บทที่ 5
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ

การพัฒนาแอปพลิเคชันระบบประมวลผลภาพเพื่อวิเคราะห์โรคข้าว บนอุปกรณ์เคลื่อนที่ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ผู้พัฒนาใช้ภาษาจาวาและไพทอน เขียนโปรแกรมระบบผ่านแอนดรอยด์ สตูดิโอ และใช้อัลกอริทึมโครงข่ายประสาทแบบคอนวอลูชันแนล (CNN) ที่ฝังอยู่ในไลบรารีของ TensorFlow Engine เพื่อจำแนกภาพโรคข้าว 3 โรค คือ โรคไหม้ โรคขอบใบแห้ง และโรคใบจุดสีน้ำตาล โดยใช้หลักการเรียนรู้เครื่อง (Machine Learning) เข้าร่วมในการพัฒนาซอฟต์แวร์ในส่วนการจำแนกภาพ (Image Classification)

ต้นแบบแอปพลิเคชันประกอบด้วยสามส่วนงาน คือ การค้นหาองค์ความรู้ด้านโรคข้าว การประมวลผลภาพ และการปรับเปลี่ยนโมเดลผู้จำแนก ส่วนของการค้นหาองค์ความรู้ด้านโรคข้าว จะนำความรู้ทั่วไปจากคลังความรู้ข้าว ของกรมวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์มาแสดง ส่วนของการประมวลผลภาพโรคข้าว จะทำการจำแนกชื่อโรคข้าว จากการประมวลผลภาพทดสอบด้วยหลักการเรียนรู้เครื่องของโมเดลผู้จำแนก (Classifier Model) ร่วมกับหลักการจำแนกภาพของโครงข่ายประสาทแบบคอนวอลูชันแนล ส่วนสุดท้ายคือส่วนของการปรับเปลี่ยนโมเดลผู้จำแนก ที่นำมาใช้ฝึกสอนเครื่องให้รู้จำแพทเทิร์นของลักษณะเด่น (Dominant Feature) ของอาการในใบข้าวที่เป็นโรคแต่ละใบ และสามารถปรับเพิ่มลดโมเดลผู้จำแนก ที่จัดเก็บบนเครื่องแม่ข่าย และบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ของผู้ใช้แอปพลิเคชัน

ในส่วนของการทดสอบความแม่นยำในการประมวลผลภาพ พบว่า แอปพลิเคชันสามารถจำแนกชื่อภาพใบข้าวที่เป็นโรคทั้ง 3 ชนิด ด้วยความแม่นยำสูงกว่า 80 % การส่องกล้องภาพทดสอบในระยะใกล้ มักจะได้เปอร์เซ็นต์ความแม่นยำสูงกว่าการส่องกล้องภาพทดสอบในระยะไกล ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความคมชัดในลักษณะเด่นของภาพด้วย ทั้งนี้แอปพลิเคชันยังสามารถจำแนกโรคข้าวอื่น เช่น หนอนห่อใบข้าว ได้ถูกต้อง รวมทั้งวัตถุอื่นที่ไม่ใช่ใบข้าวที่เป็นโรคด้วย นอกจากนี้ ในการทดสอบหาค่าความผิดพลาด (Error) ของการประมวลผล พบว่า การทดสอบการประมวลผลภาพรวม 60 รายการ ค่าความผิดพลาดต่ำกว่า 20% ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้

ในส่วนการปรับรุ่นของโมเดลผู้จำแนก เพื่อนำมาทดสอบการประมวลผลภาพในแต่ละครั้ง พบว่า หลังจากที่ทำการปรับรุ่นมาทั้งหมดสี่รุ่น ความแม่นยำในการประมวลผลสูงขึ้นเรื่อยๆ จนสิ้นสุดที่โมเดลผู้จำแนกรุ่นสุดท้าย ได้คัดเลือกข้อมูลเฉพาะภาพที่คมชัดมาได้ ดังนี้ โรคไหม้ 177 ภาพ โรคขอบใบแห้ง 177 ภาพ โรคใบจุดสีน้ำตาล 100 ภาพ การประมวลผลภาพ มีความแม่นยำเกิน 90%

การประเมินผลความพึงพอใจของผู้ใช้แอปพลิเคชัน สามารถสรุปได้จากการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถาม ผู้เชี่ยวชาญจากกรมการข้าวจำนวน 3 ท่าน ที่ได้เข้าร่วมการทดสอบการใช้แอปพลิเคชันประมวลผลภาพ ณ ท้องที่ปลูกข้าว พบว่าผู้ใช้มีความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันระบบประมวลผลภาพ เพื่อวิเคราะห์โรคข้าว บนอุปกรณ์มือถือ อยู่ในระดับดี ด้วยคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ย 4.18 และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.13 บ่งบอกถึงความแม่นยำในการประมวลผลภาพสูง และค่าความผิดพลาดของการประมวลผลอยู่ในระดับต่ำ

5.2 ข้อจำกัดของระบบ

การเก็บรวบรวมข้อมูลภาพใบข้าวที่เป็นโรค ซึ่งหาพบในท้องที่ปลูกข้าวได้ในรอบระยะเวลาหนึ่งของวัฏจักรการเพาะต้นกล้าถึงการเก็บเกี่ยวข้าว ทำได้ยากที่จะหาภาพโรคข้าวตามที่กำนดไว้ในขอบเขตงานวิจัย ลักษณะเด่นของรอยแผลข้าวที่เป็นโรคก็มีหลากหลายรูปแบบ การเก็บภาพให้ได้มากที่สุดมาสร้างโมเดลผู้จำแนก จึงเป็นสิ่งจำเป็นต้องทำ แต่เนื่องจากระยะเวลาการวิจัยสั้นมาก ไม่ถึงหนึ่งปี ทำให้ผู้วิจัยไม่สามารถจัดหารูปภาพของใบข้าวแต่ละโรค ได้เพียงพอกับการนำมาใช้สร้างโมเดลผู้จำแนก เนื่องจากผลการวิจัยพบว่าจำนวนโมเดลที่ถูกนำมาเทรนภาพสูงเท่าใด ความแม่นยำในการประมวลผลภาพยิ่งสูงขึ้นเท่านั้น

การใช้งานแอปพลิเคชันระบบประมวลผลภาพ เพื่อวิเคราะห์โรคข้าวบนอุปกรณ์มือถือ ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ สามารถใช้ผ่านโทรศัพท์สมาร์ทโฟนและแท็บเล็ตต่างๆ ที่รองรับระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ หน้าจออุปกรณ์จึงควรเป็นรุ่นมีความคมชัดในระดับหนึ่ง จึงสามารถประมวลผลภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่ง Spec ของอุปกรณ์มือถือ ควรเป็นดังนี้

5.2.1 โทรศัพท์สมาร์ทโฟนหรือแท็บเล็ตต้องมีกล้องประสิทธิภาพสูง ฝังอยู่ในตัวเครื่อง

5.2.2 ระบบสามารถใช้งานได้บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เวอร์ชั่น 5.0 ขึ้นไป

5.2.3 จำเป็นต้องเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตในการปรับโมเดลผู้จำแนกจากเครื่องแม่ข่าย

5.2.4 สมาร์ทโฟนที่ใช้ควรมีสเป็กของตัวเครื่องที่มี CPU ประมวลผลเร็วในระดับหนึ่ง

ข้อจำกัดอีกด้านหนึ่ง คือ เวลาที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลและพัฒนาซอฟต์แวร์สั้นมาก ควรขยายเวลาการพัฒนาอีกสองปี โดยเฉพาะการเก็บภาพที่นำมาฝึกสอนให้เครื่องรู้จำลักษณะเด่นของอาการโรคข้าวที่หลากหลายได้ จึงจะได้แอปพลิเคชันใช้งานที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

5.3 ปัญหาอุปสรรค และ แนวทางแก้ไข

5.3.1 ปัญหาที่พบ

1. การจัดเก็บภาพถ่ายใบข้าวที่เป็นโรค เพื่อมาสร้างโมเดลผู้จำแนกใน TensorFlow Engine ทำได้ยาก และต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญช่วยระบุชื่อโรคข้าวที่ถูกต้อง เพราะบางอาการอาจเกิดจากการพ่นสารเคมี หรือการทำลายใบข้าวของแมลงศัตรูพืช ส่งผลให้ภาพที่นำมาฝึกหรือเทรน มีจำนวนน้อย หรือบางภาพอาจมีความคมชัดต่ำกว่าที่ระบบจะจำแนกชื่อโรคข้าวเป็นผลลัพธ์ที่ถูกต้องได้

2. ปัญหาด้านการหาเครื่องมือที่เหมาะสมใช้เป็นเครื่องมือช่วยจำแนกโรคข้าว ซึ่งใน

ระยะแรกของการพัฒนาผู้พัฒนาเลือกใช้โปรแกรม OpenCV โดยเขียนโปรแกรมภาษาจาวา ครอบบน C++ แต่ไม่ประสบผลสำเร็จในการจำแนกภาพโรคข้าว ต่อมาจึงเปลี่ยนไปใช้ซอฟต์แวร์ Tensorflow 1.4 ที่มีไลบรารีของโครงข่ายประสาทแบบคอนวอลูชันแนลฝังตัวอยู่ และจึงค่อยพัฒนาโมเดลผู้จำแนก ในเรื่องความแตกต่างของภาพ ความคมชัด และจำนวนภาพ ให้การประมวลผลภาพของแอปพลิเคชันมีความแม่นยำมากขึ้น

3. กำหนดเวลาทดสอบแอปพลิเคชันสำหรับการเก็บภาพโรคข้าวในพื้นที่เพาะปลูกที่จะนำมาทดสอบได้ยาก และใช้เวลามากว่าหนึ่งรอบเวลาของการปลูกข้าว

4. หากอุปกรณ์เคลื่อนที่ซึ่งถูกใช้เป็นเครื่องมือประมวลผลภาพ มีหน้าจอที่มีความคมชัดน้อย หรือภาพที่นำมาทดสอบมีความคมชัดน้อยลง ก็จะทำให้ความแม่นยำในการประมวลผลภาพต่ำกว่าที่ยอมรับได้ หรือเกิดค่าความผิดพลาดจากการประมวลผลภาพขึ้นได้

5.3.2 แนวทางแก้ไข

1. พยายามหาแหล่งเก็บข้อมูลภาพโรคข้าวที่หลากหลายพื้นที่เพาะปลูกของประเทศไทย

2. ค้นหาเทคโนโลยีซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ ที่รองรับการทำ Image Classification

3. จัดหาอุปกรณ์มือถือที่มีความเร็วของหน่วยประมวลผลสูง และความละเอียดหน้าจอสูงพอที่จะใช้ประมวลผลภาพ

4. ทดสอบแอปพลิเคชันร่วมกับผู้เชี่ยวชาญด้านโรคข้าวในพื้นที่เพาะปลูกที่เหมาะสมและในเวลาที่เหมาะสม

5.4 อภิปรายผล

วิวัฒนาการของการจำแนกภาพเพื่อใช้ประโยชน์ในงานใดงานหนึ่ง มีจุดเริ่มต้นมาช้านานแล้ว ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 มีการใช้วิธีการจำแนกภาพและจัดกลุ่มข้อมูลด้วยตาเปล่า (ชัย สงวนสิน, 2542) ต่อมามีการใช้โครงข่ายประสาทเทียมด้วยทฤษฎีเรโซแนนซ์แบบปรับตัวเพื่อตรวจจับหน้าคน (อภิรดี อัมพวะสิริ, 2541) และมีการใช้วิธีรู้จำภาพใบหน้า (Face Recognition) เพื่อการเรียนรู้และทดสอบใบหน้าคน (สมปอง เวฬุวนาธร และสุพจน์ นิตย์สุวัฒน์, 2554) ในเวลาใกล้เคียงกัน ก็มีการใช้เปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญ CLIPS มาทำหน้าที่สร้างกฎ อนุมาน และวิเคราะห์ด้วยอัลกอริทึม Decision Tree (พัชราภรณ์ ราชประดิษฐ์, 2556) และมีการใช้เทคนิคการค้นหาข้อมูลโรคข้าวแบบ Decision Tree บนระบบการ iOS (คณัสนันท์ วรรณวิจิตร, 2557) ตลอดจนมีหน่วยงานของรัฐบาลพัฒนาโปรแกรมประเมินการระบาดของโรคพืช ด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพขั้นพื้นฐาน (อุดมศักดิ์ เลิศสุชาตวนิช, 2559)

ในขณะเดียวกัน จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยต่างประเทศ ก็มีการใช้วิธีการประมวลผลภาพเพื่อค้นหาวัตถุในภาพ ด้วยเทคนิค Canny edge detector & Bayesian (Jain & Chadokar, 1996) นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาระบบจดจำใบหน้าคน ด้วยอัลกอริทึมของโครงข่ายประสาทแบบคอนวอลูชันแนล (CNN) โครงข่ายประสาท SOM และ Perceptron (Lawrence, 1997) ในเวลาอีก

ห้าปีต่อมา ก็ยังมีผู้พัฒนาอัลกอริทึมของโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนวอลูชันแนล (CNN) ขึ้นใช้กับระบบการจำแนกภาพแบบ Deep Learning (Krizhevski, A. etc., 2012)

ในงานวิจัยระบบประมวลผลภาพเพื่อวิเคราะห์โรคข้าวบนอุปกรณ์มือถือ ครั้งนี้ ทีมผู้วิจัย ได้นำอัลกอริทึม CNN ขึ้นใช้ร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้เครื่อง (Machine Learning) ด้วยใช้หลักการเรียนรู้แบบมีผู้สอน และการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) มาทำการเรียนรู้และรู้จำลักษณะเด่นของใบข้าวที่เป็นโรค (Image Recognition) พร้อมทั้งจำแนกภาพ (Image Classification) ร่วมกับอัลกอริทึมพื้นฐานของการประมวลผลภาพ อาทิ การตรวจหาขอบภาพ (Canny Edge Detector) และการแก้ไขภาพ (Image Editing) ทั้งนี้ ผลการวิจัยพบว่า อัลกอริทึมและเทคนิคดังกล่าว สามารถจำแนกชื่อโรคข้าวได้อย่างมีความถูกต้องขั้นต่ำ 80% และพบค่าความผิดพลาดอันเนื่องมาจากการประมวลผลภาพ ต่ำกว่า 20% ซึ่งอยู่ในช่วงค่าที่ยอมรับได้

5.5 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาต่อไป

จากการที่ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาแอปพลิเคชันจนเสร็จสิ้นสมบูรณ์ มีการปรับเปลี่ยนรุ่นของโมเดลผู้จำแนกไปทั้งหมด 4 รุ่น แต่ละรุ่นก็ให้ค่าความแม่นยำและค่าความผิดพลาดในการประมวลผลภาพที่แม่นยำขึ้นตามลำดับ ในอนาคต อาจต้องจัดเก็บภาพที่นำมาสร้างโมเดลผู้จำแนกมากขึ้น และเป็นภาพที่ถ่าย Close-up ตรงลักษณะเด่นในอาการของใบข้าวที่เป็นโรค ผู้วิจัยเชื่อว่าหากภาพมีจำนวนที่มากพอ และมีความหลากหลายในลักษณะอาการของโรคข้าวแต่ละโรค การประมวลผลภาพก็จะมีความแม่นยำสูงขึ้นด้วย

อนึ่ง การเลือกใช้เครื่องมือ เทคนิควิธีการ และอัลกอริทึมในการจำแนกภาพ จะสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นใช้ในปัจจุบัน เช่น ปัจจุบัน Google ได้พัฒนา TensorFlow Lite ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ทูลที่สามารถรันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ขนาดเล็ก และประมวลผลภาพได้ โดยไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล หรือโน้ตบุ๊ก มาสร้างโมเดลผู้จำแนก ก่อนที่จะส่งไปประมวลผลภาพบนอุปกรณ์มือถือ แต่สามารถทำทุกๆ ขั้นตอน บนอุปกรณ์เคลื่อนที่ซึ่งมีประสิทธิภาพสูง และรองรับ Neural Network API ของ Tensorflow Engine ได้ อาทิเช่น สมาร์ทโฟน Huawei Mate 10 Pro หรือ Google Pixel เป็นต้น ดังนั้น ในอนาคต การพัฒนาซอฟต์แวร์ระบบประมวลผลภาพ จึงมีความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาได้ง่ายขึ้น

บรรณานุกรม

กองส่งเสริมการอารักขาพืชและจัดการดินปุ๋ย กรมส่งเสริมการเกษตร. (2559). **สรุปสถิติและสถานการณ์ศัตรูพืชที่สำคัญปี 2556-2558 และแนวทางการจัดการศัตรูพืชในปี 2559**. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กองวิจัยและพัฒนาข้าว. (2550). **การปลูกข้าวและพันธ์ข้าว**. กรุงเทพมหานคร: กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

คณัสนันท์ วรรณวิจิตร. (2557). **ระบบวิเคราะห์โรคต้นข้าวบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ผ่านระบบปฏิบัติการไอโอเอส**. ภาคนิพนธ์สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

จารวี ฉันทสิทธิพร, 2548. การจำแนกชนิดยาเม็ดจากภาพถ่าย โดยใช้เทคนิคเครือข่ายใยประสาท, วิทยานิพนธ์ (วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต) มหาวิทยาลัยศิลปากร.

จิระศักดิ์ สิทธิกร, การแบ่งกลุ่มข้อมูลภาพโดยใช้อัลกอริทึมสเปเชียลฟัซซีซีมีนส์, วิทยานิพนธ์ (วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2547.

ศิริชัย ปริตโตทกพร, (2542). การแยกกลุ่มข้อมูลภาพทางการแพทย์โดย Fuzzy C-Means และการพิจารณา Histrogram ของภาพ, วิทยานิพนธ์ (วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต)สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

พัชราภรณ์ ราชประดิษฐ์ และจันทนา จันทราพรชัย, (2556). **ระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อวินิจฉัยโรคข้าว.** วารสารวิชาการ Veridian E-Journal, Vol. 6(1).

สมปอง เวฬุวนาธร และสุพจน์ นิตย์สุวัฒน์, (2554). **การรู้จำภาพใบหน้าด้วยการแยกคุณลักษณะของใบหน้าทั้งใบหน้าและเฉพาะส่วนโดยใช้แบบจำลองเชิงเลขาคณิต**. Proceeding of the 6th National Conference on Computer and Information Technology (NCCIT2010), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี.

สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว. (2560). **โรคข้าวที่สำคัญในประเทศไทย**. กรุงเทพมหานคร: กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

เอกสงวน ชูวิสิฐกุล. (2547). **ข้อควรระวังในการปลูกข้าว**. กรุงเทพมหานคร: สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร.

อภิรดี อัมพวะสิน. (2551). **เทคนิคการตรวจจับหน้าคนด้วยโครงข่ายทฤษฎีเรโซแนนซ์แบบปรับตัว**. วิทยานิพนธ์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยสุรนารี. 2551.

อุดมศักดิ์ เลิศสุชาตวนิช. (2559). **โปรแกรมประเมินการระบาดของโรคพืช**. สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอกชัย สงวนสิน, (2542).**ระบบการค้นหาภาพอาชญากร** (A Criminal Photos Seeking System), วิทยานิพนธ์ (วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

Ballard, D. H. (1981). Generalizing the Hough Transform to Detect Arbitrary Shapes. Pattern Recognition. Vol. 13(2), pp. 111-122.

Barbedo, J. G. A. 2013. **Digital image processing techniques for detecting, quantifying and classifying plant diseases**. Springer Plus, 2(1), 660.

Blum, A. (1992). **Neural Networks in C++: An Object-Oriented Framework for Building Connectionist Systems** (1st Edition). NY: Wiley.

Canny, J. (1986). **A Computational Approach to Edge Detection**. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. Vol. 8 (6), November'1986.

Deshpande, A. (2017). **Convolutional Neural Network**. Retrieved from: https://en.wikipedea.org/Convolutional_neural_network [15 February 2017].

Geitgey, A. (2014). **Machine Learning is Fun**. Retrieved from: https://medium.com/@Ageitgey/machine-learning-is-fun-80ea3ec3c471.

Google Developers. (2017). **Development of TensorFlow 1.4**. Retrieved from: https://www.tensorflow.org/ [15 December 2017].

Granville, V. (2017). Machine Learning Summarized in One Picture. Retrieved from: https://www.datasciencecentral.com/profiles/blogs/machine-learning-summarized-in-one-picture [15 January 2018].

Lawrence, S. (1997). **Face Recognition: a Convolutional Neural-Network Approach**. IEEE Transactions on Neural Networks. Vol. 8(1), January' 1997.

IRRI.org. (2017). **Rice Knowledge Bank**. Retrieved from: http://www.knowledgebank.irri.org/training/fact-sheets/pest-management/diseases/ [15 December 2016].

Jarvis, C.H. and Stuart, N. (1996). The Sensitivity of a Neural Network for Classification Remotely Sensed Imagery. ScienceDirect: Computer & Geosciences:. Vol. 22(9), November 1996, pp. 959-967.

Rasband, W. (2017). NIH Image: Learning ImageJ. Retrieved from: https://imagej.net/ImageJ [15 February 2018].

Krizhevsky, A., Sustskever, I., & Hinton, G. E. (2013). **ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks**. Retrieved from: http://code.google.Com/p/cuda-convnet [16 December 2016].

Le, J. (2016). **The 10 Algorithms Machine Learning Engineers Need to Know**. Retrieved from: https//www.kdnuggets.com/2016/08/10-algorithms-machine-

learning-engineers.html [14 December 2016].

Lewis, K. O. (2002). Image Processing for Teaching (IPT) in Science Classrooms. Meridian, A Middle School Computer Technologies Journal, 5(2).

Pass, G. & Zabih, R. (1996). **Histogram Refinement for content-based Image Retrieval**. In IEEE Workshop on Application of Computer Vision, pp. 96-102.

Poonsilp, A. & Sudsang, A. (2004). Color-Based Face and Facial Features Detection, The National Computer Science and Engineering Conference (NCSEC 2004), Prince of Songkhla University (Hadyai Campus), Thailand.

Raghav, M. & Raheja, S. 2014. Image Denoising Techniques: Literature Review. International Journal of Engineering and Computer Science, vol. 3(5). May(2014) pp. 5637-5641.

Sachan, A. (2017). **TensorFlow Tutorial: 10 minutes Practical TensorFlow lesson for quick learners**. Retrieved from: http://cv-tricks.com/artificial-intelligence/deep-learning/deep-learning-frameworks/tensorflow-tutorial/ [15 March 2018].

Sachan, A. (2017). **TensorFlow Tutorial2: Image Classifier using Convolutional Neural Network**. Retrieved from: http://cv-tricks.com/tensorflow-tutorial/training-convolutional-neural-network-for-image-classification/ [15 March 2018].

Singh, V. & Misra, A. K. (2017). **Detection of Plant Leaf Diseases using Image Segmentation and Soft Computing Techniques**. Information Processing in Agriculture, 4(1), 41-49.

Smith, J. R. and Chang, F.S. (1996). **Tools and Techniques for Color Image Retrieval**. Symposium on Electronic Imaging: Science and Technology Storage and Retrieval for Image and Video Database IV, vol. 2670, pp. 237- 426.

The National Academy of Science. 1968. **Principal of Rice Disease Prevention**. Washington: USA.

UFLDL Tutorial. (2017). Convolutional Neural Network. Retrieved from: https://ufldl.stanford.edu/tutorial [15 February 2018].

Witten, I.H., Moffat, A. & Bell, T. C. 1999. **Managing gigabytes: compressing and indexing documents and images**. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann.

J. Kautz and H.-P. Seidel. Hardware accelerated displacement mapping for image based rendering.

InGraphics Interface 2001, pages 61-70, 2001.

M. Oliveira and G. Bishop. Image-based objects. InACM Symposium on Interactive 3D Graphics, pages 191-198, 1999.