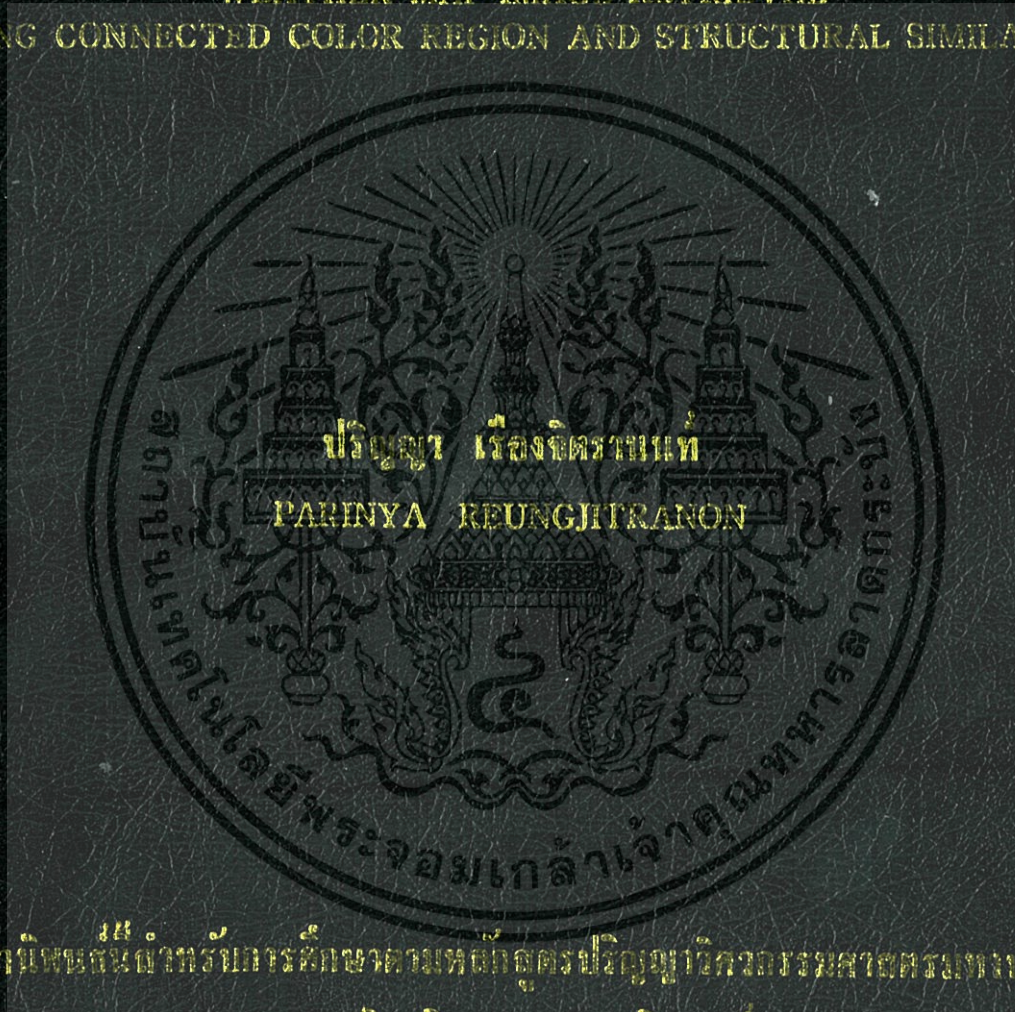


การค้นคืนภาพแผนที่อากาศ โดยใช้ความคล้ายของสีและรูปร่าง
ร่วมกับวิธีการวัดค่าดัชนีความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพ

WEATHER MAP IMAGE RETRIEVAL
USING CONNECTED COLOR REGION AND STRUCTURAL SIMILARITY



วิทยานิพนธ์เสนอสำหรับการศึกษาค้นคว้าของนักศึกษาปริญญาโท สาขาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

ตงตงบัณฑิตเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2552

KMITL - 2009 - BN - M - 070 - 041

การค้นคืนภาพแผนที่อากาศ โดยใช้ความสัมพันธ์ของพื้นที่สีที่ติดกัน
ร่วมกับการวัดค่าดัชนีความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพ

WEATHER MAP IMAGE RETRIEVAL
USING CONNECTED COLOR REGION AND STRUCTURAL SIMILARITY



รพ.
๒/๒๕๕๓
๒๕๕๒

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 105095
วันเดือนปี 16 พ.ย. 2552

b. 12165700

วิทยานิพนธ์นี้สำหรับการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2552

KMITL-2009-EN-M-070-041

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**WEATHER MAP IMAGE RETRIEVAL
USING CONNECTED COLOR REGION AND STRUCTURAL SIMILARITY**



**A THESIS SUBMITTED IN FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN COMPUTER ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2009

KMITL-2009-EN-M-070-041

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2009

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การค้นคืนภาพแผนที่อากาศโดยใช้ความสัมพันธ์ของพื้นที่สีที่ติดกันร่วมกับการวัดค่าดัชนีความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพ

Thesis Title Weather Map Image Retrieval using Connected Color Region and Structural Similarity

นักศึกษา นายปริญญา เรืองจิตรานนท์

รหัสประจำตัว 47060817

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.อรฉัตร จิตต์โสภักดิ์

หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2009-EN-M-070-041

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.ชุตินเมษณี	ศรีนิลทา	ชุตินเมษณี ศรีนิลทา
ผศ.ดร.สมศักดิ์	วัลย์รัชต์	สมศักดิ์ วัลย์รัชต์
ดร.ศุภกานต์	พิมลธเรศ	ศุภกานต์ พิมลธเรศ
ผศ.ดร.สุรินทร์	กิตติธรรกุล	สุรินทร์ กิตติธรรกุล
ผศ.ดร.อรฉัตร	จิตต์โสภักดิ์	อรฉัตร จิตต์โสภักดิ์

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ วันอังคารที่ 12 พฤษภาคม พ.ศ. 2552 เวลา 11.00-13.00 น.

สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 5 ห้องประชุม 3

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร.กอบชัย เดชหาญ)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 12 พฤษภาคม พ.ศ. 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การค้นคืนภาพแผนที่อากาศโดยใช้ความสัมพันธ์
ของพื้นที่สีที่ติดกันร่วมกับการวัดค่าดัชนีความเหมือน
เชิงโครงสร้างภาพ

นักศึกษา

นายปริญญา เรืองจิตรานนท์

รหัสประจำตัว

47060817

ปริญญา

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา

วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

พ.ศ.

2552

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ผศ.ดร.อรฉัตร จิตต์โสภักดิ์

บทคัดย่อ

ภาพแผนที่อากาศเป็นภาพกราฟิกที่นำเสนอข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาของพื้นที่หนึ่ง ๆ บนพื้นโลก ซึ่งส่วนใหญ่แผนที่อากาศมักใช้แผนที่ทางภูมิศาสตร์ร่วมกับการใช้สีและลายเส้นในการนำเสนอข้อมูล การค้นคืนภาพแผนที่อากาศสามารถนำผลการค้นคืนไปใช้เป็นข้อมูลในเชิงสถิติเพื่อประโยชน์ในงานทางด้านอุตุนิยมวิทยาได้ โดยปรกติกการค้นคืนภาพจะใช้เทคนิคฮิสโตแกรมสี (Color histogram) เพื่ออธิบายสีของภาพ แต่เนื่องจากฮิสโตแกรมสีไม่สามารถแยกแยะการเกาะกลุ่มหรือการกระจายของตัวสีได้ และภาพแผนที่อากาศแต่ละชนิดจะให้ข้อมูลและลักษณะสีที่แตกต่างกัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงใช้เทคนิคการหาค่าความสัมพันธ์ของสีในพื้นที่ติดกัน (Connected Color Region - CCR) ร่วมกับการวัดดัชนีความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพ (Structural Similarity Index - SSIM index) ในการค้นคืนภาพแผนที่อากาศสามชนิด ได้แก่ ภาพแผนที่อุณหภูมิอากาศ ภาพแผนที่ความกดอากาศ และภาพแผนที่ความชื้นอากาศ โดย CCR อาศัยการวัดความเหมือนของกลุ่มสีที่ปรากฏในภาพ และค่าความเป็นไปได้ของสีที่ปรากฏพร้อมสูงสุดในแต่ละกลุ่มสี เป็นกลไกหลักในการค้นคืนภาพ ในขณะที่ค่า SSIM index เป็นการวัดค่าความเหมือนของภาพที่ใกล้เคียงกับระบบการมองเห็นของมนุษย์ ถูกนำมาใช้ในการจัดเรียงภาพผลการค้นคืนที่ได้ในเบื้องต้น เพื่อให้ผลลัพธ์สุดท้ายที่ได้ เป็นชุดของภาพคำตอบที่มีลักษณะใกล้เคียงกับภาพค่าตามมากที่สุด นอกจากนี้แล้ววิทยานิพนธ์นี้ได้ทำการปรับปรุงวิธีการค้นคืนของ CCR โดยการไม่นำค่าความเป็นไปได้ของสีที่ปรากฏพร้อมสูงสุดมาร่วมพิจารณา เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการค้นคืน โดยคาดหวังว่าจะให้ประสิทธิภาพในการค้นคืนที่เพิ่มขึ้น และในการประเมินประสิทธิภาพการค้นคืนนั้น ได้ประยุกต์ใช้เวกเตอร์สเปซโมเดล ช่วยจำแนกภาพในเชิงความหมาย เพื่อช่วยในการวัดประสิทธิภาพการค้นคืนในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งจากการใช้เทคนิคที่ได้แนะนำดังกล่าวพบว่า การใช้งาน CCR ชนิดปรับปรุงร่วมกับ SSIM index มีประสิทธิภาพดีที่สุดในค้นคืนภาพแผนที่อากาศทั้งสามชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Weather Map Image Retrieval Using Connected Color Region And Structural Similarity
Student	Mister Parinya Reungjitranon
Student ID	47060817
Degree	Master of Engineering
Program	Computer Engineering
Year	2009
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Orachat Chitsobhuk

ABSTRACT

Weather map is any graphical means of displaying the distribution of meteorological data over a given area of earth's surface. Weather map uses geographical map including colors and lines to represent values of specific area, thus each type of weather map has its own color characteristic. With image retrieval system, the retrieved images of weather map can be used for statistical analysis in meteorology. The Color histogram is one of the most widely used features for image retrieval system. However, color histogram fails to recognize different types of color distribution. In this thesis, a weather map image retrieval system is proposed to search three types of weather map images including temperature, pressure, and humidity. For retrieval system, the Connected Color Region is used as color features to retrieve the weather map images similar to a query. The CCR provides a color distribution of image and maximum co-occurrence color probability to distinguish a group of color in the image. The retrieved images from this step are used as candidate images, which will be ranked using Structural Similarity (SSIM) approach to obtain the final retrieval results. Using the Structural Similarity helps increasing overall efficiency of the proposed retrieval system since the SSIM effectively measure the similarity between two images using structural information, which is explicitly accounted for human visual system (HVS). The performance measurement for this type of information is difficult. Therefore, the Vector Space Model is used to prepare a set of relevance images for retrieval performance evaluation. From the experiments, a modified CCR combined with SSIM prove to be superior to retrieve all type of weather map.

กิตติกรรมประกาศ

ระยะเวลา 5 ปี หากนับเป็นวัน 1,825 วัน อาจเป็นช่วงเวลาที่ยาวหรือยาวนานต่างกันไปในแต่ละบุคคล แต่สำหรับข้าพเจ้า คิดว่ามันคือช่วงเวลาอันยาวนานชั่วกัปป์กาลในความทรงจำ และอาจเป็นความทรงจำที่สูญหายไปชั่วกาลนาน หากไม่มีวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นสิ่งคอยย้ำเตือนให้ข้าพเจ้ารับรู้ว่ามีบางสิ่งในความทรงจำของข้าพเจ้ามิได้สาบสูญสิ้นสลายไปเสียทั้งหมดทีเดียว

แม้ในความทรงจำอันลางเลือน หากแต่ข้าพเจ้ายังคงระลึกถึงความอารี ของ ผศ.ดร.อรฉัตร จิตต์โสภักตร์ ได้อยู่เสมอ ซึ่งนอกจากจะเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาของข้าพเจ้าแล้ว ยังคงเสมือนแสงสว่างของเทียนแห่งปัญญา ที่ซึ่งส่องสว่างและนำทางให้ข้าพเจ้า ได้ก้าวพ้นออกมาจากอุโมงค์แห่งความเขลาที่ข้าพเจ้าไม่ทราบว่าจะตัวเองติดอยู่ในนั้นตั้งแต่เมื่อใด

ข้าพเจ้ายังคงระลึกได้ ถึงพื้นที่อันอบอุ่นของ สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร อันเป็นสถานที่ทำงานที่ได้เอื้อเพื่อข้อมูล ตลอดจนองค์ความรู้ที่สำคัญ อีกทั้งยังให้ข้าพเจ้าได้อาศัยพักพิงในช่วงเวลาแรกเริ่มที่ข้าพเจ้าหลงทาง ได้อาศัยเช่นนี้เรื่อยมาจนกระทั่งวันหนึ่ง ข้าพเจ้ามิใช่คนหลงทางอีกต่อไป

ยังมีเงาอันลางเลือนที่ข้าพเจ้ายังระลึกได้ไม่แจ่มชัดนัก หากแต่เงาของบุคคลเหล่านั้น ข้าพเจ้าลืมนแล้วแต่ตระหนักได้ว่า เป็นบุคคลอันเป็นที่รักของข้าพเจ้า ที่คอยให้กำลังใจ คอยเคียงเคียง ตลอดจนคอยให้ความกรุณาในด้านต่าง ๆ ในหลายสายเงาที่พาดผ่านอยู่เบื้องหลังข้าพเจ้า ปรากฏเงาอันอบอุ่นของ คุณอักษร บุคคลละนันทน์ ที่คอยดึงห้วงอนุสติในยามที่ข้าพเจ้าล้นทิ่งไป โสตจักขุข้าพเจ้ายังรับรู้ได้ถึงเงาอันแจ่มชัดของ คุณ ดวงกมล ดั่งโพนทอง ที่คอยเติมเลือดให้หล่อเลี้ยงจิตใจข้าพเจ้าเรื่อยมา ยังมีเงาอันแจ่มชัดของ บิดา มารดา ผู้มีพระคุณล้นยิ่งของข้าพเจ้า และยังมีเหล่าเพื่อน ๆ พี่ น้อง ที่คอยอุปถัมภ์ค้ำจุนอยู่เบื้องหลังข้าพเจ้ามาโดยตลอด

ในท้ายที่สุด วิทยานิพนธ์ฉบับนี้แม้ว่าจะเป็นการเอกสารทางวิชาการ หากแต่อีกแง่มุมหนึ่งสำหรับข้าพเจ้าคืออนุทิน ที่ข้าพเจ้าพึงระลึกได้ว่า เหตุการณ์ทุกเหตุการณ์ที่เคยได้ปฏิบัติ สถานที่ทุกแห่งที่ข้าพเจ้าเคยได้เยือน และบุคคลทุกท่านที่ข้าพเจ้าเคยได้รับความเกื้อกูล ทุกอย่างล้วนแล้วแต่เป็นเหตุปัจจัยเกื้อหนุน ให้ข้าพเจ้าได้กลั่นสิ่งเหล่านั้นแนบมาในทุกช่องว่างของตัวขรที่ได้ปรากฏในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ข้าพเจ้ามิอาจไม่ขอบคุณผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งที่ได้กล่าวถึงและไม่ได้กล่าวถึง คุณงามความดีและประโยชน์อันใดที่ได้จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบให้แก่ท่านทั้งปวง

ปริญญา เรื่องจิตราชนท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญรูป	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 สมมุติฐานของการศึกษา	3
1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย	3
1.5 ขอบเขตการวิจัย	4
1.6 ขั้นตอนของการศึกษา	4
1.7 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย	4
1.8 โครงสร้างของวิทยานิพนธ์	5
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการค้นคืนภาพ และภาพแผนที่อากาศ	6
2.1 ภาพแผนที่อากาศ (Weather Map Image)	6
2.2 การค้นคืนภาพ	7
2.2.1 การค้นคืนภาพด้วยฮิสโตแกรมสี	7
2.2.2 วิธีการแยกตัวประกอบค่าซิงกูลาร์สองมิติ (Two-dimensional Singular Value Decomposition: 2dSVD)	9
2.2.3 ความสัมพันธ์ของสีในพื้นที่ติดกัน (Connected Color Region:CCR)	11
2.3 ค่าดัชนีความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพ (Structural Similarity Index:SSIM index)	13
2.4 การใช้เวกเตอร์สเปซโมเดล (Vector Space Model)	14
2.5 การวัดประสิทธิภาพของระบบค้นคืนรูปภาพ	15
บทที่ 3 ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	16
3.1 การเปรียบเทียบฮิสโตแกรม (Histogram Comparison)	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.1.1 การวัดความเหมือนของฮิสโตแกรมด้วยเทคนิคการตัดกัน ของฮิสโตแกรม (Histogram intersection).....	16
3.1.2 การวัดความแตกต่างของฮิสโตแกรมด้วยเทคนิค Histogram Euclidean...	17
3.2 ความสัมพันธ์ของสีในพื้นที่ติดกัน (Connected Color Region: CCR)	19
3.2.1 บริเวณที่ติดกันของสี (Connected Color Region)	19
3.2.2 ความหนาแน่นของสี (Color Density).....	20
3.2.3 สีที่ปรากฏพร้อมสูงสุด (Maximum co-occurrence color).....	21
3.2.4 การวัดความเหมือนกันของภาพ	22
3.3 การวัดความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพ สำหรับการวัดความเหมือนกันของภาพ	26
3.4 การประยุกต์ใช้เวกเตอร์สเปซโมเดลในการเปรียบเทียบข้อมูล.....	31
3.4.1 เวกเตอร์สเปซโมเดลกับงานการค้นคืนข้อมูล	31
3.4.2 เวกเตอร์สเปซโมเดลกับการประยุกต์ใช้ในการเปรียบเทียบ ภาพแผนที่อากาศ	33
3.5 กรรณวิธีการวัดประสิทธิภาพของระบบค้นคืนรูปภาพ	34
บทที่ 4 งานวิจัยที่นำเสนอสำหรับการค้นคืนภาพแผนที่อากาศ	39
4.1 การคัดแยกคุณลักษณะภาพแผนที่อากาศ	39
4.1.1 การสร้างฮิสโตแกรมสี	40
4.1.2 การแบ่งพื้นที่ภาพ	40
4.1.3 การแยกคุณลักษณะภาพด้วยเทคนิค CCR	41
4.2 การค้นคืนภาพ	44
4.2.1 การค้นคืนภาพโดยใช้เทคนิค CCR	45
4.2.2 การจัดเรียงผลการค้นคืนด้วยการวัดค่าดัชนีความเหมือน เชิงโครงสร้างภาพ	45
4.3 การนำภาพไปใช้งาน	47
4.4 การวัดประสิทธิภาพการค้นคืน	48
4.4.1 การจำแนกภาพที่เกี่ยวข้องด้วยการแทนความหมายภาพ	48
4.4.2 การจำแนกภาพที่เกี่ยวข้องด้วยเวกเตอร์สเปซโมเดล (Vector Space Model)	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 ผลการทดลองและการวิเคราะห์	54
5.1 ขั้นตอนการเตรียมฐานข้อมูลรูปภาพ	54
5.2 ขั้นตอนการทดสอบระบบค้นคืนรูปภาพ.....	54
5.3 ขั้นตอนการประเมินประสิทธิภาพการค้นคืน	57
5.4 ตัวอย่างผลการทดลองการค้นคืนรูปภาพและการวิเคราะห์ผลการทดลอง	57
5.4.1 การทดลองค้นคืนภาพที่มีสีหลากหลาย และมีการกระจายของกลุ่มสี ทั่วพื้นที่ภาพ	57
5.4.2 การทดลองค้นคืนภาพที่มีสีหลากหลาย และกลุ่มสีหลายกลุ่มเกาะตัวกัน	62
5.4.3 การทดลองค้นคืนภาพที่มีสีไม่มาก กลุ่มสีมีจำนวนต่ำ และไม่กระจุกกระจาย	66
5.4.4 การทดลองค้นคืนภาพที่มีสีไม่มาก มีกลุ่มสีหลายกลุ่ม แต่เกาะตัวกัน	71
5.5 วิเคราะห์ประสิทธิภาพโดยรวมของการค้นคืนรูปภาพด้วยกรรมวิธีต่างๆ	76
5.5.1 วิเคราะห์ประสิทธิภาพในการค้นคืนภาพแผนที่อุณหภูมิอากาศ	76
5.5.2 วิเคราะห์ประสิทธิภาพในการค้นคืนภาพแผนที่ความกดอากาศ	77
5.5.3 วิเคราะห์ประสิทธิภาพในการค้นคืนภาพแผนที่ความชื้นอากาศ	78
5.5.4 วิเคราะห์ประสิทธิภาพของการใช้งาน SSIM	79
5.6 เวลาที่ใช้ในการค้นคืนรูปภาพ	80
5.6.1 เวลาในการค้นคืนรูปภาพโดยใช้ฮิสโตแกรมสี เทียบกับ CCR	80
5.6.2 เวลาในการค้นคืนรูปภาพเมื่อใช้การวัดความเหมือน เชิงโครงสร้างภาพร่วมจัดเรียงผลการค้นคืน	81
5.7 เปรียบเทียบประสิทธิภาพโดยรวมในทุกระบบวิธีการค้นคืน.....	82
บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง	84
6.1 สรุปผลการวิเคราะห์และผลการดำเนินงานวิจัย.....	84
6.2 แนวทางในการพัฒนาต่อ	86
เอกสารอ้างอิง	88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ ytp อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ก. ตัวอย่างผลการทดลองภาพแผนที่อากาศต่างๆ	90
ภาคผนวก ข. ตัวอย่างการจำแนกภาพที่เกี่ยวข้อง โดยใช้วิธีแทนความหมายภาพ เกี่ยวกับการใช้ เวกเตอร์สเปซ โมเดล.....	118
ภาคผนวก ค. ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์	124
ประวัติผู้เขียน	138



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 การทำดัชนีและให้ค่าน้ำหนักคำศัพท์แต่ละคำที่ปรากฏอยู่ในเอกสาร.....	32
3.2 ตัวอย่างการคำนวณ Recall และ Precision	37
4.1 ตารางเก็บคุณลักษณะภาพของ CCR	43
4.2 ชื่อที่ใช้แทนค่าทางตัวเลข ในแต่ละชนิดภาพแผนที่อากาศ	49
5.1 ตัวอย่างภาพในฐานะข้อมูล	55
5.2 วิธีการค้นคืนรูปภาพ	56
5.3 ค่าความแม่นยำเฉลี่ยของการค้นคืนภาพแผนที่อุณหภูมิกอากาศ วันที่ 12 มิ.ย.2007 เวลา 10.00น.	61
5.4 ค่าความแม่นยำเฉลี่ยของการค้นคืนภาพแผนที่อุณหภูมิกอากาศ วันที่ 7 ส.ค. 2007 เวลา 15.00 น.	65
5.5 ค่าความแม่นยำเฉลี่ยของการค้นคืนภาพแผนที่ความกดอากาศ วันที่ 7 ก.พ. 2008 เวลา 15.00 น.	70
5.6 ค่าความแม่นยำเฉลี่ยของการค้นคืนภาพแผนที่ความชื้นอากาศ วันที่ 3 เม.ย 2008 เวลา 11.00 น.	75
5.7 ค่าความแม่นยำเฉลี่ยรวม ของการค้นคืนแต่ละวิธีในภาพแผนที่อากาศทั้งสามชนิด	76
5.8 ค่าเฉลี่ยเวลาที่ใช้ในการค้นคืนต่อหนึ่งภาพคำถาม ของแต่ละกรรมวิธี	81
5.9 ค่าเฉลี่ยเวลาที่ใช้ในการค้นคืนต่อหนึ่งภาพคำถาม ของแต่ละวิธีที่ใช้ร่วมกับ การวัดความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพ	81
5.10 เปรียบเทียบแต่ละกรรมวิธีกับลักษณะภาพที่ต่างกันและเวลาที่ใช้ในการประมวลผล.....	82
5.11 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแต่ละกรรมวิธี กับภาพแผนที่อากาศแต่ละชนิด.....	83
ก.1 ค่าความแม่นยำเฉลี่ยของการค้นคืนภาพแผนที่อุณหภูมิกอากาศ วันที่ 31 ม.ค. 2007 เวลา 15.00 น.	93
ก.2 ค่าความแม่นยำเฉลี่ยของการค้นคืนภาพแผนที่อุณหภูมิกอากาศวันที่ 7 ก.พ. 2007 เวลา 17.00 น.....	96
ก.3 ค่าความแม่นยำเฉลี่ยของการค้นคืนภาพแผนที่อุณหภูมิกอากาศ วันที่ 19 ก.พ. 2007 เวลา 15.00 น.....	99
ก.4 ค่าความแม่นยำเฉลี่ยของการค้นคืนภาพแผนที่อุณหภูมิกอากาศวันที่ 29 มี.ค. 2007 เวลา 8.00 น.	102

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ก.5 ค่าความแม่นยำเฉลี่ยของการค้นคืนภาพแผนที่ความชื้นอากาศวันที่ 4 มี.ค. 2007 เวลา 15.00 น.	105
ก.6 ค่าความแม่นยำเฉลี่ยของการค้นคืนภาพแผนที่ความชื้นอากาศวันที่ 23 มี.ค. 2007 เวลา 10.00 น.	108
ก.7 ค่าความแม่นยำเฉลี่ยของการค้นคืนภาพแผนที่ความชื้นอากาศวันที่ 6 เม.ย. 2007 เวลา 18.00 น.	111
ก.8 ค่าความแม่นยำเฉลี่ยของการค้นคืนภาพแผนที่ความกดอากาศวันที่ 10 มี.ค. 2007 เวลา 15.00 น.	114
ก.9 ค่าความแม่นยำเฉลี่ยของการค้นคืนภาพแผนที่ความกดอากาศวันที่ 11 เม.ย. 2007 เวลา 14.00 น.	117



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ตัวอย่างภาพแผนที่อากาศประเทศไทย	6
2.2 ฮิสโตแกรมของภาพสี	9
2.3 การตัดสีความเหมือนของภาพ ในมุมมองของมนุษย์	9
2.4 ภาพอินพุตและภาพที่ถูกสร้างจากค่าซิงกูลาร์สองมิติ.....	10
2.5 ภาพแผนที่อุณหภูมิ ภาพต้นฉบับที่สร้างจากข้อมูลอินพุตและภาพที่สร้างจาก ค่าซิงกูลาร์สองมิติ.....	10
2.6 การเลือกจำนวนภาพย่อยที่ไม่เหมาะสมกับลักษณะรูปภาพ	12
2.7 ตัวอย่างภาพที่มีค่า MSE ใกล้เคียงกัน แต่หากมองด้วยมุมมองมนุษย์และวัดค่าดัชนี ความเหมือนทางโครงสร้างภาพแล้ว มีความแตกต่างกัน.....	13
3.1 รูปแผนที่อากาศและฮิสโตแกรมของแต่ละภาพ	18
3.2 ภาพที่มีฮิสโตแกรมสีเหมือนกันแต่ในความเป็นจริงเป็นภาพที่มีลักษณะการกระจายตัว ของสีในภาพแตกต่างกัน	19
3.3 แสดงบริเวณพื้นที่สีที่ติดกัน ในบริเวณ $N \times M$ บล็อก	20
3.4 ตัวอย่างภาพแผนที่อากาศที่นำมาหาค่า CCR ด้วยการแบ่งออกเป็น 16×16 บล็อก	23
3.5 บริเวณที่ติดกันของแต่ละสี	23
3.6 แสดงกลุ่มสีเหลือง-1 และบล็อกบริเวณขอบของกลุ่มสี	24
3.7 สีอื่นที่ปรากฏร่วมกับพื้นที่กลุ่มสีเหลือง-1	25
3.8 การแยก Luminance, Contrast, Structural distortion ออกจากรูปภาพอ้างอิง x ใน image space ที่นำเสนอในลักษณะภาพ 3 มิติ	27
3.9 ภาพไดอะแกรมของระบบการวัดความเหมือนภาพด้วยค่าดัชนีความเหมือน เชิงโครงสร้างภาพ	28
3.10 ตัวอย่างภาพอินพุตและภาพที่ได้จากกระบวนการวัดความสว่าง, การวัดระดับความต่าง ความเข้มและ และ โครงสร้างของภาพ.....	28
3.11 การประยุกต์ใช้เวกเตอร์สเปซโมเดล กับภาพแผนที่อากาศ ด้วยการแบ่งเป็นบล็อก และหาค่าน้ำหนักแต่ละบล็อก	34
3.12 แสดงแผนภาพการค้นคืนเอกสาร	35
3.13 แสดงแผนภาพของการเรียกคืน	35
3.14 แสดงแผนภาพของความแม่นยำ	36
3.15 กราฟ Precision และ Recall	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.1	ภาพรวมของการคัดแยกคุณลักษณะและการจัดเก็บภาพ 39
4.2	แสดงสีที่ใช้แทนค่าแต่ละค่า ของแผนที่อากาศ 40
4.3	ฮิสโตแกรมสีขนาด 50 บิน ที่ครอบคลุมสีที่สนใจทุกสีในภาพ 40
4.4	แสดงการแบ่งพื้นที่ประเทศไทยออกเป็น 4 ส่วน ก่อนการนำไปคัดแยกคุณลักษณะภาพ... 41
4.5	การแยกคุณลักษณะภาพด้วยเทคนิค CCR 41
4.6	แสดงการแบ่งบล็อกของภาพแผนที่อากาศ ที่ขนาด 8×8 , 16×16 และ 32×32 42
4.7	ตัวอย่างแสดงบริเวณที่ติดกันของสีส้มที่ได้จากการแบ่งภาพออกเป็นบล็อกขนาดต่างๆ .. 42
4.8	แสดงลักษณะธรรมชาติของการเกิดสี และการไล่ระดับสีบนแผนที่อุณหภูมิกอากาศ..... 43
4.9	ภาพรวมของการค้นคืนภาพด้วยเทคนิค CCR และการวัดค่าดัชนีความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพ 44
4.10	ตัวอย่างภาพที่จำนวนกลุ่มสี และความหนาแน่นของกลุ่มสี มีค่าใกล้เคียงกัน แต่กลุ่มสีปรากฏในบริเวณที่ต่างกัน 45
4.11	การจัดเรียงผลการค้นคืนด้วยการวัดค่าดัชนีความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพ 46
4.12	การเปรียบเทียบความเหมือนด้วยค่าดัชนีความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพ ในแต่ละสัญญาณสีของสองภาพ 46
4.13	การใช้ภาพในช่วงเวลาถัดไป เป็นข้อมูลประกอบการพยากรณ์ระยะสั้น 47
4.14	การแบ่งพื้นที่ประเทศไทยออกเป็นแปดส่วน ตามหลักการด้านอนุภูมิภาค 48
4.15	การประยุกต์ใช้เวกเตอร์สเปซโมเดล ร่วมในการวัดประสิทธิภาพการค้นคืน 50
4.16	การระบุค่าเชิงตัวเลขให้แก่สีต่างๆ และคำนวณทางตัวเลขของพื้นที่ตัวอย่าง 51
4.17	โครงสร้างและภาพรวมของงานวิจัยที่นำเสนอ 53
5.1	ตัวอย่างผลลัพธ์การค้นคืนภาพแผนที่อุณหภูมิกอากาศวันที่ 12 มิ.ย. 2007 เวลา 10.00 น. 58
5.2	กราฟแสดง Precision-Recall ของการค้นคืนภาพแผนที่อุณหภูมิกอากาศ 12 มิ.ย. 2007 เวลา 10.00 น. โดยการใช้ฮิสโตแกรมสี เทียบกับ กรรมวิธี CCR ในหลายรูปแบบ 60
5.3	ตัวอย่างผลลัพธ์การค้นคืนภาพแผนที่อุณหภูมิกอากาศวันที่ 7 ส.ค. 2007 เวลา 15.00 น. 63
5.4	กราฟแสดง Precision-Recall ของการค้นคืนภาพแผนที่อุณหภูมิกอากาศ 7 ส.ค. 2007 เวลา 15.00 น. โดยการใช้ฮิสโตแกรมสี เทียบกับ กรรมวิธี CCR ในหลายรูปแบบ 65
5.5	กราฟแสดง Precision-Recall ของการค้นคืนภาพแผนที่ความกดอากาศ 7 ก.พ. 2008 เวลา 15.00 น. โดยการใช้ฮิสโตแกรมสี เทียบกับ กรรมวิธี CCR ในหลายรูปแบบ 67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.6 ตัวอย่างผลลัพธ์การค้นคืนภาพแผนที่ความกดอากาศวันที่ 7 ก.พ. 2008 เวลา 15.00 น.	68
5.7 ตัวอย่างผลลัพธ์การค้นคืนภาพแผนที่ความชื้นอากาศวันที่ 3 เม.ย. 2008 เวลา 11.00 น. ..	72
5.8 กราฟแสดง Precision-Recall ของการค้นคืนภาพแผนที่ความชื้นอากาศ 3 เม.ย 2008 เวลา 11.00 น. โดยการใช้ฮิสโตแกรมสี เทียบกับ กรรมวิธี CCR ในหลายรูปแบบ	74
5.9 กราฟแสดงค่าความแม่นยำเฉลี่ยรวม ในการค้นคืนภาพแผนที่อุณหภูมิอากาศ	77
5.10 กราฟแสดงค่าความแม่นยำเฉลี่ยรวม ในการค้นคืนภาพแผนที่ความกดอากาศ	78
5.11 กราฟแสดงค่าความแม่นยำเฉลี่ยรวม ในการค้นคืนภาพแผนที่ความชื้นอากาศ	79
ก.1 ตัวอย่างผลลัพธ์การค้นคืนภาพแผนที่อุณหภูมิอากาศวันที่ 31 ม.ค. 2007 เวลา 15.00 น. ...	91
ก.2 กราฟแสดง Precision-Recall ของการค้นคืนภาพแผนที่อุณหภูมิอากาศ วันที่ 31 ม.ค. 2007 เวลา 15.00 น. โดยการใช้ฮิสโตแกรมสี เทียบกับ กรรมวิธี CCR ในหลายรูปแบบ	93
ก.3 ตัวอย่างผลลัพธ์การค้นคืนภาพแผนที่อุณหภูมิอากาศวันที่ 7 ก.พ. 2007 เวลา 17.00 น.	94
ก.4 กราฟแสดง Precision-Recall ของการค้นคืนภาพแผนที่อุณหภูมิอากาศ วันที่ 7 ก.พ. 2007 เวลา 17.00 น. โดยการใช้ฮิสโตแกรมสี เทียบกับ กรรมวิธี CCR ในหลายรูปแบบ.....	96
ก.5 ตัวอย่างผลลัพธ์การค้นคืนภาพแผนที่อุณหภูมิอากาศวันที่ 19 ก.พ. 2007 เวลา 15.00 น. ..	97
ก.6 กราฟแสดง Precision-Recall ของการค้นคืนภาพแผนที่อุณหภูมิอากาศ วันที่ 19 ก.พ. 2007 เวลา 15.00 น. โดยการใช้ฮิสโตแกรมสี เทียบกับ กรรมวิธี CCR ในหลายรูปแบบ.....	99
ก.7 ตัวอย่างผลลัพธ์การค้นคืนภาพแผนที่อุณหภูมิอากาศวันที่ 29 มี.ค. 2007 เวลา 8.00 น.	100
ก.8 กราฟแสดง Precision-Recall ของการค้นคืนภาพแผนที่อุณหภูมิอากาศ วันที่ 29 มี.ค. 2007 เวลา 8.00 น. โดยการใช้ฮิสโตแกรมสี เทียบกับ กรรมวิธี CCR ในหลายรูปแบบ.....	102
ก.9 ตัวอย่างผลลัพธ์การค้นคืนภาพแผนที่ความชื้นอากาศวันที่ 4 มี.ค. 2007 เวลา 15.00 น. ...	103
ก.10 กราฟแสดง Precision-Recall ของการค้นคืนภาพแผนที่ความชื้นอากาศ วันที่ 4 มี.ค. 2007 เวลา 15.00 น. โดยการใช้ฮิสโตแกรมสี เทียบกับ กรรมวิธี CCR ในหลายรูปแบบ	105
ก.11 ตัวอย่างผลลัพธ์การค้นคืนภาพแผนที่ความชื้นอากาศวันที่ 23 มี.ค. 2007 เวลา 10.00 น. ..	106

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
ก.12 กราฟแสดง Precision-Recall ของการค้นคืนภาพแผนที่ความชื้นอากาศ วันที่ 23 มี.ค. 2007 เวลา 10.00 น. โดยการใช้ฮิสโตแกรมสี เทียบกับ กรรมวิธี CCR ในหลายรูปแบบ	108
ก.13 ตัวอย่างผลลัพธ์การค้นคืนภาพแผนที่ความชื้นอากาศวันที่ 6 เม.ย. 2007 เวลา 18.00 น. ...	109
ก.14 กราฟแสดง Precision-Recall ของการค้นคืนภาพแผนที่ความชื้นอากาศ วันที่ 6 เม.ย. 2007 เวลา 18.00 น. โดยการใช้ฮิสโตแกรมสี เทียบกับ กรรมวิธี CCR ในหลายรูปแบบ	111
ก.15 ตัวอย่างผลลัพธ์การค้นคืนภาพแผนที่ความกดอากาศวันที่ 10 มี.ค. 2007 เวลา 15.00 น. ...	112
ก.16 กราฟแสดง Precision-Recall ของการค้นคืนภาพแผนที่ความกดอากาศ วันที่ 10 มี.ค. 2007 เวลา 15.00 น. โดยการใช้ฮิสโตแกรมสี เทียบกับ กรรมวิธี CCR ในหลายรูปแบบ	114
ก.17 ตัวอย่างผลลัพธ์การค้นคืนภาพแผนที่ความกดอากาศวันที่ 11 เม.ย. 2007 เวลา 14.00 น. ...	115
ก.18 กราฟแสดง Precision-Recall ของการค้นคืนภาพแผนที่ความกดอากาศ วันที่ 11 เม.ย. 2007 เวลา 14.00 น. โดยการใช้ฮิสโตแกรมสี เทียบกับ กรรมวิธี CCR ในหลายรูปแบบ	117
ข.1 ภาพที่เกี่ยวข้องกับภาพคำถาม จำแนกโดยใช้การแทนความหมายแต่ละพื้นที่ (ภาพแผนที่ความชื้นอากาศ 25 มี.ค. 2007 เวลา 16.00 น. ค้นคืนด้วย CCR_8)	119
ข.2 ภาพที่เกี่ยวข้องกับภาพคำถาม จำแนกโดยใช้เวกเตอร์สเปซโมเดล (ภาพแผนที่ความชื้นอากาศ 25 มี.ค. 2007 เวลา 16.00 น. ค้นคืนด้วย CCR_8)	119
ข.3 ภาพที่เกี่ยวข้องกับภาพคำถาม จำแนกโดยใช้การแทนความหมายแต่ละพื้นที่ (ภาพแผนที่ความชื้นอากาศ 18 เม.ย. 2007 เวลา 15.00 น. ค้นคืนด้วย CCR_8)	120
ข.4 ภาพที่เกี่ยวข้องกับภาพคำถาม จำแนกโดยใช้เวกเตอร์สเปซโมเดล (ภาพแผนที่ความชื้นอากาศ 18 เม.ย. 2007 เวลา 15.00 น. ค้นคืนด้วย CCR_8)	120
ข.5 ภาพที่เกี่ยวข้องกับภาพคำถาม จำแนกโดยใช้การแทนความหมายแต่ละพื้นที่ (ภาพแผนที่อุณหภูมิอากาศ 7 ก.พ. 2008 เวลา 15.00 น. ค้นคืนด้วย CCR_8)	121
ข.6 ภาพที่เกี่ยวข้องกับภาพคำถาม จำแนกโดยใช้เวกเตอร์สเปซโมเดล (ภาพแผนที่อุณหภูมิอากาศ 7 ก.พ. 2008 เวลา 15.00 น. ค้นคืนด้วย CCR_8)	121
ข.7 ภาพที่เกี่ยวข้องกับภาพคำถาม จำแนกโดยใช้การแทนความหมายแต่ละพื้นที่ (ภาพแผนที่อุณหภูมิอากาศ 28 พ.ค. 2007 เวลา 16.00 น. ค้นคืนด้วย CCR_8)	122

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
ข.8 ภาพที่เกี่ยวข้องกับภาพคำถาม จำแนกโดยใช้เวกเตอร์สเปซโมเดล (ภาพแผนที่อุณหภูมิกอากาศ 28 พ.ค. 2007 เวลา 16.00 น. คั่นคั่นด้วย CCR_8)	122
ข.9 ภาพที่เกี่ยวข้องกับภาพคำถาม จำแนกโดยใช้การแทนความหมายแต่ละพื้นที่ (ภาพแผนที่ความกดอากาศ 28 ส.ค. 2007 เวลา 8.00 น. คั่นคั่นด้วย CCR_8)	123
ข.10 ภาพที่เกี่ยวข้องกับภาพคำถาม จำแนกโดยใช้เวกเตอร์สเปซโมเดล (ภาพแผนที่ความกดอากาศ 28 ส.ค. 2007 เวลา 8.00 น.คั่นคั่นด้วย CCR_8)	123



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

งานทางด้านอุตุนิยมนิวทียานันั้น นอกเหนือจากการใช้งานข้อมูลเชิงตัวเลขแล้ว ส่วนใหญ่มักมีการใช้งานเกี่ยวกับรูปภาพในหลายๆด้าน โดยข้อมูลภาพเหล่านี้มีการจัดเก็บข้อมูลเป็นจำนวนมากและหลากหลาย ซึ่งส่งผลให้เกิดความยากลำบากในการสืบค้นข้อมูลภาพ เพื่อให้ได้ข้อมูลตรงกับความต้องการของผู้ใช้ ที่ผ่านมามีการค้นคืนรูปภาพด้วยการค้นคืนรูปภาพเชิงข้อความ (Text-based image retrieval) เป็นวิธีการค้นคืนด้วยการระบุข้อมูลกำกับรูปภาพ อาทิเช่น วันที่, พิกัดของรูปภาพ ซึ่งการค้นคืนลักษณะนี้เป็นวิธีที่มีการดำเนินการไม่ซับซ้อนและเหมาะสมกับรูปภาพที่มีข้อมูลกำกับอย่างชัดเจน ในขณะที่การสืบค้นภาพบางลักษณะที่ไม่มีข้อมูลกำกับ จำเป็นที่จะต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญด้านอุตุนิยมนิวทียา ในการวิเคราะห์และค้นหาภาพที่ต้องการด้วยตนเอง ซึ่งเป็นเรื่องยากหากภาพมีปริมาณมากดังที่กล่าวข้างต้น จึงเกิดความต้องการระบบที่จะสามารถทำหน้าที่ในการค้นคืนภาพให้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้ โดยเทคโนโลยีการค้นคืนรูปภาพแบบเชิงเนื้อหา (Content-based image retrieval: CBIR) เพื่อช่วยในการค้นคืนรูปภาพลักษณะดังกล่าว

คุณลักษณะพื้นฐานของรูปภาพ เช่น สี พื้นผิว และรูปทรง ถูกใช้ในระบบ CBIR (Content-Based Image Retrieval) [1-5] โดยกระบวนการสืบค้นจะเป็นการค้นหาความเกี่ยวข้อง หรือความสัมพันธ์ของภาพคำถาม กับภาพจากฐานข้อมูล ซึ่งระบบจะทำการประมวลผลภาพคำถาม (Query Image) และค้นหาภาพที่ใกล้เคียงที่สุดจากภาพในฐานข้อมูล โดยใช้วิธีการแยกแยะคุณลักษณะของรูป ร่วมกับการจับคู่เหมือน และ จัดเรียงผลการค้นคืนภาพด้วยค่าดัชนี SSIM โดยในระบบ CBIR นั้นการเลือกใช้วิธีการค้นคืนเป็นประเด็นที่น่าสนใจในการเลือกใช้งานเพื่อให้ได้ผลการค้นคืนที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอการค้นคืนรูปภาพแผนที่อากาศ โดยจะใช้คุณลักษณะสีเป็นตัวแทนของภาพ เนื่องจากสีมีโครงสร้างและอธิบายความหมายของภาพอย่างชัดเจน โดยปรกติการค้นคืนรูปภาพที่ใช้สีส่วนมากจะใช้เทคนิคฮิสโตแกรมสี [1] (Color histogram) ที่ถูกสร้างมาจากทุกส่วนของภาพ และใช้การเปรียบเทียบฮิสโตแกรมสีในการวัดความเหมือนของรูปภาพ ซึ่งกรรมวิธีนี้ไม่เหมาะกับการค้นคืนรูปภาพแผนที่อากาศเนื่องจากการใช้ฮิสโตแกรมสีเพียงอย่างเดียวไม่สามารถอ้างอิงข้อมูลเชิงตำแหน่ง (Spatial Information) ของสีในวัตถุได้ ส่งผลให้ภาพที่ค้นคืนมานั้นมีโอกาสเป็นภาพที่แตกต่างจากภาพที่ต้องการ ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นของการเปรียบเทียบฮิสโตแกรมจึงได้นำกรรมวิธีค้นคืนโดยใช้ค่าความสัมพันธ์ของสีในพื้นที่ติดกัน (Connected Color Region: CCR)[6] ร่วมกับกรรมวิธีการค่าดัชนีความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพ (Structural Similarity

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Index: SSIM index) [7] มาใช้ในการค้นคืนรูปภาพ กล่าวคือ CCR สามารถแยกแยะการกระจายตัวของสีที่มีค่าฮิสโตแกรมที่เหมือนกันได้ โดยพิจารณาจากข้อมูลเชิงตำแหน่งของสีและค่าสีที่ปรากฏร่วมสูงสุดของแต่ละกลุ่มสี โดยเทคนิค CCR นี้มีข้อจำกัดในเรื่องค่าพารามิเตอร์ที่ต้องกำหนดให้เหมาะสม นั่นคือการกำหนดขนาดบล็อก (Block Size) ที่นำมาใช้ในการหาค่า CCR ของภาพส่งผลต่อประสิทธิภาพการค้นคืนภาพแต่ละชนิดโดยตรง ในขณะที่การวัดความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพ ที่นำมาใช้ร่วมในการคำนวณหาความความเหมือนของภาพนั้น เป็นการวัดค่าความเหมือนของภาพที่ใกล้เคียงกับการมองเห็นของมนุษย์ที่มองจำแนกรูปภาพใดๆ ประกอบไปด้วยความสว่าง (Luminance), ความแตกต่างทางสี (Contrast) และ โครงสร้างของวัตถุ (Structure) โดยเทคนิคการวัดความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพ นี้มีข้อจำกัดตรงที่เป็นการเปรียบเทียบระหว่างภาพสองภาพในทุกตำแหน่งพิกเซลในภาพ ไม่ใช่กรรมวิธีที่คัดแยกคุณลักษณะที่ต้องการออกมาจากภาพ ทำให้การเปรียบเทียบความเหมือนนั้นต้องเทียบภาพต้นฉบับ กับทุกๆ ภาพที่ปรากฏอยู่ในฐานข้อมูลรูปภาพ จึงทำให้ใช้เวลาในการค้นคืนมาก โดยเฉพาะในกรณีที่มีภาพจำนวนมาก

ในการค้นคืนรูปภาพแผนที่อากาศ จะนำผลการค้นคืนภาพไปประกอบการพยากรณ์อากาศในช่วงระยะเวลาสั้นได้ โดยการค้นคืนภาพจะทำการค้นหารูปแบบของภาพที่เคยเกิดขึ้นในอดีตที่มีลักษณะใกล้เคียงกับภาพปัจจุบันมากที่สุด จากนั้นจะใช้ภาพที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาถัดไปของภาพที่ค้นคืนมาได้ นำมาเป็นข้อมูลประกอบการพยากรณ์อากาศระยะสั้น โดยจากการทดลองแสดงให้เห็นถึงการเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ของ CCR ที่เหมาะสม ร่วมกับการวัดค่าดัชนีความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพ ในการวัดความเหมือนของภาพ โดยจะให้ประสิทธิภาพการค้นคืนภาพแผนที่อากาศที่เหมาะสมสำหรับภาพถ่ายทางอากาศแต่ละชนิดต่างกันไป ซึ่งเทคนิคที่น่าเสนอนี้เป็นการวัดความเหมือนของภาพที่ได้ผลการวัดในรูปแบบของค่าเชิงตัวเลข ไม่ใช่เชิงความหมายของภาพ จึงจำเป็นต้องนำภาพที่ค้นคืนเหล่านี้ นำเสนอแก่ผู้เชี่ยวชาญด้านอุตุนิยมวิทยาต่อไปเพื่อประกอบการพยากรณ์อากาศต่อไป

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.2.1 เพื่อพัฒนาระบบการค้นคืนภาพเชิงเนื้อหา ที่สามารถนำไปค้นคืนภาพแผนที่อากาศที่ให้ผลของการค้นคืนมีความถูกต้องแม่นยำ ใกล้เคียงกับภาพค่าถามมากที่สุด
- 1.2.2 ประยุกต์ใช้เทคนิคการหาค่าความสัมพันธ์ของสีในพื้นที่ติดกัน (CCR) มาใช้อย่างอิงข้อมูลเชิงตำแหน่งของสีที่ปรากฏภายในภาพ และใช้ในขั้นตอนการเปรียบเทียบความเหมือนกันของภาพ เพื่อให้ได้กลุ่มของภาพที่มีลักษณะการเกาะกลุ่มกันของสีที่คล้ายคลึง หรือ ใกล้เคียงกับภาพค่าถามที่ต้องการ
- 1.2.3 ประยุกต์ใช้กรรมวิธี SSIM มาใช้จัดลำดับความเหมือนของผลการค้นคืนเพื่อเพิ่มความถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.4 ประเมินประสิทธิภาพและวัดคุณภาพในเชิงปริมาณ รวมทั้งสรุปวิเคราะห์ผลลัพธ์จากการค้นคืนภาพของงานวิจัย

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

ภาพแผนที่อากาศในแต่ละชนิดนั้นมีลักษณะสีและรูปทรงวัตถุแตกต่างกันออกไป ซึ่งการใช้กรรมวิธี CCR ในการค้นคืนนั้น จำเป็นต้องเลือกขนาดบล็อกที่เหมาะสมในการค้นคืนภาพแต่ละชนิด เนื่องจากภาพแผนที่อากาศมีจำนวนสีที่แน่นอนแต่มีการปรากฏของสีที่มีขนาดและรูปแบบเฉพาะตัว ต่างจากภาพวัตถุทั่วไป ตลอดจนทั้งภาพที่ค้นคืนมาได้นั้นเมื่อแยกความแตกต่างด้วยสายตามนุษย์แล้วมีความคล้ายคลึงกับภาพคำถามมากน้อยแตกต่างกัน จึงเกิดแนวความคิดในการนำกรรมวิธีการวัดความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพ มาใช้ร่วมพิจารณาความเหมือนของภาพร่วมด้วยอีกทางหนึ่ง นอกจากนี้แล้ว การวัดประสิทธิภาพการค้นคืน จำเป็นต้องมีกรรมวิธีเฉพาะ เนื่องจากภาพแผนที่อากาศแต่ละภาพไม่สามารถใช้คำอธิบายเชิงความหมายทั่วไป (ดังเช่น ภาพรถยนต์, เครื่องบิน, ดอกไม้) เพื่อสื่อความหมายแทนภาพได้ จึงต้องสร้างกลวิธีสำหรับการจัดกลุ่มภาพเพื่อการวัดประสิทธิภาพการค้นคืน

ภายหลังจากการค้นคืนรูปภาพเสร็จสิ้น ภาพที่ได้จะถูกนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านอุตุนิยมวิทยาหนึ่งในนั้นก็นำไปใช้ในการพยากรณ์อากาศระยะสั้น โดยในการพยากรณ์อากาศล่วงหน้าระยะสั้น โดยผู้เชี่ยวชาญด้านอุตุนิยมวิทยานั้น เป็นการพยากรณ์โดยอยู่บนสมมุติฐานที่ว่าสภาพภูมิอากาศในช่วงเวลาถัดไปนั้นมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนักจากปัจจุบัน และการเปลี่ยนแปลงช่วงสั้นๆ ในฤดูหนึ่งๆ มักมีรูปแบบที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งสมมุติฐานนี้ สามารถนำมาใช้สร้างระบบการค้นคืนภาพแผนที่อากาศ ที่จัดเก็บรูปภาพแผนที่อากาศในปริมาณที่มากพอที่จะครอบคลุมทุกสภาพความเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศที่เป็นไปได้ เพื่อใช้ภาพเหล่านี้เป็นวัตถุดิบในการค้นคืนเพื่อการพยากรณ์ระยะสั้น

1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในงานวิจัยเพื่อการค้นคืนภาพแผนที่อากาศให้บรรลุผลตามวัตถุประสงค์นั้น ขึ้นแรกเกี่ยวข้องกับ ทฤษฎีแบบจำลองสีแบบ RGB ที่นำมาใช้สร้างฮิสโตแกรมสีของภาพแต่ละภาพ จากนั้นได้ใช้เทคนิค CCR สำหรับแยกคุณลักษณะภาพเชิงตำแหน่งของแต่ละกลุ่มสีในแต่ละภาพเพื่อการจัดเก็บและค้นคืน, ใช้กรรมวิธี SSIM ในการจัดเรียงผลการค้นคืนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการค้นคืนให้ดียิ่งขึ้น และในท้ายที่สุด นำภาพที่ค้นคืนได้มาจำแนกกลุ่มของภาพด้วยเวกเตอร์สเปซโมเดล เพื่อวัดประสิทธิภาพของการค้นคืน และเปรียบเทียบว่า การค้นคืนภาพแผนที่อากาศชนิดหนึ่งๆด้วยการใช้พารามิเตอร์ใด กับภาพชนิดต่างๆ ที่ให้ผลการค้นคืนที่มีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้จะทำการศึกษาและดำเนินการวิจัยเพื่อพิสูจน์ว่าการใช้เทคนิค CCR ร่วมกับการวัดความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพ ในการค้นคืนภาพจากฐานข้อมูลเพื่อการประกอบการพยากรณ์อากาศระยะสั้นนั้น สามารถทำการค้นคืนภาพที่มีลักษณะของการกระจายตัวของกลุ่มสีที่เหมือนกัน ได้ดีกว่าการเปรียบเทียบฮิสโตแกรม หรือการใช้ CCR เพียงอย่างเดียว และพิสูจน์ว่าค่าพารามิเตอร์ขนาดบล็อก ของ CCR ส่งผลต่อประสิทธิภาพการค้นคืนภาพแผนที่อากาศแต่ละชนิดต่างกันไป นอกจากนี้ ทำการพิสูจน์ว่าภาพถัดไปหนึ่งช่วงเวลาของผลการค้นคืนที่ได้นั้นสามารถนำไปใช้ประกอบในการพยากรณ์อากาศระยะสั้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.6 ขั้นตอนของการศึกษา

- 1.6.1 กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตของงานวิจัย ที่ต้องการนำเสนอหรือศึกษาในหัวข้อของงานวิจัยนี้มากน้อยแค่ไหนและอย่างไร
- 1.6.2 ศึกษาค้นคว้าทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการค้นคืนรูปภาพแบบเชิงเนื้อหา โดยใช้คุณลักษณะสีเป็นตัวแทนภาพ และวิเคราะห์ ข้อดี ข้อเสีย และประเด็นที่น่าสนใจของงานวิจัยอื่น ๆ ที่สามารถนำมาปรับปรุงและประยุกต์ใช้ เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์แก่งานวิจัยนี้ได้
- 1.6.3 ตั้งสมมุติฐานของการศึกษาและกำหนดวางแผนความคิดของงานวิจัย โดยมีการอ้างอิงทฤษฎีหรือหลักการที่เกี่ยวข้องเพื่อที่จะสามารถบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้
- 1.6.4 เตรียมฐานข้อมูลภาพ เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการวิจัย โดยฐานข้อมูลดังกล่าวนี้ประกอบไปด้วยภาพแผนที่อากาศสามชนิด ในปริมาณที่มากพอ เพื่อให้สามารถนำมาใช้ตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบที่วิจัยได้อย่างเหมาะสม
- 1.6.5 พัฒนาโปรแกรมเพื่อทดลองค้นคืนภาพจากฐานข้อมูล ด้วยอัลกอริทึมตามแนวคิดที่งานวิจัยนี้ได้นำเสนอ
- 1.6.6 ทำการทดลองค้นคืนภาพโดยใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมา กับฐานข้อมูลรูปภาพที่ได้จัดเตรียมไว้ โดยในขณะที่ทำการทดลองนั้นจะเก็บข้อมูลและผลลัพธ์ของทุก ๆ ขั้นตอนเอาไว้ เพื่อนำมาวิเคราะห์ปรับปรุงงานวิจัยต่อไป
- 1.6.7 นำผลลัพธ์จากการทดลองมาวิเคราะห์ และประเมินงานวิจัย ทั้งในแง่ของคุณภาพ และประสิทธิภาพ แล้วสรุปผลเพื่อนำมาเสนอผลงานวิจัย

1.7 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่

- 1.7.1 เครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กใช้หน่วยประมวลผลกลาง Intel Core 2 Duo 2.0 GHz
- เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยความจำ (RAM) 2 GB จำนวน 1 เครื่อง

1.7.2 ระบบปฏิบัติการวินโดวส์ XP พร้อมระบบจัดการฐานข้อมูล Postgres

1.7.3 โปรแกรม Python เวอร์ชัน 2.5 และไลบรารีที่เกี่ยวข้องในงาน Image processing

1.8 โครงสร้างของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็น 6 บท แต่ละบทประกอบด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา สมมุติฐานของการศึกษา รวมทั้งทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการศึกษา ขอบเขตของการศึกษา และขั้นตอนของการศึกษา

บทที่ 2 กล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวกับการใช้คุณลักษณะสีในการค้นคืนภาพ การใช้งาน CCR การวัดความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพ

บทที่ 3 กล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ได้แก่ การได้มาของภาพแผนที่อากาศ แบบจำลองสี ฮิสโตแกรมสี CCR ความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพ กรรมวิธีการเปรียบเทียบความแตกต่างของภาพ และการวัดประสิทธิภาพของระบบการค้นคืน

บทที่ 4 กล่าวถึงขั้นตอนการเตรียมข้อมูลสำหรับงานวิจัยนี้ ขั้นแรกเริ่มจากการหาค่าฮิสโตแกรมสีของภาพ การคำนวณค่า CCR การหาค่าค่าดัชนีความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพและขั้นตอนในการค้นคืนภาพ

บทที่ 5 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง ข้อเสนอแนะ และแนวทางในการพัฒนาระบบการค้นคืนภาพต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการค้นคืนภาพ และภาพแผนที่อากาศ

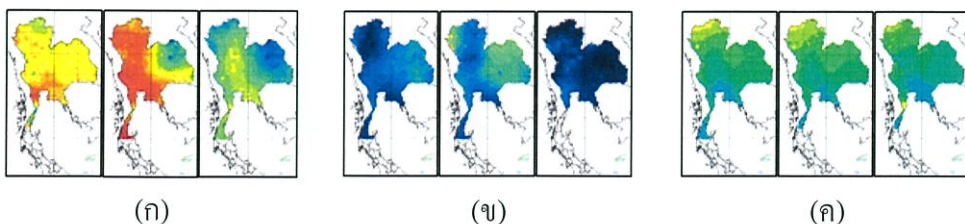
งานวิจัยทางการค้นคืนภาพในปัจจุบันมีหลากหลายกรรมวิธี ซึ่งแต่ละกรรมวิธีมีข้อดีข้อเสีย และความเหมาะสมในการใช้งานต่างกันออกไป โดยส่วนใหญ่แล้วนิยมใช้คุณลักษณะพื้นฐานของรูปภาพอันได้แก่ สี (Color), พื้นผิว (Texture) และ รูปร่าง (Shape) มาใช้อธิบายภาพ ซึ่งคุณลักษณะเหล่านี้เป็นการค้นหารูปภาพแบบอิงเนื้อหา (Content Based Image Retrieval: CBIR) โดยเฉพาะคุณลักษณะสีเป็นคุณลักษณะที่นิยมใช้ในการเป็นตัวแทนของภาพ เนื่องจากสีเป็นข้อมูลอย่างหนึ่งที่มนุษย์สามารถรับรู้และแยกความแตกต่างได้เป็นอย่างดี

ปัญหาที่สำคัญในการสร้างระบบค้นคืนรูปภาพแบบอิงเนื้อหา คือ ต้องเลือกใช้คุณลักษณะพื้นฐานของภาพ ที่สามารถเป็นตัวแทนภาพได้ใกล้เคียงมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ซึ่งสิ่งนี้เป็นเรื่องที่ต้องพิจารณาเป็นครั้งแรกหากภาพที่ต้องการใช้งานนั้นเป็นภาพที่มีลักษณะนอกเหนือจากรูปภาพปกติ หรือเป็นภาพเฉพาะทาง เช่น ภาพถ่ายทางการแพทย์, ภาพถ่ายดาวเทียม หรือ ภาพแผนที่อากาศ ดังที่งานวิจัยนี้ได้นำเสนอ ดังนั้นจึงต้องเลือกใช้คุณลักษณะที่เหมาะสมกับภาพเพื่อให้ได้การค้นคืนที่มีประสิทธิภาพ

ในบทนี้จะกล่าวถึงลักษณะทั่วไปของภาพแผนที่อากาศ การใช้ค่าความสัมพันธ์ของพื้นที่สีที่ติดกัน (Color Connected Region: CCR) การวัดค่าดัชนีความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพ (Structural Similarity Index: SSIM index) การใช้เวกเตอร์สเปซโมเดล (Vector Space Model) และการวัดประสิทธิภาพของระบบค้นคืนรูปภาพ

2.1 ภาพแผนที่อากาศ (Weather Map Image)

ภาพแผนที่อากาศเป็นภาพกราฟิกที่นำเสนอข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาของพื้นที่หนึ่งๆบนพื้นโลก โดยส่วนใหญ่ภาพแผนที่อากาศมักใช้แผนที่ทางภูมิศาสตร์ร่วมกับการใช้สีและลายเส้น ในการนำเสนอข้อมูลที่เกี่ยวข้องในช่วงเวลาหนึ่งๆ ซึ่งข้อมูลเหล่านั้นอาจได้มาจากแหล่งข้อมูลหลายชนิด คำนวณร่วมกันเพื่อสร้างเป็นภาพขึ้นมา นักอุตุนิยมวิทยาจะใช้ ข้อมูลต่างๆที่ปรากฏในภาพแผนที่อากาศช่วยในการพยากรณ์อากาศหรือใช้ในวัตถุประสงค์ทางการคำนวณอื่นๆ



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างภาพแผนที่อากาศประเทศไทย (ก) อุณหภูมิ, (ข) ความชื้น, (ค) ความกดอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิใช่เผยแพร่ให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.1 แสดงตัวอย่างภาพแผนที่อากาศชนิดต่างๆ ซึ่งภาพที่ได้จากการกลไลการผลิตจะถูกระบุชนิดของภาพ รวมไปถึงวันเวลาของข้อมูลที่ปรากฏในภาพแนบรูปไปกับตัวภาพ โดยลักษณะการเกิดสีของภาพแผนที่อากาศแต่ละชนิดจะมีลักษณะการเกิดสีที่แตกต่างกันออกไปตามธรรมชาติของค่าที่นำเสนอ อาทิเช่นภาพแผนที่อุณหภูมิอากาศ จะเป็นกลุ่มสีที่กระจุกกระจายทั่วทั้งประเทศ และสีมีการเปลี่ยนแปลงที่ฉับพลันในช่วงเวลาต่างๆ และมีความแตกต่างกันในแต่ละช่วงของฤดู โดยสเกลสีที่ใช้จะใช้โทนสีแดงเพื่อสื่อถึงค่าอุณหภูมิสูง ไล่ไปเป็นสีส้ม, เหลือง, ฟ้า และ โทนสีน้ำเงินเพื่อสื่อถึงอุณหภูมิต่ำ ในขณะที่ภาพแผนที่ความชื้นอากาศ มีลักษณะการเกิดของสีที่เป็นกลุ่มสีเล็กและย่อยคล้ายภาพแผนที่อุณหภูมิ เนื่องจากความชื้นเปลี่ยนแปลงได้อย่างรวดเร็วแต่จะมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ไม่เด่นชัดนักเท่ากับภาพแผนที่อุณหภูมิ จึงจะเห็นได้ว่ากลุ่มสีในภาพจะมีปริมาณสีไม่มาก มีจำนวนกลุ่มสีเล็กๆ หลายกลุ่มที่เกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่ มีทั้งกระจุกกระจายและเกาะกลุ่มกัน โดยสเกลสีที่ใช้จะใช้โทนสีน้ำเงินเข้มแทนค่าในช่วงความชื้นสูง และ โทนสีฟ้าอ่อนแทนค่าในช่วงความชื้นต่ำ และสุดท้ายคือ ภาพแผนที่ความกดอากาศที่มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางสีและกลุ่มสีไม่มากนัก เป็นไปตามธรรมชาติของความกดอากาศที่มีลักษณะค่อนข้างคงที่ในช่วงระยะเวลาานาน ซึ่งหากพิจารณาภาพแผนที่อากาศในแต่ละวันจะเห็นความเปลี่ยนแปลงน้อยมาก กลุ่มสีในภาพจะเป็นกลุ่มใหญ่ที่ไม่กระจุกกระจายและมีจำนวนสีเพียงไม่กี่สี โดยสเกลสีที่ใช้จะใช้โทนเหลืองแทนความหมายค่าความกดอากาศสูง และใช้โทนเขียวอ่อนแทนค่าความหมายถึงความกดอากาศต่ำ

2.2 การค้นคืนภาพ

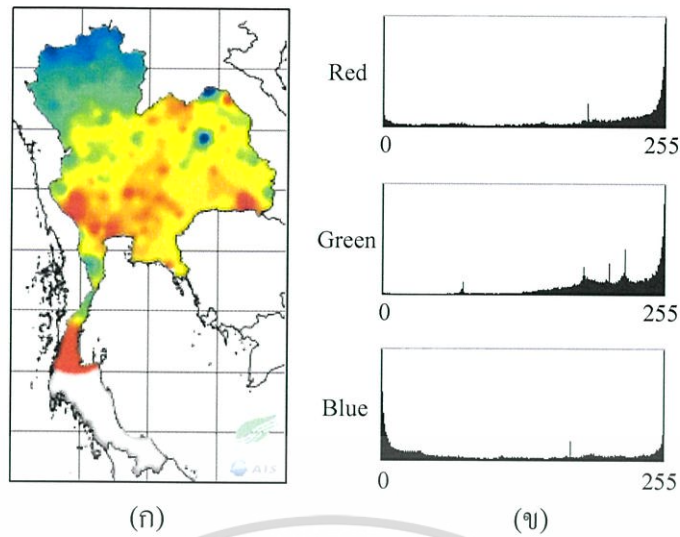
ภาพแผนที่อากาศจะใช้สีแต่ละสีเป็นตัวแทนช่วงของค่าที่กำหนด โดยภาพแผนที่อากาศแต่ละชนิดจะให้ข้อมูลในรูปแบบสีที่แตกต่างกัน ซึ่งในการค้นคืนภาพที่มีลักษณะใกล้เคียงกับภาพคำถามนั้น ดังนั้นจึงสามารถใช้คุณลักษณะพื้นฐานเช่นสี ในการค้นคืนภาพได้ คุณลักษณะของสีที่นิยมใช้กันแพร่หลายคือ คุณลักษณะสีจากฮิสโตแกรมสี โดยการสร้างฮิสโตแกรมสีขึ้นจากภาพ จากนั้นจึงทำการเปรียบเทียบเพื่อค้นหาภาพที่มีฮิสโตแกรมสีใกล้เคียงกับภาพคำถามมากที่สุด สิ่งที่เป็นตัวกำหนดประสิทธิภาพของการค้นคืน นอกจากการเลือกคุณลักษณะแทนภาพที่เหมาะสมแล้ว เทคนิคในการเปรียบเทียบคุณลักษณะยังเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญอีกด้วย

2.2.1 การค้นคืนภาพด้วยฮิสโตแกรมสี

เทคนิคการเปรียบเทียบฮิสโตแกรมที่นิยมใช้ได้แก่การวัดความสัมพันธ์ของการตัดกันของฮิสโตแกรม (Histogram Intersection) ซึ่งพัฒนาโดย Swain และ Ballard [1] ปัจจุบันใช้กันมากในระบบ CBIR เนื่องจากต้องการการคำนวณที่ไม่ซับซ้อน ทำให้ใช้เวลาในการประมวลผลค่อนข้างเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้








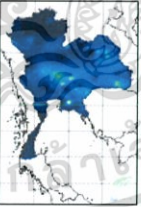
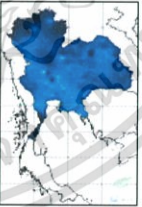
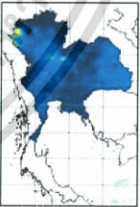
สั้น อีกทั้งฮิสโตแกรมสีจะไม่เปลี่ยนแปลงไปตามทิศทางการหมุน หรือ มุมมองที่เปลี่ยนไปของภาพ เนื่องจากการเปลี่ยนมุมมองจะไม่ส่งผลให้จำนวนพิกเซลรวมของแต่ละระดับสีเกิดการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นฮิสโตแกรมจึงเสมือนเป็นฟังก์ชันที่ใช้ในการอธิบายความน่าจะเป็นของสีที่ปรากฏอยู่ในภาพ การหาค่าฮิสโตแกรมสามารถทำได้โดยนับจำนวนพิกเซลทั้งหมดที่อยู่ในระดับความเข้มแสงนั้นๆ สามารถทำได้ทั้งภาพระดับสีเทาและภาพสี โดยฮิสโตแกรมสีสำหรับภาพที่ใช้แบบจำลองสี RGB จะประกอบด้วยฮิสโตแกรม 3 ฮิสโตแกรม คือ ฮิสโตแกรมสีแดง เขียว และน้ำเงิน ดังแสดงในรูปที่ 2.2

เทคนิคการนำฮิสโตแกรมสีมาใช้ในการค้นคืนภาพได้ถูกพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง ดังในงานวิจัยของ Stricker และ Orengo [2] ที่ได้ปรับปรุงเทคนิคเดิมของ Swain และ Ballard โดยใช้การสะสมของฮิสโตแกรมสีในแบบจำลองสี HSV และในงานวิจัยของ Pass และ Zabih [3] ได้ปรับปรุงการเปรียบเทียบฮิสโตแกรมด้วยการใช้ Color Coherence Vector เป็นต้น ซึ่งในหลายงานวิจัยที่ใช้คุณลักษณะทางฮิสโตแกรมสีในการค้นคืนนั้น ล้วนพบว่าฮิสโตแกรมสีมีข้อด้อยที่ไม่สามารถให้ข้อมูลในเชิงตำแหน่งของสีได้ หากแต่เป็นข้อด้อยที่ยอมรับได้ในกรณีที่เป็นภาพทั่วไปที่มีสีสันทลากรูปแบบ มีวัตถุปรากฏในภาพที่การรับรู้ทางสายตาของมนุษย์สามารถตัดสินใจได้ว่ามีความเหมือนหรือต่างกัน ในขณะที่ภาพแผนที่อากาศนั้นต่างออกไป ดังแสดงในรูปที่ 2.3 ภาพแผนที่อากาศเป็นภาพที่มีจำนวนมหาศาลแต่เป็นภาพที่มีมุมมองเพียงลักษณะเดียว อีกทั้งสีที่ปรากฏในภาพมีจำนวนจำกัดและกลุ่มสีที่ปรากฏในภาพมีความหมายทั้งในเชิงตัวเลขและตำแหน่งการเกิดสี ทำให้การเลือกใช้ฮิสโตแกรมสีเป็นตัวแทนภาพเพียงอย่างเดียวในการค้นคืนไม่สามารถตอบสนองตามเงื่อนไขดังกล่าวได้ ดังนั้นเพื่อให้การค้นคืนภาพแผนที่อากาศมีประสิทธิภาพดีขึ้น ในงานวิจัยนี้จึงนำเทคนิคการหาความสัมพันธ์ของสีในพื้นที่ติดกัน (CCR) มาประยุกต์ใช้เพื่อชดเชยในส่วนของข้อมูลเชิงตำแหน่งของสี เนื่องจาก CCR สามารถจำแนกสีแต่ละสีที่ปรากฏอยู่แต่ละตำแหน่งในภาพได้ โดยแบ่งแต่ละสีออกเป็นกลุ่มแยกจากกัน และทำการวัดความคล้ายคลึงจำแนกเป็นกลุ่มๆ จึงทำให้ประสิทธิภาพการค้นคืนสูงขึ้นกว่าการใช้ฮิสโตแกรมสีเพียงอย่างเดียว



รูปที่ 2.2 ฮิสโตแกรมของภาพสี

(ก) ภาพสีในแบบจำลองสี RGB (ข) ฮิสโตแกรมของสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน

Query image	Retrieved Image			
				
Natural image	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Relevance	Relevance	Not Relevance	Not Relevance
				
Weather map image	?	?	?	?

รูปที่ 2.3 การตัดสินความเหมือนของภาพ ในมุมมองของมนุษย์

2.2.2 วิธีการแยกตัวประกอบค่าซิงกูลาร์สองมิติ (Two-dimensional Singular Value Decomposition :2dSVD)

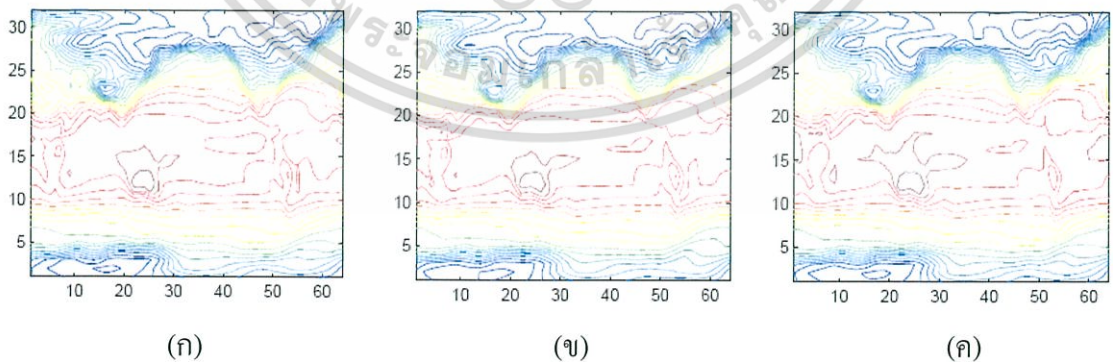
ในงานวิจัยของ Ding และ Ye [15] ได้นำเสนอการปรับปรุงการใช้วิธีการแยกตัวประกอบค่าซิงกูลาร์ (SVD) ในลักษณะรูปแบบสองมิติ เพื่อใช้เป็นตัวแทนที่สะท้อนถึงข้อมูลสองมิติ อาทิเช่น รูปภาพแผนที่อากาศหรือรูปภาพทั่วไป ซึ่งการใช้งานโดยส่วนใหญ่แล้วมักใช้เพื่อการบีบอัดข้อมูล เอกสารเป็นเอกสารที่สงวนเวลาสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับแต่เห็นนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปภาพและใช้ในการนำเสนอข้อมูลแทนตัวรูปภาพ สำหรับกรรมวิธีการแยกตัวประกอบค่าซิงกูลาร์สองมิตินั้น จะเป็นการนำภาพอินพุตมาสร้างเป็นข้อมูลเชิงเมตริกซ์ จากนั้นจึงทำการแยกตัวประกอบของเมตริกซ์ข้อมูลอินพุตให้อยู่ในรูปผลคูณของเมตริกซ์สามเมตริกซ์ ซึ่งประกอบไปด้วยเมตริกซ์เชิงตั้งฉากปรกติ (Orthonormal matrix) สองเมตริกซ์ และเมตริกซ์ทแยงมุม (Diagonal matrix) หนึ่งเมตริกซ์ ซึ่งเมตริกซ์นี้จะเป็นค่าซิงกูลาร์ที่เป็นตัวแทนของเมตริกซ์อินพุต และมีขนาดเล็กกว่าเมตริกซ์อินพุต โดยค่าซิงกูลาร์สองมิตินี้สามารถนำไปวัดความเหมือนเทียบกับค่าอื่นๆได้ โดยการเปรียบเทียบวัดระยะทางแบบยูคลิด (Euclidean Distance) อีกทั้งการบีบอัดข้อมูลคือการจัดเก็บค่าซิงกูลาร์สองมิติที่มีขนาดเล็กนี้แทนการจัดเก็บข้อมูลอินพุตจากภาพทั้งภาพ

จากรูปที่ 2.4 ภาพในแถวบนแสดงถึงข้อมูลอินพุตก่อนที่จะถูกนำไปหาค่าซิงกูลาร์สองมิติ และภาพในแถวล่าง แสดงถึงภาพที่ได้จากการนำค่าซิงกูลาร์สองมิติไปสร้างกลับคืนเป็นภาพ ซึ่งจะเห็นได้ว่า รายละเอียดต่างๆจะถูกลดทอนลงไปตามพารามิเตอร์ขนาดของเมตริกซ์ซิงกูลาร์ที่ได้เลือกใช้



รูปที่ 2.4 ภาพอินพุต (ภาพแถวบน) และภาพที่ถูกสร้างจากค่าซิงกูลาร์สองมิติ (ภาพแถวล่าง)



รูปที่ 2.5 ภาพแผนที่อุณหภูมิ (ก) ภาพต้นฉบับที่สร้างจากข้อมูลอินพุตขนาด 32×64
 (ข) ภาพที่ถูกสร้างจากค่าซิงกูลาร์สองมิติ ขนาด 4×8
 (ค) ภาพที่ถูกสร้างจากค่าซิงกูลาร์สองมิติ ขนาด 8×16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.5 แสดงตัวอย่างภาพภาพแผนที่อุณหภูมิ ที่ถูกสร้างจากข้อมูลต่างชนิดกัน โดยในภาพแรก เป็นภาพที่สร้างจากข้อมูลต้นฉบับที่มีขนาดเมตริกซ์ 32×64 จากนั้นนำข้อมูลเมตริกซ์ดังกล่าวนี้นำมาหาค่าซิงกูลาร์สองมิติที่ขนาดต่างกันแล้วนำค่าซิงกูลาร์ที่ได้ดังกล่าวไปสร้างภาพเพื่อเทียบกับภาพที่ได้จากข้อมูลต้นฉบับ จะเห็นได้ว่า ภาพที่ถูกสร้างขึ้นมานั้นจะมีลักษณะที่ผิดเพี้ยนอยู่ในบางพื้นที่ เนื่องจากการหาค่าซิงกูลาร์สองมิตินี้อยู่บนพื้นฐานของการประมาณค่า

ข้อดีของการใช้วิธีการแยกตัวประกอบค่าซิงกูลาร์สองมิติ นั้นคือสามารถคัดแยกคุณลักษณะภาพให้อยู่ในรูปแบบของเมตริกซ์ที่มีขนาดเล็กกว่าข้อมูลต้นฉบับ อีกทั้งยังสามารถนำไปวัดค่าความเหมือนด้วยการหาระยะทางแบบยุคลิด ที่มีมากมายหลายกรรมวิธีได้ แต่ข้อจำกัดของวิธีการแยกตัวประกอบค่าซิงกูลาร์สองมิติ คือ ค่าตัวประกอบของซิงกูลาร์จะมีจำนวนมากขึ้นตามพารามิเตอร์ขนาดที่เลือกใช้ ซึ่งหากเลือกใช้ที่ขนาดใหญ่จะใช้เวลาในการคำนวณสูง และถ้าหากใช้ที่ขนาดเล็กก็จะทำให้ค่าซิงกูลาร์ที่ได้มีความผิดเพี้ยนหรือคลาดเคลื่อนจากค่าต้นฉบับอยู่มาก นอกจากนี้แล้ว สำหรับภาพแผนที่อากาศที่เป็นการสร้างภาพกราฟิกจากค่าตัวเลขทางอุตุนิยมวิทยานั้น หากจำเป็นต้องประยุกต์วิธีการแยกตัวประกอบค่าซิงกูลาร์กับภาพดังกล่าว จำเป็นต้องประยุกต์ใช้กับค่าทางอุตุนิยมวิทยาหรือข้อมูลตั้งต้นจึงจะเหมาะสมกว่าการอ่านค่าจากภาพ เนื่องจากการอ่านค่าจากภาพจะทำให้ได้รับข้อมูลมากเกินไปจนความจำเป็น (จำนวนข้อมูลเท่ากับจำนวนพิกเซลในภาพ) จึงไม่เหมาะที่จะใช้กับระบบที่ข้อมูลอินพุตมีเฉพาะภาพเพียงอย่างเดียวในระบบ

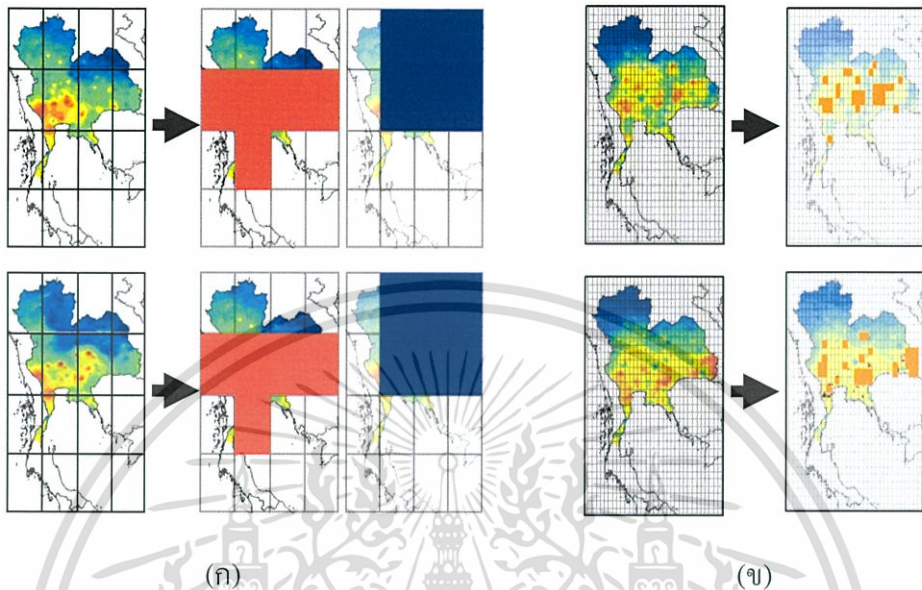
2.2.3 ความสัมพันธ์ของสีในพื้นที่ติดกัน (Connected Color Region: CCR)

ในงานวิจัยของ Kim และ Han [6] ได้นำเสนอเทคนิคการจับคู่ภาพเพียงบางส่วนในภาพ (Partial Image Matching) ที่ใช้เทคนิคการหาความสัมพันธ์ของสีในพื้นที่ติดกัน โดยการแบ่งภาพออกเป็น ส่วนย่อยหลายๆส่วน และจำแนกคุณลักษณะของภาพออกเป็นกลุ่มของสี, หาค่าความหนาแน่นของแต่ละกลุ่มสี และค่าความเป็นไปได้ของสีที่ปรากฏร่วม เป็นคุณลักษณะเพิ่มเติมนอกเหนือจากการใช้ฮิสโตแกรมสีเพียงอย่างเดียว เนื่องจากการใช้ฮิสโตแกรมสีเพียงอย่างเดียวเป็นการจำแนกสีแต่ละสีโดยภาพรวม ไม่มีการพิจารณาว่าสีหนึ่งๆนั้น สามารถปรากฏเป็นกลุ่มย่อยๆ ในตำแหน่งที่ต่างกัน ในภาพได้ ไม่สามารถอ้างอิงข้อมูลเชิงตำแหน่งของสีที่ปรากฏในภาพได้ ในขณะที่การใช้ CCR นั้น จำแนกสีแต่ละสีที่ปรากฏอยู่ภาพ แบ่งออกเป็นกลุ่มแยกจากกัน และทำการวัดความคล้ายคลึงจำแนกเป็นกลุ่มๆ จึงทำให้ประสิทธิภาพการค้นคืนสูงเกินกว่าการใช้ฮิสโตแกรมสีเพียงอย่างเดียว

ข้อดีของการใช้งาน CCR นอกจากให้ข้อมูลเชิงตำแหน่งของสีที่ปรากฏในภาพแล้ว CCR ยังสามารถใช้งานได้ดีโดยไม่ได้รับผลกระทบใดๆ ต่อการหมุนของภาพ (Rotation) และการย่อขยาย (Scaling) แต่ข้อจำกัดของการใช้งาน CCR นั้น คือการเลือกขนาดของภาพย่อยที่ทำการแบ่งว่าควรมีขนาดเท่าใด จึงจะทำให้ประสิทธิภาพการค้นคืนสูงที่สุด โดยเมื่อเลือกขนาดของภาพย่อยมีขนาดใหญ่ ทำให้แบ่งภาพเป็นจำนวนน้อย ส่วนการเลือกขนาดของภาพย่อยขนาดเล็กจะทำให้ต้องแบ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพเป็นจำนวนมากขึ้น ตัวอย่างเช่นการแบ่งภาพออกเป็น 8×8 , 16×16 หรือ 32×32 ภาพย่อย เนื่องจากการแบ่งภาพออกเป็นส่วนย่อยนี้ นอกจากมีผลกระทบต่อตรงต่อเวลาในการคำนวณและพื้นที่ในการจัดเก็บข้อมูลแล้ว ปัญหาสำคัญคือ



รูปที่ 2.6 การเลือกจำนวนภาพย่อยที่ไม่เหมาะสมกับลักษณะรูปภาพ

(ก) การเลือกจำนวนภาพย่อยน้อยเกินไป (ข) การเลือกจำนวนภาพย่อยมากเกินไป

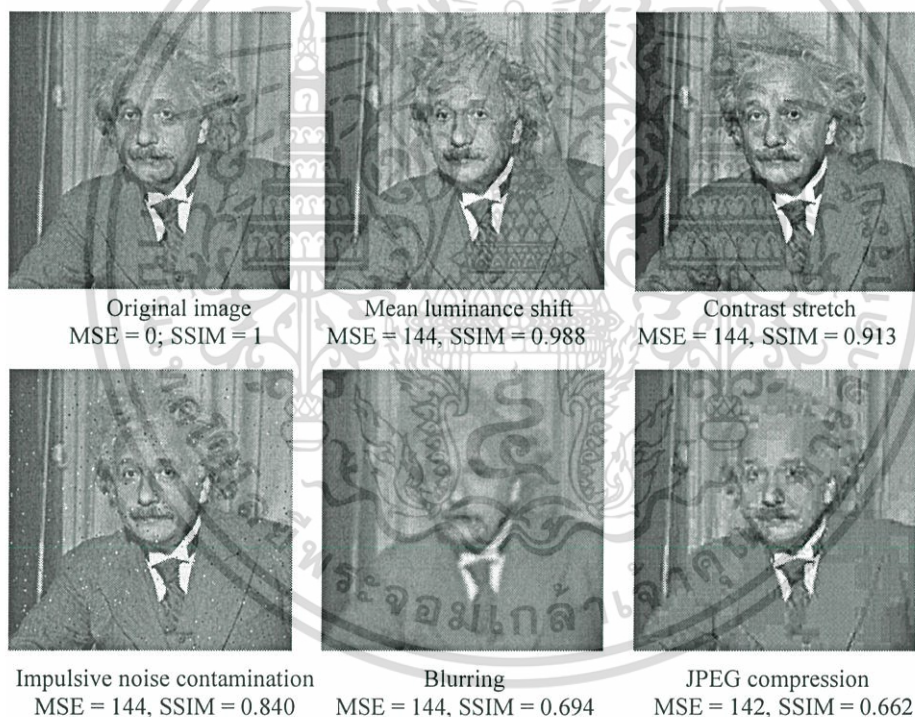
- ถ้าจำนวนภาพย่อยมีปริมาณที่น้อยเกินไป นั่นคือ บล็อกที่แบ่งมีขนาดใหญ่ จะทำให้การจำแนกกลุ่มสีมีจำนวนจำกัดและไม่ชัดเจน ดังแสดงในรูปที่ 2.6 (ก) ที่เลือกจำนวนภาพย่อยขนาด 4×4 ภาพในการจำแนกกลุ่มสี จะทำให้กลุ่มสีที่เป็นตัวแทนภาพของทั้งสองภาพในตัวอย่าง คือกลุ่มสีส้ม และกลุ่มสีน้ำเงิน ของทั้งสองภาพคล้ายคลึงกันทั้งที่ภาพต่างกัน
- การเลือกใช้จำนวนภาพย่อยปริมาณมากเกินไปจะทำให้กลุ่มสีที่ได้ มีปริมาณมาก ก่อให้เกิดโอกาสที่กลุ่มสีจะมีโอกาสคล้ายคลึงกันได้ ทั้งที่ตำแหน่งสีในภาพแตกต่างกัน ดังแสดงใน รูปที่ 2.6 (ข) ที่เลือกจำนวนภาพย่อยขนาด 32×32 บนภาพที่มีกลุ่มสีปรากฏจำนวนมากและกระจายทั่วภาพ ก่อให้เกิดกลุ่มสีที่มีจำนวนกลุ่มเท่ากัน ความหนาแน่นสีใกล้เคียงกัน แต่ตำแหน่งที่เกิดสีต่างกัน

ดังนั้นการเลือกจำนวนภาพย่อยให้เหมาะสมกับลักษณะภาพที่ต้องการค้นคืน ย่อมส่งผลต่อประสิทธิภาพการค้นคืนด้วยกรรมวิธี CCR โดยตรง ซึ่งรายละเอียดของการทำงานจะอธิบายในบทที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ค่าดัชนีความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพ (Structural Similarity Index: SSIM index)

Wang และ Bovik [7] ได้นำเสนอ การหาค่าดัชนีความเหมือนทางโครงสร้างของภาพ ในการวัดคุณภาพของภาพ ว่าภาพหนึ่งๆนั้น มีความบิดเบือน (Distortion) ไปจากภาพอ้างอิงมากน้อยแค่ไหน โดยหลักการของการวัดความเหมือนทางโครงสร้างภาพนั้น ยึดถือในระบบมองเห็นของมนุษย์ (Human Visual System: HVS) ในแง่ที่ว่าสายตาของมนุษย์นั้นไวต่อความบิดเบือนของโครงสร้างวัตถุที่ปรากฏในภาพได้มากกว่าความบิดเบือนชนิดอื่นๆที่ปรากฏในภาพ จึงทำให้การหาค่าดัชนีความเหมือนทางโครงสร้างภาพนี้ เป็นการวัดความบิดเบือนด้านโครงสร้าง (Structural distortion) ร่วมกับ ความบิดเบือนอื่นๆ นั่นคือ ความบิดเบือนด้านความสว่าง (Luminance distortion) และ ความบิดเบือนด้านระดับความต่างความเข้มแสง (Contrast distortion) ว่าโดยรวมนั้นมีความบิดเบือนแตกต่างไปจากภาพต้นฉบับมากน้อยเท่าใด



รูปที่ 2.7 ตัวอย่างภาพที่มีค่า MSE ใกล้เคียงกัน แต่หากมองด้วยมุมมองมนุษย์ และวัดค่าดัชนีความเหมือนทางโครงสร้างภาพ แล้วมีความแตกต่างกัน

การใช้งานค่าดัชนีความเหมือนทางโครงสร้างภาพ ในการวัดคุณภาพของภาพนั้น สามารถวัดคุณภาพของภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ และให้ผลการวัดที่ดีกว่ากรรมวิธีทั่วไป ซึ่งอาศัยการหาค่าความแตกต่างด้วย Mean Squared Error (MSE) ซึ่งเป็นการวัดค่าในเชิงตัวเลขเพียงอย่างเดียวไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิงตามระบบการมองเห็นของมนุษย์ ทำให้ค่าการวัดคุณภาพที่ได้ออกมาบางครั้งไม่ตรงตามความเห็นของมนุษย์ซักเท่าไรนัก ดังแสดงใน รูปที่ 2.7

ข้อดีของการวัดความเหมือน โดยใช้ค่าดัชนีความเหมือนทางโครงสร้างภาพ นั่นคือผลการวัดค่าความเหมือนมีความสอดคล้องกับระบบการมองเห็นของมนุษย์สูง แต่ข้อจำกัดที่เห็นได้ชัดคือ การหาค่าดัชนีความเหมือนทางโครงสร้างภาพนั้น เป็นการเปรียบเทียบระหว่างภาพสองภาพในทุกตำแหน่งพิกเซลในภาพ ไม่ใช่กรรมวิธีที่คัดแยกคุณลักษณะที่ต้องการออกมาจากภาพ ทำให้การเปรียบเทียบความเหมือนนั้นต้องเทียบทุกตำแหน่งของภาพต้นฉบับ กับทุกตำแหน่งของภาพที่ปรากฏอยู่ในฐานข้อมูลรูปภาพ นอกจากนี้ยังต้องคำนวณค่าที่ใช้ในการเปรียบเทียบหลากหลาย เช่น ค่าความสว่าง ค่าระดับความแตกต่างของความเข้มแสง และโครงสร้างของค่าความเข้มแสง จึงทำให้ใช้เวลาในการค้นคืนสูงมาก นอกจากนี้แล้วการวัดดัชนีความเหมือนทางโครงสร้างภาพ เป็นการวัดใน Spatial Domain ที่ได้รับผลกระทบมากในการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ อาทิเช่น การย้ายตำแหน่ง (translation), การย่อขยาย (scaling) หรือการ หมุนภาพ (rotation) [8] จึงทำให้การวัดค่าดัชนีความเหมือนทางโครงสร้างภาพ ไม่เหมาะสมกับการเปลี่ยนแปลงในลักษณะดังกล่าว

2.4 การใช้เวกเตอร์สเปซโมเดล (Vector Space Model)

เวกเตอร์สเปซโมเดล เป็นโมเดลด้านพีชคณิต [12] ที่ใช้ เวกเตอร์ เป็นตัวแทนข้อมูล โดยส่วนใหญ่มักใช้ในงานค้นคืนข้อมูล (Information Retrieval) ที่เป็นการจัดการเกี่ยวกับเอกสาร หรือข้อมูลอื่นๆ เพื่อประโยชน์ในการเปรียบเทียบ ค้นคืน, ทำดัชนีและเรียงลำดับความเกี่ยวข้องกัน ในส่วนของการหาความคล้ายคลึงของเอกสารนั้น แนวคิดของเวกเตอร์สเปซโมเดล คือการนำข้อมูลที่ปรากฏในเอกสารมาสร้างเป็นเวกเตอร์ จากนั้นจึงทำการเปรียบเทียบมุมระหว่างเวกเตอร์ ซึ่งถ้าเวกเตอร์สองเวกเตอร์มีทิศทางไปในทางเดียวกัน (มุมของเวกเตอร์ทั้งสองมีองศาใกล้กันหรือประชิดกัน) ย่อมหมายความว่า เอกสารของทั้งสองมีความคล้ายคลึงกัน

ข้อดีในการใช้เวกเตอร์สเปซโมเดล ในงานค้นคืนข้อมูล คือใช้การคำนวณที่ไม่ซับซ้อนและความเกี่ยวข้องของเอกสารที่ค้นคืนได้นั้นมีความเกี่ยวข้องกับประโยคคำถามสูง แต่ไม่เหมาะสมกับเอกสารขนาดใหญ่ และค่าค้นที่ใช้ จำเป็นต้องตรงกับข้อความที่ปรากฏในเอกสารที่ต้องการค้นคืนอย่างตรงตัว อีกทั้งลำดับของคำที่ปรากฏในเอกสารนั้น ไม่มีผลต่อการค้นคืน

ในลักษณะงาน CBIR นั้น เป็นการยากที่จะนำเวกเตอร์สเปซโมเดล มาประยุกต์ใช้เพื่อการค้นคืนเนื่องจากจำเป็นต้องสร้างนิยามของเวกเตอร์ว่าประกอบไปด้วยคุณลักษณะใดบ้างจากรูปภาพ โดยในงานวิจัยที่นำ เวกเตอร์สเปซโมเดล ไปประยุกต์ใช้ใน CBIR เพียงเพื่อหาค่าความเกี่ยวข้องกันของเอกสารที่ตอบสนองโดยผู้ใช้ (Relevance feedback :RF) [9] แต่ทั้งนี้ ในงานวิจัยฉบับนี้สามารถประยุกต์ใช้ เวกเตอร์สเปซโมเดล ในการเทียบความเหมือนของภาพเพื่อร่วมในการวัดประสิทธิภาพการค้นคืนได้ เนื่องจากภาพแผนที่อากาศนั้นมีความแตกต่างจากภาพทั่วไป ตรงที่สีในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพเป็นตัวแทนค่าตัวเลขที่มีความหมายบนพื้นที่หนึ่งๆ ซึ่งค่าตัวเลขเหล่านี้สามารถนำไปนิยามเป็นเวกเตอร์ได้ แต่ข้อเสียในการใช้งานคือ ไม่สามารถให้ข้อมูลเชิงตำแหน่งของสิ่งที่ปรากฏในภาพได้ เช่นเดียวกับการใช้ฮิสโตแกรมสี ซึ่งรายละเอียดในการสร้างเวกเตอร์จะกล่าวในบทที่ 3 และสาเหตุที่นำเวกเตอร์สเปซ โมเดล มาใช้ร่วมในการวัดประสิทธิภาพการค้นคืน จะกล่าวรายละเอียดในบทที่ 4 ต่อไป

2.5 การวัดประสิทธิภาพของระบบค้นคืนรูปภาพ

ในการวัดประสิทธิภาพของระบบค้นคืนรูปภาพ ส่วนใหญ่นิยมใช้การหาค่าความแม่นยำและการเรียกคืน (Precision and Recall) ในการวัดผล ซึ่งหลักการของการหาค่าความแม่นยำ คือการหาอัตราส่วน ของจำนวนภาพที่เกี่ยวข้องที่ค้นคืนมาได้ เทียบกับจำนวนที่ค้นคืนมาได้ทั้งหมด และการหาค่าการเรียกคืน คือ การหาอัตราส่วนของภาพที่เกี่ยวข้องที่ค้นคืนมาได้ เทียบกับภาพที่เกี่ยวข้องทั้งหมดในฐานข้อมูล ซึ่งจากหลักการนี้ ในเบื้องต้นจำเป็นที่จะต้องจำแนกภาพต่างๆ ให้เป็นกลุ่มหรือให้ความหมายแก่ภาพเหล่านั้นอย่างชัดเจน เพื่อที่จะได้ระบุว่า ภาพใดๆ ภาพหนึ่ง เป็นภาพที่มีความเกี่ยวข้อง (Relevance) กับอีกภาพหนึ่งหรือไม่

จากเงื่อนไขดังกล่าว ย่อมก่อให้เกิดข้อจำกัดในการใช้งาน ประการแรกคือการจำแนกความเกี่ยวข้องนั้นขึ้นอยู่กับความรู้ที่ต่างกันในแต่ละบุคคล ซึ่งในบางครั้งความเห็นบุคคลหนึ่งเห็นว่าภาพสองภาพมีความเกี่ยวข้องกัน ในขณะที่ความเห็นอื่นอาจเห็นว่าเป็นภาพที่ไม่เกี่ยวข้องกัน [10, 11] ประการที่สอง ในการวัดค่าการเรียกคืน เป็นจำเป็นต้องรู้จำนวนภาพที่เกี่ยวข้องทั้งหมดในฐานข้อมูล ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วเป็นเรื่องยากในการจำแนกภาพเหล่านั้นทั้งหมด แต่อย่างไรก็ตาม การใช้งาน ค่าความแม่นยำและการเรียกคืน ยังเป็นที่นิยมใช้อยู่ในปัจจุบัน เนื่องจากการวัดประสิทธิภาพของระบบค้นคืนที่คำนวณไม่ซับซ้อน และง่ายต่อความเข้าใจ

บทที่ 3

ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

งานวิจัยทางการค้นคืนภาพในปัจจุบันมีหลากหลายกรรมวิธี เทคนิคในการค้นคืนภาพย่อมเป็นสิ่งสำคัญที่จำเป็นต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับรูปแบบข้อมูลที่ต้องการค้นคืนเพื่อให้ได้ผลการค้นคืนที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยแต่ละเทคนิคมีการนำเอาคุณลักษณะพื้นฐานของรูปภาพ เช่น สี, พื้นผิว และ รูปทรง มาใช้ในการหาความสัมพันธ์หรือความเกี่ยวข้องกันของภาพจากฐานข้อมูล โดยในงานวิจัยนี้ เกี่ยวข้องกับเทคนิคที่สำคัญอยู่สองชนิด คือ การหาค่าความสัมพันธ์ของพื้นที่สีที่ติดกัน (Color Connected Region :CCR) และ การหาค่าดัชนีความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพ (Structural Similarity Index: SSIM index) การหาค่าความสัมพันธ์ของพื้นที่สีที่ติดกันถูกใช้ในงานวิจัยด้านการจับคู่บางส่วนในภาพ (Partial Image Matching) เนื่องจากพื้นที่ส่วนใดส่วนหนึ่งของภาพ ย่อมมีจำนวนของกลุ่มสี, ความหนาแน่นของกลุ่มสี และสีที่ปรากฏร่วมสูงสุดต่างกันออกไป จึงทำให้คุณลักษณะเหล่านี้ เหมาะสมสำหรับการค้นคืนภาพที่มีข้อมูลเชิงตำแหน่งของสีเป็นส่วนสำคัญ ส่วนการหาค่าดัชนีความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพนั้น ถูกใช้ในงานด้านการวัดคุณภาพของภาพ โดยอาศัยหลักการวัดความความเหมือนที่สัมพันธ์กับระบบการมองเห็นของมนุษย์ อาทิเช่น ภาพที่ผ่านการบีบอัด ที่มีสัญญาณรบกวนในภาพ หรือมีการเปลี่ยนแปลงใดๆในภาพนั้น เมื่อมองด้วยลักษณะการมองเห็นของมนุษย์แล้ว จะเป็นภาพเหล่านั้นมีความแตกต่างจากภาพต้นฉบับ โดยหากค่าดัชนีมีค่าสูง หมายความว่าภาพมีคุณภาพสูงหรือมีลักษณะที่ใกล้เคียงกับภาพต้นฉบับมาก

ในบทนี้จะกล่าวถึงกรรมวิธีการค้นคืนภาพที่ใช้คุณลักษณะสีในการค้นคืน ซึ่งจะอธิบายถึงการเปรียบเทียบฮิสโตแกรม การหาค่าความสัมพันธ์ของสีในพื้นที่ติดกัน การหาค่าดัชนีความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพ ในการวัดความเหมือนกันของภาพ การประยุกต์ใช้เวกเตอร์สเปซโมเดล (Vector Space Model) ในการเปรียบเทียบข้อมูล รวมทั้งกรรมวิธีการวัดประสิทธิภาพของระบบค้นคืนรูปภาพ

3.1 การเปรียบเทียบฮิสโตแกรม (Histogram Comparison)

3.1.1 การวัดความเหมือนของฮิสโตแกรมด้วยเทคนิคการตัดกันของฮิสโตแกรม (Histogram intersection)

Swain และ Ballard [1] ได้เสนอวิธีการเปรียบเทียบความเหมือนกันของฮิสโตแกรม ที่เรียกว่าเทคนิคการตัดกันของฮิสโตแกรม ที่เป็นการจับคู่ของฮิสโตแกรม $H(I)$ และ $H(Q)$ ของรูปภาพ I

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และรูปภาพที่ต้องการค้นหา Q ตามลำดับ แต่ละภาพจะคำนวณฮิสโตแกรมขนาด n ช่วงสี แล้วนำมาคำนวณความเหมือนกันของฮิสโตแกรม ($S\{H(I), H(Q)\}$) ได้ดังสมการที่ (3.1)

$$S\{H(I), H(Q)\} = \frac{\sum_{j=1}^n \min\{h_j(I), h_j(Q)\}}{\min(|h(I)|, |h(Q)|)} \quad (3.1)$$

เมื่อ $h_j(I)$ เป็นปริมาณพิกเซลสี บินที่ j ในรูปภาพ I

$h_j(Q)$ เป็นปริมาณพิกเซลของสี j ในรูปภาพ Q

$h(I)$ และ $h(Q)$ เป็นจำนวนพิกเซลทั้งหมดของสีที่สนใจของภาพ I และ Q ตามลำดับ

หากสีที่สนใจคือทุกสีในภาพ ก็จะได้ค่า $h(I)$ และ $h(Q)$ เป็นจำนวนพิกเซล พื้นที่ทั้งหมดของภาพ หรือ กว้าง \times สูง

3.1.2 การวัดความแตกต่างของฮิสโตแกรมด้วยเทคนิค Histogram Euclidean

วิธีการวัดนี้เป็นการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างช่วงสีของค่าฮิสโตแกรม ซึ่ง ช่วงสี ที่แตกต่างกันน้อยที่สุดอาจหมายความว่า ภาพทั้งสองมีความเหมือนกัน ดังสมการที่ (3.2)

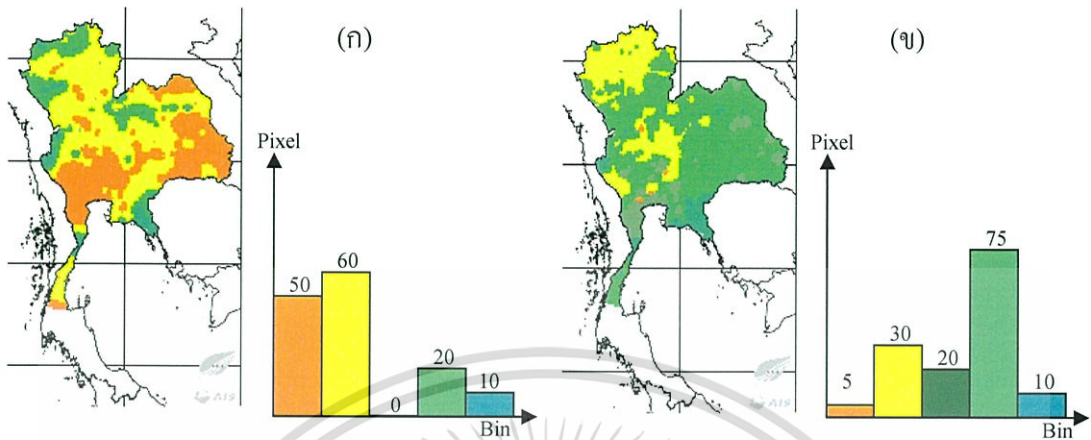
$$d^2(h_j(I), h_j(Q)) = \sum_{j=1}^n (h_j(I) - h_j(Q))^2 \quad (3.2)$$

เนื่องจากการคำนวณผลต่างดังสมการที่ (3.2) เป็นการคำนวณค่ากำลังสองซึ่งจะใช้เวลาในการประมวลผลมาก ดังนั้นเพื่อลดเวลาในการประมวลผล สามารถคำนวณค่าผลต่างฮิสโตแกรมในรูปของค่าสัมบูรณ์ของผลต่างได้ ดังสมการที่ (3.3) ดังต่อไปนี้

$$D\{H(I), H(Q)\} = \sum_{j=1}^n \left| \frac{h_j(I)}{h(I)} - \frac{h_j(Q)}{h(Q)} \right| \quad (3.3)$$

ในการพิจารณาว่าภาพสองภาพมีความเหมือนกันหรือไม่ จะใช้การกำหนดค่า T เป็นค่าระดับอ้างอิง ที่เป็นตัวตัดสินความเหมือนหรือความแตกต่างระหว่างสองฮิสโตแกรม และจะกล่าวได้ว่า ภาพใดๆ มีความเหมือนกันก็ต่อเมื่อค่าความเหมือนมากกว่าหรือเท่ากับค่าระดับอ้างอิง ($S \geq T$) หรือ ค่าผลต่างน้อยกว่าค่าระดับอ้างอิง ($D \leq T$)

ตัวอย่างที่ 3.1 การวัดความเหมือนกันของฮิสโตแกรมของภาพแผนที่อากาศ 2 ภาพ



รูปที่ 3.1 รูปแผนที่อากาศและฮิสโตแกรมของแต่ละภาพ

วิธีการคำนวณ

1. ให้ภาพทั้งสองภาพมีจำนวนช่วงสีเท่ากับ 5 พิจารณาภาพแรกจะเห็นว่า บินสีที่ 1 ถึง บินสีที่ 5 นั้น มีจำนวนพิกเซลเท่ากับ 50, 60, 0, 20, 10 ตามลำดับ และพิจารณาภาพที่สอง จะเห็นว่า จำนวนบินสีที่ 1 ถึง 5 มีจำนวนพิกเซลเท่ากับ 5, 30, 20, 75, 10 ตามลำดับ และทั้งสองภาพมีจำนวนสีรวมทั้งสิ้น 140 พิกเซลทั้งคู่

2. จากสมการ Histogram Intersection แทนค่าจำนวนพิกเซลแต่ละบินสีได้ดังนี้

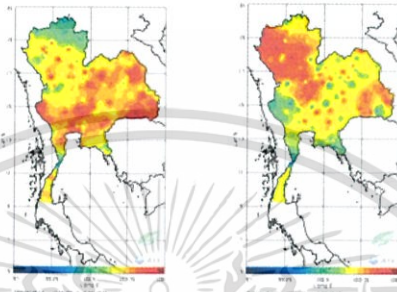
$$\begin{aligned}
 S\{H(I), H(Q)\} &= \frac{\sum_{j=1}^n \min\{h_j(I), h_j(Q)\}}{\min(|h(I)|, |h(Q)|)} \\
 &= \frac{\min(50, 5) + \min(60, 30) + \min(0, 20) + \min(20, 75) + \min(10, 10)}{\min(140, 140)} \\
 &= \frac{5 + 30 + 0 + 20 + 10}{140} \Rightarrow \frac{65}{140} \Rightarrow 0.4642
 \end{aligned}$$

3. หากกำหนดให้ค่า T เท่ากับ 0.8 จะได้ว่า $0.4642 < T$ ดังนั้นภาพทั้งสองภาพนี้ ไม่มีความเหมือนกัน

ภาพหนึ่งภาพจะมีฮิสโตแกรมสีที่แน่นอนอยู่หนึ่งชุดและฮิสโตแกรมของภาพนั้นจะเป็นค่าที่ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามทิศทางการหมุน การย่อขยาย หรือการเปลี่ยนมุมมองของภาพ ที่สำคัญการเปรียบเทียบฮิสโตแกรมไม่ว่าจะวัดความเหมือนหรือความต่างของฮิสโตแกรม สามารถทำได้อย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รวดเร็ว อย่างไรก็ตามก็ตีปัญหาใหญ่ของการค้นคืนภาพด้วยการเปรียบเทียบฮิสโตแกรมคือ 'ไม่สามารถอ้างอิงข้อมูลเชิงตำแหน่ง (Spatial information) ของสีในวัตถุได้' ดังนั้นการเปรียบเทียบฮิสโตแกรมจึงไม่สามารถแยกแยะภาพที่มีฮิสโตแกรมที่เหมือนกันแต่มีการกระจายตัว หรือเกาะกลุ่มกันของสีที่มีความแตกต่างกันได้ จึงส่งผลให้ภาพที่ถูกค้นคืนมานั้นมีโอกาที่จะเป็นภาพที่ไม่มีความเหมือนกัน หรือ มีความหมายแตกต่างกัน โดยสิ้นเชิง กับภาพคำถาม ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ภาพที่มีฮิสโตแกรมสีเหมือนกันแต่ในความเป็นจริงเป็นภาพที่มีลักษณะการกระจายตัวของสีในภาพแตกต่างกัน

3.2 ความสัมพันธ์ของสีในพื้นที่ติดกัน (Connected Color Region: CCR)

จากปัญหาที่เกิดขึ้นของการค้นคืนภาพด้วยการเปรียบเทียบความเหมือนหรือความแตกต่างกันของฮิสโตแกรมที่ไม่สามารถอ้างอิงข้อมูลเชิงตำแหน่งของสีที่ปรากฏในภาพได้ Kim และ Han [6] จึงได้นำเสนอแนวคิดที่ใช้ค่าความสัมพันธ์ของสีในพื้นที่ติดกัน (Connected Color Region: CCR) เพื่อใช้แก้ปัญหาของฮิสโตแกรมที่ไม่สามารถตรวจสอบข้อมูลสีเชิงตำแหน่งได้ กล่าวคือ CCR สามารถแยกแยะการกระจายตัวของสีที่มีค่าฮิสโตแกรมที่เหมือนกันได้ โดยพิจารณาจากปริมาณของสีในแต่ละกลุ่ม และค่าสีที่ปรากฏรวมสูงสุดของแต่ละกลุ่มสีซึ่งมีอัลกอริทึมในการคำนวณค่า CCR ดังต่อไปนี้

3.2.1 บริเวณที่ติดกันของสี (Connected Color Region)

รูปภาพขนาด $N \times M$ จะถูกแบ่งออกเป็นบล็อกของ $n \times m$ พิกเซลดังแสดงในรูปที่ 3.3 โดยจำนวนบล็อกที่เป็นไปได้ตั้งแต่ 2×2 , 4×4 , 8×8 , 16×16 และ 32×32 บล็อก ซึ่งแต่ละบล็อกจะแทนด้วยตัวแปร R_{ij} , เมื่อ $1 \leq i \leq N/n$ และ $1 \leq j \leq M/m$ โดยในแต่ละบล็อกนั้น R_{ij} อาจจะมีบรรจุ C_i หนึ่งค่าสี หรือ C_j หลายๆ ค่าสีก็ได้ และในมุมมองของ C_i นั้น สมาชิกของมันอาจจะอยู่ในบล็อกหนึ่งบล็อกใด หรือกระจายอยู่หลายๆ บล็อก ซึ่งบล็อกสี C_i ใดๆ อาจจะไม่เชื่อมต่อกันก็

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

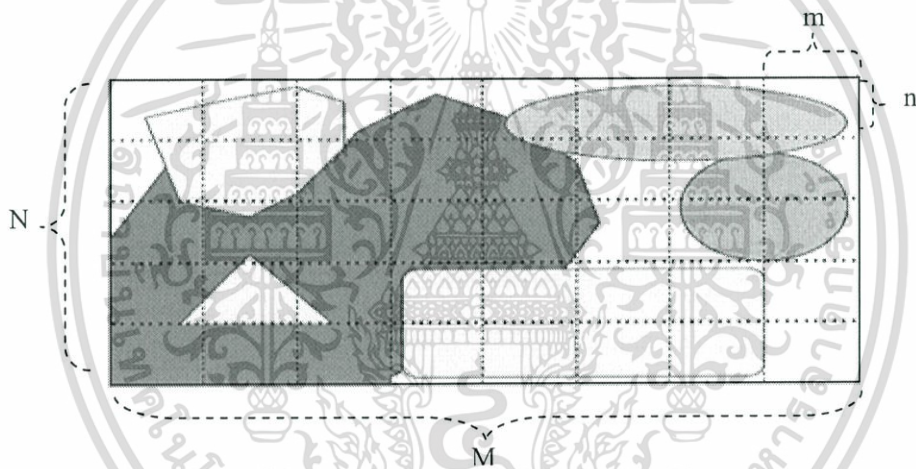
ได้ ดังรูปที่ 3.3 มีวัตถุทั้งสิ้น 6 อัน โดยพื้นที่ของวัตถุแต่ละอันจะครอบคลุมพื้นที่หลายบล็อก อย่างไรก็ตามก็ดีในแต่ละบล็อกนั้นอาจประกอบด้วยสีเพียงสีเดียว หรือหลากหลายสีก็ได้ ดังนั้นในรูปภาพหนึ่ง เราสามารถแสดงกลุ่มของบล็อกที่มีสีเดียวกันและมีบริเวณติดกัน ได้ดังสมการที่(3.4)

$$R_{kc} = \left\{ \cup \hat{R}_{ij} \mid \hat{R}_{ij} \ni (x, y) \text{ and } C(x, y) = C_k \right\} \quad (3.4)$$

R_{kc} คือ บริเวณติดกันของสี k กลุ่มที่ c ซึ่ง k เป็นค่าระดับสีที่เป็นไปได้ตั้งแต่ 0 – 255 และ c เป็นค่าของลำดับกลุ่มโดย $c = 1, 2, 3, \dots$

\hat{R}_{ij} คือ เวกเตอร์ R_{ij} ที่มีบริเวณติดกันของบล็อกใดๆ แบบ 4 ทิศ โดยแต่ละบล็อกจะปรากฏสี C_k ที่เหมือนกัน

$C(x, y)$ คือ ค่าระดับสีที่เป็นไปได้ที่ตำแหน่ง (x, y)



รูปที่ 3.3 แสดงบริเวณพื้นที่สีที่ติดกัน ในบริเวณ $N \times M$ บล็อก

3.2.2 ความหนาแน่นของสี (Color density)

ฮิสโตแกรมของบริเวณที่ติดกันของกลุ่มสีใดๆ สำหรับสี C_k แทนด้วย H_{kc} ซึ่งสามารถคำนวณได้ด้วยการรวมฮิสโตแกรมของสี C_k ที่ปรากฏภายในบล็อกที่เชื่อมต่อกันดังสมการที่ (3.5)

$$H_{kc} = \sum_{R_{ij} \in R_{kc}} h_k(R_{ij}) \quad (3.5)$$

H_{kc} คือ จำนวนฮิสโตแกรมรวมของระดับสี k กลุ่มที่ c ที่ได้มาจากการรวมค่าฮิสโตแกรมของสี k ที่ปรากฏอยู่ในบล็อกใดๆ ที่อยู่ติดกัน สำหรับกลุ่มที่ c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความหนาแน่นของสีในบริเวณที่ติดกันแทนด้วย G_{kc} สามารถอธิบายได้จากการใช้ H_{kc} และ จำนวนของพื้นที่ที่ติดกันได้ดังสมการที่ (3.6) – (3.8)

$$A_{kc} = \sum_{ij} 1 \quad \text{if } R_{ij} \in R_{kc} \quad (3.6)$$

$$P_{kc} = \sum_{ij} 1 \quad \text{if } R_{ij} \in R_{kc} \text{ and } \exists \hat{R}_{ij} \notin R_{kc} \quad (3.7)$$

$$G_{kc} = \frac{H_{kc}}{A_{kc} - P_{kc} / 2} \quad (3.8)$$

A_{kc} คือ จำนวนรวมของบล็อกที่ปรากฏสี k ของกลุ่มที่ c ซึ่งได้มาจากการนับจำนวนของ บล็อกที่เป็นสมาชิกของบริเวณที่ติดกันของสี k กลุ่มที่ c

P_{kc} คือ จำนวนรวมของบล็อกที่ปรากฏสีอื่นร่วมกับสี k ของกลุ่มที่ c ซึ่งได้มาจากการนับ จำนวนของบล็อกที่เป็นสมาชิกของบริเวณที่ติดกันของสี k กลุ่มที่ c และมีบางเวกเตอร์ R_{ij} ที่ ไม่ได้เป็นสมาชิกของบริเวณที่ติดกันของสี k นั่นก็คือ ที่บล็อกใดๆ นั้นไม่ได้อยู่ติดกันแบบ 4 ทิศ เพียงแค่มีด้านใดด้านหนึ่งของบล็อกนั้นที่อยู่ติดกับบริเวณที่ติดกันของสีที่ k ดังนั้น P_{kc} จึงเป็นการ นับจำนวนของบล็อกที่เป็นขอบของบริเวณที่อยู่ติดกันของกลุ่มสี k กลุ่มที่ c

G_{kc} คือ ค่าความหนาแน่นของสี k ที่อยู่ติดกับลำดับกลุ่มที่ c โดยค่านี้ได้จากการนำจำนวน ฮิส โทแกรมรวมของสี k หารด้วยจำนวนบล็อกทั้งหมดที่เป็นไปได้ ซึ่งบล็อกทั้งหมดที่เป็นไปได้นั้น เป็นพื้นที่ทั้งหมดที่ติดกัน (A_{kc}) หักลบด้วยพื้นที่ที่เป็นขอบของวัตถุ ($P_{kc} / 2$) โดยพื้นที่ที่เป็นขอบ นั้น ย่อมเป็นพื้นที่ไม่เต็มบล็อก จึงจำเป็นต้องหาร 2 เพื่อนับพื้นที่โดยประมาณ

3.2.3 สีที่ปรากฏร่วมสูงสุด (Maximum co-occurrence color)

บล็อกที่อยู่ติดกันมีความเป็นไปได้สูงที่จะมีสีเหมือนกัน อาจจะมีพื้นหลังอันเดียวกัน หรือมี วัตถุข้างเคียงสีหนึ่งๆ อันเดียวกัน ดังนั้นสามารถคำนวณหาสีที่ปรากฏร่วมสูงสุด T_{kc} และ ความ น่าจะเป็น O_{kc} ที่สีจะปรากฏคู่กันได้ดังสมการที่ (3.9) - (3.11)

$$t_l = \sum_{R_{ij} \in R_{kc}} 1 \quad \text{if } h_l(R_{ij}) = \max \text{ and } l \neq k \quad (3.9)$$

$$T_{kc} = C_l \quad \text{if } t_l = \max \quad (3.10)$$

$$O_{kc} = \frac{t_l}{A_{kc}} \quad \text{if } t_l = \max \quad (3.11)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

l คือ ระดับสีที่เป็นไปได้ โดยที่ $0 \leq l \leq 255$ สี

t_l คือ จำนวนผลรวมของบล็อกของสี l ที่เป็นสมาชิกของบริเวณที่ติดกันของสี k กลุ่มที่ c โดยจะนับเฉพาะบล็อกที่ฮิสโตแกรมสี l มีจำนวนมากที่สุดกว่าสีอื่นๆ

T_{kc} คือ สี l ที่ปรากฏร่วมกับสี k กลุ่มที่ c บ่อยที่สุด โดยพิจารณาจากผลรวมของบล็อกของสีต่างๆว่า สีใดมีจำนวนบล็อกมากที่สุด

O_{kc} คือ ค่าความเป็นไปได้ที่จะมีสี l ปรากฏคู่กับสี k

3.2.4 การวัดความเหมือนกันของภาพ

สมการการวัดความเหมือนจะเป็นสมการที่เปรียบเทียบข้อมูลตำแหน่งของการกระจายตัวของสี โดยความเหมือนนี้ได้ถูกใช้ในการจับคู่รูปภาพ สำหรับสมการ (3.5), (3.8), (3.10) และ (3.11) จะใช้เป็นคุณลักษณะสร้างฟังก์ชันในการวัดความเหมือน คือ $F(R_{kc}) = [H_{kc} G_{kc} T_{kc} O_{kc}]$ ดังนั้นหากจัดเรียงกลุ่มสี C_k ของภาพค่าตามค่าความหนาแน่น G_{kc} จากมากไปน้อย แล้วนำไปเทียบกับค่าความหนาแน่นของภาพที่ต้องการเปรียบเทียบ ($G_{k\bar{c}}$) ภาพสองภาพจะเหมือนกันก็ต่อเมื่อค่าฮิสโตแกรมของกลุ่มสีที่จัดเรียงของทั้งคู่ มีค่าดังสมการ $H_{k\bar{c}}(I) \geq H_{k\bar{c}}(Q)$, $H_{k\bar{1}}(I) \geq H_{k\bar{1}}(Q)$, ..., $H_{k\bar{c}}(I) \geq H_{k\bar{c}}(Q)$, $T_{k\bar{c}}(I) = T_{k\bar{c}}(Q)$ และ $O_{k\bar{c}}(I) \approx O_{k\bar{c}}(Q)$, ซึ่งสามารถสร้างสมการในการวัดความเหมือนได้ดัง สมการที่ (3.12) - (3.15)

$$S_1(I, Q) = \frac{\sum_{kc} \min\{H_{k\bar{c}}(R_I), H_{k\bar{c}}(R_Q)\}}{\sum_{kc} H_{k\bar{c}}(R_Q)} \quad (3.12)$$

$$\Delta O_{kc} = \frac{\min\{O_{k\bar{c}}(R_I), O_{k\bar{c}}(R_Q)\}}{\sum_{kc} 1} \quad (3.13)$$

$$S_2(I, Q) = \sum_{kc} \begin{cases} \Delta O_{kc} & \text{if } T_{k\bar{c}}(R_I) = T_{k\bar{c}}(R_Q) \\ 0 & \text{if } T_{k\bar{c}}(R_I) \neq T_{k\bar{c}}(R_Q) \end{cases} \quad (3.14)$$

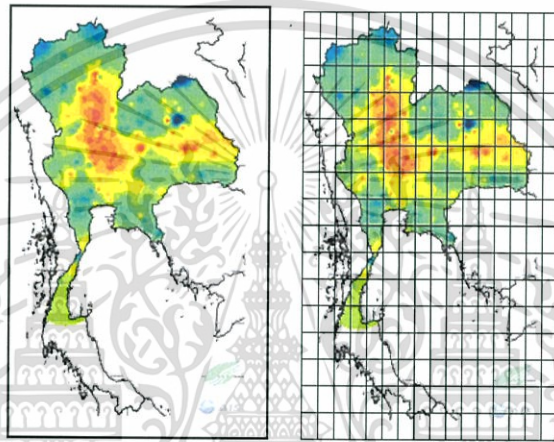
$$S(I, Q) = (S_1 + S_2) / 2 \quad (3.15)$$

S_1 คือ การเปรียบเทียบความเหมือนกันของฮิสโตแกรมสี ที่วัดปริมาณการเกาะกลุ่มกันของแต่ละกลุ่มสี โดย $H_{k\bar{c}}(R_I)$ คือตัวเลขจำนวนพิกเซลของสีที่ k กลุ่มที่ c ของบริเวณที่ติดกันในรูปภาพ I และ $H_{k\bar{c}}(R_Q)$ คือตัวเลขจำนวนพิกเซลของสีที่ k กลุ่มที่ c ของบริเวณที่ติดกันในรูปภาพ Q

S_2 คือ ผลรวมของโอกาสที่จะเกิดสีใดๆ ร่วมกับสีที่ k เพื่อใช้สีที่เกิดร่วมระบุถึงตำแหน่งของสี k ที่ปรากฏในภาพ โดย S_2 ที่สี k กลุ่มที่ c ใดๆ จะมีค่าเป็น 0 เมื่อสีที่ปรากฏร่วมของแต่ละกลุ่มสี เป็นสีที่แตกต่างกัน แต่ถ้าเป็นสีเดียวกันก็จะได้ค่าโอกาสการเกิดร่วมกันของสี

S คือ ค่าความเหมือนกันของภาพ ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยรวมของ S_1 และ S_2 โดยให้น้ำหนักของทั้งคู่เท่ากัน

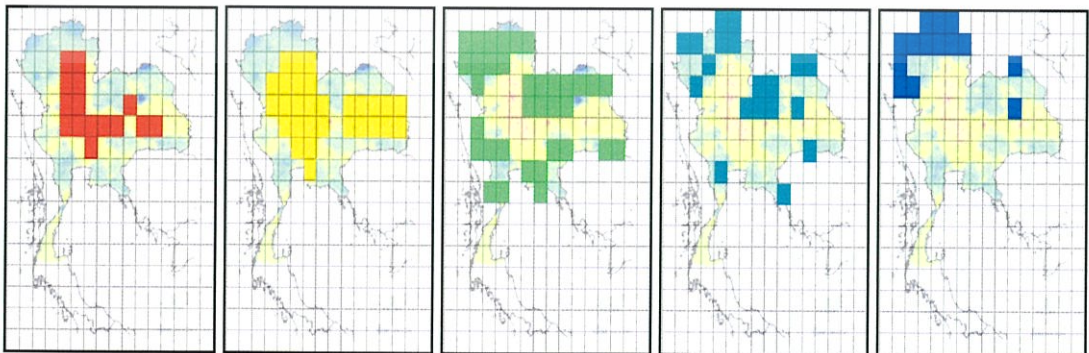
ตัวอย่างที่ 3.2 การคำนวณหาค่า CCR ของภาพแผนที่อากาศโดยใช้ขนาดบล็อก 16×16 บล็อก



รูปที่ 3.4 ตัวอย่างภาพแผนที่อากาศที่นำมาหาค่า CCR ด้วยการแบ่งออกเป็น 16×16 บล็อก

ขั้นตอนการคำนวณหาค่า CCR มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. หาพื้นที่ที่ติดกันของสี (Connected Color Region: CCR) โดยพิจารณาไปที่ละบิตสี โดยในที่นี้จะยกตัวอย่างพิจารณาสีที่สนใจเพียง 5 สี คือ สีส้ม, เหลือง, เขียว, ฟ้า และ น้ำเงิน จะได้บริเวณที่ติดกันของสีแต่ละสีดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 บริเวณที่ติดกันของแต่ละสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นเมื่อพิจารณาคุณสมบัติแต่ละกลุ่มตามเงื่อนไขสมการที่ (3.4) ที่พิจารณาการนับกลุ่มสีโดยนับพื้นที่ 4 ทิศโดยรอบที่ติดกันว่าเป็นกลุ่มเดียวกันแล้ว จะได้กลุ่มสีส้มจำนวน 3 กลุ่ม, สีเหลือง 2 กลุ่ม, สีเขียว 7 กลุ่ม, สีฟ้า 10 กลุ่ม และสีน้ำเงิน 3 กลุ่ม ซึ่งหากเขียนเป็นสมการของกลุ่มสี โดยแสดงเพียงตัวอย่างของสมการกลุ่มสีส้ม และกลุ่มสีเหลือง สามารถเขียนได้ดังนี้

$$R_{Orange,1} = R_{5,3}, R_{6,3}, R_{5,4}, R_{6,4}, R_{5,5}, R_{6,5}, R_{5,6}, R_{6,6}, R_{7,6}, R_{8,6}, R_{9,6}, R_{7,7}$$

$$R_{Orange,2} = R_{10,5}$$

$$R_{Orange,3} = R_{11,6}, R_{12,6}$$

$$R_{Yellow,1} = R_{5,3}, R_{6,3}, R_{7,3}, R_{4,4}, R_{5,4}, R_{6,4}, R_{7,4}, R_{4,5}, R_{5,5}, R_{6,5}, R_{7,5}, R_{8,5}, R_{5,6}, R_{6,6}, R_{7,6}, R_{8,6}, R_{6,7}, R_{7,7}, R_{7,8}$$

$$R_{Yellow,2} = R_{10,5}, R_{11,5}, R_{12,5}, R_{13,5}, R_{14,5}, R_{10,6}, R_{11,6}, R_{12,6}, R_{13,6}, R_{14,6}$$

$$R_{Green,1} = \dots$$

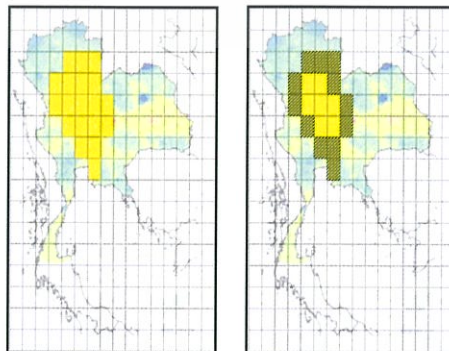
2. กำหนดค่าความหนาแน่นของสี (Color Density) ซึ่งเป็นการหาค่าเฉลี่ยของปริมาณสีต่อพื้นที่ในแต่ละกลุ่ม หาได้โดยการหาค่าฮิสโตแกรมรวมทั้งหมด แล้วหารด้วยจำนวนบล็อกทั้งหมดที่เป็นได้ ซึ่งขั้นตอนการคำนวณมีดังต่อไปนี้

2.1 ทำการหาจำนวนฮิสโตแกรมรวม (H_{kc}) ของแต่ละกลุ่มสีโดยการนับจำนวนบินสีที่ปรากฏในแต่ละกลุ่ม

2.2 ทำการพิจารณาหาจำนวนบล็อกของแต่ละกลุ่ม (A_{kc}) โดยจากภาพตัวอย่างกลุ่ม สีส้ม-1 มีจำนวน 12 บล็อก, กลุ่มสีส้ม-2 มี 1 บล็อก, กลุ่มสีส้ม-3 มี 2 บล็อก, กลุ่มสีเหลือง-1 มี 19 บล็อก, กลุ่มสีเหลือง-2 มี 10 บล็อก เป็นต้น

2.3 ทำการพิจารณาหาจำนวนบล็อกที่เป็นบล็อกบริเวณขอบของกลุ่มสี (P_{kc}) โดยยกตัวอย่างกลุ่มสีเหลือง-1 จะมีลักษณะของขอบดังรูปที่ 3.6 ที่มีจำนวนทั้งสิ้น 12 บล็อก เป็นต้น

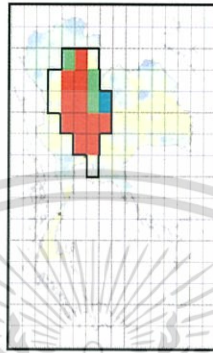
2.4 กำหนดค่าความหนาแน่น (G_{kc}) ของแต่ละกลุ่มสีด้วยสมการที่ (3.8)



รูปที่ 3.6 แสดงกลุ่มสีเหลือง-1 และบล็อกบริเวณขอบของกลุ่มสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. หาสีที่ปรากฏร่วมสูงสุด (Maximum co-occurrence color) เป็นการหาค่าสีอื่นๆที่จะปรากฏร่วมกับกลุ่มสีแต่ละกลุ่ม ซึ่งในการหาค่าสีที่ปรากฏร่วมนี้นำไปใช้เป็นตัวช่วยอ้างอิงข้อมูลเชิงตำแหน่งของสีที่ปรากฏในภาพได้ เนื่องจากแต่ละกลุ่มสีในแต่ละพื้นที่ย่อมมีสีที่ปรากฏร่วมต่างกันออกไป โดยขั้นตอนการพิจารณามีดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.7 สีอื่นที่ปรากฏร่วมกับพื้นที่กลุ่มสีเหลือง-1

3.1 พิจารณาในแต่ละกลุ่มสี ว่าปรากฏสีร่วมสีใดมากที่สุด เช่นกลุ่มสีเหลือง-1 ที่มีทั้งสิ้น 19 บล็อกนั้น ให้ทำการพิจารณาทีละบล็อกว่ามีสีใดในปริมาณมากที่สุด จะให้สีนั้นเป็นตัวแทนสีปรากฏร่วมในบล็อกนั้นๆ ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 3.7 จะเห็นได้ว่าสีที่ปรากฏในกลุ่มพื้นที่สีเหลือง นั้นมีสีส้ม, สีเขียว และสีฟ้า

3.2 ให้ทำการนับบล็อกของสีที่ปรากฏร่วมของแต่ละกลุ่มสี ว่าจำนวนบล็อกของสีใดมีจำนวนมากที่สุด สีนั้นก็จะเป็นสีที่ปรากฏร่วมสูงสุด (T_{kc}) ดังนั้นจากรูปที่ 3.7 จะเห็นว่ามีจำนวนบล็อกของสีส้มมากที่สุด ดังนั้น สีที่ปรากฏร่วมสูงสุด คือสีส้ม

3.3 หาค่าความเป็นไปได้ของการปรากฏสีร่วม (O_{kc}) เช่น จากข้อ 3.1 และ 3.2 นั้น เห็นได้ว่ากลุ่มสีเหลือง-1 ที่มีจำนวน 19 บล็อกนั้นมีสีปรากฏร่วมเป็นสีส้ม จำนวน 11 บล็อก ดังนั้นเมื่อคำนวณด้วยสมการ (3.11) แล้วจะมีค่าเท่ากับ $11/19 = 0.579$ ซึ่งก็คือค่าความเป็นไปได้ของสีส้มที่จะปรากฏร่วมกับกลุ่มสีเหลือง-1

3.4 ให้ทำซ้ำข้อ 3.1 – 3.4 ในทุกๆกลุ่มสี เพื่อหาสีที่ปรากฏร่วมสูงสุดและค่าความเป็นไปได้ของสีปรากฏร่วม

4. หลังจากได้ค่า ฮิสโตแกรม, ความหนาแน่น, สีที่ปรากฏร่วมสูงสุด และ ค่าความเป็นไปได้ของสีปรากฏร่วม ของแต่ละกลุ่มสีแล้ว ก็จะจัดเก็บค่าเหล่านั้นลงฐานข้อมูล เพื่อประโยชน์ในการเปรียบเทียบกันต่อไป

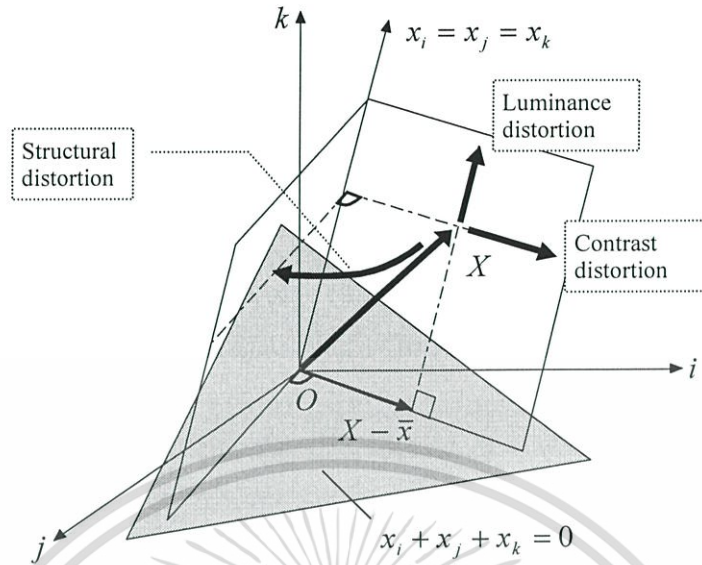
การหาค่าความสัมพันธ์ของสีในพื้นที่ติดกัน(CCR) นำมาซึ่งการได้ข้อมูลเชิงตำแหน่งของสีที่ปรากฏในภาพ โดยพิจารณาจากสีที่ปรากฏร่วมสูงสุดของแต่ละกลุ่มสี และนำคุณสมบัติที่ดีของฮิสโตแกรม มาใช้ในการพิจารณาปริมาณของสีที่เกาะกลุ่มกันโดยใช้การวัดความเหมือนกันของฮิสโตแกรม เพื่อหาภาพที่มีปริมาณการเกาะกลุ่มสีที่ใกล้เคียงกับภาพค่าตาม แต่ทั้งนี้ CCR มีข้อจำกัดในเรื่องขนาดของบล็อกที่เหมาะสม ที่จะสามารถแยกแยะการเกาะกลุ่มของสีในแต่ละภาพ ให้ได้การเกาะกลุ่มกันของสีที่ชัดเจน เพราะขนาดของบล็อกจะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพและเวลาในการค้นคืน ถ้าบล็อกมีขนาดใหญ่จะส่งผลให้ภาพที่ถูกค้นคืนมานั้นมีความถูกต้องแม่นยำต่ำ เนื่องจากขนาดของบล็อกที่ใหญ่ไม่สามารถแบ่งการเกาะกลุ่มกันของสีได้ชัดเจน แต่ถ้าขนาดของบล็อกมีขนาดเล็กจะทำให้การค้นคืนมีความถูกต้องแม่นยำสูงขึ้นแต่ก็ใช้เวลาในการค้นคืนมาก

นอกจากนี้ ประสิทธิภาพของการใช้ CCR ในการค้นคืนรูปภาพ จะลดลงอย่างเห็นได้ชัด ในกรณีของการค้นคืนภาพ ที่กลุ่มสีส่วนใหญ่มีการกระจายเป็นกลุ่มย่อยๆทั่วรูปภาพ ไม่จับตัวกันเป็นพื้นที่เดียวกัน และสีที่ปรากฏร่วมสูงสุดของแต่ละกลุ่มมีรูปแบบตายตัว (เช่นมักปรากฏสีเหลืองร่วมสูงสุดกับสีแดงเสมอ) เนื่องจากกลไกการวัดความเหมือนของภาพที่ใช้ใน CCR นั้น เป็นการวัดความเหมือน ด้วยการเปรียบเทียบกลุ่มสีแต่ละกลุ่มของภาพสองภาพ ซึ่งถ้าหากมีกลุ่มย่อยเป็นจำนวนมาก อาจมีโอกาสที่กลุ่มย่อยของทั้งสองภาพมีความเหมือนกันได้แม้ว่าปรากฏอยู่ตำแหน่งที่ต่างกัน

3.3 การวัดความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพ สำหรับการวัดความเหมือนกันของภาพ

ภาพโดยทั่วไปนั้นมีโครงสร้างต่างๆของวัตถุที่ปรากฏอยู่ในภาพอย่างชัดเจนแน่นอน ซึ่งแนวความคิดในการวัดความเหมือนกันของภาพ ด้วยการวัดค่าดัชนีความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพ นั้น เกี่ยวพันกับระบบการมองเห็นของมนุษย์ที่มีความสามารถในการจำแนกข้อมูลเชิงโครงสร้างออกมาจากภาพได้โดยไม่ขึ้นอยู่กับความสว่าง (Luminance) หรือ ระดับความแตกต่างความเข้มแสง (Contrast) ที่ปรากฏอยู่ในภาพ

จากแนวคิดในการวัดความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพนั้น Wang และ Bovik [7] ได้นำเสนอ การหาค่าดัชนีความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพ ที่นิยมใช้ในการตรวจสอบคุณภาพรูปภาพว่ามีความบิดเบือน (Distortion) แตกต่างไปจากภาพต้นฉบับมากน้อยเท่าใด ซึ่งความบิดเบือนนี้ประกอบไปด้วย ความบิดเบือนด้านความสว่าง (Luminance distortion), ความบิดเบือนด้านระดับความต่างความเข้มแสง (Contrast Distortion), และ ความบิดเบือนด้านโครงสร้าง (Structural distortion) ดังแสดงในรูปที่ 3.8

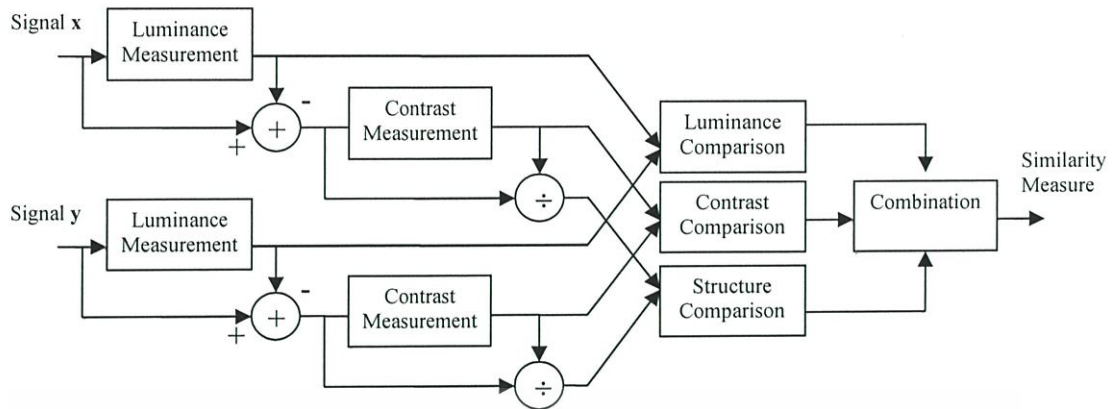


รูปที่ 3.8 การแยก Luminance, Contrast และ Structural distortion
ออกจากรูปภาพอ้างอิง x ใน image space ที่นำเสนอในลักษณะภาพ 3 มิติ

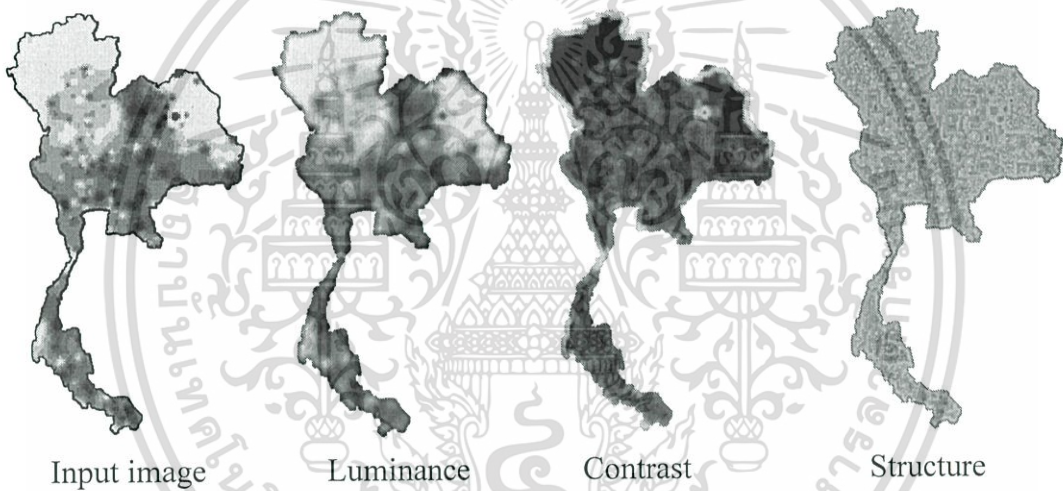
โครงสร้างวัตถุต่างๆที่ปรากฏในรูปภาพนั้น ไม่ขึ้นอยู่กับความสว่างของภาพ หรือ ระดับความต่างความเข้มแสง ดังนั้นการหาโครงสร้างวัตถุที่ปรากฏอยู่ในภาพจำเป็นต้องจำแนกความบิดเบือนด้านความสว่างและความบิดเบือนด้านระดับความต่างความเข้มแสง ออกจากรูปภาพเสียก่อน จึงจะทำให้เหลือเพียงความบิดเบือนด้านโครงสร้างเพียงอย่างเดียว ซึ่งในรูปที่ 3.8 แสดงถึงการแยกความบิดเบือนด้านความสว่างและระดับความต่างความเข้มแสง โดยให้ความบิดเบือนด้านความสว่างมีทิศทางไปตามแนว $x_1 = x_2 = \dots = x_N$ ที่ตั้งฉากกับระนาบ $\sum_{i=1}^N x_i = 0$ ในขณะที่ระดับความต่างความเข้มแสง มีการเปลี่ยนแปลงในทิศทาง $X - \bar{x}$ ดังนั้นใน Image space นี้ จะได้เวกเตอร์ของความบิดเบือนด้านความสว่างและระดับความต่างความเข้มแสง เป็นสองเวกเตอร์ที่ประกอบกันได้เป็นระนาบสองมิติ ทำให้ความบิดเบือนอื่นๆที่เหลือจะส่งผลให้เกิดการหมุนระนาบไปด้วยมุมค่าหนึ่งๆ ซึ่งองศาของมุมนี้แปลความหมายได้เป็นความบิดเบือนด้านโครงสร้าง นั่นเอง

ในรูปที่ 3.9 แสดงถึงบล็อกโคโอะแกรมของระบบการหาค่าดัชนีความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพที่วัดความเหมือนของภาพสองภาพ x และ y ตามลำดับ ถ้าสมมุติให้ภาพแรกเป็นภาพอ้างอิง, ค่าดัชนีความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพ จะแสดงถึงคุณภาพของภาพหลัง อัลกอริทึมของการหาความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพ เป็นการแยกการวัดความเหมือนภาพโดยการเปรียบเทียบสามสิ่ง นั่นคือ ความสว่าง, ระดับความต่างความเข้มแสง และ โครงสร้างของภาพ ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 3.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 ภาพไดอะแกรมของระบบการวัดความเหมือนภาพ
ด้วยค่าดัชนีความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพ



รูปที่ 3.10 ตัวอย่างภาพอินพุตและภาพที่ได้จากระบวนการวัดความสว่าง, การวัดระดับความต่าง
ความเข้มแสง และโครงสร้างของภาพ

อันดับแรก ความสว่างของภาพหาได้จากการหาความเข้มแสงเฉลี่ย (Mean intensity) ของภาพ

$$\mu_x = \bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (3.16)$$

และฟังก์ชันการเปรียบเทียบความสว่าง $l(x, y)$ เป็นการเปรียบเทียบฟังก์ชัน μ_x และ μ_y

$$l(x, y) = l(\mu_x, \mu_y) \quad (3.17)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่สอง ทำการกำจัดค่าความเข้มแสงเฉลี่ย ออกจากสัญญาณ จะได้เป็น $x - \mu_x$ ซึ่งเป็นโปรเจกชันของเวกเตอร์ x ที่ฉายลงบนระนาบ $\sum_i^N x_i = 0$ ดังแสดงในรูปที่ 3.8 โดยใช้ค่า standard deviation เป็นสมการการประมาณค่าความแตกต่างของสัญญาณ

$$\sigma_x = \left(\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu_x)^2 \right)^{1/2} \quad (3.18)$$

และฟังก์ชันการเปรียบเทียบความแตกต่าง $c(x, y)$ เป็นการเปรียบเทียบฟังก์ชัน σ_x และ σ_y

$$c(x, y) = c(\sigma_x, \sigma_y) \quad (3.19)$$

ขั้นที่สาม ค่าสัญญาณจะถูกนอร์มอลไลซ์ด้วยค่า mean และ standard deviation ของตัวมันเอง ดังนั้นการเปรียบเทียบโครงสร้างภาพ ด้วยสมการ $s(x, y)$ คือการเปรียบเทียบค่าสัญญาณที่ถูกนอร์มอลไลซ์ของทั้งสอง ดังสมการ (3.20)

$$s(x, y) = s\left(\frac{x - \mu_x}{\sigma_x}, \frac{y - \mu_y}{\sigma_y}\right) \quad (3.20)$$

และท้ายที่สุดเป็นการเปรียบเทียบความเหมือนกันโดยรวม ได้จากการนำสมการวัดความเหมือนของทั้งสามองค์ประกอบ รวมกัน ดังนี้

$$S(x, y) = f[l(x, y), c(x, y), s(x, y)] \quad (3.21)$$

จากสมการ (3.17), (3.19), (3.20) และ (3.21) นั้น Wang และ Bovik ได้ทำการนิยามสมการของฟังก์ชัน $l(x, y)$, $c(x, y)$, $s(x, y)$ และ $f(\cdot)$ เป็นดังต่อไปนี้

$$l(x, y) = \frac{2\mu_x\mu_y + C_1}{\mu_x^2 + \mu_y^2 + C_1}; C_1 = (K_1L)^2; K_1 \ll 1 \quad (3.22)$$

$$c(x, y) = \frac{2\sigma_x\sigma_y + C_2}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + C_2}; C_2 = (K_2L)^2, K_2 \ll 1 \quad (3.23)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$s(x, y) = \frac{2\sigma_{xy} + C_3}{\sigma_x \sigma_y + C_3}; C_3 = C_2 / 2 \quad (3.24)$$

$$\sigma_{xy} = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu_x)(y_i - \mu_y) \quad (3.25)$$

$$SSIM(x, y) = S(x, y) = \frac{(2\mu_x \mu_y + C_1)(2\sigma_{xy} + C_2)}{(\mu_x^2 + \mu_y^2 + C_1)(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + C_2)} \quad (3.26)$$

จากสมการ (3.22) และ (3.23) ค่า L เป็นค่าช่วงสีของพิกเซล (ตัวอย่างเช่น ค่า 255 ในกรณีที่เป็นภาพ 8-bit Grayscale), ค่า K_1 และค่า K_2 เป็นค่าคงที่ที่ได้จากการทดลอง มีค่าเท่ากับ 0.01 และ 0.03 ตามลำดับ โดยสมการที่ (3.26) คือค่าดัชนีความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพ หรือ SSIM index ที่เป็นค่าดัชนีแสดงถึงความเหมือนกันของหว่างภาพสองภาพ

ในการใช้งานจริงนั้น การประยุกต์ใช้ค่าดัชนีความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพ เพื่อการวัดคุณภาพของรูปภาพ ควรวัดในพื้นที่ส่วนย่อยของรูปทีละส่วนและนำมาหาค่าเฉลี่ยรวม แทนการวัดพื้นที่รูปโดยรวมทั้งหมด ดังนั้นในการหาค่า μ_x , σ_x และ σ_{xy} จะใช้ Sliding window ขนาด 11×11 พิกเซล ที่มีค่าน้ำหนักแต่ละพิกเซลต่างกันไปด้วย Gaussian weighting function $w = \{w_i | i = 1, 2, \dots, N\}$ (เมื่อนำมาคูณรวมกันจะได้ $\sum_{i=1}^N w_i = 1$) และใช้ค่า standard deviation เท่ากับ 1.5 พิกเซล ดังนั้นสำหรับการหาค่า μ_x , σ_x และ σ_{xy} ในส่วนย่อยของรูปด้วยการใช้หน้าต่างที่วางนี้ จะได้สมการดังต่อไปนี้

$$\mu_x = \sum_{i=1}^N w_i x_i \quad (3.27)$$

$$\sigma_x = \left(\sum_{i=1}^N w_i (x_i - \mu_x)^2 \right)^{1/2} \quad (3.28)$$

$$\sigma_{xy} = \sum_{i=1}^N w_i (x_i - \mu_x)(y_i - \mu_y) \quad (3.29)$$

หลังจากที่หาค่าดัชนีความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพ ในส่วนย่อยๆของรูปภาพด้วย Sliding window เรียบร้อยแล้ว จะนำค่าของแต่ละอันนั้นมาทำการเฉลี่ย เพื่อให้ได้ค่า mean SSIM (MSSIM) index ด้วยสมการ

$$MSSIM(X, Y) = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M SSIM(x_j, y_j) \quad (3.30)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย X และ Y คือรูปภาพอ้างอิง และรูปภาพที่ต้องการวัดคุณภาพตามลำดับ, x_j และ y_j คือรูปในหน้าต่างย่อตำแหน่งที่ j , M คือจำนวนหน้าต่างทั้งหมดที่ใช้ในรูป

3.4 การประยุกต์ใช้เวกเตอร์สเปซโมเดล ในการเปรียบเทียบข้อมูล

3.4.1 เวกเตอร์สเปซโมเดล กับงานการค้นคืนข้อมูล

เวกเตอร์สเปซโมเดลเป็นโมเดลด้านพีชคณิต ที่ใช้ เวกเตอร์ เป็นตัวแทนของเอกสาร หรือข้อมูลอื่นๆ เพื่อประโยชน์ในการเปรียบเทียบ ค้นคืนข้อมูล, ทำดัชนีและเรียงลำดับความเกี่ยวข้องของเอกสาร โดยกระบวนการใช้เวกเตอร์สเปซโมเดล ในการจัดการกับเอกสารนั้น มีอยู่สามขั้นตอน นั่นคือการทำดัชนีเอกสาร (Document indexing), การกำหนดค่าน้ำหนักคำศัพท์ (Term weighting) และการหาค่าสัมประสิทธิ์ความเหมือน (Similarity coefficients)

ขั้นแรก การทำดัชนีเอกสารนั้น จะเป็นการกำจัด คำบุพบท, คำสันธาน หรือคำอื่นๆที่ไม่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาในเอกสารนั้น ออกจากเอกสารให้หมด จากนั้นคำศัพท์ที่เหลือในเอกสาร จะถูกนำไปหารากของคำ (Stemming)

ขั้นต่อมา คือการให้ค่าน้ำหนักคำศัพท์ เป็นการนับคำที่ปรากฏในเอกสารว่าแต่ละคำปรากฏมากน้อยเพียงใด แล้วจึงให้ค่าน้ำหนักของคำศัพท์แต่ละคำ โดยปรกติแล้วฟังก์ชันพื้นฐานในการให้ค่าน้ำหนักคำ นิยามสมการดังต่อไปนี้

$$\text{Term Weight} = w_i = tf_i * \log\left(\frac{D}{df_i}\right) \quad (3.31)$$

tf_i เป็นจำนวนของคำศัพท์ i ที่ปรากฏในเอกสาร, df_i เป็นจำนวนเอกสารที่ปรากฏคำศัพท์ i ในเอกสาร, D เป็นจำนวนเอกสารทั้งหมด โดยคำแต่ละคำที่ปรากฏในเอกสารจะถือว่าเป็นเวกเตอร์หนึ่งเวกเตอร์ ที่มีขนาดเวกเตอร์เท่ากับค่าน้ำหนักที่คำนวณข้างต้น

ขั้นสุดท้ายหลังจากได้เวกเตอร์ที่เป็นตัวแทนของเอกสารแล้ว สามารถนำเวกเตอร์ที่เป็นตัวแทนของเอกสารใดๆสองชิ้น มาเทียบกันได้ว่า มีค่าสัมประสิทธิ์ความเหมือนเท่าไร ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์นี้แปรผันตรงกับมุมระหว่างเวกเตอร์ทั้งสองเอกสาร ซึ่งถ้าเป็นมุมแคบหรือมุมค่าต่ำ นั้นหมายความว่าเอกสารทั้งสองมีความใกล้เคียงกันมาก เป็นผลให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเหมือนจะมีค่าสูง ในทางกลับกัน หากมุมของทั้งสองเวกเตอร์มีค่ามาก เป็นมุมกว้าง นั้นหมายความว่าเอกสารทั้งสองไม่มีความใกล้เคียงกัน เป็นผลให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเหมือนต่ำ โดยสมการหาค่าสัมประสิทธิ์ความเหมือน ได้จากสมการหามุมระหว่างสองเวกเตอร์ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{Similarity coefficients} = \cos \theta = \frac{v_1 \bullet v_2}{\|v_1\| \|v_2\|} \quad (3.32)$$

ตัวอย่างที่ 3.3 การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความเหมือน ระหว่างประโยคสองประโยค

โจทย์: กำหนดให้ใช้คำค้นหา (Query) คือ “gold silver truck” ว่ามีความเหมือนกับประโยคใดมากที่สุด ระหว่าง ประโยค

- D1 = "Shipment of gold damaged in a fire"
- D2 = "Delivery of silver arrived in a silver truck"
- D3 = "Shipment of gold arrived in a truck"

และให้ทำการหาค่าสัมประสิทธิ์ความเหมือน โดยไม่ต้องทำการกำจัดคำใดๆและไม่ต้องหารรากของค่า

ขั้นตอนการทำ: นำประโยคในแต่ละเอกสารมาทำดัชนีและหาคำน้่าน้ำหนักของแต่ละคำได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.1 การทำดัชนีและให้ค่าน้ำหนักคำศัพท์แต่ละคำที่ปรากฏอยู่ในเอกสาร

Terms	Q	Counts, tf_i			df_i	D/df_i	$\log(D/df_i)$	Weights, $w_i = tf_i * \log(D/df_i)$			
		D1	D2	D3				Q	D1	D2	D3
a	0	1	1	1	3	3/3=1	0	0	0	0	0
arrived	0	0	1	1	2	3/2=1.5	0.1761	0	0	0.1761	0.1761
damaged	0	1	0	0	1	3/1=3	0.4771	0	0.4771	0	0
delivery	0	0	1	0	1	3/1=3	0.4771	0	0	0.4771	0
fire	0	1	0	0	1	3/1=3	0.4771	0	0.4771	0	0
gold	1	1	0	1	2	3/2=1.5	0.1761	0.1761	0.1761	0	0.1761
in	0	1	1	1	3	3/3=1	0	0	0	0	0
of	0	1	1	1	3	3/3=1	0	0	0	0	0
silver	1	0	2	0	1	3/1=3	0.4771	0.4771	0	0.9542	0
shipment	0	1	0	1	2	3/2=1.5	0.1761	0	0.1761	0	0.1761
Truck	1	0	1	1	2	3/2=1.5	0.1761	0.1761	0	0.1761	0.1761

จากตารางที่ 3.1 ทำการนับคำศัพท์ในคำค้นหา (Q) และเอกสาร (D1-D3) แสดงในคอลัมน์ 2-5, คำน้่าน้ำหนักของแต่ละคำศัพท์ของแต่ละเอกสาร แสดงในคอลัมน์ที่ 9-12 ซึ่งค่าเหล่านี้เอง เป็นค่าตัวแทนทางเวกเตอร์ของแต่ละเอกสาร

ขั้นตอนต่อมาคือการหาค่าสัมประสิทธิ์ความเหมือน ระหว่างประโยคที่ต้องการค้นหา (Q) กับเอกสาร D1-D3 ได้ดังต่อไปนี้

$$\text{Similarity (Q, D1)} = \frac{Q \bullet D_1}{\|Q\| \|D_1\|}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
&= \frac{0.1761 * 0.1761}{\sqrt{0.1761^2 + 0.4771^2 + 0.1761^2} * \sqrt{0.4771^2 + 0.4771^2 + 0.1761^2 + 0.1761^2}} \\
&= \frac{0.0310}{0.5382 * 0.7192} = 0.0801 \\
\text{Similarity (Q, D2)} &= \frac{Q \cdot D_2}{\|Q\| \|D_2\|} \\
&= \frac{0.4771 * 0.9542 + 0.1761 * 0.1761}{\sqrt{0.1761^2 + 0.4771^2 + 0.1761^2} * \sqrt{0.1761^2 + 0.4771^2 + 0.9542^2 + 0.1761^2}} \\
&= \frac{0.4862}{0.5382 * 1.0955} = 0.8246 \\
\text{Similarity (Q, D3)} &= \frac{Q \cdot D_3}{\|Q\| \|D_3\|} \\
&= \frac{0.1761 * 0.1761 + 0.1761 * 0.1761}{\sqrt{0.1761^2 + 0.4771^2 + 0.1761^2} * \sqrt{0.1761^2 + 0.1761^2 + 0.1761^2 + 0.1761^2}} \\
&= \frac{0.0620}{0.5382 * 0.3522} = 0.3271
\end{aligned}$$

หลังจากการคำนวณแล้วจะได้คำตอบว่า สัมประสิทธิ์ความเหมือนของเอกสาร D2 ได้ค่า 0.8246 ซึ่งเป็นค่าสูงสุด หมายความว่า เป็นเอกสารที่เหมือนกับ Q มากที่สุด

3.4.2 เวกเตอร์สเปซโมเดล กับการประยุกต์ใช้ในการเปรียบเทียบภาพแผนที่อากาศ

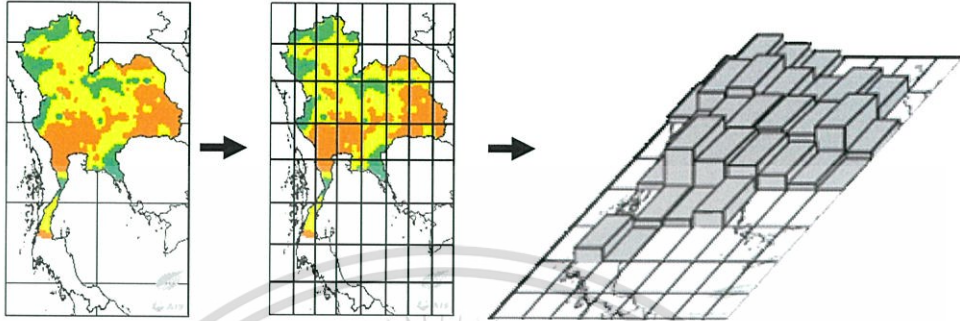
เวกเตอร์สเปซโมเดลยังสามารถใช้ประยุกต์ในการเปรียบเทียบภาพแผนที่อากาศได้ เนื่องจากภาพแผนที่อากาศนั้นเป็นข้อมูลเชิงตัวเลขชนิดหนึ่งที่น่าเสนอในรูปแบบภาพ โดยในงานวิจัยนี้ได้ใช้ เวกเตอร์สเปซโมเดล ในการเปรียบเทียบภาพแผนที่อากาศในขั้นตอนการประเมินประสิทธิภาพของการค้นคืน และจัดลำดับผลการค้นคืน (ranking) ว่าผลการค้นคืนนั้นได้ภาพที่มีความใกล้เคียงกับภาพต้นฉบับมากน้อยเพียงไร โดยกรรมวิธีที่ใช้จะเป็นกรรมวิธีเดียวกันกับการเปรียบเทียบเอกสารดังอธิบายในหัวข้อ 3.4.1 แต่จะแตกต่างกันในบางส่วน ดังต่อไปนี้

ขั้นแรก เป็นการสร้างดัชนีข้อมูล หรือ Indexing ซึ่งการสร้างดัชนีให้แก่ภาพแผนที่อากาศนั้น จะทำการแบ่งภาพออกเป็นส่วนๆ และให้ค่าประจำแต่ละบล็อกเท่ากับ 1, 2, N

ขั้นต่อมา คือการหาค่าน้ำหนักของบล็อกเพื่อนำค่าน้ำหนักของทุกบล็อกไปสร้างเป็นเวกเตอร์ โดยในขั้นตอนนี้จะพิจารณาทีละบล็อก ด้วยการอ่านค่าพิกเซลสีทั้งหมดในบล็อกแล้วแปลความหมายเป็นค่าทางตัวเลขค่าหนึ่ง ซึ่งโดยปรกติแล้วแต่ละพิกเซลสีของภาพแผนที่อากาศจะแทนค่าหนึ่งๆเสมอ (ตัวอย่างเช่น สีส้ม ให้ความหมายเท่ากับ 30 องศาเซลเซียส เป็นต้น) ดังนั้นการหาค่าของแต่บล็อกว่ามีค่าน้ำหนักเท่าใดนั้น คือการรวมค่าทั้งหมดของพิกเซลสีที่ปรากฏอยู่ในบล็อกนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างเช่น บล็อกหมายเลข 1 ปรากฏสีส้ม (30 Celsius) จำนวน 100 พิกเซล, สีเขียว (20 Celsius) จำนวน 50 พิกเซล หากกำหนดให้ค่าน้ำหนักมีค่าเท่ากับค่าโดยรวมแล้วจะได้ บล็อกหมายเลข 1 มีค่าน้ำหนักเท่ากับ $30 \times 100 + 20 \times 50 = 4,000$ เป็นต้น



รูปที่ 3.11 การประยุกต์ใช้เวกเตอร์สเปซโมเดล กับภาพแผนที่อากาศ ด้วยการแบ่งเป็นบล็อกและหาค่าน้ำหนักแต่ละบล็อก

ขั้นตอนสุดท้าย ในการวัดสัมประสิทธิ์ความเหมือนกันนั้น จะใช้การหามุมระหว่างสองเวกเตอร์ด้วยสมการ (3.32) ซึ่งผลสุดท้ายภาพใดมีค่าสัมประสิทธิ์ความเหมือนสูงสุด จะเป็นภาพที่มีความใกล้เคียงกับภาพคำถามมากที่สุด

การประยุกต์ใช้ เวกเตอร์สเปซโมเดล กับภาพแผนที่อากาศนี้ หากนำมาใช้ในขั้นตอนการค้นคืนภาพ จะเกิดข้อเสียเช่นเดียวกันกับการเปรียบเทียบฮิสโตแกรมสี นั่นคือ ไม่สามารถให้ข้อมูลเชิงตำแหน่งของสีได้ เนื่องจากค่าในแต่ละบล็อกนั้นเกิดจากการรวมค่าสีของพิกเซล อีกทั้งในการนำไปประยุกต์ใช้กับรูปภาพต่างๆ ไปเป็นเรื่องยาก เพราะข้อจำกัดในการสร้างค่าจำกัดความของสีที่จะนำไปสร้างเป็นเวกเตอร์ ซึ่งต่างจากภาพแผนที่อากาศที่สามารถประยุกต์ใช้ได้ง่ายเนื่องจากค่าสีที่ปรากฏในภาพสามารถตีค่าเป็นตัวเลขได้อย่างชัดเจน

3.5 กรรณวิธีการวัดประสิทธิภาพของระบบค้นคืนรูปภาพ

การวัดประสิทธิภาพของระบบค้นคืนมีอยู่หลายวิธี โดยวิธีที่นิยมใช้ คือ การวัดความแม่นยำและการเรียกคืน หรือ Precision and Recall [13] โดย Precision คือการหาอัตราส่วน ของจำนวนภาพที่เกี่ยวข้องที่ค้นคืนมาได้ เทียบกับจำนวนที่ค้นคืนมาได้ทั้งหมด และการหาค่า Recall คือ การหาอัตราส่วนของภาพที่เกี่ยวข้องที่ค้นคืนมาได้ เทียบกับภาพที่เกี่ยวข้องทั้งหมดในฐานข้อมูล ดังนั้นสามารถเขียนให้อยู่ในรูปสมการได้ดังสมการที่ (3.33) – (3.34) และสามารถแสดงในรูปแบบของแผนภาพได้ดัง รูปที่ 3.12 ถึงรูปที่ 3.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Recall = \frac{|R_a|}{|R|} \quad (3.33)$$

$$Precision = \frac{|R_a|}{|A|} \quad (3.34)$$

เมื่อ

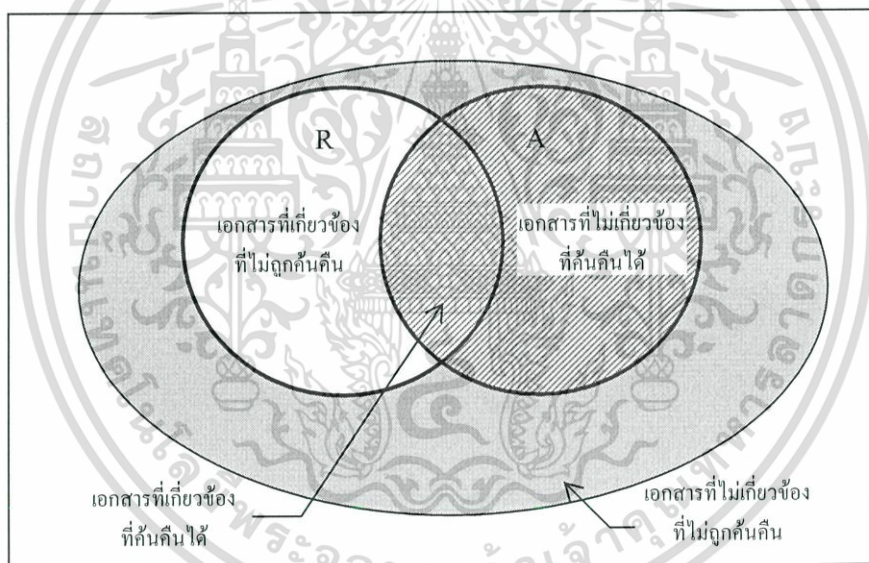
R คือเซตของเอกสารที่เกี่ยวข้อง หรือ สัมพันธ์กันทั้งหมดในฐานข้อมูล (Relevant documents)

A คือเซตของเอกสารผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นคืน (Answer Set)

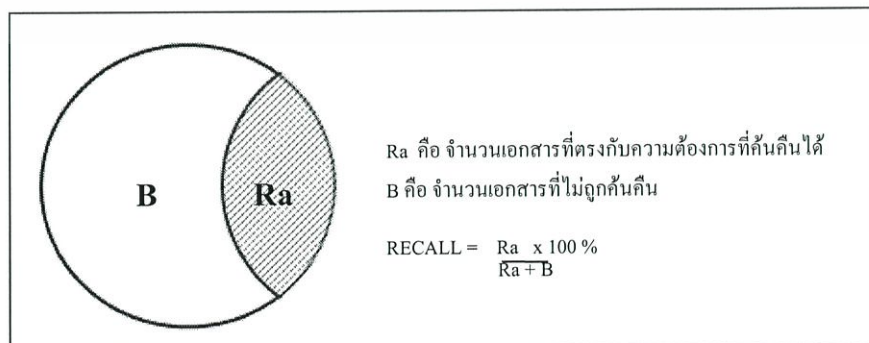
$|R|$ คือ จำนวนเอกสารในเซต R

$|A|$ คือ จำนวนเอกสารทั้งหมดในเซต A

$|R_a|$ คือจำนวนเอกสารที่อินเตอร์เซกชัน (Intersection) ระหว่างเซต R และเซต A



รูปที่ 3.12 แสดงแผนภาพการค้นคืนเอกสาร



รูปที่ 3.13 แสดงแผนภาพของการเรียกคืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 แสดงแผนภาพของความแม่นยำ

ตัวอย่างที่ 3.4 การคำนวณค่าการเรียกคืน และความแม่นยำ โดยทำการค้นคืนจาก Query q และสมมุติให้เซต R_q ประกอบด้วยเอกสารที่เกี่ยวข้องหรือสัมพันธ์กับ q ดังตัวอย่างต่อไปนี้

$$R_q = \{d_3, d_5, d_9, d_{25}, d_{39}, d_{44}, d_{56}, d_{71}, d_{89}, d_{123}\}$$

สมมุติว่าใช้อัลกอริทึมในการค้นคืน ที่สามารถทำการค้นคืนโดยใช้ Query q ได้ผลลัพธ์ที่มีอันดับของเอกสารดังต่อไปนี้ (เอกสารที่เกี่ยวข้อง หรือ สัมพันธ์กับ query q จะแสดงด้วยตัวหนา)

- | | | |
|--------------|--------------|---------------|
| 1. d_{123} | 6. d_9 | 11. d_{38} |
| 2. d_{84} | 7. d_{511} | 12. d_{48} |
| 3. d_{56} | 8. d_{129} | 13. d_{250} |
| 4. d_6 | 9. d_{187} | 14. d_{113} |
| 5. d_8 | 10. d_{25} | 15. d_3 |

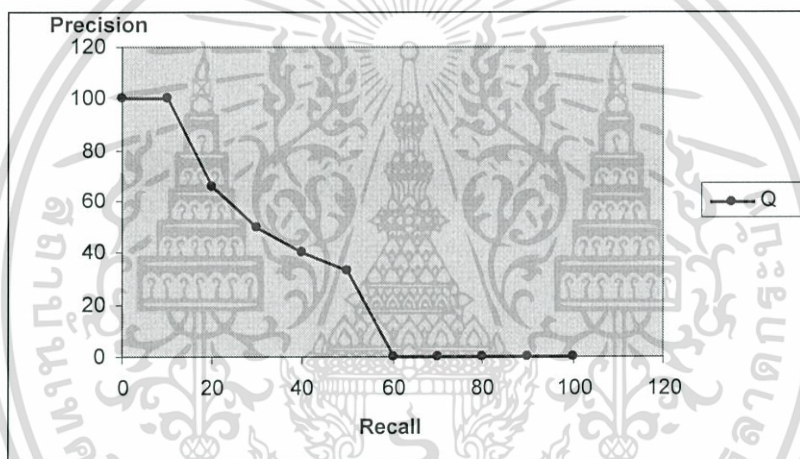
ถ้าพิจารณาจากอันดับ เริ่มจากเอกสารแรกสุด จะเห็นว่าเอกสาร d_{123} จะมีความเกี่ยวข้องเป็นอันดับที่ 1 และนับเป็น 10% ของเอกสารที่เกี่ยวข้องทั้งหมดในเซต R_q ดังนั้น เราจะสามารถบอกได้ว่า เรามีค่า Precision = 100% ที่ Recall = 10% ต่อมาเราพิจารณาเอกสาร d_{56} ที่เป็นเอกสารที่เกี่ยวข้องในอันดับ 3 ของการค้นคืน และ ณ. จุดนี้ เราสามารถบอกได้ว่า ค่า precision = 66% (มี 2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง จากเอกสารที่ค้นคืนมาได้ 3 เอกสาร) ที่ Recall = 20% (มี 2 เอกสารจากเอกสารที่เกี่ยวข้องทั้งหมด 10 เอกสาร) ต่อจากนั้นให้เราพิจารณาเอกสารอันดับต่อไปเรื่อย ๆ ดังตารางที่ 3.2 และสามารถสร้างกราฟ Precision กับ Recall ได้ดังรูปที่ 3.15 ที่จะเห็นได้ว่า ค่าที่ตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Recall มากกว่า 50 นั้น ค่า Precision จะตกเหลือ 0 นั้นเป็นเพราะว่าไม่มีเอกสารที่เกี่ยวข้องหลงเหลืออีกแล้วในการค้นคืนนั้น และที่ตำแหน่ง Recall = 0% เราจะได้ค่า Precision จากการ Interpolate ค่าในช่วงข้างเคียง

ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างการคำนวณ Recall และ Precision

No.	Recall	Precision
1	$1/10 \times 100 = 10\%$	$1/1 \times 100 = 100\%$
2	$2/10 \times 100 = 20\%$	$2/3 \times 100 = 66\%$
3	$3/10 \times 100 = 30\%$	$3/6 \times 100 = 50\%$
4	$4/10 \times 100 = 40\%$	$4/10 \times 100 = 40\%$
5	$5/10 \times 100 = 50\%$	$5/15 \times 100 = 33\%$
6	0%	0%
...
15	0%	0%



รูปที่ 3.15 กราฟ Precision และ Recall

จากตัวอย่างที่ 3.4 จะเห็นได้ว่า Recall เป็นค่าที่แสดงถึงการเรียกคืนที่สามารถครอบคลุมสิ่งที่ถูกต้องได้ร้อยละเท่าไรจากสิ่งที่ถูกต้องร้อยละเปอร์เซ็นต์ และ Precision เป็นค่าที่แสดงถึงเปอร์เซ็นต์การค้นคืนที่สามารถค้นคืนได้ถูกต้องตามความต้องการร้อยละเท่าไรจากสิ่งที่ค้นคืนมาทั้งหมด โดย Recall และ Precision มักมีความสัมพันธ์แบบผกผันกัน นั่นคือ เมื่อ Recall มีค่าเพิ่มขึ้น ค่า Precision จะลดลง เมื่อค่า Recall ลดลงค่า Precision จะเพิ่มขึ้น

กล่าวคือถ้าค่า Recall มีเปอร์เซ็นต์ต่ำแสดงว่าเราต้องการเอกสารที่เกี่ยวข้องหรือสัมพันธ์กับ query q ที่ปรากฏใน Answer set จำนวนน้อย ดังนั้นโอกาสที่จะเจอเอกสารที่เกี่ยวข้องกับ query q จึงมีความเป็นไปได้สูงที่จะเจอ จึงส่งผลทำให้ค่า Precision มีเปอร์เซ็นต์สูงด้วย และถ้าค่า Recall มีเปอร์เซ็นต์สูง แสดงว่าเราต้องการเอกสารที่เกี่ยวข้องหรือสัมพันธ์กับ query q ที่ปรากฏใน Answer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

set จำนวนมาก ดังนั้นจะทำให้โอกาสที่จะเจอเอกสารที่เกี่ยวข้องใน Answer set ต่ำ ส่งผลให้ค่า Precision มีเปอร์เซ็นต์ต่ำด้วย นั่นคือในการค้นคืนเราไม่สามารถระบุ หรือ เจาะจงเอกสารได้อย่างครบถ้วน ทำให้ยังค้นหาจะยังได้ทั้งเอกสารที่เกี่ยวข้อง และไม่เกี่ยวข้องเพิ่มขึ้นเป็นเงาตามตัว ดังนั้นถ้าต้องการเอกสารที่เกี่ยวข้องเป็นจำนวนมากก็จะยิ่งทำให้ค่าความแม่นยำต่ำลง

การพิจารณารายของค่า Recall ร่วมกับ Precision พร้อมกัน ช่วยบ่งชี้ได้ว่าอัลกอริทึมที่ใช้ในการค้นคืนนั้นมีประสิทธิภาพดีหรือไม่ เพราะบางอัลกอริทึมจะให้ผลการค้นคืนดีในลำดับการค้นคืนลำดับต้นๆ เท่านั้น หรือ บางอัลกอริทึมจะให้ผลการค้นคืนดีที่ลำดับการค้นคืนท้ายๆ และบางอัลกอริทึมจะได้ผลการค้นคืนที่ต้องการอย่างรวดเร็ว ดังนั้นการพิจารณาค่า Recall ร่วมกับ Precision จึงเป็นการพิจารณาหรือวิเคราะห์แนวโน้มของผลการค้นคืนของแต่ละอัลกอริทึม ซึ่งการคำนวณค่า Recall และ Precision เมื่อทำการค้นคืนจำนวนหลาย ๆ ครั้งจะต้องมีการหาค่า Precision เฉลี่ยจากผลการทดลองค้นคืนทั้งหมด ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3.35)

$$\bar{P}(r) = \frac{1}{Q} \sum_{q=1}^Q P_q(r) \quad (3.35)$$

โดยที่

$\bar{P}(r)$ คือ ค่าเฉลี่ย Precision ที่ระดับ Recall r

$P_q(r)$ คือ ค่า Precision ของ query q ที่ระดับ Recall r

Q คือ จำนวนของคำถามทั้งหมดที่ใช้ทดลอง

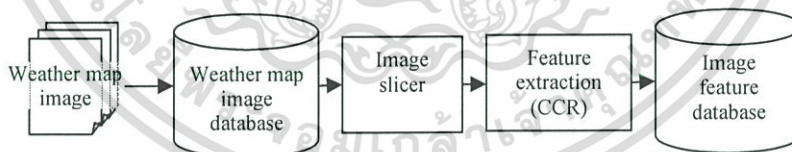
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

งานวิจัยที่นำเสนอสำหรับการค้นคืนภาพแผนที่อากาศ

กระบวนการสร้างระบบการค้นคืนภาพแผนที่อากาศนั้น สามารถแบ่งออกได้เป็นสามส่วน ในส่วนแรกจะเป็นส่วนของการนำข้อมูลภาพแผนที่อากาศทั้งหมดมาแยกคุณลักษณะด้วยกรรมวิธี CCR เก็บไว้ในฐานข้อมูลและส่วนที่สอง คือส่วนของการค้นคืนภาพจากฐานข้อมูล โดยในการค้นคืนนั้นจะเริ่มจากการนำภาพคำถามมาผ่านกรรมวิธี CCR เพื่อแยกคุณลักษณะที่ต้องการจากภาพ จากนั้นจะนำคุณลักษณะเหล่านั้นไปวัดค่าความเหมือนกับภาพในฐานข้อมูล เพื่อได้ผลการค้นคืนในเบื้องต้น แล้วจึงนำไปวัดค่าดัชนีความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพ (SSIM index) เทียบกับภาพคำถามอีกครั้งหนึ่ง เพื่อทำการจัดเรียงลำดับความเหมือนของภาพให้ได้ภาพที่ใกล้เคียงกับภาพคำถามมากที่สุด และส่วนที่สาม กลุ่มภาพที่ค้นคืนมาได้เหล่านั้น จะถูกนำไปใช้ประโยชน์ทางอุตุนิยมวิทยาสองประการ ประการแรกคือสำหรับค้นหาเหตุการณ์ของภาพแผนที่อากาศ ว่าในอดีตนั้นมีเหตุการณ์ในลักษณะนี้เกิดขึ้นในช่วงเวลาใด ประการที่สองคือ ใช้สำหรับพยากรณ์อากาศระยะสั้น โดยการใช้ภาพที่เป็นช่วงเวลาถัดไปของกลุ่มภาพที่ค้นคืนมาได้ นำมาเป็นข้อมูลประกอบสำหรับการพยากรณ์ล่วงหน้าระยะสั้น ในบทนี้จะอธิบายกรรมวิธีที่งานวิจัยใช้ในการคัดแยกคุณลักษณะภาพลงฐานข้อมูล, การค้นคืนรูปภาพ, การใช้ประโยชน์จากภาพที่ค้นคืนได้ รวมไปถึงกรรมวิธีที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของระบบการค้นคืนภาพแผนที่อากาศ

4.1 การคัดแยกคุณลักษณะภาพแผนที่อากาศ



รูปที่ 4.1 ภาพรวมของการคัดแยกคุณลักษณะและการจัดเก็บภาพ

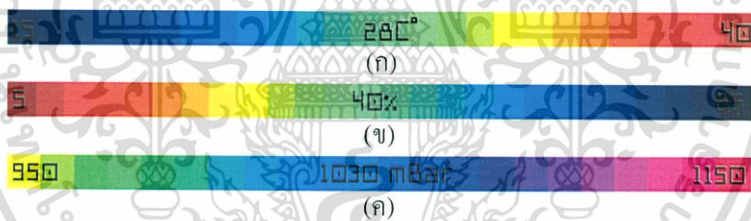
รูปที่ 4.1 แสดงถึงขั้นตอนการคัดแยกคุณลักษณะของภาพและการจัดเก็บภาพ โดยเริ่มจากภาพแผนที่อากาศจะแต่ละภาพจะถูกจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูลรูปภาพที่มีการระบุรายละเอียดวัน, เวลา และชนิดของรูปภาพไว้อย่างชัดเจน จากนั้นภาพจะถูกนำมาแบ่งพื้นที่ออกเป็นส่วนย่อยก่อนที่จะถูกนำมาแยกคุณลักษณะภาพด้วยเทคนิค CCR และจัดเก็บข้อมูลคุณลักษณะภาพเหล่านั้นไว้ในฐานข้อมูล เพื่อใช้เป็นประโยชน์ในการเปรียบเทียบและค้นคืนในขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนสำคัญในกระบวนการนี้ คือกระบวนการการคัดแยกคุณลักษณะภาพ ที่ประกอบไปด้วย การแบ่งพื้นที่ภาพ และการแยกคุณลักษณะภาพด้วยเทคนิค CCR โดยทั้งนี้จำเป็นต้องมีการสร้าง ฮิสโตแกรมสีเพื่อให้สำหรับอ้างอิงในกระบวนการทั้งหมด

4.1.1 การสร้างฮิสโตแกรมเกรมสี

ในกระบวนการจัดเก็บคุณลักษณะภาพและการค้นคืนทั้งหมดนั้น จำเป็นต้องสร้างฮิสโตแกรมสีเพื่อให้สำหรับอ้างอิงค่าสีที่ปรากฏในภาพ โดยจำเป็นต้องใช้แบบจำลองสีและการเลือกสีที่เหมาะสม สำหรับงานวิจัยนี้ใช้แบบจำลองสี RGB ในการสร้างฮิสโตแกรมสีแบบหนึ่งมิติ ขนาด 50 บิน เนื่องจากภาพแผนที่อากาศนั้น โดยปรกติแล้วมักมีจำนวนสีที่สนใจในปริมาณไม่มากนัก และสีแต่ละสีจะใช้ในการนำเสนอค่าตัวเลขทางอุตุนิยมวิทยาอย่างชัดเจนเพียงหนึ่งค่า ดังแสดงในรูปที่ 4.2 ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงใช้ฮิสโตแกรมขนาด 50 บิน ที่ได้จากการเลือกสี 50 สี เป็นจำนวนสีที่ไม่ซ้ำกันทั้งหมดที่ปรากฏในแผนที่อากาศ ดังแสดงในรูปที่ 4.3 โดยเลือกใช้เฉพาะสีที่มีความหมายเชิงตัวเลขในภาพแผนที่อากาศเท่านั้น ไม่นับรวมสีดำ, สีขาว หรือสีอื่นๆที่ไม่มีค่าความหมายเชิงตัวเลข เพราะสีเหล่านั้นเป็นองค์ประกอบของตัวอักษร, ลายเส้น, สัญลักษณ์ต่างๆในภาพ ที่ให้นำเสนอข้อมูลประกอบอื่นๆแก่ผู้ใช้งาน โดยไม่มีนัยยะสำคัญสำหรับการค้นคืนภาพแต่อย่างใด



รูปที่ 4.2 แสดงสีที่ใช้แทนค่าแต่ละค่า ของแผนที่อากาศ
(ก) อุณหภูมิ (ข) ความชื้น (ค) ความกดอากาศ



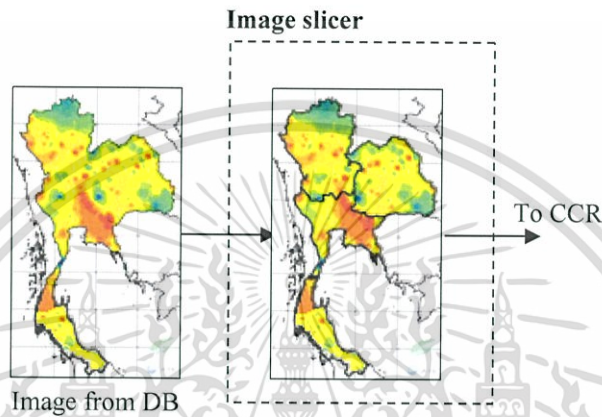
รูปที่ 4.3 ฮิสโตแกรมสีขนาด 50 บิน ที่ครอบคลุมสีที่สนใจทุกสีในภาพ

4.1.2 การแบ่งพื้นที่ภาพ

ขั้นตอนในการจัดเก็บคุณลักษณะภาพนั้น ขั้นแรกจะเป็นการแบ่งพื้นที่ภาพแผนที่อากาศ ออกเป็น 4 ส่วนตามลักษณะการอ้างอิงทางภูมิศาสตร์ ได้แก่ ส่วนตอนเหนือ ส่วนตอนอีสาน ส่วนตอนกลาง และส่วนตอนใต้ ก่อนนำไปคัดแยกคุณลักษณะภาพ ดังแสดงในรูปที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

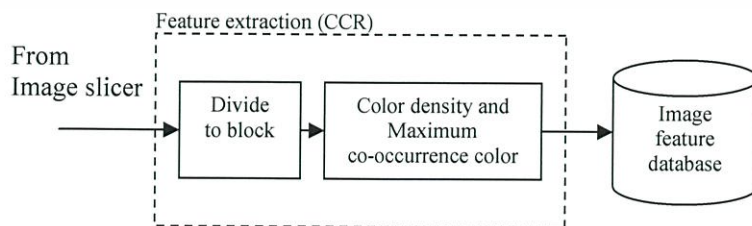
การแบ่งพื้นที่ออกเป็นส่วนย่อยแทนการใช้ทั้งภาพ เป็นการเพิ่มข้อมูลเชิงตำแหน่งให้แก่ตัวข้อมูล กล่าวคือระบบสามารถทำการค้นคืนภาพแบบจำเพาะเจาะจงเป็นรายพื้นที่แต่ละส่วนได้ อีกทั้งยังเป็นการลดข้อเสีย ของ CCR ในกรณีที่ภาพแผนที่อากาศมีกลุ่มสีลักษณะคล้ายๆกันหลายกลุ่ม ปรากฏแบบกระจายกระจายในพื้นที่ต่างๆกันเป็นจำนวนมาก ที่ส่งผลให้ผลการค้นคืนมีโอกาสผิดพลาดสูง ดังนั้นการแบ่งพื้นที่ออกเป็นส่วนต่างกันจะเป็นการจำกัดบริเวณของกลุ่มสี ไม่ให้เกิดการค้นคืนข้ามพื้นที่กัน



รูปที่ 4.4 แสดงหน้าที่ของการแบ่งภาพ (Image slicer) ที่แบ่งพื้นที่ประเทศไทยออกเป็น 4 ส่วน ก่อนการนำไปคัดแยกคุณลักษณะภาพ

4.1.3 การแยกคุณลักษณะภาพด้วยเทคนิค CCR

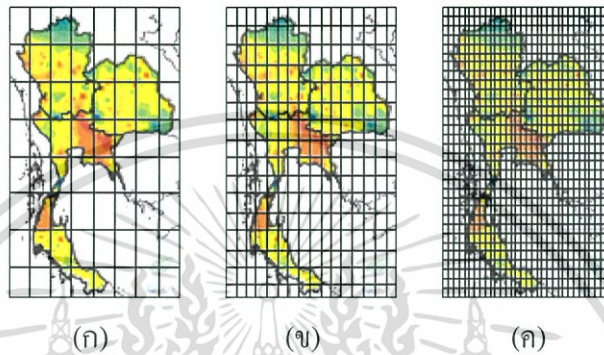
กระบวนการแยกคุณลักษณะภาพด้วยเทคนิค CCR นั้น เริ่มจากการหาบริเวณที่ติดกันของสีเพื่อทำการแยกแยะการเกาะกลุ่มกันของสี เมื่อได้การเกาะกลุ่มกันของแต่ละสีแล้ว จะทำการคำนวณหาค่าความหนาแน่น และสีที่ปรากฏร่วมสูงสุดของแต่ละกลุ่มสี จากนั้นทำการเก็บคุณลักษณะเหล่านี้ของภาพแต่ละภาพไว้ในฐานข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 การแยกคุณลักษณะภาพด้วยเทคนิค CCR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาบริเวณที่ติดกันของสี ในขั้นแรกรูปภาพขนาด $N \times M$ จะถูกแบ่งออกเป็นบล็อกของ $n \times m$ พิกเซล เพื่อนำมาใช้ในการพิจารณาหาบริเวณที่ติดกันของสี หรือ กลุ่มสีทุกสีที่ปรากฏภายในภาพ โดยจำนวนบล็อกที่ใช้ได้แก่ 8×8 , 16×16 และ 32×32 บล็อก โดยรูปที่ 4.6 เป็นรูปที่แสดงตัวอย่างของการแบ่งภาพแผนที่อากาศออกเป็นบล็อกขนาดต่างๆ จากนั้นทำการหาบริเวณที่ติดกันของสีโดยใช้สมการที่ (3.4) ในบทที่ 3 และสามารถแสดงตัวอย่างของกลุ่มสีที่ได้จากการแบ่งภาพที่บล็อกขนาดต่างๆกัน ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.6 แสดงการแบ่งบล็อกของภาพแผนที่อากาศ ที่ขนาดต่างๆ
(ก) 8×8 บล็อก (ข) 16×16 บล็อก (ค) 32×32 บล็อก



รูปที่ 4.7 ตัวอย่างแสดงบริเวณที่ติดกันของสีส้มที่ได้จากการแบ่งภาพออกเป็นบล็อกขนาดต่างๆ

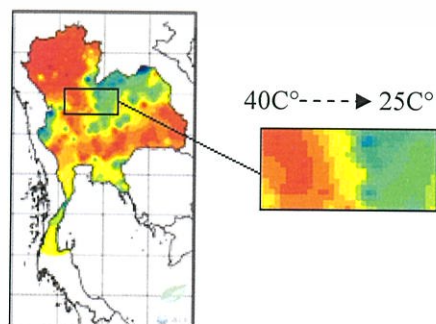
หลังจากที่หากกลุ่มพื้นที่สีที่ติดกันของสีต่างๆ บินสี เรียบร้อยแล้ว จะนำกลุ่มสีเหล่านั้นมาคำนวณค่าความหนาแน่นของแต่ละกลุ่มสี เพื่อนำมาพิจารณาหาปริมาณการเกาะกลุ่มกันของสีโดยใช้สมการที่ (3.6) – (3.8) ซึ่งได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 โดยปริมาณการเกาะกลุ่มกันของแต่ละกลุ่มสีจะถูกนำมาใช้ในการวัดความเหมือนกันของภาพ เพื่อหาภาพที่มีปริมาณการเกาะกลุ่มกันของแต่ละสีใกล้เคียงกับภาพคำถาม ขั้นตอนต่อมา คือการพิจารณาหาค่าสีที่ปรากฏร่วมสูงสุดของแต่ละกลุ่มสี โดยจะใช้สมการที่ (3.9) – (3.11) ในบทที่ 3 ในการระบุว่ากลุ่มสีใด ๆ มีค่าสีใดที่ปรากฏคู่บ่อยที่สุด เพื่อใช้ในการอ้างอิงตำแหน่งของสีที่ปรากฏในภาพ ซึ่งจะนำค่าสีที่ปรากฏร่วมสูงสุดของแต่ละเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มสีไปใช้วัดความเหมือนกันของภาพด้วย เพื่อให้ได้ภาพที่มีการเกิดร่วมกันระหว่างคู่สีที่เหมือนกันกับภาพคำถาม และท้ายที่สุด ค่าต่างๆที่ได้จากการแยกแยะคุณลักษณะภาพจะถูกจัดเก็บในฐานข้อมูล ที่มีรูปแบบการจัดเก็บดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตารางเก็บคุณลักษณะภาพของ CCR

ชื่อฟิลด์ข้อมูล	ชนิดตัวแปร	ความหมาย
ID	Integer	รหัสประจำรูปภาพ
DESC	Text	คำอธิบายประเภทภาพ
BIN_NO	Integer	หมายเลขบินสี
GROUP_NO	Integer	หมายเลขกลุ่มสี
CONNECTED	Array of Integer	หมายเลขบล็อกทั้งหมดที่ติดกันของกลุ่ม
COLOR_DENSITY	Float	ค่าความหนาแน่นของกลุ่มสี
CO_COLOR	Integer	หมายเลขบินสี ของสีที่ปรากฏร่วมสูงสุด
CO_COLOR_PROP	Float	ค่าความเป็นไปได้ของสีที่ปรากฏร่วมสูงสุด
TOTAL_HIST	Integer	ค่าฮิสโตแกรมสีรวมของกลุ่ม

สำหรับภาพทั่วไปนั้น ค่าสีที่ปรากฏร่วมสูงสุด สามารถใช้ร่วมในการวัดค่าความเหมือนกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากกลุ่มสีแต่ละกลุ่มนั้น ย่อมมีสีที่ปรากฏร่วมสูงสุดแตกต่างกันออกไป แต่ในงานวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับภาพแผนที่อากาศ ซึ่งผู้วิจัยพบว่าภาพแผนที่อากาศบางชนิดมีลักษณะสีปรากฏอย่างมีรูปแบบที่ชัดเจน ตัวอย่างเช่น หากพิจารณารูปที่ 4.2 (ก) ที่เป็นระดับสีแสดงอุณหภูมิ จะพบว่า อุณหภูมิสูงสุดคือ 40 องศาเซลเซียส (สีแดงเข้ม) และอุณหภูมิต่ำสุดจะมีสีเรียงกันไปตามลำดับ ดังนั้นหากบริเวณจุดใดจุดหนึ่งบนภาพแผนที่อุณหภูมิอากาศ ปรากฏอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นั้นแสดงว่าบริเวณรอบข้างที่อุณหภูมิต่ำลง ย่อมมีระดับสีที่เรียงตามลำดับเช่นกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.8 ดังนั้นในความเป็นจริงแล้ว ไม่มีโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ในลักษณะพื้นที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (สีแดง) อยู่ติดกันกับพื้นที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (สีฟ้า)



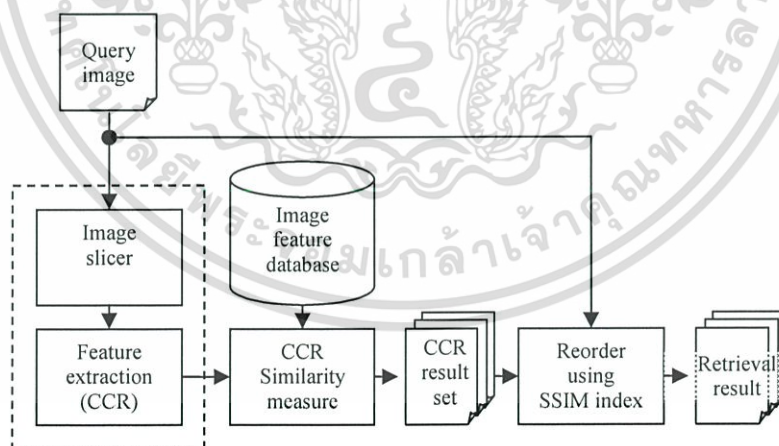
รูปที่ 4.8 แสดงลักษณะธรรมชาติของการเกิดสี และการไล่ระดับสีบนแผนที่อุณหภูมิอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องด้วยธรรมชาติของการเกิดสีร่วมบนภาพแผนที่อากาศในบางชนิดนั้น มีลักษณะตายตัวแน่นอน และสมการวัดความเหมือนด้วยเทคนิค CCR (สมการที่ 3.5 ในบทที่ 3) เป็นการวัดความเหมือนที่มีการให้ค่าน้ำหนัก ระหว่าง ความเหมือนทางกลุ่มสี (S1) กับ ค่าความเป็นไปได้ของสีปรากฏร่วมสูงสุด (S2) ในค่าน้ำหนักที่เท่ากัน ซึ่งทั้งที่จริงแล้ว ค่าน้ำหนักของ S2 นั้น ควรจะมีค่าน้ำหนักที่น้อยกว่า S1 เนื่องด้วยเหตุผลการเกิดสีของภาพแผนที่อากาศที่สีปรากฏร่วมมักเป็นสีที่แน่นอนดังที่กล่าวข้างต้น ทำให้ในงานวิจัยนี้ ได้ทำการทดลองปรับปรุงการใช้งาน CCR ด้วยการไม่นำค่าสีที่ปรากฏร่วมสูงสุดมาร่วมคำนวณในการวัดความเหมือนกันของภาพ เพื่อพิสูจน์แนวคิดดังกล่าว ซึ่งผลการทดลองที่ได้ แสดงในบทที่ 5

4.2 การค้นคืนภาพ

กระบวนการค้นคืนภาพ ดังแสดงในรูปที่ 4.9 โดยเริ่มจากการนำรูปภาพคำถาม ผ่านกระบวนการแบ่งพื้นที่ภาพและคัดแยกคุณลักษณะด้วยเทคนิค CCR (ขั้นตอนทั้งสองนี้มีการทำงานเช่นเดียวกับกระบวนการจัดเก็บคุณลักษณะภาพดังที่ได้กล่าวในหัวข้อ 4.12 และ 4.13) จากนั้น ค่าส่วนประกอบต่างๆของ CCR เช่น กลุ่มสี และความหนาแน่นของสี จะถูกนำไปวัดความเหมือนกันของภาพโดยเทียบกับทุกภาพในฐานข้อมูล ผลที่ได้คือชุดของภาพที่ผ่านการค้นคืนขั้นต้น ซึ่งภาพเหล่านี้จะถูกนำไปจัดเรียงโดยพิจารณาความเหมือนกันอีกครั้ง ด้วยการหาค่าดัชนีความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพ เพื่อเรียงลำดับภาพที่มีความใกล้เคียงกับภาพคำถามมากที่สุด



รูปที่ 4.9 ภาพรวมของการค้นคืนภาพด้วยเทคนิค CCR

และการวัดค่าดัชนีความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพ

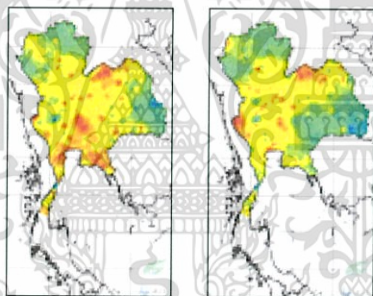
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 การค้นคืนภาพโดยใช้เทคนิค CCR

ขั้นตอนการค้นคืนโดยใช้เทคนิค CCR นี้ จะเป็นการเปรียบเทียบค่าฮิสโตแกรมของกลุ่มสีแต่ละกลุ่ม ระหว่างสองภาพ ดังสมการ (3.12) ที่ได้แสดงในบทที่ 3 โดยแต่ละกลุ่มสีจะถูกนำมาจัดเรียงลำดับตามค่าความหนาแน่นจากมากไปน้อย และทำการเทียบค่าฮิสโตแกรมที่ละกลุ่มของทั้งสองภาพ

การหาค่าความสัมพันธ์ของสีในพื้นที่ติดกัน(CCR) นำมาซึ่งการได้ข้อมูลเชิงตำแหน่งของสีที่ปรากฏในภาพ โดยพิจารณาปริมาณของสีที่เกาะกลุ่มกันและใช้การวัดความเหมือนกันทางฮิสโตแกรมของกลุ่มสี เพื่อหาภาพที่มีปริมาณการเกาะกลุ่มสีที่ใกล้เคียงกับภาพคำถาม

แต่ทั้งนี้ CCR ก็มีข้อจำกัดในเรื่องขนาดของบล็อกที่เหมาะสม ที่จะสามารถแยกแยะการเกาะกลุ่มของสีในแต่ละภาพให้ได้การเกาะกลุ่มกันของสีที่ชัดเจน อีกทั้งประสิทธิภาพของการใช้ CCR ในการค้นคืนรูปภาพ จะลดลงเป็นอย่างมาก สำหรับการค้นคืนภาพที่กลุ่มสีมีการกระจายเป็นกลุ่มย่อยๆทั่วรูปภาพ ซึ่งถ้าหากมีกลุ่มย่อยเป็นจำนวนมาก อาจมีโอกาที่กลุ่มย่อยของทั้งสองภาพมีความเหมือนกันได้แม้ว่าปรากฏอยู่ตำแหน่งที่ต่างกันดังแสดงในรูปที่ 4.10

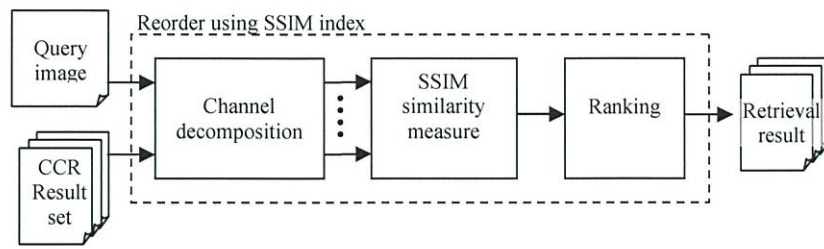


รูปที่ 4.10 ตัวอย่างภาพที่ จำนวนกลุ่มสี และความหนาแน่นของกลุ่มสี มีค่าใกล้เคียงกัน แต่กลุ่มสีปรากฏในบริเวณที่ต่างกัน

4.2.2 การจัดเรียงผลการค้นคืนด้วยการวัดค่าดัชนีความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพ

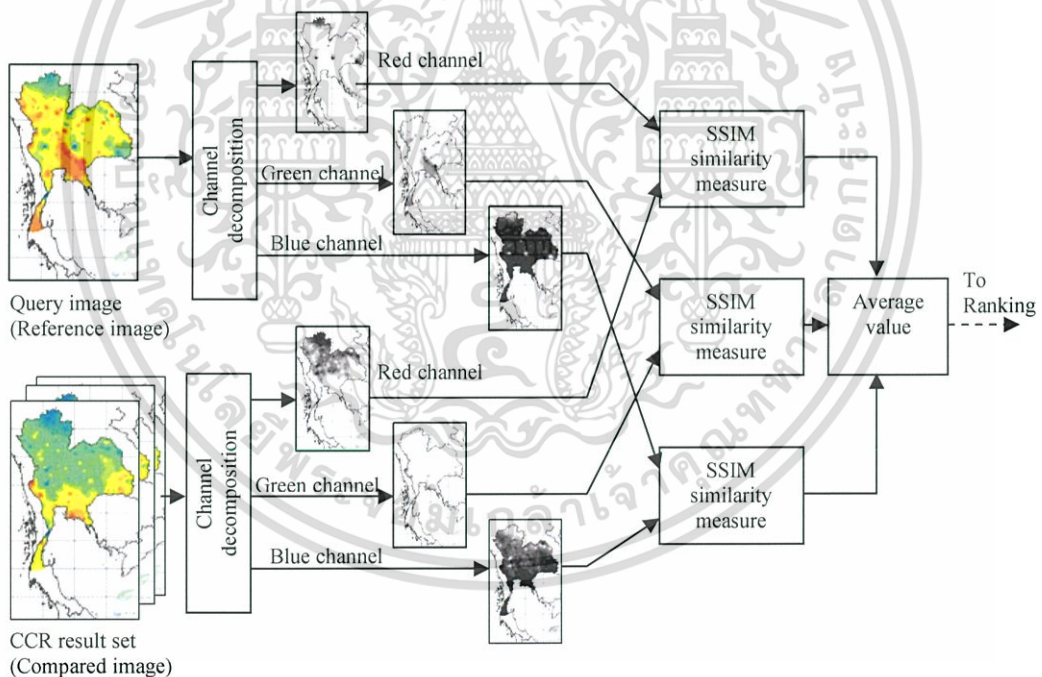
ภาพที่ค้นคืนมาด้วยเทคนิค CCR นั้น สามารถค้นคืนภาพที่กลุ่มสีมีลักษณะใกล้เคียงกับภาพคำถามขึ้นมาได้ แต่ด้วยข้อจำกัดของ CCR ในการนำมาค้นคืนภาพแผนที่อากาศนั้น ในบางครั้ง ภาพที่ค้นคืนมาและเรียงลำดับความเหมือนด้วย CCR มีลักษณะที่คลาดเคลื่อนจากภาพคำถาม เพราะกลุ่มสีที่มีจำนวนกลุ่ม และค่าความหนาแน่นใกล้เคียงกันของทั้งสองภาพอาจได้ผลรวมของการคำนวณที่มีค่าสูง ในขณะที่ตำแหน่งของกลุ่มสีในทั้งสองภาพอาจปรากฏในตำแหน่งที่ต่างกัน ทำให้ดูไม่สอดคล้องกันในมุมมองของสายตามนุษย์ ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงได้นำการวัดค่าดัชนีความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพ มาทำการจัดเรียงผลการค้นคืนของ CCR อีกครั้งหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 การจัดเรียงผลการค้นคืนด้วยการวัดค่าดัชนีความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพ

กระบวนการจัดเรียงผลการค้นคืนด้วยการวัดค่าดัชนีความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพ แสดงในรูปที่ 4.11 เป็นกระบวนการที่นำภาพคำถามหรือภาพอ้างอิง มาเทียบกับภาพที่ได้จากการค้นคืนด้วย CCR ทีละภาพไปจนครบทั้งหมด ซึ่งผลสุดท้ายจะได้เป็นภาพคำตอบชุดเดิม แต่ลำดับของภาพเหล่านั้นจะเปลี่ยนไปด้วยการเรียงตามค่าดัชนีความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพ ที่วัดได้ในการเปรียบเทียบทีละภาพ ซึ่งขั้นตอนในการเปรียบเทียบภาพเพื่อหาค่าดัชนีความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพ นั้นแสดงในรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 การเปรียบเทียบความเหมือนด้วยค่าดัชนีความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพ
ในแต่ละสัญญาณสีของสองภาพ

ขั้นตอนแรก เริ่มจากการแยกองค์ประกอบสี (Channel decomposition) ทั้งในภาพอ้างอิงและภาพเปรียบเทียบ โดยแยกออกเป็น 3 ช่องสัญญาณ คือสัญญาณสีแดง, สีเขียว และสีน้ำเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

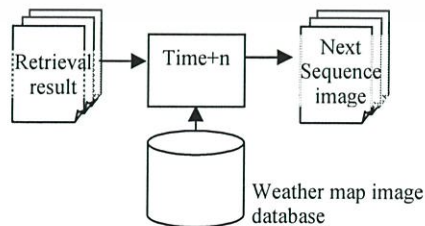
ขั้นตอนที่สอง นำภาพแต่ละช่องสัญญาณสีของทั้งสองภาพ มาเปรียบเทียบวัดความเหมือนด้วยค่าดัชนีความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพทีละคู่ จนครบทั้งสามช่องสัญญาณ

ขั้นตอนสุดท้าย นำค่าดัชนีความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพที่ได้จากการเปรียบเทียบสัญญาณสีทั้งสาม มาหาค่าเฉลี่ย ซึ่งทำที่สุดแล้วก็จะเปรียบเทียบจนครบทุกภาพ และสามารถนำค่าดัชนีความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพ ที่ได้ ไปจัดเรียงลำดับภาพตามความเหมือนภาพต้นฉบับ จากมากที่สุดไปน้อยสุด

ข้อดีของการใช้ค่าดัชนีความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพ ในการจัดเรียงผลการค้นคืน นั่นคือการเรียงลำดับความเหมือนของภาพมีความสอดคล้องกับระบบการมองเห็นของมนุษย์สูง แต่ข้อจำกัดที่เห็นได้จากกระบวนการข้างต้นคือ การหาค่าดัชนีความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพนั้นเป็นการเปรียบเทียบระหว่างภาพสองภาพในทุกตำแหน่งพิกเซลในภาพ ไม่ใช่กรรมวิธีที่คัดแยกคุณลักษณะที่ต้องการออกมาจากภาพ ทำให้การเปรียบเทียบความเหมือนนั้น ต้องเทียบทุกตำแหน่งของภาพ อ่างอิง กับทุกตำแหน่งของชุดภาพที่นำมาเปรียบเทียบ อีกทั้งต้องแยกการวัดออกเป็นสามช่องสัญญาณสี จึงทำให้ใช้เวลาในการเปรียบเทียบสูงมาก จึงเป็นสาเหตุที่ต้องนำมาประยุกต์ใช้เป็นลำดับถัดจากการค้นคืนขั้นต้นด้วยเทคนิค CCR

4.3 การนำภาพไปใช้งาน

ภายหลังจากการค้นคืนรูปภาพเสร็จสิ้น ภาพส่วนหนึ่งที่มีลำดับความเหมือนในตำแหน่งต้นๆ จะถูกนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านอุตุนิยมวิทยาสองประการ ประการแรกเป็นการใช้ผลการค้นหาเหตุการณ์ของภาพแผนที่อากาศในอดีต เป็นข้อมูลเชิงสถิติ ว่ามีเหตุการณ์ในลักษณะนี้เกิดขึ้นในช่วงเวลาใด กล่าวคือ เป็นการอ่านค่าวันเวลาของภาพผลการค้นคืน ว่าภาพเหล่านั้นเป็นภาพในช่วงวันเวลาใด ประการที่สองคือ ใช้สำหรับเป็นข้อมูลประกอบสำหรับการพยากรณ์อากาศระยะสั้น (Nowcasting) ที่เป็นการนำภาพที่เป็นช่วงเวลาถัดไปของกลุ่มภาพที่ค้นคืนมาได้ นำมาเป็นภาพสำหรับใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 การใช้ภาพในช่วงเวลาถัดไป เป็นข้อมูลประกอบการพยากรณ์ระยะสั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การวัดประสิทธิภาพการค้นคืน

การวัดประสิทธิภาพของระบบค้นคืนจะใช้วิธี การวัดความแม่นยำ และการเรียกคืน (Precision and Recall) และใช้ค่า ความแม่นยำเฉลี่ย (Average precision) ในการประเมินประสิทธิภาพของระบบ แต่ทั้งสองวิธีนี้ จำเป็นต้องมีการระบุ เอกสารที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเป็นเรื่องยากในการระบุหรือจัดหมวดหมู่ให้แก่ภาพแผนที่อากาศว่าอยู่ในหมวดหมู่ใด หรือเกี่ยวข้องกับภาพคำถามหรือไม่ ดังนั้นในงานวิจัยที่นำเสนอ ได้ทำการทดลองสร้างกลไกในการหาภาพที่เกี่ยวข้องกับภาพคำถาม สองวิธีดังนี้

4.4.1 การจำแนกภาพที่เกี่ยวข้องด้วยการแทนความหมายภาพ

โดยปรกติแล้ว ภาพต่างๆ ไปตามธรรมชาติสามารถให้การตีความของมนุษย์ในการให้ความหมายภาพเหล่านั้นได้ ว่าเป็นภาพประเภทใด เช่น ภาพผลไม้, รถยนต์, อาคาร ฯลฯ แต่สำหรับภาพแผนที่อากาศ ไม่สามารถให้ความหมายที่ชัดเจน หรือจัดประเภทโดยชัดเจนได้ ดังนั้นในการระบุความหมายของภาพแผนที่อากาศ เบื้องต้นผู้วิจัยได้ใช้วิธีการให้ความหมายภาพตามลักษณะงานด้านอุตุนิยมวิทยา ที่นิยมอธิบายความหมายภาพเป็นรายพื้นที่ ซึ่งมีกรรมวิธีดังต่อไปนี้

ขั้นแรก นำภาพแผนที่อากาศ มาแบ่งเป็นพื้นที่ส่วนย่อย ตามหลักการด้านอุตุนิยมวิทยา ที่แบ่งเป็น 8 ส่วน คือ ภาคเหนือตอนบน, ภาคเหนือตอนล่าง, ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน, ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง, ภาคกลาง, ภาคตะวันออก, ภาคใต้ตอนบน และภาคใต้ตอนล่าง โดยขอบเขตการแบ่งพื้นที่ดังแสดงในรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 การแบ่งพื้นที่ประเทศไทยออกเป็นแปดส่วนตามหลักการด้านอุตุนิยมวิทยา

ขั้นที่สอง หากค่าเฉลี่ยทางตัวเลข ของพื้นที่แต่ละส่วน แล้วจึงใช้ชื่ออธิบายความหมายว่าพื้นที่นั้นๆมีค่า “ต่ำมาก”, “ต่ำ”, “ปานกลาง”, “สูง” หรือ “สูงมาก” โดย ตารางที่ 4.2 แสดงค่าและชื่อที่ใช้แทนค่าในภาพแผนที่อากาศ แต่ละชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ชื่อที่ใช้แทนค่าทางตัวเลข ในแต่ละชนิดภาพแผนที่อากาศ

อุณหภูมิอากาศ (เซลเซียส)				
ต่ำมาก	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	สูงมาก
ต่ำกว่า 20	20-24.9	25-29.9	30-35	สูงกว่า 35
ความกดอากาศ (มิลลิบาร์)				
ต่ำมาก	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	สูงมาก
ต่ำกว่า 990	990-1030	1031-1070	1071-1110	สูงกว่า 1110
ความชื้นอากาศ (%)				
ต่ำมาก	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	สูงมาก
ต่ำกว่า 21	21-36.9	37-52.9	53-69	สูงกว่า 69

ขั้นที่สาม เมื่อตีความหมายภาพในลักษณะดังกล่าวนี้ จะทำให้ภาพมีจำนวนที่เป็นไปได้ทั้งสิ้น 120 กลุ่ม (มีภาพ 3 ชนิด \times 8 ส่วนในแต่ละภาพ \times 5 ความหมายในแต่ละส่วน) ดังนั้นภาพใดๆสองภาพ จะสามารถจำแนกได้ว่าเป็นภาพที่เกี่ยวข้องหรือไม่ ให้ดูว่าเป็นภาพที่มีความหมายอยู่ในกลุ่มเดียวกันหรือไม่ (อีกนัยหนึ่งคือพื้นที่ทั้ง 8 ส่วนของทั้งสองภาพต้องมีความหมายตรงกันทั้งหมด)

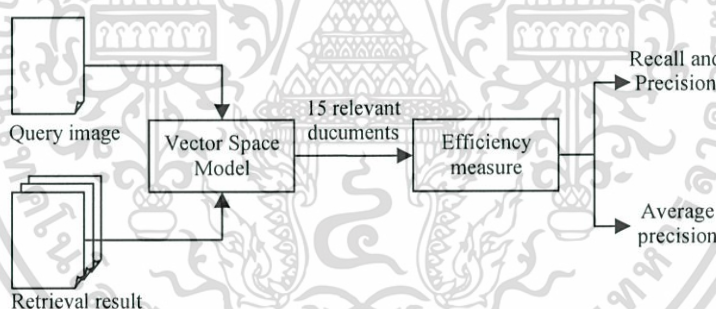
ข้อดีของการตีความภาพในลักษณะนี้คือ ไม่ซับซ้อน ประมวลผลได้รวดเร็ว และสอดคล้องกับการตีความหมายภาพทางอุตุนิยมวิทยาที่ประเมินค่าเป็นรายพื้นที่ภาค แต่ข้อเสียที่พบมีสามประการ ประการแรก คือ ปัญหาในการเลือกช่วงและจุดตัดแบ่งค่าที่เหมาะสม เพราะการแบ่งช่วงที่ไม่ดี จะทำให้ภาพเกิดการกระจุกตัวอยู่แค่กลุ่มความหมายเดียว โดยจากการทดลองพบว่า พื้นที่ส่วนต่างๆ ในภาพแผนที่อุณหภูมิอากาศในฐานข้อมูลนั้น ร้อยละ 70 อยู่ในช่วง “ปานกลาง” มีเพียงเล็กน้อยเท่านั้นที่อยู่ในช่วงอื่นๆ นั่นหมายความว่าภาพแผนที่อุณหภูมิอากาศโดยส่วนใหญ่มีความหมายกระจุกอยู่ที่ “อุณหภูมিপานกลาง” เป็นส่วนใหญ่ ประการที่สอง คือปัญหาของค่าที่ใกล้เคียงกัน ถูกตีความให้มีความหมายต่างกลุ่มกัน กล่าวคือค่าที่ใกล้กันสองค่า ที่มีความแตกต่างกันเพียง 0.1 ก็มีโอกาที่จะอยู่คนละกลุ่ม หรือเป็นภาพที่ไม่เกี่ยวข้องกันได้ และประการสุดท้าย คือปัญหาของปริมาณภาพที่เกี่ยวข้องนั้น วัดได้ในปริมาณที่ไม่สม่ำเสมอ กล่าวคือในบางครั้ง กลุ่มภาพที่นำมาจำแนกหาความเกี่ยวข้องนั้น ถูกตัดสินว่ามีความเกี่ยวข้อง ไปเสียทุกภาพ (เหตุเพราะการกระจุกตัวของข้อมูลที่ทำให้ภาพถูกตีค่าความหมายเป็นภาพที่เกี่ยวข้องทั้งหมด) หรือในบางครั้งภาพที่นำมาหาความเกี่ยวข้องนั้น ถูกตัดสินว่าไม่มีความเกี่ยวข้องเลยซักภาพ (เพียงแค่พื้นที่หนึ่งๆ มีค่าอยู่นอกช่วงไปเพียงเล็กน้อย ก็ทำให้ความหมายภาพเปลี่ยนไป กลายเป็นภาพที่ไม่เกี่ยวข้อง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องด้วยข้อเสียดังที่กล่าวข้างต้น ทำให้กลวิธีในการแทนความหมายภาพเพื่อจัดกลุ่มหาความเกี่ยวข้อง ไม่สามารถนำมาใช้ประกอบการวัดประสิทธิภาพการค้นคืนได้ดีเท่าที่ควร ผู้วิจัยจึงไม่เลือกใช้วิธีนี้มาใช้ร่วมในการวัดประสิทธิภาพการค้นคืน (ผลการทดลอง การจำแนกภาพที่เกี่ยวข้องด้วยกรรมวิธีดังกล่าวนี้ นำเสนอในภาคผนวก ข.)

4.4.2 การจำแนกภาพที่เกี่ยวข้องด้วยเวกเตอร์สเปซโมเดล (Vector Space Model)

การประยุกต์ใช้เวกเตอร์สเปซโมเดล ที่มีขั้นตอนการคำนวณดังที่นำเสนอในบทที่ 3 หัวข้อ 3.4.2 นั้นเป็นการหาความหมายของภาพในเชิงค่าทางตัวเลขที่ปรากฏในภาพ คล้ายกับกรรมวิธีจำแนกความหมายภาพในหัวข้อ 4.4.1 หากแต่สิ่งที่ต่างออกไปคือ ผลการวัดที่ได้เป็นค่าทางตัวเลขในช่วง 0 ถึง 1 ไม่ใช่การตอบคำถามว่า เป็นภาพที่ “เกี่ยวข้อง” หรือ “ไม่เกี่ยวข้อง” ดังนั้นในงานวิจัยที่นำเสนอ จะใช้เวกเตอร์สเปซโมเดล ที่ขนาด 256 เวกเตอร์ (แบ่งภาพออกเป็น 16×16 ส่วน) สำหรับจำแนกภาพที่เกี่ยวข้องกับภาพคำถาม โดยทำการวัดค่าสัมประสิทธิ์ความคล้ายทางเวกเตอร์ของภาพคำถามกับชุดภาพที่ค้นคืนมาได้ และจะถือว่า 15 ภาพแรก ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความคล้ายสูงสุด เป็นภาพที่ “เกี่ยวข้อง” กับภาพคำถาม เพื่อนำไปใช้ประเมินประสิทธิภาพการค้นคืนด้วยกรรมวิธีวัดความแม่นยำและการเรียกคืนในขั้นตอนต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 4.15

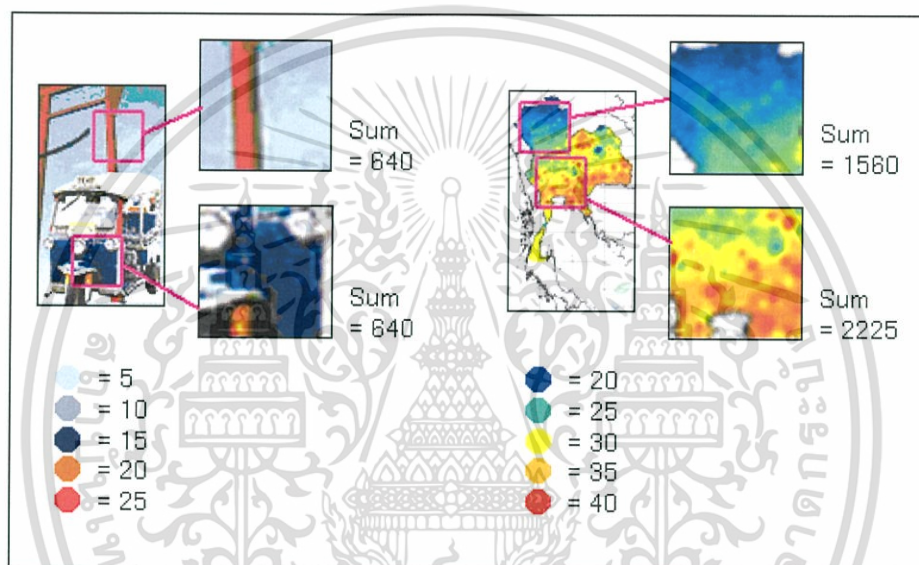


รูปที่ 4.15 การประยุกต์ใช้ เวกเตอร์สเปซโมเดล ร่วมในการวัดประสิทธิภาพการค้นคืน

จากหลักการพื้นฐานของการใช้งานเวกเตอร์สเปซโมเดล คือการสร้างเวกเตอร์ขึ้นมาชุดหนึ่ง เพื่อเป็นตัวแทนของภาพ แล้วจึงนำเวกเตอร์เหล่านั้นไปใช้คำนวณเพื่อเปรียบเทียบความเหมือนกันระหว่างภาพสองภาพ ซึ่งหลักการเช่นนี้เองมีลักษณะคล้ายกับหลักการค้นคืนภาพ หากแต่ไม่เหมาะกับการนำไปค้นคืนภาพทั่วไป เนื่องด้วยเหตุผล 3 ประการ ประการแรก หากจะนำไปประยุกต์ใช้ในการค้นคืนรูปภาพต่างๆ ไปนั้น เป็นเรื่องยากในการสร้างนิยามเวกเตอร์เพื่อเป็นตัวแทนของภาพ ซึ่งต่างจากภาพแผนที่อากาศ ที่แต่ละพิกเซลในภาพนั้นมีค่าและมีความหมายในเชิงตัวเลขเป็นพื้นฐาน จึงสามารถนำไปสร้างเป็นเวกเตอร์ที่เป็นตัวแทนภาพได้ ประการที่สอง ถึงแม้ว่าการสมมุติค่าทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวเลข เพื่อแทนความหมายของสีในภาพต่างๆ ไปนั้นสามารถกระทำได้ แต่โอกาสเกิดของสีในแต่ละพิกเซลในภาพนั้น เป็นการเกิดสีแบบอิสระ ไม่มีกฎตายตัว ในขณะที่ธรรมชาติของภาพแผนที่อากาศนั้น สีที่เกิดขึ้นจะมีรูปแบบเฉพาะเป็นแถบสีที่ไล่เรียงกัน โดยไม่มีการข้ามชั้นสี จึงทำให้ค่ารวมของพิกเซลสีในพื้นที่ที่สามารถสะท้อนความเป็นจริงได้อย่างคร่าวๆ ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 4.16 จะเห็นได้ว่ารูปปรอททางซ้าย เป็นการพยายามสมมุติค่าทางตัวเลขเพื่อแทนสีที่ปรากฏในรูป แต่ผลที่ได้เมื่อวัดค่ารวมในพื้นที่ตัวอย่าง เพื่อนำไปสร้างเวกเตอร์นั้นกลับได้ค่ารวมเท่ากับ 640 ทั้งคู่ ซึ่งในความเป็นจริงเป็นรูปที่ต่างกัน ในขณะที่ภาพแผนที่อุณหภูมิอากาศทางขวานั้น ค่ารวมของพื้นที่ตัวอย่าง (หน่วยเป็นองศาเซลเซียส) สามารถสะท้อนความหมายของพื้นที่ได้ในระดับหนึ่ง



รูปที่ 4.16 การระบุค่าเชิงตัวเลขให้แก่สีต่างๆ และค่ารวมทางตัวเลขของพื้นที่ตัวอย่าง

นอกจากนี้ เหตุผลประการสุดท้าย ที่เวกเตอร์สเปซโมเดล เหมาะสมเพียงใช้จำแนกภาพที่เกี่ยวข้อง แต่ไม่เหมาะสมในการใช้ค้นคืนภาพแผนที่อากาศ นั่นคือ เวกเตอร์สเปซโมเดล เป็นการสร้างเวกเตอร์ขึ้นมาเป็นจำนวน n เวกเตอร์บนพื้นฐานของการหาค่ารวมในพื้นที่ ซึ่งบางครั้งพื้นที่หนึ่งๆ ที่มีกลุ่มสีอันหลากหลายจะถูกรวมค่าจนเป็นค่าหนึ่ง จนกลุ่มสีที่ปรากฏในพื้นที่นั้นๆ หดความสำคัญลงไป ซึ่งเหตุผลนี้คล้ายกับข้อเสียของการใช้ฮิสโตแกรมสี ที่มองเพียงปริมาณฮิสโตแกรมรวมของทั้งภาพ โดยไม่สนใจตำแหน่งสีที่ปรากฏ

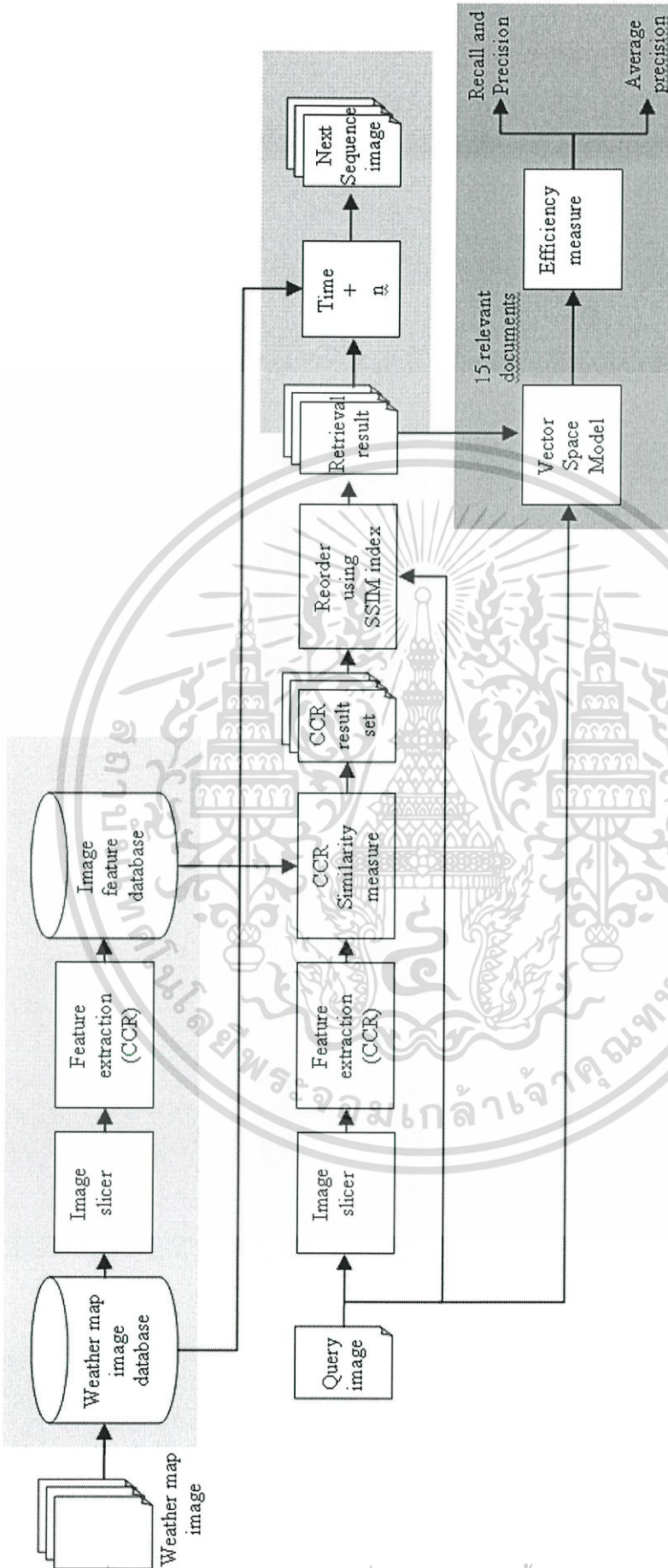
ดังนั้น โดยพื้นฐานแล้ว เวกเตอร์สเปซโมเดล ที่นำมาประยุกต์ใช้นี้ เป็นกลวิธีที่มองภาพให้อยู่ในเชิงตัวเลขที่มีความหมาย แล้วจำแนกความหมายของภาพเหล่านั้นนั้นว่าเกี่ยวข้องกับภาพคำถามหรือไม่ โดย เวกเตอร์สเปซโมเดล ไม่เหมาะสำหรับนำมาใช้งานแทนกรรมวิธีการประมวลผลภาพหรือการค้นคืนภาพ เนื่องด้วยเหตุผลดังที่กล่าวข้างต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปได้ว่า ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีนี้ ในการจำแนกภาพที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้วัดประสิทธิภาพการค้นคืน โดยผลการทดลอง จะถูกนำเสนอในบทที่ 5 และแผนภาพโครงสร้างโดยรวมของระบบค้นคืนภาพ แผนที่อากาศรวมไปถึงการวัดประสิทธิภาพค้นคืนของงานวิจัยที่นำเสนอ แสดงในรูปแบบที่ 4.17



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 โครงสร้างและภาพรวมของงานวิจัยที่นำเสนอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ผลการทดลองและการวิเคราะห์

งานวิจัยระบบค้นคืนภาพแผนที่อากาศโดยใช้ความสัมพันธ์ของพื้นที่สีที่ติดกันร่วมกับค่าดัชนีความเหมือนทางโครงสร้างนี้ได้ศึกษาและประยุกต์ใช้การค้นคืนโดยใช้ความสัมพันธ์ของพื้นที่สีที่ติดกัน มาใช้ในการค้นคืนภาพแผนที่อากาศที่มีลักษณะเฉพาะตัว และได้พัฒนาปรับปรุงระบบการค้นคืนภาพด้วยการนำการวัดค่าดัชนีความเหมือนทางโครงสร้าง มาร่วมใช้ในการจัดเรียงผลการค้นคืนให้ได้ลำดับความเหมือนของภาพที่ใกล้เคียงกับคำถามมากที่สุด และได้ทำการพัฒนาโปรแกรมสำหรับการทดลอง โดยใช้ฐานข้อมูลรูปภาพแผนที่อากาศของหน่วยงานด้านสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร ที่เผยแพร่ทางอินเทอร์เน็ต [14] ซึ่งเป็นภาพสี 24 บิต ที่มีขนาด 414 × 710 พิกเซล ตลอดจนได้ทำการพัฒนากลไกการวัดประสิทธิภาพการค้นคืนด้วยการใช้เวกเตอร์สเปซโมเดล (Vector Space Model) จากนั้นจึงวิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดลองโดยการเปรียบเทียบประสิทธิภาพและเวลาที่ใช้ในการค้นคืนภาพในฐานข้อมูล ด้วยกรรมวิธีการค้นคืนที่แตกต่างกัน

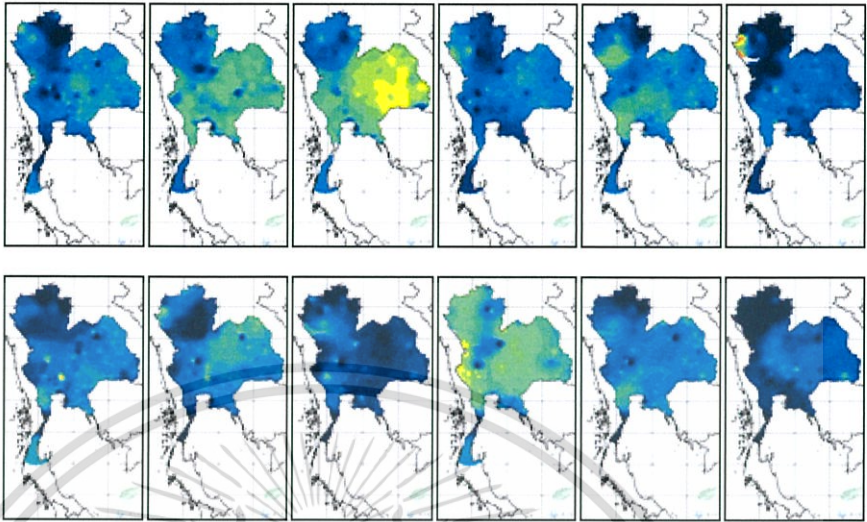
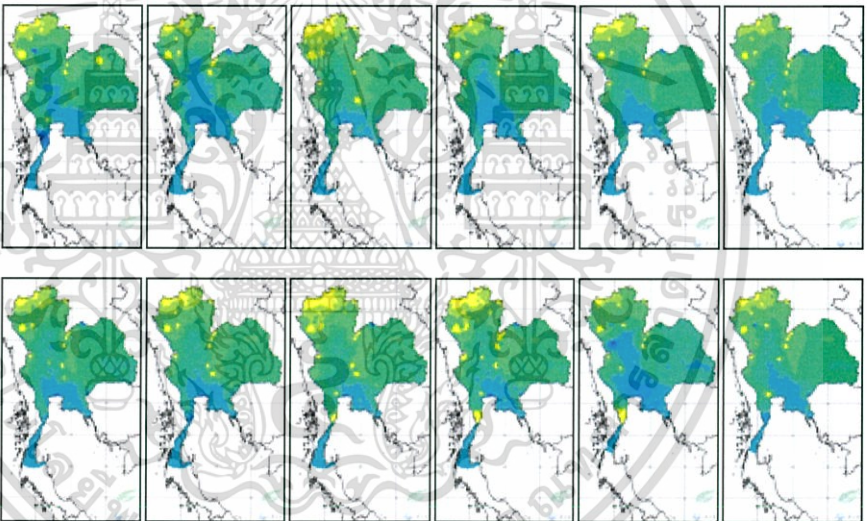
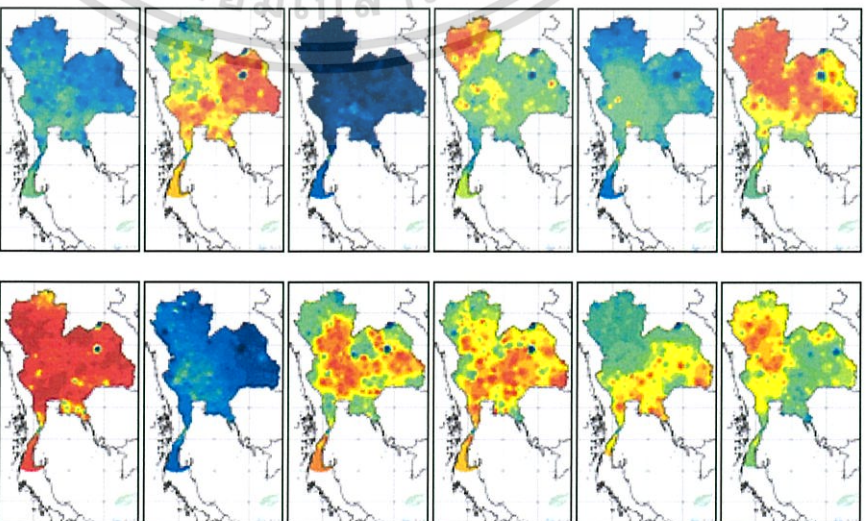
5.1 ขั้นตอนการเตรียมฐานข้อมูลรูปภาพ

การทดลองเริ่มจากการเตรียมฐานข้อมูลรูปภาพขนาด 34,920 ภาพ ซึ่งประกอบไปด้วยภาพแผนที่อากาศของ อุณหภูมิ, ความชื้น และความกดอากาศ จำนวนชนิดละ 11,640 ภาพ โดยภาพแผนที่อากาศนี้เป็นภาพรายชั่วโมงของแต่ละวัน ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ค.ศ.2007 จนถึง 30 เมษายน ค.ศ. 2008 ซึ่งภาพทั้งสามชนิดจะถูกเก็บรวมกันเป็นฐานข้อมูล ตัวอย่างภาพแผนที่อากาศในฐานข้อมูลทั้งสามชนิด แสดงในตารางที่ 5.1

5.2 ขั้นตอนการทดสอบระบบค้นคืนรูปภาพ

ในการทดลองระบบค้นคืนรูปภาพแผนที่อากาศโดยใช้ความสัมพันธ์ของพื้นที่สีที่ติดกันร่วมกับค่าดัชนีความเหมือนทางโครงสร้างนั้น จะทำการเลือกชุดภาพคำถาม (Query image) ซึ่งประกอบไปด้วยภาพแผนที่อากาศทั้งสามชนิด โดยการเลือกชุดภาพคำถามเป็นการสุ่มอย่างมีระบบในฐานข้อมูล ซึ่งจะทำให้ภาพมีโอกาสถูกสุ่มเท่าๆกัน ชนิดละ 98 ภาพ รวมทั้งสิ้น 294 ภาพ เพื่อใช้ในการทดลองโดยในการค้นคืนจะระบุชนิดภาพคำถามก่อนการค้นคืนว่าเป็นภาพแผนที่อากาศชนิดใดและค้นคืนเฉพาะกลุ่มของภาพชนิดนั้น การทำเช่นนี้เป็นการลดระยะเวลาในการค้นคืนและจำกัดผลการค้นคืนให้อยู่ในกลุ่มภาพชนิดเดียวกัน จากนั้นจะนำไปแยกคุณลักษณะภาพด้วยกรรมวิธี CCR เพื่อให้ได้ผลการค้นคืนขั้นต้น

ตารางที่ 5.1 ตัวอย่างภาพในฐานข้อมูล

ชนิดภาพ	ตัวอย่างภาพแผนที่อากาศในฐานข้อมูล
ความชื้น (humid)	
ความกด อากาศ (pressure)	
อุณหภูมิ (temperature)	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และนำไปจัดเรียงความเหมือนอีกครั้งด้วยการใช้ค่าดัชนีความเหมือนทางโครงสร้างภาพ (SSIM Index) ตามวิธีที่นำเสนอไว้ในหัวข้อ 4.2

โดยในการทดลองได้ทำการค้นคืนรูปภาพทั้งหมด 14 วิธี ที่แบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ๆได้ 6 กลุ่ม ซึ่งประกอบไปด้วยการค้นคืนด้วยการใช้ ฮิสโตแกรมเพียงอย่างเดียว, การใช้เทคนิค CCR เพียงอย่างเดียว, การใช้เทคนิค CCR ชนิดปรับปรุง (ที่ไม่นำค่าสีที่ปรากฏร่วมสูงสุดมาคำนวณ), การใช้ฮิสโตแกรมร่วมกับ SSIM, การใช้เทคนิค CCR ร่วมกับ SSIM และ การใช้เทคนิค CCR ชนิดปรับปรุงร่วมกับ SSIM ซึ่งแต่ละวิธีจะกำหนดชื่อย่อเพื่อใช้ในการแสดงผลการทดลอง ดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 วิธีการค้นคืนรูปภาพ

วิธีการค้นคืนรูปภาพ	ชื่อย่อ
การใช้ฮิสโตแกรมสีขนาด 50 บิน	HIST
การใช้เทคนิค CCR <ul style="list-style-type: none"> ▪ ขนาดบล็อก 8×8 ▪ ขนาดบล็อก 16×16 ▪ ขนาดบล็อก 32×32 	CCR_8 CCR_16 CCR_32
การใช้เทคนิค CCR ชนิดปรับปรุง (ไม่คำนวณค่าสีที่ปรากฏร่วมสูงสุด) <ul style="list-style-type: none"> ▪ ขนาดบล็อก 8×8 ▪ ขนาดบล็อก 16×16 ▪ ขนาดบล็อก 32×32 	CCRX_8 CCRX_16 CCRX_32
การใช้ฮิสโตแกรมสีขนาด 50 บิน ร่วมกับ SSIM	HIST_SSIM
การใช้เทคนิค CCR ร่วมกับ SSIM <ul style="list-style-type: none"> ▪ ขนาดบล็อก 8×8 ▪ ขนาดบล็อก 16×16 ▪ ขนาดบล็อก 32×32 	CCR_SSIM_8 CCR_SSIM_16 CCR_SSIM_32
การใช้เทคนิค CCR ชนิดปรับปรุง ร่วมกับ SSIM <ul style="list-style-type: none"> ▪ ขนาดบล็อก 8×8 ▪ ขนาดบล็อก 16×16 ▪ ขนาดบล็อก 32×32 	CCRX_SSIM_8 CCRX_SSIM_16 CCRX_SSIM_32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ขั้นตอนการประเมินประสิทธิภาพการค้นคืน

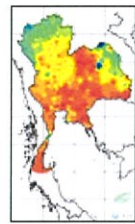
เนื่องด้วยภาพแผนที่อากาศมีความแตกต่างจากภาพปกติทั่วไป ตรงที่ภาพทั่วไปนั้นสามารถระบุได้ว่า เป็นภาพที่มีวัตถุใดปรากฏในภาพ ในขณะที่ภาพแผนที่อากาศแต่ละชนิดไม่สามารถหาคำนิยามเพื่อจัดกลุ่มแบ่งประเภทได้ว่าเป็นภาพในกลุ่มใด หรือเป็นภาพที่เกี่ยวข้องกับภาพคำถามหรือไม่ จึงเป็นการยากที่จะแสดงผลการทดลองด้วยการใช้กราฟแสดงค่าความแม่นยำและการเรียกคืน (Precision-Recall Graph) เนื่องด้วยกราฟแสดงค่านี้ที่จำเป็นต้องทราบกลุ่มภาพที่เกี่ยวข้องเสียก่อน จึงจะวัดประสิทธิภาพได้ ดังนั้นในการประเมินประสิทธิภาพการค้นคืนนี้ จะทำการค้นคืนในแต่ละภาพคำถาม เพื่อให้ได้ผลการค้นคืนทั้งสิ้นจำนวน 50 ภาพ จากนั้นจึงใช้เวกเตอร์สเปซโมเดล ที่ 256 ตัวแปร(แบ่งพื้นที่ภาพเป็น 256 ภาพย่อย หรือ 16×16 ภาพ) ดังที่ได้นำเสนอการคำนวณในหัวข้อ 3.4.2 และสาเหตุการใช้งานในหัวข้อ 4.4.2 ทำการวัดค่าสัมประสิทธิ์ความเหมือนระหว่างภาพคำถามกับกลุ่มภาพที่ค้นคืนมาได้ และนำภาพ 15 อันดับแรกที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเหมือนสูงสุด นำมานับเป็นภาพที่มีความเกี่ยวข้องกับภาพคำถาม จึงจะสามารถนำไปแสดงกราฟค่าความแม่นยำและการเรียกคืนของภาพแผนที่อากาศแต่ละชนิด ตลอดจนหาค่าความแม่นยำเฉลี่ยได้

5.4 ตัวอย่างผลการทดลองการค้นคืนรูปภาพและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

ในหัวข้อนี้จะแสดงตัวอย่างผลลัพธ์ของการค้นคืนรูปภาพ โดยการแสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการค้นคืน โดยใช้ฮิสโตแกรมสี ความสัมพันธ์ของพื้นที่สีที่ติดกันที่ขนาดบล็อกต่างๆ ทั้งแบบดั้งเดิมและแบบปรับปรุง ร่วมกับการใช้และไม่ใช้ค่าดัชนีความเหมือนทางโครงสร้างในการจัดเรียงผลการค้นคืน และจะทำการนำเสนอประสิทธิภาพของการค้นคืน ด้วยการแสดงกราฟความแม่นยำ ตลอดจนแสดงค่าความแม่นยำเฉลี่ยของแต่ละเทคนิค โดยในแต่ละตัวอย่างจะแสดงตัวอย่างรูปผลการค้นคืนเพียง 10 ภาพแรกจากการผลค้นคืน 50 ภาพซึ่งลำดับผลการค้นคืนแต่ละภาพจะเรียงไปตามค่าความเหมือนที่วัดได้ในแต่ละกรรมวิธี จากนั้นภาพจำนวน 15 อันดับแรกในผลการค้นคืน 50 ภาพที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเหมือนของเวกเตอร์สเปซโมเดล (vsm) สูงสุดดังที่อธิบายในหัวข้อ 5.3 จะถูกนับว่าเป็นภาพที่เกี่ยวข้อง และแสดงด้วยกรอบสีแดง ดังในรูปตัวอย่างรูปที่ 5.1 เป็นต้น

5.4.1 การทดลองค้นคืนภาพที่มีสีหลากหลายและมีการกระจายของกลุ่มสีทั่วพื้นที่ภาพ

ในการทดลองนี้ ทำการทดลองค้นคืนภาพที่มีจำนวนสีที่หลากหลาย มีกลุ่มสีหลายกลุ่มที่กระจัดกระจายไปทั่วพื้นที่ภาพ เพื่อทำการวัดประสิทธิภาพของการค้นคืนแต่ละกรรมวิธี โดยใช้ภาพคำถามเป็นภาพแผนที่อุณหภูมิอากาศของวันที่ 12 มิถุนายน ค.ศ.2007 เวลา 10 นาฬิกา ซึ่งแสดงตัวอย่างรูปผลการค้นคืนและค่าต่างๆที่เกี่ยวข้องในรูปที่ 5.1

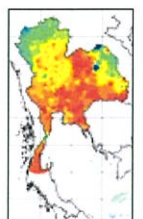


Query Image

HIST	
similarity	0.686 0.669 0.669 0.668 0.666 0.665 0.665 0.663 0.661 0.661
vsm	0.9980 0.9931 0.9927 0.9986 0.9991 0.9928 0.9983 0.9970 0.9993 0.9990
CCR 8	
similarity	0.519 0.518 0.517 0.495 0.494 0.494 0.493 0.492 0.486 0.484
vsm	0.9985 0.9965 0.9986 0.9990 0.9986 0.9990 0.9931 0.9988 0.9978 0.9994
CCR 16	
similarity	0.494 0.468 0.455 0.454 0.453 0.448 0.448 0.446 0.444 0.437
vsm	0.9988 0.9990 0.9990 0.9990 0.9988 0.9994 0.9983 0.9967 0.9986 0.9977
CCR 32	
similarity	0.432 0.424 0.416 0.413 0.412 0.406 0.402 0.395 0.393 0.391
vsm	0.9986 0.9986 0.9990 0.9990 0.9994 0.9988 0.9982 0.9991 0.9987 0.9931
CCR X 8	
similarity	0.812 0.810 0.804 0.795 0.791 0.791 0.785 0.779 0.774 0.773
vsm	0.9990 0.9986 0.9988 0.9990 0.9990 0.9986 0.9994 0.9985 0.9977 0.9983
CCR X 16	
similarity	0.770 0.765 0.764 0.762 0.755 0.751 0.750 0.744 0.743 0.741
vsm	0.9990 0.9986 0.9990 0.9990 0.9977 0.9988 0.9985 0.9983 0.9982 0.9994
CCR X 32	
similarity	0.727 0.721 0.709 0.692 0.688 0.688 0.673 0.666 0.654 0.652
vsm	0.9990 0.9986 0.9986 0.9994 0.9990 0.9982 0.9988 0.9984 0.9987 0.9991

รูปที่ 5.1 ตัวอย่างผลลัพธ์การค้นคืนภาพแผนที่อุณหภูมิกาศวันที 12 มิ.ย. 2007 เวลา 10.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

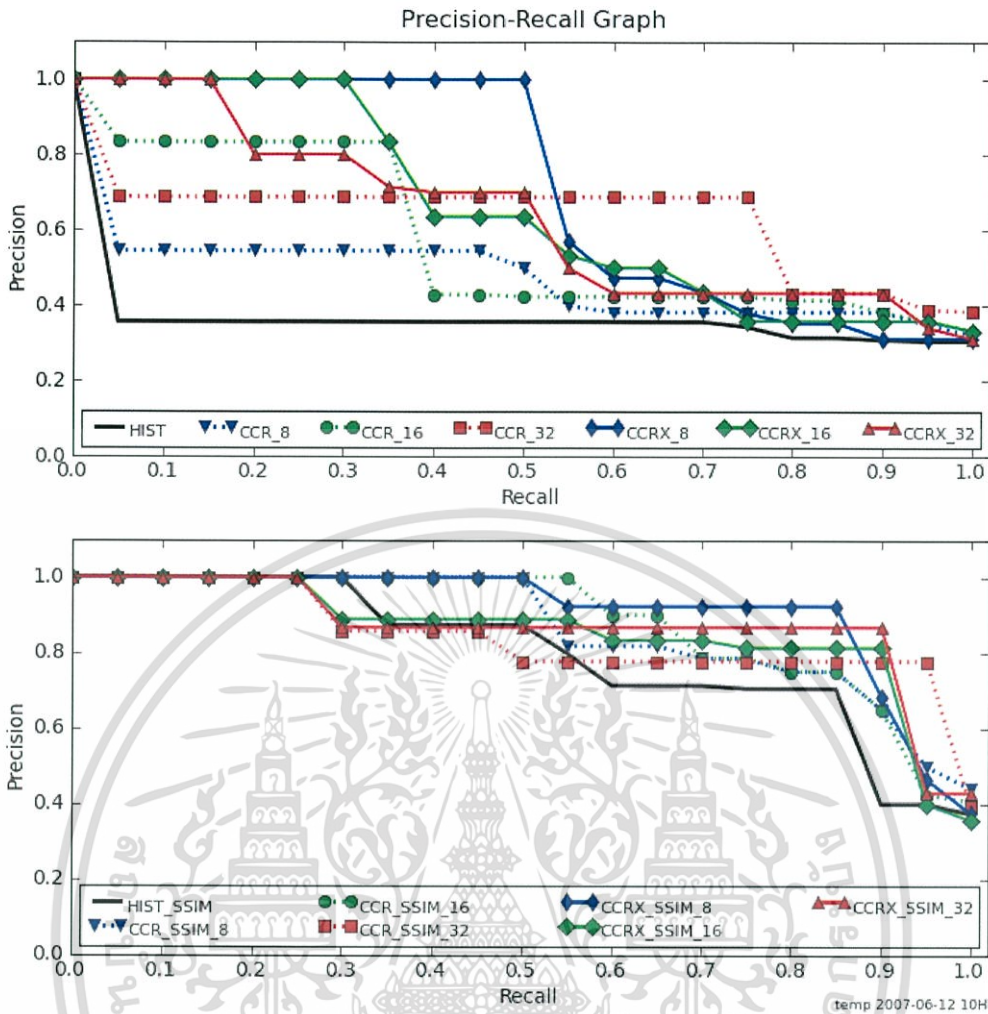


Query Image

HIST_SSIM										
similarity	0.922	0.917	0.916	0.915	0.914	0.914	0.913	0.913	0.912	0.910
vsm	0.9993	0.9993	0.9988	0.9994	0.9938	0.9990	0.9991	0.9991	0.9986	0.9993
CCR_SSIM 8										
similarity	0.920	0.917	0.916	0.915	0.914	0.912	0.910	0.909	0.909	0.909
vsm	0.9987	0.9993	0.9988	0.9994	0.9990	0.9986	0.9993	0.9986	0.9983	0.9988
CCR_SSIM 16										
similarity	0.917	0.916	0.915	0.914	0.914	0.913	0.913	0.912	0.911	0.909
vsm	0.9993	0.9993	0.9988	0.9994	0.9994	0.9990	0.9991	0.9991	0.9986	0.9990
CCR_SSIM 32										
similarity	0.916	0.915	0.914	0.914	0.913	0.913	0.912	0.912	0.910	0.909
vsm	0.9993	0.9988	0.9994	0.9938	0.9990	0.9991	0.9991	0.9987	0.9986	0.9993
CCRX_SSIM 8										
similarity	0.916	0.915	0.914	0.913	0.912	0.910	0.909	0.909	0.908	0.907
vsm	0.9988	0.9994	0.9990	0.9991	0.9986	0.9993	0.9986	0.9983	0.9988	0.9990
CCRX_SSIM 16										
similarity	0.916	0.915	0.914	0.914	0.913	0.913	0.912	0.909	0.909	0.908
vsm	0.9993	0.9988	0.9994	0.9938	0.9990	0.9991	0.9991	0.9986	0.9986	0.9983
CCRX_SSIM 32										
similarity	0.917	0.916	0.915	0.914	0.914	0.913	0.912	0.909	0.909	0.908
vsm	0.9993	0.9988	0.9994	0.9938	0.9990	0.9991	0.9986	0.9986	0.9988	0.9988

รูปที่ 5.1 (ต่อ) ตัวอย่างผลลัพธ์การค้นคืนภาพแผนที่อุณหภูมิอากาศวันที่ 12 มิ.ย. 2007 เวลา 10 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 กราฟแสดง Precision-Recall ของการค้นคืนภาพแผนที่อุณหภูมิอากาศ 12 มิ.ย. 2007 เวลา 10.00 น. โดยการใช้ฮิสโตแกรมสี เทียบกับ กรรมวิธี CCR ในหลายรูปแบบ

เมื่อพิจารณากราฟ Precision-Recall ของผลของการค้นคืน ดังแสดงในรูปที่ 5.2 แล้ว กราฟครึ่งบนจะเป็นกรรมวิธีการค้นคืนที่ไม่ใช้ SSIM ร่วมในการค้นคืน ในขณะที่กราฟครึ่งล่างจะเป็นการนำ SSIM มาร่วมในการค้นคืนด้วย โดยจากรูปกราฟและผลลัพธ์ของการค้นคืนภาพที่มีสีหลากหลายและมีการกระจายของกลุ่มสีทั่วพื้นที่แสดงให้เห็นว่า

- การค้นคืนด้วยเทคนิคฮิสโตแกรมสี (กราฟ HIST) มีประสิทธิภาพการค้นคืนที่ต่ำที่สุด และเมื่อนำ SSIM มาร่วมจัดเรียงผลการค้นคืน (กราฟ HIST_SSIM) ประสิทธิภาพการค้นคืนที่ได้จึงมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น
- การค้นคืนด้วยเทคนิค CCR ที่ขนาดบล็อกต่างกัน (กราฟ CCR_8, CCR_16 และ CCR_32) จะเห็นได้ว่า CCR_32 มีประสิทธิภาพในการค้นคืนดีที่สุดในกลุ่ม ในขณะที่ CCR_8 มีประสิทธิภาพการค้นคืนต่ำที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การค้นคืนด้วยเทคนิค CCR ชนิดปรับปรุง (กราฟ CCRX_8, CCRX_16 และ CCRX_32) จะเห็นได้ว่า CCRX_8 มีประสิทธิภาพในการค้นคืนคืนดีที่สุดในกลุ่ม ในขณะที่ CCRX_32 มีประสิทธิภาพการค้นคืนต่ำที่สุด
- การค้นคืนด้วยเทคนิค CCR และ CCR ชนิดปรับปรุงนั้น เมื่อนำมาพร้อมกับการใช้ SSIM (กราฟ CCR_SSIM_8 , CCR_SSIM_16 , CCR_SSIM_32 , CCRX_SSIM_8 , CCRX_SSIM_16 และ CCRX_SSIM_32) จะได้ผลการค้นคืนที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าการไม่ใช้ SSIM ร่วมด้วย อย่างเห็นได้ชัด และจะเห็นได้ว่า การใช้ CCRX_SSIM_8 มีประสิทธิภาพที่สูงที่สุดในกลุ่ม

ตารางที่ 5.3 ค่าความแม่นยำเฉลี่ยของการค้นคืนภาพแผนที่อุณหภูมิกอากาศ วันที่ 12 มิ.ย.2007 เวลา 10.00น.

HIST	CCR 8	CCR 16	CCR 32	CCRX 8	CCRX 16	CCRX 32	HIST SSIM	CCR SSIM 8	CCR SSIM 16	CCR SSIM 32	CCRX SSIM 8	CCRX SSIM 16	CCRX SSIM 32
0.302	0.417	0.494	0.547	0.674	0.615	0.589	0.755	0.834	0.846	0.779	0.871	0.804	0.809

ในตัวอย่างนี้ จะเห็นได้ว่าภาพแผนที่อุณหภูมิกอากาศนั้น มีสีที่หลากหลาย และ ปรากฏกระจายไปทั่วพื้นที่ภาพ ซึ่งลักษณะเช่นนี้ส่งผลกระทบต่อทางเลือกจำนวนบล็อกของ CCR อยู่สองประการ นั่นคือ หากเลือกบล็อกจำนวนน้อย (บล็อกมีขนาดใหญ่) ก็ส่งผลให้ไม่สามารถจำแนกกลุ่มสีย่อยที่ปรากฏในบล็อกได้ หรือถ้าหากเลือกบล็อกจำนวนมาก (บล็อกมีขนาดเล็ก) ก็อาจส่งผลให้กลุ่มสีมีหลายกลุ่มจนเกินไป อาจเกิดการเปรียบเทียบกลุ่มสีผิดกลุ่ม ที่จะส่งผลให้ประสิทธิภาพลดต่ำลงได้ โดยถ้าหากพิจารณาจากค่าความแม่นยำเฉลี่ยในตารางที่ 5.3 แล้วจะเห็นได้ว่า

- การค้นคืนด้วยฮิสโตแกรมสี (HIST) ไม่เหมาะกับภาพที่หลากหลาย ปริมาณหลายกลุ่ม เนื่องจากการฮิสโตแกรมสี เป็นการวัดจากภาพทั้งภาพ ไม่สามารถจำแนกตำแหน่งที่เกิดสีได้ดีเท่าที่ควร โดยเฉพาะในกรณีภาพแผนที่อากาศที่มีลักษณะการเกิดกลุ่มสีในตำแหน่งที่ไม่แน่นอนกระจายทั่วทั้งภาพ
- การใช้ CCR ชนิดปรับปรุง ที่บล็อกจำนวนน้อย (CCRX_8) ให้ผลการค้นคืนแม่นยำที่สุดในกลุ่ม ในขณะที่ CCR ชนิดปรกติที่จำนวนบล็อกมาก (CCR_32) ให้ผลการค้นคืนที่แม่นยำสุดในกลุ่มเช่นกัน เป็นไปได้ว่าหากเลือกใช้บล็อกที่จำนวนมากนั้น จำเป็นที่ต้องใช้สีที่ปรากฏร่วมสูงสุด ร่วมในการค้นคืนภาพที่มีกลุ่มสีหลายกลุ่มในภาพ
- การใช้ SSIM ร่วมกับ CCR ทั้งชนิดปรกติ และชนิดปรับปรุง (CCR_SSIM_8, CCR_SSIM_16, CCR_SSIM_32, CCRX_SSIM_8, CCRX_SSIM_16 และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CCR_X_SSIM₃₂) นั้น จะเห็นได้ว่าการเลือกใช้ที่จำนวนบล็อกน้อยล้วนให้ผลการค้นคืนที่มีความแม่นยำสูงทั้งสิ้น

ดังนั้นสำหรับภาพที่มีการกระจายของกลุ่มสีทั่วทั้งภาพ และมีปริมาณสีที่หลากหลายนั้น การค้นคืนด้วย การใช้ CCR ชนิดปรับปรุง ในจำนวนบล็อกค่าร่วมกับ SSIM จะให้ประสิทธิภาพสูงที่สุด โดยในตัวอย่างนี้ CCR_X_SSIM₈ หรือการใช้ CCR ชนิดปรับปรุงขนาด 8×8 บล็อกร่วมกับ การใช้ SSIM ให้ค่าความแม่นยำเฉลี่ยสูงสุด ที่ 0.871

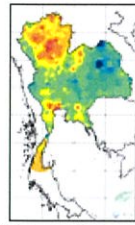
5.4.2 การทดลองค้นคืนภาพที่มีสีหลากหลาย และกลุ่มสีหลายกลุ่มเกาะตัวกัน

ในการทดลองนี้ ทำการทดลองค้นคืนภาพที่มีจำนวนสีที่หลากหลาย มีกลุ่มสีหลายกลุ่มที่เกาะตัวกันในแต่ละพื้นที่ โดยใช้ภาพคำถามเป็นภาพแผนที่อุณหภูมิกาศของวันที่ 7 สิงหาคม ค.ศ. 2007 เวลา 15 นาฬิกา ซึ่งแสดงตัวอย่างรูปผลการค้นคืนและค่าต่างๆที่เกี่ยวข้อง ในรูปที่ 5.3

เมื่อพิจารณากราฟ Precision-Recall ของผลของการค้นคืน ดังแสดงในรูปที่ 5.4 ประกอบการวิเคราะห์ ผลลัพธ์ของการค้นคืนภาพที่มีสีหลากหลาย และกลุ่มสีหลายกลุ่มเกาะตัวกันแสดงให้เห็นว่า

- การค้นคืนด้วยเทคนิคฮิสโตแกรมสี (กราฟ HIST) มีประสิทธิภาพการค้นคืนที่ต่ำที่สุด แต่เมื่อนำ SSIM มาร่วมจัดเรียงผลการค้นคืน (กราฟ HIST_SSIM) ประสิทธิภาพการค้นคืนที่ได้ นั้น ดีขึ้นในระดับใกล้เคียงกับกลุ่ม CCR_SSIM สำหรับภาพในกรณีนี้
- การค้นคืนด้วยเทคนิค CCR ที่ขนาดบล็อกต่างกัน (กราฟ CCR₈, CCR₁₆ และ CCR₃₂) จะเห็นได้ว่า CCR₁₆ มีประสิทธิภาพในการค้นคืนดีที่สุดในกลุ่ม ในขณะที่ CCR₈ และ CCR₃₂ มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน
- การค้นคืนด้วยเทคนิค CCR ชนิดปรับปรุง (กราฟ CCR_X₈, CCR_X₁₆ และ CCR_X₃₂) มีประสิทธิภาพการค้นคืนที่ไม่แตกต่างกับเทคนิค CCR แบบปรกติเท่าใดนัก โดยในกลุ่มนี้ CCR_X₈ มีประสิทธิภาพที่ต่ำที่สุด
- การค้นคืนด้วยเทคนิค CCR และ CCR_X ชนิดปรับปรุง โดยทั้งหมดนั้น (กราฟ CCR_SSIM₈, CCR_SSIM₁₆, CCR_SSIM₃₂, CCR_X_SSIM₈, CCR_X_SSIM₁₆ และ CCR_X_SSIM₃₂) เมื่อนำมา่วมกับการใช้ SSIM จะได้ผลการค้นคืนที่มีประสิทธิภาพไม่แตกต่างจากการไม่ใช้ SSIM เท่าใดนัก อยู่ในระบับน้อยกว่า 10 % อีกทั้งมีค่าใกล้เคียงกันกับ HIST_SSIM แต่ทั้งนี้ การใช้ CCR_X_SSIM₃₂ มีประสิทธิภาพที่สูงที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

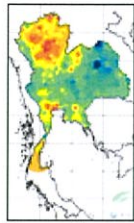


Query Image

HIST	
similarity	0.721 0.718 0.687 0.659 0.656 0.653 0.645 0.642 0.635 0.634
vsm	0.9996 0.9995 0.9992 0.9950 0.9941 0.9951 0.9960 0.9962 0.9993 0.9942
CCR 8	
similarity	0.561 0.468 0.464 0.436 0.432 0.428 0.422 0.422 0.421 0.412
vsm	0.9996 0.9989 0.9982 0.9992 0.9995 0.9960 0.9965 0.9941 0.9954 0.9960
CCR 16	
similarity	0.478 0.424 0.399 0.398 0.397 0.394 0.379 0.375 0.366 0.365
vsm	0.9996 0.9995 0.9992 0.9982 0.9989 0.9965 0.9993 0.9960 0.9962 0.9954
CCR 32	
similarity	0.421 0.381 0.379 0.362 0.356 0.351 0.342 0.336 0.328 0.327
vsm	0.9996 0.9989 0.9992 0.9995 0.9965 0.9962 0.9960 0.9951 0.9942 0.9982
CCR X 8	
similarity	0.865 0.826 0.769 0.765 0.753 0.733 0.710 0.691 0.691 0.691
vsm	0.9996 0.9992 0.9989 0.9995 0.9965 0.9982 0.9954 0.9941 0.9950 0.9993
CCR X 16	
similarity	0.807 0.769 0.736 0.720 0.713 0.685 0.668 0.659 0.640 0.632
vsm	0.9996 0.9992 0.9989 0.9965 0.9982 0.9995 0.9954 0.9962 0.9993 0.9960
CCR X 32	
similarity	0.708 0.673 0.666 0.639 0.622 0.573 0.563 0.560 0.559 0.556
vsm	0.9996 0.9989 0.9992 0.9995 0.9965 0.9962 0.9951 0.9942 0.9960 0.9982

รูปที่ 5.3 ตัวอย่างผลลัพธ์การค้นคืนภาพแผนที่อุณหภูมิกาศววันที่ 7 ส.ค. 2007 เวลา 15.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

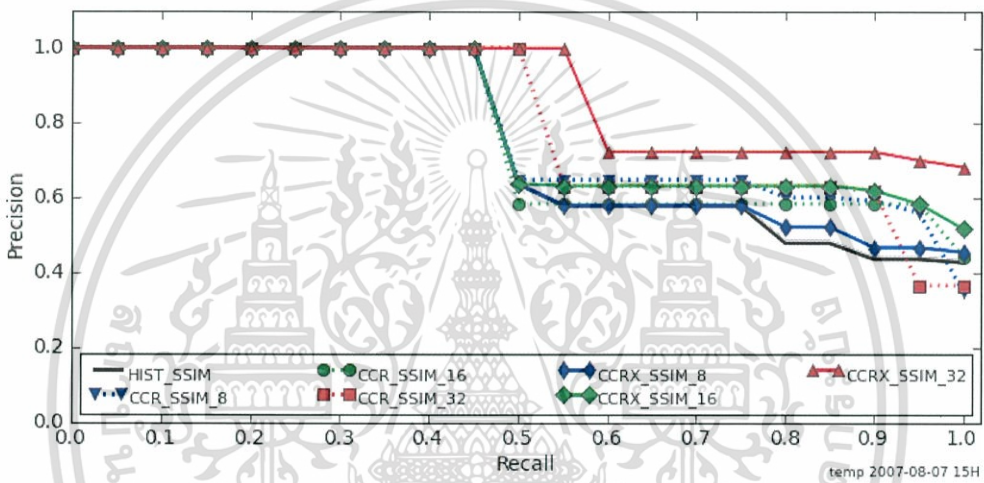
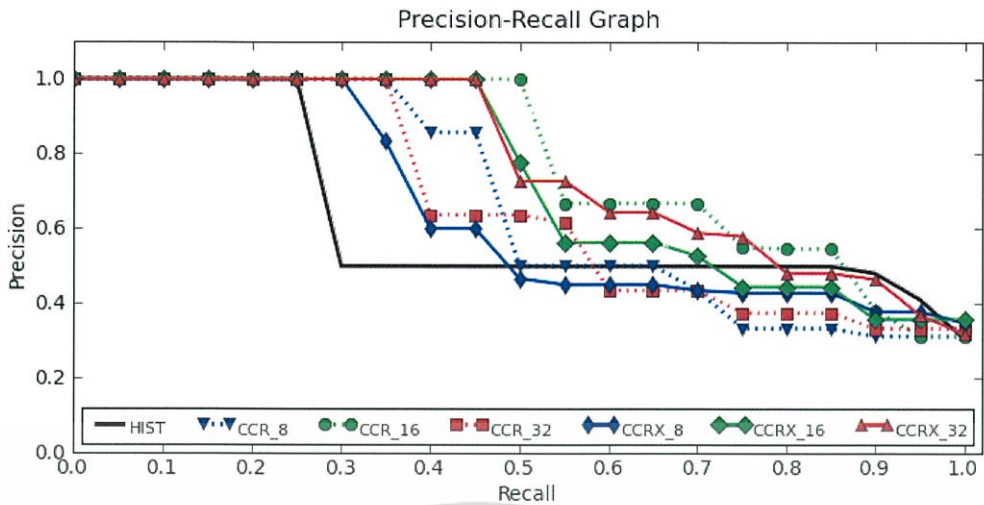


Query Image

HIST_SSIM	
similarity	0.906 0.905 0.889 0.889 0.885 0.874 0.866 0.864 0.861 0.859
vsm	0.9996 0.9995 0.9992 0.9993 0.9993 0.9989 0.9962 0.9956 0.9942 0.9960
CCR_SSIM 8	
similarity	0.906 0.905 0.889 0.889 0.885 0.874 0.866 0.864 0.859 0.856
vsm	0.9996 0.9995 0.9992 0.9993 0.9993 0.9989 0.9962 0.9956 0.9960 0.9952
CCR_SSIM 16	
similarity	0.905 0.889 0.889 0.885 0.874 0.866 0.864 0.863 0.861 0.859
vsm	0.9996 0.9995 0.9992 0.9993 0.9993 0.9989 0.9962 0.9956 0.9960 0.9942
CCR_SSIM 32	
similarity	0.905 0.889 0.889 0.885 0.874 0.866 0.866 0.863 0.861 0.859
vsm	0.9996 0.9995 0.9992 0.9993 0.9993 0.9989 0.9963 0.9962 0.9960 0.9942
CCRX_SSIM 8	
similarity	0.906 0.905 0.889 0.889 0.885 0.874 0.866 0.864 0.861 0.859
vsm	0.9996 0.9995 0.9992 0.9993 0.9993 0.9989 0.9962 0.9956 0.9942 0.9960
CCRX_SSIM 16	
similarity	0.905 0.889 0.889 0.885 0.874 0.866 0.863 0.861 0.859 0.856
vsm	0.9996 0.9995 0.9992 0.9993 0.9993 0.9989 0.9962 0.9960 0.9942 0.9960
CCRX_SSIM 32	
similarity	0.906 0.905 0.889 0.889 0.885 0.874 0.866 0.866 0.863 0.861
vsm	0.9996 0.9995 0.9992 0.9993 0.9993 0.9989 0.9963 0.9962 0.9960 0.9942

รูปที่ 5.3 (ต่อ) ตัวอย่างผลลัพธ์การค้นคืนภาพแผนที่อุณหภูมิอากาศ วันที่ 7 ส.ค.2007 เวลา 15 น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 กราฟแสดง Precision-Recall ของการค้นคืนภาพแผนที่อุณหภูมิอากาศ 7 ส.ค. 2007 เวลา 15.00 น. โดยการใช้ฮีสโตแกรมสี เทียบกับ กรรมวิธี CCR ในหลายรูปแบบ

ตารางที่ 5.4 ค่าความแม่นยำเฉลี่ยของการค้นคืนภาพแผนที่อุณหภูมิอากาศ วันที่ 7 ส.ค. 2007 เวลา 15.00 น.

HIST	CCR 8	CCR 16	CCR 32	CCRX 8	CCRX 16	CCRX 32	HIST SSIM	CCR SSIM 8	CCR SSIM 16	CCR SSIM 32	CCRX SSIM 8	CCRX SSIM 16	CCRX SSIM 32
0.546	0.623	0.738	0.630	0.610	0.690	0.725	0.705	0.742	0.727	0.751	0.713	0.752	0.854

ในตัวอย่างนี้ จะเห็นได้ว่าภาพแผนที่อุณหภูมิอากาศนั้น มีรูปแบบสีที่หลากหลาย มีกลุ่มสีจำนวนไม่มากเกาะกลุ่มกันในแต่ละพื้นที่ ไม่กระจกระบายไปทั่วภาพ โดยถ้าหากพิจารณาจากความแม่นยำเฉลี่ยในตารางที่ 5.4 แล้ว จะเห็นได้ว่า ประสิทธิภาพการค้นคืนด้วยเทคนิค CCR ที่จำนวนบล็อกแตกต่างกันในแต่ละกลุ่มนั้น มีค่าความแม่นยำใกล้เคียงกัน ตลอดจนการใช้ CCR ชนิดปกติและชนิดปรับปรุง ก็ล้วนมีค่าความแม่นยำไม่แตกต่างกันมากนัก โดยพิจารณาได้ว่า เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ในภาพที่มีปริมาณสีที่หลากหลายนั้น การใช้ CCR ในการค้นคืนภาพ จะมีค่าความแม่นยำเฉลี่ยมากกว่าการใช้ฮิสโตแกรมสี (HIST) เนื่องจากฮิสโตแกรมสีเป็นการวัดเทียบทั้งภาพ ไม่ได้พิจารณาสีเป็นกลุ่ม จึงมีโอกาสทำให้ค้นคืนได้ภาพที่มีฮิสโตแกรมสีใกล้เคียงกับภาพคำถาม แต่ตำแหน่งของกลุ่มสีไม่ตรงกับภาพคำถาม
- สำหรับภาพที่กลุ่มสีอยู่เกาะกลุ่มกันไม่กระจัดกระจาย การใช้ CCR ที่ขนาดบล็อกต่างๆกัน ให้ผลที่ใกล้เคียงกัน

ดังนั้น การใช้ ฮิสโตแกรมสี ไม่เหมาะกับภาพที่มีปริมาณสีที่หลากหลายและมีหลายกลุ่ม เนื่องจากการใช้ฮิสโตแกรมสีค้นคืนนั้น เป็นเพียงแค่การเทียบฮิสโตแกรมทั้งภาพไม่สามารถแยกแยะตำแหน่งที่ปรากฏของกลุ่มสีได้ นอกจากนี้แล้ว สำหรับภาพที่สีเกาะกลุ่มกัน การใช้ CCR ที่ขนาดบล็อกต่างๆกันมีประสิทธิภาพของใกล้เคียงกัน โดยในตัวอย่างนี้ CCRX_SSIM_32 หรือการใช้ CCR ชนิดปรับปรุงขนาด 32×32 บล็อกรวมกับการใช้ SSIM ให้ค่าความแม่นยำเฉลี่ยสูงสุด ที่ 0.854

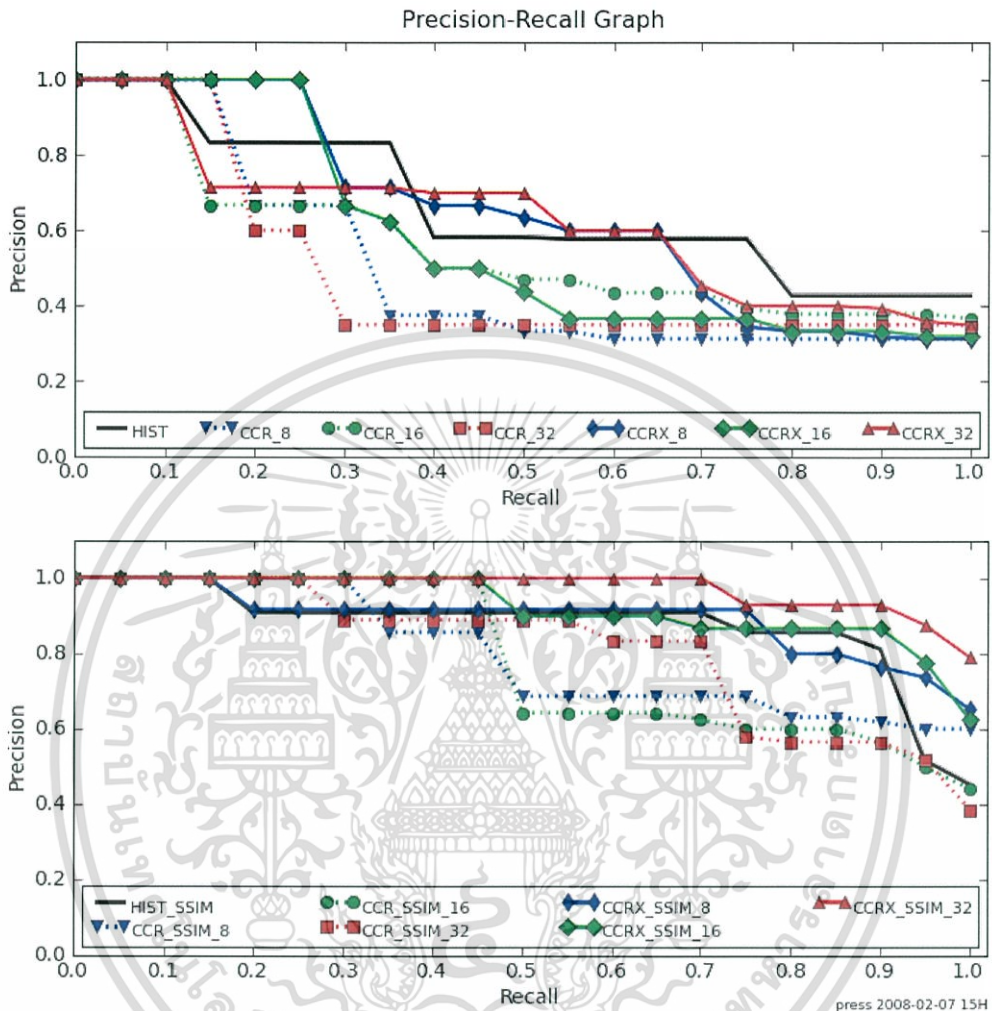
5.4.3 การทดลองค้นคืนภาพที่มีสีไม่มาก กลุ่มสีมีจำนวนต่ำและไม่กระจัดกระจาย

ในการทดลองนี้ ทำการทดลองค้นคืนภาพที่มีจำนวนสีน้อย กลุ่มสีมีไม่มากนัก และเกาะกลุ่มกันไม่กระจัดกระจายทั่วพื้นที่ภาพ เพื่อทำการวัดประสิทธิภาพของการค้นคืนแต่ละกรรมวิธี โดยใช้ภาพคำถามเป็นภาพแผนที่ความกดอากาศของวันที่ 7 ก.พ. 2008 เวลา 15 นาฬิกา ซึ่งแสดงตัวอย่างรูปผลการค้นคืนและค่าต่างๆที่เกี่ยวข้องในรูปที่ 5.6

เมื่อพิจารณากราฟ Precision-Recall ของผลของการค้นคืน ดังแสดงในรูปที่ 5.5 ผลลัพธ์ของการค้นคืนภาพที่มีสีไม่มาก กลุ่มสีมีจำนวนต่ำและไม่กระจัดกระจายแสดงให้เห็นว่า

- การค้นคืนด้วยเทคนิคฮิสโตแกรมสี (กราฟ HIST) มีประสิทธิภาพการค้นคืนสูงกว่า CCR ทุกรูปแบบ (กราฟ CCR_8, CCR_16, CCR_32, CCRX_8, CCR_X_16 และ CCRX_32) และเมื่อนำ SSIM มาร่วมจัดเรียงผลการค้นคืน (กราฟ HIST_SSIM) ประสิทธิภาพการค้นคืนที่ได้มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด
- การค้นคืนด้วยการใช้ CCR (กราฟ CCR_8, CCR_16 และ CCR_32) ให้ประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกัน โดย CCR_16 มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในกลุ่ม แต่ทั้งนี้ ประสิทธิภาพที่ได้ยังไม่สามารถเทียบเท่ากับการใช้เทคนิคฮิสโตแกรมสีได้
- การค้นคืนด้วยการใช้ CCR ชนิดปรับปรุง (กราฟ CCRX_8, CCRX_16 และ CCRX_32) ให้ประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกันมากนัก โดย CCRX_8 มีประสิทธิภาพดีที่สุดในกลุ่ม และโดยรวมแล้ว CCR ชนิดปรับปรุงกลุ่มนี้ถึงจะมีประสิทธิภาพการค้นคืนที่

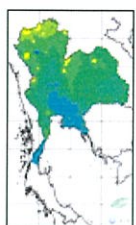
เพิ่มขึ้นมากกว่าการใช้ CCR แบบปรกติ แต่ก็ยังไม่สามารถเทียบเท่ากับการใช้เทคนิคฮิสโตแกรมสีได้



รูปที่ 5.5 กราฟแสดง Precision-Recall ของการค้นคืนภาพแผนที่ความกดอากาศ 7 ก.พ. 2008 เวลา 15.00 น. โดยการใช้ฮิสโตแกรมสี เทียบกับ กรรมวิธี CCR ในหลายรูปแบบ

- ในการนำ SSIM มาร่วมจัดเรียงผลการค้นคืนจากการใช้ CCR ชนิดปรกติ (กราฟ CCR_SSIM_8, CCR_SSIM_16 และ CCR_SSIM_32) ส่งผลให้ประสิทธิภาพการค้นคืนสูงขึ้นกว่าการไม่ใช้ SSIM ดังจะเห็นจากรูปกราฟว่ามีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น แต่ทั้งนี้ ก็ไม่เทียบเท่ากับการใช้ ฮิสโตแกรมสีร่วมกับ SSIM (กราฟ HIST_SSIM)
- การค้นคืนด้วยการใช้ CCR ชนิดปรับปรุงร่วมกับ SSIM (กราฟ CCRX_SSIM_8, CCRX_SSIM_16 และ CCRX_SSIM_32) ส่งผลให้ประสิทธิภาพการค้นคืนในกลุ่มนี้ มีค่าสูงที่สุดกว่าทุกๆกลุ่มซึ่งรวมไปถึง HIST_SSIM ด้วย โดยในกลุ่มนี้ การใช้ CCRX_SSIM_32 มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในกลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในวงจำกัดเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

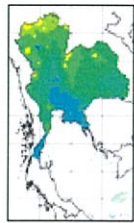


Query Image

HIST	
similarity	0.790 0.779 0.779 0.778 0.777 0.776 0.776 0.775 0.774 0.774
vsm	0.9999 0.9970 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9950 0.9999
CCR 8	
similarity	0.694 0.684 0.683 0.677 0.675 0.673 0.672 0.671 0.669 0.668
vsm	0.9999 0.9999 0.9970 0.9970 0.9999 0.9999 0.9999 0.9990 0.9970 0.9970
CCR 16	
similarity	0.650 0.649 0.643 0.638 0.636 0.636 0.626 0.626 0.626 0.625
vsm	0.9999 0.9970 0.9970 0.9999 0.9999 0.9999 0.9970 0.9999 0.9970 0.9948
CCR 32	
similarity	0.611 0.590 0.589 0.589 0.588 0.587 0.585 0.584 0.583 0.583
vsm	0.9999 0.9999 0.9970 0.9990 0.9999 0.9970 0.9999 0.9970 0.9970 0.9970
CCR X 8	
similarity	0.973 0.963 0.962 0.961 0.960 0.960 0.960 0.960 0.958 0.958
vsm	0.9999 0.9999 0.9999 0.9970 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999
CCR X 16	
similarity	0.967 0.954 0.951 0.951 0.951 0.950 0.950 0.949 0.948 0.947
vsm	0.9999 0.9999 0.9999 0.9970 0.9999 0.9999 0.9970 0.9999 0.9970 0.9999
CCR X 32	
similarity	0.957 0.940 0.937 0.934 0.933 0.933 0.931 0.931 0.930 0.930
vsm	0.9999 0.9947 0.9999 0.9970 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999

รูปที่ 5.6 ตัวอย่างผลลัพธ์การค้นคืนภาพแผนที่ความกดอากาศวันที่ 7 ก.พ. 2008 เวลา 15.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Query Image

HIST_SSIM	
similarity	0.973 0.957 0.956 0.956 0.955 0.954 0.954 0.954 0.952 0.951
vsm	0.9999 0.9999 0.9970 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999
CCR_SSIM 8	
similarity	0.973 0.968 0.965 0.959 0.956 0.956 0.955 0.955 0.954 0.954
vsm	0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9990 0.9999 0.9948
CCR_SSIM 16	
similarity	0.968 0.965 0.960 0.955 0.954 0.954 0.953 0.952 0.951 0.951
vsm	0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9990 0.9999 0.9948 0.9970 0.9970 0.9970
CCR_SSIM 32	
similarity	0.968 0.959 0.955 0.953 0.953 0.952 0.952 0.952 0.951 0.951
vsm	0.9999 0.9999 0.9999 0.9990 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9970
CCRX_SSIM 8	
similarity	0.973 0.957 0.956 0.956 0.955 0.954 0.954 0.954 0.953 0.953
vsm	0.9999 0.9999 0.9970 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999
CCRX_SSIM 16	
similarity	0.968 0.965 0.960 0.959 0.957 0.956 0.956 0.955 0.954 0.954
vsm	0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9970 0.9999 0.9999 0.9999
CCRX_SSIM 32	
similarity	0.973 0.968 0.956 0.955 0.954 0.954 0.953 0.953 0.953 0.952
vsm	0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999

รูปที่ 5.6 (ต่อ) ตัวอย่างผลลัพธ์การค้นคืนภาพแผนที่ความกดอากาศวันที่ 7 ก.พ. 2008 เวลา 15.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.5 ค่าความแม่นยำเฉลี่ยของการค้นคืนคุณภาพแผนที่ความกดอากาศ วันที่ 7 ก.พ. 2008

เวลา 15.00 น.

HIST	CCR 8	CCR 16	CCR 32	CCRX 8	CCRX 16	CCRX 32	HIST SSIM	CCR SSIM 8	CCR SSIM 16	CCR SSIM 32	CCRX SSIM 8	CCRX SSIM 16	CCRX SSIM 32
0.602	0.449	0.502	0.410	0.593	0.523	0.568	0.820	0.758	0.743	0.767	0.846	0.898	0.962

ในตัวอย่างนี้ จะเห็นได้ว่าภาพแผนที่ความกดอากาศนั้นมีความแตกต่างกันในแต่ละภาพไม่มากนัก ปริมาณสีที่ปรากฏในภาพมีค่อนข้างน้อย อีกทั้งกลุ่มสีมักจะอยู่เป็นกลุ่ม ไม่กระจายไปทั่วภาพ รวมไปถึงสีที่ปรากฏร่วมสูงสุดของแต่ละกลุ่ม มักเป็นสีที่แน่นอน โดยถ้าหากพิจารณาจากค่าความแม่นยำเฉลี่ยในตารางที่ 5.5 แล้วจะเห็นได้ว่า

- ความแม่นยำเฉลี่ยของการค้นคืนด้วยฮิสโตแกรมสี (HIST) นั้น มีค่าสูงมาก โดยมีค่ามากกว่าการใช้ CCR ทั้งชนิดปกติและชนิดปรับปรุงทั้งหมด (CCR_8, CCR_16, CCR_32, CCRX_8, CCRX_16 และ CCRX_32) เนื่องด้วยเหตุผลของ ปริมาณภาพที่มีลักษณะคล้ายกันจำนวนมาก, จำนวนสีในภาพมีน้อย ตำแหน่งของกลุ่มสีใกล้เคียงกันหรืออีกนัยหนึ่งคือตำแหน่งสีแทบไม่มีความจำเป็นต่อการค้นคืน ด้วยเหตุนี้จึงก่อให้เกิดสถานะที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการใช้งาน CCR ที่มีการคำนวณที่ซับซ้อนและวัดความเหมือนของกลุ่มสีแต่ละกลุ่ม ส่งผลให้ค่าที่ได้ มีค่าต่ำกว่าการคำนวณเทคนิคฮิสโตแกรมสีที่ยึดถือปริมาณสีในภาพเพียงอย่างเดียว จึงทำให้มีโอกาสค้นคืนภาพได้แม่นยำกว่า
- เมื่อพิจารณาเทียบระหว่างการใช้ CCR ชนิดปกติ กับ CCR ชนิดปรับปรุง จะเห็นว่าในทุกๆกลุ่มการค้นคืนนั้น การใช้ CCR ชนิดปรับปรุงจะได้ค่าที่สูงกว่า เนื่องจากลักษณะภาพความกดอากาศนี้ มีสีที่ปรากฏร่วมในแต่ละกลุ่มค่อนข้างแน่นอน ทำให้ความสำคัญของการหาค่าสีที่ปรากฏร่วมสูงสุดจึงไม่จำเป็นเท่าไรนัก อีกทั้งยังส่งผลให้การค้นคืนนั้นมีค่าต่ำกว่าความเป็นจริง เนื่องด้วยการหาค่าความเป็นไปได้ของสีที่ปรากฏร่วมสูงสุด (สมการ 3.11 ในบทที่ 3) นั้น เป็นค่าอัตราส่วนของจำนวนบล็อกสีปรากฏร่วมเทียบกับจำนวนบล็อกของกลุ่มสีที่สนใจ ซึ่งปกติแล้วค่าดังกล่าวนี้ มีค่าไม่สูงมากนัก ดังนั้นเมื่อนำมาผ่านสมการวัดความเหมือนของ CCR (สมการที่ 3.14 และ 3.15 ในบทที่ 3) จะพบว่าค่าความเป็นไปได้ของสีที่ปรากฏร่วมสูงสุดจะก่อให้เกิดการสวิงของค่าความเหมือนรวมโดยไม่จำเป็น โดยเฉพาะในลักษณะภาพที่สีปรากฏร่วมสูงสุดเป็นค่าที่ค่อนข้างแน่นอน ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้ลำดับผลการค้นคืนของ CCR ชนิดปกติ นั้นเป็นผลที่เกิดจากการสวิงของค่าสีที่ปรากฏร่วม ทำให้ลำดับภาพที่เกี่ยวข้องที่ค้นคืนได้จึงอยู่ในลำดับที่กระจายอยู่ทั่วไป ไม่อยู่ในลำดับต้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ค่าความแม่นยำเฉลี่ยของการค้นคืนด้วยฮิสโตแกรมสีร่วมกับ SSIM (HIST_SSIM) ยังคงมีค่าสูงกว่าการใช้ CCR ร่วมกับ SSIM (CCR_SSIM_8, CCR_SSIM_16 และ CCR_SSIM_32) ในขณะที่กลุ่มการใช้ CCR ชนิดปรับปรุงร่วมกับ SSIM นั้น ให้ประสิทธิภาพผลการค้นคืนที่สูงที่สุด

สำหรับภาพความกดอากาศนี้ การใช้ ฮิสโตแกรม ให้ค่าความแม่นยำที่สูงกว่าการใช้ CCR ในหลายๆกลุ่ม แต่กลุ่มของ CCRX_SSIM ยังคงให้ค่าความแม่นยำเฉลี่ยสูงสุด ด้วยเหตุผลสองประการ

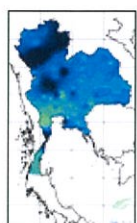
ประการแรก เนื่องด้วยคุณลักษณะการวัดความเหมือนของกลุ่มสีแต่ละกลุ่มด้วย CCR นั้นหากนำมาใช้วัดภาพที่กลุ่มสีอยู่รวมเป็นกลุ่มอย่างชัดเจน ร่วมกับ การปรับปรุงการวัดที่ไม่นำค่าความเป็นไปได้ของสีที่ปรากฏร่วมสูงสุดมาคำนวณ ส่งผลให้ภาพที่ค้นคืนมาได้นั้นมีแนวโน้ม ที่เกี่ยวข้อง กับภาพคำถามหลายภาพ หากแต่ลำดับของภาพที่เกี่ยวข้องไม่ได้ยู่ลำดับต้นๆ

ประการที่สอง คือการนำ SSIM มาจัดเรียงความเหมือนอีกครั้ง จึงช่วยให้ภาพเหล่านั้น ถูกเรียงอยู่ในลำดับต้นๆ และส่งผลให้ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบสูงขึ้นได้ และในตัวอย่างผลการทดลองนี้ CCRX_SSIM_32 ให้ค่าความแม่นยำเฉลี่ยสูงสุด ที่ค่า 0.962

5.4.4 การทดลองค้นคืนภาพที่มีสีไม่มาก มีกลุ่มสีหลายกลุ่ม แต่เกาะตัวกัน

ในการทดลองนี้ ทำการค้นคืนภาพที่มีจำนวนสีไม่มาก มีกลุ่มสีหลายกลุ่มที่อยู่ในลักษณะเกาะกลุ่มกัน โดยใช้ภาพคำถามเป็นภาพแผนที่ความชื้นอากาศของวันที่ 3 เมษายน ค.ศ. 2008 เวลา 11.00 นาฬิกา โดยแสดงตัวอย่างรูปผลการค้นคืนและค่าต่างๆที่เกี่ยวข้องในรูปที่ 5.7 ซึ่งแต่ละกรรมวิธีนั้นมีประสิทธิภาพในการค้นคืนที่ต่างกัน โดยแสดงกราฟ Precision-Recall ของผลการค้นคืนรูปภาพในรูปที่ 5.8 ซึ่งจะเห็นได้ว่าแต่ละกรรมวิธีได้ผลดังต่อไปนี้

- การค้นคืนด้วยเทคนิคฮิสโตแกรมสี (กราฟ HIST) มีประสิทธิภาพการค้นคืนสูงกว่า CCR (กราฟ CCR_8, CCR_16, CCR_32)
- การค้นคืนด้วย CCR ชนิดปรกติ และ CCR ชนิดปรับปรุง (กราฟ CCR_8, CCR_16, CCR_32, CCRX_8, CCRX_16 และ CCRX_32) เกือบทั้งหมดมีประสิทธิภาพที่ด้อยกว่า การใช้เทคนิคฮิสโตแกรม มีเพียง CCRX_8 ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า

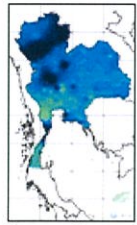


Query Image

HIST	
similarity	0.710 0.682 0.675 0.674 0.670 0.669 0.666 0.665 0.664 0.662
vsm	0.9964 0.9927 0.9901 0.9864 0.9900 0.9882 0.9929 0.9909 0.9913 0.9893
CCR 8	
similarity	0.525 0.513 0.498 0.492 0.484 0.477 0.477 0.476 0.474 0.473
vsm	0.9882 0.9964 0.9974 0.9858 0.9929 0.9871 0.9801 0.9877 0.9822 0.9901
CCR 16	
similarity	0.443 0.436 0.422 0.421 0.421 0.419 0.413 0.410 0.406 0.405
vsm	0.9964 0.9882 0.9871 0.9942 0.9990 0.9775 0.9780 0.9855 0.9909 0.9792
CCR 32	
similarity	0.454 0.443 0.413 0.410 0.399 0.399 0.398 0.392 0.391 0.390
vsm	0.9964 0.9882 0.9858 0.9909 0.9775 0.9990 0.9840 0.9822 0.9861 0.9897
CCR X 8	
similarity	0.824 0.824 0.823 0.796 0.794 0.792 0.774 0.767 0.758 0.757
vsm	0.9909 0.9964 0.9882 0.9939 0.9871 0.9858 0.9901 0.9775 0.9876 0.9861
CCR X 16	
similarity	0.743 0.738 0.734 0.714 0.703 0.694 0.691 0.690 0.689 0.688
vsm	0.9882 0.9775 0.9964 0.9909 0.9861 0.9855 0.9876 0.9897 0.9871 0.9939
CCR X 32	
similarity	0.706 0.671 0.667 0.661 0.653 0.649 0.647 0.646 0.635 0.632
vsm	0.9964 0.9882 0.9909 0.9858 0.9775 0.9840 0.9861 0.9897 0.9871 0.9939

รูปที่ 5.7 ตัวอย่างผลลัพธ์การค้นคืนภาพแผนที่ความชื้นอากาศวันที่ 3 เม.ย. 2008 เวลา 11.00 น.

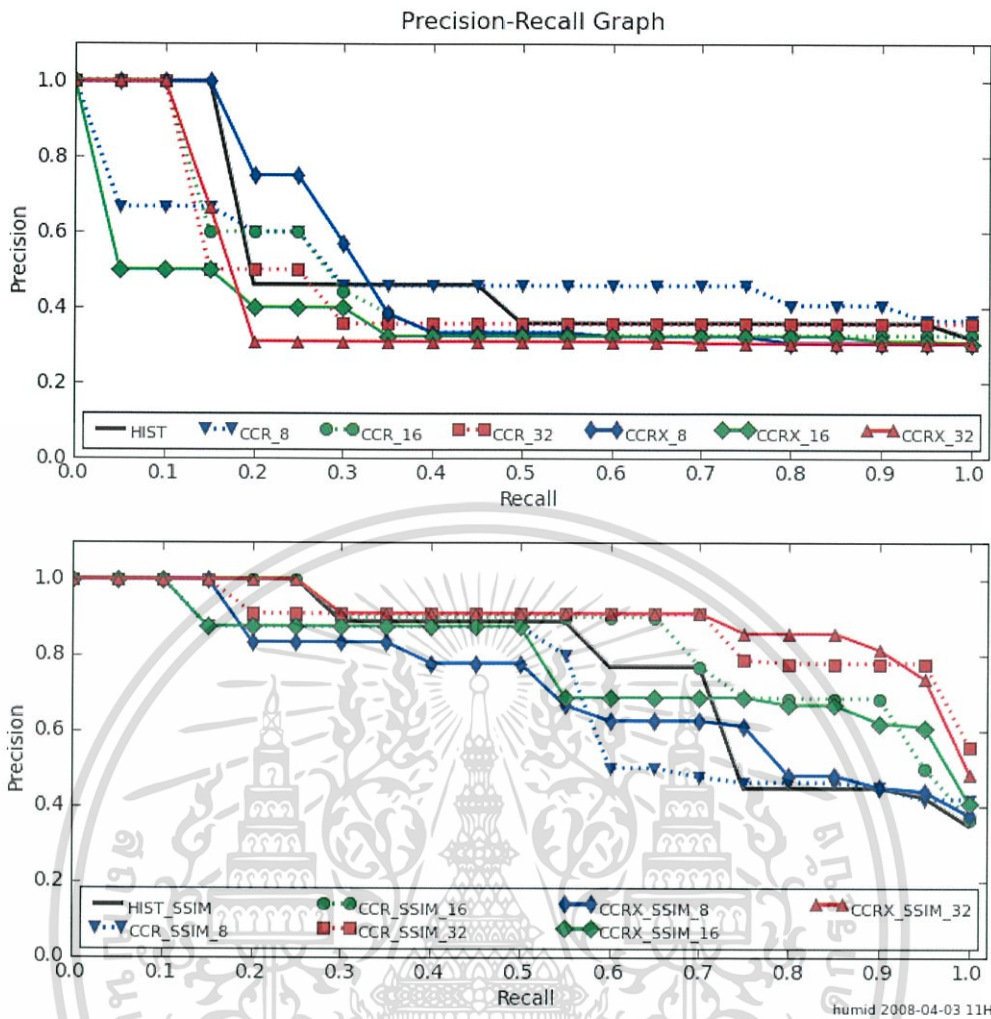
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Query Image

HIST_SSIM	
similarity	0.928 0.926 0.924 0.924 0.921 0.919 0.917 0.917 0.917 0.916
vsm	0.9982 0.9974 0.9923 0.9882 0.9964 0.9975 0.9958 0.9922 0.9925 0.9917
CCR_SSIM 8	
similarity	0.926 0.924 0.921 0.917 0.917 0.917 0.917 0.915 0.914 0.913
vsm	0.9974 0.9882 0.9964 0.9965 0.9958 0.9922 0.9925 0.9949 0.9900 0.9927
CCR_SSIM 16	
similarity	0.926 0.926 0.924 0.921 0.920 0.919 0.917 0.917 0.917 0.914
vsm	0.9990 0.9966 0.9974 0.9882 0.9964 0.9940 0.9975 0.9965 0.9965 0.9958
CCR_SSIM 32	
similarity	0.924 0.924 0.921 0.919 0.917 0.917 0.916 0.914 0.913 0.913
vsm	0.9990 0.9923 0.9882 0.9964 0.9975 0.9965 0.9958 0.9917 0.9947 0.9924
CCRX_SSIM 8	
similarity	0.928 0.926 0.924 0.921 0.917 0.917 0.914 0.913 0.913 0.913
vsm	0.9990 0.9974 0.9882 0.9964 0.9965 0.9958 0.9900 0.9924 0.9927 0.9855
CCRX_SSIM 16	
similarity	0.924 0.921 0.920 0.919 0.919 0.917 0.917 0.913 0.911 0.909
vsm	0.9990 0.9882 0.9964 0.9940 0.9975 0.9961 0.9965 0.9958 0.9855 0.9881
CCRX_SSIM 32	
similarity	0.928 0.924 0.924 0.921 0.919 0.917 0.917 0.913 0.913 0.913
vsm	0.9990 0.9982 0.9923 0.9882 0.9964 0.9975 0.9965 0.9958 0.9924 0.9927

รูปที่ 5.7 (ต่อ) ตัวอย่างผลลัพธ์การค้นคืนภาพแผนที่ความชื้นอากาศวันที่ 3 เม.ย. 2008 เวลา 11น. เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.8 กราฟแสดง Precision-Recall ของการค้นคืนภาพแผนที่ความชื้นอากาศ 3 เม.ย 2008 เวลา 11.00 น. โดยการใช้ฮิสโตแกรมสี เทียบกับ กรรมวิธี CCR ในหลายรูปแบบ

- การค้นคืนด้วย CCR ชนิดปรกติร่วมกับ SSIM นั้น (กราฟ CCR_SSIM_8, CCR_SSIM_16 และ CCR_SSIM_32) มีเพียง CCR_SSIM_8 เท่านั้นที่มีประสิทธิภาพดีอยู่กว่าการใช้เทคนิคฮิสโตแกรมร่วมกับ SSIM (กราฟ HIST_SSIM) โดยในกลุ่มนี้ CCR_SSIM_32 มีประสิทธิภาพสูงสุดในกลุ่ม
- การค้นคืนด้วย CCR ชนิดปรับปรุงร่วมกับ SSIM นั้น (กราฟ CCRX_SSIM_8, CCRX_SSIM_16 และ CCRX_SSIM_32) มีเพียง CCRX_SSIM_32 ที่มีประสิทธิภาพดีกว่า HIST_SSIM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.6 ค่าความแม่นยำเฉลี่ยของการค้นคืนภาพแผนที่ความชื้นอากาศ วันที่ 3 เม.ย 2008

เวลา 11.00 น.

HIST	CCR 8	CCR 16	CCR 32	CCRX 8	CCRX 16	CCRX 32	HIST SSIM	CCR SSIM 8	CCR SSIM 16	CCR SSIM 32	CCRX SSIM 8	CCRX SSIM 16	CCRX SSIM 32
0.445	0.435	0.405	0.382	0.452	0.329	0.352	0.725	0.649	0.789	0.83	0.677	0.716	0.853

ในตัวอย่างนี้ จะเห็นได้ว่าภาพแผนที่ความชื้นอากาศนั้น มีลักษณะสีจางน้อย แต่มีกลุ่มสีหลายกลุ่ม ที่ไม่กระจุกกระจายมากนัก โดยถ้าหากพิจารณาจากค่าความแม่นยำเฉลี่ยในตารางที่ 5.6 แล้วสามารถวิเคราะห์ได้ว่า

- ความแม่นยำเฉลี่ยของการค้นคืนด้วยฮิสโตแกรมสี (HIST) นั้น มีค่าสูงกว่าการใช้ CCR แบบปรกติ (CCR_8, CCR_16 และ CCR_32) อีกทั้งสูงกว่า CCR ชนิดปรับปรุงในบางส่วน (CCRX_16 และ CCRX_32) เนื่องจากภาพที่มีจำนวนสีไม่มาก และกลุ่มสีไม่กระจุกกระจายมาก ส่งผลให้การค้นคืนแบบฮิสโตแกรมสีที่ยึดถือปริมาณสีในภาพเพียงอย่างเดียว จึงทำให้มีโอกาสค้นคืนภาพได้แม่นยำกว่า
- กลุ่มสีในภาพถึงแม้จะอยู่ไม่กระจุกกระจาย แต่ก็ประกอบไปด้วยกลุ่มสีย่อยหลายกลุ่ม ซึ่งการค้นคืนแบบ CCR ที่จำนวนบิตออกมานั้น มีความแม่นยำต่ำกว่าการใช้จำนวนบิตออกน้อย เนื่องด้วยกลุ่มสีที่มาก ย่อมส่งผลให้การวัดความเหมือนของกลุ่มสีนั้นเกิดความผิดพลาดได้ง่าย ดังจะเห็นได้ว่า ที่ CCR_8 และ CCRX_8 มีค่าความแม่นยำสูงสุดในกลุ่ม
- การนำ SSIM ร่วมจัดเรียงผลการค้นคืน ส่งผลดีต่อการใช้ CCR ที่จำนวนบิตออกมาก ซึ่งจะเห็นได้ว่า CCR_SSIM_16, CCR_SSIM_32 และ CCRX_SSIM_32 นั้น ล้วนแล้วแต่มีค่าความแม่นยำสูงกว่า HIST_SSIM เหตุเพราะการค้นคืนด้วย CCR ที่จำนวนบิตออกมานั้น มีแนวโน้มที่จะสามารถค้นคืนภาพที่มีกลุ่มสีใกล้เคียงกับภาพค่าตามได้ หากแต่ลำดับของภาพเหล่านั้น ไม่ได้อยู่ในลำดับต้นๆ จึงทำให้ค่าความแม่นยำต่ำ ซึ่งการนำ SSIM มาช่วยจัดเรียงผลการค้นคืน ย่อมทำให้เกิดการจัดเรียงใหม่ ส่งผลให้ภาพที่เกี่ยวข้องกับภาพค่าตามอยู่ในลำดับต้นๆ และประสิทธิภาพโดยรวมสูงขึ้น โดย CCR_SSIM_32 และ CCRX_SSIM_32 มีค่าความแม่นยำสูงสุดในกลุ่ม

ในการค้นคืนภาพที่มีปริมาณสีไม่มากนัก การใช้ ฮิสโตแกรมสี สามารถค้นคืนภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพเทียบเท่าหรือดีกว่า CCR ในบางรูปแบบ หากแต่ภาพที่มีกลุ่มสีหลายกลุ่มนั้น CCR มีแนวโน้มที่จะค้นคืนภาพที่มีจำนวนกลุ่มสีใกล้เคียงกับภาพค่าตามได้ดีกว่า แต่ความแม่นยำเฉลี่ยจะมีค่าต่ำ เนื่องจากภาพที่เกี่ยวข้องที่ CCR ค้นคืนมาได้นั้น ไม่ได้อยู่ในลำดับต้นๆของการค้นคืน ดังนั้นการนำ SSIM มาช่วยจัดเรียงผลการค้นคืน ย่อมทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมของ CCR นั้น เพิ่มขึ้น

โดยในตัวอย่างนี้ CCRX_SSIM_32 หรือการใช้ CCR ชนิดปรับปรุงขนาด 32×32 บล็อกพร้อมกับ การใช้ SSIM ให้ค่าความแม่นยำเฉลี่ยสูงสุด ที่ 0.853

ตัวอย่างการค้นคืนรูปภาพอื่นๆ รวมถึงกราฟ Precision และ Recall ตลอดจนค่าความแม่นยำเฉลี่ยที่ได้จากการทดลองต่างๆ ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก.

5.5 วิเคราะห์ประสิทธิภาพโดยรวมของการค้นคืนรูปภาพด้วยกรรมวิธีต่างๆ

จากการทดลองค้นคืนภาพคำถามทั้งภาพแผนที่อุณหภูมิ, ความชื้น, ความกดอากาศ รวมทั้งสิ้น 294 ภาพ และนำค่าความแม่นยำของแต่ละการค้นคืนมาหาค่าเฉลี่ยอีกครั้งหนึ่ง ได้เป็นค่าความแม่นยำเฉลี่ยรวม (Mean Average Precision) ของแต่ละกรรมวิธีการค้นคืน ดังแสดงในตารางที่ 5.7

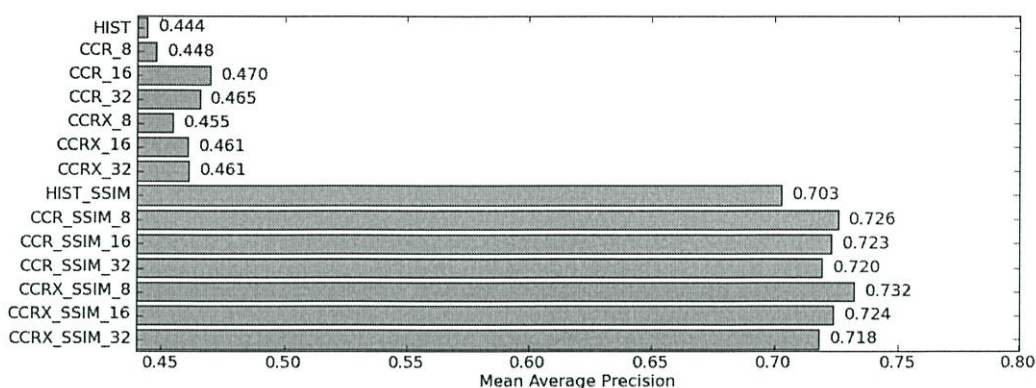
ตารางที่ 5.7 ค่าความแม่นยำเฉลี่ยรวม ของการค้นคืนแต่ละวิธีในภาพแผนที่อากาศทั้งสามชนิด

อุณหภูมิ (Temperature)													
HIST	CCR 8	CCR 16	CCR 32	CCRX 8	CCRX 16	CCRX 32	HIST SSIM	CCR SSIM 8	CCR SSIM 16	CCR SSIM 32	CCRX SSIM 8	CCRX SSIM 16	CCRX SSIM 32
0.444	0.448	0.47	0.465	0.455	0.461	0.461	0.703	0.726	0.723	0.72	0.732	0.724	0.718
ความกดอากาศ (Pressure)													
HIST	CCR 8	CCR 16	CCR 32	CCRX 8	CCRX 16	CCRX 32	HIST SSIM	CCR SSIM 8	CCR SSIM 16	CCR SSIM 32	CCRX SSIM 8	CCRX SSIM 16	CCRX SSIM 32
0.557	0.538	0.551	0.536	0.554	0.559	0.549	0.729	0.717	0.718	0.712	0.742	0.745	0.742
ความชื้น (Humidity)													
HIST	CCR 8	CCR 16	CCR 32	CCRX 8	CCRX 16	CCRX 32	HIST SSIM	CCR SSIM 8	CCR SSIM 16	CCR SSIM 32	CCRX SSIM 8	CCRX SSIM 16	CCRX SSIM 32
0.483	0.488	0.521	0.493	0.488	0.482	0.462	0.79	0.798	0.797	0.797	0.79	0.787	0.78

5.5.1 วิเคราะห์ประสิทธิภาพในการค้นคืนภาพแผนที่อุณหภูมิอากาศ

ค่าความแม่นยำเฉลี่ยรวม ของการค้นคืนภาพแผนที่อุณหภูมิอากาศ ในตารางที่ 5.7 นั้นสามารถเขียนเป็นกราฟแท่งเพื่อการเปรียบเทียบได้ดังแสดงในรูปที่ 5.9 ซึ่งจะเห็นได้ว่า HIST มีความแม่นยำต่ำสุด และ HIST_SSIM ก็ให้ค่าต่ำสุดในกลุ่มการค้นคืนร่วมกับ SSIM ด้วยเช่นกัน ทั้งนี้เพราะว่าภาพแผนที่อุณหภูมิอากาศนั้น โดยส่วนใหญ่แล้ว เป็นภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด กล่าวคือตัวภาพมีลักษณะของกลุ่มสีหลายกลุ่ม ทั้งเกาะกลุ่มกันและกระจัดกระจายทั่วภาพ อีกทั้งสีที่ปรากฏในภาพมีจำนวนมาก ซึ่งลักษณะเช่นนี้ไม่เหมาะกับการใช้การค้นคืนด้วยการใช้ฮิสโตแกรมสี และนอกจากนี้แล้วยังส่งผลกระทบต่อการเลือกจำนวนบล็อกของ CCR ด้วยเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.9 กราฟแสดงค่าความแม่นยำเฉลี่ยรวม ในการค้นคืนภาพแผนที่อุณหภูมิอากาศ

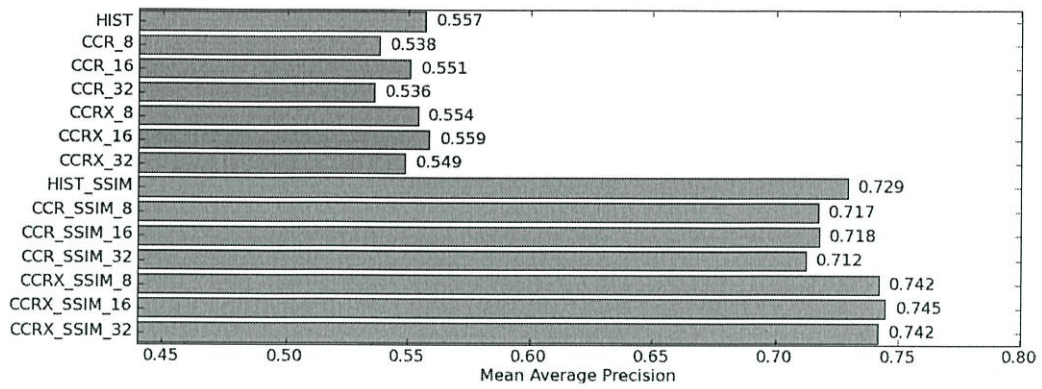
ภาพแผนที่อุณหภูมิอากาศที่มีกลุ่มสีที่ปนปนเช่นนี้ หากเลือกใช้จำนวนบล็อก CCR จำนวนน้อย (8×8) จะเกิดข้อเสียในแง่ที่ว่า ไม่สามารถจำแนกกลุ่มสีย่อยๆ ที่ปรากฏอยู่ในบล็อกได้ หรือหากเลือกใช้จำนวนบล็อก CCR ที่จำนวนมาก (32×32) ก็เกิดข้อเสียในแง่ที่ว่า กลุ่มสีในภาพถูกจำแนกหลายกลุ่มมากเกินไป ส่งผลให้การวัดค่าความเหมือนของแต่ละกลุ่มสีอาจเกิดการวัดที่ผิดพลาดได้ (กลุ่มสีสองกลุ่มที่เปรียบเทียบกับกันอาจมีค่าใกล้เคียงกัน ทั้งที่ในความเป็นจริง เป็นกลุ่มสีที่ตำแหน่งต่างกัน) ดังนั้นสรุปได้ว่า ในการเลือกใช้ CCR ที่จำนวนบล็อกต่างกันนั้น ล้วนมีข้อเสียในด้านที่ต่างกันอย่างออกป

หากพิจารณาในกลุ่มการค้นคืนที่ใช้ SSIM ร่วมในการค้นคืนนั้นจะเห็นได้ว่า การใช้ CCR ที่จำนวนบล็อกน้อย (CCR_SSIM_8 และ CCRX_SSIM_8) มีค่าความแม่นยำสูงสุดในกลุ่ม ดังนั้นแล้ว สำหรับภาพแผนที่อุณหภูมิอากาศ การเลือกใช้ CCR ชนิดปรับปรุงร่วมกับ SSIM (CCRX_SSIM) ที่ขนาดบล็อกจำนวนน้อย ย่อมก่อให้เกิดประสิทธิภาพในการค้นคืนสูงที่สุด

5.5.2 วิเคราะห์ประสิทธิภาพในการค้นคืนภาพแผนที่ความกดอากาศ

จากค่าความแม่นยำเฉลี่ยรวม ในตารางที่ 5.7 นั้นสามารถเขียนเป็นกราฟแท่งเพื่อการเปรียบเทียบได้ดังแสดงในรูปที่ 5.10 ซึ่งจะเห็นได้ว่า HIST และ HIST_SSIM มีความแม่นยำสูงในระดับใกล้เคียงกับกลุ่มของ CCR แต่ละกลุ่ม ทั้งนี้เพราะว่าภาพแผนที่ความกดอากาศนั้น โดยส่วนใหญ่แล้ว เป็นภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงน้อยสุด กล่าวคือ ตัวภาพมีลักษณะของกลุ่มสีไม่กี่กลุ่ม สีที่ปรากฏในภาพมีจำนวนน้อย อีกทั้งกลุ่มสี เกาะกลุ่มกันและอยู่ในตำแหน่งที่ค่อนข้างตายตัวในทุกๆ ภาพ หรืออีกนัยหนึ่งคือตำแหน่งสีแทบไม่มีความจำเป็นต่อการค้นคืน ด้วยเหตุนี้จึงก่อให้เกิดสถานะที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการใช้งาน CCR ที่มีการคำนวณที่ซับซ้อนและวัดความเหมือนของกลุ่มสีแต่ละกลุ่ม ส่งผลให้ค่าที่ได้ มีค่าต่ำกว่าการคำนวณเทคนิคฮิสโตแกรมสีที่ยึดถือปริมาณสีในภาพเพียงอย่างเดียว จึงทำให้มีโอกาสค้นคืนภาพได้แม่นยำกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



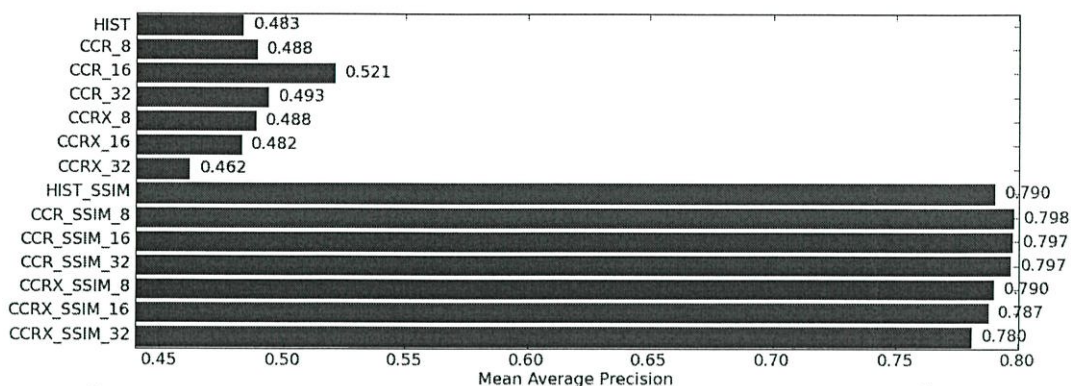
รูปที่ 5.10 กราฟแสดงค่าความแม่นยำเฉลี่ยรวม ในการค้นคืนภาพแผนที่ความกดอากาศ

หากพิจารณาเปรียบเทียบการใช้ CCR ชนิดปรกติ และ CCR ชนิดปรับปรุงนั้น จะเห็นว่าในแต่ละกลุ่มการค้นคืนนั้น CCR ชนิดปรับปรุงจะได้ค่าที่สูงกว่า เนื่องจากลักษณะภาพความกดอากาศนี้มีสีที่ปรากฏรวมในแต่ละกลุ่มค่อนข้างแน่นอน ทำให้ความสำคัญของการหาค่าสีที่ปรากฏรวมสูงสุดจึงไม่จำเป็นเท่าไรนัก

นอกจากนี้แล้ว การเลือกจำนวนบล็อกของ CCR ในการค้นคืนภาพแผนที่ความกดอากาศ ไม่ส่งผลให้เกิดความแตกต่างเท่าไรนัก เนื่องจากภาพในลักษณะที่เป็นกลุ่มสีกลุ่มใหญ่ไม่กระจาย สามารถใช้บล็อกจำนวนน้อย หรือบล็อกจำนวนมาก ก็ได้ผลแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย แต่ทั้งนี้ล้วนแล้วแต่จำเป็นต้องใช้ SSIM ช่วยในการจัดเรียงผลการค้นคืน ดังนั้นแล้ว สำหรับภาพแผนที่ความกดอากาศ การเลือกใช้ CCR ชนิดปรับปรุงร่วมกับ SSIM (CCRX_SSIM) นั้นให้ประสิทธิภาพในการค้นคืนสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ และถ้าหากเลือกขนาดบล็อกจำนวนน้อย ย่อมเพิ่มข้อดีในแง่ของเวลาในการค้นคืนต่ำอีกทางหนึ่ง

5.5.3 วิเคราะห์ประสิทธิภาพในการค้นคืนภาพแผนที่ความชื้นอากาศ

จากค่าความแม่นยำเฉลี่ยรวม ในตารางที่ 5.7 นั้นสามารถเขียนเป็นกราฟแท่งเพื่อการเปรียบเทียบได้ดังแสดงในรูปที่ 5.11 เป็นที่น่าสังเกตว่า การใช้ CCR ชนิดปรับปรุงในการค้นคืนภาพแผนที่ความชื้นอากาศนั้น มีประสิทธิภาพที่ต่ำกว่าการใช้ CCR ชนิดปรกติ ซึ่งเป็นไปได้ว่าภาพแผนที่ความชื้นอากาศ จำเป็นต้องมีการใช้ค่าความเป็นไปได้ของสีที่ปรากฏรวมสูงสุด ร่วมในการค้นคืน



รูปที่ 5.11 กราฟแสดงค่าความแม่นยำเฉลี่ยรวม ในการค้นคืนภาพแผนที่ความชื้นอากาศ

นอกจากนี้ จะเห็นได้ว่า ประสิทธิภาพของการค้นคืน โดยฮิสโตแกรมสี ทั้ง HIST และ HIST_SSIM นั้นมีค่าใกล้เคียงกับกลุ่มการค้นคืนของ CCR และมีค่าสูงกว่าในบางกรณี ส่วนหนึ่งเป็นเพราะว่า ภาพแผนที่ความชื้นอากาศโดยส่วนใหญ่มีจำนวนสีไม่มาก และกลุ่มสีที่มีหลายกลุ่มนั้นไม่กระจัดกระจายไปทั่วภาพ การค้นคืนโดยใช้ฮิสโตแกรมสีจึงมีความแม่นยำสูง

หากพิจารณาการใช้ CCR ที่ขนาดบล็อกล่างกันแล้ว จะเห็นได้ว่า ที่การใช้บล็อกจำนวนมาก มีแนวโน้มที่ประสิทธิภาพการค้นคืนจะต่ำลง เพราะ กลุ่มสีในภาพถึงแม้จะอยู่ไม่กระจัดกระจาย แต่ก็ประกอบไปด้วยกลุ่มสีย่อยหลายกลุ่ม ซึ่งการค้นคืนแบบ CCR ที่จำนวนบล็อกมากนั้น มีความแม่นยำต่ำกว่าการใช้จำนวนบล็อกน้อย เนื่องด้วยกลุ่มสีที่มาก ย่อมส่งผลให้การวัดความเหมือนของกลุ่มสีนั้นเกิดความผิดพลาดได้ง่าย ดังจะเห็นได้ว่า ที่ CCRX_8 และ CCRX_SSIM_8 มีค่าความแม่นยำสูงที่สุดในกลุ่ม ในขณะที่ CCRX_32 และ CCRX_SSIM_32 มีค่าต่ำที่สุดในกลุ่ม ดังนั้นแล้ว สำหรับแผนที่ความชื้นอากาศ การใช้ CCR ชนิดปรกติ ร่วมกับ SSIM (CCR_SSIM) ที่ขนาดบล็อกจำนวนน้อย ย่อมก่อเกิดประสิทธิภาพในการค้นคืนสูงที่สุด

5.5.4 วิเคราะห์ประสิทธิภาพของการใช้งาน SSIM

จากค่าความแม่นยำเฉลี่ยรวม ในตารางที่ 5.7 หรือกราฟรูปที่ 5.9 ถึงรูปที่ 5.11 จะเห็นได้ว่า ไม่จะเป็นการค้นคืนด้วยกรรมวิธีใด หากนำมาใช้ร่วมกับการจัดเรียงผลการค้นคืนด้วย SSIM ย่อมส่งผลให้ประสิทธิภาพในการค้นคืนที่สูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด จึงสามารถสรุปได้ว่าการใช้ SSIM ร่วมจัดเรียงผลการค้นคืนสามารถเพิ่มประสิทธิภาพแก่การค้นคืนได้

แต่ทั้งนี้ การใช้งาน SSIM เพื่อการค้นคืนแต่เพียงอย่างเดียว นั้น ในเชิงปฏิบัติไม่สามารถกระทำได้ เนื่องจากการหาค่าดัชนีความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพ นั้นเป็นการเปรียบเทียบระหว่างภาพสองภาพในทุกตำแหน่งพิกเซลในภาพ ไม่ใช่กรรมวิธีที่คัดแยกคุณลักษณะที่ต้องการออกมาจากภาพ ทำให้การเปรียบเทียบความเหมือนนั้น ต้องเทียบทุกตำแหน่งของภาพอ้างอิง กับทุกตำแหน่ง

ของชุดภาพที่นำมาเปรียบเทียบ ซึ่งใช้เวลาในการเปรียบเทียบสูงมาก จึงเป็นสาเหตุที่ต้องนำมาประยุกต์ใช้ในการเรียงลำดับผลการค้นคืนถัดจากการค้นคืนขั้นต้นด้วยเทคนิคต่างๆ

5.6 เวลาที่ใช้ในการค้นคืนรูปภาพ

โปรแกรมที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นมาสำหรับการค้นคืนนั้น ผู้วิจัยมุ่งหวังที่จะให้โปรแกรมมีการทำงานที่รวดเร็ว เพื่อสามารถใช้ได้จริงในทางปฏิบัติ ทำให้ขั้นตอนการค้นคืนรูปภาพของตัวโปรแกรม มีความซับซ้อนในการจัดเตรียมข้อมูลเพื่อกระบวนการค้นคืน โดยขั้นตอนการค้นคืนของทุกกรรมวิธีจะมีลักษณะคล้ายกันดังต่อไปนี้

1. นำรูปภาพคำถาม มาจำแนกคุณลักษณะภาพ และเก็บไว้ในหน่วยความจำ
2. ดึงข้อมูลคุณลักษณะภาพจากฐานข้อมูลที่มีอยู่และเก็บไว้ในหน่วยความจำ
3. ทำการเปรียบเทียบคุณลักษณะภาพ ระหว่างภาพคำถามกับข้อมูลที่มีอยู่
4. คัดเลือกเฉพาะภาพที่มีค่าความเหมือนสูงสุด n ภาพ
 - a. หากไม่มีการใช้ SSIM จะใช้ n ภาพดังกล่าว เป็นภาพผลการค้นคืน
 - b. หากมีการใช้ SSIM จะทำการจัดเรียงผลการค้นคืนใหม่ ด้วยการวัดค่าดัชนีความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพ

เวลาที่ใช้ในการค้นคืนที่ทำการทดลอง จะเป็นเวลารวมของขั้นตอนตั้งแต่ข้อ 1 ถึง 4 โดยขั้นตอนในข้อ 1,3 และ 4 จะถูกทำซ้ำทุกครั้งต่อภาพคำถามหนึ่งภาพ ในขณะที่ขั้นตอนที่ 2 นั้น ผู้วิจัยพบว่าเป็นขั้นตอนที่ใช้เวลาในการทำงานสูงมาก โดยเฉพาะการค้นคืนด้วย CCR เนื่องจากขั้นตอนนี้ตัวจัดการฐานข้อมูลจะอ่านข้อมูลจากดิสก์โดยตรง ทำให้เวลาที่ใช้ในการดึงข้อมูลจะเพิ่มขึ้นแปรผันตามปริมาณข้อมูล ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้สร้างกลไกการเก็บแคช (Cache) เพื่อให้ตัวโปรแกรมทำการดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลในครั้งแรกเพียงครั้งเดียว แล้วบันทึกเก็บไว้ในแคช จากนั้นการค้นคืนครั้งถัดไปจะดึงข้อมูลจากแคช แทนการอ่านจากดิสก์โดยตรง

5.6.1 เวลาในการค้นคืนรูปภาพโดยใช้อิสโตแกรมสี เทียบกับ CCR

ในการทดลองเพื่อหาเวลาเฉลี่ยในการค้นคืน ได้ทดลองค้นคืน 100 ภาพคำถาม จึงได้ค่าเฉลี่ยเวลาในการค้นคืนต่อหนึ่งภาพคำถาม ดังแสดงในตารางที่ 5.8 จะเห็นว่า การใช้ CCR ชนิดปรกติและ CCR ชนิดปรับปรุง ไม่ได้มีความแตกต่างกันมากนัก เนื่องจากกลไกการค้นคืนด้วยกรรมวิธี CCR ชนิดปรับปรุงนั้น เพียงข้ามการทำงานในส่วนของการหาสีที่ปรากฏร่วมสูงสุด

เป็นที่น่าสังเกตว่า การค้นคืนด้วยกรรมวิธีฮิสโตแกรมสีนั้น ใช้เวลามากกว่า CCR เนื่องด้วยการเปรียบเทียบฮิสโตแกรมสี เป็นการเทียบฮิสโตแกรมไปที่ละบิตนีสี่ จนครบทุกบิตนีสี่เพื่อใช้ในการ

คำนวณ ในขณะที่การค้นคืนด้วย CCR เป็นการวัดเทียบเฉพาะบางสี ที่ปรากฏในกลุ่มสีของภาพ คำถามเท่านั้น จึงส่งผลให้ความเร็วในการค้นคืนสูงกว่าการใช้ ฮิสโตแกรมแกรมสี

ตารางที่ 5.8 ค่าเฉลี่ยเวลาที่ใช้ในการค้นคืนต่อหนึ่งภาพคำถาม ของแต่ละกรรมวิธี

วิธีการค้นคืน	HIST	CCR_8	CCR_16	CCR_32	CCRX_8	CCRX_16	CCRX_32
เวลาที่ไข (วินาที)	14.3	4.53	6.3	7.46	4.4	6.12	7.03

5.6.2 เวลาในการค้นคืนรูปภาพเมื่อใช้การวัดความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพร่วมจัดเรียงผลการค้นคืน

จากการทดลองค้นคืน 100 ภาพคำถาม จึงได้ค่าเฉลี่ยเวลาในการค้นคืนต่อหนึ่งภาพคำถาม ดังแสดงในตารางที่ 5.9 จะเห็นว่า การใช้ค่าดัชนีความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพ ร่วมจัดเรียงผลการค้นคืนนั้น ส่งผลให้เวลาที่ใช้โดยรวมสูงขึ้น เนื่องจากการหาค่าดัชนีดังกล่าวนี้ เป็นการเปรียบเทียบระหว่างภาพสองภาพในทุกตำแหน่งพิกเซลในภาพ และเวลาที่ไขขึ้นอยู่กับจำนวนภาพที่ต้องการเปรียบเทียบทั้งหมด ซึ่งจากการทดลองได้เวลาเฉลี่ยในการหาค่าดัชนีความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพระหว่างภาพสองภาพ ที่เวลา 10.354 วินาที และในการจัดเรียงชุดภาพผลการค้นคืนที่มีอยู่ 50 ภาพนั้น จะใช้เวลาจัดเรียงทั้งสิ้น 517.67 วินาที

ตารางที่ 5.9 ค่าเฉลี่ยเวลาที่ใช้ในการค้นคืนต่อหนึ่งภาพคำถาม ของแต่ละวิธีที่ใช้ร่วมกับ การวัดความเหมือนเชิง โครงสร้างภาพ

วิธีการค้นคืน	HIST_SSIM	CCR_SSIM_8	CCR_SSIM_16	CCR_SSIM_32	CCRX_SSIM_8	CCRX_SSIM_16	CCRX_SSIM_32
เวลาที่ไข (วินาที)	531.87	522.12	524.8	525.13	521.8	523.39	525.04

เนื่องด้วยกรรมวิธีการวัดความเหมือนเชิงโครงสร้างภาพ ที่ใช้ในการเปรียบเทียบภาพสองภาพ นั้น ใช้เวลาสูงมาก จึงเป็นสาเหตุที่ไม่สามารถประยุกต์ใช้ในการค้นคืนภาพแต่เพียงอย่างเดียวได้ เพราะในทางปฏิบัติแล้ว หากต้องการค้นคืนภาพในฐานข้อมูล จำเป็นต้องเทียบภาพคำถามกับภาพชนิดเดียวกันทุกๆภาพในฐานข้อมูล และในงานวิจัยนี้มีภาพแผนที่อากาศชนิดละ 11,640 ในฐานข้อมูล ซึ่งถ้าหากต้องการทดลองค้นคืนด้วย SSIM ที่ความเร็วเฉลี่ย 10.354 วินาทีต่อการเปรียบเทียบหนึ่งภาพ แล้ว จะต้องใช้เวลาทั้งสิ้น $10.354 * 11640 \approx 33$ ชั่วโมง ต่อหนึ่งภาพคำถาม ซึ่งเป็นไปได้ยากในการใช้งานจริง ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าถึงแม้ประสิทธิภาพการทำงานของ SSIM จะมีประสิทธิภาพที่สูง แต่ไม่สามารถใช้ SSIM ในการค้นคืนภาพได้ เนื่องจากต้องเปรียบเทียบภาพ

ครบทุกภาพในฐานข้อมูลซึ่งใช้เวลาสูงมาก แต่ในการจัดเรียงผลการค้นคืนที่มีจำนวนภาพ 50 ภาพ จะใช้เวลาเฉลี่ยอยู่ที่ 517.67 วินาที

5.7 เปรียบเทียบประสิทธิภาพโดยรวมในทุกกรรมวิธีการค้นคืน

จากตารางที่ 5.10 แสดงกรรมวิธีที่ใช้งานแต่ละชนิด เทียบกับลักษณะภาพแผนที่อากาศ และ เวลาที่ใช้ในการประมวลผล จากตารางจะเห็นได้ว่าในแต่ละกรรมวิธีจะมีประสิทธิภาพสูงใน ลักษณะภาพที่แตกต่างกันออกไป และตารางที่ 5.11 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการค้นคืนกับภาพแผนที่อากาศแต่ละชนิด โดยจะแบ่งเป็นสองกลุ่มใหญ่นั้นคือกลุ่มการค้นคืนที่ใช้ SSIM ร่วมในการจัดเรียงผลการค้นคืน และกลุ่มที่ไม่ใช้ SSIM ร่วมในการจัดเรียงผลการค้นคืน ซึ่งจะเห็นได้ว่า CCRX_SSIM ใช้งานได้ดีมากในการค้นคืนภาพแผนที่อุณหภูมิกอากาศและความกดอากาศ ในขณะที่ CCR_SSIM ใช้งานได้ดีมากในการค้นคืนภาพแผนที่ความชื้นอากาศ นอกจากนี้แล้ว หากต้องการค้นคืนภาพแผนที่อากาศอื่นๆ ที่ไม่ทราบว่าภาพแผนที่อากาศนั้นเป็นภาพชนิดใด สามารถใช้การค้นคืนด้วย CCRX_SSIM ที่เป็นกรค้นคืนที่ครอบคลุมภาพแผนที่อากาศได้ดีในหลายชนิด

ตารางที่ 5.10 เปรียบเทียบแต่ละกรรมวิธีกับลักษณะภาพที่ต่างกันและเวลาที่ใช้ในการประมวลผล

	Histogram	CCR	CCRX	SSIM
จำนวนสีในภาพ	ประสิทธิภาพสูง เมื่อจำนวนสีน้อย	ประสิทธิภาพสูง เมื่อจำนวนสีมาก	ประสิทธิภาพสูง เมื่อจำนวนสีมาก	(ไม่มี ผลกระทบ)
ลักษณะกลุ่มสีที่ปรากฏในภาพ	ประสิทธิภาพจะต่ำลงหากกลุ่มสีมีจำนวนหลากหลายและกระจายทั่วภาพ	ประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับขนาดบล็อกเมื่อเทียบกับขนาดกลุ่มสี	ประสิทธิภาพจะสูงหากกลุ่มสีมีการไล่ระดับสีที่แน่นอนตายตัว	(ไม่มี ผลกระทบ)
เวลาที่ใช้ในการประมวลผล	น้อย	น้อย	น้อยมาก	สูงมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.11 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแต่ละกรรมวิธี กับภาพแผนที่อากาศแต่ละชนิด

	ภาพแผนที่อุณหภูมิจ	ภาพแผนที่ความกดอากาศ	ภาพแผนที่ความชื้นอากาศ
HIST	ใช้งานได้ไม่ดี	ใช้งานได้ดี	ใช้งานได้ดี
CCR	ใช้งานได้ดีมากที่ขนาดบล็อก 16 x 16	ใช้งานได้ดีที่ขนาดบล็อก 16x16	ใช้งานได้ดีมากที่ขนาดบล็อก 16x16
CCR_X	ใช้งานได้ดีที่ขนาดบล็อก 16 x 16 และ 32 x 32	ใช้งานได้ดีมากที่ขนาดบล็อก 16x16	ใช้งานได้ดีที่ขนาดบล็อก 8x8
HIST_{SSIM}	ใช้งานไม่ดี	ใช้งานได้ดี	ใช้งานได้ดี
CCR_{SSIM}	ใช้งานได้ดีที่ขนาดบล็อก 8x8	ใช้งานไม่ดี	ใช้งานได้ดีมากในทุกขนาดบล็อก
CCR_X_{SSIM}	ใช้งานได้ดีมากที่ขนาดบล็อก 8x8	ใช้งานได้ดีมากที่ขนาดบล็อก 16 x 16	ใช้งานได้ดีที่ขนาดบล็อก 8x8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลการทดลอง

วิทยานิพนธ์นี้ได้นำเสนอระบบค้นคืนภาพแผนที่อากาศ ซึ่งแบ่งตามคุณลักษณะของข้อมูลที่นำมาสร้างภาพได้สามชนิด ได้แก่ ภาพแผนที่อุณหภูมิอากาศ ภาพแผนที่ ความกดอากาศ และภาพแผนที่ความชื้นอากาศ โดยการค้นคืนภาพแผนที่อากาศเหล่านี้จะใช้ความสัมพันธ์ของพื้นที่สีที่ติดกัน ซึ่งอาศัยการวัดความเหมือนของกลุ่มสีที่ปรากฏในภาพและสีที่ปรากฏร่วมสูงสุดของกลุ่มสีเป็นกลไกหลักในการค้นคืน ซึ่งผลที่ได้เมื่อเทียบกับกรรมวิธีการค้นคืนด้วยฮิสโตแกรมสี พบว่ามีประสิทธิภาพที่ดีกว่าในบางลักษณะภาพ ดังนั้นจึงใช้วิธีการหาค่าดัชนีความเหมือนทางโครงสร้างภาพ ร่วมในกระบวนการค้นคืน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการค้นคืนให้แม่นยำขึ้น ด้วยการนำผลการค้นคืนที่ได้ในเบื้องต้นมาจัดเรียงใหม่อีกครั้งด้วยค่าดัชนีความเหมือนทางโครงสร้างภาพ ซึ่งผลลัพธ์สุดท้ายที่ได้คือ ชุดของภาพคำตอบที่มีลักษณะใกล้เคียงกับภาพคำถาม ที่สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลในเชิงสถิติเพื่อประโยชน์ในงานทางด้านอุตุนิยมวิทยาได้

นอกจากนี้แล้ว ระบบที่นำเสนอได้ทำการทดลองปรับปรุงการค้นคืนของพื้นที่สีที่ติดกัน โดยการไม่นำค่าความเป็นไปได้ของสีที่ปรากฏร่วมสูงสุดมาร่วมพิจารณา เพื่อคาดหวังถึงประสิทธิภาพในการค้นคืนที่เพิ่มขึ้น ซึ่งผลที่ได้พบว่าสองในสามชนิดภาพ ได้แก่ ภาพแผนที่อุณหภูมิอากาศและแผนที่ความกดอากาศ นั้นเมื่อใช้งานร่วมกับการจัดเรียงผลการค้นคืนด้วยค่าดัชนีความเหมือนทางโครงสร้างภาพแล้วมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับแนวคิดดังกล่าว และท้ายที่สุด ระบบที่นำเสนอนี้ ยังได้เสนอแนวคิดในการตีความหมายภาพแผนที่อากาศ ด้วยเวกเตอร์สเปซโมเดล ใช้สำหรับระบุความเกี่ยวข้องของภาพที่ค้นคืนกับภาพคำถาม เพื่อประโยชน์ในการวัดประสิทธิภาพการค้นคืน อีกทางหนึ่งด้วย

6.1 สรุปผลการวิเคราะห์และผลการดำเนินงานวิจัย

จากผลการทดลองในงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้ความสัมพันธ์ของพื้นที่สีที่ติดกันในการค้นคืนภาพแผนที่อากาศแต่ละชนิดนั้น ให้ผลการค้นคืนที่มีประสิทธิภาพแตกต่างกันไป เนื่องจากภาพแต่ละชนิดมีลักษณะการเกิดของสีภายในภาพที่แตกต่างกัน ซึ่งหากเทียบกับการค้นคืนด้วยฮิสโตแกรมสีแล้ว การค้นคืนด้วยการใช้ความสัมพันธ์ของพื้นที่สีที่ติดกันนั้น จะมีประสิทธิภาพสูงมากในการค้นคืนภาพที่มีปริมาณสีที่หลากหลาย มีกลุ่มสีปรากฏในภาพหลายกลุ่ม และกลุ่มสีกระจายทั่วทั้งภาพ และจะมีประสิทธิภาพด้อยลงในการค้นคืนภาพที่มีจำนวนสีน้อยและกลุ่มสีเกาะตัวกันไม่กระจุกกระจายไปทั่วทั้งภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์ประกอบที่สำคัญสิ่งหนึ่งในการใช้ความสัมพันธ์ของพื้นที่สีที่ติดกัน นั่นคือการเลือกจำนวนบล็อก ซึ่งการเลือกบล็อกจำนวนน้อย (บล็อกมีขนาดใหญ่) ก่อให้เกิดข้อดีคือใช้เวลาในการประมวลผลต่ำ แต่ข้อเสียที่พบคือ บล็อกที่มีขนาดใหญ่นั้น ไม่สามารถจำแนกกลุ่มสีเขียวขนาดเล็กที่ปรากฏภายในบล็อกได้ ส่วนการเลือกใช้บล็อกจำนวนมาก (บล็อกมีขนาดเล็ก) มีข้อดีคือสามารถจำแนกกลุ่มสีได้ละเอียด หากแต่ข้อเสียคือ ใช้เวลาในการประมวลผลสูงกว่า และในบางครั้งการจำแนกกลุ่มสีเป็นจำนวนย่อยมากเกินไปก่อให้เกิดความผิดพลาดในการเปรียบเทียบกลุ่มสี อันส่งผลให้ประสิทธิภาพในการค้นคืนต่ำลง โดยเฉพาะกรณีที่ภาพนั้นมีกลุ่มสีเขียวจำนวนมาก ทั้งนี้ขนาดบล็อกที่เหมาะสมที่สุดในการเลือกใช้คือขนาดบล็อกที่มีขนาดใกล้เคียงกับขนาดกลุ่มสีในภาพ โดยจากการทดลองพบว่าผลลัพธ์จากการค้นคืนภาพโดยใช้ความสัมพันธ์ของพื้นที่สีที่ติดกันเพียงอย่างเดียว การเลือกใช้บล็อกขนาด 16×16 (CCR_16) โดยเฉลี่ยมีประสิทธิภาพสูงที่สุดในกลุ่ม

โดยการประเมินประสิทธิภาพการค้นคืนนั้น ได้ประยุกต์ใช้เวกเตอร์สเปซโมเดล ในการจำแนกภาพคำตอบที่เกี่ยวข้องกับภาพคำถาม เพื่อนำใช้ไปประเมินประสิทธิภาพการค้นคืน ซึ่งโดยปกติแล้วการจำแนกว่าภาพใดเกี่ยวข้องกับภาพคำถามนั้นเป็นเรื่องยาก เนื่องจากภาพแผนที่อากาศนั้นแตกต่างจากภาพทั่วไปตรงที่ไม่สามารถนำไปตีความหมายให้แก่ภาพได้โดยง่าย การประยุกต์ใช้เวกเตอร์สเปซโมเดลจึงช่วยจำแนกภาพในเชิงความหมาย และช่วยในการวัดประสิทธิภาพการค้นคืนในรูปแบบต่างๆ ได้อย่างชัดเจน

นอกจากนี้ งานวิจัยที่นำเสนอ ได้พยายามปรับปรุงเทคนิคการค้นคืนของการใช้ความสัมพันธ์ของพื้นที่สีที่ติดกัน ด้วยการไม่คิดค่าความเป็นไปได้ของสีที่ปรากฏร่วมสูงสุดในการวัดผลการค้นคืน ทำให้การค้นคืนเป็นการวัดค่าความเหมือนของกลุ่มสีเพียงอย่างเดียว ที่มาของแนวคิดนี้เกิดจากการพบว่าลักษณะภาพแผนที่อากาศบางชนิดนั้น มีสีที่ปรากฏร่วมในแต่ละกลุ่มสีค่อนข้างแน่นอน ทำให้ความสำคัญของการหาค่าสีที่ปรากฏร่วมสูงสุดจึงไม่จำเป็นเท่าไรนัก อีกทั้งยังส่งผลให้การค้นคืนนั้นมีค่าต่ำกว่าความเป็นจริง โดยผลจากการทดลองพบว่า แนวคิดนี้สามารถใช้งานได้ดีเพียงเฉพาะภาพที่มีกลุ่มสีจำนวนน้อยและกลุ่มสีมีการเกาะตัวกัน และใช้ไม่ได้ผลดีในภาพที่มีกลุ่มสีหลายกลุ่มปรากฏภายในภาพ

และนอกเหนือจากการทดสอบประสิทธิภาพการปรับปรุงเทคนิคการค้นคืนดังกล่าว งานวิจัยที่นำเสนอ ได้นำการวัดค่าดัชนีความเหมือนทางโครงสร้าง มาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการค้นคืน ด้วยการนำภาพผลการค้นคืนที่ได้ในเบื้องต้น มาจัดเรียงใหม่อีกครั้งด้วยการวัดค่าดัชนีความเหมือนทางโครงสร้าง ซึ่งผลที่ได้นั้นถึงแม้ว่าจะเป็นการเพิ่มเวลาในการค้นคืนเป็นอันมาก แต่สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพแก่การค้นคืนได้ในทุกกรณีวิธีการค้นคืน โดยเฉพาะเมื่อใช้งานร่วมกับการค้นคืนด้วยความสัมพันธ์ของพื้นที่สีที่ติดกันชนิดปรับปรุงที่จำนวนบล็อกน้อย (CCR_SSIM_8) ก่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงที่สุด

ดังนั้นจากผลการทดลองสามารถสรุปผลได้ว่า การค้นหาภาพแผนที่อุณหภูมิอากาศที่ส่วนใหญ่มีจำนวนสีมาก มีกลุ่มย่อยจำนวนหลายกลุ่ม และมีโอกาสกระจายระจกกระจายไปทั่วภาพ ใช้การค้นหาด้วยความสัมพันธ์ของพื้นที่สีที่ติดกันชนิดปรับปรุงที่จำนวนบล็อกน้อย (CCRX_SSIM_8) นั้นเหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุด ในขณะที่การค้นหาภาพแผนที่ความกดอากาศที่มีลักษณะจำนวนสีน้อย กลุ่มสีกลุ่มใหญ่และไม่กระจาย สามารถใช้การค้นหาด้วยความสัมพันธ์ของพื้นที่สีที่ติดกันชนิดปรับปรุงได้ในทุกขนาดบล็อก หากแต่การใช้จำนวนบล็อกน้อย (CCRX_SSIM_8) นั้นเหมาะสมที่สุดทั้งด้านประสิทธิภาพและความเร็วในการค้นหา และท้ายที่สุด การค้นหาภาพแผนที่ความชื้นอากาศที่ภาพส่วนใหญ่มีจำนวนสีน้อย กลุ่มสีกลุ่มย่อยหลายกลุ่ม และสีที่ปรากฏรวมมีลักษณะไม่แน่นอน ใช้การค้นหาด้วยความสัมพันธ์ของพื้นที่สีที่ติดกันชนิดปรกติที่จำนวนบล็อกน้อย (CCRX_SSIM_8) ย่อมให้ประสิทธิภาพการค้นหาที่สูงที่สุด

6.2 แนวทางในการพัฒนาต่อ

เนื่องจากการแบ่งช่วงฮิสโตแกรมสีที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ใช้การแบ่งช่วงสีที่เท่าๆกัน (Uniform quantization) ที่เป็นการให้ค่าความสำคัญหรือให้น้ำหนักของสีแต่ละสี มีค่าเท่ากันทั้งหมด ซึ่งในความเป็นจริงแล้ว ในการวิเคราะห์ภาพแผนที่อากาศนั้น บางครั้งสีหนึ่งมักมีความสำคัญมากกว่าอีกสีหนึ่ง อาทิเช่น บริเวณจุดอุณหภูมิสูงสุดหรือต่ำสุด มักเป็นบริเวณที่สนใจมากกว่า บริเวณอื่นๆ ดังนั้น ถ้าสามารถให้น้ำหนักสีมากน้อยตามความสำคัญได้ หรือ ทำการแบ่งฮิสโตแกรมสีให้สัมพันธ์กับน้ำหนักค่าที่จะใช้งาน (Adaptive non-uniform quantization) ย่อมส่งผลให้ระบบค้นหาภาพที่มีความสามารถดังกล่าว สามารถค้นหาภาพที่สอดคล้องตามความต้องการของผู้ใช้งานได้ดียิ่งขึ้น

นอกจากนี้ ระบบค้นหาภาพแผนที่อากาศที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ เหมาะสมสำหรับการค้นหาภาพแผนที่อากาศในรูปแบบที่แตกต่างกันออกไป โดยจะมีประสิทธิภาพสูงมากในบางกรณี และมีประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกับการค้นหาด้วยฮิสโตแกรมสีในบางกรณี ดังนั้น เพื่อที่จะได้ใช้งานระบบการค้นหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเหมาะสมกับงานมากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงเสนอแนะแนวทางในการสร้างกลไก การประเมินความเหมาะสมของภาพในเบื้องต้น เพื่อที่จะได้เลือกใช้แนวทางในการค้นหาที่เหมาะสมกับลักษณะภาพต่างๆ โดยการเก็บคุณลักษณะดังต่อไปนี้ ไว้ในฐานข้อมูลเพื่อใช้อ้างอิงก่อนเลือกกรรมวิธีการค้นหา อาทิเช่น ค่าประเมินปริมาณสีที่ปรากฏในภาพ, จำนวนกลุ่มสีอย่างคร่าวๆ, ขนาดเฉลี่ยของกลุ่มสีในภาพเมื่อเทียบกับขนาดบล็อกอ้างอิง ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ล้วนแล้วแต่เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในเบื้องต้นว่า ควรใช้วิธีการค้นหาแบบใดจึงจะเหมาะสมที่สุด เพราะว่าในการใช้งานจริงนั้น ภาพเชิงกราฟิกในงานด้านอุตุนิยมวิทยา มีหลากหลายรูปแบบ และมีธรรมชาติการเกิดของสีต่างกันไป ไม่ว่าจะเป็น แผนที่ปริมาณน้ำฝน (Precipitation Map), แผนที่การคายระเหยของดินและของพืช (Evaporation and Transpiration Map), แผนที่อากาศเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงค่าเบี่ยงเบนความสูงระดับน้ำทะเล (Sea Surface Height Anomaly) หรือ แผนภาพการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวน้ำทะเล (Sea Surface Temperature) ซึ่งภาพเหล่านี้ล้วนแล้วแต่มีคุณลักษณะเฉพาะตัว และการนำไปใช้งาน ที่ต่างกันไป ดังนั้นหากมีระบบประเมินภาพดังกล่าวแล้ว ย่อมเป็นประโยชน์ในการเลือกกรรมวิธีการค้นคืนที่ให้ประสิทธิภาพสูงที่สุด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Swain M.J. and Ballard D.H. "Color Indexing," **International Journal of Computer Vision**, vol.7, 1991, pp. 11-32.
- [2] Stricker M.A. and Orengo M. "Similarity of Color Images," **Storage and Retrieval for Image and Video Database (SPIE)**, vol. 2420, Feb. 1996, pp. 381-392
- [3] Pass G. and Zabith R. "Histogram refinement for content-based image Retrieval," **Proc. IEEE Workshop and Applications of Computer Vision**, 1996, pp. 96-102.
- [4] Haralick R. M., Shanmugam J., and Dinstein I. "Texture feature for image Classification," **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics**, vol.3, 1973, pp. 610-621.
- [5] Tamura H., Mori S., and Yamawaki T. "Texture features corresponding to visual perception," **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics**, vol.8, 1978, pp. 460-473.
- [6] TaeYong Kim and Joon H. Han. "Partial Image Matching by Measures from Connected Color Regions", **IEEE International Conference on Multimedia and Expo (I)**, 30 July-2 Aug 2000
- [7] Wang Z., Bovik A. C., Sheikh H. R. and Simoncelli E. P. "Image quality assessment: From error visibility to structural similarity," **IEEE Transactions on Image Processing**, vol. 13, no. 4, Apr. 2004, pp. 600-612.
- [8] Wang Z., Bovik A. C. **Modern Image Quality Assessment**. Morgan & Claypool. 2005. pp. 58.
- [9] Xin, L. Ajioka, S. Shishibori, M. Kita, K. "Image Feedback Retrieval Based on Vector Space Model Transformation." **Asia Information Retrieval Symposium 2005**, Oct. 2005.
- [10] Jizba R. 2000. **Measuring Search Effectiveness**. [Online].
Available: <http://newadonis.creighton.edu/HSL/searching/Recall-Precision.html>
- [11] Sun Microsystems. 2003. **Precision and Recall**. [Online].
Available: <http://www.tbray.org/ongoing/When/200x/2003/06/22/PandR>
- [12] Salton G., Wong A., Yang C. S., "A Vector Space Model for Automatic Indexing," **Communications of the ACM**, vol.18 n.11, p.613-620, Nov. 1975
- [13] Baeza-Yates R. and Ribeiro-Neto B. 1999 **Modern Information Retrieval**. Addison-Wesley.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

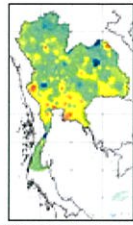
- [14] Hydro and Agro Informatics Institutes. **Thailand Weather Data** [Online]. Available:
<http://www.thaiweather.net/>
- [15] Chris Ding, Jieping Ye. "Two-dimensional Singular Value Decomposition (2DSVD) for 2D Maps and Images," **Proc. SIAM Int'l Conf. Data Mining (SDM'05)**, April 2005, pp.32-43.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

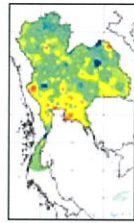


Query Image

HIST	
similarity	0.722 0.719 0.712 0.711 0.710 0.708 0.708 0.707 0.705 0.699
vsm	0.9987 0.9945 0.9964 0.9987 0.9995 0.9989 0.9943 0.9933 0.9940 0.9964
CCR 8	
similarity	0.576 0.559 0.547 0.534 0.530 0.524 0.520 0.518 0.515 0.515
vsm	0.9996 0.9988 0.9974 0.9946 0.9989 0.9995 0.9945 0.9946 0.9992 0.9986
CCR 16	
similarity	0.524 0.496 0.494 0.477 0.470 0.463 0.462 0.462 0.461 0.456
vsm	0.9996 0.9988 0.9974 0.9989 0.9995 0.9986 0.9970 0.9946 0.9933 0.9985
CCR 32	
similarity	0.452 0.425 0.409 0.407 0.405 0.402 0.395 0.393 0.393 0.393
vsm	0.9989 0.9974 0.9988 0.9933 0.9996 0.9969 0.9946 0.9964 0.9961 0.9987
CCR X 8	
similarity	0.848 0.834 0.832 0.825 0.819 0.811 0.810 0.794 0.786 0.784
vsm	0.9989 0.9996 0.9988 0.9986 0.9976 0.9964 0.9984 0.9964 0.9974 0.9983
CCR X 16	
similarity	0.831 0.823 0.813 0.798 0.796 0.793 0.771 0.763 0.758 0.756
vsm	0.9989 0.9988 0.9996 0.9986 0.9976 0.9964 0.9984 0.9979 0.9974 0.9986
CCR X 32	
similarity	0.749 0.694 0.688 0.683 0.671 0.664 0.661 0.655 0.655 0.654
vsm	0.9989 0.9996 0.9964 0.9988 0.9974 0.9969 0.9986 0.9979 0.9976 0.9943

รูปที่ ก.1 ตัวอย่างผลลัพธ์การค้นคืนภาพแผนที่อุณหภูมิอากาศวันที่ 31 ม.ค. 2007 เวลา 15.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

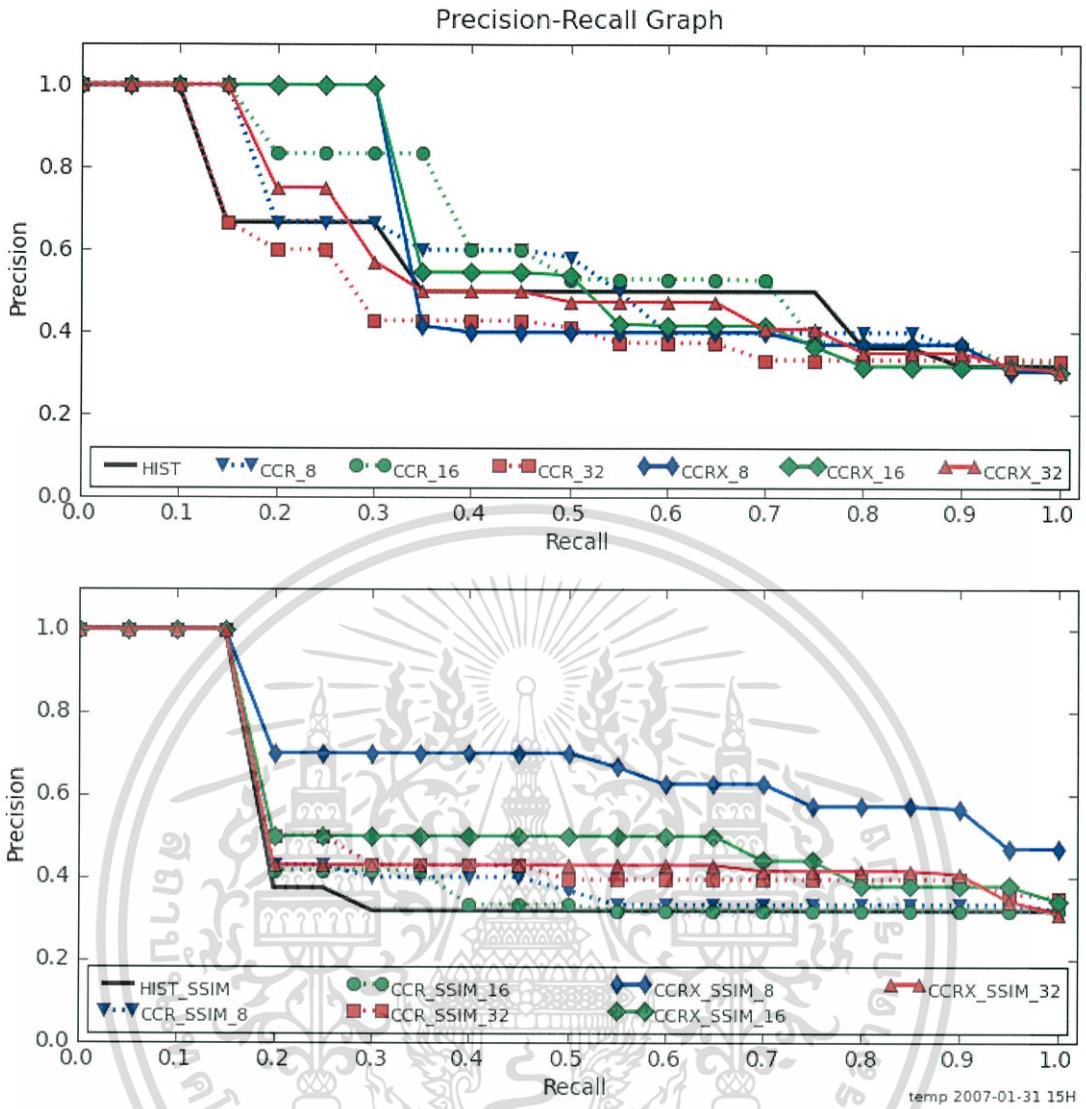


Query Image

HIST_SSIM	
similarity	0.898 0.891 0.872 0.867 0.864 0.864 0.863 0.863 0.862 0.862
vsm	0.9995 0.9996 0.9945 0.9940 0.9945 0.9947 0.9941 0.9989 0.9946 0.9946
CCR_SSIM 8	
similarity	0.898 0.891 0.876 0.872 0.872 0.864 0.864 0.863 0.862 0.862
vsm	0.9995 0.9996 0.8945 0.9499 0.9945 0.9947 0.9987 0.9966 0.9946 0.9946
CCR_SSIM 16	
similarity	0.891 0.876 0.872 0.864 0.862 0.862 0.861 0.861 0.860 0.859
vsm	0.9995 0.9996 0.8945 0.9499 0.9947 0.9946 0.9946 0.9943 0.9942 0.9992
CCR_SSIM 32	
similarity	0.891 0.872 0.867 0.864 0.863 0.862 0.862 0.861 0.861 0.861
vsm	0.9995 0.9996 0.9499 0.9940 0.9945 0.9989 0.9946 0.9946 0.9945 0.9943
CCRX_SSIM 8	
similarity	0.898 0.891 0.872 0.872 0.863 0.861 0.860 0.860 0.859 0.859
vsm	0.9995 0.9996 0.9499 0.9945 0.9989 0.9943 0.9986 0.9992 0.9986 0.9987
CCRX_SSIM 16	
similarity	0.891 0.872 0.872 0.863 0.862 0.861 0.861 0.860 0.860 0.859
vsm	0.9995 0.9996 0.9499 0.9945 0.9941 0.9946 0.9943 0.9942 0.9986 0.9992
CCRX_SSIM 32	
similarity	0.898 0.891 0.872 0.872 0.867 0.864 0.863 0.862 0.862 0.861
vsm	0.9995 0.9996 0.9499 0.9945 0.9940 0.9945 0.9989 0.9946 0.9946 0.9942

รูปที่ ก.1 (ต่อ) ตัวอย่างผลลัพธ์การค้นคืนภาพแผนที่อุณหภูมิอากาศวันที่ 31 ม.ค. 2007 เวลา 15 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

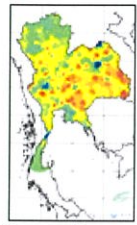


รูปที่ ก.2 กราฟแสดง Precision-Recall ของการค้นคืนภาพแผนที่อุณหภูมิกาศวันที่ 31 ม.ค. 2007 เวลา 15.00 น. โดยการใช้ฮิสโตแกรมสี เทียบกับ กรรมวิธี CCR ในหลายรูปแบบ

ตารางที่ ก.1 ค่าความแม่นยำเฉลี่ยของการค้นคืนภาพแผนที่อุณหภูมิกาศวันที่ 31 ม.ค. 2007 เวลา 15.00 น.

HIST	CCR 8	CCR 16	CCR 32	CCRX 8	CCRX 16	CCRX 32	HIST SSIM	CCR SSIM 8	CCR SSIM 16	CCR SSIM 32	CCRX SSIM 8	CCRX SSIM 16	CCRX SSIM 32
0.481	0.532	0.585	0.439	0.532	0.562	0.517	0.381	0.427	0.407	0.466	0.645	0.493	0.472

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

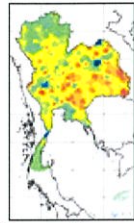


Query Image

HIST	
similarity	0.724 0.702 0.698 0.698 0.696 0.694 0.693 0.693 0.691 0.690
vsm	0.9950 0.9973 0.9988 0.9988 0.9987 0.9945 0.9994 0.9987 0.9971 0.9952
CCR 8	
similarity	0.539 0.516 0.516 0.506 0.498 0.498 0.497 0.494 0.493 0.492
vsm	0.9995 0.9988 0.9988 0.9990 0.9976 0.9970 0.9972 0.9987 0.9971 0.9976
CCR 16	
similarity	0.476 0.462 0.455 0.452 0.449 0.442 0.441 0.441 0.439 0.439
vsm	0.9988 0.9972 0.9994 0.9990 0.9981 0.9991 0.9990 0.9995 0.9987 0.9984
CCR 32	
similarity	0.412 0.398 0.389 0.382 0.381 0.380 0.374 0.368 0.366 0.365
vsm	0.9988 0.9994 0.9985 0.9964 0.9990 0.9987 0.9981 0.9990 0.9988 0.9976
CCR X 8	
similarity	0.854 0.846 0.827 0.811 0.806 0.800 0.799 0.799 0.794 0.794
vsm	0.9988 0.9987 0.9987 0.9980 0.9988 0.9995 0.9994 0.9981 0.9988 0.9981
CCR X 16	
similarity	0.833 0.815 0.805 0.785 0.781 0.773 0.769 0.769 0.761 0.759
vsm	0.9988 0.9987 0.9987 0.9980 0.9981 0.9988 0.9981 0.9988 0.9994 0.9979
CCR X 32	
similarity	0.693 0.686 0.663 0.652 0.649 0.649 0.644 0.642 0.640 0.635
vsm	0.9988 0.9994 0.9985 0.9980 0.9987 0.9988 0.9964 0.9981 0.9985 0.9990

รูปที่ ก.3 ตัวอย่างผลลัพธ์การค้นคืนภาพแผนที่อุณหภูมิอากาศวันที่ 7 ก.พ. 2007 เวลา 17.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

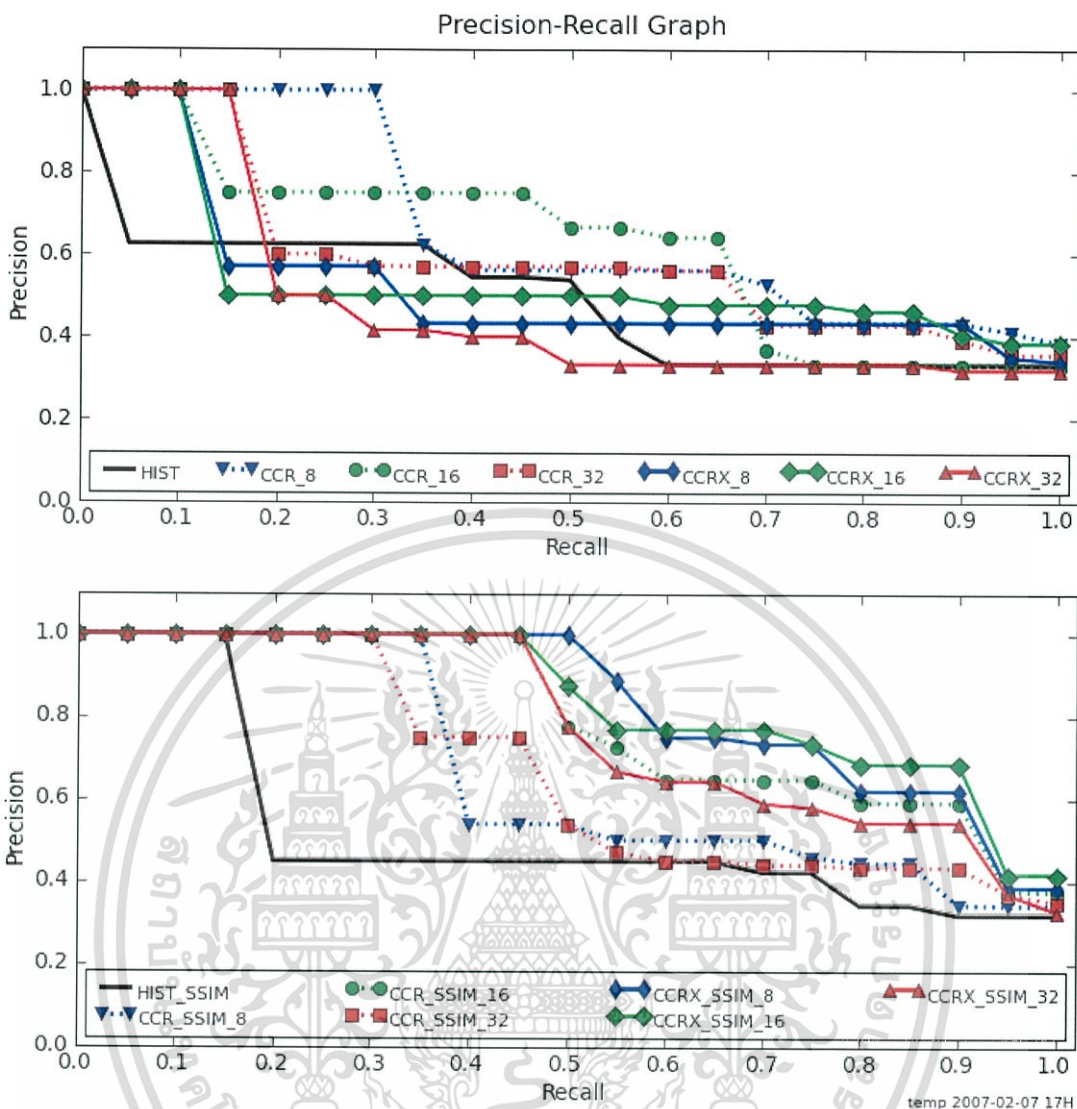


Query Image

HIST_SSIM	
similarity	0.895 0.886 0.882 0.875 0.872 0.869 0.869 0.869 0.868 0.867
vsm	0.9994 0.9994 0.9951 0.9946 0.9975 0.9945 0.9988 0.9972 0.9951 0.9943
CCR_SSIM 8	
similarity	0.891 0.886 0.880 0.878 0.878 0.874 0.874 0.873 0.873 0.872
vsm	0.9995 0.9994 0.9990 0.9991 0.9992 0.9946 0.9955 0.9947 0.9978 0.9985
CCR_SSIM 16	
similarity	0.891 0.886 0.880 0.878 0.878 0.877 0.873 0.873 0.872 0.872
vsm	0.9994 0.9995 0.9994 0.9990 0.9991 0.9992 0.9984 0.9947 0.9989 0.9951
CCR_SSIM 32	
similarity	0.891 0.886 0.880 0.879 0.879 0.879 0.878 0.877 0.875 0.873
vsm	0.9994 0.9995 0.9994 0.9990 0.9952 0.9948 0.9989 0.9991 0.9984 0.9946
CCRX_SSIM 8	
similarity	0.895 0.891 0.886 0.880 0.879 0.878 0.878 0.877 0.872 0.870
vsm	0.9994 0.9995 0.9994 0.9990 0.9989 0.9991 0.9992 0.9984 0.9990 0.9983
CCRX_SSIM 16	
similarity	0.891 0.886 0.880 0.878 0.878 0.877 0.872 0.870 0.869 0.869
vsm	0.9994 0.9995 0.9994 0.9990 0.9991 0.9992 0.9984 0.9990 0.9983 0.9945
CCRX_SSIM 32	
similarity	0.895 0.891 0.886 0.880 0.879 0.878 0.877 0.872 0.872 0.870
vsm	0.9994 0.9995 0.9994 0.9990 0.9989 0.9991 0.9984 0.9976 0.9990 0.9983

รูปที่ ก.3 (ต่อ) ตัวอย่างผลลัพธ์การค้นคืนภาพแผนที่อุณหภูมิอากาศวันที่ 7 ก.พ. 2007 เวลา 17.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

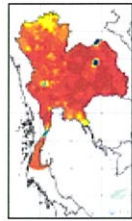


รูปที่ ก.4 กราฟแสดง Precision-Recall ของการค้นคืนภาพแผนที่อุณหภูมิกาศวันที่ 7 ก.พ. 2007 เวลา 17.00 น. โดยการใช้ฮิสโตแกรมสี เทียบกับ กรรมวิธี CCR ในหลายรูปแบบ

ตารางที่ ก.2 ค่าความแม่นยำเฉลี่ยของการค้นคืนภาพแผนที่อุณหภูมิกาศวันที่ 7 ก.พ. 2007 เวลา 17.00 น.

HIST	CCR 8	CCR 16	CCR 32	CCRX 8	CCRX 16	CCRX 32	HIST SSIM	CCR SSIM 8	CCR SSIM 16	CCR SSIM 32	CCRX SSIM 8	CCRX SSIM 16	CCRX SSIM 32
0.425	0.621	0.565	0.543	0.445	0.468	0.437	0.469	0.625	0.754	0.624	0.803	0.801	0.734

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

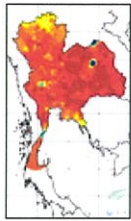


Query Image

HIST	
similarity	0.712 0.707 0.704 0.702 0.701 0.700 0.699 0.694 0.692 0.689
vsm	0.9995 0.9997 0.9995 0.9996 0.9996 0.9995 0.9994 0.9995 0.9997 0.9997
CCR 8	
similarity	0.597 0.591 0.566 0.544 0.542 0.538 0.532 0.525 0.523 0.510
vsm	0.9994 0.9996 0.9997 0.9995 0.9988 0.9995 0.9997 0.9995 0.9996 0.9996
CCR 16	
similarity	0.501 0.485 0.474 0.462 0.448 0.446 0.440 0.440 0.434 0.430
vsm	0.9994 0.9995 0.9997 0.9995 0.9995 0.9966 0.9997 0.9995 0.9994 0.9995
CCR 32	
similarity	0.419 0.412 0.409 0.407 0.402 0.402 0.399 0.393 0.391 0.379
vsm	0.9994 0.9995 0.9994 0.9995 0.9995 0.9997 0.9995 0.9995 0.9996 0.9966
CCR X 8	
similarity	0.865 0.852 0.830 0.827 0.827 0.800 0.797 0.792 0.792 0.790
vsm	0.9995 0.9995 0.9994 0.9997 0.9996 0.9994 0.9995 0.9996 0.9992 0.9992
CCR X 16	
similarity	0.821 0.812 0.800 0.797 0.778 0.771 0.767 0.765 0.759 0.758
vsm	0.9995 0.9997 0.9995 0.9994 0.9995 0.9996 0.9977 0.9994 0.9996 0.9995
CCR X 32	
similarity	0.718 0.692 0.686 0.678 0.668 0.667 0.663 0.663 0.662 0.661
vsm	0.9995 0.9997 0.9994 0.9995 0.9994 0.9995 0.9995 0.9996 0.9995 0.9995

รูปที่ ก.5 ตัวอย่างผลลัพธ์การค้นคืนภาพแผนที่อุณหภูมิอากาศวันที่ 19 ก.พ. 2007 เวลา 15.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

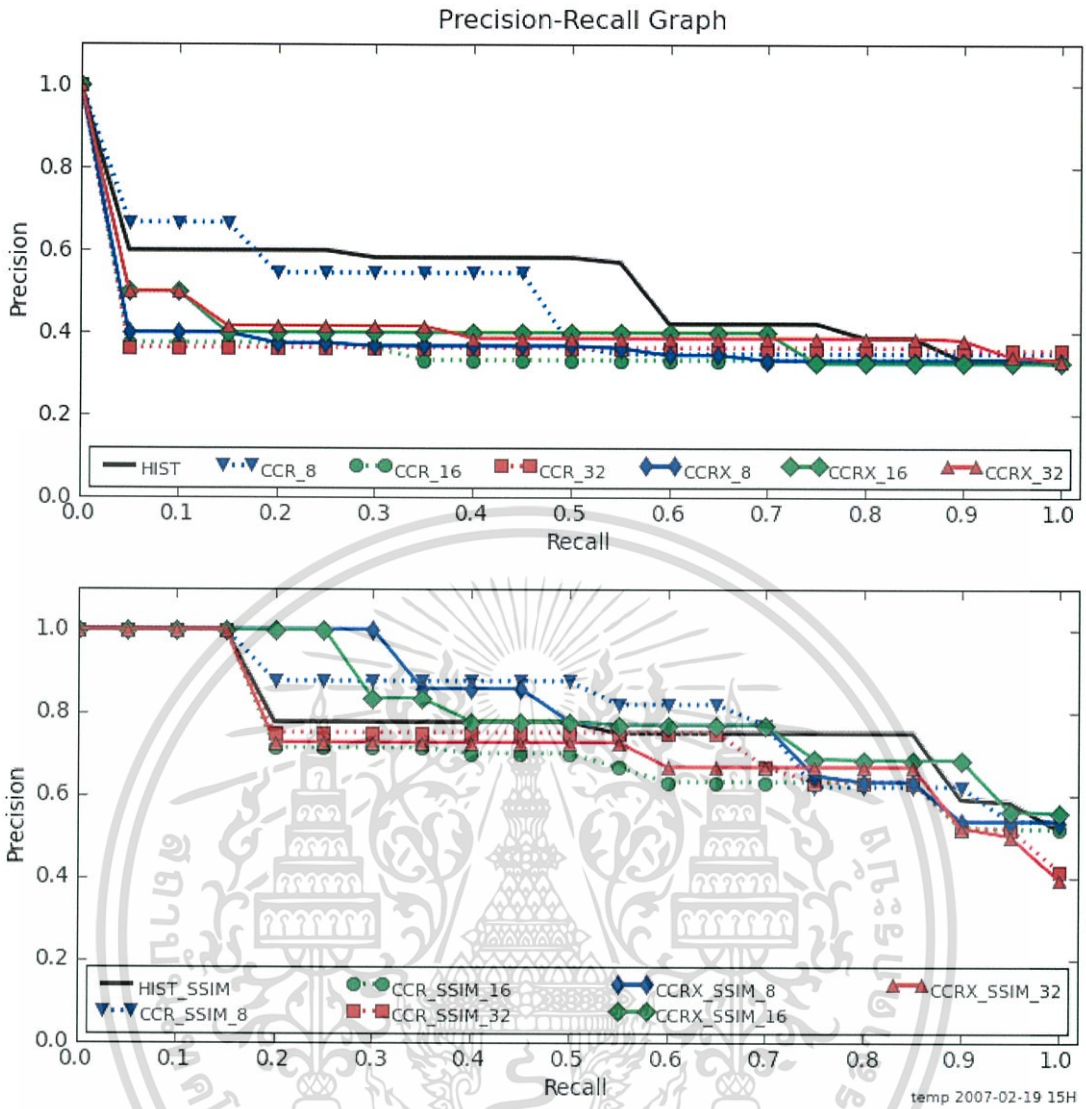


Query Image

HIST_SSIM	
similarity	0.932 0.932 0.930 0.929 0.928 0.926 0.926 0.926 0.926 0.925
vsm	0.9997 0.9997 0.9995 0.9996 0.9994 0.9996 0.9997 0.9996 0.9997 0.9953
CCR_SSIM 8	
similarity	0.932 0.932 0.930 0.926 0.926 0.926 0.925 0.924 0.924 0.923
vsm	0.9997 0.9997 0.9995 0.9996 0.9996 0.9997 0.9997 0.9996 0.9995 0.9996
CCR_SSIM 16	
similarity	0.932 0.930 0.928 0.926 0.926 0.925 0.924 0.923 0.923 0.923
vsm	0.9997 0.9997 0.9995 0.9994 0.9996 0.9996 0.9995 0.9995 0.9996 0.9996
CCR_SSIM 32	
similarity	0.932 0.930 0.928 0.926 0.926 0.925 0.925 0.924 0.923 0.923
vsm	0.9997 0.9997 0.9995 0.9994 0.9997 0.9996 0.9995 0.9997 0.9995 0.9996
CCRX_SSIM 8	
similarity	0.932 0.932 0.930 0.929 0.928 0.926 0.926 0.925 0.925 0.924
vsm	0.9997 0.9997 0.9995 0.9996 0.9994 0.9997 0.9996 0.9953 0.9997 0.9995
CCRX_SSIM 16	
similarity	0.932 0.930 0.928 0.926 0.926 0.925 0.925 0.925 0.924 0.923
vsm	0.9997 0.9997 0.9995 0.9994 0.9997 0.9996 0.9953 0.9995 0.9997 0.9995
CCRX_SSIM 32	
similarity	0.932 0.932 0.930 0.928 0.926 0.926 0.925 0.924 0.923 0.923
vsm	0.9997 0.9997 0.9995 0.9994 0.9997 0.9996 0.9997 0.9995 0.9996 0.9996

รูปที่ ๓.5 (ต่อ) ตัวอย่างผลลัพธ์การค้นคืนภาพแผนที่อุณหภูมิอากาศวันที่ 19 ก.พ. 2007 เวลา 15 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

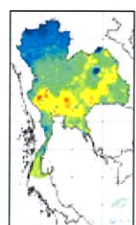


รูปที่ ก.6 กราฟแสดง Precision-Recall ของการค้นคืนภาพแผนที่อุณหภูมิกาศวันที่ 19 ก.พ. 2007 เวลา 15.00 น. โดยการใช้ฮิสโตแกรมสี เทียบกับ กรรมวิธี CCR ในหลายรูปแบบ

ตารางที่ ก.3 ค่าความแม่นยำเฉลี่ยของการค้นคืนภาพแผนที่อุณหภูมิกาศ วันที่ 19 ก.พ. 2007 เวลา 15.00 น.

HIST	CCR 8	CCR 16	CCR 32	CCR 8	CCR 16	CCR 32	HIST SSIM	CCR SSIM 8	CCR SSIM 16	CCR SSIM 32	CCR SSIM 8	CCR SSIM 16	CCR SSIM 32
0.456	0.4	0.315	0.312	0.327	0.355	0.366	0.735	0.757	0.667	0.684	0.771	0.77	0.674

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

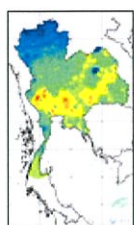


Query Image

HIST	
similarity	0.702 0.677 0.667 0.664 0.660 0.656 0.652 0.652 0.651 0.649
vsm	0.9932 0.9970 0.9928 0.9934 0.9923 0.9932 0.9930 0.9990 0.9935 0.9922
CCR 8	
similarity	0.510 0.502 0.500 0.495 0.490 0.489 0.486 0.484 0.484 0.479
vsm	0.9991 0.9993 0.9988 0.9643 0.9947 0.9977 0.9979 0.9987 0.9932 0.9677
CCR 16	
similarity	0.479 0.451 0.430 0.424 0.421 0.419 0.419 0.418 0.415 0.413
vsm	0.9993 0.9977 0.9970 0.9919 0.9991 0.9976 0.9989 0.9955 0.9979 0.9932
CCR 32	
similarity	0.426 0.417 0.392 0.391 0.390 0.389 0.388 0.386 0.379 0.379
vsm	0.9993 0.9930 0.9968 0.9979 0.9976 0.9990 0.9992 0.9989 0.9934 0.9925
CCR X 8	
similarity	0.779 0.778 0.776 0.773 0.754 0.753 0.750 0.749 0.747 0.744
vsm	0.9643 0.9989 0.9993 0.9991 0.9974 0.9932 0.9992 0.9976 0.9677 0.9976
CCR X 16	
similarity	0.753 0.724 0.715 0.712 0.711 0.710 0.709 0.704 0.702 0.700
vsm	0.9993 0.9977 0.9992 0.9932 0.9980 0.9976 0.9989 0.9991 0.9934 0.9930
CCR X 32	
similarity	0.705 0.664 0.655 0.643 0.641 0.638 0.636 0.636 0.632 0.628
vsm	0.9993 0.9930 0.9989 0.9992 0.9959 0.9976 0.9983 0.9990 0.9974 0.9977

รูปที่ ก.7 ตัวอย่างผลลัพธ์การค้นคืนภาพแผนที่อุณหภูมิอากาศวันที่ 29 มี.ค. 2007 เวลา 8.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

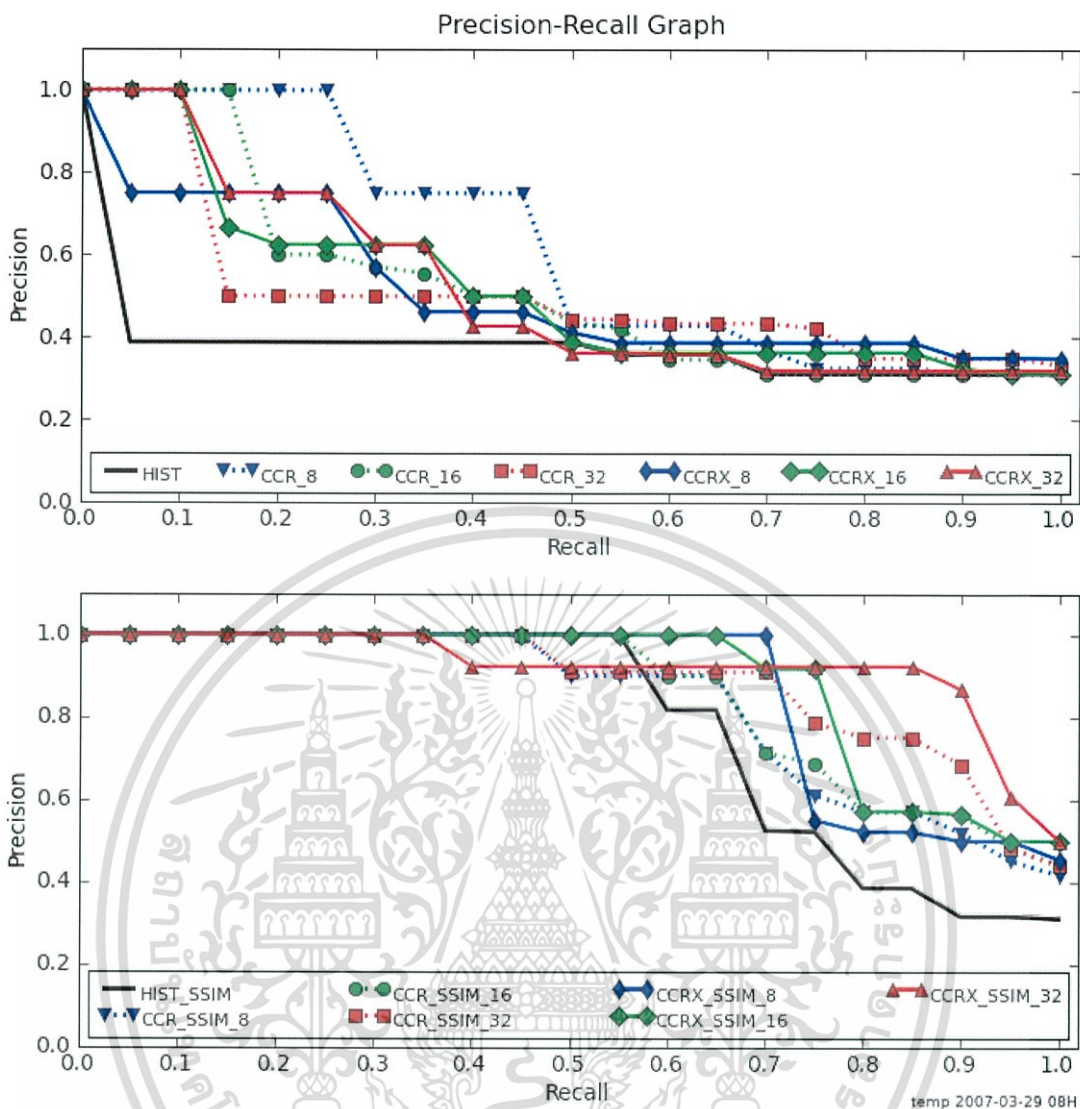


Query Image

HIST_SSIM										
similarity	0.888	0.888	0.888	0.886	0.885	0.882	0.880	0.877	0.875	0.875
vsm	0.9990	0.9993	0.9991	0.9989	0.9991	0.9990	0.9984	0.9991	0.9973	0.9929
CCR_SSIM 8										
similarity	0.888	0.888	0.887	0.886	0.877	0.876	0.875	0.873	0.871	0.869
vsm	0.9993	0.9991	0.9992	0.9989	0.9991	0.9988	0.9929	0.9987	0.9981	0.9988
CCR_SSIM 16										
similarity	0.888	0.887	0.886	0.883	0.882	0.880	0.877	0.872	0.871	0.871
vsm	0.9993	0.9991	0.9992	0.9989	0.9980	0.9990	0.9984	0.9991	0.9969	0.9981
CCR_SSIM 32										
similarity	0.888	0.888	0.887	0.886	0.885	0.883	0.882	0.882	0.877	0.876
vsm	0.9991	0.9993	0.9991	0.9992	0.9989	0.9991	0.9980	0.9987	0.9990	0.9991
CCRX_SSIM 8										
similarity	0.888	0.888	0.887	0.886	0.883	0.882	0.873	0.873	0.871	0.869
vsm	0.9993	0.9991	0.9992	0.9989	0.9980	0.9990	0.9987	0.9983	0.9981	0.9988
CCRX_SSIM 16										
similarity	0.888	0.887	0.886	0.883	0.882	0.880	0.877	0.873	0.872	0.871
vsm	0.9993	0.9991	0.9992	0.9989	0.9980	0.9990	0.9984	0.9991	0.9983	0.9969
CCRX_SSIM 32										
similarity	0.894	0.888	0.888	0.887	0.886	0.883	0.882	0.882	0.878	0.877
vsm	0.9991	0.9993	0.9991	0.9992	0.9989	0.9980	0.9987	0.9990	0.9983	0.9982

รูปที่ ก.7 (ต่อ) ตัวอย่างผลลัพธ์การค้นคืนภาพแผนที่อุณหภูมิกาศววันที่ 29 มี.ค. 2007 เวลา 8.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

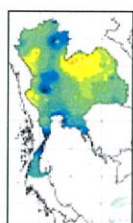


รูปที่ ก.8 กราฟแสดง Precision-Recall ของการค้นคืนภาพแผนที่อุณหภูมิกาศวันที่ 29 มี.ค. 2007 เวลา 8.00 น. โดยการใช้ฮิสโตแกรมสี เทียบกับ กรรมวิธี CCR ในหลายรูปแบบ

ตารางที่ ก.4 ค่าความแม่นยำเฉลี่ยของการค้นคืนภาพแผนที่อุณหภูมิกาศวันที่ 29 มี.ค. 2007 เวลา 8.00 น.

HIST	CCR 8	CCR 16	CCR 32	CCRX 8	CCRX 16	CCRX 32	HIST SSIM	CCR SSIM 8	CCR SSIM 16	CCR SSIM 32	CCRX SSIM 8	CCRX SSIM 16	CCRX SSIM 32
0.292	0.553	0.484	0.447	0.447	0.469	0.459	0.746	0.796	0.824	0.847	0.833	0.863	0.883

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

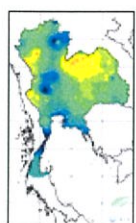


Query Image

HIST	
similarity	0.722 0.710 0.708 0.690 0.682 0.678 0.677 0.676 0.672 0.670
vsm	0.9984 0.9991 0.9963 0.9957 0.9963 0.9961 0.9956 0.9968 0.9907 0.9900
CCR 8	
similarity	0.493 0.489 0.487 0.479 0.479 0.478 0.477 0.472 0.465 0.463
vsm	0.9976 0.9984 0.9972 0.9956 0.9966 0.9907 0.9941 0.9991 0.9970 0.9936
CCR 16	
similarity	0.475 0.473 0.470 0.470 0.467 0.462 0.444 0.439 0.439 0.431
vsm	0.9984 0.9991 0.9907 0.9976 0.9966 0.9973 0.9939 0.9970 0.9965 0.9936
CCR 32	
similarity	0.452 0.435 0.426 0.425 0.421 0.420 0.416 0.413 0.413 0.412
vsm	0.9984 0.9966 0.9956 0.9991 0.9972 0.9952 0.9907 0.9973 0.9941 0.9963
CCR X 8	
similarity	0.819 0.818 0.807 0.805 0.803 0.798 0.796 0.792 0.783 0.772
vsm	0.9907 0.9963 0.9976 0.9966 0.9941 0.9973 0.9965 0.9956 0.9984 0.9939
CCR X 16	
similarity	0.782 0.782 0.768 0.765 0.762 0.756 0.752 0.749 0.745 0.745
vsm	0.9966 0.9907 0.9963 0.9984 0.9976 0.9973 0.9941 0.9939 0.9965 0.9991
CCR X 32	
similarity	0.734 0.728 0.717 0.711 0.701 0.695 0.695 0.695 0.694 0.691
vsm	0.9907 0.9956 0.9984 0.9966 0.9941 0.9973 0.9963 0.9965 0.9939 0.9952

รูปที่ ก.9 ตัวอย่างผลลัพธ์การค้นคืนภาพแผนที่ความชื้นอากาศวันที่ 4 มิ.ค. 2007 เวลา 15.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

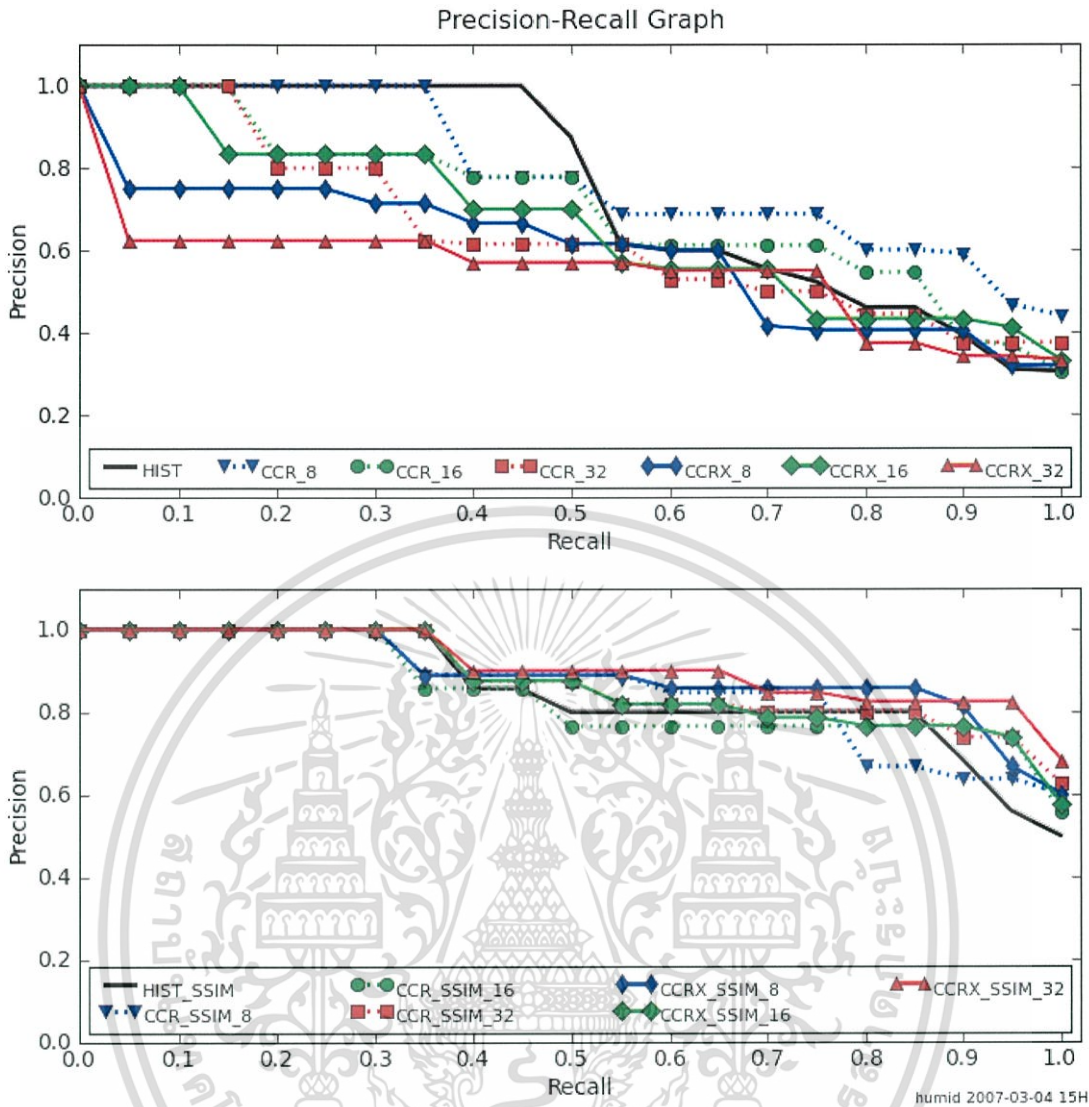


Query Image

HIST_SSIM	
similarity	0.929 0.924 0.914 0.913 0.913 0.909 0.907 0.907 0.906 0.904
vsm	0.9991 0.9984 0.9978 0.9973 0.9976 0.9939 0.9970 0.9950 0.9957 0.9958
CCR_SSIM 8	
similarity	0.924 0.913 0.913 0.909 0.908 0.907 0.906 0.904 0.904 0.904
vsm	0.9991 0.9984 0.9973 0.9976 0.9939 0.9965 0.9970 0.9966 0.9972 0.9936
CCR_SSIM 16	
similarity	0.924 0.913 0.913 0.909 0.908 0.907 0.907 0.906 0.906 0.904
vsm	0.9991 0.9984 0.9973 0.9976 0.9939 0.9965 0.9970 0.9950 0.9957 0.9966
CCR_SSIM 32	
similarity	0.924 0.914 0.913 0.913 0.909 0.908 0.907 0.906 0.906 0.904
vsm	0.9991 0.9984 0.9978 0.9973 0.9976 0.9939 0.9965 0.9970 0.9957 0.9966
CCRX_SSIM 8	
similarity	0.929 0.924 0.913 0.913 0.909 0.908 0.907 0.906 0.904 0.904
vsm	0.9991 0.9984 0.9973 0.9976 0.9939 0.9965 0.9970 0.9966 0.9972 0.9936
CCRX_SSIM 16	
similarity	0.924 0.914 0.913 0.913 0.909 0.908 0.907 0.906 0.906 0.904
vsm	0.9991 0.9984 0.9978 0.9973 0.9976 0.9939 0.9965 0.9970 0.9957 0.9966
CCRX_SSIM 32	
similarity	0.924 0.914 0.913 0.913 0.909 0.908 0.907 0.906 0.904 0.904
vsm	0.9991 0.9984 0.9978 0.9973 0.9976 0.9939 0.9965 0.9970 0.9966 0.9972

รูปที่ ก.9 (ต่อ) ตัวอย่างผลลัพธ์การค้นคืนภาพแผนที่ความชื้นอากาศวันที่ 4 มี.ค. 2007 เวลา 15 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

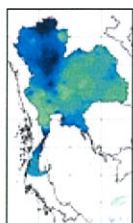


รูปที่ ก.10 กราฟแสดง Precision-Recall ของการค้นคืนภาพแผนที่ความชื้นอากาศวันที่ 4 มี.ค. 2007 เวลา 15.00 น. โดยการใช้ฮิสโตแกรมสี เทียบกับ กรรมวิธี CCR ในหลายรูปแบบ

ตารางที่ ก.5 ค่าความแม่นยำเฉลี่ยของการค้นคืนภาพแผนที่ความชื้นอากาศวันที่ 4 มี.ค. 2007 เวลา 15.00 น.

HIST	CCR 8	CCR 16	CCR 32	CCRX 8	CCRX 16	CCRX 32	HIST SSIM	CCR SSIM 8	CCR SSIM 16	CCR SSIM 32	CCRX SSIM 8	CCRX SSIM 16	CCRX SSIM 32
0.709	0.752	0.661	0.601	0.531	0.603	0.478	0.80	0.831	0.804	0.852	0.859	0.848	0.887

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

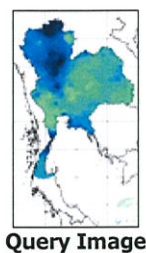


Query Image

HIST	
similarity	0.718 0.709 0.704 0.702 0.694 0.688 0.685 0.683 0.681 0.680
vsm	0.9839 0.9860 0.9938 0.9904 0.9944 0.9851 0.9863 0.9858 0.9916 0.9931
CCR 8	
similarity	0.555 0.536 0.513 0.512 0.503 0.496 0.490 0.489 0.485 0.483
vsm	0.9839 0.9860 0.9890 0.9822 0.9936 0.9904 0.9944 0.9913 0.9902 0.9836
CCR 16	
similarity	0.528 0.495 0.477 0.476 0.470 0.468 0.467 0.464 0.454 0.445
vsm	0.9839 0.9822 0.9860 0.9938 0.9904 0.9944 0.9944 0.9916 0.9936 0.9970
CCR 32	
similarity	0.498 0.471 0.468 0.451 0.440 0.437 0.436 0.433 0.428 0.428
vsm	0.9839 0.9860 0.9940 0.9944 0.9839 0.9936 0.9890 0.9944 0.9941 0.9822
CCR X 8	
similarity	0.872 0.863 0.813 0.813 0.812 0.809 0.803 0.793 0.777 0.772
vsm	0.9839 0.9860 0.9970 0.9839 0.9944 0.9822 0.9944 0.9902 0.9890 0.9838
CCR X 16	
similarity	0.824 0.793 0.775 0.763 0.761 0.751 0.746 0.733 0.730 0.730
vsm	0.9839 0.9860 0.9970 0.9944 0.9822 0.9839 0.9944 0.9933 0.9902 0.9834
CCR X 32	
similarity	0.769 0.762 0.727 0.711 0.707 0.705 0.702 0.699 0.690 0.689
vsm	0.9860 0.9839 0.9970 0.9822 0.9890 0.9839 0.9876 0.9944 0.9834 0.9940

รูปที่ ก.11 ตัวอย่างผลลัพธ์การค้นคืนภาพแผนที่ความชื้นอากาศวันที่ 23 มี.ค. 2007 เวลา 10.00 น.

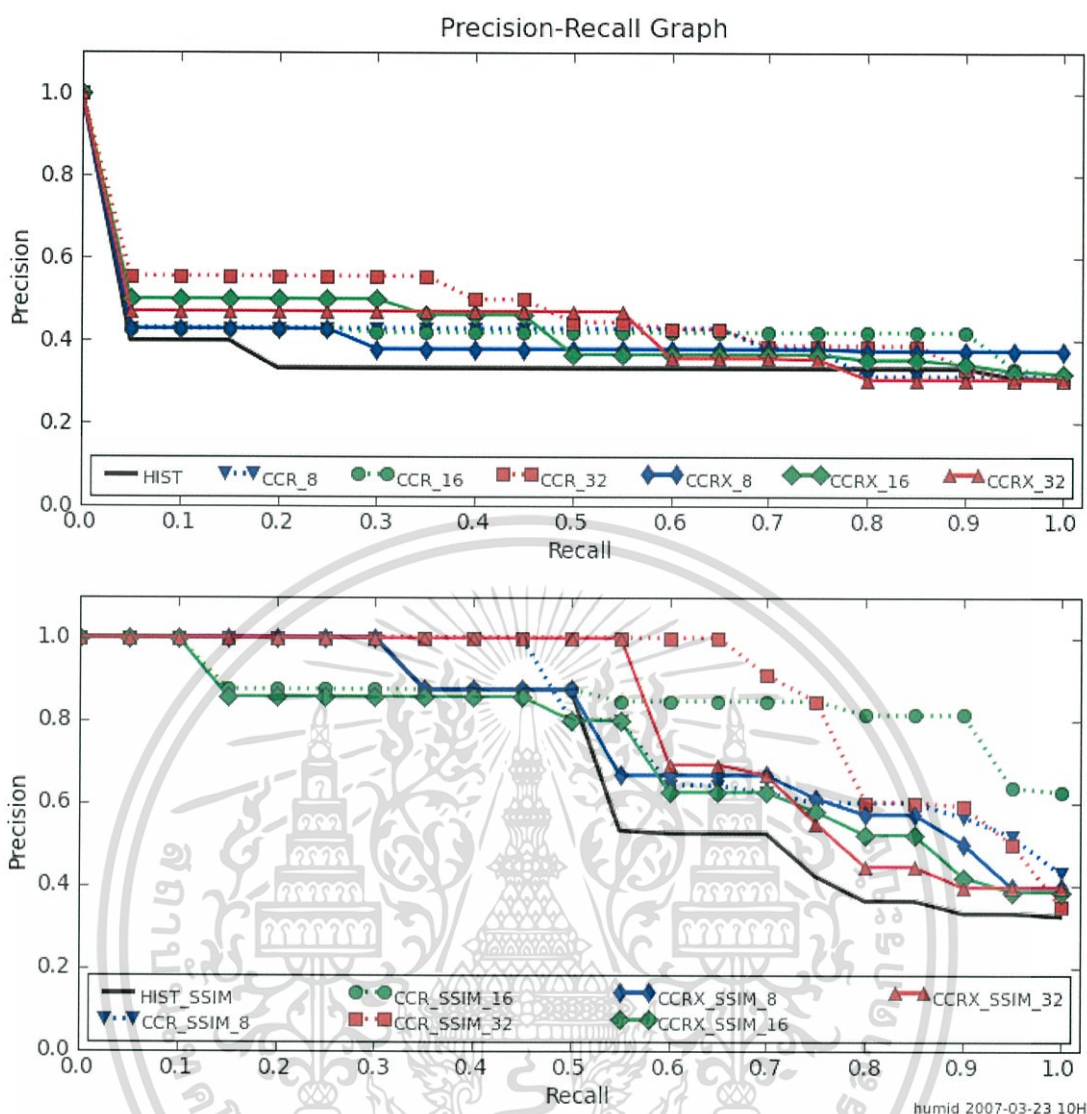
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



HIST_SSIM	
similarity	0.909 0.909 0.894 0.894 0.893 0.893 0.892 0.892 0.889 0.889
vsm	0.9970 0.9961 0.9944 0.9938 0.9904 0.9939 0.9944 0.9935 0.9860 0.9920
CCR_SSIM 8	
similarity	0.898 0.894 0.894 0.894 0.894 0.893 0.893 0.892 0.892 0.890
vsm	0.9970 0.9964 0.9940 0.9947 0.9944 0.9938 0.9904 0.9876 0.9944 0.9935
CCR_SSIM 16	
similarity	0.906 0.903 0.903 0.898 0.896 0.896 0.895 0.895 0.894 0.894
vsm	0.9970 0.9910 0.9960 0.9971 0.9964 0.9948 0.9955 0.9963 0.9921 0.9940
CCR_SSIM 32	
similarity	0.909 0.903 0.898 0.894 0.894 0.894 0.894 0.894 0.893 0.892
vsm	0.9970 0.9961 0.9969 0.9964 0.9940 0.9950 0.9953 0.9944 0.9938 0.9904
CCR_SSIM 8	
similarity	0.909 0.894 0.894 0.894 0.893 0.893 0.892 0.891 0.890 0.889
vsm	0.9970 0.9940 0.9944 0.9938 0.9904 0.9947 0.9944 0.9941 0.9913 0.9860
CCR_SSIM 16	
similarity	0.906 0.903 0.894 0.894 0.894 0.894 0.893 0.893 0.891 0.890
vsm	0.9970 0.9910 0.9969 0.9940 0.9953 0.9944 0.9938 0.9904 0.9947 0.9941
CCR_SSIM 32	
similarity	0.903 0.898 0.894 0.894 0.894 0.894 0.891 0.890 0.889 0.889
vsm	0.9970 0.9969 0.9964 0.9940 0.9953 0.9944 0.9938 0.9941 0.9913 0.9860

รูปที่ ก.11 (ต่อ) ตัวอย่างผลลัพธ์การค้นคืนภาพแผนที่ความชื้นอากาศวันที่ 23 มิ.ค. 2007 เวลา 10 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

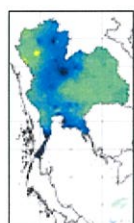


รูปที่ ก.12 กราฟแสดง Precision-Recall ของการค้นคืนภาพแผนที่ความชื้นอากาศวันที่ 23 มี.ค. 2007 เวลา 10.00 น. โดยการใช้ฮิสโตแกรมสี เทียบกับ กรรมวิธี CCR ในหลายรูปแบบ

ตารางที่ ก.6 ค่าความแม่นยำเฉลี่ยของการค้นคืนภาพแผนที่ความชื้นอากาศวันที่ 23 มี.ค. 2007 เวลา 10.00 น.

HIST	CCR 8	CCR 16	CCR 32	CCRX 8	CCRX 16	CCRX 32	HIST SSIM	CCR SSIM 8	CCR SSIM 16	CCR SSIM 32	CCRX SSIM 8	CCRX SSIM 16	CCRX SSIM 32
0.31	0.327	0.358	0.416	0.354	0.383	0.346	0.659	0.769	0.796	0.852	0.733	0.665	0.765

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

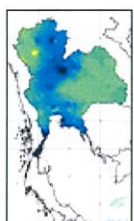


Query Image

HIST	
similarity	0.658 0.655 0.654 0.654 0.653 0.647 0.646 0.645 0.637 0.636
vsm	0.9855 0.9860 0.9820 0.9852 0.9822 0.9856 0.9820 0.9807 0.9818 0.9948
CCR 8	
similarity	0.438 0.434 0.432 0.425 0.424 0.423 0.422 0.420 0.420 0.418
vsm	0.9918 0.9948 0.9869 0.9874 0.9858 0.9837 0.9840 0.9872 0.9845 0.9848
CCR 16	
similarity	0.453 0.431 0.422 0.412 0.411 0.410 0.407 0.404 0.398 0.397
vsm	0.9948 0.9788 0.9918 0.9850 0.9836 0.9868 0.9837 0.9822 0.9869 0.9790
CCR 32	
similarity	0.462 0.414 0.411 0.401 0.401 0.400 0.399 0.397 0.395 0.393
vsm	0.9948 0.9788 0.9803 0.9851 0.9918 0.9812 0.9849 0.9851 0.9805 0.9779
CCR X 8	
similarity	0.789 0.779 0.777 0.773 0.768 0.767 0.760 0.757 0.757 0.756
vsm	0.9948 0.9874 0.9869 0.9872 0.9803 0.9840 0.9837 0.9852 0.9858 0.9805
CCR X 16	
similarity	0.754 0.718 0.703 0.694 0.687 0.685 0.684 0.683 0.682 0.682
vsm	0.9948 0.9918 0.9869 0.9790 0.9812 0.9803 0.9805 0.9874 0.9822 0.9868
CCR X 32	
similarity	0.766 0.711 0.698 0.674 0.672 0.669 0.668 0.668 0.667 0.666
vsm	0.9948 0.9803 0.9800 0.9918 0.9779 0.9805 0.9790 0.9774 0.9851 0.9812

รูปที่ ก.13 ตัวอย่างผลลัพธ์การค้นคืนภาพแผนที่ความชื้นอากาศวันที่ 6 เม.ย. 2007 เวลา 18.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

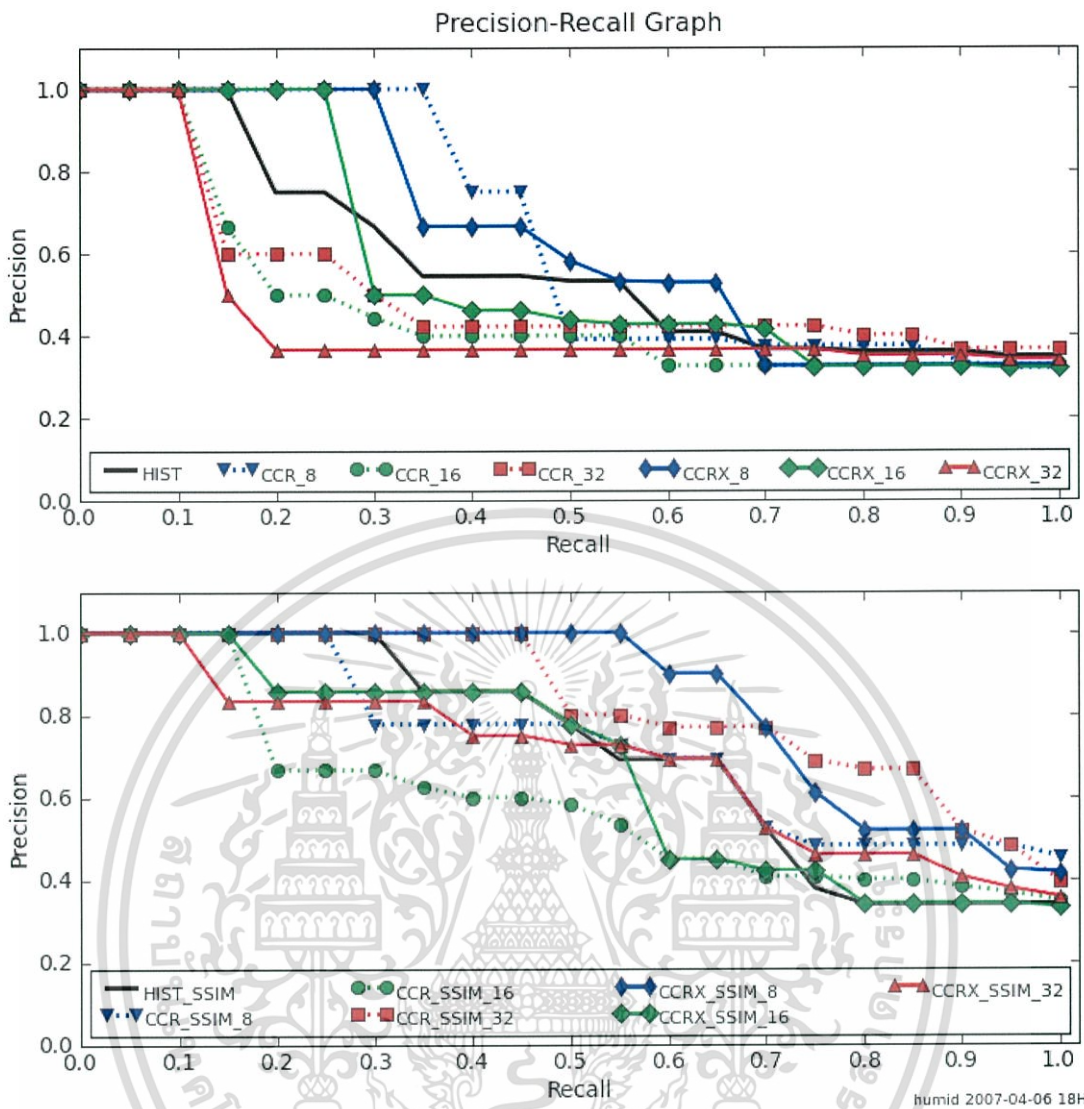


Query Image

HIST_SSIM	
similarity	0.903 0.901 0.900 0.899 0.891 0.891 0.890 0.890 0.890 0.888
vsm	0.9948 0.9855 0.9851 0.9860 0.9836 0.9852 0.9856 0.9820 0.9849 0.9837
CCR_SSIM 8	
similarity	0.900 0.886 0.883 0.881 0.880 0.879 0.877 0.875 0.875 0.875
vsm	0.9948 0.9851 0.9918 0.9822 0.9776 0.9851 0.9866 0.9852 0.9871 0.9849
CCR_SSIM 16	
similarity	0.900 0.890 0.888 0.886 0.886 0.883 0.879 0.878 0.877 0.875
vsm	0.9948 0.9851 0.9824 0.9837 0.9855 0.9918 0.9805 0.9866 0.9795 0.9852
CCR_SSIM 32	
similarity	0.901 0.900 0.899 0.890 0.890 0.890 0.890 0.886 0.886 0.883
vsm	0.9948 0.9855 0.9851 0.9860 0.9856 0.9943 0.9820 0.9849 0.9855 0.9918
CCRX_SSIM 8	
similarity	0.903 0.886 0.880 0.880 0.880 0.879 0.877 0.875 0.875 0.875
vsm	0.9948 0.9918 0.9851 0.9913 0.9883 0.9866 0.9852 0.9871 0.9849 0.9914
CCRX_SSIM 16	
similarity	0.890 0.890 0.886 0.880 0.880 0.879 0.877 0.875 0.875 0.875
vsm	0.9948 0.9943 0.9820 0.9918 0.9913 0.9883 0.9866 0.9852 0.9871 0.9849
CCRX_SSIM 32	
similarity	0.900 0.899 0.890 0.890 0.886 0.880 0.877 0.875 0.875 0.874
vsm	0.9948 0.9851 0.9860 0.9856 0.9943 0.9918 0.9851 0.9852 0.9849 0.9914

รูปที่ ก.13 (ต่อ) ตัวอย่างผลลัพธ์การค้นคืนภาพแผนที่ความชื้นอากาศวันที่ 6 เม.ย. 2007 เวลา 18 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

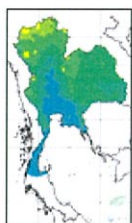


รูปที่ ก.14 กราฟแสดง Precision-Recall ของการค้นคืนภาพแผนที่ความชื้นอากาศวันที่ 6 เม.ย. 2007 เวลา 18.00 น. โดยการใช้ฮิสโตแกรมสี เทียบกับ กรรมวิธี CCR ในหลายรูปแบบ

ตารางที่ ก.7 ค่าความแม่นยำเฉลี่ยของการค้นคืนภาพแผนที่ความชื้นอากาศวันที่ 6 เม.ย. 2007 เวลา 18.00 น.

HIST	CCR 8	CCR 16	CCR 32	CCRX 8	CCRX 16	CCRX 32	HIST SSIM	CCR SSIM 8	CCR SSIM 16	CCR SSIM 32	CCRX SSIM 8	CCRX SSIM 16	CCRX SSIM 32
0.534	0.593	0.416	0.456	0.588	0.518	0.366	0.667	0.677	0.556	0.789	0.80	0.624	0.633

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Query Image

HIST	
similarity	0.815 0.815 0.814 0.813 0.812 0.812 0.809 0.809 0.808 0.808
vsm	0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999
CCR 8	
similarity	0.728 0.714 0.707 0.698 0.692 0.683 0.682 0.681 0.677 0.677
vsm	0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999
CCR 16	
similarity	0.753 0.728 0.728 0.724 0.723 0.723 0.721 0.715 0.713 0.711
vsm	0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999
CCR 32	
similarity	0.724 0.693 0.681 0.675 0.673 0.671 0.668 0.664 0.660 0.659
vsm	0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999
CCR X 8	
similarity	0.983 0.982 0.981 0.980 0.979 0.979 0.976 0.975 0.974 0.974
vsm	0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999
CCR X 16	
similarity	0.982 0.979 0.979 0.979 0.978 0.976 0.973 0.973 0.973 0.973
vsm	0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999
CCR X 32	
similarity	0.980 0.975 0.974 0.971 0.971 0.967 0.967 0.966 0.965 0.965
vsm	0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999

รูปที่ 15 ตัวอย่างผลลัพธ์การค้นคืนภาพแผนที่ความกดอากาศวันที่ 10 มิ.ค. 2007 เวลา 15.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

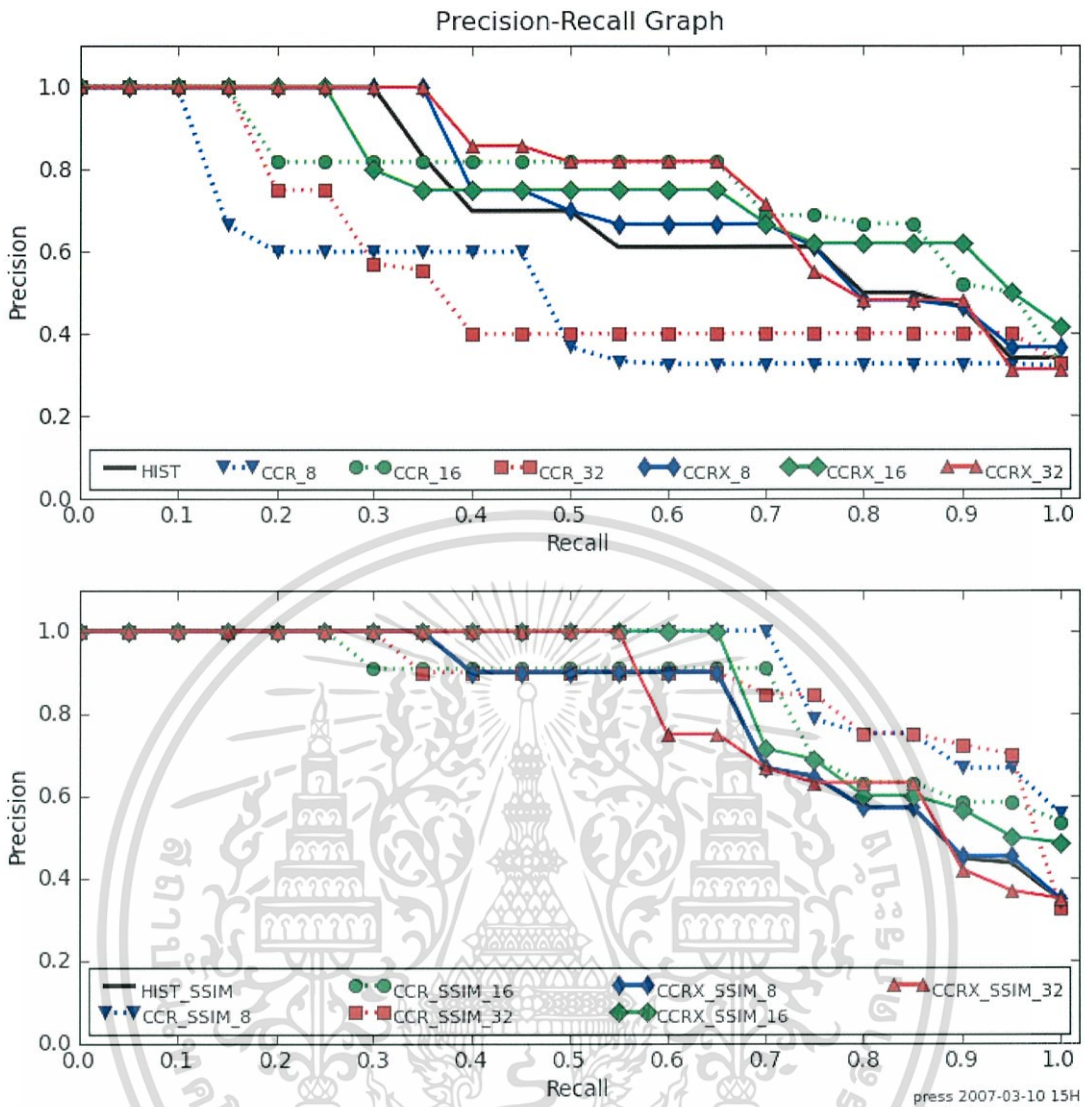


Query Image

HIST_SSIM										
similarity	0.986	0.979	0.979	0.979	0.978	0.978	0.978	0.977	0.977	0.977
vsm	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
CCR_SSIM 8										
similarity	0.986	0.979	0.979	0.978	0.974	0.974	0.974	0.973	0.972	0.971
vsm	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
CCR_SSIM 16										
similarity	0.979	0.979	0.978	0.977	0.976	0.974	0.974	0.974	0.972	0.970
vsm	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
CCR_SSIM 32										
similarity	0.979	0.979	0.979	0.978	0.978	0.977	0.977	0.977	0.976	0.975
vsm	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
CCRX_SSIM 8										
similarity	0.986	0.979	0.979	0.979	0.978	0.978	0.978	0.977	0.977	0.977
vsm	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
CCRX_SSIM 16										
similarity	0.979	0.979	0.979	0.978	0.978	0.977	0.977	0.977	0.976	0.975
vsm	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
CCRX_SSIM 32										
similarity	0.979	0.979	0.979	0.978	0.977	0.977	0.977	0.976	0.975	0.975
vsm	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999

รูปที่ ก.15 (ต่อ) ตัวอย่างผลลัพธ์การค้นคืนภาพแผนที่ความกดอากาศวันที่ 10 มี.ค. 2007 เวลา 15 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

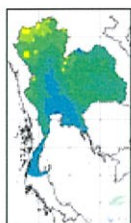


รูปที่ ก.16 กราฟแสดง Precision-Recall ของการค้นคืนภาพแผนที่ความกดอากาศวันที่ 10 มี.ค. 2007 เวลา 15.00 น. โดยการใช้ฮิสโตแกรมสี เทียบกับ กรรมวิธี CCR ในหลายรูปแบบ

ตารางที่ ก.8 ค่าความแม่นยำเฉลี่ยของการค้นคืนภาพแผนที่ความกดอากาศวันที่ 10 มี.ค. 2007 เวลา 15.00 น.

HIST	CCR 8	CCR 16	CCR 32	CCR _X 8	CCR _X 16	CCR _X 32	HIST SSIM	CCR SSIM 8	CCR SSIM 16	CCR SSIM 32	CCR _X SSIM 8	CCR _X SSIM 16	CCR _X SSIM 32
0.678	0.447	0.718	0.480	0.710	0.721	0.738	0.776	0.893	0.804	0.835	0.776	0.836	0.786

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

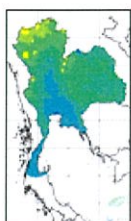


Query Image

HIST	
similarity	0.801 0.800 0.797 0.797 0.796 0.796 0.795 0.794 0.794 0.794
vsm	0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999
CCR 8	
similarity	0.715 0.714 0.708 0.705 0.705 0.703 0.701 0.700 0.699 0.699
vsm	0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999
CCR 16	
similarity	0.674 0.670 0.669 0.668 0.666 0.664 0.663 0.661 0.661 0.660
vsm	0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999
CCR 32	
similarity	0.655 0.654 0.652 0.652 0.650 0.647 0.647 0.646 0.644 0.639
vsm	0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999
CCR X 8	
similarity	0.968 0.966 0.963 0.962 0.961 0.961 0.961 0.959 0.959 0.959
vsm	0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999
CCR X 16	
similarity	0.967 0.961 0.960 0.959 0.958 0.958 0.957 0.956 0.956 0.956
vsm	0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999
CCR X 32	
similarity	0.961 0.958 0.957 0.953 0.948 0.946 0.945 0.944 0.944 0.943
vsm	0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999

รูปที่ ก.17 ตัวอย่างผลลัพธ์การค้นคืนภาพแผนที่ความกดอากาศวันที่ 11 เม.ย. 2007 เวลา 14.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

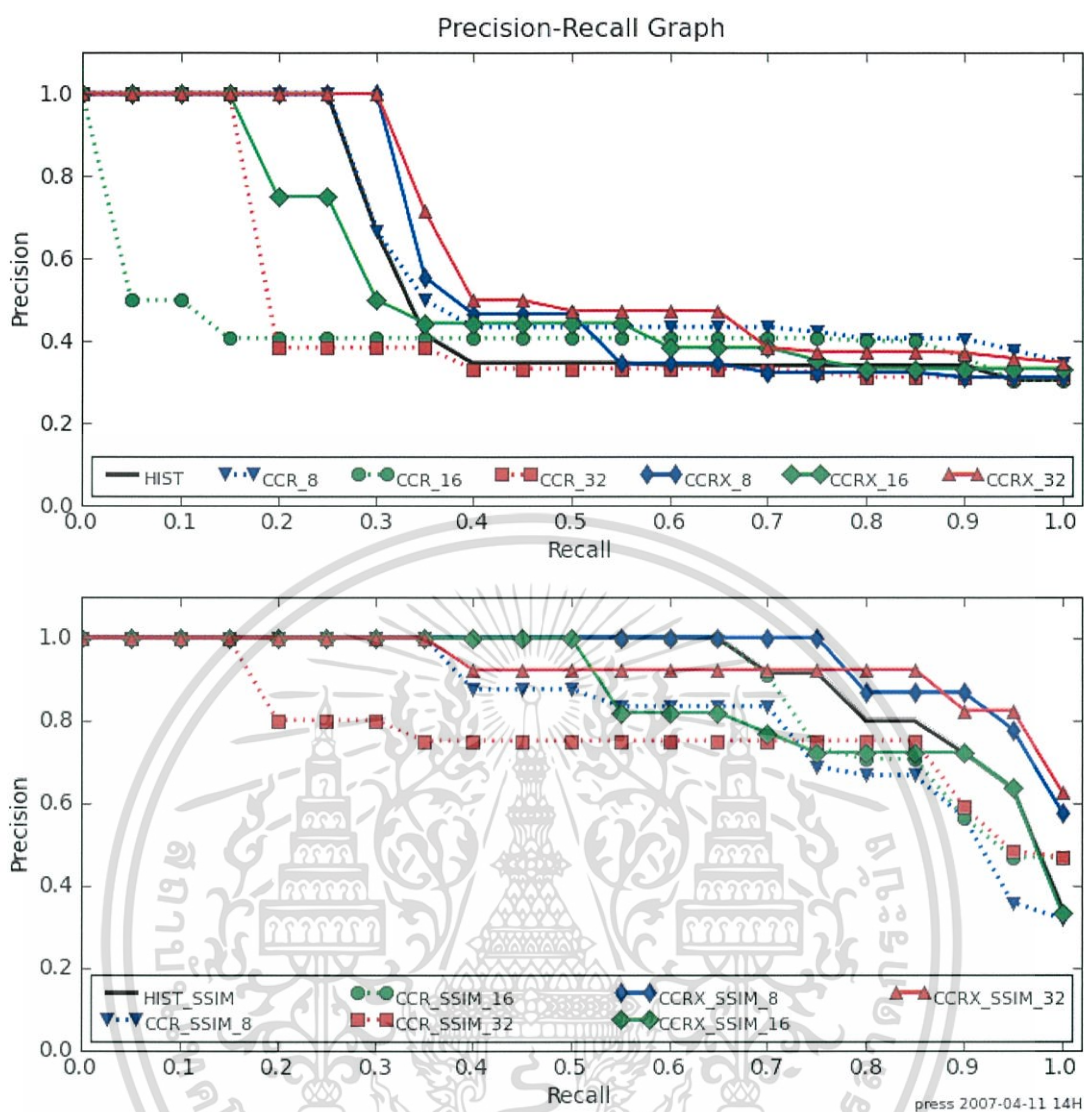


Query Image

HIST_SSIM	
similarity	0.966 0.965 0.964 0.964 0.962 0.961 0.960 0.960 0.960 0.959
vsm	0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999
CCR_SSIM 8	
similarity	0.970 0.966 0.964 0.964 0.964 0.963 0.962 0.962 0.962 0.961
vsm	0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999
CCR_SSIM 16	
similarity	0.965 0.965 0.964 0.961 0.960 0.960 0.960 0.960 0.959 0.959
vsm	0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999
CCR_SSIM 32	
similarity	0.966 0.965 0.964 0.964 0.962 0.962 0.962 0.962 0.962 0.961
vsm	0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999
CCRX_SSIM 8	
similarity	0.966 0.965 0.964 0.964 0.962 0.962 0.961 0.961 0.960 0.960
vsm	0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999
CCRX_SSIM 16	
similarity	0.963 0.962 0.962 0.960 0.960 0.960 0.959 0.959 0.959 0.959
vsm	0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999
CCRX_SSIM 32	
similarity	0.965 0.964 0.964 0.964 0.963 0.962 0.962 0.962 0.962 0.961
vsm	0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999 0.9999

รูปที่ ก.17 (ต่อ) ตัวอย่างผลลัพธ์การค้นคืนภาพแผนที่ความกดอากาศวันที่ 11 เม.ย. 2007 เวลา 14 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.18 กราฟแสดง Precision-Recall ของการค้นคืนภาพแผนที่ความกดอากาศวันที่ 11 เม.ย. 2007 เวลา 14.00 น. โดยการใช้ฮิสโตแกรมสี เทียบกับ กรรมวิธี CCR ในหลายรูปแบบ

ตารางที่ ก.9 ค่าความแม่นยำเฉลี่ยของการค้นคืนภาพแผนที่ความกดอากาศวันที่ 11 เม.ย. 2007 เวลา 14.00 น.

HIST	CCR 8	CCR 16	CCR 32	CCRX 8	CCRX 16	CCRX 32	HIST SSIM	CCR SSIM 8	CCR SSIM 16	CCR SSIM 32	CCRX SSIM 8	CCRX SSIM 16	CCRX SSIM 32
0.486	0.541	0.354	0.41	0.53	0.483	0.588	0.888	0.785	0.855	0.728	0.938	0.831	0.902

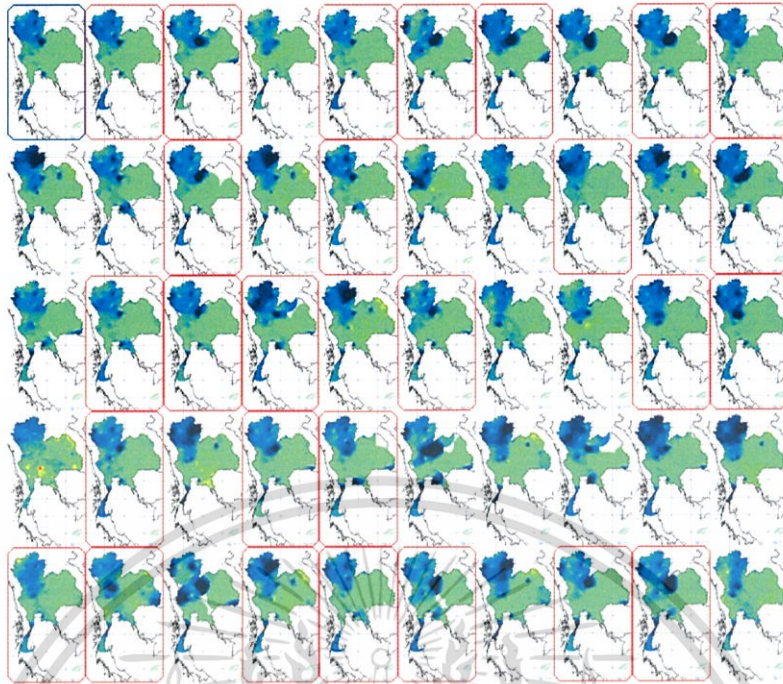
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข.
ตัวอย่างการจำแนกภาพที่เกี่ยวข้อง โดยใช้วิธีการแทนความหมายภาพ
เทียบกับการใช้ เวกเตอร์สเปซโมเดล

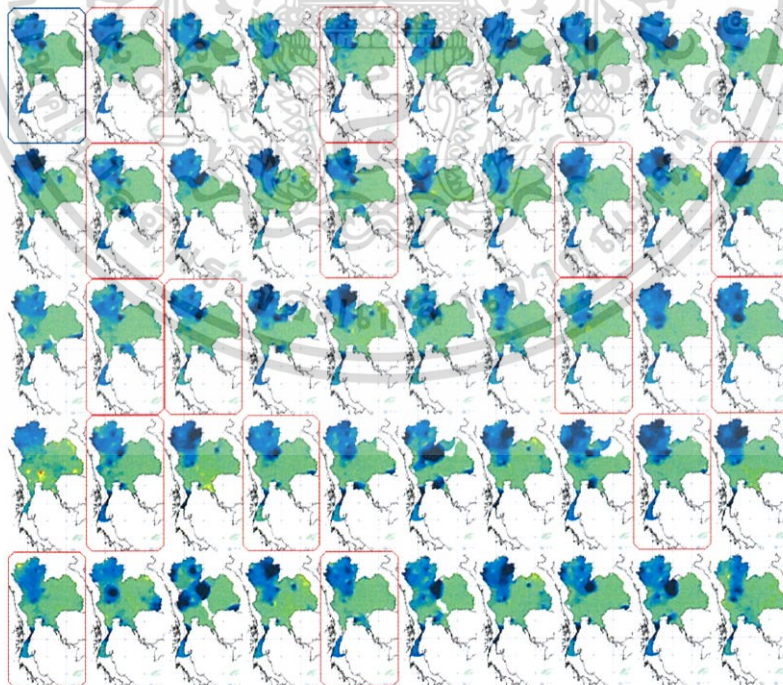
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Query image



รูปที่ ข.1 ภาพที่เกี่ยวข้องกับภาพคำถาม จำแนกโดยใช้การแทนความหมายแต่ละพื้นที่
(ภาพแผนที่ความชื้นอากาศ 25 ม.ค. 2007 เวลา 16.00 น. ค้นคืนด้วย CCR_8)

Query image

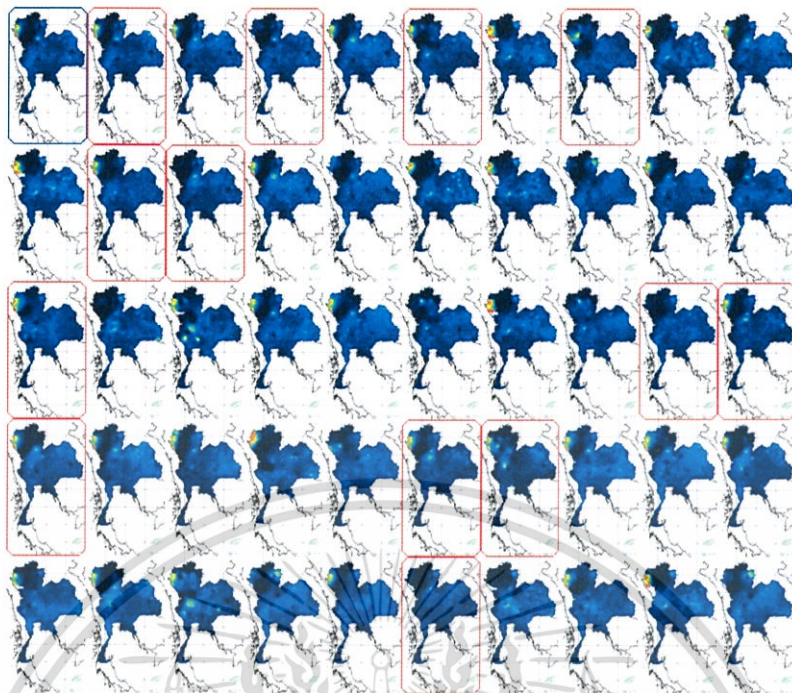


รูปที่ ข.2 ภาพที่เกี่ยวข้องกับภาพคำถาม จำแนกโดยใช้เวกเตอร์สเปซโมเดล

(ภาพแผนที่ความชื้นอากาศ 25 ม.ค. 2007 เวลา 16.00 น. ค้นคืนด้วย CCR_8)

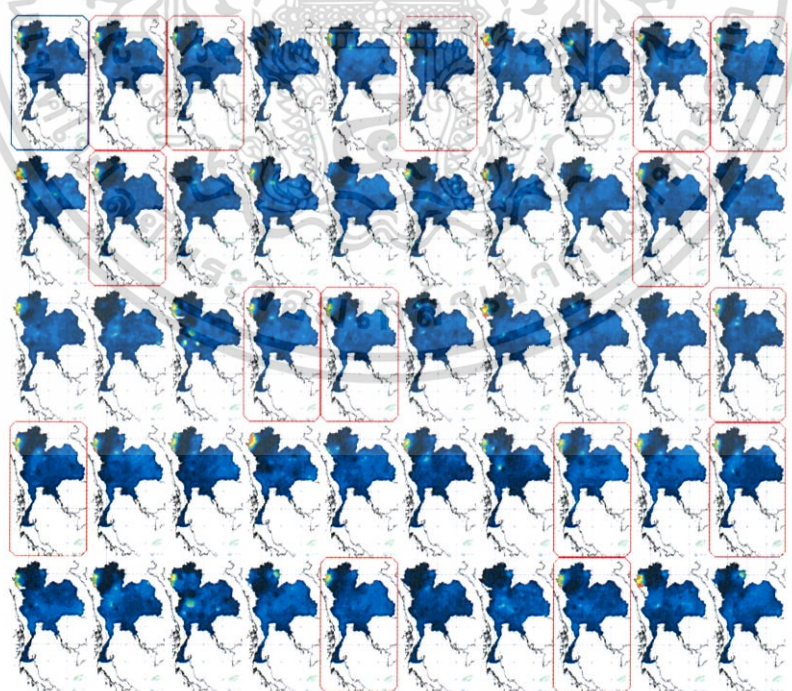
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่หรือนำไปใช้
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Query image



รูปที่ ข.3 ภาพที่เกี่ยวข้องกับภาพคำถาม จำแนกโดยใช้การแทนความหมายแต่ละพื้นที่
(ภาพแผนที่ความชื้นอากาศ 18 เม.ย. 2007 เวลา 15.00 น. ค้นคืนด้วย CCR_8)

Query image

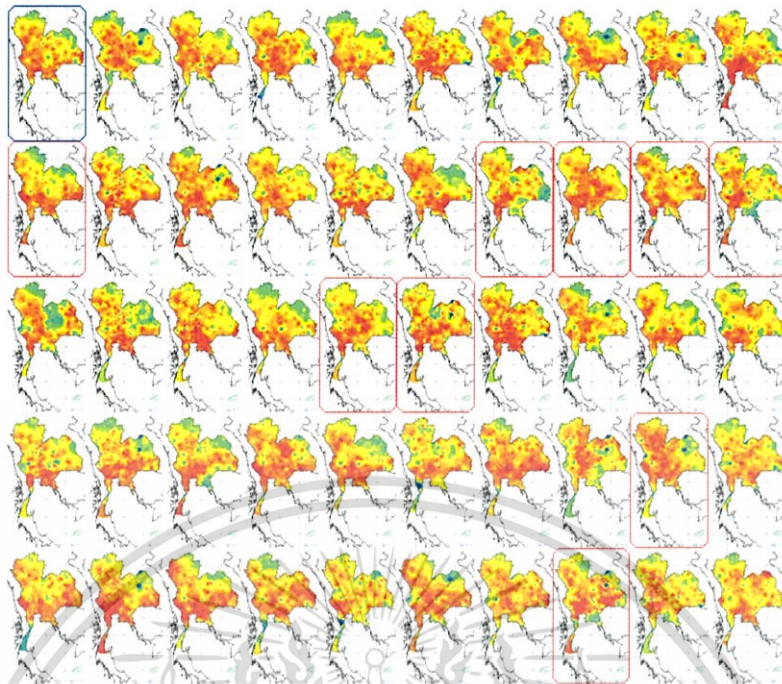


รูปที่ ข.4 ภาพที่เกี่ยวข้องกับภาพคำถาม จำแนกโดยใช้เวกเตอร์สเปซโมเดล

(ภาพแผนที่ความชื้นอากาศ 18 เม.ย. 2007 เวลา 15.00 น. ค้นคืนด้วย CCR_8)

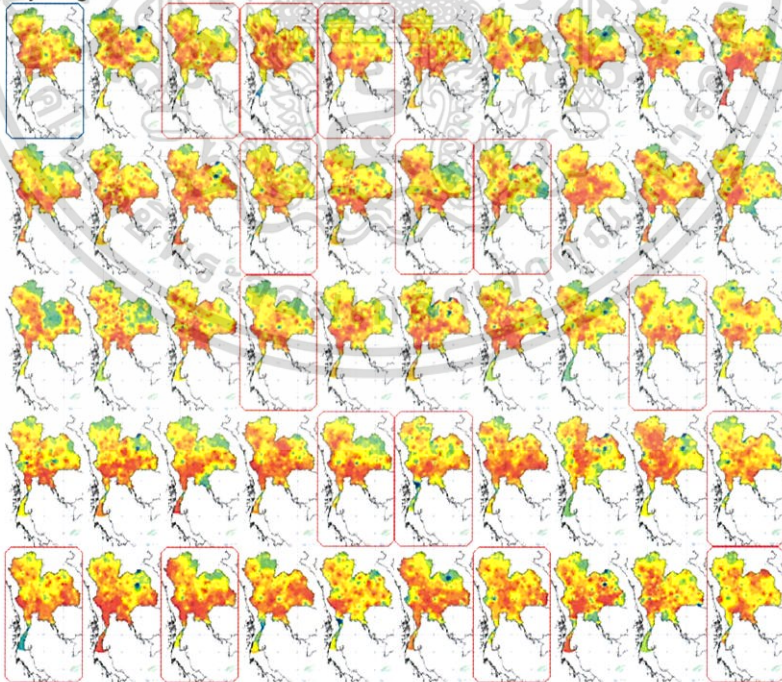
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Query image



รูปที่ ข.5 ภาพที่เกี่ยวข้องกับภาพคำถาม จำแนกโดยใช้การแทนความหมายแต่ละพื้นที่
(ภาพแผนที่อุณหภูมิกาศ 7 ก.พ. 2008 เวลา 15.00 น. ค้นคืนด้วย CCR_8)

Query image

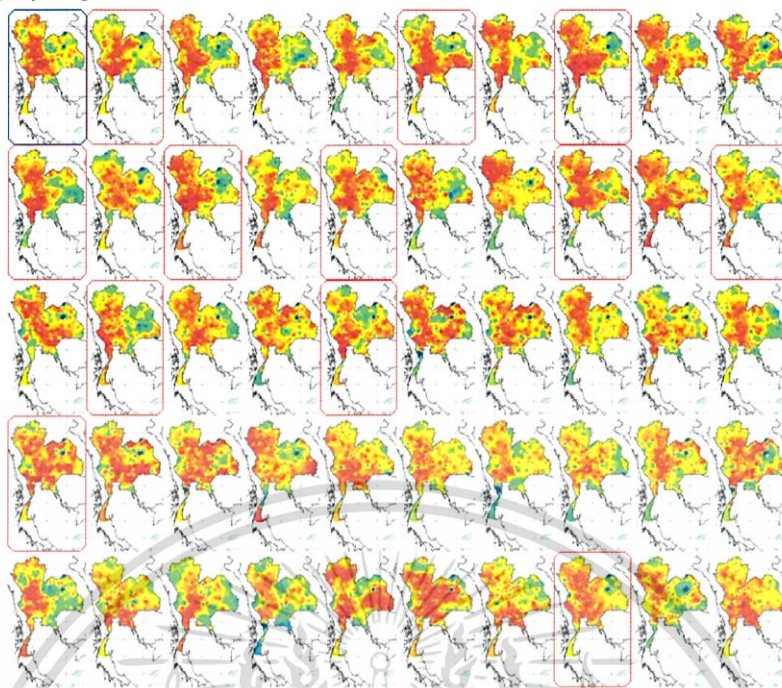


รูปที่ ข.6 ภาพที่เกี่ยวข้องกับภาพคำถาม จำแนกโดยใช้เวกเตอร์สเปซโมเดล

(ภาพแผนที่อุณหภูมิกาศ 7 ก.พ. 2008 เวลา 15.00 น. ค้นคืนด้วย CCR_8)

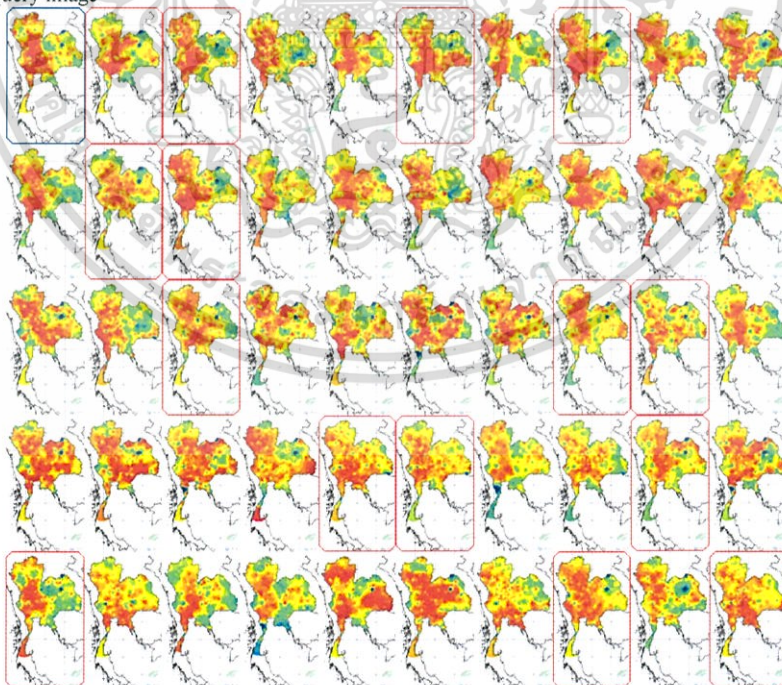
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Query image



รูปที่ ข.7 ภาพที่เกี่ยวข้องกับภาพคำถาม จำแนกโดยใช้การแทนความหมายแต่ละพื้นที่
(ภาพแผนที่อุณหภูมิกากาศ 28 พ.ค. 2007 เวลา 16.00 น. ค้นคืนด้วย CCR_8)

Query image

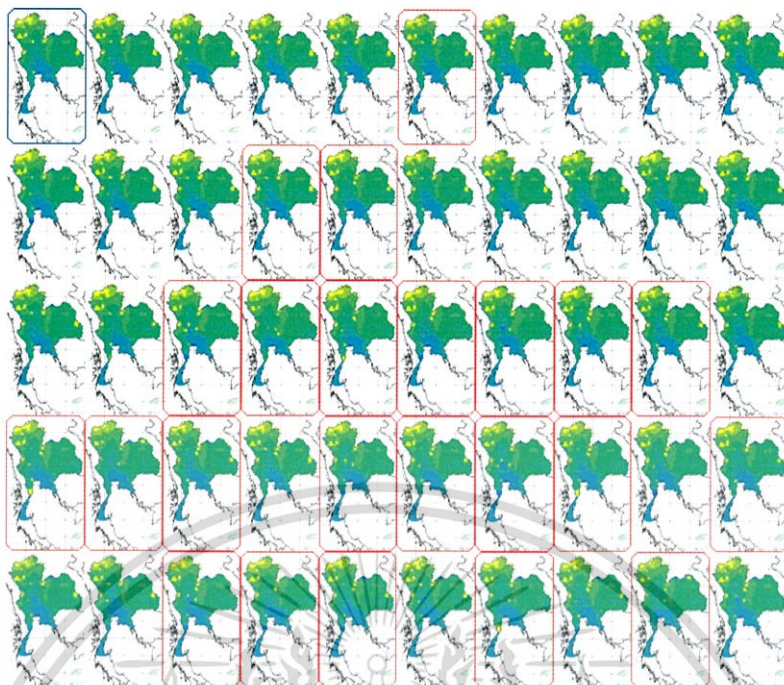


รูปที่ ข.8 ภาพที่เกี่ยวข้องกับภาพคำถาม จำแนกโดยใช้เวกเตอร์สเปซโมเดล

(ภาพแผนที่อุณหภูมิกากาศ 28 พ.ค. 2007 เวลา 16.00 น. ค้นคืนด้วย CCR_8)

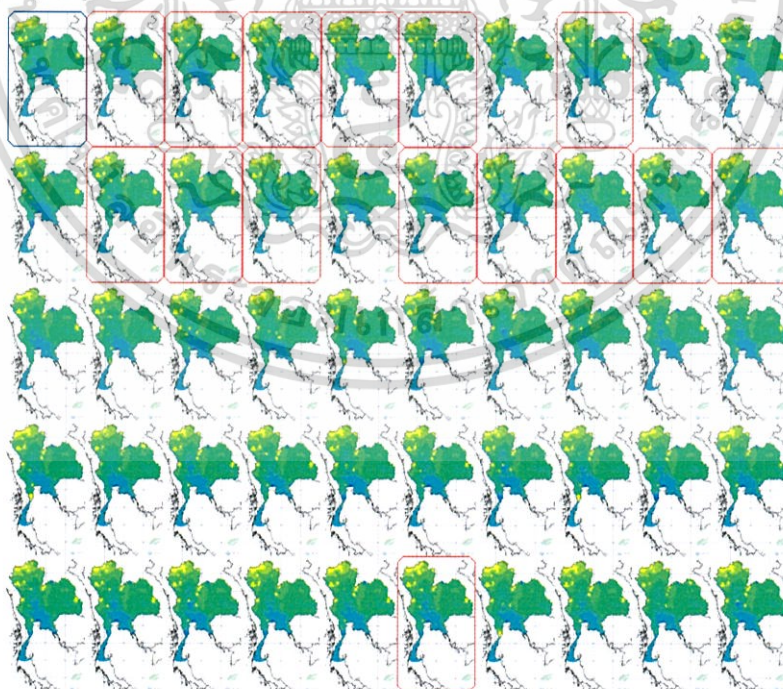
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Query image



รูปที่ ข.9 ภาพที่เกี่ยวข้องกับภาพคำถาม จำแนกโดยใช้การแทนความหมายแต่ละพื้นที่
(ภาพแผนที่ความกดอากาศ 28 ส.ค. 2007 เวลา 8.00 น. ค้นคืนด้วย CCR_8)

Query image



รูปที่ ข.10 ภาพที่เกี่ยวข้องกับภาพคำถาม จำแนกโดยใช้เวกเตอร์สเปซโมเดล

(ภาพแผนที่ความกดอากาศ 28 ส.ค. 2007 เวลา 8.00 น. ค้นคืนด้วย CCR_8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ค.

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

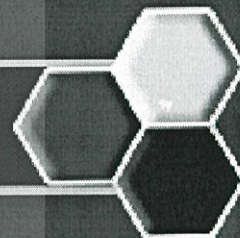
 **IEEE**

**IT
C 2008
IS**

I SCIT 2008

**INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COMMUNICATIONS AND
INFORMATION TECHNOLOGIES 2008**

**October 21-23, 2008
Don Chan Palace, Vientiane, Lao PDR**



PROGRAM AND ABSTRACT BOOK



**TKAI
UNIVERSITY**



jica

**ECTI
Association**

EIC

RENESAS

Everywhere you imagine.

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Weather Map Image Retrieval using Connected Color Region

Parinya Reungjitranon and Orachat Chitsobhuk
Computer Engineering Department, Faculty of Engineering,
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Bangkok, 10520, Thailand
E-mail: parinya.r@hotmail.com, kcoracha@kmitl.ac.th

Abstract— In this paper, a weather map image retrieval system is proposed as an assistance for weather forecasting. The proposed retrieval system searches the past pattern of the weather map images similar to the present one. The short-term prediction on how the future pattern would occur can be derived from the retrieved past pattern. Since the weather map image categorized the weather information into several groups and differentiates them using color identification, the proposed retrieval system extracts color features from connected color regions and uses them as primitive features to retrieve the weather map images similar to a query. Then, the short-term prediction can be analyzed from the successive weather map images of the retrieved weather map images. Several experiments are conducted and the results show good retrieval performance and prediction of the proposed retrieval system.

I. INTRODUCTION

Weather map is any graphical means of displaying the distribution of meteorological data over a given area of the earth's surface. Mostly, weather map uses geographical map including color and line to represent values of specific area and showing the principal of meteorological elements at a given time. Meteorologist uses information shown in weather map for weather forecasting and meteorological purpose. In order to perform weather forecasting, usually the numerical method based on physical model of the atmosphere is implemented. However, the numerical method cannot produce short-term forecasts due to the limitation of resolutions in terms of observation and computation [1]. Even though the extrapolation-based method [2] has been proposed for short-term forecasts, the forecast accuracy is severely limited by the complexity of the dynamics of the precipitation phenomenon. Therefore, the weather forecasting can be performed based on the past pattern similar to the present pattern. The short-term prediction on how the future pattern would occur can be derived from the retrieved past pattern.

In this paper, the weather map image retrieval is proposed to search for the past image pattern similar to the present one. The aim is to provide forecast information based on the past retrieved image. Since the weather map image categorizes the information into several groups and differentiates them using color identification, retrieving similar weather map images to a query image can be done by using color histogram

generated from the entire image as primitive features for CBIR (Content-based Image Retrieval) [3][4].

However, color histogram comparison cannot distinguish the spatial information of color [5], which is the most important information in weather map. Therefore, in this paper, the CCR approach [6] is introduced to weather map image retrieval. The CCR descriptor can provide the spatial information and maximum co-occurrence color in an image. The retrieved images can be used to assist the prediction of the weather for a short range of time.

This paper is organized as follows. Section II describes the proposed weather map image retrieval while section III depicts the image and database preparation for the proposed weather map image retrieval system. The experiment results are presented in section VI. Finally, conclusions are presented in section V.

II. THE PROPOSED WEATHER MAP IMAGE RETRIEVAL SYSTEM

This section overviews the proposed weather map image retrieval system.

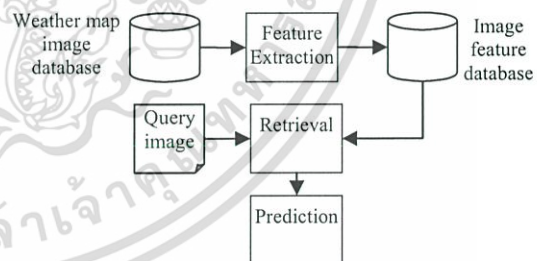


Fig. 1. Overview of weather map image retrieval system

The proposed retrieval system consists of three main processes: weather map image feature extraction, retrieval process, and prediction.

A. Weather Map Image Feature Extraction Process

In this process, the primitive features are extracted from the weather map images. Three types of weather map information including temperature, pressure, and humidity are employed. These images are categorized and differentiated each group

using different color scales. The primitive features derived from the different color scales can be achieved using connected color region in order to capture color density, spatial information, and maximum co-occurrence color. The CCR descriptor has been proposed by Kim and Han [6] as a measure of color density and maximum co-occurrence probability of connected color region (CCR).

An algorithm to find CCR can be described as follows:

1. Divide an $N \times M$ image into blocks of size $m \times n$ and extract regions where pixels of the same color are connected. Each block is denoted by R_{ij}
2. Compute the color density of each connected color region

$$R_{kc} = \{\cup \hat{R}_{ij} \mid \hat{R}_{ij} \ni (x, y) \text{ and } C(x, y) = C_k\} \quad (1)$$

$$H_{kc} = \sum_{R_{ij} \in R_{kc}} h_k(R_{ij}) \quad (2)$$

$$A_{kc} = \sum_{ij} 1 \text{ if } R_{ij} \in R_{kc} \quad (3)$$

$$P_{kc} = \sum_{ij} 1 \text{ if } R_{ij} \in R_{kc} \text{ and } \exists \hat{R}_{ij} \notin \hat{R}_{kc} \quad (4)$$

$$G_{kc} = \frac{H_{kc}}{A_{kc} - P_{kc}/2} \quad (5)$$

This color density (5) represents the average color frequency for a specific color of each connected color region (1).

3. Calculate a maximum co-occurrence color of each connected color region.

$$t_l = \sum_{R_{ij} \in R_{kc}} 1 \text{ if } h_l(R_{ij}) = \max \text{ and } l \neq k \quad (6)$$

$$T_{kc} = C_l \text{ if } t_l = \max \quad (7)$$

$$O_{kc} = \frac{t_l}{A_{kc}} \text{ if } t_l = \max \quad (8)$$

O_{kc} represents the probability of a certain color C_l co-occurs with color C_k on each CCR.

B. Retrieval Process

The proposed retrieval process is shown in Fig. 2. In the first step, CCR descriptors of the query are compared to those of the images in the database in order to find similarity of image.

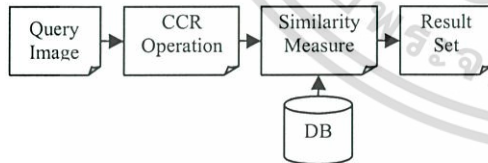


Fig. 2. Retrieval process including CCR method

The similarity measure used in the proposed weather map image retrieval process is similar to the merits of histogram comparison and reflects spatial information of color distributions as follows.

This similarity measure (12) is a combination between histogram comparisons of each region, as in (9), and

probability of a certain color that co-occurs with a region, as in (11). After the similarity estimation, the ten most similar images will be retrieved as a set of retrieval results.

$$S_1(I, Q) = \frac{\sum_{kc} \min\{H_{kc}(R_I), H_{kc}(R_Q)\}}{\sum_{kc} H_{kc}(R_Q)} \quad (9)$$

$$\Delta O_{kc} = \frac{\min\{O_{kc}(R_I), O_{kc}(R_Q)\}}{\sum_{kc} 1} \quad (10)$$

$$S_2(I, Q) = \sum_{kc} \begin{cases} \Delta O_{kc} & \text{if } T_{kc}(R_I) = T_{kc}(R_Q) \\ 0 & \text{if } T_{kc}(R_I) \neq T_{kc}(R_Q) \end{cases} \quad (11)$$

$$S(I, Q) = (S_1 + S_2)/2 \quad (12)$$

C. Prediction Process

After the retrieval process, the successive images of retrieved images are used for short-term prediction. This prediction is similar to the climatology method used for weather forecasting. The technique involves averaging weather statistics accumulated over past several years to generate the weather forecast. The difference is that the proposed system utilizes the successive image of the past retrieved images instead of the past weather statistics.

III. IMAGE AND DATABASE PREPARATIONS FOR THE PROPOSED WEATHER MAP RETRIEVAL PROCESS

A. Image preparation

In this paper, three types of weather map images representing temperature, humidity and pressure were collected. Approximately 34,000 images (each created on every hour, about 16 months since January 1, 2007) were gathered from the entire area of Thailand. The resolution of the weather map images was 354×614 pixels. Each type of weather map consists of its own color identification. However, all 50 color scales from all three types of weather map images are used to generate the primitive color histogram.



Fig. 3. 50 colors histogram bins

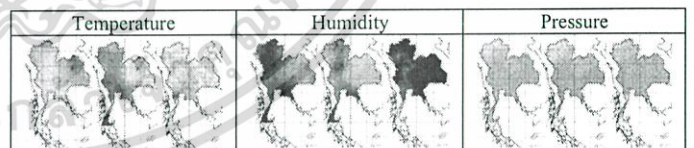


Fig. 4. Three types of weather map images

Fig.4 shows the examples of weather map images in the database representing temperature, humidity, and pressure.

B. Database preparation

Fig. 5 depicts the database preparation. In database preparation process, the RGB color histograms and CCR descriptors of color density and maximum co-occurrence color are extracted from the weather map images and stored in

the database as image indices. Several CCR block size of 2×2 , 4×4 , 8×8 , 16×16 and 32×32 blocks are examined. These descriptors are used as primitive features for the proposed image retrieval system.

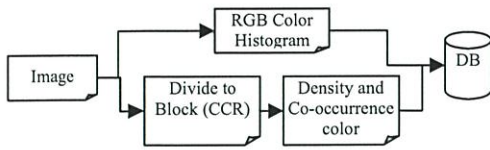


Fig. 5. preparation process to keep image features into database

C. Retrieval Performance Evaluation

The retrieval performance of the proposed weather map image retrieval system is evaluated using average precision at each recall level [7] as follow:

$$\bar{P}(r) = \sum_{i=1}^{N_q} \frac{P_i(r)}{N_q}$$

Where $\bar{P}(r)$ is the average the precision at the recall level r , N_q is the number of queries used, and $P_i(r)$ is the precision at recall r for the i -th query.

However, in order to evaluate the retrieval performance of the proposed retrieval system, there must be a way to identify the ground truth or relevant images. Therefore, in this paper, every image can be categorized into groups of meaning. The whole country is separated into 8 parts (see Fig. 6). Each part is represented by an average value, which will be classified into one of the groups of 5 meaning: “very low”, “low”, “normal”, “high”, and “very high” for each range of temperature, pressure, and humidity as shown in Table I.

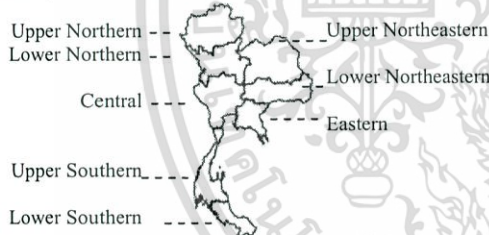


Fig. 6. Eight parts of regions for image grouping purpose.

TABLE I
MEANING FOR EACH WORD OF ALL IMAGE TYPES

TEMPERATURE (CELSIUS)				
Very Low	Low	Normal	High	Very High
Below 20	20-24.9	25-29.9	30-35	Above 35
PRESSURE (MBAR)				
Very Low	Low	Normal	High	Very High
Below 990	990-1030	1031-1070	1071-1110	Above 1110
Humidity (%)				
Very Low	Low	Normal	High	Very High
Below 21	21-36.9	37-52.9	53-69	Above 69

The total combination of temperature, humidity, and pressure is 120 groups (a combination for 3 types of image \times 8 parts of each image \times 5 meaning of each part). If the retrieved images are identified into the same group as that of

the query image, those images will be recognized as the ground truth or relevant images to the query.

IV. EXPERIMENTAL RESULTS

A database of weather map images is generated from temperature, humidity, and pressure information since January 1, 2007. The CCR features are extracted from weather map images in the database as their indices. Several experiments on weather map image retrieval are conducted. An example of the proposed retrieval system using a query image of the temperature map on December 23, 2007 at 11 AM is presented in Table II and III. Table II shows the retrieved images while Table III depicted the average precision of the image retrieval techniques. The retrieval results of the proposed system using CCR features are compared with those of the histogram intersection. Various CCR block sizes are examined. In order to measure the retrieval performance, each image in the database is categorized into groups of meaning. For the example of the temperature query image, there are 276 ground truth images corresponding to the query based on the meaning of each group. The retrieved relevant images to the query are labeled with red border box. The recall-precision graph is illustrated in Fig 7. The results show that the retrieval performance using the CCR features with a block size of 16×16 give the best results compared to the histogram intersection and CCR with other block sizes.

TABLE II
RETRIEVED RESULT SET FOR HISTOGRAM INTERSECTION AND CCR WITH VARIOUS BLOCK SIZES

Query Image						
Histogram Intersection						
CCR 2 x 2 Block						
CCR 4 x 4 Block						
CCR 8 x 8 Block						
CCR 16 x 16 Block						
CCR 32 x 32 Block						

TABLE III
AVERAGE PRECISION OF EACH METHOD

Histogram Intersection	CCR 2x2	CCR 4x4	CCR 8x8	CCR 16x16	CCR 32x32
0.427	0.384	0.332	0.43	0.589	0.488

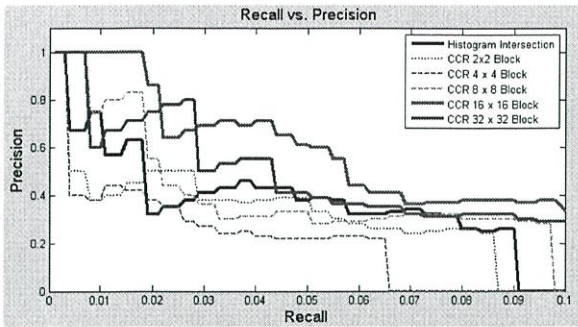


Fig. 7. Retrieval performance of each method for temperature map on December 23, 2007 at 11 AM

Another experiment is a query of humidity map on November 12, 2007 at 10 AM. The recall-precision graph is shown in Fig. 9. There are 932 ground truth images relevant to this query image. The average precision and recall-precision graph are illustrated in Table IV and Fig. 9 respectively. From Table IV and Fig. 9, the retrieval performance using CCR with a block size of 8 X 8 blocks is better than that of histogram intersection and CCR with other block size. The CCR 16 X 16 block and CCR 32 X 32 blocks are nearly the same performance. From the results, the query image consisting of less variety of colors and non-complex chaotic pattern requires the CCR block size of 8 x 8 blocks. Since the images usually contain a large variety of color and complex chaotic pattern, the CCR block size should be reduced the size to 16 x 16 blocks.

Finally, the successive sequence of retrieved images is used as the short-term prediction image. The example of the short-term prediction image from the query image of the temperature map is presented in Table V.

V. CONCLUSIONS

This paper proposes a weather map image retrieval system to aid the short-term weather forecasting. The proposed retrieval system searches for the relevant past weather map images similar to the present one. The aim is to provide forecast information based on the past retrieved image. Since the spatial information and the co-occurrence colors are important in the weather map image, the features extracted from the connected color regions can successively be used for the proposed retrieval system. The CCR with the smaller block size is suitable for images containing a variety of colors and complex chaotic pattern while the larger block size could provide better retrieval results in the case of images with less variety of colors and non-complex chaotic pattern. Finally, the successive sequence of retrieved images can be used for short-term prediction image. However, the image sequence retrieval could also be used for more accurate weather forecasting from the past weather map images.

REFERENCES

[1] K. Otsuka, T. Horikoshi, H. Kojima, and S. Suzuki, "Image Sequence Retrieval for Forecasting Weather Radar Echo

Pattern," *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, 2000.

- [2] N.A Crook and J.D. Tuttle, "Short-term forecasting of summer precipitation using echo extrapolation, storm characteristics and model output," in *Proc. 7th Conf. Aviation, Range and Aerospace Meteorology*, 1997, pp.274-278.
- [3] M. Swain and D. Ballard, "Color indexing," *International Journal of Computer Vision*, v.7, 1991, pp. 11-32.
- [4] G. Pass and R. Zabith, "Histogram refinement for content based image Retrieval," in *Proceedings of IEEE Workshop and Applications of Computer Vision*, 1996, pp. 96-102.
- [5] Castelman K.R. *Digital Image Processing*. New Jersey: Prentice-Hall, 1996, pp. 140-145.
- [6] Tae Yong Kim and Joon H. Han, "Partial Image Matching by Measures from Connected Color Regions," *IEEE International Conference on Multimedia and Expo (I)*, 30 July – 2 Aug 2000.
- [7] R. Baeza-Yates and B. Riberio-Neto, *Modern Information Retrieval*, Addison-Wesley Inc., United State, 1999.



Fig. 8. Humidity map for querying

TABLE IV
AVERAGE PRECISION OF EACH METHOD

Histogram Intersection	CCR 2x2	CCR 4x4	CCR 8x8	CCR 16x16	CCR 32x32
0.46	0.39	0.56	0.77	0.69	0.64

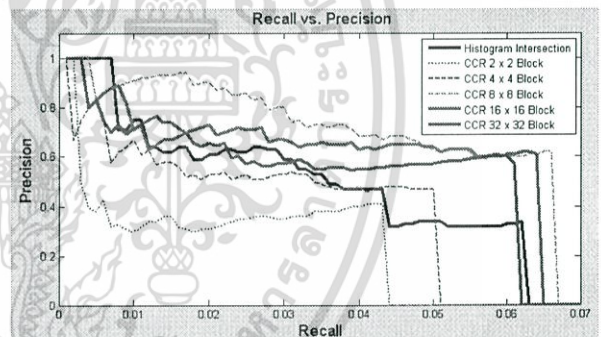


Fig. 9. Retrieval performance of each method for humidity map on November 12, 2007 at 10 AM

TABLE V
RETRIEVED IMAGE AND NEXT SEQUENCE IMAGE FOR PREDICTION

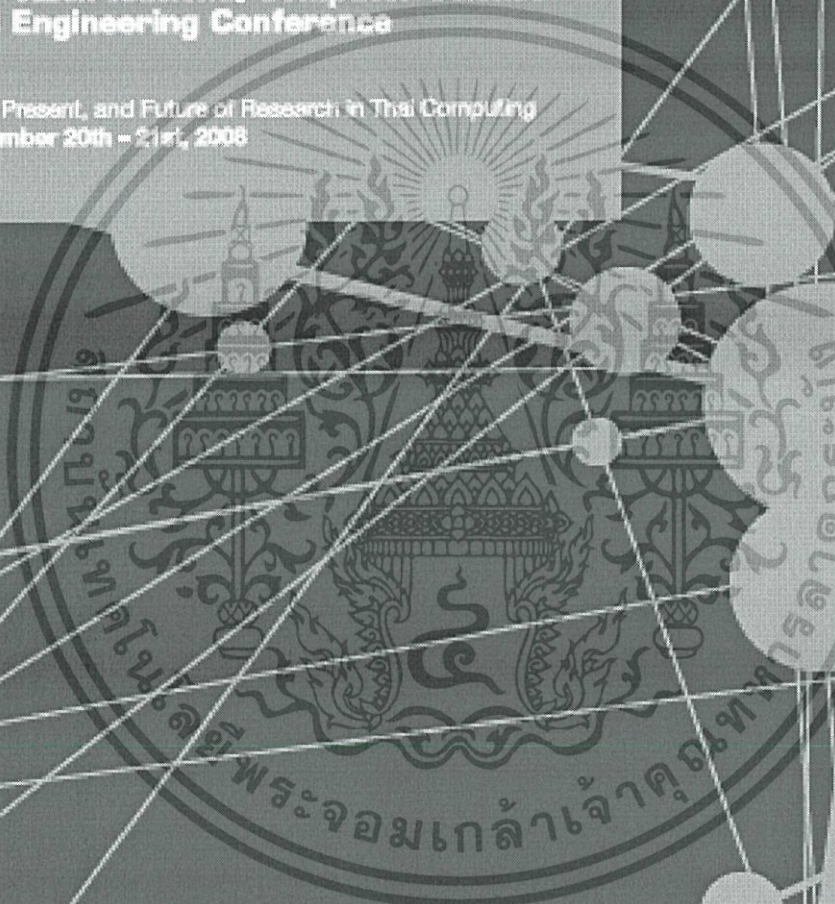
Retrieved image	
Prediction image	



NCSEC 2008

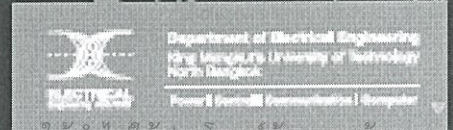
The 12th National Computer Science
and Engineering Conference

Past, Present, and Future of Research in Thai Computing
November 20th - 21st, 2008



Sponsored by:

Organized by:



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้ประโยชน์ทางการค้า
โดยไม่ได้รับอนุญาตจากผู้นั้น อย่างไรก็ตามผู้ให้ต้นฉบับขอสงวนสิทธิ์ และต้องรับผิดชอบต่อเนื้อหาทั้งหมดที่ปรากฏในเอกสารฉบับนี้

การค้นคืนภาพแผนภูมิอากาศ โดยใช้ความสัมพันธ์ของพื้นที่สีที่ติดกัน

Weather Map Image Retrieval using Connected Color Region

ปริญญา เรืองจิตรานนท์ และ อรฉัตร จิตต์โสภักดิ์

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขที่ 3 หมู่ 2 ถ.ฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520 โทรศัพท์: 0-2737-3000

E-mail: sir_john_pariya@hotmail.com, kcoracha@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้ นำเสนอการค้นคืนรูปภาพแผนภูมิอากาศ ที่ผลการค้นคืนสามารถนำไปประกอบการพยากรณ์อากาศในช่วงระยะเวลาด้านๆ ได้ การค้นคืนภาพจะทำการค้นหารูปแบบของภาพที่เคยเกิดขึ้นในอดีต ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับภาพปัจจุบันมากที่สุด เพื่อจะนำภาพที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาเหล่านั้นไปใช้พยากรณ์ทางด้านอุตุนิยมวิทยา ซึ่งภาพแผนภูมิอากาศแต่ละชนิดจะให้ข้อมูลในรูปแบบสีที่แตกต่างกัน และการค้นคืนภาพ จะใช้คุณลักษณะสี และพิจารณาความสัมพันธ์ของพื้นที่สีที่ติดกัน (Connected Color Region - CCR) เป็นกลไกหลักในการค้นคืนภาพที่ใกล้เคียงกับภาพคำถาม จากนั้นการพยากรณ์สภาพอากาศจะใช้ภาพที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาถัดไปของภาพที่ค้นคืนมาได้ นำมาเป็นข้อมูลประกอบการพยากรณ์ โดยจากการทดลองแสดงให้เห็นถึงการเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ของ CCR ที่เหมาะสม จะส่งผลถึงความประสิทธิภาพการค้นคืนภาพแผนภูมิอากาศแต่ละชนิดต่างกันออกไป

คำสำคัญ: การค้นคืนรูปภาพ, ภาพแผนภูมิอากาศ, การพยากรณ์ระยะสั้น

Abstract

In this paper, a weather map image retrieval system is proposed as an assistance for weather forecasting. The proposed retrieval system searches the past pattern of the weather map images similar to the present one. The short-term prediction on how the future pattern would occur can be derived from the retrieved past pattern. Since the weather map image categorized the weather information into several groups and differentiates them using color identification, the proposed retrieval system extracts color features from connected color regions and uses them as primitive features to retrieve the weather map images similar to a query. Then, the short-term prediction can be analyzed from the successive weather map images of the retrieved weather map images. Several experiments are conducted and the results

show good retrieval performance and prediction of the proposed retrieval system.

Keywords: image retrieval, weather image, connected color region, short-term prediction

1. บทนำ

ภาพแผนภูมิอากาศเป็นภาพกราฟิกที่นำเสนอข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาของพื้นที่หนึ่งๆบนพื้นโลก โดยส่วนใหญ่ภาพแผนภูมิอากาศมักใช้แผนที่ทางภูมิศาสตร์ร่วมกับการใช้สี และลายเส้นในการนำเสนอข้อมูลที่เกี่ยวข้องในช่วงเวลาหนึ่งๆ และนักอุตุนิยมวิทยาจะใช้ข้อมูลต่างๆที่ปรากฏในภาพแผนภูมิอากาศ ช่วยในการพยากรณ์อากาศ หรือใช้ในวัตถุประสงค์ทางการค้าอื่นๆ โดยปรกติแล้วการพยากรณ์อากาศส่วนใหญ่ใช้กรรมวิธีทางการคำนวณทางตัวเลข ร่วมกับการใช้โมเดลจำลองทางสภาพภูมิอากาศ ซึ่งกรรมวิธีนี้หากนำมาใช้พยากรณ์แบบระยะสั้น (nowcasting) จะไม่เหมาะสมนัก เนื่องจากข้อจำกัดทางการคำนวณและการเก็บข้อมูล [1] ส่วนการคำนวณในเชิง Extrapolated นั้น [2] ถึงจะสามารถใช้คำนวณเพื่อการพยากรณ์ระยะสั้นได้ก็จริง แต่ความถูกต้องทั้งหมดจะอยู่บนพื้นฐานความซับซ้อนของปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นในขณะนั้น เพราะฉะนั้นโดยส่วนใหญ่การพยากรณ์อากาศระยะสั้นมักใช้มนุษย์ในการคิดและวิเคราะห์ข้อมูลประกอบด้านต่างๆ เพื่อทำนายสภาพอากาศที่จะเกิดขึ้นในระยะสั้นๆในอนาคต ดังนั้นการค้นคืนรูปภาพแผนภูมิอากาศในอดีตที่มีลักษณะคล้ายกับช่วงปัจจุบัน เพื่อนำภาพลำดับต่อไปของภาพที่ค้นคืนมาได้ นำมาเป็นข้อมูลประกอบอีกทางหนึ่งให้นักอุตุนิยมวิทยา นำมาพิจารณาถึงเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นลำดับต่อไปตามลำดับช่วงเวลา โดยบทความนี้จะนำเสนอการค้นคืนภาพแผนภูมิอากาศ ที่จะค้นหาภาพแผนภูมิอากาศที่เคยเกิดขึ้นในอดีต ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับภาพปัจจุบัน



และมีเป้าหมายที่จะใช้ภาพในช่วงเวลาที่ถัดไปกลุ่มของภาพที่ค้นคืนขึ้นมาได้นำมาใช้เป็นข้อมูลประกอบในการพยากรณ์อากาศระยะสั้น

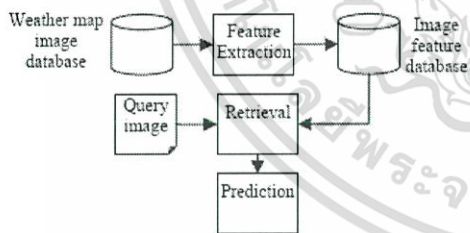
ภาพแผนภูมิทางอากาศแต่ละชนิดจะให้ข้อมูลในรูปแบบที่ที่แตกต่างกัน และการค้นคืนภาพที่มีลักษณะใกล้เคียงกับภาพคำถามนั้นสามารถใช้อัลกอริทึมที่สร้างขึ้นจากภาพทั้งภาพ เป็นคุณลักษณะพื้นฐานในการค้นคืนแบบ CBIR ได้เช่นกัน [3][4] แต่อย่างไรก็ตาม อัลกอริทึมเหล่านั้นไม่สามารถให้ข้อมูลในเชิงตำแหน่งของสี [5] ที่เป็นข้อมูลที่สำคัญที่สุดสำหรับภาพแผนภูมิอากาศ ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้เทคนิค CCR [6] เพื่อใช้แยกแยะกลุ่มสีและสีที่ปรากฏร่วมสูงสุด และได้นำรวมนิยามการวัดความเหมือนแบบ Structure Similarity (SSIM) [7] ที่เป็นการวัดค่าความเหมือนของภาพที่ใกล้เคียงกับการมองเห็นของมนุษย์ มาร่วมในการคำนวณอีกทางหนึ่งด้วย เพื่อให้ได้ผลการค้นคืนที่มีตำแหน่งสีที่ปรากฏต่างๆ ใกล้เคียงกับภาพคำถามมากที่สุด

ลำดับหัวข้อที่จะนำเสนอในบทความนี้จะนำเสนอหลักการค้นคืนรูปภาพ ในหัวข้อที่ 2 จากนั้นในหัวข้อที่ 3 จะนำเสนอขั้นตอนการเตรียมรูปภาพและฐานข้อมูลสำหรับระบบการค้นคืนรูปภาพ ในหัวข้อที่ 4 จะแสดงผลการทดลอง และสุดท้ายในหัวข้อที่ 5 จะเป็นสรุปผลการทดลอง

2. ระบบการค้นคืนรูปภาพแผนภูมิอากาศ

ในหัวข้อนี้จะนำเสนอภาพรวมทั้งระบบของการค้นคืน

รูปภาพแผนภูมิอากาศ



รูปที่ 1 ภาพรวมของระบบค้นคืนภาพแผนภูมิอากาศ

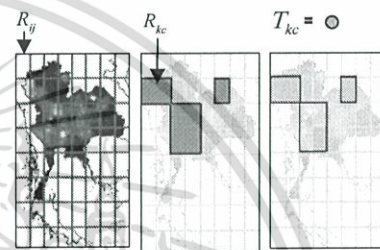
ระบบจะประกอบไปด้วยสามส่วน นั่นคือ ส่วน การหาคุณลักษณะพื้นฐานของภาพ (Feature Extraction), การค้นคืน (Retrieval) และ และการทำนายภาพ (Prediction)

2.1 การหาคุณลักษณะพื้นฐานของภาพแผนภูมิอากาศ

ในกระบวนการนี้ จะเป็นการจำแนกคุณลักษณะพื้นฐานของรูปภาพออกมา โดยภาพแผนภูมิอากาศนี้ จะมีทั้งสิ้นสามชนิด นั่นคือภาพ

อุณหภูมิ, ความกดอากาศ และ ความชื้น ซึ่งภาพแต่ละชนิดจะมีการใช้สเกลสีที่แตกต่างกันออกไป ในขั้นต้นจะใช้กรรมวิธี CCR ที่นำเสนอโดย Kim and Han [6] ในการหาค่าประกอบต่างๆ เช่น หากกลุ่มสีแต่ละสี, หากความหนาแน่นของสีแต่ละกลุ่ม และหากความน่าจะเป็นของสีที่ปรากฏร่วมสูงสุดกับกลุ่มสีที่สนใจ ซึ่งขั้นตอนในการหา CCR จะหาได้ดังนี้

1. พิจารณาบริเวณที่ติดกันของสี โดยทำการแบ่งภาพขนาด $N \times M$ ให้เป็นบล็อกขนาด $n \times m$ พิกเซล แต่ละบล็อกจะแทนด้วย R_{ij} จากนั้นทำการพิจารณาแต่ละบล็อกว่ามีสีที่เหมือนกันปรากฏติดกันระหว่างบล็อกหรือไม่ เพื่อหาพื้นที่สีที่ติดกัน



รูปที่ 2 การแบ่งรูปภาพออกเป็นส่วนย่อย, การหาความหนาแน่นของสีแต่ละกลุ่ม และสีที่ปรากฏร่วมสูงสุดในกลุ่มสีที่พิจารณา

2. คำนวณหาค่าความหนาแน่นสี ของสีแต่ละกลุ่ม โดยพิจารณาพื้นที่สีที่ติดกัน ทีละสี และ ทีละกลุ่ม

$$R_{kc} = \{ \cup R_{ij} \mid R_{ij} \ni (x, y) \text{ and } C(x, y) = C_k \} \quad (1)$$

$$H_{kc} = \sum_{R_{ij} \in R_{kc}} h_k(R_{ij}) \quad (2)$$

$$A_{kc} = \sum_j 1 \quad \text{if } R_{ij} \in R_{kc} \quad (3)$$

$$P_{kc} = \sum_j 1 \quad \text{if } R_{ij} \in R_{kc} \text{ and } \exists R_{ij} \notin R_{kc} \quad (4)$$

$$G_{kc} = \frac{H_{kc}}{A_{kc} - P_{kc} / 2} \quad (5)$$

R_{kc} คือกลุ่มของสี C_k ที่สนใจ, H_{kc} คือค่าฮิสโตแกรมสีของกลุ่มสีดังกล่าว, A_{kc} คือจำนวนบล็อกของกลุ่มสี, P_{kc} คือจำนวนบล็อกของกลุ่มสีที่มีสีอื่นปรากฏร่วมด้วย และ G_{kc} จำนวนค่าความหนาแน่นของกลุ่มสีดังกล่าว โดยค่านี้จะเป็นการแสดงถึงค่าเฉลี่ยของสีหนึ่งที่ปรากฏในพื้นที่สีที่ติดกัน

3. คำนวณ หาค่า ความน่าจะเป็นของสีที่ปรากฏร่วมสูงสุด โดยหาว่าสีใดมีโอกาสปรากฏร่วมมากที่สุด และมีโอกาสเกิดร่วมเท่าใด

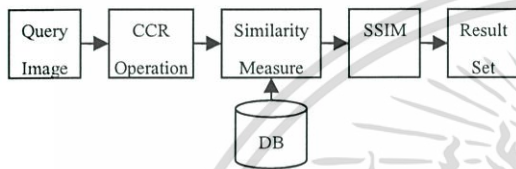
$$t_l = \sum_{R_j \in R_{kc}} 1 \text{ if } h_l(R_{ij}) = \max \text{ and } l \neq k \quad (6)$$

$$T_{kc} = C_l \text{ if } t_l = \max \quad (7)$$

$$O_{kc} = \frac{t_l}{A_{kc}} \text{ if } t_l = \max \quad (8)$$

T_{kc} คือสี C_l ที่ปรากฏร่วมสูงสุดในกลุ่มแต่ละกลุ่ม, O_{kc} เป็นค่าความน่าจะเป็น ที่สี C_l จะปรากฏร่วมสูงสุดกับสี C_k ในแต่ละพื้นที่ที่สีที่ติดกัน

2.2 การค้นคืนรูปภาพ



รูปที่ 3 กระบวนการค้นคืนรูปภาพที่ใช้กรรมวิธี CCR ร่วมกับ SSIM

กระบวนการค้นคืนรูปภาพดังแสดงในรูปที่ 3, ขั้นแรกนำค่าประกอบ CCR ของภาพคำถาม นำมาเทียบกับรูปภาพในฐานข้อมูลทั้งหมดเพื่อหาภาพที่มีลักษณะใกล้เคียงมากที่สุด โดยจะมีสมการดังต่อไปนี้

$$S_1(I, Q) = \frac{\min_{kc} \{H_{kc}(R_I), H_{kc}(R_Q)\}}{\sum_{kc} H_{kc}(R_Q)} \quad (9)$$

$$\Delta O_{kc} = \frac{\min\{O_{kc}(R_I), O_{kc}(R_Q)\}}{\sum_{kc} 1} \quad (10)$$

$$S_2(I, Q) = \sum_{kc} \begin{cases} \Delta O_{kc} & \text{if } T_{kc}(R_I) = T_{kc}(R_Q) \\ 0 & \text{if } T_{kc}(R_I) \neq T_{kc}(R_Q) \end{cases} \quad (11)$$

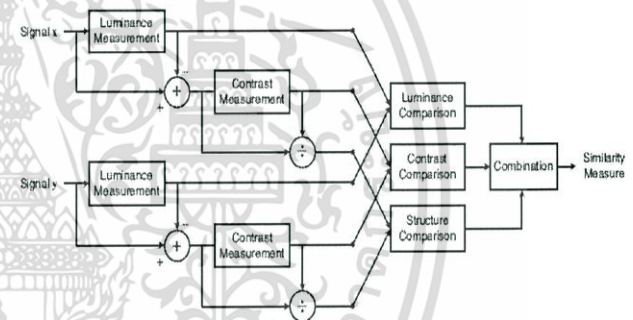
$$S(I, Q) = (S_1 + S_2) / 2 \quad (12)$$

I และ Q คือภาพที่นำมาเปรียบเทียบ, ค่า R_I และ R_Q คือกลุ่มสีที่สนใจแต่ละภาพ, H_{kc} เป็นค่าฮิสโตแกรมสีของกลุ่มสี, O_{kc} เป็นค่าความน่าจะเป็นของสีที่ปรากฏร่วมสูงสุด

การวัดความเหมือน ของภาพแผนภูมิอากาศนี้ เป็นการวัดในลักษณะการเปรียบเทียบฮิสโตแกรม (Histogram comparison) ที่มีข้อมูลของตำแหน่งของสีเข้ามาพิจารณาด้วย ในขั้นต้นจะเป็นการวัดความเหมือนของภาพสองภาพโดยการเปรียบเทียบฮิสโตแกรม ด้วยกรรมวิธี Histogram Intersection เทียบกลุ่มสีแต่ละสีแต่ละกลุ่มของทั้งสองว่ามีความเหมือนกันหรือไม่ (9) จากนั้นจึงหาความน่าจะเป็นของสีที่ปรากฏร่วมสูงสุดจากทั้งสองภาพ ว่ามีเท่าไร (11) ซึ่งถ้าหากสีที่ปรากฏร่วม

สูงสุดของทั้งสองภาพนั้นเป็นสีเดียวกัน ค่าที่ได้จะเป็นค่า ΔO_{kc} ที่ได้จากสมการ (10) แต่ถ้าต่างสีกันจะได้ค่าเท่ากับศูนย์ และสุดท้าย การวัดความเหมือนของภาพทั้งสอง (12) เป็นการวัดโดยเฉลี่ยระหว่างความเหมือนของฮิสโตแกรม และความเหมือนของสีที่ปรากฏร่วมสูงสุด

เมื่อได้ภาพที่ค้นคืนด้วยกรรมวิธี CCR เรียบร้อยแล้ว ชุดของภาพที่ค้นคืนมาได้ นั้น จะถูกนำมาจัดเรียงใหม่ ด้วยกรรมวิธีการวัดความเหมือน SSIM ซึ่งกรรมวิธีนี้เป็นการวัดความเหมือนของภาพที่ใกล้เคียงกับการมองเห็นของมนุษย์ เนื่องจากการมองเห็นในสายตามนุษย์มักจะมองเห็นสีเป็นกลุ่มของโทนสี อาทิเช่น กลุ่มสีแดง-ส้ม-เหลืองส้ม หรือกลุ่มสี เหลือง-เขียวอ่อน-เขียว มักจะถูกมองอย่างผิวเผินว่าเป็นกลุ่มสีเดียวกัน ซึ่งต่างจากมุมมองของ CCR ที่มองกลุ่มสีใดๆและมีสีที่ปรากฏร่วมกับสีที่พิจารณาเพียงสีเดียว ดังนั้นการใช้กรรมวิธี SSIM เข้ามาช่วยจัดเรียงผลการค้นคืน ย่อมเพิ่มประสิทธิภาพผลการค้นคืนให้ใกล้เคียงกับภาพคำถามมากที่สุด ในมุมมองของสายตามนุษย์



รูปที่ 4 ไลออะแกรมการทำงานการวัดความเหมือนด้วยกรรมวิธี SSIM

กรรมวิธี SSIM จะจำแนกรูปภาพในมุมมองของค่าความสว่างของแสง, ความแตกต่างของสี และพื้นผิวของภาพ เพื่อนำมารวมเป็นดัชนีค่าความเหมือน (SSIM index) ซึ่งกรรมวิธี SSIM นี้ เป็นการวัดเทียบภาพต่อภาพ จึงทำให้เวลาในการคำนวณย่อมสูงขึ้นตามขนาดภาพ จึงไม่เหมาะที่จะใช้ในการค้นคืนเบื้องต้น แต่เหมาะสำหรับการค้นคืนภาพในวงจำกัด

2.3 การทำนายภาพ

หลังจากที่ได้กลุ่มภาพผลการค้นคืน จะทำการหาภาพในช่วงเวลาถัดไปของแต่ละภาพ เพื่อนำภาพเหล่านั้นนำมาใช้เป็นข้อมูลประกอบให้แก่นักอุตุนิยมวิทยาเพื่อใช้ในการพยากรณ์ล่วงหน้าระยะสั้นต่อไป

3. การเตรียมรูปภาพและฐานข้อมูลสำหรับกระบวนการค้นคืน ภาพแผนภูมิอากาศ

3.1 การเตรียมรูปภาพ

ในบทความนี้ ใช้ภาพแผนภูมิอากาศสามชนิด นั่นคือ ภาพ
อุณหภูมิ, ความชื้น และความกดอากาศ โดยใช้ทั้งสิ้นประมาณ 34,000 รูป
(ความถี่ในการเก็บภาพเป็นรายชั่วโมง, มีทั้งสิ้น 16 เดือน ตั้งแต่วันที่ 1
มกราคม ค.ศ. 2007) ภาพแสดงข้อมูลครอบคลุมพื้นที่ทั้งประเทศไทย
ภาพมีขนาด 354 x 614 พิกเซล ภาพแผนภูมิอากาศทั้งสามชนิดจะใช้
สเกลสีที่แตกต่างกันและใช้แทนค่าต่างกัน และเมื่อรวมกันทั้งหมดจะมี
ทั้งสิ้น 50 สี และใช้เป็นคุณลักษณะพื้นฐานของฮิสโตแกรมสี



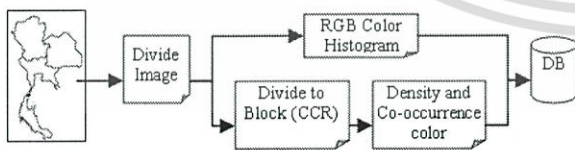
รูปที่ 5 ฮิสโตแกรมสี ทั้ง 50 bins จากภาพทั้งสามชนิด



รูปที่ 6 ตัวอย่างภาพแผนภูมิอากาศทั้งสามชนิด

3.2 การเตรียมฐานข้อมูล

จากรูปที่ 7 แสดงถึงขั้นตอนการเตรียมฐานข้อมูล อันดับแรก
จะนำภาพแผนภูมิอากาศมาแบ่งพื้นที่ที่เป็น 4 ส่วน เพื่อแยกเก็บค่าแต่ละ
ส่วน แทนการเก็บจากทั้งภาพ การทำเช่นนี้เพื่อเพิ่มข้อมูลเชิงตำแหน่ง
ให้แก่ตัวข้อมูล จากนั้นจึงหาค่า ฮิสโตแกรมสี, ค่าประกอบ CCR เช่น
ความหนาแน่นของสี, สีที่ปรากฏร่วมสูงสุด ค่าเหล่านี้จะถูกคำนวณจาก
รูปภาพและเก็บไว้ในฐานข้อมูล และขนาดบล็อกของ CCR จะใช้ขนาด
8x8, 16x16 และ 32x32 ตามลำดับ



รูปที่ 7 ขั้นตอนการเก็บ คุณลักษณะของภาพ ลงสู่ฐานข้อมูล

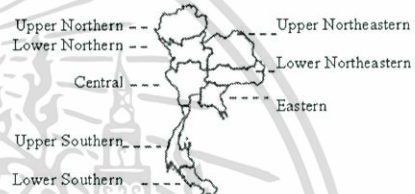
3.3 การประเมินประสิทธิภาพการค้นคืน

ในการประเมินประสิทธิภาพการค้นคืนของระบบ จะใช้การ
หาค่า Average precision ของ แต่ละ recall [8] ดังสมการ

$$\bar{P}(r) = \sum_{i=1}^{N_q} \frac{P_i(r)}{N_q} \quad (13)$$

โดยค่า $\bar{P}(r)$ เป็นค่าเฉลี่ยของ Precision ที่ระดับการ recall ที่ r, N_q คือ
จำนวนภาพคำถามที่ทดสอบ และ $P_i(r)$ คือค่า precision ของแต่ละ recall
ในแต่ละภาพคำถาม

นอกจากนี้ ในการประเมินประสิทธิภาพการค้นคืน
จำเป็นต้องมีการจำแนกประเภทของรูปภาพ ว่าภาพที่ค้นคืนมาได้ นั้น เป็น
ภาพที่เกี่ยวข้อง (relevant) กับภาพคำถามหรือไม่ ดังนั้นวิธีที่เราใช้บ่งชี้
ว่าภาพใดเป็นภาพที่เกี่ยวข้องหรือไม่ จะใช้วิธีแบ่งประเทศไทย
ออกเป็น 8 ส่วน (ดังรูปที่ 8) จากนั้นหาค่าเฉลี่ยของแต่ละพื้นที่แล้วจึงใช้วิธี
เช่น “ต่ำมาก”, “ต่ำ”, “ปรกติ”, “สูง” และ “สูงมาก” แทนค่าเหล่านั้น ดัง
แสดงในตารางที่ 1



รูปที่ 8 บริเวณ 8 ส่วนของพื้นที่ ที่ใช้ในการตีความหมายภาพ

ตารางที่ 1 ความหมายของ วลี ที่ใช้แทนค่าเฉลี่ยในภาพแต่ละชนิด

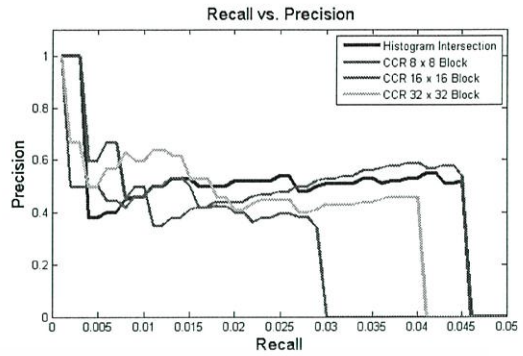
อุณหภูมิ (Celsius)				
ต่ำมาก	ต่ำ	ปรกติ	สูง	สูงมาก
ต่ำกว่า 20	20-24.9	25.29.9	30-35	สูงกว่า 35
ความกดอากาศ (mBar)				
ต่ำมาก	ต่ำ	ปรกติ	สูง	สูงมาก
ต่ำกว่า 990	990-1030	1031-1070	1071-1110	เกิน 1110
ความชื้น (%)				
ต่ำมาก	ต่ำ	ปรกติ	สูง	สูงมาก
ต่ำกว่า 21	21-36.9	37-52.9	53-69	สูงกว่า 69

ซึ่งการตีความหมายในลักษณะนี้ จะทำให้ภาพมีทั้งสิ้น 120 กลุ่ม (มีภาพ
3 ชนิด x 8 ส่วนในแต่ละภาพ x 5 ความหมายในแต่ละส่วน) ดังนั้นภาพ
ใดๆสองภาพ จะสามารถจำแนกได้ว่าเป็นภาพที่เกี่ยวข้องหรือไม่ ให้ดู
ว่าเป็นภาพที่มีความหมายกลุ่มเดียวกันหรือไม่ (อีกนัยหนึ่งคือพื้นที่ที่ทั้ง
แปดส่วนของทั้งสองภาพต้องมีความหมายตรงกันทั้งหมด)

4. ผลการทดลอง

จากการทดลอง ได้ใช้ภาพคำถาม ที่เป็นแผนภาพอุณหภูมิ
ของวันที่ 7 กุมภาพันธ์ ค.ศ. 2007 เวลา 17 นาฬิกา เพื่อทำการค้นคืน ซึ่ง

ในฐานะข้อมูลจะมีภาพที่มีความหมายเดียวกันกับภาพนี้ทั้งสิ้น 568 ภาพ โดยการทดลอง จะค้นคืนด้วยกรรมวิธี CCR ที่ขนาดบล็อกต่างๆ เปรียบเทียบกับการค้นคืนด้วยกรรมวิธี Histogram Intersection อีกทั้งยังแสดงผลการค้นคืนที่มีการจัดเรียงและไม่ได้จัดเรียงโดย SSIM เพื่อแสดงให้เห็นประสิทธิภาพของการใช้ SSIM ร่วมด้วย ซึ่งภาพที่ได้จากการค้นคืนแสดงในตาราง ที่ 2 (ภาพค้นคืนที่เกี่ยวข้องจะแสดงด้วยกรอบสีแดง), ในตารางที่ 3 แสดงค่า Precision ของแต่ละกรรมวิธี และในรูปที่ 9 และ 10 แสดงให้เห็นถึงค่า Recall-Precision ของแต่ละกรรมวิธี ในแบบที่ไม่ได้จัดเรียงโดย SSIM และ แบบที่จัดเรียงโดย SSIM



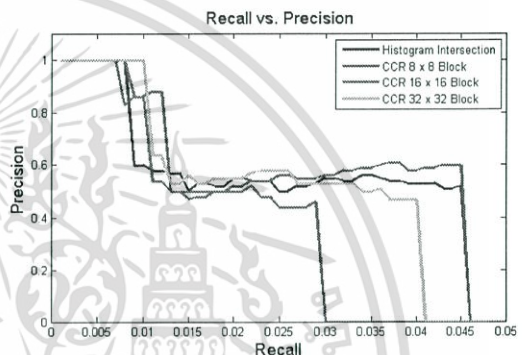
รูปที่ 9 กราฟ Recall-Precision ของการค้นคืน (แผนภาพพฤษภาคม 7 ก.พ. 2007 เวลา 17 น.) ที่ไม่ได้มีการจัดเรียงผลการค้นคืนซ้ำ ด้วย SSIM

ตารางที่ 2 ผลการค้นคืนที่ได้จากกรรมวิธี Histogram Intersection และ CCR ที่ขนาดบล็อกต่างๆกัน

Query Image					
Histogram Intersection					
CCR 8 x 8 Block					
CCR 16 x 16 Block					
CCR 32 x 32 Block					
Histogram Intersection with SSIM					
CCR 8 x 8 Block with SSIM					
CCR 16 x 16 Block with SSIM					
CCR 32 x 32 Block with SSIM					

ตารางที่ 3 ค่า Precision ของแต่ละกรรมวิธี ที่ผลการค้นคืนจำนวน 50 ภาพ

	Histogram Intersection	CCR 8 x 8	CCR 16 x 16	CCR 32 x 32
Normal retrieval	0.54	0.544	0.468	0.52
Sorted by SSIM	0.627	0.657	0.661	0.659



รูปที่ 10 กราฟ Recall-Precision ของการค้นคืน (แผนภาพพฤษภาคม 7 ก.พ. 2007 เวลา 17 น.) ที่มีการจัดเรียงผลการค้นคืนซ้ำ ด้วย SSIM

จากผลการทดลองในส่วนนี้เห็นได้ว่า เมื่อทำการค้นคืนแบบปรกติด้วยกรรมวิธี CCR นั้น ค่า Precision ของ CCR ในขนาดบล็อก 8x8 และ 32 x 32 มีค่าไม่แตกต่างกับการค้นคืนด้วย Histogram Intersection ในขณะที่ขนาดบล็อก 16 x 16 ได้ค่าต่ำกว่าในทางกลับกัน เมื่อทำการจัดเรียงผลการค้นคืนใหม่ จะเห็นได้ว่า ค่า Precision ของกรรมวิธี CCR นั้น มีค่าสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด กล่าวคือ ภาพค้นคืนที่เกี่ยวข้อง จะถูกจัดเรียงอยู่ในลำดับต้นๆ จึงทำให้ค่า Precision เพิ่มขึ้น

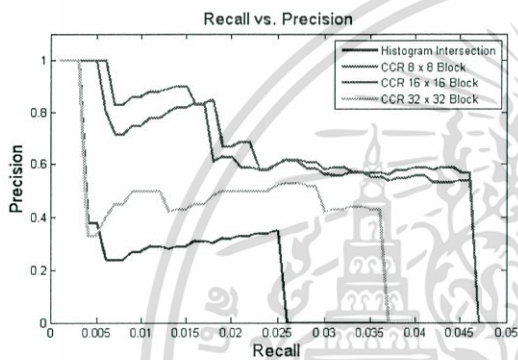
นอกจากนี้ ยังได้ทดลองค้นคืน แผนภาพความชื้นของวันที่ 4 มิถุนายน ค.ศ. 2007 เวลา 10 นาฬิกา (รูปที่ 11) ซึ่งในฐานะข้อมูลจะมีภาพที่มีความหมายเดียวกันนี้ทั้งสิ้น 582 ภาพ โดยค่า Precision ของแต่ละกรรมวิธี แสดงในตารางที่ 4 และผลการค้นคืน จะแสดงในรูปแบบกราฟ Recall-Precision ดังในรูปที่ 12 และ 13 ซึ่งจะเห็นได้ว่า การค้นคืนด้วยกรรมวิธี CCR นี้ ให้ค่า Precision ที่สูงกว่า Histogram Intersection โดย CCR 8 x 8 ให้ค่า precision สูงที่สุดในกลุ่ม



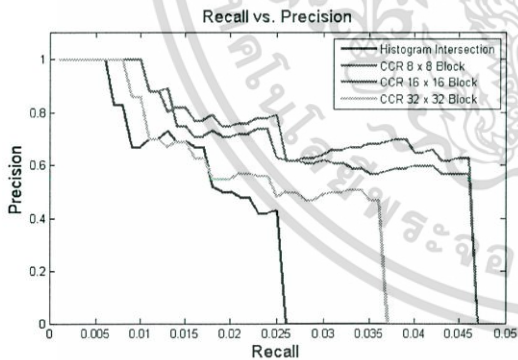
รูปที่ 11 แผนที่ภาพความชื้น เวลา 10 น. ของวันที่ 4 มิ.ย. 2007

ตารางที่ 4 ค่า Precision ของแต่ละกรรมวิธี
ที่ผลการค้นคืนจำนวน 50 ภาพ

	Histogram Intersection	CCR 8 x 8	CCR 16 x 16	CCR 32 x 32
Normal retrieval	0.395	0.712	0.688	0.512
Sorted by SSIM	0.71	0.762	0.75	0.675



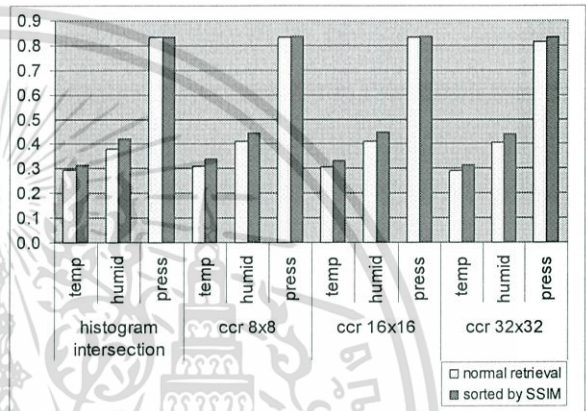
รูปที่ 12 กราฟ Recall-Precision ของการค้นคืน (แผนที่ภาพความชื้น 4 มิ.ย. 2007 เวลา 10 น.) ที่ไม่ได้มีการจัดเรียงผลการค้นคืนซ้ำ ด้วย SSIM



รูปที่ 13 กราฟ Recall-Precision ของการค้นคืน (แผนที่ภาพความชื้น 4 มิ.ย. 2007 เวลา 10 น.) ที่มีการจัดเรียงผลการค้นคืนซ้ำ ด้วย SSIM

ในการทดลองหาค่า Average Precision ของแต่ละกรรมวิธี การค้นคืนนั้น ได้ทำการทดลองโดยการสุ่มเลือกภาพคำถามชนิดละ 100 ภาพ และทำการค้นคืนภาพ เพื่อหาค่า Precision ของแต่ละกรรมวิธี และได้ผลดังแสดงใน รูปที่ 14 และตารางที่ 5 โดยจะเห็นได้ว่า ภาพแต่ละ

ชนิดนั้น ให้ผลการค้นคืนที่แตกต่างกัน โดยแผนภาพอุณหภูมิจะให้ค่า Precision รวมที่ต่ำ เนื่องจากแผนภาพอุณหภูมินั้น มีความเปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงเวลาสูง และมีลักษณะการกระจายตัวของสีไม่เกาะกลุ่มกัน จึงทำให้ค่า Precision ก่อนข้างต่ำ ซึ่งต่างจากแผนภาพความกดอากาศ ที่มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในแต่ละช่วงเวลา และกลุ่มสีมีลักษณะการเกาะตัวกันเป็นกลุ่ม จึงทำให้ค่า precision ในการค้นคืน มีค่าสูง นอกจากนี้ จะเห็นได้ว่า การใช้ CCR 8x8 มีค่า Average Precision สูงกว่ากลุ่มอื่น โดยทั้งนี้ การใช้งาน SSIM ช่วยในการจัดเรียงผลการค้นคืน ทำให้ประสิทธิภาพของการค้นคืนดีขึ้นในทุกประเภท



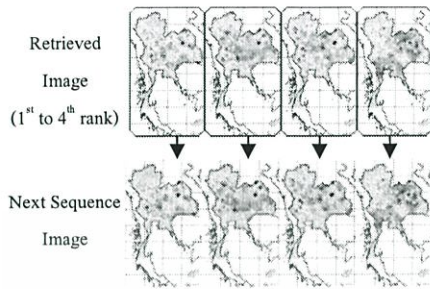
รูปที่ 14 ค่า Average Precision ของการค้นคืน กับภาพแต่ละชนิด

ตารางที่ 5 ค่า Average Precision ของแต่ละกรรมวิธี

Method	Image Type	Average Precision	
		Normal retrieval	Sorted by SSIM
Histogram Intersection	Temp.	0.2923	0.3139
	Humid.	0.3807	0.4203
	Press.	0.8328	0.8336
CCR 8x8	Temp.	0.3081	0.3373
	Humid.	0.4107	0.4441
	Press.	0.8341	0.8364
CCR 16x16	Temp.	0.3063	0.3303
	Humid.	0.4092	0.4455
	Press.	0.8332	0.8362
CCR 32x32	Temp.	0.2885	0.3121
	Humid.	0.4037	0.4390
	Press.	0.8154	0.8312

สุดท้าย, หลังจากทำการค้นคืนภาพแผนภูมิอากาศเสร็จสิ้น จะเป็นการนำเอาภาพภาพถัดไปของแต่ละภาพที่ค้นคืนมาได้ นั้น นำมาเป็นข้อมูลประกอบเพื่อใช้ในการพยากรณ์ระยะสั้น โดยภาพในช่วงเวลาถัดไปของแต่ละภาพดังแสดงในรูปที่ 15 เป็นภาพที่ได้จากการค้นคืนด้วย

ภาพคำถามที่เป็นแผนภาพอุณหภูมิของวันที่ 7 กุมภาพันธ์ ค.ศ. 2007 เวลา 17 นาฬิกา ด้วยกรรมวิธี CCR 16 x 16 บล็อก



รูปที่ 15 ผลการค้นคืนแผนภาพอุณหภูมิ และภาพในช่วงเวลาที่ถัดไปของแต่ละภาพ

5. สรุป

บทความนี้ นำเสนอระบบค้นคืนแผนภาพภูมิอากาศ ที่ผลของการค้นคืนนำมาใช้ประกอบในการพยากรณ์อากาศระยะสั้น โดยใช้ระบบการค้นคืนรูปภาพ ทำการค้นหารูปภาพในอดีตที่มีความใกล้เคียงกับภาพคำถาม โดยมุ่งหวังที่จะได้ข้อมูลสำหรับการพยากรณ์ บนพื้นฐานของข้อมูลในอดีตที่ค้นคืนมาได้ และด้วยการใช้กระบวนการ CCR ทำให้การค้นคืนมีการใช้ข้อมูลเชิงตำแหน่งของสี และ สีที่ปรากฏรวมสูงสุดที่เป็นสิ่งสำคัญสำหรับแผนภาพภูมิอากาศ มาร่วมพิจารณาด้วย นอกจากนี้การเลือก พารามิเตอร์สำหรับ CCR กับภาพแต่ละชนิดนั้น ย่อมส่งผลกระทบต่อผลการค้นคืน เนื่องจากภาพแต่ละชนิดมีรูปแบบการเกาะกลุ่มของสี, ความหลากหลายของสี ที่ไม่เหมือนกัน จากนั้นจึงนำผลการค้นคืนที่ได้มาจัดเรียงใหม่อีกครั้งด้วยกรรมวิธีวัดความเหมือน SSIM เนื่องจากเป็นการวัดความเหมือนที่ใกล้เคียงกับการมองเห็นของมนุษย์ และในท้ายที่สุด ภาพที่เป็นภาพถัดไปของผลการค้นคืนที่เกี่ยวข้อง จะถูกใช้เป็นภาพประกอบการพยากรณ์ล่วงหน้าระยะสั้น

เอกสารอ้างอิง

[1] K. Otsuka, T. Horikoshi, H. Kojima, and S. Suzuki, "Image Sequence Retrieval for Forecasting Weather Radar Echo Pattern," IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems, 2000.

[2] N.A Crook and J.D. Tuttle, "Short-term forecasting of summer precipitation using echo extrapolation, storm characteristics and model output," in Proc. 7th Conf. Aviation, Range and Aerospace Meteorology, 1997, pp.274-278.

[3] M. Swain and D. Ballard, "Color indexing," International Journal of Computer Vision, v.7, 1991, pp. 11-32.

[4] G. Pass and R. Zabith, "Histogram refinement for content based image Retrieval," in Proceedings of IEEE Workshop and Applications of Computer Vision, 1996, pp. 96-102.

[5] Castelman K.R. Digital Image Processing. New Jersey: Prentice-Hall, 1996, pp. 140-145.

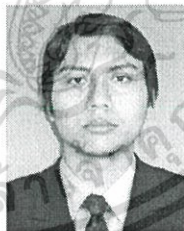
[6] Tae Yong Kim and Joon H. Han, "Partial Image Matching by Measures from Connected Color Regions," IEEE International Conference on Multimedia and Expo (I), 30 July – 2 Aug 2000.

[7] Z. Wang, A. C. Bovik, H. R. Sheikh and E. P. Simoncelli, "Image quality assessment: From error visibility to structural similarity," IEEE Transactions on Image Processing, vol. 13, no. 4, pp. 600-612, Apr. 2004.

[8] R. Baeza-Yates and B. Riberio-Neto, Modern Information Retrieval, Addison-Wesley Inc., United State, 1999.



อรรถกร จิตต์โสภักดิ์ ปัจจุบันเป็น อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความสนใจทางด้าน การประมวลผลภาพ และ มัลติมีเดีย



ปริญญา เรืองจิตรานนท์ จบการศึกษาระดับ ปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ เมื่อปี.ศ. 2547 ปัจจุบัน เป็นเจ้าหน้าที่ระบบคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีสารสนเทศสทรพยากรณ์และการเกษตร สังกัด สวทช. มีความสนใจทางด้าน การประมวลผลภาพ และ ปัญญาประดิษฐ์



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายปริญญา เรืองจิตรานนท์
วัน เดือน ปีเกิด	13 มีนาคม 2523
ที่อยู่	1564 ซ.จรัญสนิทวงศ์ 65 ถ.จรัญสนิทวงศ์ แขวง บางบำหรุ เขตบางพลัด จังหวัด กรุงเทพมหานคร 10700
ประวัติการศึกษา	
2545	ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
2548	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประวัติการทำงาน	
2550 – ปัจจุบัน	ตำแหน่งเจ้าหน้าที่ระบบคอมพิวเตอร์ สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ และการเกษตร (องค์การมหาชน) สังกัดกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้