สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการวิจัย
เรื่อง
การหาเส้นทางที่เหมาะสมจากภาพภูมิประเทศที่มีเส้นชั้นความสูง ด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพและการจัดกลุ่มข้อมูล

(Possible path finding from topographic map using Image processing and data clustering techniques)

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัย
จาก
สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๕๔ (๒ ปี ต่อเนื่อง)

ว.ว.ม.296
29 ส.ค. 2555
301382
28 พ.ค. 2555

คณะผู้วิจัย

นายกฤษณะ ชินสาร	หัวหน้าโครงการวิจัย
นางสาวสุวรรณา รัศมีขวัญ	ผู้ร่วมวิจัย
นายจักริน สุขสวัสดิ์ชน	ผู้ร่วมวิจัย
นางอุรีรัฐ สุขสวัสดิ์ชน	ผู้ร่วมวิจัย

ศูนย์วิจัย Knowledge and Smart Technology
คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยบูรพา

อภินันทนาการ

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ นำเสนอขั้นตอนการรู้จำเส้นชั้นความสูงหลักของภาพแผนที่ภูมิประเทศที่ได้จากการกราดภาพ (Scanning) โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ การจัดกลุ่มข้อมูลแบบอาศัยความหนาแน่น และระบบโครงข่ายประสาทเทียมแบบวิธีการแพร่กระจายย้อนกลับ โดยการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการรู้จำตัวเลขระดับความสูงของเส้นชั้นความสูงหลักในภาพแผนที่ซึ่งจะใช้ในการระบุค่าระดับความสูงที่อยู่ในแผนที่ได้ ทั้งนี้เนื่องจากโดยปกติแล้วนั้นแผนที่ภูมิประเทศจะถูกเขียนหรือพิมพ์ไว้ในกระดาษ ดังนั้นการจะนำมาใช้ประโยชน์ทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศจึงต้องใช้วิธีการกราดภาพ เพื่อสร้างแฟ้มข้อมูลภาพแผนที่ซึ่งสามารถนำไปประมวลผลเพื่อให้ได้สารสนเทศตามที่ต้องการได้ แต่อย่างไรก็ตามแผนที่ภูมิประเทศนั้นประกอบไปด้วยข้อมูลที่มีคุณลักษณะเด่นแตกต่างกันอย่างหลากหลาย และตัวเลขที่แสดงค่าระดับความสูงแต่ละตัวได้ถูกจัดวางไว้ในทิศทางที่แตกต่างกันมาก นอกจากนี้ภาพแผนที่มักจะมีปัญหาเกี่ยวกับการผิดเพี้ยนของค่าสีที่เกิดจากการรวมแสงของเลนส์ในช่วงที่ทำการกราดภาพ จึงทำให้เป็นอุปสรรคต่อการรู้จำเป็นอย่างมาก แต่ด้วยวิธีการที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมานั้น แม้ว่าภาพแผนที่ใช้งานจะมีปัญหาดังที่กล่าวมาแล้วก็ตาม ขั้นตอนวิธีนี้ก็ยังสามารถที่จะทำการรู้จำได้ และผลของการทดลองนั้นก็อยู่ในระดับที่น่าพึงพอใจ ซึ่งประโยชน์ที่จะได้จากการรู้จำค่าระดับความสูงในเส้นชั้นความสูงหลักเพื่อนำค่าที่ได้ไปใช้ในการระบุความสูงของเส้นทาง เพื่อใช้ในการคำนวณและตัดสินใจเลือกเส้นทางซึ่งจะเป็นขั้นตอนที่ต้องทำการพัฒนาต่อไป นอกจากนี้ เรายังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการรู้จำได้ในอนาคตโดยการปรับปรุงขั้นตอนวิธีที่ใช้ในการสกัดคุณลักษณะเด่น

ABSTRACT

This research proposes a method of recognition of index contour lines from scanned topographic map using image processing, density based clustering and back-propagation neural network techniques. The purpose of this research is to recognize altitude numeric of index contour lines for specifying height level on the scanned map. Traditionally, topographic maps have been printed on paper. When we want to know about information of height's surface, we have to scan topographic map and then recognize it. However, the recognition of index contour lines is very difficult because topographic maps involve various features and each altitude numeric has been displayed in different directions. Furthermore, scanned topographic maps always have a chromatic aberration problem which leads to false color representation. Therefore, we try to develop the method which can overcomes all problems as mentioned, and results of proposed method is satisfactory. The benefit of this recognition is to specify height's surface for path decision which we will develop in the future. In addition, modification of feature selection algorithms are point of interests in the future research in order to improve the learning performance.

สารบัญ

บทที่ 1 บทนำ **1**

ความสำคัญ และที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 5

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 6

ขอบเขตของโครงการวิจัย 6

ระยะเวลาทำการวิจัยและแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย 8

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง **9**

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแผนที่ภูมิประเทศ 9

รูปแบบของแผนที่ภูมิประเทศที่ใช้ในงานวิจัย 10

ความรู้พื้นฐานสำหรับภาพดิจิตอล 12

การประมวลผลภาพ 15

มอร์โฟโลยีทางคณิตศาสตร์ 23

การจัดกลุ่มข้อมูลโดยอาศัยความหนาแน่น 28

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 30

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย **32**

ขั้นตอนวิธีการรู้จำเส้นชั้นความสูงหลัก 31

ขั้นตอนการเตรียมภาพ 32

ขั้นตอนการจัดกลุ่มข้อมูลแบบอาศัยความหนาแน่น 39

บทที่ 4 ผลการวิจัย **46**

แหล่งที่มาของข้อมูลภาพ 46

ผลการทดลอง 47

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ **57**

สรุปผลการวิจัย 57

ปัญหาที่พบ 58

ข้อเสนอแนะ 58

งานที่จะพัฒนาต่อไปในอนาคต 58

บรรณานุกรม 59

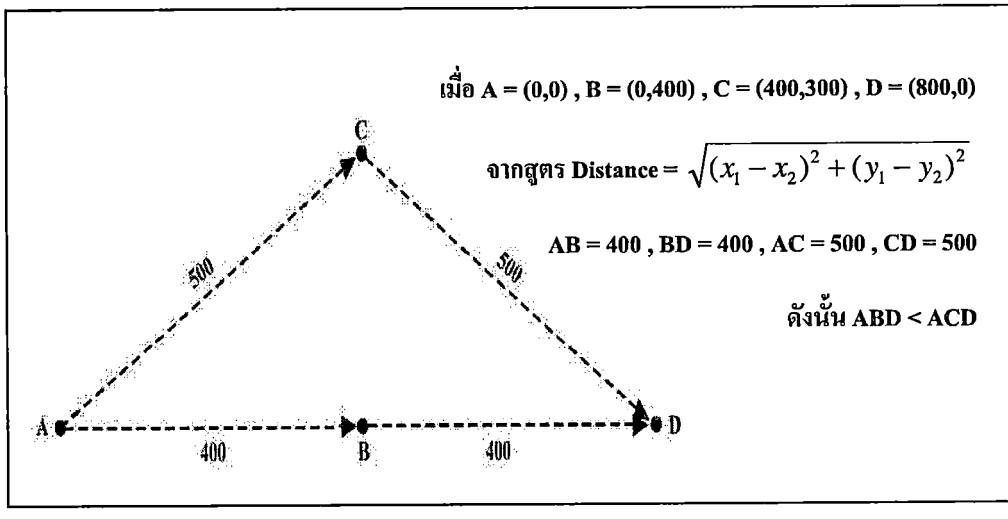
บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญ และที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ในปัจจุบันปัญหาการเลือกเส้นทาง เป็นปัญหาที่ได้รับความสนใจอย่างมากจากงานในด้านการขนส่ง การเดินทางและการลงทุน เนื่องจากทุก ๆ องค์กรในปัจจุบันต้องการที่จะลดค่าใช้จ่ายขององค์กรให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เพื่อให้มีต้นทุนที่ต่ำและสามารถแข่งขันกับผู้อื่นได้มากขึ้น ซึ่งการเลือกใช้เส้นทางที่สั้นที่สุดนั้นเป็นการลดค่าใช้จ่ายได้มากที่สุดวิธีการหนึ่ง โดยอาจเป็นเส้นทางที่มีระยะทางสั้นที่สุดหรือใช้เวลาในการเดินทางที่สั้นที่สุดก็ได้ ขึ้นอยู่กับความต้องการในช่วงเวลานั้น เนื่องจากการหาระยะทางในปัจจุบันส่วนใหญ่จะอาศัยแผนที่แบบสองมิติซึ่งแสดงข้อมูลในมิติความกว้างและความยาวเท่านั้น ส่วนข้อมูลในมิติของความสูงนั้นไม่ได้ถูกแสดงไว้ในแผนที่ดังกล่าว ซึ่งในความเป็นจริงแล้วนั้น มิติความสูงของพื้นที่มีผลต่อการหาค่าของระยะทางเป็นอย่างมาก และจากงานวิจัยของ Michal Stec (2006) ได้นำเสนอการสร้างโมเดลจำลองภาพในสายการผลิตและงานด้านการขนส่งในระบบห่วงโซ่อุปทานให้เป็นแบบอัตโนมัติ ได้แนะนำเกี่ยวกับการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดว่าเพื่อให้เส้นทางที่สร้างในระบบจำลองภาพนั้นมีความสมจริง ควรนำเอาปัจจัยในเรื่องของลักษณะถนนที่ใช้ในการเดินทางมาใช้ในการพิจารณาหาเส้นทางที่เหมาะสม เพราะเส้นทางที่ขึ้นภูเขาย่อมใช้ความเร็วได้ไม่เท่ากับเส้นทางที่เป็นถนนทางเรียบ เป็นต้น ดังนั้นหากต้องการหาเส้นทางที่สั้นที่สุด จึงจำเป็นต้องทราบข้อมูลในมิติของความสูงเพื่อนำมาประกอบการตัดสินใจ

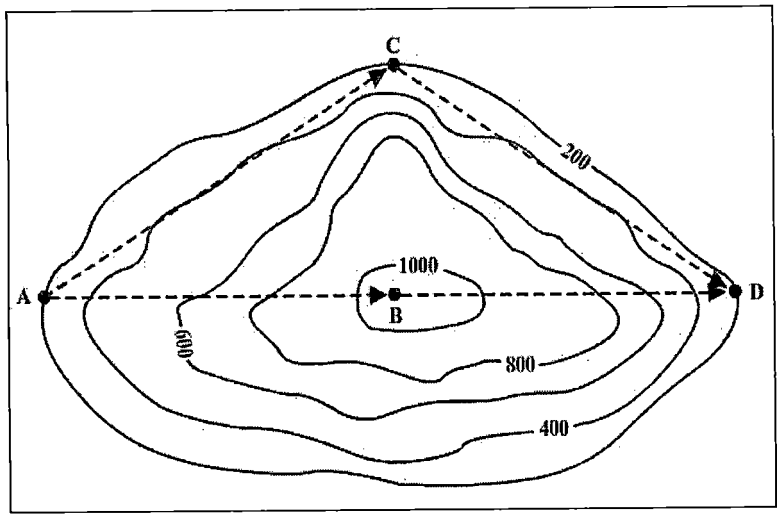
ทั้งนี้จากการศึกษาข้อมูลของผู้วิจัยพบว่า มีแผนที่แบบสองมิติอยู่หนึ่งประเภทซึ่งเป็นแผนที่ที่มีข้อมูลมิติของความสูงอยู่ด้วย ซึ่งได้แก่ แผนที่ภูมิประเทศ (Topographic Map) นั่นเอง โดยในแผนที่ภูมิประเทศ ข้อมูลมิติของความสูงจะอยู่ในรูปแบบของเส้นชั้นความสูง (Contour Line) อย่างไรก็ตามแม้ว่าแผนที่ภูมิประเทศจะมีข้อมูลในเรื่องของมิติความสูง แต่ข้อมูลดังกล่าวก็อยู่ในรูปแบบของรูปภาพที่มีการนำเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์โดยการกราดภาพ (Scanning) ซึ่งต่อไปนี้จะเรียกว่า “ภาพแผนที่ภูมิประเทศที่ได้จากการกราดภาพ” (Scanned Topographic Map) ด้วยเหตุนี้เองจึงทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาเทคนิคการประมวลผลภาพ (Image Processing) การจัดกลุ่มข้อมูลแบบอาศัยความหนาแน่น (Density Based Clustering) และการรู้จำตัวเลข (Numerical Recognition) เพื่อนำมาใช้งานร่วมกันในการสกัดข้อมูลที่เป็นค่าระดับชั้นความสูงของภาพแผนที่ภูมิประเทศที่ได้จากการกราดภาพ แล้วใช้ค่าดังกล่าวในการหาค่าระยะทางตามสภาพภูมิประเทศจริงเพื่อนำค่าระยะทางที่ได้ไปใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อให้ได้ผลลัพธ์เป็นเส้นทางที่เป็นไปได้ต่อไป

จากความเป็นจริงที่รู้กันโดยทั่วไปว่า โลกของเรานั้นมีลักษณะเป็นทรงกลม และไม่ได้แบนราบเป็นแนวระนาบเดียวกันทั้งโลก ทุก ๆ พื้นที่ในโลกมีความสูงต่ำแตกต่างกันไปตามลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ ด้วยสาเหตุนี้เองจึงทำให้เส้นทางที่มนุษย์ใช้งานในทุกวันนี้มีลักษณะที่เป็นการเดินทางไปตามความสูงต่ำของแต่ละพื้นที่ แต่เนื่องจากการคำนวณหาระยะทางที่คนส่วนใหญ่มักใช้กันนั้น เป็นการหาระยะทางในแนวระนาบเดียวกันหรือที่เรียกว่า "การวัดระยะแบบยูคลิด" (Euclidean distance) ซึ่งวิธีนี้เหมาะสมกับการหาระยะทางของตำแหน่งสองจุดที่อยู่ในแนวระนาบเดียวกัน โดยใช้ค่าพิกัดของจุดแต่ละจุดในการคำนวณหาระยะทาง ดังตัวอย่างที่ได้แสดงไว้ในภาพที่ 1-1 ซึ่งระหว่างจุดสองจุดนั้นจะต้องไม่มีความแตกต่างในเรื่องความสูงต่ำของพื้นผิว หากใช้วิธีการวัดระยะแบบยูคลิดกับเส้นทางที่ระหว่างเส้นทางนั้นมีความสูงต่ำของพื้นที่ไม่เท่ากัน ค่าของการวัดระยะแบบยูคลิดที่ได้ย่อมไม่ตรงกับความเป็นจริง ซึ่งค่าที่ได้จะมีความแตกต่างจากค่าที่เป็นจริงมากน้อยเท่าใดก็ขึ้นอยู่กับความสูงต่ำของเส้นทางนั้น โดยค่าของระยะทางมีความสำคัญเป็นอย่างมากสำหรับการตัดสินใจเลือกเส้นทาง (Path finding) โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากเป็นการหาเส้นทางที่สั้นที่สุด (Shortest path) ค่าระยะทางที่นำมาใช้ในการตัดสินใจนั้นจะมีความสำคัญที่สุด เพราะค่าของระยะทางในแต่ละเส้นทางมีผลต่อการตัดสินใจทั้งสิ้น หากไม่ทำการคำนวณจากระยะทางที่แท้จริงแล้วก็อาจทำให้เลือกเส้นทางที่ไม่เหมาะสมได้



ภาพที่ 1-1 ตัวอย่างการคำนวณเส้นทางที่อยู่ในแนวระนาบเดียว (ระดับชั้นความสูงเท่ากัน)

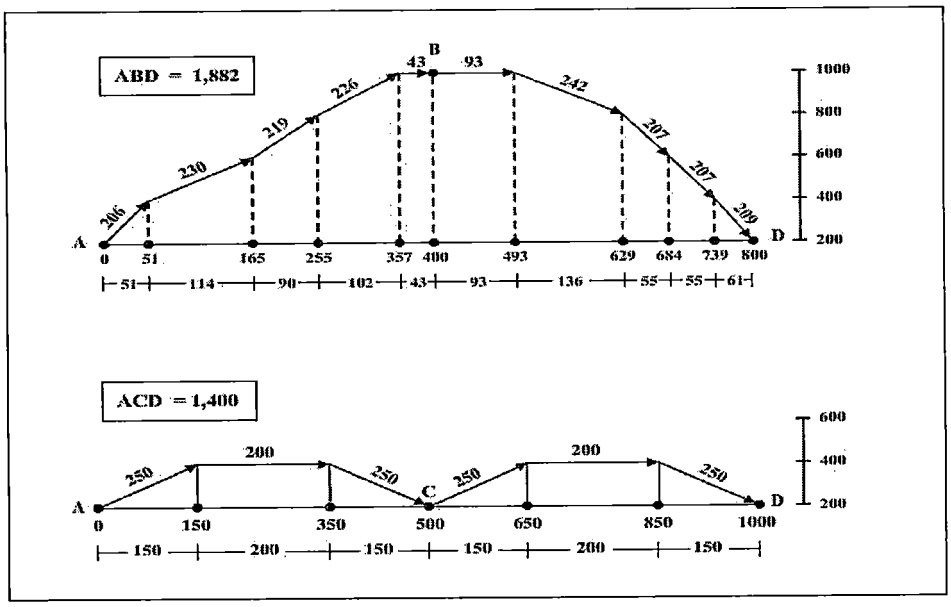
จากการคำนวณในภาพที่ 1-1 หากนำมาพิจารณาใหม่อีกครั้ง โดยเป็นการพิจารณาจากระยะทางที่อ้างอิงระดับความสูงในสภาพภูมิประเทศจริง ดังแสดงในภาพที่ 1-2



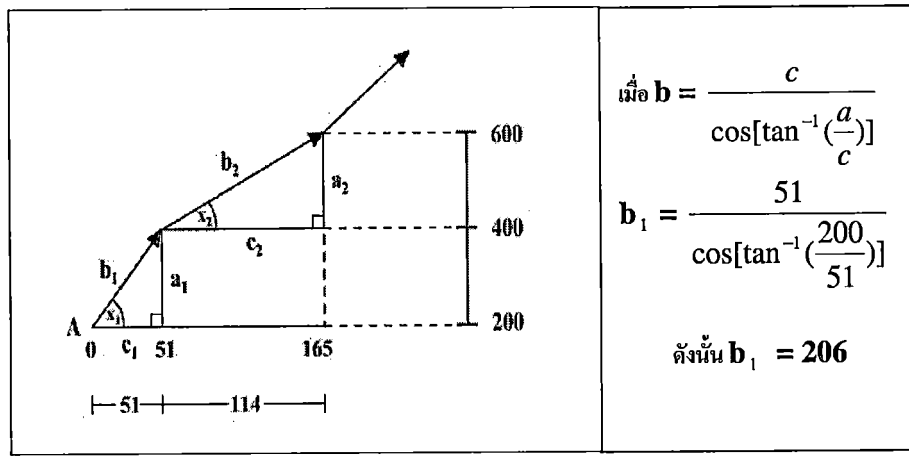
ภาพที่ 1-2 เส้นทางที่อยู่บนแนวระนาบแตกต่างกัน (ระดับชั้นความสูงไม่เท่ากัน)

ในกรณีนี้มีความแตกต่างจากการหาระยะทางในครั้งแรก เนื่องจากบนเส้นทาง ABD และเส้นทาง ACD นั้นต้องเดินทางผ่านภูเขาที่มีระดับความสูงแตกต่างกัน จึงเป็นผลให้ระยะทางที่ใช้ในการเดินทางไม่เท่ากับระยะทางเดิมที่เป็นระยะกระจัดซึ่งอยู่ในแนวระนาบเดียวกัน ดังแสดงในภาพที่ 1-3 ซึ่งจะเห็นได้ว่า เส้นทาง ABD ที่จากเดิมมีระยะทางเพียง 800 เมตร กลับมีระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 1,882 เมตร และเส้นทาง ACD ที่จากเดิมมีระยะทาง 1,000 เมตร กลับมีระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 1,400 เมตร ซึ่งในการคำนวณระยะทางของเส้นทาง ABD และเส้นทาง ACD ในครั้งใหม่นี้ ใช้การคำนวณโดยอาศัยหลักการของตรีโกณมิติ ดังแสดงตัวอย่างการคำนวณไว้ในภาพที่ 1-4

ทั้งนี้จะเห็นว่าเส้นทาง ABD เป็นเส้นทางที่ต้องผ่านพื้นที่ซึ่งมีความสูงแตกต่างกันทั้งหมด 4 ระดับชั้น ซึ่งในแต่ละระดับชั้นมีความสูงเพิ่มขึ้นถึง 200 เมตร จึงเป็นผลให้ค่าระยะทางเพิ่มขึ้นจากเดิมเป็นอย่างมาก สำหรับเส้นทาง ACDนั้น แม้จะผ่านพื้นที่ซึ่งมีความสูงเพิ่มขึ้นเช่นกันแต่ว่ามีความแตกต่างของความสูงเพียงระดับชั้นเดียวจึงเป็นผลให้ระยะทางเพิ่มขึ้นจากเดิมไม่มากเท่ากับเส้นทาง ABD ดังนั้นเมื่อนำระยะทางที่ได้จากการหาระยะทางบนสภาพภูมิประเทศจริงมาพิจารณา จะพบว่าการตัดสินใจในครั้งใหม่ จะได้ผลการตัดสินใจที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมคือ เปลี่ยนมาเลือกใช้เส้นทาง ACD แทนเส้นทาง ABD เพื่อให้ได้เส้นทางที่มีระยะทางที่สั้นที่สุด



ภาพที่ 1-3 ระยะทางตามสภาพภูมิประเทศจริงบนเส้นทาง ABD และ ACD



ภาพที่ 1-4 ตัวอย่างการคำนวณระยะทางโดยอาศัยหลักการของตรีโกณมิติ

นอกจากนี้หากนำปัจจัยด้านการใช้ความเร็วมาพิจารณาร่วมด้วยแล้ว จะเห็นได้ว่าเส้นทาง ACD นั้นสามารถทำความเร็วได้ง่ายกว่าเส้นทาง ABD เพราะเส้นทาง ABD ต้องเดินทางผ่านระดับความสูงที่มากกว่า ย่อมจะทำให้การใช้ความเร็วทำได้ไม่เต็มที่เหมือนกับเส้นทาง ACD ดังนั้นปัจจัยด้านความเร็วนี้จึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ควรนำมาพิจารณาร่วมกันกับระยะทาง ในกรณีที่ต้องการเลือกเส้นทางที่ใช้เวลาสั้นที่สุด

จากที่ได้กล่าวมาทั้งหมดนั้น ผู้วิจัยได้แสดงให้เห็นแล้วว่าระดับความสูงของพื้นที่บนเส้นทางที่เราพิจารณานั้น มีความสำคัญต่อการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดเป็นอย่างมาก จึงจำเป็นที่จะต้องทราบค่าระดับชั้นความสูงที่มีอยู่ในแต่ละพื้นที่ของเส้นทางที่กำลังพิจารณาอยู่ ซึ่งผู้วิจัยก็ได้กล่าวไว้ในตั้งแต่ตอนต้นแล้วว่าค่าระดับความสูงนี้เราสามารถจะหาได้จากแผนที่ภูมิประเทศ โดยข้อมูลดังกล่าวจะอยู่ในรูปแบบของรูปภาพที่มีการนำเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ ดังนั้นเราจึงต้องอาศัยเทคนิคการประมวลผลภาพ การจัดกลุ่มข้อมูลแบบอาศัยความหนาแน่น และการรู้จำตัวเลข มาดำเนินการต่อภาพแผนที่ภูมิประเทศที่เรานำเข้ามาโดยการกราดภาพ เพื่อให้ได้ค่าระดับความสูงของพื้นที่บนเส้นทางที่เราพิจารณา แต่เป็นที่ทราบกันอยู่แล้วว่า ในภาพแผนที่ภูมิประเทศนั้นจะมีข้อมูลอื่นปะปนอยู่เป็นจำนวนมาก ตัวอย่าง เช่น สีของพื้นที่ สัญลักษณ์แทนสิ่งก่อสร้าง หรือเส้นเขตแดน เป็นต้น ดังนั้นเราจึงต้องอาศัยเทคนิคการประมวลผลภาพมาใช้ในขั้นตอนการเตรียมภาพ (Image Preprocessing) เพื่อให้ได้ภาพที่มีเฉพาะเส้นชั้นความสูงหลักเท่านั้น จากนั้นจึงใช้การจัดกลุ่มข้อมูลแบบอาศัยความหนาแน่นเพื่อสกัดเอาเฉพาะรูปภาพที่เป็นตัวเลขของเส้นความสูงหลักออกมา และในขั้นตอนต่อไปจึงใช้การรู้จำตัวเลขเพื่อให้ทราบค่าที่แท้จริงของระดับชั้นความสูงที่มีอยู่ในรูปภาพที่นำมาประมวลผล ซึ่งในขั้นตอนนี้จะมีความยุ่งยากกว่าการรู้จำตัวเลขแบบปกติทั่วไป เนื่องจากว่าตัวเลขที่บอกถึงค่าระดับชั้นความสูงจะอยู่ในทิศทางที่เป็นไปได้ในทุกๆองศา จึงทำให้ต้องทราบทิศทางดังกล่าวเสียก่อนจึงจะทำการรู้จำได้ และเมื่อได้ค่าระดับชั้นความสูงแล้วจึงนำค่าที่ได้ไปใช้ในการคำนวณหาระยะทางที่อยู่บนเส้นทาง ส่วนในขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นขั้นตอนการเลือกเส้นทางที่เป็นไปได้จากเส้นทางที่มีอยู่ทั้งหมด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาเทคนิคการประมวลผลภาพ สำหรับใช้ในการพัฒนาขั้นตอนการเตรียมภาพของภาพแผนที่ภูมิประเทศจากการกราดภาพ เพื่อให้ได้ภาพที่มีเพียงเส้นชั้นความสูงหลัก

2. เพื่อศึกษาการจัดกลุ่มข้อมูลแบบอาศัยความหนาแน่น สำหรับใช้ในการพัฒนาขั้นตอนการแยกรูปภาพตัวเลขออกจากเส้นชั้นความสูงหลัก

3. เพื่อศึกษาการรู้จำตัวเลข สำหรับใช้ในการพัฒนาขั้นตอนการรู้จำรูปภาพตัวเลขที่บอกถึงค่าระดับชั้นความสูง ซึ่งมีทิศทางการจัดวางตำแหน่งตัวเลขไม่แน่นอน

4. เพื่อศึกษาและพัฒนาขั้นตอนวิธีการหาเส้นทางที่เป็นไปได้ในสภาพภูมิประเทศจริง

5. เพื่อให้ผู้ที่สนใจสามารถนำแนวความคิดที่นำเสนอ ไปศึกษาเพื่อทำการพัฒนาหรือประยุกต์ใช้ในงานวิจัยของตนเองต่อไป

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ได้ขั้นตอนวิธีการรู้จำตัวเลขเส้นชั้นความสูงหลัก โดยอาศัยเทคนิคการประมวลผลภาพ การจัดกลุ่มข้อมูลแบบอาศัยความหนาแน่น และการรู้จำแบบวิธีการแพร่กระจายย้อนกลับ เพื่อให้ทราบค่าระดับชั้นความสูงที่อยู่ภายในแผนที่ภูมิประเทศ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการคำนวณหาระยะทางในงานที่จะพัฒนาต่อไปในอนาคตได้ โดยเป็นการหาระยะทางในรูปแบบที่แตกต่างจากการหาระยะทางในแนวระนาบเดียว ด้วยการนำมิติของระดับความสูงเข้ามาช่วยในการตัดสินใจ

2. จากขั้นตอนวิธีที่พัฒนาขึ้นมา เมื่อพัฒนาต่อไปจนถึงขั้นตอนการคำนวณระยะทางได้แล้ว จะทำให้สามารถนำวิธีการทั้งหมดไปพัฒนาเป็นระบบช่วยตัดสินใจในงานด้านการขนส่ง การเดินทาง รวมไปถึงการวางแผนในลงทุนก่อสร้างสาธารณูปโภคต่าง ๆ ให้อยู่บนพื้นฐานของข้อมูลที่ตรงกับความเป็นจริงมากที่สุดได้ ซึ่งสามารถช่วยเวลาและลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการในเรื่องดังกล่าวให้ลดลงจากเดิมได้

3. ขั้นตอนวิธีที่นำเสนอจะสามารถใช้เป็นต้นแบบในการศึกษาขั้นสูงต่อไป

ขอบเขตของโครงการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มุ่งที่จะศึกษาและพัฒนาการนำเทคนิคประมวลผลภาพ การจัดกลุ่มข้อมูลแบบอาศัยความหนาแน่น และการรู้จำตัวเลข มาใช้งานร่วมกันเพื่อสกัดข้อมูลที่เป็นค่าระดับชั้นความสูงจากภาพแผนที่ภูมิประเทศ โดยมีขอบเขตดังต่อไปนี้

1. ภาพแผนที่ภูมิประเทศที่ใช้ในการวิจัย ต้องเป็นแผนที่ซึ่งมีมาตราส่วนขนาดไม่เกิน 1: 50,000 และมีรายละเอียดส่วนใหญ่เป็นเส้นชั้นความสูง

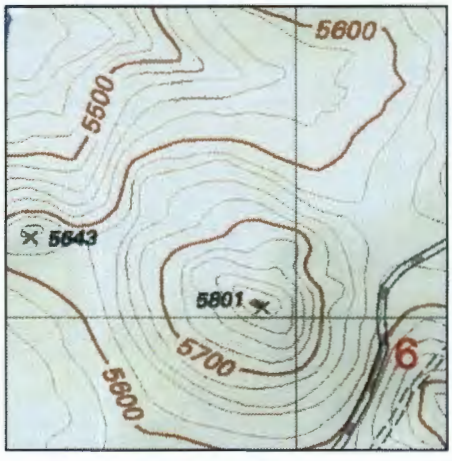
2. ภาพแผนที่ภูมิประเทศที่ใช้ในการวิจัย ต้องเป็นภาพที่ได้มาจากการกราดภาพซึ่งมีความละเอียดไม่ต่ำกว่า 200 จุดต่อนิ้ว และเป็นแผนที่ภูมิประเทศที่ซึ่งใช้สีและสัญลักษณ์ต่าง ๆ เป็นไปตามหลักมาตรฐานสากล

3. แผนที่ภูมิประเทศที่ใช้ในการวิจัย ต้องเป็นแผนที่ซึ่งมีสีของเส้นชั้นความสูงหลักกับเส้นชั้นความสูงรองแตกต่างกันชัดเจน (ค่าความเข้มแสงที่ระดับเทาต่างกันมากกว่า 25) และขนาดของตัวเลขที่ใช้ระบุค่าชั้นความสูงแต่ละตัวจะต้องมีขนาดใหญ่กว่าหรือเท่ากับ 16x13 จุดภาพ และมีขนาดของเส้นกว้างมากกว่า 2 จุดภาพ ซึ่งตัวอย่างที่ตรงตามขอบเขตได้แสดงไว้ในภาพที่ 1-5 และสำหรับตัวอย่างที่ไม่ตรงตามขอบเขตจะแสดงไว้ในภาพที่ 1-6

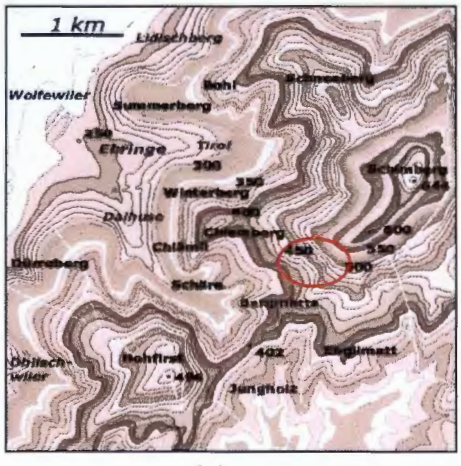
4. แผนที่ภูมิประเทศที่ใช้ในการวิจัย ต้องเป็นแผนที่ซึ่งมีตัวเลขแสดงค่าระดับชั้นความสูงในทิศทางที่เป็นแนวเดียวกันกับเส้นชั้นความสูงอย่างชัดเจน เพื่อให้สามารถระบุได้ว่าตัวเลขกำกับชั้นความสูงนั้นเป็นของเส้นชั้นความสูงเส้นใด ดังตัวอย่างที่แสดงไว้ภาพที่ 1-5 สำหรับแผนที่ซึ่งไม่

สามารถใช้ได้คือแผนที่ซึ่งมีตัวเลขกำกับชั้นความสูงอยู่ในทิศทางที่ทับกับเส้นชั้นความสูงหลาย ๆ เส้น และไม่สามารถระบุได้ว่าตัวเลขดังกล่าวเป็นของเส้นชั้นความสูงหลักเส้นใด ดังตัวอย่างที่แสดงไว้ในภาพที่ 1-6 (ก)

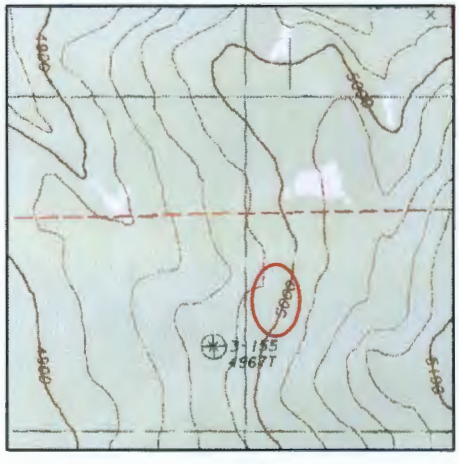
5. แผนที่ภูมิประเทศที่ใช้ในการวิจัย ต้องเป็นแผนที่ซึ่งไม่มีเส้นชั้นความสูงตัดผ่าน ตัวเลขที่ระบุค่าชั้นความสูงและมีระยะห่างจากเส้นชั้นความสูงถึงตัวเลขอย่างน้อย 3 จุดภาพ เพื่อให้สามารถระบุค่าระดับชั้นความสูงได้อย่างถูกต้อง ดังตัวอย่างที่แสดงไว้ภาพที่ 1-5 และตัวอย่างที่ไม่ถูกต้องในภาพที่ 1-6 (ข)



ภาพที่ 1-5 ตัวอย่างตามขอบเขตงานวิจัย



(ก)



(ข)

ภาพที่ 1-6 ตัวอย่างที่ไม่ตรงตามขอบเขตงานวิจัย

ระยะเวลาทำการวิจัยและแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

ดำเนินการวิจัยแบบ 2 ปีต่อเนื่อง (ปีงบประมาณ 2553-2554)

แผนการดำเนินงานปีที่ 1 (ปีงบประมาณ 2553-2554)

แผนการดำเนินงานวิจัย	เดือนที่											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
➢ การจัดเตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์และวัสดุวิจัย	⇨											
➢ การศึกษาการประมวลผลภาพ	→	→	→	→	→	→						
➢ การจัดทำรายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 1							⇨					
➢ การศึกษาการจัดกลุ่มข้อมูลโดยการวัดความหนาแน่น							→	→	→	→	→	→
➢ การจัดทำรายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 2												⇨

แผนการดำเนินงานปีที่ 2 (ปีงบประมาณ 2554-2555)

แผนการดำเนินงานวิจัย	เดือนที่											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
➢ การศึกษาระบบโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับเพื่อการรู้จำตัวเลขกำกับเส้นชั้นความสูง	→	→	→	→	→	→						
➢ การจัดทำรายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 3							⇨					
➢ พัฒนาเป็น Web-based Application สำหรับผู้ใช้ทั่วไป							→	→	→	→	→	→
➢ จัดส่งรายงาน												⇨

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 โดยสมมุติให้เป็นเส้นที่ลากผ่านจุดที่มีระดับความสูงเท่ากันบนภูมิประเทศ 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

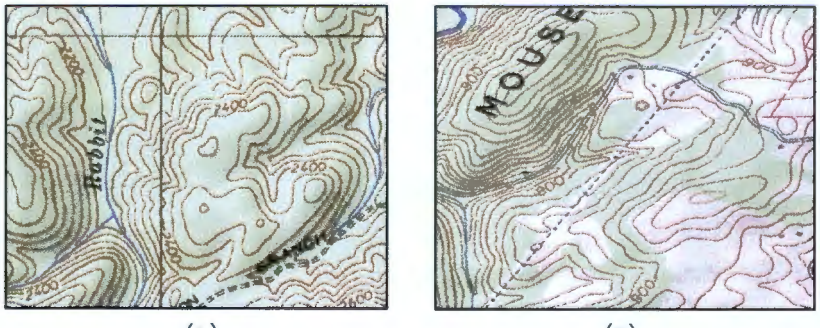
จากรายละเอียดที่แตกต่างกันทั้งสองประการนี้ ผู้วิจัยได้นำมาใช้ในเพื่อแบ่งแยกประเภทของภาพแผนที่ภูมิประเทศที่ได้จากการกราดภาพ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็นทั้งหมด 4 ประเภทคือ

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

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

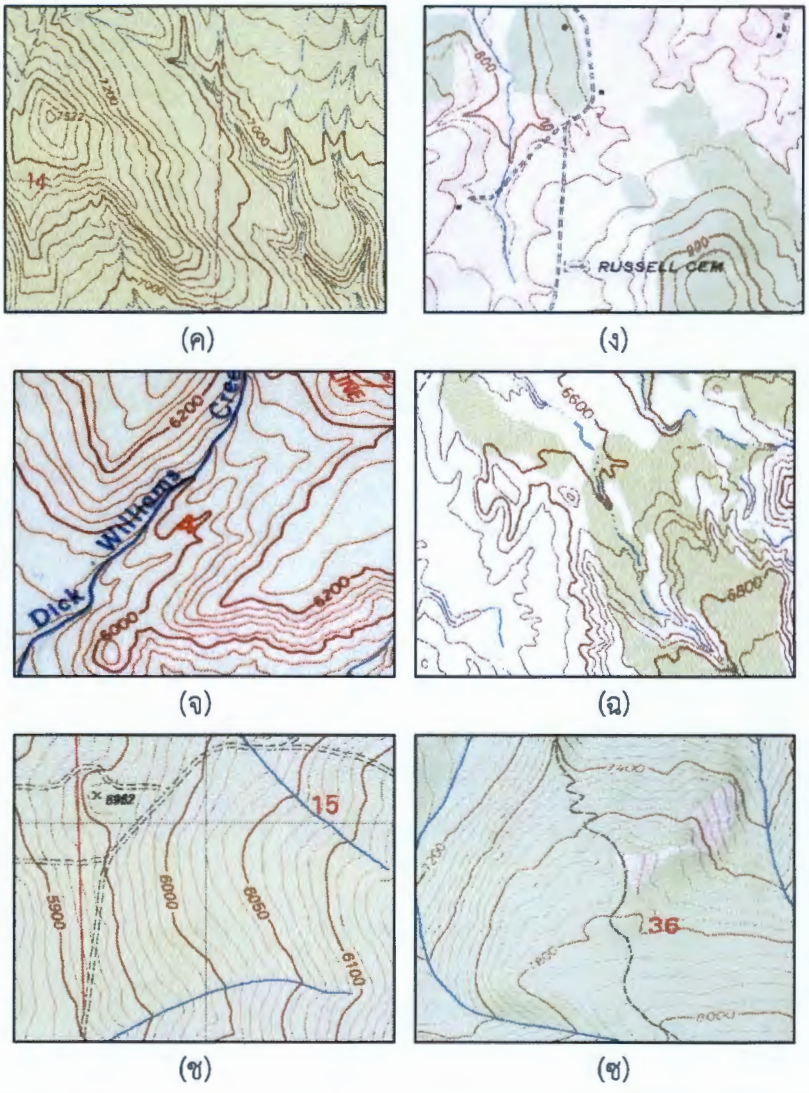
3. แผนที่ภูมิประเทศที่มีสีของเส้นชั้นความสูงหลักและรองไม่เหมือนกัน และมีขนาดของเส้นเท่ากันหรือใกล้เคียง ดังตัวอย่างในภาพที่ 2-1 (จ) และ (ฉ)

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



(ก) (ข)

ภาพที่ 2-1 ตัวอย่างแผนที่ภูมิประเทศตามประเภทที่นำเสนอ



(ค) (ง)

(จ) (ฉ)

(ช) (ซ)

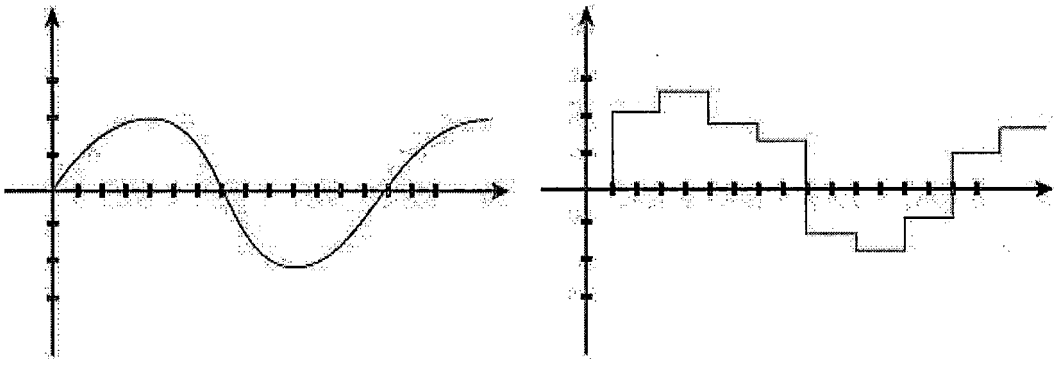
ภาพที่ 2-1 ตัวอย่างแผนที่ภูมิประเทศตามประเภทที่นำเสนอ (ต่อ)

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

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

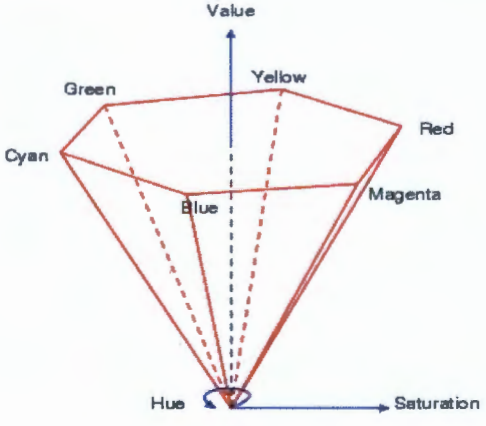
มาตรฐานของสีที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีหลายระบบด้วยกัน แต่โดยทั่วไปแล้วทุกมาตรฐานจะมีแนวคิดเดียวกันก็คือ การแทนจุดสีด้วยจุดที่อยู่ภายในแนวแกน 3 มิติ โดยจะมีแกนอ้างอิงสำหรับจุดสีนั้นในแนวแกนซึ่งแต่ละแกนจะมีอิสระต่อกัน ตัวอย่างเช่นในระบบ RGB จะมีแกนสีคือ แกนสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ในระบบ HLS จะมีแกนเป็นค่าสี (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}

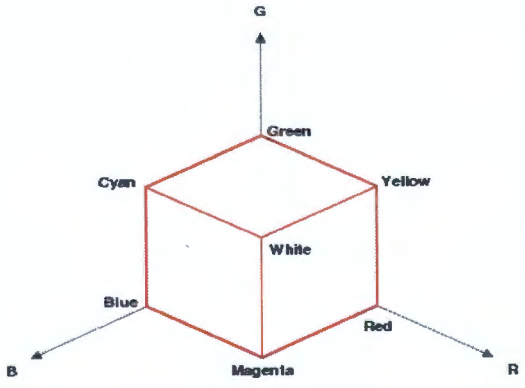
ระบบสีแบบ RGB_{CIE} เป็นระบบสีที่พัฒนาขึ้นโดย Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) ซึ่งอ้างอิงสีด้วยสีแดงที่ 700 nm สีเขียวเท่ากับ 546.1 nm และสีน้ำเงิน 435.8 nm

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

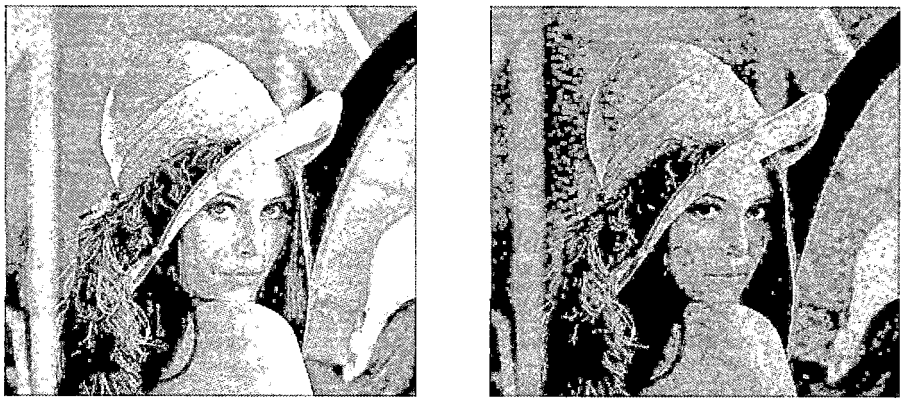
- ปรับปรุงหรือเพิ่มสารสนเทศของรูปเพื่อการแปลความหมายของมนุษย์ที่ดีขึ้น
- ทำให้รูปนั้น ๆ เปลี่ยนแปลงในทางที่ดีขึ้นเพื่อให้เหมาะสมกับการประมวลผลหรือการรับรู้ด้วยเครื่องจักรอย่างอัตโนมัติ (Autonomous Machine Perception)

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

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

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

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

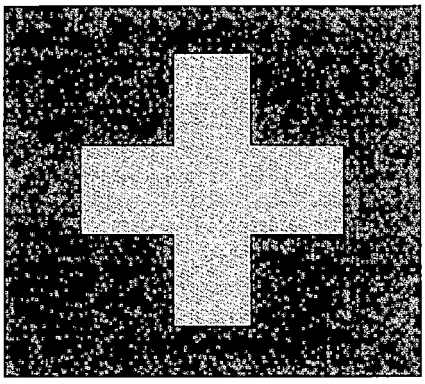
R คือ สีแดง และ w_1 คือค่าน้ำหนักของสีแดง

G คือ สีเขียว และ w_2 คือค่าน้ำหนักของสีเขียว

B คือ สีน้ำเงิน และ w_3 คือค่าน้ำหนักของสีน้ำเงิน

แต่จากการศึกษาพบว่าการเฉลี่ยค่าของแม่สีทั้งสามตามสมการที่ 2.2 ซึ่งเป็นวิธีการที่ง่ายที่สุด จะได้ภาพระดับสีเทาซึ่งไม่ตรงตามที่สายตาของมนุษย์มองเห็น ดังนั้นเพื่อให้ได้ภาพระดับสีเทาที่มีความใกล้เคียงกับการมองเห็นของมนุษย์มากที่สุด จึงได้มีการศึกษาและทดลองจนพบว่าค่าน้ำหนักในแต่ละสีที่เหมาะสมนั้นมีค่าดังสมการที่ 2.4

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



(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)

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

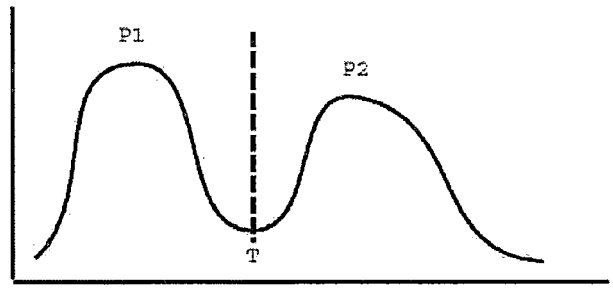
เมื่อ B คือ จำนวนบิตของระบบภาพ

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, $\sigma^2_{\text{Between}}$) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.9

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

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

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

μ คือ ค่าเฉลี่ยรวม μ_D คือ ค่าเฉลี่ยด้านมืด μ_B คือ ค่าเฉลี่ยด้านสว่าง

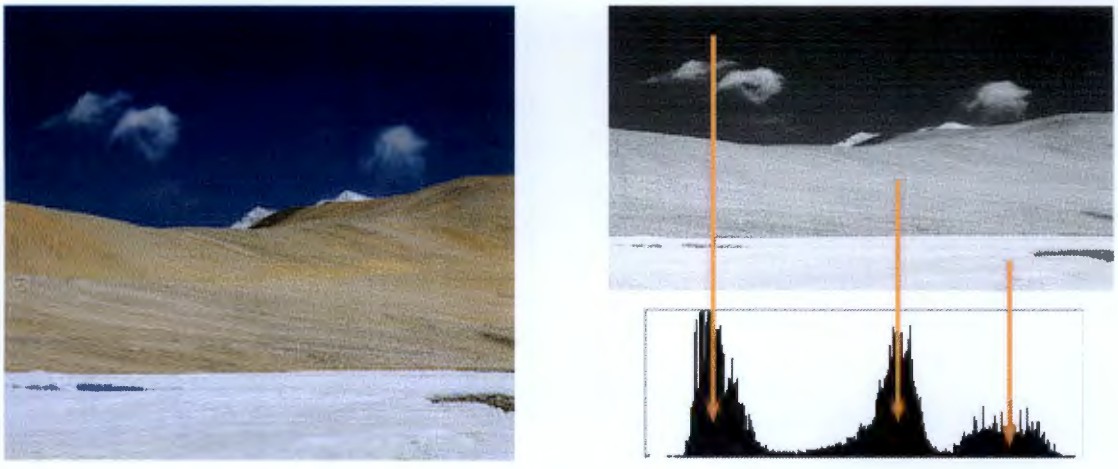
จากสมการข้างต้นจะสังเกตเห็นว่า ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม ซึ่งก็คือ ผลบวกถ่วงน้ำหนักของผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละบริเวณกับค่าเฉลี่ยรวมของทั้งฮิสโตแกรม ซึ่งค่าเฉลี่ยของทั้งฮิสโตแกรมก็คือ ผลบวกถ่วงน้ำหนักของค่าเฉลี่ยของแต่ละบริเวณและสามารถเขียนได้ดังสมการที่ 2.11

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

เมื่อแทนค่าของสมการที่ 2.11 ลงไปในสมการที่ 2.10 แล้วทำการจัดพจน์ใหม่ จะพบว่าเราสามารถคำนวณความแปรปรวนระหว่างกลุ่มได้ง่ายขึ้นดังสมการที่ 2.12

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

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)

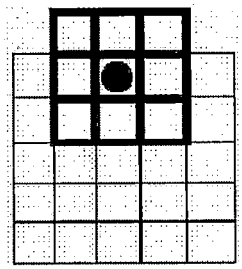
จากภาพที่ 2-8 (ข) จะเห็นได้ว่าเมื่อทำการพล็อตกราฟออกมาแล้ว ในบริเวณช่วงแท่งกราฟช่วงแรกจะมีปริมาณความเข้มสูงและหนาแน่น เนื่องจากเป็นบริเวณสีของท้องฟ้าที่มีความทึบของสีฟ้าและถัดมาเป็นช่วงของภูเขาที่มีพื้นที่มาก แต่ความเข้มของระดับเทาน้อยกว่าช่วงของท้องฟ้า และสุดท้ายช่วงของพื้นที่มีระดับความสว่างและพื้นที่ค่อนข้างน้อยจึงมีปริมาณแท่งน้อยกว่าทั้งสองกลุ่ม

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 คือ กระบวนการที่ทำกับ f โดยทำกับจุดข้างเคียงของ (x,y) โดยการที่จะนำจุดข้างเคียงมาประมวลผลด้วยสามารถทำได้โดยใช้ภาพสี่เหลี่ยม หรืออาจจะเรียกว่า หน้ากาก(mask) หรือหน้าต่าง(window) มาครอบกับภาพที่รับเข้ามา และให้จุดกึ่งกลางของหน้าต่างอยู่ที่จุด (x,y) ดังภาพที่ 2-9

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131



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

526
ก528
ด.3
301382

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

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

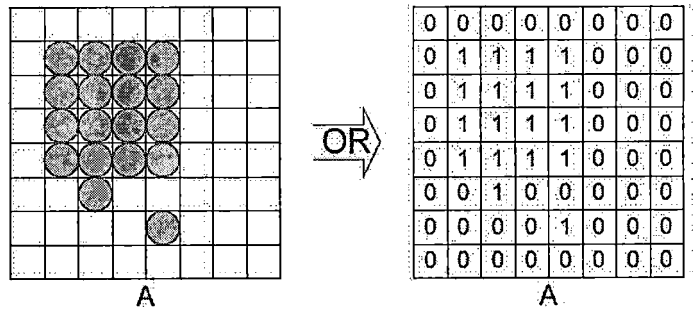
3. คอมพลีเมนต์ (Complement) ของเซต A เขียนแทนด้วย A^c นิยามไว้ดังนี้

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

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

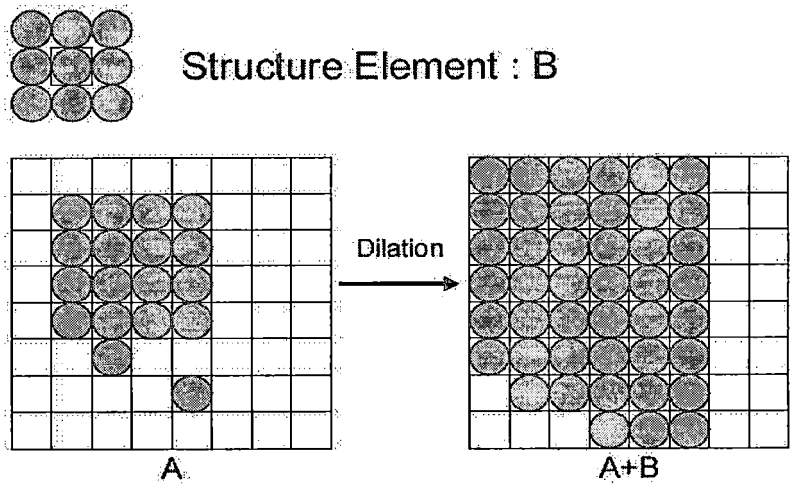


ภาพที่ 2-11 ตัวอย่างจุดภาพในเมตริกซ์ 2 มิติ

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



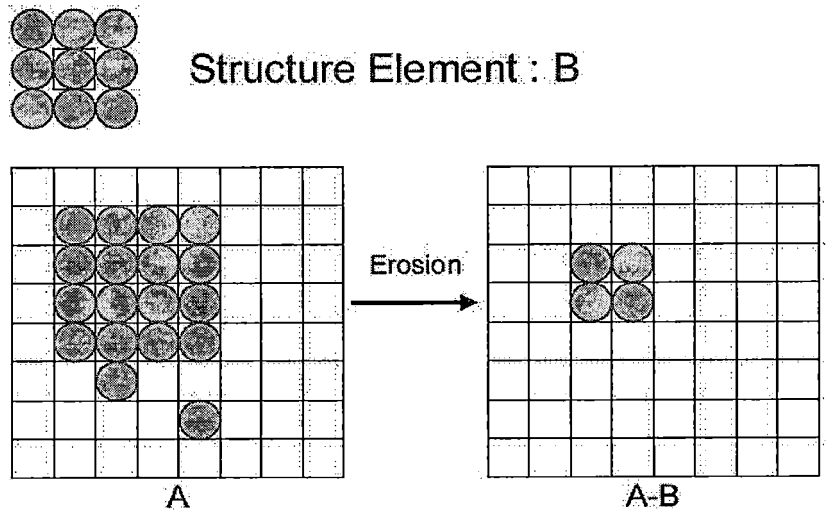
ภาพที่ 2-12 ตำแหน่งจุดภาพเริ่มต้นของเซต A, เซต B และการไดเลชั่นของเซต A+B

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

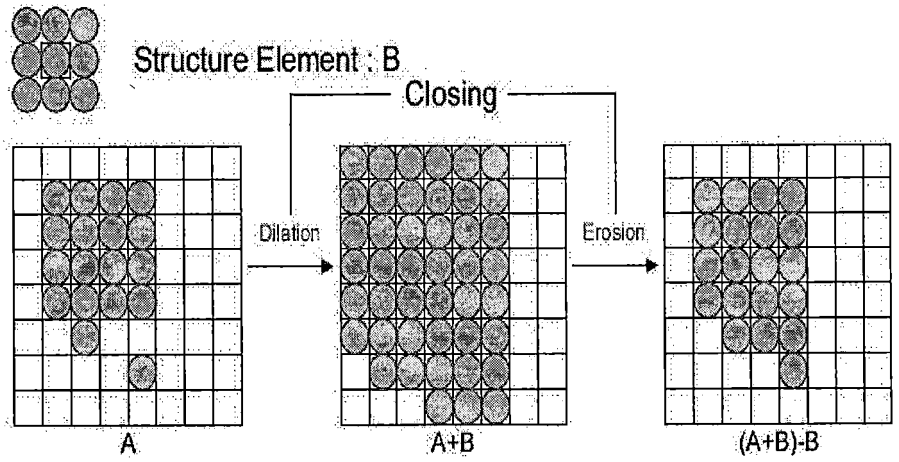
นอกจากการอีรอชั่นจะเป็นการลดจำนวนของจุดดำบนข้อมูลภาพแล้ว การทำอีรอชั่นยังจะทำให้ขนาดของช่องไฟระหว่างกลุ่มของจุดภาพดำแต่ละกลุ่มมีขนาดใหญ่มากขึ้น นั่นคือกลุ่มของจุดภาพดำแต่ละกลุ่มจะแยกจากกันอย่างชัดเจน นอกจากนี้ถ้ากลุ่มของจุดภาพดำมีขนาดเล็กมากกลุ่มจุดภาพดำนั้นก็จะถูกขจัดออกจากภาพเอกสารนั้นไปโดยอัตโนมัติเมื่อผ่านกระบวนการทำ อีรอชั่น ตัวอย่างของการทำอีรอชั่นดังภาพที่ 2-13



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

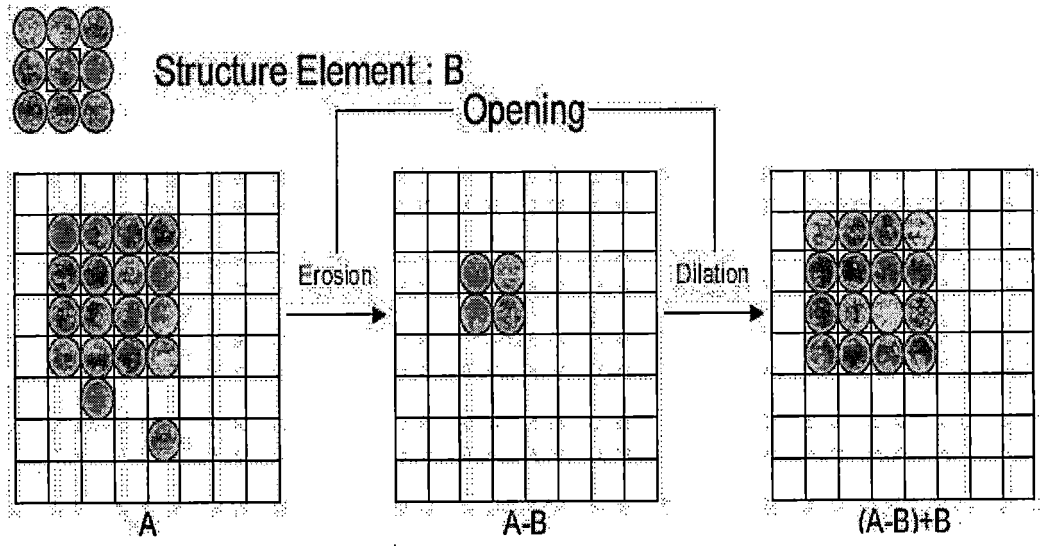
โคลส์ชิง (Closing) เป็นการแปลงมอร์โฟโลยีทางคณิตศาสตร์ที่เริ่มจากการไดเลชั่นเมื่อเสร็จแล้วตามด้วยการทำอีรอชั่นเท่ากับจำนวนครั้งของการทำไดเลชั่น นั่นก็คือ การทำโคลส์ชิงจะเป็นการเพิ่มจำนวนจุดภาพดำลงไปในภาพก่อน จากนั้นค่อยทำการกัดเซาะขอบของจุดภาพดำเหล่านี้ออกไปโดยใช้สตรักเจอร์อิลิเมนต์ จากที่กล่าวมาการทำโคลส์ชิงมอร์โฟโลยีก็เป็นการปรับปรุงคุณภาพ

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

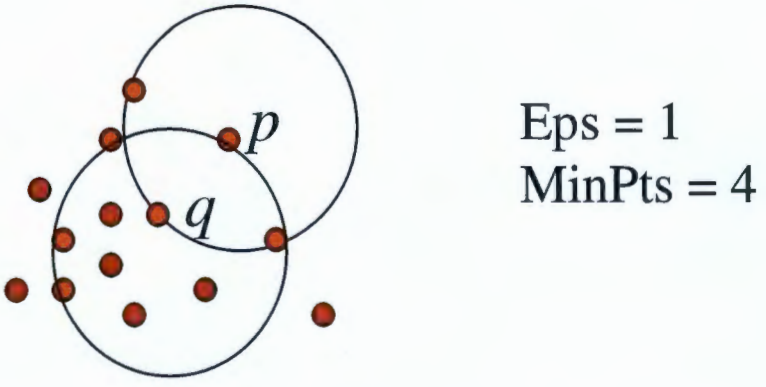


ภาพที่ 2-15 การทำโอเพนนิง (A-B)+B

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

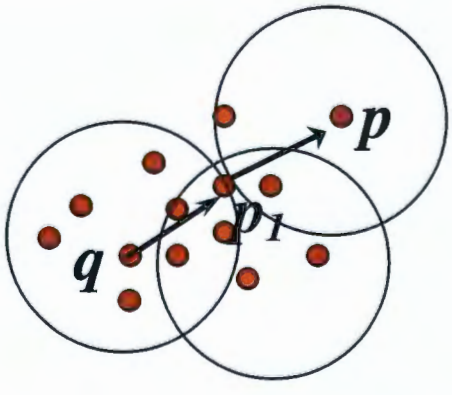
ขั้นตอนวิธีสำหรับการจัดกลุ่มข้อมูลโดยการวัดความหนาแน่น

- 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

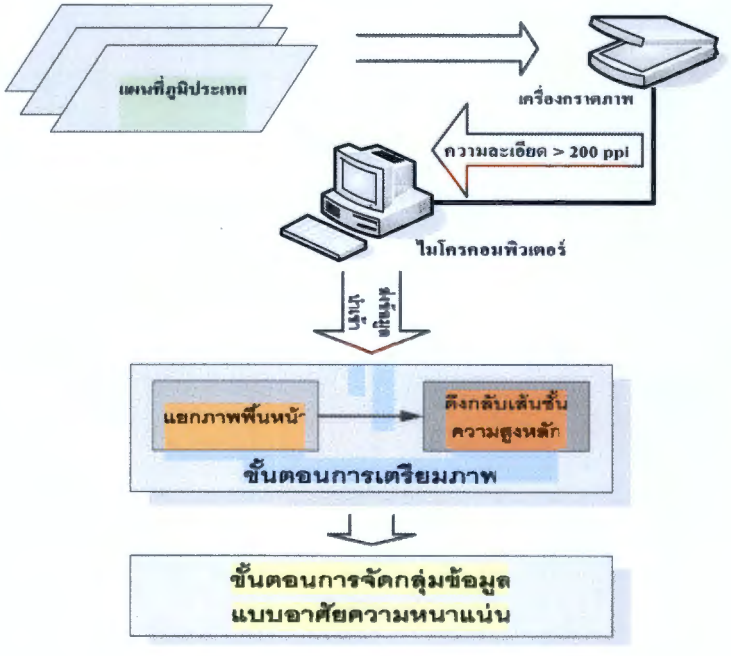
Qixiang Ye, Wen Gao and A Wei Zeng (2003) นำเสนองานวิจัยเรื่อง Color Image Segmentation Using Density-Based Clustering โดยได้นำเสนอวิธีการแบ่งแยกภาพสีโดยใช้หลักการจัดกลุ่มข้อมูลแบบอาศัยความหนาแน่น ซึ่งเป็นวิธีที่มักใช้กับการจัดกลุ่มข้อมูลในฐานข้อมูลขนาดใหญ่ โดยให้แนวคิดว่าจุดภาพแต่ละจุดให้ถือเป็นหนึ่งหน่วยข้อมูลที่ใช้พิจารณาในการจัดกลุ่มข้อมูล

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

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนวิธีการรู้จำเส้นชั้นความสูงหลัก

ขั้นตอนวิธีการรู้จำเส้นชั้นความสูงหลักที่ผู้วิจัยได้นำเสนอในงานวิจัยฉบับนี้ ประกอบด้วยขั้นตอนหลักทั้งสิ้น 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการเตรียมภาพ ขั้นตอนการจัดกลุ่มข้อมูลแบบอาศัยความหนาแน่น ดังที่ได้แสดงภาพรวมการทำงานในภาพที่ 3-1



ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนวิธีการรู้จำเส้นชั้นความสูงหลัก

ทั้งนี้ก่อนที่จะเริ่มกระบวนการทำงานของขั้นตอนวิธีดังกล่าว จะต้องมีการเตรียมข้อมูลนำเข้า (Input) ไว้เสียก่อน ซึ่งวิธีเตรียมข้อมูลนำเข้าในงานวิจัยนี้ สามารถใช้การสั่งการจากเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ให้ส่งสัญญาณไปควบคุมยังเครื่องกราดภาพ (Scanner) เพื่อให้สร้างข้อมูลภาพภาพสีแผนที่ภูมิประเทศระบบ RGB ที่มีความละเอียดมากกว่า 200 จุดต่อนิ้ว ส่งกลับมายังเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์และดำเนินการเก็บข้อมูลดังกล่าวเอาไว้ในพื้นที่ที่กำหนด หรือในกรณีที่ได้มีการสร้างข้อมูลดังกล่าวไว้แล้วนั้น ก็สามารถที่จะใช้การระบุเส้นทางของข้อมูลภาพเพื่อทำการประมวลผล

ได้ และเมื่อได้เตรียมข้อมูลนำเข้าพร้อมเรียบร้อยแล้ว จึงเริ่มสั่งการให้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ทำการประมวลผลโดยใช้โปรแกรมตามที่ได้ทำการออกแบบไว้แล้ว ซึ่งแนวความคิดในการพัฒนาและลำดับการประมวลผลของแต่ละขั้นตอนนั้น ผู้วิจัยจะได้ทำการอธิบายอย่างละเอียดในลำดับต่อไป

ภาพที่ 3-2 แผนผังขั้นตอนการเตรียมภาพ

ขั้นตอนการเตรียมภาพ

เมื่อข้อมูลนำเข้าซึ่งเป็นภาพสีแผนที่ภูมิประเทศระบบ RGB ถูกสร้างขึ้นมาแล้ว ผู้วิจัยจึงเริ่มสั่งการให้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ทำการประมวลผล โดยในขั้นตอนแรกของการประมวลผลเป็นการเตรียมภาพเพื่อให้ได้ภาพที่มีข้อมูลเฉพาะส่วนที่ต้องการ ซึ่งในที่นี้คือ เส้นชั้นความสูงหลัก โดยในขั้นตอนการเตรียมภาพนี้จะมีขั้นตอนหลัก อยู่ 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการแยกภาพพื้นหน้า (Foreground Extraction) และขั้นตอนการกู้คืนเส้นชั้นความสูงหลัก (Index Contour Line

Retrieval) โดยแต่ละขั้นตอนหลักจะมีขั้นตอนย่อย ๆ อีกหลายขั้นตอน ดังที่ได้แสดงภาพรวมขั้นตอนการเตรียมภาพทั้งหมดไว้ในภาพที่ 3-2

1. ขั้นตอนการกู้คืนภาพพื้นหน้า

เนื่องจากลักษณะทั่วไปที่เป็นมาตรฐานสากลของแผนที่ภูมิประเทศนั้น จะใช้สีแทนประเภทของพื้นที่ที่มีลักษณะแตกต่างกัน เช่น ใช้สีน้ำเงินแทนสีของพื้นที่ที่เป็นน้ำ ใช้สีเขียวแทนพื้นที่ที่มีพืชพันธุ์ไม้ ใช้สีแดงแทนถนนสายหลัก ใช้สีน้ำตาลแทนสีเส้นชั้นความสูง หรือใช้สัญลักษณ์ที่มีสีดำเป็นตัวแทนของสิ่งปลูกสร้างในรูปแบบต่าง ๆ เป็นต้น นอกจากนั้นในบางครั้งก็อาจจะใช้สีบางสีเป็นพื้นหลังของแผนที่ จากที่ได้กล่าวมานั้นหากพิจารณาแล้วจะพบว่าข้อมูลที่อยู่ในแผนที่จะมีลักษณะเป็นสองแบบ คือ ส่วนที่เป็นพื้นที่ (Area Features) เช่น แหล่งน้ำ ผืนป่า เป็นต้น และส่วนที่เป็นเส้น (Linear features) เช่น ถนน เส้นชั้นความสูง เป็นต้น โดยจากงานวิจัยของ เอไร และริชาร์ด (Aria Pezeshk & Richard L. Tutwiler, 2008) พบว่าในส่วนที่เป็นเส้นนี้เองเป็นส่วนที่มีความสำคัญซึ่งจะถูกนำเสนอไว้ในพื้นหน้า (Foreground) ส่วนข้อมูลแบบที่เป็นส่วนของพื้นที่จะมีความสำคัญน้อยกว่าจึงถูกนำเสนอไว้ในพื้นหลัง (Background) ดังนั้น จึงได้มีการนำเสนอให้ทำการกู้คืนภาพพื้นหน้า โดยใช้การแบ่งแยกกลุ่มจุดภาพ ซึ่งมีลักษณะเป็นภาพพื้นหน้าออกจากพื้นหลังตามวิธีการของออตสุ (Otsu's Thresholding Method) และให้ทำการลบภาพ พื้นหลังออกไป เพื่อให้ได้ภาพพื้นหน้าคงเหลืออยู่เฉพาะข้อมูลที่ต้องการ ก่อนที่จะนำภาพดังกล่าวไปใช้ในการประมวลผลต่อไป สำหรับขั้นตอนการกู้คืนภาพพื้นหน้านี้ประกอบด้วยขั้นตอนย่อย ๆ ทั้งสิ้น 5 ขั้นตอน ซึ่งในแต่ละขั้นตอนจะมีการใช้ทฤษฎีหรือวิธีการเป็นไปตามที่ได้อธิบายไว้ในส่วนของทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในบทที่ 2 ดังมีรายการต่อไปนี้

1.1 ขั้นตอนการแปลงภาพสีระบบ RGB (RGB image) ให้กลายเป็นภาพระดับสีเทา (Grayscale image) โดยในขั้นตอนนี้จะทำการแปลงภาพแผนที่ภูมิประเทศที่เป็นภาพสีระบบ RGB ซึ่งเกิดจากการผสมกันของแม่สี (Primary Color) ที่มีอยู่ทั้งหมด 3 สีคือ สีแดง สีเขียว และ สีน้ำเงิน ให้กลายเป็นภาพระดับสีเทาซึ่งเป็นภาพที่มีเพียงระดับเดียว

1.2 ขั้นตอนการแปลงภาพระดับสีเทาให้เป็นกลายเป็นภาพสีขาวดำ (Binarization) ในขั้นตอนนี้จะใช้วิธีการแบ่งแยกกลุ่มจุดภาพของออตสุเป็นเครื่องมือในการแปลงภาพ ซึ่งจะทำการแบ่งกลุ่มจุดภาพออกเป็นสองกลุ่ม คือ จุดภาพที่เป็นพื้นหน้า และจุดภาพที่เป็นพื้นหลัง แล้วกำหนดให้พื้นหน้ามีค่าเท่ากับ 1 ซึ่งเป็นการแทนค่าสีขาว ส่วนพื้นหลังกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 0 ซึ่งเป็นการแทนค่าสีดำ ภาพที่ได้จึงเป็นภาพที่มีเพียงสองสีคือขาวกับดำเท่านั้น แต่ทั้งนี้สำหรับการแสดงผลภาพที่ต้องการให้มีความเป็นธรรมชาตินั้น จำเป็นต้องทำการสลับค่าดังกล่าว

1.3 ขั้นตอนการกำจัดสัญญาณรบกวน (Noise) โดยใช้วิธีการกรองด้วยค่ามัธยฐาน (Median Filtering) ในขั้นตอนการแปลงภาพระดับสีเทาให้เป็นกลายเป็นภาพสีขาวดำนั้น ภาพสีขาวดำที่ได้จะมีสัญญาณรบกวนปะปนอยู่ในภาพ เนื่องจากว่าวิธีการแบ่งแยกกลุ่มจุดภาพของออตสุนั้นไม่สามารถทำการแยกกลุ่มที่อยู่ซ้อนทับกันระหว่างทั้งสองกลุ่มได้ จึงทำให้ภาพที่ได้ยังคงมีบางส่วนของพื้นหลังปะปนอยู่ในภาพ ดังนั้นเพื่อให้ได้ภาพพื้นหน้าที่สมบูรณ์จึงจำเป็นต้องทำการกำจัดสัญญาณรบกวนดังกล่าว โดยใช้วิธีการกรองด้วยค่ามัธยฐานที่ใช้หน้ากาก (Mask) ที่มีขนาดเล็ก ทั้งนี้ควรจะใช้ขนาด 3 × 3 หรือใหญ่กว่าแต่ไม่เกินขนาด 5 × 5

1.4 ขั้นตอนการทำไดเลชั่น (Dilation) กับภาพสีขาวดำ เนื่องจากในขั้นตอนการกำจัดสัญญาณรบกวน จะมีผลทำให้รายละเอียดสำคัญของภาพสีขาวดำบางส่วนขาดหายไป ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการเติมจุดภาพที่สำคัญซึ่งถูกกำจัดไปในขั้นตอนก่อนหน้านี้ โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพที่เรียกว่า “ไดเลชั่น” ซึ่งวิธีการดังกล่าวจะเป็นการเติมจุดภาพในส่วนที่มีลักษณะเป็นผืนหรือก้อนเดียวกัน โดยใช้หน้ากากขนาด 3 × 3 ทั้งนี้ด้วยวิธีการไดเลชั่นจะทำให้ภาพ พื้นหน้าขยายใหญ่ขึ้นและได้จุดภาพที่ต้องการซึ่งหายไปในขั้นตอนการแปลงภาพระดับสีเทาให้กลายเป็นภาพสีขาวดำ และขั้นตอนการกำจัดสัญญาณรบกวนกลับมาอีกครั้ง

1.5 ขั้นตอนการแปลงกลับภาพพื้นหน้าสีขาวดำให้เป็นภาพสีระบบ RGB ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนสุดท้ายหลังจากที่ได้ทำการลบภาพพื้นหลัง กำจัดสัญญาณรบกวน และเพิ่มจุดภาพที่ขาดหายเสร็จสิ้นเรียบร้อยแล้ว โดยเป็นการนำค่าจุดภาพแต่ละจุดในแต่ละแม่สีของภาพต้นฉบับมาทำการคูณเข้ากับค่าจุดภาพของภาพพื้นหน้าสีขาวดำที่ได้มาจากขั้นตอนก่อนหน้านี้ ในตำแหน่งของจุดภาพที่อยู่ในตำแหน่งเดียวกัน ดังเป็นไปตามสมการที่ 3.1

$$Foreground\ (:,:,i) = image(:,:,i).*mask + 255*(\sim mask); i = 1,2,3 \quad (3.1)$$

2. ขั้นตอนการกู้คืนเส้นชั้นความสูงหลัก

หลังจากที่ขั้นตอนการกู้คืนภาพพื้นหน้าได้ดำเนินการเสร็จสิ้นแล้ว ผลที่ได้จากขั้นตอนดังกล่าวก็คือ ภาพสีพื้นหน้าระบบ RGB โดยภาพดังกล่าวจะประกอบด้วยข้อมูลทั้งในส่วนที่เป็นสัญลักษณ์ต่าง ๆ และเส้นชั้นความสูง แต่เมื่อเราทำการพิจารณาภาพที่ได้มาจะพบว่า ภาพที่ผ่านการลบพื้นหลังออกไป จะมีข้อมูลส่วนใหญ่เป็นเส้นชั้นความสูง ซึ่งเป็นข้อมูลที่เราต้องการมากที่สุด ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการศึกษาวิธีการสกัดเส้นชั้นความสูงที่ได้มีการนำเสนอไว้แล้ว ซึ่งจากการศึกษาผู้วิจัยได้พบว่างานวิจัยของ Jinyang และ Yumei (Du Jinyang & Zhang Yumei, 2004) ได้นำเสนอวิธีการแยกสี (Color separation) เพื่อใช้ในการแยกเส้นชั้นความสูง โดยพวกเขาได้อธิบายไว้ว่า หากต้องการสกัดเอาเฉพาะเส้นชั้นความสูงให้ทำการกำหนดค่าขีดแบ่ง (Threshold) ในช่วง (Range) ที่เหมาะสมในแต่ละแม่สี หากจุดภาพใด ๆ ในภาพพื้นหน้าอยู่ในช่วงดังกล่าวให้ถือว่าเป็นเส้นชั้นความ

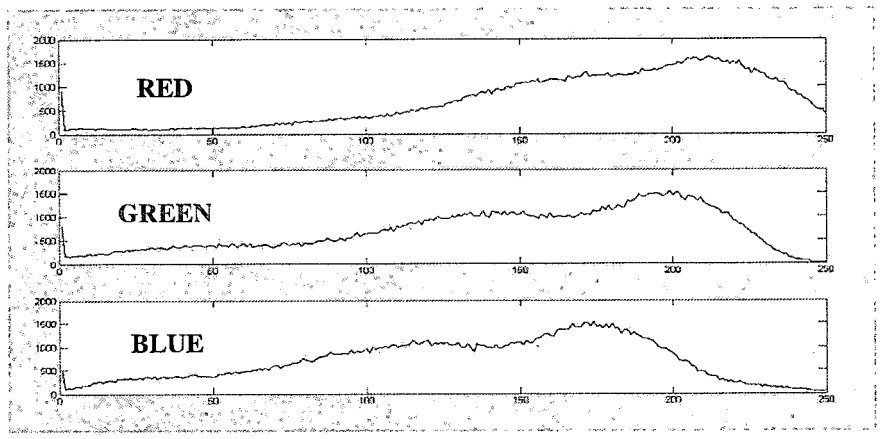
สูง ส่วนจุดภาพที่ไม่ได้อยู่ในช่วงค่าความเข้มสีที่กำหนดให้ทำการแปลงเป็นพื้นหลัง ซึ่งค่าขีดแบ่งที่กำหนดขึ้นมานั้นจะใช้จากประมาณของผู้ใช้เองก็ได้หรือจะใช้ค่าแม่สีมาตรฐานของสีน้ำตาลก็ได้ เพราะว่าในงานวิจัยดังกล่าวได้ใช้แผนที่ภูมิประเทศแบบมาตรฐานสากล ซึ่งกำหนดให้ใช้สีน้ำตาลเป็นสีของเส้นชั้นความสูง ดังนั้นการกำหนดค่าขีดแบ่งในแต่ละแม่สีจึงสามารถที่จะทำให้แยกเส้นชั้นความสูงออกมาจากภาพพื้นแผนที่ภูมิประเทศได้ ซึ่งจากวิธีการที่ได้อธิบายไปแล้วนั้น ทำให้ผู้วิจัยเกิดแนวความคิดที่จะพัฒนาปรับปรุงกระบวนการกู้คืนเส้นชั้นความสูงหลักให้มีความเป็นอัตโนมัติและมีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีการดังกล่าว

เมื่อผู้วิจัยได้ศึกษาถึงวิธีการแยกสีแล้วพบว่า วิธีการดังกล่าวใช้การกำหนดค่าขีดแบ่งที่เป็นค่าคงที่ จึงทำให้เกิดข้อจำกัดในการใช้งานอยู่สองประการ โดยประการแรกคือ วิธีการนี้จะสามารถใช้งานได้กับภาพแผนที่ซึ่งใช้สีตรงตามมาตรฐานหรือมีคุณภาพในการกราดภาพที่สูงมากเท่านั้น เพราะว่าช่วงสีของเส้นชั้นความสูงของภาพแผนที่จะต้องอยู่ในช่วงตามมาตรฐาน หากมีการใช้สีที่ผิดเพี้ยนในขั้นตอนการพิมพ์แผนที่ หรือเกิดความผิดเพี้ยนของการแทนค่าสีในขั้นตอนการกราดภาพย่อมทำให้ผลการกู้คืนเส้นชั้นความสูงที่ได้จากวิธีการแยกสีนั้นมีผลที่ไม่ดีและไม่เป็นไปตามต้องการ และจากงานวิจัยของ เอไรและริชาร์ด (Aria Pezeshk & Richard L. Tutwiler, 2008) นั้น ได้ระบุว่าปัญหาที่มักเกิดขึ้นกับภาพที่ได้จากการกราดภาพมี 2 ปัญหาคือ การเกิดรอยหยัก (Aliasing) และการแทนค่าสีที่ผิดเพี้ยนอันมีสาเหตุจากการรวมแสงของเลนส์ (Chromatic Aberration) ซึ่งทั้งสองปัญหานี้เป็นผลให้ค่าความเข้มแสงของเส้นชั้นความสูงไม่มีความแน่นอนและคลาดเคลื่อนจากค่าที่เป็นจริงไปมาก โดยความผิดพลาดนี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามคุณลักษณะของแผนที่และเครื่องกราดภาพที่นำมาใช้ จากงานวิจัยดังกล่าวจึงสามารถยืนยันได้ว่าภาพแผนที่ที่ได้จากการกราดภาพย่อมเกิดปัญหาความผิดเพี้ยนของการแทนค่าสีอย่างแน่นอน ซึ่งเป็นข้อจำกัดที่มีผลต่อวิธีการแยกสีอย่างมาก ส่วนข้อจำกัดประการที่สองคือ ในขั้นตอนการกำหนดช่วงความเข้มของสี ซึ่งผู้ใช้งานจะต้องทำการกำหนดค่าความเข้มของสีด้วยตนเอง ดังนั้นย่อมมีความยุ่งยากต่อผู้ใช้งาน หากผู้ใช้งานไม่ทราบค่าขีดแบ่งตามมาตรฐานหรือกำหนดค่าผิดผลาด ผลที่ได้ย่อมผิดพลาดตามไปด้วย นอกจากนั้นหากมีการเปลี่ยนแปลงแผนที่ในการใช้งาน ในกรณีนี้เมื่อผู้ใช้งานกำหนดค่าขีดแบ่งขึ้นมาเอง ผู้ใช้งานก็ต้องทำการกำหนดค่าขึ้นใหม่อีกครั้ง

จากสิ่งที่ได้กล่าวมาทั้งหมดแล้วนั้น หากนำวิธีการแยกสีมาใช้ในการสกัดเส้นชั้นความสูงหลักออกมาจากภาพแผนที่ต้นฉบับ ย่อมมีข้อจำกัดทั้งในส่วนที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการประมวลผล และในส่วนของความสะดวกในการใช้งาน ดังนั้นเพื่อให้สามารถกู้คืนเส้นชั้นความสูงหลักได้ โดยปราศจากข้อจำกัดทั้งสองประการที่มีอยู่ในวิธีการแยกสี ผู้วิจัยจึงได้คิดพัฒนาวิธีขึ้นมาใหม่ โดยใช้การปรับปรุงแนวคิดวิธีการแยกสีดังที่ได้กล่าวไปแล้ว โดยเพิ่มกระบวนการวิเคราะห์สีด้วยฮิสโตแก

รมเข้าไปด้วย ทั้งนี้ก็เพื่อให้ประสิทธิภาพในการกู้คืนเส้นชั้นความสูงหลักเพิ่มขึ้นและเป็นระบบแบบอัตโนมัติซึ่งจะสะดวกต่อการใช้งานมากขึ้น ซึ่งวิธีการที่พัฒนาขึ้นมาใหม่นี้ยังสามารถแก้ปัญหาในเรื่องของการแทนค่าสีที่ผิดเพี้ยน อันมีสาเหตุมาจากการรวมแสงของเลนส์ในขั้นตอนการกราดภาพได้ด้วย

สำหรับขั้นตอนวิธีการกู้คืนเส้นชั้นความสูงหลักแบบอัตโนมัติที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมานั้นเกิดจากการศึกษาและสังเกตลักษณะค่าความเข้มแสงของสีภาพพื้นหน้าที่ได้จากขั้นตอนการกู้คืนภาพพื้นหน้า โดยผู้วิจัยพบว่าเมื่อนำค่าความเข้มแสงของทุกจุดภาพที่เป็นภาพพื้นหน้า (มีค่าน้อยกว่า 255) ในแต่ละแม่สีมาพล็อตเป็นฮิสโตแกรม ดังแสดงในภาพที่ 3-3



ภาพที่ 3-3 ฮิสโตแกรมของแต่ละแม่สีในภาพพื้นหน้า

จากภาพที่ 3-3 จะเห็นได้ว่าในแต่ละแม่สีจะมีการกระจายตัวของจุดภาพอยู่ในเกือบทุก ๆ ค่า สาเหตุที่ค่าความเข้มสีในแต่ละแม่สีไม่แสดงผลเป็นค่าใดเพียงค่าเดียวหรืออยู่ในช่วงแคบ ๆ ทั้ง ๆ ที่เส้นชั้นความสูงในภาพพื้นหน้าเป็นสีน้ำตาลหรือเป็นสีเดียวกันเหมือนกันเกือบทั้งภาพนั้น เป็นผลที่เกิดขึ้นมาจากการแทนค่าสีที่ผิดเพี้ยนอันมีสาเหตุจากการรับแสงของเลนส์ในช่วงเวลาที่ทำการกราดภาพตามที่ผู้วิจัยได้กล่าวไว้แล้วก่อนหน้านี้ และเป็นการยืนยันอีกครั้งว่าการกำหนดค่าขีดแบ่งแบบค่าคงที่ย่อมไม่ได้ผลกับภาพแผนที่ที่มีปัญหาเช่นนี้อย่างแน่นอน อย่างไรก็ตามเมื่อผู้วิจัยได้พยายามสังเกตการแสดงผลของฮิสโตแกรมแล้วพบว่า กลุ่มของจุดภาพในภาพพื้นหน้านั้นสามารถแบ่งออกได้เป็นสองกลุ่มได้แก่ กลุ่มจุดภาพมืด (Dark Pixel) และกลุ่มจุดภาพสว่าง (Bright Pixel) ซึ่งสาเหตุที่เป็นเช่นนั้นเพราะภาพพื้นหน้าที่ได้จากขั้นตอนแรกนั้น เป็นภาพที่ได้ลบพื้นหลังที่ไม่จำเป็นออกไปแล้ว จุดภาพส่วนใหญ่จึงคงเหลือแต่ส่วนที่เป็นเส้น ซึ่งได้แก่ เส้นชั้นความสูงหลัก เส้นชั้นความสูงรอง ถนน แม่น้ำ และสิ่งปลูกสร้าง ซึ่งตามมาตรฐานสากลนั้นแม่น้ำจะใช้สีน้ำเงินหรือสีฟ้าเป็นสีสัญลักษณ์ ซึ่งเป็นสีดังกล่าวเป็นสีที่มีความสว่างของแสงมาก จึงสามารถจัดให้อยู่ในกลุ่มจุดภาพสว่างได้ ส่วนเส้น

ถนนที่ใช้สีแดงเป็นสีสัญลักษณ์ก็เป็นสีที่มีความสว่างของแสงมาก จึงจัดให้อยู่ในกลุ่มจุดภาพสว่างได้เช่นเดียวกัน และจากลักษณะของเส้นชั้นความสูงรองที่มีความเข้มแสงน้อยกว่าเส้นชั้นความสูงหลัก จึงถือได้ว่าอยู่ในกลุ่มจุดภาพสว่างเช่นเดียวกันกับถนนและแม่น้ำ ดังนั้นจึงคงเหลือเพียงเส้นชั้นความสูงหลักและสิ่งปลูกสร้างเท่านั้นที่จะอยู่ในกลุ่มของจุดภาพมืด และตามหลักมาตรฐานนั้นสิ่งปลูกสร้างต่าง ๆ จะใช้สีดำเป็นสีสัญลักษณ์ ซึ่งสีดำนั้นจะเป็นสีที่มีความแตกต่างจากสีอื่น ๆ อย่างชัดเจน โดยจะเป็นสีที่มีค่าความสว่างของแสงที่ต่ำมากในทุกแม่สี ดังนั้นจึงสามารถแยกออกจากสีอื่น ๆ ได้ง่าย

จากลักษณะของภาพพื้นหน้าตามที่ได้กล่าวไปแล้วนั้น ทำให้ผู้วิจัยได้พัฒนาวิธีการกู้คืนเส้นชั้นความสูงหลัก โดยใช้การสร้างฮิสโตแกรมเพื่อค้นหาค่าขีดแบ่งที่จะสามารถแบ่งกลุ่มจุดภาพทั้งสองกลุ่มออกจากกัน และวิธีการที่ใช้ในการหาค่าขีดแบ่งนี้ก็ได้ใช้วิธีการของออตสุ ซึ่งเป็นวิธีการเดียวกันกับที่ใช้ในการแยกภาพพื้นหน้า เพราะแม้ว่าจะมีการแทนค่าสีที่ผิดเพี้ยนโดยมีสาเหตุมาจากการแทนค่าความเข้มแสงที่ผิดพลาดก็ตาม แต่การกำหนดค่าขีดแบ่งของออตสุนั้นได้ค่ามาจากการวัดการกระจายตัวของกลุ่มข้อมูล จึงทำให้ค่าขีดแบ่งที่ได้สามารถปรับเปลี่ยนได้เองแบบอัตโนมัติ โดยจะขึ้นอยู่กับค่าความเข้มแสงและการกระจายตัวของสีเส้นชั้นความสูงที่ผิดเพี้ยนในภาพแผนที่นั้น ๆ และเมื่อสามารถแยกจุดภาพที่เป็นกลุ่มจุดภาพมืดออกมาได้แล้วให้ทำการแยกสีดำออกไปโดยใช้การกำหนดค่าขีดแบ่งที่มีค่ามากกว่า 0 ในทุกแม่สี จากนั้นในขั้นตอนต่อไปจึงให้ทำการตรวจสอบค่าอัตราส่วนการผสมระหว่างแม่สีแต่ละสี เพื่อคัดแยกเอาจุดภาพสว่างที่ปะปนเข้ามาอยู่ในกลุ่มจุดภาพมืดออกไป เพราะแม้ว่าในการกราดภาพนั้นจะมีการแทนค่าความสว่างของแสงที่ผิดเพี้ยน แต่จุดภาพที่เป็นสีเดียวกันจะยังคงมีอัตราส่วนของแม่สีแต่ละสีที่ผสมกันเป็นอัตราส่วนเดียวกัน และจากการที่เส้นชั้นความสูงหลักมีสีเข้มมากกว่านั้นแสดงว่ามีการเพิ่มความเข้มของค่าสีที่เป็นสีหลักให้มากกว่าปกติ ดังนั้นเมื่อนำฮิสโตแกรมทั้งสามแม่สีมาเปรียบเทียบกัน จะพบว่าหากเส้นชั้นความสูงเป็นสีน้ำตาลตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ ผลที่ได้คือ กลุ่มจุดภาพส่วนใหญ่ในสีน้ำเงินจะมีค่าที่ต่ำที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากสีน้ำตาลเข้มเป็นสีที่เกิดจากการผสมกันของสีน้ำเงินอันเป็นสีหลัก กับสีแดงซึ่งเป็นสีที่มีความสว่างของแสงมากที่สุด ซึ่งจากฮิสโตแกรมในภาพที่ 3-3 แสดงผลตามลักษณะที่ได้กล่าวไปแล้ว จากลักษณะเด่นต่าง ๆ ที่ได้กล่าวไปแล้ว ผู้วิจัยได้พัฒนาขั้นตอนในการสกัดเส้นชั้นความสูงแบบอัตโนมัติโดยอาศัยข้อมูลดังกล่าว ซึ่งจะมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ฮิสโตแกรมเพื่อกู้คืนเส้นชั้นความสูงหลัก เริ่มต้นจากการนำภาพพื้นหน้าที่ได้มาจากขั้นตอนการกู้คืนภาพพื้นหน้า มาทำการพล็อตเป็นฮิสโตแกรมซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 254 ทั้งนี้สาเหตุที่ไม่นำค่า 0 และ 255 มาพล็อตด้วยนั้น เนื่องจากเพื่อต้องการกำจัดจุดภาพที่เป็นพื้นหลังสีขาวและเส้นสีดำออกไป จากนั้นเมื่อทำการพล็อตเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้นำจุดภาพที่ได้

ทั้งหมดไปทำการแบ่งกลุ่มโดยใช้วิธีการของออตสุ ซึ่งจะทำให้ได้ค่าขีดแบ่งของแต่ละแม่สีซึ่งจะทำให้ได้กลุ่มจุดภาพมืดเท่านั้น แต่ว่าในบางครั้งจุดภาพมืดอาจประกอบด้วยเส้นชั้นความสูงหลักและเส้นสัญลักษณ์อื่น ๆ ที่มีลักษณะที่เป็นสีเข้มเช่นกัน ดังนั้นเพื่อทำให้สามารถแยกเส้นชั้นความสูงหลักออกจากเส้นอื่น ๆ จึงต้องทำการตรวจสอบอัตราส่วนการผสมสีของจุดภาพ โดยจะคัดมาเฉพาะจุดภาพที่มีอัตรการผสมสีตามลักษณะของสีน้ำตาลเข้ม นั่นคือสีน้ำเงินจะมีค่าความสว่างต่ำที่สุด ส่วนสีเขียวจะมีค่าความสว่างมากกว่าสีน้ำเงินแต่น้อยกว่าสีแดง และสีแดงจะเป็นสีที่มีจะมีค่าความสว่างของแสงมากที่สุด โดยกำหนดให้จุดภาพที่ตรงตามเงื่อนไขมีค่าเท่ากับ 0 ส่วนจุดภาพ อื่น ๆ ที่ไม่ตรงตามเงื่อนไขให้มีค่าเท่ากับ 1 ซึ่งจากการกระบวนการตรวจสอบนี้จะทำให้สามารถแยกเส้นชั้นความสูงหลักทั้งหมดออกมาให้อยู่ในรูปแบบของภาพสีขาวดำ แต่ในบางครั้งอาจจะมีจุดภาพของเส้นชั้นความสูงรองและเส้นอื่น ๆ ที่มีลักษณะเหมือนกับเส้นชั้นความสูงหลักปะปนด้วยบ้าง ซึ่งจะต้องดำเนินการกำจัดจุดภาพเหล่านี้ในขั้นตอนต่อไป

2.2 ขั้นตอนการกำจัดสัญญาณรบกวนโดยใช้วิธีการกรองด้วยค่ามัธยฐาน หลังจากที่สกัดเส้นชั้นความสูงหลักออกมาเป็นภาพสีขาวดำได้แล้วนั้น ภาพที่ได้จะมีลักษณะของเส้นที่ขาดเป็นช่วง ๆ และมีสัญญาณรบกวนปะปนอยู่ด้วย ดังนั้นเพื่อให้ได้เส้นชั้นความสูงที่ไม่มีสัญญาณรบกวนจึงต้องทำการกำจัดสัญญาณรบกวนอีกครั้ง โดยใช้หน้ากากขนาดที่ไม่เล็กกว่า 2×2 และไม่ใหญ่เกินกว่า 5×5 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความละเอียดของภาพที่ใช้ในการประมวลผล

2.3 ขั้นตอนการทำไดเลชั่น (Dilation) กับภาพสีขาวดำ เนื่องจากในขั้นตอนการกำจัดสัญญาณรบกวน จะมีผลทำให้รายละเอียดสำคัญของภาพสีขาวดำบางส่วนขาดหายไป ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการเติมจุดภาพที่สำคัญซึ่งถูกกำจัดไปในขั้นตอนก่อนหน้านี้ โดยอาศัยเทคนิคไดเลชั่น ที่ใช้หน้ากากขนาดตั้งแต่ 2×2 ทั้งนี้ด้วยวิธีการไดเลชั่นจะทำให้ภาพพื้นหน้าขยายใหญ่ขึ้นและได้จุดภาพที่ต้องการซึ่งหายไปในขั้นตอนการแปลงภาพระดับสีเทาให้เป็นกลายเป็นภาพสีขาวดำ และขั้นตอนการกำจัดสัญญาณรบกวนกลับมาอีกครั้ง

2.4 ขั้นตอนการแปลงกลับภาพเส้นชั้นความสูงหลักแบบสีขาวดำให้เป็นภาพสีระบบ RGB สำหรับในขั้นตอนนี้จะเหมือนกับขั้นตอนที่ 1.5 โดยจุดประสงค์ของขั้นตอนนี้คือเพื่อคัดเลือกเอาเฉพาะข้อมูลที่ต้องการจากภาพต้นฉบับ เพราะเนื่องจากว่าการทำไดเลชั่นนั้นอาจทำให้เกิดจุดภาพที่ไม่มีความจำเป็นจำนวนมากได้

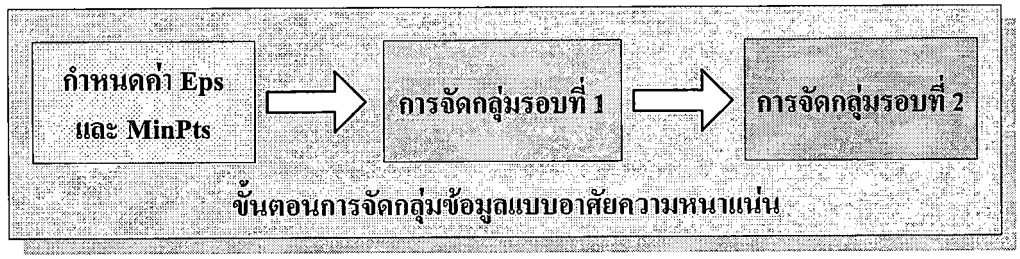
2.5 ขั้นตอนการแปลงภาพสีเส้นชั้นความสูงหลักระบบ RGB ให้กลายเป็นภาพระดับสีเทา โดยขั้นตอนนี้จะเหมือนกับขั้นตอนที่ 1.1 โดยจุดประสงค์เพื่อแปลงภาพสีให้กลายเป็นภาพที่มีเพียงระดับเดียว

2.6 ขั้นตอนการแปลงภาพเส้นชั้นความสูงหลักระดับสีเทาให้เป็นกลายเป็นภาพเส้นชั้นความสูงสีขาวดำ สำหรับขั้นตอนนี้จะเหมือนกับขั้นตอนที่ 1.2 โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้ได้ภาพที่มีเพียงสีขาวและดำเท่านั้น

2.7 ขั้นตอนการหาแกนข้อมูล (Skeletoning) ทั้งนี้เพื่อให้การจัดกลุ่มข้อมูลในขั้นตอนต่อไป สามารถทำได้อย่างรวดเร็วโดยสิ้นเปลืองเวลาในการประมวลผลน้อยที่สุด ผู้วิจัยได้พบว่าหากนำภาพเส้นชั้นความสูงหลักสีขาวดำมาผ่านขั้นตอนการหาแกนข้อมูล จะทำให้จำนวนของจุดภาพที่ใช้พิจารณาในการจัดกลุ่มลดน้อยลงจากเดิมอย่างมาก แต่ว่าจะไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อการจัดกลุ่ม เนื่องจากโดยปกติแล้วจำนวนจุดภาพที่ใช้แทนเส้นชั้นความสูงและเส้นของตัวเลขจะมีจำนวนเท่ากัน แต่ด้วยลักษณะของตัวเลขที่มีขนาดใหญ่กว่าเส้นชั้นความสูง จึงทำให้มีความหนาแน่นของจำนวนจุดภาพมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกันในขนาดพื้นที่ที่เท่ากัน

ขั้นตอนการจัดกลุ่มข้อมูลแบบอาศัยความหนาแน่น

หลังจากที่ได้ผ่านขั้นตอนการเตรียมภาพเสร็จสิ้นแล้วนั้น ในขั้นตอนต่อไปจะทำการจัดกลุ่มข้อมูลของภาพขาวดำเส้นชั้นความสูงหลักเฉพาะส่วนที่ไม่ใช่พื้นหลัง โดยใช้วิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบอาศัยความหนาแน่นตามที่ได้อธิบายไปแล้วในส่วนของทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในบทที่ 2 ทั้งนี้สาเหตุที่ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการจัดกลุ่มแบบอาศัยความหนาแน่นในขั้นตอนนี้ เนื่องจากว่าตัวเลขค่าระดับความสูงกับเส้นชั้นความสูงหลักนั้นมีค่าสีที่เหมือนกันจึงไม่สามารถแยกออกจากกันด้วยวิธีการประมวลผลภาพ โดยจากงานวิจัยของ Qixiang Ye, Wen Gao and A Wei Zeng (2003) ได้นำเสนอวิธีการแบ่งแยกภาพสีโดยใช้หลักการจัดกลุ่มข้อมูลแบบอาศัยความหนาแน่น ซึ่งเป็นวิธีที่มักใช้กับการจัดกลุ่มข้อมูลในฐานข้อมูลขนาดใหญ่ ที่ให้แนวคิดว่ารูปภาพแต่ละรูปก็เปรียบเสมือนหนึ่งฐานข้อมูล ดังนั้นจุดภาพแต่ละจุดก็ถือเป็นหนึ่งหน่วยข้อมูลที่ใช้พิจารณาในการจัดกลุ่มข้อมูลได้เช่นกัน และจากแนวคิดดังกล่าวประกอบกับลักษณะสำคัญของแผนที่ภูมิประเทศที่ขนาดของตัวเลขค่าระดับความสูงจะมีขนาดที่ใหญ่กว่าขนาดของเส้นชั้นความสูงหลัก อีกทั้งยังมีการเรียงจัดวางตัวเลขแต่ละตัวอยู่ใกล้ ๆ กัน จึงทำให้กลุ่มตัวเลขมีความหนาแน่นของจุดภาพมากกว่ากลุ่มของเส้นชั้นความสูงในพื้นที่ที่มีขนาดเท่ากัน ซึ่งทั้งหมดนี้เป็นสาเหตุให้ผู้วิจัยเลือกใช้การจัดกลุ่มข้อมูลแบบอาศัยความหนาแน่นในการจัดกลุ่มข้อมูลภาพเส้นชั้นความสูงหลัก นอกจากนั้นแล้ววิธีการจัดกลุ่มดังกล่าวยังเป็นการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised learning) ที่สามารถหาจำนวนกลุ่มของข้อมูลได้เอง จึงทำให้การจัดกลุ่มมีประสิทธิภาพและเหมาะกับข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ดังเช่นรูปภาพนั่นเอง



ภาพที่ 3-4 ขั้นตอนการจัดกลุ่มข้อมูลแบบอาศัยความหนาแน่น

การประยุกต์ใช้วิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบอาศัยความหนาแน่นในการวิจัยครั้งนี้ สามารถแบ่งขั้นตอนต่าง ๆ ที่อยู่ในช่วงของการจัดกลุ่มข้อมูลได้ทั้งหมด 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการกำหนดค่า Eps และค่า MinPts ขั้นตอนการจัดกลุ่มรอบที่ 1 และขั้นตอนการจัดกลุ่มรอบที่ 2 ดังที่ได้แสดงภาพรวมขั้นตอนทั้งหมดในภาพที่ 3-4 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ขั้นตอนการหาค่า Eps และค่า MinPts

ขั้นตอนในลำดับแรกนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดจากขั้นตอนทั้งหมดของการจัดกลุ่มข้อมูลแบบอาศัยความหนาแน่น เนื่องจากค่า Eps และค่า MinPts นั้นเป็นตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อการจัดกลุ่มเป็นอย่างมาก หากกำหนดค่า Eps ไว้สูง และกำหนดค่า MinPts ไว้ต่ำ ก็จะทำให้ข้อมูลผิดปกติถูกนำเข้ามาอยู่ในกลุ่มด้วย หากเพิ่มค่า MinPts จนสูงมากเกินไปก็อาจทำให้ข้อมูลที่ต้องการบางส่วนถูกจัดไปเป็นสัญญาณรบกวนได้ แต่หากลดค่า Eps ลงมาให้ต่ำลงมา ก็อาจทำให้ข้อมูลทุกส่วนถูกจัดเป็นกลุ่มเดียวกันทั้งหมด ดังนั้นจึงจะเห็นได้ว่าค่าตัวแปรทั้งสองนั้นมีความสัมพันธ์ต่อกันและมีผลต่อการจัดกลุ่มทั้งคู่ ซึ่งจุดนี้มีความยุ่งยากมากกว่าขั้นตอนอื่น ๆ ดังนั้นผู้ใช้งานจำเป็นที่จะต้องทำการทดสอบเพื่อหาค่าตัวแปรที่เหมาะสมด้วยตัวเอง จนกว่าจะได้ค่าตัวแปรที่เหมาะสมกับภาพแผนที่ที่นำมาใช้เป็นข้อมูลนำเข้า โดยจากการศึกษาของผู้วิจัยพบว่าค่า Eps และค่า MinPts ที่ใช้ในการจัดกลุ่มในแต่ละรอบจะต้องแตกต่างกันโดยมีนัยสำคัญ ทั้งนี้เนื่องจากว่าในการจัดกลุ่มรอบที่ 1 นั้นต้องการให้มีการกำหนดค่า Eps ที่มีค่าน้อย ๆ และค่า MinPts ที่มาก เพื่อให้ขนาดของรัศมีหรือ Eps นั้นครอบคลุมตัวเลขแต่ละตัวได้อย่างพอดี โดยที่มีจำนวนจุดภาพอย่างน้อยหรือ MinPts ที่เท่ากับจำนวนจุดภาพที่น้อยที่สุดที่ใช้ในการแสดงผลภาพตัวเลข แต่สำหรับในการจัดกลุ่มข้อมูลรอบที่ 2 นั้นต้องทำการกำหนดค่า Eps ให้มากขึ้นกว่าเดิมอย่างน้อยสองเท่า และกำหนดค่า MinPts ที่มากขึ้นจากเดิมอย่างน้อยเท่าครึ่ง เพื่อให้ขนาดของรัศมีหรือ Eps นั้นครอบคลุมตัวเลขทุกตัวที่เรียงอยู่ในชุดเดียวกันได้อย่างพอดี โดยมีจำนวนจุดภาพอย่างน้อยหรือ MinPts ที่เท่ากับจำนวนจุดภาพที่น้อยที่สุดที่ใช้ในการแสดงผลภาพชุดตัวเลขทั้งชุดซึ่งเป็นค่าระดับความสูงประจำแต่ละเส้นชั้นความสูงหลัก

2. ขั้นตอนการจัดกลุ่มรอบที่ 1

จากขั้นตอนที่ 1 เมื่อได้ค่า Eps และค่า MinPts ของแต่ละรอบเรียบร้อยแล้ว ให้นำค่าสำหรับกาารจัดกลุ่มรอบที่ 1 มาทำการจัดกลุ่มข้อมูลภาพที่ได้จากขั้นตอนการเตรียมภาพ และเมื่อดำเนินการจัดกลุ่มเสร็จสิ้นแล้ว ผลลัพธ์ที่ได้คือ ข้อมูลทั้งหมดจะถูกแบ่งออกเป็นกลุ่ม ๆ โดยข้อมูลในแต่ละกลุ่มก็จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ประเภทได้แก่ ประเภทที่เป็นจุดแกน (Core point) และประเภทที่เป็นจุดขอบ (Border point) แต่จะมีข้อมูลอยู่เพียงกลุ่มเดียวที่ข้อมูลทั้งหมดจะเป็นประเภทเดียวกัน นั่นก็คือกลุ่มข้อมูลที่เป็นสัญญาณรบกวน ข้อมูลที่ถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มนี้คือข้อมูลที่มีลักษณะเป็นข้อมูลผิดปกติหรือเรียกอีกอย่างว่าสัญญาณรบกวนนั่นเอง และผลจากการจัดกลุ่มที่ได้ดำเนินการไปในรอบที่ 1 ผู้วิจัยได้เลือกเฉพาะข้อมูลที่เป็นจุดแกนและจุดขอบของแต่ละกลุ่ม เพื่อที่จะนำข้อมูลเหล่านี้ไปดำเนินการจัดกลุ่มในรอบต่อไป

3. ขั้นตอนการจัดกลุ่มรอบที่ 2

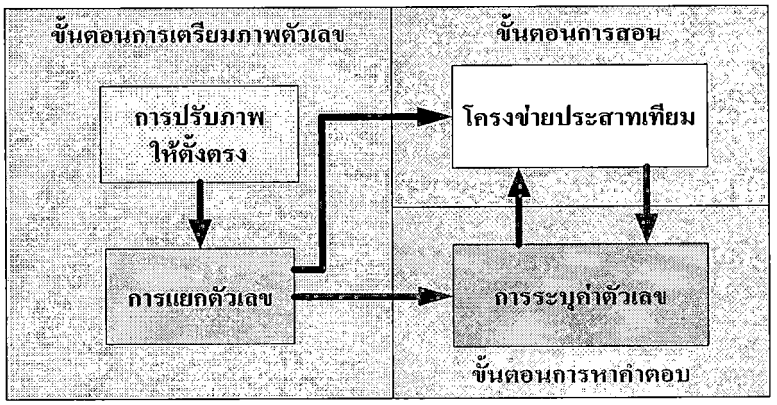
หลังจากที่ได้ทำการจัดกลุ่มรอบที่ 1 เรียบร้อยแล้ว ก็สามารถที่จะทำการจัดกลุ่มรอบที่ 2 ได้ทันที โดยให้ใช้ค่า Eps และค่า MinPts ที่ได้เตรียมไว้สำหรับการจัดกลุ่มในรอบที่ 2 และผลลัพธ์ที่ได้ก็จะมีลักษณะเช่นเดียวกันกับรอบที่ 1 นั่นคือ ข้อมูลทั้งหมดจะถูกแบ่งออกเป็นกลุ่ม ๆ โดยข้อมูลในแต่ละกลุ่มก็จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ประเภท โดยกลุ่มข้อมูลสัญญาณรบกวนเท่านั้นที่มีข้อมูลเป็นประเภทเดียวกันทั้งหมด แต่การจัดกลุ่มในรอบนี้จะมีข้อแตกต่างจากรอบที่ 1 คือ จำนวนกลุ่มข้อมูลที่ได้จะมีจำนวนลดน้อยลง เนื่องจากขนาดของรัศมีหรือ Eps นั้นมีขนาดใหญ่ขึ้นจึงทำให้กลุ่มข้อมูลบางกลุ่มที่อยู่ใกล้กันมาก ๆ ถูกจัดให้เข้าไปอยู่ในกลุ่มข้อมูลเดียวกัน

เมื่อได้ดำเนินการครบทั้ง 3 ขั้นตอนแล้ว ผลลัพธ์ที่ได้จากการจัดกลุ่มนี้คือ ภาพขาวดำที่มีเฉพาะตัวเลขที่แสดงค่าระดับชั้นความสูง

ขั้นตอนการรู้จำตัวเลข

สำหรับขั้นตอนนี้มีจุดมุ่งหมายคือ สร้างโครงข่ายประสาทเทียมซึ่งจะใช้ในการการระบุค่าตัวเลขระดับชั้นความสูงจากภาพที่ได้ในขั้นตอนการจัดกลุ่มข้อมูลแบบอาศัยความหนาแน่น เพื่อที่จะสามารถนำค่าดังกล่าวไปใช้ในการระบุค่าความสูงของเส้นทางที่พิจารณาต่อไป โดยผู้วิจัยได้นำระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial neural network) แบบแพร่กระจายย้อนกลับ Back-propagation มาใช้ในการเรียนรู้และหาคำตอบ แต่เนื่องจากรูปภาพตัวเลขที่ได้มานั้นไม่สามารถที่จะนำมาใช้ในการรู้จำได้ทันที เนื่องจากตัวเลขที่ระบุค่าระดับชั้นความสูงนั้นมีการจัดวางอยู่ในทิศทางที่ไม่แน่นอนสามารถเป็นไปได้ในทุกทิศทาง ทั้งนี้เพราะตัวเลขดังกล่าวอยู่ในทิศทางเดียวกันกับเส้นชั้น

ความสูงนั่นเอง ดังนั้นหากจะให้ข่ายงานประสาทเทียมเรียนรู้ตัวเลขที่อยู่ในทุกทิศทางจึงมีความยุ่งยากเป็นอย่างมาก ต้องใช้ข้อมูลเพื่อทำการเรียนรู้จำนวนมาก และยังต้องใช้เวลาในการเรียนรู้เป็นระยะเวลาที่นานมาก อีกทั้งความแม่นยำในการระบุค่าตัวเลขก็จะลดน้อยลงไปด้วย ด้วยเหตุนี้เองทำให้ต้องมีขั้นตอนการเตรียมภาพตัวเลข เพื่อทำการเตรียมภาพตัวเลขก่อนที่จะนำตัวเลขไปทำการสอนให้แก่โครงข่าย หรือเพื่อหาคำตอบก็ตาม ดังนั้นในขั้นตอนของการรู้จำตัวเลขนี้จึงประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอนได้แก่ ขั้นตอนการเตรียมภาพตัวเลข ขั้นตอนการสอน และขั้นตอนการหาตำตอบ ดังแสดงภาพรวมการทำงานไว้ในภาพที่ 3-5



ภาพที่ 3-5 ขั้นตอนการรู้จำตัวเลข

1. ขั้นตอนการเตรียมภาพตัวเลข

เนื่องจากภาพที่ได้มาจากขั้นตอนการจัดกลุ่มข้อมูลนั้น จะได้เป็นภาพชุดตัวเลขที่มีการจัดวางอยู่ในทิศทางที่ไม่แน่นอนสามารถเป็นไปได้ในทุกทิศทาง และเป็นชุดตัวเลขที่มีจำนวนมากกว่า 2 ตัวขึ้นไป ดังนั้นก่อนจะนำตัวเลขไปทำการสอนหรือหาคำตอบ จึงต้องมาการเตรียมภาพตัวเลขเพื่อให้สามารถรู้จำและหาคำตอบได้เสียก่อน โดยขั้นตอนนี้จะประกอบด้วยขั้นตอนย่อย ๆ ทั้งสิ้น 2 ขั้นตอนได้แก่

1.1 ขั้นตอนการปรับภาพให้ตั้งตรง หลังจากที่ได้ภาพแผ่นที่ได้ถูกจัดกลุ่มข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ตัวเลขจะถูกจัดออกเป็น 1 ชุดต่อกลุ่ม แต่เนื่องจากในขั้นตอนสุดท้ายของการกู้คืนเส้นชั้นความสูงหลักนั้น ภาพทั้งหมดได้ผ่านขั้นตอนการทำโครงกระดูก ดังนั้นภาพตัวเลขในแต่ละชุดจึงมีจำนวนจุดภาพที่น้อยมาก ดังนั้นจึงต้องทำการไดเลชั่นภาพตัวเลขที่ได้มาจากการจัดกลุ่มเสียก่อนเพื่อให้จำนวนจุดภาพของตัวเลขมีมากพอที่จะทำให้การรู้จำมีประสิทธิภาพ จากนั้นจึงทำการค้นหาทิศทาง (Vector) การเรียงตัวของตัวเลขว่าอยู่ในทิศทางใด โดยใช้วิธีการหา Eigen vector และ

Eigen value ซึ่งจะทำให้ทิศทางที่เป็นไปได้ของตัวเลขเหลือเพียงสองทิศทาง แต่จากการวิจัยทำให้พบว่าแท้จริงแล้วในการผลิตแผนที่ภูมิประเทศนั้น ผู้ผลิตจะทำตัวเลขค่าระดับชั้นความสูงไว้ในแนวที่อ่านได้สะดวก โดยหากตัวเลขเอียงทางซ้ายก็จะเรียงตัวเลขจากล่างขึ้นไปบน ส่วนตัวเลขที่ไม่เอียง ก็จะเรียงตัวเลขจากซ้ายไปขวา และตัวเลขที่เอียงด้านขวาก็จะเรียงตัวเลขจากบนลงล่าง ดังแสดงตัวอย่างในภาพที่ 3-6 จากข้อมูลดังกล่าวทำให้ทิศทางที่จะใช้ปรับนั้นลดน้อยลง เพราะเพียงแค่ทราบว่าตัวเลขเอียงอยู่ในด้านใดก็สามารถหมุนภาพให้กลับไปตั้งตรงได้อย่างถูกต้อง จากนั้นจึงนำไปดำเนินการแยกตัวเลขออกจากกันในขั้นตอนต่อไป

ภาพที่ 3-6 ตัวอย่างทิศทางของตัวเลขที่อยู่ในเส้นชั้นความสูงหลัก

1.2 ขั้นตอนการแยกตัวเลข หลังจากที่ภาพตัวเลขได้ผ่านการปรับภาพตัวเลขให้ตั้งตรงแล้วนั้น ในขั้นตอนนี้จะเป็นการแยกตัวเลขแต่ละตัวออกมาจากชุดตัวเลข โดยจะทำการหาขอบของแต่ละตัวเลขทั้งด้านบน ล่าง ซ้าย และขวา ด้วยการใช้ฮิสโตแกรม และเมื่อสามารถแยกตัวเลขแต่ละตัวออกจากกันได้แล้ว ให้ทำการปรับขนาดให้เป็นภาพที่มีขนาดที่เท่ากันเสียก่อน เพราะเนื่องจากว่าตัวเลขที่ได้แต่ละตัวเลขอาจมีขนาดไม่เท่ากัน จากนั้นจึงจะนำภาพที่ได้ไปทำการสอนให้แก่โครงข่ายประสาทเทียมในขั้นตอนของการสอน หรือจะนำภาพที่ได้ไปทำการหาคำตอบในขั้นตอนต่อไปได้

2. ขั้นตอนการสอน

ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่จะทำให้ระบบโครงข่ายประสาทเทียมได้เรียนรู้รูปแบบต่าง ๆ ของตัวเลข 0 ถึง 9 ที่ใช้งานในภาพแผนที่ภูมิประเทศ โดยการนำภาพตัวอย่างที่ได้จากแผนที่อื่น ๆ ที่เป็นแบบเดียวกันกับภาพที่ใช้ในการทดสอบ สำหรับภาพที่เป็นภาพแบบเดียวกันคือ เป็นแผนที่ที่มีมาตราส่วนเท่ากัน ใช้แบบตัวเลขแบบเดียวกัน และที่สำคัญคือต้องผ่านการกราดภาพมาด้วยความละเอียดที่เท่ากันด้วย เพราะหากภาพที่ใช้สอนมีมาตราส่วน หรือความละเอียด หรือรูปแบบแตกต่างจากรูปภาพที่ใช้ทดสอบ ย่อมทำให้คำตอบที่ระบบจะให้กลับมานั้นไม่ถูกต้องเป็นอย่างแน่นอน โดยกระบวนการสอนจะทำได้ก็ต่อเมื่อภาพชุดตัวเลขที่เตรียมไว้สอนทั้งหมดได้ถูกปรับให้ตั้งตรงและแยกตัวเลขออกจากกัน จากนั้นจึงนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้ที่ได้เป็นข้อมูลในชั้นแรกของระบบ ทั้งนี้ตามที่

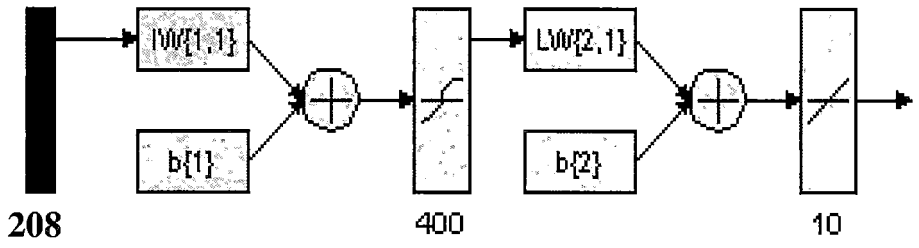
ได้อธิบายไว้แล้วในบทที่ 2 เกี่ยวกับระบบโครงข่ายประสาทเทียมแบบวิธีการแพร่กระจายย้อนกลับนั้น จะประกอบด้วยชั้นอินพุต ชั้นฮิดเดนหรือชั้นซ่อน และชั้นเอาต์พุต ซึ่งโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบดังแผนภาพจำลองระบบในภาพที่ ให้แต่ละชั้นมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ชั้นอินพุต ประกอบด้วยโหนดจำนวน 208 โหนด โดยที่แต่ละโหนดคือตัวแทนจุดภาพแต่ละจุดของตัวเลขที่มีขนาดเท่ากับ 16x13 จุดภาพ

2.2 ชั้นฮิดเดน ประกอบด้วยโหนดจำนวน 400 โหนด ซึ่งค่าดังกล่าวได้มาจากการเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญและการทดลอง

2.3 ชั้นเอาต์พุต สำหรับในชั้นนี้จะเป็นชั้นคำตอบของระบบ ซึ่งในระบบโครงข่ายประสาทเทียมของงานวิจัยนี้มีคำตอบที่เป็นไปได้ 10 คำตอบ โดยที่แต่ละคำตอบคือตัวแทนของตัวเลข 0 ถึง 9 นั่นเอง ดังนั้นชั้นเอาต์พุตจึงประกอบด้วยโหนดจำนวน 10 โหนด

โดยอัตราในการเรียนรู้ (Learning rate) และค่าความผิดผลาด (Mean square error) ของโครงข่ายประสาทเทียมในงานวิจัยนี้มีค่าเท่ากับ 0.1 และ 0.01 ตามลำดับ



ภาพที่ 3-7 แผนภาพจำลองของโครงข่ายประสาทเทียมที่ถูกออกแบบ

3. ขั้นตอนการหาคำตอบ

หลังจากที่ได้นำภาพตัวอย่างไปทำการสอนให้แก่โครงข่ายประสาทเทียม จนโครงข่ายดังกล่าวจะสามารถรู้จำตัวเลขที่อยู่ในภาพแผนที่ภูมิประเทศได้แล้ว เมื่อต้องการที่จะทำการหาค่าของตัวเลขชั้นความสูงก็สามารถนำภาพที่ต้องการมาผ่านกระบวนการทั้งหมด ตั้งแต่ขั้นตอนเตรียมภาพแผนที่มาจนถึงกระบวนการเตรียมภาพตัวเลข แล้วจึงส่งข้อมูลภาพที่ได้ไปยังโครงข่าย ประสาทเทียมซึ่งได้ผ่านการสอนมาเรียบร้อยแล้ว เพื่อให้โครงข่ายดังกล่าวหาคำตอบของภาพตัวเลขที่มีอยู่ในแผนที่ซึ่งจะได้นำค่าดังกล่าวไปใช้ระบุความสูงของพื้นที่ในอนาคตต่อไป

บทที่ 4
ผลการวิจัย

แหล่งที่มาของข้อมูลภาพ

ข้อมูลที่ใช้ในการทดลองนี้จะเป็นภาพแผนที่ภูมิประเทศที่ได้มาด้วยวิธีการกราดภาพ โดยแหล่งข้อมูลของภาพเหล่านี้นั้น ผู้วิจัยได้ทำการค้นหามาจากเว็บไซด์ของประเทศสหรัฐอเมริกาซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะได้มาจากเว็บไซด์ http://www.digital-topo-maps.com ซึ่งเป็นเว็บไซด์ที่ให้ผู้ชมเว็บไซด์สามารถค้นหาข้อมูลภาพแผนที่ได้โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายใด ๆ ทั้งสิ้น ดังนั้นข้อมูลที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้จึงเป็นภาพสีแผนที่ภูมิประเทศแบบ RGB ของประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นภาพแผนที่ที่ได้มาตรฐานตามหลักสากล ซึ่งรับรองโดยหน่วยงานที่มีชื่อว่า U.S. Geological Survey (USGS)

จากประเภทของภาพที่ได้ทำการแบ่งไว้ในทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องนั้น แผนที่ในแบบที่ 1 และ 4 เป็นแผนที่ที่พบได้มากที่สุดเท่า ๆ กัน ส่วนแผนที่ในแบบที่ 3 พบได้รองลงมา ส่วนในแบบที่ 2 นั้นจะพบได้น้อยที่สุด ดังนั้นภาพแผนที่ที่ถูกนำมาใช้ในงานวิจัยนี้จะมีเพียงภาพในประเภทที่ 3 และ 4 เท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากวิธีการแยกเส้นชั้นความสูงหลักในงานวิจัยนี้ อาศัยความแตกต่างในเรื่องค่าสีของจุดภาพเพื่อคัดแยกเส้นชั้นความสูงทั้งสองแบบออกจากกัน หากเส้นชั้นความสูงทั้งสองแบบมีความเหมือนกันอย่างเช่นในภาพที่ 1 และ 2 ย่อมทำให้การคัดแยกไม่สามารถทำได้ หรือหากแม้สามารถคัดแยกได้ก็อาจทำให้ข้อมูลบางส่วนของเส้นชั้นความสูงหลักหายไป สำหรับในแง่ของขนาดนั้นจะไม่ถูกนำมาใช้ในการคัดแยกสำหรับงานวิจัยนี้ เนื่องจากแผนที่ส่วนใหญ่มักมีขนาดของเส้นชั้นความสูงหลักและรองเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน จะมีส่วนน้อยที่มีขนาดแตกต่างกันอย่างชัดเจน แต่หากเลือกใช้แผนที่แบบที่ 4 และนำลักษณะความแตกต่างของเส้นมาช่วยในการพิจารณาคัดแยกเส้นชั้นความสูงทั้งสองแบบออกจากกันแล้ว จะทำให้ประสิทธิภาพในการคัดแยกดีมากยิ่งขึ้น แต่ด้วยวิธีการที่ผู้วิจัยจะนำเสนอนี้ สามารถใช้ความแตกต่างในเรื่องของค่าสีเพียงอย่างเดียว ก็สามารถคัดแยกเส้นชั้นความสูงได้ในแผนที่ทั้งแบบที่ 3 และ 4 แต่อย่างไรก็ตามหากผู้ใดมีความจำเป็นต้องใช้แผนที่แบบที่ 2 ผู้วิจัยก็ขอเสนอให้นำความแตกต่างในแง่ขนาดของเส้นมาพิจารณา คัดแยกก็สามารถที่จะทำได้ แต่ด้วยสาเหตุที่ว่าแผนที่ในแบบที่ 2 มีอยู่เป็นจำนวนน้อย ผู้วิจัยจึงไม่ได้นำมาใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ แต่ไม่ว่าจะเลือกใช้แผนที่แบบที่ 3 หรือ 4 ก็ตาม ลักษณะของแผนที่จะต้องเป็นไปตามขอบเขตที่กำหนดไว้ด้วย

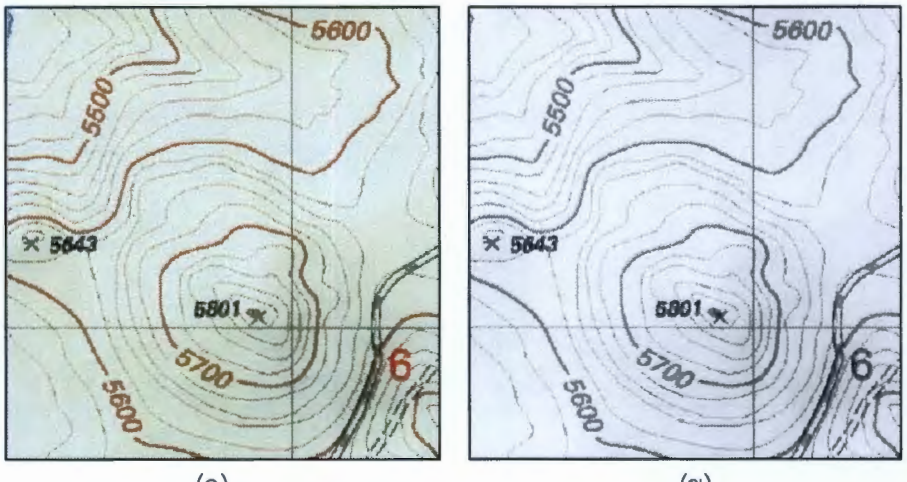
ผลการทดลอง

ด้วยงานวิจัยนี้ได้นำเสนอขั้นตอนวิธีการรู้จำเส้นชั้นความสูงหลักจากภาพแผนที่ ซึ่งจะประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 2 ขั้นตอน ดังนั้นเพื่อพิสูจน์ถึงความถูกต้องของสิ่งที่ได้นำเสนอไปแล้ว ผู้วิจัยจึงได้ทำการทดลองด้วยภาพแผนที่ในชุดทดสอบจำนวน 1 ภาพ ซึ่งเป็นภาพแผนที่มาตราส่วน 1:25,000 และมีลักษณะตามขอบเขตที่กำหนดไว้ โดยแสดงไว้ภาพที่ 4-1 (ก) โดยวิธีการทดลองจะเป็นไปตามลำดับขั้นตอนที่ได้นำเสนอไว้ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. **ขั้นตอนการเตรียมภาพ** ในขั้นตอนนี้ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 2 ขั้นตอน ซึ่งแต่ละขั้นตอนมีขั้นตอนย่อย ๆ อีกหลายขั้นตอน โดยผลที่ได้จากการทดลองดังนี้

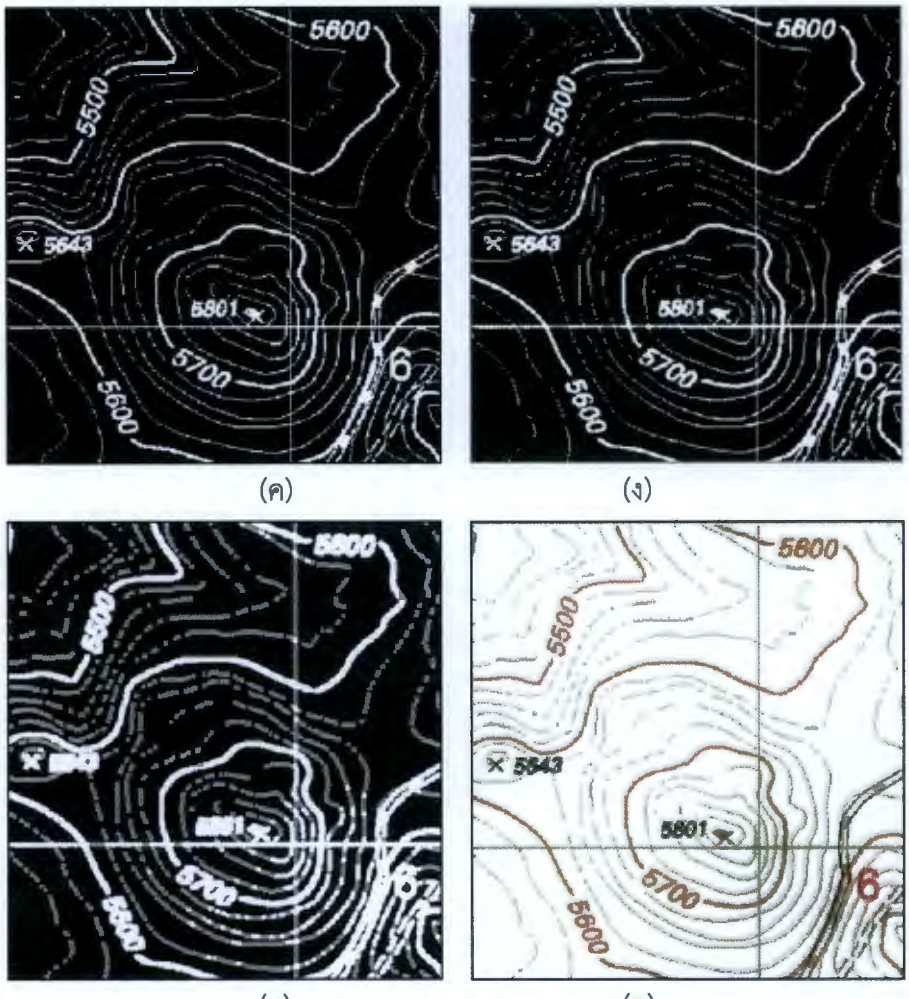
1.1 ขั้นตอนการแยกภาพพื้นหน้า จุดประสงค์ของขั้นตอนนี้คือ ทำการแยกภาพพื้นหน้าออกจากพื้นหลัง และจากผลการทดลองยืนยันได้ว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถทำการแยกภาพพื้นหน้าได้สำเร็จตามที่ต้องการ ซึ่งรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนย่อย ๆ จะมีดังนี้

1.1.1 ขั้นตอนการแปลงภาพสีระบบ RGB ให้กลายเป็นภาพระดับสีเทา ในขั้นตอนนี้จะเห็นได้ว่ารูปต้นฉบับที่อยู่ในภาพที่ 4-1 (ก) จากเดิมเป็นภาพสีระบบ RGB ได้ถูกแปลงให้กลายเป็นภาพระดับสีเทา ดังผลการทดลองที่แสดงไว้ในภาพที่ 4-1 (ข)



(ก) (ข)

ภาพที่ 4-1 ผลการทดลองขั้นตอนการแยกภาพพื้นหน้า



ภาพที่ 4-1 ผลการทดลองขั้นตอนการแยกภาพพื้นหน้า (ต่อ)

1.1.2 ขั้นตอนการแปลงภาพระดับสีเทาให้เป็นกลายเป็นภาพสีขาวดำ จากภาพระดับสีเทาที่แสดงไว้ในภาพที่ 4-1 (ข) เมื่อผ่านขั้นตอนนี้แล้วจะถูกแปลงให้กลายเป็นภาพสองระดับหรือสีขาวดำนั่นเอง ดังผลการทดลองที่แสดงไว้ในภาพที่ 4-1 (ค) โดยจะเห็นจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ภาพที่ได้มานั้นในส่วนที่เป็นสีขาวก็คือภาพในส่วนที่เป็นพื้นหน้า สำหรับในส่วนที่เป็นพื้นหลังนั้นจะถูกแยกออกไปเป็นสีดำ ทั้งนี้ก็เพราะเนื่องจากได้มีการกำหนดขีดแบ่งด้วยวิธีการของออตสุ จึงได้รูปภาพเป็นไปตามที่ต้องการ

1.1.3 ขั้นตอนการกำจัดสัญญาณรบกวนโดยใช้วิธีการกรองด้วยค่ามัธยฐาน จากภาพสองระดับที่แสดงไว้ในภาพที่ 4-1 (ค) เมื่อผ่านขั้นตอนนี้แล้วจะทำให้จุดภาพที่เป็นภาพพื้นหลังบางจุดที่ยังคงเหลืออยู่ซึ่งในที่นี้ถือว่าเป็นสัญญาณรบกวน จะถูกกำจัดออกไปโดยใช้วิธีการกรองด้วยค่ามัธยฐาน ดังผลการทดลองที่แสดงไว้ในภาพที่ 4-1 (ง)

1.1.4 ขั้นตอนการทำไดเลชั่น จากภาพสองระดับถูกกำจัดสัญญาณรบกวนไปแล้วซึ่งแสดงไว้ในภาพที่ 4-1 (ง) เมื่อผ่านการไดเลชั่นจะทำให้ภาพในส่วนที่เป็นสีขาวถูกขยายให้ใหญ่ขึ้นจากเดิม ดังผลการทดลองที่แสดงไว้ในภาพที่ 4-1 (จ)

1.1.5 ขั้นตอนการแปลงกลับภาพพื้นหน้าสีขาวดำให้เป็นภาพสีระบบ RGB หลังจากที่ภาพพื้นหน้าได้ทำการไดเลชั่นแล้วดังในภาพที่ 4-1 (จ) จะได้ทำการแปลงกลับภาพพื้นหน้าสีขาวดำให้เป็นภาพสีระบบ RGB โดยอาศัยการนำเอาภาพสีขาวดำมาเป็นหน้ากาก เพื่อทำการคัดกรองข้อมูลภาพต้นฉบับในส่วนที่เป็นภาพพื้นหน้าออกมา ซึ่งจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ภาพที่ได้ในขั้นตอนนี้จะแตกต่างจากต้นฉบับ เพราะจะเป็นภาพที่พื้นหลังเป็นเพียงสีขาว สีเดิมที่เคยมีทั้งหมดได้ถูกกำจัดออกไปจนหมด ดังแสดงผลไว้ในภาพที่ 4-1 (ฉ)

1.2 ขั้นตอนการกู้คืนเส้นชั้นความสูงหลัก จุดประสงค์ของขั้นตอนนี้คือ ทำการกู้คืนเส้นชั้นความสูงหลักออกมาจากภาพพื้นหน้า เพื่อให้ได้เส้นชั้นความสูงหลักและตัวเลขที่ต้องการซึ่งจากผลการทดลองสามารถกู้คืนเส้นชั้นความสูงหลักและตัวเลขออกมาได้เกือบทั้งหมด อาจมีข้อมูลบางส่วนที่สูญหายไปบ้าง ทั้งนี้ก็มีสาเหตุมาจากความด้อยคุณภาพในขั้นตอนการผลิต ที่ทำให้สีในบางจุดของเส้นชั้นความสูงหลักหรือเส้นของตัวเลขมีสีที่เข้มน้อยกว่าจุดอื่น ๆ จึงทำให้ผลที่ได้ในการกู้คืนเส้นชั้นความสูงหลักขาดความสมบูรณ์ไปบ้างในบางส่วน แต่โดยรวมแล้วถือว่าผลที่ได้ยังอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจและสามารถที่จะนำข้อมูลดังกล่าวไปจัดกลุ่มได้ ซึ่งรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนย่อย ๆ จะมีดังนี้

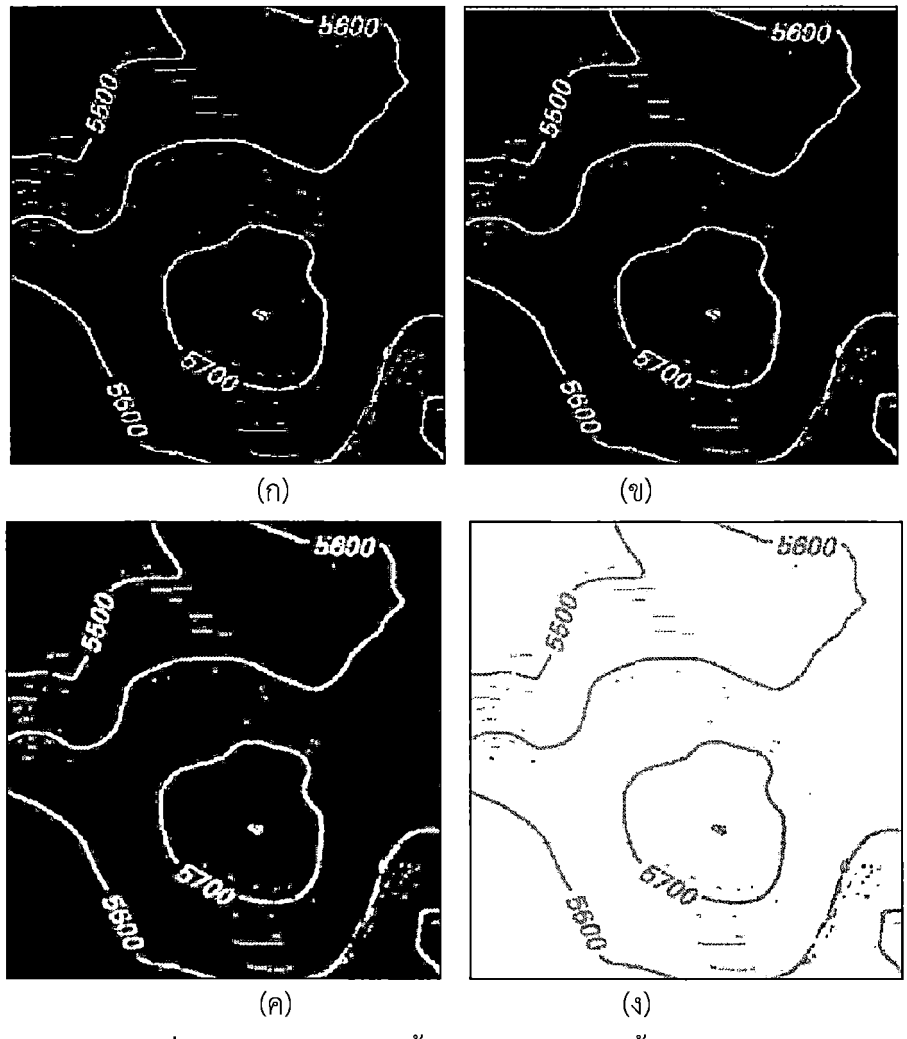
1.2.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ฮิสโตแกรมเพื่อกู้คืนเส้นชั้นความสูงหลัก จากภาพพื้นหน้าที่เป็นสีระบบ RGB ซึ่งแสดงไว้ในภาพที่ 4-1 (ฉ) เมื่อผ่านขั้นตอนนี้ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมาใหม่นั้น จะทำให้สามารถแยกเส้นชั้นความสูงหลักออกทั้งหมดออกจากภาพพื้นหน้าได้โดยที่จะทำการแยกภาพพื้นหน้าในส่วนอื่น ๆ ที่ไม่ใช่เส้นชั้นความสูงหลักให้กลายไปเป็นพื้นหลังของภาพสองระดับที่สร้างขึ้นมาใหม่ ดังแสดงผลที่ได้จากการทดลองไว้ในภาพที่ 4-2 (ก)

1.2.2 ขั้นตอนการกำจัดสัญญาณรบกวนโดยใช้วิธีการกรองด้วยค่ามัธยฐาน หลังจากที่สกัดเส้นชั้นความสูงหลักออกมาเป็นภาพสีขาวดำได้แล้วในภาพที่ 4-2 (ก) ภาพที่ได้จะมีลักษณะของเส้นที่ขาดเป็นช่วง ๆ และมีสัญญาณรบกวนปะปนอยู่ด้วย จึงต้องทำการกำจัดสัญญาณรบกวนดังกล่าวออกไป ซึ่งจะได้ผลการทดลองดังในภาพที่ 4-2 (ข)

1.2.3 ขั้นตอนการทำไดเลชั่น จากภาพที่ 4-2 (ข) ในขั้นตอนนี้จะทำการไดเลชั่นเพื่อทำให้ข้อมูลที่ต้องการชัดเจนมากขึ้น ซึ่งผลการทดลองเป็นดังในภาพที่ 4-2 (ค)

1.2.4 ขั้นตอนการแปลงกลับภาพเส้นชั้นความสูงหลักแบบสีขาวดำให้เป็นภาพสีระบบ RGB หลังจากที่ภาพเส้นชั้นความสูงแบบสีขาวดำได้ทำการไดเลชั่นแล้วดังในภาพที่ 4-2 (ค) จะได้ทำการแปลงกลับภาพพื้นหน้าสีขาวดำให้เป็นภาพสีระบบ RGB โดยอาศัยการนำเอาภาพสีขาวดำ

มาเป็นหน้ากาก เพื่อทำการคัดกรองข้อมูลภาพต้นฉบับในส่วนที่เป็นเส้นชั้นความสูงหลักออกมา ซึ่งจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ภาพที่ได้ในขั้นตอนนี้จะแตกต่างจากภาพพื้นหน้า เพราะจะเป็นภาพที่มีเพียงเส้นชั้นความสูงหลักเท่านั้น ดังแสดงผลไว้ในภาพที่ 4-2 (ง)

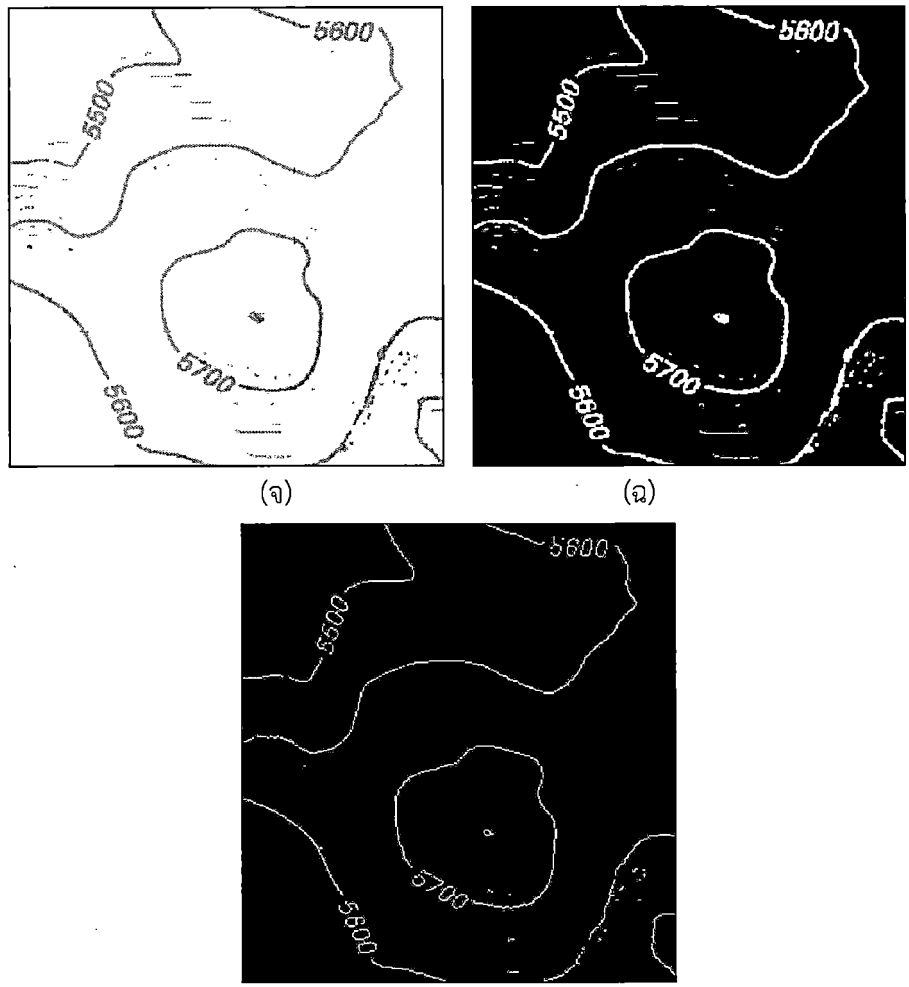


ภาพที่ 4-2 ผลการทดลองขั้นตอนการกู้คืนเส้นชั้นความสูงหลัก

1.2.5 ขั้นตอนการแปลงภาพสีเส้นชั้นความสูงหลักระบบ RGB ให้กลายเป็นภาพระดับสีเทา จากภาพที่ 4-2 (ง) ในขั้นตอนนี้จะทำการแปลงภาพสีระบบ RGB ให้เป็นภาพสีเทา ซึ่งผลการทดลองเป็นดังในภาพที่ 4-2 (จ)

1.2.6 ขั้นตอนการแปลงภาพเส้นชั้นความสูงหลักระดับสีเทาให้เป็นกลายเป็นภาพเส้นชั้นความสูงสีขาวดำ จากภาพที่ 4-2 (จ) ในขั้นตอนนี้จะทำการแปลงภาพเส้นชั้นความสูงหลักระดับสีเทาให้เป็นภาพสีขาวดำ ซึ่งผลการทดลองเป็นดังในภาพที่ 4-2 (ฉ)

1.2.7 ขั้นตอนการหาแกนข้อมูล เมื่อได้ภาพที่ 4-2 (ฉ) แล้ว ในขั้นตอนนี้จะทำการแปลงภาพเส้นชั้นความสูงหลักสีขาวดำ ให้อยู่ในลักษณะที่เป็นโครงกระดูก ทั้งนี้ก็เพื่อให้เวลาที่ใช้ในการจัดกลุ่มลดน้อยลง ซึ่งผลการทดลองเป็นดังในภาพที่ 4-2 (ช)

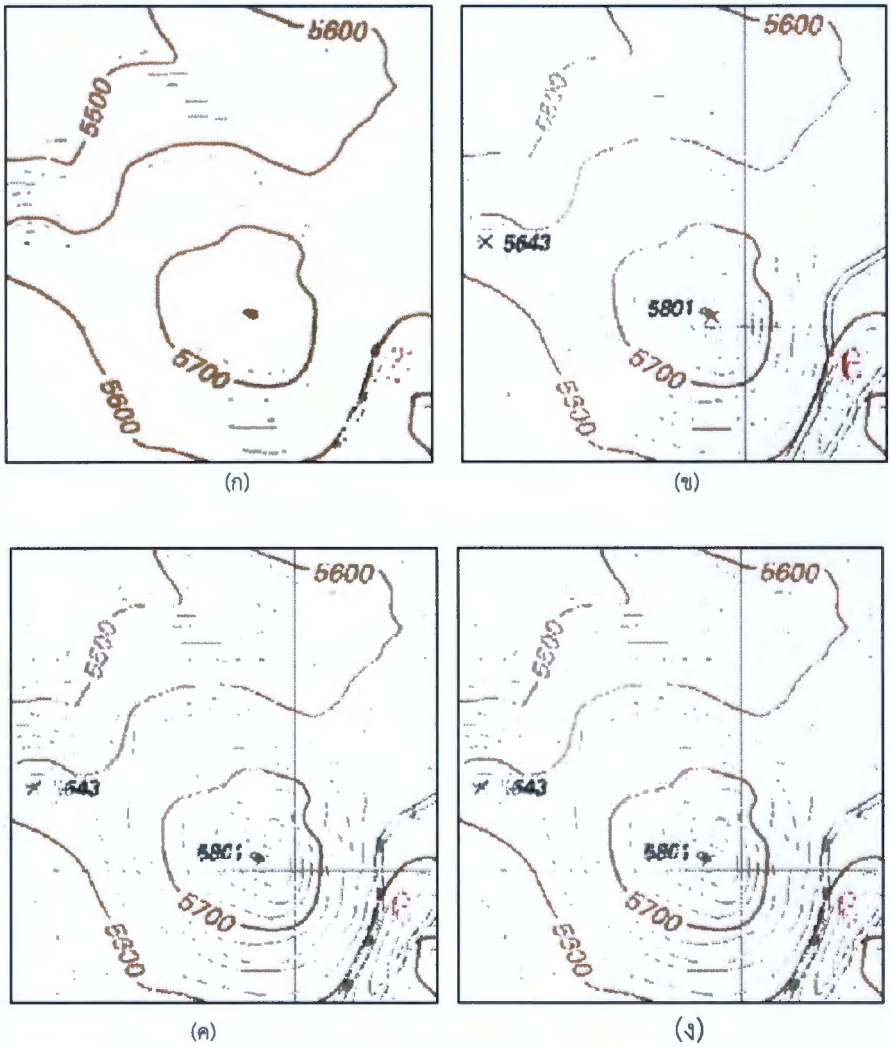


ภาพที่ 4-2 ผลการทดลองขั้นตอนการกู้คืนเส้นชั้นความสูงหลัก (ต่อ)

เปรียบเทียบการทดลองกับวิธีการที่นำเสนอไว้แล้ว

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า วิธีการที่ผู้วิจัยได้นำเสนอไปนั้น สามารถกู้คืนเส้นชั้นความสูงหลักได้ตามที่ต้องการ ดังภาพที่ 4-3 (ก) โดยที่สามารถลดผลกระทบของปัญหาการแทนค่าสีที่ผิดเพี้ยนได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนั้นวิธีการดังกล่าวนี้ยังเป็นกระบวนการแบบอัตโนมัติซึ่งมีความง่ายต่อการใช้งาน และเมื่อทำการเปรียบเทียบกับผลการทดลองโดยใช้วิธีการแยกสีซึ่งเป็นวิธีการที่ได้มีการนำเสนอไว้แล้วนั้นพบว่า ผลที่ได้จากวิธีการดังกล่าวไม่มีประสิทธิภาพเท่ากับวิธีการที่ผู้วิจัย

ได้นำเสนอ เพราะว่าในบางครั้งข้อมูลที่ต้องการขาดหายไปเป็นจำนวนมาก หรือในบางครั้งได้ข้อมูลที่ต้องการครบถ้วนแต่ก็มีข้อมูลอื่น ๆ ปะปนมาด้วยมากเกินไป ดังแสดงไว้ในภาพที่ 4-3 (ข) ถึง (ง)



ภาพที่ 4-3 ภาพตัวอย่างที่ได้จากวิธีการที่นำเสนอเปรียบเทียบกับวิธีการแยกสี

(ก) ผลการทดลองที่ได้จากวิธีการที่นำเสนอ

(ข) วิธีการแยกสีเมื่อสีแดงเป็น 5 ถึง 150 สีเขียวเป็น 5 ถึง 150 สีน้ำเงินเป็น 5 ถึง 100

(ค) วิธีการแยกสีเมื่อสีแดงเป็น 50 ถึง 150 สีเขียวเป็น 50 ถึง 150 สีน้ำเงินเป็น 5 ถึง 150

(ง) วิธีการแยกสีเมื่อสีแดงเป็น 50 ถึง 150 สีเขียวเป็น 50 ถึง 150 สีน้ำเงินเป็น 5 ถึง 175

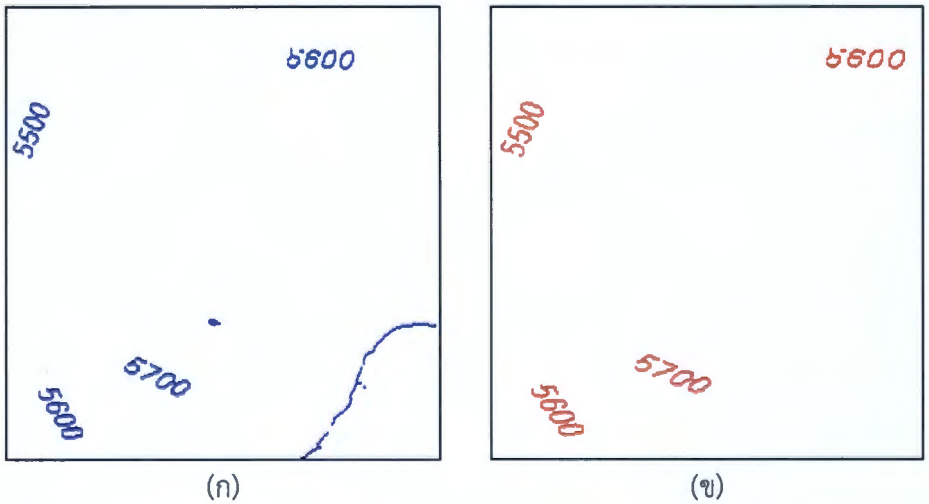
2. ขั้นตอนการจัดกลุ่มข้อมูลแบบอาศัยความหนาแน่น

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการจัดกลุ่มข้อมูล เพื่อแยกตัวเลขออกจากเส้นชั้นความสูงหลัก ซึ่งจะใช้การจัดกลุ่มจำนวนทั้งหมด 2 รอบ ซึ่งจากที่ได้กล่าวไว้ในทฤษฎีของจัดกลุ่มข้อมูลแบบอาศัยความหนาแน่นนั้น ค่า Eps และค่า MinPts เป็นตัวแปรที่สำคัญต่อการจัดกลุ่มเป็นอย่างมาก ดังนั้นก่อนอื่นจะต้องศึกษารูปภาพในส่วนที่มีเฉพาะตัวเลข ว่าในแต่ละตัวเลขมีขนาดความสูงเท่าไหร่เพื่อจะได้กำหนดค่า Eps ให้เท่ากับค่าดังกล่าว ซึ่งจะเป็นค่ารัศมีที่ครอบตัวเลขได้พอดี ในขณะเดียวกันให้ตรวจสอบว่าในแต่ละตัวเลขมีจำนวนจุดภาพโดยเฉลี่ยเท่าไหร่ แล้วจึงกำหนดค่า MinPts ให้เท่ากับค่าเฉลี่ยนั้น จากนั้นเมื่อได้ค่าทั้งสองค่าเรียบร้อยแล้วให้ทำการทดลองจัดกลุ่มข้อมูล หากผลการจัดกลุ่มยังไม่เป็นที่น่าพอใจให้ทำการปรับค่าทั้งสองค่า โดยให้ดูจากผลการจัดกลุ่มเป็นหลัก โดยมีหลักการเปลี่ยนค่าดังนี้

1. หากข้อมูลในส่วนที่เป็นตัวเลขส่วนใหญ่ ถูกจัดให้เป็นสัญญาณรบกวน ให้ทำการลดค่า MinPts ให้น้อยกว่าเดิมเป็นอันดับแรก หากยังไม่ได้ผลอย่างที่ต้องการจึงทดลองเพิ่มค่า Eps เป็นลำดับต่อไป

2. หากข้อมูลในส่วนที่เป็นตัวเลขถูกจัดให้เป็นจุดแกน และข้อมูลอื่น ๆ จำนวนมากก็ถูกจัดให้เป็นจุดแกนเช่นกัน ให้ทำการเพิ่มค่า Eps ให้ขึ้นกว่าเดิมเป็นอันดับแรก หากยังไม่ได้ผลอย่างที่ต้องการจึงทดลองเพิ่มค่า MinPts เป็นลำดับต่อไป

โดยผลการทดลองที่ผู้วิจัยได้ทดลองจนได้ผลที่น่าพอใจได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.4 โดยผลของการจัดกลุ่มในรอบที่ 1 ได้แสดงไว้ในภาพที่ 4-4 (ก) ส่วนผลการจัดกลุ่มในรอบที่ 2 แสดงไว้ในภาพที่ 4-4 (ข)



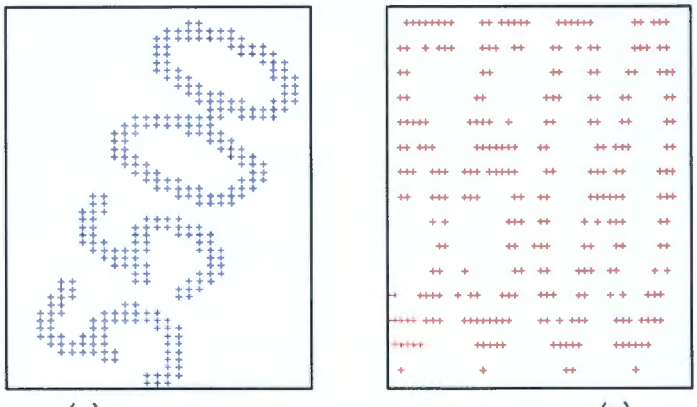
(ก) (ข)

ภาพที่ 4-4 ผลการทดลองขั้นตอนการจัดกลุ่มข้อมูล

3. ขั้นตอนการรู้จำตัวเลข ในขั้นตอนการรู้จำนี้มีผลการทดลองที่เกี่ยวข้องตามขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

3.1 ขั้นตอนการเตรียมภาพตัวเลข จะประกอบด้วยขั้นตอนย่อย ๆ จำนวน 2 ขั้นตอนคือ

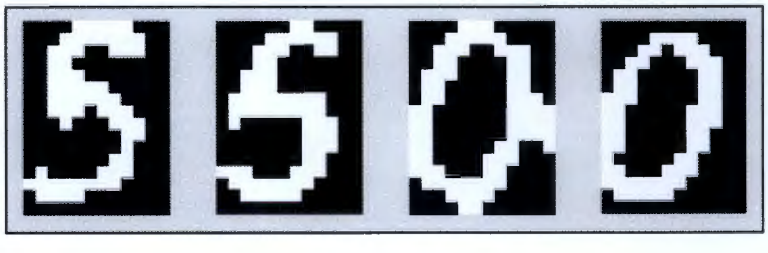
3.1.1ขั้นตอนการจัดภาพให้ตั้งตรง จุดประสงค์ของขั้นตอนนี้คือ ทำการปรับภาพตัวเลขที่ได้จากขั้นตอนการจัดกลุ่มซึ่งมีความเอียงของภาพ ให้อยู่ในแนวตั้งตรงและเรียงลำดับจากซ้ายไปขวา เพื่อให้สามารถทำการรู้จำได้ โดยภาพที่ 4-5 (ก) แสดงตัวอย่างชุดตัวเลขที่ได้จากการจัดกลุ่มข้อมูล และภาพที่ 4-5 (ข) แสดงผลการจัดภาพให้ตั้งตรง ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าขั้นตอนวิธีที่นำเสนอสามารถปรับภาพให้ตั้งตรงได้จริง



(ก) (ข)

ภาพที่ 4-5 ผลการทดลองขั้นตอนการจัดภาพให้ตั้งตรง

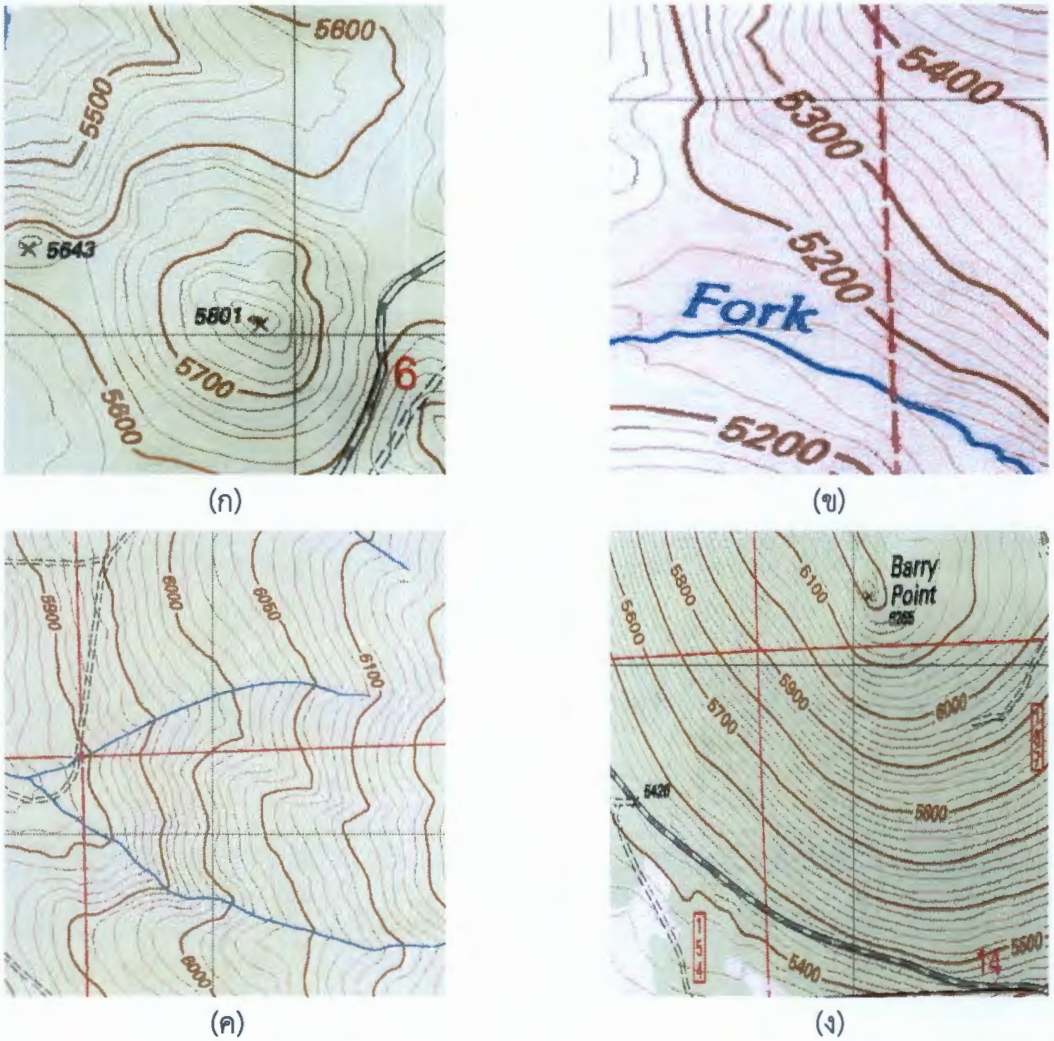
3.1.2 ขั้นตอนการแยกตัวเลข เนื่องจากตัวเลขที่ได้นั้นเป็นภาพตัวเลขที่มากกว่า 1 ตัว ดังนั้นจึงต้องทำการแยกตัวเลขทั้งหมดออกจากกันโดยใช้ฮิสโตแกรม ดังแสดงตัวอย่างการทดลองไว้ในภาพที่ 4-6



ภาพที่ 4-6 ผลการทดลองขั้นตอนการแยกตัวเลข

3.2 ขั้นตอนการสอน สำหรับขั้นตอนการสอนนั้น เป็นขั้นตอนที่นำข้อมูลภาพตัวอย่างทั้งหมด (ผนวก ก) ซึ่งได้ผ่านกระบวนการตั้งแต่แรกจนถึงขั้นตอนการแยกตัวเลข เข้าสู่ระบบโครงข่ายประสาทเทียมที่ได้ออกแบบไว้แล้ว ดังที่ได้แสดงแผนภาพจำลองของระบบไว้แล้วในภาพที่ 3-7 ของบทที่ 3 แล้วทำการปรับค่าน้ำหนักจนได้ค่าความผิดผลาดเท่ากับค่าที่กำหนดไว้

3.3 ขั้นตอนการหาคำตอบ เมื่อระบบโครงข่ายประสาทเทียมได้ถูกสอนจนสามารถรู้จำได้เรียบร้อยแล้ว จึงทำการทดสอบโครงข่ายดังกล่าว ด้วยการนำภาพที่ได้สอนไปแล้วมาทำการทดสอบ ซึ่งผลการทดลองปรากฏว่า ความถูกต้องในการรู้จำตัวเลขในแต่ละตัวประมาณร้อยละ 98 แต่หากพิจารณาจากความถูกต้องเมื่อตัวเลขเรียงอยู่ด้วยกันจะมีค่าความถูกต้องเป็นร้อยละ 92 และเมื่อนำภาพในชุดทดสอบซึ่งประกอบด้วยภาพแผนที่ภูมิประเทศจำนวน 4 ภาพ ซึ่งแสดงไว้ในภาพที่ 4-7 (ก) ถึง (ง) เข้าทำการทดสอบกับระบบ ผลการทดลองที่ได้นั้นเป็นไปดังแสดงไว้ในตารางที่ 4-1



ภาพที่ 4-7 ชุดภาพแผนที่ภูมิประเทศที่ใช้ในการทดสอบ

ตารางที่ 4-1 ผลการทดสอบการรู้จำของโครงข่ายประสาทเทียมที่ได้รับการสอน

ภาพ	จำนวนของชุดตัวเลข	จำนวนที่ถูกต้อง	คิดเป็นร้อยละ	จำนวนตัวเลขทั้งหมด	จำนวนที่ถูกต้อง	คิดเป็นร้อยละ
ก	4	1	25	16	13	81.25
ข	4	2	50	16	14	87.50
ค	5	2	40	20	15	75
ง	9	2	22.22	36	27	75

สำหรับเวลาที่ใช้ในการประมวลผลในแต่ละขั้นตอนของภาพที่ใช้ในการทดสอบนั้น เป็นดังที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 เวลาที่ใช้ในการประมวลผลของภาพในแต่ละขั้นตอน

ภาพ	ขนาดภาพ (จุดภาพ)	ขั้นตอนการเตรียมภาพ	ขั้นตอนการจัดกลุ่มข้อมูล	ขั้นตอนการหาคำตอบ	รวมเป็นเวลาทั้งสิ้น
ก	340×360	6	2.4	12	10.0
ข	185×270	3	2	12	6.6
ค	540×590	18	7.9	15	27.9
ง	650×430	12	16.4	27	55.4

หมายเหตุ *** หน่วยนับเวลาเป็นวินาที

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ฉบับนี้ได้นำเสนอวิธีการรู้จำเส้นชั้นความสูงหลักจากภาพแผนที่ ด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพและการจัดกลุ่มข้อมูล ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ 3 ขั้นตอนได้แก่ 1.) ขั้นตอนการเตรียมภาพ 2.) ขั้นตอนการจัดกลุ่มข้อมูลแบบอาศัยความหนาแน่น และ 3.) ขั้นตอนการรู้จำตัวเลข ซึ่งผลการวิจัยในแต่ละขั้นตอนวิธีสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. ขั้นตอนการเตรียมภาพ

ขั้นตอนวิธีนี้ได้มีการนำเสนอวิธีการใหม่ เพื่อใช้ในการกู้คืนเส้นชั้นความสูงหลักจากภาพแผนที่โดยอาศัยหลักการวิเคราะห์จากฮิสโตแกรม ซึ่งจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า วิธีการที่นำเสนอสามารถให้ผลการกู้คืนเส้นชั้นความสูงหลักตามที่ต้องการ โดยปัญหาเรื่องของความผิดเพี้ยนในการแทนค่าสีจะไม่มีผลต่อวิธีการดังกล่าว และนอกจากนี้วิธีการดังกล่าวก็เป็นแบบอัตโนมัติ ดังนั้นจึงมีความสะดวกในการใช้งานและมีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีการแยกสี ซึ่งเป็นวิธีการแยกเส้นความสูงที่ได้มีการนำเสนอไว้แล้ว

2. ขั้นตอนการจัดกลุ่มข้อมูลแบบอาศัยความหนาแน่น

เนื่องจากวิธีการที่นำเสนอสำหรับขั้นตอนนี้มีจุดประสงค์เพื่อ ทำการสกัดชุดตัวเลขระดับชั้นความสูงออกจากเส้นชั้นความสูงหลัก จากผลการทดลองพบว่า ขั้นตอนวิธีที่นำเสนอไปนั้นสามารถทำการสกัดชุดตัวเลขออกมาได้ทั้งหมดทุกชุดตามที่ต้องการ แม้ว่าในการจัดกลุ่มนี้จะยังไม่สามารถแยกกลุ่มข้อมูลที่มีความหนาแน่นสูงหรือมีลักษณะเช่นเดียวกับตัวเลขได้ คือ กลุ่มข้อมูลที่เป็นตัวอักษรและกลุ่มข้อมูลเส้นชั้นความสูงหลักที่มีการขดตัวอยู่ด้วยกันในพื้นที่แคบ ๆ จึงทำให้กลุ่มข้อมูลที่ได้บางส่วนเป็นกลุ่มข้อมูลที่ไม่ใช่เป้าหมาย แต่ก็สามารถสกัดข้อมูลตัวเลขได้ทั้งหมดตามจุดมุ่งหมายที่ได้กำหนดไว้

3. ขั้นตอนการรู้จำตัวเลข

ขั้นตอนการรู้จำนี้เป็นขั้นตอนที่ใช้ระบบโครงข่ายเทียมแบบแพร่กระจายย้อนกลับตามมาตรฐานทั่วไป ไม่ได้มีการดัดแปลงหรือแก้ไขวิธีการที่ได้มีการนำเสนอไว้แล้ว แต่เป็นการนำมาประยุกต์ใช้วิธีการดังกล่าว ดังนั้นจึงสามารถรู้จำคุณลักษณะของตัวเลขและหาคำตอบได้ คือสามารถ

รู้จำตัวเลขที่ทำการสอนไปแล้วได้ประมาณร้อยละ 90 และสำหรับตัวเลขอื่นเมื่อนำมาทดสอบสามารถรู้จำได้ประมาณร้อยละ 75

ปัญหาที่พบ

1. แผนที่ภูมิประเทศที่ได้มีการวาดหรือพิมพ์เอาไว้แล้วนั้น ส่วนใหญ่แล้วจะให้ความเข้มสีของเส้นชั้นความสูงหลักใกล้เคียงกับสีของเส้นชั้นความสูงรอง จึงทำให้เกิดปัญหาในขั้นตอนของการกู้คืนเส้นชั้นความสูงหลัก โดยจะมีเส้นชั้นความสูงรองบางส่วนถูกกู้คืนมาพร้อมกันกับเส้นชั้นความสูงหลัก หรือในบางครั้งเส้นชั้นความสูงหลักไม่ถูกกู้คืนกลับมา ทำให้ภาพที่ได้ไม่สมบูรณ์

2. เส้นของตัวเลขมีขนาดที่เล็ก (น้อยกว่า 4 จุดภาพ) และขนาดของภาพตัวเลขก็มีขนาดที่เล็กเช่นกัน (13x16) จึงทำให้เมื่อผ่านการประมวลผลภาพและจัดกลุ่มข้อมูลแล้ว ภาพที่ได้เกิดการขาดแหว่งไปจำนวนมาก เป็นเหตุให้ผลของการรู้จำยังอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่สูง

3. เนื่องจากเป็นแผนที่ภูมิประเทศที่ใช้ประมวลผลต้องผ่านการกราดภาพที่ความละเอียดมากกว่า 200 จุดต่อนิ้ว ด้วยเหตุนี้จึงทำให้จำนวนจุดภาพที่ต้องทำการประมวลผลมีจำนวนมากตามไปด้วย และเป็นสาเหตุให้ต้องใช้เวลาในการประมวลผลที่นานมาก รวมไปถึงการหาค่า Eps และค่า MinPts ที่เหมาะสมต้องทำการทดลองหลายครั้ง

4. การใช้ค่าขีดแบ่งเชิงเดี่ยวกับภาพขนาดใหญ่ มักจะได้ผลการกู้คืนเส้นชั้นความสูงหลักที่ไม่ดี บางครั้งก็มีข้อมูลสำคัญบางส่วนที่ขาดหายไปและบางครั้งก็มีข้อมูลที่ไม่ต้องการเกินเข้ามา

ข้อเสนอแนะ

ขั้นตอนวิธีที่ได้นำเสนอในงานวิจัยนี้ จะสามารถให้ผลการรู้จำที่ดีเฉพาะกับภาพแผนที่ภูมิประเทศซึ่งมีลักษณะตามที่กำหนดเท่านั้น ดังนั้นหากสามารถพัฒนาขั้นตอนวิธีทั้งหมดให้ใช้งานได้กับภาพแผนที่ภูมิประเทศทุกรูปแบบ ย่อมทำให้เกิดประโยชน์ในการใช้งานมากขึ้น

งานที่จะพัฒนาต่อไปในอนาคต

1. พัฒนาปรับปรุงขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูล ให้สามารถแยกกลุ่มข้อมูลที่เป็นตัวเลขออกจากกลุ่มข้อมูลที่มีลักษณะคล้ายตัวเลขได้

2. พัฒนาระบบการรู้จำตัวเลข สำหรับใช้ในการพัฒนาขั้นตอนการรู้จำรูปภาพตัวเลขที่บอกถึงค่าระดับชั้นความสูง ซึ่งมีทิศทางการจัดวางตำแหน่งตัวเลขไม่แน่นอน

3. พัฒนาขั้นตอนการคำนวณระยะทางตามสภาพภูมิประเทศจริง ซึ่งจะเป็นขั้นตอนที่นำค่าความสูงที่ได้จากการรู้จำของงานวิจัยนี้ ไปใช้ในการคำนวณตามหลักการของตรีโกณมิติต่อไป

บรรณานุกรม

กฤษณะ ชินสาร. (2540). *ระบบตรวจข้อสอบปรนัยอัตโนมัติ.* วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ, บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ณัฐวัชร มาลัย และสินชัย ชินวรรัตน์. (2549) การวิเคราะห์และตรวจสอบความบกพร่องของผ้าย้อม. ใน *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 20.*สมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย. (2551).

ความรู้พื้นฐานด้าน Geoinfomatic เพื่อการอ่านให้เข้าใจยิ่งขึ้น. วันที่ค้นข้อมูล 12 กันยายน 2551, เข้าถึงได้จาก http://resgat.net

Aria Pezeshk, & Richard L. Tutwiler. (2008). Contour Line Recognition & Extraction from Scanned Colour Maps Using Dual Quantization of the Intensity Image. In *Proceedings of the SSIAI 2008* (pp. 173-176).

Charles W. Therrien. (1989). *Decision Estimation and Classification: An Introduction to Pattern Recognition and Related Topics*. John Wiley & Sons.

Dongjun Xin, Xianzhong Zhou and Huali Zheng (2006). Contour Line Extraction from Paper-based Topographic Maps, In *Journal of Information and Computing Science,* Vol. 1, No.5, 2006, (pp. 275-283).

Du Jinyang, & Zhang Yumei. (2004). Automatic extraction of contour lines from scanned topographic map. In *Proceedings of IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium* (pp. 2886 – 2888).

Michal Stec. (2006). Fast Creation of Realistic and Efficient Free Path Network within a Simulation Model of a Shop Floor and a Supply Chain System. In *Proceedings of the 2006 Winter Simulation Conference* (pp. 1531-1536).

Pang-Ning Tan, Michael Steinback, & Vipin Kuman. (2006). *Introduction to Data Mining*. Addison Wesley.

Qixiang Ye Wen Gao, & Wei Zeng. (2003). Color Image Segmentation using Density-based Clustering. *In Proceedings of the 2003 IEEE International Conference on Acoustics, Speech & Signal Processing* (pp.401-404).

Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, & Steven L. Eddins. (2004), *Digital Image Processing using Matlab.* Prentice Hall.

Sedtha Pota, Suwanna Rasmequan, & Krisana Chinnasarn. (2009). Recognition of Altitude Numeric of Index Contour Lines from Scanned Topographic Map using Density Based Clustering and Back-propagation Neural Network Techniques. In *Proceedings of 13th International ANnual Symposium on Computational Science and Engineering* (pp. 284 -289).

Simon Haykin. (1998). *Neural Networks: A Comprehensive Foundation* (2nd ed.). Prentice Hall.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ชุดข้อมูลภาพสำหรับการสอน

5800	5800	7100	5900	4910	6500	5200	5650
4940	5370	6200	5300	4990	4910	5370	5800
7400	7500	6150	5200	5300	6100	5620	5700
4890	5400	5620	6100	5400	4985	5700	5400
5300	6700	5100	4995	5900	6300	4500	4980
4960	5900	5640	5700	5005	5500	5700	5700
5700	5100	6100	6200	6300	5300	5300	6200
5015	4900	5100	6200	7100	7400	5300	5700
6600	5400	5200	5300	5300	5100	4400	4980
5800	6200	4400	4980	5100	4715	4950	4910
5350	5750	5500	5900	5650	5800	6300	5800
4725	4730	4940					

6200	5800	5900	5900	5200	4800	4600	5600
6100	6300	5700	5700	5200	5200	5100	5300
5300	5700	6100	6100	4500	5900	5900	5800
6100	6100	6000	5900	5800	5400	5700	4160
5400	6300	4910	5500	5800	5400	6400	6200
4900	4600	4990	5010	4900	4900	4870	5400
5850	5950	5650	5400	5900	5200	4870	4900
6100	6950	6100	5700	6400	5200	6100	5200
4725	5400	4800	5300	5300	5250	4700	4420
4990	5200	5100	5050	4910	5100	6700	4910
6050	5100	5400	4910	5300			

ภาคผนวก ข

การเผยแพร่ผลงานวิจัย

NECTEC
a member of NSTDA

CERTIFICATE OF CONTRIBUTIONS

Sedtha Pota

HAS CONTRIBUTED TO

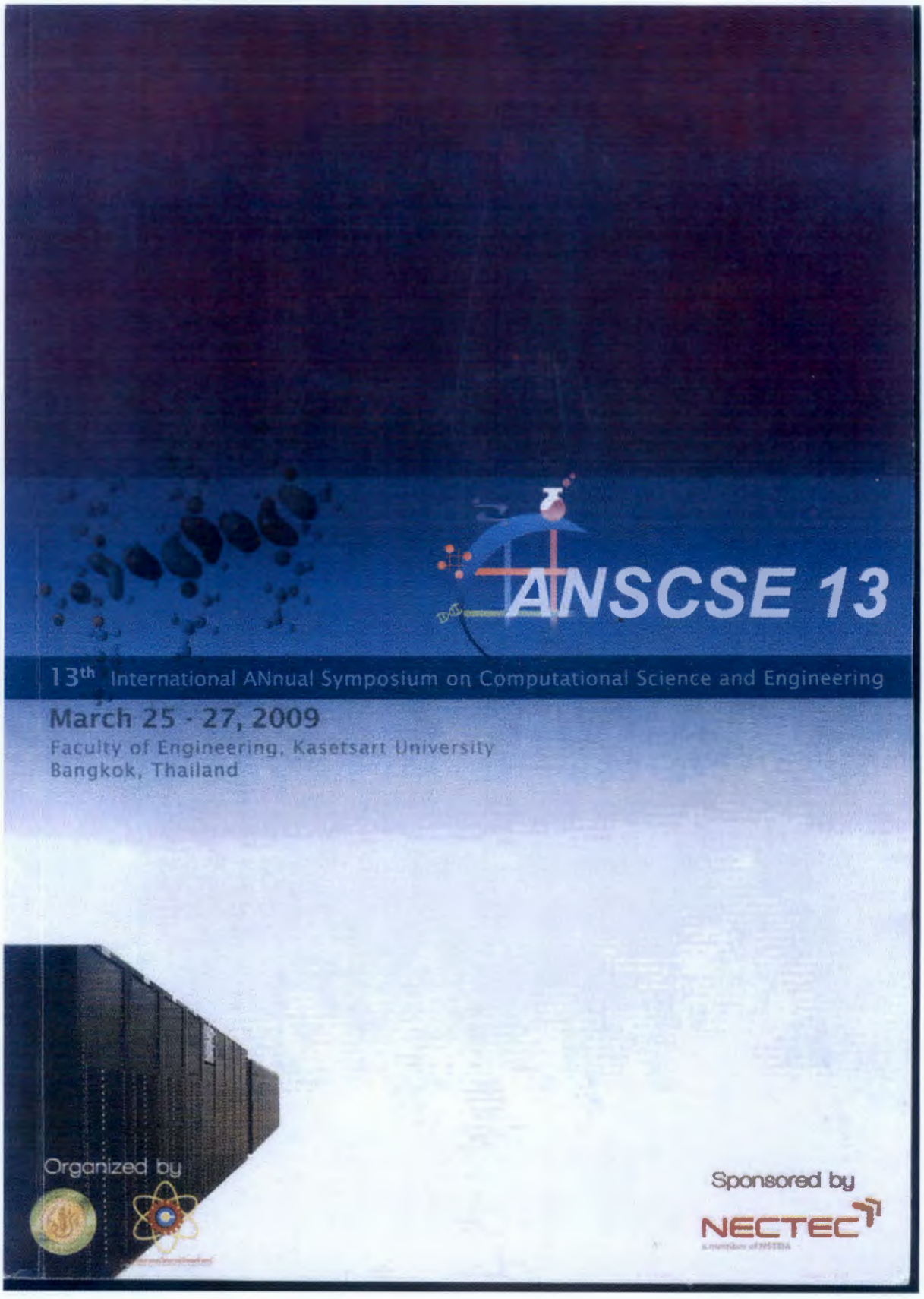
ANSCSE 13
13th International ANnual Symposium on Computational Science and Engineering

13th INTERNATIONAL ANNUAL SYMPOSIUM ON COMPUTATIONAL SCIENCE AND ENGINEERING

25 – 27 MARCH 2009
KASETSART UNIVERSITY, BANGKOK, THAILAND

Dr. Putchong Uthayopas
Chairman,
ANSCSE13

Dr. Supa Hannongbua
President,
Computational Science and Engineering Association


ANSCSE 13
13th International ANnual Symposium on Computational Science and Engineering
March 25 - 27, 2009
Faculty of Engineering, Kasetsart University
Bangkok, Thailand
Organized by
Sponsored by
NECTEC

Recognition of Altitude Numeric of Index Contour Lines from Scanned Topographic Map Using Density Based Clustering and Back- propagation Neural Network Techniques

Sedtha Pota* Suwanna Rasmequan Krisana Chinnasarn

Department of Computer Science, Faculty of Science, Burapha University
169 T.sansuk, A.Muang, Chonburi 20131
*** E-mail: sedtha.p@student.buu.ac.th, mr.dancess@gmail.com**

ABSTRACT

Topographic maps are used to find out terrain distance by calculating Euclidean distance of each interval with altitude (sea level height) values from index contour lines. Typically, recognition of altitude numeric of index contour lines is very difficult because topographic maps involve various features and each altitude numeric has been displayed in different directions. Furthermore, scanned topographic maps always have a chromatic aberration problem which leads to false color representation. This paper presents a method to recognize altitude numeric of index contour lines from scanned topographic maps by density based clustering and back-propagation neural network techniques. The experimental results prove that the proposed method reaches a satisfactory level.

Keywords: Index contour line, Altitude, Topographic map

1.Introduction

A topographic map is a way to represent the Earth's surface. The distinctive characteristic of a topographic map is the way in which the shape of the Earth's surface is represented by contour lines. Contour lines provide information about the height of mountains, the depth of the ocean bottom, and the steepness of slopes. In particular, there is an altitude numeric on index contour lines for indicating height of reference surface. Traditionally, topographic maps have been printed on paper. When a printed map is scanned, the computer file that is created may be called a digital raster image. Once we got this type of file format, if we would want to know the values of altitude numeric, we may recognize them by using neural network technique. However, due to a great amount of information that is contained in a scanned topographic map, plus the direction of the numbers is varied, it is quite hard to retrieve the altitude numeric of index contour lines from scanned topographic This paper has proposed techniques and algorithm to recognize an altitude numeric from such a scanned Topographic Map file.

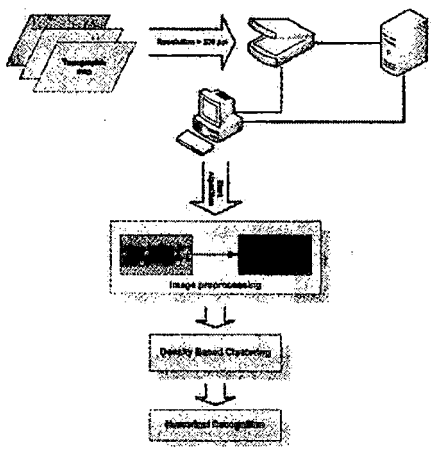


Figure 1: An overview of altitude numeric recognition algorithm

In this paper, we present an algorithm for recognition of altitude numeric which has 3 processes as following:

1. Extract foreground and index contour lines from scanned topographic map using image processing technique.

2. Retrieve altitude numeric from index contour lines using density based clustering technique.

3. Recognize altitude numeric using back-propagation neural network techniques.

The input file type that needed for our experimentation is a scan printed topographic map. Such a file should be scanned with a resolution of at least 200 ppi, otherwise the result will not be satisfied.

2. Related work

Although there are a number of researches and studies on recognition from scanned topographic map, to the best of our knowledge, there is none of them make the study on recognition of altitude numeric of index contour lines. However, we have studied and applied some of the methods to our work as the followings.

Foreground extraction: Topographic maps contain great amounts of information superimposed onto a single 2D layer, resulting in a complex mixture of touching text and graphics components. The information on these maps consists of sets of linear features (such as contour lines, and roads) and area features (such as buildings, and bodies of water). Automatic extraction of these different layers of information poses a substantial challenge due to the heavy interconnection of layers [1]. However, most of the useful information in a topographic map is sets of linear feature which is located in the image foreground. Background colors and textured such as bodies of water and vegetation patterns are used to represent with area features.

Index contour line retrieval: As we mentioned in previous topic, foreground is set of linear features and contour line is one of them. Therefore, we have to extract index contour lines form foreground image after we extract foreground from scanned topographic map. Jinyang [2] extracts contour lines by setting certain thresholds in HIS color space. Although this method can use to extract contour lines, it is not flexible. This is because of the manual thresholds

setting. Topographic maps always have a false color problem due to lateral chromatic aberration which in turn is a result of the difference between the refractive index of the scanner's lens for different wavelengths of light [1].

Density based clustering: In 1996, Martin Ester proposed a density-based algorithm for discovering spatial databases with noise [3]. After the algorithm had proposed, there are many researches cited on and applied it to their works. 'Color image segmentation using density-based clustering' is the one of researches that applied the algorithm with color segmentation. Owing to image can be considered as a special spatial dataset in which each pixel as a spatial location and a color value. Therefore, the algorithm was used to discover clusters in spatial will be effective on discovering clusters in an image. Pixels which are similar in color and connective in spatial can be clustered together to form a segmented region [4].

3. Proposed method

In this section, we present an algorithm to recognize altitude numeric of index contour lines from Scanned Topographic Map Using Density Based Clustering and Back- propagation Neural Network Techniques. Firstly, we will describe about image preprocessing which is divided into two sub-processes. Secondly, we will explain about segmentation using density based clustering technique and direction problem solving. Finally, we will discuss about recognition using back-propagation neural network techniques.

Data preparation is one of the significant factors to our experiment. That is, topographic map must be scanned with a resolution of more than 200 ppi. Additionally, there are three basic conditions which are general characteristics of topographic maps that are necessary for our experiment. First, the index contour lines of topographic map must be in brown color and more intensive than intermediate contour lines. Second, the index contour lines must be thicker than intermediate contour lines. Third, the major space of the foreground of topographic map should be contour lines.

3.1 Image preprocessing

According to a variety of information on topographic map, such as sea level, forest territories, road way and rivers, therefore we need to extract only specific information from

those overwhelming information. That is the index contour lines. This step can be divided into 2 processes, the first one is foreground extraction process and the other is index contour line retrieval process.

3.1.1 Foreground extraction

Aria Pezeshk and Richard Tutwiler [1] use Otsu's method to binarize original image. The binarization procedure help removes background colors. For those simple background textures such as dotted patterns are then removed using a median filter with a small window size. Such a process help eliminates thin parts of lines and characters as well and therefore a masked dilation is performed to restore the lost parts. The following equation has been implemented to restore pixels which existed in the original image by preventing uncontrolled propagation of lines and other features:

$$D_{.g}f = g \cap Df \tag{1}$$

where D is the dilation operator consisting of a square 3×3 structuring element and g is taken as the original binary image. The resulting image is used as a binary mask for each of the RGB channels to extract the foreground portion of the map:

$$Foreground(:,:,i) = image(:,:,i).* mask + 255 * (\sim mask); i = 1,2,3 \quad (2)$$

The result image consists of all foreground objects in their original colors and the background was washed out to pure white (255,255,255). This first step preprocess has been implemented in our work. However, the preliminary result needs to be further improved by the following step. This is because the foreground image consists of various linear features such as contour lines, symbols and road ways.

3.1.2 Index contour line retrieval

After we have got the foreground image from previous process, we then try to retrieve index contour lines with histogram analysis method [5] which is more flexible than color separation method [2]. According to topographic maps characteristics, index contour line is normally thicker and more intensive than intermediate contour line so we can use histogram to analyze characteristics of index contour line of the interested map. Typically, standard index contour line color is dark brown so that blue color is darker than others. Although we know about combination of brown color, it is not proper to set certain thresholds. This is due to lateral chromatic aberration that causes a false color problem (a large distribution of each color space which is depended on quality of scanning process). If we set certain thresholds on each color space, we then cannot retrieve all pixels of index contour lines.

Normally each color space of the extracted foreground can be divided into two groups (dark and bright as illustrated in Figure 2), therefore a histogram analysis using Otsu's method has been proposed as a way to classify those index and non-index lines. In addition, we also consider the distribution of the color space to adjust the set value of the ratio among blue, red and green.

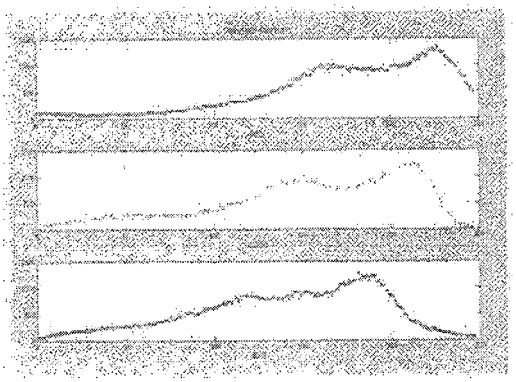


Figure 2: Color space of sample image after foreground extracting

3.2 Altitude numeric segmentation using density based clustering

After we retrieve index contour lines from foreground image in preprocess, the new image will consist of altitude numeric and line. Our objective is to retrieve only altitude numeric of index contour line. Therefore, we apply density based clustering technique to segment altitude numeric from index contour image.

Parameter definitions of the DBSCAN are given below and then follows with a briefly introduction to the main idea of the algorithm.

Given a spatial dataset and objects in it distributes in a two-dimension space:

- The neighborhood within a radius of a given object is called the Eps of the object.
- If the Eps of an object contains at least a minimum number, MinPts, of object with similar property, then the object is called a core object.

- For the set of object, we say that object p is directly density-reachable from object q if p is within the Eps of q, and q is a core pixel (Figure 3).
- Density reachability is the transitive closure of direct density reachability and this relationship is asymmetric. This asymmetric density reachability is density connectivity (Figure 3).

DBSCAN searches for clusters by checking the Eps of each point in the dataset. If the Eps of a point p contains more than MinPts, a new cluster with p as the core object is created. DBSCAN then iteratively collects directly density-reachable objects from these core objects, which may involve the merge of a few density-reachable clusters. The process terminates when no new point can be added to any cluster.

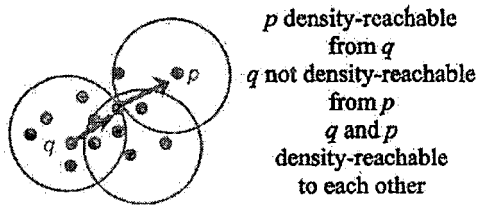


Figure 3: Density-reachability and density-connectivity

In this process, we have to determine the parameters of Eps and MinPts for our index contour image which we got from previous process. The selection of a set of suitable parameter is very important. This is because of the segmentation result depends largely on the given parameters. According to the resolution and quality of topographic map, the parameters of each map are not the same. Therefore, we survey our test map and find out a set of suitable parameters to use with DBSCAN algorithm. After we have got a set of parameters, we the tested it until we get a satisfy performance. We then calculate an eigenvector and eigenvalue of each altitude numeric image for transforming to be upright numeric.

3.3 Back-propagation neural network

Standard back-propagation neural network [6] with three layers of 200x400x10 nodes is used for recognition after we got all upright altitude numeric. The neurons at input layer take the altitude numerical image obtained from section 3.2 and transfer data to the hidden layer. The number of hidden layers will be double of its input layer. Hidden layer used to calculate the weight of neurons from its input layer and generate a signal with the help of sigmoid activation function, and transfer the signal to the output layer. The number of output layers is 10. The objective function for this paper is LSM with $\varepsilon \leq 0.01$

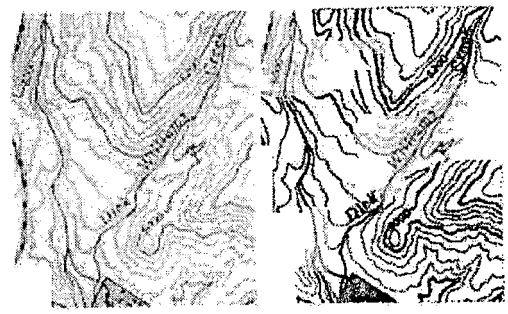
4. Experimental results

To verify our proposed method, experiments were performed on images with different resolution on Pentium Core2duo 1.66 GHz notebook. As example, we use a sample 440 × 565 United States Geological Survey (USGS) image in figure 4(a) and 4(b) shows its foreground. Figure 4(c) shows binary index contour image which created by histogram analysis method. The performance of figure 4(c) presents that our proposed method is efficiency. Figure 4(d) presents segmented image using density based clustering in the first round and Figure 4(e) shows the second iteration of the density based algorithm. Figure 4(f) shows a sample of upright transform altitude numeric.

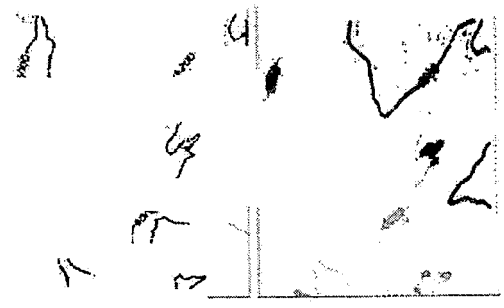
5. Conclusion

This paper has proposed a combination of Back-propagation neural network techniques and density based clustering to recognize altitude numeric of index contour lines from scanned topographic map.

The experiment results confirm that the proposed method is suitable for the environment stated above. However, in the future studies we aim to improve the way in which the recognition can be done with more general type of map.



(a) (b)



(c) (d)

301382

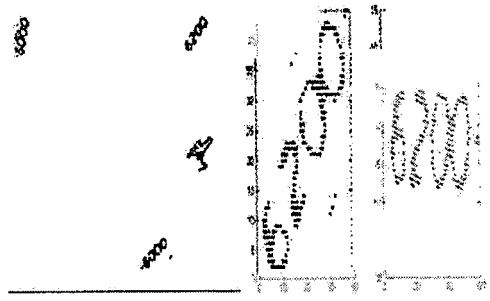


Figure 4: Performance of proposed method on sample USGS map: (a) Original image, (b) foreground image, (c) Image using histogram analysis method, (d) segmented altitude numeric using density based in first round, (e) second round of segmentation, (f) Numeric transformation before recognizing

6. References

[1] Aria Pezeshk, Richard L. Tutwiler, "Contour Line Recognition & Extraction from Scanned Colour Maps Using Dual Quantization of the Intensity Image", Proceedings of IEEE Southwest Symposium Image Analysis and Interpretation, 2008, page 173 – 176.

[2] Du Jinyang and Zhang Yumei, "Automatic extraction of contour lines from scanned topographic map", Proceedings of IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2004, vol.5, page 2886 – 2888.

[3] Martin Ester, Hans-Peter Kriegel, Jorg Sander and XiaoWei Xu, "A Density-Based Algorithm for Discovering Spatial Databases With Noise," Proceedings of 2 " International Conference on Knowledge Discovery and Daro Mining, 1996.

[4] Qixiang Ye, Wen Gao and Wei Zeng, "Color image segmentation using density-based clustering", Proceedings of IEEE International Acoustics, Speech, and Signal, 2003, vol.3, Page III345 – 348.

[5] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods and Steven L. Eddins, Digital Image Processing using Matlab, Prentice Hall, 2004.

[6] Simon Haykin, Neural Networks: A Comprehensive Foundation, 2nd edition, Prentice Hall, 1998.