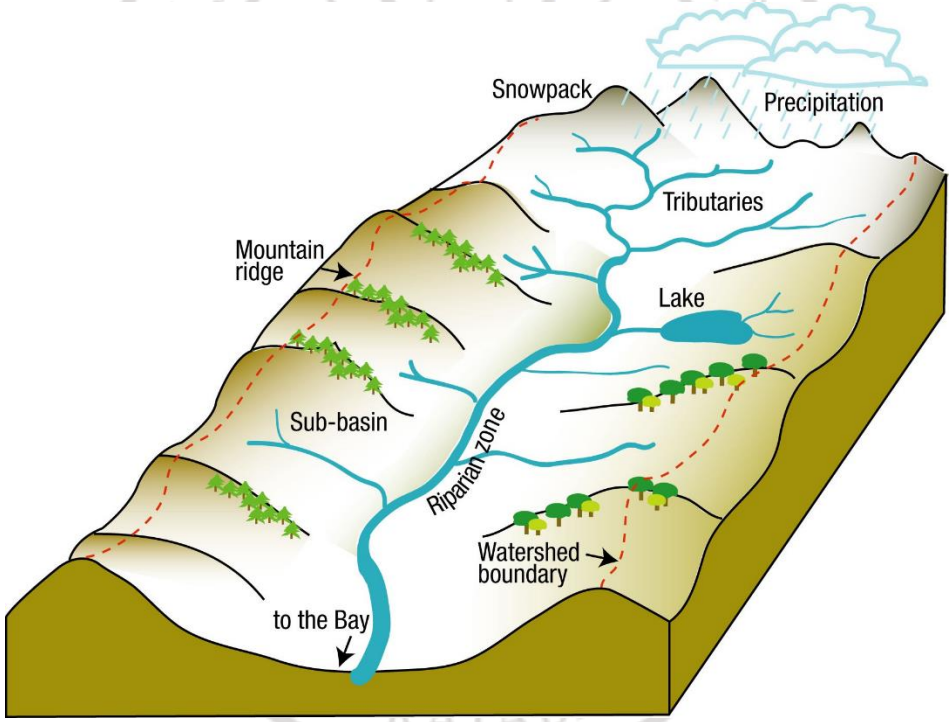
บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

วิจัยในบทนี้จะอธิบายหลักการพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการต้นน้ำ ซึ่งเป็นการอธิบายหลักการความรู้พื้นฐานของอัลกอริทึม และหลักการวิทยาการคอมพิวเตอร์ทั้งนี้จุดประสงค์ของวิจัยนี้คือเป็นการอธิบายการแบ่งส่วนของลุ่มน้ำแบบพื้นฐาน

แหล่งต้นน้ำ หรือ ลุ่มน้ำ หมายถึง ดินแดนที่ช่วยในการระบายน้ำ (โดยปกติคือน้ำฝน) ลงไปในแม่น้ำหรือลำห้วย เป็นพื้นที่สูงที่มีน้ำไหลลงสู่แม่น้ำหรือลำห้วย ดังภาพที่ 3.1

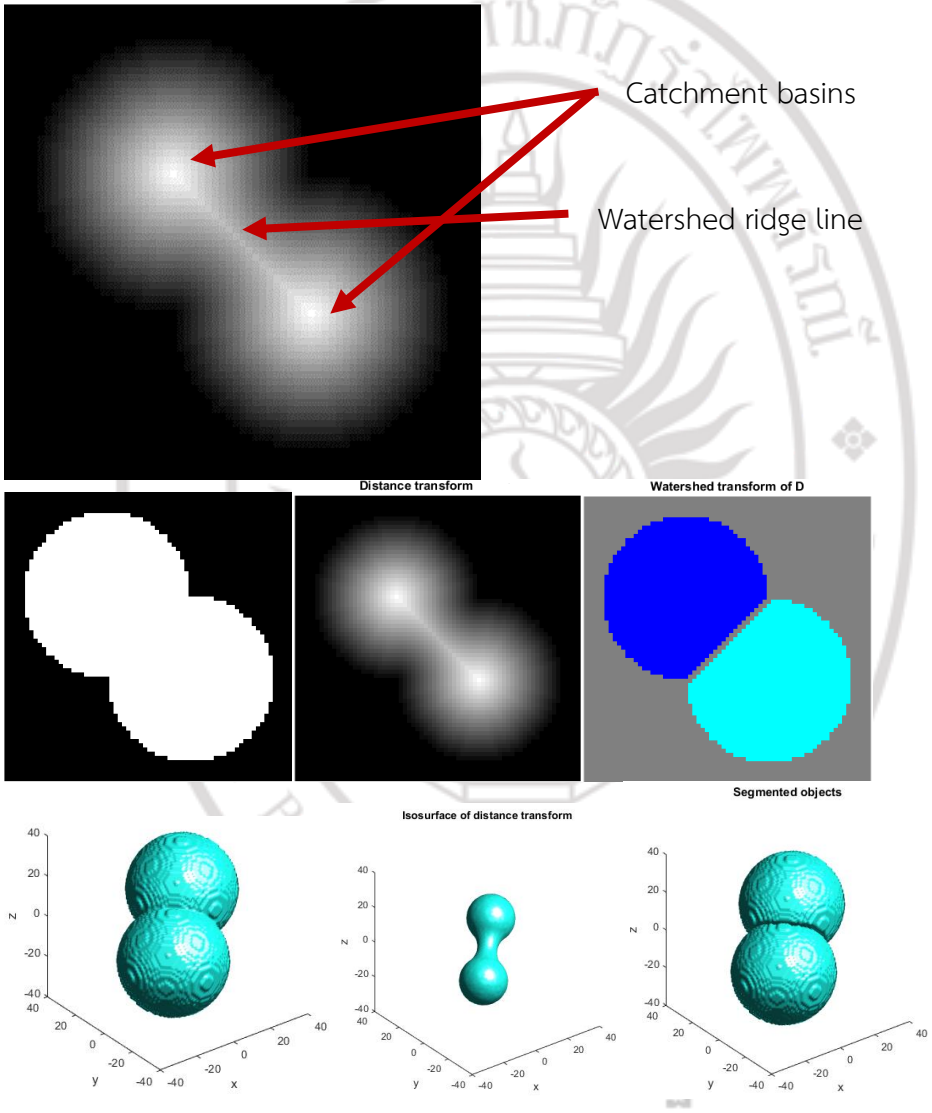


ภาพที่ 3.1 แสดงแหล่งต้นน้ำทางภูมิศาสตร์
ที่มา : The Watershed Project, 2018

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สันปันน้ำในการประมวลผลภาพ คือ การเปลี่ยนแปลงในภาพระดับสีเทา ซึ่งจุดประสงค์ของเทคนิคนี้คือการแบ่งส่วนภาพสองภูมิภาคที่น่าสนใจใกล้เคียงกัน เช่น ขอบสัมผัส เทคนิคการแปลงรูปนี้ใช้รูปภาพเป็นแผนที่ภูมิประเทศโดยความเข้มของแต่ละพิกเซลแสดงถึงความสูง เช่น พื้นที่มืดสามารถพิจารณาได้โดยสัญชาตญาณว่ามีความสูง “ต่ำ”และสามารถเป็นตัวแทนของรางน้ำได้ ในทางกลับกันพื้นที่ที่มีแสงสว่างอาจถือได้ว่า “สูงกว่า” ซึ่งทำหน้าที่เป็นเนินเขาหรือเป็นสันเขา

โมเดลลุ่มน้ำโดยน้ำท่วม (Watershed-by-flooding model) คือ การสมมติว่ามีแหล่งน้ำอยู่ในแอ่งเก็บกักน้ำ - พื้นที่ที่มีความเข้มต่ำ แอ่งเหล่านี้ถูกน้ำท่วมและบริเวณที่น้ำท่วมจากแอ่งน้ำที่แตกต่างกันจะถูกระบุ ปัญหาและอุปสรรคในรูปแบบของพิกเซลจะถูกสร้างขึ้นในพื้นที่เหล่านี้ ดังนั้นสิ่งกีดขวางเหล่านี้ทำหน้าที่เป็นพาร์ติชั่น (partitions) ในภาพและภาพจะถูกแบ่งออกเป็นส่วน ๆ ดังภาพที่ 3.2



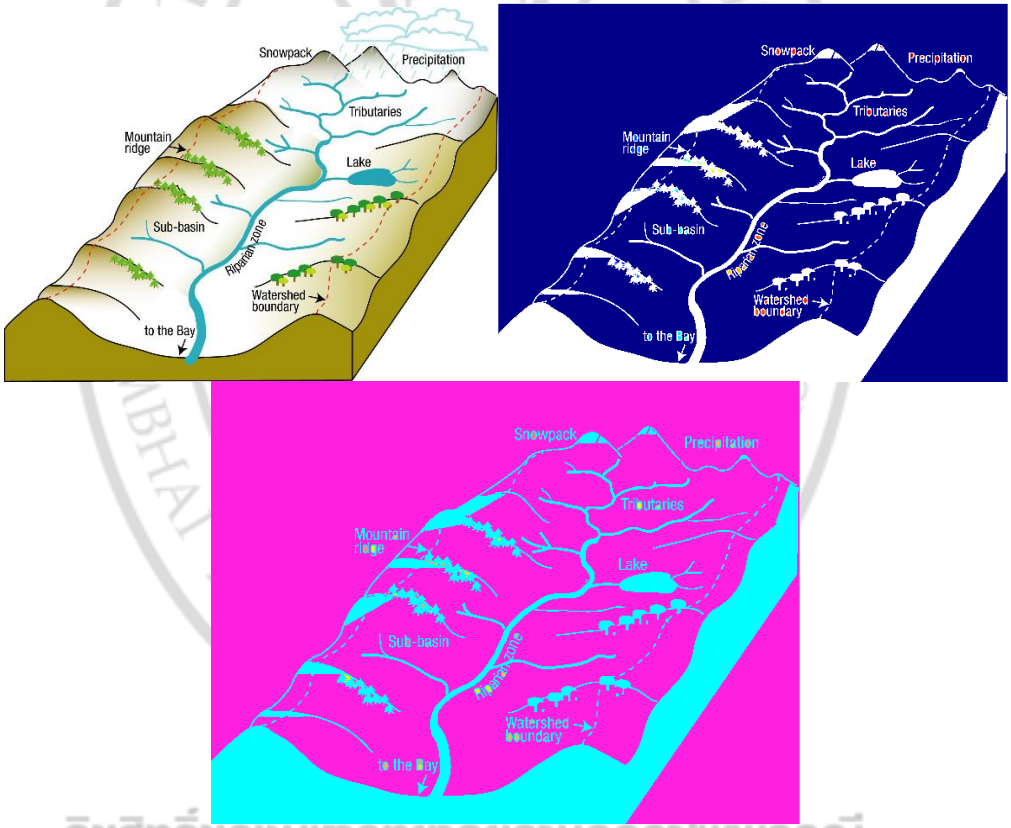
ภาพที่ 3.2 แสดงแหล่งต้นน้ำ 3 มิติ โดยแบบจำลอง Watershed-by-flooding
ที่มา : https://www.mathworks.com/help/images/ref/watershed.html

การแปลงต้นน้ำ คือ การแปลงต้นน้ำมีคุณสมบัติที่น่าสนใจที่ทำให้มีประโยชน์สำหรับแอพพลิเคชั่นการแบ่งส่วนภาพที่แตกต่างกันมาก ในการแบ่งส่วนภาพวัตถุในภาพจะถูกแยกออกและติดป้ายในการแบ่งส่วนภาพวัตถุในภาพจะถูกแยกออกและติดป้ายกำกับเพื่อการวิเคราะห์เพิ่มเติม ซึ่งมักทำด้วยความช่วยเหลือของเทคนิคการแบ่งส่วนภาพที่หลากหลาย แต่ละเทคนิคมีข้อดีและข้อเสียของตัวเอง ประสิทธิภาพของอัลกอริทึมการแบ่งส่วนภาพโดยเฉพาะนั้นขึ้นอยู่กับคลาสของรูปภาพ โดยทั่วไปแล้วการรวมกันของสองเทคนิคขึ้นไปจะใช้เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ต้องการสำหรับแอปพลิเคชันเฉพาะ สเกลของการแบ่งส่วนเป็นแอปพลิเคชันเฉพาะและแม้แต่วัตถุที่จะแบ่งส่วน สิ่งสำคัญคือต้องทราบว่า ประการแรก คือไม่มีเทคนิคการแบ่งส่วนที่สามารถใช้งานได้ในระดับสากลซึ่งรับประกันว่าจะสามารถใช้งานได้กับทุกภาพ และประการที่สอง คือไม่มีการแบ่งส่วนเทคนิคที่สมบูรณ์แบบ

อย่างไรก็ตามเป้าหมายเทคนิคได้รับการพัฒนาเพื่อการแบ่งส่วนภาพ หนึ่งในนั้นคือเทคนิคลุ่มน้ำที่ใช้กับภาพ แต่มันมีข้อเสียต่าง ๆ ที่อยู่เหนือการแบ่งส่วนและความไวต่อเสียงรบกวนเพื่อที่จะเอาชนะสิ่งนี้เราจะใช้เทคนิคสันปันน้ำที่ทำเครื่องหมายด้วยเครื่องหมายเพื่อ เอาชนะปัญหาเหล่านี้ เทคนิคนี้“ ทำเครื่องหมาย” เบื้องหน้าวัตถุและตำแหน่งพื้นหลัง ผลลัพธ์ที่ได้จากการแบ่งส่วนของภาพโดยทั่วไปเป็นเรื่องส่วนตัวมากขึ้นอยู่กับเนื้อหาข้อมูลของภาพเอง พารามิเตอร์ที่ต้องพิจารณาสำหรับการประเมินผลลัพธ์เหล่านี้จะแตกต่างกันไปในแต่ละภาพ

ข้อดีของการเปลี่ยนแปลงลุ่มน้ำ คือ เป็นความรู้ที่เรียบง่ายสัญชาตญาณ และสามารถขนานกันได้ ข้อเสียเปรียบหลักของวิธีนี้คือ over segmentation เนื่องจากการปรากฏตัวของ minima (ท้องถิ่น) จำนวนมาก เพื่อลดผลกระทบจากการแบ่งกลุ่มอย่างรุนแรงได้มีการเสนอการเปลี่ยนรูปแบบของลุ่มน้ำที่มีการควบคุมด้วยเครื่องหมาย เหล่านี้เป็นวิธีการที่แข็งแกร่งและยืดหยุ่นสำหรับการแบ่งส่วนวัตถุด้วยรูปทรงปิด เครื่องหมายเริ่มต้นภายในและเครื่องหมายภายนอกถูกกำหนดไว้ในตอนแรก ขอบเขตแม้ว่าจะไม่ได้กำหนดไว้อย่างชัดเจนจะแสดงเป็นแนวระหว่างเครื่องหมายสองอันและที่อยู่ ในวิธีการควบคุมสันปันน้ำเพื่อแบ่งส่วนภาพเครื่องหมายภายนอกได้มาด้วยตนเองโดยการวาดวงกลมล้อมรอบวัตถุที่เราสนใจ เครื่องหมายภายในถูกกำหนดโดยอัตโนมัติโดยการรวมเทคนิคต่าง ๆ รวมถึงการตรวจจับขอบ Canny, Thresholding และการดำเนินงานทางสัณฐานวิทยา ปรับเปลี่ยนฟังก์ชันการแบ่งส่วนเพื่อให้มีเพียงน้อยที่สุดที่พื้นหน้า และเครื่องหมายพื้นหลัง Watershed Transform ได้อย่างมีประสิทธิภาพรวมองค์ประกอบจากทั้งความไม่ต่อเนื่อง และวิธีการตามความคล้ายคลึงกัน ตั้งแต่การพัฒนาดั้งเดิมพร้อมภาพระดับสีเทาการแปลงลุ่มน้ำได้ถูกขยายไปสู่รูปแบบการคำนวณที่มีประสิทธิภาพ และนำไปใช้กับภาพสี ข้อได้เปรียบที่สำคัญของวิธีการลุ่มน้ำเหนือวิธีการแบ่งส่วนอื่น ๆ ที่พัฒนาก่อนหน้านี้คือ ขอบเขตของผลลัพธ์นั้นเกิดจากการปิดและภูมิภาคที่เชื่อมต่อกัน เทคนิคที่ใช้ขอบแบบดั้งเดิมส่วนใหญ่มักจะสร้างขอบเขตการตัดการเชื่อมต่อที่ต้องการ post processing เพื่อสร้างพื้นที่ปิด และขอบเขตของพื้นที่ที่เกิดนั้นมักจะสอดคล้องกับรูปทรงที่ปรากฏในรูปทรงที่เห็นได้ชัดของวัตถุ

วิธีการแบ่งส่วนลุ่มน้ำที่ควบคุมเครื่องหมาย (Marker-Controlled Watershed Segmentation Approach) คือ เทคนิคการแบ่งส่วนของสันปันน้ำที่ใช้เครื่องหมายบอกตำแหน่งจะแยกเมล็ดที่ระบุการมีอยู่ของวัตถุหรือพื้นหลังในตำแหน่งภาพเฉพาะ ตำแหน่งเครื่องหมายจะถูกตั้งค่าให้เป็น minima ระดับภูมิภาคภายในพื้นผิวทอพอโลยี (โดยทั่วไปคือการไล่ระดับสีของภาพอินพุตดั้งเดิม) และอัลกอริทึมลุ่มน้ำจะถูกนำไปใช้การแยกวัตถุสัมผัสในภาพเป็นหนึ่งในการดำเนินการประมวลผลภาพที่ยากที่สุดซึ่งการแปลงลุ่มน้ำมักใช้กับปัญหาดังกล่าว สันปันน้ำที่มีการควบคุมโดยใช้เครื่องหมายบอกตำแหน่งมีสองประเภท คือภายนอกที่เกี่ยวข้องกับพื้นหลังและภายในที่เกี่ยวข้องกับวัตถุที่น่าสนใจ การแบ่งส่วนภาพโดยใช้การแปลงต้นน้ำทำได้ดีถ้าเราสามารถระบุหรือ “ทำเครื่องหมาย” วัตถุเบื้องหน้าและตำแหน่งพื้นหลังเพื่อค้นหา “อ่างเก็บกักน้ำ” และ “สันเขาสันปันน้ำ” ในภาพโดยถือเป็นพื้นผิวที่พิกเซลแสงสูงและมืด พิกเซลต่ำ ดังภาพที่ 3.3



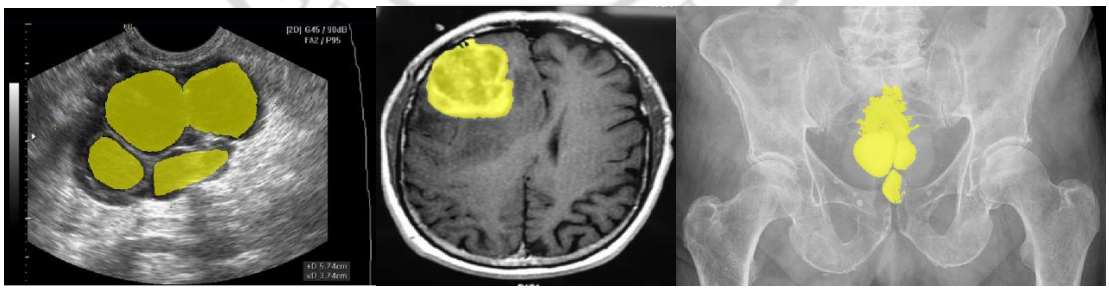
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏราไพพรรณี

ภาพที่ 3.3 แสดงการแบ่งส่วนโดยลุ่มน้ำ

วิธีสันปันน้ำ (watershed method)

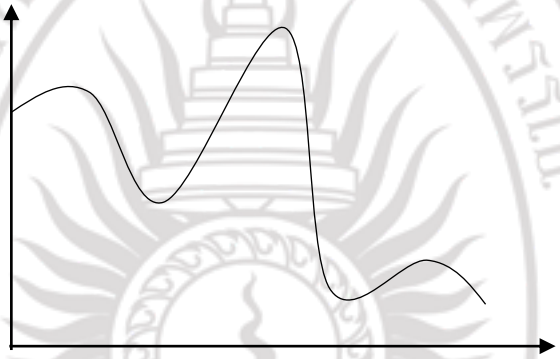
Vincent & Soille, 1991 นำเสนออัลกอริทึม Watershed แบบคลาสสิกที่ทำงานบนภาพระดับสีเทา 12 มันใช้สีเทาเป็นระดับความสูงในแผนที่โทโพโลยี และทุกขั้นต่ำในท้องถิ่นที่เป็นแอ่ง หากมีการฉีดน้ำเข้าไปในแอ่งน้ำแนวสันเขาที่เป็นสันปันน้ำจะก่อตัวขึ้นในเขตแดน อัลกอริทึมลุ่มน้ำมีข้อได้เปรียบของการแบ่งเซกเมนต์แบบปิดและแบบต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงการตอบสนองต่อการไล่ระดับสีอย่างละเอียดของผู้วิเศษเสียงอาจส่งผลให้เกิดการแบ่งกลุ่มมากเกินไป วิธีการแก้ปัญหาคือการประมวลผลภาพล่วงหน้าเพื่อกำจัดเสียงรบกวนหรือน้ำท่วมจากจุดที่ทำเครื่องหมายแทนภาพทั้งหมด 13 Shojaii และคนอื่น ๆ, 2005 ออกแบบระบบการวิเคราะห์ภาพปอด SPECT ตามขั้นต่ำข้ามเกณฑ์เอนโทรปีและการแบ่งส่วนลุ่มน้ำ Kanitkar และคนอื่น ๆ, 2015 ใช้เครื่องหมายการควบคุมลุ่มน้ำเพื่อตรวจหามะเร็งปอด 16 Avinash และคนอื่น ๆ, 2016 รวมตัวกรอง Gabor และเทคนิคลุ่มน้ำเพื่อตรวจหามะเร็งปอด

การแบ่งส่วนของลุ่มน้ำเป็นอีกวิธีที่อิงตามภูมิภาคซึ่งมีต้นกำเนิดในสัณฐานวิทยาทางคณิตศาสตร์ (Serra, 1982) แนวคิดทั่วไปถูกนำเสนอโดย (Digabel and Lantuejoul, 1978 การเจาะลึกในการบังคับใช้ประสบความสำเร็จโดย Vincent & Soille, 1991 ซึ่งนำเสนออัลกอริทึมที่เป็นคำสั่งของขนาดที่รวดเร็วและแม่นยำยิ่งขึ้นกว่าที่ผ่านมา ซึ่งตั้งแต่นั้นมามันถูกนำไปใช้อย่างกว้างขวางกับงานการแบ่งส่วนภาพทางการแพทย์ที่หลากหลาย ในการแบ่งส่วนของลุ่มน้ำภาพจะถือเป็นภูมิประเทศภูมิประเทศที่มีสันเขาและหุบเขา โดยทั่วไปค่าระดับความสูงของทิวทัศน์จะถูกกำหนดโดยค่าสีเทาของพิกเซลที่เกี่ยวข้องหรือขนาดความลาดชัน จากการแสดงภาพ 3 มิตินั้นการเปลี่ยนแปลงของสันปันน้ำจะสลายตัวของภาพลงในอ่างเก็บกักน้ำ สำหรับแต่ละขั้นต่ำในท้องถิ่นนั้นอ่างเก็บกักน้ำประกอบด้วยจุดทั้งหมดซึ่งเส้นทางของการสืบเชื้อสายที่ลาดชันที่สุดจะสิ้นสุดลงที่ขั้นต่ำนี้ ลุ่มน้ำแยกแอ่งน้ำออกจากกัน การแปลงของสันปันน้ำทำให้ภาพแตกสลายอย่างสมบูรณ์และกำหนดแต่ละพิกเซลให้กับภูมิภาคหรือพื้นที่ต้นน้ำ ด้วยข้อมูลภาพทางการแพทย์ที่มีเสียงดังทำให้เกิดพื้นที่เล็ก ๆ จำนวนมากสิ่งนี้เรียกว่าปัญหา“ การแบ่งส่วนเกิน (watershed segmentation)”



ภาพที่ 3.4 แสดงการแบ่งส่วนเกินของการแปลงลุ่มน้ำที่ใช้กับภาพ x-rays

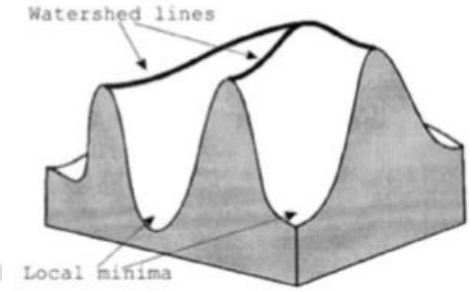
ตัวแปรที่แพร่หลายที่สุดใช้ภาพการไล่ระดับสี ซึ่งเป็นพื้นฐานสำหรับการแปลงต้นน้ำ อย่างไรก็ตามขนาดการไล่ระดับสีนั้นอ่อนไหวอย่างยิ่งต่อสัญญาณรบกวนของภาพ ดังนั้นการพูดอย่างเหมาะสมจึงเป็นสิ่งจำเป็น มีหลายรูปแบบที่การเปลี่ยนแปลงลุ่มน้ำอาจใช้เป็นพื้นฐานสำหรับแนวทางการแบ่งส่วนทั่วไป ปัญหา“ การแบ่งส่วนเกิน” อาจได้รับการแก้ไขโดยเกณฑ์บางประการสำหรับการรวมภูมิภาค ผู้ใช้จะต้องได้รับสิ่งอำนวยความสะดวกบางอย่างเพื่อให้เป็นไปตามกระบวนการรวม เราอธิบายวิธีการนำเสนอโดย Hahn & Peitgen, 2000 และได้รับการแนะนำในภายหลังโดย Hahn & Peitgen, 2003 การรวมกันของการสลายตัวของภาพในภูมิภาคเป็นพื้นฐานของการรวมเข้าด้วยกันในความหมายเชิงเปรียบเทียบของภูมิทัศน์อ่างเก็บกักน้ำจะถูกรวมเข้ากับที่ตั้งของลุ่มน้ำ ในขณะที่บางภูมิภาคผสานรวมกันตั้งแต่ต้น (ด้วยระดับความรู้สึกต่ำ) ภูมิภาคอื่น ๆ ดังภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 แสดงต้นน้ำเนินเขา และแอ่ง ใน 2 มิติ

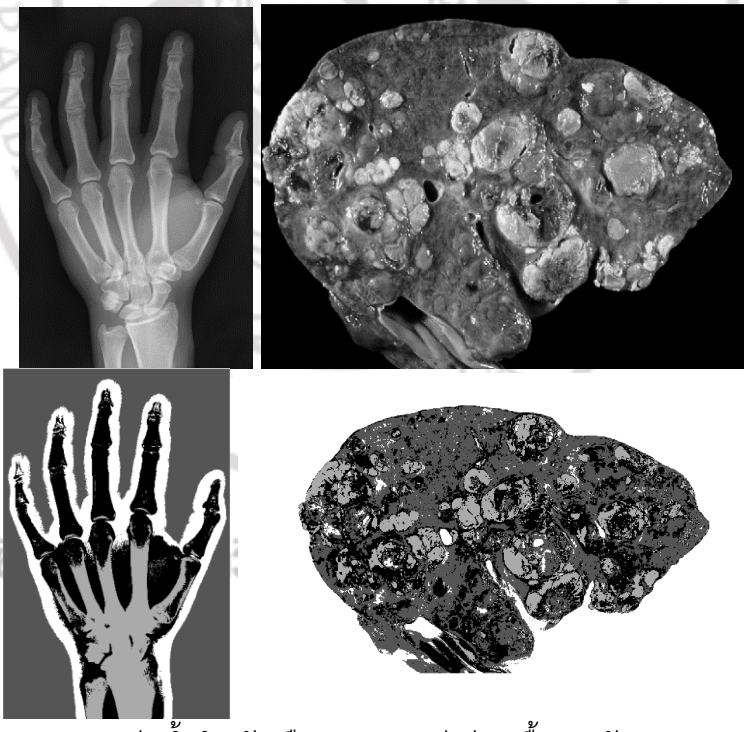
สันปันน้ำที่มีเครื่องหมาย (Marker-based Watershed) บอกตำแหน่งอย่างไรก็ตามบ่อยครั้งที่ไม่มีการตรวจสอบระดับการไหลของโครงสร้างเป้าหมาย ดังนั้นผู้ใช้อาจระบุตำแหน่งรูปภาพที่เป็นของโครงสร้างเป้าหมาย (รวมถึงจุด) หรือที่ไม่ได้เป็นโครงสร้างเป้าหมาย (ยกเว้นจุด) หากผู้ใช้ระบุจุดรวมและจุดแยกพื้นที่ลุ่มน้ำเพิ่มเติมจะถูกสร้างขึ้นที่ระดับสูงสุดระหว่างพวกเขา ถูกสำรวจโดยแต่ละภูมิภาคมีทั้งจุดรวมหรือแยกจุด แต่ไม่ใช่ทั้งสองจุด รูปแบบการโต้ตอบนี้เรียกว่าการแบ่งส่วนลุ่มน้ำตามตัวทำเครื่องหมาย การแปรเปลี่ยนของลุ่มน้ำมีหลายรูปแบบ ตัวอย่างเช่นการผสานอาจพิจารณาข้อมูลการไล่ระดับสีหรือเกณฑ์อื่น ๆ สำหรับความเป็นเนื้อเดียวกัน ตัวแปรที่ใช้บ่อยคือการผสานภูมิภาคที่ความแตกต่างของค่าสีเทาหมายถึงต่ำกว่าเกณฑ์ กระบวนการนี้สามารถดำเนินการซ้ำแล้วซ้ำอีกและผลลัพธ์ยังอยู่ในแผนผังการผสานลำดับชั้น

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพที่ 3.6 แสดงแบบจำลองพื้นผิวเป็นลักษณะแอ่งน้ำ
ที่มา : https://www.semanticscholar.org/paper/Analysis-of-the-Variants-of-Watershed-Algorithm-as-Puri-Kaushik/398dda7768baaad2b2882897e9f03a82fa380424

การประยุกต์การแปลงลุ่มน้ำได้ถูกนำไปใช้กับงานการแบ่งเซ็กเมนต์ที่หลากหลาย Hahn & Peitgen, 2000 สกัดสมองด้วยการแปลงต้นน้ำจากข้อมูล MRI นอกจากนี้โพรงสมองก็ถูกจัดหมวดหมู่อย่างน่าเชื่อถือด้วยการมีปฏิสัมพันธ์น้อยที่สุด Hahn & Peitgen, 2003 แสดงให้เห็นถึงการประยุกต์ใช้กับปัญหาที่ท้าทายของการแยกกระดูกแต่ละส่วนในข้อมือมนุษย์ Kuhnigk และคนอื่น ๆ, 2003 การแบ่งส่วนให้กับการแยกส่วนของ lobes และและคนอื่น ๆ, 2008 ใช้การแปลงลุ่มน้ำซ้ำสำหรับการแบ่งส่วนเนื้องอกตับ



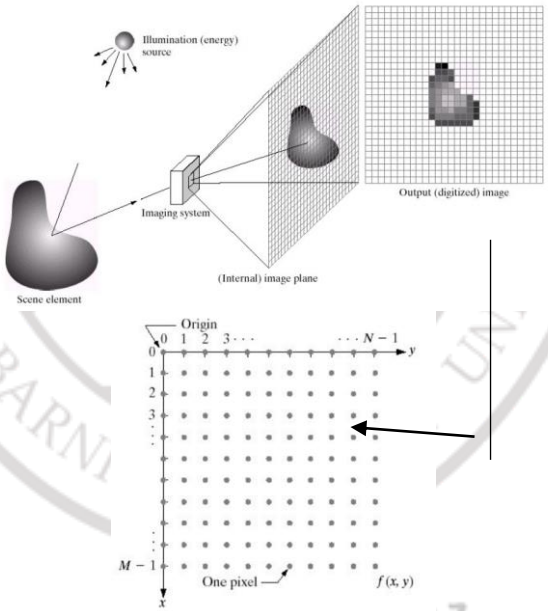
ภาพที่ 3.7 แสดงการแปลงลุ่มน้ำสำหรับ มือ และการแบ่งส่วนเนื้องอกตับ
ที่มา : https://fineartamerica.com/featured/7-liver-cancer-cnriscience-photo-library.html

1. การแบ่งส่วนแบบลุ่มน้ำ (Watershed segmentation)

การแบ่งส่วนลุ่มน้ำเป็นอัลกอริทึมที่ได้รับแรงบันดาลใจจากธรรมชาติซึ่งเลียนแบบปรากฏการณ์ของน้ำที่ไหลผ่านการบรรเทาภูมิประเทศ ในการแบ่งส่วนของลุ่มน้ำภาพจะถูกพิจารณาว่าเป็นการผ่อนปรนทางภูมิประเทศที่ซึ่งขนาดการไล่ระดับสีถูกตีความว่าเป็นข้อมูลระดับความสูง อัลกอริทึมลุ่มน้ำได้รับการปรับปรุงด้วยเทคนิคการควบคุมน้ำท่วมเครื่องหมาย ในการดำเนินการนี้การเลือกเครื่องหมายได้โดยอัตโนมัติด้วยการแยก Blobs คือ ใช้ในการประมวลผลในการดึงข้อมูล ซึ่งสามารถใช้ในการคำนวณองค์ประกอบต่าง ๆ เช่นพื้นที่, ความเยื้องศูนย์กลาง, เซนทรอยด์ โดยการปรับแต่งรูปภาพในแบบไบนาไรซ์โดยใช้เกณฑ์ที่เหมาะสม

1.1 การแปลงระยะทาง (Distance Transformation)

การแปลงระยะทางเป็นการดำเนินการซึ่งโดยทั่วไปจะใช้กับภาพไบนารีเพื่อแยกสองส่วนขึ้นไป ผลการแปลงในภาพระดับสีเทาที่คล้ายกับภาพอินพุตในรูปร่าง แต่ความเข้มระดับสีเทาของจุดภายในพื้นที่ส่วนหน้าจะแปรผันตามเพื่อแสดงระยะทางไปยังขอบเขตที่ใกล้ที่สุดจากแต่ละจุดอธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับการแปลงระยะทาง การแปลงระยะทางจัดเตรียมเครื่องหมายรุ่นแรก ๆ เพื่อเริ่มอัลกอริทึมการแบ่งส่วน อย่างไรก็ตามส่วนอาจมีการกระจายสีที่เหมือนกันซึ่งในกรณีนี้เราสามารถสันนิษฐานได้ว่าภูมิภาคเป็นวัตถุเดียวกันการกระจายสีสามารถทำได้โดยใช้ฮิสโตแกรมสี ดังภาพที่ 3.8



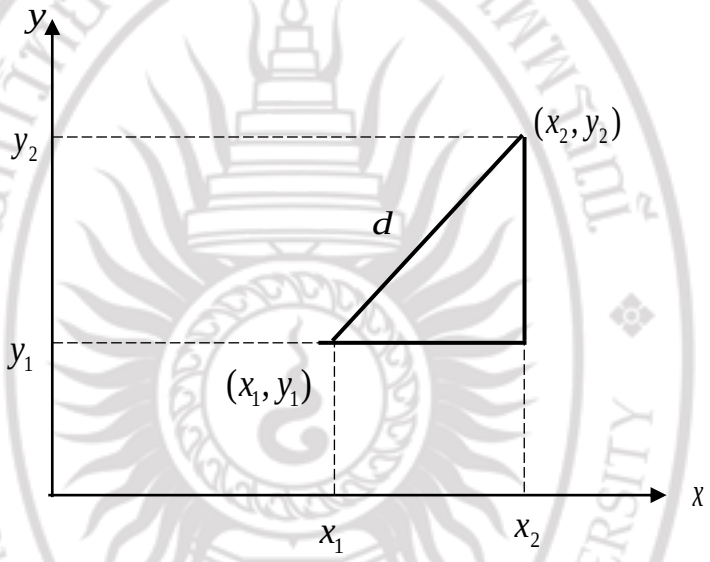
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพที่ 3.8 แสดงโมเดล Digital Image และเมทริกซ์ที่อยู่ในรูปของพิกเซล
ที่มา : http://www.ecpe.nu.ac.th/panomkhawn/imagepro/pdf/ch02-part2.pdf

จากภาพที่ 3.8 สามารถแปลงรูปภาพให้อยู่ในรูปเมทริกซ์ โดย M คือ จำนวนคอลัมน์ (column) และ N คือจำนวนแถว (row) ดังนี้

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

กำหนดให้ $(x_1,x_2)=(i_1,i_2)$ และ $(y_1,y_2)=(j_1,j_2)$ โดยการระยะทางแบบยุคลิด (Euclidean Distance) ดังนี้



ภาพที่ 3.9 แสดงการแปลงระยะทางแบบยุคลิด

จากภาพที่ เราสามารถคำนวณการแปลงระยะทางได้จากสูตร

$$d_{Euclidean\ distance}([i_1,j_1],[i_2,j_2])=\sqrt{(i_1-i_2)^2+(j_1-j_2)^2}$$

จากการแปลงสัญญาณภาพที่มีความต่อเนื่องให้อยู่ในรูปแบบไบนารี เมริกซ์ (Binary Matrix) ดังนี้

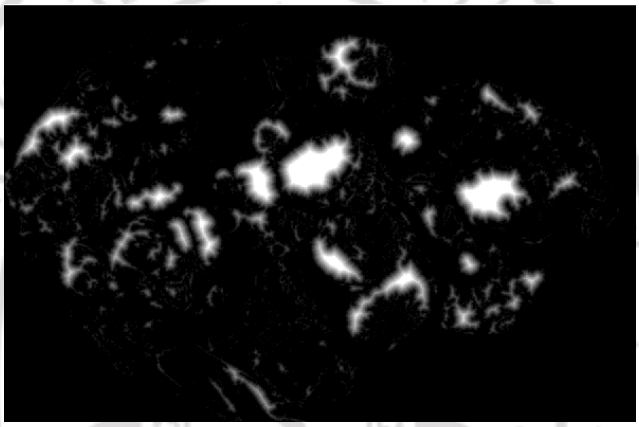
0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	0
0	0	0	0	0	0	0

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

ภาพที่ 3.10 แสดง Binary Image Matrix

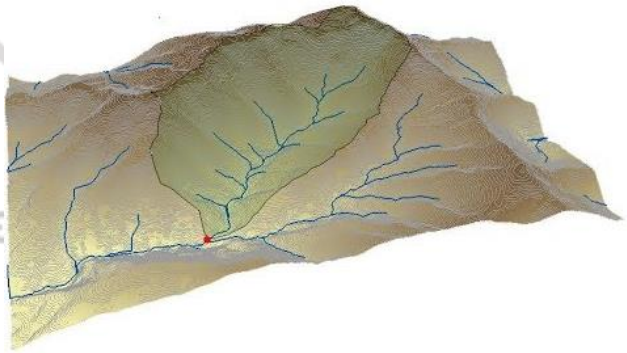
1	1	1	1	1
1	2	2	2	1
1	2	3	2	1
1	2	2	2	1
1	1	1	1	1

ภาพที่ 3.11 แสดง Distance Transform Matrix



ภาพที่ 3.12 แสดงการแปลงระยะทางภาพเนื้องอกตับ

1.2 เส้นลุ่มน้ำ หรือสายน้ำ (Watershed Lines, Watersheds)
งานวิจัยนี้เราพิจารณาน้ำหยดหนึ่งบนพื้นผิวภูมิประเทศที่น้ำไหลลงจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำสุด และหยุดอยู่ตรงนั้นของพื้นผิว โดยเปรียบเทียบให้เป็นอ่างเก็บกักน้ำของพื้นผิว ซึ่งมีการแยกออกของสายน้ำเรียกว่า เส้นลุ่มน้ำ หรือสายน้ำ ดังภาพที่ 3.13



ลิขสิทธิ์ข

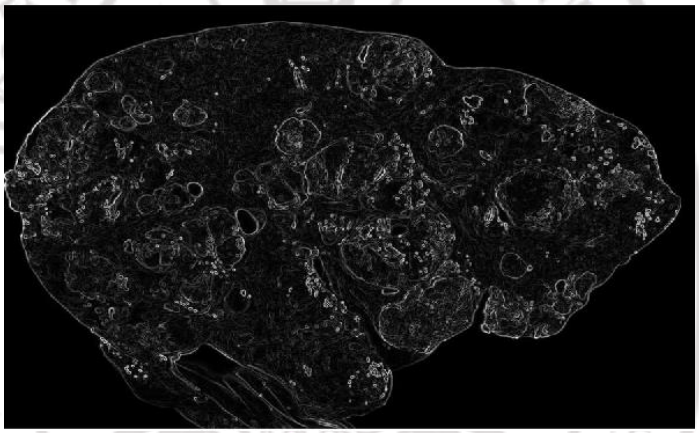
ภาพที่ 3.13 แสดงแบบจำลองเส้นลุ่มน้ำ หรือสายน้ำ
ที่มา : https://acolita.com/delimitar-automaticamente-micro-cuenca-hidrografica-especifica-en-arcgis/

1.3 ขนาดการแปลงค่าสี (Gradient magnitude)

ขนาด และทิศทางการเปลี่ยนแปลงค่าสี (Gradient Magnitude: GM and Gradient Direction: GD) จากสมการดังนี้

$$GM(i,j) = \sqrt{g_x{}^2(i,j) + g_y{}^2(i,j)}\,, \qquad GD(i,j) = \arctan\left(\frac{g_y(i,j)}{g_x(i,j)}\right)$$

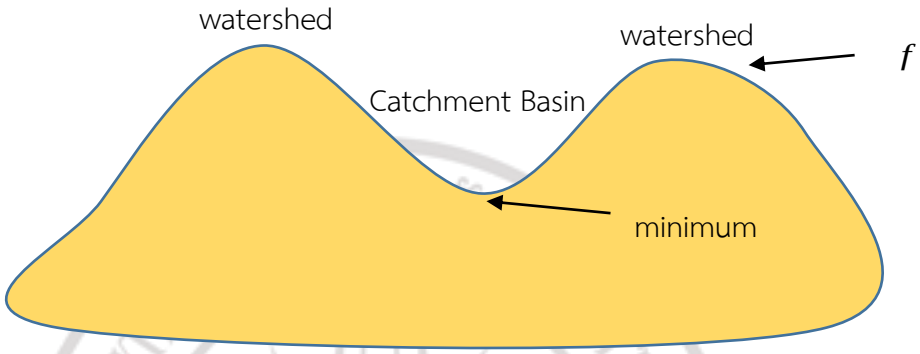
เมื่อ (i, j) คือ ตำแหน่งของพิกเซล g_x และ g_y คือขนาดของการเปลี่ยนแปลงค่าสีในแนว x และ y ตามลำดับ ซึ่งค่าของ g_x และ g_y สามารถหาได้หลายวิธี เช่น การใช้หน้ากากของตัวดำเนินการโรเบิร์ต (Robert Operator) การใช้หน้ากากของตัวดำเนินการพรีวิทท์ (Prewitt operator) หรือการใช้หน้ากากของตัวดำเนินการโซเบล (Sobel operator)



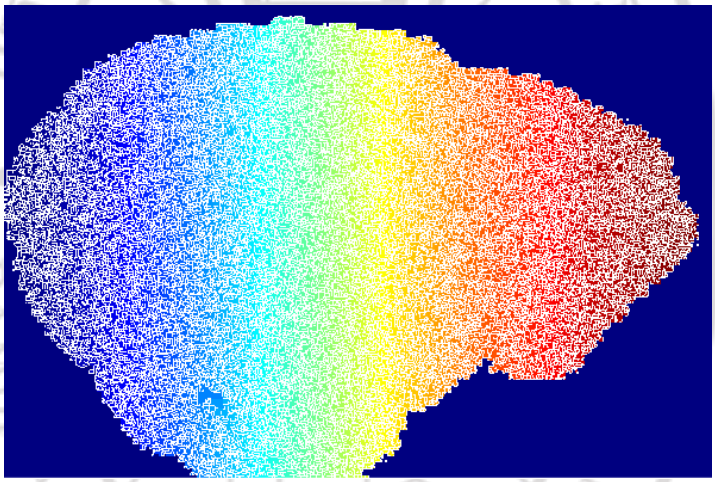
ภาพที่ 3.14 แสดงแบบจำลองขนาดการแปลงค่าสีเนื้องอกตับ

1.4 การแปลงลุ่มน้ำ (watershed transform)

การเปลี่ยนแปลงของลุ่มน้ำเป็นส่วนที่ได้รับความนิยมวิธีการที่มาจากด้านสัณฐานวิทยาทางคณิตศาสตร์คำอธิบายที่เข้าใจง่ายของการเปลี่ยนแปลงนี้ค่อนข้างง่าย: ถ้าเราพิจารณาว่าภาพนั้นเป็นภาพนูนต่ำนูนสูงเมื่อความสูงของแต่ละจุดมีความสัมพันธ์โดยตรงกับระดับสีเทาและพิจารณาฝนค่อยๆ ตกลงบนพื้นดินจากนั้นแหล่งต้นน้ำเป็นเส้นที่แยก“ ทะเลสาบ” (จริง ๆเรียกว่าอ่างเก็บกักน้ำ) โดยทั่วไปการคำนวณการเปลี่ยนรูปสันปันน้ำจะถูกคำนวณการไล่ระดับสีของภาพต้นฉบับเพื่อให้อ่างเก็บกักน้ำเขตแดนตั้งอยู่ที่จุดไล่ระดับสูงการเปลี่ยนแปลงของลุ่มน้ำถูกนำไปใช้อย่างกว้างขวางในหลายสาขาของการประมวลผลภาพรวมถึงการแบ่งส่วนภาพทางการแพทย์ จากการไล่ระดับสีของภาพผลของการเปลี่ยนแปลงของลุ่มน้ำมีจำนวนน้อยภูมิภาคซึ่งทำให้ผลลัพธ์นี้ไม่ค่อยมีประโยชน์ และการใช้งานของภาพเครื่องหมาย เพื่อลดจำนวนภาพที่น้อยที่สุดของภาพ ดังนั้นจำนวนภูมิภาคมีมากที่สุดวิธีแก้ปัญหาที่ใช้กันทั่วไป สิ่งที่น่าสนใจคือการใช้งานของวิธีการพื้นที่ขนาดเพื่อเลือกภูมิภาคที่น่าสนใจใช้ตัวกรองที่แตกต่างกัน การดำเนินงานทางสัณฐานวิทยา หรือการกระจายแบบไม่เชิงเส้น ดังภาพที่ 3.15



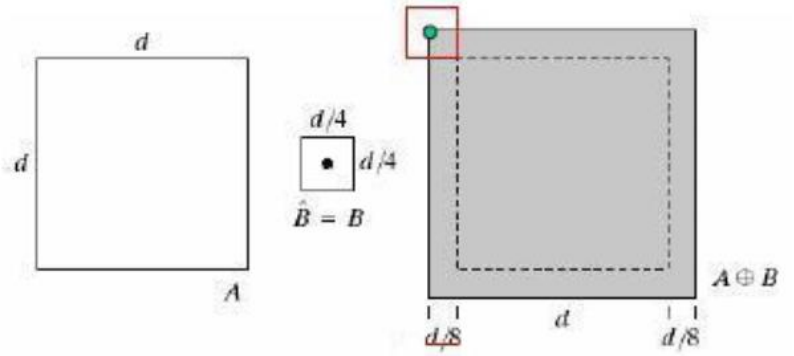
ภาพที่ 3.15 แสดงแบบจำลองอ่างเก็บกักน้ำ



ภาพที่ 3.16 แสดงการแปลงลุ่มน้ำภาพเนื้องอกตับ

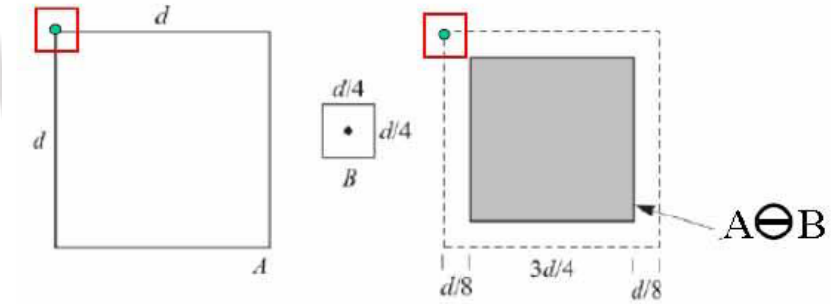
1.5 การเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่าง (Morphological processing)
การเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่าง คือการประมวลผลของภาพทางด้านโครงสร้าง โดยเกี่ยวกับการแยกส่วนประกอบของภาพออกเพื่อใช้ในการแสดงรูปร่าง ในเมทริกซ์จะประกอบไปด้วยค่าระดับขาว-ดำ สอง ค่า คือ 0 และ 1 แบ่งเป็น

การขยาย (Dilation) จะพิจารณาข้อมูลภาพซึ่งเป็นภาพขาว-ดำ เป็นการขยายภาพให้ใหญ่ขึ้นเพื่อเพิ่มสีให้กับวัตถุที่แสดงผลในขั้นตอนสุดท้าย ซึ่งการขยายวัตถุจะทาได้โดยการกำหนดส่วนประกอบโครงสร้าง (Structuring element) และนำส่วนประกอบโครงสร้างไปกราดบนข้อมูลภาพตามลำดับตลอดทั้งภาพเป็นการนามาสก์หรือ structuring element ขนาดต่าง ๆ เช่น 3x3 หรือ 5x5 เป็นต้น มาไล่เทียบกับทุกจุด (pixel) ในรูป เพื่อทำการอัพเดตค่าพิกเซลที่ตรงกับตาแหน่งกึ่งกลางของมาสก์ โดยจะพิจารณาหาค่าสูงสุดของค่าพิกเซลที่ถูกมาสก์ทับอยู่เพื่อนาไปใส่ในตาแหน่งที่ตรงกับจุดกึ่งกลางของมาสก์ซึ่งถ้าหากว่าเป็นภาพแบบขาวดาหรือไบนารี่จะกล่าวได้ว่าพิกเซลจะมีค่าเป็น 1 หากมีค่าใดค่าหนึ่งในกรอบเป็น 1 ทั้งนี้จะไม่สนใจตาแหน่งที่ตรงกับมาสก์ที่มีค่าเป็น 0



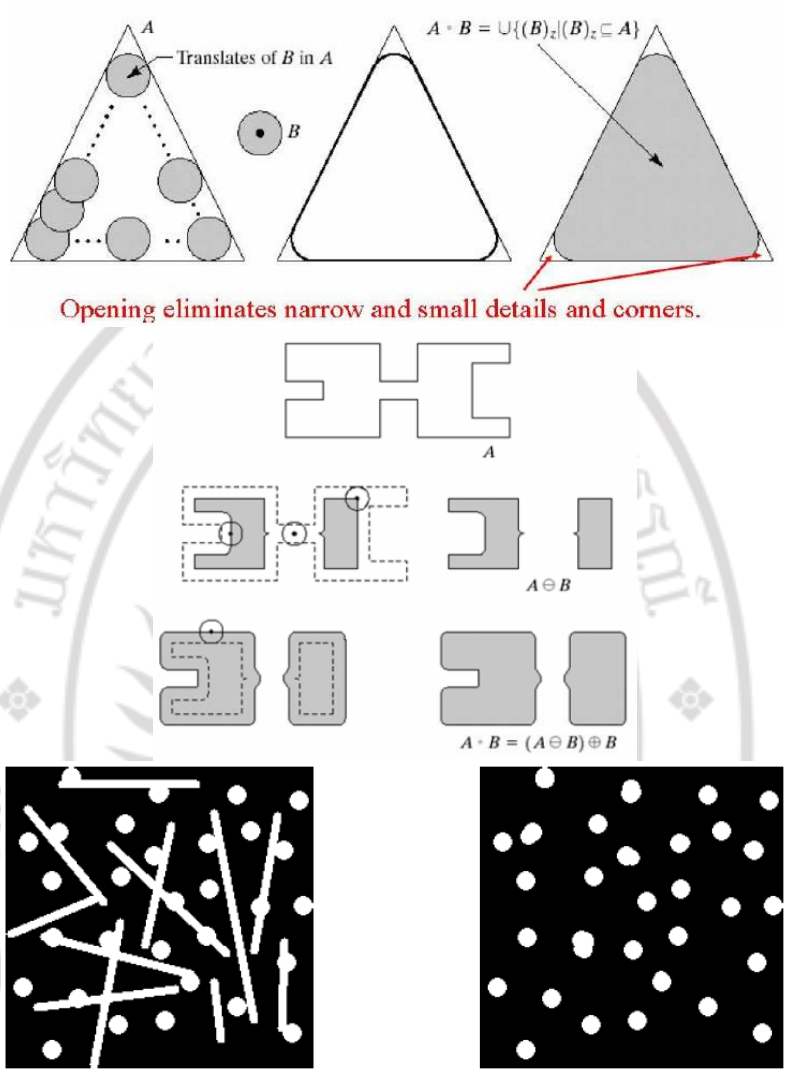
ภาพที่ 3.17 แสดงการเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่าง โดยการขยาย

การกร่อนขนาด (Erosion) เป็นการกร่อนขนาดบริเวณขอบของวัตถุ ซึ่งการกร่อนมีวิธีคล้ายกับการขยายคือ สร้างส่วนประกอบโครงร่างขึ้นมาแล้วนาไปกราดตามข้อมูลภาพ โดยจะเลื่อนไปทุกตาแหน่งเปรียบเทียบกับข้อมูลภาพ คล้ายกับ Dilation Operations เพียงแต่ว่า Erosion Operations จะสนใจพิกเซลที่มีค่าน้อยที่สุดแทนพิกเซลที่มีค่ามาก ที่สุด นั่นคือถ้าหากว่าเป็นภาพแบบขาวดาหรือไบนารี่จะกล่าวได้ว่าพิกเซลจะมีค่าเป็น 0 หากมีค่าใดค่าหนึ่งในกรอบเป็น 0 ฉะนั้นจะสังเกตว่า เมื่อเราทา Erosion Operations แล้วรูปภาพจะมีขนาดเล็กลงตามขนาดของ mask ดังภาพที่ 35



ภาพที่ 3.18 แสดงการเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่าง โดยการกร่อนขนาด

การทำโอเพ่นนิ่ง (Opening by reconstruction) เป็นการทำ Erosion Operations แล้วต่อด้วย Dilation Operations ภาพที่ได้จะเป็นพื้นที่ของ ภาพที่สามารถบรรจุ Structuring Element ไว้ได้ทั้งหมด จุดประสงค์ของการทา Opening นั้นคล้ายกับการทา erosion คือเพื่อกำจัดพื้นที่ส่วนที่เป็นภาพออกแต่ว่าจะทาให้รูปภาพบิดเบี้ยวไปจากเดิมน้อยกว่า ซึ่งผลของการทำโอเพ่นนิ่งนั้นขึ้นอยู่กับ structure element เนื่องจากการทำโอเพ่นนิ่งจะรักษารูปภาพส่วนที่มีรูปร่างเดียวกับ structure element หรือสามารถบรรจุ structure element ไว้ภายในได้ ดังนี่

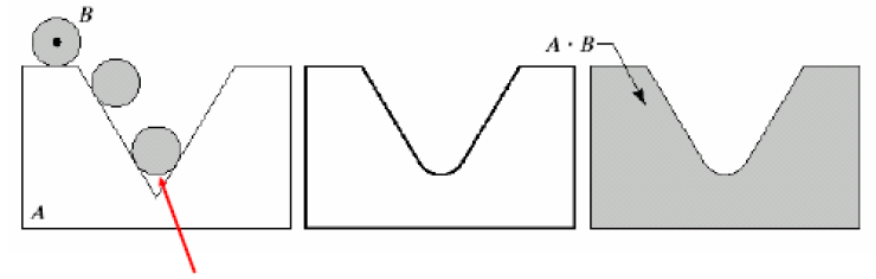


ภาพที่ 3.19 แสดงการเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่าง โดยการทำโอเพ่นนิ่ง

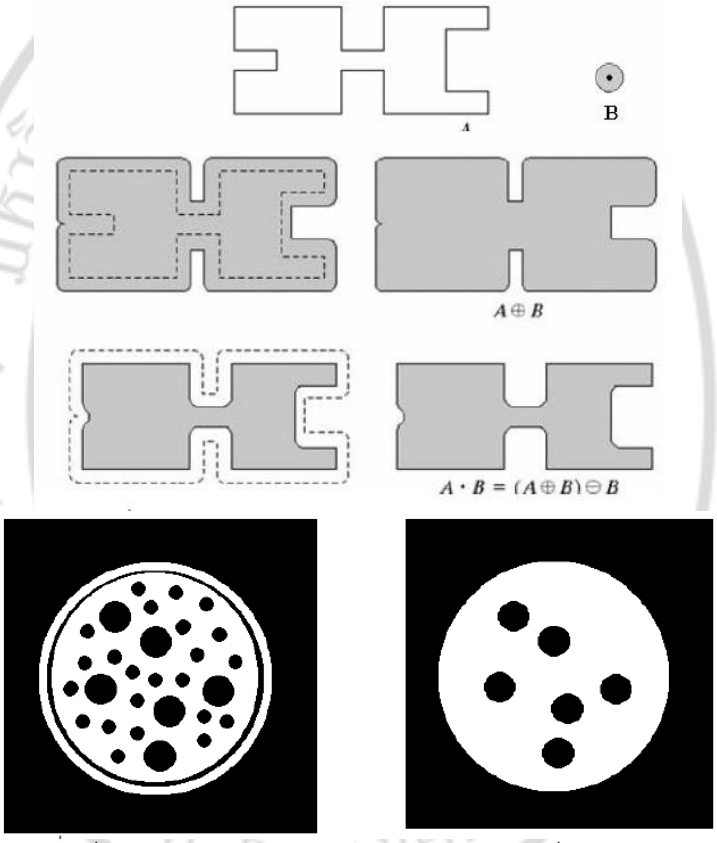
จากภาพ ด้านซ้ายเป็นรูปภาพไบนารี่ที่มีวงกลมและเส้นตรงรวมกันอยู่ สมมติว่าเราต้องการแยกรูปทั้งสองออกจากกันเพื่อที่จะทาการนับ จึงทาการโอเพ่นนิ่งโดยใช้ structure element ที่มีรูปร่างวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากันกับในรูป จะเห็นว่าผลลัพธ์ที่ได้วงกลมมีลักษณะบิดเบี้ยวไปเล็กน้อยในขณะที่เราสามารถกาจัดเส้นตรงออกไปได้ทั้งหมด

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

การทำโคลสซิ่ง (closing by reconstruction)เป็นการทำ Dilation Operations ต่อด้วย Erosion Operations โดยจะใช้เพื่อเติมส่วนที่เว้าให้เต็มพอดีที่มาสก์จะวางได้ในส่วนที่เป็นพื้นหลังหรือก็คือเป็นการขยายพื้นที่ของภาพ (สีขาว) และลดพื้นที่ส่วนพื้นหลังโดยจะมีการบิดเบือนของรูปร่างเพียงเล็กน้อย

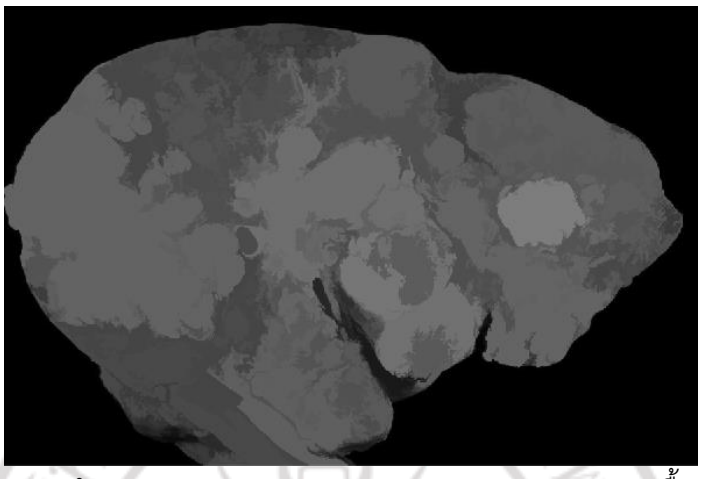


Closing fills narrow gaps and notches



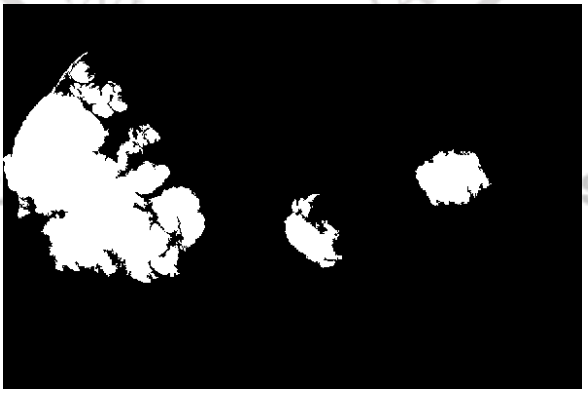
ภาพที่ 3.20 แสดงการเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่าง โดยการทำโคลสซิ่ง

จากภาพที่ 3.20 ในรูปด้านซ้ายเป็นรูปที่จะทา Closing Operations กับ structure element ที่เป็นวงกลมที่มี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ระหว่างวงกลมเล็กวงกลมใหญ่สีดา ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ออกมาเฉพาะวงกลมขนาดใหญ่การทา Closing กับภาพพื้นหลังจะให้ผลลัพธ์เช่นเดียวกับการทา Opening กับภาพด้วย structure element เดียวกัน



ภาพที่ 3.21 แสดงการทำ Opening-closing by reconstruction ของภาพเนื้องอกตับ

1.6 ภูมิภาคสูงสุดของการเปิดปิดโดยการสร้างใหม่ (Regional maxima of opening-closing by reconstruction) เราใช้การสร้างรูปร่างใหม่เพื่อสร้างภาพพื้นหลังซึ่งเราสามารถลบออกจากภาพต้นฉบับเพื่อแยกคุณสมบัติภูมิภาค(Regional maxima)โดยสร้างใหม่โดยการขยายเริ่มต้นที่ขอบของภาพ เราเริ่มต้นภาพเมล็ดเพื่อความเข้มต่ำสุดของภาพและกำหนดเส้นขอบให้เป็นค่าพิกเซลในภาพต้นฉบับ พิกเซลสูงสุดเหล่านี้จะขยายออกเพื่อสร้างภาพพื้นหลังขึ้นมาใหม่ แม้ว่าคุณลักษณะเช่น ภาพเนื้องอกตับ จะแยกได้ชัดเจน แต่เหรียญที่ล้อมรอบด้วยพื้นหลังที่สว่างในภาพต้นฉบับจะหรี่ลงในภาพที่หักออก เราสามารถพยายามแก้ไขสิ่งนี้โดยใช้ภาพเมล็ดที่แตกต่างกันแทนที่จะสร้างภาพเมล็ดที่มีค่าสูงสุดตามขอบภาพเราสามารถใช้คุณสมบัติของภาพเองในการเริ่มกระบวนการสร้างใหม่ที่นี่ภาพเมล็ดเป็นภาพต้นฉบับลบค่าคงที่ให้ความรู้สึกถึงกระบวนการฟื้นฟูเราวางแผนความเข้มของหน้ากากเมล็ดพืชและรูปภาพที่ขยายตามแนวของภาพ (ระบุด้วยเส้นสีแดง) ซึ่งจะได้รับความเข้มพื้นฐานที่แตกต่างกันในภาพที่สร้างใหม่ นี่เป็นเพราะเราใช้ความเข้มในพื้นที่เป็นค่าเมล็ด ดังนั้นในภาพที่ถูกลบจึงมีความเข้มของพิกเซลใกล้เคียงกัน

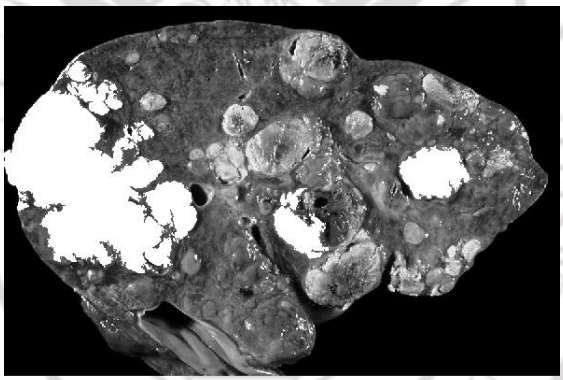


ลิขสิทธิ์ ... รณี

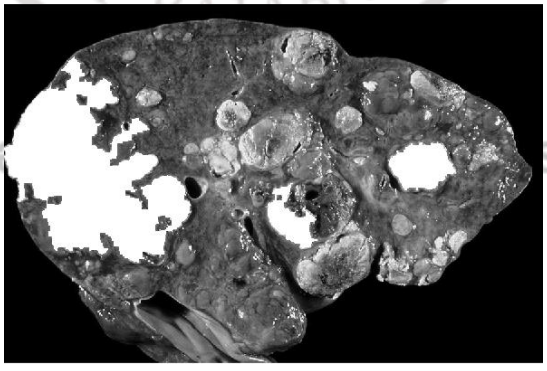
ภาพที่ 3.22 แสดงการทำการเปิดปิดโดยการสร้างใหม่

1.7 การแบ่งส่วนตามภูมิภาค (Region-based segmentation)

การแบ่งกลุ่มอาจถือได้ว่าเป็นการจัดกลุ่มเชิงพื้นที่ โดยการจัดกลุ่มในแง่ที่ว่าพิกเซลที่มีค่าใกล้เคียงกันถูกจัดกลุ่มเข้าด้วยกัน และเชิงพื้นที่ในพิกเซลนั้นในหมวดหมู่เดียวกันนั้นยังรวมกันเป็นองค์ประกอบเดียวที่เชื่อมต่อ วิธีการแบ่งตามภูมิภาคสามารถแบ่ง สิ่งที่รวมพิกเซล และภาพที่แบ่งภาพออกเป็นภูมิภาค ซึ่งบริเวณสูงสุดในภูมิภาค (regional maximum) โดยในระดับภูมิภาคของภาพระดับสีเทาซึ่งมีองค์ประกอบที่เชื่อมต่อกันของพิกเซลที่มีค่าที่กำหนด (ที่ราบสูงที่ระดับความสูง h) เช่นทุกพิกเซลในย่านใกล้เคียง มีค่าต่ำกว่าค่าสูงสุดของภูมิภาคไม่ควรถูกเข้าใจผิดด้วยค่าสูงสุดของท้องถิ่น พิกเซลทั้งหมดที่เป็นของค่าสูงสุดภูมิภาคคือค่าสูงสุดในพื้นที่ ซึ่งที่ราบสูงอาจมีพิกเซลใกล้เคียงที่มีความสูงสูงกว่าและไม่สูงที่สุดในภูมิภาคนอกจากนี้ยังสามารถเสนอทางเลือกเพื่อความคิดของภูมิภาคสูงสุดดังนี้ในภูมิภาคและการฟื้นฟูสูงสุด (Regional maxima and reconstruction) ในการออกแบบการประมวลผลทางสัณฐานวิทยาประกอบด้วย การพยายามพิจารณาเฉพาะพิกเซลที่ค่าอาจมีการปรับเปลี่ยน การสแกนครั้งแรกใช้เพื่อตรวจจับพิกเซลซึ่งเป็นผู้ริเริ่มกระบวนการและโดยทั่วไปแล้วจะอยู่ที่ขอบเขตของวัตถุประสงค์ หรือภูมิภาคที่น่าสนใจ จากนั้นเริ่มจากพิกเซลเหล่านี้จะมีการเผยแพร่ข้อมูลในเท่านั้น



ภาพที่ 3.23 แสดงการทำ Regional maxima superimposed on original image



ภาพที่ 3.24 แสดงการทำ Modified regional maxima superimposed on original image

ลิขสิทธิ์

1.8 การเปิดปิดตามเกณฑ์ (Thresholded opening-closing)
การประมวลผลทางสัณฐานวิทยาสามารถทำได้ทั้งในภาพไบนารีที่กำหนดหรือบนภาพสเกลาร์สีเทา มีการดำเนินการทางสัณฐานวิทยา 4 ประเภท คือErosion, Dilation, Opening และClosing

1. การกัดกร่อน (Erosion) คือ ภาพที่ถูกกัดเซาะถูกสร้างขึ้นโดย:

1.1 การวางองค์ประกอบโครงสร้างเหนือแต่ละพิกเซลของภาพอินพุตการกำหนดค่าใหม่เพื่อกำหนดระดับความละเอียดของพิกเซล

1.2 สร้างความเข้มพิกเซลเอาต์พุตที่สอดคล้องกันโดยใช้เหตุผลและพิกเซลทั้งหมดภายในระบบประสาทนี้

ยกเว้นว่าพิกเซลทั้งหมดภายในย่านใกล้เคียงเป็นโดยให้ 1 เป็นพิกเซลสีขาว และ 0 เป็นพิกเซลสีดำภาพที่กำหนดจะถูกกร่อนกำจัดคุณลักษณะของวัตถุที่เล็กกว่าองค์ประกอบโครงสร้างดังแสดงในภาพตัวอย่างนี้วัตถุที่มีรูปร่างผิดปกติจะถูกกัดเซาะโดยองค์ประกอบโครงสร้างแบบวงกลมวัตถุ ส่งผลให้เกิดการกัดเซาะแสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติที่มีขนาดเล็กกว่าองค์ประกอบโครงสร้างจะถูกลบออกในกรณีนี้การฉายภาพแคบไปทางขวาจะถูกลบออก

2. การขยาย (Dilation)

การขยายจะทำหน้าที่เสริมการกัดเซาะในภาพขยายพิกเซลเอาต์พุตเป็นลอจิกหรือพิกเซลทั้งหมดภายในย่านใกล้เคียงของอินพุตพิกเซลดังนั้นอินพุตพิกเซลใด ๆ ที่มีรูปพิกเซลสีขาวอย่างน้อยหนึ่งแสดงว่าวัตถุขยายใหญ่ขึ้นได้อย่างไร

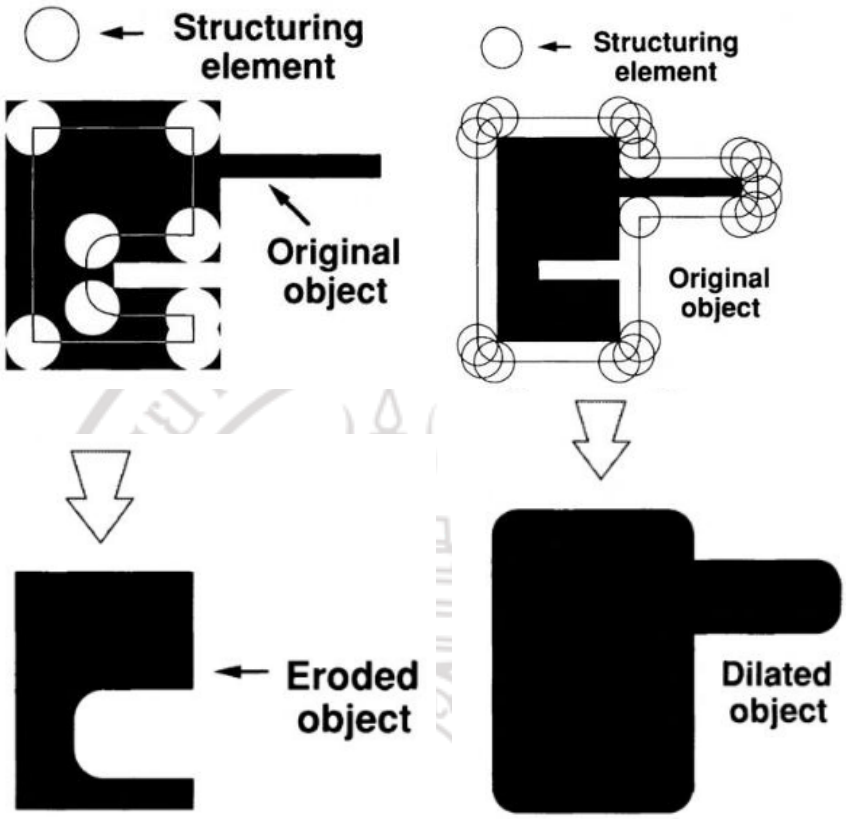
3. การเปิด (Opening)

การขยายด้วยองค์ประกอบโครงสร้างเดียวกันเรียกว่าการเปิดการกัดเซาะลบวัตถุและคุณสมบัติที่มีขนาดเล็กกว่าองค์ประกอบโครงสร้าง แต่มันยังลดขนาดของวัตถุที่รอดชีวิต การขยายภายหลังจะทำให้วัตถุที่รอดตายกลับคืนสู่ขนาดดั้งเดิม การเปิดมีประโยชน์สำหรับการลบบริดจ์ที่ไม่ต้องการระหว่างวัตถุซึ่งอาจเกิดจากเงา

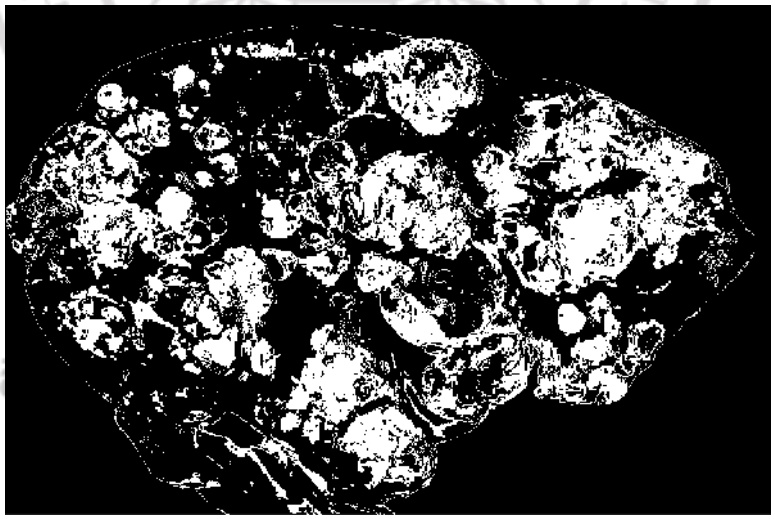
4. การเปิด (Closing)

การปิดสามารถทำได้โดยการใช้การขยายการไหลโดยการพังทลายซึ่งเป็นการดำเนินการแบบเดียวกันกับการเปิดยกเว้นในการปิดคำสั่งย้อนกลับรวมวัตถุที่อยู่ใกล้กันมากกว่าขนาดขององค์ประกอบการสร้าง

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพที่ 3.25 แสดงการทำ Structuring element

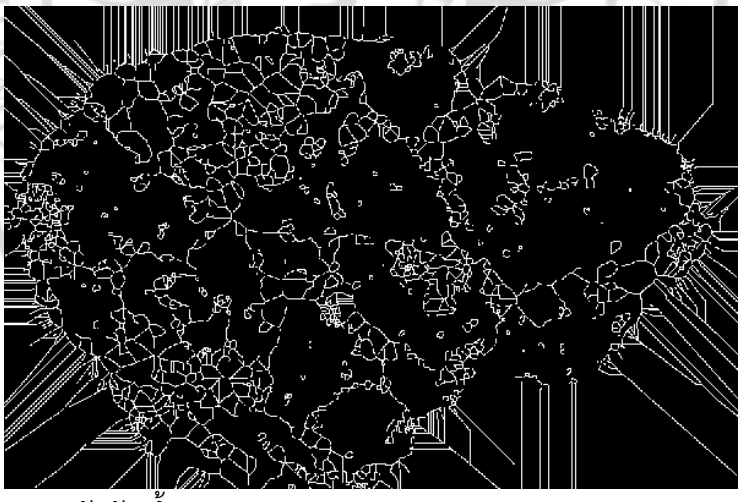


ภาพที่ 3.26 แสดงการทำ Thresholded opening-closing by reconstruction

1.9 แนวสันปันน้ำ (Watershed ridge lines)

แนวคิดของแนวสันปันน้ำมาจากต้นน้ำที่แบ่งภูมิภาคออกเป็นอ่างเก็บกักน้ำ การเปรียบเทียบนี้กับแบบจำลองทางภูมิศาสตร์ต้องมีการกำหนดภาพเป็นฟังก์ชันความสูงสำหรับการวิเคราะห์ในปัจจุบัน

ภาพต้นฉบับคือ“ แปลงสภาพ” ให้เป็นพื้นผิวที่ซึ่งทางกายภาพระดับความสูงได้จากแผนที่ระยะทาง โดยระยะทางเปลี่ยนเป็นภาพไบนารีแผนที่ระยะทางได้มาจากการแทนที่ค่าของพิกเซลทึบด้วยค่า 1 ตามระยะทางวัดเป็นพิกเซลถึงพิกเซลพื้นที่ที่ใกล้เคียงที่สุด ความยาวสั้นที่สุดเส้นทางที่เข้าร่วมใด ๆ สองพิกเซลถูกคำนวณตามระยะทางแบบยุคลิด พื้นที่ส่วนกลางของแต่ละเม็ดจะปรากฏเป็นยอดเขา การแบ่งส่วนลุ่มน้ำคืออย่างไรก็ตาม ภูมิประเทศถูกแทนที่ด้วยยอดเขา“น้อย” จึงสามารถกำหนดแอ่งเก็บกักน้ำได้เป็นชุดของจุดที่มีเส้นทางของการสืบเชื้อสายที่สูงชันสิ้นสุดลงในค่าต่ำสุดท้องถิ่นเดียวกันในค่าผกผัน แสดงแผนที่ระยะทางหลังจากที่ถูกประมวลผลล่วงหน้าด้วยตัวกรองการไหลของความโค้งและปรับเพื่อแยกแยะอนุภาค เชื่อมโยงแต่ละพิกเซลกับแอ่งเก็บกักน้ำโดยการระบุ“ เส้นทางการไหล” ที่ลดลงไปยังขั้นต่ำหรือจุดที่ได้รับแล้วเกี่ยวข้องกับขั้นต่ำ ขั้นตอนวิธีการแช่การแบ่งส่วนลุ่มน้ำดำเนินการโดยใช้กล่องเครื่องมือประมวลผลภาพ MATLAB นี้วิธีการนี้เริ่มต้นด้วย ขยายขอบเขตออกไปด้านนอกและขึ้นอย่างไม่ต่อเนื่องระดับความเข้มเทียบเท่ากับลำดับของการดำเนินงานทางสัณฐานวิทยา สิ่งนี้จำกัดความแม่นยำของการแบ่งส่วนโดยการกำหนดชุดของสีเทาไม่ต่อเนื่องระดับของภาพสำหรับการวิเคราะห์ที่นำเสนอที่นี่ MATLAB ฟังก์ชันลุ่มน้ำถูกนำไปใช้กับการผกผันของแผนที่ระยะทางแต่ละแห่งอ่างเก็บน้ำและค่าเท่ากับศูนย์ตามแนวเส้นต้นน้ำ อย่างไรก็ตามแนวเส้นสันปันน้ำเป็นเส้นยอดสูงที่สุดการแยก minima ภูมิภาคที่มีข้อความจะไม่ตรงกับขอบเขตของอนุภาค ดังนั้นพิกเซลที่มีค่าเป็นศูนย์ (ช่องว่าง) ในแผนที่ระยะทางคือกำหนดเป็นค่าต่ำสุด

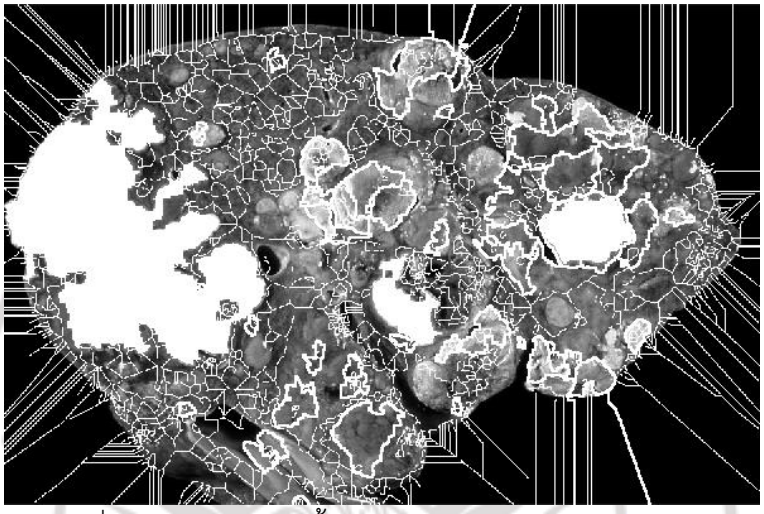


ภาพที่ 3.27 แสดงแนวสันปันน้ำ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

1.10 วิธีการแบ่งส่วนลุ่มน้ำที่ควบคุมเครื่องหมาย (Markers and object boundaries superimposed on original image) เทคนิคการแบ่งส่วนของสันปันน้ำที่ใช้เครื่องหมายบอกตำแหน่งจะแยกเมล็ดที่ระบุการมีอยู่ของวัตถุหรือพื้นหลังในตำแหน่งภาพเฉพาะ ตำแหน่งเครื่องหมายจะถูกตั้งค่าให้เป็นค่าต่ำ (minima) ระดับภูมิภาคภายในพื้นผิวทอพอโลยี (โดยทั่วไปคือการไล่ระดับสีของภาพอินพุตดั้งเดิม) และอัลกอริทึมลุ่มน้ำจะถูกนำไปใช้ การแยกวัตถุสัมผัสในภาพเป็นหนึ่งในการดำเนินการประมวลผลภาพที่ยากที่สุดซึ่งการแปลงลุ่มน้ำมักใช้กับปัญหาดังกล่าว สันปันน้ำที่มีการควบคุมโดยใช้เครื่องหมายบอกตำแหน่งมีสองประเภท: ภายนอกที่เกี่ยวข้องกับพื้นหลังและภายในที่

เกี่ยวข้องกับวัตถุที่น่าสนใจ การแบ่งส่วนภาพโดยใช้การแปลงลุ่มน้ำทำงานได้ดีถ้าเราสามารถระบุหรือ "ทำเครื่องหมาย" วัตถุเบื้องหน้าและตำแหน่งพื้นหลังเพื่อค้นหา "อ่างเก็บกักน้ำ" และ "สันเขาสันปันน้ำ" ในภาพโดยถือเป็นพื้นผิวที่พิกเซลแสงสูง และพิกเซลต่ำ



ภาพที่ 3.28 แสดงภาพที่แบ่งส่วนโดยวิธีลุ่มน้ำ

RAMBHAI BARNI RAJABHAT UNIVERSITY
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี