บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแผนที่ภูมิประเทศ

นิยาม แผนที่ภูมิประเทศ (Topographic Map) หมายถึง แผนที่ซึ่งแสดงสภาพพื้นผิวโลกรูปร่างทั่วไป รวมทั้งความสูงต่ำของพื้นดิน มาตราส่วนที่ใช้ตั้งแต่ 1:25,000 ถึง 1:1,000,000

นิยาม เส้นชั้นความสูง (Contour Line) หมายถึง เส้นที่แสดงไว้ในแผนที่ โดยสมมุติให้เป็นเส้นที่ลากผ่านจุ๋ดที่มีระดับความสูงเท่ากันบนภูมิประเทศ ซึ่งมีอยู่ 4 ประเภทได้แก่

1 . เส้นชั้นความสูงหลัก (Index Contour) มีขนาดหนาและมีสีที่เข้มมากกว่าเส้นชั้นความสูงธรรมดา (เส้นชั้นความสูงรอง) โดยในเส้นชั้นความสูงรอง 5 เส้นจะพบเส้นชั้นความสูงหลัก 1 เส้น โดยมากค่าระดับความสูงจะปรากฏอยู่บนเส้นชั้นความสูงชนิดนี้

2 . เส้นชั้นความสูงรอง (Intermediate Contour) จะมีลักษณะที่เล็กกว่าเส้นชั้นความสูงหลัก โดยจะพบอยู่ระหว่างเส้นชั้นความสูงหลัก จะเป็นเส้นชั้นความสูงย่อยที่แยกมาจากเส้นชั้นความสูงหลัก ทำให้ง่ายในการหาค่าระดับความสูงมากขึ้น เนื่องจากช่วงในการพิจารณาค่าระดับสูงนั้นแคบลง

3 . เส้นชั้นความสูงแทรก (Supplementary Contour) ลักษณะเป็นเส้นประสีน้ำตาล อยู่ระหว่างเส้นชั้นความสูงรอง โดยจะมีค่าครึ่งหนึ่ง ของช่วงชั้นความสูง (ช่วง 10 เมตร ในแผนที่ 1:50,000) จะพบมากในบริเวณที่เป็นพื้นราบ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงค่าความสูงมีน้อย ทำให้ต้องมีเส้นชั้นความสูงแทรก เพื่อจะสังเกตลักษณะความสูงต่ำของภูมิประเทศ

4 . เส้นชั้นความสูง (Depression Contour) ลักษณะเส้นชั้นความสูงที่วงบรรจบกันและมีท่อนสั้น ๆ ขีดไว้แนวตั้งฉากใช้แสดงลักษณะที่เป็นหน้าผา ปลายท่อนจะชี้ไปยังจุดที่ต่ำกว่า

ข้อมูลเกี่ยวกับแผนที่ ตามมาตรฐานสากลแล้วสีที่ใช้ในแผนที่ เพื่อแสดงรายละเอียด ต่าง ๆ มีทั้งหมด 6 สี

1) สีดำ ใช้แสดงรายละเอียดที่เกิดจากแรงงานของมนุษย์ เช่น วัด โรงเรียน ฯลฯ

2) สีแดง ใช้เป็นสัญลักษณ์ที่เป็นถนน

3) สีน้ำเงิน ใช้เป็นสัญลักษณ์ที่เป็นน้ำ เช่น แม่น้ำ ลำคลอง บึง ทะเล ฯลฯ

4) สีน้ำตาล ใช้เป็นสัญลักษณ์ที่เกี่ยวกับความสูงและทรวดทรงของพื้นที่สูง ๆ ต่ำ ๆ

5) สีเขียว ใช้เป็นสัญลักษณ์ที่เกี่ยวกับที่ราบ ป่าไม้ บริเวณที่ทำการเพาะปลูก พืชสวน

6) สีเหลือง ใช้เป็นสัญลักษณ์ที่เกี่ยวกับที่ราบสูง

สำหรับสีอื่น ๆ บางโอกาสอาจใช้สีที่นอกเหนือจากที่กล่าวมาเพื่อแสดงรายละเอียดพิเศษบางอย่าง โดยรายละเอียดเหล่านี้จะมีบ่งไว้ในรายละเอียดของแผนที่

รูปแบบของแผนที่ภูมิประเทศที่ใช้ในงานวิจัย

จากการศึกษาของผู้วิจัยพบว่า แผนที่ภูมิประเทศที่ใช้งานในปัจจุบัน เป็นแผนที่ซึ่งได้มีการผลิตไว้แล้วตั้งแต่ในอดีตจนถึงปัจจุบัน โดยในแต่ละแผนที่จะมีวิธีการผลิตที่เหมือนกันคือ ใช้สีตามหลักมาตรฐานสากลดังที่ได้กล่าวไปแล้ว แต่ทั้งนี้เนื่องจากมาตรฐานดังกล่าวได้กำหนดไว้เฉพาะรายละเอียดหลัก ๆ เท่านั้น จึงทำให้ในแต่ละแผนที่มีรายละเอียดย่อยบางอย่างที่เหมือนหรือแตกต่างกันไป โดยขึ้นอยู่กับการพิจารณาของผู้ผลิตแผนที่นั้น ๆ ยกตัวอย่างเช่น ค่าความเข้มแสงของสีแต่ละสีที่ใช้ควรมีค่าเท่ากับเท่าไหร่ เพราะในแต่ละเฉดสีก็มีสีที่เป็นไปได้มากกว่าหนึ่งหมื่นสี หรือในกรณีรูปแบบของตัวเลขที่ใช้ในการบอกค่าระดับชั้นความสูงก็จะระบุไว้เพียงว่าต้องมีตัวเลขดังกล่าวกำกับไว้ที่เส้นชั้นความสูงหลัก แต่ก็ไม่ได้ระบุให้ชัดเจนว่าต้องอยู่ในรูปแบบอย่างไร ต้องวางอยู่บนเส้นหรือไม่ หรือต้องขนานกับเส้นหรือไม่อย่างไร จากรายละเอียดย่อยที่ยกตัวอย่างไปนั้นและรวมไปถึงรายละเอียดอื่น ๆ อีกหลายประการที่ยังไม่ได้กล่าวถึง ทำให้แผนที่ภูมิประเทศที่ถูกนำมาใช้งานในปัจจุบันมีความหลากหลายและแตกต่างกันออกไป แต่อย่างไรก็ตามเมื่อผู้วิจัยได้ศึกษาและตรวจสอบแล้วจึงพบว่า รายละเอียดย่อยซึ่งแตกต่างกันในแต่ละแผนที่อันจะมีผลกระทบต่อการประมวลผลของคอมพิวเตอร์ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยรายละเอียด 2 ส่วนคือ

1. ความเหมือนของสีที่ใช้ในเส้นชั้นความสูงหลักและรอง ตามหลักมาตรฐานสากลได้กำหนดให้ใช้สีน้ำตาลแทนสีของเส้นชั้นความสูง และยังกำหนดให้สีของเส้นชั้นความสูงหลักมีความเข้มมากกว่าเส้นชั้นความสูงรอง แต่ทั้งนี้ก็ไม่ได้มีการระบุว่าต้องมีความเข้มมากกว่าเท่าไหร่ อาจเป็นเพราะในสมัยแรก ๆ ที่มีการผลิตแผนที่ภูมิประเทศยังเป็นการวาดด้วยมือคนและใช้สีตามธรรมชาติ จึงทำให้จำนวนสีในแต่ละเฉดสียังมีจำนวนไม่มาก ซึ่งแตกต่างจากปัจจุบันที่เมื่อนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการแสดงภาพจะสามารถแสดงผลได้ถึง 16,777,216 สี ดังนั้นปัญหาที่เป็นอุปสรรคสำหรับงานวิจัยนี้และมักพบได้บ่อยที่สุดคือ ปัญหาความใกล้เคียงกันของสีที่ใช้ในเส้นชั้นความสูงหลักและรอง ซึ่งในงานวิจัยนี้จะขอกำหนดความเหมือนของสีโดยใช้การวัดค่าความเข้มแสงระดับเทา ทั้งนี้หากภาพแผนที่ใด ๆ โดยเฉลี่ยทั้งภาพมีค่าความเข้มแสงของเส้นชั้นความสูงรองมากกว่าความเข้มแสงของเส้นชั้นความสูงหลักไม่เกิน 25 ให้ถือว่าภาพดังกล่าวเป็นภาพที่มีสีของเส้นชั้นความสูงหลักและรองเหมือนกัน แต่หากมีค่าดังกล่าวเกินกว่า 25 ให้ถือว่าภาพดังกล่าวเป็นภาพที่มีสีของเส้นชั้นความสูงหลักและรองแตกต่างกัน

2. ขนาดของเส้นชั้นความสูงหลักและรอง ตามหลักมาตรฐานสากลได้กำหนดไว้ว่า ขนาดของเส้นชั้นความสูงหลักควรมีขนาดที่ใหญ่กว่าเส้นชั้นความสูงรอง แต่ทั้งนี้ก็ไม่ได้มีการระบุว่าควรมีขนาดใหญ่มากกว่าเท่าใด และที่สำคัญคือไม่ได้มีการระบุถึงขนาดที่เป็นมาตรฐานของเส้นชั้นความสูงรองเอาไว้ด้วย จึงทำให้แต่ละแผนที่มีขนาดของเส้นชั้นความสูงทั้งหลักและรองแตกต่างกัน ในบางแผนที่อาจจะมีขนาดที่ใหญ่กว่าอย่างเห็นได้ชัด แต่ในขณะที่บางแผนที่ก็มีขนาดที่เท่ากันหรือแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งในงานวิจัยนี้จะขอกำหนดความแตกต่างของขนาดเส้นชั้นความสูงด้วยการวัดจำนวนจุดภาพคือ หากเส้นชั้นความสูงหลักมีจำนวนจุดภาพที่มากกว่าเส้นชั้นความสูงรองไม่เกิน 1.2 เท่า ให้ถือว่าเส้นชั้นความสูงทั้งสองมีขนาดเท่ากัน หรือหากเส้นชั้นความสูงมากกว่า 1.2 เท่า แต่ไม่เกิน 1.5 เท่า ให้ถือว่าเส้นชั้นความสูงทั้งสองมีขนาดใกล้เคียงกัน แต่ถ้าหากเส้นชั้นความสูงหลักมีจำนวนจุดภาพมากกว่าเส้นชั้นความสูงรองเกิน 1.5 เท่า ให้ถือว่าเส้นชั้นความสูงทั้งสองมีขนาดที่แตกต่างกันชัดเจน

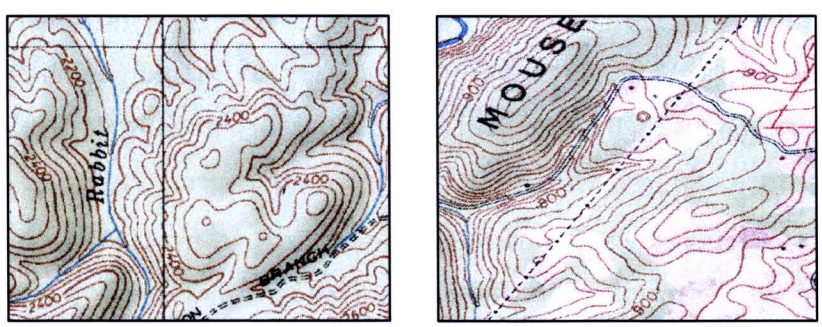
จากรายละเอียดที่แตกต่างกันทั้งสองประการนี้ ผู้วิจัยได้นำมาใช้ในเพื่อแบ่งแยกประเภทของภาพแผนที่ภูมิประเทศที่ได้จากการกราดภาพ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็นทั้งหมด 4 ประเภทคือ

1. แผนที่ภูมิประเทศที่มีสีของเส้นชั้นความสูงหลักและรองเหมือนกัน และมีขนาดของเส้นเท่ากันหรือใกล้เคียง ดังตัวอย่างในภาพที่ 2-1 (ก) และ (ข)

2. แผนที่ภูมิประเทศที่มีสีของเส้นชั้นความสูงหลักและรองเหมือนกัน และมีขนาดของเส้นแตกต่างกันชัดเจน ดังตัวอย่างในภาพที่ 2-1 (ค) และ (ง)

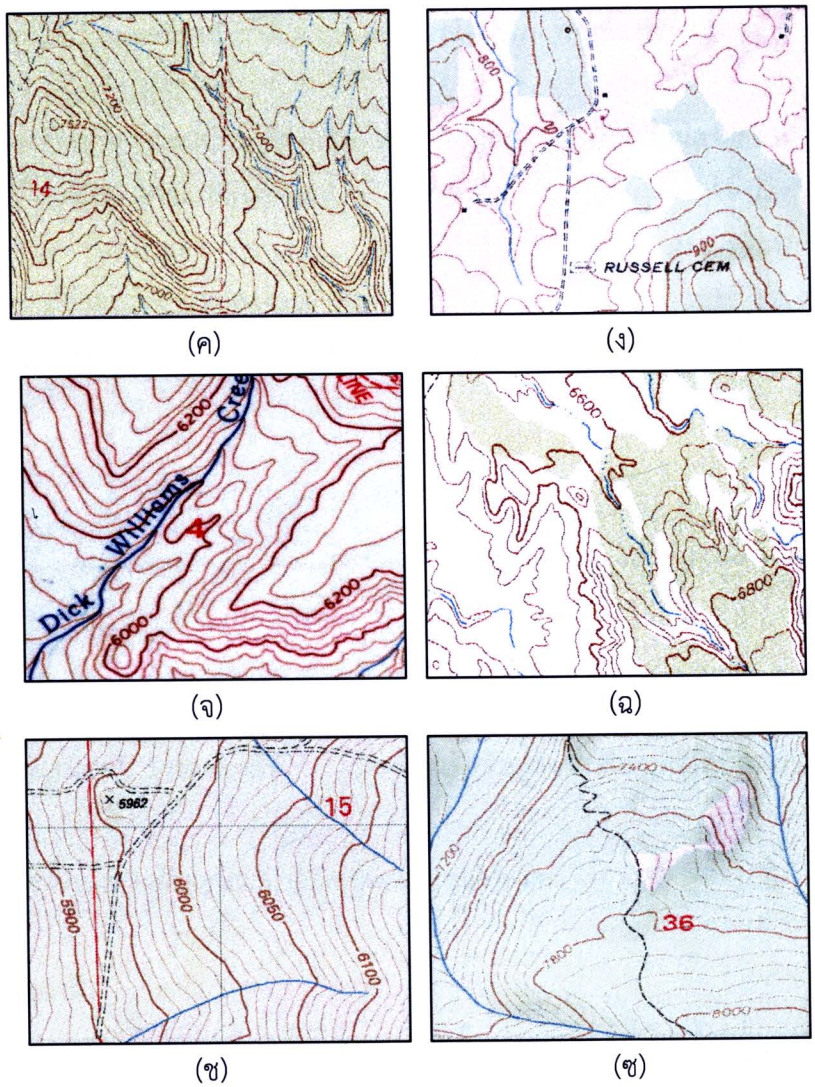
3. แผนที่ภูมิประเทศที่มีสีของเส้นชั้นความสูงหลักและรองไม่เหมือนกัน และมีขนาดของเส้นเท่ากันหรือใกล้เคียง ดังตัวอย่างในภาพที่ 2-1 (จ) และ (ฉ)

4. แผนที่ภูมิประเทศที่มีสีของเส้นชั้นความสูงหลักและรองไม่เหมือนกัน และมีขนาดของเส้นแตกต่างกันชัดเจน ดังตัวอย่างในภาพที่ 2-1 (ช) และ (ซ)



(ก) (ข)

ภาพที่ 2-1 ตัวอย่างแผนที่ภูมิประเทศตามประเภทที่นำเสนอ



ภาพที่ 2-1 ตัวอย่างแผนที่ภูมิประเทศตามประเภทที่นำเสนอ (ต่อ)

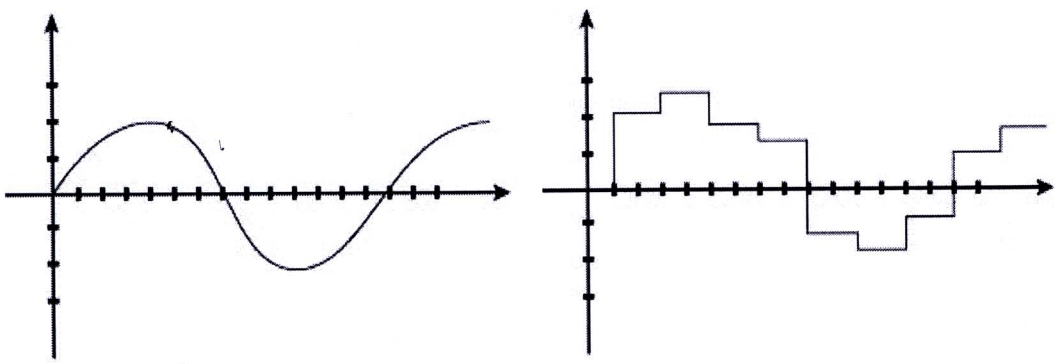
ความรู้พื้นฐานสำหรับภาพดิจิตอล

ภาพดิจิตอล (Digital Image) คือภาพที่เก็บอยู่ในรูปแบบของสัญญาณดิจิตอล (Digital Signal) ภาพที่เรามองเห็นด้วยสายตาทั่วไปนั้นเป็นภาพในลักษณะสามมิติ คือ มีมิติของความกว้าง ความยาว และความลึกหรือความสูง ส่วนภาพถ่ายที่เห็นกันอยู่ในโทรทัศน์หรือเครื่องคอมพิวเตอร์นั้น เป็นการแปลงภาพจากสามมิติมาเป็นสองมิติ โดยการแปลงสัญญาณไฟฟ้าในรูปแบบอนาล็อก (Analog Signal) ยกตัวอย่างเช่น ในกล้องวิดีโอ ตัวรับรู้ (sensor) ที่อยู่ในกล้องจะทำการกราดภาพหรือวัดผลรวมความเข้มแสงที่จุดต่าง ๆ ไปตามแนวกราดที่เรียกว่า Raster Scan การกราดภาพแบบนี้จะมีทิศทางจากบนลงล่าง และจากซ้ายไปขวา ภาพที่ได้จากการกราดภาพนั้นจะเป็นภาพแบบต่อเนื่อง (Continuous) ด้วยความเร็วทั่วไปที่ 24 ภาพต่อวินาที เช่นเดียวกันนี้ในเครื่องรับภาพ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

วิดีโอก็จะรับภาพที่ได้มาจากเครื่องถ่ายวิดีโอ และแสดงผลโดยเริ่มจากบนลงล่างและจากซ้ายไปขวาเช่นเดียวกัน

แต่ภาพที่ได้มาจากระบบอนาล็อกนั้นยังเป็นภาพแบบต่อเนื่อง ที่ยังไม่สามารถนำมาใช้ในการประมวลผลได้ ต้องมาทำการแปลงให้เป็นภาพเชิงตัวเลขเสียก่อนด้วยวิธีการดิจิไตซ์ (Digitization) ซึ่งเป็นการแปลงฟังก์ชันต่อเนื่อง $f(x,y)$ ให้เป็นฟังก์ชันไม่ต่อเนื่อง $g(x,y)$ เพื่อให้นำมาประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ได้ ดังแสดงตัวอย่างในภาพที่ 2-2



ภาพแบบต่อเนื่อง (Continuous) ภาพเชิงตัวเลขจากวิธีการดิจิไตซ์ (Digitization)

ภาพที่ 2-2 ตัวอย่างการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล

มาตรฐานของสี

มาตรฐานของสีที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีหลายระบบด้วยกัน แต่โดยทั่วไปแล้วทุกมาตรฐานจะมีแนวคิดเดียวกันก็คือ การแทนจุดสีด้วยจุดที่อยู่ภายในแนวแกน 3 มิติ โดยจะมีแกนอ้างอิงสำหรับจุดสีนั้นในแนวแกนซึ่งแต่ละแกนจะมีอิสระต่อกัน ตัวอย่างเช่นในระบบ RGB จะมีแกนสีคือ แกนสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ในระบบ HLS จะมีแกนเป็นค่าสี (Hue) ความสว่าง (Lightness) และความบริสุทธิ์ของสี (Saturation)

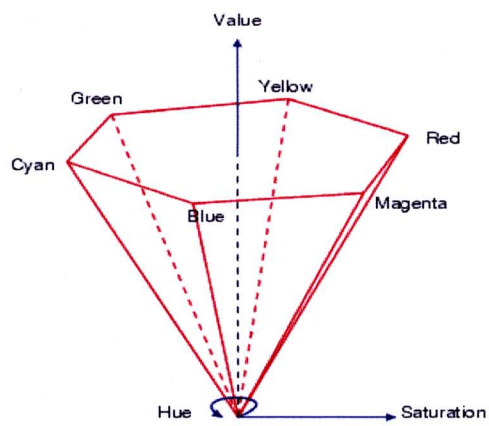
ระบบสี RGB

ระบบสี RGB เป็นระบบสีที่เกิดจากการรวมกันของแสงสีแดง เขียวและน้ำเงิน โดยปกติจะใช้ในจอภาพแบบ CRT (Cathode Ray Tube) และเนื่องจากระบบสี RGB เป็นระบบสีของแสง จึงทำให้ภาพที่ได้ออกมานั้นมีความสมจริงและยังดูสวยงาม ในการใช้งานระบบสี RGB ยังมีการสร้างมาตรฐานที่แตกต่างกันออกไปที่นิยมใช้งานได้แก่ RGB_{CIE} และ RGB_{NTSC}

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 7 ส.ค. 2555
เลขทะเบียน 245665
เลขเรียกหนังสือ

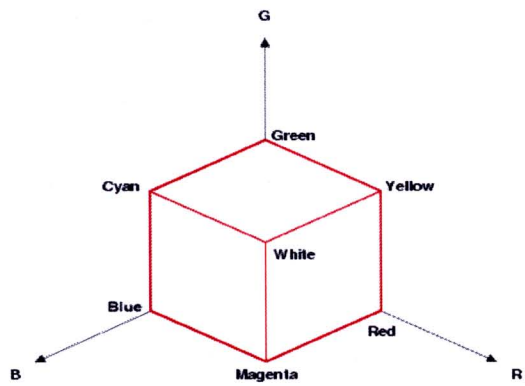
ระบบสีแบบ RGB_{CIE} เป็นระบบสีที่พัฒนาขึ้นโดย Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) ซึ่งอ้างอิงสีด้วยสีแดงที่ 700 nm สีเขียวเท่ากับ 546.1 nm และสีน้ำเงิน 435.8 nm

ระบบสีแบบ RGB ของ NTSC เป็นระบบที่พัฒนาโดย NTSC (National Television System Committee) เพื่อใช้สำหรับการแสดงภาพของจอภาพแบบ CRT เป็นมาตรฐานสำหรับผู้ผลิตแบบ CRT ให้มีลักษณะเดียวกัน



ภาพที่ 2-3 ตัวอย่างมาตรฐานสีในระบบ RGB และ HLS

โมเดลสี หรือ Color Space ประกอบด้วย 3 แม่สีหลัก ได้แก่ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ถ้านำแต่ละแม่สีมาพล็อตกราฟในระดับพิกัดโมเดลสี โดยแต่ละสีมีค่า 0 ถึง 1 (0 แสดงถึงค่า ความมืด และ 1 แสดงถึงความสว่าง) จะได้ภาพการผสมสีทางแสงหรือการบวกแม่สีเข้าด้วยกัน (Additive Primary Color) ดังแสดงไว้ในภาพที่ 2-4



ภาพที่ 2-4 การผสมสีของแม่สี

การประมวลผลภาพ

ทฤษฎี วิธีการปรับปรุงรูปภาพจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ วิธีสปาเชียลโดเมน (Spatial Domain Method) ซึ่งเป็นการประมวลผลกับค่าที่อยู่ในแต่ละจุดภาพนั้นโดยตรง ส่วนอีกหนึ่งวิธีคือ วิธีฟรีเควนซีโดเมน (Frequency Domain Method) ซึ่งเป็นการประมวลผลกับภาพที่ถูกแปลงด้วยวิธีฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์ม (Fourier Transform) ก่อน

นิยาม การประมวลผลข้อมูลภาพ หรือ การประมวลผลภาพ (Image Processing) หมายถึง การจัดการและการวิเคราะห์สารสนเทศของภาพโดยใช้คอมพิวเตอร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ

- ปรับปรุงหรือเพิ่มสารสนเทศของรูปเพื่อการแปลความหมายของมนุษย์ที่ดีขึ้น
- ทำให้รูปนั้น ๆ เปลี่ยนแปลงในทางที่ดีขึ้นเพื่อให้เหมาะสมกับการประมวลผลหรือการรับรู้ด้วยเครื่องจักรอย่างอัตโนมัติ (Autonomous Machine Perception)

ตัวอย่างขั้นตอนวิธีของการจัดการและการวิเคราะห์สารสนเทศของภาพได้แก่ การแปลงภาพ (Image Transformation) การนิยามภาพ (Image Description) การแบ่งภาพและการหาขอบวัตถุในภาพ (Image Segmentation and Edge Detection) การกรองภาพ (Image Filters) การปรับปรุงคุณภาพของภาพ (Image Enhancement) การบีบอัดข้อมูลภาพ (Image compression) และการค้นคืนภาพ (Image Restoration) เป็นต้น

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้น การประมวลผลภาพเชิงตัวเลข หรือที่เรียกสั้น ๆ ว่า การประมวลผลภาพ (Digital Image Processing or Image Processing) คือ การประมวลผลของคอมพิวเตอร์เพื่อเปลี่ยนแปลงธรรมชาติของภาพเชิงตัวเลข ดังนั้นการประมวลผลภาพถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อตอบปัญหาหลัก ๆ เช่น

- การปรับปรุงคุณภาพของภาพ เช่น การเพิ่มความคมชัดให้กับขอบของวัตถุในภาพทำให้ภาพดูสว่างมากขึ้น ดังตัวอย่างในภาพที่ 2-5 (ก) คือ ภาพต้นฉบับ และ เมื่อผ่านขั้นตอนการปรับปรุงภาพโดยการเพิ่มความสว่าง ทำให้ภาพมีความคมชัดมากขึ้นดังที่เห็นในภาพที่ 2-5 (ข)

- การกำจัดสัญญาณรบกวน เมื่อนำภาพดังกล่าวไปผ่านกระบวนการการกำจัดสัญญาณรบกวน ทำให้ได้คืนภาพที่มีความสมบูรณ์เกือบเหมือนจริงดังภาพขวามือ เป็นต้น ซึ่งภาพที่คืนมาได้นั้น จะทำให้การแปลความต่อสารสนเทศที่อยู่บนข้อมูลภาพในปัญหาต่าง ๆ ทำได้ง่ายขึ้น การแบ่งภาพ และการนิยามภาพถือเป็นขั้นตอนสำคัญสำหรับระบบการเรียนรู้ และมองเห็นด้วยเครื่องจักร (Machine Learning and Vision) เพราะขั้นตอนวิธีนี้จะช่วยให้คอมพิวเตอร์หรือเครื่องจักร สามารถประมวลผลกับส่วนต่าง ๆ ที่แบ่งออกมาได้ง่ายขึ้น

(ก) ภาพต้นฉบับ (ข) ภาพหลังการปรับความสว่าง

ภาพที่ 2-5 ตัวอย่างการประมวลผลภาพเบื้องต้น

การแทนข้อมูลภาพในคอมพิวเตอร์

นิยาม ข้อมูลภาพ คือ ค่าความเข้มของแสงในสองมิติ ซึ่งกำหนดโดยฟังก์ชัน $f(x,y)$ เมื่อ x และ y เป็นค่าตำแหน่งเชิงพื้นที่ (Spatial Coordinates) และ $f()$ ณ ตำแหน่ง x และ y คือค่าความเข้ม หรือความสว่างของแสง

นิยาม ข้อมูลภาพเชิงตัวเลข (Digital Image) $f(x,y)$ คือ ข้อมูลภาพซึ่งไม่ต่อเนื่อง (Discrete) ทั้งในด้านค่าตำแหน่งเชิงพื้นที่ และ ความสว่างของแสงในตำแหน่งนั้น ๆ

ในทางคอมพิวเตอร์เราจะแทนข้อมูลภาพ $f(x,y)$ ด้วยแถวลำดับสองมิติชนิดจำนวนเต็ม (2D Integer Array) และ ค่าความสว่างของแต่ละจุดพิกัด (x,y) เราเรียกว่า ค่าระดับเทา หรือ ค่าความเข้มของภาพ สำหรับสมาชิกในแต่ละจุด (x,y) ของแถวลำดับ เราเรียกว่า จุดภาพ

(pixel หรือ pel) ซึ่งย่อมาจาก Picture Element ขนาดของข้อมูลภาพจะกำหนดโดย $M*N$ ดังนั้น เราจึงสามารถเขียนความสัมพันธ์ของข้อมูลภาพเชิงตัวเลข ได้ดังนี้

$$f(x,y)=\begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \cdots & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \cdots & f(1,N-1) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \cdots & f(M-1,N-1) \end{bmatrix} \qquad (2.1)$$

ความเข้มของแสง $f(x,y)$ ณ ตำแหน่ง (x,y) จะขึ้นกับจำนวนของบิต (Bits) ที่ใช้แทนค่าในแต่ละภาพ ยกตัวอย่าง เช่น

- ถ้าใช้ 1 บิต ในการแทนแต่ละจุดภาพ $2^1=2$ จะเรียกว่า ภาพสองระดับ (Binary image)
- ถ้าใช้ 2 บิต ในการแทนแต่ละจุดภาพ $2^2=4$ จะเรียกว่า ภาพระดับเทาสี่ระดับ (Four-leveled grayscale image)
- ถ้าใช้ 3 บิต ในการแทนแต่ละจุดภาพ $2^3=8$ จะเรียกว่า ภาพระดับเทาแปดระดับ (Eight-leveled gray scale image)
- ถ้าใช้ 4 บิต ในการแทนแต่ละจุดภาพ $2^4=16$ จะเรียกว่า ภาพระดับเทาสิบหกระดับ (Sixteen-leveled gray scale image)
- ถ้าใช้ 8 บิต ในการแทนแต่ละจุดภาพ $2^8=256$ จะเรียกว่า ภาพระดับเทาสองร้อยห้าสิบหกระดับ (Gray scale image)

การแทนค่าความเข้มสีบนจุดภาพ โดยในแต่ละจุดนั้นจะมีค่าตัวเลขกำกับ ซึ่งตัวเลขเหล่านี้จะมาจากค่าของแม่สีสามสี R (สีแดง) G (สีเขียว) B (สีฟ้า) ใช้บอกระดับความเข้มของแต่ละเฉดสี หากมีจุดภาพหลาย ๆ จุดมาต่อกันจะกลายเป็นภาพซึ่งมีขนาดเท่ากับ จำนวนจุดภาพด้านกว้างคูณกับจำนวนจุดภาพด้านยาว ยกตัวอย่าง เช่น รูปภาพขนาด 800 x 600 pixels หมายความว่า รูปภาพนี้มีความกว้าง 800 จุดภาพ และมีความยาว 600 จุดภาพ เป็นต้น

วิธีการประมวลผลภาพที่เกี่ยวข้องในงานวิจัย

1) วิธีการแปลงภาพสีแบบRGB เป็นภาพระดับสีเทา (Grayscale image) โดยระดับสีเทาเป็นค่าซึ่งระบุความสว่างหรือความเข้มที่มีค่าตั้งแต่ 0-255 (0 คือระดับเข้มสูงสุด 255 คือระดับสว่างสูงสุด) รวมทั้งพิกัดแนวนอนและแนวตั้ง ซึ่งใช้ระบุตำแหน่งในแถวลำดับภาพ (Image Array) เช่นจากตัวอย่างภาพที่ 2-6 (ก) และ 2-6 (ข) จุดภาพแถวนอนที่ 3 และแนวตั้งที่ 2 ในภาพที่ 2-6 (ข) ซึ่งมีค่าระดับเทาเท่ากับ 40

วิธีการหาค่าระดับเทามีวิธีคิดตามความสว่างของแต่ละแม่สี โดยมีรูปแบบดังสมการที่ 2.2

$$\text{Grayscale image} = \frac{(R+G+B)}{3} \qquad (2.2)$$

หรือ $\text{Grayscale image} = (w_1 * R) + (w_2 * G) + (w_3 * B)$ (2.3)

เมื่อ $w_1 + w_2 + w_3 = 1$ และ $w_1, w_2, w_3 > 0$

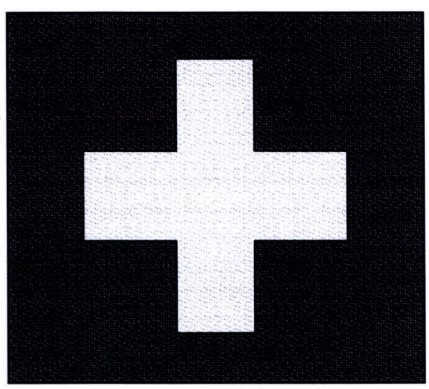
R คือ สีแดง และ w_1 คือค่าน้ำหนักของสีแดง

G คือ สีเขียว และ w_2 คือค่าน้ำหนักของสีเขียว

B คือ สีน้ำเงิน และ w_3 คือค่าน้ำหนักของสีน้ำเงิน

แต่จากการศึกษาพบว่าการเฉลี่ยค่าของแม่สีทั้งสามตามสมการที่ 2.2 ซึ่งเป็นวิธีการที่ง่ายที่สุด จะได้ภาพระดับสีเทาซึ่งไม่ตรงตามที่สายตาของมนุษย์มองเห็น ดังนั้นเพื่อให้ได้ภาพระดับสีเทาที่มีความใกล้เคียงกับการมองเห็นของมนุษย์มากที่สุด จึงได้มีการศึกษาและทดลองจนพบว่าค่าน้ำหนักในแต่ละสีที่เหมาะสมนั้นมีค่าดังสมการที่ 2.4

$$\text{Grayscale image} = (0.299 * R) + (0.587 * G) + (0.114 * B) \qquad (2.4)$$



(ก)

40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
40	40	40	40	200	200	40	40	40	40
40	40	40	40	200	200	40	40	40	40
40	40	200	200	200	200	200	200	40	40
40	40	40	40	200	200	40	40	40	40
40	40	40	40	200	200	40	40	40	40
40	40	40	40	40	40	40	40	40	40

(ข)

ภาพที่ 2-6 การแทนค่าจุดภาพในภาพระดับสีเทา

2) การแปลงภาพสีให้เป็นภาพสองระดับ (Binarization) เป็นกระบวนการแปลงภาพที่มีความเข้มหลายระดับ (Multilevel Image) ให้มีการแสดงผลแค่ 2 ระดับ ซึ่งค่าที่จะใช้แสดงผลขึ้นอยู่กับจำนวนบิตที่ใช้จัดเก็บภาพนั้น ๆ ดังแสดงไว้ในสมการที่ 2.5 ทั้งนี้ส่วนใหญ่แล้วมักจะใช้การแทนค่าด้วย 0 และ 1 หรือ 1 บิต (bit) โดย 1 แทนด้วยจุดที่มีภาพสีขาว และ 0 แทนด้วยจุดที่มีภาพสีดำ ซึ่งจะถูกเรียกว่า ภาพสองระดับ (Binary Image)

$$D = \begin{cases} 0, & \text{ถ้า } I < T \\ 2^{B} - 1, & \text{กรณีอื่น ๆ} \end{cases} \qquad (2.5)$$

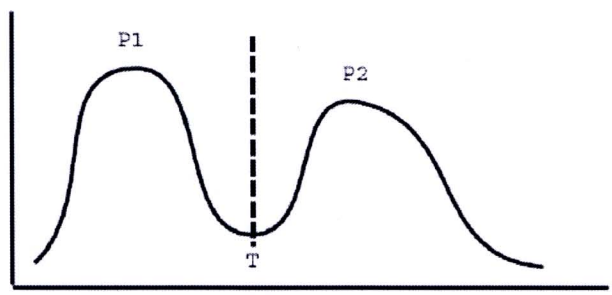
เมื่อ B คือ จำนวนบิตของระบบภาพ

I คือ ค่าความเข้มแสงของจุดภาพ ณ ตำแหน่งที่กำลังพิจารณา

D คือ ค่าความเข้มแสงของจุดภาพในตำแหน่งเดียวกันหลังพิจารณา

T คือ ค่าขีดแบ่ง (Threshold)

วิธีการกำหนดขีดแบ่ง (Thresholding Technique) ตามสมการที่ 2.5 เป็นวิธีการกำหนดค่าขีดแบ่งแบบค่าเชิงเดี่ยว (Single Threshold) คือการพิจารณาจุดภาพแต่ละจุดในภาพ ว่าจุดใดควรจะเป็นจุดขาว หรือจุดใดควรจะเป็นจุดดำ โดยจะทำการเปรียบเทียบค่าของแต่ละจุดภาพ (f(x,y)) กับค่าคงที่ซึ่งเรียกว่า "ค่าขีดแบ่ง" หากค่าจุดภาพจุดใด ๆ ที่มีค่าน้อยกว่าค่าขีดแบ่งที่กำหนดไว้ จะถูกกำหนดเป็น 1 (จุดขาว) และถ้าค่าของจุดภาพใด ๆ มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าขีดแบ่งจะถูกกำหนดให้เป็น 0 (จุดดำ) สำหรับเทคนิคนี้นิยมใช้กันมากในกรณีที่ความเข้มแสงของบริเวณที่เป็นวัตถุ (Object) ที่สนใจ และบริเวณที่เป็นฉากหลัง (Background) มีความแตกต่างกันพอประมาณ ซึ่งค่าขีดแบ่งที่เลือกใช้นั้น จะต้องสามารถแบ่งฉากหลังและวัตถุออกจากกันได้เป็นอย่างดี ดังแสดงไว้ในภาพที่ 2-7



ภาพที่ 2-7 แสดงฮิสโตแกรมที่วัตถุและพื้นหลังมีค่าความเข้มแสงแยกออกจากกัน

สำหรับวิธีการกำหนดค่าขีดแบ่งแบบค่าเชิงเดี่ยวที่ใช้ในการแปลงภาพสีให้เป็นภาพสองระดับนั้น สามารถทำได้โดยการกำหนดค่าขีดแบ่งของผู้ใช้งานเองหรือใช้วิธีการของออตสุ (Otsu's Thresholding Method) ก็ได้ ซึ่งหลักการเลือกค่าขีดแบ่งของออตสุนั้นคือ จะต้องเป็นค่าที่สามารถทำให้ฮิสโตแกรมทั้งสองกลุ่มมีการกระจายตัวน้อยที่สุด แต่การเปลี่ยนรูปร่างของฮิสโตแกรมทั้งสอง

ยอดในภาพที่ 2-7 นั้น ในทางปฏิบัติแล้วไม่สามารถทำได้ แต่สามารถเปลี่ยนลักษณะการกระจายตัวของทั้งสองยอดได้ด้วยการใช้ค่าขีดแบ่งเป็นตัวแบ่ง นั่นคือถ้าหากเพิ่มค่าดังกล่าว จะทำให้การกระจายตัวของยอดหนึ่งลดลงและการกระจายตัวของอีกยอดหนึ่งเพิ่มขึ้น ซึ่งเป้าหมายของออตสุ คือ การเลือกค่าขีดแบ่ง ที่ทำให้ "การกระจายตัวรวม" ของทั้งสองยอดมีค่าต่ำที่สุด การกระจายตัวรวมของทั้งสองยอดนั้นสามารถวัดได้โดยความแปรปรวนภายในกลุ่มรวมกัน (Within-class variance, σ^2_{Within}) ซึ่งมีค่าเท่ากับผลรวมของความแปรปรวน (Variance) คูณกับจำนวนจุดภาพของแต่ละกลุ่ม และสมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้วัดการกระจายตัวรวมของทั้งสองกลุ่มนั้น แสดงไว้ในสมการที่ 2.6

$$\sigma^2_{Within}(T) = n_D(T)\sigma^2_D(T) + n_B(T)\sigma^2_B(T) \qquad (2.6)$$

เมื่อ T คือ ค่าขีดแบ่งที่ใช้แบ่งทั้งสองบริเวณออกจากกัน

$\sigma^2_D(T)$ คือ ความแปรปรวนของบริเวณด้านมืด

$\sigma^2_B(T)$ คือ ความแปรปรวนของบริเวณด้านสว่าง

$n_D(T)$ คือ จำนวนจุดภาพทั้งหมดของบริเวณด้านมืด (Dark area) ที่มีค่าความเข้มแสงตั้งแต่ 0 จนถึงค่าความเข้มแสงเท่ากับ T-1 ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.7

$$n_D(T) = \sum_{I=0}^{T-1} p(i) \qquad (2.7)$$

เมื่อ p(i) คือ จุดภาพที่ i ในพิกัดภาพ

$n_B(T)$ คือ จำนวนจุดภาพทั้งหมดของด้านสว่าง (Bright Area) ที่มีค่าความเข้มแสงตั้งแต่ T จนถึงค่าความเข้มแสงเท่ากับค่าสูงสุดคือ 2^B-1 เมื่อ B คือจำนวนบิตของระบบภาพ ซึ่งถ้าเป็นระบบทั่วไปที่ เป็นระบบภาพ 8 บิต พจน์ 2^B-1 จะมีค่าเท่ากับ 255 และจำนวนจุดภาพทั้งหมดของด้านสว่างสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.8

$$n_B(T) = \sum_{I=T}^{2^B-1} p(i) \qquad (2.8)$$

ค่าขีดแบ่งที่เหมาะสมสามารถหาได้ด้วยสมการที่ 2.6 โดยให้เลือกค่าขีดแบ่งที่ทำให้พจน์ดังกล่าวมีค่าน้อยที่สุด อย่างไรก็ตามการคำนวณสมการที่ 2.7 กับค่าขีดแบ่งทุกค่าที่เป็นไปได้นั้นมีความยุ่งยากมาก เนื่องจากจะต้องคำนวณความแปรปรวนของแต่ละบริเวณ ทั้งบริเวณที่มืดและสว่างของค่าขีดแบ่งทุกค่า ซึ่งสามารถเลือกค่าขีดแบ่งที่เหมาะสมได้ด้วยวิธีการที่ง่ายกว่านั้น นั่นคือ ถ้าหากนำค่าความแปรปรวนภายในกลุ่มรวมกันมาลบออกจากค่าความแปรปรวนรวม ก็จะได้ 2 พจน์ที่ออตสุ

เรียกว่า ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม (Between-class variance, $\sigma^2_{Between}$) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.9

$$\sigma^2_{Between} = \sigma^2 - \sigma^2_{Within} \quad (2.9)$$

หรือ $$\sigma^2_{Between} = n_D(T)[\mu_D(T) - \mu]^2 + n_B(T)[\mu_B(T) - \mu]^2 \quad (2.10)$$

เมื่อ $\sigma^2_{Between}$ คือ ความแปรปรวนรวมของทั้งฮิสโตแกรม

μ คือ ค่าเฉลี่ยรวม μ_D คือ ค่าเฉลี่ยด้านมืด μ_B คือ ค่าเฉลี่ยด้านสว่าง

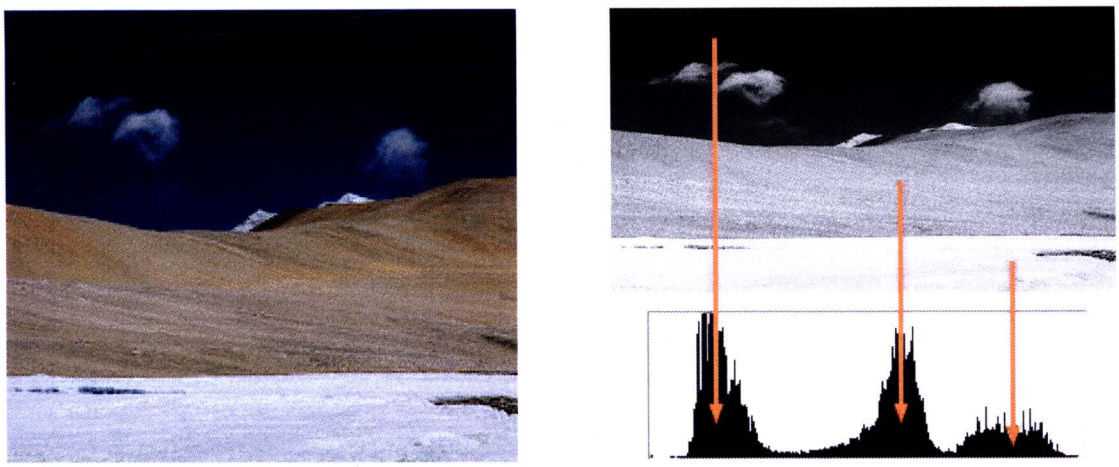
จากสมการข้างต้นจะสังเกตเห็นว่า ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม ซึ่งก็คือ ผลบวกถ่วงน้ำหนักของผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละบริเวณกับค่าเฉลี่ยรวมของทั้งฮิสโตแกรม ซึ่งค่าเฉลี่ยของทั้งฮิสโตแกรมก็คือ ผลบวกถ่วงน้ำหนักของค่าเฉลี่ยของแต่ละบริเวณและสามารถเขียนได้ดังสมการที่ 2.11

$$\sigma^2_{Between} = n_D(T)\mu_D(T) + n_B(T)\mu_B(T) \quad (2.11)$$

เมื่อแทนค่าของสมการที่ 2.11 ลงไปในสมการที่ 2.10 แล้วทำการจัดพจน์ใหม่ จะพบว่าเราสามารถคำนวณความแปรปรวนระหว่างกลุ่มได้ง่ายขึ้นดังสมการที่ 2.12

$$\sigma^2_{Between} = n_D(T)n_B(T)[\mu_D(T) - \mu_B(T)]^2 \quad (2.12)$$

เมื่อเปรียบเทียบอย่างง่าย ๆ ระหว่างสมการที่ 2.12 และสมการที่ 2.6 ซึ่งเป็นการคำนวณค่าความแปรปรวนระหว่างกลุ่มและการคำนวณความแปรปรวนภายในกลุ่มรวมกันตามลำดับ จะพบว่า สมการทั้งสองสามารถนำไปใช้หาค่าขีดแบ่งได้อย่างอัตโนมัติ และให้ค่าขีดแบ่งที่เท่ากัน จะพบว่า สมการที่ 2 เป็นการคำนวณที่เปรียบเสมือนดัชนีวัดการกระจายตัวของแต่ละบริเวณรวมกัน ซึ่งถ้ามีค่าสูงแสดงว่า สมาชิกที่อยู่ในแต่ละบริเวณจะมีการกระจายตัวออกห่างไปจากค่าเฉลี่ยมาก ซึ่งไม่เป็นการดี เนื่องจากความเข้มแสงของบริเวณเดียวกันควรจะใกล้เคียงกันให้มากที่สุด ดังนั้นในการใช้สมการที่ 2.6 เพื่อหาค่าขีดแบ่งแบบอัตโนมัตินั้น จะต้องเลือกค่าขีดแบ่งที่ทำให้ผลการคำนวณตามสมการมีค่าน้อยที่สุด ในขณะที่สมการที่ 2.12 ซึ่งเป็นการคำนวณที่เปรียบเสมือนการวัดระยะห่างในฮิสโตแกรมระหว่าง 2 บริเวณหรือ 2 ยอด ซึ่งหากค่าที่ได้มีค่าสูงเท่าใดก็ยิ่งดีเท่านั้น ดังนั้นในการใช้สมการที่ 2.12 เพื่อหาค่าขีดแบ่งแบบอัตโนมัตินั้น จะต้องเลือกค่าขีดแบ่งที่ทำให้ผลการคำนวณตามสมการมีค่ามากที่สุด



(ก) (ข)

ภาพที่ 2-8 ภาพตัวอย่างและการพล็อตฮิสโตแกรม

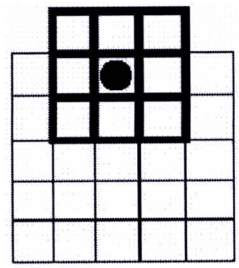
3) ฮิสโตแกรม (Histogram) คือ มาตรวัดที่ใช้ในการบอกการกระจายของค่าระดับเทาในภาพทั้งภาพ โดยการนำภาพสีระบบ RGB ที่มีอยู่มาทำการแปลงค่าของสีภาพเป็นระดับเทาเพื่อนำมาทำการวิเคราะห์ ซึ่งการวิเคราะห์จากฮิสโตแกรมนี้จะได้ผลออกมาเป็นกราฟแท่งที่บอกความสว่างในแต่ละช่วงของภาพ ตัวอย่างเช่น ภาพที่ 2-8 (ก) จะเป็นภาพระบบ RGB เมื่อทำการเปลี่ยนเป็นภาพระดับสีเทา และพล็อตเป็นกราฟฮิสโตแกรม จะกลายเป็นภาพที่ 2-8 (ข)

จากภาพที่ 2-8 (ข) จะเห็นได้ว่าเมื่อทำการพล็อตกราฟออกมาแล้ว ในบริเวณช่วงแท่งกราฟช่วงแรกจะมีปริมาณความเข้มสูงและหนาแน่น เนื่องจากเป็นบริเวณสีของท้องฟ้าที่มีความทึบของสีฟ้าและถัดมาเป็นช่วงของภูเขาที่มีพื้นที่มาก แต่ความเข้มของระดับเทาน้อยกว่าช่วงของท้องฟ้า และสุดท้ายช่วงของพื้นที่มีระดับความสว่างและพื้นที่ค่อนข้างน้อยจึงมีปริมาณแท่งน้อยกว่าทั้งสองกลุ่ม

4) การกรองภาพเพื่อกำจัดสัญญาณรบกวน เป็นการปรับปรุงภาพแบบวิธีสปาเชียลโดเมน ที่มีจุดประสงค์เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวน โดยกระบวนการที่ทำกับสปาเชียลโดเมนสามารถแทนด้วยสมการคณิตศาสตร์ดังในสมการที่ 2.13

$$g(x,y) = T(f(x,y)) \qquad (2.13)$$

โดยที่ f(x,y) เป็นรูปภาพที่รับเข้ามา g(x,y) เป็นภาพที่ได้ประมวลผลแล้ว และ T คือกระบวนการที่ทำกับ f โดยทำกับจุดข้างเคียงของ (x,y) โดยการที่จะนำจุดข้างเคียงมาประมวลผลด้วยสามารถทำได้โดยใช้ภาพสี่เหลี่ยม หรืออาจจะเรียกว่า หน้ากาก(mask) หรือหน้าต่าง(window) มาครอบกับภาพที่รับเข้ามา และให้จุดกึ่งกลางของหน้าต่างอยู่ที่จุด (x,y) ดังภาพที่ 2-9



ภาพที่ 2-9 การใช้หน้าต่างครอบภาพที่รับเข้ามา

ขั้นตอนการกรองภาพด้วยวิธีเลือกค่ามัธยฐาน (Median Filter)

สำหรับการกรองภาพด้วยวิธีเลือกค่ามัธยฐาน เป็นการแทนค่าจุดภาพที่พิจารณาด้วยการนำจุดข้างเคียงมาประมวลผล โดยใช้การเรียงลำดับค่าทั้งหมดที่อยู่ในหน้ากาก แล้วนำค่าที่อยู่ตรงกลางของข้อมูล (median) มาแทนค่า ดังแสดงตัวอย่างในภาพที่ 2-10 (ก) ซึ่งเป็นภาพต้นฉบับที่มีขนาด 5x5 เมื่อนำหน้ากากขนาด 3x3 มาครอบโดยให้จุดภาพที่พิจารณาอยู่ที่จุดกึ่งกลางของหน้าต่าง โดยจุดภาพที่อยู่บริเวณขอบจะไม่ทำการพิจารณา ดังภาพที่ 2-10 (ข) จากนั้นนำค่าตัวเลขทั้งหมดที่อยู่ภายในหน้ากากมาเรียงลำดับ ซึ่งจากรูปจะได้ตัวเลขทั้งหมด 9 ตัว ได้แก่ 8, 9, 10, 10, **10**, 15, 15, 20, 45 และค่าที่อยู่ตรงกลาง (ตำแหน่งที่ 5) คือ 10 ดังนั้นจึงนำค่าดังกล่าวไปแทนค่าในตำแหน่งของจุดภาพที่พิจารณา จากนั้นให้ทำการเลื่อนหน้ากากไปยังตำแหน่งใหม่ดังภาพที่ 2-10 (ค) และดำเนินการซ้ำแบบเดิมจนครบทุกจุดภาพ จึงถือเป็นการจบขั้นตอนการกรองภาพ

45	10	15	8	9
10	10	15	9	8
20	9	8	10	12
20	25	10	28	30
25	25	30	27	25

(ก)

45	10	15	8	9
10	**10**	15	9	8
20	9	8	10	12
20	25	10	28	30
25	25	30	27	25

(ข)

45	10	15	8	9
10	**10**	15	9	8
20	9	8	10	12
20	25	10	28	30
25	25	30	27	25

(ค)

ภาพที่ 2-10 ตัวอย่างขั้นตอนสำหรับการกรองภาพด้วยวิธีค่ามัธยฐาน

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

มอร์โฟโลยีทางคณิตศาสตร์

มอร์โฟโลยี (Morphology) มาจากรากศัพท์ทางชีววิทยา ซึ่งหมายถึงการศึกษาถึงรูปแบบและโครงสร้างของทั้งพืชและสัตว์ ดังนั้นถ้าเราจะนำคำว่า "มอร์โฟโลยี" มารวมกับ "คณิตศาสตร์" ก็จะหมายถึงการนำหลักการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการศึกษารูปแบบและโครงสร้างของวัตถุหรือสิ่งของอย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งคณิตศาสตร์ที่ใช้ในกระบวนการมอร์โฟโลยี คือ ทฤษฎีเซต (Set Theory)

บทนิยามเบื้องต้นของมอร์โฟโลยีทางคณิตศาสตร์

ถ้าเรากำหนดเซต A และ B เป็นเซตที่อยู่ในมิติ 2 มิติ โดยกำหนดให้ $a=(a_1,a_2)$, $b=(b_1,b_2)$ และ $x=(x_1,x_2)$ นิยามพื้นฐานของมอร์โฟโลยีทางคณิตศาสตร์ที่สำคัญมีดังนี้

1. ทรานสเลชั่น (Translation) เป็นการย้ายตำแหน่งของจุดภาพในเซต A โดยสเกลาร์ $x=(x_1,x_2)$ เขียนแทนด้วย $(A)_x$ นิยามไว้ดังนี้

$$(A)_x=\{c \mid c=a+x;a\in A\} \tag{2.14}$$

2. รีเฟล็กชั่น (Reflection) ของเซต B เขียนแทนด้วย $\hat{B}$ นิยามไว้ดังนี้

$$\hat{B}=\{x \mid x=-b;b\in B\} \tag{2.15}$$

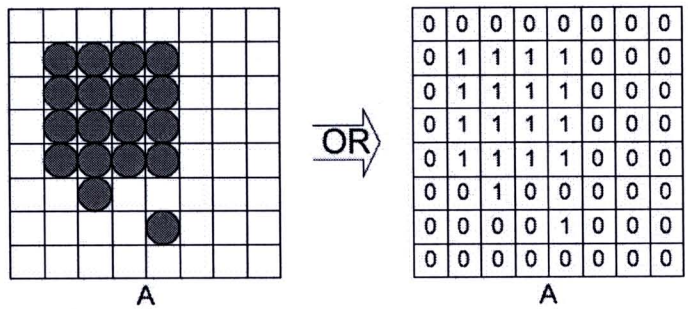
3. คอมพลีเมนต์ (Complement) ของเซต A เขียนแทนด้วย A^c นิยามไว้ดังนี้

$$A^c=\{x \mid x\notin A\} \tag{2.16}$$

4. ผลต่างของเซต A และ B (Difference) เขียนแทนด้วย A-B นิยามไว้ดังนี้

$$A-B=\{x \mid x\in A, x\notin B\} \tag{2.17}$$

โดยทั่วไปหลักการพื้นฐานของมอร์โฟโลยีทางคณิตศาสตร์ จะเป็นการพิจารณาเฉพาะจุดภาพที่เป็นตัวเนื้อข้อมูลเท่านั้น ซึ่งนั่นก็คือ ถ้าเรากำลังสนใจภาพ 2 ระดับ การทำมอร์โฟโลยีก็จะเป็นการพิจารณาเฉพาะกลุ่มของจุดภาพดำซึ่งเป็นตัวเนื้อข้อมูลเท่านั้น ส่วนกลุ่มของจุดภาพขาวที่เป็นภาพพื้นหลัง ที่ไปปรากฏอยู่บนตัวอักษรจะไม่นำมาพิจารณา มอร์โฟโลยีทางคณิตศาสตร์มีรูปแบบในการทำงานที่สำคัญคือ ไดเลชั่น อีรอชั่น โคลส์ชิง และโอเพนนิง

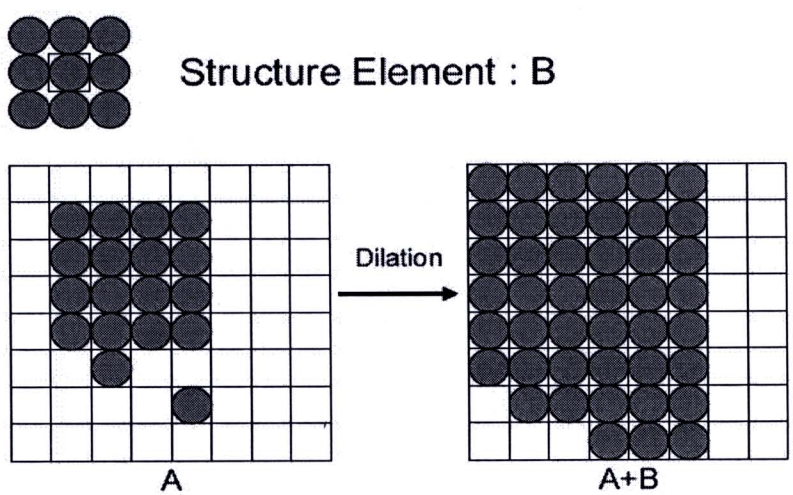


ภาพที่ 2-11 ตัวอย่างจุดภาพในเมตริกซ์ 2 มิติ

ไดเลชั่น (Dilation) มีเครื่องหมาย (+) เป็นสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ไดเลชั่นเป็นการศึกษาพฤติกรรมของภาพ เพื่อทำการเพิ่มจำนวนจุดภาพดำบนภาพ โดยการพิจารณาร่วมกันระหว่างเซตของจุดภาพ A และสตรักเจอร์อิลิเมนต์ (Structure Element : B) ซึ่งเซตทั้งสองเมื่อนำมาทำการไดเลชั่นกันจะเป็นไปตามความสัมพันธ์ของนิยามที่ 2.18

$$A + B = \{x \mid (\hat{B})_x \cap A \neq \varnothing\} \qquad (2.18)$$

การทำไดเลชั่นระหว่างเซต A กับ B จะเป็นการขยายขนาดของกลุ่มจุดภาพดำในเซต A ให้มีขนาดกว้างขึ้น ส่งผลให้ช่องไฟระหว่างกลุ่มจุดดำมีขนาดแคบลง หรือบางครั้งก็อาจทำให้กลุ่มของจุดภาพดำสองกลุ่มที่อยู่ใกล้ชิดกันเชื่อมติดถึงกันได้ ตัวอย่างของการทำไดเลชั่นดังภาพที่ 2-12



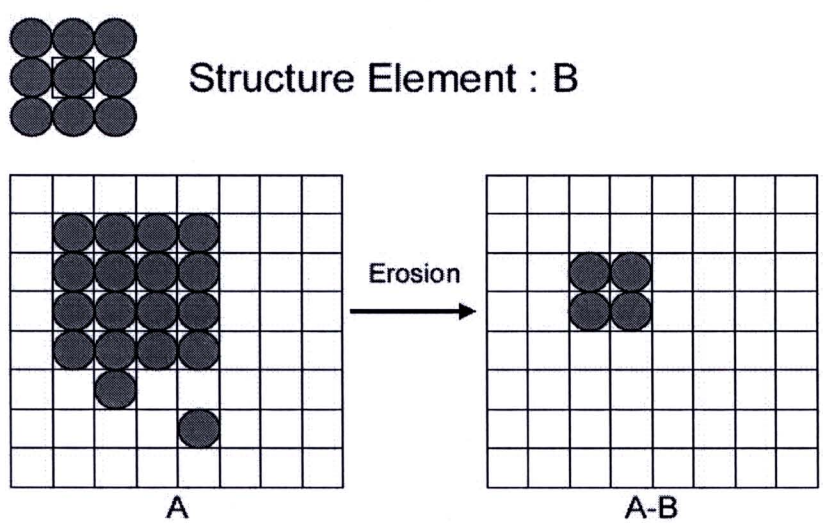
ภาพที่ 2-12 ตำแหน่งจุดภาพเริ่มต้นของเซต A, เซต B และการไดเลชั่นของเซต A+B

อีรอชั่น (Erosion) มีเครื่องหมาย (-) เป็นสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ อีรอชั่นเป็นการศึกษาพฤติกรรมของภาพ เพื่อทำการลดจำนวนจุดภาพดำบนภาพ การลดจุดภาพดำจะต้องพิจารณาประกอบกันระหว่างเซตจุดภาพกับสตรักเจอร์อิลิเมนต์ โดยจะเป็นไปตามความสัมพันธ์ของนิยามที่ 2.19

$$A - B = \{x \mid (B)_x \subseteq A\} \qquad (2.19)$$

จากนิยามที่ (2.15) ผลของการทำอีรอชั่นระหว่างเซต A กับ B จะทำให้เราได้คำตอบเป็น x อยู่ในแนวแกน 2 มิติ โดย x จะต้องเป็นซับเซตของเซต A

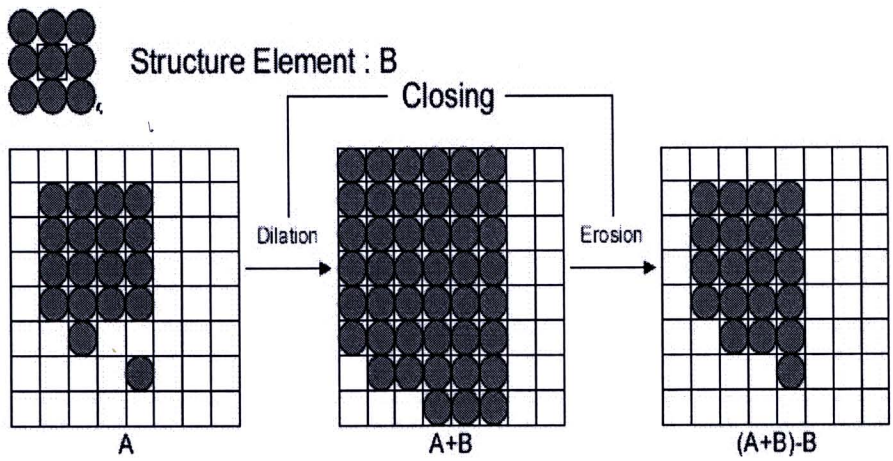
นอกจากการอีรอชั่นจะเป็นการลดจำนวนของจุดดำบนข้อมูลภาพแล้ว การทำอีรอชั่นยังจะทำให้ขนาดของช่องไฟระหว่างกลุ่มของจุดภาพดำแต่ละกลุ่มมีขนาดใหญ่มากขึ้น นั่นคือกลุ่มของจุดภาพดำแต่ละกลุ่มจะแยกจากกันอย่างชัดเจน นอกจากนี้ถ้ากลุ่มของจุดภาพดำมีขนาดเล็กมาก กลุ่มจุดภาพดำนั้นก็จะถูกขจัดออกจากภาพเอกสารนั้นไปโดยอัตโนมัติเมื่อผ่านกระบวนการทำ อีรอชั่น ตัวอย่างของการทำอีรอชั่นดังภาพที่ 2-13



ภาพที่ 2-13 ตำแหน่งจุดภาพเริ่มต้นของเซต A, เซต B และการอีรอชั่นของเซต A-B

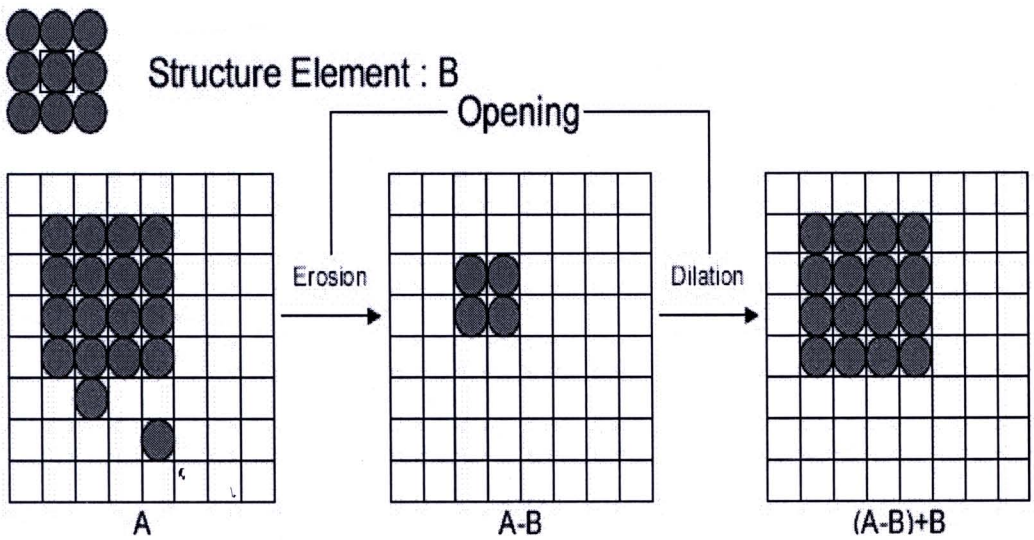
โคลส์ชิง (Closing) เป็นการแปลงมอร์โฟโลยีทางคณิตศาสตร์ที่เริ่มจากการไดเลชั่นเมื่อเสร็จแล้วตามด้วยการทำอีรอชั่นเท่ากับจำนวนครั้งของการทำไดเลชั่น นั่นก็คือ การทำโคลส์ชิงจะเป็นการเพิ่มจำนวนจุดภาพดำลงไปในภาพก่อน จากนั้นค่อยทำการกัดเซาะขอบของจุดภาพดำเหล่านี้ออกไปโดยใช้สตรักเจอร์อิลิเมนต์ จากที่กล่าวมาการทำโคลส์ชิงมอร์โฟโลยีก็เป็นการปรับปรุงคุณภาพ

ภาพอย่างหนึ่ง ที่จะทำให้ขนาดของกลุ่มจุดภาพดำขยายใหญ่ขึ้นจากการทำไดเลชั่นหลาย ๆ ครั้ง และเมื่อทำอีรอชั่นจะเป็นการไปกัดเซาะแนวขอบของกลุ่มจุดภาพดำนั้น ๆ ทำให้คุณภาพของกลุ่มจุดภาพดำมีความราบเรียบมากขึ้น ในการทำโคลส์ซิงมอร์โฟโลยีถ้ากำหนดจำนวนรอบในการทำซ้ำไว้มาก ๆ อาจทำให้กลุ่มของจุดภาพดำ 2 กลุ่ม ที่อยู่ใกล้กันเชื่อมเข้าเป็นกลุ่มของจุดภาพเดียวกันได้ นอกจากนี้การทำโคลส์ซิงจะทำให้จุดภาพดำที่เป็นสัญญาณรบกวนขยายขนาดขึ้นเองโดยอัตโนมัติ จนไม่สามารถขจัดออกไปได้ ตัวอย่างของการทำโคลส์ซิงดังแสดงไว้ในภาพที่ 2-14



ภาพที่ 2-14 การทำโคลส์ซิง (A+B)-B

โอเพนนิง (Opening) เป็นการแปลงมอร์โฟโลยีชนิดที่ทำงานตรงกันข้ามกับการทำโคลส์ซิง กล่าวคือ ขั้นตอนการทำงานเริ่มจากการลดจำนวนจุดภาพดำด้วยกระบวนการอีรอชั่นก่อนแล้วตามด้วยการเติมจุดภาพดำกลับด้วยกระบวนการทำไดเลชั่น ให้เท่ากับจำนวนครั้งของการทำอีรอชั่น ดังแสดงไว้ในภาพที่ 2-15

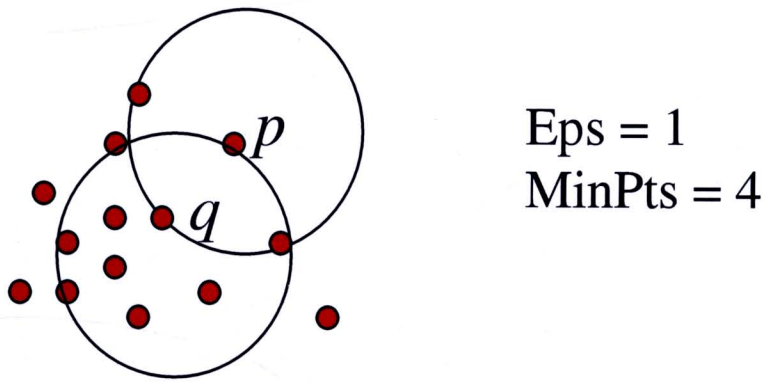


ภาพที่ 2-15 การทำโอเพนนิง (A-B)+B

การจัดกลุ่มข้อมูลโดยอาศัยความหนาแน่น

ทฤษฎี การจัดกลุ่มข้อมูลด้วยวิธีนี้จะแบ่งกลุ่มตามความหนาแน่นและความต่อเนื่องของข้อมูล พื้นที่ที่ข้อมูลมีความหนาแน่นและต่อเนื่องกันจะถูกเชื่อมต่อกันเป็นพื้นที่ที่ใหญ่ขึ้น เนื่องจากใช้วิธีการเชื่อมต่อกันทำให้รูปร่างของกลุ่มสามารถขยายได้ในทุกทิศทาง และสามารถเกิดเป็นรูปร่างใด ๆ ก็ได้ ข้อมูลที่ไม่อยู่ในส่วนที่มีความหนาแน่นจะถูกพิจารณาเป็นข้อมูลผิดปกติ (Outlier) และจะไม่ถูกนำมาพิจารณาในการแบ่งกลุ่ม ข้อดีของวิธีนี้คือ รูปร่างของกลุ่มไม่จำเป็นต้องเป็นทรงกลม และยังสามารถจัดการกับข้อมูลผิดปกติได้ดี ข้อมูลผิดปกติอาจเกิดจากความผิดพลาดของระบบที่สร้างข้อมูล หรืออาจเกิดจากพฤติกรรมที่ผิดปกติของผู้ใช้ ซึ่งถ้าไม่มีวิธีการจัดการกับข้อมูลเหล่านี้ จะทำให้กลุ่มที่แบ่งได้เกิดความผิดเพี้ยน โดยการแบ่งกลุ่มโดยการวัดความหนาแน่นความน่าจะเป็นมีพารามิเตอร์ที่สำคัญ 2 ตัว คือ

- Eps: รัศมีสูงสุดสำหรับนับจำนวนสมาชิกในกลุ่ม
- MinPts: จำนวนสมาชิกที่น้อยที่สุดภายในรัศมีที่กำหนดให้



ภาพที่ 2-16 ตัวอย่างการจัดกลุ่มข้อมูลโดยการวัดความหนาแน่นกำหนดรัศมีเท่ากับ 1 เซนติเมตร และจำนวนสมาชิกที่น้อยที่สุดภายในรัศมีเท่ากับ 4 จุด

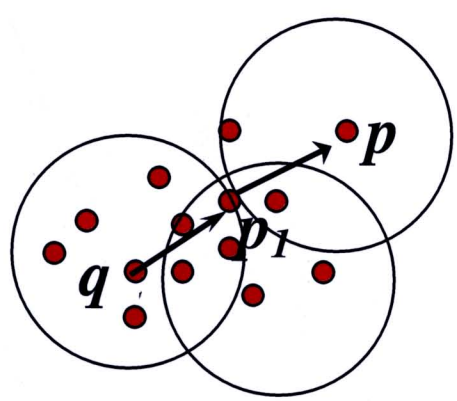
ขั้นตอนวิธีสำหรับการจัดกลุ่มข้อมูลโดยการวัดความหนาแน่น

- คำนวณจุดผู้แทนของแต่ละกลุ่ม (Core Point) โดยจุดแทนนั้นจะต้องมีจำนวนสมาชิกอย่างน้อยเท่ากับ MinPts ที่กำหนดให้ ดังอย่างในภาพที่ 2-17 เราจะได้จุด p และ q เป็นผู้แทนของสองกลุ่ม

- การคำนวณการเชื่อมต่อองค์ประกอบโดยการวัดความหนาแน่นจากจุด q ไปยังจุด p จะมีเงื่อนไขดังนี้

a. p belongs to $NEps(q)$

b. core point condition: $|NEps\ (q)| >= MinPts$



ภาพที่ 2-17 การเชื่อมต่อองค์ประกอบจุด q ไปยังจุด p โดยมีจุด p_1 เป็นจุดเชื่อม

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Michal Stec (2006) นำเสนองานวิจัยเรื่อง Fast Creation of Realistic and Efficient Free Path Network within a Simulation Model of a Shop Floor and a Supply Chain System โดยได้นำเสนอชุดคำสั่งที่ช่วยลดการทำงานในขั้นตอนการออกแบบของโปรแกรมสร้างโมเดลจำลองภาพในสายการผลิตและงานด้านการขนส่งในระบบห่วงโซ่อุปทาน โดยชุดคำสั่งดังกล่าวจะทำการสร้างเครือข่ายเส้นทางการขนส่งในระบบที่มีความยุ่งยากและซับซ้อนได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งจะช่วยลดเวลาในการสร้างโมเดลจำลองภาพอย่างมาก โดยในส่วนของงานในอนาคตนั้นได้มีการชี้ถึงประเด็นไว้ว่า เพื่อให้เส้นทางที่สร้างในระบบจำลองภาพนั้นมีความสมจริง ควรนำเอาปัจจัยในเรื่องของลักษณะถนนที่ใช้ในการเดินทางมาใช้ในการพิจารณาหาเส้นทางที่เหมาะสม เพราะเส้นทางที่ขึ้นภูเขาย่อมใช้ความเร็วได้ไม่เท่ากับเส้นทางที่เป็นถนนทางเรียบ เป็นต้น

Aria Pezeshk and Richard L. Tutwiler (2008) นำเสนองานวิจัยเรื่อง Contour Line Recognition & Extraction from Scanned Colour Maps Using Dual Quantization of the Intensity Image โดยได้นำเสนอวิธีการรู้จำและสกัดเส้นชั้นความสูงโดยใช้วิธีการแทนค่าช่วงด้วยตัวเลขกับความเข้มสีของภาพสองรอบ โดยมีขั้นตอนหลักอยู่ 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นตอนการกู้คืนภาพพื้นหน้า (Foreground Retrieval) เพื่อทำให้ภาพคงเหลือเฉพาะภาพพื้นหน้าที่มีลักษณะเป็นส่วนของเส้นตรง เช่น เส้นชั้นความสูง ถนน เป็นต้น 2) ขั้นตอนการแทนค่าช่วงด้วยตัวเลขและทำให้แคบลงสำหรับฮิสโตแกรม (Histogram Quantization and Contraction) ในขั้นตอนนี้จะเป็นการกำหนดค่า ฮิสโตแกรมออกเป็นช่วงที่แคบลง ซึ่งจากเดิมมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 255 จะเหลือเพียง 4 ช่วงเท่านั้น 3) ขั้นตอนการขยายช่วงของฮิสโตแกรม (Histogram Expansion) เป็นขั้นตอนที่จะทำการวิเคราะห์ว่าจุดภาพที่อยู่ในช่วงที่สองมีแนวโน้มที่จะเข้าไปอยู่ในช่วงที่หนึ่งหรือไม่ หากมีแนวโน้มให้ทำการรวมช่วงทั้งสองให้เป็นช่วงเดียวกัน 4) ขั้นตอนการแยกสี (Color Segmentation) จะทำการแยกเส้นชั้นความสูงออกจากภาพโดยใช้หลักการหาระยะทางของมาหาลาโมบิส (Mahalanobis Distance)

Du Jinyang and Zhang Yumei (2004) นำเสนองานวิจัยเรื่อง Automatic Extraction of Contour Lines from Scanned Topographic Map โดยได้นำเสนอวิธีการรู้จำและสกัดเส้นชั้นความสูงแบบอัตโนมัติจากภาพแผนที่ภูมิประเทศที่ได้จากการกราดภาพ ซึ่งมีขั้นตอนหลักอยู่ 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นตอนการดึงเส้นชั้นความสูงโดยวิธีการแยกสี, การกำจัดสัญญาณรบกวน และการทำโครงร่างเส้น ซึ่งในส่วนของวิธีการแยกสีนั้น ทำโดยการกำหนดช่วงสีที่เป็นค่าคงที่ของเส้นชั้นความสูง แล้วตรวจสอบทุกจุดภาพที่อยู่ในภาพ หากจุดภาพใดอยู่ในช่วงดังกล่าว ก็จะเป็นจุดภาพของเส้นชั้นความสูง 2) ขั้นตอนการระบุเส้นชั้นความสูงเพื่อเก็บไว้ในตารางเส้นชั้นความสูง 3) ขั้นตอน

การหาความสัมพันธ์ของระยะห่างของเส้นชั้นความสูงที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียง 4) การจับคู่และเชื่อมเส้นชั้นความสูงที่ขาดจากกัน

Qixiang Ye, Wen Gao and A Wei Zeng (2003) นำเสนองานวิจัยเรื่อง Color Image Segmentation Using Density-Based Clustering โดยได้นำเสนอวิธีการแบ่งแยกภาพสีโดยใช้หลักการจัดกลุ่มข้อมูลแบบอาศัยความหนาแน่น ซึ่งเป็นวิธีที่มักใช้กับการจัดกลุ่มข้อมูลในฐานข้อมูลขนาดใหญ่ โดยให้แนวคิดว่าจุดภาพแต่ละจุดให้ถือเป็นหนึ่งหน่วยข้อมูลที่ใช้พิจารณาในการจัดกลุ่มข้อมูล

Dongjun Xin, Xianzhong Zhou และ Huali Zheng นำเสนองานวิจัยเรื่อง Contour Line Extraction from Paper-based Topographic Maps โดยในบทความนี้ผู้วิจัยนำเสนอขั้นตอนสำคัญในการสกัดเส้นชั้นความสูง (Contour Line) ประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้ การแยกสีแผนที่, การใช้มอร์โฟโลยีทางคณิตศาสตร์สำหรับการกรองภาพสองระดับ, การใช้ขั้นตอนวิธี c-means เพื่อหาจุดเริ่มต้นสำหรับการทำให้เส้นชั้นความสูงให้บาง (Thinning Contour Line), การใช้ขั้นตอน Improved Active Contour Line สำหรับสกัดเส้นที่ไม่สามารถทำให้บางได้ และขั้นตอนสุดท้ายคือการหาทิศทางของเส้นและทำการเชื่อมต่อเส้นที่ขาด ผลจากวิธีการที่นำเสนอในบทความนี้ ภาพเส้นชั้นความสูงที่ดี แต่ไม่สามารถใช้กับการหาตัวเลขซึ่งเป็นตัวกำกับชั้นความสูงได้

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย