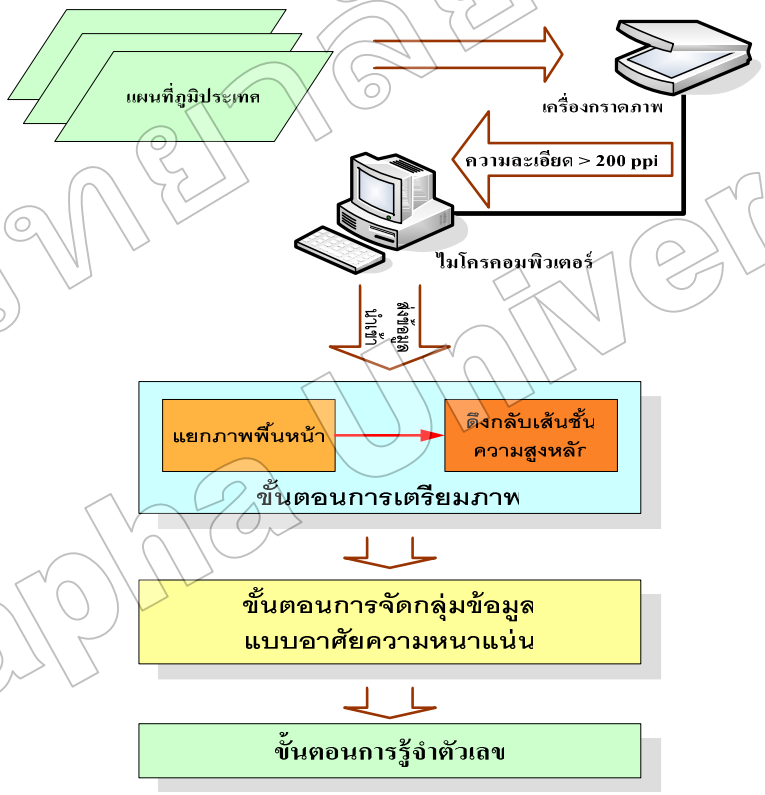
# บทที่ 3
# วิธีดำเนินการวิจัย

**ขั้นตอนวิธีการรู้จำเส้นชั้นความสูงหลัก (Algorithm of index contour lines recognition)**

ขั้นตอนวิธีการรู้จำเส้นชั้นความสูงหลักที่ผู้วิจัยได้นำเสนอในงานวิจัยฉบับนี้ ประกอบด้วยขั้นตอนหลักทั้งสิ้น 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการเตรียมภาพ ขั้นตอนการจัดกลุ่มข้อมูลแบบอาศัยความหนาแน่น และขั้นตอนการรู้จำตัวเลข ดังที่ได้แสดงภาพรวมการทำงานในภาพที่ 3-1




ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนวิธีการรู้จำเส้นชั้นความสูงหลัก

ทั้งนี้ก่อนที่จะเริ่มกระบวนการทำงานของขั้นตอนวิธีดังกล่าว จะต้องมีการเตียมข้อมูลนำเข้า (Input) ไว้เสียก่อน ซึ่งวิธีเตรียมข้อมูลนำเข้าในงานวิจัยนี้ สามารถใช้การสั่งการจากเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ให้ส่งสัญญาณไปควบคุมยังเครื่องกราดภาพ (Scanner) เพื่อให้สร้างข้อมูลภาพภาพสีแผนที่ภูมิประเทศระบบ RGB ที่มีความละเอียดมากกว่า 200 จุดต่อนิ้ว ส่งกลับมายังเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์และดำเนินการเก็บข้อมูลดังกล่าวเอาไว้ในพื้นที่ที่กำหนด หรือในกรณีที่ได้มี

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การสร้างข้อมูลดังกล่าวไว้แล้วนั้น ก็สามารถที่จะใช้การระบุเส้นทางของข้อมูลภาพเพื่อทำการประมวลผลได้ และเมื่อได้เตรียมข้อมูลนำเข้าพร้อมเรียบร้อยแล้ว จึงเริ่มสั่งการให้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ทำการประมวลผลโดยใช้โปรแกรมตามที่ได้ทำการออกแบบไว้แล้ว ซึ่งแนวความคิดในการพัฒนาและลำดับการประมวลผลของแต่ละขั้นตอนนั้น ผู้วิจัยจะได้ทำการอธิบายอย่างละเอียดในลำดับต่อไป

ภาพที่ 3-2 แผนผังขั้นตอนการเตรียมภาพ

## ขั้นตอนการเตรียมภาพ

เมื่อข้อมูลนำเข้าซึ่งเป็นภาพสีแผนที่ภูมิประเทศระบบ RGB ถูกสร้างขึ้นมาแล้ว ผู้วิจัยจึงเริ่มสั่งการให้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ทำการประมวลผล โดยในขั้นตอนแรกของการประมวลผลเป็นการเตรียมภาพเพื่อให้ได้ภาพที่มีข้อมูลเฉพาะส่วนที่ต้องการ ซึ่งในที่นี้คือ เส้นชั้นความสูงหลัก โดยในขั้นตอนการเตรียมภาพนี้จะมีขั้นตอนหลัก อยู่ 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการแยกภาพพื้นหน้า

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

(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 โดยจากงานวิจัยของเอไร และริชาร์ด (Aria Pezeshk & Richard L. Tutwiler, 2008) พบว่าในส่วนที่เป็นเส้นนี้เองเป็นส่วนที่มีความสำคัญซึ่งจะถูกนำเสนอไว้ในพื้นหน้า (Foreground) ส่วนข้อมูลแบบที่เป็นส่วนของพื้นที่จะมีความสำคัญน้อยกว่า จึงถูกนำเสนอไว้ในพื้นหลัง (Background) ดังนั้น จึงได้มีการนำเสนอให้ทำการกู้คืนภาพพื้นหน้า โดยใช้การแบ่งแยกกลุ่มจุดภาพ ซึ่งมีลักษณะเป็นภาพพื้นหน้าออกจากพื้นหลังตามวิธีการของออตสุ (Otsu's Thresholding method) และให้ทำการลบภาพพื้นหลังออกไป 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 ดูและชาง (Du Jinyang & Zhang Yumei, 2004) ได้นำเสนอวิธีการแยกสี (Color separation) เพื่อใช้ในการแยกเส้นชั้นความสูง โดยพวกเขาได้อธิบายไว้ว่า หากต้องการสกัดเอาเฉพาะเส้นชั้นความสูงให้ทำการกำหนดค่าขีดแบ่ง (Threshold) ในช่วง (Range) ที่เหมาะสมใน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

แต่ละแม่สี หากจุดภาพใด ๆ ในภาพพื้นหน้าอยู่ในช่วงดังกล่าวให้ถือว่าเป็นเส้นชั้นความสูง ส่วนจุดภาพที่ไม่ได้อยู่ในช่วงค่าความเข้มสีที่กำหนดให้ทำการแปลงเป็นพื้นหลัง ซึ่งค่าขีดแบ่งที่กำหนดขึ้นมานั้นจะใช้จากประมาณของผู้ใช้เองก็ได้หรือจะใช้ค่าแม่สีมาตรฐานของสีน้ำตาลก็ได้ เพราะว่าในงานวิจัยดังกล่าวได้ใช้แผนที่ภูมิประเทศแบบมาตรฐานสากล ซึ่งกำหนดให้ใช้สีน้ำตาลเป็นสีของเส้นชั้นความสูง ดังนั้นการกำหนดค่าขีดแบ่งในแต่ละแม่สีจึงสามารถที่จะทำให้แยกเส้นชั้นความสูงออกมาจากภาพพื้นแผนที่ภูมิประเทศได้ ซึ่งจากวิธีการที่ได้อธิบายไปแล้วนั้น ทำให้ผู้วิจัยเกิดแนวความคิดที่จะพัฒนาปรับปรุงกระบวนการกู้คืนเส้นชั้นความสูงหลักให้มีความเป็นอัตโนมัติและมีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีการดังกล่าว

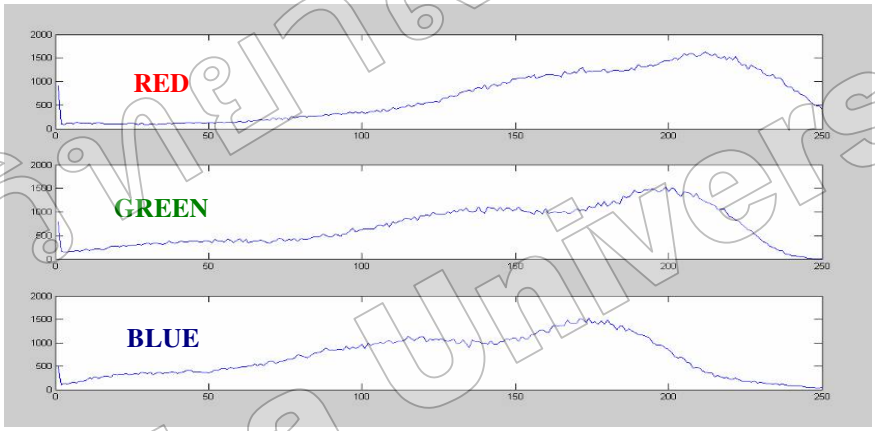
เมื่อผู้วิจัยได้ศึกษาถึงวิธีการแยกสีแล้วพบว่า วิธีการดังกล่าวใช้การกำหนดค่าขีดแบ่งที่เป็นค่าคงที่ จึงทำให้เกิดข้อจำกัดในการใช้งานอยู่สองประการ โดยประการแรกคือ วิธีการนี้จะสามารถใช้งานได้กับภาพแผนที่ซึ่งใช้สีตรงตามมาตรฐานหรือมีคุณภาพในการกราดภาพที่สูงมากเท่านั้น เพราะว่าช่วงสีของเส้นชั้นความสูงของภาพแผนที่จะต้องอยู่ในช่วงตามมาตรฐาน หากมีการใช้สีที่ผิดเพี้ยนในขั้นตอนการพิมพ์แผนที่ หรือเกิดความผิดเพี้ยนของการแทนค่าสีในขั้นตอนการกราดภาพ ย่อมทำให้ผลการกู้คืนเส้นชั้นความสูงที่ได้จากวิธีการแยกสีนั้นมีผลที่ไม่ดีและไม่เป็นไปตามต้องการ 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 ผู้วิจัยจึงได้คิดพัฒนาวิธีขึ้นมา

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ใหม่ โดยใช้การปรับปรุงแนวคิดวิธีการแยกสีดังที่ได้กล่าวไปแล้ว โดยเพิ่มกระบวนการวิเคราะห์สีด้วยฮิสโตแกรมเข้าไปด้วย 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 ที่เส้นชั้นความสูงในภาพพื้นหน้าเป็นสีน้ำตาลหรือเป็นสีเดียวกันเหมือนกันเกือบทั้งภาพนั้นเป็นผลที่เกิดขึ้นมาจากการแทนค่าสีที่ผิดเพี้ยนอันมีสาเหตุจากการรับแสงของเลนส์ในช่วงเวลาที่ทำการกราดภาพตามที่ผู้วิจัยได้กล่าวไว้แล้วก่อนหน้านี้ และเป็นการยืนยันอีกครั้งว่าการกำหนดค่าขีดแบ่งแบบค่าคงที่ย่อมไม่ได้ผลกับภาพแผนที่ที่มีปัญหาเช่นนี้อย่างแน่นอน อย่างไรก็ตามเมื่อผู้วิจัยได้พยายามสังเกตการแสดงผลของฮิสโตแกรมแล้วพบว่า กลุ่มของจุดภาพในภาพพื้นหน้านั้นสามารถแบ่งออกได้เป็นสองกลุ่มได้แก่ กลุ่มจุดภาพมืด (Dark pixel) และกลุ่มจุดภาพสว่าง (Bright pixel) ซึ่งสาเหตุที่เป็นเช่นนั้นเพราะภาพพื้นหน้าที่ได้จากขั้นตอนแรกนั้น เป็นภาพที่ได้ลบพื้นหลังที่ไม่จำเป็นออกไปแล้ว จุดภาพส่วนใหญ่จึงคงเหลือแต่ส่วนที่เป็นเส้น ซึ่งได้แก่ เส้นชั้นความสูงหลัก

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

เส้นชั้นความสูงรอง ถนน แม่น้ำ และสิ่งปลูกสร้าง ซึ่งตามมาตรฐานสากลนั้นแม่น้ำจะใช้สีน้ำเงินหรือสีฟ้าเป็นสีสัญลักษณ์ ซึ่งเป็นสีดังกล่าวเป็นสีที่มีความสว่างของแสงมาก จึงสามารถจัดให้อยู่ในกลุ่มจุดภาพสว่างได้ ส่วนเส้นถนนที่ใช้สีแดงเป็นสีสัญลักษณ์ก็เป็นสีที่มีความสว่างของแสงมาก 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 ให้นำจุดภาพที่ได้ทั้งหมดไปทำการแบ่งกลุ่มโดยใช้วิธีการของออตสุ ซึ่งจะทำให้ได้ค่าขีดแบ่งของแต่ละแม่สีซึ่งจะทำให้ได้กลุ่มจุดภาพมืดเท่านั้น แต่ว่าในบางครั้งจุดภาพมืดอาจประกอบด้วยเส้นชั้นความสูงหลักและเส้นสัญลักษณ์อื่น ๆ ที่มีลักษณะที่เป็นสีเข้มเช่นกัน ดังนั้นเพื่อทำให้สามารถแยกเส้นชั้นความสูงหลักออกจากเส้นอื่น ๆ จึงต้องทำการตรวจสอบอัตราส่วนการผสมสีของจุดภาพ โดยจะคัดมาเฉพาะจุดภาพที่มีอัตรการผสมสีตามลักษณะของสีน้ำตาลเข้ม นั่นคือสีน้ำเงินจะมีค่าความสว่างต่ำที่สุด ส่วนสีเขียวจะมีค่าความสว่างมากกว่าสีน้ำเงินแต่น้อยกว่าสีแดง และสีแดงจะเป็นสีที่มีจะมีค่าความสว่างของแสงมากที่สุด โดยกำหนดให้จุดภาพที่ตรงตามเงื่อนไขมีค่าเท่ากับ 0 ส่วนจุดภาพอื่น 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 โดยอาศัยเทคนิคไดเลชั่นที่ใช้หน้ากากขนาดตั้งแต่ 2×2 ทั้งนี้ด้วยวิธีการไดเลชั่นจะทำให้ภาพพื้นหน้าขยายใหญ่ขึ้นและได้จุดภาพที่ต้องการซึ่งหายไปในขั้นตอนการแปลงภาพระดับสีเทาให้เป็นกลายเป็นภาพสีขาวดำ และขั้นตอนการกำจัดสัญญาณรบกวนกลับมาอีกครั้ง

**2.4 ขั้นตอนการแปลงกลับภาพเส้นชั้นความสูงหลักแบบสีขาวดำให้เป็นภาพสีระบบ RGB** สำหรับในขั้นตอนนี้จะเหมือนกับขั้นตอนที่ 1.5 โดยจุดประสงค์ของขั้นตอนนี้คือเพื่อคัดเลือกเอาเฉพาะข้อมูลที่ต้องการจากภาพต้นฉบับ เพราะเนื่องจากว่าการทำไดเลชั่นนั้นอาจทำให้เกิดจุดภาพที่ไม่มีความจำเป็นจำนวนมากได้

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

**2.5 ขั้นตอนการแปลงภาพสีเส้นชั้นความสูงหลักระบบ RGB ให้กลายเป็นภาพระดับสีเทา** โดยขั้นตอนนี้จะเหมือนกับขั้นตอนที่ 1.1 โดยจุดประสงค์เพื่อแปลงภาพสีให้กลายเป็นภาพที่มีเพียงระดับเดียว

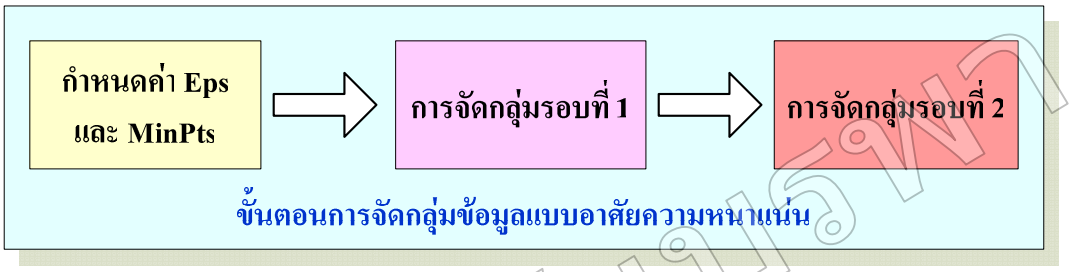
**2.6 ขั้นตอนการแปลงภาพเส้นชั้นความสูงหลักระดับสีเทาให้เป็นกลายเป็นภาพเส้นชั้นความสูงสีขาวดำ** สำหรับขั้นตอนนี้จะเหมือนกับขั้นตอนที่ 1.2 โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้ได้ภาพที่มีเพียงสีขาวและดำเท่านั้น

**2.7 ขั้นตอนการหาแกนข้อมูล (Skeletoning)** ทั้งนี้เพื่อให้การจัดกลุ่มข้อมูลในขั้นตอนต่อไป สามารถทำได้อย่างรวดเร็วโดยสิ้นเปลืองเวลาในการประมวลผลน้อยที่สุด ผู้วิจัยได้พบว่าหากนำภาพเส้นชั้นความสูงหลักสีขาวดำมาผ่านขั้นตอนการหาแกนข้อมูล จะทำให้จำนวนของจุดภาพที่ใช้พิจารณาในการจัดกลุ่มลดน้อยลงจากเดิมอย่างมาก แต่ว่าจะไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อการจัดกลุ่มข้อมูล 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) ที่สามารถหาจำนวนกลุ่ม

ของข้อมูลได้เอง 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 นั้น ต้องการให้มีการกำหนดค่า Eps ที่มีค่าน้อย ๆ และค่า MinPts ที่มาก เพื่อให้ขนาดของรัศมีหรือ Eps นั้นครอบคลุมตัวเลขแต่ละตัวได้อย่างพอดี โดยที่มีจำนวนจุดภาพอย่างน้อยหรือ MinPts ที่เท่ากับจำนวนจุดภาพที่น้อยที่สุดที่ใช้ในการแสดงผลภาพตัวเลข แต่สำหรับในการจัดกลุ่มข้อมูลรอบที่ 2 นั้น ต้องทำการกำหนดค่า Eps ให้มากขึ้นกว่าเดิมอย่างน้อยสองเท่า และกำหนดค่า MinPts

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ที่มากขึ้นจากเดิมอย่างน้อยเท่าครึ่ง เพื่อให้ขนาดของรัศมีหรือ Eps นั้นครอบคลุมตัวเลขทุกตัวที่เรียงอยู่ในชุดเดียวกันได้อย่างพอดี โดยมีจำนวนจุดภาพอย่างน้อยหรือ MinPts ที่เท่ากับจำนวนจุดภาพที่น้อยที่สุดที่ใช้ในการแสดงผลภาพชุดตัวเลขทั้งชุดซึ่งเป็นค่าระดับความสูงประจำแต่ละเส้นชั้นความสูงหลัก

**2. ขั้นตอนการจัดกลุ่มรอบที่ 1**

จากขั้นตอนที่ 1 เมื่อได้ค่า Eps และค่า MinPts ของแต่ละรอบเรียบร้อยแล้ว ให้นำค่าสำหรับการจัดกลุ่มรอบที่ 1 มาทำการจัดกลุ่มข้อมูลภาพที่ได้จากขั้นตอนการเตรียมภาพ และเมื่อดำเนินการจัดกลุ่มเสร็จสิ้นแล้ว ผลลัพธ์ที่ได้คือ ข้อมูลทั้งหมดจะถูกแบ่งออกเป็นกลุ่ม ๆ โดยข้อมูลในแต่ละกลุ่มก็จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ประเภทได้แก่ ประเภทที่เป็นจุดแกน (Core point) และประเภทที่เป็นจุดขอบ (Border point) แต่จะมีข้อมูลอยู่เพียงกลุ่มเดียวที่ข้อมูลทั้งหมดจะเป็นประเภทเดียวกันนั่นก็คือกลุ่มข้อมูลที่เป็นสัญญาณรบกวน 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

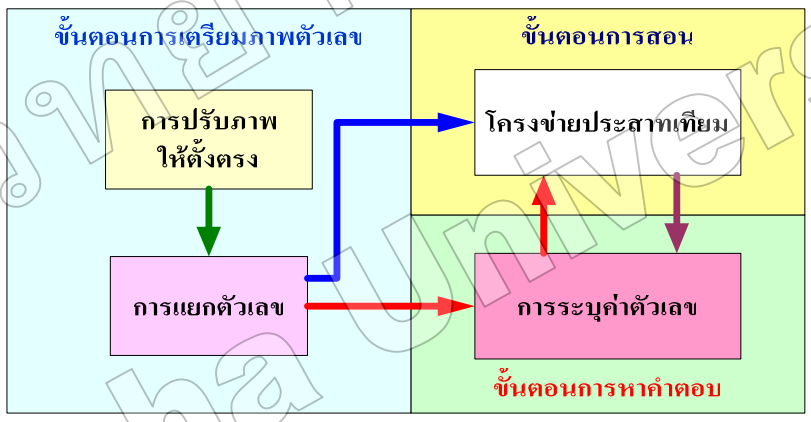
เมื่อได้ดำเนินการครบทั้ง 3 ขั้นตอนแล้ว ผลลัพธ์ที่ได้จากการจัดกลุ่มนี้คือ ภาพขาวดำที่มีเฉพาะตัวเลขที่แสดงค่าระดับชั้นความสูง ซึ่งจะถูกนำไปใช้ในขั้นตอนการรู้จำตัวเลขต่อไป

## ขั้นตอนการรู้จำตัวเลข

สำหรับขั้นตอนนี้มีจุดมุ่งหมายคือ สร้างโครงข่ายประสาทเทียมซึ่งจะใช้ในการการระบุค่าตัวเลขระดับชั้นความสูงจากภาพที่ได้ในขั้นตอนการจัดกลุ่มข้อมูลแบบอาศัยความหนาแน่นเพื่อที่จะสามารถนำค่าดังกล่าวไปใช้ในการระบุค่าความสูงของเส้นทางที่พิจารณาต่อไป โดยผู้วิจัยได้นำระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial neural network) แบบแพร่กระจายย้อนกลับ Back-

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

propagation มาใช้ในการเรียนรู้และหาคำตอบ แต่เนื่องจากรูปภาพตัวเลขที่ได้มานั้นไม่สามารถที่จะนำมาใช้ในการรู้จำได้ทันที เนื่องจากตัวเลขที่ระบุค่าระดับชั้นความสูงนั้นมีการจัดวางอยู่ในทิศทางที่ไม่แน่นอนสามารถเป็นไปได้ในทุกทิศทาง ทั้งนี้เพราะตัวเลขดังกล่าวอยู่ในทิศทางเดียวกันกับเส้นชั้นความสูงนั่นเอง ดังนั้นหากจะให้ข่ายงานประสาทเทียมเรียนรู้ตัวเลขที่อยู่ในทุกทิศทางจึงมีความยุ่งยากเป็นอย่างมาก ต้องใช้ข้อมูลเพื่อทำการเรียนรู้จำนวนมาก และยังต้องใช้เวลาในการเรียนรู้เป็นระยะเวลาที่นานมาก อีกทั้งความแม่นยำในการระบุค่าตัวเลขก็จะลดน้อยลงไปด้วย ด้วยเหตุนี้เองทำให้ต้องมีขั้นตอนการเตรียมภาพตัวเลข เพื่อทำการเตรียมภาพตัวเลขก่อนที่จะนำตัวเลขไปทำการสอนให้แก่โครงข่าย หรือเพื่อหาคำตอบก็ตาม ดังนั้นในขั้นตอนของการรู้จำตัวเลขนี้จึงประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอนได้แก่ ขั้นตอนการเตรียมภาพตัวเลข ขั้นตอนการสอน และขั้นตอนการหาตำตอบ ดังแสดงภาพรวมการทำงานไว้ในภาพที่ 3-5




ภาพที่ 3-5 ขั้นตอนการรู้จำตัวเลข

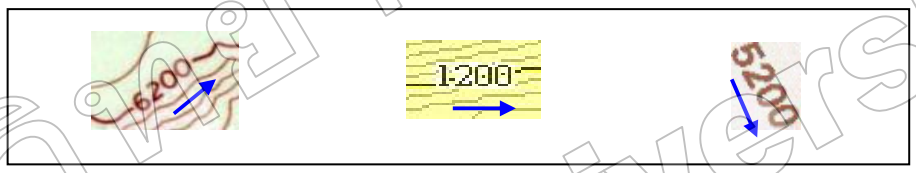
**1. ขั้นตอนการเตรียมภาพตัวเลข**

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

**1.1 ขั้นตอนการปรับภาพให้ตั้งตรง** หลังจากที่ได้ภาพแผนที่ได้ถูกจัดกลุ่มข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ตัวเลขจะถูกจัดออกเป็น 1 ชุดต่อกลุ่ม แต่เนื่องจากในขั้นตอนสุดท้ายของการกู้คืนเส้นชั้นความสูงหลักนั้น ภาพทั้งหมดได้ผ่านขั้นตอนการทำโครงกระดูก ดังนั้นภาพตัวเลขในแต่ละชุด

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

จึงมีจำนวนจุดภาพที่น้อยมาก ดังนั้นจึงต้องทำการไดเลชั่นภาพตัวเลขที่ได้มาจากการจัดกลุ่มเสียก่อน เพื่อให้จำนวนจุดภาพของตัวเลขมีมากพอที่จะทำให้การรู้จำมีประสิทธิภาพ 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 หรือรูปแบบแตกต่าง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

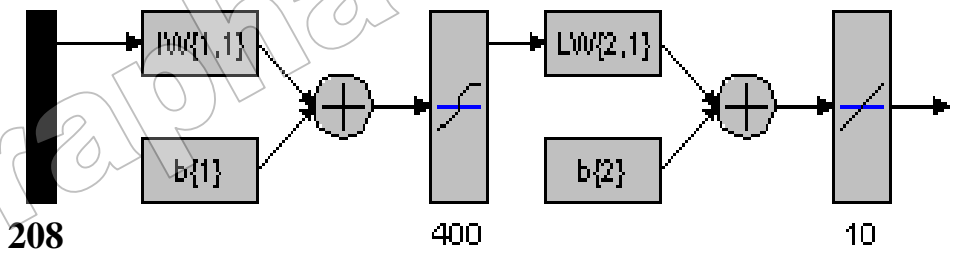
จากรูปภาพที่ใช้ทดสอบ ย่อมทำให้คำตอบที่ระบบจะให้กลับมานั้นไม่ถูกต้องเป็นอย่างแน่นอน โดยกระบวนการสอนจะทำได้ก็ต่อเมื่อภาพชุดตัวเลขที่เตรียมไว้สอนทั้งหมดได้ถูกปรับให้ตั้งตรงและแยกตัวเลขออกจากกัน จากนั้นจึงนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้ที่ได้เป็นข้อมูลในชั้นแรกของระบบ ทั้งนี้ตามที่ได้อธิบายไว้แล้วในบทที่ 2 เกี่ยวกับระบบโครงข่ายประสาทเทียมแบบวิธีการแพร่กระจายย้อนกลับนั้น จะประกอบด้วยชั้นอินพุต ชั้นฮิดเดนหรือชั้นซ่อน และชั้นเอาต์พุต ซึ่งโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบดังแผนภาพจำลองระบบในภาพที่ ให้แต่ละชั้นมีรายละเอียดดังนี้

**2.1 ชั้นอินพุต** ประกอบด้วยโหนดจำนวน 208 โหนด โดยที่แต่ละโหนดคือตัวแทนจุดภาพแต่ละจุดของตัวเลขที่มีขนาดเท่ากับ 16×13 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

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ประสาทเทียมซึ่งได้ผ่านการสอนมาเรียบร้อยแล้ว เพื่อให้โครงข่ายดังกล่าวหาคำตอบของภาพตัวเลขที่มีอยู่ในแผนที่ ซึ่งจะได้นำค่าดังกล่าวไปใช้ระบุความสูงของพื้นที่ในอนาคตต่อไป

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University