



วิทยานิพนธ์

การแปลงรูปภาพสเกลสีเทาให้เป็นรูปภาพสีโดยวิธีการแบ่งส่วนและการ
จัดกลุ่มข้อมูล

**TRANSFORM GRAYSCALE IMAGE TO COLOR IMAGE
USING IMAGE SEGMENTATION AND CLUSTERING**

นายสุวัชชัย ชื่นเมืองปักษ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2550



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์)

ปริญญา

วิทยาการคอมพิวเตอร์

วิทยาการคอมพิวเตอร์

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การแปลงรูปภาพสเกลสีเทาให้เป็นรูปภาพสีโดยวิธีการแบ่งส่วนและการจัดกลุ่มข้อมูล

Transform Grayscale Image to Color Image Using Image Segmentation and Clustering

นามผู้วิจัย นายสุวัชชัย ชื่นเมืองปักย์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(อาจารย์ชาคริต วัชโรภาส, Ph.D.)

กรรมการ

(อาจารย์ชวลิต ศรีสถาพรพัฒน์, Ph.D.)

กรรมการ

(อาจารย์จิตติวรรณ ศรีนาค, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อุมาพร ศิรชรานนท์, M.S.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์วินัย อางคงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ๒๙ เดือน สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๕๐

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การแปลงรูปภาพสเกลสีเทาให้เป็นรูปภาพสีโดยวิธีการแบ่งส่วนและการจัดกลุ่มข้อมูล

Transform Grayscale Image to Color Image Using Image Segmentation and Clustering

โดย

นายสุวัชชัย ชื่นเมืองปักย์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์)

พ.ศ. 2550

สุวัชชัย ชื่นเมืองปักษ์ 2550: การแปลงรูปภาพสเกลสีเทาให้เป็นรูปภาพสีโดยวิธีการแบ่งส่วนและการจัดกลุ่มข้อมูล ปรินญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์) สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ปรธานกรรมการที่ปรึกษา: อาจารย์ชาคริต วัชโรภาส, Ph.D. 70 หน้า

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนออัลกอริทึมการแปลงรูปภาพสเกลสีเทาให้เป็นรูปภาพสีโดยนำขั้นตอนวิธีการแปลงระบบสี (Color Conversion) การทำการกรองข้อมูลภาพ (Filtering) การจัดกลุ่มข้อมูล (Clustering) ความสมเหตุสมผล (Validity Index) การแยกแยะภาพสี (Image Segmentation) และการย้ายข้อมูลสี (Global Matching Procedure)

ชุดข้อมูลทดสอบที่ใช้ในการวิจัย คือรูปภาพต้นแบบที่เป็นรูปภาพสีและรูปภาพปลายทางที่เป็นรูปภาพสเกลสีเทาโดยทำการเตรียมข้อมูลรูปภาพโดย GIMS สำหรับการแปลงโครงสร้างของรูปภาพ ขนาดและปริภูมิมาตรฐานสี ซึ่งมีการคัดเลือกขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มและการวัดประสิทธิภาพที่เหมาะสมกับปริภูมิมาตรฐานสีที่เลือกใช้คือ ปริภูมิมาตรฐานสี RGB และ $L\alpha\beta$ โดยนำขั้นตอนการแบ่งส่วนข้อมูลมาใช้ในการหาขอบเขตภาพสเกลสีเทาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการย้ายข้อมูลสี

ผลการวิจัยพบว่า วิธีการแบ่งส่วนและการจัดกลุ่มข้อมูลสีสามารถลดความซับซ้อนในการแปลงรูปภาพสเกลสีเทาให้เป็นรูปภาพสี ซึ่งทำการจัดกลุ่มข้อมูลสีในรูปภาพสีและทำการแบ่งส่วนข้อมูลในรูปภาพสเกลสีเทา รูปภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองยังคงรักษาสภาพของคุณลักษณะความสว่างของภาพสเกลสีเทาภายในไว้มี เนื่องจากทำการย้ายเฉพาะคุณลักษณะของข้อมูลสี α และ β ภายในรูปต้นทาง (source) ไปโดยรูปภาพเป้าหมาย (target) เท่านั้น


ลายมือชื่อนิติศ


ลายมือชื่อประธานกรรมการ

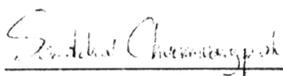
15 / 08 / 2550

Suwatchai Chuenmuangpak 2007: Transform Grayscale Image to Color Image Using Image Segmentation and Clustering. Master of Science (Computer Science), Major Field: Computer Science, Department of Computer Science. Thesis Advisor: Mr. Chakrit Watcharopas, Ph.D. 70 pages.

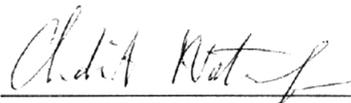
Color Conversion, Filtering, Clustering, Validity Index, Image Segmentation, and Global Matching Procedure.

The testing data are color images and grayscale images. We use GIMS during the data preparation to modify the image structure, size, and color space. We classify color group appeared on color image and measure the correctness of the color clustering in a chosen color space. Two chosen color spaces are RGB and $L\alpha\beta$. Image segmentation helps find the image boundary in grayscale image and increase the effectiveness in color transfusion.

The results show that image segmentation and color clustering reduce the complexity in



Student's signature



Thesis Advisor's signature

15 1 05 1 2007

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ชาคริต วัชโรภาส ประธานกรรมการที่ปรึกษา และ อาจารย์ชวลิต ศรีสถาพรพัฒน์ กรรมการวิชาเอก สำหรับความช่วยเหลือ และคำแนะนำที่มีให้ตลอดมา ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์รัฐติวรรณ ศรีนาครกรรมการวิชาการ ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือในการสอบวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่าน ที่แนะนำ สั่งสอน และให้ความรู้แก่ข้าพเจ้าตลอดระยะเวลาการศึกษา อันเป็นประโยชน์ต่อการนำมาใช้ในวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และพี่ ๆ ของข้าพเจ้า ที่ให้ความรัก ความห่วงใย คอยให้กำลังใจ พร้อมทั้งให้ความช่วยเหลือ และสนับสนุนในด้านค่าใช้จ่ายในการศึกษาจนสำเร็จลุล่วงได้

สุดท้ายขอขอบคุณภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ที่ให้โอกาสข้าพเจ้าได้เรียนรู้จนสำเร็จการศึกษา งานวิทยานิพนธ์นี้ ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ศึกษา คั่นคว้าและสนใจ หากข้อผิดพลาดประการใด ข้าพเจ้าขอน้อมรับไว้เพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงให้วิทยานิพนธ์นี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น สำหรับความดีที่ได้รับจากวิทยานิพนธ์นี้ข้าพเจ้ามอบให้แก่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ศุวิชัย ชื่นเมืองปักษ์

สิงหาคม 2550

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
ขอบเขตและข้อจำกัด	4
การตรวจเอกสาร	6
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	6
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	31
อุปกรณ์และวิธีการ	33
อุปกรณ์	33
วิธีการ	33
ผลและวิจารณ์	40
ผล	40
วิจารณ์	64
สรุปและข้อเสนอแนะ	66
สรุป	66
ข้อเสนอแนะ	66
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	67
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	70

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของการแบ่งส่วนในประเภทต่างๆ	17
2	ตัวอย่างข้อมูลเพื่อนำมาแบ่งกลุ่มโดยขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบเค-มีน	20
3	ตัวอย่างการคำนวณค่าจุดกึ่งกลางของกลุ่ม	21
4	แสดงค่าเฉลี่ยใหม่ของแต่ละกลุ่ม	22
5	ตารางเปรียบเทียบการทำงานของอัลกอริทึมในการจัดกลุ่ม	25
6	ตัวอย่างปริภูมิสีมาตรฐานในระบบ RGB	36
7	ตัวอย่างข้อมูลปริภูมิสีมาตรฐานในระบบ	36
8	อธิบายข้อมูลรูปสี่เหลี่ยมที่ใช้ทำการทดลอง	40
9	อธิบายข้อมูลรูปสเกลสีเทาที่ใช้ทำการทดลอง	41
10	อธิบายข้อมูลรูปสเกลสีเทาที่ใช้ทำการทดลอง	43
11	สรุปผลการวัดประสิทธิภาพการจัดกลุ่มข้อมูลสี่กับข้อมูลชุดทดสอบ	45
12	ผลการวัดประสิทธิภาพการจัดกลุ่มข้อมูลสี่ RMSSTD กับข้อมูลชุดทดสอบ	46
13	ผลการวัดประสิทธิภาพการจัดกลุ่มข้อมูลสี่ RS กับข้อมูลชุดทดสอบ	47
14	สรุปผลการวัดประสิทธิภาพการจัดกลุ่มข้อมูลสี่กับข้อมูลชุดทดสอบจริง	50
15	ผลการวัดประสิทธิภาพการจัดกลุ่มข้อมูลสี่ RMSSTD กับข้อมูลชุดทดสอบจริง	51
16	ผลการวัดประสิทธิภาพการจัดกลุ่มข้อมูลสี่ RS กับข้อมูลชุดทดสอบจริง	52
17	ผลการวัดประสิทธิภาพการจัดกลุ่มข้อมูลสี่ตั้งแต่ 2 - 10 กลุ่ม กับข้อมูลชุดทดสอบ DATA_SET_I	55
18	ผลการวัดประสิทธิภาพการจัดกลุ่มข้อมูลสี่ตั้งแต่ 2 - 10 กลุ่ม กับข้อมูลชุดทดสอบ DATA_SET_II	55
19	ผลการวัดประสิทธิภาพการจัดกลุ่มข้อมูลสี่ตั้งแต่ 2 - 10 กลุ่ม กับข้อมูลชุดทดสอบ DATA_SET_III	56
20	ผลการวัดประสิทธิภาพการจัดกลุ่มข้อมูลสี่ตั้งแต่ 2 - 10 กลุ่ม กับข้อมูลชุดทดสอบ DATA_SET_IV	56
21	แสดงผลการวัดประสิทธิภาพการจัดกลุ่มโดยขั้นตอนวิธีแบบ FCM จากค่า DB Index จากรูปภาพที่ 21	58

สารบัญตาราง (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
22	อธิบายข้อภาพสี่ที่ผ่านกระบวนการจัดกลุ่มข้อมูลสี่	59
23	อธิบายข้อภาพผลลัพธ์การแบ่งส่วน	61
24	อธิบายข้อภาพผลลัพธ์การย้ายข้อมูลสี่ไปยังรูปภาพสเกลสี่เท่า	63

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ปริภูมิสีมาตรฐานระบบสี RGB (Joblova, 1978)	6
2	ปริภูมิสีมาตรฐานระบบสี HLV (Joblova, 1978)	8
3	ปริภูมิสีมาตรฐานระบบสี HLS (Joblova, 1978)	9
4	ตัวอย่างแสดงการกรองข้อมูลรูปภาพ	11
5	การกรองข้อมูลรูปภาพแบบเชิงเส้น (Gilboa, 2004)	12
6	การกรองข้อมูลรูปภาพแบบไม่เป็นเชิงเส้น (Gilboa, 2004)	13
7	การกรองข้อมูลรูปภาพแบบเชิงเส้น (Gilboa, 2004)	13
8	การกรองข้อมูลรูปภาพแบบไม่เป็นเชิงเส้น (Gilboa, 2004)	14
9	แสดงประสิทธิภาพของการแบ่งส่วนในระดับต่างๆ	14
10	แสดงถึงความแตกต่างของระดับความเข้มของสี (GIMP 2004)	16
11	การหาขอบด้วยวิธี Gradient method	17
12	การหาขอบด้วยวิธี Laplacian method	17
13	ภาพแสดงการจัดกลุ่มแบบแบ่งส่วน	18
14	แสดงขั้นตอนการทำงานของขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบเค-มีน ที่มา: Tan <i>et al.</i> (2006)	20
15	แสดงขั้นตอนการทำงานของขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบพีซีซีมีน ที่มา: Tan <i>et al.</i> (2006)	25
16	แสดงแนวความคิดของงานวิจัย	33
17	แสดงขั้นตอนวิธีการทดลอง	34
18	แสดงขั้นตอนการย้ายข้อมูลไปยังรูปภาพสเกลสีเทา	39
19	ภาพสีที่ใช้ในการทดลอง	41
20	ภาพสเกลสีเทาที่ใช้ในการทดลอง	42
21	ภาพสีที่ผ่านกระบวนการกรองข้อมูลแบบไม่เป็นเชิงเส้น	43
22	แสดงผลลัพธ์จากการจัดกลุ่มสีภายในรูปภาพ	60
23	แสดงผลลัพธ์จากการแบ่งส่วน	61
24	แสดงผลลัพธ์จากการแปลงรูปภาพสเกลสีเทา	64

การแปลงรูปภาพสเกลสีเทาให้เป็นรูปภาพสีโดยวิธีการแบ่งส่วนและการจัดกลุ่มข้อมูล

Transform Grayscale Image to Color Image Using Image Segmentation and Clustering

คำนำ

ดวงตาของมนุษย์เป็นสิ่งสำคัญเพื่อใช้ในการมองเห็นซึ่งทำหน้าที่ส่งสัญญาณภาพสีที่ได้ไปยังสมองเพื่อนำไปใช้ในการแยกแยะวัตถุ เช่นสามารถที่จะแยกแยะได้ว่าผลไม้ลูกไหนสุกหรือลูกไหนยังไม่สุก สัญญาณภาพสีจึงเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้สมองสามารถแยกแยะและจดจำวัตถุได้ดีกว่าสัญญาณภาพที่ไม่สามารถแสดงคุณลักษณะของสีหรือภาพสเกลสีเทา ซึ่งเป็นปัจจัยให้มีการนำภาพสีมาใช้ในสื่อด้านต่างๆ เช่น หนังสือพิมพ์ โทรทัศน์และภาพยนตร์ เพื่อเน้นและเพิ่มความน่าสนใจของข้อมูลภาพที่ต้องการนำเสนอ ปัญหาที่พบคือรูปภาพที่ต้องการนำเสนอเป็นรูปภาพชนิดสเกลสีเทา เช่น รูปภาพที่ได้จากการถ่ายเอกสารหรือสำเนา ดังนั้นการแปลงรูปภาพสเกลสีเทาให้เป็นรูปภาพสีจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะนำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว

วิทยานิพนธ์เล่มนี้นำเสนอขั้นตอนวิธีการแปลงรูปภาพสเกลสีเทาให้เป็นรูปภาพสีโดยวิธีการแบ่งส่วนและการจัดกลุ่มข้อมูล (Transform Grayscale Image to Color Image Using Image Segmentation and Clustering) โดยวิธีการดังกล่าวจำเป็นต้องมีรูปภาพสีที่จะนำมาเป็นต้นแบบ และรูปภาพสเกลสีเทาที่ต้องการใช้ ต้องมีลักษณะขององค์ประกอบที่ใกล้เคียงกันซึ่งเครื่องมือที่มีอยู่ในปัจจุบันยังไม่รองรับวิธีการแปลงรูปภาพสเกลสีเทาให้เป็นรูปภาพสีซึ่งมีการทำงานที่ซับซ้อนและใช้เวลานานในการแก้ไขรูปภาพซึ่งผู้ใช้จำเป็นต้องมีความชำนาญในเครื่องมือที่ใช้

ขั้นตอนวิธีการแปลงรูปภาพสเกลสีเทาให้เป็นรูปภาพสีโดยวิธีการแบ่งส่วนและการจัดกลุ่มข้อมูลประกอบด้วย การนำขั้นตอนวิธีการทำการกรองข้อมูลภาพ (Filtering) การจัดกลุ่มข้อมูลสี (Image Clustering) การแยกแยะภาพสี (Image Segmentation) และการแปลงระบบสี (Color Conversion) โดยรูปภาพผลลัพธ์ที่ได้จะมีลักษณะใกล้เคียงธรรมชาติมากที่สุด โดยงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่มีแนวทางการวิจัยในเชิงการเปลี่ยนรูปภาพสเกลสีเทาให้เป็นรูปภาพแบบสี เนื่องจากงานข้อมูลสีที่นำมาใช้ในจะอยู่ในขอบเขตและบริเวณที่จำกัดทำให้รูปภาพที่ได้ผิดเพี้ยนไปจากความเป็นจริง วิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้เพิ่มเติมส่วนของการจัดกลุ่มข้อมูลสีภายในรูปภาพสีต้นแบบและ

กำหนดขอบเขตของรูปภาพสเกลสีเทาซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการย้ายข้อมูลสีไปยังรูปภาพสเกลสีเทาได้นำเสนอการใช้เทคนิควิธีแบ่งกลุ่ม โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบเค-มีน (K-Means) และขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบฟัซซีซีมีน (Fuzzy C-Means) เพื่อนำมาใช้ในการจัดกลุ่มข้อมูลทั้งภายในรูปภาพสีและรูปภาพสเกลสีเทา โดยเลือกวิธีการกรองข้อมูลรูปภาพแบบไม่เป็นเชิงเส้นมาใช้ เพื่อลดรายละเอียดของสีที่ไม่จำเป็นออกไป สำหรับการเตรียมข้อมูลรูปภาพก่อนการทดลองในขั้นตอนนี้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อนำเสนอขั้นตอนวิธีการเปลี่ยนรูปภาพสเกลสีเทาให้กลายเป็นรูปภาพสี
2. เพื่อนำเสนอการกรองข้อมูลรูปภาพแบบเชิงเส้น (Linear Diffusion) และ ไม่เป็นเชิงเส้น (Non-Linear Diffusion)
3. เพื่อนำเสนอการแบ่งกลุ่มข้อมูล (Clustering) ศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจัดกลุ่มระหว่างขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบเค-มีน(K-Means) และขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบฟัซซีซีมีน (Fuzzy C-Means)
4. เพื่อนำเสนอการย้ายข้อมูลสีจากรูปภาพทั้งรูป (Global Matching Procedure)
5. เพื่อให้ทราบถึงมาตรฐานของสีในแต่ละประเภท (Color Standard) และการแปลงระบบสี (Color Conversion)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ได้ขั้นตอนวิธีการแปลงรูปภาพสเกลสีเทาให้กลายเป็นรูปภาพสี
2. ทำให้ทราบถึงข้อดีและข้อเสียของการจัดกลุ่มด้วยวิธีการต่างๆ และการเลือกวิธีการที่เหมาะสมกับข้อมูลแต่ละชนิด
3. เพื่อเป็นประโยชน์ในการศึกษาค้นคว้าในงานที่ต้องการจำแนกข้อมูลสีภายในรูปภาพ
4. ทำให้ผู้ที่ต้องการพัฒนาโปรแกรมสามารถนำขั้นตอนวิธีดังกล่าวไปใช้เพื่อเป็นแนวทางเลือกทางหนึ่งเพื่อในใช้เชิงธุรกิจ

ขอบเขตของงานวิจัย

1. ใช้การจัดกลุ่มข้อมูลแบบไม่เป็นลำดับชั้น
2. ทดลองจัดกลุ่มข้อมูลตั้งแต่ 2- 10 กลุ่ม
3. เปรียบเทียบการจัดกลุ่มข้อมูลระหว่าง KM และ FCM
4. ข้อมูลที่ใช้ในการจัดกลุ่มประกอบด้วย 3 คุณลักษณะ(attribute) ในโครงสร้างสีในระบบ RGB และ $L\alpha\beta$
5. ทำการทดลองกับรูปภาพเป้าหมาย (target) จำนวน 5 รูปและรูปภาพต้นแบบ (source) จำนวน 5 รูป

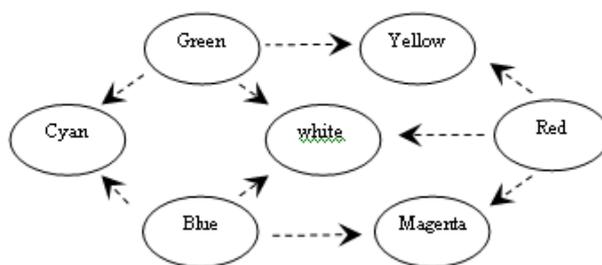
การตรวจเอกสาร

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. มาตรฐานของสี

ในปี 1964 ณ ห้องวิจัย Jet Propulsion (Pasadena California) ได้ทำการคิดค้นมาตรฐานของสีเพื่อนำมาใช้ในกระบวนการประมวลผลภาพ (Image Processing) นับว่าเป็นความรู้พื้นฐานที่สำคัญเพื่อนำมาใช้วิเคราะห์ข้อมูลและจำแนกรายละเอียดของรูปภาพ โดยสีที่ใช้ในปัจจุบันมีอยู่หลายระบบด้วยกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการใช้งานไปใช้ แต่โดยทั่วไปแล้วทุกมาตรฐานจะมีแนวคิดเดียวกันคือ การแทนจุดสีด้วยจุดที่อยู่ภายในปริภูมิสีมาตรฐาน (Standard color space) 3 มิติ โดยจะมีแกนอ้างอิงสำหรับจุดสีนั้นในปริภูมิสีแต่ละแกนจะมีความเป็นอิสระต่อกัน

1.1 ระบบสี *RGB* เป็นระบบสีของแสงสี 3 สี คือ สีแดง (Red) สีน้ำเงิน (Blue) และสีเขียว (Green) ทั้งสามสีถือเป็นแม่สีของแสง เมื่อนำมาฉายรวมกันจะทำให้เกิดสีใหม่อีก 3 สีคือ สีแดงมาเจนดำ สีฟ้า ไซแอน และสีเหลือง และถ้าฉายแสงสีทั้งหมดรวมกันจะได้แสงสีขาว จากคุณสมบัติของแสงนี้เรา ได้นำมาใช้ประโยชน์ทั่วไปในการฉายภาพยนตร์ การบันทึกภาพวิดีโอและภาพโทรทัศน์ ที่นิยมใช้งานได้แก่ RGB_{CIE} และ RGB_{NTSC} โดยที่ระบบสีแบบ *RGB* ของ CIE (1943) ที่พัฒนาขึ้นโดยอ้างอิงด้วยแสงสีแดงที่ 700 nm แสงสีเขียวที่ 546.1 nm และแสงสีน้ำเงินที่ 435.8 nm ระบบสีแบบ *RGB* ของ NTSC เป็นระบบที่พัฒนาโดย NTSC (National Television System Committee) เพื่อใช้สำหรับการแสดงภาพของจอภาพแบบ CRT เป็นมาตรฐานสำหรับผู้ผลิตแบบ CRT ให้มีลักษณะเดียวกัน



ภาพที่ 1 ปริภูมิสีมาตรฐานระบบสี RGB

ที่มา: Joblova (1978)

1.2 ระบบสี *HSV* (Hue Saturation Value) เป็นการพิจารณาสีโดยใช้ Hue Saturation และ Value ซึ่ง Hue คือค่าสีของสีหลัก (แดง เขียวและ น้ำเงิน) ในทางปฏิบัติจะอยู่ระหว่าง 0 และ 255 ซึ่งถ้า Hue มีค่าเท่ากับ 0 จะแทนสีแดงและเมื่อ Hue มีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ สีก็จะเปลี่ยนแปลงไปตามสเปกตรัมของสีจนถึง 256 จึงจะกลับมาเป็นสีแดงอีกครั้ง ซึ่งสามารถแทนให้อยู่ในรูปขององศาได้ ดังนี้คือ สีแดง เท่ากับ 0 องศา สีเขียวเท่ากับ 120 องศา สีน้ำเงินเท่ากับ 240 องศา จากลักษณะโมเดลของระบบ Hue พบว่าจะมีค่าอย่างน้อยหนึ่งค่าที่จะเท่ากับ 0 แต่ถ้ามีสองค่าเท่ากับ 0 แล้ว hue จะเป็นมุมของสี (ค่าสี) มีค่าเป็นไปตามสีที่สามและถ้าทั้งสามสีมีค่าเท่ากับ 0 แล้วจะทำให้ไม่มีค่าของ Hue หรือสีที่ได้จะมีค่าเท่ากับสีขาวนั่นเอง ตัวอย่างเช่น จอภาพขาวและดำ ถ้าเกิดมีสีใดสีหนึ่งมีค่าเท่ากับ 0 จะทำให้ค่าสีที่ได้เป็นไปตามสีที่เหลือ การให้น้ำหนักในการพิจารณาเมื่อสีแดงมีค่าเท่ากับ 0 (Smith , 1978) Saturation คือความบริสุทธิ์ของสีซึ่งถ้า Saturation มีค่าเท่ากับ 0 แล้วสีที่ได้จะไม่มี Hue ซึ่งจะเป็นสีขาวล้วนแต่ถ้า Saturation มีค่าเท่ากับ 255 แสดงว่าจะไม่มีแสงสีขาวผสมอยู่เลย Value คือความสว่างของสี Hue สามารถคำนวณได้จากระบบสี RGB ได้ดังนี้

$$\text{red}_h = \text{red} - \min(\text{red}, \text{green}, \text{blue}) \quad (1)$$

$$\text{green}_h = \text{green} - \min(\text{red}, \text{green}, \text{blue}) \quad (2)$$

$$\text{blue}_h = \text{blue} - \min(\text{red}, \text{green}, \text{blue}) \quad (3)$$

จากลักษณะโมเดลของระบบ Hue พบว่าจะมีค่าอย่างน้อยหนึ่งค่าที่จะเท่ากับ 0 แต่ถ้ามีสองค่าเท่ากับ 0 แล้ว hue จะเป็นมุมของสี(ค่าสี)มีค่าเป็นไปตามสีที่สามและถ้าทั้งสามสีมีค่าเท่ากับ 0 แล้วจะทำให้ไม่มีค่าของ Hue หรือสีที่ได้จะมีค่าเท่ากับสีขาวนั่นเอง ตัวอย่างเช่น จอภาพขาว-ดำ

ถ้าเกิดมีสีใดสีหนึ่งมีค่าเท่ากับ 0 จะทำให้ค่าสีที่ได้เป็นไปตามสีที่เหลือ การให้นำหนักในการพิจารณาเมื่อสีแดงมีค่าเท่ากับ 0

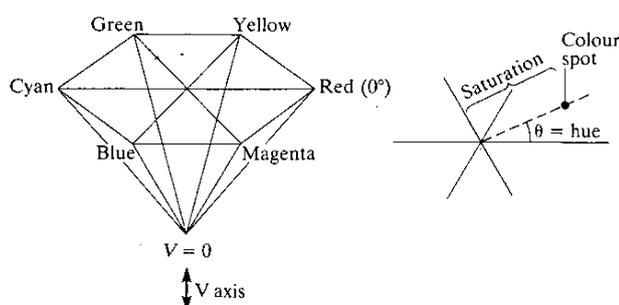
$$\frac{(240 \times \text{blue}_h) + (120 \times \text{green}_h)}{\text{blue}_h + \text{green}_h} \quad (4)$$

Saturation คือความบริสุทธิ์ของสีซึ่งถ้า Saturation มีค่าเท่ากับ 0 แล้วสีที่ได้จะไม่มี Hue ซึ่งจะเป็นสีขาวล้วนแต่ถ้า Saturation มีค่าเท่ากับ 255 แสดงว่าจะไม่มีแสงสีขาวผสมอยู่เลย Saturation สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{Saturation} = \frac{\max(\text{red}, \text{green}, \text{blue}) - \min(\text{red}, \text{green}, \text{blue})}{\max(\text{red}, \text{green}, \text{blue})} \quad (5)$$

Value คือความสว่างของสี ซึ่งสามารถวัดได้โดยค่าความเข้มของความสว่างของแต่ละสีที่ประกอบกันสามารถคำนวณได้จาก

$$\text{value} = \max(\text{red}, \text{green}, \text{blue}) \quad (6)$$



ภาพที่ 2 ปฏิภูมิสีมาตรฐานระบบสี HLV

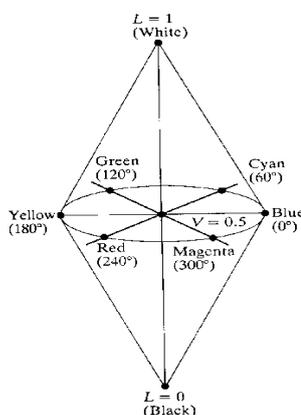
ที่มา: Joblova (1978)

1.3 ระบบสีแบบ *HLS* (Hue lightness saturation) พัฒนาโดย Teletromix Incorporated จะมีลักษณะคล้ายกับ *HSV* ดังนี้คือสีของระบบจะขึ้นอยู่กับ Hue Lightness และ Saturation Hue คือค่าของสีหลักซึ่งมีสีน้ำเงินอยู่ที่ 0 องศา สีเขียวอยู่ที่ 120 องศา และสีแดงอยู่ที่ 240 องศา Lightness คือค่าความสว่างซึ่งจะมีค่าเปลี่ยนแปลงตามแนวแกน *L* โดยที่ *L* เท่ากับ 0 จะเป็นสีดำ *L* เท่ากับ 1 จะเป็นสีขาว

$$\text{lightness} = \frac{\max(\text{red}, \text{green}, \text{blue}) - \min(\text{red}, \text{green}, \text{blue})}{2} \quad (7)$$

Saturation คือความบริสุทธิ์ของสีสามารถหาได้ดังนี้คือ

$$\text{Saturation} = \left\{ \begin{array}{ll} \frac{\max(\text{red}, \text{green}, \text{blue}) + \min(\text{red}, \text{green}, \text{blue})}{\max(\text{red}, \text{green}, \text{blue}) - \min(\text{red}, \text{green}, \text{blue})} & \text{if } L \leq 0.5 \\ \frac{\max(\text{red}, \text{green}, \text{blue}) - \min(\text{red}, \text{green}, \text{blue})}{2 - \max(\text{red}, \text{green}, \text{blue}) - \min(\text{red}, \text{green}, \text{blue})} & \text{otherwise} \end{array} \right. \quad (8)$$



ภาพที่ 3 ปริภูมิสีมาตรฐานระบบสี HLS

ที่มา: Joblova (1978)

1.4 ระบบสีแบบ *CMY* (Cyan Magenta Yellow) เป็นระบบสีที่พัฒนาขึ้นมาใช้สำหรับการพิมพ์ภาพสีโดยมีสีหลักคือสี Cyan Magenta และ Yellow ซึ่งเรียกว่า Subtractive primaries Color (สีแดง เขียวและน้ำเงิน เรียกว่า Additive primaries Color) ระบบสี *CMY* จะนำไปใช้สำหรับการพิมพ์ภาพสีแต่ยังไม่ดีเท่าที่ควรเนื่องจากไม่ยังไม่สามารถสร้างสีดำได้อย่างถูกต้อง ดังนั้นจึงมีการใช้ระบบ *CMYK* แทน โดย *K* เป็นสีที่ 4 แทนสีดำ

$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (9)$$

$$\begin{aligned}
 K &= \min(C, M, Y) \\
 C &= C - K \\
 M &= M - K \\
 Y &= Y - K
 \end{aligned} \tag{10}$$

1.5 ระบบสีแบบ YUV ใช้สำหรับโทรทัศน์แบบ PAL และ SECAM ซึ่งยังมีใช้อยู่ในหลาย ๆ ประเทศโดย Y คือค่าความสว่างของภาพ ส่วนสัญญาณ U และ V เป็นสัญญาณที่เก็บค่าสีของภาพ ต่อมาได้มีระบบ YIQ มาใช้แทนเนื่องจากพบว่าสัญญาณ I และ Q สามารถลด Bandwidth ได้มากกว่าสัญญาณ U และ V ในขณะที่ได้ภาพที่มีคุณภาพเท่ากัน

1.6 ระบบสีแบบ YIQ เป็นระบบที่ใช้ใน TV Broadcasting สำหรับ NTSC ประโยชน์หลักก็เพื่อให้ใช้งานได้กับโทรทัศน์แบบขาว-ดำ โดยที่ y คือความสว่างของภาพ ส่วน I และ Q จะเป็นสัญญาณที่เข้ารหัสสีของภาพไว้คั้งนั้นสำหรับโทรทัศน์ขาว-ดำ นั้นสามารถใช้ค่า Y ค่าเดียวก็สามารถได้ภาพที่สมบูรณ์ตามวิธีของ Joblove และ Greenberg (1978)

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.275 & -0.321 \\ 0.212 & -0.523 & 0.311 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \tag{11}$$

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0.956 & 0.621 \\ 1 & -0.272 & -0.647 \\ 1 & -1.105 & 1.702 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} \tag{12}$$

1.7 ระบบสีแบบ CIE XYZ เป็นระบบสีที่ CIE (1943) ได้กำหนดให้มีขึ้นเป็นมาตรฐาน เนื่องจากในระบบสี RGB ยังไม่สามารถสร้างสีที่เป็นไปได้ทั้งหมดคั้งนั้นจึงได้มีตั้งระบบสี CIE XYZ ซึ่งเป็นระบบสีที่สมมุติขึ้น

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.412453 & 0.357580 & 0.180423 \\ 0.212671 & 0.715160 & 0.072169 \\ 0.019334 & 0.119193 & 0.950227 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \tag{13}$$

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3.240479 & -1.537150 & -0.498535 \\ -0.969256 & 1.875992 & 0.041556 \\ 0.055648 & -0.2040431 & 1.057311 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \quad (14)$$

1.8 ระบบสีแบบ CIE LAB (CIE $L\alpha\beta$ scale) เป็นมาตรฐานการวัดสีซึ่งเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างในวงการวิชาการและการวิจัย โดยนำระบบสีแบบ CIE XYZ มาพัฒนาต่อเป็นระบบสี X-Y-L ซึ่งบรรยายถึงค่าสีแดง เขียวและความสว่าง (lightness) ตามลำดับ อย่างไรก็ตามระบบดังกล่าวก็ยังคงมีส่วนที่บรรยายถึงค่าสีน้ำเงิน CIE จึงได้พัฒนาระบบสีต่อมาจนเป็นระบบที่ยอมรับและใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันคือระบบ $L\alpha\beta$ ไม่เป็นเชิงเส้นเมื่อเทียบกับระบบสี CIE XYZ

$$L = 166 \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} - 16 \quad (15)$$

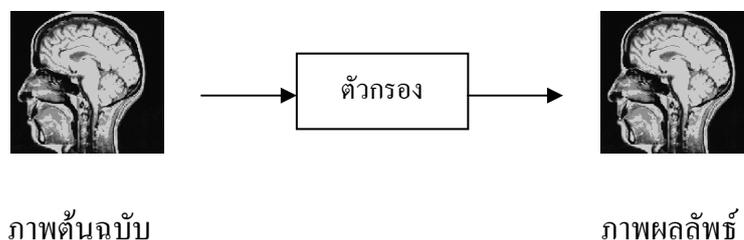
$$a = 500 \left[\left(\frac{X}{X_n} \right)^{\frac{1}{3}} - \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} \right] \quad (16)$$

$$b = 200 \left[\left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} - \left(\frac{Z}{Z_n} \right)^{\frac{1}{3}} \right] \quad (17)$$

ซึ่งเป็นระบบการบรรยายสีแบบ 3 มิติ โดยที่แกน L จะบรรยายถึงความสว่าง (lightness) จากค่า $+L$ แสดงถึงสีขาว จนถึง $-L$ แสดงถึงสีดำ แกน α จะบรรยายถึงแกนสีจากเขียว $-\alpha$ ไปจนถึงแดง $+\alpha$ ส่วนแกน β จะบรรยายถึงแกนสีจากน้ำเงิน $-\beta$ ไปเหลือง $+\beta$

2. การกรองข้อมูลภาพ (Image Filtering)

การกรองข้อมูลภาพ (Image Filtering) คือการนำภาพไปผ่านตัวกรองสัญญาณเพื่อให้ได้ภาพผลลัพธ์ออกมา ภาพผลลัพธ์ที่ได้จะมีคุณสมบัติแตกต่างจากภาพเริ่มต้น วัตถุประสงค์หลักของการกรองข้อมูลภาพคือการเน้น (enhance) หรือลดทอน (attenuate) คุณสมบัติบางประการของภาพเพื่อให้ได้ภาพที่มีคุณสมบัติตามต้องการ การกรองข้อมูลภาพคือการประมวลผลภาพอย่างหนึ่งที่น่าสนใจมาก เนื่องจากในการใช้งานจริง ภาพที่ได้มามักมีสัญญาณรบกวน หรือสัญญาณไม่พึงประสงค์อื่นๆ ปะปนอยู่ด้วย การกรองข้อมูลภาพสามารถปรับปรุงให้ภาพมีคุณสมบัติที่ดีขึ้น เหมาะแก่การประมวลผลในขั้นต่อไป การกรองข้อมูลภาพสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4



ภาพที่ 4 ตัวอย่างแสดงการกรองข้อมูลรูปภาพ

องค์ประกอบสำคัญของการกรองข้อมูลภาพคือตัวกรอง หากเปรียบเทียบเป็นสัญญาณไฟฟ้าที่มีความถี่ต่างๆ ผสมกันอยู่ ตัวกรองก็คือวงจรไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เลือกหรือกรองให้สัญญาณไฟฟ้าที่มีความถี่ในช่วงที่ต้องการผ่านออกไปได้ คุณสมบัติของตัวกรองคือตัวกำหนดคุณสมบัติของภาพผลลัพธ์ ตัวกรองคือระบบ ๆ หนึ่งซึ่งรับสัญญาณเข้า (input) ประมวลผลสัญญาณ และส่งสัญญาณออก (output) โดยทั่วไปตัวกรองจะถูกสร้างให้เป็นระบบเชิงเส้น (linear system) ตามวิธีของ Perona และ Malik (Perona and Malik, 1990) เนื่องจากออกแบบได้ง่าย และมีประสิทธิภาพดี ปัจจุบันมีทฤษฎี และเทคนิคมากมายเกี่ยวกับการออกแบบตัวกรองสัญญาณแบบเชิงเส้น

ในการกรองข้อมูลภาพ เรามักพิจารณาว่าภาพคือสัญญาณ 2 มิติที่ประกอบขึ้นจากสัญญาณความถี่ต่างๆ ผสมกันอยู่ในสัดส่วนที่ต่างกัน การออกแบบตัวกรองจึงเป็นการกำหนดว่าเราต้องการกำจัดสัญญาณความถี่ใดออกไป (หรือต้องการเลือกสัญญาณความถี่ใดบ้าง) จำเป็นต้องมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการกรองสัญญาณไฟฟ้า ก็จะสามารถทำความเข้าใจเกี่ยวกับการกรองข้อมูลภาพได้อย่างไม่ยาก เพราะการกรองข้อมูลภาพคือส่วนขยายของความรู้เดิมให้รองรับการประมวลผลสัญญาณ 2 มิติ ต่อมาได้มาได้มีการพัฒนาตัวกรองสัญญาณรูปภาพแบบไม่เป็นเชิงเส้น (non-linear complex diffusion) ตามวิธีของ Demirkaya (2004) รูปผลลัพธ์ที่ได้จะสามารถลดสิ่งรบกวนและเป็นการเตรียมข้อมูลก่อนการแยกแยะภาพสีได้ดีกว่าตัวกรองสัญญาณรูปภาพแบบเชิงเส้นแสดงได้ดังภาพที่ 5, 6, 7 และ 8 (Gilboa, 2004)



ภาพต้นฉบับ



ภาพผลลัพท์

ภาพที่ 5 การกรองข้อมูลรูปภาพแบบเชิงเส้น
 ที่มา: Gilboa (2004)

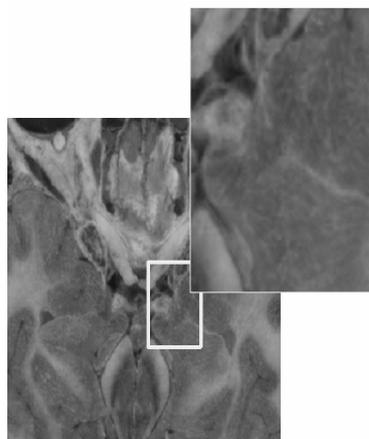


ภาพต้นฉบับ

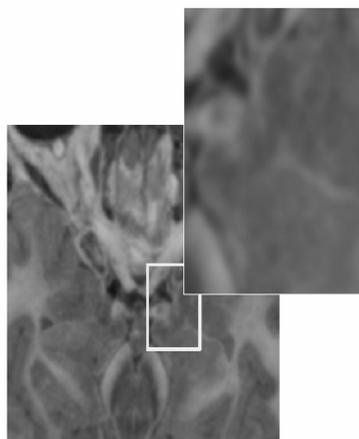


ภาพผลลัพท์

ภาพที่ 6 การกรองข้อมูลรูปภาพแบบไม่เป็นเชิงเส้น
 ที่มา: Gilboa (2004)

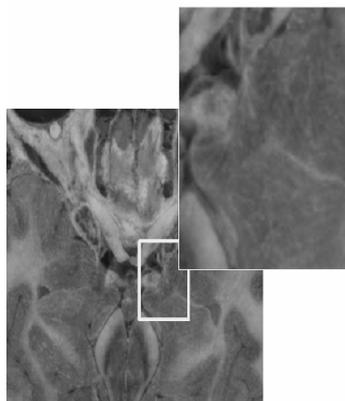


ภาพต้นฉบับ

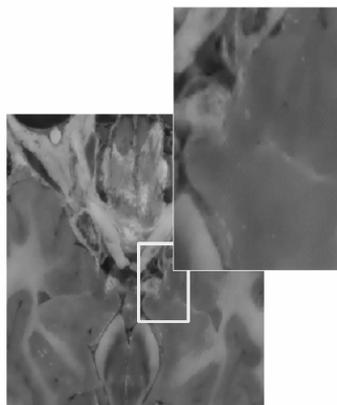


ภาพผลลัพธ์

ภาพที่ 7 การกรองข้อมูลรูปภาพแบบเชิงเส้น
ที่มา: Gilboa (2004)



ภาพต้นฉบับ

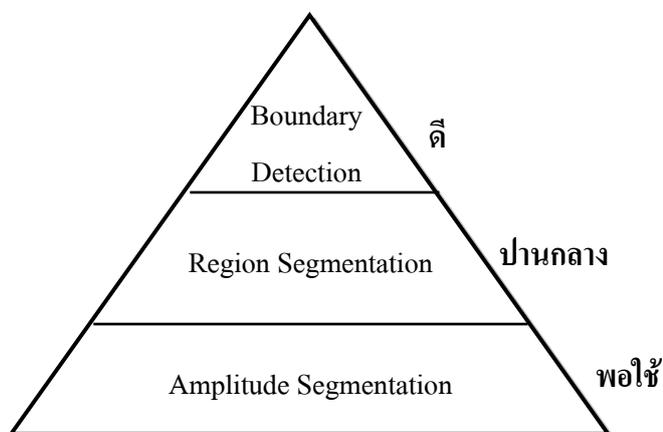


ภาพผลลัพธ์

ภาพที่ 8 การกรองข้อมูลรูปภาพแบบไม่เป็นเชิงเส้น
ที่มา: Gilboa (2004)

3. การแยกข้อมูลภาพออกเป็นส่วน ๆ (Image Segmentation)

การทำการแบ่งส่วน (Segmentation) จะทำให้สามารถแยกข้อมูลภาพของส่วนที่ต้องการออกมาได้ (ข้อมูลที่มีลักษณะเหมือนกับข้อมูลตัวอย่าง) วิธีการพื้นฐานสำหรับการแบ่งส่วนคือการพิจารณา Image amplitude (ได้แก่การพิจารณาความสว่างของภาพสำหรับภาพแบบสเกลสีเทาและความแตกต่างของสีสำหรับภาพสี) นอกจากนี้ขอบของภาพและลักษณะของพื้นผิวก็นับเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่จะทำให้สามารถทำการแบ่งส่วนได้สะดวกยิ่งขึ้น โดยอธิบายวิธีการแบ่งส่วนในหลาย ๆ วิธีดังนี้



ภาพที่ 9 แสดงประสิทธิภาพของการแบ่งส่วนในระดับต่างๆ

3.1 Amplitude Segmentation

สำหรับการแบ่งส่วนในหัวข้อนี้จะเป็นการพิจารณาความเข้มของจุดต่างๆ ภายในพิกเซล (pixel) ซึ่งผลของการแบ่งส่วนจะขึ้นอยู่กับวิธีการ Threshold ของส่วนประกอบที่เป็นความเข้มหรือสีของภาพสำหรับภาพบางชนิดจะมีลักษณะวัตถุที่เราสนใจซึ่งมีความเข้มที่คงที่เมื่อเทียบกับพื้นหลังตัวอย่าง ได้แก่ ภาพของตัวอักษร (Text) เป็นต้น ซึ่งภาพเหล่านี้จะมีความเข้มของวัตถุที่เราสามารถแยกออกพื้นหลังได้อย่างชัดเจน (มีความเข้มขั้นสองระดับได้แก่ความเข้มของวัตถุและความเข้มของพื้นหลัง)

การทำการแบ่งส่วนสามารถทำได้โดยการกำหนดค่า Threshold ซึ่งเป็นค่าความเข้มให้มีค่าที่สามารถแยกความแตกต่างของวัตถุและพื้นหลังได้ตัวอย่างเช่น ภาพของตัวอักษรที่มีความเข้มของตัวอักษรเป็น 0 (สีดำ) และมีความเข้มของพื้นหลังเป็น 255 (สีขาว) ดังนั้นค่า Threshold จึงควรจะมีค่าเท่ากับ 128 เพื่อที่จะให้สามารถแยกวัตถุออกจากพื้นหลังได้ โดยปกติแล้วการเลือกค่า Threshold หรือค่า Threshold หลาย ๆ ค่าจะขึ้นอยู่กับ Histogram ของภาพ

3.2 Region Segmentation

จะเป็นการแบ่งส่วนที่จะขึ้นอยู่กับพิกเซลของภาพ สำหรับในหัวข้อนี้จะเป็นการ Segmentation โดยการพิจารณาเป็นกลุ่มของข้อมูลภาพ โดยนำพิกเซลข้างเคียงมาพิจารณาซึ่งจะทำการจัดกลุ่ม (Region) ของพิกเซลเหล่านี้เข้าไว้ด้วยกัน โดยการพิจารณาถึงความเข้มของพิกเซล (ค่าของพิกเซลมีค่าใกล้เคียงกัน) ต้องมีการกำหนดกลุ่ม (Region) ที่ต้องการจะแบ่ง R_i โดยที่แต่ละกลุ่มจะต้องมีการกำหนดค่าความเข้มของพิกเซลเริ่มต้น $s_i, i = 1, \dots, N$ (ค่าเหล่านี้จะถูกเลือกไว้โดยผู้ที่ต้องการ segmentation: supervised mode) ประสิทธิภาพจะขึ้นอยู่กับค่าความเข้มของพิกเซลเริ่มต้นของในแต่ละกลุ่มซึ่งกำหนดให้โดยผู้ใช้

3.3 Boundary detection

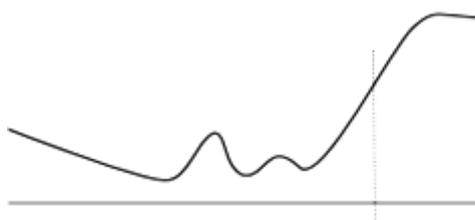
ทำการแบ่งส่วนภาพออกไปเป็นบริเวณ (Region) ต่าง ๆ โดยการค้นหาขอบของวัตถุของแต่ละกลุ่ม การหาขอบสามารถหาได้โดยใช้ Edge detection สำหรับในบางกรณีที่มีข้อมูลภาพมีสิ่งรบกวนหรือความแตกต่างของความเข้มระหว่างกลุ่มมีน้อยมากทำให้ไม่สามารถหาขอบของวัตถุได้ ดังนั้นวิธีการหาขอบด้วยการเชื่อมขอบ (Edge linking techniques) เป็นวิธีที่สามารถนำมาใช้ได้ คือจะทำการสแกนไปตามพิกเซลของภาพตั้งแต่ต้นภาพไปยังท้ายภาพในทางแนวแถวและแนวหลักตามลำดับ โดยทำการตรวจสอบว่าเส้นขอบลากผ่านหรือใกล้เคียงกับจุดใด โดยวัดจากการเปลี่ยนแปลงของความเข้มในตำแหน่งที่ใกล้เคียงกับจุดดังกล่าว ซึ่งวิธีการหาขอบนั้นมีด้วยกันหลายวิธี แต่อย่างไรก็ตามสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มหลัก คือ Gradient method และ Laplacian method โดยในแต่ละวิธีมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ (Rasmussen, 1996)

3.3.1 Gradient method

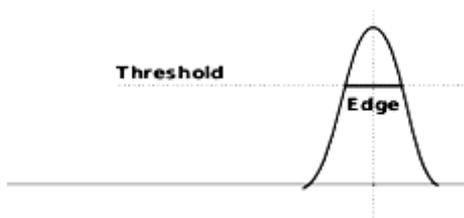
วิธีนี้จะหาขอบโดยการหาจุดต่ำสุดและจุดสูงสุดในรูปของอนุพันธ์อันดับหนึ่งของภาพ โดยจุดที่เป็นขอบจะอยู่ในส่วนที่เหนือค่า threshold จึงอาจทำให้เส้นขอบที่ได้มีลักษณะหนา ตัวอย่างวิธีการหาขอบของกลุ่มนี้ เช่น Roberts, Prewitt, Sobel และ Canny เป็นต้น

3.3.2 Laplacian method

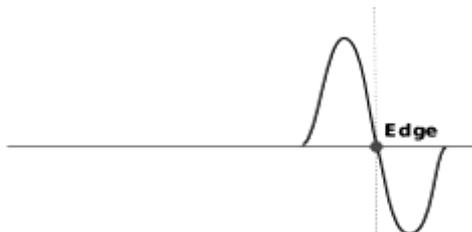
จะหาขอบโดยใช้อนุพันธ์อันดับ 2 โดยใช้จุดที่ค่า y เป็น 0 (Zero crossing) ซึ่งวิธีนี้จะใช้เวลาในการคำนวณมากกว่า Gradient method ตัวอย่างวิธีการหาขอบของกลุ่มนี้ เช่น Laplacian of Gaussian และ Marrs-Hildreth เป็นต้น (Silverman and Adelson, 1983)



ภาพที่ 10 แสดงถึงความแตกต่างของระดับความเข้มของสี
ที่มา: Catte (2004)



ภาพที่ 11 การหาขอบด้วยขั้นตอนวิธี Gradient method



ภาพที่ 12 การหาขอบด้วยขั้นตอนวิธี Laplacian method

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของการแบ่งส่วนในประเภทต่างๆ

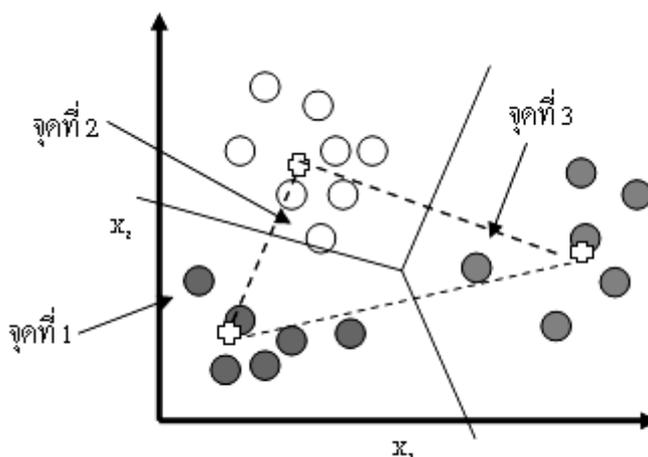
ประเภทการแบ่งส่วน	ข้อดี	ข้อเสีย
Amplitude segmentation	เหมาะกับข้อมูลประเภทภาพของตัวอักษร	ค่า “Threshold” จะต้องถูกกำหนดโดยผู้ใช้งาน
Region segmentation	มีการคำนวณ “Region” จากจากจุดภาพข้างเคียง	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ไม่เหมาะกับข้อมูลที่มีรายละเอียดมาก ▪ ประสิทธิภาพจะขึ้นอยู่กับค่าความเข้มของจุดภาพ
Boundary detection	ใช้ “Edge Detection” ในการหาขอบเขต	ไม่สามารถหาขอบเขตได้ในวัตถุที่มีความแตกต่างของความเข้มสีระหว่างกลุ่มน้อย

4. ทฤษฎีการจัดกลุ่ม (Clustering Method)

การจัดกลุ่มข้อมูล คือ การรวมกลุ่มของข้อมูลที่มีลักษณะเหมือนกัน รูปแบบและแนวโน้มที่เหมือนกัน โดยเริ่มจากการหาตัวแทนของกลุ่ม จากนั้นทำการเปรียบเทียบข้อมูลกับตัวแทนของแต่ละกลุ่ม ถ้าข้อมูลคล้ายคลึงกับตัวแทนของกลุ่มไหนก็จะถูกจัดให้อยู่กลุ่มนั้น วิธีในการแบ่งกลุ่มข้อมูลมีแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่

4.1 การจัดกลุ่มข้อมูลแบบโครงสร้างลำดับชั้น (Hierarchical Clustering) การจัดแบ่งกลุ่มออกเป็นกลุ่มย่อย ๆ ที่มีความสัมพันธ์กันระหว่างกลุ่มใหญ่และกลุ่มย่อย ๆ ลงไป วิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบโครงสร้างลำดับชั้นมีอยู่ 2 วิธีคือ การจัดกลุ่มจากล่างขึ้นบน (Agglomerative, Bottom-up) และการจัดกลุ่มข้อมูลจากบนลงล่าง (Divisive, Top-down)

4.2 การจัดกลุ่มข้อมูลแบบแบ่งส่วน (Partitional Clustering) การจัดจำแนกข้อมูลออกเป็นกลุ่มย่อย ๆ ตามจำนวนกลุ่มที่กำหนด โดยไม่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มแต่ละกลุ่มในเชิงโครงสร้าง เทคนิคการจัดกลุ่มข้อมูลแบบแบ่งส่วน ได้แก่ K-Means อัลกอริทึม และ Fuzzy C-Means



ภาพที่ 13 ภาพแสดงการจัดกลุ่มแบบแบ่งส่วน

4.2.1 การจัดกลุ่มข้อมูลโดย K-Means อัลกอริทึม

เทคนิคขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบเค-มีน (K-means Algorithm) นั้นมีการพัฒนาและนำเสนอโดย Mac Queen ในปี 1967 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงอัลกอริทึมในการจัดกลุ่มที่สมาชิกภายในกลุ่ม จะมีระยะใกล้จุดศูนย์กลางหรือตัวแทนของกลุ่ม (Mean) โดยขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบเค-มีนนี้นั้นจะประกอบด้วย การกำหนดจำนวนกลุ่มเริ่มต้น กำหนดตัวแทนกลุ่ม การจัดข้อมูลแต่ละตัวเข้ากลุ่ม และสุดท้ายคือ การปรับปรุงตัวแทนกลุ่มในแต่ละกลุ่ม ปัญหาที่พบคือ ปัญหาการกำหนดจำนวนจุดเริ่มต้น ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพของการจัดกลุ่ม หรือการที่กลุ่มบาง

กลุ่มนั้นมีจำนวนสมาชิกน้อยเกินไปหรืออาจจะไม่มีสมาชิกในกลุ่มเลย จึงได้มีการกำหนดกฎเกณฑ์ว่า กลุ่มที่จะอยู่ในรอบถัดไปได้ไปนั้น จะต้องมียุทธศาสตร์อยู่ไม่น้อยกว่าค่าคงที่ค่าหนึ่งที่กำหนดขึ้นมา ขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบเค-มีน (Tan *et al.*, 2006) มีขั้นตอนดังนี้

- 1) กำหนดจำนวนกลุ่มที่ต้องการ โดยกำหนดให้ K เท่ากับจำนวนกลุ่มที่ต้องการแบ่งกลุ่ม และเลือกจุดศูนย์กลางของกลุ่มเริ่มต้น
- 2) คำนวณหาตัวแทนกลุ่ม หรือจุดศูนย์กลางของกลุ่ม (Centroid) ในแต่ละกลุ่ม
- 3) จัดกลุ่มข้อมูลใหม่โดยพิจารณาจากค่าความใกล้เคียงหรือระยะห่างของข้อมูลในกลุ่มกับตัวแทนของกลุ่มต่างๆ ว่าข้อมูลนั้นสมควรที่จะอยู่กลุ่มใด
- 4) ทำการปรับปรุงการจัดกลุ่มโดยย้อนกลับไปทำข้อ 2 และจะหยุดเมื่อข้อมูลสมาชิกในกลุ่มแต่ละกลุ่มนั้น ไม่มีการเปลี่ยนแปลงแล้ว

ขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบเค-มีนต้องการพื้นที่ (space) ที่ใช้ในการทำงานน้อย (modest) เนื่องจากเก็บเฉพาะข้อมูล (data points) และตัวแทนของกลุ่ม (centroids) เท่านั้น ดังนั้นจึงต้องการพื้นที่ (space complexity) เป็น $O((m + K)n)$ เมื่อ n คือจำนวนข้อมูลทั้งหมด และ m คือจำนวนของตัวแปรที่ใช้ (attributes) ส่วนเวลาที่ใช้ในการประมวลผลจะเป็นสมการเชิงเส้น (linear) ในรูปของจำนวนข้อมูล ดังนั้นเวลา (time complexity) ที่ต้องการใช้จะเป็น $O(I * K * m * n)$ เมื่อ I เป็นจำนวนรอบที่ใช้เมื่อตัวแทนของกลุ่มมีการเปลี่ยนแปลง และ K คือจำนวนกลุ่มที่ต้องการจัดกลุ่ม เมื่อเรากำหนดค่าตัวแปรให้คงที่ เวลาที่ใช้จะเป็น $O(n)$ (Tan *et al.*, 2006)

Algorithm Basic K-Means algorithm.

- 1: Select K points as initial centroids.
- 2: **repeat**
- 3: From k clusters by assigning each point to its closest centroid.
- 4: Recompute the centroid of each cluster.
- 5: **until** Centroids do not change.

ภาพที่ 14 แสดงขั้นตอนการทำงานของขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบเค-มีน
ที่มา: Tan *et al.* (2006)

ตัวอย่างการทำงานของเค-มีน สมมติมีข้อมูลอยู่ 4 รายการคือ A, B, C และ D โดยแต่ละชุดข้อมูลมี 2 คอลัมน์ คือ X และ Y จากนั้นกำหนดให้มีการจัดกลุ่มข้อมูลเป็น 2 กลุ่ม ($K=2$) ดังตัวอย่างข้อมูลตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตัวอย่างข้อมูลเพื่อนำมาแบ่งกลุ่มโดยขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบเค-มีน

ข้อมูล	X	Y
A	5	3
B	-1	1
C	1	-2
D	-3	-2

ก. ให้สุ่มเลือกกลุ่มโดยสุ่มจับคู่ ดังตัวอย่างจะจับคู่ A กับ B และ C กับ D หลังจากนั้น ก็ทำการหาค่าเฉลี่ยจุดกึ่งกลาง จะได้ค่าดังตัวอย่างตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตัวอย่างการคำนวณค่าจุดกึ่งกลางของกลุ่ม

กลุ่ม	ค่าเฉลี่ยจุดกึ่งกลาง	
	X'	Y'
AB	$(5 + (-1)) / 2 = 2$	$(3 + 1) / 2 = 2$
CD	$(1 + (-3)) / 2 = -1$	$(-2 + (-2)) / 2 = -2$

ข. ให้หาค่าระยะห่างระหว่างข้อมูลกับกลุ่มโดยใช้สูตร ดังตัวอย่างต่อไปนี้

สูตรการหาระยะห่างแบบ Euclidean Distance

$$A = (x_{1a}, x_{2a}) \text{ และ } B = (x_{1b}, x_{2b}) \quad (18)$$

$$d^2(A, B) = (x_{1a} - x_{1b})^2 + (x_{2a} - x_{2b})^2 \quad (19)$$

ค. นำสูตรมาคำนวณค่าระยะห่างระหว่างจุดข้อมูลกับกลุ่ม จากนั้นจึงจัดข้อมูลให้อยู่ในกลุ่มที่ซึ่งคำนวณค่าได้น้อยกว่า

$$d^2(A, (AB)) = (5 - 2)^2 + (3 - 2)^2 = 10$$

$$d^2(A, (CD)) = (5 + 1)^2 + (3 + 2)^2 = 61$$

ง. จากนั้นจึงคำนวณสูตรกับข้อมูลที่เหลือให้ครบทั้งหมด

$$d^2(B, (AB)) = (-1 - 2)^2 + (1 - 2)^2 = 10$$

$$d^2(B, (CD)) = (-1 + 1)^2 + (1 + 2)^2 = 9$$

จ. เมื่อได้กลุ่มข้อมูลใหม่แล้ว ก็ให้คำนวณหาค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มใหม่ดัง

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยใหม่ของแต่ละกลุ่ม

กลุ่ม	ค่าเฉลี่ยจุดกึ่งกลาง	
	X'	Y'
A	5	3
BCD	-1	-1

จ. ทำซ้ำขั้นตอนที่กล่าวมาข้างต้นจนกว่าข้อมูลจะไม่มี การเปลี่ยนแปลงสุดท้ายแล้วจะได้กลุ่มข้อมูล 2 กลุ่มโดยแบ่งเป็นกลุ่มที่ 1 คือ A และกลุ่มที่ 2 คือ BCD

ข้อเด่นของขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบเค-มีน

- 1) ง่ายและนิยมนำไปใช้งาน
- 2) จัดกลุ่มข้อมูลได้รวดเร็ว

ข้อด้อยของขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบเค-มีน

- 1) การกำหนดจำนวนกลุ่มและตัวแทนกลุ่มเริ่มต้น มีผลต่อประสิทธิภาพการจัดกลุ่มทั้งในเชิงเวลาและความถูกต้อง
- 2) ขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบเค-มีนจะมีปัญหา กับข้อมูลที่มี outlier

4.2.2 ขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบฟัซซีซีมีน (Fuzzy C-Means)

ขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบฟัซซีซีมีน (Fuzzy C-Means) นำคณิตศาสตร์แบบฟัซซีมาใช้ในการจัดกลุ่ม แนวความคิดการจัดกลุ่มแบบฟัซซี (Fuzzy Clustering) นำเสนอโดย Ruspini ในปี ค.ศ. 1969 หลังจากการนำเสนอ ทฤษฎีฟัซซีเซต (Fuzzy Set Theory) ของ Zadeh ในปี ค.ศ. 1965 ขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบฟัซซีซีมีนนำเสนอโดย Dunn (1973) และมีการนำมาพัฒนาต่อโดย Bezdek ในปี ค.ศ. 1981 จนกระทั่งปัจจุบันได้มีการพัฒนาขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบฟัซซีซีมีนมาประยุกต์ใช้ในงานด้าน ต่าง ๆ เช่น การรู้จำแบบ (Pattern Recognition) การประมวลผลภาพ (Image Processing) รวมถึงการทำเหมืองข้อมูล เป็นต้น

หลักการการทำงานของขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบฟัซซีซีมีน พัฒนามาจากการจัดกลุ่มข้อมูลแบบดั้งเดิมที่จัดจำแนกกลุ่มออกเป็นกลุ่มย่อย ๆ ที่แต่ละกลุ่มแบ่งแยกกันอย่างชัดเจน มาเป็นกลุ่มข้อมูลที่มีบางส่วนร่วมกัน ข้อมูลมีโอกาสดูกจัดเข้ากลุ่มได้มากกว่าหนึ่งกลุ่ม โดยการทำงานจะมีการกำหนดให้ข้อมูลแต่ละตัวมีค่าความเป็นสมาชิกกับตัวแทนของกลุ่มแต่ละกลุ่ม แต่ข้อมูลจะถูกจัดเข้ากลุ่มที่มีค่าความเป็นสมาชิกกับตัวแทนของกลุ่มสูงสุด

การทำงานประกอบด้วย การกำหนดจำนวนกลุ่มเริ่มต้นในชุดข้อมูล กำหนดจำนวนระดับความเป็นสมาชิกในกลุ่ม โดยข้อมูลทุกตัวจะถูกนำมาคำนวณค่าความเป็นสมาชิก จากนั้นเป็นการหาตัวแทนกลุ่มแต่ละกลุ่มที่มีลักษณะสำคัญของกลุ่มครบถ้วน ทำการจัดข้อมูลเข้ากลุ่ม ปรับค่าความเป็นสมาชิกของสมาชิกทุกตัวในแต่ละกลุ่ม ทำการปรับค่าตัวแทน จนกระทั่งตัวแทนปรับค่าเข้าสู่ศูนย์กลางของกลุ่มได้และค่าดัชนีที่วัดความผิดพลาดของการจัดกลุ่มมีค่าน้อยลงจนถึงจุดที่แสดงว่าการจัดกลุ่มข้อมูลน่าจะถูกต้อง ขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบฟัซซี่ซีมีน(Albayrak and Amasyali, 2003) มีขั้นตอนดังนี้

1) กำหนดจำนวนกลุ่มที่ต้องการจัดเป็น C กลุ่ม เลือกตัวแทนของกลุ่มเริ่มต้น โดยการสุ่ม และกำหนดค่าระดับความเป็นสมาชิก (m) ในกลุ่ม

2) คำนวณความเป็นสมาชิก U ของข้อมูลทุกตัว โดยใช้สมการ

$$U_{ij} = \frac{1}{\sum_{k=1}^c \left(\frac{d_{ij}}{d_{kj}} \right)^{\frac{2}{m-1}}} \quad (20)$$

เมื่อ d_{ij} คือการคำนวณระยะห่างระหว่างกลุ่ม i กับ ข้อมูล j ตามสูตรของ Euclidean Distance

$$d_{ij} = \|c_i - x_j\| \quad (21)$$

โดยที่

i คือ กลุ่มที่ 1 ถึง C

j คือ ตำแหน่งข้อมูลกลุ่มที่ i

c_i คือ ตัวแทนของกลุ่มที่ i

x_j คือ ข้อมูลตัวที่ j

m คือ ค่าความเป็นสมาชิก (fuzziness index) โดยที่ $m \in (1, \infty)$

3) กำหนดค่าดัชนีวัดความผิดพลาด cost function และจัดข้อมูลเข้ากลุ่ม

$$J(U, c_1, c_2, \dots, c_c) = \sum_{i=1}^c J_i = \sum_{i=1}^c \sum_{j=1}^n U_{ij}^m \|c_i - x_j\|^2 \quad (22)$$

โดยที่

x_j คือ ข้อมูลตัวที่ j

m คือ ค่าความเป็นสมาชิก (fuzziness index) โดยที่ $m \in (1, \infty)$

U_{ij} คือ ค่าความเป็นสมาชิกของกลุ่มที่ i ข้อมูลตัวที่ j

4) กำหนดตัวแทนของกลุ่มใหม่โดยใช้สูตร และปรับค่าความเป็นสมาชิกของสมาชิกทุกตัวในกลุ่ม

$$C_i = \frac{\sum_{i=1}^n U_{ij}^m x_i}{\sum_{j=1}^n U_{ij}^m} \quad (23)$$

โดยที่

C_i คือ ตัวแทนของกลุ่มที่ i

x_j คือ ข้อมูลตัวที่ j

m คือ ค่าความเป็นสมาชิก (fuzziness index) โดยที่ $m \in (1, \infty)$

U_{ij} คือ ค่าความเป็นสมาชิกของกลุ่มที่ i ข้อมูลตัวที่ j

5) ทำซ้ำตั้งแต่ขั้นตอนที่ 2 จนกระทั่งตัวแทนปรับค่าเข้าสู่ศูนย์กลางของกลุ่มได้ และค่าดัชนีที่วัดความผิดพลาดของการจัดกลุ่มมีค่าเป็นที่น่าพอใจ

ขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบฟัซซีมีนใช้เวลาในการทำงาน (time complexity) เป็น $O(n)$ เมื่อ n คือจำนวนข้อมูลทั้งหมด (Halkidi *et al.*, 2001)

Algorithm Basic Fuzzy C-Means algorithm.

1: Select an initial fuzzy pseudo-partition, i.e., assign values to all the w_{ij} .

2: **repeat**

3: Compute the centroid of each cluster using the fuzzy pseudo-partition.

4: Recompute the fuzzy pseudo-partition, i.e., the w_{ij} .

5: **until** the centroids don't change.

(Alternative stopping conditions are “if the change in the error is below a specified threshold” or “if the absolute change in any w_{ij} is below a given threshold.”)

ภาพที่ 15 แสดงขั้นตอนการทำงานของขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบฟัซซีซีมีน

ที่มา: Tan *et al.* (2006)

ข้อเด่นของขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบฟัซซีซีมีน

- 1) สามารถจัดจำแนกกลุ่มข้อมูลที่มีความคล้ายกันมากได้
- 2) การจัดกลุ่มมีความน่าเชื่อถือเพราะจัดข้อมูลเข้ากลุ่มตามระดับความเป็น

สมาชิกสูงสุดกับตัวแทนกลุ่ม

ข้อด้อยของขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบฟัซซีซีมีน

- 1) ความซับซ้อนของการประมวลผลสูง
- 2) ใช้เนื้อที่หน่วยความจำมาก

ตารางที่ 5 ตารางเปรียบเทียบการทำงานของอัลกอริทึมในการจัดกลุ่ม

อัลกอริทึม (Algorithms)	ชนิดของข้อมูล (Type of data)	เวลาที่ใช้ (Complexity)*	ข้อมูลนำเข้า (Input parameters)	ผลลัพธ์ (Result)
K-Means	ตัวเลข	O(n)	จำนวนกลุ่ม	จุดศูนย์กลางของกลุ่ม
Fuzzy C-Means	ตัวเลข	O(n)	จำนวนกลุ่ม	ค่าความเป็นสมาชิกของข้อมูล

หมายเหตุ * n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

5. การวัดประสิทธิภาพ

การวัดประสิทธิภาพการแบ่งกลุ่มข้อมูล อัลกอริทึมประกอบด้วยวิธีที่นิยมใช้ในปัจจุบัน 5 วิธี คือ (1) RMSSTD (2) RS (3) SD Validity Index (4) Davies Bouldin Index และ (5) PBM-Index

5.1 Root Mean Square Standard Deviation (RMSSTD)

การวัดค่าความแตกต่างของข้อมูลภายในกลุ่ม ค่าความแตกต่างของข้อมูลภายในกลุ่ม แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการจัดกลุ่มว่ามีมากน้อยเพียงใด ซึ่งหากค่าความแตกต่างภายในกลุ่ม น้อย แสดงถึงการแบ่งกลุ่มที่ดี ข้อมูลภายในกลุ่มมีความใกล้เคียงกันมาก สูตรการคำนวณค่าความแตกต่างภายในกลุ่ม

$$RMSSTD = \sqrt{\frac{\sum_{j=1..d} \sum_{k=1}^{n_{ij}} (x_k - \bar{x}_j)^2}{\sum_{j=1..d} (n_{ij} - 1)}} \quad (24)$$

โดยที่

- C คือ จำนวนกลุ่มที่แบ่งได้ทั้งหมด
- D คือ จำนวนคอแลมน์ทั้งหมดภายในชุดข้อมูล
- \bar{x}_j คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลคอแลมน์ที่ j
- n_{ij} คือ จำนวนข้อมูลในกลุ่มที่ i คอแลมน์ที่ j

5.2 R-Squared (RS)

การวัดค่าความแตกต่างของข้อมูลระหว่างกลุ่ม ค่าความแตกต่างของข้อมูลระหว่างกลุ่ม เป็นค่าซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการจัดกลุ่มข้อมูล ซึ่งหากค่าความแตกต่างระหว่างกลุ่ม มาก แสดงถึงการแบ่งกลุ่มที่ดี กลุ่มแต่ละกลุ่มมีลักษณะที่แตกต่างกัน โดยที่ค่า RS นี้จะอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

$$RS = \frac{SS_t - SS_w}{SS_t} \quad (25)$$

$$SS_t = \sum_{j=1}^d \sum_{k=1}^{n_j} (x_k - \bar{x}_j)^2 \quad (26)$$

$$SS_w = \sum_{j=1..c} \sum_{k=1}^{n_{ij}} (x_k - \bar{x}_j)^2 \quad (27)$$

โดยที่

SS_t ผลรวมของผลต่างกำลังสองของทุกข้อมูลแต่ละตัวแปร

SS_w ผลรวมของผลต่างกำลังสองทุกข้อมูลภายในกลุ่ม

c คือ จำนวนกลุ่มที่แบ่งได้ทั้งหมด

d คือ จำนวนตัวแปรทั้งหมด

\bar{x}_j คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลคอัลมันน์ที่ j

n_{ij} คือ จำนวนข้อมูลในกลุ่มที่ i คอัลมันน์ที่ j

5.3 SD Validity Index (SD)

เป็นการวัดการกระจายเฉลี่ยและการแยกกันของกลุ่ม ซึ่งค่า SD มีค่าน้อยแสดงถึงการจัดกลุ่มที่ดี (Halkidi, 2000)

Scattering เป็นการคำนวณ โดยใช้ค่าความแปรปรวนของกลุ่มและค่าความแปรปรวนของชุดข้อมูล (Data set) ซึ่งเป็นการวัดความคล้ายคลึงภายในกลุ่ม

ค่าความแปรปรวนของชุดข้อมูล

ค่าความแปรปรวนของกลุ่ม

$$\sigma_n^p = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (x_k^p - x^p)^2$$

$$\sigma_{v_i}^p = \frac{1}{\|c_i\|} \sum_{k=1}^n (x_k^p - v_i^p)^2$$

$$\sigma(x) = \begin{bmatrix} \sigma_x^1 \\ \vdots \\ \sigma_x^d \end{bmatrix}$$

$$\sigma(v_i) = \begin{bmatrix} \sigma_{v_i}^1 \\ \vdots \\ \sigma_{v_i}^d \end{bmatrix} \quad (28)$$

ค่าความแปรปรวนของชุดข้อมูลในแต่ละกลุ่ม

$$Scatt = \frac{1}{n_i} \sum_{i=1}^{n_c} \frac{\|\sigma(v_i)\|}{\|\sigma(x)\|} \quad (29)$$

โดยที่

- n คือ จำนวนกลุ่มที่แบ่งได้ทั้งหมด
- n_i คือ จำนวนข้อมูลที่อยู่ในกลุ่มที่ c_i
- c_i คือ จำนวนกลุ่ม
- v_i คือ จำนวนข้อมูลที่อยู่ในกลุ่มที่ c_i
- n_{ij} คือ จุดศูนย์กลางของกลุ่มที่ i ตัวที่ j

Total Separation between cluster การหาผลรวมของการแยกกันของกลุ่ม มีพื้นฐานของการหาระยะห่างของจุดศูนย์กลางของกลุ่ม

$$Dis = \frac{\max_{i,j=1..n_c} (\|v_j - v_i\|)}{\min_{i,j=1..n_c} (\|v_j - v_i\|)} \sum_{k=1}^{n_c} \left(\sum_{\substack{j=1, \\ i \neq j}}^{n_c} \|v_j - v_i\| \right)^{-1} \quad (30)$$

ดังนั้น SD Validity Index คือ

$$SD(x) = \alpha Scatt + Dis \quad (31)$$

โดยที่ α คือ ค่าน้ำหนัก(weight)

5.4 Davies Bouldin Index (DB)

เป็นการวัดความคล้ายคลึงกันเฉลี่ยระหว่างแต่ละกลุ่ม ซึ่งจะใช้การวัดความคล้ายคลึงกันของกลุ่ม(Cluster) R_{ij} การวัดการแพร่กระจายของกลุ่ม S_i และการวัดความแตกต่างกันของกลุ่ม d_{ij} ในกรณีที่มีค่า DB น้อยแสดงถึงการจัดกลุ่มที่ดี (Kovacs *et al.*, 2005)

โดยที่

$$R_{ij} \geq 0$$

$$R_{ij} = R_{ji}$$

$$\text{If } S_i = 0 \text{ and } S_j = 0 \text{ Then } R_{ij} = 0$$

$$\text{If } S_j > S_k \text{ and } d_{ij} = d_{jk} \text{ Then } R_{ij} > R_{jk}$$

$$\text{If } S_j = S_k \text{ and } d_{ij} < d_{ik} \text{ Then } R_{ij} > R_{ik}$$

การวัดความคล้ายคลึงกันของกลุ่ม(Cluster) R_{ij}

$$R_{ij} = \frac{S_i + S_j}{d_{ij}} \quad (32)$$

การวัดการแพร่กระจายของกลุ่ม S_i และการวัดความแตกต่างกันของกลุ่ม d_{ij}

$$d_{ij} = d(V_i, V_j), S_i = \frac{1}{\|C_i\|} \sum_{x \in C_i} d(X, V_i) \quad (33)$$

โดยที่

R_{ij} คือ การวัดความคล้ายคลึงกันของกลุ่ม(Cluster) i และ j

S_i คือ การวัดการแพร่กระจายของกลุ่ม i

d_{ij} คือ การวัดความแตกต่างกันของกลุ่ม i และ j

$d(V_i, V_j)$ คือ ระยะห่างระหว่างตัวแทนของกลุ่ม i และ j

$D(X, V_i)$ คือ ระยะห่างระหว่างข้อมูล x กับตัวแทนของกลุ่ม i

C_i คือ จำนวนข้อมูลของกลุ่มที่ i

ดังนั้น Davies Bouldin Index คือ

$$DB = \frac{1}{n_c} \sum_{i=1}^{n_c} R_i \quad (34)$$

เมื่อ $R_i = \max_{j=1..n_c, i \neq j} (R_{ij}), i = 1..n_c$

โดยที่ n_c คือ จำนวนกลุ่มทั้งหมด

5.5 PBM-Index (PBM)

เป็นเทคนิคในการวัดความถูกต้องของการจัดกลุ่ม (cluster validity) ซึ่งเป็นกำลังสองของผลคูณของส่วนกลับของจำนวนกลุ่ม การวัดระยะห่างของข้อมูลภายในกลุ่มและความแตกต่างกันมากที่สุดของแต่ละกลุ่ม ในกรณีที่ PBM-Index มีค่าสูงหมายถึงการจัดกลุ่มที่ดี โดยมีสูตรการคำนวณค่า PBM-index ดังนี้ (Pakhira *et al.*, 2004)

$$PBM(k) = \left(\frac{1}{k} \times \frac{E_1}{E_k} \times D_k \right)^2 \quad (35)$$

การวัดระยะห่างของข้อมูลภายในกลุ่ม

$$E_K = \sum_{k=1}^K E_k, E_k = \sum_{j=1}^n U_{kj} \|x_j - Z_k\| \quad (36)$$

การวัดค่าความแตกต่างระหว่างกลุ่ม

$$D_k = \max_{i,j=1}^k \|Z_i - Z_j\| \quad (37)$$

โดยที่

- k คือ จำนวนกลุ่มที่แบ่งได้ทั้งหมด
- n คือ จำนวนชุดข้อมูลทั้งหมด
- U_{kj} คือ ค่าความเป็นสมาชิกของข้อมูลตัวที่ j ของข้อมูลตัวที่ k
- D_k คือ การวัดการกระจายมากที่สุดของกลุ่ม cluster
- Z_k คือ จุดศูนย์กลางของกลุ่มที่ k

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยของ Forman (2000) ทำการศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของ การแบ่งกลุ่มข้อมูล 3 วิธีคือใช้หลักการ Parallel Code K-Means Algorithm, K-Harmonic Means Algorithm และ Expectation-Maximization ในการทดสอบพบว่าขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบ เค-มีน มีประสิทธิภาพในการจัดกลุ่มข้อมูลที่ดีที่สุดซึ่งมีประสิทธิภาพที่ดีกว่า K-Harmonic Means Algorithm อยู่ 6 เท่า และดีกว่า Expectation-Maximization Algorithm 200 เท่า

งานวิจัยของ Laerhoven (2001) เสนอการรวมอัลกอริทึมระหว่าง SOM และ K-mean เพื่อประยุกต์ใช้ในการแบ่งกลุ่ม (Cluster) จากตัวรับรู้ (sensor) ข้อมูลของผู้ใช้โทรศัพท์ว่าขณะใช้ โทรศัพท์แล้วเดินผ่านตัวรับรู้ที่ตั้งอยู่ ณ จุดๆหนึ่ง ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้คือ สามารถแบ่งกลุ่ม พฤติกรรมของผู้ใช้โทรศัพท์มือถือว่าขณะใช้มือถืออยู่นั้น กำลัง เดิน วิ่ง นั่งหรือยืน ซึ่งข้อมูลที่ได้ จากการแบ่งกลุ่มนี้จะนำไปใช้ประโยชน์โดยจะเก็บข้อมูลไว้และตอบกลับไปยังผู้ที่โทรเข้ามาหา ผู้ใช้

งานวิจัยของ Zadeh (1965) ได้นำเสนอทฤษฎีฟัซซีเซต (Fuzzy Set Theory) ถัดมาได้มี งานวิจัยของ Ruspini (1969) นำเสนอแนวความคิดการจัดกลุ่มแบบฟัซซี (Fuzzy Clustering) นำ คณิตศาสตร์แบบฟัซซีมาใช้ในการจัดกลุ่มข้อมูล และมีการนำหลักการดังกล่าวมาปรับปรุงเป็น ขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบฟัซซีซีมีน (Fuzzy C-Means) (Bezdek, 1999) มาใช้ในการจัดกลุ่มซึ่งมี การใช้งานกระทั่งปัจจุบัน และได้มีการพัฒนาขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบฟัซซีซีมีนไปใช้ในงานด้าน ต่างๆ ปัญหาที่พบขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบฟัซซีซีมีน คือกับการกำหนดค่าเริ่มต้นและการ จัดการกับกลุ่มข้อมูลที่ไม่มีสมาชิกหรือข้อมูลจำนวนสมาชิกน้อย

งานวิจัยของ Wee และ Liew (2003) ได้นำขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบฟัซซีซีมีนมาใช้ในการ จัดกลุ่มข้อมูลสี เพื่อใช้ในการตรวจจับริมฝีปากจากรูปภาพสี โดยมีการใช้ค่า threshold เป็นตัว วัดประสิทธิภาพค่าที่นำมาใช้อ้างอิงจากงานวิจัยคือ $L\alpha\beta$ และ Luv และ ในงานวิจัยของ Monadjemi และคณะ (Monadjemi et al., 2002) ได้มีการทดลองวัดประสิทธิภาพการจำแนก องค์ประกอบภายในรูปภาพประกอบด้วย รอยนต์ ถนน พื้นทางเดิน และ ต้นไม้โดยใช้ปริภูมิ มาตรฐานสี RGB HSV และ $L\alpha\beta$ พบว่าปริภูมิมาตรฐานสี $L\alpha\beta$ สามารถจำแนกจำแนกวัตถุใน รูปภาพได้ดีกว่าปริภูมิมาตรฐานสีในแบบ RGB และ HSV

งานวิจัยของ Halkidi และคณะ (Halkidi *et al.*, 2001) ศึกษากระบวนการในการจัดกลุ่มหลักการพื้นฐานของการจัดกลุ่ม รวมถึงวิธีในการวัดประสิทธิภาพ โดยทำการเปรียบเทียบวิธีในการวัดประสิทธิภาพเพื่อหาจำนวนกลุ่มที่เหมาะสม ประกอบด้วย Davies-Bouldin (DB), RMSSTD, RS และ SD Validity index ใช้ข้อมูลทดสอบ 5 ชุด 4 ชุดเป็นข้อมูลของข้อมูลมาตรฐาน ส่วนอีกชุดเป็นข้อมูลจริง จากผลการทดลองพบว่า SD validity index สามารถให้ผลถูกต้องถึง 3 ใน 5 ของข้อมูลทดสอบ

งานวิจัยของ Pakhira และคณะ (Pakhira *et al.*, 2004) นำเสนอวิธีในการวัดประสิทธิภาพที่ชื่อว่า PBM-Index โดยทำการเปรียบเทียบกับวิธี DB index, XB-index, Dunn's index ใช้ข้อมูลทดสอบ 8 ชุดซึ่งเป็นข้อมูลมาตรฐานที่รู้จำนวนกลุ่มแล้ว จากผลการทดลองพบว่า วิธีที่นำเสนอคือ PBM-Index สามารถหาจำนวนกลุ่มที่เหมาะสมได้ถูกต้องทั้งหมด

ในงานวิจัยจึงได้นำหลักการดังกล่าวมาใช้ในการจัดกลุ่มข้อมูลสี่ โดยนำเทคนิคขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบเค-มีนและขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบฟิชเชอร์มาทำงานร่วมกับการกรองรูปภาพสี่โดยวิธีการแพร่กระจายไม่เป็นเชิงเส้น (Gilboa, 2004) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการแบ่งกลุ่มข้อมูลสี่ให้ดียิ่งขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

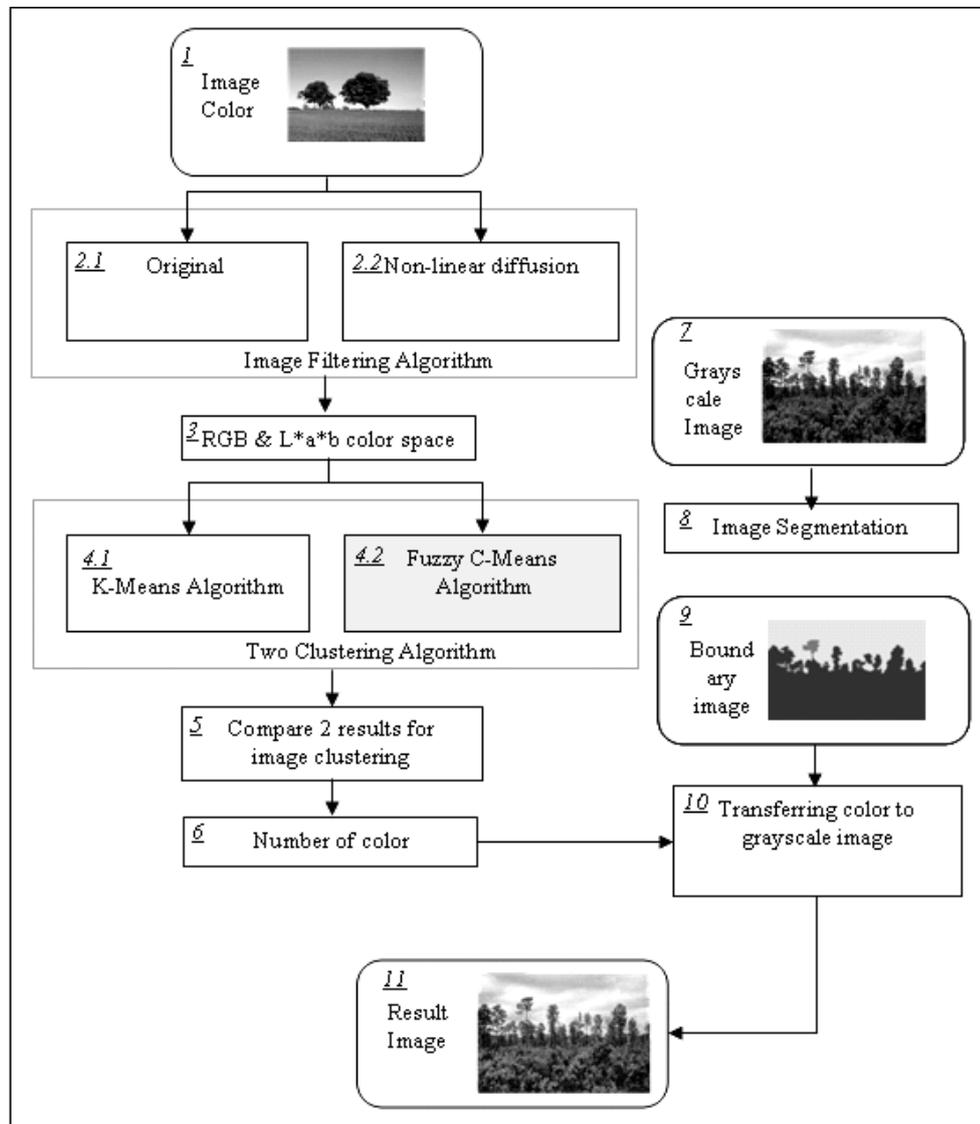
1. Hardware
 - 1.1 คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล CPU Intel Pentium 4 2.93 GHz, 256 DDR SDRAM, HD 40 GB
2. Software
 - 2.1 Matlab สำหรับการแบ่งกลุ่มข้อมูลและการประเมินผลการดำเนินงานของการแบ่งกลุ่ม
 - 2.2 GIMS สำหรับการแปลงโครงสร้างของรูปภาพ และสี
3. Operating System
 - 3.1 Linux

วิธีการ



ภาพที่ 16 แสดงแนวความคิดของงานวิจัย

โครงสร้างการทำงานของระบบสำหรับการย้ายข้อมูลสีไปยังรูปภาพแบบขาวดำโดยวิธีตัดสรรคแบบสองขั้นตอนในการจัดกลุ่มข้อมูลสี



ภาพที่ 17 แสดงขั้นตอนวิธีการทดลอง

1. ข้อมูลสำหรับการทดลอง (Data set)

นำภาพที่ต้องการจากกล้องดิจิทัลจะมีขนาดภาพอยู่ที่ 1280 x 960 พิกเซล ดังนั้นจึงต้องทำการลดขนาดภาพให้เหลือขนาดภาพอยู่ที่ 640 x 480 พิกเซล เพื่อลดระยะเวลาในการประมวลผลในขั้นตอนต่อไป

2. การกรองข้อมูลรูปภาพ

ขั้นตอนที่ 2 ในขั้นตอนนี้จะเป็นขั้นตอนที่ใช้ในการเตรียมข้อมูลรูปภาพ โดยวิธีการของ Gradient method และ Laplacian method เป็นตัวดำเนินการทางคณิตศาสตร์ที่เป็นเวกเตอร์ (Vector operator) จะเป็นตัวจัดการกับโครงสร้างของข้อมูลภายในรูปภาพที่มีการกระจายตัวอย่างไม่สม่ำเสมอของข้อมูล จะทำการกระจายข้อมูลของสีที่มีความเข้มข้นของมากไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นของข้อมูลน้อยกว่า ในการแปลงรูปภาพโดยผ่านขั้นตอนการกรองโดยวิธีการแพร่กระจายเชิงเส้นและผ่านขั้นตอนการกรองโดยวิธีการแพร่กระจายไม่เป็นเชิงเส้น ตามขั้นตอนวิธีของ Gilboa (2004)

3. การแปลงข้อมูลระบบสี

การแปลงรูปแบบปริภูมิสีมาตรฐานสีตามวิธีของ Ruderman (1998) จากรูปแบบปริภูมิสีมาตรฐาน RGB ซึ่งเป็น แสงสี 3 สี โดยที่ R คือสีแดง (red) G คือสีเขียว (green) และ B คือสีน้ำเงิน (blue) ทั้งสามสีถือเป็นแม่สีของแสงเพื่อทำการแปลงเป็นปริภูมิสีมาตรฐาน $L\alpha\beta$ ซึ่งเป็นระบบการบรรยายสีแบบ 3 มิติ โดยที่แกน L จะบรรยายถึงความสว่าง (lightness) จากค่า $+L$ แสดงถึงสีขาว จนถึง $-L$ แสดงถึงสีดำ แกน α จะบรรยายถึงแกนสีจากเขียว $-\alpha$ ไปจนถึงแดง $+\alpha$ ส่วนแกน β จะบรรยายถึงแกนสีจากน้ำเงิน $-\beta$ ไปเหลือง $+\beta$ จะเอาปริภูมิสีมาตรฐาน RGB และ $L\alpha\beta$ ไปใช้ในการจัดกลุ่มข้อมูลต่อไป

ตารางที่ 6 ตัวอย่างปริภูมิสีมาตรฐานในระบบ RGB

สี (Color Name)	ปริภูมิสีมาตรฐานในระบบ RGB		
	R (Red)	G (Green)	B (Blue)
Black	0	0	0
Blue	0	0	255
Red	255	0	0
Green	0	255	0
white	255	255	255

ตารางที่ 7 ตัวอย่างข้อมูลปริภูมิสีมาตรฐานในระบบ $L\alpha\beta$

สี (Color Name)	ปริภูมิสีมาตรฐานในระบบ $L\alpha\beta$		
	L	α	β
Black	29.5650	68.3010	-112.0500
Blue	54.2920	80.8130	69.8980
Red	87.8190	-79.2580	80.9880
Green	99.9980	0.0195	-0.0195
white	29.5650	68.3010	-112.0500

4. การแบ่งกลุ่มข้อมูล (Data Clustering)

ขั้นตอนที่ 4 ในขั้นตอนการแบ่งกลุ่มข้อมูลนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้เทคนิคการจัดกลุ่มข้อมูล (Clustering) เข้ามาใช้ในการทดลอง โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างอัลกอริทึมการจัดกลุ่มข้อมูลี่นำข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนที่สามเป็นข้อมูลนำเข้าเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการจัดกลุ่มระหว่างการจัดกลุ่มแบบแบ่งส่วน ซึ่งในที่นี้ใช้ขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบเค-มีน และขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบฟัซซีซีมีน เพื่อหาอัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดและเหมาะสมกับข้อมูล ระบุจำนวนกลุ่มในการจัดกลุ่มตั้งแต่ 2 - 10 กลุ่ม

5. การเปรียบเทียบผลการจัดกลุ่มแต่ละอัลกอริทึม

ขั้นตอนที่ 5 ทำเปรียบเทียบผลการจัดกลุ่มแต่ละอัลกอริทึมโดยใช้ แสดงให้เห็นถึงค่า RMSSTS และ RS เมื่อทำการจัดกลุ่มข้อมูลโดยใช้ ขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบเค-มีนและ ขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบพีซีซีมีน ระบุจำนวนกลุ่มในการจัดกลุ่มตั้งแต่ 2 - 10 กลุ่ม

5.1 Root Mean Square Standard Deviation (RMSSTD) เป็นการวัดค่าความแตกต่างของข้อมูลภายในกลุ่ม ค่าความแตกต่างของข้อมูลภายในกลุ่ม แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการจัดกลุ่มว่ามีมากน้อยเพียงใด ซึ่งหากค่าความแตกต่างภายในกลุ่มน้อย แสดงถึงการแบ่งกลุ่มที่ดี ข้อมูลภายในกลุ่มมีความใกล้เคียงกันมาก

5.2 R-Squared (RS) เป็นการวัดค่าความแตกต่างของข้อมูลระหว่างกลุ่ม ค่าความแตกต่างของข้อมูลระหว่างกลุ่ม เป็นค่าซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการจัดกลุ่มข้อมูล ซึ่งหากค่าความแตกต่างระหว่างกลุ่มมาก แสดงถึงการแบ่งกลุ่มที่ดี กลุ่มแต่ละกลุ่มมีลักษณะที่แตกต่างกัน โดยที่ค่า RS นี้จะอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

6. ผลลัพธ์การจัดกลุ่ม

จากกระบวนการในขั้นตอนการเปรียบเทียบผลการจัดกลุ่ม สามารถสรุปได้ว่าขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบพีซีซีมีนสามารถจัดกลุ่มได้ดีกว่าขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบเค-มีน ในการทดลองส่วนนี้จะนำขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบพีซีซีมีน มาทำการจัดกลุ่มข้อมูลสี ทำการเปรียบเทียบตัววัดประสิทธิภาพประกอบด้วย

6.1 SD validity index มีค่าน้อยแสดงถึงการจัดกลุ่มที่ดี (Halkidi, 2000) ซึ่งเป็นการวัดการกระจายเฉลี่ยและการแยกกันของกลุ่ม โดยพิจารณาจากค่าความแปรปรวนของกลุ่ม (Scattering) และค่าความแปรปรวนของชุดข้อมูล (Total Separation between cluster) มีพื้นฐานจากการหาระยะห่างของจุดศูนย์กลางของกลุ่ม

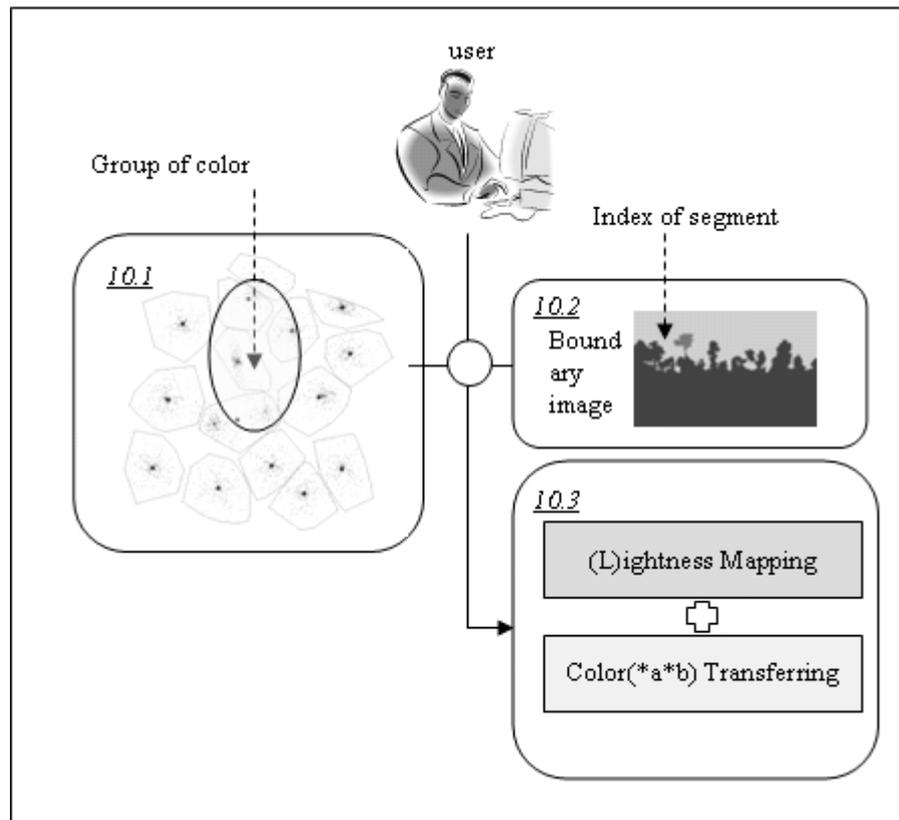
6.2 PBM index เป็นเทคนิคในการวัดความถูกต้องของการจัดกลุ่ม (cluster validity) ซึ่งเป็นกำลังสองของผลคูณของส่วนกลับของจำนวนกลุ่ม การวัดระยะห่างของข้อมูลภายในกลุ่มและความแตกต่างกันมากที่สุดของแต่ละกลุ่ม ในกรณีที่ PBM-Index มีค่าสูงหมายถึงการจัดกลุ่มที่ดี

6.3 Davies Bouldin Index เป็นการวัดความคล้ายคลึงกันเฉลี่ยระหว่างแต่ละกลุ่ม ซึ่งจะใช้การวัดความคล้ายคลึงกันของกลุ่ม (Cluster)

7. การหาขอบเขตรูปภาพสเกลลีทา

ขั้นตอนที่ 7 ทำการหาขอบเขตของสีด้วยวิธีการทำการแบ่งส่วน ผลลัพธ์ที่ได้จะทำให้สามารถแยกข้อมูลภาพของส่วนที่ต้องการออกมาได้ (ข้อมูลที่มีลักษณะเหมือนกับข้อมูลตัวอย่าง) โดยใช้วิธี Boundary detection โดยการค้นหาขอบของวัตถุของแต่ละกลุ่ม การหาขอบสามารถหาได้โดยใช้ Edge detection จะทำการหาขอบของวัตถุที่สนใจโดยการหาขอบนี้ทำได้โดยการกำหนดเมตริกซ์มาใช้ในการพิจารณาหาขอบ จะทำการสแกนไปตามพิกเซลของภาพทั้งในทางแนวแถวและแนวหลักตามลำดับ โดยในระหว่างการสแกนก็ให้นำพิกเซลรอบข้าง 4 พิกเซลไปทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลเมตริกซ์ที่กำหนดไว้ถ้าไม่มีตรงกับเมตริกซ์ใดก็ให้สแกนไปยังพิกเซลถัดไป แต่ถ้าตรงกับเมตริกซ์ใด ๆ ก็ให้ทำการเลื่อนตำแหน่งปัจจุบัน ไปตามทิศทางที่ได้กำหนดไว้และให้ทำอย่างนี้ไปเรื่อย ๆ โดยจะหยุดก็เมื่อพบว่าได้เวียนกลับมายังที่เดิมแล้ว การเวียนกลับมายังที่เดิมแสดงว่าตอนนี้จะได้ขอบของวัตถุแล้วก็ให้ทำการนำข้อมูลส่วนนี้ไปเก็บไว้ยังหน่วยความจำส่วนอื่น ๆ และทำการลบข้อมูลของวัตถุนี้จากหน่วยความจำภาพทั้งนี้เพื่อไม่ให้มีการนำข้อมูลของวัตถุที่หาพบแล้วมารบกวนการหาวัตถุชิ้นต่อไปภายในภาพอีก)

8. ขั้นตอนวิธีการย้ายข้อมูลสี



ภาพที่ 18 แสดงขั้นตอนการย้ายข้อมูลสีไปยังรูปภาพสเกลสีเทา

ขั้นตอนการย้ายข้อมูลสีไปยังรูปภาพสเกลสีเทาประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้ 10.1 การเลือกกลุ่มของสีที่จะนำมาใช้ที่ได้จากขั้นตอนที่ 6 โดยค่าที่จะนำมาใช้คือค่า มาตรการความสว่าง (L) จากค่าทั้งหมดที่มีคือ $L\alpha\beta$ ในขั้นตอนที่ 10.2 การเลือกขอบเขตของภาพสเกลสีเทาที่ต้องการจะนำข้อมูลสีไปใช้ในการย้ายข้อมูลสี ค่าที่จะนำมาใช้คือค่ามาตรการความสว่างเช่นเดียวกัน ในขั้นตอน 10.3 เป็นการหาความสัมพันธ์ของความสว่าง ที่มีลักษณะเท่ากันหรือใกล้เคียงกันมากที่สุด ในขั้นตอนการเลือกข้อมูลสีที่ได้จากการจัดกลุ่มในกระบวนการข้างต้นนั้นจำเป็นต้องอาศัยผู้ใช้งานกำหนด และตัดสินใจในการย้ายในครั้งนี้ (Reinhad *et al.*, 2001)

ผลและวิจารณ์

ผล

1. การเตรียมข้อมูลและรูปภาพที่ใช้ในการทดลอง

รูปภาพที่ต้องการจากกล้องดิจิทัลจะมีขนาดภาพอยู่ที่ 1280 x 960 พิกเซล ดังนั้นจึงต้องทำการลดขนาดภาพให้เหลือขนาดภาพอยู่ที่ 640 x 480 พิกเซล เพื่อลดระยะเวลาในการประมวลผลในขั้นตอนต่อไป ดังตารางที่ 8 และ 9

ตารางที่ 8 อธิบายข้อมูลรูปสี่ที่ใช้ทำการทดลอง

ลำดับ	ชื่อชุดข้อมูล	หมายเหตุ
1	DATE_SET_I	ประกอบด้วยสี่ทั้งหมดสามสี
2	DATE_SET_II	ประกอบด้วยสี่ทั้งหมดสี่สี
3	DATE_SET_III	ประกอบด้วยสี่ทั้งหมดห้าสี
4	DATE_SET_IV	ประกอบด้วยสี่ทั้งหมดหกสี
5	DATE_SET_V	ประกอบด้วยสี่ทั้งหมดแปดสี
6	REAL_SET_I	รูปที่ 1 ภาพที่ 19
7	REAL_SET_II	รูปที่ 2 ภาพที่ 19
8	REAL_SET_III	รูปที่ 3 ภาพที่ 19
9	REAL_SET_IV	รูปที่ 4 ภาพที่ 19
10	REAL_SET_V	รูปที่ 5 ภาพที่ 19
11	REAL_SET_VI	รูปที่ 6 ภาพที่ 19
12	REAL_SET_VII	รูปที่ 7 ภาพที่ 19

Google™



รูปที่ 1

รูปที่ 2

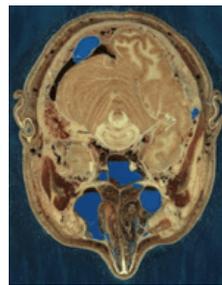
รูปที่ 3



รูปที่ 4

รูปที่ 5

รูปที่ 6



รูปที่ 7

ภาพที่ 19 ภาพสีที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 9 อธิบายข้อมูลรูปสเกลสีเทาที่ใช้ทำการทดลอง

ลำดับ	ชื่อชุดข้อมูล	หมายเหตุ
1	REAL_TRAGET_I	รูปที่ 1 ภาพที่ 20
2	REAL_TRAGET_II	รูปที่ 2 ภาพที่ 20
3	REAL_TRAGET_III	รูปที่ 3 ภาพที่ 20
4	REAL_TRAGET_IV	รูปที่ 4 ภาพที่ 20
5	REAL_TRAGET_V	รูปที่ 5 ภาพที่ 20



รูปที่ 1



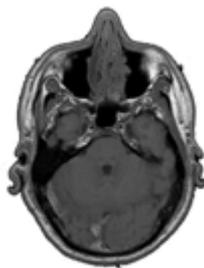
รูปที่ 2



รูปที่ 3



รูปที่ 4



รูปที่ 5

ภาพที่ 20 ภาพสเกลสีเทาที่ใช้ในการทดลอง

2. การเตรียมข้อมูลรูปภาพสำหรับการจัดกลุ่ม

การเตรียมข้อมูลรูปภาพ โดยวิธีการของ Gradient method และ Laplacian method สำหรับการนำไปจัดกลุ่มข้อมูลสีภายในรูปภาพจะเป็นตัวจัดการกับโครงสร้างของข้อมูลภายในรูปภาพที่มีการกระจายตัวอย่างไม่สม่ำเสมอของข้อมูลสีผลลัพธ์แสดงดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 อธิบายข้อมูลรูปสี่ที่ผ่านการกรองข้อมูล

ลำดับ	ชุดข้อมูลตั้งต้น	ชุดข้อมูลผลลัพธ์	หมายเหตุ
1	REAL_SET_III	REAL_FILTER_I	รูปที่ 1 ภาพที่ 21
2	REAL_SET_IV	REAL_FILTER_II	รูปที่ 2 ภาพที่ 21
3	REAL_SET_V	REAL_FILTER_III	รูปที่ 3 ภาพที่ 21
4	REAL_SET_VI	REAL_FILTER_IV	รูปที่ 4 ภาพที่ 21
5	REAL_SET_VII	REAL_FILTER_V	รูปที่ 5 ภาพที่ 21



รูปที่ 1



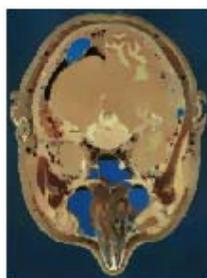
รูปที่ 2



รูปที่ 3



รูปที่ 4



รูปที่ 5

ภาพที่ 21 ภาพสี่ที่ผ่านกระบวนการกรองข้อมูลแบบไม่เป็นเชิงเส้น

3. การทดลองจัดกลุ่มสำหรับคัดเลือกขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบแบ่งกลุ่ม

การทดลอง เมื่อทำการคัดเลือกข้อมูลที่ต้องการและจัดเตรียมข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมในการทดลอง จะนำข้อมูลที่จัดเตรียมมาทำการจัดกลุ่มข้อมูล และเปรียบเทียบผลของการจัดกลุ่มระหว่างเทคนิคการจัดกลุ่มข้อมูล ด้วยขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบเค-มีน และขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบพีซีซีมีน ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจัดกลุ่มข้อมูลที่เหมาะสมไปใช้ในการจัดกลุ่มข้อมูลต่อไป โดยทำการเปรียบเทียบการจัดกลุ่มข้อมูลโดยใช้การจัดกลุ่มแบบแบ่งส่วน ข้อมูลที่ใช้สำหรับทดสอบขนาดต่างๆกัน ระบบสีที่นำมาใช้ทำการเปรียบเทียบคือปริภูมิสีมาตรฐานในระบบ RGB และปริภูมิสีมาตรฐานในระบบ $L\alpha\beta$ โดยทำการจัดกลุ่มตั้งแต่ 2 ถึง 10 กลุ่ม ทำการวัดประสิทธิภาพการจัดกลุ่มข้อมูลในตารางที่ 11 โดยเปรียบเทียบค่า RMSSTD และ RS ได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

ตารางที่ 11 สรุปผลการวัดประสิทธิภาพการจับกลุ่มข้อมูลสีกับข้อมูลชุดทดสอบ

ข้อมูลชุดทดสอบ (Color Image)	ปริภูมิมาตรฐานสี (Color space)	RMSSTD		RS	
		K-Means	Fuzzy C-Means	K-Means	Fuzzy C-Means
DATA_SET_I	<i>RGB</i>	0.68535	0.64211	0.76447	0.77120
	<i>$\alpha\beta$</i>	0.36428	0.38079	0.93016	0.93348
	<i>$L\alpha\beta$</i>	0.30348	0.30132	0.94445	0.94540
DATA_SET_II	<i>RGB</i>	0.44284	0.42156	0.84446	0.84553
	<i>$\alpha\beta$</i>	0.27923	0.25273	0.89181	0.90159
	<i>$L\alpha\beta$</i>	0.45159	0.44896	0.86053	0.85240
DATA_SET_III	<i>RGB</i>	0.4245	0.26554	0.85667	0.88357
	<i>$\alpha\beta$</i>	0.26757	0.28889	0.90347	0.85947
	<i>$L\alpha\beta$</i>	0.44141	0.28464	0.85927	0.86238

ตารางที่ 12 ผลการวัดประสิทธิภาพการจัดกลุ่มข้อมูลสี RMSSTD กับข้อมูลชุดทดสอบ

ข้อมูลชุดทดสอบ (Color Image)	ปริภูมิมาตรฐานสี (Color space)	RMSSTD	
		K-Means	Fuzzy C-Means
DATA_SET_I	<i>RGB</i>	0.68535	0.64211
	<i>$\alpha\beta$</i>	0.36428	0.38079
	<i>$L\alpha\beta$</i>	0.30348	0.30132
DATA_SET_II	<i>RGB</i>	0.44284	0.42156
	<i>$\alpha\beta$</i>	0.27923	0.25273
	<i>$L\alpha\beta$</i>	0.45159	0.44896
DATA_SET_III	<i>RGB</i>	0.4245	0.26554
	<i>$\alpha\beta$</i>	0.26757	0.28889
	<i>$L\alpha\beta$</i>	0.44141	0.28464

ตารางที่ 13 ผลการวัดประสิทธิภาพการจัดกลุ่มข้อมูลสี RS กับข้อมูลชุดทดสอบ

ข้อมูลชุดทดสอบ (Color Image)	ปริภูมิมาตรฐานสี (Color space)	RS	
		K-Means	Fuzzy C-Means
DATA_SET_I	<i>RGB</i>	0.76447	0.77120
	<i>$\alpha\beta$</i>	0.93016	0.93348
	<i>$L\alpha\beta$</i>	0.94445	0.94540
DATA_SET_II	<i>RGB</i>	0.84446	0.84553
	<i>$\alpha\beta$</i>	0.89181	0.90159
	<i>$L\alpha\beta$</i>	0.86053	0.85240
DATA_SET_III	<i>RGB</i>	0.85667	0.88357
	<i>$\alpha\beta$</i>	0.90347	0.85947
	<i>$L\alpha\beta$</i>	0.85927	0.86238

3.1 ผลการวัดประสิทธิภาพการจัดกลุ่มข้อมูลสี DATA_SET_I

3.1.1 ผลการทดลองข้อมูลทดสอบ DATA_SET_I พบว่าในปริภูมิมาตรฐานสี RGB ขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ FCM ให้ค่า RMSSTD ที่ดีที่สุดมีค่า 0.64211 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ KM มีค่า 0.68535 และขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ FCM ให้ค่า RS ที่ดีที่สุดมีค่า 0.77120 ซึ่งมีค่ามากกว่าขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ KM มีค่า 0.76447

3.1.2 ปริภูมิมาตรฐานสี $\alpha\beta$ ขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ KM ให้ค่า RMSSTD ที่ดีที่สุดมีค่า 0.36428 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ FCM มีค่า 0.38079 และขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ FCM ให้ค่า RS ที่ดีที่สุดมีค่า 0.93348 ซึ่งมีค่ามากกว่าขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ KM มีค่า 0.93016

3.1.3 ปริภูมิมาตรฐานสี $L\alpha\beta$ ขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ FCM ให้ค่า RMSSTD ที่ดีที่สุดมีค่า 0.30132 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ KM มีค่า 0.30348 และขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ FCM ให้ค่า RS ที่ดีที่สุดมีค่า 0.94540 ซึ่งมีค่ามากกว่าขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ KM มีค่า 0.94445

3.2 ผลการวัดประสิทธิภาพการจัดกลุ่มข้อมูลสี DATA_SET_II

3.2.1 ผลการทดลองข้อมูลทดสอบ DATA_SET_II พบว่าในปริภูมิมาตรฐานสี RGB ขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ FCM ให้ค่า RMSSTD ที่ดีที่สุดมีค่า 0.42156 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ KM มีค่า 0.44284 และขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ FCM ให้ค่า RS ที่ดีที่สุดมีค่า 0.84553 ซึ่งมีค่ามากกว่าขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ KM มีค่า 0.84446

3.2.2 ปริภูมิมาตรฐานสี $\alpha\beta$ ขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ FCM ให้ค่า RMSSTD ที่ดีที่สุดมีค่า 0.25273 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ KM มีค่า 0.27923 และขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ FCM ให้ค่า RS ที่ดีที่สุดมีค่า 0.90159 ซึ่งมีค่ามากกว่าขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ KM มีค่า 0.89181

3.2.3 ปริภูมิมาตรฐานสี $L\alpha\beta$ ขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ FCM ให้ค่า RMSSTD ที่ดีที่สุดมีค่า 0.44896 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ KM มีค่า 0.45159 และขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ KM ให้ค่า RS ที่ดีที่สุดมีค่า 0.86053 ซึ่งมีค่ามากกว่าขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ FCM มีค่า 0.85240

3.3 ผลการวัดประสิทธิภาพการจัดกลุ่มข้อมูลสี DATA_SET_III

3.3.1 ผลการทดลองข้อมูลทดสอบ DATA_SET_III พบว่าในปริภูมิมาตรฐานสี RGB ขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ FCM ให้ค่า RMSSTD ที่ดีที่สุดมีค่า 0.26554 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ KM มีค่า 0.42450 และขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ FCM ให้ค่า RS ที่ดีที่สุดมีค่า 0.88357 ซึ่งมีค่ามากกว่าขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ KM มีค่า 0.85667

3.3.2 ปริภูมิมาตรฐานสี $\alpha\beta$ ขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ KM ให้ค่า RMSSTD ที่ดีที่สุดมีค่า 0.26757 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ FCM มีค่า 0.28889 และขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ KM ให้ค่า RS ที่ดีที่สุดมีค่า 0.90347 ซึ่งมีค่ามากกว่าขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ FCM มีค่า 0.85947

3.3.3 ปริภูมิมาตรฐานสี $L\alpha\beta$ ขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ FCM ให้ค่า RMSSTD ที่ดีที่สุดมีค่า 0.28464 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ KM มีค่า 0.44141 และขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ FCM ให้ค่า RS ที่ดีที่สุดมีค่า 0.86238 ซึ่งมีค่ามากกว่าขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ KM มีค่า 0.85927

ตารางที่ 14 สรุปผลการวัดประสิทธิภาพการจับกลุ่มข้อมูลสีกับข้อมูลชุดทดสอบจริง

ข้อมูลชุดทดสอบ (Color Image)	ปริภูมิมาตรฐานสี (Color space)	RMSSTD		RS	
		K-Means	Fuzzy C-Means	K-Means	Fuzzy C-Means
REAL_SET_I	<i>RGB</i>	0.71111	0.54363	0.86445	0.86720
	<i>$\alpha\beta$</i>	1.48220	0.85340	0.72338	0.76919
	<i>$L\alpha\beta$</i>	1.10870	0.80701	0.72018	0.77049
REAL_SET_II	<i>RGB</i>	0.65126	0.63684	0.80595	0.83878
	<i>$\alpha\beta$</i>	0.63493	0.61655	0.82418	0.83887
	<i>$L\alpha\beta$</i>	0.79147	0.76061	0.72613	0.72744
REAL_SET_III	<i>RGB</i>	0.89661	0.70301	0.77738	0.80199
	<i>$\alpha\beta$</i>	0.89661	0.70301	0.77738	0.80199
	<i>$L\alpha\beta$</i>	0.80464	0.72577	0.70837	0.79268

ตารางที่ 15 ผลการวัดประสิทธิภาพการจัดกลุ่มข้อมูลสี RMSSTD กับข้อมูลชุดทดสอบจริง

ข้อมูลชุดทดสอบ (Color Image)	ปริภูมิมาตรฐานสี (Color space)	RMSSTD	
		K-Means	Fuzzy C-Means
REAL_SET_I	<i>RGB</i>	0.71111	0.54363
	<i>$\alpha\beta$</i>	1.48220	0.85340
	<i>$L\alpha\beta$</i>	1.10870	0.80701
REAL_SET_II	<i>RGB</i>	0.65126	0.63684
	<i>$\alpha\beta$</i>	0.63493	0.61655
	<i>$L\alpha\beta$</i>	0.79147	0.76061
REAL_SET_III	<i>RGB</i>	0.89661	0.70301
	<i>$\alpha\beta$</i>	0.89661	0.70301
	<i>$L\alpha\beta$</i>	0.80464	0.72577

ตารางที่ 16 ผลการวัดประสิทธิภาพการจัดกลุ่มข้อมูลสี RS กับข้อมูลชุดทดสอบจริง

ข้อมูลชุดทดสอบ (Color Image)	ปริภูมิมาตรฐานสี (Color space)	RS	
		K-Means	Fuzzy C-Means
REAL_SET_I	<i>RGB</i>	0.86445	0.86720
	<i>$\alpha\beta$</i>	0.72338	0.76919
	<i>$L\alpha\beta$</i>	0.72018	0.77049
REAL_SET_II	<i>RGB</i>	0.80595	0.83878
	<i>$\alpha\beta$</i>	0.82418	0.83887
	<i>$L\alpha\beta$</i>	0.72613	0.72744
REAL_SET_III	<i>RGB</i>	0.77738	0.80199
	<i>$\alpha\beta$</i>	0.77738	0.80199
	<i>$L\alpha\beta$</i>	0.70837	0.79268

3.4 ผลการวัดประสิทธิภาพการจัดกลุ่มข้อมูลสี REAL_SET_I

3.4.1 ผลการทดลองข้อมูลทดสอบ REAL_SET_I พบว่าในปริภูมิมาตรฐานสี *RGB* ขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ FCM ให้ค่า RMSSTD ที่ดีที่สุดมีค่า 0.543636 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ KM มีค่า 0.71111 และขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ FCM ให้ค่า RS ที่ดีที่สุดมีค่า 0.86720 ซึ่งมีค่ามากกว่าขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ KM มีค่า 0.86445

3.4.2 ปริภูมิมาตรฐานสี $\alpha\beta$ ขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ FCM ให้ค่า RMSSTD ที่ดีที่สุดมีค่า 0.85340 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ KM มีค่า 1.48220 และขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ FCM ให้ค่า RS ที่ดีที่สุดมีค่า 0.76919 ซึ่งมีค่ามากกว่าขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ KM มีค่า 0.72338

3.4.3 ปริภูมิมาตรฐานสี $L\alpha\beta$ ขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ FCM ให้ค่า RMSSTD ที่ดีที่สุดมีค่า 0.80701 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ KM มีค่า 1.10870 และขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ FCM ให้ค่า RS ที่ดีที่สุดมีค่า 0.77049 ซึ่งมีค่ามากกว่าขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ FCM มีค่า 0.72018

3.5 ผลการวัดประสิทธิภาพการจัดกลุ่มข้อมูลสี REAL_SET_II

3.5.1 ผลการทดลองข้อมูลทดสอบ REAL_SET_II พบว่าในปริภูมิมาตรฐานสี *RGB* ขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ FCM ให้ค่า RMSSTD ที่ดีที่สุดมีค่า 0.63684 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ KM มีค่า 0.65126 และขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ FCM ให้ค่า RS ที่ดีที่สุดมีค่า 0.83878 ซึ่งมีค่ามากกว่าขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ KM มีค่า 0.80595

3.5.2 ปริภูมิมาตรฐานสี $\alpha\beta$ ขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ FCM ให้ค่า RMSSTD ที่ดีที่สุดมีค่า 0.61655 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ KM มีค่า 0.63493 และขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ FCM ให้ค่า RS ที่ดีที่สุดมีค่า 0.83887 ซึ่งมีค่ามากกว่าขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ KM มีค่า 0.82418

3.5.3 ปริภูมิมาตรฐานสี $L\alpha\beta$ ขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ FCM ให้ค่า RMSSTD ที่ดีที่สุดมีค่า 0.76061 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ KM มีค่า 0.79147 และขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ FCM ให้ค่า RS ที่ดีที่สุดมีค่า 0.72744 ซึ่งมีค่ามากกว่าขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ FCM มีค่า 0.72613

3.6 ผลการวัดประสิทธิภาพการจัดกลุ่มข้อมูลสี REAL_SET_III

3.6.1 ผลการทดลองข้อมูลทดสอบ REAL_SET_III พบว่าในปริภูมิมาตรฐานสี RGB ขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ FCM ให้ค่า RMSSTD ที่ดีที่สุดมีค่า 0.70301 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ KM มีค่า 0.89661 และขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ FCM ให้ค่า RS ที่ดีที่สุดมีค่า 0.80199 ซึ่งมีค่ามากกว่าขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ KM มีค่า 0.77738

3.6.2 ปริภูมิมาตรฐานสี $\alpha\beta$ ขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ FCM ให้ค่า RMSSTD ที่ดีที่สุดมีค่า 0.70301 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ KM มีค่า 0.89661 และขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ FCM ให้ค่า RS ที่ดีที่สุดมีค่า 0.80199 ซึ่งมีค่ามากกว่าขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ KM มีค่า 0.77738

3.6.3 ปริภูมิมาตรฐานสี $L\alpha\beta$ ขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ FCM ให้ค่า RMSSTD ที่ดีที่สุดมีค่า 0.72577 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ KM มีค่า 0.80464 และขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ FCM ให้ค่า RS ที่ดีที่สุดมีค่า 0.79268 ซึ่งมีค่ามากกว่าขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบ FCM มีค่า 0.70837

ผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงค่า RMSSTS และ RS เมื่อทำการจัดกลุ่มข้อมูลโดยใช้ขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบ KM และ ขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบ FCM ระบุจำนวนกลุ่มในการจัดกลุ่มตั้งแต่ 2 - 10 กลุ่ม โดยพิจารณาจากค่า RMSSTD มีค่าน้อย แสดงให้เห็นถึงการแบ่งกลุ่มที่ดี ในทางตรงกันข้าม ค่า RS ควรจะมีค่าสูง แสดงถึงการแบ่งกลุ่มที่ดี ผลลัพธ์ดังกล่าวนี้ทำให้สามารถสรุปได้ว่า ขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบ FCM ให้ผลลัพธ์ในการจัดกลุ่มที่ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบ KM

4. การวัดประสิทธิภาพ

ในขั้นตอนนี้จะนำขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบแบ่งกลุ่มที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 (การทดลองจัดกลุ่มสำหรับคัดเลือกขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบแบ่งกลุ่ม) คือ ขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบ FCM มาจัดกลุ่มข้อมูลเพื่อหาจำนวนกลุ่มสำหรับนำมาใช้ในการจัดกลุ่มของการจัดกลุ่มแบบแบ่งส่วน ในขั้นตอนนี้จะทำการคัดเลือกตัววัดประสิทธิภาพเพื่อหาจำนวนกลุ่มที่เหมาะสม ประกอบด้วยค่า SD validity index, ค่า PBM index และค่า DB index โดยทำการระบุจำนวนกลุ่มที่นำมาใช้ในการจัดกลุ่มคือ ตั้งแต่ 2 ถึง 10 กลุ่ม

ตารางที่ 17 ผลการวัดประสิทธิภาพการจัดกลุ่มข้อมูลสีตั้งแต่ 2 - 10 กลุ่ม กับข้อมูลชุดทดสอบ

DATA_SET_I

ความสมเหตุสมผล (Validity Index)	จำนวนกลุ่ม (Cluster)	ปริภูมิมาตรฐานสี (Color space)		
		$L\alpha\beta$	$\alpha\beta$	RGB
SD validity index	3	3	3	4
PBM index	3	2	1	2
DB index	3	3	3	3

จากผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการจัดกลุ่มข้อมูลตารางที่ 13 นี้ สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้เมื่อจำนวนกลุ่มที่ดีที่สุดเท่ากับ 3 กลุ่ม จะเห็นว่าค่า DB index สามารถสรุปจำนวนกลุ่มที่ดีที่สุดจากค่า RGB $L\alpha\beta$ และ $\alpha\beta$ มาใช้ในการจัดกลุ่มข้อมูล ได้ถูกต้องทุกกรณี เมื่อเปรียบเทียบกับค่า SD validity index และค่า PBM index โดย SD validity index ให้จำนวนกลุ่มที่ดีที่สุด 2 ตัว โดยนำค่า $L\alpha\beta$ และ $\alpha\beta$ มาใช้ในการจัดกลุ่มข้อมูล โดยที่ค่า PBM index ไม่สามารถสรุปได้ถูกต้องทั้งในค่า RGB $L\alpha\beta$ และ $\alpha\beta$ จากตัววัดประสิทธิภาพทั้ง 3 ตัวในตารางที่ 13 จะได้ว่า DB index มีค่าที่ใช้วัดประสิทธิภาพดีที่สุดถึง 3 ตัว

ตารางที่ 18 ผลการวัดประสิทธิภาพการจัดกลุ่มข้อมูลสีตั้งแต่ 2 - 10 กลุ่ม กับข้อมูลชุดทดสอบ

DATA_SET_II

ความสมเหตุสมผล (Validity Index)	จำนวนกลุ่ม (Cluster)	ปริภูมิมาตรฐานสี (Color space)		
		$L\alpha\beta$	$\alpha\beta$	RGB
SD validity index	4	4	3	4
PBM index	4	3	1	1
DB index	4	4	4	4

จากผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการจัดกลุ่มข้อมูลตารางที่ 14 นี้ สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้เมื่อจำนวนกลุ่มที่ดีที่สุดเท่ากับ 4 กลุ่ม จะเห็นว่าค่า DB index สามารถสรุปจำนวนกลุ่มที่ดีที่สุดจากค่า $RGB\ L\alpha\beta$ และ $\alpha\beta$ มาใช้ในการจัดกลุ่มข้อมูล ได้ถูกต้องทุกกรณี เมื่อเปรียบเทียบกับค่า SD validity index และค่า PBM index โดย SD validity index ให้จำนวนกลุ่มที่ดีที่สุด 2 ตัว โดยนำค่า $L\alpha\beta$ และ RGB มาใช้ในการจัดกลุ่มข้อมูล โดยที่ค่า PBM index ไม่สามารถสรุปได้ถูกต้องทั้งในค่า $RGB\ L\alpha\beta$ และ $\alpha\beta$ จากตัววัดประสิทธิภาพทั้ง 3 ตัวในตารางที่ 14 จะได้ว่า DB index มีค่าที่ใช้วัดประสิทธิภาพดีที่สุดถึง 3 ตัว

ตารางที่ 19 ผลการวัดประสิทธิภาพการจัดกลุ่มข้อมูลตั้งแต่ 2 - 10 กลุ่ม กับข้อมูลชุดทดสอบ

DATA_SET_III

ความสมเหตุสมผล (Validity Index)	จำนวนกลุ่ม (Cluster)	ปริภูมิมาตรฐานสี (Color space)		
		$L\alpha\beta$	$\alpha\beta$	RGB
SD validity index	5	5	3	5
PBM index	5	1	2	1
DB index	5	5	5	5

จากผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการจัดกลุ่มข้อมูลตารางที่ 15 นี้ สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้เมื่อจำนวนกลุ่มที่ดีที่สุดเท่ากับ 5 กลุ่ม จะเห็นว่าค่า DB index สามารถสรุปจำนวนกลุ่มที่ดีที่สุดจากค่า $RGB\ L\alpha\beta$ และ $\alpha\beta$ มาใช้ในการจัดกลุ่มข้อมูล ได้ถูกต้องทุกกรณี เมื่อเปรียบเทียบกับค่า SD validity index และค่า PBM index โดย SD validity index ให้จำนวนกลุ่มที่ดีที่สุด 2 ตัว โดยนำค่า $L\alpha\beta$ และ $\alpha\beta$ มาใช้ในการจัดกลุ่มข้อมูล โดยที่ค่า PBM index ไม่สามารถสรุปได้ถูกต้องทั้งในค่า $RGB\ L\alpha\beta$ และ $\alpha\beta$ จากตัววัดประสิทธิภาพทั้ง 5 ตัวในตารางที่ 15 จะได้ว่า DB index มีค่าที่ใช้วัดประสิทธิภาพดีที่สุดถึง 3 ตัว

ตารางที่ 20 ผลการวัดประสิทธิภาพการจัดกลุ่มข้อมูลตั้งแต่ 2 - 10 กลุ่ม กับข้อมูลชุดทดสอบ
DATA_SET_IV

ความสมเหตุสมผล (Validity Index)	จำนวนกลุ่ม (Cluster)	ปริภูมิมาตรฐานสี (Color space)		
		$L\alpha\beta$	$\alpha\beta$	RGB
SD validity index	8	9	3	8
PBM index	8	9	4	4
DB index	8	8	10	8

จากผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการจัดกลุ่มข้อมูลตารางที่ 17 นี้ สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้เมื่อจำนวนกลุ่มที่ดีที่สุดเท่ากับ 5 กลุ่ม จะเห็นว่าค่า DB index สามารถสรุปจำนวนกลุ่มที่ดีที่สุดจากค่า RGB $L\alpha\beta$ และ $\alpha\beta$ มาใช้ในการจัดกลุ่มข้อมูล ได้ถูกต้องทุกกรณี เมื่อเปรียบเทียบกับค่า SD validity index และค่า PBM index โดย SD validity index สามารถสรุปจำนวนกลุ่มได้ใกล้เคียงที่สุดคือเท่ากับ 9 กลุ่ม โดยนำค่า $L\alpha\beta$ มาใช้ในการจัดกลุ่มข้อมูล โดยที่ค่า PBM index ไม่สามารถสรุปได้ถูกต้องทั้งในค่า RGB $L\alpha\beta$ และ $\alpha\beta$ จากตัววัดประสิทธิภาพทั้ง 3 ตัวในตารางที่ 13 ถึง 16 จะได้ว่า DB index มีค่าที่ใช้วัดประสิทธิภาพดีที่สุดถึง 3 ตัว

จากตัววัดประสิทธิภาพทั้ง 3 ตัว จะได้ว่าค่า DB index สามารถสรุปจำนวนกลุ่มที่ดีที่สุดจากค่า RGB $L\alpha\beta$ และ $\alpha\beta$ มาใช้ในการจัดกลุ่มข้อมูล ได้ถูกต้องทุกกรณีเมื่อเปรียบเทียบกับค่า SD validity index และค่า PBM index จึงเลือกค่า DB index มาใช้ในโครงสร้างสีสำหรับนำมาใช้ในการจัดกลุ่มต่อไป

ตารางที่ 21 แสดงผลการวัดประสิทธิภาพการจัด กลุ่ม โดยขั้นตอนวิธีแบบ FCM จากค่า DB Index จากรูปภาพที่ 21

ชื่อข้อมูล	จำนวนกลุ่ม (Cluster)								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
REAL_FILTER_I	0.40612	0.29561	0.39932	0.51297	0.71065	0.67056	0.61644	0.67664	0.71200
REAL_FILTER_II	0.26062	0.17800	0.21379	0.30381	0.40721	0.49042	0.49388	0.36296	0.60600
REAL_FILTER_III	0.44523	0.26533	0.47001	0.66659	1.00720	0.84994	0.91948	0.95117	0.93166
REAL_FILTER_IV	0.58169	0.47877	0.52295	0.62485	0.47285	0.50938	0.61942	0.64633	0.69005
REAL_FILTER_V	0.25233	0.53289	0.52566	0.78013	0.69570	0.70127	0.67436	0.69294	0.58011

หมายเหตุ ค่าที่ดีที่สุดคือค่าที่น้อยที่สุด

ผลการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการจัดกลุ่มข้อมูลทีผ่านกระบวนการตัวกรอง สัญญาณรูปภาพแบบไม่เป็นเชิงเส้นในตารางที่ 21 เมื่อนำค่า $L\alpha\beta$ มาใช้ในการจัดกลุ่มข้อมูลจากค่า DB index นี้ สามารถสรุปจำนวนกลุ่มที่ดีที่สุดได้ดังต่อไปนี้ในข้อมูลทดสอบ REAL_FILTER_I สามารถสรุปจำนวนกลุ่มที่ดีที่สุดเมื่อนำค่า $L\alpha\beta$ มาใช้ในการจัดกลุ่มข้อมูลสามารถสรุปจำนวนกลุ่มได้ 3 กลุ่มคือมีค่าเท่ากับ 0.29561 ในข้อมูลทดสอบ REAL_FILTER_II สามารถสรุปจำนวนกลุ่มที่ดีที่สุดเมื่อนำค่า $L\alpha\beta$ มาใช้ในการจัดกลุ่มข้อมูลสามารถสรุปจำนวนกลุ่มได้ 3 กลุ่มคือมีค่าเท่ากับ 0.17800 ในข้อมูลทดสอบ REAL_FILTER_III สามารถสรุปจำนวนกลุ่มที่ดีที่สุดเมื่อนำค่า $L\alpha\beta$ มาใช้ในการจัดกลุ่มข้อมูลสามารถสรุปจำนวนกลุ่มได้ 3 กลุ่มคือมีค่าเท่ากับ 0.26533 ในข้อมูลทดสอบ REAL_FILTER_IV สามารถสรุปจำนวนกลุ่มที่ดีที่สุดเมื่อนำค่า $L\alpha\beta$ มาใช้ในการจัดกลุ่มข้อมูลสามารถสรุปจำนวนกลุ่มได้ 3 กลุ่มคือมีค่าเท่ากับ 0.47877 ในข้อมูลทดสอบ REAL_FILTER_V สามารถสรุปจำนวนกลุ่มที่ดีที่สุดเมื่อนำค่า $L\alpha\beta$ มาใช้ในการจัดกลุ่มข้อมูลสามารถสรุปจำนวนกลุ่มได้ 2 กลุ่มคือมีค่าเท่ากับ 0.25233 ดังตารางที่ 22

ตารางที่ 22 อธิบายข้อภาพสี่ทีผ่านกระบวนการจัดกลุ่มข้อมูลสี่

ลำดับ	ชุดข้อมูลตั้งต้น	ชุดข้อมูลผลลัพธ์	หมายเหตุ
1	REAL_FILTER_I	REAL_CLUSTER_FILTER_I	รูปที่ 1 ภาพที่ 22
2	REAL_FILTER_II	REAL_CLUSTER_FILTER_II	รูปที่ 2 ภาพที่ 22
3	REAL_FILTER_III	REAL_CLUSTER_FILTER_III	รูปที่ 3 ภาพที่ 22
4	REAL_FILTER_IV	REAL_CLUSTER_FILTER_IV	รูปที่ 4 ภาพที่ 22
5	REAL_FILTER_V	REAL_CLUSTER_FILTER_V	รูปที่ 5 ภาพที่ 22



รูปที่ 1



รูปที่ 2



รูปที่ 3



รูปที่ 4



รูปที่ 5

ภาพที่ 22 แสดงผลลัพธ์จากการจัดกลุ่มสีภายในรูปภาพ

5. ผลลัพธ์การแบ่งส่วนภาพสเกลสีเทา

แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการแบ่งส่วนข้อมูลภาพสเกลสีเทาโดยนำข้อมูลทดลองไปผ่านหลักการที่เรียกว่า Boundary detection ทำการแบ่งส่วนภาพออกไปเป็นบริเวณ (Region) ต่าง ๆ ตามต้องการ โดยการใช้ Edge detection ร่วมกับวิธีการหาขอบด้วยการเชื่อมต่อ (Edge linking techniques) ผลลัพธ์ดังตารางที่ 23

ตารางที่ 23 อธิบายชื่อภาพผลลัพธ์การแบ่งส่วน

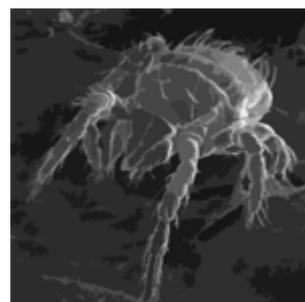
ลำดับ	ชุดข้อมูลตั้งต้น	ชุดข้อมูลผลลัพธ์	หมายเหตุ
1	REAL_TRAGET_I	REAL_TRAGET_SEGMENT_I	รูปที่ 1 ภาพที่ 23
2	REAL_TRAGET_II	REAL_TRAGET_SEGMENT_II	รูปที่ 2 ภาพที่ 23
3	REAL_TRAGET_III	REAL_TRAGET_SEGMENT_III	รูปที่ 3 ภาพที่ 23
4	REAL_TRAGET_IV	REAL_TRAGET_SEGMENT_IV	รูปที่ 4 ภาพที่ 23
5	REAL_TRAGET_V	REAL_TRAGET_SEGMENT_V	รูปที่ 5 ภาพที่ 23



รูปที่ 1



รูปที่ 2



รูปที่ 3



รูปที่ 4



รูปที่ 5

ภาพที่ 23 แสดงผลลัพธ์จากการแบ่งส่วน

6. ผลลัพธ์ขั้นตอนวิธีการย้ายข้อมูลจากรูปภาพสี่ไปยังรูปภาพสเกลสี่เทา

ผลลัพธ์การย้ายข้อมูลที่ได้จากการจัดกลุ่มข้อมูล (ภาพที่ 22) ไปยังรูปภาพสเกลสี่เทาที่ได้ทำการแบ่งส่วน (ภาพที่ 23) โดยค่าที่จะนำมาใช้คือค่ามาตรฐานความสว่าง L จากค่าทั้งหมดที่มีคือ $L\alpha\beta$ โดยการเลือกขอบเขตของภาพสเกลสี่เทาที่ต้องการก่อนการย้ายข้อมูล โดยทำการพิจารณาค่าความสัมพันธ์ของความสว่าง ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองแสดงดังตารางที่ 24

ตารางที่ 24 อธิบายข้อภาพผลลัพธ์การย้ายข้อมูลไปยังรูปภาพสเกลสี่เท่า

ลำดับ	ชุดข้อมูลตั้งต้น	ชุดข้อมูลเป้าหมาย	ชุดข้อมูลผลลัพธ์	หมายเหตุ
1	REAL_CLUSTER_FILTER_I	REAL_TRAGET_SEGMENT_I	RESULT_I	รูปที่ 1 ภาพที่ 24
2	REAL_CLUSTER_FILTER_II	REAL_TRAGET_SEGMENT_II	RESULT_II	รูปที่ 2 ภาพที่ 24
3	REAL_CLUSTER_FILTER_III	REAL_TRAGET_SEGMENT_III	RESULT_III	รูปที่ 3 ภาพที่ 24
4	REAL_CLUSTER_FILTER_IV	REAL_TRAGET_SEGMENT_IV	RESULT_IV	รูปที่ 4 ภาพที่ 24
5	REAL_CLUSTER_FILTER_V	REAL_TRAGET_SEGMENT_V	RESULT_V	รูปที่ 5 ภาพที่ 24



รูปที่ 1



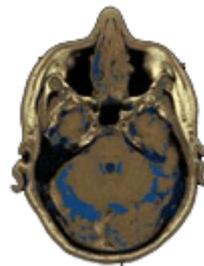
รูปที่ 2



รูปที่ 3



รูปที่ 4



รูปที่ 5

ภาพที่ 24 แสดงผลลัพธ์จากการแปลงรูปภาพสเกลสีเทา

วิจารณ์

งานวิจัยที่น่าเสนอนี้เป็นการนำเสนอการแปลงรูปภาพสเกลสีเทาให้เป็นรูปภาพสีโดยวิธีการแบ่งส่วนและการจัดกลุ่มข้อมูล (Transform Grayscale Image to Color Image Using Image Segmentation and Clustering) เพื่อเปลี่ยนรูปภาพสเกลสีเทาให้กลายเป็นรูปภาพสี ขั้นตอนวิธีดังกล่าวประกอบด้วย ที่ช่วยที่จะลดความซับซ้อนของการทำงานได้แก่ การนำขั้นตอนวิธีการทำการกรองข้อมูลภาพ (Filtering) การประมวลผลรูปภาพ (Image Processing) การแยกแยะภาพสี (Image Segmentation) และการแปลงระบบสี (Color Conversion) รูปภาพผลลัพธ์ที่ได้จะมีลักษณะใกล้เคียงธรรมชาติมากที่สุด

สำหรับงานวิจัยนี้ขั้นตอนแรกนั้น ข้อมูลสำหรับการทดลอง (Data set) การเตรียมข้อมูล เริ่มจากการนำรูปภาพสีที่ได้จากการสแกน กล้องดิจิทัล หรืออินเทอร์เน็ต โดยโปรแกรม GIMS ปรับแต่งขนาดให้เหมาะสมเพื่อผ่านกระบวนการกรองข้อมูลรูปภาพสี ในขั้นตอนนี้จะขั้นตอนที่ใช้ในการเตรียมข้อมูลรูปภาพ โดยวิธีการของเกรเดียนท์ (Gradient method) เป็นตัวดำเนินการทางคณิตศาสตร์ที่เป็นเวกเตอร์ (Vector operator) จะเป็นตัวจัดการกับโครงสร้างของโมเลกุล ซึ่งในที่นี้จะหมายถึงข้อมูลสีที่มีการกระจายตัวอย่างไม่สม่ำเสมอ หลักการทำงาน จะทำการกระจายข้อมูลของสีที่มีความเข้มข้นของมาก ไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นของข้อมูลสีน้อยที่น้อยกว่าทำให้สามารถลดรายละเอียดของสีที่ไม่ต้องการออกจากรูปภาพสีที่จะนำมาใช้ก่อนการจัดกลุ่มข้อมูลสีต่อไป

จากขั้นตอนการกรองข้อมูลรูปภาพสีในขั้นตอนนี้ได้ นำข้อมูลสีที่ผ่านขั้นตอนการกรองข้อมูลมาทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการจัดกลุ่มระหว่างการจัดกลุ่มแบบแบ่งส่วน ซึ่งในที่นี้ใช้ขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบเค-มีน (K-Means) และขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มแบบฟัซซีซีมีน (Fuzzy C-Means) เพื่อหาอัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดและเหมาะสมกับข้อมูล ซึ่งจากการทดลองพบว่า การจัดกลุ่มโดยใช้ขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบฟัซซีซีมีน มีประสิทธิภาพในการจัดกลุ่มที่ดีกว่าการใช้ขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบเค-มีนทั้งในระบบสี RGB และ $L\alpha\beta$

จากขั้นตอนการเปรียบเทียบอัลกอริทึม 3 ที่กล่าวมาจะได้ว่าขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบฟัซซีซีมีนเป็นอัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพการจัดกลุ่มดีกว่าทั้ง 2 อัลกอริทึม ผลการทดลองพบว่าขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบฟัซซีซีมีนมีประสิทธิภาพดีในทุกกรณี ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนก่อนหน้าจะนำมาผ่านขั้นตอนการย้ายข้อมูลสีไปยังรูปภาพสเกลสีเทาที่ทำการหาแบ่งส่วนทำการเปรียบเทียบค่าของความสว่าง ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองที่มีลักษณะเท่ากันหรือใกล้เคียงกันมากที่สุดแล้วจึงทำการย้ายเฉพาะคุณลักษณะของข้อมูลสี α และ β ภายในรูปต้นทาง (source) ไปโดยรูปภาพเป้าหมาย (target) ยังคงรักษาภาพของคุณลักษณะความสว่าง L ภายในไว้

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การย้ายข้อมูลสีไปยังรูปภาพแบบสเกลสีเทาโดยวิธีคัดสรรคแบบสองขั้นตอนในการจัดกลุ่มข้อมูลสี เพื่อเปลี่ยนรูปภาพสเกลสีเทาให้กลายเป็นรูปภาพสีที่นำขั้นตอนวิธีการแปลงระบบสี (Color Conversion) การทำการกรองข้อมูลภาพ (Filtering) การจัดกลุ่มข้อมูล (Clustering) ความสมเหตุสมผล (Validity Index) การแยกแยะภาพสี (Image Segmentation) และการย้ายข้อมูลสี (Global Matching Procedure) รูปภาพผลลัพธ์ที่ได้จะมีลักษณะใกล้เคียงธรรมชาติมากที่สุด

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยฉบับนี้ใช้การเทคนิคการจัดกลุ่ม เป็นพื้นฐานสำหรับผู้วิจัยรุ่นใหม่ๆที่มีความสนใจในด้านการจัดกลุ่มข้อมูลและทำให้ทราบถึงข้อดีและข้อเสียของการจัดกลุ่มด้วยวิธีการต่างๆ เพื่อเป็นประโยชน์ในการศึกษาค้นคว้าในงานที่ต้องการจำแนกข้อมูลสีภายในรูปภาพ ทำให้ผู้ที่ต้องการพัฒนาโปรแกรมสามารถนำขั้นตอนวิธีดังกล่าวไปใช้เพื่อเป็นแนวทางเลือกทางหนึ่งเพื่อในใช้เชิงธุรกิจ

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

Bezdek, J.C. and M. James. 1999. Will the Real Iris Data Please Stand Up, *In IEEE Trans on Fuzzy System* 7. ed.

Bradley, P.S, K.P. Bennett and A. Demiriz. 2000. Constrained K-Means Clustering, p. 8. *In Microsoft Research Technical Report* 65. ed.

Catte, F., P. L. Lions, J. M. Morel and T. Coll. 1992. **Image selective smoothing and edge detection by nonlinear diffusion, p. 182-193.** *In SIAM Journal on Numerical Analysis* archive 29. ed.

CIE. 1943. CIE Recommendations on Uniform Color Spaces, Colour-difference Equations, pp. 254 - 261. *In International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques* 2. ed. New York, NY, USA.

Demirka, O. 2004. Smoothing Impulsive Noise Using Nonlinear Diffusion Filtering, pp. 111-122. *In Lecture Notes in Computer Science* 3117. ed.

Dunn, J.C. 1976. A fuzzy relative of the ISODATA process and its use. in detecting compact well-separate clusters, p. 32–57. *In Journal of Cybernetics* 3. ed.

Forman, G. and B. Zhang. 2000. Distributed Data Clustering can be Efficient and Exact, pp. 34-38. *In SIGKDD Explorations* 2. ed.

Gilboa, G., N. Sochen and Y.Y. Zeevi. 2004. Complex Diffusion Processes for Image Filtering Scale-Space, pp. 299-307. *In Lecture Notes In Computer Science* 2106. ed. Vancouver.

- Halkidi, M., Y. Batistakis and M. Vazirgiannis. 2001. Clustering Algorithms and Validity Measures, pp. 3 - 22. *In International Conference on Scientific and Statistical Database Management 13. ed.* IEEE Computer Society, Washington, DC, USA.
- Joblova, G. H. and D. P. Greenberg. 1978. Color spaces for computer graphics, pp. 20 - 25. *In International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques .*
- Laerhoven, K.V. 2001. Combining the Self-Organizing Map and K-Means clustering for **online classification of sensor data**. In ICANN, pp. 464–469.
- MacQueen, J.B. 1967. Some methods for classification and analysis of multivariate observations, pp. 281-297. *In Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability 5. ed.* Berkeley, University of California.
- Monadjemi, A., B. Thomas and M. Mirmehdi. September 2002. Speed v. Accuracy for High Resolution Colour, pp. 143-152. *In P. L. Rosin and D. Marshall, eds. Proceedings of the 13th British Machine Vision Conference, BMVC 2002 13. ed.*
- Pakhira, M.K., S. Bandyopadhyay and U. Maulik. 2004. Validity index for crisp and fuzzy clusters. **Pattern Recognition** 37 (3): 487-501.
- Perona, P. and J. Malik. 1992. Scale-space and edge detection using anisotropic diffusion, pp. 629 - 639. *In IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence 12. ed.* Washington, DC, USA.
- Rasmussen, E. Clustering Algorithms, pp. 419-442. In W. B. Frakes and R. Baeza-Yates. Information Retrieval: Data Structures and Algorithms. Prentice Hall, 1992.
- Reinhard, E., M. Ashikhmin, B. Gooch and P. Shirley. 2001. Color Transfer between Images, pp. 34-40. *In IEEE Computer Graphics and Applications .*

- Ruderman, D. L., T. W. Cronin and C. C. Chiao. 1998. Statistics of cone responses to natural images: implications for visual coding, pp. 2036-2045. *In Journal of Optical Society of America* **15. ed.**
- Ruspini, E.H. 1969. A New Approach to Clustering, pp. 22-32. *In Information and Control* **15. ed.**
- Schwarz, M.W., W.B. Cowan and J.C. Beatty. 1987. An experimental comparison of RGB, YIQ, LAB, HSV, and opponent color models, pp. 123 - 158. *In ACM Transactions on Graphics (TOG)* **6. ed.** New York, NY, USA.
- Silverman, B.W. and E.H. Adelson. 1983. The Laplacian Pyramid as a Compact Image Code, pp. 532-540. *In IEEE Transactions on Communications* **4. ed.**
- Tan, P.N., M. Steinbach and V. Kumar. 2006. **Introduction to Data Mining.** Pearson Education, Inc., USA.
- Wee, A. and C. Liew. 2003. Segmentation of Color Lip Images by Spatial Fuzzy Clustering. **IEEE TRANSACTIONS ON FUZZY SYSTEMS** 11 (4): 542-549.
- Zadeh, L.A. 1965. Fuzzy Sets, pp. 338-353. *In Information and Control* **8. ed.**

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นายสุวัชชัย ชื่นเมืองปักข์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 18 กรกฎาคม 2525
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	1. สุวัชชัย ชื่นเมืองปักข์, ชาคริต วัชโรภาส, “การเพิ่มประสิทธิภาพการจัดกลุ่มข้อมูลสี่โดยวิธีการแพร่กระจายไม่เป็นเชิงเส้น”, การประชุมวิชาการครั้งที่ 45, มหาวิทยาลัยเกษตร, 2550.
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนงานวิจัยจากโครงการปริญญาโท