สำนักงานวิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึง แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการบีบอัดภาพดาวเทียม และการจำแนกภาพถ่ายดาวเทียมด้วยสายตา โดยในส่วนของการบีบอัดภาพ จะกล่าวถึงประเภทของภาพ แบบจำลองสีของข้อมูลภาพกับการมองเห็นของสายตามนุษย์ หลักการและเทคนิคการบีบอัดภาพแบบต่างๆ ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ความผิดเพี้ยนที่เกิดจากการบีบอัดภาพ และการวัดประสิทธิภาพการบีบอัดภาพ ในส่วนของการจำแนกภาพถ่ายดาวเทียม จะกล่าวถึง การจำแนกภาพถ่ายดาวเทียมด้วยสายตา องค์ประกอบที่ใช้ในการจำแนกด้วยสายตา เพื่อให้สามารถตีความภาพถ่ายดาวเทียมได้โดยง่าย และการจำแนกภาพถ่ายดาวเทียมด้วยคอมพิวเตอร์

2.1 ประเภทของภาพ (Image Types)

2.1.1 ภาพลักษณ์ฐานสอง (Binary Images) เป็นรูปแบบของภาพดิจิตอลอย่างง่ายที่สุด และมีเพียงค่าของจุดภาพ 2 ค่า คือ "1" และ "0" โดยให้สีขาวแทนด้วยค่า "1" และสีดำแทนด้วยค่า "0" โดยทั่วไปภาพลักษณ์ฐานสองได้จากภาพเกรย์สเกล ซึ่งภาพลักษณ์ฐานประยุกต์ใช้ในคอมพิวเตอร์ และให้ค่าเป็นบิตต่อจุดภาพ

2.1.2 ภาพเกรย์สเกล (Gray Scale) เป็นที่รู้จักกันในลักษณะของภาพสีเดียว (monochrome) เก็บข้อมูลด้วยระดับความเทาหรือระดับความสว่างของภาพ ภาพประกอบด้วย 8 บิตต่อ1 จุดภาพ หรือ $2^8 = 256$ สี ซึ่งหมายถึงระดับความแตกต่างของค่าความสว่าง 256 ระดับ (0-255 ระดับ) โดย 0 แทนด้วยสีดำจนถึง 255 แทนด้วยสีขาวเรียงลำดับ ซึ่งเป็นมาตรฐานของหน่วยที่เล็กที่สุดในระบบดิจิตอลคอมพิวเตอร์

2.1.3 ภาพสี (Color Images) เป็นลักษณะส่วนผสม 3 สีในภาพเดียวกัน แต่ละสีมีความแตกต่างกัน สอดคล้องกับค่าสเปกตรัมของสี ซึ่งมีค่าความสว่างไม่เท่ากัน ชนิดของมีสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ซึ่งเป็นรูปแบบจำลองอาร์จีบี เป็นสีหลักในการใช้ผสมสีที่ทำให้เกิดภาพในคอมพิวเตอร์ โดยใช้จำนวนบิต 8 บิตต่อหนึ่งสี ดังนั้นหนึ่งจุดภาพ 24 บิตต่อหนึ่งจุดภาพ จำนวนสีที่ใช้ต่อหนึ่งจุดภาพเท่ากับ 2^{24} สี หรือ 16 ล้านสี

2.1.4 ภาพหลายสเปกตรัม (Multispectral images) เป็นภาพที่ประกอบด้วยภาพหลายช่วงคลื่น ซึ่งบางช่วงคลื่นของภาพที่ได้มาเป็นช่วงคลื่นที่สายตามนุษย์ไม่สามารถมองเห็นได้ เช่น อินฟราเรด (Infrared), ใกล้อินฟราเรด (Near- infrared), ช่วงคลื่นความร้อน และอื่นๆ ภาพที่ได้อยู่ในรูปของภาพถ่ายดาวเทียม ภาพทางการแพทย์จากการเอ็กซเรย์ ภาพอินฟราเรด เป็นต้น

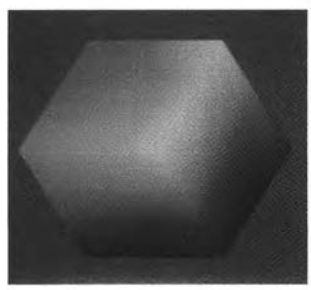
หอสมุดกลาง สำนักงานวิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

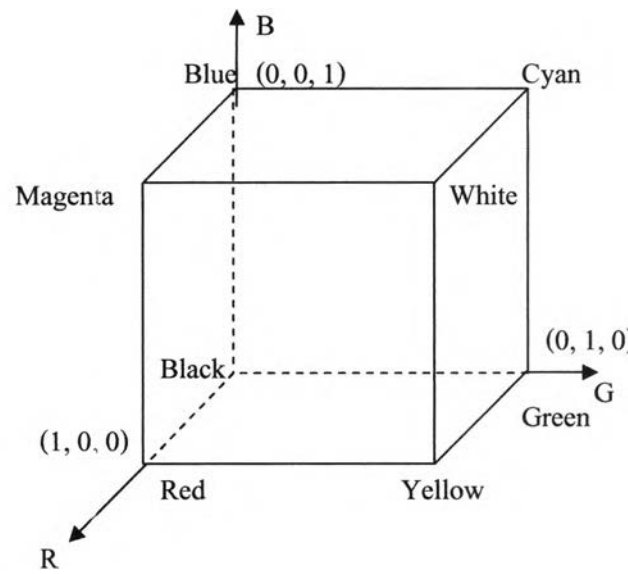
2.2 การแสดงสีของข้อมูลภาพกับการมองเห็นของสายตามนุษย์

แบบจำลองสี (Color space หรือ Color Models) มีลักษณะของสีที่แทนด้วยจุด (point) แบบจำลองสีอยู่ในรูปของระบบพิกัด หรือระนาบพื้นที่สี P(x,y) ภาพดิจิตัลสีประกอบด้วย 3 ค่า หรือแทนเป็นเมตริกซ์ 3x3 ซึ่งแต่ละค่าของแต่ละแถว หรือคอลัมน์สามารถแสดงเป็นภาพจากค่าที่เมตริกซ์เดียวกันได้ ภายใต้เงื่อนไขที่สามารถวิเคราะห์แยกค่าสีจากตัวอื่นๆ

2.2.1 แบบจำลองสีอาร์จีบี (RGBแบบจำลองสีอาร์จีบี (RGB Color Model)

แบบจำลองสีอาร์จีบี ประกอบด้วยแม่สีหลัก คือ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ซึ่งระบบสีนี้เป็นแบบจำลองสีที่ใช้กับจอคอมพิวเตอร์ CRT และภาพสีราสเตอร์ สามารถพิจารณาให้เป็น "แม่สีบวก" และสามารถผสมให้ได้สีตามต้องการ เช่น สีเขียวรวมกับสีน้ำเงิน จะได้สีเหลือง ซึ่งแบบจำลองสีอาร์จีบีสามารถเขียนในระบบพิกัดดังภาพ สังเกตได้จากแกนของกราฟ แกนที่ (0,0,0) ให้สีดำและที่ (1,1,1,) ให้สีขาว ดังกราฟ

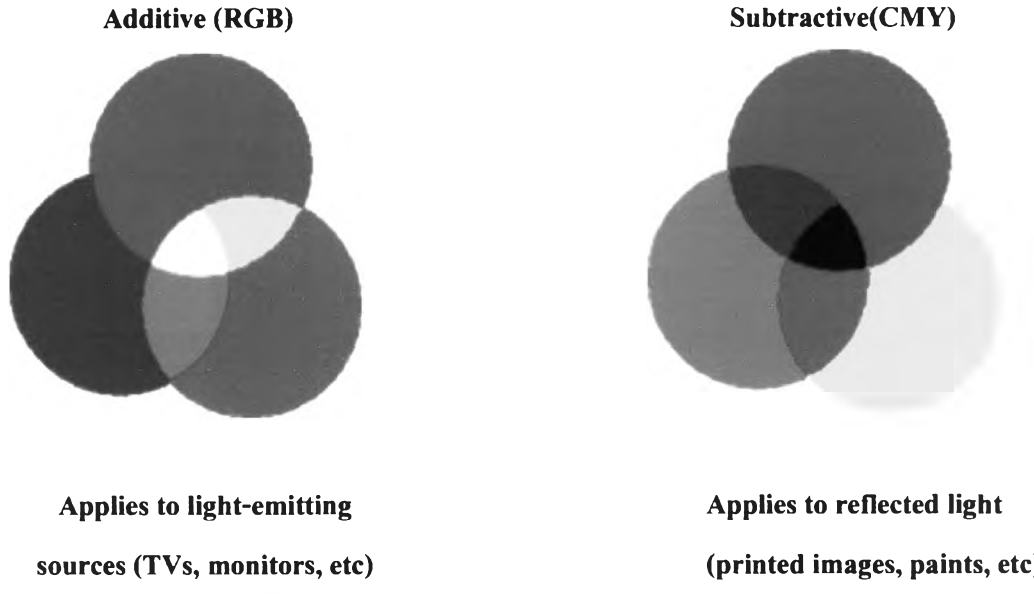




ภาพที่ 2.1: แบบจำลองสีอาร์จีบี (RGB)

2.2.2 แบบจำลองซีเอ็มวาย (CMY Color Model)

แบบจำลองซีเอ็มวายประกอบด้วยสีไซแอน สีมาร์เจนต้าและสีเหลืองซึ่งเป็นส่วนประกอบที่ได้จากสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ระบบสีนี้นำมาใช้ในการพิมพ์ เครื่องพิมพ์ แบบจำลองซีเอ็มวายนิยมเรียกว่า "แม่สีรอง" ซึ่งมีคุณลักษณะพิเศษไม่ต้องอาศัยการเพิ่มของแสงสีขาว



ภาพที่ 2.2: แบบจำลองสีอาร์จีบี (RGB)และแบบจำลองสีซีวายเอ็ม (CYM)

สมการของ CMY

$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

2.2.3 แบบจำลองสีวายไอคิว (YIQ Color Model)

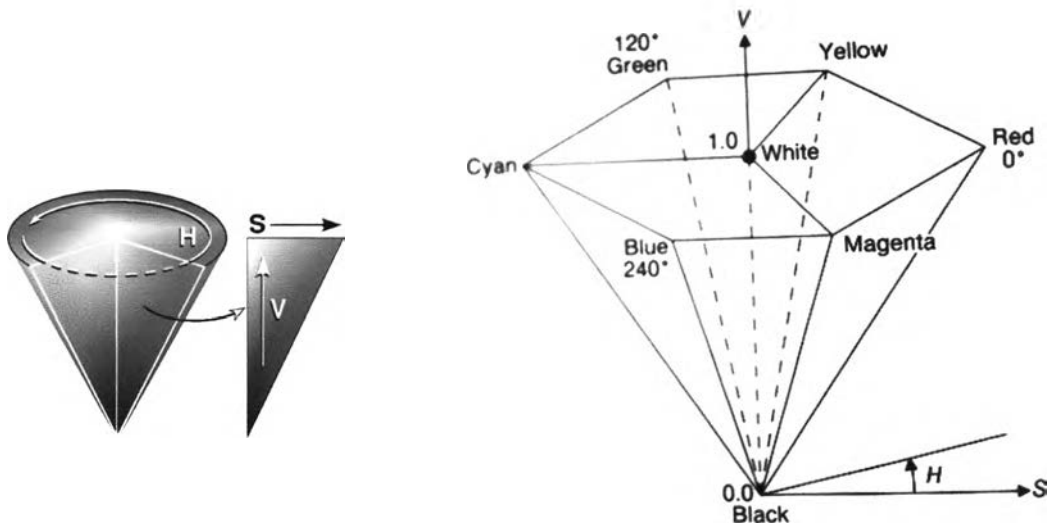
แบบจำลองสีวายไอคิว เป็นแบบจำลองสีที่ใช้ในการเผยแพร่ทีวีสีทางการค้าของสหรัฐอเมริกา เป็นการส่งผ่านของสีอาร์จีบี ที่มีประสิทธิภาพและส่งผ่นของทีวีขาวดำ ซึ่งมีการส่งผ่านโดยการใช้ระบบ NTSC

สมการ การแปลงระหว่างแบบจำลองสีอาร์จีบี และ แบบจำลองสีวายไอคิว

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} .299 & .587 & .114 \\ .596 & -.275 & -.321 \\ .212 & -.523 & .311 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

2.2.4 แบบจำลองสีเอชเอสวี (HSV Color Model)

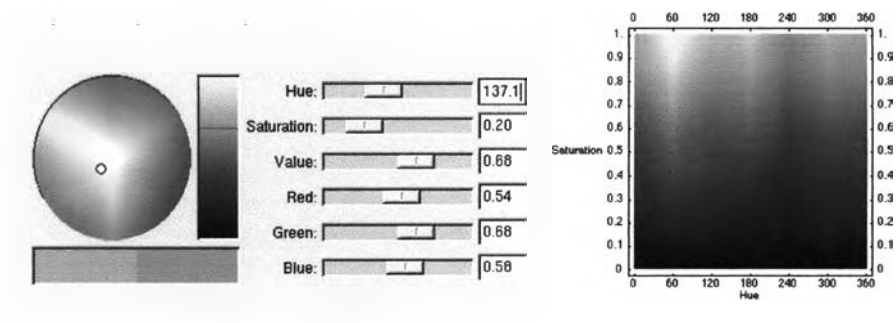
แบบจำลองสีเอชเอสวี ประกอบด้วย Hue, Saturation and Value ที่เป็นค่าพื้นฐานของสี (Tint, Shade and Tone) ในกรณี การหมุนแกน 180 องศาดังรูปข้างล่าง



ภาพที่ 2.3: แบบจำลองสีเอชเอสวี (HSV)

2.2.5 แบบจำลองสีเอชแอลเอส (HLS Color Model)

แบบจำลองสีเอชแอลเอส ประกอบด้วย Hue, lightness/luminance และsaturation ดังรูป

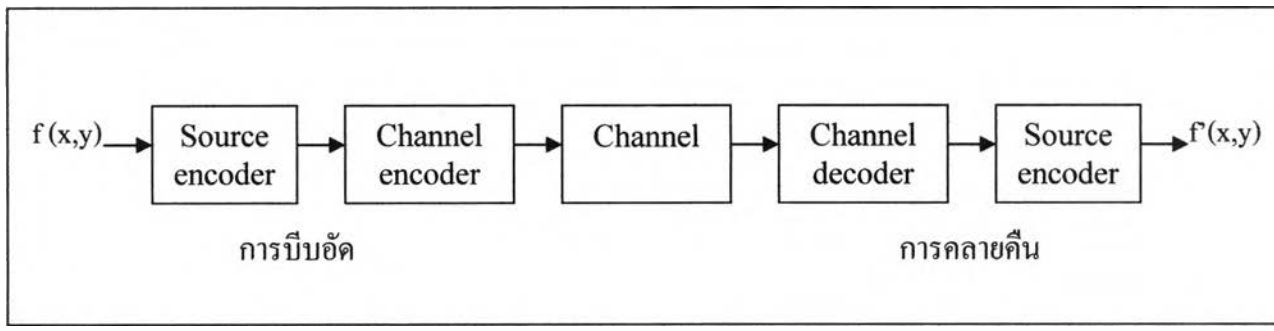


ภาพที่ 2.4: แบบจำลองสีเอชแอลเอส (HLS)

2.3 เทคนิคการบีบอัดภาพ

การบีบอัดภาพ (Image compression) มีเทคนิคทั่วไปในการลดหรือบีบจำนวนข้อมูล เพื่อนำเสนอข้อมูลที่มีขนาดเล็กลงแต่ยังคงความสำคัญของภาพไว้ ซึ่งสามารถทำให้ข้อมูลภาพมีขนาดเล็กลงจากเดิม และสามารถกลับคืนภาพโดยผ่านกระบวนการคลายภาพ แบบจำลองการบีบอัดภาพ

ทั่วไปมี 2 ส่วน คือ การบีบอัด (Compression) ในการจัดเก็บข้อมูล และการคลายคืน (Decompression) ที่เป็นการนำภาพผ่านกระบวนการและได้ภาพกลับคืน



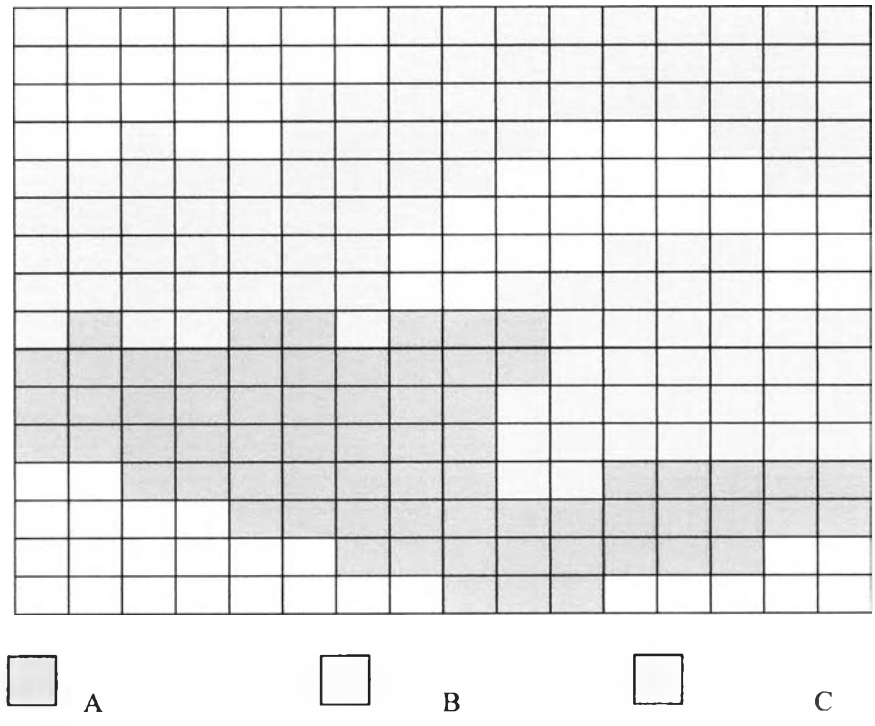
ภาพที่ 2.5: กระบวนการบีบอัดภาพและการคลายคืนของภาพ ()

ประเภทของการบีบอัดข้อมูลภาพสามารถแบ่งได้ 2 แบบ คือ การบีบอัดแบบไม่มีการสูญเสีย (Lossless compression) และการบีบอัดแบบมีการสูญเสีย (Lossy compression) (Nelson and Gailly, 1996)

2.3.1 การบีบอัดภาพแบบไม่มีการสูญเสีย (Lossless compression) เป็นการบีบอัดภาพให้มีขนาดเล็กลง แต่รายละเอียดและคุณภาพของภาพเหมือนภาพเดิม ซึ่งเป็นการบีบอัดภาพโดยตรงและมีขั้นตอนไม่ซับซ้อน แต่จะมีอัตราส่วนการบีบอัดต่ำ ซึ่งทำให้ข้อมูลไม่มีการสูญเสีย จึงเหมาะสำหรับข้อมูลที่มีความสำคัญมาก และผิดพลาดไม่ได้ เช่น ข้อมูลภาพที่ใช้วินิจฉัยทางการแพทย์

วิธีการบีบอัดภาพมีหลายวิธี แต่ละวิธีมีความเหมาะสมกับลักษณะการนำไปใช้งานที่แตกต่างกัน ดังนี้

1) การเข้ารหัสแบบรันเลงท์ หรือ Run-Length Coding : RLC เป็นวิธีการเข้ารหัสที่ง่ายที่สุดของการบีบอัดแบบไม่สูญเสีย โดยหลักการของภาพส่วนใหญ่ที่บริเวณจุดภาพใกล้เคียงกัน จะมีระดับความเทาหรือความเข้มแสงเหมือนกัน ดังนั้น การจัดเก็บข้อมูลจะถูกจัดเก็บด้วยค่าเดียวกัน ซ้ำๆ กันหลายครั้ง และจะจัดเก็บค่าจากซ้ายไปขวาของภาพ และเก็บไปตามลำดับต่อแถว เป็นการเก็บค่าเพียงครั้งเดียวแล้วตามด้วยค่าที่บอกจำนวนของค่านั้น ซึ่งจะนำมาใช้กับภาพลักษณ์ฐานสอง (Binary) และภาพเกรย์สเกล โดยจะให้อัตราส่วนการบีบสูง เมื่อภาพนั้นมีวัตถุสีเดียวกัน



ภาพที่ 2.6: ตัวอย่างภาพแผนที่ราสเตอร์ (Peter A. Burrough and etc.1998)

จากภาพที่ 2.6 เป็นตัวอย่างการจัดเก็บข้อมูลในแบบการเข้ารหัสแบบ Run-Length Coding : RLC โดยพื้นที่ของ A ในภาพที่ 2.6 สามารถอ่านผลได้ดังนี้

Row 9	2,1 5,2 8,3
Row 10	1,10
Row 11	1,9
Row 12	1,9
Row 13	3,7 12,5
Row 14	5,12
Row 15	7,8
Row 16	9,3

ในการจัดเก็บจะทำจากแถว (Row) บนลงล่าง และเก็บจากซ้ายไปขวาในแต่ละชนิดข้อมูล วิธีการนี้ เหมาะกับข้อมูลที่ต้องการจัดเก็บในพื้นที่ที่มีจำกัด แต่ไม่เหมาะกับการเข้ารหัสที่มีค่าตัวแปรแบบต่อเนื่อง เพราะกริดเซลล์หนึ่งๆ จะมีค่าไม่เหมือนกัน และไม่สามารถใช้กับข้อมูลที่มีความละเอียดของตัวแปรหลายระดับ (Peter A. Burrough and etc., 1998)

2) การเข้ารหัสแบบฮัฟแมน (Huffman Coding) เป็นเทคนิคที่นิยมใช้มากสำหรับการเข้ารหัสที่ซ้ำซ้อน วิธีการนี้ จะกำหนดรหัสแทนค่าที่เกิดบ่อยๆ ด้วยจำนวนบิตที่น้อยกว่าค่าที่ไม่ค่อยเกิดขึ้น ขั้นตอนการเข้ารหัสสามารถอธิบายได้ดังนี้ (Gonzalez and Woods, 2002)

ขั้นตอนที่ 1 สร้างชุดของการลดทอนต้นฉบับ (Source reduction) โดยเรียงลำดับความน่าจะเป็นของสัญลักษณ์ต่างๆ จากนั้นรวมค่าความน่าจะเป็นของสัญลักษณ์สองตัวที่มีค่าน้อยสุด มาเป็นสัญลักษณ์เดียวกัน ซึ่งให้แทนที่ในการลดทอนต้นฉบับในลำดับถัดไป จากตารางที่ 2.1 เป็นการเข้ารหัสแบบไบนารีมี 2 ค่าคือ 0 และ 1 ที่ด้านซ้ายของตาราง เป็นการให้ค่าความน่าจะเป็นของสัญลักษณ์ต้นฉบับ (Source Symbol) จากบนลงล่าง ค่าความน่าจะเป็นจะลดลง ค่าความน่าจะเป็นในการลดทอนต้นฉบับตัวแรกคือ ค่าตัวล่างสุด 2 ตัว คือค่าความน่าจะเป็น 0.06 และ 0.4 จะถูกนำมารวมกันเป็น 0.1 จากนั้นนำมาแทนที่ในคอลัมน์ที่ 1 ขั้นตอนนี้จะกระทำไปเรื่อยๆ จนกระทั่งเหลือ 2 สัญลักษณ์สุดท้าย ดังเช่นที่มุมขวาของตาราง

ตารางที่ 2.1: แสดงการเข้ารหัสแบบฮัฟแมน (Huffman Coding) ด้วยการลดทอนต้นฉบับในขั้นตอนที่ 1 (Gonzalez and Woods, 2002)

Original Source		Source Reduction			
Symbol	Probability	1	2	3	4
a_2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6
a_6	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4
a_1	0.1	0.1	0.2	0.3	
a_4	0.1	0.1	0.1		
a_3	0.06	0.1			
a_5	0.04				

ขั้นตอนที่ 2 การเข้ารหัสแบบฮัฟแมน โดยเริ่มต้นให้รหัสจากต้นฉบับที่เล็กที่สุดและทำกลับไปยังต้นฉบับข้อมูล (Original Source) ที่ด้านขวาสุด ได้รหัสที่สั้นที่สุดของรหัสไบนารี คือ 0 และ 1 จากตารางที่ 2.2 เป็นค่า 0.6 และ 0.4 และจากค่าความน่าจะเป็น 0.6 เกิดจากการรวมค่า 0.3 และ 0.3 เลขศูนย์จะถูกใช้เข้ารหัสและต่อท้ายด้วย 0 และ 1 ที่การลดทอนต้นฉบับลำดับที่ 3 ซึ่งจะกระทำต่อไปซ้ำๆ จนกระทั่งได้ข้อมูลต้นฉบับ (Original Source) รหัสที่ได้สุดท้าย จะอยู่ในตารางที่ 2.2 ทางด้านซ้าย

ตารางที่ 2.2: แสดงการเข้ารหัสแบบฮัฟแมน (Huffman Coding) ในการทำกลับไปยังข้อมูลต้นฉบับในขั้นตอนที่ 2 (Gonzalez and Woods,2002)

Original Source			Source Reduction							
Sym.	Prob.	Code	1		2		3		4	
a_2	0.4	1	0.4	1	0.4	1	0.4	1	0.6	0
a_6	0.3	00	0.3	00	0.3	00	0.3	00	0.4	1
a_1	0.1	011	0.1	011	0.2	010	0.3	01		
a_4	0.1	0100	0.1	0100	0.1	011				
a_3	0.06	01010	0.1	0101						
a_5	0.04	01011								

นอกจากนี้ ยังสามารถคิดความยาวเฉลี่ยของรหัสได้ โดยใช้สมการดังนี้

ความยาวเฉลี่ยของรหัส (L_{avg}) = (0.4)(1)+(0.3)(2)+(0.1)(3)+(0.1)(4)+(0.06)(5)+(0.04)(5)

= 2.2 บิตต่อสัญลักษณ์

3) การเข้ารหัสแบบแลมเพลซิพเวลสหรือแอลแซดดับบลิว (Lempel-Ziv-Welch Coding : LZW) วิธีการเข้ารหัสแบบแลมเพลซิพเวลสหรือแอวเซดดับบลิวเป็นวิธีหลักสำหรับการเข้ารหัสที่ซ้ำซ้อน เป็นเทคนิคเรียกกันว่า Lempel-Ziv-Welch Coding ออกแบบให้เข้ารหัสแบบจำกัดความยาวรหัสของสัญลักษณ์ต่อตัวแปรต้นฉบับ การบีบอัดแบบ LZW กลายเป็นมาตรฐานให้กับการเก็บไฟล์ภาพแบบต่างๆ เช่น Graphic image file format :GIF , The Portable document format :PDF, Tagged image file format: TIFF โดยที่ไม่มีการสูญเสียข้อมูล เร็ว และมีประสิทธิภาพ LZW เป็นกระบวนการเข้ารหัสแบบมี Codebook หรือดิชชินนารี โดยบรรจุด้วยสัญลักษณ์ต้นฉบับกับโครงสร้าง Codebook สำหรับภาพโมโนโซม 8 บิต เริ่มด้วย 256 คำของดิชชินนารี จัดให้มีระดับสีเทาตั้งแต่ 0, 1, 2,... 256 ระดับ การเข้ารหัสจะตรวจสอบทุกพิกเซลของภาพ มีระดับสีเทาอยู่ด้วยตามลำดับ ถ้าตัวแรกมี 2 พิกเซลเป็นสีขาว จะแทนที่ด้วย 255-255 อาจจะให้อยู่ที่ตำแหน่ง 256 ซึ่งจะเก็บสำรองสำหรับระดับสีเทาที่ 0-255 ซ้ำในตัวต่อมา พิกเซลเป็นสีขาวอีก จะทำการเก็บรหัสเป็น 256 ที่ตำแหน่งแทนด้วย 255-255

4) การเข้ารหัสเลขคณิต (Arithmetic Coding) เป็นการเข้ารหัสเลขคณิตที่เริ่มสร้างโดยไม่มีตารางบล็อกจะเป็นแบบหนึ่งต่อหนึ่งระหว่างสัญลักษณ์ข้อมูลกับรหัสที่ไม่ได้มีอยู่ก่อนแหล่งข้อมูลที่มีอยู่ทั้งหมด ทำให้เป็นรหัสเดี่ยวๆ ซึ่งตัวมันเองจะมีช่วงของจำนวนจริงระหว่าง 0 และ 1 เสมือนจำนวนของสัญลักษณ์ในข้อความเพิ่มขึ้น ช่วงที่ใช้จะแทนด้วยจำนวนเล็กกว่าและจำนวนข้อความเป็นยูนิต หรือบิต ที่ต้องการแทนเป็นช่วงที่ใหญ่กว่า แต่ละสัญลักษณ์ของข้อความลดขนาดช่วงรวมกับความน่าจะเป็นที่เกิดขึ้น เพราะเทคนิคนี้ไม่ต้องการแบบฮาฟแมน์ที่สัญลักษณ์ต้องเป็นจำนวนเต็ม ปัจจัยในการเข้ารหัสที่มีพันธะสั้นคือ

(1) การเพิ่มของตัวสุดท้ายอักขระเป็นตัวชี้ในการต้องการแบ่งอักขระจากข้อความทั้งหมด

(2) การใช้เลขคณิตแบบมาตรส่วนและเทคนิคในการวนรอบเป็นการสร้างใหม่ของแต่ละช่วงย่อยๆ กับสัญลักษณ์ความน่าจะเป็น

2.3.2 การบีบอัดภาพแบบมีการสูญเสีย (Lossy compression) เป็นการบีบอัดภาพที่ให้ผลในการยอมให้รายละเอียดบางส่วนของข้อมูลภาพหาย คุณภาพของภาพสูญเสียไปบางส่วน และมีเป้าหมายเพื่อลดขนาดการจัดเก็บ (Storage Size) ให้มากที่สุด และเพิ่มความเร็วในการส่งผ่านข้อมูล (Transfer Rate) รวมถึงความเร็วในการประมวลผล

การบีบอัดภาพประเภทนี้มีหลายแบบ ได้แก่

1) การเข้ารหัสการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์ (Vector Quantization) เป็นวิธีการบีบอัดแบบมีการสูญเสียข้อมูล โดยการแบ่งข้อมูลออกเป็นบล็อคย่อยๆ ขนาด n x n พิกเซล หลักของการเข้ารหัสการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์ คือแทนที่ด้วยบล็อคย่อยของข้อมูลด้วยดัชนีของชุดข้อมูลที่ใช้แทนบล็อคย่อยเหล่านั้น ผลดีของวิธีนี้เป็นเทคนิคที่เข้าใจง่ายและมีประสิทธิภาพในการคลายคืนของรหัส ในกรณีที่ใช้กับข้อมูลเวกเตอร์ขนาดใหญ่ที่ต้องอาศัยการเข้ารหัส ที่มีความซับซ้อนของข้อมูล ซึ่งวิธีนี้สามารถลดความซับซ้อนของข้อมูลในการบีบอัดข้อมูลที่คงคุณภาพได้ดี (F. Chevasuvit and etc,1995)

2) การเข้ารหัสแบบทำนาย (Predictive Coding) เป็นวิธีที่นิยมใช้ในการบีบอัดภาพอีกวิธีหนึ่ง วิธีการนี้สามารถตรวจสอบได้ถึงความสัมพันธ์ระหว่างพิกเซลใกล้เคียง โดยการคาดคะเนค่าพิกเซลรอบๆ ที่สามารถช่วยลดจำนวนบิตของข้อมูลที่ต้องการบีบอัด เป็นวิธีที่ใช้กันเหมือนเทคนิคการเข้ารหัสส่งผ่านที่ใช้บีบอัดภาพแบบใหม่ เพราะวิธีการเข้ารหัสแบบทำนายที่ให้การบีบอัดที่ต่ำและคุณภาพที่ด้วยกว่าวิธีอื่นๆ ของการเข้ารหัสส่งผ่าน

3) การบีบอัดข้อมูลภาพแบบแฟรคทอล (Fractal Compression) เป็นกระบวนการใช้สมการทางคณิตศาสตร์ย่อยๆ ที่สามารถแบ่งข้อมูลภาพเพื่อทำการเข้ารหัส โดยทั่วไปทฤษฎีของการบีบอัดข้อมูลภาพแบบแฟรคทอลใช้พื้นฐานในการแบ่งภาพเป็นเมตริกซ์ที่มีการวิเคราะห์ภาพแบ่งเป็นภาพย่อยที่มีความซ้ำกัน และการลดความซ้ำซ้อนสัมพันธ์กับความเหมือนกันของภาพย่อย เช่น ส่วนภาพ a เหมือนกันส่วนภาพ b จะได้สมการ Y= ax+b

การบีบอัดภาพแบบแฟรคทอลเกี่ยวข้องกับการแปลงข้อมูลภาพซึ่งเป็นฟังก์ชั่นทางคณิตศาสตร์ที่ประกอบด้วย การหมุน (Rotation), การปรับขนาด (Scaling), ความเบ้ (Skewing) และการเลื่อน (Shifting)

4) การบีบอัดภาพด้วยการแปลงภาพ (Transform Based Image-Compression) เป็นพื้นฐานการเข้ารหัสสำหรับการบีบอัดด้วยการส่งผ่านมีวิธีดังนี้

(1) การแปลงข้อมูลภาพ โดยการแบ่งภาพด้นฉบับเป็นบล็อคและแปลงข้อมูลภาพ

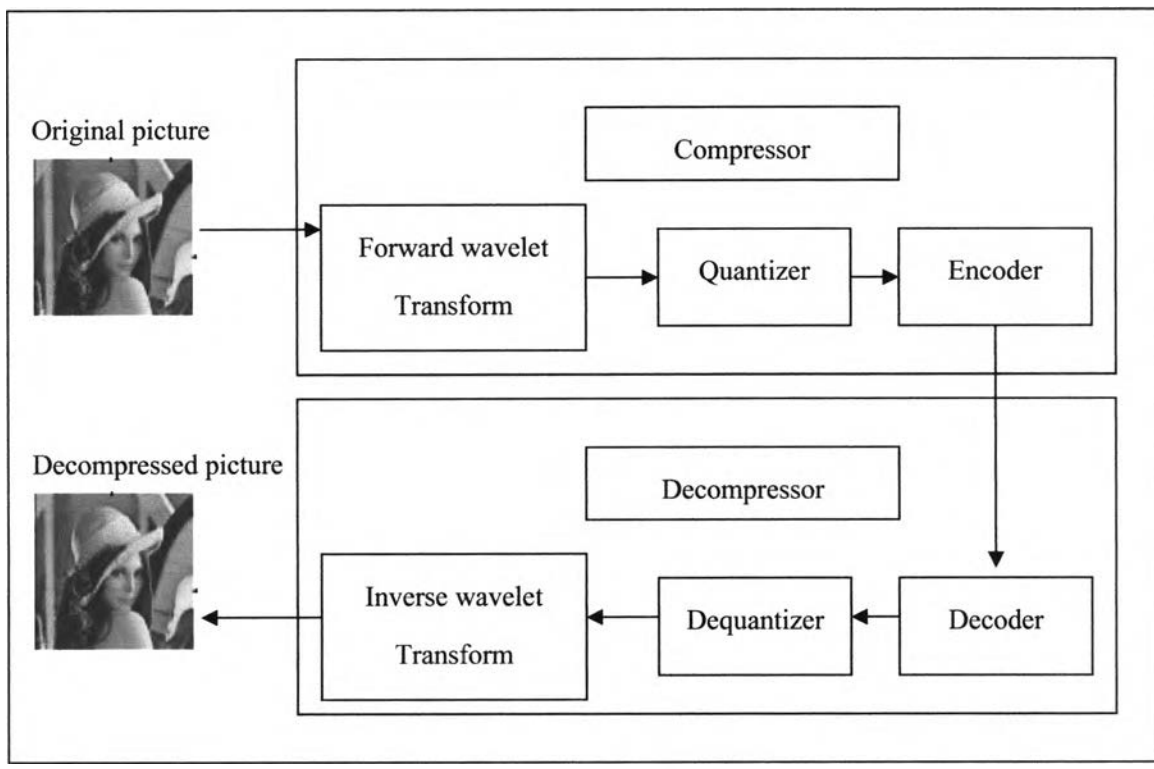
(2) ตัวแปรการคอวนไทซ์เซชั่น นำข้อมูลที่ผ่านการแปลงข้อมูลภาพด้วยการคอวนไทซ์เพื่อลดจำนวนของข้อมูล แปลงเป็นข้อมูลโดเมนใหม่

(3) การเข้ารหัส โดยเข้ารหัสจากการทำควอนไทซ์เซชั่นแล้ว เป็นขั้นตอนสุดท้ายที่ให้ความผิดพลาดน้อยเหมือนวิธีการเข้ารหัสรันท์เลงท์หรือการเข้ารหัสฮัฟแมน

5) การเข้ารหัสส่งผ่านด้วยพื้นฐานดีซีที (DCT-Based Transform Coding) เป็นการประยุกต์เพื่อการบีบอัดภาพที่นิยมใช้โดยเฉพาะการบีบอัดข้อมูลของ JPEG (Joint Photographic Experts Group) ที่เป็นมาตรฐานในการบีบอัดภาพแบบสูญเสีย ซึ่ง DCT-JPEG มีขั้นตอนคือ ทำการแบ่งภาพด้นฉบับเป็นบล็อกย่อยๆ ที่มีขนาด 8 x 8 แต่ละบล็อคทำการแปลงข้อมูลให้อยู่ในโดเมนเป็นโดเมนความถี่ด้วยการใช้ฟังก์ชั่น 2-D DCT และนำผลของการสัมประสิทธิ์ความถี่มาควอนไทซ์เพื่อลดความซ้ำ และผลลัพท์ที่ได้ จะนำมาเข้ารหัสไม่สูญเสียแบบเอนโทรปี ซึ่งวิธีการนี้เป็นรูปแบบที่มีประสิทธิภาพ และJPEG ยังเป็นวิธีการบีบอัดข้อมูลภาพที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย

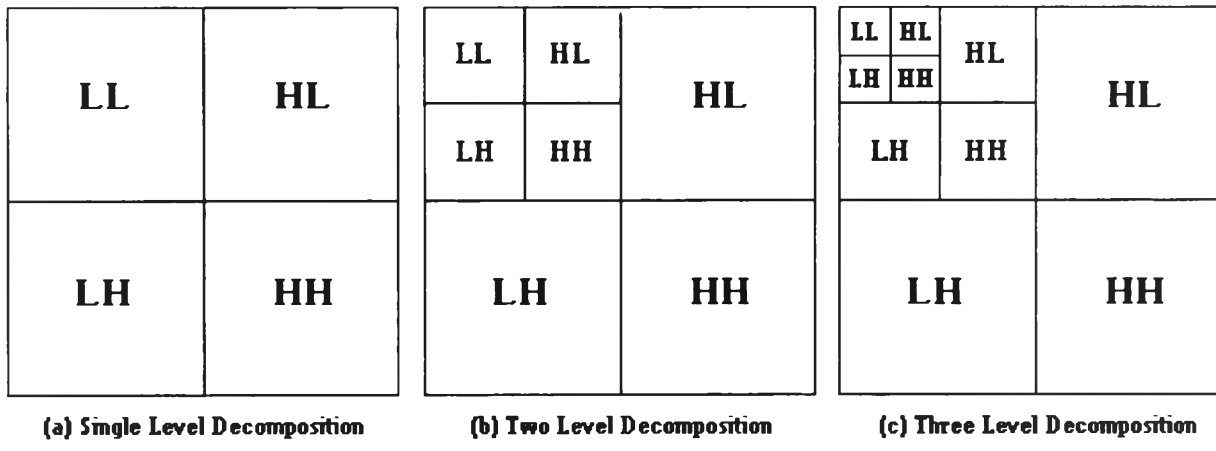
6) MPEG Video Standard เป็นวิธีการประยุกต์ตั้งแต่ปี 1988 และเป็นมาตรฐานที่พัฒนาขึ้นโดย MPEG (Moving Picture Expert Group) ซึ่งเป็นสมาคมนานาชาติที่พัฒนาให้เป็นมาตรฐานการเก็บและบีบอัดข้อมูลของภาพเคลื่อนไหวและเสียงแบบดิจิทัล โดยปัจจุบันมีการพัฒนาจาก MPEG-1, MPEG-2, MPEG-3, MPEG-4, MPEG-7 และ MPEG-21 ซึ่งมุ่งเน้นผลการบีบอัดทางด้านคุณภาพของภาพที่ต่างกันไปตามวัตถุประสงค์การบีบอัด

7) การบีบอัดภาพด้วยการแปลงเวฟเลต เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลความถี่ที่สามารถแบ่งสัญญาณเป็นส่วนๆ อยู่ในรูปของความถี่ที่แตกต่างกัน โดยจะกรองสัญญาณความถี่ต่ำ (ข้อมูลรายละเอียดหยาบ) และสัญญาณความถี่สูง (ข้อมูลรายละเอียดสูง) เพื่อให้ได้รายละเอียดของภาพ และเมื่อนำเข้ารหัสจัดเก็บ จะได้ครอบคลุมความถี่ของภาพ ขั้นตอนการบีบอัดภาพด้วยการแปลงเวฟเลต ประกอบด้วยการบีบอัด 3 ขั้นตอน คือ Forward wavelet transform, Quantization และ Encoding และขั้นตอนการคลายภาพ จะกระทำย้อนกลับจากการบีบอัดภาพ (Inverse wavelet transform, Dequantization และ Decoding เช่นกัน) การแปลงแยกส่วนของภาพให้อยู่ในรูปของความถี่ ที่ต้องผ่านตัวกรองสัญญาณความถี่สูงและตัวกรองสัญญาณความถี่ต่ำ ทำให้ภาพไม่เกิดความผิดเพี้ยนจากการแปลงกลับ หรือการคลายคืนของภาพ



ภาพที่ 2.7: การบีบอัดและการคลายคืนข้อมูลภาพ โดยใช้พื้นฐานการแปลงเวฟเลต

8) การบีบอัดภาพด้วยการแปลงเวฟเลตแบบไม่ต่อเนื่อง (The DWT of an image) เป็นการแปลงที่แยกส่วนประกอบของภาพ โดยการเปลี่ยนข้อมูลภาพให้อยู่ในรูปของความถี่ โดยใช้ตัวกรองสัญญาณความถี่ต่ำ (L) และตัวกรองสัญญาณความถี่สูง (H) ซึ่งตัวกรองสัญญาณความถี่ต่ำ จะทำการวิเคราะห์ความถี่ต่ำของแถวที่มีข้อมูล เพียงครึ่งหนึ่งของข้อมูล แล้วตัวกรองสัญญาณความถี่สูง จะทำการวิเคราะห์ความถี่สูงของแถวเดียวกันกับการกรองสัญญาณความถี่ต่ำ จนได้ข้อมูลในการกรองครบทุกแถวข้อมูล จากนั้นจะทำการกรองแบบเดียวกันในส่วนของคอลัมน์ของข้อมูล ผลลัพธ์ที่ได้ของข้อมูลภาพ 2 มิติ มีค่าสัมประสิทธิ์ประกอบด้วยสัญญาณค่าเฉลี่ย และสัญญาณรายละเอียดที่บรรจุในข้อมูล 4 แบนด์ ดังนี้ LL (low-low), HL (high-low), LH (low-high) and HH (high-high) ที่แบนด์ LL สามารถแยกเป็นแบนด์ย่อยๆ ตามระดับใดๆ ที่ต้องการจัดเก็บ ดังนี้



ภาพที่ 2.8: ส่วนประกอบความละเอียดหลายระดับของภาพ

จากนั้นทำการควอนไทซ์เพื่อลดจำนวนข้อมูลสัมประสิทธิ์การแปลงลงและเข้ารหัสค่าที่ถูกควอนไทซ์ โดยความเป็นจริง การแปลงด้วยเวฟเลตจะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์มีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งเป็นการเพิ่มขนาดที่ต้องการใช้ในการเก็บภาพ

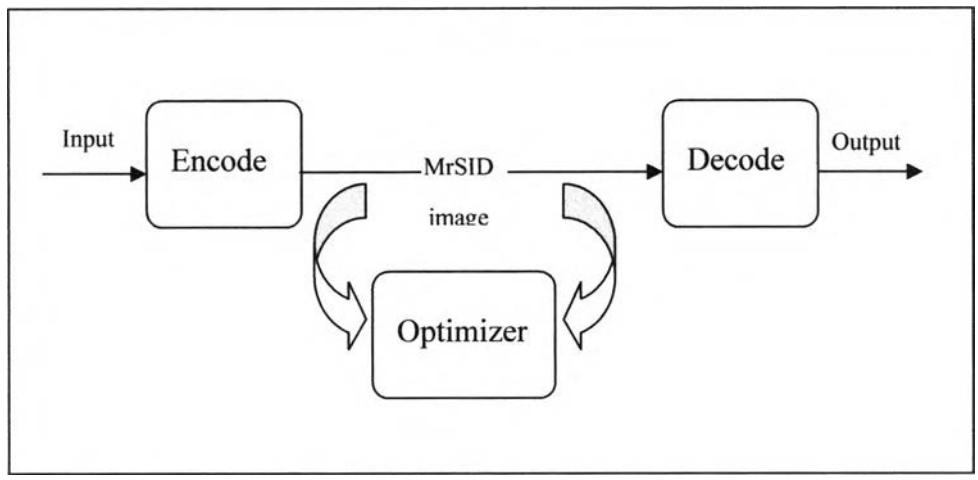
2.3.3 การบีบอัดภาพด้วยMrSID (MrSID: Multiresolution Seamless Image Database) เป็นการพัฒนาการบีบอัดภาพด้วยการแปลงเวฟเลฟโดยบริษัท Lizard Tech's GeoExpress เป็นผู้ผลิตและพัฒนา MrSID เป็นซอฟท์แวร์ที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อรองรับการใช้งานทางด้านภูมิสารสนเทศ ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ในการบีบอัดด้วย MrSID สามารถเรียกดูภาพและจัดการกับภาพได้ทั้งระดับย่อยและทั้งภาพ โดยที่ยังสามารถคงคุณภาพของภาพไว้

การบีบอัดภาพด้วย MrSID ประกอบด้วยโครงสร้าง 2 ส่วน คือ การเข้ารหัสด้วยเทคนิคการบีบอัดแบบสูญเสียในส่วนขนาดไฟล์ และการคลายคืนสำหรับการดูภาพ การบีบอัดภาพด้วย MrSID สร้างด้วย 3 ขั้นตอน

1) กระบวนการเริ่มเข้ารหัสแบบไม่สูญเสียข้อมูล

2) กระบวนการเลือกและวนซ้ำของข้อมูล

3) กระบวนการคัดเลือกคลายคืน หรือการคลายคืนแบบคัดเลือก



ภาพที่ 2.9: หลักการทำงานของการบีบอัดด้วย MrSID

ในส่วนของการเข้ารหัสแบบ MrSID (MrSID Encoding) จะเป็นการทำงานแบบบิต แพลน ในการเข้ารหัส การบีบอัดภาพด้วยการแปลงเวฟเลต การส่งผ่านสี และการบีบอัดแบบไม่สูญเสีย จะเข้าผ่านการเข้ารหัสแบบไบนารี (BAC) โดยในการเข้ารหัสแต่ละครั้ง จะทำการแบ่งภาพด้วยการแบ่งตามระดับการซูม (Zoom level), แบ่งตามแบนด์ย่อย (Subbands), แบ่งตามบล็อกย่อย (Subblocks) และ แบ่งตามบิตแพลน (Bitplanes) ตามลำดับ เมื่อเริ่มต้นการเข้ารหัส การสร้างภาพสามารถใช้อัตราการบีบอัดตั้งแต่ระดับศูนย์ จนถึงระดับสูงสุด ในอัตราการบีบอัดที่ 2:1 จะเป็นลักษณะการบีบอัดแบบไม่สูญเสีย แต่เมื่ออัตราการบีบอัดเพิ่มขึ้น ลักษณะการบีบอัดจะเป็นแบบเดียวกับการบีบอัดภาพแบบเจเปก (JPEG) (http://en.wikipedia.org/wiki/MrSID#Encoding)

ส่วนการถอดรหัสแบบ MrSID (MrSID Decoding) โดยการทำงานของ MrSID เลือกการคลายคืนเป็นกระบวนการกลับของการเข้ารหัส ที่ใช้กระบวนการแปลงเวฟเลตกลับ ด้วยค่าสัมประสิทธิ์เวฟเลตที่ได้จากการเข้ารหัสตอนต้น

ตัวอย่างการแบ่งภาพตามระดับการซูม (Zoom level)

ระดับ 0 – ภาพต้นฉบับ (h xw)

ขนาด 512 x 512

ระดับ 1 – (h/2 x w/2)

ขนาด 256 x 256

ระดับ 2 – (h/4 x w/4)

ขนาด 128 x 128

ระดับ 3 – (h/8 x w/8)

ขนาด 64 x 64

ระดับ 4 – (h/16 x w/16)

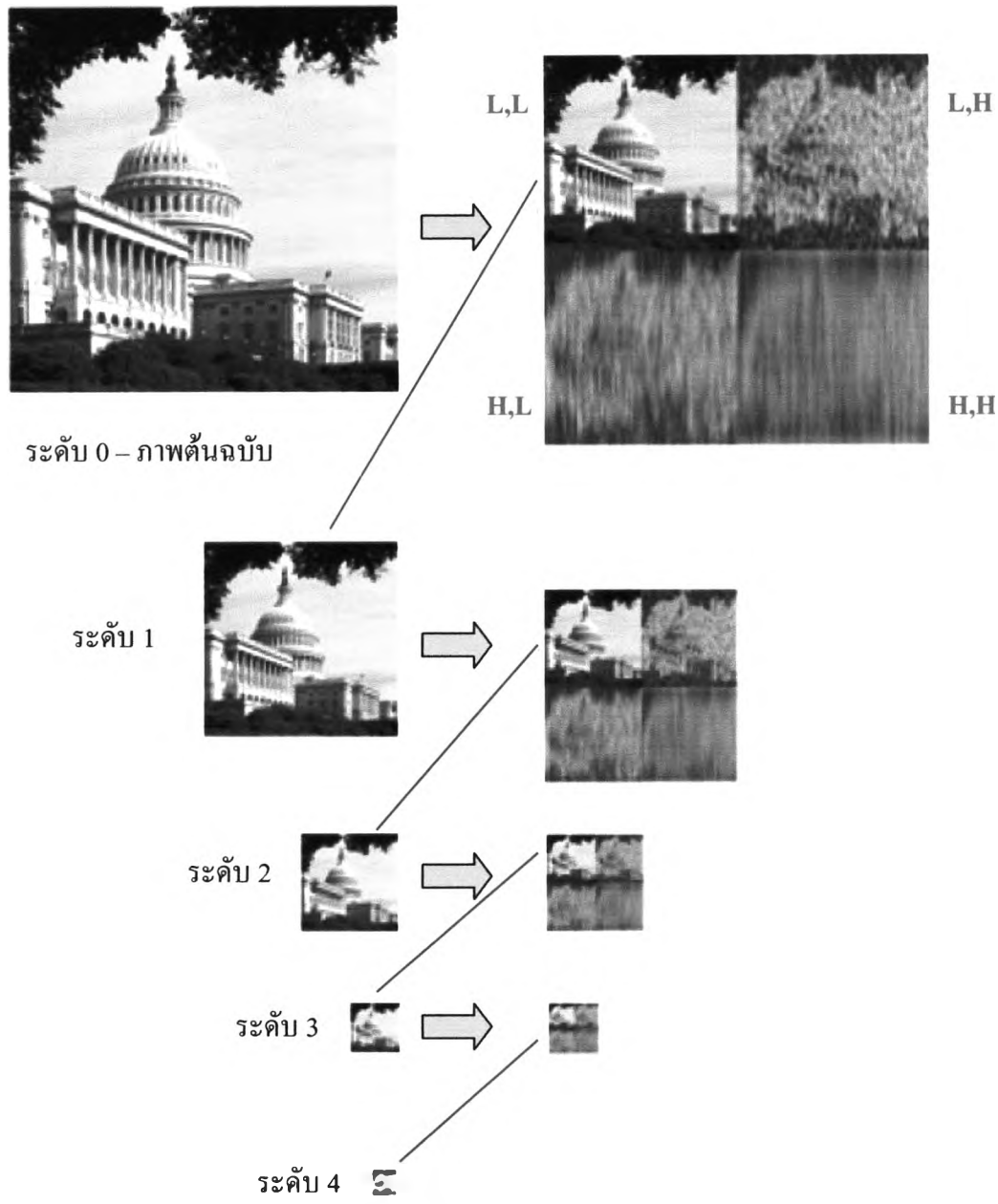
ขนาด 32 x 32

ภาพที่ 2.10: การแบ่งภาพตามระดับการซูม (Zoom level)

(http://en.wikipedia.org/wiki/MrSID#Encoding)

วิธีการแบ่งภาพตามระดับการซูม ผู้ใช้สามารถกำหนดระดับการซูมได้ตามความต้องการ แต่ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับขนาดของภาพต้นฉบับด้วย

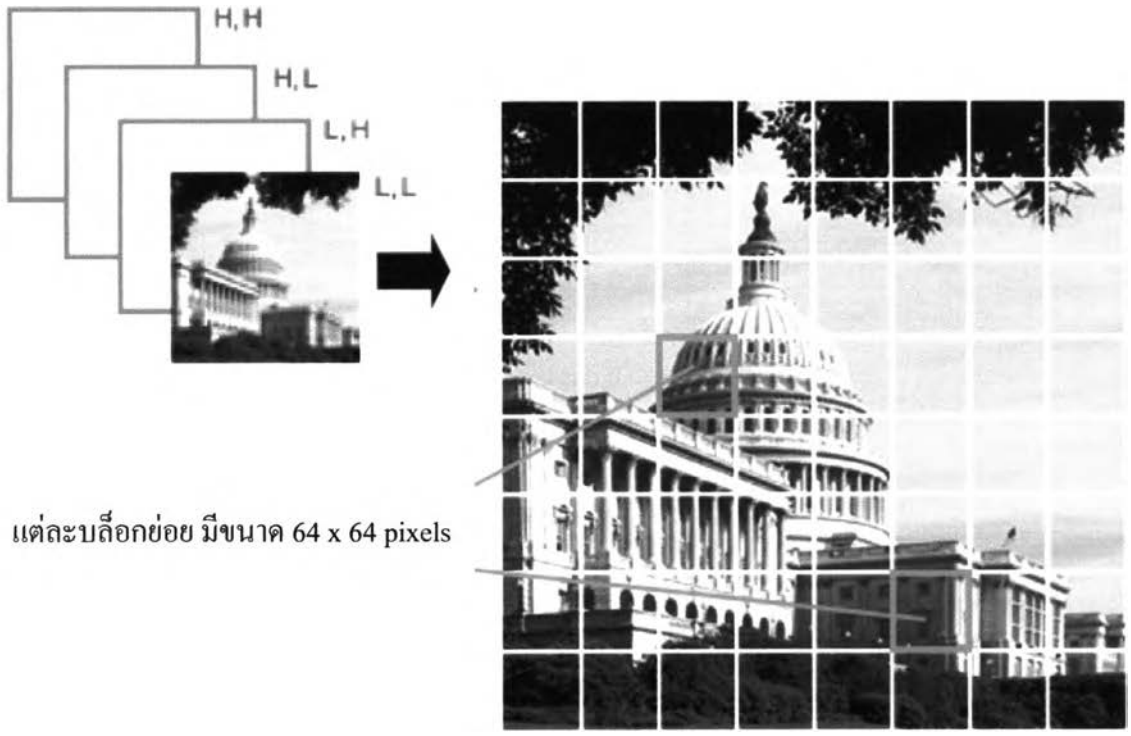
ตัวอย่างการแบ่งภาพเป็นแบนด์ย่อย (Subbands)



ภาพที่ 2.11: การแบ่งภาพเป็นแบนด์ย่อย (Subbands)
(http://en.wikipedia.org/wiki/MrSID#Encoding)

วิธีการแบ่งภาพเป็นแบนด์ย่อย (Subbands) จะแบ่งภาพเป็น 4 แบนด์ย่อยๆ ซึ่งประกอบด้วยความถี่ 4 ช่วง คือ Low-Low, Low-High, High-Low, High-High ในการแบ่งระดับต่อไป จะใช้ภาพจาก Low-low

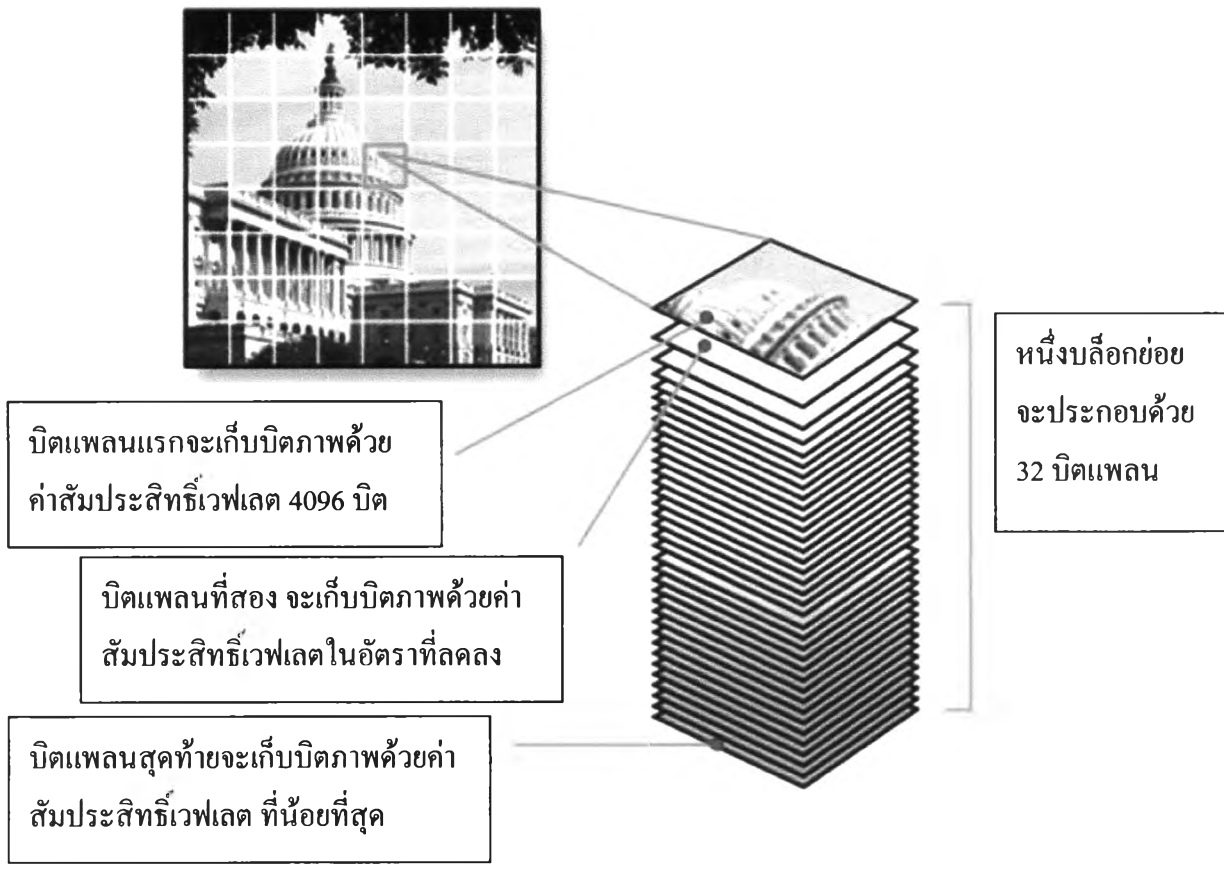
ตัวอย่างแบ่งภาพเป็นบล็อกย่อย (Subblocks)



ภาพที่ 2.12: การแบ่งภาพเป็นบล็อกย่อย (Subblocks)
(http://en.wikipedia.org/wiki/MrSID#Encoding)

วิธีการแบ่งภาพเป็นบล็อกย่อย (Subblocks) จะทำการแบ่งแบนด์ย่อยออกเป็นบล็อกย่อยๆ อีก โดยแต่ละบล็อกย่อย จะมีขนาด 64 x 64 พิกเซล เพื่อทำการจัดเก็บเป็นชุดในลำดับต่อไป

ตัวอย่างการแบ่งภาพเป็นบิตแพลน (Bitplanes)



ภาพที่ 2.13: การแบ่งภาพเป็นบิตแพลน (Bitplanes)
(http://en.wikipedia.org/wiki/MrSID#Encoding)

วิธีการแบ่งภาพเป็นบิตแพลน (Bitplanes) ในการทำงานจะแบ่งแต่ละบล็อกย่อยเป็น 32 บิตแพลน ซึ่งแต่ละบล็อกย่อย มีขนาด 64 x 64 พิกเซล จากนั้นจึงทำการแปลงเป็นค่าสัมประสิทธิ์เวฟเลต ดังนั้น แต่ละบล็อคย่อย จะมีค่าสัมประสิทธิ์เวฟเลตเท่ากับ 4096 ซึ่งก็คือ ในบิตแพลนแรก จะเก็บภาพด้วยค่าสัมประสิทธิ์เวฟเลต 4096 และจะลดลงตามลำดับ จนกระทั่งในบิตแพลนสุดท้าย จะมีค่าสัมประสิทธิ์น้อยที่สุด

หอสมุดกลาง สำนักงานวิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.4 เกณฑ์การเปรียบเทียบคุณภาพของภาพ (Fidelity criteria)

สำหรับการบีบอัดภาพแบบสูญเสียข้อมูล จะทำให้มีบางส่วนของภาพสูญหาย หรือผิดเพี้ยนไปจากต้นฉบับ จึงต้องมีเกณฑ์ในการวัดคุณภาพของภาพหลังการบีบแล้ว เพราะถ้าต้องการบีบอัดภาพในอัตราบีบอัดสูง คุณภาพของภาพ ก็จะแย่ลง แต่ถ้าเลือกคุณภาพของภาพดี อัตราการบีบอัดภาพจะต่ำลง

เกณฑ์ที่นิยมใช้ในการเปรียบเทียบคุณภาพของภาพ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ แบบเทียบกับภาพต้นฉบับ (Subjective fidelity criteria) และแบบเทียบกับภาพที่ถูกบีบอัด (Objective fidelity criteria) (Umbaugh, 1998) (ดวงอาทิตย์ ศรีมูล และยงยุทธ เอกอริยทรัพย์, 2539)

2.4.1 แบบเทียบกับภาพต้นฉบับ (Umbaugh, 1998) ในการทำการเปรียบเทียบแบบนี้ จะใช้ความรู้สึกจากการรับรู้ภาพเป็นเครื่องมือในการตัดสินคุณภาพ และความถูกต้องของภาพ โดยการเปรียบเทียบความรู้สึกของมนุษย์จากการรับรู้ภาพระหว่างภาพต้นฉบับ และภาพที่ผ่านขบวนการบีบอัดแล้ว ซึ่งจะใช้คะแนนค่าเฉลี่ยความคิดเห็น (Mean opinion score: MOS) โดยแบ่งระดับความพอใจเป็น 5 ระดับ คือ 1, 2, 3, 4 และ 5 ซึ่งใช้แทนความหมายว่า แย่มาก, แย่, ปานกลาง, ดี และดีมาก ตามลำดับ

วิธีการนี้ เป็นวิธีที่ดีมาก แต่อย่างไรก็ตาม การทดสอบด้วยวิธีนี้ ทำได้ยากและใช้เวลานานมาก และผลลัพธ์ที่ได้ในแต่ละครั้ง ก็ไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับเงื่อนไขของการทดสอบ เช่น เงื่อนไขการรับรู้ภาพ อุปกรณ์ที่ใช้แสดงภาพ เป็นต้น

รูปแบบของการเทียบกับภาพต้นฉบับ สามารถแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ แบบ Impairment tests ซึ่งจะเปรียบเทียบว่าภาพที่ผ่านการบีบอัดนั้น คุณภาพแย่อย่างไร แบบ Quality tests เปรียบเทียบว่าภาพที่ผ่านการบีบอัดนั้น คุณภาพดีอย่างไร และแบบ Comparison tests เปรียบเทียบภาพที่ผ่านการบีบอัด เหมือนกับภาพต้นฉบับอย่างไร ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3: การให้คะแนนภาพตามหลักสากลที่นิยมใช้กัน (Umbaugh, 1998)

Impairment	Quality	Comparison
5-Imperceptible	A-Excellent	+ 2 - Much better
4-Perceptible,not annoying	B-Good	+ 1 - Better
3-Somewhat annoying	C-Fair	0 - Same
2-Severly annoying	D-Poor	-1 - Worse
1-unusable	E-Bad	-2 – Much worse

2.4.2 แบบเทียบกับภาพที่บีบอัด (Umbaugh, 1998) (Gonzalez และ Woods, 1992) จากข้อเสียของวิธีการเทียบกับภาพต้นฉบับที่เกิดจากมนุษย์ ดังที่กล่าวมา จึงมีการนำคอมพิวเตอร์มาจำลองค่าคุณภาพของภาพที่ได้แทน วิธีการเทียบกับภาพที่บีบอัด ได้แก่ ผลค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Root mean square error: e_{RMS}), อัตราสัญญาณรบกวนเฉลี่ย (Mean square signal to noise ratio: SNR_{MS}), และอัตราส่วนการบีบ (Compression ratio) เป็นต้น วิธีเหล่านี้จะเป็นตัวชี้ความผิดเพี้ยนของภาพด้วยการวัดคุณภาพของภาพ โดยการหาค่าความสูญเสียของภาพระหว่างภาพต้นฉบับ และภาพที่ผ่านขบวนการบีบอัด และจะวัดได้ดีในกรณีที่ภาพเกิดความผิดพลาดโดยสุ่ม (Random error) แต่จะไม่ดีสำหรับความผิดพลาดโครงสร้าง (Structure error) อย่างไรก็ตาม วิธีการนี้ ก็ยังไม่ใช่วิธีที่ดีที่สุด เพราะค่าที่ได้ไม่ได้เกิดจากการรับรู้ของมนุษย์ ทั้งที่ความเป็นจริงมนุษย์เป็นผู้ใช้ภาพ

1) ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Root mean square error: e_{rms}) ถ้ากำหนดให้ $f(x,y)$ แทนภาพข้อมูลเข้า หรือภาพต้นฉบับ และ $f'(x,y)$ แทนภาพที่ผ่านการบีบอัด สำหรับ x และ y ใดๆ แล้ว ค่าความคลาดเคลื่อน $e(x,y)$ ระหว่าง $f(x,y)$ และ $f'(x,y)$ สามารถหาได้จากสมการ 2.1

$$e(x,y) = f'(x,y) - f(x,y) \tag{2.1}$$

ดังนั้น ค่าความคลาดเคลื่อนของภาพต้นฉบับ ขนาด M x N จะได้ดังสมการ 2.2

$$\text{ค่าความคลาดเคลื่อนทั้งหมด} = \frac{1}{MxN}\sum_{X=0}^{M=1}\sum_{y=0}^{N=1}\left[f'(x,y) - f(x,y)\right]^2 \tag{2.2}$$

และค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองระหว่าง $f(x,y)$ และ $f'(x,y)$ หาได้จากสมการ 2.3

$$e_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{MxN}\sum_{X=0}^{M=1}\sum_{y=0}^{N=1}\left[f'(x,y) - f(x,y)^2\right]} \tag{2.3}$$

M = จำนวนพิเซลตามความกว้างของภาพ

N = จำนวนพิเซลตามความยาวของภาพ

f(x,y) =ค่าพิเซลที่ตำแหน่งใดๆ ของภาพต้นฉบับ

f'(x,y) =ค่าพิเซลที่ตำแหน่งใดๆ ของภาพที่ผ่านการบีบอัด

ถ้าค่า e_{RMS} มีค่าน้อย แสดงว่า ภาพที่บีบอัด มีคุณภาพดี

2) ค่าอัตราสัญญาณรบกวนเฉลี่ย (Mean square signal to noise ratio: SNR_{MS}) ในบางกรณี เกณฑ์การวัดความถูกต้อง อาจจะแสดงด้วยอัตราสัญญาณรบกวนเฉลี่ยของภาพที่คลายกลับมา ถ้าพิจารณาภาพที่บีบและคลายกลับมา $f'(x,y)$ เป็น Signal และค่าความคลาดเคลื่อน $e(x,y)$ เป็น noise จะหาค่าอัตราสัญญาณรบกวนเฉลี่ยนี้ จากสมการ 2.4

$$SNR_{MS} = \frac{\sum_{X=0}^{M-1}\sum_{Y=0}^{N-1} f'(x,y)^2}{\sum_{X=0}^{M-1}\sum_{Y=0}^{N-1}[f'(x,y)-f(x,y)]^2} \qquad (2.4)$$

ถ้าค่า SNR_{MS} มีค่ามาก แสดงว่า ภาพที่บีบอัด มีคุณภาพดี

3) อัตราส่วนการบีบอัด (Compression ratio) คือ ความแตกต่างของขนาดแฟ้มข้อมูลต้นฉบับ และแฟ้มข้อมูลที่ผ่านการบีบอัด ซึ่งการคำนวณค่าดังกล่าวมีอยู่หลายวิธี แต่วิธีหนึ่งที่ถูกใช้อย่างแพร่หลาย คือ การแสดงค่าเป็นอัตราส่วนระหว่างข้อมูลต้นฉบับ และข้อมูลที่ผ่านการบีบอัด เช่น 4:1 หรือจะแสดงค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 โดยปกติจะไม่มี 0% ซึ่งจะหมายถึง ไม่มีการบีบอัดข้อมูลภาพ หรือภาพที่ผ่านการบีบอัดมีขนาดเท่ากับภาพต้นฉบับ และถ้า 100% จะหมายถึง ขนาดข้อมูลภาพที่ใช้เก็บภาพเท่ากับ 0 ไบต์ ซึ่งเป็นไปไม่ได้ในความเป็นจริง การหาอัตราการบีบอัด สามารถหาได้จากสมการ 2.5

$$\text{อัตราส่วนการบีบ} = \frac{\text{ขนาดข้อมูลต้นฉบับ}}{\text{ขนาดข้อมูลที่ผ่านการบีบอัด}} \qquad (2.5)$$

หรือคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ได้ดังสมการ 2.6

$$\text{อัตราส่วนการบีบอัด} = \frac{(\text{ขนาดข้อมูลต้นฉบับ} - \text{ขนาดข้อมูลที่ผ่านการบีบ}) \times 100}{\text{ขนาดข้อมูลต้นฉบับ}} \qquad (2.6)$$

2.5 การจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

การจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม สามารถกระทำได้ 2 วิธี คือ การจำแนกข้อมูลภาพด้วยสายตา และการจำแนกข้อมูลภาพด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์

2.5.1 การจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมด้วยสายตา (Visual Classification) เป็นการวินิจฉัย (Identification) หรือ พิสูจน์ข้อมูล หรือสิ่งที่ปรากฏอยู่ในลักษณะต่างๆ จากข้อมูลดาวเทียม หรือภาพถ่ายดาวเทียมนั้นๆ (Satellite Image) ว่าควรเป็นสิ่งใด หรือน่าจะเป็นอะไรในพื้นที่จริงๆ

องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อการนำมาวิเคราะห์ หรือวินิจฉัยในการจำแนกข้อมูล ได้แก่ (สทอภ. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, 2547) และ (Norman Kerle and etc.2004)

1) ความเข้มของสีและสี (Tone/color) ระดับความแตกต่างของความเข้มของสีหนึ่งๆ ขึ้นอยู่กับค่าสะท้อนช่วงคลื่น การทำมุมกับแสง ตลอดจนการเรียงตัวของวัตถุ เช่น ป่าไม้ทึบมีคลอโรฟิลด์ หรือความเขียวมาก ปรากฏเป็นสีเขียวเข้ม ส่วนป่าโปร่ง จะมีสีเขียวจาง หรือ บริเวณที่น้ำลึก จะปรากฏเป็นสีดำ หรือสีเข้ม ส่วนน้ำตื้น หรือน้ำขุ่น จะมีสีจาง เป็นต้น

2) ขนาด (Size) ขนาดของวัตถุที่ปรากฏในภาพ ขึ้นอยู่กับความละเอียดของภาพ หรือมาตราส่วนของภาพ ที่ปรากฏในรูปของความยาว กว้าง หรือพื้นที่ เช่น ความแตกต่างระหว่างแม่น้ำ และคลอง พื้นที่ป่าไม้ธรรมชาติ และสวนป่า เป็นต้น

3) รูปร่าง (Shape) รูปร่างของวัตถุที่เป็นเฉพาะตัวอาจสม่ำเสมอ (regular) หรือรูปร่างไมสม่ำเสมอ (irregular) เช่นสนามบิน พื้นที่นาข้าว ถนน แม่น้ำ คลองชลประทาน และเขื่อนเก็บกักน้ำ เป็นต้น

4) เนื้อภาพ (Texture) หรือความหยาบ/ละเอียดของผิววัตถุ เป็นผลมาจากความสม่ำเสมอของวัตถุที่รวมกันอยู่ หรือความต่อเนื่องของค่าการสะท้อน เช่น สวนยางพารามีเนื้อภาพละเอียด เนื่องจากมีขนาดความสูงใกล้เคียงกัน ซึ่งแตกต่างจากพืชไร่และสวนผสม เป็นต้น

5) รูปแบบ (Pattern) ลักษณะการจัดเรียงตัวของวัตถุปรากฏเด่นชัดเจนระหว่างความแตกต่างตามธรรมชาติและสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น ความแตกต่างระหว่างแม่น้ำ คลอง กับคลองชลประทาน ความแตกต่างระหว่างบ่อ สระน้ำกับเขื่อน เป็นต้น

6) ความสูงและเงา (Height and shadow) เงาของวัตถุมีความสำคัญในการพิจารณาความสูง และมุมของดวงอาทิตย์ เช่น เงาบริเวณเขาหรือหน้าผา เงาของเมฆ เป็นต้น

7) ที่ตั้ง (Site) หรือตำแหน่งของวัตถุที่พบตามธรรมชาติ เช่น พื้นที่ป่าชายเลนพบบริเวณชายฝั่งทะเลน้ำท่วมถึง อ้างถึงสถาพภูมิประเทศหรือตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ และเป็นส่วนช่วยที่สำคัญในการช่วยจำแนกจำเพาะของชนิดพืชได้ จากที่ตั้งที่ปรากฏ

8) ความเกี่ยวพัน (Association) วัตถุบางอย่างมีความเกี่ยวพันกับสิ่งแวดล้อมอื่นๆ เช่น บริเวณที่มีต้นไม้เป็นกลุ่มๆ มักเป็นที่ตั้งของหมู่บ้าน ไร่เลื่อนลอยอยู่ในพื้นที่ป่าไม้บนเขา นากุ้งอยู่บริเวณชายฝั่งรวมกับป่าชายเลน เป็นต้น

2.5.2 การจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมด้วยคอมพิวเตอร์ (Automatic Classification) ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงตัวเลข (Digital Image Data) มี 3 ขั้นตอน ได้แก่

1) การเตรียมข้อมูลเบื้องต้น ได้แก่ การคัดเลือกข้อมูลดาวเทียม และแสดงภาพที่ต้องการจะจำแนก

2) การปรุงแต่งข้อมูลให้สมบูรณ์ก่อนการวิเคราะห์ (Pre-Processing)

3) การประมวลผลข้อมูล (Processing) สามารถทำได้ 2 วิธี คือ การจำแนกข้อมูลภาพดาวเทียมแบบไม่กำกับ (Unsupervised Classification) เป็นการจำแนกประเภทข้อมูลโดยอาศัยค่าสถิติของการสะท้อนแสงช่วงคลื่นแสงวัตถุต่างๆ โดยไม่ใช้ข้อมูลภาคพื้นดินมาช่วยในการจำแนก เรียกว่า clustering และการจำแนกข้อมูลภาพดาวเทียมแบบกำกับ (Supervised Classification) เป็นการจำแนกประเภทข้อมูลโดยอาศัยพื้นที่ตัวอย่าง (Training Area) ของข้อมูลภาคพื้นดินเป็นตัวแทน

4) การปรุงแต่งข้อมูล (Post Processing) เป็นการตกแต่งผลการจำแนกประเภทข้อมูล ให้มีความถูกต้องยิ่งขึ้นโดยใช้การกรองข้อมูล เพื่อให้มีความต่อเนื่องของประเภทข้อมูลตามความเป็นจริง

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาการบีบอัดภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านมา พบว่ามีผู้วิจัยได้ศึกษาวิธีและเทคนิคในการบีบอัดแบบต่างๆ เพื่อประโยชน์ในการจัดเก็บข้อมูลโดยคำนึงถึงวัตถุประสงค์เฉพาะงานนั้นๆ รวมถึงการศึกษาภาพถ่ายดาวเทียมจากดาวเทียมต่างๆ ดังนี้

Lam, Lau, and Li (1999) นำภาพถ่ายดาวเทียม SPOT มาทำการบีบอัดภาพแบบสูญเสียในอัตราการบีบอัดต่างๆ เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางค่าสถิติ ทำให้ทราบถึงแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของกระบวนการบีบอัดภาพที่มีผลต่อภาพ

Karunasekera and Kingsbury (1995) ได้แสดงผลคุณภาพของภาพจากความเบลอของภาพทำให้การรับรู้และการจำแนกทางสายตาผิดไปและงานทางด้านรีโมทเซนซิ่งส่วนใหญ่ยังต้องอาศัยองค์ประกอบในการมองเห็นด้วยสายตาประกอบกับความรู้และประสบการณ์ในการจำแนกข้อมูลเพื่อใช้ในการศึกษาวิเคราะห์พื้นที่ต่างๆ การจำแนกด้วยสายตายังคงมีส่วนช่วยลดขั้นตอนในการทำงานถึงการรับรู้ถึงลักษณะวัตถุในภาพว่าเป็นประเภทใด ทั้งนี้จึงเป็นประเด็นสำคัญที่ต้องศึกษาถึงอัตราการบีบอัดที่ไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของภาพต่อการมองเห็นทางสายตา เพื่อนำวิธีการบีบอัดภาพให้เกิดประโยชน์ในการลดขนาดจัดเก็บ,การส่งผ่าน และการประมวลผลภาพในด้านต่างๆ ในงานรีโมทเซนซิ่งได้

Kittayarusiriwat et al.(1998) ได้นำข้อมูลภาพดาวเทียม JERS-1 และLandsat TM มาบีบอัด โดยนำเสนอการทดลองด้วยซอฟต์แวร์บีบอัดต่างกัน ให้ผลการทดลองเพียงเป้าหมายการลดขนาดตามกำหนด และเปรียบเทียบวิธีการบีบอัดว่าวิธีใดเก็บได้มากที่สุด โดยไม่ได้ระบุบริเวณภาพที่นำมาทดลองให้ภาพดาวเทียมแต่ละดาวเทียม แต่ให้ขนาดของภาพเท่ากัน และไม่ได้ศึกษาอัตราการบีบอัดภาพที่เหมาะสมกับการมองเห็นของภาพในความละเอียดของภาพที่ต่างกัน การบีบอัดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมด้วยวิธีเวกเตอร์ ควอนไทเซชั่นบนรูปแบบเวฟเล็ต ด้วยวิธีการบีบอัดที่มีการสูญเสียบางส่วนของภาพ (Lossy compression) ทำให้เล็งเห็นความสำคัญในการทดลอง เพื่อหาวิธีที่เหมาะสมมาทำการจัดเก็บข้อมูล และยังคงความสำคัญของภาพไว้ให้ได้มากที่สุด เนื่องจากมีอัลกอริธึมในการบีบอัดต่างกัน แนวโน้มการศึกษาการจัดเก็บภาพ มุ่งเน้นไปยังวิธีการบีบอัดภาพแบบสูญเสีย (Lossy Compression) มากขึ้น เพราะการบีบอัดแบบนี้สามารถจัดเก็บข้อมูลได้มากกว่าการบีบอัดภาพแบบไม่สูญเสีย ซึ่งการเลือกเทคนิคการบีบอัดแบบสูญเสียนี้จะมุ่งเน้นถึงการจัดเก็บให้ได้มากและตอบสนองกับพื้นที่การจัดเก็บที่มีจำกัด ส่วนกระบวนการบีบอัดภาพมีการตรวจสอบภาพอยู่ 2 ส่วนใหญ่คือ Objective fidelity measurement เป็นการวัดผลทางปริมาณและ Subjective fidelity measurement เป็นการวัดผลทางคุณภาพให้คงความละเอียดสูง

Li Youping, Xu, and Bian (1999) ศึกษาการบีบอัดภาพที่ให้ผลอัตราการบีบอัด และวัดคุณภาพของภาพที่น่าสนใจในการตรวจสอบภาพที่ได้จากกระบวนการดังกล่าว การศึกษานี้แสดงหาจุดที่เปลี่ยนแปลงของภาพในการมองเห็นผลการบีบอัดภาพ ทำให้สามารถหาความสัมพันธ์ของภาพในการมองด้วยสายตา จึงเป็นส่วนที่ต้องการศึกษา และมีแนวทางในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นที่สามารถตรวจสอบทางด้านคุณภาพของภาพด้วยการประมวลผลด้วยการมองเห็นด้วยตาเปล่าของมนุษย์ได้ โดยแสดงถึงคุณภาพของภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงไปน้อยที่สุดที่ระบบการมองเห็นของมนุษย์ (Human Visual System) สามารถจำแนกได้ เพราะวัตถุประสงค์ในการศึกษาฉบับนี้ต้องการตรวจสอบภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการบีบอัดภาพที่แสดงให้เห็นว่าคุณภาพของภาพมีการเปลี่ยนแปลงที่ยังคงคุณภาพไว้

Hosumora (1999) ศึกษาการบีบอัดภาพถ่ายดาวเทียมแลนด์เซตทั้ง 7 แบนด์โดยการบีบอัดภาพด้วยวิธีการแปลงเวฟเลตและการเข้ารหัสของฮัฟแมน เพื่อแสดงผลการเปรียบเทียบด้วยอัตด้วยค่าทางสถิติและค่า Peak Signal-to-noise ratio (PSNR) และค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย และการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับภาพ

Lillesand and Kiefer (2000) ศึกษาการวิเคราะห์จำแนกภาพด้วยสายตากับงานด้านรีโมทเซนซิ่ง ด้วยงานด้านรีโมทเซนซิ่งมีการจำแนกภาพด้วยสายตาคงความสำคัญใน การวิเคราะห์ข้อมูลที่ต้องอาศัยคุณสมบัติในการตีความของภาพที่เกี่ยวข้องกับ รูปร่าง (Shape), ขนาด (Size), รูปแบบ (Pattern), ความเข้มของสี (Tone), ความหยาบละเอียด (Texture), เงา (Shadows), ที่ตั้ง (Site),

ความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่อง (Association) และ รายละเอียด (Solution) ดังนั้นการบีบอัดภาพที่ให้ผลดีต้องไม่กระทบต่อการมองเห็นภาพและการตีความของภาพผิดเพี้ยนไป เพราะถ้าบีบอัดภาพแล้วทำให้เกิดการดีความลักษณะวัตถุของภาพผิดไป ผลการบีบอัดภาพจะไม่บรรลุวัตถุประสงค์สูงสุด

Eskicioglu ,(2000) ศึกษาถึงเกณฑ์ที่ใช้ในการวัดผลของการบีบอัดที่ผ่านมาถึงการนำสังเกตด้วยสายตาของมนุษย์ที่เป็นเงื่อนไขในการตรวจสอบคุณภาพของภาพโดยทั่วไปใช้ค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยในการแสดงผล แต่ไม่สามารถจับความเบลอและการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลต่อข้อมูลได้ด้วยการตรวจสอบด้วยสายตา โดยการใช้คะแนนตามคุณภาพของภาพ โดยมีการเปรียบเทียบความรู้สึกจากการรับรู้ของมนุษย์เป็นวิธีให้คะแนนค่าเฉลี่ยความคิดเห็น (Mean Opinion Score) เพื่อประกอบการศึกษาวัดผลของภาพ การตรวจสอบด้าน Subjective fidelity criteria ทางการรับรู้ด้วยการมองเห็น โดยแบ่งเป็น 5 ระดับคือ 1, 2, 3, 4 และ 5 และบอกความหมายของคะแนนที่ให้ ดีมาก, ดี, ปานกลาง, แย่ และแย่มาก ตามลำดับ

2.6 บทสรุป

จากการศึกษาพบว่ามีผู้สนใจศึกษาวิธีการบีบอัดภาพ โดยได้นำไปใช้ในการบีบอัดภาพถ่ายอื่นๆ ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะนำภาพถ่ายดาวเทียมมาใช้ในการทดลองบีบอัด เพื่อตอบสนองกับการใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ซึ่งในปัจจุบันมีการใช้งานมากขึ้น ดังนั้น การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการบีบอัดภาพถ่ายดาวเทียมกับการจำแนกภาพด้วยสายตา จึงเป็นแนวทางหนึ่ง ซึ่งจะช่วยทำให้การจัดเก็บข้อมูลภาพดาวเทียมที่มีการใช้มากขึ้น มีประสิทธิภาพ และสามารถส่งผ่านไปยังหน่วยงานต่างๆ ได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

อย่างไรก็ตาม การบีบอัดภาพนั้นสามารถใช้ซอฟท์แวร์ที่มีอยู่อย่างหลากหลาย ทั้งซอฟท์แวร์ที่มีลิขสิทธิ์ หรือฟรีแวร์ต่างๆ แต่การศึกษาครั้งนี้มุ่งศึกษาถึงแนวทางและวิธีการ พร้อมนำผลที่ได้มาประยุกต์ใช้กับงานเท่านั้น ไม่ได้มุ่งถึงซอฟท์แวร์ใดซอฟท์แวร์หนึ่งโดยเฉพาะ อีกทั้งการบีบอัดภาพถ่ายดาวเทียมนั้น สามารถทำได้หลายวิธี ทั้งการบีบอัดแบบไม่มีการสูญเสีย และการบีบอัดแบบมีการสูญเสียบางส่วน ซึ่งมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไปตามความเหมาะสมของภาพ นอกจากนี้ การนำการจำแนกภาพถ่ายดาวเทียมด้วยสายตา และการจำแนกภาพถ่ายดาวเทียมด้วยคอมพิวเตอร์ มาช่วยในการวิเคราะห์ภายหลังการบีบอัดภาพนั้น จะช่วยทำให้สามารถตรวจสอบคุณภาพของภาพที่ได้หลังการบีบอัดได้