสงสีขาว เช่น แสงแดดตกกระทบฟิลเตอร์สี ฟิลเตอร์สีจะดูดกลืนแสงสีบางสีไว้และจะยอมให้แสงสีซึ่งมีสีตรงข้ามกับแสงสีที่ถูกดูดกลืนส่องผ่านไปได้ เช่น ฟิลเตอร์สีเหลือง จะดูดกลืนแสงสีน้ำเงินและยอมให้แสงสีเขียวและแดงผ่านไปได้ ฟิลเตอร์สีม่วงแดงจะดูดกลืนแสงสีเขียวและยังสามารถดูดกลืนแสงสีน้ำเงินได้เกือบ 50 % และดูดกลืนแสงสีแดงเล็กน้อย และฟิลเตอร์สีฟ้านอกจากจะดูดกลืนแสงสีแดงแล้วยังดูดกลืนแสงสีน้ำเงินและสีเขียวเล็กน้อย

เมื่อนำฟิลเตอร์สีฟ้า ม่วงแดง และสีเหลือง มาวางซ้อนกันบนกระจกของโต๊ะแสงที่มีหลอดไฟขาวแสง เมื่อมองดูปรากฏว่าบริเวณที่ฟิลเตอร์สีเหลืองซ้อนสีม่วงแดงจะเห็นเป็นสีแดง, สีเหลืองซ้อนสีฟ้าเห็นเป็นสีเขียว, สีม่วงแดงซ้อนสีฟ้าเห็นเป็นสีน้ำเงิน และบริเวณที่ฟิลเตอร์ทั้งสามแผ่นซ้อนกัน จะเห็นเป็นสีดำ การทำให้เกิดสีโดยวิธีดังกล่าวนี้เรียกว่าการผสมสีแบบลบ (Subtractive color composite) ดังแสดงในภาพที่ 6.1

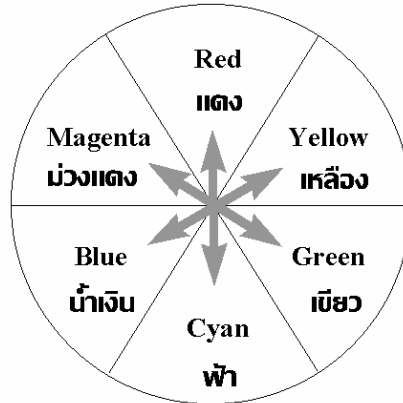


ภาพที่ 6.1 แสดงการผสมแสงสีแบบบวก และการผสมแสงสีแบบลบ

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถอธิบายได้ว่า ตามธรรมชาติแล้วแสงสีในสเปกตรัมประกอบไปด้วยแม่สี 2 กลุ่มคือ

- (1) แม่สีบวกหรือแม่สีปฐมภูมิ (Additive primaries color) ประกอบไปด้วยสีแดง (red) เขียว (green) และน้ำเงิน (blue) เมื่อผสมกันทั้ง 3 สีนี้แล้วก็จะกลายเป็นสีขาว
- (2) แม่สีลบ หรือแม่สีทุติยภูมิ (Subtractive primaries color or secondary color) ประกอบด้วย 3 สี คือ สีฟ้า (cyan) สีม่วงแดง (magenta) และ สีเหลือง (yellow) โดยเกิดจากการผสมกันของแม่สีบวก เมื่อผสมกันทั้ง 3 สีนี้แล้วก็จะกลายเป็นสีดำ

ส่วนแสงสี 2 แสงสีที่ผสมกันบนฉากสีขาวแล้วได้สีขาว แสงสีคู่เหล่านี้ เรียกว่า สีเติมเต็มหรือสีตรงข้าม (Complementary color) คือ แสงสีน้ำเงินเป็นสีเติมเต็มของสีเหลือง แสงสีแดงเป็นสีเติมเต็มของสีฟ้า แสงเขียวเป็นสีเติมเต็มม่วงแดง ซึ่งสามารถนำมาวางเรียงกันตามโทนสีในวงล้อของสี (Color wheel) ในภาพที่ 6.2



แสดงวงล้อของสี (color wheel)

ภาพที่ 6.2 แสดงสีเติมเต็มหรือสีตรงข้าม (Complementary color)

6.1.3 การบรรยายคุณลักษณะของสี

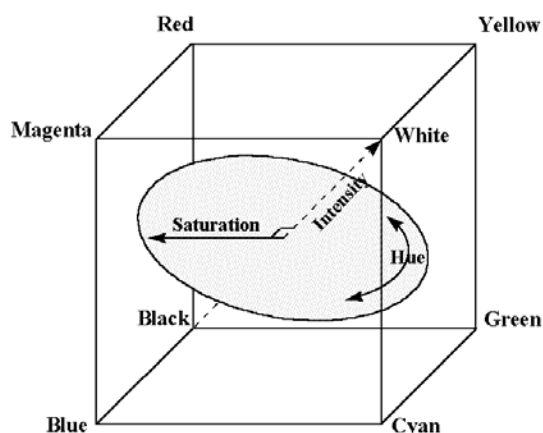
สำหรับการบรรยายคุณลักษณะของสีแต่ละสี มีความจำเป็นต้องใช้ศัพท์เทคนิคตามหลักสากลเพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกัน โดยทางสมาคมทางแสงของสหรัฐอเมริกาได้กำหนดให้ใช้ระบบ IHS คือ Hue แทนสีสัน, Saturation แทนความอิ่มตัวสี และ Intensity แทนความสว่างของสีหรือค่าของสี คำเหล่านี้เป็นคำที่ใช้อธิบายคุณลักษณะของสีดังต่อไปนี้

Hue (H) หมายถึง ชื่อสี เช่น สีแดง สีเหลือง สีเขียว และสีน้ำเงิน เป็นต้น สีสันของวัตถุมิได้ขึ้นอยู่กับผนังวัตถุเพียงอย่างเดียว หากแต่ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของแสงที่ส่องไปยังวัตถุนั้นด้วย

Saturation (S) or Chroma หมายถึง ค่าการวัดความบริสุทธิ์ของสี สีที่มีความอิ่มตัวมากจะมีความเข้มของสีมาก สีจะสดใสร เช่น สีปรากฏในสเปกตรัมจะมีความอิ่มตัวสีสูงสุด สีที่มีความอิ่มตัวน้อยจะมีความเข้มของสีน้อยหรือจาง

Intensity (I) or Lightness or Value หมายถึงค่าการวัดความสว่างหรือความมืดของสี สีที่มีความอิ่มตัวมากจะมีความสว่างน้อยกว่าสีที่มีความอิ่มตัวน้อย

หลักการในการบรรยายคุณลักษณะของสี คือ ได้จัดสีสัน (Hue) ต่างๆ ไว้โดยรอบแกนกลางซึ่งแสดงถึงค่าระดับสีเทาแทนความสว่างและความมืดของสี (Intensity) ส่วนสีใดซึ่งอยู่ห่างจากแกนกลางมากเท่าใดยิ่งมีความอิ่มตัวของสี (Saturation) มากขึ้นเท่านั้น ดังแสดงในภาพที่ 6.3



ภาพที่ 6.3 ภาพสามมิติของสี แสดง Hue (สีต้น), Saturation (ความอิ่มตัวของสี) และ Intensity (ความสว่างของสี) (Harrison and Jupp, 1990)

6.1.4 การให้ภาพสีผสมของภาพดาวเทียม

ภาพจากดาวเทียมสีขาวดำในแต่ละช่วงคลื่น (แบนด์) สามารถนำมาซ้อนทับกันได้ครั้งละ 3 แบนด์ โดยทำให้แต่ละแบนด์ที่เป็นสีขาวดำแทนด้วยแม่สีบวก (Additive Primary Color) 3 สีหลัก คือ สีแดง เขียว และน้ำเงิน เมื่อนำมาซ้อนทับกันจะได้ภาพที่เป็นภาพสีผสม (Color Composite image) ปรากฏเป็นสีต่างๆ ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีสี คือ การซ้อนทับของแม่สีบวกแต่ละคู่จะให้แม่สีลบ (Subtractive primary color) คือ สีเหลือง (Yellow) มาน้ำเงิน (Magenta) และฟ้า (Cyan)

การผสมข้อมูลภาพจากดาวเทียม 3 แบนด์ ให้เป็นภาพสีผสมนั้น ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ที่ต้องการเน้นรายละเอียดเฉพาะเรื่องให้ชัดเจน ทำให้สามารถจำแนกวัตถุที่ต้องการได้สะดวกขึ้นเนื่องจากสีที่แตกต่างไปจากวัตถุประเภทอื่นหรือสิ่งแวดล้อมรอบข้าง โดยทั่วไปแล้วภาพดาวเทียมสีผสมที่มาตรฐาน (Standard False Color Composite) ที่รู้จักกันทั่วไปคือ การผสมสีให้พืชพรรณปรากฏเป็นสีแดง โดยมีหลักการดังนี้คือ แทนข้อมูลดาวเทียมที่บันทึกในช่วงคลื่นสีเขียว (Green band) ด้วยสีน้ำเงิน (Blue), ข้อมูลดาวเทียมที่บันทึกในช่วงคลื่นสีแดง (Red band) แทนด้วยสีน้ำเงิน (Blue) และข้อมูลดาวเทียมที่บันทึกในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near infrared band) แทนด้วยสีแดง (Red) ตัวอย่างของการผสมข้อมูลภาพจากดาวเทียม 3 แบนด์ ให้เป็นภาพดาวเทียมสีผสมที่มาตรฐาน (Standard False Color Composite) ดังเช่น

- (1) ระบบ MSS ของดาวเทียม LANDSAT: แบนด์ 4, แบนด์ 5 และ แบนด์ 7 จะแทนด้วยสี น้ำเงิน (B), เขียว (G) และแดง (R) ตามลำดับ
- (2) ระบบ TM และ ETM+ ของดาวเทียม LANDSAT: แบนด์ 2, แบนด์ 3 และ แบนด์ 4 จะแทนด้วยสี น้ำเงิน (B), เขียว (G) และแดง (R) ตามลำดับ
- (3) ระบบ MLA ของดาวเทียม SPOT: แบนด์ 1, แบนด์ 2 และ แบนด์ 3 จะแทนด้วยสี น้ำเงิน (B), เขียว (G) และแดง (R) ตามลำดับ
- (4) ระบบ LISS-III ของดาวเทียม IRS-1C, IRS-1D: แบนด์ 2, แบนด์ 3 และ แบนด์ 4 จะแทนด้วยสี น้ำเงิน (B), เขียว (G) และแดง (R) ตามลำดับ

- (5) ระบบ MESSR ของดาวเทียม NOAA แบนด์ 4, แบนด์ 2 และ แบนด์ 1 จะแทนด้วยสี น้ำเงิน (B), เขียว (G) และแดง (R) ตามลำดับ

สำหรับข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT ระบบ TM และ ETM+ ที่มีรายละเอียดภาพ 30 เมตร จำนวน 6 แบนด์ (ยกเว้นแบนด์ 6) สามารถนำมาผสมสีให้เป็นภาพสีผสมต่างๆ (Non-Standard Color Composite) โดยจะให้รายละเอียดความแตกต่างตามวัตถุประสงค์ในการศึกษาวิจัยด้านต่างๆ ซึ่งพอสรุปได้ดังตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 ภาพสีผสมของดาวเทียม LANDSAT ระบบ TM และระบบ ETM+

แบนด์ / B G R	คุณสมบัติ
1 2 3	ให้สีธรรมชาติ (Natural color) คือ พืชพรรณเป็นสีเขียว ใช้ศึกษาความชุ่มชื้นของตะกอน น้ำตื้น และพื้นที่ชายฝั่ง
2 3 4	ให้สีผสมเท็จแบบมาตรฐาน (Standard false color composite) พืชพรรณปรากฏเป็นสีแดง น้ำเป็นสีน้ำเงิน และพื้นที่เปิดโล่งจะปรากฏเป็นสีขาว
3 4 5	พืชพรรณเป็นสีเขียว ให้รายละเอียดความแตกต่างของความชื้นของดิน มีประโยชน์ในการวิเคราะห์ดินและพืชพรรณ
3 5 4	พืชพรรณเป็นสีแดงและสีส้ม แสดงขอบเขตพื้นดิน และน้ำ แยกป่าชายเลน (สีส้ม) ออกจากป่าบก (สีแดง) ให้ลักษณะคลองระบายน้ำ
2 5 4	พืชพรรณสีแดง แยกพื้นที่สวนยางพารา (สีส้มและชมพู) ได้ชัดเจน
7 5 4	พืชพรรณสีแดง ให้รายละเอียดความชื้นที่แตกต่างตามลักษณะพื้นที่
1 2 4	พืชพรรณสีแดง ให้รายละเอียดตะกอนชุ่มบริเวณชายฝั่ง

6.2 การปรับแก้ความเข้มของข้อมูลภาพ (Radiometric correction)

ข้อมูลภาพดาวเทียมเชิงเลขมีความผิดพลาดหรือความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี (Radiometric error) ปรากฏอยู่เสมอ ดังนั้นจะต้องมีการปรับแก้ความเข้มระดับสีเทาหรือการปรับแก้ความผิดพลาดเชิงรังสี (Radiometric correction) ของข้อมูลภาพ ซึ่งเป็นการสร้างภาพกลับคืน (Image restoration) วิธีหนึ่ง ก่อนที่จะนำเข้าสู่กระบวนการในขั้นต่อไป

การปรับแก้เชิงรังสีหรือการปรับแก้ระดับสีเทาของข้อมูลภาพเป็นกระบวนการปรุงแต่งข้อมูล โดยการหาและชดเชยหรือแก้ไขความคลาดเคลื่อนของข้อมูล (Data error) และ สัญญาณคลื่นรบกวน (Noise) ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการบันทึกข้อมูลของระบบบันทึกข้อมูลที่ติดตั้งบนดาวเทียม หรืออาจเกิดขึ้นจากการแพร่กระจายหรือการสะท้อนพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านสภาพบรรยากาศที่ปกคลุมด้วย หมอก (Haze) หรือควัน (Smoke) หรือจากมุมที่แสงอาทิตย์ตกกระทบ (Sun's azimuth) และความยาวของระยะทางตามระดับความสูง (Elevation) ของอุปกรณ์บันทึกข้อมูล (Sensor)

สำหรับกระบวนการในการปรับแก้เชิงรังสี (Radiometric correction) ที่สำคัญ สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

1) Restoring Periodic Line Dropouts or Dropouts Repair

เป็นการปรับแก้ข้อมูลที่หายไป สืบเนื่องมาจากการทำงานของอุปกรณ์ถ่ายภาพไม่สมบูรณ์หรือมีความเสียหาย ทำให้ค่าตัวเลขความสว่างของข้อมูลในบางบรรทัดหรือแนวกวาดเป็นศูนย์หมด เช่น ภาพข้อมูลดาวเทียมบางภาพที่บันทึกจากดาวเทียม LANDSAT ระบบ MSS ที่มีข้อมูล 1 scan line (บรรทัดของแนวกวาด) จากการกวาดหรือบันทึกข้อมูลครั้งละ 6 Scan line สูญหายไปเนื่องจากมีปัญหาระหว่างการบันทึกข้อมูล จะทำให้แนวกวาดหรือบรรทัดนั้นมีค่าข้อมูลเป็นศูนย์ ซึ่งในการแสดงภาพออกมาจะปรากฏเป็นเส้นสีดำบนภาพ ลักษณะที่เกิดขึ้นนี้ถูกเรียกว่า Periodic Line Dropouts ขั้นตอนในการแก้ไขหรือสร้างข้อมูลภาพกลับคืน จะทำการเติมค่าข้อมูลของบรรทัดที่ขาดหายไป ด้วยค่าเฉลี่ยของข้อมูลบรรทัดที่อยู่เหนือและใต้บรรทัดที่ข้อมูลสูญหายไป

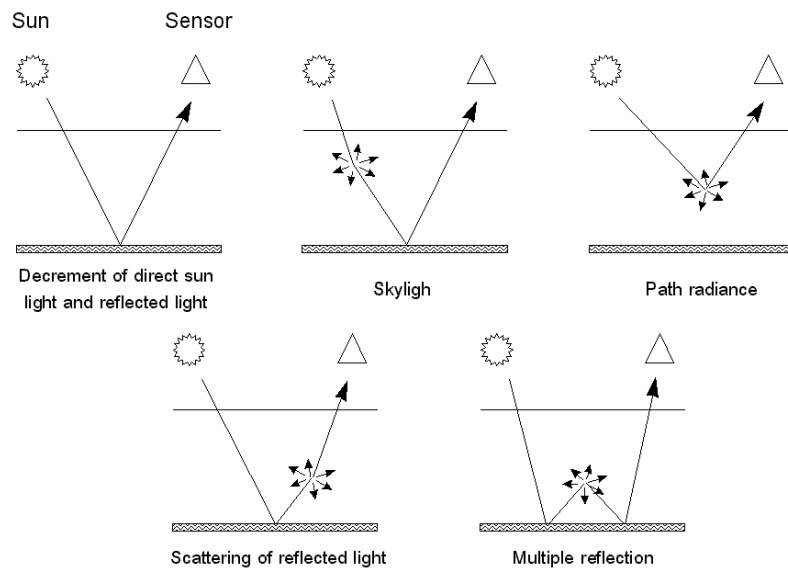
2) Restoring Periodic Line Strip

ถึงแม้ว่าตัวตรวจจับสัญญาณภาพหรือตัวบันทึกข้อมูล หรือ Detector (6 ตัวในระบบ MSS และ 16 ตัวในระบบ TM) ของแต่ละแบนด์ ได้มีการติดตั้งและตรวจสอบระบบการทำงานเป็นอย่างดีก่อนที่จะทำการส่งขึ้นไปปฏิบัติงาน แต่ Detector บางตัวอาจจะมีการเคลื่อนหรือเบี่ยงเบนไปจากตำแหน่งเดิมที่ติดตั้งหลังจากส่งขึ้นไปปฏิบัติการ ซึ่งจะทำให้ข้อมูลภาพในบรรทัดที่ถูกบันทึกด้วย detector ตัวนั้น มีค่าข้อมูลที่สว่าง (Brighter) กว่าบรรทัดอื่นๆ อย่างชัดเจน ทำให้เห็นลักษณะเป็นแถบ ปรากฏการณ์เช่นนี้เรียกว่า Periodic Line Strip เช่น ข้อมูลจากระบบ MSS จะเกิดเป็นแถบสว่างในบรรทัดที่ 6 เนื่องจากค่าข้อมูลภาพที่ถูกบันทึกด้วย Detector ตัวที่ 6 จะบันทึกค่าเป็นสองเท่าของค่าข้อมูลที่ควรจะเป็น สำหรับการแก้ไขหรือสร้างข้อมูลภาพกลับคืน คือ จะนำค่าข้อมูลที่เกิด Line strip มาคูณด้วย 0.5 ค่าที่ได้จะนำไปแทนลงในจุดภาพนั้นๆ

3) Atmospheric Correction

สภาพที่แปรเปลี่ยนของชั้นบรรยากาศจะมีผลกระทบต่อ การดูดซับ (Absorption) และการกระจัดกระจาย (Scattering) ของพลังงานจากดวงอาทิตย์ที่จะตกกระทบกับวัตถุบนพื้นโลก ทำให้พลังงานที่ได้จากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบกับวัตถุบนพื้นโลกมิใช่เพียงพลังงานที่ได้รับโดยตรงจากดวงอาทิตย์เท่านั้น แต่วัตถุบนพื้นโลกยังได้รับพลังงานที่เกิดการกระจัดกระจายในชั้นบรรยากาศอีกด้วย หรือที่เรียกว่า Sky light ขณะเดียวกันอุปกรณ์บันทึกข้อมูลไม่เพียงแต่บันทึกค่าการสะท้อนหรือการแพร่กระจายของพลังงานจากวัตถุโดยตรงเท่านั้น แต่ยังบันทึกพลังงานที่เกิดการกระจัดกระจายในชั้นบรรยากาศด้วยเช่นกัน ซึ่งกระบวนการที่เกิดปรากฏการณ์เช่นนี้เรียกว่า Path radiance ดังแสดงในภาพที่ 6.4

ลักษณะของข้อมูลที่คลาดเคลื่อนหรือผิดพลาดอันเนื่องมาจากชั้นบรรยากาศ มักจะพบในช่วงคลื่นสั้น (ช่วงคลื่นที่สายตามองเห็น, visible wavelength) เช่น band 4 และ band 5 ในระบบ MSS เนื่องจากในช่วงคลื่นสั้น ทำให้เกิดการกระจัดกระจายเมื่อกระทบละอองน้ำในบรรยากาศ มีผลคล้ายๆ ปรากฏการณ์ของการถ่ายภาพทางอากาศที่มีหมอกปกคลุมอยู่เหนือภูมิประเทศ ทำให้ความคมชัดของภาพลดลง โดยเฉพาะค่าข้อมูลในบริเวณที่เป็นน้ำและบริเวณที่เป็นเงาเนื่องจากสภาพภูมิประเทศจะมีค่าใกล้เคียงกันมาก ในการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนชนิดนี้จะยึดถือข้อมูลภาพจากช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near infrared) หรือ แบนด์ 7 (0.8-1.1 μm) ในระบบ MSS เป็นหลัก เพราะช่วงคลื่นนี้จะไม่เกิดปฏิกิริยาดังกล่าว

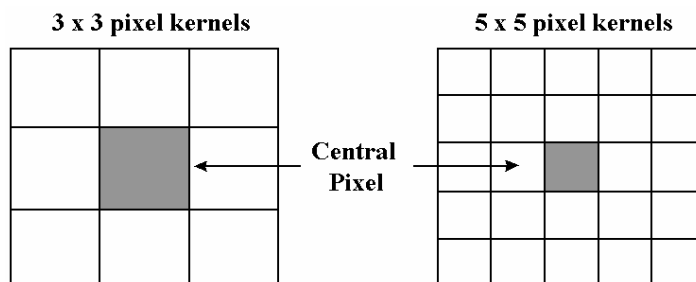


ภาพที่ 6.4 ผลกระทบจากชั้นบรรยากาศที่มีผลต่อการบันทึกการสะท้อนพลังงานของวัตถุ (Harrison and Jupp, 1990)

4. Filtering of Random Noise

ในบางครั้งการแสดงข้อมูลภาพดาวเทียมจะปรากฏจุดสีขาวหรือสีดำกระจายอยู่ภายในภาพ ซึ่งจุดเหล่านี้ (Noise) จะมีค่าของข้อมูลสูงหรือต่ำกว่าค่าข้อมูลของจุดภาพบริเวณรอบๆ อย่างชัดเจน และค่าของ Noise จะทำให้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลคลาดเคลื่อนได้ เช่น ผลจากการจำแนกชนิดข้อมูล (Classification) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องกำจัดจุดเหล่านี้ออกไปแล้วแทนค่าข้อมูลให้ใหม่ โดยใช้วิธีการกรองข้อมูล (Digital filters) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนแรก ต้องทำการออกแบบ Filter kernel ที่เป็นกลุ่มลำดับของจุดภาพ (Pixel) ในระนาบ 2 มิติ (แนว X และ แนว Y) อาจจะเป็น 3 x 3 หรือ 5 x 5 (ภาพที่ 6.5) ก็ได้ แล้วให้ Kernel ไปครอบข้อมูลภาพ โดยอาจจะเริ่มต้นจากขอบภาพด้านซ้าย และทำการคำนวณค่าเฉลี่ย (average) ของจุดภาพภายใน Kernel ถ้าค่าข้อมูลของ Pixel ตรงกลางใน Kernel มีความแตกต่างหรือเบี่ยงเบน (Deviate) ไปจากค่าเฉลี่ยมาก ให้แทนค่าของ Pixel นั้นด้วยค่าเฉลี่ยที่คำนวณได้ของข้อมูลชุดนั้น แต่ถ้าค่าข้อมูลใน Pixel ตรงกลางแตกต่างจากค่าเฉลี่ยไม่มากนัก ค่าข้อมูลใน Pixel ตรงกลางก็จะยังคงเป็นค่าเดิม ขั้นตอนต่อมาจะทำการย้าย Kernel ไปทางด้านขวาทีละ 1 Pixel และทำการคำนวณเหมือนขั้นตอนแรก จนกระทั่งสุดขอบภาพด้านขวา แล้วจะกลับมาเริ่มใหม่ที่ขอบภาพด้านซ้ายโดยจะลดตำแหน่งของ Kernel ลงมาทีละ 1 บรรทัด (Line or Row)



ภาพที่ 6.5 ตัวอย่างของ Filtering kernels ขนาด 3 x 3 และ 5 x 5 pixels

6.3 การปรับปรุงคุณภาพของข้อมูลภาพ (Image Enhancement)

การปรับปรุงคุณภาพของข้อมูลภาพ หรือ การเน้นภาพ (Image enhancement) เป็นกระบวนการปรับปรุงค่าระดับสีเทาหรือเน้นคุณภาพของข้อมูลให้เด่นชัดขึ้น ทำให้ได้ภาพที่มีรูปลักษณะใหม่และยังสามารถเพิ่มรายละเอียดรูปลักษณะของข้อมูลเดิม ทำให้สามารถดูภาพเหล่านั้นได้ชัดเจนยิ่งขึ้น โดยทั่วไปเทคนิคหรือวิธีการเน้นภาพจะใช้เพื่อแปลตีความข้อมูลบางประเภทแทนการใช้เทคนิคการจำแนกประเภทข้อมูล และการเลือกใช้เทคนิคการเน้นภาพจะขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูลและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

โดยปกติแล้วการเน้นภาพ (Image enhancement) จะเป็นการเตรียมข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในการแปลตีความด้วยสายตา เนื่องจากการเน้นภาพทำให้ข้อมูลตัวเลขเดิมเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมาก ข้อมูลภาพที่เกิดจากการเน้นภาพจึงนิยมไปใช้ในการแปลตีความด้วยสายตา มักไม่นิยมนำเอาข้อมูลตัวเลขใหม่ที่ได้จากการเน้นภาพไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงตัวเลข

ในขั้นตอนนี้ สามารถที่จะเลือกใช้เทคนิคเพื่อเน้นข้อมูลภาพได้หลายวิธี ดังนั้นจึงต้องเลือกวิธีการให้เหมาะสม และมักจะทำทีละแบบแยกออกจากกัน สำหรับการปรับปรุงคุณภาพของภาพมีหลายวิธีด้วยกัน เช่น การปรับปรุงค่าความเข้มเพื่อให้แสดงความแตกต่างกันมากขึ้น หรือการยืดภาพให้คมชัด (Contrast stretch), การแบ่งระดับค่าความเข้ม หรือการเนียนค่าความเข้ม (Density slicing), การเน้นขอบ โดยการเปรียบเทียบกับจุดภาพข้างเคียง (Edge enhancement) และ การแปลงค่าความเข้มใหม่ด้วยเทคนิคที่เรียกว่า Filtering

ซึ่งการเน้นภาพสามารถแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ๆ ได้ 2 ประเภท คือ การเน้นภาพเชิงรังสี (Radiometric enhancement) และการเน้นภาพเชิงพื้นที่ (Spatial enhancement) ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงกระบวนการที่สำคัญ คือ

6.3.1 การเน้นภาพเชิงรังสี (Radiometric enhancement)

การเน้นภาพเชิงรังสีเป็นเทคนิคในการจัดการค่าระดับสีเทาแบบเฉพาะจุด (Point operation) ที่เกี่ยวข้องกับค่าระดับสีเทาของแต่ละจุดภาพ โดยเพิ่มค่าระดับความสว่าง (Brightness value or DN value) ของจุดภาพใดจุดภาพหนึ่งหรือหลายจุดภาพ การเน้นภาพเชิงรังสีจะแตกต่างกับการเน้นภาพเชิงพื้นที่ที่จะนำเอาค่าระดับสีเทาของจุดภาพข้างเคียง (Surrounding pixels) มาใช้ในการประมวลผลด้วย สำหรับวัตถุประสงค์ของการเน้นภาพภาพเชิงรังสีคือ การสร้างรูปลักษณะใหม่ของข้อมูลบางประเภทให้เด่นชัดมากขึ้น เพื่อจะง่ายต่อการแปลตีความด้วยสายตา การเน้นภาพเชิงรังสีจะสัมพันธ์กับรูปลักษณะที่จะเน้นและช่วงคลื่นที่จะนำมาใช้งาน ทั้งนี้เพราะการเน้นภาพที่ใช้ได้กับช่วงคลื่นหนึ่งอาจจะไม่เหมาะสมกับอีกช่วงคลื่นหนึ่งก็ได้ ดังนั้นการเน้นภาพเชิงรังสีเป็นลักษณะของการเน้นภาพที่ข้อมูลภาพหลายช่วงคลื่นจะไม่มีความสัมพันธ์กันระหว่างแต่ละช่วงคลื่น การเน้นภาพประเภทนี้จึงสามารถแยกเน้นภาพในแต่ละช่วงคลื่น (Band) ก่อนได้ แล้วจึงนำมารวมเป็นภาพสีผสม (Color composite)

การเน้นภาพเชิงรังสีไม่สามารถทำให้รูปลักษณะของข้อมูลที่จะปรากฏบนภาพชัดเจนทุกประเภท ความเปรียบต่าง (Contrast) อาจพบมากในบางส่วนของภาพ และขณะเดียวกันความเปรียบต่างอาจสูญหายไปในส่วนหนึ่งของภาพ สำหรับการเน้นภาพเชิงรังสีมีเทคนิคที่สำคัญดังนี้

6.3.1.1 Contrast Enhancement

เป็นการปรับแต่งทางด้านความเข้มของข้อมูลภาพ โดยยึดข้อมูลภาพเชิงตัวเลขเดิมที่เกาะกลุ่มกันอยู่ในช่วงความเข้มแคบๆ ให้กระจายออกกว้างขึ้น เป็นผลให้ได้ภาพที่มีความเข้มดีขึ้น ในทางปฏิบัติแล้วคอมพิวเตอร์จะสร้างตารางเทียบค่าหรือกราฟปรับเทียบ (Lookup table: LUT) เพื่อแสดงภาพที่ผ่านการเน้นแล้วด้วยค่าใหม่ (ภาพที่ 6.6 และ ภาพที่ 6.7) สำหรับเทคนิคการยึดค่าเชิงคณิตศาสตร์นี้ สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ

(1) Linear Contrast Stretch

เป็นการขยายพิสัย (Range) ของค่าความเข้มข้อมูลเดิมให้มีค่ามากยิ่งขึ้นจนเต็มช่วง 0-255 โดยใช้กราฟปรับเทียบ (Lookup table) ที่มีลักษณะเป็นเส้นตรง เช่น เทคนิค Minimum-Maximum contrast stretch เป็นการขยายค่าความเข้มของข้อมูลเดิมให้เต็มพิสัย (0-255) โดยเริ่มจากค่าที่น้อยที่สุดให้เป็น 0 และให้ค่าที่มากที่สุดเป็น 255 หรือ เทคนิค Linear clip โดยขยายค่าความเข้มของข้อมูลเดิมให้เต็มพิสัยเช่นกัน แต่สามารถที่จะเลือกยึดข้อมูลช่วงใดช่วงหนึ่งของภาพได้ แต่การยึดลักษณะนี้จะสูญเสียข้อมูลบางส่วน เช่น ข้อมูลที่มีค่าต่ำหรือสูงของกราฟแท่งแสดงการกระจายข้อมูล (Histogram) ที่ถูกกำหนดให้ค่าของข้อมูลเป็น 0 หรือ 255

(2) Non-Linear Contrast Stretch

เป็นการยึดข้อมูลภาพให้คมชัดอีกลักษณะหนึ่ง โดยใช้ความสัมพันธ์ที่ไม่ใช่ลักษณะเชิงเส้นตรง จุดประสงค์ในการใช้วิธีนี้คือ พยายามเปลี่ยนการกระจายข้อมูลที่ไม่ปกติให้เป็นแบบปกติและปรับจำนวนจุดภาพในแต่ละค่าความเข้มให้มีจำนวนใกล้เคียงกัน ซึ่งเทคนิคแบบนี้เรียกว่า Histogram equalization Stretch

การยึดข้อมูลภาพแบบ Non-Linear contrast stretch ยังมีเทคนิคแบบอื่นๆ อีก เช่น

- **Logarithmic** ซึ่งจะใช้ปรับเน้นภาพที่มีค่าของข้อมูลต่ำเป็นจำนวนมากที่มีการกระจายอยู่ชิดกันได้ดี แต่อาจจะทำให้สูญเสียข้อมูลที่มีค่าสูงบางส่วนได้
- **Exponential** อาจจะปรับเน้นภาพที่มีค่าของข้อมูลสูงเป็นจำนวนมาก
- **Gaussian Stretch** เป็นการยึดค่าของข้อมูลให้มีการกระจายเป็นแบบปกติ (Normal distribution) โดยใช้ปัจจัยที่สำคัญ 2 ตัวเพื่อกำหนดลักษณะการยึดค่าของข้อมูลภาพ ตัวแรกคือ mean ซึ่งจะเป็นตัวปรับความสว่าง (Brightness) หรือความมืด (Darkness) ของภาพ โดยทำการเลื่อนจุดศูนย์กลางการกระจายแบบปกติของค่าข้อมูลใน Histogram ตัวที่สองคือ standard deviation โดยจะเป็นตัวปรับการยึดพิสัยของค่าข้อมูลใหม่

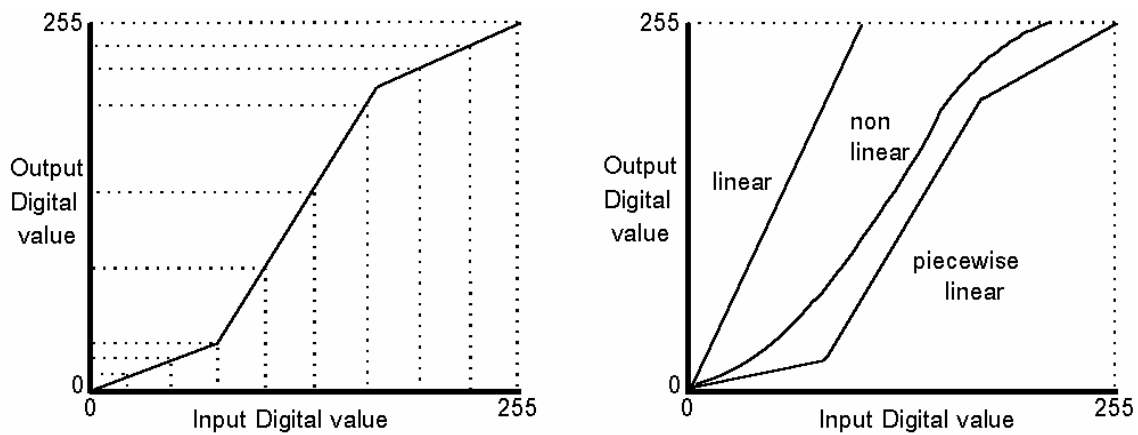
(3) Piecewise Stretch

เป็นการเลือกยึดข้อมูลภาพเป็นบางส่วน หรือ เป็นช่วงๆ โดยแต่ละช่วงอาจจะกำหนดพิสัยของการยึดแตกต่างกันไป หลักการคือ พิสัยของค่าความเข้มข้อมูลเดิมที่ต้องการขยายนั้น จะถูกแบ่งออกเป็นหลายๆ ช่วง

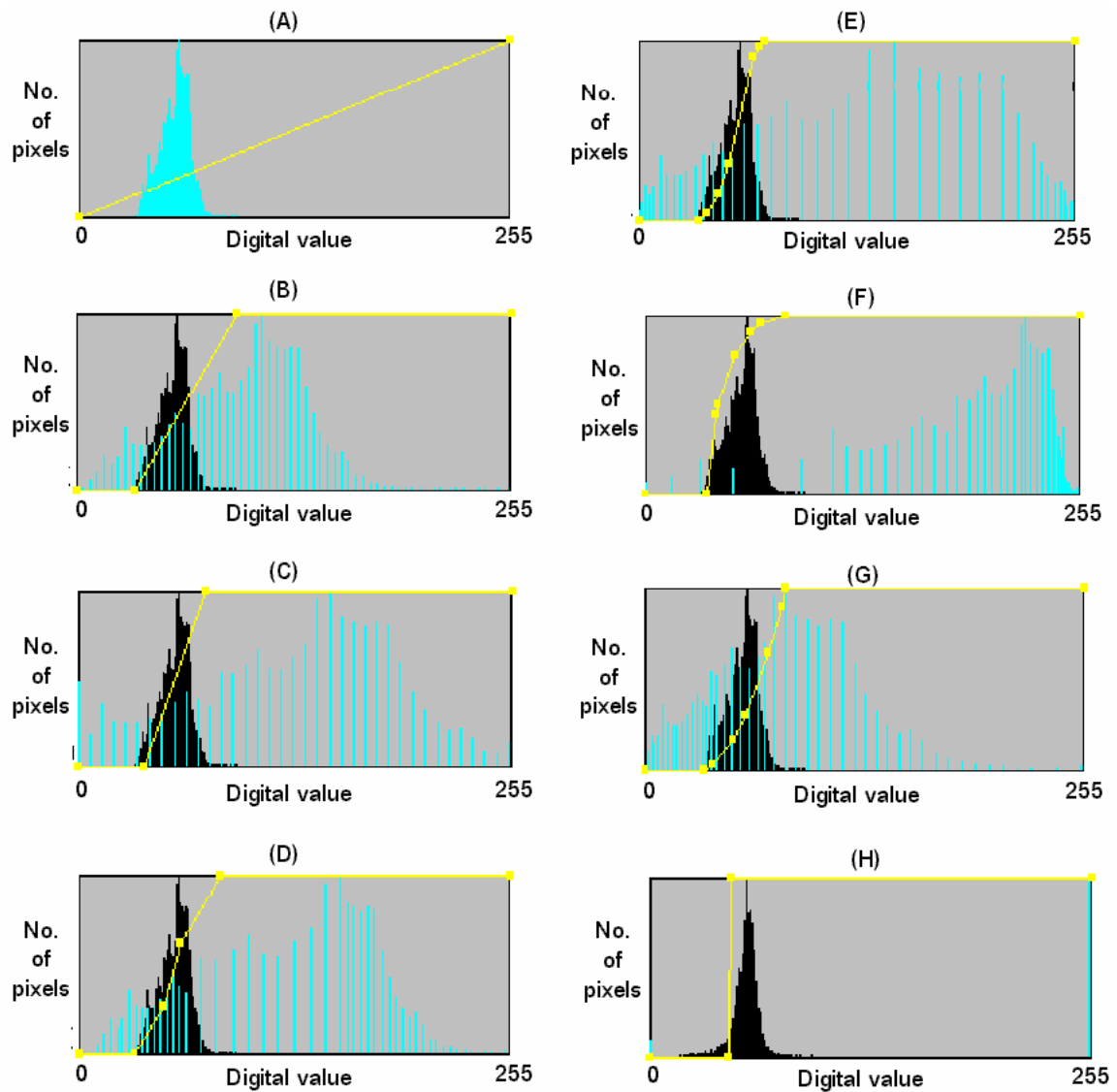
และในแต่ละช่วงจะขยายให้เป็นค่าใดๆ ก็ได้ตามต้องการ แต่ต้องต่อเนื่องกันไปจนตลอดช่วง 0-255 เช่น แบ่งการขยายค่าความเข้มเดิมจาก 10-120 ให้เป็น 0-255 ดังนี้

10	–	60	เป็น	0	–	100
61	–	100	เป็น	101	–	220
101	–	120	เป็น	221	–	255

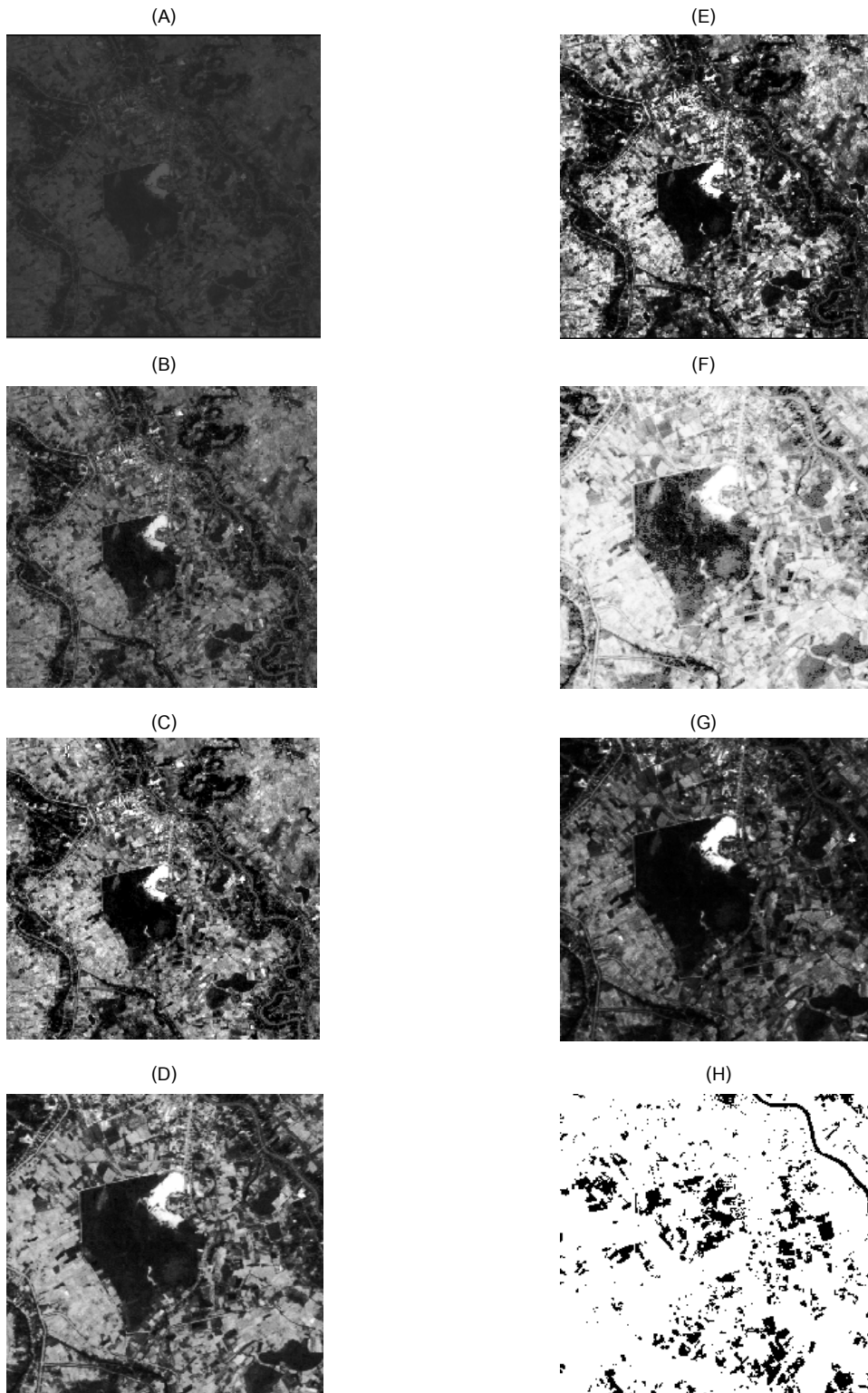
สำหรับเทคนิคการปรับเน้นภาพโดยวิธีการยืดข้อมูลภาพ อาจจะมีนอกเหนือจากที่กล่าวมาข้างต้น เช่น Threshold, Gamma หรือ Brightness and Contrast เป็นต้น ซึ่งการปรับเน้นภาพโดยเทคนิคการยืดข้อมูลภาพนี้ ผู้ใช้สามารถที่จะทำการกำหนดหรือสร้างกราฟเปรียบเทียบ (Lookup table) เองได้โดยให้ให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการ (ภาพที่ 6.7 และ ภาพที่ 6.8)



ภาพที่ 6.6 แสดงกราฟเปรียบเทียบ (Lookup table) ระหว่างค่าของข้อมูลเดิมและข้อมูลใหม่ที่ได้จากการยืดข้อมูลภาพด้วยเทคนิคทั้ง 3 วิธี (ERDAS, 1999)



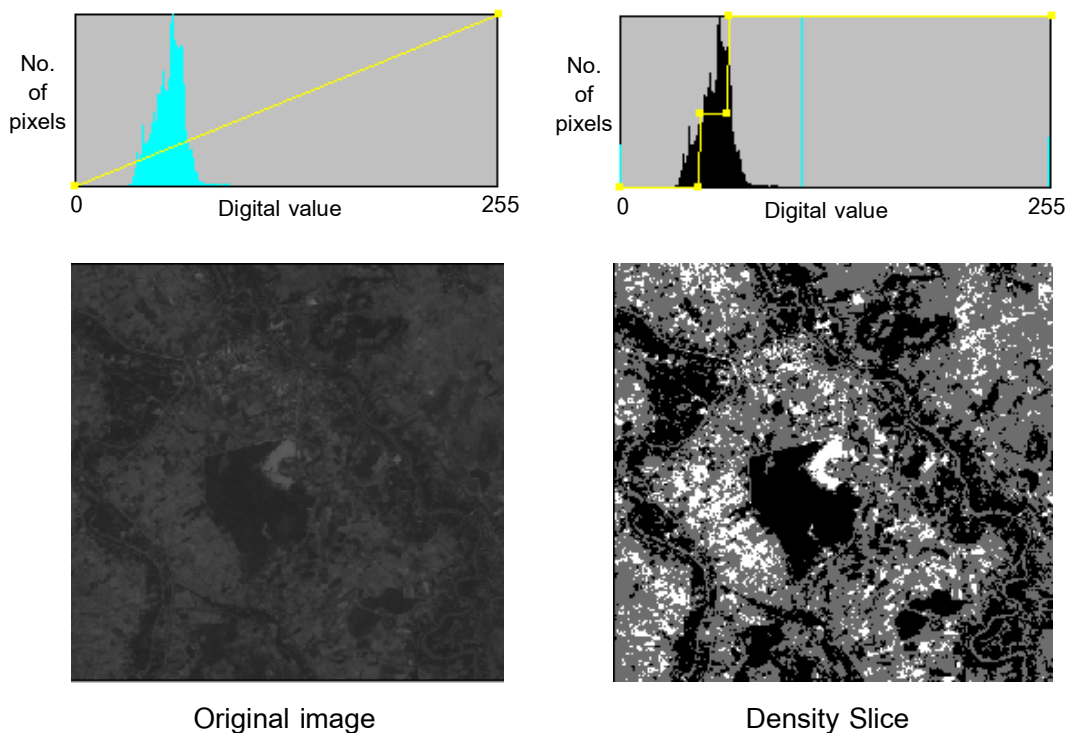
ภาพที่ 6.7 กราฟแท่งแสดงความถี่ (histogram) และกราฟปรับเทียบ (look up table) สำหรับการปรับเน้นภาพ โดยการขีดข้อมูลภาพด้วยเทคนิคแบบต่างๆ สำหรับ (A) คือ ข้อมูลที่ยังไม่ได้มีการขีดค่า, (B) Minimum-Maximum contrast stretch, (C) Linear clip, (D) Piecewise stretch, (E) Histogram equalization stretch, (F) Logarithmic, (G) Exponential และ (H) Threshold



ภาพที่ 6.8 เปรียบเทียบภาพที่ยังไม่มีการปรับเน้นภาพ กับภาพที่ผ่านเทคนิคการเน้นภาพแบบต่างๆ สำหรับ (A) คือ ข้อมูลดั้งเดิม (Original data or Raw data) ที่ยังไม่ได้มีการขีดค่า, (B) Minimum-Maximum contrast stretch, (C) Linear clip, (D) Piecewise stretch, (E) Histogram equalization stretch, (F) Logarithmic, (G) Exponential และ (H) Threshold

6.3.1.2 Density Slice

เป็นกระบวนการที่แปลงค่าความเข้มของข้อมูลภาพที่เกิดในลักษณะต่อเนื่องเข้าเป็นกลุ่มๆ เพื่อช่วยให้เห็นรูปแบบต่างๆ ในภาพชัดเจนกว่าที่อยู่ในลักษณะของภาพขาวดำ ซึ่งสามารถเลือกแบ่ง (เลือก) ค่าที่ต่อเนื่องจาก 0 ถึง 255 ออกเป็นช่วงๆ แยกกัน แล้วให้สีแต่ละช่วงตามความต้องการ หรืออาจแทนด้วยค่าตัวเลขตัวหนึ่ง หรืออักษรตัวหนึ่ง แล้วแต่ชนิดของอุปกรณ์และความประสงค์ของผู้ใช้ อาจจะได้ว่าเทคนิคแบบนี้เป็นการจำแนกหรือแบ่งกลุ่มข้อมูลแบบหยาบกว่าข้อมูลเดิมก็ได้ แต่ทำให้สะดวกแก่การวิเคราะห์เพราะจะเหลือจำนวนของประเภทข้อมูลน้อยลง (ภาพที่ 6.9)



ภาพที่ 6.9 แสดงกราฟแท่งแสดงความถี่ (Histogram) และ กราฟปรับเทียบ (Look up table) ของภาพที่ไม่มีการปรับเน้น (Unenhanced image) กับภาพที่ปรับเน้นด้วยเทคนิค Density Slice

6.3.2 การเน้นภาพเชิงพื้นที่ (Spatial enhancement or Spatial and Directional Filtering)

การเน้นภาพเชิงพื้นที่ จะปรับเปลี่ยนค่าของจุดภาพนั้นๆ ตามค่าของจุดภาพที่อยู่โดยรอบ ซึ่งการเน้นภาพเชิงพื้นที่จะมีความสัมพันธ์กับความถี่เชิงพื้นที่ โดยมีความแตกต่างระหว่างค่าที่สูงที่สุดและค่าต่ำสุดของจุดภาพที่ต่อเนื่องกัน

สำหรับการปรับเน้นคุณภาพของข้อมูลภาพวิธีนี้ เป็นเทคนิคที่จะกรองข้อมูลโดยอาศัยหลักการทางคณิตศาสตร์ที่เรียกว่า Filtering ซึ่งจะใช้น้ำต่างกรอง (Kernel or Window) ในลักษณะ 2 มิติ โดยเลื่อนหน้าต่างให้ตารางที่อยู่ศูนย์กลางวิ่งผ่านทีละจุดภาพ (Pixel) แล้วแทนค่าจุดภาพนั้นๆ ด้วยค่าเฉลี่ยหรือกรรมวิธีทางคณิตศาสตร์อื่นๆ ของบรรดาจุดภาพข้างเคียงภายในหน้าต่างกรอง ซึ่งมีด้วยกันหลายวิธี แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะวิธีพื้นฐาน คือ

6.3.2.1 Low Pass Filtering (LPF)

Low Pass Filtering เป็นการเน้นภาพเชิงพื้นที่ ด้วยการลดระดับความถี่เชิงพื้นที่ของข้อมูลภาพ (Spatial frequency) ทำให้ภาพที่ได้ใหม่มีลักษณะเรียบ (Smooth) หรือพร่ามัว (Blur) มากขึ้น หลักการของเทคนิคการเน้นภาพแบบนี้ จะทำการคำนวณระดับค่าสีเทาของแต่ละจุดภาพด้วยการหาค่าเฉลี่ย (Average) ของระดับค่าสีเทาเดิมรอบจุดภาพนั้น ด้วยจำนวน $n \times m$ จุดภาพ ค่า n และ m จะต้องเป็นเลขคู่เสมอ เช่น 3×3 , 5×5 , หรือ 7×7 เป็นต้น ขนาด $n \times m$ เรียกว่า Kernel หรือ BOXCAR ในกรณีที่หน้าต่างกรอมมีขนาดเล็กไม่สามารถทำให้ภาพเรียบ อาจเลือกใช้หน้าต่างกรอมที่มีขนาดใหญ่ขึ้นมา แต่จะเพิ่มอัตราเสี่ยงต่อการสูญเสียรายละเอียดของข้อมูลจริงในภาพขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามกรณีนี้อาจแก้ไขโดยใช้ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักโดยจะเน้นให้ค่าที่อยู่ใกล้ศูนย์กลางมีอิทธิพล และน้ำหนักมากกว่าค่าที่อยู่บริเวณริมออก ดังแสดงในภาพที่ 6.10

1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9

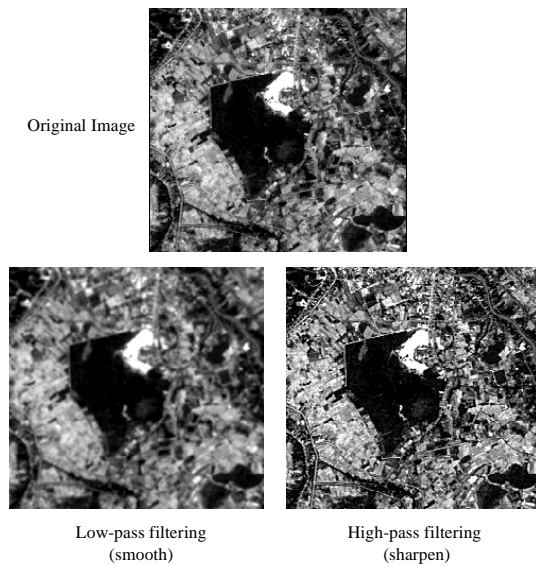
1/32	1/32	1/32	1/32	1/32
1/32	1/20	1/20	1/20	1/32
1/32	1/20	1/10	1/20	1/32
1/32	1/20	1/20	1/20	1/32
1/32	1/32	1/32	1/32	1/32

(A)
(B)

ภาพที่ 6.10 แสดงตัวอย่างหน้าต่างกรอมข้อมูลขนาด (A) 3×3 แบบไม่ถ่วงน้ำหนัก และ (B) 5×5 ถ่วงน้ำหนักที่ศูนย์กลาง

6.3.2.2 High Pass Filtering (HPF) หรือ Edge Enhancement

เป็นเทคนิคที่ใช้เน้นค่าความเข้มที่แตกต่างกันให้ชัดเจนขึ้น ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งของการกรองข้อมูล แต่จะใช้หน้าต่างที่มีการให้น้ำหนักต่างๆ กัน หรือมีการปฏิบัติเชิงคณิตศาสตร์ ในรูปแบบต่างๆ เพื่อเน้นส่วนที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน เช่น เส้นขอบอ่างเก็บน้ำ หรือชายฝั่งทะเล เป็นต้น หลักการของเทคนิคนี้เป็นการสร้างภาพใหม่ จากการเอาค่าความเข้มที่ได้ในแต่ละจุดภาพของ LPF ไปลบออกจากค่าความเข้มของข้อมูลภาพเดิม (Original pixel values) โดยวิธีปฏิบัติคือ จะทำการปรับภาพให้เรียบก่อนโดยใช้หน้าต่างแบบหาค่าเฉลี่ย หรือวิธี Low pass filtering (LPF) แล้วนำค่าความเข้มที่ได้ในแต่ละจุดภาพของ LPF ไปลบออกจากค่าความเข้มของข้อมูลภาพเดิม (original data) จะได้ภาพใหม่อีกภาพหนึ่งซึ่งแสดงผลต่าง ซึ่งจะใช้ภาพที่แสดงผลต่างที่ได้นี้เป็นส่วนของการเน้นภาพ โดยบวกกลับเข้าไปในภาพเดิม จะได้ภาพที่มีการเน้นขอบ (Edge enhancement) (ภาพที่ 6.11)



ภาพที่ 6.11 เปรียบเทียบภาพที่ผ่านการเน้นภาพเชิงพื้นที่ โดยใช้เทคนิค Low pass filtering และ High pass filtering

6.4 การแก้ไขความคลาดเคลื่อนของภาพเชิงเรขาคณิต (Geometric Correction)

เป็นการแก้ไขความผิดพลาดหรือความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิตที่เกิดขึ้นของข้อมูลดาวเทียม เพื่อให้ได้ภาพที่ถูกต้องตามตรงกับข้อเท็จจริงหรือความเป็นจริงบนพื้นผิวโลก เพราะภาพดาวเทียมที่ได้จะมีการบิดเบี่ยงไปจากความเป็นจริงของลักษณะภูมิประเทศ ซึ่งมีการปรับแก้ข้อมูลภาพดาวเทียมทางด้านรูปทรงและขนาด หรือมาตราส่วนภาพ

6.4.1 ลักษณะความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิต

โดยปกติแล้วสาเหตุของความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิตสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ (ภาพที่ 6.12) คือ

(1) Nonsystematic Distortions

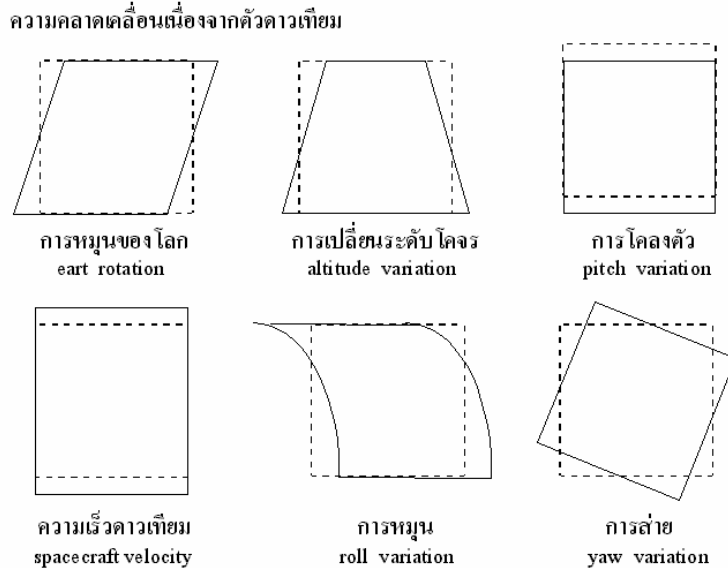
ความผิดพลาดชนิดนี้จะเกิดขึ้นไม่แน่นอน ซึ่งไม่สามารถคาดการณ์ล่วงหน้าได้ว่าจะเกิดขึ้นเมื่อใด จะทำให้เกิดความบิดเบือนของข้อมูล เช่น ความผิดพลาดสืบเนื่องมาจากตัวดาวเทียม คือ การทรงตัวและความสูงของดาวเทียม (Altitude and Attitude) จะทำให้เกิดความบิดเบือนของข้อมูลหลายลักษณะ เช่น Pitch หรือ Yaw เป็นต้น โดยจะทำให้ตำแหน่งของจุดภาพบนข้อมูลดาวเทียมคลาดเคลื่อนไปจากตำแหน่งบนพื้นผิวโลก, อัตราเร็วในการเคลื่อนที่ของดาวเทียม (Spacecraft velocity) ที่ไม่คงที่จะทำให้ข้อมูลบิดเบือนไปในทิศทางเดียวกับแนวโคจรของดาวเทียม รวมทั้งความผิดพลาดที่เกิดจากการหมุนรอบตัวเองของโลก (Earth Rotation)

(2) Systematic Distortions

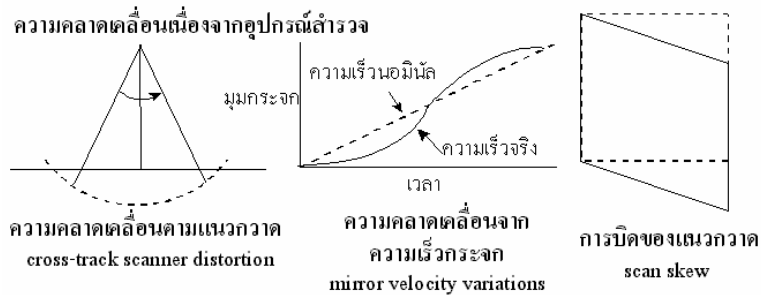
เป็นความคลาดเคลื่อนของข้อมูลดาวเทียมที่เกิดขึ้นสม่ำเสมอและสามารถคาดการณ์ได้ล่วงหน้า เช่น ความเร็วไม่คงที่ของกระจกกวาดรับข้อมูล (Mirror velocity variation) ที่เกิดจากขณะเริ่มต้นและสิ้นสุดของการกวาดรับข้อมูลแต่ละบรรทัดไม่เท่ากัน หรือความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากความเอียงของอุปกรณ์กวาดรับข้อมูล (Scan Skew) ขณะที่อุปกรณ์กำลังทำการกวาดรับข้อมูล ทำให้จุดภาพทางด้านซ้ายของภาพรับจำนวนข้อมูลพื้นที่น้อย

กว่าจุดภาพทางด้านขวาภาพที่ได้จะเกิดการบิด เป็นต้น ส่วนสาเหตุจากมุมการกวาดรับข้อมูล (Cross-track scanner distortion) จะเกิดขึ้นน้อยมากสำหรับข้อมูลดาวเทียม LANDSAT เนื่องจากมุมการกวาดรับข้อมูลแต่ละข้างมีขนาดเล็ก

นอกจากนี้ ความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิตยังเกิดจากสาเหตุอื่นๆ ได้อีก เช่น ความโค้งของโลก หรือ แนวโคจรของดาวเทียม เป็นต้น



Non Systematic Distortions.



Systematic Distortions.

ภาพที่ 6.12 แสดงลักษณะความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิตประเภทต่างๆ ของภาพจากดาวเทียม LANDSAT (กันยา ทิษยากร และคณะ, 2536)

6.4.2 ขั้นตอนการแก้ไขความคลาดเคลื่อนของภาพเชิงเรขาคณิต (Geometric Correction)

การแก้ไขทางเรขาคณิตสามารถแบ่งออกเป็น 2 ระดับ คือ **System Correction** เป็นการแก้ไขเพียงบางส่วน เช่น การปรับแก้ภาพให้เอียงเพื่อสอดคล้องกับแนวการกวาดภาพ ซึ่งสถานีรับสัญญาณจะเป็นผู้ทำให้ อีกระดับคือ **Precision Correction** ซึ่งการแก้ไขจะอ้างอิงกับสิ่งที่เป็มาตรฐานซึ่งเป็นที่ยอมรับ โดยทั่วไปจะใช้แผนที่ภูมิประเทศที่มีพิกัดเป็นระบบ UTM ในมาตราส่วน 1:50,000 โดยเลือกจุดพิกัดควบคุมทางภาคพื้นดินหรือที่เรียกว่า GCPs (Ground Control Points) ที่เห็นเด่นชัดทั้งบนภาพดาวเทียมและแผนที่ภูมิประเทศ จากค่าพิกัดของ GCPs เหล่านี้จะช่วยในการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างค่าพิกัดบนแผนที่ภูมิประเทศ (UTM coordination) และค่าพิกัดบนภาพดาวเทียม

(Line-Pixel coordination) สำหรับใช้ในการปรับแก้ภาพดาวเทียมให้มีความถูกต้องทางเรขาคณิต โดยมีขั้นตอนหลักในการปรับแก้ดังนี้

6.4.2.1 การเลือกจุดอ้างอิงทางภูมิศาสตร์ (Manual Selecting a Reference Point)

การกำหนดค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ให้กับข้อมูลภาพ เป็นกระบวนการสร้างความสัมพันธ์ของระบบพิกัด ระหว่างข้อมูลภาพที่ไม่มีพิกัดทางภูมิศาสตร์ (Ungeocoded image) กับระบบพิกัดภูมิศาสตร์ของข้อมูลอ้างอิง (Reference image) เพื่อให้ระบบพิกัดของข้อมูลที่ต้องการปรับแก้ ถูกเปลี่ยนให้เป็นระบบพิกัดใหม่ตามระบบพิกัดของข้อมูลอ้างอิง ข้อมูลภาพที่ไม่มีพิกัดทางภูมิศาสตร์ อาจเป็นข้อมูลภาพที่ถูกนำเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์โดยเครื่องกราดภาพ (Scanner) เช่น ภาพแผนที่ภูมิประเทศ (Scanned topography map), ภาพถ่ายทางอากาศ (Aerial photograph) หรือ อาจจะเป็น ข้อมูลจากดาวเทียมในระบบพิกัดภาพ (Image coordinate system) เป็นต้น สำหรับข้อมูลอ้างอิง จะเป็นข้อมูลภาพที่มีการปรับแก้เชิงเรขาคณิต (Rectified image) ซึ่งเป็นข้อมูลภาพที่มีการอ้างอิงกับระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (Geographic coordinate system หรือ Geocoded image)

ความถูกต้องของกระบวนการกำหนดค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์นั้น จะขึ้นอยู่กับจำนวนและการกระจายของจุดควบคุมภาคพื้นดิน (Ground control points-GCPs) หรือ จุดอ้างอิง (Reference points) ซึ่งเป็นจุดที่ตำแหน่งใดก็ได้ในข้อมูลภาพที่เห็นปรากฏได้ชัดเจนและสามารถทราบตำแหน่งพิกัดที่แท้จริงบนพื้นโลก จุด GCPs ที่ดีส่วนใหญ่ต้องเป็นจุดที่มีความคงที่ของรูปทรงและสังเกตได้ง่าย เช่น จุดตัดของวัตถุต่าง ๆ (สี่แยกถนนตัดกัน สะพานข้ามแม่น้ำ หรือ สะพานข้ามทางรถไฟ) มุมของวัตถุ หรือ วัตถุที่มีมุมแหลม (แปลงที่ดิน มุมของอาคาร) เป็นต้น (จรัณธร, 2546)

จุด GCP ควรจะมีจำนวนมากพอ และกระจายอย่างสม่ำเสมอทั้งพื้นที่ของภาพมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อควบคุมการแปลงพิกัด (Transformation) ให้เกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอทั่วพื้นที่ นอกจากนี้ตำแหน่งของจุด GCP ควรจะครอบคลุมทั่วบริเวณของภาพรวมถึงบริเวณมุมของภาพด้วย สำหรับจำนวนจุดพิกัด (GCP.) ในขบวนการแก้ไขความคลาดเคลื่อนนี้ จะขึ้นอยู่กับรูปแบบการแปลงพิกัดจากสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อการแปลงข้อมูลภาพ (เมตริกในการแปลงค่าพิกัด) (ตารางที่ 6.2) โดยรูปแบบในการแปลงค่าพิกัด (Transformation models) ที่ใช้ทั่วไปมีดังนี้

- (1) **Affine or 1st- order polynomial** เป็นรูปแบบของสมการเส้นตรง (linear model) จะใช้ปรับแก้ภาพดาวเทียมที่มีความผิดพลาดในลักษณะเกิดการหมุน หรือการส่าย หรือมีมาตราส่วนคลาดเคลื่อน
- (2) **Helmert** เป็นรูปแบบของสมการเส้นตรงเช่นกัน ที่ใช้ปรับแก้ภาพที่เกิดความคลาดเคลื่อนทางแกน X และ Y หรือภาพที่มีการหมุน
- (3) **Polynomial Equation** เป็นรูปแบบของสมการ Non linear model แบบโพลิโนเมียล ซึ่งมีค่าอนุพันธ์ (Orders) หลายระดับให้เลือกใช้ โดยปกติจะใช้อนุพันธ์ ตั้งแต่อนุพันธ์ที่ 2 จนถึงอนุพันธ์ที่ 5

ตารางที่ 6.2 ค่า Degree of freedom หรือ ค่า k (จำนวนจุด GCP ที่ใช้ในแต่ละรูปแบบสมการแปดพิกัด)

รูปแบบสมการ (model)	ค่า k (จำนวนจุด GCP.)
Helmert	2
Affine or 1 st - order polynomial	3
2 nd order	6
3 rd order	10
4 th order	15
5 th order	21

เทคนิคในการกำหนดค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ให้กับข้อมูลภาพ อาจแบ่งเป็น 2 วิธีการหลัก คือ (จรัญธร, 2546)

(1) การกำหนดระบบพิกัดระหว่างภาพกับภาพ (Image to Image)

การให้ค่าพิกัดโดยวิธีนี้ เป็นกระบวนการสร้างความสัมพันธ์ของระบบพิกัดของข้อมูลภาพ 2 ภาพ หรือมากกว่า ระหว่างข้อมูลภาพที่ไม่มีระบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ (Ungeocoded image) กับข้อมูลภาพในระบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ (Geocoded image) หรือข้อมูลอ้างอิง เพื่อเปลี่ยนข้อมูลที่ไม่มีพิกัดทางภูมิศาสตร์ให้เป็นระบบพิกัดใหม่ตามระบบพิกัดของข้อมูลอ้างอิง โดยกำหนดจุด GCP จากตำแหน่งของวัตถุที่สามารถเห็นได้ชัดเจนในข้อมูลภาพทั้งสอง หรือหลายภาพ ตัวอย่างของวิธีการนี้ เช่น การใช้ภาพข้อมูลระยะไกล (Remotely sensed image) ศึกษาข้อมูลในพื้นที่เดียวกันแบบหลายช่วงเวลา

(2) การกำหนดระบบพิกัดระหว่างภาพกับแผนที่ (Image to Map)

เทคนิคนี้เป็นการกำหนดจุด GCPs ให้กับข้อมูลภาพที่ต้องการให้ค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ โดยอ้างอิงจากข้อมูลเชิงเส้นที่มีอยู่แล้ว (Existing vector data) หรือ ข้อมูลจากระบบกำหนดพิกัดพื้นโลกด้วยสัญญาณดาวเทียม (Global Positioning System-GPS) นอกจากนี้วิธีหนึ่งคือ ใช้แผนที่ภูมิประเทศหรือแผนที่เฉพาะเรื่อง (Thematic map) ที่มีระบบพิกัดภูมิศาสตร์เป็นระบบ UTM เพื่อเป็นข้อมูลอ้างอิง

6.4.2.2 การแปลงค่าพิกัด (Co-ordinate transformation)

กระบวนการ Transformation หรือการคำนวณและทดสอบเมตริกแปลง เป็นกระบวนการดึงภาพที่บิดเบือนให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องและใกล้เคียงความเป็นจริง โดยมีจุด GCP ที่เลือกไว้เป็นจุดตรงตำแหน่งต่างๆ ในขั้นตอนนี้จะคำนวณค่าจากจุดควบคุมทางภาคพื้นดินที่กำหนดลงไปบนภาพ ผลการคำนวณจะระบุค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (root mean square;RMS.) ของแต่ละจุดโดยมีหน่วยเป็นระยะทางระหว่างตำแหน่งของจุดควบคุมทางภาพพื้นดินและจุดควบคุมทางภาคพื้นดินที่คำนวณขึ้นใหม่ ค่าความคลาดเคลื่อนจะมีหน่วยเป็นจำนวนจุดภาพ (Pixel) หรือ เป็นเมตร โดยรูปแบบของสมการที่ใช้คำนวณความคลาดเคลื่อน (RMS) มีดังต่อไปนี้

$$\text{RMS สำหรับแกนราบ X} = (\text{SUM } (X_1 - X_{\text{org}})^2 / (n-k))$$

$$\text{RMS สำหรับแกนราบ Y} = (\text{SUM } (Y_1 - Y_{\text{org}})^2 / (n-k))$$

เมื่อ : X_1 = ค่าพิกัดแนวราบที่คำนวณได้ในข้อมูลภาพที่ยังไม่ได้ปรับแก้

- Y_1 = ค่าพิกัดแนวตั้งที่คำนวณได้ในข้อมูลภาพที่ยังไม่ได้ปรับแก้
 X_{org} = ค่าพิกัดแนวราบของจุดควบคุมทางภาคพื้นดินในภาพ
 Y_{org} = ค่าพิกัดแนวตั้งของจุดควบคุมทางภาคพื้นดินในภาพ
 n = จำนวนจุดควบคุมทางภาคพื้นดิน
 k = ค่า Degree of freedom หรือ จำนวนจุด GCP. ที่ต้องใช้ ซึ่งขึ้นกับรูปแบบของสมการทางคณิตศาสตร์ในการแปลงพิกัด

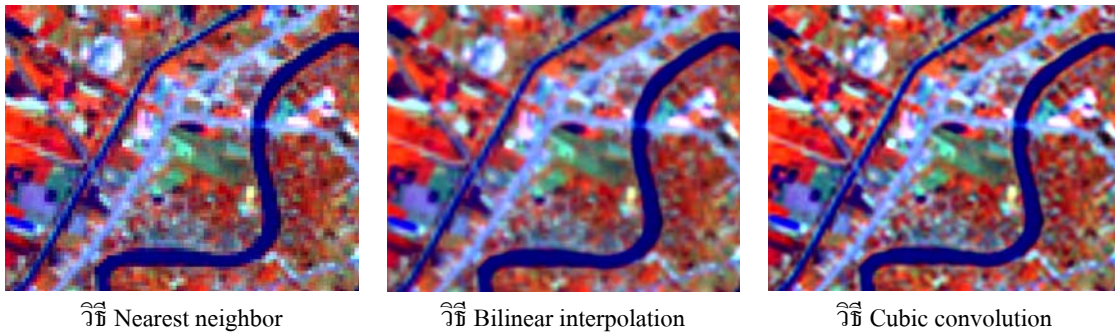
ค่า RMS_{error} สามารถบอกได้ว่า จุดควบคุมภาคพื้นดินมีตำแหน่งพิกัดใกล้เคียงกับพิกัดอ้างอิงเพียงใด (มีหน่วยเป็นจุดภาพ) โดยทั่วไปค่า RMS_{error} ที่ยอมรับได้จะมีค่าบวกหรือลบไม่เกิน 1 จุดภาพ ถ้าค่า RMS_{error} มีค่าสูงแสดงว่า ความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งมีมาก อย่างไรก็ตามการกำหนดจุด GCP ในตำแหน่งใหม่ที่เหมาะสมสามารถที่จะเพิ่มความถูกต้องของการแปลงค่าพิกัดได้

6.4.2.3 การสุ่มตัวอย่างซ้ำ (Resampling)

การสุ่มตัวอย่างซ้ำ หรือ Resampling เป็นกระบวนการปรับแก้ค่าระดับสีเทาหรือเป็นการสร้างข้อมูลภาพใหม่ หลังจากการแก้ไขด้านตำแหน่งของข้อมูลดาวเทียมแล้ว ขนาดและตำแหน่งของจุดภาพจะเปลี่ยนแปลงไป จึงต้องปรับค่าระดับสีเทาของข้อมูลใหม่โดยการ Resampling Interpolation เพื่อให้ได้ค่าระดับสีเทาที่สอดคล้องกับตำแหน่งที่เปลี่ยนแปลง วิธี Resampling หรือการสร้างจุดภาพใหม่ ขนาดของจุดภาพ (Pixel size) ใหม่อาจจะมีความเท่าเดิมหรือเปลี่ยนแปลงก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นกับการกำหนดของผู้ใช้ สำหรับการแทนค่าตัวเลขลงในจุดภาพใหม่มี 3 วิธี คือ

- (1) **Nearest neighbor substitution** เป็นวิธีแทนด้วยค่าระดับสีเทาของจุดภาพเดิมที่อยู่ใกล้ที่สุดกับจุดภาพที่ทำการสุ่มตัวอย่างซ้ำ วิธีนี้ค่อนข้างง่ายและใช้เวลาในการคำนวณน้อย แต่ให้ความถูกต้องไม่สูงนัก
- (2) **Bilinear interpolation** เป็นการหาความสัมพันธ์เชิงเส้นคู่ โดยการสมมุติให้ค่าความต่างระหว่างจุดภาพเดิม 4 จุดภาพ
- (3) **Cubic convolution** ค่อนข้างจะซับซ้อนและใช้เวลาในการประมวลผลนานกว่า 2 วิธีแรก จะใช้ค่าระดับสีเทาของจุดภาพที่อยู่ใกล้ชิดกับจุดภาพที่จะทำการสุ่มตัวอย่างซ้ำจำนวน 9 หรือ 16 จุดภาพในการคำนวณค่าใหม่ วิธีนี้จะสร้างความสัมพันธ์ในลักษณะโพลีโนเมียลระดับสูง (มากกว่า 1st order)

ในการดำเนินการในลักษณะนี้ข้อมูลจะได้ระบบการกรองหรือเฉลี่ยให้เรียบขึ้นตามปริมาณจุดภาพเดิมที่ใช้ ซึ่งในกรณีที่ผู้ใช้จะต้องทำการปรับภาพให้คมชัด (Sharp) ก็อาจจะเลือกใช้วิธี Nearest neighbor substitution แล้วจึงทำการปรับภาพให้เรียบด้วยซอฟต์แวร์ในภายหลัง ซึ่งจะง่ายและประหยัดเวลามาก สำหรับวิธี Bilinear interpolation ภาพใหม่ที่ได้จะมีเนื้อภาพเรียบ (Smooth) แต่จะใช้เวลาในการคำนวณนานกว่าวิธีวิธี Nearest neighbor ในขณะที่วิธี Cubic convolution จะให้ภาพที่มีลักษณะเนื้อภาพคมชัดขึ้น (ภาพที่ 6.13) แต่จะใช้เวลาในการคำนวณนานกว่า 2 วิธีแรก และค่าระดับสีเทาที่ได้ในแต่ละจุดภาพอาจจะแตกต่างไปจากจุดภาพเดิมมาก เพราะได้จากการคำนวณของจุดภาพข้างเคียง อย่างไรก็ตามการที่จะเลือกวิธีการสร้างจุดภาพใหม่ ด้วยวิธีใดจะขึ้นกับการวินิจฉัยของผู้ใช้เพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะการใช้งาน



ภาพที่ 6.13 ภาพเปรียบเทียบผลจากการสุ่มตัวอย่างซ้ำทั้ง 3 แบบ (Resampling methods)

6.5 ข้อมูลดาวเทียมหลังจากการปรับแก้ความคลาดเคลื่อน

การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนหรือความผิดพลาดของข้อมูลดาวเทียมที่ให้บริการ เป็นการปรับความเพี้ยนทั้งในเชิงคลื่นและเชิงเรขาคณิต (Radiometric and Geometric Correction) ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 ลักษณะดังนี้ (ภาพที่ 6.14)

1) Bulk Correction Product

ข้อมูลภาพที่ได้จากกระบวนการนี้ จะมีการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงคลื่นและเชิงเรขาคณิต โดยการขจัดความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตแบบ Systematic อันเนื่องมาจากความผิดพลาดจากการกวาดภาพในลักษณะ Along-scan หรือ Across-track direction อย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น (ปกติเป็นแบบ Across-track) และข้อมูลภาพยังไม่มี การเปลี่ยนแปลง projection (เส้น โครงแผนที่). ทำให้ข้อมูลภาพที่ได้มีลักษณะเหมือนกับข้อมูลดิบ (Raw data). ข้อมูลที่ ให้บริการจะเป็นแบบ Full scene และ Quadrant.

2) Georeference Correction Product

ข้อมูลภาพที่ได้จากกระบวนการปรับแก้ความถูกต้องลักษณะนี้ จะมีลักษณะคล้ายกับข้อมูลที่ได้จาก Bulk Correction Product แต่แตกต่างกันตรงที่ "ระดับในการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิตหรือความถูกต้องเชิง ตำแหน่ง" การปรับแก้ในลักษณะนี้จะปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตทั้งแบบ Along-scan และ Across-track direction ซึ่งต่างจาก Bulk correction product ที่มีการปรับแก้เพียงแบบ Across-track direction เท่านั้น. ดังนั้นจึงทำให้ ข้อมูลภาพที่ได้จากการปรับแก้ความถูกต้องในลักษณะนี้ (Georeference correction product) มีความถูกต้องทาง ตำแหน่ง (Geometric accuracy) มากกว่าข้อมูลที่ได้จาก Bulk Correction Product. แต่อย่างไรก็ตามยังขึ้นอยู่กับระดับ ของการปรับแก้ความถูกต้องว่าอยู่ในระดับใด โดยข้อมูลที่ได้จากการปรับแก้จากกระบวนการนี้ มีทั้งการปรับแก้ความ คลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตแบบ Systematic หรือ Precision อย่างใดอย่างหนึ่ง.

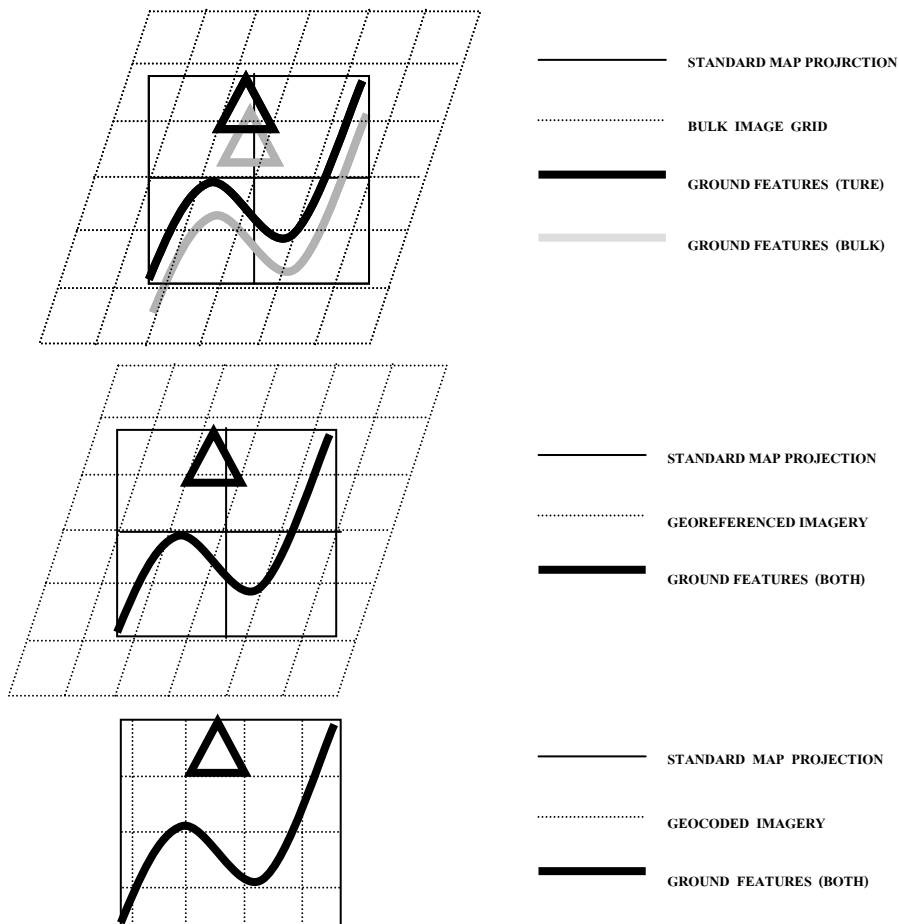
3) Geocoded Correction Product

ข้อมูลภาพที่ได้จากการปรับแก้วิธีนี้จะทำให้ภาพที่ได้มีขนาดเล็ก เป็นแบบ Subscene โดยจะมีการแก้ไข ความถูกต้องเชิงเรขาคณิต (Geometric accuracy) 2 ระดับอย่างใดอย่างหนึ่ง คือ Systematic หรือ Precision เช่นเดียวกัน กับการปรับแก้แบบ Georeference Correction ซึ่งความถูกต้องของข้อมูลที่ปรับแก้จะขึ้นอยู่กับค่าความคลาดเคลื่อน ระหว่างภาพจากดาวเทียมกับบนภูมิประเทศจริงในระหว่างกระบวนการ Rectification ถ้าหากไม่มีการกำหนดจุด ควบคุมทางพื้นดิน (No GCP.) ความถูกต้องทางตำแหน่ง (Geometric accuracy) จะขึ้นอยู่กับความคงที่ของดาวเทียม (Spacecraft stability) เช่น การทรงตัว ความสูง อัตราการเคลื่อนที่ของดาวเทียม เป็นต้น โดยข้อมูลที่ได้จากการปรับแก้

ในลักษณะที่ไม่มีการกำหนดจุด GCP จะเรียกว่า “Systematic geocoded subscene” แต่ถ้ามีการกำหนดจุดควบคุมภาคพื้นดินที่มีค่าพิกัดทางตำแหน่งที่แน่นอน จะทำให้ความถูกต้องในการปรับแก้เชิงเรขาคณิตเพิ่มขึ้น ซึ่งเรียกชื่อข้อมูลประเภทนี้ว่า “Precision geocoded subscene”

สำหรับการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต (Geometric correction) สามารถแบ่งได้เป็น 2 ระดับ คือ

- (3.1) **Systematic Correction** เป็นการแก้ไขเพียงบางส่วน เช่นการปรับภาพให้เอียง เพื่อสอดคล้องกับแนวกรกรวดภาพ ซึ่งสถานีรับภาพพื้นดินจะเป็นผู้ทำให้
- (3.2) **Precision Correction** การแก้ไขจะอ้างอิงกับสิ่งที่เป็มาตรฐาน เช่น แผนที่ภูมิประเทศ 1:50,000 จากนั้นทำการเลือกจุดพิกัด หรือ GCPs (Ground Control Points) ที่เห็นเด่นชัดทั้งบนภาพดาวเทียมและแผนที่ภูมิประเทศ จากค่า GCPs เหล่านี้จะช่วยสร้างความสัมพันธ์ระหว่างค่าพิกัดบนแผนที่ภูมิประเทศ และค่าพิกัดบนภาพดาวเทียม สำหรับการใช้ในการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งให้มีความถูกต้อง



ภาพที่ 6.14 ภาพข้อมูลดาวเทียมที่ผ่านขั้นตอนการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนทั้ง 3 ลักษณะคือ Bulk, Georeference และ Precision Geocoded (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2536)

6.6 การตัดต่อและซ้อนข้อมูลภาพ (Digital Subset and Mosaics)

หลักจากที่มีการแก้ไขความผิดพลาดด้านต่างๆ หรือการปรับเน้นคุณภาพของภาพดาวเทียมแล้ว ภาพดาวเทียมอาจมีเปลี่ยนแปลงขนาดของภาพ (Image size) ก่อนที่จะนำมาใช้ในขั้นตอนต่อไป เนื่องมาจากขนาดและรูปร่างของพื้นที่ศึกษา เช่น ขนาดของพื้นที่ศึกษาหรือพื้นที่ที่สนใจมีขอบเขตเล็กกว่าและอยู่ในข้อมูลภาพดาวเทียมเพียงภาพเดียว ก็สามารถที่จะตัดส่วนของข้อมูลภาพที่อยู่นอกพื้นที่ศึกษาออกไป ซึ่งจะทำให้ข้อมูลภาพดาวเทียมที่จะนำมาใช้มีขนาดเล็กลง เพื่อประหยัดเวลาในการประมวลผลในขั้นตอนวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป หรือถ้าพื้นที่ที่สนใจมีขอบเขตใหญ่ ข้อมูลภาพ 1 ภาพ หรือมีขอบเขตพื้นที่คาบเกี่ยวอยู่ในภาพมากกว่า 1 ภาพขึ้นไป ก็จำเป็นต้องมีการต่อหรือซ้อนข้อมูลภาพเพื่อใช้ข้อมูลภาพครอบคลุมบริเวณที่สนใจ ซึ่งจะทำให้ข้อมูลภาพที่ได้ใหม่มีขนาดใหญ่ขึ้น

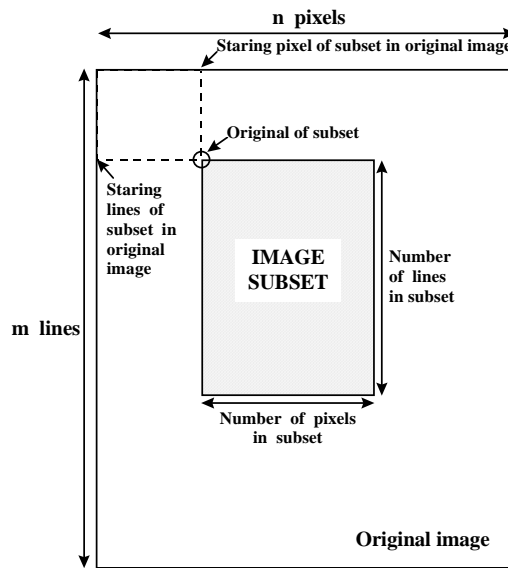
6.6.1 การตัดข้อมูลภาพ (Subsetting)

Subset หรือ การตัดข้อมูลภาพ เป็นการตัดบางส่วนของข้อมูลภาพเดิมที่มีขนาดใหญ่ออกมาเป็นภาพใหม่ที่มีขนาดเล็กกว่า หนึ่งหรือหลายภาพ เพื่อลดขนาดของข้อมูลที่จะนำมาใช้ ในขั้นตอนของการทำ subset จะเกี่ยวข้องกับ การดึงข้อมูลภาพบางส่วนหรือหลายๆ ส่วนออกมาจากข้อมูลภาพเดิม โดยจะมีการกำหนดตำแหน่งหรือจุดภาพเริ่มต้น ในการตัดข้อมูล และกำหนดขนาดของภาพใหม่ (จำนวน pixel และ line) ดังแสดงในภาพที่ 6.15 สำหรับในการตัดข้อมูลภาพเฉพาะพื้นที่ที่สนใจหรือพื้นที่ศึกษาออกจากข้อมูลภาพเดิมที่มีขนาดใหญ่จะช่วยลดเวลาในการประมวลผล ซึ่งจะสำคัญในการประมวลผลโดยใช้ข้อมูลดาวเทียมหลายช่วงคลื่น

6.6.2 การเชื่อมต่อข้อมูลภาพ (Mosaicking)

ในอีกทางหนึ่งพื้นที่ศึกษาหรือพื้นที่ที่สนใจอาจจะครอบคลุมข้อมูลภาพดาวเทียมหลายภาพ ในกรณีเช่นนี้ จำเป็นต้องมีการเชื่อมต่อหรือซ้อนภาพหลายภาพเข้าด้วยกันเพื่อรวมกันเป็นภาพเดียว ซึ่งจะทำให้ภาพที่ได้ใหม่มีขนาดของข้อมูลใหญ่ขึ้น กระบวนการในการเชื่อมต่อข้อมูลภาพนี้เรียกว่า Mosaicking ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้สร้างภาพเพียงภาพเดียวจากข้อมูลดาวเทียมในบริเวณที่ติดกันหรือใกล้เคียงกันหลายๆ ภาพ

การทำ Mosaicking จะได้ภาพใหม่ที่มีการลดหรือจัดความแตกต่างระหว่างภาพในส่วนที่มีการซ้อนทับกัน (Overlap) ในบริเวณรอยต่อของทั้งสองภาพ เพื่อไม่ให้เกิดความเข้มระดับสีเทาที่แตกต่างกันมากนัก สำหรับข้อมูลภาพที่จะนำมา mosaic ข้อมูลภาพทั้ง 2 จะต้องมีความละเอียดของจุดภาพ (Pixel size) เท่ากัน และระบบตำแหน่งพิกัดของภาพเหมือนกันหลังจากที่มีการปรับแก้ทางเรขาคณิตแล้ว ขั้นตอนในการ mosaic หลังจากให้นำภาพทั้ง 2 ซ้อนทับเข้าด้วยกัน บริเวณที่ซ้อนทับกันของภาพ (overlap) จะต้องมีการกำหนดตำแหน่งพิกัดใหม่โดยใช้จุดควบคุมทางภาคพื้นดิน (GCPs) เพื่อให้แต่ละจุดภาพมีการปรับแก้ทางตำแหน่งตรงกัน จากนั้นจะทำการกำจัดจุดภาพที่ซ้ำซ้อน (Duplicate pixel) ที่อยู่ในบริเวณ overlap ของภาพทั้ง 2 ออกไปให้เหลือเพียงจุดภาพชุดเดียว แล้วทำการยึดค่าความคมชัดที่เหมาะสมกับจุดภาพทั้งหมดของข้อมูลภาพทั้งสองให้พร้อมกัน เพื่อให้ได้ภาพใหม่ที่มีระดับความเข้มที่สม่ำเสมอตลอดทั้งภาพ



ภาพที่ 6.15 การตัดข้อมูลจากภาพเดิม (เช่น ภาพ full scene ของดาวเทียม LANDSAT) สามารถที่จะกำหนดจำนวน Pixel และ Line ที่ต้องการจากตำแหน่งเริ่มต้นที่จะตัดข้อมูล (Harrison and Jupp, 1990)

6.7 การเลือกและสร้างข้อมูลภาพในเชิงสถิติเพื่อการวิเคราะห์

การเลือกและสร้างข้อมูลภาพในเชิงสถิติ (Feature extraction and statistical analysis) เป็นกระบวนการที่ช่วยในการตัดสินใจในการประมวลผลให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยอาศัยความรู้เชิงสถิติช่วยในการแยกประเภทข้อมูลที่ต้องการจำแนกให้มีความแตกต่างเชิงสถิติมากขึ้น ซึ่งจะช่วยในการตัดสินใจเบื้องต้นว่า การประมวลผลโดยละเอียดในขั้นตอนถัดไปว่าจะทำได้หรือไม่ ซึ่งต่างจากการปรับเน้นภาพ (Enhancement or Improve image) ที่เหมาะสมสำหรับการแปลตีความด้วยสายตามากกว่าการประมวลผลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์

การคัดเลือกข้อมูล (Feature extraction) เป็นขั้นตอนภายหลังจากที่ทำการประมวลผลเบื้องต้นแล้ว โดยนักวิเคราะห์สามารถที่จะทำการคัดเลือกข้อมูลเพื่อเป็นการลดขนาดมิติของข้อมูลให้น้อยลง การคัดเลือกข้อมูลเป็นกระบวนการที่จะแยกองค์ประกอบของข้อมูลส่วนที่สำคัญเพื่อนำไปใช้ในการศึกษารายละเอียดที่สนใจ เช่น ในการศึกษาด้านการใช้ประโยชน์ที่ดินจะใช้ข้อมูลดาวเทียม LANDSAT ระบบ TM ในแบนด์ 2, 3, 4 และ 5 เป็นต้น และสามารถคัดองค์ประกอบของข้อมูลส่วนที่ไม่มีความจำเป็นออกไป เช่น ข้อมูลที่มีความผิดพลาด ข้อมูลที่มีสิ่งรบกวน เป็นต้น การคัดเลือกข้อมูลเป็นการลดจำนวนตัวแปรที่ต้องนำไปทดสอบ ซึ่งทำให้ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ

ข้อมูลที่ได้จากดาวเทียมสำรวจทรัพยากร LANDSAT-7 ระบบ Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลจำนวน 7 ช่วงคลื่น (Band) มีรายละเอียดของข้อมูลและการประยุกต์ใช้ในแต่ละแบนด์ดังนี้

Band 1: ความยาวคลื่นระหว่าง 0.45-0.52 μm (สีน้ำเงิน) โดยที่ความยาวคลื่นสั้นที่สุดในช่วงคลื่นนี้จะตอบสนองจุดสูงสุดของค่าการผ่านในน้ำใส (แม่น้ำที่ปากอ่าวที่มีความลึกประมาณ 25 เมตร) ส่วนความยาวคลื่นที่น้อยกว่า 0.45 ไมครอน จะเป็นช่วงคลื่นที่มีการแพร่รังสีของผิวดินลดลงเนื่องจาก

การกระจายและการดูดซับพลังงานในชั้นบรรยากาศ ช่วงคลื่นสีน้ำเงินในระนาบนี้ สามารถจำแนกไม้ตระกูลสนได้ดีกว่าช่วงคลื่นที่ใช้ในดาวเทียม LANDSAT 1, 2 และ 3

- Band 2:** ความยาวคลื่นระหว่าง 0.52-0.60 μm (สีเขียว) ความยาวคลื่นช่วงนี้ครอบคลุม 2 บริเวณของการดูดซับพลังงานแสง โดยคลอโรฟิลล์ซึ่งตอบสนองเกี่ยวกับความเขียวของพืชที่สมบูรณ์ จากรายงานพบว่าการทำสัดส่วน (ratio) ระหว่างข้อมูลจากช่วงคลื่นสีน้ำเงินและช่วงคลื่นสีเขียวของแหล่งน้ำสามารถใช้ในการประเมินหาปริมาณการละลายของอินทรีย์วัตถุและปริมาณแพลงตอนในน้ำได้
- Band 3:** ความยาวคลื่นระหว่าง 0.63-0.69 μm (สีแดง) ในช่วงคลื่นนี้จะครอบคลุมบริเวณการดูดซับพลังงานแสงจากคลอโรฟิลล์สีแดง ในการกำหนดค่าความยาวคลื่นที่สั้นที่สุดของช่วงคลื่นนี้มีความสำคัญน้อยกว่าการกำหนดค่าความยาวคลื่นที่ยาวที่สุดของช่วงคลื่นนี้ ซึ่งจำเป็นต้องกำหนดค่าความยาวคลื่นให้สั้นกว่า 0.69 ไมครอน เหตุผลสำคัญคือการสะท้อนพลังงานแสงของพืชในช่วงคลื่นระหว่าง 0.68-0.75 μm มีรูปลักษณะของคลื่นแสงที่ไม่แน่นอนและความถูกต้องในการจำแนกพืชพรรณจะลดลง ช่วงคลื่นนี้นับว่าเป็นแถบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สายตามองเห็นที่มีการนำไปใช้ประโยชน์มากที่สุดสำหรับการจำแนกขอบเขตของดิน ลักษณะของวัตถุบนพื้นโลกที่ปรากฏในภาพจะแตกต่างกันอย่างชัดเจนและอิทธิพลของหมอกแคบจากชั้นบรรยากาศมีน้อยกว่าแถบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สายตามองเห็นแถบอื่นๆ ดังนั้นความเปรียบต่าง (Contrast) ของข้อมูลจะมีอยู่สูงในช่วงคลื่นนี้
- Band 4:** ความยาวคลื่นระหว่าง 0.76-0.90 μm จากเหตุผลที่กล่าวถึงข้างต้น ว่าค่าความยาวคลื่นต่ำสุดควรมากกว่า 0.75 μm ส่วนค่าความยาวคลื่นสูงสุดมิใช่เรื่องสำคัญนัก การทำสัดส่วน (Ratio) ระหว่าง band 2 และ band 4 จะให้ผลเกี่ยวกับปริมาณมวลชีวภาพของพืชสีเขียวและความชื้นในพืช ช่วงคลื่นนี้จะตอบสนองจุดสูงสุดของการสะท้อนพลังงานคลื่นแสงที่เกิดจากพืช จึงนำข้อมูลในช่วงคลื่นนี้มาใช้ในการตรวจสอบและประเมินผลทางด้านพืชพรรณ นอกจากนี้ยังแยกแหล่งน้ำออกจากวัตถุอื่นได้เป็นอย่างดี
- Band 5:** ความยาวคลื่นระหว่าง 1.55-1.75 μm ในช่วงคลื่นนี้การสะท้อนคลื่นแสงของใบพืชจะสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณความชื้นในใบ โดยทั่วไปข้อมูลจากช่วงคลื่นนี้จะนำไปใช้ประโยชน์เกี่ยวกับการตรวจสอบความเขียวของพืชและการจำแนกความสมบูรณ์ของพืชพรรณ ข้อมูลในความยาวคลื่นระหว่าง 1.55-1.75 μm สามารถใช้จำแนกความแตกต่างระหว่างเมฆ, น้ำแข็งที่ปกคลุมผิวดินและหิมะ นอกจากนี้ เนื่องจากคุณสมบัติการดูดซับน้ำซึ่งมีสูงในช่วงคลื่นนี้จึงนิยมนำข้อมูลไปใช้ในการจำแนกพื้นดินและน้ำออกจากกัน และวัดหาปริมาณความชื้นในดินหลังจากฝนตกใหม่ๆ
- Band 6:** ความยาวคลื่นระหว่าง 10.4-12.5 μm ข้อมูลในช่วงคลื่นนี้นำไปใช้ประโยชน์ในการจำแนกพืชพรรณและการตรวจสอบความผิดปกติในพืช ในความยาวคลื่นแถบนี้พลังงานที่แผ่รังสีจากพื้นผิวจะถูกบันทึกเอาไว้ตามคุณสมบัติการแผ่รังสีและอุณหภูมิของพื้นผิว ข้อมูลในช่วงคลื่นนี้สามารถใช้หาตำแหน่งบริเวณที่มีความร้อนได้ผิวดินและการทดลองผลิตแผนที่แสดงค่าความร้อนได้ผิวดินและค่าความเฉื่อยของความร้อน (Thermal inertia)

- Band 7:** ความยาวคลื่นระหว่าง 2.08-2.35 μm ข้อมูลในช่วงคลื่นนี้เหมาะสำหรับการใช้จัดทำแผนที่ธรณีวิทยา โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจัดทำแผนที่แสดงขอบเขตหินที่เกิดจากความร้อนของน้ำใต้ดิน นอกจากนี้ สามารถนำข้อมูลในช่วงคลื่นนี้ไปใช้ในการจำแนกพืชพรรณที่สมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ได้
- Band 8:** เป็นข้อมูลจากระบบ Panchromatic (0.52-0.90 μm) ที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่เท่ากับ 15 เมตร ทำให้เหมาะกับการศึกษาทางด้านแหล่งชุมชน สิ่งก่อสร้าง เส้นทางคมนาคม และการปรับปรุงแผนที่

บรรณานุกรม

- จรัญชร บุญญาภาพ. 2546. บทปฏิบัติการระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. พิษณุโลก. หน้า 11-13.
- กันยา ทิสยากร และคณะ. 2536. การประมวลผลข้อมูลดาวเทียมด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ ใน การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม. กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. หน้า 169.
- สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 2536. การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม. กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. 347 หน้า
- ERDAS. 1999. ERDAS Filed Guide. ERDAS, Inc. Atlanta, Georgia.
- Harrison B.A., and D.L.B. Jupp. 1990. Introduction to Image Processing: Part TWO of the microBRAIN Resource Manual. Division of Water Resources, CSIRO, Cancerra. 256 p.