

การจำลองระบบรวมแสงอาทิตย์และติดตามดวงอาทิตย์แบบสะท้อนแสงโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์
Simulation of Solar Tracking and Focusing With Planar Reflector by Artificial
Intelligence

นาย สรวิศ ข้อมร่วมคิด

นาย ณัฐวัฒน์ งามขำ

นาย พงศธร วุฒิ

นาย อเนชา ทอนฮามแก้ว

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาพลังงานไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

การจำลองระบบรวมแสงอาทิตย์และติดตามดวงอาทิตย์แบบสะท้อนแสงโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์
Simulation of Solar Tracking and Focusing With Planar Reflector by Artificial
Intelligence



นาย สรวิศ ชौर่วมคิด

นาย ณัฐวัฒน์ งามขำ

นาย พงศธร วุฒิ

นาย อเนชา ทอนฮามแก้ว

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาพลังงานไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

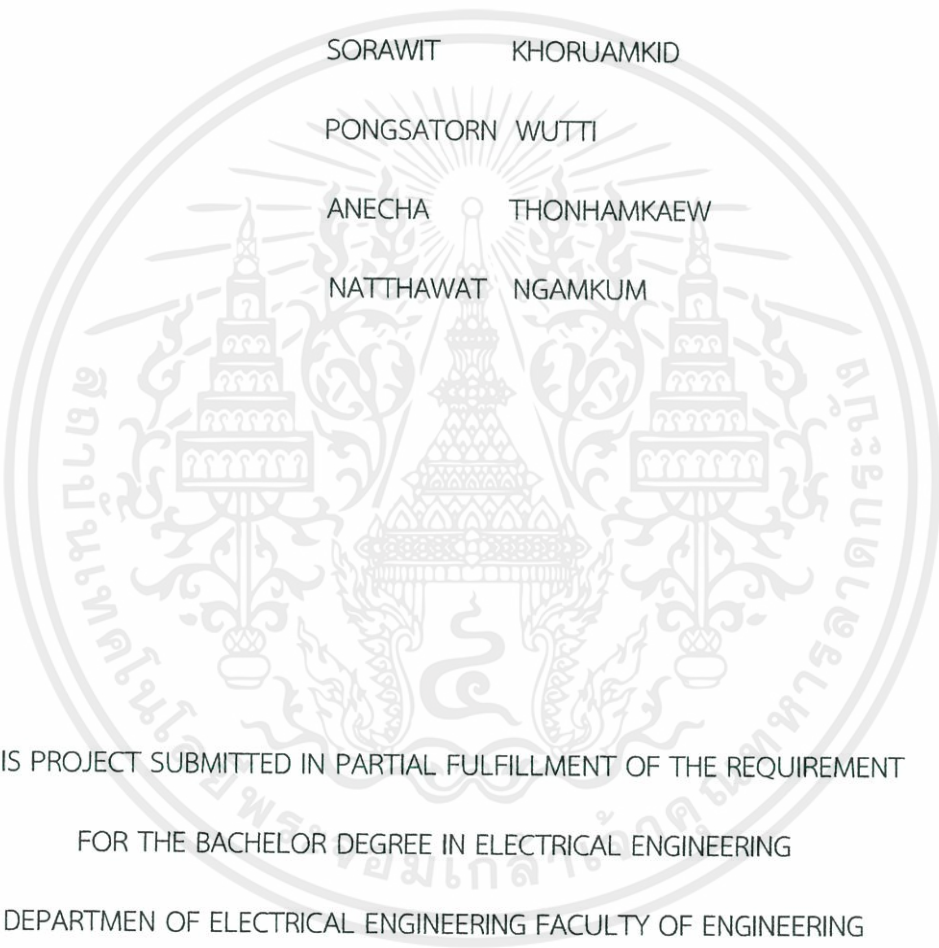
Simulation of Solar Tracking and Focusing With Planar Reflector by Artificial Intelligence

SORAWIT KHORUAMKID

PONGSATORN WUTTI

ANECHA THONHAMKAEW

NATTHAWAT NGAMKUM



THIS PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT
FOR THE BACHELOR DEGREE IN ELECTRICAL ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2561

การจำลองระบบรวมแสงอาทิตย์และติดตามดวงอาทิตย์แบบสะท้อนแสงโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์
Simulation of Solar Tracking and Focusing With Planar Reflector by Artificial Intelligence



โดย

นาย สรวิศ ช่อร่วมคิด

นาย ณัฐวัฒน์ งามขำ

นาย พงศธร วุฒิ

นาย อเนชา ทอนฮามแก้ว

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.นิรุช จิรสวรรณกุล

รศ.ดร.สมชาติ จิริวิภากร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2561

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาพลังงานไฟฟ้า

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การจำลองระบบรวมแสงอาทิตย์และติดตามดวงอาทิตย์แบบสะท้อนแสง

ผู้จัดทำ

- 
1. นาย สรวิศ ช่อร่วมคิด
 2. นาย ณัฐวัฒน์ งามขำ
 3. นาย พงศธร วุฒิ
 4. นาย อเนชา ทอนฮามแก้ว

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ผศ.ดร.นิรุช จิรสวรรณกุล)

.....*น. สหชาติ*.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รศ.ดร.สมชาติ จิรวิภากร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจำลองระบบรวมแสงอาทิตย์และติดตามดวงอาทิตย์แบบสะท้อนแสงโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์

1. นาย สรวิศ ข้อร่วมคิด

2. นาย ณัฐวัฒน์ งามขำ

3. นาย พงศธร วุฒิ

4. นาย อเนชา ทอนฮามแก้ว

ผศ.ดร.นิรุช จิรสวรรณกุล อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

รศ.ดร.สมชาติ จิรวินาคร อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ปีการศึกษา 2561

บทคัดย่อ

ปฏิญานินพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการออกแบบระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบสะท้อนแสงโดยใช้ระบบโครงข่ายประสาทเทียม จุดประสงค์ของการออกแบบระบบเพื่อนำไปใช้กับตัว ฮีลิโอสแตต ซึ่งเป็นองค์ประกอบหนึ่งของการผลิตไฟฟ้าโดยการรวมแสงอาทิตย์ ระบบประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนแรกคือการออกแบบโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อนำค่าถ่วงน้ำหนักกับค่าย้อนกลับมาสร้างโครงข่ายประสาทเทียม และทำการเปรียบเทียบเพื่อหาค่าที่ดีที่สุดมาใช้งาน โดยใช้ข้อมูลการสอน และการทดสอบจากสมการการคำนวณตำแหน่งของดวงอาทิตย์ ค่าที่ได้จะนำมาปรับแกนกระจกให้สะท้อนไปยังหอคอยรับแสงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งตัวสะท้อนแสงสามารถเคลื่อนที่ได้สองแนวคือ แนวแกนนอน(X) และ แนวแกนตั้ง(Y) โดยทั้งสองตำแหน่งถูกวิเคราะห์จากระบบโครงข่ายประสาทเทียมและส่งค่าไปให้ควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ให้สั่งการในการทำงานที่มอเตอร์ และอีกวิธีคือการทำให้ตัวสะท้อนแสงแบบสองแกน ให้ติดตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์โดยใช้การประมวลผลภาพแสงของดวงอาทิตย์ที่ตกสะท้อนโดยทำการวิเคราะห์ประมวลผลภาพ และ นำข้อมูลที่ได้มาสั่งการไมโครคอนโทรลเลอร์ และปรับตัวสะท้อนแสง เพื่อแสดงประสิทธิภาพของระบบจึงจัดการทดลองออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นการจำลองการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์โดยใช้ไฟฉาย ส่วนที่สองเป็นการทดลองกับสถานการณ์จริงจากการทดลองทั้งสองแสดงให้เห็นว่าระบบที่ได้ออกแบบสามารถติดตามดวงอาทิตย์แบบสะท้อนแสงได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

Simulation of Solar Tracking and Focusing With Planar Reflector by Artificial Intelligence

Mr.Sorawit Khoruamkid

Mr.Pongsatorn Wutti

Mr.Anecha Thonhamkaew

Mr.Natthawat Ngamkum

Asst. Dr.Nirudh Jirasuwankul Supervisor

Assoc. Dr.Somchat Jiriwibhakorn Co-Supervisor

ABSTRACT

The objective of this research is to study and develop a reflective solar tracking system using a neural network system that is applied to the heliostat, which is a part of concentrating solar power generator. The system consists of 2 parts , The first part is the design of artificial neural networks. To be used to calculate the position of the sun The value will be used to adjust the heliostat axis to reflect sunlight to the solar reciever. And another method is to use the machine vision to track the movement of the sun by analyzing the image of the sun's reflected light and bringing the information to the microcontroller. And adjust the reflector effectively.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จไปได้ดี ด้วยความช่วยเหลือจากหลายท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งคณะผู้จัดทำ ขอขอบพระคุณ ท่านอาจารย์ ผศ.ดร.นิรุช จิรสวรรณกุล และ รศ.ดร. สมชาติ จิรวិภากร อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะและให้คำตอบในข้อสงสัยต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ในการสืบค้น และทำโครงการ ด้วยดีตลอด และได้กรุณาตรวจสอบแก้ไขปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี ขอขอบพระคุณ อาจารย์ และเจ้าหน้าที่ภาควิศวกรรมไฟฟ้าที่ให้คำแนะนำที่ดีมาโดยตลอด นอกจากนี้ผู้จัดทำต้องขอขอบคุณ นาย นิพนธ์ ทรายเพชร (ราชบัณฑิต) ที่ให้คำปรึกษาด้านการค้นคว้าสมการการติดตามดวงอาทิตย์ ท้ายนี้ คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ บิดามารดา และครอบครัวที่ให้การสนับสนุนในด้านการเงินและกำลังใจ อีกทั้งเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านการจัดหา อุปกรณ์ เครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ในการทำโครงการครั้งนี้ จนสำเร็จด้วยดี จึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ



สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ	VI
สารบัญตาราง	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์โครงการ	2
1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ	3
1.4 วิธีการที่ใช้ในการทำโครงการ	3
1.5 แผนการดำเนินโครงการ	4
1.6 ประโยชน์ที่รับจากการวิจัย	6
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 การใช้ประโยชน์จากแสงอาทิตย์ในด้านการผลิตไฟฟ้า	7
2.2 Machine Vision	9
2.3 ปัญญาประดิษฐ์	9
2.4 ระบบโครงข่ายประสาทเทียม	16
2.5 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการประมวลผลภาพดิจิทัล	26
2.6 มาตรฐานของสี	26
2.7 ซีชาร์ป	27
2.8 สเต็ปป์มอเตอร์	28
2.9 ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ที่ปรากฏบนโลก	29
2.10 Levenberg-Marquardt Algorithm	35

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 3 เทคนิคการติดตามดวงอาทิตย์แบบสะท้อนแสงโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม	38
3.1 การออกแบบโครงข่ายประสาทเทียม	39
3.2 การทำงานของโปรแกรมประมวลผลภาพและการส่งข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์	41
3.3 โปรแกรมประมวลผลภาพ	44
3.4 Flow Chart การทำงานของโปรแกรม	46
3.5 การส่งผลลัพธ์ออกจากโปรแกรมประมวลผลภาพ	47
3.6 การเทรนระบบโครงข่ายประสาทเทียม	47
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	52
4.1 การทดลองครั้งที่ 1 ณ วันที่ 14/04/2019 เวลา 12:00-13:00 น	53
4.2 การทดลองครั้งที่ 2 ณ วันที่ 15/04/2019 เวลา 11:00-12:00 น	56
4.3 การทดลองครั้งที่ 3 ณ วันที่ 16/04/2019 เวลา 09:00-10:00 น	59
4.4 การทดลองครั้งที่ 4 ณ วันที่ 16/04/2019 เวลา 13.00-14:00 น	62
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	65
5.1 สรุปผลการทดลอง	65
5.2 ปัญหาที่พบในการทำวิจัยและแนวทางการแก้ปัญหา	66
5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา	67
เอกสารอ้างอิง	68
ภาคผนวก ก	70
ภาคผนวก ข	93
ประวัติผู้เขียน	101

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 โรงไฟฟ้าแบบหอคอยพลังงาน และ โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน ระบบจานรับแสง	8
2.2 โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน ระบบรางพาราโบลิกและ ปล่องลมพลังแสงอาทิตย์	8
2.3 แสดงการทดสอบปัญญาประดิษฐ์ (Turing Test)	10
2.4 การแบ่งประเภทของโครงข่ายประสาทเทียม	16
2.5 Single input Neuron ที่ไม่มีค่า bias	17
2.6 Single input Neuron ที่มีค่า bias	17
2.7 โครงสร้างการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม	19
2.8 โครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียว	20
2.9 โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น	20
2.10 ซิกมอยด์ฟังก์ชัน	21
2.11 โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่เดินหน้า	22
2.12 โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ	22
2.13 การแปลงภาพแอนะล็อกให้เป็นภาพดิจิทัล	26
2.14 ระบบสี RGB (Red-Green-Blue)	26
2.15 ระบบสี HSL (Hue-Saturation-Lightness)	27
2.16 Stepping Motor	28
2.17 Stepping Motor Driver	28
2.18 แสดงความสัมพันธ์ของมุมอะซิมุท มุมอัลติจูดและมุมเซนิท	29
2.19 ความสัมพันธ์ของเวกเตอร์การโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์	30

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.20 แผนภาพสถานะสำหรับกระบวนการฝึกอบรมของโครงข่ายประสาทเทียมด้วยอัลกอริทึม Levenberg-Marquardt	37
3.2 การทดลองการทำงานของโปรแกรมประมวลผลภาพ	41
3.3 หน้าต่างโปรแกรมประมวลผลภาพ	44
3.4 รูปแบบโครงสร้างระบบโครงข่ายประสาทเทียมของมุม Azimuth	48
3.5 กราฟความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการเทรนค่าของมุม Azimuth	48
3.6 กราฟย่อยความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการเทรนค่าของมุม Azimuth	49
3.7 รูปแบบโครงสร้างระบบโครงข่ายประสาทเทียมของมุม Altitude	50
3.8 กราฟความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการเทรนค่าของมุม Altitude	50
3.9 กราฟย่อยความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการเทรนค่าของมุม Altitude	51
4.1 หน้าต่างโปรแกรม ณ วันที่ 14/04/2019 เวลา 12:00 น	53
4.2 กราฟมุมสะท้อนที่ได้จากการทดลอง ณ วันที่ 14/04/2019 เวลา 12:00-13:00 น	54
4.3 กราฟมุมสะท้อนที่ได้จากคำนวณ ณ วันที่ 14/04/2019 เวลา 12:00-13:00 น	54
4.4 กราฟมุมการหมุนของมอเตอร์ ณ วันที่ 14/04/2019 เวลา 12:00-13:00 น	55
4.5 หน้าต่างโปรแกรม ณ วันที่ 15/04/2019 เวลา 11:00 น	56
4.6 กราฟมุมสะท้อนที่ได้จากการทดลอง ณ วันที่ 15/04/2019 เวลา 11:00-12:00 น	57
4.7 กราฟมุมสะท้อนที่ได้จากคำนวณ ณ วันที่ 15/04/2019 เวลา 11:00-12:00 น	57
4.8 กราฟมุมการหมุนของมอเตอร์ ณ วันที่ 15/04/2019 เวลา 11:00-12:00 น	58
4.9 หน้าต่างโปรแกรม ณ วันที่ 16/04/2019 เวลา 09:00-10:00 น	59
4.10 กราฟมุมสะท้อนที่ได้จากการทดลอง ณ วันที่ 16/04/2019 เวลา 09:00-10:00 น	60
4.11 กราฟมุมสะท้อนที่ได้จากคำนวณ ณ วันที่ 16/04/2019 เวลา 09:00-10:00 น	60

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.12 กราฟมุมการหมุนของมอเตอร์ ณ วันที่ 16/04/2019 เวลา 09:00-10:00 น	61
4.13 หน้าต่างโปรแกรม ณ วันที่ 16/04/2019 เวลา 13.00-14:00 น	62
4.14 กราฟมุมสะท้อนที่ได้จากการทดลอง ณ วันที่ 16/04/2019 เวลา 13.00-14:00 น	63
4.15 กราฟมุมสะท้อนที่ได้จากคำนวณ ณ วันที่ 16/04/2019 เวลา 13.00-14:00 น	63
4.16 กราฟมุมการหมุนของมอเตอร์ ณ วันที่ 16/04/2019 เวลา 13.00-14:00 น	64



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินโครงการประจำปีเดือน ส.ค. 2561 ถึง ธ.ค. 2561	4
1.2 แผนการดำเนินโครงการประจำปีเดือน ม.ค. 2562 ถึง พ.ค. 2562	5
2.1 แสดงข้อเปรียบเทียบระหว่างคอมพิวเตอร์ปัญญาประดิษฐ์และคอมพิวเตอร์ทั่วไป	12
4.1 ผลการทดลอง ณ วันที่ 14/04/2019 เวลา 12:00-13:00 น	53
4.2 ผลการทดลอง ณ วันที่ 15/04/2019 เวลา 11:00-12:00 น	56
4.3 ผลการทดลอง ณ วันที่ 16/04/2019 เวลา 09:00-10:00 น	59
4.4 ผลการทดลอง ณ วันที่ 16/04/2019 เวลา 13.00-14:00 น	62



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและที่มาของปัญหา

จากการเพิ่มจำนวนของประชากร และการพัฒนาด้านเศรษฐกิจ และเทคโนโลยีในปัจจุบัน จะสังเกตเห็นว่าความก้าวหน้าของเทคโนโลยีมีความจำเป็น และส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจ ไม่ว่าจะเป็นด้านอุตสาหกรรม ด้านการคมนาคม เป็นต้น ซึ่งความก้าวหน้านี้สะท้อนให้เห็นถึงความต้องการในการใช้พลังงานของมนุษย์ ที่ในแต่ละปีจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ทำให้อาณาเขตความต้องการนี้ ส่งผลกระทบต่อความมั่นคงของทรัพยากรพลังงานบนโลก ที่มีอยู่อย่างจำกัด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาวิธีการผลิตพลังงานเพิ่มเพื่อตอบสนองความต้องการการใช้พลังงานของมนุษย์ แต่ด้วยข้อจำกัดทางทรัพยากรและเทคโนโลยีในปัจจุบันทำให้ไม่สามารถผลิตพลังงานได้เพียงพอ ส่งผลให้เกิดสภาวะการขาดแคลนพลังงาน ด้วยเหตุผลนี้จึงต้องสรรหาแหล่งพลังงานทางเลือกต่างๆ และ พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานที่ได้รับความนิยมในการเลือกใช้ เพราะเป็นแหล่งพลังงานที่ไม่มีวันหมด จากเหตุผลข้างต้นที่กล่าวมาผู้วิจัยจึงเลือกนำเสนอโครงการเกี่ยวกับ การพัฒนาเทคโนโลยีการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ คือ การจำลองระบบรวมแสงอาทิตย์ และติดตามดวงอาทิตย์แบบสะท้อนแสงโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ [1]

ในปัจจุบันเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าแบ่งเป็น 2 ระบบ ได้แก่ ระบบแรก คือ ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ [2] เช่น ระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อและระบบผสมผสาน (PV Hybrid System) ระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV Standalone System) ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย (PV Grid connected system) ระบบที่สอง คือ ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยความร้อนแสงอาทิตย์ [3] เช่น แบบตัวรับรังสีรวมตรงกลาง(Central receivers) แบบจานพาราโบลิก (Parabolic dishes) และแบบรางพาราโบลิก (Parabolic troughs) โดยทั้งสองระบบนี้จะทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดได้จำเป็นต้องมีการพัฒนาติดตั้งระบบติดตามดวงอาทิตย์ โดยกลุ่มผู้วิจัยมีความสนใจในการศึกษาพัฒนาในส่วนของการจำลองระบบรวมแสงอาทิตย์ และ ติดตามดวงอาทิตย์แบบสะท้อนแสงโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบโครงข่ายสมองเทียม (Neuron network) [4] จากการศึกษาสามารถนำไปต่อยอดในส่วนของการผลิตไฟฟ้าด้วยความร้อนแสงอาทิตย์

ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาและนำเสนอการสร้างระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบสะท้อนแสงโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบโครงข่ายสมองเทียม(Neuron network) จากการประมวลผลโดยใช้โปรแกรม C# และ Arduino ทำงานในส่วน Machine Vision [5] และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ติดตามดวงอาทิตย์ในเวลาจริง (Real time) รวมทั้งยังสามารถเคลื่อนที่ตามการออกแบบสมการการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ตามปฏิทินเวลาจริงในช่วงที่ไม่ได้ใช้ระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์ได้ในเวลาจริง จึงทำให้เกิดปัญญานิพนธ์ฉบับนี้ขึ้นมา

1.2 วัตถุประสงค์โครงการ

- 1.2.1 เพื่อศึกษาเส้นทางการโคจรของดวงอาทิตย์ และ ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ที่สังเกตจากบนพื้นโลก
- 1.2.2 ศึกษาสมการคณิตศาสตร์ของการเคลื่อนที่ และ ตำแหน่งดวงอาทิตย์ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ให้เกิดความต่อเนื่องในการติดตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์อย่างมีประสิทธิภาพ
- 1.2.3 เพื่อศึกษาการทำงานของระบบ Artificial Neuron Network เพื่อประยุกต์ใช้ในระบบติดตามดวงอาทิตย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- 1.2.4 ตรวจสอบและปรับปรุงแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนหอคอยรับแสงอาทิตย์ (Solar Tower Receiver) จากการใช้ภาพที่ปรากฏจากกล้องเว็บแคมเราจับภาพ เพื่อปรับตำแหน่งของแสงที่สะท้อนจากแผ่นสะท้อน (Reflection) ไปยังตำแหน่งที่กำหนดไว้บนหอคอยรับแสงโดยใช้ระบบ Artificial Neuron Network เนื่องจากสามารถกำหนดระบบให้ปรับตำแหน่งจากแผ่นสะท้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ

1.3.1 ใช้กล้องเว็บแคมเรา เป็นอุปกรณ์รับแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบไปยังหอคอยรับแสง

1.3.2 สร้างระบบ Artificial Neuron Network โดยใช้โปรแกรม C# สำหรับวิเคราะห์ และประมวลผลภาพที่ได้รับจากกล้องเว็บแคมเรา เพื่อควบคุมการทำงานของแผ่นสะท้อน

1.3.3 เพิ่มประสิทธิภาพของการติดตามแสงอาทิตย์ด้วยระบบ Artificial Neuron Network โดยการประมวลผลภาพที่ได้จากกล้องเว็บแคมเราประมาณค่าตำแหน่งปัจจุบันของดวงอาทิตย์จากปฏิทินเวลาจริง ในเวลาที่จับภาพของแสงไม่ได้

1.3.4 ทำการออกแบบระบบควบคุมและติดตามแสงอาทิตย์โดยใช้ระบบ Artificial Neuron Network

1.3.5 ทดสอบโปรแกรมการสะท้อนแสงอาทิตย์ให้อยู่ ณ ตำแหน่งที่กำหนด เพื่อให้หอคอยรับแสงรับแสงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.4 วิธีการที่ใช้ในการทำโครงการ

ใช้กล้องเว็บแคมเราเป็นตัวรับภาพแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบไปยังหอคอยรับแสง โดยการรับภาพแสงสะท้อนจากดวงอาทิตย์ เพื่อส่งตำแหน่งแสงไปยังโปรแกรมประมวลผลภาพ เพื่อวิเคราะห์ตำแหน่งดวงอาทิตย์ โดยใช้โปรแกรม C# ประมวลผลภาพ วิเคราะห์ตำแหน่งและส่งข้อมูลเพื่อขับเคลื่อนระบบการสะท้อนแสงอาทิตย์ไปยังหอคอยรับแสง (Solar Tower Receiver) โดยใช้อุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) และ ใช้ระบบ Artificial Neuron Network และ รวมถึงใช้ ข้อมูลจากการคำนวณตำแหน่งดวงอาทิตย์ที่คำนวณไว้อ้างอิง มาประยุกต์ใช้ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.5 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงานประจำเดือน ส.ค. 2561 ถึง ธ.ค. 2561

หัวข้อ	ส.ค. 61				ก.ย. 61				ต.ค. 61				พ.ย. 61				ธ.ค. 61			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.ศึกษาหาข้อมูลเกี่ยวกับโครงการ	←—————→																			
2.เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบติดตามดวงอาทิตย์	←—————→																			
3.เชื่อมต่อโปรแกรมที่สร้างขึ้นกับอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมแผ่นสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์	←—————→																			
4.ทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมที่สร้างขึ้น	←—————→																			
5.ตรวจสอบ และปรับปรุงประสิทธิภาพในการทำงานของโปรแกรมที่สร้างขึ้น	←—————→																			
6.ทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์	←—————→																			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.2 แผนการดำเนินโครงการประจำเดือน ม.ค. 2562 ถึง พ.ค. 2562

หัวข้อ	ม.ค. 62				ก.พ. 62				มี.ค. 62				เม.ย. 62				พ.ค. 62			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.ศึกษาหาข้อมูลเกี่ยวกับ โครงการ	←————→																			
2.เขียนโปรแกรมควบคุม การทำงานของระบบ ติดตามดวงอาทิตย์	←————→																			
3.เชื่อมต่อโปรแกรมที่สร้าง ขึ้นกับอุปกรณ์ที่ใช้ในการ ควบคุมแผ่นสะท้อนรังสี ดวงอาทิตย์	←————→																			
4.ทดสอบประสิทธิภาพ ของโปรแกรมที่สร้างขึ้น	←————→																			
5.ตรวจสอบ และปรับปรุง ประสิทธิภาพในการทำงาน ของโปรแกรมที่สร้างขึ้น	←————→																			
6.ทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์	←————→																			

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1.6.1 ประยุกต์ใช้ระบบควบคุมแบบ Artificial Neuron Network ช่วยควบคุมแผ่นสะท้อนแสงอาทิตย์ในการรับภาพแสงอาทิตย์จากหอคอมพิวเตอร์รับแสงผ่านทางกล้องเว็บแคมเรา และใช้สมการคณิตศาสตร์ของการเคลื่อนที่และตำแหน่งของดวงอาทิตย์ที่สังเกตได้ ณ ตำแหน่งอ้างอิงบนพื้นผิวโลก ในการคำนวณตำแหน่งของดวงอาทิตย์และใช้ปฏิทินเวลาจริงในกรณีที่ช่วงไม่มีแสงอาทิตย์

1.6.2 ประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบผลิตไฟฟ้า

1.6.3 ประยุกต์ใช้ Artificial Neuron Network จากโปรแกรม C# ในการพัฒนาระบบเพื่อเป็นต้นแบบในการศึกษาและพัฒนาระบบติดตามแสงอาทิตย์แบบสะท้อนแสง



บทที่ 2

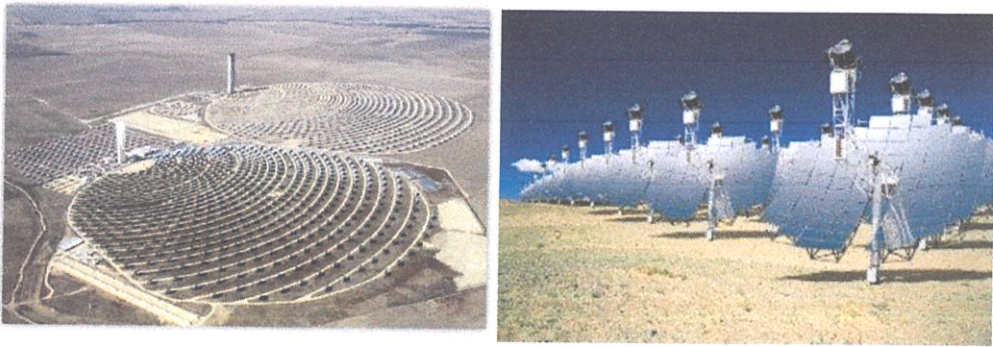
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันทั่วโลกต่างได้รับผลกระทบด้านพลังงานไฟฟ้าที่ไม่เพียงพอต่อการใช้งาน ส่งผลให้ต้องหาพลังงานอื่นมาใช้ทดแทน อย่างการใช้พลังงานนิวเคลียร์ แต่อาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเมื่อเลิกใช้งาน และจำเป็นต้องมีการป้องกันที่ดีมาก ฉะนั้นจึงต้องหาพลังงานทดแทนประเภทอื่นเพื่อความปลอดภัยในอนาคต โดยผู้วิจัยได้ศึกษาเรื่องของพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่าเป็นแหล่งพลังงานที่ไม่มีวันหมดและไม่ส่งผลกระทบต่อธรรมชาติ สารก่อกำเนิดใช้ได้ง่าย

2.1 การใช้ประโยชน์จากแสงอาทิตย์ในด้านการผลิตไฟฟ้า

พลังงานแสงอาทิตย์ สามารถนำไปใช้ในการผลิตไฟฟ้าได้หลายรูปแบบนอกเหนือจากการใช้แผงโซลาร์เซลล์แล้ว ยังมีการใช้ความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ผลิตไฟฟ้า เราเรียกเทคโนโลยีนี้ว่า โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ (Solar Thermal Power Plant) หลักการทำงานของ Solar Thermal Power Plant จะทำงานคล้ายการรวมแสงจากแว่นขยาย แล้วเกิดความร้อน ณ จุดที่มีการรวมแสง เราเรียกว่า ตัวรับแสง ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนรูปพลังงาน ถ่ายเทความร้อนสู่ตัวกลาง เพื่อเข้าสู่ระบบผลิตไฟฟ้าต่อไปโดย Solar Thermal Power Plant สามารถแบ่งออกเป็น 4 รูปแบบ ดังนี้

1. โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนระบบหอคอยรวม (Central Receiver System)
2. โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน ระบบจานรับแสง/เครื่องจักรกลสเตอร์ลิง (Dish/Stirling Engine System)
3. โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน ระบบรางพาราโบลิก (Parabolic trough System)
4. โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน ปล่องลมพลังแสงอาทิตย์ (Solar chimney)



รูปที่ 2.1 โรงไฟฟ้าแบบหอคอยพลังงาน และ โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน ระบบจานรับแสง



รูปที่ 2.2 โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน ระบบรางพาราโบลิก และ โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน ปล่องลมพลังแสงอาทิตย์

ผู้วิจัยทำแบบจำลองการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการให้ความร้อนเช่นเดียวกับโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน โดยในปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับการติดตามตำแหน่งดวงอาทิตย์แบบสะท้อนแสงโดยใช้เทคนิคสองรูปแบบมาประยุกต์เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยเทคนิคแรกคือ การติดตามตำแหน่งดวงอาทิตย์ด้วย ระบบ Neural network ซึ่งจะเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้นโดยการใช้ข้อมูลที่ได้นำไปประมวลผลข้อมูลลงใน Mathlab และนำค่าที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับโปรแกรมเพื่อสั่งการไปยังระบบต่างๆให้ทำงานได้ และอีกเทคนิคที่ใช้ร่วมกันคือการใช้กล้องเว็บแคมในการประมวลผลภาพที่ได้โดยใช้เทคนิคแมชชีนวิชัน (Machine Vision) และประมวลผลภาพ (Image Processing) ซึ่งจะนำกล้องอยู่ในร่มและหันกล้องส่องไปยังทางหอคอยเพื่อหาตำแหน่งของแสงอาทิตย์ที่ส่องสะท้อนจากกระจกเพื่อที่จะคอยสั่งการไปที่สเต็ปปีงมอเตอร์ (Stepping motor) ให้ตัวแผ่นกระจกสะท้อนแสงของดวงอาทิตย์ตกไปยังตำแหน่งที่กำหนดขึ้น ในกรณีที่กล่าวมาจะใช้ต่อเมื่อตำแหน่งที่สั่งการในกรณีแรกเกิดการคลาดเคลื่อนเพื่อความเสถียรของระบบการติดตามแสงอาทิตย์ แต่หาก Neural network ไม่มีการคำนวณคลาดเคลื่อน ในส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของกล้อง และ Machine Vision จะไม่มีการใช้งาน ข้อดีของการใช้เทคนิคแรกคือยังสามารถติดตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์ได้แม้วันที่มีฝนตกเมฆมาก ข้อดีของเทคนิคที่สองคือแม่นยำแต่ต้องท้องฟ้าปลอดโปร่ง เมื่อนำทั้งสองเทคนิคมารวมเข้าด้วยกัน จะทำให้ระบบมีประสิทธิภาพได้ดียิ่งขึ้นจากปกติจะใช้กระจกส่องไปที่หอคอยหรือจุดที่กำหนดไว้ แต่ในงานวิจัยจะทำระบบติดตามดวงอาทิตย์เพื่อให้อยู่จุดที่กำหนดเท่านั้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานโดยใช้ Machine Vision ในหัวข้อถัดมา

2.2 Machine Vision

Machine Vision คือระบบที่ถูกออกแบบมาเพื่อให้อุปกรณ์ประมวลผลภาพเช่น คอมพิวเตอร์ หรือ อุปกรณ์ประมวลผลสัญญาณดิจิทัล (Digital Signal Processor, DSP) นั้นสามารถรับรู้ข้อมูลภาพเพื่อจะใช้ในการตรวจสอบ และ ตัดสินใจสั่งงานกลไกในส่วนต่างๆได้ Machine Vision ถูกจัดทำขึ้นเพื่อให้เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ประมวลผลต่างๆมีความสามารถในการตรวจสอบเทียบเท่ากับการมองเห็นของมนุษย์ แต่ยังมีข้อจำกัดของเทคโนโลยีเนื่องจาก Machine Vision ไม่สามารถทำให้เครื่องจักรมีความสามารถในการมองเห็นหรือรับรู้ได้เทียบเท่ากับมนุษย์

สามารถนำ Machine Vision มาประยุกต์ใช้งานได้ในหลายรูปแบบ เช่น ตรวจสอบเช็คตำแหน่งของวัตถุ หรือใช้ตรวจสอบความผิดพลาดของชิ้นงานต่างๆในระบบการผลิต

ในงานวิจัยชิ้นนี้จะนำเทคโนโลยี Machine Vision มาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยโดยจะใส่ระบบควบคุมโดยใช้ระบบปัญญาประดิษฐ์เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพมากขึ้นโดยมีรายละเอียดในอีกหัวข้อถัดไป

2.3 ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence)

ปัญญาประดิษฐ์ หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า AI (Artificial Intelligence) คือวิธีการพัฒนาเครื่องคอมพิวเตอร์ในรูปแบบหนึ่ง ที่ทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถคิด วิเคราะห์ แยกแยะ และตัดสินใจทำสิ่งต่างๆได้ใกล้เคียงกับมนุษย์ โดยใช้วิธีการศึกษาแนวความคิด การตัดสินใจ การวิเคราะห์ การแยกแยะ และวิธีการให้เหตุและผลของมนุษย์เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องคอมพิวเตอร์ให้ต่างจากเครื่องจักรกลหรือโปรแกรมทั่วไป ส่งผลให้เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถทำงานได้ซับซ้อนและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

2.3.1 การทดสอบปัญญาประดิษฐ์

หากไม่มีมาตรวัดในปัญญาประดิษฐ์จะไม่สามารถบ่งบอกถึงสิ่งที่กำลังศึกษาและพัฒนาว่าถึงจุดที่ยอมรับได้ว่ามี “ความฉลาด” หรือยัง ฉะนั้นในปี ค.ศ. 1950 Alan Turing เป็นผู้ออกแบบการทดสอบปัญญาประดิษฐ์ หรือเรียกว่า Turing Test เพื่อพิสูจน์ให้เห็นว่าปัญญาประดิษฐ์ที่สร้างขึ้นนั้นอยู่ในจุดที่ยอมรับว่ามี “ความฉลาด” ทัดเทียมกับมนุษย์ โดยการทดสอบจะมีลักษณะเป็นดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงการทดสอบปัญญาประดิษฐ์ (Turing Test)

การทดสอบนี้คือ การใช้ปัญญาประดิษฐ์สัมภาษณ์ผู้สัมภาษณ์โดยมีฉากกันเพื่อไม่ให้ผู้สัมภาษณ์รู้ว่าสิ่งที่คุณสัมภาษณ์กำลังสัมภาษณ์นั้นเป็นมนุษย์หรือสิ่งประดิษฐ์ เพื่อบ่งบอก “ความฉลาด” ของปัญญาประดิษฐ์ที่ทัดเทียมกับมนุษย์ได้ทันที จากการทดสอบที่ผ่านมายังไม่เคยมีปัญญาประดิษฐ์ที่ผ่านการทดสอบแบบนี้ไปได้ เมื่อพิจารณาสิ่งที่จะทำให้ปัญญาประดิษฐ์ผ่านการทดสอบ มีดังนี้

1. Natural Language Processing ปัญญาประดิษฐ์สามารถเข้าใจและสื่อสารกับมนุษย์ได้โดยการใช้ภาษามนุษย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. Knowledge Representation ปัญญาประดิษฐ์สามารถจัดเก็บสิ่งที่ได้รับรู้และสร้างรูปแบบแทนความรู้
3. Automated Reasoning ปัญญาประดิษฐ์สามารถให้เหตุผลแบบอัตโนมัติ โดยการนำรูปแบบแทนความรู้ที่จัดเก็บมาคิดวิเคราะห์ เพื่อตอบคำถามที่ได้รับมาและสนทนาตอบกลับ

4. Machine Learning ปัญญาประดิษฐ์มีกลไกความรู้ สามารถเรียนรู้และปรับสถานะให้เหมาะสม เพื่อตรวจสอบสิ่งใหม่ในสิ่งแวดล้อมหรือเหตุการณ์ต่างๆ

ณ ปัจจุบันได้มีปัญญาประดิษฐ์ นามว่า UT² จากมหาวิทยาลัย University of Texas at Austin และ Mirror Bot สามารถผ่านการทดสอบเป็นครั้งแรกของ Turing Test ได้สำเร็จหลังจากเวลาผ่านไปได้ 100 ปี

2.3.2 คุณสมบัติและข้อจำกัดของปัญญาประดิษฐ์

เนื่องจากการมองภาพรวมในการพัฒนาให้เครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไปเปลี่ยนเป็นเครื่องมือที่มีศักยภาพที่เทียบเท่าหรือมากกว่ามนุษย์ การทำความเข้าใจเรื่องปัญญาประดิษฐ์เป็นสิ่งที่ค่อนข้างยาก คุณสมบัติหลังจากพัฒนาปัญญาประดิษฐ์แล้ว ดังนี้

1. ศักยภาพของการเรียนรู้และการเข้าใจจากประสบการณ์
2. ศักยภาพของการเรียนรู้เข้าใจเนื้อหา และข้อมูลที่ไม่แน่ชัดหรือมีการขัดแย้งซึ่งกันและกัน
3. ศักยภาพในการวิเคราะห์ข้อมูลและให้เหตุผลเพื่อการแก้ไขปัญหา พร้อมทั้งยังนำเสนอวิธีการและแนวทางแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ
4. ศักยภาพในการวิเคราะห์และทำความเข้าใจเนื้อหาที่ยากมีความซับซ้อน เพื่อหาข้อสรุปที่เหมาะสมที่สุดได้
5. ศักยภาพในการนำสิ่งที่ได้เรียนรู้มาประยุกต์ใช้กับสภาพแวดล้อมต่างๆได้อย่างเหมาะสม และมีประสิทธิภาพ
6. ศักยภาพในการแยกแยะความสำคัญของข้อมูล ปัญหา หรือโครงสร้างต่างๆตามความเหมาะสมของสถานการณ์ได้
7. ศักยภาพในการตอบสนองด้วยความรวดเร็ว ถูกต้อง และแม่นยำ

จากที่กล่าวไปข้างต้นสามารถสรุปความแตกต่างระหว่างคอมพิวเตอร์ปัญญาประดิษฐ์กับคอมพิวเตอร์ทั่วไปมีข้อแตกต่างกันตรงไหนบ้างได้จากตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงข้อเปรียบเทียบระหว่างคอมพิวเตอร์ปัญญาประดิษฐ์และคอมพิวเตอร์ทั่วไป

หัวข้อการเปรียบเทียบ	คอมพิวเตอร์ปัญญาประดิษฐ์	คอมพิวเตอร์ทั่วไป
การประมวลผล	ประมวลผลด้วยวิธีการวิเคราะห์รูปแบบสัญลักษณ์	ประมวลผลตาม Algorithm ที่สร้างไว้
ข้อมูลนำเข้า	ข้อมูลนำเข้าไม่จำเป็นต้องสมบูรณ์	ข้อมูลนำเข้าต้องมีความสมบูรณ์
วิธีการค้นหา	ใช้วิธีการโดยไม่อาศัยกฎเกณฑ์ตามตัวเรียกว่า Heuristic	ใช้วิธีการตามรูปแบบ Algorithm
จุดมุ่งหมาย	การได้มาซึ่งองค์ความรู้	การได้มาซึ่งข้อมูลและสารสนเทศ
การให้เหตุผล	สามารถให้เหตุผลได้	ไม่สามารถให้เหตุผลได้
การตัดสินใจ	สามารถตัดสินใจได้ด้วยตัวเอง	ต้องอาศัยมนุษย์ช่วยในการตัดสินใจหากอยู่นอกเหนือ Algorithm
การวิเคราะห์ข้อมูล	วิเคราะห์ข้อมูลอย่างสมเหตุสมผล	วิเคราะห์ข้อมูลตาม Algorithm
การเรียนรู้	สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตัวเอง	ไม่สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตัวเอง

จากการเปรียบเทียบดังกล่าวเห็นได้ว่า คอมพิวเตอร์ทั่วไปส่วนใหญ่ยังคงอ้างอิงกับ Algorithm ที่สร้างไว้ เพราะคอมพิวเตอร์ทั่วไปถูกสั่งให้ทำงานตามขั้นตอน Algorithm ที่กำหนดไว้ข้างต้น ต่างจากคอมพิวเตอร์ปัญญาประดิษฐ์ที่ไม่อ้างอิงตาม Algorithm แต่อ้างอิงจากข้อมูล และ วิเคราะห์ความเป็นไปได้ตามสถานการณ์ต่างๆ เรียกว่า การประมวลผลจากสัญลักษณ์ (Symbolic Processing) ซึ่งประสิทธิภาพที่ได้แตกต่างกันออกไปในการทำงานจริงไม่สามารถบอกได้ว่าแบบไหนดีกว่ากัน ขึ้นอยู่กับลักษณะงานที่จะถูกนำไปใช้

2.3.3 ประโยชน์ของปัญญาประดิษฐ์

การนำปัญญาประดิษฐ์มาพัฒนาในการทำงาน ทำให้ระบบมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยปัญญาประดิษฐ์มีประโยชน์หลายประการ เช่น

1. ทำให้กระบวนการแก้ปัญหาเร็วขึ้น และมีความเกี่ยวข้องกันมากขึ้น
2. ช่วยปัญหาบางอย่างที่เกินจากความสามารถของมนุษย์และคอมพิวเตอร์ทั่วไป
3. สามารถรับรองข้อมูลและความรู้จำนวนมากได้
4. สามารถจัดเก็บข้อมูลและความรู้ที่ได้อย่างถาวร
5. การเผยแพร่ความรู้ทำได้ง่ายและทั่วถึง
6. ทำงานด้านการวิเคราะห์ได้ดี และยังทำงานเฉพาะด้านยิ่งมีประสิทธิภาพสูง
7. มีความยืดหยุ่นในสถานการณ์และตอบสนองได้มีประสิทธิภาพ
8. การควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกลและเครื่องคอมพิวเตอร์สามารถทำได้ง่าย

โดยคุณสมบัติและประโยชน์ต่างๆ เป็นตัวบ่งชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของปัญญาประดิษฐ์ในอนาคตว่ามีความสำคัญมากต่อโลกอนาคต และ ยังสามารถนำปัญญาประดิษฐ์ไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ อาทิเช่น การกู้ภัย และระบบอัตโนมัติ เป็นต้น

2.3.4 การนำปัญญาประดิษฐ์มาประยุกต์ใช้

การนำปัญญาประดิษฐ์ไปใช้งานไม่จำเป็นที่จะใช้เฉพาะด้านสาขาที่เกี่ยวข้องกับปัญญาประดิษฐ์เท่านั้น มีการนำมาใช้ในวงกว้างมากมาย และประสบความสำเร็จได้ ดังต่อไปนี้

1. เกม (Game) เป็นซอฟต์แวร์ทางด้านบันเทิงที่นำปัญญาประดิษฐ์มาประยุกต์ใช้ โดยส่วนใหญ่จะไปเพิ่มความเสมือนจริง ทำให้เกิดระบบที่เพิ่มความยากมากขึ้นเพื่อเพิ่มความท้าทายให้กับผู้เล่น การเพิ่มประสิทธิภาพในด้านนี้ทำให้ผู้เล่นรู้สึกว่าการนี้มีความคิดเป็นของตัวเอง สามารถตอบสนองและโต้ตอบได้เสมือนมีผู้เล่น ทำให้เกมเป็นตัวทดสอบปัญญาประดิษฐ์ได้ดีเยี่ยมทั้งแนวความคิดและทางเทคนิค ส่งผลให้ปัญญาประดิษฐ์และเกมพัฒนาไปได้อย่างรวดเร็ว

2. ระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System : ES) เป็นระบบที่พัฒนามาจากปัญญาประดิษฐ์ที่รู้จักและใช้งานกันอย่างแพร่หลาย ระบบผู้เชี่ยวชาญเป็นระบบช่วยตัดสินใจในการแก้ปัญหาหรือข้อมูลที่มีความซับซ้อนเพื่อลดงบประมาณ และเพิ่มประสิทธิภาพรวมถึงความรวดเร็วในการวิเคราะห์

3. การให้เหตุผลเชิงกรณีศึกษา (Case-based Reasoning, CBR) เป็นการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์โดยอาศัยพื้นฐานทางความคิด และความรู้พื้นฐานของมนุษย์เป็นแนวทางในการพัฒนาเพื่อศึกษาปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหาที่ผ่านมา นำความรู้ที่ได้จากปัญหาและการแก้ปัญหาทุกครั้งจัดเก็บลงในองค์ความรู้ทุกครั้ง

4. กลไกการเรียนรู้ (Machine Learning) เป็นการนำปัญญาประดิษฐ์มาประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้เพื่อเพิ่มความสามารถและหน้าที่ในการรับผิดชอบของเครื่องจักรกลและเครื่องคอมพิวเตอร์ เป็นการเรียนรู้จากความรู้ใหม่ที่เกิดขึ้นตามสภาพแวดล้อมซึ่งบางครั้งบางเหตุการณ์อาจไม่เคยพบมาก่อน กลไกการเรียนรู้ส่งผลให้เครื่องคอมพิวเตอร์มีความสามารถมากขึ้นและความผิดพลาดลดลง

5. การคำนวณเชิงวิวัฒนาการ (Evolutionary Computation) เป็นการนำปัญญาประดิษฐ์มาประยุกต์ใช้กับเครื่องจักรกลหรือเครื่องจักรคอมพิวเตอร์ ในการเพิ่มประสิทธิภาพด้านการเรียนรู้ให้ดีขึ้น เป็นการเลียนแบบการวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต การเรียนรู้รูปแบบนี้อ้างอิงจากพื้นฐานทฤษฎีวิวัฒนาการของ Charles Darwin นำเสนอในปี ค.ศ. 1858 เป็นทฤษฎีการดำรงชีวิตที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ทำให้สิ่งมีชีวิตมีวิวัฒนาการ (Evolution) ให้สามารถดำรงชีวิตอยู่ต่อไปได้

6.ระบบโครงข่ายสมองเทียม (Neural Networks) เป็นการนำมาประยุกต์ในรูปแบบจำลองการทำงานของสมองมนุษย์ โดยแต่ละชิ้นส่วนของภายในระบบจะมีการเชื่อมต่อเข้าหากัน เป็นการนำความรู้จำนวนมากมาประเมินผลพร้อมๆกัน เพื่อลดระยะเวลาและเพิ่มประสิทธิภาพ

7.ตัวแทนปัญหา (Intelligent Agent) เป็นเทคโนโลยีที่มีคนนำปัญญาประดิษฐ์มาประยุกต์ใช้งานกันอย่างแพร่หลาย หน้าที่ของตัวแทนปัญหาคือการรับคำสั่งจากมนุษย์เพื่อแก้ปัญหา อีกทั้งยังเพิ่มประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้ดีขึ้น โดยศึกษาจากสภาพแวดล้อมแล้วหาทางแก้ปัญหาออก หรือ เป็นการตั้งระบบการตอบรับให้ตอบสนองแบบต่างๆ อาจเรียกได้ชื่อว่า “เอเจนต์ (Agent)” หรือ “โปรแกรมตัวแทน”

8.การวางแผน (Planning) เป็นการนำปัญญาประดิษฐ์มาประยุกต์ใช้ในการวางแผนจัดการเป้าหมายให้บรรลุผลตามที่ต้องการ การวางแผนมีขั้นตอนการแก้ไขปัญหาให้สอดคล้องกับการทำงานและผลลัพธ์

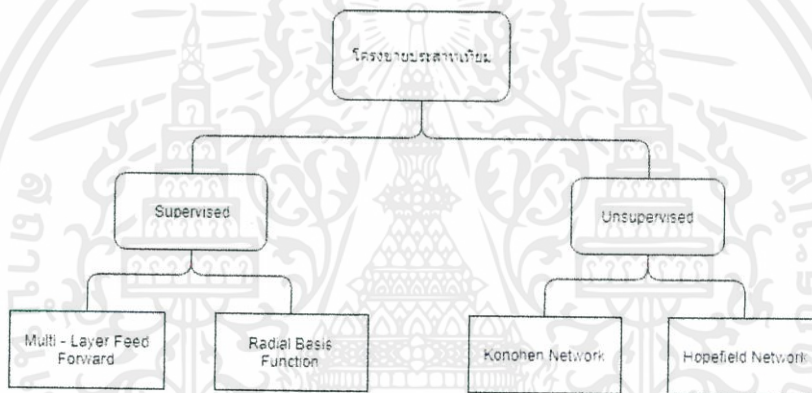
9.การประมวลผลภาษาธรรมชาติ (Natural Language Processing : NLP) เป็นการนำปัญญาประดิษฐ์มาประยุกต์ใช้ เพื่อเพิ่มความสามารถโต้ตอบกับมนุษย์ โดยการป้อนข้อมูลการโต้ตอบและความหมายพร้อมกับบันทึกเสียงและแปลเสียงที่ได้รับ มาประมวลผลและโต้ตอบกลับ

10.หุ่นยนต์ (Robotic) เป็นการนำปัญญาประดิษฐ์มาประยุกต์ใช้กับงานเครื่องจักรกลเพื่อทดแทนแรงงานมนุษย์ที่ทำงานเสี่ยงอันตราย เพื่อความปลอดภัยต่อมนุษย์จึงทำหุ่นยนต์ให้มีความอัตโนมัติและมีประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกับมนุษย์

งานวิจัยนี้จึงนำปัญญาประดิษฐ์ที่ประยุกต์ใช้กับระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Networks) มาประยุกต์ใช้ในการจำลองระบบรวมแสงอาทิตย์และติดตามดวงอาทิตย์แบบสะท้อนแสง อ้างอิงในหัวข้อถัดไป

2.4 ระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Networks)

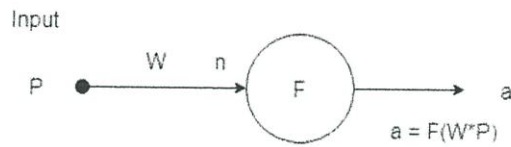
โครงข่ายประสาทเทียม คือ การจำลองสมองของมนุษย์ให้อยู่ในรูปแบบของคอมพิวเตอร์ โดยมี ส่วนประกอบพื้นฐานที่สำคัญคือ เซลล์ประสาทเทียม (Neuron) เปรียบเสมือนตัวส่งข้อมูลที่ป้อนเข้าไปในระบบเพื่อใช้ในการประมวลผลให้ได้ตามที่ต้องการ ในการทำงานของเซลล์ประสาทเทียมจะต้องทำการต่อกันเป็นลักษณะอนุกรมและขนานผสมผสานกันเพื่อให้ได้การทำงานที่ต้องการ การทำงานของโครงข่ายประสาทเทียมจะทำให้ผลลัพธ์ออกมาเป็นที่ต้องการนั้นโดยมากจะได้อาจมาจากการทำงานของหน่วยพื้นฐานที่มีอยู่มาเชื่อมต่อกันเรียงกันเพื่อสอนโครงข่ายประสาทเทียมในการเรียนรู้และจดจำข้อมูลหรือการทำงานที่ซับซ้อน โดยการเรียนรู้นั้นจะทำการเรียนรู้ที่หน่วยพื้นฐานทำการปรับปรุงค่าพารามิเตอร์ไปเรื่อยๆจนกว่าจะเจอค่าที่ดีที่สุดในการทำงานของระบบนี้ โดยโครงข่ายประสาทเทียมสามารถแบ่งออกเป็นประเภทต่างๆ ดังรูป 2.4



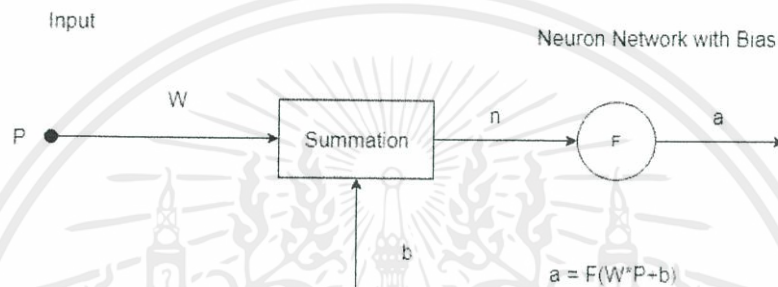
รูปที่ 2.4 การแบ่งประเภทของโครงข่ายประสาทเทียม

ในการทำงานวิจัยนี้จะใช้โครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบ Supervised Neuron Networks เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในระบบรวมแสงอาทิตย์และติดตามดวงอาทิตย์แบบสะท้อนแสง ซึ่งในที่นี้การใช้รูปแบบ Supervised Neuron Networks นั้นเราจะทำการดึงส่วนของ Multi-Layer Feed Forward มาใช้ในการวิจัยนี้ ซึ่ง Multi-Layer Feed Forward จะประกอบด้วย นิวรอนหลายๆตัวเข้าด้วยกัน โดยนิวรอนจะถูกแบ่งออกเป็น นิวรอนที่มีระบบย้อนกลับ กับนิวรอนที่ไม่มีระบบย้อนกลับ เพื่อความเข้าใจให้ง่ายขึ้นจะยกตัวอย่างให้เห็น ดังรูป 2.5 และ 2.6

Neuron Network Without Bias



รูปที่ 2.5 Single input Neuron ที่ไม่มีค่า bias (b)



รูปที่ 2.6 Single input Neuron ที่มีค่า bias (b)

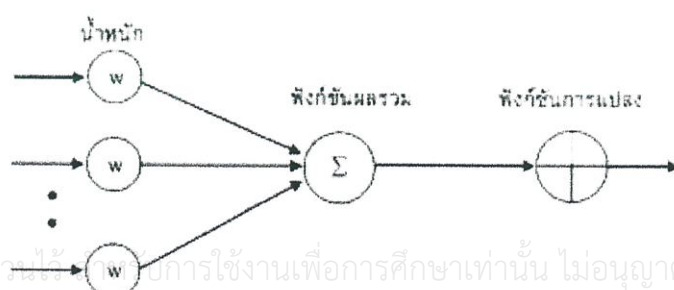
ซึ่งการสอนโครงข่ายสมองเทียมให้ทำงานได้ตามที่ต้องการนั้นจะต้องใช้นิวรอนที่มีระบบย้อนกลับหลายๆตัวต่อทั้งขนานกันและอนุกรมกันเพื่อให้ได้ตามต้องการ ซึ่งจะได้ค่าตามที่ต้องการเราจะทำการปรับ bias กับทำการปรับค่าถ่วงน้ำหนักข้อมูลเพื่อให้ได้ค่าตามที่ต้องการนั้นจะต้องใช้สมการทางคณิตศาสตร์ในการจำลองเพื่อคำนวณหาค่าที่ดีที่สุดขึ้นมาใช้เพื่อให้ได้ค่าคงที่ที่ใกล้เคียงมากที่สุด โดยค่าแต่ละชุดนั้นจะได้ค่าออกมาไม่เหมือนกันเพราะฉะนั้นการสอนโครงข่ายประสาทเทียมให้ได้ประสิทธิภาพนั้นจะต้องทำการสอนหลายๆรอบเข้าไปเรื่อยๆและทำการทดลองกับหลายๆสมการและไปทำการทดลองเพื่อเช็คว่าการสอนที่ผ่านมานั้นได้ตามที่ต้องการหรือไม่

โครงข่ายประสาทเทียมมีคุณลักษณะคล้ายกับการส่งผ่านสัญญาณประสาทเทียมในสมองของมนุษย์ กล่าวคือ มีความสามารถในการรวบรวมความรู้ โดยผ่านกระบวนการเรียนรู้ และความรู้เหล่านี้จะจัดเก็บอยู่ในโครงข่ายในรูปแบบค่าน้ำหนัก ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนค่าได้เมื่อมีการเรียนรู้สิ่งใหม่ๆ เข้าไปค่าน้ำหนักทำหน้าที่เปรียบเสมือนความรู้ที่รวบรวมไว้เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาเฉพาะอย่างของมนุษย์

การประมวลผลต่างๆเกิดขึ้นในหน่วยประมวลผลย่อย เรียกว่า โหนด (node) ซึ่งโหนดเป็นการจำลองลักษณะการทำงานมาจากเซลล์การส่งสัญญาณ (signal) ระหว่างโหนดที่เชื่อมต่อกัน (connection) จำลองมาจากการเชื่อมต่อของเดนไดรต์และแอกซอนในระบบประสาทของมนุษย์ ภายในโหนดจะมีฟังก์ชันกำหนดสัญญาณส่งออกที่เรียกว่า ฟังก์ชันกระตุ้น (activation function) หรือฟังก์ชันการแปลง (transfer function) ซึ่งทำหน้าที่เปรียบเสมือนกระบวนการทำงานในเซลล์ ดังรูปที่ 2.7

โครงข่ายประสาทเทียมประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ ดังนี้

1. ข้อมูลป้อนเข้า (input) เป็นข้อมูลที่แปดตัวเลข หากเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ ต้องแปลงให้อยู่ในรูปเชิงปริมาณที่โครงข่ายประสาทเทียมยอมรับได้
2. ข้อมูลส่งออก (output) คือ ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริง (actual output) จากกระบวนการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม
3. ค่าน้ำหนัก (weights) คือสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ความรู้ (knowledge) ค่านี้จะถูกเก็บเป็นทักษะเพื่อใช้ในการจดจำข้อมูลอื่นๆ ที่อยู่ในรูปแบบเดียวกัน
4. ฟังก์ชัน ผลรวม (Summation function : S) เป็นผลรวมของข้อมูลป้อนเข้า (a_i) และค่าน้ำหนัก (w_i)
$$S = \sum_{i=1}^n a_i w_i$$
5. ฟังก์ชันการแปลง (transfer function) เป็นการคำนวณการจำลองการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม เช่น ซิกมอยด์ฟังก์ชัน (sigmoid function) ฟังก์ชันไฮเพอร์โบลิกแทนเจนต์ (hyperbolic tangent function) เป็นต้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.7 โครงสร้างการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม

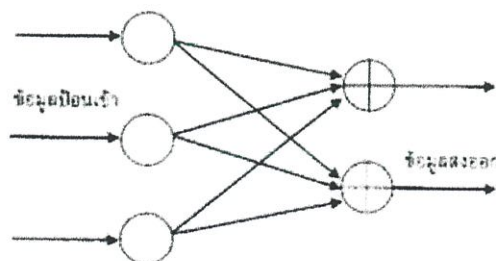
2.4.1 ลักษณะของโครงข่ายประสาทเทียม

โครงข่ายประสาทเทียมประกอบด้วยเซลล์ประสาทเทียม หรือหน่วยจำนวนมากเชื่อมต่อกันซึ่งการเชื่อมต่อแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อย เรียกว่าชั้น (layer) ชั้นแรก เป็นชั้นนำข้อมูลเข้า เรียกว่า ชั้นรับข้อมูลป้อนเข้า (input layer) และชั้นที่อยู่ระหว่างชั้นรับข้อมูลป้อนเข้าและชั้นส่งข้อมูลออก เรียกว่า ชั้นแอบแฝง(hidden layer) ซึ่งโดยทั่วไปชั้นแอบแฝงอาจมีมากกว่า 1 ชั้นก็ได้ ด้วยเหตุนี้ จึงสามารถแบ่งประเภทของโครงข่ายประสาทเทียมตามจำนวนชั้นของโครงข่ายแบบกว้างๆได้ 2 แบบ ได้แก่ โครงข่ายแบบชั้นเดียว(single layer) และโครงข่ายแบบหลายชั้น (multi layer)

1. โครงข่ายแบบชั้นเดียว

โครงข่ายแบบชั้นเดียวเป็นโครงข่ายประสาทเทียมอย่างง่ายที่มีเพียงชั้นรับข้อมูลป้อนเข้าและชั้นส่งข้อมูลออกเท่านั้น โหนดในการรับข้อมูลป้อนเข้าทำหน้าที่รับข้อมูลเข้า(input value) แล้วส่งข้อมูลผ่านเส้นเชื่อมโยงต่างๆไปให้โหนดในชั้นส่งข้อมูลออก ความเข้มของสัญญาณ หรือ ปริมาณข้อมูลที่นำเข้าสู่โหนดในชั้นส่งข้อมูลออก จะขึ้นอยู่กับค่าน้ำหนักที่อยู่บนเส้นเชื่อมโยง

โหนดในชั้นส่งข้อมูลออกจะนำข้อมูลที่รับมาคำนวณโดยใช้ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ที่เรียกว่า ฟังก์ชันการแปลง (transfer function) ที่เหมาะสมกับปัญหา แล้วส่งผลลัพธ์ที่ได้ออกมาเป็นข้อมูลส่งออก เช่น โครงข่ายแบบชั้นเดียวแบบเพอเซปตรอนอย่างง่าย (Simple perceptron) และโครงข่ายโฮปฟิลด์(hopfield networks) ลักษณะโครงข่ายแบบชั้นเดียวแสดงดังรูปที่ 2.8



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.8 โครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียว

2. โครงข่ายแบบหลายชั้น

โครงข่ายแบบหลายชั้นเป็นโครงข่ายที่มีชั้นแอบแฝงตั้งแต่ 1 ชั้นขึ้นไป โครงข่ายแบบหลายชั้นจะใช้กรณีที่มีปัญหาที่มีความซับซ้อน ซึ่งโครงข่ายแบบชั้นเดียวไม่สามารถแก้ปัญหาได้ จึงเพิ่มจำนวนหน่วยที่มีการคำนวณ หรือชั้นแอบแฝง ให้กับโครงข่าย ตัวอย่างของโครงข่ายแบบหลายชั้น เช่น การแพร่ย้อนกลับ (back propagation) เซลล์ออร์แกนไนซิงแมปส์ (self organizing maps) และเคาน์เตอร์พรอพเพเดชัน (counter propagation) เป็นต้น ลักษณะโครงข่ายแบบหลายชั้นแสดงดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น

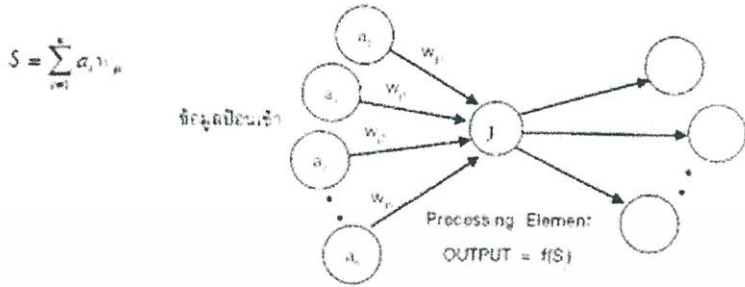
2.4.2 ขั้นตอนการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม

ขั้นตอนการเรียนรู้แบบแพร่ย้อนกลับ ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ดังนี้

1. การแพร่เดินหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนนี้เริ่มเมื่อเซลล์ประสาทได้รับข้อมูลป้อนเข้า แสดงดังรูปที่ 5 ซึ่งเป็นการคำนวณ รวมผล ของผลลัพธ์ที่เข้ามายังหน่วยที่ j ดังสมการ โดยที่ a_i = ข้อมูลจากหน่วยที่ i , w_{ij} = ค่าน้ำหนักจากหน่วยที่ i ไปยังหน่วยที่ j



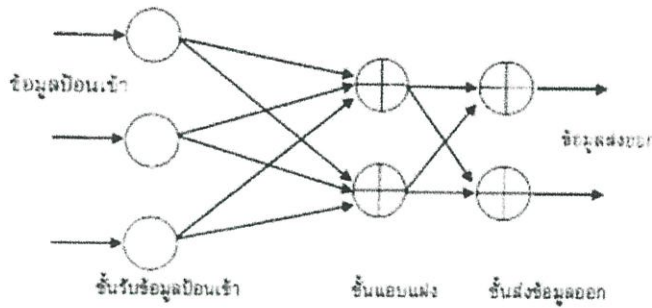
จากนั้นทำการแปลงค่าข้อมูลโดยการคำนวณผลลัพธ์ โดยใช้ซิกมอยด์ฟังก์ชัน ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 ซิกมอยด์ฟังก์ชัน

สมการ ซิกมอยด์คือ เมื่อค่า x เป็นค่าผลรวมของหน่วยที่ j ดังสมการนี้ เมื่อได้รับค่า $f(S)$ แล้วค่า $f(S)$ การกลายเป็นผลลัพธ์ของหน่วยที่ j

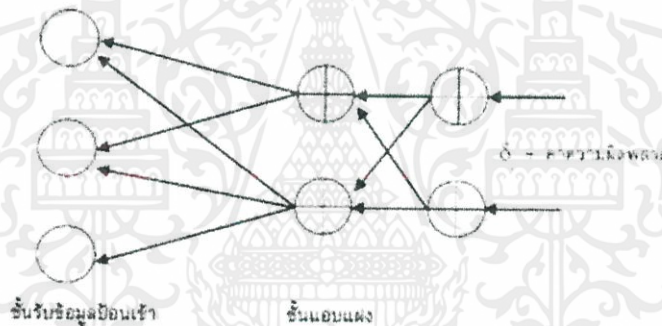
สำหรับชั้นรับข้อมูลป้อนเข้า จะไม่มีการประมวลผลเกิดขึ้น และไม่มีการแปลงค่าข้อมูล เนื่องจากแต่ละหน่วยประมวลผลจะใช้ค่าของข้อมูลป้อนเข้าเป็นค่าของตนเอง โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่เดินหน้า แสดงดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่เดินทาง

2 .การแพร่ย้อนกลับ

ขั้นตอนนี้ ค่าความผิดพลาดจะถูกคำนวณให้หน่วยประมวลผลทั้งหมด และคำนวณค่าน้ำหนักที่เปลี่ยนของการเชื่อมโยง การคำนวณนี้เริ่มที่ชั้นส่งข้อมูลออก และแพร่ย้อนกลับไปยังชั้นรับข้อมูลป้อนเข้า แสดงดังรูปที่ 8



รูปที่ 2.12 โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ

2.4.3 ประเภทของการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การเรียนรู้แบบมีผู้สอน (supervised learning) ข้อมูลจะประกอบด้วยตัวอย่าง ข้อมูลที่ต้องการสอน และผลลัพธ์ที่ต้องการให้ โครงข่ายสร้าง เมื่อมีการนำข้อมูลในลักษณะเดียวกัน มาเป็นข้อมูลป้อนเข้า โครงข่ายจะกำหนดค่าผลลัพธ์ ที่เป็นเป้าหมายให้กับข้อมูลป้อนเข้าแต่ละตัว โครงข่ายจะนำค่าผิดพลาดระหว่างค่าเป้าหมายกับค่าผลลัพธ์ที่ได้ มาใช้ในการปรับค่าน้ำหนัก เพื่อให้ค่าผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับเป้าหมายมากที่สุด

ถ้าหากเปรียบเทียบกับมนุษย์จะเหมือนกับการสอนนักเรียน โดยมีครูผู้สอนคอยให้คำแนะนำ ตัวอย่างแบบจำลองนี้ได้แก่ การแพร่ย้อนกลับ และเพอเซปตรอน (perceptron) เป็นต้น

2. การเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (unsupervised learning) การเรียนรู้แบบนี้จะสอน โครงข่ายโดยการนำข้อมูลป้อนเข้าอย่างต่อเนื่องเพียงอย่างเดียว ไม่มีการส่งค่าผลลัพธ์เป้าหมายให้กับข้อมูลป้อนเข้าแต่ละตัว การปรับน้ำหนักจะใช้ข้อมูลที่น่ามาสอนเป็นตัวปรับค่า โดยค่าน้ำหนักจะ ปรับตามกลุ่มที่ข้อมูลป้อนเข้าที่มีรูปแบบคล้ายคลึงกัน ถ้าหากเปรียบเทียบกับมนุษย์จะเหมือนกับการที่ เราสามารถแยกแยะพันธุ์พืช พันธุ์สัตว์ตามลักษณะ รูปร่างของมันได้ด้วยตนเอง ตัวอย่างแบบจำลอง นี้ได้แก่ เคาน์เตอร์พอพพะเกชัน (counter propagation : CPN) แบบจำลองอะแดปทีฟรีโซแนนซ์เทียรี (Adaptive Resonance Theory neural networks : ART) เป็นต้น

การเรียนรู้แบบแพร่ย้อนกลับ

Werbos (1974) ได้เสนอแนวคิดของการเรียนรู้แบบแพร่ย้อนกลับ จากนั้น Parker (1982) ได้นำเสนออีกครั้ง และเป็นที่ยอมรับมากขึ้นโดย Rumelhart และคณะ (1986) ในหนังสือ Parallel Distributed Processing ซึ่งได้กล่าวถึงศักยภาพของโครงข่ายประสาทเทียม และการเรียนรู้ แบบแพร่ย้อนกลับ

การเรียนรู้แบบแพร่ย้อนกลับ สามารถแก้ปัญหาที่ต้องการรูปแบบ โดยการป้อนรูปแบบเข้าไป โครงข่ายประสาทเทียมจะให้รูปแบบผลลัพธ์ที่เกี่ยวข้องกัน (Dayhoff. 1990) การเรียนรู้แบบแพร่ย้อนกลับ เป็นวิธีการหนึ่งของโครงข่ายประสาทเทียมที่ง่ายต่อการเข้าใจ เนื่องจากกระบวนการเรียนรู้ และปรับปรุงแก้ไข นั้นเป็นไปด้วยตนเอง ถ้าโครงข่ายประสาทเทียมให้คำตอบที่ผิด ค่าน้ำหนักจะถูกปรับจนกว่าค่าความผิดพลาดจะน้อยลง หรืออยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ นั่นคือ ค่าที่ได้ในครั้งถัดไปจะมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น ด้วยโครงสร้างประสาท เทียมที่มีลักษณะเป็นชั้น แต่ละชั้นเชื่อมโยงกันอย่างทั่วถึง เมื่อโครงข่ายประสาทเทียมได้รับข้อมูลป้อนเข้า จะคำนวณค่าน้ำหนักของหน่วยรับข้อมูลป้อนเข้าไปยังชั้นแอบแฝง และจากชั้นแอบแฝงไปยังชั้นส่งข้อมูลออก เมื่อเกิดผลต่างระหว่างค่าผลลัพธ์จริงกับค่าผลลัพธ์เป้าหมาย โครงข่ายประสาทเทียมจะปรับค่าความผิดพลาดจากชั้นส่งข้อมูลออก และแพร่ย้อนกลับไปยังชั้นแอบแฝงจากนั้นจึงแพร่ย้อนกลับไปยังชั้นรับข้อมูลป้อนเข้า ตามลำดับ

2.4.4 ฟังก์ชันการแปลงค่า

โครงข่ายประสาทเทียมโดยทั่วไปประกอบด้วย 3 ชั้นคือชั้นนำข้อมูลป้อนเข้าชั้นแอบแฝงและชั้นส่งข้อมูลออก โดยชั้นแอบแฝงจะมีการใช้ฟังก์ชันการแปลงหรือบางครั้งเรียกว่าฟังก์ชันกระตุ้น (activation function)

โดยปกติฟังก์ชันการแปลง (transfer function) สามารถแบ่งได้ 2 ประเภทคือ

ฟังก์ชันการแปลงเชิงเส้น (Linear Transfer Function) ฟังก์ชันการแปลงเชิงเส้นสามารถเรียนรู้เพียงความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างข้อมูลป้อนเข้าและข้อมูลส่งออกดังนั้นจึงไม่สามารถหาค่าตอบได้สำหรับบางกรณี อย่างไรก็ตามถ้าคำตอบที่ได้ไม่ใช่คำตอบที่ดีพอฟังก์ชันการแปลงเชิงเส้นจะหาค่าต่ำสุดของผลรวมค่าผิดพลาดกำลังสอง แต่ถ้าอัตราการเรียนรู้มีค่าน้อยโครงข่ายประสาทเทียมจะหาค่าตอบที่ใกล้เคียงเท่าที่จะเป็นไปได้ที่แสดงลักษณะเชิงเส้นของลักษณะของโครงข่าย-ฟังก์ชันการแปลงเชิงเส้นสามารถเขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ $f(x)=x$

ฟังก์ชันการแปลงไม่ใช่เชิงเส้น (Nonlinear Transfer Function) ฟังก์ชันการแปลงไม่ใช่เชิงเส้นประกอบด้วยฟังก์ชันการแปลง 2 ชนิดคือ

2.1 ซิกมอยด์ฟังก์ชัน (Sigmoid Function) ซิกมอยด์ฟังก์ชันหรือฟังก์ชันการแปลงแบบซิกมอยด์จะบีบช่วงข้อมูลป้อนเข้า “ที่ไม่จำกัดให้เป็นช่วงของข้อมูลส่งออกที่จำกัดโดยที่” ช่วงของข้อมูลส่งออกจะอยู่ในช่วง 0 ถึง 1 ฟังก์ชันการแปลงแบบซิกมอยด์จะแสดงลักษณะของข้อเท็จจริงที่มีความชันเข้าใกล้ศูนย์เมื่อข้อมูลป้อนเข้ามีจำนวนมากขั้นตอนวิธีการฝึกฝนแบบแพร่ย้อนกลับมีวัตถุประสงค์เพื่อลดผลกระทบที่ส่งผลต่อขนาดของอนุพันธ์ไม่ให้มีผลกระทบต่อค่าน้ำหนักปัจจุบันโดย “ขนาดของการเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักถูกกำหนดโดยค่าปัจจุบันที่แยกออกมาค่าปัจจุบันสำหรับค่าน้ำหนักและความโน้มเอียงแต่ละค่าจะเพิ่มขึ้นเมื่ออนุพันธ์” ของฟังก์ชันสัมพันธ์กับค่าน้ำหนักที่มีเครื่องหมายเดียวกันสำหรับการกระทำซ้ำรอบสองและค่าปัจจุบัน "จะลดลงเมื่ออนุพันธ์ที่สัมพันธ์กับน้ำหนักเปลี่ยนแปลงเครื่องหมายจากการกระทำซ้ำรอบก่อนถ้าอนุพันธ์เท่ากับศูนย์ แสดงว่าค่าปัจจุบันยังคงเดิม ฟังก์ชันการแปลงแบบซิกมอยด์สามารถเขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์และแสดงได้

$$f(x) = 1/(1+e^{(-x)})$$

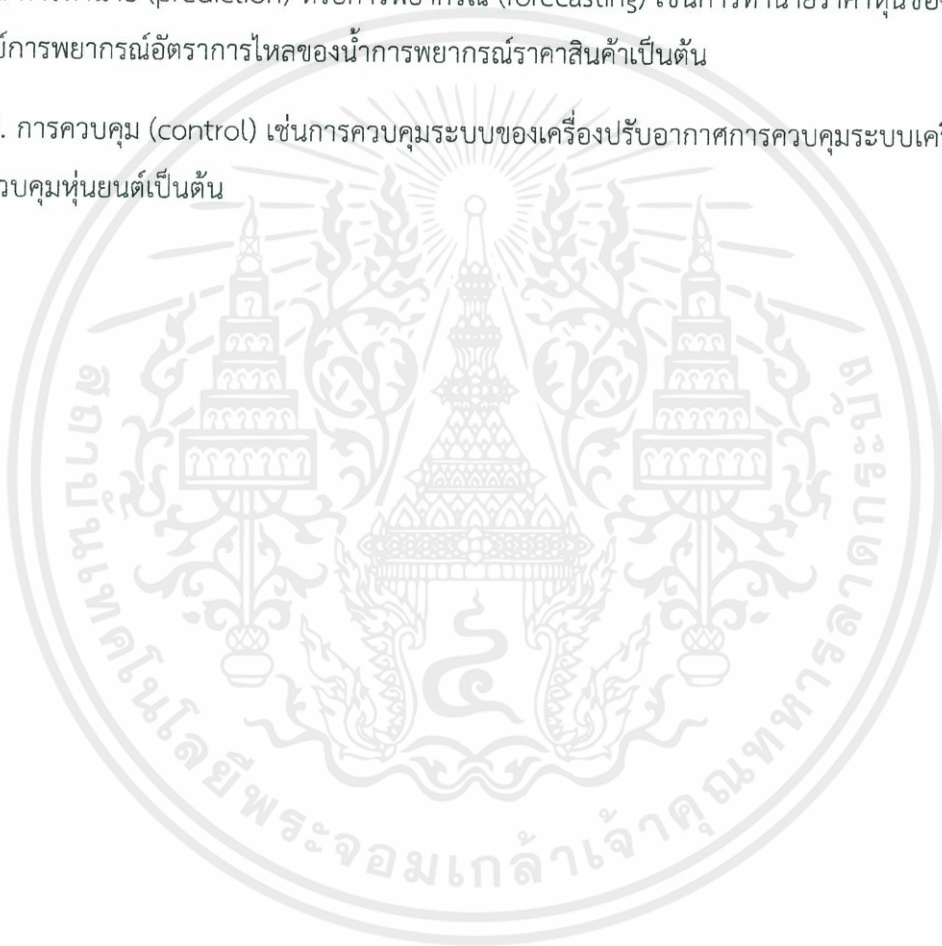
2.2 ฟังก์ชันไฮเพอร์โบลิกแทนเจนต์ (Hyperbolic Tangent Function) ฟังก์ชันการแปลงแบบไฮเพอร์โบลิกแทนเจนต์มีลักษณะเช่นเดียวกับฟังก์ชันการแปลงแบบซิกมอยด์ (sigmoid transfer-function) แต่ต่างกันเพียงช่วงของข้อมูลส่งออกจะอยู่ในช่วง -1 ถึง +1 ฟังก์ชันการแปลงแบบไฮเพอร์โบลิกแทนเจนต์สามารถเขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์และแสดงได้

$$f(x) = (1-e^{(-x)})/(1+e^{(-x)})$$

2.4.5 การประยุกต์ใช้งานโครงข่ายประสาทเทียมโครงข่ายประสาทเทียม

เป็นศาสตร์แขนงหนึ่งทางด้านปัญญาประดิษฐ์ที่ประยุกต์ใช้ความรู้จากหลากหลายสาขามารวมเข้าด้วยกัน นับว่าเป็นศาสตร์ที่กำลังมีบทบาทอย่างยิ่งในปัจจุบันกล่าวโดยสรุปโครงข่ายประสาทเทียมสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับงานด้านต่างๆได้ดังนี้

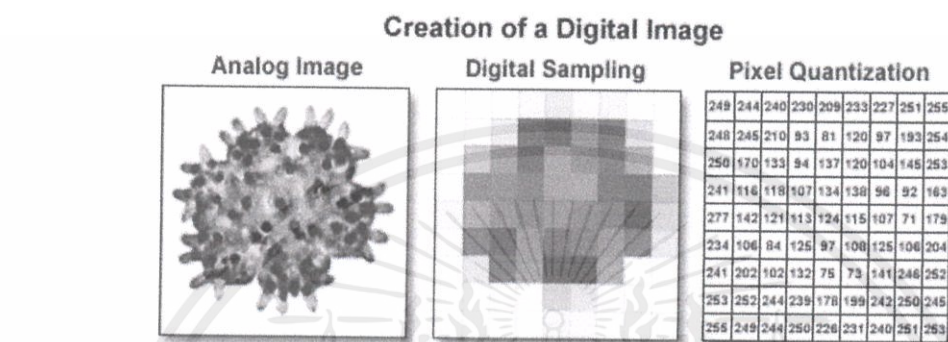
1. การจำแนกรูปแบบ (pattern recognition) เช่นการมองเห็นวัตถุหรือการวิเคราะห์เสียงพูดเพื่อแปลความหมาย
2. การทำนาย (prediction) หรือการพยากรณ์ (forecasting) เช่นการทำนายราคาหุ้นของตลาดหลักทรัพย์การพยากรณ์อัตราการไหลของน้ำการพยากรณ์ราคาสินค้า เป็นต้น
3. การควบคุม (control) เช่นการควบคุมระบบของเครื่องปรับอากาศการควบคุมระบบเครื่องยนต์ และการควบคุมหุ่นยนต์ เป็นต้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการประมวลผลภาพดิจิทัล

เป็นการแปลงข้อมูลจากสัญญาณแอนะล็อก (Analogue signal) ให้อยู่ในรูปของสัญญาณดิจิทัล (Digital signal) เพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถประมวลผลได้ โดยระบบจะทำการคำนวณด้วยกระบวนการ Sampling และ Quantization โดยจะแสดงผลในรูปแบบของดิจิทัล จากนั้นคอมพิวเตอร์จะจัดเก็บข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของตัวแปรชนิดอาร์เรย์ โดยแต่ละช่องของตัวแปรอาร์เรย์จะแสดงถึงคุณสมบัติในแต่ละตำแหน่งของภาพ



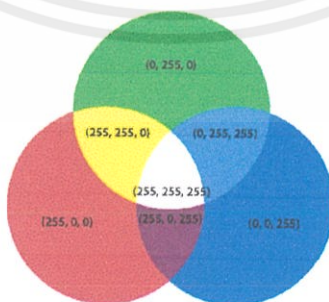
รูปที่ 2.13 การแปลงภาพแอนะล็อกให้เป็นภาพดิจิทัล

2.6 มาตรฐานของสี

มาตรฐานของสีในปัจจุบันมีอยู่หลายระบบโดยจะขึ้นอยู่กับการใช้งานซึ่งทุกมาตรฐานมีแนวคิดแนวเดียวกัน คือ การแทนจุดด้วยจุดที่อยู่ในสเปส 3 มิติ โดยจะมีแกนอ้างอิงสำหรับจุดสีนั้นในสเปส ซึ่งแต่ละแกนมีอิสระต่อกัน

2.6.1 ระบบสี RGB

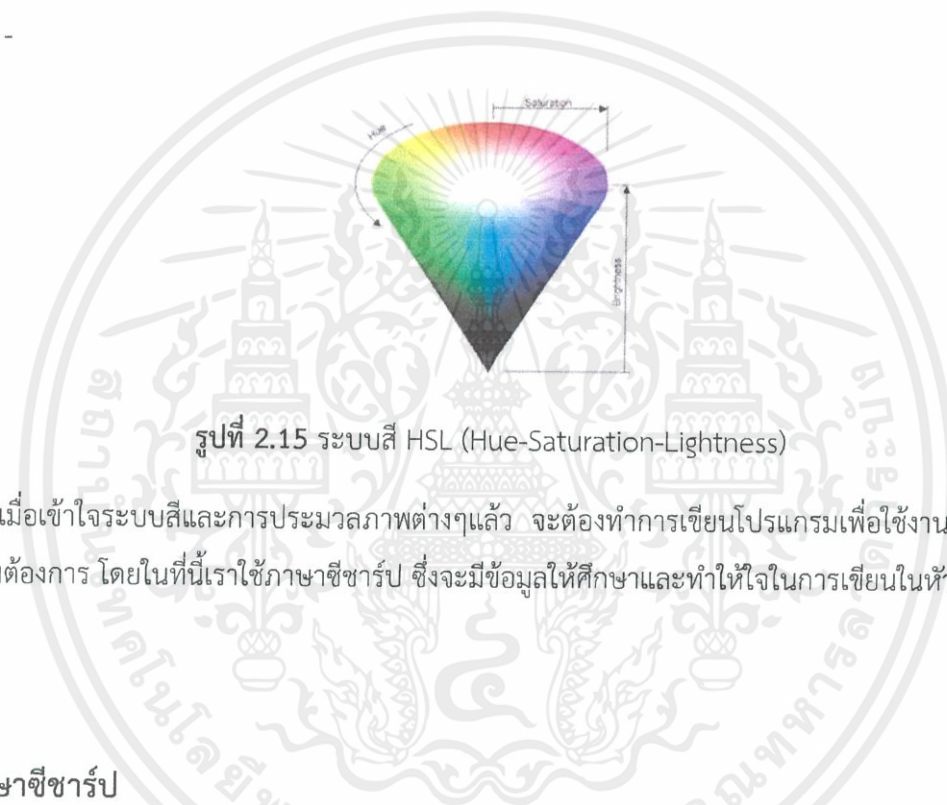
คือระบบสีของแสงซึ่งเกิดจากการหักเหของแสงผ่านแท่งแก้วปริซึม จากการศึกษาพบว่ารูปแบบของแสงสีทั้งหมดเกิดจากแสงสี 3 สี คือ สีแดง (Red) สีน้ำเงิน (Blue) และสีเขียว (Green) ให้นำมาฉายรวมกันจะเกิดเป็นสีใหม่



รูปที่ 2.14 ระบบสี RGB (Red-Green-Blue)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ประเภทของสี (Hue) : คือ เฉดสี โดยที่ค่าของ Hue จะมีค่าของ Hue ระหว่าง 0-359 ซึ่งจะไล่ลำดับการเปลี่ยนแปลงของสีแดง (Hue = 0) ไปยังสีเขียว (Hue = 120) และจากสีเขียวไปยังสีน้ำเงิน (Hue = 240) และจากสีน้ำเงินไปยังสีแดง
- ความอิ่มตัวของสี (Saturation) : คือ ค่าที่ระบุว่าสีนั้นอยู่ห่างจากแกนกลางมากเท่าใด ถ้าค่า Saturation มีค่ามากขึ้นก็จะทำให้สีที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับเฉดสีที่แท้จริงมากขึ้น
- ความสว่างของสี (Lightness/Brightness) : คือ ค่าที่ใช้ระบุว่าสีนั้นมีความสว่างมากเท่าใด ถ้าค่า Lightness มีค่ามากขึ้นจะทำให้สีที่ได้มีส่วนประกอบของสีขาวมากขึ้น ในทางกลับกัน ถ้าความสว่างมีค่าน้อยลงก็จะทำให้สีที่ได้มีส่วนประกอบของสีดำมากขึ้น



รูปที่ 2.15 ระบบสี HSL (Hue-Saturation-Lightness)

เมื่อเข้าใจระบบสีและการประมวลผลภาพต่างๆแล้ว จะต้องทำการเขียนโปรแกรมเพื่อใช้งานการควบคุมให้ได้ตามต้องการ โดยในที่นี้เราใช้ภาษาซีชาร์ป ซึ่งจะมีข้อมูลให้ศึกษาและทำให้ใจในการเขียนในหัวข้อถัดไป

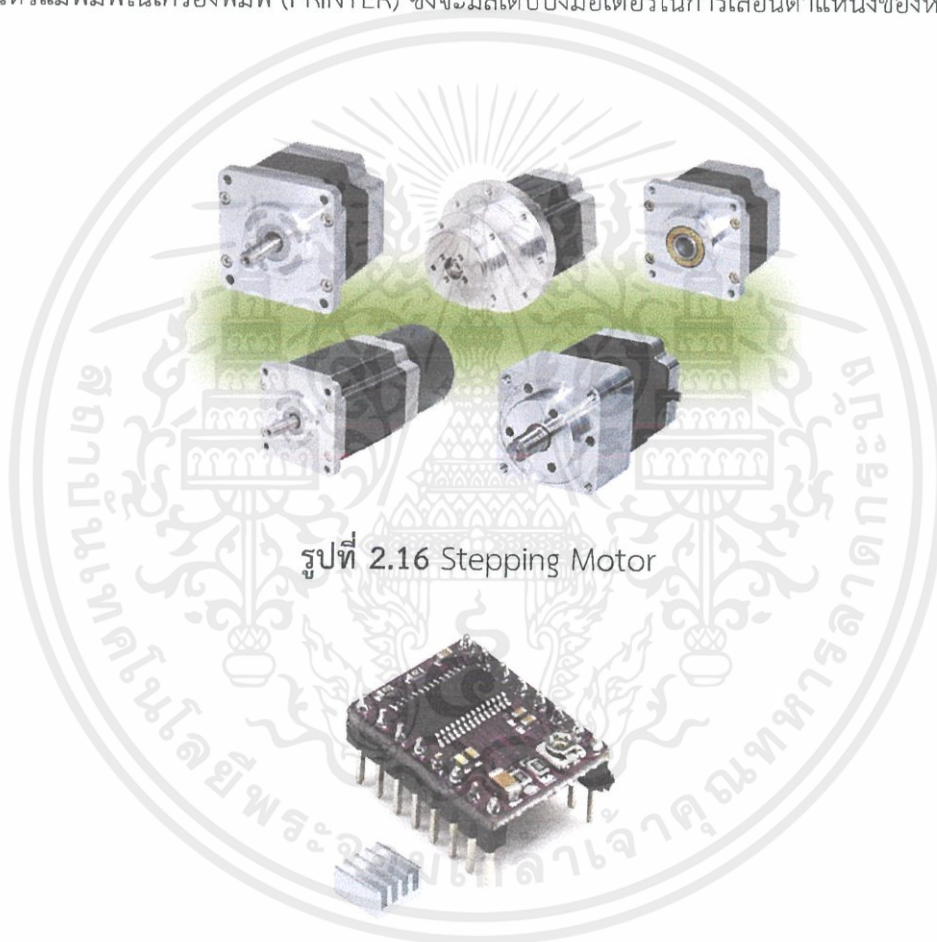
2.7 ภาษาซีชาร์ป

C# คือ ภาษาคอมพิวเตอร์ที่ถูกพัฒนาโดย Microsoft โดยมีจุดมุ่งหมายในการรวมความสามารถการคำนวณของ C++ และ เก็บส่วนการทำงานคล้ายกับ Java จุดมุ่งหมายคือ อำนวยความสะดวกในการแลกเปลี่ยนสารสนเทศและบริการผ่านเว็บ และทำให้ผู้พัฒนาสร้างโปรแกรมประยุกต์ในขนาดกระทัดรัด ภาษา C# เป็นการกานำข้อดีของภาษาต่างๆ (เช่นภาษา Delphi , ภาษา C++) มาปรับปรุงเพื่อให้มีความเป็น OOP (โปรแกรมเชิงวัตถุ) มากขึ้น ขณะเดียวกันก็ลดความซับซ้อนในโครงสร้างของภาษาลง เรียบง่ายกว่าภาษา C++ และมีสิ่งทีเกินความจำเป็นน้อยลงเมื่อเทียบกับ Java

2.8 Stepping Motor

Stepping Motor เป็นมอเตอร์ไฟฟ้าที่ขับเคลื่อนด้วยพัลส์ มีลักษณะการขับเคลื่อนโดยการหมุนรอบแกน 360 องศา แต่มีลักษณะไม่ต่อเนื่องจะเคลื่อนไปเป็นสเต็ป โดยแต่ละสเต็ปจะขับเคลื่อนได้ 1, 1.5, 1.8 หรือ 2 องศา ซึ่งจะขึ้นอยู่กับแต่ละโครงสร้างของมอเตอร์ ข้อดีของมอเตอร์ประเภทนี้คือ สามารถกำหนดตำแหน่งของการหมุนได้อย่างแม่นยำ โดยการใช้งาน Stepping Motor นั้น ไม่สามารถใช้งานหรือทำงานได้เองต้องมีอุปกรณ์ที่ช่วยในการขับเคลื่อนมอเตอร์นั้นคือ Stepping Motor Drive

โดยทั่วไปงานที่จะนำมอเตอร์ประเภทนี้ไปใช้งานจะเป็นงานที่ต้องการตำแหน่งที่มีความแม่นยำสูง เช่น ระบบขับเคลื่อนหัวแม่พิมพ์ในเครื่องพิมพ์ (PRINTER) ซึ่งจะมีสเต็ปมอเตอร์ในการเลื่อนตำแหน่งของหัวพิมพ์ เป็นต้น

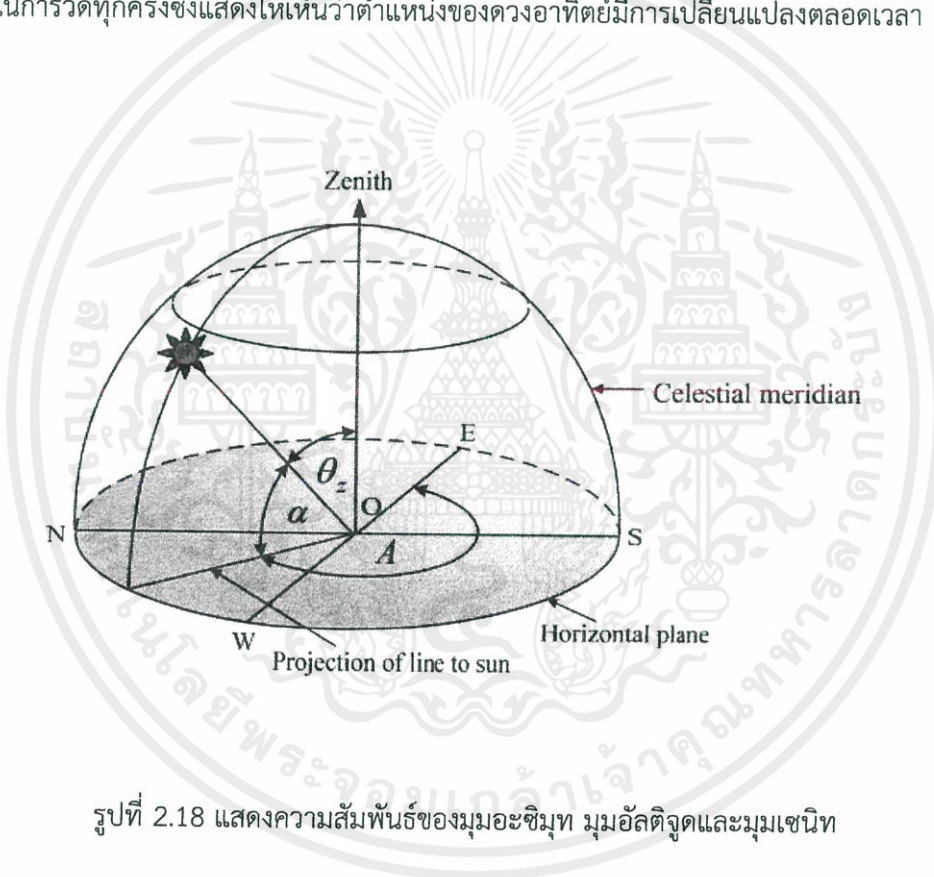


รูปที่ 2.16 Stepping Motor

รูปที่ 2.17 Stepping Motor Driver

2.9 ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ที่ปรากฏบนโลก

การระบุตำแหน่งของดวงอาทิตย์จะใช้ระบบเส้นขอบฟ้า ซึ่งเป็นระบบที่ใช้บอกตำแหน่งของวัตถุบนท้องฟ้าว่าอยู่เหนือขอบฟ้าเป็นระยะตามมุมเท่าใดและอยู่ห่างจากตำแหน่งเทียบบนขอบฟ้ามากน้อยเพียงใด โดยที่ ระบบนี้จะมีเส้นขอบฟ้า (Horizon) เป็นวงกลมใหญ่หลัก โค-ออดิเนทของระบบนี้ เรียกว่าอัลติจูด (Altitude, α) และอะซิมุท (Azimuth,) โดยวัดมุมเงยและมุมอะซิมุทจากดวงอาทิตย์ โดยค่าของมุมเงยจะมีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงจุดสูงสุดของดวงอาทิตย์ จากนั้นจะค่อยๆ ลดลงเมื่อดวงอาทิตย์ตก ส่วนมุมอะซิมุทจะมีค่าเปลี่ยนไปในการวัดทุกครั้งซึ่งแสดงให้เห็นว่าตำแหน่งของดวงอาทิตย์มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา



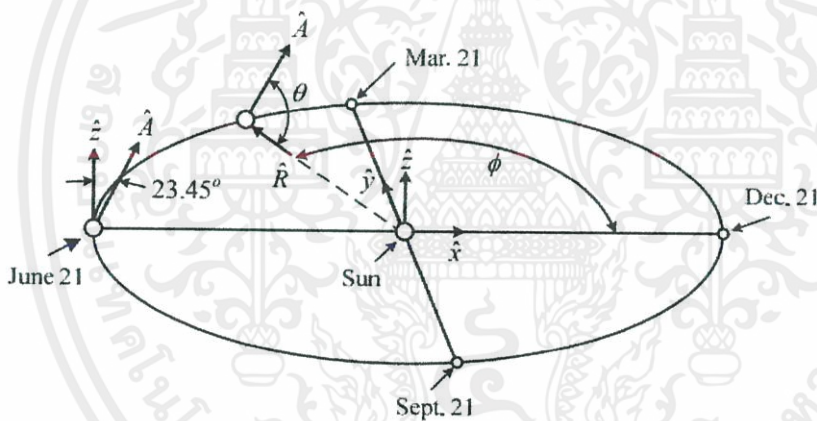
รูปที่ 2.18 แสดงความสัมพันธ์ของมุมอะซิมุท มุมอัลติจูดและมุมเซนิท

การคำนวณหาตำแหน่งของดวงอาทิตย์สามารถคำนวณได้ตั้งขั้นตอนต่อไปนี้

หามุมเซนิท (Zenith, θ_z)

$$\theta_z = 90^\circ - \alpha \quad (2.1)$$

ในการพิจารณาสมการของมุมเดคลิเนชัน จะวิเคราะห์จากเวกเตอร์ในระบบพิกัด คาร์ทีเซียน (Cartesian Coordinate System) โดยให้ระนาบ x-y เป็นระนาบการโคจรของโลก รอบดวงอาทิตย์และ z เป็นระนาบที่ตั้งฉากกับระนาบ x-y



รูปที่ 2.19 ความสัมพันธ์ของเวกเตอร์การโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์

- เมื่อ \hat{A} คือ เวกเตอร์หนึ่งหน่วยตามแนวแกนหมุนโลก มีทิศจากขั้วโลกใต้ไปยังขั้วโลกเหนือ
- \hat{R} คือ เวกเตอร์หนึ่งหน่วยตามระนาบการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์
- Θ คือ มุมระหว่าง \hat{A} และ \hat{R}
- Φ คือ ระยะทางเชิงมุมของวงโคจรของโลกโดยกำหนดให้เป็นจำนวนวันใน 1 รอบปี
- D_s คือ จำนวนวัน $D_s = 1$ ในวันที่ 21 ธันวาคม และ ในวันที่ 20 ธันวาคม

$$\phi = (D_s - 1) \frac{180^\circ}{182.6} \quad (2.2)$$

$$\hat{R} = -(\cos \phi) \hat{x} + (\sin \phi) \hat{y} \quad (2.3)$$

$$\hat{A} = \cos(23.45^\circ) \hat{z} + \sin(23.45^\circ) \hat{x} \quad (2.4)$$

จากนิยามของมุมเดคลิเนชัน ซึ่งเป็นมุมระหว่างรังสีแสงอาทิตย์กับระนาบเส้นศูนย์สูตรจะได้ ว่า \hat{A} ตั้งฉากกับระนาบเส้นศูนย์สูตรและมีมุมเดคลิเนชันเท่ากับ

$$\delta = 90^\circ - \theta \quad (2.5)$$

มุม θ หาได้จากความสัมพันธ์ของสมการข้างล่างนี้

$$\cos \theta = -\hat{R} \cdot \hat{A} = \cos \phi \sin(23.45^\circ) \quad (2.6)$$

รวมสมการ 2.1, 2.4 และ 2.5 จะได้

$$\sin \delta = -\cos \left[(D_s - 1) \frac{180}{182.6} \right] \sin(23.45^\circ) \quad (2.7)$$

ถ้าให้ n เป็นจำนวนวันในรอบปีโดย $n = 1$ ในวันที่ 1 มกราคม จะได้ว่า

$$\sin \delta = \cos \left[(n - 173) \frac{180^\circ}{182.6} \right] \sin(23.45^\circ) \quad (2.8)$$

มุมชั่วโมง (Hour angle, ω)

$$\omega = 15(t_s - 12) \quad \text{องศา} \quad (2.9)$$

เมื่อ t_s คือ เวลาสุริยคติปรากฏ

สมการเวลา (Equation of Time, EQT)

$$EQT = 60 \sum_{k=0}^5 \left[A_k \cos\left(\frac{360kn}{365.25}\right) + B_k \sin\left(\frac{360kn}{365.25}\right) \right] \text{ minutes} \quad (2.10)$$

เมื่อ n คือจำนวนวันในรอบปีโดยที่ $n = 1$ ในวันที่ 1 มกราคม ค่าสัมประสิทธิ์ A_k และ B_k สามารถหาได้จากตาราง

ตารางที่ 2.2 ค่าสัมประสิทธิ์ของ A_k และ B_k

k	A_k (hr)	B_k (hr)
0	2.0870×10^{-4}	0
1	9.2869×10^3	-1.229×10^{-1}
2	-5.2258×10^{-2}	-1.5698×10^{-1}
3	-1.3077×10^{-3}	-5.1602×10^{-3}
4	-2.1867×10^{-3}	-2.9823×10^{-3}
5	-1.5100×10^{-4}	-2.3463×10^{-4}

ในส่วนของการคำนวณตำแหน่งของดวงอาทิตย์ จะใช้เวลาสุริยคติปรากฏ ดังนั้นก่อนนำไปคำนวณ จะต้องเปลี่ยนเวลาท้องถิ่น (Local Cock Time, LCT) เป็นเวลาสุริยคติปรากฏ และบวกด้วยค่าสมการเวลาเสียก่อน ซึ่งสามารถหาได้จากความสัมพันธ์ของสมการ

$$AST = LCT \pm T_{zW}^E \pm \lambda_W^E + \frac{EQT}{60} \quad (2.11)$$

เมื่อ LCT คือ เวลาท้องถิ่น

Tz คือ เขตเวลา (Time Zone) หรือตัวเลขกำหนดเขต

λ คือ เวลาที่ตำแหน่งเส้นลองจิจูดของผู้สังเกต

สมการของมุมอัลติจูด

$$\alpha = \sin^{-1}(\sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \omega \cos \phi) \quad (\text{องศา}) \quad (2.12)$$

สมการของมุมอะซิมัท

$$A' = \sin^{-1}\left(\frac{-\cos \delta \sin \omega}{\cos \alpha}\right) \quad (\text{องศา}) \quad (2.13)$$

เมื่อ $\cos \omega \geq \left(\frac{\tan \delta}{\tan \phi}\right)$ จะได้ $A = 180^\circ - A'$

เมื่อ $\cos \omega < \left(\frac{\tan \delta}{\tan \phi}\right)$ จะได้ $A = 360^\circ + A'$

$$A'' = \cos^{-1}\left(\frac{\sin \delta \cos \phi - \cos \delta \cos \omega \sin \phi}{\cos \alpha}\right) \quad (\text{องศา}) \quad (2.14)$$

เมื่อ $\sin \omega > 0$ จะได้ $A = 360^\circ - A''$

เมื่อ $\sin \omega \leq 0$ จะได้ $A = A''$

มุมชั่วโมงของดวงอาทิตย์ขึ้นและตก (Hour Angle for Sunset and Sunrise, ω_s)

$$\omega_s = \cos^{-1}(-\tan \delta \tan \phi) \quad (2.15)$$

ω_s เป็นลบสำหรับดวงอาทิตย์ขึ้นและเป็นบวกเมื่อดวงอาทิตย์ตก สำหรับ ω_s หน่วยเป็นชั่วโมงสามารถหาได้จากสมการ

$$\omega_s = \pm \frac{24}{360} \times \cos^{-1}(-\tan \delta \tan \phi) \quad (2.16)$$

ความยาวของกลางวัน จะหาได้จาก

$$\text{Hours of daylight} = 2\omega_s \times \frac{24}{360} \quad (2.17)$$

เวลาสุริยคติของดวงอาทิตย์ขึ้นและตกจะหาได้จาก

$$AST = (12.00 + \omega_s) \quad (\text{ชั่วโมง}) \quad (2.18)$$

2.10 Levenberg-Marquardt Algorithm

2.10.1 Levenberg-Marquardt Algorithm

ในคณิตศาสตร์และคอมพิวเตอร์ อัลกอริธึม Levenberg – Marquardt (LM) หรือที่รู้จักกันในชื่อวิธี the damped least-squares (DLS) method ใช้เพื่อแก้ปัญหากำลังสองที่ไม่เป็นเชิงเส้น อัลกอริธึม Levenberg – Marquardt (LM) ถูกใช้ในแอปพลิเคชันซอฟต์แวร์จำนวนมากสำหรับการแก้ปัญหาคงที่ปรับ โค้งแบบทั่วไป (generic curve-fitting problems) และได้รับการออกแบบมาให้ทำงานโดยเฉพาะกับฟังก์ชัน การสูญเสีย (loss functions) ซึ่งเป็นรูปแบบของข้อผิดพลาดกำลังสองรวมกัน (the form of a sum of squared errors) มันทำงานได้โดยไม่ต้องคำนวณ Hessian matrix และสามารถใช้งานร่วมกับเวกเตอร์ไล่ระดับสี่ (the gradient vector) และเมทริกซ์จาโคเบียนได้

พิจารณาฟังก์ชันการสูญเสีย (loss functions) ซึ่งสามารถแสดงเป็นผลรวมของข้อผิดพลาดกำลังสอง ของแบบฟอร์ม (the form of a sum of squared errors)

$$f = \sum_{i=1}^m e_i^2$$

โดย m คือจำนวนตัวอย่างในชุดข้อมูล

เราสามารถนิยามเมทริกซ์จาโคเบียนของฟังก์ชันการสูญเสียได้ซึ่งประกอบด้วยอนุพันธ์ของความคลาดเคลื่อนที่เกี่ยวข้องกับพารามิเตอร์

$$J_{i,j} = \frac{\partial e_i}{\partial w_j}, \quad \text{for } i = 1, \dots, m \text{ and } j = 1, \dots, n.$$

โดย m คือจำนวนตัวอย่างในชุดข้อมูล และ n คือจำนวนพารามิเตอร์ในโครงข่ายประสาทเทียม

เวกเตอร์ไล่ระดับสีของฟังก์ชันการสูญเสีย (The gradient vector of the loss function) สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\nabla f = 2\mathbf{J}^T \cdot \mathbf{e}$$

โดย \mathbf{e} เป็นเวกเตอร์ของข้อกำหนดข้อผิดพลาดทั้งหมด

ในที่สุดเราสามารถประมาณเมทริกซ์ของ Hessian ด้วยนิพจน์ต่อไปนี้

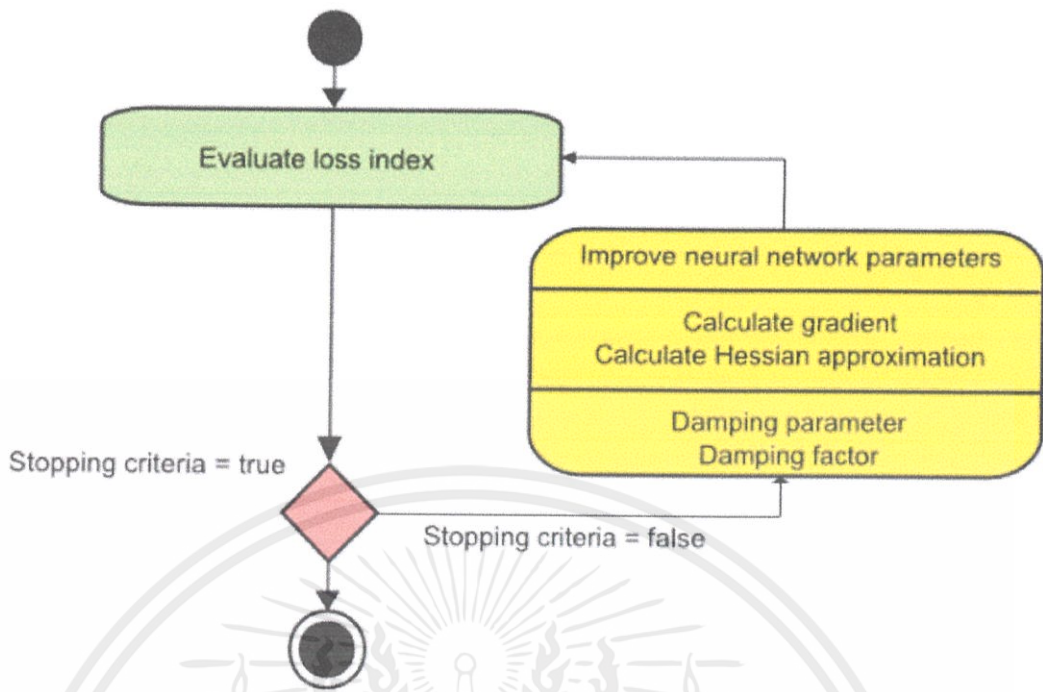
$$\mathbf{H}f \approx 2\mathbf{J}^T \cdot \mathbf{J} + \lambda \mathbf{I}$$

โดย \mathbf{I} คือเมทริกซ์เอกลักษณ์ และ λ คือ a damping factor that ensures the positiveness of the Hessian

นิพจน์ถัดไปกำหนดกระบวนการปรับปรุงพารามิเตอร์ด้วยอัลกอริทึม Levenberg-Marquardt

$$\mathbf{w}^{(i+1)} = \mathbf{w}^{(i)} - (\mathbf{J}^{(i)T} \cdot \mathbf{J}^{(i)} + \lambda^{(i)} \mathbf{I})^{-1} \cdot (2\mathbf{J}^{(i)T} \cdot \mathbf{e}^{(i)}), \quad \text{for } i = 0, 1, \dots$$

ภาพด้านล่างแสดงแผนภาพสถานะสำหรับกระบวนการฝึกอบรมของโครงข่ายประสาทเทียมด้วยอัลกอริทึม Levenberg-Marquardt ขั้นตอนแรกคือการคำนวณการสูญเสีย การไล่ระดับสี (the gradient) และการประมาณแบบ Hessian (the Hessian approximation) จากนั้นพารามิเตอร์การหน่วงจะถูกปรับเพื่อลดการสูญเสียในการวนซ้ำแต่ละครั้ง



รูปที่ 2.20 แผนภาพสถานะสำหรับกระบวนการฝึกอบรมของโครงข่ายประสาทเทียมด้วยอัลกอริทึม Levenberg-Marquardt

2.10.2 trainlm

trainlm เป็นฟังก์ชันการฝึกอบรมเครือข่ายที่อัปเดตค่าน้ำหนักและค่าไบอัสตามการเพิ่มประสิทธิภาพของ Levenberg-Marquardt และเป็นอัลกอริทึมการแพร่กระจายย้อนกลับที่เร็วที่สุดในกล่องเครื่องมือในโปรแกรม Matlab

บทที่ 3

เทคนิคการติดตามดวงอาทิตย์แบบสะท้อนแสงอาทิตย์โดยใช้ประสาทเทียม

ในปฏิญญาพนธ์ฉบับนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับการติดตามตำแหน่งดวงอาทิตย์แบบสะท้อนแสงโดยใช้เทคนิคสองรูปแบบมาประยุกต์เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพสูงยิ่งขึ้น โดยเทคนิคแรกคือ การติดตามตำแหน่งดวงอาทิตย์ด้วย ระบบ Neural network ซึ่งจะเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้นโดยการใช้ข้อมูลที่ได้นำไปประมวลผลข้อมูลลงใน Matlab และนำค่าที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับโปรแกรมเพื่อส่งการไปยังระบบต่างๆให้ทำงานได้ และอีกเทคนิคที่ใช้ร่วมกันคือการใช้กล้องเว็บแคมในการประมวลผลภาพที่ได้โดยใช้เทคนิคแมชชีนวิชัน (Machine Vision) และประมวลผลภาพ (Image Processing) ซึ่งจะนำกล้องอยู่ในร่มและหันกล้องส่องไปยังทางหอคอยเพื่อหาตำแหน่งของแสงอาทิตย์ที่ส่องสะท้อนจากกระจก เพื่อที่จะคอยส่งการไปที่สเต็ปปีงมอเตอร์ (Stepping motor) ให้ตัวแผ่นกระจกสะท้อนแสงของดวงอาทิตย์ตกไปยังตำแหน่งที่กำหนดขึ้น ในกรณีทีกล่าวมาจะใช้ต่อเมื่อตำแหน่งที่ส่งการในกรณีแรกเกิดการคลาดเคลื่อนเพื่อความเสถียรของระบบการติดตามแสงอาทิตย์ แต่หาก Neural network ไม่มีการคำนวณคลาดเคลื่อน ในส่วนของกล้องและ Machine Vision จะไม่มีการใช้งาน ข้อดีของการใช้เทคนิคแรกคือยังสามารถติดตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์ได้แม้วันที่มีฝนตกเมฆมาก ข้อดีของเทคนิคที่สองคือแม่นยำแต่ต้องท้องฟ้าปลอดโปร่ง เมื่อนำทั้งสองเทคนิคมารวมเข้าด้วยกัน จะทำให้ระบบมีประสิทธิภาพได้ดียิ่งขึ้น

3.1. การออกแบบโครงข่ายประสาทเทียม

การออกแบบโครงข่ายประสาทเทียมจะต้องเข้าใจการทำงานของระบบโครงข่ายประสาทเทียมก่อนว่า มีการทำงานได้กี่รูปแบบ และการทำงานแบบไหนที่จะเหมาะสมกับงานที่ทำอยู่ซึ่งในกรณีการทำงานในการติดตามตำแหน่งดวงอาทิตย์แบบสะท้อนแสงมีความซับซ้อนที่น้อยทำให้เลือกใช้เพียงสองชั้นเท่านั้น เพื่อง่ายต่อการออกแบบ ต่อมาจะต้องทราบว่าในการทำงานให้ได้ตามต้องการนั้นจะต้องรู้ค่าอินพุตและเอาต์พุตว่ามีตัวไหนที่ส่งผลต่อการทำงานของระบบนี้ ซึ่งในปฏิญญาฉบับนี้ได้กำหนดให้มีค่าอินพุตทั้งหมด 5 ตัว และเอาต์พุตทั้งหมด 2 ตัว

3.1.1 อินพุตที่ใช้ในการสร้างโครงข่ายประสาทเทียม

- 1.เดือนมีทั้งหมด 12 เดือนโดยเรียงตั้งแต่ มกราคม กุมภาพันธ์ มีนาคม เมษายน พฤษภาคม มิถุนายน กรกฎาคม สิงหาคม กันยายน ตุลาคม พฤศจิกายน ธันวาคม
- 2.วันที่จะกำหนดตามวันที่ที่มีจำนวนแต่ละเดือน กำหนดให้ 1ปี มี 365 วัน
- 3.เวลาจะกำหนดที่วันละ 12 ชั่วโมง เริ่มตั้งแต่ 06.00 น.- 18.00 น. โดยจะเพิ่มทีละ 1 นาที
- 4.ตำแหน่ง Attitude ของดวงอาทิตย์เป็นองศาตีกรีได้จากสมการทางการคำนวณ
- 5.ตำแหน่ง Azimuth ของดวงอาทิตย์เป็นองศาตีกรีได้จากสมการทางการคำนวณ

3.1.2 เอาต์พุตที่ใช้ในการสร้างโครงข่ายประสาทเทียม

- 1.องศาการหมุนของกระจกที่ทำให้แสงสะท้อนไปยังหอคอยรับแสงในมุมแกนเดียวกับ attitude
- 2.องศาการหมุนของกระจกที่ทำให้แสงสะท้อนไปยังหอคอยรับแสงในมุมแกนเดียวกับ azimuth

3.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อใช้มนการสร้างโครงข่ายประสาทเทียม

เมื่อทราบค่าที่ต้องการในการใส่อินพุต และเอาต์พุต ต่อมาคือการเลือกจำนวนโหนดในชั้นซึ่งจะลดลงไปอีก 1 ชั้นก่อนเป็นเอาต์พุตซึ่งเลือกอยู่ที่ 12 โหนดเพื่อความแม่นยำ และอีกชั้นมีแค่ 11 โหนดกำหนดให้การวิเคราะห์ 1 โหนด จะทำซ้ำ 100 รอบ เมื่อทำเสร็จต่อมาให้ทำโหนดถัดไป โดยการทำทั้งในข้อมูลฝึกสอน และข้อมูลทดสอบ กำหนดให้ทำทั้งหมด 10 รอบ และทำการทดลองซ้ำทั้งหมดสองรอบ เพื่อการเปรียบเทียบค่าในแต่ละสมการในการคำนวณ

3.1.4 การทดลองสมการคำนวณในรูปแบบต่างๆ

โดยการทดลองจะมีการทำทั้งหมด 4 รูปแบบ

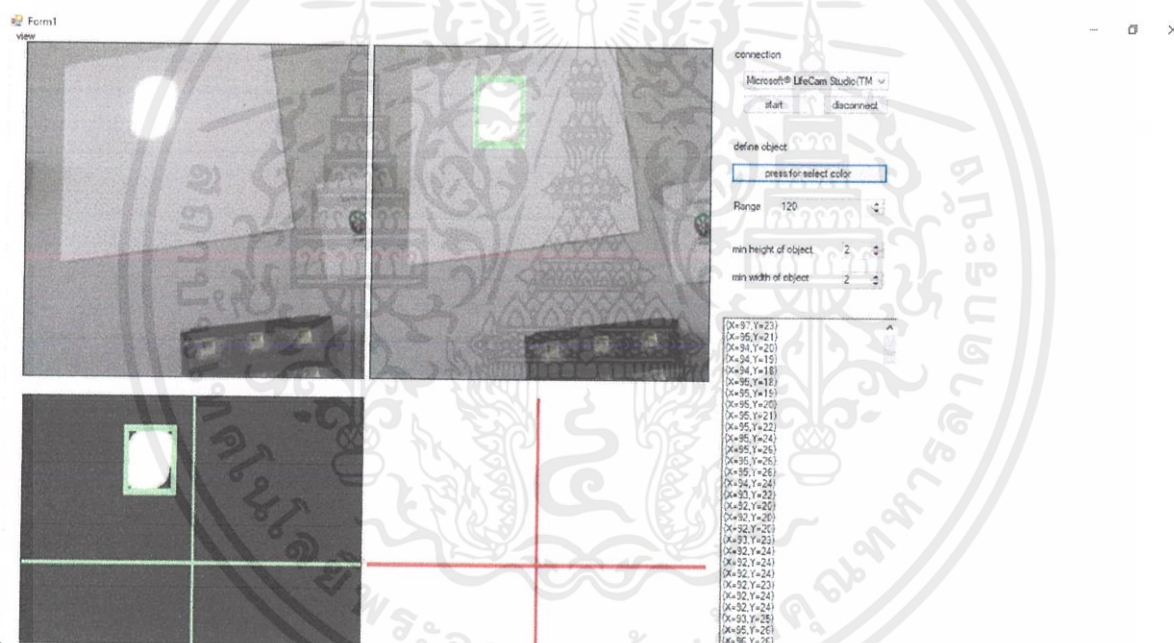
1. Hard limit transfer functions
2. Linear transfer functions
3. Log_sigmoid transfer functions
4. Tan_sigmoid transfer functions

3.1.5 การนำโครงข่ายประสาทเทียมในการประยุกต์ใช้

การทำการทดลองทั้งหมดจะได้ค่าความคาดเคลื่อนของการทำการสอนและการทดสอบระบบที่สร้างขึ้น ให้ทำการนำค่าความคาดเคลื่อนของทั้ง 4 รูปแบบมาเปรียบเทียบกัน เพื่อหาความคาดเคลื่อนที่ต่ำที่สุด ซึ่งที่ทำทั้งหมดเพราะต้องการหาค่า Weight และค่า bias ที่ได้มาจากการสุ่มเพื่อนำมาใช้งาน โดยจะต้องสร้างโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้การสุ่มค่าขึ้นมาแตกต่างกัน ต้องทำการป้อนค่า weight และ bias ในแต่ละโหนดที่มี ป้อนค่า input เพื่อให้ได้ค่า output ที่ต้องการ หลังจากนั้นนำมาโครงสร้างที่ได้มาแปลงไฟล์ใน Matlab ออกมาในรูปแบบที่สามารถนำไปแปลงซึ่งในปริญญาโทฉบับนี้ใช้โปรแกรม visual studio C# เพื่อนำไปเขียนต่อในรูปแบบโปรแกรมที่ต้องการ

3.2 การทำงานของโปรแกรมประมวลผลภาพและการส่งข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์

การทำงานของโปรแกรมประมวลผลภาพเริ่มจากการกดปุ่ม start เพื่อเริ่มการทำงานของกล้องเมื่อกล้องจับภาพของแสงอาทิตย์ได้จะส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อประมวลผลภาพ โดยจะเริ่มจากการทำการแปลงให้เป็นสีขาวดำโดยใช้ HSL Filter (Hue, Saturation, Lightness) เพื่อให้สีภาพของแสงอาทิตย์ที่ต้องการประมวลผลแยกออกจากสีพื้นหลัง จากนั้นเปลี่ยนภาพเป็นภาพระดับเทา เมื่อเสร็จจะใช้ BlobCounter กับรูปที่ผ่านการทำ HSL Filter นับวัตถุที่เป็นสีขาวโดยจะนับเพียงจุดที่ใหญ่ที่สุดเพียงจุดเดียวแล้วทำการคำนวณหาพิกัดของแสงอาทิตย์ที่กล้องรับภาพได้ จากนั้นจะส่งผลลัพธ์ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อสั่งให้สเต็ปมอเตอร์ทำงาน



รูปที่ 3.2 การทดลองการทำงานของโปรแกรมประมวลผลภาพ

3.2.1 การประมวลผลภาพแสงอาทิตย์ที่สะท้อนสู่หอคอยรับแสง

3.2.1.1 การเปลี่ยนภาพที่ได้รับเป็นภาพระดับเทา (Gray Scale)

คือการนำภาพที่รับจากกล้องเว็บแคมมาแปลงให้อยู่ในรูปแบบภาพระดับเทา(Gray Scale) ซึ่งจะทำให้ภาพการตกกระทบของแสงอาทิตย์ที่ได้รับมีความเด่นชัดกับสีของพื้นหลังโดยภาพของแสงที่ตกกระทบจะเป็นสีขาว ซึ่งจะตัดกับสีของพื้นหลังที่เป็นสีเทา

3.2.1.2 การใช้ HSL Filter

เป็นการประมวลผลภาพโดยใช้ระบบ HSL Filter (Hue, Saturation, Lightness) โดยหลักการคือจะกรองหาสีที่ต้องการโดยค่า HSL ที่เหมาะสมและจะเปลี่ยนสีอื่นให้กลายเป็นสีดำ ซึ่งจะทำให้เราเห็นเฉพาะพื้นที่สีที่เราต้องการ(ภาพของแสงที่ตกกระทบ)โดยมีพื้นหลังเป็นสีดำจากนั้นใช้ Blobcounter เพื่อหาระยะจากจุดศูนย์กลางที่เรากำหนดไว้

3.2.1.3 Blobcounter

การใช้ Blobcounter หลังจากผ่านการทำ HSL Filter จะเป็นการนับวัตถุที่แบ่งแยกจากพื้นหลังสีดำ โดยจะทำการตั้งค่าให้นับจุดที่มีพื้นที่มากที่สุดจุดเดียวเพื่อใช้เป็นจุดที่จะพิจารณาแล้วตีกรอบรอบจุดนั้น

3.2.1.4 ใช้การประมวลผลภาพเพื่อหาจุดศูนย์กลางของแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบหอคอยรับแสง

เพื่อหาจุดศูนย์กลางของแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบจะทำได้โดยใช้ Blobcounter เพื่อให้จุดที่พิจารณาเป็นจุดเดียว แล้วตีกรอบจุดที่จะทำการพิจารณานั้น โดยจุดศูนย์กลางของภาพจะสามารถหาได้จาก

$$X = Object.X + \frac{Object.Width}{2} - \frac{Video.Width}{2} \quad (3.1)$$

$$Y = \frac{Video.Height}{2} - \left(Object.Y + \frac{Object.Height}{2} \right) \quad (3.2)$$

โดย

X คือ พิกัดแกน X ของจุดศูนย์กลางของภาพที่พิจารณา

Y คือ พิกัดแกน Y ของจุดศูนย์กลางของภาพที่พิจารณา

Object.X คือ ค่าพิกัด X ของมุมบนซ้ายของกรอบสี่เหลี่ยมล้อมรอบจุดที่พิจารณา

Object.Y คือ ค่าพิกัด Y ของมุมบนซ้ายของกรอบสี่เหลี่ยมล้อมรอบจุดที่พิจารณา

Object.Width คือ ค่าความกว้างของกรอบสี่เหลี่ยมล้อมรอบจุดที่พิจารณา

Object.Height คือ ค่าความสูงของกรอบสี่เหลี่ยมล้อมรอบจุดที่พิจารณา

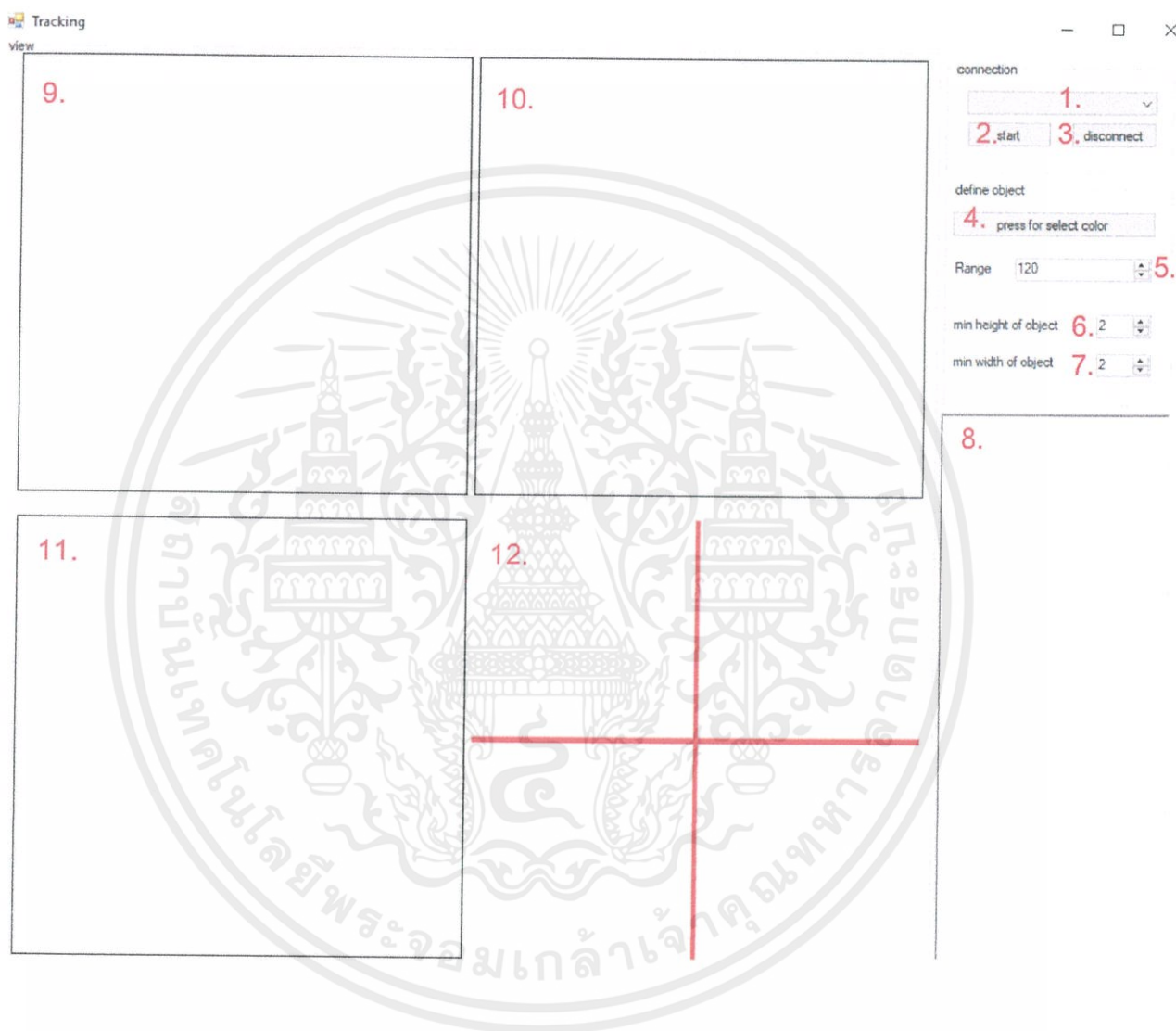
Video.Width คือ ค่าความกว้างของภาพที่รับเข้ามาผ่านกล้องเว็บแคม

Video.Height คือ ค่าความสูงของภาพที่รับเข้ามาผ่านกล้องเว็บแคม



3.3 โปรแกรมประมวลผลภาพ

ในปฏิยานิพนธ์เล่มนี้ จะใช้โปรแกรม Microsoft Visual Studio เพื่อสร้างโปรแกรมสำหรับประมวลผลภาพของแสงที่ตกกระทบเป้าหมายสมมติแทนหอคอยรับแสง



รูปที่ 3.3 หน้าต่างโปรแกรมประมวลผลภาพ

3.3.1 เลือกใช้อุปกรณ์

3.3.2 ปุ่มเริ่มต้นการทำงาน

3.3.3 ปุ่มหยุดการทำงาน

3.3.4 คลิกเพื่อเลือกเฉดสีที่ต้องการ Track

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3.3.5 ค่าความเบี่ยงเบนจากเฉลี่ยที่ต้องการ
- 3.3.6 ค่าความสูงที่น้อยที่สุดของเป้าหมาย
- 3.3.7 ค่าความกว้างที่น้อยที่สุดของเป้าหมาย
- 3.3.8 position(X , Y) ของวัตถุในกรอบภาพ
- 3.3.9 Input ภาพจากกล้อง
- 3.3.10 Blob counter เพื่อ Track แสงที่ตกกระทบเป้าหมาย
- 3.3.11 Filter ที่เปลี่ยนให้สีอื่นนอกจากเป้าหมายเป็นสีดำ
- 3.3.12 Filter ที่เปลี่ยนให้สีอื่นนอกจากเป้าหมายเป็นสีขาว



3.5 การส่งผลลัพธ์ออกจากโปรแกรมประมวลผลภาพ

การส่งผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมประมวลผลภาพไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อควบคุมสแต็ปปีงมอเตอร์นั้น แบ่งออกเป็น 2 กรณีคือกรณีที่รับแสงอาทิตย์ได้ และกรณีที่ไม่สามารถรับแสงอาทิตย์ได้

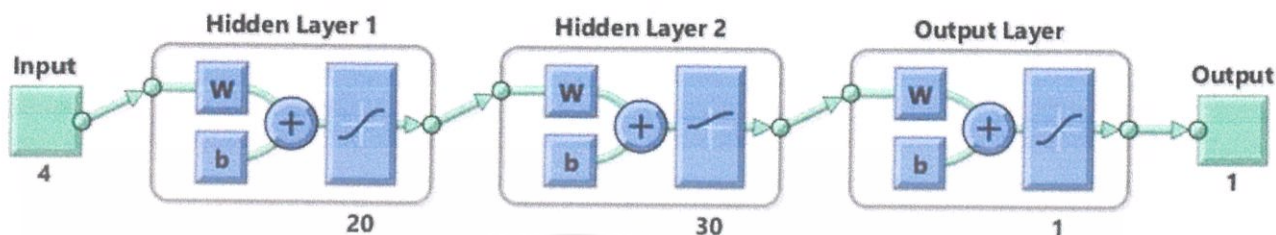
เมื่อแสงที่ตกกระทบบนหุ่นยนต์ที่ทำการตั้งค่าไว้โปรแกรมจะทำการส่งข้อมูลเป็นสัญญาณที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นเพื่อป้องกันไมโครคอนโทรลเลอร์ควรสั่งสแต็ปปีงมอเตอร์ตัวไหนให้หมุนและหมุนในทิศทางใด

ในการทดลองจะจำลองโดยใช้ไฟฉายแทนแสงอาทิตย์โดยจะส่งไปยังกระดาษที่อยู่บนหอคอยรับแสง และทำการสังเกตค่าของโปรแกรมประมวลผลภาพเมื่อวัตถุอยู่นอกเหนือขอบเขตที่กำหนดไว้ โดยจะใช้โปรแกรม HyperTerminal เพื่อดูค่าที่ส่งออกมาจากโปรแกรมประมวลผลภาพ

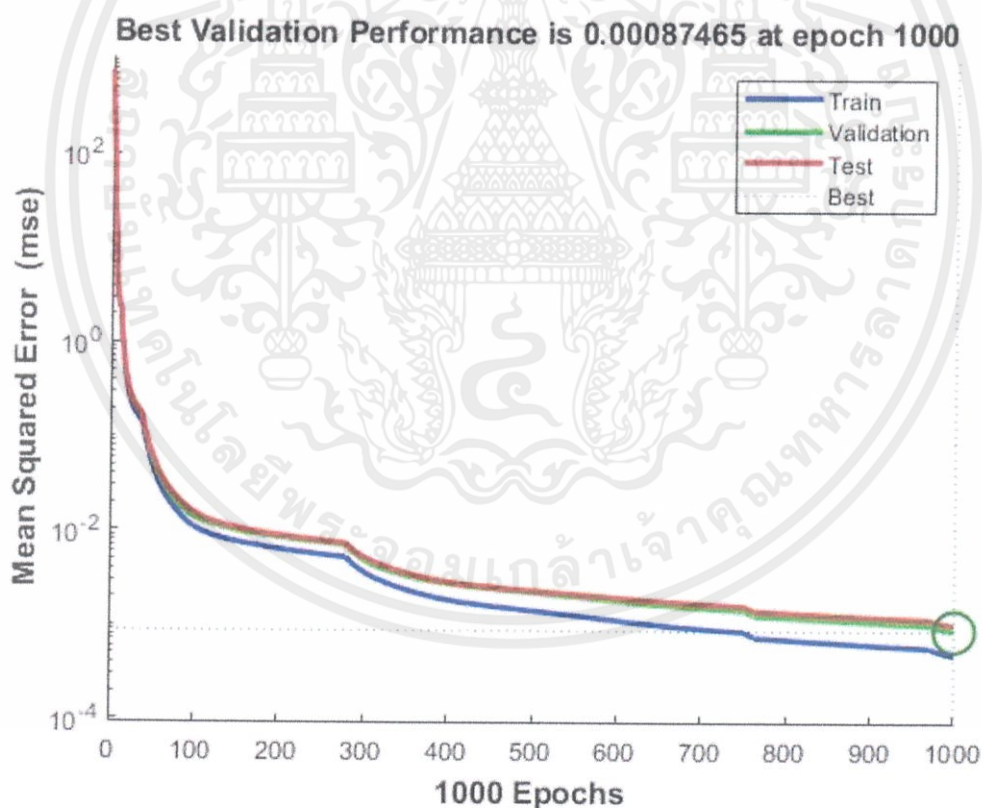
3.6 การเทรนระบบโครงข่ายประสาทเทียม

การเรียนรู้แบบมีการสอน (Supervised Learning) ซึ่งในงานการพัฒนาโครงข่ายประสาทเทียม จะนำมาใช้โดยการนำ input ตัวอย่างมาทำการกำหนดค่าคุณลักษณะต่างๆ หรือที่เรียกกันทั่วๆ ไปว่าการเทรน (Train) นั้นเอง จากนั้นจึงนำ input ที่ผ่านการเทรน มาแล้ว มาเป็นแหล่งอ้างอิงเพื่อใช้ในการเรียนรู้ input ที่ได้รับมา การเทรนข้อมูลการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ให้กับระบบโครงข่ายประสาทเทียมใช้แหล่งข้อมูลอ้างอิงจาก www.sunearthtools.com ซึ่งเป็นแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้

รูปแบบโครงข่ายประสาทเทียมของมุม Azimuth มีโครงสร้างประกอบด้วย input layer มี 4 input คือ เดือน วันที่ ชั่วโมง และนาที , 2 Hidden layer มี 20 และ 30 node ตามลำดับ และ output layer โดยใช้ฟังก์ชัน tansig

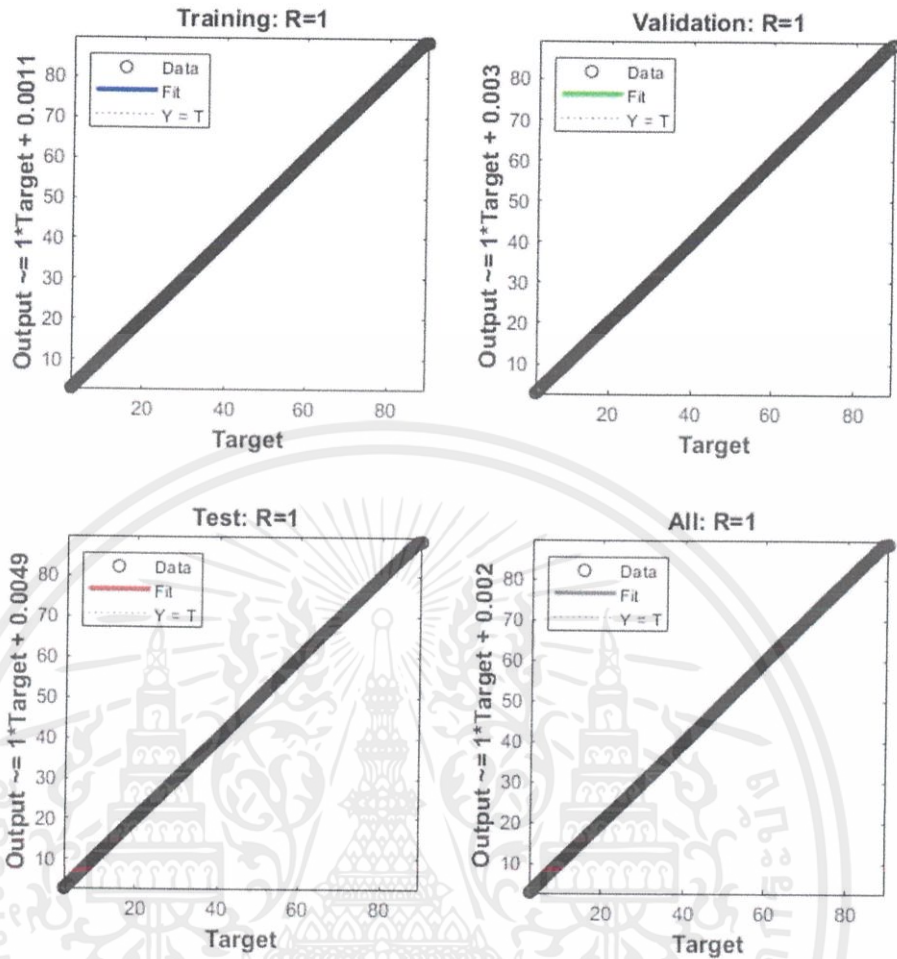


รูปที่ 3.4 รูปแบบโครงสร้างระบบโครงข่ายประสาทเทียมของมุม Azimuth



รูปที่ 3.5 กราฟความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการเทรนค่าของมุม Azimuth

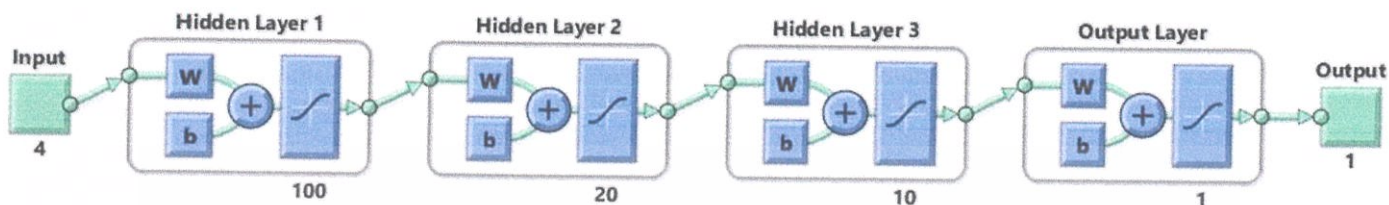
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



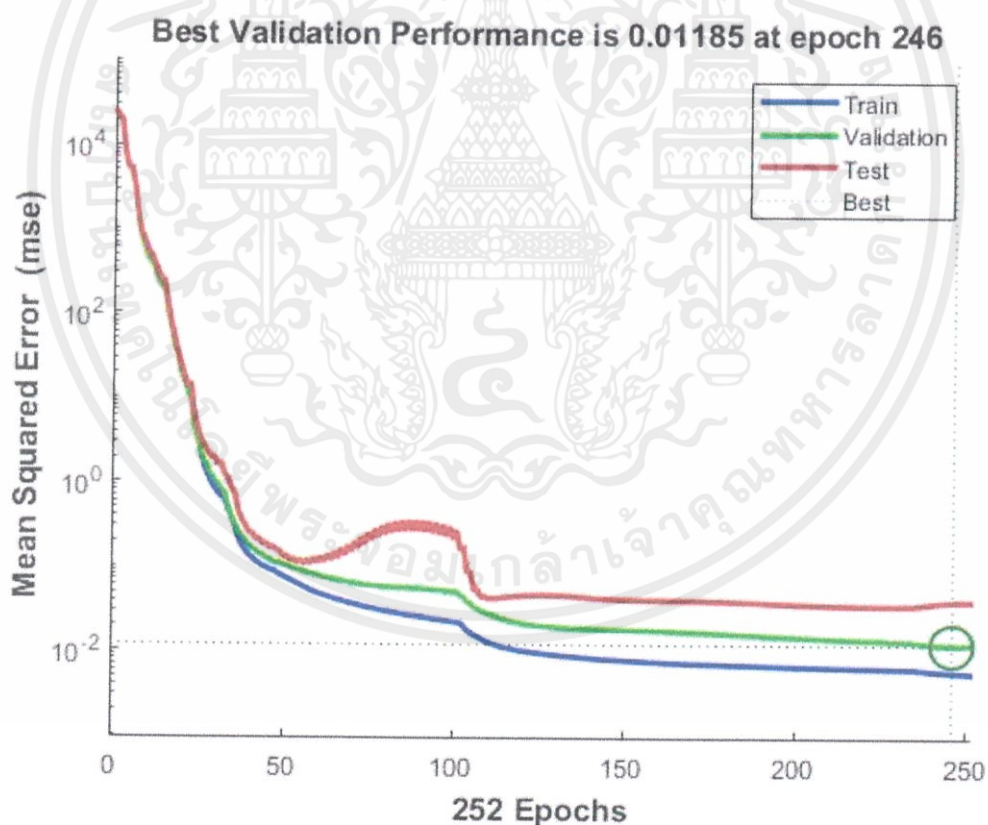
รูปที่ 3.6 กราฟย่อยความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการเทรนค่าของมุม Azimuth

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบโครงข่ายประสาทเทียมของมุม Altitude มีโครงสร้างประกอบด้วย input layer มี 4 input คือ เดือน วันที่ ชั่วโมง และนาที , 3 Hidden layer มี 100 , 20 และ 10 node ตามลำดับ และ output layer โดยใช้ฟังก์ชัน tansig

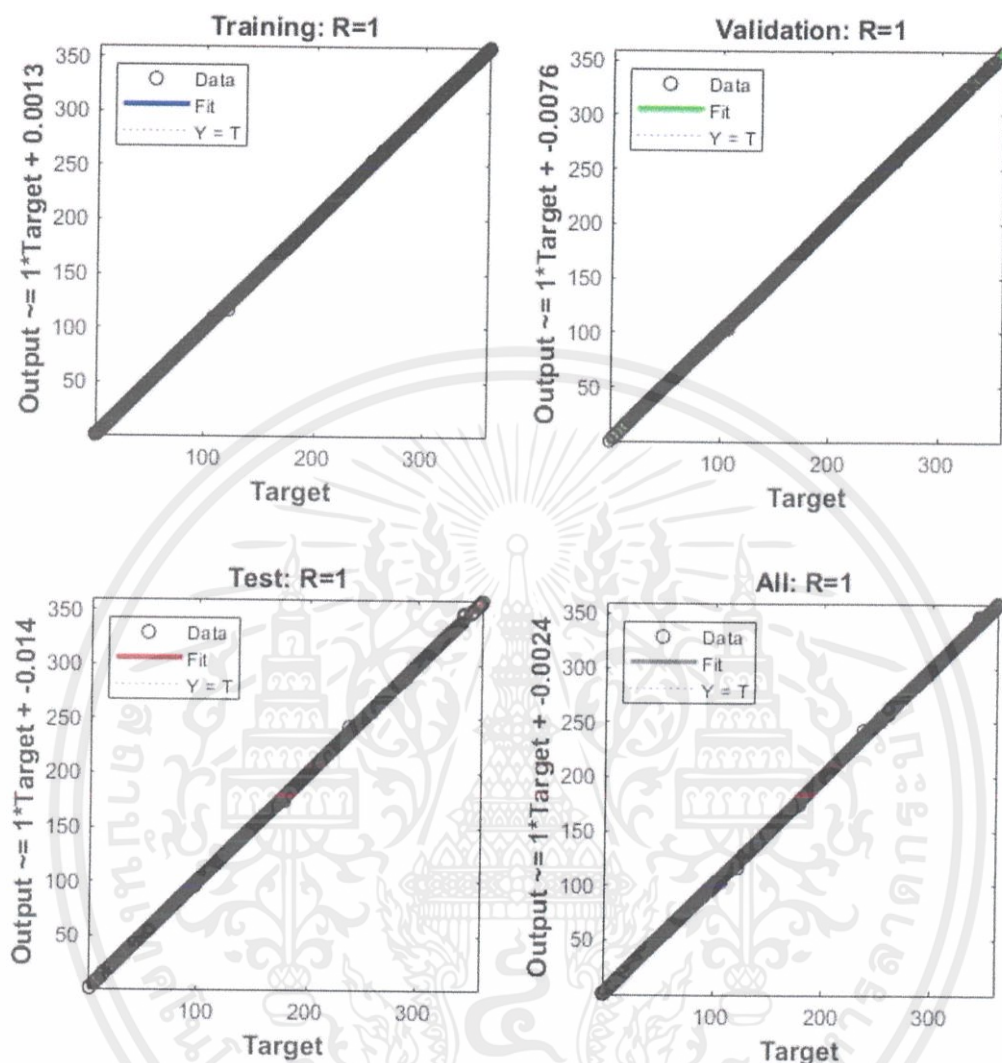


รูปที่ 3.7 รูปแบบโครงสร้างระบบโครงข่ายประสาทเทียมของมุม Altitude



รูปที่ 3.8 กราฟความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการเทรนค่าของมุม Altitude

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 กราฟย่อยความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการเทรนค่าของมุม Altitude

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

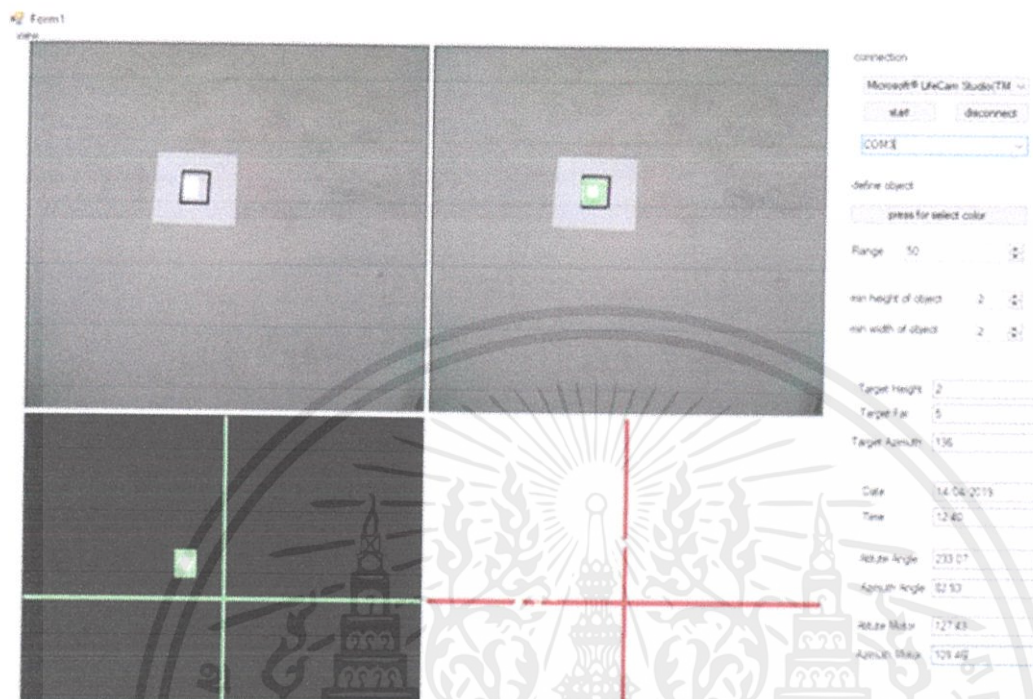
บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

ในการทดลองระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบสะท้อนแสงสองแกนหนึ่งได้ออกแบบการทดลองให้ทดลองในพื้นที่ ที่เป็นลานกว้างโดยจะทำการสะท้อนแสงอาทิตย์จากกระจกสะท้อนแสงไปยังฉากรับแสง ที่มีความสูง 200 เซนติเมตร จากพื้น ในการทดลองได้แบ่งช่วงเวลาในการทดลองออกเป็นการทดลองครั้งละ 1 ชั่วโมง โดยโปรแกรมได้ถูกกำหนดให้ใช้กล้องตรวจสอบว่าแสงอาทิตย์อยู่บริเวณฉากรับแสงหรือไม่ ในทุกๆ 10 นาที ถ้าระหว่างการทดลองเกิดการหาช่วงของแสงอาทิตย์ ปัญญาประดิษฐ์จะทำการประมาณค่าตำแหน่งของแสงอาทิตย์จากโปรแกรมประมวลผล เพื่อให้แสงอาทิตย์กลับมาตกกระทบบนฉากรับแสงได้ใกล้เคียงกับค่าจริง



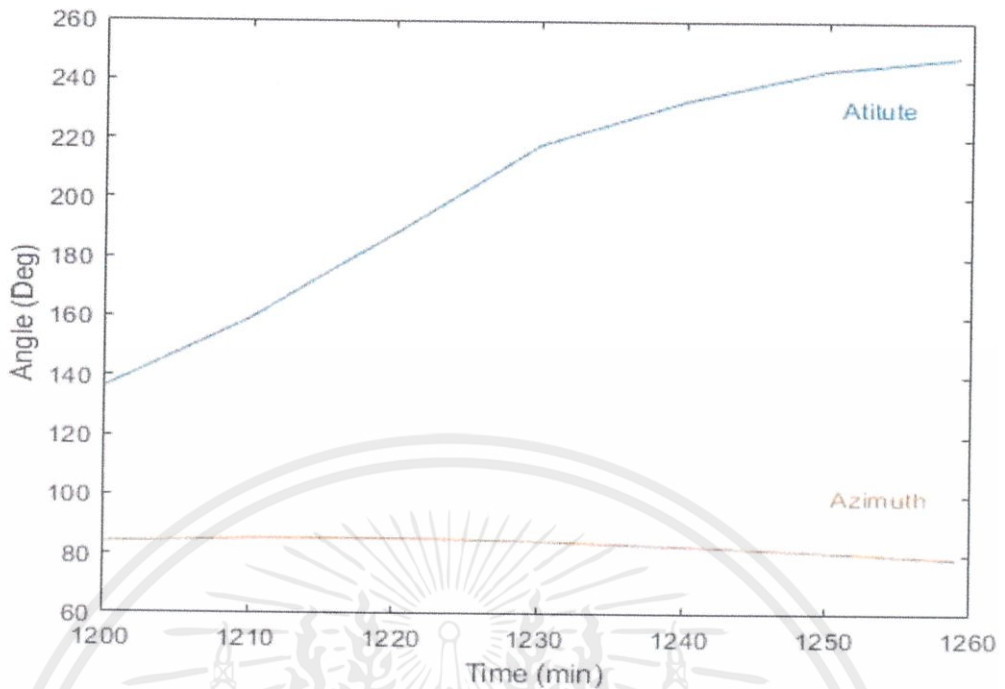
4.1 การทดลองครั้งที่ 1 ณ วันที่ 14/04/2019 เวลา 12:00-13:00 น



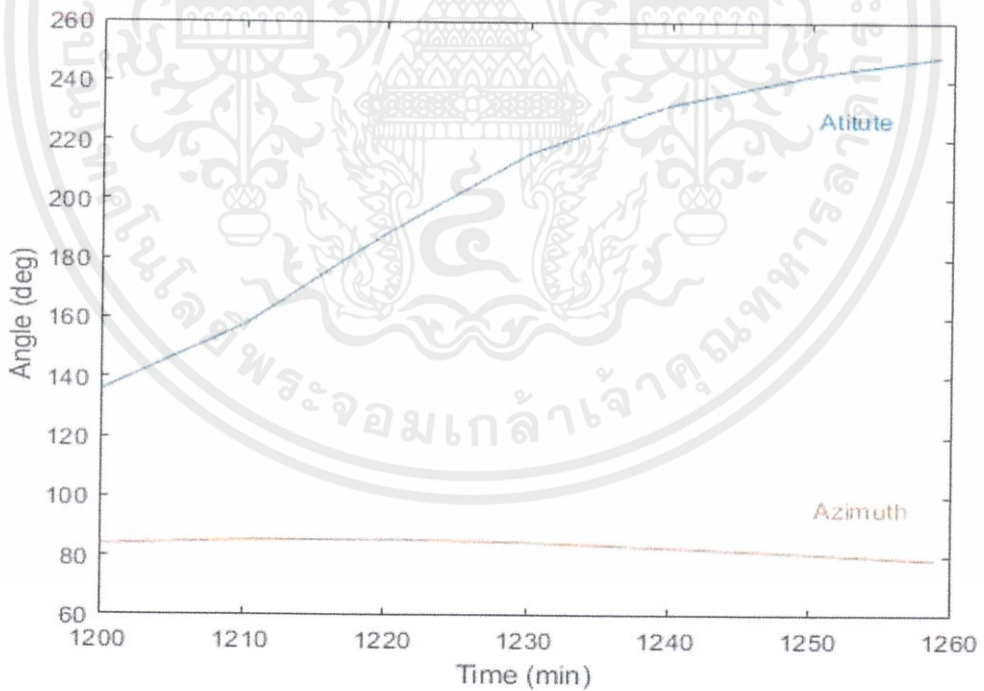
รูปที่ 4.1 หน้าต่างโปรแกรม ณ วันที่ 14/04/2019 เวลา 12:00 น

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลอง ณ วันที่ 14/04/2019 เวลา 12:00-13:00 น

Time 14/04/2019	Experiment		Calculation		Motor Calculation Angle	
	Atitude	Azimuth	Atitude	Azimuth	Atitude	Azimuth
12:00	135.97	83.98	135.69	83.86	78.88	109.99
12:10	159.32	85.11	157.65	85.22	90.56	110.55
12:20	187.98	85.30	188.41	85.53	104.89	110.65
12:30	217.86	84.50	215.37	84.60	119.83	110.25
12:40	233.07	82.93	232.08	82.91	127.43	109.46
12:50	243.53	80.97	241.98	80.87	132.66	108.48
13:00	247.91	78.80	248.25	78.66	134.85	107.40

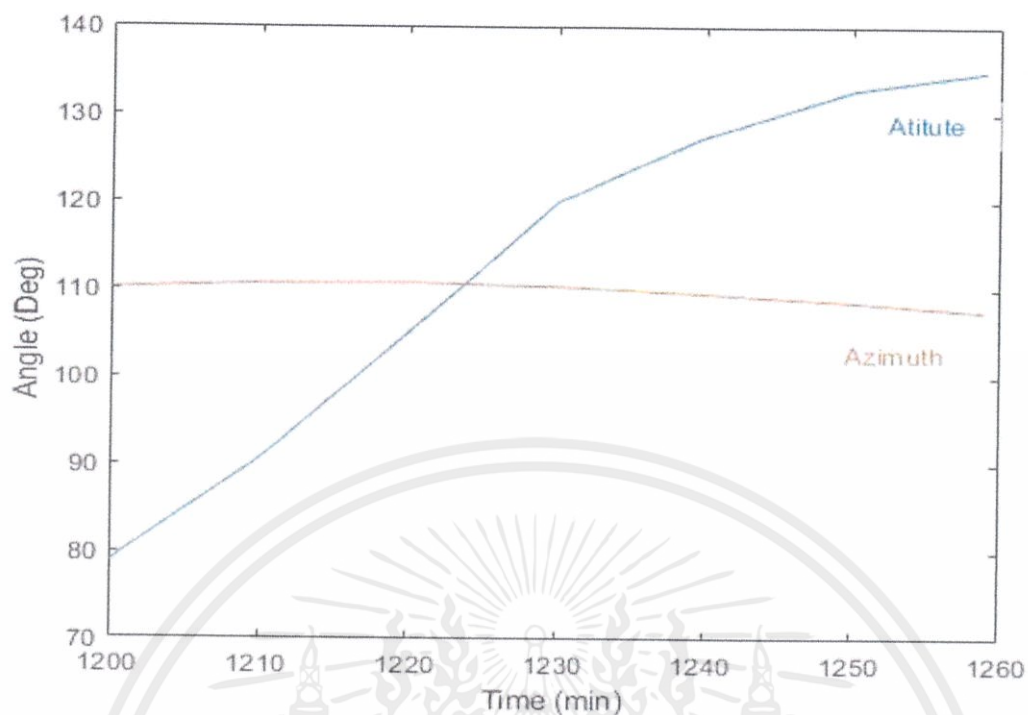


รูปที่ 4.2 กราฟมุมสะท้อนที่ได้จากการทดลอง ณ วันที่ 14/04/2019 เวลา 12:00-13:00 น



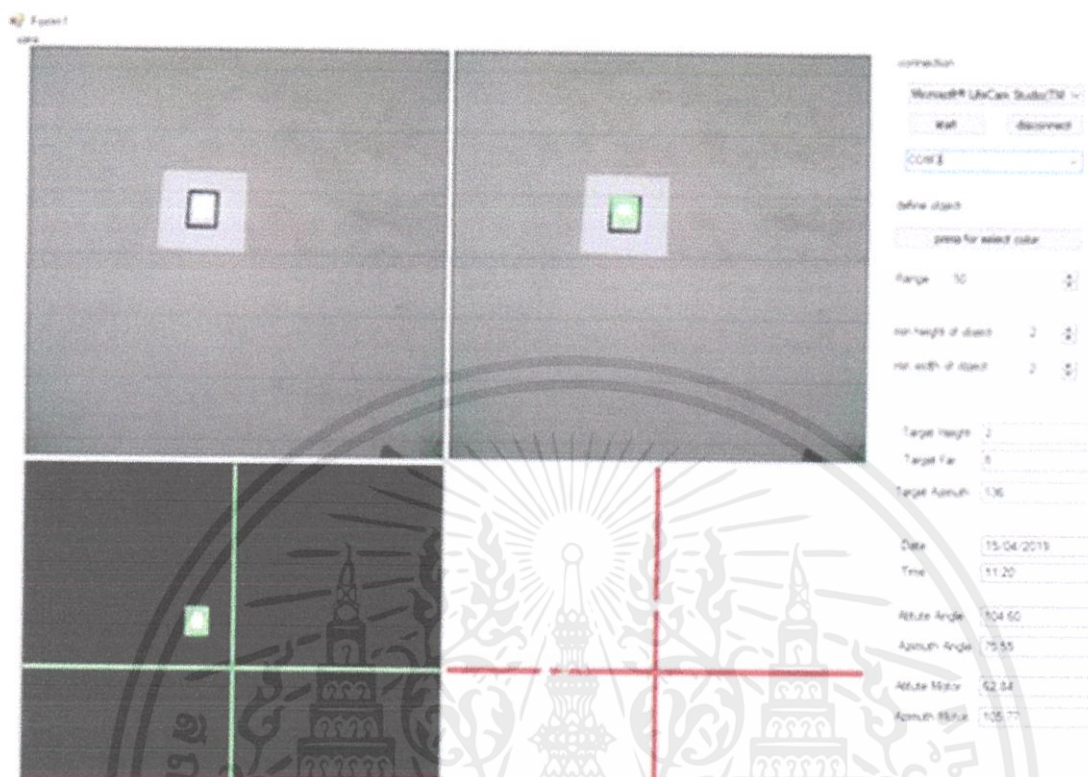
รูปที่ 4.3 กราฟมุมสะท้อนที่ได้จากคำนวณ ณ วันที่ 14/04/2019 เวลา 12:00-13:00 น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 กราฟมุมการหมุนของมอเตอร์ ณ วันที่ 14/04/2019 เวลา 12:00-13:00 น

4.2 การทดลองครั้งที่ 2 ณ วันที่ 15/04/2019 เวลา 11:00-12:00 น

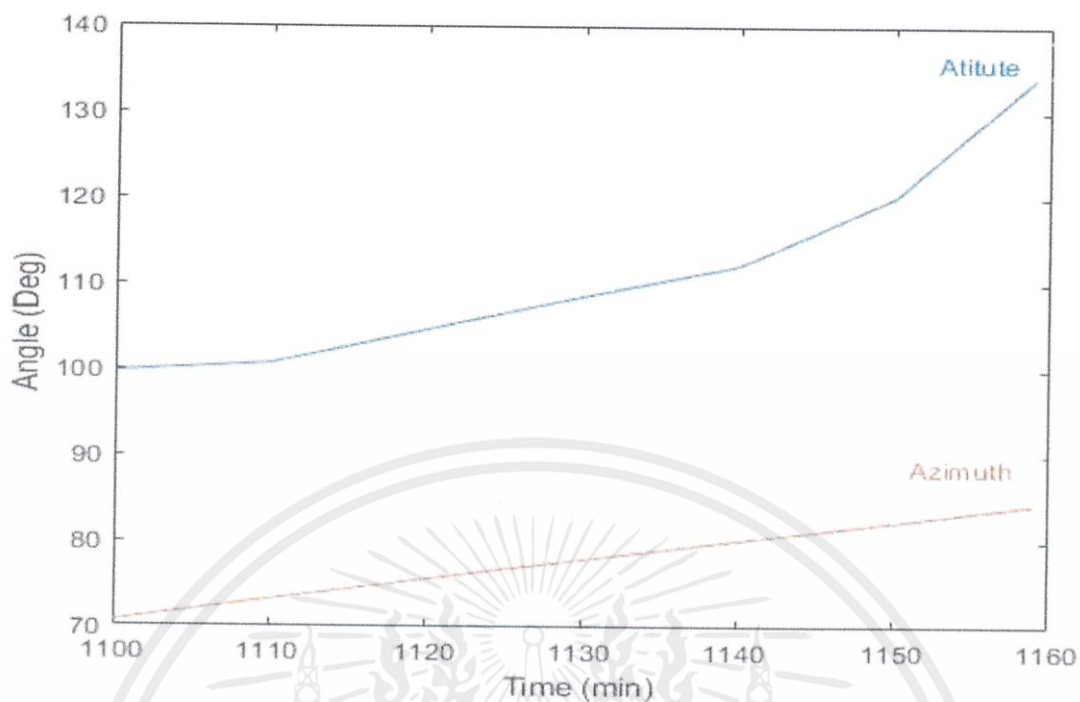


รูปที่ 4.5 หน้าต่างโปรแกรม ณ วันที่ 15/04/2019 เวลา 11:00 น

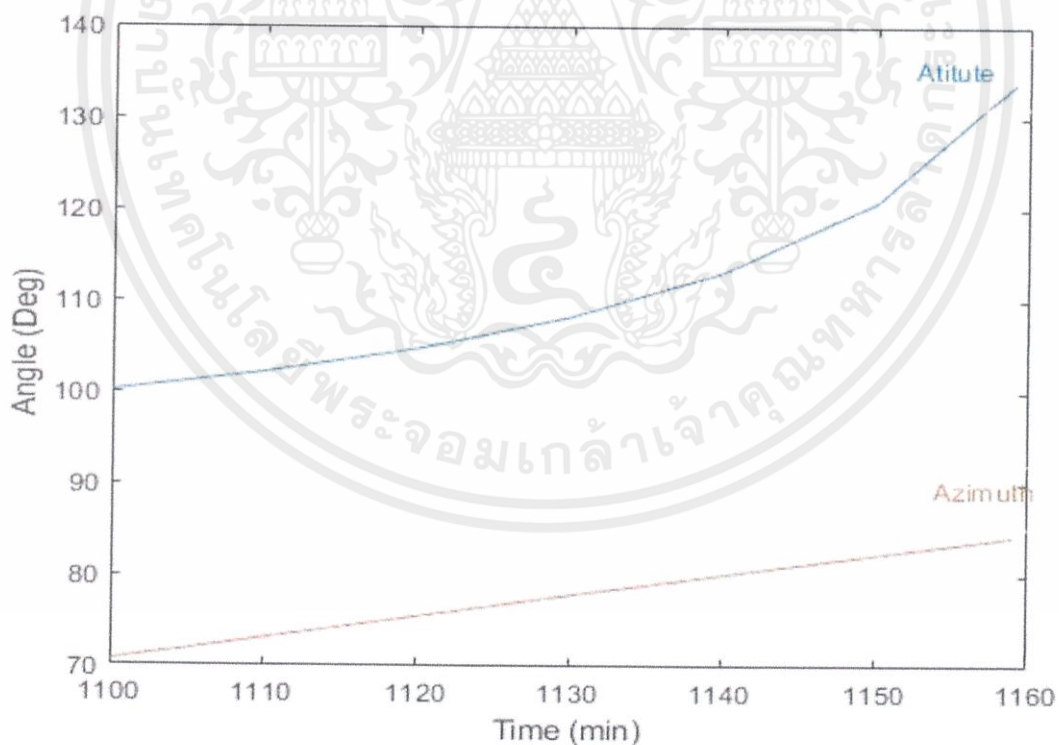
ตารางที่ 4.2 ผลการทดลอง ณ วันที่ 15/04/2019 เวลา 11:00-12:00 น

Time 15/04/2019	Experiment		Calculation		Motor Calculation Angle	
	Atitude	Azimuth	Atitude	Azimuth	Atitude	Azimuth
11:00	99.69	70.69	100.11	70.69	60.38	103.34
11:10	100.67	73.18	102.13	73.08	60.87	104.59
11:20	104.60	75.55	104.71	75.44	62.84	105.77
11:30	108.50	77.84	108.19	77.77	64.79	106.92
11:40	112.08	80.09	113.14	80.05	66.58	108.04
11:50	120.10	82.20	120.78	82.22	70.59	109.10
12:00	133.98	84.25	133.70	84.16	77.53	110.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

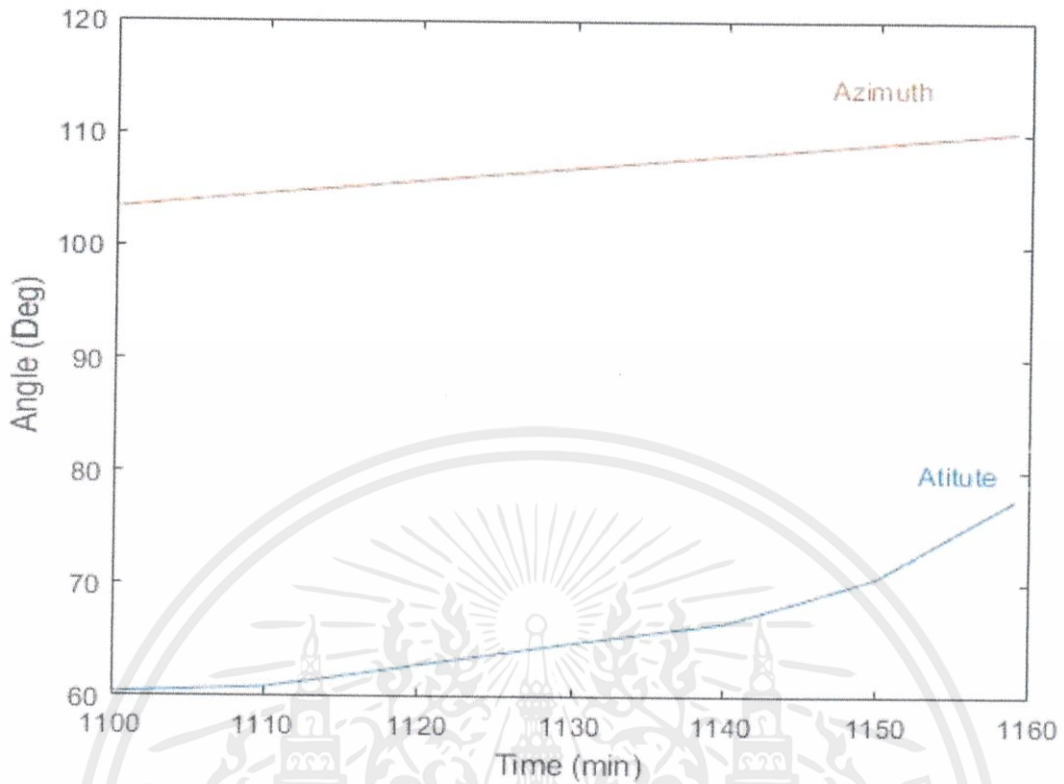


รูปที่ 4.6 กราฟมุมสะท้อนที่ได้จากการทดลอง ณ วันที่ 15/04/2019 เวลา 11:00-12:00 น



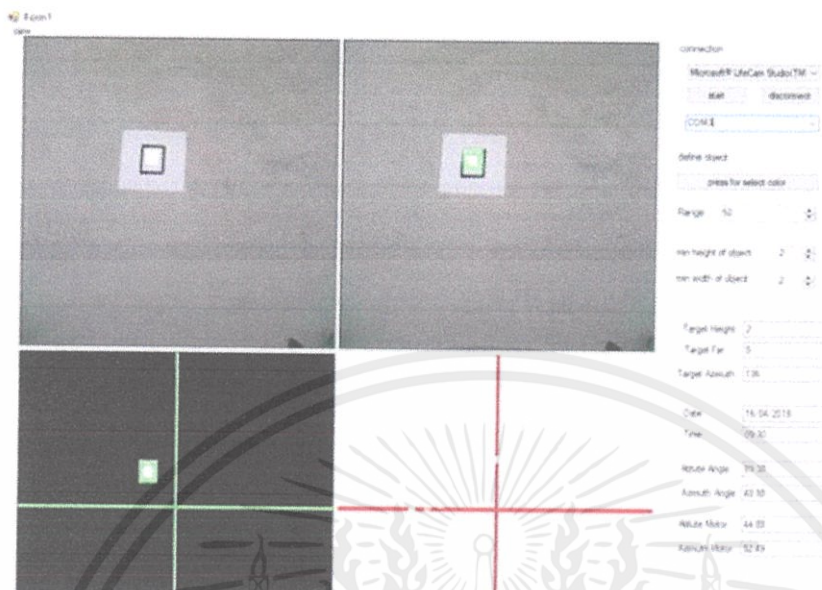
รูปที่ 4.7 กราฟมุมสะท้อนที่ได้จากคำนวณ ณ วันที่ 15/04/2019 เวลา 11:00-12:00 น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 กราฟมุมการหมุนของมอเตอร์ ณ วันที่ 15/04/2019 เวลา 11:00-12:00 น

4.3 การทดลองครั้งที่ 3 ณ วันที่ 16/04/2019 เวลา 09:00-10:00 น

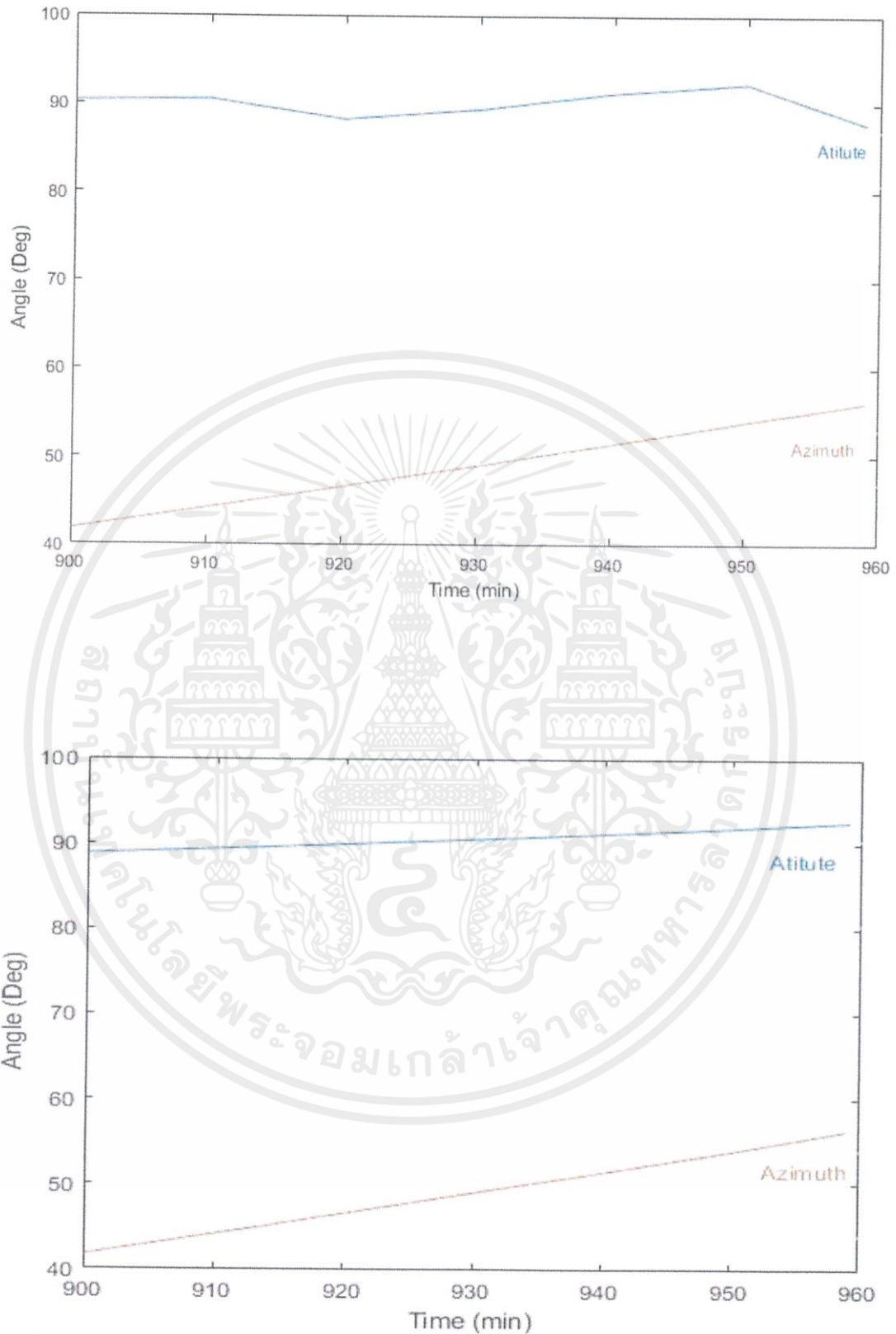


รูปที่ 4.9 หน้าต่างโปรแกรม ณ วันที่ 16/04/2019 เวลา 09:00-10:00 น

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลอง ณ วันที่ 16/04/2019 เวลา 09:00-10:00 น

Time 16/04/2019	Experiment		Calculation		Motor Angle	
	Atitude	Azimuth	Atitude	Azimuth	Atitude	Azimuth
09:00	90.31	41.81	88.8	41.76	56.05	88.90
09:10	90.48	44.19	89.35	44.18	55.78	90.09
09:20	88.21	46.59	89.93	46.61	54.64	91.29
09:30	89.38	48.98	90.53	49.04	55.23	92.49
09:40	91.21	51.44	91.16	51.47	56.14	93.72
09:50	92.28	53.93	91.83	53.9	56.68	94.96
10:00	87.65	56.14	92.56	56.33	54.36	96.07

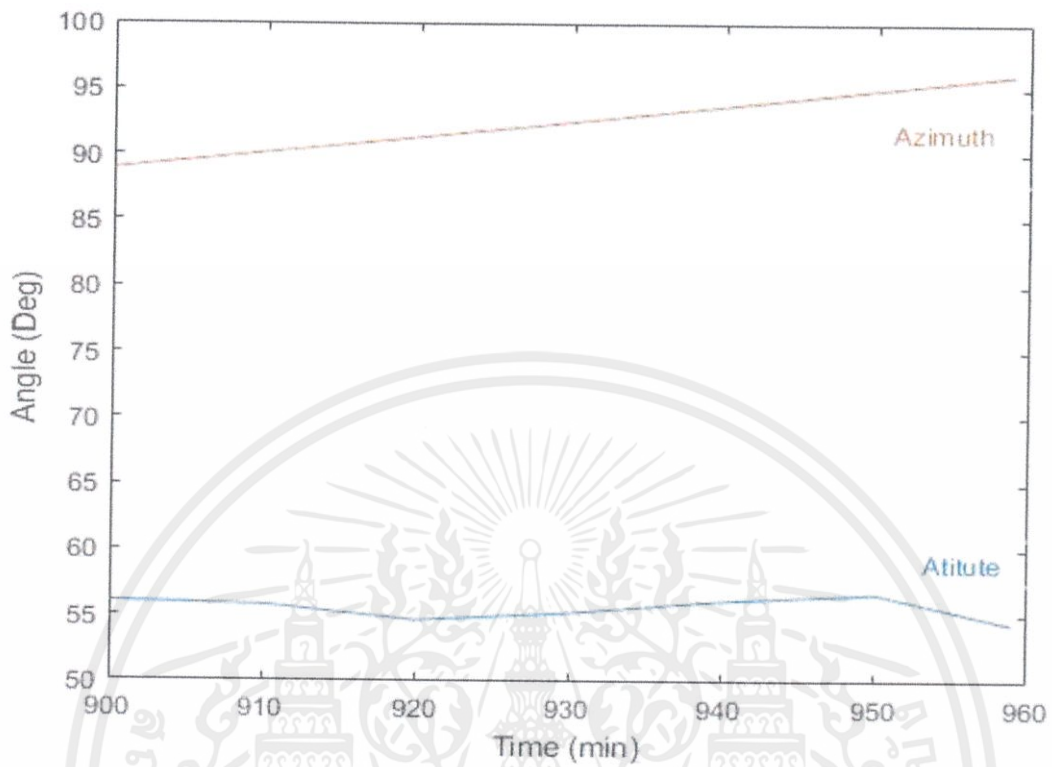
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 กราฟมุมสะท้อนที่ได้จากการทดลอง ณ วันที่ 16/04/2019 เวลา 09:00-10:00 น

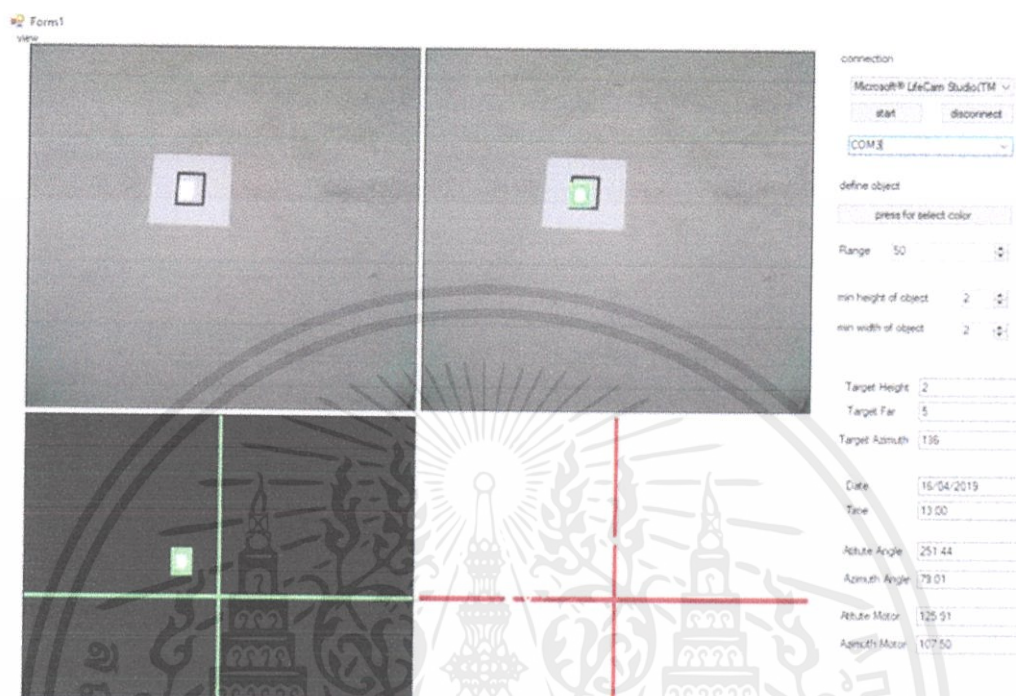
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.11 กราฟมุมสะท้อนที่ได้จากคำนวณ ณ วันที่ 16/04/2019 เวลา 09:00-10:00 น



รูปที่ 4.12 กราฟมุมการหมุนของมอเตอร์ ณ วันที่ 16/04/2019 เวลา 09:00-10:00 น

4.4 การทดลองครั้งที่ 4 ณ วันที่ 16/04/2019 เวลา 13.00-14:00 น

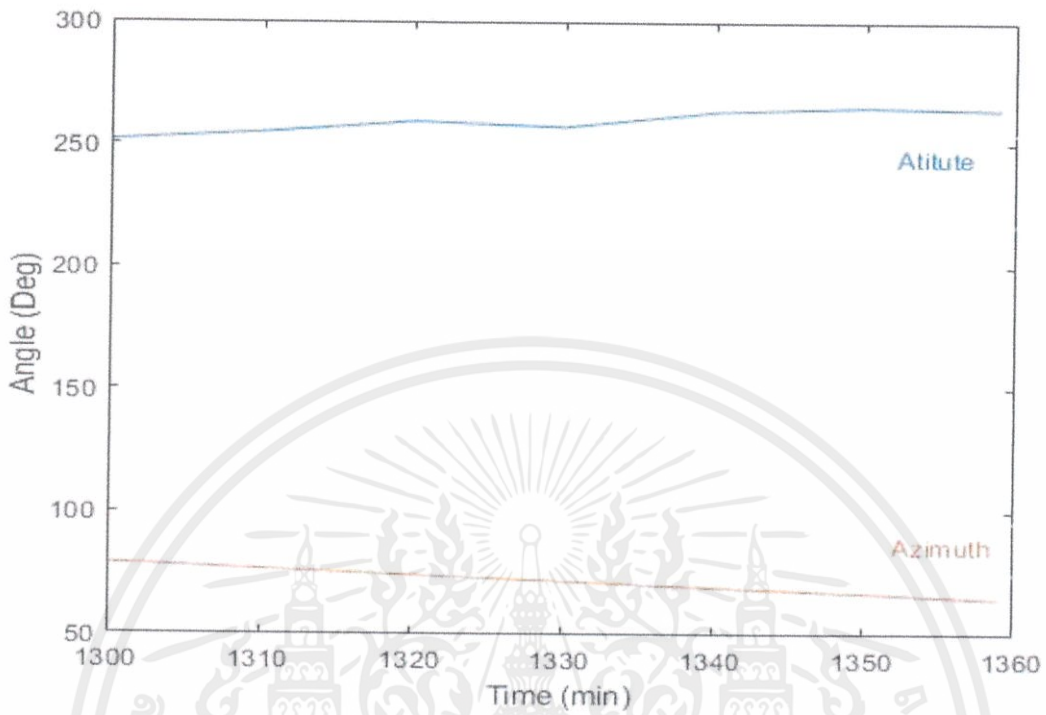


รูปที่ 4.13 หน้าต่างโปรแกรม ณ วันที่ 16/04/2019 เวลา 13.00-14:00 น

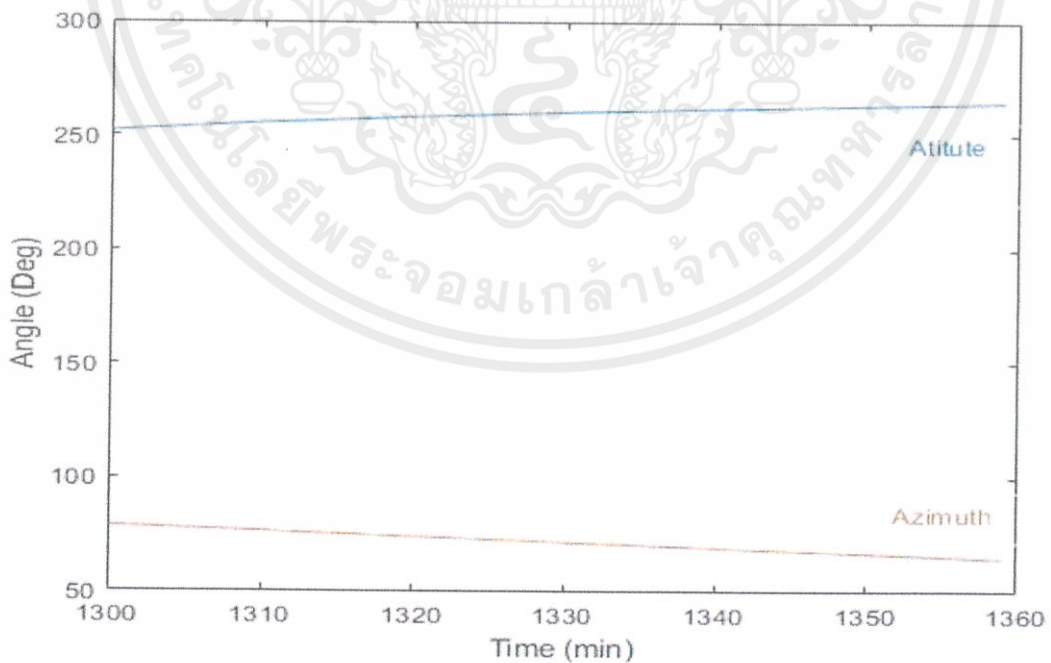
ตารางที่ 4.4 ผลการทดลอง ณ วันที่ 16/04/2019 เวลา 13.00-14:00 น

Time 16/04/2019	Experiment		Calculation		Motor Calculation Angle	
	Atitute	Azimuth	Atitute	Azimuth	Atitute	Azimuth
13:00	251.44	79.01	251.88	78.82	136.26	107.50
13:10	254.72	76.60	255.59	76.49	137.90	106.30
13:20	259.33	74.15	258.29	74.12	140.20	105.07
13:30	257.12	71.74	260.36	71.74	139.10	103.87
13:40	263.50	69.29	262.01	69.34	142.29	102.64
13:50	265.33	66.97	263.38	66.93	143.20	101.48
14:00	264.14	64.50	264.55	64.51	142.61	100.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

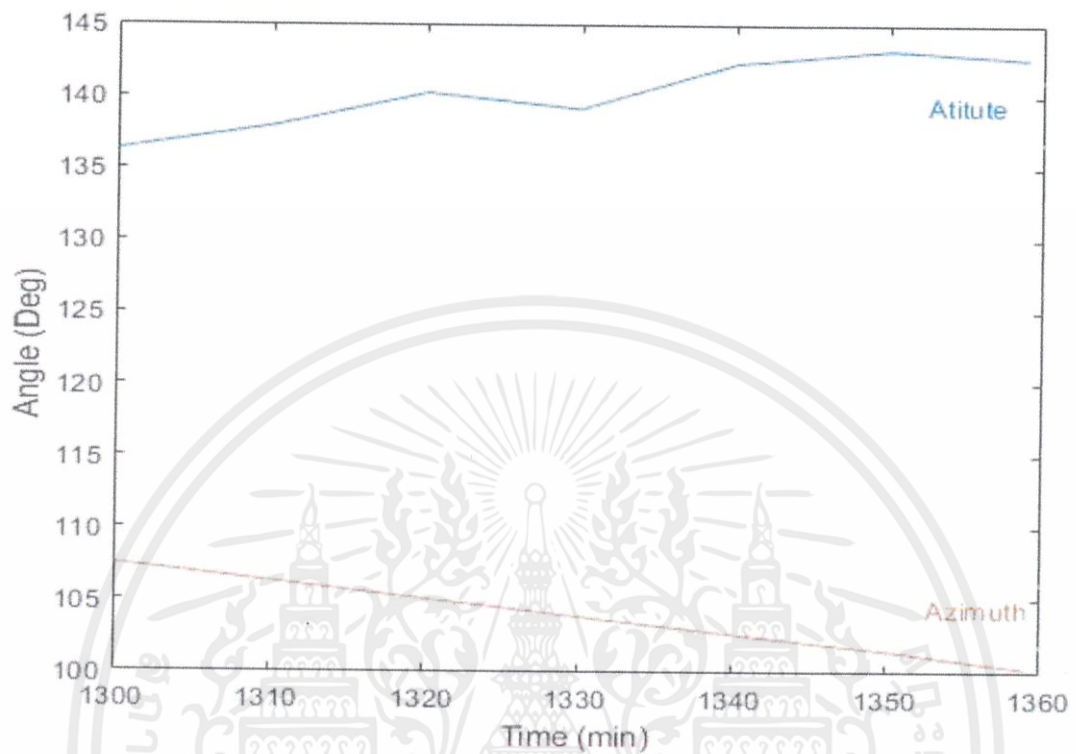


รูปที่ 4.14 กราฟมุมสะท้อนที่ได้จากการทดลอง ณ วันที่ 16/04/2019 เวลา 13.00-14:00 น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.15 กราฟมุมสะท้อนที่ได้จากคำนวณ ณ วันที่ 16/04/2019 เวลา 13.00-14:00 น



รูปที่ 4.16 กราฟมุมการหมุนของมอเตอร์ ณ วันที่ 16/04/2019 เวลา 13.00-14:00 น

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการจำลองระบบติดตามแสงอาทิตย์แบบสะท้อนแสงโดยการทำงานของระบบจะแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบคือ รูปแบบแรกคือการทำงานโดยใช้สมการคณิตศาสตร์คำนวณตำแหน่งดวงอาทิตย์กรณีที่กำลังไม่สามารถจับภาพแสงอาทิตย์ได้ เช่นกรณีมีเมฆบังแสงอาทิตย์ชั่วขณะหนึ่ง โดยในการทำงานรูปแบบนี้ระบบจะใช้ปัญญาประดิษฐ์เข้ามาช่วยในการคำนวณสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อประมาณค่าตำแหน่งของแสงอาทิตย์ การทำงานของโปรแกรมนี้ถูกออกแบบมาเพื่อช่วยเสริมรูปแบบที่สองประมาณค่าตำแหน่งของดวงอาทิตย์ การทำงานจะเกิดขึ้นโดยเมื่อโปรแกรม Microsoft Visual Studio ไม่สามารถรับภาพแสงอาทิตย์จากกล้องเว็บแคมได้ก็จะทำการเปลี่ยนรูปแบบการทำงานสู่รูปแบบคำนวณตำแหน่งดวงอาทิตย์โดยอัตโนมัติจะได้ Azimuth angle และ Altitude angle ณ เวลาขณะนั้นแล้วนำค่ามุมสองมุมนี้ไปหามุมตกสะท้อนและทำการส่งค่าให้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อสั่งให้สเต็ปมอเตอร์หมุนตัวสะท้อนให้แสงอาทิตย์ตกสะท้อนสู่หอคอยรับแสงที่ได้จำลองขึ้น และรูปแบบที่สองการทำงานของระบบสะท้อนแสงอาทิตย์ด้วยใช้กล้องเว็บแคมจับภาพแสงอาทิตย์ที่ตกสะท้อนสู่หอคอยรับแสงจำลอง (Receiver) แล้วจากนั้นก็ให้นำภาพที่กล้องเว็บแคมรับได้ไปประมวลผลโดยการแปลงเป็นภาพขาวดำด้วยโปรแกรม Microsoft Visual Studio เพื่อประมวลหาตำแหน่งแสงอาทิตย์ที่ปรากฏบนจอแสดงผลแล้วส่งต่อไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อสั่งให้สเต็ปมอเตอร์หมุนปรับแสงอาทิตย์ให้สะท้อนสู่จุดศูนย์กลางของหอคอยรับแสง โดยการทำงานของทั้งสองรูปแบบมีจุดประสงค์เพื่อให้ระบบติดตามแสงอาทิตย์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นซึ่งจะนำไปประยุกต์ใช้กับ Heliostat ใน Concentrating Solar thermal power plant ให้สามารถสะท้อนแสงอาทิตย์สู่หอคอยรับแสงได้อย่างสม่ำเสมอตลอดทั้งวันเพื่อให้การผลิตพลังงานไฟฟ้ามีความมั่นคง

การทดลองจัดทำขึ้นในพื้นที่ที่เป็นลานกว้างเพื่อจำลองการทำงานในสถานที่จริงของอุปกรณ์โดยในการทดลองจะทำครั้งละไม่เกิน 1 ชั่วโมงเพื่อไม่ให้ความร้อนที่เกิดจากสภาพอากาศส่งผลต่อคอมพิวเตอร์กล้องเว็บแคมโดยในการทดลองจะให้โปรแกรม Visual Studio คำนวณหาตำแหน่งและสั่งค่าให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทุกๆ 10 นาทีเนื่องจากทุกๆ 10 นาทีโดยประมาณแสงอาทิตย์ที่มาตกกระทบ Receiver จะออกนอกกรอบทดลอง การทำงานของระบบในสองรูปแบบคือการใช้กล้องเว็บแคมตรวจจับตำแหน่งของแสงอาทิตย์บนฉาก

สะท้อนและการใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการประมาณค่าตำแหน่งของดวงอาทิตย์เพื่อนำไปแก้ไขปัญหาในช่วงที่แสงอาทิตย์ถูกเมฆบัง โดยจากผลการทดลองที่ได้ รูปแบบการทำงานในการใช้กล้องเว็บแคมในตรวจจับภาพสามารถทำงานได้มีประสิทธิภาพตามที่ต้องการ สามารถควบคุมแสงที่ตกกระทบและสะท้อนให้อยู่ในกรอบได้ ส่วนระบบการใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการประมาณค่าตำแหน่งดวงอาทิตย์มีความคลาดเคลื่อนส่วนหนึ่งจึงไม่สามารถสะท้อนแสงให้เข้าไปที่ Receiver ได้ถูกต้องแม่นยำเต็มประสิทธิภาพเมื่อเทียบกับรูปแบบที่ใช้กล้องเว็บแคม แต่แสงสะท้อนยังอยู่ในบริเวณ Receiver และโดยรวมสามารถทำงานได้ดีในสถานที่จริง

5.2 ปัญหาที่พบในการทำวิจัยและแนวทางการแก้ปัญหา

1. ค่า Latitude และ Longitude ที่คำนวณออกมาเป็นเพียงค่าประมาณซึ่งทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในกรณีโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบรวมแสงจะมี GPS หาตำแหน่งพิกัดที่แม่นยำๆ
2. สมการตำแหน่งดวงอาทิตย์ที่นำมาใช้ให้ปัญญาประดิษฐ์ประมาณค่าของตำแหน่งดวงอาทิตย์มีความคลาดเคลื่อนจากค่าจริงทำให้การทำงานของระบบในรูปแบบที่ใช้ปัญญาประดิษฐ์ประมาณค่าตำแหน่งของดวงอาทิตย์เกิดความคลาดเคลื่อนซึ่งสมการการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ที่ถูกใช้ในโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบรวมแสงเป็นความลับทางการค้าจึงต้องหาสมการการตำแหน่งของดวงอาทิตย์จากที่อื่นซึ่งมีความคลาดเคลื่อน
3. คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการส่งการโปรแกรมนั้นไม่สามารถรองรับการทำงานของโปรแกรมกับการเก็บค่าไปพร้อมๆกันได้จึงอาจการขาดช่วงของข้อมูลที่ทำให้การทดลอง
4. ความร้อนจากสภาพอากาศในสถานที่ทดลองส่งผลต่อการทำงานของอุปกรณ์อย่างเครื่องคอมพิวเตอร์กล้องเว็บแคมและชุดไมโครคอนโทรเลอร์เพื่อที่จะไม่ให้อุณหภูมิ ส่งผลต่ออุปกรณ์จึงออกแบบการทดลองให้ทำการทดลองครั้งละไม่เกิน 1 ชั่วโมงและหาที่บังแดดให้กับชุดไมโครคอนโทรเลอร์
5. สถานที่ทำการทดลองมีข้อจำกัดเนื่องจากในการทดลองจะต้องทำในลานกว้างไม่ควรมีตึกหรือสิ่งปลูกสร้างสูงกว่าทำให้แต่ละครั้งที่ทดลองได้ทำการเปลี่ยนสถานที่ทำการทดลองจึงอาจก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนจากค่าที่ทดลองได้

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา

1. ทำการเก็บข้อมูลการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการสอนปัญหาประดิษฐ์เพื่อให้งานในรูปแบบที่สองของระบบมีความแม่นยำมากขึ้น
2. เนื่องจากการคำนวณค่าประมาณตำแหน่งของดวงอาทิตย์ของปัญหาประดิษฐ์มีความคลาดเคลื่อนจึงควรเปลี่ยนหรือปรับปรุงสมการที่ใช้ในการคำนวณหรือหาตัวแปรที่มีความแน่นอนมาสอนปัญหาประดิษฐ์
3. ใช้คอมพิวเตอร์ที่มีความสามารถสูงในการทดลองเนื่องจากการทำงานของโปรแกรมจะสร้างภาระหนักให้กับคอมพิวเตอร์ทำการเก็บข้อมูลการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการสอนปัญหาประดิษฐ์เพื่อให้งานในรูปแบบที่สองของระบบมีความแม่นยำมากขึ้น
4. จัดหาสถานที่ทดลองที่เหมาะสมกับการทดลองโดยจะมีที่บังแดดให้กับชุดกล้องเว็บแคมและคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมอุณหภูมิไม่ให้ส่งผลต่อการทำงานของอุปกรณ์
5. ค้นหาสถานที่ทดลองที่เหมาะสมมีสภาพเอื้ออำนวยต่อการทดลอง

อ้างอิง

[1] บุญเสริม กิจศิริกุล, “ปัญญาประดิษฐ์ Artificial Intelligence”, ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ จุฬาลงกรณ์, 2005

[2] “Basic Photovoltaic Principles and Method”, Midwest Research Institute, 1982
<https://www.nrel.gov/docs/legosti/old/1448.pdf>

วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร “ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ PV Application System”

[3] Geoffrey C. Bell, “Solar Thermal Power Generation”, the University of New Mexico 1977

[4] Mohammad Masdari, Seyyed Reza Khaze, “Application of Artificial Neural Networks in Estimating Participation in Elections”, Islamic Azad University, 2013

[5] COGNEX , “Introduction to Machine Vision”

https://www.assemblymag.com/ext/resources/White_Papers/Sep16/Introduction-to-Machine-Vision.pdf



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

รายละเอียดของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ก.1 DRV8825 motor drive



DRV8825

www.ti.com

SLVSA73D – APRIL 2010 – REVISED SEPTEMBER 2011

STEPPER MOTOR CONTROLLER IC

Check for Samples: DRV8825

FEATURES

- PWM Microstepping Motor Driver
 - Built-in Microstepping Indexer
 - Five-Bit Winding Current Control Allows Up to 32 Current Levels
 - Low MOSFET On-Resistance
- 2.5-A Maximum Drive Current at 24 V, 25°C
- Built-in 3.3-V Reference Output
- 8.2-V to 45-V Operating Supply Voltage Range
- Thermally Enhanced Surface Mount Package

APPLICATIONS

- Automatic Teller Machines
- Money Handling Machines
- Video Security Cameras
- Printers
- Scanners
- Office Automation Machines
- Gaming Machines
- Factory Automation
- Robotics

DESCRIPTION

The DRV8825 provides an integrated motor driver solution for printers, scanners, and other automated equipment applications. The device has two H-bridge drivers, and can drive a bipolar stepper motor or two DC motors. The output driver block for each consists of N-channel power MOSFET's configured as full H-bridges to drive the motor windings. The DRV8825 can supply up to 2.5-A peak or 1.75-A RMS output current (with proper heatsinking at 24 V and 25°C).

A simple step/direction interface allows easy interfacing to controller circuits. Pins allow configuration of the motor in full-step up to 1/32-step modes. Decay mode is programmable.

Internal shutdown functions are provided for overcurrent protection, short circuit protection, undervoltage lockout and overtemperature.

The DRV8825 is available in a 28-pin HTSSOP package with PowerPAD™ (Eco-friendly: RoHS & no Sb/Br).

ORDERING INFORMATION⁽¹⁾

PACKAGE ⁽²⁾		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
PowerPAD™ (HTSSOP) - PWP	Reel of 2000	DRV8825PWPR	8825

(1) For the most current packaging and ordering information, see the Package Option Addendum at the end of this document, or see the TI web site at www.ti.com.

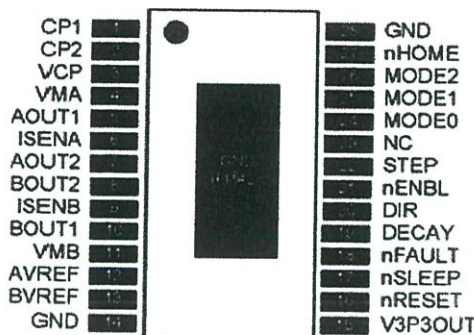
(2) Package drawings, thermal data, and symbolization are available at www.ti.com/packaging.

Table 1. TERMINAL FUNCTIONS

NAME	PIN	I/O ⁽¹⁾	DESCRIPTION	EXTERNAL COMPONENTS OR CONNECTIONS
POWER AND GROUND				
GND	14, 28	-	Device ground	
VMA	4	-	Bridge A power supply	Connect to motor supply (8.2 - 45 V). Both pins must be connected to same supply.
VMB	11	-	Bridge B power supply	
V3P3OUT	15	O	3.3-V regulator output	Bypass to GND with a 0.47- μ F 6.3-V ceramic capacitor. Can be used to supply VREF.
CP1	1	IO	Charge pump flying capacitor	Connect a 0.01- μ F 50-V capacitor between CP1 and CP2.
CP2	2	IO	Charge pump flying capacitor	
VCP	3	IO	High-side gate drive voltage	Connect a 0.1- μ F 16-V ceramic capacitor to VM.
CONTROL				
nENBL	21	I	Enable input	Logic high to disable device outputs and indexer operation, logic low to enable. Internal pulldown.
nSLEEP	17	I	Sleep mode input	Logic high to enable device, logic low to enter low-power sleep mode. Internal pulldown.
STEP	22	I	Step input	Rising edge causes the indexer to move one step. Internal pulldown.
DIR	20	I	Direction input	Level sets the direction of stepping. Internal pulldown.
MODE0	24	I	Microstep mode 0	MODE0 - MODE2 set the step mode - full, 1/2, 1/4, 1/8/ 1/16, or 1/32 step. Internal pulldown.
MODE1	25	I	Microstep mode 1	
MODE2	26	I	Microstep mode 2	
DECAY	19	I	Decay mode	Low = slow decay, open = mixed decay, high = fast decay. Internal pulldown and pullup.
nRESET	16	I	Reset input	Active-low reset input initializes the indexer logic and disables the H-bridge outputs. Internal pulldown.
AVREF	12	I	Bridge A current set reference input	Reference voltage for winding current set. Normally AVREF and BVREF are connected to the same voltage. Can be connected to V3P3OUT.
BVREF	13	I	Bridge B current set reference input	
STATUS				
nHOME	27	OD	Home position	Logic low when at home state of step table
nFAULT	18	OD	Fault	Logic low when in fault condition (overtemp, overcurrent)
OUTPUT				
ISENA	6	IO	Bridge A ground / Isense	Connect to current sense resistor for bridge A.
ISENB	9	IO	Bridge B ground / Isense	Connect to current sense resistor for bridge B.
AOUT1	5	O	Bridge A output 1	Connect to bipolar stepper motor winding A. Positive current is AOUT1 \rightarrow AOUT2
AOUT2	7	O	Bridge A output 2	
BOUT1	10	O	Bridge B output 1	Connect to bipolar stepper motor winding B. Positive current is BOUT1 \rightarrow BOUT2
BOUT2	8	O	Bridge B output 2	

(1) Directions: I = input, O = output, OZ = tri-state output, OD = open-drain output, IO = input/output

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS⁽¹⁾⁽²⁾

		VALUE	UNIT
VMx	Power supply voltage range	-0.3 to 47	V
	Digital pin voltage range	-0.5 to 7	V
VREF	Input voltage	-0.3 to 4	V
	ISENSEx pin voltage	-0.3 to 0.8	V
	Peak motor drive output current, $t < 1 \mu\text{s}$	Internally limited	A
	Continuous motor drive output current ⁽³⁾	2.5	A
ESD rating	HBD (human body model)	2000	V
	CDM (charged device model)	500	
	Continuous total power dissipation	See Dissipation Ratings table	
T _J	Operating junction temperature range	-40 to 150	°C
T _{stg}	Storage temperature range	-60 to 150	°C

- (1) Stresses beyond those listed under absolute maximum ratings may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under recommended operating conditions is not implied. Exposure to absolute maximum rated conditions for extended periods may affect device reliability.
- (2) All voltage values are with respect to network ground terminal.
- (3) Power dissipation and thermal limits must be observed.

THERMAL INFORMATION

THERMAL METRIC ⁽¹⁾		DRV8825	UNITS
		PWP	
		28 PINS	
θ_{JA}	Junction-to-ambient thermal resistance ⁽²⁾	31.6	°C/W
θ_{JTop}	Junction-to-case (top) thermal resistance ⁽³⁾	15.9	
θ_{JB}	Junction-to-board thermal resistance ⁽⁴⁾	5.6	
ψ_{JT}	Junction-to-top characterization parameter ⁽⁵⁾	0.2	
ψ_{JB}	Junction-to-board characterization parameter ⁽⁶⁾	5.5	
θ_{JBot}	Junction-to-case (bottom) thermal resistance ⁽⁷⁾	1.4	

- (1) For more information about traditional and new thermal metrics, see the *IC Package Thermal Metrics* application report, SPRA953.
- (2) The junction-to-ambient thermal resistance under natural convection is obtained in a simulation on a JEDEC-standard, high-K board, as specified in JESD51-7, in an environment described in JESD51-2a.
- (3) The junction-to-case (top) thermal resistance is obtained by simulating a cold plate test on the package top. No specific JEDEC-standard test exists, but a close description can be found in the ANSI SEMI standard G30-88.
- (4) The junction-to-board thermal resistance is obtained by simulating in an environment with a ring cold plate fixture to control the PCB temperature, as described in JESD51-8.
- (5) The junction-to-top characterization parameter, ψ_{JT} , estimates the junction temperature of a device in a real system and is extracted from the simulation data for obtaining θ_{JA} , using a procedure described in JESD51-2a (sections 6 and 7).
- (6) The junction-to-board characterization parameter, ψ_{JB} , estimates the junction temperature of a device in a real system and is extracted from the simulation data for obtaining θ_{JA} , using a procedure described in JESD51-2a (sections 6 and 7).
- (7) The junction-to-case (bottom) thermal resistance is obtained by simulating a cold plate test on the exposed (power) pad. No specific JEDEC standard test exists, but a close description can be found in the ANSI SEMI standard G30-88.

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

		MIN	NOM	MAX	UNIT
V _M	Motor power supply voltage range ⁽¹⁾	8.2		45	V
V _{REF}	VREF input voltage ⁽²⁾	1		3.5	V
I _{VSP2}	V3P3OUT load current	0		1	mA

- (1) All V_M pins must be connected to the same supply voltage.
- (2) Operational at VREF between 0 V and 1 V, but accuracy is degraded.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

over operating free-air temperature range of -40°C to 85°C (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
POWER SUPPLIES						
I_{VM}	VM operating supply current	$V_M = 24\text{ V}$		5	8	mA
I_{VM0}	VM sleep mode supply current	$V_M = 24\text{ V}$		10	20	μA
V_{VMLO}	VM undervoltage lockout voltage	V_M rising		7.8	8.2	V
V3P3OUT REGULATOR						
V_{3P3}	V3P3OUT voltage	$I_{OOUT} = 0$ to 1 mA	3.2	3.3	3.4	V
LOGIC-LEVEL INPUTS						
V_{IL}	Input low voltage			0.6	0.7	V
V_{IH}	Input high voltage		2.2		5.25	V
V_{HYST}	Input hysteresis		0.3	0.45	0.6	V
I_{IL}	Input low current	$V_{IN} = 0$	-20		20	μA
I_{IH}	Input high current	$V_{IN} = 3.3\text{ V}$			100	μA
R_{PD}	Internal pulldown resistance			100		k Ω
#HOME, #FAULT OUTPUTS (OPEN-DRAIN OUTPUTS)						
V_{OL}	Output low voltage	$I_O = 5\text{ mA}$			0.5	V
I_{OH}	Output high leakage current	$V_O = 3.3\text{ V}$			1	μA
DECAY INPUT						
V_{IL}	Input low threshold voltage	For slow decay mode			0.8	V
V_{IH}	Input high threshold voltage	For fast decay mode	2			V
I_{IN}	Input current				± 40	μA
R_{PU}	Internal pullup resistance (up to 3.3 V)			130		k Ω
R_{PD}	Internal pulldown resistance			80		k Ω
H-BRIDGE FETS						
$R_{DS(ON)}$	HS FET on resistance	$V_M = 24\text{ V}, I_O = 1\text{ A}, T_J = 25^\circ\text{C}$		0.2		Ω
		$V_M = 24\text{ V}, I_O = 1\text{ A}, T_J = 85^\circ\text{C}$		0.25	0.32	
	LS FET on resistance	$V_M = 24\text{ V}, I_O = 1\text{ A}, T_J = 25^\circ\text{C}$		0.2		
		$V_M = 24\text{ V}, I_O = 1\text{ A}, T_J = 85^\circ\text{C}$		0.25	0.32	
I_{OFF}	Off-state leakage current		-20		20	μA
MOTOR DRIVER						
f_{PWM}	Internal current control PWM frequency			30		kHz
t_{BLANK}	Current sense blanking time			4		μs
t_R	Rise time		30		200	ns
t_F	Fall time		30		200	ns
PROTECTION CIRCUITS						
I_{OCP}	Overcurrent protection trip level		3			A
t_{OCP}	Overcurrent protection deglitch time			2.5		μs
T_{SD}	Thermal shutdown temperature	Die temperature	150	160	180	$^\circ\text{C}$
CURRENT CONTROL						
I_{REF}	xVREF input current	$xVREF = 3.3\text{ V}$	-3		3	μA
V_{TRIP}	xISENSE trip voltage	$xVREF = 3.3\text{ V}, 100\%$ current setting	635	660	685	mV
ΔI_{TRIP}	Current trip accuracy (relative to programmed value)	$xVREF = 3.3\text{ V}, 5\%$ current setting	-25		25	%
		$xVREF = 3.3\text{ V}, 10\%-34\%$ current setting	-15		15	
		$xVREF = 3.3\text{ V}, 38\%-57\%$ current setting	-10		10	
		$xVREF = 3.3\text{ V}, 71\%-100\%$ current setting	-5		5	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

over operating free-air temperature range of -40°C to 85°C (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
A_{sense}	Current sense amplifier gain	Reference only		5		V/V

TIMING REQUIREMENTS

			MIN	MAX	UNIT
1	f_{STEP}	Step frequency		250	kHz
2	t_{WSTEP}	Pulse duration, STEP high	1.9		μ s
3	t_{LWSTEP}	Pulse duration, STEP low	1.9		μ s
4	t_{SSTEP}	Setup time, command to STEP rising	650		ns
5	t_{HSTEP}	Hold time, command to STEP rising	650		ns
6	t_{ENBL}	Enable time, nENBL active to STEP	650		ns
7	t_{WAKE}	Wakeup time, nSLEEP inactive to STEP	1.7		ms

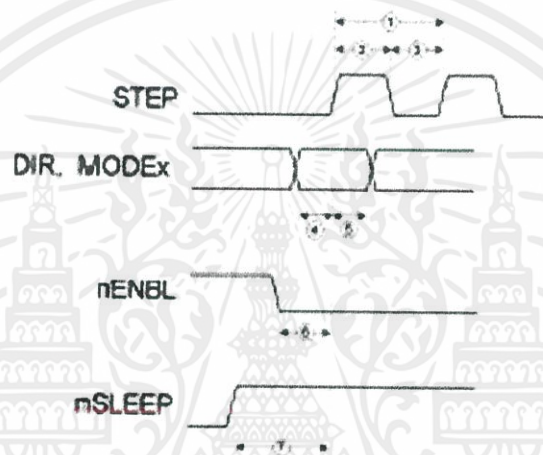


Figure 1. Timing Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Current Regulation

The current through the motor windings is regulated by a fixed-frequency PWM current regulation, or current chopping. When an H-bridge is enabled, current rises through the winding at a rate dependent on the DC voltage and inductance of the winding. Once the current hits the current chopping threshold, the bridge disables the current until the beginning of the next PWM cycle.

In stepping motors, current regulation is used to vary the current in the two windings in a semi-sinusoidal fashion to provide smooth motion.

The PWM chopping current is set by a comparator which compares the voltage across a current sense resistor connected to the xISEN pins, multiplied by a factor of 5, with a reference voltage. The reference voltage is input from the xVREF pins.

The full-scale (100%) chopping current is calculated in Equation 1.

$$I_{CHOP} = \frac{V_{REFx}}{5 \cdot R_{ISEN}} \quad (1)$$

Example:

If a 0.25-Ω sense resistor is used and the VREFx pin is 2.5 V, the full-scale (100%) chopping current will be $2.5 \text{ V} / (5 \times 0.25 \text{ } \Omega) = 2 \text{ A}$.

The reference voltage is scaled by an internal DAC that allows fractional stepping of a bipolar stepper motor, as described in the microstepping indexer section below.

Decay Mode

During PWM current chopping, the H-bridge is enabled to drive current through the motor winding until the PWM current chopping threshold is reached. This is shown in Figure 3 as case 1. The current flow direction shown indicates positive current flow.

Once the chopping current threshold is reached, the H-bridge can operate in two different states, fast decay or slow decay.

In fast decay mode, once the PWM chopping current level has been reached, the H-bridge reverses state to allow winding current to flow in a reverse direction. As the winding current approaches zero, the bridge is disabled to prevent any reverse current flow. Fast decay mode is shown in Figure 3 as case 2.

In slow decay mode, winding current is re-circulated by enabling both of the low-side FETs in the bridge. This is shown in Figure 3 as case 3.

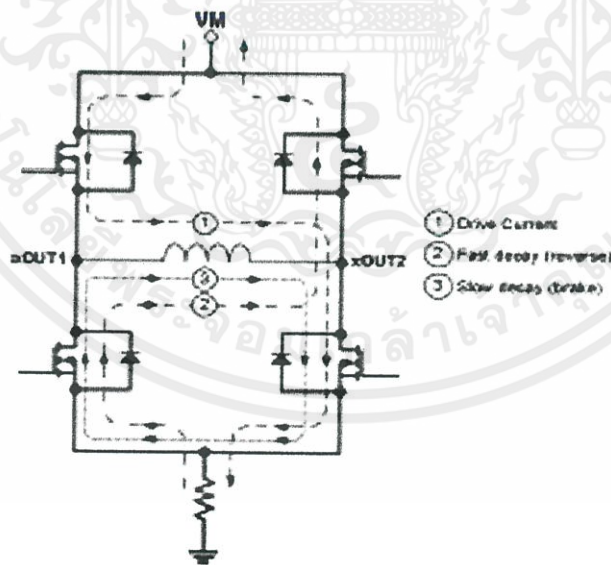


Figure 3. Decay Mode

The DRV8825 supports fast decay, slow decay and a mixed decay mode. Slow, fast, or mixed decay mode is selected by the state of the DECAY pin - logic low selects slow decay, open selects mixed decay operation, and logic high sets fast decay mode. The DECAY pin has both an internal pullup resistor of approximately 130 k Ω and an internal pulldown resistor of approximately 80 k Ω . This sets the mixed decay mode if the pin is left open or undriven.

Mixed decay mode begins as fast decay, but at a fixed period of time (75% of the PWM cycle) switches to slow decay mode for the remainder of the fixed PWM period. This occurs only if the current through the winding is decreasing (per the indexer step table); if the current is increasing, then slow decay is used.

Blanking Time

After the current is enabled in an H-bridge, the voltage on the XISEN pin is ignored for a fixed period of time before enabling the current sense circuitry. This blanking time is fixed at 3.75 μ s. Note that the blanking time also sets the minimum on time of the PWM.

Microstepping Indexer

Built-in Indexer logic in the DRV8825 allows a number of different stepping configurations. The MODE0 - MODE2 pins are used to configure the stepping format as shown in Table 2.

Table 2. Stepping Format

MODE2	MODE1	MODE0	STEP MODE
0	0	0	Full step (2-phase excitation) with 71% current
0	0	1	1/2 step (1-2 phase excitation)
0	1	0	1/4 step (W1-2 phase excitation)
0	1	1	8 microsteps / step
1	0	0	16 microsteps / step
1	0	1	32 microsteps / step
1	1	0	32 microsteps / step
1	1	1	32 microsteps / step

Table 3 shows the relative current and step directions for different settings of MODEx. At each rising edge of the STEP Input, the indexer travels to the next state in the table. The direction is shown with the DIR pin high; if the DIR pin is low the sequence is reversed. Positive current is defined as XOUT1 = positive with respect to XOUT2.

Note that if the step mode is changed while stepping, the indexer will advance to the next valid state for the new MODEx setting at the rising edge of STEP.

The home state is 45°. This state is entered at power-up or application of nRESET. This is shown in Table 3 by the shaded cells. The logic inputs DIR, STEP, nRESET and MODEx have internal pulldown resistors of 100 k Ω .

Table 3. Relative Current and Step Directions

1/32 STEP	1/16 STEP	1/8 STEP	1/4 STEP	1/2 STEP	FULL STEP 70%	WINDING CURRENT A	WINDING CURRENT B	ELECTRICAL ANGLE
1	1	1	1	1		100%	0%	0
2						100%	5%	3
3	2					100%	10%	6
4						99%	15%	8
5	3	2				98%	20%	11
6						97%	24%	14
7	4					96%	29%	17
8						94%	34%	20
9	5	3	2			92%	38%	23
10						90%	43%	25
11	6					88%	47%	28

Table 3. Relative Current and Step Directions (continued)

1/32 STEP	1/16 STEP	1/8 STEP	1/4 STEP	1/2 STEP	FULL STEP 70%	WINDING CURRENT A	WINDING CURRENT B	ELECTRICAL ANGLE
12						86%	51%	31
13	7	4				83%	56%	34
14						80%	60%	37
15	8					77%	63%	39
16						74%	67%	42
17	9	5	3	2	1	71%	71%	45
18						67%	74%	48
19	10					63%	77%	51
20						60%	80%	53
21	11	6				56%	83%	56
22						51%	86%	59
23	12					47%	88%	62
24						43%	90%	65
25	13	7	4			38%	92%	68
26						34%	94%	70
27	14					29%	96%	73
28						24%	97%	76
29	15	8				20%	98%	79
30						15%	99%	82
31	16					10%	100%	84
32						5%	100%	87
33	17	9	5	3		0%	100%	90
34						-5%	100%	93
35	18					-10%	100%	96
36						-15%	99%	98
37	19	10				-20%	98%	101
38						-24%	97%	104
39	20					-29%	96%	107
40						-34%	94%	110
41	21	11	6			-38%	92%	113
42						-43%	90%	115
43	22					-47%	88%	118
44						-51%	86%	121
45	23	12				-56%	83%	124
46						-60%	80%	127
47	24					-63%	77%	129
48						-67%	74%	132
49	25	13	7	4	2	-71%	71%	135
50						-74%	67%	138
51	26					-77%	63%	141
52						-80%	60%	143
53	27	14				-83%	56%	146
54						-86%	51%	149
55	28					-88%	47%	152
56						-90%	43%	155
57	29	15	8			-92%	39%	158

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 3. Relative Current and Step Directions (continued)

1/32 STEP	1/16 STEP	1/8 STEP	1/4 STEP	1/2 STEP	FULL STEP 70%	WINDING CURRENT A	WINDING CURRENT B	ELECTRICAL ANGLE
58						-04%	34%	160
59	30					-06%	29%	163
60						-07%	24%	166
61	31	16				-08%	20%	169
62						-09%	15%	172
63	32					-100%	10%	174
64						-100%	5%	177
65	33	17	9	5		-100%	0%	180
66						-100%	-5%	183
67	34					-100%	-10%	186
68						-09%	-15%	188
69	35	18				-08%	-20%	191
70						-07%	-24%	194
71	36					-06%	-29%	197
72						-04%	-34%	200
73	37	19	10			-02%	-38%	203
74						-00%	-43%	205
75	38					-88%	-47%	208
76						-86%	-51%	211
77	39	20				-83%	-56%	214
78						-80%	-60%	217
79	40					-77%	-63%	219
80						-74%	-67%	222
81	41	21	11	6	3	-71%	-71%	225
82						-67%	-74%	228
83	42					-63%	-77%	231
84						-60%	-80%	233
85	43	22				-56%	-83%	236
86						-51%	-86%	239
87	44					-47%	-88%	242
88						-43%	-90%	245
89	45	23	12			-38%	-92%	248
90						-34%	-94%	250
91	46					-29%	-96%	253
92						-24%	-97%	256
93	47	24				-20%	-98%	259
94						-15%	-99%	262
95	48					-10%	-100%	264
96						-5%	-100%	267
97	49	25	13	7		0%	-100%	270
98						5%	-100%	273
99	50					10%	-100%	276
100						15%	-99%	278
101	51	26				20%	-98%	281
102						24%	-97%	284
103	52					29%	-96%	287

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 3. Relative Current and Step Directions (continued)

1/32 STEP	1/16 STEP	1/8 STEP	1/4 STEP	1/2 STEP	FULL STEP 70%	WINDING CURRENT A	WINDING CURRENT B	ELECTRICAL ANGLE
104						34%	-94%	290
105	53	27	14			38%	-92%	293
106						43%	-90%	295
107	54					47%	-88%	298
108						51%	-85%	301
109	55	28				56%	-83%	304
110						60%	-80%	307
111	56					63%	-77%	309
112						67%	-74%	312
113	57	29	15	8	4	71%	-71%	315
114						74%	-67%	318
115	58					77%	-63%	321
116						80%	-60%	323
117	59	30				83%	-56%	326
118						86%	-51%	329
119	60					88%	-47%	332
120						90%	-43%	335
121	61	31	16			92%	-38%	338
122						94%	-34%	340
123	62					96%	-29%	343
124						97%	-24%	346
125	63	32				98%	-20%	349
126						99%	-15%	352
127	64					100%	-10%	354
128						100%	-5%	357

nRESET, nENABLE and nSLEEP Operation

The nRESET pin, when driven active low, resets internal logic, and resets the step table to the home position. It also disables the H-bridge drivers. The STEP input is ignored while nRESET is active.

The nENBL pin is used to control the output drivers and enable/disable operation of the indexer. When nENBL is low, the output H-bridges are enabled, and rising edges on the STEP pin are recognized. When nENBL is high, the H-bridges are disabled, the outputs are in a high-impedance state, and the STEP input is ignored.

Driving nSLEEP low will put the device into a low power sleep state. In this state, the H-bridges are disabled, the gate drive charge pump is stopped, the V3P3OUT regulator is disabled, and all internal clocks are stopped. In this state all inputs are ignored until nSLEEP returns inactive high. When returning from sleep mode, some time (approximately 1 ms) needs to pass before applying a STEP input, to allow the internal circuitry to stabilize. Note that nRESET and nENABLE have internal pulldown resistors of approximately 100 kΩ. The nSLEEP pin has an internal pulldown resistor of 1 MΩ. nSLEEP and nRESET signals need to be driven to logic high for device operation.

Protection Circuits

The DRV8825 is fully protected against undervoltage, overcurrent and overtemperature events.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Overcurrent Protection (OCP)

An analog current limit circuit on each FET limits the current through the FET by removing the gate drive. If this analog current limit persists for longer than the OCP time, all FETs in the H-bridge will be disabled and the nFAULT pin will be driven low. The device will remain disabled until either nRESET pin is applied, or VM is removed and re-applied.

Overcurrent conditions on both high and low side devices; i.e., a short to ground, supply, or across the motor winding will all result in an overcurrent shutdown. Note that overcurrent protection does not use the current sense circuitry used for PWM current control, and is independent of the I_{SENSE} resistor value or VREF voltage.

Thermal Shutdown (TSD)

If the die temperature exceeds safe limits, all FETs in the H-bridge will be disabled and the nFAULT pin will be driven low. Once the die temperature has fallen to a safe level operation will automatically resume.

Undervoltage Lockout (UVLO)

If at any time the voltage on the VM pins falls below the undervoltage lockout threshold voltage, all circuitry in the device will be disabled and internal logic will be reset. Operation will resume when V_M rises above the UVLO threshold.



THERMAL INFORMATION

Thermal Protection

The DRV8825 has thermal shutdown (TSD) as described above. If the die temperature exceeds approximately 150°C, the device will be disabled until the temperature drops to a safe level.

Any tendency of the device to enter TSD is an indication of either excessive power dissipation, insufficient heatsinking, or too high an ambient temperature.

Power Dissipation

Power dissipation in the DRV8825 is dominated by the power dissipated in the output FET resistance, or $R_{DS(ON)}$. Average power dissipation when running a stepper motor can be roughly estimated by Equation 2.

$$P_{TOT} = 4 \cdot R_{DS(ON)} \cdot (I_{OUT(RMS)})^2 \quad (2)$$

where P_{TOT} is the total power dissipation, $R_{DS(ON)}$ is the resistance of each FET, and $I_{OUT(RMS)}$ is the RMS output current being applied to each winding. $I_{OUT(RMS)}$ is equal to the approximately 0.7x the full-scale output current setting. The factor of 4 comes from the fact that there are two motor windings, and at any instant two FETs are conducting winding current for each winding (one high-side and one low-side).

The maximum amount of power that can be dissipated in the device is dependent on ambient temperature and heatsinking.

Note that $R_{DS(ON)}$ increases with temperature, so as the device heats, the power dissipation increases. This must be taken into consideration when sizing the heatsink.

Heatsinking

The PowerPAD™ package uses an exposed pad to remove heat from the device. For proper operation, this pad must be thermally connected to copper on the PCB to dissipate heat. On a multi-layer PCB with a ground plane, this can be accomplished by adding a number of vias to connect the thermal pad to the ground plane. On PCBs without internal planes, copper area can be added on either side of the PCB to dissipate heat. If the copper area is on the opposite side of the PCB from the device, thermal vias are used to transfer the heat between top and bottom layers.

For details about how to design the PCB, refer to TI application report SLMA002, "PowerPAD™ Thermally Enhanced Package" and TI application brief SLMA004, "PowerPAD™ Made Easy", available at www.ti.com.

In general, the more copper area that can be provided, the more power can be dissipated. It can be seen that the heatsink effectiveness increases rapidly to about 20 cm², then levels off somewhat for larger areas.

PACKAGING INFORMATION

Orderable Device	Status ⁽¹⁾	Package Type	Package Drawing	Pins	Package Qty	Eco Plan ⁽²⁾	Lead/Ball Finish	MSL Peak Temp ⁽³⁾	Samples (Requires Login)
DRV8825PIWP	ACTIVE	HTSSOP	PWP	28	50	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	
DRV8825PWPR	ACTIVE	HTSSOP	PWP	28	2000	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	

⁽¹⁾ The marketing status values are defined as follows:

ACTIVE: Product device recommended for new designs.

LIFEBUY: TI has announced that the device will be discontinued, and a lifetime-buy period is in effect.

NRND: Not recommended for new designs. Device is in production to support existing customers, but TI does not recommend using this part in a new design.

PREVIEW: Device has been announced but is not in production. Samples may or may not be available.

OBsolete: TI has discontinued the production of the device.

⁽²⁾ Eco Plan - The planned eco-friendly classification: Pb-Free (RoHS), Pb-Free (RoHS Exempt), or Green (RoHS & no Sb/Br) - please check <http://www.ti.com/productcontent> for the latest availability information and additional product content details.

TBD: The Pb-Free/Green conversion plan has not been defined.

Pb-Free (RoHS): TI's terms "Lead-Free" or "Pb-Free" mean semiconductor products that are compatible with the current RoHS requirements for all 6 substances, including the requirement that lead not exceed 0.1% by weight in homogeneous materials. Where designed to be soldered at high temperatures, TI Pb-Free products are suitable for use in specified lead-free processes.

Pb-Free (RoHS Exempt): This component has a RoHS exemption for either 1) lead-based flip-chip solder bumps used between the die and package, or 2) lead-based die adhesive used between the die and leadframe. The component is otherwise considered Pb-Free (RoHS compatible) as defined above.

Green (RoHS & no Sb/Br): TI defines "Green" to mean Pb-Free (RoHS compatible), and free of Bromine (Br) and Antimony (Sb) based flame retardants (Br or Sb do not exceed 0.1% by weight in homogeneous material).

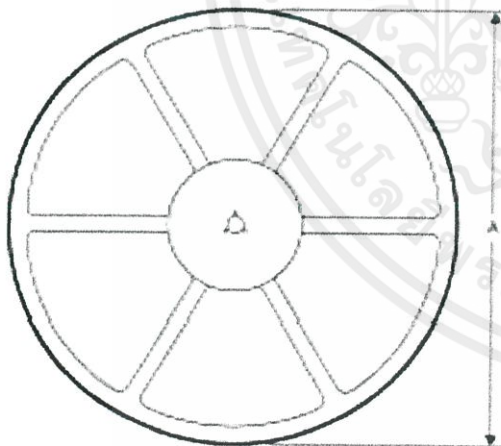
⁽³⁾ MSL, Peak Temp. - The Moisture Sensitivity Level rating according to the JEDEC industry standard classifications, and peak solder temperature.

Important Information and Disclaimer: The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemical TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

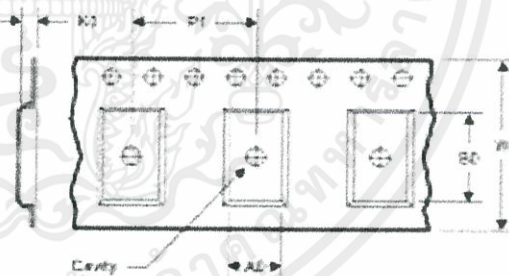
In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

TAPE AND REEL INFORMATION

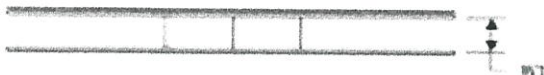
REEL DIMENSIONS



TAPE DIMENSIONS



A0	Dimension designed to accommodate the component width
B0	Dimension designed to accommodate the component length
K0	Dimension designed to accommodate the component thickness
W	Overall width of the carrier tape
P1	Pitch between successive cavity centers



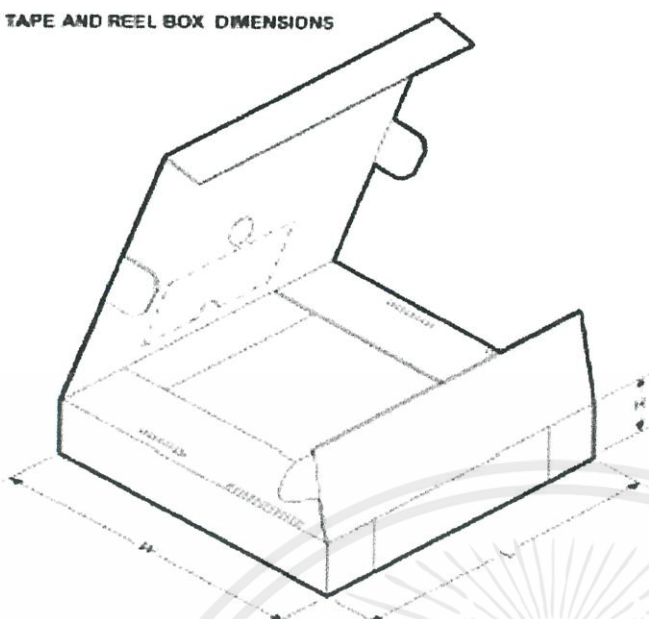
TAPE AND REEL INFORMATION

*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
DRV8825PWPR	HTSSOP	PWP	28	2000	330.0	16.4	6.9	10.2	1.8	12.0	16.0	Q1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



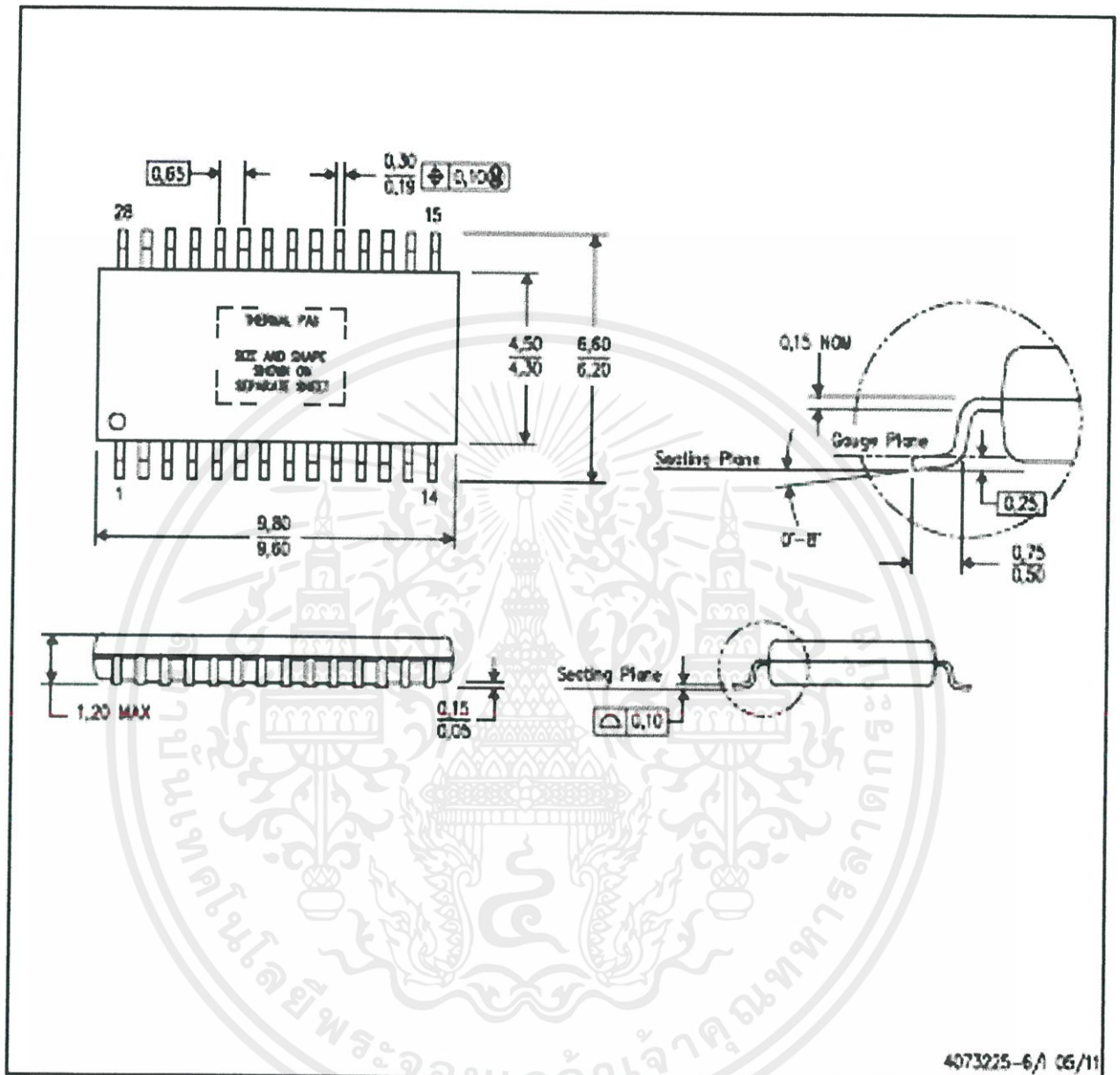
*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
DRV8825PWPR	HTSSCP	PWP	28	2000	387.0	367.0	38.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PWP (R-PDSO-G28)

PowerPAD™ PLASTIC SMALL OUTLINE



- NOTES:
- All linear dimensions are in millimeters.
 - This drawing is subject to change without notice.
 - Body dimensions do not include mold flash or protrusions. Mold flash and protrusion shall not exceed 0.15 per side.
 - This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board. Refer to Technical Brief, PowerPad Thermally Enhanced Package, Texas Instruments Literature No. [SLMA002](http://www.ti.com) for information regarding recommended board layout. This document is available at www.ti.com <<http://www.ti.com>>.
 - See the additional figure in the Product Data Sheet for details regarding the exposed thermal pad features and dimensions.
 - Falls within JEDEC MO-153.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

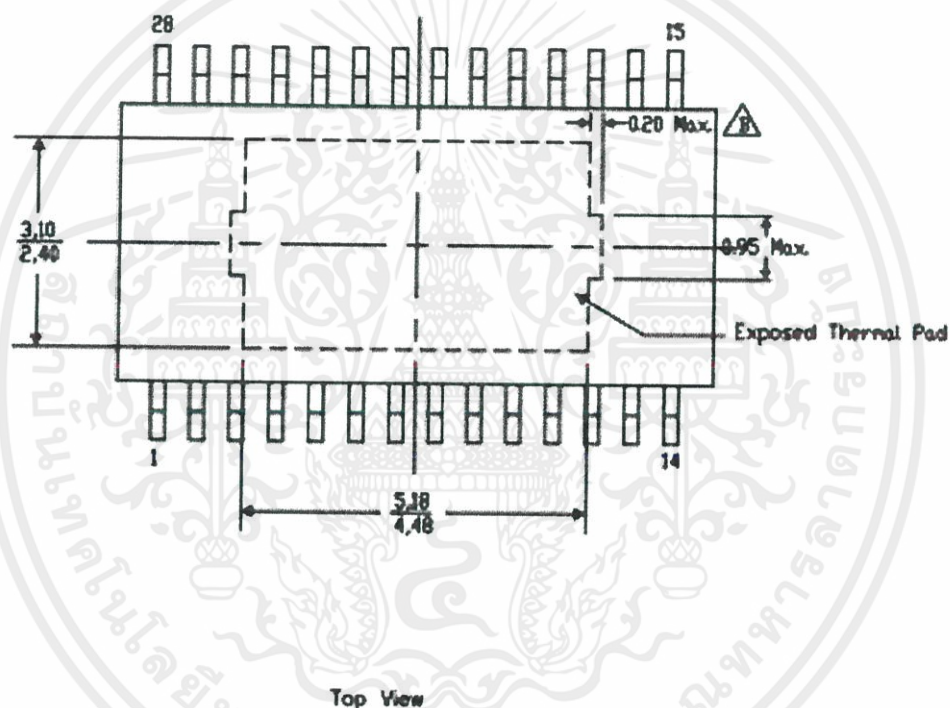
PWP (R-PDSO-G28) PowerPAD™ SMALL PLASTIC OUTLINE

THERMAL INFORMATION

This PowerPAD™ package incorporates an exposed thermal pad that is designed to be attached to a printed circuit board (PCB). The thermal pad must be soldered directly to the PCB. After soldering, the PCB can be used as a heatsink. In addition, through the use of thermal vias, the thermal pad can be attached directly to the appropriate copper plane shown in the electrical schematic for the device, or alternatively, can be attached to a special heatsink structure designed into the PCB. This design optimizes the heat transfer from the integrated circuit (IC).

For additional information on the PowerPAD package and how to take advantage of its heat dissipating abilities, refer to Technical Brief, PowerPAD Thermally Enhanced Package, Texas Instruments Literature No. SLMA002 and Application Brief, PowerPAD Made Easy, Texas Instruments Literature No. SLMA004. Both documents are available at www.ti.com.


The exposed thermal pad dimensions for this package are shown in the following illustration.



Exposed Thermal Pad Dimensions

4206332-38/AC 07/12

NOTE: A. All linear dimensions are in millimeters

 Exposed tie strap features may not be present.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments Incorporated and its subsidiaries (TI) reserve the right to make corrections, enhancements, improvements and other changes to its semiconductor products and services per JESD46C and to discontinue any product or service per JESD48B. Buyers should obtain the latest relevant information before placing orders and should verify that such information is current and complete. All semiconductor products (also referred to herein as "components") are sold subject to TI's terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgment.

TI warrants performance of its components to the specifications applicable at the time of sale, in accordance with the warranty in TI's terms and conditions of sale of semiconductor products. Testing and other quality control techniques are used to the extent TI deems necessary to support this warranty. Except where mandated by applicable law, testing of all parameters of each component is not necessarily performed.

TI assumes no liability for applications assistance or the design of Buyers' products. Buyers are responsible for their products and applications using TI components. To minimize the risks associated with Buyers' products and applications, Buyers should provide adequate design and operating safeguards.

TI does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any patent right, copyright, mask work right, or other intellectual property right relating to any combination, machine, or process in which TI components or services are used. Information published by TI regarding third-party products or services does not constitute a license to use such products or services or a warranty or endorsement thereof. Use of such information may require a license from a third party under the patents or other intellectual property of the third party, or a license from TI under the patents or other intellectual property of TI.

Reproduction of significant portions of TI information in TI data books or data sheets is permissible only if reproduction is without alteration and is accompanied by all associated warranties, conditions, limitations, and notices. TI is not responsible or liable for such altered documentation. Information of third parties may be subject to additional restrictions.

Resale of TI components or services with statements different from or beyond the parameters stated by TI for that component or service voids all express and any implied warranties for the associated TI component or service and is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for any such statements.

Buyer acknowledges and agrees that it is solely responsible for compliance with all legal, regulatory and safety-related requirements concerning its products, and any use of TI components in its applications, notwithstanding any applications-related information or support that may be provided by TI. Buyer represents and agrees that it has all the necessary expertise to create and implement safeguards which anticipate dangerous consequences of failures, monitor failures and their consequences, lessen the likelihood of failures that might cause harm and take appropriate remedial actions. Buyer will fully indemnify TI and its representatives against any damages arising out of the use of any TI components in safety-critical applications.

In some cases, TI components may be promoted specifically to facilitate safety-related applications. With such components, TI's goal is to help enable customers to design and create their own end-product solutions that meet applicable functional safety standards and requirements. Nonetheless, such components are subject to these terms.

No TI components are authorized for use in FDA Class III (or similar life-critical medical equipment) unless authorized officers of the parties have executed a special agreement specifically governing such use.

Only those TI components which TI has specifically designated as military grade or "enhanced plastic" are designed and intended for use in military/aerospace applications or environments. Buyer acknowledges and agrees that any military or aerospace use of TI components which have not been so designated is solely at the Buyer's risk, and that Buyer is solely responsible for compliance with all legal and regulatory requirements in connection with such use.

TI has specifically designated certain components which meet ISO/TS16949 requirements, mainly for automotive use. Components which have not been so designated are neither designed nor intended for automotive use, and TI will not be responsible for any failure of such components to meet such requirements.

Products

Audio	www.ti.com/audio
Amplifiers	amplifier.ti.com
Data Converters	dataconverter.ti.com
DLP® Products	www.dlp.com
DSP	dsp.ti.com
Clocks and Timers	www.ti.com/clocks
Interface	interface.ti.com
Logic	logic.ti.com
Power Mgmt	power.ti.com
Microcontrollers	microcontroller.ti.com
RFID	www.ti-rfid.com
OMAP Mobile Processors	www.ti.com/omap
Wireless Connectivity	www.ti.com/wirelessconnectivity

Applications

Automotive and Transportation	www.ti.com/automotive
Communications and Telecom	www.ti.com/communications
Computers and Peripherals	www.ti.com/computers
Consumer Electronics	www.ti.com/consumer-apps
Energy and Lighting	www.ti.com/energy
Industrial	www.ti.com/industrial
Medical	www.ti.com/medical
Security	www.ti.com/security
Space, Avionics and Defense	www.ti.com/space-avionics-defense
Video and Imaging	www.ti.com/video

TI E2E Community

e2e.ti.com

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2012, Texas Instruments Incorporated

ก.2 Arduino Uno R3



รูปที่ ก-1 Arduino Uno R3

Arduino Uno R3 เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open source คือ มีการเปิดเผยข้อมูลทางด้าน Hardware และ Software ตัวบอร์ดถูกออกแบบมาให้ใช้กับชิพ ATmega328 โดยสามารถเลือกใช้กับระบบไฟเลี้ยงที่เป็น 7V ถึง 12V ให้เหมาะสมกับจุดประสงค์ของการใช้งานได้อีกด้วย

โดยโครงสร้างของบอร์ด Arduino Uno R3 ได้รับการออกแบบให้บอร์ดมีขนาดเล็ก เหมาะต่อการนำไปประยุกต์ใช้งาน และยังสามารถใช้เป็นชุดทดลองเรียนรู้เบื้องต้นได้อีกด้วย โดยภายในบอร์ดได้บรรจุเอา วงจรที่จำเป็นต่อการใช้งาน และสะดวกต่อการพัฒนาโปรแกรม มีความยืดหยุ่นสามารถปรับเปลี่ยนสัญญาณ I/O เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานในลักษณะต่างๆ ให้สอดคล้องและเหมาะสมกับความต้องการใช้งานได้ในหลายหลายๆลักษณะตามความต้องการ

นอกจากนี้แล้วบอร์ด Arduino Uno R3 ยังสามารถต่ออุปกรณ์เสริมต่างๆได้ คือ ผู้ใช้งานสามารถต่อ วงจรอิเล็กทรอนิกส์จากภายนอก แล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด หรือเพื่อความสะดวก สามารถต่อกับ บอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่างๆ เช่น Arduino XBee Shield, Arduino Music Shield, Arduino Relay Shield, Arduino Wireless Shield, Arduino GPRS Shield เป็นต้น มาเสียบกับบอร์ด บน บอร์ด Arduino แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้เลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติของบอร์ด

1. ใช้ MCU เป็น ATmega382 เป็น MCU ประจำบอร์ด รันที่ clock ความถี่ 16 MHz/ 32 KB (ATmega382) Flash Memory/ 2 KB (ATmega382) SRAM/ 1 KB (ATmega382) EEPROM
2. ใช้แรงดันไฟฟ้าในการทำงาน 5 V แต่สามารถรับแรงดันขาเข้าได้ในช่วง 7-12 V
3. มีพอร์ต Digital I/O Pins 14 พอร์ต (มี 6 พอร์ต สามารถใช้เป็น PWM output)
4. มีพอร์ต Analog I/O Pins 6 พอร์ต
5. กระแสไฟ DC ต่อขา I/O 40 mA
6. กระแสไฟ DC สำหรับต่อขา 3.3 V 50 mA
7. มี USB Connector และ Power Jack Dc
8. ขนาด 68.6x53.4 mm
9. น้ำหนัก 25 กรัม



ก.3 DC Supply 12V 5A



รูปที่ ก-2 supply 12V A

ก.4 Logitech C270h



รูปที่ ก-3 Supply 5V 5A

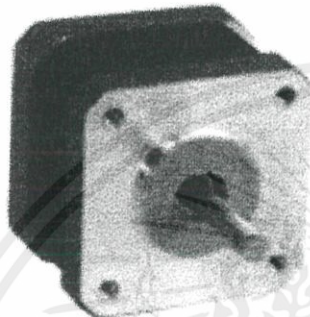
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

n.5 Stepping motor NEMA 17



Stepper Motor NEMA 17

This document describes mechanical and electrical specifications for PBC Linear stepper motors; including standard, hollow, and extended shaft variations.

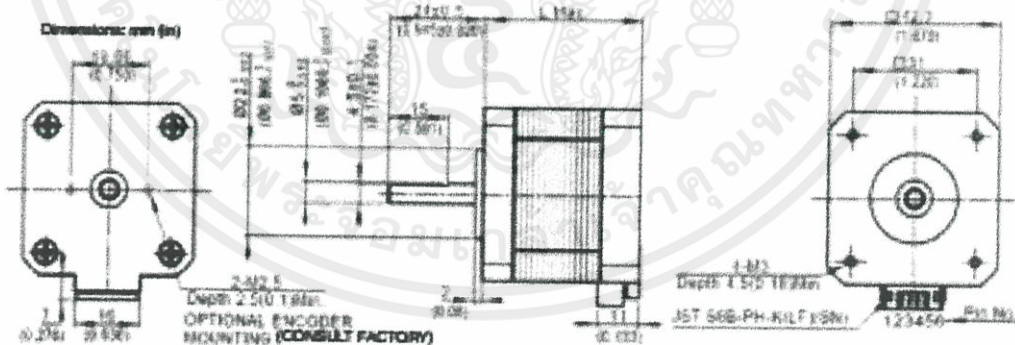


Standard shaft motor shown.

- Phases 2
- Steps/Revolution 200
- Step Accuracy ±5%
- Shaft Load
Axial 20,000 Hours at 1000 RPM
25 N (5.6 lbs.) Push
65 N (15 lbs.) Pull
- Radial
IP Rating 40
- IP Rating 40
- Approvals RoHS
- Operating Temp -20° C to +40° C
- Insulation Class B, 130° C
- Insulation Resistance 100 MegOhms

Description	Length	Stated Rated Current	Stated Holding Torque	Winding Ohms		Detent Torque		Rotor Inertia		Motor Weight	
				Typ.	±10% @ 20°C Typ.	min	max	g/cm ²	oz-in ²	kg	lbs
Single	39.8 mm (1.57 in)	2	0.48 Nm	1.84	2.2	15	2.1	57	0.31	0.25	0.65
Double	48.3 mm (1.90 in)	2	0.63 Nm	1.3	2.8	25	3.5	67	0.45	0.36	0.79
Triple	62.8 mm (2.47 in)	2	0.83 Nm	1.45	3.8	35	4.2	123	0.67	0.8	1.3

*All standard motors have plug connector. Consult factory for other options.



Standard shaft dimensions shown. All other dimensions apply to hollow and extended shaft options.

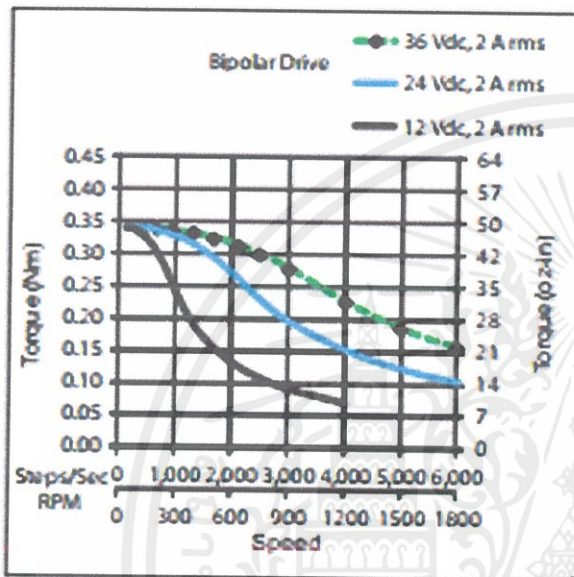
Dimensions: mm (in)
4 Lead Connector, PBC Part#6200490
(Consult factory for optional motor connectors)



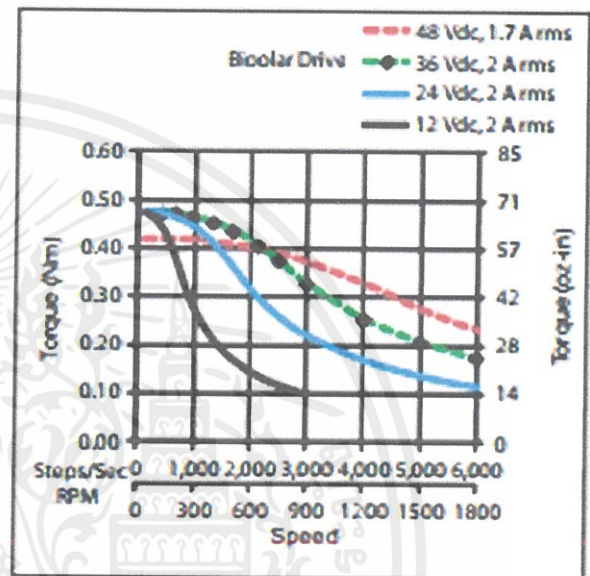
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NEMA 17 Stepper Motor

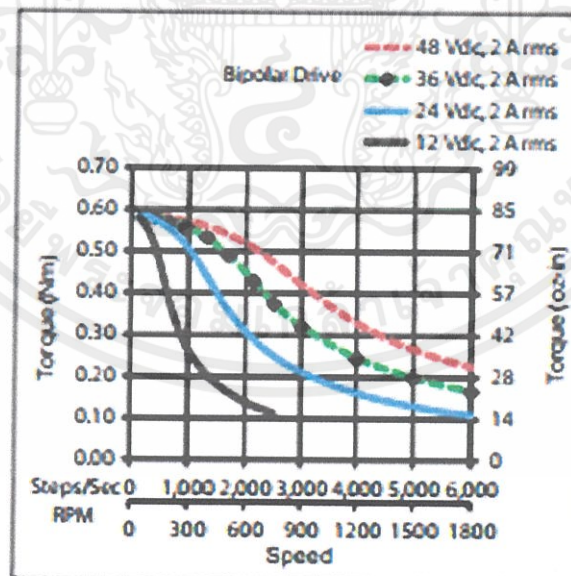
*Performance curves apply to continuous duty cycles.
Consult factory for intermittent cycles or other voltages.



Single Stack



Double Stack



Triple Stack



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจำลองระบบรวมแสงอาทิตย์และติดตามดวงอาทิตย์แบบสะท้อนแสงโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์

นาย สรวิศ ขอร่วมคิด

นาย ญัฐวัฒน์ งามขำ

นาย พงศธร วุฒิ

นาย อนเนชา ทอนฮามแก้ว

เกริ่นนำ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบสะท้อนแสงโดยใช้ระบบโครงข่ายประสาทเพื่อที่นำไปใช้กับตัว ฮีลิโอสแตต ซึ่งเป็นองค์ประกอบหนึ่งของการผลิตไฟฟ้าโดยการรวมแสงอาทิตย์ ระบบประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนแรกคือการออกแบบโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อใช้ในการคำนวณตำแหน่งของดวงอาทิตย์ ค่าที่ได้จะนำมาปรับแกนกระจกให้สะท้อนแสงไปยังหอคอยรับแสง และอีกวิธีคือการใช้แมชชีนวิชั่นในการติดตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์โดยทำการวิเคราะห์ประมวลผลภาพแสงของดวงอาทิตย์ที่ตกสะท้อน และ นำข้อมูลที่ได้มาสั่งการไมโครคอนโทรลเลอร์ และปรับตัวสะท้อนแสงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาและนำเสนอการสร้างระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบสะท้อนแสงโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบโครงข่ายสมองเทียม(Neuron network) จากการประมวลผลโดยใช้โปรแกรม C# และ Arduino ทำงานในส่วน Machine Vision และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ติดตามดวงอาทิตย์ในเวลาจริง(Real time) รวมทั้งยังสามารถเคลื่อนที่ตามการออกแบบสมการการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ตามปฏิทินเวลาจริง ในช่วงที่ไม่ได้ใช้ระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์ได้ในเวลาจริง จึงทำให้เกิดปัญญานិพนธ์ฉบับนี้ขึ้นมา

วัตถุประสงค์โครงการ

1. เพื่อศึกษาเส้นทางการโคจรของดวงอาทิตย์ และ ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ที่สังเกตจากบนพื้นโลก
2. ศึกษาสมการคณิตศาสตร์ของการเคลื่อนที่ และ ตำแหน่งดวงอาทิตย์ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ให้เกิดความต่อเนื่องในการติดตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์อย่างมีประสิทธิภาพ
3. เพื่อศึกษาการทำงานของระบบ Artificial Neuron Network เพื่อประยุกต์ใช้ในระบบติดตามดวงอาทิตย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
4. ตรวจสอบและปรับปรุงแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนหอคอยรับแสงอาทิตย์ (Solar Tower Receiver) จากการใช้ภาพที่ปรากฏจากกล้องเว็บแคมเรจิบภาพ เพื่อปรับตำแหน่งของแสงที่สะท้อนจากแผ่นสะท้อน (Reflection) ไปยังตำแหน่งที่กำหนดไว้บนหอคอยรับแสงโดยใช้ระบบ Artificial Neuron Network เนื่องจากสามารถกำหนดระบบให้ปรับตำแหน่งจากแผ่นสะท้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ

1. ใช้กล้องเว็บแคมเรจิบ เป็นอุปกรณ์รับแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบไปยังหอคอยรับแสง
2. สร้างระบบ Artificial Neuron Network โดยใช้โปรแกรม C# สำหรับวิเคราะห์ และประมวลผลภาพที่ได้รับจากกล้องเว็บแคมเรจิบ เพื่อควบคุมการทำงานของแผ่นสะท้อน
3. เพิ่มประสิทธิภาพของการติดตามแสงอาทิตย์ด้วยระบบ Artificial Neuron Network โดยประมวลผลภาพที่ได้จากกล้องเว็บแคมเรจิบมาประมาณค่าตำแหน่งปัจจุบันของดวงอาทิตย์จากปฏิทินเวลาจริง ในเวลาที่จับภาพของแสงไม่ได้
4. ทำการออกแบบระบบควบคุมและติดตามแสงอาทิตย์โดยใช้ระบบ Artificial Neuron Network
5. ทดสอบโปรแกรมการสะท้อนแสงอาทิตย์ให้อยู่ ณ ตำแหน่งที่กำหนด เพื่อให้หอคอยรับแสงรับแสงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เนื้อหาสาระ

การจำลองระบบติดตามแสงอาทิตย์แบบสะท้อนแสงโดยการทำงานของระบบจะแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบคือ รูปแบบแรกคือการทำงานโดยใช้สมการคณิตศาสตร์คำนวณตำแหน่งดวงอาทิตย์กรณีทีกล้องไม่สามารถจับภาพแสงอาทิตย์ได้ เช่นกรณีมีเมฆบังแสงอาทิตย์ชั่วขณะหนึ่ง โดยในการทำงานรูปแบบนี้ระบบจะใช้ปัญญาประดิษฐ์เข้ามาช่วยในการคำนวณสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อประมาณค่าตำแหน่งของแสงอาทิตย์ การทำงานของโปรแกรมนี้ถูกออกแบบมาเพื่อช่วยเสริมรูปแบบที่สองประมาณค่าตำแหน่งของดวงอาทิตย์ การทำงานจะเกิดขึ้นโดยเมื่อโปรแกรม Microsoft Visual Studio ไม่สามารถรับภาพแสงอาทิตย์จากกล้องเว็บแคมได้ก็จะทำการเปลี่ยนรูปแบบการทำงานสู่รูปแบบคำนวณตำแหน่งดวงอาทิตย์โดยอัตโนมัติจะได้ Azimuth angle และ Altitude angle ณ เวลานั้นแล้วนำค่ามุมสองมุมนี้ไปหามุมตกสะท้อนและทำการส่งค่าให้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อสั่งให้สเต็ปมอเตอร์หมุนตัวสะท้อนให้แสงอาทิตย์ตกสะท้อนสู่หอคอยรับแสงที่ได้จำลองขึ้น และรูปแบบที่สองการทำงานของระบบสะท้อนแสงอาทิตย์ด้วยใช้กล้องเว็บแคมจับภาพแสงอาทิตย์ที่ตกสะท้อนสู่หอคอยรับแสงจำลอง (Receiver) แล้วจากนั้นก็ให้นำภาพที่กล้องเว็บแคมรับได้ไปประมวลผลโดยการแปลงเป็นภาพขาวดำด้วยโปรแกรม Microsoft Visual Studio เพื่อประมวลหาตำแหน่งแสงอาทิตย์ที่ปรากฏบนจอแสดงผลแล้วส่งต่อไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อสั่งให้สเต็ปมอเตอร์หมุนปรับแสงอาทิตย์ให้สะท้อนสู่จุดศูนย์กลางของหอคอยรับแสง โดยการทำงานของทั้งสองรูปแบบมีจุดประสงค์เพื่อให้ระบบติดตามแสงอาทิตย์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นซึ่งจะนำไปประยุกต์ใช้กับ Heliostat ใน Concentrating Solar thermal power plant ให้สามารถสะท้อนแสงอาทิตย์สู่หอคอยรับแสงได้อย่างสม่ำเสมอตลอดทั้งวัน เพื่อให้การผลิตพลังงานไฟฟ้ามีความมั่นคง

การทดลองจัดทำขึ้นในพื้นที่ที่เป็นลานกว้างเพื่อจำลองการทำงานในสถานที่จริงของอุปกรณ์โดยในการทดลองจะทำครั้งละไม่เกิน 1 ชั่วโมงเพื่อไม่ให้ความร้อนที่เกิดจากสภาพอากาศส่งผลต่อคอมพิวเตอร์กล้องเว็บแคมโดยในการทดลองจะให้โปรแกรม Visual Studio คำนวณหาตำแหน่งและส่งค่าให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทุกๆ 10 นาทีเนื่องจากทุกๆ 10 นาทีโดยประมาณแสงอาทิตย์ที่มาตกกระทบ Receiver จะออกนอกกรอบทดลอง การทำงานของระบบในสองรูปแบบคือการใช้กล้องเว็บแคมตรวจจับตำแหน่งของแสงอาทิตย์บนฉากสะท้อนและการใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการประมาณค่าตำแหน่งของดวงอาทิตย์เพื่อนำไปแก้ไขปัญหาในช่วงที่

แสงอาทิตย์ถูกเมฆบัง โดยจากผลการทดลองที่ได้ รูปแบบการทำงานในการใช้กล้องเว็บแคมในตรวจจับภาพสามารถทำงานได้มีประสิทธิภาพตามที่ต้องการ สามารถควบคุมแสงที่ตกกระทบและสะท้อนให้อยู่ในกรอบได้ ส่วนระบบการใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการประมาณค่าตำแหน่งดวงอาทิตย์มีความคาดเคลื่อนส่วนหนึ่งจึงไม่สามารถสะท้อนแสงให้เข้าไปที่ Receiver ได้ถูกต้องแม่นยำเต็มประสิทธิภาพเมื่อเทียบกับรูปแบบที่ใช้กล้องเว็บแคม แต่แสงสะท้อนยังอยู่ในบริเวณ Receiver และโดยรวมสามารถทำงานได้ดีในสถานที่จริง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จไปได้ดี ด้วยความช่วยเหลือจากหลายท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งคณาผู้จัดทำ ขอขอบพระคุณ ท่านอาจารย์ ผศ.ดร.นิรุช จิรสวรรณกุล และ รศ.ดร. สมชาติ จิรวินากร อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะและให้คำตอบในข้อสงสัยต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ในการสืบค้น และทำโครงการ ด้วยดีตลอด และได้กรุณาตรวจสอบแก้ไขปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี ขอขอบพระคุณ อาจารย์ และเจ้าหน้าที่ภาควิศวกรรมไฟฟ้าที่ให้คำแนะนำที่ดีมาโดยตลอด นอกจากนี้ผู้จัดทำต้องขอขอบคุณ นาย นิพนธ์ ทรายเพชร (ราชบัณฑิต) ที่ให้คำปรึกษาด้านการค้นคว้าสมการการติดตามดวงอาทิตย์ ท้ายนี้ คณาผู้จัดทำขอขอบพระคุณ บิดามารดา และครอบครัวที่ให้การสนับสนุนในด้านการเงินและกำลังใจ อีกทั้งเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านการจัดหา อุปกรณ์ เครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ในการทำโครงการครั้งนี้ จนสำเร็จด้วยดี จึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

คณาผู้จัดทำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Simulation of Solar Tracking and Focusing With Planar Reflector by Artificial Intelligence

Sorawit Khoruamkid¹, Pongsatorn Wutti², Anecha Thonhamkaew³, Natthawat Ngamkum⁴
Asst. Dr.Nirudh Jirasuwankul⁵ and Assoc. Dr.Somchat Jiriwibhakorn⁶

Abstract

The objective of this research is to study and develop a reflective solar tracking system using a neural network system that is applied to the heliostat, which is a part of concentrating solar power generator. The system consists of two parts . The first part is the design of artificial neural networks. To be used to calculate the position of the sun The value will be used to adjust the heliostat axis to reflect sunlight to the solar reciever. And another method is to use the machine vision to track the movement of the sun by analyzing the image of the sun's reflected light and bringing the information to the microcontroller. And adjust the reflector effectively. Firstly, lab test on simulation of an arbitrary movement of the sun by using LED light torch, and secondly, field test of real situation The test results of both experiments illustrated that the designed system can perform reflective solar tracking precisely and effectively.

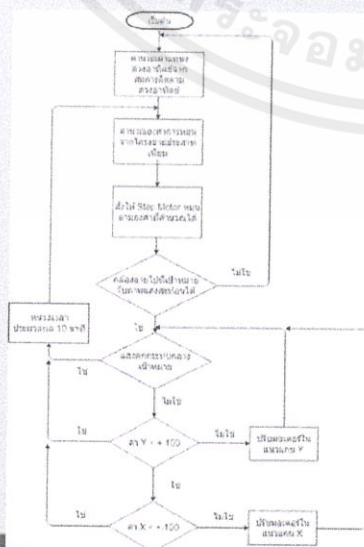
Introduction

Growing up of world population has been reflecting to increase demand for using energy, and it has been tending to need it more and more. Solar energy can be chosen a popular alternative energy source because it is clean and endless energy which can not be used up. Following those reasons , researchers want to present the project about system of tracking to reflective solar. It composes of two methods which are AI and machine vision. Method of AI uses Neuron Network receives to enter data calculated by mathematical equation can calculate location of Solar. Another method of Machine vision uses web cameras to receive from data of Solar's location. When two methods are compounded, they can make system of tracking to reflective solar to be used more precisely and effectively.

Methodology

1.Use the Webcam to capture the incident light on the solar tower receiver and send data to the image processing program. And direct the microcontroller to control the heliostat to reflect light directly with the solar tower receiver

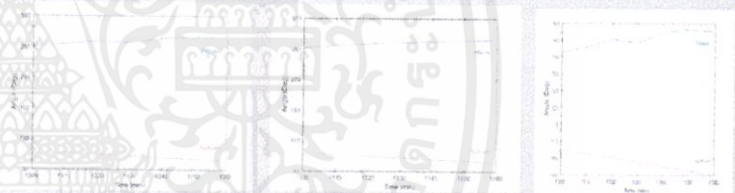
2.Use artificial neural networks to help calculate the position of the sun To command the microcontroller to control the heliostat to reflect light directly with the solar tower receiver.



Results

The results of artificial intelligence processing are close to the measured values from the experiment using the webcam that is accurate and effective. As in the following example.

Time	Experiment		Calculation		Motor Calculation Angle	
	Attitude	Azimuth	Attitude	Azimuth	Attitude	Azimuth
16/04/2019						
13:00	251.44	79.01	251.88	78.82	136.26	107.50
13:10	254.72	76.60	255.59	76.49	137.90	106.30
13:20	259.33	74.15	258.29	74.12	140.20	105.07
13:30	257.12	71.74	260.36	71.74	139.10	103.87
13:40	263.50	69.29	262.01	69.34	142.29	102.64
13:50	265.33	66.97	263.38	66.93	143.20	101.48
14:00	264.14	64.50	264.55	64.51	142.61	100.25



Experiment Fig.

Calculation Fig

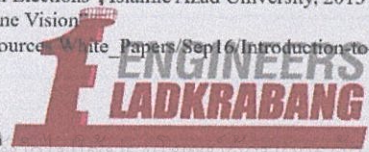
Motor angle Fig.

Conclusion

From the experiments,the solar tracking system using machine vision (webcam camera) can work efficiently. For the sun tracking system using the artificial intelligence system can calculate the position of the sun as close to the actual value. The collaboration of both forms allows the sun tracking system to work more efficiently. Which will be applied to the heliostats in the solar thermal power plant to be able to reflect sunlight to the solar receiver regularly throughout the day.

References

- [1] "Basic Photovoltaic Principles and Method", Midwest Research Institute, 1982 <https://www.nrel.gov/docs/legosti/old/1448.pdf>
- [2] Geoffrey C. Bell, "Solar Thermal Power Generation", the University of New Mexico 1977
- [3] Mohanmad Masdari, Seyyed Reza Khaze, "Application of Artificial Neural Networks in Estimating Participation in Elections"/ Islamic Azad University, 2013
- [4] COGNEX , "Introduction to Machine Vision" https://www.assemblymag.com/ext/resources/White_Papers/Sep16/Introduction-to-Machine-Vision.pdf



ประวัติผู้เขียน

นายสรวิศ ข้อร่วมคิด

วัน เดือน ปีเกิด 25 มกราคม พ.ศ. 2539

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2557 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษา

โรงเรียนเบญจมราชาทิศ จังหวัด ราชบุรี

ปีการศึกษา 2561 จะสำเร็จการศึกษา

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมพลังงานไฟฟ้า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

นายอนชา ทอนฮามแก้ว

วัน เดือน ปีเกิด 16 พฤษภาคม พ.ศ. 2540

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2558 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษา

โรงเรียนขอนแก่นวิทยายน จังหวัด ขอนแก่น

ปีการศึกษา 2561 จะสำเร็จการศึกษา

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมพลังงานไฟฟ้า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นายพงศธร วุฒิ

วัน เดือน ปีเกิด 27 มกราคม พ.ศ. 2540

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2558 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษา

โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัด ขอนแก่น

ปีการศึกษา 2561 จะสำเร็จการศึกษา

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมพลังงานไฟฟ้า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

นายณัฐวัฒน์ งามขำ

วัน เดือน ปีเกิด 12 พฤษภาคม พ.ศ. 2540

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2558 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษา

โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎ์ จังหวัด ฉะเชิงเทรา

ปีการศึกษา 2561 จะสำเร็จการศึกษา

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมพลังงานไฟฟ้า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้