บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการออกแบบ พัฒนา และทดสอบระบบ CVIX ที่กล่าวมาแล้วในขั้นต้น ในการศึกษาครั้งนี้สามารถวิเคราะห์และสรุปผลการทำงานของโปรแกรมต้นแบบ พร้อมทั้งข้อเสนอแนะในการพัฒนาระบบต่อไป ดังนี้

6.1 ข้อจำกัดในการทำงานของ CVIX

การทำงานของระบบโดยทั่วไปย่อมมีข้อจำกัด การใช้งานโปรแกรมไม่สามารถทำได้ทุกกรณี เช่นเดียวกับ CVIX มีข้อจำกัดในการทำงานดังนี้

6.1.1 ด้านฮาร์ดแวร์

CVIX จะต้องทำงานบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ที่ใช้ไมโครโพรเซสเซอร์ 80486 ขึ้นไป หน่วยความจำหลักอย่างน้อย 8 เมกะไบท์ ภายใต้การทำงานของโปรแกรมวินโดว์ 3.11 ภาคภาษาไทย ใช้พื้นที่ในจานแม่เหล็กแบบแข็งประมาณ 8 เมกะไบท์ จอภาพขนาด 800 x 600 แสดง 256 สี ตัวหนังสือขนาดเล็ก ใช้เมาส์ช่วยในการทำงาน

6.1.2 ส่วน CVIX - Identify

6.1.2.1 เป็นโปรแกรมสำหรับจำแนกอ้อยที่ใช้ทำน้ำตาลเท่านั้น และในขั้นต้นสามารถจำแนกพันธุ์อ้อยได้ 50 พันธุ์ ที่ปลูกในสภาพที่สมบูรณ์ เขตภาคกลาง

6.1.2.2 ผู้ใช้ต้องตอบคำถามตามที่ระบบให้เลือกเท่านั้น

6.1.2.3 ผู้ใช้ต้องมีความคุ้นเคยหรือรู้จักอ้อยพอสมควร

6.1.2.4 ระบบจะสามารถวินิจฉัยได้เฉพาะความรู้ที่มีอยู่ในฐานความรู้เท่านั้น

6.1.2.5 เมื่อวินิจฉัยจนได้คำตอบแล้ว การอธิบายเหตุผลว่าทำไมถึงเป็นเช่นนั้น ระบบจะให้ผู้ใช้สามารถเลือกดูรายละเอียดของพันธุ์เอง เพื่อเปรียบเทียบลักษณะอื่นๆ และหาข้อสรุป

6.1.2.6 การทำงานถูกต้องหรือผิดพลาดของระบบ ขึ้นอยู่กับการตัดสินใจเลือกคำตอบและประสบการณ์ด้านอ้อยของผู้ใช้

6.1.2.7 ระบบต้นแบบจะไม่มีการทำ backtracking เนื่องจากการวินิจฉัยขึ้นกับคุณสมบัติของอ้อยและการทำงานส่วนหนึ่งขึ้นกับผู้ใช้ ดังนั้นเปอร์เซนต์การผิดพลาดอาจจะสูงขึ้น และเป็นการจำกัดคำตอบที่มีเฉพาะในฐานความรู้เท่านั้น

6.1.3. ส่วน CVIX - AssistKE

6.1.3.1 เป็นโปรแกรมสำหรับวิศวกรความรู้ เพื่อใช้ปรับปรุงระบบเท่านั้น

6.1.3.2 เป็นโปรแกรมที่จะช่วยงานวิศวกรความรู้ได้ในขั้นต้น สามารถเพิ่มคุณสมบัติของอ้อยได้ ครั้งละ 1 พันธุ์ ถ้าต้องการเพิ่มความรู้มากๆ จะต้องทำการปรับปรุงระบบทั้งหมดใหม่ อาจจะต้องสร้างต้นไม้การตัดสินใจใหม่ เพราะเมื่อความรู้มากขึ้นจะต้องใช้ลักษณะที่พิจารณามากขึ้นในการที่จะแยกพันธุ์ที่มีลักษณะคล้ายกันออกจากกัน

6.1.3.3 วิศวกรความรู้จะสามารถเติมพันธุ์ใหม่ได้ ในกรณีที่หากลุ่มพบเท่านั้น และจะต้องปรับปรุงส่วนของกลไกการหาเหตุผลเอง โดยใช้ภาษาวิชวล เบสิค

6.1.4.3 การเพิ่มคุณสมบัติของพันธุ์อ้อยลงในฐานความรู้ จะต้องใส่ค่าคุณสมบัติลงในช่องของหน้าจอให้ครบทุกช่อง พันธุ์ใหม่จึงจะถูกบรรจุลงในฐานความรู้โดยสมบูรณ์

6.1.4.4 การยกเลิกในขั้นตอนการทำงานใดๆ ในระหว่างการทำงานจะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงในฐานความรู้

6.2 วิเคราะห์ผลการวิจัย

6.2.1 ด้านการศึกษาความรู้ที่จะนำมาสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญ ในการสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญ สิ่งสำคัญที่ผู้สร้างจะต้องตระหนักคือ องค์ความรู้ที่จะใช้สร้างระบบ การรวบรวมความรู้ การดึงความรู้จากผู้เชี่ยวชาญ การแปลงความรู้เพื่อเก็บในฐานความรู้ การทำงานใน

ทุกๆ ขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับความรู้ ตลอดจนการสื่อสารกับผู้เชี่ยวชาญ เหล่านี้เป็นปัญหาที่สำคัญมากในการพัฒนาระบบ ถึงแม้ว่าปัจจุบันได้มีการพัฒนาด้านการเรียนรู้ เครื่องมือและวิธีการที่จะทำให้การทำงานในขั้นตอนนี้ลดปัญหาลง อย่างเช่นหลักการของ induction แต่การใช้งานก็ยังคงมีข้อจำกัด ความถูกต้องในการทำงานของระบบขึ้นอยู่กับคุณภาพของความรู้ วิธีการที่จะให้ได้มาซึ่งความรู้ ที่ถูกต้องจากผู้เชี่ยวชาญ การที่จะเข้าใจความรู้และกระบวนการตัดสินใจของผู้เชี่ยวชาญ ตลอดจนการถ่ายทอดความรู้และการตัดสินใจของผู้เชี่ยวชาญลงสู่ระบบเป็นเรื่องที่ยากและต้องอาศัยความช่างสังเกต ความรอบคอบมาก การพัฒนาระบบให้ดีจะใช้เวลามากหรือน้อยขึ้นกับขั้นตอนนี้ จากการวิจัยในครั้งนี้พบว่าการทำงานในขั้นตอนนี้ใช้เวลามากที่สุด คิดเป็น 70 % ของเวลาที่ทำงานวิจัย

6.2.2 ด้านการออกแบบระบบ ในระบบผู้เชี่ยวชาญ องค์ประกอบหลักที่จะต้องออกแบบให้เข้ากับสภาพปัญหาคือ ฐานความรู้และกลไกการอนุมาน วิธีการแทนค่าความรู้และการเลือกใช้กลไกการหาเหตุผลทำได้หลายรูปแบบ ไม่มีข้อกำหนดที่ตายตัว แต่การเลือกใช้จะต้องคำนึงถึงความยุ่งยากในการพัฒนาระบบ การปรับปรุงระบบ การขยายระบบ และการทำงานที่รวดเร็ว ในการวิจัยนี้ไม่สามารถที่กล่าวได้ว่าวิธีการแทนค่าความรู้แบบกรอบและตารางดีกว่าวิธีการแทนค่าความรู้แบบอื่นๆ หรือการเลือกใช้ต้นไม้การตัดสินใจดีกว่ากลไกการอนุมานแบบอื่นๆ แต่เหตุผลที่เลือกใช้เนื่องจากความเหมาะสม สำหรับการจัดเก็บความรู้พันธุ์อ้อยเป็นหมวดหมู่ ทำให้การเพิ่มเติมความรู้ใหม่ทำได้โดยไม่กระทบกระเทือนกับความรู้เดิม การปรับปรุงระบบเมื่อเพิ่มปัจจัยที่เกี่ยวข้องจะทำได้ง่าย เนื่องจากการแทนค่าความรู้แบบกรอบมีลักษณะเป็นโครงสร้างเช่นเดียวกับโปรแกรมเชิงวัตถุ สำหรับการใช้ต้นไม้การตัดสินใจเป็นวิธีการในขั้นต้นที่จะเลือกใช้ในการพัฒนาระบบต้นแบบ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้และความสามารถในการใช้เหตุผลของระบบ ทำให้ทราบถึงข้อบกพร่องหรือจุดอ่อนของการทำงานของระบบและเลือกสรรวิธีการที่เหมาะสมหรือปรับปรุงเพื่อให้มีความถูกต้องสูงขึ้นต่อไป เมื่อทำการทดสอบและปรับปรุงเพื่อให้มีความถูกต้องในการทำงานมากขึ้น จากการศึกษาพบว่าลักษณะของความรู้จะมีคุณสมบัติค่อนไปทางข้อมูล การใช้เหตุผลในการวินิจฉัยใช้ลักษณะของสิ่งที่รวมกันเป็นความรู้ (คุณสมบัติของอ้อย) ทำให้การออกแบบการทำงานใช้วิทยาการศึกษาสำนึก (heuristic) ค่อนข้างมาก และปัญหาลักษณะนี้เมื่อมีการเพิ่มเติมหรือปรับปรุงระบบทำให้จำเป็นจะต้องทบทวน (revise) ระบบใหม่ในบางครั้ง

6.2.3 ด้านการพัฒนาโปรแกรม การเลือกใช้เครื่องมือในการพัฒนาโปรแกรม ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในการออกแบบระบบ ความยากง่ายในการพัฒนาระบบ และความยากง่ายในการที่จะแก้ไขปรับปรุงระบบในอนาคต จากการศึกษาพบว่าการพัฒนาโปรแกรมน่าจะเป็นขั้นตอนที่มีปัญหาน้อยที่สุด ถ้าเลือกเครื่องมือที่เหมาะสม การใช้วิชวล เบสิค มีความเหมาะสมในแง่ของการออกแบบตัวประสานกับผู้ใช้และพัฒนาได้เร็ว ปัจจุบันมีเครื่องมือช่วยสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญมากมาย เช่น โครงระบบผู้เชี่ยวชาญ (expert system shell) ที่ผลิตโดยบริษัทต่างๆ ผู้พัฒนาสามารถเลือกใช้ได้ง่าย

6.2.4 ด้านการทำงานของระบบ สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญ คือ การทำงานของระบบจะต้องถูกต้องและรวดเร็ว จากการศึกษาพบว่า การทำงานของระบบในด้านความถูกต้องระบบจะต้องได้รับการทดสอบหลายๆ ครั้งจนกว่าจะได้รับความมั่นใจ และทำการแก้ไขปรับปรุงต่อไป แต่สำหรับความรวดเร็วในการทำงานนั้น ค่อนข้างจะมีปัญหาน้อยแม้ว่าตัวประสานกับผู้ใช้มีรูปภาพเป็นองค์ประกอบมากก็ตาม

6.2.5 ด้านการทดสอบระบบ การทดสอบระบบเป็นสิ่งสำคัญ ผลที่ได้จากการทดสอบจะนำมาใช้ปรับปรุงระบบในขั้นต่อไป เนื่องจากในช่วงที่ทำงานวิจัย ไม่สามารถทำการทดสอบกับตัวอย่างจริงที่มีลักษณะตรงตามมาตรฐานการจำแนกพันธุ์ได้ ทำให้สภาพทั่วไปของการทดสอบมีปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการทำงานของระบบหลายประการ เช่น

- คุณสมบัติและคุณภาพของตัวอย่าง ช่วงเวลาที่ทำการทดสอบเป็นช่วงฤดูที่อ้อยส่วนใหญ่จะมีอายุเกิน 10 เดือน
- แปลงรวบรวมพันธุ์เพื่อใช้เป็นแหล่งตัวอย่างในการทดสอบ อาจมีสภาพแวดล้อมที่ต่างจากแปลงที่ใช้เก็บลักษณะประจำพันธุ์ ทำให้ลักษณะบางประการแตกต่างไป
- อ้อยเป็นพืชที่ขยายพันธุ์โดยใช้ท่อนพันธุ์ เมื่อปลูกนานไปอาจมีการปะปนพันธุ์ ทำให้พันธุ์ไม่บริสุทธิ์ หรือเกิดการเสื่อมของพันธุ์ ซึ่งเป็นผลให้พันธุ์แม้จะมีชื่อเดียวกันนำมาจากแหล่งเดียวกัน แต่เมื่อนำไปปลูกติดต่อกันนานๆ ก็มีลักษณะที่แตกต่างกันได้

ดังนั้นผลที่ได้จากการทดสอบระบบในเบื้องต้น จึงไม่สามารถใช้เป็นค่าที่แสดงถึงประสิทธิภาพหรือความสามารถในการทำงานของระบบ การทดสอบที่ดีควรจะอยู่ในสภาวะที่เหมาะสม

6.3 ข้อดีและข้อเสียของระบบ CVIX

จากการศึกษาถึงข้อดีและข้อเสีย พบว่าระบบ CVIX มีทั้งข้อได้เปรียบและเสียเปรียบ เมื่อเทียบกับผู้เชี่ยวชาญ แต่อย่างไรก็ตามผู้พัฒนาระบบและผู้ใช้จำเป็นต้องระลึกเสมอว่า ระบบผู้เชี่ยวชาญไม่ใช่ผู้เชี่ยวชาญและไม่สามารถแทนที่ผู้เชี่ยวชาญได้ ระบบผู้เชี่ยวชาญจะช่วยทำงานในกรณีที่ผู้เชี่ยวชาญไม่ว่าง หรือในฐานะผู้ช่วยของผู้เชี่ยวชาญเท่านั้น ข้อเปรียบเทียบของผู้เชี่ยวชาญกับระบบ CVIX มีดังนี้

ผู้เชี่ยวชาญ	CVIX
ข้อได้เปรียบ	
1. ในการพิจารณาลักษณะประจำพันธุ์อ้อย สามารถใช้ประสาทสัมผัสด้านการมอง การสัมผัสด้วยผิว ทำให้การวินิจฉัยแม่นยำขึ้น 2. สามารถเรียนรู้และเพิ่มเติมความรู้ใหม่ ได้ง่ายและรวดเร็ว	1. ในกรณีที่ทำงานถูกต้องจะสามารถให้รายละเอียดของพันธุ์อ้อยได้มากกว่า 2. สามารถติดตั้งเพื่อใช้งานได้หลายแห่งและใช้งานได้ในช่วงเวลาเดียวกัน ในขณะที่ผู้เชี่ยวชาญจริง ไม่สามารถอยู่ได้หลายที่ในเวลาเดียวกัน
ข้อเสียเปรียบหรือข้อจำกัด	
1. การจดจำลักษณะประจำพันธุ์ต่างๆ ไม่สามารถทำได้หมดทุกลักษณะ 2. สามารถลืมได้	1. ไม่สามารถใช้ประสาทสัมผัสได้ 2. ลักษณะบางอย่างต้องดูที่ในแปลง อาจจะทำให้ผู้ใช้ไม่สะดวกในการตัดสินใจเลือกคำตอบ ทำให้การทำงานผิดพลาด ยกเว้นกรณีที่ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่เคลื่อนที่ นำลงไปในแปลงได้ 3. ความถูกต้องในการทำงานส่วนหนึ่ง ยังขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้ใช้ 4. ยังไม่สามารถเรียนรู้ได้เอง

6.4 สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาต้นแบบระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อการจำแนกพันธุ์อ้อย มีชื่อเรียกสั้นๆ ว่า CVIX (ซีวิกซ์) ได้พัฒนาให้ทำงานบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ภายใต้โปรแกรมวินโดว์ 3.11 ใช้การแทนค่าความรู้แบบกรอบและตาราง มีกลไกการหาเหตุผลที่ค่อนข้างไปทางข่ายความหมายและใช้ต้นไม้การตัดสินใจและการค้นหาในแนวลึก การออกแบบตัวประสานกับผู้ใช้ประกอบด้วยรูปภาพและคำตอบให้ผู้ใช้เลือก เพื่อลดข้อผิดพลาดในการป้อนข้อมูลนำเข้า และเพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกันระหว่างระบบกับผู้ใช้ให้มากที่สุด ระบบ CVIX ประกอบด้วยส่วนทำหน้าที่หลัก 2 ส่วนคือ Identify เป็นโปรแกรมสำหรับการจำแนกพันธุ์อ้อยและสอบถามลักษณะอ้อยพันธุ์ต่าง ๆ และ ส่วน AssistKE ทำหน้าที่ช่วยเหลือวิศวกรความรู้เพื่อเพิ่มความรู้ใหม่และการปรับปรุงระบบ การทำงานของระบบในขั้นต้นได้ผลตามความคาดหมาย

จากการศึกษาในครั้งนี้ทำให้ทราบแนวทางการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญชัดเจนขึ้น เริ่มจากการศึกษาองค์ความรู้ที่จะนำมาสร้างระบบ นั่นคือการศึกษาปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา หลังจากนั้นก็ทำการกำหนดรูปแบบการแทนค่าความรู้ให้เหมาะสมกับปัญหา เลือกการใช้กลไกการหาเหตุผลให้สอดคล้องกับการแทนค่าความรู้และประเภทของงาน เลือกเครื่องมือที่เหมาะสมในการพัฒนา แล้วทำการสร้างและทดสอบให้ใช้งานได้ถูกต้องตามต้องการ การปรับปรุงระบบทำได้ยากหรือง่ายขึ้นอยู่กับลักษณะของปัญหาและการออกแบบ ผลของการศึกษาจะได้โปรแกรมที่สามารถใช้งานได้ในขั้นต้น และเป็นต้นแบบที่จะใช้ปรับปรุงระบบที่สามารถใช้งานได้สมบูรณ์ต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.5 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาเพื่อพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญในขั้นต้น พบว่าการที่จะพัฒนาให้ระบบนี้สามารถใช้งานได้ดีขึ้น และมีความสามารถในการวินิจฉัยคล้ายกับผู้เชี่ยวชาญมากที่สุด ควรจะมีการปรับปรุงในด้านต่างๆ ดังนี้

6.5.1 ประสิทธิภาพในการทำงาน ความถูกต้องของการวินิจฉัยเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้ระบบมีคุณภาพ ดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นแล้วว่าระบบผู้เชี่ยวชาญจะประสบความสำเร็จได้ขึ้นอยู่กับคุณภาพของความรู้ แม้ว่าการจำแนกพันธุ์อ้อยจะเป็นเรื่องที่ยาก และมีปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้เข้ามาเกี่ยวข้องหลายอย่างก็ตาม แต่สามารถปรับปรุงคุณภาพของความรู้ได้ตามวิธีการดังนี้

- ควรมีการรวบรวมลักษณะประจำพันธุ์ที่ถูกต้องตรงตามพันธุ์ไว้ พร้อมกับบันทึกอายุอ้อย วัน-เดือน-ปีและสถานที่ที่บันทึก โดยผู้ที่มีประสบการณ์ในเรื่องพันธุ์โดยเฉพาะ

- สำหรับประเทศไทย ควรมีการศึกษาในเรื่องของพันธุ์และพัฒนาการของอ้อยอย่างละเอียด เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นมาตรฐานและถูกต้อง

- ข้อมูลจำนวนมากๆ จะทำให้สามารถสร้างกฎได้ถูกต้องมากขึ้น ดังนั้นควรมีการเก็บบันทึกข้อมูลของอ้อยแต่ละพันธุ์หลายลักษณะและหลายตัวอย่าง โดยจะต้องเป็นข้อมูลที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญ เพื่อที่จะนำมาใช้สร้างกฎโดยใช้ขั้นตอนวิธีของ ID3 จะทำให้ระบบมีความถูกต้องมากขึ้น

ความรู้ที่ถูกต้องประกอบกับมีแนวคิดต้นแบบของระบบผู้เชี่ยวชาญและอาศัยเวลาในการศึกษาหาข้อบกพร่องและปรับปรุงแก้ไข ก็จะได้ระบบที่ทำงานได้ดี ในกรณีที่นำไปประยุกต์ใช้กับพืชอื่นๆ ก็เช่นกัน ความรู้ที่จะนำมาสร้างระบบคอมพิวเตอร์ต่างๆ นั้น ต้องมีคุณภาพ

6.5.2 ควรหาวิธีลดความแปรปรวนในการสังเกตลักษณะที่ให้ผู้ใช้ตอบคำถาม โดยการเพิ่มรูปภาพที่แสดงรูปแบบต่างๆ ของลักษณะนั้นๆ เช่น ลักษณะรูปร่างปล้องที่แตกต่างกัน 6 แบบ ลักษณะของอ้อยบางพันธุ์อาจมีรูปร่างปล้องเหมือนกับรูปที่แสดงไว้ ในบางพันธุ์อาจมีลักษณะที่ไม่ชัดเจนนัก แต่จะต้องเลือกรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง ในกรณีนี้อาจทำให้ผู้ใช้ตัดสินใจไม่เหมือนกัน ควรต้องเพิ่มรูปแบบย่อยๆ ของแต่ละแบบให้ผู้ใช้เลือก เป็นต้น

6.5.3 การทำงานของผู้เชี่ยวชาญบางครั้งยังเกิดความผิดพลาดขึ้น บางครั้งก็ไม่สามารถให้คำตอบที่ชัดเจนได้ อีกทั้งสภาพแวดล้อมก็ทำให้การแสดงออกของลักษณะประจำพันธุ์แตกต่างกันด้วย ระบบจึงควรมีการทำงานที่ยืดหยุ่นมากกว่านี้ เช่น มีการอนุมานภายใต้ความไม่แน่นอน โดยคำนวณค่า CF ประกอบการให้คำตอบ หรือมีการทำ backtracking เหมือนการใช้ภาษาสำหรับงานด้านปัญญาประดิษฐ์ เช่น โปรล็อก (Prolog)

6.5.4 ควรเพิ่มความสามารถของส่วนช่วยเหลือวิศวกรความรู้ ให้สามารถลดเวลาการทำงานของวิศวกรความรู้ในการปรับปรุงระบบลงได้อีก และในทางกลับกันเมื่อวิศวกรความรู้ทำงานได้สะดวกขึ้น จำเป็นจะต้องเพิ่มการรักษาความปลอดภัยมากขึ้น เพื่อไม่ให้ส่วนที่ใช้วินิจฉัยสูญเสียประสิทธิภาพในการทำงานหรือทำงานผิดพลาด จากการเปลี่ยนแปลงโดยผู้ใช้ที่ไม่เข้าใจระบบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย