

การจัดกลุ่มภาพแบบมัลติแชนเนลโดยใช้เทคนิค PCA-FCM

MULTI-CHANNEL IMAGES CLUSTERING USING PCA-FCM
TECHNIQUE



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอน
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตศึกษา

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศศึกษา (วิศวกรรมคอมพิวเตอร์)

พ.ศ. 2544

ISBN 974-648-324-8

การจัดกลุ่มภาพแบบมัลติชันแนลโดยใช้เทคนิค PCA-FCM

MULTI-CHANNEL IMAGES CLUSTERING USING PCA-FCM
TECHNIQUE



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2544

ISBN 974 - 648 - 304 - 8

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 40143
วัน, เดือน, ปี..... 16 ส.ค. 2544

b.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้เพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**MULTI-CHANNEL IMAGES CLUSTERING USING PCA-FCM
TECHNIQUE**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN ELECTRICAL ENGINEERING
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2001

ISBN 974 - 648 - 304 - 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2001

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การจัดกลุ่มภาพแบบมัลติชันแนลโดยใช้เทคนิค PCA-FCM
MULTI-CHANNEL IMAGES CLUSTERING USING PCA-FCM
TECHNIQUE

ชื่อนักศึกษา นางสาวสมจิต นาคี

รหัสประจำตัว 39061061

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.กอบชัย เดชหาญ

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.สุวิพล	สิทธิชีวกาค
รศ.ดร.ยุทธพงษ์	รังสรรค์เสรี
ผศ.ดร.ไกรสิน	ส่งวัฒนา
รศ.ดร.ฟูศักดิ์	ชีวกุวิทย์
รศ.ดร.กอบชัย	เดชหาญ

วัน/เดือนปี ที่สอบ 26 เมษายน 2544 เวลา 12.00-13.00 น.

สถานที่สอบ ณ อาคาร 12 ชั้น 4 (ห้อง E12-404)


บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว
(รศ.ดร.บุญวัฒน์ อีตชู)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่..... ๒๐.....เดือน..... สิงหาคม..... พ.ศ. ๒๕๔๔.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การจัดกลุ่มภาพแบบมัลติซันแนล โดยใช้เทคนิค PCA-FCM
นักศึกษา	นางสาวสมจิต นาคี
รหัสประจำตัว	39061061
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
พ.ศ.	2544
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รองศาสตราจารย์ ดร.กอบชัย เดชหาญ

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอการแบ่งกลุ่มภาพมัลติซันแนลโดยใช้เทคนิคพีซีเอเอฟซีเอ็มซึ่งประกอบด้วยการลดข้อมูลด้วย พีซีเอ (Principal Components Analysis) ร่วมกับการแบ่งกลุ่มข้อมูลภาพด้วย เอฟซีเอ็ม (Fuzzy C-Means Clustering)

เอฟซีเอ็ม เป็นวิธีการแบ่งกลุ่มข้อมูลที่มีประสิทธิภาพสูง เป็นกระบวนการแบบวนซ้ำและใช้เวลาในการประมวลผลมาก ภาพมัลติซันแนลเป็นภาพที่มีความสำคัญต่องานด้านวิทยาศาสตร์หลายสาขาด้วยกัน ทำให้ปัญหาการแบ่งกลุ่มข้อมูลภาพมัลติซันแนลเป็นปัญหาที่น่าสนใจอย่างยิ่ง แต่อุปสรรคที่สำคัญของการแบ่งกลุ่มภาพมัลติซันแนลก็คือการใช้เวลาในการประมวลผลสูงมาก วิธีแก้ปัญหาดังกล่าวก็คือการลดปริมาณข้อมูลภาพมัลติซันแนล โดยการแปลงแบบ พีซีเอ

พีซีเอ เป็นวิธีการแปลงแบบหนึ่งที่ข้อมูลที่ผ่านการแปลงจะยังคงค่าข่าวสารหลักไว้โดยที่ปริมาณข้อมูลมีค่าลดลง ดังนั้นภาพผลลัพธ์ของการแบ่งกลุ่มโดยใช้เทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบพีซีเอเอฟซีเอ็มเช่น ภาพถ่ายดาวเทียม หรือ ภาพถ่าย MR จึงให้ผลลัพธ์การแบ่งกลุ่มที่ใกล้เคียงกันมาก ใช้เวลา และหน่วยความจำในการประมวลผลน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการแบ่งกลุ่มภาพมัลติซันแนลด้วยเทคนิค เอฟซีเอ็ม แบบไม่ทำการลดข้อมูลภาพ

Thesis	Multi-Channel Images Clustering Using PCA-FCM Technique
Student	Ms. Somjit Nadee
Student ID.	39061061
Degree	Master of Engineering
Programme	Electrical Engineering
Year	2001
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr.Kobchai Dejhan

ABSTRACT

This thesis presents the clustering of the multi-channels image by using the PCA-FCM technique. The PCA-FCM clustering technique is combining between the PCA (Principal Components Analysis) data reduction and the FCM (Fuzzy C-Means) clustering.

The FCM is the high efficient clustering method. It is the iteration process and requires a large processing time. The multi-channel images are very useful for many fields of science and are normally the large data volume and high dimension. So, the multi-channels image clustering is very interesting problem but it's not convenience about its requires the large time process. The solution on this problem is reduction the data of multi-channels image using the PCA transformation.

The PCA is a transform that retains the significant of the image information while the data volume is reduced. So the result image, such as the remote sensing images and the magnetic resonance of brain images after clustering by the PCA-FCM technique gives closely the same quality, the shorter processing time, the less required memory while compared with the FCM clustering.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาโท เป็นเหมือนความฝันอันสูงส่งตั้งแต่วัยเด็ก เป้าหมายสำคัญในชีวิตฉันนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือและสนับสนุนจากหลายฝ่ายด้วยกัน ซึ่งผู้เขียนขอขอบคุณทุกท่านตามลำดับดังนี้

"รศ.ดร.กอบชัย ท่านสอนศาสตร์ให้ฉันนัก

รศ.ดร.ฟูศักดิ์ ท่านช่วยสนับสนุน

มาวันนี้ ป.โท เสร็จได้ดังหวังเป็นทุน

กราบขอบพระคุณบุญครูผู้เมตตา

ศิษย์รู้น้อย ได้รู้ดีเพราะมีครู

ฝึกให้สู่ถึงยากเย็นท่านเงินช่วย

อีกพี่น้องห้องพี่ที่อำนวย

ต่างคอยช่วยขอขอบคุณที่หนุน...นา"

ขอขอบคุณทุกฝ่ายที่ช่วยเกื้อหนุนด้วยไมตรีเสมอมา ขอขอบคุณโลกอินเทอร์เน็ตที่ช่วยให้เข้าถึงแหล่งข้อมูลอันยิ่งใหญ่ได้ในพริบตา

ขอขอบคุณ พี่มัชวาน จันทร์กอสอ ที่คอยช่วยเหลือทุกเรื่องรวมถึงคำแนะนำที่ดีตลอดมา

ขอขอบคุณ พี่หิว (อ.สักรียา) ที่ช่วยอนุเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

ขอขอบคุณ เอี้ยหมาย พี่จู่ระ เจ้แหม่ม อ.สมพร พี่ไไว้ท์ ทุกคนน่ารักมาก และคอยเอาใจช่วย

เสมอ

ขอขอบคุณ คุณพ่อเดิม แม่มั่ง รศ.สมยศ จุณณะปิยะ พี่น้องและหลานๆ เพื่อนๆ ที่เป็นกำลังใจให้เสมอ

สมจิต นาคี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา^{III} และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

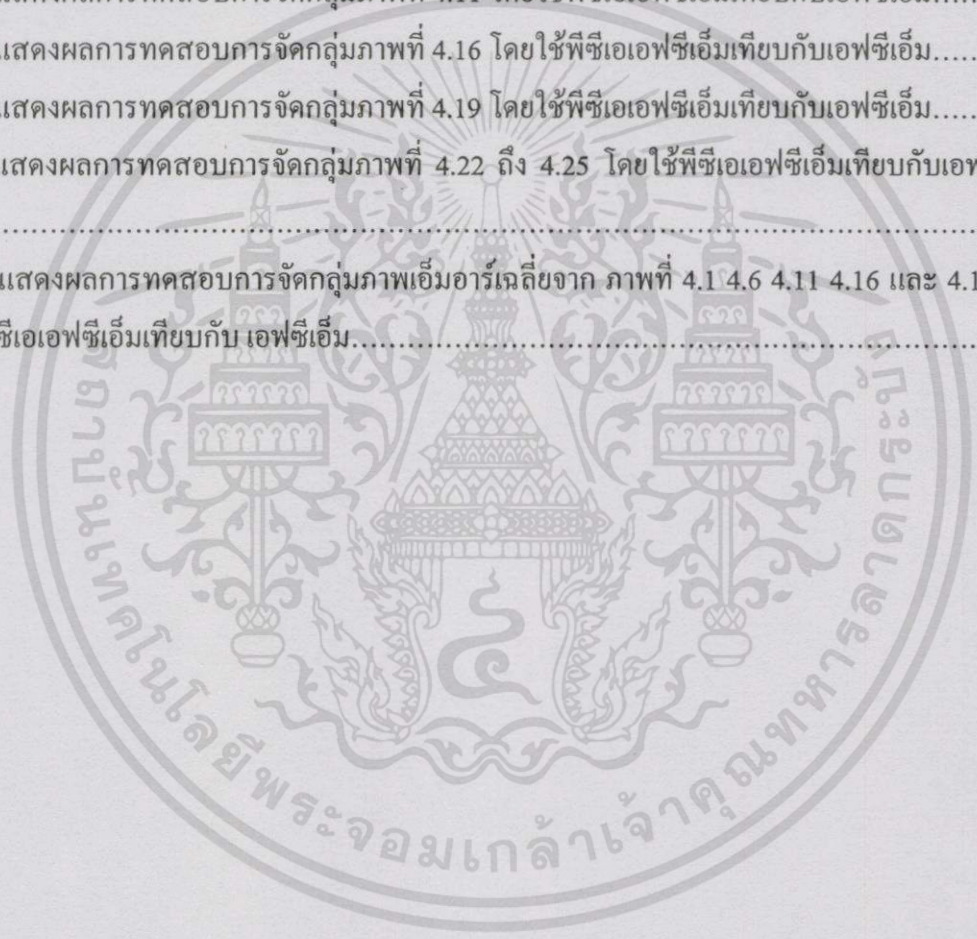
	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	V
สารบัญภาพ.....	VI
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของปัญหา.....	1
1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....	2
1.4 แนวความคิดที่ใช้ในงานวิจัย.....	2
1.5 ขอบเขตการวิจัย.....	2
บทที่ 2 หลักการลดปริมาณข้อมูลแบบพีซีเอและหลักการจัดกลุ่มข้อมูลแบบเอฟซีเอ็ม.....	3
2.1 หลักการลดปริมาณข้อมูลภาพแบบมัลติชั้นแนลด้วยพีซีเอ.....	3
2.2 การลดมิติของข้อมูลด้วยพีซีเอ.....	3
2.3 หลักการแบ่งกลุ่มข้อมูลด้วยเอฟซีเอ็ม.....	4
2.4.1 นิยามของการแบ่งกลุ่มแบบพีซีเอ.....	4
2.4.2 การแบ่งกลุ่มข้อมูลด้วยเอฟซีเอ็ม.....	5
2.4.3 อัลกอริทึมของเอฟซีเอ็ม.....	5
2.4 สรุปทฤษฎีของการแบ่งกลุ่มภาพแบบมัลติชั้นแนล โดยใช้เทคนิคพีซีเอเอฟซีเอ็ม.....	6
บทที่ 3 การแบ่งกลุ่มภาพแบบมัลติชั้นแนล โดยใช้เทคนิคพีซีเอเอฟซีเอ็ม.....	7
3.1 หลักการแบ่งกลุ่มภาพแบบพีซีเอเอฟซีเอ็ม.....	7
3.2 พื้นฐานของพีซีเอ.....	9
3.3 การเลือกค่าผลรวมข่าวสารเพื่อทำการลดปริมาณข้อมูลภาพ.....	12
3.4 ตัวอย่างการลดปริมาณข้อมูลภาพมัลติชั้นแนล โดยใช้เทคนิคพีซีเอ.....	14
3.5 สรุปขั้นตอนการทำงานของการทำงานของการแบ่งกลุ่มแบบพีซีเอเอฟซีเอ็มเทียบกับ เอฟซีเอ็ม.....	16

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดสอบ.....	17
4.1 วัตถุประสงค์ของการทดสอบ.....	17
4.2 สภาพแวดล้อมการทดสอบ.....	17
4.3 ผลการแบ่งกลุ่มภาพแบบมัลติชันแนล โดยใช้เทคนิคพีซีเอเอฟซีเอ็ม.....	17
4.3.1 ผลการทดสอบภาพถ่ายสมองเอ็มอาร์จำนวน 5 ชุดภาพ.....	17
4.3.2 ผลการทดสอบภาพถ่ายดาวเทียมชนิด 7 แบนด์.....	27
4.3.3 ผลการทดสอบภาพถ่ายสมองเอ็มอาร์ โดยรวมเฉลี่ยจาก 5 ชุดภาพ.....	32
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	33
5.1 สรุปงานวิจัย.....	33
5.2 ประเด็นที่ควรศึกษาต่อ.....	33
บรรณานุกรม.....	34
ภาคผนวก.....	35
ภาคผนวก (ก) ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์.....	36
ภาคผนวก (ข) ซอร์สโค้ดของโปรแกรม.....	43
ประวัติผู้เขียน.....	54

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 แสดงค่าไอเกนวาลูของภาพแต่ละคอมโพเนนต์ เทียบกับไอเกนวารวมทั้ง 3 คอมโพเนนต์.....	15
4.1 แสดงผลการทดสอบการจัดกลุ่มภาพที่ 4.1 โดยใช้พีซีเอเอฟซีเอ็มเทียบกับ เอฟซีเอ็ม.....	18
4.2 แสดงผลการทดสอบการจัดกลุ่มภาพที่ 4.6 โดยใช้พีซีเอเอฟซีเอ็มเทียบกับ เอฟซีเอ็ม.....	20
4.3 แสดงผลการทดสอบการจัดกลุ่มภาพที่ 4.11 โดยใช้พีซีเอเอฟซีเอ็มเทียบกับเอฟซีเอ็ม.....	22
4.4 แสดงผลการทดสอบการจัดกลุ่มภาพที่ 4.16 โดยใช้พีซีเอเอฟซีเอ็มเทียบกับเอฟซีเอ็ม.....	25
4.5 แสดงผลการทดสอบการจัดกลุ่มภาพที่ 4.19 โดยใช้พีซีเอเอฟซีเอ็มเทียบกับเอฟซีเอ็ม.....	26
4.6 แสดงผลการทดสอบการจัดกลุ่มภาพที่ 4.22 ถึง 4.25 โดยใช้พีซีเอเอฟซีเอ็มเทียบกับเอฟซีเอ็ม.....	29
4.7 แสดงผลการทดสอบการจัดกลุ่มภาพเอ็มอาร์แอลี่จาก ภาพที่ 4.1 4.6 4.11 4.16 และ 4.19 โดยใช้พีซีเอเอฟซีเอ็มเทียบกับ เอฟซีเอ็ม.....	32

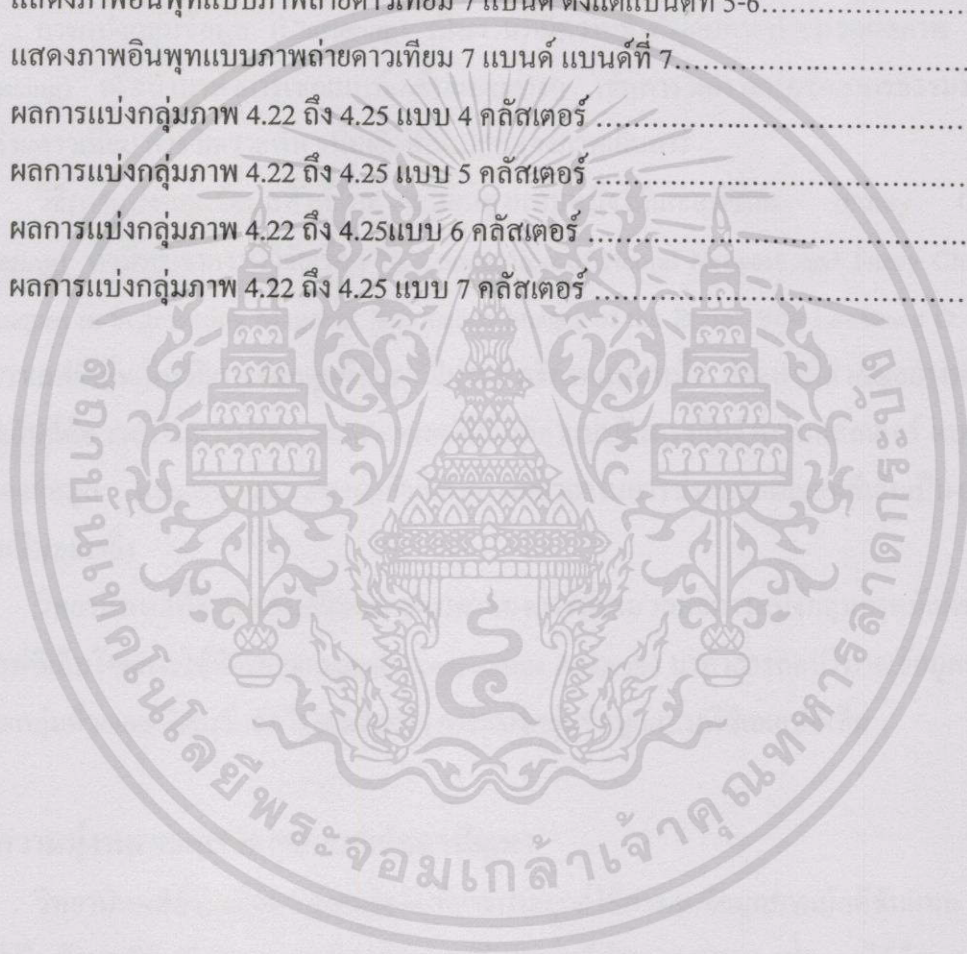


สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
3.1 แสดงการแบ่งกลุ่มภาพมัลติชั้นแนลแบบพีซีเอเอฟซีเอ็มเทียบกับการแบ่งกลุ่มแบบเอฟซีเอ็ม.....	8
3.2 แสดงหลักการแปลงภาพแบบพีซีเอเพื่อหาค่าคอมโพเนนต์ที่มีค่าข่าวสารสูงสุด.....	10
3.3 ภาพอินพุทก่อนทำการแปลงด้วยพีซีเอ.....	14
3.4 ภาพคอมโพเนนต์หลังจากผ่านการแปลงด้วยพีซีเอ.....	14
3.5 แสดงบล็อกการทำงานเปรียบเทียบระหว่างการแบ่งกลุ่มแบบพีซีเอเอฟซีเอ็มกับแบบเอฟซีเอ็ม.....	16
4.1 ภาพอินพุทแบบภาพถ่ายสมองเอ็มอาร์ขนาด 258X258 พิกเซล.....	18
4.2 ผลการแบ่งกลุ่มภาพ 4.1 แบบ 4 คลัสเตอร์.....	19
4.3 ผลการแบ่งกลุ่มภาพ 4.1 แบบ 5 คลัสเตอร์.....	19
4.4 ผลการแบ่งกลุ่มภาพ 4.1 แบบ 6 คลัสเตอร์.....	19
4.5 ผลการแบ่งกลุ่มภาพ 4.1 แบบ 7 คลัสเตอร์.....	20
4.6 ภาพอินพุทแบบภาพถ่ายสมองเอ็มอาร์ขนาด 176X221 พิกเซล.....	20
4.7 ผลการแบ่งกลุ่มภาพ 4.6 แบบ 4 คลัสเตอร์.....	21
4.8 ผลการแบ่งกลุ่มภาพ 4.6 แบบ 5 คลัสเตอร์.....	21
4.9 ผลการแบ่งกลุ่มภาพ 4.6 แบบ 6 คลัสเตอร์.....	21
4.10 ผลการแบ่งกลุ่มภาพ 4.6 แบบ 7 คลัสเตอร์.....	22
4.11 แสดงภาพอินพุทแบบภาพถ่ายสมองเอ็มอาร์ขนาด 168X196 พิกเซล.....	22
4.12 ผลการแบ่งกลุ่มภาพ 4.11 แบบ 4 คลัสเตอร์.....	23
4.13 ผลการแบ่งกลุ่มภาพ 4.11 แบบ 5 คลัสเตอร์.....	23
4.14 ผลการแบ่งกลุ่มภาพ 4.11 แบบ 6 คลัสเตอร์.....	24
4.15 ผลการแบ่งกลุ่มภาพ 4.11 แบบ 7 คลัสเตอร์.....	24
4.16 ภาพอินพุทแบบภาพถ่ายสมองเอ็มอาร์ขนาด 168X201 พิกเซล.....	24
4.17 ผลการแบ่งกลุ่มภาพ 4.16 แบบ 4 คลัสเตอร์.....	25
4.18 ผลการแบ่งกลุ่มภาพ 4.16 แบบ 5 คลัสเตอร์.....	25
4.19 ภาพอินพุทแบบภาพถ่ายสมองเอ็มอาร์ขนาด 187X213 พิกเซล.....	26

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.20 ผลการแบ่งกลุ่มภาพ 4.19 แบบ 4 คลัสเตอร์	27
4.21 ผลการแบ่งกลุ่มภาพ 4.19 แบบ 5 คลัสเตอร์	27
4.22 แสดงภาพอินพุทแบบภาพถ่ายดาวเทียม 7 แบนด์ ตั้งแต่แบนด์ที่ 1-2.....	28
4.23 แสดงภาพอินพุทแบบภาพถ่ายดาวเทียม 7 แบนด์ ตั้งแต่แบนด์ที่ 3-4.....	28
4.24 แสดงภาพอินพุทแบบภาพถ่ายดาวเทียม 7 แบนด์ ตั้งแต่แบนด์ที่ 5-6.....	28
4.25 แสดงภาพอินพุทแบบภาพถ่ายดาวเทียม 7 แบนด์ แบนด์ที่ 7.....	29
4.26 ผลการแบ่งกลุ่มภาพ 4.22 ถึง 4.25 แบบ 4 คลัสเตอร์	30
4.27 ผลการแบ่งกลุ่มภาพ 4.22 ถึง 4.25 แบบ 5 คลัสเตอร์	30
4.28 ผลการแบ่งกลุ่มภาพ 4.22 ถึง 4.25แบบ 6 คลัสเตอร์	31
4.29 ผลการแบ่งกลุ่มภาพ 4.22 ถึง 4.25 แบบ 7 คลัสเตอร์	31



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ภาพมัลติสแกนเนลมีความสำคัญต่องานด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหลายสาขาด้วยกัน เช่น ภาพถ่ายดาวเทียม 7 แบนด์ ภาพถ่ายเอ็มอาร์ (T1, T2 และ Pd) และเนื่องจากมีจำนวนหลายแบนด์ จึงเป็นภาพที่มีปริมาณข้อมูลจำนวนมาก (Data Volume)

การแบ่งกลุ่มข้อมูล (Clustering) เป็นงานที่มีความสำคัญต่อการประมวลผลภาพ (Image Processing) เพื่อนำมาทำการเชกเม้นท์แต่ละชั้นแบบต่างๆ เช่นการวิเคราะห์ทรัพยากรธรรมชาติจากภาพถ่ายดาวเทียม การวิเคราะห์ห่าเนื้อเยื่อที่ผิดปกติของภาพเอ็มอาร์

วิธีการแบ่งกลุ่มข้อมูลที่ได้รับการนิยมนิยมสูงแบบหนึ่งได้แก่เอฟซีเอ็ม (Fuzzy C-Mean Clustering) ดังที่พบจากงานวิจัยเรื่อง "A Comparison of Neural Network and Fuzzy Clustering Techniques in Segmenting Magnetic Resonance Images of the Brain" ของ Lawrence O. Hall ที่กล่าวว่าเอฟซีเอ็มเป็นวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลที่มีประสิทธิภาพแบบหนึ่ง ปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่งของเอฟซีเอ็มก็คือ เวลาในการประมวลผลของเอฟซีเอ็มมีค่าแปรผันตรงกับจำนวนคลัสเตอร์ แบนด์ พิกเซลของข้อมูล และเสนอแนะว่างานวิจัยที่ทำการลดเวลาในการประมวลผลเอฟซีเอ็มเป็นงานที่น่าสนใจเป็นอย่างยิ่ง

วิทยานิพนธ์นี้จึงนำเสนอวิธีการลดเวลาของการประมวลผลการแบ่งกลุ่มภาพมัลติสแกนเนลด้วยเอฟซีเอ็มโดยการใช้พีซีเอ (Principal Components Analysis) มาทำการลดปริมาณข้อมูลก่อนทำการจัดกลุ่มด้วยเอฟซีเอ็มซึ่งต่อไปจะเรียกว่า การแบ่งกลุ่มข้อมูลแบบพีซีเอเอฟซีเอ็ม

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของปัญหา

วิทยานิพนธ์นี้มุ่งเน้นความสนใจไปที่การประยุกต์ใช้การลดข้อมูลภาพมัลติสแกนเนล ซึ่งโดยทั่วไปเป็นข้อมูลที่มีปริมาณสูงมาก โดยใช้การแปลงแบบพีซีเอผลจากการแปลงจะได้ข้อมูลภาพชุดใหม่ที่ยังคงค่าข่าวสารหลักๆ ของภาพเดิมไว้ แต่ลดปริมาณข้อมูลลง ก่อนส่งภาพที่ลดข้อมูลด้วยพีซีเอไปทำการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยเอฟซีเอ็ม

ความมุ่งหมายของวิทยานิพนธ์นี้ต้องการพัฒนากระบวนการจัดกลุ่มข้อมูลภาพมัลติสแกนเนลที่ใช้เวลาในการประมวลผลน้อยลง แต่ยังคงให้ภาพผลลัพธ์ของการจัดกลุ่มที่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับภาพข้อมูลที่ไม่ผ่านการลดข้อมูล

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

ปัญหาการแบ่งกลุ่มภาพแบบมัลติชั้นแนลนี้ น่าสนใจเนื่องจาก การลดข้อมูลด้วยพีซีเอ็นนั้น จะทำการย้ายข่าวสารของภาพแต่ละแบนด์ไปไว้ในคอมโพเนนต์ชุดใหม่โดยมีค่าข่าวสารสูงสุดที่คอมโพเนนต์แรกและลดต่ำลงตามลำดับจนถึงคอมโพเนนต์สุดท้าย ดังนั้นในคอมโพเนนต์ที่มีค่าข่าวสารน้อยมากๆ จะสามารถตัดทิ้งได้ ทำให้ปริมาณข้อมูลลดลง แต่ยังคงค่าข่าวสารส่วนใหญ่ของข้อมูลไว้ เพื่อให้สามารถใช้ในการแบ่งกลุ่มภาพมัลติชั้นแนลร่วมกับอัลกอริธึมการแบ่งกลุ่มที่มีประสิทธิภาพสูงอย่างเอฟซีเอ็มได้ในเวลาที่สั้นลง เนื่องจากอัลกอริธึมเอฟซีเอ็มเองก็เป็นกระบวนการแบบวนซ้ำที่ใช้เวลาในการประมวลผลเป็นเวลานาน เมื่อใช้งานร่วมกับข้อมูลที่มีปริมาณมากก็ยิ่งส่งผลกระทบต่อเวลาและหน่วยความจำในการประมวลผลสูงยิ่งขึ้นไปอีก

วิทยานิพนธ์นี้จึงนำเสนอการลดข้อมูลก่อนทำการจัดกลุ่มเพื่อลดเวลาและหน่วยความจำในการจัดกลุ่มข้อมูล เนื่องจากปริมาณข้อมูลที่จะส่งผ่านไปทำการจัดกลุ่มเหลือน้อยลงมากเมื่อเทียบกับข้อมูลเดิม แต่ยังคงค่าข่าวสารของภาพเดิมไว้กว่า 98 % ของภาพเดิม ดังนั้นค่าความผิดพลาดจากการลดข้อมูลที่เกิดขึ้นจึงมีน้อยมาก

1.4 แนวความคิดที่ใช้ในงานวิจัย

งานวิจัยด้านการลดเวลาในการประมวลผลเอฟซีเอ็มในปัจจุบันมีสองแนวด้วยกันคือ

1. การตั้งค่าเริ่มต้นให้เหมาะสม
2. การปรับปรุงกระบวนการของเอฟซีเอ็ม

ซึ่งวิทยานิพนธ์นี้นำเสนอในแบบที่สอง โดยทำการลดปริมาณข้อมูลด้วยพีซีเอ็นก่อนทำการแบ่งกลุ่มด้วยเอฟซีเอ็ม

1.5 ขอบเขตการวิจัย

วิทยานิพนธ์นี้ ทำการทดสอบโดยใช้โปรแกรม แมทแลพ 5.0 เครื่องคอมพิวเตอร์พีซี ใช้ ซีพียูไซริกซ์ 6x86 เอ็มเอกซ์ หน่วยความจำ แรม 96 เมกะไบต์ ความถี่ 166 เมกะเฮิร์ตซ์ บนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 95 ภาพมัลติชั้นแนลที่ใช้ทดสอบคือ ภาพถ่ายดาวเทียมชนิด 7 แบนด์ 1 ภาพชนิด 4 แบนด์ 1 ภาพ และภาพถ่ายสมองเอ็มอาร์ 7 ชุดภาพ ผลการทดสอบแสดงไว้ในบทที่ 4

บทที่ 2

หลักการลดปริมาณข้อมูลแบบพีซีเอและหลักการจัดกลุ่มข้อมูลแบบพีซีซีมีน

2.1 หลักการลดปริมาณข้อมูลภาพมิติชั้นเนลด้วยพีซีเอ

ปัญหาการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีปริมาณมิติ (Dimension) สูงๆ มีความสำคัญเพิ่มขึ้นมากในปัจจุบัน เนื่องจากการทำความเข้าใจในรูปแบบโครงสร้างของข้อมูล (Structure) ที่มีหลายมิติเป็นเรื่องยากและซับซ้อน รวมถึงการเก็บข้อมูล (Storage) การส่งผ่าน (Transmission) และการประมวลผล (Processing) ก็นับว่ามีความยุ่งยากมากเช่นกัน

จากเหตุผลข้างต้นจึงเกิดงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการจัดการข้อมูลที่มีปริมาณมิติสูงๆ อยู่ 2 แนวด้วยกันคือ

1. งานวิจัยด้านการลดปริมาณมิติของข้อมูล
2. การเพิ่มประสิทธิภาพในการประมวลผลข้อมูล โดยแบ่งการวิเคราะห์เป็นกระบวนการย่อยแบบขนาน

ในปัจจุบันนี้นักวิจัยหลายกลุ่มได้ทำการศึกษาปัญหาด้านการลดปริมาณข้อมูลกันมาก วิธีหนึ่งที่ได้รับการนิยมนิยมคือ การลดปริมาณข้อมูลด้วยพีซีเอ (PCA : Principal Components Analysis)

ในทางคณิตศาสตร์นั้นพีซีเอจะทำการแปลงค่าตัวแปรต่างๆ ที่สัมพันธ์กัน (Correlated) จำนวน b ตัวแปรให้อยู่ในรูปของเซตข้อมูลที่ไม่มีความสัมพันธ์กัน (Uncorrelated) จำนวน k ตัวแปรโดยที่ $k \leq b$ เซตข้อมูลใหม่ที่มีปริมาณข้อมูลลดลง และตัวแปรที่ได้ไม่มีความสัมพันธ์กัน (Uncorrelated) ซึ่งเกิดจากการรวมกันแบบเชิงเส้น (Linear Combination) ของข้อมูลเดิม (Original Variables) ดังนั้นจึงสามารถใช้เซตข้อมูลจากการแปลงพีซีเอแสดงแทนข้อมูลเดิมในรูปแบบที่มีมิติของข้อมูลลดลง

2.2 การลดมิติของข้อมูล ด้วยพีซีเอ

วิธีการในการลดมิติข้อมูลด้วย พีซีเอนั้นมีอยู่ 2 วิธีคือ

1. พีซีเอแบบเมตริกซ์ (Matrix Method) วิธีการลดมิติของข้อมูลแบบแรกนี้จะแทนค่าข้อมูลในรูปของเมตริกซ์โควาเรียนซ์ (Covariance Matrix) จากนั้นใช้หลักการโฮเทลลิง (Hotelling's power

method) ในการหาค่าเมตริกซ์ไดอะกอนัล (Diagonal Matrix) เพื่อนำมาสร้างข้อมูลใหม่แทนข้อมูลเดิมที่มีการลดมิติซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดในหัวข้อ 3.2

2. พีซีเอแบบข้อมูล (Data Method) วิธีการนี้จะมีการลดการลดกับตัวข้อมูลโดยตรง ซึ่งจะไม่ขอกกล่าวถึงรายละเอียดในที่นี้ เนื่องจากในวิทยานิพนธ์นี้ใช้การลดปริมาณข้อมูลด้วยพีซีเอในแบบเมตริกซ์

2.3 หลักการแบ่งกลุ่มข้อมูลด้วยพีซีซีมีน

ในการทำเซกเมนเตชันภาพนั้น จะทำการแบ่งภาพออกเป็นส่วนย่อยๆ ที่มีคุณสมบัติแตกต่างกันนั้น ถือเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมากในงานด้านการวิเคราะห์ภาพ (Image Analysis) เช่น การวิเคราะห์ภาพเอกซเรย์ร่างกายมนุษย์ การวิเคราะห์ภาพถ่ายเอ็มอาร์เป็นขั้นตอนที่สำคัญ ในการวิเคราะห์ภาพต่างๆ เหล่านี้ ได้มีการนำอัลกอริธึมด้านอิมเมจโพรเซสซิ่ง (Image Processing) ต่างๆ มาใช้งานร่วมกัน เช่น การหาขอบ (Edge Detection), การแบ่งพิกเซล (Pixel Classification)

ในการเซกเมนเตชันภาพโดยใช้การแบ่งพิกเซลนั้น สามารถพิจารณาได้ว่าเป็นกระบวนการจัดกลุ่ม (Clustering) ที่ทำการแบ่งส่วน (Classify) กลุ่มพิกเซลต่างๆ ให้อยู่ในกลุ่ม (Sub-region) ที่มีค่าระดับเทาในระดับใกล้เคียงกัน ซึ่งอัลกอริธึมสำหรับการแบ่งกลุ่มแบบหนึ่งที่ยอมรับใช้กันคือ เทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบพีซีซี

2.3.1 นิยามของการแบ่งกลุ่มแบบพีซีซี

การจัดกลุ่มข้อมูลแบบพีซีซีนั้นมีนิยามดังต่อไปนี้

ให้ $Z = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_n\}$ เป็นชุดข้อมูลที่จะทำการจัดกลุ่ม โดยที่แต่ละ Z_i เป็นข้อมูลที่มีขนาด p Dimension

C เป็นจำนวนคลัสเตอร์ที่ต้องการแบ่ง (C_1, C_2, \dots, C_n) ค่า C นี้จะได้จากการจัดกลุ่มข้อมูล Z โดยพิจารณาจากค่า U (Membership Function Matrix)

ค่า U จะได้จากขั้นตอนในคำนวณแต่ละรอบของการจัดกลุ่มแบบพีซีซีซึ่งค่าสมาชิกของ U มีค่าเท่ากับ

$U = [\mu_{ij}]$ ซึ่งเขียนแทนได้ด้วย

$$U = \begin{bmatrix} \mu_{11} & \cdots & \mu_{1n} \\ \mu_{12} & \ddots & \mu_{2n} \\ \mu_{c1} & \cdots & \mu_{cn} \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

โดยมีข้อกำหนดของ μ_{ij} ดังนี้

$$\sum_{i=1}^c \mu_{ij} = 1, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2.2)$$

และ

$$0 < \sum_{j=1}^n \mu_{ij} < n, \quad i = 1, 2, \dots, c \quad (2.3)$$

ค่า μ_{ij} ที่ได้นี้จะถูกพิจารณาเพื่อใช้ระบุว่าเป็นสมาชิกของคลัสเตอร์ที่ j ค่าความสว่าง (ระดับเทา) ของพิกเซลใดๆ จะถูกจัดอยู่ในคลัสเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดก็ต่อเมื่อ การคำนวณการจัดกลุ่มแบบฟัซซีได้ค่าออบเจกทีฟฟังก์ชัน (Objective Function) มีค่าต่ำที่สุดเท่านั้น

ค่าออบเจกทีฟฟังก์ชัน เขียนแทนด้วยสมการต่อไปนี้

$$J_{FCM} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^c \sum_{x=1}^n (\mu_{x,i})^m |Z_x - w_i|^2 \quad (2.4)$$

w_i : คือค่ากลางของคลัสเตอร์ที่ i , $W = [w_1, w_2, \dots, w_c]$

เนื่องจากการจัดกลุ่มที่เหมาะสมนั้น ต้องได้ค่าออบเจกทีฟฟังก์ชัน ที่ต่ำสุด ในจำนวนของอัลกอริธึมในการจัดกลุ่มแบบฟัซซีนั้น มีอัลกอริธึมแบบหนึ่งที่มีความนิยมเนื่องจากให้ค่าออบเจกทีฟฟังก์ชันที่ต่ำที่สุดและมีประสิทธิภาพการทำงานสูงคืออัลกอริธึมการจัดกลุ่มแบบฟัซซีซีมีน (Fuzzy C-Mean Clustering) ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.3.2 การแบ่งกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีซีมีน

การจัดกลุ่มเป็นกระบวนการสำหรับจัดกลุ่มวัตถุหรือรูปแบบต่างๆ ที่มีคุณสมบัติเดียวกันให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน ในงานวิจัยนี้ใช้คุณสมบัติความสว่างในการจัดกลุ่มข้อมูลเพื่อทำการเชกเมนต์ระดับภาพถ่ายดาวเทียมและภาพเอ็มอาร์ออกเป็นส่วนๆ ตามค่าความสว่างของข้อมูลด้วยเอฟซีเอ็มซึ่งมีรายละเอียดขั้นตอนต่างๆดังต่อไปนี้

2.3.3 อัลกอริธึมของเอฟซีเอ็ม

1. ตั้งค่าเริ่มต้น ของ $c, U^{(0)}, m, \epsilon$, โดย $t=0$ ซึ่งค่า m คือพารามิเตอร์ของการทำฟัซซี (Fuzzification Parameter) และ ϵ คือค่าเงื่อนไขการหยุด (Termination Criterion) ค่า t คือรอบของการคำนวณ

2. คำนวณหาค่ากลาง (w) ของแต่ละคลัสเตอร์โดยใช้ $U^{(t)}$

$$w_k = \frac{1}{\sum_{i=1}^n (\mu_{ij})^m} \sum_{i=1}^n (\mu_{ij})^m x_i \quad (2.5)$$

3. คำนวณ $U^{(t+1)}$ โดยใช้ $W^{(t)}$

$$\mu_{ij} = \left[\sum_{k=1}^c \left(\frac{|x_j - w_i|}{|x_j - w_k|} \right)^{\frac{2}{m-1}} \right]^{-1} \quad (2.6)$$

4. ให้ $\Delta = \text{Max}_{ij} [|\mu_{ij}^{(t+1)} - \mu_{ij}^{(t)}|]$ ถ้า $\Delta > \epsilon$ ให้กลับไปทำขั้นตอนที่ 2 และตั้งค่ารอบ $t=t+1$ มิฉะนั้นถือว่าอัลกอริทึมสิ้นสุด

หลังจากจัดกลุ่มด้วยฟัซซีซีมีนจะได้เอาที่พหุเป็นเมตริกซ์ U ซึ่ง $U = [\mu_{ij}]$; $\mu_{ij} \in [0,1]$ จากนั้นทำการจัดข้อมูลให้ตรงตามคลัสเตอร์ต่างๆที่ตั้งค่าความสว่างไว้ โดยพิจารณาจากค่า μ_{ij} ของพิกเซลที่มีค่าสูงที่สุดให้อยู่ในคลัสเตอร์ที่เหมาะสมดังนี้

$$\text{จาก } U = [\mu_{ij}]_{c \times n} \quad (2.7)$$

$$\mu_{ij} = \text{Max} (\mu_{ij}, \forall I) \quad (2.8)$$

$$Z = [Z_j]_{1 \times n}; \text{ โดยที่ } Z_j = n \quad (2.9)$$

โดยที่ I คือจำนวนจริง

n คือค่าของคลัสเตอร์ที่พิกเซล j ถูกจัดกลุ่ม มีค่าเป็นจำนวนจริงบวกตั้งแต่ 1

ขึ้นไป

2.4 สรุปทฤษฎีของการแบ่งกลุ่มภาพแบบมัลติชั้นแนลโดยใช้เทคนิคฟัซซีเอเอฟซีเอ็ม

จากรายละเอียดในหลักการพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์ที่ได้กล่าวมาทั้งหมดในบทที่ 2 นี้ ผู้เขียนจะสรุปเป็นลำดับขั้นตอนคร่าวๆ ของวิทยานิพนธ์ได้เป็น 2 ขั้นตอนดังนี้

1. ภาพมัลติชั้นแนลเช่น ภาพถ่ายดาวเทียม หรือ ภาพถ่ายสมองเอ็มอาร์เป็นภาพที่มีปริมาณข้อมูลจำนวนมาก จะถูกลดปริมาณข้อมูลด้วยการแปลงภาพแบบฟัซซีเอ
2. ภาพที่ผ่านการแปลงด้วยฟัซซีเอจะมีปริมาณข้อมูล (Data Volume) ลดลงไปตามแต่ยังคงค่าข่าวสาร (Information) ข้อมูลไว้กว่า 98% ของข้อมูลเดิม และจะถูกทำการแบ่งกลุ่มภาพออกเป็นคลัสเตอร์ต่างๆ ตามค่าระดับเทาหรือระดับความสว่างของแต่ละพิกเซล โดยใช้การแบ่งกลุ่มภาพด้วยอัลกอริทึมฟัซซีซีมีนซึ่งเป็นที่นิยมใช้ในงานการแบ่งกลุ่มข้อมูลเนื่องจากมีประสิทธิภาพในการทำงานสูง

รายละเอียดของการแบ่งกลุ่มภาพแบบมัลติชั้นแนลโดยใช้เทคนิคฟัซซีเอเอฟซีเอ็มของวิทยานิพนธ์นั้น จะกล่าวโดยละเอียดอีกครั้งในบทที่ 3

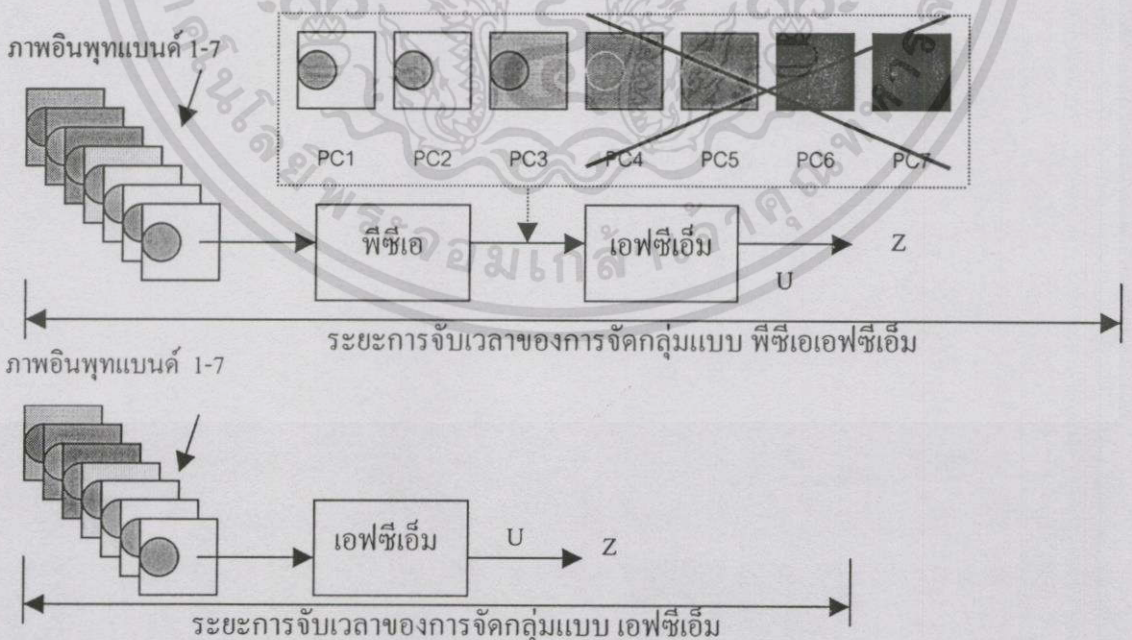
การแบ่งกลุ่มภาพแบบมัลติชันแนลโดยใช้เทคนิคพีซีเอเอฟซีเอ็ม

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดหลักการทำงานของวิทยานิพนธ์เรื่อง การแบ่งกลุ่มภาพแบบมัลติชันแนลโดยใช้เทคนิคพีซีเอเอฟซีเอ็มเนื่องจากหลักการแบ่งกลุ่มภาพ (Image clustering) แบบหนึ่งที่ได้รับคามนิยมอย่างมากก็คือหลักการเอฟซีเอ็ม (Fuzzy C-Mean clustering) ซึ่งจัดว่าเป็นกระบวนการที่มีประสิทธิภาพสูง แต่ทั้งนี้การทำงานของกระบวนการ เอฟซีเอ็ม เป็นกระบวนการแบบวนซ้ำ (Iterative Processing) ซึ่งใช้เวลาในการประมวลผลค่อนข้างสูง เมื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดกลุ่มภาพแบบมัลติชันแนลที่มีปริมาณข้อมูลสูง นั้นยิ่งส่งผลให้กระบวนการใช้เวลาในการประมวลผลสูงขึ้นไปอีก ยกตัวอย่างเช่น ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแบบ 7 แบนด์นั้น แต่ละแบนด์จะเป็นข้อมูลของภาพถ่ายที่บริเวณเดียวกันทั้ง 7 แบนด์ แต่จะใช้ค่าความถี่ของเซนเซอร์รับภาพที่ความถี่ต่างกัน ถ้าภาพแต่ละแบนด์มีขนาด 256X256 พิกเซล ดังนั้นถ้าหากใช้การจัดกลุ่มภาพถ่ายดาวเทียมด้วยวิธีการเอฟซีเอมนั้น ระบบต้องทำการจัดกลุ่มข้อมูลทุกพิกเซลทั้ง 7 แบนด์เป็นจำนวนทั้งสิ้น $= 256 \times 256 \times 7 = 458,752$ พิกเซล ดังนั้น จะเห็นได้ว่า ข้อมูลภาพแบบมัลติชันแนลจึงมีปริมาณข้อมูลที่สูงมาก ประกอบกับการจัดกลุ่มภาพแบบเอฟซีเอ็มเองก็ใช้เวลาประมวลผลที่สูงเช่นกัน เมื่อทำการจัดกลุ่มข้อมูลภาพมัลติชันแนลด้วยเอฟซีเอ็มจึงเป็นกระบวนการที่ใช้เวลาในการประมวลผลที่สูงยิ่งขึ้นไปอีก วิทยานิพนธ์นี้จึงได้นำหลักการพีซีเอมาทำการลดข้อมูลภาพมัลติชันแนล ก่อนที่จะทำการจัดกลุ่มด้วยเอฟซีเอ็ม เพื่อลดเวลาในการประมวลผล ดังจะกล่าวรายละเอียดต่างๆตามลำดับดังนี้

3.1 หลักการแบ่งกลุ่มภาพแบบพีซีเอเอฟซีเอ็ม

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอหลักการลดข้อมูลด้วยการแปลงข้อมูลภาพมัลติชันแนล จำนวน b แบนด์ ให้อยู่ในรูปข้อมูลภาพชุดใหม่โดยใช้การแปลงแบบพีซีเอ (Principal Components Analysis) การแปลงจะใช้การแทนค่าคุณสมบัติด้านความสัมพันธ์กันของภาพในแต่ละแบนด์ (Correlation) ให้อยู่ในรูปของเมตริกซ์โควาเรียนซ์ (Covariance Matrix) จากนั้น จะทำการหาค่าไอเกนเวกเตอร์ (Eigenvectors) ของเมตริกซ์ที่ใช้แทนค่าภาพแต่ละแบนด์ เมื่อเรียงค่าไอเกนเวกเตอร์ของเมตริกซ์ภาพแต่ละแบนด์ที่ได้ตามค่าสูงสุดไปถึงค่าต่ำสุดแล้ว นำเมตริกซ์ดังกล่าวมาสร้างเป็นเมตริกซ์การแปลงของพีซีเอ เมตริกซ์การแปลงนี้จะถูกคูณเข้ากับข้อมูลภาพทั้ง b แบนด์ ผลที่ได้จากการคูณจะทำให้ค่าความสัมพันธ์ของภาพชุดใหม่นี้จะมีค่าสูงสุดที่คอมโพเนนท์แรกและเรียงค่าลดลงไปต่ำสุดที่คอมโพเนนท์สุดท้าย (คอมโพเนนท์ b) ข้อมูลภาพชุดใหม่นี้จะประกอบด้วยจำนวนคอมโพเนนท์จำนวน b คอมโพเนนท์เช่นกัน แต่จะไม่มีคุณสมบัติด้านความสัมพันธ์ของภาพในแต่ละคอมโพ

เนนที่อีกต่อไป (Uncorrelated) หรืออาจจะกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งว่า หลังจากที่ทำการแปลงด้วยพีซีเอ แล้วนั้น ค่าข่าวสาร (Information) ของภาพทั้ง ๖ แบนด์จะถูกย้ายไปอยู่ในคอมโพเนนท์ใหม่โดยมีค่าข่าวสารสูงสุดที่คอมโพเนนท์แรก และมีค่าข่าวสารลดลงไปต่ำสุดที่ คอมโพเนนท์ ๖ ดังนั้น จากผลการแปลงพีซีเอที่ได้นี้เมื่อทำการรวมภาพชุดใหม่เพียงไม่กี่คอมโพเนนท์ เนื่องจากจะทำการตัดค่าคอมโพเนนท์ท้ายๆ ที่มีค่าข่าวสารต่ำมากๆ ทิ้งไป โดยการตัดจะพิจารณาจากค่าเปอร์เซ็นต์ทรชโฮลด์ของผลการรวมข่าวสาร (% Information Threshold) ซึ่งผู้ใช้สามารถกำหนดเลือกได้ว่าต้องการให้คงค่าข่าวสารไว้กี่เปอร์เซ็นต์ เช่น ให้คงค่าข่าวสารทั้งหมดไว้ไม่ต่ำกว่า 90% นั้น ระบบก็สามารถลดคปริมาณข้อมูลลงได้มากทีเดียว ดังในผลการทดลองบทที่ 4 ภาพข้อมูลดาวเทียม 7 แบนด์เมื่อทำการแปลงด้วย พีซีเอ แล้วสามารถลดข้อมูลลงได้เหลือเพียง 3 คอมโพเนนท์โดยยังคงค่าข่าวสารของภาพไว้ได้กว่า 98 % นั้นหมายความว่าข้อมูลลดลงจาก 458,752 พิกเซล เหลือเพียง $256 \times 256 \times 3 = 196,608$ พิกเซล แต่ยังคงค่าข่าวสารของภาพไว้กว่า 98 % โดยที่เวลาในการประมวลผลเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการแปลงด้วยพีซีเอ ไปจนถึงสิ้นสุดกระบวนการจัดกลุ่มด้วย เอพีซีเอ็ม ของวิทยานิพนธ์นั้นใช้เวลาในการประมวลผลต่ำกว่าโดยเปรียบเทียบกับการจัดกลุ่มภาพด้วยเอพีซีเอ็ม เพียงอย่างเดียวแบบไม่มีการลดข้อมูลภาพอื่นๆ แต่ผลของการจัดกลุ่มข้อมูลมีค่าใกล้เคียงกันมาก ซึ่งดูได้จากค่าออบเจกทีฟฟังก์ชันของการจัดกลุ่มแบบพีซีเอเอพีซีเอ็ม จะใกล้เคียงกันกับการจัดกลุ่มแบบ เอพีซีเอ็ม มากทีเดียว เพื่อแสดงให้เห็นถึงรายละเอียดการทำงานที่แตกต่างกันระหว่างการจัดกลุ่มภาพแบบมัลติชันแนลโดยใช้เทคนิค พีซีเอเอพีซีเอ็ม เทียบกับการจัดกลุ่มภาพมัลติชันแนลโดยเอพีซีเอ็ม เพียงอย่างเดียวจะแสดงได้ในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงการแบ่งกลุ่มภาพมัลติชันแนลแบบพีซีเอเอพีซีเอ็มเทียบกับการแบ่งกลุ่มแบบเอพีซีเอ็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.1 จะเห็นได้ชัดว่าในขั้นตอนการจัดกลุ่มภาพมัลติชันแนลโดยใช้เทคนิคพีซีเอ-เอฟซีเอ็ม แบบที่เสนอในวิทยานิพนธ์นั้นมีขั้นตอนการทำงานหลายขั้นตอน โดยเพิ่มขั้นตอนการลดข้อมูลภาพด้วยการแปลง พีซีเอ ก่อนที่จะทำการแบ่งกลุ่มภาพออกเป็นคลัสเตอร์ต่างๆ ตามค่าระดับเทาของพิกเซลด้วยเอฟซีเอ็ม ขั้นตอนในการแบ่งกลุ่มภาพด้วยเอฟซีเอ็มนี้ จะทำงานด้วยอัลกอริธึมเดียวกัน ถึงแม้ว่าการแบ่งกลุ่มภาพแบบพีซีเอเอฟซีเอ็มของวิทยานิพนธ์จะมีขั้นตอนมากกว่าการแบ่งกลุ่มแบบเอฟซีเอ็มก็ตาม จากผลการทดสอบ ก็พบว่า เวลาในการประมวลผลตั้งแต่เริ่มต้นการทำพีซีเอจนสิ้นสุดกระบวนการแบ่งกลุ่มด้วยเอฟซีเอ็มของวิทยานิพนธ์นั้น ใช้เวลาน้อยกว่ามากเมื่อเทียบกับการแบ่งกลุ่มด้วยเอฟซีเอ็มแบบไม่ทำการลดข้อมูลภาพ โดยให้ค่าคุณภาพของการแบ่งกลุ่มที่ใกล้เคียงกันมาก ทั้งนี้เนื่องจาก กระบวนการเอฟซีเอ็มเป็นกระบวนการแบบวนซ้ำที่ใช้เวลาประมวลผลค่อนข้างมาก เมื่อนำเอฟซีเอ็มมาแบ่งกลุ่มข้อมูลที่มีปริมาณมากอย่างเช่น ภาพมัลติชันแนล นั้นยังทำให้ระบบใช้เวลาประมวลผลมากยิ่งขึ้นไปอีก

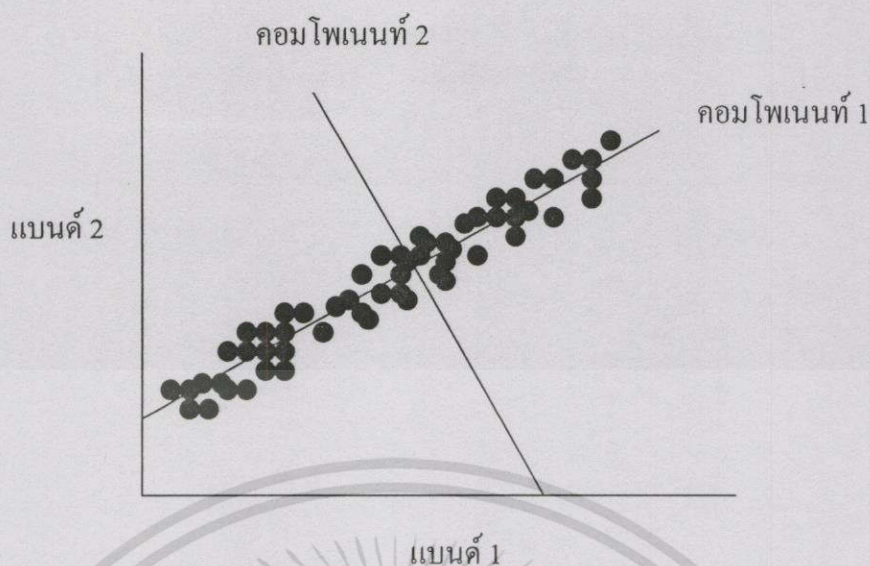
เมื่อทำการลดข้อมูลภาพลงโดยยังคงค่าข่าวสารหลักของภาพอินพุทไว้ด้วยการแปลงภาพแบบพีซีเอก่อนทำการแบ่งกลุ่มนั้น ทำให้กระบวนการใช้เวลาน้อยลง แต่ยังคงประสิทธิภาพการแบ่งกลุ่มไว้ จึงเป็นเหตุผลที่ดีในการเลือกใช้กระบวนการแบ่งกลุ่มแบบ พีซีเอเอฟซีเอ็ม

ในหัวข้อต่อไป เพื่อความเข้าใจในการทำงานของวิทยานิพนธ์ให้มากขึ้นนั้น ผู้เขียนจะกล่าวถึงขั้นตอนการทำงานต่างๆ ของวิทยานิพนธ์ พร้อมแสดงภาพตัวอย่างการทำงานทั้งภาพที่ได้จากส่วนของการแปลงพีซีเอไปจนถึงสิ้นสุดการแบ่งกลุ่มด้วยเอฟซีเอ็ม โดยเริ่มจาก พีซีเอ

3.2 พื้นฐานของพีซีเอ

พีซีเอ เป็นเทคนิคการแปลงภาพอย่างหนึ่ง ที่มีการประยุกต์ใช้งานเพื่อวัตถุประสงค์หลายอย่างในงานด้านภาพถ่ายดาวเทียม (Remote Sensing) รวมถึงการลดข้อมูล (Data Compression) และการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง (Change Analysis) ในวิทยานิพนธ์นี้จะประยุกต์ใช้พีซีเอเพื่อนำมาลดข้อมูลภาพแบบมัลติชันแนลซึ่งมักจะเป็นภาพที่มีปริมาณข้อมูลจำนวนมาก เนื่องจากประกอบด้วยภาพจำนวนหลายแบนด์ เพื่อความเข้าใจในการทำงานของพีซีเอให้มากขึ้นผู้เขียนจะขอกล่าวถึงรายละเอียดพื้นฐานด้านองค์ประกอบข่าวสาร (Information Contents) ของภาพแต่ละแบนด์ในภาพแบบมัลติชันแนลหรือมัลติสเปกตรัล (Multi-channels or Multi-spectral) ก่อนดังนี้

ภาพในแต่ละแบนด์ของภาพมัลติชันแนลจะมีค่าข่าวสารร่วมกันในแต่ละแบนด์ ไม่แยกอิสระจากกัน ซึ่งก็หมายความว่า ทุกแบนด์จะมีค่าคอร์รีเลชันระหว่างกันซึ่งเป็นตัวชี้ว่ามีบาง อิติเมนท์ของภาพแต่ละแบนด์ที่มีข่าวสารร่วมกันอยู่คงแสดงค่าความสัมพันธ์ของภาพแต่ละแบนด์ได้ในรูปต่อไปนี้



รูปที่ 3.2 แสดงหลักการแปลงภาพแบบพีซีเอเพื่อหาค่าคอมโพเนนต์ที่มีค่าข่าวสารสูงสุด (The Principal Components Transform)

จากรูปที่ 3.2 ข้างต้นแสดงให้เห็นว่าระดับการสะท้อน (Reflectance) ของชุดข้อมูลหลายพิกเซลชุดหนึ่งที่ถูกแสดงตำแหน่งของพิกเซลลงบนแบนด์สเปซ (ในกรณีที่แสดงในรูปแบบแบนด์ 2 แบนด์) แต่ละแกนแทนค่าระดับการสะท้อนของภาพแต่ละแบนด์ พิกเซลของภาพจะถูกแสดงโดยการแทนตำแหน่งของพิกเซล ที่จุดตัดกันของระดับการสะท้อนดังกล่าวในแต่ละแกน จะสังเกตได้ว่ามีค่าปริมาณคอรีเลชันในแต่ละแบนด์ หมายความว่าถ้าพิกเซลใด มีค่าระดับการสะท้อนสูงในแบนด์ 1 ก็จะมีค่าการสะท้อนสูงในแบนด์ที่ 2 เช่นกัน ดังนั้นเมื่อภาพแต่ละแบนด์มีความคอรีเลชันกันนั้นแต่ละภาพจะมีค่าข่าวสารร่วมกันอยู่จึงเป็นจุดที่ทำให้เราสามารถทำนายค่าการสะท้อนของ พิกเซล 1 ของแบนด์ 1 จากพิกเซล 1 (พิกเซลที่ตำแหน่งเดียวกัน) ในอีกแบนด์ได้เช่นกัน จะเห็นได้ว่าภาพแต่ละแบนด์มีค่าข่าวสารภาพในรูปแบบซ้ำ ๆ กันนั่นเอง (Redundancy) ซึ่งในกระบวนการลดข้อมูล (Data Compression) นั้นจะทำการขจัด (Remove) การซ้ำกันของข่าวสารนี้โดยใช้การแปลงแบบพีซีเอ

เนื่องจากพีซีเอสามารถจัดการซ้ำกันของข่าวสารในภาพแต่ละแบนด์ทิ้งไปส่งผลให้เราได้ค่าข่าวสารของภาพชุดเดิมแต่มีปริมาณข้อมูลลดลงมาก การแปลงภาพแบบพีซีเอเป็นการแปลงแบบเชิงเส้น (Linear Transformation) ที่ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์แฟกเตอร์ (Factor Analysis) โครงสร้างของการแปลงสามารถอธิบายได้เหมือนกับการรวมน้ำหนัก (Weight) แบบเชิงเส้นซึ่งหมายความว่าพีซีเอจะสร้างข้อมูลภาพชุดใหม่ (New Set Bands) และเรียกว่าคอมโพเนนต์โดยคุณภาพเดิมแต่ละแบนด์ด้วยน้ำหนัก และนำผลคูณในแต่ละแบนด์มารวมกันได้เป็นคอมโพเนนต์ภาพชุดใหม่ ดังสมการต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$C = W1B1+W2B2+\dots+WnBn \quad (3.1)$$

ค่า น้ำหนัก (W) ที่ใช้ในการแปลงดังกล่าวนี้ก็คือค่าไอเกนเวกเตอร์ของเมตริกซ์โควาเรียนซ์ของภาพอินพุตเดิม (Original Image)

หรือนอกจากนี้ อาจอธิบายการแปลงพีซีเอได้ว่าเป็นกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับคำนวณหาชุดข้อมูลของแกนต่าง ๆ ในแบนด์สเปซ ซึ่งได้ภาพผลลัพธ์ออกมาเป็น

1. ภาพแต่ละคอมโพเนนท์ที่ได้จากการแปลงจะไม่คอร์รีเลทกัน
2. มีการเรียงค่าข่าวสาร สูงสุดไว้ที่ คอมโพเนนท์ แรกไปต่ำสุดที่ คอมโพเนนท์ สุดท้าย

จากรูปที่ 3.2 จะเห็นว่า คอมโพเนนท์ 1 มีการเรียงตัวไปตามแนวแกนที่มีค่าแวลูเอชันสูงสุด ส่วน คอมโพเนนท์ 2 จะมีทิศทางตั้งฉากกับ คอมโพเนนท์ 1 ซึ่งเห็นได้ชัดว่ามีค่าแวลูเอชันน้อยกว่า เนื่องจากภาพดังกล่าวมีจำนวนภาพ 2 แบนด์ ดังนั้นหลังการแปลง พีซีเอ จึงได้ภาพเอาต์พุตออกมา 2 คอมโพเนนท์โดยที่คอมโพเนนท์ ทั้ง 2 มีผลรวมของค่าข่าวสารภาพเดิมไว้ครบถ้วน โดยที่คอมโพเนนท์ 1 จะมีค่าข่าวสารส่วนใหญ่ของภาพและมีค่าสูงสุด ส่วนในคอมโพเนนท์ 2 จะมีค่าข่าวสารของภาพอยู่น้อยมาก

จากรายละเอียดที่กล่าวมาข้างต้นของการลดข้อมูลด้วยพีซีเอสามารถสรุปได้ดังขั้นตอนต่อไปนี้

- 1) กำหนดให้ X เป็นข้อมูลภาพมัลติซันแนล จำนวน b ชั้นแนล ขนาด n พิกเซล

$$X = [x_1 x_2 \dots x_n] \quad (3.2)$$

$$x_i = [a_1 a_2 \dots a_b]^t \quad (3.3)$$

- 2) คำนวณหาค่าเมตริกซ์โควาเรียนซ์ (C_x) จาก X

$$C_x = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_k x_k^t - m_x m_x^t \quad (3.4)$$

โดย m_x : ค่าเวกเตอร์กลางของ X ซึ่งหาได้จาก

$$m_x = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_k \quad (3.5)$$

- 3) คำนวณหาค่าไอเกนแวลู (λ_i) จากงานวิจัย [1] และไอเกนเวกเตอร์ (e_i) จากงานวิจัย [1] ของเมตริกซ์ C_x

- 4) กำหนด เมตริกซ์การแปลงของ พีซีเอ (A) จาก e ดังต่อไปนี้

$$A = \begin{bmatrix} e^t_1 \\ \vdots \\ e^t_b \end{bmatrix} \quad (3.6)$$

โดย e_i เป็นไอเกนเวกเตอร์ ที่มีไอเกนแวลูเท่ากับ λ_i และ $\lambda_i \geq \lambda_{i+1}$ โดย $i=1,2,\dots,b-1$

- 5) ย้ายข่าวสารของภาพจำนวน b แบนด์ ไปอยู่ในคอมโพเนนท์ภาพชุดใหม่ b คอมโพเนนท์ โดยใช้

A

$$y = A(x - m_x) = \begin{bmatrix} PC_1 \\ \vdots \\ PC_b \end{bmatrix} \quad (3.7)$$

ค่า PC คือเวกเตอร์แถวขนาด $1 \times n$ เรียกว่าพริ้นซิפלคอมโพเนนต์ (Principal Component)

ส่วนข้อมูล y ที่ได้จากพีซีเอ จะมีค่าเมตริกซ์โควาเรียนซ์ (C_y) เป็น

$$C_y = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \lambda_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \lambda_b \end{bmatrix} \quad (3.8)$$

จากภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการแปลงจะเห็นว่าเกิดการลดข้อมูลได้อย่างไร หลังจากได้ภาพผลลัพธ์ของการแปลงแล้ว ค่าข้อมูลที่ซ้ำกันจะถูกขจัดทิ้งไปแต่อย่างไรก็ตามในขั้นตอนนี้เรายังมีค่าปริมาณข้อมูลเท่าเดิม (ปริมาณข้อมูลภาพหลังแปลง พีซีเอ ได้ 2 คอมโพเนนต์ = ปริมาณข้อมูลภาพเดิม 2 Band = $2 \times 256 \times 256$ พิกเซล) เพื่อให้ได้การลดปริมาณข้อมูลนั้นเราต้องตัดบาง คอมโพเนนต์ทิ้งไป เช่น คอมโพเนนต์ 1 มีปริมาณข่าวสารข้อมูลอยู่ 90 % ของจำนวนข้อมูลครึ่งหนึ่ง ดังนั้นถ้าตัดคอมโพเนนต์ 2 ทิ้งก็แสดงว่าเรามีปริมาณข้อมูลเหลืออยู่ครึ่งหนึ่งแต่ยังคงค่าข่าวสารข้อมูลไว้ถึง 90% ซึ่งหลักเกณฑ์ในการตัดสินใจเพื่อทำการตัดบางคอมโพเนนต์ทิ้งนั้น จะพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ค่าเทรซโฮลด์ผลรวมของข่าวสารที่เหลือจากการตัดคอมโพเนนต์ทิ้ง ดังแสดงในหัวข้อต่อไป

3.3 การเลือกค่าผลรวมข่าวสารเพื่อทำการลดปริมาณข้อมูลภาพ

ในการเลือกที่จะทำการตัดคอมโพเนนต์ใดทิ้ง เพื่อทำการลดปริมาณข้อมูลภาพนั้น จะทำการเลือกค่าคอมโพเนนต์แรกๆไว้ เนื่องจากคุณสมบัติการแปลงของพีซีเอภาพที่คอมโพเนนต์แรกจะมีค่าข่าวสารสูงสุดและมีค่าลดลงในคอมโพเนนต์ถัดมา คอมโพเนนต์สุดท้ายจะมีค่าข่าวสารต่ำสุด ดังนั้นในการตัดคอมโพเนนต์ออกจึงต้องทำการตัดคอมโพเนนต์สุดท้ายเรื่อยๆขึ้นมาจากกระทั่งได้ค่าผลรวมข่าวสารของภาพที่เหลือจากการตัดบางคอมโพเนนต์ทิ้งในระดับที่ผู้ใช้ยอมรับได้ ในวิทยานิพนธ์นี้ ผู้ใช้สามารถเลือกค่า เปอร์เซนต์เทรซโฮลด์ข่าวสาร ได้ตามต้องการ โดยการหาค่าเปอร์เซนต์ เทรซโฮลด์ข่าวสาร นั้นหาได้จากสมการต่อไปนี้

ภาพมัลติชันแนลเดิมก่อนทำการแปลงด้วย พีซีเอ มีทั้งหมด b แบนด์ n พิกเซล และมีค่าข่าวสารของภาพ 100 % เขียนแทนภาพมัลติชันแนลด้วยสมการต่อไปนี้

$$X = [x_1 \ x_2 \ \dots \ x_n]$$

หลังจากผ่านการแปลงด้วยพีซีเอแล้วได้ภาพชุดใหม่จำนวน k คอมโพเนนต์ n พิกเซล จะเห็นได้ว่าภาพยังคงมีปริมาณข้อมูล n พิกเซลเท่ากับภาพก่อนทำการแปลง แต่มีการย้ายข่าวสารของภาพไปไว้ในคอมโพเนนต์ต่างๆ ไม่เท่ากัน ที่คอมโพเนนต์แรกจะมีค่าข่าวสารสูงสุด ในการพิจารณาความ

สำคัญของคอมโพเนนต์ต่างๆ เพื่อตัดบางคอมโพเนนต์ที่ทิ้งนั้นจะให้ความสำคัญในการคงค่าคอมโพเนนต์แรกไว้ก่อนเสมอ หลังจากตัดบางคอมโพเนนต์ที่ทิ้งจะมีปริมาณข้อมูลภาพที่เหลือเป็น

$$S = [h_1 \ h_2 \ \dots \ h_k] \quad (3.9)$$

โดย h คือค่าคอมโพเนนต์ภาพที่ได้จากการแปลง พีซีเอ และถูกตัดบางคอมโพเนนต์ที่ทิ้งเหลือเพียง k คอมโพเนนต์ โดยที่ $k \leq b$ ดังนั้นจำนวนพิกเซลหรือปริมาณข้อมูลภาพที่เหลือจากการตัดจึงน้อยกว่าภาพมัลติชันแนลเดิม ส่วนค่าข่าวสารผลรวมที่เหลือจากการตัดบางคอมโพเนนต์ที่ทิ้ง หรือจากการลดปริมาณข้อมูลลงนั้น จะมีค่าเหลือเท่ากับ

จะหาค่า k ที่เหลือจากการตัดบางคอมโพเนนต์ที่ทิ้งได้จาก

$$I_t = \min(I_i, \forall t) \geq T, \quad t = 1, 2, \dots, b \quad (3.10)$$

I_k เป็นผลรวมของข่าวสารขั้นต่ำตามค่า เทรซโฮลด์ (T) ที่ตั้งไว้โดยมีค่าตั้งแต่

$$T = [0, 1] \quad (3.11)$$

โดย

$$I_t = \frac{\sum_{i=1}^k \lambda_i}{\sum_{j=1}^b \lambda_j} \quad (3.12)$$

ค่า I_t คือค่าข่าวสารเทรซโฮลด์ เพื่อใช้เลือกตัดบางคอมโพเนนต์ที่ทิ้ง

ค่า λ_i คือค่าไอเอนวาลูผลรวมของทั้งหมดที่เหลือจากการตัดบางคอมโพเนนต์ที่ทิ้ง (เหลือ k คอมโพเนนต์)

ค่า λ_j คือค่าไอเอนวาลูผลรวมของทั้งหมดของภาพทุกคอมโพเนนต์ที่ได้จากการแปลงพีซีเอ (ทั้งหมด b คอมโพเนนต์)

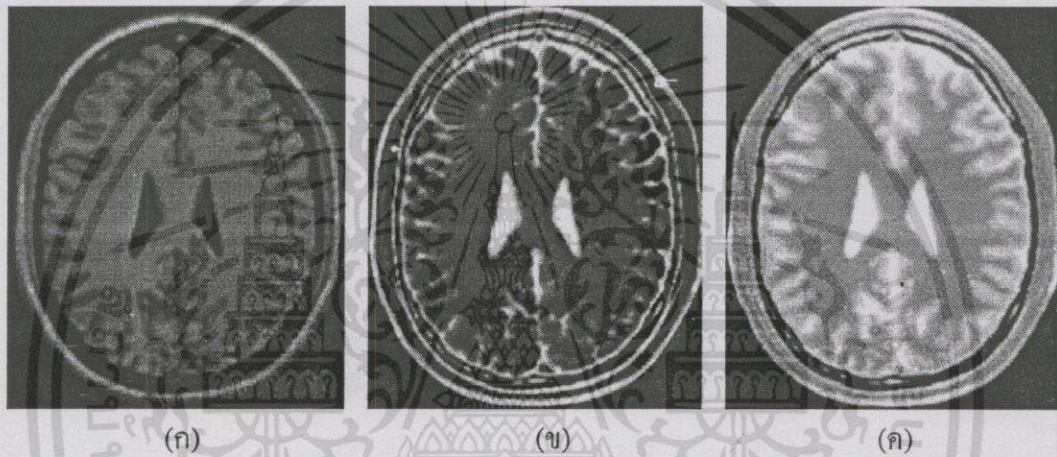
หลังจากทำการตัดบางคอมโพเนนต์ที่ทิ้ง โดยให้คงค่าข่าวสารไว้ตามที่ต้องการแล้ว ปริมาณข้อมูลจะมีค่าน้อยลงมาก และจะถูกส่งต่อให้กระบวนการแบ่งกลุ่มภาพออกเป็นคลัสเตอร์ต่างๆ ด้วยเอฟซีเอ็มเมื่อปริมาณภาพอินพุตของเอฟซีเอ็มมีค่าน้อยลง ก็จะทำให้กระบวนการใช้เวลาน้อยลงมาก แต่คุณภาพการแบ่งกลุ่มใกล้เคียงกันมาก ซึ่งดูได้จากค่าออบเจกทีฟฟังก์ชันเปรียบเทียบกันระหว่าง พีซีเอเอฟซีเอ็ม กับเอฟซีเอ็มมีค่าใกล้เคียงกันมาก ผลความแตกต่างระหว่างการแบ่งกลุ่มในวิทยานิพนธ์กับแบบเอฟซีเอ็มจะปรากฏชัดยิ่งขึ้นเมื่อปริมาณข้อมูลมากขึ้น หรือเมื่อข้อมูลภาพมีจำนวนแบนด์ จำนวน คลัสเตอร์ ที่ต้องการแบ่งกลุ่ม มีมากขึ้น ผลของการแบ่งกลุ่ม พีซีเอเอฟซีเอ็มก็จะดีกว่าเอฟซีเอ็มอย่างเห็นได้ชัด

ต่อไปนี้จะแสดงตัวอย่างภาพที่ผ่านการลดข้อมูลด้วยพีซีเอ 2 ตัวอย่าง ตัวอย่างแรกจะแสดงผลการลดข้อมูลของภาพมัลติชันแนล ของภาพถ่ายสมองเอ็มอาร์ขนาด 256X256X3 พิกเซล ซึ่งภาพ MR 1 ชุดภาพจะประกอบด้วย 3 ภาพคือ ภาพ T1 T2 และ Pd ส่วนตัวอย่างที่ 2 แสดงผลการข้อมูล

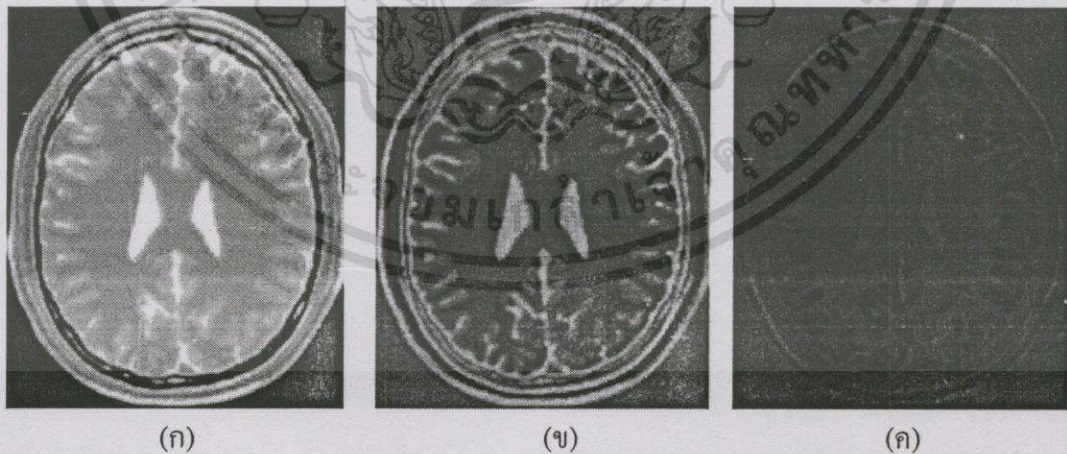
ของภาพมัลติสแกนเนลขนาด 10X10X3 พิกเซล (ได้จากการตัดบางส่วนของภาพถ่ายสมองเอ็มอาร์ ให้มีขนาดเป็น 10X10 พิกเซล ของทั้งภาพ T1 T2 และภาพ Pd แต่ภาพชุดตัวอย่างที่ 2 นี้จะแสดงผลเป็นตัวเลขเพื่อให้ผู้อ่านเข้าใจการทำงานของกรลดข้อมูลด้วยพีซีเอนมากขึ้น

3.4 ตัวอย่างการลดปริมาณข้อมูลภาพมัลติสแกนเนลโดยใช้พีซีเอน

ตัวอย่างนี้จะแสดงผลการข้อมูลภาพถ่ายสมองเอ็มอาร์ด้วยพีซีเอนรูปที่ 3.3 เป็นภาพอินพุทก่อนทำการแปลงด้วยพีซีเอนส่วนผลการแปลงพีซีเอนแสดงในรูปที่ 3.4 การลดข้อมูลจะพิจารณาจากค่าข่าวสารผลรวมที่เหลือจากการตัดบางคอมโพเนนท์ทิ้ง จะดูได้จากตารางที่ 3.1 โดยจะให้ความสำคัญค่ากับการคงค่าคอมโพเนนท์ที่มีค่าข่าวสารสูงๆ ไว้เท่านั้น



รูปที่ 3.3 ภาพอินพุทก่อนทำการแปลงด้วยพีซีเอน (ก) T1 (ข) T2 (ค) Pd



รูปที่ 3.4 ภาพคอมโพเนนท์หลังจากผ่านการแปลงด้วยพีซีเอน (ก) ภาพคอมโพเนนท์ 1
(ข) ภาพคอมโพเนนท์ 2 (ค) ภาพคอมโพเนนท์ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ ภาพที่แสดงผลการแปลงพีซีเอ ในรูปที่ 3.4 นี้เป็นภาพที่ทำการปรับเสถลภาพให้มีค่าความสว่างระดับเทาอยู่ในช่วง 0-255 เรียบร้อยแล้ว ทั้งนี้เนื่องจากหลังทำการแปลงด้วยพีซีเอนั้น ค่าข้อมูลจะมีค่าอยู่ในช่วง - ถึง + ที่สูงกว่า +255 ทำให้การมองเห็นภาพไม่ถูกต้อง เนื่องจากค่า - นั้นเครื่องคอมพิวเตอร์จะพิจารณาเป็นค่า 0 ซึ่งหมายถึงสีดำสนิท ส่วนค่าที่สูงกว่า +255 นั้นจะมองเห็นเป็นสีขาว ดังนั้นจึงต้องทำการปรับเพื่อแสดงผลภาพให้แสดงในช่วง 0 ถึง +255 เท่านั้น

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าไอเกนวาลูของภาพแต่ละคอมโพเนนต์ เทียบกับไอเกนวาลูรวมทั้ง 3 คอมโพเนนต์ $[\lambda_i/\text{SUM}(\lambda)]$; โดย $\text{SUM}(\lambda) = (\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n)$

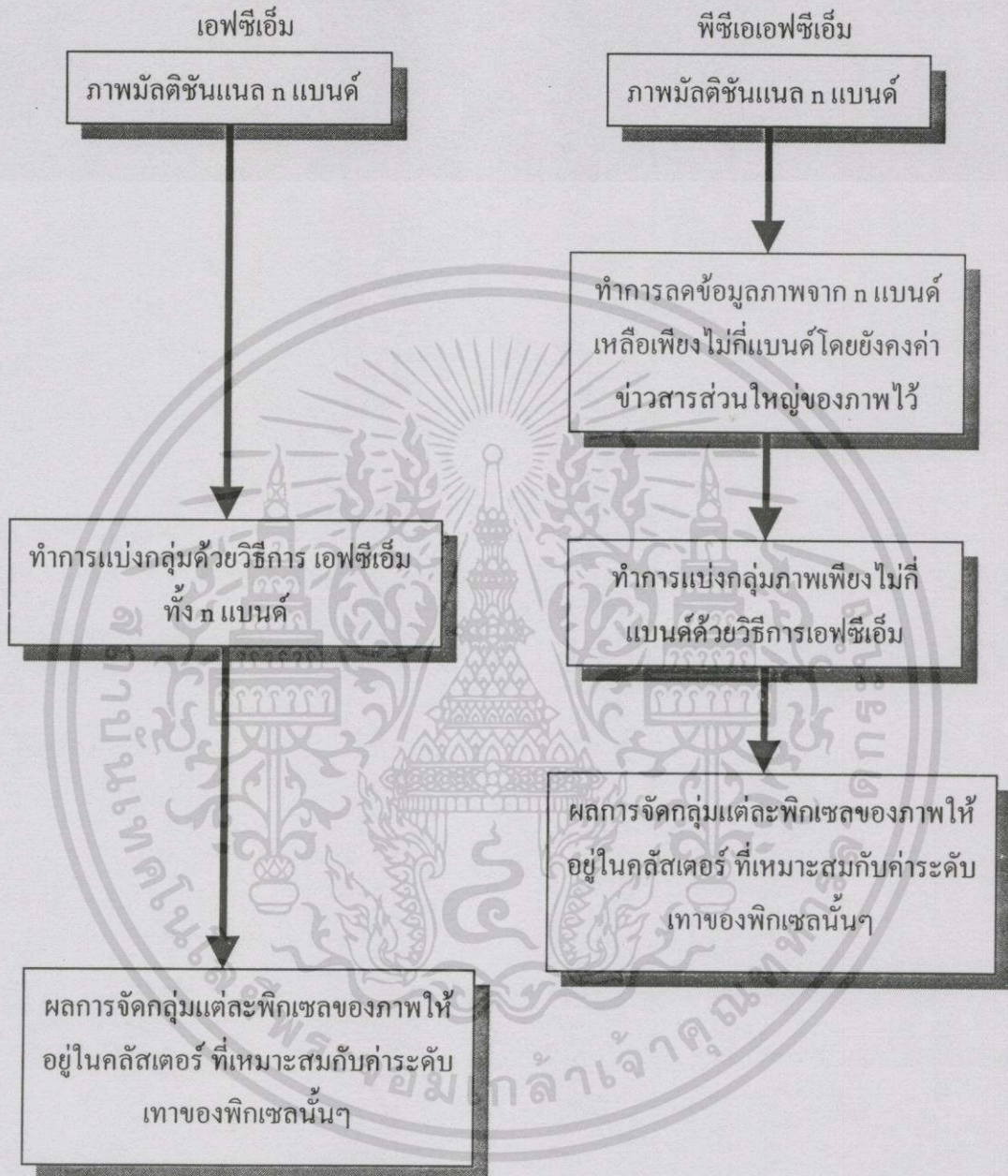
PC_1	PC1	PC2	PC3
$\lambda_i/\text{SUM}(\lambda)$.77	.22	.01

จากภาพตัวอย่างข้างต้น เนื่องจากค่าเทรซโซลด์ของงานวิจัยกำหนดไว้ที่ 0.9 ดังนั้น จึงใช้ 2 คอมโพเนนต์ (PC1+PC2) เป็นอินพุตของเอฟซีเอ็ม โดยตัด PC3 ทิ้ง ดังนั้นปริมาณข้อมูลภาพจะลดลงจาก 256X256X3 พิกเซล เหลือเพียง 256X256X2 พิกเซล และจะคงค่าข่าวสารของภาพไว้ถึง 99 % (0.77+0.22)

3.5 สรุปขั้นตอนการทำงานของการแบ่งกลุ่มแบบพีซีเอเอฟซีเอ็มเทียบกับเอฟซีเอ็ม

ขั้นตอนการทำงานระหว่างการแบ่งกลุ่มแบบพีซีเอเอฟซีเอมนั้นมีขั้นตอนการทำงานแตกต่างไปจากการแบ่งกลุ่มแบบเอฟซีเอ็มดังแสดงในบล็อกไดอะแกรมรูปที่ 3.5 ซึ่งการแบ่งกลุ่มแบบพีซีเอเอฟซีเอมนั้นจะเพิ่มเติมในส่วนการลดข้อมูลด้วยพีซีเอ ก่อนส่งผ่านข้อมูลภาพที่ถูกลดปริมาณแล้วส่งต่อให้กระบวนการแบ่งกลุ่มด้วยเอฟซีเอ็ม ดังนั้นภาพอินพุตในกระบวนการเอฟซีเอ็มของวิธีการแบ่งกลุ่มในวิทยานิพนธ์จึงมีปริมาณข้อมูลต่ำกว่าเอฟซีเอ็มเนื่องจากวิธีการแบ่งกลุ่มแบบเอฟซีเอ็ม เพียงอย่างเดียวนั้นไม่มีการลดข้อมูล

ถึงแม้ว่าในการแบ่งกลุ่มข้อมูลแบบพีซีเอเอฟซีเอมนั้นจะมีกระบวนการหลายขั้นตอนมากกว่าแบบเอฟซีเอ็มเมื่อทำการเทียบเวลาดั้งแต่ขั้นตอนการทำพีซีเอ ไปจนถึงสิ้นสุดการทำเอฟซีเอมนั้นก็ยังใช้เวลาประมวลผลน้อยกว่าการแบ่งกลุ่มแบบเอฟซีเอ็มที่ไม่มีการลดข้อมูลภาพ โดยที่มีประสิทธิภาพการแบ่งกลุ่มที่ใกล้เคียงกันมาก รูปต่อไปนี้แสดงให้เห็นขั้นตอนการทำงานที่แตกต่างกันของการแบ่งกลุ่มแบบพีซีเอเอฟซีเอ็ม ที่เสนอในวิทยานิพนธ์เทียบกับแบบเอฟซีเอ็ม



รูปที่ 3.12 แสดงบล็อกการทำงานเปรียบเทียบระหว่างการแบ่งกลุ่มแบบพีซีเอฟซีเอ็มกับแบบเอฟซีเอ็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดสอบ

4.1 วัตถุประสงค์ของการทดสอบ

การทดสอบแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ การทดสอบการแบ่งกลุ่มภาพมัลติซันแนลแบบงานวิจัยที่เสนอ (PCA-FCM) และการทดสอบการแบ่งกลุ่มภาพมัลติซันแนลแบบเอฟซีเอ็ม (FCM) การทดสอบทั้งสองแบบมีวัตถุประสงค์เพื่อชี้ให้เห็นถึง

1. เพื่อทดสอบว่าการแบ่งกลุ่มภาพแบบมัลติซันแนลโดยใช้พีซีเอฟซีเอ็มนั้น เป็นกระบวนการที่ใช้เวลาและหน่วยความจำน้อยกว่าการแบ่งกลุ่มภาพโดยเอฟซีเอ็ม
2. เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากพีซีเอฟซีเอ็มนั้นมีค่าใกล้เคียงกับเอฟซีเอ็ม โดยพิจารณาจากค่าออบเจกทีฟฟังก์ชันที่ได้จากกระบวนการทั้งสอง มีค่าใกล้เคียงกันมาก

4.2 สภาพแวดล้อมการทดสอบ

การทดสอบปฏิบัติการบนเครื่องคอมพิวเตอร์พีซีโดยใช้ซีพียูไซริกซ์ 6x86 เอ็มเอกซ์ ความถี่ 166 เมกะเฮิร์ตซ์ใช้ หน่วยความจำแรมขนาด 96 เมกะไบต์บนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 95 โปรแกรมที่ใช้ในการทดสอบถูกพัฒนาขึ้นจากเมทแลพเวอร์ชัน 5.0 ทดสอบกับภาพถ่ายดาวเทียม 7 แบนด์ ภาพแต่ละแบนด์ มีขนาด 256X256 พิกเซล 256 ระดับเทา กับภาพถ่ายสมองเอ็มอาร์ ซึ่ง 1 ชุดภาพจะประกอบด้วยภาพ 3 ภาพคือ ภาพ T1 T2 และ Pd แต่ละภาพมีขนาด 256X256 พิกเซล 256 ระดับเทา

4.3 ผลทดสอบการแบ่งกลุ่มภาพแบบมัลติซันแนลโดยใช้เทคนิคพีซีเอฟซีเอ็ม

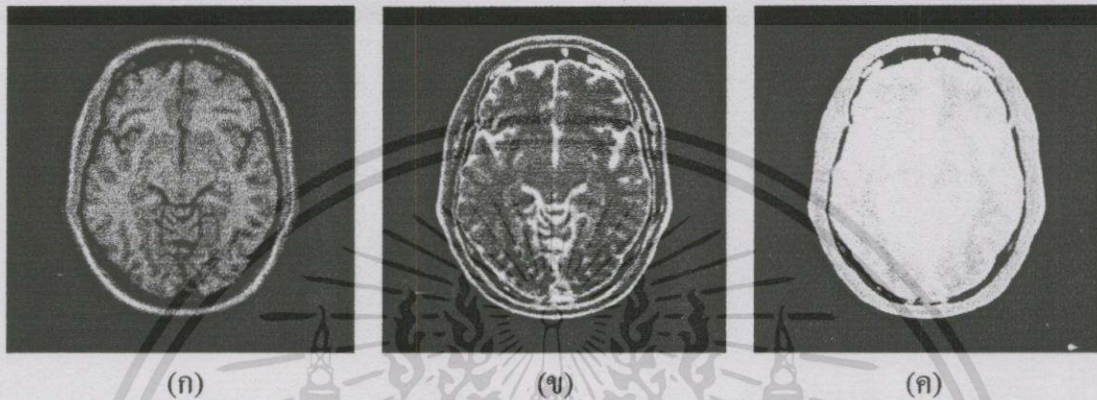
แบ่งผลการทดสอบออกเป็น 3 ส่วน คือ ผลการทดสอบภาพถ่ายดาวเทียม ภาพถ่ายสมองเอ็มอาร์แบบแยกชุดภาพ และผลทดสอบค่าเฉลี่ยรวมของภาพถ่ายสมองเอ็มอาร์จำนวน 5 ชุดภาพ

4.3.1 ผลการทดสอบภาพถ่ายสมองเอ็มอาร์แบบย่อย 5 ชุดภาพ

จะทำการทดสอบภาพถ่ายสมองเอ็มอาร์โดยกำหนดจำนวนการแบ่งคลัสเตอร์ออกเป็น 4, 5, 6 และ 7 คลัสเตอร์ทำการทดสอบเปรียบเทียบเวลาในการประมวลผลโดยเริ่มจับเวลาตั้งแต่เริ่มทำการลดข้อมูลภาพด้วยพีซีเอฟซีเอ็มสิ้นสุดกระบวนการ หลังจากได้ผลการเชกเมนต์แล้วจากเอฟซีเอ็ม

แล้วภาพอินพุทของการแบ่งกลุ่มแสดงในรูปที่ 4.1 4.6 4.11 4.16 และ 4.19 ผลการทดสอบดังกล่าว แสดงได้ในตารางที่ 4.1 4.2 4.3 4.4 และ 4.5

การทดสอบแบบพีซีเอเอฟซีเอ็มกับการทดสอบแบบเอฟซีเอ็ม นั้นจะใช้สภาวะแวดล้อมของการทดสอบแบบเดียวกัน ในขั้นตอนของเอฟซีเอ็ม ก็จะกำหนดค่าเริ่มต้นของกระบวนการ เช่น ค่า $m = 2$ เช่นกัน



รูปที่ 4.1 ภาพอินพุทแบบภาพถ่ายสมองเอ็มอาร์ ขนาด 258X258 พิกเซล (ก) ภาพ T1 (ข) ภาพ T2 (ค) ภาพ Pd

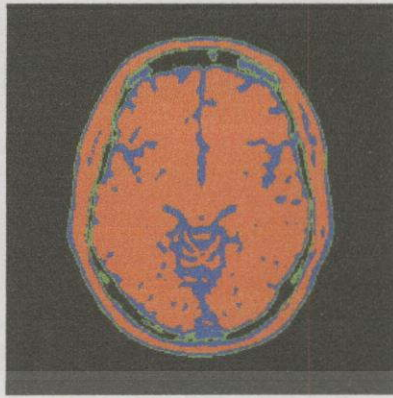
ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดสอบการจัดกลุ่มภาพจากรูปที่ 4.1 โดยใช้พีซีเอเอฟซีเอ็มเทียบกับเอฟซีเอ็ม

คลัสเตอร์	% ความแตกต่างของ ออบเจกต์ที่ฟังก์ชัน	% พิกเซลการจัดกลุ่ม ของพีซีเอเอฟซีเอ็มที่ ตรงกันกับเอฟซีเอ็ม	% ความแตกต่างของ เวลาประมวลผล
4	0.25	99.85	-27.90
5	1.02	99.57	-14.03
6	1.44	99.45	-13.31
7	1.44	98.01	-13.21

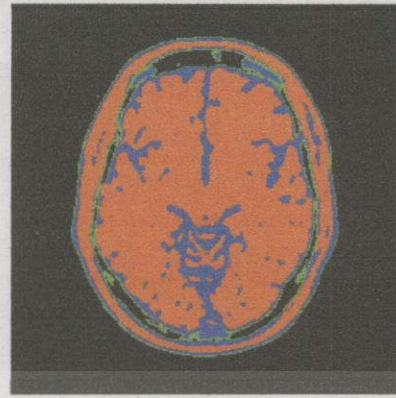
หมายเหตุ ค่าลบหมายถึง % พีซีเอเอฟซีเอ็มมีค่าน้อยกว่าเอฟซีเอ็ม

ค่าบวกหมายถึง % พีซีเอเอฟซีเอ็มมีค่าสูงกว่าเอฟซีเอ็ม

ในขั้นตอนการลดข้อมูลด้วยพีซีเอของภาพนี้ จะลดปริมาณข้อมูลลง 33.33 % และคงค่า
ข่าวสาร ของภาพไว้ 99.31 %



(ก)



(ข)

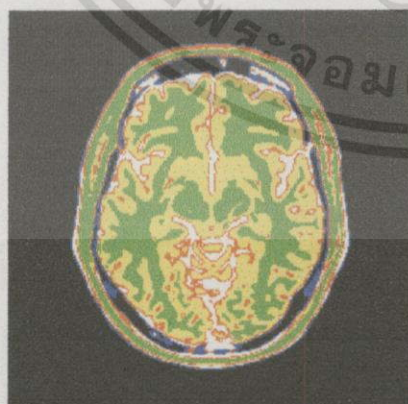
รูปที่ 4.2 ผลการแบ่งกลุ่มภาพ 4.1 แบบ 4 คลัสเตอร์ (ก) ผลของเอฟซีเอ็ม เทียบกับรูป (ข) ผลของพีซีเอฟซีเอ็ม



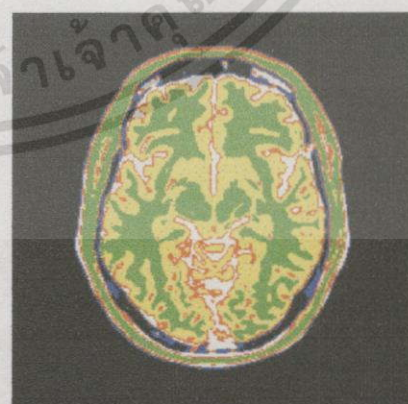
(ก)

(ข)

รูปที่ 4.3 ผลการแบ่งกลุ่มภาพ 4.1 แบบ 5 คลัสเตอร์ (ก) ผลของเอฟซีเอ็ม เทียบกับรูป (ข) ผลของพีซีเอฟซีเอ็ม



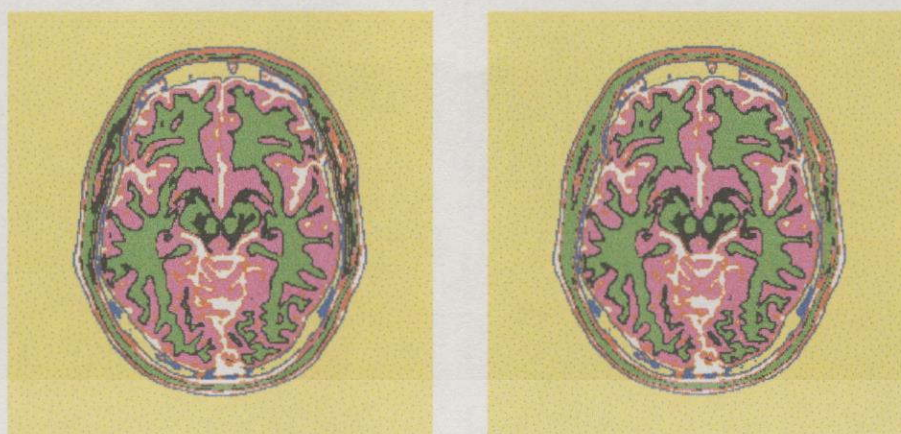
(ก)



(ข)

รูปที่ 4.4 ผลการแบ่งกลุ่มภาพ 4.1 แบบ 6 คลัสเตอร์ (ก) ผลของเอฟซีเอ็ม เทียบกับรูป (ข) ผลของพีซีเอฟซีเอ็ม

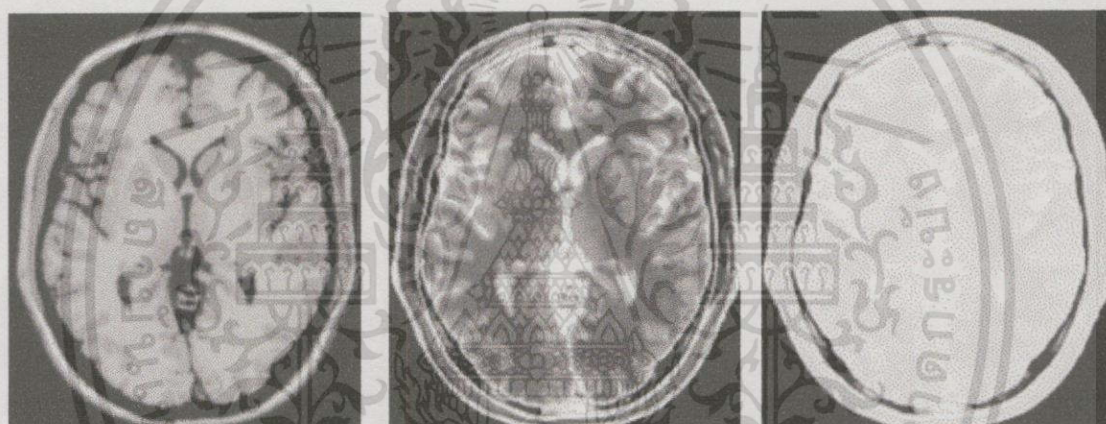
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)

(ข)

รูปที่ 4.5 ผลการแบ่งกลุ่มภาพ 4.1 แบบ 7 คลัสเตอร์ (ก) ผลของเอฟซีเอ็ม เทียบกับรูป (ข) ผลของพีซีเอเอฟซีเอ็ม



(ก)

(ข)

(ค)

รูปที่ 4.6 ภาพอินพุทแบบภาพถ่ายสมองเอ็มอาร์ ขนาด 258X258 พิกเซล (ก) ภาพ T1 (ข) ภาพ T2 (ค) ภาพ Pd

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดสอบการจัดกลุ่มภาพจากรูปที่ 4.6 โดยใช้พีซีเอเอฟซีเอ็มเทียบกับเอฟซีเอ็ม

คลัสเตอร์	% ความแตกต่างของ ออบเจกทีฟฟังก์ชัน	% พิกเซลการจัดกลุ่ม ของพีซีเอเอฟซีเอ็มที่ ตรงกันกับเอฟซีเอ็ม	% ความแตกต่างของ เวลาประมวลผล
4	0.64	99.12	-17.93
5	0.98	99.58	-14.80
6	1.37	99.17	-13.67
7	1.67	98.91	-16.57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

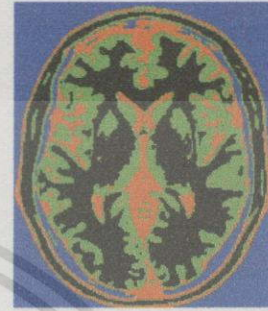
หมายเหตุ ค่าลบหมายถึง % พีซีเอเอฟซีเอ็มมีค่าน้อยกว่าเอฟซีเอ็ม

ค่าบวกหมายถึง %พีซีเอเอฟซีเอ็มมีค่าสูงกว่าเอฟซีเอ็ม

ในขั้นตอนการลดข้อมูลด้วยพีซีเอของภาพนี้ จะลดปริมาณข้อมูลลง 33.33 % และคงค่า
ข่าวสาร ของภาพไว้ 99.31 %



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.7 ผลการแบ่งกลุ่มภาพ 4.6 แบบ 4 คลัสเตอร์ (ก) ผลของเอฟซีเอ็ม เทียบกับรูป (ข) ผลของ
พีซีเอเอฟซีเอ็ม



(ก)

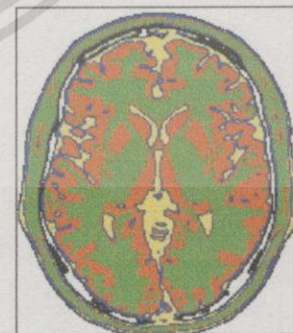


(ข)

รูปที่ 4.8 ผลการแบ่งกลุ่มภาพ 4.6 แบบ 5 คลัสเตอร์ (ก) ผลของเอฟซีเอ็ม เทียบกับรูป (ข) ผลของ
พีซีเอเอฟซีเอ็ม



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.9 ผลการแบ่งกลุ่มภาพ 4.6 แบบ 6 คลัสเตอร์ (ก) ผลของเอฟซีเอ็ม เทียบกับรูป (ข) ผลของ
พีซีเอเอฟซีเอ็ม

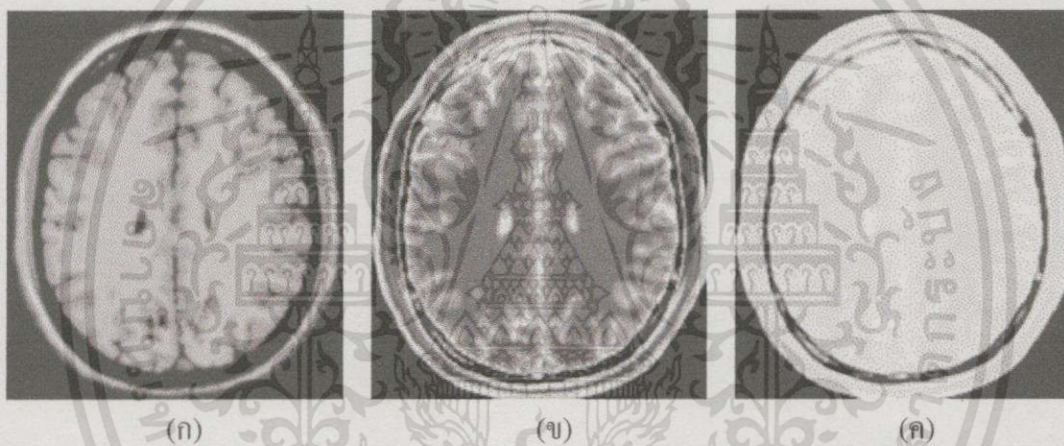
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)

(ข)

รูปที่ 4.10 ผลการแบ่งกลุ่มภาพ 4.6 แบบ 7 คลัสเตอร์ (ก) ผลของเอฟซีเอ็ม เทียบกับรูป (ข) ผลของพีซีเอฟซีเอ็ม



(ก)

(ข)

(ค)

รูปที่ 4.11 ภาพอินพุตแบบภาพถ่ายสมองเอ็มอาร์ ขนาด 258X258 พิกเซล (ก) ภาพ T1 (ข) ภาพ T2 (ค) ภาพ Pd

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดสอบการจับกลุ่มภาพจากรูปที่ 4.11 โดยใช้พีซีเอฟซีเอ็มเทียบกับเอฟซีเอ็ม

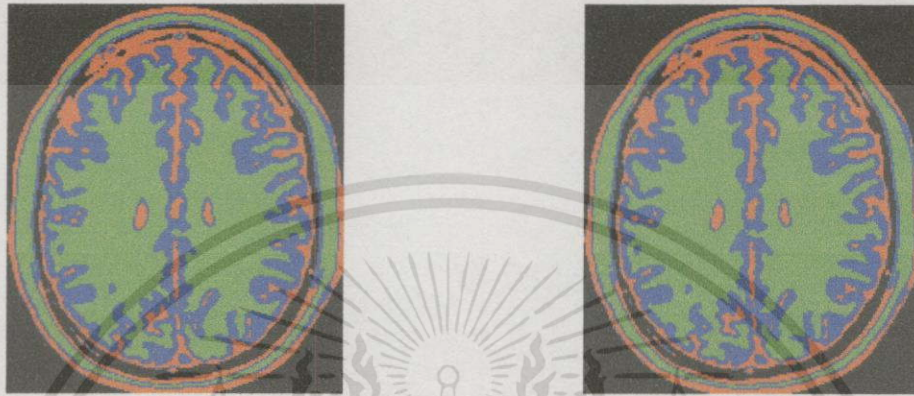
คลัสเตอร์	% ความแตกต่างของ ออบเจกต์ที่ฟังก์ชัน	% พิกเซลการจับกลุ่ม ของพีซีเอฟซีเอ็มที่ ตรงกันกับเอฟซีเอ็ม	% ความแตกต่างของ เวลาประมวลผล
4	0.45	99.36	-13.53
5	0.71	99.45	-11.27
6	0.95	98.95	-18.37
7	1.18	90.43	-19.04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ ค่าลบหมายถึง % พีซีเอเอฟซีเอ็มมีค่าน้อยกว่าเอฟซีเอ็ม

ค่าบวกหมายถึง %พีซีเอเอฟซีเอ็มมีค่าสูงกว่าเอฟซีเอ็ม

ในขั้นตอนการลดข้อมูลด้วยพีซีเอของภาพนี้ จะลดปริมาณข้อมูลลง 33.33 % และคงค่า
ข่าวสาร ของภาพไว้ 99.31 %



(ก)

(ข)

รูปที่ 4.12 ผลการแบ่งกลุ่มภาพ 4.11 แบบ 4 คลัสเตอร์ (ก) ผลของเอฟซีเอ็ม เทียบกับรูป (ข) ผลของ
พีซีเอเอฟซีเอ็ม

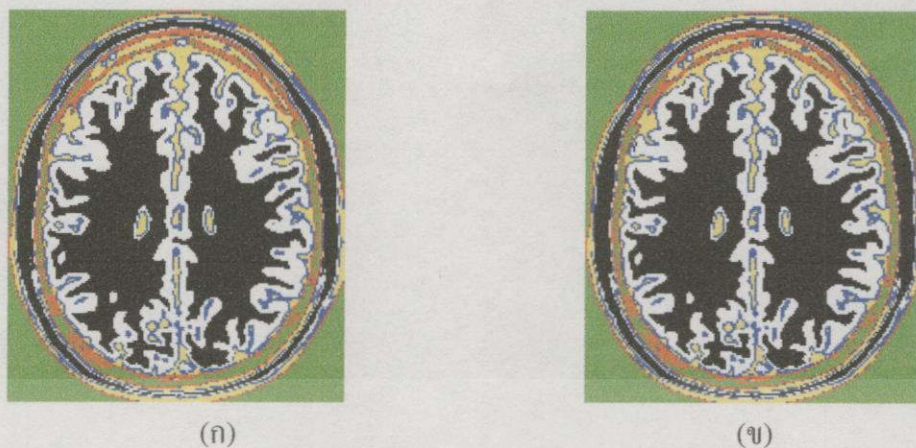


(ก)

(ข)

รูปที่ 4.13 ผลการแบ่งกลุ่มภาพ 4.11 แบบ 5 คลัสเตอร์ (ก) ผลของเอฟซีเอ็ม เทียบกับรูป (ข) ผลของ
พีซีเอเอฟซีเอ็ม

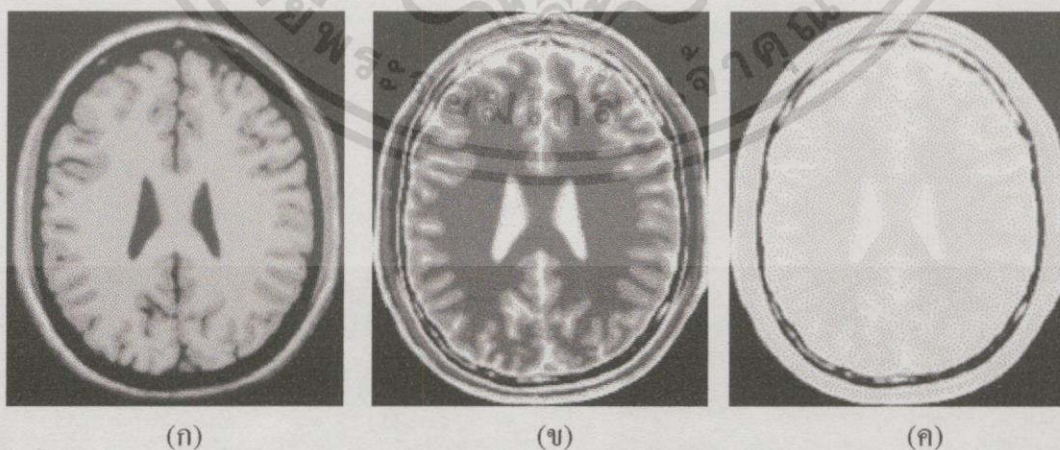
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 ผลการแบ่งกลุ่มภาพ 4.11 แบบ 6 คลัสเตอร์ (ก) ผลของเอฟซีเอ็ม เทียบกับรูป (ข) ผลของพีซีเอฟซีเอ็ม



รูปที่ 4.15 ผลการแบ่งกลุ่มภาพ 4.11 แบบ 7 คลัสเตอร์ (ก) ผลของเอฟซีเอ็ม เทียบกับรูป (ข) ผลของพีซีเอฟซีเอ็ม



รูปที่ 4.16 ภาพอินพุตแบบภาพถ่ายสมองเอ็มอาร์ ขนาด 258X258 พิกเซล (ก) ภาพ T1 (ข) ภาพ T2 (ค) ภาพ Pd

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดสอบการจัดกลุ่มภาพจากรูปที่ 4.16 โดยใช้พีซีเอพีซีเอ็มเทียบกับเอฟซีเอ็ม

คลัสเตอร์	% ความแตกต่างของ ออบเจกต์ที่ฟังก์ชัน	% พิกเซลการจัดกลุ่ม ของพีซีเอพีซีเอ็มที่ ตรงกันกับเอฟซีเอ็ม	% ความแตกต่างของ เวลาประมวลผล
4	0.26	99.64	-32.67
5	0.75	99.38	-11.93
6	1.04	99.14	-18.67
7	1.28	99.15	-17.20

หมายเหตุ ค่าลบหมายถึง % พีซีเอพีซีเอ็มมีค่าน้อยกว่าเอฟซีเอ็ม
ค่าบวกหมายถึง % พีซีเอพีซีเอ็มมีค่าสูงกว่าเอฟซีเอ็ม
ในขั้นตอนการลดข้อมูลด้วยพีซีเอของภาพนี้ จะลดปริมาณข้อมูลลง 33.33 % และคงค่า
ข่าวสาร ของภาพไว้ 99.31 %



(ก)

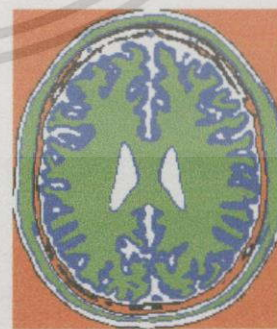


(ข)

รูปที่ 4.17 ผลการแบ่งกลุ่มภาพ 4.16 แบบ 4 คลัสเตอร์ (ก) ผลของเอฟซีเอ็ม เทียบกับรูป (ข) ผลของพีซีเอพีซีเอ็ม



(ก)



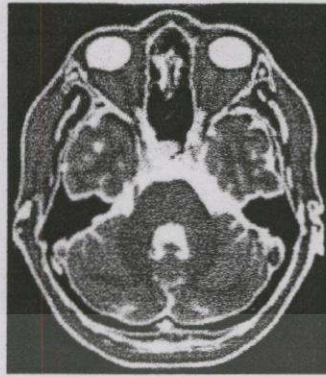
(ข)

รูปที่ 4.18 ผลการแบ่งกลุ่มภาพ 4.16 แบบ 5 คลัสเตอร์ (ก) ผลของเอฟซีเอ็ม เทียบกับรูป (ข) ผลของพีซีเอพีซีเอ็ม

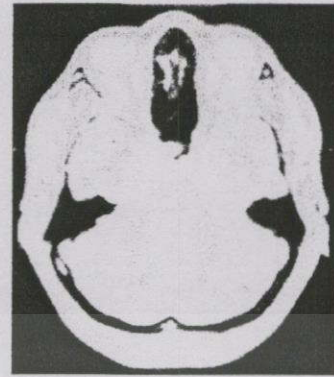
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)



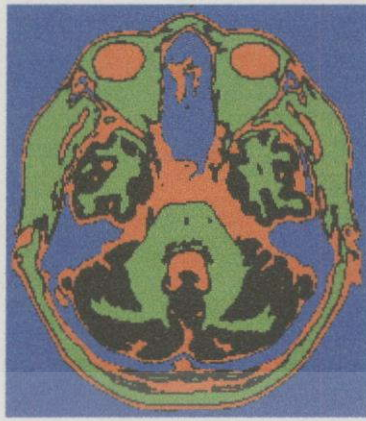
(ค)

รูปที่ 4.19 ภาพอินพุทแบบภาพถ่ายสมองเอ็มอาร์ ขนาด 258X258 พิกเซล (ก) ภาพ T1 (ข) ภาพ T2 (ค) ภาพ Pd

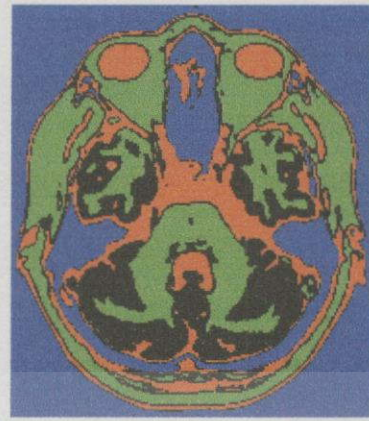
ตารางที่ 4.5 แสดงผลการทดสอบการจับกลุ่มภาพจากรูปที่ 4.19 โดยใช้พีซีเอพีซีเอ็มเทียบกับ เอพีซีเอ็ม

คลัสเตอร์	% ความแตกต่างของ ออบเจกต์ที่ฟังก์ชัน	% พิกเซลการจับกลุ่ม ของพีซีเอพีซีเอ็มที่ ตรงกันกับเอพีซีเอ็ม	% ความแตกต่างของ เวลาประมวลผล
4	0.52	98.04	-13.50
5	0.70	98.02	-14.01
6	0.96	97.29	-15.21
7	1.05	95.69	-13.04

หมายเหตุ ค่าลบหมายถึง % พีซีเอพีซีเอ็มมีค่าน้อยกว่าเอพีซีเอ็ม
ค่าบวกหมายถึง %พีซีเอพีซีเอ็มมีค่าสูงกว่าเอพีซีเอ็ม
ในขั้นตอนการลดข้อมูลด้วยพีซีเอของภาพนี้ จะลดปริมาณข้อมูลลง 33.33 % และคงค่า
ข่าวสาร ของภาพไว้ 99.31 %



(ก)

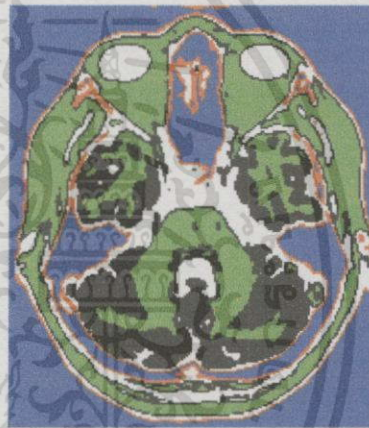


(ข)

รูปที่ 4.20 ผลการแบ่งกลุ่มภาพ 4.19 แบบ 4 คลัสเตอร์ (ก) ผลของเอฟซีเอ็ม เทียบกับรูป (ข) ผลของพีซีเอเอฟซีเอ็ม



(ก)

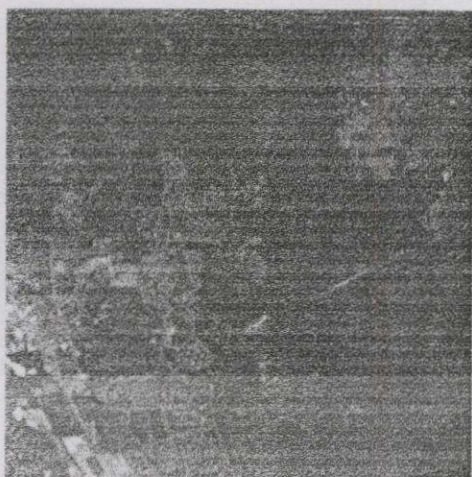


(ข)

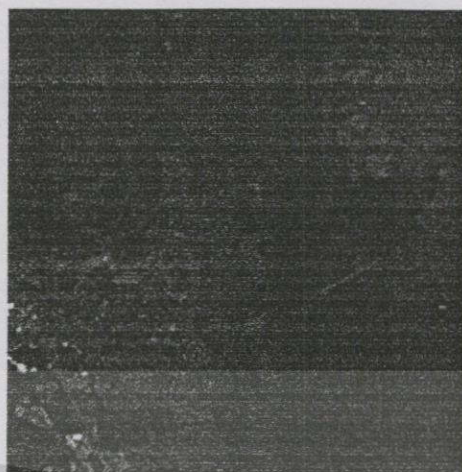
รูปที่ 4.21 ผลการแบ่งกลุ่มภาพ 4.19 แบบ 5 คลัสเตอร์ (ก) ผลของเอฟซีเอ็ม เทียบกับรูป (ข) ผลของพีซีเอเอฟซีเอ็ม

4.3.2 ผลการทดสอบภาพถ่ายดาวเทียมชนิด 7 แบนด์

รูปที่ 4.22 ถึง 4.25 เป็นภาพอินพุทภาพถ่ายดาวเทียม 7 แบนด์ และแสดงผลการแบ่งกลุ่มในตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบระหว่างการแบ่งกลุ่มแบบพีซีเอเอฟซีเอ็มกับการแบ่งกลุ่มแบบเอฟซีเอ็ม



(ก)

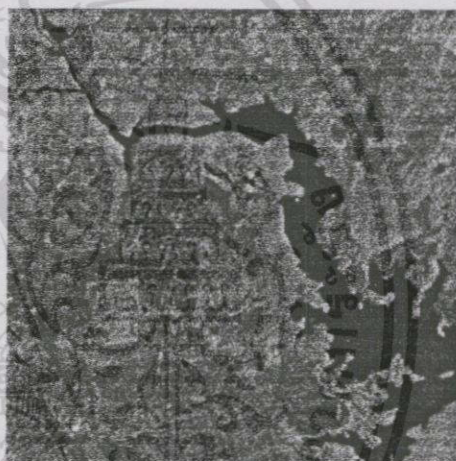


(ข)

รูปที่ 4.22 แสดงภาพอินพุทแบบภาพถ่ายดาวเทียม 7 แบนด์ (ก) แบนด์ที่ 1 (ข)แบนด์ที่ 2



(ก)

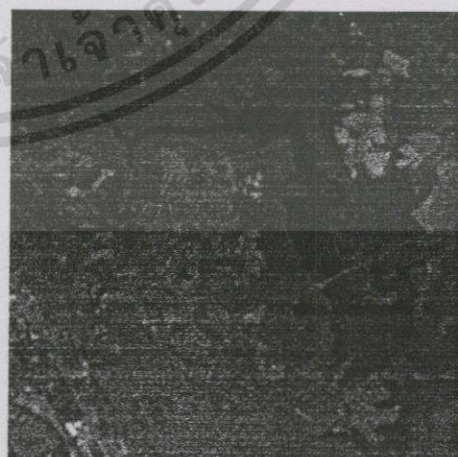


(ข)

รูปที่ 4.23 แสดงภาพอินพุทแบบภาพถ่ายดาวเทียม 7 แบนด์ (ก) แบนด์ที่ 3 (ข)แบนด์ที่ 4



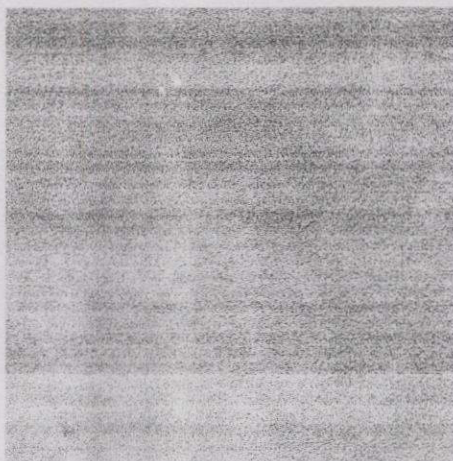
(ก)



(ข)

รูปที่ 4.24 แสดงภาพอินพุทแบบภาพถ่ายดาวเทียม 7 แบนด์ (ก) แบนด์ที่ 5 (ข)แบนด์ที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.25 แสดงภาพอินพุตแบบภาพถ่ายดาวเทียม 7 แบนด์ รูปนี้เป็นแบนด์ที่ 7

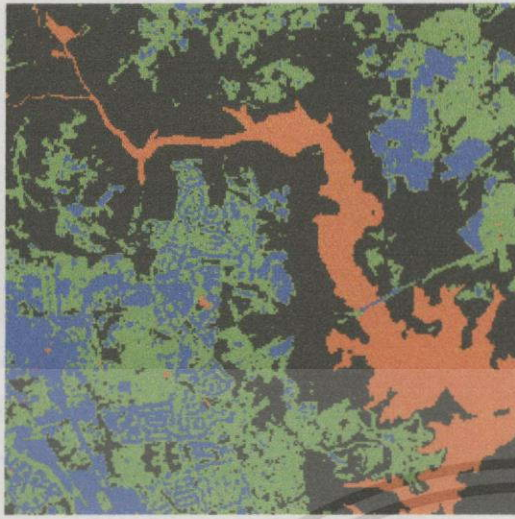
ตารางที่ 4.6 แสดงผลการทดสอบการจัดกลุ่มภาพถ่ายดาวเทียมที่แสดงในรูปที่ 4.22 ถึง 4.25 โดยใช้พีซีเอเอฟซีเอ็มเทียบกับเอฟซีเอ็ม

คลัสเตอร์	% ความแตกต่างของ ออบเจกต์ที่ฟังก์ชัน	% พิกเซลการจัดกลุ่ม ของพีซีเอเอฟซีเอ็มที่ ตรงกันกับเอฟซีเอ็ม	% ความแตกต่างของ เวลาประมวลผล
4	2.18	91.70	-43.26
5	3.58	92.20	-35.68
6	4.87	95.61	-75.72
7	7.16	92.00	-53.76

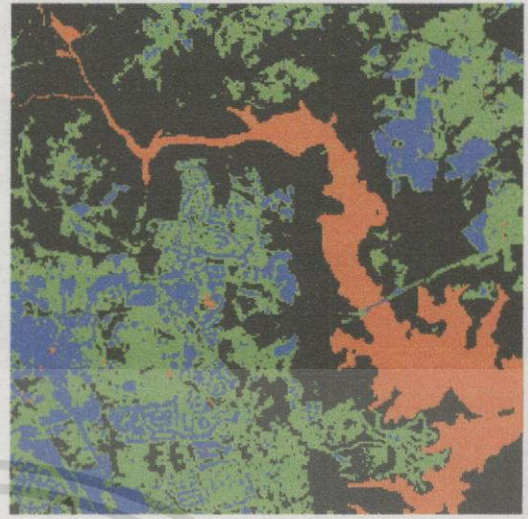
หมายเหตุ ค่าลบหมายถึง % พีซีเอเอฟซีเอ็มมีค่าน้อยกว่าเอฟซีเอ็ม

ค่าบวกหมายถึง % พีซีเอเอฟซีเอ็มมีค่าสูงกว่าเอฟซีเอ็ม

ในขั้นตอนการลดข้อมูลด้วยพีซีเอของภาพนี้ จะลดปริมาณข้อมูลลง 57.14 % และคงค่า
ข่าวสาร ของภาพไว้ 99.71 %

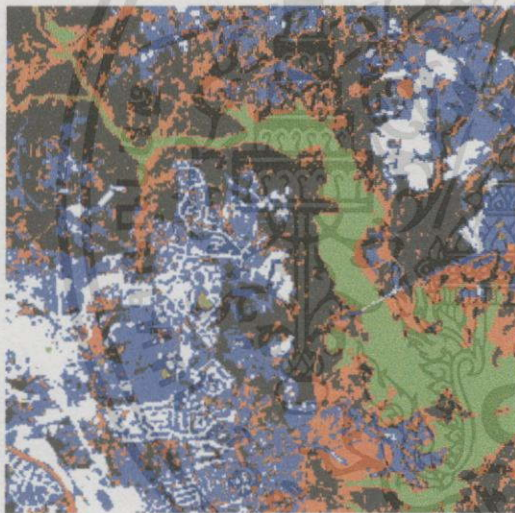


(ก)



(ข)

รูปที่ 4.26 ผลการแบ่งกลุ่มภาพ 4.22 ถึง 4.25 แบบ 4 คลัสเตอร์ (ก) ผลของเอฟซีเอ็ม เทียบกับรูป (ข) ผลของพีซีเอเอฟซีเอ็ม



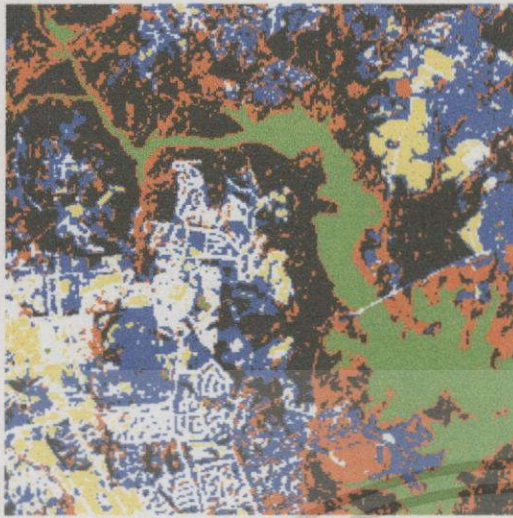
(ก)



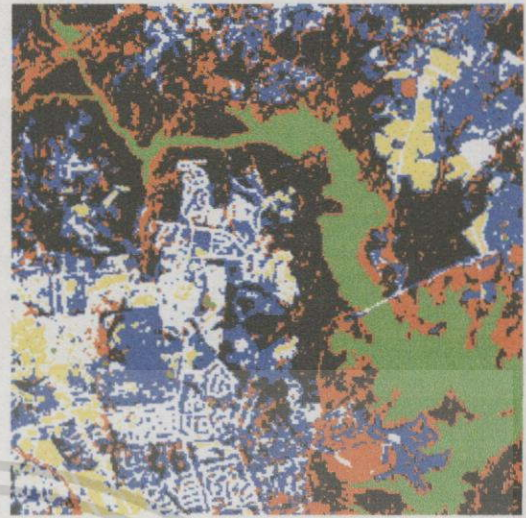
(ข)

รูปที่ 4.27 ผลการแบ่งกลุ่มภาพ 4.22 ถึง 4.25 แบบ 5 คลัสเตอร์ (ก) ผลของเอฟซีเอ็ม เทียบกับรูป (ข) ผลของพีซีเอเอฟซีเอ็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

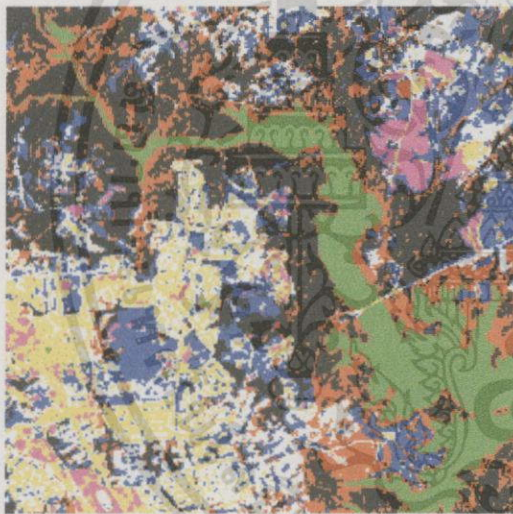


(ก)

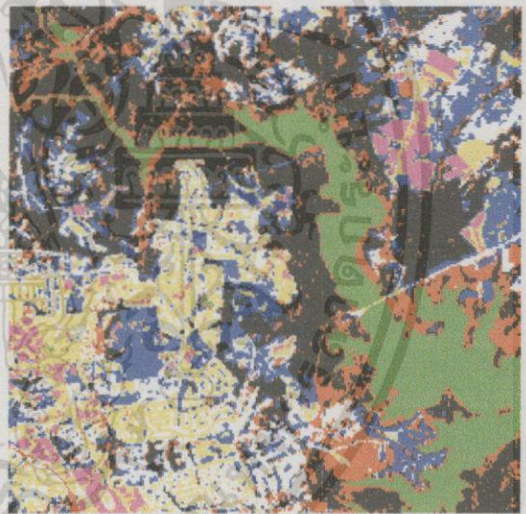


(ข)

รูปที่ 4.28 ผลการแบ่งกลุ่มภาพ 4.22 ถึง 4.25 แบบ 6 คลัสเตอร์ (ก) ผลของเอฟซีเอ็ม เทียบกับรูป (ข) ผลของพีซีเอเอฟซีเอ็ม



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.29 ผลการแบ่งกลุ่มภาพ 4.22 ถึง 4.25 แบบ 7 คลัสเตอร์ (ก) ผลของเอฟซีเอ็ม เทียบกับรูป (ข) ผลของพีซีเอเอฟซีเอ็ม

4.3.3 ผลการทดสอบภาพถ่ายสมองเอ็มอาร์โดยรวมเฉลี่ยจาก 5 ชุดภาพ

ผลการทดสอบภาพถ่ายสมองเอ็มอาร์แสดงผลรวมเพื่อเปรียบเทียบระหว่างการแบ่งกลุ่มแบบพีซีเอเอฟซีเอ็มที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์เทียบกับแบบเอฟซีเอ็มที่ไม่ผ่านการลดข้อมูล แสดงได้ในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการทดสอบการจัดกลุ่มภาพเอ็มอาร์แอลี่จาก ภาพที่ 4.1 4.6 4.11 4.16 และ 4.19 โดยใช้พีซีเอพีเอ็มเทียบกับเอฟซีเอ็ม

คลัสเตอร์	% ความแตกต่างของ ออบเจกต์ที่ฟังก์ชันเฉลี่ย	% พิกเซลการจัดกลุ่มของพีซีเอ เอฟซีเอ็มที่ตรงกันกับเอฟซีเอ็ม เฉลี่ย	% ความแตกต่างของ เวลาประมวลผลเฉลี่ย
4	0.42	99.19	-21.12
5	0.83	99.40	-13.22
6	1.15	99.01	-15.86
7	1.32	96.44	-15.80

หมายเหตุ ค่าลบหมายถึง % พีซีเอเอฟซีเอ็มมีค่าน้อยกว่าเอฟซีเอ็ม
ค่าบวกหมายถึง %พีซีเอเอฟซีเอ็มมีค่าสูงกว่าเอฟซีเอ็ม
ในขั้นตอนการลดข้อมูลด้วยพีซีเอของภาพนี้ จะลดปริมาณข้อมูลลง 33.33 % และคงค่า
ข่าวสาร ของภาพไว้ 99.31 %

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปงานวิจัย

งานวิจัยในวิทยานิพนธ์นี้ นำเสนอการแบ่งกลุ่มภาพแบบมัลติชันแนลโดยใช้เทคนิคพีซีเอเอฟซีเอ็ม โดยประยุกต์ใช้การลดปริมาณข้อมูลภาพด้วยการแปลงพีซีเอ ซึ่งภาพที่ได้จากการแปลงจะคงค่าข่าวสารภาพส่วนใหญ่ไว้ก่อนที่จะทำการแบ่งกลุ่มด้วยเอฟซีเอ็ม ผลที่ได้จากการแบ่งกลุ่มภาพด้วยพีซีเอเอฟซีเอ็มเปรียบเทียบกับวิธีการแบ่งกลุ่มภาพแบบเอฟซีเอ็มนั้น จะได้ผลที่ใกล้เคียงกัน แต่พีซีเอเอฟซีเอ็มใช้เวลาในการประมวลผลต่ำกว่ามาก

หลังจากทำการตัดบางคอมโพเนนท์ทิ้ง โดยให้คงค่าข่าวสารไว้ตามที่ต้องการแล้ว ปริมาณข้อมูลจะมีค่าน้อยลงมาก และจะถูกส่งต่อไปให้กระบวนการแบ่งกลุ่มภาพออกเป็นคลัสเตอร์ต่างๆ ด้วยเอฟซีเอ็มเมื่อปริมาณภาพอินพุทของเอฟซีเอมีค่าน้อยลง ก็จะทำให้กระบวนการใช้เวลาน้อยลงมาก แต่คุณภาพการแบ่งกลุ่มใกล้เคียงกันมาก ดูได้จากค่าออบเจกทีฟฟังก์ชันเปรียบเทียบกันระหว่างพีซีเอเอฟซีเอ็มกับเอฟซีเอ็ม มีค่าใกล้เคียงกันมาก ผลความแตกต่างระหว่างการแบ่งกลุ่มในวิทยานิพนธ์ กับแบบเอฟซีเอ็ม จะปรากฏชัดยิ่งขึ้นเมื่อปริมาณข้อมูลมากขึ้น หรือเมื่อข้อมูลภาพมีจำนวนแบนด์ จำนวนคลัสเตอร์ที่ต้องการแบ่งกลุ่ม มีมากขึ้น ผลของการแบ่งกลุ่มพีซีเอเอฟซีเอ็ม ก็ดีกว่าเอฟซีเอ็มอย่างเห็นได้ชัด

5.2 ประเด็นที่ควรศึกษาต่อ

เนื่องจากพีซีเอเอฟซีเอ็ม เป็นการประยุกต์ผสมระหว่างการลดข้อมูลภาพก่อนทำการแบ่งกลุ่ม ดังนั้นแนวทางการพัฒนางานในอนาคตจึงสามารถเลือกใช้อัลกอริธึมการลดข้อมูลแบบใหม่ หรืออัลกอริธึมการจัดกลุ่มแบบใหม่ที่ให้ผลดีกว่าและใช้เวลาน้อยกว่า

นอกจากนี้การตั้งค่าเริ่มต้นของกระบวนการเอฟซีเอ็มที่เหมาะสม ดังเช่นในงานวิจัยด้านการตั้งค่าเริ่มต้นของเอฟซีเอ็ม เมื่อนำมาประยุกต์ใช้ จะช่วยให้การทำงานของกระบวนการแบ่งกลุ่มภาพมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

บรรณานุกรม

- [1] R. C. Gonzalez, R. E Woods, "Digital Image Processing." Addison-Wesley Publishing Company, Inc., Sep. 1993.
- [2] J. S. Lin, K. S. Cheng, "A fuzzy Hopfield Neural Network for Medical Image Segmentation." IEEE Trans. on Nuclear science, vol. 43, no. 4, pp. 2389-2398, Aug. 1996.
- [3] M. C. Clark, "MRI Segmentation using Fuzzy Clustering Techniques." IEEE Engineering in Medicine and Biology, pp. 730-742, Nov. /Dec. 1994.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ผลงานที่ได้รับตีพิมพ์

1. สมจิต นาคี กอบชัย เศรษฐาญ, “การแบ่งกลุ่มภาพแบบมัลติชันแนลโดยใช้เทคนิค PCA-FCM,”
วิศวกรรมลาดกระบัง ปีที่ 18 ฉบับที่ 1 เดือนมีนาคม 2544



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแบ่งกลุ่มภาพแบบมัลติชันแนลโดยใช้เทคนิค PCA-FCM

Multi-Channel Images Clustering Using PCA-FCM Technique

สมจิต นาคี

กอบชัย เคชหาญ

คณะวิศวกรรมศาสตร์และสำนักวิจัยการสื่อสารและเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้นำเสนอการแบ่งกลุ่มภาพมัลติชันแนลโดยใช้การลดปริมาณข้อมูลภาพ PCA ร่วมกับการแบ่งกลุ่มข้อมูลภาพแบบ FCM ซึ่งต่อไปจะเรียกว่า การจัดกลุ่มข้อมูลแบบ PCA-FCM PCA เป็นวิธีการแปลงแบบหนึ่งซึ่งข้อมูลที่ผ่านการแปลงจะยังคงค่าข่าวสารหลักไว้โดยที่ปริมาณข้อมูลมีค่าลดลง ดังนั้นภาพผลลัพธ์ของการแบ่งกลุ่มโดยใช้เทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบ PCA-FCM เช่น ภาพถ่ายดาวเทียม หรือ ภาพถ่าย MR จึงให้ผลลัพธ์การแบ่งกลุ่มที่ใกล้เคียงกันมาก ใช้เวลา และหน่วยความจำในการประมวลผลน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการแบ่งกลุ่มภาพมัลติชันแนลด้วยเทคนิค FCM แบบไม่ทำการลดข้อมูลภาพ

Abstract

This paper proposes the multi-channel images clustering by using the PCA (Principal Components Analysis) to decrease the data sets of the multi-channel images combining with the FCM (Fuzzy C-Mean) clustering, so called the PCA-FCM clustering technique. The PCA is a transform that retains the significant of the image information while the data volume is reduced. So the result image, such as the remote sensing images and the magnetic resonance of brain images after clustering by the PCA-FCM technique gives closely the same quality, the shorter processing time, the less required memory while compared with the FCM clustering.

1. บทนำ

จากงานวิจัย [3] กล่าวว่า กระบวนการจัดกลุ่มข้อมูลด้วย FCM เป็นกระบวนการที่มีประสิทธิภาพ และนิยมใช้อย่างแพร่หลาย [1,2] แต่อย่างไรก็ตามค่าเวลาประมวลผล FCM จะแปรผันตรงกับ จำนวน Clusters จำนวน bands และ Pixels นอกจากนี้ยังได้เสนอแนะว่างานวิจัยด้านการลดเวลาในการประมวลผล FCM เป็นงานที่น่าสนใจอย่างยิ่ง

ในงานวิจัยนี้เสนอหลักการแบ่งกลุ่มภาพด้วย PCA-FCM โดยนำเทคนิคการลดข้อมูลภาพด้วย PCA ร่วมกับการแบ่งกลุ่มภาพด้วย FCM ซึ่งทำให้สามารถลดเวลาและหน่วยความจำในการแบ่งกลุ่มภาพลงได้มาก นอกจากนี้การแบ่งกลุ่มภาพแบบ PCA-FCM ยังมีคุณภาพของผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกันมากกับการแบ่งกลุ่มด้วย FCM

2. หลักการแบ่งกลุ่มภาพมัลติชันแนลด้วยเทคนิค PCA-FCM

ก่อนที่จะกล่าวถึงรายละเอียดการทำงานของ PCA-FCM นั้นจะขอกกล่าวถึงหลักการลดข้อมูลด้วย PCA และหลักการพื้นฐานการจัดกลุ่มข้อมูลด้วย FCM ก่อนตามลำดับดังนี้

2.1 การลดข้อมูลด้วย PCA

ภาพมัลติชันแนลเป็นข้อมูลภาพที่ประกอบด้วยภาพจำนวนหลายแบนด์ (เช่น ภาพถ่ายดาวเทียม 7 แบนด์, ภาพถ่ายสมอง MR 3 ภาพ) จึงเป็นภาพที่มีปริมาณข้อมูลสูงมาก ประกอบกับการจัดกลุ่มข้อมูลด้วย FCM เป็นกระบวนการที่ใช้เวลาประมวลผลแปรตรงกับปริมาณข้อมูล เมื่อต้องทำการจัดกลุ่มข้อมูลภาพมัลติชันแนลด้วย FCM ยิ่งทำให้กระบวนการใช้เวลาสูงมากขึ้นไปอีก งานวิจัยนี้จะทำการลดข้อมูลด้วย PCA ก่อนทำการจัดกลุ่มด้วย FCM เพื่อลดเวลาของการจัดกลุ่มภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติพิเศษของ PCA คือการย้าย Information ของข้อมูลภาพมัลติชันแนล n แบนด์มารวมไว้ในภาพคอมโพเนนต์ (Principal Components:PC) ชุดใหม่ n คอมโพเนนต์โดยมีการเรียงค่าสูงสุดของ Information จาก PC1 ไปต่ำสุดที่ PCn ดังนั้นที่ PC ใดๆ จะมีค่า Information ต่ำสุด จนสามารถตัดทิ้งได้ บางคอมโพเนนต์ งานวิจัยนี้จะพิจารณาตัดคอมโพเนนต์ที่มีค่า Information ต่ำๆทิ้งไป ซึ่งรายละเอียดการลดข้อมูลด้วย PCA สามารถสรุปได้ดังนี้

- 1) กำหนดให้ X เป็นข้อมูลภาพมัลติชันแนล จำนวน b ชันแนล ขนาด n พิกเซล

$$X = [x_1 x_2 \dots x_n] \quad (1)$$

$$x_i = [a_1 a_2 \dots a_b]^t \quad (2)$$

- 2) คำนวณหาค่า Covariance Matrix (C_x) จาก X

$$C_x = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_k x_k^t - m_x m_x^t \quad (3)$$

โดย m_x : Mean Vector ของ X ซึ่งหาได้จาก

$$m_x = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_k \quad (4)$$

- 3) คำนวณหาค่า Eigenvalues (λ_i) จาก [1] และ Eigenvectors (e) จาก [1] ของ C_x

- 4) กำหนด เมตริกซ์การแปลงของ PCA (A) จาก e ดังต่อไปนี้

$$A = [e_1 e_2 \dots e_b]^t \quad (5)$$

โดย e_i เป็น Eigen Vector ที่มี Eigen Value เท่ากับ λ_i และ $\lambda_i \geq \lambda_{i+1}$ โดย $i=1,2,\dots,b-1$

- 5) ย้าย Information ของภาพจำนวน b แบนด์ ไปอยู่ในคอมโพเนนต์ภาพชุดใหม่ b คอมโพเนนต์ โดยใช้ A

$$y = A(x - m_x) = [PC_1 \dots PC_b]^t \quad (6)$$

PC คือ Row Vector ขนาด $1 * n$ เรียกว่า Principal Component

- 6) ทำการลดข้อมูลภาพ จากภาพ y จำนวน b แบนด์เหลือเป็นภาพ s ที่มีจำนวน k คอมโพเนนต์

$$s = [PC_1 \dots PC_k] ; k \leq b \quad (7)$$

k คือจำนวนคอมโพเนนต์ที่เหลือจากการตัดบางคอมโพเนนต์ที่มีค่า Information ต่ำๆทิ้งซึ่งหาค่า k ได้จากค่า Threshold (T) ของผลรวม Information ขั้นต่ำ (I_k) ที่ได้หลังการตัดบางคอมโพเนนต์ที่มีค่าจาก 0 ถึง 1 (0-100%) ซึ่งหาได้จาก

$$I_p = \min (I_i, \forall i) \geq T ; T=[0,1], i=1,2,\dots,c \quad (8)$$

โดย $k = p$

I_p เป็นผลรวมของ Information ขั้นต่ำตามค่า T ที่ตั้งไว้

$$\text{และ} \quad I_i = \frac{\sum_{h=1}^i \lambda_h}{\sum_{j=1}^b \lambda_j} \quad (9)$$

ค่า T (ผู้ใช้เลือกได้) ที่ตั้งไว้จะส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพการแบ่งกลุ่มภาพ เนื่องจากการมีค่า T สูง หมายถึงหลังการตัดบางคอมโพเนนต์ที่ทิ้งนั้น ภาพยังคงมีค่า Information ของภาพเดิมอยู่มากและจะทำให้มีคุณภาพของการแบ่งกลุ่มภาพสูงตามไปด้วย

2.2 การแบ่งกลุ่มข้อมูลด้วย FCM

การจัดกลุ่ม (Clustering) เป็นกระบวนการสำหรับจัดกลุ่มวัตถุหรือรูปแบบต่างๆที่มีคุณสมบัติเหมือนกันให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน ในงานวิจัยนี้ใช้คุณสมบัติความสว่างในการจัดกลุ่มข้อมูลซึ่งมีรายละเอียดขั้นตอนต่างๆดังต่อไปนี้

2.2.1 นิยามของ FCM

นิยามเบื้องต้นของ FCM

$$\text{กำหนดให้ } X = [x_1 x_2 \dots x_n] \quad (10)$$

n : เป็นจำนวน pixel, c : จำนวน Cluster

$U = [\mu_{ij}]$: เป็น Membership function matrix

โดยมีข้อกำหนดของ μ_{ij} ดังนี้

$$\sum_{i=1}^c \mu_{ij} = 1, \quad j=1,2,\dots,n \quad (11)$$

$$\text{และ} \quad 0 < \sum_{j=1}^n \mu_{ij} < n, \quad i=1,2,\dots,c \quad (12)$$

กระบวนการแบ่งกลุ่มแบบ Fuzzy Clustering จะพิจารณาคุณภาพของการแบ่งกลุ่มจากค่า Objective Function (J) หาได้จาก

$$J = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^c \sum_{j=1}^n u_{ij}^m |x_j - w_i|^2 \quad (13)$$

w_i : คือค่า mean ของ Cluster ที่ i , $W : [w_1 w_2 \dots w_c]$

คุณภาพของการจัดกลุ่มข้อมูลแบบ Fuzzy ที่ดีต้องมีค่า J ต่ำที่สุดซึ่ง FCM เป็นอัลกอริทึมที่ใช้หาค่า U ที่ให้ค่า J ต่ำสุด มีขั้นตอนต่างๆดังนี้

2.2.2 FCM Algorithm

1. ตั้งค่าเริ่มต้น ของ c, $U^{(0)}$, m, E, โดย $t=0$

ซึ่งค่า m คือ Fuzzification Parameter และ E คือ Termination Criterion ค่า e คือรอบของการคำนวณ

2. คำนวณหาค่ากลาง (w) ของแต่ละ Cluster โดยใช้ $U^{(t)}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$w_k = \frac{1}{\sum_{i=1}^n (\mu_{ij})^m} \sum_{i=1}^n (\mu_{ij})^m x_i \quad (14)$$

3. คำนวณ $U^{(t+1)}$ โดยใช้ $W^{(t)}$

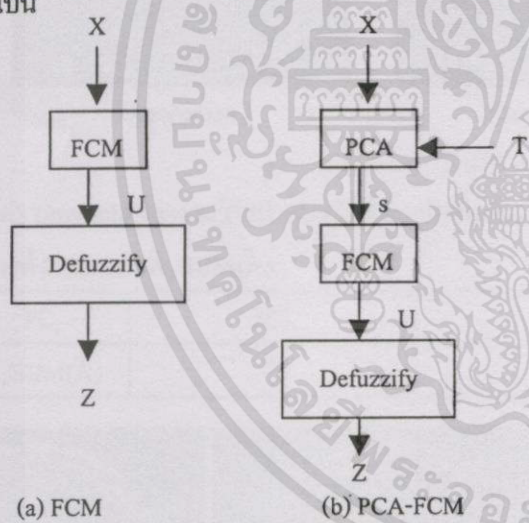
$$\mu_{ij} = \left[\sum_{k=1}^c \left(\frac{|x_j - w_k|}{|x_j - w_i|} \right)^{\frac{2}{m-1}} \right]^{-1} \quad (15)$$

3. ให้ $\Delta = \text{Max}_{ij} [|\mu_{ij}^{(t+1)} - \mu_{ij}^{(t)}|]$ ถ้า $\Delta > \epsilon$ ให้กลับไปทำขั้นตอนที่ 2 และตั้งค่ารอบ $t=t+1$ มิฉะนั้นถือว่าอัลกอริทึมสิ้นสุด

หลังจากจัดกลุ่มด้วย FCM จะได้เอ้าท์พุทเป็นเมตริกซ์ U ซึ่ง $\mu_{ij} \in [0,1]$ จากนั้นทำการจัดข้อมูลโดยพิจารณาจากค่า μ_{ij} ของพิกเซลที่มีค่าสูงที่สุดให้อยู่ใน Cluster ที่เหมาะสม

2.2.3 เปรียบเทียบขั้นตอนการจัดกลุ่มแบบ FCM และ PCA-FCM

จากหลักการข้างต้น สามารถแสดงความแตกต่างระหว่างขั้นตอนการจัดกลุ่มภาพมัลติซันแนลด้วยเทคนิคของงานวิจัย PCA-FCM กับการจัดกลุ่มภาพด้วย FCM แบบเดิมได้ในบล็อกไดอะแกรมต่อไปนี้



รูปที่ 1 เปรียบเทียบขั้นตอนการจัดกลุ่ม FCM กับ PCA-FCM

3. ผลการทดลอง

ผลการทดลองจะแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ผลการทดลองการแปลงข้อมูลด้วย PCA และผลการจัดกลุ่มภาพถ่ายสมอง MR กับภาพถ่ายดาวเทียมชนิด 7 แบนด์ ด้วยเทคนิค PCA-FCM เทียบกับ FCM

3.1 สภาพแวดล้อมการทดสอบ

- ทดสอบกับภาพ MR 5 ภาพ ภาพถ่ายดาวเทียมชนิด 7 แบนด์ 1 ภาพ

- PC CPU Cyrix 166MHz RAM 90MB Windows ME
- เขียนโปรแกรมโดยใช้ MATLAB 5.0
- $m = 2$ เนื่องจาก [1] ระบุว่าค่าดังกล่าวเหมาะกับภาพ MR จึงใช้กับภาพถ่ายดาวเทียมด้วย, $\epsilon = 0.0001$, $T = 0.9$ (ค่า Information ไม่ต่ำกว่า 90%)

3.2 ผลการทดสอบการจัดกลุ่มภาพ MR โดยใช้ PCA-FCM เทียบกับ FCM

ผลการแบ่งกลุ่มภาพ MR แสดงในรูปที่ 2 นั้นสามารถตัด PC3 ทิ้งได้เนื่องจากมีค่าข้อมูลต่ำมาก แต่ถ้าไม่ตัดทิ้งผลการทำ FCM และ PCA-FCM จะเหมือนกันทุกประการแต่ PCA-FCM จะช้ากว่า

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการจัดกลุ่มภาพ MR

Cluster	%เวลาเฉลี่ย	%Objective Function เฉลี่ย
4	-19.6	0.45
5	-12.7	0.86
6	-14.0	1.15
7	-19.0	1.2

หมายเหตุ ค่าลบหมายถึง %PCA-FCM มีค่าน้อยกว่า FCM ลดปริมาณข้อมูลเหลือ 66% (PC_1+PC_2) คงค่า Information ไว้ 98%

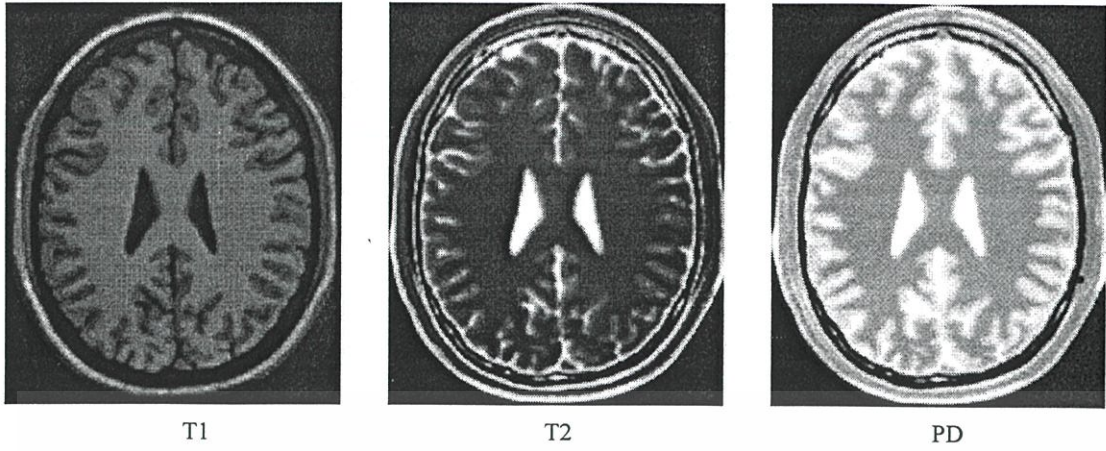
3.3 ผลการจัดกลุ่มภาพถ่ายดาวเทียม โดยใช้ PCA-FCM เทียบกับ FCM

ผลการจัดกลุ่มภาพถ่ายดาวเทียมแสดงในรูปที่ 3 ตารางที่ 4 แสดงผลการจัดกลุ่มภาพถ่ายดาวเทียม

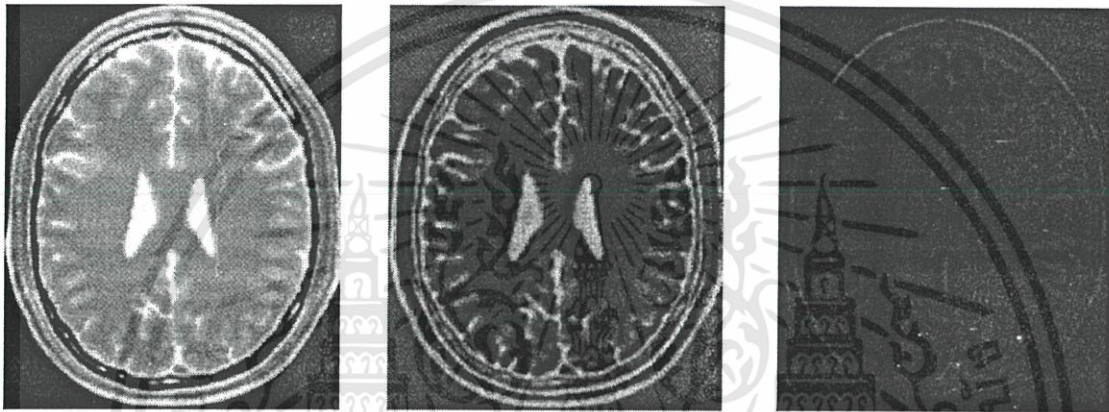
Cluster	%เวลาเฉลี่ย	%Objective Function เฉลี่ย
4	-34.73	0.13
5	-32.51	0.20
6	-36.422	0.28
7	-37.369	0.36

หมายเหตุ ค่าลบหมายถึง %PCA-FCM มีค่าน้อยกว่า FCM ลดปริมาณข้อมูลเหลือ 42.85% ($PC_1+PC_2+PC_3$) และคงค่า Information ไว้ 98%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



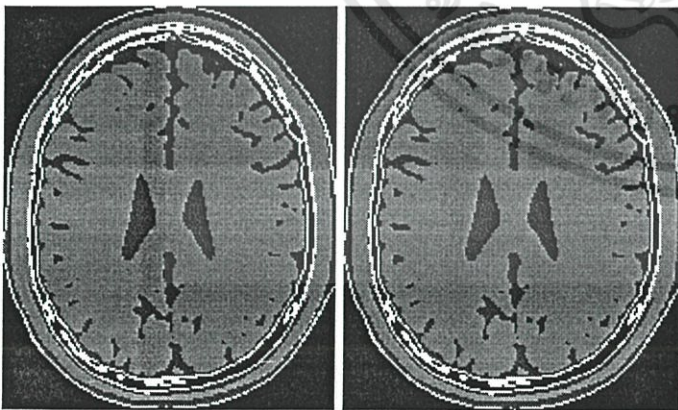
2 (a) Original Image



2 (b) Component Image

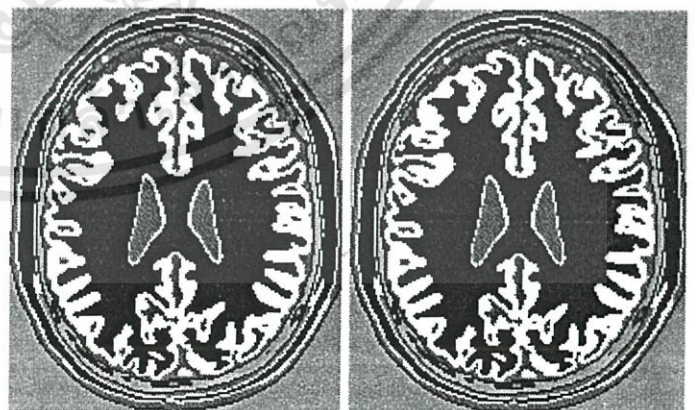
เนื่องจากค่า Threshold ของงานวิจัยกำหนดไว้ที่ 0.9 ดังนั้น จึงใช้ 2 คอมโพเนนต์ (PC1+PC2) เป็นอินพุทของ FCM โดยตัด PC3 ที่ตารางที่ 2 แสดงค่า $\lambda_i / \text{SUM}(\lambda)$; โดย $\text{SUM}(\lambda) = (\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n)$

PC_i	PC1	PC2	PC3
$\lambda_i / \text{SUM}(\lambda)$.77	.22	.01



FCM PCA-FCM

2 (c) ภาพการแบ่งกลุ่ม 4 Cluster



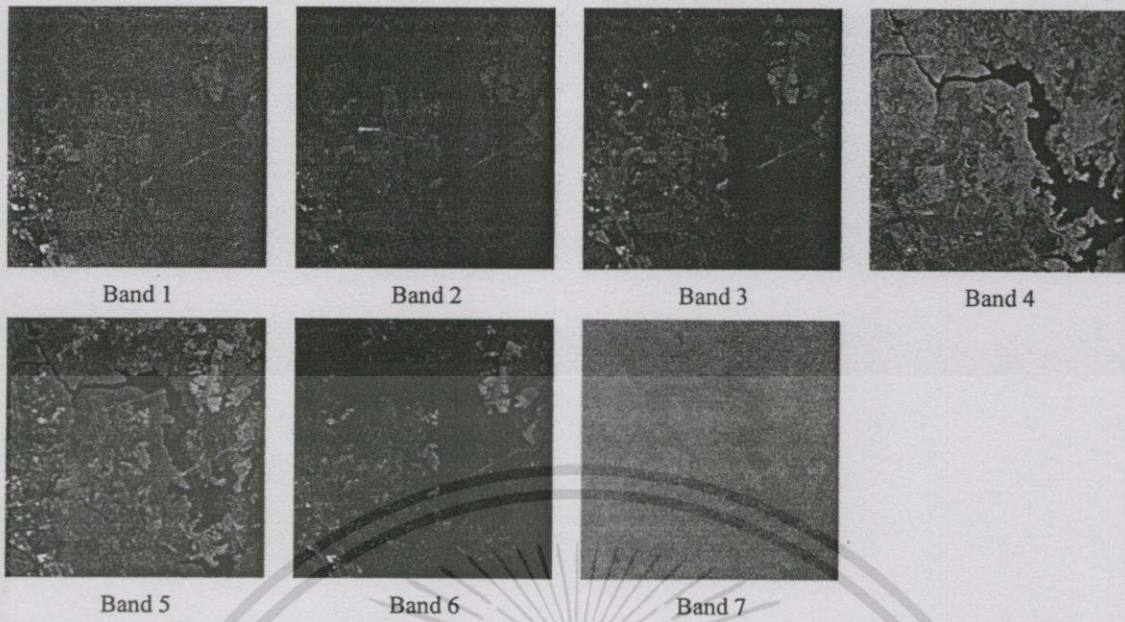
FCM PCA-FCM

2 (d) ภาพการแบ่งกลุ่ม 5 Cluster

รูปที่ 2 (a-b) ตัวอย่างผลการแปลงข้อมูลด้วย PCA และ (c-d) เปรียบเทียบผลการแบ่งกลุ่มภาพด้วย FCM และ PCA-FCM

หมายเหตุผลการแปลง PCA ของภาพ MR ที่ทำการปรับสเกลให้ค่าพิกเซลอยู่ในช่วง 0-255 แล้วเนื่องจากหลังแปลง PCA แล้วค่าข้อมูลจะมีค่าตั้งแต่ - ถึง +ที่สูงกว่า 255 ทำให้การแสดงผลผิดพลาด

ไม่ว่าการณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3 แสดงภาพ Original Image ของภาพถ่ายดาวเทียมทั้ง 7 แบนด์



รูปที่ 4 ผลการแปลง PCA ของภาพถ่ายดาวเทียมที่ทำการปรับสเกลให้ค่าพิคเซลอยู่ในช่วง 0-255 เนื่องจากหลังแปลง PCA แล้วค่าข้อมูลจะมีค่าตั้งแต่ - ถึง +ที่สูงกว่า 255 ทำให้การแสดงผลผิดพลาด



(ก) ผล FCM 4 Clusters และ PCA-FCM 4 Clusters (ข) ผล FCM 5 Clusters และ PCA-FCM 6 Clusters

รูปที่ 5 แสดงผลการแบ่งกลุ่มภาพถ่ายดาวเทียมระหว่างการแบ่งกลุ่มแบบ FCM เทียบกับ PCA-FCM โดยในขั้นตอน PCA ทำการลดปริมาณข้อมูลจาก 7 แบนด์ เหลือ 3 คอมโพเนนต์ (ลดลงเหลือ 42.85 % คงค่า Information ไว้กว่า 98%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งค่า %เวลาและ% J หาได้จาก

$$\% = \frac{100}{FCM}(PCAFCM - FCM) \quad (16)$$

4. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าเวลาในการประมวลผลของการจัดกลุ่มภาพมัลติชั้นแนลด้วยเทคนิค PCA-FCM นั้นใช้เวลาในการประมวลผลน้อยกว่า FCM และผลการทดลองจะเห็นความแตกต่างที่ชัดเจนยิ่งขึ้นเมื่อปริมาณข้อมูลมีจำนวนแบนด์มากขึ้น ดังเช่นผลการจัดกลุ่มภาพถ่ายดาวเทียม 7 แบนด์นั้นพบว่า กระบวนการของงานวิจัย (PCA-FCM) นั้นใช้เวลาประมวลผลน้อยกว่าการจัดกลุ่มด้วย FCM แต่มีคุณภาพของการจัดกลุ่มที่ใกล้เคียงกันมาก

แนวทางในการพัฒนาการแบ่งกลุ่มภาพแบบ PCA-FCM นั้นสามารถปรับปรุงคุณภาพการแบ่งกลุ่มได้โดยเลือกใช้การตั้งค่ากลุ่มที่เหมาะสมจากผลการทดสอบของงานวิจัยอื่นๆที่อาจจะมีขึ้นในอนาคต และ

สามารถเลือกใช้อัลกอริทึมของ FCM ในแบบอื่นที่ใช้เวลาในการประมวลผลที่ต่ำกว่า เป็นต้น

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] R. C. Gonzalez, R. E Woods, "Digital Image Processing." Addison-Wesley Publishing Company, Inc., Sep. 1993.
- [2] J. S. Lin, K. S. Cheng, "A fuzzy Hopfield Neural Network for Medical Image Segmentation." IEEE Trans. on Nuclear science, vol. 43, no. 4, pp. 2389-2398, Aug. 1996.
- [3]. M. C. Clark, "MRI Segmentation using Fuzzy Clustering Techniques." IEEE Engineering in Medicine and Biology, pp. 730-742, Nov. /Dec. 1994.

ภาคผนวก ข
ชอร์สโค้ดโปรแกรม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

%Script File : MrDemo.m=====

% Parameter
Cluster = 2;
T1File='30t1'; T2File='30t2';PdFile='30t3';

Option(1) = 2 ; % m
Option(2) = 1000 ; % Max Iterations
Option(3) = 1e-2 ; % Min improvement
Option(4) = 1 ; % Show Information

%=====
==
disp(sprintf('\nExperiment by Somjit Nadee'));
disp(sprintf('\nFile Name:%s %s %s',char(T1File),char(T2File),char(PdFile)));
disp(sprintf('\nCluster : %d',Cluster));

[T1,T2,Pd,GreyMap] = LoadFile(T1File,T2File,PdFile);
IU = initfcm(Cluster,size(T1(:,1)):% Initial fuzzy partition
[Row,Col] = size(T1);
Xin = [T1(:) T2(:) Pd(:)];

% T1 T2 Pd FCM Experiment
disp(sprintf('\n\nT1T2Pd FCM Experiment'));
[HO_F,FO_F,T_F,I_F,Rx] = FCMClus(Xin,[T1(:)
T2(:)],Option,IU,Cluster,Row,Col,'FTiger');

%PCA-FCM Experiment
disp(sprintf('\nPCA-FCM Experiment'));
Option2 = Option(2);
vw = SaveComp(Xin,GreyMap.Row,Col);
full = vw(1) + vw(2) + vw(3);
Option(2) = round(Rx + Rx*0.5);
[HO_PF,FO_PF,T_PF,I_PF] = PCAFCM(Xin,2,Option,IU,Cluster,Row,Col,'PFTiger');

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

%=====
==

disp(sprintf('\nResult'));

disp(sprintf('\nFCM Experiment Result'));
disp(sprintf('\n  Hard Objective Function : %0.5g',HO_F));
disp(sprintf('\n  Fuzzy Objective Function : %0.5g',FO_F));
disp(sprintf('\n  Estimated Time = %0.5g',T_F));

disp(sprintf('\nPCA-FCM Experiment Result'));
disp(sprintf('\n\n  vv(1)/Full = %0.5g\n          vv(2)/Full = %0.5g\n          vv(3)/Full =
%0.5g\n',vv(1)/full,vv(2)/full,vv(3)/full));
disp(sprintf('\n  Hard Objective Function : %0.5g',HO_PF));
disp(sprintf('\n  Fuzzy Objective Function : %0.5g',FO_PF));
disp(sprintf('\n  Estimated Time = %0.5g',T_PF));

disp(sprintf('\nComparative Result'));
disp(sprintf('\n  Hard Obj Dif = %0.5g',(100/HO_F)*(HO_PF-HO_F));
disp(sprintf('\n  FCM Obj Dif = %0.5g',(100/FO_F)*(FO_PF-FO_F));
disp(sprintf('\n  Time Dif = %0.5g',(100/T_F)*(T_PF-T_F));
disp(sprintf('\n  Pixel Match = %0.5g',(sum(I_PF==I_F))/length(I_PF));

disp(sprintf('\nYippy , The Experiment is over'));

%=====
==

function U = initfcm(cluster_n, data_n)
%INITFCM Generate initial fuzzy partition matrix for fuzzy c-means clustering.
%   U = INITFCM(CLUSTER_N, DATA_N) randomly generates a fuzzy partition
%   matrix U that is CLUSTER_N by DATA_N, where CLUSTER_N is number of
%   clusters and DATA_N is number of data points. The summation of each
%   column of the generated U is equal to unity, as required by fuzzy
%   c-means clustering.
%
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% See also DISTFCM, FCMDEMO, IRISFCM, STEPFCM, and FCM.
```

```
% Roger Jang, 12-1-94.
```

```
% Copyright (c) 1994-95 by The MathWorks, Inc.
```

```
% $Revision: 1.4 $ $Date: 1995/02/17 13:08:10 $
```

```
U = rand(cluster_n, data_n);
```

```
col_sum = sum(U);
```

```
U = U./col_sum(ones(cluster_n, 1), :);
```

```
function [HO,FO,Time,FI,R] = FCMClus(Xin,Xi,Option,IU,Cluster,Row,Col,SaveName)
```

```
t0 = clock;
```

```
[center, U, obj_fcn] = fcmU(Xi,Cluster,Option,IU);
```

```
[MaxU,FI] = max(U);
```

```
FI = FI';
```

```
UU = (ones(Cluster,1)* MaxU)== U;
```

```
Time = etime(clock,t0);
```

```
[SegCenter, HO] = objective(Xin,UU,1);
```

```
[SegCenter, FO] = objective(Xin,U,Option(1));
```

```
FI = ArSeg(Xin(:,1),FI);
```

```
Output = reshape(FI,Row,Col);
```

```
Map = GetClustMap(Cluster);
```

```
savebmp(SaveName,Output,Map);
```

```
R = length(obj_fcn);
```

```
function [HO,FO,Time,I] =
```

```
PCAFCM(Xin,CompNum,Option,IU,Cluster,Row,Col,SaveName)
```

```
t0 = clock;
```

```
[Cx,Mx,e,v,A,Y,vv,Mxx] = PCA(Xin);
```

```
[center, U, obj_fcn] = fcmU(Y(:,1:CompNum),Cluster,Option,IU);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
[MaxU,I] = max(U); % Both MaxU and I are the row vector.
```

```
I = I';
```

```
UU = (ones(Cluster,1)* MaxU)== U;
```

```
Time = etime(clock,t0);
```

```
[SegCenter, HO] = objective(Xin,UU,1);
```

```
[SegCenter, FO] = objective(Xin,U,Option(1));
```

```
I = ArSeg(Xin(:,1),I);
```

```
Output = reshape(I,Row,Col);
```

```
Map = GetClustMap(Cluster);
```

```
savebmp(SaveName,Output,Map);
```

```
% Like FCM but No Intilize Fuzzy Partition
```

```
function [center, U, obj_fcn] = fcmU(data, cluster_n, options,U)
```

```
% FCM Find clusters with fuzzy c-means clustering.
```

```
% [CENTER, U, OBJ_FCN] = FCM(DATA, CLUSTER_N) applies fuzzy c-means  
% clustering method to a given data set. Input and output arguments of  
% this function are:
```

```
%
```

```
% DATA: data set to be clustered; where each row is a sample data
```

```
% CLUSTER_N: number of clusters (greater than one)
```

```
% CENTER: final cluster centers, where each row is a center
```

```
% U: final fuzzy partition matrix (or MF matrix)
```

```
% OBJ_FCN: values of the objective function during iterations
```

```
%
```

```
% FCM(DATA, CLUSTER_N, OPTIONS) use an additional argument OPTIONS
```

```
to
```

```
% control clustering parameters, stopping criteria, and/or iteration
```

```
% info display:
```

```
%
```

```
% OPTIONS(1): exponent for the partition matrix U (default: 2.0)
```

```
% OPTIONS(2): max. number of iterations (default: 100)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

%           OPTIONS(3): min. amount of improvement (default: 1e-5)
%           OPTIONS(4): info display during iteration (default: 1)
%
%   If any entry of OPTIONS is NaN (not a number), the default value is
%   used instead. The clustering process stops when the max. number of
%   iteration is reached, or when the objective function improvement
%   between two consecutive iteration is less than the min. amount of
%   improvement specified.
%
%   For example:
%
%   data = rand(100, 2);
%   [center, U, obj_fcn] = fcm(data, 2);
%   plot(data(:, 1), data(:, 2), 'o');
%   maxU = max(U);
%   index1 = find(U(1, :) == maxU);
%   index2 = find(U(2, :) == maxU);
%   line(data(index1, 1), data(index1, 2), 'linestyle', '-', 'color', 'g');
%   line(data(index2, 1), data(index2, 2), 'linestyle', '-', 'color', 'r');
%
%   See also FCMDEMO, INITFCM, IRISFCM, DISTFCM, and STEPFCM.
%
%   Roger Jang, 12-13-94.
%   Copyright (c) 1994-95 by The MathWorks, Inc.
%   $Revision: 1.4 $ $Date: 1995/02/17 13:08:10 $

```

```
data_n = size(data, 1);
```

```
in_n = size(data, 2);
```

```
expo = options(1);           % Exponent for U
```

```
max_iter = options(2);      % Max. iteration
```

```
min_impro = options(3);    % Min. improvement
```

```
display = options(4);      % Display info or not
```

```
obj_fcn = zeros(max_iter, 1); % Array for objective function
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

%U = initfcm(cluster_n, data_n); % Initial fuzzy partition
% Main loop
for i = 1:max_iter,
    [U, center, obj_fcn(i)] = stepfcm(data, U, cluster_n, expo);
    if display,
        fprintf('Iteration count = %d, obj. fcn = %f\n', i, obj_fcn(i));
    end
    % check termination condition
    if i > 1,
        if abs(obj_fcn(i) - obj_fcn(i-1)) < min_impro, break; end,
    end
end

iter_n = i; % Actual number of iterations
obj_fcn(iter_n+1:max_iter) = [];

function [U_new, center, obj_fcn] = stepfcm(data, U, cluster_n, expo)
%STEPFCM One step in fuzzy c-mean clustering.
% [U_NEW, CENTER, ERR] = STEPFCM(DATA, U, CLUSTER_N, EXPO)
% performs one iteration of fuzzy c-mean clustering, where
%
% DATA: matrix of data to be clustered. (Each row is a data point.)
% U: partition matrix. (U(i,j) is the MF value of data j in cluster i.)
% CLUSTER_N: number of clusters.
% EXPO: exponent (> 1) for the partition matrix.
% U_NEW: new partition matrix.
% CENTER: center of clusters. (Each row is a center.)
% ERR: objective function for partition U.
%
% Note that the situation of "singularity" (one of the data points is
% exactly the same as one of the cluster centers) is not checked.
% However, it hardly occurs in practice.
%
% See also DISTFCM, INITFCM, IRISFCM, FCMDEMO, and FCM.

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

% Roger Jang, 11-22-94.
% Copyright (c) 1994-95 by The MathWorks, Inc.
% $Revision: 1.5 $ $Date: 1995/02/17 13:08:10 $

mf = U.^expo; % MF matrix after exponential modification
center = mf*data./((ones(size(data, 2), 1)*sum(mf'))); % new center
dist = distfcm(center, data); % fill the distance matrix
obj_fcn = sum(sum((dist.^2).*mf)); % objective function
tmp = dist.^(-2/(expo-1)); % calculate new U, suppose expo != 1
U_new = tmp./((ones(cluster_n, 1)*sum(tmp)));
function out = distfcm(center, data)
%DISTFCM Distance measure in fuzzy c-mean clustering.
% OUT = DISTFCM(CENTER, DATA) calculates the Euclidean distance
% between each row in CENTER and each row in DATA, and returns a
% distance matrix OUT of size M by N, where M and N are row
% dimensions of CENTER and DATA, respectively, and OUT(I, J) is
% the distance between CENTER(I,:) and DATA(J,:).
% See also FCMDEMO, INITFCM, IRISFCM, STEPFCM, and FCM.
% Roger Jang, 11-22-94.
% Copyright (c) 1994-95 by The MathWorks, Inc.
% $Revision: 1.4 $ $Date: 1995/02/17 13:08:10 $

% It is modified by Makawan Changoho.

out = zeros(size(center, 1), size(data, 1));

% fill the output matrix
if size(data,2) == 1
    for k = 1:size(center, 1),
        out(k, :) = (data - ones(size(data, 1), 1)*center(k, :));
    end
else

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

for k = 1:size(center, 1),
    out(k, :) = sqrt(sum(((data-ones(size(data, 1), 1)*center(k, :)).^2)'));
end
end
function [center, obj_fcn] = objective(data,U,expo)

mf = U.^expo;
center = mf*data./((ones(size(data, 2), 1)*sum(mf'))); % new center
dist = distfcm(center, data); % fill the distance matrix
obj_fcn = (sum(sum((dist.^2).*mf)))/2; % objective function
function [RI] = ArSeg(X,l)

lmax = max(l);
for i = 1:lmax
    temp = X.*(l==i);
    m(i) = sum(temp) / sum(l==i);
end
[A,Z] = sortrows(m');
RI = l*0;
for i=1:lmax
    RI = RI + ((l==Z(i))*i);
end
function [Map]= GetClustMap(Cluster)

switch Cluster
case 2 %Map for 2 Segments
    Map(1,:) = [0,0,0];
    Map(2,:) = [1,1,1];
case 3 % Map for 3 Segments
    Map(1,:) = [0,0,0];
    Map(2,:) = [1,0,0];
    Map(3,:) = [1,1,1];
case 4 %Map for 4 Segments
    Map(1,:) = [0,0,0];
    Map(2,:) = [1,0,0];

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Map(3,:) = [0,1,0];
Map(4,:) = [1,1,1];
case 5 %Map for 5 Segments
Map(1,:) = [0,0,0];
Map(2,:) = [1,0,0];
Map(3,:) = [0,1,0];
Map(4,:) = [0,0,1];
Map(5,:) = [1,1,1];
case 6 %Map for 6 Segments
Map(1,:) = [0,0,0];
Map(2,:) = [1,0,0];
Map(3,:) = [0,1,0];
Map(4,:) = [0,0,1];
Map(5,:) = [1,1,0];
Map(6,:) = [1,1,1];
case 7 %Map for 7 Segments
Map(1,:) = [0,0,0];
Map(2,:) = [1,0,0];
Map(3,:) = [0,1,0];
Map(4,:) = [0,0,1];
Map(5,:) = [1,1,0];
Map(6,:) = [1,0,1];
Map(7,:) = [1,1,1];
case 8 %Map for 8 Segments
Map(1,:) = [0,0,0];
Map(2,:) = [1,0,0];
Map(3,:) = [0,1,0];
Map(4,:) = [0,0,1];
Map(5,:) = [1,1,0];
Map(6,:) = [1,0,1];
Map(7,:) = [0,1,1];
Map(8,:) = [1,1,1];
end

function [Cx,Mx,e,v,A,Y,vv,Mxx] = PCA(X)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

% X : The Matrix to be PCAed; (row:pixel,col:channel)
% Cx : Covariance
% Mx : Mean
% e : eigenvectors
% v : eigenvalues
% Y : Component

```

```

Cx = cov(X,1);
Mx = mean(X)';
[e v] = eig(Cx);
e = e';
v = diag(v);

%Make A
temp1 = length(v);
temp2 = v;
for i = 1:temp1
    vv(i) = max(temp2);
    temp3 = find( v==vv(i));
    A(i,:) = e(temp3,:);
    temp2(temp3) = -temp2(temp3);
end

Xt = X';
temp1 = length(Xt);

temp2 = length(Mx);
for i=1:temp2
    Mxx(i,1:temp1) = Mx(i);
end

%Y = A*(Xt);
Y = A*(Xt-Mxx);
Y = Y';

```

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล : สมจิต นาคี

เกิด : 22 กุมภาพันธ์ 2515 ณ บ้านหนองหญ้าขาว ต.คงเค็ง อ.หนองสองห้อง จ.ขอนแก่น
บุตรของพ่อเต็ม แม่มิ่ง นาคี

การศึกษา : สำเร็จการศึกษาชั้นประถมศึกษาตอนต้นที่ ร.ร. ชุมชนชุมพวงวิทยา จ.นครราชสีมา
สำเร็จการศึกษาชั้นประถมศึกษาตอนปลายที่ ร.ร. บ้านหนองหญ้าขาว จ.ขอนแก่น
สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมต้นที่ ร.ร. ไตรคามวิทยา จ.ขอนแก่น
สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมปลายที่ ร.ร. หนองสองห้องวิทยา จ.ขอนแก่น
สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาด
กระบัง ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ปี พ.ศ. 2537

E-mail address : somjit@engineer.com