บทที่ 3

การอัดข้อมูลแบบเข้ารหัสการแปลงด้วยเทคนิคควอดทรี

จากลำดับการอัดข้อมูลรูปภาพโดยใช้เทคนิคแบบเข้ารหัสการแปลงดังแสดงในรูปที่ 1 แล้วนั้น ขั้นตอนที่เป็นจุดสนใจในการทำวิจัยก็คือการคัดเลือกสัมประสิทธิ์ที่มีความสำคัญต่อรูปภาพ ซึ่งวิธีการคัดเลือกมีอยู่สองวิธีคือ การคัดเลือกสัมประสิทธิ์แบบเข้ารหัสตามโซนและใช้การคัดเลือกสัมประสิทธิ์แบบเข้ารหัสขีดแบ่งดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 2

แนวคิดในการทำวิจัยครั้งนี้คือ การพัฒนาการอัดข้อมูลของการคัดเลือกค่าสัมประสิทธิ์แบบขีดแบ่งโดยไม่จำกัดความถี่ของรูปภาพ ด้วยการนำเทคนิคควอดทรี(Quad tree) เข้ามาเสริมดังจะอธิบายต่อไปนี้

<u>การแบ่งโซนสัมประสิทธิ์แบบควอดทรี และการคัดเลือกโซนโดยวิธีเข้ารหัสขีดแบ่ง</u>

จากที่ได้กล่าวมาแล้วว่าค่าสัมประสิทธิ์ที่มีค่าสูงเป็นค่าที่มีความสำคัญ ดังนั้นการคัดเลือกสัมประสิทธิ์ด้วยวิธีเข้ารหัสขีดแบ่งโดยคัดเลือกเฉพาะค่าสัมประสิทธิ์ทีมีค่าสูงกว่าระดับขีดแบ่งที่ตั้งไว้จึงเป็นวิธีการคัดเลือกโซนความถี่ที่สามารถนำไปใช้กับรูปภาพซึ่งไม่ทราบโซนความถี่ของรูปภาพและไม่สามารถประเมินล่วงหน้าได้ แต่วิธีนี้มีข้อเสียคือจะต้องส่งตำแหน่งของสัมประสิทธิ์ไปพร้อมกับตัวสัมประสิทธิ์ด้วยเสมอ จึงมีผลทำให้อัตราส่วนการอัด (Compression Ratio) ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับการคัดเลือกสัมประสิทธิ์ที่กำหนดโซนความถี่ล่วงหน้า นอกจากนี้แล้วคุณภาพของรูปที่ได้จากการกระจายกลับยังขึ้นอยู่กับค่าขีดแบ่งว่าจะคัดเลือกค่าสัมประสิทธิ์ที่สำคัญได้เหมาะสมเพียงใด การเลือกระดับขีดแบ่งสำหรับงานวิจัยครั้งนี้จะกล่าวถึงในหัวข้อต่อไป

การแบ่งโซนความถี่ตามโครงสร้างของควอดทรี ซึ่งเป็นการแบ่งในลักษณะลำดับชั้น(Hierarchy) โดยพื้นที่การแปลงจะถูกแบ่งเป็นโครงสร้างข้อมูลแบบต้นไม้ที่มีกิ่งยื่นออกมาจากโหนด(Node)ที่ไม่ใช่โหนดปลายทาง(Terminal Node)เท่ากับ 4 กิ่ง นั่นคือจะแบ่งข้อมูลในพื้นที่การแปลงออกเป็นสี่ส่วนหรือสี่โซนเท่าๆกัน แล้วพิจารณาคัดเลือกสัมประสิทธิ์ในแต่ละโซนว่าควรจะจัดเก็บข้อมูลหรือควรจะแบ่งพื้นที่ในโซนออกไปอีกสี่ส่วน หรือควรจะตัดโซนนี้ทิ้งไป การแบ่งโซนและใช้รหัสโครงสร้างควอดทรีแบบนี้จะสามารถลดอัตราส่วนการอัดลงได้ เนื่องจากการคัดเลือกข้อมูลที่เก็บจะคัดเลือกสัมประสิทธิ์เป็นโซนๆซึ่งขนาดของ

โซนจะเปลี่ยนแปลงไปตามความเหมาะสม นอกจากนี้ยังสามารถเก็บรหัสโครงสร้างของควอดทรีเพื่อใช้แทนตำแหน่งของสัมประสิทธิ์ที่คัดเลือกไว้ซึ่งโดยเฉลี่ยรหัสของโครงสร้างของควอดทรีจะมีขนาดเล็กกว่ารหัสตำแหน่งของสัมประสิทธิ์โดยตรง

สำหรับการแบ่งโซนความถี่ตามโครงสร้างของควอดทรี และการเลือกระดับขีดแบ่งที่เหมาะสมซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญในการอัดข้อมูลแบบเข้ารหัสการแปลงที่เสนอมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

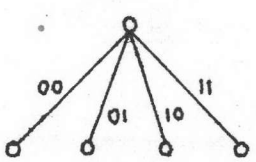
1. <u>การแบ่งโซนความถี่ตามโครงสร้างของควอดทรี</u>

การแบ่งโซนความถี่ตามโครงสร้างของควอดทรีโดยใช้ค่าขีดแบ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.1 ทำการแปลง DCT กับข้อมูลรูปภาพขนาด N x N พิกเซล โดย N มีค่า 2^n เมื่อ n = 2,3,4,... ทั้งนี้เพื่อให้สามารถแบ่งตัวสร้างควอดทรีได้

1.2 แบ่งโซนตามโครงสร้างควอดทรีเพื่อคัดเลือกสัมประสิทธิ์ ด้วยระดับขีดแบ่งที่เลือกใช้ โดยหลักการพิจารณาจะใช้เฉพาะค่าสัมบูรณ์เท่านั้นเพราะถือเอาขนาดเป็นสำคัญ

1.2.1 แบ่งสัมประสิทธิ์DCTออกเป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมย่อยเท่าๆกัน ในที่นี้ขอเรียกพื้นที่สี่เหลี่ยมย่อยว่าบล็อค เช่นจากบล็อคขนาด N x N แบ่งหนึ่งในสี่จะได้บล็อคขนาดเท่ากับ N/2 x N/2 จำนวน 4 บล็อค ถ้าพิจารณาตามโครงสร้างควอดทรีก็จะได้ทรีที่มีโหนดปลายทาง 4 โหนดนั่นเอง กำหนดรหัสเส้นทางให้แก่โหนดทั้งสี่หรือรหัสแทนบล็อคทั้งสี่คือ 00 01 10 และ 11 ดังแสดงในรูปที่ 11 และพิจารณาคัดเลือกสัมประสิทธิ์ในแต่ละบล็อคเรียงตามลำดับในทิศตามเข็มนาฬิกาคือเริ่มจากบล็อค 00->01->10->11



00	01
11	10

รูปที่ 11 แสดงรหัสเส้นทางของควอดทรี

1.2.2 คำนวณค่าขีดแบ่งด้วยฟังก์ชันคำนวณค่าขีดแบ่ง $f(X_{NxN})$ ตามหัวข้อที่ 2 ที่จะกล่าวต่อไป เมื่อ X_{NxN} เป็นสัมประสิทธิ์ในบล็อคขนาด N X N และคำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(Standard Diviation) SD เพื่อใช้ช่วยพิจารณาคัดเลือกสัมประสิทธิ์ตามผังงานในรูปที่ 12 เริ่มต้นด้วยการพิจารณาส่วนย่อยที่ 1 หรือโหนดที่มีเส้นทาง 00 สมมติให้ขณะนี้ส่วนย่อยมีขนาด N/2 x N/2 ให้คำนวณหาค่า $f(X_{N/2xN/2})$ และ $SD_{N/2xN/2}$ แล้วใช้หลักการพิจารณาคัดเลือกสัมประสิทธิ์ดังนี้

หลักการพิจารณาคัดเลือกสัมประสิทธิ์จะพิจาณา $SD_{N/2xN/2}$ เทียบกับ SD_{NxN} ก่อน ถ้า $SD_{N/2xN/2}$ น้อยกว่า SD_{NxN} จึงพิจารณาค่าขีดแบ่ง $f(X_{N/2xN/2})$ เปรียบเทียบกับ $f(X_{NxN})$ ดังนี้

- ถ้า $SD_{N/2xN/2}$ มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ SD_{NxN} แสดงว่าในบล็อคย่อยขนาด N/2 x N/2 นี้ข้อมูลมีการกระจายสูงคือมีความเป็นไปได้ว่ามีข้อมูลบางส่วนที่มีค่าสูงกว่าค่าขีดแบ่งมากปะปนอยู่ จึงสมควรที่จะพิจารณาโดยแบ่งบล็อคนี้เป็นสี่ส่วนย่อยลงไปอีกเพื่อคัดเลือกเฉพาะสัมประสิทธิ์ค่าที่มากกว่านั้น เพราะฉะนั้นให้แบ่งส่วนย่อยขนาด N/2 x N/2 นี้ออกเป็น 4 ส่วนย่อยคือขนาดบล็อคละ N/4 x N/4 แล้วเริ่มพิจารณาตามข้อ 1.2.2 ใหม่สำหรับแต่ละส่วนย่อยนี้

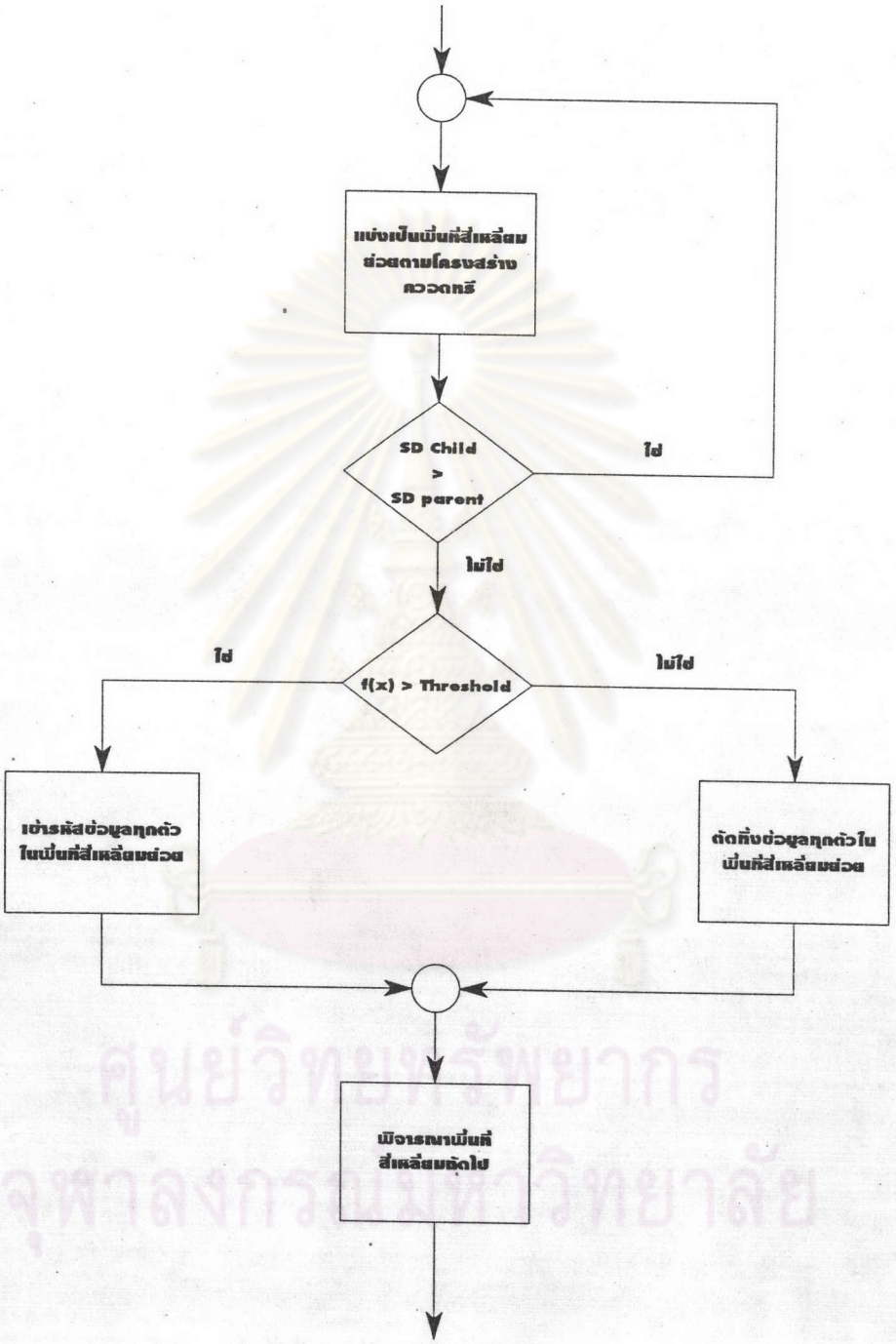
- ถ้า $SD_{N/2xN/2}$ มีค่าน้อยกว่า SD_{NxN} แสดงว่าในบล็อคย่อยขนาด N/2 x N/2 นี้มีการกระจายต่ำให้พิจารณาเปรียบเทียบกับค่าขีดแบ่งต่อไปดังนี้

- ถ้า $f(X_{N/2xN/2})$ มีค่ามากกว่าค่าขีดแบ่งแสดงว่าข้อมูลสมาชิกส่วนใหญ่ในบล็อคย่อยขนาด N/2 x N/2 นี้มีค่ามากกว่าค่าขีดแบ่ง เพราะฉะนั้นสมควรที่จะคัดเลือกเก็บสัมประสิทธิ์ทุกตัวในบล็อคย่อยนี้ โดยให้จัดเก็บค่าสัมประสิทธิ์ในบล็อคตามข้อ 1.2.4

- ถ้า $f(X_{N/2xN/2})$ มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าขีดแบ่งแสดงว่าในบล็อคย่อยขนาด N/2 x N/2 นี้ข้อมูลส่วนใหญ่มีค่าน้อยกว่าค่าขีดแบ่ง เพราะฉะนั้นสมควรที่จะตัดสัมประสิทธิ์ทุกตัวในบล็อคย่อยนี้ทิ้ง

จากนั้นให้กลับไปเริ่มพิจารณาตามข้อ 1.2.2 ซ้ำสำหรับส่วนย่อยขนาดเดียวกันซึ่งก็คือบล็อคขนาด N/2 x N/2 ของโหนดถัดไปในระดับเดียวกัน เช่นเมื่อมาสิ้นสุด ณ โหนดที่มีเส้นทาง 00 จะกลับไปพิจารณาโหนดที่เส้นทาง 01 ต่อไป ยกเว้นกรณีสิ้นสุดที่โหนดของเส้นทาง 11 จะต้องกลับไปพิจารณาโหนดในระดับที่สูงขึ้น 1 ระดับของเส้นทางถัดไปเช่นเมื่อการแบ่งตัวมาสิ้นสุด ณ โหนดที่ลงมาตามเส้นทาง 00 และ 11 ซึ่งก็คือบล็อคขนาด N/4 x N/4 ในระดับที่ 2 ก็จะย้ายมาพิจารณาที่โหนดในระดับที่ 1 ของเส้นทาง 01 ซึ่งก็คือบล็อคขนาด N/2 x N/2 นั่นเอง

รูปที่ 12 แสดงผังงานของการคัดเลือกสัมประสิทธิ์อย่างคร่าวๆ



รูปที่ 12 แสดงผังงานของการคัดเลือกสัมประสิทธิ์อย่างคร่าวๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.2.3. จัดเก็บหรือจัดส่งสัมประสิทธิ์ดีซีแยกเป็นพิเศษ เพราะถือว่าเป็นค่าที่มีความสำคัญที่แสดงถึงค่าเฉลี่ยความเข้มของรูปภาพ

1.2.4. นำสัมประสิทธิ์ที่ถูกคัดเลือกมาทำการเข้ารหัสควอนไทซ์และอัดข้อมูลแบบย้อยกลับได้ การเข้ารหัสสัมประสิทธิ์ในบล็อคที่ผ่านการคัดเลือกทำโดยใส่รหัสโครงสร้างของควอดทรีแทนตำแหน่งของสัมประสิทธิ์ไว้หน้าสัมประสิทธิ์ที่อยู่ภายใต้โครงสร้างควอดทรีนั้น ส่วนการจัดเก็บค่าสัมประสิทธิ์ภายในบล็อคจะจัดเรียงแบบใดก็ได้แต่ต้องสัมพันธ์กับการกระจายกลับ รหัสโครงสร้างควอดทรีมีส่วนประกอบ 2 ส่วนหลักคือ

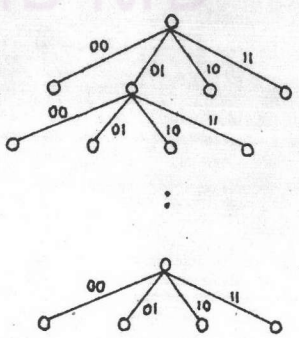
- ระดับของโหนดปลายทาง(Level of Terminal Node) โดยจำนวนบิตอย่างน้อยที่สุดที่ต้องมีเพื่อใช้แทนระดับของโหนดจะเท่ากับ $\text{Round}(\log_2(\log_2 N)) + 1$ เมื่อ Round หมายถึงปัดเศษทิ้ง
- เส้นทางจากรากที่นำมายังโหนดปลายทาง โดยจำนวนบิตที่ใช้แทนเส้นทางจะเท่ากับ 2 x (Level of Node)

ส่วนค่าสัมประสิทธิ์ที่ตามมาจะมีจำนวนตามระดับของโหนด คือ $N^2/2^{2(\text{level of node})}$ รูปที่ 13 จะแสดงการจัดเก็บสัมประสิทธิ์และรหัสโครงสร้างควอดทรี

...	ระดับของโหนด	เส้นทาง	สัมประสิทธิ์	...

รูปที่ 13 แสดงรูปแบบการจัดเก็บสัมประสิทธิ์ด้วยโครงสร้างควอดทรี

ระดับของโหนด	ขนาดของส่วนย่อย
0	N x N
1	N/2 x N/2
2	N/4 x N/4
:	:
$(\log_2 N)-1$	2 x 2
$\log_2 N$	1 x 1



รูปที่ 14 แสดงขนาดและระดับของโหนดในโครงสร้างควอดทรี

<u>ตัวอย่าง</u> ข้อมูลต่อไปนี้เป็นผลจากการแปลงด้วย DCT ของส่วนหนึ่งของภาพดอกกุหลาบ จะทำการคัดเลือกสัมประสิทธิ์ที่สูงกว่าค่าขีดแบ่งซึ่งในตัวอย่างนี้ใช้ค่ามัธยฐาน และแบ่งโซนเพื่อพิจารณาและเข้ารหัสตามโครงสร้างควอดทรี

ค่ามัธยฐานรวม MD_{NxN} เมื่อ N = 8

ข้อมูลค่าสัมบูรณ์ของสัมประสิทธิ์ DCT ไม่รวมสัมประสิทธิ์ดีซี เป็นดังนี้

		m							
		0	1	2	3	4	5	6	7
	0	DC.	27.01	3.18	3.59	0.38	3.41	0.17	3.14
	1	77.50	2.03	7.83	2.27	1.82	0.53	3.06	1.58
	2	14.03	7.51	0.90	1.59	1.95	0.57	2.63	3.56
n	3	12.37	0.48	0.62	1.22	1.59	1.14	1.20	3.13
	4	9.37	2.87	0.74	3.16	2.62	1.31	1.45	2.78
	5	13.10	0.20	3.29	0.17	1.53	2.56	2.49	0.98
	6	8.92	2.33	0.38	3.92	1.76	3.27	1.40	1.46
	7	4.19	5.24	4.89	1.03	3.28	1.16	4.15	3.87

ค่าเฉลี่ยมัธยฐานรวม MD_{8x8} หรือ ค่าขีดแบ่ง = 2.49

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน SD_{8x8} = 10.17

- พิจารณาส่วนย่อยแรก ขนาด N/2 x N/2 = 4 x 4

ระดับของโหนดคือ 01_2 เส้นทางคือ 00_2

0.00 27.01 3.18 3.59

77.50 2.03 7.83 2.27

14.03 7.51 0.90 1.59

12.37 0.48 0.62 1.22

MD_{4x4} = 3.18, SD_{4x4} = 19.13

ค่า SD_{4x4} มีค่ามากกว่า SD_{8x8} ดังนั้นให้แบ่งข้อมูลออกเป็นส่วนย่อยขนาด 2 x 2 แล้วพิจารณาในแต่ละส่วนย่อยตามแบบเดิมดังนี้

ระดับของโหนดคือ 10_2 เส้นทางคือ 0000_2

0.00 27.01

77.50 2.03

$MD_{2x2} = 14.50$, $SD_{2x2} = 31.23$

ค่า SD_{2x2} มีค่ามากกว่า SD_{4x4} ดังนั้นให้แบ่งข้อมูลออกเป็นส่วนย่อย ขนาด 1 x 1 แล้วพิจารณาแบบเดิม จะพบว่าค่าสัมประสิทธิ์ที่อยู่ในเกณฑ์ที่จะเข้ารหัสคือ SD_{1x1} น้อยกว่า SD_{2x2} และ MD_{1x1} มากกว่าค่าขีดแบ่ง ได้แก่ค่า 27.01 และ 77.50 รหัสที่ได้จะเป็นดังนี้

...	11	000001	ค่าสัมประสิทธิ์ 27.01	...

และ

...	11	000011	ค่าสัมประสิทธิ์ 77.50	...

- พิจารณาส่วนย่อยขนาด 2 x 2 ถัดมา

ระดับของโหนดคือ 10_2 เส้นทางคือ 0001_2

3.18 3.59

7.83 2.27

$MD_{2x2} = 3.38$, $SD_{2x2} = 2.14$

ค่า SD_{2x2} มีค่าน้อยกว่า SD_{4x4} และค่าเฉลี่ยมัธยฐานของส่วนย่อยนี้มีค่ามากกว่าค่าขีดแบ่ง ดังนั้นให้เข้ารหัสส่วนย่อยนี้ รหัสที่ได้เป็นดังนี้

...	10	0001	ค่าสัมประสิทธิ์ 3.18,3.59,7.83,2.27	...

- พิจารณาส่วนย่อยขนาด 2 x 2 ถัดมา

ระดับของโหนดคือ 10_2 เส้นทางคือ 0010_2

0.90 1.59

0.62 1.22

$MD_{2x2} = 1.06$, $SD_{2x2} = 0.36$

ค่า SD_{2x2} มีค่าน้อยกว่า SD_{4x4} และค่าเฉลี่ยมัธยฐานของส่วนย่อยนี้มีค่าน้อยกว่าค่าขีดแบ่ง ดังนั้นให้ตัดส่วนย่อยนี้ทิ้ง

- พิจารณาส่วนย่อยขนาด 2 x 2 ถัดมา

ระดับของโหนดคือ 10_2 เส้นทางคือ 0011_2

14.03 7.51

12.37 0.48

$MD_{2x2} = 9.94$, $SD_{2x2} = 5.26$

ค่า SD_{2x2} มีค่าน้อยกว่า SD_{4x4} และค่าเฉลี่ยมัธยฐานของส่วนย่อยนี้มีค่ามากกว่าค่าขีดแบ่ง ดังนั้นให้เข้ารหัสส่วนย่อยนี้ รหัสที่ได้เป็นดังนี้

...	10	0011	ค่าสัมประสิทธิ์ 14.03,7.51,12.37,0.48	...

- พิจารณาส่วนย่อยขนาด 4 x 4 ถัดมา

ระดับของโหนดคือ 01_2 เส้นทางคือ 01_2

0.38	3.41	0.17	3.14
1.82	0.53	3.06	1.58
1.95	0.57	2.63	3.56
1.59	1.14	1.20	3.13

$MD_{4x4} = 1.70$, $SD_{4x4} = 1.12$

ค่า SD_{4x4} มีค่าน้อยกว่า SD_{8x8} และค่าเฉลี่ยมัธยฐานของส่วนย่อยนี้มีค่าน้อยกว่าค่าขีดแบ่ง ดังนั้นให้ตัดส่วนย่อยนี้ทิ้ง

- พิจารณาส่วนย่อยขนาด 4 x 4 ถัดมา

ระดับของโหนดคือ 01_2 เส้นทางคือ 10_2

2.62	1.31	1.45	2.78
1.53	2.56	2.49	0.98
1.76	3.27	1.40	1.46
3.28	1.16	4.15	3.87

$MD_{4x4} = 2.12$, $SD_{4x4} = 0.98$

ค่า SD_{4x4} มีค่าน้อยกว่า SD_{8x8} และค่าเฉลี่ยมัธยฐานของส่วนย่อยนี้มีค่าน้อยกว่าค่าขีดแบ่ง ดังนั้นให้ตัดส่วนย่อยนี้ทิ้งเช่นกัน

- พิจารณาส่วนย่อยขนาด 4 x 4 ส่วนสุดท้าย

ระดับของโหนดคือ 01_2 เส้นทางคือ 11_2

9.37	2.87	0.74	3.16
13.10	0.20	3.29	0.17
8.92	2.33	0.38	3.92
4.19	5.24	4.89	1.03

$MD_{4x4} = 3.22$, $SD_{4x4} = 3.58$

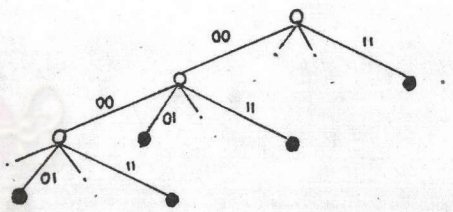
ค่า SD_{4x4} มีค่าน้อยกว่า SD_{8x8} และค่าเฉลี่ยมัธยฐานของส่วนย่อยนี้มีค่ามากกว่าค่าขีดแบ่ง ดังนั้นให้เข้ารหัสส่วนย่อยนี้ รหัสที่ได้เป็นดังนี้

...	01	11	ค่าสัมประสิทธิ์ 9.37,2.87,0.74,3.16,13.10,0.20,3.29 ...

... 0.17,8.92,2.33,0.38,3.92,4.19,5.24,4.89,1.03	...

เมื่อพิจารณาเฉพาะโหนดที่ได้รับการเข้ารหัส นำมาสร้างควอดทรี จะได้ลักษณะดังแสดงในรูปที่ 15

ระดับของโหนด	ขนาดของส่วนย่อย
$0, 00_2$	8 x 8
$1, 01_2$	4 x 4
$2, 10_2$	2 x 2
$3, 11_2$	1 x 1



รูปที่ 15 แสดงตัวอย่างควอดทรีขนาด 8 x 8 พิกเซล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>ตัวอย่าง</u> ผลของการเข้ารหัสโดยใช้เทคนิคควอดทรี ด้วย Threshold จากค่าเฉลี่ยมัธยฐานสำหรับสัมประสิทธิ์ DCT ของส่วนหนึ่งของภาพตารางหมากรุกซึ่งมีความถี่สูงกว่าภาพดอกกุหลาบ เมื่อ N = 8

ข้อมูลค่าสัมบูรณ์ของสัมประสิทธิ์ DCT ไม่รวมสัมประสิทธิ์ดีซี และค่าที่ได้รับการคัดเลือกให้เข้ารหัสซึ่งแสดงโดยค่าที่ขีดเส้นใต้ เป็นดังนี้

$$MD_{8x8} = 19.58 \ , SD_{8x8} = 35.09$$

0.00	17.68	70.97	31.21	22.50	6.21	5.04	26.46
17.38	13.89	55.76	24.52	17.68	4.88	3.96	20.79
70.97	55.76	223.87	98.44	70.97	19.58	15.91	83.45
31.21	24.52	98.44	43.29	31.21	8.61	7.00	36.70
22.50	17.68	70.97	31.21	22.50	6.21	5.04	26.46
6.21	4.88	19.58	8.61	6.21	1.71	1.39	7.30
5.04	3.96	15.91	7.00	5.04	1.39	1.13	5.93
26.46	20.79	83.45	36.70	26.46	7.30	5.93	31.11

รหัสที่ได้เป็นดังนี้

DC.	10	0001	70.97,31.21,55.76,24.52	.....
...	11	001000	223.87	....
...	11	001001	98.44	....
...	11	001010	43.29	....
...	11	001011	98.44	....
...	10	0011	70.97,55.76,31.21,24.52	....

หมายเหตุ การจัดส่งสัมประสิทธิ์ภายในบล๊อคสำหรับตัวอย่างนี้ เรียงลำดับจากซ้ายไปขวา บนลงล่าง

2. การเลือกระดับขีดแบ่งที่เหมาะสม

ระดับขีดแบ่งที่เหมาะสม คือระดับที่คัดเลือกเฉพาะค่าสัมประสิทธิ์ที่มีความสำคัญต่อการกระจายกลับสู่รูปภาพเดิมไว้ ซึ่งก็คือข้อมูลที่มีค่าสัมบูรณ์ของสัมประสิทธิ์สูงๆ นั่นเอง สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ มีแนวความคิดในการเลือกค่าขีดแบ่งโดยใช้ฟังก์ชันคำนวณค่าขีดแบ่ง $f(X_{N\times N})$ ดังนี้

- เลือกใช้ค่า Optimum Threshold ซึ่งได้จากการพิจารณาค่า Normalized Mean Square Error,NMSE กับจำนวนสัมประสิทธิ์ที่ใช้ในการแปลงกลับ นั่นคือเมื่อพล็อตกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า NMSE และจำนวนสัมประสิทธิ์ที่ใช้ลงบนแกนค่าขีดแบ่ง จุดตัดของกราฟทั้งสองจะให้ค่า Optimum Threshold ดังตัวอย่างกราฟในรูปที่ 16

- เลือกใช้ค่ามัธยฐานของค่าสัมบูรณ์ของสัมประสิทธิ์ขนาด N x N โดยไม่รวมสัมประสิทธิ์ดีซี ทั้งนี้เพราะค่ามัธยฐานจะแบ่งข้อมูลออกเป็นสองส่วนเท่าๆกัน ดังนั้นจำนวนสัมประสิทธิ์ที่ถูกคัดเลือกจะเป็นครึ่งหนึ่งของจำนวนสัมประสิทธิ์ทั้งหมดจึงประกันได้ว่าเป็นการอัดข้อมูลให้ขนาดเล็กลง

- เลือกใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของค่าสัมบูรณ์ของสัมประสิทธิ์ยกกำลังสอง($\overline{X^2}$)ขนาด N x N โดยไม่รวมสัมประสิทธิ์ดีซี นั่นคือการคัดเลือกเฉพาะสัมประสิทธิ์ที่มีพลังงานมากกว่าค่าเฉลี่ยของพลังงานรวม

- เลือกใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของค่าสัมบูรณ์ของสัมประสิทธิ์ขนาด N x N โดยไม่รวมสัมประสิทธิ์ดีซี

3. สรุปขั้นตอนการแบ่งโซนความถี่ตามโครงสร้างของควอดทรี

หลังจากที่เลือกระดับขีดแบ่งที่เหมาะสมได้แล้ว ขั้นตอนการแบ่งโซนความถี่ที่ได้เสนอมาสามารถสรุปเป็นขั้นตอนย่อยที่สำคัญได้ดังนี้

3.1 ทำการแปลงรูปภาพด้วย DCT

3.2 แบ่งโซนแบบควอดทรีเพื่อคัดเลือกสัมประสิทธิ์ที่สูงกว่าระดับขีดแบ่ง

3.3 จัดเก็บหรือจัดส่งสัมประสิทธิ์ดีซี

3.4 เข้ารหัสโครงสร้างของควอดทรีกับสัมประสิทธิ์เอซีที่ได้จากการคัดเลือก ทำการควอนไทซ์ อัดข้อมูลแบบย้อยกลับได้ แล้วจัดส่งหรือจัดเก็บข้อมูลเหล่านี้ต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I17173565