|  |
| --- |
| โครงงานเลขที่ วศ.คพ. xx/2560 |
| เรื่อง |
| ระบบทำนายตลาดแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ |
| โดย |
| นาย ปัณณวิชญ์ พันธ์วงศ์ รหัส 600610752 |
| รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของ วิชาสำรวจเพื่อโครงงานตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์  คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  ปีการศึกษา 2560 |
| PROJECT No. CPE xx/2560 |
|  |
| Foreign exchange market prediction system |
|  |
| Pannawit Panwong 600610752 |
| A Report Submitted in Partial Fulfillment of Project Survey Course as Required by the Degree of Bachelor of Engineering  Department of Computer Engineering  Faculty of Engineering  Chiang Mai University  2020 |

|  |  |
| --- | --- |
| หัวข้อโครงงาน | : ระบบทำนายตลาดแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ |
|  | : Foreign exchange market prediction system |
| โดย | : นายปัณณวิชญ์ พันธ์วงศ์ รหัส 600610752 |
| ภาควิชา | : วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | : รศ.ดร.ศันสนีย์ เอื้อพันธ์วิริยะกุล |
| ปริญญา | : วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต |
| สาขา | : วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ |
| ปีการศึกษา | : 2563 |

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ได้อนุมัติให้โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์)

................................................................................ หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

( รศ.ดร.ศักดิ์กษิต ระมิงค์วงศ์ )

คณะกรรมการสอบโครงงาน

................................................................................ ประธานกรรมการ

( รศ.ดร.ศันสนีย์ เอื้อพันธ์วิริยะกุล )

............................................................................................. กรรมการ

( อ.ดร.เกษมสิทธิ์ ตียพันธ์ )

............................................................................................. กรรมการ

( รศ.ดร.นิพนธ์ ธีรอำพน )

|  |  |
| --- | --- |
| หัวข้อโครงงาน | : ระบบทำนายตลาดแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ |
| โดย | : นายปัณณวิชญ์ พันธ์วงศ์ รหัส 600610752 |
| ภาควิชา | : วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | : รศ.ดร.ศันสนีย์ เอื้อพันธ์วิริยะกุล |
| ปริญญา | : วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต |
| สาขา | : วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ |
| ปีการศึกษา | : 2563 |

บทคัดย่อ

ตลาดแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ (Foreign Exchange Market) หรือ ฟอเร็กซ์ (Forex) คือ ตลาดที่เกี่ยวข้องกับการทำธุรกรรมซื้อขายเงินตราของประเทศต่าง ๆ หลายสกุล ตลอดจนการลงทุนเพื่อการเก็งกำไรค่าเงิน

การลงทุนในฟอเร็กซ์นั้น มีความเสี่ยงสูงอันเนื่องมาจากความผันผวนกว่าตลาดหุ้นทั่วไปหลายเท่าตัว ทำให้ผู้จัดทำต้องการพัฒนาระบบที่สามารถทำนายแนวโน้มของตลาดฟอเร็กซ์ โดยใช้ การเรียนรู้ของเครื่องคอมพิวเตอร์(Machine Learning) และตรรกศาสตร์คลุมเครือ(Fuzzy Logic) เพื่อลดความเสี่ยงและเพิ่มความมั่นใจในการลงทุน จึงหวังว่าระบบทำนายตลาดแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศจะช่วยเพิ่มโอกาสของผู้ลงทุนในตลาดฟอเร็กซ์ให้มีกำไรมากขึ้น

|  |  |
| --- | --- |
| Project Title | : Foreign exchange market prediction system |
| Name | : Pannawit Panwong 600610752 |
| Department | : Computer Engineering |
| Project Advisor | : Assoc. Prof. Sansanee Auephanwiriyakul, Ph.D. |
| Degree | : Bachelor of Engineering |
| Program | : Computer Engineering |
| Academic Year | : 2020 |

ABSTRACT

This project presents a study of wireless 2-way energy meter using IEEE 802.15.4 standard. The meter was made by using a small number of low components so to reduce its cost. The meters communicate with another meter and reader by IEEE 802.15.4 wireless communication standard. MRF24J40 module was used for communication. Pulse frequency was converted to real power by MCP3906.Maximum number of meters connected to the network is 8. The range of real power that meter can measure and has the error less than 5 % of accuracy class 5.0 is 50-4,000 W. The reader can get data of real power, direction, and energy from meter and show it on graphic LCD.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้จะไม่สำเร็จลุล่วงลงได้ ถ้าไม่ได้รับความกรุณาจาก ผศ.ดร.ยุทธพงษ์ สมจิต อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้สละเวลาให้ความช่วยเหลือทั้งให้คำแนะนำ ให้ความรู้และแนวคิดต่างๆรวมถึง รศ.ดร.ตรัสพงศ์ ไทยอุปถัมภ์ และ ผศ.ดร.อัญญา อาภาวัชรุตม์ ที่ให้คำปรึกษาจนทำให้โครงงานเล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ไปได้

ขอบคุณห้องวิจัย OASYS ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำโครงงานและสนับสนุนอุปกรณ์ต่างๆ และขอขอบคุณนางสาวฆายนีย์ นันตะรัตน์ ที่คอยให้ความช่วยเหลือจัดเตรียมอุปกรณ์การทำโครงงานมาโดยตลอด

ขอขอบคุณอาจารย์ยศนัย ศรีอุทัยศิริวงศ์ และบริษัท Engineo ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ในการทดลองสำหรับทดสอบอุปกรณ์ในการทำโครงงาน

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่ให้กำลังใจรวมถึงคำแนะนำที่ดีตลอดการทำโครงงานที่ผ่านมา

นอกจากนี้ผู้จัดทำขอขอบพระคุณขอขอบพระคุณบิดา มารดาที่ได้ให้ชีวิต เลี้ยงดูสั่งสอน และส่งเสียให้กระผมได้ศึกษาเล่าเรียนจนจบหลักสูตรปริญญาตรี หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ซึ่งท่านได้ให้กำลังใจ ในวันที่ท้อแท้ตลอดมา ซึ่งท่านยังเป็นแรงผลักดันให้กระผมสร้างสรรค์และมุ่งมั่นจนทำให้โครงงานนี้สำเร็จ รวมทั้งขอขอบพระคุณอีกหลายๆท่านที่ไม่ได้เอ่ยนามมา ณ ที่นี้ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือตลอดมา หากหนังสือโครงงานเล่มนี้มีข้อผิดพลาดประการใด กระผมขอน้อมรับด้วยความยินดี

นาย สมควร ซื่อตรง

นางสาว สมหญิง ณ บ้านญวน

20 พฤศจิกายน 2560

สารบัญ

หน้า

[บทคัดย่อ ง](#_Toc498009274)

[ABSTRACT จ](#_Toc498009275)

[กิตติกรรมประกาศ ฉ](#_Toc498009276)

[สารบัญ ช](#_Toc498009277)

[สารบัญภาพ ฌ](#_Toc498009278)

[สารบัญตาราง ญ](#_Toc498009279)

[บทที่ 1 บทนำ 1](#_Toc498009280)

[1.1 ที่มาของโครงงาน 1](#_Toc498009281)

[1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1](#_Toc498009282)

[1.3 ขอบเขตของโครงงาน 1](#_Toc498009283)

[1.3.1 ขอบเขตด้านฮาร์ดแวร์ 1](#_Toc498009284)

[1.3.2 ขอบเขตด้านซอฟต์แวร์ 1](#_Toc498009285)

[1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ 2](#_Toc498009286)

[1.5 เทคโนโลยีและเครื่องมือที่ใช้ 2](#_Toc498009287)

[1.5.1 เทคโนโลยีด้านฮาร์ดแวร์ 2](#_Toc498009288)

[1.5.2 เทคโนโลยีด้านซอฟต์แวร์ 2](#_Toc498009289)

[1.6 แผนการดำเนินงาน 3](#_Toc498009290)

[1.7 บทบาทและความรับผิดชอบ 3](#_Toc498009291)

[1.8 ผลกระทบด้านสังคม สุขภาพ ความปลอดภัย กฎหมาย วัฒนธรรม 3](#_Toc498009292)

[บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4](#_Toc498009293)

[2.1 การวัดกำลังไฟฟ้าและการคำนวณพลังงาน 4](#_Toc498009294)

[2.1.1 กำลังไฟฟ้าชั่วขณะ (Instantaneous power) 4](#_Toc498009295)

[2.1.2 กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (Average power) 5](#_Toc498009296)

[2.2 มาตรฐาน IEEE 802.15.4 5](#_Toc498009297)

[2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 6](#_Toc498009298)

[2.3.1 CCP (Capture, Compare, PWM) 6](#_Toc498009299)

[2.3.2 การสื่อสารแบบ SPI (Serial Peripheral Interface) 6](#_Toc498009300)

[2.4 ความรู้ตามหลักสูตรซึ่งถูกนำมาใช้หรือบูรณาการในโครงงาน 7](#_Toc498009301)

[2.5 ความรู้นอกหลักสูตรซึ่งถูกนำมาใช้หรือบูรณาการในโครงงาน 7](#_Toc498009302)

[บทที่ 3 โครงสร้างและขั้นตอนการทำงาน 8](#_Toc498009303)

[3.1 การออกแบบอุปกรณ์มิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้า 8](#_Toc498009304)

[3.1.1 ส่วนวัดกำลังไฟฟ้า (P2F) 8](#_Toc498009305)

[บทที่ 4 การทดลองและผลลัพธ์ 10](#_Toc498009306)

[4.1 การทดสอบวัดค่ากำลังไฟฟ้าเปรียบเทียบกับมิเตอร์มาตรฐาน 10](#_Toc498009307)

[4.2 การทดสอบการติดต่อสื่อสารแบบไร้สาย 11](#_Toc498009308)

[บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 12](#_Toc498009309)

[5.1 สรุปผล 12](#_Toc498009310)

[5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไข 12](#_Toc498009311)

[5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนาต่อ 12](#_Toc498009312)

[เอกสารอ้างอิง 14](#_Toc498009313)

[ภาคผนวก 15](#_Toc498009314)

[ภาคผนวก ก อุปกรณ์ต้นแบบ 16](#_Toc498009315)

[ภาคผนวก ข คู่มือการใช้งานระบบ 17](#_Toc498009316)

[ประวัติผู้เขียน 18](#_Toc498009317)

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 รูปแบบการเชื่อมต่อโครงข่ายเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย 4

รูปที่ 2.2 รูปแบบการส่งข้อมูลที่เลือกใช้ 6

รูปที่ 3.1 โครงสร้างภายในของมิเตอร์ 7

รูปที่ 3.2 ผังวงจรอย่างง่ายของส่วนวัดกำลังไฟฟ้า 8

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 สายสัญญาณทั้ง 4 ของการสื่อสารแบบ SPI 6

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบค่าที่วัดได้จากมิเตอร์โครงงานกับมิเตอร์มาตรฐาน 9

# บทนำ

## ที่มาของโครงงาน

ฟอเร็กซ์(Forex) คือ ตลาดที่ทำการซื้อขายอัตราแลกเปลี่ยนเงินตรา โดยราคานั้นจะแปรผันตามอุปสงค์และอุปทาน ของแต่ละสกุลเงิน ซึ่งทั้งนี้อาจจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ไม่ว่าจะเป็นอัตราดอกเบี้ย อัตราเงินเฟ้อ สภาพเศรษฐกิจ สถานการณ์บ้านเมือง เหตุการณ์ทั้งในและต่างประเทศ   
เรียกได้ว่า อัตราแลกเปลี่ยนเงินตรามีความอ่อนไหวต่อปัจจัยรอบข้างค่อนข้างมาก

ปัจจุบัน Artificial Intelligence (AI) หรือ ปัญญาประดิษฐ์ เป็นเทคโนโลยีที่รู้จักอย่างกว้างขวาง มีประโยชน์ต่อเทคโนโลยีกับชีวิตประจำวันเป็นอย่างมาก โดยสามารถแบ่ง ด้านการคมนาคมอัจฉริยะ ,ด้านการประมวลผลภาษา และ ด้านการแพทย์หรือด้านสุขภาพต่าง ๆ เป็นต้น

ผู้จัดทำได้สร้างระบบทำนายตลาดฟอเร็กซ์ที่มีความผันผวนรสูงโดยใช้ การเรียนรู้ของเครื่องคอมพิวเตอร์(Machine Learning) และตรรกศาสตร์คลุมเครือ(Fuzzy Logic) มาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มโอกาสให้ผู้ลงทุนได้กำไรและเพิ่มความมั่นใจในการลงทุนบนตลาดฟอเร็กซ์มากขึ้น โดยผลลัพธ์ของระบบทำนายจะแสดงผลลัพธ์ผ่านบนเว็บไซต์เพื่อสะดวกต่อการใช้งาน

## วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อเป็นตัวช่วยในการตัดสินใจในการลงทุนบนตลาดฟอเร็กซ์
2. เพื่อลดโอกาสผิดพลาดในการลงทุนบนตลาดฟอเร็กซ์

## ขอบเขตของโครงงาน

### ขอบเขตด้านฮาร์ดแวร์

1. สามารถดูผลลัพธ์ผ่านเว็บไซต์โดยใช้คอมพิวเตอร์ของผู้ใช้เป็นตัวเซิฟเวอร์

### ขอบเขตด้านซอฟต์แวร์

1. สามารถแสดงผลลัพธ์ของระบบที่ทำนายได้ผ่านทางเว็บไซต์
2. ระบบทำนายสามารถทำนายล่วงหน้าได้ 24 ชั่วโมง ประกอบไปด้วยสกุลเงิน EUR/USD ,USD/JPY และ GBP/USD

## ประโยชน์ที่ได้รับ

1. เพิ่มความมั่นใจในการลงทุนบนตลาดฟอเร็กซ์จากผลลัพธ์ของระบบทำนาย
2. เป็นตัวช่วยตัดสินใจในการลงทุนบนตลาดฟอเร็กซ์

## เทคโนโลยีและเครื่องมือที่ใช้

### เทคโนโลยีด้านฮาร์ดแวร์

1. Arduino UNO R3: แพลต์ฟอร์มที่ใช้ในการพัฒนาระบบ ซึ่งคุณสมบัติที่จำเป็นได้แก่...
2. Power sensor XXX: เซนเซอร์สำหรับการวัดการใช้กระแสไฟฟ้าแบบไม่มีการสัมผัส...

### เทคโนโลยีด้านซอฟต์แวร์

1. Python: ใช้ในการพัฒนาระบบส่วนของระบบทำนายตลาดฟอเร็กซ์
2. Nuxt.js: ใช้ในการพัฒนาเว็บแอพพลิเคชั่นที่สามารถรองรับผลลัพธ์จากระบบทำนายได้

## แผนการดำเนินงาน

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ขั้นตอนการดำเนินงาน | 2563 | | | | 2564 | | |
| ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. |
| 1. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับ Machine Learning และ Fuzzy Logic สำหรับระบบทำนาย |  |  |  |  |  |  |  |
| 1. เตรียมข้อมูล(Preprocessing) เพื่อเป็นอินพุต สำหรับระบบทำนาย |  |  |  |  |  |  |  |
| 1. ทดลองป้อนข้อมูลให้ Machine Learning เพื่อหาระบบทำนายที่ดีที่สุด |  |  |  |  |  |  |  |
| 1. ออกแบบ UX/UI เว็บไซต์ และพัฒนาเว็บไซต์ |  |  |  |  |  |  |  |
| 1. เชื่อมระบบในส่วนของ เว็บไซต์ และระบบทำนาย |  |  |  |  |  |  |  |
| 1. เขียนรายงาน |  |  |  |  |  |  |  |

## บทบาทและความรับผิดชอบ

นายปัณณวิชญ์ พันธ์วงศ์ รหัส 600610752 ทำหน้าพัฒนาระบบทั้งหมด ตั้งแต่ระบบทำนายจนไปถึงพัฒนาเว็บไซต์เพื่อให้รองรับผลลัพธ์ของระบบทำนาย ซึ่งจะต้องใช้ความรู้ในด้าน AI และการพัฒนา Web application

## ผลกระทบด้านสังคม สุขภาพ ความปลอดภัย กฎหมาย วัฒนธรรม

การที่บุคคลทั่วไปหรือบุคคลธรรมดาลงทุน Forex ผ่าน Broker ในประเทศนั้นไม่ผิดกฎหมาย แต่หากเกิดความเสียหาย โดนฉ้อโกง จากโบรกเกอร์ Forex จะไม่สามารถฟ้องร้องเรียกค่าเสียหายในประเทศไทยได้ แต่สามารถฟ้องร้องไปที่หน่วยงานที่จดทะเบียนของโบรกเกอร์ที่อยู่ต่างประเทศได้ ดังนั้นจะต้องพิจารณาเลือกโบรกเกอร์ Forex ที่มีความมั่นคง มีใบอนุญาต มีความน่าเชื่อ ทั่วโลกให้การยอมรับ และหากมีการระดุมทุนหรือเปิดโบรกเกอร์ในประเทศไทยนั้น เป็นสิ่งที่ทำไม่ได้และยังผิดกฎหมายอยู่

# ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การทำโครงงาน เริ่มต้นด้วยการศึกษาค้นคว้า ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง หรือ งานวิจัย/โครงงาน ที่เคยมีผู้นำเสนอไว้แล้ว ซึ่งเนื้อหาในบทนี้ก็จะเกี่ยวกับการอธิบายถึงสิ่งที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน เพื่อให้ผู้อ่านเข้าใจเนื้อหาในบทถัดๆไปได้ง่ายขึ้น เนื้อหาในบทนี้จะแบ่งออกเป็นสามส่วนหลักๆคือส่วนที่เป็นการวัดกำลังไฟฟ้า ส่วนติดต่อสื่อสาร และส่วนอุปกรณ์ที่นำมาใช้งาน ดังนี้

## Fuzzy Support Vector Regression (FSVR)

ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน เป็นโครงข่ายประสาทเทียมที่สร้างขึ้นเพื่อแก้ไขโครงข่ายประสาทเทียมแบบดั้งเดิม (Artificial Neural Network) อาศัยการเรียนรู้จากทฤษฏีทางสถิติและกระบวนการลด โครงสร้างต่ำสุด ที่นิยมนำไปใช้งาน คือ ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนแบบแบ่งกลุ่ม (Support Vector Classification) ใช้ในงานเกี่ยวกับการจดจำรูปแบบ และซัพพอร์ตเวกเตอร์รีเกรสชัน (Support Vector Regression) ใช้ในงานด้านการประมาณฟังก์ชัน

### Support Vector Regression (SVR)

*ซัพพอร์ตเวกเตอร์รีเกรสชันมีหลักการคล้ายกับซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนแบบแบ่งกลุ่มคือใช้หาระนาบเกินที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Hyperplane) แตกต่างกันที่ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนแบบแบ่งกลุ่มจะสนใจเพียงค่าบวกและลบที่เกิดขึ้นจากการแบ่งกลุ่มข้อมูล แต่ซัพพอร์ตเวกเตอร์รีเกรสชันจะสนใจค่าจริงที่เกิดขึ้นจากการประมาณค่าฟังก์ชัน*

*ซัพพอร์ตเวกเตอร์รีเกรสชันมีอยู่ 2 ประเภท คือ แบบเชิงเส้น* (Linear Regression) *และแบบไม่เป็นเชิงเส้น* (Nonlinear Regression) *ซึ่งซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนแบบไม่เป็นเชิงเส้นจะมีขั้นตอนแตกต่างจากแบบเชิงเส้นคือจะมีการแมปข้อมูลให้อยู่ปริภูมิที่สูงกว่าเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีลักษณะเป็นเชิงเส้น ซึ่งขั้นตอนของซัพพอร์ตเวกเตอร์รีเกรสชัน แสดงได้ดังภาพที่* 2.1.1

Calculate Kernel Matrix



Quadratic Optimization

Calculate weight vector w



Calculate offset b using

Karush-Kuhn-Tucker conditions

Function Approximation



รูปที่ 2.1.1 ขั้นตอนการคำนวณของ Support Vector Regression

#### Linear Regression

การหาฟังก์ชันประมาณค่า ที่จะนำมาใช้แทนกลุ่มของข้อมูลที่ใช้ฝึกสอน เริ่มจากการสอนระบบด้วยเซตข้อมูล โดย คือ เวกเตอร์ของข้อมูลเข้า, คือ ข้อมูลเอาต์พุต , คือ ค่าความเป็นสมาชิกของ แต่ละตัวโดย ซึ่ง และ คือ จำนวนระเบียนของข้อมูล ผลจากการฝึกสอนจะได้ฟังก์ชันประมาณค่าดังสมการที่ 2.1.1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | ( 2.1.1 ) |

โดย คือ เวกเตอร์น้ำหนัก

คือ ค่าไบอัส (Bias)

ซึ่งการหาระนาบเกินที่เหมาะสมเป็นการหาซัพพอร์ตเวกเตอร์ที่สามารถรักษาระยะห่างมากที่สุดระหว่างข้อมูลทั้งสองกลุ่ม ซัพพอร์ตเวกเตอร์ที่ได้จะใช้เป็นฟังก์ชันประมาณค่าของกลุ่มข้อมูลทั้งหมด การหานอร์ม (Norm) ที่น้อยสุดของ จะทำให้ได้ค่า ที่เหมาะสมที่สุดโดยใช้เงื่อนไขตามดังสมการต่อไปนี้

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | ( 2.1.2 ) |
|  |  | ( 2.1.3 ) |

การสร้างระนาบเกินที่จะสามารถประมาณค่าได้อย่างแม่นยำนั้น สามารถกำหนดความแม่นยำได้จากการกำหนดความกว้างของระนาบที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ (Error Insensitive) ในรูปฟังก์ชันการสูญเสีย (Loss Function) จากฟังก์ชันการสูญเสียแบบ ดังสมการที่ 2.1.4

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | ( 2.1.4 ) |

ในฟังก์ชันการสูญเสียแบบ มีการพิจารณาตัวแปรช่วย (Slack) เป็นค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลที่อยู่นอกระนาบทั้งสอง ได้สมการใหม่ดังสมการที่ 2.1.5 และ 2.1.6

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | ( 2.1.5 ) |
|  |  | ( 2.1.6 ) |

โดย คือ ค่าคงที่สำหรับคลุมค่าคลาดเคลื่อน

(Regularization Parameter)

คือ ค่าคลาดเคลื่อนของข้อมูลจากขอบระนาบบน

คือ ค่าคลาดเคลื่อนของข้อมูลจากขอบระนาบล่าง

จากสมการที่ 2.1.5 จะสามารถหาคำตอบได้ด้วยเงื่อนไขของสมการที่ 2.1.6 โดยใช้ฟังก์ชันลา กรานจ์ (Lagrange Function) ได้สมการจากการเพิ่มตัวคูณลากรานจ์ (Lagrange Multipliers) ดังนี้

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | ( 2.1.7 ) |

โดย คือ Lagrangian

คือ ตัวคูณลากรานจ์ ซึ่ง



รูปที่ 2.1.2 การหาระนาบเกินที่เหมาะสมที่สุด

จากสมการที่ 2.1.7 แก้สมการด้วยวิธีกำลังสอง (Quadratic Programming) โดยหาอนุพันธ์ย่อย (Partial Derivatives) เทียบกับตัวแปรที่ต้องการทราบค่าโดยให้เท่ากับศูนย์ ได้คำตอบดังสมการที่ 2.1.8

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | ( 2.1.8 ) |

จากสมการที่ 2.8 เมื่อนำไปแทนในฟังก์ชันลากรานจ์จะดังได้สมการที่ 2.1.9

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | ( 2.1.9 ) |

ซึ่งการหาคำตอบของสมการที่ 2.1.9 ต้องทำภายใต้เงื่อนไข

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | หรือ , |  |

จากสมการที่ 2.8 หาก จะได้สมการระนาบเกินอันใหม่

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | ( 2.2.0 ) |

#### Nonlinear Regression

หากข้อมูลที่นำมาสอนมีลักษณะไม่เป็นเชิงเส้น ต้องใช้ฟังก์ชันเคอร์เนล (Kernel Function) ส่งผ่านข้อมูลที่ไม่เป็นเชิงเส้นไปยังปริภูมิหรือมิติที่สูงขึ้นเพื่อทำให้ข้อมูลมีลักษณะเป็นเชิงเส้น แล้วก็จึงทำตามขั้นตอนของซัพพอร์ตเวกเตอร์รีเกรสชันแบบเชิงเส้นดังที่กล่าวมา โดยฟังก์ชันเคอร์เนลที่ใช้จะมีรูปแบบตามสมการที่ 2.2.1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | ( 2.2.1 ) |

โดย

คือ เวกเตอร์ข้อมูลเข้า

คือ ซัพพอร์ตเวกเตอร์

คือ ฟังก์ชันการส่งผ่านข้อมูล



รูปที่ 2.1.3 การส่งผ่านข้อมูลจากปริภูมิข้อมูลเข้าที่ไม่เป็นเชิงเส้นไปยังปริภูมิลักษณะเด่นที่เป็นข้อมูลเชิงเส้น

การส่งผ่านข้อมูลด้วยฟังก์ชันเคอร์เนล จะหาค่าน้ำหนักได้สมการใหม่ดังสมการที่

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | ( 2.2.2 ) |

หากนำ จากสมการที่ 2.2.2 แทนค่าลงในสมการระนาบเกินที่เหมาะสมที่สุดจะได้สมการใหม่ดังสมการที่ 2.2.3

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | ( 2.2.3 ) |

ซึ่งการหาคำตอบของสมการที่ 2.2.3 ต้องทำภายใต้เงื่อนไข

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | , |  |

ใช้หลักการของ Karush-Kuhn-Tucker (KKT) ในการปรับค่าที่อยู่ระหว่างขอบระนาบบนและขอบระนาบล่างให้เหมาะสมเพื่อหาค่าไบอัส ที่เหมาะสม ดังสมการที่ 2.2.4

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | ( 2.2.4 ) |

โดย คือ ซัพพอร์ตเวกเตอร์ที่อยู่ระนาบบน

คือ ซัพพอร์ตเวกเตอร์ที่อยู่ระนาบล่าง

เคอร์เนลที่ใช้คือเรเดียลเบซิคฟังก์ชัน (Radial Basis Function;RBF) ดังสมการที่ 2.2.5

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | ( 2.2.5 ) |

ซึ่งภาพรวมของสถาปัตยกรรมซัพพอร์ตเวกเตอร์รีเกรสชันแสดงได้ดังรูปภาพที่ 2..1.4













**.**

**.**

**.**

**.**

**.**

**.**

x

K(x,x1)

K(x,x2)

K(x,xp)







รูปที่ 2.1.4 สถาปัตยกรรมซัพพอร์ต์เวกเตอร์รีเกรสชัน

### Membership Function

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกกำหนดระดับสมาชิกความเป็นสมาชิกของตัวแปรที่จะใช้งาน [24] บ่งบอกถึงระดับ (Degree) ของแต่ละสมาชิกในฟัซซีเซตว่าแทนกันได้ในระดับใด ซึ่งค่าความเป็นสมาชิกของฟัซซีเซตในเอกภพสัมพัทธ์ถูกเรียกว่า ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership Function) มีค่าอยู่ในช่วงปิด [0,1]

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่มีเวลามาเกี่ยวข้อง หรือขึ้นอยู่กับเวลาสามารถเขียนในรูปสมการได้ดังสมการที่ 2.2.6

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | ( 2.2.6 ) |

โดยที่ คือ ณ เวลาที่ ของระบบ ซึ่ง

เวลาที่เข้ามาในระบบอยู่ในช่วง ซึ่งกำหนดให้ข้อมูลที่ มีความสำคัญมากที่สุด นั่นคือ และให้ มีความสำคัญน้อยที่สุดจะได้ โดยที่ เป็นค่าขอบเขตล่างของฟังก์ชันความเป็นสมาชิก ซึ่งฟังก์ชันเชิงเส้นของความเป็นสมาชิกแบบฟัซซีสามารถเขียนให้อยู่ในรูปสมการได้ดังสมการที่ 2.2.7

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | ( 2.2.7 ) |

และฟังก์ชันกำลังสองของความเป็นสมาชิกแบบฟัซซีสามารถเขียนให้อยู่ในรูปสมการได้ดังสมการที่ 2.2.8

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | ( 2.2.8 ) |

ในการเลือกใช้ฟังก์ชันของความเป็นสมาชิกจะเลือกตามความเหมาะสมและมีคุณสมบัติครอบคลุมถึงข้อมูลที่จะรับเข้ามา สามารถทับซ้อนกันได้ตามความเหมาะสมมีได้หลายค่า และฟังก์ชันสมาชิกที่ดีสามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขให้เข้ากับลักษณะของงานได้

## Foreign Exchange Market (Forex)

Foreign Exchange Market คือ ตลาดที่ทำการซื้อขายอัตราแลกเปลี่ยนเงินตรา โดยราคานั้นจะแปรผันตาม demand และ supply ของแต่ละสกุลเงิน ซึ่งทั้งนี้อาจจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ไม่ว่าจะเป็นอัตราดอกเบี้ย อัตราเงินเฟ้อ ราคาน้ำมัน ราคาทองคำ สภาพเศรษฐกิจ สถานการณ์บ้านเมือง เหตุการณ์ทั้งในและต่างประเทศ รวมถึงการประกาศตัวเลขสำคัญ ๆ ของแต่ละประเทศ เช่น อัตราการว่างงาน เป็นต้น เรียกได้ว่า อัตราแลกเปลี่ยนเงินตรามีความอ่อนไหวต่อปัจจัยรอบข้างค่อนข้างมาก

### Forex Trading

การเทรดฟอเร็กซ์ คือ การซื้อขาย หรือการแลกเปลี่ยนสกุลเงินต่างประเทศ เช่น แลกสกุลเงิน Euro กับ U.S. Dollar โดยการเทรดฟอเร็กซ์ ในปัจจุบันเป็นลักษณะของการเทรดออนไลน์ ซึ่งนักเทรด Forex มือใหม่ ไม่จำต้องโดยทางไปยังร้านค้าแลกเงินตามสนามบินแต่อย่างใด

โดยการซื้อขายฟอเร็กซ์จะแสดงในรูปคู่ของสกุลเงิน เช่น EUR/USD = 1.105965 หมายความว่า 1 Euro มีค่าเท่ากับ 1.105965 US Dollars การซื้อ EUR/USD จะหมายถึง การซื้อ EUR และขาย USD และในทางตรงกันข้าม การขาย EUR/USD หมายถึง การซื้อ USD และขาย EUR ตัวอย่างการซื้อขายคู่สกุลเงินที่สำคัญ ๆ ได้แก่ EUR/USD, USD/JPY, GBP/USD, USD/CAD, USD/CHF, AUD/USD and NZD/USD

#### Broker

โบรกเกอร์ คือ คนกลางที่รับคำสั่งซื้อขายจากเทรดเดอร์ (Trader) รายย่อยไปยังศูนย์กลางของตลาดฟอเร็กซ์ เพราะว่าเทรดเดอร์รายย่อยอย่างเราไม่สามารถส่งคำสั่งซื้อขายโดยตรงไปยังตลาดฟอเร็กซ์ได้ เลยจำเป็นต้องทำการซื้อขายผ่านโบรกเกอร์เท่านั้น โบรกเกอร์แบ่งออกเป็น 2 ประเภท

1. Dealing Desk Broker

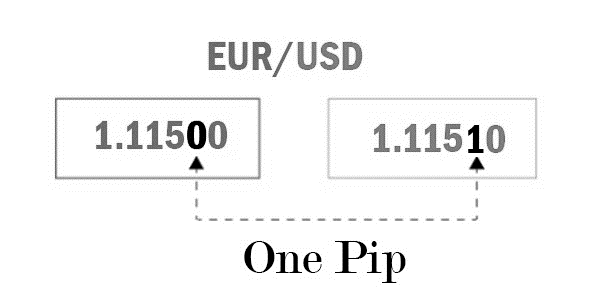
เป็นโบรกเกอร์ที่รับเป็นเจ้ามือเอง (Market Maker) คำสั่งซื้อขายของเราจะไม่ถูกส่งเข้าตลาดฟอเร็กซ์กลาง เพราะเมื่อคุณปิดออเดอร์ทางโบรกเกอร์ก็จะทำการจับคู่อีกฝั่งหนึ่งให้เราโดยอัตโนมัติ

1. No Dealing Desk Broker

เป็นโบรกเกอร์ที่รับคำสั่งซื้อขายจากเราไปยังตลาดส่วนกลางโดยตรงเปรียบเหมือนเป็นตัวกลางระหว่างเทรดเดอร์ (Trader) และตลาดส่วนกลาง

#### Pip

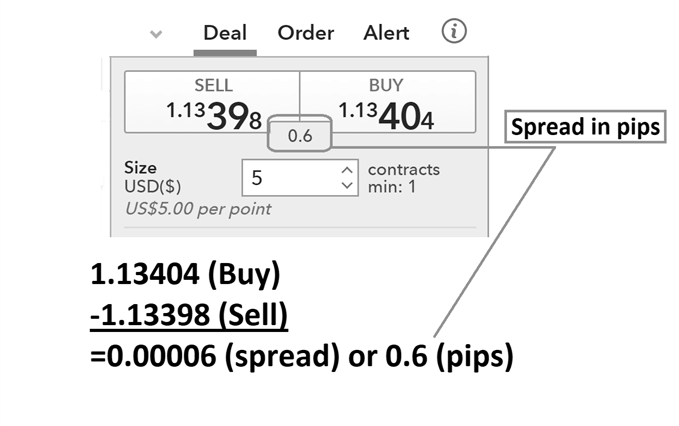
Pip คือ หน่วยวัดการเปลี่ยนแปลงของราคา เป็นหน่วยที่เล็กที่สุดซึ่งจะอยู่ในทศนิยมหลักที่ 4 หรือมีค่าเท่ากับ 0.0001 หรือราคาที่เสนอของคู่สกุลเงินที่ไม่ใช่ JPY ดังนั้นเมื่อราคาที่ตลาดจะรับซื้อ (Bid) สำหรับคู่ EURUSD เปลี่ยนจาก 1.16667 เป็น 1.16677 นี่แสดงถึงความแตกต่าง 1 Lot



รูปที่ 2.2.1 หน่วยที่เล็กที่สุดซึ่งจะอยู่ในทศนิยมหลักที่ 4 หรือมีค่าเท่ากับ 0.0001

#### Spread

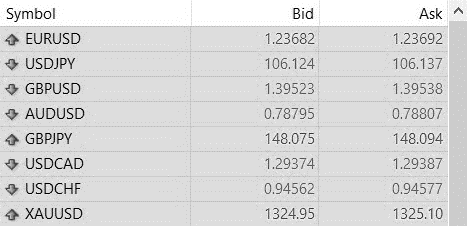
สเปรด คือ ความแตกต่างระหว่างราคาซื้อและราคาขายของคู่สกุลเงิน สำหรับคู่สกุลเงิน Forex ที่ได้รับความนิยมมากที่สุดสเปรดมักจะต่ำมาก สำหรับคู่รักที่ไม่ค้าขายบ่อยหรือไม่ค่อยได้รับความนิยมเช่น Exotic Pair ก็จะมีค่าสเปรดที่สูงกว่าคู่เงินปกติมาก ก่อนที่การซื้อขายแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศจะมีกำไรมูลค่าของคู่สกุลเงินจะต้องมากกว่าค่าสเปรด



รูปที่ 2.2.2 ตัวอย่างค่าสเปรด

#### Bid & Ask

Bid คือ ราคาเสนอซื้อ ราคาที่โบรกเกอร์รับซื้อตอนนี้ และ Ask คือ ราคาเสนอขาย ราคาที่โบรกเกอร์ขายตอนนี้ หากเราต้องการ ซื้อ(Buy) จะต้องไปดูที่ราคา Ask ราคาที่เขาขาย หากต้องการขาย(Sell) จะต้องไปดูที่ราคา Bid ราคาที่เขารับซื้อ



รูปที่ 2.2.3 แสดงตัวอย่างของราคาโบรกเกอร์ที่รับซื้อและขาย

#### Indicators

อินดิเคเตอร์ คือ ตัวชี้วัดทางเทคนิคสำหรับการเทรดฟอเร็กซ์, หุ้น ฯลฯ เป็นเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ที่จะวิเคราะห์อย่างน้อย 1 ใน 5 ของตัวแปรเหล่านี้ ได้แก่ ราคาเปิด, ราคาสูงสุด, ราคาต่ำสุด, ราคาปิด และปริมาณการซื้อขาย จากการคำนวณ Indicator Forex จะแสดงผล (พล็อตกราฟ) เป็นรูปแบบแผนภูมิหรือกราฟดัชนีต่างๆ

ในการเลือกใช้อินดิเคเตอร์จะเลือกตามความเหมาะสมข้อมูลที่จะรับเข้า และปริมาณคาบ (Periods) สามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขให้เข้ากับลักษณะของงานได้ ยกตัวอย่างเช่น Momentum Indicator (MOM) ใช้สำหรับวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของราคา เพื่อดูพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงของราคา ในทิศทางต่างๆ ซึ่งคำนวณดังสมการที่ 2.2.9

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | ( 2.2.9 ) |

โดย คือ ค่าปิดราคา ณ แท่งเทียนปัจจุบัน

คือ ค่าปิดราคาแท่งเทียนก่อนหน้าตามคาบ

# โครงสร้างและขั้นตอนการทำงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการทำงานของระบบและการนำทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยนี้

## ภาพรวมของระบบ

### ส่วนวัดกำลังไฟฟ้า (P2F)

ส่วนนี้ทำหน้าที่เกี่ยวกับการวัดกำลังไฟฟ้า เมื่อได้รับอินพุตมาเป็นสัญญาณอนาล็อกของกระแสและแรงดันจากการใช้ไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้า ในส่วนนี้ก็จะแปลงให้อยู่ในรูปของสัญญาณดิจิตอลของสัญญาณกำลังไฟฟ้าที่จะให้เป็นความถี่ของสัญญาณพัลส์ และลอจิก 1 หรือ 0 สำหรับทิศทางการใช้ไฟฟ้า



รูปที่ 3.2 ผังวงจรอย่างง่ายของส่วนวัดกำลังไฟฟ้า

# การทดลองและผลลัพธ์

ในบทนี้จะทดสอบเกี่ยวกับการทำงานในฟังก์ชันหลักๆของมิเตอร์ โดยจะมีการทดสอบวัดโหลดที่แตกต่างกัน ทดสอบการติดต่อสื่อสารแบบไร้สาย การทดสอบวัดกำลังไฟฟ้าทั้งสองทิศทาง การทดสอบการปรับเทียบ การทดสอบความคลาดเคลื่อนของการวัด

## การทดสอบวัดค่ากำลังไฟฟ้าเปรียบเทียบกับมิเตอร์มาตรฐาน

การทดสอบนี้เป็นการทดสอบเพื่อดูผลการวัดของมิเตอร์ว่าสามารถวัดค่ากำลังไฟฟ้าออกมามีความคลาดเคลื่อนมากน้อยเท่าใด เมื่อเทียบกับค่าที่อ่านได้จากมิเตอร์มาตรฐาน การทดสอบทำโดยบันทึกค่าที่วัดได้จากมิเตอร์ทั้ง 8 ตัวเมื่อต่อโหลดชนิดเดียวกันแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ทำการทดสอบที่ห้องปฏิบัติการDEMO ค่าแรงดันที่วัดได้ 230 [V] ผลการทดสอบออกมาดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบค่าที่วัดได้จากมิเตอร์โครงงานกับมิเตอร์มาตรฐาน

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| เครื่องใช้ไฟฟ้า | มิเตอร์โครงงาน [W] | มิเตอร์มาตรฐาน [W] | คลาดเคลื่อน [%] |
| หลอดไฟ 25[W] | 24 | 22 | 9.09 |
| หลอดไฟ 60[W] | 58 | 59 | 1.69 |
| หลอดไฟ 100 [W] | 96 | 98 | 2.04 |
| เครื่องเป่าผม 1,000 [W] | 950 | 964 | 1.45 |
| เตารีด 1,000 [W] | 995 | 1,015 | 1.97 |
| เตารีดและเครื่องเป่าผม 2,000 [W] | 1,959 | 1,991 | 1.60 |

จากการทดลองจะเห็นว่ามิเตอร์ที่สร้างขึ้นมาสามารถวัดค่าในช่วงกำลังไฟฟ้าที่ระบุไว้ 50-4,000 [W] ได้มีความคลาดเคลื่อนต่ำกว่า 5% ตามมาตรฐานความแม่นยำของเครื่องมือวัด Class 5.0สังเกตได้จากผลการทดลองตั้งแต่ หลอดไฟ 60 [W] จนถึงเตารีดและเครื่องเป่าผม 2,000[W] สามารถวัดค่ากำลังไฟฟ้ามีความผิดพลาด สูงสุด 2.04 [%] ซึ่งเมื่อเทียบกับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่กินกำลังไฟฟ้าน้อย เช่นหลอดไฟ 25 [W] จะเห็นว่ามีความผิดพลาดสูงขึ้นถึง 9.09 [%] สาเหตุเนื่องมาจากความถี่พัลส์ที่เกิดขึ้นที่กำลังไฟฟ้าต่ำนั้นมีความถี่ต่ำ ทำให้ไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างได้อย่างชัดเจนความผิดพลาดจึงมีค่าสูงขึ้นตาม

## การทดสอบการติดต่อสื่อสารแบบไร้สาย

เป็นทดสอบเพื่อดูว่ามิเตอร์สามารถติดต่อสื่อสารกันได้ระหว่างมิเตอร์ด้วยกันเองภายในเครือข่าย และการสื่อสารกันระหว่างมิเตอร์กับตัวอ่าน การทดลองทำโดย นำเอามิเตอร์ไปติดตั้งกระจายทั่วตึกหน้าภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า โดยให้แต่ละตัวอยู่ในรัศมีการสื่อสารซึ่งมีรัศมีประมาณไม่เกิน 15 [m] ในสภาวะปกติที่มีโครงสร้างอาคารเป็นอุปสรรคในการสื่อสาร และมีเส้นทางการสื่อสารกันระหว่างมิเตอร์ เมื่อติดตั้งเรียบร้อยแล้วทดสอบโดยใช้ตัวอ่านเรียกข้อมูลจากมิเตอร์จากตัวที่เชื่อมต่อเลยเพื่อทดสอบการทำงานการสื่อสารระหว่างมิเตอร์กับตัวอ่าน และเรียกข้อมูลจากมิเตอร์ที่ไม่ได้เชื่อมต่อโดยตรง เพื่อทดสอบการสื่อสารระหว่างมิเตอร์กับมิเตอร์

# บทสรุปและข้อเสนอแนะ

## สรุปผล

ในการทำโครงงานนี้สามารถพัฒนามิเตอร์ที่วัดกำลังไฟฟ้าได้ในช่วง 50-4,000 [W] มีความผิดพลาดไม่เกิน 5% ตามมาตรฐานความแม่นยำอุปกรณ์วัด Class5.0 สามารถระบุทิศทางการใช้พลังงานได้ เก็บข้อมูลพลังงานที่ผลิตได้และใช้ไป ตัวมิเตอร์สามารถติดต่อสื่อสารกับมิเตอร์เองและตัวอ่านได้ผ่านมาตรฐาน IEEE 802.15.4 รองรับมิเตอร์ในเครือข่ายสูงสุด 8 ตัว มิเตอร์สามารถปรับเทียบค่าใหม่ได้กับโหลดมาตรฐานผ่านคำสั่งจากตัวอ่าน

นศ.ควรสรุปถึงข้อจำกัดของระบบในด้านต่างๆที่ระบบมีในเนื้อหาส่วนนี้ด้วย

## ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไข

ในการทำโครงงานนี้พบว่าเกิดปัญหาหลักๆดังนี้

1. ในการนับจำนวนพัลส์เพื่อแปลงให้เป็นกำลังไฟฟ้านั้น ทำให้คงที่ได้ยากเนื่องจากใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพียง 1 ตัวในการจัดการข้อมูลทุกอย่าง ทั้งประมวลผลและดูแลการติดต่อสื่อสาร จึงทำให้ในบางครั้งไม่สามารถทำงานได้ทัน
2. ในการติดต่อสื่อสารบางครั้งเกิดความผิดพลาด ไม่สามารถเชื่อมต่อกันได้ เนื่องจากอุปสรรคทางด้านสิ่งปลูกสร้างที่ทำให้สัญญาณถูกลดทอน
3. โครงงานนี้มีการใช้งานมิเตอร์ 8 ตัว ในขั้นตอนการทำมิเตอร์ขึ้นมาจึงเกิดปัญหาว่าหลังจากที่นำอุปกรณ์ต่างๆลงบอร์ดแล้วไม่สามารถทำงานได้เหมือนกันทุกตัว จึงต้องหาสาเหตุว่าเกิดอะไรขึ้น มีจุดผิดพลาดตรงไหน

## ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนาต่อ

ข้อเสนอแนะเพื่อพัฒนาโครงงานนี้ต่อไป มีดังนี้

1. ในการออกแบบอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่หลายๆอย่างควรจะแยกไมโครคอนโทรลเลอร์ออกเป็นส่วนๆไป ไม่ควรให้ 1 ตัวทำหน้าที่รวมกันทุกอย่าง เพราะจะทำให้ทำงานไม่ทัน และเกิดความผิดพลาดได้
2. พัฒนาให้ระบบการปรับเทียบมีความเที่ยงตรงมากกว่านี้
3. มิเตอร์สามารถพัฒนาให้ติดต่อสื่อสารกับ Web server ได้เพื่อให้สามารถติดตามข้อมูลทางไกลได้โดยไม่ต้องอยู่ในรัศมีของสัญญาณวิทยุ
4. พัฒนาให้ระบบเครือข่ายมีจำนวนของมิเตอร์ที่มากขึ้น เพื่อการใช้งานที่หลากหลายมากขึ้น

# เอกสารอ้างอิง

[1] จิรศักดิ์ วิลาสเดชานนท์. (ม.ป.ป.). กำลังไฟฟ้า[เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชา 252211].ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเชียงใหม่:ผู้ผลิต.

[2] กิจจา สายปัญญา. (2556). *ตัวตรวจจับแพคเกจสำหรับเครือข่าย IEEE 802.15.4*[หนังสือโครงงานเลขที่ วศ.ฟ. 012-2/2555].ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ :ผู้ผลิต

[3] ปราชญ์ บุญประสิทธิ์. (2556). *โหนดIEEE 802.15.4 สำหรับการประยุกต์ในเกษตรกรรม*[หนังสือโครงงานเลขที่ วศ.ฟ. 014-2/2555]. ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ :ผู้ผลิต

[4] คณิตพงศ์ เพ็งวัน.(2013).Protocol Stack “Z-network”.

[5] Microchip Technology Inc. (2009). MCP3906 Datasheet.

[6] การติดต่อสื่อสารด้วย SPI : Serial Peripheral Interface. (ม.ป.ป.). สืบค้นเมื่อวันที่ 26 ธันวาคม 2556 จาก <http://www.123microcontroller.com/Hardware-Interfacing/SPI-Serial-Peripheral-Interface-communication>

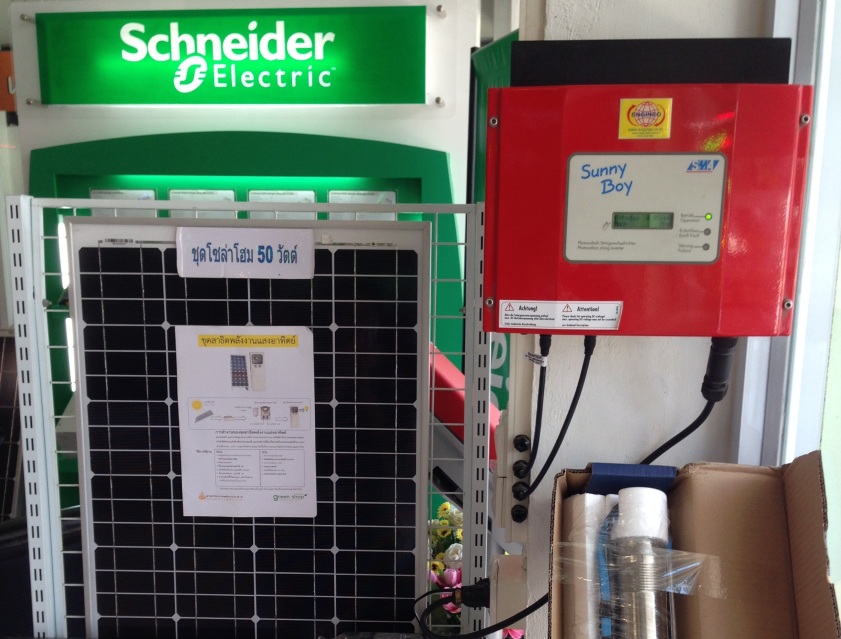
|  |
| --- |
| ภาคผนวก |

ภาคผนวก ก  
อุปกรณ์ต้นแบบ

* 1. **รูปภาพมิเตอร์และตัวอ่าน**



* 1. **รูปภาพ PV roof topของบริษัท Engineo**



ภาคผนวก ข  
คู่มือการใช้งานระบบ

* 1. **คู่มือการใช้งานอุปกรณ์มิเตอร์ต้นแบบ**

(คำอธิบายการใช้งานฮาร์ดแวร์ พร้อมรูปภาพ ...)

* 1. **คู่มือการติดตั้งโปรแกรมสำหรับอุปกรณ์พกพา**

(คำอธิบายการติดตั้งโปรแกรม พร้อมรูปภาพ ...)

* 1. **คู่มือการใช้งานโปรแกรมสำหรับอุปกรณ์พกพา**

(คำอธิบายการใช้งานโปรแกรม พร้อมรูปภาพ ...)

ประวัติผู้เขียน



นายสมควร ซื่อตรง เกิดเมื่อวันที่ 23 สิงหาคม 2534 ณ จังหวัดเชียงใหม่สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมจากโรงเรียนปรินส์รอยแยลส์วิทยาลัย เข้าศึกษาที่ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เมื่อ พฤษภาคม 2553 โดยมีความสนใจเป็นพิเศษในด้าน การเขียนโปรแกรม อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และไฟฟ้ากำลัง

ระหว่างศึกษาได้เข้าร่วมกิจกรรมต่างๆทั้งด้านวิชาการและกีฬา ได้รับความไว้วางใจจากเพื่อนให้เป็นรองประธานชมรมปิงปองคณะวิศวกรรมศาสตร์ เป็นสมาชิกชมรมถ่ายภาพ และเข้าร่วมการแข่งขัน TESA TOPGUN ของสมาคมสมองกลฝังตัวไทย

นอกจากนี้ได้เข้าร่วมโครงการฝึกงาน SCG Excellent Internship รุ่นที่ 11 ของบริษัท   
ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด