



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรื่อง การเพิ่มความเร็วในการเข้ารหัสภาพแบบเฟรคทอล โดยใช้ขั้นตอนวิธีแบบพันธุกรรม
โดย นายณัฐพงศ์ ศรีทองอินทร์

ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ครุศาสตร์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(อาจารย์ ดร.มงคล หวังสถิตยวัฒน์)

21 พฤษภาคม 2550

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัณฑ์พงษ์ วรรณปัญญา)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ นิตยสุวรรณ)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พูน มีสัง)

กรรมการ

(ร.ต.ต.หญิง ดร. บิชาพรรณ สุริรัตน์)

การเพิ่มความเร็วในการเข้ารหัสภาพแบบเฟรกทอลโดยใช้ขั้นตอนวิธีแบบพันธุกรรม

นายณัฐพงศ์ ศรีทองอินทร์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา
บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปีการศึกษา 2549
ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ชื่อ : นายณัฐพงศ์ ศรีทองอินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ : การเพิ่มความเร็วในการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลโดยใช้ขั้นตอนวิธีแบบพันธุกรรม

สาขาวิชา : เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัณฑ์พงษ์ วรรัตน์ปัญญา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ นิตย์สุวัฒน์

ปีการศึกษา : 2549

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันได้มีวิธีการเข้ารหัสภาพนิ่งหลากหลายวิธี ซึ่งวิธีการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่สามารถบีบอัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้หลักของความเหมือนในแต่ละส่วนของภาพ อย่างไรก็ตามวิธีการนี้มีอุปสรรคในด้านของเวลาที่ใช้ในการเข้ารหัสที่ใช้เวลานาน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอขั้นตอนวิธีแบบพันธุกรรมเข้ามาช่วยเพิ่มความเร็วในการเข้ารหัส โดยที่ยังคงคุณภาพของภาพไว้ให้ได้มากที่สุด โดยที่วิธีการนี้จะสร้างรหัสแฟร็กทอลจากการแปลงความสัมพันธ์ ซึ่งแบ่งออกได้เป็นการแปลงทางเรขาคณิต และการแปลงทางความเข้มแสง ซึ่งจากเดิมที่ใช้วิธีการค้นหาแบบทีละตำแหน่งจนครบทั้งภาพ ผู้วิจัยได้นำขั้นตอนวิธีการแบบพันธุกรรมเข้ามาแทนที่เพื่อใช้ในการค้นหาคู่ที่เหมาะสมระหว่างเรนจ์บล็อกกับโดเมนบล็อก โดยวิธีการนี้เป็นวิธีการช่วยทำให้ไม่ต้องค้นหาทุกพื้นที่ของโดเมน และในส่วนของ การหาค่าการแปลงทางความเข้มแสง จะนำขั้นตอนวิธีแบบพันธุกรรมมาค้นหาค่าการแปลงทางความเข้มแสงแทนการหาด้วยการวิเคราะห์แบบทดลอง เพื่อจะเพิ่มคุณภาพที่ได้จากการสร้างภาพกลับในขั้นตอนการถอดรหัส ซึ่งวิธีการทั้งสองนี้จะช่วยให้การเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นในด้านความเร็วและยังคงคุณภาพของภาพไว้ในอัตราบิตเรตที่ต่ำ เมื่อเทียบกับการเข้ารหัสภาพแฟร็กทอลแบบปกติ

(วิทยานิพนธ์มีจำนวนทั้งสิ้น 80 หน้า)

คำสำคัญ : การเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอล, ขั้นตอนวิธีแบบพันธุกรรม, การแปลงความสลับผัน, การแปลงทางเรขาคณิต, การแปลงทางความเข้มแสง, การวิเคราะห์แบบถดถอย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

Name : Mr.Nattapong Srithong-in
Thesis Title : Speeding up Fractal Image Coding Using Genetic Algorithms
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

Currently, there are several algorithms for encoding a still image. Fractal image coding is one of the effective compression techniques based on self-similarity of images. However, a main drawback of this technique is a very high time-consuming of the encoding process. Therefore, in this thesis, fractal image coding using genetic algorithms (GA) is proposed for speeding up the encoding time, while the quality of reconstructed images is preserved as good as possible. In this approach, an affine transformation for generating fractal codes is separated into geometry and intensity transformations. In the first part, an exhaustive search of the geometry transformation is replaced with GA, which can explore the best solution without the entire search space, thus speeding up the domain-range mapping process. In the second part, a linear regression for obtaining optimal coefficients of the intensity transformation is substituted by GA, which can determine the global optimal solutions, thereby improving the quality of reconstructed images. The proposed implementation scheme is evaluated by using computer simulation. The simulation results show that the proposed approach is greatly improved the encoding time when compared with the conventional approach and the quality of reconstructed images is also retained at a low bit rate.

(Total 80 pages)

Keywords : Fractal image coding, genetic algorithms, affine transformation, geometry transformation, intensity transformation, linear regression

Advisor

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความเอาใจใส่และช่วยเหลืออย่างดีของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนต์พงษ์ วรรณปัญญา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ นิตย์สุวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ของการวิจัยมาโดยตลอด

ท้ายสุดผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาตั้งแต่ต้นจนสำเร็จการศึกษา

ณัฐพงศ์ ศรีทองอินทร์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ฅ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 สมมติฐานการวิจัย	2
1.4 ขอบเขตการวิจัย	2
1.5 คำจำกัดความในการวิจัย	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 การบีบอัดข้อมูลภาพ	4
2.2 การเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล	6
2.3 รหัสแฟรกทอล	12
2.4 การถอดรหัสภาพแฟรกทอล	13
2.5 จีเนติกอัลกอริทึม	15
2.6 การวัดประสิทธิภาพของการเข้ารหัสภาพ	29
2.7 การวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	31
บทที่ 3 ขั้นตอนการวิจัย	34
3.1 วิเคราะห์ปัญหาการเข้ารหัสภาพด้วยวิธีการแฟรกทอล	34
3.2 ออกแบบขั้นตอนวิธีวิจัยเพื่อเพิ่มความเร็วในการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล	35
3.3 การดำเนินกระบวนการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลโดยอาศัยวิธีการจีเนติกอัลกอริทึม	38
3.4 การถอดรหัสภาพแบบแฟรกทอล	46

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.5 การวัดประสิทธิภาพด้านความเร็วและคุณภาพของการเข้ารหัสภาพ แบบแฟร็กทอลโดยอาศัยวิธีการจินตคณิตอัลกอริทึม	47
3.6 กลุ่มตัวอย่างภาพในการวิจัยการเพิ่มความเร็วในการเข้ารหัสภาพ แบบแฟร็กทอลโดยอาศัยวิธีการจินตคณิตอัลกอริทึม	47
บทที่ 4 ผลการวิจัย	49
4.1 ผลการทดลองการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลแบบมาตรฐาน (Conventional Fractal Coding [1] : CFC)	49
4.2 ผลการทดลองการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลโดยอาศัยวิธีการจินตคณิต อัลกอริทึม (วิธีที่ 1)	50
4.3 ผลการทดลองการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลโดยอาศัยวิธีการจินตคณิต อัลกอริทึม และหาค่าความเข้มแสงด้วยวิธีการจินตคณิตอัลกอริทึม (วิธีที่ 2)	54
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	57
5.1 สรุปผลการวิจัย	57
5.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัย	58
เอกสารอ้างอิง	59
ภาคผนวก ก	61
การแบ่งพื้นที่เป็นส่วนย่อยเพื่อจัดระดับความซับซ้อน	61
ภาคผนวก ข	66
การแสดงผลภาพที่สร้างกลับจากการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลด้วยวิธีการ ต่าง ๆ	66
ภาคผนวก ค	71
ผลการทดลองการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลด้วยวิธีการต่าง ๆ แยกตามประเภทภาพ	71
ประวัติผู้วิจัย	80

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2-1	การเปลี่ยนทิศทางของบล็อก 8 รูปแบบในการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอล	13
2-2	ตัวอย่างลักษณะโครโมโซมในรูปเลขฐานสอง 5 บิตมีค่าอยู่ในช่วง 00000 ถึง 11111 ถอดรหัสแล้วจะทำให้ x มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 31 ตามที่ต้องการ	22
2-3	ค่าความเหมาะสมในแต่ละโครโมโซม	23
2-4	ค่าที่ทำการสุ่มเลือกโครโมโซม	25
2-5	การสุ่มลำดับโครโมโซมในวงล้อ	25
2-6	ตัวอย่างการเกิดครอสโอเวอร์จากเลขสุ่มกับอัตราการเกิดครอสโอเวอร์ : กำหนด $P_c = 0.5$ โครโมโซมพ่อแม่ใน Mating Pool จากการคัดเลือกครอสโอเวอร์	27
2-7	การเกิดมิวเตชันจากเลขสุ่มกับอัตราการเกิดมิวเตชันกำหนด $P_m = 0.1$	28
3-1	ตัวอย่างในการหาค่าความเหมาะสมโครโมโซมของการแปลงทางเรขาคณิต	40
3-2	การคำนวณหาค่าความถี่สะสมเพื่อใช้สร้างวงล้อ	40
3-3	ตัวอย่างการสุ่มเลือกโครโมโซมการสุ่มเลือกจำนวน 4 ครั้ง	41
3-4	การเกิดครอสโอเวอร์จากการกำหนดอัตราการเกิดครอสโอเวอร์ที่ 0.5	41
3-5	ตัวอย่างในการหาค่าความเหมาะสมจากโครโมโซมของ o กับ s	45
3-6	ตัวอย่างการสุ่มเลือกโครโมโซมการสุ่มเลือกจำนวน 4 ครั้ง ได้โครโมโซมลำดับ	45
4-1	ผลการทดลองการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลแบบมาตรฐานกับภาพ Lena.bmp	49
4-2	ผลการทดลองจำนวนรอบวิวัฒนาการที่ค่า Bit Rate 1.54 bpp	53
4-3	ผลการทดลองจำนวนประชากรที่ค่า Bit Rate 1.54 bpp	53
4-4	ผลการทดลองการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลโดยอาศัยวิธีการจินตึกอัลกอริทึมกับภาพ Lena.bmp	53

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4-5	ผลการทดลองการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลโดยอาศัยวิธีการจีเนติกอัลกอริทึม และหาค่าความเข้มแสงด้วยวิธีการจีเนติกอัลกอริทึมกับภาพ Lena.bmp	54
4-6	การเปรียบเทียบค่า RMS ที่ได้จากการค้นหา α กับ s ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นกับวิธีการจีเนติกอัลกอริทึม	55
ค-1	ผลการทดลองในการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลวิธีการต่าง ๆ กับภาพ Peppers.bmp	72
ค-2	ผลการทดลองในการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลวิธีการต่าง ๆ กับภาพ Lena.bmp	74
ค-3	ผลการทดลองในการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลวิธีการต่าง ๆ กับภาพ Barbara.bmp	76
ค-4	ผลการทดลองในการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลวิธีการต่าง ๆ กับภาพ Bikes.bmp	78

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2-1	ประเภทของอัลกอริทึมการบีบอัดข้อมูล	5
2-2	บล็อกไดอะแกรมการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล	6
2-3	การแปลงความสัมพันธ์ด้วยการปรับขนาด	7
2-4	การแปลงความสัมพันธ์ด้วยการหมุน	7
2-5	การแปลงความสัมพันธ์ด้วยการลาดเอียง	7
2-6	การแปลงความสัมพันธ์ด้วยการเลื่อนตำแหน่ง	8
2-7	การประยุกต์ใช้การแปลงความสัมพันธ์แบบต่าง ๆ	8
2-8	วิธีการแบ่งภาพ (ก) แบบ Fixed-Size-Square Block (ข) แบบ Quadtree (5,008 Squares) (ค) แบบ HV (2,910 Rectangles) (ง) แบบ Triangle (2,954 Triangles)	11
2-9	การถอดรหัสภาพที่จำนวนเริ่มที่ 1 ถึง 10	14
2-10	บล็อกไดอะแกรมการถอดรหัสภาพ	14
2-11	การแบ่งตัวของเซลล์ทางพันธุศาสตร์	16
2-12	การครอสโอเวอร์ทางพันธุศาสตร์	16
2-13	การมิวเตชันทางพันธุศาสตร์	18
2-14	หลักการเบื้องต้นของจีเนติกอัลกอริทึม	19
2-15	วัฏจักรจีเนติกอัลกอริทึม	21
2-16	การกำหนดรูปแบบโครโมโซม	22
2-17	ครอสโอเวอร์แบบ 1 จุด	26
2-18	ไบนารีมิวเตชัน	27
2-19	การกำหนดลักษณะโครโมโซมในงานวิจัยของ Mohamed และ Boukeilf	32
3-1	(ก) การค้นหาแบบทับซ้อนและ(ข) การค้นหาแบบสุ่มข้อมูล	35
3-2	กระบวนการค้นหาห้วงระหว่างเรนจ์บล็อกกับโดเมนบล็อกโดยอาศัยวิธีการ จีเนติกอัลกอริทึม	36
3-3	วิธีการจีเนติกอัลกอริทึมเพื่อค้นหาโดเมนบล็อกที่เหมาะสม	37
3-4	การแบ่งภาพ Lena.bmp ขนาด 256x256 แบบแบ่งสี่ส่วน (Quadtree)	38
3-5	โครโมโซมข้อมูลโดเมนบล็อก	39

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
3-6	การสร้างเป็นวงล้อมข้อมูล	40
3-7	กระบวนการครอสโอเวอร์ข้อมูลเพื่อหาโดเมนบล็อกที่เหมาะสม	42
3-8	กระบวนการมีเวกซ์ข้อมูลเพื่อหาโดเมนบล็อกที่เหมาะสม โดยกำหนดอัตราการมีเวกซ์ที่ 0.25	42
3-9	กระบวนการสร้างประชากรรุ่นใหม่โดยรักษาคุณภาพที่ดีไว้เสมอ	43
3-10	กระบวนการหาค่าลักษณะ σ กับ s ด้วยวิธีการจินตคณิตอัลกอริทึม	43
3-11	การกำหนดลักษณะของโครโมโซมเพื่อหาค่า RMS	45
3-12	การครอสโอเวอร์ 1 ตำแหน่ง	46
3-13	การเกิดมีเวกซ์ที่อัตราการเกิดมีเวกซ์เท่ากับ 0.1	46
3-14	ภาพต้นแบบเพื่อใช้ในการทดลองเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอล	48
4-1	ค่าพารามิเตอร์จินตคณิตอัลกอริทึมที่ครอสโอเวอร์ระดับต่าง ๆ	50
4-2	ค่าพารามิเตอร์จินตคณิตอัลกอริทึมที่มีเวกซ์ระดับต่าง ๆ	51
4-3	ค่าพารามิเตอร์จินตคณิตอัลกอริทึมที่รอบการวิวัฒนาการระดับต่าง ๆ	52
4-4	ค่าพารามิเตอร์จินตคณิตอัลกอริทึมที่จำนวนประชากรข้อมูลที่ระดับต่าง ๆ	52
4-5	ความสัมพันธ์ระหว่าง Bit Rate กับเวลาที่ใช้ในการเข้ารหัส	55
4-6	ความสัมพันธ์ระหว่าง Bit Rate กับคุณภาพของภาพที่ผ่านการเข้ารหัส	56
4-7	ภาพต้นฉบับและภาพที่สร้างกลับจากวิธีการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลแบบต่าง ๆ กับภาพ Lena.bmp	56
ก-1	การแบ่งพื้นที่เป็นส่วนย่อยของข้อมูลภาพต้นแบบ Peppers.bmp	62
ก-2	การแบ่งพื้นที่เป็นส่วนย่อยของข้อมูลภาพต้นแบบ Lena.bmp	63
ก-3	การแบ่งพื้นที่เป็นส่วนย่อยของข้อมูลภาพต้นแบบ Barbara.bmp	64
ก-4	การแบ่งพื้นที่เป็นส่วนย่อยของข้อมูลภาพต้นแบบ Bikes.bmp	65
ข-1	การถอดรหัสภาพจากการเข้ารหัสภาพด้วยวิธีต่าง ๆ ของภาพต้นแบบ Peppers.bmp	67
ข-2	การถอดรหัสภาพจากการเข้ารหัสภาพด้วยวิธีต่าง ๆ ของภาพต้นแบบ Lena.bmp	68

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ข-3	การถอดรหัสภาพจากการเข้ารหัสภาพด้วยวิธีต่าง ๆ ของภาพต้นแบบ Barbara.bmp	69
ข-4	การถอดรหัสภาพจากการเข้ารหัสภาพด้วยวิธีต่าง ๆ ของภาพต้นแบบ Bikes.bmp	70
ค-1	ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของภาพกับขนาด Bit Rate ของภาพ Peppers.bmp	73
ค-2	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่ใช้ในการเข้ารหัสของภาพกับขนาด Bit Rate ของภาพ Peppers.bmp	73
ค-3	ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของภาพกับขนาด Bit Rate ของภาพ Lena.bmp	75
ค-4	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่ใช้ในการเข้ารหัสของภาพกับขนาด Bit Rate ของภาพ Lena.bmp	75
ค-5	ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของภาพกับขนาด Bit Rate ของภาพ Barbara.bmp	77
ค-6	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่ใช้ในการเข้ารหัสของภาพกับขนาด Bit Rate ของภาพ Barbara.bmp	77
ค-7	ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของภาพกับขนาด Bit Rate ของภาพ Bikes.bmp	79
ค-8	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่ใช้ในการเข้ารหัสของภาพกับขนาด Bit Rate ของภาพ Bikes.bmp	79

บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันได้มีการพัฒนาวิธีการเข้ารหัสภาพเพื่อใช้ในงานต่าง ๆ มากมาย ไม่ว่าจะเป็นในด้านอุตสาหกรรมคอมพิวเตอร์ หรืองานทางด้านการวิจัย ซึ่งแบ่งออกเป็นหลายวิธีแต่ละวิธีจะมีจุดเด่นและจุดด้อยต่างกัน แต่ทั้งนี้ก็เพื่อวัตถุประสงค์ที่ไม่ต่างกัน คือ ลดความซ้ำซ้อนของข้อมูลภาพ และลดเวลาที่ใช้ในการนำส่งข้อมูล ซึ่งวิธีการที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือการเข้ารหัสภาพโทนสีเทาแบบแฟรกทอล และวิธีการแก้ปัญหาจุดด้อยด้านเวลาในการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล อีกทั้งยังได้นำเสนอขั้นตอนวิธีแบบพันธุกรรม เพื่อเข้ามาช่วยในการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลอีกด้วย

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเข้ารหัสข้อมูล ที่ได้กล่าวถึงวิธีการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล ซึ่งมีข้อดีในด้านการลดขนาดบิตของข้อมูล และความเร็วในการถอดรหัสข้อมูล แต่มีข้อเสียที่ในการประมวลผลภาพเพื่อเข้ารหัสนั้นใช้เวลามากในการหารหัสแฟรกทอล ซึ่งสามารถแบ่งออกได้สองส่วนคือ การแปลงทางเรขาคณิต (Geometry Transformation) และการแปลงความเข้มแสง (Intensity Transformation) ซึ่งเกิดขึ้นจากการค้นหาข้อมูลของภาพที่ต้องการจับคู่กันระหว่างสองส่วนเรียกว่า “เรนจ์บล็อก” กับ “โดเมนบล็อก” ซึ่งได้มีนักวิจัยคิดค้นวิธีการที่จะลดเวลาในการเข้ารหัสภาพอยู่มากมายหลายวิธี เช่น วิธีการพัฒนาการค้นหาข้อมูล การจัดการแบ่งกลุ่มข้อมูล การกำหนดขอบเขตของข้อมูล [1], [2] ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดที่จะหาวิธีการที่ช่วยลดเวลาในการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอล ในขณะที่ยังคงรักษาคุณภาพของภาพไว้ให้มากที่สุด โดยมุ่งเน้นไปที่วิธีการค้นหาข้อมูล ซึ่งจะเลือกเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการค้นหาข้อมูลมาเพื่อที่จะช่วยลดเวลาของการเข้ารหัส โดยในการค้นหาจะเลือกสุ่มข้อมูลจากข้อมูลทั้งหมด ทำให้ไม่เสียเวลาในการค้นหาข้อมูลแบบเรียงตามลำดับ (Segmented Search) [1] ซึ่งเครื่องมือดังกล่าวผู้วิจัยได้เลือกใช้วิธีการจินตคณิตกอริทึม ซึ่งวิธีการนี้จะเลียนแบบการสุ่มเลือก การขยายพันธุ์ และการถ่ายทอดพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต [5] มาใช้ช่วยจับคู่ของชุดข้อมูล โดยข้อมูลที่มีลักษณะเด่นจะถูกเลือกเป็นประชากรในรุ่นต่อไป ส่วนข้อมูลที่จับคู่กันแล้วเกิดลักษณะด้อยหรือได้คุณสมบัติไม่ดีพอจะถูกคัดทิ้งออกไป ซึ่งวิธีการดังกล่าวจะทำให้เวลาในการจับคู่ของข้อมูลระหว่างเรนจ์บล็อกกับโดเมนบล็อกลดลงไป เนื่องจากวิธีการดังกล่าวจะสามารถหาลักษณะข้อมูลโดเมนบล็อกที่เหมาะสม

กับเรนจ์บล็อก โดยการสุ่มจากตัวอย่างจากข้อมูลทั้งหมด และมีการพัฒนาเพื่อหาข้อมูลที่เหมาะสมยิ่งขึ้น ซึ่งจะช่วยลดปริมาณการค้นหาข้อมูลที่มีความเหมาะสมในขั้นตอนการจับคู่กันระหว่างเรนจ์บล็อกกับโดเมนบล็อก ส่งผลให้เวลาในการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลลดลงไปด้วย และเพื่อเป็นการรักษาคุณภาพของภาพไว้ให้ได้มากที่สุด ผู้วิจัยจึงได้นำวิธีการจีเนติกอัลกอริทึมมาช่วยในการค้นหาค่าความสว่าง (Brightness) และค่าความคมชัด (Contrast) ที่เหมาะสมมากที่สุดในขั้นตอนการจับคู่เพื่อสร้างรหัสแฟร็กทอล ทั้งนี้เพื่อที่จะลดเวลาในการเข้ารหัสภาพและรักษาคุณภาพของภาพไว้ให้ได้มากที่สุดอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 พัฒนาขั้นตอนวิธีการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอล โดยอาศัยวิธีการจีเนติกอัลกอริทึมในการค้นหาข้อมูล เพื่อลดเวลาในการเข้ารหัสภาพดังกล่าว

1.2.2 พัฒนาขั้นตอนวิธีการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอล โดยอาศัยวิธีการจีเนติกอัลกอริทึมในการค้นหาค่าความเข้มแสงที่เหมาะสม เพื่อรักษาคุณภาพของภาพไว้ให้ได้มากที่สุด

1.3 สมมติฐานการวิจัย

1.3.1 เวลาที่ใช้ในการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอล โดยอาศัยวิธีการจีเนติกอัลกอริทึมในการค้นหาข้อมูลลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลค้นหาแบบลำดับ

1.3.2 คุณภาพของภาพที่ได้จากการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอล โดยอาศัยวิธีการจีเนติกอัลกอริทึมในการค้นหาค่าความเข้มแสงที่เหมาะสมดีกว่า คุณภาพของภาพที่ได้จากการคำนวณด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1.4.1 การเข้ารหัสข้อมูลประเภทภาพนิ่งโทนสีเทา (Gray Scale) ขนาด 256x256 พิกเซล

1.4.2 เปรียบเทียบวิธีการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลด้วยมาตรฐานของ Fisher กับวิธีการที่นำเสนอ

1.4.3 การจับคู่ข้อมูลระหว่างเรนจ์บล็อกกับโดเมนบล็อก และค้นหาค่าความเข้มแสงที่เหมาะสม ด้วยจีเนติกอัลกอริทึม

1.4.4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านความเร็วและคุณภาพของภาพที่ได้จากการสืบค้นข้อมูล โดยอาศัยขั้นตอนวิธีจีเนติกอัลกอริทึมมาช่วยในการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอล กับการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลแบบค้นหาแบบทุกตำแหน่ง

1.4.5 ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมของงานวิจัยนี้ คือ Matlab Version 6.1 ฮาร์ดแวร์ที่ใช้ประกอบด้วยคอมพิวเตอร์ CPU Pentium 4 2.8 GHz หน่วยความจำ 512 MB และระบบปฏิบัติการ Windows XP

1.5 คำจำกัดความในการวิจัย

1.5.1 เรนจ์บล็อก (Range Block) หมายถึง การกำหนดพื้นที่ย่อยที่จะใช้ในการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอล ที่มีขนาดเป็นเท่ากับ $n \times n$ พิกเซล

1.5.2 โดเมนบล็อก (Domain Block) หมายถึง การกำหนดพื้นที่ย่อยที่จะใช้ในการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอล มีขนาดเป็น 2 เท่าของเรนจ์บล็อก ซึ่งขนาดที่ได้คือ $2n \times 2n$ พิกเซล

1.5.3 รหัสแฟร็กทอล (Fractal Code) หมายถึง รหัสของข้อมูลภาพที่ทำการเข้ารหัสด้วยวิธีการแฟร็กทอล เพื่อที่จะนำไปถอดรหัสเพื่อสร้างภาพกลับประกอบไปด้วย ตำแหน่งโดเมนบล็อก การแปลงทางเรขาคณิต การแปลงการแปลงความเข้มแสง

1.5.4 พิกเซล (Pixel) เป็นหน่วยพื้นฐานของภาพ คือจุดภาพบนจอแสดงผล หรือจุดภาพในภาพที่รวมกันเป็นภาพขึ้น

1.5.5 คุณภาพของภาพ หมายถึง ลักษณะผลลัพธ์ของภาพที่ขึ้นอยู่กับผิดเพี้ยนของภาพที่ผ่านกระบวนการเข้ารหัสภาพด้วยวิธีการแฟร็กทอล เมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับ

1.5.6 ประสิทธิภาพทางด้านความเร็ว หมายถึง ความเร็วในการเข้ารหัสภาพด้วยวิธีการแฟร็กทอล โดยใช้อัตราการแทนค่าทางบิต (Bit Rate) เป็นตัวควบคุม

1.5.7 ขั้นตอนวิธีแบบพันธุกรรม (Genetic Algorithm) หมายถึง ขั้นตอนการหาคำตอบของข้อมูลที่ต้องการด้วยวิธีการเลียนแบบการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต ในงานวิจัยนี้จะใช้คำว่า “จีเนติกอัลกอริทึม” แทนในบางกรณี

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การวิจัยนี้เป็นการพัฒนาวิธีการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอล โดยนำการสืบค้นข้อมูลที่อาศัยขั้นตอนวิธีแบบพันธุกรรมมาช่วยในการสร้างรหัสแฟร็กทอล ซึ่งประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัยครั้งนี้ คือ

1.6.1 สามารถนำไปพัฒนาเพื่อใช้กับการบีบอัดข้อมูลที่ต้องการอัตราการบีบอัดที่สูง และให้ความสูญเสียของข้อมูลที่น้อย

1.6.2 สามารถลดพื้นที่ในการจัดเก็บข้อมูล และใช้เวลาน้อยในการเข้ารหัส และการถอดรหัสเหมาะสำหรับการพัฒนาเพื่อใช้กับการรับส่งข้อมูลผ่านทางสื่อ Internet

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการลดเวลาในการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอล ซึ่งมีหลักการและวิธีการจากหลายทฤษฎี โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 การบีบอัดข้อมูลภาพ

การบีบอัดข้อมูลภาพ [19] คือ การนำเอาข้อมูลของภาพมาเก็บไว้ในแบบของชุดข้อมูล ซึ่งมีกรรมวิธีในการเก็บข้อมูลที่ต่าง ๆ กันออกไปในแต่ละวิธี สามารถที่จะแบ่งแยกออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ได้แก่ การบีบอัดข้อมูลแบบไม่มีการสูญเสีย (Lossless Compression) เป็นโครงสร้างของการบีบอัดข้อมูลภาพที่มีวิธีการเข้ารหัสและถอดรหัสของข้อมูลที่สมบูรณ์ โดยที่ผลลัพธ์ของภาพที่เข้ารหัสแบบวิธีการนี้จะตรงกับภาพต้นฉบับทุกอย่าง และอีกวิธีการหนึ่งคือการบีบอัดข้อมูลแบบที่มีการสูญเสีย (Lossy Compression) เป็นโครงสร้างของการบีบอัดข้อมูลภาพที่ยินยอมให้มีการสูญเสียข้อมูลของคุณภาพได้ในบางส่วน ซึ่งวิธีการนี้ถ้าต้องการอัตราการบีบอัดข้อมูลที่สูงกล่าวคือ ลดขนาดของข้อมูลภาพที่จัดเก็บ จะทำให้คุณภาพของภาพที่ได้หลังจากนำมาถอดรหัสแล้วอาจจะมี การสูญเสียข้อมูลของภาพไปบ้างบางส่วน ซึ่งวิธีการดังกล่าวจะมีวิธีการที่ซับซ้อนและจะใช้กระบวนการในการเข้ารหัสที่มากกว่าวิธีการบีบอัดแบบที่ไม่มีการสูญเสีย จากงานวิจัยต่าง ๆ สามารถที่จะแบ่งทั้งสองวิธีการเป็นแบบต่าง ๆ ได้ดังภาพที่ 2-1 คือ

2.1.1 การบีบอัดข้อมูลแบบไม่มีการสูญเสีย Lossless ประกอบด้วย

2.1.1.1 Run Length Encoding (RLE) Technique เป็นเทคนิคการใช้จำนวนไบต์ 2 ตัว แสดงแทนคาร์เรเตอร์ 127 ตัว ซึ่งไบต์แรกจะเป็นคาร์เรเตอร์ที่ให้เป็นสตริง ส่วนไบต์ที่สองจะเป็นคาร์เรเตอร์ที่เป็นตัวของมันเอง ตัวอย่างไฟล์ที่ใช้ได้แก่ ไฟล์ประเภท .TIFF .BMP เป็นต้น

2.1.1.2 Huffman Coding วิธีการดังกล่าวนิยมใช้อย่างแพร่หลายในการนำไปใช้เพื่อลดข้อมูลที่มีลักษณะที่ซ้ำซ้อนกัน โดยจะแทนลักษณะข้อมูลด้วยตัวสัญลักษณ์ ซึ่งจะเก็บค่าของตัวเลขที่มีค่าน้อยที่สุด ให้เป็นสัญลักษณ์ของข้อมูลอื่นที่มีลักษณะที่ซ้ำซ้อนกับตัวเลขที่กำหนดเป็นสัญลักษณ์ โดยลักษณะสัญลักษณ์ที่ใช้จะถูกกำหนดควบคู่กับค่าความน่าจะเป็น ซึ่งเลขสัญลักษณ์มักจะใช้เป็นเลขฐานสอง ทำให้สามารถที่จะใช้สัญลักษณ์แทนตัวข้อมูลทั้งหมดได้

2.1.1.3 Arithmetic Coding เป็นเทคนิคที่กำหนดให้อินพุตถูกแบ่งเป็นส่วน ๆ ให้มีขนาดเท่ากัน แต่ด้านเอาต์พุตจะมีขนาดที่เปลี่ยนแปลงได้ตามเงื่อนไขอื่น ๆ และ Arithmetic Coding ก็เป็นพื้นฐานของการบีบอัดข้อมูลแบบแฟรกทอลด้วยเช่นกัน

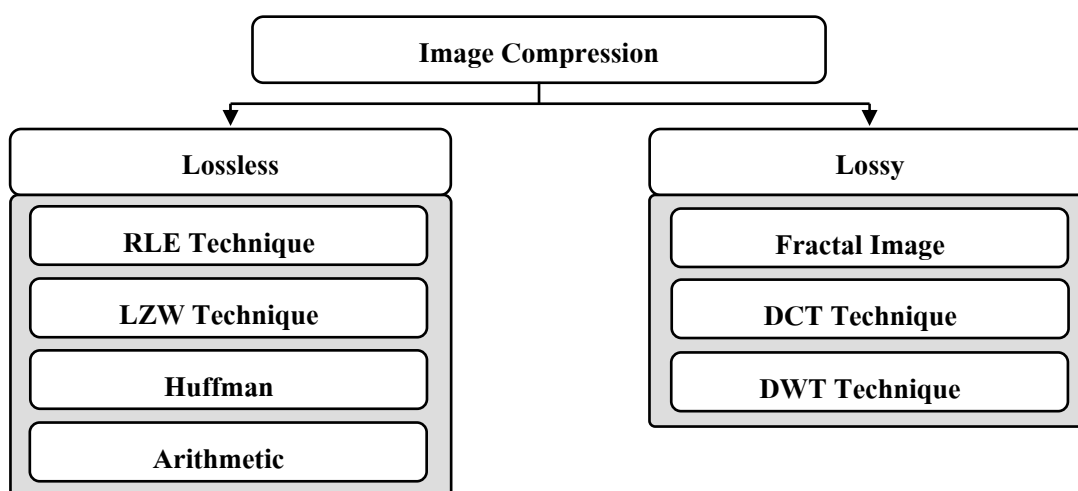
2.1.1.4 Lemple Ziv Welch (LZW) Coding เป็นวิธีการที่ลดความซ้ำซ้อนของข้อมูล ซึ่งจะมีการกำหนดตัวแทนหรือความยาวตัวอักษรข้อมูล โดยจะเป็นไว้เป็นลักษณะของพจนานุกรมข้อมูล ซึ่งในแต่ละอินพุตของข้อมูลจะมีการกำหนดความยาวของตัวอักษรที่แตกต่างกัน ถ้าตัวอักษรข้อมูลอินพุตถูกพบอยู่ในพจนานุกรมข้อมูลที่สร้างขึ้น ก็จะใช้การชี้ตำแหน่งเพื่อเป็นการบอกตัวแทนโดยไม่ต้องเก็บค่าข้อมูลซ้ำอีก

2.1.2 การบีบอัดข้อมูลแบบมีการสูญเสีย Lossy ประกอบด้วย

2.1.2.1 Discrete Cosine Transformation (DCT) Technique เป็นเทคนิคการแปลงกลับภาพให้แสดงผลแทนด้วยการแมปทางความถี่ อีกทั้งยังเป็นพื้นฐานของการบีบอัดข้อมูลแบบ JPEG และแบบ MPEG อีกด้วย

2.1.2.2 Discrete Wavelet Transformation (DWT) Technique รูปแบบการแปลงเวฟเล็ตมาสู่การแปลงเวฟเล็ตแบบแบ่งช่วง ที่มีลักษณะการวิเคราะห์โดยเปลี่ยนสเกลและการเลื่อนตำแหน่งในลักษณะเป็นช่วง ๆ ไม่ต่อเนื่องกัน

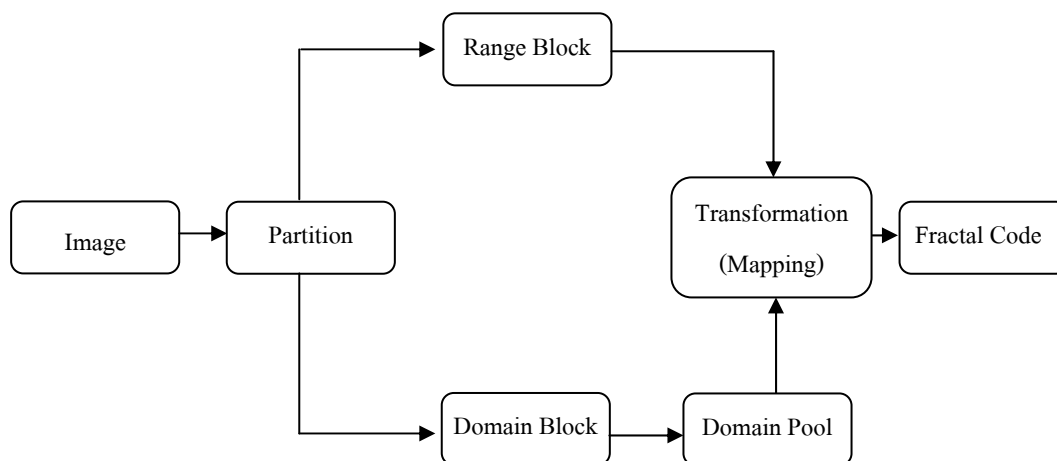
2.1.2.3 Fractal Image Coding เป็นวิธีการที่อาศัยการคัดลอกตัวแบบ และหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวที่คัดลอกกัน โดยจะนำข้อมูลของความสัมพันธ์ไปใช้ในการสร้างภาพ ซึ่งวิธีการนี้ถูกนำมาใช้เป็นวิธีการหลักในงานวิจัย ซึ่งจะได้นำเสนอในรายละเอียดต่อไป



ภาพที่ 2-1 ประเภทของอัลกอริทึมการบีบอัดข้อมูล

2.2 การเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอล

การเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอล ถูกนำเสนอครั้งแรกโดย Barnley [9] ซึ่งทำงานอยู่ในด้านเทคโนโลยีการเข้ารหัสภาพ โดยใช้วิธีการแบ่งพื้นที่แบบสี่เหลี่ยม ได้อธิบายไว้ว่า แฟร็กทอลเป็นรูปแบบของการเข้ารหัสภาพโดยมีหลักการที่ว่าให้พิจารณาว่าในหลาย ๆ ส่วนของภาพ มีจุดใดในภาพนั้นบ้างที่เหมือนกัน เรียกได้ว่าเป็นการเข้ารหัสข้อมูลที่มีความซ้ำซ้อนกัน หลักการพื้นฐานของการเข้ารหัสแบบแฟร็กทอลคือ การนำภาพที่ต้องการเข้ารหัสมาแบ่งออกเป็นส่วนย่อย ๆ และทำการค้นหาเพื่อกำหนดส่วนที่มีลักษณะตรงกันหรือคล้ายกันมากที่สุด โดยอาศัยระบบการทำซ้ำ (Iterated Function System : IFS) [4] ซึ่งจะทำให้การค้นหาระหว่างบล็อกที่มีขนาดเล็กเรียกว่า “เรนจ์บล็อก” และบล็อกที่มีขนาดใหญ่กว่า 2 เท่าเรียกว่า “โดเมนบล็อก” เนื่องจากการกำหนดบล็อกเล็กให้ค้นหาจะทำได้ง่ายกว่า โดยการค้นหาล็อกที่มีความเหมาะสมกันจะได้จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างเรนจ์บล็อกและโดเมนบล็อก สามารถที่จะแบ่งวิธีการหาความสัมพันธ์ออกเป็น 2 แบบด้วยกันคือ การแปลงทางเรขาคณิต (Geometry Transformation) และการแปลงความเข้มแสง (Intensity Transformation) ซึ่งทั้งสองแบบจะอยู่ในรูปของการแปลงความสัมพันธ์ (Affine Transformation) [2] ดังภาพที่ 2-2



ภาพที่ 2-2 บล็อกไดอะแกรมการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอล

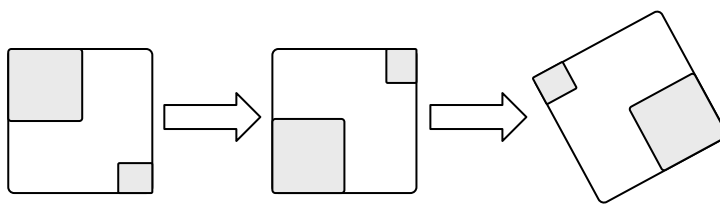
2.2.1 การแปลงทางเรขาคณิต (Geometry Transformation) การแปลงทางเรขาคณิตนั้น เพื่อที่จะใช้ประโยชน์จากการคัดลอกตัวแบบในหลาย ๆ ลักษณะเพื่อนำมาสร้างเป็นภาพนั่นเอง ซึ่งวิธีการดังกล่าวจะประกอบอยู่ทั้งในวิธีการเข้ารหัสและถอดรหัส ซึ่งสามารถแยกออกเป็นวิธีการต่าง ๆ ได้ดังนี้

2.2.1.1 การปรับขนาด (Scaling Transformation) สามารถทำได้ทั้งการเพิ่มและลดขนาดของตัวแบบดังภาพที่ 2-3



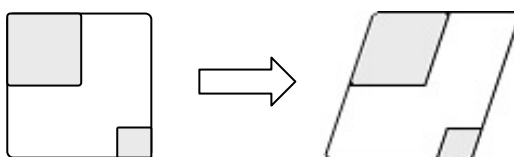
ภาพที่ 2-3 การแปลงความสัมพันธ์ด้วยการปรับขนาด

2.2.1.2 การหมุน (Rotation Transformation) กระทำการหมุนตามองศาที่กำหนดและรวมไปถึงการกลับด้านของตัวแบบดังภาพที่ 2-4



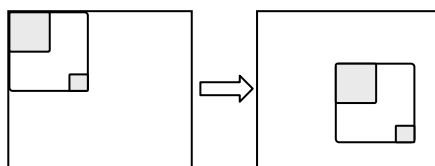
ภาพที่ 2-4 การแปลงความสัมพันธ์ด้วยการหมุน

2.2.1.3 การลาดเอียง (Skew Transformation) กระทำโดยการเลื่อนตัวแบบให้มีลักษณะเอียงไปในมุมต่าง ๆ ดังภาพที่ 2-5



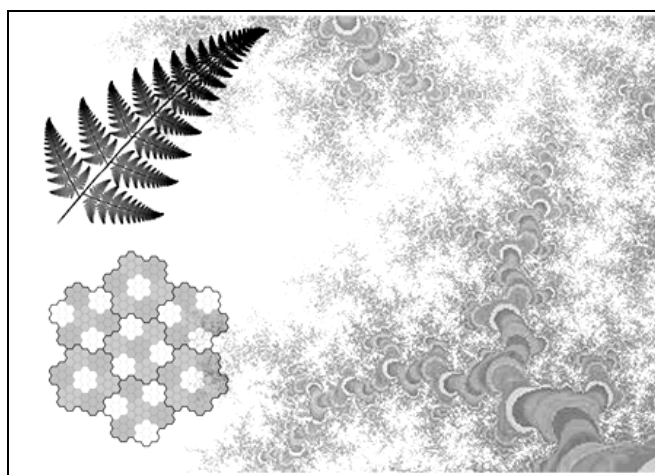
ภาพที่ 2-5 การแปลงความสัมพันธ์ด้วยการลาดเอียง

2.2.1.4 การเลื่อนตำแหน่ง (Translation Transformation) จะสามารถเลื่อนตำแหน่งของตัวแบบไปในตำแหน่งต่าง ๆ ตามที่กำหนดดังภาพที่ 2-6



ภาพที่ 2-6 การแปลงความสัมพันธ์ด้วยการเลื่อนตำแหน่ง

วิธีการแปลงความสัมพันธ์ยังสามารถที่จะนำมาผสมผสานกัน เพื่อให้ได้รูปแบบลักษณะที่หลากหลายมากขึ้นอีกได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับความเหมาะสมกับการใช้งานดังภาพที่ 2-7



ภาพที่ 2-7 การประยุกต์ใช้การแปลงความสัมพันธ์แบบต่าง ๆ

2.2.2 การแปลงความเข้มแสง (Intensity Transformation) การแปลงทางเรขาคณิตนั้น จะใช้ในการหาลักษณะของบล็อกข้อมูลที่มีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน ซึ่งถ้าต้องการได้ลักษณะของบล็อกที่มีความคล้ายคลึงกันมากที่สุด จำต้องใช้การแปลงความเข้มแสงเข้ามาช่วย โดยที่โดเมนบล็อกที่ทำการศึกษาอยู่นั้น จะทำการหาค่าความสว่าง (Brightness) และค่าความคมชัด (Contrast) ที่เหมาะสมหรือคล้ายคลึงกันกับลักษณะของเรนจ์บล็อกมากที่สุด การเข้ารหัสของข้อมูลแต่ละเรนจ์บล็อกที่มีคู่ที่ดีที่สุดได้จากสมการที่ 2-1 ดังนี้

สำหรับการประมวลผลเพื่อหาล็อกที่พิจารณาอยู่นั้น สามารถหาได้จากสูตรการค้นหาค่าความสว่าง (o) และค่าความคมชัด (s) ดังสมการที่ 2-2 และ 2-3

$$R \approx s D + o I \quad (2-1)$$

โดยที่ D คือ บล็อกที่จะทำการเข้ารหัสที่ดีที่สุดซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับเรนจ์บล็อก
 s คือ ค่าสัมประสิทธิ์ค่าความคมชัด
 o คือ ค่าสัมประสิทธิ์ค่าความสว่าง

$$s = \frac{n^2 \left(\sum_{i=1}^{n^2} a_i b_i \right) - \left(\sum_{i=1}^{n^2} a_i \right) \left(\sum_{i=1}^{n^2} b_i \right)}{n^2 \sum_{i=1}^n a_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n^2} a_i \right)^2} \quad (2-2)$$

$$o = \frac{1}{n^2} \cdot \left[\sum_{i=1}^{n^2} b_i - s \sum_{i=1}^{n^2} a_i \right] \quad (2-3)$$

โดยที่ s คือ ค่าความคมชัด
 o คือ ค่าความสว่าง
 a_i คือ ค่าความเข้มแสงของเรนจ์บล็อก
 b_i คือ ค่าความเข้มแสงของโดเมนบล็อก
 N คือ จำนวนพิกเซลของบล็อก

ถ้าตัวหารในสมการที่ 2-2 มีค่าเป็น 0 จะกำหนด s มีค่าเท่ากับ 0 และ $o = \frac{1}{n^2} \cdot \left[\sum_{i=1}^{n^2} b_i \right]$

2.2.3 การแบ่งส่วนของภาพ (Image Partition) [2], [3] ออกเป็นส่วน ๆ พื้นที่ที่ต้องครอบคลุมทั้งภาพสามารถมีขนาดหรือรูปร่างใด ๆ ก็ได้ ซึ่งในรูปแบบของการแบ่งส่วนของภาพออกเป็นส่วน (Partition) ได้มีการแบ่งลักษณะของการแบ่งส่วนเป็นในรูปแบบดังต่อไปนี้คือ

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

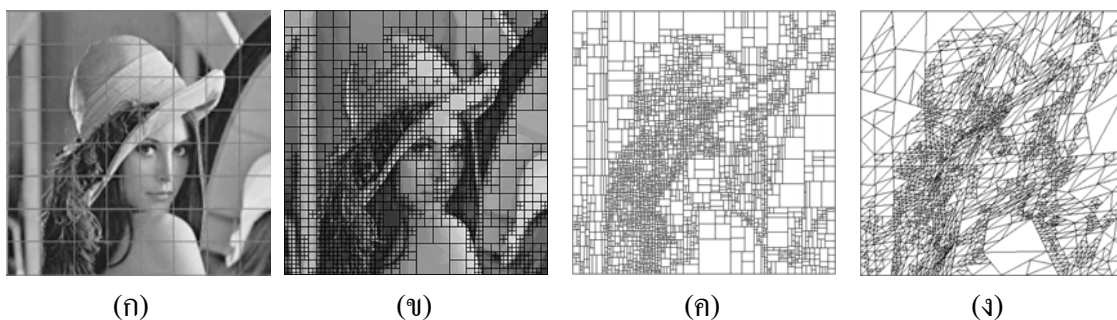
เวลาในการเข้ารหัสสั้นลง เนื่องจากเสียเวลาในการคำนวณในบางส่วนของภาพที่มีความละเอียดไม่ซับซ้อน แต่ถ้ากำหนดให้บล็อกมีขนาดใหญ่ขึ้น ในบางส่วนของภาพที่มีความละเอียดซับซ้อนมาก อาจเกิดการสูญเสียคุณภาพขึ้นในส่วนนี้ได้ ดังภาพที่ 2-8 (ก)

2.2.3.2 การแบ่งส่วนแบบสี่ส่วน (Quadtree Partitioning) วิธีการนี้ถูกพัฒนาขึ้นมาจากการแบ่งส่วนแบบ Fixed-Size-Square Blocks ซึ่งการแบ่งส่วนแบบสี่ส่วนเป็นการแบ่งพื้นที่ในลักษณะที่เรียกว่า โครงสร้างต้นไม้ โดยจะมีระดับของการแบ่งเรขาคณิตจากเรขาคณิตบล็อกที่มีขนาดเล็กที่สุด และสามารถรวมเป็นบล็อกใหญ่ที่มีขนาดเท่ากันและจำนวนเท่ากับเรขาคณิตบล็อกย่อยทั้งหมด โดยระดับในการแบ่งบล็อกจะขึ้นอยู่กับความซับซ้อนในแต่ละส่วนของภาพ ทำให้สามารถเก็บรายละเอียดข้อมูลของภาพได้ครบถ้วนเท่าที่ต้องการภาพที่ได้จากการถอดรหัสจึงมีคุณภาพดี และยังสามารถลดเวลาในการคำนวณในส่วนของบล็อกที่ไม่มีความซับซ้อนลงได้ ซึ่งจะช่วยให้การบีบอัดภาพให้สูงขึ้นได้อีกด้วย ข้อเสียของวิธีการนี้คือมีการกำหนดขนาดของบล็อกที่ไม่เท่ากัน จึงต้องมีการคำนวณส่วนต่างของข้อมูล (ค่า Threshold) เพื่อหาความถี่ของรายละเอียดภาพ และกำหนดระดับในการแบ่งบล็อกให้เหมาะสม ทำให้ขั้นตอนในการเข้ารหัสมีความซับซ้อนมากขึ้น ซึ่งถ้ากำหนดระดับในการแบ่งของบล็อกได้อย่างเหมาะสมจะทำให้คุณภาพของภาพที่ได้ดีขึ้น แต่ถ้ากำหนดไม่เหมาะสมจะทำให้คุณภาพของภาพแย่ลงได้ และเนื่องจากการแบ่งส่วนของภาพแบบสี่ส่วนนั้นยังเป็นการแบ่งโดยใช้สี่เหลี่ยมจัตุรัส ทำให้มีข้อจำกัดในการกำหนดขอบเขตของบล็อก ซึ่งข้อมูลที่ได้จึงมีความหลากหลายและยากต่อการจับคู่เพื่อหาคู่ที่เหมาะสม ดังภาพที่ 2-8 (ข)

2.2.3.3 การแบ่งส่วนแบบ HV (Horizontal-Vertical Partitioning) ใช้พื้นฐานการแบ่งแบบสี่ส่วนคือมีการแบ่งพื้นที่เป็นระดับขั้นตามความซับซ้อนในแต่ละส่วนของภาพ โดยในการแบ่งแบบ HV แต่ละส่วนจะสามารถแบ่งได้ทั้งแบบแนวตั้งและแนวนอน และขนาดในการแบ่งขึ้นอยู่กับความซับซ้อนภายในภาพนั้น ทำให้บล็อกที่ได้มีความยืดหยุ่น และมีลักษณะที่หลากหลายน้อยกว่าแบบสี่ส่วน ซึ่งข้อเสียคือการแบ่งแบบนี้มีวิธีการที่ค่อนข้างซับซ้อน โดยในการแบ่งจะต้องอาศัยค่าความแปรผันของข้อมูลในแต่ละส่วนของภาพเพื่อกำหนดบล็อก ดังภาพที่ 2-8 (ค)

2.2.3.4 การแบ่งส่วนแบบ Triangle (Triangle Partitioning) ใช้พื้นฐานการแบ่งแบบสี่ส่วนเช่นเดียวกัน โดยการแบ่งในแต่ละส่วนจะใช้พื้นฐานของสามเหลี่ยมแบ่งตามระดับความซับซ้อนของภาพ ซึ่งข้อดีของวิธีการนี้คือมีความเป็นไปได้สูงในการที่จะค้นหาคู่ที่เหมาะสมกันระหว่างเรขาคณิตบล็อกกับโดเมนบล็อก โดยอาศัยคุณสมบัติของสามเหลี่ยมที่สามารถนำมาประกอบกันและสร้างเป็นรูปสี่เหลี่ยมได้ และการกำหนดองศาที่ทำให้ได้อย่างอิสระมากกว่าวิธีการแบ่งที่เป็นแบบบล็อกสี่เหลี่ยม ซึ่งจะกำหนดการเปลี่ยนแปลงทีละ 90 องศาเช่น 2 วิธีข้างต้นที่กล่าวมา แต่อย่างไรก็ตามจากวิธีการดังกล่าวที่มีความอิสระสูงในการแบ่งบล็อก ทำให้เกิดข้อเสียคือมีความ

ซับซ้อนในการแบ่งส่วนของบล็อก และการกำหนดค่ามุมที่มีจำนวนมาก ซึ่งอาจจะได้ข้อมูลจากการเข้ารหัสที่มีคุณภาพของภาพที่ดี แต่ใช้เวลามากเนื่องจากการแปรผันของลักษณะข้อมูล เพื่อเปรียบเทียบกันระหว่างเรนจ์บล็อกกับโดเมนบล็อกอยู่หลายส่วน ซึ่งวิธีการแบ่งส่วนของภาพนี้ยังถูกพัฒนาต่อไปเรื่อย ๆ เพื่อหาวิธีการใหม่ ๆ ในการนำไปใช้ต่อไป ดังภาพที่ 2-8 (ง)



ภาพที่ 2-8 วิธีการแบ่งภาพ (ก) แบบ Fixed-Size-Square Block (ข) แบบ Quadtree (5,008 Squares)
(ค) แบบ HV (2,910 Rectangles) (ง) แบบ Triangle (2,954 Triangles)

2.2.3.5 รวบรวมช่วงของพื้นที่ (Domain Pool) การกำหนดขนาดของพื้นที่ค้นหาของโดเมนบล็อก ซึ่งมีสามารถซ้อนทับกันได้ตลอดทั้งภาพ ซึ่งเป็นรูปแบบของการสร้างโดเมนบล็อกที่มีขนาดเป็นสองเท่าของเรนจ์บล็อก โดยพื้นที่ของโดเมนบล็อกที่ได้จากสมการที่ 2-4 ในการสร้างรูปของแต่ละบล็อกดังนี้

$$\text{Domain Pool} = (N-2R+1)^2 \quad (2-4)$$

โดยที่ N คือ ขนาดของพื้นที่ทั้งหมด
 R คือ ขนาดของเรนจ์บล็อก

2.2.3.6 เลือกระดับการแปลงข้อมูลที่ใช้งาน โดยปกติจะมีการค้นหาคู่ของบล็อกเป็นแบบเชิงเส้น โดยจะมีการเปลี่ยนรูปแบบของโดเมนบล็อก เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับแต่ละเรนจ์บล็อก โดยในการเปรียบเทียบจะใช้ค่า Distortion Measure โดยใช้การหาค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยของคู่ของบล็อก (Root-Mean Square Error: RMS) ได้จากสมการที่ 2-5

$$RMS = \frac{1}{n} \left[\sum_{i=1}^{n^2} b_i^2 + s \left(s \sum_{i=1}^{n^2} a_i^2 - 2 \sum_{i=1}^{n^2} a_i b_i + 2o \sum_{i=1}^{n^2} a_i \right) + o \left(on^2 - 2 \sum_{i=1}^{n^2} b_i \right) \right] \quad (2-5)$$

โดยที่ s คือ ค่าความคมชัดของภาพ
 o คือ ค่าความสว่างของภาพ
 n คือ ค่าจำนวนของจุดภาพ

ในแต่ละครั้งของการเปรียบเทียบแต่ละคู่ของบล็อกจะเลือกค่าที่ต่ำสุด และทำการเก็บข้อมูลไว้ การเปลี่ยนรูปของโดเมนบล็อกที่ค้นพบว่าเป็นคู่ที่ดีที่สุดสำหรับเรนจ์บล็อกนั้น จะถูกกำหนดไว้เป็นคู่ของเรนจ์บล็อก เช่น จุดที่บอกตำแหน่งของโดเมนบล็อก จะถูกเก็บบันทึกไว้เป็นข้อมูลซึ่งจะเรียกว่า “รหัสแฟร็กทอล”

2.3 รหัสแฟร็กทอล (Fractal Code)

รหัสแฟร็กทอลจะถูกกำหนดให้เหมาะสมกับงานในแต่ละชนิด ซึ่งจะรวมไปถึงวิธีการที่จะใช้ถอดรหัสด้วย เมื่อเรนจ์บล็อกกับโดเมนบล็อกจับคู่ที่ดีที่สุดได้แล้วจะทำการเก็บข้อมูลของคู่ที่ได้เพื่อใช้ในการถอดรหัสต่อไป โดยงานวิจัยนี้จะมีการกำหนดของรหัสแฟร็กทอลดังต่อไปนี้

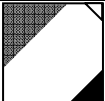
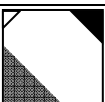
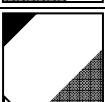
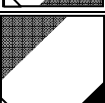
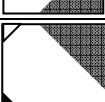
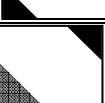
จุดพิกัดของตำแหน่งโดเมนบล็อกหรือพิกัด (x,y) ค่าการแปลงความสัมพันธ์ (Geometry Transformation) ค่าความสว่าง (Brightness) ค่าความคมชัด (Contrast) ซึ่งสามารถแสดงได้จากสมการที่ 2-6 จากสมการ a_i, b_i, c_i และ d_i คือสัมประสิทธิ์การแปลงรูปลักษณะข้อมูล ในงานวิจัยนี้ได้พบว่าเมื่อแบ่งภาพเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสจะสามารถแบ่งรูปแบบการเปลี่ยนทิศทางได้ทั้งหมด 8 รูปแบบ เหลือการเก็บเพียง 3 บิตเท่านั้นเพื่อใช้ตรวจสอบระหว่างเรนจ์บล็อกกับโดเมนบล็อก โดยทิศทางนั้นแสดงในตารางที่ 2-1

$$T_i \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_i & b_i & 0 \\ c_i & d_i & 0 \\ 0 & 0 & s_i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} u_i \\ v_i \\ o_i \end{bmatrix} \quad (2-6)$$

โดย	a_i, b_i, c_i, d_i	คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของการแปลงข้อมูลทางเรขาคณิต
	x, y	คือ ตำแหน่งของบิตที่เก็บตำแหน่งของโดเมนบล็อก
	z	คือ ตำแหน่งบิตที่เก็บค่าความเข้มแสง
	u_i, v_i	คือ ตำแหน่งของโดเมนบล็อกที่อ้างอิงถึง
	s_i, o_i	คือ ค่าความคมชัดและค่าความสว่างของโดเมนบล็อกตามลำดับ

เมื่อทำการเข้ารหัสภาพจนครบทุกตำแหน่งของโดเมนบล็อกแล้ว จะได้ข้อมูลสำหรับภาพมาชุดหนึ่ง ซึ่งขนาดของข้อมูลจะขึ้นอยู่กับวิธีการแบ่งภาพ ถ้าทำการแบ่งภาพละเอียดจะทำให้ได้ข้อมูลขนาดใหญ่ ซึ่งหลังจากนั้นถ้าต้องการสร้างภาพกลับก็จะไปสู่ขั้นตอนของการถอดรหัสภาพ

ตารางที่ 2-1 การเปลี่ยนทิศทางของบล็อก 8 รูปแบบในการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอล

รูปแบบ	ลักษณะการหมุน	ทิศทางการหมุน
1		จุดเริ่มต้นของบล็อก
2		หมุนบล็อก 90°
3		หมุนบล็อก $+180^{\circ}$
4		หมุนบล็อก $+270^{\circ}$
5		พลิกตำแหน่งตามแนวตั้ง
6		พลิกตำแหน่งตามแนวนอน
7		พลิกตำแหน่งตามแนวทแยงมุมที่ 1
8		พลิกตำแหน่งตามแนวทแยงมุมที่ 2

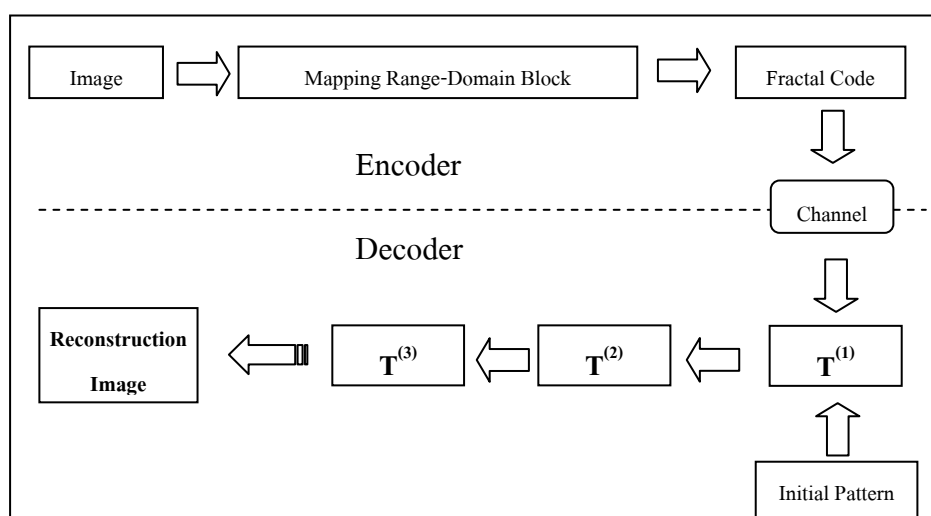
2.4 การถอดรหัสภาพแฟร็กทอล (Fractal Image Decoding)

ในขั้นตอนการถอดรหัสภาพ [2], [3] จะมีลักษณะที่สวนทางกับการเข้ารหัสคือ จากระหัสแฟร็กทอลที่ได้จากการเข้ารหัสจะประกอบไปด้วยข้อมูลต่าง ๆ ซึ่งในการถอดรหัสกลับนั้นจะสามารถทำการคัดลอกตัวแบบซ้ำได้หลาย ๆ ครั้งอาศัยระบบการทำซ้ำ (Iterated Function System : IFS) ซึ่งอาจจะมีการทำซ้ำกันมากกว่า 10 รอบ ขึ้นอยู่กับคุณภาพของภาพที่ต้องการ จนถึงจุดอิ่มตัวของข้อมูลที่ไม่สามารถทำซ้ำได้อีกแล้ว หรืออีกนัยหนึ่งคือไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากเท่าไรเมื่อทำซ้ำในครั้งต่อ ๆ ไปดังภาพที่ 2-9

จากภาพที่ 2-10 สามารถอธิบายการถอดรหัสภาพแบบแฟร็กทอลได้ว่า เมื่อต้องการสร้างภาพกลับด้วยวิธีการแฟร็กทอล จากระหัสแฟร็กทอลที่เก็บอยู่ในรูปลักษณะไฟล์ ที่ประกอบไปด้วยข้อมูลของการแปลงความสัมพันธ์แต่ละตำแหน่งของคู่ที่หาได้จากการเข้ารหัสภาพ ด้วยวิธีการแฟร็กทอลในรอบแรกของการถอดรหัสจะมีตัวแบบเริ่มต้นหรือภาพเริ่มต้น เพื่อนำรหัสแฟร็กทอลที่ได้มาหาความสัมพันธ์ เพื่อทำการคัดลอกตัวแบบไปสร้างส่วนของภาพที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน จะทำให้ภาพแรก ๆ ที่ได้จากการถอดรหัสยังไม่แสดงลักษณะของภาพที่ชัดเจนออกมา และเมื่อทำการให้รหัสแฟร็กทอลชุดเดิมทำการคัดลอกตัวแบบอีกครั้งด้วยวิธีการทำซ้ำ



ภาพที่ 2-9 การถอดรหัสภาพที่จำนวนเริ่มที่ 1 ถึง 10



ภาพที่ 2-10 บล็อกไดอะแกรมการถอดรหัสภาพ

2.5 จีเนติกอัลกอริทึม

2.5.1 พันธุศาสตร์ทางชีววิทยา เมนเดล [5] เป็นนักวิทยาศาสตร์ที่ได้ชื่อว่าเป็นบิดาแห่งวิชาพันธุศาสตร์ ค้นพบว่า ยีนส์ (Genes) เป็นหน่วยเก็บลักษณะทางกรรมพันธุ์เป็นตัวกำหนดลักษณะภายนอก ซึ่งยีนส์หลาย ๆ ยีนส์จะเรียงตัวกันอยู่บนเส้นโครโมโซม (Chromosome) ในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต โดยจะอยู่กันเป็นคู่ ๆ แต่จะแตกต่างกันที่ค่าลักษณะต่าง ๆ ในแต่ละยีนส์เรียกว่า “แอลลี” (Allele) ซึ่งลักษณะของยีนส์ที่มีแอลลีต่างกันในแต่ละตำแหน่งยีนส์เดียวกันเรียกว่า “จีโนไทป์” (Genotype) สำหรับลักษณะภายนอกที่ปรากฏออกมาเรียกว่า “ฟีโนไทป์” (Phenotype)

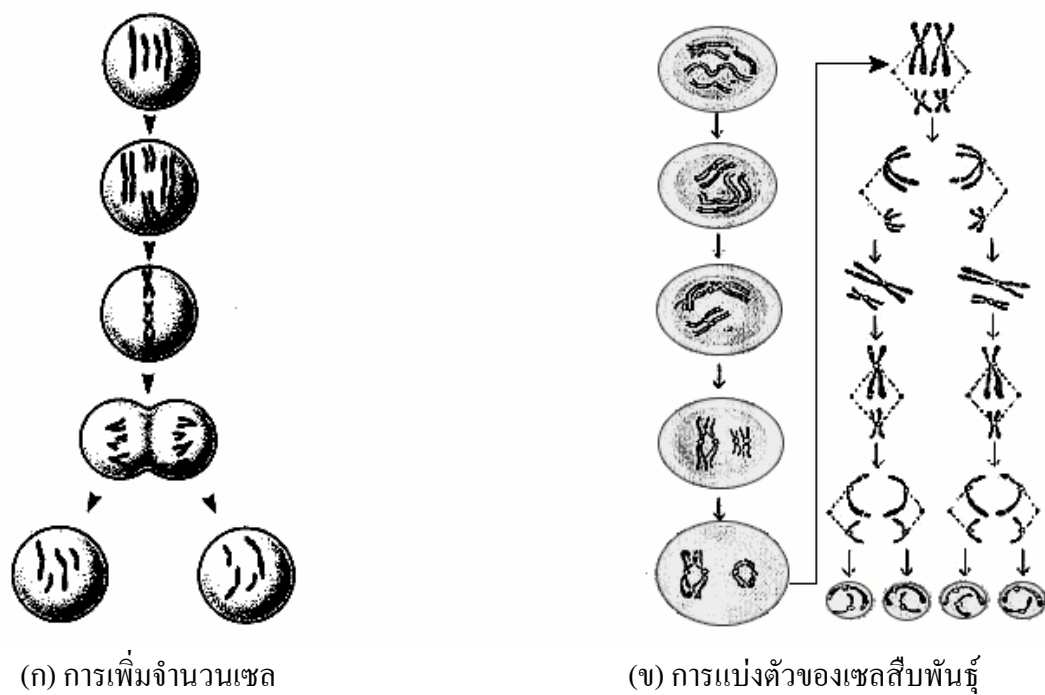
การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมเป็นการถ่ายทอดลักษณะต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตที่เกิดขึ้นเมื่อมีการแบ่งตัวของเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ซึ่งมีอยู่ 2 แบบ คือ

2.5.1.1 การเพิ่มจำนวนเซลล์ เป็นการแบ่งตัวแบบไมโทซิส (Mitosis) โดยโครโมโซมแต่ละโครโมโซมจะขยายตัวเพิ่มจำนวนตัวเองขึ้นเป็นสองเท่า และเยื่อหุ้มนิวเคลียส (Nucleolus) จะสลายลงเพื่อดึงแยกโครโมโซมที่เพิ่มจำนวนขึ้นออกจากโครโมโซมเดิมเป็นสองด้าน จากนั้นเยื่อหุ้มนิวเคลียสจะถูกสร้างขึ้นใหม่อีก 2 เซลล์ ที่มีโครโมโซมเหมือนเดิม ดังภาพที่ 2-11 (ก)

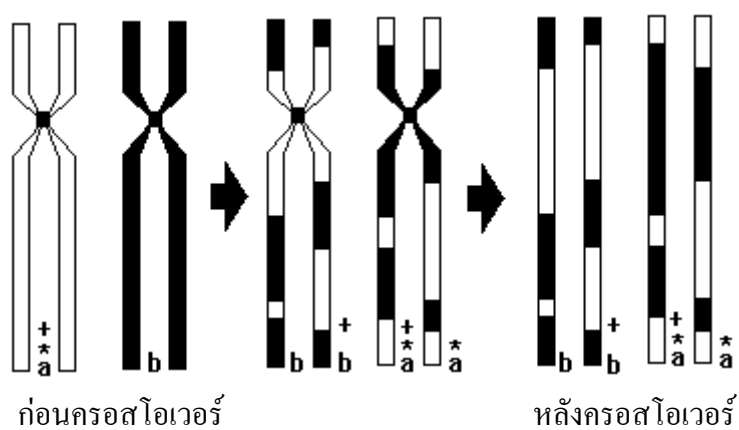
2.5.1.2 การแบ่งตัวของเซลล์สืบพันธุ์ เป็นการแบ่งตัวแบบไมโอซิส (Meiosis) โดยโครโมโซมจากเซลล์พ่อ 1 โครโมโซมและโครโมโซมจากเซลล์แม่ 1 โครโมโซม จะเริ่มจับคู่กันที่โครโมโซมชนิดเดียวกัน ในขณะเดียวกันโครโมโซมแต่ละตัวทั้งที่มาจากพ่อและมาจากแม่ ต่างก็จำลองแบบของตนเพิ่มขึ้นมาอีกแต่ละโครโมโซม ทำให้ได้จำนวนโครโมโซมทั้งหมดเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า และดำเนินการทางพันธุกรรมจนถึงระยะแบ่งตัว โครโมโซมพ่อพร้อมกับแบบจำลองและโครโมโซมแม่พร้อมกับแบบจำลองที่ได้ จะแยกคู่ไปรวมกันเป็นอีก 2 นิวเคลียส กลายเป็นเซลล์ใหม่อีก 2 เซลล์ ซึ่งจะแบ่งตัวต่อทันที โดยแต่ละโครโมโซมของพ่อจะแยกตัวออกจากแบบจำลอง และโครโมโซมของแม่ก็แยกตัวออกจากแบบจำลองรวมกันเป็นเซลล์ใหม่ 4 เซลล์ ดังภาพที่ 2-11 (ข)

วิธีการทางพันธุศาสตร์ในระหว่างที่เกิดการแบ่งตัวของไมโอซิส นั้น โครโมโซมจะมีโอกาสแลกเปลี่ยนส่วนบางส่วนซึ่งกันและกัน อันเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า “ครอสโอเวอร์” (Crossover) [6], [7] ซึ่งการครอสโอเวอร์นั้นเกิดขึ้นขณะที่มีการจำลองแบบเพิ่มขึ้น และเกิดขึ้นระหว่างโครโมโซมพ่อกับโครโมโซมแม่ แต่ไม่ใช่เกิดขึ้นระหว่างโครโมโซมพ่อกับแบบจำลอง ซึ่งการครอสโอเวอร์จะทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนลักษณะของยีนส์ต่าง ๆ ของคู่โครโมโซมพ่อกับแม่ โดยเนื่องจากยีนส์แต่ละยีนส์เรียงตัวกันบนเส้นโครโมโซมนั้นไม่ได้อยู่กันอย่างหนาแน่นแต่มีระยะห่างกันอย่างไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากคุณสมบัติของยีนส์นั้นเป็นโมเลกุลของสารโปรตีนประกอบตัวกันทางเคมี ช่องว่างระหว่างยีนส์นี้เองจะเป็นตำแหน่งที่สามารถแยกออกมาได้เวลาเกิดครอสโอเวอร์ และแลกเปลี่ยนยีนส์ของโครโมโซมโดยส่วนที่อยู่หลังรอยแยก โดยจะถูกย้ายไป

อยู่อีกโครโมโซมหนึ่งทั้งหมด นอกจากนี้ยังสามารถแยกอีกที่หนึ่งก็ได้ ซึ่งผลนั้นขึ้นอยู่กับความสามารถที่จะเชื่อมกันมากน้อยเพียงไรของช่องว่างระหว่างยีนส์ดังภาพที่ 2-12



ภาพที่ 2-11 การแบ่งตัวของเซลล์ทางพันธุศาสตร์



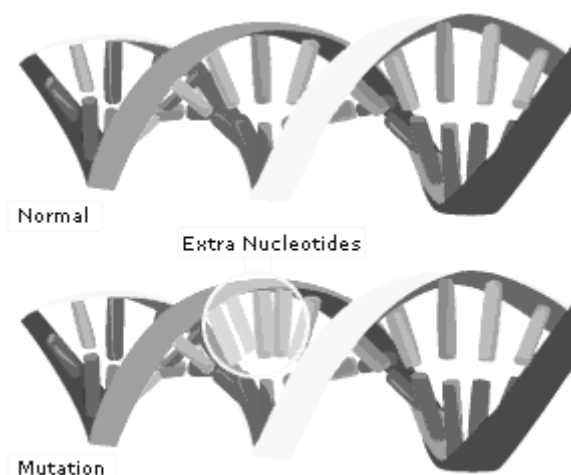
ภาพที่ 2-12 การครอสโอเวอร์ทางพันธุศาสตร์

ประโยชน์ที่เกิดจากโครอโอเวอร์ที่จะเห็นได้คือ ทำให้มีโอกาสที่จะได้ลักษณะที่แตกต่างกันมาอยู่รวมกันได้หลายแบบมากขึ้น ทำให้สิ่งมีชีวิตรุ่นลูกที่เกิดขึ้นมามีความหลากหลายมากขึ้น และอาจทำให้มีโอกาสเกิดสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะต่าง ๆ ที่ดีพอเหมาะรวมอยู่ด้วยกันได้อย่างพอดีเหมาะสมกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งถ้าการเกิดเซลล์ใหม่โดยการถ่ายทอดโครโมโซมไม่มีการโครอโอเวอร์แล้ว โครโมโซมที่เคยมียีนส์ลักษณะใดก็จะมีลักษณะนั้นอยู่ตลอดไป รุ่นลูกก็จะมีลักษณะเช่นเดียวกัน ดังนั้นโอกาสที่สิ่งมีชีวิตนั้นจะเจริญหรือปรับตัวให้ดีขึ้นย่อมมีได้ยากกว่าการเปลี่ยนลักษณะยีนส์ใหม่หลาย ๆ แบบมากขึ้น เช่น การพัฒนาของกระดูกสันหลังมนุษย์เพื่อการเคลื่อนไหว นอกจากนี้ยังมีอีกรูปแบบหนึ่งในการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมนั่นคือ “การมิวเตชัน” (Mutation) [6], [7] หรือการผ่าเหล่า

การมิวเตชัน คือ การเปลี่ยนแปลงลักษณะของยีนส์ไปจากเดิมที่ควรเป็นไปตามการถ่ายทอด ซึ่งเป็นต้นเหตุของการเกิดลักษณะที่แปลก ๆ ออกไปมากมายสำหรับสิ่งมีชีวิตหนึ่ง ๆ ซึ่งเท่ากับเป็นการให้โอกาสแก่ธรรมชาติในการที่จะเลือกลักษณะแปลก ๆ มากขึ้น เนื่องจากขบวนการวิวัฒนาการโดยธรรมชาติเองนั้นช้ามาก เนื่องจากที่ธรรมชาติจะปรับสภาพแวดล้อมให้สิ่งมีชีวิตค่อย ๆ ปรับตัวเองให้เหมาะสมนั้นมีโอกาสน้อยมาก การมิวเตชันนั้นทุกลักษณะในแต่ละยีนส์ย่อมมีโอกาสที่จะเกิดความเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมได้พอ ๆ กัน และถ้าเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมขณะนั้นก็จะคงอยู่ต่อไป แต่ถ้าการเปลี่ยนแปลงเป็นลักษณะที่ไม่เหมาะสมกับสภาพขณะนั้น ๆ ก็จะไม่ถูกคัดเลือกและจะสูญหายไป ซึ่งข้อสรุปนี้ได้จากการทดลองโดยการนำเอายีนส์ของแบคทีเรียมาผสมกัน และจัดสภาพแวดล้อมที่ไม่อำนวยต่อการผสมกันแล้ว ยีนส์จะปรับตัวเองเพื่อเร่งขบวนการผสมพันธุ์จนได้ผลดีในรุ่นหลัง ๆ ตัวอย่างของการมิวเตชันในอดีตคือการกำเนิดของปลาทองนั้น มีต้นกำเนิดมาจากการผ่าเหล่าของปลาขาว นอกจากนี้ในปัจจุบันลักษณะใหม่ที่เกิดจากการมิวเตชันก็ยังมีให้เห็นอยู่ เช่น ความสามารถของเชื้อโรคแบคทีเรียในการต้านทานต่อยาฆ่าเชื้อ หรือเซลล์ผิดปกติอันเกิดจากกัมมันตภาพรังสีต่าง ๆ ซึ่งมีผลต่อสารภายในเซลล์ทำให้ลักษณะของยีนส์ในเซลล์เปลี่ยนไป ดังภาพที่ 2-13

2.5.2 จินตนิมิตอัลกอริทึม ในปี ค.ศ. 1975 Holland [6] เริ่มสนใจศึกษาในทฤษฎีวิวัฒนาการทางธรรมชาติ (Natural Evolution) ในการกำเนิดประชากร (Population) สิ่งมีชีวิตในรุ่นต่อ ๆ ไป โดยกระบวนการธรรมชาติทางชีววิทยาประกอบด้วยคัดเลือกทางธรรมชาติ (Natural Selection) คือ สิ่งมีชีวิตใดแข็งแรงกว่าย่อมมีโอกาสอยู่รอดได้มากกว่า นั่นหมายถึงการมีโครโมโซม ซึ่งประกอบด้วยยีนส์ต่าง ๆ ที่มีลักษณะที่ดี จะมีโอกาสอยู่รอดได้มากกว่ายีนส์ที่มีลักษณะไม่ดี โครโมโซมที่สามารถอยู่รอดได้ก็จะถูกถ่ายทอดยีนส์ที่มีลักษณะที่ดีเหล่านั้นไปยังลูกหลานได้มากกว่าเช่นกัน

และขั้นตอนวิธีแบบพันธุศาสตร์ (Genetic Operation) คือการกำเนิดโครโมโซมใหม่โดยการผสมพันธุ์เพื่อถ่ายทอดยีนส์จากโครโมโซมโอเวอร์ หรือผ่าเหล่าจากมิวเตชัน

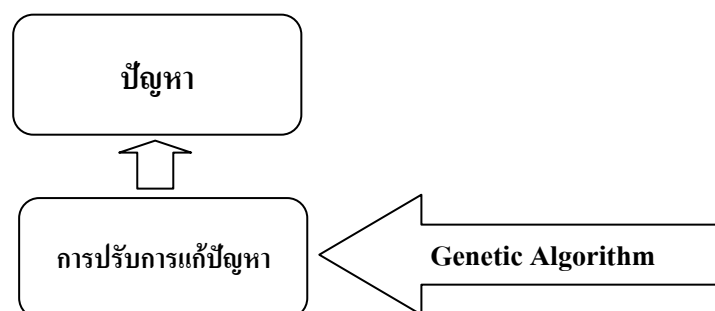


ภาพที่ 2-13 การมิวเตชันทางพันธุศาสตร์

จากความเชื่อในวิวัฒนาการทางธรรมชาติ ที่แสดงถึงคุณลักษณะที่เป็นอยู่ของสิ่งมีชีวิตโดยการถ่ายทอดลักษณะต่าง ๆ บนโครโมโซมนั้นมีคุณสมบัติทั่วไปที่ยอมรับกันคือ

- วิวัฒนาการ เป็นผลที่เกิดขึ้นเนื่องจากความเปลี่ยนแปลงบนโครโมโซมที่เป็นอยู่ซึ่งแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ
- ธรรมชาติในการคัดเลือกมีความสัมพันธ์กับโครโมโซมที่แสดงถึงประสิทธิภาพของโครงสร้างที่ดีที่จะคัดเลือกเพื่อถ่ายทอดส่วนของโครงสร้างที่ดี
- การถ่ายทอดในขณะที่เกิดวิวัฒนาการนั้น โครโมโซมพ่อและแม่มีการแลกเปลี่ยนส่วนโครงสร้าง ซึ่งกันและกันเพื่อสร้างโครโมโซมลูก ส่วนเหตุผลที่ทำให้เกิดโครโมโซมลูกที่แตกต่างออกไปคือขบวนการมิวเตชัน
- วิวัฒนาการทางธรรมชาติมิได้เป็นสิ่งที่เกิดจากการจงใจ แต่เป็นกระบวนการที่เกิดจากโครงสร้างต่าง ๆ ในโครโมโซมที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่เกิดขึ้นในขณะนั้น

Holland คิดว่าแนวความคิดจากคุณสมบัติที่กล่าวมานี้ น่าจะนำมาปรับใช้กับคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยแก้ปัญหาที่ยากต่าง ๆ โดยมีจุดมุ่งหมายที่จะศึกษาระบบปรับปรุงการประมวลผลเอง (Self Adaptive Process) และเพื่อสร้างโปรแกรมระบบผู้เชี่ยวชาญ (Artificial System Software) เพื่อแก้ปัญหา โดยอาศัยแนวความคิดของระบบทางธรรมชาติ และค้นพบวิธีการใหม่ซึ่งเรียกว่า “จีเนติกอัลกอริทึม” (Genetic Algorithms: GA)



ภาพที่ 2-14 หลักการเบื้องต้นของจีเนติกอัลกอริทึม

ภาพที่ 2-14 แสดงหลักการเบื้องต้นในการใช้จีเนติกอัลกอริทึมเพื่อแก้ปัญหา โดยจะต้องมีการปรับปรุงรูปแบบปัญหาในการนำเสนอจีเนติกอัลกอริทึมในลักษณะที่เหมาะสม เนื่องจากจีเนติกอัลกอริทึมเป็นวิธีการค้นหาคำตอบโดยอาศัยวิธีการเลียนแบบการคัดเลือกทางธรรมชาติ และธรรมชาติทางพันธุกรรมโดยการรวมกันหรือสลับเปลี่ยนตัวแปร อันเป็นองค์ประกอบโครงสร้างของปัญหาที่ให้คำตอบที่ต้องการ ซึ่งอาศัยหลักการสุ่ม เพื่อปรับปรุงความสามารถในการค้นหาคำตอบที่ดีขึ้น การค้นหาคำตอบจากรุ่นหนึ่งไปรุ่นถัดไปตามวิวัฒนาการทางธรรมชาตินั้น คำตอบในรุ่นใหม่เกิดขึ้นจากการสร้างความสัมพันธ์ของโครงสร้างต่าง ๆ ที่ประกอบด้วยค่าตัวแปรที่เหมาะสมดีในรุ่นก่อน ซึ่งตัวแปรที่ไม่ดีจะไม่ถูกเลือกมาในกลุ่มประชากรรุ่นต่อไป ดังนั้นจึงทำให้ได้คำตอบที่ดีขึ้น จะเห็นได้ว่าวิธีการพื้นฐานของจีเนติกอัลกอริทึมเป็นแบบการสุ่ม แต่มีหลักการและประสิทธิภาพจากการคาดเดาคำตอบใหม่จากสถิติคำตอบเดิมที่ดี แตกต่างจากวิธีการทั่วไป ซึ่งมีตัวที่ช่วยกำหนดในการคัดเลือกประชากรในแต่ละรุ่นนั้นคือ ฟังก์ชันเป้าหมายกับฟังก์ชันความเหมาะสม

2.5.3 ฟังก์ชันเป้าหมายกับฟังก์ชันความเหมาะสม (Object Function and Fitness Function) การหาคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหาของจีเนติกอัลกอริทึม มีพื้นฐานอยู่บนผลลัพธ์จากการหาคำตอบที่ผ่านมา วิธีการของจีเนติกอัลกอริทึมจะไม่พิจารณาจากขั้นตอนของการแก้ปัญหา แต่จะพิจารณาโดยตัดสินว่าคำตอบใหม่ที่ได้รับดีขึ้นหรือไม่ หรือเป็นคำตอบที่ใกล้เคียงคำตอบที่ต้องการหรือไม่ จากฟังก์ชันเป้าหมาย (Object Function: f) เนื่องจากแต่ละปัญหาจะสามารถกำหนดฟังก์ชันเป้าหมายซึ่งเป็นฟังก์ชันที่แสดงความสัมพันธ์ของแต่ละตัวแปร เงื่อนไข หรือข้อกำหนดต่าง ๆ ของปัญหานั้น ที่ระบุคำตอบที่สามารถเป็นไปได้ ณ ตัวแปร เงื่อนไข หรือข้อกำหนดชุดดังกล่าว สำหรับฟังก์ชันความเหมาะสม (Fitness Function: F) เป็นฟังก์ชันที่กำหนดค่าความเหมาะสม (Fitness Value) ของแต่ละโครโมโซมเปรียบเสมือนค่าความสามารถในการอยู่รอดของแต่ละโครโมโซม

และเป็นฟังก์ชันที่กำหนดโอกาส หรือสัดส่วนที่แต่ละโครโมโซมเหมาะสมจะถูกคัดเลือก นั่นคือ ฟังก์ชันความเหมาะสมจะเป็นฟังก์ชันที่แสดงถึงคำตอบที่เกิดขึ้นจากชุดตัวแปรของปัญหาของโครโมโซมนั้นดีเพียงใด โดยทั่วไปแล้วมักใช้ฟังก์ชันเป้าหมายเป็นฟังก์ชันความเหมาะสม หรืออาจใช้ฟังก์ชันเป้าหมายที่ถูกปรับให้เหมาะสมกับการนำเสนอ จีเนติกอัลกอริทึม เป็นฟังก์ชันความเหมาะสมก็ได้

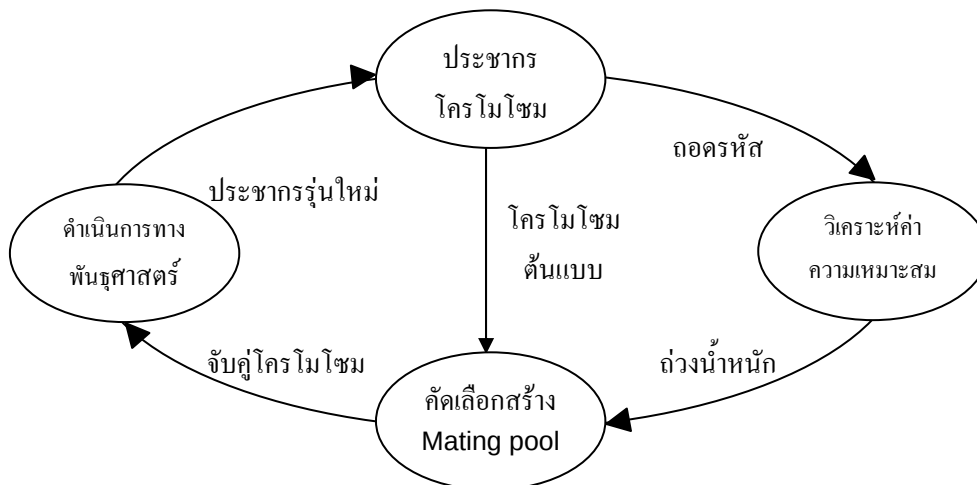
2.5.4 รูปแบบโครโมโซม (Chromosome) การวิวัฒนาการทางธรรมชาติชีววิทยานั้นเป็นความเปลี่ยนแปลงของสิ่งมีชีวิตที่เกิดขึ้นในโครโมโซม ดังนั้นจุดเริ่มต้นของการจำลองแบบทางธรรมชาติของจีเนติกอัลกอริทึม เพื่อใช้แก้ปัญหาจึงเริ่มจากการมองปัญหาเทียบกับโครโมโซมชนิดหนึ่ง ประกอบด้วยยีนส์ลักษณะต่าง ๆ ซึ่งหมายถึงลำดับข้อมูลที่จะแปลความหมายแล้วให้คำตอบของปัญหาคำหนึ่ง การมองภาพยีนส์ของจีเนติกอัลกอริทึมให้ถือเสมือนหนึ่งว่ายีนส์ทางพันธุกรรมที่แสดงความหมายหรือเป็นตัวแทนคำตอบใดคำตอบหนึ่ง หรือลักษณะใดลักษณะหนึ่งทางกรรมพันธุ์ ในทางพันธุศาสตร์นั้นยีนส์เป็นตัวแสดงลักษณะที่อยู่รอดในสภาพแวดล้อมขณะนั้นสำหรับจีเนติกอัลกอริทึม ยีนส์เป็นตัวแสดงคำตอบของปัญหาที่แปรผันไปตามการประยุกต์ใช้งาน ซึ่งโดยทั่วไปยีนส์หมายถึงตัวแปร เงื่อนไข หรือข้อกำหนด ที่เป็นองค์ประกอบของปัญหา ดังนั้นการกำหนดรูปแบบโครโมโซมของแต่ละปัญหาโดยการแปลงตัวแปร เงื่อนไข หรือข้อกำหนด ให้อยู่ในรูปลำดับของยีนส์บนโครโมโซม หรือเรียกว่า “สตริง” (String) อันประกอบด้วยบิต (Bit) หรือเรียกว่า “อักขระ” (Character) ซึ่งลักษณะต่าง ๆ ที่เป็นได้ของแต่ละยีนส์คือค่าของบิต (Bit Value) หรือค่าตัวแปร พารามิเตอร์ที่เป็นไปได้ และรูปแบบของค่าบิตที่จัดเรียงบนโครโมโซมหรือ ยีนไทป์ (Genotype) ซึ่งแสดงถึงค่าของตัวแปรและพารามิเตอร์ ที่เป็นไปได้ชุดหนึ่งหรือฟีโนไทป์ (Phenotype) นั่นเอง การกำหนดรูปแบบโครโมโซมของปัญหาให้เป็นตามแบบธรรมชาติ โดยกำหนดรหัสในรูปแบบตัวเลขหรือตัวอักษรในช่วงที่จำกัดตามค่าตัวแปรหรือพารามิเตอร์ และประกอบรวมกันเป็นยีนส์หรือความยาวของโครโมโซมที่คงที่

2.5.5 วัฏจักรจีเนติก อัลกอริทึมเมื่อกำหนดรูปแบบโครโมโซมและฟังก์ชันความเหมาะสมของปัญหาแล้ว จีเนติกอัลกอริทึมจะสามารถประมวลผลหาคำตอบของปัญหาได้โดยสร้างวิวัฒนาการกลุ่มคำตอบในรุ่นต่อไปตามวัฏจักรการทำงานของจีเนติกอัลกอริทึม ดังภาพที่ 2-15 ซึ่งมี 4 ขั้นตอน คือ

- การสร้างประชากรโครโมโซมรุ่นเก่าตามรูปแบบโครโมโซมที่กำหนดไว้ โดยประชากรต้นกำเนิด (Initial Population) การสร้างชุดโครโมโซมต้นกำเนิดสามารถสร้างได้จากการสุ่มค่าแต่ละบิตของแต่ละโครโมโซม

- การวิเคราะห์ค่าความเหมาะสมแต่ละโครโมโซม โดยถอดรหัสค่าตัวแปร และพารามิเตอร์ ของแต่ละบิตในโครโมโซม จากนั้นหาคำนวนค่าความเหมาะสมจากฟังก์ชันความเหมาะสมที่กำหนดไว้
- การสร้าง Mating Pool โครโมโซมต้นแบบหรือชุดโครโมโซมพ่อแม่ ที่สามารถอยู่รอดเป็นต้นแบบ ซึ่งอาศัยการจำลองการคัดเลือกทางธรรมชาติ โดยพิจารณาถ่วงน้ำหนักจากค่าความเหมาะสมของแต่ละโครโมโซม หากโครโมโซมใดมีค่าความเหมาะสมมากก็จะมีโอกาสถูกคัดเลือกเป็นต้นแบบมาก
- ดำเนินการทางพันธุศาสตร์โดยสุ่มจับคู่โครโมโซมต้นแบบใน Mating Pool เพื่อสร้างประชากรโครโมโซมรุ่นใหม่ ซึ่งตัวดำเนินการทางพันธุศาสตร์ประกอบด้วย คrossover โดยการแลกเปลี่ยนค่าบิตบางส่วนของโครโมโซมซึ่งกันและกัน หรือมีวเตชัน โดยสุ่มเปลี่ยนค่าบิตบางบิตของแต่ละโครโมโซม เป็นต้น

การค้นหาคำตอบของจินตคณิตอัลกอริทึม จะประมวลผลซ้ำตามวัฏจักรจินตคณิตอัลกอริทึม จนกว่าจะได้รับคำตอบที่พอใจตามกฎเกณฑ์ที่ตั้งไว้ หรือในระยะเวลาตามจำนวนรุ่นที่ดำเนินการที่ต้องการ



ภาพที่ 2-15 วัฏจักรจินตคณิตอัลกอริทึม

สำหรับจินตคณิตอัลกอริทึม ตัวแปรหรือพารามิเตอร์ของปัญหาจะถูกแปลงให้อยู่ในรูปของสตริง เรียกว่า “โครโมโซม” ซึ่งประกอบไปด้วยอักขระหรือบิต แต่ละตำแหน่งของโครโมโซมจะเก็บค่าอักขระหรือค่าของบิตที่แสดงถึงโครงสร้างของแต่ละโครโมโซม ที่มีค่าตัวแปรหรือ

พารามิเตอร์ของปัญหาแตกต่างกัน และเป็นตัวกำหนดค่าความเหมาะสมตามฟังก์ชันความเหมาะสมของแต่ละปัญหา

จินตિકอัลกอริทึมในยุคเริ่มแรกของ Holland นั่นคือ จินตિકอัลกอริทึมแบบง่าย (Simple Genetic Algorithm: SGA) ซึ่งมีขั้นตอนพื้นฐานที่มีกระบวนการไม่มากนักและง่ายในการศึกษาความเข้าใจแต่ละขั้นตอนการทำงานของจินตિકอัลกอริทึม เพื่อแก้ปัญหาในการหาคำตอบ แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ขั้นตอนเตรียมการและขั้นตอนการทำงาน สำหรับในขั้นตอนเตรียมการนั้นเป็นส่วนของการปรับรูปแบบของปัญหาให้เหมาะสมสำหรับการนำเสนอจินตિકอัลกอริทึม เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาซึ่งมีองค์ประกอบดังนี้

2.5.6.1 กำหนดฟังก์ชันความเหมาะสม เพื่อความสะดวกและง่ายต่อความเข้าใจในขั้นตอนการทำงานต่าง ๆ จะกำหนดตัวอย่างปัญหาสำหรับอธิบายรายละเอียดการหาคำตอบของ SGA คือ ปัญหาการหาค่าสูงสุดของฟังก์ชัน $y = x^2$ ที่ x มีค่าระหว่างจำนวนเต็ม $I[0,3]$ ตัวอย่าง เช่น: กำหนดฟังก์ชันเป้าหมาย $f = x^2$ และกำหนดฟังก์ชันความเหมาะสม $F = x^2$ ซึ่งคำตอบที่ดีที่สุดคือค่า x ที่มีค่าความเหมาะสมสูงสุด ($\text{MAX}(F)$)

2.5.6.2 การกำหนดรูปแบบโครโมโซมตาม รูปแบบโครโมโซมของ SGA ซึ่งเป็นแบบไบนารี โดยค่าตัวแปรหรือพารามิเตอร์ของปัญหาจะถูกแปลงให้อยู่ในรูปของไบนารีโครโมโซม กล่าวคือประกอบด้วยบิตที่มีค่าเป็น “0” หรือ “1” ซึ่งเป็นค่าในเลขฐานสองและมีความยาว (Chromosome Length) ตามแต่จะกำหนด ซึ่งแสดงด้วยสัญลักษณ์ได้ดังภาพที่ 2-16 และสามารถแสดงตัวอย่างได้ดังตารางที่ 2-2

$$\begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline B_1 & B_2 & B_3 & \dots & B_{lchrom} \\ \hline \end{array} \quad \text{ซึ่ง } B_i \in I[0, 1]$$

ภาพที่ 2-16 การกำหนดรูปแบบโครโมโซม

ตารางที่ 2-2 ตัวอย่างลักษณะโครโมโซมในรูปเลขฐานสอง 5 บิตมีค่าอยู่ในช่วง 00000 ถึง 11111
ถอดรหัสแล้วจะทำให้ x มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 31 ตามที่ต้องการ

ลำดับ	โครโมโซม
1	01110
2	11001
3	01000
4	10011

ในส่วนของการละเอียดขั้นตอนการทำงานของ SGA จะเป็นขั้นตอนพื้นฐานเบื้องต้นแบบง่ายประกอบด้วย

2.5.6.3 ประชากรรุ่นเก่า (Old Population) เป็นชุดโครโมโซมที่จะถูกคัดเลือกเพื่อใช้เป็นต้นแบบสำหรับสร้างประชากรรุ่นใหม่ (New Population) ในวิวัฒนาการรุ่น (Generation : gen) ต่อไป โดยประชากรเริ่มต้นที่วิวัฒนาการรุ่นที่ 0 จะถูกสร้างขึ้นโดยการสุ่มตามจำนวนโครโมโซมในแต่ละรุ่น (Population Size : popsize) ที่กำหนด ตัวอย่างเช่นกำหนดให้ ชุดโครโมโซมในรุ่นเริ่มต้นประกอบด้วย 4 โครโมโซม ซึ่งแต่ละโครโมโซมเกิดจากการสุ่มค่าไบนารี 0 หรือ 1 จำนวน 5 ครั้ง ดังตารางที่ 2-3

2.5.6.4 วิเคราะห์ค่าความเหมาะสม เป็นขั้นตอนของการถอดรหัสจากรูปแบบโครโมโซมที่กำหนดไว้ เพื่อคำนวณค่าความเหมาะสมตามฟังก์ชันความเหมาะสมของปัญหาของแต่ละโครโมโซม ในที่นี้ฟังก์ชันเป้าหมายหรือฟังก์ชันความเหมาะสม คือ $F = x^2$ ดังนั้นการวิเคราะห์ค่าความเหมาะสมของ SGA โดยถอดรหัสเลขฐาน 2 ของแต่ละโครโมโซมเป็นค่าของตัวแปร x และคำนวณค่าความเหมาะสมคือค่า x^2 ชุดโครโมโซมในรุ่นเริ่มต้นมีค่าความเหมาะสมเป็น 196, 625, 64 และ 361 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2-3

2.5.6.5 การคัดเลือก เป็นขั้นตอนที่จำลองแบบการคัดเลือกทางธรรมชาติเพื่อสร้าง Mating Pool โดยคัดเลือกชุดโครโมโซมรุ่นเก่าให้เป็นโครโมโซมต้นแบบหรือโครโมโซมพ่อและแม่ เพื่อใช้สร้างโครโมโซมลูกเป็นรุ่นต่อไป สำหรับการคัดเลือกของ SGA เป็นแบบอ้างอิงค่าความเหมาะสม (Fitness-based Selection) โดยพิจารณาค่าความเหมาะสมเป็นตัวตัดสินว่าโครโมโซมใดในรุ่นเก่า และมีโอกาสจะถูกเลือกเป็นโครโมโซมพ่อแม่มากขึ้นน้อยเพียงใด โครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมที่ดีจะถูกกำหนดน้ำหนักค่าความน่าจะเป็นที่จะถูกเลือกแต่ละครั้งสูง การกำหนดค่าความน่าจะเป็นที่จะถูกเลือกต่อการสุ่มเลือกแต่ละครั้ง (Probability of Selected Value : P_{select}) ของแต่ละโครโมโซม โดยกำหนดจากค่าความเหมาะสมเปรียบเทียบกับผลรวมของค่าความเหมาะสมทั้งหมด ดังสมการที่ 2-7

ตารางที่ 2-3 ค่าความเหมาะสมในแต่ละโครโมโซม

ลำดับ	โครโมโซม	x	ค่าความเหมาะสม
1	01110	14	196
2	11001	25	625
3	01000	8	64
4	10011	19	361

$$Pselect_i = \frac{F_i}{\sum F} \quad (2-7)$$

ซึ่งสามารถคำนวณค่าที่คาดหวังว่าจะสุ่มได้ (Expected Value : E) ของแต่ละโครโมโซมในแต่ละรุ่นดังสมการที่ 2-8

$$E_i = Pselect_i \times popsize = \frac{F_i}{F} \quad (2-8)$$

สำหรับวิธีการสุ่มโครโมโซมต้นแบบของ SGA เป็นแบบจำลองการหมุนวงล้อถ่วงน้ำหนัก (Roulette Wheel: RW) ดังตารางที่ 2-4 ซึ่งกำหนดขนาดแต่ละช่องของวงล้อถ่วงน้ำหนักตามค่าความน่าจะเป็นที่จะสุ่มได้ในแต่ละครั้งของแต่ละโครโมโซม โดยมีวิธีการดังนี้

- ก) หาค่าความเหมาะสมของแต่ละโครโมโซม
- ข) หาค่าความน่าจะเป็นที่จะสุ่มได้ในแต่ละครั้งของแต่ละโครโมโซม
- ค) หาค่าความถี่สะสม (q) ของค่าความน่าจะเป็นของแต่ละโครโมโซมดังสมการที่ 2-9

$$q_i = \sum_{j=1}^i Pselect_j \quad (2-9)$$

- ง) สร้างเลขสุ่มจำนวนจริง (r) มีค่าอยู่ในช่วง $[0.0, 1.0]$
- จ) เลือกโครโมโซมลำดับที่ r ซึ่ง r มีค่าอยู่ระหว่าง q_{i-1} และ q_i

ตัวอย่างการกำหนดค่าความน่าจะเป็น โดยกำหนดจากค่าความเหมาะสมเปรียบเทียบกับผลรวมของค่าความเหมาะสมทั้งหมด จะเห็นได้ว่าการคัดเลือกโครโมโซมต้นแบบจาก 4 โครโมโซมนี้ โอกาสที่จะสุ่มได้โครโมโซมลำดับที่ 1 ต่อการสุ่มแต่ละครั้งเท่ากับ 0.157 โอกาสที่จะสุ่มได้โครโมโซมลำดับที่ 2, 3, 4 ต่อการสุ่มแต่ละครั้งเท่ากับ 0.502, 0.051 และ 0.290 ตามลำดับ และจำนวนโครโมโซมต้นแบบที่สุ่มได้โดยจำลองการหมุนวงล้อดังตารางที่ 2-5

ซึ่งจำนวนที่สุ่มได้เป็นโครโมโซมต้นแบบใน Mating Pool ของแต่ละโครโมโซมเป็น 1, 2, 0 และ 1 ตามลำดับ จากตารางที่ 2-5 โครโมโซมลำดับที่ 2 มีค่าความเหมาะสมสูงที่สุดจะมีโอกาสถูกคัดเลือกในจำนวนที่มากที่สุด ส่วนโครโมโซมลำดับที่ 3 มีค่าความเหมาะสมต่ำมากจึงมีโอกาสน้อยที่จะไม่ถูกคัดเลือกเลย

ตารางที่ 2-4 ค่าที่ทำการสุ่มเลือกโครโมโซม

ลำดับ	โครโมโซม	X	ค่าความ เหมาะสม (F)	ค่าความน่าจะเป็น (P_{select_i})	จำนวนที่ คาดหวัง (E_i)	จำนวนที่สุ่ม ได้จาก RW
1	01110	14	196	0.157	0.628	1
2	11001	25	625	0.502	2.008	2
3	01000	8	64	0.051	0.204	0
4	10011	19	361	0.290	1.160	1
	รวม		1246	1.000	4.000	
	ค่าเฉลี่ย		312	0.250	1.000	
	ค่าสูงสุด		625	0.502	2.008	

ตารางที่ 2-5 การสุ่มลำดับโครโมโซมในวงล้อ

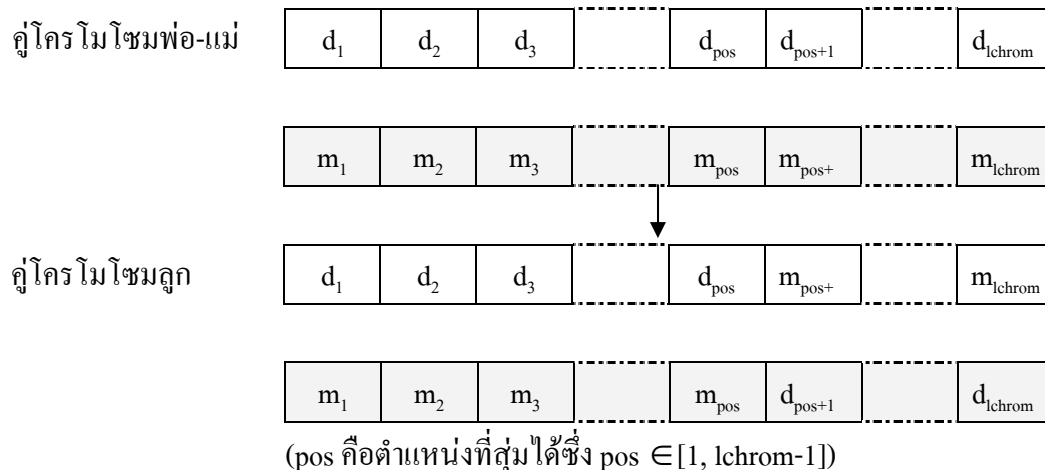
ลำดับโครโมโซม	1	2	3	4
ค่าความเหมาะสม (F)	196	625	64	361
ค่าความน่าจะเป็นที่สุ่มได้แต่ละครั้ง (P_{select_i})	0.157	0.502	0.051	0.290
ความถี่สะสมค่าความน่าจะเป็น (q_i)	0.157	0.659	0.710	1.000
สร้างเลขสุ่มในการหมุนวงล้อแต่ละครั้ง (r)	0.333	0.844	0.456	0.128
ลำดับโครโมโซมที่ถูกเลือก ($q_{i-1} \leq r \leq q_i$)	2	4	2	1

2.5.6.6 การดำเนินการทางพันธุศาสตร์ เป็นขั้นตอนที่จำลองแบบธรรมชาติทางพันธุกรรม ซึ่งตัวดำเนินการทางพันธุศาสตร์ของจินตริกัลกอริทึมอย่างง่าย คือ คrossover และ mutation ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ก) crossover เป็นตัวดำเนินการในการแลกเปลี่ยนส่วนของโครโมโซมพ่อแม่ และแม่ ตามการกำหนดอัตราความน่าจะเป็นของการ crossover (Probability of Crossover: P_c) เพื่อสร้างชุดโครโมโซมรุ่นใหม่หรือโครโมโซมลูก มีขั้นตอนการทำงานดังตารางที่ 2-6 คือจำนวนครั้งของการ crossover ในแต่ละรุ่นดำเนินการขึ้นอยู่กับการกำหนดค่า P_c ซึ่งแตกต่างกันในแต่ละปัญหา จากการสุ่มจับคู่โครโมโซมพ่อแม่และแม่ใน Mating Pool ได้โครโมโซมลำดับที่ 1 คู่กับลำดับที่ 2 และลำดับที่ 2 คู่กับลำดับที่ 4 แต่เฉพาะโครโมโซมคู่แรกจะเกิด crossover เนื่องจากเลขสุ่มกำหนดให้ $r \leq 0.5$ ตามอัตราการ crossover ที่กำหนด โดยตำแหน่งในการ crossover ที่สุ่มได้คือ pos=2 จะเห็นได้ว่าโครโมโซมพ่อแม่และแม่ทั้งหมดในรุ่นก่อนเป็น 900 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการ

จำลองแบบกระบวนการครอสโอเวอร์ตามธรรมชาติทางพันธุศาสตร์ของ SGA ช่วยสร้างคำตอบที่ดีขึ้นดังภาพที่ 2-17

ข) มิวเทชัน เป็นตัวดำเนินการผ่าเหล่าตัวหนึ่งที่สามารถช่วยให้โครโมโซม มีความเหมาะสมดีขึ้นหลังจากครอสโอเวอร์ โดยกลับค่าของบิตเป็นค่าใหม่ในตำแหน่งบิตที่สุ่มได้ ตามอัตราความน่าจะเป็นของการมิวเทชันในแต่ละบิต (Probability of Mutation: P_m) ที่กำหนด สำหรับการมิวเทชันของ SGA นั้นเป็นแบบไบนารีมิวเทชัน (Binary Mutation) โดยกลับค่าบิตเป็นค่าคอมพลีเมนต์คือจาก 0 เป็น 1 หรือจาก 1 เป็น 0 ดังภาพที่ 2-18

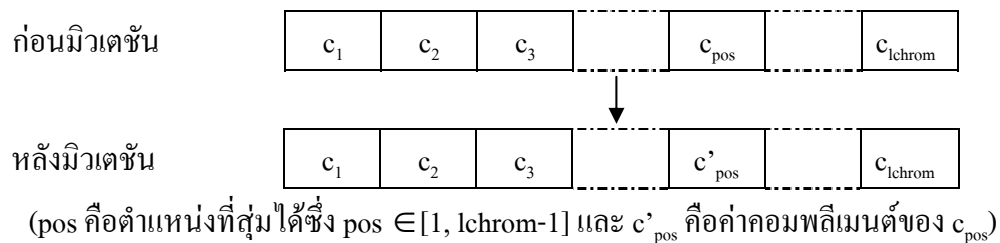


ภาพที่ 2-17 ครอสโอเวอร์แบบ 1 จุด

จำนวนการมิวเทชันในแต่ละรุ่นขึ้นอยู่กับากำหนดค่า P_m ซึ่งแตกต่างกันในแต่ละปัญหา เช่น ถ้าจำนวนประชากรแต่ละรุ่น popsize เท่ากับ 30 โครโมโซม ซึ่งแต่ละโครโมโซมประกอบด้วย 5 บิต และกำหนดให้ $P_m = 0.02$ แล้ว จำนวนการมิวเทชันในแต่ละรุ่นเท่ากับ $P_m \times popsize \times lchrom$ หรือ $0.02 \times 30 \times 5 = 3$ บิต

ตารางที่ 2-6 ตัวอย่างการเกิดครอสโอเวอร์จากเลขสุ่มกับอัตราการเกิดครอสโอเวอร์ : กำหนด $P_c = 0.5$ โครโมโซมพ่อ-แม่ใน Mating Pool จากการคัดเลือกครอสโอเวอร์

ลำดับ ที่คัด เลือก	Mating pool	สุ่มจับคู่พ่อแม่	เลขสุ่ม (r)	ก่อน ครอสโอเวอร์	สุ่มตำแหน่ง (pos)	หลัง ครอสโอเวอร์	x	ค่าความเหมาะสม (F)	ลำดับ โครโมโซมลูก
2	11001	1,2	0.321	0 1 1 1 0	2	1 0 0 1 0	9	81	1
4	10011		≤ 0.5	1 0 0 1 1	1	0 1 1 1 1	30	900	2
2	11001	2,4	0.654	ไม่ครอสโอเวอร์		1 0 0 1 1	25	625	3
1	01110		< 0.5			1 1 0 0 1	19	361	4



ภาพที่ 2-18 ไมวเรมิวเตชัน

จากการสุ่มตำแหน่งที่จะมีวเตชันโดยสร้างเลขสุ่ม ของแต่ละตำแหน่งบิตในแต่ละโครโมโซม แล้ว ตำแหน่งบิตที่ 3 ของโครโมโซมลำดับที่ 1 และตำแหน่งบิตที่ 4 ของโครโมโซมลำดับที่ 3 เป็นตำแหน่งที่ $r \leq 0.1$ ตามอัตราการที่กำหนดจึงเกิดมีวเตชัน ทำให้โครโมโซมมีค่าความเหมาะสม จาก 81 และ 625 เป็น 169 และ 576 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่ามีวเตชันเป็นตัวดำเนินการที่อาจทำให้โครโมโซมมีค่าความเหมาะสมสูงขึ้นหรือลดลงได้ แต่อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยของค่าความเหมาะสมดีขึ้นจาก 492 เป็น 502 แสดงถึงการหาคำตอบของ SGA โดยส่วนมากดีขึ้นและความสำคัญของการหาคำตอบของจินตคติอัลกอริทึมนี้ เป็นความต้องการได้คำตอบโดยพิจารณาจากคำตอบที่ดีเกิดขึ้น ซึ่งจะมีโอกาสอยู่รอดเพื่อถ่ายทอดส่วนที่ดีในรุ่นต่อไปดังตารางที่ 2-7

ตารางที่ 2-7 การเกิดมีวเตชันจากเลขสุ่มกับอัตราการเกิดมีวเตชันกำหนด $P_m = 0.1$

ลำดับ	ก่อน มีวเตชัน	เลขสุ่ม(r)	หลัง มีวเตชัน	X	ค่าความ เหมาะสม (F)
1	1 0 0 1 0	0.401 0.785 0.062 0.346 0.581	1 0 1 1 0	13	169
2	0 1 1 1 1	0.027 0.308 0.947 0.534 829	0 1 1 1 1	30	900
3	1 0 0 1 1	0.029 0.765 0.494 0.646 0.398	0 0 0 1 0	24	576
4	1 1 0 0 1	0.308 0.577 0.837 0.335 0.175	0 1 1 1 1	19	361

2.5.6.7 ประชากรรุ่นใหม่ เป็นชุดโครโมโซมลูกที่เกิดจากขั้นตอนของวิวัฒนาการทั้งหมด ซึ่งประชากรรุ่นใหม่ทั้งหมดที่เกิดขึ้นจะถูกถ่ายทอดกลายเป็นประชากรรุ่นเก่าสำหรับวิวัฒนาการในรุ่นถัดไป ซึ่งเรียกวิวัฒนาการแบบนี้ว่า “การถ่ายทอดแบบทั่วไป” หรือรีโพรดักชันแบบทั่วไป (Genetic Reproduction) กระบวนการจะถูกปฏิบัติซ้ำ ๆ จนกระทั่งถึงรุ่นที่มากที่สุดที่ต้องการ การทดลองเพื่อทดสอบการทำงานของ SGA จะทดสอบโดยใช้ในการหาค่าสูงสุดของฟังก์ชัน $y = x^n$ ที่ x มีค่าระหว่าง $[1, 2^l - 1]$ ซึ่ง l คือจำนวนบิตของโครโมโซม ด้วยวิธีการของ SGA กำหนดให้ฟังก์ชันเป้าหมาย คือ $f = x^n$ เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์การทำงานของ SGA จึงปรับให้ค่าความเหมาะสมอยู่ในช่วง $[0, 1]$ ซึ่งคำตอบที่ดีที่สุดจะมีค่าความเหมาะสมเป็น 1 ดังนั้นหากสามารถพัฒนาวิธีการค้นหาคำตอบของจินตคติอัลกอริทึมให้ดีขึ้นแล้ว ก็จะเป็นการปรับปรุงสมรรถนะของจินตคติอัลกอริทึมให้ดียิ่งขึ้น

2.5.6.8 รีโพรดักชันแบบรักษาค่าความเหมาะสมที่ดี เนื่องจากในการค้นหาคำตอบของ SGA นั้นมีโอกาสที่จะสูญเสียโครโมโซมในรุ่นเก่าที่มีค่าความเหมาะสมที่ดีไปได้ ซึ่งอาจจะ

ส่งผลทำให้คำตอบในรุ่นถัดไปนั้นดีมากขึ้นหรือน้อยลง ดังนั้นหากการปรับปรุง SGA โดยการควบคุมการค้นหาคำตอบและรักษาโครโมโซมที่ดีไว้แล้ว จะช่วยให้วิวัฒนาการคำตอบในรุ่นถัดไปดีขึ้นเรื่อย ๆ โดยมีวิธีการดังนี้

- กำหนดจำนวนโครโมโซมที่ดีที่สุด ของรุ่นเก่าที่ต้องการเก็บรักษา
- ถ้าจำนวนโครโมโซมที่กำหนดเป็น 1 ให้สร้างชุดโครโมโซมรุ่นใหม่ทั้งหมด แล้วจึงคัดลอกโครโมโซมที่ดีที่สุดของรุ่นเก่ามาแทนที่โครโมโซมรุ่นใหม่ที่มีค่าความเหมาะสมน้อยที่สุด
- ถ้าจำนวนโครโมโซมที่กำหนดเป็น 2, 4, ... ให้คัดลอกโครโมโซมที่ดีที่สุดในรุ่นเก่าตามจำนวนที่กำหนดมาเป็นโครโมโซมรุ่นใหม่ แล้วจึงสร้างโครโมโซมรุ่นใหม่ส่วนที่เหลือต่อไป

2.6 การวัดประสิทธิภาพของการเข้ารหัสภาพ

วิธีการวัดคุณภาพของภาพ (Quality of Image) [2], [3], [4] จะใช้พื้นฐานของสูตรทางคณิตศาสตร์ที่หาวิธีการคำนวณความผิดพลาด (Error) ระหว่างภาพต้นแบบกับภาพที่ผ่านกระบวนการบีบอัด จุดเด่นของการตัดสินคุณภาพของภาพในวิธีนี้ก็คือ อัลกอริทึมการบีบอัดนั้น สามารถเปรียบเทียบกันได้ ทั่วไปมักจะเลือกใช้วิธีการบีบอัดเพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับงานที่เกี่ยวข้องได้ด้วยการคำนึงถึงความพึงพอใจในการมองดูภาพ หรือการยอมรับเพื่อให้เข้ากับการใช้งานได้ โดยที่จะไม่เลือกใช้การตัดสินในเรื่องการวัดทางคณิตศาสตร์ การลงความเห็นแบบมีผู้กระทำนี้จะถูกตัดสินจากผู้ใช้งาน (End User) ที่ใช้ความนึกคิดภายใต้สภาวะและสิ่งแวดล้อมในการมองเห็น ในการเข้ารหัสและถอดรหัสที่ใช้อัลกอริทึมแบบแฟร็กทอล มีความจำเป็นที่จะต้องใช้อุปกรณ์เพื่อตรวจสอบหาความผิดพลาดพื้นฐานอันเป็นจุดเปรียบเทียบ โดยเครื่องมือที่ใช้วัดจะเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ที่มีตัวแปรถูกกำหนดค่า เพื่อให้สามารถนำไปหาจุดเปรียบเทียบได้ สูตรที่ใช้เป็นเครื่องมือจะใช้วัดค่าต่าง ๆ นั้น จะประกอบด้วยการวัดหาค่า RMS (Root Mean Square Error) การวัดหาค่า PSNR (Peak Signal to Noise Ratio) การวัดหาค่า bpp (Bit Per Pixel) และการวัดหาค่าอัตราการลดข้อมูล (Compressed) ในสมการที่ 2-10 เป็นอัตราค่าเฉลี่ยของบิตที่ใช้ต่อพิกเซล

$$\text{Bit Rate} = \frac{\text{จำนวนบิตของข้อมูลภาพที่ผ่านการเข้ารหัส}}{\text{จำนวนพิกเซลทั้งหมดของภาพต้นฉบับ}} \quad (2-10)$$

จากสมการที่ 2-12 สามารถใช้อัตราบิตที่ใช้ต่อข้อมูลใน 1 พิกเซล ซึ่งมีความสัมพันธ์กันระหว่างอัตราการบีบอัดข้อมูล (Compression Ratio) โดยข้อมูลที่มีอัตราการบีบอัดที่มากจะให้อัตราบิตต่อข้อมูลต่ำ ยังสามารถนำค่าบิตต่อข้อมูลไปใช้กับการเปรียบเทียบข้อมูลได้หลายลักษณะ เช่น

การเปรียบเทียบบิตต่อข้อมูลกับความเร็วในการเข้ารหัส การเปรียบเทียบบิตต่อข้อมูลในการหาคุณภาพของภาพ โดยสามารถนำไปเพื่อเป็นมาตรฐานเมื่อเปลี่ยนเปรียบเทียบจากหลายวิธีการ

สูตรมาตรฐานอีกสูตรหนึ่งที่ใช้หาค่าเฉลี่ยความผิดพลาดของภาพคือ สูตรการหาค่า RMS (Root Mean Square Error) ซึ่งนิยมใช้วัดหาค่าผิดพลาดคลาดเคลื่อนไปของพิกเซลในภาพต้นแบบ วิธีการหาค่า RMS เริ่มด้วยการหาผลลัพท์กำลังสองของการลบกันระหว่างค่าความเข้มแสงของพิกเซลในภาพต้นแบบ กับค่าความเข้มแสงของพิกเซลในภาพที่เคย์ผ่านเข้าสู่ขบวนการบีบอัดมาแล้ว เนื่องจากว่าผลลัพท์จากการนำเอาค่าความเข้มแสงในภาพต้นแบบมาลบกับค่าความเข้มแสงในภาพที่ผ่านการบีบอัดมาแล้ว จะทำให้เกิดผลลัพท์เป็นค่าติดลบได้ในบางครั้ง ดังนั้นจึงต้องนำเอาผลลัพท์ที่ได้นี้ มาทำการยกกำลังสองก่อนเพื่อให้เป็นค่าที่ไม่ติดลบหรือเป็นค่าสัมบูรณ์ (Absolute Value) จากนั้นจึงจะทำการหาผลบวกจากผลลัพท์กำลังสองของการลบกันไปทีละคู่พิกเซลในภาพที่ผ่านการบีบอัดเปรียบเทียบกับในภาพต้นแบบ ทั้งทางแนวนตั้งและแนวนอนจนครบทุกตำแหน่ง ซึ่งจะกระทำกันอย่างสอดคล้องตรงกันระหว่างพิกเซลแต่ละตำแหน่ง แล้วนำผลลัพท์ที่เป็นค่าสัมบูรณ์นั้นมายกกำลังสองทั้งหมด แล้วจึงนำมาทำการหารด้วยความกว้างและความยาวของภาพขั้นสุดท้ายจะนำผลลัพท์จากการหารมาหารค่ารากที่สอง ซึ่งผลลัพท์ที่ได้จากการหารค่ารากที่สองนี้จะเป็นผลลัพท์ของค่า RMS ในพฤติกรรมของสมการ RMS นี้ ถ้าค่า RMS ที่ได้มีค่าสูงมากเท่าใดก็แสดงว่าความแตกต่างกันระหว่างภาพต้นแบบกับภาพที่ผ่านการบีบอัดจะยิ่งมากขึ้นเท่านั้น ส่งผลให้ภาพที่ผ่านการบีบอัดนั้นมีคุณภาพต่ำด้วยเช่นกัน รูปแบบของสูตรการหาค่า RMS สามารถแสดงได้ดังสมการที่ 2-11

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{NM} \sum^N \sum^M [f(i, j) - f'(i, j)]^2} \quad (2-11)$$

โดยที่ M	คือ ความกว้างของภาพ
N	คือ ความยาวของภาพ
$f(i, j)$	คือ ค่าของความเข้มที่ตำแหน่ง i กับ j ของภาพต้นแบบ
$f'(i, j)$	คือ ค่าของความเข้มที่ตำแหน่ง i กับ j ของภาพที่ผ่านการบีบอัด

การวัดความผิดพลาดของภาพที่นิยมใช้กันมากอีกอย่างหนึ่งก็คือ การวัดหาค่า PSNR (Peak Signal to Noise Ratio) ซึ่งเป็นสูตรมาตรฐานที่ใช้หน่วยเป็น dB รูปแบบของสูตรจะแสดงไว้ในสมการที่ 2-12

$$PNSR = 10 \times \log_{10} \frac{255^2}{RMS^2} \quad (2-12)$$

PSNR เป็นการวัดค่าความผิดพลาดของภาพแบบเกรย์สเกลที่มีระดับของสีอยู่ 8 บิตหรือ 256 ระดับ วิธีการหาค่า PSNR จะเริ่มจากการหาอัตราส่วนระหว่าง 255^2 หรือ RMS^2 แล้วนำมาเข้าสู่ลอการิทึม จะได้ผลลัพธ์เป็นจุดทศนิยมหลายตำแหน่งก่อนนำมาคูณด้วย 10 เพื่อให้สามารถอ่านค่าได้สะดวกมากขึ้น ผลลัพธ์ที่ได้คือ PSNR จะยิ่งเล็กลงในขณะที่มีความแตกต่างระหว่างภาพต้นแบบ กับภาพที่ผ่านการบีบอัดจะยิ่งมีสูงขึ้นมากเท่านั้น ซึ่งก็แสดงให้เห็นว่าคุณภาพที่ผ่านการบีบอัดจะมีมากขึ้นเท่านั้น

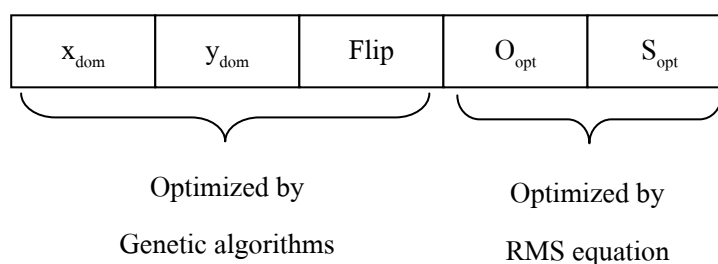
2.7 การวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำเอาหลักการถ่ายทอดทางพันธุกรรม เข้ามาช่วยในการแก้ปัญหาการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอล รวมถึงงานวิจัยเกี่ยวกับวิธีการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอล ซึ่งผู้วิจัยได้นำมาเป็นแนวทางในพัฒนาการใช้วิธีการทางพันธุกรรม (GA: Genetic Algorithm) ในการแก้ปัญหาในการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอล ซึ่งพอสรุปรายละเอียดงานวิจัยได้ดังนี้

Mohamed และ Boukelif [7] ได้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาความเร็วในของเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอล ซึ่งสามารถเพิ่มความเร็วในการคำนวณหาจุดที่เหมาะสมระหว่างเรนจ์บล็อกกับโดเมนบล็อก โดยใช้วิธีการเลียนแบบถ่ายทอดทางพันธุกรรม จีเนติกอัลกอริทึม มาใช้กับการค้นหาข้อมูล ซึ่งวิธีการดังกล่าวยังสามารถที่จะคงคุณภาพของภาพไว้ได้สูงเมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับ หลักการที่นำมาใช้คือการกำหนดเป้าหมายในการค้นหาของข้อมูลและทำการสุ่มข้อมูล โดยในการสุ่มข้อมูลแต่ละครั้งจะมีการอ้างอิงถึงข้อมูลก่อนหน้า ซึ่งในการสุ่มข้อมูลแต่ละครั้งเรียกว่า “การวิวัฒนาการ” (Generation) วิธีการที่ใช้การเลียนแบบการถ่ายทอดทางพันธุกรรม คือ การคัดเลือกข้อมูลโดยข้อมูลที่ดีหรือมีความเหมาะสมกับเป้าหมายที่ต้องการ จะถูกคัดเลือกไว้ให้เป็นข้อมูลที่จะสืบทอดต่อไป ส่วนข้อมูลที่ไม่มีความเหมาะสมกับเป้าหมายจะถูกคัดออกไป ซึ่งวิธีการถ่ายทอดข้อมูลมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ ครอสโอเวอร์ (Crossover) และมิวเตชัน (Mutation) ในการวิจัยดังกล่าวได้ใช้วิธีการกำหนดรูปแบบโครโมโซมด้วยเลขจำนวนเต็มจำนวน 5 บิต ซึ่งประกอบไปด้วยตำแหน่งของโดเมน (x และ y ของโดเมนบล็อก) ลักษณะการแปลงรูปแบบ (Flip Transformation) ค่าข้อมูลความสว่างภาพ (o) และค่าข้อมูลความคมชัดของภาพ (s) ดังภาพที่ 2-19 โดยงานวิจัยดังกล่าวจะแบ่งการคำนวณโครโมโซมออกเป็นสองส่วนคือ ส่วนที่คำนวณโดยวิธีการ จีเนติกอัลกอริทึม และสมการ RMS โดยที่สมการ RMS จะเป็นตัวบอกถึงค่าความเหมาะสม

ในแต่ละโครโมโซมที่จะให้ ขณะที่จีเนติกอัลกอริทึมถูกนำไปวิเคราะห์หาประชากรในรุ่นต่อไป ด้วยกรรมวิธีการถ่ายทอดพันธุกรรม ผลที่ได้จากการใช้วิธีการจีเนติกอัลกอริทึมมาแก้ปัญหา สามารถลดเวลาที่ใช้ในการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลลงได้อย่างมาก โดยยังสามารถคงคุณภาพ ภาพไว้ได้

Takezawa และคณะ [8] ได้นำเสนอวิธีการลดความผิดพลาดในการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอล โดยใช้วิธีการเลียนแบบทางพันธุกรรมด้วยจีเนติกอัลกอริทึม เพื่อที่จะลดค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในขณะถอดรหัสภาพทำให้ได้คุณภาพของภาพที่ถอดรหัสแล้วที่สูงมากขึ้น โดยนำวิธีการกำหนดระดับความแม่นยำสูง (High-accuracy Quantization) วิธีการดังกล่าวจะกำหนดค่า Offset และระดับ Quantization ไว้ เพื่อจะช่วยให้ในการกำหนดค่าระดับความสำคัญของข้อมูลในแต่ละโครโมโซม



ภาพที่ 2-19 การกำหนดลักษณะโครโมโซมในงานวิจัยของ Mohamed และ Boukeilf

การกำหนดโครโมโซมจะกำหนดเป็นลักษณะเลขฐานสอง โดยความยาวจะน้อยกว่าหรือเท่ากับค่า X ที่หาได้จากสมการ 2-13 เมื่อ $K \times K$ คือจำนวนโดเมนบล็อกทั้งหมด T_1 และ T_2 แทนจำนวนของระดับของการ Quantization ที่คาดหวังไว้ตามข้อมูลที่ต้องการ โดยการออกแบบแบ่งระดับของ Quantization จะขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของความแม่นยำที่ต้องการ โดยนำวิธีการจีเนติกอัลกอริทึมมาช่วยในการกำหนดหาส่วนที่เหมาะสมของ Quantizer เมื่อได้ความยาวของโครโมโซมข้อมูลเป็นเลขฐานสอง ซึ่งประกอบได้ด้วย ตำแหน่งของโดเมนบล็อก ลักษณะการของบล็อกที่เหมาะสมและค่าสัมประสิทธิ์ของอัตราขยาย (Scaling Coefficient) และ Offset จากผลของงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าสามารถที่จะเพิ่มคุณภาพของภาพ ซึ่งคุณภาพจะขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของข้อมูล และการกำหนดระดับ Quantization อีกด้วย

$$K \times K \times 2^{T_1} \times 2^{T_2} \times 8 \leq 2^X; \quad 0 \leq X \quad (2-13)$$

Suman และคณะ [18] ได้นำเสนอเทคนิควิธีการบีบอัดข้อมูลภาพด้วยจีเนติกอัลกอริทึมตามแบบ Elitist Model ซึ่งได้นำเสนอวิธีการค้นหาข้อมูลโดยใช้จีเนติกอัลกอริทึม เพื่อจะลดขนาดของข้อมูลที่ทำกรค้นหาทั้งหมด ซึ่ง Elitist Model คือการเลือกข้อมูลหรือโครโมโซมที่ดีที่สุดในแต่ละรุ่นของข้อมูลส่งผ่านไปยังประชากรข้อมูลรุ่นต่อไปโดยไม่ผ่านการถ่ายทอด หรือการมิวเตชันแต่อย่างใด ซึ่งส่งผลให้ลักษณะเด่นยังคงอยู่เสมอในประชากรข้อมูลแต่ละรุ่นในงานวิจัยนี้ได้กำหนดขนาดของบล็อก เท่ากันตลอดทั้งภาพโดยมีการเปลี่ยนค่าออกต่าง ๆ กันไป เช่น 4x4, 8x8 และขนาดของโดเมนบล็อก จะมีขนาดเป็น 2 เท่าของขนาดที่กำหนด และเมื่อทำการกำหนดขนาดเรียบร้อยแล้วจึงทำการค้นหาคู่ที่เหมาะสม โดยทำการสุ่มโดเมนบล็อกมาจำนวนหนึ่ง และคำนวณหาค่าความเหมาะสมของแต่ละชุดข้อมูลซึ่งใน 1 ชุดข้อมูลจะประกอบไปด้วย ตำแหน่งของโดเมนบล็อก ค่าความสว่างและค่าความคมชัด เมื่อคำนวณหาค่าความเหมาะสมแล้วจะทำการส่งข้อมูลชุดที่ดีที่สุดหรือ โครโมโซมที่เหมาะสมที่สุดไปยังประชากรรุ่นต่อไป และนำโครโมโซมที่เหลือไปคำนวณหาด้วยกรรมวิธีจีเนติกอัลกอริทึมด้วยการครอสโอเวอร์และมิวเตชัน และเลือกข้อมูลขึ้นมาใหม่ให้ครบตามจำนวนประชากร

บทที่ 3

ขั้นตอนการวิจัย

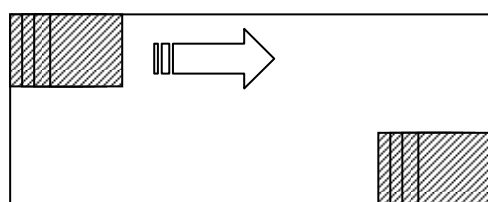
การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อมุ่งพัฒนาวิธีการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลโดยอาศัยขั้นตอนวิธีแบบพันธุกรรมมาช่วยในการเข้ารหัสภาพ ซึ่งแบ่งออกเป็นขั้นตอนต่าง ๆ คือ การวิเคราะห์ปัญหา การออกแบบขั้นตอนการวิจัย และการดำเนินกระบวนการวิจัย ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป

3.1 วิเคราะห์ปัญหาการเข้ารหัสภาพด้วยวิธีการแฟร็กทอล

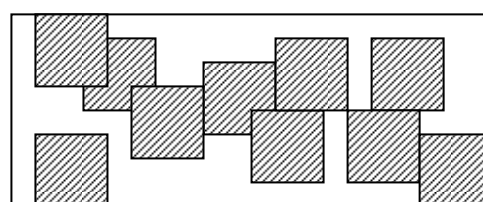
เนื่องด้วยข้อดีของการเข้ารหัสภาพด้วยวิธีการแฟร็กทอล [1] จึงได้ทำการวิเคราะห์ที่มาของปัญหาการเข้ารหัสดังกล่าว โดยในกระบวนการค้นหาที่เหมือนกันหรือคล้ายคลึงกันมากที่สุดของเรนจ์บล็อกกับโดเมนบล็อก จะนำเรนจ์บล็อกที่มีขนาดเล็กกว่าโดเมนบล็อกมาค้นหาโดเมนบล็อกจากทั้งภาพ โดยที่โดเมนบล็อกจะค้นหาแบบซ้อนทับกันไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะครบทั้งภาพ ในการเปรียบเทียบข้อมูลจะมีการเปรียบเทียบข้อมูลกับทั้ง 8 รูปแบบลักษณะที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 2.3 ทำให้การค้นหาตำแหน่งที่เหมาะสมกันของเรนจ์บล็อกกับโดเมนบล็อกใช้เวลานาน ยกตัวอย่าง เช่น เมื่อทำการเข้ารหัสกับภาพขนาด 256x256 พิกเซล ใช้เรนจ์บล็อกขนาด 4x4 พิกเซล ทำให้ได้ขนาดโดเมนบล็อกที่มีขนาดเป็นสองเท่าของเรนจ์บล็อกคือ 8x8 พิกเซล เมื่อโดเมนบล็อกทำการค้นหาแบบซ้อนทับกันทีละ 1 พิกเซล ทางความยาวจะได้ทั้งหมด 248 บล็อก เนื่องจากมีการลดขอบเขตลง เพื่อให้ขนาดของโดเมนบล็อกพอดีกับการเคลื่อนที่ทางแนวนอน และการค้นหาทางแนวดิ่ง 248 บล็อกเช่นเดียวกัน จะได้จำนวนบล็อกทั้งหมดที่ต้องทำการเปรียบเทียบคือ $248 \times 248 = 61,504$ บล็อก และยังมีการแปลงความสัมพันธ์อีก 8 ลักษณะในแต่ละการเปรียบเทียบข้อมูล จะได้จำนวนครั้งทั้งหมด $61,504 \times 8 = 492,032$ ครั้ง ต่อการค้นหาเรนจ์บล็อกเพียง 1 บล็อก สมมติถ้าใช้เวลาการเปรียบเทียบ 20,000 ต่อครั้งต่อ 1 วินาที ในการค้นหาเรนจ์บล็อกกับโดเมนบล็อกเพียง 1 คู่ จะใช้เวลาประมาณ 24 วินาที ซึ่งถ้าค้นหาจนครบจำนวนเรนจ์บล็อกทั้งภาพจะใช้เวลาถึง 1,634 วินาที หรือประมาณ 27 ชั่วโมง ซึ่งจะเห็นได้ว่าวิธีการดังกล่าวใช้เวลาที่นานในการเข้ารหัสภาพขนาด 256x256 พิกเซล ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาวิธีการที่จะลดจำนวนครั้งในการค้นหาและจับคู่ข้อมูล โดยการเลือกข้อมูลแบบสุ่มจากข้อมูลทั้งหมดของโดเมนบล็อกดังภาพที่ 3-1 ข้อดีของวิธีการสุ่มคือ จะได้จำนวนข้อมูลที่กระจายทั้งภาพ และเมื่อเลือกการสุ่มที่ดีก็จะมีโอกาสได้คู่ที่ดีของเรนจ์บล็อกกับโดเมนบล็อกโดยไม่จำเป็นต้องค้นหาทุกบล็อกของโดเมน

ซึ่งผู้วิจัยได้นำวิธีการจินตนิมิตอัลกอริทึมเข้ามาใช้ในขั้นตอนการจับคู่ ระหว่างเรนจ์บล็อกกับโดเมนบล็อก เนื่องการจินตนิมิตอัลกอริทึมมีลักษณะการสุมข้อมูลขึ้นมาในขั้นต้นแล้วทำการถ่ายทอดลักษณะของข้อมูลที่ดีไว้ [7], [8], [13] และพัฒนาข้อมูลที่ดีให้เข้าใกล้กับคำตอบที่ต้องการ โดยอาศัยหลักการเลียนแบบการคัดเลือกทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต เมื่อทำการสุมข้อมูลขึ้นมาจากข้อมูลทั้งหมดก็จะทำให้ลดจำนวนครั้งที่ใช้ในการจับคู่ได้ แต่อาจจะไม่ได้คู่ที่มีความเหมาะสมสูงสุดเสมอไปทุกครั้ง ซึ่งวิธีการดังกล่าวอาจจะทำให้คุณภาพของภาพลดลงไปเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ศึกษาวิธีการที่จะรักษาคุณภาพไว้ให้ได้มากที่สุด โดยเห็นว่าในการเปรียบเทียบข้อมูลในแต่ละครั้งยังมีการหาค่าแปลงข้อมูลความเข้มแสง ที่เป็นตัวแปรที่มีผลกับคุณภาพของภาพอยู่ คาดว่าน่าจะสามารถปรับปรุงให้มีค่าที่เหมาะสมมากขึ้นได้

เนื่องด้วยวิธีการของ Fisher [1] จะใช้การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น [7] หาจากช่วงข้อมูลที่ปรากฏ เพื่อวิเคราะห์หาค่าการแปลงความเข้มแสงเฉพาะในบล็อกที่พิจารณาอยู่เท่านั้น ทำให้เป็นการจำกัดขอบเขตที่จะหาค่าที่เหมาะสมที่สุดได้ ผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดที่จะนำกระบวนการจินตนิมิตอัลกอริทึม เข้ามาเพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุดหรือค่าความเข้มแสงที่เหมาะสมมากที่สุด โดยหาจากช่วงข้อมูลทั้งหมดไม่กำหนดเฉพาะช่วงที่เกิดในแต่ละบล็อกที่พิจารณาอยู่ ทำให้มีโอกาสที่จะได้ข้อมูลความเข้มแสงที่ดียิ่งขึ้น เมื่อได้ค่าแปลงข้อมูลความเข้มแสงที่เหมาะสมมากขึ้นก็จะทำให้ได้ภาพที่มีคุณภาพมากขึ้นเมื่อนำไปถอดรหัสกลับ



(ก) การค้นหาแบบทับซ้อน



(ข) การค้นหาแบบสุมข้อมูล

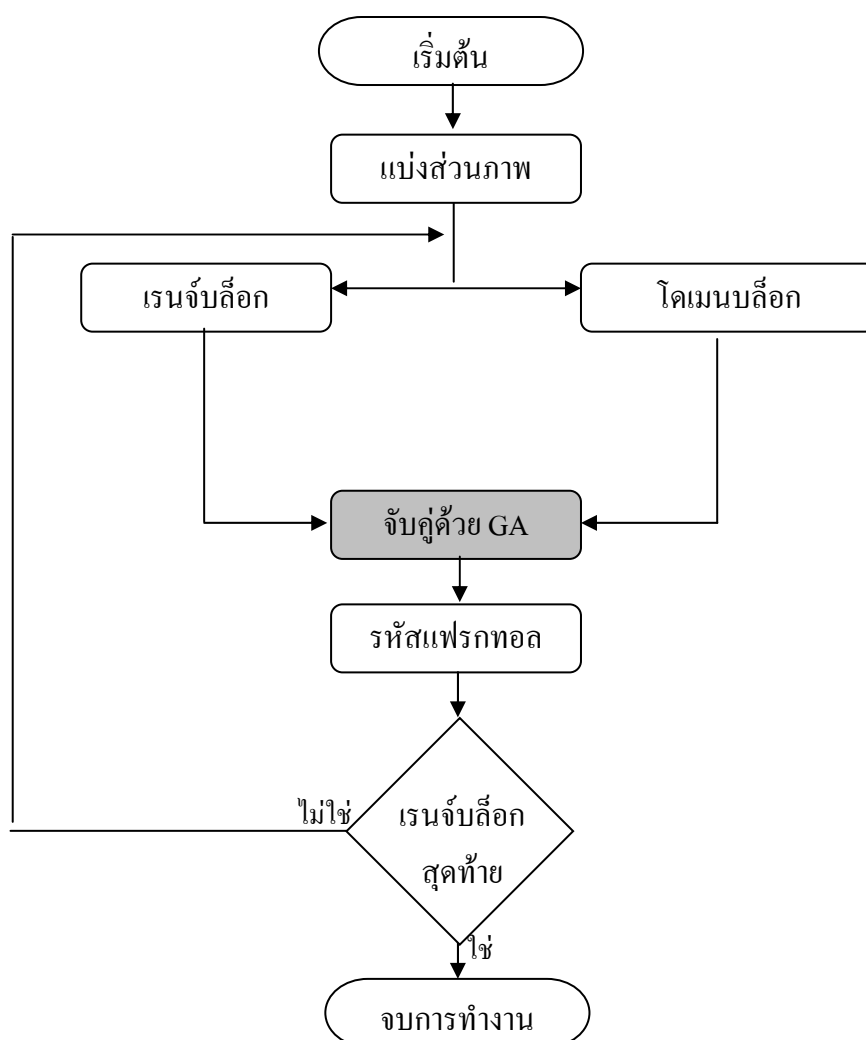
ภาพที่ 3-1 (ก) การค้นหาแบบทับซ้อนและ(ข) การค้นหาแบบสุมข้อมูล

3.2 ออกแบบขั้นตอนวิธีวิจัยเพื่อเพิ่มความเร็วในการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอล

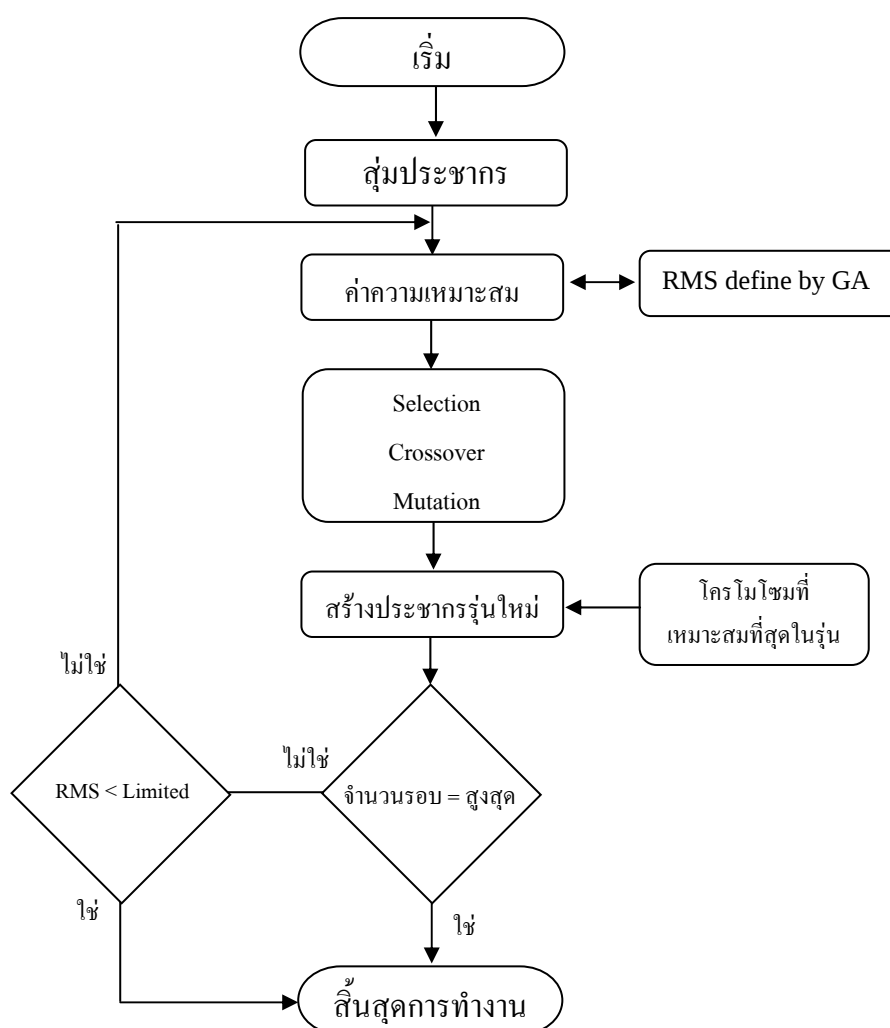
ในการวิจัยนี้จะแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ การค้นหาคู่ที่เหมาะสมกันระหว่างเรนจ์บล็อกกับโดเมนบล็อกโดยอาศัยวิธีการจินตนิมิตอัลกอริทึมดังภาพที่ 3-2 และ การหาค่าเหมาะสมของการแปลงความเข้มแสงด้วยวิธีการจินตนิมิตอัลกอริทึม โดยหลักการที่สำคัญคือการออกแบบค่าพารามิเตอร์ของ

จีเนติกอัลกอริทึมให้มีความเหมาะสมกับปัญหาที่ต้องการจะแก้ จึงต้องมีการออกแบบทั้งลักษณะ โครงโมโซมของข้อมูลฟังก์ชันความเหมาะสม และขั้นตอนวิธีแบบพันธุกรรมของจีเนติกอัลกอริทึม

ในขั้นตอนของการจับคู่โดเมนบล็อกให้กับเรนจ์บล็อกนั้น จะนำจีเนติกอัลกอริทึมมาช่วยในการคัดเลือกโดเมนบล็อกที่จะนำมาใช้จับคู่กันกับเรนจ์บล็อกดังภาพที่ 3-3 เริ่มด้วยการนำภาพมาแบ่งออกเป็นส่วน ๆ ด้วยวิธีการแบ่งแบบ Quadtree เพื่อหาขนาดของเรนจ์บล็อก ที่เหมาะสมกับข้อมูลภาพในแต่ละส่วน จากนั้นทำการจับคู่กันระหว่างเรนจ์บล็อกกับโดเมนบล็อกที่เหมาะสม ซึ่งจะใช้วิธีการจีเนติกอัลกอริทึมเข้ามาช่วยในขั้นตอนนี้ เริ่มต้นของวิธีการจีเนติกอัลกอริทึม จะทำการสุ่มค่าเริ่มต้นของข้อมูลของโดเมนบล็อกที่จะทำการค้นหาขึ้นมาตามจำนวนประชากรที่กำหนด



ภาพที่ 3-2 กระบวนการค้นหาคู่ระหว่างเรนจ์บล็อกกับโดเมนบล็อกโดยอาศัยวิธีการจีเนติกอัลกอริทึม



ภาพที่ 3-3 วิธีการจินตคณิตอัลกอริทึมเพื่อค้นหาโดเมนบล็อกที่เหมาะสม

โดยข้อมูลที่สุ่มได้จะนำมาแปลงให้อยู่ในรูปเลขฐานสองเพื่อสร้างเป็นโครโมโซม และในขั้นตอนการกำหนดค่าความเหมาะสม จะถูกกำหนดโดยค่า RMS ซึ่งค่าเหมาะสมคือค่าที่มีระดับน้อย โดยวิธีการหาค่า RMS ได้นำวิธีการจินตคณิตอัลกอริทึมเข้าไปช่วยเพื่อให้ได้ค่าที่เหมาะสมมากขึ้นกว่าการใช้หาค่าด้วยสูตรการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น

จากนั้นเข้าสู่ขั้นตอนของการคัดเลือกข้อมูล โดยอาศัยค่าความเหมาะสมที่ได้มาเป็นตัวกำหนดความน่าจะเป็นของการอยู่รอดของข้อมูล เมื่อได้จำนวนโครโมโซมที่เลือกเรียบร้อยแล้วจะเข้าสู่กระบวนการครอสโอเวอร์เพื่อถ่ายทอดทางพันธุกรรมของข้อมูล โดยการสุ่มจับคู่กันระหว่างโครโมโซม หลังจากครบทุกคู่แล้วจะทำการมิวเตชันทั้งหมดอีกครั้งหนึ่ง หลังจากเสร็จสิ้นจะได้ประชากรข้อมูลรุ่นใหม่ขึ้นมา ในขั้นตอนนี้จะนำโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมมากที่สุดที่ยังไม่ได้ผ่านวิธีการจินตคณิตอัลกอริทึมมารวมไว้ด้วย เพื่อจะทำการคงคุณภาพของภาพให้อยู่ในระดับ

ที่ดีอยู่เสมอ ทำให้มีโอกาสที่จะได้ข้อมูลที่ดีมากกว่าในรุ่นต่อไป จากนั้นจะทำการทำซ้ำกระบวนการอีกจนกว่าจะถึงจำนวนรุ่นที่ต้องการ จึงนำข้อมูลรุ่นล่าสุดที่ดีที่สุดไปใช้เป็นคำตอบหรือคู่ของเรนจ์บล็อก เพื่อนำไปสร้างรหัสแฟรกทอลต่อไป

3.3 การดำเนินการกระบวนการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลโดยอาศัยวิธีการจินตคณิตอรรถิทธิม

3.2.1 การแบ่งพื้นที่ของภาพ ขั้นตอนแรกของการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลคือการเลือกชนิดของการแบ่งพื้นที่ที่ถูกกำหนดเป็นเรนจ์บล็อก ซึ่งจะต้องครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของภาพ โดยในงานวิจัยนี้จะทำการแบ่งพื้นที่ของภาพเป็นแบบ Quadtree ซึ่งวิธีการนี้จะทำการแบ่งส่วนของภาพตามรายละเอียดความซับซ้อนของภาพ ทำให้ข้อมูลในส่วนที่มีความละเอียดน้อยสามารถแทนที่ด้วยบิตที่ต่ำ และในส่วนที่มีความซับซ้อนมากจะสามารถคงคุณภาพไว้ได้ ซึ่งวิธีการดังกล่าวเรียกว่าวิธีการแบ่งบิตตามความแปรผัน (Variance Bit Rate) วิธีการ Quadtree จะทำการแบ่งส่วนของภาพที่มีรายละเอียดมากด้วยบล็อกที่มีขนาดเล็ก และส่วนของภาพที่มีรายละเอียดน้อยด้วยบล็อกที่มีขนาดใหญ่ โดยกำหนดให้บล็อกใหญ่ที่สุดมีขนาด 8x8 พิกเซล และเล็กที่สุดมีขนาด 4x4 พิกเซลดังภาพที่ 3-4

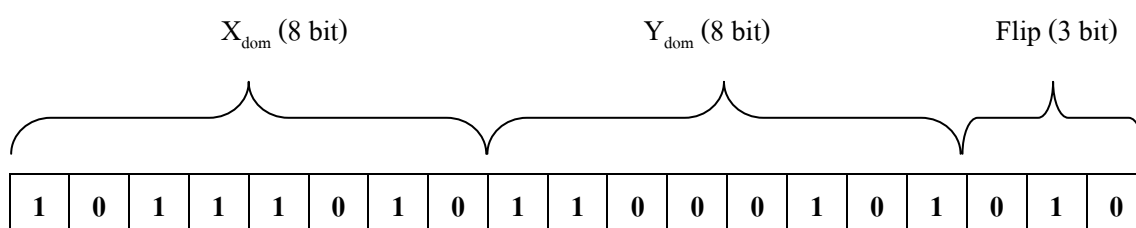


ภาพที่ 3-4 การแบ่งภาพ Lena.bmp ขนาด 256x256 แบบแบ่งสี่ส่วน (Quadtree)

3.2.2 การกำหนดกลุ่มข้อมูลโดเมนบล็อกด้วยวิธีการค้นหาแบบปกติ จะทำการค้นหาโดยจะจับคู่โดเมนบล็อกแบบลำดับที่ละ 1 พิกเซล อยู่ในลักษณะซ้อนทับกันอยู่ (Overlapping) ซึ่งจะเป็นลักษณะการค้นหาแบบเชิงเส้นที่ทำไปตามลำดับจนครบ แต่ในกระบวนการเชิงพันธุกรรมจะทำการสุ่มจำนวนข้อมูลขึ้นมาจำนวนหนึ่งซึ่งเรียกว่า “ประชากร” โดยการสุ่มจะเป็นการสุ่มแบบไม่

แน่นอนก็จะได้ลักษณะข้อมูลที่แตกต่างกันไปในการสุ่มแต่ละครั้ง โดยให้ครอบคลุมภาพทั้งภาพ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับจำนวนที่เลือกสุ่มด้วย

การกำหนดโครโมโซมหลังจากที่ได้ข้อมูลจากการสุ่มจำนวนประชากรเริ่มต้นแล้ว การกำหนดโครโมโซมของข้อมูลที่จะใช้ในวิธีการจินตคติอัลกอริทึม กำหนดจากข้อมูลที่ต้องการสำหรับโดเมนบล็อก ประกอบไปด้วยค่าตำแหน่งของโดเมนบล็อก ค่าการแปลงทางเรขาคณิต และนำไปแปลงให้อยู่ในรูปของเลขฐานสอง ดังภาพที่ 3-5



โดยที่ X_{dom} คือ ค่าตำแหน่งของโดเมนบล็อกในแกน X

Y_{dom} คือ ค่าตำแหน่งของโดเมนบล็อกในแกน

Flip คือ ค่าการแปลงทางเรขาคณิต

ภาพที่ 3-5 โครโมโซมข้อมูลโดเมนบล็อก

เมื่อต้องการจะหาค่าที่มีค่าความผิดพลาดน้อยที่สุด ระหว่างเรนจ์บล็อกกับโดเมนบล็อก สามารถกำหนดได้ดังสมการที่ 3-1 เพื่อกำหนดเป็นฟังก์ชันความเหมาะสม (F) และฟังก์ชันเป้าหมาย (f) ซึ่งจะใช้เป็นตัวเดียวกันได้

$$F = \frac{1}{RMS_{(i)}} \quad (3-1)$$

โดย i คือค่าตำแหน่งของ RMS ในแต่ละโครโมโซม

ขั้นตอนค้นหาโดเมนบล็อกที่เหมาะสม จะได้มาจากการคำนวณหาค่าของ RMS ในแต่ละโครโมโซมโดยผ่านสมการหาค่าความน่าจะเป็นเหมาะสมดังสมการที่ 3-1 ซึ่งจะได้ค่าความเหมาะสม ดังแสดงในตารางที่ 3-1 การเลือกโครโมโซมในขั้นตอนนี้จะทำการเลือกโครโมโซมที่มี

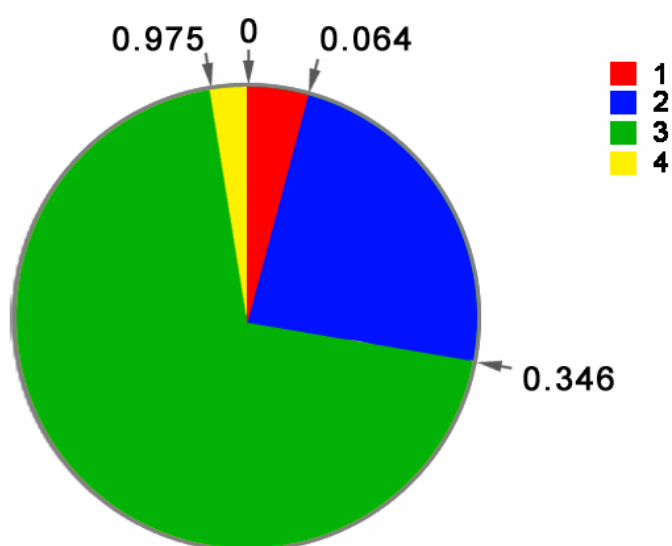
อยู่โดยเลือกตามความน่าจะเป็นที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 3-2 และใน 1 โครโมโซม สามารถที่จะถูกเลือกได้มากกว่า 1 ครั้ง และมีสิทธิ์ที่จะไม่ถูกเลือกเลย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าความเหมาะสมที่ได้นั่นเอง

ตารางที่ 3-1 ตัวอย่างในการหาค่าความเหมาะสมโครโมโซมของการแปลงทางเรขาคณิต

โครโมโซม	Domain (x)	Domain (y)	Flip	ความเหมาะสม	ความน่าจะเป็น
1	32	54	1	0.31	0.063
2	162	55	2	1.35	0.282
3	152	150	5	3.01	0.629
4	83	30	3	0.11	0.023

ตารางที่ 3-2 การคำนวณหาค่าความถี่สะสมเพื่อใช้สร้างวงล้อ

โครโมโซม	ความเหมาะสม	ความน่าจะเป็น	ความถี่สะสม
1	0.31	0.063	0.064
2	1.35	0.282	0.346
3	3.01	0.629	0.975
4	0.11	0.023	1.000



ภาพที่ 3-6 การสร้างเป็นวงล้อสุ่มข้อมูล

สำหรับวิธีการเลือกที่จะใช้เป็นแบบการหมุนสุ่มวงล้อ (Roulette Wheel) ดังภาพที่ 3-6 ซึ่งลักษณะการสุ่มจะเหมือนกับการปาเป้า โดยอาจจะไปตกอยู่ในส่วนไหนของเป้าก็ได้ ดังนั้นจึงมาทำการแบ่งส่วนของวงล้อออกเป็นส่วนตามความน่าจะเป็นของโครโมโซมแต่ละชุด โดยหาค่าความถี่สะสมเพื่อไปกำหนดขอบเขตของวงล้อ โดยตัวอย่างการสุ่มเลือกจำนวน 4 ครั้ง ได้โครโมโซมลำดับดังตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 ตัวอย่างการสุ่มเลือกโครโมโซมการสุ่มเลือกจำนวน 4 ครั้ง

ครั้งที่สุ่ม	1	2	3	4
เลขสุ่มที่ได้	0.53	0.75	0.23	0.32
โครโมโซม	3	3	2	2

การครอสโอเวอร์ด้วยวิธีการจินตนาการก็เหมือนเมื่อได้ข้อมูลประชากรที่ถูกเลือกเรียบร้อยแล้วจะนำโครโมโซมมาสุ่มจับคู่กันจนครบ เมื่อจับคู่แล้วก็ทำการตรวจสอบดูว่าข้อมูลที่จับคู่กันนั้นมีผลต่างเลขสุ่มอยู่ระหว่างอัตราการเกิดการครอสโอเวอร์หรือไม่ ถ้าอยู่ในช่วงอัตราที่กำหนดก็จะเกิดการถ่ายทอดแลกเปลี่ยนข้อมูลกัน แต่ถ้าอยู่ในช่วงที่ไม่เกิดการถ่ายทอดข้อมูลกัน ดังแสดงในตารางที่ 3-4 เมื่อได้โครโมโซมที่เกิดการครอสโอเวอร์แล้วก็นำมาผ่านกระบวนการแลกเปลี่ยนข้อมูล โดยสุ่มจุดที่จะเกิดการเปลี่ยนข้อมูลขึ้นมา 1 ตำแหน่ง และจะทำการแลกเปลี่ยนข้อมูลไปจนสุดความยาวของโครโมโซมดังภาพที่ 3-7

ตารางที่ 3-4 การเกิดครอสโอเวอร์จากการกำหนดอัตราการเกิดครอสโอเวอร์ที่ 0.5

การสุ่มจับคู่	1		2	
โครโมโซม	3	2	2	3
เลขสุ่ม	0.53	0.32	0.75	0.23
ผลต่างเลขสุ่ม	0.21		0.52	
ครอสโอเวอร์	เกิด		ไม่เกิด	

การมิวเตชัน หลังจากที่ได้ข้อมูลได้ผ่านการถ่ายทอดแลกเปลี่ยนกันเรียบร้อยแล้ว จะนำมาผ่านกระบวนการมิวเตชันอีกครั้ง เพื่อที่จะเพิ่มโอกาสในการพัฒนาข้อมูลให้ดียิ่งขึ้นกว่าเดิม ซึ่งถ้าหากข้อมูลที่ได้จากการมิวเตชันแล้วไม่ดีขึ้นก็จะถูกคัดทิ้งไปในการค้นหารุ่นต่อไป ซึ่งในการมิวเตชันจะพิจารณาที่ละตำแหน่งโดยอาศัยเลขสุ่มจำนวนจริง โดยที่ถ้าเลขสุ่มที่ได้มีค่าอยู่ในอัตราการเกิดการ

มิวเตชันก็จะเกิดการมิวเตชันขึ้นที่บิตนั้น แต่ถ้าเลขสุ่มที่ได้เกินกว่าอัตราการเกิดการมิวเตชันที่กำหนดไว้ก็จะไม่เกิดการมิวเตชันขึ้น ดังภาพที่ 3-8

A	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0
B	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0

Crossover point

A'	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0
B'	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0

ภาพที่ 3-7 กระบวนการครอสโอเวอร์ข้อมูลเพื่อหาโดเมนบล็อกที่เหมาะสม

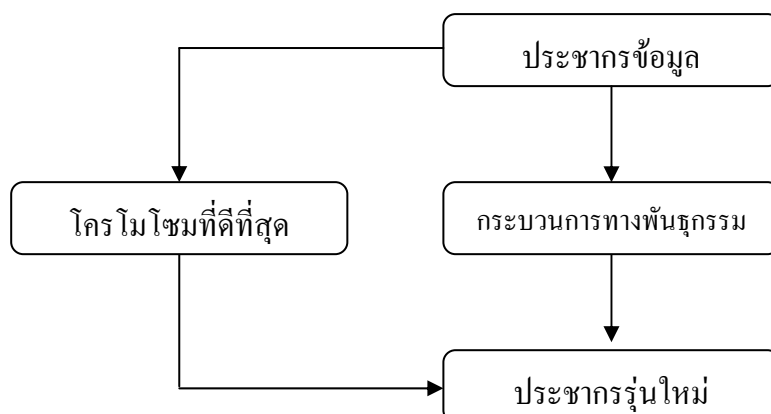
A'	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0
r	0.3	0.3	0.5	0.3	0.1	0.4	0.6	0.1	0.3	0.5	0.9	0.9	0.3	0.3	0.35	0.4	0.3	0.1	0.8

A''	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0
-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

ภาพที่ 3-8 กระบวนการมิวเตชันข้อมูลเพื่อหาโดเมนบล็อกที่เหมาะสมโดยกำหนดอัตราการเกิดมิวเตชันที่ 0.25

ข้อมูลที่ได้จากวิธีการจินตคติอัลกอริทึมเรียบร้อยแล้ว จะได้ข้อมูลที่ถูกคัดเลือกและผ่านการถ่ายทอดข้อมูลที่มีลักษณะเด่นมายังประชากรรุ่นใหม่ดังภาพที่ 3-9 ซึ่งก่อนที่จะนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ผู้วิจัยได้นำวิธีการเลือกข้อมูลแบบเก็บค่าเหมาะสมที่สุดส่งต่อไปรุ่นถัดไปเข้ามาช่วย เพื่อที่จะรักษาคุณภาพของข้อมูลที่ได้เอาไว้ โดยที่จะให้เลือกตัวโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมสูงสุดในแต่ละรุ่นจำนวนหนึ่ง เพื่อทำการเลือกมาสู่ประชากรรุ่นใหม่โดยที่ไม่ผ่านวิธีการจินตคติอัลกอริทึม เพื่อที่จะรักษาคุณภาพที่ดีไว้ให้มีอยู่ในรุ่นต่อไปอย่างแน่นอน เนื่องจากวิธีการเลือกแบบสุ่มวงล้อนั้น ทำให้โอกาสที่โครโมโซมตัวที่ดีที่สุดอาจจะไม่ถูกเลือกก็เป็นไปได้ ถึงแม้จะไม่เกิดขึ้นบ่อยก็ตาม

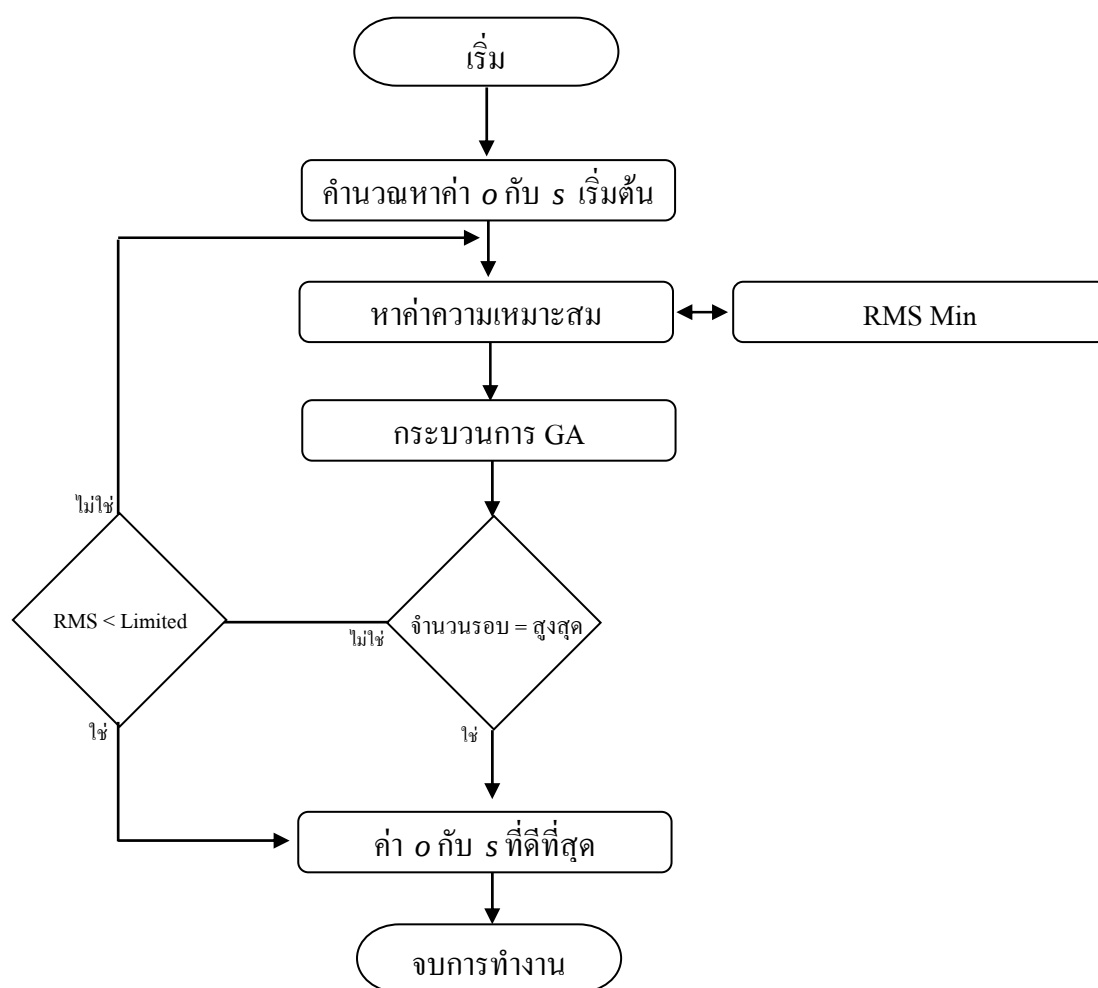
เมื่อผ่านกระบวนการจนครบตามจำนวนรอบที่ได้กำหนดแล้ว จะทำการเลือกโดเมนบล็อกที่มีค่าความเหมาะสมมากที่สุดมาเก็บเป็นรหัสแฟรกทอล และจะทำการเข้ารหัสตำแหน่งเรนจ์บล็อกที่ตำแหน่งต่อไปและเริ่มกระบวนการเดิมซ้ำอีกครั้ง และจะประมวลผลจนครบทั้งภาพเพื่อให้ได้รหัสแฟรกทอล



ภาพที่ 3-9 กระบวนการสร้างประชากรรุ่นใหม่โดยรักษาคุณภาพที่ดีไว้เสมอ

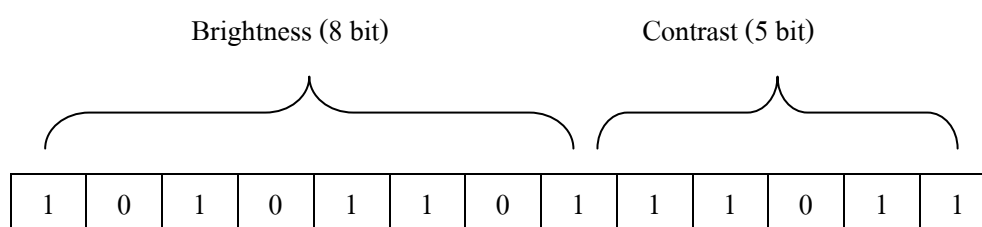
3.2.3 กระบวนการหาค่าลักษณะ o และ s โดยอาศัยวิธีการจินตคติอัลกอริทึม จากวิธีการหาค่าความผิดพลาดเฉลี่ยของเรนจ์บล็อกกับโดเมนบล็อก ปกติจะใช้สมการที่ 2-6 เพื่อหาค่า RMS โดยอาศัยค่าความสว่างเฉลี่ยและค่าความคมชัดมาเพื่อคำนวณหา ซึ่งค่าที่ได้อาจจะไม่ใช่ค่าที่ดีที่สุดเสมอไปเป็นเพียงค่าเฉลี่ยโดยรวม ซึ่งถ้าสามารถหาค่าที่มีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น ก็จะสามารถคงคุณภาพของภาพที่ทำการเข้ารหัสไว้ได้มากกว่าเดิม จึงได้นำวิธีการจินตคติอัลกอริทึมมาช่วยในการค้นหาค่า o กับ s ที่ดีที่สุดเพื่อที่จะใช้เก็บเป็นรหัสแฟรกทอลต่อไป

ในการทดลองจะนำวิธีการค้นหาคู่ที่เหมาะสมด้วยวิธีการจินตคติอัลกอริทึม และการหาการแปลงความเข้มแสงที่เหมาะสมมากที่สุดมาใช้ร่วมกันภายในกระบวนการเดียวกัน คาดว่าผลการทดลองที่ได้น่าจะสามารถลดเวลาในการเข้ารหัสภาพลงไปได้อย่างมาก เนื่องจากไม่ได้ใช้ข้อมูลในทุกตัวเพียงสุ่มหยิบมาใช้ และทำการพัฒนาการค้นหาคู่ด้วยกรรมวิธีจินตคติอัลกอริทึม และในการหาค่า o กับ s ที่จากเดิมหาด้วยวิธีการทางการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น โดยหาในเฉพาะช่วงของบล็อกที่พิจารณาแต่เมื่อนำวิธีการจินตคติอัลกอริทึมมาใช้เพื่อช่วยหาค่าการแปลงความเข้มแสง o กับ s โดยหาจากช่วงข้อมูลทั้งหมด ซึ่งจะมีการกำหนดขอบเขตของข้อมูลที่ต้องการไว้ดังภาพที่ 3-10 จะมีการกำหนดระดับของค่าความผิดพลาด RMS ไว้ ถ้าต่ำกว่าที่กำหนดก็จะเลือกข้อมูลชุดนั้น โดยไม่ต้องทำการค้นหาต่อไป ทำให้ข้อมูลที่ได้มีโอกาสที่จะได้ลักษณะการแปลงความเข้มแสงที่ดีกว่าหรือไม่ก็เท่ากับวิธีการที่หาด้วยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น ซึ่งจะได้นำเสนอผลการทดลองต่อไปในบทที่ 4



ภาพที่ 3-10 กระบวนการหาค่าลักษณะ o และ s ด้วยวิธีการจินตคณิตอัลกอริทึม

การกำหนดโครโมโซมของ o กับ s การกำหนดลักษณะของโครโมโซม คือนำค่า o กับ s มาสร้าง มีขนาด 8 บิตและ 5 บิตตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 3-11



ภาพที่ 3-11 การกำหนดลักษณะของโครโมโซมเพื่อหาค่า RMS

ฟังก์ชันความเหมาะสมเพื่อหา o กับ s กล่าวคือเพื่อต้องการที่จะหาค่าที่ทำให้เรนจ์ลือกกับโดเมนบล็อกลีความเหมาะสมกันมากที่สุด โดยใช้สมการ RMS เพื่อหาค่าความผิดพลาดระหว่างเรนจ์ลือกกับโดเมนบล็อกลี มาเป็นตัวกำหนดความเหมาะสมให้กับโครโมโซม o กับ s ที่สุ่มขึ้นมา ดังนั้นฟังก์ชันความเหมาะสมสามารถใช้ได้กับสมการที่ 3-1

วิธีการจินตนาการอัลกอริทึมเพื่อหา o กับ s เมื่อได้ค่าความเหมาะสมในแต่ละโครโมโซมของ o กับ s เรียบร้อยแล้วดังตัวอย่างในตารางที่ 3-5 จะทำการเลือกโครโมโซมที่จะใช้ในวิธีการจินตนาการอัลกอริทึม ต่อไป โดยนำค่าความเหมาะสมที่ได้มากำหนดความน่าจะเป็นของข้อมูลแล้วนำไปสร้างการสุ่มแบบหมุนวงล้อ (Roulette Wheel) โดยโครโมโซมที่ค่าความเหมาะสมมากจะมีโอกาสถูกเลือกได้มากกว่าโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมน้อย และสามารถหาค่าความน่าจะเป็นได้จากสมการที่ 2-10 จะเห็นได้ว่าโครโมโซมที่มีความน่าจะเป็นสูงจะมีโอกาสถูกเลือกมากกว่า 1 ครั้ง และโครโมโซมที่มีความน่าจะเป็นต่ำมีโอกาสที่จะไม่ถูกเลือกหรือโดนคัดทิ้งออกไปดังแสดงในตารางที่ 3-6

ตารางที่ 3-5 ตัวอย่างในการหาค่าความเหมาะสมจากโครโมโซมของ o กับ s

โครโมโซม	O (Brightness)	S (Contrast)	ค่าความเหมาะสม	ค่าความน่าจะเป็น
1	156	1.2	0.42	0.095
2	206	0.21	1.60	0.361
3	23	1.0	2.30	0.520
4	164	1.8	0.10	0.022

ตารางที่ 3-6 ตัวอย่างการสุ่มเลือกโครโมโซมการสุ่มเลือกจำนวน 4 ครั้ง ได้โครโมโซมลำดับ

ครั้งที่สุ่ม	1	2	3	4
โครโมโซม	3	1	2	3

หลังจากที่เลือกโครโมโซมได้แล้ว จะนำโครโมโซมมาผ่านกระบวนการถ่ายทอดโครอสโอเวอร์ และการมิวเตชันเพื่อที่จะสร้างประชากรข้อมูลของ o กับ s รุ่นใหม่ที่ดีกว่าขึ้นมา โดยกระบวนการโครอสโอเวอร์ จะทำการสุ่มจับคู่โครโมโซมของข้อมูลประชากร เพื่อที่จะทำการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างโครโมโซม โดยจะมีอัตราการเกิดโครอสโอเวอร์ (Crossover Rate) เป็นตัวกำหนดว่าจะเกิดขึ้นหรือไม่ ถ้าค่าข้อมูลที่สุ่มได้อยู่ในอัตราที่กำหนดก็จะทำการถ่ายทอดแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกันตามที่กำหนดไว้คือแลกเปลี่ยนแบบ 1 จุด ดังภาพที่ 3-12

เมื่อทำการถ่ายทอดข้อมูลด้วยวิธีการครอสโอเวอร์เรียบร้อยแล้ว ก็นำโครโมโซมที่ได้ไปผ่านกระบวนการมิวเตชันต่อไป เพื่อให้เกิดลักษณะใหม่ ๆ ที่มีโอกาสดีกว่าเดิมขึ้นมาอีก โดยจะมีการกำหนดเลขสุ่มในแต่ละตำแหน่งของยีนส์ในโครโมโซมข้อมูลดังภาพที่ 3-13 เพื่อใช้เป็นตัวกำหนดตามอัตราการเกิดการมิวเตชัน ถ้าตำแหน่งใดเลขสุ่มมีค่าอยู่ในอัตราที่กำหนดก็จะเกิดการมิวเตชัน

กำหนดอัตราการเกิดมิวเตชัน (Mutation Rate) = 0.1, r = เลขสุ่มจำนวนจริง เมื่อผ่านวิธีการจินตคณิตสุ่มเรียบร้อยแล้ว จะได้โครโมโซมชุดใหม่ขึ้นมา โดยจะมีจำนวนประชากรเท่ากับในตอนเริ่มต้น และจะทำการแปลงข้อมูลกลับไปให้อยู่ในรูปของเลขจำนวนจริงอีกครั้ง เพื่อที่จะใช้ในการหาค่าความเหมาะสมในรอบต่อไป และจะทำกระบวนการนี้ซ้ำกันไปจนครบจำนวนรอบที่กำหนด

A	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1
B	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0

Crossover point

A'	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0
B'	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1

ภาพที่ 3-12 การครอสโอเวอร์ 1 ตำแหน่ง

A'	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0
r	0.30	0.50	0.02	0.11	0.30	0.96	0.39	0.88	0.64	0.85	0.40	0.05	0.44

A'	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0
----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

ภาพที่ 3-13 การเกิดมิวเตชันที่อัตราการเกิดมิวเตชันเท่ากับ 0.1

3.4 การถอดรหัสภาพแบบแฟร็กทอล

ผลลัพธ์ที่ได้จากการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลคือ รหัสแฟร็กทอล จะนำมาแปลงกลับเพื่อให้ได้ภาพที่มีลักษณะคล้ายกับต้นฉบับมากที่สุด ซึ่งวิธีการถอดรหัสมีขั้นตอนคือ อ่านข้อมูลจากแฟ้มข้อมูล ประกอบด้วยค่าตำแหน่งที่คู่กัน รูปแบบการแปลงข้อมูล ระดับของความเข้มแสงและความคมชัด อ่านข้อมูลจากแฟ้มข้อมูลจนกระทั่งครบทุกส่วนของภาพ ขั้นตอนถัดมาคือทำระบบ

การทำงานซ้ำเดิม โดยใช้ข้อมูลจากขั้นตอนแรกแปลงภาพตามข้อมูลที่อ่านได้จากเพิ่มข้อมูล ซึ่งสามารถตั้งค่าจำนวนรอบในการทำงานได้ตามต้องการ หลังจากทำงานครบตามจำนวนรอบที่ตั้งไว้ก็จะได้ภาพที่มีลักษณะคล้ายกับภาพต้นแบบ

3.5 การวัดประสิทธิภาพด้านความเร็วและคุณภาพของการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลโดยอาศัยวิธีการจินตคณิตอัลกอริทึม

ในงานวิจัยนี้จะวัดคุณภาพของภาพที่ได้จากการเข้ารหัสภาพ จากค่าจำนวนบิตที่ใช้ในหนึ่งพิกเซล (Bit Rate) และค่าอัตราสัญญาณข้อมูลกับสัญญาณรบกวน (PSNR) ตามสมการที่ 2-10 2-11 และ 2-12 โดยจะทำการวัดคุณภาพของภาพที่ได้จากการเข้ารหัสในรูปแบบต่าง ๆ ต่อไปนี้ เพื่อทำการเปรียบเทียบกัน คือ

- การเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลแบบแบบมาตรฐาน [1]
- การเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลโดยอาศัยวิธีการจินตคณิตอัลกอริทึม
- การเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลโดยอาศัยวิธีการจินตคณิตอัลกอริทึม และหาค่าความเข้ม

แสดงด้วยวิธีการจินตคณิตอัลกอริทึม

โดยผลการวัดคุณภาพของภาพที่ได้ และเวลาที่ใช้ในการเข้ารหัสภาพตามวิธีการต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาจะแสดงในบทที่ 4 ต่อไป

3.6 กลุ่มตัวอย่างภาพในการวิจัยการเพิ่มความเร็วในการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลโดยอาศัยวิธีการจินตคณิตอัลกอริทึม

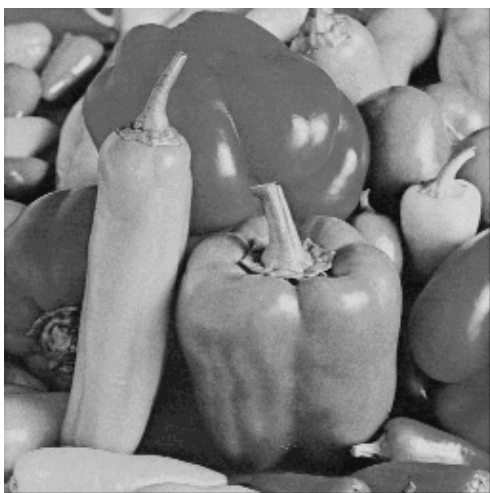
ในการทดลองทำการวิจัยเกี่ยวกับการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลโดยอาศัยการถ่ายทอดทางพันธุกรรมนี้ ผู้วิจัยกำหนดกลุ่มตัวอย่างภาพที่ใช้ในการทดลองเข้ารหัสจำนวน 4 รูป โดยจัดระดับความซับซ้อนของภาพตามการแบ่งพื้นที่ออกเป็นส่วนย่อยของเรนจ์บล็อก ดังแสดงในภาคผนวก ก โดยภาพที่ใช้ในการทดลองมีดังนี้

Peppers.bmp เป็นภาพแบบระดับสีเทา (Gray Scale) ความละเอียดของภาพกำหนดไว้ที่ 256x256 พิกเซล โดยกำหนดให้กลุ่มของภาพอยู่ในระดับความซับซ้อนน้อย ดังภาพที่ 3-14 (ก)

Lena.bmp เป็นภาพแบบระดับสีเทา ความละเอียดของภาพกำหนดไว้ที่ 256x256 พิกเซล โดยกำหนดให้กลุ่มของภาพอยู่ในระดับความซับซ้อนปานกลาง ดังภาพที่ 3-14 (ข)

Barbara.bmp เป็นภาพแบบระดับสีเทา ความละเอียดของภาพกำหนดไว้ที่ 256x256 พิกเซล โดยกำหนดให้กลุ่มของภาพอยู่ในระดับความซับซ้อนปานกลาง ดังภาพที่ 3-14 (ค)

Bikes.bmp เป็นภาพแบบระดับสีเทา ความละเอียดของภาพกำหนดไว้ที่ 256x256 พิกเซล โดยกำหนดให้กลุ่มของภาพอยู่ในระดับความซับซ้อนมาก ดังภาพที่ 3-14 (ง)



(ก) Peppers.bmp



(ข) Lena.bmp



(ค) Barbara.bmp



(ง) Bikes.bmp

ภาพที่ 3-14 ภาพต้นแบบเพื่อใช้ในการทดลองเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอล

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยที่ได้จากการนำวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลโดยใช้ขั้นตอนวิธีแบบพันธุกรรมมาประยุกต์ใช้ในการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอล เพื่อลดเวลาในการเข้ารหัสภาพเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการต่าง ๆ โดยผลการทดลองได้แสดงให้เห็น จำนวนบิตที่ใช้ในหนึ่งพิกเซล (Bit Rate) เปรียบเทียบกับเวลาที่ใช้ในการเข้ารหัส และจำนวนบิตที่ใช้เปรียบเทียบกับค่าอัตราสัญญาณข้อมูลกับสัญญาณรบกวน (PSNR) ซึ่งจะได้กล่าวดังต่อไปนี้

4.1 ผลการทดลองการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลแบบมาตรฐาน (Conventional Fractal Coding [1] : CFC)

จากผลการทดลองในตารางที่ 4-1 พบว่าเวลาที่ใช้ในการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลมาตรฐานนั้นใช้เวลานาน โดยเวลาสูงสุดของการเข้ารหัสกับภาพ Lena.bmp ที่ Bit Rate 1.54 bpp (Threshold 0.1) อยู่ที่ 119,305 วินาที หรือเมื่อคิดเป็นนาทีเท่ากับ 1988.41 นาที และได้ค่า PSNR เท่ากับ 35.26 dB ซึ่งแสดงถึงคุณภาพของภาพที่ได้หลังจากการถอดรหัส โดยค่า PSNR ที่มากจะให้คุณภาพของภาพดีกว่าค่า PSNR น้อย แต่จะสังเกตเห็นได้ว่าอัตราบิตที่ใช้ต่อพิกเซลอยู่ในอัตราที่ต่ำ เพียง 1.54 bpp เนื่องจากในการเก็บข้อมูลรหัสแฟร็กทอลด้วยวิธีการแฟร็กทอลแบบมาตรฐานนั้นเก็บเพียง 33 บิตต่อบล็อกเท่านั้น และได้ทำการทดลองที่ค่าบิตเรตต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 4-1 โดยมีค่าขอบเขตของระดับภาพ (Threshold) เป็นตัวกำหนด เนื่องจากได้ใช้วิธีการ Quadtree ในการแบ่งภาพ จะได้ค่าบิตเรตที่ 1.54, 1.24, 1.05, 0.91 และ 0.77 ตามลำดับ

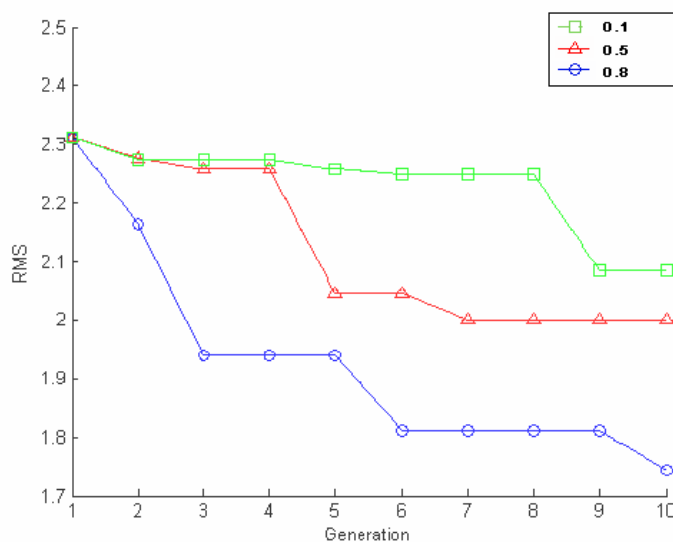
ตารางที่ 4-1 ผลการทดลองการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลแบบมาตรฐานกับภาพ Lena.bmp

พารามิเตอร์	ผลการทดลอง				
Bit Rate (bpp)	1.54	1.24	1.05	0.91	0.77
Time (sec)	119304.89	105404.54	90546.83	76050.98	65348.36
Time (min)	1988.41	1756.74	1509.11	1267.51	1089.13
PSNR (dB)	35.26	34.54	33.87	32.93	31.96

4.2 ผลการทดลองการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลโดยอาศัยวิธีการจินตคณิตอัลกอริทึม (วิธีที่ 1)

ในขั้นตอนนี้ได้เพิ่มวิธีการจินตคณิตอัลกอริทึมเข้ามา จึงจำเป็นที่จะต้องทำการทดลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการทดลอง และเพื่อศึกษาถึงพฤติกรรมของพารามิเตอร์ของวิธีการจินตคณิตอัลกอริทึมเพื่อนำไปปรับใช้ได้อย่างเหมาะสม

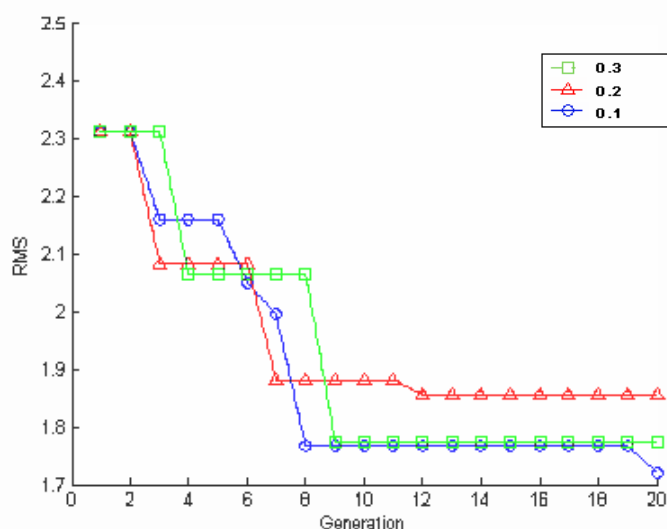
4.2.1 อัตราการเกิดครอสโอเวอร์ จากภาพที่ 4-1 เมื่อมีการปรับค่าอัตราให้อยู่ในระดับต่ำเท่ากับ 0.1 จะเห็นได้ว่าลักษณะการเกิดหรือการหาคำตอบใหม่ ๆ ที่เกิดขึ้นในแต่ละรุ่นจะเป็นไปได้ช้า เมื่อสิ้นสุดวิวัฒนาการรุ่นที่ 10 ได้ค่าความผิดพลาดของข้อมูล (RMS) อยู่ที่ 2.08 ซึ่งเมื่อปรับระดับให้มีอัตราการเกิดครอสโอเวอร์ที่มากขึ้นที่ 0.5 จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงที่เร็วขึ้นจากเดิมและจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องในรุ่นวิวัฒนาการที่ 2 ถึง 7 และเมื่อจบรุ่นที่ 10 ได้ค่าความผิดพลาดของข้อมูลอยู่ที่ 2.01 และเมื่อทำการเพิ่มค่าขึ้นไปอีกที่ 0.8 จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลอย่างรวดเร็วในรอบการวิวัฒนาการรอบแรกจนถึงรอบที่ 6 และเมื่อจบรุ่นที่ 10 ค่าความผิดพลาดของข้อมูลอยู่ที่ 1.74 แสดงให้เห็นได้ว่าอัตราการเกิดครอสโอเวอร์ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงข้อมูลในแต่ละรุ่น ดังนั้นในการเลือกกำหนดอัตราการเกิดครอสโอเวอร์จึงมีความสำคัญ เนื่องจากจะทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนข้อมูลกันได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งข้อมูลจะมีลักษณะที่แตกต่างกันออกไป ทำให้ได้ข้อมูลที่เหมาะสมเร็วขึ้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้เลือกใช้อัตราการเกิดครอสโอเวอร์ที่ 0.7 ถึง 0.8



ภาพที่ 4-1 ค่าพารามิเตอร์จินตคณิตอัลกอริทึมที่ครอสโอเวอร์ระดับต่าง ๆ

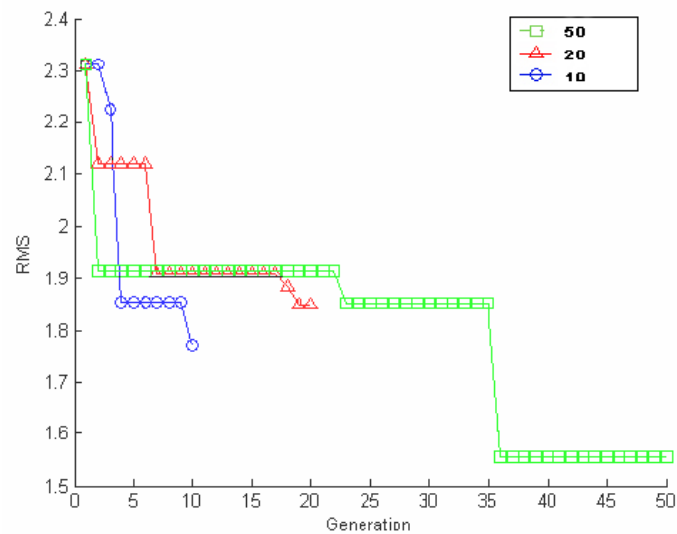
4.2.2 อัตราการเกิดมิวเตชัน วิธีการนี้เป็นการเปิดโอกาสให้มีการหาข้อมูลใหม่ ๆ ที่แตกต่างไปจากเดิมมา จากภาพที่ 4-2 เมื่อกำหนดอัตราการเกิดมิวเตชันอยู่ที่ 0.3 โดยกำหนดอัตราการเกิด

ครอสโอเวอร์เท่ากับ 0.8 ค่าความผิดพลาดของข้อมูลที่ได้ในรอบวิวัฒนาการที่ 20 อยู่ที่ 1.76 ซึ่งมีค่าความเหมาะสมที่น้อยกว่าที่อัตรา 0.1 ซึ่งได้ค่าความผิดพลาดของข้อมูลอยู่ที่ 1.72 โดยที่ค่าอัตราการเกิดมิวเตชันที่ 0.2 มีค่าความเหมาะสมน้อยที่สุดคือได้ค่าความผิดพลาดของข้อมูลอยู่ที่ 1.87 เนื่องจากเมื่ออัตราการเกิดมิวเตชันมีค่าที่สูง จะทำให้ข้อมูลที่ได้ในแต่ละรุ่นถูกวิวัฒนาการกลายพันธุ์ที่แตกต่างจากเดิมไปมาก ซึ่งอาจจะดีกว่าหรือแย่กว่าก็เป็นไปได้ จากผลการทดลองดังกล่าว ผู้วิจัยได้เลือกกำหนดอัตราการเกิดมิวเตชันที่ระดับ 0.1



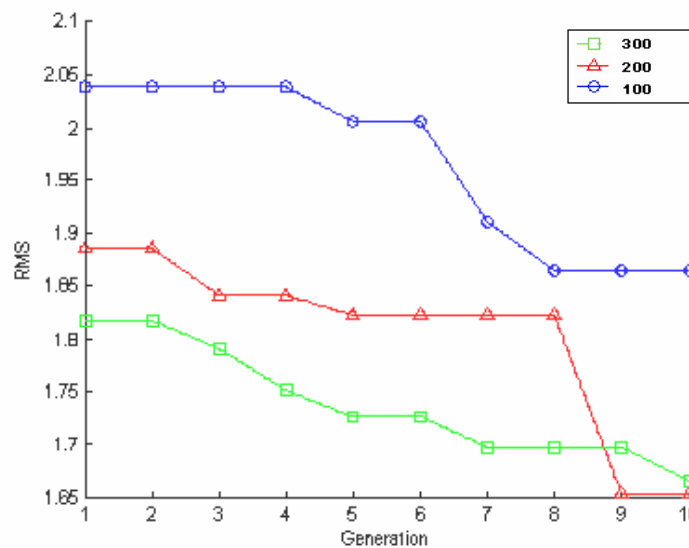
ภาพที่ 4-2 ค่าพารามิเตอร์จินตริกอัลกอริทึมที่มิวเตชันระดับต่าง ๆ

4.2.3 จำนวนรอบวิวัฒนาการ (Generation) จากภาพที่ 4-3 เมื่อสิ้นสุดกระบวนการในรุ่นที่ 20 จะได้ค่าความผิดพลาดของข้อมูลอยู่ที่ 1.84 ซึ่งมากกว่าเมื่อเทียบกับที่รอบวิวัฒนาการ 10 รอบ ที่ได้ค่าความผิดพลาดของข้อมูลอยู่ที่ 1.76 และเมื่อกำหนดรอบวิวัฒนาการเท่ากับ 50 พบว่ารุ่นประชากร 36 ถึง 50 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นเลย โดยได้ค่าความผิดพลาดของข้อมูลอยู่ที่ 1.53 ซึ่งได้มาตั้งแต่รุ่นที่ 36 ซึ่งทำให้เสียเวลาในการประมวลผลไป โดยในรอบการวิวัฒนาการรุ่นหลังจะได้คำตอบข้อมูลที่ไม่แตกต่างจากเดิมมากนัก เมื่อเปรียบเทียบกับรอบการวิวัฒนาการในรุ่นแรก ๆ ที่มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลที่มีความแตกต่างกันมาก จากผลการทดลองในตารางที่ 4-2 การกำหนดจำนวนรุ่นของประชากรที่มากจะมีผลกับเวลาที่ใช้ในการเข้ารหัส เนื่องจากงานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะลดเวลาในการเข้ารหัสภาพ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกกำหนดให้รอบวิวัฒนาการที่ใช้ในการทดลองควรอยู่ที่ 10



ภาพที่ 4-3 ค่าพารามิเตอร์จินตคณิตอัลกอริทึมที่รอบการวิวัฒนาการระดับต่าง ๆ

4.2.4 จำนวนประชากรข้อมูล (Population) จากภาพที่ 4-4 จำนวนของประชากรข้อมูลที่ได้จากการสุ่มในขั้นเริ่มต้น จะเป็นการเปิดโอกาสให้หาลักษณะข้อมูลต่าง ๆ เพื่อนำมาคัดเลือกข้อมูล



ภาพที่ 4-4 ค่าพารามิเตอร์จินตคณิตอัลกอริทึมที่จำนวนประชากรข้อมูลที่ระดับต่าง ๆ

ตารางที่ 4-2 ผลการทดลองจำนวนรอบวิวัฒนาการที่ค่า Bit Rate 1.54 bpp

รอบวิวัฒนาการ	PSNR (dB)	Encoding Time (Sec)
10	30.75	586.03
20	30.91	782.91
50	31.03	1350.11

ตารางที่ 4-3 ผลการทดลองจำนวนประชากรที่ค่า Bit Rate 1.54 bpp

จำนวนประชากร	PSNR (dB)	Encoding Time (Sec)
100	30.75	586.03
200	31.06	861.33
300	31.84	1182.03

ถ้าข้อมูลที่ได้มีลักษณะที่แตกต่างกันมาก ๆ หรือมีหลายลักษณะ ก็จะทำให้มีโอกาสได้ข้อมูลที่เหมาะสมมากกว่าการใช้จำนวนประชากรข้อมูลที่น้อยกว่าดังภาพที่ 4-4 เมื่อกำหนดจำนวนประชากรเท่ากับ 100 ค่าที่ได้จากความผิดพลาดของข้อมูลอยู่ที่ 2.04 ในรอบเริ่มต้น ซึ่งเมื่อกำหนดจำนวนประชากรมากขึ้นที่ 200 และ 300 จะทำให้ได้ค่าความผิดพลาดของข้อมูลอยู่ที่ 1.88 และ 1.82 ตามลำดับ จากผลการทดลองในตารางที่ 4-3 จำนวนประชากรที่ใช้มีผลกับเวลาในการเข้ารหัส ดังนั้นเพื่อความเหมาะสมกับเวลาและคุณภาพที่ต้องการ ผู้วิจัยจึงเลือกจำนวนประชากรเท่ากับ 100

จากผลการทดลองในตารางที่ 4-4 การเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลโดยอาศัยวิธีการจินตคณิตอัลกอริทึม จะสามารถลดเวลาในการเข้ารหัสไปได้อย่างมากกว่าถึง 98% เมื่อเทียบกับการเข้ารหัสภาพแบบมาตรฐานของ Fisher และคุณภาพที่ได้ลดลงไปเพียง 11.80% ที่บิตเรตเท่ากับ 0.77 bpp

ตารางที่ 4-4 ผลการทดลองการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลโดยอาศัยวิธีการจินตคณิตกับภาพ Lena.bmp

พารามิเตอร์	ผลการทดลอง				
Bit Rate (bpp)	1.54	1.24	1.05	0.91	0.77
Time (sec)	586.03	475.05	407.39	352.22	259.21
Time (min)	9.76	7.91	6.78	5.87	4.32
PSNR (dB)	30.75	30.32	30.01	29.27	28.59
Speed up time (%)	98.08	98.18	98.23	98.23	98.44
Decrease PSNR (%)	14.70	13.90	12.90	12.60	11.80

4.3 ผลการทดลองการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลโดยอาศัยวิธีการจินตคณิตอัลกอริทึม และหาค่าความเข้มแสงด้วยวิธีการจินตคณิตอัลกอริทึม (วิธีที่ 2)

การหาค่า o กับ s ที่เหมาะสมด้วยจินตคณิตอัลกอริทึม จากเดิมที่ใช้การหาด้วยสมการการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตามสมการที่ 2-1 และ 2-2 เพียงอย่างเดียว ผลที่ได้คือสามารถหาค่า o กับ s ที่เหมาะสมได้ดีกว่าวิธีการหาด้วยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น แสดงถึงผลการหาค่า o กับ s ที่ได้ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นเปรียบเทียบกับวิธีการทางพันธุกรรม ซึ่งจะเห็นได้ว่าวิธีจินตคณิตอัลกอริทึมได้ผลที่ดีกว่าเสมอ เนื่องจากใช้ค่าเริ่มต้นของวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นเป็นจุดเริ่มต้นของข้อมูลที่สุ่มขึ้นมา ซึ่งส่งผลให้คุณภาพของภาพที่ได้มีคุณภาพที่ดีขึ้นก็มีความผิดเพี้ยนที่น้อยลงกว่าเดิม ดังแสดงในตารางที่ 4-5 จะสังเกตได้ว่าผลจากการใช้จินตคณิตอัลกอริทึมเข้ามาช่วย ทำให้สามารถหาค่า o กับ s ที่ใช้ในการคำนวณหาค่าความผิดเพี้ยนของข้อมูลได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งค่าที่ได้ต่ำสุดก็จะเท่ากับค่าความผิดเพี้ยนของข้อมูลที่หาด้วยสมการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น เนื่องจากในขั้นตอนของวิธีการจินตคณิตอัลกอริทึมได้นำค่าความผิดเพี้ยนของข้อมูลที่หาด้วยสมการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นมาใส่รวมเป็นโครโมโซมไว้ด้วยทุกครั้ง เพื่อคงค่าที่เหมาะสมไม่ให้ต่ำกว่าค่าที่ได้จากวิธีการที่หาด้วยสมการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น

ตารางที่ 4-5 ผลการทดลองในการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลโดยอาศัยวิธีการจินตคณิตอัลกอริทึม และหาค่าความเข้มแสงด้วยวิธีการจินตคณิตอัลกอริทึมกับภาพ Lena.bmp

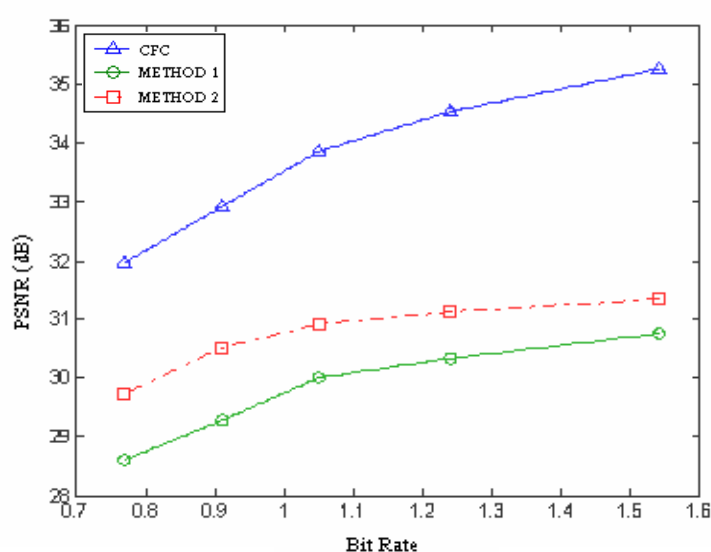
พารามิเตอร์	ผลการทดลอง				
Bit Rate (bpp)	1.97	1.91	2.09	1.87	1.60
Time (sec)	601.20	500.25	480.32	372.14	265.31
Time (min)	10.02	8.33	8.01	6.20	4.42
PSNR (dB)	31.33	31.13	30.921	30.52	29.71
Speed up time (%)	98.03	98.09	97.91	98.13	98.40
Decrease PSNR (%)	12.60	11.00	9.60	8.10	7.60

เมื่อทำการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลแบบมาตรฐานแล้ว ทำการถอดรหัสหรือแปลงกลับข้อมูลภาพ จะได้ข้อมูลดังแสดงในภาพที่ 4-7 ซึ่งเป็นภาพ Lena.bmp มีความซับซ้อนปานกลางและมีค่า Bit Rate เท่ากับ 1.54 bpp และสามารถอธิบายเป็นกราฟได้จากภาพที่ 4-5 และ 4-6 ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่า การเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลด้วยวิธีมาตรฐานที่ไม่มีการใช้วิธีการอื่นร่วมด้วยใช้เวลานานในการเข้ารหัสภาพ เนื่องจากต้องทำการค้นหาของบล็อกรหัสข้อมูลตั้งแต่บล็อก

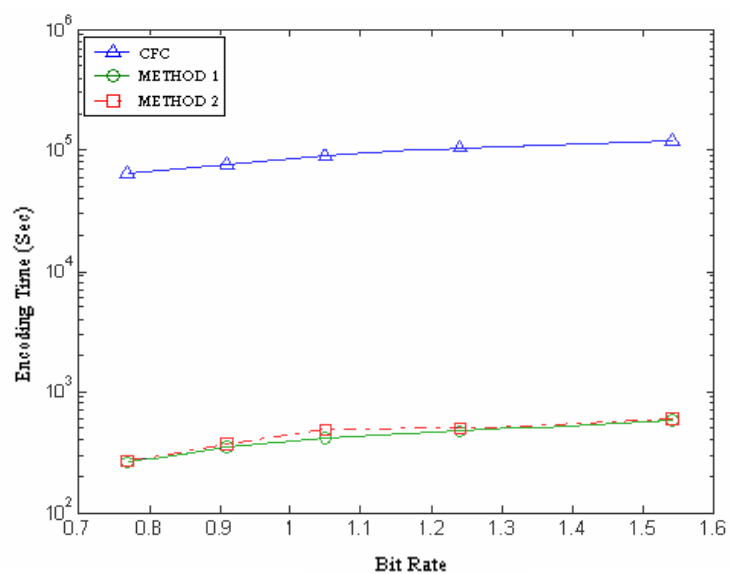
แรกจนถึงบล็อกสุดท้าย (ทั้งภาพ) จนกว่าจะได้คู่ของบล็อกที่เหมาะสมกัน ในส่วนของการถอดรหัส ภาพนั้นได้ค่า PSNR ที่สูง นั้นหมายความว่ามีความผิดเพี้ยนไปจากภาพต้นฉบับน้อย ภาพที่ได้อยู่ในเกณฑ์ที่ดี ซึ่งถ้านำไปใช้งานจริงนั้น จะต้องคำนึงถึงคุณภาพที่ต้องการใช้ให้เหมาะสมด้วย เช่น ถ้าใช้เป็นการบอกตำแหน่งของพื้นที่จากภาพถ่ายดาวเทียม อาจจะลดคุณภาพของภาพลงได้เพื่อต้องการความเร็วในการส่งข้อมูลในระยะทางที่ไกล และข้อมูลต้องการเพียงแค่รูปลักษณะภูมิประเทศ

ตารางที่ 4-6 การเปรียบเทียบค่า RMS ที่ได้จากการค้นหา α กับ s ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นกับวิธีการจินตคณิตอริทึม

โดเมนบล็อกที่	RMS	
	การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น	เจนเนติกอัลกอริทึม
1	2.35	1.92
2	2.13	1.01
3	3.10	2.52
4	1.60	1.60
5	0.50	0.50
6	2.90	1.75
7	1.36	0.57



ภาพที่ 4-5 ความสัมพันธ์ระหว่าง Bit Rate กับเวลาที่ใช้ในการเข้ารหัส



ภาพที่ 4-6 ความสัมพันธ์ระหว่าง Bit Rate กับคุณภาพของภาพที่ผ่านการเข้ารหัส



(ก) ภาพต้นแบบ



(ข) แฟร็กทอลแบบมาตรฐาน (PSNR 35.27 dB)



(ค) แฟร็กทอล + GA (PSNR 30.75 dB)



(ง) วิธีที่นำเสนอ (PSNR 31.33 dB)

ภาพที่ 4-7 ภาพต้นฉบับและภาพที่สร้างกลับจากวิธีการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลแบบต่าง ๆ กับภาพ Lena.bmp

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลสรุปของการวิจัยและข้อเสนอแนะของการพัฒนา วิธีการเพิ่มความเร็วในการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลโดยใช้ขั้นตอนวิธีแบบพันธุกรรม เพื่อที่จะช่วยลดเวลาในการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลซึ่งเป็นจุดด้อยของการเข้ารหัสด้วยวิธีการนี้ และเพื่อใช้ในการพัฒนาการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลต่อไป

5.1 สรุปผลการวิจัย

ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้กล่าวถึง วิธีการแก้ปัญหาทางด้านเวลาที่ใช้ในการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอล ซึ่งเป็นจุดด้อยทางด้านการเข้ารหัสภาพ เนื่องจากขั้นตอนในการค้นหาคู่ที่เหมาะสมกันระหว่างเรนจ์บล็อกและโดเมนบล็อกนั้น จะกระทำโดยค้นหาที่ละตำแหน่งของพิกเซล ซึ่งใช้เวลานานในการค้นหาแต่ละคู่ และกระทำจนหมดทั้งภาพ ผู้วิจัยจึงได้นำวิธีการที่จะช่วยลดเวลาในการจับคู่ของเรนจ์บล็อกและโดเมนบล็อก โดยที่ยังสามารถรักษาคุณภาพของภาพไว้ได้ วิธีการดังกล่าวคือ “จินตนิมิตอัลกอริทึม” โดยจะนำข้อมูลของภาพมาผ่านกระบวนการที่เลียนแบบการคัดเลือกทางพันธุศาสตร์ เพื่อคัดเลือกข้อมูลที่ดีให้สามารถคงอยู่และถ่ายทอดต่อไป ในขณะที่ข้อมูลที่ไม่ดีจะถูกคัดเลือกร้างออกไป ซึ่งวิธีการนี้จะทำการเลือกข้อมูลประชากรมาจำนวนหนึ่งแล้ว จึงทำการพัฒนาไปในแต่ละรุ่นทำให้สามารถหาข้อมูลที่เหมาะสมได้ โดยไม่จำเป็นต้องค้นหาจากข้อมูลทั้งภาพ

จากผลการทดลองในบทที่ 4 จะเห็นได้ว่าการเข้ารหัสภาพด้วยวิธีการแฟร็กทอล จะใช้เวลาในการเข้ารหัสภาพที่นานเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ๆ การเข้ารหัสภาพด้วยวิธีการแฟร็กทอลแบบใช้ขั้นตอนทางพันธุกรรมของ Mohamed นั้น สามารถที่จะลดเวลาในการเข้ารหัสภาพลงได้อย่างมากโดยยังคงรักษาคุณภาพของภาพไว้ได้มาก ซึ่งคุณภาพลดลงไปเพียง 15% แต่วิธีการที่ผู้วิจัยได้นำเสนอนั้นจะนำจินตนิมิตอัลกอริทึม เข้ามาช่วยในการค้นหาคู่ที่เหมาะสมของเรนจ์บล็อกและโดเมนบล็อก แล้วจึงได้นำวิธีการดังกล่าวไปช่วยหาค่าของรหัสแฟร็กทอลที่เหมาะสมยิ่งขึ้นกว่า เพื่อไปกำหนดค่าความสว่างและค่าความคมชัดของบล็อกข้อมูลนั้น ทำให้ผลที่ได้มีคุณภาพดีกว่าทั้งสองวิธีที่ได้กล่าวมา โดยคุณภาพของภาพจะสูญเสียไปเพียง 10 % และยังใช้เวลาน้อยที่สุดในการเข้ารหัสภาพ แต่ทั้งนี้ผลของการวิจัยจะขึ้นอยู่กับข้อกำหนดลักษณะของพารามิเตอร์ที่ใช้และอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย โดยภายในกระบวนการจินตนิมิตอัลกอริทึมจะมีการกำหนดอัตราของ

การครอสโอเวอร์และมิวเตชันที่เหมาะสมกับข้อมูลภาพโทนสีเทาที่ขนาด 256x256 พิกเซลไว้ และเมื่อมีการเปลี่ยนขนาดของภาพก็อาจจำเป็นต้องมีการปรับค่าข้อมูล เพื่อให้ได้คุณภาพของภาพและประสิทธิภาพทางด้านความเร็วตามที่ต้องการ และจินตริกอัลกอริทึมนั้นในตอนเริ่มต้นจะเป็นการสุ่มข้อมูลขึ้นมาทำให้อาจจะไม่ได้คุณภาพที่เท่ากันทุกครั้ง แต่ก็จะไม่แตกต่างกันมาก และในวิธีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ให้กับจินตริกอัลกอริทึมนั้น ก็สามารถที่จะสรุปได้ว่า ในงานวิจัยนี้จะกำหนดให้อัตราการเกิดครอสโอเวอร์อยู่ในระดับที่สูง เพื่อให้เกิดการถ่ายทอดคุณลักษณะอย่างรวดเร็วในประชากรข้อมูลในรุ่นแรก ๆ และเมื่อถึงรุ่นหลัง ๆ จะเกิดการถ่ายทอดหรือเปลี่ยนแปลงลักษณะข้อมูลที่น้อยลง ผู้วิจัยก็จะนำขั้นตอนของมิวเตชันเข้ามาช่วยเพิ่มโอกาสหรือลักษณะใหม่ ๆ เข้ามาเพื่อให้ได้ค่าเหมาะสมที่ดีขึ้นไปอีก ซึ่งอัตราการเกิดมิวเตชันจะกำหนดไว้ในอัตราที่ไม่สูงมากนักเพื่อใช้กับข้อมูลในชุดท้าย ๆ ส่วนจำนวนประชากรที่ใช้จะขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของงาน ถ้าต้องการโอกาสในการค้นหาข้อมูลที่กว้างก็เพิ่มจำนวนของประชากรข้อมูลได้ และสุดท้ายคือการกำหนดรอบของจินตริกอัลกอริทึม จะกำหนดตามความเหมาะสมอีกเช่นกัน โดยรอบที่มากจะเพิ่มโอกาสในการค้นหาคำตอบของข้อมูลที่ต้องการได้ดีขึ้น ซึ่งอาจจะใช้ระบบการตรวจสอบข้อมูลที่ต้องการควบคู่กันไป เช่นเมื่อข้อมูลที่ต้องการมีค่า RMS ต่ำกว่า 0.5 ให้หยุดขั้นตอนจินตริกอัลกอริทึมแล้วเลือกข้อมูลชุดนั้นเพื่อไปใช้ต่อไป

5.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัย

จากการวิจัยการเพิ่มความเร็วในการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอล โดยใช้ขั้นตอนวิธีแบบพันธุกรรม เป็นการใช้ขั้นตอนวิธีแบบพันธุกรรมอย่างง่ายโดยใช้แก้ปัญหาในการเข้ารหัสภาพแบบปัญหาเดียว ซึ่งสามารถพัฒนาวิธีการค้นหาข้อมูลโดยกำหนดกลุ่มเป้าหมายที่ดีและเหมาะสมมากขึ้น และสามารถแก้ปัญหาที่หลาย ๆ จุดพร้อมกัน ซึ่งจะทำได้ทำให้สามารถเพิ่มความเร็วในการค้นหาได้อีก และเมื่อการค้นหาคำตอบได้ถูกพัฒนาได้ดีแล้วจะทำให้เวลาในการเข้ารหัสลดลงไปอย่างมากจนนำไปใช้ในการเข้ารหัสภาพที่มีลักษณะเคลื่อนไหวหรือภาพวิดีโอต่อไปได้

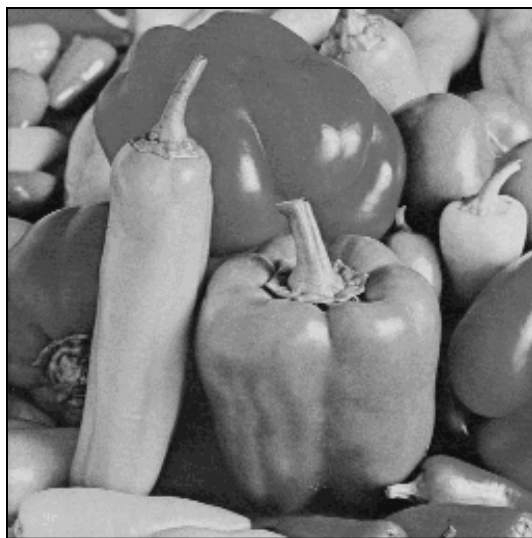
เอกสารอ้างอิง

1. Fisher. "Fractal Image Compression : Theory and Application" Springer-Verlag New York 1995.
2. B. Wohlberg and G. de Jager. "A Review of the Fractal Image Coding Literature" IEEE Transactions on Image Processing vol. 8. December 1999 : 1716-1729.
3. C. Frigaard, J. Gade, T. Hemmingsen, and T. Sand "Image compression based on a fractal theory" Internal Report S701. Institute for Electronic Systems. Aalborg University Aalborg. Denmark. 1994.
4. C. Hart. "Fractal Image Compression and Recurrent Iterated Function Systems" IEEE Computer Graphics and Applications 0272-1 7-1 61961 Washington State University. July 1996.
5. Mendel. "Experiments in Plant Hybridization" Meetings of February 8th and March 8th. 1865.
6. J. Holland. "Adaptation in Natural and Artificial Systems" . The University of Michigan Press. Ann Arbor. 1975.
7. Mohamed, Boukelif Aoued. "Optimization of Fractal Image Compression Based on Genetic Algorithms" Multidimensional Systems and Signal Processing. May 2005 : 217–236.
8. Takezawat , Hondat , Miurat , Haseyamat , and Kitajimat. "A Genetic-Algorithm Based Quantization Method for Fractal Image Coding" Kita-ku Kita-13 Nishi-8 Sapporo 060-8628. Japan.
9. M.F. Barnsley and S. Demko. "Iterated Function Systems and the Global Construction of Fractals" Proceedings of the Royal Society of London A vol. 399. 1985 : 243–275.
10. Gen, Cheng. "Genetic Algorithms and Engineering design" Ashikaga Institute of Technology Japan. 1987.
11. Michalewicz Z. "Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs" Berlin Heidelberg. New York. 1992.

12. J. E. Baker J. “Adaptive Selection Methods for Genetic Algorithms”. Proc. ICGA 1. 1985. : 101-111.
13. C. M. Fonseca and P. J. Fleming, “Genetic Algorithms for Multiple Objective Optimization: Formulation, Discussion and Generalization”. Proc. ICGA 5. 1993 : 416-423.
14. Drullinger. “Tuning of Genetic Algorithm Fitness Function Parameters for Embedded Control Applications” University of Washington. 2003.
15. Melinda. “Genetic Algorithm and Acceleration Techniques” University of Queensland. May 2003.
16. D. E. Goldberg. “Genetic Algorithm in Search, Optimization and Machine Learning” MA: Addison-Wesley. 1989.
17. กาญจน์ วงศ์วิภาพร. การจัดการตารางสอนของโรงเรียนแบบอัตโนมัติโดยจีเน็ติกอัลกอริทึม วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2541.
18. K. Mitra, C. A. Murthy, and Malay K. Kundu. “Technique for Fractal Image Compression Using Genetic Algorithm” IEEE Transactions on image processing, April 1998.
19. C. Gonzalez, Richard E. Wood. Digital Image Processing. Second edition. India. 1997.

ภาคผนวก ก

การแบ่งพื้นที่เป็นส่วนย่อยเพื่อจัดระดับความซับซ้อน



(ก)

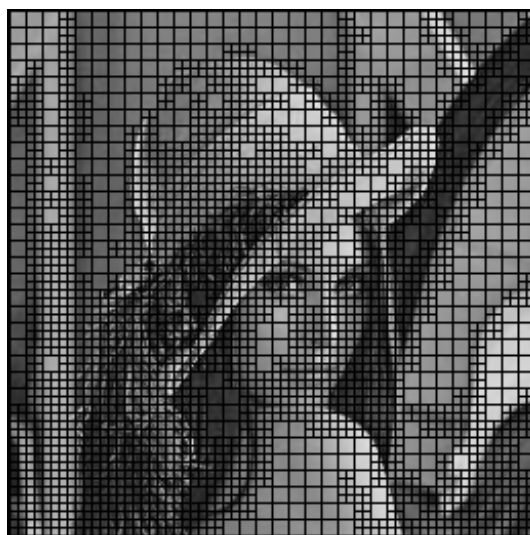


(ข)

ภาพที่ ก-1 การแบ่งพื้นที่เป็นส่วนย่อยของข้อมูลภาพต้นแบบ Peppers.bmp



(ก)

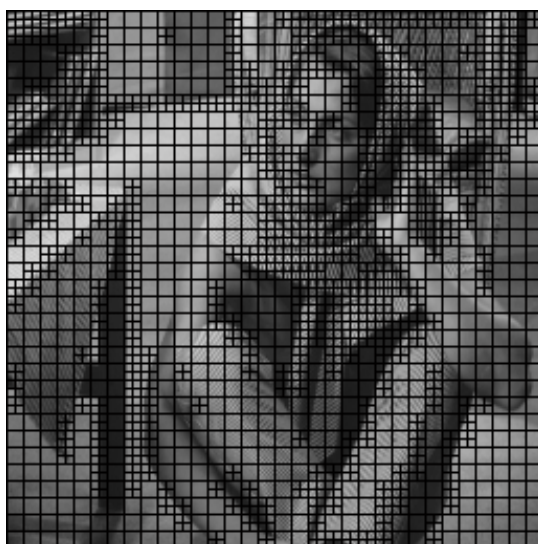


(ข)

ภาพที่ ก-2 การแบ่งพื้นที่เป็นส่วนย่อยของข้อมูลภาพต้นแบบ Lena.bmp



(ก)

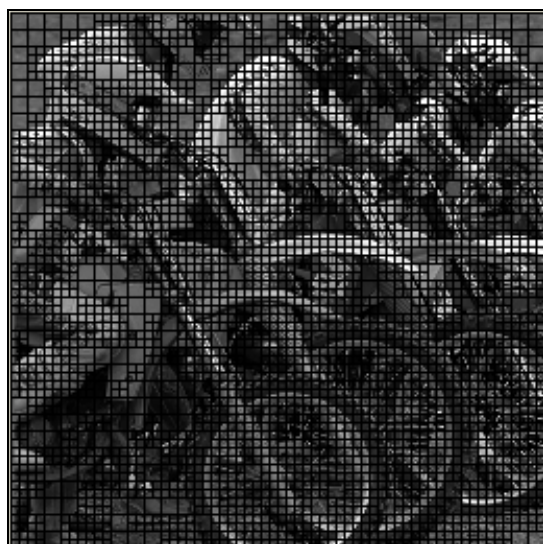


. (ข)

ภาพที่ ก-3 การแบ่งพื้นที่เป็นส่วนย่อยของข้อมูลภาพต้นแบบ Barbara.bmp



(ก)

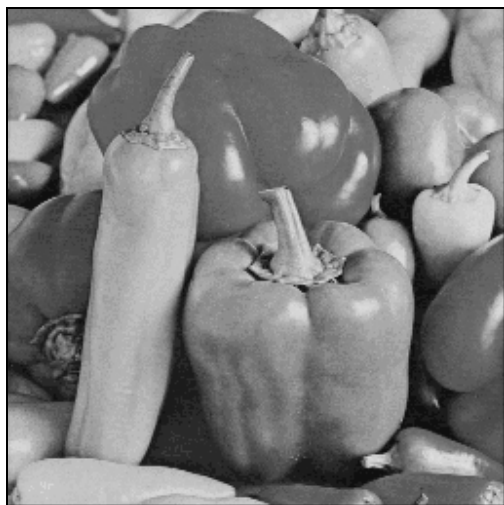


(ข)

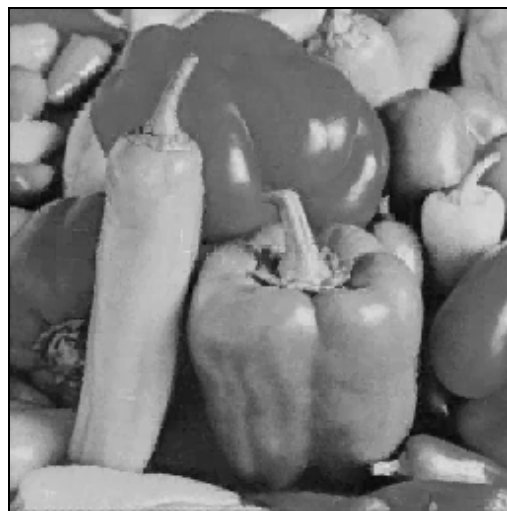
ภาพที่ ก-4 การแบ่งพื้นที่เป็นส่วนย่อยของข้อมูลภาพต้นแบบ Bikes.bmp

ภาคผนวก ข

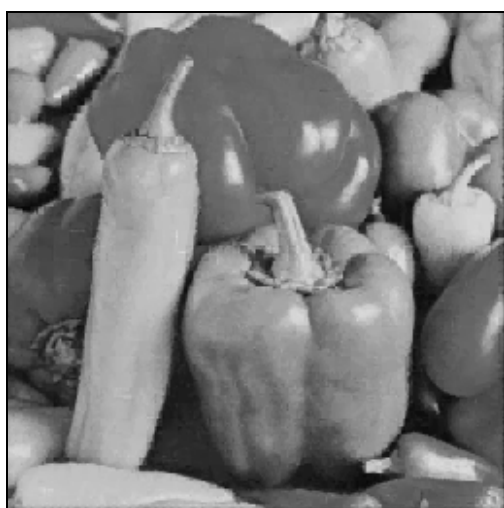
การแสดงผลที่สร้างกลับจากการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลด้วยวิธีการต่าง ๆ



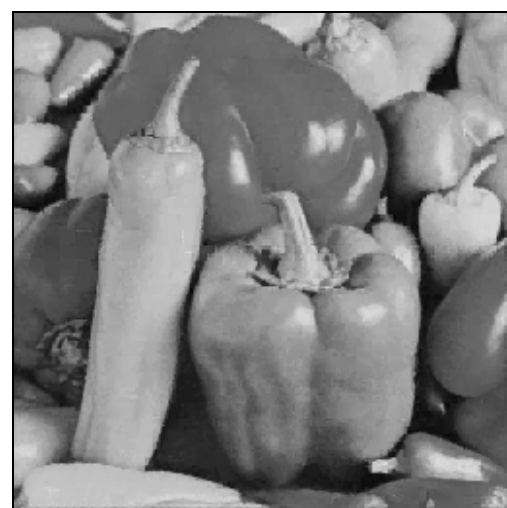
(ก) Original



(ข) PSNR = 33.12 at Bit Rate 1.65



(ค) PSNR = 29.11 at Bit Rate 1.65



(ง) PSNR = 30.01 at Bit Rate 1.65

ภาพที่ ข-1 การถอดรหัสภาพจากการเข้ารหัสภาพด้วยวิธีต่าง ๆ ของภาพต้นแบบ Peppers.bmp

(ก) ภาพต้นฉบับ

(ข) การเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลแบบแบบมาตรฐาน

(ค) การเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลโดยอาศัยวิธีการจินตคณิตอัลกอริทึม

(ง) การเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลโดยอาศัยวิธีการจินตคณิตอัลกอริทึม และหาค่าความเข้มแสงด้วยวิธีการจินตคณิตอัลกอริทึม



(ก) Original



(ข) PSNR = 35.26 at Bit Rate 1.54



(ค) PSNR = 34.55 at Bit Rate 1.54



(ง) PSNR = 31.33 at Bit Rate 1.54

ภาพที่ ข-2 การถอดรหัสภาพจากการเข้ารหัสภาพด้วยวิธีต่าง ๆ ของภาพต้นแบบ Lena.bmp

- (ก) ภาพต้นฉบับ
- (ข) การเข้ารหัสภาพแบบเฟรคทอลแบบแบบมาตรฐาน
- (ค) การเข้ารหัสภาพแบบเฟรคทอลโดยอาศัยวิธีการจินตริกอัลกอริทึม
- (ง) การเข้ารหัสภาพแบบเฟรคทอลโดยอาศัยวิธีการจินตริกอัลกอริทึม และหาค่าความเข้มแสงด้วยวิธีการจินตริกอัลกอริทึม



(ก) Original



(ข) PSNR = 31.45 at Bit Rate 1.73



(ค) PSNR = 28.34 at Bit Rate 1.73



(ง) PSNR = 29.06 at Bit Rate 1.73

ภาพที่ ข-3 การถอดรหัสภาพจากการเข้ารหัสภาพด้วยวิธีต่าง ๆ ของภาพต้นแบบ Barbara.bmp

(ก) ภาพต้นฉบับ

(ข) การเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลแบบแบบมาตรฐาน

(ค) การเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลโดยอาศัยวิธีการจินตคณิตอัลกอริทึม

(ง) การเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลโดยอาศัยวิธีการจินตคณิตอัลกอริทึม และหาค่าความเข้มแสงด้วยวิธีการจินตคณิตอัลกอริทึม



(ก) Original



(ข) PSNR = 24.84 at Bit Rate 2.05



(ค) PSNR = 21.93 at Bit Rate 2.05



(ง) PSNR = 22.83 at Bit Rate 2.05

ภาพที่ ข-4 การถอดรหัสภาพจากการเข้ารหัสภาพด้วยวิธีต่าง ๆ ของภาพต้นแบบ Bikes.bmp

(ก) ภาพต้นฉบับ

(ข) การเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลแบบมาตรฐาน

(ค) การเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลโดยอาศัยวิธีการจินตคณิตอัลกอริทึม

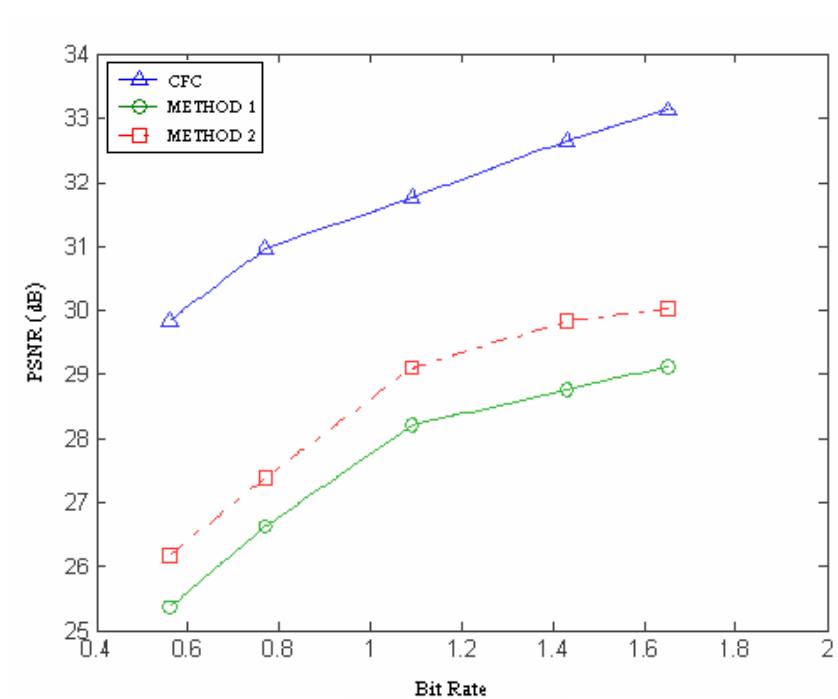
(ง) การเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลโดยอาศัยวิธีการจินตคณิตอัลกอริทึม และหาค่าความเข้มแสงด้วยวิธีการจินตคณิตอัลกอริทึม

ภาคผนวก ก

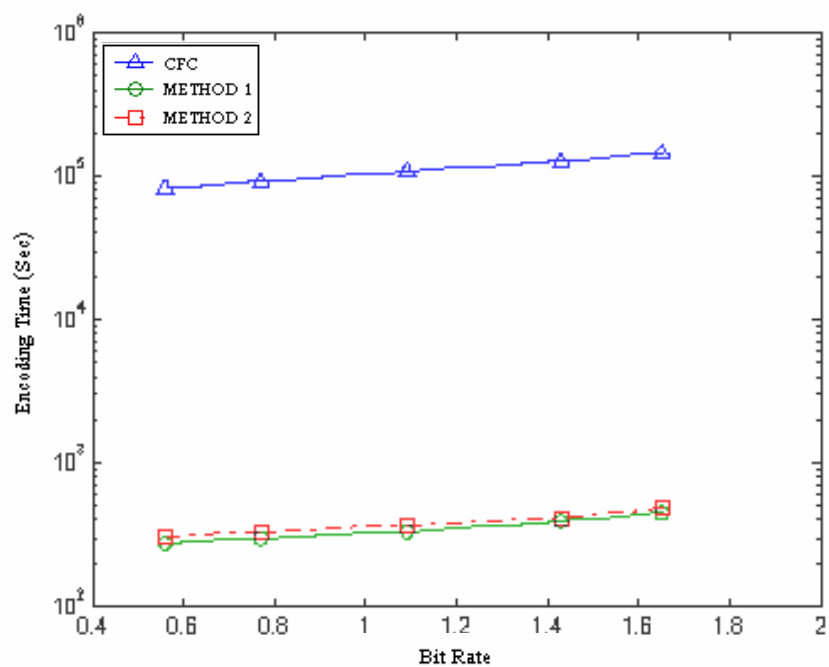
ผลการทดลองการเข้ารหัสภาพแบบเฟรกทอลด้วยวิธีการต่าง ๆ
แยกตามประเภทภาพ

ตารางที่ ค-1 ผลการทดลองในการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลวิธีการต่าง ๆ กับภาพ Peppers.bmp

Value	Threshold				
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
การเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลแบบแบบมาตรฐาน					
Bit Rate (bpp)	1.65	1.43	1.09	0.77	0.56
Time (s)	144262	128708	107548	93235	82351
Time (m)	40.07	35.75	29.87	25.90	22.88
PSNR (dB)	33.12	32.65	31.76	30.95	29.84
การเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลโดยอาศัยวิธีการจินตริกอัลกอริทึม					
Bit Rate (bpp)	1.65	1.43	1.09	0.77	0.56
Time (s)	445.77	384.45	332.32	297.69	271.42
Time (m)	7.43	6.41	5.54	4.96	4.52
PSNR (dB)	29.11	28.76	28.19	26.63	25.36
Speed up time (%)	99.69	99.70	99.69	99.68	99.67
Decrease PSNR (%)	12.11	11.91	11.24	13.96	15.01
การเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลโดยอาศัยวิธีการจินตริกอัลกอริทึม และหาค่าความเข้มแสงด้วยวิธีการจินตริกอัลกอริทึม					
Bit Rate (bpp)	1.65	1.43	1.09	0.77	0.56
Time (s)	477.77	415.45	364.32	329.70	303.43
Time (m)	7.96	6.94	9.07	5.49	5.06
PSNR (dB)	30.01	29.83	29.09	27.38	26.16
Speed up time (%)	99.67	99.68	99.66	99.65	99.63
Decrease PSNR (%)	9.39	5.64	8.41	11.53	12.33



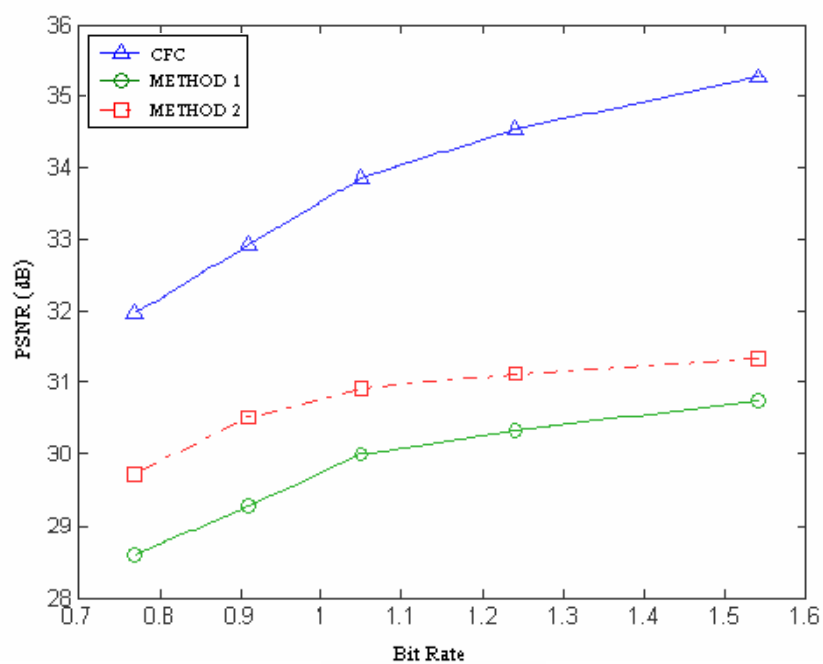
ภาพที่ ค-1 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของภาพกับขนาด Bit Rate ของภาพ Peppers.bmp



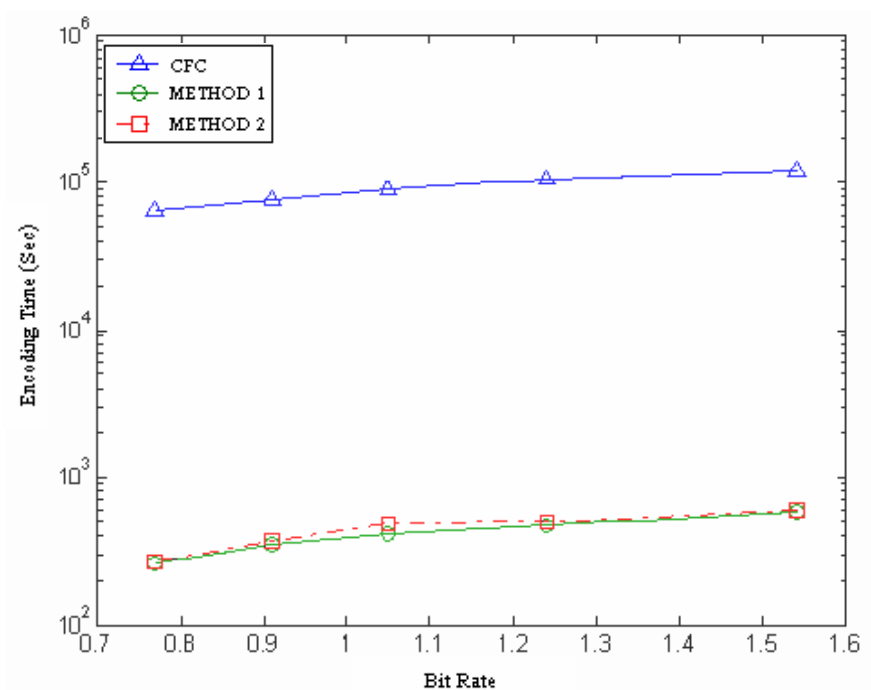
ภาพที่ ค-2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่ใช้ในการเข้ารหัสของภาพกับขนาด Bit Rate ของภาพ Pepper.bmp

ตารางที่ ค-2 ผลการทดลองในการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลวิธีการต่าง ๆ ที่กระทำกับภาพ
Lena.bmp

Value	Threshold				
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
การเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลแบบแบบมาตรฐาน					
Bit Rate (bpp)	1.54	1.24	1.05	0.91	0.77
Time (s)	119304	105404	90546	76050	65348
Time (m)	33.14	29.28	25.15	21.13	18.15
PSNR (dB)	35.26	34.54	33.87	32.93	31.96
การเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลโดยอาศัยวิธีการจินตอรรถปริทัศน์					
Bit Rate (bpp)	1.54	1.24	1.05	0.91	0.77
Time (s)	586.03	475.05	407.39	352.22	259.21
Time (m)	9.76	7.91	6.78	5.87	4.32
PSNR (dB)	30.75	30.32	30.01	29.27	28.59
Speed up time (%)	98.08	98.18	98.23	98.23	98.44
Decrease PSNR (%)	14.70	13.90	12.90	12.60	11.80s
การเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลโดยอาศัยวิธีการจินตอรรถปริทัศน์ และหาค่าความเข้มแสงด้วยวิธีการจินตอรรถปริทัศน์					
Bit Rate (bpp)	1.54	1.24	1.05	0.91	0.77
Time (s)	601.2	500.25	480.32	372.14	265.31
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 (%)	98.03	98.09	97.91	98.13	98.40
Decrease PSNR (%)	12.60	11.00	9.60	8.10	7.60



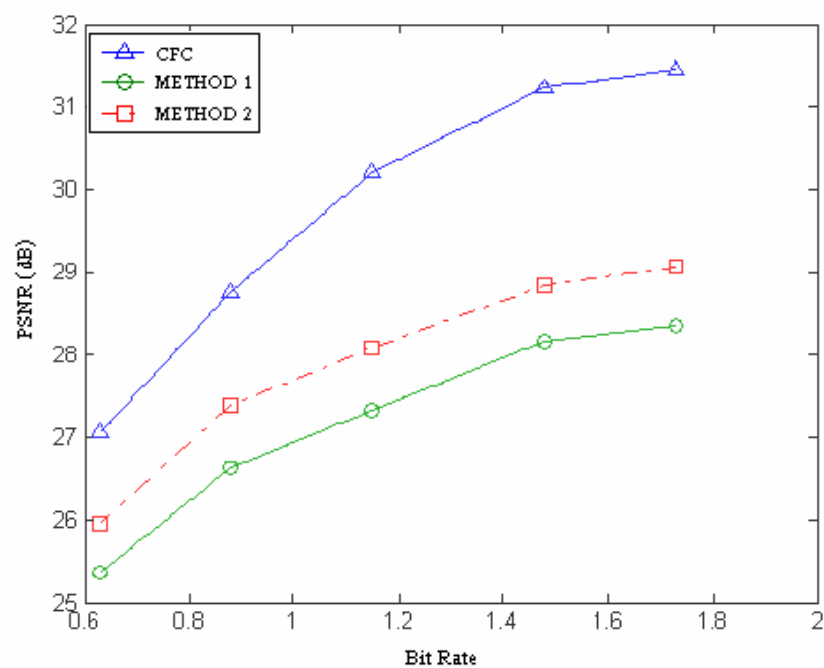
ภาพที่ ค-3 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของภาพกับขนาด Bit Rate ของภาพ Lena.bmp



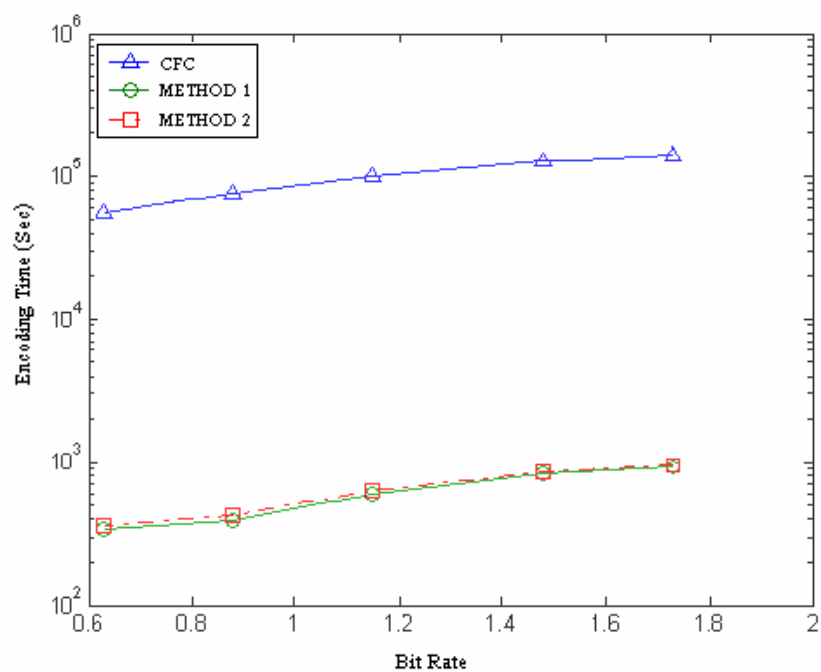
ภาพที่ ค-4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่ใช้ในการเข้ารหัสของภาพกับขนาด Bit Rate ของภาพ Lena.bmp

ตารางที่ ค-3 ผลการทดลองในการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลวิธีการต่างๆ ที่กระทำกับภาพ
Barbara.bmp

Value	Threshold				
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
การเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลแบบแบบมาตรฐาน					
Bit Rate (bpp)	1.73	1.48	1.15	0.88	0.63
Time (s)	143786	128025	99144	76366	54565
Time (m)	39.94	35.56	27.54	21.21	15.16
PSNR (dB)	31.45	31.24	30.21	28.76	27.05
การเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลโดยอาศัยวิธีการจินตริกอัลกอริทึม					
Bit Rate (bpp)	1.73	1.48	1.15	0.88	0.63
Time (s)	918.22	817.57	592.29	385.42	337.21
Time (m)	15.30	13.63	9.87	6.42	5.62
PSNR (dB)	28.34	28.16	27.33	26.63	25.36
Speed up time (%)	99.36	99.36	99.40	99.50	99.38
Decrease PSNR (%)	9.89	9.86	9.53	7.41	6.25
การเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลโดยอาศัยวิธีการจินตริกอัลกอริทึม และหาค่าความเข้มแสงด้วยวิธีการจินตริกอัลกอริทึม					
Bit Rate(bpp)	1.73	1.48	1.15	0.88	0.63
Time (s)	950.22	843.57	633.29	421.42	356.21
Time (m)	15.84	14.06	10.55	7.02	5.94
PSNR (dB)	29.06	28.83	28.09	27.38	25.95
Speed up time (%)	99.34	99.34	99.36	99.45	99.35
Decrease PSNR (%)	7.60	7.71	7.02	4.80	4.07



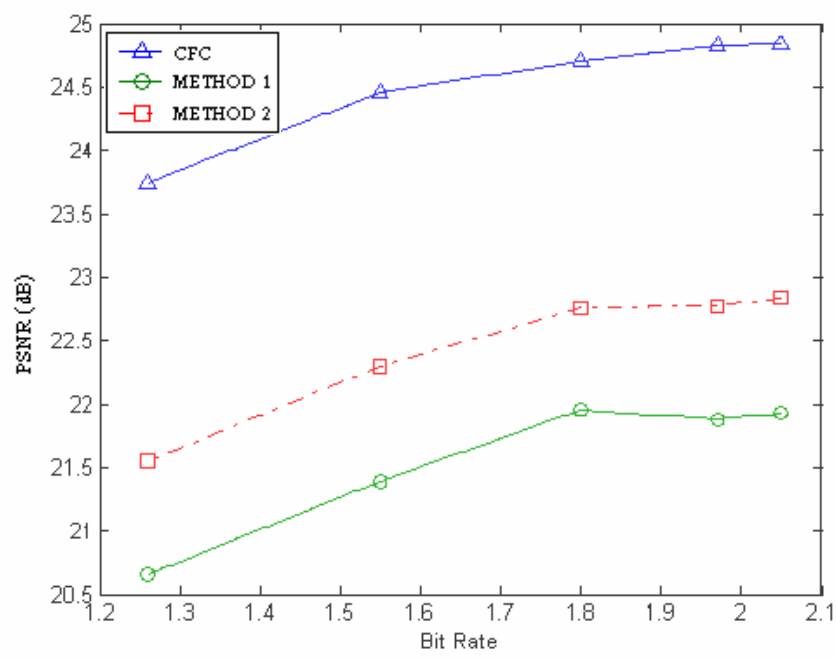
ภาพที่ ค-5 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของภาพกับขนาด Bit Rate ของภาพ Barbara.bmp



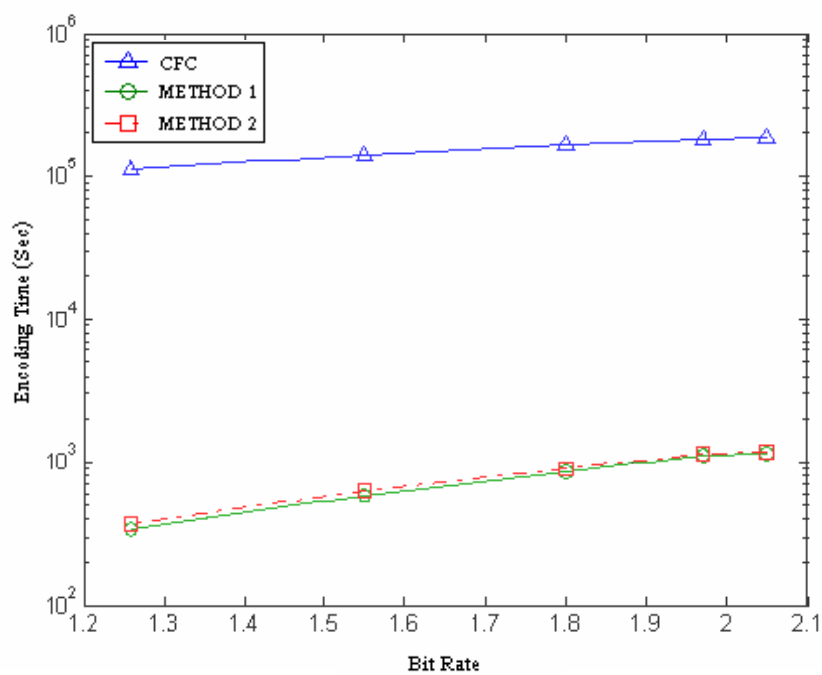
ภาพที่ ค-6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่ใช้ในการเข้ารหัสของภาพกับขนาด Bit Rate ของภาพ Barbara.bmp

ตารางที่ ค-4 ผลการทดลองในการเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลวิธีการต่าง ๆ ที่กระทำกับภาพ
Bikes.bmp

Value	Threshold				
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
การเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลแบบแบบมาตรฐาน					
Bit Rate (bpp)	2.05	1.97	1.80	1.55	1.26
Time (s)	187523	181636	166622	143414	111552
Time (m)	52.09	50.47	46.28	39.84	32.09
PSNR (dB)	24.84	24.82	24.70	24.45	23.74
การเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลโดยอาศัยวิธีการจีเนติกอัลกอริทึม					
Bit Rate (bpp)	2.05	1.97	1.8	1.55	1.26
Time (s)	1158.98	1122.82	858.1	590.87	344.7
Time (m)	19.32	18.71	14.30	9.85	5.75
PSNR (dB)	21.93	21.87	21.96	21.39	20.65
Speed up time(%)	99.38	99.38	99.49	99.59	99.69
Decrease PSNR (%)	11.71	11.89	23.48	12.52	13.02
การเข้ารหัสภาพแบบแฟรกทอลโดยอาศัยวิธีการจีเนติกอัลกอริทึม และหาค่าความเข้มแสงด้วยวิธีการจีเนติกอัลกอริทึม					
Bit Rate (bpp)	2.05	1.97	1.8	1.55	1.26
Time (s)	1190.89	1151.82	893.1	636.87	365.7
Time (m)	19.85	19.20	14.89	10.61	6.10
PSNR (dB)	22.83	22.77	22.76	22.29	21.55
Speed up time (%)	99.36	99.37	99.46	99.56	99.67
Decrease PSNR (%)	8.09	8.26	20.70	8.83	9.22



ภาพที่ ค-7 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของภาพกับขนาด Bit Rate ของภาพ Bikes.bmp



ภาพที่ ค-8 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่ใช้ในการเข้ารหัสของภาพกับขนาด Bit Rate ของภาพ Bikes.bmp

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ : นายณัฐพงศ์ ศรีทองอินทร์
 ชื่อวิทยานิพนธ์ : การเพิ่มความเร็วในการเข้ารหัสภาพแบบแฟร็กทอลโดยใช้ขั้นตอนวิธี
 แบบพันธุกรรม
 สาขาวิชา : เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์

ประวัติ

ประวัติส่วนตัว เกิดเมื่อวันที่ 2 มีนาคม พ.ศ. 2519 มีภูมิลำเนาอยู่ที่จังหวัดชัยนาท

ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชา อิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัย

ราชภัฏพระนคร

ประวัติการทำงาน

- ปี 2543-2545 เป็นอาจารย์สอนคอมพิวเตอร์ ประจำวิชาคอมพิวเตอร์กราฟฟิกอยู่ที่สถาบัน

Neologic Computer School

- ปี 2548-2549 เป็นผู้จัดการฝ่ายบริหารงานด้านเว็บไซต์และการออกแบบสื่ออิเล็กทรอนิกส์

ของบริษัท Thedevshop