ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรื่อง วิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึมในพื้นที่ย่อยของโดเมนสำหรับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล

โดย นางสาวศรีสุภา รัตนางกูร

ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์

_____คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(อาจารย์ ดร.มงคล หวังสถิตย์วงษ์)

18 พฤษภาคม 2550

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

_____ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กันต์พงษ์ วรรัตน์ปัญญา)

_____กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ นิตย์สุวัฒน์)

_____กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พยุง มีสัจ)

_____กรรมการ

(ร.ต.ต.หญิง ดร.นิดาพรรณ สุรีรัตนันท์)

วิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึมในพื้นที่ย่อยของโดเมนสำหรับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล

นางสาวศรีสุภา รัตนางกูร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา
บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปีการศึกษา 2549
ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ชื่อ : นางสาวศรีสุภา รัตนางกูร
ชื่อวิทยานิพนธ์ : วิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึมในพื้นที่ย่อยของโดเมนสำหรับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล
สาขาวิชา : เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กันต์พงษ์ วรรัตน์ปัญญา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ นิตย์สุวัฒน์
ปีการศึกษา : 2549

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันได้มีวิธีการหลากหลายที่จะเข้ารหัสข้อมูลประเภทภาพนิ่ง วิธีการหนึ่งที่ใช้กันอย่างกว้างขวางก็คือ การเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล ซึ่งเป็นวิธีการที่สามารถดำเนินการบีบอัดข้อมูลได้ในอัตราสูง และถอดรหัสข้อมูลได้รวดเร็ว อย่างไรก็ตามวิธีการนี้ยังมีข้อด้อยในเรื่องของเวลาในการเข้ารหัสที่ต้องใช้เวลานาน ซึ่งเกิดจากในขั้นตอนของการค้นหาคู่ของส่วนที่คล้ายกันระหว่างเรนจ์บล็อกและโดเมนบล็อกภายในพื้นที่ของโดเมนทั้งหมด งานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะลดขนาดพื้นที่ของโดเมนในการค้นหา แล้วนำรูปแบบการผสมผสานวิธีการฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึมสำหรับการจัดจำแนกลักษณะของบล็อกข้อมูล หรือเรียกว่า ตัวจำแนกแบบเอฟจีเอ มาใช้ในขั้นตอนการจับคู่ของบล็อก เพื่อที่จะได้ค้นหาเฉพาะในกลุ่มข้อมูลที่มีลักษณะคล้ายกัน และในพื้นที่ย่อยของโดเมนแทนการค้นหาจากพื้นที่ของโดเมนทั้งหมด จากผลการทดลองวิธีการที่นำเสนอนี้สามารถเพิ่มความเร็วในการเข้ารหัสขึ้นมากกว่า 99% เมื่อเทียบกับวิธีการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลดั้งเดิม

(วิทยานิพนธ์มีจำนวนทั้งสิ้น 78 หน้า)

คำสำคัญ : การเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล พื้นที่ของโดเมน พื้นที่ย่อยของโดเมน วิธีการฟัซซีจีเนติกอัลกอริทึม

_____ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

Name : Miss Srisupa Rattanangkul
Thesis Title : Fuzzy-GA Classifier in Subdomain Pool for Fractal Image Coding
Major Field : Computer Technology
King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok
Thesis Advisors : Assistant Professor Dr. Kuntpong Woraratpanya
Assistant Professor Dr. Supot Nitsuwat
Academic Year : 2006

Abstract

Recently, there are several methods to encode a still image. One of them is fractal image coding. This technique can perform high compression ratio and quick decoding time. However, its encoding time in matching any pair of similar points between a range block and domain pool is still a main drawback. Thus, this research focuses to desize the domain pool and then employs a hybrid of fuzzy method with genetic algorithm as a Fuzzy-GA (FGA) classifier in the block mapping step. By this way, the matching procedure can be done in only a considered class and in a subdomain pool, instead of the entire space. Experimental results show that the proposed method can speed up the encoding time more than 99% when compared with the traditional fractal image coding .

(Total 78 pages)

Keywords : Fractal Image Coding, Domain Pool, Subdomain Pool, Fuzzy Method, Genetic Algorithm

_____ Advisor

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์คือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กันต์พงษ์ วรรัตน์ปัญญา ที่ให้ความเอาใจใส่ ช่วยเหลือ และกรุณาสละเวลาในการให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ของการวิจัยมาโดยตลอด ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ นิตย์สุวัฒน์ อาจารย์ ร.ต.ต.หญิง ดร.นิดาพรรณ สุรีรัตนันท์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พยุง มีสัจ ที่ได้สละเวลาในการแก้ไขและให้คำแนะนำในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ท้ายสุดนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ผู้ซึ่งชี้แนวทางความรู้และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาตั้งแต่ต้นจนสำเร็จการศึกษา

ศรีสุภา รัตนางกูร

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ค
กิตติกรรมประกาศ		ง
สารบัญตาราง		ช
สารบัญภาพ		ฌ
บทที่ 1	บทนำ	1
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์	2
	1.3 สมมติฐานการวิจัย	2
	1.4 ขอบเขตการวิจัย	2
	1.5 คำจำกัดความในการวิจัย	2
	1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ	3
บทที่ 2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
	2.1 พื้นฐานการบีบอัดข้อมูลภาพ	4
	2.2 การบีบอัดข้อมูลภาพแบบแฟรกทอล	5
	2.3 การจัดกลุ่มด้วยวิธีการฟัซซี	12
	2.4 จีเนติกอัลกอริทึม	16
	2.5 การวัดประสิทธิภาพการบีบอัดข้อมูลภาพ	21
	2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	22
บทที่ 3	ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	25
	3.1 วิเคราะห์ปัญหาการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล	25
	3.2 การออกแบบการวิจัยการใช้วิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึมในพื้นที่ย่อยของโดเมน สำหรับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล	26
	3.3 กระบวนการทำงานของวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึมในพื้นที่ย่อยของโดเมน สำหรับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล	28

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
	3.4 การถอดรหัสภาพที่เข้ารหัสแบบแฟรกทอล	41
	3.5 กลุ่มตัวอย่างภาพในการวิจัย	41
	3.6 การประเมินประสิทธิภาพและการวัดคุณภาพของภาพ	43
บทที่ 4	ผลการวิจัย	44
	4.1 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลองการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลดั้งเดิม	44
	4.2 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลของการใช้วิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึม สำหรับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล	45
	4.3 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลของการใช้วิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึมในพื้นที่ย่อยของโดเมน สำหรับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล	50
	4.4 วิเคราะห์ผลการทดลอง	51
บทที่ 5	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	55
	5.1 สรุปผลการวิจัย	55
	5.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัย	56
เอกสารอ้างอิง		57
ภาคผนวก ก		59
	การแบ่งพื้นที่เป็นส่วนย่อยเพื่อจัดระดับความซับซ้อน	59
ภาคผนวก ข		64
	การแสดงภาพที่สร้างกลับจากการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลด้วยวิธีการต่าง ๆ	64
ภาคผนวก ค		69
	ผลการทดลองการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลด้วยวิธีการต่าง ๆ	69
ประวัติผู้วิจัย		78

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2-1	การแปลงเชิงเรขาคณิต	10
3-1	ค่าความเหมาะสม (F) ในแต่ละโครโมโซม	36
3-2	ค่าความเหมาะสม (F) และค่าความน่าจะเป็น (P) ในแต่ละโครโมโซม	37
3-3	ค่าความเหมาะสม (F) ค่าความน่าจะเป็น (P) ค่าความถี่สะสม และจำนวนที่สุ่มได้ ในแต่ละโครโมโซม	37
3-4	เลขสุ่มที่ได้ และลำดับที่สุ่ม	38
3-5	จำนวนบิตที่ใช้ในการเข้ารหัสภาพของวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึมในพื้นที่ย่อยของโดเมนสำหรับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล	41
4-1	ผลการทดลองในการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลดั้งเดิมที่กระทำกับภาพ Lena.bmp	44
4-2	ผลการทดลองการใช้วิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึม สำหรับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลที่กระทำกับภาพ Lena.bmp	45
4-3	ความสัมพันธ์ระหว่างการเลือกกลุ่มกับคุณภาพของภาพที่ได้จากการเข้ารหัส	46
4-4	ผลการทดลองการใช้วิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึมในพื้นที่ย่อยของโดเมน สำหรับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลที่กระทำกับภาพ Lena.bmp	50
4-5	ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ย่อยของโดเมนขนาดต่าง ๆ กับคุณภาพของภาพ	51
4-6	ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ย่อยของโดเมนขนาดต่าง ๆ กับความเร็วในการเข้ารหัส	51
4-7	ผลการทดลองการใช้วิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึมในพื้นที่ย่อยของโดเมนสำหรับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลที่ค่า Threshold = 0.1	54

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ค-1	ผลการทดลองในการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลในวิธีการต่าง ๆ ที่กระทำกับภาพ Saturn.bmp	70
ค-2	ผลการทดลองในการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลในวิธีการต่าง ๆ ที่กระทำกับภาพ Lena.bmp	72
ค-3	ผลการทดลองในการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลในวิธีการต่าง ๆ ที่กระทำกับภาพ Barbara.bmp	74
ค-4	ผลการทดลองในการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลในวิธีการต่าง ๆ ที่กระทำกับภาพ Bikes.bmp	76

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2-1	ประเภทของอัลกอริทึมการบีบอัดข้อมูล	5
2-2	โครงสร้างการถอดรหัสภาพแบบแฟรกทอล	6
2-3	ภาพต้นแบบที่ได้จากการถอดรหัสโดย (ก) ทำซ้ำในครั้งที่ 1, (ข) ครั้งที่ 2, (ค) ครั้งที่ 5 และ (ง) ครั้งที่ 10	7
2-4	การแบ่งส่วนของภาพ (ก) แบบ Fixed-Size-Square Blocks (ข) แบบสี่ส่วน (ค) แบบ HV และ (ง) แบบสามเหลี่ยม	9
2-5	กลุ่มโดเมนบล็อกที่สามารถแปลงไปเป็นเรนจ์บล็อก	10
2-6	การเปรียบเทียบตรรกะ (ก) ตรรกะแบบจริงเท็จและ (ข) ฟัซซีลอจิก	12
2-7	การกำหนดค่าความเป็นสมาชิกของเซตทวินัยและเซตแบบฟัซซี	13
2-8	โครงสร้างพื้นฐานของการประมวลผลแบบฟัซซี	15
2-9	ขั้นตอนการประมวลผลแบบฟัซซี	15
2-10	โครโมโซมทางพันธุศาสตร์	18
2-11	การสลับสายพันธุ์ทางพันธุศาสตร์ (ก) ก่อนการสลับสายพันธุ์ (ข) หลังการสลับสายพันธุ์	18
2-12	วัฏจักรของจีเนติกอัลกอริทึม	20
2-13	ลักษณะของบล็อกภาพ	23
3-1	กระบวนการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึมในพื้นที่ย่อยของโดเมนสำหรับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล	28
3-2	การแบ่งภาพ Lena.bmp ขนาด 256×256 แบบแบ่งสี่ส่วน (Quadtree) โดยกำหนดให้บล็อกใหญ่ที่สุดมีขนาด 8×8 พิกเซล และบล็อกที่เล็กที่สุดมีขนาด 4×4 พิกเซล	29
3-3	การออกแบบพื้นที่ย่อยของโดเมน	30
3-4	ลักษณะบล็อกในกลุ่มต่าง ๆ	31
3-5	การแบ่งส่วนของบล็อกข้อมูล	31
3-6	บล็อกต้นแบบในแต่ละลักษณะ	34
3-7	โครโมโซมที่ได้จากการสุ่ม	35
3-8	แบบจำลองการหมุนวงล้อถ่วงน้ำหนัก	37

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
3-9	การแปลงข้อมูลโครโมโซมให้อยู่ในลักษณะเลขฐาน 2 มีค่าอยู่ในช่วง 0000-1111	38
3-10	การสลับสายพันธุ์ของโครโมโซมพ่อและแม่	39
3-11	การกลายพันธุ์ของโครโมโซม	39
3-12	ภาพต้นแบบในการทดลองเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล	42
4-1	จำนวนตัวอย่างประชากรที่ขนาดต่าง ๆ	48
4-2	อัตราการเกิดการสลับสายพันธุ์ที่ระดับต่าง ๆ	48
4-3	อัตราการเกิดการกลายพันธุ์ที่ระดับต่าง ๆ	49
4-4	จำนวนรุ่นประชากรที่ระดับต่าง ๆ	49
4-5	ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของภาพกับขนาด Bit Rate ของภาพ Lena.bmp	52
4-6	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่ใช้ในการเข้ารหัสของภาพกับขนาด Bit Rate ของภาพ Lena.bmp	52
4-7	ภาพต้นฉบับและภาพที่สร้างกลับจากวิธีการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลในวิธีการต่างๆ ทั้ง 3 วิธี	53
ก-1	การแบ่งพื้นที่เป็นส่วนย่อยของข้อมูลภาพต้นแบบ Saturn.bmp	60
ก-2	การแบ่งพื้นที่เป็นส่วนย่อยของข้อมูลภาพต้นแบบ Lena.bmp	61
ก-3	การแบ่งพื้นที่เป็นส่วนย่อยของข้อมูลภาพต้นแบบ Barbara.bmp	62
ก-4	การแบ่งพื้นที่เป็นส่วนย่อยของข้อมูลภาพต้นแบบ Bikes.bmp	63
ข-1	การถอดรหัสภาพจากการเข้ารหัสภาพด้วยวิธีต่าง ๆ ของภาพต้นแบบ Saturn.bmp	65
ข-2	การถอดรหัสภาพจากการเข้ารหัสภาพด้วยวิธีต่าง ๆ ของภาพต้นแบบ Lena.bmp	66
ข-3	การถอดรหัสภาพจากการเข้ารหัสภาพด้วยวิธีต่าง ๆ ของภาพต้นแบบ Barbara.bmp	67
ข-4	การถอดรหัสภาพจากการเข้ารหัสภาพด้วยวิธีต่าง ๆ ของภาพต้นแบบ Bikes.bmp	68

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ค-1	ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของภาพกับขนาด Bit Rate ของภาพ Saturn .bmp	71
ค-2	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่ใช้ในการเข้ารหัสของภาพกับขนาด Bit Rate ของภาพ Saturn.bmp	71
ค-3	ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของภาพกับขนาด Bit Rate ของภาพ Lena .bmp	73
ค-4	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่ใช้ในการเข้ารหัสของภาพกับขนาด Bit Rate ของภาพ Lena.bmp	73
ค-5	ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของภาพกับขนาด Bit Rate ของภาพ Barbara.bmp	75
ค-6	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่ใช้ในการเข้ารหัสของภาพกับขนาด Bit Rate ของภาพ Barbara.bmp	75
ค-7	ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของภาพกับขนาด Bit Rate ของภาพ Bikes.bmp	77
ค-8	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่ใช้ในการเข้ารหัสของภาพกับขนาด Bit Rate ของภาพ Bikes.bmp	77

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันได้มีการคิดค้นวิธีการมากมายที่นำมาใช้ในการเข้ารหัสข้อมูลที่เป็นภาพนิ่ง โดยในแต่ละวิธีจะมีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกันไป หนึ่งในวิธีการเหล่านั้นได้แก่ วิธีการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล ซึ่งเป็นวิธีการเข้ารหัสภาพที่ให้อัตราการบีบอัดภาพสูง และใช้เวลาน้อยในการถอดรหัส [4] โดยการเข้ารหัสภาพด้วยวิธีนี้ เริ่มต้นจากการแบ่งภาพเพื่อกำหนดพื้นที่เป็นสองส่วนคือ ส่วนของต้นฉบับเรียกว่า "เรนจ์บล็อก" และส่วนของพื้นที่ที่มีความเหมือนหรือใกล้เคียงกับต้นฉบับนั้นเรียกว่า "โดเมนบล็อก" โดยข้อมูลโดเมนบล็อกทั้งหมดจะถูกเก็บไว้ภายในส่วนที่เรียกว่า "พื้นที่ของโดเมน" (Domain Pool) จากนั้นทำการเข้ารหัสตำแหน่งที่เหมือนกันของทั้งสองส่วน โดยเรนจ์บล็อกจะทำการค้นหาโดเมนบล็อกที่เหมือนหรือใกล้เคียงกันภายในพื้นที่ของโดเมน จากขั้นตอนดังกล่าวจะเกิดข้อด้อยในเรื่องของเวลาที่ใช้ในการค้นหาคู่ของส่วนที่เหมือนกัน ซึ่งต้องทำการค้นหาทุก ๆ ส่วนภายในพื้นที่ของโดเมนทำให้ใช้เวลานาน ดังนั้นถ้าสามารถลดขนาดพื้นที่ของโดเมนให้เล็กลง และลดจำนวนครั้งของการค้นหาระหว่างเรนจ์บล็อกกับโดเมนบล็อกลงได้ จะทำให้เวลาที่ใช้ในการเข้ารหัสภาพลดน้อยลงไปได้ด้วย ในงานวิจัยนี้จึงได้นำเอาวิธีการลดขนาดพื้นที่ของโดเมน [4], [17] เข้ามาใช้ โดยทำการคำนวณและแบ่งส่วนของพื้นที่ของโดเมนออกเป็นระดับชั้นตามแนวแกน Y ทำให้ขอบเขตในการค้นหาข้อมูลแคบลงจากเดิมคือ จะทำการค้นหาเฉพาะภายในพื้นที่ย่อยของโดเมน (Subdomain Pool) ที่กำหนดเท่านั้น แล้วนำเอารูปแบบการผสมผสานวิธีการฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึม [3] สำหรับการจัดจำแนกลักษณะของบล็อกข้อมูล หรือเรียกว่า "ตัวจำแนกแบบเอฟจีเอ" มาทำการจัดจำแนกข้อมูลแบ่งแยกตามลักษณะของบล็อกกล่าวคือ ลักษณะบล็อกแบบลำดับชั้นของสี (Shade Block) บล็อกแบบเส้นแบ่งบล็อก (Edge Block) และบล็อกแบบวงกลมกึ่งกลาง (Hole Block) โดยทำการหาค่าความเป็นสมาชิกในแต่ละบล็อกข้อมูลเพื่อกำหนดกลุ่มที่เหมาะสมให้กับบล็อกข้อมูลนั้น ๆ ซึ่งเมื่อนำวิธีการทั้งสองมาผนวกเข้ากับวิธีการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลแล้ว ทำให้ในส่วนของการค้นหาคู่ของส่วนที่เหมือนกันของเรนจ์บล็อกและโดเมนบล็อกจะทำการค้นหาภายในกลุ่มที่เหมือนกันในพื้นที่ย่อยของโดเมนตามที่ได้กำหนดไว้ โดยไม่จำเป็นต้องค้นหาทุก ๆ ส่วนภายในพื้นที่ของโดเมน ทำให้เวลาที่ใช้ในการเข้ารหัสภาพลดลง โดยคุณภาพของภาพนิ่งที่ได้จากเข้ารหัสแบบดังกล่าวอาจจะลดน้อยลงบ้างแต่อยู่ในระดับที่ยอมรับได้

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึมในพื้นที่ย่อยของโดเมน ในการลดเวลาการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล

1.3 สมมติฐานการวิจัย

เวลาในการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล ที่ใช้วิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึมในพื้นที่ย่อยของโดเมนลดลง เมื่อเทียบกับวิธีการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลดั้งเดิม

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1.4.1 ภาพที่ใช้ทำการวิจัย เป็นภาพนิ่งระดับสีเทา (Gray Scale Image) โดยภาพมีขนาดความละเอียดของข้อมูลภาพเป็น 256×256 พิกเซล มีส่วนขยายเป็น .bmp (Bit Map Pixel)

1.4.2 การเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลโดยอาศัยวิธีการลดขนาดพื้นที่ของโดเมน [4], [17]

1.4.3 การจัดกลุ่มข้อมูลโดยใช้วิธีการฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึม [3]

1.4.4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเวลาที่ใช้ในการเข้ารหัสภาพ กับจำนวนบิตที่ใช้ในหนึ่งพิกเซล (Bit Rate) ที่ได้จากการนำวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึมในพื้นที่ย่อยของโดเมนสำหรับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล กับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลดั้งเดิม

1.4.5 การคำนวณหาคุณภาพของภาพที่ได้จากการถอดรหัส โดยหาค่าอัตราสัญญาณข้อมูลกับสัญญาณรบกวน (PSNR) เปรียบเทียบกับจำนวนบิตที่ใช้ในหนึ่งพิกเซลที่ได้จากการนำวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึมในพื้นที่ย่อยของโดเมน สำหรับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลกับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลดั้งเดิม

1.4.6 ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมของงานวิจัยนี้ คือ Matlab Version 6.5 ฮาร์ดแวร์ที่ใช้ประกอบด้วย CPU Pentium 4 3.2 GHz หน่วยความจำ 512 MB ฮาร์ดดิสก์ 80 GB และระบบปฏิบัติการ Windows XP

1.5 คำจำกัดความในการวิจัย

1.5.1 การเข้ารหัสภาพ (Image Encoding) หมายถึง การสร้างลักษณะหรือรูปแบบในการเก็บข้อมูลที่ได้ผ่านการเปลี่ยนแปลงจากข้อมูลที่แท้จริงของพื้นที่ของภาพต้นฉบับ (Original Image) ให้อยู่ในรูปแบบของรหัสที่แทนข้อมูลนั้น และมีการใช้พื้นที่ในการเก็บข้อมูลที่ลดลง

1.5.2 การถอดรหัสภาพ (Image Decoding) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบของรหัสให้เป็นข้อมูลที่แท้จริงของพื้นที่ของภาพ โดยสร้างเป็นภาพใหม่ (Reconstruction) ที่มีคุณภาพเหมือนหรือใกล้เคียงกับภาพต้นฉบับ

1.5.3 พื้นที่ของโดเมน (Domain Pool) หมายถึง พื้นที่จำลองที่เก็บส่วนของโดเมนบล็อกทั้งหมดที่เป็นไปได้ภายในภาพ

1.5.4 พื้นที่ย่อยของโดเมน (Subdomain Pool) หมายถึง พื้นที่ของโดเมนที่ถูกแบ่งย่อยตามขอบเขตที่กำหนดขึ้น

1.5.5 เรนจ์บล็อก (Range Block) หมายถึง การกำหนดให้พื้นที่ย่อยในวิธีการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลที่มีขนาดเท่ากับ $n \times n$ พิกเซล ภายในภาพขนาด $M \times M$ พิกเซล

1.5.6 โดเมนบล็อก (Domain Block) หมายถึง การกำหนดให้พื้นที่ย่อยในวิธีการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลมีขนาดเท่ากับ 2 เท่าของเรนจ์บล็อก ภายในพื้นที่ของโดเมนขนาด $N \times N$ พิกเซล

1.5.7 การค้นหาบล็อก (Block Searching) หมายถึง การเปลี่ยนตำแหน่งของบล็อกย่อยจากพื้นที่หนึ่งไปยังพื้นที่ที่กำหนด เพื่อพิจารณารายละเอียดที่ประกอบเป็นภาพตามเงื่อนไขที่กำหนด

1.5.8 การจับคู่บล็อก (Block Matching) หมายถึง การนำบล็อกย่อย 2 บล็อก มาทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างบล็อก โดยเปรียบเทียบระหว่างแต่ละพิกเซลของข้อมูลพื้นที่นั้น

1.5.9 บิตเรต (Bit Rate) หมายถึง ค่าเฉลี่ยของจำนวนบิตต่อพิกเซล (Bit Per Pixel, bpp) ของภาพที่ถูกลดข้อมูลโดยสามารถคำนวณได้จาก อัตราส่วนระหว่างจำนวนบิตทั้งหมดของภาพที่ผ่านการบีบอัดข้อมูลต่อจำนวนพิกเซลทั้งหมดของภาพต้นแบบ

1.5.10 PSNR หมายถึง อัตราส่วนสัญญาณข้อมูลกับสัญญาณรบกวน

1.5.11 สัญญาณรบกวน หมายถึง ข้อมูลที่มีความผิดเพี้ยนไปจากเดิม ซึ่งได้จากการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลภาพเดิมกับภาพที่ได้จากการสร้างภาพในแบบแฟรกทอล

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ

จากงานวิจัยนี้จะได้วิธีการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล ที่มีความเร็วในการค้นหาคู่ที่เหมือนกันของเรนจ์บล็อกและโดเมนบล็อก โดยเป็นการลดข้อด้อยของการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล และสามารถนำไปพัฒนาวิธีการเข้ารหัสแบบแฟรกทอล เพื่อการเข้ารหัสข้อมูลในรูปแบบอื่น ๆ ได้ต่อไป

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา ค้นคว้า และทบทวนเอกสารงานวิจัยเพื่อนำมาเป็นแนวทางในการวิจัย โดยเนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในงานวิจัยประกอบด้วย พื้นฐานการบีบอัดข้อมูลภาพ การบีบอัดภาพแบบแฟรกทอล การถอดรหัสภาพแบบแฟรกทอล การจัดกลุ่มด้วยวิธีการฟัซซี และจีเนติกอัลกอริทึม

2.1 พื้นฐานการบีบอัดข้อมูลภาพ

การบีบอัดและการเข้ารหัสข้อมูลภาพ (Image Compression) นั้น Gregory [1] ได้ให้ความหมายไว้ว่า เป็นการลดขนาดของภาพโดยการตัดความไม่จำเป็นในการแสดงผลภาพออก ในกรณีที่พบว่ามีความซ้ำซ้อนกันของข้อมูลในพื้นที่ภาพนั้น โดยข้อมูลของระดับความสว่างที่ประกอบกันในแต่ละจุดก่อให้เกิดภาพที่มีความหมาย ขณะเดียวกันก็จะมีส่วนที่เกินความจำเป็นที่สามารถตัดออกไปได้ โดยจะกระทำก่อนที่ข้อมูลภาพจะจัดเก็บในสื่อบันทึกข้อมูล และเมื่อต้องการใช้งาน ข้อมูลจะถูกแปลงออกมาเป็นภาพเดิมหรือใกล้เคียงเพื่อนำไปใช้งานต่อไป ซึ่งในปัจจุบันมีวิธีการในการบีบอัดข้อมูลประเภทภาพแบ่งเป็น 2 ระบบใหญ่ ดังภาพที่ 2-1 คือ

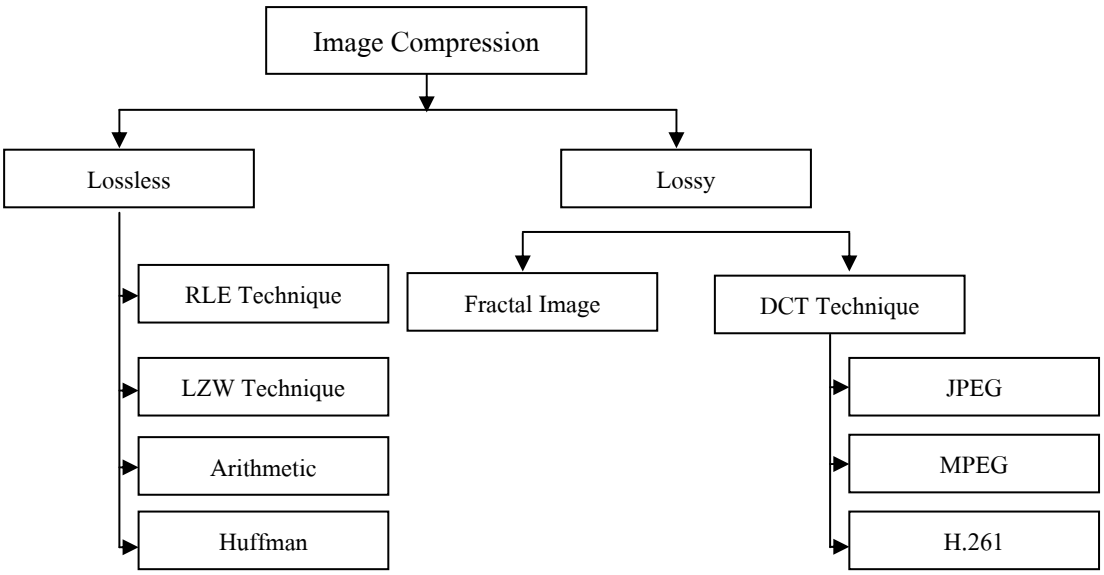
2.1.1 การบีบอัดภาพแบบไม่สูญเสียคุณภาพของภาพ (Lossless Image Compression)

การบีบอัดภาพแบบไม่สูญเสียคุณภาพของภาพ เป็นการบีบอัดภาพที่ภาพนั้นเมื่อถอดรหัสแล้วสร้างเป็นภาพใหม่ได้เหมือนกับภาพต้นฉบับเดิมทุกประการ โดยใช้วิธีการเข้ารหัสที่ลดจำนวนบิตให้น้อยลง เช่น วิธีการเข้ารหัสแบบ Huffman การเข้ารหัสภาพแบบ Arithmetic การเข้ารหัสภาพแบบ Run Length Encoding (RLE) การเข้ารหัสภาพแบบ Lemple Ziv Welch (LZW) เป็นต้น

2.1.2 การบีบอัดภาพแบบสูญเสียคุณภาพบางส่วน (Lossy Image Compression)

การบีบอัดภาพแบบสูญเสียคุณภาพบางส่วน เป็นการบีบอัดภาพที่มีอัตราการบีบอัดที่สูง ซึ่งอาจจะลดขนาดได้ถึง 1:100 เท่าของภาพต้นฉบับ แต่คุณภาพของภาพบางส่วนจะลดลงไปเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากในมาตรฐานการบีบอัดภาพต่าง ๆ เช่น JPEG MPEG และการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล เป็นต้น

จากที่กล่าวมาข้างต้นการบีบอัดข้อมูลภาพสามารถทำได้หลายวิธี แต่สำหรับวิทยานิพนธ์นี้จะกล่าวถึงการบีบอัดข้อมูลภาพแบบแฟรกทอล ซึ่งเป็นวิธีการบีบอัดแบบสูญเสียคุณภาพบางส่วน



ภาพที่ 2-1 ประเภทของอัลกอริทึมการบีบอัดข้อมูล

2.2 การบีบอัดข้อมูลภาพแบบแฟรกทอล (Fractal Image Compression)

การเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลเป็นวิธีการเข้ารหัสภาพรูปแบบหนึ่ง ซึ่งจุดเด่นของวิธีการดังกล่าวอยู่ที่ให้อัตราการบีบอัดภาพสูง และใช้เวลาน้อยในการถอดรหัส [4] ซึ่งวิธีการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลนี้เป็นที่รู้จักครั้งแรกโดย Barnley [2] ผู้ซึ่งทำงานในด้านเทคโนโลยีการเข้ารหัสภาพ แต่เขาไม่ได้อธิบายรายละเอียดไว้มากนัก งานวิจัยชิ้นแรกถูกนำเสนอโดย Jacquin [2] ซึ่งเป็นนักศึกษาของ Barnley ได้เสนอโครงสร้างการบีบอัดภาพแบบแฟรกทอล [13] และ Fisher [2] ได้อธิบายไว้ว่าแฟรกทอลเป็นรูปแบบของการเข้ารหัสภาพ โดยมีหลักการที่ว่าให้พิจารณาในหลาย ๆ ส่วนของภาพว่ามีส่วนใดในภาพบ้างที่เหมือนกัน โดยนำวัตถุนั้นมาแบ่งเป็นชิ้นเล็ก ๆ เรียกว่าเป็นการทำสำเนาตัวเอง และทำการเข้ารหัสส่วนที่เหมือนกัน เรียกได้ว่าเป็นการเข้ารหัสข้อมูลที่มีความซ้ำซ้อนกัน ซึ่งรายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลจะกล่าวถึงรายละเอียดในหัวข้อต่อไป

2.2.1 การเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล (Fractal Image Encoding)

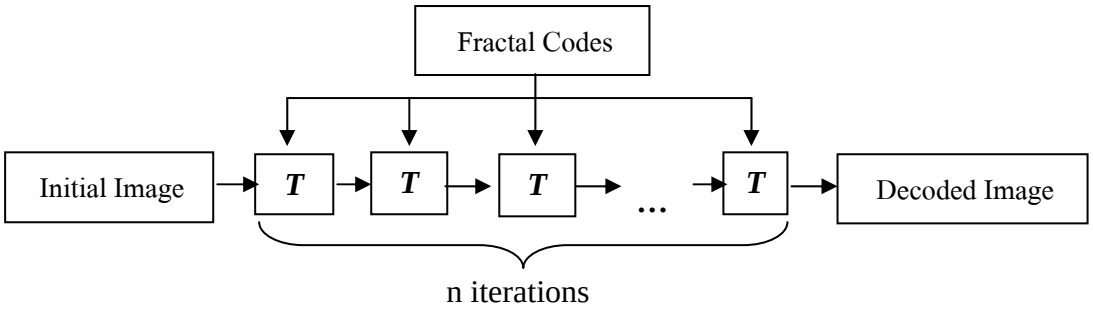
วิธีการพื้นฐานของการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลคือ การแบ่งส่วนของภาพออกเป็นชิ้นส่วนย่อย ๆ ขนาดเล็กเรียกว่า “บล็อก” (Block) ที่ประกอบกันเป็นภาพ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ โดเมนบล็อก (Domain Block) และเรนจ์บล็อก (Range Block) โดยโดเมนบล็อกจะมีขนาดความยาวในแต่ละด้านเป็นสองเท่าของเรนจ์บล็อก และสามารถซ้อนทับกันได้ตลอดทั้งภาพ แต่เรนจ์บล็อกทุกเรนจ์บล็อกภายในภาพต้องไม่ซ้อนทับกัน [13], [16] โดยส่วนของโดเมนบล็อก

ทั้งหมดจะถูกเก็บไว้ภายในพื้นที่ของโดเมน ซึ่งเรนจ์บล็อกจะทำการเปรียบเทียบข้อมูลกับโดเมนบล็อกเพื่อค้นหาคู่ที่ดีที่สุด โดยเชื่อมโยงกันด้วยความสัมพันธ์ที่เรียกว่า “Affine Transformation” ภายในความสัมพันธ์ดังกล่าว ประกอบด้วยข้อมูลค่าสัมประสิทธิการแปลงเชิงเรขาคณิต (Geometry Transformation) ซึ่งข้อมูลดังกล่าว เป็นข้อมูลค่าสัมประสิทธิที่ได้จากการแปลงข้อมูลภาพเป็นฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วยการหมุน (Rotation) การปรับขนาด (Scaling) การลาดเอียง (Skew) และการเลื่อน (Translation) และข้อมูลค่าสัมประสิทธิการแปลงค่าความเข้มแสง (Intensity Transformation) จากโดเมนบล็อกไปเป็นเรนจ์บล็อกของคู่นั้น ๆ การเก็บข้อมูลในการเข้ารหัสจะเก็บข้อมูลที่ละส่วนของภาพไปเรื่อย ๆ โดยดูจากเรนจ์บล็อกที่กำลังสนใจอยู่ในขณะนั้นตามลำดับ

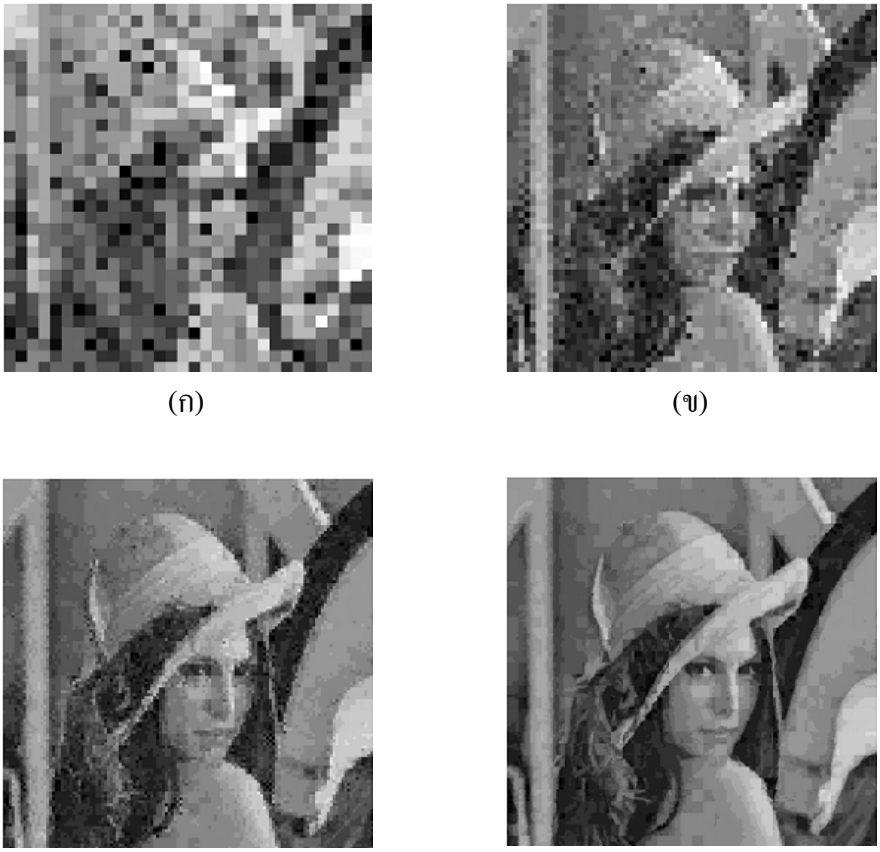
ข้อมูลที่ได้จากการเข้ารหัสภาพนั้น จะเก็บในรูปแบบรหัสแฟรกทอล (Fractal Codes) ซึ่งรหัสแฟรกทอลเป็นเซตของสัมประสิทธิของ Affine Transformation ประกอบไปด้วยค่าตำแหน่งของเรนจ์บล็อกและโดเมนบล็อกที่เหมาะสมกัน (Domain - Range Position) ขนาดของเรนจ์บล็อกที่กำหนด (Range Size) การแปลงเชิงเรขาคณิต (Geometry Transformation) ค่า Brightness และค่า Contrast ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะถูกเก็บแทนข้อมูลจุดสีภายในภาพ ทำให้ขนาดของข้อมูลภาพลดลง

2.2.2 การถอดรหัสภาพแบบแฟรกทอล (Fractal Image Decoding)

ในส่วนนี้จะนำเอาความสัมพันธ์ที่เก็บไว้แทนข้อมูลภาพ หรือข้อมูลรหัสแฟรกทอลมาสร้างเป็นภาพ โดยให้มีลักษณะของภาพเหมือนกับภาพต้นแบบมากที่สุด ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนด้วยกัน คือ ขั้นตอนการอ่านข้อมูลจากแฟ้มข้อมูล โดยเริ่มต้นจะทำการแบ่งภาพด้วยวิธีเดียวกันกับตอนเข้ารหัส และอ่านข้อมูลจากแฟ้มข้อมูลจนกระทั่งครบทุกส่วนของภาพ ส่วนอีกขั้นตอน คือ ขั้นตอนของการทำซ้ำในแต่ละพื้นที่ด้วยวิธี IFS (Iterated Function Systems) โดยใช้ข้อมูลจากขั้นตอนแรกแปลงภาพตามข้อมูลที่อ่านได้จากแฟ้มข้อมูล สามารถตั้งค่าจำนวนรอบในการทำงานได้ตามต้องการ หลังจากทำงานครบตามจำนวนรอบที่ตั้งไว้ จะได้ภาพที่มีลักษณะคล้ายกับภาพต้นแบบดังภาพที่ 2-3 โดยโครงสร้างการถอดรหัสภาพแบบแฟรกทอลแสดงได้ดังภาพที่ 2-2



ภาพที่ 2-2 โครงสร้างการถอดรหัสภาพแบบแฟรกทอล



(ก) (ข)

(ค) (ง)

ภาพที่ 2-3 ภาพต้นแบบที่ได้จากการถอดรหัสโดย (ก) ทำซ้ำในครั้งที่ 1, (ข) ครั้งที่ 2, (ค) ครั้งที่ 5 และ (ง) ครั้งที่ 10

2.2.3 การแบ่งส่วนของภาพ (Image Partition)

การแบ่งส่วนของภาพออกเป็นส่วน ๆ โดยไม่ซ้อนทับกันพื้นที่ต้องครอบคลุมทั้งภาพ โดยมีขนาดหรือรูปร่างใด ๆ ก็ได้ ซึ่งในรูปแบบของการแบ่งส่วนของภาพออกเป็นส่วน (Partition) ได้มีการแบ่งลักษณะของการแบ่งส่วนเป็นในรูปแบบต่าง ๆ [2], [15] ดังตัวอย่างต่อไปนี้

2.2.3.1 การแบ่งส่วนแบบ Fixed-Size-Square Blocks เป็นวิธีการแบ่งเรนจ์บล็อกอย่างง่ายที่สุดโดยแบ่งพื้นที่เป็นส่วนเรนจ์บล็อกให้มีขนาดเท่ากันทุกบล็อกดังภาพที่ 2-4 (ก) ซึ่งการแบ่งพื้นที่แบบนี้จะเรียกใช้เรนจ์บล็อก โดยการระบุตำแหน่งของแต่ละเรนจ์บล็อก โดยข้อดีของวิธีการนี้คือง่ายต่อการกำหนดขนาดของแต่ละบล็อก และสามารถนำค่าที่ได้ในแต่ละบล็อกมาคำนวณด้วยวิธีการเดียวกัน เนื่องจากในแต่ละส่วนมีขนาดเท่ากันทั้งภาพ ทำให้ง่ายต่อการเข้ารหัส ข้อเสียของวิธีการนี้คือในการกำหนดขนาดของบล็อกจะมีผลกับเวลาในการเข้ารหัส และคุณภาพของภาพที่ได้จากการเข้ารหัส เช่น ถ้ากำหนดบล็อกขนาดเล็กจะทำให้ภาพที่ได้ในการเข้ารหัสมี

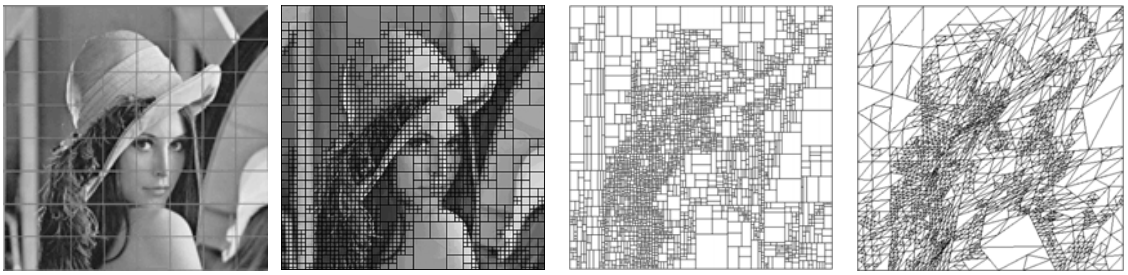
คุณภาพดี แต่ใช้เวลาในการเข้ารหัสนาน เนื่องจากเสียเวลาในการคำนวณในบางส่วนของภาพที่มีความละเอียดไม่ซับซ้อน แต่ถ้ากำหนดให้บล็อกมีขนาดใหญ่ขึ้น ในบางส่วนของภาพที่มีความละเอียดซับซ้อนมาก อาจเกิดการสูญเสียคุณภาพขึ้นในส่วนนี้ได้

2.2.3.2 การแบ่งส่วนแบบสี่ส่วน (Quadtree Partitioning) วิธีการนี้ถูกพัฒนาขึ้นมาจากการแบ่งส่วนแบบ Fixed-Size-Square Blocks ซึ่งการแบ่งส่วนแบบสี่ส่วนเป็นการแบ่งพื้นที่ในลักษณะที่เรียกว่า “โครงสร้างต้นไม้” โดยจะมีระดับของการแบ่งเรนจ์บล็อกจากเรนจ์บล็อกที่มีขนาดเล็กที่สุด และสามารถรวมเป็นบล็อกใหญ่ที่มีขนาดเท่ากันและจำนวนเท่ากับเรนจ์บล็อกย่อยทั้งหมด ดังภาพที่ 2-4 (ข) โดยระดับในการแบ่งบล็อกจะขึ้นอยู่กับความซับซ้อนในแต่ละส่วนของภาพ ทำให้สามารถเก็บรายละเอียดข้อมูลของภาพได้ครบถ้วนเท่าที่ต้องการภาพที่ได้จากการถอดรหัส จึงมีคุณภาพดี และยังสามารถลดเวลาในการคำนวณในส่วนของบล็อกที่ไม่มีความซับซ้อนลงได้ ซึ่งจะช่วยเพิ่มอัตราการบีบอัดภาพให้สูงขึ้นได้อีกด้วย ข้อเสียของวิธีการนี้คือมีการกำหนดขนาดของบล็อกที่ไม่เท่ากัน จึงต้องมีการคำนวณส่วนต่างของข้อมูล (ค่า Threshold) เพื่อหาความถี่ของรายละเอียดภาพ และกำหนดระดับในการแบ่งบล็อกให้เหมาะสม ทำให้ขั้นตอนในการเข้ารหัสมีความซับซ้อนมากขึ้น ซึ่งถ้ากำหนดระดับในการแบ่งของบล็อกได้อย่างเหมาะสมจะทำให้คุณภาพของภาพที่ได้ดีขึ้น แต่ถ้ากำหนดไม่เหมาะสมจะทำให้คุณภาพของภาพแย่ลงได้ และเนื่องจากในการแบ่งส่วนของภาพแบบสี่ส่วนนั้นยังเป็นการแบ่งโดยใช้สี่เหลี่ยมจัตุรัส ทำให้มีขีดจำกัดในการกำหนดขอบเขตของบล็อก ซึ่งข้อมูลที่ได้จึงมีความหลากหลายและยากต่อการจับคู่เพื่อหาคู่ที่เหมาะสม

2.2.3.3 การแบ่งส่วนแบบ HV (Horizontal-Vertical Partitioning) ใช้พื้นฐานการแบ่งแบบสี่ส่วนคือมีการแบ่งพื้นที่เป็นระดับชั้นตามความซับซ้อนในแต่ละส่วนของภาพ โดยในการแบ่งแบบ HV แต่ละส่วนจะสามารถแบ่งได้ทั้งแบบแนวตั้งและแนวนอน และขนาดในการแบ่งขึ้นอยู่กับความซับซ้อนภายในภาพนั้นดังภาพที่ 2-4 (ค) ทำให้บล็อกที่ได้มีความยืดหยุ่น และมีลักษณะที่หลากหลายน้อยกว่าแบบสี่ส่วน ซึ่งข้อเสียคือการแบ่งแบบนี้มีวิธีการที่ค่อนข้างซับซ้อน โดยในการแบ่งจะต้องอาศัยค่าความแปรผันของข้อมูลในแต่ละส่วนของภาพเพื่อกำหนดบล็อก

2.2.3.4 การแบ่งส่วนแบบสามเหลี่ยม (Triangle Partitioning) ใช้พื้นฐานการแบ่งแบบสี่ส่วนเช่นเดียวกัน โดยการแบ่งในแต่ละส่วนจะใช้พื้นฐานของสามเหลี่ยมแบ่งตามระดับความซับซ้อนของภาพดังภาพที่ 2-4 (ง) ซึ่งข้อดีของวิธีการนี้คือมีความเป็นไปได้สูงในการที่จะค้นหาคู่ที่เหมาะสมกันระหว่างเรนจ์บล็อกกับโดเมนบล็อก โดยอาศัยคุณสมบัติของสามเหลี่ยมที่สามารถนำมาประกบกันและสร้างเป็นรูปสี่เหลี่ยมได้ และการกำหนดองศาที่ทำได้อย่างอิสระมากกว่าวิธีการแบ่งที่เป็นแบบบล็อกสี่เหลี่ยม ซึ่งจะกำหนดการเปลี่ยนแปลงทีละ 90 องศาดังเช่น 2 วิธี

ข้างต้นที่กล่าวมา แต่อย่างไรก็ตามจากวิธีการดังกล่าวที่มีความอิสระสูงในการแบ่งบล็อก ทำให้เกิดข้อเสียคือมีความซับซ้อนในการแบ่งส่วนของบล็อก และการกำหนดค่ามุมที่มีจำนวนมาก ซึ่งอาจจะได้ข้อมูลจากการเข้ารหัสที่มีคุณภาพของภาพที่ดี แต่ใช้เวลามากเนื่องจากมีการแปรผันของลักษณะข้อมูล เพื่อเปรียบเทียบกันระหว่างเรนจ์บล็อกกับโดเมนบล็อกอยู่หลายส่วน ซึ่งวิธีการแบ่งส่วนของภาพนี้ยังถูกพัฒนาต่อไปเรื่อย ๆ เพื่อหาวิธีการใหม่ ๆ ในการนำไปใช้ต่อไป



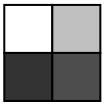
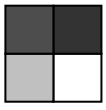
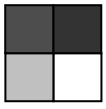
(ก) (ข) (ค) (ง)

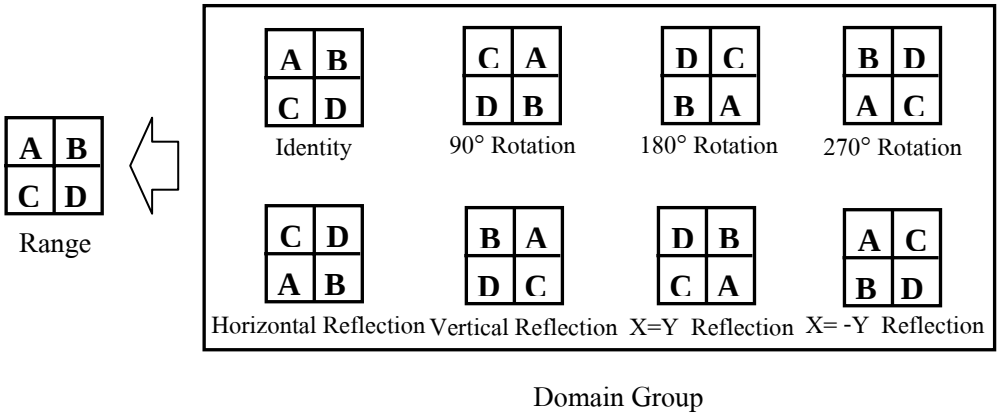
ภาพที่ 2-4 การแบ่งส่วนของภาพ (ก) แบบ Fixed-Size-Square Blocks (ข) แบบสี่ส่วน (ค) แบบ HV และ (ง) แบบสามเหลี่ยม

2.2.4 การจับคู่เรนจ์บล็อกกับโดเมนบล็อก (Range Block-Domain Block Matching)

ในการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลนั้น ข้อมูลที่ได้จากการเข้ารหัสจะถูกเก็บเป็นข้อมูลการแปลงภาพ หรือความสัมพันธ์ระหว่างเรนจ์บล็อกและโดเมนบล็อกแทนการเก็บข้อมูลจุดสี ดังนั้นจึงต้องค้นหาว่าโดเมนบล็อกใดมีความสัมพันธ์เหมาะสมกับเรนจ์บล็อกภายในภาพมากที่สุด โดยความสัมพันธ์จะประกอบด้วย 2 ส่วนด้วยกัน ส่วนแรกคือ การแปลงเชิงเรขาคณิตมีวัตถุประสงค์เพื่อแปลงการจัดเรียงข้อมูลจากโดเมนบล็อกไปเป็นเรนจ์บล็อก โดยเรนจ์บล็อกจะทำการเปรียบเทียบการจัดเรียงข้อมูลว่าเหมาะสมกับโดเมนบล็อกใด มีด้วยกัน 8 ลักษณะการแปลง ใช้วิธีการหมุน และการกลับด้าน (Reflection) เป็นหลัก การแปลงเชิงเรขาคณิตแสดงให้เห็นในตารางที่ 2-1 ซึ่งมีตัวอย่างการแปลงอยู่ทางด้านขวาของตาราง ได้แก่ โดเมนเป็นลักษณะข้อมูลก่อนการแปลงเชิงเรขาคณิต และเรนจ์บล็อกเป็นผลจากการแปลงข้อมูลแล้วตามลักษณะการแปลงที่กำหนดทางด้านซ้ายมือ ดังนั้นจึงต้องค้นหาว่าเรนจ์บล็อกที่กำลังสนใจอยู่สามารถเกิดได้จากโดเมนบล็อกแบบใดได้บ้าง ซึ่งเรนจ์บล็อกสามารถเกิดจากโดเมนบล็อกได้ทั้งหมด 8 แบบ ตามลักษณะการแปลงเชิงเรขาคณิตตามตารางที่ 2-1 การหาโดเมนบล็อกที่เหมาะสมกับเรนจ์บล็อกแสดงให้เห็นในภาพที่ 2-5 โดยสมมุติว่าการจัดเรียงข้อมูลของเรนจ์บล็อกเป็น A, B, C และ D ตามลำดับ ผลการหาโดเมนบล็อกก็จะมีด้วยกัน 8 แบบ มีลักษณะดังภาพ

ตารางที่ 2-1 การแปลงเชิงเรขาคณิต

Description	Domain Block	Range Block
Identity (0° Rotation)		
90° Rotation		
180° Rotation		
270° Rotation		
Horizontal Reflection		
Vertical Reflection		
Reflection in Y = X		
Reflection in Y = -X		



ภาพที่ 2-5 กลุ่มโดเมนบล็อกที่สามารถแปลงไปเป็นเรนจ์บล็อก

ส่วนที่สองคือการแปลงค่าความเข้มแสงที่เหมาะสมระหว่างเรนจ์บล็อกกับโดเมนบล็อกของแต่ละคู่ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2-1 โดย n เป็นจำนวนจุดภาพทั้งหมดในเรนจ์บล็อก r_i และ d_i เป็นค่าความเข้มแสงในจุดที่ i ของเรนจ์บล็อกและโดเมนบล็อกตามลำดับ

$$E = \sum_{i=1}^{n} \left(S \cdot r_i + O - d_i \right)^2 \tag{2-1}$$

จากสมการที่ 2-1 จะต้องคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ Contrast (S) และ Brightness (O) ที่ทำให้ค่าความเข้มแสงในแต่ละจุดของโดเมนบล็อก (r_i) มีค่าความแตกต่างน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับค่าความเข้มแสงในแต่ละจุดของเรนจ์บล็อก (d_i) โดยค่าสัมประสิทธิ์ Contrast (S) และ Brightness (O) ที่เป็นความสัมพันธ์ระหว่างเรนจ์บล็อกและโดเมนบล็อกซึ่งเป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัสภายในภาพ จะสามารถคำนวณหาได้จากสมการที่ 2-2 และ 2-3 ตามลำดับ

$$S = \frac{n \cdot \left(\sum_{i=0}^{n-1} d_i \cdot r_i \right) - \left(\sum_{i=0}^{n-1} d_i \right) \cdot \left(\sum_{i=0}^{n-1} r_i \right)}{n \cdot \left(\sum_{i=0}^{n-1} d_i^2 \right) - \left(\sum_{i=0}^{n-1} d_i \right)} \tag{2-2}$$

$$O = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=0}^{n-1} r_i - S \cdot \sum_{i=0}^{n-1} d_i \right) \tag{2-3}$$

โดยที่ถ้าตัวหารในสมการที่ 2-2 มีค่าเป็น 0 จะกำหนด S มีค่าเท่ากับ 0 และ $O = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=0}^{n-1} r_i \right)$

ในการค้นหาโดเมนบล็อกที่เหมาะสมกับเรนจ์บล็อก ต้องเปรียบเทียบเพื่อหาโดเมนบล็อกที่เหมาะสมที่สุด สำหรับการหาว่าโดเมนบล็อกใดมีความเหมาะสมที่สุด ขึ้นอยู่กับว่าต้องการให้ความผิดพลาดระหว่างเรนจ์บล็อกและโดเมนบล็อกมีมากหรือน้อยเท่าใด โดยค่านี้เรียกว่า “ค่าที่ยอมรับได้” (Threshold) ดังนั้นจึงต้องมีการคำนวณว่าเรนจ์บล็อกและโดเมนบล็อกในแต่ละคู่มีความผิดพลาดเกินค่าดังกล่าวหรือไม่ การคำนวณหาความผิดพลาดระหว่างเรนจ์บล็อกและโดเมนบล็อกนี้ แสดงให้เห็นดังสมการที่ 2-4 โดยเป็นสมการที่ใช้ค่า S และ O ในการคำนวณ และ E คือความผิดพลาดเฉลี่ยระหว่างเรนจ์บล็อกและโดเมนบล็อก ต้องมีค่าไม่เกินค่าที่ยอมรับได้ตามที่กำหนด จึงจะถือว่าเรนจ์บล็อกและโดเมนบล็อกดังกล่าวมีความเหมาะสมกัน

$$E=\sqrt{\frac{1}{n}\cdot\left[\sum_{i=0}^{n-1}r_i^2+S\cdot\left(S\cdot\sum_{i=0}^{n-1}d_i^2-2\cdot\sum_{i=0}^{n-1}d_i\cdot r_i+2\cdot O\cdot\sum_{i=0}^{n-1}d_i\right)+O\cdot\left(O\cdot n-2\cdot\sum_{i=0}^{n-1}r_i\right)\right]} \quad (2\text{-}4)$$

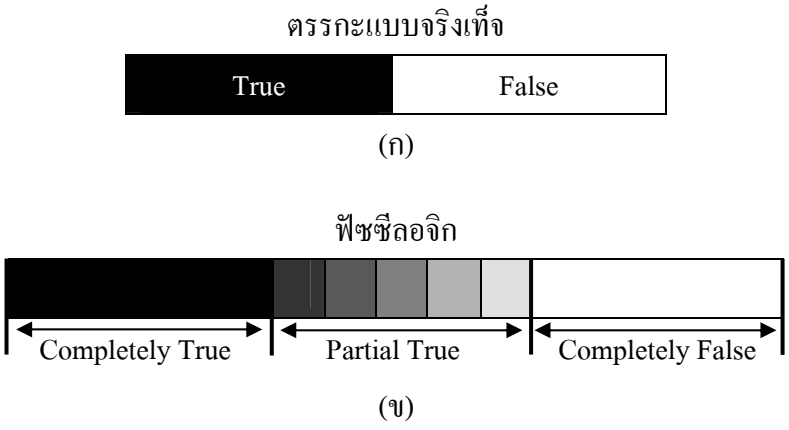
นอกจากหลักการบีบอัดข้อมูลภาพแบบแฟรกทอล ในงานวิจัยนี้ได้นำวิธีการฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึมเข้ามาช่วยจัดกลุ่มเรนจ์บล็อกกับโดเมนบล็อก ในการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล เพื่อให้ในขั้นตอนของการค้นหาคู่ของส่วนที่เหมือนกันของเรนจ์บล็อกและโดเมนบล็อก จะทำการค้นหาภายในกลุ่มที่เหมือนกัน โดยรายละเอียดของวิธีการฟัซซีที่นำมาใช้ในการจัดกลุ่มมีดังนี้

2.3 การจัดกลุ่มด้วยวิธีการฟัซซี

Zadeh ได้คิดค้นวิธีการฟัซซีลอจิกในปี ค.ศ. 1965 โดยฟัซซีลอจิกเป็นตรรกะที่อยู่บนพื้นฐานความเป็นจริงที่ว่า ทุกสิ่งบนโลกแห่งความเป็นจริงไม่ได้มีเฉพาะสิ่งที่มีความแน่นอนเท่านั้น แต่มีหลายสิ่งหลายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างไม่เที่ยงและไม่แน่นอน (Uncertainty) อาจเป็นสิ่งที่คลุมเครือ (Fuzzy) ซึ่งเซตของเหตุการณ์ที่ไม่แน่นอนเรียกว่า “ฟัซซีเซต” (Fuzzy Set) [10]

2.3.1 พื้นฐานแนวคิดแบบฟัซซี

ฟัซซีลอจิก (Fuzzy Logic) เป็นคณิตศาสตร์ที่ช่วยในการตัดสินใจภายใต้ความไม่แน่นอนของข้อมูล ใช้หลักของเหตุและผลเลียนแบบวิธีความคิดที่ซับซ้อนของมนุษย์ โดยค่าความจริงจะอยู่ในช่วงระหว่างจริง (Completely True) กับเท็จ (Completely False) แตกต่างจากตรรกะแบบจริงเท็จ (Boolean Logic) ที่ค่าความจริงจะอยู่ในช่วงระหว่างจริงหรือเท็จ ถูกหรือผิด ใช่หรือไม่ใช่ เท่านั้น แสดงดังภาพที่ 2-6



ภาพที่ 2-6 การเปรียบเทียบตรรกะ (ก) ตรรกะแบบจริงเท็จและ (ข) ฟัซซีลอจิก

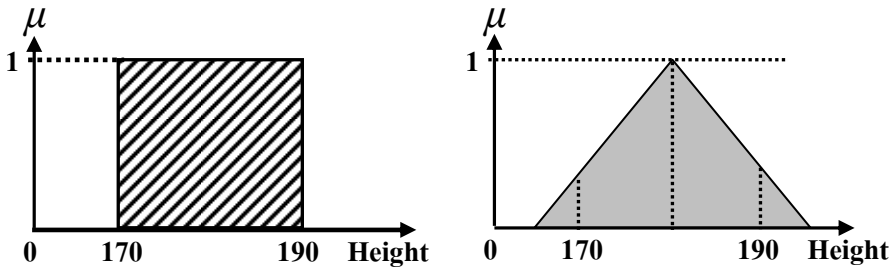
ตัวอย่างเช่น ในการหาความหมายของ “คนสูง” แต่ละคนไม่สามารถให้ความหมายของค่าความสูงที่ตรงกัน สำหรับคนที่สูง นาย ก. จะให้ความหมายของ “คนสูง” ว่าหมายถึงคนที่มีความสูงมากกว่า 170 เซนติเมตร นาย ข. อาจจะให้ความหมายว่าเป็นคนที่มีความสูงมากกว่า 180 เซนติเมตร ซึ่งทั้งสองคนต่างแสดงความหมายของคำว่าคนที่สูง โดยเปรียบเทียบและอยู่ในมุมมองของตนเองตามความสูงของตน การทำงานในมุมมองแบบฐานสอง (Binary Sense) จะได้ผลเป็น ใช่ หรือ ไม่ใช่ เพียง 2 กรณี ซึ่งหากกำหนดว่า คนที่สูงคือคนที่มีความสูงมากกว่า 180 เซนติเมตร คอมพิวเตอร์จะให้ผลว่าคนที่มีความสูง 179.50 เซนติเมตร ไม่จัดเป็นคนที่สูง แต่จะเห็นว่าบุคคลนี้เป็นคนที่สูงเกือบจะ 180 เซนติเมตร และถึงแม้ว่าบุคคลนี้จะมีความสูง 180 เซนติเมตร แต่หากพิจารณาจากกลุ่มคนที่มีความสูงเฉลี่ย 190 เซนติเมตร บุคคลนี้ก็จะไม่จัดอยู่ในกลุ่มคนที่สูง

ในการตัดสินใจของวิธีการฟัซซีนั้นจะพิจารณาจากส่วนประกอบต่าง ๆ ในความไม่แน่นอนเพื่อกำหนดเงื่อนไขในการตัดสินใจ โดยอาศัยเซตของความเป็นสมาชิก (Set Membership)

2.3.2 ฟัซซีเซต

ฟัซซีเซต (Fuzzy Set) เป็นเซตที่แสดงถึงความสำคัญของสมาชิกภายในเซตแต่ละตัวว่ามีความสัมพันธ์กับเซตในลักษณะของค่าระดับความเป็นสมาชิกของเซตระหว่าง 0 และ 1 คือมีความเป็นสมาชิกในเซตนั้นอยู่ตามระดับค่า ซึ่งต่างจากเซตธรรมดาที่สมาชิกแต่ละตัวจะแสดงความสัมพันธ์ว่าเป็นสมาชิกหรือไม่เป็นสมาชิกของเซตเท่านั้น โดยทฤษฎีฟัซซีเซต คือ ยอมรับสมาชิกที่มีลักษณะตามที่กำหนด (แม้เพียงบางส่วน) เข้ามาเป็นสมาชิก โดยมีการให้น้ำหนักค่าความเป็นสมาชิกกำกับไว้ด้วย [11]

ยกตัวอย่างในเรื่องความสูงเช่นเดิม นิยามของคำว่าคนสูงในแบบของเซตแบบดั้งเดิมหรือเซตทวินัยอาจกำหนดเป็นคนที่มีความสูงตั้งแต่ 170 ถึง 190 เซนติเมตร แต่ในนิยามแบบฟัซซีเซตอาจกำหนดเป็นคนที่มีความสูงประมาณ 180 เซนติเมตร ซึ่งเป็นการให้นิยามโดยใช้ภาษาสามัญ (Linguistic) ซึ่งเป็นการให้นิยามที่ไม่แสดงถึงขอบเขตที่แน่นอนดังภาพที่ 2-7



ภาพที่ 2-7 การกำหนดค่าความเป็นสมาชิกของเซตทวินัยและเซตแบบฟัซซี

ทฤษฎีฟัซซีเซตสามารถแก้ปัญญาข้อจำกัดของเซตแบบดั้งเดิมได้ โดยฟัซซีเซตยอมให้มีค่าหรือดีกรีของความเป็นสมาชิก (Degree of Membership) ซึ่งแสดงด้วยค่าตัวเลขระหว่าง 0 และ 1 หรือเขียนเป็นสัญลักษณ์ [0, 1] โดย 0 หมายถึง ไม่เป็นสมาชิกในเซต 1 หมายถึง เป็นสมาชิกในเซต และค่าระหว่าง 0 กับ 1 เป็นสมาชิกบางส่วนในเซต การทำเช่นนี้ ทำให้เกิดความราบเรียบในการเปลี่ยนจากพื้นที่นอกเซตไปอยู่ในเซตของสมาชิกต่าง ๆ โดยมีฟังก์ชันสมาชิก (Membership Function) เป็นฟังก์ชันจัดเทียบ (Mapping Function) วัตถุในโดเมนใด ๆ ให้เป็นค่าความเป็นสมาชิกในฟัซซีเซต

ความเป็นสมาชิกสำหรับฟัซซีเซต มีจำนวนระดับความเป็นสมาชิกเป็นอนันต์ คือค่าต่อเนื่องในช่วงตั้งแต่ 0 ถึง 1 ซึ่งครอบคลุมการกำหนดสมาชิกแบบฉบับ และเซตแบบฉบับหรือเซตทวินัย (Crisp Set) จะกำหนดตามดังสมการที่ 2-5

$$\mu_{\underset{\sim}{A}}(x) = \begin{cases} 1, x \in \underset{\sim}{A} \\ 0, x \notin \underset{\sim}{A} \end{cases} \tag{2-5}$$

เมื่อ x หมายถึงสมาชิกในเซต (Set Member) $\mu_{\underset{\sim}{A}}(x)$ หมายถึงฟังก์ชันความเป็นสมาชิก และ $\underset{\sim}{A}$ หมายถึงฟัซซีเซต $\underset{\sim}{A}$

2.3.3 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership Function) เป็นฟังก์ชันที่มีการกำหนดระดับความเป็นสมาชิกของตัวแปรที่ต้องการใช้งาน โดยเริ่มจากการแทนที่กับตัวแทนที่มีความไม่ชัดเจน ไม่แน่นอน และคลุมเครือ ดังนั้นจึงเป็นส่วนที่สำคัญต่อคุณสมบัติหรือการดำเนินการของฟัซซี เพราะรูปร่างของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกมีความสำคัญต่อกระบวนการคิดและแก้ไขปัญหา โดยฟังก์ชันความเป็นสมาชิกจะไม่สมมาตรกันหรือสมมาตรกันทุกประการก็ได้

2.3.4 โครงสร้างพื้นฐานของการประมวลผลแบบฟัซซี

โครงสร้างพื้นฐานของการประมวลผลแบบฟัซซี ซึ่งประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 4 ส่วนดังนี้ ดังภาพที่ 2-8

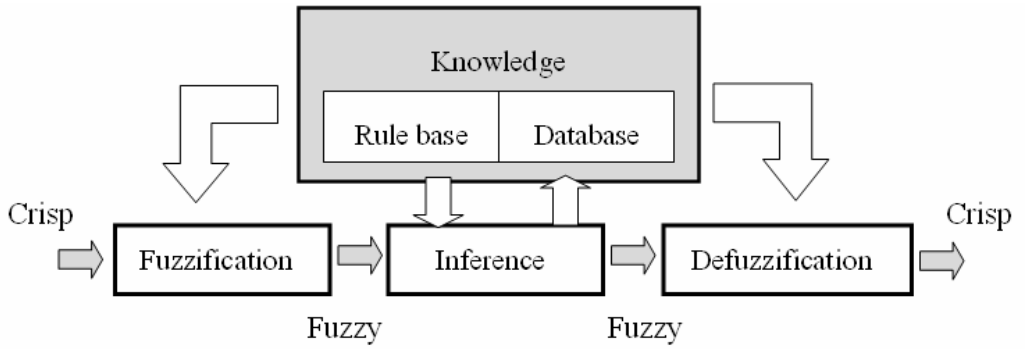
ส่วนที่ 1 เป็นส่วนที่จะทำการแปลงการอินพุตทั่วไปเปลี่ยนเป็นการอินพุตแบบตัวแปรฟัซซี (Fuzzification) หรือในรูปแบบเซตฟัซซีหรือเรียกว่าเป็นตัวแปรภาษา (Linguistic Variable)

ส่วนที่ 2 เป็นส่วนของฐานความรู้ (Knowledge Base) เป็นส่วนที่จัดเก็บรวบรวมข้อมูลในการควบคุมประกอบ 2 ส่วนคือ ฐานกฎ (Rule Base) เป็นส่วนของการกำหนดวิธีการควบคุม ซึ่งได้จากผู้เชี่ยวชาญในรูปแบบของชุดข้อมูลแบบกฎของภาษา (Linguistic Rule) ฐานข้อมูล (Database)

เป็นการจัดเตรียมส่วนที่จำเป็นเพื่อที่จะใช้ในการกำหนดกฎการควบคุม และการจัดการข้อมูลของตรรกศาสตร์ฟัซซี

ส่วนที่ 3 เป็นเครื่องอนุมานหรือการตีความ (Inference Engine) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ตรวจสอบข้อเท็จจริงและกฎ เพื่อใช้ในการตีความหาเหตุผล เหมือนกลไกสำหรับควบคุมการใช้ความรู้ในการแก้ไขปัญหา รวมทั้งการกำหนดวิธีการของการตีความเพื่อหาคำตอบ

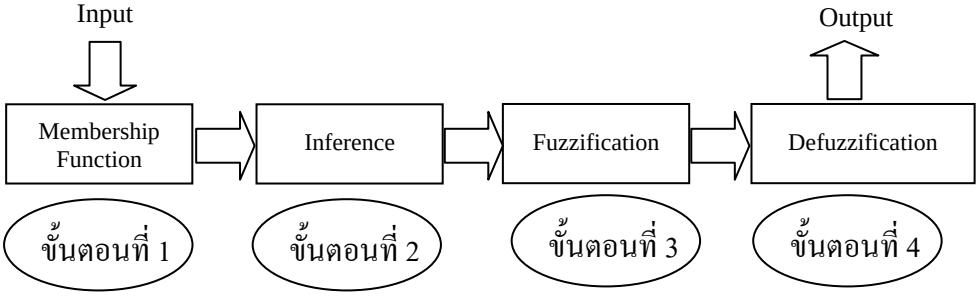
ส่วนที่ 4 เป็นส่วนที่แปลงการเอาต์พุตให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม (Defuzzification) เป็นการทำการแปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบฟัซซีให้เป็นค่าที่สรุปผลหรือค่าการควบคุมระบบ



ภาพที่ 2-8 โครงสร้างพื้นฐานของการประมวลผลแบบฟัซซี

2.3.5 ขั้นตอนการประมวลผลแบบฟัซซี

ขั้นตอนการประมวลผลแบบฟัซซีนั้น มีรูปแบบการทำงานเป็น 4 ส่วน แสดงดังภาพที่ 2-9



ภาพที่ 2-9 ขั้นตอนการประมวลผลแบบฟัซซี

ขั้นตอนที่ 1 เป็นการรับข้อมูลจากตัวแปรที่ส่งเข้ามาทางอินพุต และใช้ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปตัวแปรอินพุตแบบฟัซซี ซึ่งอาจจะมีลักษณะที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของแต่ละข้อมูลที่รับเข้ามา และรูปแบบการนำไปใช้งาน โดยฟังก์ชันจะมีลักษณะเป็นการกำหนดภาษาสามัญ เพื่อให้เป็นฟัซซีอินพุต

ขั้นตอนที่ 2 เป็นการเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากอินพุตฟัซซีกับผลลัพธ์ที่ต้องการ ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวจะถูกกำหนดโดยหลักการของเหตุและผลที่ใช้ในการตัดสินใจที่ได้จากการเก็บข้อมูล การคาดการณ์จากการตัดสินใจของมนุษย์ หรือค่าจากการทดลอง โดยเขียนเป็นกฎการควบคุมระบบ และนำกฎทั้งหมดมาประมวลผลรวมกัน เพื่อหาการตัดสินใจที่เหมาะสม

ขั้นตอนที่ 3 เป็นการหาฟัซซีเอาต์พุตโดยการนำกฎการควบคุมที่สร้างขึ้นในขั้นตอนที่ 2 มาประมวลผลกับฟัซซีอินพุตโดยใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ เพื่อนำค่าที่ได้ประมวลผล

ขั้นตอนที่ 4 เป็นขั้นตอนสุดท้ายหรือขั้นตอนการสรุปเหตุผลฟัซซี โดยจะเปลี่ยนฟัซซีเอาต์พุตให้เป็นทวินัยเอาต์พุตด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์ เช่น วิธีการหาจุดศูนย์ถ่วง (Central of Gravity) เพื่อนำค่าที่ได้มาใช้ในการตัดสินใจเพื่อควบคุมระบบในสถานการณ์นั้น ๆ

จากขั้นตอนการประมวลผลแบบฟัซซี ในงานวิจัยนี้จะเลือกใช้วิธีการจีเนติกอัลกอริทึมในการถ่วงน้ำหนักค่าความเป็นสมาชิก เพื่อหาค่าความเป็นสมาชิกที่ดีที่สุดในการจัดกลุ่มบล็อกข้อมูล ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดในหัวข้อต่อไป

2.4 จีเนติกอัลกอริทึม

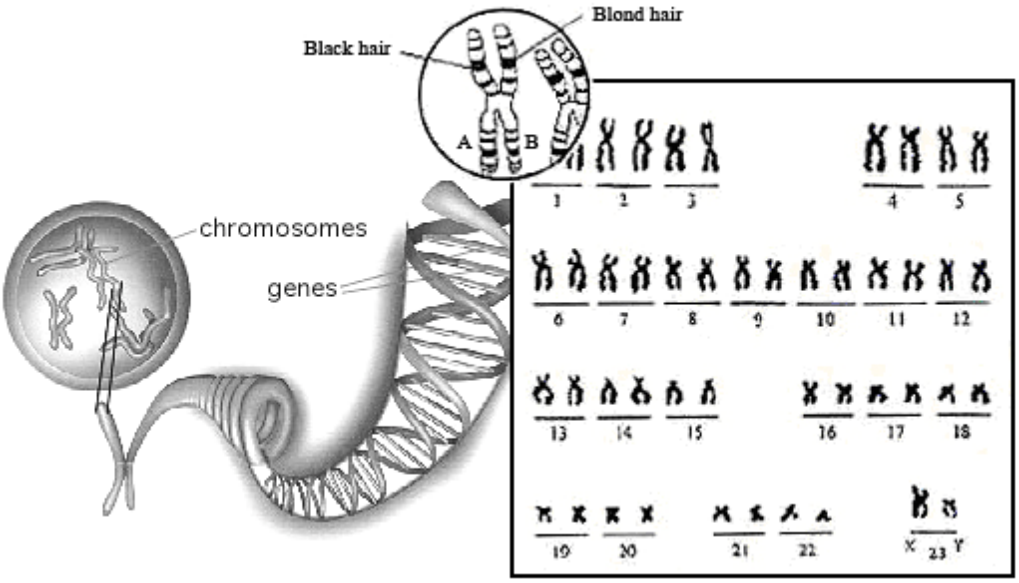
ในงานวิจัยต่าง ๆ ส่วนใหญ่มักจะถูกนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาในแบบต่างกัน เพื่อต้องการที่จะหาคำตอบที่ถูกต้องหรือเหมาะสมมากที่สุด เช่นเดียวกับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล ที่จำเป็นต้องหาวิธีเพื่อค้นหาคู่ที่เหมาะสมระหว่างโดเมนบล็อกกับเรนจ์บล็อกที่ดีที่สุด จากวิธีการดั้งเดิมที่ใช้การค้นหาแบบเชิงเส้นหรือเรียกว่าการค้นหาทีละตำแหน่ง แต่ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้นำเอาวิธีการฟัซซีมาช่วยในการจัดกลุ่มบล็อกข้อมูล โดยจะแบ่งกลุ่มบล็อกข้อมูลออกเป็น 3 กลุ่ม และในกระบวนการคัดเลือกกลุ่มที่เหมาะสมนั้น ผู้วิจัยได้นำวิธีการจีเนติกอัลกอริทึมมาช่วยในการหาค่าถ่วงน้ำหนักที่ดีที่สุด เพื่อถ่วงน้ำหนักค่าความเป็นสมาชิกของบล็อกข้อมูลเพื่อให้สามารถจัดกลุ่มบล็อกข้อมูลได้อย่างถูกต้องมากยิ่งขึ้น

จีเนติกอัลกอริทึมถูกคิดค้นโดย John Holland เมื่อปี ค.ศ. 1975 อาศัยหลักการเลียนแบบการคัดเลือกพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต จากแนวคิดที่ว่าสิ่งมีชีวิตทั้งหลายมีทั้งส่วนดีและส่วนที่ไม่ดี ซึ่งลักษณะที่ดีก็ย่อมมีโอกาสถูกเลือกให้อยู่รอดได้มากกว่า และจะได้รับการสนับสนุนให้มีการ

ถ่ายทอดพันธุกรรมไปยังรุ่นลูกรุ่นหลานได้มากกว่าเช่นกัน ส่วนลักษณะที่ไม่ดีจะถูกคัดทิ้ง และมีโอกาสปรากฏในรุ่นถัดไปได้น้อย

ในด้านพันธุศาสตร์ทางชีววิทยา โดยเมนเดล (Mendel) บิดาแห่งวิชาพันธุศาสตร์ ได้ค้นพบว่า ยีนส์ (Genes) เป็นหน่วยเก็บลักษณะทางกรรมพันธุ์ที่กำหนดลักษณะภายนอก ซึ่งยีนส์หลาย ๆ ยีนส์จะเรียงตัวกันอยู่บนเส้นโครโมโซม (Chromosome) โดยจะอยู่กันเป็นคู่ ๆ ซึ่งลักษณะที่แตกต่างกันในแต่ละยีนส์เรียกว่า “แอลลีน” (Allele) และแบบต่าง ๆ ของชุดยีนส์ที่มีแอลลีนต่างกันเรียกว่า “จีโนโทป์” (Genotype) ส่วนลักษณะภายนอกที่ปรากฏออกมาให้เห็นจะเรียกว่า “ฟีโนไทป์” (Phenotype) ยกตัวอย่างเช่น ในคนจะมีโครโมโซมทั้งหมด 23 คู่ หรือ 46 โครโมโซม จะประกอบไปด้วยยีนส์ต่าง ๆ กันประมาณ 1200 ถึง 1300 ยีนส์ ซึ่งยีนส์จะเก็บลักษณะต่าง ๆ ของคน เช่น สีผม สีผิว สีตา ลักษณะโครงกระดูก รวมไปถึงความผิดเพี้ยนทางด้านร่างกายต่าง ๆ ซึ่งนั่นเป็นตัวกำหนดให้มนุษย์ถูกแบ่งออกเป็นหลายเชื้อชาติ เช่น ในคนแถบตะวันตกจะมีลักษณะตาสีฟ้า ผิวขาว ผมสีทอง ซึ่งแตกต่างจากคนแถบเอเชียที่มีผิวสีเหลือง ผมสีดำ ตาสีน้ำตาลหรือสีดำ เป็นต้น โดยโครโมโซมทางพันธุศาสตร์แสดงได้ดังภาพที่ 2-10

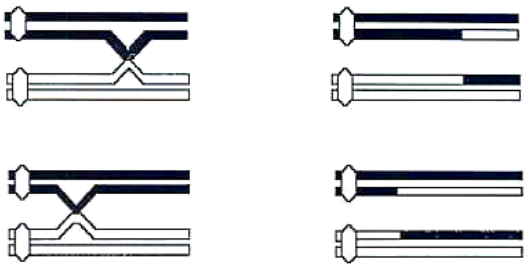
การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมเป็นการถ่ายทอดลักษณะต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตที่เกิดขึ้นเมื่อมีการแบ่งตัวของเซลสิ่งมีชีวิต ซึ่งมีอยู่ 2 แบบคือ การเพิ่มจำนวนเซล โดยโครโมโซมแต่ละตัวจะขยายตัวเพิ่มจำนวนตัวเองเป็นสอง และแบบที่สองเป็นการแบ่งตัวของเซลสืบพันธุ์ ซึ่งอาศัยวิธีการจับคู่และจำลองโครโมโซมของทั้งพ่อและแม่เพื่อให้ได้โครโมโซมใหม่ วิธีการทางพันธุศาสตร์ในระหว่างที่เกิดการแบ่งตัวของแบบที่สองนั้น โครโมโซมจะมีโอกาสแลกเปลี่ยนบางส่วนซึ่งกันและกัน อันทำให้เกิดวิธีการที่เรียกว่า “ครอสโอเวอร์” (Crossover) ซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะของยีนส์ต่าง ๆ ของคู่โครโมโซมพ่อกับแม่ ทำให้สิ่งมีชีวิตรุ่นลูกที่เกิดขึ้นมีความหลาก หลายมากขึ้นและอยู่รอดอย่างเหมาะสมกับสภาพแวดล้อม ส่วนการกลายพันธุ์ (Mutation) หรือการผ่าเหล่าเป็นการเปลี่ยนแปลงลักษณะของยีนส์ไปจากเดิมที่ควรเป็นไปตามการถ่ายทอด ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดลักษณะที่แปลก ๆ อย่างมากมายของสิ่งมีชีวิต การผ่าเหล่านั้นทุกลักษณะในแต่ละยีนส์ย่อมมีโอกาสที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงได้พอกัน และถ้าเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมก็จะอยู่รอดต่อไป ส่วนถ้าไม่เหมาะสมกับสภาพขณะนั้น ก็จะไม่ถูกคัดเลือกและหายไป



ภาพที่ 2-10 โครโมโซมทางพันธุศาสตร์

2.4.1 การสลับสายพันธุ์ (Crossover)

เป็นวิธีการที่นำโครโมโซม 1 คู่ ระหว่างโครโมโซมพ่อและโครโมโซมแม่มาทำการแลกเปลี่ยนลักษณะของยีนส์แสดงเป็นแบบจำลองได้ดังภาพที่ 2-11 ซึ่งจะทำให้มีโอกาสที่จะได้ลักษณะต่าง ๆ กันมาอยู่รวมกันได้หลายแบบมากขึ้น ทำให้สิ่งมีชีวิตรุ่นลูกที่เกิดขึ้นมามีความหลากหลายมากขึ้น และอาจทำให้มีโอกาสเกิดสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะต่าง ๆ ที่ดีพอเหมาะรวมอยู่ด้วยกันได้อย่างเหมาะสมกับสิ่งแวดล้อม ถ้าการเกิดเซลใหม่โดยถ่ายทอดโครโมโซมไม่มีการสลับสายพันธุ์แล้ว โครโมโซมใดเคยมียีนส์ลักษณะใดก็จะมีลักษณะนั้นอยู่เรื่อย ๆ รุ่นลูกก็จะมีลักษณะเช่นเดียวกัน โอกาสที่สิ่งมีชีวิตนั้นจะเจริญ หรือปรับตัวให้ดีขึ้นย่อมมีได้ยากกว่าการเปลี่ยนลักษณะยีนส์ใหม่หลาย ๆ แบบมากขึ้น



(ก) (ข)

ภาพที่ 2-11 การสลับสายพันธุ์ทางพันธุศาสตร์ (ก) ก่อนการสลับสายพันธุ์ (ข) หลังการสลับสายพันธุ์

2.4.2 การกลายพันธุ์ (Mutation)

เป็นการเปลี่ยนแปลงลักษณะของยีนส์ไปจากเดิมที่ควรเป็นตามการถ่ายทอด ซึ่งเป็นต้นเหตุของการเกิดลักษณะที่แปลกออกไปมากมาย เนื่องจากการถ่ายทอดทางพันธุกรรมจากรุ่นพ่อจนถึงรุ่นลูกและรุ่นหลานจะกินเวลาในการพัฒนา ซึ่งโอกาสในการพัฒนาโดยอาศัยโครโมโซมดีจากพ่อและแม่จะพัฒนาไปได้ทีละขั้นจากรุ่นลูกสู่รุ่นหลานจากรุ่นหลานสู่รุ่นเหลน ดังนั้นธรรมชาติจึงมีวิธีการก้าวกระโดดทางพันธุกรรมคือการกลายพันธุ์ เพื่อเพิ่มโอกาสในการพัฒนาแบบก้าวกระโดด ซึ่งวิธีนี้ถ้าโครโมโซมที่ถูกกลายพันธุ์ก้าวกระโดดไปสู่ลักษณะที่ดี ก็จะถูกคัดเลือกให้ถ่ายทอดสู่ประชากรรุ่นต่อไป แต่ถ้าการกลายพันธุ์มีลักษณะที่ไม่ดีก็จะถูกคัดทิ้งออกไปด้วยวิธีการทางพันธุกรรมตัวอย่างเช่น ในการพัฒนาสายพันธุ์ข้าว จะนำข้าวพันธุ์ต่าง ๆ ที่มีลักษณะทนแมลงและทนสภาวะแวดล้อมได้มาผสมพันธุ์เพื่อให้ได้พันธุ์ข้าวที่แข็งแรงซึ่งอาจจะใช้เวลานาน ดังนั้นถ้าสามารถที่จะกระตุ้นการกลายพันธุ์ของข้าวได้ด้วยการนำไปฉายรังสี เพื่อให้เกิดความผิดปกติทางเซลล์ ซึ่งส่งผลให้ข้าวมีการกลายพันธุ์อาจจะทำให้ได้ข้าวที่มีลักษณะดีทนต่อสภาวะแวดล้อมได้เร็วยิ่งขึ้น

2.4.3 ขั้นตอนพื้นฐานของจีเนติกอัลกอริทึม

วิธีการแก้ปัญหาโดยอาศัยกระบวนการคัดเลือกทางธรรมชาติ ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหากับข้อมูลในลักษณะต่างๆ เช่น ข้อมูลคอมพิวเตอร์ ข้อมูลคำตอบ ข้อสอบ หรือรูปแบบการวางแผนแบบต่าง ๆ จะช่วยลดปัญหาความยุ่งยากในการประมวลผล โดยจะสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาคือ จะนำวิธีการจีเนติกอัลกอริทึมไปปรับรูปแบบการแก้ปัญหาให้เหมาะกับข้อมูล ซึ่งจะเรียนแบบวิธีการทางธรรมชาติคือ มีการกำหนดโครโมโซมของข้อมูล มีการถ่ายทอดพันธุกรรมของข้อมูล และมีการคัดเลือกโครโมโซมของข้อมูลสู่รุ่นต่อไป ซึ่งสามารถแบ่งขั้นตอนพื้นฐานของจีเนติกอัลกอริทึมเป็น 2 ส่วนคือ ขั้นตอนการเตรียมการและขั้นตอนการทำงาน

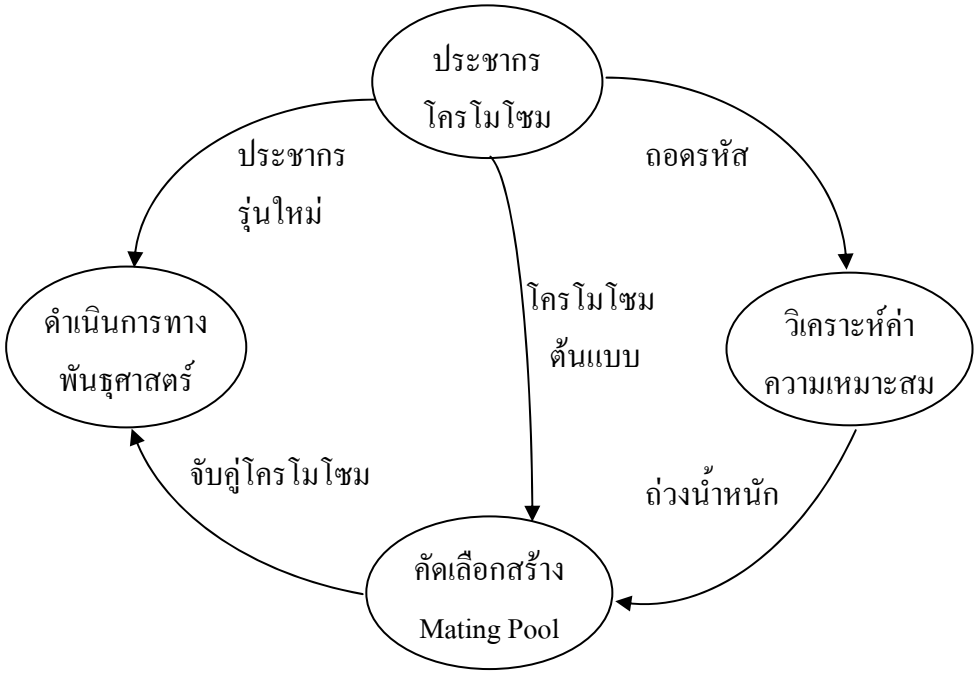
สำหรับในส่วนของขั้นเตรียมการนั้นเป็นส่วนของการปรับรูปแบบของปัญหาให้เหมาะสม เพื่อใช้ในการแก้ปัญหานั้น ๆ ประกอบด้วย 2 ส่วน

ส่วนที่ 1 การกำหนดประชากรโครโมโซม ในการกำหนดประชากรโครโมโซมจะมองปัญหาเทียบเท่ากับโครโมโซมชนิดหนึ่ง ซึ่งจะประกอบไปด้วยยีนส์ที่มีลักษณะต่าง ๆ กัน โดยยีนส์ลักษณะต่าง ๆ จะเปรียบเสมือนลำดับข้อมูลที่เมื่อแปรความหมายแล้วจะให้ค่าคำตอบของปัญหาค่าหนึ่ง โดยทั่วไปสามารถกำหนดยีนส์จากตัวแปร พารามิเตอร์ หรือเงื่อนไขที่เป็นองค์ประกอบของปัญหาให้อยู่ในรูปลำดับของยีนบนโครโมโซม โดยจะเรียกว่า “สตริง” (String) อันประกอบไปด้วยบิต (Bit) หรืออักขระ (Character) ซึ่งลักษณะต่าง ๆ ที่เป็นไปได้ของแต่ละยีนส์คือค่าของบิต (Bit Value) หรือค่าตัวแปร พารามิเตอร์ต่าง ๆ ซึ่งการกำหนดโครโมโซมของปัญหาควรกำหนดให้เป็น

ลักษณะตามแบบธรรมชาติ โดยกำหนดรหัสให้อยู่ในรูปตัวเลขหรือตัวอักษรที่มีช่วงจำกัดตามค่าตัวแปรหรือพารามิเตอร์ของปัญหา ซึ่งจะทำให้ได้โครโมโซมที่มีความยาวคงที่

ส่วนที่ 2 การกำหนดฟังก์ชันเป้าหมายกับฟังก์ชันความเหมาะสม เพื่อใช้ในการหาคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหา จีเนติกอัลกอริทึมมีพื้นฐานการหาคำตอบ โดยวิธีการจะไม่พิจารณาจากขั้นตอนการแก้ปัญหา แต่จะพิจารณาว่าคำตอบที่ได้ดีขึ้นหรือไม่หรือคำตอบที่ได้มีความใกล้เคียงกับคำตอบที่ต้องการหรือไม่ ซึ่งนั่นคือการกำหนดฟังก์ชันเป้าหมาย โดยจะสามารถกำหนดฟังก์ชันเป้าหมายของแต่ละปัญหาได้จากความสัมพันธ์ของตัวแปรหรือพารามิเตอร์ต่างๆ หรือข้อกำหนดของปัญหานั้น ๆ โดยระบุจากคำตอบที่สามารถเป็นไปได้ สำหรับฟังก์ชันความเหมาะสมจะใช้เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการตรวจสอบหรือกำหนดการอยู่รอดของโครโมโซมในแต่ละรุ่น ถ้าโครโมโซมมีความเหมาะสมเมื่อเทียบจากฟังก์ชันความเหมาะสมก็จะถูกคัดเลือกไปยังประชากรรุ่นถัดไป นั่นคือฟังก์ชันความเหมาะสมจะเป็นตัวบอกถึงคำตอบที่เกิดขึ้นของโครโมโซมในแต่ละรุ่นว่าดีเพียงใด โดยทั่วไปแล้วอาจจะใช้ฟังก์ชันเป้าหมายเป็นฟังก์ชันความเหมาะสมด้วย หรืออาจจะนำฟังก์ชันเป้าหมายไปปรับเพื่อเป็นฟังก์ชันความเหมาะสมสำหรับจีเนติกอัลกอริทึมก็ได้

ในส่วนของรายละเอียดขั้นตอนการทำงานดังภาพที่ 2-12 นั้น จะเป็นขั้นตอนพื้นฐานเบื้องต้นแบบง่ายประกอบด้วย



ภาพที่ 2-12 วัฏจักรของจีเนติกอัลกอริทึม

2.4.3.1 ประชากรโครโมโซมรุ่นเก่า เป็นชุดโครโมโซมที่จะถูกคัดเลือกไปเป็นต้นแบบสำหรับสร้างประชากรรุ่นใหม่ในวิวัฒนาการรุ่นต่อไป โดยประชากรเริ่มต้นจะถูกสร้างขึ้นโดยการสุ่มตามจำนวนโครโมโซมในแต่ละรุ่นที่กำหนด

2.4.3.2 วิเคราะห์ค่าความเหมาะสมของแต่ละโครโมโซม เป็นขั้นตอนของการถอดรหัสค่าตัวแปร พารามิเตอร์ต่าง ๆ ของแต่ละบิตในโครโมโซมจากรูปแบบโครโมโซมที่กำหนดไว้ เพื่อคำนวณค่าความเหมาะสมตามฟังก์ชันความเหมาะสมของปัญหา

2.4.3.3 สร้าง Mating Pool โดยคัดเลือกชุดโครโมโซมรุ่นเก่าที่สามารถอยู่รอดให้เป็นโครโมโซมต้นแบบหรือโครโมโซมพ่อและแม่ เพื่อใช้สร้างโครโมโซมลูกเป็นรุ่นต่อไป ซึ่งอาศัยการจำลองการคัดเลือกทางธรรมชาติ โดยพิจารณาค่าถ่วงน้ำหนักจากค่าความเหมาะสมของแต่ละโครโมโซม หากโครโมโซมใดมีค่าความเหมาะสมมากก็จะมีโอกาสถูกคัดเลือกเป็นต้นแบบมาก

2.4.3.4 การดำเนินการทางพันธุศาสตร์ เมื่อได้โครโมโซมของข้อมูลและฟังก์ชันเป้าหมายกับฟังก์ชันความเหมาะสมแล้ว ต่อไปจะนำวิธีการทางพันธุกรรมมาหาคำตอบของปัญหาโดยเริ่มจากการสุ่มจับคู่โครโมโซมต้นแบบใน Mating Pool เพื่อสร้างประชากรโครโมโซมรุ่นใหม่ ซึ่งตัวดำเนินการทางพันธุศาสตร์ประกอบด้วยการสลับสายพันธุ์ โดยการแลกเปลี่ยนค่าบิตบางส่วนของโครโมโซมซึ่งกันและกัน หรือการกลายพันธุ์โดยสุ่มเปลี่ยนค่าบิตบางบิตของแต่ละโครโมโซม

โดยในการค้นหาคำตอบของจีเนติกอัลกอริทึมนั้น จะประมวลผลซ้ำตามวัฏจักรจนกว่าจะได้รับคำตอบที่พอใจตามกฎเกณฑ์ที่ตั้งไว้ หรือในระยะเวลาตามจำนวนรุ่นที่ดำเนินการตามต้องการ ซึ่งชุดโครโมโซมลูกหรือประชากรรุ่นใหม่ทั้งหมดที่เกิดขึ้น จะถูกถ่ายทอดกลายเป็นประชากรรุ่นเก่าสำหรับวิวัฒนาการในรุ่นถัดไป

หลังจากที่ได้ทราบถึงขั้นตอนวิธีการบีบอัดภาพแบบแฟรกทอล การจัดกลุ่มด้วยวิธีการฟัซซีและจีเนติกอัลกอริทึมแล้ว ต่อไปจะกล่าวถึงการวัดประสิทธิภาพการบีบอัดข้อมูลภาพที่นำมาใช้ในงานวิจัยดังนี้

2.5 การวัดประสิทธิภาพการบีบอัดข้อมูลภาพ

สำหรับงานวิจัยนี้การวัดประสิทธิภาพในการบีบอัดข้อมูลภาพ จะพิจารณาจากเวลาที่ใช้ในการเข้ารหัสภาพด้วยวิธีการต่าง ๆ เทียบกับค่าบิตเรต (Bit Rate) และพิจารณาจากคุณภาพของภาพในการเข้ารหัสด้วยวิธีการต่าง ๆ เทียบกับค่าบิตเรต ซึ่งในการบีบอัดข้อมูลภาพแบบแฟรกทอล จะสามารถคำนวณค่าที่ใช้วัดประสิทธิภาพการบีบอัดข้อมูลได้ดังนี้

2.5.1 บิตเรต (Bit Rate)

บิตเรตคือค่าเฉลี่ยของจำนวนบิตต่อพิกเซล (Bit Per Pixel, bpp) ของภาพที่ถูกลดข้อมูลโดยสามารถคำนวณได้จาก อัตราส่วนระหว่างจำนวนบิตทั้งหมดของภาพที่ผ่านการบีบอัดข้อมูลต่อจำนวนพิกเซลทั้งหมดของภาพต้นแบบ ดังสมการที่ 2-6

$$\text{Bit Per Pixel (bpp)} = \frac{\text{จำนวนบิตทั้งหมดของภาพที่ผ่านการบีบอัดข้อมูล}}{\text{จำนวนพิกเซลทั้งหมดของภาพต้นแบบ}} \quad (2\text{-}6)$$

2.5.2 อัตราส่วนสัญญาณข้อมูลกับสัญญาณรบกวน (Peak Signal-to-Noise Ratio)

ในที่นี้สัญญาณรบกวนหมายถึง ข้อมูลที่มีความผิดเพี้ยนไปจากเดิม ซึ่งได้จากการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลภาพเดิมกับภาพที่ได้จากการสร้างภาพในแบบแฟรกทอล หน่วยที่ใช้วัดค่ามีหน่วยเป็นเดซิเบล (Decibel) คำนวณได้จากสมการที่ 2-7 เมื่อ n เป็นจำนวนจุดสีทั้งหมดในภาพ P และ $\hat{P}$ เป็นค่าความเข้มแสงในตำแหน่งที่ i ของภาพก่อนและหลังเข้ารหัส

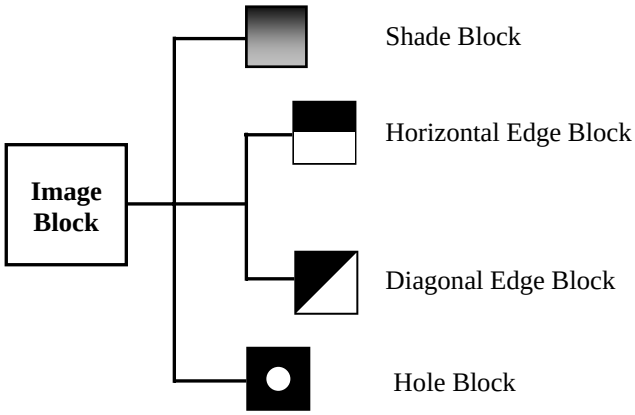
$$PSNR = 20 \log \left(\frac{255}{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=0}^{n-1} \left(\hat{P}_i - P_i \right)^2} \right) \quad (2\text{-}7)$$

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวกับการเข้ารหัสแบบแฟรกทอลด้วยวิธีการต่าง ๆ ผู้วิจัยได้นำมาเป็นแนวทางในพัฒนาวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึมในพื้นที่ย่อยของโดเมนสำหรับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล ซึ่งพอสรุปรายละเอียดงานวิจัยต่าง ๆ ได้ดังนี้

Loe, et al. [3] ได้เสนอวิธีการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลที่อาศัยวิธีการฟัซซีเข้ามาจัดกลุ่มข้อมูล และหาค่าที่เหมาะสมในแต่ละกลุ่มโดยใช้วิธีการจีเนติกอัลกอริทึม เนื่องจากโครงสร้างการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล ที่มีจุดด้อยตรงที่ใช้เวลามากในช่วงของการค้นหาและเทียบข้อมูลระหว่างเรนจ์บล็อกกับโดเมนบล็อก จากส่วนของความเป็นไปได้ทั้งหมดของบล็อกในภาพ ผู้วิจัยได้เสนอวิธีการจัดกลุ่มแบบฟัซซีเข้ามาช่วยในการค้นหา และเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างเรนจ์บล็อกกับโดเมนบล็อก โดยในการจัดกลุ่มที่เหมาะสมของบล็อกแบบฟัซซีนั้น เริ่มจากการนำเรนจ์บล็อกกับโดเมนบล็อกมาแยกออกเป็นกลุ่มด้วยวิธีการฟัซซีตามลักษณะต่าง ๆ ของบล็อก ซึ่งลักษณะ

ดังกล่าวนี้ประกอบด้วย Shade Block, Horizontal Edge Block, Diagonal Edge Block, Hole Block ดังภาพที่ 2-13



ภาพที่ 2-13 ลักษณะของบล็อกภาพ

จากนั้นนำวิธีการหาจุดเหมาะสมโดยใช้จีเนติกอัลกอริทึมมาคำนวณ เพื่อถ่วงน้ำหนักค่าความเป็นสมาชิกในกลุ่มต่าง ๆ และทำการเลือกกลุ่มที่เหมาะสมให้กับบล็อก ทำให้ในขั้นตอนของการค้นหาและเทียบข้อมูลระหว่างเรนจ์บล็อกกับโดเมนบล็อก จะทำการเทียบข้อมูลภายในกลุ่มเดียวกันระหว่างเรนจ์กับโดเมน จากวิธีการดังกล่าวทำให้สามารถลดเวลาในการเข้ารหัสลง และสามารถเพิ่มความเร็วในการเข้ารหัสขึ้น 40% เมื่อเทียบกับวิธีการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลดั้งเดิม

Varakulsiripunth และ Woraratpanya [4] ได้เสนอวิธีการเข้ารหัสข้อมูลแบบแฟรกทอลร่วมสำหรับภาพแบบลำดับฟิลด์ของวิดีโอสเตริโอสามมิติ เพื่อลดเวลาในการเข้ารหัสข้อมูลแบบแฟรกทอล จากแนวความคิดที่ว่าในการค้นหาคู่ที่เหมาะสมนั้น สามารถที่จะหาคู่ที่เข้ากันได้ของเรนจ์บล็อกกับโดเมนบล็อกได้มากมายหลายคู่จากการค้นหาทั้งภาพ ซึ่งในการเข้ารหัสอาจจะไม่จำเป็นที่จะต้องใช้คู่ที่ดีที่สุดเสมอไป บางครั้งสามารถที่จะใช้คู่ที่เหมาะสมรองลงมาหรือคู่ที่เหมาะสมอยู่ภายในระดับที่ยอมรับได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ใช้วิธีการออกแบบที่พักของโดเมนแบบร่วม (Mutual Domain Pool) ในการออกแบบพื้นที่ของโดเมน ซึ่งวิธีการนี้แตกต่างจากวิธีการเข้ารหัสแบบแฟรกทอลธรรมดาตรงที่ จะมีการกำหนดพื้นที่ของการจับคู่ข้อมูลระหว่างโดเมนบล็อกและเรนจ์บล็อก ทำให้ในขั้นตอนการจับคู่ข้อมูลจะทำการค้นหาคู่ที่เหมาะสมภายในพื้นที่ที่กำหนดไม่จำเป็นต้องทำการค้นหาคู่ที่เหมาะสมทั้งพื้นที่

จากโครงสร้างของลำดับฟิลด์ของวิดีโอสเตริโอสามมิติ ที่ประกอบด้วยลำดับของฟิลด์คู่และฟิลด์คี่ ซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้เทคนิคที่เรียกว่า “MSFC” (Mutual Scanline Fractal Coding) โดยจะ

แบ่งฟิลด์ของภาพออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนของ D_R - R_L (เส้นสแกนแถวคู่) และ D_L - R_R (เส้นสแกนแถวคี่) โดยแต่ละส่วนเรียกว่า “Scan Line” จากนั้นจะใช้หลักการ Mutual Domain Pool เพื่อกำหนดพื้นที่ของการจับคู่ข้อมูลระหว่างโดเมนบล็อกและเรนจ์บล็อก ทำให้ในการจับคู่ข้อมูลไม่จำเป็นต้องทำการค้นหาคู่ที่เหมาะสมทั้งพื้นที่ เนื่องจากจะทำการค้นหาคู่ที่เหมาะสมภายในพื้นที่ที่กำหนดโดยวิธีการ Mutual Domain Pool ไว้เท่านั้น ซึ่งผลที่ได้จะมารวมกันในขั้นตอนสุดท้ายเพื่อเข้ารหัสต่อไป โดยผลลัพธ์ของการนำวิธี Mutual Domain Pool มาช่วยกำหนดพื้นที่ในการเข้ารหัสข้อมูลแบบแฟรกทอลร่วมสำหรับภาพแบบลำดับฟิลด์ของวิดีโอสเตริโอสามมิติ ทำให้เวลาที่ใช้ในการเข้ารหัสลดลง และยังสามารถที่จะรักษาคุณภาพของภาพให้อยู่ในระดับที่สูงได้ เมื่อเปรียบเทียบกับการเข้ารหัสแบบแฟรกทอลด้วยวิธีการดั้งเดิม

Chang และ Kuo [17] ได้เสนองานวิจัยเกี่ยวกับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล โดยอาศัยประโยชน์ของการออกแบบและจัดการพื้นที่ของโดเมนให้เหมาะสม ในการค้นหาบล็อกข้อมูลแต่ละครั้ง ซึ่งได้นำเอาหลักการของ LBG และการหาค่าเฉลี่ยของบล็อกแต่ละบล็อกมาช่วยในการกำหนดขอบเขตพื้นที่ของโดเมน ทำให้ในการค้นหาคู่ที่เหมือนกันจะทำการค้นหาภายในขอบเขตที่กำหนด เนื่องด้วยหลักการที่ว่าในหนึ่งการค้นหาสามารถที่จะพบคู่ของเรนจ์และโดเมนที่มีลักษณะเหมือนกันหรือคล้ายกันได้หลายคู่ ซึ่งถ้าต้องการค้นหาคู่ที่ดีที่สุดก็จำเป็นที่จะต้องทำการค้นหาจากทั้งภาพซึ่งใช้เวลานาน ดังนั้นการกำหนดขอบเขตการค้นหาบล็อกข้อมูลโดยอาศัยวิธีการดังกล่าวมาช่วยในการคำนวณเพื่อกำหนดขอบเขตในการค้นหาค้นหาที่เหมาะสม ทำให้ช่วยลดเวลาในการค้นหาลงโดยไม่จำเป็นต้องค้นหาคู่ที่เหมาะสมจากทั้งภาพ ซึ่งในงานวิจัยนี้ผลที่ได้จากการทดลองในด้านความเร็วในการเข้ารหัสที่ดีขึ้นกว่าเดิม อีกทั้งยังสามารถรักษาคุณภาพของภาพไว้ได้เป็นอย่างดี โดยคงคุณภาพของภาพได้ถึง 87% หลังการถอดรหัส และวิธีการที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ยังได้ถูกเปรียบเทียบกับวิธีการเข้ารหัสแบบ JPEG มาตรฐาน ผลปรากฏว่าประสิทธิภาพทางด้านเวลาและคุณภาพของบิตเรตที่ได้อยู่ในขั้นที่ดีกว่า เมื่อเปรียบเทียบด้วยการเข้ารหัสภาพในสภาวะเดียวกัน

จากการศึกษางานวิจัยต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้น พบว่าในแต่ละงานวิจัยที่ได้พัฒนาขึ้นสามารถที่จะนำไปพัฒนาได้หลายรูปแบบ ซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้นำวิธีการต่าง ๆ มาประยุกต์เข้าด้วยกันคือ นำวิธีการออกแบบพื้นที่ของโดเมน (Domain Pool) [4], [17] เพื่อลดขอบเขตในการค้นหาข้อมูลลงจากเดิม (ทั้งพื้นที่ของโดเมน) และนำวิธีการฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึม [3] มาจัดกลุ่มข้อมูล (โดเมนบล็อกและเรนจ์บล็อก) ที่อยู่ภายในแต่ละพื้นที่ย่อยของโดเมน (Subdomain Pool) ที่กำหนดขึ้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเข้ารหัสแบบแฟรกทอลในด้านความเร็วให้ดียิ่งขึ้น อีกทั้งยังได้นำข้อเสนอแนะต่าง ๆ ที่ได้จากงานวิจัยดังกล่าวข้างต้นมาพัฒนาให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

บทที่ 3
ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดขั้นตอนในการทำวิจัยทั้งหมด ซึ่งการวิจัยนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา โดยมุ่งพัฒนาวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึมในพื้นที่ย่อยของโดเมนสำหรับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล ซึ่งแบ่งออกเป็นขั้นตอนต่าง ๆ คือ การแบ่งพื้นที่ของภาพ การลดขนาดพื้นที่ของโดเมน (Domain Pool) เพื่อจำกัดขอบเขตในการค้นหาข้อมูล การจัดกลุ่มบล็อกข้อมูลด้วยวิธีการฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึม และกระบวนการเปรียบเทียบข้อมูล (Mapping) เพื่อทำการเข้ารหัส

3.1 วิเคราะห์ปัญหาการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล

จากปัญหาของการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 1.1 ซึ่งเป็นเหตุผลหลักที่นำมาสร้างงานวิจัยนี้ โดยงานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่การหาวิธีการลดเวลาในการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลซึ่งเป็นจุดด้อยของวิธีการดังกล่าว โดยเมื่อพิจารณาจากวิธีการเข้ารหัสภาพในขั้นตอนการจับคู่ข้อมูลระหว่างเรนจ์บล็อกกับโดเมนบล็อก เพื่อหาบล็อกที่เหมือนหรือใกล้เคียงกันภายในพื้นที่ของโดเมน พบว่ามีวิธีการแก้ปัญหาได้หลายลักษณะ เช่น การจำกัดขอบเขตการค้นหา [4], [17] การกำหนดลักษณะของข้อมูลในการค้นหา [3] การสร้างเครื่องมือค้นหาที่มีประสิทธิภาพ [19] ฯลฯ ซึ่งผู้วิจัยได้พยายามที่จะแก้ปัญหานี้ด้วยเหมือนกัน โดยได้นำประเด็นของการจำกัดขอบเขตในการค้นหาข้อมูล และการกำหนดลักษณะของข้อมูลในการค้นหามาเพื่อแก้ปัญหา

ในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการจำกัดขอบเขตการค้นหานั้นคือ การลดขนาดพื้นที่ของโดเมนที่ใช้ในการค้นหาและจับคู่กันระหว่างเรนจ์บล็อกกับโดเมนบล็อกให้เล็กลง ซึ่งจะต้องออกแบบพื้นที่ย่อยของโดเมน (Subdomain Pool) ให้มีความเหมาะสม โดยแนวคิดนี้มีหลักอยู่ว่าโดยทั่วไปแล้วในภาพหนึ่งภาพมักจะมีส่วนที่เหมือนหรือคล้ายคลึงกันมากกว่า 1 ส่วน ซึ่งวิธีการดั้งเดิมจะทำการเลือกคู่ที่ดีที่สุดหรือส่วนที่เหมือนหรือคล้ายคลึงกันมากที่สุด จากทั้งพื้นที่ของโดเมนไปทำการเข้ารหัสทำให้ใช้เวลาในการค้นหาที่นาน ดังนั้นการออกแบบพื้นที่ย่อยของโดเมนทำให้ในการค้นหาไม่จำเป็นที่จะต้องเลือกส่วนที่เหมือนหรือคล้ายคลึงกันมากที่สุดจากทั้งพื้นที่ของโดเมน แต่อาจจะเลือกส่วนที่เหมือนหรือคล้ายคลึงกันรองลงมาภายในพื้นที่ย่อยของโดเมน ซึ่งผลที่ได้อาจจะทำให้คุณภาพของภาพลดลงไปบ้าง เนื่องจากคู่ที่ถูกเลือกอาจจะไม่ใช่คู่ที่ดีที่สุด แต่วิธีการดังกล่าว

จะสามารถลดเวลาที่ใช้ในการเข้ารหัสลงไปอย่างมาก เนื่องจากการลดขอบเขตในการค้นหาก็เท่ากับการลดเวลาในการค้นหาลงไปด้วย

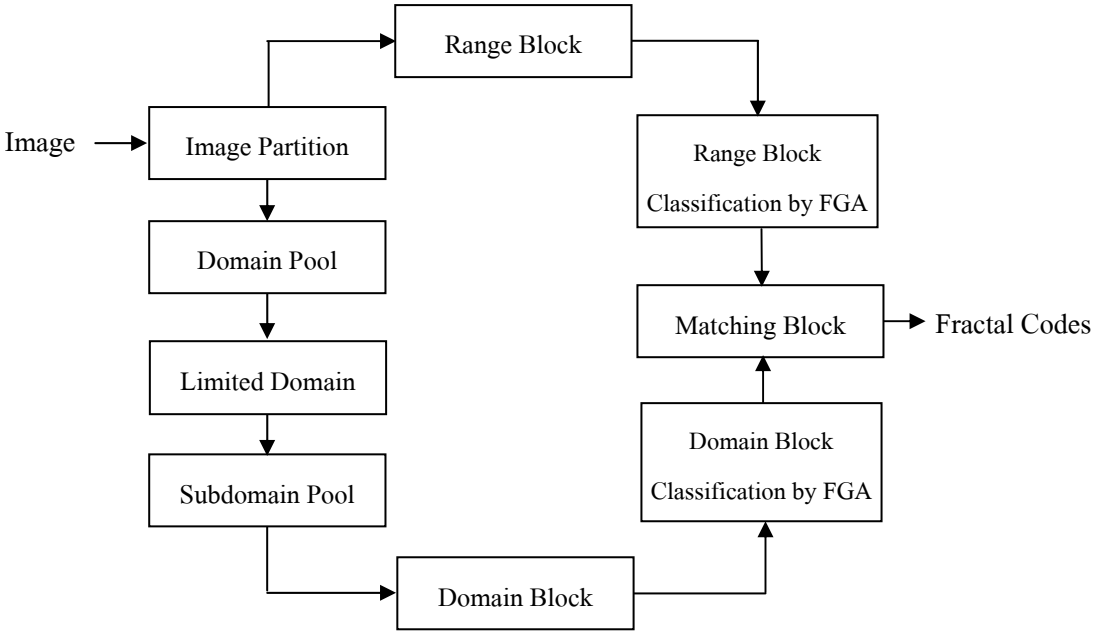
สำหรับวิธีการกำหนดลักษณะของข้อมูลในการค้นหา ผู้วิจัยได้นำแนวคิดในการจำแนกข้อมูลตามลักษณะของบล็อกข้อมูล เพื่อทำการจัดกลุ่มบล็อกข้อมูล ทำให้ในการค้นหาคู่ที่เหมือนหรือคล้ายคลึงกันของเรนจ์บล็อกกับโดเมนบล็อก จะทำการค้นหาเฉพาะบล็อกที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน ซึ่งมีความเป็นไปได้สูงที่บล็อกดังกล่าวจะมีลักษณะเหมือนกันหรือคล้ายกัน โดยที่บล็อกที่อยู่คนละกลุ่มจะมีความน่าจะเป็นต่ำที่มีคู่ที่เหมือนกันหรือคล้ายกันระหว่างเรนจ์บล็อกกับโดเมนบล็อก ซึ่งผลที่คาดว่าน่าจะได้รับคือสามารถลดเวลาในการค้นหาลงได้ ในงานวิจัยนี้ได้นำเอารูปแบบการผสมผสานวิธีการฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึม มาใช้ในการจัดจำแนกลักษณะของบล็อกข้อมูล หรือเรียกว่า “ตัวจำแนกแบบเอฟจีเอ” ในขั้นตอนการจับคู่ของบล็อก เพื่อที่จะได้ค้นหาเฉพาะในกลุ่มข้อมูลที่มีลักษณะเดียวกัน ซึ่งวิธีการฟัซซีที่นำมาใช้ในการจำแนกข้อมูลเป็นวิธีการที่ช่วยในการตัดสินใจภายใต้ความไม่แน่นอนของข้อมูล โดยใช้หลักของเหตุและผลเลียนแบบวิธีคิดที่ซับซ้อนของมนุษย์ คือมีการให้น้ำหนักของข้อมูลในแต่ละคำตอบที่ไม่เท่ากัน เพื่อให้ลักษณะของข้อมูลมีความชัดเจน โดยที่ไม่ตัดโอกาสของข้อมูลทางใดทางหนึ่งออกไป เช่น ข้อมูลของบล็อกที่พิจารณา บล็อกดังกล่าวอาจจะมีลักษณะของบล็อกเป็นไปได้ในหลายกลุ่ม ซึ่งเมื่อนำวิธีการฟัซซีมาใช้ในการตัดสินใจจะทำให้สามารถบอกได้ว่าบล็อกดังกล่าวนั้นอยู่ในกลุ่มใด โดยผู้วิจัยได้นำเอาวิธีการจีเนติกอัลกอริทึมเข้ามาช่วยในการตัดสินใจของฟัซซีให้มีความถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น

จากการวิเคราะห์ปัญหาดังที่ได้กล่าวไปข้างต้น ในงานวิจัยนี้จึงได้รวมเอาทั้งวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึม และการลดขนาดพื้นที่ของโดเมนมาเพื่อแก้จุดด้อยในด้านเวลาของการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล ซึ่งจะได้กล่าวถึงขั้นตอนการออกแบบการวิจัยในหัวข้อต่อไป

3.2 การออกแบบการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึมในพื้นที่ย่อยของโดเมน

การใช้วิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึม ในพื้นที่ย่อยของโดเมนสำหรับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล มีวิธีการในการทำงานโดยใช้หลักการพื้นฐานของการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล โดยเริ่มต้นจากการแบ่งพื้นที่ของภาพออกเป็นส่วน ๆ หรือเรียกว่า “บล็อก” โดยกำหนดให้บล็อกต้นฉบับเป็นเรนจ์บล็อก และบล็อกที่จะใช้ในการเข้าคู่เป็นโดเมนบล็อกในพื้นที่ของภาพเดียวกัน โดยข้อมูลโดเมนบล็อกทั้งหมดจะถูกเก็บไว้ภายในพื้นที่ของโดเมน จากนั้นทำการค้นหาคู่ที่ดีที่สุดระหว่างเรนจ์บล็อกกับโดเมนบล็อก แต่ก่อนที่จะเข้าสู่ขั้นตอนของการค้นหาคู่ที่ดีที่สุดนั้น จะต้องทำการออกแบบพื้นที่ย่อยของโดเมน เพื่อลดขอบเขตในการค้นหา

โดเมนบล็อกลง โดยจะทำการออกแบบความสูงของพื้นที่ย่อยของโดเมนให้มีความสัมพันธ์กันกับข้อมูลที่ต้องการค้นหา โดยที่ยังคงขนาดความกว้างไว้เท่ากับขนาดเดิมของภาพ ซึ่งเมื่อทำการลดขนาดพื้นที่ของโดเมนลง ผลที่คาดว่าจะได้รับนั้นนอกจากจะช่วยลดเวลาในการค้นหาลงแล้ว ยังสามารถที่จะลดบิตที่ใช้ในการเก็บข้อมูลการเข้ารหัสลงได้อีกด้วย เนื่องจากวิธีการดั้งเดิมจะเก็บขนาดความสูงของพื้นที่ของโดเมนทั้งหมดเท่ากับ 8 บิต ดังนั้นเมื่อทำการลดขนาดพื้นที่ของโดเมนลงขนาดของบิตข้อมูลที่ใช้ในการเก็บเพื่อแทนค่าตำแหน่งก็จะลดลงตามไปได้ด้วย และเพื่อเพิ่มความเร็วในการเข้ารหัสของข้อมูลให้มากขึ้นกว่าเดิม ผู้วิจัยจึงได้นำวิธีฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึมเข้ามาช่วยในการจัดกลุ่มข้อมูล ในขั้นตอนของการจับคู่ระหว่างเรนจ์บล็อกกับโดเมนบล็อกภายในพื้นที่ย่อยของโดเมนที่ได้ออกแบบไว้ โดยวิธีการฟัซซีจะทำการหาค่าความเป็นสมาชิกของบล็อกข้อมูล เพื่อจัดจำแนกกลุ่มของเรนจ์บล็อกกับโดเมนบล็อกตามลักษณะของบล็อก ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มของลักษณะบล็อกแบบลำดับชั้นของสี (Shade Block) กลุ่มของบล็อกแบบเส้นแบ่งบล็อก (Edge Block) และกลุ่มของบล็อกแบบวงกลมกึ่งกลาง (Hole Block) โดยภายในกระบวนการของฟัซซี ผู้วิจัยได้นำวิธีการจีเนติกอัลกอริทึมมาใช้ในการถ่วงน้ำหนักค่าความเป็นสมาชิกดังกล่าวเพื่อให้การจำแนกกลุ่มมีความถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น ซึ่งผลที่คาดว่าจะได้รับเมื่อนำวิธีการดังกล่าวเข้ามาใช้ จะทำให้ในขั้นตอนของการค้นหาและจับคู่กันของเรนจ์บล็อกกับโดเมนบล็อก เรนจ์บล็อกจะต้องทำการค้นหาโดเมนบล็อกที่มีลักษณะตรงกันหรืออยู่กลุ่มเดียวกันภายใน พื้นที่ย่อยของโดเมน จึงจะเข้าสู่กระบวนการจับคู่ข้อมูลด้วยวิธีการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลมาตรฐานเพื่อสร้างรหัสแฟรกทอล (Fractal Codes) ต่อไป แต่ถ้าลักษณะของบล็อกข้อมูลไม่ตรงกันหรือไม่อยู่กลุ่มเดียวกัน โดเมนบล็อกดังกล่าวก็จะไม่ต้องผ่านกระบวนการจับคู่ข้อมูลเพื่อสร้างรหัสแฟรกทอล ซึ่งเรนจ์บล็อกก็จะทำการเลือกโดเมนบล็อกในตำแหน่งถัดไปภายในพื้นที่ย่อยของโดเมน มาเพื่อเปรียบเทียบกลุ่ม จากภาพที่ 3-1 แสดงกระบวนการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึมในพื้นที่ย่อยของโดเมน สำหรับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล



ภาพที่ 3-1 กระบวนการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึมในพื้นที่ย่อยของโดเมนสำหรับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล

3.3 กระบวนการทำงานของวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึมในพื้นที่ย่อยของโดเมน

3.3.1 การแบ่งพื้นที่ของภาพ

ขั้นตอนแรกของการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล คือการเลือกชนิดของการแบ่งพื้นที่ที่ถูกกำหนดเป็นเรนจ์บล็อก ซึ่งจะต้องครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของภาพ โดยในงานวิจัยนี้จะทำการแบ่งพื้นที่ของภาพเป็นแบบแบ่งแบบสี่ส่วน (Quadtree Partitioning) เพื่อให้การค้นหาข้อมูลระหว่างโดเมนกับเรนจ์มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากในภาพหนึ่งภาพจะมีรายละเอียดที่แตกต่างกันในแต่ละส่วน วิธีการแบ่งแบบสี่ส่วนจะทำการแบ่งส่วนของภาพที่มีรายละเอียดมากด้วยบล็อกที่มีขนาดเล็ก และส่วนของภาพที่มีรายละเอียดน้อยด้วยบล็อกที่มีขนาดใหญ่ โดยกำหนดให้บล็อกใหญ่ที่สุดมีขนาด 8×8 พิกเซล และบล็อกที่เล็กที่สุดมีขนาด 4×4 พิกเซลดังภาพที่ 3-2

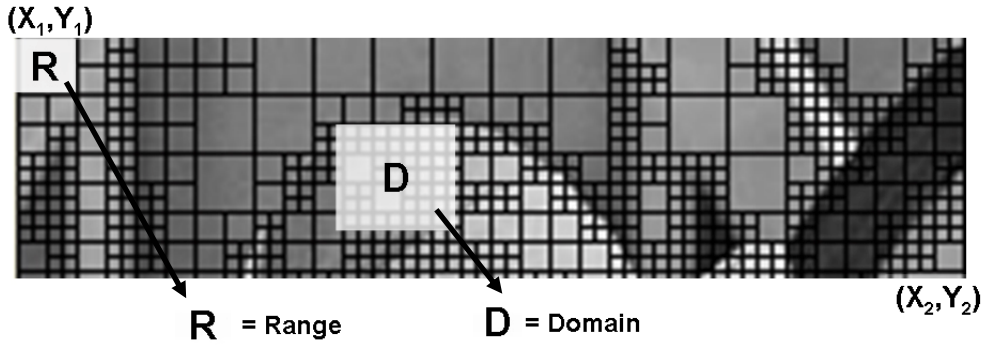
ภาพที่ 3-2 การแบ่งภาพ Lena.bmp ขนาด 256×256 แบบแบ่งสี่ส่วน (Quadtree) โดยกำหนดให้บล็อกใหญ่ที่สุดมีขนาด 8×8 พิกเซล และบล็อกที่เล็กที่สุดมีขนาด 4×4 พิกเซล

3.3.2 กำหนดพื้นที่โดเมนบล็อก

จากภาพที่นำมาทดลองกำหนดให้มีขนาด 256×256 เป็นแบบเกรย์สเกลประกอบไปด้วยระดับสีเทา 256 ระดับ ซึ่งได้กำหนดขนาดของเรนจ์บล็อกไว้แล้ว ดังนั้นในการกำหนดขนาดของโดเมนบล็อกจะกำหนดพื้นที่ขนาดเป็น 2 เท่าของเรนจ์บล็อก ตัวอย่างเช่น เรนจ์บล็อกมีขนาด 4×4 โดเมนบล็อกจะต้องมีขนาดเป็น 2 เท่า คือ 8×8 และในขั้นตอนการเทียบข้อมูลระหว่างเรนจ์บล็อกกับโดเมนบล็อกจำเป็นต้องมีการลดขนาดของโดเมนบล็อกโดยการหาค่าเฉลี่ย ซึ่งวิธีการดังกล่าวเป็นวิธีการที่ง่ายและไม่ซับซ้อน ทำให้สามารถถอดรหัสได้อย่างรวดเร็ว [17] ซึ่งจะนำมาเข้าสู่กระบวนการในการค้นหาและจับคู่ระหว่างเรนจ์กับโดเมนต่อไป โดยในขั้นตอนดังกล่าวนี้ผู้วิจัยจะแก้ปัญหาด้านเวลาในการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล โดยใช้วิธีการลดขนาดพื้นที่ของโดเมนเพื่อจำกัดขอบเขตในการค้นหาข้อมูล และทำการจัดกลุ่มให้กับบล็อกข้อมูลด้วยวิธีการฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึมในการแก้ปัญหาดังกล่าว

3.3.3 การลดขนาดพื้นที่ของโดเมนเพื่อจำกัดขอบเขตในการค้นหาข้อมูล [4], [17]

ในการลดขนาดพื้นที่ของโดเมนนั้น จะทำการออกแบบพื้นที่ย่อยของโดเมนเพื่อจำกัดขอบเขตในการค้นหาข้อมูล ซึ่งในงานวิจัยนี้จะยังคงขนาดความกว้างไว้เท่ากับขนาดเดิมของภาพ แต่จะทำการลดขนาดในด้านความสูงของภาพ ซึ่งจะทำการคำนวณและกำหนดค่าเป็นระดับชั้นตามแนวแกน Y โดยจะนำค่าตำแหน่งแกน Y ของเรนจ์บล็อกที่ต้องการค้นหาบวกกับขนาดความสูงของโดเมนบล็อก และคูณด้วยจำนวนเท่าของชั้นที่ต้องการ ซึ่งขนาดของชั้นข้อมูลที่กำหนดจะมีผลกับจำนวนบิตที่ใช้เก็บข้อมูลในการเข้ารหัสคือ ถ้าชั้นของข้อมูลมีขนาดกว้างจะใช้จำนวนบิตในการเก็บมากกว่าชั้นที่มีขนาดแคบ



ภาพที่ 3-3 การออกแบบพื้นที่ย่อยของโดเมน

โดยวิธีการคำนวณขนาดพื้นที่ย่อยของโดเมน แสดงได้ดังสมการที่ 3-1 และสมการที่ 3-2

$$X_2 = W_{\text{Image}} - W_{\text{D}} \tag{3-1}$$

$$Y_2 = R_{\text{y}} + (H_{\text{D}} \times ES) \tag{3-2}$$

โดยที่ W_{Image} คือ ความกว้างของภาพ

W_{D}, H_{D} คือ ความกว้างและความสูงของโดเมนบล็อก

R_{y} คือ ตำแหน่งของเรนจ์ที่กำลังพิจารณา

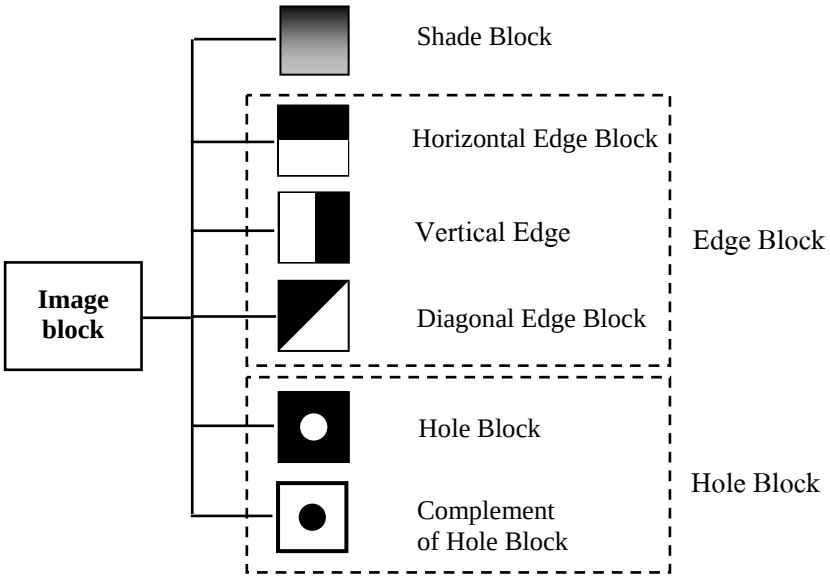
ES คือ จำนวนเท่าของชั้นข้อมูลที่กำหนด

ตัวอย่างเช่น ต้องการค้นหาข้อมูลของเรนจ์บล็อกที่ขนาด 4×4 ที่แถว 140 ถ้าต้องการให้ขอบเขตในการค้นหามีขนาดใหญ่กว่าตัวโดเมนบล็อก 2 เท่า นั่นคือ 140 + (8×2) = 156 ดังนั้นจะได้ขอบเขตการค้นหาข้อมูลตั้งแต่แถวที่ 140 ถึง 156

3.3.4 การจัดกลุ่มให้กับบล็อกข้อมูลด้วยวิธีการฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึม [3]

ในงานวิจัยนี้จะนำวิธีการฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึม มาทำการจัดกลุ่มบล็อกข้อมูลเพื่อให้ในส่วนของการค้นหาคู่ของส่วนที่เหมือนกันของโดเมนบล็อกและเรนจ์บล็อก จะทำการค้นหาคู่ภายในกลุ่มที่ได้กำหนดไว้ โดยในการจัดกลุ่มบล็อกข้อมูลด้วยวิธีการดังกล่าวจะประกอบด้วยการทำงาน 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนของการหาค่าความเป็นสมาชิกในแต่ละลักษณะของบล็อกข้อมูลแต่ละบล็อกเพื่อเตรียมข้อมูลในการจัดกลุ่ม และขั้นตอนของการถ่วงน้ำหนักค่าความเป็นสมาชิกเพื่อกำหนดกลุ่มให้กับบล็อกด้วยจีเนติกอัลกอริทึม โดยในงานวิจัยนี้จะทำการแบ่งกลุ่มของบล็อกออกเป็นลักษณะต่าง ๆ คือ ลักษณะบล็อกแบบลำดับชั้นของสี (Shade Block) บล็อกแบบเส้น

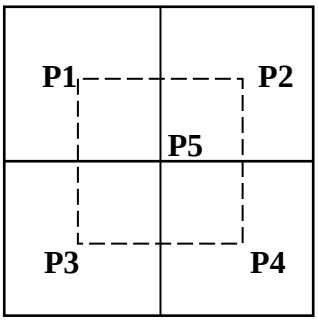
แบ่งบล็อก (Edge Block) และบล็อกแบบวงกลมกึ่งกลาง (Hole Block) โดยแต่ละกลุ่มจะประกอบด้วยลักษณะบล็อกแบบต่าง ๆ ดังภาพที่ 3-4



ภาพที่ 3-4 ลักษณะบล็อกในกลุ่มต่าง ๆ

3.3.4.1 การหาค่าความเป็นสมาชิก ในแต่ละลักษณะของบล็อกข้อมูลแต่ละบล็อกเพื่อเตรียมข้อมูลในการจัดกลุ่ม

(1) เริ่มต้นจะทำการแบ่งบล็อกข้อมูลออกเป็น 5 ส่วนเท่า ๆ กัน ได้แก่ P1, P2, P3, P4, P5 ดังภาพที่ 3-5



ภาพที่ 3-5 การแบ่งส่วนของบล็อกข้อมูล

จากนั้นทำการหาผลรวมค่าความเข้มแสงในแต่ละส่วนโดยใช้สมการที่ 3-3 ซึ่งจะได้ค่า X_1, X_2, X_3, X_4, X_5

$$X_{\mathrm{k}} = \sum_{(i,j)\in P_{\mathrm{k}}} f(i,j), \mathrm{k} = 1, 2, ..., 5 \tag{3-3}$$

(2) นำค่า X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 ที่ได้มาคำนวณหาค่าความเป็นสมาชิกของบล็อกข้อมูลในลักษณะต่าง ๆ เพื่อเตรียมข้อมูลในการกำหนดกลุ่มให้กับบล็อก ซึ่งหาได้จากสมการต่าง ๆ ดังนี้

บล็อกที่มีลักษณะเป็นแบบลำดับชั้นของสี (Shade Block) ค่าความเป็นสมาชิกจะหาได้จากสมการที่ 3-4

$$\mu_s(P) = 1 - \frac{|X_1 - X_4| + |X_2 - X_3| + |X_1 - X_3| + |X_2 - X_4|}{X_1 + X_2 + X_3 + X_4} \tag{3-4}$$

บล็อกที่มีลักษณะเป็นแบบแนวตั้ง (Vertical Block) ค่าความเป็นสมาชิกจะหาได้จากสมการที่ 3-5

$$\mu_v(P) = 1 - \frac{|(X_1 + X_2) - (X_3 + X_4)|}{X_1 + X_2 + X_3 + X_4} \tag{3-5}$$

บล็อกที่มีลักษณะเป็นแบบแนวนอน (Horizontal Block) ค่าความเป็นสมาชิกจะหาได้จากสมการที่ 3-6

$$\mu_h(P) = 1 - \frac{|(X_1 + X_3) - (X_2 + X_4)|}{X_1 + X_2 + X_3 + X_4} \tag{3-6}$$

บล็อกที่มีลักษณะเป็นแบบแนวทแยงมุม (Diagonal Block) ค่าความเป็นสมาชิกจะหาได้จากสมการที่ 3-7

$$\mu_d(P) = 1 - \frac{|(X_1 + X_4) - (X_2 + X_3)|}{X_1 + X_2 + X_3 + X_4} \tag{3-7}$$

บล็อกที่มีลักษณะเป็นแบบวงกลมกึ่งกลาง (Hole Block) ค่าความเป็นสมาชิกจะหาได้จากสมการที่ 3-8

$$\mu_c = 1 - \frac{X_5}{X_1 + X_2 + X_3 + X_4} \tag{3-8}$$

บล็อกที่มีลักษณะแบบตรงข้ามกับวงกลมกึ่งกลาง (Complement of hole Block) ค่าความเป็นสมาชิกจะหาได้จากสมการที่ 3-9

$$\mu_c' = 1 - \mu_c \tag{3-9}$$

หลังจากที่ได้ค่าความเป็นสมาชิกของบล็อกข้อมูลลักษณะต่าง ๆ ทั้ง 6 แบบแล้ว ต่อไปจะนำค่าความเป็นสมาชิกดังกล่าวมาทำการคำนวณในสมการที่ 3-10 เพื่อจำแนกลักษณะของข้อมูล โดยจะแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ ลักษณะบล็อกแบบลำดับชั้นของสี (Shade Block) บล็อกแบบเส้นแบ่งบล็อก (Edge Block) และบล็อกแบบวงกลมกึ่งกลาง (Hole Block) ซึ่งในการจัดกลุ่มให้กับบล็อกนั้นจะต้องทำการหาค่าความเป็นสมาชิกที่ดีที่สุดของบล็อกในแต่ละกลุ่มเพื่อกำหนดกลุ่ม โดยค่าดังกล่าวหาได้จากสมการที่ 3-10

$$\mu(P) = \frac{a_1\mu_s + a_2\mu_h + a_3\mu_v + a_4\mu_d + a_5\mu_c + a_6\mu_c'}{a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5 + a_6} \tag{3-10}$$

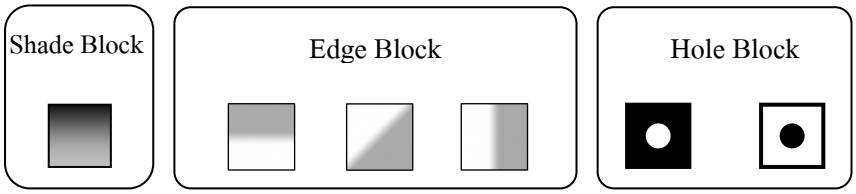
จากสมการวิธีการฟัซซีจะสามารถกำหนดกลุ่มได้ถูกต้องสมบูรณ์หรือไม่นั้น ขึ้นอยู่กับการกำหนดค่าพารามิเตอร์ a_1 ถึง a_6 โดยกลุ่มที่แตกต่างกันก็จะมีค่าของพารามิเตอร์ a_1 ถึง a_6 แตกต่างกันด้วยเช่นกัน ซึ่งในงานวิจัยนี้จะนำวิธีการจีเนติกอัลกอริทึมมาช่วยในการถ่วงน้ำหนักค่าความเป็นสมาชิกเพื่อหาค่าความเป็นสมาชิกที่เหมาะสมที่สุดของบล็อกในการจัดกลุ่ม

3.3.4.2 ขั้นตอนของการถ่วงน้ำหนักค่าความเป็นสมาชิก เพื่อกำหนดกลุ่มให้กับบล็อกด้วยจีเนติกอัลกอริทึม

จากสมการที่ 3-10 ค่า a_1 ถึง a_6 หาได้จากการคำนวณโดยวิธีการจีเนติกอัลกอริทึม โดยในงานวิจัยนี้วิธีการดังกล่าวจะช่วยในการหาค่าถ่วงน้ำหนักที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละกลุ่ม โดยที่แต่ละกลุ่มจะมีบล็อกต้นแบบ (Block Pattern) เป็นตัวกำหนดกลุ่มเป้าหมายหรือฟังก์ชันเป้าหมายที่ต้องการ วิธีการจีเนติกอัลกอริทึมจะคำนวณเพื่อหาค่าของ a_1 ถึง a_6 ที่ทำให้คำตอบมีค่าใกล้เคียง

กับค่าบล็อกต้นแบบมากที่สุดซึ่งหมายถึงเป็นคำตอบที่ดีที่สุด โดยบล็อกต้นแบบ 3 กลุ่มประกอบด้วย Shade Block, Edge Block, Hole Block

ในตอนเริ่มต้นจำเป็นที่จะต้องทำการหาค่า $\mu(P)$ ของบล็อกต้นแบบ โดยจะนำบล็อกต้นแบบที่มีความชัดเจนในแต่ละกลุ่มคือ Shade Block, Edge Block และ Hole Block ดังภาพที่ 3-6 มาทำการหาค่าของ $\mu(P)$ ซึ่งหาได้จากสมการที่ 3-10



ภาพที่ 3-6 บล็อกต้นแบบในแต่ละลักษณะ

ทำการคำนวณค่า $\mu(P)$ จากบล็อกต้นแบบที่ได้เตรียมไว้ โดยกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักดังนี้

บล็อกต้นแบบในกลุ่มของ Shade Block กำหนดให้ค่า a_1 มีค่าเท่ากับ 1.0 และ a_2, a_3, a_4, a_5, a_6 มีค่าเท่ากับ 0

บล็อกต้นแบบในกลุ่มของ Edge Block ซึ่งประกอบด้วยลักษณะบล็อกแนวทแยง บล็อกแนวตั้ง และบล็อกแนวนอน ซึ่งจะกำหนดให้ค่า a_2, a_3, a_4 ทุกตัวมีค่าเท่ากับ 1.0 และ a_1, a_5, a_6 มีค่าเท่ากับ 0 ทำการหาค่า $\mu(P)$ ของบล็อกต้นแบบทั้ง 3 ลักษณะ จากนั้นทำการหาค่าเฉลี่ยของบล็อกต้นแบบทั้งสามลักษณะนั้น เพื่อกำหนดเป็นค่า $\mu(P)$ ของบล็อกต้นแบบของกลุ่ม Edge Block

บล็อกต้นแบบในกลุ่มของ Hole Block ซึ่งประกอบด้วยลักษณะบล็อกแบบวงกลมกึ่งกลางและบล็อกแบบตรงข้ามกับวงกลมกึ่งกลาง (Complement of Hole Block) ซึ่งจะกำหนดให้ค่า a_5, a_6 มีค่าเท่ากับ 1.0 และ a_1, a_2, a_3, a_4 มีค่าเท่ากับ 0 ทำการหาค่า $\mu(P)$ ของบล็อกต้นแบบทั้ง 2 ลักษณะ จากนั้นทำการหาค่าเฉลี่ยของบล็อกต้นแบบทั้งสองลักษณะนั้น เพื่อกำหนดเป็นค่า $\mu(P)$ ของบล็อกต้นแบบของกลุ่ม Hole Block

ถึงตอนนี้จะได้ค่า $\mu(P)$ ของบล็อกต้นแบบทั้ง 3 กลุ่ม ซึ่งจะนำไปใช้หาค่าความเหมาะสมในขั้นตอนต่อไป

ในขั้นตอนของการหาค่า a_1 ถึง a_6 ของบล็อกที่กำลังพิจารณาเพื่อจัดกลุ่มให้กับบล็อกนั้น บล็อกดังกล่าวจะต้องผ่านการคำนวณหาค่า a_1 ถึง a_6 ทั้งหมด 3 ครั้ง เพื่อให้ได้ค่า a_1 ถึง a_6 ออกมา 3 ชุด ซึ่งจะนำไปคำนวณหาค่า $\mu(P)$ ในแต่ละกลุ่ม (3 กลุ่ม) โดยในการหาค่า a_1 ถึง a_6 ใน

แต่ละชุด เริ่มต้นจะทำการกำหนดโครโมโซมของข้อมูล โดยโครโมโซมดังกล่าวจะได้จากการสุ่มค่าเลขจำนวนจริง ซึ่งในแต่ละโครโมโซมจะประกอบด้วยข้อมูลจำนวน 6 ชุด (ค่า a_1 ถึง a_6) ดังภาพที่ 3-7

Chromosome 1	0.70	0.60	0.80	0.90	0.10	0.75
Chromosome 2	0.30	0.80	0.20	0.20	0.70	0.61
Chromosome 3	0.50	0.50	0.80	0.50	0.80	0.60
	⋮					
Chromosome n	0.90	0.10	0.30	0.90	0.10	0.80

ภาพที่ 3-7 โครโมโซมที่ได้จากการสุ่ม

หลังจากได้โครโมโซมของข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ทำการกำหนดฟังก์ชันความเหมาะสม และคำนวณหาค่าความเหมาะสม โดยค่าความเหมาะสมหาได้จากสมการที่ 3-11 และ 3-12

$$\Delta_i = \mu(P)_T - \mu(P)_i \tag{3-11}$$

$$F_i = \mu(P)_{MaxT} - \Delta_i \tag{3-12}$$

โดยที่ $\mu(P)_i$ คือ ค่า $\mu(P)$ ของโครโมโซมแต่ละชุด

$\mu(P)_T$ คือ ค่า $\mu(P)$ ของบล็อกต้นแบบในกลุ่มที่กำลังพิจารณา

$\mu(P)_{MaxT}$ คือ ค่า $\mu(P)$ ที่มากที่สุดจากทั้ง 3 กลุ่มของบล็อกต้นแบบ

Δ_i คือ ผลต่างของค่าความเป็นสมาชิกของโครโมโซมแต่ละชุด

F_i คือ ค่าความเหมาะสมของโครโมโซมแต่ละชุด

จากสมการที่ 3-11 และ 3-12 ค่า $\mu(P)$ ของบล็อกต้นแบบจะได้จากการคำนวณข้างต้นที่ได้กล่าวไปแล้ว โดยในการเลือกว่าจะใช้ค่า $\mu(P)$ ของบล็อกต้นแบบตัวไหนนั้น สามารถพิจารณาได้จากต้องการหาค่า a_1 ถึง a_6 ของกลุ่มใดก็จะนำค่า $\mu(P)$ ของบล็อกต้นแบบกลุ่มนั้นมาทำการคำนวณ ส่วนค่า $\mu(P)$ ที่มากที่สุดของบล็อกต้นแบบ จะหาได้จากการเลือกค่า $\mu(P)$ สูงสุดของบล็อกต้นแบบจากทั้ง 3 กลุ่มมาทำการคำนวณ โดยโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมสูง จะมีโอกาสถูกคัดเลือกเป็นประชากรรุ่นถัดไปสูงหรือมีความน่าจะเป็นสูง เมื่อทำการคำนวณค่าความเหมาะสม

จนครบทุกโครโมโซมในหนึ่งจำนวนประชากรทั้งหมดเรียบร้อยแล้ว จะนำค่าความเหมาะสมที่ได้มาหาค่าช่วงในการสุ่มข้อมูล โดยข้อมูลที่มีค่าความเหมาะสมสูง จะได้ช่วงในการสุ่มที่กว้างกว่าค่าที่มีความเหมาะสมต่ำ ตัวอย่างเช่น

สมมติว่าทำการสุ่มค่าโครโมโซมทั้งหมด 4 แถว โดยที่ข้อมูลโครโมโซมแถวที่ 1 ให้ค่า a_1 = 0.70, a_2 = 0.60, a_3 = 0.80, a_4 = 0.90, a_5 = 0.10, a_6 = 0.75 และค่า μ_s = 0.41, μ_h = 0.20, μ_v = 0.10, μ_d = 0.10, μ_c = 0.40, $\mu_{c'}$ = 0.68 แทนค่าข้อมูลในสมการเพื่อหาค่า $\mu(P)$ จะได้

$$\mu(\mathrm{P}) = \frac{(0.70\times0.41)+(0.60\times0.20)+(0.80\times0.10)+(0.90\times0.10)+(0.10\times0.40)+(0.75\times0.68)}{0.70+0.60+0.80+0.90+0.10+0.75} = 0.29$$

จากนั้นนำ $\mu(P)$ ที่ได้ไปทำการหาค่าความเหมาะสมจากสมการที่ 3-10 สมมติค่า $\mu(P)$ ของบล็อกต้นแบบมีค่าเท่ากับ 0.79 และค่า $\mu(P)$ สูงสุดของบล็อกต้นแบบมีค่าเท่ากับ 1.0 จะได้ค่าผลต่าง = 0.79 - 0.29 = 0.50 และค่าความเหมาะสม = 1.00 - 0.50 = 0.50 ทำการหาค่าความเหมาะสมของโครโมโซมตัวถัดไปได้เท่ากับ 0.20, 0.90, 0.70 ตามลำดับ เมื่อคำนวณค่าความเหมาะสมในแต่ละโครโมโซม จะได้ข้อมูลดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 ค่าความเหมาะสม (F) ในแต่ละโครโมโซม

ลำดับ	ค่าความเหมาะสม (F)
1	0.50
2	0.20
3	0.90
4	0.70

เมื่อหาค่าความเหมาะสมได้แล้ว ต่อไปจะทำการคัดเลือกโครโมโซม โดยจะใช้วิธีการหมุนวงล้อถ่วงน้ำหนัก (Roullet Wheel: RW) ซึ่งจะคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นในแต่ละโครโมโซม เพื่อใช้เทียบผลกับค่าความเหมาะสมทั้งหมด โดยค่าความน่าจะเป็นหาได้จากสมการ

$$\mathrm{Pselect}_i = \frac{F_i}{F_{Sum}} \qquad (3\text{-}13)$$

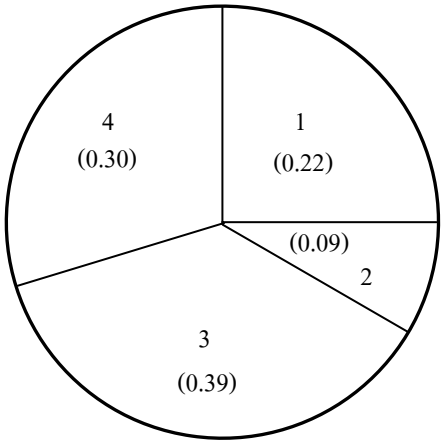
จากตัวอย่างนำมาคำนวณค่าความน่าจะเป็น (P) จะได้ข้อมูลดังตารางที่ 3-2

.

ตารางที่ 3-2 ค่าความเหมาะสม (*F*) และค่าความน่าจะเป็น (*P*) ในแต่ละโครโมโซม

ลำดับ	ค่าความเหมาะสม (*F*)	ค่าความน่าจะเป็น (*P*)
1	0.50	0.22
2	0.20	0.09
3	0.90	0.39
4	0.70	0.30
ผลรวม	2.30	1.00

จากนั้นจะทำการสุ่มข้อมูลจากแบบจำลองการหมุนวงล้อถ่วงน้ำหนัก ซึ่งวิธีการดังกล่าวจะใช้ความน่าจะเป็นในการแบ่งช่วงของข้อมูล จะได้ดังภาพที่ 3-8



ภาพที่ 3-8 แบบจำลองการหมุนวงล้อถ่วงน้ำหนัก

ตารางที่ 3-3 ค่าความเหมาะสม (*F*) ค่าความน่าจะเป็น (*P*) ค่าความถี่สะสม และจำนวนที่สุ่มได้ ในแต่ละโครโมโซม

ลำดับ	ค่าความเหมาะสม (*F*)	ค่าความน่าจะเป็น (*P*)	ค่าความถี่สะสม	จำนวนที่สุ่มได้
1	0.50	0.22	0.22	1
2	0.20	0.09	0.31	0
3	0.90	0.39	0.70	2
4	0.70	0.30	1.00	1
ผลรวม	2.30	1.00		

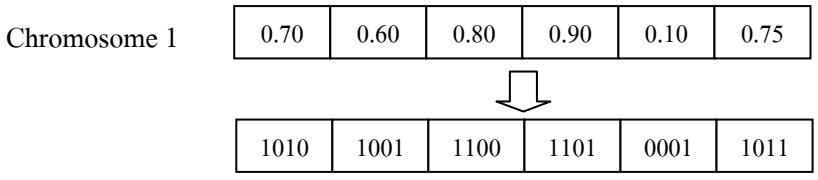
โครโมโซมที่ถูกสุ่มเลือกประกอบไปด้วยโครโมโซมที่ 1 ได้ 1 ชุด โครโมโซมที่ 3 ได้ 2 ชุด โครโมโซมที่ 4 ได้ 1 ชุด จากนั้นทำการสุ่มจับคู่โครโมโซม เพื่อที่จะเข้าสู่ขั้นตอนการดำเนินการทางพันธุกรรม ผลการจับคู่จะได้โครโมโซมที่ 1 จับคู่โครโมโซมที่ 3 และโครโมโซมที่ 3 จับคู่โครโมโซมที่ 4 ในขั้นตอนนี้จะต้องมีการกำหนดอัตราการเกิดการสลับสายพันธุ์ เพื่อที่จะใช้ในการคัดเลือกข้อมูลคู่ที่จะเกิดการสลับสายพันธุ์ ซึ่งถ้าข้อมูลคู่ที่ถูกสุ่มขึ้นมาจากวงล้อมีค่าผลต่างระหว่างเลขสุ่มของข้อมูลที่ได้จากวงล้อสูงกว่าอัตราการเกิดการสลับสายพันธุ์ที่กำหนด จะให้โครโมโซมคู่นั้นไม่เกิดการสลับสายพันธุ์ แต่ถ้าโครโมโซมคู่ใดมีค่าผลต่างระหว่างเลขสุ่มที่ได้จากวงล้อต่ำกว่าอัตราการเกิดการสลับสายพันธุ์ โครโมโซมคู่นั้นจะถูกคัดเลือกให้เกิดการสลับสายพันธุ์ระหว่างโครโมโซมพ่อและแม่

ตารางที่ 3-4 เลขสุ่มที่ได้ และลำดับที่สุ่ม

สุ่มครั้งที่	เลขสุ่มที่ได้	ลำดับที่สุ่มได้
1	0.18	1
2	0.46	3
3	0.68	3
4	0.87	4

เลขสุ่มระหว่างโครโมโซม 1 กับ 3 มีค่าผลต่างระหว่างเลขสุ่มเท่ากับ 0.50 และเลขสุ่มระหว่างโครโมโซม 3 กับ 4 มีค่าผลต่างระหว่างเลขสุ่มเท่ากับ 0.41 ถ้ากำหนดอัตราการเกิดการสลับสายพันธุ์เท่ากับ 0.45 จะได้การเกิดการสลับสายพันธุ์ที่โครโมโซมคู่ 3 กับ 4 เท่านั้น เนื่องจากผลต่างเลขสุ่มของโครโมโซมคู่ 1 กับ 3 มีค่ามากกว่าอัตราการเกิดการสลับสายพันธุ์

นำข้อมูลโครโมโซมเลขจำนวนจริงมาแปลงเป็นโครโมโซมเลขฐานสอง เพื่อใช้ในการดำเนินการทางพันธุกรรม โดยค่าชุดตัวเลขฐานสองมีค่าอยู่ระหว่าง 0 - 15 เมื่อนำค่าดังกล่าวแปลงเป็นเลขฐาน 2 จะได้ 0000 และค่ามากสุดคือ 1111 โดยลักษณะของโครโมโซม จะมีจำนวนบิตทั้งหมดคือ 6 (จำนวนชุดข้อมูล) คูณด้วย 4 (จำนวนบิตของข้อมูล) เท่ากับ 24 บิต ดังภาพที่ 3-9



ภาพที่ 3-9 การแปลงข้อมูลโครโมโซมให้อยู่ในลักษณะเลขฐาน 2 มีค่าอยู่ในช่วง 0000-1111

หลังจากแปลงโครโมโซมให้อยู่ในรูปเลขฐาน 2 ขั้นตอนต่อไปจะเข้าสู่วิธีการสลับสายพันธุ์ ซึ่งที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้เป็นแบบ 1 จุด โดยจะนำโครโมโซมของพ่อกับแม่มาทำการสุ่มหาตำแหน่งที่จะแลกเปลี่ยนบิตข้อมูล เพื่อให้เกิดการสลับสายพันธุ์ดังภาพที่ 3-10 จากภาพตำแหน่งที่สุ่มได้คือ 18 หมายถึงจะมีการแลกเปลี่ยนบิตกันตั้งแต่บิตที่ 19 เป็นต้นไป

โครโมโซมพ่อ	1010	1001	1100	1101	0001	1011
โครโมโซมแม่	0010	0101	1101	0001	0111	0011
	⇩					
โครโมโซมลูก	1010	1001	1100	1101	00**11**	**0011**
โครโมโซมลูก	0010	0101	1101	0001	01**01**	**1011**

ภาพที่ 3-10 การสลับสายพันธุ์ของโครโมโซมพ่อและแม่

หลังจากได้ข้อมูลที่ผ่านการการสลับสายพันธุ์เรียบร้อยแล้ว ยังเหลืออีกหนึ่งขั้นตอนที่ใช้ในการคัดเลือกข้อมูลคือ การกลายพันธุ์ โดยเริ่มต้นจะต้องมีการกำหนดอัตราการเกิดการกลายพันธุ์เพื่อที่จะใช้ในการคัดเลือกบิตที่จะเกิดการกลายพันธุ์ของโครโมโซม จากนั้นจะทำการสร้างเลขสุ่มขึ้นมาในทุกตำแหน่งบิตของทุกโครโมโซมเพื่อเป็นการกำหนดการกลายพันธุ์ โดยถ้าตำแหน่งบิตใดมีค่าน้อยกว่าอัตราการเกิดการกลายพันธุ์ ก็จะทำการกลับบิตของข้อมูลเป็นตรงข้ามดังภาพที่ 3-11

ก่อนกลายพันธุ์	1010	1001	1100	1101	0011	0011
หลังกลายพันธุ์	1010	1001	1100	11**1**1	001**0**	0011

ภาพที่ 3-11 การกลายพันธุ์ของโครโมโซม

นำชุดโครโมโซมที่ได้หลังจากดำเนินการทางพันธุกรรม มาแปลงกลับเป็นโครโมโซมเลขจำนวนจริงเพื่อใช้กับประชากรรุ่นถัดไป

หลังจากผ่านขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมเรียบร้อยแล้ว จะนำประชากรรุ่นใหม่ที่ได้ไปดำเนินการทางพันธุกรรมตามวิธีการขั้นต้นอีกครั้ง เพื่อพัฒนาการหาค่าถ่วงน้ำหนักที่เหมาะสม โดยจำนวนครั้งจะขึ้นอยู่กับความต้องการว่าใช้การดำเนินการทางพันธุกรรมกี่รุ่น ซึ่งเมื่อกระทำขั้นตอนดังกล่าวจนครบตามจำนวนรุ่นที่ต้องการแล้ว จะได้ค่า a_1 ถึง a_6 ที่เหมาะสม 1 ชุด ซึ่งจะต้อง

กระทำขั้นตอนนี้อีกเพื่อให้ได้ a_1 ถึง a_6 ที่เหมาะสมทั้งหมด 3 ชุด (3 กลุ่ม) เพื่อนำไปคำนวณในขั้นต่อไป

3.3.5 การกำหนดกลุ่มให้กับบล็อกข้อมูล

จากหัวข้อที่แล้วเมื่อทำการหาค่าถ่วงน้ำหนักข้อมูล จะได้ค่า a_1 ถึง a_6 ที่เหมาะสม 3 ชุด ซึ่งเป็นค่า a_1 ถึง a_6 ของกลุ่ม Shade Block, Edge Block และ Hole Block ต่อไปจะนำค่าดังกล่าวไปคำนวณหาค่า $\mu(P)$ ของบล็อกที่กำลังพิจารณา ซึ่งได้แก่ค่า $\mu(P)$ ในกลุ่มของ Shade Block, Edge Block และ Hole Block จากนั้นจะทำการเลือก $\mu(P)$ ที่มีค่ามากที่สุด และทำการกำหนดกลุ่มให้กับบล็อกข้อมูลนั้น แต่ถ้าในกรณีที่ได้ค่า $\mu(P)$ เท่ากัน 2 กลุ่ม ก็จะเลือกกำหนดกลุ่มให้กับบล็อกข้อมูลตามลำดับความสำคัญคือ Shade Block, Edge Block, Hole Block ตามลำดับ

3.3.6 การเปรียบเทียบบล็อก (Block Mapping)

หลังจากที่ได้ทำการกำหนดกลุ่มให้กับบล็อก (โดเมนบล็อกและเรนจ์บล็อก) ด้วยวิธีจัดกลุ่มโดยใช้ฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึมแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการเปรียบเทียบพื้นที่เพื่อเข้ารหัสแบบแฟรกทอล วิธีการดั้งเดิมของการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลคือ การนำเรนจ์บล็อกและโดเมนบล็อกมาเปรียบเทียบกัน เพื่อหาคู่ของบล็อกที่มีค่าความผิดพลาดน้อยที่สุด โดยที่เรนจ์บล็อกจะต้องผ่านการแปลงเชิงเรขาคณิต ซึ่งมีด้วยกัน 8 ลักษณะการแปลง โดยใช้วิธีการหมุน (Rotation) และการกลับด้าน (Reflection) และโดเมนบล็อกจะต้องทำการเปรียบเทียบข้อมูลกับเรนจ์บล็อกทั้ง 8 รูปแบบ ดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 2.2.4 ซึ่งในงานวิจัยนี้ขั้นตอนการเทียบข้อมูลระหว่างเรนจ์บล็อกและโดเมนบล็อก จะต่างจากการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลปกติตรงที่ เมื่อนำวิธีการลดขนาดพื้นที่ของโดเมน และวิธีการจัดกลุ่มโดยใช้วิธีการฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึมเข้ามาใช้ จะทำให้ในการเทียบข้อมูลนั้น เรนจ์บล็อกที่กำลังพิจารณาจะเปรียบเทียบข้อมูล โดยจะพิจารณาจากกลุ่มของเรนจ์บล็อกและโดเมนบล็อกว่าอยู่ในกลุ่มเดียวกันหรือไม่ ภายในพื้นที่ย่อยของโดเมนที่คำนวณได้ ถ้าพิจารณาแล้วพบว่าอยู่ในกลุ่มเดียวกัน แสดงว่ามีความเป็นไปได้สูงที่จะเจอคู่ที่มีความเหมาะสมกัน จึงนำเรนจ์บล็อกและโดเมนบล็อกดังกล่าวไปคำนวณหาค่า Contrast (S) Brightness (O) และความผิดพลาดเฉลี่ย (E) ระหว่างโดเมนบล็อกและเรนจ์บล็อก นอกจากนี้ผู้วิจัยได้กำหนดค่าความผิดพลาดเฉลี่ยระหว่างโดเมนและเรนจ์ที่เหมาะสมไว้ ดังนั้นถ้าในระหว่างทำการเปรียบเทียบบล็อกพบว่า ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยระหว่างโดเมนบล็อกและเรนจ์บล็อกมีค่าต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้ ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่เพียงพอสำหรับนำไปจับคู่กันได้ ก็ให้ทำการหยุดเปรียบเทียบบล็อก โดยไม่จำเป็นต้องทำการเปรียบเทียบจนครบทั้ง 8 ลักษณะของโดเมนบล็อก อีกกรณีหนึ่งเมื่อเรนจ์บล็อกและโดเมนบล็อกไม่ได้อยู่ในกลุ่มหรือลักษณะเดียวกัน เรนจ์บล็อกก็จะไม่ทำการเปรียบเทียบกับโดเมนบล็อกดังกล่าว และให้เรนจ์บล็อกไปทำการพิจารณาโดเมนบล็อกส่วนถัดไปได้เลย เมื่อ

กระทำด้วยวิธีการดังกล่าวไปจนครบสมบูรณ์ทั้งหมด จะได้ข้อมูลรหัสแฟรกทอล (Fractal Codes) ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะนำไปถอดรหัสต่อไป

3.3.7 การเก็บข้อมูลรหัสแฟรกทอลที่ได้จากการเข้ารหัสภาพ

ข้อมูลที่ได้จากการค้นหาคู่ของเรนจ์บล็อกและโดเมนบล็อกที่เหมาะสมกัน ในรูปแบบของรหัสแฟรกทอลนั้น จะประกอบไปด้วยตำแหน่งคอลัมน์ของโดเมนที่เหมาะสมกันกับเรนจ์โดยใช้พื้นที่ในการเก็บข้อมูล 8 บิต ตำแหน่งแถวของโดเมนบล็อกที่เหมาะสมกันกับเรนจ์บล็อกโดยใช้พื้นที่ในการเก็บข้อมูล 3-8 บิต (ขึ้นอยู่กับความกว้างของพื้นที่ย่อยของโดเมนที่กำหนดไว้) ขนาดของเรนจ์บล็อกจำนวน 2 บิต รูปแบบในการหมุนของเรนจ์บล็อกจำนวน 3 บิต ค่า Contrast จำนวน 5 บิต ค่า Brightness จำนวน 7 บิต ดังนั้นพื้นที่ที่ถูกใช้ในการเก็บบันทึกรหัสแฟรกทอลในการแบ่งพื้นที่ภาพเป็น 1 เรนจ์บล็อกนั้น จะใช้จำนวนบิต 28-33 บิตต่อการเข้ารหัสหนึ่งเรนจ์บล็อก

ตารางที่ 3-5 จำนวนบิตที่ใช้ในการเข้ารหัสภาพของวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึมในพื้นที่ย่อยของโดเมนสำหรับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล

จำนวนบิตที่ใช้ในการเข้ารหัสภาพ							จำนวนบิตทั้งหมด (บิต)
T	D_x	D_s	I	Rs	O	S	
No. Bit	8	3	3	2	7	5	28

3.4 การถอดรหัสภาพที่เข้ารหัสแบบแฟรกทอล

ผลลัพธ์ที่ได้จากการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลคือรหัสแฟรกทอล ซึ่งจะนำมาแปลงกลับเพื่อให้ได้ภาพที่มีลักษณะคล้ายกับต้นฉบับมากที่สุด ซึ่งวิธีการถอดรหัสมีขั้นตอนคือ อ่านข้อมูลจากแฟ้มข้อมูล โดยใช้วิธีการแบ่งภาพแบบสี่ส่วนอ่านข้อมูลจากแฟ้มข้อมูลจนกระทั่งครบทุกส่วนของภาพ ขั้นตอนถัดมาคือทำระบบการทำงานซ้ำเดิม โดยใช้ข้อมูลจากขั้นตอนแรกแปลงภาพตามข้อมูลที่อ่านได้จากแฟ้มข้อมูล ซึ่งสามารถตั้งค่าจำนวนรอบในการทำงานได้ตามต้องการ หลังจากทำงานครบตามจำนวนรอบที่ตั้งไว้ ก็จะได้ภาพที่มีลักษณะคล้ายกับภาพต้นแบบ

3.5 กลุ่มตัวอย่างภาพในการวิจัย

ในการทดลองทำการวิจัยเกี่ยวกับการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึม ในพื้นที่ย่อยของโดเมนสำหรับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลนี้ ผู้วิจัยกำหนดกลุ่มตัวอย่างภาพที่ใช้ในการทดลองเข้ารหัสจำนวน 4 ภาพ ดังภาพที่ 3-12 โดยจัดระดับความซับซ้อนของภาพตามการ

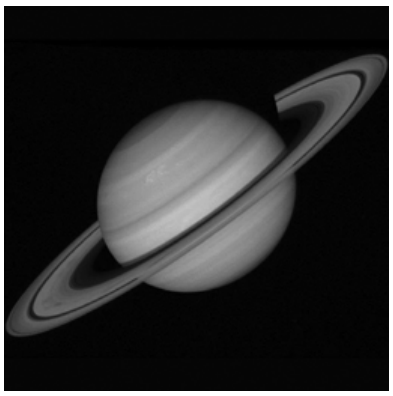
แบ่งพื้นที่ออกเป็นส่วนย่อยของเรนจ์บล็อก ดังแสดงในภาคผนวก ก โดยภาพที่ใช้ในการทดลองมีดังนี้

Saturn.bmp เป็นภาพแบบระดับสีเทา (Gray Scale) ความละเอียดของภาพกำหนดไว้ที่ 256×256 พิกเซล โดยกำหนดให้กลุ่มของภาพอยู่ในระดับความซับซ้อนน้อย

Lena.bmp เป็นภาพแบบระดับสีเทา ความละเอียดของภาพกำหนดไว้ที่ 256×256 พิกเซล โดยกำหนดให้กลุ่มของภาพอยู่ในระดับความซับซ้อนปานกลาง

Peppers.bmp เป็นภาพแบบระดับสีเทา ความละเอียดของภาพกำหนดไว้ที่ 256×256 พิกเซล โดยกำหนดให้กลุ่มของภาพอยู่ในระดับความซับซ้อนปานกลาง

Bikes.bmp เป็นภาพแบบระดับสีเทา ความละเอียดของภาพกำหนดไว้ที่ 256×256 พิกเซล โดยกำหนดให้กลุ่มของภาพอยู่ในระดับความซับซ้อนมาก



(ก) Saturn.bmp

(ข) Lena.bmp

(ค) Barbara.bmp

(ง) Bikes.bmp

ภาพที่ 3-12 ภาพต้นแบบในการทดลองเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล

3.6 การประเมินประสิทธิภาพและการวัดคุณภาพของภาพ

ในงานวิจัยนี้จะทำการประเมินประสิทธิภาพของเวลาในการเข้ารหัส และวัดคุณภาพของภาพที่ได้จากการเข้ารหัส จากค่าจำนวนบิตที่ใช้ในหนึ่งพิกเซล (Bit Rate) และค่าอัตราสัญญาณข้อมูลกับสัญญาณรบกวน (PSNR) ตามสมการที่ 2-6 และ 2-7 โดยจะทำการประเมินประสิทธิภาพและวัดคุณภาพของภาพที่ทำการเข้ารหัสในรูปแบบต่าง ๆ ต่อไปนี้ เพื่อทำการเปรียบเทียบกัน คือ

3.6.1 การเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลดั้งเดิม

3.6.2 การใช้วิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึม สำหรับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล [3]

3.6.3 การใช้วิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึม [3] ในพื้นที่ย่อยของโดเมน [4], [17] สำหรับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล

โดยผลการประเมินประสิทธิภาพในด้านเวลาที่ใช้ในการเข้ารหัสภาพ และการวัดคุณภาพของภาพที่ได้จากการเข้ารหัสด้วยวิธีการต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาจะแสดงในบทที่ 4 ต่อไป

บทที่ 4
ผลการวิจัย

ในบทนี้กล่าวถึงผลการวิจัยที่ได้จาก การใช้วิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึมในพื้นที่ย่อยของโดเมน สำหรับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล เพื่อลดเวลาในการเข้ารหัสภาพแบบดังกล่าวเปรียบเทียบกับวิธีต่าง ๆ

4.1 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลองการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลดั้งเดิม

จากการทดลองการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลดั้งเดิม จะได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ผลการทดลองในการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลดั้งเดิมที่กระทำกับภาพ Lena.bmp

วิธีการ	ผลการทดลอง					
Conventional Fractal Coding (CFC)	Bit Rate (bpp)	1.54	1.24	1.05	0.91	0.77
	time (s)	119305	105405	90547	76051	65348
	time (hr)	33.14	29.28	25.15	21.13	18.15
	PSNR (dB)	35.26	34.54	33.87	32.93	31.96

จากผลการทดลองจะพบว่าเวลาที่ใช้ในการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลดั้งเดิมนั้นใช้เวลานานโดยเวลาสูงสุดของการเข้ารหัสกับภาพ Lena.bmp ที่ Bit Rate 1.54 bpp (Threshold 0.1) อยู่ที่ 119,305 วินาที หรือเมื่อคิดเป็นชั่วโมงเท่ากับ 33.14 ชั่วโมง และได้ค่า PSNR ซึ่งแสดงถึงคุณภาพของภาพที่ได้หลังจากการถอดรหัสอยู่ที่ 35.26 dB โดยค่า PSNR ที่มากจะให้คุณภาพของภาพดีกว่าค่า PSNR ที่น้อย และเมื่อพิจารณาค่า Bit Rate จะพบว่าอยู่ในระดับที่ต่ำเพียง 1.54 bpp เนื่องจากในการเก็บข้อมูลรหัสแฟรกทอลของวิธีการเข้ารหัสแบบแฟรกทอลแบบดั้งเดิมนั้นเก็บเพียง 33 บิตต่อพิกเซลเท่านั้น ซึ่งนั่นเป็นข้อดีของการเข้ารหัสภาพด้วยวิธีการแฟรกทอล แต่เวลาที่ใช้ในการเข้ารหัสด้วยวิธีการนี้ใช้เวลานานทำให้ไม่สะดวกต่อการนำไปประยุกต์ใช้งาน ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้นำเอาวิธีการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลที่ใช้เทคนิคการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยวิธีการฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึมมาช่วยลดเวลาในการจับคู่ระหว่างเรนจ์บล็อกและโดเมนบล็อก เพื่อที่จะลดเวลาในการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล ผลการทดลองแสดงไว้ในหัวข้อที่ 4.2

4.2 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลของการใช้วิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึม สำหรับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล

จากการทดลองการใช้วิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึม สำหรับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล จะได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ผลการทดลองการใช้วิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึม สำหรับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลที่กระทำกับภาพ Lena.bmp

วิธีการ	ผลการทดลอง					
Fractal Coding with Fuzzy-GA classifier (Method 1)	Bit Rate (bpp)	1.54	1.24	1.05	0.91	* 0.77
	time (s)	75756	63544	53625	46514	38256
	time (hr)	21.04	17.65	14.90	12.92	10.63
	PSNR (dB)	34.55	33.86	33.02	32.21	* 31.05
	Speed up time (%)	36.50	39.71	40.78	38.84	41.46
	Lost PSNR (%)	2.01	1.97	2.51	2.19	2.85

* จากงานวิจัย [3] ผลการทดลองภาพ Lena.bmp แบบระดับสีเทาความละเอียด 256×256 พิกเซล ที่ค่า Bit Rate = 0.78 bpp (Compression Ratio = 10.25) ได้ค่า Distortion = 10.63% หรือ ~ 31.0 dB

จากผลการทดลองการใช้วิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึม สำหรับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล จะพบว่าเวลาที่ใช้ในการเข้ารหัสภาพลดลงเมื่อเทียบกับวิธีการดังหัวข้อที่ 4.1 โดยเวลาที่ใช้มากที่สุดคือที่ Bit Rate 1.54 bpp (Threshold 0.1) อยู่ที่ 75,756 วินาที หรือเมื่อคิดเป็นชั่วโมงเท่ากับ 21.04 ชั่วโมง และได้ค่า PSNR 34.55 dB เมื่อคิดเป็นเปอร์เซนต์ของเวลาที่ลดลงมาอยู่ที่ 36.50% และคุณภาพของภาพสูญเสียไป 2.01% เมื่อเทียบกับวิธีการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลดั้งเดิม ซึ่งเวลาที่ลดลงและคุณภาพที่สูญเสียไปเป็นผลมาจากการจัดกลุ่มข้อมูลที่ใช้วิธีการฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึมเป็นตัวจัดจำแนกลักษณะของบล็อกข้อมูล เพื่อกำหนดกลุ่มให้กับบล็อกก่อนที่จะทำการจับคู่กัน ทำให้ลดเวลาที่จะต้องใช้ในการจับคู่ของบล็อกที่มีลักษณะแตกต่างกัน เนื่องจากจะเลือกจับคู่เฉพาะบล็อกที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันเท่านั้น และจากการทดลองจำนวนกลุ่มที่ใช้ในการกำหนดกลุ่มให้กับบล็อกก็มีความสำคัญ เนื่องจากการกำหนดกลุ่มให้กับบล็อกจะมีผลกับการเลือกคู่ที่เหมาะกันในการจับคู่ระหว่างเรนจ์บล็อกกับโดเมนบล็อก โดยจำนวน

กลุ่มข้อมูลที่เลือกใช้ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการแบ่งกลุ่มออกเป็น 2 แบบคือ แบบแรกเป็นการแบ่งแบบ 3 กลุ่ม และแบบที่สองเป็นการแบ่งแบบ 4 กลุ่ม ดังนี้

การแบ่งกลุ่มแบบ 3 กลุ่ม ประกอบด้วยบล็อกข้อมูลลักษณะ Shade Block, Edge Block และ Hole Block

การแบ่งกลุ่มแบบ 4 กลุ่ม ประกอบด้วยข้อมูลลักษณะ Shade Block, Edge Block, Diagonal Block และ Hole Block

ตารางที่ 4-3 ความสัมพันธ์ระหว่างการเลือกกลุ่มกับคุณภาพของภาพที่ได้จากการเข้ารหัส

จำนวนกลุ่ม / ภาพ	3 กลุ่ม	4 กลุ่ม
Saturn.bmp	41.32 (dB)	40.77 (dB)
Lena.bmp	31.33 (dB)	30.93 (dB)
Barbara.bmp	29.60 (dB)	29.10 (dB)
Bikes.bmp	22.93 (dB)	22.64 (dB)

จากการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4-3 พบว่าการแบ่งกลุ่มจำนวนน้อยกว่า จะพบความผิดพลาดในการเลือกกลุ่มที่น้อยกว่าการแบ่งกลุ่มจำนวนมากกว่า ส่งผลให้คุณภาพของภาพที่ได้จากการเข้ารหัสมีคุณภาพที่ดีกว่า ซึ่งในงานวิจัยนี้จะเลือกใช้แบบ 3 กลุ่มเพื่อทำการทดลองต่อไป

อีกปัจจัยหนึ่งที่มีส่วนช่วยในการตัดสินใจในการเลือกกลุ่มให้กับบล็อกข้อมูลมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้นคือการถ่วงน้ำหนักข้อมูล โดยงานวิจัยนี้จีเนติกอัลกอริทึมจะถูกใช้ในขั้นตอนของการถ่วงน้ำหนักค่าความเป็นสมาชิกเพื่อคัดเลือกกลุ่ม ซึ่งจะช่วยทำให้วิธีการคัดเลือกกลุ่มด้วยฟัซซีมีความถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น โดยในการทดลองได้ทำการปรับค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่มีผลต่อการคัดเลือกกลุ่มของบล็อกข้อมูลดังแสดงในภาพที่ 4-1 ถึง 4-4 ซึ่งสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

ก. จำนวนตัวอย่างประชากร (Population Size)

จากผลการทดลองในภาพที่ 4-1 จะพบว่าที่ขนาดตัวอย่างประชากรเท่ากับ 20 ความผิดเพี้ยนของข้อมูลมีค่าต่ำกว่า 1.80 ในประชากรรุ่นที่ 6 เป็นต้นไป และค่าดังกล่าวยังลดลงอีกหลังจากนั้น ในขณะที่ขนาดตัวอย่างประชากรเท่ากับ 50 ค่าความผิดเพี้ยนของข้อมูลมีค่าคงที่เท่ากับ 1.82 ตั้งแต่ประชากรรุ่นที่ 5 เป็นต้นไปและไม่พบค่าที่ดีกว่าอีกเลย ซึ่งเมื่อเทียบกับที่ขนาดตัวอย่างประชากรเท่ากับ 10 ความผิดเพี้ยนของข้อมูลตั้งแต่ประชากรรุ่นที่ 1 จนถึงรุ่นที่ 9 มีค่าสูงกว่าทั้งสองกรณีที่กล่าวมายกเว้นรุ่นที่ 10 มีค่าความผิดเพี้ยนของข้อมูลเท่ากับที่ขนาดตัวอย่างประชากรเท่ากับ 20

ข. อัตราการเกิดการสลับสายพันธุ์

จากการทดลองในภาพที่ 4-2 เมื่อมีการปรับค่าอัตราการเกิดการสลับสายพันธุ์ให้อยู่ในระดับต่ำ (0.1) จะพบว่าค่าความผิดเพี้ยนของข้อมูลมีค่าสูงคงที่ตั้งแต่ประชากรรุ่นที่ 1 จนถึงรุ่นที่ 10 ซึ่งเมื่อปรับค่าให้อยู่ในระดับปานกลาง (0.3) จะพบว่าค่าความผิดเพี้ยนของข้อมูลมีค่าตั้งต้นที่ 2.33 และยังคงลดลงอีกเล็กน้อยในประชากรรุ่นที่ 5 แล้วเมื่อปรับระดับอัตราการเกิดให้มากขึ้น (0.8) จะเห็นได้ว่าค่าความผิดเพี้ยนของข้อมูลมีค่าลดต่ำลงอย่างมากตั้งแต่ประชากรในรุ่นที่ 2 และลดลงอีกในรุ่นที่ 6 ดังนั้นผู้วิจัยจึงเห็นว่าควรปรับอัตราการเกิดการสลับสายพันธุ์ให้มีค่าสูง (0.8)

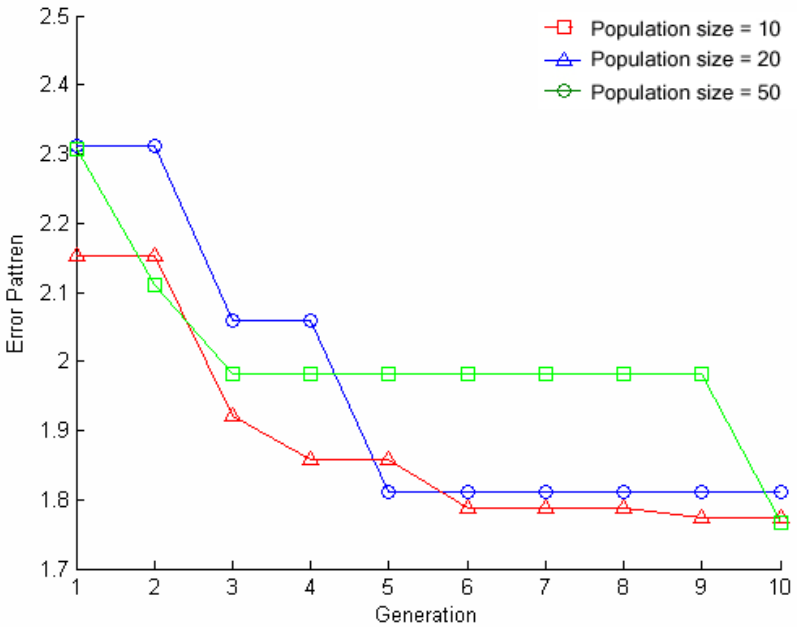
ค. อัตราการเกิดการกลายพันธุ์

จากผลการทดลองที่อัตราการเกิดการกลายพันธุ์เท่ากับ 0.1 ค่าความผิดเพี้ยนของข้อมูลมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วตั้งแต่ประชากรในรุ่นที่ 1 ถึงรุ่นที่ 5 โดยตั้งแต่ประชากรรุ่นที่ 5 ถึงรุ่นที่ 10 ค่าความผิดเพี้ยนของข้อมูลมีค่าน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับที่อัตราการเกิดการกลายพันธุ์เท่ากับ 0.3 และ 0.8 ดังภาพที่ 4-3 ซึ่งผู้วิจัยจึงเห็นว่าควรอัตราการเกิดการกลายพันธุ์ให้มีค่าน้อย (0.1)

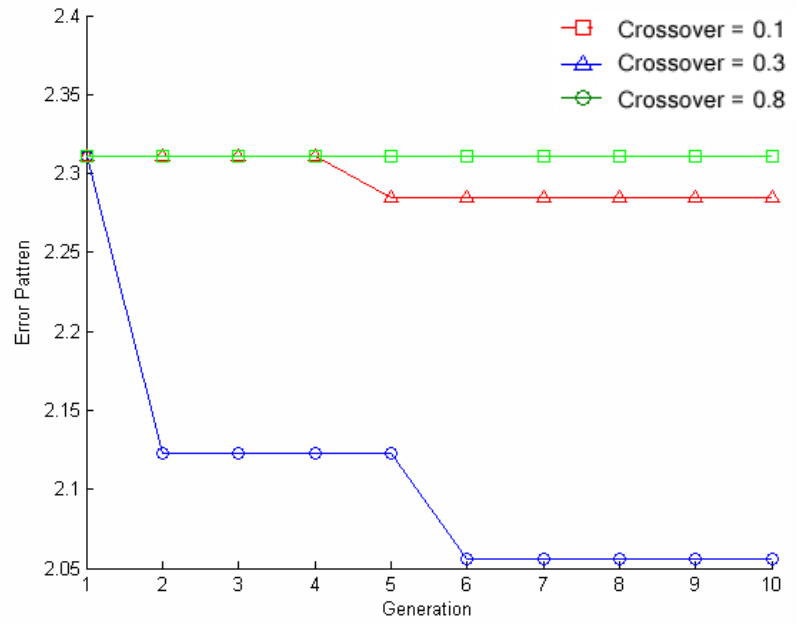
ง. จำนวนรุ่นประชากร (Generation)

จากผลการทดลองในภาพที่ 4-4 จะเห็นได้ว่าที่จำนวนรุ่นของประชากรเท่ากับ 5 จะได้ผลของข้อมูลที่มีค่าความผิดเพี้ยนต่ำกว่าที่จำนวนรุ่นของประชากรเท่ากับ 10 และที่จำนวนรุ่นของประชากรเท่ากับ 25 จะได้ค่าความผิดเพี้ยนของข้อมูลที่ต่ำที่สุด ซึ่งหมายความว่าจำนวนรอบมีผลต่อการค้นหาข้อมูล โดยจำนวนรอบที่มากกว่ามีโอกาสที่จะได้คำตอบที่ดีกว่า แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการสุ่มข้อมูลในขั้นต้นด้วย เพราะถ้าสุ่มข้อมูลได้ไม่ดีหรือไม่ใกล้เคียงกับค่าที่ต้องการ อาจจะต้องใช้จำนวนรอบที่มากขึ้นในการพัฒนาและค้นหาคำตอบ แต่ถ้าสุ่มข้อมูลได้ใกล้เคียงหรือครอบคลุมข้อมูลที่ต้องการก็มีโอกาสที่จะได้ผลของคำตอบที่ดีในการค้นหาคำตอบในรุ่นแรก ๆ ได้เช่นเดียวกัน แต่เนื่องจากงานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะลดเวลาในการเข้ารหัสภาพ การกำหนดจำนวนรุ่นของประชากรที่มากจะมีผลกับเวลาที่ใช้ในการเข้ารหัส ดังนั้นผู้วิจัยจึงเห็นว่าควรกำหนดจำนวนรุ่นของประชากรให้มีค่าเท่ากับ 5

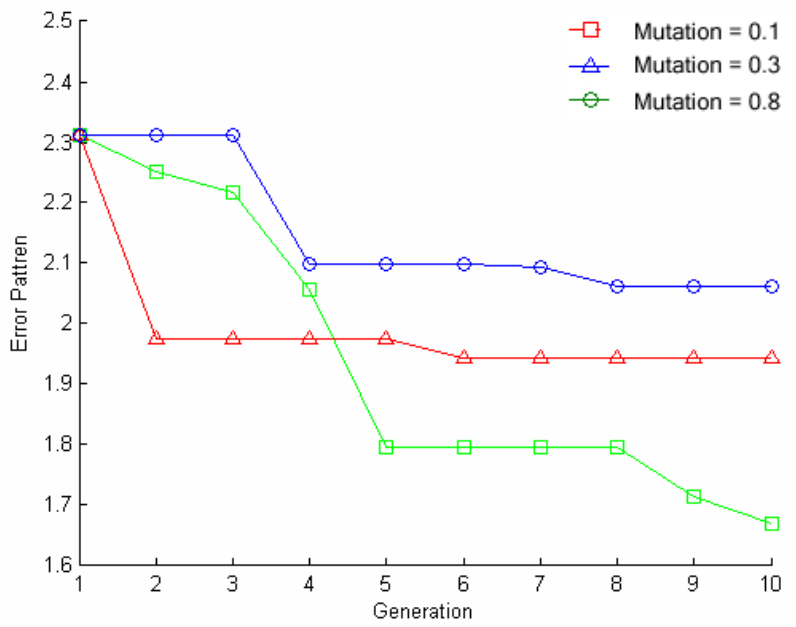
จากการทดลองที่ผ่านมาสามารถสรุปการกำหนดค่าที่เหมาะสม เพื่อใช้สำหรับการทดลองการใช้วิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึม ในการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลได้คือ จะกำหนดขนาดพื้นที่ย่อยของโดเมนเท่ากับ 2 เท่า โดยจำนวนกลุ่มที่ใช้ในการจัดกลุ่ม เท่ากับ 3 กลุ่ม และใช้วิธีการถ่วงน้ำหนักข้อมูลด้วยจีเนติกอัลกอริทึม ซึ่งมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ดังนี้คือ จำนวนตัวอย่างประชากร (Population Size) เท่ากับ 20 อัตราการเกิดการถ่ายทอด (Crossover Rate) เท่ากับ 0.8 อัตราการเกิดการกลายพันธ์ (Mutation Rate) เท่ากับ 0.1และจำนวนรอบข้อมูลประชากร (Generation) เท่ากับ 5



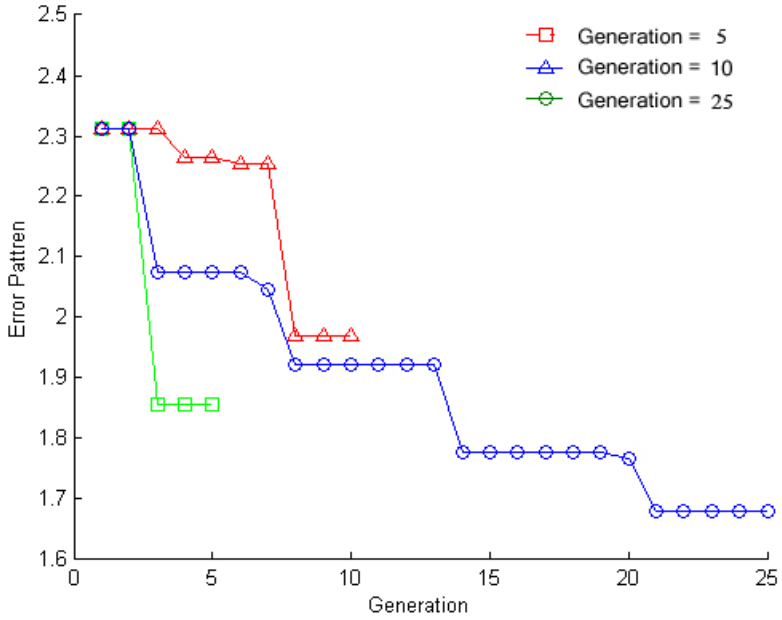
ภาพที่ 4-1 จำนวนตัวอย่างประชากรที่ขนาดต่าง ๆ



ภาพที่ 4-2 อัตราการเกิดการสลับสายพันธุ์ที่ระดับต่าง ๆ



ภาพที่ 4-3 อัตราการเกิดการกลายพันธุ์ที่ระดับต่าง ๆ



ภาพที่ 4-4 จำนวนรุ่นประชากรที่ระดับต่าง ๆ

4.3 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลของการใช้วิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึมในพื้นที่ย่อยของโดเมน สำหรับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล

จากการทดลองการใช้วิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึมในพื้นที่ย่อยของโดเมน สำหรับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล จะได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 ผลการทดลองการใช้วิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึมในพื้นที่ย่อยของโดเมน สำหรับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลที่กระทำกับภาพ Lena.bmp

วิธีการ	ผลการทดลอง					
Fractal Coding with Fuzzy-GA Classifier in Subdomain Pool (Method 2)	Bit Rate (bpp)	1.47	1.25	0.98	0.74	0.54
	time(s)	326	269	230	202	174
	time(m)	10.02	8.33	8.01	6.20	4.42
	PSNR(dB)	31.33	31.13	30.921	30.52	29.71
	Speed up time (%)	99.73	99.74	99.75	99.73	99.73
	Lost PSNR (%)	11.15	9.87	8.71	7.32	7.04

จากผลการทดลองพบว่า การเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลด้วยวิธีการดั้งเดิมที่ไม่มีการใช้วิธีการอื่นร่วมด้วยใช้เวลานานในการเข้ารหัสภาพ เนื่องจากต้องทำการค้นหาและจับคู่บล็อกข้อมูลตั้งแต่บล็อกแรกจนถึงบล็อกสุดท้าย (ทั้งพื้นที่ของโดเมน) จนกว่าจะได้คู่ของบล็อกที่เหมาะสมกัน ในส่วนของการถอดรหัสภาพนั้นได้ค่า PSNR ที่สูง แต่เมื่อนำวิธีการจัดกลุ่มด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึมเข้ามาช่วยในการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล ทำให้สามารถลดเวลาในการเข้ารหัสไปได้มากกว่า 40% ซึ่งคุณภาพของภาพที่ได้มีการสูญเสียไปจากเดิมเพียงเล็กน้อยเท่านั้นคือไม่ถึง 5% และเมื่อทำการทดลองต่อไป โดยทำการลดขนาดพื้นที่ของโดเมนเพื่อกำหนดพื้นที่ย่อยของโดเมนเข้ามาช่วยอีก ผลการทดลองที่ได้คือ สามารถลดเวลาที่ใช้ในการเข้ารหัสภาพลงไปได้มากกว่า 99% ซึ่งจากเดิมที่เคยใช้เวลาในการเข้ารหัสนานหลายชั่วโมงลดลงเหลือเพียงแค่ไม่กี่นาที และจากการลดขนาดพื้นที่ของโดเมน ผลที่ได้ในด้านคุณภาพของภาพจะลดลง และค่าของ Bit Rate ก็ลดลงตามไปด้วย ซึ่งเมื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์แล้วพบว่าคุณภาพของภาพลดลงไปจากเดิมประมาณ 10% เมื่อเปรียบเทียบกับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลปกติ ซึ่งขนาดของพื้นที่ย่อยของโดเมนมีผลกับการเพิ่มหรือลดโอกาสในการค้นหาคู่ที่ดีและมีความเหมาะสม และยังมีความสัมพันธ์กันกับค่า Bit Rate ที่ได้หลังจากการเข้ารหัสภาพอีกด้วย จากการทดลองได้ทำการปรับขนาดพื้นที่ย่อยของโดเมน ที่ใช้

เป็นขอบเขตในการค้นหาคู่ที่เหมาะสมกันระหว่างเรนจ์บล็อกกับโดเมนบล็อก โดยในงานวิจัยจะทำการลดขอบเขตที่ใช้ในการค้นหาลง โดยให้ทำการค้นหาภายในพื้นที่ย่อยของโดเมนที่ออกแบบไว้ ซึ่งจากการทดลองพื้นที่ย่อยของโดเมนขนาดต่าง ๆ ได้ผลดังตารางที่ 4-5 และ 4-6 ตามลำดับ

ตารางที่ 4-5 ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ย่อยของโดเมนขนาดต่าง ๆ กับคุณภาพของภาพ

ขนาดชั้น / ภาพ	2 เท่า	3 เท่า	4 เท่า	5 เท่า
Saturn.bmp	41.32 (dB)	41.53 (dB)	41.83 (dB)	42.23 (dB)
Lena.bmp	31.33 (dB)	31.50 (dB)	31.90 (dB)	32.01 (dB)
Barbara.bmp	29.60 (dB)	29.72 (dB)	29.88 (dB)	29.93 (dB)
Bikes.bmp	22.93 (dB)	23.05 (dB)	23.37 (dB)	23.61 (dB)

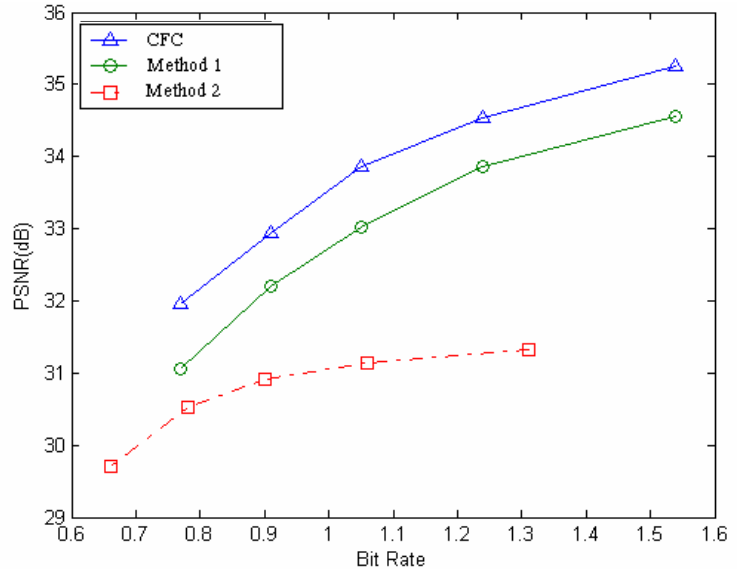
ตารางที่ 4-6 ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ย่อยของโดเมนขนาดต่าง ๆ กับความเร็วในการเข้ารหัส

ขนาดชั้น / ภาพ	2 เท่า	3 เท่า	4 เท่า	5 เท่า
Saturn.bmp	193.41 (Sec)	209.76 (Sec)	235.94 (Sec)	291.55 (Sec)
Lena.bmp	320.23 (Sec)	374.10 (Sec)	413.62 (Sec)	458.97 (Sec)
Barbara.bmp	376.31 (Sec)	421.91 (Sec)	492.64 (Sec)	541.63 (Sec)
Bikes.bmp	434.62 (Sec)	453.21 (Sec)	467.56 (Sec)	532.10 (Sec)

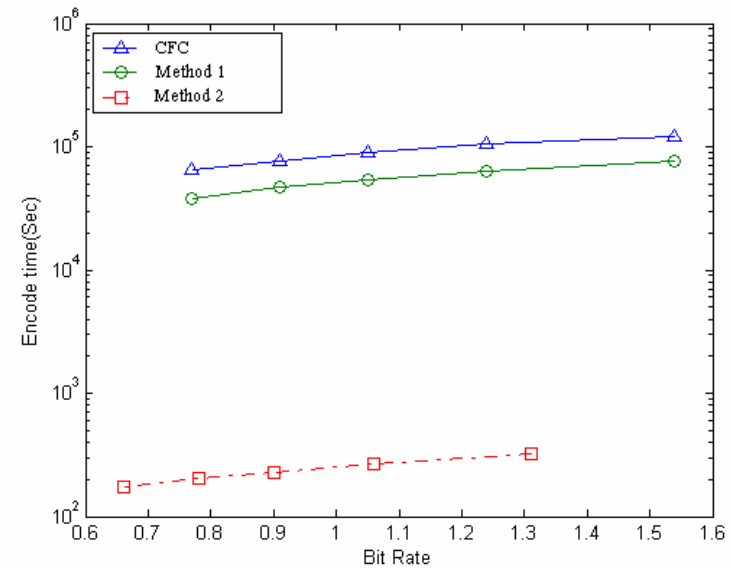
4.4 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองทั้ง 3 วิธีการจะสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 4-5 และ 4-6 ซึ่งเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของภาพกับขนาด Bit Rate และ ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่ใช้ในการเข้ารหัสของภาพกับขนาด Bit Rate ของภาพ Lena.bmp ตามลำดับ จากกราฟแสดงให้เห็นว่าขนาดของ Bit Rate ที่ได้จากวิธีการแรกและวิธีการที่สองมีขนาดที่ใกล้เคียงกัน เนื่องจากว่าใช้จำนวนบิตในการเข้ารหัสภาพที่เท่ากัน คือ 33 bit แต่ในวิธีการที่ 3 จะสังเกตได้ว่า Bit Rate ที่ใช้มีขนาดที่ลดลง เนื่องจากเมื่อนำวิธีการลดขนาดพื้นที่ของโดเมนมาช่วยทำให้ไม่จำเป็นต้องเก็บจำนวนบิตของตำแหน่งของโดเมนบล็อกที่เหมาะสมกันในแนวแกน Y มากถึง 8 บิต การกำหนดขนาดของพื้นที่ย่อยของโดเมนให้มีขนาด 2 เท่าของโดเมนบล็อก ทำให้สามารถเก็บตำแหน่งของของเรนจ์บล็อกกับโดเมนบล็อกที่เหมาะสมกันในแนวแกน Y เหลือเพียงแค่ 3 บิตเท่านั้น ทำให้ลง

จำนวนบิตลงไปได้ถึง 5 บิต คือใช้เพียง 28 บิตในการเก็บข้อมูลเท่านั้น ซึ่งเป็นข้อดีจากการนำวิธีการลดขนาดพื้นที่ของโดเมนมาช่วยในการเข้ารหัส โดยเวลาที่ลดลงมาอย่างมากนั้นเกิดจากการใช้เทคนิคการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึมที่สามารถลดเวลาได้ประมาณ 40% ซึ่งเมื่อผนวกเข้ากับการลดขนาดพื้นที่ของโดเมนทำให้เวลาลดลงมากกว่า 99%



ภาพที่ 4-5 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของภาพกับขนาด Bit Rate ของภาพ Lena.bmp



ภาพที่ 4-6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่ใช้ในการเข้ารหัสของภาพกับขนาด Bit Rate ของภาพ Lena.bmp

เมื่อทำการเข้ารหัสแบบแฟรกทอลในวิธีการต่าง ๆ ทั้ง 3 วิธีแล้ว ทำการถอดรหัสหรือแปลงกลับข้อมูลภาพได้ข้อมูลดังแสดงในภาพที่ 4-7 ซึ่งเป็นภาพ Lena.bmp มีความซับซ้อนปานกลาง

(ก) ภาพต้นแบบ

(ข) แฟรกทอลดั้งเดิม (PSNR 35.26 dB)

(ค) แฟรกทอลกับวิธีการฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึม (PSNR 34.55 dB)

(ง) แฟรกทอลกับวิธีฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึม และการลดขนาดพื้นที่ของโดเมน (PSNR 31.33 dB)

ภาพที่ 4-7 ภาพต้นฉบับและภาพที่สร้างกลับจากวิธีการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลในวิธีการต่างๆ ทั้ง 3 วิธี

โดยผลการทดลองการใช้วิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึมในพื้นที่ย่อยของโดเมนสำหรับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลที่ค่า Threshold = 0.1 ของภาพที่ใช้ในการทดลองทั้ง 4 ภาพ จะแสดงในตารางที่ 4-7

ตารางที่ 4-7 ผลการทดลองการใช้วิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึมในพื้นที่ย่อยของโดเมนสำหรับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลที่ค่า Threshold = 0.1

ผล / ข้อมูลภาพ	PSNR (dB)	Encoding Time (Sec)	Bit Rate (bpp)
Saturn.bmp	41.32	193.41	0.80
Lena.bmp	31.33	320.23	1.31
Barbara.bmp	29.60	376.31	1.47
Bikes.bmp	22.93	434.62	1.74

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น ผู้วิจัยจะกล่าวถึงการสรุปผลและข้อเสนอแนะของการวิจัย ในการพัฒนาวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึมในพื้นที่ย่อยของโดเมน สำหรับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลในบทต่อไป

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึงบทสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะของการพัฒนาเทคนิควิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึมในพื้นที่ย่อยของโดเมน สำหรับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล เพื่อให้เกิดความรวดเร็วในขั้นตอนของการค้นหาคู่ของบล็อกที่มีความเหมือนกัน และเป็นการพัฒนารูปแบบการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลต่อไป

5.1 สรุปผลการวิจัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการประยุกต์เทคนิควิธีการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล เพื่อพัฒนาวิธีการเข้ารหัสดังกล่าวให้รวดเร็วขึ้น จากข้อด้อยที่เป็นอุปสรรคสำคัญของการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล คือ ใช้เวลาประมวลผลในขั้นตอนการค้นหาคู่ของส่วนที่เหมือนกันเป็นเวลานาน เนื่องจากต้องทำการค้นหาทั้งภาพ การนำวิธีการลดขนาดพื้นที่ของโดเมนมาช่วยจำกัดขอบเขตในการค้นหา และวิธีการฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึมเข้ามาช่วยในการจัดกลุ่มบล็อกข้อมูล (โดเมนบล็อกและเรนจ์บล็อก) ทำให้ในขั้นตอนของการค้นหาคู่ที่มีความเหมือนกันหรือคล้ายคลึงกัน จะทำการค้นหาคู่ที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันภายในพื้นที่ย่อยของโดเมน (Subdomain Pool) ทำให้ไม่ต้องทำการค้นหาทั้งภาพ จากผลการทดลองในบทที่ 4 จะเห็นได้ว่าวิธีการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลโดยใช้วิธีการลดขนาดพื้นที่ของโดเมน และจัดกลุ่มข้อมูลด้วยวิธีการฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึม ใช้เวลาในการเข้ารหัสภาพน้อยกว่าวิธีการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลดั้งเดิมถึง 90% ซึ่งหมายความว่าการใช้วิธีการลดขนาดพื้นที่ของโดเมน และจัดกลุ่มข้อมูลด้วยวิธีการฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึม สามารถช่วยลดเวลาในการเข้ารหัสภาพได้อย่างชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลดั้งเดิม และเมื่อแปลงข้อมูลภาพกลับค่า PSNR ที่ได้รับนั้นมีค่าต่ำกว่าการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลดั้งเดิม ซึ่งหมายความว่าจากวิธีการลดขนาดพื้นที่ของโดเมนโดยการกำหนดพื้นที่ย่อยของโดเมนในการค้นหาคู่ที่เหมาะสม อาจทำให้เกิดกรณีที่คู่ที่ดีที่สุดของบล็อกไม่ได้อยู่ภายใน พื้นที่ย่อยของโดเมนที่กำหนดไว้ และในจัดกลุ่มข้อมูลด้วยวิธีการฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึม อาจทำให้เกิดกรณีที่ลักษณะภาพของบล็อกอาจจะไม่ตรงกับกลุ่มที่กำหนดไว้ จึงทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการกำหนดกลุ่มของบล็อก ซึ่งจากวิธีการทั้ง 2 กรณีได้ที่กล่าวมา ทำให้ค่า PSNR ที่ได้รับนั้นมีค่าต่ำกว่าการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลดั้งเดิม

การประยุกต์ใช้วิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึม ในพื้นที่ย่อยของโดเมนสำหรับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล สามารถช่วยลดระยะเวลาในการเข้ารหัสภาพแบบดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นประเด็นที่ทำการพัฒนาที่สำคัญในการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลของงานวิจัยนี้

5.2 ข้อเสนอแนะการวิจัย

การพัฒนาวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึม ในพื้นที่ย่อยของโดเมนสำหรับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลในงานวิจัยนี้ ผลลัพธ์ของภาพที่ได้มีความผิดเพี้ยนไปจากภาพต้นฉบับ เนื่องมาจากในการจัดกลุ่มของข้อมูล (เรนจ์บล็อกและโดเมนบล็อก) แบ่งแยกตามลักษณะของบล็อกนั้น บล็อกบางบล็อกมีลักษณะของบล็อกไม่ตรงตามกลุ่มที่กำหนดไว้ ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการกำหนดกลุ่มให้กับบล็อกนั้น ๆ ซึ่งในการค้นหาคู่ที่เหมาะสมภายในกลุ่มที่กำหนดจึงได้คู่ที่ดีไม่เพียงพอ ทำให้ภาพที่ได้มีความผิดเพี้ยนไปจากต้นฉบับ ดังนั้นหากสามารถกำหนดกลุ่มให้มีความเหมาะสมกับลักษณะภาพ อาจจะช่วยเพิ่มคุณภาพของภาพมากยิ่งขึ้นได้ และในขั้นตอนการจำแนกกลุ่มด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึมนั้น อาจเกิดความคลาดเคลื่อนในการกำหนดกลุ่มให้กับบล็อกนั้น ๆ เนื่องจากวิธีการจีเนติกอัลกอริทึมจะใช้หลักของการสุ่ม ซึ่งการสุ่มอาจจะไม่ได้ค่าที่เหมาะสมที่สุดเสมอไปในทุก ๆ ครั้ง ทำให้ในการเข้ารหัสแต่ละครั้ง อาจเกิดความคลาดเคลื่อนในการถ่วงน้ำหนักค่าความเป็นสมาชิกได้ ดังนั้นหากสามารถหาวิธีการถ่วงน้ำหนักค่าความเป็นสมาชิกที่เหมาะสม จะช่วยทำให้การกำหนดกลุ่มให้กับบล็อกมีความถูกต้องมากขึ้น

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะลดความเร็วในการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล โดยความเร็วที่เพิ่มขึ้นอาจจะทำให้คุณภาพของภาพลดลงได้ ซึ่งวิธีการที่นำเสนอในงานวิจัยนี้สามารถใช้ประโยชน์ได้กับงานในลักษณะต่าง ๆ คือ งานที่ต้องการขนาดของข้อมูลต่อพิกเซลต่ำ เช่น การส่งข้อมูลทางไกลข้ามทวีปผ่านระบบเครือข่ายหรืองานที่เกี่ยวกับวิดีโอที่ไม่เน้นความละเอียดสูง เช่น วิดีโอวงจรปิด เป็นต้น

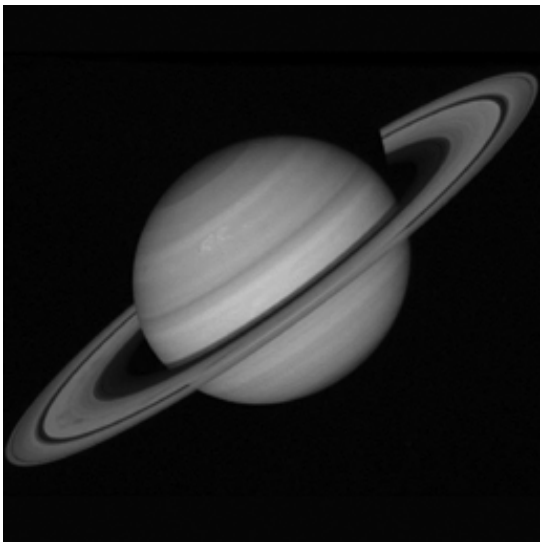
เอกสารอ้างอิง

1. Gonzales, R. C. and Woods, R. E. Digital Image Processing. Massachusetts : Addison-Wesley, C1992.
2. Fisher, Y. Fractal Image Compression, Theory and Application, Springer-Verlag, New York, 1995.
3. Loe, K. F., et al. "Speed-up Fractal Image Compression with a Fuzzy Classifier," Elsevier Signal Processing : Image Communication 10 (1997) . 303-311.
4. Varakulsiripunth, R. & Woraratpanya, P. "Mutual Fractal Coding for Field-Sequential Stereoscopic Video," Journal of Signal Processing, Vol. 9, No. 2 (March 2005) . 165-178.
5. Ramamurthy, B. & Gersho, A. "Classified Vector Quantization of Images," IEEE Trans. Commun., Vol. COM-34 (November 1986) . 1105-1115.
6. El-Yamany, N. A. "A New Fuzzy Gradient-Adaptive Lossy Predictive Coding System for Still Image Compression," Slovenia : EUROCON 2003 Ljubljana.
7. ลัดดาวัลย์ หวังเจริญ. การเข้ารหัสรูปภาพแบบแฟรกทอลโดยใช้ดิสครีตโคซายน์ทรานสฟอร์มและวิธีการค้นหาแบบสไปรอล. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ , 2547.
8. ยุพดี หัตถสิน. การเข้ารหัสและการถอดรหัสภาพแบบแฟรกทอล. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2541.
9. ผิน ฉัตรแก้วมณี. การบีบอัดข้อมูลภาพแบบแฟรกตอลสำหรับภาพสี. กรุงเทพฯ : วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2544.
10. พยุง มีสัจ. "ระบบฟัซซีและโครงข่ายประสาทเทียม" เอกสารประกอบคำบรรยายรายวิชา Fuzzy Systems and Neural Networks คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2548

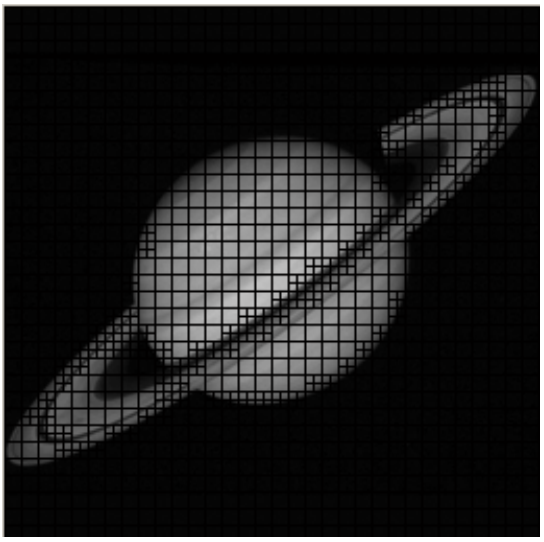
11. สุพจน์ นิตย์สุวัฒน์. ฟัซซีเซต - ตอนที่ 1: นิยามและฟังก์ชันความเป็นสมาชิก, วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ISSN 1685-8573, ปีที่1, ฉบับที่ 1 (มกราคม – มิถุนายน 2548) . 57 – 64.
12. สุพจน์ นิตย์สุวัฒน์. ฟัซซีเซต - ตอนที่ 2: การกระทำบนฟัซซีเซตและความสัมพันธ์แบบฟัซซี, วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ISSN 1685-8573, ปีที่2, ฉบับที่ 3 (มกราคม – มิถุนายน 2549) . 80 – 85.
13. Jacquin, A. E. "Image Coding Based on a Fractal Theory of Iterated Contractive Image Transformations," IEEE Transaction on Image Processing, Vol. 1 (January 1992) . 18–30.
14. Lu, G. & Yew, T. L. "Image Compression Using Quadtree Partitioned Iterated Function Systems," Electron. Lett., Vol. 30 (January 1994) . 23–24.
15. Wohlberg, B. and Jager, G. de "A Review of the Fractal Image Coding Literature," IEEE Transaction on Image Processing, Vol. 8, no. 12 (1999) . 1716-1729.
16. Cardinal, J. "Fast Fractal Compression of Grayscale Image," IEEE Transaction on Image Processing, Vol. 10, No. 1 (January 2001).
17. Chang, H. T. & Kuo, C. J. "Iteration-Free Fractal Image Coding Based on Efficient Domain Pool Design," IEEE Transaction on Image Processing, Vol. 9, No. 4 (2000) . 329-339.
18. กาญจนี วงศ์วิภาพร. การจัดตารางสอนของโรงเรียนแบบอัตโนมัติโดยจีเนติกอัลกอริทึม. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2541.
19. Mohamed F. K. & Aoued, B. "Speeding Up Fractal Image Compression by Genetic Algorithms," Multidimensional Systems and Signal Processing. 16 (2005) . 217-236.

ภาคผนวก ก

การแบ่งพื้นที่เป็นส่วนย่อยเพื่อจัดระดับความซับซ้อน

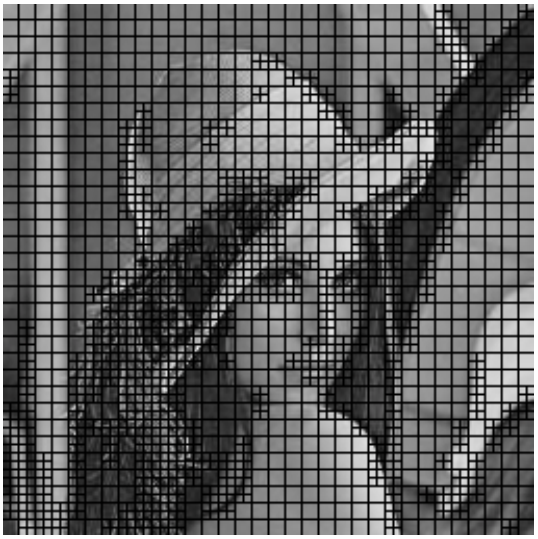


Saturn.bmp 256 × 256 pixel



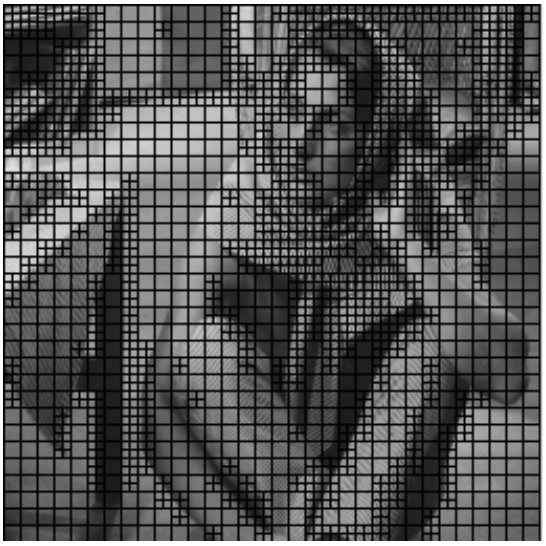
ภาพที่ ก-1 การแบ่งพื้นที่เป็นส่วนย่อยของข้อมูลภาพต้นแบบ Saturn.bmp

Lena.bmp 256 × 256 pixel



ภาพที่ ก-2 การแบ่งพื้นที่เป็นส่วนย่อยของข้อมูลภาพต้นแบบ Lena.bmp

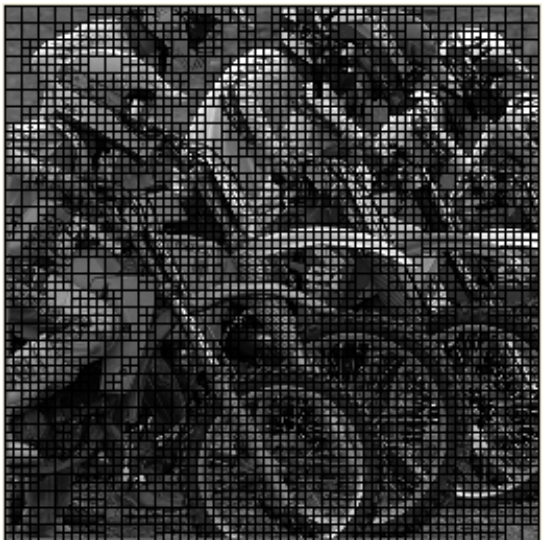
Barbara.bmp 256 × 256 pixel



.

ภาพที่ ก-3 การแบ่งพื้นที่เป็นส่วนย่อยของข้อมูลภาพต้นแบบ Barbara.bmp

Bike.bmp 256 × 256 pixel



.

ภาพที่ ก-4 การแบ่งพื้นที่เป็นส่วนย่อยของข้อมูลภาพต้นแบบ Bikes.bmp

ภาคผนวก ข

การแสดงภาพที่สร้างกลับจากการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลด้วยวิธีการต่าง ๆ

(ก) Original

(ข) PSNR = 44.36 Bit Rate 0.94

(ค) PSNR = 44.08 Bit Rate 0.940

(ง) PSNR = 40.33 Bit Rate 0.80

ภาพที่ ข-1 การถอดรหัสภาพจากการเข้ารหัสภาพด้วยวิธีต่าง ๆ ของภาพต้นแบบ Saturn.bmp

(ก) ภาพต้นฉบับ

(ข) การเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลดั้งเดิม (ไม่มีการใช้วิธีการอื่นร่วมด้วย)

(ค) การใช้วิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึม สำหรับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล

(ง) การใช้วิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึม ในพื้นที่ย่อยของโดเมน สำหรับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล

(ก) Original

(ข) PSNR = 35.26 Bit Rate 1.54

(ค) PSNR = 34.55 Bit Rate 1.54

(ง) PSNR = 31.33 Bit Rate 1.31

ภาพที่ ข-2 การถอดรหัสภาพจากการเข้ารหัสภาพด้วยวิธีต่าง ๆ ของภาพต้นแบบ Lena.bmp

(ก) ภาพต้นฉบับ

(ข) การเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลดั้งเดิม (ไม่มีการใช้วิธีการอื่นร่วมด้วย)

(ค) การใช้วิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึม สำหรับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล

(ง) การใช้วิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึม ในพื้นที่ย่อยของโดเมน สำหรับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล

(ก) Original

(ข) PSNR = 31.45 Bit Rate 1.73

(ค) PSNR = 31.21 Bit Rate 1.73

(ง) PSNR = 29.28 Bit Rate 1.47

ภาพที่ ข-3 การถอดรหัสภาพจากการเข้ารหัสภาพด้วยวิธีต่าง ๆ ของภาพต้นแบบ Barbara.bmp

(ก) ภาพต้นฉบับ

(ข) การเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลดั้งเดิม (ไม่มีการใช้วิธีการอื่นร่วมด้วย)

(ค) การใช้วิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึม สำหรับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล

(ง) การใช้วิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึม ในพื้นที่ย่อยของโดเมน สำหรับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล

(ก) Original

(ข) PSNR = 24.84 Bit Rate 2.05

(ค) PSNR = 24.54 Bit Rate 2.05

(ง) PSNR = 22.38 Bit Rate 1.74

ภาพที่ ข-4 การถอดรหัสภาพจากการเข้ารหัสภาพด้วยวิธีต่าง ๆ ของภาพต้นแบบ Bikes.bmp

(ก) ภาพต้นฉบับ

(ข) การเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลดั้งเดิม (ไม่มีการใช้วิธีการอื่นร่วมด้วย)

(ค) การใช้วิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึม สำหรับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล

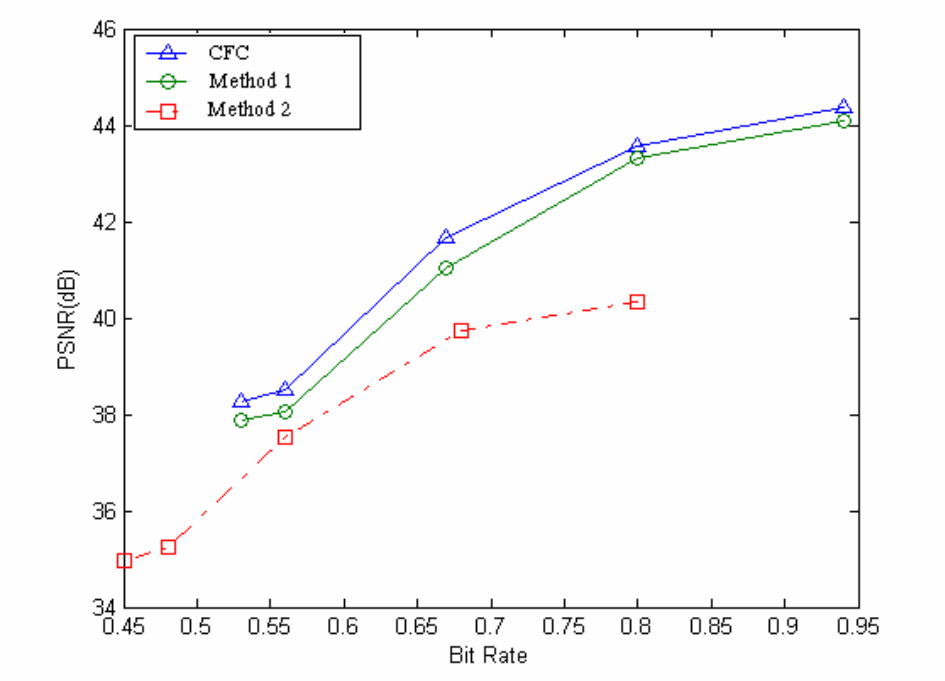
(ง) การใช้วิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึม ในพื้นที่ย่อยของโดเมน สำหรับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล

ภาคผนวก ค

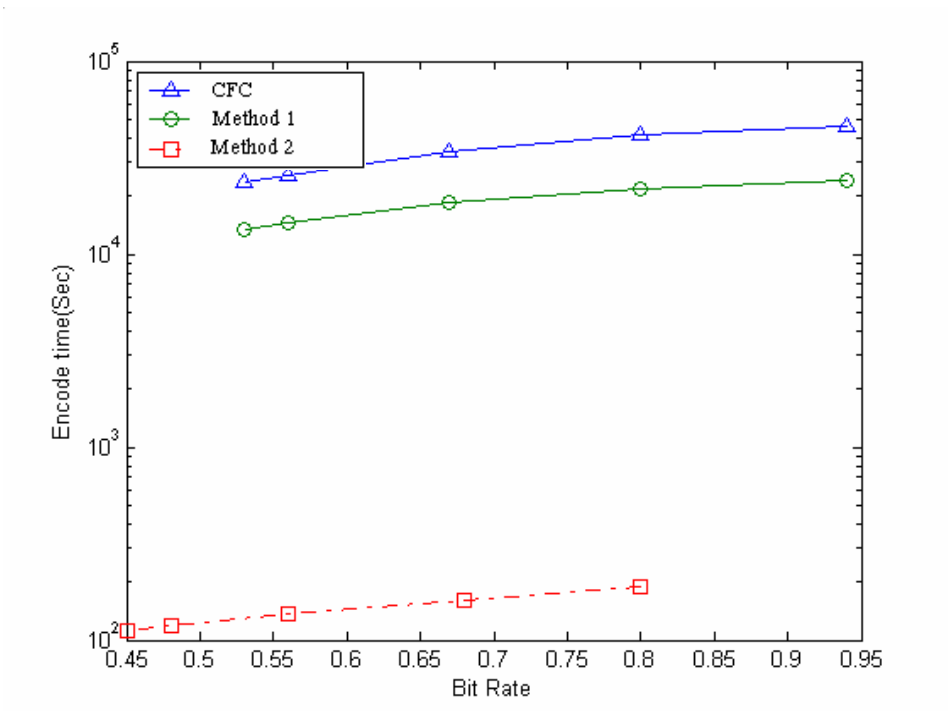
ผลการทดลองการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลด้วยวิธีการต่าง ๆ แยกตามประเภทภาพ

ตารางที่ ค-1 ผลการทดลองในการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลในวิธีการต่าง ๆ ที่กระทำกับภาพ Saturn.bmp

วิธีการ	ผลการทดลอง					
Conventional Fractal Coding (CFC)	Bit Rate (bpp)	0.94	0.80	0.67	0.56	0.53
	time (s)	46103	41137	33859	25788	23423
	time (hr)	12.81	11.43	9.41	7.16	6.51
	PSNR (dB)	44.36	43.57	41.65	38.50	38.27
Fractal Coding with Fuzzy-GA classifier (Method 1)	Bit Rate (bpp)	0.94	0.80	0.67	0.56	0.53
	time (s)	24107	21796	18341	14432	13368
	time (hr)	6.70	6.05	5.09	4.01	3.71
	PSNR (dB)	44.08	43.30	41.03	38.06	37.89
	Speed up time(%)	52.29	52.98	54.17	55.97	57.07
	Lost PSNR (%)	0.63	0.62	1.49	1.14	1.00
Fractal Coding with Fuzzy-GA Classifier in Subdomain Pool (Method 2)	Bit Rate (bpp)	0.80	0.68	0.56	0.48	0.45
	time (s)	190.09	160.30	136.88	118.33	112.88
	time (m)	3.17	2.67	2.28	1.97	1.88
	PSNR (dB)	40.33	39.72	37.53	35.24	34.98
	Speed up time(%)	99.59	99.61	99.60	99.54	99.52
	Lost PSNR (%)	9.08	8.83	9.90	8.46	8.58



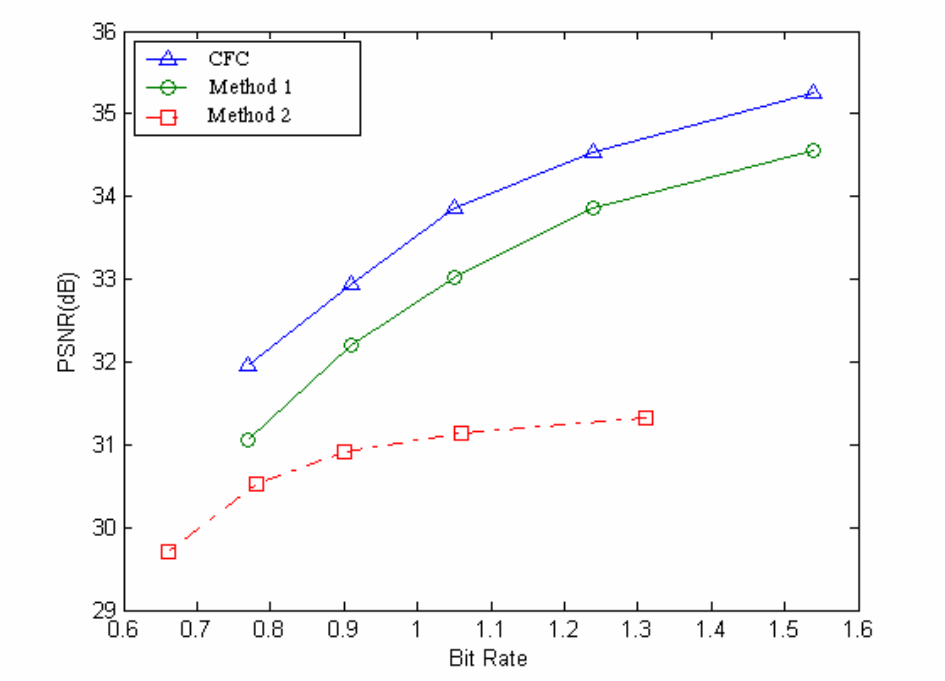
ภาพที่ ค-1 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของภาพกับขนาด Bit rate ของภาพ Saturn.bmp



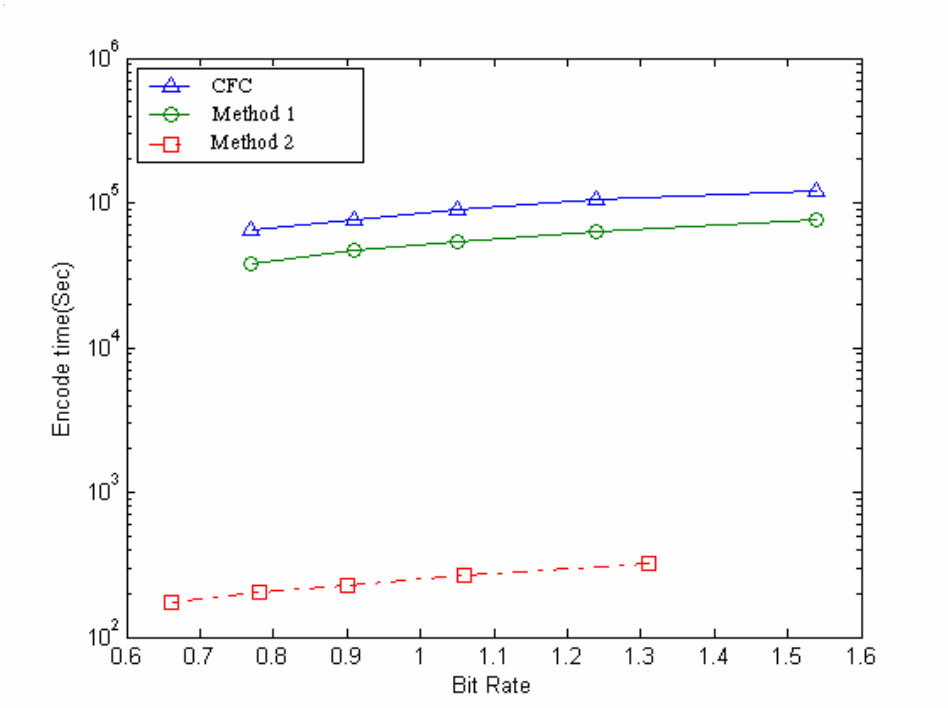
ภาพที่ ค-2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่ใช้ในการเข้ารหัสของภาพกับขนาด Bit rate ของภาพ Saturn.bmp

ตารางที่ ค-2 ผลการทดลองในการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลในวิธีการต่าง ๆ ที่กระทำกับภาพ Lena.bmp

วิธีการ	ผลการทดลอง					
Conventional Fractal Coding (CFC)	Bit Rate (bpp)	1.54	1.24	1.05	0.91	0.77
	time (s)	119305	105405	90547	76051	65348
	time (hr)	33.14	29.28	25.15	21.13	18.15
	PSNR (dB)	35.26	34.54	33.87	32.93	31.96
Fractal Coding with Fuzzy-GA classifier (Method 1)	Bit Rate (bpp)	1.54	1.24	1.05	0.91	0.77
	time (s)	75756	63544	53625	46514	38256
	time (hr)	21.04	17.65	14.90	12.92	10.63
	PSNR (dB)	34.55	33.86	33.02	32.21	31.05
	Speed up time(%)	36.50	39.71	40.78	38.84	41.46
	Lost PSNR (%)	2.01	1.97	2.51	2.19	2.85
Fractal Coding with Fuzzy-GA Classifier in Subdomain Pool (Method 2)	Bit Rate (bpp)	1.31	1.06	0.90	0.78	0.66
	time (s)	325.53	268.88	230.00	202.11	173.94
	time (m)	10.02	8.33	8.01	6.20	4.42
	PSNR (dB)	31.33	31.13	30.921	30.52	29.71
	Speed up time(%)	99.73	99.74	99.75	99.73	99.73
	Lost PSNR (%)	11.15	9.87	8.71	7.32	7.04



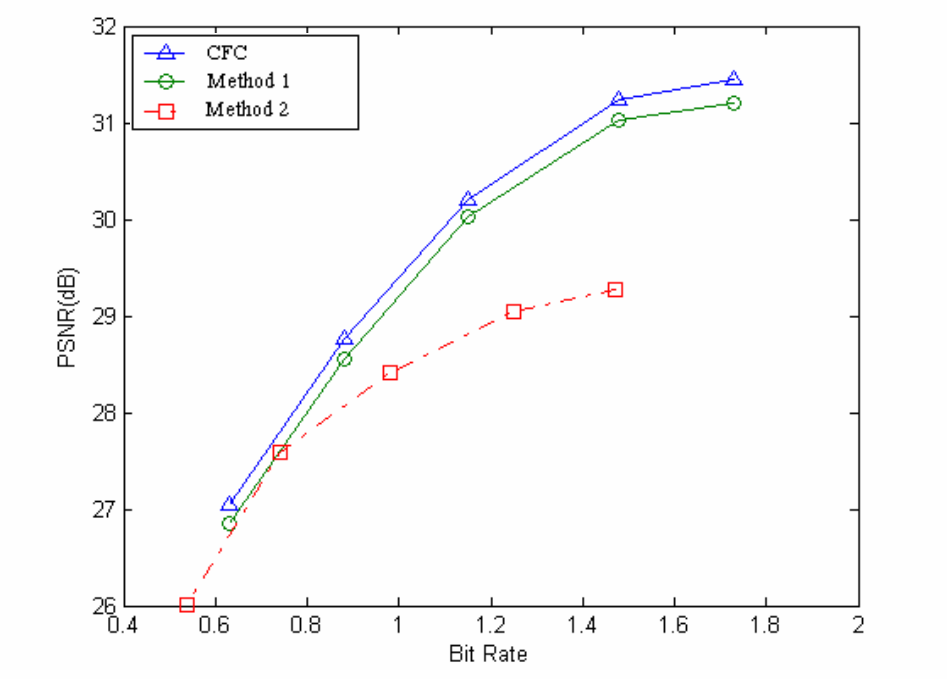
ภาพที่ ค-3 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของภาพกับขนาด Bit rate ของภาพ Lena.bmp



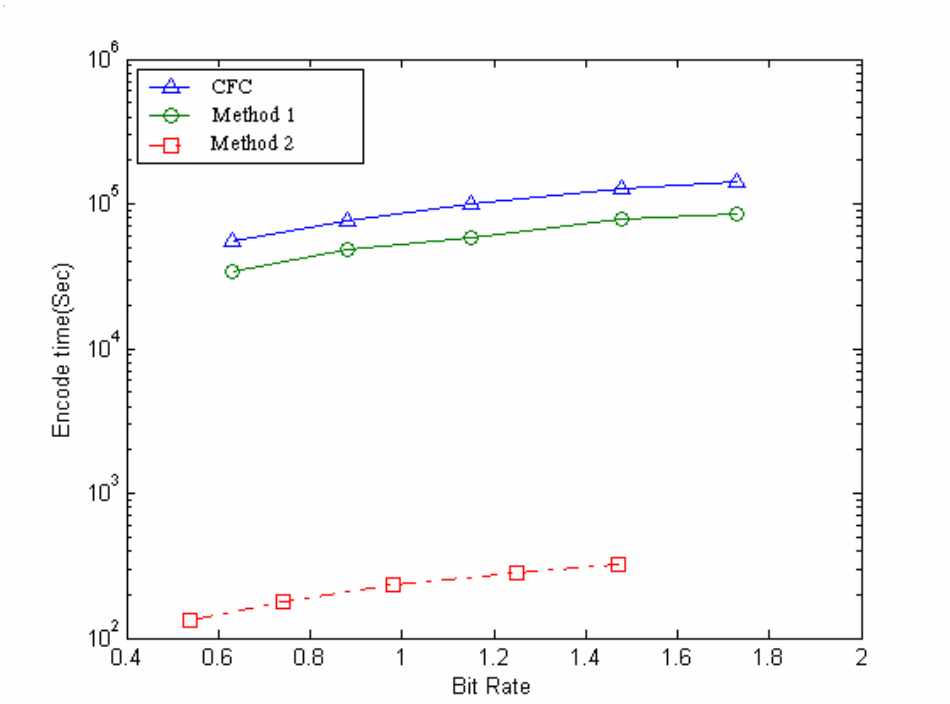
ภาพที่ ค-4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่ใช้ในการเข้ารหัสของภาพกับขนาด Bit rate ของภาพ Lena.bmp

ตารางที่ ค-3 ผลการทดลองในการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลในวิธีการต่าง ๆ ที่กระทำกับภาพ Barbara.bmp

วิธีการ	ผลการทดลอง					
Conventional Fractal Coding (CFC)	Bit Rate (bpp)	1.73	1.48	1.15	0.88	0.63
	time (s)	143786	128025	99144	76366	54565
	time (hr)	39.94	35.56	27.54	21.21	15.16
	PSNR (dB)	31.45	31.24	30.21	28.76	27.05
Fractal Coding with Fuzzy-GA classifier (Method 1)	Bit Rate (bpp)	1.73	1.48	1.15	0.88	0.63
	time (s)	85222	78128	58201	47781	34170
	time (hr)	23.67	21.70	16.17	13.27	9.49
	PSNR (dB)	31.21	31.02	30.03	28.55	26.85
	Speed up time(%)	40.73	38.97	41.30	37.43	37.38
	Lost PSNR (%)	0.75	0.70	0.61	0.74	0.74
Fractal Coding with Fuzzy-GA Classifier in Subdomain Pool (Method 2)	Bit Rate (bpp)	1.47	1.25	0.98	0.74	0.54
	time (s)	326.09	282.66	233.95	177.14	133.59
	time (m)	5.43	4.71	3.90	2.95	2.23
	PSNR (dB)	29.28	29.05	28.41	27.58	26.01
	Speed up time(%)	99.77	99.78	99.76	99.77	99.76
	Lost PSNR (%)	6.91	7.02	5.95	4.10	3.84



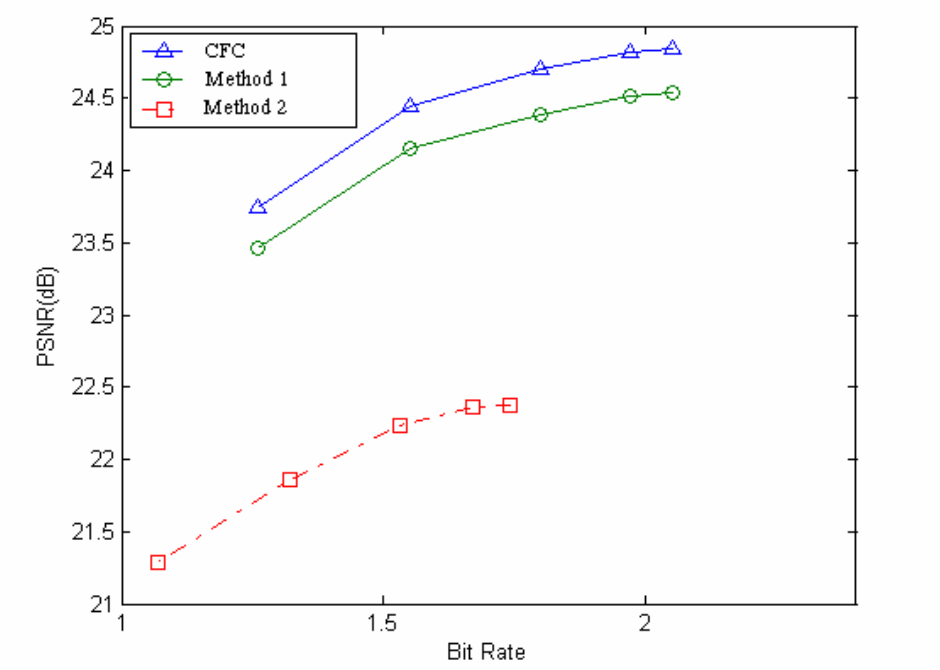
ภาพที่ ค-5 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของภาพกับขนาด Bit rate ของภาพ Barbara.bmp



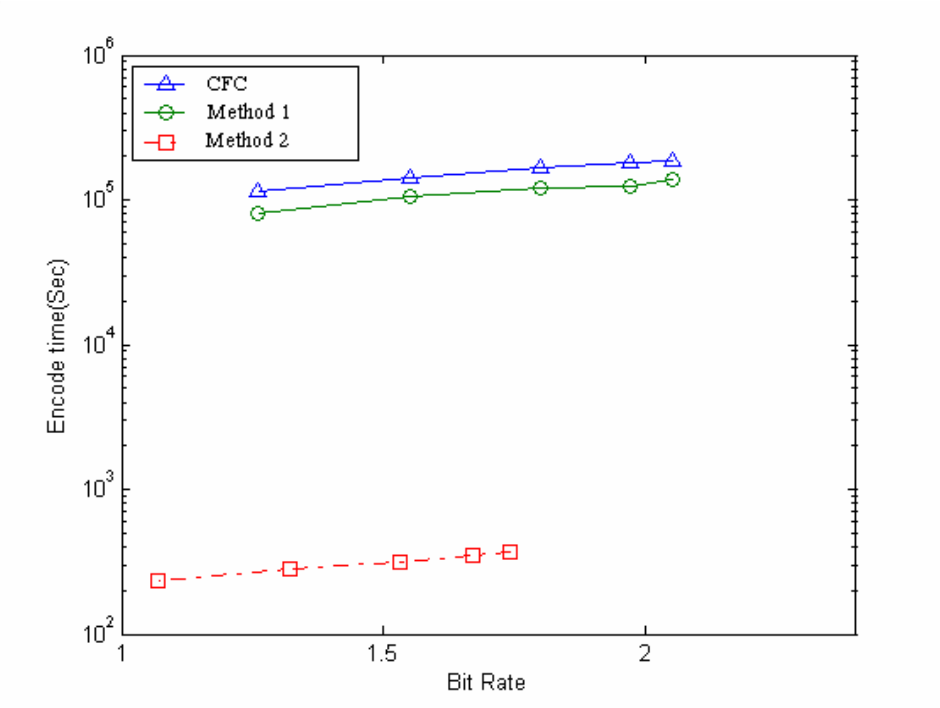
ภาพที่ ค-6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่ใช้ในการเข้ารหัสของภาพกับขนาด Bit rate ของภาพ Barbara.bmp

ตารางที่ ค-4 ผลการทดลองในการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลในวิธีการต่าง ๆ ที่กระทำกับภาพ Bikes.bmp

วิธีการ	ผลการทดลอง					
Conventional Fractal Coding (CFC)	Bit Rate (bpp)	2.05	1.97	1.80	1.55	1.26
	time (s)	187538	181686	166622	143414	115528
	time (hr)	52.09	50.47	46.28	39.84	32.09
	PSNR (dB)	24.84	24.82	24.70	24.45	23.74
Fractal Coding with Fuzzy-GA classifier (Method 1)	Bit Rate (bpp)	2.05	1.97	1.80	1.55	1.26
	time (s)	138333	124886	121037	106825	81695
	time (hr)	38.43	34.69	33.62	29.67	22.69
	PSNR (dB)	24.54	24.52	24.39	24.15	23.46
	Speed up time(%)	26.24	31.26	27.36	25.51	29.29
	Lost PSNR (%)	1.21	1.21	1.24	1.21	1.18
Fractal Coding with Fuzzy-GA Classifier in Subdomain Pool (Method 2)	Bit Rate (bpp)	1.74	1.67	1.53	1.32	1.07
	time (s)	365.75	353.47	317.86	282.20	232.78
	time (m)	6.10	5.89	5.30	4.70	3.88
	PSNR (dB)	22.38	22.36	22.23	21.86	21.29
	Speed up time(%)	99.80	99.81	99.81	99.80	99.80
	Lost PSNR (%)	11.01	11.01	11.12	11.84	11.49



ภาพที่ ค-7 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของภาพกับขนาด Bit rate ของภาพ Bikes.bmp



ภาพที่ ค-8 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่ใช้ในการเข้ารหัสของภาพกับขนาด Bit rate ของภาพ Bikes.bmp

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ : นางสาวศรีสุภา รัตนางกูร

ชื่อวิทยานิพนธ์ : วิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีร่วมกับจีเนติกอัลกอริทึมในพื้นที่ย่อยของโดเมนสำหรับการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล

สาขาวิชา : เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์

ประวัติ

ประวัติส่วนตัว เกิดเมื่อวันที่ 25 ตุลาคม พ.ศ. 2523 มีภูมิลำเนาอยู่ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร

ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับ 2) สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

ประวัติการทำงาน ปัจจุบันทำงานอยู่ในตำแหน่งเจ้าหน้าที่งานพัฒนาเว็บไซต์ กลุ่มงานเทคนิคและระบบเครือข่าย สังกัดสำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต และเป็นอาจารย์พิเศษสอนคอมพิวเตอร์ ประจำโรงเรียนประถมสาธิตละอออุทิศ