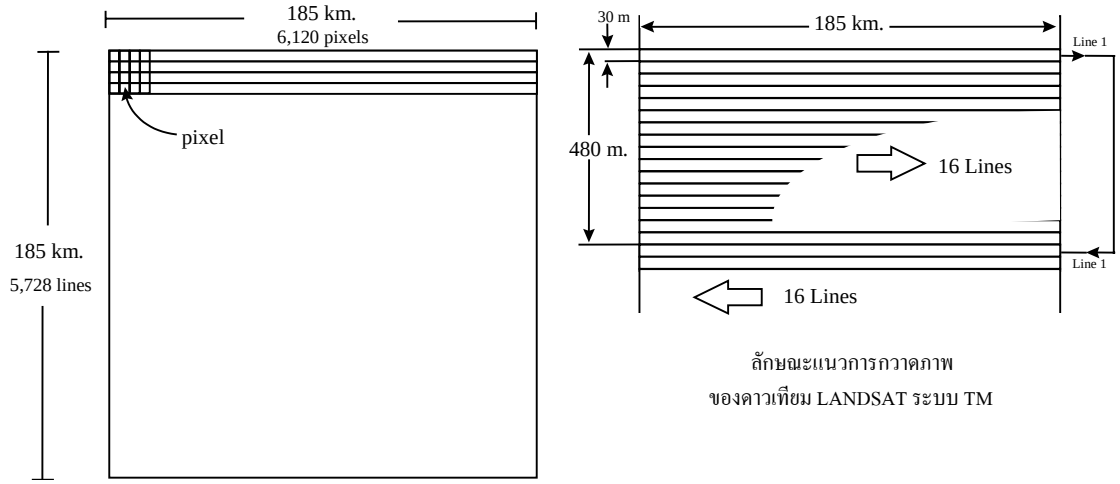
บทที่ 5 การแสดงภาพข้อมูลดาวเทียมเชิงเลข

5.1 รายละเอียดของข้อมูลดาวเทียมเชิงเลข

ข้อมูลพื้นผิวโลกที่ได้จากการบันทึกภาพของดาวเทียมสำรวจทรัพยากรดวงต่างๆ เช่น ดาวเทียม LANDSAT, SPOT และ MOS แล้วส่งมายังสถานีรับภาคพื้นดิน (Ground Receiving Stations) นั้น มิใช่ภาพโดยตรง แต่เป็นสัญญาณภาพหรือข้อมูลภาพที่เรียกว่า Image Data จากนั้นสถานีรับภาคพื้นดินจะผลิตข้อมูลออกมาในรูปของฟิล์มหรือข้อมูลจะถูกบรรจุอยู่ในเทปแม่เหล็กที่อ่านได้โดยคอมพิวเตอร์ (Computer Compatible Tapes หรือ CCT) หรืออาจเป็นสื่อเก็บข้อมูลชนิดอื่น เช่น เทปข้อมูลขนาด 8 มม. แบบ Exabyte (8 mm cartridge tape) แผ่นซีดีรอม (CD-ROM) เป็นต้น ซึ่งข้อมูลที่ถูกเก็บบันทึกอยู่ภายในสื่อแม่เหล็กเหล่านี้เป็นข้อมูลดาวเทียมเชิงเลข (Digital data) ที่สามารถนำมาวิเคราะห์และประมวลผลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ภายใต้ซอฟท์แวร์ทางด้านรีโมตเซนซิงทั่วไปได้ เช่น โปรแกรม ERDAS, ENVI, PCI/EasyPace และ ER MAPPER เป็นต้น สำหรับข้อมูลดาวเทียมเชิงเลขมีรายละเอียดบางประการที่สำคัญดังต่อไปนี้

5.1.1 โครงสร้างของภาพ

โดยทั่วไป เทป CCT จะบรรจุข้อมูลเชิงเลขทั้งภาพ (Full Scene) และทุกช่วงคลื่นที่ถ่ายภาพ เช่น ข้อมูลระบบ TM ของดาวเทียม LANDSAT มี 7 ช่วงคลื่น หรือ 7 แบนด์ (Band) ภาพหนึ่งๆ จะครอบคลุมพื้นที่ 185 x 185 ตารางกิโลเมตร แต่ละแบนด์ของข้อมูลดาวเทียมเชิงเลขจะประกอบไปด้วยจุดภาพ (Picture element หรือ pixel) ขนาดเท่าๆ กัน เรียงตัวกันเป็นแถวตลอดแนวการกวาดภาพของกระจก เป็น 1 บรรทัด (Scaneline หรือ Line) แนวกวาดหนึ่งๆ จะประกอบด้วยจุดภาพประมาณ 6,120 จุดภาพ และทั้งภาพจะมีข้อมูล 5,728 บรรทัดภาพ ดังแสดงในภาพที่ 5.1 โดยข้อมูลภาพระบบ TM ในจุดภาพหนึ่ง มีความละเอียดเชิงพื้นที่ (Spatial resolution) เท่ากับ 30 เมตร



ภาพที่ 5.1 ตัวอย่างโครงสร้างของภาพข้อมูลดาวเทียม LANDSAT ระบบ TM

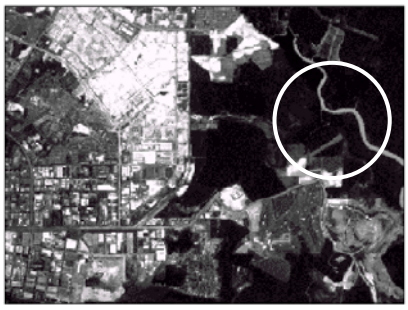
5.1.2 ค่าความละเอียดของข้อมูลดาวเทียมเชิงเลข (Resolution)

โดยทั่วไปแล้วค่าความละเอียดหรือความแยกต่าง (Resolution) มักจะอธิบายถึง จำนวนจุดภาพ (Pixel) ที่สามารถแสดงบนอุปกรณ์แสดงภาพ (Display device or Monitor) หรือ บริเวณที่เล็กที่สุดที่สามารถถูกแสดงออกมาในรูปของจุดภาพ ซึ่ง

จะแสดงถึงขีดความสามารถของระบบบันทึกข้อมูลที่ติดตั้งบนดาวเทียม (Sensor) ว่าจะสามารถตรวจจับ (Detect) พื้นที่ที่มีขนาดเล็กที่สุดได้เท่าใด แต่ความหมายของความละเอียด (Resolution) ของข้อมูลที่ได้จากการสำรวจระยะไกล (Remotely sensed data) ยังมีรูปแบบต่างๆ ที่ควรจะต้องพิจารณาดังต่อไปนี้

1) <u>Spectral resolution</u>

Spectral resolution เป็นความละเอียดเชิงคลื่นหรือความแยกต่างที่แสดงถึง พิสัยของช่วงคลื่นเฉพาะในคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic spectrum) ที่ระบบบันทึกข้อมูลของดาวเทียมแต่ละดวงจะสามารถบันทึกได้ เช่น band 1 ของดาวเทียม LANDSAT ระบบ TM จะบันทึกพลังงานช่วงคลื่นระหว่าง 0.45 ถึง 0.52 μm สำหรับพิสัยของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านี้สามารถอธิบายได้ว่า ถ้าช่วงคลื่นมีพิสัยกว้างมากจะแสดงว่าข้อมูลมี Spectral resolution ที่หยาบ แต่ถ้าช่วงของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีพิสัยแคบจะหมายถึงว่ามี Spectral resolution ที่ละเอียด ตัวอย่างเช่น อุปกรณ์บันทึกข้อมูลของดาวเทียม SPOT ระบบ Panchromatic มีความละเอียดเชิงคลื่นที่หยาบ เนื่องจากบันทึกพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงระหว่าง 0.51 ถึง 0.73 μm แต่ในอุปกรณ์บันทึกข้อมูลแบบ Multispectral (XS) และระบบ TM ในดาวเทียม LANDSAT มีการบันทึกข้อมูลได้หลายช่วงคลื่นและมีพิสัยที่แคบกว่า ทำให้ได้ข้อมูลภาพที่มีความหลากหลายในเชิงคลื่น (ภาพที่ 5.2) ตัวอย่างเช่น ข้อมูลภาพระบบ TM ใน Band 3 มี Spectral resolution ที่ละเอียดกว่าภาพจากระบบ Panchromatic เนื่องจากบันทึกพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงระหว่าง 0.63 ถึง 0.69 μm (ภาพที่ 5.3) สำหรับในปัจจุบันนี้มีดาวเทียมสำรวจทรัพยากรที่ขึ้นโคจรหลายดวง และแต่ละดวงก็มีระบบบันทึกข้อมูลที่ต่างกัน จึงทำให้มี Spectral resolution ต่างกันไปด้วย



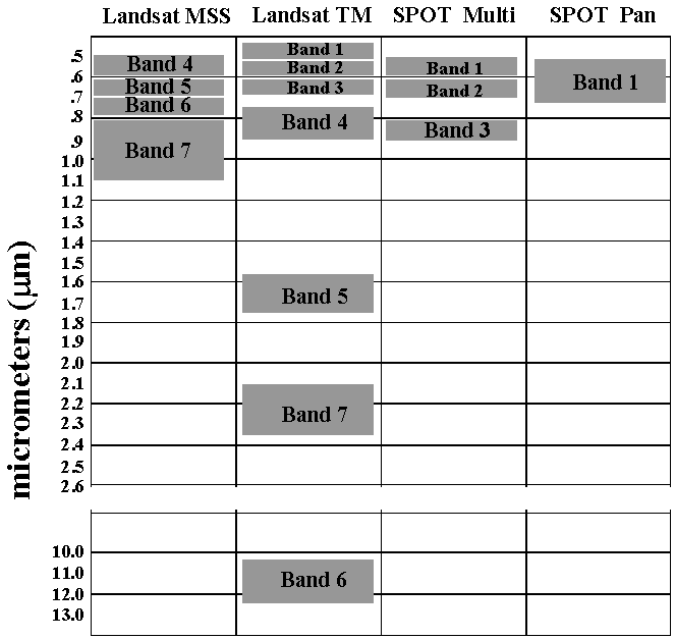
ภาพถ่ายระบบ Panchromatic (0.51-0.73 μm)

ภาพถ่ายระบบ XS แบนด์ 1 (Green band)

ภาพถ่ายระบบ XS แบนด์ 2 (Red band)

ภาพถ่ายระบบ XS แบนด์ 3 (Near IR band)

ภาพที่ 5.2 เปรียบเทียบภาพระบบ Panchromatic ซึ่งแสดงรูปทรงทางเรขาคณิตวัตถุได้ชัดเจนกว่า ภาพระบบ Multispectral แต่ในขณะเดียวกันความสามารถในการแยกแยะวัตถุเชิงคลื่นของภาพระบบ Panchromatic ได้ลดลง (บริเวณวงกลม)

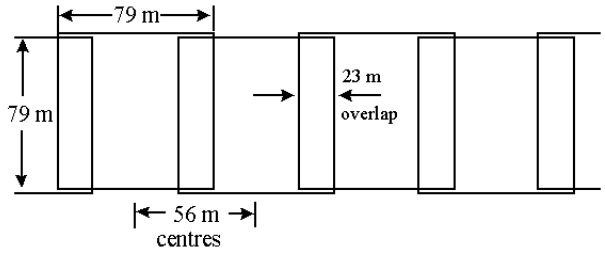


ภาพที่ 5.3 เปรียบเทียบพิสัยของช่วงคลื่นในการบันทึกข้อมูลของดาวเทียมแต่ละระบบ (ERDAS, 1999)

2) <u>Spatial resolution</u> (or Instantaneous field of view)

Spatial resolution หรือ ความละเอียดเชิงพื้นที่ของข้อมูลภาพ ซึ่งแสดงถึงขนาดที่เล็กที่สุดของวัตถุที่ถูกตรวจจับได้โดยอุปกรณ์บันทึกข้อมูล หรือพื้นที่ที่เล็กที่สุดบนพื้นโลกที่ถูกแสดงออกมาในรูปของจุดภาพ ซึ่ง Spatial resolution ที่มีความละเอียดจะหมายถึงขนาดของวัตถุหรือพื้นที่ที่มีค่าน้อย เช่น Spatial resolution ที่มีค่าเท่ากับ 10 เมตร จะมีความละเอียดกว่า Spatial resolution ที่มีค่า 79 เมตร เป็นต้น สำหรับ Spatial resolution ของดาวเทียมแต่ละดวงจะขึ้นอยู่กับอุปกรณ์บันทึกข้อมูล โดยในการออกแบบอุปกรณ์บันทึกข้อมูลนั้น สิ่งที่ต้องพิจารณาก็คือส่วนประกอบย่อยของภาพ หรือ IFOV (Instantaneous field of view) ซึ่งจะเป็นตัวควบคุมรายละเอียดของจุดภาพ (Spatial resolution)

ปกติแล้วการบันทึกของอุปกรณ์บันทึกข้อมูลที่มีประสิทธิภาพ ขนาดของ IFOV จะมีขนาดใกล้เคียงกับขนาดของจุดภาพ (Pixel) ซึ่งจะถูกควบคุมโดยอัตราเร็วในการสุ่มตัวอย่างข้อมูลของระบบสำรวจ ถ้าอัตราเร็วในการสุ่มตัวอย่างช้าเกินไป ขนาดของจุดภาพจะขยายออกและ IFOV จะมีขนาดเล็กกว่า จึงมีบางส่วนขาดหายไป หรือถ้ามีอัตราเร็วในการสุ่มตัวอย่างมากเกินไป จะทำให้มีการซ้อนทับ (Overlap) กันของจุดภาพมากทำให้เกิดลักษณะไม่คมชัดในบริเวณที่มีการสุ่มตัวอย่างซ้อนกัน 2 ครั้ง ตัวอย่างเช่น ข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT ระบบ MSS มี IFOV เท่ากับ 79 x 79 เมตร แต่จะมีส่วนซ้อนทับกันประมาณ 23 เมตร ของแต่ละจุดภาพ โดยจะมีระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของจุดภาพเท่ากับ 56 เมตร ดังแสดงในภาพที่ 5.4

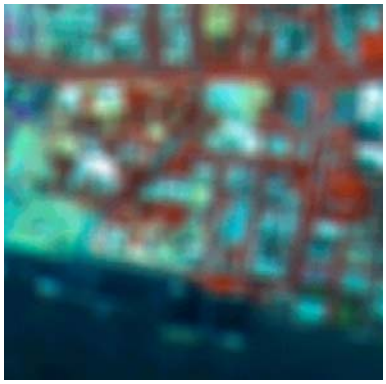


ภาพที่ 5.4 ความสัมพันธ์ระหว่าง Instantaneous field of view (IFOV) และการซ้อนทับ (Overlap) ของจุดภาพ (Pixel) ในข้อมูลดาวเทียม LANDSAT ระบบ MSS

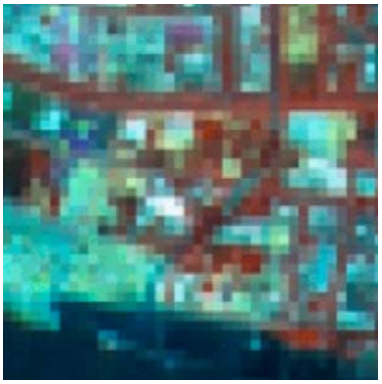
สำหรับขนาดของจุดภาพ (Pixel Size) ในแต่ละระบบการถ่ายภาพจะมีขนาดไม่เท่ากัน ขนาดของจุดภาพจะเล็กลงเมื่อมี Spatial resolution ดีขึ้น (ภาพที่ 5.5) และขนาดของจุดภาพนี้จะใช้สำหรับคำนวณพื้นที่ของจุดภาพด้วย เช่น ข้อมูล MSS ปกติจะมีขนาด 56 x 79 เมตร. แต่เมื่อผ่านกระบวนการแก้ไขเชิงเรขาคณิตเพื่อให้สอดคล้องกับแผนที่ 1:50,000 แล้วจะมีขนาด 50 x 50 เมตร ซึ่งไม่ว่าจุดภาพจะมีขนาด 56 x 79 เมตร หรือ 50 x 50 เมตร แต่ Resolution ของภาพก็ยังคงเป็น 79 เมตร อยู่ดี ส่วนข้อมูล TM ปกติจะมีขนาด 30 x 30 เมตร เมื่อผ่านการแก้ไขเชิงเรขาคณิตแล้วจะมีขนาด 25 x 25 เมตร โดยที่ยังคงมี resolution 30 เมตร สำหรับดาวเทียม SPOT ข้อมูลในระบบ Multispectral ปกติจะมีขนาด 20 x 20 เมตร และ ในระบบ Panchromatic ปกติมีขนาด 10 x 10 เมตร เมื่อผ่านกระบวนการแก้ไขเชิงเรขาคณิตแล้วจุดภาพจะมีขนาด 12.5 x 12.5 เมตร และ 6.25 x 6.25 เมตร ตามลำดับ

ความละเอียดเชิงพื้นที่ 10 เมตร และขนาดจุดภาพ 10 เมตร

ความละเอียดเชิงพื้นที่ 30 เมตร และขนาดจุดภาพ 10 เมตร



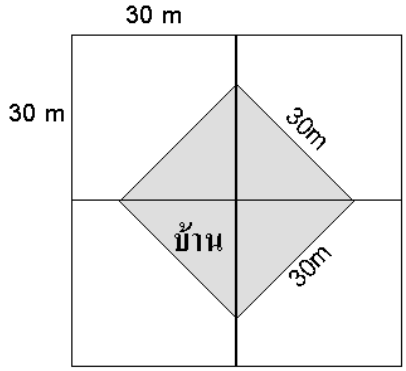
ความละเอียดเชิงพื้นที่ 80 เมตร และขนาดจุดภาพ 10 เมตร



ความละเอียดเชิงพื้นที่ 10 เมตร และขนาดจุดภาพ 80 เมตร

ภาพที่ 5.5 แสดงภาพถ่ายดาวเทียม SPOT (XS) ที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ (Spatial resolution) และขนาดของจุดภาพ (Pixel size) แตกต่างกัน

สำหรับ IFOV แล้ว ถึงแม้ว่าจะมีขนาดไม่มีเท่ากับขนาดพื้นที่ที่ปรากฏในแต่ละจุดภาพ แต่ก็สามารถทำให้รู้ถึงจำนวนจุดภาพภายในบริเวณของภาพทั้งหมดได้ อย่างไรก็ตามถ้าวัตถุมีขนาดเล็กกว่าขนาดของ IFOV ก็อาจจะสามารถถูกบันทึกได้ ถ้าวัตถุนั้นมีความแตกต่างไปจากบริเวณรอบข้าง เช่น ถนน หรือ เส้นทางลำน้ำ เป็นต้น ในอีกทางหนึ่งวัตถุอาจมีขนาดเท่ากับ IFOV แต่ก็อาจจะไม่ถูกบันทึกถ้ามีลักษณะการสะท้อนแสงใกล้เคียงกับสิ่งแวดล้อมรอบข้าง ในภาพที่ 5.6 แสดงถึงตัวบ้านที่มีตำแหน่งอยู่ในระหว่างตรงกลางของจุดภาพทั้ง 4 ถ้าบ้านนี้มีการสะท้อนแสงเหมือนหรือใกล้เคียงกับบริเวณรอบๆ ค่าที่ได้ในจุดภาพทั้ง 4 จะเป็นค่าการสะท้อนแสงของพื้นที่บริเวณรอบตัวบ้าน แต่ถ้าความแตกต่างของการสะท้อนแสงระหว่างพื้นที่ที่อยู่รอบข้างกับตัวบ้านมีมาก บ้านหลังนี้ก็อาจจะถูกบันทึกได้

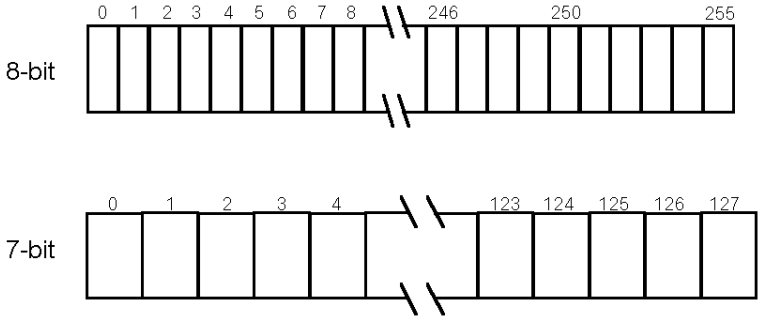


ภาพที่ 5.6 แสดงขนาดของวัตถุและ IFOV (ERDAS, 1999)

3) <u>Radiometric resolution</u>

ความละเอียดเชิงรังสี แสดงถึง จำนวนค่าสูงสุดของข้อมูลที่เป็นไปได้ ซึ่งข้อมูลที่ได้จะอยู่ในรูปของเลขฐาน 2 ที่มีหน่วยเป็นบิต (Bit) โดยข้อมูลภาพจริงๆ คือค่าความสว่าง (Brightness) ของแต่ละจุดภาพ (Pixel) ที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับปริมาณพลังงานที่สะท้อนจากวัตถุ

สำหรับข้อมูลเชิงตัวเลขที่ใช้แทนความสว่างของแต่ละจุดภาพนั้น อาจจะมีค่าตั้งแต่ 0-63 (64 ระดับ, 6-bit) หรือ 0-127 (128 ระดับ, 7-bit) หรือ 0-255 (256 ระดับ, 8-bit) โดย 0 จะแทนค่าสีดำ และค่าตัวเลขเหล่านี้จะสูงขึ้นเรื่อยๆ เมื่อมีความสว่างมากขึ้น ซึ่งค่าสูงสุดคือ 63 หรือ 127 หรือ 255 จะแทนสีขาว ในข้อมูล 6-bit 7-bit 8-bit ตามลำดับ ค่าตัวเลขที่แตกต่างกันระหว่างสีดำกับสีขาวนี้ เรียกว่า ค่าความเข้มสีเทา หรือ เรียกว่า Digital Number (DN) ดังแสดงในภาพที่ 5.7



ภาพที่ 5.7 ค่าความสว่างของข้อมูล (Brightness Values) 8 bit และ 7 bit (ERDAS, 1999)

การที่ค่าความสว่างสูงสุดของข้อมูลมีหลายค่านั้น เนื่องจากในการผลิตเทป CCT จะกำหนดให้ค่าความสว่างสูงสุดของข้อมูลแตกต่างกันไป เมื่อผ่านกระบวนการปรับแก้ต่างๆ เช่น

- ข้อมูลดิบ (Raw) ค่าความเข้มสีเทาของข้อมูลจะอยู่ระหว่าง 0-63
- ข้อมูลที่ผ่านขบวนการแก้ไขแบบ “System” ค่าความเข้มสีเทาของข้อมูลจะอยู่ระหว่าง 0-127
- ข้อมูลที่ผ่านขบวนการแก้ไขแบบ “Precision” ค่าความเข้มสีเทาของข้อมูลจะอยู่ระหว่าง 0-255

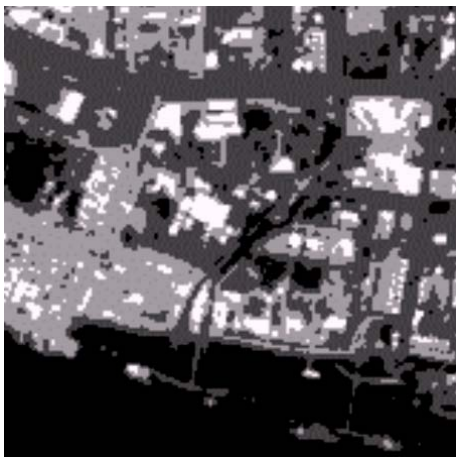
สำหรับจำนวนบิตที่ใช้จะขึ้นกับพิสัยของตัวเลขที่จะแสดงข้อมูล หรือในพิสัย 0 ถึง 2^n-1 โดย n คือจำนวนบิท ข้อมูลของดาวเทียมที่ได้จากการกวาดภาพมักจะจัดอยู่ในรูปของข้อมูล 8 บิต (ตารางที่ 5.1) แต่ในบางระบบการบันทึกข้อมูลที่มีความไวสูง เช่น ระบบ AVHRR ของดาวเทียม NOAA ข้อมูลจะอยู่ในลักษณะ 10 บิต คือมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1,023

ตารางที่ 5.1 จำนวนบิตที่ใช้กับอุปกรณ์บันทึกข้อมูลบนดาวเทียมแต่ละประเภท

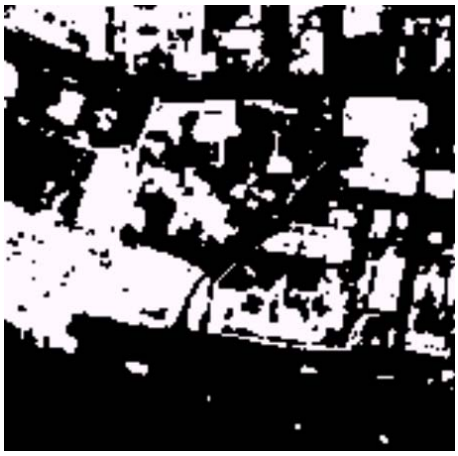
อุปกรณ์บันทึกข้อมูล	ชนิดดาวเทียม	ระดับของข้อมูล	หมายเหตุ
TM	LANDSAT-5	6 Bit	ข้อมูล 8 bit หลังจากปรับแก้ระดับสีเทา (Radiometric correction)
ETM+	LANDSAT-7	8 Bit	
MSS	LANDSAT	8 Bit	
HRV (XS)	SPOT	8 Bit	
HRV (PA)	SPOT	6 Bit	
KODAK camera	IKONOS	11 Bit	
AVHRR	NOAA	10 Bit	
SAR	JERS-1	3 Bit	

ข้อมูลภาพ 8-bit (256 ระดับสีเทา)

ข้อมูลภาพ 4-bit (16 ระดับสีเทา)



ข้อมูลภาพ 2-bit (4 ระดับสีเทา)



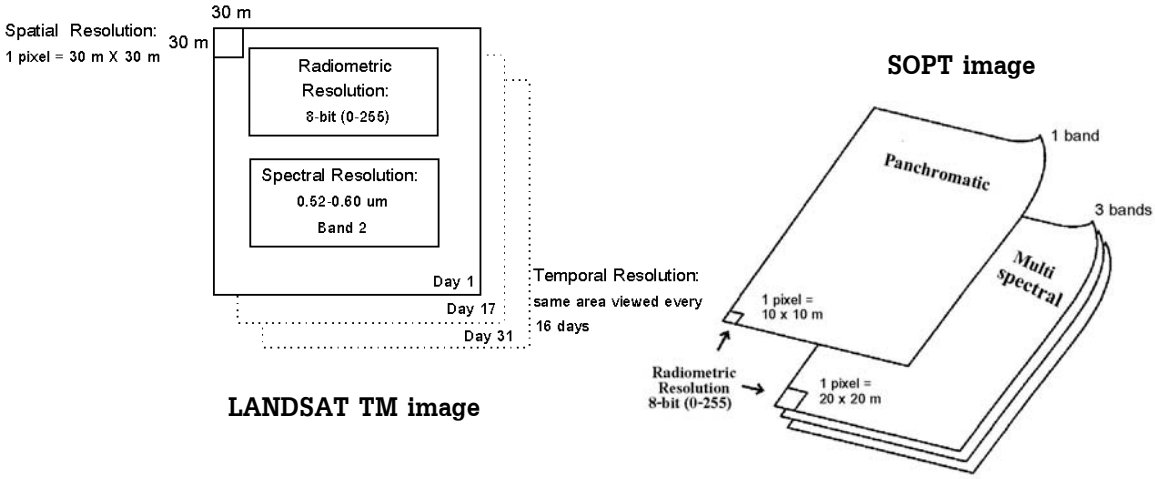
ข้อมูลภาพ 1-bit (2 ระดับสีเทา)

ภาพที่ 5.8 แสดงภาพถ่ายดาวเทียมที่มีความละเอียดเชิงรังสี (Radiometric resolution) แตกต่างกัน ทำให้โอกาสในการจำแนกจำนวนประเภทของวัตถุ (Number of class) แตกต่างกันไปตามค่าระดับของสีเทา (Gray scale level)

4) <u>Temporal resolution</u> (Frequency of coverage)

ความละเอียดเชิงเวลา หมายถึง ความถี่หรือความบ่อยครั้งในการโคจรกลับมาบันทึกข้อมูลที่ตำแหน่งเดิม โดยจะย้อนกลับมาบันทึกภาพซ้ำทุก ๆ หนึ่งช่วงเวลาที่กำหนดอย่างสม่ำเสมอ สำหรับในปัจจุบันมีดาวเทียมจำนวนมากได้โคจรผ่านพื้นที่ต่างๆ ทั่วโลก และแต่ละดวงก็จะมีช่วงในการบันทึกข้อมูลซ้ำที่เดิมเป็นระยะเวลาต่างกัน ข้อมูลที่ได้รับจึงมีความหลากหลายในเชิงวันเวลา และฤดู ซึ่งสามารถจะติดตามการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นบนผิวโลกหรือเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นบนพื้นโลกได้ ตัวอย่างเช่น ดาวเทียม LANDSAT จะมีระยะเวลาของการโคจรครบรอบหรือกลับมาที่จุดเดิมทุกๆ 16 วัน สำหรับดาวเทียม SPOT จะโคจรกลับมาบริเวณเดิมทุก 26 วัน

ดังที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 4 ทำให้ทราบว่าดาวเทียมแต่ละดวงมีค่าความละเอียด (Resolution) ทั้ง 4 คุณลักษณะที่แตกต่างกัน (ภาพที่ 5.9) ตัวอย่างเช่น ข้อมูล Panchromatic ของดาวเทียม SPOT จะมี spatial resolution ละเอียดกว่าข้อมูล TM ของดาวเทียม LANDSAT แต่จะมี Spectral resolution ที่หยาบกว่าข้อมูลที่ได้จากระบบ TM



ภาพที่ 5.9 ภาพแสดงถึงความละเอียด (Resolution) ทั้ง 4 ประเภทของข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT ระบบ TM และดาวเทียม SPOT ระบบ Panchromatic และ ระบบ Multispectral (ERDAS, 1999)

5.1.3 ปริมาณของข้อมูล

ขนาดของข้อมูลเชิงตัวเลขทั้งภาพ (Full Scene) จะมีขนาดไม่เท่ากัน โดยขึ้นอยู่กับ จำนวนแถวหรือบรรทัด, จำนวนจุดภาพต่อแถว, จำนวนระดับความสว่างสูงสุดของแต่ละจุดภาพ และจำนวนช่วงคลื่นหรือแบนด์ ดังแสดงตามสมการต่อไปนี้

$$[(L \times P \times b) \times n] \approx \text{ขนาดของข้อมูล (output file size)}$$

L = จำนวนแถวหรือบรรทัด (line)

P = จำนวนจุดภาพ ต่อ แถว (pixel/line)

b = จำนวน byte ต่อ pixel

n = จำนวนช่วงคลื่น (band) ทั้งหมด

ปริมาณข้อมูล byte ต่อ pixel สามารถแสดงได้ดังนี้

ข้อมูล bit	จำนวน byte
4	0.5
8	1.0
16	2.0

ตัวอย่าง เช่น ข้อมูลระบบ TM ของดาวเทียม LANDSAT ซึ่งมี 7 ช่วงคลื่น ใน 1 ภาพ (Bulk Full Scene) จะให้จำนวนจุดภาพในหนึ่งบรรทัดเท่ากับ 6,120 จุดภาพ มีจำนวนข้อมูล 5,728 บรรทัด และเป็นข้อมูลขนาด 8-bit ดังนั้นจะสามารถประมาณขนาดข้อมูลต่อ 1 ภาพ ได้ดังนี้

ขนาดของข้อมูล = [(5,728 x 6,120 x 1) x 7]

= 245,387,520 byte

จะเห็นว่าข้อมูล TM มีขนาดของข้อมูลประมาณ 245 Mbyte ต่อ 7 แบนด์ (35 Mbyte ต่อ แบนด์) ดังนั้นในการนำข้อมูล TM มาวิเคราะห์ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ควรจะต้องมีหน่วยเก็บข้อมูลที่มีขนาดใหญ่พอสมควร

5.2 รูปแบบเทปบันทึกข้อมูล (Tape Format)

ข้อมูลที่ได้จากระบบรับสัญญาณจากดาวเทียมจะผ่านกรรมวิธีในการแปลงสัญญาณข้อมูลให้อยู่ในรูปเชิงตัวเลข (Digital) แล้วบันทึกลงบนเทปความหนาแน่นสูง (HDDT) จากนั้นก็จะผลิตข้อมูลลงบนสื่อ (Media) ต่างๆ ซึ่งข้อมูลจากดาวเทียมเชิงตัวเลขสามารถที่จะบันทึกลงบนสื่อ ได้หลายชนิด เช่น เทปแม่เหล็ก (Tape) หรือ ซีดีรอม (CD-ROM) โดยขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้ข้อมูล แต่อย่างไรก็ตามจะต้องคำนึงถึงรูปแบบการบันทึกข้อมูล (เช่น โครงสร้างของข้อมูล หรือ รูปแบบการจัดเรียงของข้อมูล) มากกว่าสื่อที่ใช้ในการบันทึก

จากการที่ข้อมูลภาพดาวเทียมถูกบันทึกในหลายรูปแบบ (Format) ทำให้เป็นที่สับสนของผู้ที่นำข้อมูลไปใช้งาน เนื่องจากความคุ้นเคยกับรูปแบบของการจัดเรียงข้อมูลเทปแบบเก่า คือ BIP (Band Interleave by Pixel) ของ EROS Data Center ดังนั้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของข้อมูลภาพดาวเทียมแบบใหม่ ก็จำเป็นที่จะต้องทำความเข้าใจ เพื่อประโยชน์ในการสั่งข้อมูลมาใช้ ทั้งนี้ เนื่องจากระบบวิเคราะห์ข้อมูลแต่ละระบบอาจรับข้อมูลรูปแบบที่แตกต่างกันไป ในที่นี้จะกล่าวเพียงกว้างๆ เกี่ยวกับโครงสร้างของเทปแม่เหล็ก และวิธีการจัดเรียงข้อมูลดาวเทียม

5.2.1 รูปแบบโครงสร้างของเทป

ประเทศซึ่งเป็นผู้นำทางด้านการรับหรือผลิตข้อมูลดาวเทียม นอกจากประเทศสหรัฐอเมริกาแล้ว ก็ยังมีประเทศแคนาดา ฝรั่งเศส เป็นต้น แต่ละประเทศมีรูปแบบของข้อมูลเทป Computer compatible tape (CCT) ของตัวเอง ทำให้โครงสร้างของเทป CCT (File and Record Structure) ไม่เหมือนกัน เช่น การแบ่งแฟ้มข้อมูล จำนวนและความยาวของเขตข้อมูล เป็นต้น และมักจะมีชื่อเรียกที่แตกต่างกัน คือ เทปข้อมูลของ EROS Data Center จะเรียกว่า EDC Format ส่วนเทป CCT ของประเทศแคนาดา เรียกว่า CCRS Format (Canada Center for Remote Sensing) เป็นต้น ไม่ว่าจะเป็น EDC หรือ CCRS ก็ได้ยึดถือรูป

แบบที่คิดขึ้นโดย Johnson Space Center (JSC Format) การที่เทปมีโครงสร้างหลายรูปแบบอย่างนี้ ทำให้เกิดความยุ่งยากในการใช้งาน เช่น ระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้งานอยู่จำเป็นต้องมีโปรแกรมสำหรับอ่านเทปในรูปแบบที่ต้องการ หากไม่มีก็ไม่สามารถใช้งานเทปนั้นได้ ต่อมากลุ่มประเทศผู้มีสถานีรับสัญญาณภายใต้คณะทำงาน ที่เรียกว่า LANDSAT Ground Station Operatirs Working Group (LGSOWG) พิจารณาเห็นว่าเทปควรจะมีโครงสร้างที่เป็นมาตรฐาน (Standard Format) ซึ่งทุกประเทศสามารถใช้งานร่วมกันได้ จึงได้บัญญัติโครงสร้างมาตรฐานขึ้น เรียกว่า LGSOWG Format

โดยปกติแล้วข้อมูลดาวเทียมเชิงตัวเลขนอกจากจะมีข้อมูลภาพ (Image data) แล้ว ได้รวมเอาข้อมูลองค์ประกอบอื่นๆ (Annotation data) เข้าไว้ด้วย โดยตั้งแต่ปี 1982 เป็นต้นมา ข้อมูลจากดาวเทียมจะถูกผลิตออกมาในรูปแบบมาตรฐานที่เรียกว่า World Standard Format หรือ LTWG format (LANDSAT Technical Working Group โดยจะผลิตข้อมูลที่มีโครงสร้างเรียกว่า (Super structure)

ลักษณะการจัดวางข้อมูลโดยทั่วไปในเทปมาตรฐาน จะประกอบด้วยแฟ้มข้อมูลหัวเทป หรือ Header file ซึ่งเป็นรายละเอียดเกี่ยวกับภาพถ่าย เช่น วันและเวลาที่บันทึกภาพ เลขที่วงโคจร ตลอดจนการดำเนินกระบวนการต่างๆ เกี่ยวกับข้อมูลเบื้องต้น จากนั้นจะเป็นส่วนของข้อมูลภาพจากแนวกวาดภาพที่หนึ่งเป็นต้นไป

5.2.2 รูปแบบของการจัดเรียงข้อมูลดาวเทียม

สำหรับการบันทึกข้อมูลในส่วนของข้อมูลดาวเทียม (Data File) ก็ยังมีการจัดเรียงที่แตกต่างกันออกไปอีก 3 รูปแบบ คือ BIP (Band Interleave by Pixel), BIL (Band Interleave by Line), และ BSQ (Band Sequential) ดังแสดงในภาพที่ 5.10

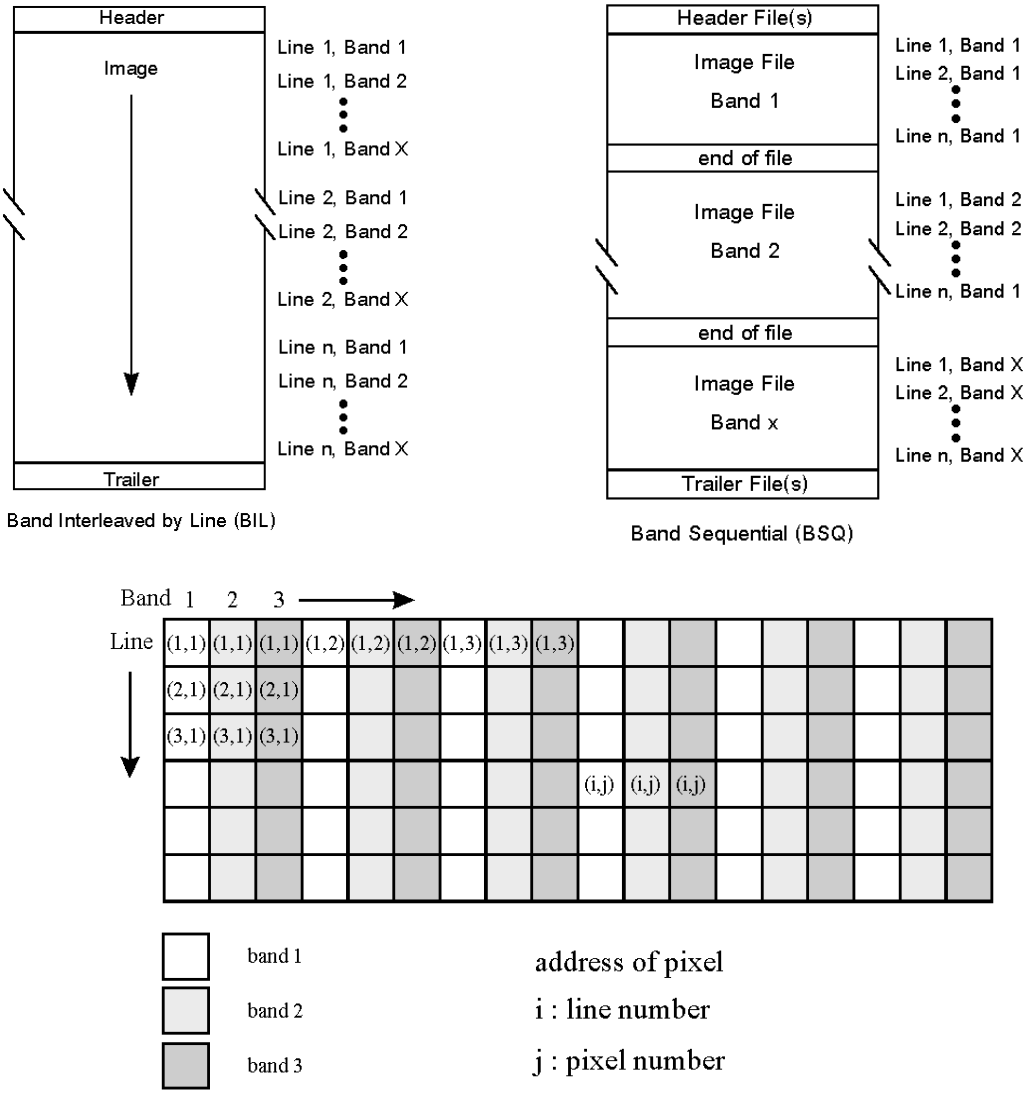
1) BIP เป็นรูปแบบแรกสุดที่ทาง EROS ได้ใช้ (เมื่อประมาณ 20 ปีที่แล้ว) สำหรับจัดเรียงข้อมูลภาพ โดยแบ่งข้อมูลภาพของดาวเทียม LANDSAT ในระบบ MSS ซึ่งมีขนาด 185 x 185 ตารางกิโลเมตร ออกเป็น 4 ส่วน (Strip) แล้วบันทึกข้อมูลลงเทปทีละ strip เรียงกันไปเป็น 4 แฟ้มข้อมูล ส่วนการจัดเรียงข้อมูลดาวเทียม จะจัดเรียงทีละบรรทัดภาพของทั้ง 4 แบนด์ แต่ละแบนด์ทีละ 2 จุดภาพ สลับกันไปจนครบ strip ดังนี้

2) BIL ข้อมูลจะจัดเรียงทีละบรรทัดภาพของแต่ละแบนด์สลับกันไป อยู่ในแฟ้มข้อมูลเดียงกัน

3) BSQ หรือ เรียกว่า Fast format ซึ่งจะจัดเรียงข้อมูลแยกทีละแบนด์ โดยแบนด์หนึ่งๆ จะจัดเรียงทุกบรรทัดภาพ อยู่ในแฟ้มข้อมูลเดียวกัน โดยคอมพิวเตอร์จะสามารถอ่านข้อมูลทั้งหมดแล้วดึงค่าตัวเลขของข้อมูลในแต่ละแบนด์มาสร้างภาพที่ละแบนด์ ทำให้สะดวกในการเลือกข้อมูลภาพแต่ละแบนด์มาใช้

ข้อมูลในคอมพิวเตอร์จะอยู่ในรูปแบบของข้อมูล binary ซึ่งจะมีหน่วยเป็น บิต (bit) โดยค่าของบิตจะมีเพียงสองค่า คือ 0 และ 1 เท่านั้น แต่อย่างไรก็ตามจะสามารถมีค่าเพิ่มมากขึ้นโดยขึ้นอยู่กันจำนวนของ บิต ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

การรับสัญญานและแสดงภาพใกล้เวลาจริงจะเป็นการถ่ายทอดสัญญาณออกมาเป็นข้อมูลดิบและบันทึกลงในเทปความหนาแน่นสูง (HDDT) เพื่อผลิตเป็นข้อมูลในลักษณะต่างๆ ต่อไป



ภาพที่ 5.10 ภาพแสดงการจัดเรียงข้อมูลดาวเทียมทั้ง 3 รูปแบบ (ดัดแปลงมาจาก: ERDAS, 1999)

5.3 อุปกรณ์และสื่อในการบันทึก จัดเก็บ และแจกจ่ายข้อมูล

ปัจจุบันหน่วยงานในประเทศไทยที่มีหน้าที่รับผิดชอบโดยตรงในการบริการข้อมูลภาพดาวเทียม คือ สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) : สทอภ หรือชื่อในภาษาอังกฤษว่า Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (Public Organization) : GISTDA (http://www.gistda.or.th) ซึ่งเป็นหน่วยงานของรัฐในรูปแบบองค์การมหาชน มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ ศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมและเป็นศูนย์ข้อมูลด้านทรัพยากรธรรมชาติจากดาวเทียม ในด้านการบริการผลิตภัณฑ์และผลิตภัณฑ์ข้อมูลดาวเทียมของ สทอภ มีทั้งชนิดข้อมูลภาพ (Photographic) และข้อมูลเชิงเลข (Digital) สำหรับรายละเอียดของสื่อที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลดาวเทียมมีดังต่อไปนี้

1) ดัชนีระวางข้อมูลภาพ

เป็นแผนที่ดัชนีภาพข้อมูลดาวเทียม LANDSAT, SPOT, IRC-1C และ IRS-1D ที่แสดงแนวบันทึกข้อมูลของดาวเทียมแต่ละดวง มีการตัดแบ่งออกเป็นภาพ (Scence) ที่มีขนาดแน่นอน และจุดที่ปรากฏบนภาพเป็นจุดศูนย์กลางภาพมาตรฐานโดยประมาณ

2) ภาพย่อของข้อมูลดาวเทียม

ภาพย่อของข้อมูลดาวเทียม (Micro quick look) เป็นภาพย่อส่วนของข้อมูลดาวเทียมในหนึ่งภาพ มีผลิตทั้งเป็นภาพพิมพ์ที่เป็นขาวดำ หรือสี ขนาด 35 มิลลิเมตร และผลิตเป็นไมโครฟิลม์ (Microfich) บนฟิลม์สีขนาด 10.5 x 14.5 เซนติเมตร ภาพเหล่านี้มีประโยชน์เพื่อให้ผู้ใช้งานได้ตรวจสอบถึงการครอบคลุมพื้นที่ของข้อมูลดาวเทียมในพื้นที่ที่ศึกษา และยังสามารถตรวจสอบคุณภาพของข้อมูล ในด้านความคมชัด ปริมาณเมฆ หมอกที่ปกคลุม เพื่อใช้ในการตัดสินใจ ก่อนการสั่งซื้อข้อมูล

3) ข้อมูลดาวเทียมชนิดภาพพิมพ์

ภาพพิมพ์ชนิดสีผสมและภาพขาวดำของดาวเทียม LANDSAT ระบบ TM มีหลายขนาด และหลายมาตราส่วน ส่วนใหญ่จะมีการปรับแก้ทางรังสี (radiometric correction) แล้ว และมีให้เลือกทั้งที่มีการปรับแก้เชิงเรขาคณิต (geometric correction)และไม่มีการปรับแก้เชิงเรขาคณิต

4) แผนที่ภาพถ่ายดาวเทียม

แผนที่ภาพถ่ายดาวเทียม (Satellite image map) เป็นรูปแบบหนึ่งของการพัฒนาข้อมูลดาวเทียม LANDSAT-5, LANDSAT-7 และ IRS ให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้ โดยเป็นความร่วมมือระหว่างกรมแผนที่ทหารและ สทอภ. ในการดำเนินการผลิต แผนที่ภาพถ่ายดาวเทียม เป็นผลิตภัณฑ์ข้อมูลดาวเทียมเพิ่มค่าประเภทหนึ่ง (Value-added) ที่ได้รับการแก้ไขเชิงเรขาคณิต (Geocoded) และตัดขนาดของภาพให้เท่ากับขนาดของแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 และ 1:250,000 ของกรมแผนที่ทหาร พร้อมทั้งซ้อนทับข้อมูลพื้นฐานเชิงแผนที่ที่สำคัญ เช่น เส้นทางคมนาคม ลำน้ำ และ ตำแหน่งของสถานที่สำคัญ เป็นต้น ทำให้การแปลตีความภาพถ่ายดาวเทียมมีความสะดวกและถูกต้องต่อการนำไปใช้ปฏิบัติงานยิ่งขึ้น

5) ข้อมูลชนิดเชิงเลข

ข้อมูลเชิงเลข เอื้อประโยชน์สำหรับผู้ใช้ที่มีระบบวิเคราะห์ข้อมูลหรือซอฟต์แวร์ทาง Remote Sensing โดยผู้ใช้สามารถปรับแต่ง เน้นข้อมูล ผสมแบนด์ ตัดขนาดภาพ กำหนดมาตราส่วน ได้ตามต้องการ ข้อมูลภาพเชิงเลขเป็นข้อมูลที่มีปริมาณมาก ดังนั้นในการบันทึกข้อมูลจึงจำเป็นที่จะต้องเลือกใช้อุปกรณ์หรือสื่อในการเก็บข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ด้วยเช่นกัน ในปัจจุบันนี้การพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรมของสื่อที่ใช้ในการเก็บข้อมูลมีอย่างต่อเนื่อง ราคาของสื่อลดลงแต่มีขนาดในการบรรจุข้อมูลเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้ทางเลือกที่จะใช้สื่อต่างๆ ในการบันทึกข้อมูลมีมากขึ้น ซึ่งชนิดของสื่อในการบันทึกข้อมูลที่มักจะใช้กันอย่างแพร่หลายอยู่ในปัจจุบันมีดังนี้

(1) CCT (Magnetic Tape, 9-track tape หรือ Computer compatible tape)

เป็นรูปแบบการเก็บข้อมูลดั้งเดิม แต่อย่างไรก็ตามก็ยังคงใช้อยู่ในปัจจุบัน เนื่องจากรูปแบบในการบันทึกข้อมูลเป็นรูปแบบมาตรฐานที่ใช้กันอยู่อย่างแพร่หลายและระบบวิเคราะห์ข้อมูลภาพแบบดั้งเดิม ลักษณะของ CCT เป็นตัวเทปวงกลมที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 10" ซึ่งในการอ่านหรือจัดการเกี่ยวกับข้อมูลจะต้องใช้เครื่องอ่านชนิด 9-tract สำหรับรูปแบบการบันทึกข้อมูลของเทป 9-tract จะบันทึกเป็นจำนวน บิตต่อนิ้ว (bpi) โดยทั่วไปแล้วจะมีความจุ 2 ขนาดคือ 1,600 และ 6,250 bpi โดยจะขึ้นอยู่กับความยาวของเทป ซึ่งสามารถจุข้อมูลได้ระหว่าง 120-150 Mb

(2) เทป 4 มิลลิเมตร (4 mm Cartridge Tape)

จะเป็นทางเลือกของสื่อบันทึกข้อมูลรูปแบบใหม่ ซึ่งมีขนาดเพียง 2" x 1.75" แต่สามารถจุข้อมูลได้ถึง 2 ถึง 40 Gbyte ในปัจจุบันกำลังเป็นที่นิยม เนื่องจากมีขนาดเล็กและสามารถจุข้อมูลได้มาก

(3) เทป 8 มิลลิเมตร (8 mm Cartridge Tape)

เป็นเทปที่มีลักษณะคล้ายกับ เทป 4 mm cartridge tape แต่มีขนาดประมาณ 2.5" x 4" มีขนาดของความจุข้อมูลตั้งแต่ 7 ถึง 40 Gbyte มีอัตราในการส่งข้อมูลไม่เร็วมาก แต่ราคาไม่แพง ด้วยขนาดที่เล็กจึงทำให้สะดวกในการพกพา เช่นเดียวกับ 4 mm tape เช่นกัน

(4) CD-ROM, CD-R, และ CD-RW

CD-ROM เป็นสื่อบันทึกข้อมูลดาวเทียมที่ทาง สทอภ. ให้บริการมากที่สุด เนื่องจากเหมาะสมกับระบบคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันและมีขนาดความจุของข้อมูลสูง คือ มีตั้งแต่ 650 ถึง 700 Mb อีกทั้งเป็นสื่อที่มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน สำหรับ CD-R เป็นสื่อบันทึกข้อมูลที่สามารถเขียนข้อมูลได้ แต่ป้องกันการลบหรือการเปลี่ยนแปลงข้อมูลไปจากข้อมูลเดิม CR-R มีขนาดความจุข้อมูลเท่ากับ CD-ROM ในขณะที่ CD-RW เป็นสื่อที่สามารถทำการเขียนบันทึกข้อมูลได้หลายครั้ง โดยสามารถลบและทำการเปลี่ยนแปลงข้อมูลได้

(5) Magneto-optical disk (MO-DISK)

เป็นอุปกรณ์เก็บบันทึกข้อมูลที่มีขนาดกะทัดรัด ประมาณ 5.25 นิ้ว แต่มีความจุข้อมูลสูง ลักษณะการทำงานคล้ายกับ Hard Disk เนื่องจากสามารถที่จะเปลี่ยนแปลงหรือเขียนข้อมูลซ้ำได้ อัตราในการส่งข้อมูลมีความเร็วมากกว่าสื่อบันทึกข้อมูลรูปแบบเทปแม่เหล็ก (tape media) มีขนาดความจุข้อมูล 2.3 ถึง 5.2 Gb นิยมใช้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (PC) และ Work Station เพราะมีราคาที่ไม่สูงมากนัก

(6) Floppy disk

เป็นอุปกรณ์เก็บบันทึกข้อมูลที่ใช้กันมากในเครื่อง PC มีข้อด้อยคือ สามารถบันทึกข้อมูลได้เพียงไม่กี่ Mbyte (1.44 Mbyte) และมีอัตราการส่งข้อมูลที่ช้ามาก แต่มีราคาถูกและสามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลได้สะดวก

สื่อบันทึกข้อมูลที่มีหลากหลายในปัจจุบันทำให้ต้องพิจารณาในการเลือกสื่อที่จะนำมาเก็บบันทึกข้อมูล โดยมีสิ่งที่ต้องพิจารณาในการเลือกสื่อบันทึกข้อมูลดังนี้

1. ความจุทั้งหมดในการบันทึกข้อมูล (capacity)
2. ราคาของสื่อ (cost) โดยพิจารณาที่ ราคา ต่อ 1 Mbyte
3. ความเข้ากันได้กับระบบคอมพิวเตอร์ และรูปแบบข้อมูล (compatibility)
4. ความสะดวกในการพกพา (portability) พิจารณาที่ขนาดและน้ำหนัก
5. อายุการใช้งาน (durability)

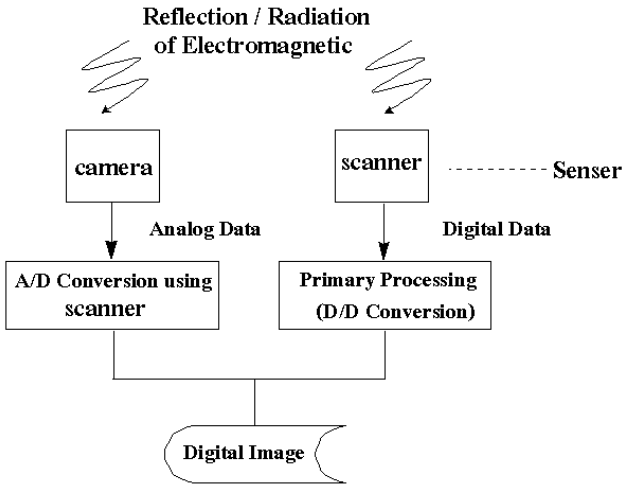
การเลือกชนิดของสื่อบันทึกข้อมูลของศูนย์บริการข้อมูลหรือศูนย์เก็บข้อมูล (Data centers) จะคำนึงถึง ปริมาณความจุในการบันทึกข้อมูลอายุการใช้งานและราคามากกว่าที่จะคำนึงถึงความเข้ากันได้กับระบบคอมพิวเตอร์ (Compatibility) ซึ่งในปัจจุบันเทปแม่เหล็กขนาด 8 มิลลิเมตร (8 mm tape) และแผ่น CD-R ได้เข้ามาแทนที่ HDDT และ CCT เนื่องจากมีขนาดที่กะทัดรัด, ราคาต่ำ, และยังมีความจุในการบันทึกข้อมูลสูงอีกด้วย ในส่วนของผู้ใช้ข้อมูล (Users) ความเข้ากันได้กับระบบคอมพิวเตอร์ (Compatibility) ที่มีอยู่จะเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุด ซึ่ง CCT และ แผ่นดิสส์ (Floppy disk) ก็ยังเป็นที่นิยมอยู่สำหรับระบบวิเคราะห์ข้อมูลภาพแบบเก่า

5.4 การนำเข้าข้อมูลดาวเทียมสู่ระบบคอมพิวเตอร์

แหล่งข้อมูลภาพดาวเทียมที่นำเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์มีอยู่ 2 ลักษณะ คือ ข้อมูลดาวเทียมที่อยู่ในลักษณะเชิงเลข (Digital data) ซึ่งเป็นข้อมูลที่บันถึงจากอุปกรณ์ตรวจจับข้อมูล เช่น Multispectral scanner จากนั้นข้อมูลจะถูกถ่ายโอนข้อมูลจาก HDDT ไปบันทึกลงใน CCT เพื่อสะดวกในการวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์ต่อไป ข้อมูลอีกลักษณะคือ ข้อมูลที่ไม่ได้อยู่ในลักษณะเชิงตัวเลข (Analog data or Hard copy product) เช่น ฟิล์ม หรือ ข้อมูลดาวเทียมชนิดภาพพิมพ์ ซึ่งข้อมูลแบบ Analog จะต้องถูกแปลงโดยเครื่องกราดภาพ (Scanner) ให้อยู่ในรูปของข้อมูลเชิงเลขเพื่อเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ในการประมวลผลต่อไป

การนำเข้าข้อมูลดาวเทียม (Image input) เป็นการนำข้อมูลภาพที่อยู่ภายในสื่อบันทึกข้อมูลรูปแบบต่างๆ เข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ เพื่อนำมาประมวลผลในขั้นตอนต่อไป ถ้าข้อมูลเป็นแบบ Analog หรือในรูปของภาพพิมพ์ จะต้องแปลงให้อยู่ในรูปของข้อมูลภาพเชิงเลข (Digital format) ก่อน โดยระบบการนำเข้าข้อมูลภาพจะทำการแปลงระดับความเข้ม (Tone) และค่าของสี (Color) ของข้อมูลที่อยู่ในรูปของ ฟิล์ม หรือภาพถ่าย สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ในการแปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบ Analog ไปเป็นข้อมูลแบบ Digital เช่น เครื่องกราดภาพ (Scanner) โต๊ะนำเข้าข้อมูลเชิงเส้น (Digitizing tablet) เป็นต้น โดยระบบการนำเข้าของอุปกรณ์ดังกล่าวมีความแตกต่างกันในลักษณะต่างๆ ได้แก่ วิธีการนำเข้า (Input metod) ความละเอียดเชิงพื้นที่ (Spatial resolution) และ ความถูกต้องทางตำแหน่ง (Positioning accuracy)

ในปัจจุบันข้อมูลดาวเทียมส่วนใหญ่จะถูกเก็บบันทึกและเผยแพร่สู่ผู้ใช้ในรูปของข้อมูลเชิงเลข โดยจะเก็บบันทึกอยู่ในสื่อบันทึกข้อมูลดาวเทียมหลายรูปแบบ เช่น CD-ROM, Floppy disk, Video tape หรือ อาจจะบันทึกลงในเทปแม่เหล็กขนาดต่างๆ คือ เทป CCT (9-track tape), เทป 8 มิลลิเมตร และ เทปขนาด 4 มิลลิเมตร เป็นต้น ข้อมูลภาพที่อยู่ในรูปเชิงเลขที่ถูกเก็บบันทึกอยู่ภายในสื่อบันทึกข้อมูลเหล่านี้ สามารถถูกนำเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์โดยตรง ด้วยโปรแกรมที่ทำหน้าที่ในการนำเข้าข้อมูลโดยระบบการนำเข้าข้อมูลภาพ (Image input system) มีองค์ประกอบที่สำคัญแสดงดังในภาพที่ 5.11



ภาพที่ 5.11 แสดงระบบการนำเข้าข้อมูลภาพ (Image Input System) (Harrison and Jupp, 1990)

5.5 รายละเอียดการแสดงข้อมูลภาพ (Image Display)

การแสดงภาพจะถูกใช้เพื่อแสดงข้อมูลภาพที่อยู่ในลักษณะเชิงตัวเลขให้ออกมาในรูปของภาพสีเสมือนจริง ซึ่งอาจทำได้โดยการใช้จอแสดงภาพของคอมพิวเตอร์ (Computer display monitors) หรือเครื่องผลิตสิ่งพิมพ์ (Hardcopy device) โดยทั่วไประบบการแสดงภาพจะประกอบไปด้วย หน่วยความจำ (Display memory or frame buffer), ตารางค่าสี (Look up table), ตัวแปลงข้อมูลเชิงตัวเลขไปเป็นภาพ (Digital to Analog (D/A) converter) และจอแสดงภาพ (Display screen or Color monitor)

5.5.1 ระบบการแสดงภาพ

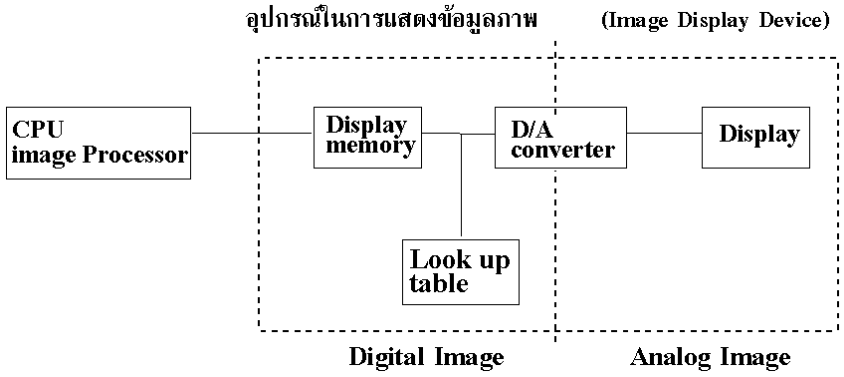
ระบบการแสดงภาพข้อมูลดาวเทียม จะทำการแปลงข้อมูลดาวเทียมเชิงเลขให้แสดงออกมาทางอุปกรณ์แสดงภาพหรือจอภาพ (Monitor) โดยโปรแกรมที่ทำหน้าที่ในการแสดงภาพ จะดึงข้อมูลภาพเชิงเลขที่ถูกเก็บไว้ในสื่อบันทึกข้อมูล (Disk media) เข้าสู่หน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ (Computer memory or RAM) แล้วส่งข้อมูลภาพสู่หน่วยความจำของการ์ดแสดงภาพ (Display memory) จากนั้นโปรแกรมจะใช้ Look up table จัดกลุ่มค่าของข้อมูลภาพ (Pixel or DN value) แล้วแปลงสัญญาณไปเป็นข้อมูลภาพ (Display value) โดยใช้ Digital to analog (D/A) converter จากนั้นภาพจะไปปรากฏบนจอแสดงภาพ (Display monitor) ภาพที่ 5.12 และ ภาพที่ 5.13 แสดงส่วนประกอบหลักของระบบการแสดงภาพ โดยอธิบายส่วนประกอบของระบบการแสดงภาพดังนี้

1) **Display memory or Frame buffer** คือ ในระบบของการแสดงภาพจะประกอบไปด้วย หน่วยความจำที่อยู่ในการ์ดแสดงผล (Display card) ที่ใช้ในการผลิตหรือสร้างภาพออกมามักจะใช้เทคโนโลยีมีความเร็วสูงในการอ่านข้อมูลภาพเชิงเลข ซึ่งการดึงข้อมูลภาพออกมาจากสื่อเก็บบันทึกข้อมูล โดยปกติแล้วจะมีขนาด 512 x 512 จนถึง 2048 x 2048 จุดภาพ นอกจากนี้ **Display memory** ยังเป็นส่วนในการกำหนดชนิดของภาพและระดับความเข้มสูงสุดที่เป็นไปได้ของสีในจุดภาพที่จะแสดงออกมาบนจอภาพ เช่น ภาพสี 24-bit (True color image), ภาพสี 8-bit (Pseudo color image) หรือ ภาพขาว-ดำ 8-bit (Gray scale image) เป็นต้น

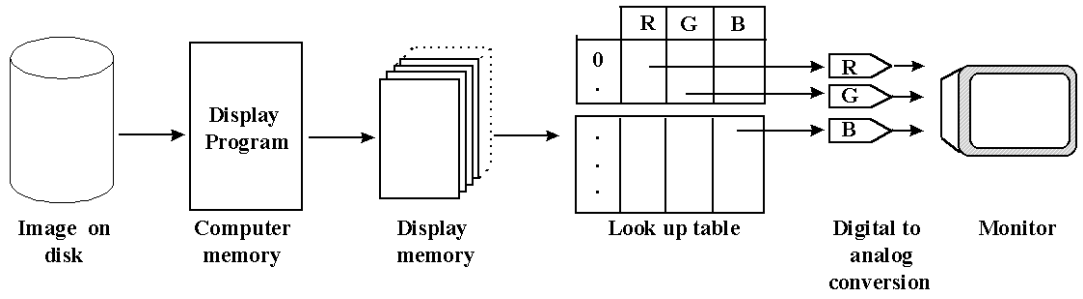
2) Look up table จะเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการเตรียมค่าระดับสีของภาพ เพื่อใช้ในการแปลงสัญญาณข้อมูลเข้าที่เป็นค่าข้อมูลของภาพ (Image value) ออกไปเป็นค่าที่จะใช้ในการแสดงภาพ (Display value) ซึ่งจะส่งข้อมูลออกไปในลักษณะ Real time หรือเวลาที่เป็นอยู่จริง ในส่วนนี้มีการปรับเน้นความชัดของภาพในเวลาแสดงผลข้อมูลด้วย (Image enhancement)

3) D/A converter จะทำหน้าที่ในการแปลงข้อมูลภาพเชิงตัวเลข (digital) ที่เก็บอยู่ใน Display memory ไปเป็นสัญญาณภาพแบบ Analog เพื่อส่งสัญญาณไปสู่จอแสดงภาพ

4) Display screen or Color monitor เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการแสดงภาพ โดยในส่วนของการแสดงภาพอาจจะมีจอแสดงภาพมากว่า 1 จอขึ้นไปก็ได้ โดยจอทั้ง 2 จะมีการทำงานที่ประสานกัน ซึ่งจอแสดงภาพก็จะมีความละเอียดของการแสดงภาพ (Display resolution) ที่แตกต่างกันไป โดยขึ้นอยู่กับแต่ละชนิดของจอแสดงภาพ (Monitor types) ซึ่งความละเอียดของการแสดงภาพจะแสดงออกมาในรูปของจำนวน จุดภาพ (Pixel) ที่สามารถแสดงออกมาในจอภาพได้ สำหรับในเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (PC) ความละเอียดที่พบส่วนใหญ่จะ 640 x 480, 800 x 600, 1024 x 768 และ 1280 x 1024 ตัวอย่างเช่น 640 x 480 หมายถึง จอภาพสามารถแสดงจำนวนจุดภาพได้ 640 Pixel ใน 1 line และสามารถแสดงได้ทั้งหมด 480 line เป็นต้น



ภาพที่ 5.12 ระบบการแสดงข้อมูลภาพ (Image Display system) (ดัดแปลงมาจาก: Harrison and Jupp, 1990)



ภาพที่ 5.13 ส่วนประกอบของระบบการแสดงภาพ Image Display System (Harrison and Jupp, 1990)

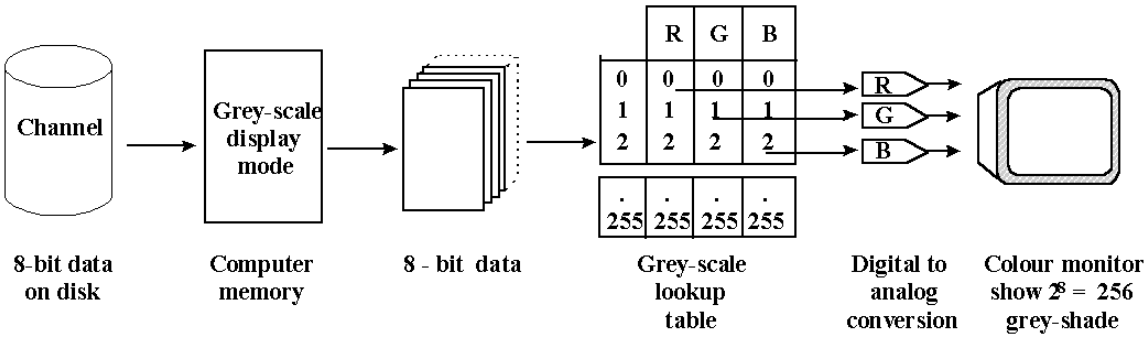
5.5.2 รูปแบบของการแสดงภาพ (Display Types)

รูปแบบของการแสดงภาพ (Display Types) ภาพแต่ละชนิดหรือพิสัยความแตกต่างกันของสีในภาพที่แสดงออกมานั้นจะถูกกำหนดโดยรูปแบบของการแสดงภาพ (Display Types) อาจเนื่องมาจากความแตกต่างของระบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งในส่วนของการ์ดแสดงผล (display hardware) นั้นจะมีหน่วยความจำ (memory) ที่ใช้ในการผลิตภาพที่แสดงออกมาและจะเป็นตัวกำหนดระดับหรือชนิดของสีที่จะสามารถแสดงออกมาได้ ซึ่งมักจะกล่าวในรูปของจำนวน bit เช่น 8 bit หรือ 24 bit โดยค่าของจำนวน

bit เหล่านี้จะใช้ในการกำหนดระดับของค่าความสว่าง (brightness values) ที่เป็นไปได้ เช่น การแสดงภาพในรูปแบบ 24-bit True color จะสามารถแสดงความแตกต่างของสีได้ประมาณ 16 ล้านสี เป็นต้น สำหรับรูปแบบที่สำคัญของการแสดงภาพมีดังนี้

1) 8-bit Gray Scale

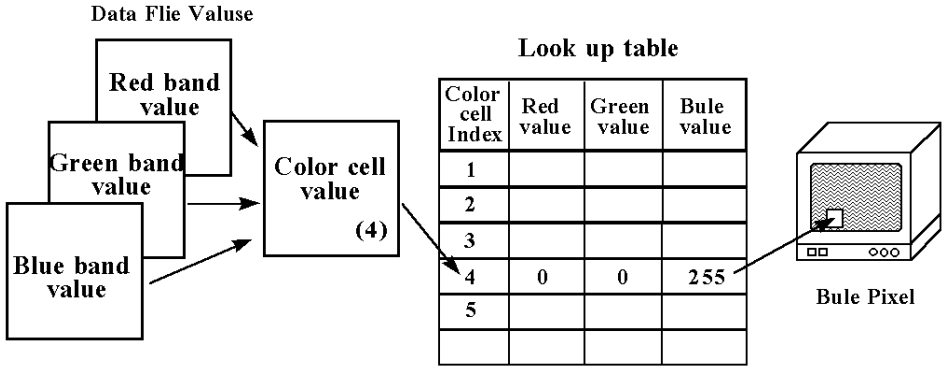
เป็นการแสดงข้อมูลภาพเชิงตัวเลขออกมาเป็นภาพระดับสีเทาบนจอภาพ เช่น การแสดงข้อมูลภาพดาวเทียมจำนวน 1 แบนด์ ที่เป็นข้อมูล 8 บิต ซึ่งมีค่าระดับความเข้มของสีเทา 256 ระดับ (Values ตั้งแต่ 0-255) โดยเริ่มจากค่า 0 จะแทนด้วยสีดำ และความสว่างจะเพิ่มขึ้นเมื่อค่าของข้อมูลเพิ่มขึ้นจนถึงค่า 255 จะแทนด้วยสีขาว มีขั้นตอนการแสดงภาพ 8-bit Gray Scale ตามภาพที่ 5.14



ภาพที่ 5.14 ขั้นตอนการแสดงภาพ 8-bit Gray Scale (Harrison and Jupp, 1990)

2) 8-bit Pseudo Color

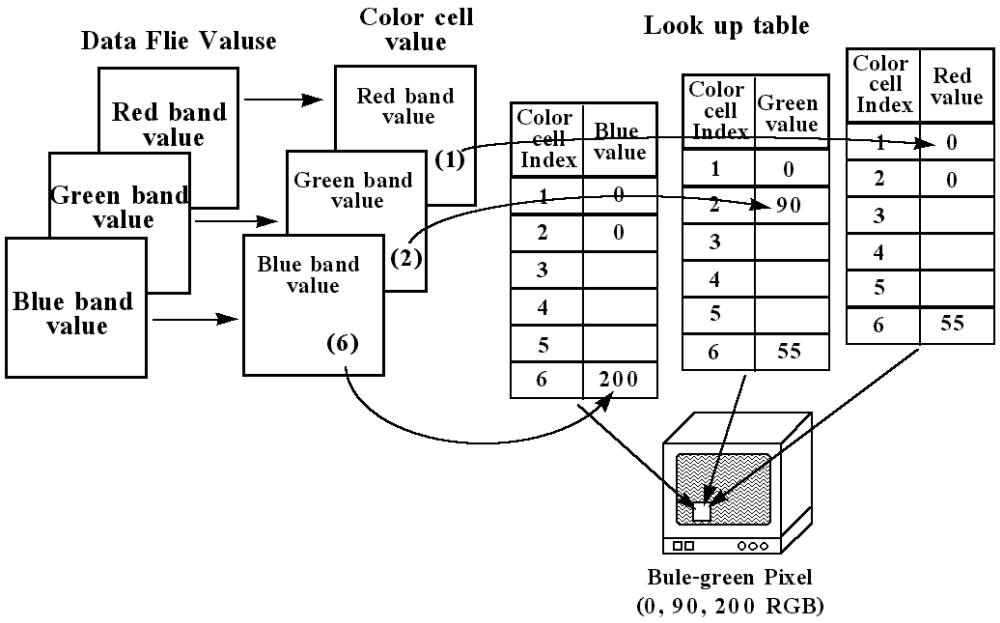
การแสดงภาพ 8-bit Pseudo-color สามารถแสดงภาพสีที่แตกต่างกันได้ 256 สี (256 ระดับ) โดยข้อมูลดาวเทียมเชิงตัวเลขจะมีรวมกลุ่มกันของค่าข้อมูลด้วยสีที่เฉพาะแต่ละสี จึงทำให้สามารถที่จะแบ่งแยกวัตถุหรือพื้นที่ได้ดีกว่า ภาพแบบ 8-bit gray-scale สำหรับในการแสดงข้อมูลภาพดาวเทียมที่มีข้อมูล 8 บิต ทั้ง 3 แบนด์ นั้น แต่ละแบนด์จะแทนด้วยค่าความสว่างของ Red, Green และ Blue และจะถูกจำกัดให้แสดงค่าของการผสมกันระหว่างแม่สีทั้ง 3 ออกมาได้เพียง 256 สี เท่านั้น โดยขึ้นกับระบบในการแสดงภาพ สำหรับขั้นตอนในการแสดงภาพ 8-bit Pseudo-color ค่าความสว่างของแต่ละ pixel ในทั้ง 3 แบนด์ จะมีการผสมกันของแม่สีทั้ง 3 ทำให้ได้ค่ารหัสสีค่าหนึ่ง (Color cell value) แล้วจะถูกแปลงเข้าสู่ Look up table ซึ่งมีการกำหนดสีให้กับค่ารหัสสี (Color cell value) ของข้อมูลว่าเป็นสีอะไร จากนั้นก็แสดงผลทางจอภาพต่อไป ดังแสดงในภาพที่ 5.15



ภาพที่ 5.15 ขั้นตอนการแสดงภาพ 8-bit Pseudo-Color (Harrison and Jupp, 1990)

3) <u>24-bit True Color</u>

ในการแสดงภาพแบบ 24-bit True Color จะเป็นการแสดงภาพของข้อมูลดาวเทียมพร้อมกันทั้ง 3 แบนด์ ค่าของข้อมูลของทั้ง 3 แบนด์ จะถูกแทนด้วยระดับความสว่างของแม่สีทั้ง 3 (RGB) ซึ่งแต่ละสีสามารถมีค่าได้ 256 ระดับ ดังนั้นจึงสามารถจะสร้างภาพที่มีระดับของสีได้ถึง 16 ล้านสี (256^3 หรือ 2^{24} ระดับสี) โดยมีขั้นตอนคือ ค่าของข้อมูลภาพในแต่ละแบนด์ จะถูกเปลี่ยนไปเป็นค่ารหัสสี (Color cell value) สำหรับแต่ละแบนด์ แล้วจะถูกแปลงเข้าสู่ Look up table ของแต่ละสี (RGB) ที่อิสระต่อกัน แล้วทำการผสมสี จากนั้นก็แสดงออกมาทางจอภาพ ดังแสดงในภาพที่ 5.16



ภาพที่ 5.16 ขั้นตอนการแสดงภาพ 24-bit True-Color (Harrison and Jupp, 1990)

5.5.3 สรุปความแตกต่างระหว่าง ภาพ Pseudo Color และ True color

ในการแสดงภาพของข้อมูลดาวเทียมนั้น ปกติข้อมูลภาพดาวเทียม จะเป็นแบบ 8 bit ในแต่ละแบนด์ การแสดงภาพสีบนจอภาพ (Monitor) จำเป็นต้องใช้ Color gun 3 ตัว คือ Red, Green และ Blue เพื่อทำการผสมสี ซึ่งจะพบว่ามี 3 องค์ประกอบที่สัมพันธ์กันคือ

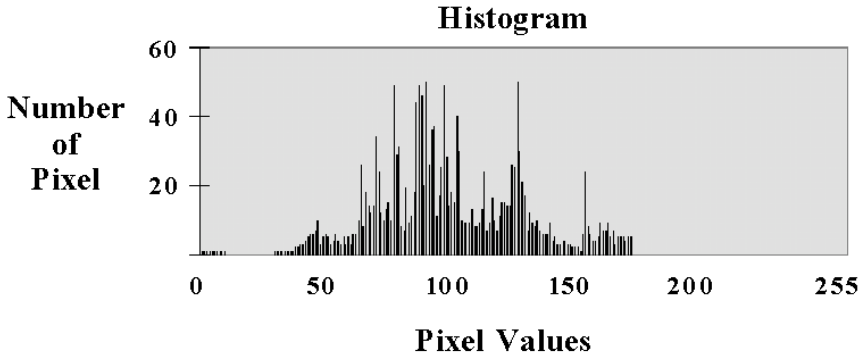
1) **<u>ลักษณะข้อมูล</u>** ว่าเป็นภาพสีหรือภาพขาวดำ (Gray scale) ส่วนใหญ่แล้วจะเป็นข้อมูล 8 บิต จะแสดงสีได้ 256 ระดับ (256 สี) สำหรับในการแสดงภาพข้อมูลดาวเทียมเพียง 1 แบนด์ จะแสดงเป็นภาพ gray scale มี 256 สี แต่ถ้าเป็นการแสดงภาพสีผสมของข้อมูลดาวเทียม 3 แบนด์ จะแสดงภาพสีได้ประมาณ 16 ล้านสี (8-bit x 3 = 24-bit หรือ 8^{24} สี)

2) **<u>การ์ดแสดงผล</u>** (Display card) ของจอภาพ ว่าสามารถที่จะแสดงภาพของข้อมูลได้สูงสุดกี่ บิต (bit) สำหรับการ์ดแสดงผลบางชนิดจะแสดงภาพของข้อมูลได้เพียง 8 บิต ก็หมายความว่า สามารถที่จะแสดงภาพสีได้เพียง 256 สีเท่านั้นทั้งในภาพสีและภาพ gray scale แต่ถ้าการ์ดแสดงผลสามารถแสดงภาพของข้อมูลได้ถึง 24 บิต ก็จะแสดงภาพสีผสมของข้อมูลดาวเทียมทั้ง 3 แบนด์ ได้ถึง 16 ล้านสี (16,777,216 สี หรือ True color)

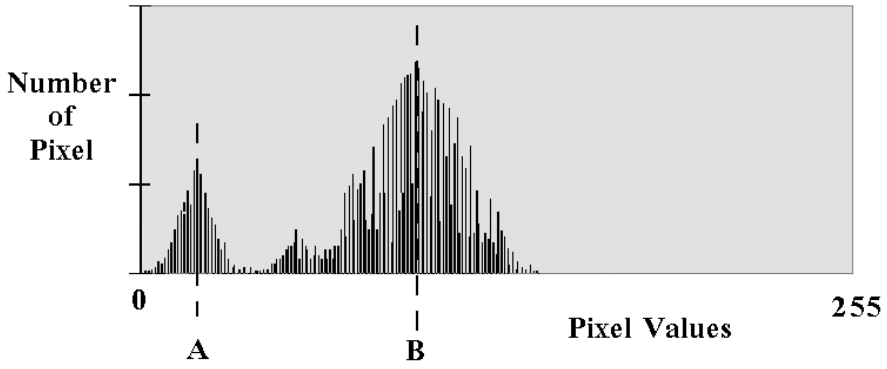
3) **<u>โปรแกรมที่ใช้ในการแสดงภาพ</u>** ถ้าหากข้อมูลเป็น 24 บิต (ข้อมูลทั้ง 3 แบนด์) แต่การ์ดแสดงผลเป็นแบบ 8 บิต โปรแกรมจะมีการสร้าง look up table ของแม่สีทั้งสาม คือ red, green และ blue เพื่อทำการผสมแม่สีทั้งสามให้อยู่ในช่วง 256 ระดับเท่านั้น และจะได้ภาพแบบ Pseudo Color ซึ่งหมายถึงสีที่ได้จากการผสมของ Look up table จะได้เพียง 256 สี เท่านั้น ปกติแล้วแต่ละโปรแกรมจะมีชุดของ Look up table เป็นของตัวเอง โดยในการแสดงภาพโปรแกรมจะทำการตรวจสอบว่าการ์ดแสดงผลสามารถแสดงภาพสูงสุดได้กี่ บิต สำหรับในการแสดงภาพสีผสมของข้อมูลดาวเทียมทั้ง 3 แบนด์ ถ้าการ์ดแสดงภาพเป็นแบบ 8 บิต โปรแกรมก็จะใช้ Look up table ปรับข้อมูลภาพสีผสมจาก 24 บิต (True color) ไปเป็นภาพ 8 บิต (Pseudo Color) แต่ถ้าหากการ์ดสามารถแสดงภาพได้ถึง 24 บิต ก็สามารถที่จะแสดงภาพ True color ได้

5.6 แผนภูมิแท่งและข้อมูลทางสถิติของข้อมูลภาพ

แผนภูมิแท่ง หรือ Histogram คือ กราฟแสดงการกระจาย (Distribution) ของข้อมูลภาพดาวเทียมในแต่ละแบนด์ โดยแกนนอน (Horizontal axis) ของ Histogram คือ พิสัยของค่าข้อมูลตัวเลข (Pixel value) และแกนตั้ง (Vertical axis) คือ จำนวนจุดภาพ (Number of pixel) ในแต่ละค่าข้อมูลตัวเลข ภาพที่ 5.17 แสดงรูปแบบการกระจายของข้อมูลใน Histogram ทำให้สามารถบอกถึงค่าการสะท้อนแสงของวัตถุทั้งหมดภายในข้อมูลภาพ ซึ่งจะช่วยในการวินิจฉัยหรือแปลตีความมูลภาพนั้นได้ เช่น ลักษณะการสะท้อนแสงของน้ำและพืชพรรณ จะแตกต่างกันมากในช่วงคลื่น Near infrared (0.7-1.1 μm) ดังนั้นลักษณะของ Histogram จะมีการกระจายค่าของข้อมูลแบ่งเป็น 2 กลุ่ม อย่างเห็นได้ชัด ดังภาพที่ 5.18



ภาพที่ 5.17 ภาพตัวอย่างแผนภูมิแท่ง (Histogram) จะแสดงถึงการกระจายค่าของข้อมูลในแต่ละแบนด์



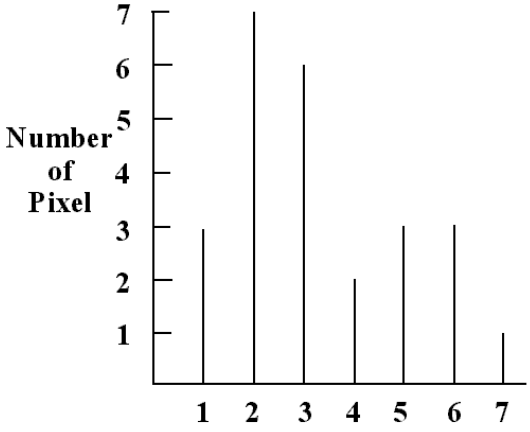
ภาพที่ 5.18 แผนภูมิแท่ง ที่มีรูปร่างแบบ Bi-model histogram ซึ่งมีการกระจายค่าของข้อมูลที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน ตัวอย่างเช่น ในช่วงคลื่น Near infrared ค่าการสะท้อนแสงของน้ำจะต่ำ (กลุ่ม A) ในขณะที่การสะท้อนแสงของพืชพรรณ จะมีค่าสูงกว่า (กลุ่ม B).

นอกจากนี้ ข้อมูลที่ได้จาก Histogram สามารถแสดงการกระจายของข้อมูลในแต่ละแบนด์ จึงทำให้ทราบ ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และคำนวณค่าสถิติพื้นฐานอื่นๆ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean), ค่าความแปรปรวน (variance), ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation), ค่ากึ่งกลาง (Median) และค่าที่เกิดซ้ำมากที่สุด (Mode) เป็นต้น ดังตัวอย่างในภาพที่ 5.19 ซึ่งค่าสถิติเหล่านี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้ใช้ที่จะนำไปใช้ในกระบวนการขั้นต่อไป

(a) Example image

1	2	3	3	4
3	3	5	6	3
2	2	2	6	5
5	4	2	2	1
7	6	3	2	1

(b) Histogram for example image



(c) ค่าสถิติต่างๆ

Pixel value	Frequency count	Pixel value x Frequency count	(Mean value - pixel value)^2	(Mean value - pixel value)^2 x Frequency count
1	3	3	5.38	16.14
2	7	14	1.74	12.18
3	6	18	0.10	0.60
4	2	8	0.46	0.92
5	3	15	2.82	8.46
6	3	18	7.18	21.54
7	1	7	13.54	13.54
Total	**25**	**83**		**73.38**

Minimum value = 1 Maximum value = 7

Mode = 2 Mean = 83/25 = 3.32

Variance = 73.38/25 = 2.935 Standard deviation = $\sqrt{2.935}$ = 1.713

ภาพที่ 5.19 แสดงค่าของข้อมูล (pixel value), แผนภูมิแท่ง (histogram) และค่าทางสถิติของค่าระดับสีเทา ที่คำนวณได้จากข้อมูล (ดัดแปลมาจาก: Harrison and Jupp, 1990)

ภาพที่ 5.19 แสดงถึงคุณลักษณะทั่วไปของข้อมูลภาพ ทำให้ทราบค่ามัธยฐาน (Mode) หรือค่าที่มีความถี่มากที่สุดของข้อมูลภาพคือ 2 ซึ่งจำนวนทั้งหมดมี 7 จุดภาพ ค่าต่ำสุดและสูงสุด (Minimum and Maximum) คือ 1 และ 7 ตามลำดับ สำหรับค่าสถิติที่ได้คือ ค่าเฉลี่ย (Mean) เท่ากับ 3.32, ค่าความแปรปรวน (Variance) เท่ากับ 2.935 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation: SD) เท่ากับ 1.713 จะเห็นได้ว่าการนำเอาข้อมูลภาพจากดาวเทียมเชิงเลขเข้าสู่ระบบการประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ ทำให้สามารถทราบรายละเอียดของข้อมูลภาพได้ โดยแสดงในรูปของ histogram ซึ่งให้ผลสรุปค่าสถิติที่จะถูกนำไปใช้เพื่อประเมินคุณภาพของข้อมูลภาพ และสามารถนำค่าทางสถิติเหล่านี้ใช้พิจารณาในการปรับเน้นข้อมูลภาพ (Image Enhancement) หรือการคัดเลือกข้อมูล (Feature Extraction) ในขั้นตอนต่อไป

บรรณานุกรม

ดาราศรี ดาวเรือง. 2533. รีโมทเซนซิ่งพื้นฐาน ศูนย์เทคโนโลยีอิเลคทรอนิคส์ และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ. กระทรวงวิทยาศาสตร์และการพลังงาน กรุงเทพมหานคร

ศุทธินี ดนตรี. 2542. ความรู้พื้นฐานด้านการสำรวจจากระยะไกล Remote Sensing. ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สมพร สง่าวงศ์. 2543. รีโมทเซนซิงเบื้องต้น และกรณีศึกษารีโมทเซนซิง. ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. นพบุรีการพิมพ์. เชียงใหม่. 243 หน้า

สุรชัย รัตนเสริมพงศ์ และสมยศ สินธุระหัส. 2533. การสำรวจพื้นที่ปลูกยางพาราของประเทศไทยโดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียมแลนด์แซท. ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียมด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ และการประยุกต์ กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

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.

Lillesand, T. M. and Kiefer, R. W. 1981. Remote Sensing and Image Interpretation. New York: Wiley.

Schanda, E. 1976. Introductory Remarks on Remote Sensing. in Remote Sensing for Environmental Sciences. Edited by E. Schanda. Berlin: Springer-verlag.