

บทที่ 5

บทสรุป

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้นำเสนอการบีบอัดข้อมูลในเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายโดยประยุกต์ใช้เทคนิคทางปัญญาประดิษฐ์ในการหาอัตราการบีบอัดที่เหมาะสม โดยผู้วิจัยได้สรุปการทำงานของแต่ละส่วน ดังนี้ การสร้างชุดต้นแบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายโดยใช้ระบบสมองกลฝังตัวในการควบคุม เพื่อเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมในแปลงเกษตรกรรม การจำลองการบีบอัดข้อมูลและหาอัตราการบีบอัดที่เหมาะสม โดยใช้เครือข่ายประสาทเทียม การทดสอบการบีบอัดข้อมูลในเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย และการค้นหาโนตที่ผิดพลาด สามารถสรุปการทำงานของแต่ละส่วนได้ดังนี้

การสร้างชุดต้นแบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายที่มีระบบสมองกลฝังตัวในการควบคุม เพื่อทำการตรวจวัดค่าสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ที่เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ ความชื้นในดินและความเข้มแสง โดยองค์ประกอบหลักของเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายประกอบด้วย

- โมดูลเซนเซอร์สำหรับการตรวจวัดค่าต่าง ๆ ในสภาพแวดล้อม เช่น เซนเซอร์ SHT11 สำหรับตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิ เซนเซอร์ EC-5 สำหรับตรวจวัดความชื้นในดินและเซนเซอร์ Photocell สำหรับตรวจวัดความเข้มแสง
- โมดูลสื่อสารไร้สายระยะไกล (Xbee) ย่านความถี่ 2.4 GHz สำหรับเชื่อมต่อระบบเข้ากับเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย (Wireless Sensor Network) โดยใช้เครือข่ายแบบเมช ซึ่งสามารถเชื่อมต่อเข้ากับเครือข่ายคอมพิวเตอร์ผ่านโมดูลสื่อสารผ่านเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ (GPRS)
- ระบบสมองกลฝังตัว ที่ใช้งานมี 3 ระบบ คือ 1) ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล ARM 32 บิต STM32F103RET6 หรือเรียกว่าบอร์ด FiO Std ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ประสิทธิภาพสูง ราคาประหยัด ใช้งานง่าย ทำหน้าที่เป็นโนตเรทเตอร์รับข้อมูลจากเซนเซอร์และส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายไร้สาย Xbee มายังโนตโคออร์ดิเนเตอร์หรือสถานีฐาน 2) ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล ARM 32 บิต STM32F4DISCOVERY หรือบอร์ด Waijung เป็นบอร์ดโคออร์ดิเนเตอร์ทำหน้าที่รับข้อมูลจากโนตเรทเตอร์ต่างๆ และส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ตสื่อสารอนุกรมไปยังโมดูลสื่อสารผ่านเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3) บอร์ด ET-GSM SIM300CZ ทำหน้าที่รับข้อมูลจากโนตโคออร์ดิเนเตอร์ผ่านทางพอร์ตสื่อสารอนุกรมและส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์ เพื่อนำเสนอข้อมูลผ่านทางอินเทอร์เน็ต

- แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ามีการใช้งานจาก 2 แหล่งจ่ายคือ แบตเตอรี่และพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์หรือโซลาร์เซลล์ (Solar Cell) ซึ่งช่วงเวลากลางวันโซลาร์เซลล์จะทำหน้าที่จ่ายพลังงานให้กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ในขณะเดียวกันโซลาร์เซลล์ก็ทำหน้าที่ชาร์จแบตเตอรี่เพื่อให้สามารถใช้งานได้ในช่วงเวลากลางคืนเนื่องจากการเก็บข้อมูลตลอด 24 ชั่วโมง

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมในแปลงเพาะปลูกมันสำปะหลังบริเวณฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ซึ่งมีพื้นที่ในการเก็บข้อมูลจำนวน 1 ไร่ ทำการติดตั้งโนดตรวจรู้ 4 โหนด ซึ่งแต่ละโนดจะทำการส่งข้อมูลที่อ่านได้จากตัวเซนเซอร์มายังสถานีฐาน สถานีฐานจะทำหน้าที่ส่งข้อมูลทั้ง 4 โหนดตรวจรู้ไปยังเซิร์ฟเวอร์ของมหาวิทยาลัย เพื่อนำเสนอข้อมูลสภาพแวดล้อมผ่านทางอินเทอร์เน็ต โดยทำการเก็บข้อมูลและแสดงผลข้อมูลทุกๆ 5 นาที ตลอด 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 1 เดือน เพื่อนำข้อมูลสภาพแวดล้อมที่ได้ไปทำการจำลองการบีบอัดข้อมูลเพื่อหาอัตราการบีบอัดที่เหมาะสม อย่างไรก็ตาม โหนดตรวจรู้ที่ออกแบบขึ้นสามารถปรับตั้งระยะเวลาในการเก็บข้อมูลได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน

ในการจำลองการบีบอัดข้อมูลสภาพแวดล้อมและหาอัตราการบีบอัดข้อมูลที่เหมาะสม ผู้วิจัยได้ใช้เทคนิคการแปลงเวฟเลตแบบ SHPS ในการบีบอัดข้อมูลซึ่งวิธีการดังกล่าวเป็นวิธีการที่นำเสนอโดย Mohsen Nasri จากการทดสอบคุณภาพของการแปลงเวฟเลตด้วยเวฟเลตแม่ชนิดต่างๆ พบว่า การแปลงเวฟเลตชนิด Haar เป็นการแปลงเวฟเลตที่ให้คุณภาพของสัญญาณที่ดี โดยมีค่าสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (SNR) สูง มีความแตกต่างระหว่างข้อมูลต้นฉบับกับข้อมูลที่ถูกสร้างกลับจากการแปลงเวฟเลต (RMSE) ในระดับที่ต่ำ และสามารถลดขนาดของข้อมูล (CR) ได้มากอีกด้วย นอกจากนี้การคำนวณของการแปลงเวฟเลตเลตชนิด Haar เป็นการคำนวณที่ไม่ซับซ้อนสามารถประมวลผลได้อย่างรวดเร็วซึ่งเหมาะกับการทำงานในอุปกรณ์ที่มีทรัพยากรค่อนข้างจำกัด เช่น ระบบสมองกลฝังตัว ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้การแปลงเวฟเลตชนิด Haar ในการบีบอัดข้อมูลสภาพแวดล้อม จากนั้นทำการหาอัตราการบีบอัดที่เหมาะสมโดยใช้เครือข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับในการเรียนรู้ โดยกำหนดข้อมูลสภาพแวดล้อมและคุณภาพของแต่ละอัตราการบีบอัดเป็นอินพุตให้กับเครือข่าย และให้เอาต์พุตเป็นอัตราการบีบอัดที่ 10% ถึง 90% และทำการทดสอบความถูกต้องของเครือข่ายประสาทเทียมและหาอัตราการบีบอัดที่เหมาะสม โดยได้อัตราการบีบอัดที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ ความชื้นในดินและอุณหภูมิเท่ากับ 60 เปอร์เซ็นต์ ส่วนความเข้มแสงมีอัตราการบีบอัดที่เหมาะสมเท่ากับ 70 เปอร์เซ็นต์ อัตราการบีบอัดข้อมูลดังกล่าวจะถูกนำไปประยุกต์ใช้กับการบีบอัดข้อมูลในเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายต่อไป

การบีบอัดข้อมูลในเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายถูกออกแบบให้มีอัตราการบีบอัดที่เหมาะสมด้วยเทคนิคทางปัญญาประดิษฐ์และระบบสมองกลฝังตัว โดยโนดเรทเทอร์จะทำหน้าที่เก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมทุกๆ 5 นาที ซึ่งจะมีการเก็บข้อมูลไว้ในหน่วยความจำของบอร์ด FIO Std จนครบจำนวน 48 ข้อมูล จากนั้นทำการบีบอัดข้อมูลด้วยอัตราการบีบอัดที่เหมาะสมของแต่ละ

สภาพแวดล้อมและส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายไร้สาย Xbee ซึ่งในขณะเดียวกันโนตเรทเตอร์ก็จะบันทึกข้อมูลสภาพแวดล้อมที่วัดได้ไว้ในหน่วยความจำภายนอกด้วย เมื่อโนตเรทเตอร์ส่งข้อมูลเรียบร้อยแล้ว โนตโคออร์ดิเนเตอร์ก็จะทำการรับข้อมูลจากเครือข่ายไร้สาย Xbee และทำการสร้างกลับข้อมูล (Reconstruction) โดยการชดเชยข้อมูลส่วนที่ขาดหายไปเพื่อให้สามารถสร้างข้อมูลกลับได้อย่างถูกต้อง ซึ่งโนตโคออร์ดิเนเตอร์ก็จะทำการเก็บข้อมูลที่ถูกรวบรวมไว้ในหน่วยความจำภายนอกเช่นเดียวกัน ทั้งนี้เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบข้อมูลต้นฉบับกับข้อมูลที่ถูกรวบรวม ในการทดสอบคุณภาพของข้อมูลที่บีบอัดในเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายพบว่า ค่าเฉลี่ยของ *SNR* มีค่าเท่ากับ 59.720 ค่าเฉลี่ยของ *RMSE* เท่ากับ 1.107 และค่าเฉลี่ยของ *PRD* เท่ากับ 0.053 และข้อมูลที่สร้างกลับมีลักษณะที่คล้ายกับข้อมูลต้นฉบับ โดยมีค่าเฉลี่ยของ *QF* ที่มีค่าสูงถึง 432.199 ซึ่งแสดงถึงคุณภาพที่ดีของข้อมูลที่ได้จากการบีบอัดข้อมูลและสามารถบีบอัดข้อมูลด้วยอัตราการบีบอัดที่สูงถึง 1:3.494 ซึ่งคิดเป็น 62.5 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้ทำการทดสอบการใช้พลังงานในการส่งข้อมูลโดยพบว่าเมื่อผ่านกระบวนการบีบอัดข้อมูลจะทำให้ข้อมูลที่ส่งมีขนาดลดลงส่งผลให้มีการใช้พลังงานลดลงตามไปด้วย โดยสามารถลดการใช้พลังงานได้ถึง 62.5 เปอร์เซ็นต์

5.2 แนวทางการวิจัยต่อไปในอนาคต

- 1) ควรศึกษาวิธีการบีบอัดข้อมูลแบบอื่นเทียบกับการบีบอัดข้อมูลโดยการแปลงเวฟเล็ต เพื่อพิจารณาว่าวิธีการใดที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดในงานด้านการบีบอัดข้อมูลในเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย
- 2) การออกแบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายที่มีจำนวนโนดรับเซนเซอร์ให้เพิ่มมากขึ้น เพื่อให้มีความแม่นยำในการตรวจวัดและได้ใช้ประโยชน์ในการบีบอัดข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- 3) การศึกษาสภาพแวดล้อมที่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชเพิ่มเติม เช่น การตรวจวัดค่ากรด-เบส ของดิน การตรวจวัดปริมาณน้ำฝน เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อช่วยในการปรับปรุงพื้นที่การเกษตรและเพิ่มผลผลิตให้แก่เกษตรกร
- 4) เพื่อให้เกษตรกรสามารถนำเทคโนโลยีด้านเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายไปใช้ประโยชน์ได้จริง ควรทำการพัฒนาและทดสอบทั้งในด้านของความทนทาน ความแม่นยำในการตรวจวัด และได้มาตรฐานอุตสาหกรรม เพื่อให้สามารถทำการผลิตเป็นจำนวนมาก (Mass product) ซึ่งจะช่วยให้ต้นทุนการติดตั้งเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายเพื่อการใช้งานในภาคเกษตรกรรมลดลง