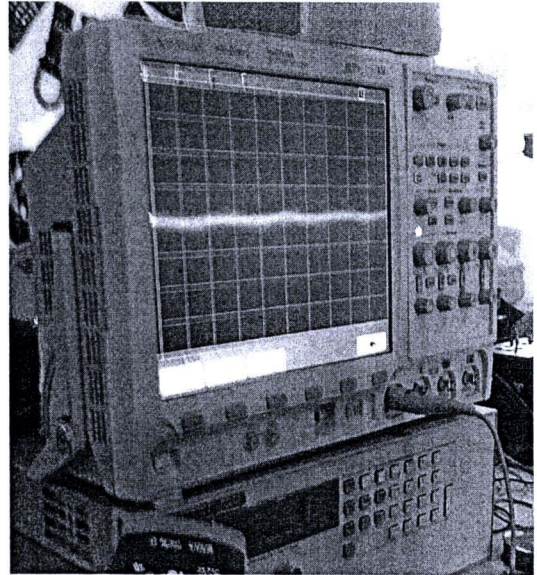


บทที่ 4

ผลการศึกษา

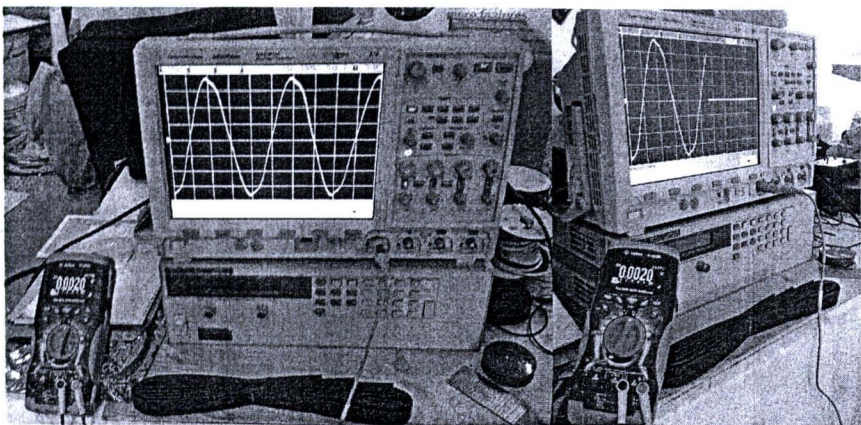
4.1 การวิจัย

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงการวิจัยและผลการวิจัยของอุปกรณ์เครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายในการประมวลผลความเร็วลมที่ตรวจวัดได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลม (Anemometer) โดยจะแสดงวิธีการทำงานของอุปกรณ์ในแต่ละส่วน แสดงวิธีการใช้งานอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลมในแต่ละพื้นที่ที่ทำการทดสอบ และแสดงผลจากข้อมูลของอุปกรณ์ที่สามารถตรวจวัดค่าข้อมูลได้ ซึ่งจะแสดงลักษณะของข้อมูลที่รับได้ในแต่ละส่วนของระบบ ทั้งในส่วนของคุณลักษณะที่ตรวจวัดได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลม (Anemometer) ส่วนของข้อมูลทำการปรับเปลี่ยนรูปแบบของสัญญาณ ก่อนส่งไปยังหน่วยประมวลผลไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่วนของข้อมูลที่ไมโครคอนโทรลเลอร์รับได้แล้วนำไปประมวลผลพร้อมส่งไปยังอุปกรณ์เครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย (Wireless Sensor Network) ส่วนของข้อมูลจากอุปกรณ์เครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายส่งไปยังอุปกรณ์เครือข่ายตรวจจับสัญญาณไร้สายอีกตัวหนึ่ง (สถานีย่อยส่งข้อมูลไปยังสถานีฐาน หรือสถานีย่อยส่งข้อมูลไปยัง Router แล้ว Router ส่งข้อมูลที่ไปยังสถานีฐาน) ส่วนของข้อมูลที่สถานีฐานประมวลผลเสร็จแล้วจะทำการบันทึกลงหน่วยความจำ ส่วนของข้อมูลที่ถูกบันทึกลงในหน่วยความจำ SD Card ซึ่งอยู่ในรูปแบบไฟล์นามสกุล txt และส่วนของข้อมูลทำการแปลงให้อยู่ในรูปของกราฟและบันทึกเป็นข้อมูลภาพด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสำหรับงานวิจัยนี้โดยเฉพาะ



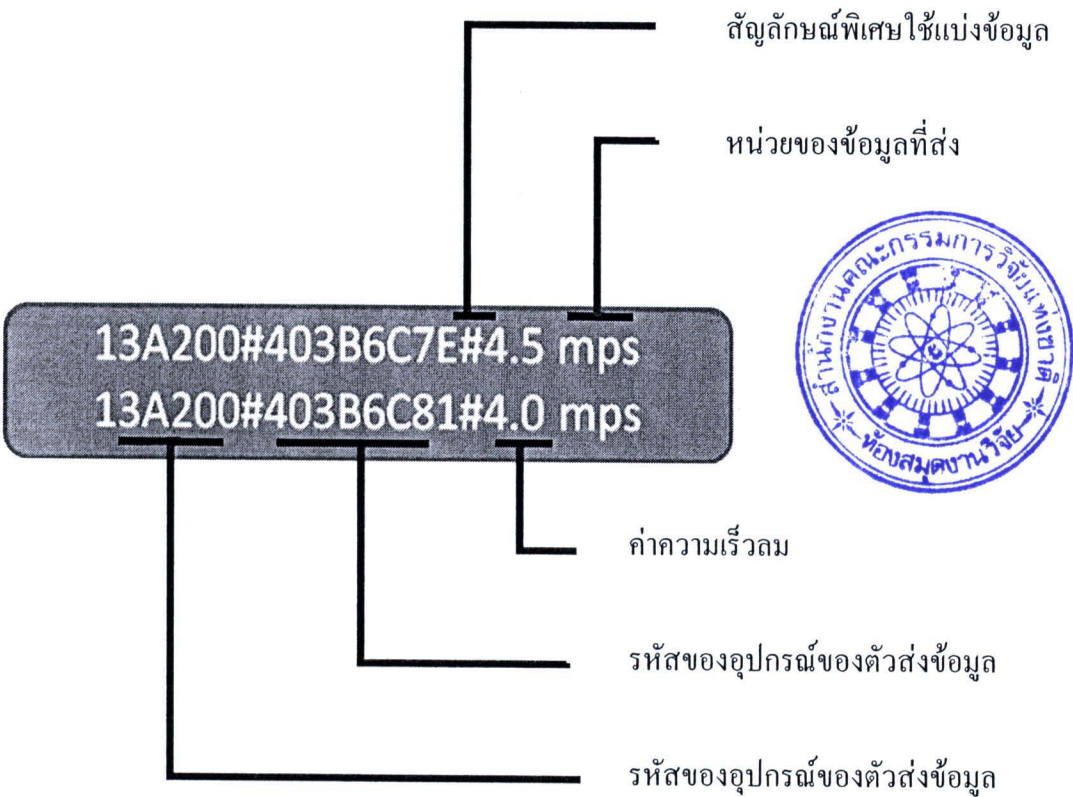
รูปที่ 4.1 ลักษณะของข้อมูลที่ตรวจวัดได้จากตัวตรวจวัดความเร็วลม (Anemometer)

จากรูปที่ 4.1 ได้ใช้อุปกรณ์ Oscilloscope และ Multimeter ทำการวัดค่าข้อมูลและตรวจสอบลักษณะของสัญญาณข้อมูลจากตัวตรวจวัดความเร็วลม (Anemometer) จะเห็นได้ว่าสัญญาณข้อมูลที่วัดค่าได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดสัญญาณมีค่าต่ำมาก ซึ่งจะทำให้ข้อมูลในส่วนนี้ไปทำการประมวลผลได้ยาก เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่สามารถทำงานกับข้อมูลที่มีขนาดต่ำขนาดนี้ได้ จึงทำให้ต้องใช้วงจรปรับยกระดับแรงดันและเปลี่ยนรูปแรงดันมาทำให้ระดับแรงดันในส่วนนี้สูงขึ้นและราบเรียบขึ้น เพื่อสามารถแยกแยะข้อมูลและนำข้อมูลไปประมวลผลบนไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ง่ายขึ้น



รูปที่ 4.2 ลักษณะของข้อมูลที่ผ่านการแปลงจากวงจรปรับเปลี่ยนรูปแรงดัน (Schmitt trigger)

จากรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าสัญญาณข้อมูลในส่วนนี้ ซึ่งผ่านกระบวนการยกระดับแรงดัน และปรับเปลี่ยนรูปแรงดันด้วยวงจรเปลี่ยนรูปแรงดัน Schmitt trigger แล้วนั้น จะเห็นความแตกต่าง ได้ชัดเจนของข้อมูลสัญญาณในส่วนนี้ ทั้งขนาดของระดับแรงดันของสัญญาณข้อมูล และรูปร่าง ของสัญญาณมุล ซึ่งจะทำให้ข้อมูลในส่วนนี้จะนำไปประมวลผลในไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ สะดวก และมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 4.3 ลักษณะของข้อมูลที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งไปยังอุปกรณ์เครือข่ายตรวจวัดความเร็วลมไร้สาย

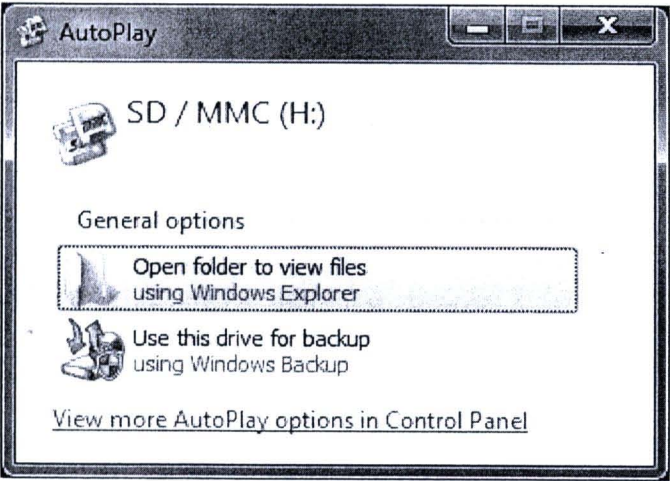
จากรูปที่ 4.3 ลักษณะของข้อมูลในส่วนนี้จะอยู่ในรูปแบบของข้อความ (text) ซึ่งมีขนาด 24 ตัวอักษรต่อการส่งข้อมูลหนึ่งครั้ง โดยข้อมูลในส่วนนี้จะประกอบไปด้วย หมายเลขรหัสของอุปกรณ์เครือข่ายสัญญาณไร้สายตัวที่ส่งข้อมูลนั้นออกมา และค่าข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ย

[12/4/2011-00:30:00] 13A200#403B6C7E#4.5 mps
[12/4/2011-00:30:00] 13A200#403B6C81#4.0 mps

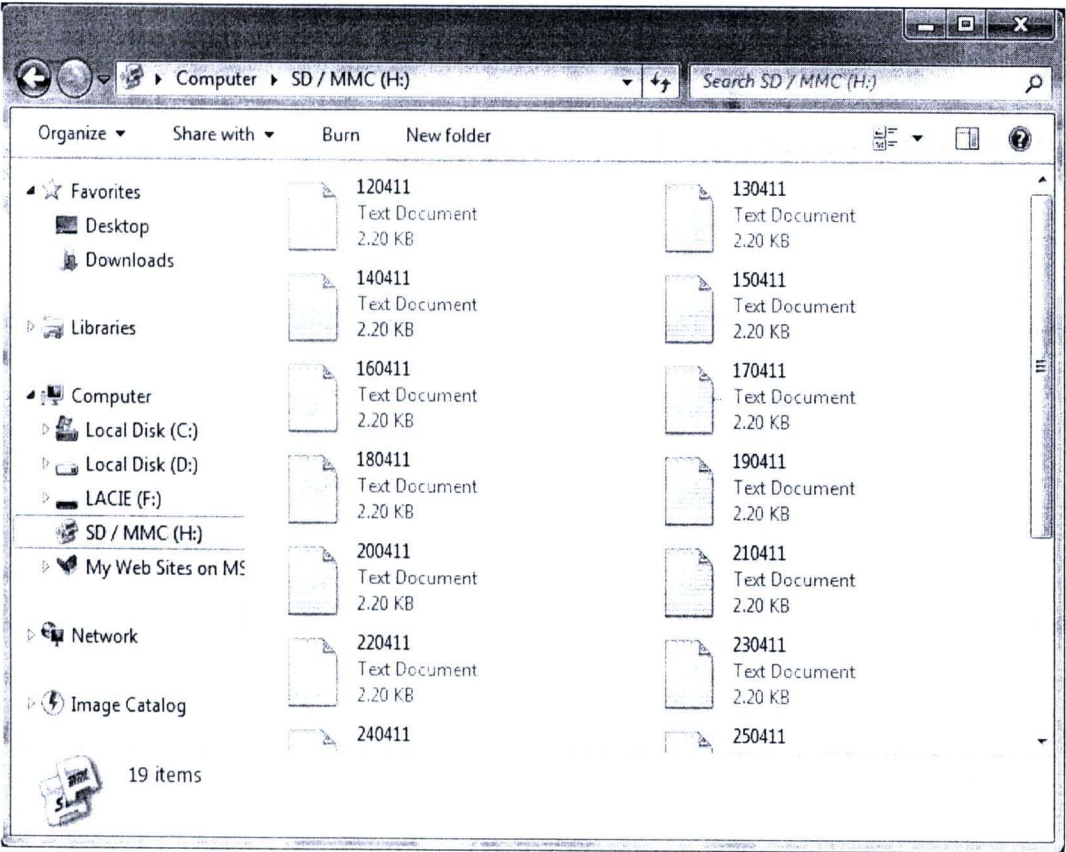
วันที่ และเวลาจริง

รูปที่ 4.4 ลักษณะของข้อมูลที่สถานีฐานเตรียมบันทึกลงหน่วยความจำ

จากรูปที่ 4.4 ลักษณะของข้อมูลในส่วนนี้จะคล้ายกับส่วนที่ไม่โครคอนโทรลเลอร์จากสถานีย่อยส่งมายังสถานีฐาน แต่จะแตกต่างกันตรงที่ ในส่วนนี้จะมีการเพิ่มข้อมูลวันที่และเวลาจริงเข้ามาในข้อความด้วย ซึ่งจะแทรกอยู่หน้าข้อความเดิมที่ได้รับจากสถานีย่อย โดยกระบวนการการจัดการข้อมูลในส่วนนี้นั้น จะเริ่มจากอุปกรณ์เครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย(Wireless Sensor Network) ของฝั่งสถานีฐาน(Gateway) รับค่าข้อมูลจากสถานีย่อยด้วยรูปแบบข้อมูลดังรูปที่ 4.3 เมื่อสถานีฐานรับข้อมูลดังกล่าวเรียบร้อยแล้ว อุปกรณ์เครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายจะส่งข้อมูลนี้ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลข้อมูลและทำการบันทึกวันและเวลาจริง แทรกลงไปด้านหน้าของข้อความที่ได้รับ โดยดึงข้อมูลวันและเวลาจากอุปกรณ์จัดการด้านเวลาจริง ET-MINI DS1307 (Real Time Clock) เมื่อจัดการด้านเวลาเสร็จเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนสุดท้ายจะทำการบันทึกข้อมูลลงหน่วยความจำ ซึ่งระบบจะทำการบันทึกข้อมูลทุกครั้งที่มีการรับค่าข้อมูลจากสถานีย่อยได้ หรือบันทึกข้อมูลทุก 60 นาทีนั่นเอง โดยหลักการบันทึกข้อมูลลงหน่วยความจำนั้น ระบบจะทำการบันทึกข้อมูลในรูปแบบข้อความโดยจะทำการสร้างไฟล์งานนามสกุล txt ลงหน่วยความจำ ซึ่งมีการกำหนดชื่อไฟล์เป็นชื่อวันที่ ณ วันที่ทำการบันทึกข้อมูลจริง และเมื่อวันที่เปลี่ยน ระบบจะทำการสร้างไฟล์ใหม่ โดยชื่อไฟล์จะกำหนดเป็นชื่อวันที่จริงที่ทำการบันทึกข้อมูล ซึ่งจะทำการสร้างไฟล์ข้อมูลนามสกุล txt ใหม่ทุกครั้งเมื่อผ่านเวลา 00:00:00 (เที่ยงคืน) ดังแสดงในรูปที่ 4.6 และการนำข้อมูลที่อยู่ในหน่วยความจำนั้นสามารถทำได้อย่างง่ายและรวดเร็ว ด้วยการนำอุปกรณ์หน่วยความจำนี้ (SD Card) ไปต่อพ่วงกับเครื่องคอมพิวเตอร์ แล้วทำการเปิดไฟล์ข้อมูลภายในหน่วยความจำ ดังแสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 การใช้งานหน่วยความจำบนเครื่องคอมพิวเตอร์



รูปที่ 4.6 ไฟล์ข้อมูลที่ถูกสร้างขึ้นในหน่วยความจำ

```

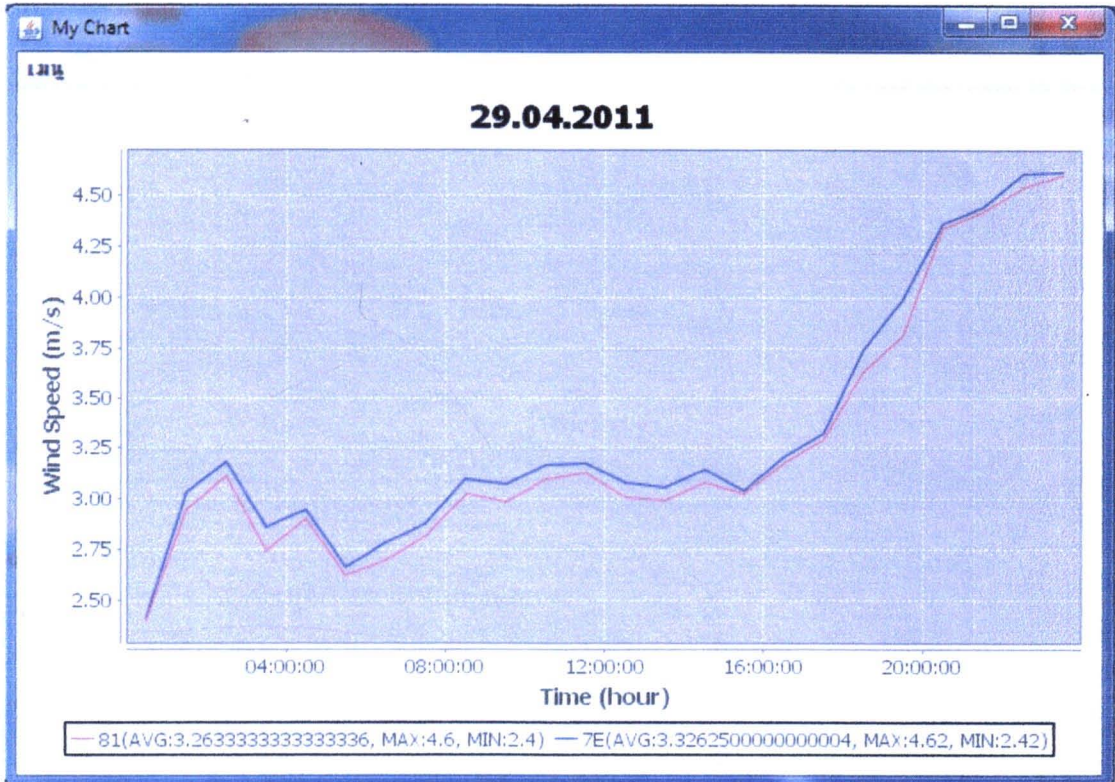
[29/4/2011-00:30:15] 13A200#403B6C7E#2.42 mps
[29/4/2011-00:30:17] 13A200#403B6C81#2.40 mps
[29/4/2011-01:30:15] 13A200#403B6C7E#3.03 mps
[29/4/2011-01:30:17] 13A200#403B6C81#2.94 mps
[29/4/2011-02:30:15] 13A200#403B6C7E#3.18 mps
[29/4/2011-02:30:17] 13A200#403B6C81#3.11 mps
[29/4/2011-03:30:15] 13A200#403B6C7E#2.86 mps
[29/4/2011-03:30:17] 13A200#403B6C81#2.74 mps
[29/4/2011-04:30:15] 13A200#403B6C7E#2.94 mps
[29/4/2011-04:30:17] 13A200#403B6C81#2.90 mps
[29/4/2011-05:30:15] 13A200#403B6C7E#2.66 mps
[29/4/2011-05:30:17] 13A200#403B6C81#2.62 mps
[29/4/2011-06:30:15] 13A200#403B6C7E#2.78 mps
[29/4/2011-06:30:17] 13A200#403B6C81#2.69 mps
[29/4/2011-07:30:15] 13A200#403B6C7E#2.87 mps
[29/4/2011-07:30:17] 13A200#403B6C81#2.81 mps
[29/4/2011-08:30:15] 13A200#403B6C7E#3.09 mps
[29/4/2011-08:30:17] 13A200#403B6C81#3.02 mps
[29/4/2011-09:30:15] 13A200#403B6C7E#3.07 mps
[29/4/2011-09:30:17] 13A200#403B6C81#2.98 mps
[29/4/2011-10:30:15] 13A200#403B6C7E#3.16 mps
[29/4/2011-10:30:17] 13A200#403B6C81#3.09 mps
[29/4/2011-11:30:15] 13A200#403B6C7E#3.17 mps
[29/4/2011-11:30:17] 13A200#403B6C81#3.12 mps
[29/4/2011-12:30:15] 13A200#403B6C7E#3.08 mps
[29/4/2011-12:30:17] 13A200#403B6C81#3.01 mps
[29/4/2011-13:30:15] 13A200#403B6C7E#3.05 mps
[29/4/2011-13:30:17] 13A200#403B6C81#2.99 mps
[29/4/2011-14:30:15] 13A200#403B6C7E#3.14 mps
[29/4/2011-14:30:17] 13A200#403B6C81#3.08 mps
[29/4/2011-15:30:15] 13A200#403B6C7E#3.04 mps
[29/4/2011-15:30:17] 13A200#403B6C81#3.02 mps
[29/4/2011-16:30:15] 13A200#403B6C7E#3.20 mps
[29/4/2011-16:30:17] 13A200#403B6C81#3.17 mps
[29/4/2011-17:30:15] 13A200#403B6C7E#3.32 mps

```

รูปที่ 4.7 ลักษณะของข้อมูลที่อยู่ในหน่วยความจำของระบบ

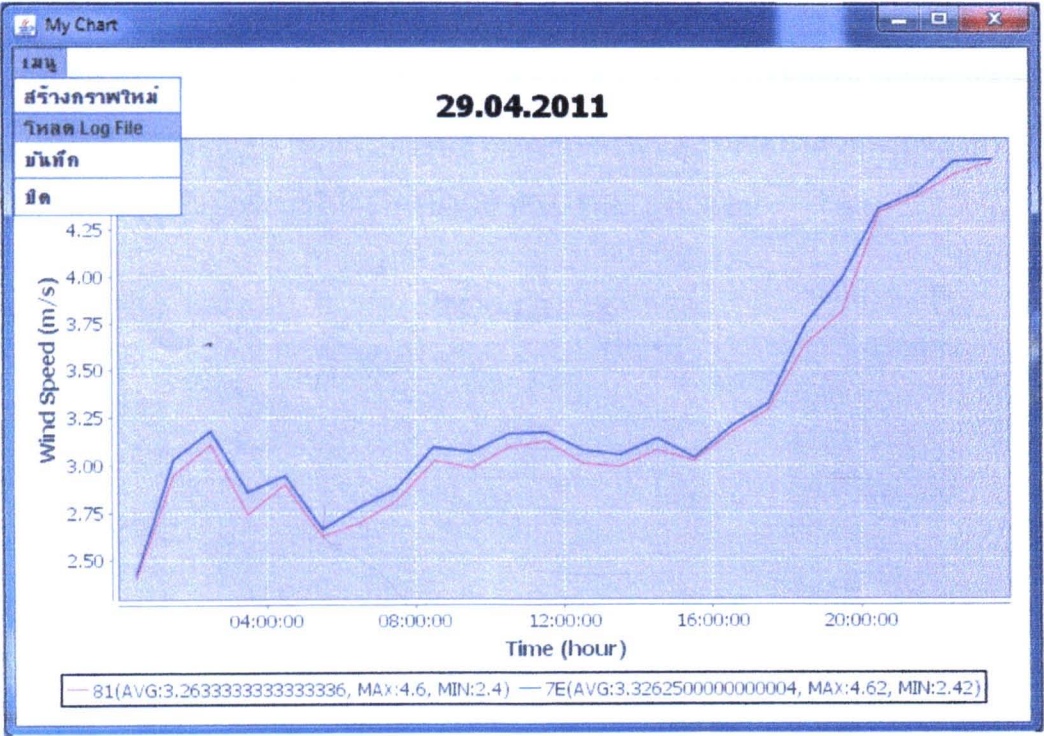
จากรูปที่ 4.7 เป็นการแสดงข้อมูลในรูปแบบข้อความ ซึ่งบันทึกข้อมูลในลักษณะไฟล์นามสกุล txt โดยบันทึกข้อมูลเพิ่มครั้งละบรรทัด ในทุกๆ ครั้งที่มีการสั่งให้บันทึกข้อมูลจาก

ไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยในงานวิจัยนี้ได้มีการกำหนดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการบันทึกข้อมูลลงหน่วยความจำทุก 60 นาที โดยข้อมูลเป็นข้อมูลใหม่ที่ไมโครคอนโทรลเลอร์รับค่าได้จากสถานีย่อย และทำการบันทึกเวลาจริงลงหน่วยความจำ

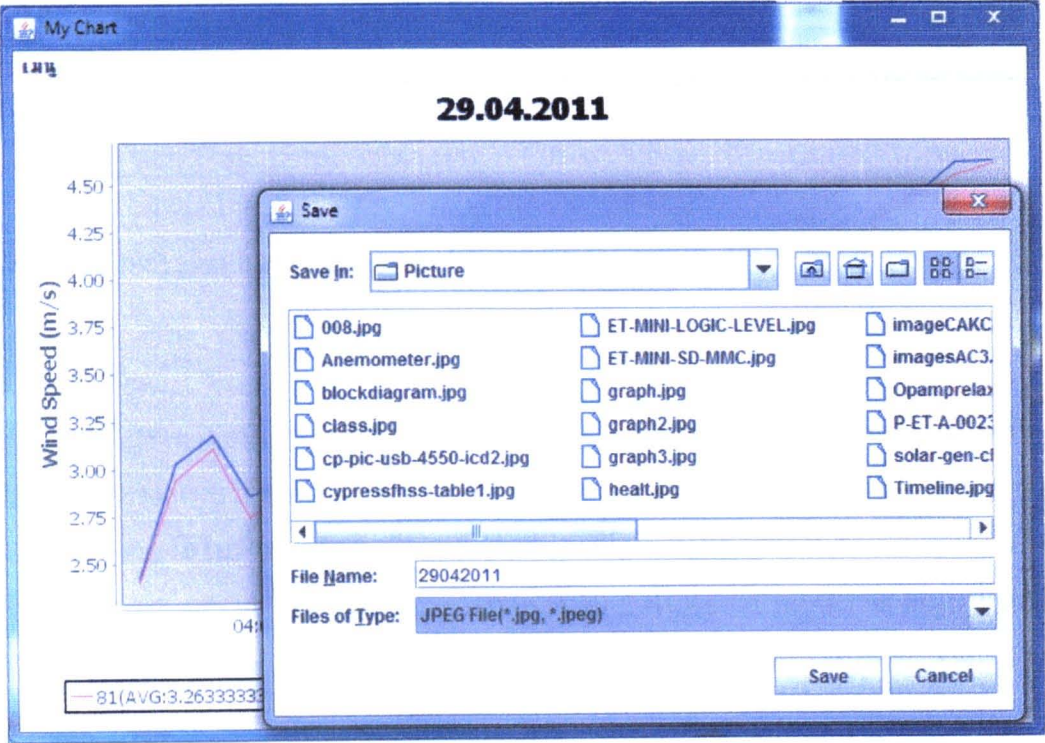


รูปที่ 4.8 ข้อมูลในหน่วยความจำแสดงผลในรูปแบบกราฟด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น

จากรูปที่ 4.8 เป็นหน้าจอโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเพื่องานวิจัยนี้โดยเฉพาะ (พัฒนาโปรแกรมด้วยภาษา JAVA) โดยโปรแกรมนี้จะทำการแปลงข้อมูลแบบข้อความหรือแบบ text ที่อยู่ในรูปแบบไฟล์ txt ที่ระบบบันทึกลงบนหน่วยความจำ (SD Card) นำมาแสดงผลให้อยู่ในรูปแบบของกราฟ โดยแกน X จะเป็นเวลาของข้อมูลที่ตรวจวัดได้ และแกน Y จะเป็นค่าความเร็วลมเฉลี่ยที่ระบบประมวลผลได้ในแต่ละชั่วโมง ในโปรแกรมนี้จะแสดงค่าเฉลี่ยของความเร็วลมที่ทำการบันทึกลงในไฟล์ข้อมูลทั้งหมดของแต่ละอุปกรณ์ โดยจะมีกราฟเส้น 2 เส้น แต่ละเส้นคือค่าข้อมูลความเร็วลมของอุปกรณ์แต่ละตัวที่ทำการตรวจวัดได้ ซึ่งข้อมูลกราฟนี้เป็นข้อมูลความเร็วลมของวันที่ 29 เมษายน 2554 ที่ระบบทำการตรวจวัดได้ โดยข้อมูลส่วนนี้เป็นข้อมูลเดียวกันกับข้อมูลไฟล์นามสกุล txt ในรูปที่ 4.7 ส่วนการใช้งานโปรแกรมนี้สามารถเปิดโปรแกรมแล้วเลือกไฟล์ข้อมูลที่ต้องการบันทึกเอาไว้ นำมาเปิดใช้งานได้ทันที ดังรูปที่ 4.8

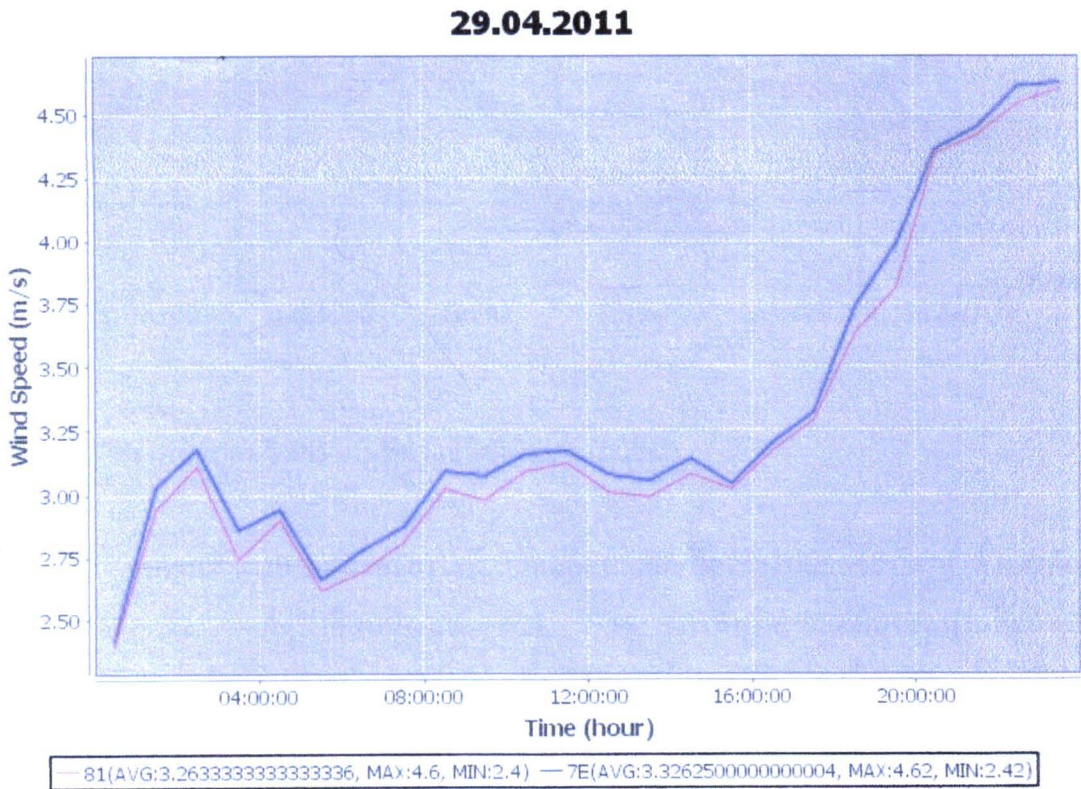


รูปที่ 4.9 การเปิดไฟล์ข้อมูลเพื่อนำมาแสดงผล



รูปที่ 4.10 การบันทึกข้อมูลกราฟ

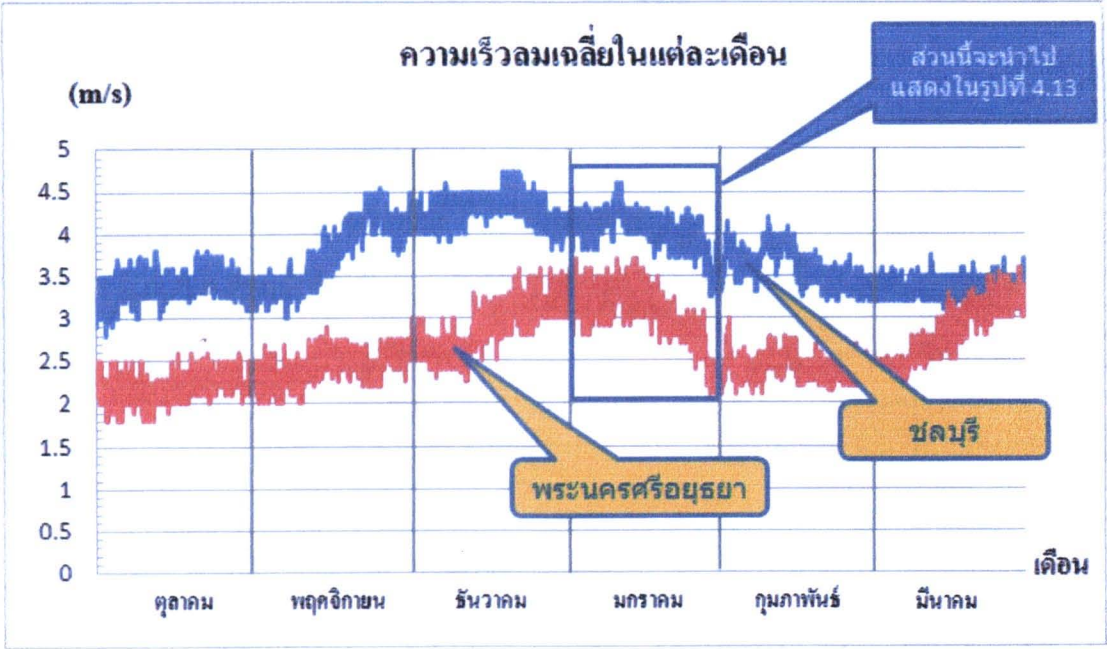
จากรูปที่ 4.10 เป็นวิธีการบันทึกข้อมูลกราฟให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลภาพจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ซึ่งสามารถเลือกที่อยู่ในการบันทึกข้อมูลภาพ และตั้งชื่อภาพได้ตามต้องการ โดยข้อมูลภาพนี้จะถูกบันทึกข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบ JPEG File (.jpg, jpeg)



รูปที่ 4.11 ตัวอย่างข้อมูลภาพที่บันทึกจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น

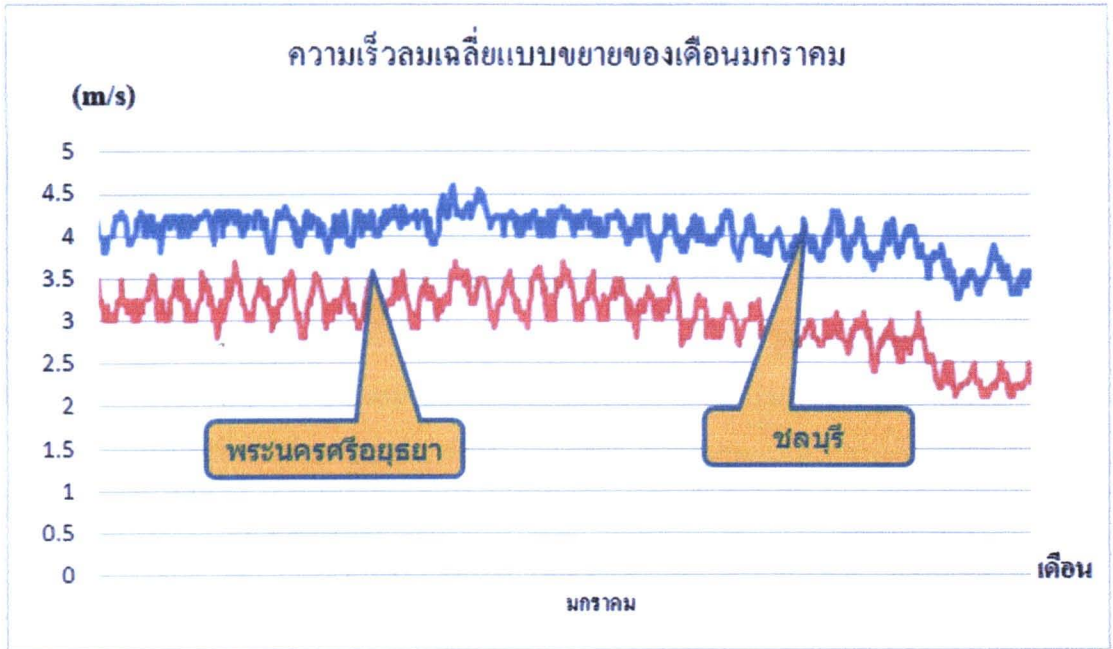
4.2 ผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้เป็นการตรวจวัดความเร็วลม โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเครื่องช่วยตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายมาตรวจวัดข้อมูล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการสำรวจข้อมูลความเร็วลม โดยทำการตรวจวัดในพื้นที่ที่จะติดตั้งกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งงานวิจัยนี้มีระยะเวลาการสำรวจข้อมูลประมาณ 6 เดือน โดยได้ทำการทดสอบใน 2 พื้นที่ของประเทศไทย คือ บริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเล อำเภอมือฉางบุรี จังหวัดชลบุรี และบริเวณพื้นที่โล่ง อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา



รูปที่ 4.12 กราฟข้อมูลความเร็วลมที่ตรวจวัดได้จากงานวิจัยนี้

จากรูปที่ 4.10 แสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยจากผลการวิจัยในแต่ละสัปดาห์ ตั้งแต่เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2553 ถึง เดือนมีนาคม พ.ศ. 2554 ของพื้นที่อำเภอเมืองชลบุรีและอำเภอ พระนครศรีอยุธยา โดยค่าความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่อำเภอเมืองชลบุรี จะอยู่ที่ 3.745 เมตรต่อวินาที (m/s) และค่าความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่อำเภอพระนครศรีอยุธยาจะอยู่ที่ 2.630 เมตรต่อวินาที (m/s) จะเห็นได้ว่าในพื้นที่อำเภอเมืองชลบุรี มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยมากกว่าพื้นที่อำเภอพระนครศรีอยุธยา เนื่องจากการตรวจวัดใน พื้นที่อำเภอเมืองชลบุรี เป็นการตรวจวัดบริเวณพื้นที่ใกล้ชายฝั่งทะเล ทำให้มีความเร็วลมเฉลี่ยสูงกว่าพื้นที่อำเภอพระนครศรีอยุธยาซึ่งเป็นพื้นที่โล่งปกติ



รูปที่ 4.13 กราฟการขยายข้อมูลของเดือนมกราคม ตามกรอบสี่เหลี่ยมรูปที่ 4.12

จากรูปที่ 4.13 กราฟมีลักษณะการแสดงผลข้อมูลที่ขยายขึ้น โดยข้อมูลของกราฟนี้จะเป็นข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยของเดือนมกราคมโดยเฉพาะ ซึ่งในส่วนที่วาดกรอบสี่เหลี่ยมไว้ในภาพที่ 4.12 นั้น กราฟข้อมูลในรูปที่ 4.12 มีข้อมูลจำนวนมาก โดยมีจำนวนข้อมูลอัตราความเร็วลมเฉลี่ยต่อชั่วโมงเป็นเวลาทั้งหมดถึง 6 เดือน หรือมีจำนวนของข้อมูลทั้งหมด 4,368 ค่า จึงทำให้เส้นกราฟที่หมายถึงอัตราความเร็วลมนั้น แสดงออกมาได้ไม่ละเอียดเท่าใด และดูค่าข้อมูลได้ยาก ในภาพนี้จึงมีการขยายข้อมูลของเส้นกราฟให้มีขนาดกว้างขึ้น โดยเลือกแสดงเฉพาะเดือน มกราคมเพียงเดือนเดียว ซึ่งจะทำให้เห็นลักษณะของข้อมูลที่ชัดเจนและละเอียดมากขึ้น

โดยความเร็วลมของอำเภอเมืองชลบุรีที่สูงกว่า อำเภอพระนครศรีอยุธยานั้น จะอยู่ในช่วงเดือนตุลาคม จนถึงเดือนมีนาคม เนื่องจากในช่วงนี้มีลมมรสุมพัดผ่านแถบภาคตะวันออกของประเทศไทย ส่งผลให้อำเภอเมืองชลบุรีที่ตั้งอยู่บริเวณชายฝั่งภาคตะวันออก มีค่าความเร็วลมสูงในช่วงเวลาดังกล่าว

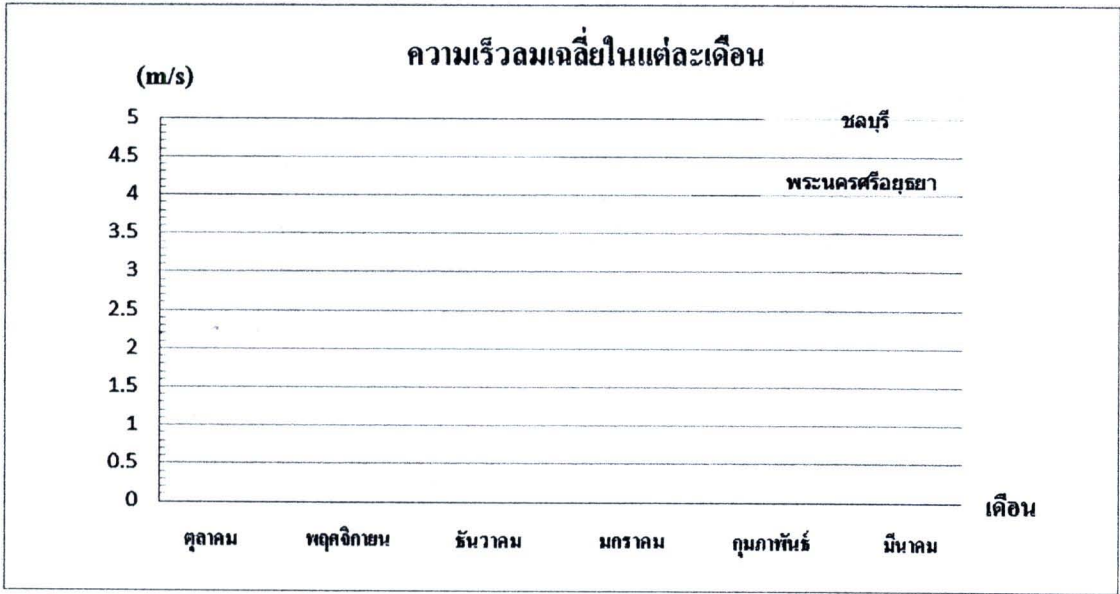
ค่าข้อมูลในงานวิจัยที่สามารถสำรวจค่าความเร็วลมได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลมผ่านอุปกรณ์เครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สายนี้ ที่จังหวัดชลบุรีมีลักษณะเด่นในช่วงเดือนพฤศจิกายน ธันวาคม และมกราคม ซึ่งมีค่าความเร็วลมสูงมาก จากการศึกษาข้อมูลพบว่า สาเหตุที่ช่วงเวลาดังกล่าวมีค่าความเร็วลมสูงกว่าช่วงอื่นนั้น เนื่องจากอำเภอเมืองชลบุรีได้รับผลกระทบจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ในช่วงเดือน พฤศจิกายน ถึง เดือน เมษายน ในแถบภาคตะวันออก

และภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ซึ่งจังหวัดชลบุรี ได้ตั้งอยู่ที่เขตพื้นที่แนวชายฝั่งทะเล และอยู่ในเขตพื้นที่ปะทะแรงลม จึงทำให้ค่าข้อมูลความเร็วลมของอำเภอเมืองชลบุรีในช่วงเวลานี้ มีค่าความเร็วลมสูงกว่าค่าความเร็วลมของอำเภอพระนครศรีอยุธยา

ส่วนค่าข้อมูลความเร็วลมที่สามารถสำรวจค่าได้ของจังหวัดพระนครศรีอยุธยานั้น จะมีค่าความเร็วลมสูงที่สุดอยู่ในช่วงเดือน พฤศจิกายน ถึง เดือน ธันวาคม แต่ค่าความเร็วลมที่สูงที่สุดของจังหวัดพระนครศรีอยุธยา นี้ยังต่ำกว่าค่าความเร็วลมที่สูงที่สุดของจังหวัดชลบุรีอยู่มากพอสมควร ส่วนค่าข้อมูลความเร็วลมในช่วงเวลาอื่นๆ ของอำเภอพระนครศรีอยุธยา อยู่ในเกณฑ์ต่ำ

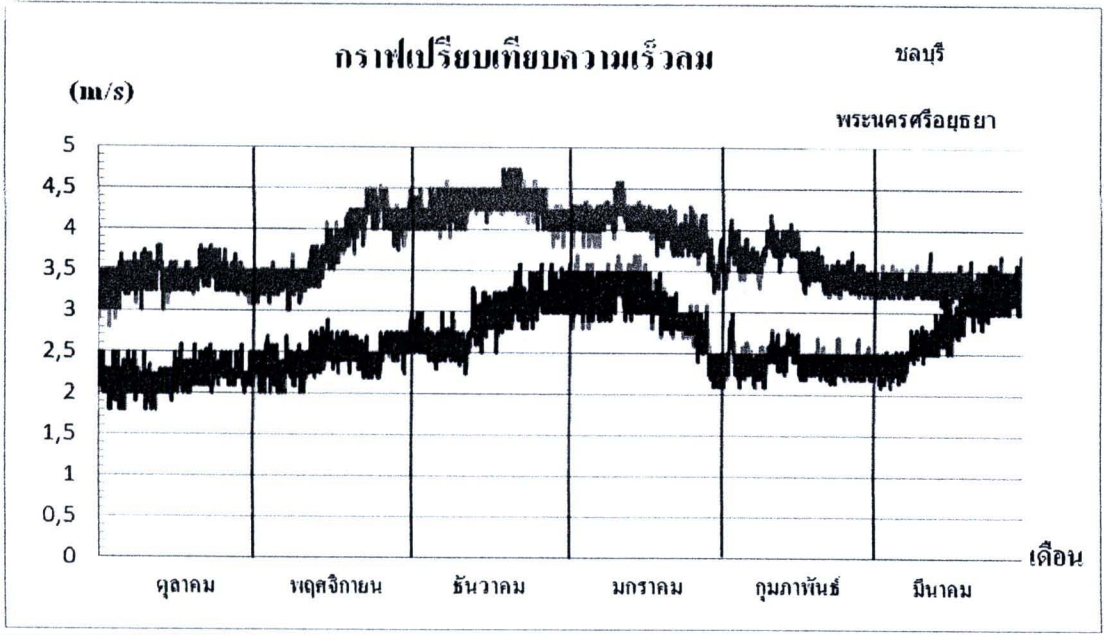
สาเหตุที่ทำให้ช่วงเวลาดังกล่าว อำเภอพระนครศรีอยุธยามีค่าความเร็วลมที่สูงกว่าช่วงอื่นนั้น เนื่องจากอำเภอพระนครศรีอยุธยาน่าจะได้รับผลกระทบจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเช่นกัน แต่ด้วยระยะห่างและพื้นที่ที่ตั้งของอำเภอพระนครศรีอยุธยานั้น ได้รับแรงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือน้อยกว่าอำเภอเมืองชลบุรี เพราะอำเภอเมืองชลบุรีมีที่ตั้งใกล้กับแนวชายฝั่งทะเล และอยู่ในพื้นที่ที่ได้รับแรงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือใกล้กว่า จึงทำให้อำเภอพระนครศรีอยุธยามีค่าความเร็วลมลดต่ำลงตามมา

จากข้อมูลความเร็วลมที่ทำการสำรวจได้จากงานวิจัยนี้ สามารถนำมาคำนวณความแตกต่างของค่าข้อมูลความเร็วลมระหว่างอำเภอเมืองชลบุรีกับอำเภอพระนครศรีอยุธยาได้ โดยค่าความเร็วลมเฉลี่ยของอำเภอเมืองชลบุรีที่สำรวจได้สูงกว่าค่าความเร็วลมเฉลี่ยของอำเภอพระนครศรีอยุธยาที่สำรวจได้ประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าเป็นข้อมูลที่มีความแตกต่างกันอย่างมาก จากข้อมูลนี้เราสามารถวิเคราะห์ได้เลยว่า ในช่วงเดือน ตุลาคม ถึง เดือน มีนาคม อำเภอเมืองชลบุรีมีความเหมาะสมในการติดตั้งกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้ามากกว่าอำเภอพระนครศรีอยุธยา ซึ่งอำเภอเมืองพระนครศรีอยุธยานั้น ไม่เหมาะสมอย่างยิ่งในการติดตั้งกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าเนื่องจากกระแสลมไม่เอื้ออำนวยเป็นอย่างมาก โดยการจะติดตั้งกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าที่อำเภอเมืองชลบุรีนั้น จะต้องมีการสำรวจข้อมูลความเร็วลมให้มากกว่านี้ (อย่างน้อย 1 ปี) จะต้องคำนวณค่าความเร็วลมที่สำรวจได้เปรียบเทียบกับกระแสไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้เมื่อจะทำการติดตั้งกังหันลม ต้องคำนวณลักษณะของกระแสลมจากข้อมูลที่สำรวจได้เพื่อทำการเลือกใช้ลักษณะของกังหันลม ซึ่งในส่วนนี้จะเป็นการคำนวณทางด้านพลังงาน และการวิเคราะห์ค่าความเสี่ยงในด้านเศรษฐศาสตร์ ซึ่งต้องนำข้อมูลความเร็วลมที่สำรวจได้จากงานวิจัยนี้ไปประมวลผลเพื่อช่วยในการตัดสินใจก่อนการติดตั้งกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 4.14 กราฟข้อมูลความเร็วลมจากกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน

จากรูปที่ 4.12 แสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยจากกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงพลังงาน ในช่วงระยะเวลาการทำวิจัย จะเห็นได้ว่าลักษณะของข้อมูลจะมีลักษณะเป็นช่วงของความเร็วน้อย



รูปที่ 4.15 กราฟข้อมูลความเร็วลมที่วัดได้เปรียบเทียบกับข้อมูลของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน

จากรูปที่ 4.15 เป็นกราฟข้อมูลความเร็วลมที่งานวิจัยนี้สำรวจได้ นำมาเปรียบเทียบกับค่าข้อมูลของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงพลังงาน ซึ่งข้อมูลของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานในส่วนนี้ สามารถตรวจสอบได้จากเว็บไซต์ของกระทรวงพลังงาน ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลและทำการตรวจสอบข้อมูลจากแหล่งข้อมูลดังกล่าว เพื่ออ้างอิงถึงความถูกต้องและสามารถเปรียบเทียบข้อมูลในระดับหนึ่งได้

ผลการทดสอบการสำรวจข้อมูลความเร็วลมในงานวิจัยนี้ นำมาวิเคราะห์และเปรียบเทียบกับข้อมูลความเร็วลมจากกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน ข้อมูลจากทั้งสองส่วนมีความใกล้เคียงกันมาก โดยค่าข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยที่สำรวจได้จากงานวิจัยนี้ จะมีค่าข้อมูลอยู่ในระดับค่าความเร็วลมสูงสุดของข้อมูลจากกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน และค่าข้อมูลอัตราความเร็วลมเฉลี่ยที่สำรวจได้จากงานวิจัย จะมีค่าสูงกว่าค่าความเร็วลมเฉลี่ยของข้อมูลจากกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานด้วย

จากข้อมูลที่กล่าวมานี้ทำให้สามารถวิเคราะห์ความผิดพลาดของข้อมูลที่ทำให้การตรวจวัดได้ แต่ข้อมูลจากการวิเคราะห์นี้มีความละเอียดไม่มากนัก เนื่องจากข้อมูลจากแหล่งอ้างอิง ของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน มีการจัดเก็บค่าข้อมูลความเร็วลมในลักษณะเป็นช่วงของความเร็วจึงไม่มีการจัดเก็บค่าข้อมูลที่เป็นข้อมูลแบบตายตัวหรือเห็นค่าชัดเจน จึงทำให้การเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยที่สำรวจได้จากงานวิจัยนี้กับค่าข้อมูลความเร็วลมของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานได้ไม่ชัดเจนเท่าใดนัก โดยผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากทั้งสองส่วนนี้ มีความถูกต้องของข้อมูลมากพอสมควร เมื่อวิเคราะห์จากรูปที่ 4.15

การสำรวจข้อมูลความเร็วลม ทำให้ทราบถึงความแตกต่างของข้อมูลในบริเวณที่ทำการสำรวจ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่แตกต่างกันทั้งสองพื้นที่อย่างชัดเจน จึงวิเคราะห์ได้ว่าการตรวจวัดข้อมูลความเร็วลมในแต่ละพื้นที่ โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย (Wireless Sensor Network) สามารถนำข้อมูลมาเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผล เพื่อช่วยในการตัดสินใจเลือกใช้รูปแบบของกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้า และช่วยการตัดสินใจในการติดตั้งกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่การสำรวจหรือบันทึกผลเพื่อนำเอาข้อมูลที่ได้จากการสำรวจไปใช้งานจริงนั้น จำเป็นต้องมีการจัดทำารสำรวจข้อมูลและบันทึกผลข้อมูลในระยะยาว (อย่างน้อย 2 ปี) และจะต้องมีข้อมูลจากแหล่งอ้างอิงหลายแห่ง เพื่อสามารถนำข้อมูลจากแหล่งอ้างอิงอื่นๆ เหล่านี้มาเปรียบเทียบ วิเคราะห์ผล และตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ทำให้การสำรวจได้ จึงจะทำให้ได้ข้อมูลที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

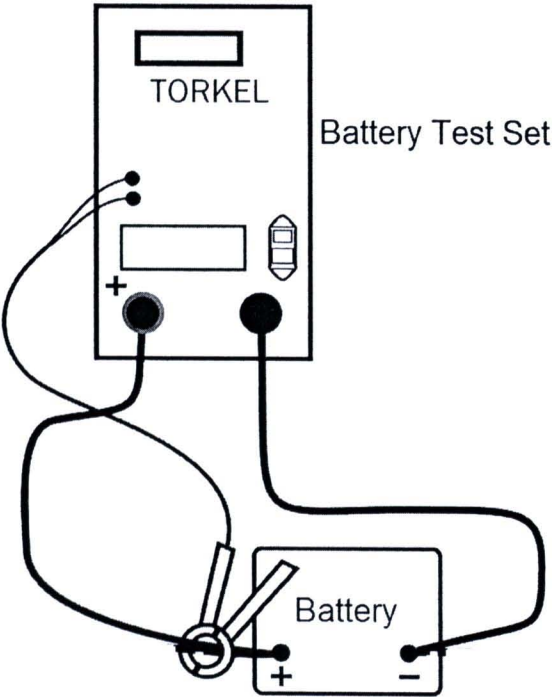
4.3 ปัจจัยเสริมที่มีผลต่อการทำงานของระบบ

จากผลการวิจัยที่ได้จากการสำรวจนี้ สามารถวิเคราะห์ผลและพยากรณ์การทำงานของอุปกรณ์ในระบบได้ โดยปัจจัยสำคัญที่ควรวิเคราะห์ผลและพยากรณ์การทำงานมีอยู่ด้วยกัน 2 ส่วน ดังนี้

4.3.1 ระยะเวลาการทำงานของแหล่งพลังงาน

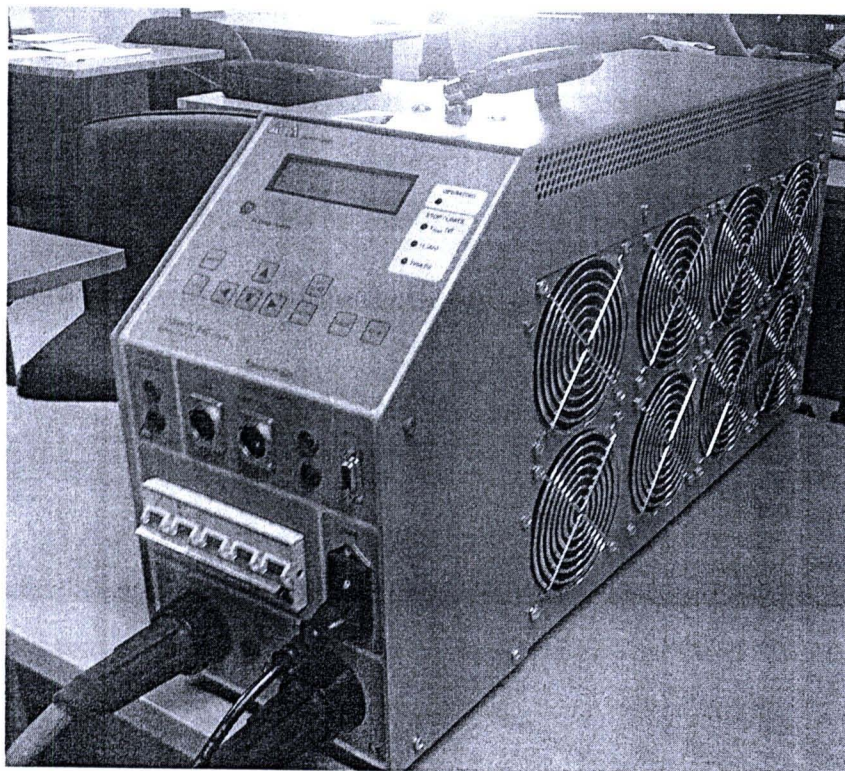
การทดสอบแบตเตอรี่ในงานวิจัยนี้ ได้ใช้มาตรฐาน IEEE 1188 ซึ่งเป็นวิธีการในการทดสอบแบตเตอรี่แบบ sealed lead-acid (SLA) ซึ่งเป็นแบตเตอรี่ชนิดเดียวกันกับที่ใช้ในระบบนี้ โดยเลือกใช้หัวข้อ IEEE 1188 – 2005 – Recommended Practice for Maintenance, Testing, and Replacement of Valve-Regulated Lead – Acid (VRLA) Batteries for Stationary Applications และมาตรฐาน IEEE 1189 – 1996 – Guide for Selection of Valve-Regulated Lead-Acid (VRLA) Batteries for Stationary Applications ซึ่งเป็นมาตรฐานของการทดสอบแบตเตอรี่ที่บังคับใช้กันทั่วโลกจนถึงปัจจุบันเป็นการอ้างอิงการทดสอบ

แหล่งพลังงานที่ใช้ในระบบนี้ คือแบตเตอรี่ขนาดแรงดันที่ 12.6 โวลต์ 2.8 แอมแปร์ ซึ่งใช้งานทั้งที่สถานีย่อย และสถานีฐาน การวิเคราะห์ระยะเวลาการทำงานของแบตเตอรี่ในระบบนี้ จะใช้เครื่องทดสอบประสิทธิภาพแบตเตอรี่ (Battery Test Set) รุ่น TORCEL 840 UTILITY Battery Load Unit โดยการทดสอบและการคำนวณมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 4.16 การเชื่อมต่อแบตเตอรี่เข้ากับเครื่องทดสอบประสิทธิภาพ (Battery Test Set)

จากรูปที่ 4.16 เป็นการเชื่อมต่อแบตเตอรี่ที่จะนำมาทดสอบประสิทธิภาพกับเครื่องทดสอบประสิทธิภาพแบตเตอรี่ (TORCEL 840 UTILITY) โดยทำการเชื่อมต่อกันด้วยสายไฟสองเส้น ซึ่งจะมีทั้งขั้วบวก และขั้วลบ ในจุดนี้ต้องทำการเชื่อมต่อขั้วระหว่างอุปกรณ์ให้ถูกต้อง โดยขั้วบวกของเครื่องทดสอบจะต้องต่อเข้ากับขั้วบวกของแบตเตอรี่ ส่วนขั้วลบของเครื่องทดสอบก็ต้องต่อเข้ากับขั้วลบของแบตเตอรี่เช่นเดียวกัน และก่อนการเริ่มทดสอบ จะต้องมีการกำหนดค่าต่างๆ ในการทดสอบ ซึ่งการกำหนดค่าต่างๆ นี้จะต้องกำหนดให้ถูกต้อง และอยู่ในขอบเขตการทำงานของแบตเตอรี่ที่ใช้ในการทดสอบด้วย เพื่อป้องกันอันตรายที่เกิดจากการป้อนโหลดให้กับแบตเตอรี่มากเกินไป ตัวอย่างการกำหนดค่าก่อนเริ่มการทำงานของเครื่อง เช่น การกำหนดขนาดของโหลดจำลองสำหรับป้อนให้กับตัวแบตเตอรี่ว่าจะมีขนาดเท่าใด ส่วนนี้จะต้องมีขนาดของโหลดไม่เกินขนาดที่แบตเตอรี่รับได้ หรือไม่มากกว่าขนาดโหลดสูงสุดของแบตเตอรี่เป็นอย่างน้อย การกำหนดค่าในการแฉ่งเตือน เครื่องทดสอบจะทำการแฉ่งเตือนด้วยเสียง และข้อความทางหน้าจอ เมื่อเข้าเงื่อนไขในการแฉ่งเตือน โดยทั่วไปแล้วการกำหนดค่าให้เครื่องแฉ่งเตือนนั้น มักจะกำหนดค่าในกรณีมีเหตุการณ์เกินขีดความสามารถของแบตเตอรี่ เช่น ขนาดของโหลดที่จำลองมีค่ามากเกินไป ขนาดของแรงดันมีค่าไม่ตรงกับความเป็นจริง และทำการตั้งเวลาในการแฉ่งเตือน เป็นต้น



รูปที่ 4.17 อุปกรณ์ทดสอบประสิทธิภาพแบตเตอรี่

จากรูปที่ 4.17 อุปกรณ์ทดสอบประสิทธิภาพแบตเตอรี่ แบตเตอรี่ (Battery Test Set) รุ่น TORCEL 840 UTILITY Battery Load Unit นี้เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เป็นมาตรฐานในการตรวจสอบประสิทธิภาพแบตเตอรี่ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยเครื่องทดสอบประสิทธิภาพแบตเตอรี่นี้ได้ขอความร่วมมือจาก การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 1 ภาคกลาง (จังหวัดพระนครศรีอยุธยา)

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติของอุปกรณ์แต่ละตัวที่ใช้ในส่วน of สถานีย่อย (End Node)

อุปกรณ์	สถานะ	ขนาดกระแส
หน่วยประมวลผล (MCS-51)	Active Mode	25 mA
	Idle Mode	6.5 mA
เครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย	Transmit Mode	45 mA
	Idle Mode	50 mA
วงจรปรับเปลี่ยนรูปแรงดัน	Active Mode	2 mA

จากตารางที่ 4.1 เป็นการแสดงรายละเอียดการใช้พลังงานของอุปกรณ์แต่ละตัวในส่วน of สถานีย่อย ซึ่งจำแนกได้ 2 สถานะคือ สถานะทำงาน และสถานะไม่ทำงาน โดยแสดงผลขนาด of กระแสที่อุปกรณ์แต่ละตัวใช้ ซึ่งอ้างอิงจากข้อมูลคุณสมบัติของผู้ผลิต

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลการวัดค่าอุปกรณ์ในสถานีย่อยขณะทำงานจริง

อุปกรณ์	ขนาดกระแส
หน่วยประมวลผล	6.72 mA
เครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย	8.95 mA
วงจรปรับเปลี่ยนรูปแรงดัน	1.73 mA

จากตารางที่ 4.2 เป็นการแสดงรายละเอียดการใช้พลังงานจริงของอุปกรณ์แต่ละตัวในส่วน of สถานีย่อย โดยวัดค่ากระแสของอุปกรณ์ในขณะทำงานจริง โดยค่ากระแสในตารางนี้จะแตกต่างจากค่ากระแสของตารางที่ 4.1 เพราะเมื่อระบบมีการทำงานจริงนั้น จะอยู่ทั้งในสถานะทำงานและสถานะไม่ทำงานสลับกันไป โดยจะอยู่ในสถานะไม่ทำงาน (Sleep หรือ Idle) เป็นหลัก จึงทำให้ อุปกรณ์แต่ละตัวใช้ขนาดกระแสน้อยกว่าคุณสมบัติโดยทั่วไป

จากข้อมูลข้างต้น สามารถคำนวณการใช้พลังงานของระบบได้ดังนี้

$$6.72 \text{ mA} + 8.95 \text{ mA} + 1.73 \text{ mA} = 17.4 \text{ mA}$$

จากการวัดค่าการใช้พลังงานของอุปกรณ์ในระบบส่วนของสถานีย่อย ทำให้ทราบถึงค่าพลังงานที่จะนำไปทดสอบกับเครื่องทดสอบประสิทธิภาพแบตเตอรี่ โดยทำการจ่ายค่าโหลดจำลองให้กับตัวแบตเตอรี่ ซึ่งการทดสอบนี้ใช้ขนาดของโหลด เท่ากับ 2500 mA ด้วยเครื่อง Battery Test Set เพื่อทดสอบว่าแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ในระบบนี้ ยังคงรักษาสภาพแรงดันของตัวเองไว้ได้ในระยะเวลาเท่าใด เมื่อคำนวณจากค่าแรงดันที่ลดลง 80% ของตัวแบตเตอรี่ เพื่อนำระยะเวลานี้มาคำนวณประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ต่อไป

ผลการทดสอบคือ แบตเตอรี่สามารถรักษาสภาพแรงดันของตัวเองไม่ให้ลดลงเกิน 80% หรือ 9.6 โวลต์ เมื่อเทียบกับแรงดันเต็มของตัวแบตเตอรี่เองคือ 12 โวลต์ ได้ในระยะเวลา 4 ชั่วโมง 26 นาที ซึ่งจากการทดสอบนี้สามารถนำระยะเวลาที่ทดสอบได้ นำไปคำนวณหาระยะเวลาการทำงานของแบตเตอรี่ทั้งหมด โดยทำการเทียบบัญญัติตารางข้อมูลแรงดัน ไปจนถึงค่าแรงดันไฟฟ้าระดับต่ำสุดที่อุปกรณ์สามารถทำงานได้

จากผลการทดสอบ 2500 mA ใช้เวลา 266 นาที

ดังนั้น เมื่อใช้ 17.4 mA จะใช้เวลา $[(2500/17.4)*266] / 60$

= 637 ชั่วโมง หรือประมาณ 27 วัน

จากการคำนวณดังกล่าวทำให้สามารถวิเคราะห์ระยะเวลาของแบตเตอรี่ที่สามารถทำงานได้ โดยคำนวณได้ดังนี้

- แบตเตอรี่สามารถรักษาแรงดันไว้ที่ 9.6 โวลต์ในระยะเวลา 637 ชั่วโมง
- ประมาณค่าการลดลงของแรงดันหลังจากผ่านระยะเวลา 637 ชั่วโมง ดังนี้
- ประสิทธิภาพการรักษาแรงดันลดลง 10% และคำนวณค่าแรงดันที่รักษาไว้เท่ากับ 80% ของแรงดันเดิมได้ดังนี้
- รักษาแรงดันไว้ที่ 7.68 โวลต์ ในระยะเวลา 574 ชั่วโมง
- รักษาแรงดันไว้ที่ 6.14 โวลต์ ในระยะเวลา 517 ชั่วโมง
- รักษาแรงดันไว้ที่ 4.91 โวลต์ ในระยะเวลา 466 ชั่วโมง

จากการวิเคราะห์ระยะเวลาการทำงานของแหล่งพลังงาน (แบตเตอรี่) ของระบบนี้ จะทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าระดับต่ำสุดที่อุปกรณ์แต่ละส่วนสามารถทำงานได้ตามปกติ การคำนวณนี้จะใช้ค่าแรงดันสุดท้ายที่ระบบสามารถทำงานได้ที่ 4.91 โวลต์ ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วนั้น ค่าแรงดันต่ำสุดที่สถานีย่อย (End Node) สามารถทำงานได้นั้นอยู่ที่ประมาณ 4.8 โวลต์ แต่ในกรณีนี้จะใช้เป็น 4.91 โวลต์แทน เพื่อความสะดวกและเพิ่มประสิทธิภาพต่อการคำนวณ

รวมระยะเวลาทั้งหมดจะได้ 2194 ชั่วโมง หรือประมาณ 91 วัน

จากการประมาณค่าการใช้พลังงานของระบบ จะได้ว่าระบบนี้สามารถทำงานต่อเนื่องในระยะเวลาทั้งหมดเท่ากับ 2194 ชั่วโมง หรือ 91 วัน

ตารางที่ 4.3 สรุปการทำงานของอุปกรณ์ในสถานีย่อย

รายละเอียด	ผลที่ได้
แบตเตอรี่รักษาแรงดันไม่ให้ต่ำกว่า 80%	ใช้เวลา 27 วัน
เมื่อแรงดันแบตเตอรี่ลดลงเหลือ 80%	ใช้งานได้อีก 65 วัน
เมื่อแรงดันแบตเตอรี่ลดลงเหลือ 50%	ใช้งานได้อีก 11 วัน
แรงดันต่ำสุดที่ระบบสามารถทำงานได้	4.80 โวลต์
แรงดันต่ำสุดที่ใช้ในการคำนวณ	4.91 โวลต์
ระยะเวลาทำงานสูงสุด	91 วัน

จากการประมาณระยะเวลาการทำงานของแบตเตอรี่ในส่วน of สถานีย่อย (End Node) นั้น จะเห็นได้ว่า ระยะเวลาในการทำงานทั้งหมดอยู่ที่ประมาณ 91 วันหรือประมาณ 3 เดือน ซึ่งถือว่า มีระยะเวลาการทำงานที่ต่อเนื่องไม่มากนัก ซึ่งระยะเวลาที่สามารถทำงานต่อเนื่องในส่วนนี้นั้น ควรจะอยู่ที่มากกว่า 12 เดือน หรือ 1 ปี ขึ้นไป ส่วนสาเหตุหลักที่ทำให้การทำงานในส่วนนี้มี ระยะเวลาการทำงานไม่ยาวนานนั้น มีปัจจัยสำคัญอยู่ที่ อุปกรณ์เครือข่ายไร้สาย (Wireless Sensor Network) ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้พลังงานในการทำงานของระบบมากที่สุด และอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานสูง รองลงมาคือหน่วยประมวลผลหรือไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งถ้าสามารถจัดการการใช้พลังงานในสองส่วนนี้ให้น้อยลงได้ จะสามารถทำให้ระบบมีระยะเวลาการทำงานที่นานขึ้นและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามการคำนวณนี้นั้นเป็นเพียงการประมาณการเท่านั้น ความถูกต้องของข้อมูล อาจยังไม่ถูกต้องหรือชัดเจนมากนัก และงานวิจัยนี้ยังเป็นอุปกรณ์ต้นแบบในการสำรวจข้อมูล ซึ่ง ยังไม่ได้มีการจัดการด้านพลังงานอย่างเต็มประสิทธิภาพเท่าที่ควร

ตารางที่ 4.4 คุณสมบัติของอุปกรณ์แต่ละตัวที่ใช้ในส่วนของสถานีฐาน (Gateway)

อุปกรณ์	สถานะ	ขนาดกระแส
หน่วยประมวลผล (PIC)	Active Mode	25 mA
	Idle Mode	6.5 mA
เครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย	Transmit Mode	45 mA
	Idle Mode	50 mA
วงจรปรับแรงดัน	Active Mode	2 mA
อุปกรณ์จัดการด้านเวลาจริง	Active Mode	2 mA
อุปกรณ์บันทึกข้อมูลลงหน่วยความจำ	Active Mode	2 mA

จากตารางที่ 4.4 เป็นการแสดงรายละเอียดการใช้พลังงานของอุปกรณ์แต่ละตัวในส่วน
ของสถานีฐาน ซึ่งคล้ายกับส่วนของสถานีย่อย แต่จะมีส่วนที่แตกต่างกันคือ อุปกรณ์ในสถานีฐานนี้
จะมีจำนวนมากกว่าสถานีย่อย โดยส่วนที่เพิ่มมาคือ อุปกรณ์จัดการด้านเวลาจริง (RTC) และ
อุปกรณ์บันทึกข้อมูลลงหน่วยความจำ

ตารางที่ 4.5 ข้อมูลการวัดค่าอุปกรณ์ในสถานีฐานขณะทำงานจริง

อุปกรณ์	ขนาดกระแส
หน่วยประมวลผล	6.22 mA
เครือข่ายตรวจจับสัญญาณแบบไร้สาย	4.48 mA
วงจรปรับเปลี่ยนรูปแรงดัน	1.73 mA
อุปกรณ์จัดการด้านเวลาจริง	1.12 mA
อุปกรณ์บันทึกข้อมูลลงหน่วยความจำ	1.85 mA

จากตารางที่ 4.5 เป็นการแสดงรายละเอียดการใช้พลังงานจริงของอุปกรณ์แต่ละตัวใน
ส่วนของสถานีฐาน โดยวัดค่ากระแสของอุปกรณ์ในขณะที่ทำงานจริง โดยค่ากระแสในตารางนี้จะ
แตกต่างจากค่ากระแสของตารางที่ 4.4 เพราะเมื่อระบบมีการทำงานจริงนั้น จะอยู่ทั้งในสถานะ
ทำงานและสถานะไม่ทำงานสลับกันไป โดยจะอยู่ในสถานะไม่ทำงาน (Sleep หรือ Idle) เป็นหลัก

จึงทำให้ อุปกรณ์แต่ละตัวใช้ขนาดกระแสต่ำกว่าคุณสมบัติโดยทั่วไป ซึ่งจากตารางที่ 4.5 นี้จะเห็นได้ว่าข้อมูลในตารางต่างจากข้อมูลใน ตารางที่ 4.2 โดยมีขนาดของกระแสโดยรวมในตารางนี้น้อยกว่าตารางที่ 4.2 ทั้งๆ ในสถานีฐานมีอุปกรณ์มากกว่า แต่กลับใช้พลังงานน้อยกว่าสถานีย่อย สาเหตุเนื่องมาจากสถานีฐานไม่มีการใช้พลังงานในระดับสูง ในการส่งข้อมูลแบบไร้สายเหมือนสถานีย่อย จึงทำให้สถานีฐานใช้กระแสน้อยกว่าสถานีย่อยมาก และการคำนวณของหน่วยประมวลผลในส่วนนี้ จะมีการคำนวณน้อยกว่าในสถานีย่อย ซึ่งส่งผลให้ภาพรวมของสถานีฐานใช้พลังงานน้อยกว่าสถานีย่อย

จากข้อมูลข้างต้น สามารถคำนวณการใช้พลังงานของระบบได้ดังนี้

$$6.22 \text{ mA} + 4.48 \text{ mA} + 1.12 \text{ mA} + 1.85 \text{ mA} + 1.73 \text{ mA} = 15.4 \text{ mA}$$

จากการวัดค่าการใช้พลังงานของอุปกรณ์ในระบบส่วนของสถานีฐาน ทำให้ทราบถึงค่าพลังงานที่จะนำไปทดสอบกับเครื่องทดสอบประสิทธิภาพแบตเตอรี่ โดยทำการจ่ายค่าโหลดจำลองให้กับตัวแบตเตอรี่ ซึ่งการทดสอบนี้ใช้ขนาดของโหลด เท่ากับ 2500 mA ด้วยเครื่อง Battery Test Set เพื่อทดสอบว่าแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ในระบบนี้ ยังคงรักษาสภาพแรงดันของตัวเองไว้ได้ในระยะเวลาเท่าใด เมื่อคำนวณจากค่าแรงดันที่ลดลง 80% ของตัวแบตเตอรี่ เพื่อนำระยะเวลานี้มาคำนวณประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ต่อไป

ผลการทดสอบคือ แบตเตอรี่สามารถรักษาสภาพแรงดันของตัวเองไม่ให้ลดลงเกิน 80% หรือ 9.6 โวลต์ เมื่อเทียบกับแรงดันเต็มของตัวแบตเตอรี่เองคือ 12 โวลต์ ได้ในระยะเวลา 4 ชั่วโมง 26 นาที ซึ่งจากการทดสอบนี้สามารถนำระยะเวลาที่ทดสอบได้ไปใช้คำนวณหาระยะเวลาการทำงานของแบตเตอรี่ทั้งหมดเช่นเดียวกับสถานีย่อย

จากผลการทดสอบ 2500 mA ใช้เวลา 266 นาที

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น เมื่อใช้ } 17.4 \text{ mA } & \text{ จะใช้เวลา } [(2500/15.4)*266] / 60 \\ & = 720 \text{ ชั่วโมง หรือประมาณ 30 วัน} \end{aligned}$$

จากการคำนวณดังกล่าวทำให้สามารถวิเคราะห์ระยะเวลาเมื่อแบตเตอรี่ไม่สามารถทำงานได้ โดยคำนวณได้ดังนี้

แบตเตอรี่สามารถรักษาแรงดันไว้ที่ 9.6 โวลต์ในระยะเวลา 720 ชั่วโมง

ประมาณค่าการลดลงของแรงดันหลังจากผ่านระยะเวลา 720 ชั่วโมง ดังนี้

ประสิทธิภาพการรักษาแรงดันลดลง 10% และคำนวณค่าแรงดันที่รักษาไว้เท่ากับ 80% ของแรงดันเดิมได้ดังนี้

รักษาแรงดันไว้ที่ 7.68 โวลต์ ในระยะเวลา 648 ชั่วโมง

รักษาแรงดันไว้ที่ 6.14 โวลต์ ในระยะเวลา 584 ชั่วโมง

รักษาแรงดันไว้ที่ 4.91 โวลต์ ในระยะเวลา 526 ชั่วโมง

จากการวิเคราะห์ระยะเวลาการทำงานของแหล่งพลังงาน(แบตเตอรี่)ของระบบนี้ จะทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าในระดับต่ำสุดที่อุปกรณ์แต่ละส่วนสามารถทำงานได้ตามปกติ การคำนวณนี้จะใช้ค่าแรงดันสุดท้ายที่ระบบสามารถทำงานได้ที่ 4.91 โวลต์ ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วนั้น ค่าแรงดันต่ำสุดที่สถานีฐาน (Gateway) สามารถทำงานได้นั้นคือ 4.8 โวลต์ แต่ในกรณีนี้จะใช้เป็น 4.91 โวลต์ แทน เพื่อความสะดวกและเพิ่มประสิทธิภาพต่อการคำนวณ

รวมระยะเวลาทั้งหมดจะได้ 2478 ชั่วโมง หรือประมาณ 103 วัน

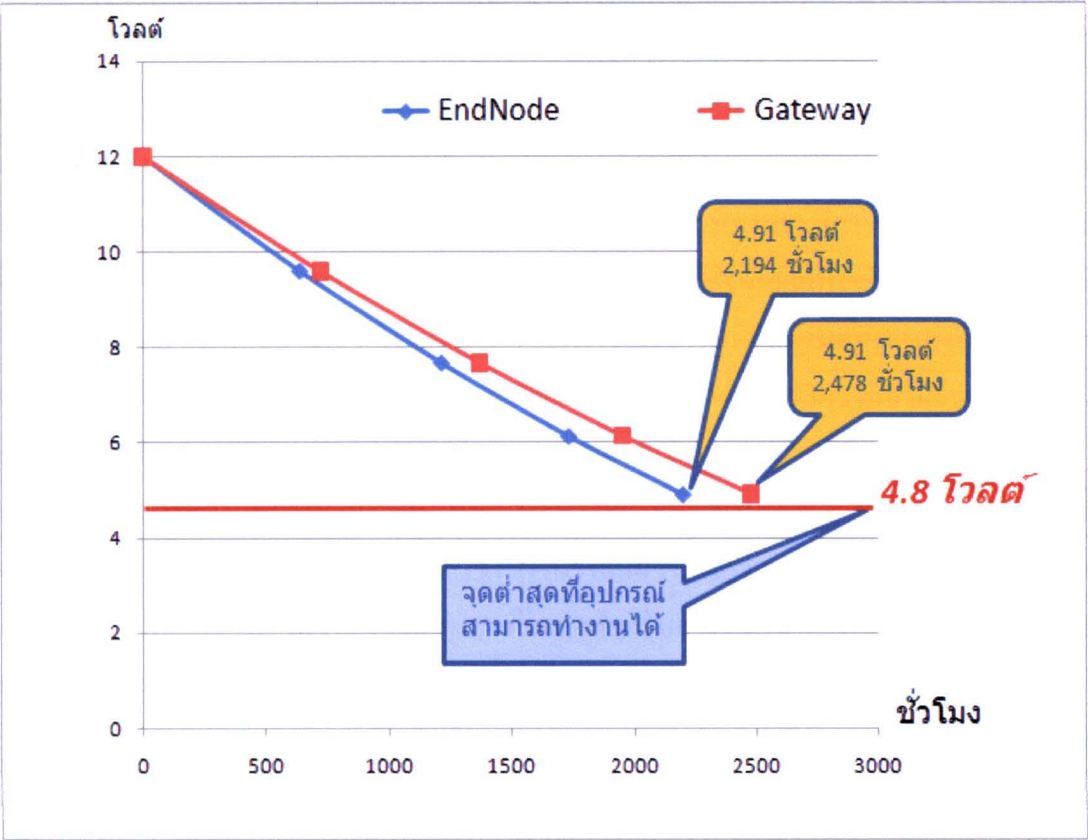
จากการประมาณค่าการใช้พลังงานของระบบ จะได้ว่าระบบนี้สามารถทำงานต่อเนื่องในระยะเวลาทั้งหมดเท่ากับ 2478 ชั่วโมง หรือ 103 วัน

ตารางที่ 4.6 สรุปการทำงานของอุปกรณ์ในสถานีฐาน

รายละเอียด	ผลที่ได้
แบตเตอรี่รักษาแรงดันไม่ให้ต่ำกว่า 80%	ใช้เวลา 30 วัน
เมื่อแรงดันแบตเตอรี่ลดลงเหลือ 80%	ใช้งานได้อีก 73 วัน
เมื่อแรงดันแบตเตอรี่ลดลงเหลือ 50%	ใช้งานได้อีก 22 วัน
แรงดันต่ำสุดที่ระบบสามารถทำงานได้	4.80 โวลต์
แรงดันต่ำสุดที่ใช้ในการคำนวณ	4.91 โวลต์
ระยะเวลาทำงานสูงสุด	103 วัน

จากการประมาณระยะเวลาการทำงานของแบตเตอรี่ในส่วนของสถานีฐาน (Gateway) นั้น จะเห็นได้ว่า ระยะเวลาในการทำงานทั้งหมดอยู่ที่ประมาณ 103 วันหรือประมาณ 3 เดือน ครั้ง ซึ่งถือว่ามึระยะเวลาการทำงานที่ต่อเนื่องไม่มากนัก ซึ่งระยะเวลาที่สามารถทำงานต่อเนื่องในส่วนนี้นั้น ควรจะอยู่ที่มากกว่า 12 เดือน หรือ 1 ปี ขึ้นไป ส่วนสาเหตุหลักที่ทำให้การทำงานในส่วนนี้มีระยะเวลาการทำงานไม่มากนักนั้น มีปัจจัยสำคัญอยู่ที่หน่วยประมวลผลหรือไมโครคอนโทรลเลอร์

โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ในส่วนสถานีฐานนี้นั้น จะทำการติดต่อกับอุปกรณ์การจัดการด้านเวลาจริง และส่งคำสั่งไปจัดการอุปกรณ์บันทึกข้อมูลลงหน่วยความจำ จึงทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์มีการใช้พลังงานสูง กอปรกับการติดต่อกับอุปกรณ์หลายชิ้น กระแสไฟฟ้าในส่วนสถานีฐานนี้จึงถูกใช้เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ซึ่งถ้าสามารถจัดการการใช้พลังงานในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ และการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอก จะสามารถทำให้ระบบมีระยะเวลาการทำงานที่นานขึ้นและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามการคำนวณนี้นั้นเป็นเพียงการประมาณการเท่านั้น ความถูกต้องของข้อมูลอาจยังไม่ถูกต้องหรือชัดเจนมากนัก และงานวิจัยนี้ยังเป็นอุปกรณ์ต้นแบบในการสำรวจข้อมูล ซึ่งยังไม่ได้มีการจัดการด้านพลังงานอย่างเต็มประสิทธิภาพ



รูปที่ 4.18 ลักษณะการลดลงของแรงดันเมื่อใช้เครื่องทดสอบทำการป้อนโวลต์ให้กับแบตเตอรี่

จากรูปที่ 4.18 เป็นการแสดงลักษณะการลดลงของแรงดันในแบตเตอรี่ เมื่อทดสอบการป้อนโวลต์กับเครื่องทดสอบประสิทธิภาพ โดยข้อมูลกราฟนี้เป็นการคำนวณการประมาณค่าการลดลงของแรงดันเมื่อทำการป้อนโวลต์ให้กับแบตเตอรี่

จากการวิเคราะห์ระยะเวลาการทำงานของแหล่งพลังงานในงานวิจัยนี้ โดยใช้การคำนวณแบบประมาณการ ใช้ข้อมูลจากสถิติของการทดลองใช้งานนั้น และใช้อุปกรณ์ทดสอบประสิทธิภาพแบตเตอรี่ (Battery Test Set) จะได้ผลลัพธ์ที่ยังไม่ละเอียดและแม่นยำมากนัก เนื่องจากการวิเคราะห์อัตราการใช้พลังงานของแบตเตอรี่นั้น จะต้องมีข้อมูลเชิงลึกของอุปกรณ์แต่ละตัว ต้องทราบถึงลักษณะการทำงานและการใช้พลังงานที่ละเอียดของอุปกรณ์ ลักษณะการลดลงของแรงดันในแบตเตอรี่ที่ใช้ในระบบของแต่ละส่วน การรักษาแรงดันในช่วงแรกของแบตเตอรี่ และจะต้องมีวิธีการทดสอบและเก็บข้อมูลในระยะเวลาอันยาวนานและละเอียด จึงจะทำให้สามารถวิเคราะห์และพยากรณ์การทำงานของแหล่งพลังงานได้อย่างแม่นยำ ซึ่งเมื่อสามารถทราบถึงข้อมูลต่างๆ ของอุปกรณ์แต่ละตัวอย่างละเอียด และมีวิธีการทดสอบเก็บข้อมูลที่มีประสิทธิภาพแล้ว นอกจากจะทำให้วิเคราะห์และพยากรณ์ระยะเวลาการทำงานของแหล่งพลังงานในระบบนี้ได้ถูกต้องมากขึ้นแล้ว ยังสามารถทำการวิเคราะห์สถานการณ์เมื่อมีสถานีย่อย (End Node) เพิ่มเข้ามาในระบบได้ โดยสามารถวิเคราะห์และคำนวณระยะเวลาการทำงานของแหล่งพลังงานที่สถานีฐาน (Gateway) ใหม่ได้ ซึ่งเมื่อมีสถานีย่อยเพิ่มเข้ามาในระบบ สถานีฐานจะมีความทำงานเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากต้องทำการประมวลผลและบันทึกข้อมูลจากสถานีย่อยที่ส่งข้อมูลเพิ่มเข้ามา จึงทำให้สถานีฐานต้องใช้พลังงานมากขึ้น การวิเคราะห์และคำนวณระยะเวลาการทำงานของแหล่งพลังงานบนสถานีฐาน จะสามารถวิเคราะห์ได้ทุกสถานการณ์ทั้งการเพิ่มหรือลดจำนวนของสถานีย่อย

4.3.2 การวิเคราะห์ระยะเวลาการทำงานของหน่วยความจำ

หน่วยความจำที่ใช้ในระบบนี้จะเป็นหน่วยความจำแบบ Secure Digital Card หรือที่นิยมเรียกว่า SD Card โดยหน่วยความจำที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีขนาดความจุทั้งหมด 256 MB ซึ่งถือว่าเป็นหน่วยความจำที่มีขนาดความจุข้อมูลมากเพียงพอสำหรับการใช้บันทึกข้อมูลลักษณะข้อความ (text) ในรูปแบบไฟล์นามสกุล .txt ในระบบนี้

จากการทดสอบการบันทึกข้อมูลลงหน่วยความจำ โดยได้ทำการบันทึกข้อมูลในระยะเวลา 30 วันลงหน่วยความจำแบบ SD Card ที่มีอยู่ในระบบ ซึ่งสถานีฐาน (Gateway) จะได้รับค่าข้อมูลจากสถานีย่อย (End Node) จำนวน 2 ตัว เพื่อทำการประมวลผลและบันทึกข้อมูลลงหน่วยความจำ โดยสถานีย่อยจะส่งข้อมูลความเร็วลมมาทุก 60 นาทีมายังสถานีฐาน จึงทำให้ในหนึ่งวันสถานีฐานจะได้รับค่าข้อมูลจำนวน 48 ค่า จากสถานีย่อยทั้งสองตัว และเมื่อระบบทำการบันทึกข้อมูลลงหน่วยความจำในระยะเวลาต่อเนื่อง 30 วัน จะทำให้มีจำนวนของข้อมูลที่รับได้ทั้งหมดเท่ากับ 1440 ค่า

จากการทดสอบวิเคราะห์ระยะเวลาการทำงานของหน่วยความจำ การทำงานของระบบในระยะเวลา 30 วัน พบว่าขนาดของข้อมูลที่มีอยู่ในหน่วยความจำแบบ SD Card ซึ่งอยู่ในรูปแบบ

ไฟล์นามสกุล txt นั้น หน่วยความจำจะมีขนาดของข้อมูลอยู่ที่ 66 KB โดยขนาดของข้อมูลในแต่ละวันนั้นจะมีขนาดอยู่ที่ 2.20 KB จึงทำให้เมื่อมีการบันทึกข้อมูลในระยะเวลา 30 วัน จะทำให้มีไฟล์ข้อมูลขนาด 2.20 KB จำนวน 30 ไฟล์ ตามการกำหนดการสร้างไฟล์ใหม่ในหน่วยความจำเมื่อเริ่มบันทึกข้อมูลในวันใหม่

เมื่อนำข้อมูลจากการทดสอบนี้ มาวิเคราะห์ระยะเวลาการทำงานของหน่วยความจำ จะสามารถคำนวณได้จากสูตรนี้

$$\begin{aligned} & (\text{ขนาดความจุทั้งหมดของหน่วยความจำ} / \text{ขนาดของข้อมูลที่บันทึกในระยะเวลา 30 วัน}) \\ & (256 \text{ MB} / 66 \text{ KB}) * 30 \end{aligned}$$

จากสูตรข้างต้น จะได้ระยะเวลาการทำงานที่สามารถบันทึกข้อมูลลงหน่วยความจำทั้งหมดได้ ซึ่งจากคำนวณที่ได้โดยประมาณ คือ 116,363 วัน หรือ 318 ปี

จากการวิเคราะห์ระยะเวลาการทำงานของหน่วยความจำที่มีอยู่ในระบบ ทำให้ทราบถึงขนาดของข้อมูลที่ถูกบันทึกลงหน่วยความจำ และระยะเวลาการทำงานจนความจุของหน่วยความจำเต็ม ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ทำให้ทราบว่า ขนาดของข้อมูลและหน่วยความจำที่ใช้ในงานวิจัยนี้นั้นเหมาะสมเพียงพอต่อการใช้งาน โดยยังสามารถเพิ่มข้อมูลอื่นๆ ลงไปในการบันทึกได้ด้วย เมื่อต้องการคำนวณหรือแสดงผลข้อมูลในส่วนอื่น