MAHIDOL UNIVERSITY PRESS

การประมวลผลภาพด้วย แมตแล็บ

Image processing with MATLAB

รองศาสตราจารย์ ดร.ชมทิพ พรพนมชัย

MAHIDOL UNIVERSITY PRESS

การประมวลผลภาพด้วยแมตแล็บ

Image processing with MATLAB

รองศาสตราจารย์ ดร.ชมทิพ พรพนมชัย

สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยมหิดล

พิมพ์ครั้งที่ 1 จำนวน 40 เล่ม พฤษภาคม 2565

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ

ชมทิพ พรพนมชัย.

การประมวลผลภาพด้วยแมตแล็บ.-- นครปฐม : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหิดล 2565.

613 หน้า.

1. การประมวลผลภาพ 2. การประมวลผลภาพ -- เทคนิคดิจิทัล. 3. คอมพิวเตอร์กราฟิก -- โปรแกรมคอมพิวเตอร์. I. ชื่อเรื่อง.

621.399

ISBN 978-616-443-684-8

ISBN (e-book) 978-616-443-685-5

อ้างอิง

ชมทิพ พรพนมชัย. (2565). การประมวลผลภาพด้วยแมตแล็บ. นครปฐม : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหิดล

จัดพิมพ์โดย

สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหิดล (MU PRESS)

กองบริหารงานวิจัย สำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยมหิดล

999 ถ.พุทธมณฑลสาย 4 ต.ศาลายา อ.พุทธมณฑล จ.นครปฐม 73170

โทร. 0-2849-6379 / 080-575-5151

พิมพ์ที่

บริษัท ภาพพิมพ์ จำกัด

โทร. 0-2879-9154-6 โทรสาร 0-2879-9153

www.parbpim.com

ราคา 597 บาท

ออกแบบปกโดย นางสาวรักษณาลี นาครักษา

คำนิยม
Word of Appreciation

เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ด้านฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ในสองทศวรรษที่ผ่านมา มีความก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว รวมทั้งมีประสิทธิภาพสูง และมีราคาที่ประชากรส่วนใหญ่สามารถซื้อมาครอบครองได้โดยเฉพาะสมาร์ตโฟน การพัฒนาการถ่ายภาพดิจิทัล และการประมวลผลภาพดิจิทัล เริ่มประสบความสำเร็จในปี 2515 โดยการสร้างอัลกอริทึม หรือขั้นตอนวิธีที่เรียกว่า Discrete Cosine Transform (DCT) กล้องถ่ายภาพดิจิทัลเป็นนวัตกรรมที่สร้างขึ้นครั้งแรกในปี 2518 โดย Steven Sasson แห่ง Eastman Kodak ซึ่งกล้องนี้เป็นการเก็บข้อมูลรูปภาพโดยไม่ต้องใช้ฟิล์ม และบันทึกภาพขาวดำไปยังเทปคาสเซ็ท ซึ่งการถ่ายภาพ และประมวลผลภาพดิจิทัล จึงมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง และรวดเร็ว ในปัจจุบันเราสามารถเห็นการใช้กล้องถ่ายรูปดิจิทัล บนสมาร์ตโฟน และกล้องแบบต่างๆ เช่น Compact Camera, 360 Degree Camera, Single Lens Reflex (SLR) Camera, Digital Single Lens Reflex (DSLR) Camera, Digital Single Lens Translucent (DSLT) Camera, Digital Rangefinder Camera and Line Scan Camera เป็นต้น จึงเห็นได้ว่ากล้องเหล่านี้ล้วนมีอัลกอริทึมที่ใช้ในการถ่ายภาพ และการประมวลผลภาพด้วยอยู่บนตัวเครื่อง อีกทั้งการใช้สมาร์ตโฟนเป็นไปอย่างกว้างขวางทำให้มีแอปพลิเคชัน (Application) ที่ประมวลรูปภาพในแบบต่างๆ เป็นจำนวนมาก ส่งผลให้ความรู้ทาง Digital image processing มีความต้องการอย่างแพร่หลาย อีกทั้งความรู้นี้จะเป็นพื้นฐานในการทำความเข้าใจ และใช้ปัญญาประดิษฐ์ (AI) ที่ใช้ Convolutional Neural Network (CNN) ที่สามารถวิเคราะห์บ่งชี้ข้อมูลในรูปภาพอีกด้วย

หนังสือเล่มนี้เป็นหนังสือที่ให้ความรู้เรื่องการประมวลผลรูปภาพดิจิทัล ทำให้เข้าใจการทำงานของอัลกอริทึม ชนิดต่างๆ ที่ใช้ประมวล และตกแต่งรูปภาพ โดยร่วมประยุกต์ใช้กับโปรแกรม MATLAB เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ และเข้าใจแนวคิดการทำงานของอัลกอริทึมได้อย่างรวดเร็ว โดยในบทนำนั้น เริ่มด้วยการให้แนวคิดในสิ่งที่ควรรู้ ประกอบด้วยขั้นตอนการทำงานร่วมกับตัวอย่าง เพื่อให้เห็นผลลัพธ์ และมีบทสรุปที่บ่งชี้ประเด็นสำคัญ รวมทั้งแบบฝึกหัดเพื่อเพิ่มความรู้และความชำนาญให้แก่ผู้อ่าน การเรียนรู้อัลกอริทึมที่ใช้ประมวลภาพจากหนังสือเล่มนี้ทำเป็นขั้นตอน เริ่มด้วยการใช้ MATLAB ขั้นพื้นฐาน ต่อด้วยอัลกอริทึมที่ใช้ในการประมวลผลตั้งแต่การเน้นรูปภาพ การประมวลภาพสี การใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยา หรือรูปร่างลวดลายลักษณะต่างๆ ในภาพ การค้นพบ การแบ่งส่วนรูปภาพ

การเก็บรูปภาพแบบประหยัดพื้นที่ การรับรู้เปรียบเทียบ และสามารถพิจารณาออกว่ารูปภาพมีลักษณะอย่างไร รวมจนถึงการใช้ AI โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neuro Network) ที่มาจากพื้นฐานการเรียนรู้ของเครื่องและโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Machine Learning) โดยผู้อ่านจะเข้าใจพื้นฐานการทำงานการประมวลผลรูปภาพดิจิทัล ที่สามารถนำไปต่อยอดพัฒนาตนเองให้มีความเชี่ยวชาญทางการประมวลผลรูปภาพดิจิทัลมากยิ่งขึ้น อีกทั้งสามารถเรียนรู้การใช้งานโปรแกรม MATLAB เพื่อเป็นประโยชน์ในการคำนวณ และการทำให้มองเห็นข้อมูลที่เป็นรูปภาพ โดยหนังสือเล่มนี้มีประโยชน์อย่างสูงสำหรับผู้ที่ต้องการเรียนรู้การประมวลผลรูปภาพดิจิทัลทั้งภาคทฤษฎี และภาคปฏิบัติ

ดร.พัฒนศักดิ์ มงคลวัฒน์
คณบดีคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
มหาวิทยาลัยมหิดล

คำนิยม
Word of Appreciation

ในปัจจุบันข้อมูลที่เป็นรูปภาพเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก จากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ราคาถูกที่ผลิตขึ้นและใช้กันแพร่หลายโดยทั่วไป และด้วยความสามารถในการสร้างรูปภาพที่มีคุณภาพสูง ค่าใช้จ่ายที่ต่ำมากๆ รวมทั้งความสะดวกสบายในการใช้งาน ทำให้ข้อมูลรูปภาพถูกนำมาใช้ในการสื่อสารแทนข้อมูลที่เป็นข้อความ ในหลายรูปแบบของการประยุกต์ใช้รูปภาพไม่ได้เกิดจากกล้องถ่ายรูปโดยช่างภาพมืออาชีพเท่านั้น โทรศัพท์มือถือ กล้องหน้ารถยนต์ ทีวีวงจรปิด ฯลฯ ล้วนแล้วแต่เป็นอุปกรณ์ที่สร้างรูปภาพได้ทั้งสิ้นโดยผู้ใช้ธรรมดาที่ไม่จำเป็นต้องมีความรู้ในการถ่ายภาพแต่อย่างใด และยังสามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ได้โดยตรง ทำให้การถ่ายโอนข้อมูลรูปภาพไปสู่คอมพิวเตอร์ทำได้ง่าย สะดวก และรวดเร็ว รูปภาพไม่ได้ใช้เพื่อวัตถุประสงค์เพียงแค่บันทึกความทรงจำในอดีตอีกต่อไป แต่ได้ขยายขอบเขตของการประยุกต์ใช้ออกไปในหลากหลายมิติ เช่น การประมาณค่า การพยากรณ์ การรู้จำรูปภาพ เป็นต้น นอกจากนี้การนำการประมวลผลภาพไปประยุกต์ใช้ร่วมกับสาขาวิชาอื่นๆ โดยเฉพาะปัญญาประดิษฐ์ ทำให้การประมวลผลรูปภาพมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ปัญหาคือเราจะต่อสู้กับปริมาณที่มากมายของข้อมูลรูปภาพที่เกิดขึ้นตลอดเวลาได้อย่างไร เพื่อที่จะสามารถนำรูปภาพไปใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด คำตอบก็คงหนีไม่พ้น การประมวลผลข้อมูลรูปภาพด้วยคอมพิวเตอร์ แต่การที่จะใช้คอมพิวเตอร์อย่างมีประสิทธิภาพนั้น จำเป็นจะต้องมีขั้นตอนวิธีที่มีประสิทธิภาพ และชุดคำสั่งที่จะถ่ายทอดขั้นตอนวิธีนั้นไปสู่การประมวลผล อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพด้วยเช่นกัน การที่จะบรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าวนั้นไม่ง่ายนัก ยากที่ผู้ใช้ธรรมดาจะสามารถทำได้ หนังสือการประมวลผลภาพด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปแมตแล็บจึงเป็นคำตอบที่ดีในการแก้ปัญหานี้ หนังสือนี้ได้รวบรวมขั้นตอนวิธีต่างๆจำนวนมากที่จำเป็นต้องใช้ในการประมวลผลรูปภาพ ทั้งที่คิดค้นจากงานวิจัยของผู้เขียนเองและวิธีการที่มีผู้วิจัยท่านอื่นๆ คิดค้นไว้

นอกจากนี้ยังได้แนะนำการไปประยุกต์ใช้ด้วยซอฟต์แวร์แมตแล็บ ซึ่งเป็นหนึ่งในไม่กี่ซอฟต์แวร์ที่มีผู้ใช้รู้จักและใช้กันแพร่หลายมากที่สุดในโลก คำสั่งและเครื่องมือต่างๆของแมตแล็บที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลรูปภาพ ถูกนำเสนอในรูปแบบที่เข้าใจง่าย ใช้งานง่าย ควบคู่ไปกับตัวอย่าง แบบฝึกหัด และการใช้งานจริง ซึ่งทั้งหมดถ่ายทอดจากประสบการณ์และงานวิจัยของผู้เขียนโดยตรง อันจะทำให้ผู้ใช้ธรรมดาสามารถจะเข้าถึงเนื้อหาและนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ หนังสือการประมวลผลภาพด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปแมตแล็บ นี้เกิดขึ้นด้วยความอุตสาหะ มานะ พากเพียรและความทุ่มเท ของผู้เขียนในอันที่จะเป็นส่วนหนึ่งที่จะช่วยพัฒนาสาขาวิชาการประมวลผลภาพให้มีความเจริญก้าวหน้าต่อไป หนังสือเล่มนี้ไม่เพียงเหมาะสำหรับใช้ประกอบการเรียนการสอนของอาจารย์และนักศึกษาเท่านั้น แต่ยังสามารถนำไปใช้ในการอ้างอิง สำหรับผู้ที่มีอาชีพที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลภาพรวมทั้งผู้สนใจโดยทั่วไป

รองศาสตราจารย์ ดร.ดำรัส วงศ์สว่าง

คำนิยม
Word of Appreciation

หนังสือการประมวลผลภาพด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปแมตแล็บ โดย รศ.ดร.ชมทิพ พรพนมชัย ได้จัดทำขึ้นเพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนด้านการประมวลผลภาพ (image processing) ซึ่งในการเรียนการสอนเนื้อหาด้านนี้มีความยากในการทำความเข้าใจ ทั้งในส่วนของการประยุกต์ใช้งาน การจินตนาการ รวมถึงการประยุกต์เพื่อแก้ไขปัญหาต่างๆ ซึ่งโปรแกรมแมตแล็บได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อช่วยให้นักศึกษาและนักพัฒนาสามารถใช้โปรแกรมสำเร็จรูปนี้ในการพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อแก้ปัญหาต่างๆ ได้อย่างกว้างขวาง อย่างไรก็ตามถึงแม้โปรแกรมแมตแล็บจะเป็นโปรแกรมสำเร็จรูป แต่นักศึกษาหรือผู้พัฒนายังจำเป็นที่จะต้องมีความรู้พื้นฐานด้านการประมวลภาพและกลไกในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ซึ่งโปรแกรมแมตแล็บมีความสามารถในการนำไปประยุกต์ได้หลากหลายมิติ จึงได้รับความนิยมอย่างมากในกลุ่มผู้พัฒนาในด้านที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนผู้พัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปนี้ก็ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ทำให้ในประเทศไทยมีผู้ที่ใช้โปรแกรมนี้อย่างแพร่หลาย แต่ยังขาดหนังสือที่จะใช้ประกอบในการเรียนการสอนและการประยุกต์ใช้โปรแกรมแมตแล็บในการพัฒนาโปแกรมประยุกต์ต่างๆ การที่ รศ.ดร.ชมทิพ พรพนมชัย ได้จัดทำหนังสือเล่มนี้จึงเป็นประโยชน์อย่างมากต่อวงการประมวลผลภาพ ดังจะเห็นได้จากการจัดการเนื้อหาของแต่ละบทที่มีการเรียงลำดับตามวิธีการใช้งานโปรแกรมสำเร็จรูปแมตแล็บ ตั้งแต่การติดตั้งโปรแกรม การรวบรวมชุดคำสั่งที่ได้มีการจัดหมวดหมู่ตามการใช้งาน เช่น ชุดคำสั่งที่ใช้ในการอ่านและแสดงผลรูปภาพ การเปลี่ยนแปลงรูปทรงของรูปภาพ การแปลงสีรูปภาพ เป็นต้น ส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้งานได้มีการอธิบายการประมวลผลข้อมูล GUI ที่ออกแบบและเขียนโปรแกรมแมตแล็บ การอธิบายหลักการประมวลผลภาพดิจิทัลและการรับข้อมูลภาพเข้าระบบได้มีการอธิบายระบบการมองเห็นของมนุษย์ รวมถึงการเปรียบเทียบภาพถ่ายแบบแอนะล็อกและภาพถ่ายแบบดิจิทัล การนำเข้าภาพสู่โปรแกรม การคัดกรองสิ่งปนเปื้อน (noise) ในรูปภาพ รวมถึงการปรับแต่งความสว่าง ความคมชัดของรูปภาพ ทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

การอธิบายส่วนประกอบพื้นฐานของสี และการประมวลผลสัณฐานวิทยารูปภาพซึ่งเป็นการศึกษา วิเคราะห์ถึงรูปร่าง รูปทรงต่างๆ ประกอบด้วยวิธีการแปลงภาพ การสะท้อนภาพ การถ่างภาพ การกัดกร่อนภาพ การปิด-เปิดรูปภาพ การตรวจพบหรือพลาดในการแปลงรูปภาพ การปรับแต่งความหนา-บางของเส้นขอบรูปภาพ รวมทั้งการแบ่งส่วนรูปภาพด้วยเทคนิคต่างๆ การบีบอัดข้อมูลรูปภาพจะช่วยให้การทำงานและการส่งผ่านระบบเครือข่ายสื่อสารคอมพิวเตอร์มีประสิทธิภาพ ได้มีการอธิบายอย่างละเอียดและสามารถนำไปใช้ได้จริง การจัดการพื้นผิวของรูปภาพและการแทนค่ารูปภาพเป็นเทคนิคที่มีความจำเป็นในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ต่างๆ ที่สำคัญในหนังสือเล่มนี้ได้อธิบายกรณีศึกษาการรู้จำรูปภาพแบบต่างๆ ทำให้นักศึกษาและผู้พัฒนาสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้เป็นอย่างดี ในส่วนแบบฝึกหัดท้ายบท และบรรณานุกรม จะทำให้ผู้เรียนสามารถฝึกฝนและค้นหาข้อมูลเพิ่มเติมได้ ทั้งหมดนี้จะเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาบุคลากรด้านเทคโนโลยีดิจิทัลสอดคล้องกับการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์ของประเทศต่อไป

รองศาสตราจารย์ ดร.ปานใจ ธารทัศนวงศ์

คำนำ
preface

หนังสือการประมวลผลภาพด้วยแมตแล็บเล่มนี้ ผู้เขียนจัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นเอกสารประกอบการสอนวิชา ITCS 476 การประมวลผลภาพเบื้องต้น (Introduction to digital image processing) ของนักศึกษาคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยมหิดล ตลอดจนผู้ที่สนใจในเทคนิคการประมวลผลภาพทั่วไป ผู้เขียนได้นำความรู้ความสามารถที่สั่งสมมากว่า 25 ปีในการเรียนการสอน ตลอดจนการทำงานวิจัยในศาสตร์วิชาการประมวลภาพ (image processing) ทั้งที่ภาควิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล และคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยมหิดล ในหนังสือการประมวลผลภาพด้วยแมตแล็บเล่มนี้ผู้เขียนพยายามยกตัวอย่างภาพก่อนและหลังการประมวลผลภาพด้วยโปรแกรมแมตแล็บ และใช้สมการทางคณิตศาตร์มาช่วยอธิบายถึงทฤษฎีของการประมวลผลภาพ เพื่อให้ผู้อ่านเข้าใจเทคนิคการประมวลผลภาพง่ายขึ้น นอกจากนี้ผู้เขียนยังได้เพิ่มหัวเรื่องกรณีศึกษาของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาในแต่ละบทมาช่วยให้ผู้อ่านมีแนวทางการทำงานวิจัยในอนาคต ส่วนสุดท้ายของแต่ละบทผู้เขียนได้จัดทำแบบฝึกหัดท้ายบทเพื่อให้ผู้อ่านได้ฝึกการแก้ปัญหาการประมวลผลภาพด้วยโปรแกรมแมตแล็บ เพื่อให้ผู้อ่านได้เข้าใจในเนื้อหาในแต่ละบทได้อย่างถ่องแท้

หนังสือเล่มนี้จะไม่สามารถสำเร็จได้ หากผู้เขียนไม่ได้รับโอกาสในการสนับสนุนการศึกษาเล่าเรียนจากคุณพ่อ คุณแม่ ตลอดจนอาจารย์ที่สั่งสอนตั้งแต่ระดับปฐมวัย ถึงระดับบัณฑิตศึกษา ผู้เขียนจึงถือโอกาสนี้ขอน้อมรำลึกถึงพระคุณของทุกท่านที่มอบโอกาสและประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ทางด้านต่าง ๆ ให้แก่ผู้เขียน

สุดท้ายนี้ผู้เขียนขอขอบคุณครอบครัวอันเป็นที่รักของข้าพเจ้าที่ได้เข้าใจ สนับสนุน และเป็นกำลังใจในการเขียนหนังสือเล่มนี้จนสำเร็จลุล่วงสมความปรารถนา หากหนังสือเล่มนี้ได้ก่อเกิดความรู้ ความสามารถ ให้แก่ศิษย์และบุคคลที่สนใจทั่วไป ผู้เขียนขอมอบคุณความดีให้แก่บุคคลที่ผู้เขียนได้กล่าวมาแล้วข้างต้นทุกท่าน

รศ.ดร.ชมทิพ พรพนมชัย
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยมหิดล
1 มิถุนายน 2561

กิตติกรรมประกาศ
acknowledgements

หนังสือการประมวลผลภาพด้วยแมตแล็บเล่มนี้ ผู้เขียนได้ถ่ายทอดความรู้ทางการประมวลผลภาพผนวกกับโปรแกรมแมตแล็บที่ง่ายและสะดวกต่อเทคนิคการประมวลผลภาพ เพราะมีโปรแกรมย่อย (modules) ต่าง ๆ ให้เรียกใช้งานได้อย่างมากมาย โดยโปรแกรมแมตแล็บเป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยมหิดล (MATLAB R2020b; License Number : 40598465) ซึ่งผู้เขียนขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยมหิดลที่จัดหาโปรแกรมแมตแล็บซึ่งมีราคาค่อนข้างสูงมาให้ อาจารย์ นักศึกษา บุคลากร ของมหาวิทยาลัยมหิดลได้ศึกษาและใช้งานมา ณ โอกาสนี้ นอกจากนี้ผู้เขียนขอขอบคุณคุณสุกัญญา วงศ์บัณฑิต (Account Manager – Education, Ascendas Systems Co., Ltd.) และคุณ Emmy Semprun (MathWorks, Inc.) ที่ให้คำแนะนำในการสมัครเข้าเป็นสมาชิก MathWorks Book Program (Book Project: BP-041667) และขอขอบคุณบริษัท TechSource Systems (Thailand) ตัวแทนอย่างเป็นทางการของ MATLAB & Simulink ในประเทศไทย ที่อนุญาตให้ผู้เขียนได้ใช้โปรแกรมแมตแล็บในการเขียนหนังสือเล่มนี้

ผู้เขียนขอขอบคุณบุคลากรของสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหิดล (MU Press) ทุกท่านที่ช่วยเอื้ออำนวยความสะดวกในการจัดพิมพ์หนังสือเล่มนี้และผู้ทรงคุณวุฒิที่แต่งตั้งโดยสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหิดลที่ช่วยชี้แนะการปรับปรุงคุณภาพของหนังสือเล่มนี้ ตลอดจนขอขอบคุณ รศ.ดร.ดำรัส วงศ์สว่าง รศ.ดร.ปานใจ ธารทัศนวงศ์ และ ศ.ดร.พัฒนศักดิ์ มงคลวัฒน์ ที่สละเวลาอันมีค่าของท่านช่วยประพันธ์คำนิยมให้หนังสือเล่มนี้

สุดท้ายนี้ผู้เขียนขอขอบคุณครอบครัวที่อบอุ่นของข้าพเจ้าที่ให้กำลังใจสนับสนุนการสร้างสรรค์หนังสือเล่มนี้และขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยมหิดลที่สนับสนุนให้ผู้เขียนได้ทำงานวิจัยด้านการประมวลผลภาพ ตลอดจนสนับสนุนการเรียนการสอนวิชาการประมวลผลภาพ ขอขอบคุณบุคลากรและนักศึกษาของคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยมหิดล ตลอดจนผู้สนใจและผู้อ่านทุกท่านที่ให้คำชี้แนะเมื่อพบความผิดพลาดของหนังสือเล่มนี้ ซึ่งผู้เขียนขอน้อมรับเพื่อทำการแก้ไขหนังสือเล่มนี้ให้สมบูรณ์ต่อไป

รศ.ดร.ชมทิพ พรพนมชัย
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยมหิดล
1 มิถุนายน 2561

สารบัญ
List of Content

	หน้า
คำนำ	i
กิตติกรรมประกาศ	ii
สารบัญ	iii
สารบัญตาราง	viii
สารบัญภาพ	x
1. บทนำ	1
1.1 โปรแกรมแมตแล็บ	3
1.2 ส่วนการประมวลผลภาพ	8
1.3 ตัวอย่างงานวิจัยบทที่ 1	38
1.4 บทสรุปบทที่ 1	40
1.5 แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 1	41
2. การติดตั้งและทดสอบโปรแกรมแมตแล็บ	43
2.1 การติดตั้งโปรแกรมแมตแล็บ	46
2.2 การทดสอบระบบโปรแกรมแมตแล็บ	48
2.3 ตัวอย่างงานวิจัยบทที่ 2	57
2.4 บทสรุปบทที่ 2	58
2.5 แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 2	59
3. ชุดคำสั่งโปรแกรมแมตแล็บเบื้องต้นสำหรับการประมวลผลภาพ	63
3.1 ชุดคำสั่งที่ใช้ในการอ่าน และแสดงผลภาพ	66
3.2 ชุดคำสั่งที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงรูปทรงของภาพ	71
3.3 ชุดคำสั่งที่ใช้ในการแปลงสีภาพ	77
3.4 ตัวอย่างงานวิจัยบทที่ 3	83
3.5 บทสรุปบทที่ 3	84
3.6 แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 3	85

4. ส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้ของโปรแกรมแมตแล็บ 91
4.1 ออกแบบโครงร่างของส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้งาน 93
4.2 โครงสร้างของส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้งาน 96
4.3 การสร้างส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้งาน 98
4.4 คุณสมบัติของคอมโพเนนต์ในส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้งาน 102
4.5 การบันทึกส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้งาน 106
4.6 เขียนโปรแกรมแมตแล็บเพื่อประมวลผลส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้งาน 107
4.7 การประมวลผลข้อมูลผ่าน GUI ที่ออกแบบและเขียนโปรแกรมแมตแล็บ 117
4.8 ตัวอย่างงานวิจัยบทที่ 4 118
4.9 บทสรุปบทที่ 4 119
4.10 แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 4 120
5. ความรู้พื้นฐานการมองเห็นและการรับข้อมูลภาพเข้าระบบ 125
5.1 ระบบการมองเห็นของมนุษย์ 127
5.2 การทำงานของดวงตาและการมองเห็น 129
5.3 ภาพถ่ายแบบแอนะล๊อกและภาพถ่ายแบบดิจิทัล 130
5.4 ภาพแบบดิจิทัล 132
5.5 ภาพดิจิทัลและโปรแกรมแมตแล็บ 139
5.6 ตัวอย่างงานวิจัยบทที่ 5 144
5.7 บทสรุปบทที่ 5 145
5.8 แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 5 145
6. การปรับเน้นภาพ 149
6.1 การกรองจุดปนเปื้อนในภาพ (noise filter) 151
6.2 การปรับเน้นความสว่างของภาพ (intensity adjustment) 170
6.3 การปรับเน้นความคมชัดของภาพ (image sharpening) 173
6.4 ตัวอย่างงานวิจัยบทที่ 6 181
6.5 บทสรุปบทที่ 6 182
6.6 แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 6 183

7. การประมวลผลภาพสี 189
7.1 ส่วนประกอบพื้นฐานสี (fundamental of color structure) 192
7.2 แบบจำลองของสี (color models) 196
7.3 สีเสมือน (false color or pseudo color) 213
7.4 ตัวอย่างงานวิจัยบทที่ 7 216
7.5 บทสรุปบทที่ 7 217
7.6 แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 7 218
8. การประมวลผลสัณฐานวิทยาภาพ 221
8.1 การแปลงภาพ (image translation) และการสะท้อนภาพ (image reflection) 224
8.2 การถ่างขยายภาพ (image dilation) และการกร่อนภาพ (image erosion) 227
8.3 การเปิดภาพ (image opening) และการปิดภาพ (image closing) 238
8.4 การตรวจพบหรือไม่พบในการแปลงภาพ 245
8.5 การเพิ่มความหนาและลดความบางของเส้นขอบภาพ 249
8.6 ตัวอย่างงานวิจัยบทที่ 8 254
8.7 บทสรุปบทที่ 8 256
8.8 แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 8 256
9. การแบ่งส่วนภาพ 261
9.1 เทคนิคการแบ่งส่วนภาพด้วยวิธีการแบบการกำหนดขีดแบ่ง (thresholding) 265
9.2 เทคนิคการแบ่งส่วนภาพด้วยเส้นขอบภาพ (edge detection) 271
9.3 เทคนิคการแบ่งส่วนภาพด้วยสัณฐานวิทยาภาพ (morphological) 277
9.4 ตัวอย่างงานวิจัยบทที่ 9 283
9.5 บทสรุปบทที่ 9 284
9.6 แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 9 284
10. การบีบอัดข้อมูลภาพ 289
10.1 การบีบอัดข้อมูลภาพแบบ lossy และ lossless compression 293
10.2 การบีบอัดข้อมูลแบบ Huffman code 294
10.3 การบีบอัดข้อมูลแบบรหัสคณิตศาสตร์ (arithmetic coding) 302
10.4 การบีบอัดข้อมูลแบบ joint photographic experts group (JPEG) 307
10.5 บทสรุปบทที่ 10 321
10.6 แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 10 322

11. เนื้อผิวของภาพ 325
11.1 การหาค่า gray level co-occurrence matrix (GLCM) 328
11.2 การหาค่าเนื้อผิวภาพแบบเอนโทรปี (entropy) 332
11.3 การหาค่าเนื้อผิวภาพแบบพลังงาน (energy) 336
11.4 การหาค่าเนื้อผิวภาพแบบการเปรียบต่าง (contrast) 342
11.5 การหาค่าเนื้อผิวภาพแบบสหสัมพันธ์ของเนื้อผิว (correlation) 347
11.6 การหาค่าเนื้อผิวภาพแบบเป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneity) 349
11.7 การหาค่าเนื้อผิวภาพแบบ local binary pattern (LBP) 353
11.8 ตัวอย่างงานวิจัยบทที่ 11 358
11.9 บทสรุปบทที่ 11 359
11.10 แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 11 360
12. การแทนค่าภาพ 363
12.1 การแทนค่าภาพแบบรหัสห่วงโซ่ (chain code) 366
12.2 การแทนค่าภาพด้วยรหัสหมายเลขรูปร่าง (shape numbers) 373
12.3 การแทนค่าภาพด้วยรหัสหมายเลขรูปร่างภาพ (shape numbers) 380
12.4 การแทนค่าภาพแบบรหัสลายเซ็น (signature coding) 385
12.5 ตัวอย่างงานวิจัยบทที่ 12 388
12.6 บทสรุปบทที่ 12 389
12.7 แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 12 390
13. การรู้จำภาพ 393
13.1 การเปรียบเทียบภาพโดยใช้เทคนิคแบบระยะทางยุคลิด (Euclidean distance) 396
13.2 ตัวอย่างงานวิจัยบทที่ 13 424
13.3 บทสรุปบทที่ 13 425
13.4 แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 13 426
14. การรู้จำภาพด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม 431
14.1 พันธุศาสตร์ในทางชีววิทยา 434
14.2 พันธุศาสตร์ในทางคอมพิวเตอร์ 442
14.3 ตัวอย่างงานวิจัยบทที่ 14 464
14.4 บทสรุปบทที่ 14 465
14.5 แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 14 465

15. การรู้จำภาพด้วยระบบโครงข่ายประสาทเทียม 467
15.1 ระบบเซลประสาทในร่างกายมนุษย์ 469
15.2 ระบบโครงข่ายประสาทเทียม 472
15.3 ตัวอย่างงานวิจัยบทที่ 15 489
15.4 บทสรุปบทที่ 15 490
15.5 แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 15 491
16. กรณีศึกษา 493
16.1 บทนำและที่มาของปัญหาในการวิจัย 495
16.2 ขั้นตอนและวิธีการทำวิจัย 498
16.3 สรุปผลการวิจัย 507
16.4 งานวิจัยในอนาคต 509
16.5 บทสรุปบทที่ 16 511
16.6 แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 16 511
บรรณานุกรม 517
อภิธานศัพท์ 521
ดัชนี 557
ประวัติผู้เขียน 571

สารบัญตาราง
List of Tables

ตารางที่ 1.1 เปรียบเทียบคุณลักษณะด้านสีและเนื้อผิวของภาพสาวน้อยนักเดินทาง 25
ตารางที่ 1.2 แสดงจำนวนโครโมโซมของสิ่งมีชีวิต (หนังสือพันธุ์ศาสตร์ ศ.ดร.ประดิษฐ์ พงศ์ทองคำ) 30
ตารางที่ 4.1 แสดงคอมโพเนนต์ของส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้งานของโปรแกรมแมตแล็บ 100
ตารางที่ 5.1 ตารางเปรียบเทียบขนาดแฟ้มข้อมูลที่เก็บในรูปแบบต่าง ๆ ตามที่ได้แสดงในรูปที่ 5.17 143
ตารางที่ 5.2 แสดง extension ของแฟ้มข้อมูลภาพในรูปแบบต่าง ๆ 145
ตารางที่ 5.3 ตารางใช้เปรียบเทียบขนาดของแฟ้มข้อมูลที่เก็บอยู่ในรูปแบบต่าง ๆ 148
ตารางที่ 7.1 ตารางเทียบโทนสีเทาในระดับต่าง ๆ ให้เป็นโทนสีต่าง ๆ 213
ตารางที่ 10.1 ค่าความถี่ของระดับสีเทาของภาพสาวน้อยนักเดินทางในรูปที่ 10.3 (a) 296
ตารางที่ 10.2 ค่าความถี่สะสมในแต่ละช่วงของระดับสีเทาในภาพ 10.6 (b) 304
ตารางที่ 10.3 JPEG coefficient code categories (Gonzalez, & Woods, 2010) 312
ตารางที่ 10.4 JPEG default DC code (luminance) (Gonzalez, & Woods, 2010) 312
ตารางที่ 10.5 JPEG default AC code (luminance) (Gonzalez, & Woods, 2010) 314
ตารางที่ 10.6 ค่าสถิติการใช้งานของรหัส a e i o u ที่ใช้ในแบบฝึกหัดข้อ 10.6.1 322
ตารางที่ 11.1 แสดงจำนวนสมาชิกของเมตริกซ์ GLCM แบบ 0° และ 45° 330
ตารางที่ 11.2 ตารางคำนวณเอนโทรปีของเนื้อผิวภาพของเมตริกซ์ n ที่แสดงในรูปที่ 11.3 (a) 334
ตารางที่ 11.3 แสดงจำนวนสมาชิกของเมตริกซ์ GLCM แบบ 0° ของรูปที่ 11.8 (a) 338
ตารางที่ 11.4 แสดงจำนวนสมาชิกของเมตริกซ์ GLCM แบบ 0° ของรูปที่ 11.8 (b) 339
ตารางที่ 11.5 แสดงการหาค่าเนื้อผิวภาพแบบการเปรียบต่าง (contrast) รูปที่ 11.11 (a) 344
ตารางที่ 11.6 แสดงการหาค่าเนื้อผิวภาพแบบการเปรียบต่าง (contrast) รูปที่ 11.11 (b) 344
ตารางที่ 11.7 ค่าเนื้อผิวภาพแบบเป็นเนื้อเดียว (homogeneity) ของรูปที่ 11.8 (a) 350

ตารางที่ 11.8 ค่าเนื้อผิวภาพแบบเป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneity) ของรูปที่ 11.8 (b) 351
ตารางที่ 13.1 ตารางเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสี RGB 397
ตารางที่ 13.2 แสดงค่าเฉลี่ยของสี RGB ค่า entropy ค่า energy ค่า contrast ค่า correlation และค่า homogeneity ของดอกกันภัยโลหะทั้ง 5 รูป ตามที่แสดงในรูปที่ 13.3 403
ตารางที่ 13.3 ข้อมูลแสดงคุณลักษณะต่าง ๆ ของภาพในตัวอย่างที่ 13.3 411
ตารางที่ 13.4 ตารางแสดงคุณลักษณะของเนื้อผิวของภาพจำนวน 4 ภาพ สำหรับแบบฝึกหัดที่ 13.4.1 426
ตารางที่ 14.1 แสดงค่า fitness value ระหว่างภาพตัวเลขที่สอนในระบบ กับภาพตัวเลขที่ต้องการรู้จำ 454
ตารางที่ 15.1 truth table ของสมการ $F = A \oplus B$ 474
ตารางที่ 15.2 truth table แบบ 3 ตัวแปร ($F = A \oplus B \oplus C$) ของแบบฝึกหัดที่ 15.5.1 492
ตารางที่ 16.1 ปริมาณการส่งออกข้าวของประเทศผู้ส่งออกข้าวรายใหญ่ ๆ ของโลก ระหว่างปี 2559-2562 496
ตารางที่ 16.2 ตารางแสดงการทดลองการปลูกข้าว ณ กรุงเทพมหานคร และจังหวัดเชียงใหม่ 508
ตารางที่ 16.3 อัตราส่วนการวิเคราะห์การงอกของเมล็ดข้าวที่ผิดพลาด (เปอร์เซ็นต์) 508
ตารางที่ 16.4 แฟ้มข้อมูลแสดงการงอกของเมล็ดพริกพร้อมทั้ง 9 คุณลักษณะ ของเมล็ดพริกสำหรับแบบฝึกหัดที่ 16.6.2 513
ตารางที่ 16.5 แสดงชื่อแฟ้มข้อมูลพร้อมทั้ง 9 คุณลักษณะและอายุของเมล็ดข้าว สำหรับแบบฝึกหัดที่ 16.6.3 514

สารบัญภาพ
List of Figures

รูปที่ 1.1 รายละเอียดของโปรแกรมแมตแล็บที่ใช้ในหนังสือเล่มนี้ 4

รูปที่ 1.2 รายละเอียดขนาดของแฟ้มข้อมูลโปรแกรมแมตแล็บ หลังจากที่ติดตั้งใช้งานแล้ว 5

รูปที่ 1.3 แผนผังโครงสร้าง (structure chart) ของการประมวลผลภาพ 8

รูปที่ 1.4 ภาพที่ถ่ายจากกล้องถ่ายภาพหลากชนิด (a) ภาพถ่ายจากกล้องถ่ายภาพ digital (b) ภาพถ่ายจากโทรศัพท์มือถือ (c) ภาพถ่ายจากกล้องถ่ายภาพ analog (d) ภาพเมล็ดข้าวถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ (e) ภาพวาด X-rays และ (f) ภาพวาด ultrasound 10

รูปที่ 1.5 ภาพก่อนและหลังปรับปรุงคุณภาพ (a) ภาพสั่นไหว (b) ภาพหลังการปรับปรุงภาพสั่นไหว (c) ภาพถ่ายย้อนแสง (d) ภาพปรับปรุงภาพถ่ายย้อนแสง (e) ภาพปนเปื้อนจุดขาวและจุดดำ และ (f) ภาพปรับปรุงภาพที่มีจุดขาวและจุดดำปนปื้อน 11

รูปที่ 1.6 (a) วงกลมแสดงส่วนผสมของสี RGB (b) วงกลมแสดงส่วนผสมของสี CMY 12

รูปที่ 1.7 การแยกภาพสีในลักษณะต่าง ๆ (a) ภาพสี red-green-blue [RGB] (b) ภาพสีแดง [red] (c) ภาพสีเขียว [green] (d) ภาพสีน้ำเงิน [blue] (e) ภาพสี cyan-magenta-yellow [CMY] (f) ภาพสีเขียวน้ำทะเล [cyan] (g) ภาพสีม่วงอมแดง [magenta] (h) ภาพสีเหลือง [yellow] 13

รูปที่ 1.8 แสดงคุณลักษณะของภาพเด็กผู้หญิงในรูปที่ 1.7 (a) 14

รูปที่ 1.9 (a) ภาพลายนิ้วมือที่มีจุดปนเปื้อนสีขาวอยู่บนพื้นหลัง (b) ภาพลายนิ้วมือหลังจากลบจุดสีขาวด้วยการประมวลผลทางสัณฐานวิทยาภาพ 15

รูปที่ 1.10 (a) ภาพรถยนต์พร้อมแผ่นป้ายทะเบียน (b) ภาพการแบ่งส่วนภาพเฉพาะตัวอักษรและตัวเลขบนแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์ 16

รูปที่ 1.11 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลการแยกแยะภาพม่านตาออกจากภาพดวงตาของมนุษย์ 17

รูปที่ 1.12 เปรียบเทียบภาพ 2 ประเภท (a) ภาพที่ไม่ได้ผ่านการบีบอัดแบบ .BMP และ (b) ภาพที่ผ่านการบีบอัดแล้วแบบ .JPG 18

รูปที่ 1.13 ภาพเมล็ดข้าวสารที่มีลวดลายบนเนื้อผิวของภาพที่แตกต่างกัน (a) พื้นหลังสีเทาเข้ม (b) พื้นหลังสีเทาอ่อน 21
รูปที่ 1.14 ภาพที่ประกอบด้วยแถบสี่เหลี่ยมสีขาวดำมีการเรียงตัวของเนื้อผิวที่ไม่เหมือนกัน 22
รูปที่ 1.15 ความแตกต่างของเนื้อผิวภาพเปลือกกล้วยหอม (a) กล้วยหอมที่สุกกำลังดี (b) กล้วยหอมที่สุกงอม 22
รูปที่ 1.16 แสดงตัวอักษร ก ที่มีลักษณะการเขียนเหมือนกัน แต่ตั้งอยู่คนละตำแหน่งกัน 24
รูปที่ 1.17 สาวน้อยนักเดินทางที่มีส่วนประกอบของภาพเหมือนกันทั้งหมด ยกเว้นโทนสีที่ต่างกัน 25
รูปที่ 1.18 แสดงโครงสร้างลายนิ้วมือมนุษย์ (a) แบบลายก้นหอย (b) แบบมัดหวาย (c) แบบโค้ง 27
รูปที่ 1.19 แสดงส่วนประกอบของเส้นลายนิ้วมือของมนุษย์ในแบบต่าง ๆ 28
รูปที่ 1.20 ผังงาน (flowchart) แสดงการค้นหาข้อมูลแบบ binary search 31
รูปที่ 1.21 แสดงการแลกเปลี่ยนยีนในโครโมโซม 33
รูปที่ 1.22 แสดงการกลายพันธุ์ของแท่งโครโมโซม 34
รูปที่ 1.23 แสดงส่วนประกอบของเซลล์สิ่งมีชีวิต 35
รูปที่ 1.24 แสดงส่วนประกอบของเส้นใยประสาทของมนุษย์ 36
รูปที่ 1.25 แสดงโครงสร้างของรายการโยง (linked-list) 37
รูปที่ 1.26 แสดงโครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียม (neural network) 38
รูปที่ 2.1 ตราสัญลักษณ์ (logo) ของ (a) โปรแกรมแมตแล็บ และ (b) โปรแกรมไซแลบ 45
รูปที่ 2.2 แสดงหน้าจอพร้อมใช้งานของโปรแกรม รูปแมตแล็บ 47
รูปที่ 2.3 คำสั่งโปรแกรมแมตแล็บใช้ทดสอบการแก้สมการพีทาโกรัส 48
รูปที่ 2.4 คำสั่งโปรแกรมแมตแล็บใช้ทดสอบการบวกและการคูณเมตริกซ์ 49
รูปที่ 2.5 คำสั่งโปรแกรมแมตแล็บในการแก้สมการ 3 ตัวแปร 51
รูปที่ 2.6 คำสั่งโปรแกรมแมตแล็บใช้แปลงเมตริกซ์ให้แสดงผลเป็นกราฟแท่ง 52
รูปที่ 2.7 กราฟแท่งที่พิมพ์ด้วยโปรแกรมแมตแล็บในรูปที่ 2.6 52
รูปที่ 2.8 คำสั่งโปรแกรมแมตแล็บที่แปลงเมตริกซ์ให้แสดงผลเป็นกราฟวงกลม 53
รูปที่ 2.9 กราฟวงกลมที่พิมพ์ด้วยโปรแกรมแมตแล็บในรูปที่ 2.8 54
รูปที่ 2.10 คำสั่งโปรแกรมแมตแล็บที่ใช้พิมพ์ sine graph 55

รูปที่ 2.11 หน้าจอ sine graph จากการประมวลผลโปรแกรมแมตแล็บในรูปที่ 2.10 55
รูปที่ 2.12 คำสั่งโปรแกรมแมตแล็บที่ใช้อ่านและแสดงผลภาพ 56
รูปที่ 2.13 ผลลัพธ์ของการอ่านและแสดงแฟ้มข้อมูลภาพ 56
รูปที่ 2.14 คำสั่งโปรแกรมแมตแล็บ ในแบบฝึกหัดที่ 2.5.5 60
รูปที่ 2.15 คำสั่งโปรแกรมแมตแล็บ ในแบบฝึกหัดที่ 2.5.6 60
รูปที่ 2.16 คำสั่งโปรแกรมแมตแล็บ ในแบบฝึกหัดที่ 2.5.7 60
รูปที่ 2.17 คำสั่งของโปรแกรมแมตแล็บ ในแบบฝึกหัดที่ 2.5.8 61
รูปที่ 2.18 รูปกราฟวงกลมในแบบฝึกหัดที่ 2.5.9 61
รูปที่ 2.19 (a) ภาพถ่ายของท่านในอดีตสำหรับแบบฝึกหัดที่ 2.5.10
(b) ผลลัพธ์ของการพิมพ์ภาพถ่ายของท่านในอดีต 62
รูปที่ 3.1 การใช้คำสั่ง uigetfile ของโปรแกรมแมตแล็บ 67
รูปที่ 3.2 การใช้คำสั่ง uigetfile และ strcat ของโปรแกรมแมตแล็บ 68
รูปที่ 3.3 การใช้คำสั่ง uigetfile strcat imread และ imshow
ของโปรแกรมแมตแล็บ 70
รูปที่ 3.4 การใช้คำสั่ง figure และ imshow ของโปรแกรมแมตแล็บ 71
รูปที่ 3.5 การใช้คำสั่ง size ของโปรแกรมแมตแล็บ เพื่อตรวจสอบขนาดภาพ 73
รูปที่ 3.6 การใช้คำสั่ง imresize ของโปรแกรมแมตแล็บ
เพื่อเปรียบเทียบขนาดของภาพ 74
รูปที่ 3.7 การใช้คำสั่ง imcrop ของโปรแกรมแมตแล็บ
เพื่อตัดเฉพาะภาพส่วนที่ต้องการ 75
รูปที่ 3.8 คำสั่ง imrotate ของโปรแกรมแมตแล็บ ทำมุม 0˚ 45˚ 90˚ และ 180˚
ตามลำดับ 76
รูปที่ 3.9 การใช้คำสั่ง zeros ของโปรแกรมแมตแล็บ เพื่อใช้สร้างภาพสีดำทั้งภาพ 78
รูปที่ 3.10 การใช้คำสั่ง ones ของโปรแกรมแมตแล็บ เพื่อใช้สร้างภาพสีขาวทั้งภาพ 79
รูปที่ 3.11 การใช้คำสั่ง im2bw ของโปรแกรมแมตแล็บ
เพื่อใช้แปลงภาพสีให้เป็นภาพขาวดำ 80
รูปที่ 3.12 การใช้คำสั่ง rgb2gray ของโปรแกรมแมตแล็บ เพื่อใช้แปลงภาพสีให้เป็นภาพ
ระดับสีเทาขนาด 256 ระดับ 81
รูปที่ 3.13 การใช้คำสั่ง image (:, :, x) ของโปรแกรมแมตแล็บเพื่อแสดงเฉพาะสีแดง
สีเขียว และสีน้ำเงินของภาพสาวน้อยนักเดินทาง 82

รูปที่ 3.14 ภาพดอกกันภัยโลหะสำหรับแบบฝึกหัดที่ 3.6.2 (a) ภาพต้นแบบ (b) ภาพตัดเฉพาะดอกกันภัยโลหะ (c) ภาพย่อเหลือมีขนาดเพียงครึ่งหนึ่งของรูป 3.14 (a) และ (d) ภาพหมุน 270° 86
รูปที่ 3.15 (a) ภาพรถรางต้นแบบสำหรับแบบฝึกหัดที่ 3.5.3 (b) ภาพรถรางกลับซ้าย-ขวาจากรูปที่ 3.15 (a) 87
รูปที่ 3.16 (a) ภาพต้นแบบรถรางสำหรับแบบฝึกหัดที่ 3.5.4 (b) ภาพรถรางสีเหลือง 88
รูปที่ 3.17 ส่วนของโปรแกรมแมตแล็บที่ใช้แปลงรูปสี RGB -> grayscale -> RGB 89
รูปที่ 3.18 ผลลัพธ์ของการประมวลผลส่วนของโปรแกรมแมตแล็บในรูปที่ 3.17 89
รูปที่ 4.1 โครงร่างของส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้งาน (GUI) ที่ผู้เขียนออกแบบ 94
รูปที่ 4.2 การสร้างส่วนประสานกราฟิกกับผู้ใช้งานของโปรแกรมแมตแล็บ 96
รูปที่ 4.3 การเปิดส่วนประสานกราฟิกกับผู้ใช้งานของโปรแกรมแมตแล็บที่บันทึกไว้แล้วมาใช้งาน 97
รูปที่ 4.4 ไอคอนของคอมโพเนนท์ต่าง ๆ ในโปรแกรมแมตแล็บ 98
รูปที่ 4.5 การใช้งานคอมโพเนนท์ static text (a) หน้าจอแสดงส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้งานที่กำหนดตำแหน่งคอมโพเนนท์ static text แล้ว (b) ตารางแสดงคุณสมบัติของคอมโพเนนท์static text บางส่วน 103
รูปที่ 4.6 การใช้งานคอมโพเนนท์ axes (a) หน้าจอแสดงส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้งานที่กำหนดตำแหน่งของคอมโพเนนท์ axes แล้ว (b) ตารางที่แสดงคุณสมบัติของคอมโพเนนท์ axes บางส่วน 104
รูปที่ 4.7 การใช้งานคอมโพเนนท์ edit text (a) หน้าจอแสดงส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้งานที่กำหนดตำแหน่งคอมโพเนนท์ edit text แล้ว (b) ตารางแสดงคุณสมบัติของคอมโพเนนท์ edit text บางส่วน 105
รูปที่ 4.8 การใช้งานคอมโพเนนท์ push button (a) หน้าจอแสดงส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้งานที่กำหนดตำแหน่งของคอมโพเนนท์ push button แล้ว (b) ตารางแสดงคุณสมบัติของคอมโพเนนท์ push button บางส่วน 106
รูปที่ 4.9 การบันทึกส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้งาน (a) ตำแหน่งของปุ่ม <file> และปุ่ม <save as> (b) บางส่วนของหน้าจอที่ใช้ตั้งชื่อแฟ้มข้อมูล 107
รูปที่ 4.10 หน้าจอแสดงตำแหน่งของปุ่มกด <open> และการเปิดแฟ้มข้อมูล m-file 108
รูปที่ 4.11 โปรแกรม demo.m ที่โปรแกรมแมตแล็บได้สร้างเป็นโครงร่างไว้ให้ 113
รูปที่ 4.12 ชุดคำสั่งที่ใช้อ่านและแสดงผลภาพในหน้าต่าง axes 113

รูปที่ 4.13 คำสั่งแสดงภาพสีเทาในหน้าต่าง axes 114
รูปที่ 4.14 คำสั่งแสดงภาพสีแดงในหน้าต่าง axes 114
รูปที่ 4.15 คำสั่งแสดงภาพสีเขียวในหน้าต่าง axes 115
รูปที่ 4.16 คำสั่งแสดงภาพสีน้ำเงินในหน้าต่าง axes 115
รูปที่ 4.17 คำสั่งลบข้อมูลทั้งหมดของส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้งาน 116
รูปที่ 4.18 คำสั่งจบโปรแกรมแมตแล็บ 116
รูปที่ 4.19 การเรียกใช้งานโปรแกรมส่วนต่อประสานกราฟิก กับผู้ใช้งานโปรแกรมแมตแล็บ 117
รูปที่ 4.20 หน้าจอแสดงการประมวลผลส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้งานที่พัฒนาขึ้น 118
รูปที่ 4.21 ส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้งานสำหรับแบบฝึกหัดข้อ 4.10.1 120
รูปที่ 4.22 ภาพหน้าจอส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้งานของแบบฝึกหัดที่ 4.10.2 121
รูปที่ 4.23 ส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้งานของเครื่องคิดเลขแบบมาตรฐาน ในแบบฝึกหัดที่ 4.10.3 122
รูปที่ 4.24 (a) หน้าจอ sine wave พร้อมปุ่ม slide button ที่เลื่อนไปทางซ้าย จำนวนลูกคลื่นจะน้อย (b) หน้าจอ side wave พร้อมปุ่ม slide button ที่เลื่อนไปทางขวาจำนวนลูกคลื่นจะมาก 123
รูปที่ 5.1 ส่วนประกอบของลูกตามนุษย์ 127
รูปที่ 5.2 ระบบการทำงานของการมองเห็นภาพของมนุษย์ 129
รูปที่ 5.3 ส่วนประกอบของกล้องถ่ายภาพ (a) แบบแอนะล็อก (b) แบบดิจิทัล 130
รูปที่ 5.4 ภาพถ่ายแบบต่าง ๆ (a) แบบแอนะล็อก (b) แบบดิจิทัล 130
รูปที่ 5.5 หน่วยรับภาพ CCD 131
รูปที่ 5.6 ภาพธงชาติไทยที่เกิดจากการเรียงตัวของจุดภาพตามแนวนอนและแนวตั้ง 132
รูปที่ 5.7 ตัวอย่างการเก็บข้อมูลของรูปแบบไบนารีอิมเมจ 133
รูปที่ 5.8 โปรแกรมแมตแล็บที่ใช้แปลงภาพสีให้เป็นภาพขาวดำ 134
รูปที่ 5.9 ตัวอย่างการเก็บข้อมูลของแฟ้มข้อมูลของภาพระดับสีเทา 135
รูปที่ 5.10 โปรแกรมแมตแล็บที่ใช้แปลงรูปสีให้เป็นภาพระดับสีเทา 135
รูปที่ 5.11 การเก็บข้อมูลของภาพสี (a) ค่าข้อมูลระนาบสีแดง (b) ค่าข้อมูลระนาบสีเขียว (c) ค่าข้อมูลระนาบสีน้ำเงิน 136
รูปที่ 5.12 โปรแกรมแมตแล็บที่ใช้แสดงข้อมูลภาพแบบสีในแต่ละระนาบสี (RGB) 136
รูปที่ 5.13 โปรแกรมแมตแล็บเพื่อหาค่า mean min และ max ของระนาบสีแดง 137

รูปที่ 5.14 การเก็บข้อมูลภาพแบบดัชนี 138
รูปที่ 5.15 โปรแกรมแมตแล็บที่ใช้เรียกดูภาพแบบดัชนี 139
รูปที่ 5.16 (a) ภาพที่เก็บในรูป .JPEG (b) ภาพที่เก็บเป็นแบบดรรชนีสี 139
รูปที่ 5.17 เปรียบเทียบภาพที่เก็บในแฟ้มข้อมูลในลักษณะต่าง ๆ
(a) แฟ้มข้อมูลแบบ BMP (b) แฟ้มข้อมูลแบบ JPG
(c) แฟ้มข้อมูลแบบ PNG (d) แฟ้มข้อมูลแบบ TIFF 143
รูปที่ 5.18 (a) ค่าดรรชนีสี RGB (b) ค่าในแต่ละจุดภาพในภาพขนาด 8 * 8 จุดภาพ 146
รูปที่ 5.19 ภาพดอกกันภัยโลหะในแบบฝึกหัดที่ 5.8.3 147
รูปที่ 5.20 โปรแกรมแมตแล็บที่ใช้แปลงภาพแบบ .JPG ให้เป็นภาพแบบ .TIFF
และเปรียบเทียบดูขนาดของภาพทั้งสอง 148
รูปที่ 6.1 ภาพแสดงจุดปนเปื้อนต่าง ๆ ในภาพ (a) เป็นภาพสาวน้อยนักเดินทางระดับสีเทา (grayscale) ภาพปกติไม่มีจุดปนเปื้อนใด ๆ
(b) เป็นภาพสาวน้อยนักเดินทางที่ปนเปื้อนแบบเกาส์เซียน (Gaussian noise)
(c) เป็นภาพสาวน้อยนักเดินทางที่มีจุดปนเปื้อนแบบเกลือและพริกไทย (salt & pepper) (d) เป็นภาพสาวน้อยนักเดินทางถ่ายภาพขณะที่ผู้ถ่ายภาพกำลังเคลื่อนไหวหรือวัตถุภายในภาพกำลังเคลื่อนไหว
(e) เป็นภาพสาวน้อยนักเดินทางที่มีจุดปนเปื้อนแบบสัญญาณคาบ (periodic noise) 153
รูปที่ 6.2 โปรแกรมแมตแล็บที่ใช้สร้างและการปรับปรุงภาพที่มีจุดปนเปื้อนแบบเกาส์เซียน 157
รูปที่ 6.3 การประมวลผลโปรแกรมแมตแล็บสำหรับการสร้างและการกรองจุดปนเปื้อนแบบเกาส์เซียน 158
รูปที่ 6.4 โปรแกรมแมตแล็บที่ใช้สร้างจุดปนเปื้อนแบบเกลือและพริกไทยและการลบจุดปนเปื้อนด้วยการกรองภาพโดยใช้ค่ามัธยฐาน 160
รูปที่ 6.5 การปรับปรุงภาพที่ปนเปื้อนแบบเกลือและพริกไทยตามตัวอย่างโปรแกรมในรูปที่ 6.4 161
รูปที่ 6.6 โปรแกรมแมตแล็บที่สร้างภาพปกติให้เป็นภาพสั่นไหวและปรับปรุงภาพสั่นไหวให้กลับเป็นภาพปกติ 164

รูปที่ 6.7 การปรับปรุงภาพที่มีการสั่นไหวเคลื่อนไหว (a) ภาพสาวน้อยนักเดินทางปกติ (b) ภาพสาวน้อยนักเดินทางที่มีการสั่นไหว และ (c) ภาพสาวน้อยนักเดินทางที่ผ่านการกรองภาพแบบ Wiener filter 165
รูปที่ 6.8 ส่วนของโปรแกรมแมตแล็บที่เติมค่า periodic noise ลงในภาพ 168
รูปที่ 6.9 โปรแกรมแมตแล็บแสดงวิธีการลบภาพปนเปื้อนสัญญาณคาบด้วยเทคนิค Fourier transform 169
รูปที่ 6.10 การปรับปรุงภาพปนเปื้อนสัญญาณคาบ (periodic noise) (a) ภาพต้นแบบสาวน้อยนักเดินทาง (b) ภาพสาวน้อยนักเดินทางปนเปื้อนสัญญาณคาบ (c) ภาพสาวน้อยนักเดินที่ผ่านการปรับปรุงภาพแล้ว 170
รูปที่ 6.11 คำสั่ง imadjust เพื่อใช้ปรับปรุงภาพที่มีความมืดให้สว่างขึ้น 171
รูปที่ 6.12 การปรับปรุงภาพที่ถ่ายย้อนแสงให้มีความสว่างยิ่งขึ้นโดยโปรแกรมแมตแล็บในรูปที่ 6.9 172
รูปที่ 6.13 (a) ภาพขนาด 8*8 จุดภาพที่ความเข้มของระดับสีเทามีค่าระหว่าง 0-7 (b) กราฟฮิสโทแกรมของรูปที่ 6.13 (a) 173
รูปที่ 6.14 แสดงโปรแกรมแมตแล็บที่ใช้แสดงกราฟฮิสโทแกรมของภาพเด็กผู้ชาย 2 คน 174
รูปที่ 6.15 (a) แสดงภาพระดับสีเทาของเด็กผู้ชาย 2 คน (b) แสดงกราฟฮิสโทแกรมของรูป 6.15 (a) 175
รูปที่ 6.16 (a) รูปเด็กผู้ชาย 2 คน ที่มีโทนสีขาว (b) กราฟฮิสโทแกรมของรูปเด็กผู้ชาย 2 คน 175
รูปที่ 6.17 โปรแกรมแมตแล็บที่ใช้แสดงกราฟฮิสโทแกรมของภาพเด็กผู้ชาย 2 คน 176
รูปที่ 6.18 โปรแกรมแมตแล็บที่ใช้ปรับกราฟฮิสโทแกรมของภาพดอกกันภัยโลหะให้ความถี่ของจุดภาพให้มีค่าใกล้เคียงกัน 177
รูปที่ 6.19 (a) ภาพต้นแบบดอกกันภัยโลหะ (b) กราฟฮิสโทแกรมของภาพดอกกันภัย (c) ภาพดอกกันภัยที่ผ่านการปรับค่าฮิสโทแกรมให้มีค่าความถี่ใกล้เคียงกัน (d) กราฟฮิสโทแกรมของภาพดอกกันภัยที่การปรับค่าฮิสโทแกรมให้มีความถี่ใกล้เคียงกัน 177
รูปที่ 6.20 โปรแกรมแมตแล็บที่ใช้ในการปรับค่าฮิสโทแกรมให้มีความถี่ใกล้เคียงกันของภาพหลวงจีนและมังกร 178

รูปที่ 6.21 (a) ภาพหลวงจีนและมังกรโทนสีค่อนข้างสว่าง
(b) กราฟฮิสโทแกรมของรูป 6.21 (a) (c) ภาพหลวงจีนและมังกรหลังการปรับค่าฮิสโทแกรมให้มีความถี่ใกล้เคียงกัน (d) ฮิสโทแกรมของรูป 6.21 (c) 179
รูปที่ 6.22 โปรแกรมแมตแล็บที่ใช้ในการปรับค่าฮิสโทแกรมให้มีความถี่ใกล้เคียงกันของภาพเด็กผู้หญิง 180
รูปที่ 6.23 (a) ภาพต้นแบบน้องผู้หญิงที่ถ่ายภาพย้อนแสง
(b) ภาพน้องผู้หญิงที่มีการปรับปรุงภาพ
(c) ภาพฮิสโทแกรมของภาพต้นแบบน้องผู้หญิงที่ถ่ายภาพย้อนแสง
(d) ภาพฮิสโทแกรมของภาพน้องผู้หญิงที่มีการปรับค่าฮิสโทแกรมให้มีความถี่ใกล้เคียงกัน 180
รูปที่ 6.24 ภาพขนาด 16 * 16 pixels ของแบบฝึกหัดข้อที่ 6.6.1 183
รูปที่ 6.25 ภาพสำหรับหาค่า histogram ของแบบฝึกหัดข้อที่ 6.6.2 184
รูปที่ 6.26 ภาพแท่งไม้ (a) ตามแนวตั้ง และ (b) ตามแนวนอนสำหรับแบบฝึกหัดที่ 6.6.3 184
รูปที่ 6.27 ภาพรถรางสำหรับแบบฝึกหัดที่ 6.6.4 185
รูปที่ 6.28 ภาพปนเปื้อนแบบสัญญาณคาบ สำหรับแบบฝึกหัดที่ 6.6.5 186
รูปที่ 6.29 ภาพที่มีการปนเปื้อนแบบเกลือและพริกไทย สำหรับแบบฝึกหัดที่ 6.6.6 186
รูปที่ 6.30 ภาพที่มีการปนเปื้อนแบบการเคลื่อนไหว (motion picture) ของ circuit board สำหรับแบบฝึกหัดที่ 6.6.7 187
รูปที่ 7.1 ช่วงความถี่และความยาวของคลื่นรังสีชนิดต่าง ๆ 192
รูปที่ 7.2 กราฟแสดงความไวต่อคลื่นแสงของเซลล์ประสาทแบบ cones cells 194
รูปที่ 7.3 รูป chromaticity diagram กำหนดโดย CIE 195
รูปที่ 7.4 ภาพลักษณะภาพสีสามมิติ [แถว (Row) * สดมภ์ (Column) * ระนาบสี (Plane)] 197
รูปที่ 7.5 ภาพลูกบาศก์แสดงตำแหน่งสีปฐมภูมิและสีทุติยภูมิ 198
รูปที่ 7.6 โปรแกรมแมตแล็บที่ใช้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสีปฐมภูมิและสีทุติยภูมิ 200
รูปที่ 7.7 ภาพผลลัพธ์ของโปรแกรมแมตแล็บของภาพสาวน้อยนักเดินทางในรูปที่ 7.6
(a) ภาพต้นแบบสี RGB (b) ภาพสีแดง (c) ภาพสีเขียว (d) ภาพสีน้ำเงิน
(e) ภาพสีที่ผสมสี CMY เข้าด้วยกัน (f) ภาพสีเขียวน้ำทะเล
(g) ภาพสีม่วงอมแดง (h) ภาพสีเหลือง 200

รูปที่ 7.8 ภาพตัดกรวยของคุณลักษณะของสีแบบ HSI 202
รูปที่ 7.9 ตัวอย่างโปรแกรมแมตแล็บที่ใช้แปลงรูปสี RGB ให้เป็นรูปสี HSV 203
รูปที่ 7.10 ภาพแปลงสี RGB เป็นแบบจำลองสี HSV (a) ภาพต้นแบบสาวน้อยนักเดินทาง แบบสี RGB (b) เป็นภาพสาวน้อยนักเดินทางในรูปสี HSV (c) เป็นภาพสาวน้อยนักเดินทางเฉพาะในรูปสีแบบค่าความเข้มของสี (hue) (d) เป็นภาพสาวน้อยนักเดินทางเฉพาะในรูปสีแบบสีถูกเจือจางด้วยสีขาว (saturation) (e) เป็นภาพสาวน้อยนักเดินทาง เฉพาะในรูปที่เป็นค่าความสว่างของภาพ (intensity) 204
รูปที่ 7.11 ชุดคำสั่งโปรแกรมแมตแล็บที่ใช้แปลงภาพสี RGB เป็นภาพสี HSV และแปลงภาพสี HSV กลับมาเป็นภาพสี RGB เหมือนภาพสีต้นฉบับ 206
รูปที่ 7.12 ผลลัพธ์ของการประมวลผลโปรแกรมแมตแล็บในรูปที่ 7.11 (a) ภาพต้นแบบสาวน้อยนักเดินทางสี RGB (b) ภาพสี HSV (c) ภาพสี RGB หลังจากแปลงกลับจากภาพสี HSV 206
รูปที่ 7.13 โปรแกรมแมตแล็บที่ใช้แปลงภาพสี RGB ให้เป็นภาพสี NTSC และภาพสี YIQ หลังจากนั้นเป็นการแปลงภาพสี NTSC ให้กลับเป็นภาพสี RGB 209
รูปที่ 7.14 การแปลงภาพสี RGB ให้เป็นภาพสี NTSC และภาพสี YIQ a) ภาพสี RGB ตั้งต้น (b) ภาพสี NTSC แปลงจากภาพสี RGB ((c) ภาพสีแดง (d) ภาพสีเขียว (e) ภาพสีน้ำเงิน (f) ภาพสี luminance หรือ Y (g) ภาพสี in-phase หรือ I (h) ภาพสี quadrature หรือ Q (i) ภาพสี Y+I+Q (j) ภาพสี RGB แปลงจากภาพสี NTSC 210
รูปที่ 7.15 โปรแกรมแมตแล็บที่ใช้แปลงและแสดงภาพสี RGB ให้เป็นภาพสี L*a*b* 212
รูปที่ 7.16 การแปลงภาพสี RGB เป็นภาพสี L*a*b* ด้วยโปรแกรมแมตแล็บ 212
รูปที่ 7.17 กราฟเปรียบเทียบระดับโทนสีเทากับสี RGB 214
รูปที่ 7.18 การแปลงภาพโทนสีเทาให้เป็นภาพสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน 214
รูปที่ 7.19 โปรแกรมแมตแล็บเพื่อภาพเสมือนโดยการแปลงภาพระดับสีเทา ให้เป็นภาพเสมือน 215
รูปที่ 7.20 การแปลงภาพระดับสีเทาให้เป็นภาพสีเสมือน (a) ภาพต้นแบบสาวน้อยนักเดินทาง (b) ภาพสาวน้อยนักเดินทางระดับสีเทา (c) ภาพสาวน้อยนักเดินทางสีเสมือน 215

รูปที่ 7.21 ภาพสีขนาด 5 * 5 จุดภาพ (pixel) ค่าในวงเล็บแทนค่าสี RGB 218
รูปที่ 7.22 ภาพดอกกันภัยโลหะสำหรับแบบฝึกหัดที่ 7.5 219
รูปที่ 8.1 (a) ตำแหน่งตัวอักษร ง ก่อนแปลงภาพ (translation)
(b) ตำแหน่งตัวอักษร ง หลังแปลงภาพ 225
รูปที่ 8.2 (a) ตำแหน่งตัวอักษร ง ก่อนการสะท้อนภาพ (reflection)
และ (b) ตำแหน่งตัวอักษร ง หลังการสะท้อนภาพ 226
รูปที่ 8.3 (a) ภาพต้นแบบตัวอักษร ง ก่อนการถ่างขยายภาพและการกร่อนภาพ
(b) แสดงตำแหน่งของภาพหน้ากาก B ขนาด 3*3 ที่มีจุดสีดำ 4 จุด 228
รูปที่ 8.4 การถ่างขยายภาพตัวอักษร ง ด้วยหน้ากากขนาด 3 * 3 (จุดสีดำ 4 จุด)
ภาพผลการถ่างขยายแต่ละจุดมีดังนี้ (a) จุด A(1,3) (b) จุด A(2,2)
(c) จุด A(2,4) (d) จุด A(3,2) (e) จุด A(3,4) (f) จุด A(4,1) (g) จุด A(4,3)
(h) จุด A(4,4) (i) จุด A(5,2) (j) จุด A(5,4) (k) จุด A(6,3) (l) จุด A(6,4)
(m) จุด A(7,4) และ (n) ผลลัพธ์การถ่างขยายตัวอักษร ง 230
รูปที่ 8.5 การถ่างขยายภาพและการกร่อนภาพ (a) ภาพต้นแบบ (b) ภาพถ่างขยาย
(c) ภาพกร่อน 231
รูปที่ 8.6 โปรแกรมแมตแล็บที่ใช้ในการถ่างขยายและการกร่อนภาพก้างปลา
ในรูปที่ 8.5 232
รูปที่ 8.7 การกร่อนภาพตัวอักษร ง (a) ภาพต้นแบบ (b) การกร่อนจุดภาพตำแหน่ง (4,4)
(c) การกร่อนจุดภาพตำแหน่ง (7,4) (d) ภาพหน้ากากการกร่อนภาพ
ขนาด 3 * 3 จุดภาพ 234
รูปที่ 8.8 (a) ภาพต้นแบบดอกบานเช้า (b) ภาพดอกบานเช้าสีขาวดำ
(c) การกร่อนภาพดอกบานเช้าด้วยหน้ากากขนาด 5 * 5 ที่มีค่าเป็น 1 ทั้งหมด
(d) ภาพของการรวมภาพดอกบานเช้าสีขาวดำเข้ากับภาพดอกบานเช้า
หลังการกร่อนภาพ 235
รูปที่ 8.9 โปรแกรมแมตแล็บที่ใช้ในการหาเส้นขอบรูปของดอกบานเช้า 236
รูปที่ 8.10 (a) ภาพต้นแบบเมล็ดข้าวสารระดับสีเทา (b) ภาพเมล็ดข้าวสารสีขาวดำ
(c) ภาพหลังการกร่อนภาพเมล็ดข้าวสาร
(d) ภาพแสดงเส้นขอบของเมล็ดข้าวสาร 237
รูปที่ 8.11 โปรแกรมแมตแล็บที่ใช้ในการหาเส้นขอบของเมล็ดข้าวในรูปที่ 8.10 (d) 238

รูปที่ 8.12 (a) ภาพต้นแบบก่อนการเปิดขยายภาพ (b) เมตริกซ์ ขนาด 3 * 3 ที่ใช้ในการเปิดขยาย (c) ภาพหลังจากการประมวลผล A $\ominus$ B (d) ภาพหลังจากการประมวลผล (A $\ominus$ B) $\oplus$ B 240
รูปที่ 8.13 (a) แสดงวงกลมสีขาวขนาดต่าง ๆ ภาพต้นแบบ (b) หลังจากการใช้คำสั่งการเปิดขยายภาพด้วยวงกลมขนาด 19 * 19 จุดภาพ จะเหลือเฉพาะวงกลมขนาดใหญ่จำนวน 5 วง 241
รูปที่ 8.14 โปรแกรมแมตแล็บที่ใช้ในการลบวงกลมวงเล็กที่รวมอยู่กับวงกลมวงใหญ่สีขาวในรูปที่ 8.13 (a) 241
รูปที่ 8.15 (a) ภาพต้นแบบก่อนการเปิดขยายภาพ (b) เมตริกซ์ ขนาด 3 * 3 ที่ใช้ในการปิดเชื่อมภาพ (c) ภาพหลังจากการประมวลผล A $\ominus$ B (d) ภาพหลังจากการประมวลผล (A $\ominus$ B) $\oplus$ B 243
รูปที่ 8.16 (a) ภาพลายก้นหอยต้นแบบ (b) ภาพหลังการประมวลผลภาพแบบปิดเชื่อม (image closing) 244
รูปที่ 8.17 โปรแกรมแมตแล็บที่ใช้ในประมวลภาพลวดลายก้นหอยแบบปิดเชื่อมภาพ 244
รูปที่ 8.18 (a) รูป A ประกอบด้วยรูปสี่เหลี่ยมสามรูปต้นแบบ (b) รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส B_1 ขนาด 3 * 3 (c) B_2 เป็นรูปเส้นขอบของรูป B1 (d) A^c เป็นรูป complement ของรูป A (e) (A $\ominus$ B 1) (f) (A^c $\ominus$ B 2) (g) A $\circledast$ B 246
รูปที่ 8.19 (a) ภาพดวงดาวต้นแบบ (b) ภาพหน้ากากขนาด 9*9 (c) ผลการตรวจพบหรือไม่พบของการแปลงผลภาพ 247
รูปที่ 8.20 โปรแกรมแมตแล็บที่ใช้ในการประมวลผลภาพแบบการตรวจพบหรือไม่พบของการแปลงภาพ (hit-or-miss transformation) 248
รูปที่ 8.21 (a) ภาพต้นแบบตัวอักษร ก (b) ภาพหน้ากาก (mask) ขนาด 3 * 3 ที่มีค่าเป็น 1 (สีดำ) ทั้งหมด (c) ตัวอักษร ก หลังการประมวลผลเพิ่มขอบให้หนา 249
รูปที่ 8.22 (a) ภาพต้นแบบรถยนต์ (b) ภาพแปลงสีขาวดำสลับเป็นสีดำขาว (c) การเพิ่มความหนาลายเส้นของภาพรถยนต์ 250
รูปที่ 8.23 ชุดคำสั่งในโปรแกรมแมตแล็บที่ใช้ในการประมวลผลการเพิ่มความหนาลายเส้นภาพ 251

รูปที่ 8.24 (a) ภาพต้นแบบตัวอักษร ก (b) ภาพหน้ากาก (mask) ขนาด 3 * 3
ที่มีค่าเป็น 1 (สีดำ) ทั้งหมด 252
รูปที่ 8.25 (a) ภาพต้นแบบของรถยนต์ (b) ภาพแปลงสีขาวดำสลับเป็นสีดำขาว
(c) การลดความหนาลายเส้นของภาพรถยนต์ 253
รูปที่ 8.26 โปรแกรมแมตแล็บที่ใช้ในการประมวลผลการลดความหนาลายเส้นของภาพ 254
รูปที่ 8.27 (a) ภาพต้นแบบของตัวอักษร ว ของแบบฝึกหัดที่ 8.8.1
(b) ภาพหน้ากากขนาด 3 * 3 257
รูปที่ 8.28 (a) ภาพต้นแบบตัวอักษร ด ของแบบฝึกหัดที่ 8.8.2
(b) ภาพหน้ากากขนาด 3 * 3 258
รูปที่ 8.29 (a) ภาพต้นแบบประกอบด้วยดาว 3 ดวง (b) ภาพหน้ากาก B_1 ขนาด 3 * 3
(c) ภาพหน้ากาก B_2 ขนาด 5 * 5 259
รูปที่ 8.30 (a) ภาพต้นแบบของรูปประแจไขว้ ของแบบฝึกหัดที่ 8.8.5
(b) ภาพผลลัพธ์ของการหาเส้นขอบรูปประแจไขว้ 259
รูปที่ 9.1 (a) ภาพแสดงส่วนตาของมนุษย์
(b) ภาพการแบ่งส่วนภาพเฉพาะม่านตา (iris) 264
รูปที่ 9.2 (a) ภาพตัดเฉพาะตัวอักษรภาษาไทย (b) ภาพป้ายทะเบียนรถยนต์
(c) ภาพตัดเฉพาะตัวอักษรและตัวเลขบนป้ายทะเบียนรถยนต์ 264
รูปที่ 9.3 (a) ภาพถ่ายต้นแบบรังสีเอกซ์ของมือ
(b) ภาพฮิสโทแกรมของภาพรังสีเอกซ์ของมือ
(c) การแบ่งส่วนของภาพเฉพาะส่วนของกระดูกมือจากภาพถ่าย 266
รูปที่ 9.4 โปรแกรมแมตแล็บที่ใช้ประมวลผลภาพต้นแบบรังสีเอกซ์ของมือ 267
รูปที่ 9.5 การแบ่งส่วนตราประทับออกจากภาพ (a) ภาพต้นแบบสาวน้อยนักเดินทางสี RGB (b) ภาพสาวน้อยนักเดินทางระดับสีเทา
(c) ภาพฮิสโทแกรมของภาพสาวน้อยนักเดินทางระดับสีเทา
(d) ภาพผลลัพธ์การแบ่งส่วนตราประทับวงกลมสีดำ 268
รูปที่ 9.6 โปรแกรมแมตแล็บที่ใช้ในการแบ่งส่วนภาพเฉพาะส่วนประทับออกจากภาพต้นแบบสาวน้อยนักเดินทาง 269
รูปที่ 9.7 (a) ภาพต้นแบบตัวอักษรภาษาจีนสีดำบนพื้นหลังที่มีตัวอักษรภาษาจีนสีแดง
(b) ภาพระดับสีเทาของภาพตัวอักษรภาษาจีน
(c) ภาพฮิสโทแกรมของภาพตัวอักษรภาษาจีน

(d) ภาพการแบ่งส่วนเฉพาะตัวอักษรภาษาจีนสีดำเท่านั้น 270
รูปที่ 9.8 โปรแกรมแมตแล็บที่ใช้ในการแบ่งส่วนตัวอักษรภาษาจีนสีดำที่เขียนด้วยพู่กัน ออกจากพื้นหลังที่มีตัวอักษรภาษาจีนสีแดง 271
รูปที่ 9.9 (a) ภาพต้นแบบดอกบานเช้า
(b) การหาเส้นขอบรูปของดอกบานเช้าด้วยเทคนิคของ Sobel 272
รูปที่ 9.10 โปรแกรมแมตแล็บที่ใช้ในการหาเส้นขอบรูปดอกบานเช้าแบบ Sobel 273
รูปที่ 9.11 (a) ภาพต้นแบบดอกบานเช้า
(b) การหาเส้นขอบรูปของดอกบานเช้าด้วยเทคนิคของ Canny 273
รูปที่ 9.12 ชุดคำสั่งในโปรแกรมแมตแล็บที่ใช้ในการประมวลผล หาเส้นขอบรูปแบบ Canny 274

รูปที่ 9.13 แสดงรูปดอกบานเช้าก่อนและหลังการหาเส้นขอบรูปด้วยเทคนิค การประมวลผลแบบ Prewitt 274
รูปที่ 9.14 โปรแกรมแมตแล็บที่ใช้ในการประมวลผลหาเส้นขอบรูปดอกบานเช้า แบบ Prewitt 275
รูปที่ 9.15 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการหาเส้นขอบ รูปแบบ Sobel; Canny และ Prewitt (a) ภาพต้นแบบประแจไขว้
(b) ภาพการหาเส้นขอบรูปแบบ Sobel
(c) ภาพการหาเส้นขอบรูปแบบ Canny
และ (d) ภาพการหาเส้นขอบรูปแบบ Prewitt 276
รูปที่ 9.16 โปรแกรมแมตแล็บที่ใช้ในการประมวลผลหาเส้นขอบ รูปแบบ Sobel, Canny และ Prewitt 277
รูปที่ 9.17 (a) ภาพต้นแบบลูกปิงปองและลูกบาคูกันวางบนก้อนกรวด
(b) ภาพผลลัพธ์การแบ่งส่วนของภาพเฉพาะส่วนที่เป็นลูกปิงปอง ออกจากลูกบาคูกันและก้อนกรวด 278
รูปที่ 9.18 โปรแกรมแมตแล็บที่ใช้ในการแบ่งส่วนของภาพเฉพาะส่วนที่เป็นลูกปิงปอง ออกจากลูกบาคูกัน และก้อนกรวด 279
รูปที่ 9.19 การแบ่งส่วนภาพประแจและลวดหนีบกระดาษทำด้วยโลหะมันวาวทั้งคู่
(a) ภาพต้นแบบประแจและลวดหนีบกระดาษโลหะ
(b) ภาพผลลัพธ์ของการแบ่งส่วนภาพให้เหลือเฉพาะประแจโลหะ 279

รูปที่ 9.20 โปรแกรมแมตแล็บที่ใช้ในการแบ่งส่วนของประแจโลหะออกจากลวดหนีบกระดาษโลหะ 280
รูปที่ 9.21 (a) ภาพต้นแบบตามนุษย์ (b) ภาพแสดงเฉพาะส่วนม่านตา (c) ภาพฮิสโทแกรมของภาพแสดงเฉพาะส่วนม่านตา (d) ภาพม่านตาหลังการแบ่งส่วนของภาพเฉพาะส่วนม่านตาโดยไม่รวมตาดำ 281
รูปที่ 9.22 โปรแกรมแมตแล็บที่ใช้ในการแบ่งส่วนภาพเฉพาะม่านตาในรูปที่ 9.21 (a) 282
รูปที่ 9.23 ภาพหลวงจีนกับมังกรที่มีตราประทับเขียนคำว่า JIU FEN ในตราวงกลม สำหรับแบบฝึกหัดข้อที่ 9.6.1 (a) ภาพต้นแบบภาพหลวงจีนกับมังกร (b) ภาพผลลัพธ์ตราวงกลม 285
รูปที่ 9.24 ภาพแสดงวงกลมขนาดเล็กและใหญ่ผสมกัน สำหรับแบบฝึกหัดข้อที่ 9.2 (a) ภาพต้นแบบจุดวงกลม (b) ภาพผลลัพธ์ของการหาจุดวงกลมจุดใหญ่ 285
รูปที่ 9.25 ภาพดอกต้อยติ่งสีม่วงที่ใช้สำหรับแบบฝึกหัดข้อที่ 9.6.3 (a) ภาพต้นแบบดอกต้อยติ่ง (b) ภาพผลลัพธ์ของการหาเส้นขอบรูปดอกต้อยติ่ง 286
รูปที่ 9.26 ภาพแท่งดินสอวางบนประแจที่ใช้สำหรับแบบฝึกหัดข้อที่ 9.6.4 (a) ภาพต้นแบบแท่งดินสอวางบนประแจ (b) ภาพผลลัพธ์การหาเส้นขอบรูปแท่งดินสอวางบนประแจ 286
รูปที่ 9.27 ภาพดวงตามนุษย์สำหรับแบบฝึกหัดที่ 9.6.5 (a) ภาพต้นแบบดวงตามนุษย์ (b) ภาพผลลัพธ์แสดงเฉพาะส่วนม่านตา 287
รูปที่ 9.28 (a) ภาพอักษรภาษาจีนที่เขียนด้วยพู่กันสีดำบนพื้นตัวอักษรภาษาจีนสีแดง (b) ภาพหลังจากการแยกอักษรภาษาจีนที่เขียนด้วยพู่กันสีดำออกจากตัวอักษรภาษาจีนสีแดงที่อยู่บนพื้นหลัง 288
รูปที่ 10.1 ขั้นตอนการบีบอัดและการคลายการบีบอัดข้อมูลภาพ 291
รูปที่ 10.2 (a) การบีบอัดข้อมูลแบบสูญเสียรายละเอียดภาพ และ (b) การบีบอัดข้อมูลแบบคงรายละเอียดภาพ 294
รูปที่ 10.3 (a) ภาพต้นแบบสาวน้อยนักเดินทาง (b) ภาพขยายระดับสีเทาบางส่วนของรูปที่ 10.3 (a) ขนาด 10 * 10 จุดภาพ 296
รูปที่ 10.4 การรวมค่าความถี่ของระดับสีเทาตามตารางที่ 10.1 297
รูปที่ 10.5 แสดงค่าของรหัสที่กำหนดให้ค่าความถี่ระดับสีเทาในรูปที่ 10.4 299
รูปที่ 10.6 (a) ภาพต้นแบบดอกกันภัยโลหะ (b) ภาพบางส่วนของดอกกันภัยขนาด 5 * 5 จุดภาพ 303

รูปที่ 10.7 ภาพการบีบอัดข้อมูลแบบ arithmetic coding 304
รูปที่ 10.8 การเก็บค่าเลขทศนิยมตามมาตรฐาน IEEE 754 32-bit 306
รูปที่ 10.9 การถอดรหัสคณิตศาสตร์ 306
รูปที่ 10.10 (a) ภาพต้นแบบเด็กผู้ชายสองคนระดับสีเทา 256 ระดับ
(b) matrix ชื่อ block ขนาด 8 * 8 จุดภาพ 308
รูปที่ 10.11 ค่า normalization matrix ชื่อ q ขนาด 8 * 8 จุดภาพที่ใช้ในการบีบอัดข้อมูลแบบ JPEG 308
รูปที่ 10.12 matrix ชื่อ b ที่มีขนาด 8 * 8 จุดภาพ 309
รูปที่ 10.13 matrix ชื่อ bd ที่มีขนาด 8 * 8 จุดภาพ 309
รูปที่ 10.14 matrix ชื่อ bq ที่มีขนาด 8 * 8 จุดภาพ 310
รูปที่ 10.15 การเรียงค่า matrix ที่มีขนาด 8 * 8 จุดภาพ แบบซิกแซกให้เป็นแถวตัวเลข 311
รูปที่ 10.16 การแปลงรหัส JPEG string เป็น matrix ขนาด 8 * 8 จุดภาพ 319
รูปที่ 10.17 matrix bq2 = matrix bq * matrix q 319
รูปที่ 10.18 แสดงการหาค่า Invert DCT ของ matrix bq ในรูป 10.17 320
รูปที่ 10.19 แสดงค่า matrix b2 ซึ่งคำนวณได้จาก matrix b2= ibq2 + 128 320
รูปที่ 10.20 matrix แสดงผลต่างของ matrix 8 * 8 จุดภาพ ก่อนและหลังการบีบอัดข้อมูลภาพแบบ JPEG 321
รูปที่ 10.21 matrix Z ที่ใช้ในแบบฝึกหัดข้อ 10.6.2 323
รูปที่ 10.22 ค่าของ JPEG coefficient matrix M ที่ใช้ในแบบฝึกหัดข้อที่ 10.6.6 324
รูปที่ 10.23 matrix Z ที่ใช้ในแบบฝึกหัดข้อ 10.6.7 324
รูปที่ 11.1 (a) เนื้อผิวภาพที่มีจุดวงกลมสีดำบนพื้นขาว (b) เนื้อผิวภาพที่มีจุดวงกลมสีดำและลายเส้นสีดำพื้นขาว 327
รูปที่ 11.2 การกำหนดทิศทางของจุดที่สนใจในเมตริกซ์ GLCM 329
รูปที่ 11.3 (a) แสดงเมตริกซ์ n ซึ่งมีขนาด 8 * 8 (b) เมตริกซ์ GLCM แบบ 0˚
(c) เมตริกซ์ GLCM แบบมุม 45˚ 329
รูปที่ 11.4 โปรแกรมแมตแล็บที่ใช้ในการคำนวณหาจำนวนสมาชิกของเมตริกซ์ GLCM แบบ 0˚ 331
รูปที่ 11.5 โปรแกรมแมตแล็บที่ใช้ในการคำนวณหาจำนวนสมาชิกของเมตริกซ์ GLCM แบบ 45˚ 332

รูปที่ 11.6 ส่วนของชุดคำสั่งโปรแกรมแมตแล็บที่ใช้ในการคำนวณหาค่าเอนโทรปี ของเนื้อผิวภาพของเมตริกซ์ n แบบ 0° 334
รูปที่ 11.7 ส่วนของชุดคำสั่งโปรแกรมแมตแล็บที่ใช้ในการคำนวณหาค่าเอนโทรปี ของเนื้อผิวภาพของเมตริกซ์ n แบบ 45° 335
รูปที่ 11.8 (a) ภาพขนาด 8 * 8 จุดภาพที่มีสมาชิกมีค่าเป็น 1 ทั้งหมด (b) ภาพขนาด 8 * 8 จุดภาพที่มีสมาชิกทุกจุดภาพมีค่าแตกต่างกันหมดทุกจุดภาพ (c) เมตริกซ์ GLCM แบบทำมุม 0° ของรูปที่ 11.8 (a) (d) เมตริกซ์ GLCM แบบทำมุม 0 °ของรูปที่ 11.8 (b) 337
รูปที่ 11.9 โปรแกรมแมตแล็บที่ใช้ในการคำนวณหาค่าพลังงานภาพของเมตริกซ์ รูปที่ 1.8 (a) 340
รูปที่ 11.10 โปรแกรมแมตแล็บที่ใช้ในการคำนวณหาค่าพลังงานภาพในรูปที่ 1.8 (b) 341
รูปที่ 11.11 (a) ภาพขนาด 8 * 8 จุดภาพที่มีสมาชิกทุกค่าเป็น 1 ทั้งหมด (b) ภาพขนาด 8 * 8 จุดภาพที่มีสมาชิกที่เป็นเนื้อผิวของภาพมีค่าเป็น 0 และค่า 2 สลับเป็นริ้วจนครบทุกสดมภ์ (c) ค่า GLCM แบบ 0° ของภาพ 11.11 (a) (d) ค่า GLCM แบบ 0°ของภาพ 11.11 (b) 343
รูปที่ 11.12 โปรแกรมแมตแล็บที่ใช้ในการคำนวณหาค่าเนื้อผิวภาพแบบการเปรียบต่าง (contrast) ของเมตริกซ์ที่ 11.11 (a) 346
รูปที่ 11.13 โปรแกรมแมตแล็บที่ใช้ในการคำนวณหาค่าเนื้อผิวภาพแบบการเปรียบต่าง (contrast) ของเมตริกซ์ที่ 11.11 (b) 347
รูปที่ 11.14 โปรแกรมแมตแล็บที่ใช้ในการคำนวณหาค่าเนื้อผิวภาพ แบบเป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneity) 351
รูปที่ 11.15 เมตริกซ์ GLCM ขนาด 8 * 8 pixels สำหรับตัวอย่างที่ 11.7 352
รูปที่ 11.16 โปรแกรมแมตแล็บที่ใช้คำนวณค่าเนื้อผิวภาพแบบพลังงาน (energy) แบบการเปรียบต่าง (contrast) แบบหาความสัมพันธ์ในแต่ละจุดภาพ (correlation) และแบบเป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneity) ของตัวอย่างที่ 11.7 353
รูปที่ 11.17 ตัวอย่างการคำนวณค่า LBP (a) เมตริกซ์ต้นแบบ (b) เมตริกซ์ที่แปลงเป็นเลขฐานสอง (c) ค่าเลขฐานสิบแปลงจากค่าเลขฐานสอง 354

รูปที่ 11.18 โปรแกรมแมตแล็บแบบ interpreter เพื่อคำนวณหาค่าเมตริกซ์ LBP จากเมตริกซ์ glcm8 ในรูปที่ 11.16 355
รูปที่ 11.19 เมตริกซ์ LBP ของเมตริกซ์ glcm8 ในรูปที่ 11.16 356
รูปที่ 11.20 (a) เมตริกซ์ต้นแบบ nn สำหรับหาเมตริกซ์ LBP (b) เมตริกซ์ LBP ที่คำนวณจากเมตริกซ์ nn 356
รูปที่ 11.21 กราฟฮิสโทแกรมของเมตริกซ์ LBP เมตริกซ์รูปที่ 11.19 กับเมตริกซ์ nn ในรูปที่ 11.20 (b) 357
รูปที่ 11.22 โปรแกรมแมตแล็บที่ใช้หาค่า Euclidean distance ของ LBP ของเมตริกซ์ m และ n 358
รูปที่ 11.23 เมตริกซ์ jd ขนาด 16 * 16 ที่มีค่าสมาชิก 0-1 สำหรับแบบฝึกหัดที่ 11.9.1 360
รูปที่ 11.24 เมตริกซ์ gray level co-occurrence matrix สำหรับแบบฝึกหัดที่ 11.9.3 361
รูปที่ 12.1 เลขกำกับทิศทางของรหัสห่วงโซ่ภาพแบบ 4 ทิศทางและ 8 ทิศทาง 366
รูปที่ 12.2 ภาพเครื่องหมายบวก + สำหรับหารหัสห่วงโซ่ของภาพในตัวอย่างที่ 12.1 368
รูปที่ 12.3 โปรแกรมแมตแล็บที่ใช้ในการหารหัสห่วงโซ่ของภาพแบบ 4 ทิศทาง 369
รูปที่ 12.4 ตัวอักษร M และตัวอักษร W สำหรับแทนค่ารหัสห่วงโซ่ภาพแบบ 8 ทิศทาง 370
รูปที่ 12.5 โปรแกรมแมตแล็บที่ใช้ในการประมวลผลรหัสห่วงโซ่แบบ 8 ทิศทาง 371
รูปที่ 12.6 เครื่องหมายลูกศรขวา ➡ และเครื่องหมายลูกศรซ้าย ⬅ ในตัวอย่างที่ 12.3 372
รูปที่ 12.7 โปรแกรมแมตแล็บแบบ interactive ที่ใช้ในการหาระยะห่างระหว่างรหัสห่วงโซ่ลูกศรขวา 376
รูปที่ 12.8 โปรแกรมแมตแล็บแบบ interactive ที่ใช้ในการหาระยะห่างระหว่างรหัสห่วงโซ่ลูกศรซ้าย 378
รูปที่ 12.9 โปรแกรมแมตแล็บที่ใช้ในการจัดเรียงลำดับค่าระยะห่างระหว่างรหัสห่วงโซ่ 379
รูปที่ 12.10 ภาพดวงดาวที่มีรูปร่างลักษณะที่เหมือนกัน ในตัวอย่างที่ 12.4 380
รูปที่ 12.11 โปรแกรมแมตแล็บที่ใช้ในการหาค่ารหัสหมายเลขภาพของภาพดวงดาว 384
รูปที่ 12.12 ภาพวงกลม สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยมผืนผ้า และสี่เหลี่ยมจัตุรัส ที่ต้องการหารหัสลายเซ็นภาพ 386

รูปที่ 12.13 รหัสลายเซ็นภาพของ (a) รูปวงกลม (b) สามเหลี่ยม (c) สี่เหลี่ยมผืนผ้า (d) สี่เหลี่ยมจัตุรัสตามลำดับ 387
รูปที่ 12.14 โปรแกรมแมตแล็บที่ใช้ในการอ่านภาพและหาค่ารหัสลายเซ็นภาพ 388
รูปที่ 12.15 ภาพโพแดง ภาพโพดำ ภาพดอกจิก และภาพสี่เหลี่ยมข้าวหลามตัดในแบบฝึกหัดที่ 12.7.2 390
รูปที่ 12.16 ภาพหกเหลี่ยมในแบบฝึกหัดที่ 12.7.3 391
รูปที่ 13.1 ภาพดอกไม้ 5 ชนิด (a) ดอกเข็ม (b) ดอกเฟื่องฟ้า (c) ดอกชวนชม (d) ดอกบัว (e) ดอกเข็ม ที่ใช้ประกอบคำบรรยายในตัวอย่างที่ 13.1 397
รูปที่ 13.2 โปรแกรมแมตแล็บที่ใช้ในการเปรียบเทียบภาพดอกไม้แบบระยะทางยุคลิด 400
รูปที่ 13.3 (a) ดอกกันภัยโลหะที่ใช้เปรียบเทียบ (b) ดอกกันภัยโลหะแบบที่ 1 (c) ดอกกันภัยโลหะแบบที่ 2 (d) ดอกกันภัยโลหะแบบที่ 3 (e) ดอกกันภัยโลหะแบบที่ 4 โดยดอกกันภัยทุกภาพ ถ่ายคนละด้านเพื่อใช้ประกอบตัวอย่างที่ 13.2 401
รูปที่ 13.4 โปรแกรมแมตแล็บที่ใช้ในการคำนวณหาค่าเฉลี่ยของสี RGB ค่า entropy ค่า energy ค่า contrast ค่า correlation และค่า homogeneity สำหรับตัวอย่างที่ 13.2 402
รูปที่ 13.5 โปรแกรมแมตแล็บที่ใช้ในการเปรียบเทียบคุณลักษณะทั้ง 8 ตามตารางที่ 13.2 408
รูปที่ 13.6 graphic user interface (GUI) สำหรับตัวอย่างที่ 13.3 409
รูปที่ 13.7 ชุดคำสั่งของโปรแกรมแมตแล็บที่ใช้ประมวลผล GUI ในตัวอย่างที่ 13.3 423
รูปที่ 13.8 ผลส้มใช้ในการรู้จำของแบบฝึกหัดที่ 13.4.2 (a) ผลส้มภาพที่ 1 (b) ผลส้มภาพที่ 2 (c) ผลส้มภาพที่ 3 (d) ผลส้มภาพที่ 4 (e) ผลส้มภาพที่ 5 (f) ผลส้มภาพที่ 6 427
รูปที่ 13.9 ภาพดอกกันภัยสำหรับแบบฝึกหัดที่ 13.4.3 ดังนี้ (a) ดอกกันภัยแบบ 1 (b) ดอกกันภัยแบบ 2 (c) ดอกกันภัยแบบ 3 (d) ดอกกันภัยแบบ 4 (e) ดอกกันภัยแบบ 5 (f) ดอกกันภัยแบบ 6 428
รูปที่ 13.10 ภาพธงชาติประเทศต่าง ๆ สำหรับแบบฝึกหัดที่ 13.4.4 429
รูปที่ 13.11 ใบไม้ในแบบฝึกหัดที่ 13.4.5 ประกอบด้วย (a) ใบโกศล (b) ใบกันภัย (c) ใบพังพวย (d) ใบทับทิม (e) ใบชวนชม และ (f) ใบมะล 430

รูปที่ 14.1 (a) ภาพชาร์ลส์ ดาร์วิน (Charles Darwin) (b) ภาพโยฮาน เมนเดล (Johann Mendel) (c) ภาพเจมส์ ดี วัตสัน (James D. Watson) (d) ภาพแฟรงซีส คลีก (Francis Crick) 436
รูปที่ 14.2 ส่วนประกอบของเซลล์สิ่งมีชีวิต 437
รูปที่ 14.3 รูปร่างและตำแหน่งของ โครโมโซม DNA และ ยีน 438
รูปที่ 14.4 การ crossover ของโครโมโซมที่เป็นแบบโฮโมโลกัส รีคอมบิเนชัน 441
รูปที่ 14.5 แสดงการกลายพันธุ์โดยการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของโครโมโซมแบบต่าง ๆ 442
รูปที่ 14.6 ตัวเลขที่ใช้สอนระบบรู้จำด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม (a) ตัวเลข 2 (b) ตัวเลข 3 (c) ตัวเลข 5 และตัวเลขที่ใช้ในการทดสอบการรู้จำด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม (d) ตัวเลข 2 (e) ตัวเลข 8 (f) ตัวเลข 5 446
รูปที่ 14.7 ตัวเลขที่ผ่านการปรับให้จุดสีดำอยู่ในแถวและสดมภ์แรก (a) ภาพเลข 2 (b) ภาพเลข 3 (c) ภาพเลข 5 สำหรับสอนการรู้จำ (d) ภาพเลข 2 (e) ภาพเลข 8 (f) ภาพเลข 5 สำหรับทดสอบการรู้จำ 449
รูปที่ 14.8 ตัวเลขที่ผ่านการแบ่งเป็นกลุ่ม ซึ่งประกอบด้วยกลุ่มละ 4 pixels (a) ภาพเลข 2 (b) ภาพเลข 3 (c) ภาพเลข 5 สำหรับสอนการรู้จำ (d) ภาพเลข 2 (e) ภาพเลข 8 (f) ภาพเลข 5 สำหรับทดสอบการรู้จำ 450
รูปที่ 14.9 ค่ากำกับกลุ่มแบบ 4 จุดในลักษณะต่าง ๆ กำหนดเลขฐานสิบหกกำกับตามรูปที่ (a) ถึง (p) ตามลำดับ 450
รูปที่ 14.10 การ crossover ของคู่โครโมโซมของภาพเลข 2 รุ่นพ่อและแม่ ทำให้เกิดคู่ของโครโมโซมของภาพเลข 2 รุ่นลูกจำนวน 2 ภาพที่มีลักษณะการเขียน (font) ที่แตกต่างกันออกไปเมื่อเปรียบเทียบกับจากรุ่นพ่อแม่และรุ่นลูกด้วยกันเอง 460
รูปที่ 14.11 การ crossover ของโครโมโซมแบบต่าง ๆ 461
รูปที่ 14.12 การเกิด mutation ของยีนตำแหน่งที่ 19 ในโครโมโซมของภาพตัวเลข 2 463
รูปที่ 14.13 ภาพตัวเลข 9 ที่ใช้ในแบบฝึกหัดที่ 14.5.3 466
รูปที่ 15.1 เนื้อเยื่อทั้ง 4 ชนิดในร่างกายมนุษย์ 470
รูปที่ 15.2 โครงสร้างของเซลล์ประสาทที่ประกอบด้วย axon และ dendrites 471
รูปที่ 15.3 การรับ-ส่งสัญญาณระหว่างเซลล์ประสาท 2 เซลล์ 471
รูปที่ 15.4 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ feed forward neural network 473
รูปที่ 15.5 ดิจิทัลเกตของ XOR 473

รูปที่ 15.6 โครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในการแก้ปัญหาสมการ $F = A \oplus B$ 475
รูปที่ 15.7 โปรแกรมแมตแล็บ สำหรับหาค่า exclusive OR ($F = A \oplus B$) 478
รูปที่ 15.8 หน้าจอ welcome to neural network start 478
รูปที่ 15.9 หน้าจอ welcome to the neural pattern recognition app. 479
รูปที่ 15.10 หน้าจอ select data สำหรับกำหนดค่า input & output matrixes ในโปรแกรมแมตแล็บ 480
รูปที่ 15.11 หน้าจอ validation and test data สำหรับกำหนดจำนวนข้อมูลที่จะใช้ในการ validation และ testing ในโปรแกรมแมตแล็บ 481
รูปที่ 15.12 หน้าจอ network architecture สำหรับกำหนดโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมในโปรแกรมแมตแล็บ 482
รูปที่ 15.13 (a) แสดงหน้าจอ train networks สำหรับสอนข้อมูล input / target ให้โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม (b) แสดงหน้าจอผลการ train networks 483
รูปที่ 15.14 แสดงหน้าจอ deploy solution ของโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม 484
รูปที่ 15.15 หน้าจอ save results ของโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม 484
รูปที่ 15.16 ภาพแสดงลักษณะตัวเลข 3 5 6 และ 8 สำหรับตัวอย่างที่ 15.3 486
รูปที่ 15.17 ตัวอักษร ก ถ ภ และ อ สำหรับแบบฝึกหัดที่ 15.5.2 492
รูปที่ 16.1 system conceptual diagram ของระบบการวิเคราะห์การงอกของเมล็ดข้าว 499
รูปที่ 16.2 system structure chart ของระบบการวิเคราะห์การงอกของเมล็ดข้าว 499
รูปที่ 16.3 แสดงเมล็ดข้าวเปลือกที่ใช้ในการวิจัย (a) ภาพถ่ายเมล็ดข้าวเปลือกจากกล้องถ่ายภาพดิจิทัล 501
รูปที่ 16.4 (a) เมล็ดข้าวเปลือกที่ใช้ในการทดลอง
(b) เมล็ดข้าวเปลือกที่แปลงเป็นสีเทา
(c) เมล็ดข้าวเปลือกที่แปลงเป็นสีขาวดำ 504
รูปที่ 16.5 โครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในระบบการวิเคราะห์การงอกของเมล็ดข้าว 505
รูปที่ 16.6 หน้าจอ GUI ของระบบการวิเคราะห์การงอกของเมล็ดข้าว 506
รูปที่ 16.7 ภาพเมล็ดข้าวที่ใช้ในแบบฝึกหัดที่ 16.6.1 512
รูปที่ 16.8 ภาพเมล็ดพริกที่ใช้ในแบบฝึกหัดที่ 16.6.3 515

บทที่ 1

บทนำ

1. บทนำ
introduction

หนังสือการประมวลผลภาพด้วยแมตแล็บเล่มนี้ ผู้เขียนได้ตั้งใจจัดทำขึ้น เพื่อใช้ในการประกอบการเรียนการสอนในวิชา การประมวลผลภาพเบื้องต้น (introduction to digital image processing) ทั้งในระดับปริญญาตรี ปริญญาโท และปริญญาเอก ตลอดจนการใช้หนังสือเป็นแนวทางในการทำงานวิจัยเรื่องการประมวลผลภาพ โดยศาสตร์การประมวลผลภาพนี้จัดเป็นสาขาย่อยหนึ่งในวิชาปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence) ในวิทยาการคอมพิวเตอร์ (computer sciences) ตัวอย่างของงานวิจัยที่ต้องอาศัยพื้นฐานด้านการประมวลผลภาพ เช่น การรู้จำตัวอักษร (character recognition) การรู้จำลายนิ้วมือ (finger print recognition) การรู้จำม่านตา (iris recognition) การรู้จำใบหน้าคน (human face recognition) การประมวลผลภาพถ่ายดาวเทียม (satellite image processing) การควบคุมคุณภาพข้าวจากภาพ (rice quality control by using image processing) เป็นต้น เนื้อหาในหนังสือเล่มนี้จะแบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก ๆ คือ ส่วนของโปรแกรมแมตแล็บและส่วนการประมวลผลภาพ ซึ่งแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้

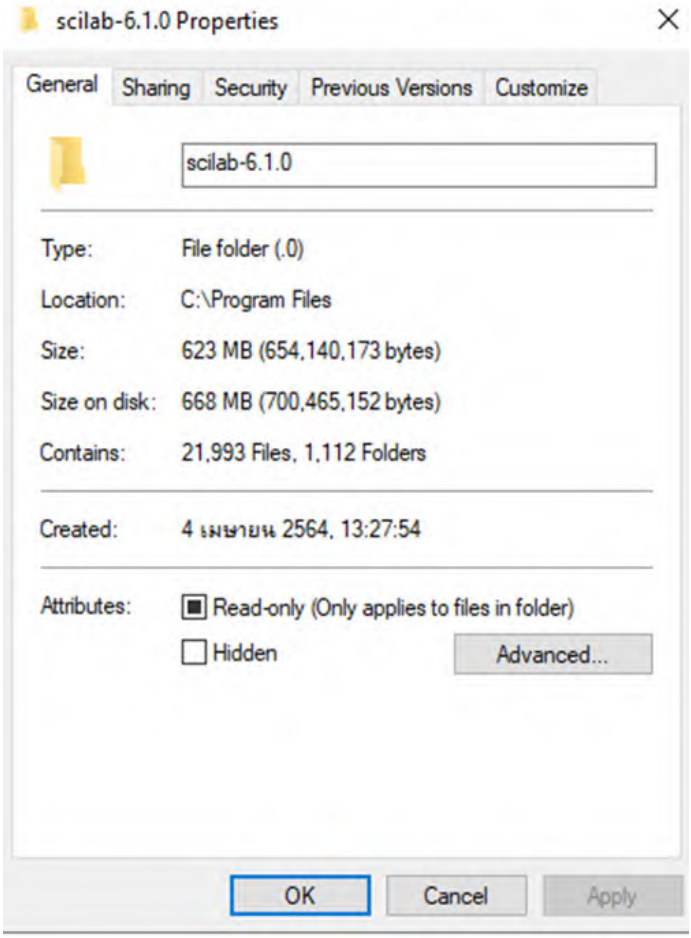
1.1 โปรแกรมแมตแล็บ

โปรแกรมแมตแล็บเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ได้รับความนิยมทั่วโลก หลักการทำงานของโปรแกรมนี้จะประมวลผลข้อมูลในรูปของเมทริกซ์ที่มีลักษณะเป็นเมทริกซ์ 1 มิติ เมทริกซ์ 2 มิติ หรือ เมทริกซ์ 3 มิติก็ได้ โดยโปรแกรมแมตแล็บสามารถใช้ในการแก้ปัญหาทางด้านต่าง ๆ มากมาย เช่น แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ แก้ปัญหาทางวิศวกรรมศาสตร์ แก้ปัญหาทางด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ ตลอดจนการแก้ปัญหาทางด้านเศรษฐศาสตร์ เป็นต้น แต่ในหนังสือเล่มนี้ผู้เขียนจะนำโปรแกรมแมตแล็บมาช่วยในการแก้ปัญหาทางด้านการประมวลผลภาพขั้นพื้นฐานเท่านั้น โดยเนื้อหาทั้งหมดจะแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ

1.1.1 การติดตั้งและทดสอบโปรแกรมแมตแล็บ

โปรแกรมที่ผู้เขียนใช้ในการประมวลผลภาพที่บรรยายในหนังสือเล่มนี้มีรายละเอียดดังนี้ เป็น MATLAB version R2020b (9.9.0.1538559) ใช้กับระบบปฏิบัติการ Windows 64-bit (win 64) ที่จัดซื้อโดยมหาวิทยาลัยมหิดล license number 40598465 ดาวโหลดมาติดตั้งเมื่อวันที่ 23 พฤศจิกายน 2563 (รายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 1.1) ขนาดของแฟ้มข้อมูลหลังจากติดตั้งโปรแกรมแมตแล็บมีขนาดประมาณ 30 GB (รายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 1.2) เมื่อติดตั้งโปรแกรมแมตแล็บแล้วเสร็จ ผู้เขียนได้ทดสอบการทำงานของโปรแกรมแมตแล็บด้วยชุดคำสั่งต่าง ๆ เช่น การแก้สมการพีทาโกรัส (Pythagorus) การบวก-ลบ-คูณ-หาร เมทริกซ์ การแก้สมการ 3 ตัวแปร การพิมพ์กราฟในลักษณะต่าง ๆ เช่น กราฟแท่ง กราฟวงกลม ฯลฯ ตลอดจนชุดคำสั่งที่ใช้ในการอ่านและแสดงผลภาพ (MathWorks (2020))

รูปที่ 1.1 รายละเอียดของโปรแกรมแมตแล็บที่ใช้ในหนังสือเล่มนี้
(ประมวลผลภาพโดยผู้เขียน)



รูปที่ 1.2 รายละเอียดขนาดของแฟ้มข้อมูลโปรแกรมแมตแล็บหลังจากที่ติดตั้งใช้งานแล้ว (ประมวลผลภาพโดยผู้เขียน)

เรื่องการติดตั้งและทดสอบโปรแกรมแมตแล็บจะได้บรรยายอย่างละเอียดในบทที่ 2 เรื่องการติดตั้งและทดสอบโปรแกรมแมตแล็บ

1.1.2 ชุดคำสั่งของโปรแกรมแมตแล็บเบื้องต้นสำหรับการประมวลผลภาพ

ในบทที่ 3 นี้ผู้เขียนได้บรรยายถึงการประมวลผลภาพด้วยโปรแกรมแมตแล็บขั้นพื้นฐาน โดยการประมวลผลภาพขั้นพื้นฐานในบทนี้ ได้แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มคือ

กลุ่มชุดคำสั่งที่ใช้ในการอ่าน และแสดงผลภาพ (reading & displaying images) ประกอบด้วยชุดคำสั่ง

- คำสั่ง uigetfile เป็นคำสั่งที่ใช้ในการเปิดแฟ้มข้อมูล
- คำสั่ง strcat เป็นคำสั่งที่ใช้เชื่อมโยงข้อความ 2 ข้อความเข้าด้วยกัน
- คำสั่ง imread เป็นคำสั่งที่ใช้ในการอ่านแฟ้มข้อมูลภาพ
- คำสั่ง imshow เป็นคำสั่งที่ใช้ในการแสดงภาพ
- คำสั่ง figure เป็นคำสั่งที่ใช้ในการแสดงภาพในแต่ละหน้าต่าง figure

กลุ่มชุดคำสั่งที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงรูปทรงของภาพ (image transformation) ประกอบด้วยชุดคำสั่ง

- คำสั่ง size เป็นคำสั่งที่ใช้ในการตรวจสอบขนาดภาพ (size)
- คำสั่ง imresize เป็นคำสั่งที่ใช้ย่อ-ขยาย ภาพ
- คำสั่ง imcrop เป็นคำสั่งที่ใช้ตัดเฉพาะบางส่วนของภาพ
- คำสั่ง imrotate เป็นคำสั่งที่ใช้หมุนภาพ

กลุ่มชุดคำสั่งที่ใช้ในการแปลงสีภาพ (image color space conversions) ประกอบด้วยชุดคำสั่ง

- คำสั่ง zeros (m,n) เป็นคำสั่งที่ใช้ในการแสดงภาพสีดำ ขนาด m * n จุดภาพ
- คำสั่ง ones (m,n) เป็นคำสั่งที่ใช้ในการแสดงภาพสีขาว ขนาด m * n จุดภาพ
- คำสั่ง im2bw เป็นคำสั่งที่ใช้แปลงภาพสีให้เป็นภาพขาวดำ
- คำสั่ง rgb2gray เป็นคำสั่งที่ใช้ในการแปลงภาพสีให้เป็นภาพระดับสีเทา
- คำสั่ง image (:, :, 1) เป็นคำสั่งที่ใช้ในการแสดงเฉพาะระนาบสีแดงของภาพสีที่ชื่อว่า image
- คำสั่ง image (:, :, 2) เป็นคำสั่งที่ใช้ในการแสดงเฉพาะระนาบสีเขียวของภาพสีที่ชื่อว่า image
- คำสั่ง image (:, :, 3) เป็นคำสั่งที่ใช้ในการแสดงเฉพาะระนาบสีน้ำเงินของภาพสีที่ชื่อว่า image

โดยที่แต่ละกลุ่มชุดคำสั่ง ผู้เขียนได้บรรยายถึงรูปแบบการใช้ชุดคำสั่งย่อยในแต่ละกลุ่มคำสั่ง ตลอดจนยกตัวอย่างการใช้งานในแต่ละชุดคำสั่งด้วยโปรแกรมแมตแล็บประกอบคำบรรยาย เพื่อความเข้าใจของผู้อ่านที่กระจ่างขึ้น

1.1.3 ส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้ของโปรแกรมแมตแล็บ (MATLAB graphic user interface)

ผู้เขียนได้บรรยายถึงการพัฒนาส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้งาน หรือ graphic user interfaces (GUI) ของโปรแกรมแมตแล็บในบทที่ 4 โดยการสร้าง MATLAB GUI มีขั้นตอนหลัก ๆ อยู่ 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) ออกแบบโครงร่างของส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้งาน (designing GUI)

2) สร้างส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้งาน (creating GUI)

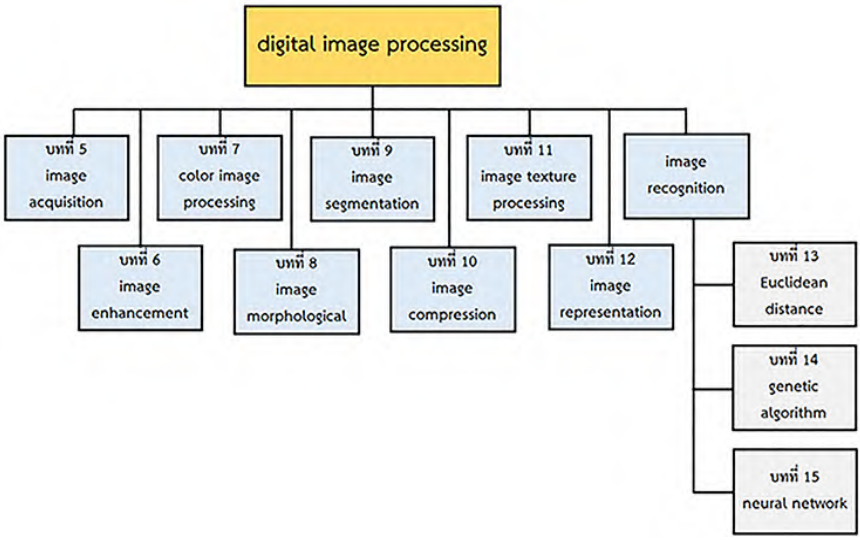
3) เขียนโปรแกรมแมตแล็บเพื่อประมวลผลส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้งาน (programming the GUI)

4) ประมวลผลข้อมูลผ่านส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้งานที่ออกแบบและเขียนโปรแกรมแมตแล็บสำเร็จแล้ว (running the final GUI)

ขอให้ผู้อ่านได้ศึกษาทำความเข้าใจการพัฒนา MATLAB GUI ให้เข้าใจ แล้วทำแบบฝึกหัดท้ายบท เพื่อความเข้าใจใน MATLAB GUI ที่กระจ่างขึ้น

1.2 ส่วนการประมวลผลภาพ

ผู้เขียนได้แยกการบรรยายองค์ประกอบที่สำคัญของการประมวลผลภาพออกเป็นส่วนประกอบย่อย ๆ (modules) ดังที่ได้แสดงเป็นแผนผังโครงสร้าง (structure chart) ในรูปที่ 1.3 ซึ่งองค์ประกอบย่อย ๆ ของการประมวลผลภาพมีจำนวน 9 modules ดังนี้



รูปที่ 1.3 แผนผังโครงสร้าง (structure chart) ของการประมวลผลภาพ
(ประมวลผลภาพโดยผู้เขียน)

บทที่ 5 ความรู้พื้นฐานการมองเห็นและการรับข้อมูลภาพเข้าระบบ (introduction to digital vision image processing & image acquisition)
บทที่ 6 การปรับเน้นภาพ (image enhancement)
บทที่ 7 การประมวลผลภาพสี (color image processing)
บทที่ 8 การประมวลสัณฐานวิทยาภาพ (morphological image processing)
บทที่ 9 การแบ่งส่วนของภาพ (image segmentation)
บทที่ 10 การบีบอัดข้อมูลภาพ (image compression)
บทที่ 11 เนื้อผิวของภาพ (image texture)
บทที่ 12 การแทนค่าภาพ (image representation)

บทที่ 13 การรู้จำภาพ
(image recognition by Euclidean distance technique)
บทที่ 14 การรู้จำภาพด้วยขั้นตอนเชิงวิธีทางพันธุกรรม
(image recognition by genetic algorithm)
บทที่ 15 การรู้จำภาพด้วยระบบโครงข่ายประสาทเทียม
(image recognition by artificial neural networks)

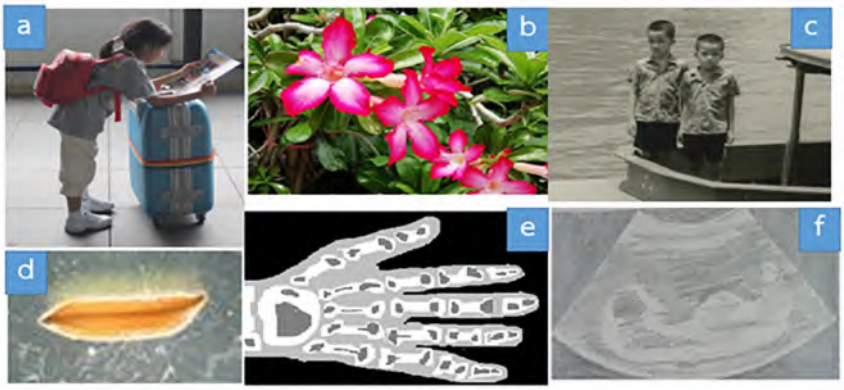
ซึ่งรายละเอียดในแต่ละส่วนการประมวลผลย่อย (module) มีดังนี้

1.2.1 ความรู้พื้นฐานการมองเห็นและการรับข้อมูลข้อมูลภาพเข้าระบบ (introduction to vision & image acquisition)

ในบทนี้จะเปรียบเทียบการประมวลผลภาพของมนุษย์กับการประมวลผลภาพของคอมพิวเตอร์ ตลอดจนเปรียบเทียบส่วนประกอบและการทำงานของดวงตามนุษย์ในการรับภาพเทียบกับกล้องถ่ายภาพ รวมทั้งในบทนี้ยังกล่าวถึงโครงสร้างของภาพแบบดิจิทัลในแบบต่าง ๆ เช่น แบบ BMP แบบ JPEG หรือแบบ TIFF ฯลฯ ซึ่งการนำภาพดิจิทัลที่ถ่ายจากอุปกรณ์ถ่ายภาพชนิดต่าง ๆ เข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์มีอยู่หลากหลายรูปแบบ เช่น กล้องถ่ายภาพธรรมดา กล้องถ่ายภาพของโทรศัพท์มือถือ เครื่องสแกนเนอร์ กล้องถ่ายภาพของกล้องจุลทรรศน์ ตลอดจนกล้องถ่ายภาพของอุปกรณ์ทางการแพทย์ เช่น ภาพถ่ายจากเครื่อง X-rays ภาพถ่ายจากเครื่องถ่ายภาพคลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasound) เป็นต้น

ตัวอย่างที่ 1.1

เป็นตัวอย่างของภาพที่ได้จากการถ่ายภาพของอุปกรณ์ต่าง ๆ มีดังนี้ รูปที่ 1.4 (a) เป็นภาพที่ถ่ายจากกล้องถ่ายภาพ Cannon IXUS model 160 รูปที่ 1.4 (b) เป็นภาพที่ถ่ายจากโทรศัพท์มือถือ Huawei Y9 รูปที่ 1.4 (c) เป็นภาพที่ถ่ายจากเครื่องสแกนเนอร์ Richo MP6054 รูปที่ 1.4 (d) เป็นภาพเมล็ดข้าวที่ถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ Olympus lens eyes GSWH10X22, LensSZ40 ที่ติดตั้งกล้องถ่ายภาพ Nikon coolpix digital camera รุ่น S3500 รูปที่ 1.4 (e) เป็นภาพวาด X-rays และ รูปที่ 1.4 (f) ภาพวาด ultrasound ซึ่งรายละเอียดทั้งหมดผู้อ่านสามารถศึกษาได้ในบทที่ 5



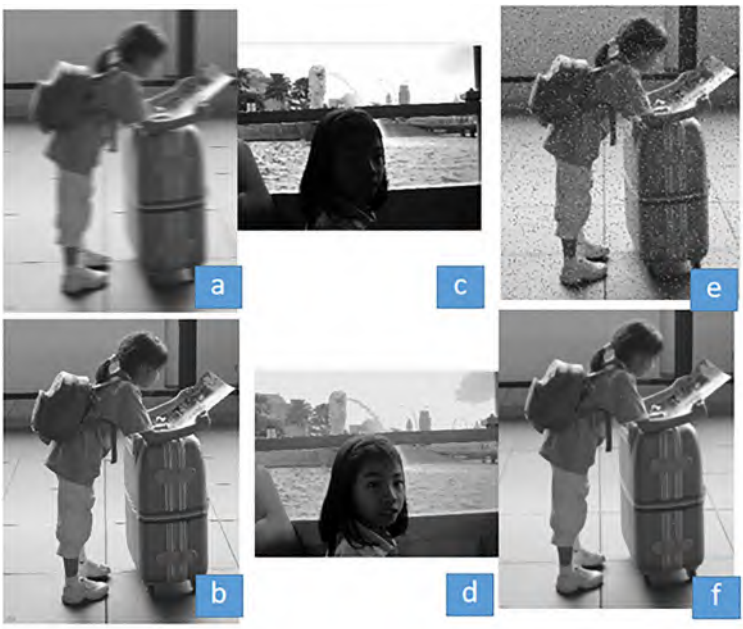
รูปที่ 1.4 ภาพที่ถ่ายจากกล้องถ่ายภาพหลากชนิด (a) ภาพถ่ายจากกล้องถ่ายภาพ digital (b) ภาพถ่ายจากโทรศัพท์มือถือ (c) ภาพถ่ายจากกล้องถ่ายภาพ analog (d) ภาพเมล็ดข้าวถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ (e) ภาพวาด X-rays และ (f) ภาพวาด ultrasound (ประมวลผลภาพโดยผู้เขียน)

1.2.2 การปรับเน้นภาพ (image enhancement)

ส่วนสำคัญส่วนหนึ่งของการประมวลผลภาพคือ คุณภาพที่ดีของภาพที่ต้องการประมวลผล เช่น ภาพมีความคมชัด สีไม่ผิดเพี้ยน วัตถุที่ต้องการประมวลผลในภาพมีอัตราส่วนที่ถูกต้อง เป็นต้น แต่ในทางปฏิบัติในบางครั้งผู้อ่านอาจจะต้องประมวลผลภาพถ่ายที่มีคุณภาพไม่ดีนัก เช่น ภาพไม่คมชัดเนื่องจากวัตถุมีการเคลื่อนไหวขณะถ่ายภาพ (ดังแสดงในรูปที่ 1.5 (a)) ภาพมืดเนื่องจากการถ่ายภาพย้อนแสง (ดังแสดงในรูปที่ 1.5 (c)) ภาพที่สกปรกเนื่องจากเลนส์กล้องสกปรก (ดังแสดงในรูปที่ 1.5 (e)) เป็นต้น ดังนั้นการปรับปรุงคุณภาพของภาพดิจิทัลให้ภาพคมชัดก่อนการประมวลผล จึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญของการประมวลผลภาพ

ตัวอย่างที่ 1.2

การปรับปรุงคุณภาพ ภาพในตัวอย่างแรก เป็นการปรับปรุงภาพแบบสั่นไหว ดังแสดงในรูปที่ 1.5 (a) ภาพสั่นไหวเกิดจากช่างภาพถ่ายภาพวัตถุกำลังเคลื่อนไหว หรือช่างภาพถ่ายภาพขณะที่ตนเองกำลังเคลื่อนไหวหรือช่างภาพมือสั่นไหวขณะถ่ายภาพ ตัวอย่างที่สอง เป็นการปรับปรุงคุณภาพ ภาพถ่ายย้อนแสงในรูปที่ 1.5 (c) และตัวอย่างที่สาม เป็นการปรับปรุงคุณภาพ ภาพที่มีจุดสีขาวดำปนเปื้อนอยู่ในภาพ ดังแสดงในรูปที่ 1.5 (e)



รูปที่ 1.5 ภาพก่อนและหลังปรับปรุงคุณภาพ (a) ภาพสั่นไหว (b) ภาพหลังการปรับปรุงภาพสั่นไหว (c) ภาพถ่ายย้อนแสง (d) ภาพปรับปรุงภาพถ่ายย้อนแสง (e) ภาพปนเปื้อนจุดขาวและจุดดำ และ (f) ภาพปรับปรุงภาพที่มีจุดขาวและจุดดำปนปื้อน (ประมวลผลภาพโดยผู้เขียน)

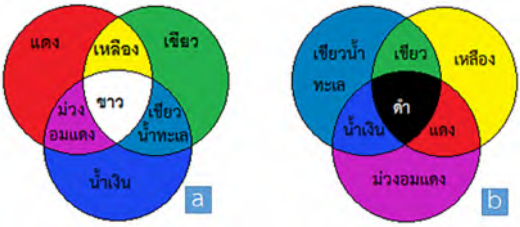
รายละเอียดของการปรับปรุงภาพ (image enhancement) ผู้อ่านสามารถศึกษารายละเอียดได้ในบทที่ 6

1.2.3 การประมวลผลภาพสี (color image processing)

ปกติภาพสีที่เป็นแบบดิจิทัลจะประกอบด้วยจุดภาพ (pixels) ที่มีขนาด กว้าง * ยาว ที่เหมาะสมแล้วแต่ประเภทของงานที่ใช้ เช่น ความละเอียดของจอภาพสีคอมพิวเตอร์มี ขนาด กว้าง * ยาว เท่ากับ 900 * 1440 pixels ความละเอียดของจอโทรศัพท์มือถือมีขนาด กว้าง * ยาว เป็น 1080 * 2160 pixels ความละเอียดของเครื่องพิมพ์ภาพมีความละเอียดเป็น 1200 จุดภาพต่อตารางนิ้ว (dot per inch หรือ dpi) หรือความละเอียดของกล้องถ่ายภาพบนโทรศัพท์มือถือเป็นแบบ 24 ล้านจุดภาพ (24 megapixels หรือขนาด กว้าง * ยาว ประมาณ 6532 * 3674 pixels ที่สัดส่วนภาพ 16:9) เป็นต้น โครงสร้างของจุดภาพ

ในแต่ละจุดจะประกอบด้วยแม่สีจำนวน 3 สีคือ สีแดง-สีเขียว-สีน้ำเงิน (red-green-blue หรือ RGB) แต่สำหรับรูปสีที่พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์คอมพิวเตอร์จะใช้สี 3 สีคือ สีเขียวน้ำทะเล-สีม่วงอมแดง-สีเหลือง (cyan-magenta-yellow หรือ CMY) โดยที่สีเขียวน้ำทะเล (cyan) เป็นส่วนผสมระหว่างสีเขียวและสีน้ำเงิน สีม่วงอมแดง (magenta) เป็นส่วนผสมระหว่างสีแดงและสีน้ำเงิน และสีเหลือง (yellow) เป็นส่วนผสมระหว่างสีเขียวและสีแดง

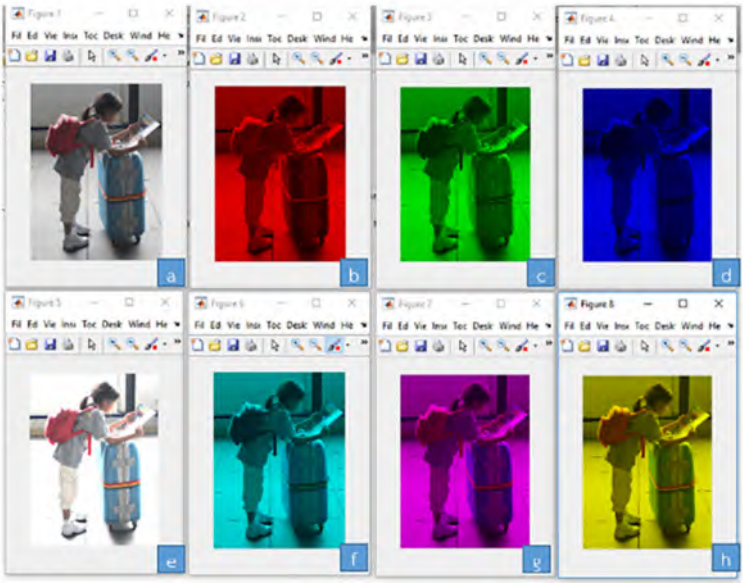
เนื่องจากสี RGB เกิดจากการผสมแสงที่มีความยาวคลื่นที่แตกต่างกันมารวมตัวกัน หรือที่เรียกว่าการผสมสีแบบบวก additive color เมื่อผสมสี RGB จนถึงความเข้มแสงที่สุดแล้วก็จะได้ผลลัพธ์เป็นสีขาว ดังนั้นสี RGB จึงเหมาะสำหรับการแสดงภาพบนอุปกรณ์ที่ต้องใช้แสงสว่าง เช่น จอภาพคอมพิวเตอร์ จอภาพมือถือ เครื่องฉายภาพโปรเจกเตอร์ (single len) เป็นต้น ส่วนสี CYM เกิดจากการที่คลื่นแสงมาตกกระทบกับวัตถุแล้ววัตถุจะดูดกลืนคลื่นแสงบางส่วนไว้และสะท้อนสีที่อยู่บนวัตถุออกมา ดังนั้นการผสมสี CMY จะใช้ความเข้มของสีผสมทับกันไปเรื่อย ๆ จนในที่สุดสีที่เข้มที่สุดของสี CMY จะเป็นสีดำ การผสมสีแบบนี้เรียกว่าการผสมสีแบบลบ (subtractive color) ดังนั้นสี CMY จึงเหมาะสำหรับการแสดงสีบนสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ เช่น เครื่องพิมพ์คอมพิวเตอร์ (printer) เครื่องออฟเซท (offset printing) วงกลมแสดงส่วนผสมของสี RGB ได้แสดงไว้ในรูปที่ 1.6 (a) และวงกลมแสดงส่วนผสมของสี CMY ได้แสดงในรูปที่ 1.6 (b) ตามลำดับ



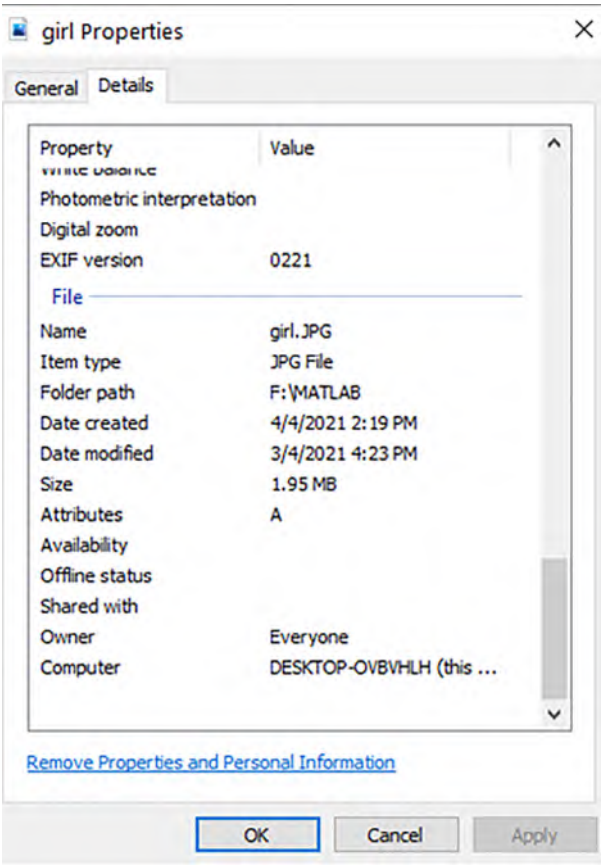
รูปที่ 1.6 (a) วงกลมแสดงส่วนผสมของสี RGB (b) วงกลมแสดงส่วนผสมของสี CMY
(ประมวลผลภาพโดยผู้เขียน)

ตัวอย่างที่ 1.3

การเปรียบเทียบภาพสีที่เก็บอยู่ในลักษณะที่แตกต่างกันดังนี้ ภาพสีรูปที่ 1.7 (a) เป็นภาพสาวน้อยนักเดินทางสี RGB ซึ่งมีคุณลักษณะของภาพตามรูปที่แสดงในรูปที่ 1.8 กล่าวคือ ภาพมีแฟ้มข้อมูลชื่อ girl.JPG ข้อมูลเก็บอยู่ที่ F:\MATLAB ชนิดแฟ้มข้อมูลแบบ JPEG มีขนาด 605 * 451 pixels และเมื่อแยกสีของภาพเด็กผู้หญิงในรูปที่ 1.7 (a) จะได้ผลลัพธ์เป็นภาพสาวน้อยนักเดินทางสี RGB ดังแสดงในรูปที่ 1.7 (b) สีแดง (c) สีเขียว และ (d) สีน้ำเงิน แต่เครื่องพิมพ์คอมพิวเตอร์ (printer) จะประมวลผลภาพสีด้วยสีตรงข้าม 3 สีคือ สีเขียวน้ำทะเล (cyan) เกิดจากการผสมสีน้ำเงินและเขียวเข้าด้วยกัน สีม่วงอมแดง (magenta) เกิดจากการผสมสีแดงและสีน้ำเงินเข้าด้วยกัน และสีเหลือง (yellow) เกิดจากรวมสีแดงและสีเขียวเข้าด้วยกัน สีเขียวน้ำทะเล สีม่วงอมแดง และสีเหลือง รวมเรียกว่าสี CMY ดังแสดงในรูปที่ 1.7 (e) เป็นภาพสาวน้อยนักเดินทางสี CMY รูปที่ 1.7 (f) เขียวน้ำทะเล 1.6 (g) สีม่วงอมแดง และ 1.6 (h) สีเหลือง ของภาพสาวน้อยนักเดินทาง



รูปที่ 1.7 การแยกภาพสีในลักษณะต่าง ๆ (a) ภาพสี red-green-blue [RGB]
(b) ภาพสีแดง [red] (c) ภาพสีเขียว [green] (d) ภาพสีน้ำเงิน [blue]
(e) ภาพสี cyan-magenta-yellow [CMY] (f) ภาพสีเขียวน้ำทะเล [cyan]
(g) ภาพสีม่วงอมแดง [magenta] (h) ภาพสีเหลือง [yellow]
(ประมวลผลภาพโดยผู้เขียน)



รูปที่ 1.8 แสดงคุณลักษณะของภาพเด็กผู้หญิงในรูปที่ 1.7 (a)
(ภาพประมวลผลโดยผู้เขียน)

ผู้อ่านสามารถศึกษารายละเอียดของการประมวลภาพสีอย่างละเอียดในบทที่ 7

1.2.4 การประมวลผลสัณฐานวิทยาภาพ (morphological image processing)

สัณฐานวิทยาภาพเป็นการประมวลผลภาพทีละจุดภาพ (pixel) เพื่อเพิ่มหรือลดจำนวนจุดภาพในภาพให้มีจำนวนจุดมากขึ้นหรือให้มีจำนวนจุดน้อยลง เพื่อความเหมาะสมกับการประมวลผลภาพ ตัวอย่างการประมวลผลภาพด้วยวิธีการทางสัณฐานวิทยาภาพมีดังนี้

ตัวอย่างที่ 1.4

การประมวลผลทางสัณฐานวิทยาภาพในตัวอย่างนี้แสดงการประมวลผลภาพลายนิ้วมือที่มีจุดสีขาวเล็ก ๆ เป็นสิ่งปนเปื้อนอยู่บนพื้นหลังของลายนิ้วมือ ดังแสดงในรูปที่ 1.9 (a) เพื่อการประมวลผลการรู้จำ (recognize) ภาพลายนิ้วมือที่ถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น ผู้อ่านสามารถลบจุดขาวที่ปนเปื้อนบนพื้นหลังลายนิ้วมือให้หมด ด้วยวิธีการประมวลผลภาพทางสัณฐานวิทยาภาพ ผลลัพธ์หลังการลบจุดปนเปื้อนสีขาว ดังแสดงในรูปที่ 1.9 (b)

รูปที่ 1.9 (a) ภาพลายนิ้วมือที่มีจุดปนเปื้อนสีขาวอยู่บนพื้นหลัง (b) ภาพลายนิ้วมือหลังจากลบจุดสีขาวด้วยการประมวลผลทางสัณฐานวิทยาภาพ
(ประมวลผลภาพโดยผู้เขียน)

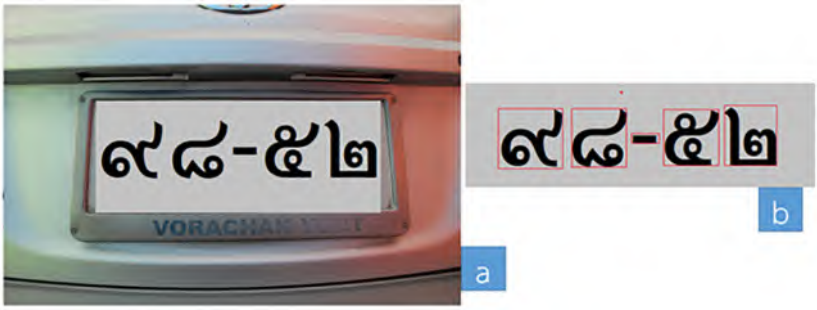
ผู้อ่านสามารถศึกษารายละเอียดของการประมวลผลภาพแบบสัณฐาณวิทยาภาพในบทที่ 8

1.2.5 การแบ่งส่วนของภาพ (image segmentation)

ความถูกต้องแม่นยำของการประมวลผลภาพ ในบางครั้งต้องตัดภาพเฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องกับการรู้จำภาพนั้นออกมาจากส่วนประกอบของพื้นหลัง ให้เห็นวัตถุที่ต้องการรู้จำอย่างชัดเจน เช่น หากเราต้องการรู้จำตัวอักษรหรือตัวเลขในป้ายทะเบียนรถยนต์ เราก็จำเป็นต้องแบ่งส่วนทะเบียนรถยนต์ออกจากพื้นหลังตัวรถยนต์ก่อน จากนั้นจึงทำการแบ่งส่วนตัวอักษรหรือตัวเลขในป้ายทะเบียนรถยนต์ออกเป็นอักษรแต่ละตัว ก่อนทำการรู้จำตัวอักขระบนแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์ เป็นต้น

ตัวอย่างที่ 1.4

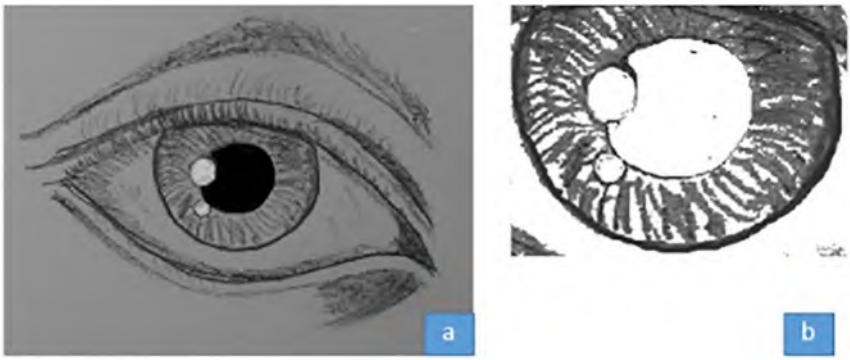
หน้าจอของโปรแกรมแมตแล็บที่ใช้แสดงส่วนการแบ่งส่วนของตัวอักษรและตัวเลขบนแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์ได้แสดงไว้ในรูปที่ 1.10 โดยที่ รูปที่ 1.10 (a) เป็นภาพรถยนต์ด้านหน้าพร้อมแผ่นป้ายรถยนต์ รูปที่ 1.10 (b) เป็นการแบ่งส่วนภาพเฉพาะตัวอักษรและตัวเลขบนป้ายทะเบียนรถยนต์



รูปที่ 1.10 (a) ภาพรถยนต์พร้อมแผ่นป้ายทะเบียน (b) ภาพการแบ่งส่วนภาพเฉพาะตัวอักษรและตัวเลขบนแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์
(ประมวลผลภาพโดยผู้เขียน)

ตัวอย่างที่ 1.5

ระบบการรู้จำม่านตาของมนุษย์ (Human iris recognition) ส่วนที่สำคัญของระบบการรู้จำม่านตาของมนุษย์นี้คือ การคัดแยกส่วนที่เป็นภาพเฉพาะม่านตาเพื่อทำการรู้จำ เพราะหากเรานำดวงตาทั้งดวงตาของมนุษย์มาทำการรู้จำ ผลลัพธ์ที่ได้อาจจะแตกต่างจากการรู้จำเฉพาะม่านตามนุษย์เท่านั้น ภาพการแยกส่วนม่านตามนุษย์ได้แสดงไว้ในรูปที่ 1.11 ดังนี้ รูปที่ 1.11 (a) เป็นภาพถ่ายดวงตามนุษย์ และรูปที่ 1.11 (b) เป็นรูปเฉพาะม่านตาหลังจากผ่านการประมวลผลการแยกแยะภาพม่านตาออกจากภาพดวงตามนุษย์



รูปที่ 1.11 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลการแยกแยะภาพม่านตาออกจากภาพดวงตาของมนุษย์
(ประมวลผลภาพโดยผู้เขียน)

เทคนิคการแบ่งส่วนภาพเฉพาะส่วนที่เราสนใจมีหลากหลายวิธี ซึ่งผู้อ่านสามารถศึกษาในรายละเอียดได้ในบทที่ 9 ของหนังสือเล่มนี้

1.2.6 การบีบอัดข้อมูลภาพ (image compression)

การบีบอัดภาพเป็นเทคนิคในการทำให้ภาพมีขนาดแฟ้มข้อมูลที่เล็กลง แต่ภาพที่ผ่านการบีบอัดข้อมูลแล้วจะมีลักษณะของภาพคล้ายกับภาพต้นแบบก่อนการบีบอัดข้อมูลจนไม่สามารถแยกแยะได้ด้วยดวงตาของมนุษย์ว่า ภาพไหนผ่านการบีบอัดข้อมูลมาแล้ว ภาพไหนไม่ได้ผ่านการบีบอัดข้อมูล

ตัวอย่างที่ 1.6

การเปรียบเทียบภาพที่ไม่ได้บีบอัดและภาพที่ผ่านการบีบอัดแล้ว ภาพที่ 1.12 (a) เป็นภาพแฟ้มข้อมูลแบบไม่ได้บีบอัดข้อมูลแบบ .BMP และรูปที่ 1.12 (b) เป็นรูปแฟ้มข้อมูลที่ผ่านการบีบอัดข้อมูลแล้วแบบ .JPG จะสังเกตได้ว่า รูปทั้งสองมีลักษณะที่คล้ายกันมากจนไม่สามารถแยกแยะภาพทั้งสองได้ด้วยดวงตาของมนุษย์

รูปที่ 1.12 เปรียบเทียบภาพ 2 ประเภท (a) ภาพที่ไม่ได้ผ่านการบีบอัดแบบ .BMP และ (b) ภาพที่ผ่านการบีบอัดแล้วแบบ .JPG
(ประมวลผลภาพโดยผู้เขียน)

การบีบอัดภาพมีอยู่ 2 ประเภทหลัก ๆ คือ

การบีบอัดข้อมูลแบบ lossless compression

การบีบอัดข้อมูลแบบ lossy compression

ซึ่งรายละเอียดของการบีบอัดข้อมูลทั้งสองประเภทมีดังนี้

1.2.6.1 การบีบอัดข้อมูลแบบ lossless compression เป็นการบีบอัดข้อมูลภาพแบบที่สามารถเรียกคืนสภาพรูปต้นแบบได้ คือการบีบอัดข้อมูลภาพแล้วสามารถประมวลผลภาพที่ถูกบีบอัดแล้วให้กลับมาเป็นภาพก่อนการบีบอัดได้ เช่น การบีบอัดข้อมูลภาพแบบ Huffman coding แบบ arithmetic encoding เป็นต้น รายละเอียดของการบีบอัดข้อมูลทั้งสองรูปแบบผู้อ่านสามารถศึกษาในรายละเอียดได้ในบทที่ 10 ของหนังสือเล่มนี้

1.2.6.2 การบีบอัดข้อมูลแบบ lossy compression การบีบอัดข้อมูลภาพอีกประเทหนึ่งเป็นการบีบอัดข้อมูลแบบที่ไม่สามารถเรียกคืนสภาพรูปต้นแบบได้ คือการบีบอัดข้อมูลภาพแล้วไม่สามารถประมวลผลภาพที่ถูกบีบอัดแล้วให้กลับมาเป็นภาพต้นแบบก่อนการบีบอัดได้ เช่น การบีบอัดข้อมูลแบบ JPEG เป็นต้น ซึ่งรายละเอียดของการบีบอัดข้อมูลแบบ JPEG ผู้อ่านสามารถศึกษาในรายละเอียดได้ในบทที่ 10 ของหนังสือเล่มนี้

เนื่องจากความเจริญเติบโต ก้าวหน้า ของระบบการสื่อสารข้อมูลทางคอมพิวเตอร์ หรือที่เรียกว่า เครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งเครือข่ายอินเทอร์เน็ตนี้นอกจากจะรับส่งข้อมูลแบบตัวอักษร (text data) แล้ว ยังมีการรับส่งข้อมูลแบบที่เป็นภาพ (image file) ไม่ว่าจะเป็นการโฆษณาสินค้า การอ่านข้อมูลข่าวสารในหนังสือพิมพ์ บทความ ตลอดจนการชมภาพยนตร์ ข้อความที่เป็นแบบแฟ้มข้อมูลวีดิทัศน์ ตลอดจนการเล่นเกมออนไลน์ จำเป็นต้องมีการแนบข้อมูลแฟ้มภาพ หรือแฟ้มข้อมูลวีดิทัศน์ประกอบ ดังนั้นการบีบอัดแฟ้มข้อมูลภาพถ่ายหรือแฟ้มข้อมูลวีดิทัศน์ให้เล็กลง ก็จะทำให้การรับส่งข้อมูลภาพบนเครือข่ายสื่อสารอินเทอร์เน็ตทำได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

รายละเอียดของการบีบอัดภาพจะได้บรรยายรายละเอียดในบทที่ 10

1.2.7 เนื้อผิวของภาพ (image texture)

การประมวลผลภาพในรูปแบบการแยกแยะ การรู้จำ การเปรียบเทียบภาพจำนวนหลายหลายภาพว่ามีความคล้ายคลึงกันหรือมีความเหมือนกันหรือไม่ นักวิจัยนิยมใช้คุณลักษณะของภาพหลัก ๆ 3 ประเภทต่อไปนี้มาใช้ในการเปรียบเทียบภาพคือ

คุณลักษณะด้านสีภาพ (color features)

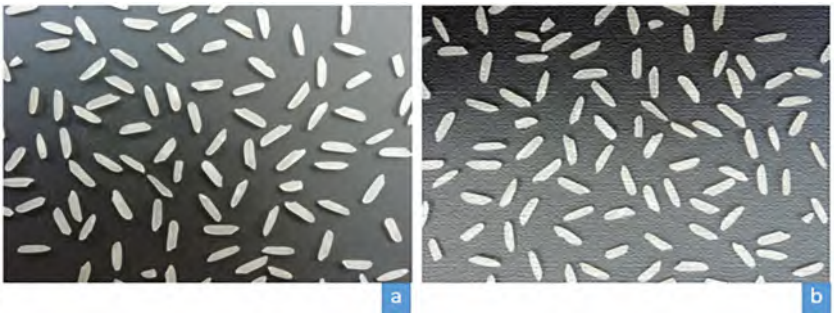
คุณลักษณะด้านรูปทรงภาพ (shape features)

คุณลักษณะด้านเนื้อผิวภาพ (texture features) เป็นต้น

ในบทที่ 11 นี้จะบรรยายถึงรายละเอียดของการประมวลผลคุณลักษณะด้านเนื้อผิวของภาพอย่างละเอียด

ตัวอย่างที่ 1.7

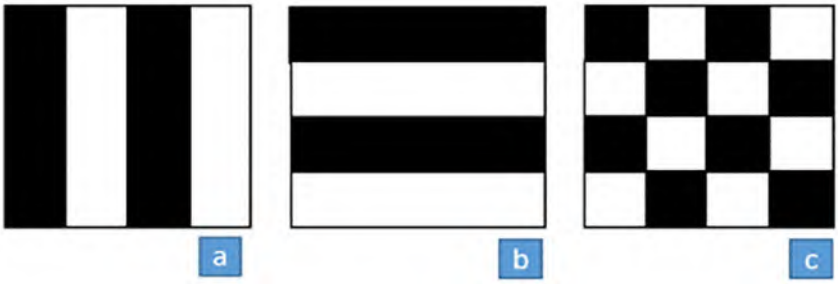
ภาพเมล็ดข้าวสารในรูปที่ 1.13 (a) และรูปที่ 1.13 (b) เป็นภาพเมล็ดข้าวสารที่ถ่ายคนละเวลากัน การแยกแยะความแตกต่างของภาพเมล็ดข้าวสารทั้ง 2 ภาพ นอกจากจะแยกแยะด้วยการนับจำนวนเมล็ดข้าวสาร ตำแหน่งของเมล็ดข้าวสารวางอยู่แล้ว ผู้อ่านยังสามารถแยกแยะด้วยลวดลายบนเนื้อผิวภาพ (texture) ของภาพเมล็ดข้าวสารทั้งสองภาพที่มีความแตกต่างกันได้อีกวิธีหนึ่ง หากสังเกตดูเนื้อผิวของภาพ 1.13 (a) จะพบว่า เนื้อผิวภาพมีความลื่นมากกว่าเนื้อผิวของภาพ 1.13 (b) ค่าที่ใช้ในการเปรียบเทียบเนื้อผิวของภาพเป็นค่าทางสถิติ เช่น ค่า energy ค่า entropy ค่า correlation ค่า contrast และค่า homogeneity เป็นต้น รายละเอียดของการหาค่าเนื้อผิวภาพดังกล่าว ผู้อ่านสามารถศึกษาในรายละเอียดในบทที่ 11 ของหนังสือเล่มนี้



รูปที่ 1.13 ภาพเมล็ดข้าวสารที่มีลวดลายบนเนื้อผิวของภาพที่แตกต่างกัน
(a) พื้นหลังสีเทาเข้ม (b) พื้นหลังสีเทาอ่อน
(ประมวลผลภาพโดยผู้เขียน)

ตัวอย่างที่ 1.8

ภาพบางรูปแม้ว่าภายในภาพจะประกอบด้วยจุดภาพสีขาวและจุดภาพสีดำจำนวนเท่ากัน แต่หากการเรียงตัวของเนื้อผิวของภาพที่แตกต่างกันย่อมจะทำให้ภาพเหล่านั้นเป็นภาพที่แตกต่างกันไปด้วย ยกตัวอย่าง เช่น ภาพแถบสี่เหลี่ยมสีขาวดำที่แสดงในรูปที่ 1.14 (a) 1.14 (b) และ 1.14 (c) ภาพทั้ง 3 ต่างก็ประกอบด้วยแถบสี่เหลี่ยมที่มีจำนวนจุดภาพสีขาวและจุดภาพสีดำเท่ากัน แต่ในรูปที่ 1.14 (a) แถบสี่เหลี่ยมสีขาวดำเรียงตัวกันตามแนวตั้ง ส่วนรูปที่ 1.14 (b) แถบสี่เหลี่ยมสีขาวดำเรียงตัวกันตามแนวนอน รูปสุดท้ายรูปที่ 1.14 (c) แถบสี่เหลี่ยมสีขาวดำเรียงตัวกันเป็นรูปตารางหมากรุก ซึ่งภาพทั้ง 3 หากนับจำนวนจุดภาพสีขาวและจุดภาพสีดำ ภาพทั้ง 3 รูปจะประกอบด้วยจำนวนจุดภาพสีขาวและจุดภาพสีดำที่เท่ากันทุกประการ แต่ภาพทั้ง 3 ก็ไม่ใช่เป็นภาพเดียวกัน



รูปที่ 1.14 ภาพที่ประกอบด้วยแถบสี่เหลี่ยมสีขาวดำมีการเรียงตัวของเนื้อผิวที่ไม่เหมือนกัน (a) แถบสีแนวตั้ง (b) แถบสีแนวขวาง (c) แถบตารางหมากรุก
(ประมวลผลภาพโดยผู้เขียน)

ตัวอย่างที่ 1.9

ในบทที่ 11 เรื่องการประมวลผลเนื้อผิวภาพจะบรรยายถึงเทคนิคในการหาค่าเนื้อผิวของภาพ ไม่ว่าจะเป็นเนื้อผิวที่ละเอียด เนื้อผิวที่หยาบ ย่อมจะมีค่าเนื้อผิวของภาพที่ไม่เท่ากัน ซึ่งค่าเนื้อผิวของภาพเป็นคุณลักษณะที่สำคัญของภาพ เช่น ภาพเนื้อผิวของกล้วยหอมสุกกำลังดีย่อมจะมีความละเอียดของเนื้อผิวของเปลือกกล้วยหอมที่สม่ำเสมอกว่าเนื้อผิวของเปลือกกล้วยหอมที่สุกงอม ดังแสดงในรูปที่ 1.15 (a) และ 1.15 (b)

รูปที่ 1.15 ความแตกต่างของเนื้อผิวภาพเปลือกกล้วยหอม (a) กล้วยหอมที่สุกกำลังดี (b) กล้วยหอมที่สุกงอม
(ประมวลผลภาพโดยผู้เขียน)