

การใช้วีรีโมทในการทดลองทางฟิสิกส์เบื้องต้น

USING THE Wii REMOTE IN PHYSIC EXPERIMENTS



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ปีการศึกษา 2561

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

USING THE Wii REMOTE IN PHYSIC EXPERIMENTS



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE
REQUIREMENT FOR
THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (APPLIED PHYSICS)
DEPARTMENT OF PHYSICS, FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่สามารถนำออกจำหน่าย การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงแก้ไข หรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ACADEMIC YEAR 2018

หัวข้อโครงการพิเศษ

การใช้วีรีโมทในการทดลองทางฟิสิกส์เบื้องต้น

Using the Wii Remote in physic experiments

ชื่อนักศึกษา

นายเกียรติศักดิ์ สีเลื่อม รหัสนักศึกษา 58051034

นายวรพล ชันเพ็ชร รหัสนักศึกษา 58051134

ปริญญา

วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)

ภาควิชา

ฟิสิกส์



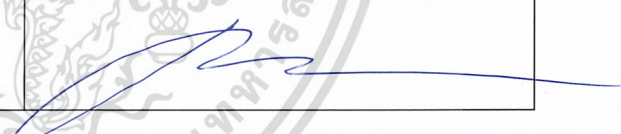
ปีการศึกษา

2561

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.ภาณุพล โขลนกระโทก

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์) ประจำปีการศึกษา 2561

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
รองศาสตราจารย์อนุพงษ์ สรงประภา ประธานกรรมการ	
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศ.ทิพวรรณ คล้ายบุญมี กรรมการ	
ดร.ภาณุพล โขลนกระโทก กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่โครงการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามทำซ้ำหรือเผยแพร่เอกสารฉบับนี้แก่บุคคลอื่นใดโดยไม่ได้รับอนุญาต
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อโครงการพิเศษ	การใช้วีริโมทในการทดลองทางฟิสิกส์เบื้องต้น
ชื่อนักศึกษา	นายเกียรติศักดิ์ สีเสื่อม รหัสนักศึกษา 58051034 นายวรพล ชันเพ็ชร รหัสนักศึกษา 58051134
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)
ภาควิชา	ฟิสิกส์
คณะ	วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)
ปีการศึกษา	2561
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.ภาณุพล โขลนกระโทก

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้จัดทำมาเพื่อที่ความต้องการนำอุปกรณ์ที่สามารถหาได้ทั่วไปมาประยุกต์ใช้กับการทดลองฟิสิกส์โดยได้ลองนำวีริโมทที่เป็นเครื่องควบคุมของเครื่องเกมนินเทนโดวี ซึ่งในปัจจุบันมีราคาที่ถูกมากและหาซื้อได้ง่ายในตัวของวีริโมทนี้มีเซนเซอร์ที่สามารถนำไปใช้ในการทดลองฟิสิกส์ได้ นั่นคือ เซนเซอร์วัดความเร็ว และกล้องอินฟราเรด ในการทดลองที่ทำจะเน้นใช้แค่ตัวกล้องอินฟราเรดเท่านั้นซึ่งได้นำไปใช้ในการทดลองหาความเร็วของลูกตุ้มโดยจะนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับ การทดลองหาความเร็วของลูกตุ้มด้วยปรากฏการณ์ดอปเปลอร์โดยใช้คลื่นไมโครเวฟและค่าจากกฎการอนุรักษ์พลังงาน ผลการทดลองพบว่าค่าความคลื่อนที่เกิดขึ้นเกิดจากค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วงที่เกิดจากอากาศทำให้พลังงานของระบบมีการสูญเสีย จึงมีการทดลองการแกว่งเพื่อที่จะหาค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วงที่เกิดจากอากาศ พบว่าข้อมูลที่ได้จากวีริโมทนั้นสามารถนำมาคำนวณค่าความหน่วงได้ ในการปล่อยลูกตุ้มที่ความสูง 20-50 เซนติเมตร

คำสำคัญ : วีริโมท, กล้องอินฟราเรด, ไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรด, ปรากฏการณ์ดอปเปลอร์, การแกว่งแบบหน่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Using the Wii Remote in physic experiments
Students	Mr.Kiatisuk Silium Student ID 58051034 Mr.Vorapon Khunpetch Student ID 58051134
Degree	Bachelor of Science (APPLIED PHYSICS)
Department	Physics
Faculty	Science
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)
Academic Year	2018
Advisor	Dr.BHANUPOL KLONGRATOG

Abstract

The purpose of this special project is to modify the Wii remote, a Nintendo Wii controller which currently has very low price and is easy to find, and apply it to physics experiments. Within the Wii remote, there are sensors that can be used in physics experiments; an accelerometer sensor and infrared cameras. In the experiment, only the infrared camera is used. This infrared camera can be used with IR LED to determine the velocity of the pendulum. The results are compared to the result from the experiment using the Microwave Doppler Effect and the law of conservation of energy. It is found that the error is caused by the retardation coefficient resulted from the loss of energy via the air retardation. So, a damped oscillator experiment was designed to estimate the said coefficient. The result suggests that the data from Wii remote sensor can be efficiently used for the experiment in which the initial position of the pendulum was 20-50 centimeters.

Keywords : Wii Remote, Infrared camera, IR LED, Doppler Effect, Damped Oscillator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องมาจากความกรุณาและความร่วมมือของทุกๆท่าน ขอขอบพระคุณ ดร. ภาณุพล โขลนกระโทก ที่คอยให้คำปรึกษาและดูแลอย่างใกล้ชิดและให้ความช่วยเหลือแนะนำที่ดีในการปรับปรุงข้อบกพร่องในการทำโครงการพิเศษและขอขอบพระคุณ กรรมการสอบโครงการพิเศษ คือ รองศาสตราจารย์ดร.อนุพงศ์ สรวงประภา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทิพวรรณ คล้ายบุญมี ที่ให้ข้อคิดเห็นและคำแนะนำช่วยเหลือในการทำโครงการพิเศษให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ห้องปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์ ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือในการทำ การทดลองทางฟิสิกส์และให้ความรู้ในเรื่องอุปกรณ์ต่างๆ

ขอขอบพระคุณ รุ่งพีที่ห้องปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์ และเจ้าหน้าที่ห้องธุรการ สาขาวิชา ฟิสิกส์ ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวก ในการทำโครงการพิเศษให้สำเร็จไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ บิดา-มารดา ที่ให้ได้รับการศึกษา ตลอดจนคอยเลี้ยงดูและอบรมสั่งสอนและ เป็นกำลังใจเป็นแรงผลักดันในการทำโครงการพิเศษให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี รวมถึงเพื่อนๆ และ บุคคลอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวมา ผู้จัดทำโครงการขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

เกียรติศักดิ์ สีเสื่อม
วรพล ชันเพ็ชร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
Abstract.....	ก
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	1
1.4 วิธีการดำเนินการ.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 อุปกรณ์ วีรีโมต.....	3
2.2 องค์ประกอบภายในตัววีรีโมต.....	4
2.2.1 กล้องอินฟราเรด.....	4
2.2.2 เครื่องวัดความเร็ว.....	5
2.2.3 การเชื่อมต่อ.....	6
2.3 รังสีอินฟราเรด (Infrared radiation, IR).....	6
2.4 ไดโอดเปล่งแสง (light-emitting diode ,LED).....	7
2.4.1 ไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรด (IR LED).....	7
2.5 ภาษาไพธอน (Python).....	7
2.6 ราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi).....	7
2.6.1 รุ่นของบอร์ดราสเบอร์รี่พาย.....	8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับควรใช้เฉพาะเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.6.2 Raspberry Pi 3 Model B.....	8
2.7 พลังงาน.....	9
2.7.1 พลังงานจลน์.....	9
2.7.2 พลังงานศักย์.....	10
2.7.3 กฎการอนุรักษ์พลังงาน.....	10
2.7.4 การหาความเร็วของลูกตุ้ม.....	10
2.8 ปรากฏการณ์ดอปเปลอร์ (Doppler Effect).....	11
2.9 การแกว่งแบบหน่วง (Damped oscillators).....	13
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	15
3.1 อุปกรณ์การทดลอง.....	15
3.1.1 Raspberry Pi 3 Model B/B+.....	15
3.1.2 หน้าจอแสดงผล LCD 7 นิ้ว.....	16
3.1.3 ทีวีโมด.....	17
3.1.4 แผงไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรด.....	17
3.1.5 ลูกตุ้ม.....	18
3.2 การออกแบบระบบ.....	19
3.2.1 ปุ่ม CONNECT.....	20
3.2.2 ปุ่ม startlap.....	21
3.2.3 ปุ่ม Plot.....	22
3.2.4 ปุ่ม Setcenter.....	23
3.2.5 ปุ่ม Exit.....	23

3.3 การคำนวณเพื่อหาค่าระยะความยาวในหนึ่งพิกลเซลของทีวีโมด..... 23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรรมการแข่งขันเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1 การออกแบบการทดลองเพื่อหาระยะพิกลเซล..... 23

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4 การทดสอบความแม่นยำในการจับตำแหน่งของวีรีโมต	24
3.5 การทดลองเพื่อหาความเร็วของลูกตุ้มด้วยวีรีโมต	25
3.5.1 การติดตั้งการทดลอง.....	25
3.5.2 ขั้นตอนการทดลองหาความเร็วของลูกตุ้มด้วยวีรีโมต	28
3.5.3 การหาความเร็วจากวีรีโมต.....	31
3.6 การทดลองหาความเร็วของลูกตุ้มด้วยดอปเปลอร์เอฟเฟคโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ	32
3.6.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	32
3.6.2 ขั้นตอนการทดลองหาความเร็วของลูกตุ้มด้วยดอปเปลอร์เอฟเฟคโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ	34
3.7 การทดลองการแกว่งแบบหน่วง	34
3.7.1 ขั้นตอนการทดลอง.....	34
3.7.2 โปรแกรมที่พัฒนา	35
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล	36
4.1 การทดลองเพื่อหาค่าระยะความยาวในหนึ่งพีกเซลของวีรีโมต	36
4.2 การทดสอบความแม่นยำในการจับตำแหน่งของ Wii Remote	37
4.3 การทดลองหาความเร็วลูกตุ้มจากวีรีโมต.....	42
4.3.1 ลักษณะกราฟที่ได้จากการทดลองหาความเร็วลูกตุ้มจากวีรีโมต.....	42
4.3.2 ผลการทดลองการหาความเร็วลูกตุ้มจากวีรีโมต	43
4.4 การทดลองหาความเร็วลูกตุ้มจาก Microvave Doppler Effect.....	50
4.5 การหาค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วง.....	59
4.5.1 ลักษณะข้อมูลที่ได้จากการทดลองการหาค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วง.....	59
4.5.2 ผลการทดลองการหาค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วง.....	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	62
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	62
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	62
เอกสารอ้างอิง.....	63
ภาคผนวก.....	64



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินงานวิจัย.....	2
4.1 ผลทดลองการหาค่าระยะความยาวในหนึ่งพิทเชลของวีโมตตามแกน X.....	36
4.2 ผลทดลองการหาค่าระยะความยาวในหนึ่งพิทเชลของวีโมตตามแกน Y.....	37
4.3 ผลการทดสอบความแม่นยำในการจับตำแหน่งของ Wii Remote ที่ความสูง 0 เซนติเมตร.....	38
4.4 ผลการทดสอบความแม่นยำในการจับตำแหน่งของ Wii Remote ที่ความสูง 10 เซนติเมตร.....	39
4.5 ผลการทดสอบความแม่นยำในการจับตำแหน่งของ Wii Remote ที่ความสูง 20 เซนติเมตร.....	40
4.6 ผลการทดสอบความแม่นยำในการจับตำแหน่งของ Wii Remote ที่ความสูง 30 เซนติเมตร.....	41
4.7 ผลการทดลองการหาค่าแอมพลิจูดจากการทดลองหาความเร็วลูกตุ้มจากวีรีโมตในระดับความสูง ที่ 0.1 ถึง 0.5 เมตรจากการทดลองครั้งที่ 1 ถึง 5.....	44
4.8 ผลการทดลองการหาค่าแอมพลิจูดจากการทดลองหาความเร็วลูกตุ้มจากวีรีโมตในระดับความสูง ที่ 0.1 ถึง 0.5 เมตรจากการทดลองครั้งที่ 6 ถึง 10.....	45
4.9 ผลการทดลองการหาค่าแอมพลิจูดจากการทดลองหาความเร็วลูกตุ้มจากวีรีโมตในระดับความสูง ที่ 0.1 ถึง 0.5 เมตรจากการทดลองครั้งที่ 11 ถึง 15.....	46
4.10 ผลการทดลองการหาค่าแอมพลิจูดจากการทดลองหาความเร็วลูกตุ้มจากวีรีโมตในระดับความ สูงที่ 0.1 ถึง 0.5 เมตรจากการทดลองครั้งที่ 16 ถึง 20.....	47
4.11 ผลการทดลองการหาค่าแอมพลิจูดจากการทดลองหาความเร็วลูกตุ้มจากวีรีโมตในระดับความ สูงที่ 0.1 ถึง 0.5 เมตรจากการทดลองครั้งที่ 21 ถึง 25.....	48
4.12 ผลการทดลองการหาค่าแอมพลิจูดจากการทดลองหาความเร็วลูกตุ้มจากวีรีโมตในระดับความ สูงที่ 0.1 ถึง 0.5 เมตรจากการทดลองครั้งที่ 26 ถึง 30.....	49
4.13 ผลการทดลองการคำนวณหาค่าแอมพลิจูดเฉลี่ยและค่าความเร็วจากสมการที่ 2.4 ในความสูง ที่ 0.1 ถึง 0.5 เมตร.....	50
4.14 ผลการทดลองการหาค่าความถี่จากการทดลองหาความเร็วลูกตุ้มจาก Microvave Doppler Effect ที่ขาเข้าและขาออกของความสูง 0.1 ถึง 0.5 เมตรจากการทดลองครั้งที่ 1 ถึง 5.....	51
4.15 ผลการทดลองการหาค่าความถี่จากการทดลองหาความเร็วลูกตุ้มจาก Microvave Doppler Effect ที่ขาเข้าและขาออกของความสูง 0.1 ถึง 0.5 เมตรจากการทดลองครั้งที่ 6 ถึง 10.....	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่สามารถนำเอกสารนี้ไปเผยแพร่หรือใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นใดโดยไม่ได้รับอนุญาต

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.16 ผลการทดลองการหาค่าความถี่จากการทดลองหาความเร็วลูกตุ้มจาก Microvave Doppler Effect ที่ขาเข้าและขาออกของความสูง 0.1 ถึง 0.5 เมตรจากการทดลองครั้งที่ 11 ถึง 15.....	53
4.17 ผลการทดลองการหาค่าความถี่จากการทดลองหาความเร็วลูกตุ้มจาก Microvave Doppler Effect ที่ขาเข้าและขาออกของความสูง 0.1 ถึง 0.5 เมตรจากการทดลองครั้งที่ 16 ถึง 20.....	54
4.18 ผลการทดลองการหาค่าความถี่จากการทดลองหาความเร็วลูกตุ้มจาก Microvave Doppler Effect ที่ขาเข้าและขาออกของความสูง 0.1 ถึง 0.5 เมตรจากการทดลองครั้งที่ 21 ถึง 25.....	55
4.19 ผลการทดลองการหาค่าความถี่จากการทดลองหาความเร็วลูกตุ้มจาก Microvave Doppler Effect ที่ขาเข้าและขาออกของความสูง 0.1 ถึง 0.5 เมตรจากการทดลองครั้งที่ 25 ถึง 30.....	56
4.20 ผลการทดลองการหาค่าความถี่เฉลี่ยของขาเข้ากับขาออก ความเร็ว และความเร็วเฉลี่ยในความสูงที่ 0.1 ถึง 0.5 เมตร.....	57
4.21 ตารางแสดงผลการทดลองของค่าความเร็วจากการทดลองของวิธีไม่กับ Microvave Doppler Effect และค่าคำนวณจากกฎการอนุรักษ์พลังงาน ในความสูงที่ 0.1 ถึง 0.5 เมตร	58
4.22 ผลการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วงที่เกิดจากอากาศ ที่ความสูง 10 ถึง 50 เซนติเมตร	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงลักษณะ และปุ่มของวีรีโมต	3
2.2 ซิปกล้อง PixArt IR.....	4
2.3 กระจก dichroic	4
2.4 ลักษณะของเซนเซอร์ ADXL330.....	5
2.5 รูปตำแหน่งเซนเซอร์ ADXL330 (วงกลมสีแดง) บนวีโมต.....	5
2.6 รูปแสดงการกดเพื่อเริ่มระบบบูลทูตของวีโมต.....	6
2.7 ไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรดที่ใช้ในการวิจัยนี้.....	7
2.8 แสดงถึงลักษณะของบอร์ด Raspberry Pi.....	8
2.9 จุดต่อพอร์ตของRaspberry Pi3.....	9
2.10 แสดงลักษณะของคลื่นในกรณีที่ 1 และ 2	11
2.11 เสียงแตรออกจากมอเตอร์ไซด์แหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนที่เข้าหาผู้ฟังที่กำลังเคลื่อนที่.....	12
2.12 ระยะเวลาจัดที่เวลาต่างๆของการเคลื่อนที่แบบหน่วง	14
2.13 ระยะเวลาจัดของการเคลื่อนที่แบบต่างๆ	14
3.1 บอร์ดRaspberry Pi 3 Model B.....	15
3.2 จอแสดงผล LCD.....	16
3.3 จอแสดงผล LCD ที่ติดตั้งกับ Raspberry Pi.....	16
3.4 อุปกรณ์เครื่องเล่นเกมส์ Wii Remote	17
3.5 ชุดแผง IR LED.....	17
3.6 วงจรที่ใช้ในการต่อ IR LED.....	18
3.7 ลูกตุ้มก่อนพันแผงไดโอดเปล่งแสง	18
3.8 ลูกตุ้มที่ติดตั้งอุปกรณ์ใช้ในการทดลอง.....	19
3.9 ลักษณะรูปร่างของโปรแกรม และปุ่มการทำงาน	19
3.10 ผังแสดงการทำงานของปุ่ม CONNECT.....	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ หากมีข้อผิดพลาดประการใดขออภัยเป็นอย่างสูงและต้องอ้างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรณีนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.11 ผังแสดงการทำงานของปั๊ม startlap	21
3.12 ผังแสดงการทำงานของปั๊ม Enter.....	22
3.13 รูปแสดงความต่างของระนาบเมื่อออกห่างจากวีโมต	23
3.14 แสดงการเลื่อนไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรดในแกน X และแกน Y	24
3.15 อุปกรณ์ที่ใช้ในการการทดลองเพื่อหาระยะฟิสิกเซล	24
3.16 ภาพแสดงตำแหน่งการวางไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรด	25
3.17 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบความแม่นยำ	25
3.18 รูปแสดงการติดตั้งวีโมตโดยให้ลูกตุ้มอยู่ในกรอบฟิสิกเซลตำแหน่ง	26
3.19 รูปแสดงการติดตั้งลูกตุ้มห่างจากวีโมต (วงกลมสีแดง).....	26
3.20 แสดงการติดตั้งวีโมต.....	27
3.21 แสดงการติดตั้งจากมุมมอง Top view.....	27
3.22 แสดงการติดตั้งจากมุมมอง Side view	27
3.23 เลือกกดปุ่ม Set center ที่หน้าจอเพื่อตั้งค่าจุดศูนย์กลาง	28
3.24 อุปกรณ์ที่ใช้วัดระดับความสูง.....	28
3.25 แสดงถึงความสูงในแต่ละระดับ	29
3.26 แสดงตำแหน่งของปั๊มต่างๆตามข้อที่ 1, 2 และ 4.....	30
3.27 แสดงตำแหน่งของปั๊มตามข้อ 3	30
3.28 รูปแสดงค่าตำแหน่งจากวีโมตเทียบกับเวลา.....	31
3.29 กราฟแสดงตำแหน่งจากวีโมตที่ลบค่าเส้นหลักเทียบกับเวลา.....	31
3.30 รูปแสดงลักษณะการแกว่ง.....	32
3.31 ส่วนประกอบต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง.....	33
3.32 เครื่องที่ใช้ในการทดลองจริง	33
3.33 รูปแสดงลักษณะข้อมูลที่มาหาค่าแอมพลิจูดในเวลาใดๆ.....	34

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.34 ผังแสดงการทำงานของการทำงานหาค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วง	35
4.1 กราฟแสดงพิกัดของแกน X ในการทดลองทั้งหมด 10 ครั้ง ที่ความสูง 0 เซนติเมตร	38
4.2 กราฟแสดงพิกัดของแกน X ในการทดลองทั้งหมด 10 ครั้ง ที่ความสูง 10 เซนติเมตร	39
4.3 กราฟแสดงพิกัดของแกน X ในการทดลองทั้งหมด 10 ครั้ง ที่ความสูง 20 เซนติเมตร	40
4.4 กราฟแสดงพิกัดของแกน X ในการทดลองทั้งหมด 10 ครั้ง ที่ความสูง 30 เซนติเมตร	41
4.5 กราฟแสดงลักษณะข้อมูลที่บันทึก	42
4.6 รูปแสดงค่าช่วงข้อมูลที่ผิดพลาด	43
4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงจากจุดกึ่งกลางกับความเร็วจากดอปเพลอร์	59
4.8 กราฟแสดงลักษณะข้อมูลการแกว่งและการลดลงของแอมพลิจูด	59
4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงและค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วง	60
4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าตำแหน่งจากวิโมตพร้อมแสดงกราฟการลดลงของแอมพลิจูดโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วงของอากาศที่ได้จากการทดลอง	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันปฏิบัติการฟิสิกส์มีความสำคัญอย่างมากในการทำความเข้าใจในทางฟิสิกส์ของนักศึกษาที่กำลังศึกษาความรู้ทางด้านฟิสิกส์ ดังนั้นเครื่องมือที่ใช้ในทางปฏิบัติการฟิสิกส์นั้นมีความสำคัญอย่างมาก และในปัจจุบันนั้นมีบริษัทมากมายที่จำหน่ายเครื่องมือทางด้านนี้ที่ทำให้การทดลองทางฟิสิกส์นั้นสะดวกขึ้น และแม่นยำขึ้น บริษัทที่ทำการจัดจำหน่ายเครื่องมือทางด้านนี้อาทิ เช่น Pasco Phywe Keyence Sciencefirst และ lamda เป็นต้น ซึ่งบริษัทเหล่านี้ผลิตเครื่องมือทดลองทางฟิสิกส์ที่มีประสิทธิภาพสูงนั้นซึ่งพบว่ามีราคาที่สูงเช่นกันจึงเกิดความเลื่อมเหลื่อมล้ำในการเข้าถึงความรู้ของนครวยและคนจน ดังนั้นเราจึงนำวีรีโมต (Wii Remote) ที่ในตัวของมันนั้นมีตัววัดความเร่ง กล้องอินฟราเรด และมีการรับส่งข้อมูลโดยใช้บลูทูธ [1] มาประยุกต์ใช้ในทางฟิสิกส์บางประเภทเนื่องจากในปัจจุบันราคาของวีรีโมตนั้นมีราคาที่ถูกลง และเรานำมันมาใช้ในโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นบนระบบเบอรรี่พายโดยมีภาษาไพธอนเป็นพื้นฐาน ถ้าผู้ที่ต้องการศึกษาปฏิบัติการฟิสิกส์นั้นขอแค่มีโปรแกรมที่เราพัฒนา และวีรีโมตก็สามารถทำการทดลองของเราได้ และมีต้นทุนที่ต่ำ

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1) เพื่อศึกษาและเรียนรู้การใช้วีรีโมต
- 2) เพื่อนำการทดลองทางฟิสิกส์มาใช้ร่วมกับอุปกรณ์เซนเซอร์ชนิดใหม่ๆ

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

- 1) ได้ชุดทดลองทางฟิสิกส์เบื้องต้นเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของลูกตุ้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 วิธีการดำเนินการ

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาวีรียโมต

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาทฤษฎีทางฟิสิกส์

ขั้นตอนที่ 3 เขียนโปรแกรมเพื่ออ่านข้อมูลจากวีรียโมต

ขั้นตอนที่ 4 ออกแบบการทดลองต่างที่ใช้วีรียโมตมาใช้

ขั้นตอนที่ 5 ทำการทดลองที่ออกแบบไว้

ขั้นตอนที่ 6 เก็บผลการทดลอง สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

ขั้นตอนที่ 7 เขียนรายงาน

ตารางที่1.1 แผนการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงาน	ระยะเวลา								
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
ขั้นตอนที่ 1									
ขั้นตอนที่ 2									
ขั้นตอนที่ 3									
ขั้นตอนที่ 4									
ขั้นตอนที่ 5									
ขั้นตอนที่ 6									
ขั้นตอนที่ 7									

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) เพื่อเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้อุปกรณ์เซนเซอร์ที่มีต้นทุนต่ำใช้กับการทดลองทางฟิสิกส์
- 2) ได้รับความรู้เกี่ยวกับการประยุกต์สิ่งของอื่นมาประกอบการทดลองทางฟิสิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

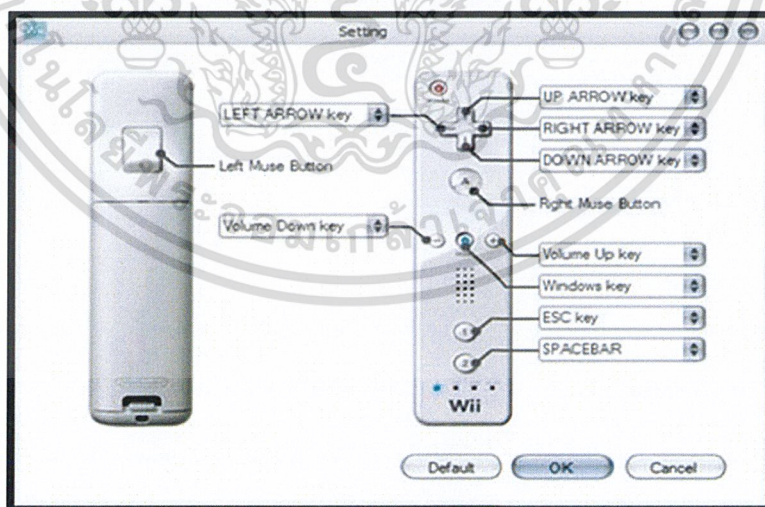
บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้ได้กล่าวถึงข้อมูล และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโครงการพิเศษโดยอธิบายนิยามเบื้องต้นเกี่ยวกับเครื่องวีรีโมต ที่มีเซนเซอร์ในการตรวจจับการเคลื่อนไหว รวมถึงเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อที่จะนำไปประยุกต์ใช้กับการทดลองทางฟิสิกส์

2.1 อุปกรณ์ วีรีโมต

วีรีโมตหรือที่เรียกกันง่ายๆ ว่า วีรีโมต เป็นอุปกรณ์หลักที่ใช้ในการควบคุมเครื่องเกมนินเทนโดวี (NintendoWii) ภายในตัวของวีรีโมตนั้น มีเซนเซอร์อยู่ 2 ตัว ที่ช่วยในการส่งข้อมูลเข้าไปที่ตัวเครื่องนินเทนโดวี เพื่อที่จะทำการควบคุมได้แบบสมจริงเซนเซอร์ตัวแรกคือ เครื่องวัดความเร่ง (Accelerometer) และเครื่องติดตามกล้องอินฟราเรด (Infrared camera tracker) วีรีโมตมีลักษณะการทำงานคล้ายเมาส์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ ที่เราใช้อยู่กันทุกวัน แต่วีรีโมตนั้นสามารถทำได้มากกว่าคือ สามารถที่จะรับรู้ถึงการเคลื่อนไหวของเราได้และสามารถรับรู้ได้ว่าเราเหวี่ยงแขนหนักหรือเบา รวมทั้งองศาในการถือวีรีโมตก็สามารถรับรู้ได้ ลักษณะของวีรีโมต และปุ่มต่างๆ ซึ่งเราสามารถกำหนดการทำงานของปุ่มได้จะแสดงดังรูปที่ 2.1



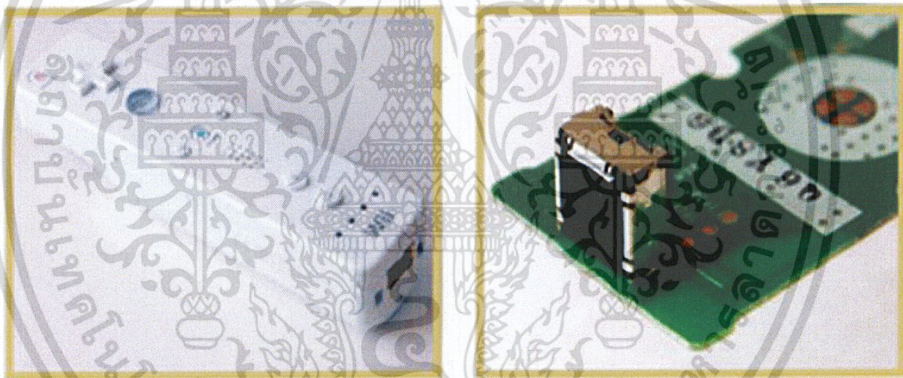
รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะ และปุ่มของวีรีโมต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 องค์ประกอบภายในตัววีรีโมต

2.2.1 กล้องอินฟราเรด

วีรีโมตจะมีเซ็นเซอร์ที่ใช้จับแสงอินฟราเรดและบอกตำแหน่งออกมาเป็นคูพิกัด x และ y เพื่อบอกว่ามีแสงอินฟราเรดอยู่ที่ตำแหน่งใดบ้าง จึงสามารถเอาหลอดอินฟราเรดมาติดที่ตำแหน่งที่เราต้องการได้เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ในส่วนของปลายของวีรีโมตแต่ละตัวจะเป็นเซ็นเซอร์กล้องอินฟราเรดที่ผลิตโดย PixArt Imaging ซึ่งแสดงในรูปที่ 2.2 ชิปล้องมีกลไกการติดตามแบบ multiobject tracking (MOT) ซึ่งมีความสามารถในการติดตามการทำงานด้วยความเร็วสูงได้ถึงสี่ตัวพร้อมกันจากแหล่งกำเนิดแสงอินฟราเรด (IR) รายละเอียดที่แน่นอนของเซ็นเซอร์ตัวนี้ไม่ได้ถูกเผยแพร่อย่างเป็นทางการแต่จากการหาข้อมูลที่มีการทดลองนั้นจะพบว่ามีมาให้ข้อมูลตำแหน่งด้วยความละเอียด $1,024 \times 768$ พิกเซล โดยการมองภาพมีประสิทธิภาพอยู่ที่ 33 องศาในแนวนอนและ 23 องศาในแนวตั้ง โดยเป็นการวัดแบบหนึ่งหน่วยสามารถตรวจจับได้ถึง 940nm ตัวกล้องอินฟราเรด จะมีกระจก dichroic ไว้กรองแสงผ่านเข้าไปหากลองดูรูปที่ 2.3 [1]



รูปที่ 2.2 ชิปล้อง PixArt IR

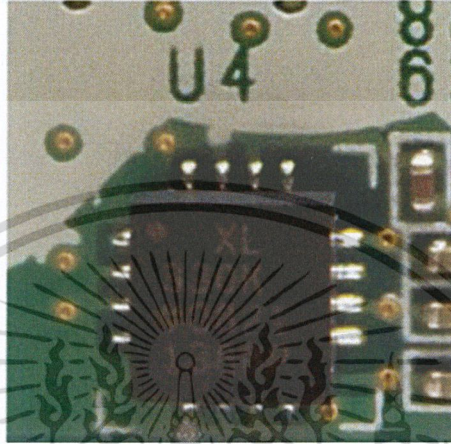


รูปที่ 2.3 กระจก dichroic

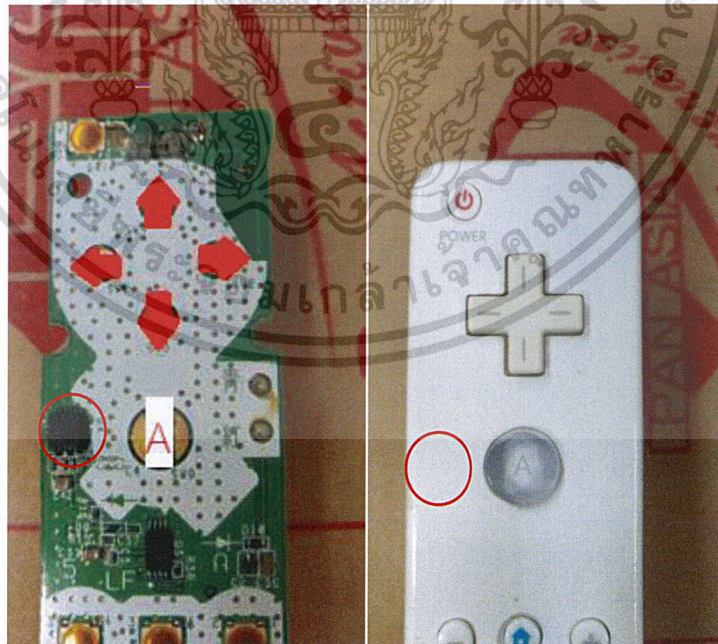
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 เครื่องวัดความเร่ง

ในวิโมตนั้นจะใช้เซนเซอร์วัดความเร่งที่ชื่อว่า ADXL330 เป็นเซนเซอร์เครื่องวัดความเร่งแบบ 3 แกน มีความเร็วในการสื่อสารอยู่ที่ 100 Hz มีลักษณะดังรูปที่ 2.4 และตำแหน่งที่ติดตั้งที่วิโมตตามรูปที่ 2.5 [2]



รูปที่ 2.4 ลักษณะของเซนเซอร์ ADXL330

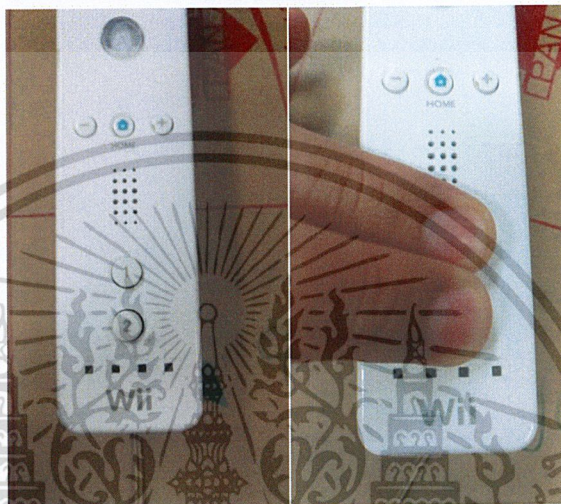


รูปที่ 2.5 รูปตำแหน่งเซนเซอร์ ADXL330 (วงกลมสีแดง) บนวิโมต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่สามารถนำออกจำหน่ายหรือใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 การเชื่อมต่อ

วีโมตนั้นสามารถเชื่อมต่อเพื่อส่งข้อมูลได้ผ่านทางบลูทูธ (Bluetooth) ซึ่งในวีโมตนั้นใช้ชิป Broadcom 2042 เป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อแบบบลูทูธ และตัวBroadcom นี้เป็นตัวที่เป็นมาตรฐานในการเชื่อมต่อแบบบลูทูธ โดยการกดเลข 1 และ 2 พร้อมกันจะเป็นการเปิดระบบสัญญาณบลูทูธของวีโมตดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 รูปแสดงการกดเพื่อเริ่มระบบบลูทูธของวีโมต

2.3 รังสีอินฟราเรด (Infrared radiation, IR)

รังสีอินฟราเรดคือรังสีที่เกิดจากการแผ่รังสีของวัตถุหรือพลังงานที่ถูกปลดปล่อยจากวัตถุในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic wave) หรือโฟตอน (Photon) พลังงานนี้เกิดเนื่องมาจากการเปลี่ยนระดับพลังงานของอิเล็กตรอน มีความเร็วสูงสุดเท่ากับความเร็วแสง และสามารถเกิดได้ในสุญญากาศซึ่งรังสีที่ได้จากวิธีนี้นั้นมีหลายความยาวคลื่นสำหรับรังสีอินฟราเรดนั้นแบ่งช่วงความยาวคลื่นได้ 3 ระดับ คือ

รังสีอินฟราเรดคลื่นสั้น (Near-infrared radiation, NIR) มีความยาวคลื่นระหว่าง 780-1400 นาโนเมตร รังสีอินฟราเรดคลื่นกลาง (Mid-infrared radiation, MIR) มีความยาวคลื่นระหว่าง 1400-3000 นาโนเมตร และรังสีอินฟราเรดคลื่นยาว (Far-infrared radiation, NIR) มีความยาวคลื่นระหว่าง 3000-1000000 นาโนเมตร [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ไดโอดเปล่งแสง (light-emitting diode , LED)

เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำจัดอยู่ในจำพวกไดโอดที่สามารถเปล่งแสงในช่วงสเปกตรัมแคบได้ เมื่อถูกไบอัสทางไฟฟ้าในทิศทางไปข้างหน้าสีของแสงที่เปล่งออกมานั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุที่ใช้ แสงที่สามารถเปล่งได้นั้นมีทั้ง แสงใต้ใกล้ช่วงอัลตราไวโอเล็ต ช่วงแสงที่มองเห็น และช่วงแสงอินฟราเรด [4]

2.4.1 ไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรด (IR LED)

เป็นไดโอดเปล่งแสงที่ถูกสร้างขึ้นมาให้ปล่อยแสงในย่านอินฟราเรด โดยในการทดลองนี้ใช้ ไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรด 940 nm มีลักษณะดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรดที่ใช้ในการวิจัยนี้

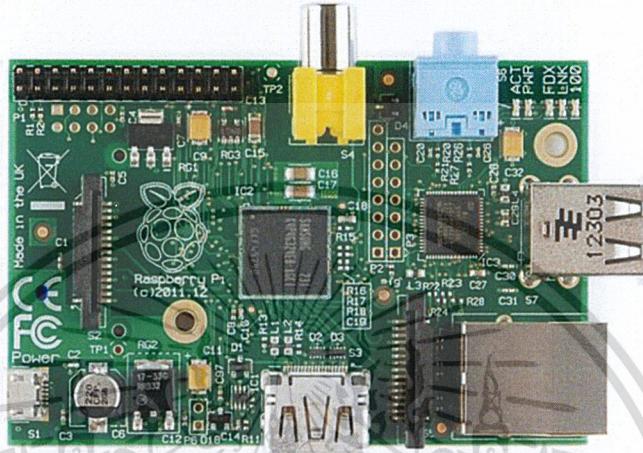
2.5 ภาษาไพธอน (Python)

ภาษาไพธอนคือ ภาษาคอมพิวเตอร์ชนิดหนึ่งที่ถูกสร้างขึ้นมาจากภาษานี้เป็นภาษาที่ผู้สร้างให้ใช้ได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่ายและไม่ขอผลตอบแทนถ้านำภาษานี้ไปช่วยในการสร้างผลงานหรือการสร้างเครื่องมือในการสนับสนุนภาษาไพธอน [5]

2.6 ราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi)

คือ บอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่สามารถเชื่อมต่อกับจอมอนิเตอร์ คีย์บอร์ด และเมาส์ได้ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการทำโครงการทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ การเขียนโปรแกรม หรือเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะขนาดเล็ก ไม่ว่าจะเป็นการทำงาน ท่องอินเทอร์เน็ต ส่งอีเมล หรือเล่นเกมส์ อีกทั้งยังสามารถเล่นไฟล์วิดีโอความละเอียดสูง (High-Definition) ได้ สามารถใช้ราสเบอร์รี่พายเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์เดสก์ท็อปประจำบ้านอีกเครื่องหนึ่งได้ แต่ว่าระบบการทำงานของราสเบอร์รี่พาย

นั่นอาจจะไม่ดีเท่าคอมพิวเตอร์โน้ตบุคทั่วไปรูปร่างลักษณะของราสเบอร์รี่พายจะเป็นดังรูปที่ 2.8 และราสเบอร์รี่พายนั้นมีระบบปฏิบัติการที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อราสเบอร์รี่พายโดยเฉพาะ นั่นคือระบบปฏิบัติการราสเปียน (Raspian) ในระบบปฏิบัติการนี้ได้มีโปรแกรมและเกมส์จำนวนหนึ่งให้ลองใช้ และในจำนวนนั้นมีโปรแกรมเขียนภาษาไพธอนไว้ให้แล้วเมื่อติดตั้งระบบปฏิบัติการครั้งแรก [6]



รูปที่ 2.8 แสดงถึงลักษณะของบอร์ด Raspberry Pi

2.6.1 รุ่นของบอร์ดราสเบอร์รี่พาย

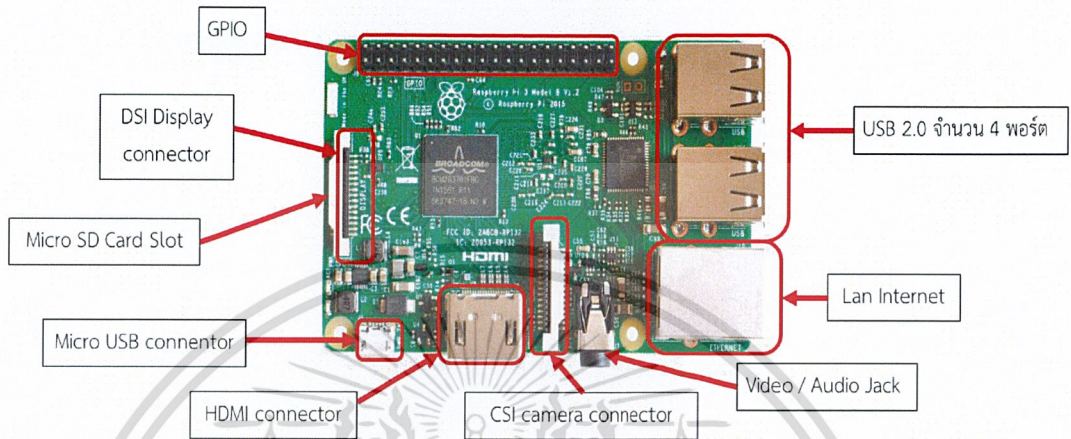
ในปัจจุบันนั้นราสเบอร์รี่พายถูกพัฒนามาแล้วหลายรุ่นมีทั้งหมด ดังนี้

1. Raspberry Pi Model B
2. Raspberry Pi Model A
3. Raspberry Pi Model B+
4. Raspberry Pi Model A+
5. Raspberry Pi Compute module
6. Raspberry Pi 2
7. Raspberry Pi Zero
8. Raspberry Pi 3

2.6.2 Raspberry Pi 3 Model B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการเชิงพาณิชย์เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า มีซีพียูตัวใหม่ 64บิต และติดตั้งชิปวงจรรีเสอร์ซไวร์สายที่รวม WiFi และ BLE (Bluetooth Low Energy) ไว้ในตัวถึงเดียวกัน ใช้ชิปประมวลผล Broadcom BCM2837 ARM Cortex-A53 แบบ 4

แกน ความเร็ว 1.2GHz เร็วกว่ารุ่นแรก 10 เท่า มีหน่วยความจำแรม 1GB ความโดดเด่นแตกต่างจากรุ่นอื่นๆ คือการบรรจุวงจร WiFi และ Bluetooth ไว้บนบอร์ดเลย ทำให้เชื่อมต่อไร้สายได้ง่าย และสะดวกมากขึ้น จุดต่อของบอร์ดเป็นดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 จุดต่อพอร์ตของRaspberry Pi3

2.7 พลังงาน

คือ ความสามารถในการทำงานทุกสิ่งทุกอย่างในโลกพลังงานปรากฏอยู่ในหลายรูปแบบที่แตกต่างกันเช่น พลังงานไฟฟ้า พลังงานเคมี พลังงานความร้อน พลังงานจลน์ พลังงานศักย์ พลังงานแสง พลังงานนิวเคลียร์และอื่นๆ อีกมากมาย ในชีวิตประจำวันของทุกคนเกี่ยวข้องกับพลังงาน และใช้พลังงานตลอดเวลาไม่มีการทำงานใดเลยที่ไม่ใช้พลังงาน ในโครงการพิเศษนี้จะกล่าวถึงเฉพาะพลังงานศักย์ และพลังงานจลน์เท่านั้น โดยพลังงานทั้งสองนี้เรียกรวมๆกันว่า “พลังงานกล” [8]

2.7.1 พลังงานจลน์

คือ พลังงานกลที่ขึ้นกับความเร็วของวัตถุ วัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วจะมีพลังงานจลน์ วัตถุที่อยู่นิ่งจะไม่มีพลังงานจลน์เราสามารถหาขนาดของพลังงานจลน์ได้จากสมการที่ 2.1

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 \quad (2.1)$$

เมื่อ E_k คือ พลังงานจลน์ (จูล)

m คือ มวล (กิโลกรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 v คือ ความเร็วของวัตถุ (เมตร/วินาที)
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 พลังงานศักย์

คือ พลังงานที่สะสมอยู่ในตัววัตถุซึ่งอาจถูกปลดปล่อยออกมาเป็นพลังงานรูปแบบอื่นๆ ได้ พลังงานศักย์ซึ่งเกี่ยวข้องกับแรงโน้มถ่วงเรียกว่า “พลังงานศักย์โน้มถ่วง” เช่น เมื่อเราแบกวัตถุไว้สูงจากพื้นขนาดหนึ่งในวัตถุจะมีพลังงานสะสมอยู่ พลังงานที่สะสมตรงนี้เกิดจากแรงโน้มถ่วงของโลกเรา เรียกพลังงานศักย์โน้มถ่วง โดยในโครงการพิเศษนี้จะใช้แค่พลังงานศักย์โน้มถ่วงเท่านั้นซึ่งหาขนาดได้จากสมการที่ 2.2

$$E_p = mgh \quad (2.2)$$

เมื่อ E_p คือ พลังงานศักย์โน้มถ่วง (จูล)

m คือ มวล (กิโลกรัม)

g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง (เมตร/วินาที²)

h คือ ความสูงจากจุดเปรียบเทียบถึงวัตถุ (เมตร)

2.7.3 กฎการอนุรักษ์พลังงาน

หมายถึง พลังงานเป็นปริมาณที่ไม่สูญหายแต่อาจเปลี่ยนรูปหรือเคลื่อนย้ายได้ โดยปริมาณทั้งหมดของพลังงานต้องคงเดิมสามารถทำได้โดยใช้สมการที่ 2.3

$$E_1 + W = E_2 \quad (2.3)$$

เมื่อ E_1 และ E_2 คือ พลังงานที่มีตอนแรกและตอนหลังตามลำดับ

W คือ งานในระบบ

2.7.4 การหาความเร็วของลูกตุ้ม

จากกฎการอนุรักษ์พลังงาน และไม่มีงานในระบบนั้นจะได้ว่าพลังก่อนปล่อยลูกตุ้มจะมีพลังงานศักย์สูงสุดไม่มีพลังงานจลน์และเมื่อถึงจุดศูนย์กลางการแกว่งค่าพลังงานจลน์จะสูงสุดค่าพลังงานศักย์ไม่มีตั้งนั้นจากสมการ (2.1) (2.2) (2.3) เราจะได้ออกมาเป็นสมการที่ 2.4

$$E_p = E_k \quad (2.3)$$

$$mg\Delta h = \frac{1}{2}mv^2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องแจ้งเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$v = \sqrt{2g\Delta h} \quad (2.4)$$

2.8 ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ (Doppler Effect)

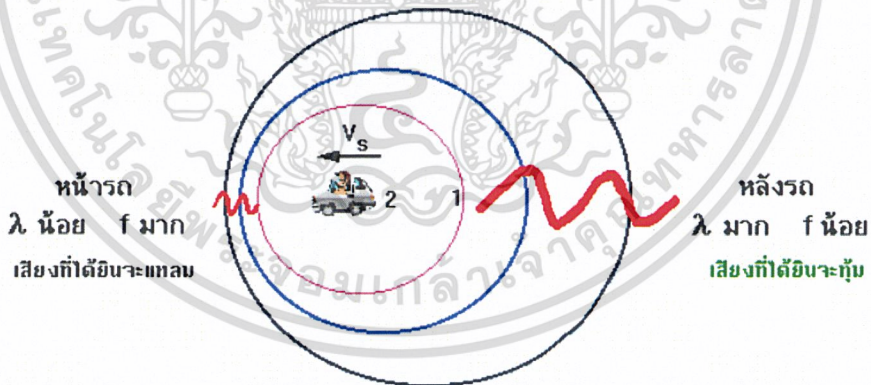
เป็นปรากฏการณ์มีการเปลี่ยนแปลงระดับเสียง (ความถี่ของเสียง) เมื่อแหล่งกำเนิดและผู้สังเกตเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสัมพัทธ์ต่อกัน พบเห็นได้ทั่วไปในชีวิตประจำวันเช่น เมื่อมีรถพยาบาลส่งสัญญาณไซเรนเคลื่อนเข้าใกล้ผ่านตัวเรา และวิ่งห่างออกไปคลื่นเสียงที่เราได้ยินจะมีความถี่สูงขึ้นกว่าคลื่นที่ส่งออกมาตามปกติขณะที่รถเคลื่อนเข้ามาหา คลื่นเสียงมีลักษณะปกติขณะที่รถผ่านตัว และจะมีความถี่ลดลงเมื่อรถวิ่งห่างออกไปมีทั้งหมด 5 กรณี [9]

กรณีที่ 1 หากแหล่งกำเนิดเสียงพุ่งเข้าหาผู้ฟังที่อยู่นิ่ง

เช่น ผู้ฟังยืนอยู่หน้ารถแล้วฟังเสียงรถที่พุ่งเข้ามาหาตัวผู้ฟังเสียงรถที่มาถึงผู้ฟังจะถูกกดดันทำให้ความยาวคลื่น (λ) ของเสียงลดลงแต่ความถี่ (f) ของเสียงเพิ่มขึ้นทำให้ผู้ฟังได้ยินเสียงที่แหลมกว่าปกติดังรูปที่ 2.10

กรณีที่ 2 หากแหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนห่างออกจากผู้ฟังที่อยู่นิ่ง

เช่น ผู้ฟังยืนอยู่หลังรถแล้วฟังเสียงรถที่เคลื่อนห่างออกจากตัวผู้ฟังเสียงรถที่มาถึงผู้ฟังจะถูกลากออกไปทำให้ความยาวคลื่น (λ) ของเสียงมากขึ้นแต่ความถี่ (f) ของเสียงลดลงทำให้ผู้ฟังได้ยินเสียงที่ทุ้มกว่าปกติดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 แสดงลักษณะของคลื่นในกรณีที่ 1 และ 2

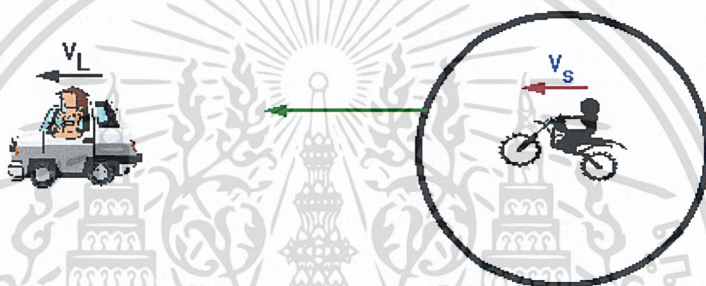
กรณีที่ 3 หากผู้ฟังเคลื่อนห่างออกไปจากแหล่งกำเนิดเสียงที่อยู่นิ่ง

เสียงที่มาถึงผู้ฟังจะถูกลากออกไปทำให้ความยาวคลื่น (λ) ของเสียงมากขึ้นแต่ความถี่ (f) ของเสียงลดลงทำให้ผู้ฟังได้ยินเสียงที่ทุ้มกว่ามากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่ 4 หากผู้ฟังเคลื่อนเข้าหาแหล่งกำเนิดเสียงที่อยู่นิ่ง เสียงที่มาถึงผู้ฟังจะถูกกดตันเข้าทำให้ความยาวคลื่น (λ) ของเสียงลดลงแต่ความถี่ (f) ของเสียงมากขึ้นทำให้ผู้ฟังได้ยินเสียงที่แหลมกว่าปกติ

กรณีที่ 5 หากแหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนที่เข้าหาผู้ฟังที่กำลังเคลื่อนที่ หากความเร็วแหล่งกำเนิดเสียงมากกว่าผู้ฟังเสียงที่มาถึงผู้ฟังจะถูกกดตันเข้าทำให้ความยาวคลื่น (λ) ของเสียงลดลง ความถี่ (f) ของเสียงมากขึ้นทำให้ผู้ฟังได้ยินเสียงที่แหลมกว่าปกติ ถ้าหากความเร็วแหล่งกำเนิดเสียงน้อยกว่าผู้ฟังเสียงที่มาถึงผู้ฟังจะถูกลากออกทำให้ความยาวคลื่น (λ) ของเสียงเพิ่มขึ้น ความถี่ (f) ของเสียงลดลงทำให้ผู้ฟังได้ยินเสียงที่ทุ้มกว่าปกติดังรูปตัวอย่างที่ 2.11



รูปที่ 2.11 เสียงแทรกออกจากมอเตอร์ไซด์แหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนที่เข้าหาผู้ฟังที่กำลังเคลื่อนที่

ในปรากฏการณ์ดอปเปลอร์เราสามารถหาความถี่ที่ผู้ฟังได้ยินจากสมการที่ 2.5

$$f_L = \frac{(V_o + V_L)}{(V_o + V_s)} f_s \tag{2.5}$$

และหาความยาวคลื่นได้จากสมการที่ 2.6

$$\lambda = \frac{(V_o + V_s)}{f_s} \tag{2.6}$$

เมื่อ f_L = ความถี่ที่ผู้สังเกตได้ยิน (เฮิรตซ์)

f_s = ความถี่ปกติของต้นกำเนิดเสียง (เฮิรตซ์)

V_o = อัตราเร็วเสียง (เมตร/วินาที)

V_s = อัตราเร็วของต้นกำเนิดเสียง (เมตร/วินาที)

V_L = อัตราเร็วของผู้สังเกต (เมตร/วินาที)

λ = ความยาวคลื่นเสียงที่ผู้สังเกตได้ยิน (เมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้เฉพาะในชั้นเรียนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงหรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 การแกว่งแบบหน่วง (Damped oscillators)

ในธรรมชาติจะมีการสูญเสียพลังงานระหว่างการเคลื่อนที่ซึ่งเกิดจากแรงเสียดทานของอุปกรณ์ และสิ่งแวดล้อมทำให้พลังงานและแอมพลิจูดลดลงเมื่อเวลาเปลี่ยนไป โดยแรงต้านทานเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเร็วของวัตถุนั้นคือ $R = -bv$ เมื่อ b เป็นค่าคงที่และ v คือความเร็วของวัตถุเพื่อให้วัตถุเคลื่อนที่แบบคงตัวจึงต้องป้อนพลังงานให้กับระบบหรือจำเป็นต้องมีแรงชดเชยให้กับระบบ [10]

ถ้าแรงต้านมีขนาดน้อยมากเมื่อเทียบกับแรงดึงของสปริงจะได้ระยะกระจัดที่เวลาต่างๆ คือ สมการที่ 2.7

$$x(t) = Ae^{\frac{-bt}{2m}} \sin(\omega t + \phi) \quad (2.7)$$

โดย b มีค่าน้อยๆ และมีความถี่เชิงมุมของการเคลื่อนที่เท่ากับสมการที่ 2.8

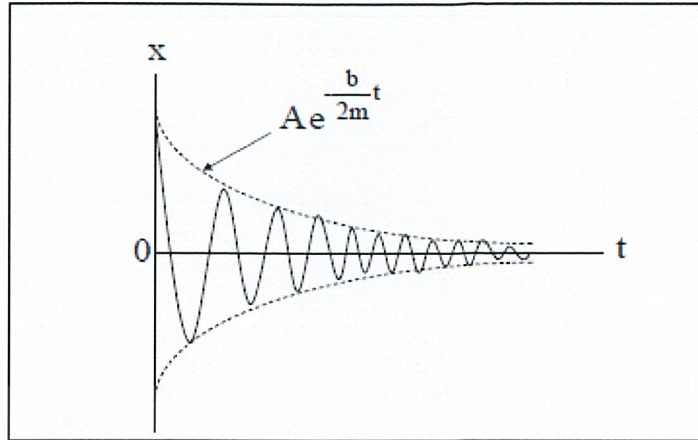
$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m} - \left(\frac{b}{2m}\right)^2} \quad (2.8)$$

จากสมการ 2.7 จะได้ระยะกระจัดที่เวลาต่าง ๆ แสดงดังภาพที่ 2.12 พบว่าขนาดของแอมพลิจูดจะลดลงเรื่อยๆ เมื่อเวลาผ่านไปจึงเรียกการเคลื่อนที่แบบนี้ว่าการแกว่งแบบหน่วง เช่น การแกว่งของมวลที่ติดกับสปริงหรือการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา โดยแอมพลิจูดจะลดลงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล ถ้าไม่มีพลังงานชดเชยจากแบตเตอรี่หรือขดลวดแอมพลิจูดของการเคลื่อนที่จะลดลงอย่างรวดเร็วจากสมการ 2.8 สามารถเขียนใหม่ได้เป็นสมการที่ 2.9 และสมการการลดลงของแอมพลิจูดเป็นไปตามสมการที่ 2.10

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \left(\frac{b}{2m}\right)^2} \quad (2.9)$$

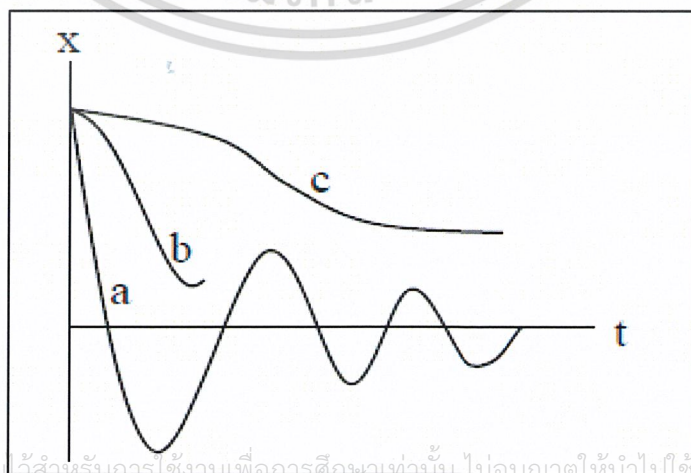
$$A(t) = A(t_0)e^{\frac{-bt}{2m}} \quad (2.10)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 ระยะกระจัดที่เวลาต่างๆของการเคลื่อนที่แบบหน่วง

เมื่อ $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$ เป็นความถี่เชิงมุมเมื่อไม่มีแรงหน่วง ($b = 0$) ทำให้ระบบแกว่งด้วยความถี่ธรรมชาติ (ω_0) ถ้า $b = 2m(\omega_0)$ ระบบจะไม่มีแกว่งอีกต่อไปจะเรียกจุดนี้ว่า การหน่วงวิกฤติ (Critically damped) โดยวัตถุจะกลับมาอยู่ที่ตำแหน่งสมดุลดังกราฟ (b) ในภาพที่ 2.13 ในกรณีที่แรงหน่วงมีค่ามากกว่าแรงขดเชยให้กับระบบนั้นคือ $b > 2m(\omega_0)$ จะทำให้ระบบเกิดการหน่วงเกิน (Over damped) จะได้กราฟการกลับสู่สมดุลดังกราฟ (c) ในรูปที่ 2.13 โดยการกลับสู่สมดุลจะขึ้นอยู่กับขนาดของแรงหน่วงถ้าแรงหน่วงมีขนาดใหญ่ขึ้นเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่กลับสู่จุดสมดุลก็จะเพิ่มขึ้นตาม กรณี Underdamp oscillation วัตถุจะสั่นขึ้นลงรอบๆ จุดสมดุลแต่แอมพลิจูดจะลดลงเรื่อยๆ $b < 2m(\omega_0)$ ตามเวลาที่ผ่านไปดังกราฟ (a) ในรูปที่ 2.13 แต่กรณี Critical oscillation และ Overdamp oscillation วัตถุจะไม่มีสั่นขึ้นลงรอบๆ จุดสมดุลแอมพลิจูดจะลดลงเรื่อยๆ ตามเวลาที่ผ่านไปโดยที่แอมพลิจูดของกรณี Critical oscillation จะลดลงเร็วกว่ากรณี Overdamp oscillation



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการใช้งานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.13 ระยะกระจัดของการเคลื่อนที่แบบต่างๆ

บทที่ 3

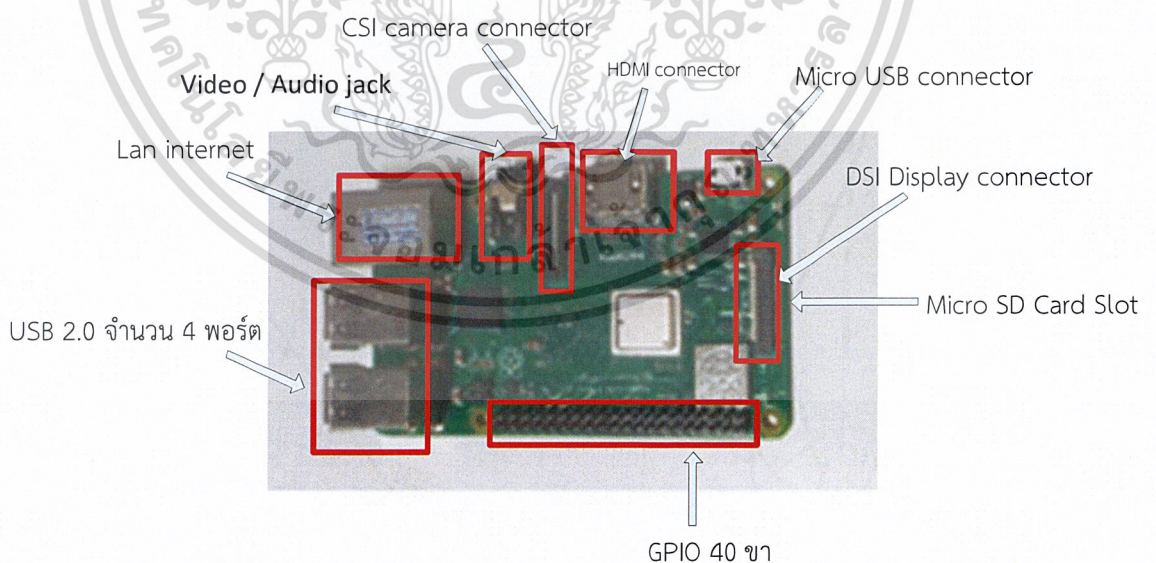
วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในการจัดการทำโครงการพิเศษ เรื่องการใช้เครื่องวีรีโมทในการทดลองทางฟิสิกส์เบื้องต้น ผู้จัดทำโครงการพิเศษได้มีการจัดหาอุปกรณ์ที่ราคาไม่มากจนเกินไป และมีขนาดที่ไม่ใหญ่มาก แต่สามารถนำไปใช้ในการทดลองได้จริง เพื่อประหยัดเนื้อที่ และประหยัดค่าใช้จ่าย ซึ่งในบทนี้จะประกอบด้วย อุปกรณ์การทดลอง การติดตั้ง และการทำการทดลอง

3.1 อุปกรณ์การทดลอง

3.1.1 Raspberry Pi 3 Model B/B+

ใช้ซีพียู 64บิต และติดตั้งชิปวงจรรีโมทไร้สายที่รวม WiFi และBLE (Bluetooth Low Energy) ไว้ในตัวถึงเดียวกัน ใช้ชิปประมวลผล Broadcom BCM2837 ARM Cortex-A53 แบบ 4 แกน ความเร็ว 1.2GHz เร็วกว่ารุ่นแรก 10 เท่า มีหน่วยความจำแรม 1GB วงจรสามารถเชื่อมต่อกับ จอมอนิเตอร์ คีย์บอร์ด และเมาส์ได้ สามารถเขียนโปรแกรมได้ด้วย ภาษา Python และมีรายละเอียด จุดการเชื่อมต่อลักษณะจะเป็นดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 บอร์ดRaspberry Pi 3 Model B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 หน้าจอแสดงผล LCD 7 นิ้ว

ในการทดลองใช้หน้าจอ LCD ขนาด 7 นิ้วเชื่อมต่อกับ Raspberry Pi โดยมีการเชื่อมต่อแบบ HDMI และมีความละเอียด 1024x600 พิกเซลมีลักษณะดังรูปที่ 3.2 และ 3.3 เพื่อรับค่าอินพุทจากผู้ใช้งานและแสดงผลการทดลอง



รูปที่ 3.2 จอแสดงผล LCD

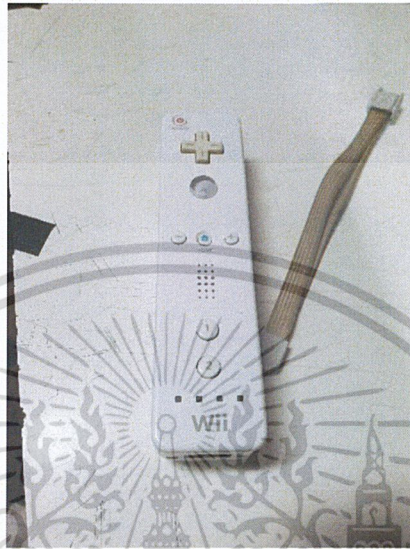


รูปที่ 3.3 จอแสดงผล LCD ที่ติดตั้งกับ Raspberry Pi

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 วีรีโมต

ในการทดลองจะนำวีรีโมตดังรูปที่ 3.4 ใช้ตรวจจับแสงอินฟราเรดและบอกตำแหน่งออกมาเป็นคู่พิกัด x และ y เพื่อนำมาหาความเร็วของลูกตุ้ม



รูปที่ 3.4 อุปกรณ์เครื่องเล่นเกม Wii Remote

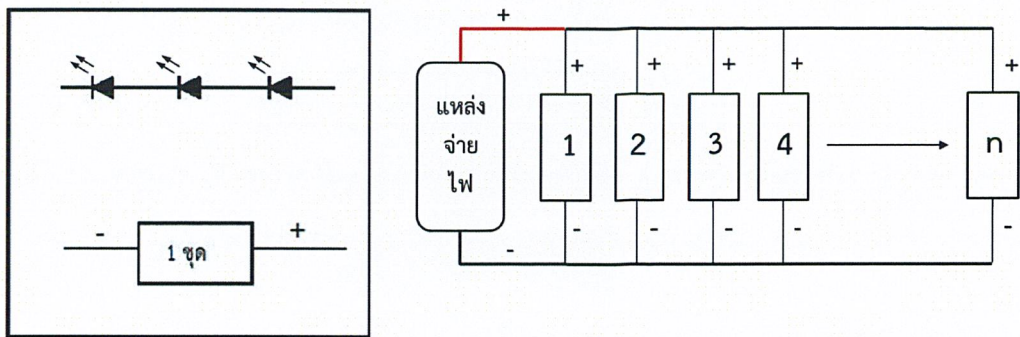
3.1.4 แผงไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรด

ทำการบัดกรีเชื่อมต่อไดโอดเปล่งแสงติดบนแผ่นโฟมใช้จำนวน 195 ดวงดังรูปที่ 3.5 เพื่อนำมาติดตั้งกับลูกตุ้ม เนื่องจากวีรีโมตนั้นจะจับตำแหน่งจุดกึ่งกลางของแสงดังนั้นถ้าแสงมีความต่อเนื่องกันวีรีโมตจะนับเป็นจุดเดียว



รูปที่ 3.5 ชุดแผง IR LED

เอกสารนี้เป็นเอกสารต้นฉบับ โดยทำการต่อวงจรแบบอนุกรมใช้ IR LED 3 ดวง ต่อ 1 ชุด โดยแต่ละชุดจะทำการต่อวงจรที่ไม่ซ้ำกันแล้วเชื่อมกับแหล่งจ่ายไฟจะทำจนถึงจุดที่พอดีกับการพันรอบลูกตุ้มเป็นดังรูปที่ 3.6 ใช้



รูปที่ 3.6 วงจรที่ใช้ในการต่อ IR LED

3.1.5 ลูกตุ้ม

ลูกตุ้มนั้นเราต้องนำแผงไดโอดเปล่งแสงเราจะนำไดโอดเปล่งแสงมาพันรอบลูกตุ้ม ดังนั้นลูกตุ้มก่อนพันแผงไดโอดเปล่งแสงเป็นดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ลูกตุ้มก่อนพันแผงไดโอดเปล่งแสง

ส่วนประกอบของลูกตุ้มในการทดลองดังรูปที่ 3.8 มีส่วนประกอบดังนี้

1. IR LED 195 ดวง พันรอบลูกตุ้ม
2. เชือกความยาว 172 เซนติเมตร (จากปลายเชือกอีกด้านถึงกึ่งกลางของลูกตุ้ม)
3. ข้างในเป็นฟองน้ำ คลุมด้วยฟรอยด์หุ้มข้างนอก ความสูง 26 เซนติเมตร น้ำหนักลูกตุ้มอยู่ที่ 472 กรัม (รวมน้ำหนักทั้งหมด ขณะติดตั้งเสร็จทุกอย่าง)
4. ถ่านซาก 3.7 volt 2 ก้อน
5. ปุ่มสวิตช์ เปิด-ปิดไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับอาจารย์ใช้เฉพาะเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 ลูกตุ้มที่ติดตั้งอุปกรณ์ใช้ในการทดลอง

3.2 การออกแบบระบบ

ในการทดลองของได้มีการพัฒนาโปรแกรมขึ้นมาเพื่อใช้งาน และระบบการทำงานจะมีการทำงานตามการกดปุ่ม และมีรูปแบบของโปรแกรมดังรูปที่ 3.9

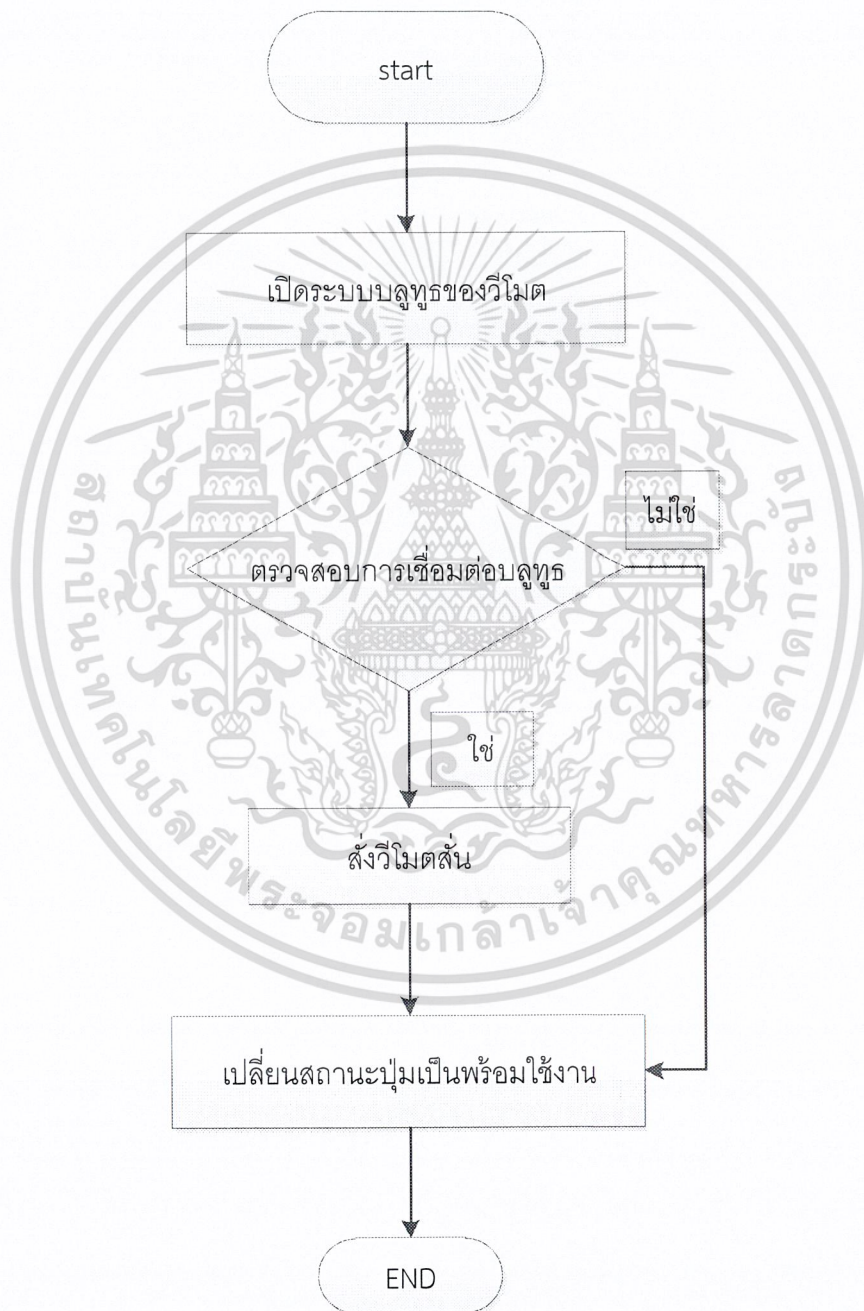


รูปที่ 3.9 ลักษณะรูปร่างของโปรแกรม และปุ่มการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 ปุ่ม CONNECT

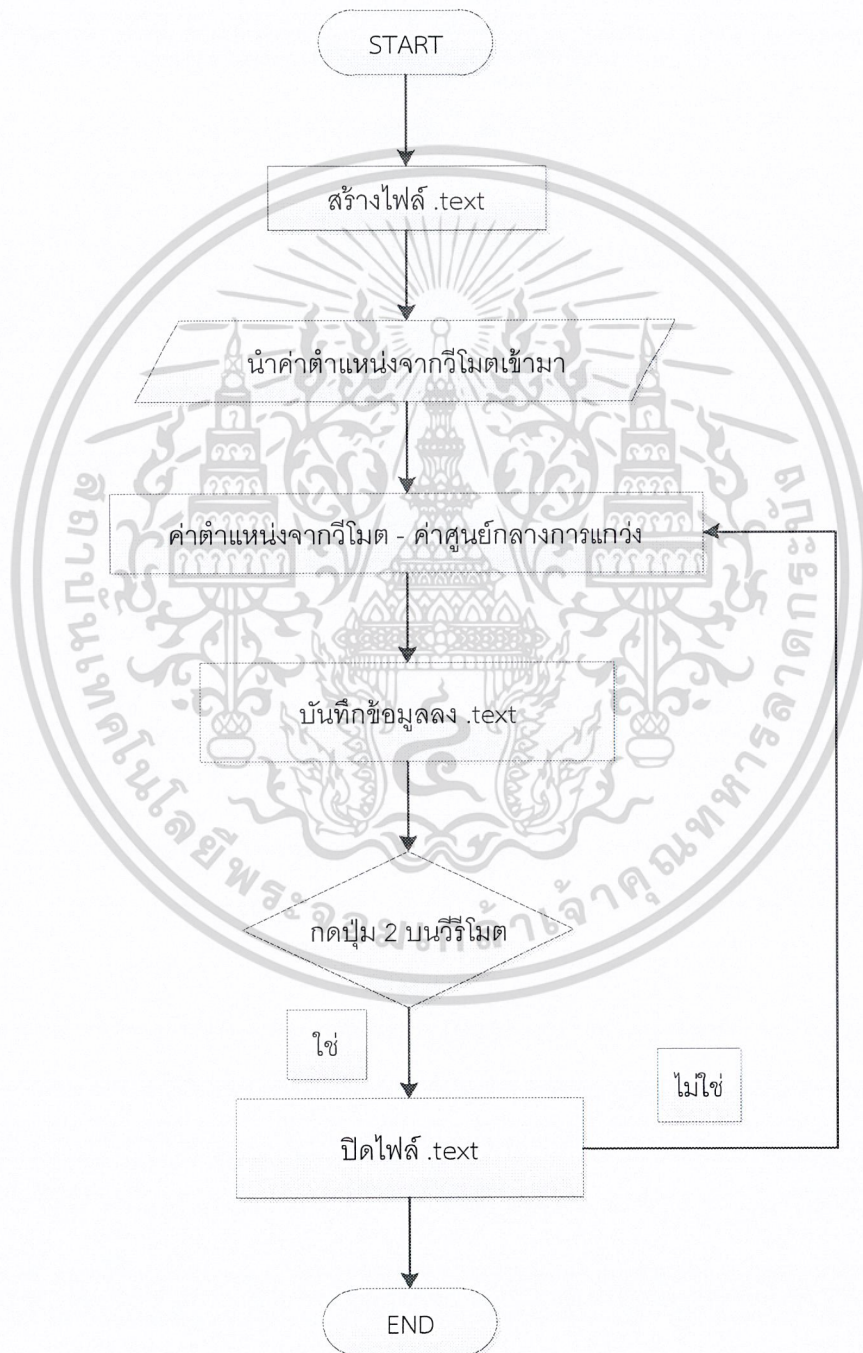
ปุ่ม CONNECT เป็นปุ่มทำหน้าที่เชื่อมต่อระบบกับวีโมต เมื่อทำการกดปุ่มพร้อมทำการเปิดระบบบลูทูธของวีโมตโดยการกดปุ่ม 1 และ 2 พร้อมกันบนวีโมต ถ้าระบบทำการเชื่อมต่อกับวีโมตสำเร็จจะทำการสั่งให้วีโมตสั่นพร้อมกับให้สถานะของปุ่ม start พร้อมใช้งาน แต่ถ้าเชื่อมต่อไม่สำเร็จจะจบการทำงานทันที มีลักษณะการทำงานดังรูปที่ 3.10



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ **รูปที่ 3.10 ผังแสดงการทำงานของปุ่ม CONNECT** เพื่อใช้ในการนำเสนอไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 ปุ่ม startlap

ปุ่ม startlap นั้นเมื่อทำการกดปุ่มนี้ระบบจะทำการสร้างไฟล์ที่มีนามสกุล .text และนำข้อมูลจากค่าตำแหน่งของวีโมตมาลบกับตำแหน่งศูนย์กลางการแกว่งจากนั้นบันทึกข้อมูลลงไฟล์ .text จะทำวนไปเรื่อยๆจนกว่าจะกดปุ่ม 2 บนวีโมต ถ้ากดจะทำการปิดไฟล์ .text ลงและจบการทำงาน มีลักษณะการทำงานดังรูปที่ 3.11



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 3.11 แสดงการทำงานของปุ่ม startlap
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 ปุ่ม Plot

เมื่อทำการกดปุ่ม Enter นั้นจะทำการตั้งชื่อของไฟล์ .text ตามที่เขียนในกรอบข้อความ X และ Y และนำข้อมูลในไฟล์ .text ไปพล็อตกราฟ ซึ่งข้อมูลที่ได้จากกรอบข้อความ X และ Y จะเป็นข้อมูลแกน X และ Y ตามลำดับ แต่ฟังก์ชันข้อมูลของแกน Y นั้นจะมีการไปเปลี่ยนข้อมูลจากระยะพิกเซลให้เป็นระยะจริง หลังจากนั้นจะแสดงกราฟขึ้นมา และจบการทำงาน มีลักษณะการทำงานดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 ผังแสดงการทำงานของปุ่ม Enter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 ปุ่ม Setcenter

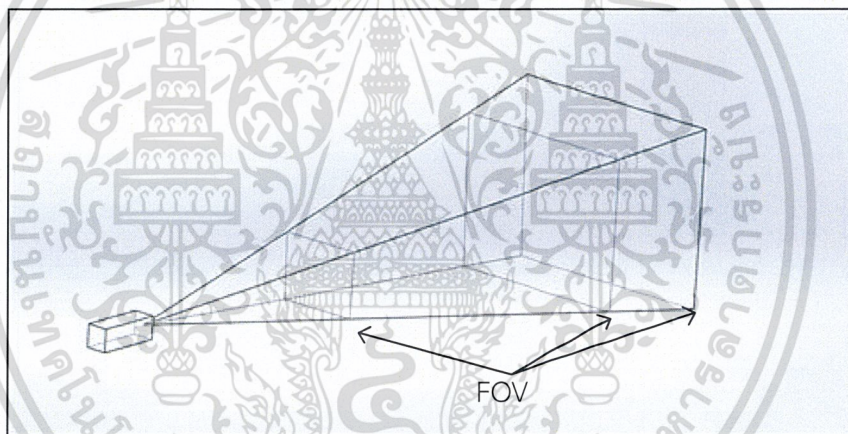
เป็นปุ่มที่บันทึกค่าตำแหน่งศูนย์กลางการแกว่งโดยทำการปล่อยลูกตุ้มให้อยู่นิ่งและทำการกดปุ่มนี้เพื่อบันทึกค่า

3.2.5 ปุ่ม Exit

เป็นปุ่มในการออกโปรแกรมและปิดการทำงานของวิโมต

3.3 การคำนวณเพื่อหาค่าระยะความยาวในหนึ่งพิกเซลของวิโมต

เนื่องจาก FOV (Field of view) หรือก็คือขอบเขตการรับรู้ภาพของกล้องมีการรับค่าตำแหน่งอินฟราเรดของวิโมตนั้นจะกว้างขึ้นเรื่อยๆ ถ้ายิ่งห่างจากตัววิโมตจะเป็นไปตามรูปที่ 3.13 จะเห็นว่าระนาบ Y นั้นจะใหญ่กว่าระนาบ X ที่อยู่ใกล้วิโมตมากกว่า

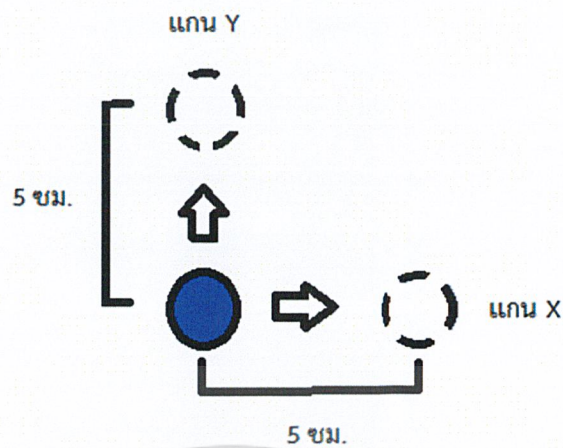


รูปที่ 3.13 รูปแสดงความต่างของระนาบเมื่อออกห่างจากวิโมต

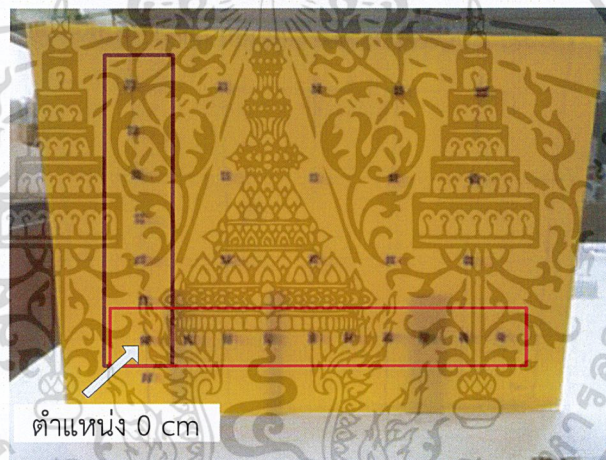
3.3.1 การออกแบบการทดลองเพื่อหาระยะพิกเซล

ในการทดลองนี้เราจะทำการทดลองเพื่อหาค่าระยะพิกเซลเป็นระยะจริงเราได้ทำโดยให้วิโมตจับตำแหน่งอินฟราเรดตัวหนึ่งไว้แล้วเลื่อนทุก 5 เซนติเมตรจนกระทั่งถึงระยะที่ 40 เซนติเมตรในทั้งแกน X และแกน Y ดังรูปที่ 3.14 โดยการทดสอบจะถูกทำในระยะของการทดลองระหว่างวิโมตกับไดโอดเปล่งแสงที่ติดบนลูกตุ้ม และนำค่าระยะห่างของแต่ละการเลื่อนซึ่งคือ 5 เซนติเมตร ไปเป็นตัวหารให้กับระยะห่างของค่าตำแหน่งจากวิโมตในแต่ละการเลื่อน เพื่อหาค่าเฉลี่ยความยาวในหนึ่งพิกเซล โดยอุปกรณ์การทดลองจะมีลักษณะดังรูปที่ 3.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 แสดงการเลื่อนไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรดในแกน X และแกน Y

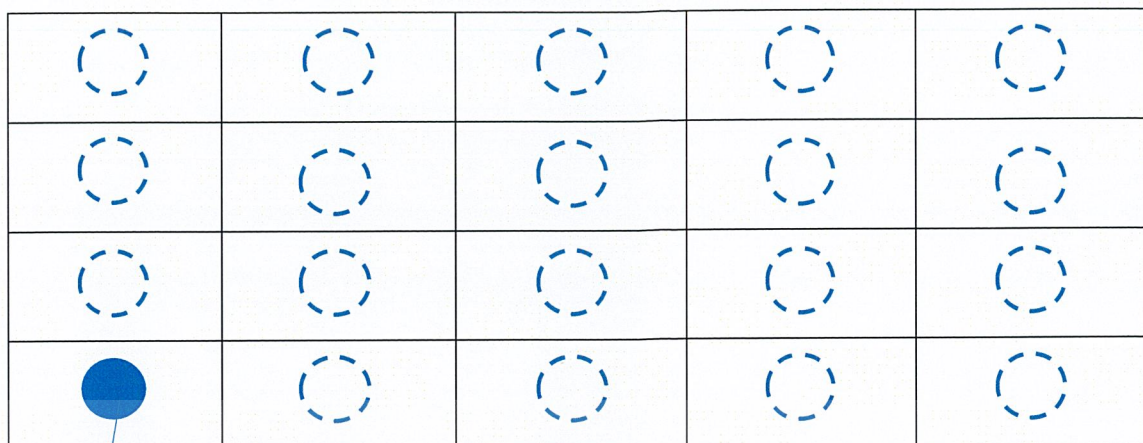


รูปที่ 3.15 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองเพื่อหาระยะฟิสิกเซล

3.4 การทดสอบความแม่นยำในการจับตำแหน่งของวีโมต

การทดลองนี้ทำขึ้นเพื่อดูความแม่นยำในการตรวจจับตำแหน่งอินฟราเรดของวีโมตโดยทำการสร้างตารางห้าคูณสี่ และจะนำไดโอดเปล่งแสงไปวางไว้ในแต่ละช่องโดยมีระยะห่างของแต่ละดวงเท่ากับ 10 เซนติเมตร และทำการเปิดปิดไดโอดเปล่งแสงเป็นจำนวน 10 ครั้งแล้วทำการบันทึกค่าตำแหน่งทุกครั้งที่เปิดปิด ทำการทดลองแบบนี้กับทุกช่องในตารางห้าคูณสี่ เป็นดังรูปที่ 3.16 และ 3.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรด

รูปที่ 3.16 ภาพแสดงตำแหน่งการวางไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรด



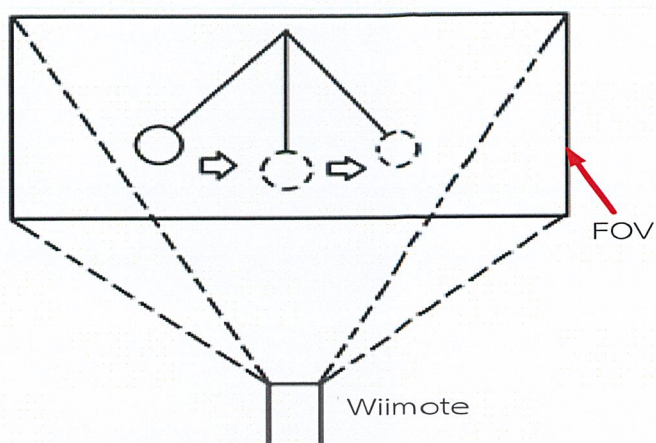
รูปที่ 3.17 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบความแม่นยำ

3.5 การทดลองเพื่อหาความเร็วของลูกตุ้มด้วยวีโมต

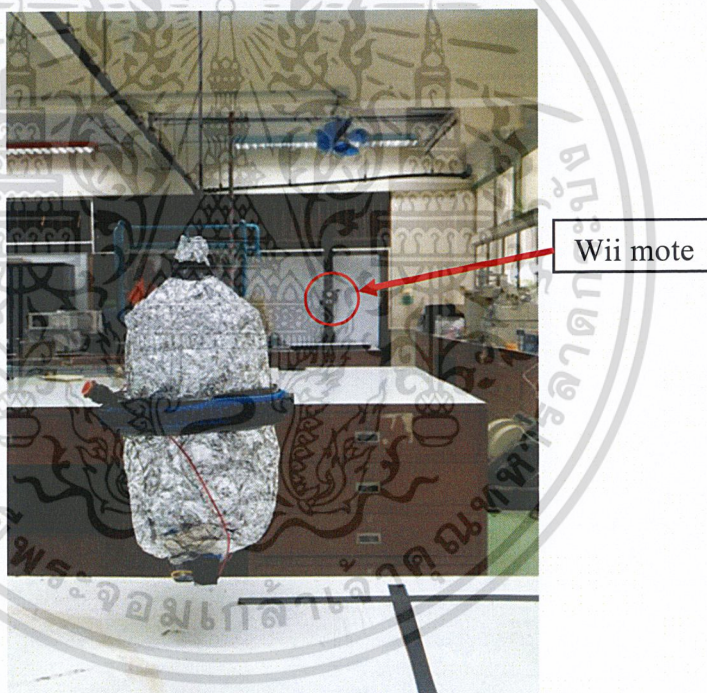
3.5.1 การติดตั้งการทดลอง

ในกาติดตั้งการทดลองนั้นเราจะต้องติดตั้งวีโมตให้กรอบตำแหน่งพิกเซลของวีโมตนั้นใหญ่พอที่จะสามารถมองเห็นลูกตุ้มได้ทุกตำแหน่งการเคลื่อนที่ดังรูปที่ 3.18 ในกรณีของการวิจัยนี้ได้ติดตั้งวีโมตห่างจากลูกตุ้มเป็นระยะ 488 เซนติเมตร ดังในรูปที่ 3.19 และตัววีโมตจะติดตั้งอยู่สูงจากพื้นโต๊ะ 44.5 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.20 มุมมองโดยรวมจะเป็นดังรูปที่ 3.21 และ 3.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

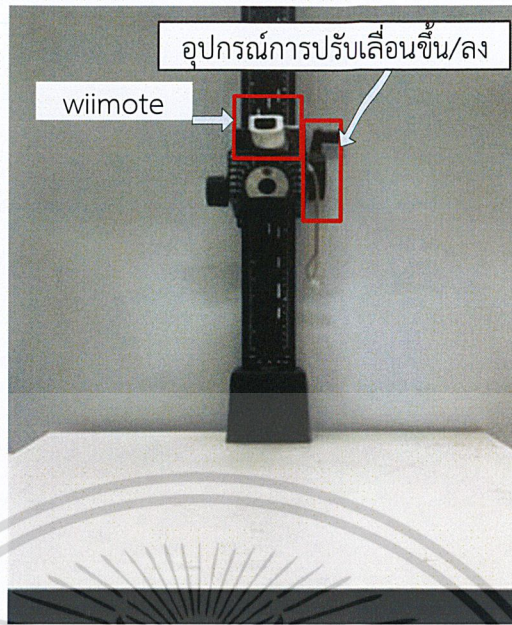


รูปที่ 3.18 รูปแสดงการติดตั้งวีโมตโดยให้ลูกตุ้มอยู่ในกรอบพิกเซลตำแหน่ง



รูปที่ 3.19 รูปแสดงการติดตั้งลูกตุ้มห่างจากวีโมต (วงกลมสีแดง)

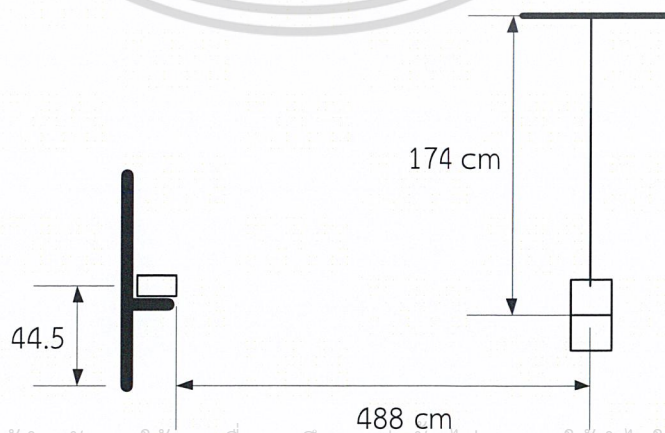
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 แสดงการติดตั้งวีโมต



รูปที่ 3.21 แสดงการติดตั้งจากมุมมอง Top view



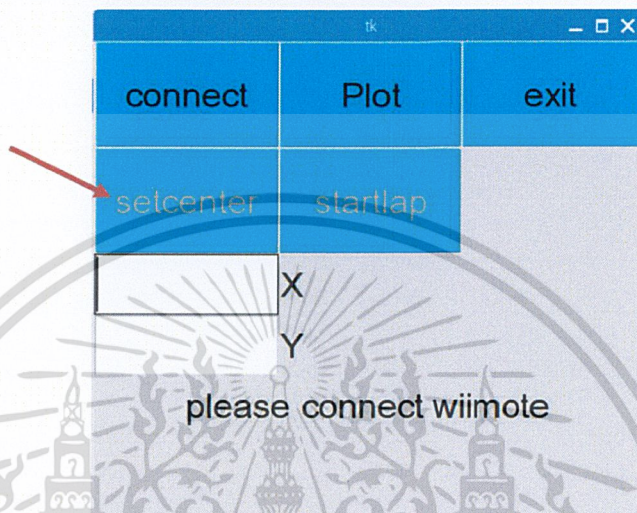
รูปที่ 3.22 แสดงการติดตั้งจากมุมมอง Side view

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 ขั้นตอนการทดลองหาความเร็วของลูกตุ้มด้วยวีริโมต

ขั้นตอนที่หนึ่ง

จะทำการ Set center ของลูกตุ้ม เพื่อตั้งค่าจุดศูนย์กลางของการแกว่ง โดยการกดปุ่ม Set center ที่หน้าจอ ดังรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.23 เลือกกดปุ่ม Set center ที่หน้าจอเพื่อตั้งค่าจุดศูนย์กลาง

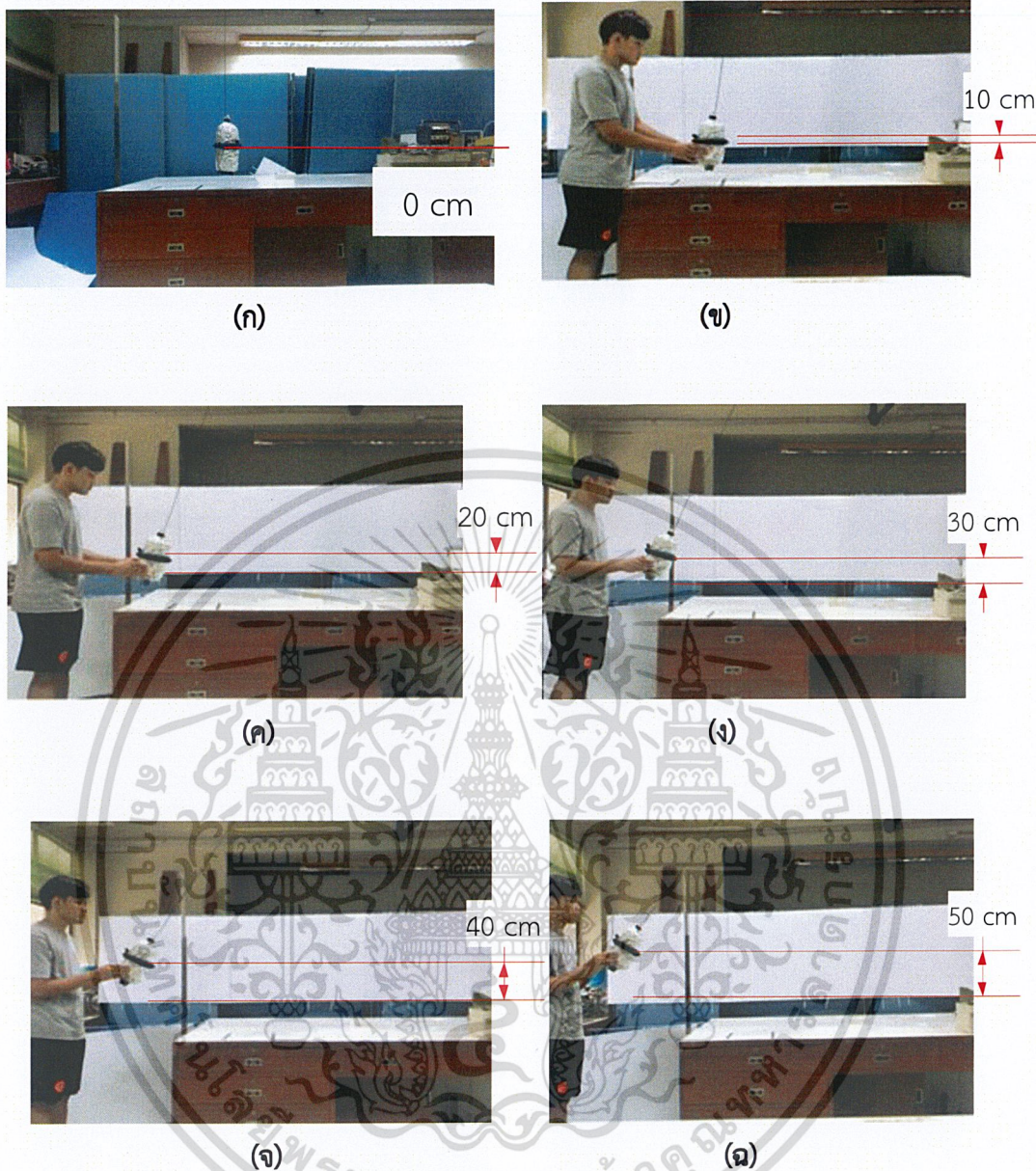
ขั้นตอนที่สอง

กำหนดระยะความสูงที่เราจะทำการปล่อยที่ โดยการใช้นิ้วบรรทัดติดตั้งไว้กับเสาแล้วใช้นิ้วบรรทัดอีกชิ้นในการวัดระดับความสูงจากจุดกึ่งกลางของ Horn ถึงจุดกึ่งกลางของลูกตุ้มดังรูปที่ 3.24 โดยกำหนดความสูงไว้ที่ 10 20 30 40 และ 50 เซนติเมตร จากตำแหน่งจุดศูนย์กลางลูกตุ้มเดิมดังรูปที่ 3.25ก ถึง 3.25ฉ โดยจะทำการทดลองทั้งหมด 30 ครั้งต่อระดับความสูง



รูปที่ 3.24 อุปกรณ์ที่ใช้วัดระดับความสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.25 แสดงถึงความสูงในแต่ละระดับ

(ก) ที่ความสูง 0 ซม. (ข) ที่ความสูง 10 ซม. (ค) ที่ความสูง 20 ซม. (ง) ที่ความสูง 30 ซม.

(จ) ที่ความสูง 40 ซม. (ฉ) ที่ความสูง 50 ซม.

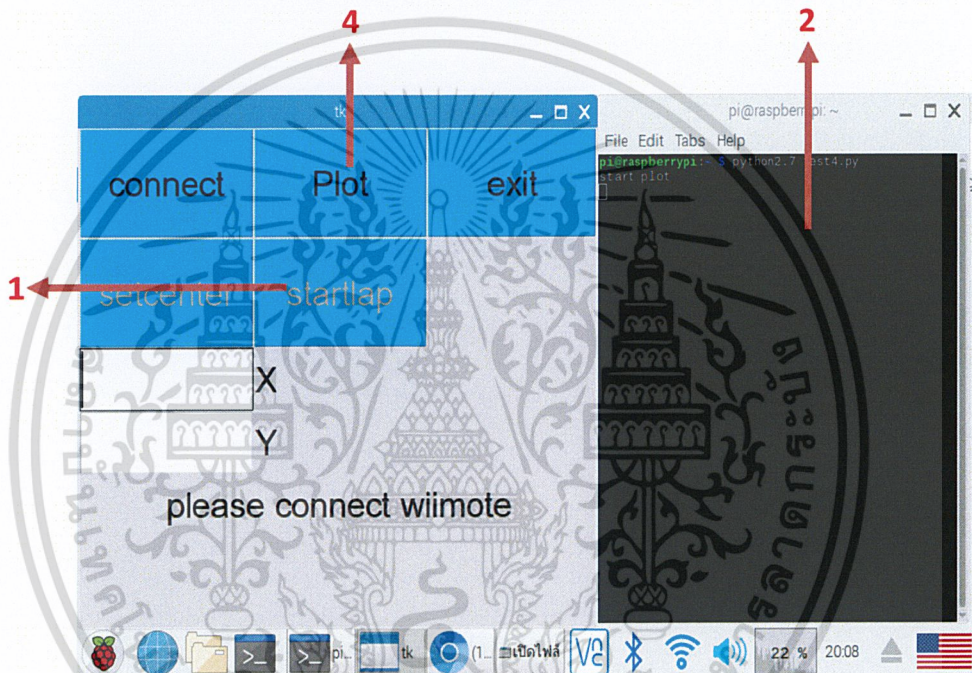
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่สาม

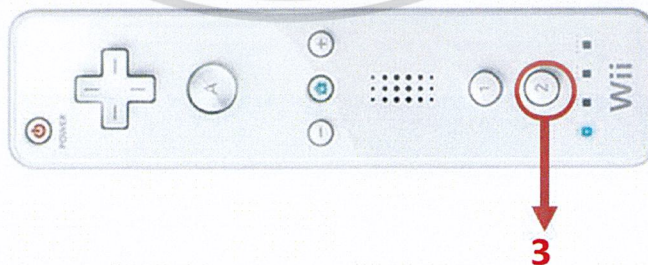
ทำการเก็บผลการทดลอง โดยทำตามดังต่อไปนี้

1. กด startlap แล้วปล่อยลูกตุ้มตามความสูงแต่ละระดับ
2. ค่าตำแหน่งที่ Wii Remote จับได้จะขึ้นแสดงในหน้าต่าง Terminal
3. กดปุ่ม 2 ที่ Wii Remote เพื่อหยุดการบันทึกค่า
4. กด Plot เพื่อดูกราฟจากผลที่ได้

โดยที่ตำแหน่งการกดต่างจะแสดงให้เห็นในรูปที่ 3.26 และ 3.27 ตามเลขของแต่ละข้อ



รูปที่ 3.26 แสดงตำแหน่งของปุ่มต่างๆตามข้อที่ 1, 2 และ 4

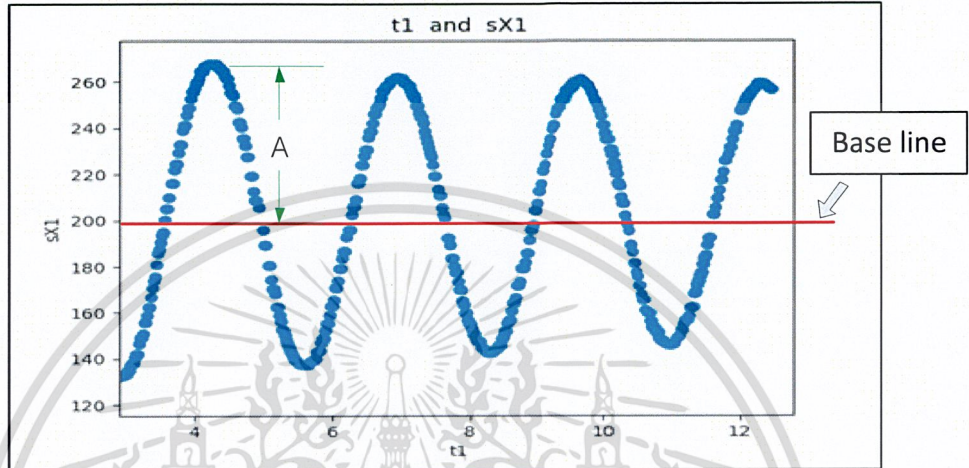


รูปที่ 3.27 แสดงตำแหน่งของปุ่มตามข้อ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

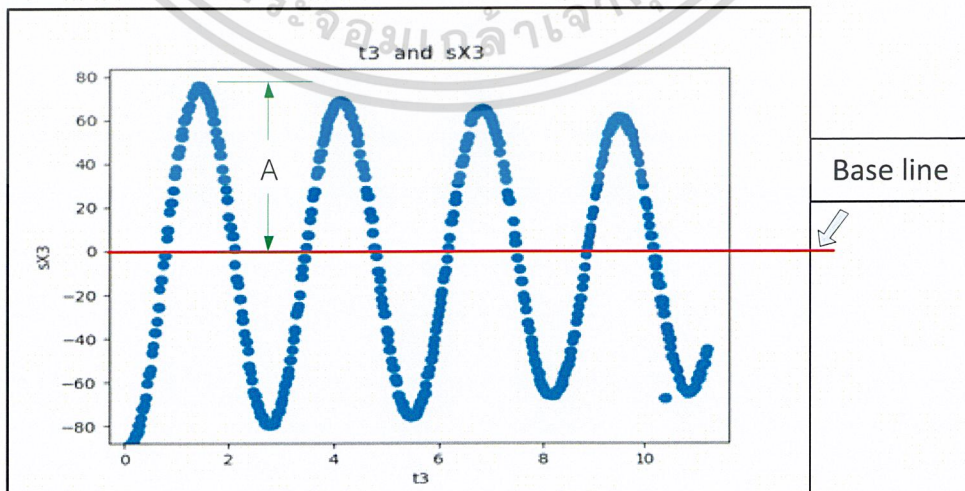
3.5.3 การหาความเร็วจากวิโมต

ในการหาความเร็วของลูกตุ้มจากวิโมตนั้นเราสังเกตว่าเมื่อนำค่าตำแหน่งเมื่อแกว่งลูกตุ้มนั้นมาเทียบกับเวลาเราจะพบว่ากราฟที่ได้นั้นจะเป็นกราฟลักษณะดังรูปที่ 3.28 จากรูปนั้นจะมีเส้นหลัก (Baseline) ซึ่งเส้นนี้คือค่าตำแหน่งจุดที่มีค่าความเร็วสูงสุดหรือคือจุดกึ่งกลางการแกว่ง



รูปที่ 3.28 รูปแสดงค่าตำแหน่งจากวิโมต (เซนติเมตร) เทียบกับเวลา (วินาที)

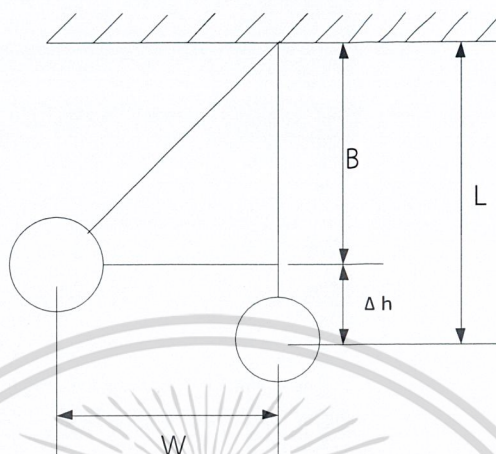
จากรูปเราสามารถหาค่าของแอมพลิจูด (A) ได้จากการนำค่าตำแหน่งของจุดยอดมาลบกับค่าตำแหน่งเส้นหลักเราก็จะได้ค่าแอมพลิจูดออกมานั้นเพราะว่าค่าแอมพลิจูดคือค่าระหว่างตำแหน่งจุดยอดกับเส้นหลัก ดังนั้นถ้าเรานำค่าตำแหน่งเส้นหลักไปลบทุกค่าข้อมูลจะได้ดังรูปที่ 3.29 จากรูปจะเห็นว่าค่าตำแหน่งเส้นหลักนั้นจะเท่ากับ 0 จะทำให้ค่าแอมพลิจูดเป็นค่าตำแหน่งจุดยอด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆก็ตาม หากท่านพบปัญหาใดๆ กรุณาแจ้งมาที่ service@ku.ac.th หรือ www.ku.ac.th

รูปที่ 3.29 กราฟแสดงตำแหน่งจากวิโมตที่ลบค่าเส้นหลัก (เซนติเมตร) เทียบกับเวลา (วินาที)

ในการทดลองนี้นั้นเราจะสนใจที่ค่าแอมพลิจูดของลูกคลื่นแรกเท่านั้นและค่าแอมพลิจูดที่ได้ นั้นจะเป็นค่าระยะห่างตามแกน X จากจุดศูนย์กลางการแกว่งซึ่งคือค่า W ดังรูปที่ 3.30



รูปที่ 3.30 รูปแสดงลักษณะการแกว่ง

และจากรูปที่ 3.30 เราจะได้เป็นสมการที่ 3.1 และ 3.2

$$B = \sqrt{L^2 + W^2} \quad (3.1)$$

$$\Delta h = L - B \quad (3.2)$$

และนำค่าจากสมการที่ 3.2 ไปแทนค่าหาความเร็วลงในสมการที่ 2.4

$$v = \sqrt{2g\Delta h}$$

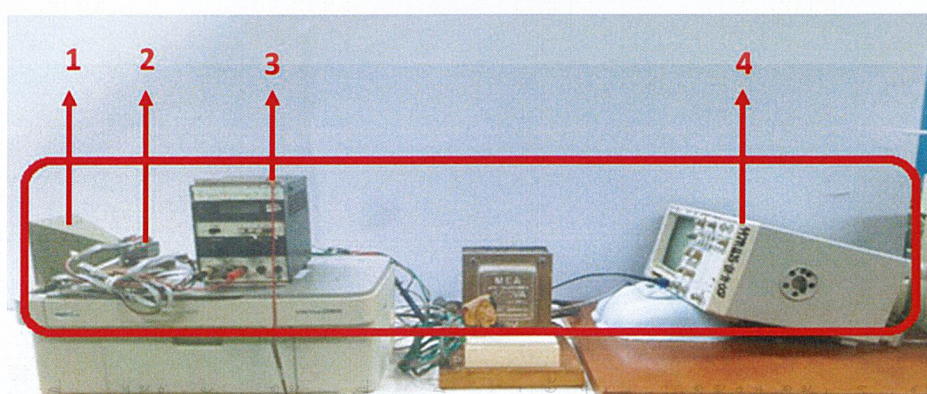
และในการทำการทดลองนั้นเราจะทำการทดลองที่ความสูง 5 ระดับ และทำการหาค่าแอมพลิจูด 30 ครั้งต่อระดับความสูงหนึ่งค่า หลังจากนั้นนำค่าแอมพลิจูดเฉลี่ยมาเพื่อหาความเร็ว

3.6 การทดลองหาความเร็วของลูกตุ้มด้วยตอปเปลอร์เอฟเฟคโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ

3.6.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ส่วนประกอบทั้งหมดของเครื่องในการทดลองตอปเปลอร์เอฟเฟคโดยใช้คลื่นไมโครเวฟมี เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ลักษณะดังรูปที่ 3.31 และ 3.32 และมีรายละเอียดดังนี้
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Horn antenna
 - เป็นตัวแปลงสัญญาณจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นพลังงานไฟฟ้า หรือ แปลงจากพลังงานไฟฟ้าเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นตัวรับ และตัวส่งสัญญาณคลื่นไมโครเวฟ ขนาดปากของ Horn อยู่ที่กว้าง 10 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตร
2. Gunn oscillator รุ่น NPL MP-10GOM
 - เป็นตัวสร้างคลื่นความถี่ไมโครเวฟ 10 GHz
3. Power supply รุ่น Kikusui Model PAB 18 – 1.8 A Regulated DC Power Supply
 - เป็นแหล่งจ่ายให้กับ Gunn oscillator เพื่อสร้างคลื่นไมโครเวฟได้ โดยในการทดลองนี้ใช้ไฟ 7 โวลต์
4. Oscilloscope รุ่น Agilent 54621A Oscilloscope
 - เป็นตัวจับสัญญาณคลื่นไมโครเวฟที่ Horn antenna รับมาและอยู่ในรูปพลังงานไฟฟ้า มี Bandwidth ที่ 60MHz และ Sample Rate ที่ 200 MSa/s



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.32 เครื่องที่ใช้ในการทดลองจริง

3.6.2 ขั้นตอนการทดลองหาความเร็วของลูกตุ้มด้วยตอปเปอร์เฟคโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ

ขั้นตอนของการทดลองนี้จะทำเหมือนกับของการทดลองหาความเร็วของลูกตุ้มด้วยวิธีมิติทุกประการ เพราะทั้งสองการทดลองนี้จะทำพร้อมกัน โดยจะมีขั้นตอนดังนี้

1. ปลอ่ยลูกตุ้มจากความสูงที่กำหนดจะทำการทดลองควบคุมไปกับการทดลองของวิธีมิติด้วย
2. บันทึกค่าตอนที่ลูกตุ้มแกว่งไปถึงจุดสูงสุดของอีกฝั่ง จากเครื่อง Oscilloscope
3. ขยายหาคาบเวลาที่แคบที่สุดที่เครื่อง Oscilloscope เพื่อหาความถี่ที่สูงที่สุด
4. ทำการคำนวณหาความเร็ว

3.7 การทดลองการแกว่งแบบหน่วง

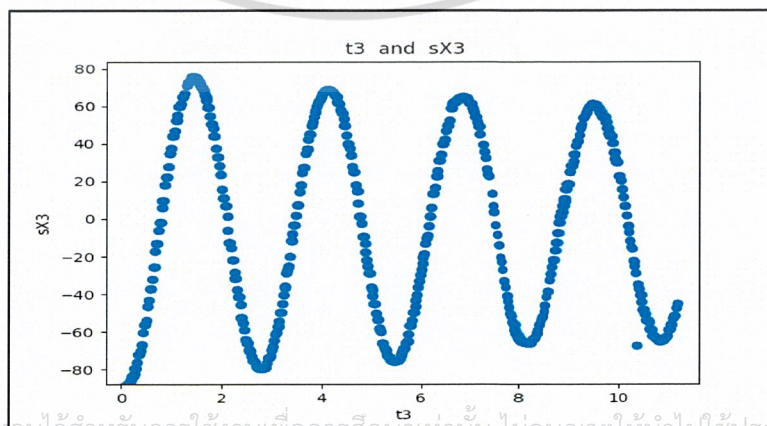
3.7.1 ขั้นตอนการทดลอง

เนื่องจากตัวโปรแกรมที่เราพัฒนานั้นสามารถเก็บข้อมูลต่อครั้งนั้นได้เป็นจำนวนมากเราจึงลองทำการทดลองนี้ขึ้นมาเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วงที่เกิดจากอากาศของลูกตุ้มโดยใช้ความสูงจากจุดกึ่งกลางของ Horn มา 5 ระดับและทำซ้ำ 5 ครั้งและเราสามารถหาค่าความหน่วงได้จากสมการที่ 2.10 จะได้เป็นสมการที่ 3.3

$$b = -\frac{\ln\left(\frac{A(t)}{A(t_0)}\right)2m}{t} \quad (3.3)$$

เมื่อ b คือ สัมประสิทธิ์ความหน่วง (กรัมต่อวินาที)

เราจะนำค่าแอมพลิจูดที่เวลาใดๆ ทุกแอมพลิจูดของข้อมูลนำมาหาค่าความหน่วงตามสมการข้างต้นแล้วนำข้อมูลทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ย โดยข้อมูลที่เราจะนำมาหาค่าเฉลี่ยมีลักษณะดังรูปที่ 3.33



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับอาจารย์ผู้สอนที่อนุญาตให้ใช้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.33 รูปแสดงลักษณะข้อมูลที่มาหาค่าแอมพลิจูดในเวลาใดๆ

3.7.2 โปรแกรมที่พัฒนา

ในการหาความหวังนั้นเราได้พัฒนาตัวโปรแกรมสำหรับการหาค่าสัมประสิทธิ์ความหวังที่เกิดจากอากาศขึ้นมาโดยเฉพาะแต่ในการเก็บข้อมูลเราได้ใช้โปรแกรมหลักในการเก็บข้อมูล และนำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมแยกอันนี้และมีลักษณะการทำงานดังรูปที่ 3.34



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 3.34 แสดงการทำงานของการทำงานของการหาค่าความหวังไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ในการทดลองนั้นเราได้ทำการทดลองของวีริโมตสามการทดลอง การทดลองแรกเป็นการทดลองหาระยะจากฟิสิกเซลเป็นระยะจริง การทดลองที่สองเป็นการทดลองเพื่อดูความแม่นยำในการตรวจจับ และการทดลองที่สามคือการทดลองเพื่อหาความเร็วจากวีโมตจากค่าตำแหน่ง ในการหาค่าความเร็วนั้นเราได้มีการนำไปวิเคราะห์เปรียบเทียบกับผลการทดลองไมโครเวฟทรอปเปอร์เอฟเฟค ดังนั้นเราจึงมีการทดลองของไมโครเวฟทรอปเปอร์เอฟเฟคอีกการทดลองหนึ่ง

4.1 การทดลองเพื่อหาค่าระยะความยาวในหนึ่งฟิสิกเซลของวีโมต

จากการทดลองเราได้ค่าความยาวในหนึ่งฟิสิกเซลล์ตามแกน X และแกน Y ดังตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 ผลทดลองการหาค่าระยะความยาวในหนึ่งฟิสิกเซลของวีโมตตามแกน X

ระยะการเลื่อน (เซนติเมตร)	ตำแหน่ง X (ฟิสิกเซล)	ค่าความห่างฟิสิกเซลล์ในแต่ละ การเลื่อนในแกน x (ฟิสิกเซล)	ค่าระยะจริงในหนึ่งหน่วย ฟิสิกเซล (เซนติเมตร)
0	376	-	-
5	391	15	3
10	404	13	2.6
15	418	14	2.8
20	434	16	3.2
25	447	13	2.6
30	459	12	2.4
35	471	12	2.4
40	486	15	3
ค่าเฉลี่ยในระยะจริงในหนึ่งฟิสิกเซลล์			2.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลทดลองการหาค่าระยะความยาวในหนึ่งพิกเซลของวีโมตตามแกน Y

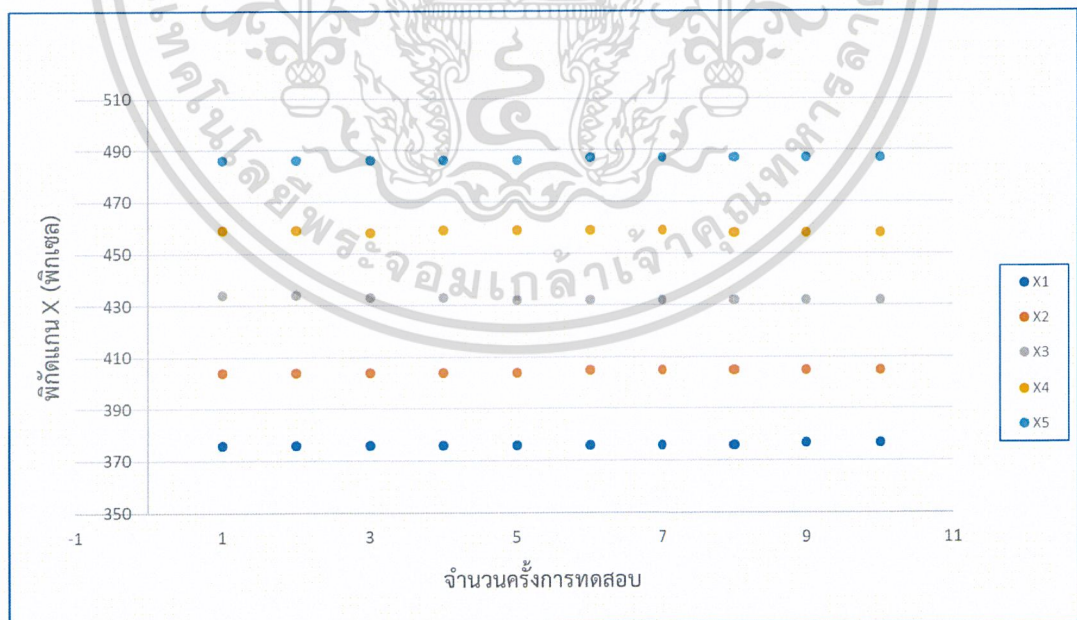
ระยะการเลื่อน (เซนติเมตร)	ตำแหน่ง Y (พิกเซล)	ค่าความห่างพิกเซลในแต่ ละการเลื่อนในแกน Y (พิกเซล)	ค่าระยะจริงในหนึ่งหน่วย พิกเซล (เซนติเมตร)
0	304	-	-
5	318	14	2.8
10	331	13	2.6
15	345	14	2.8
20	359	14	2.8
25	372	13	2.6
30	384	12	2.4
35	398	14	2.8
40	412	14	2.8
ค่าเฉลี่ยในระยะจริงในหนึ่งพิกเซล			2.7

4.2 การทดสอบความแม่นยำในการจับตำแหน่งของ Wii Remote

จากการทดสอบความแม่นยำ ได้ทำการทดสอบค่าพิกัดแกน X ทั้งหมดในแต่ละความสูงตั้งแต่ 0 ถึง 30 เซนติเมตรเพิ่มครั้งละ 10 เซนติเมตร ในการทดสอบทั้งหมด 10 ครั้ง ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 4.3 ถึง 4.6 และได้กราฟที่แสดงให้เห็นถึงตำแหน่งของพิกัดแกน X ในการทดลองทั้งหมด 10 ครั้ง ในแต่ละความสูง ดังรูปที่ 4.1 ถึง 4.4

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบความแม่นยำในการจับตำแหน่งของ Wii Remote ที่ค่าความสูง 0 เซนติเมตร

ครั้งที่	ที่ 0 (เซนติเมตร)	X1	ที่ 0 (เซนติเมตร)	X2	ที่ 0 (เซนติเมตร)	X3	ที่ 0 (เซนติเมตร)	X4	ที่ 0 (เซนติเมตร)	X5
1	304	376	306	404	308	434	310	459	312	486
2	304	376	307	404	308	434	310	459	312	486
3	304	376	307	404	308	433	311	458	312	486
4	304	376	306	404	308	433	309	459	312	486
5	304	376	306	404	308	432	309	459	312	486
6	304	376	305	405	308	432	310	459	312	487
7	303	376	305	405	308	432	310	459	312	487
8	303	376	305	405	308	432	310	458	312	487
9	304	377	306	405	308	432	310	458	312	487
10	304	377	304	405	308	432	310	458	312	487
เฉลี่ย	303.8	376.2	305.7	404.5	308	432.6	309.9	458.6	312	486.5

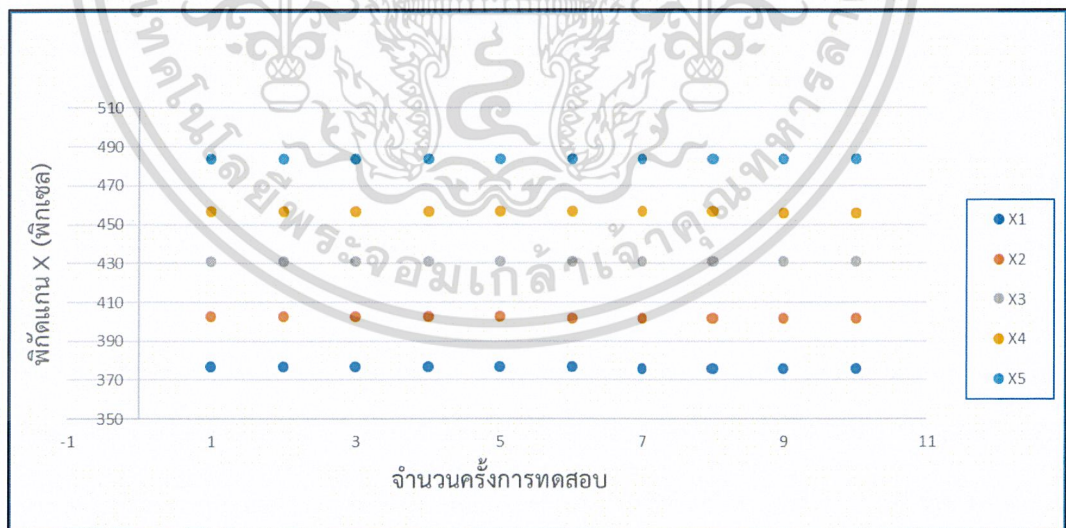


รูปที่ 4.1 กราฟแสดงพิทัดของแกน X ในการทดลองทั้งหมด 10 ครั้ง ที่ความสูง 0 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบความแม่นยำในการจับตำแหน่งของ Wii Remote ที่ความสูง 10 เซนติเมตร

ครั้งที่	ที่ 10 (เซนติ เมตร)	X1	ที่ 10 (เซนติ เมตร)	X2	ที่ 10 (เซนติ เมตร)	X3	ที่ 10 (เซนติ เมตร)	X4	ที่ 10 (เซนติ เมตร)	X5
1	331	377	332	403	335	431	337	457	339	484
2	331	377	332	403	335	431	337	457	339	484
3	331	377	332	403	335	431	337	457	339	484
4	331	377	333	403	335	431	337	457	339	484
5	331	377	333	403	335	431	337	457	339	484
6	331	377	333	402	335	431	337	457	339	484
7	331	376	333	402	335	431	337	457	339	484
8	331	376	333	402	335	431	337	457	339	484
9	331	376	334	402	335	431	337	456	339	484
10	331	376	334	402	335	431	337	456	339	484
เฉลี่ย	331	376.6	332.9	402.5	335	431	337	456.8	339	484



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงพิทักของแกน X ในการทดลองทั้งหมด 10 ครั้ง ที่ความสูง 10 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบความแม่นยำในการจับตำแหน่งของ Wii Remote ที่ความสูง 20 เซนติเมตร

ครั้งที่	ที่ 20 (เซนติเมตร)	X1	ที่ 20 (เซนติเมตร)	X2	ที่ 20 (เซนติเมตร)	X3	ที่ 20 (เซนติเมตร)	X4	ที่ 20 (เซนติเมตร)	X5
1	359	373	362	400	360	430	364	455	367	481
2	359	373	361	400	360	430	364	455	367	482
3	359	373	362	400	360	430	365	455	367	482
4	359	373	362	400	360	430	365	454	367	482
5	359	373	361	400	360	430	365	454	367	482
6	359	373	361	400	360	430	365	454	367	482
7	359	373	361	400	360	430	364	455	367	482
8	359	373	361	400	360	430	364	455	367	482
9	359	373	361	400	360	430	364	455	367	482
10	359	373	361	400	360	430	364	455	367	482
เฉลี่ย	359	373	361.3	400	360	430	364.4	454.7	367	481.9

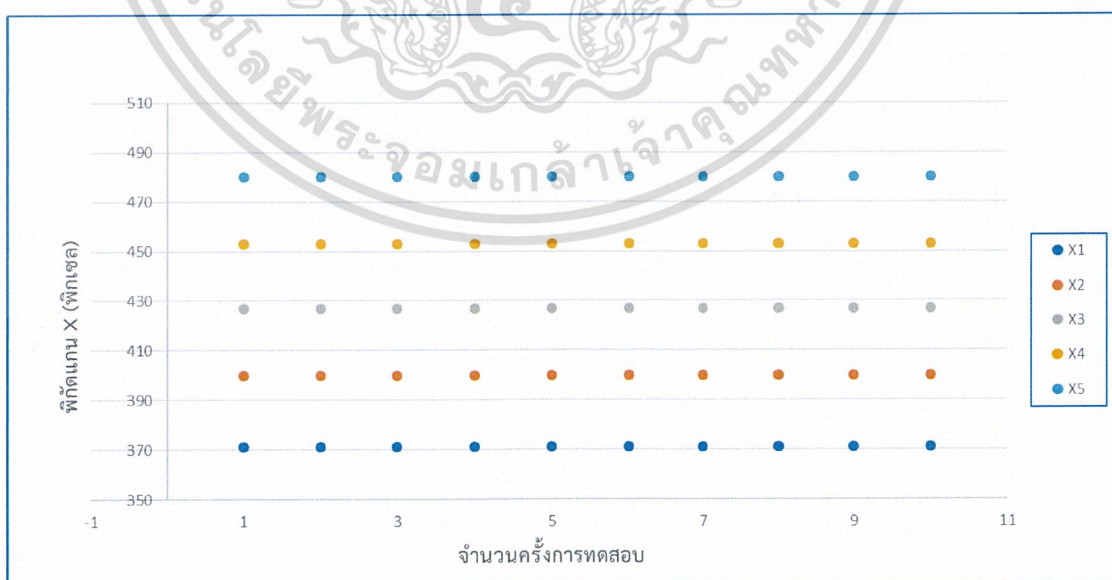


รูปที่ 4.3 กราฟแสดงพิกัดของแกน X ในการทดลองทั้งหมด 10 ครั้ง ที่ความสูง 20 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบความแม่นยำในการจับตำแหน่งของ Wii Remote ที่ความสูง 30 เซนติเมตร

ครั้งที่	ที่ 30 (เซนติเมตร)	X1	ที่ 30 (เซนติเมตร)	X2	ที่ 30 (เซนติเมตร)	X3	ที่ 30 (เซนติเมตร)	X4	ที่ 30 (เซนติเมตร)	X5
1	384	371	387	400	392	427	391	453	393	480
2	384	371	387	400	392	427	391	453	393	480
3	384	371	387	400	392	427	391	453	393	480
4	384	371	387	400	392	427	391	453	393	480
5	384	371	387	400	392	427	391	453	393	480
6	384	371	387	400	392	427	391	453	393	480
7	384	371	387	400	392	427	391	453	393	480
8	384	371	387	400	391	427	391	453	393	480
9	384	371	387	400	391	427	391	453	393	480
10	384	371	387	400	391	427	391	453	393	480
เฉลี่ย	384	371	387	400	391.7	427	391	453	393	480



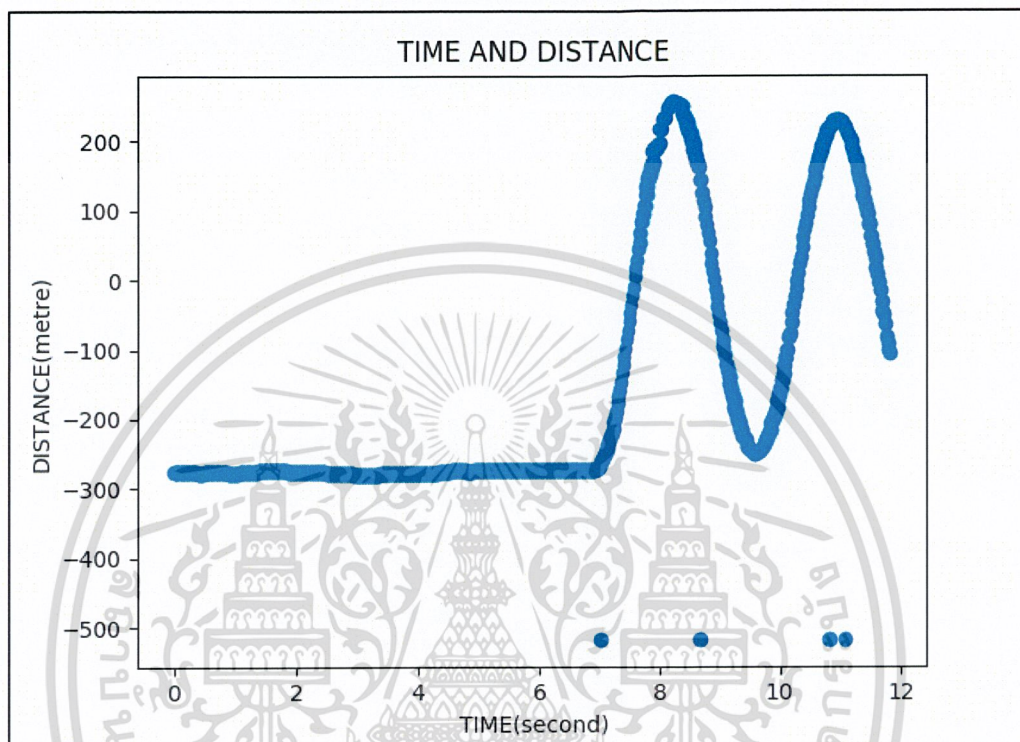
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงพิกัดของแกน X ในการทดลองทั้งหมด 10 ครั้ง ที่ความสูง 30 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์อื่นนอกเหนือจากนี้
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดลองหาความเร็วลูกตุ้มจากวีริโมต

4.3.1 ลักษณะกราฟที่ได้จากการทดลองหาความเร็วลูกตุ้มจากวีริโมต

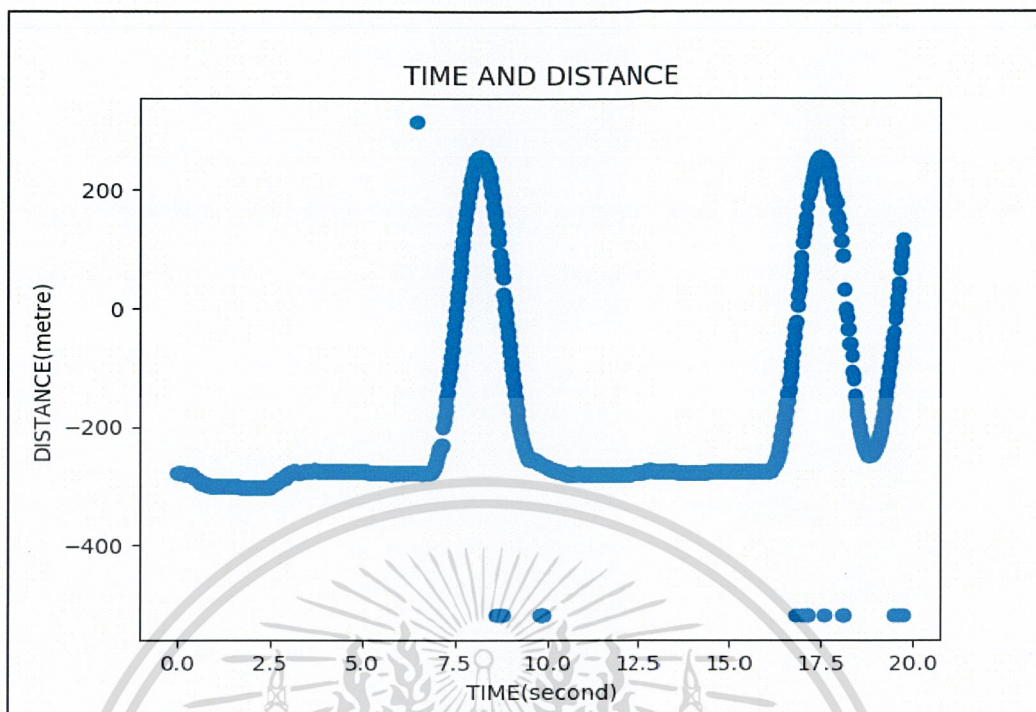
ในการทำการทำการทดลองลักษณะกราฟที่ได้นั้นจะออกมาเป็นกราฟดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงลักษณะข้อมูลที่บันทึก

แต่จากรูปที่ 4.5 นั้นเราจะเห็นว่ายังมีข้อมูลที่ไม่ต้องการอยู่ข้อมูลแบบนี้เกิดจากการที่ในช่วงที่ทดลองบันทึกค่านั้นยังไม่เกิดการปล่อยลูกตุ้มในทันทีเลยทำให้ยังมีข้อมูลของค่าตำแหน่งตอนก่อนปล่อยอยู่ ซึ่งค่าตำแหน่งของข้อมูลที่ไม่ต้องการนี้ก็มีค่าการปล่อยที่ผิดพลาดและนำมาเพื่อปล่อยมันซึ่งจะมีลักษณะของกราฟดังรูปที่ 4.6 และค่าข้อมูลที่ตกลงมาด้านล่างสุดนั้นคือค่าข้อมูลในจังหวะที่จับค่าตำแหน่งไม่ได้ทำให้ค่าข้อมูลไม่ต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 รูปแสดงค่าช่วงข้อมูลที่ผิดพลาด

4.3.2 ผลการทดลองการหาความเร็วลูกตุ้มจากวีรโมด

จากการทดลองหาความเร็วลูกตุ้มจะได้ค่าแอมพลิจูด ไปทำการทดลองที่ 5 ระดับความสูงที่ 0.1 0.2 0.3 0.4 และ 0.5 เมตร ทำการทดลองทั้งหมด 30 ครั้งในแต่ละระดับความสูง ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.7 ถึง 4.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองการหาค่าแอมพลิจูดจากการทดลองหาความเร็วลูกตุ้มจากวีริโมตในระดับความสูงที่ 0.1 ถึง 0.5 เมตรจากการทดลองครั้งที่ 1 ถึง 5

ความสูง (เมตร)	แอมพลิจูด A (เซนติเมตร)				
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5
0.1	26.582	25.722	25.292	26.547	27.365
0.2	52.566	53.013	49.652	50.362	56.856
0.3	79.957	80.007	76.417	85.363	81.634
0.4	97.234	100.430	97.404	98.692	100.696
0.5	112.674	110.868	108.656	110.037	110.705

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ผลการทดลองการหาค่าแอมพลิจูดจากการทดลองหาความเร็วลูกตุ้มจากวีริโมตใน
ระดับความสูงที่ 0.1 ถึง 0.5 เมตรจากการทดลองครั้งที่ 6 ถึง 10

ความ สูง (เมตร)	แอมพลิจูด A (เซนติเมตร)				
	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10
0.1	26.024	25.658	27.366	25.755	25.263
0.2	52.574	52.820	53.877	52.107	51.470
0.3	78.162	79.874	79.679	83.016	80.619
0.4	99.532	100.834	99.104	96.067	95.771
0.5	109.956	110.449	110.221	111.283	111.226

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ผลการทดลองการหาค่าแอมพลิจูดจากการทดลองหาความเร็วลูกตุ้มจากวีริโมตใน
ระดับความสูงที่ 0.1 ถึง 0.5 เมตรจากการทดลองครั้งที่ 11 ถึง 15

ความ สูง (เมตร)	แอมพลิจูด A (cm)				
	ครั้งที่ 11	ครั้งที่ 12	ครั้งที่ 13	ครั้งที่ 14	ครั้งที่ 15
0.1	25.644	24.872	27.366	26.943	25.422
0.2	52.152	51.271	52.999	50.284	53.847
0.3	77.787	78.772	74.690	81.585	77.804
0.4	95.174	99.293	98.350	96.051	94.726
0.5	113.579	111.720	112.447	112.610	110.797

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 ผลการทดลองการหาค่าแอมพลิจูดจากการทดลองหาความเร็วลูกตุ้มจากวีริโมต
ในระดับความสูงที่ 0.1 ถึง 0.5 เมตรจากการทดลองครั้งที่ 16 ถึง 20

ความสูง (เมตร)	แอมพลิจูด A (เซนติเมตร)				
	ครั้งที่ 16	ครั้งที่ 17	ครั้งที่ 18	ครั้งที่ 19	ครั้งที่ 20
0.1	24.325	24.341	24.812	26.488	25.662
0.2	50.467	51.279	52.265	52.154	52.258
0.3	79.981	76.480	85.229	83.820	81.948
0.4	97.810	96.928	97.754	97.273	95.159
0.5	111.529	109.996	111.684	111.233	111.713

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ผลการทดลองการหาค่าแอมพลิจูดจากการทดลองหาความเร็วลูกตุ้มจากวีริโมต
ในระดับความสูงที่ 0.1 ถึง 0.5 เมตรจากการทดลองครั้งที่ 21 ถึง 25

ความสูง (เมตร)	แอมพลิจูด A (เซนติเมตร)				
	ครั้งที่ 21	ครั้งที่ 22	ครั้งที่ 23	ครั้งที่ 24	ครั้งที่ 25
0.1	26.047	25.414	23.473	23.444	25.210
0.2	53.068	50.929	51.744	51.834	49.447
0.3	83.546	82.111	81.938	84.466	81.817
0.4	97.807	97.274	100.353	101.580	93.040
0.5	107.703	108.709	109.493	108.662	109.552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 ผลการทดลองการหาค่าแอมพลิจูดจากการทดลองหาความเร็วลูกตุ้มจากวีริโมต
ในระดับความสูงที่ 0.1 ถึง 0.5 เมตรจากการทดลองครั้งที่ 26 ถึง 30

ความสูง (เมตร)	แอมพลิจูด A (เซนติเมตร)				
	ครั้งที่ 26	ครั้งที่ 27	ครั้งที่ 28	ครั้งที่ 29	ครั้งที่ 30
0.1	26.945	22.273	27.325	25.700	24.414
0.2	50.240	53.152	52.748	49.987	47.470
0.3	85.945	82.601	83.493	84.813	83.484
0.4	94.314	97.791	100.736	99.013	99.945
0.5	109.630	110.264	110.646	113.328	114.006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองทั้งหมด 30 ครั้ง จะได้ค่าเฉลี่ยของแอมพลิจูด และค่าคำนวณหาความเร็ว จาก ทั้ง 5 ระดับความสูง ได้ผลดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ผลการทดลองการคำนวณหาค่าแอมพลิจูดเฉลี่ยและค่าความเร็วจาก สมการที่ 2.4 ในความสูงที่ 0.1 ถึง 0.5 เมตร

ความสูง (เมตร)	แอมพลิจูดเฉลี่ย A_{avg} (เมตร)	ความเร็ว V (เมตร/วินาที)
0.1	25.582	0.610
0.2	51.830	1.237
0.3	81.235	1.939
0.4	97.871	2.336
0.5	110.845	2.645

4.4 การทดลองหาความเร็วลูกตุ้มจาก Microvave Doppler Effect

จากการทดลองจะทำการทดลองควบคู่ไปกับการทดลองหาความเร็วของวีริโมตแต่ค่าที่ได้เป็น ค่าความถี่ขาเข้ากับขาออก การทดลองจะเหมือนกับการทดลองหาความเร็วของวีริโมตคือ ได้ทำการ เอกสารนี้ทดลองที่ 5 ระดับความสูงที่ 0.2 0.3 0.4 0.5 และ 0.6 เมตร ทำการทดลองทั้งหมด 30 ครั้งในแต่ละค่า ไม่ว่าจะระดับความสูง ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.14 ถึง 4.19 อิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 ผลการทดลองการหาค่าความถี่จากการทดลองหาความเร็วลูกตุ้มจาก Microwave Doppler Effect ที่ขาเข้าและขาออกของความสูง 0.1 ถึง 0.5 เมตรจากการทดลองครั้งที่ 1 ถึง 5

ความสูง (เมตร)	Direction	ความถี่ F (เฮิรท์ซ)				
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5
0.1	ขาเข้า	41.667	45.464	40.000	41.667	40.000
	ขาออก	39.062	43.476	37.037	40.000	38.223
0.2	ขาเข้า	80.645	92.593	80.645	80.645	83.333
	ขาออก	80.645	80.645	80.645	81.967	80.645
0.3	ขาเข้า	135.140	135.140	131.580	135.140	138.890
	ขาออก	131.580	138.890	131.580	131.580	131.580
0.4	ขาเข้า	151.520	151.520	156.250	166.670	147.060
	ขาออก	147.060	147.060	142.860	151.520	151.520
0.5	ขาเข้า	175.440	192.310	178.570	178.570	178.570
	ขาออก	175.440	178.570	169.490	172.410	172.410

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 ผลการทดลองการหาค่าความถี่จากการทดลองหาความเร็วลูกตุ้มจาก Microvave Doppler Effect ที่ขาเข้าและขาออกของความสูง 0.1 ถึง 0.5 เมตรจากการทดลองครั้งที่ 6 ถึง 10

ความสูง (เมตร)	Direction	ความถี่ F (เฮิรตซ์)				
		ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10
0.1	ขาเข้า	41.667	38.462	38.462	37.037	43.476
	ขาออก	37.037	41.667	38.462	38.464	41.667
0.2	ขาเข้า	80.645	78.125	83.333	80.645	80.645
	ขาออก	86.207	80.645	80.845	80.645	78.125
0.3	ขาเข้า	138.890	135.140	131.580	131.580	131.580
	ขาออก	131.580	131.580	131.580	128.210	131.580
0.4	ขาเข้า	151.520	151.520	151.520	161.290	156.250
	ขาออก	151.520	156.250	151.520	151.520	147.060
0.5	ขาเข้า	172.410	178.570	175.440	175.440	185.190
	ขาออก	172.410	172.410	169.490	175.440	178.570

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 ผลการทดลองการหาค่าความถี่จากการทดลองหาความเร็วลูกตุ้มจาก Microvave Doppler Effect ที่ขาเข้าและขาออกของความสูง 0.1 ถึง 0.5 เมตรจากการทดลองครั้งที่ 11 ถึง 15

ความสูง (เมตร)	Direction	ความถี่ F (เฮิรตซ์)				
		ครั้งที่ 11	ครั้งที่ 12	ครั้งที่ 13	ครั้งที่ 14	ครั้งที่ 15
0.1	ขาเข้า	41.667	40.000	43.476	43.100	43.476
	ขาออก	37.037	33.333	43.476	41.667	41.667
0.2	ขาเข้า	78.125	89.286	80.645	80.645	80.645
	ขาออก	83.333	80.645	78.125	78.125	83.333
0.3	ขาเข้า	135.140	131.580	135.140	131.580	131.580
	ขาออก	131.580	131.580	135.140	128.210	131.580
0.4	ขาเข้า	147.060	151.520	151.520	156.250	156.250
	ขาออก	147.060	151.520	161.290	147.060	147.060
0.5	ขาเข้า	178.570	174.830	178.570	181.160	177.30
	ขาออก	172.410	172.410	175.440	177.30	172.410

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17 ผลการทดลองการหาค่าความถี่จากการทดลองหาความเร็วลูกตุ้มจาก Microvave Doppler Effect ที่ขาเข้าและขาออกของความสูง 0.1 ถึง 0.5 เมตรจากการทดลองครั้งที่ 16 ถึง 20

ความสูง (เมตร)	Direction	ความถี่ F (เฮิรตซ์)				
		ครั้งที่ 16	ครั้งที่ 17	ครั้งที่ 18	ครั้งที่ 19	ครั้งที่ 20
0.1	ขาเข้า	43.476	40.000	40.000	37.037	47.621
	ขาออก	40.000	38.462	41.667	41.667	40.000
0.2	ขาเข้า	83.333	81.967	83.333	83.333	80.645
	ขาออก	76.923	75.758	80.645	78.125	79.365
0.3	ขาเข้า	131.580	135.140	135.140	135.140	138.890
	ขาออก	131.580	131.580	135.140	131.580	131.580
0.4	ขาเข้า	156.250	156.250	161.290	153.660	147.060
	ขาออก	156.250	147.060	147.060	151.520	147.060
0.5	ขาเข้า	172.410	172.410	177.300	178.570	185.190
	ขาออก	171.230	170.650	182.480	192.310	185.190

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 ผลการทดลองการหาค่าความถี่จากการทดลองหาความเร็วลูกตุ้มจาก Microvave Doppler Effect ที่ขาเข้าและขาออกของความสูง 0.1 ถึง 0.5 เมตรจากการทดลองครั้งที่ 21 ถึง 25

ความสูง (เมตร)	Direction	ความถี่ F (เฮิรตซ์)				
		ครั้งที่ 21	ครั้งที่ 22	ครั้งที่ 23	ครั้งที่ 24	ครั้งที่ 25
0.1	ขาเข้า	43.476	43.476	37.037	41.667	41.667
	ขาออก	41.667	47.621	40.000	38.462	40.000
0.2	ขาเข้า	83.333	78.125	83.333	78.125	83.333
	ขาออก	78.125	78.125	80.645	78.125	80.645
0.3	ขาเข้า	131.580	138.890	138.890	135.140	131.580
	ขาออก	131.580	138.890	128.210	135.140	131.580
0.4	ขาเข้า	156.250	151.520	153.850	161.290	147.060
	ขาออก	156.250	151.520	153.850	149.250	147.060
0.5	ขาเข้า	172.410	178.570	172.410	178.570	178.570
	ขาออก	172.410	185.190	172.410	172.410	172.410

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.19 ผลการทดลองการหาค่าความถี่จากการทดลองหาความเร็วลูกตุ้มจาก Microwave Doppler Effect ที่ขาเข้าและขาออกของความสูง 0.1 ถึง 0.5 เมตรจากการทดลองครั้งที่ 25 ถึง 30

ความสูง (เมตร)	Direction	ความถี่ F (เฮิรท์ซ)				
		ครั้งที่ 26	ครั้งที่ 27	ครั้งที่ 28	ครั้งที่ 29	ครั้งที่ 30
0.1	ขาเข้า	45.457	40.000	47.621	43.476	45.457
	ขาออก	43.476	38.462	47.621	41.667	43.476
0.2	ขาเข้า	78.125	78.125	86.207	80.645	78.125
	ขาออก	78.125	79.366	80.645	80.645	75.758
0.3	ขาเข้า	131.580	138.890	138.890	131.580	138.890
	ขาออก	128.210	131.580	131.580	131.580	131.580
0.4	ขาเข้า	166.670	151.520	161.290	161.290	153.850
	ขาออก	161.290	151.520	161.290	151.520	151.520
0.5	ขาเข้า	185.190	178.570	178.570	185.190	172.410
	ขาออก	178.570	172.410	172.410	172.410	172.410

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองทั้งหมด 30 ครั้ง จะได้ค่าเฉลี่ยของความถี่ขาเข้ากับขาออก และค่าคำนวณหาความเร็วทำการหาค่าความเร็วเฉลี่ย จากทั้ง 5 ระดับความสูง ได้ผลดังตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 ผลการทดลองการหาค่าความถี่เฉลี่ยของขาเข้ากับขาออก ความเร็วและความเร็วเฉลี่ยในความสูงที่ 0.1 ถึง 0.5 เมตร

ความสูง (เมตร)	Direction	ความถี่เฉลี่ย F_{avg} (เฮิรตซ์)	ความเร็ว V (เมตร/วินาที)	ความเร็วเฉลี่ย V_{avg} (เมตร/วินาที)
0.1	ขาเข้า	41.903	0.628	0.618
	ขาออก	40.550	0.608	
0.2	ขาเข้า	81.689	1.225	1.211
	ขาออก	79.853	1.197	
0.3	ขาเข้า	134.716	2.020	2.000
	ขาออก	131.974	1.979	
0.4	ขาเข้า	154.894	2.323	2.295
	ขาออก	151.196	2.267	
0.5	ขาเข้า	178.242	2.673	2.649
	ขาออก	175.050	2.625	

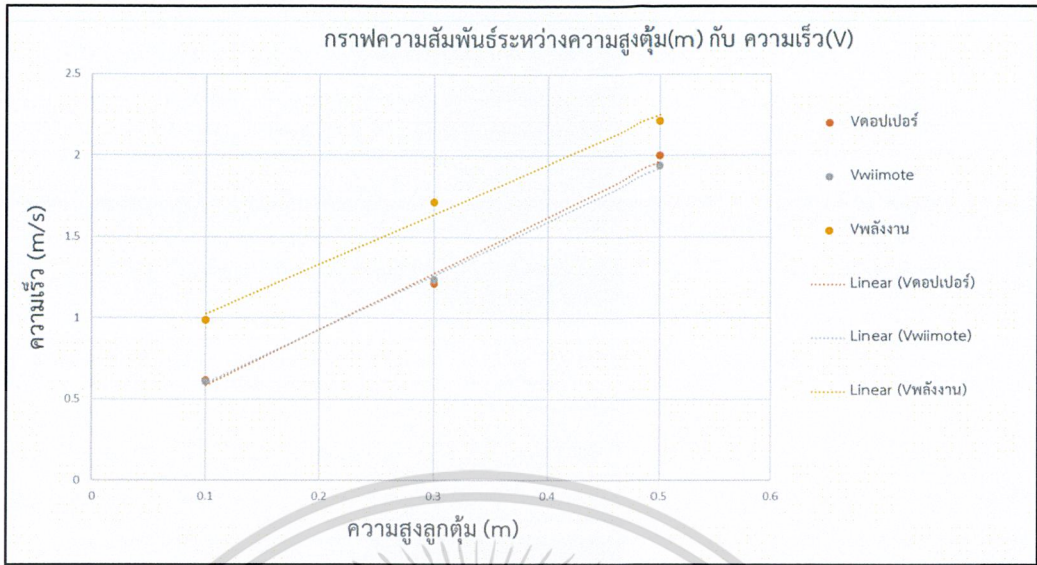
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำค่าความเร็วของทั้งสองการทดลอง และค่าความเร็วจากกฎการอนุรักษ์พลังงานมาเทียบกันจะได้ผลดังตารางที่ 4.21 และมีกราฟความสัมพันธ์ดังรูปที่ 4.7

ตารางที่ 4.21 ตารางแสดงผลการทดลองของค่าความเร็วจากการทดลองของวีริโมตกับ Microvave Doppler Effect และค่าคำนวณจากกฎการอนุรักษ์พลังงาน ในความสูงที่ 0.1 ถึง 0.5 เมตร

ความสูง (เมตร)	ความเร็ว V (เมตร/วินาที)		
	ดอปเปลอร์	วีริโมต	กฎการอนุรักษ์ พลังงาน
0.1	0.618	0.610	0.989
0.2	1.211	1.237	1.714
0.3	2.000	1.939	2.213
0.4	2.295	2.336	2.619
0.5	2.649	2.645	2.969

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

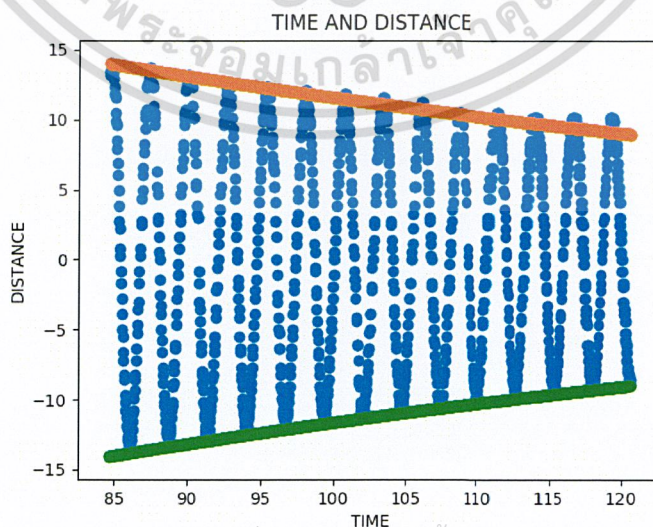


รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงจากจุดกึ่งกลางกับความเร็วจากตอปเปอร์ (สีส้ม) ความเร็วจากวีโมต (สีเทา) ความเร็วจากพลังงาน (สีเหลือง)

4.5 การหาค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วง

4.5.1 ลักษณะข้อมูลที่ได้จากการทดลองการหาค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วง

ในการหาค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วงนั้นเมื่อเราได้ค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วงมาได้แล้วจะนำค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วงนั้นไปใส่ในสมการที่ 3.3 ซึ่งเป็นสมการหาค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วงในเวลาใดๆ และนำมาพล็อตเทียบกับข้อมูลที่น่ามาหาค่าความหน่วงลักษณะกราฟที่ได้เป็นดังรูปที่ 4.8



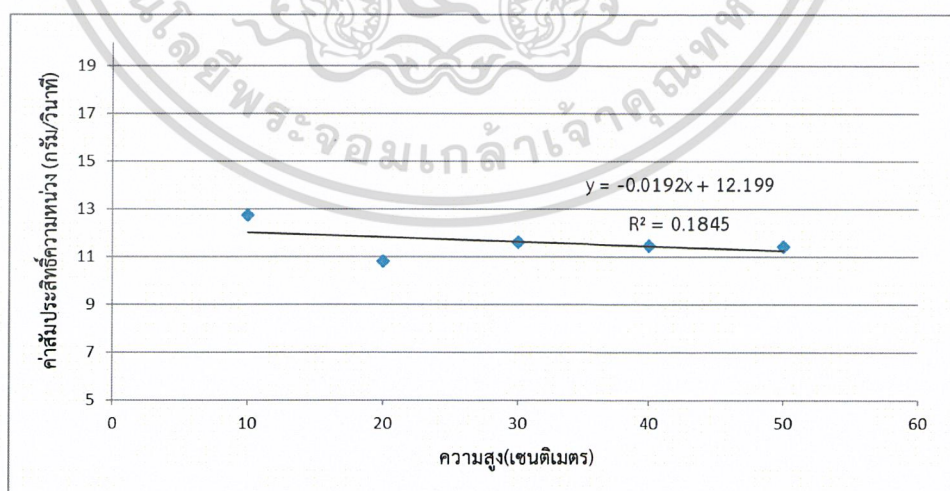
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆก็ตาม อีกทั้งยังห้ามตัดต่อลงบนสื่อหาประโยชน์ทางธุรกิจถึงแม้ว่าเอกสารเหล่านี้จะไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ใดๆ
 รูปที่ 4.8 กราฟแสดงลักษณะข้อมูลการแกว่ง (สีฟ้า) การลดลงของแอมพลิจูด (สีส้มและสีเขียว)

4.5.2 ผลการทดลองการหาค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วง

ค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วงที่ได้ในแต่ละความสูงเป็นดังตารางที่ 4.22 และมีกราฟความสัมพันธ์ ดังรูปที่ 4.7

ตารางที่ 4.22 ผลการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วงที่เกิดจากอากาศ ที่ความสูง 10 ถึง 50 เซนติเมตร

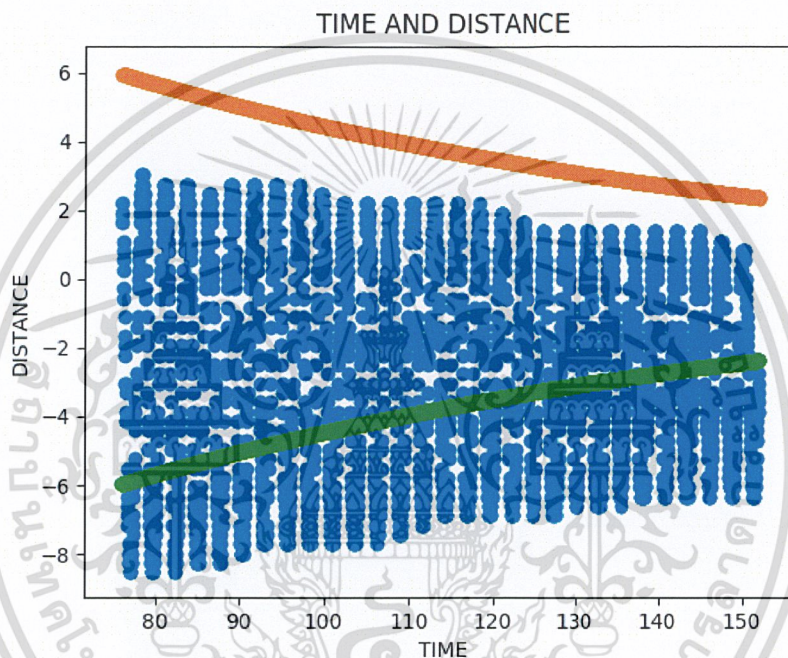
ความสูง (เซนติเมตร)	ค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วง (กรัม/วินาที)					
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย
10	11.48	12.69	11.49	14.22	13.87	12.75
20	9.07	11.35	10.97	11.12	11.5	10.802
30	11.86	11.67	11.46	11.8	11.37	11.632
40	11.57	11.88	11.51	10.49	11.95	11.48
50	11.46	11.68	11.93	11.14	11.05	11.452



รูปที่ 4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูง (เซนติเมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ และค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วง (กรัม/วินาที) นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในแต่ละความสูงนั้นเราจะพบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วงที่ได้นั้นจะมีค่าใกล้เคียงกันในแต่ละความสูง แต่จากข้อมูลกราฟการทดลองในภาคผนวกพบว่าที่ความสูงต่ำหรือ 10 เซนติเมตรนั้นมีค่าแอมพลิจูดแกว่งขึ้นลงดังรูปที่ 4.9 จึงอาจสรุปได้ว่าการหาค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วงที่เกิดจากอากาศด้วยวิโมตไม่เหมาะสมที่ความสูง 10 เซนติเมตร และเหมาะสมที่ความสูง 20 30 40 50 เซนติเมตร



รูปที่ 4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลา (วินาที) และค่าตำแหน่งจากวิโมต (เซนติเมตร) พร้อมแสดงกราฟการลดลงของแอมพลิจูดโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วงของอากาศที่ได้จากการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองการหาความเร็วและหาค่าความหน่วงโดยใช้วิโมตนั้นเราพบว่าในส่วนของ การหาความเร็วนั้นค่าความเร็วที่ได้นั้นเมื่อเทียบกับการหาความเร็วจากตอปเปอร์เอฟเฟคเราพบว่าค่า ความเร็วที่ได้นั้นมีค่าที่ใกล้เคียงกันและเมื่อเรานำมาเทียบกับทฤษฎีนั้นพบว่าค่าข้อมูลนั้นห่างจาก ทฤษฎีอยู่แต่กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสูงของลูกตุ้มจากจุดกึ่งกลาง และความเร็วจากรูปที่ 4.7 นั้นมีลักษณะกราฟไปในทางเดียวกัน สาเหตุที่ทำให้ค่าที่ทดลองกับทฤษฎีนั้นค่าไม่ตรงกันอาจจะ มาจากค่าความหน่วงที่มากทำให้พลังงานในระบบของลูกตุ้มสูญหายไป เราจึงทำการทดลองหาค่า ความหน่วงพบว่าในการหาค่าความหน่วงของเรานั้นเหมาะกับการหาค่าที่ความสูงจากจุดกึ่งกลาง เพราะจากข้อมูลนั้นเราพบว่าสามารถหาค่าความหน่วงได้ที่ความสูง 20-50 เซนติเมตร

5.2 ข้อเสนอแนะ

ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการทดลองนั้นเกิดจากการที่วิโมตสูงเสียดค่าความละเอียดเนื่องจาก ระยะห่างจากลูกตุ้มและวิโมตอยู่ห่างกัน และเชือกที่แขวนลูกตุ้มนั้นควรจะสั้นลงกว่าที่การวิจัยนี้ใช้ เนื่องจากเชือกที่ยาวนั้นอาจส่งผลต่อการทดลองได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Lee J Ch. 2008. Hacking the Nintendo Wii remote IEEE Pervasive Comput. หน้า 39-45
- [2] Selver Softic. 2014. Usind Nintendo Wii Remote Controller for Finger Tracking,Gesture Detection and as HCI Device. หน้า 4-5
- [3] วัชรินทร์ ดงบัง. 2013. Infrared Radiation and Application in Food Industries. หน้า 300-301
- [4] ท้ายชนก หมิ่นกล้า. 2013. พลังหลอดไฟ LED (Light emitting diode). หน้า 36
- [5] จักรกฤษณ์ แสงแก้ว. 2006. การเขียนโปรแกรม ภาษาไพธอนด้วยตนเอง. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- [6] ผศ.โอภาส ศิริครรชิตถาวร และคณะ. 2016. Raspberry Pi 3 บอร์ดคอมพิวเตอร์ 32 บิตยอดนิยม รู้จักและใช้งานเบื้องต้น. กรุงเทพฯ : อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์.
- [7] ปิยพงศ์ หนูดำ. 2561. การศึกษาผลการใช้ชุดสาธิตความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่แบบวงกลมกับการเคลื่อนที่แบบฮาร์โมนิกอย่างง่าย. โรงเรียนตะโหนด จังหวัดพัทลุง สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 12 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน
- [8] ประสิทธิ์ จันตะภา. 2555. ติวสบาย สไตลล์ลุยโจทย์ ฟิสิกส์ เพิ่มเติม. เล่มที่ 2. กรุงเทพฯ : ภูมิบัณฑิต.
- [9] ประสิทธิ์ จันตะภา. 2555. ติวสบาย สไตลล์ลุยโจทย์ ฟิสิกส์ เพิ่มเติม. เล่มที่ 3. กรุงเทพฯ : ภูมิบัณฑิต.
- [10] ณัฐพล ศรีสิทธิโชคกุล. (พฤศจิกายน 2556). การเคลื่อนที่แบบแกว่ง. เอกสารประกอบการสอนรายวิชาฟิสิกส์ 1 (Physics 1), นครปฐม : มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



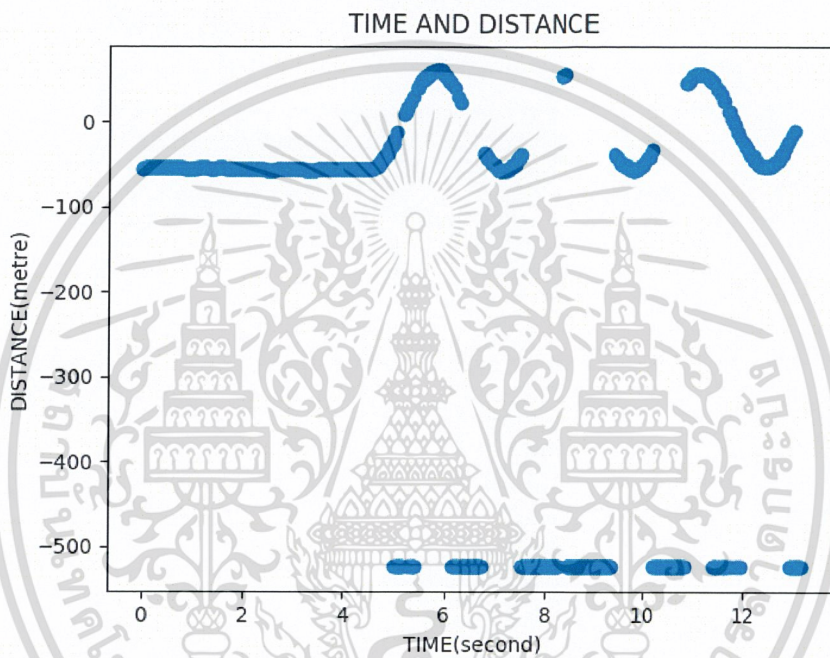
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

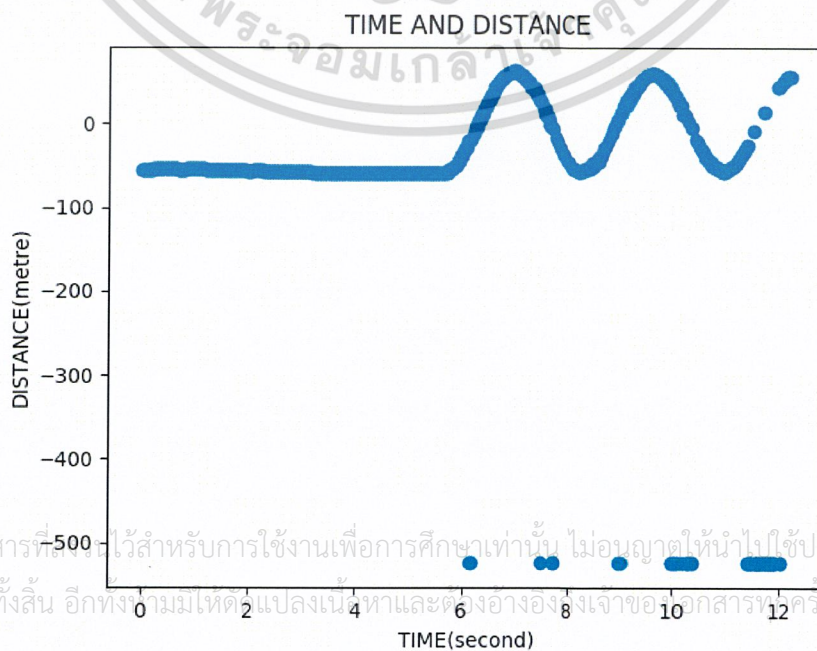
ข้อมูลผลการทดลอง

1. ข้อมูลกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลา(วินาที) และค่าตำแหน่งที่ได้จากวิโมต (เซนติเมตร) ในระดับความสูง 5 ระดับ

1.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลา(วินาที) และค่าตำแหน่งที่ได้จากวิโมต(เซนติเมตร) ที่ ความสูง10 เซนติเมตรจากจุดกึ่งกลาง

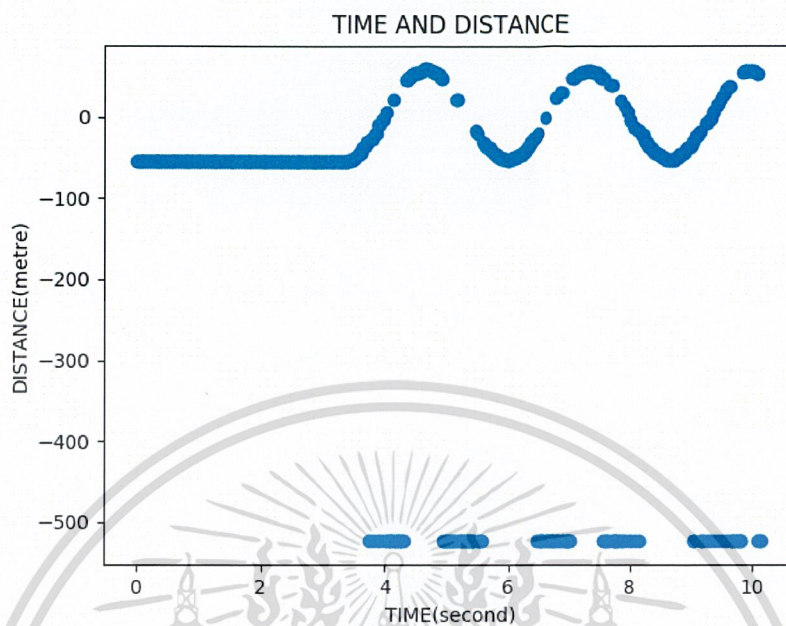


รูปที่ 1

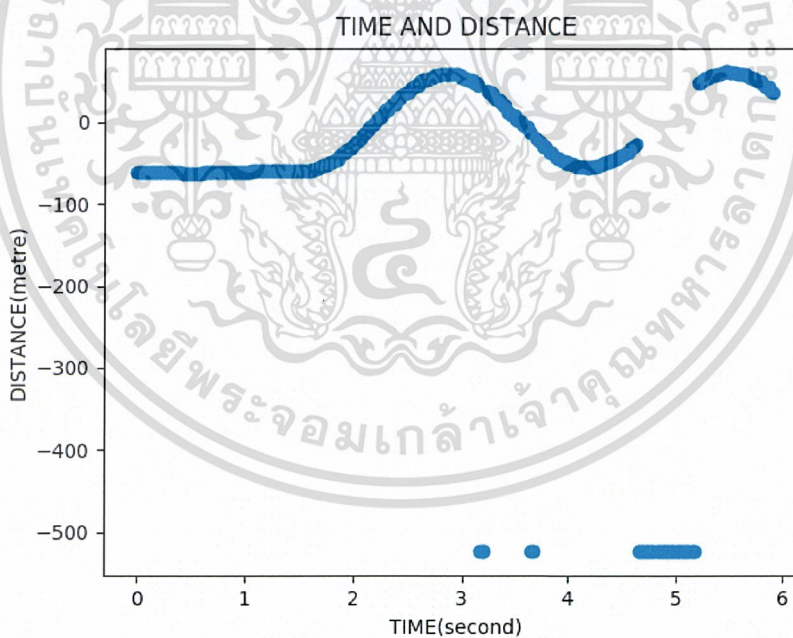


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งขอสงวนสิทธิ์ในข้อมูลและต้องอ้างอิงจากเอกสารที่นำมาใช้

รูปที่ 2

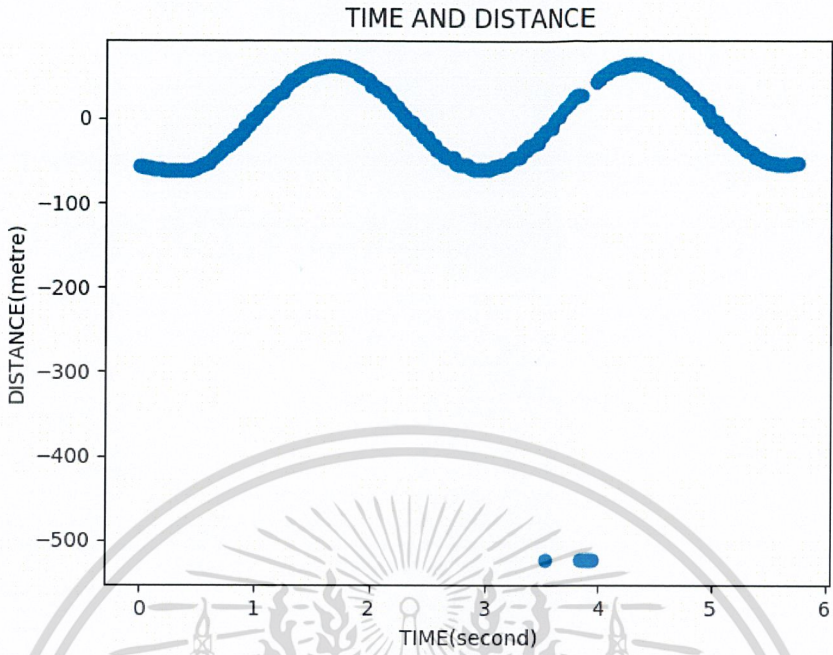


รูปที่ 3

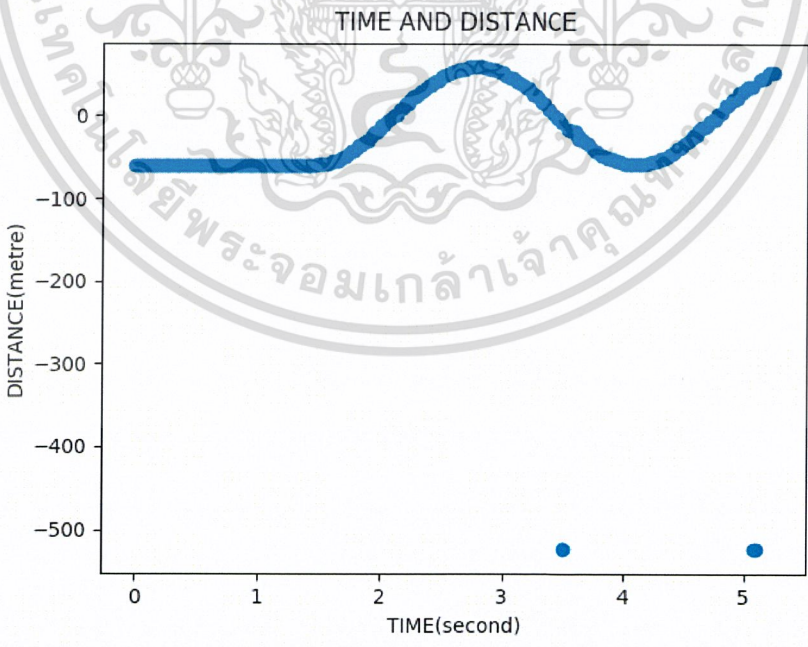


รูปที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

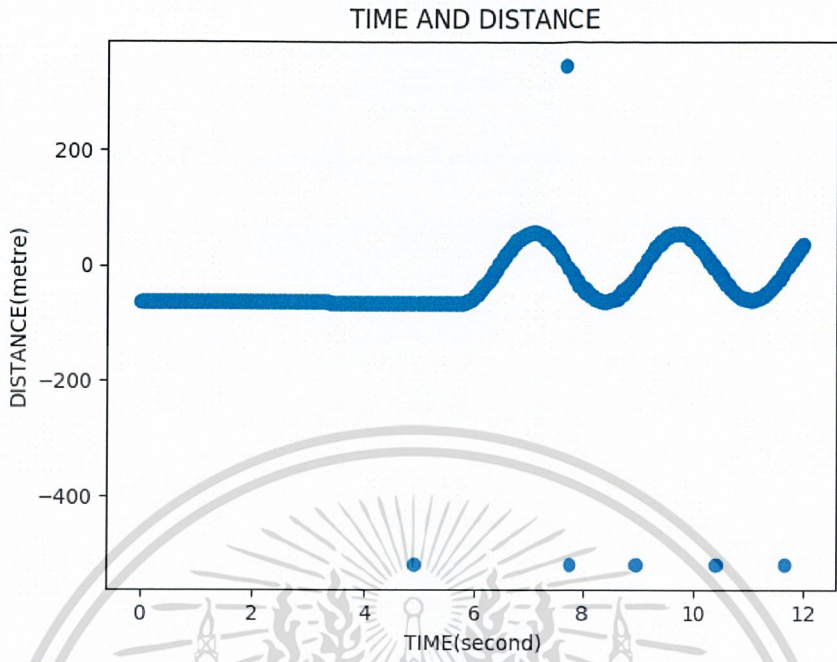


รูปที่ 5

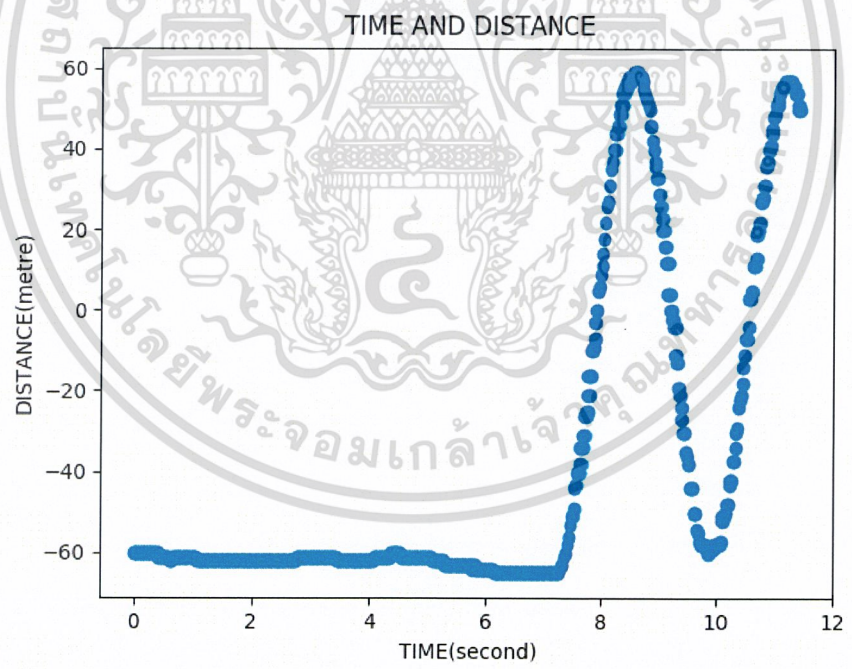


รูปที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

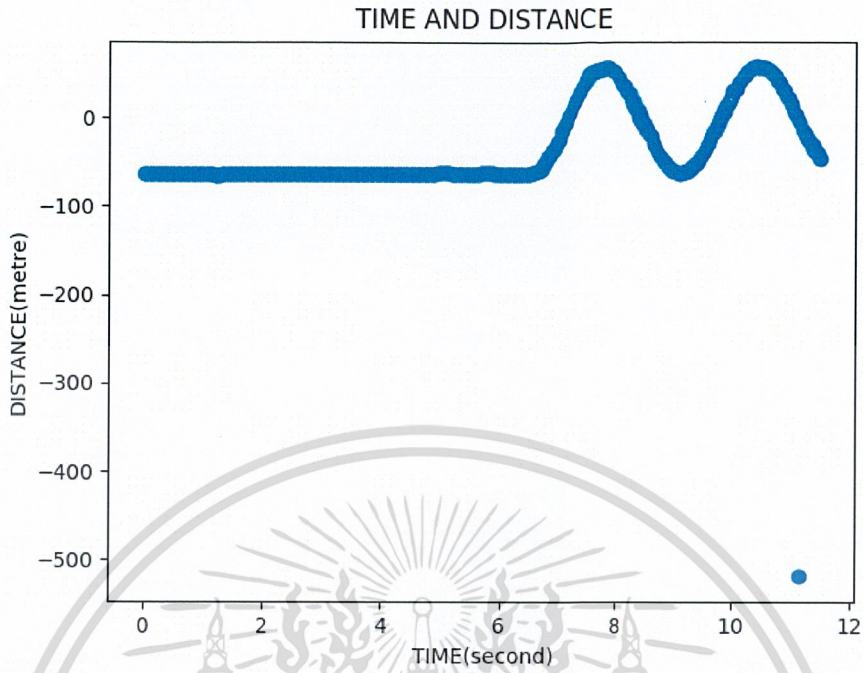


รูปที่ 7

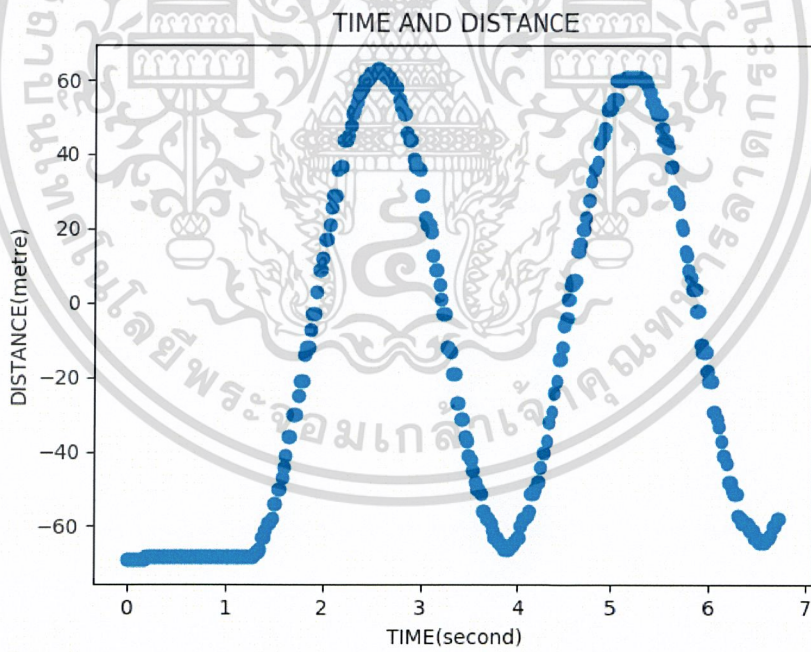


รูปที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

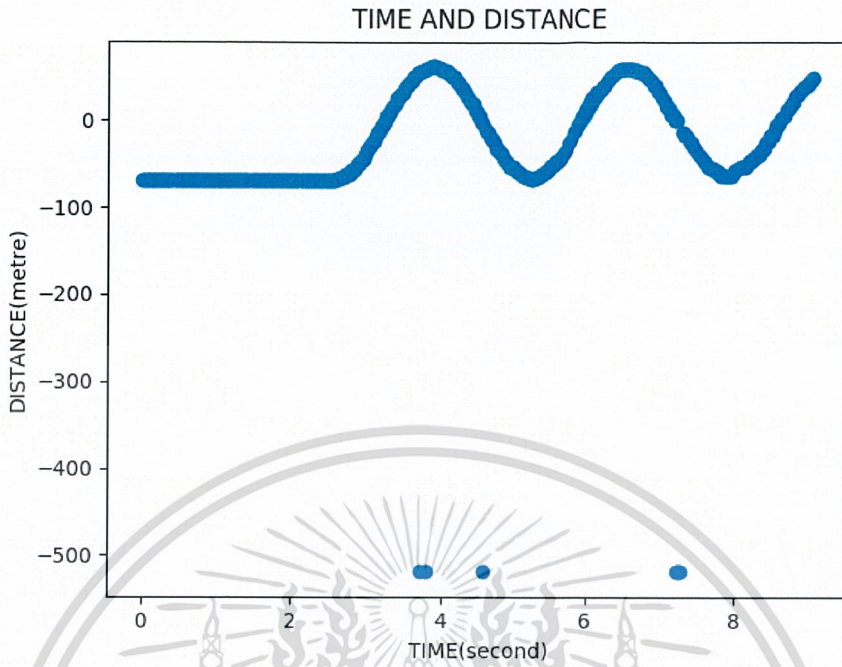


รูปที่ 9

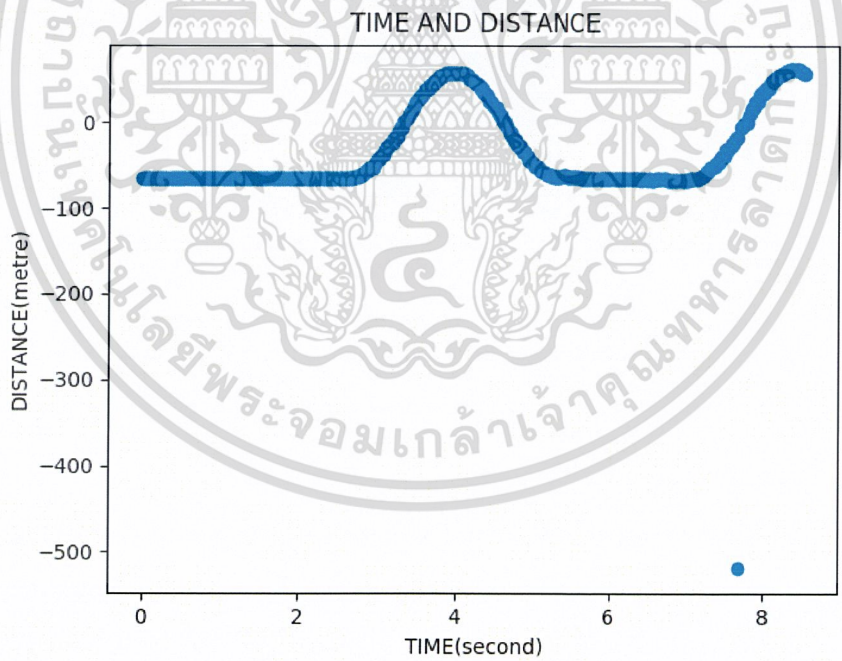


รูปที่ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

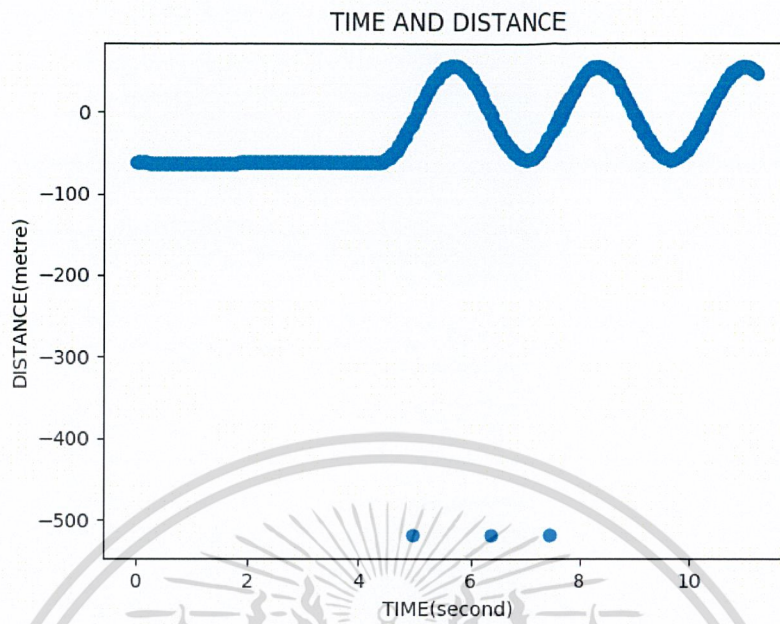


รูปที่ 11

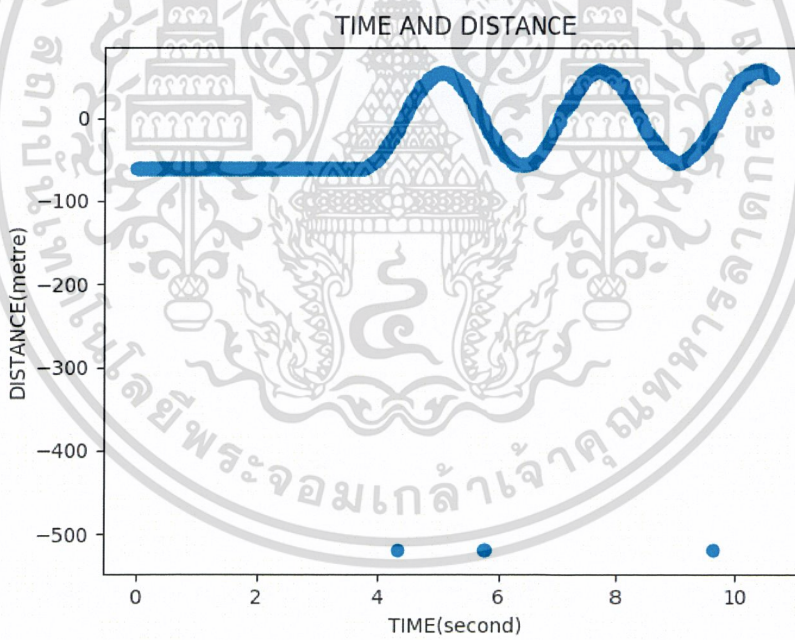


รูปที่ 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

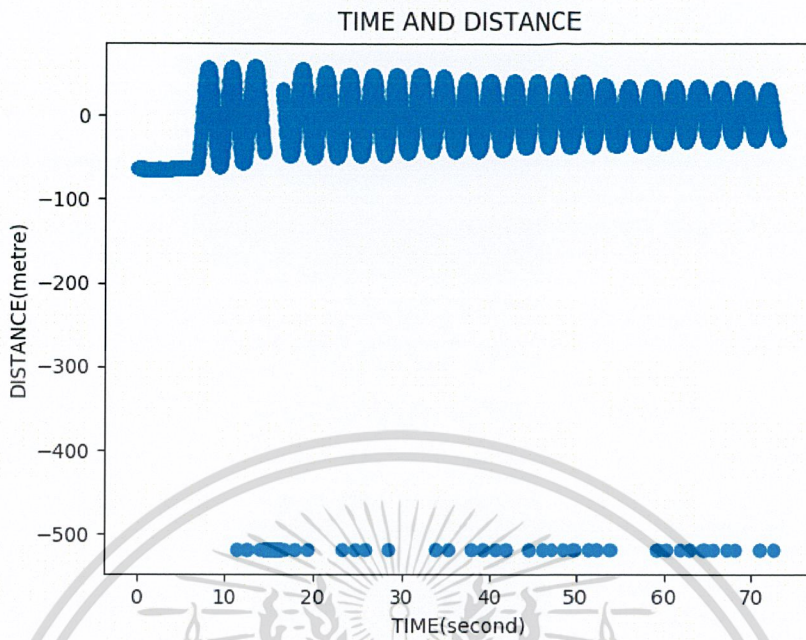


รูปที่ 13

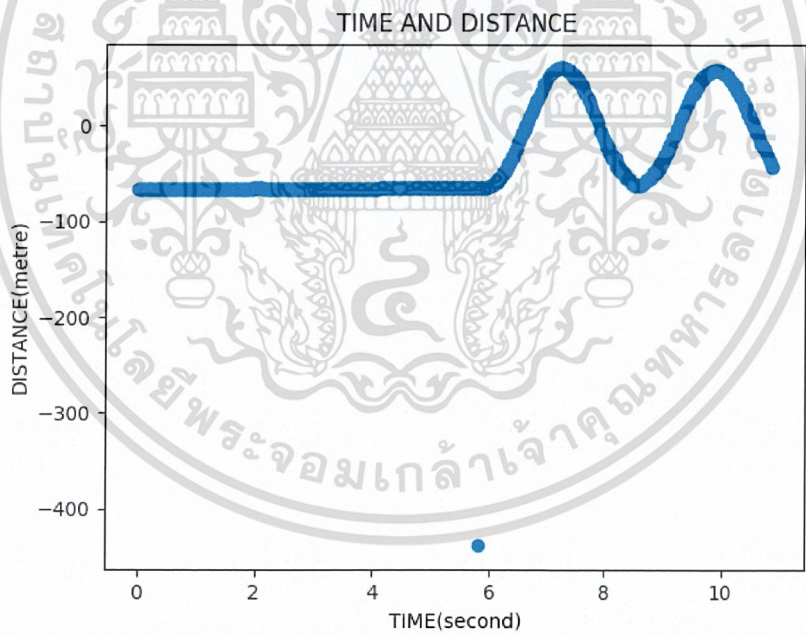


รูปที่ 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

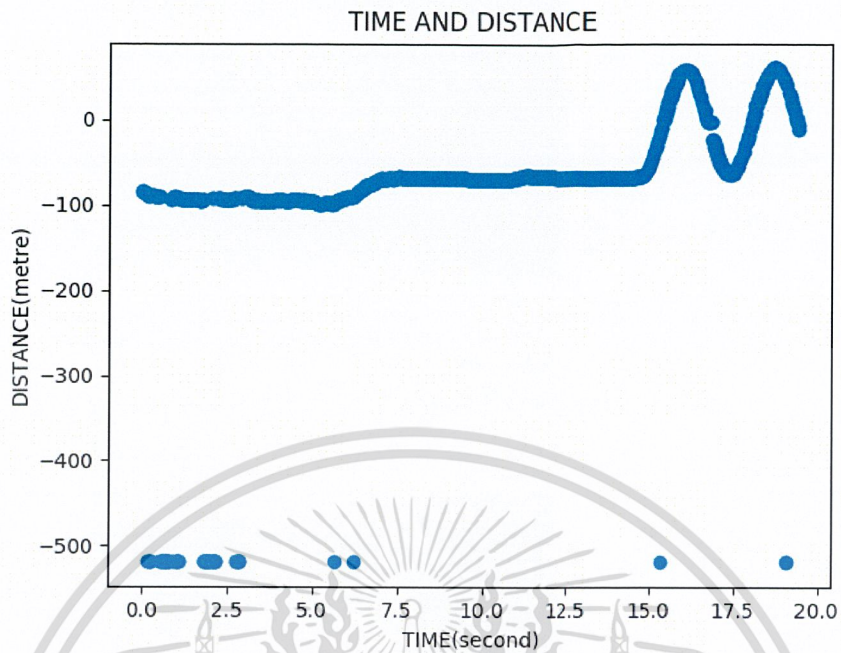


รูปที่ 15

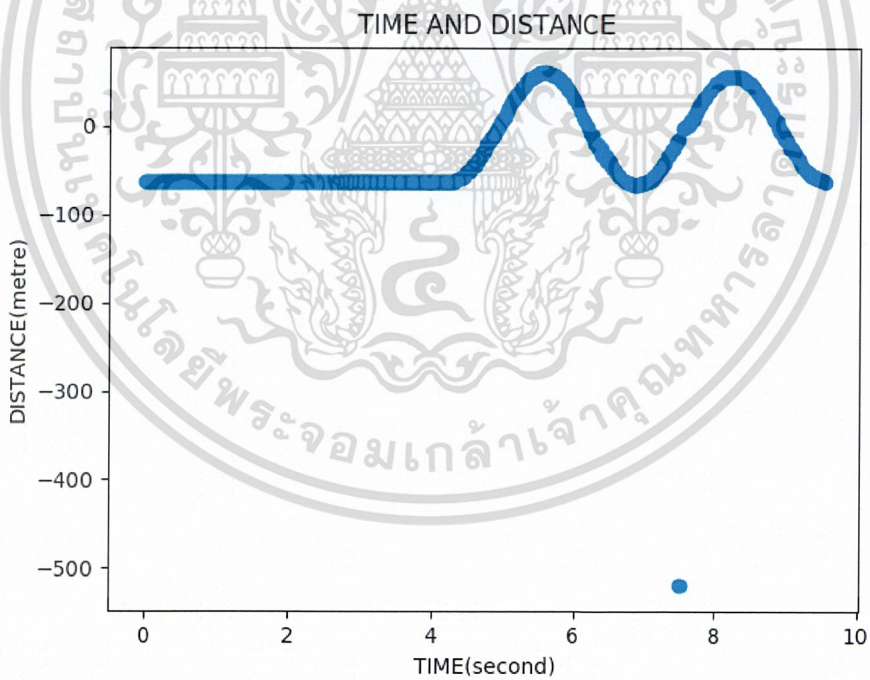


รูปที่ 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

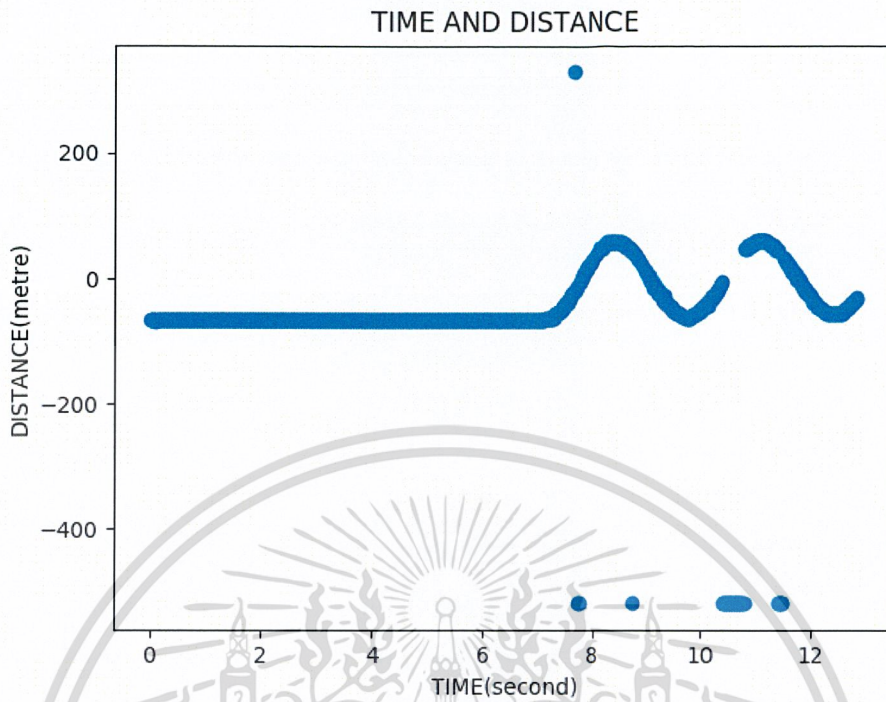


รูปที่ 17

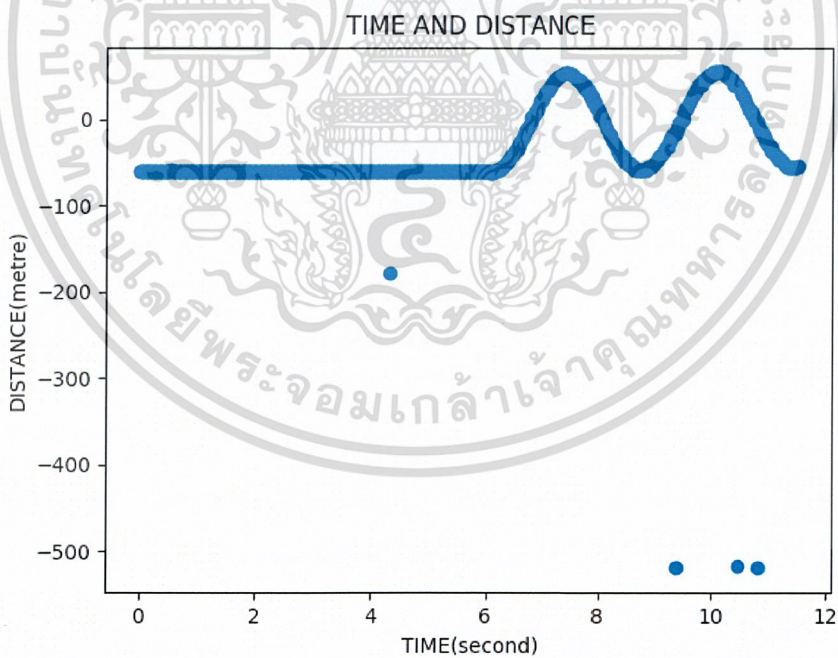


รูปที่ 18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

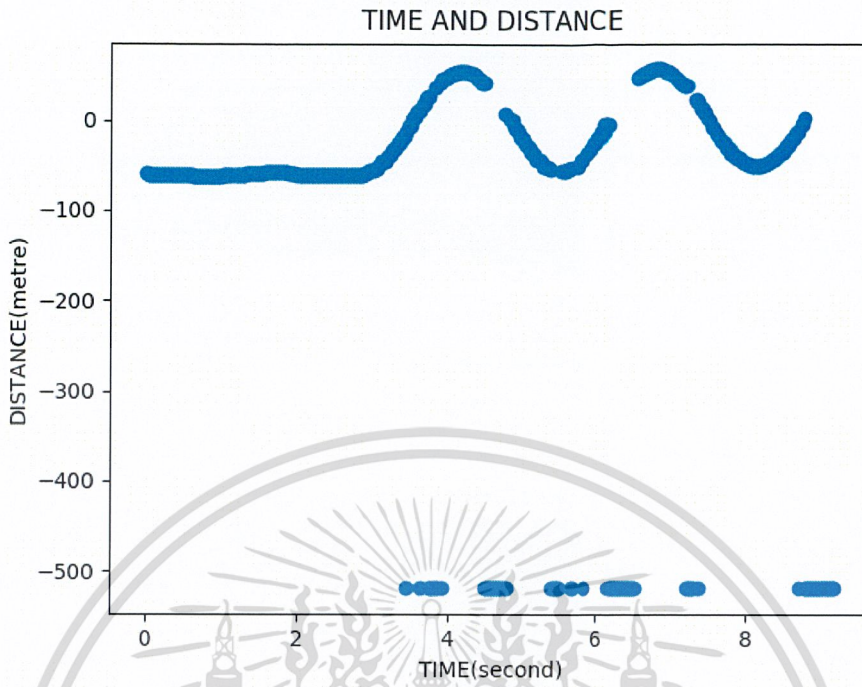


รูปที่ 19

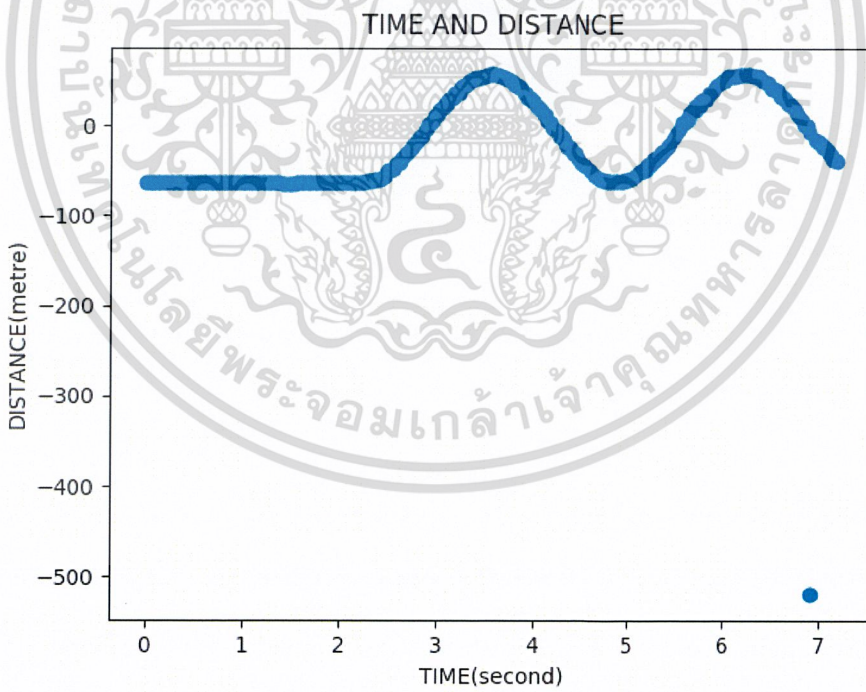


รูปที่ 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

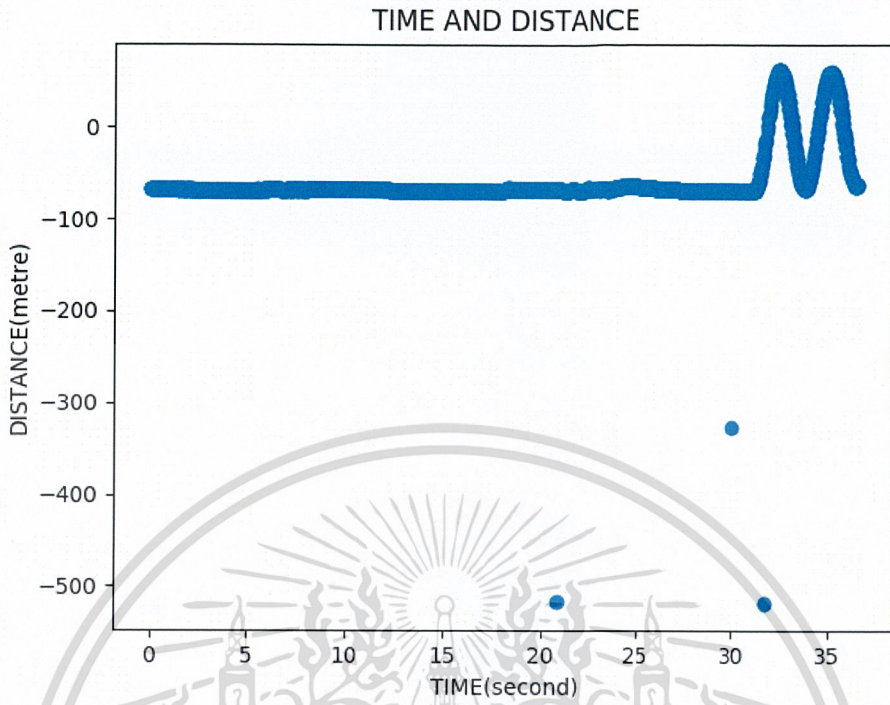


รูปที่ 21

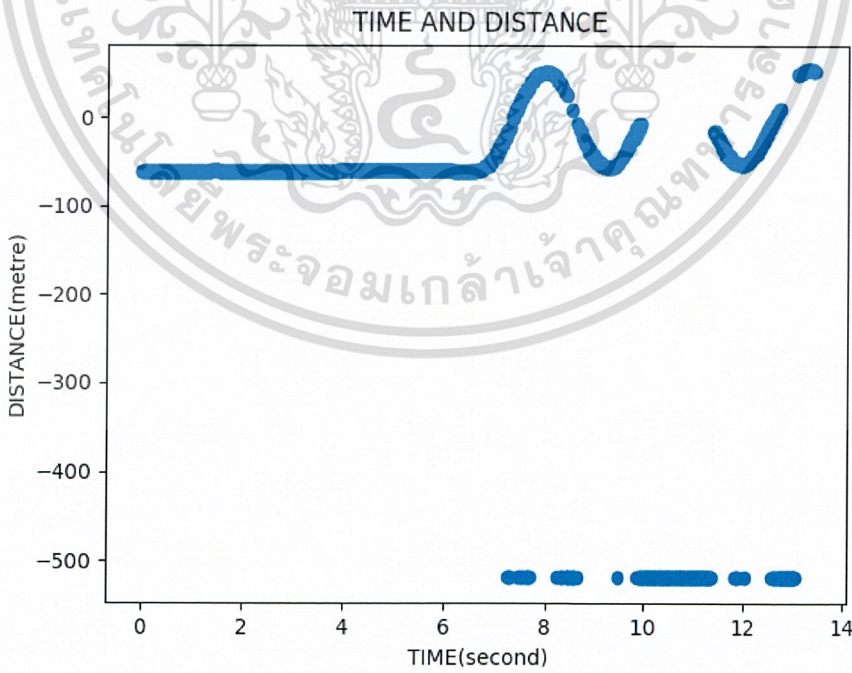


รูปที่ 22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

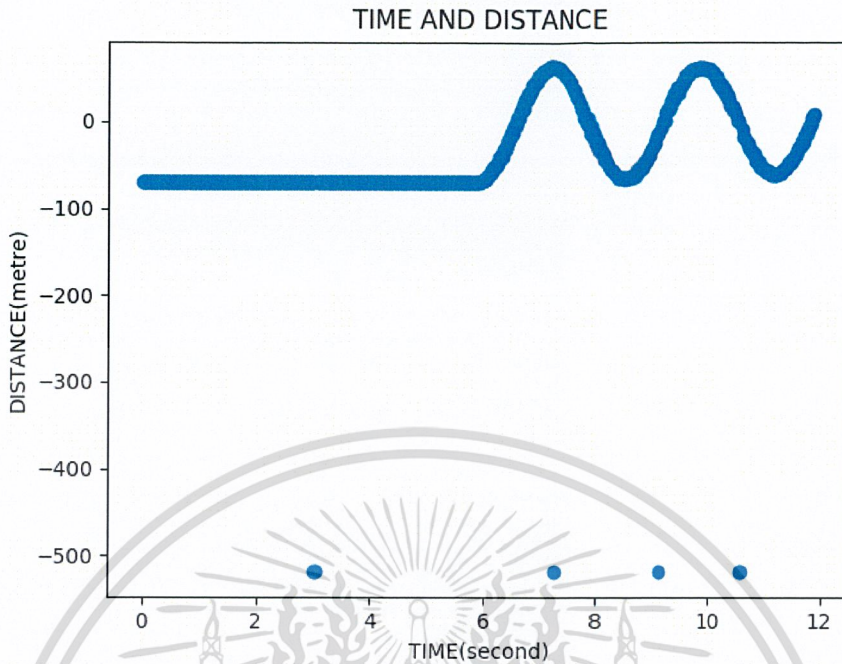


รูปที่ 23

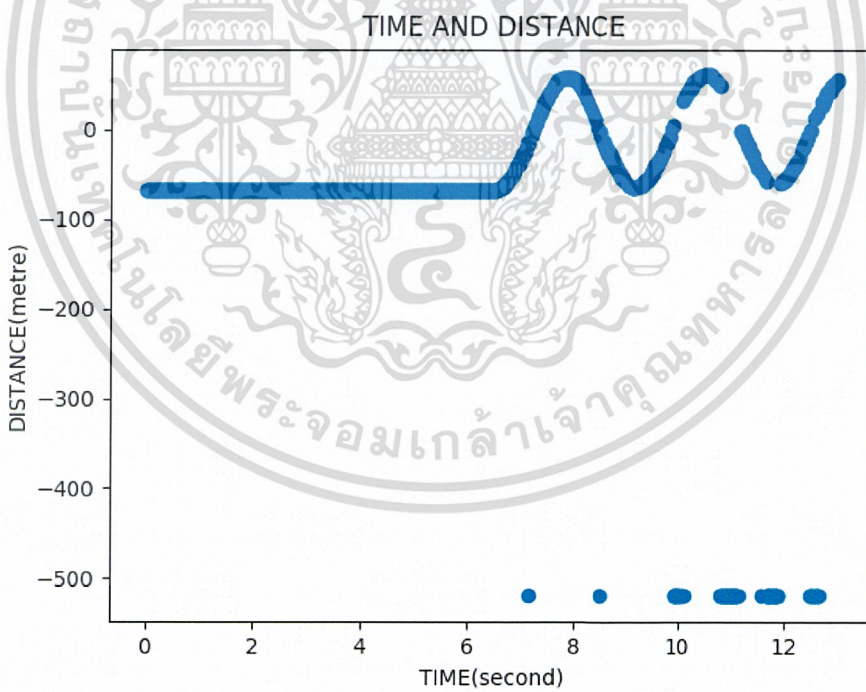


รูปที่ 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

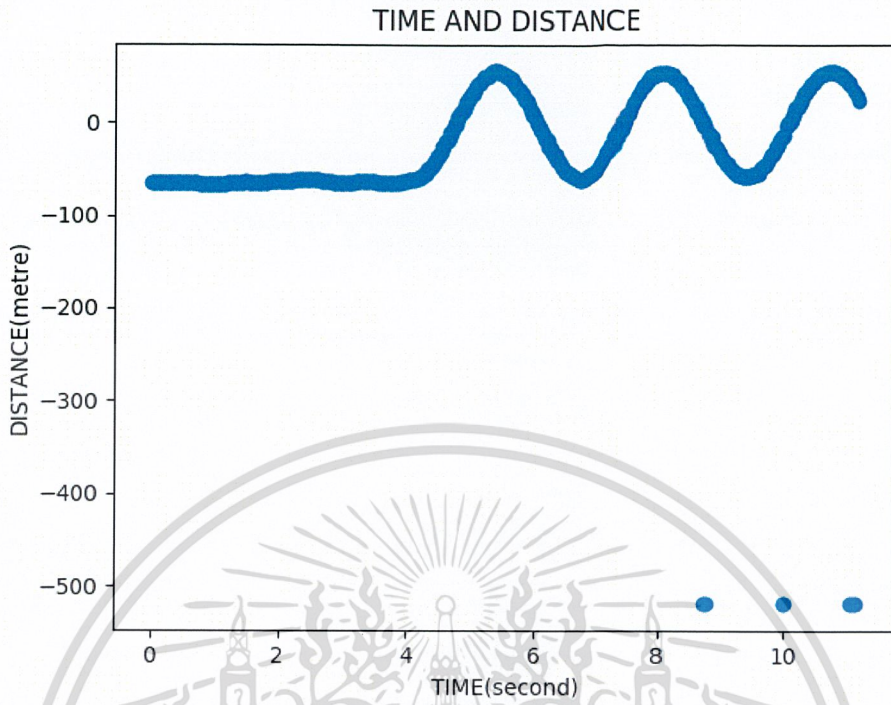


รูปที่ 25

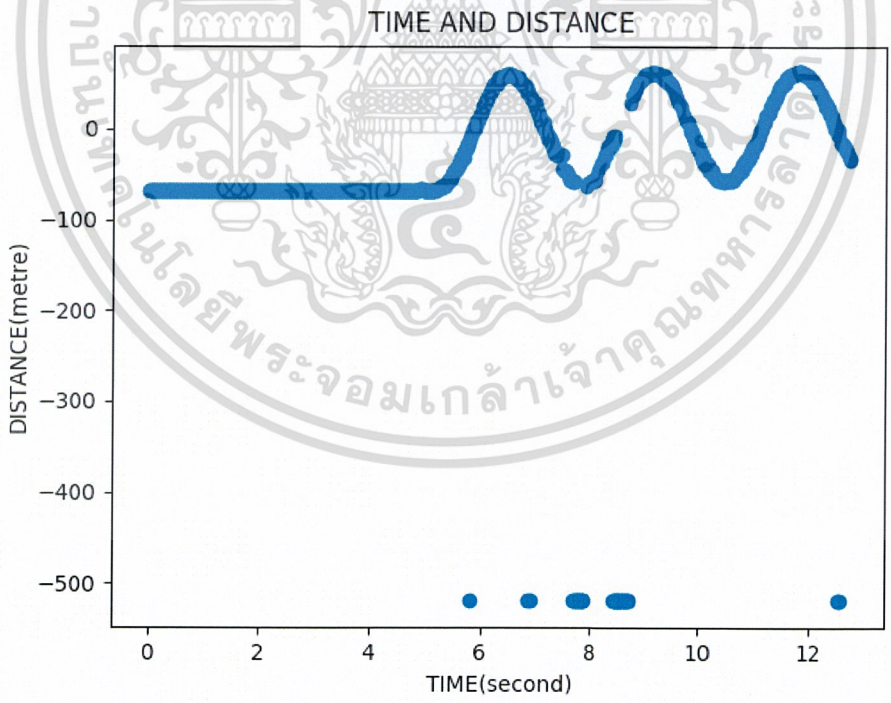


รูปที่ 26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

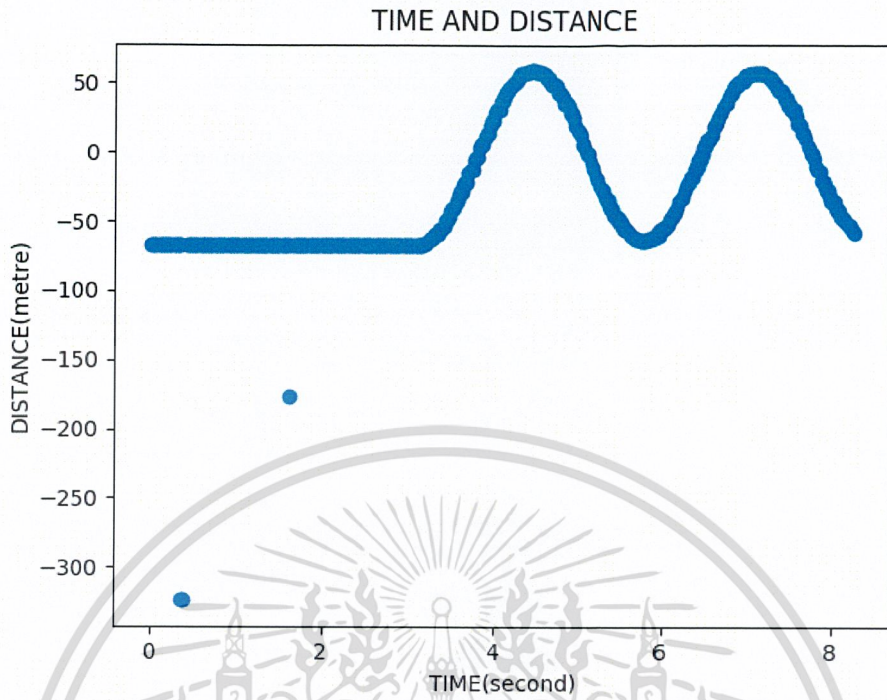


รูปที่ 27

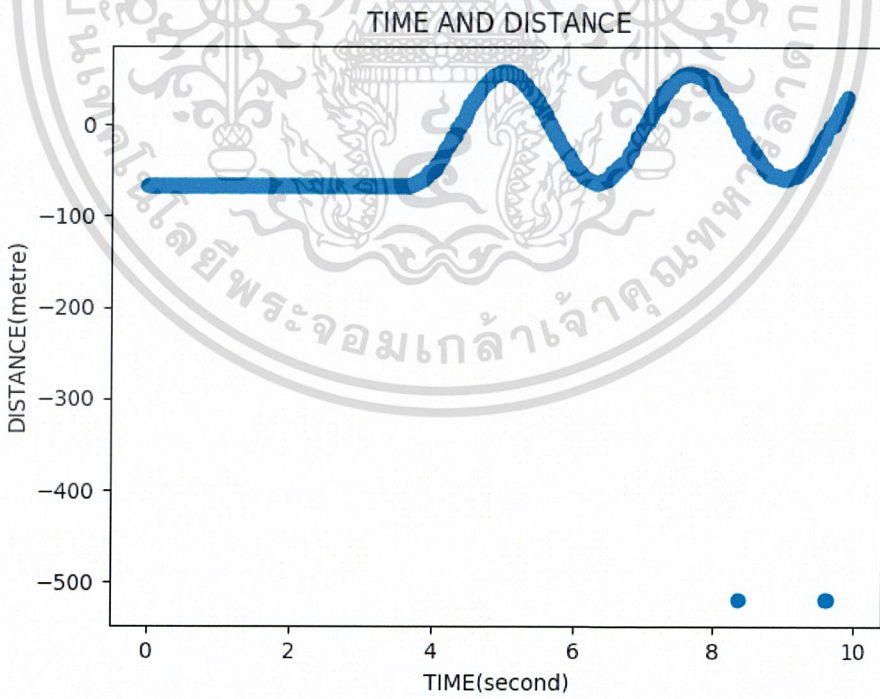


รูปที่ 28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



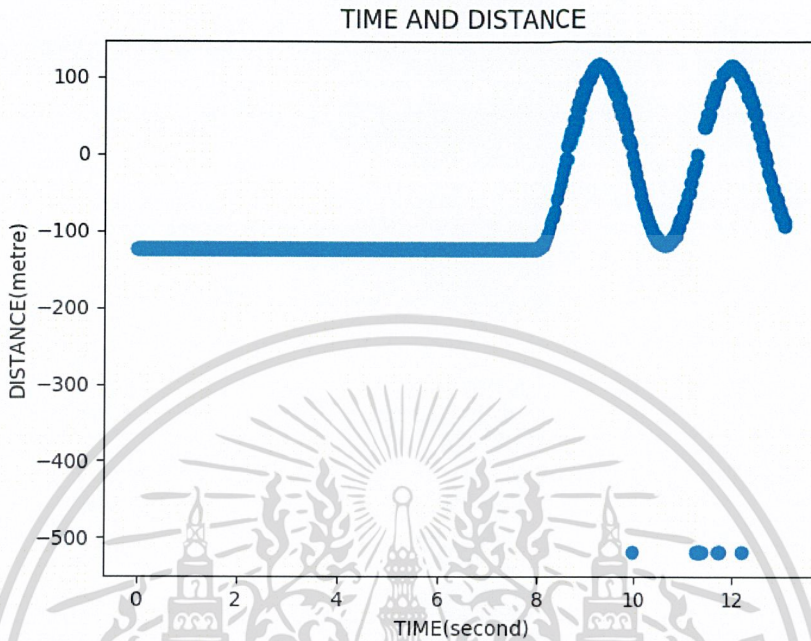
รูปที่ 29



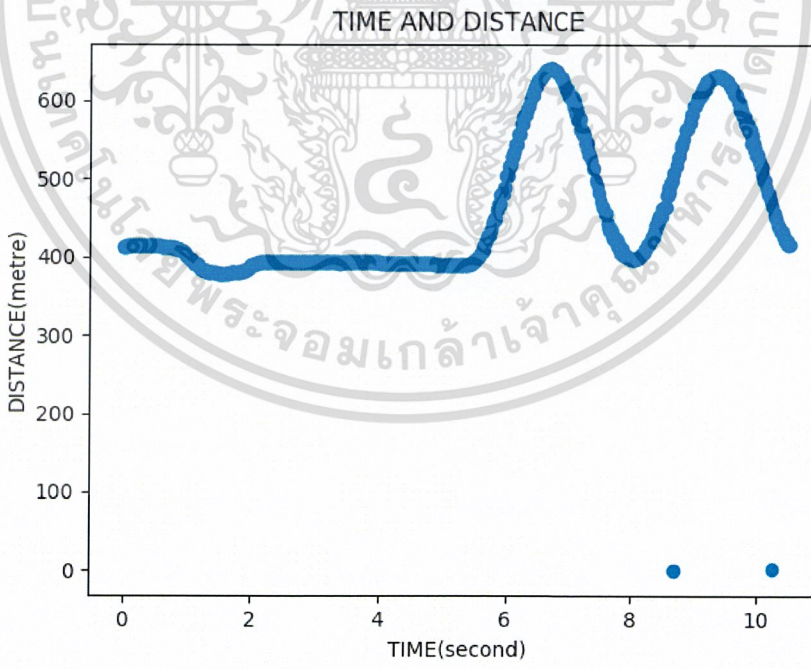
รูปที่ 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลา(วินาที) และค่าตำแหน่งที่ได้จากกีโมต(เซนติเมตร) ที่ความสูง 20 เซนติเมตรจากจุดกึ่งกลาง

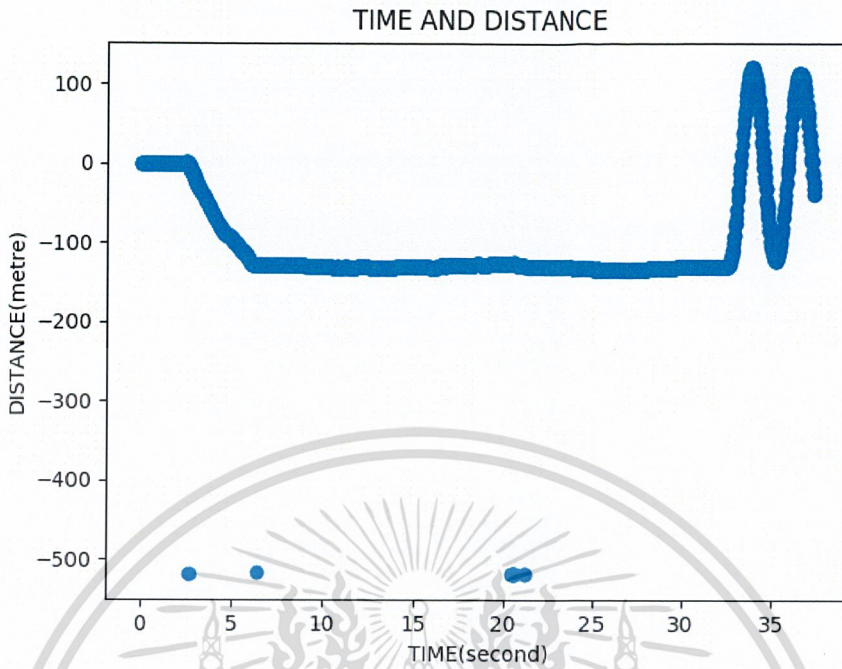


รูปที่ 1

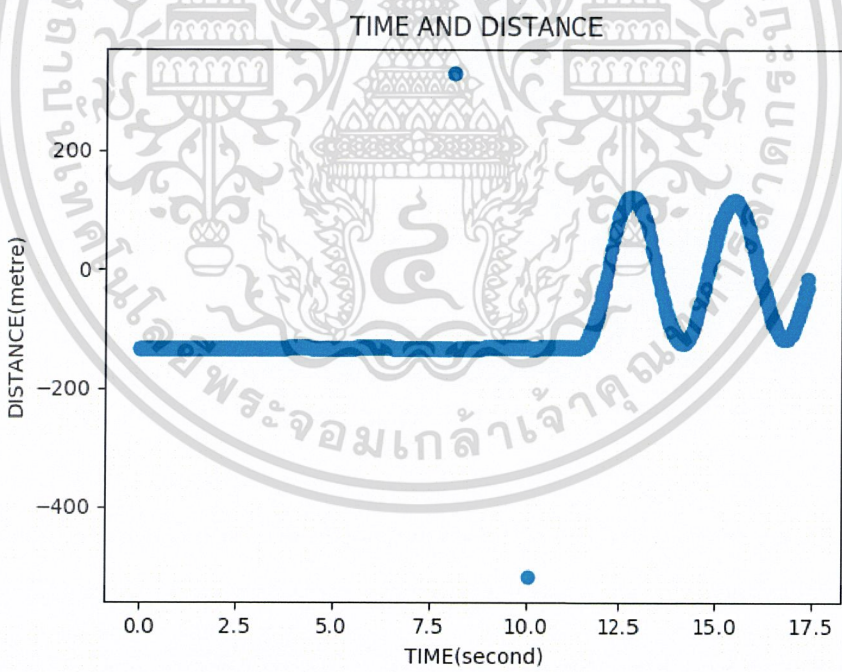


รูปที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

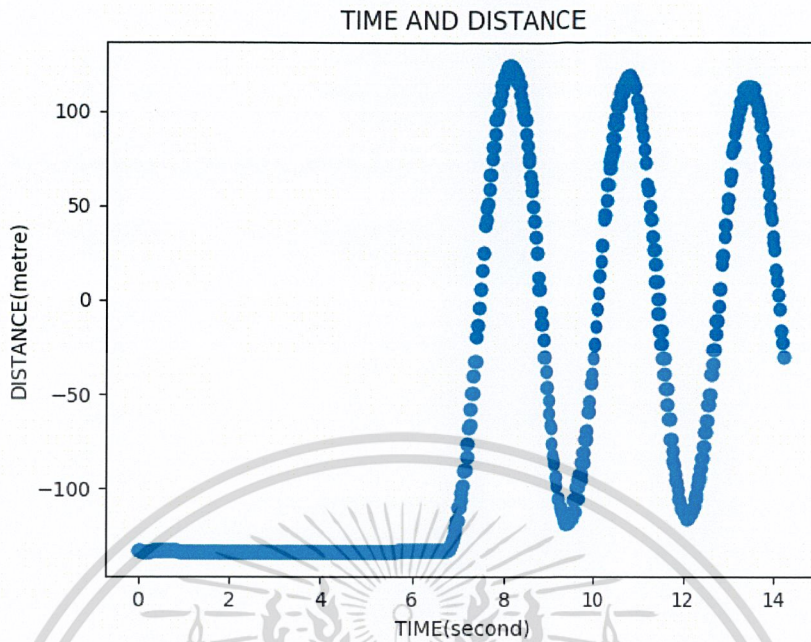


รูปที่ 3

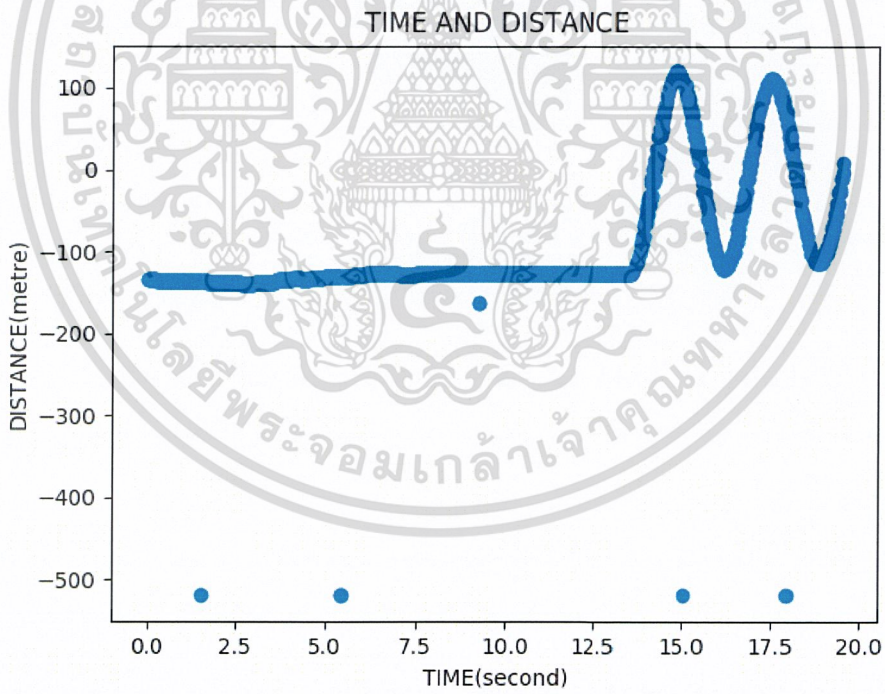


รูปที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

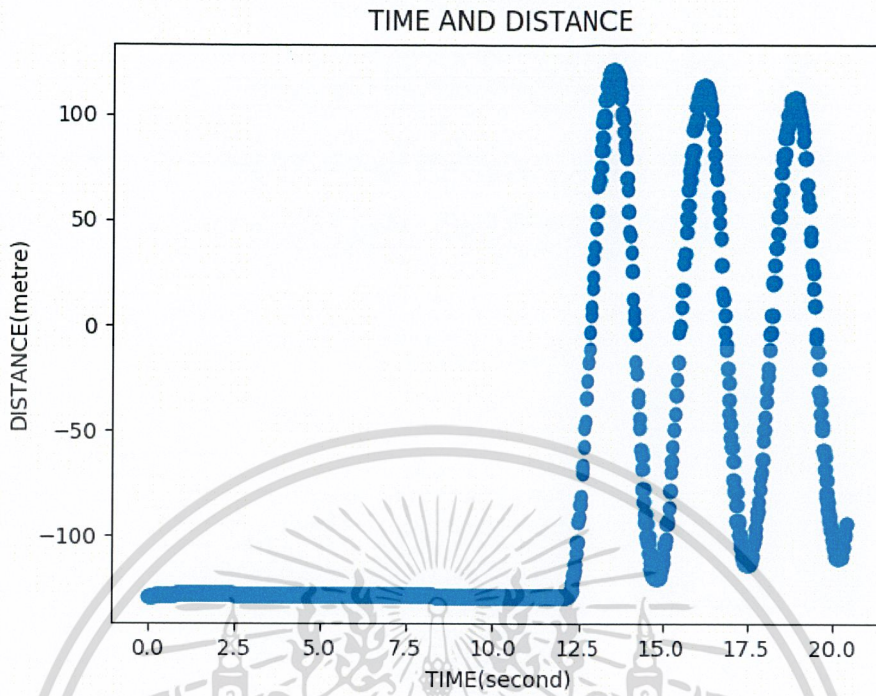


รูปที่ 5

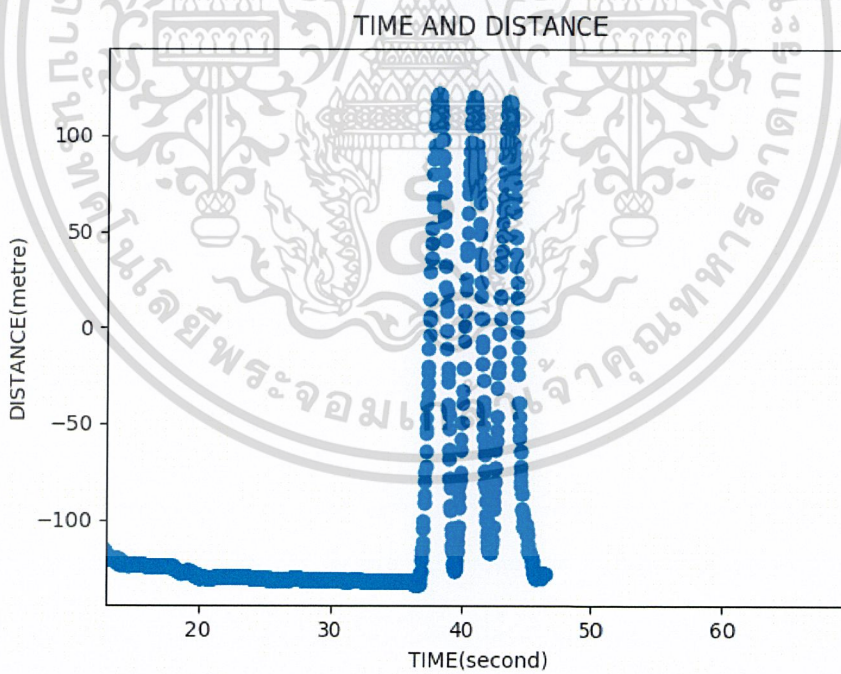


รูปที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

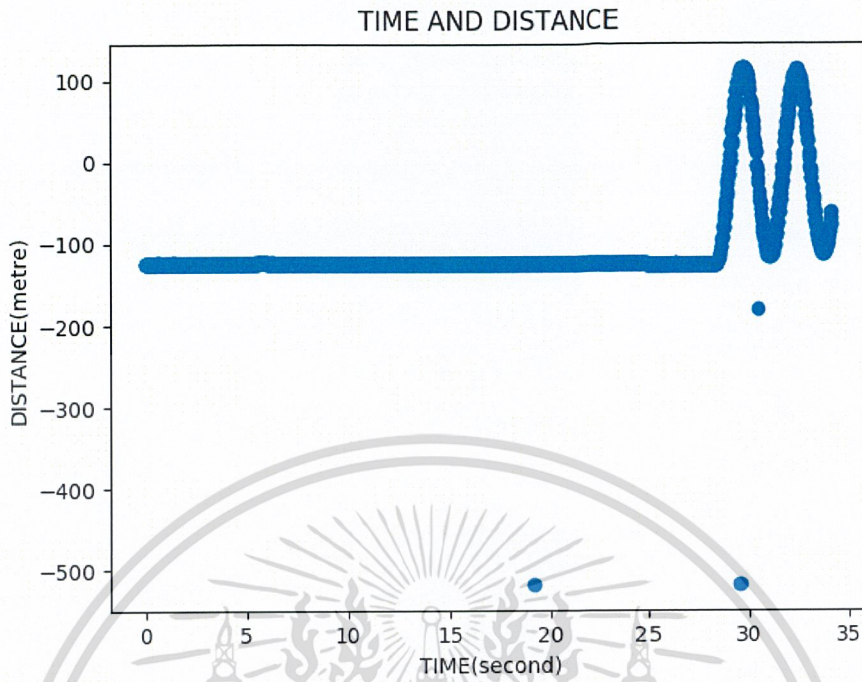


รูปที่ 7

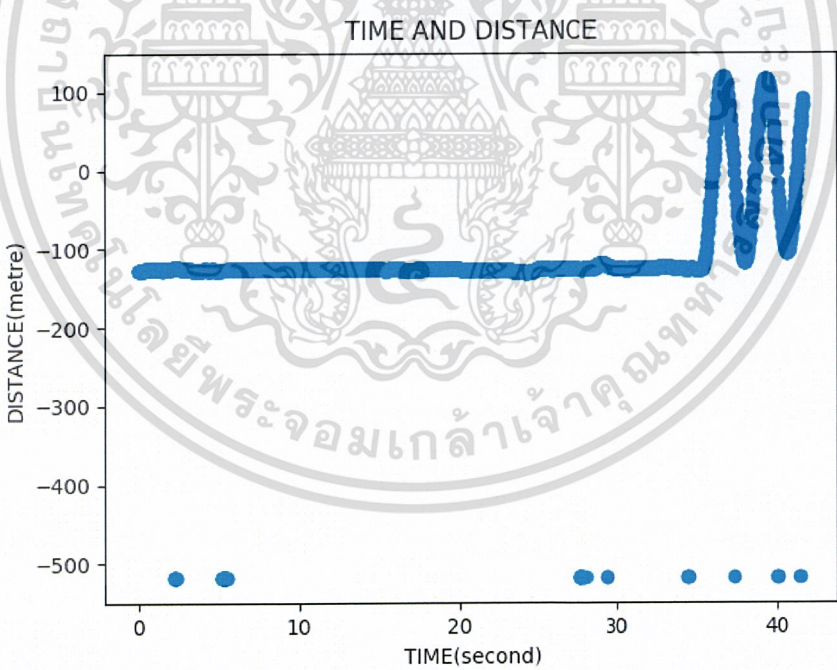


รูปที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

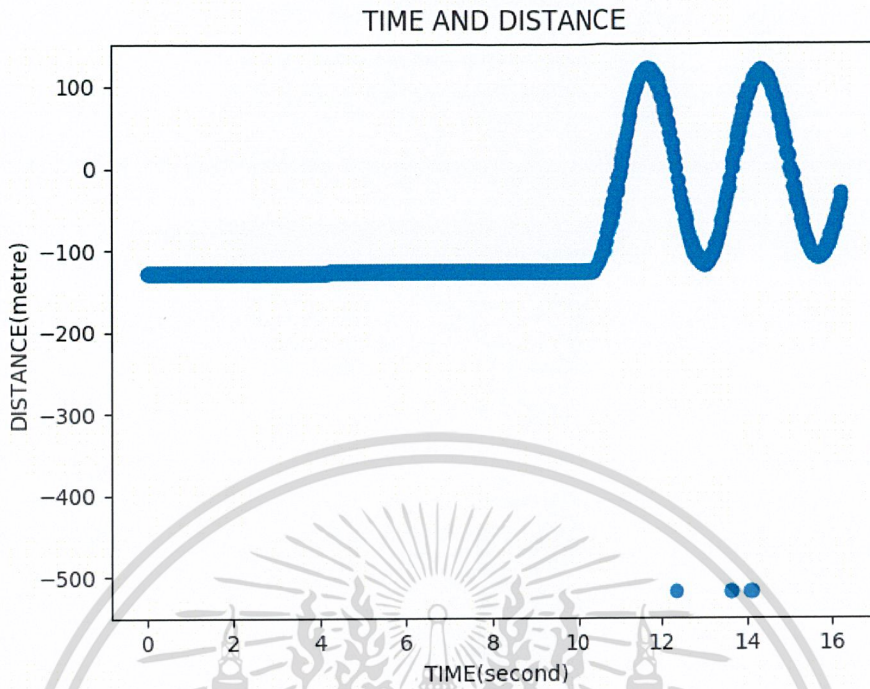


รูปที่ 9

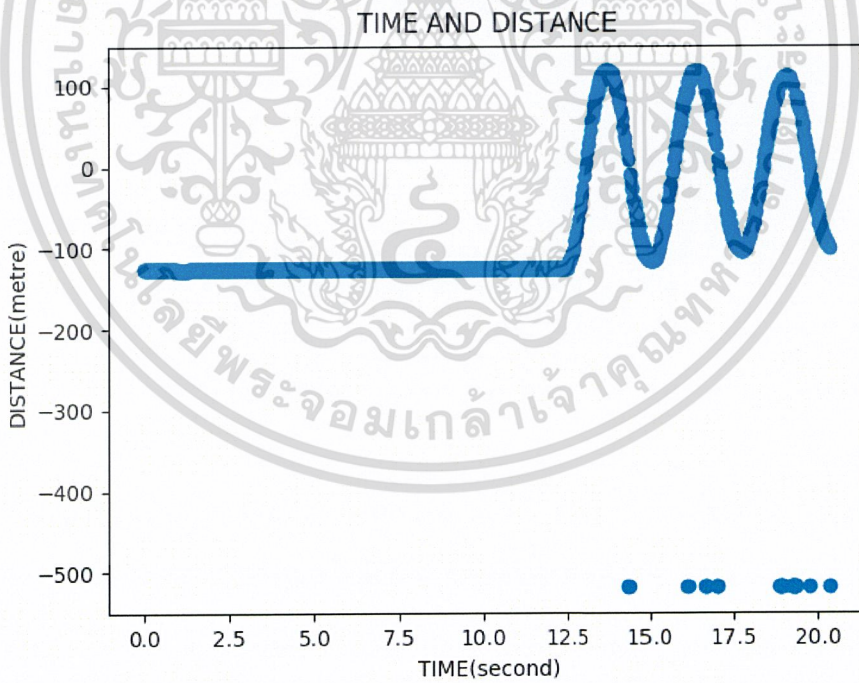


รูปที่ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

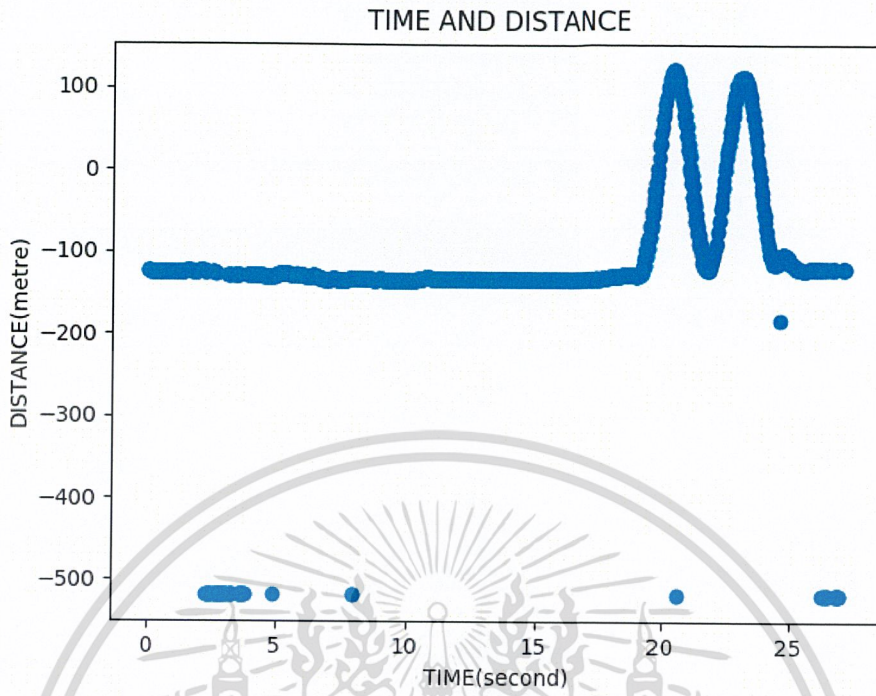


รูปที่ 11

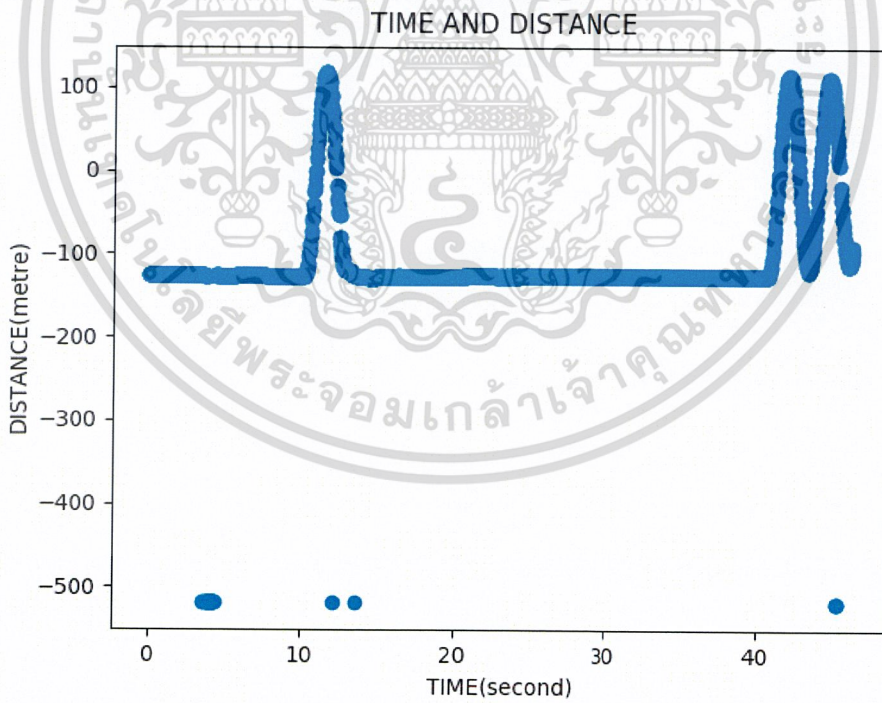


รูปที่ 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

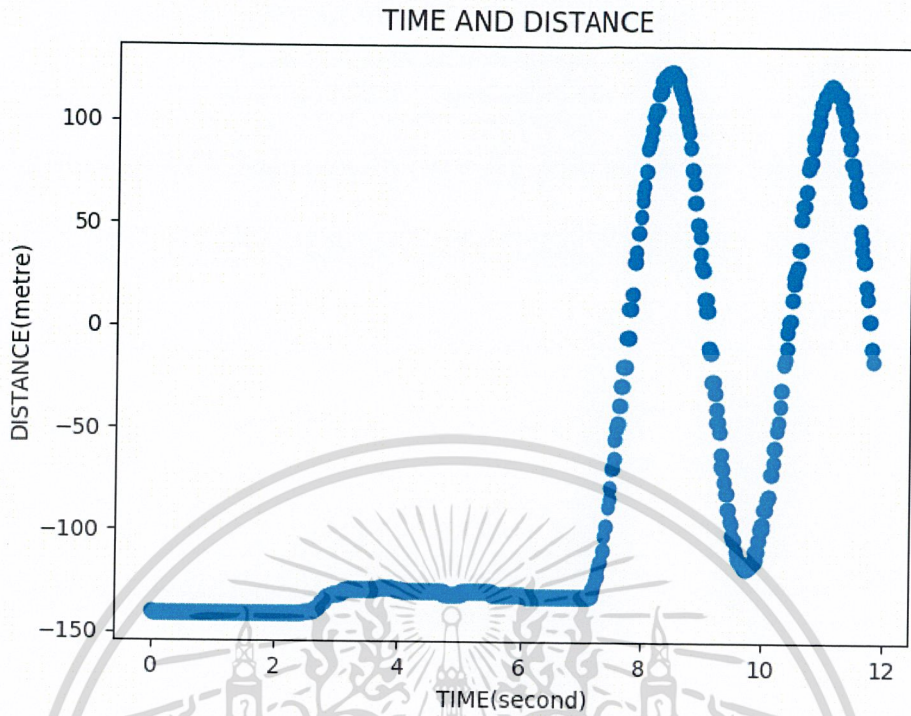


รูปที่ 13

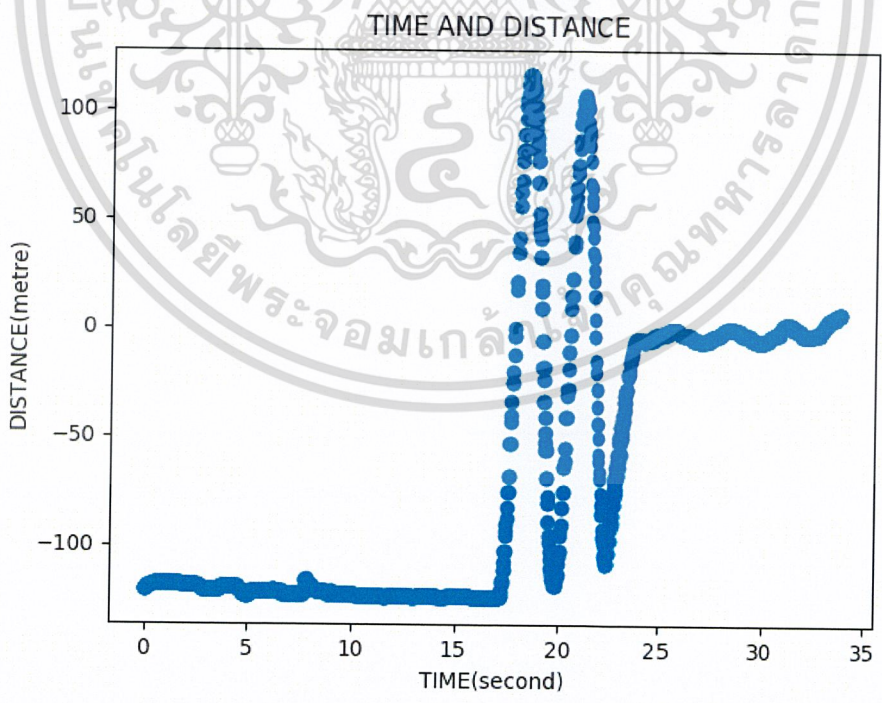


รูปที่ 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

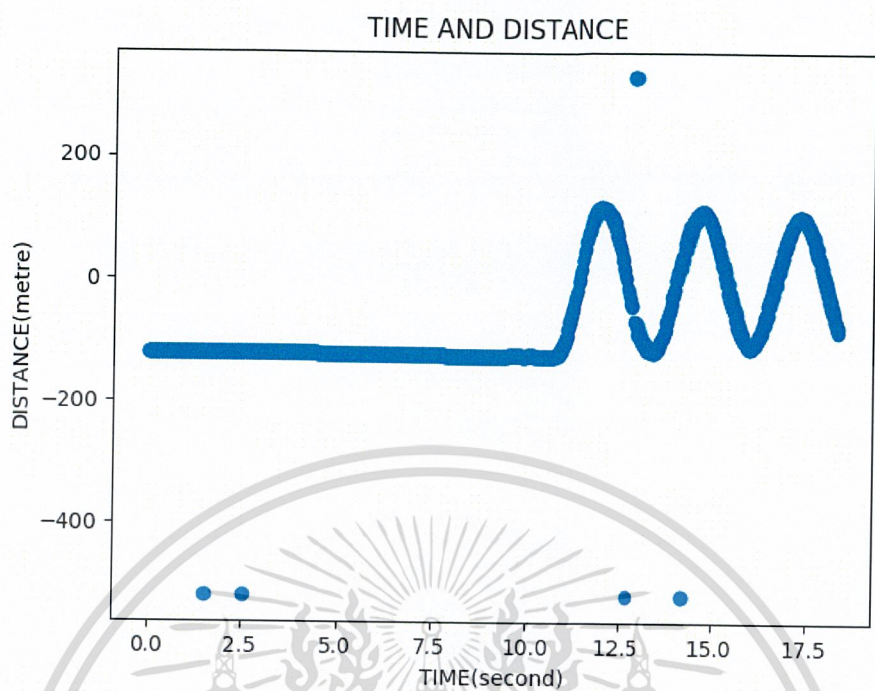


รูปที่ 15

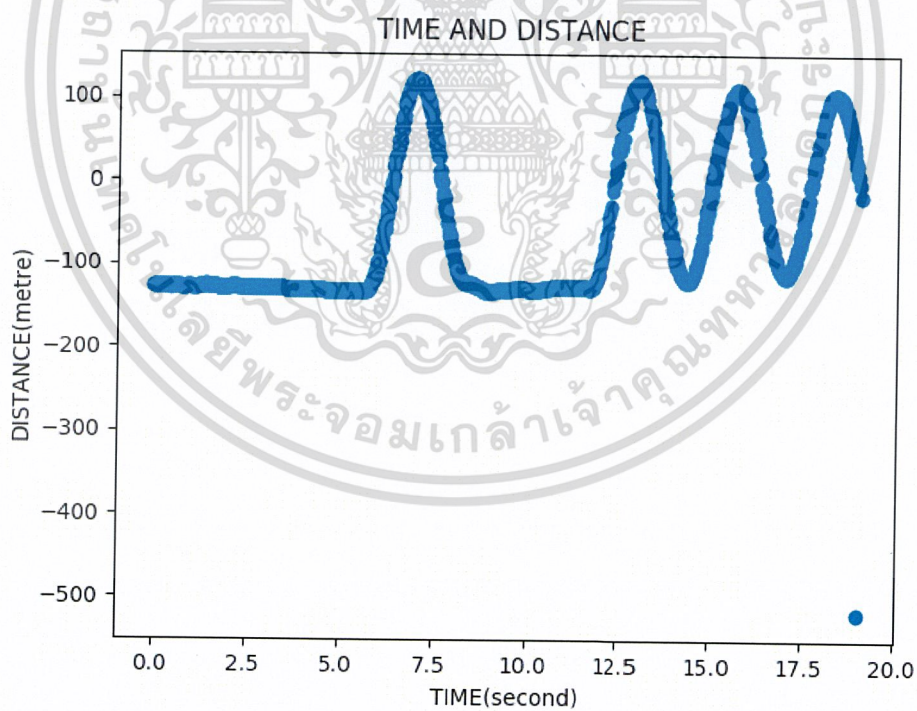


รูปที่ 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

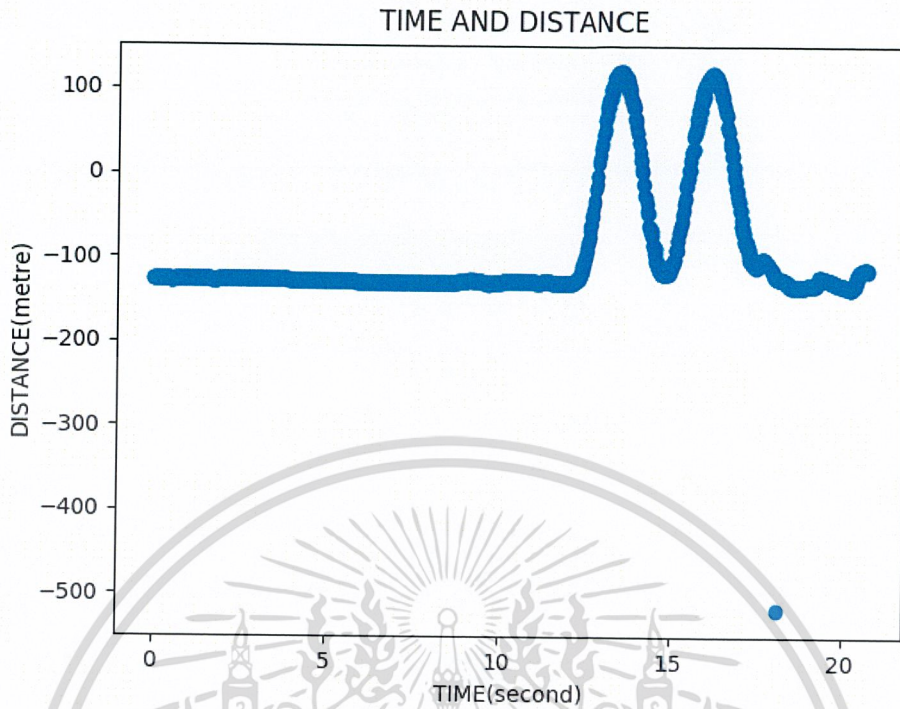


รูปที่ 17

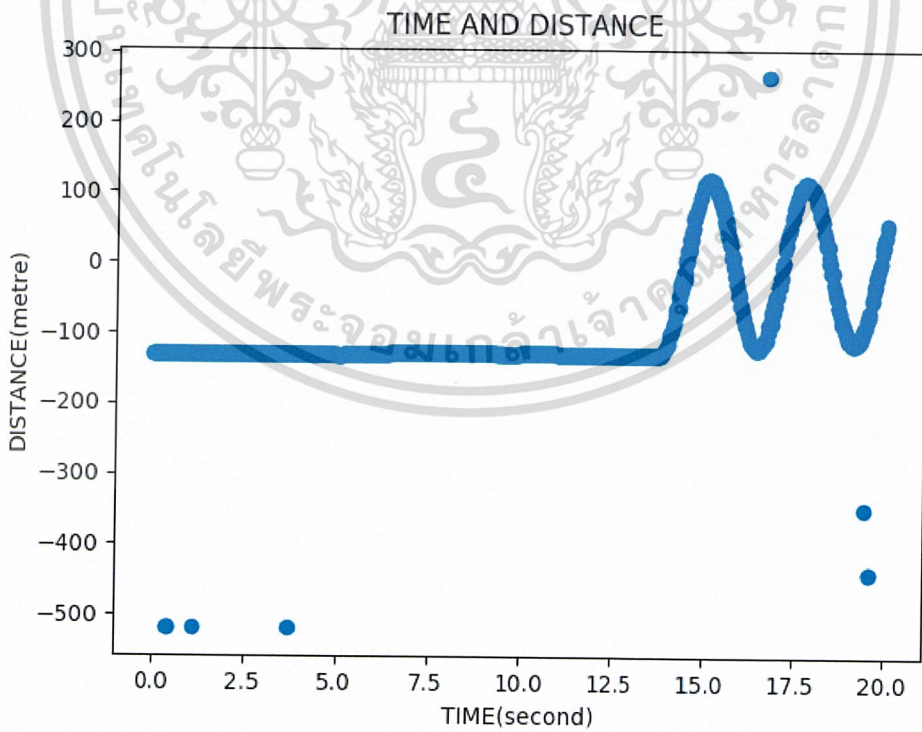


รูปที่ 18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

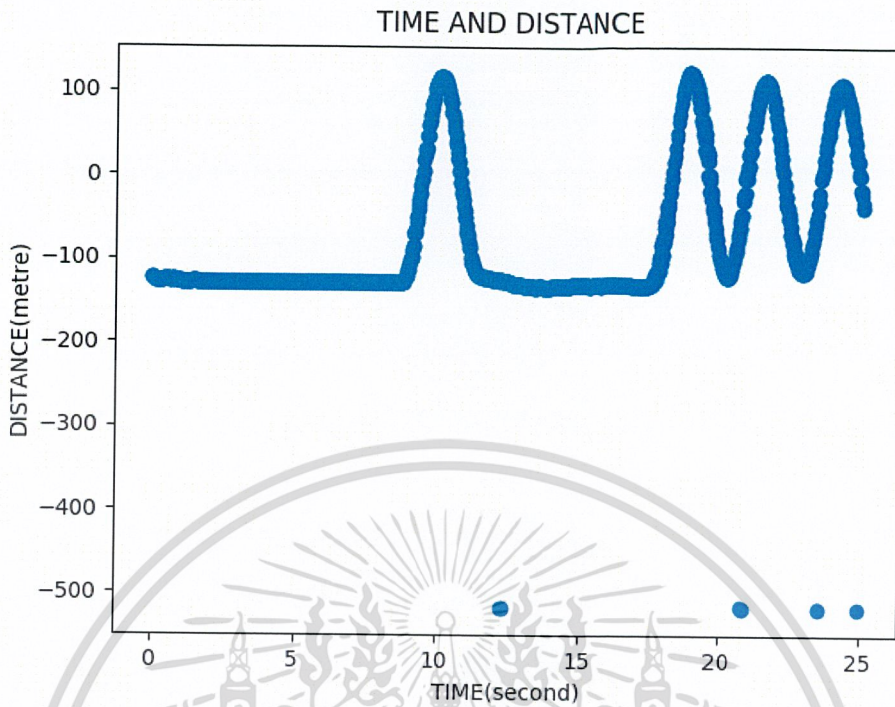


รูปที่ 19

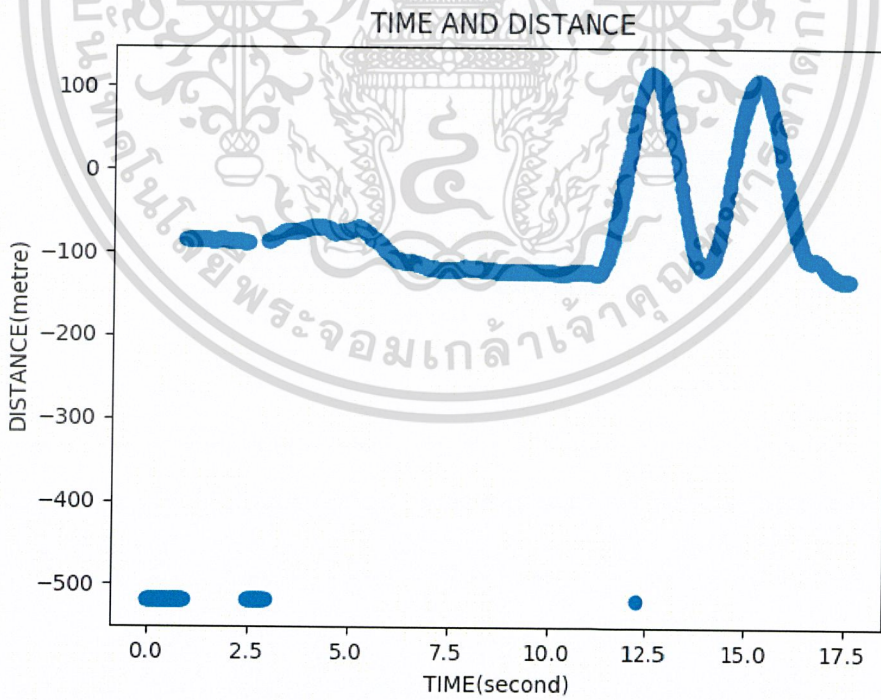


รูปที่ 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

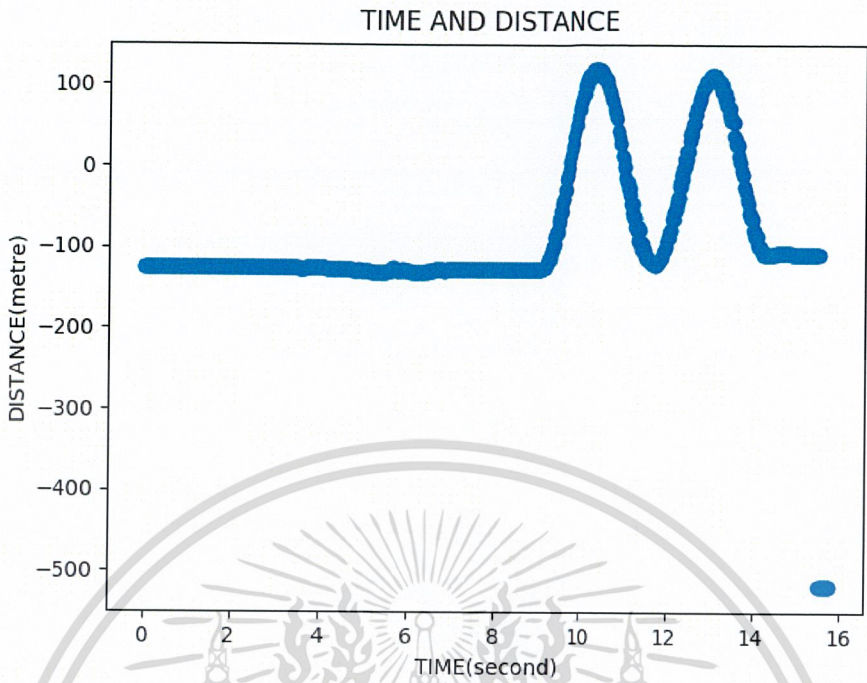


รูปที่ 21

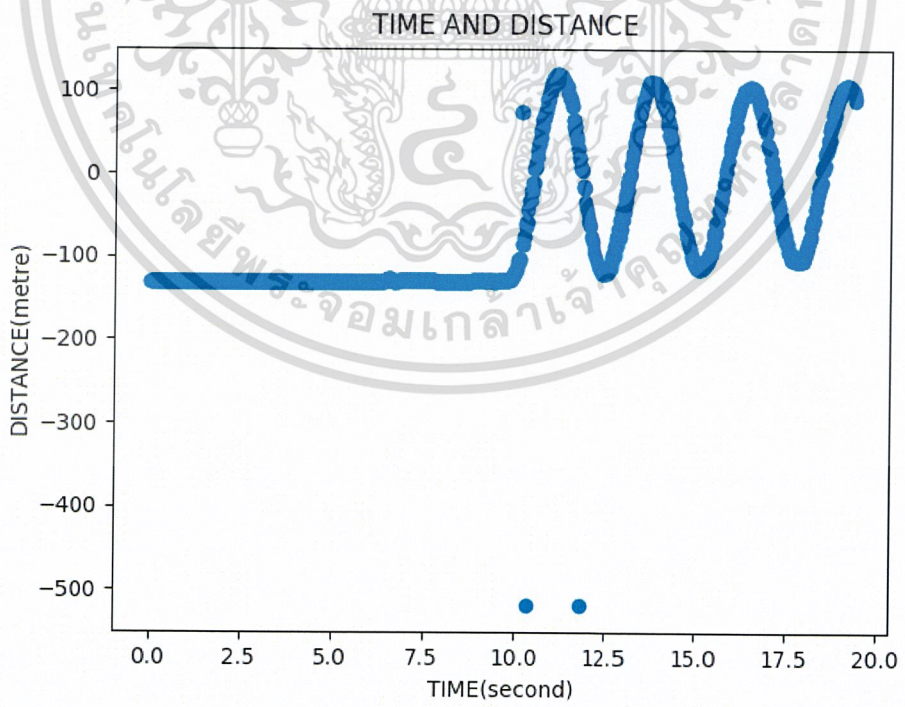


รูปที่ 22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

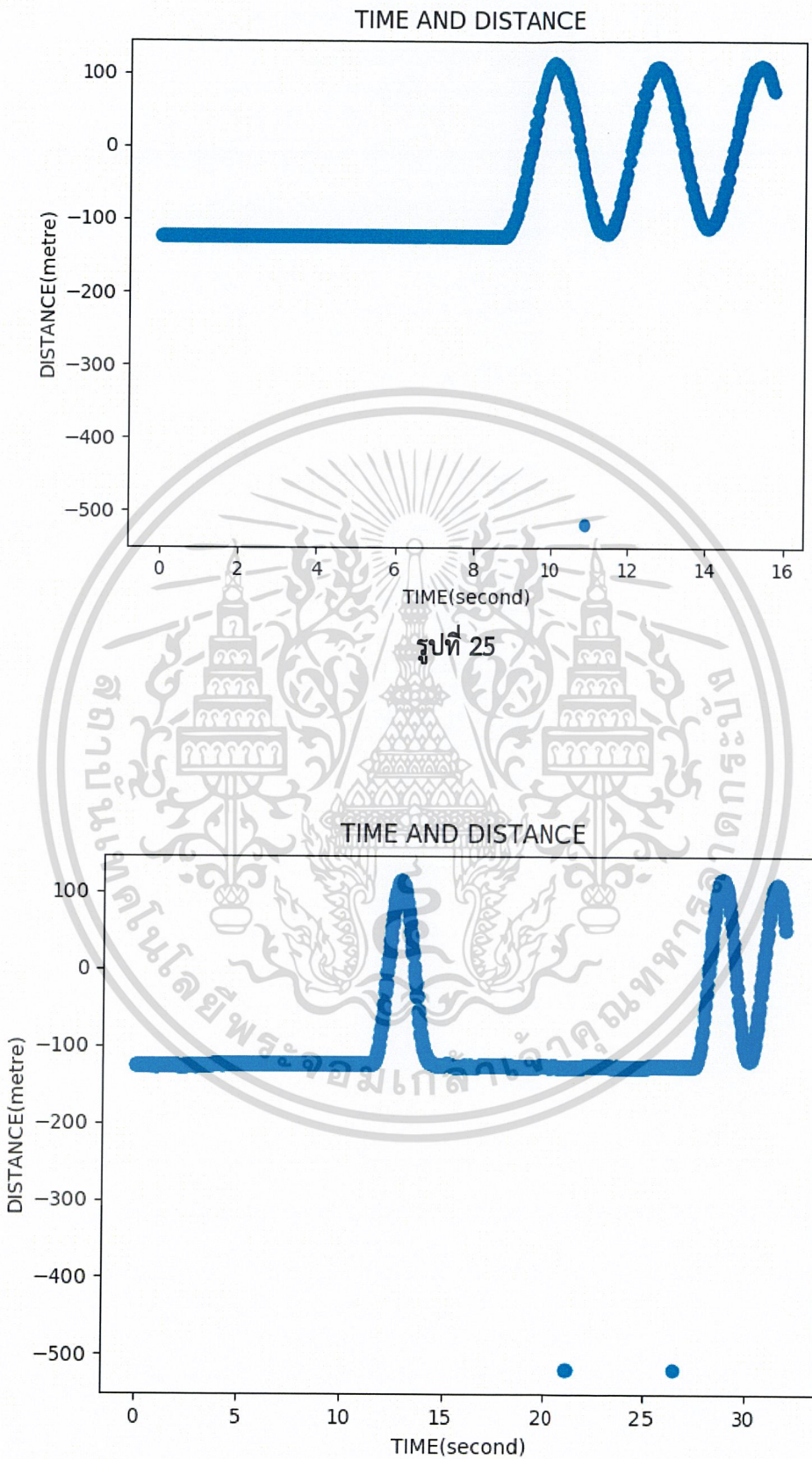


รูปที่ 23

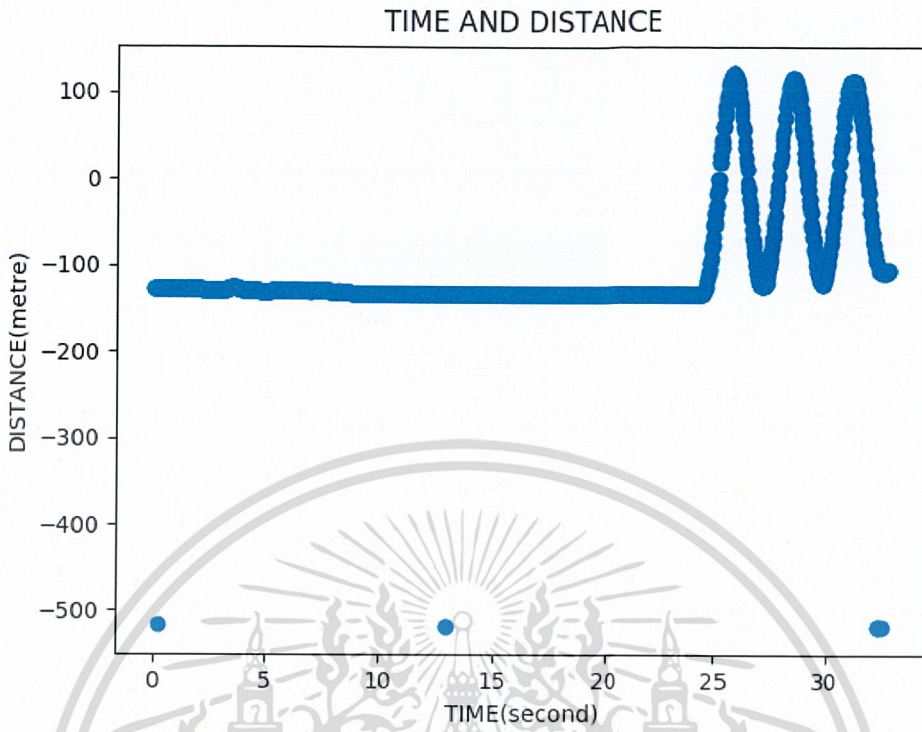


รูปที่ 24

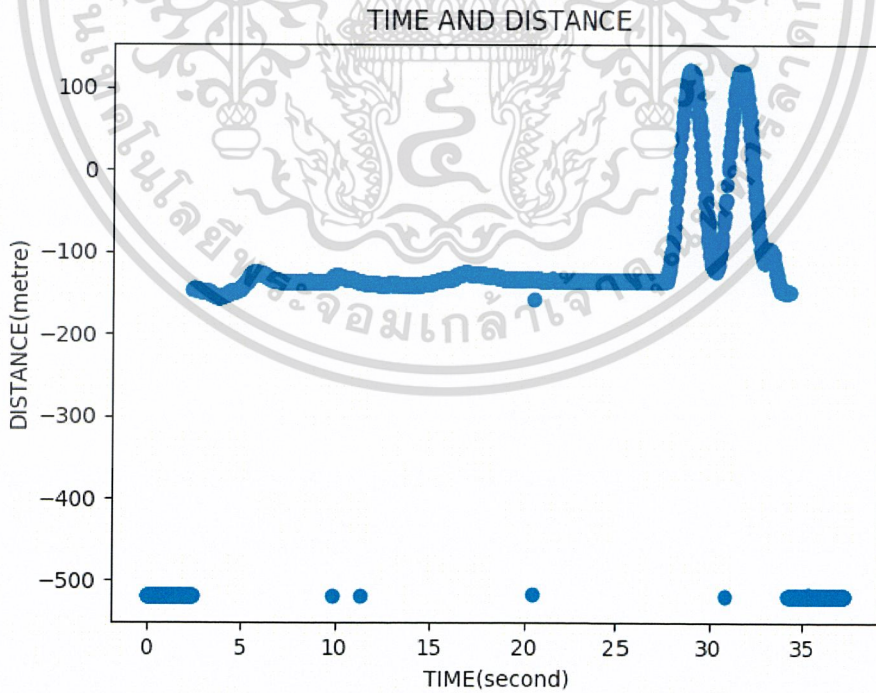
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

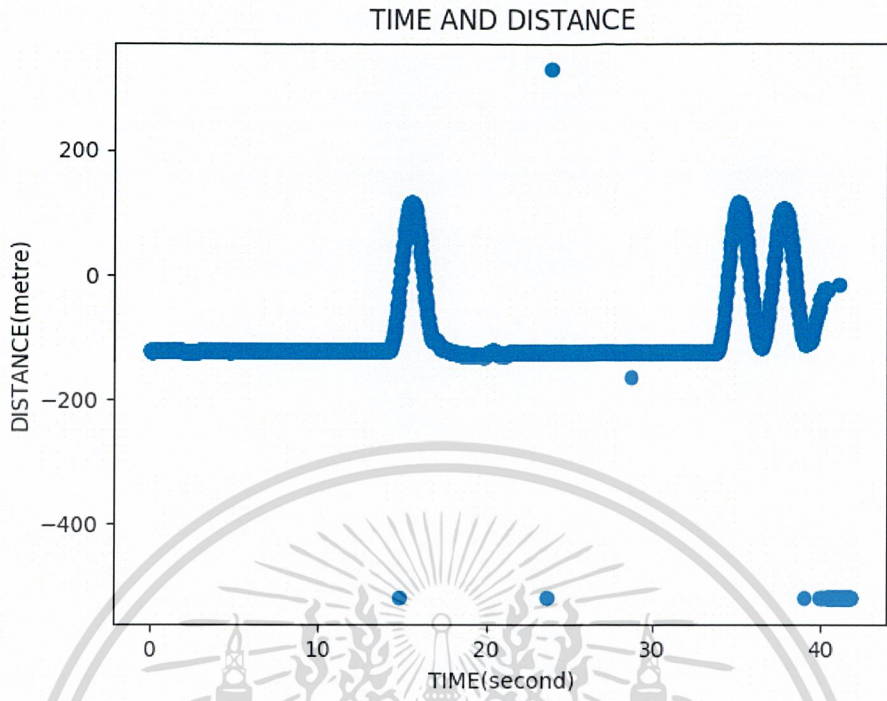


รูปที่ 27

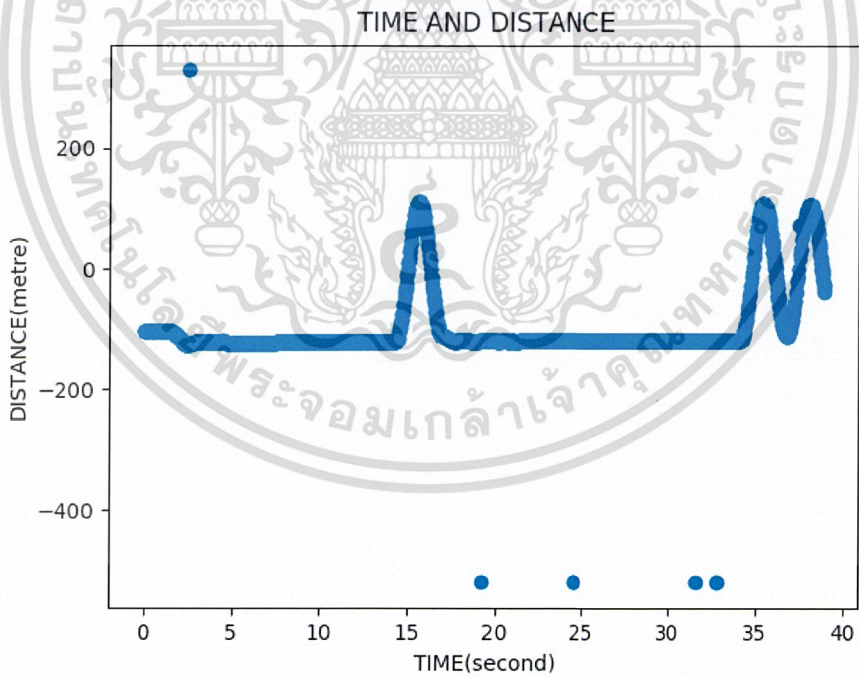


รูปที่ 28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



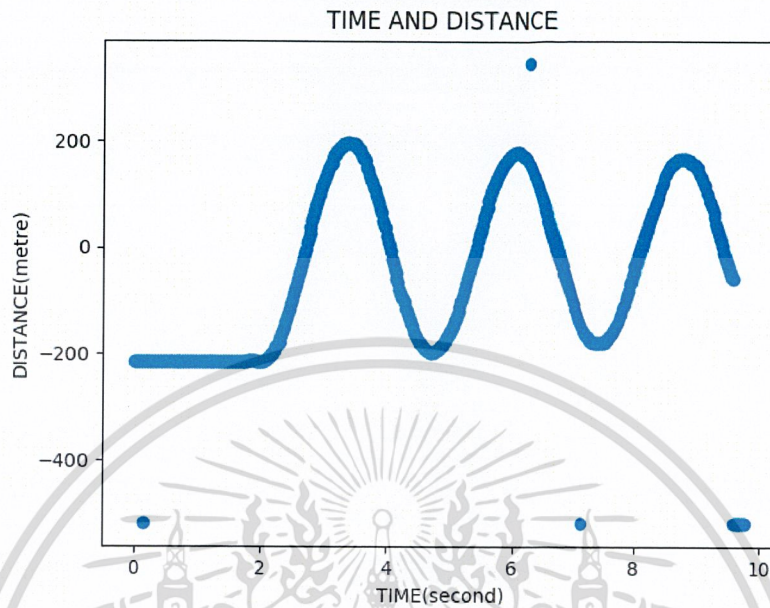
รูปที่ 29



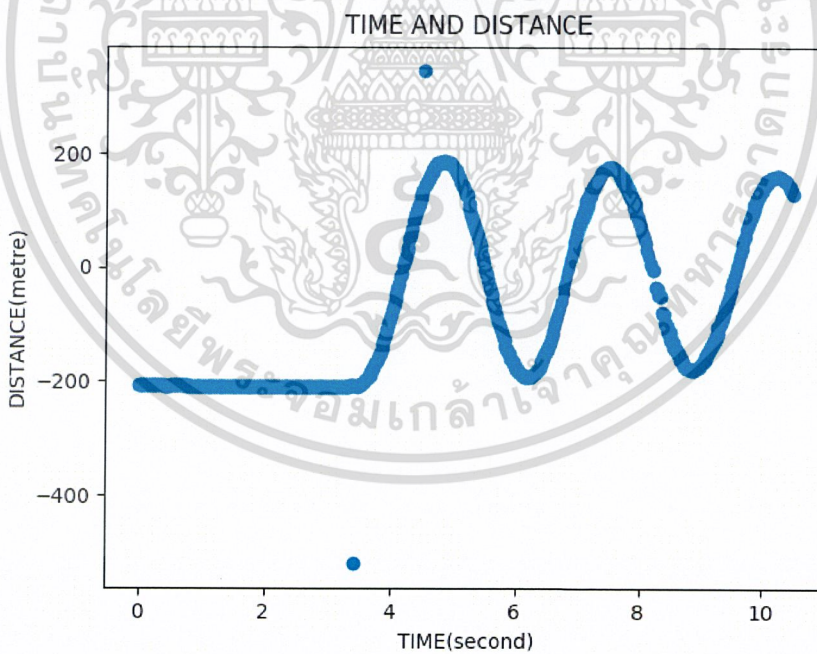
รูปที่ 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลา(วินาที) และค่าตำแหน่งที่ได้จากวิโมต(เซนติเมตร) ที่ความสูง 30 เซนติเมตรจากจุดกึ่งกลาง

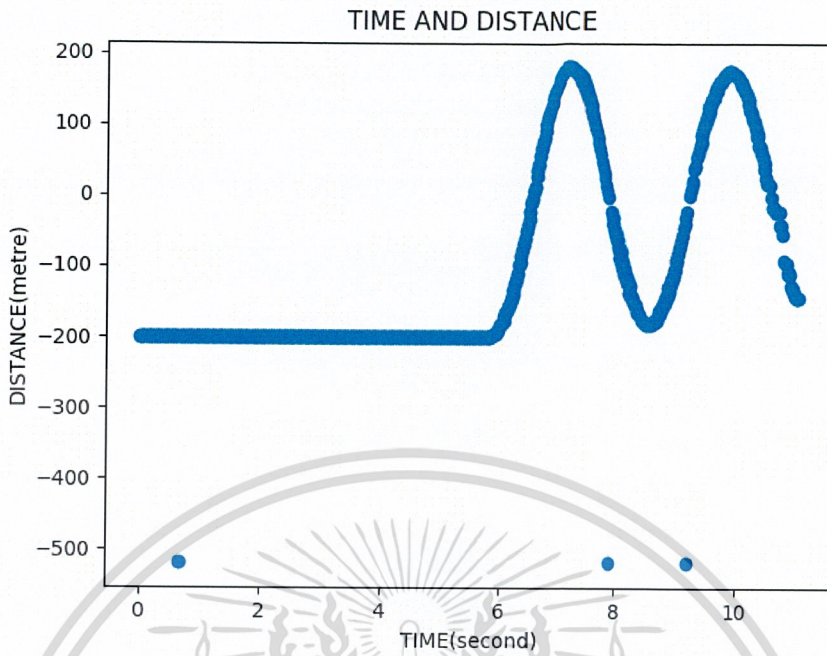


รูปที่ 1

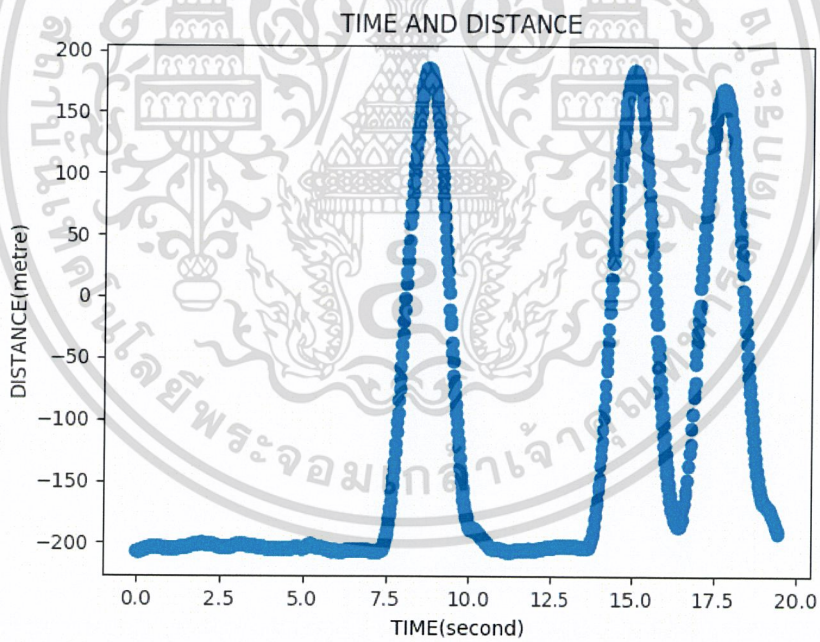


รูปที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

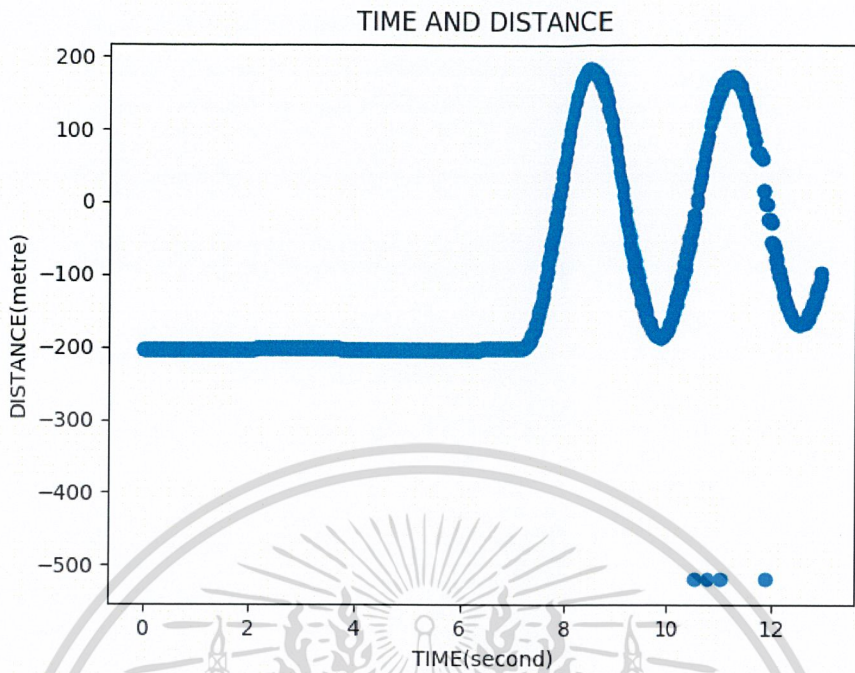


รูปที่ 3

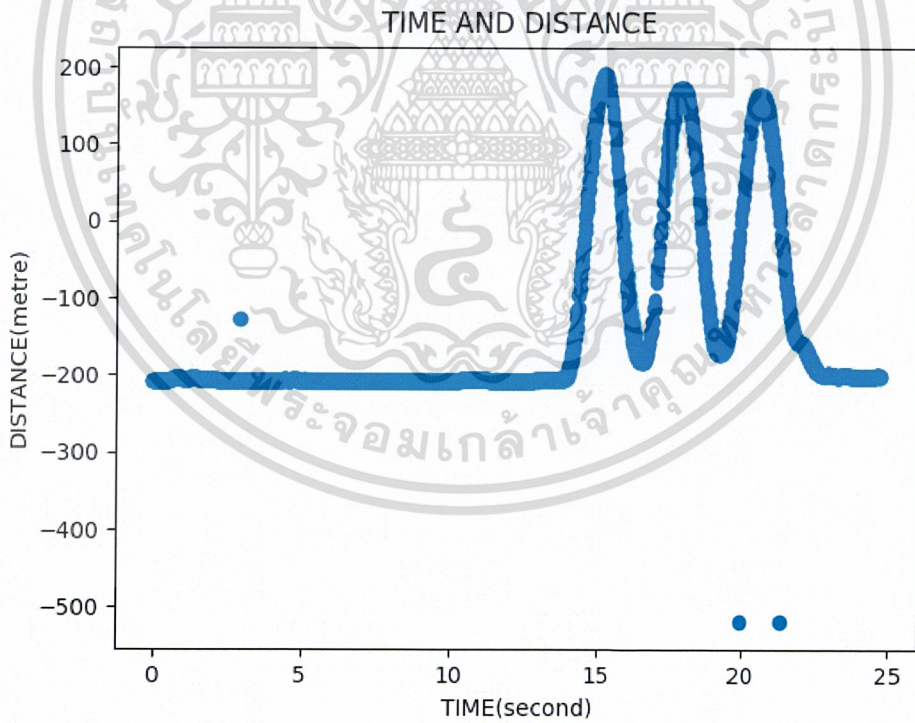


รูปที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

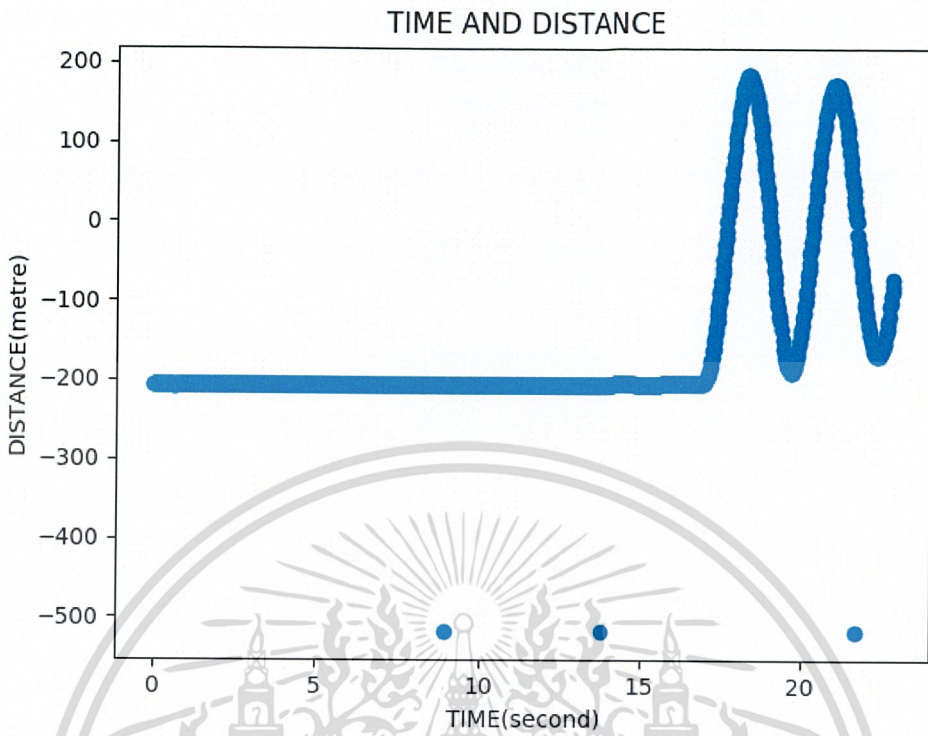


รูปที่ 5

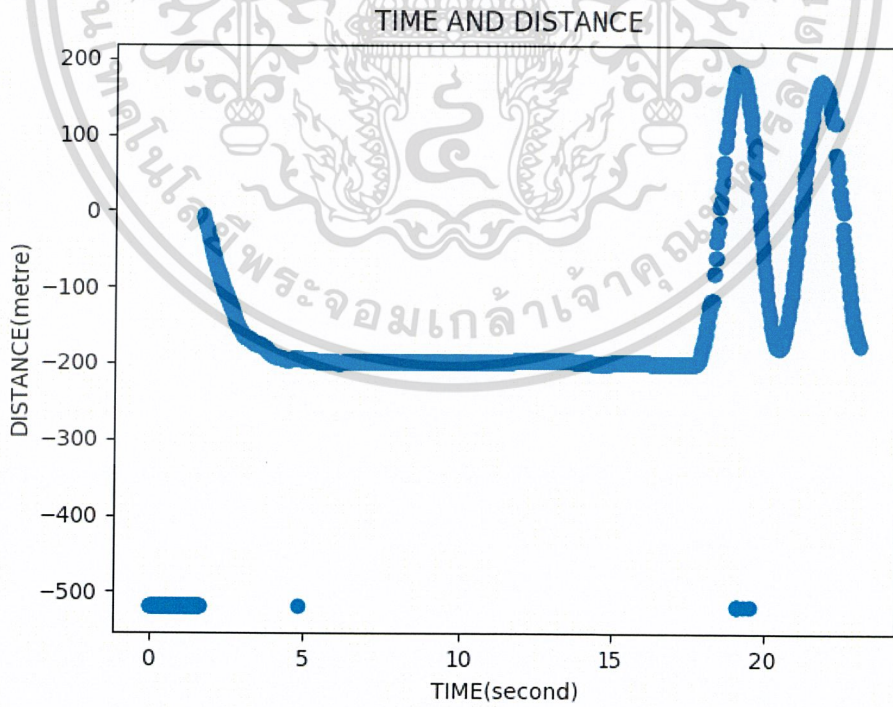


รูปที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

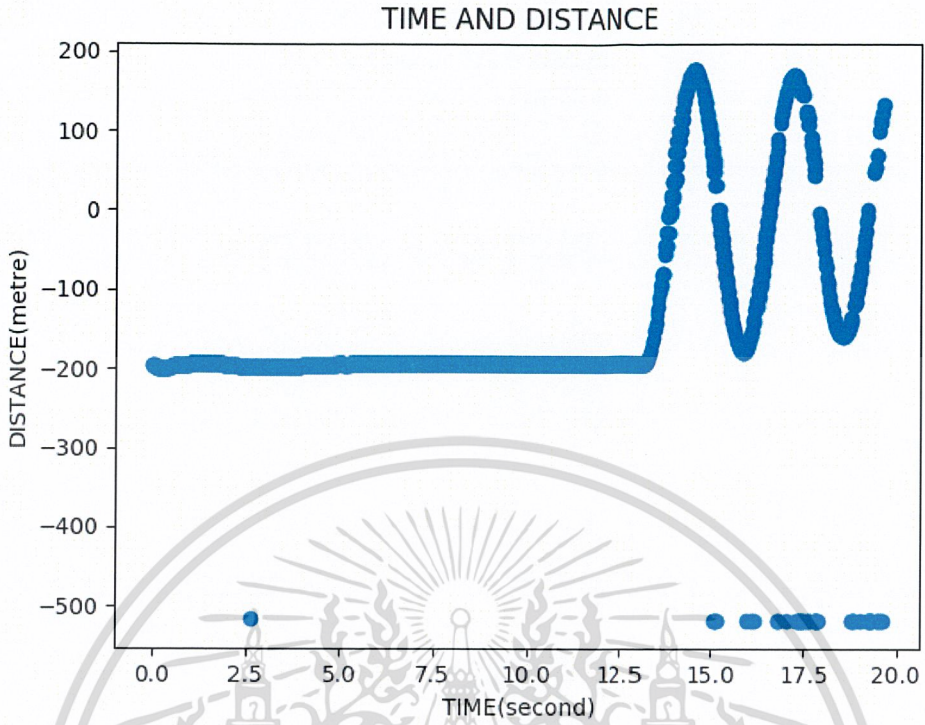


รูปที่ 7

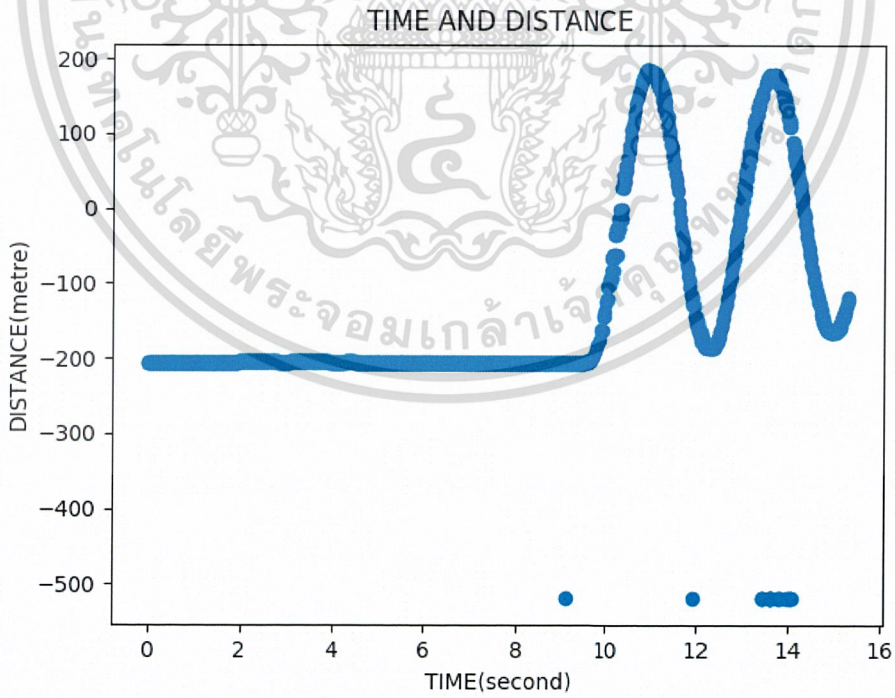


รูปที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

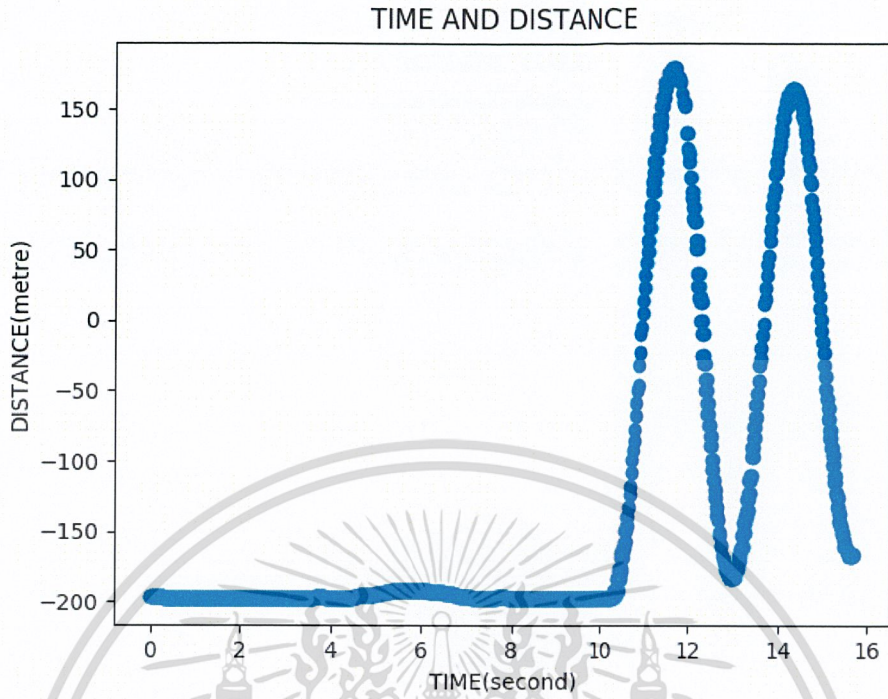


รูปที่ 9

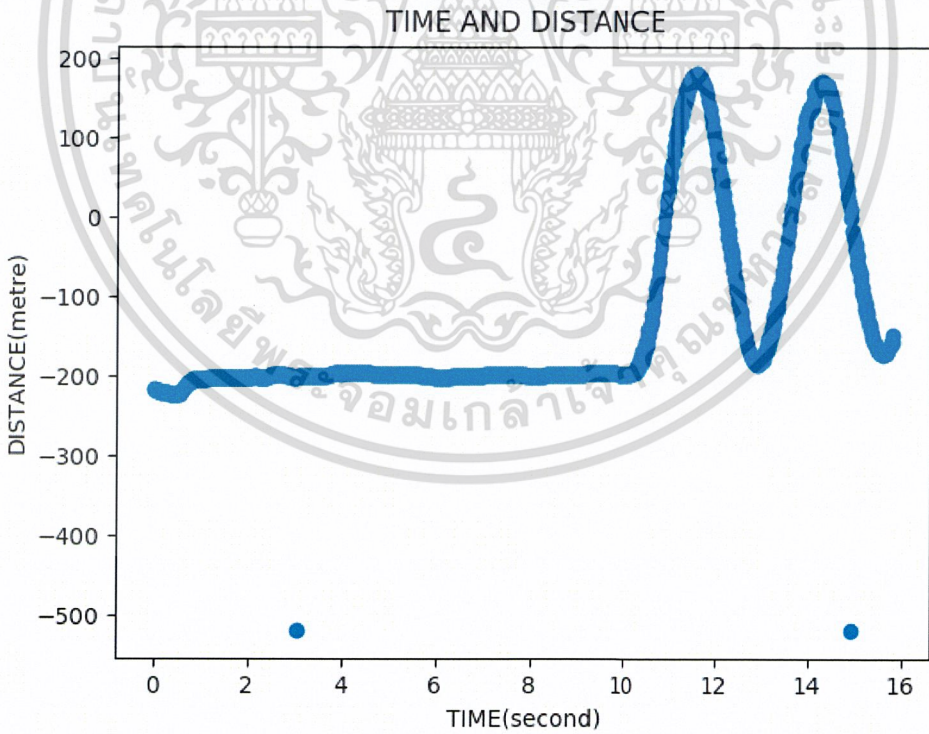


รูปที่ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

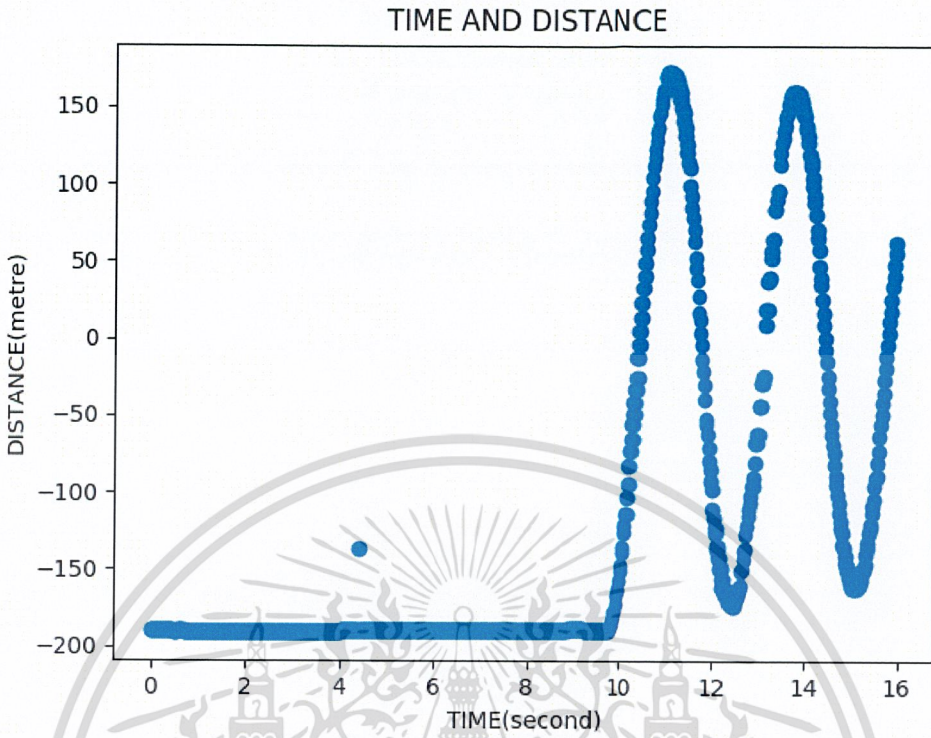


รูปที่ 11

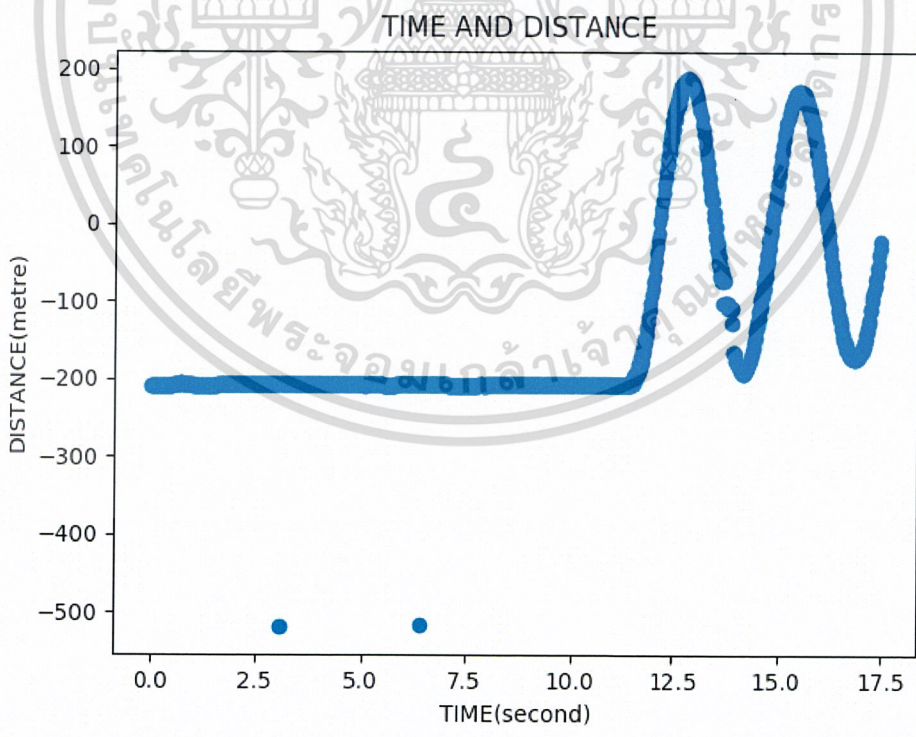


รูปที่ 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

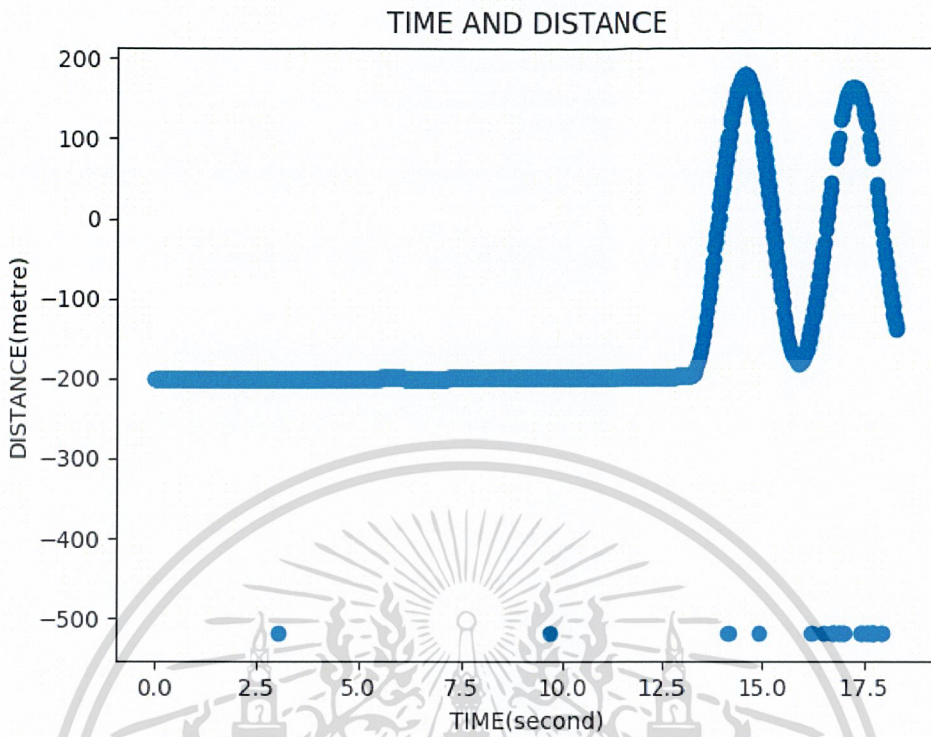


รูปที่ 13

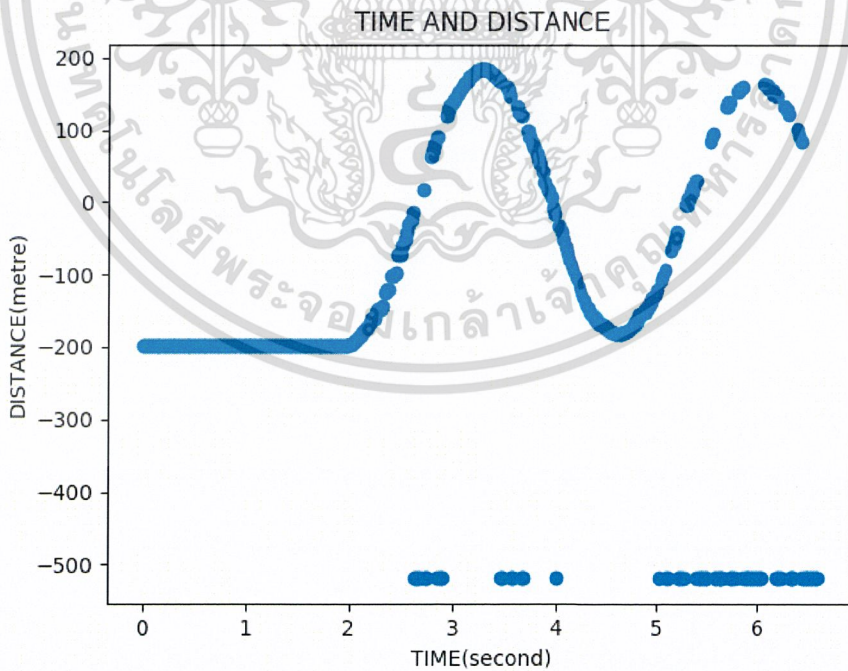


รูปที่ 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

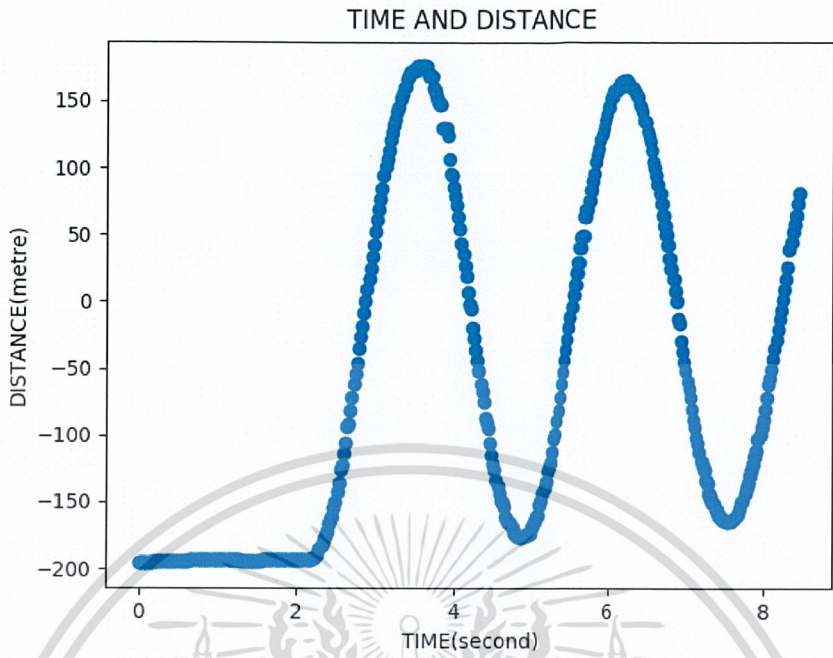


รูปที่ 15

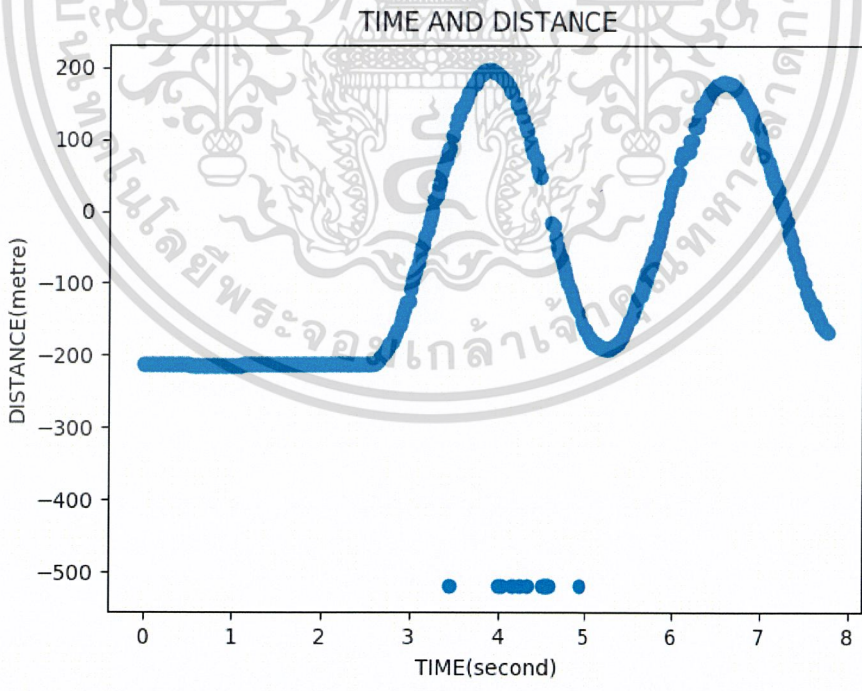


รูปที่ 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

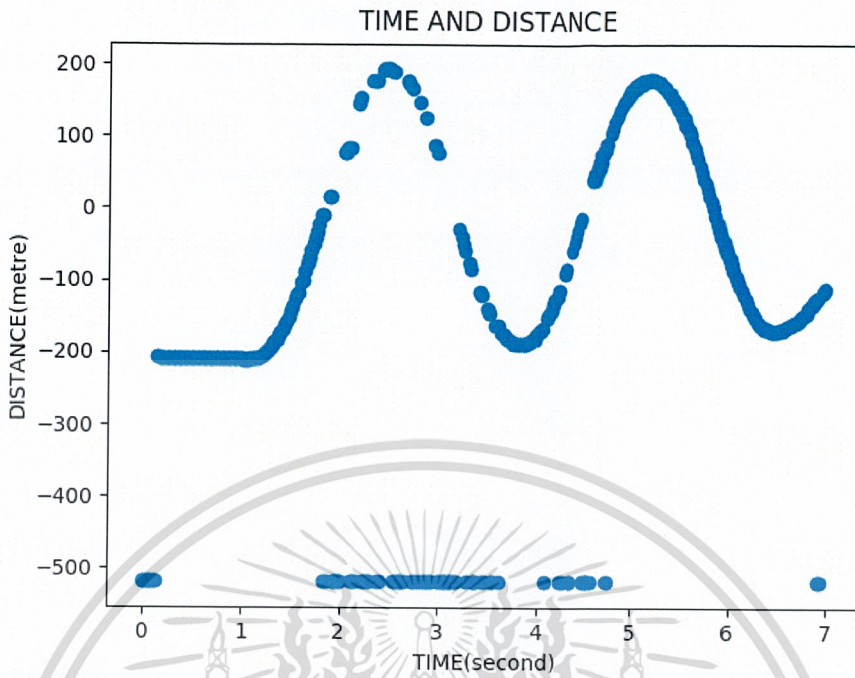


รูปที่ 17

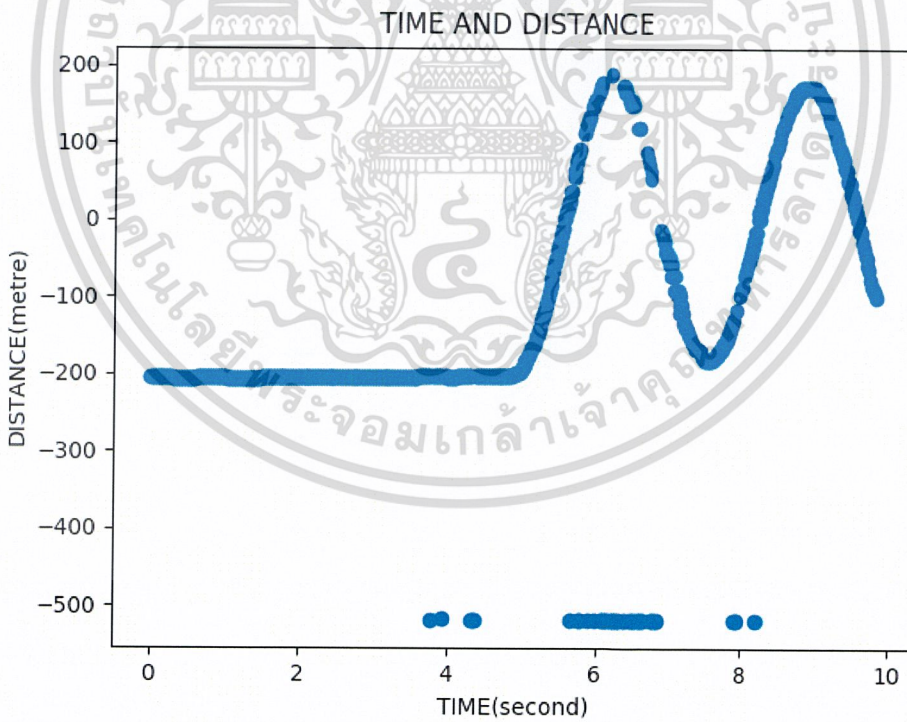


รูปที่ 18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

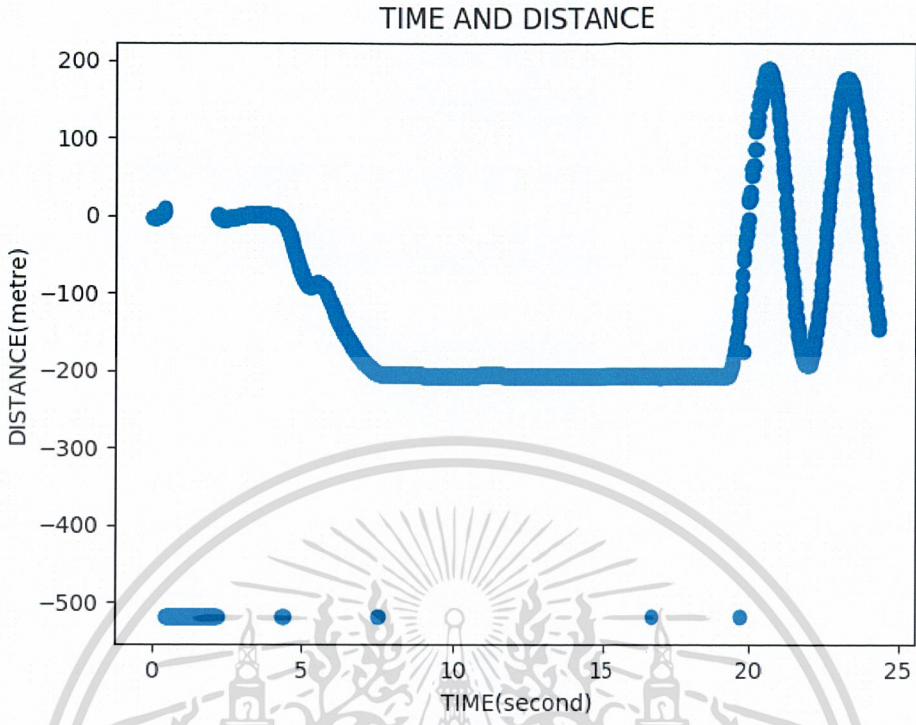


รูปที่ 19

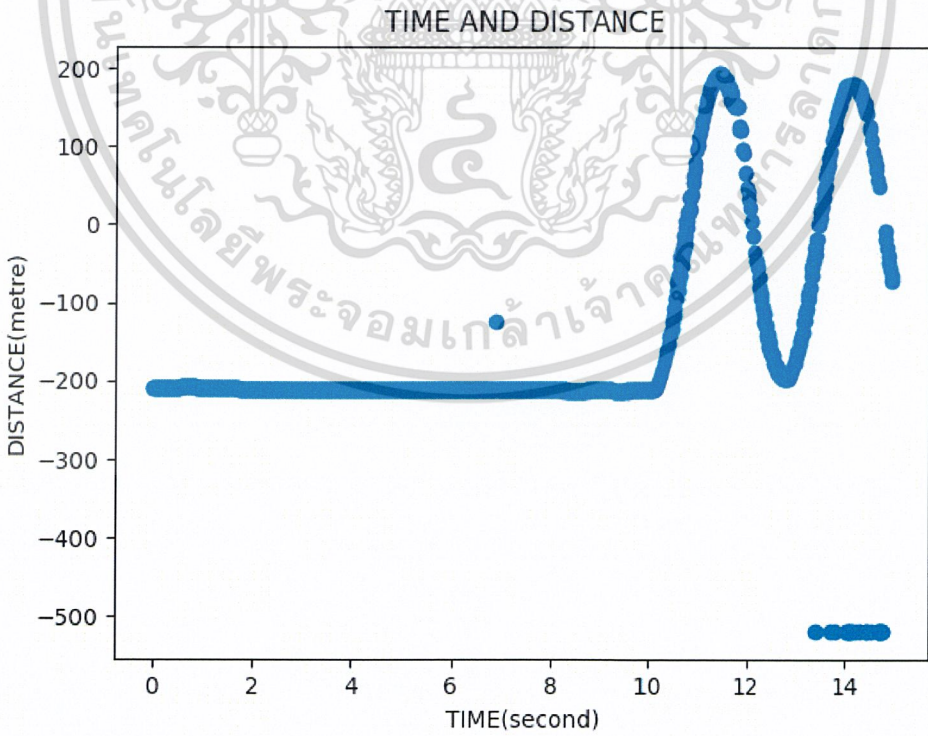


รูปที่ 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

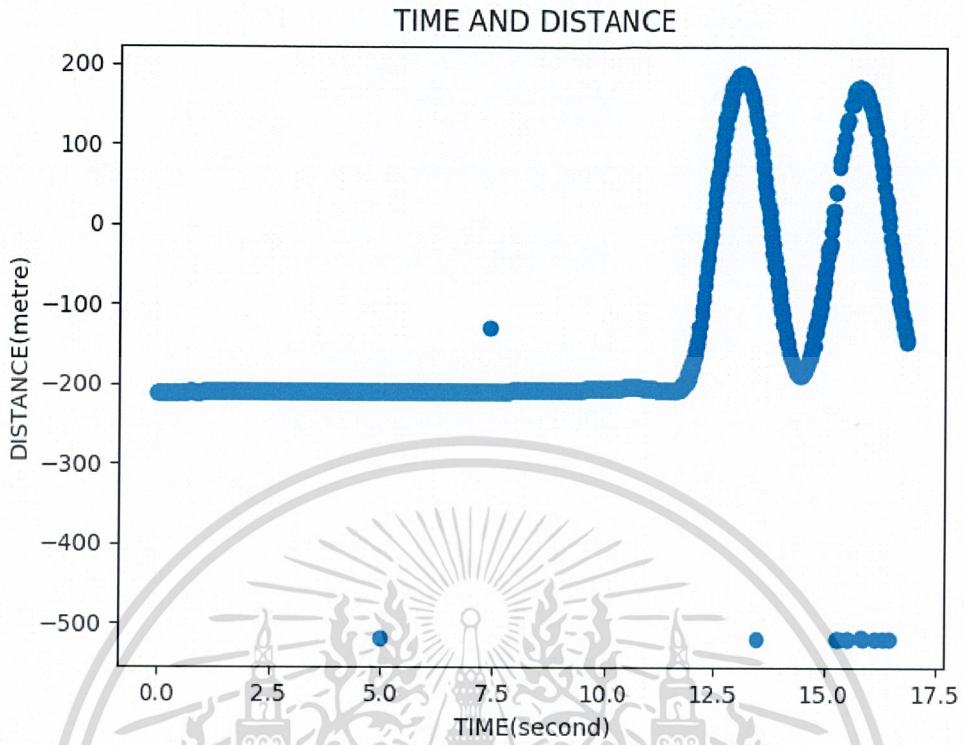


รูปที่ 21

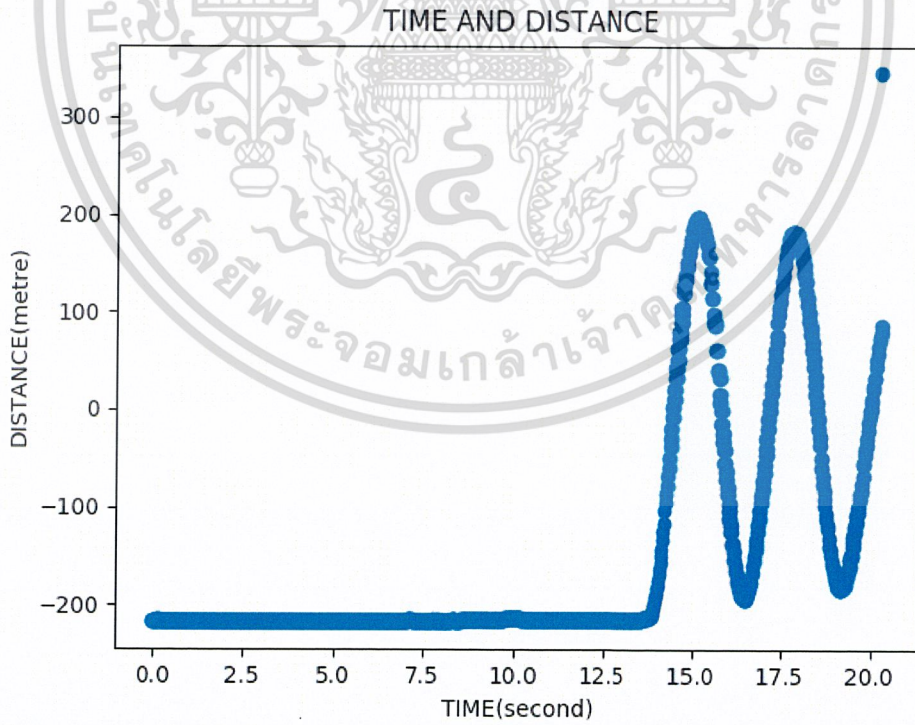


รูปที่ 22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

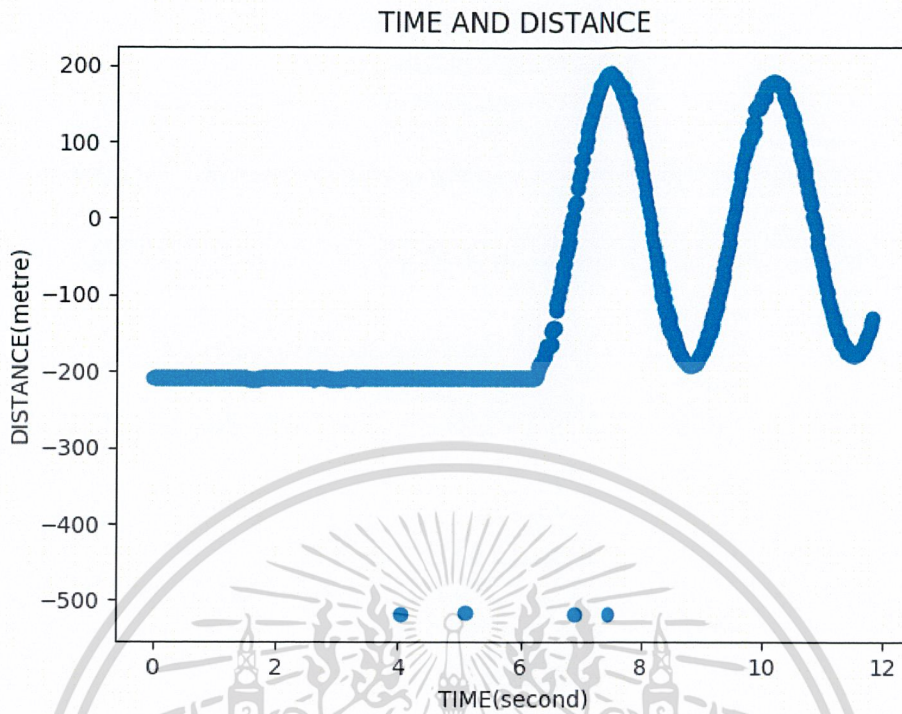


รูปที่ 23

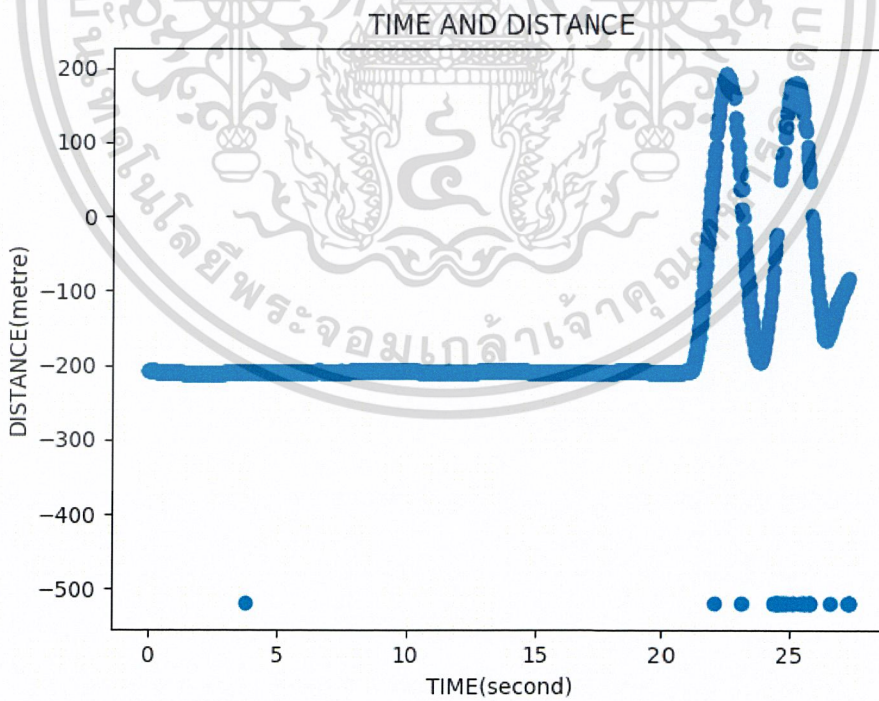


รูปที่ 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

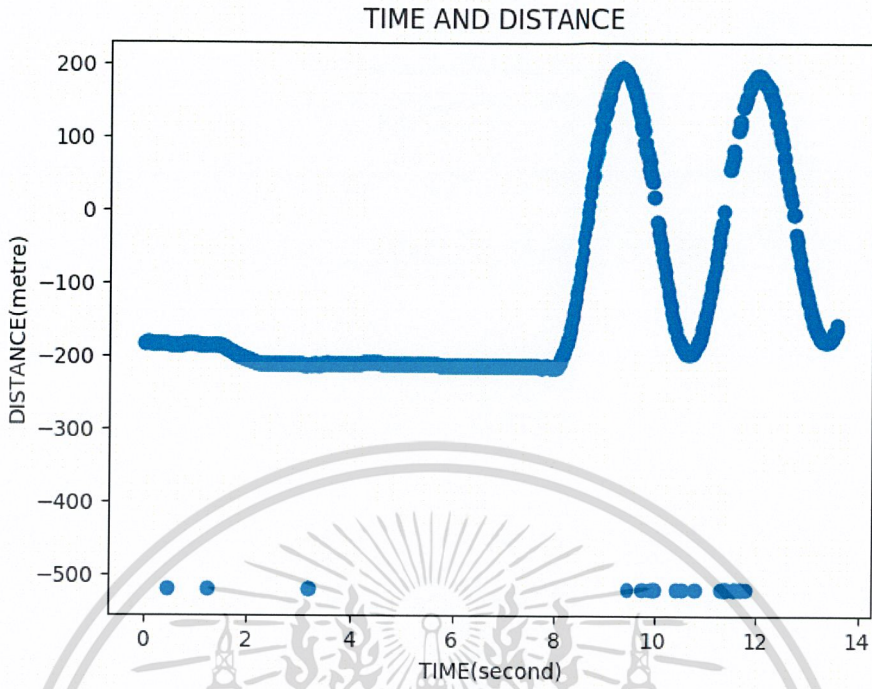


รูปที่ 25

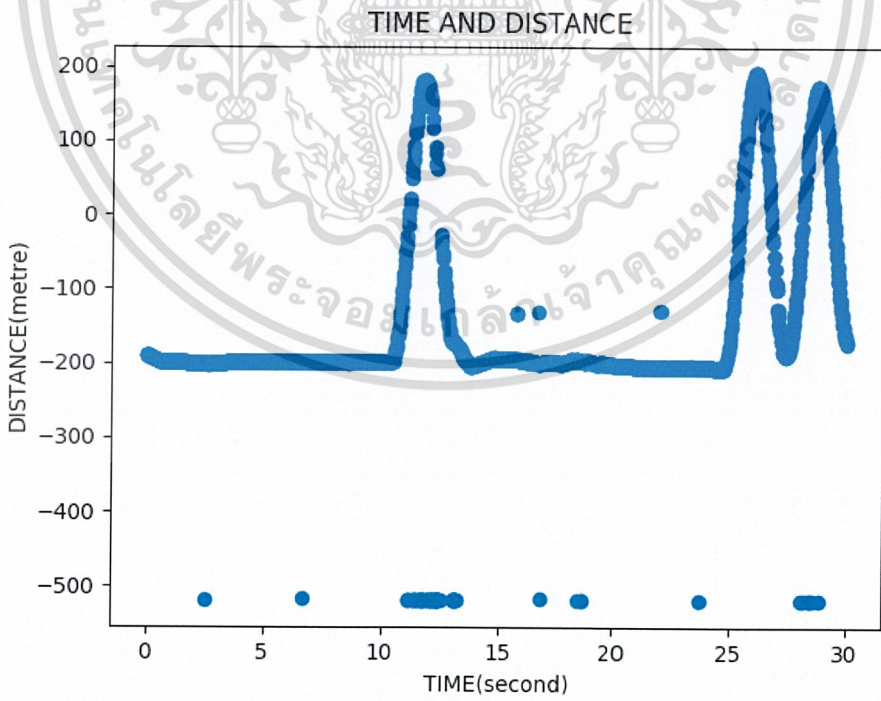


รูปที่ 26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

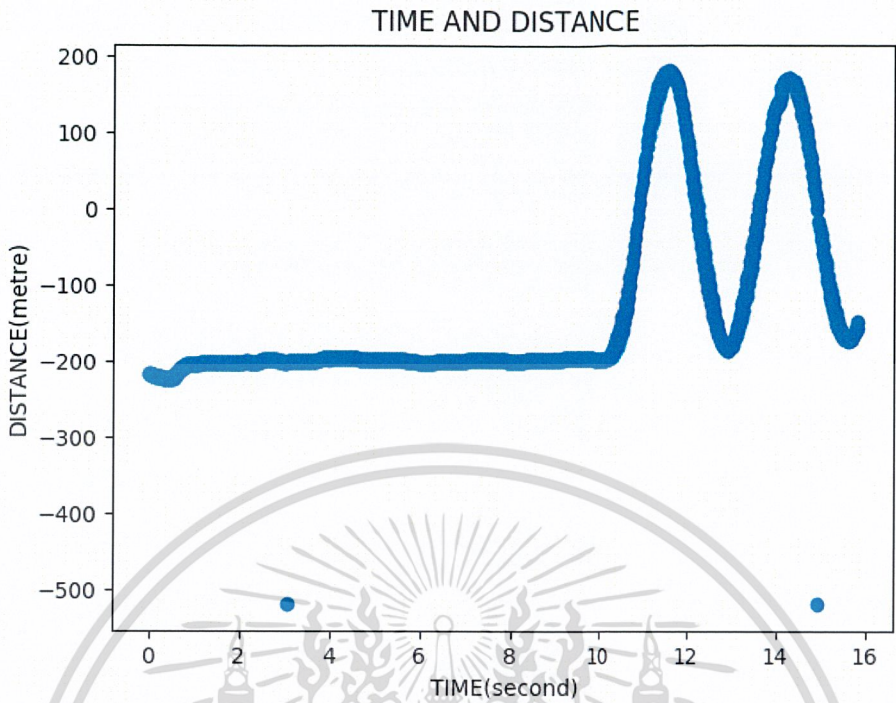


รูปที่ 27

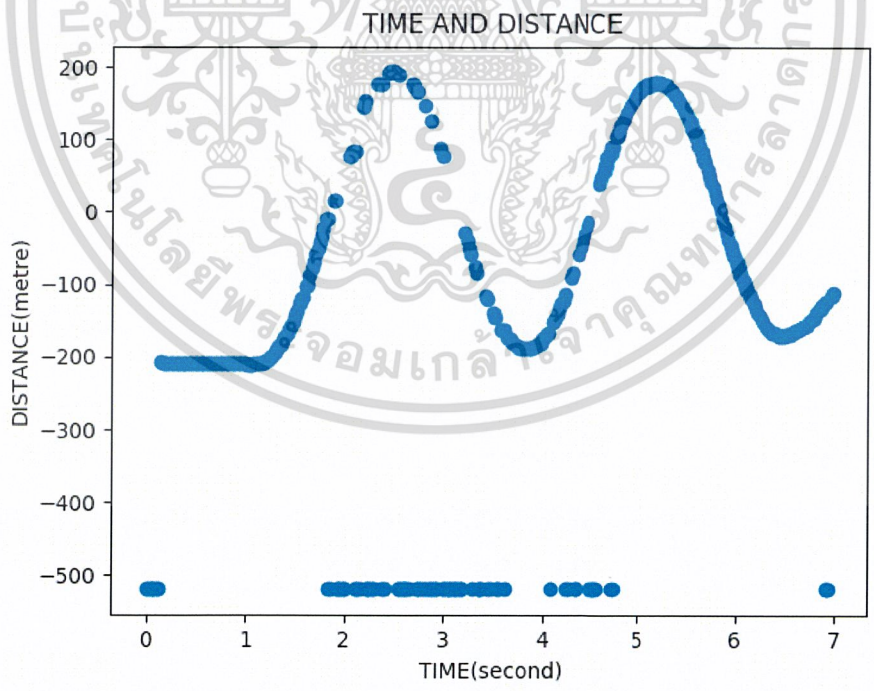


รูปที่ 28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



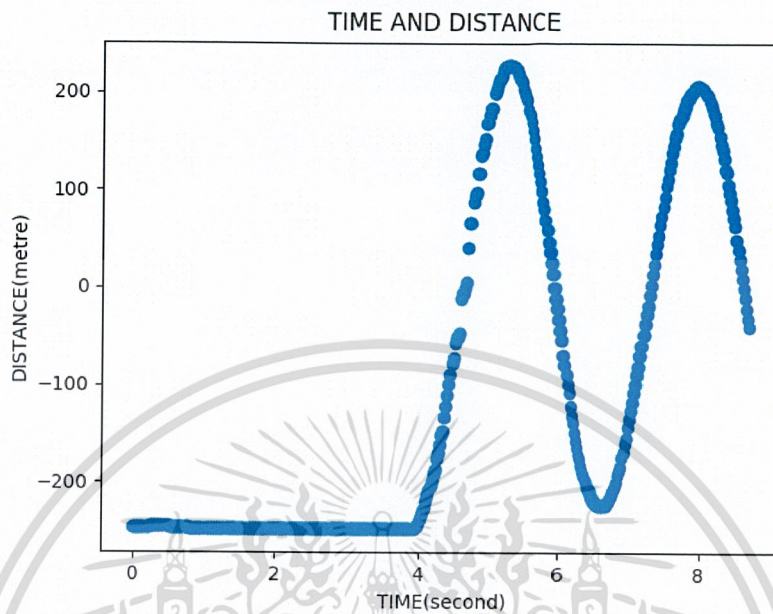
รูปที่ 29



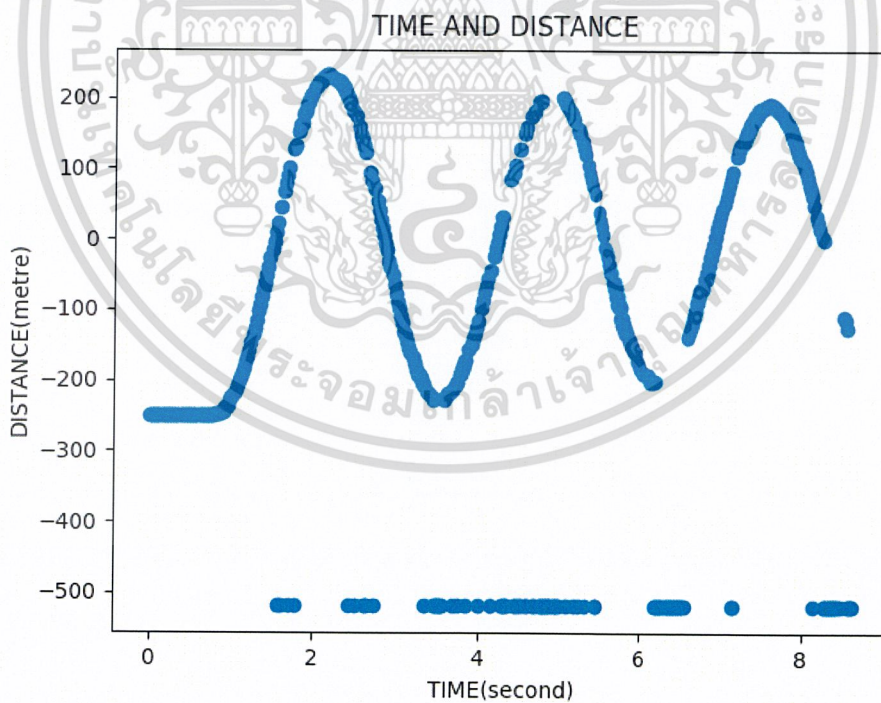
รูปที่ 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลา(วินาที) และค่าตำแหน่งที่ได้จากวิโมต(เซนติเมตร) ที่
ความสูง 40 เซนติเมตรจากจุดกึ่งกลาง

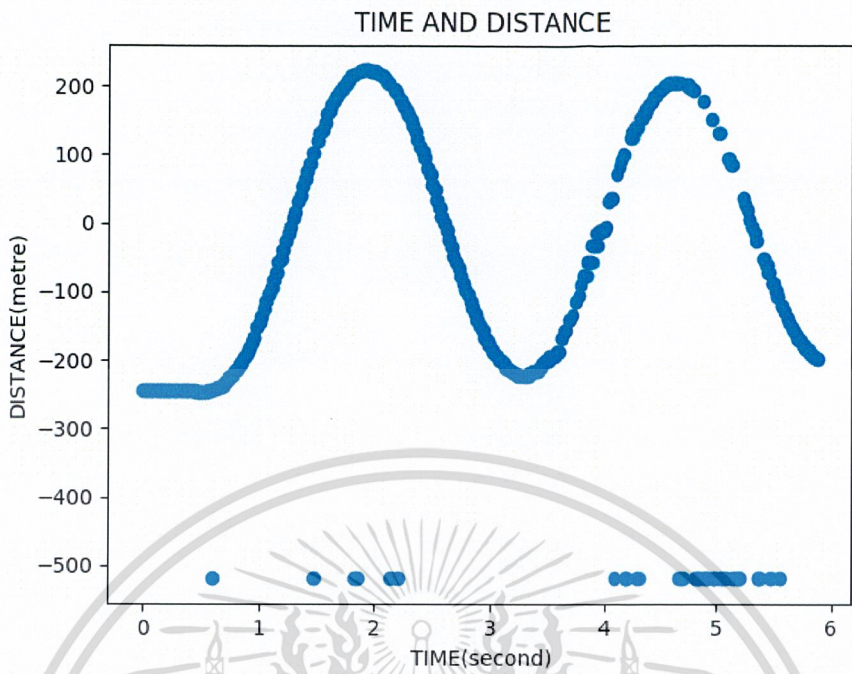


รูปที่ 1

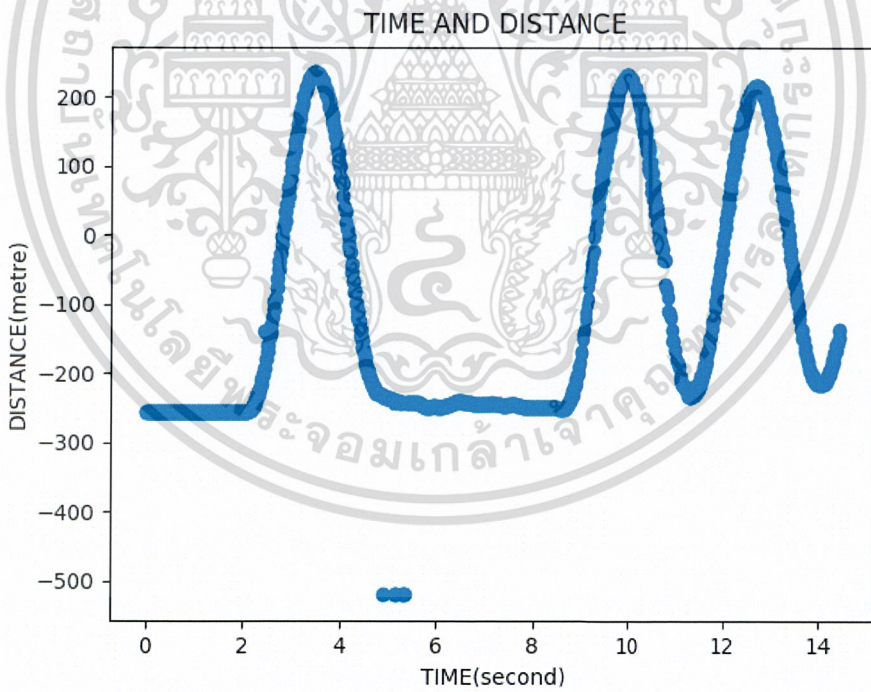


รูปที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

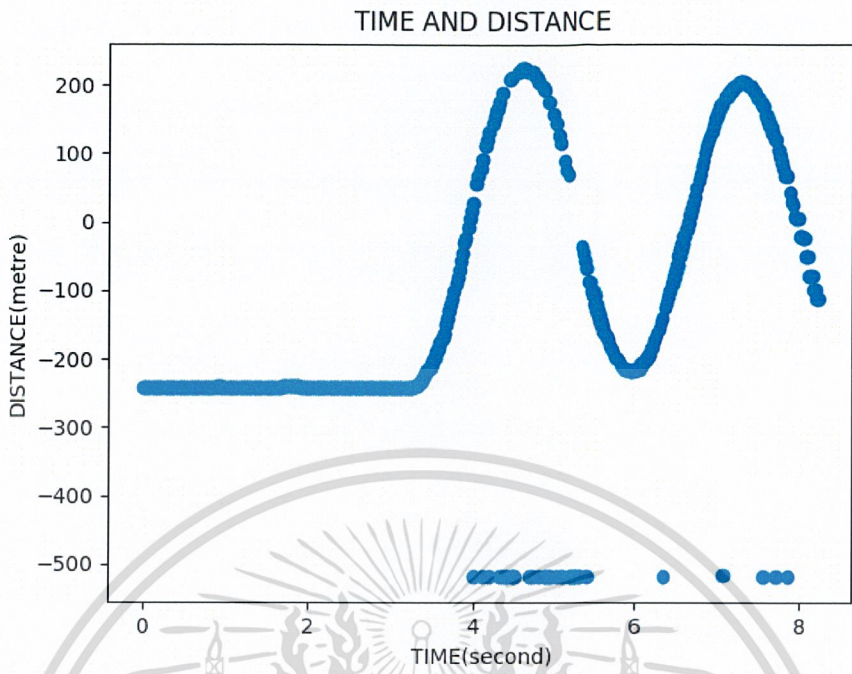


รูปที่ 3

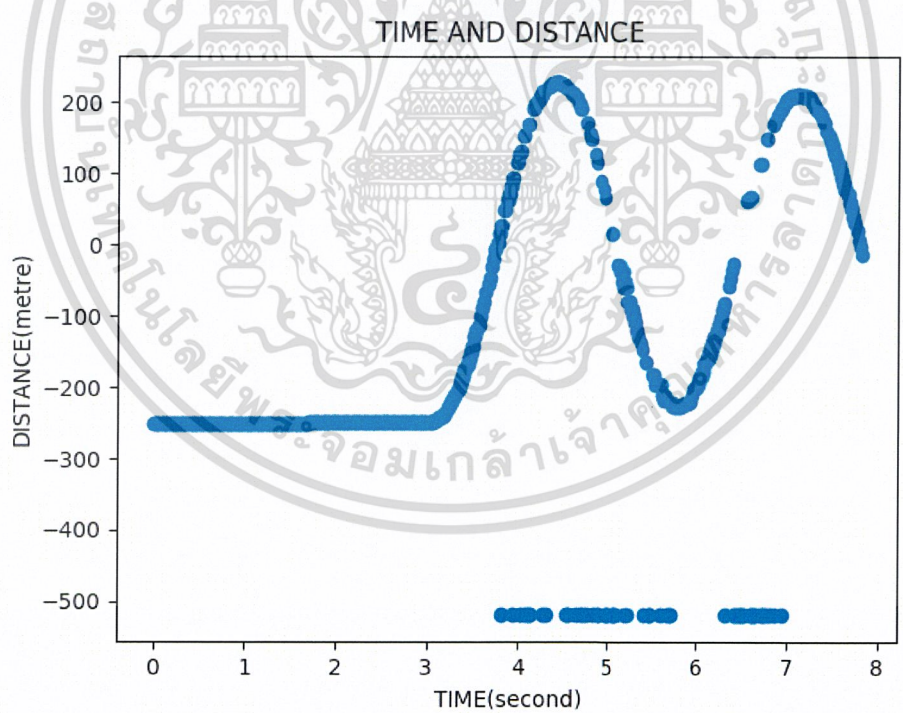


รูปที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

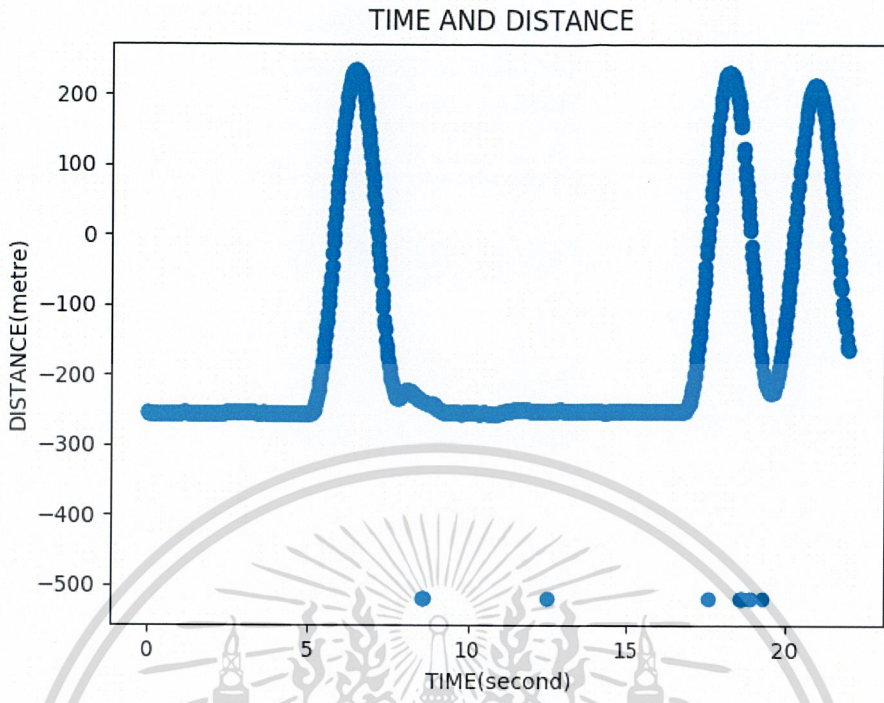


รูปที่ 5

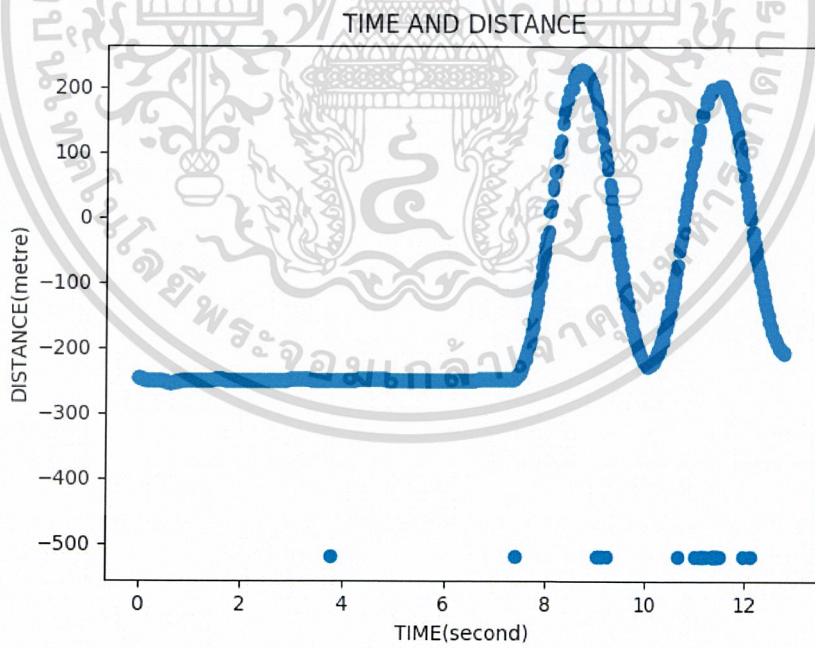


รูปที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

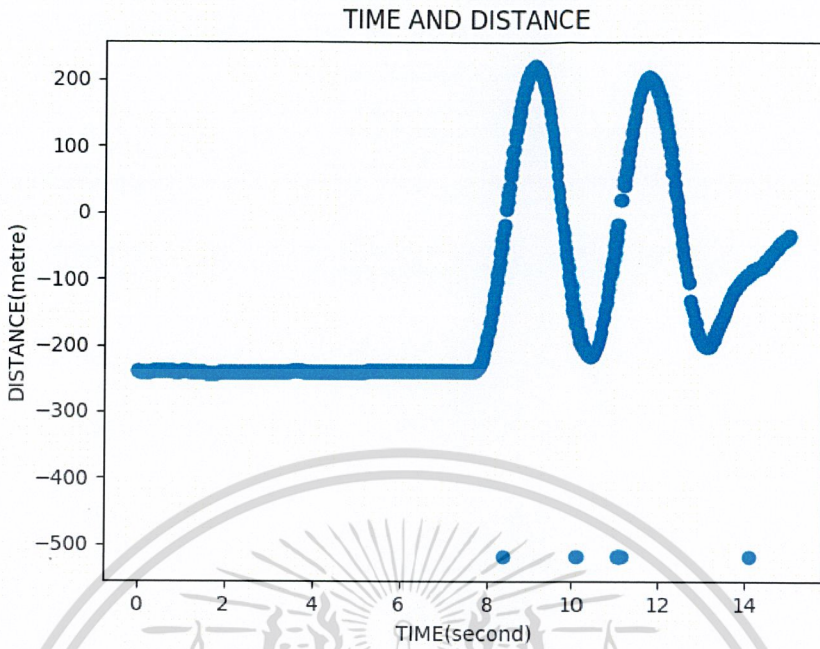


รูปที่ 7

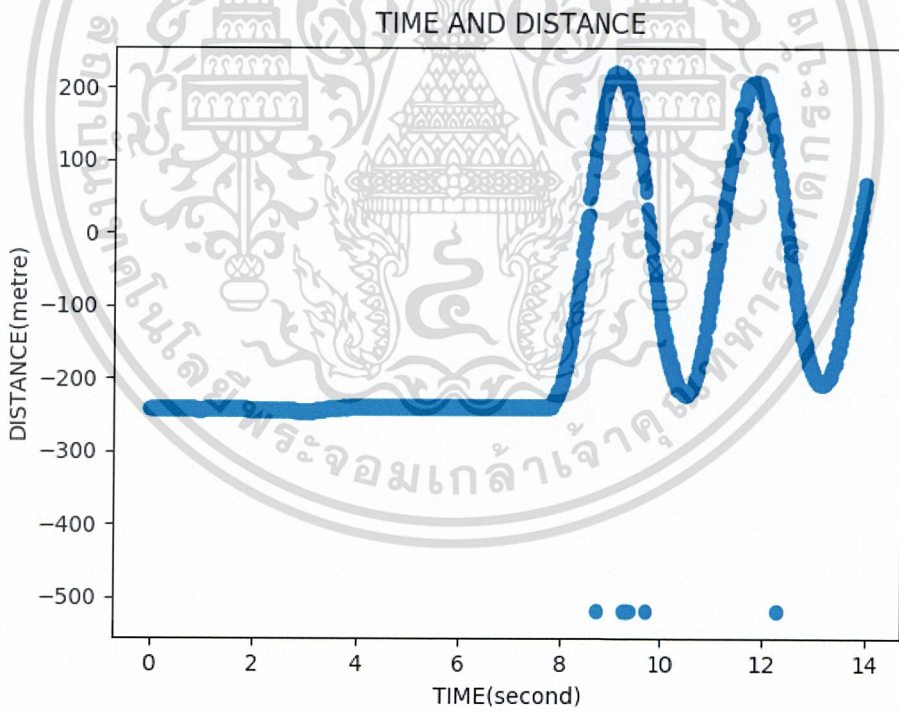


รูปที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

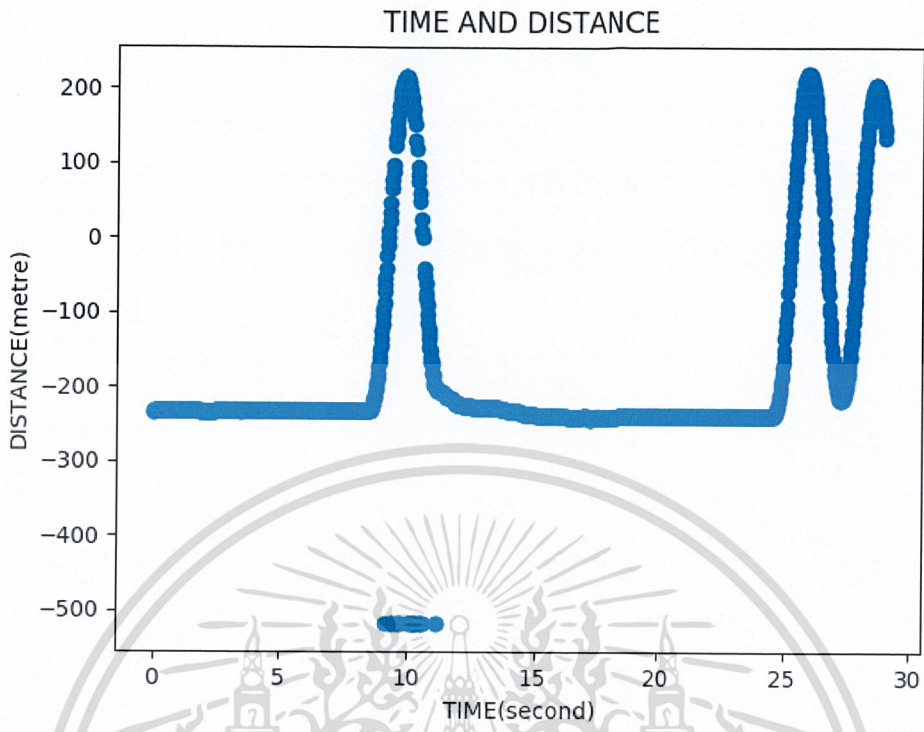


รูปที่ 9

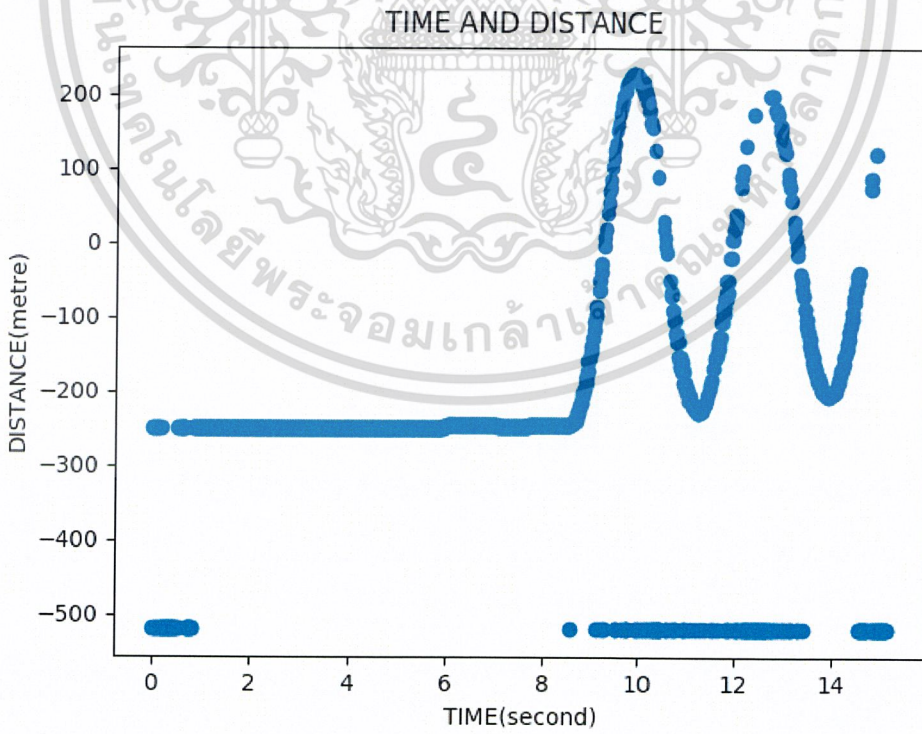


รูปที่ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

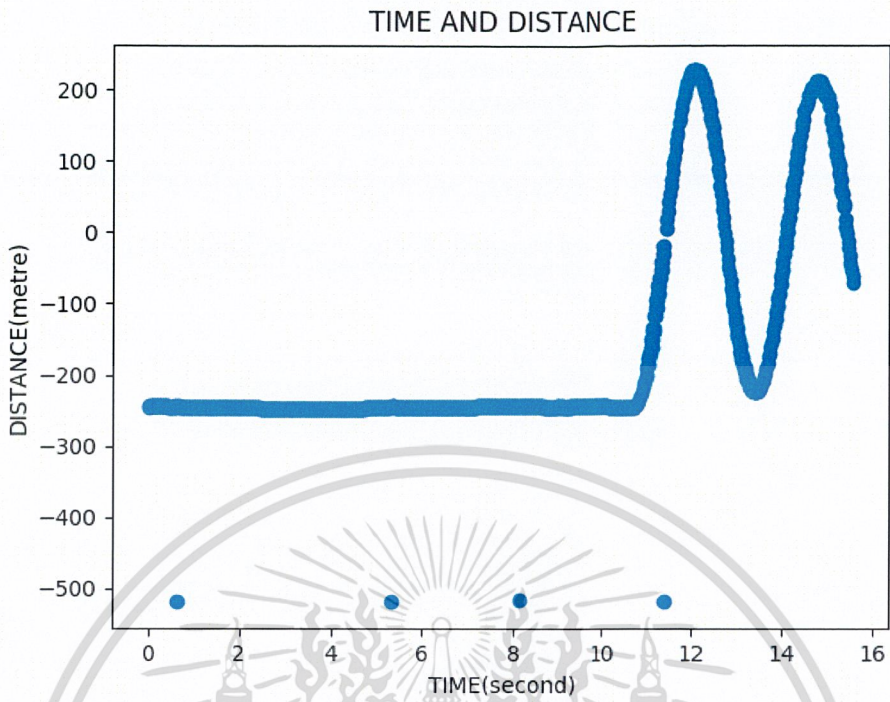


รูปที่ 11

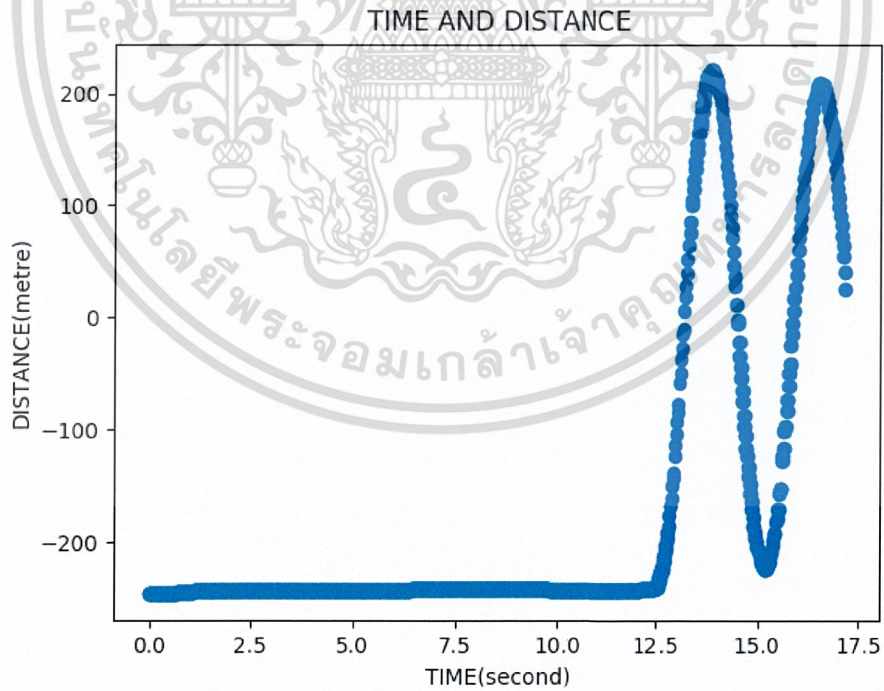


รูปที่ 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

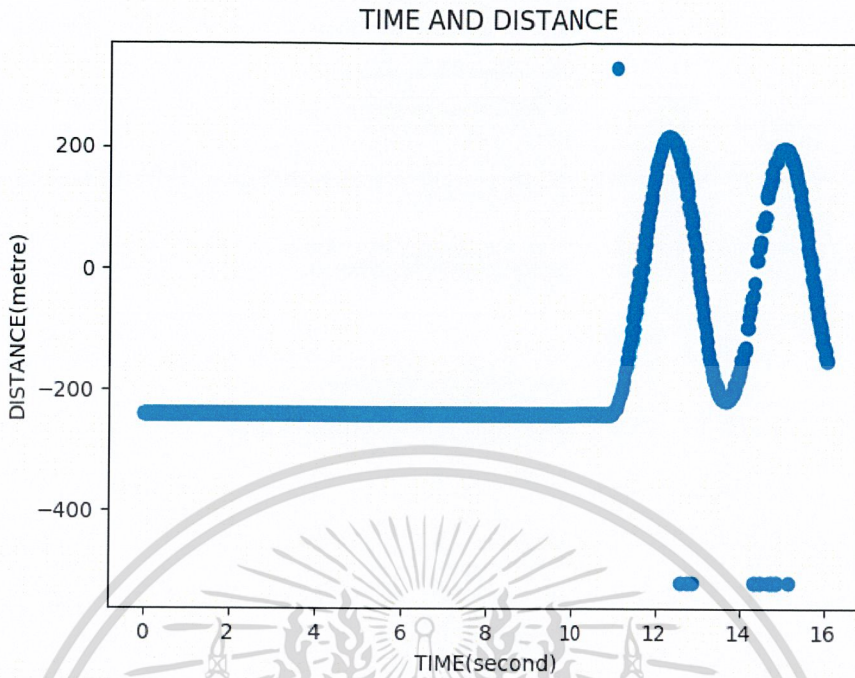


รูปที่ 13

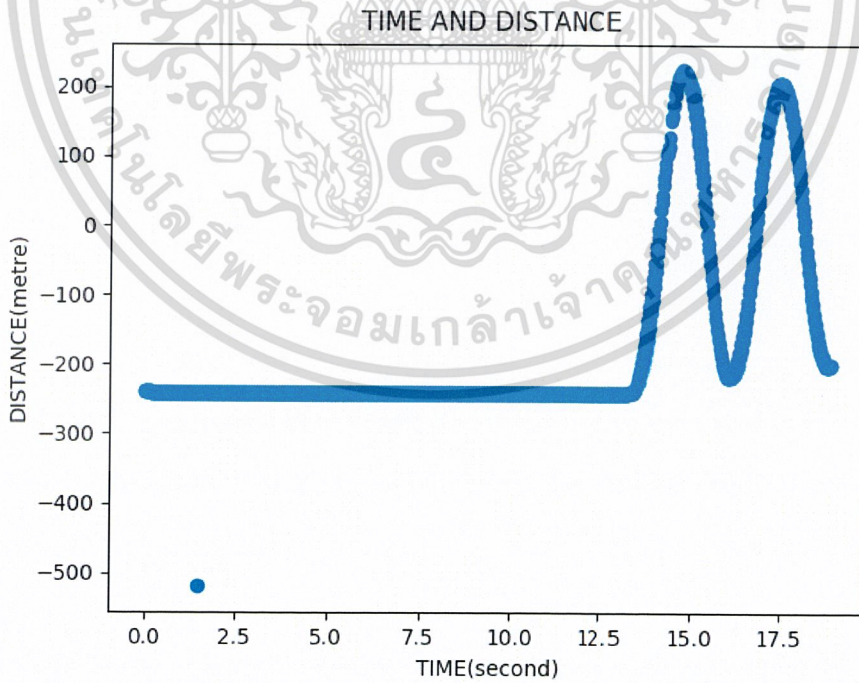


รูปที่ 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

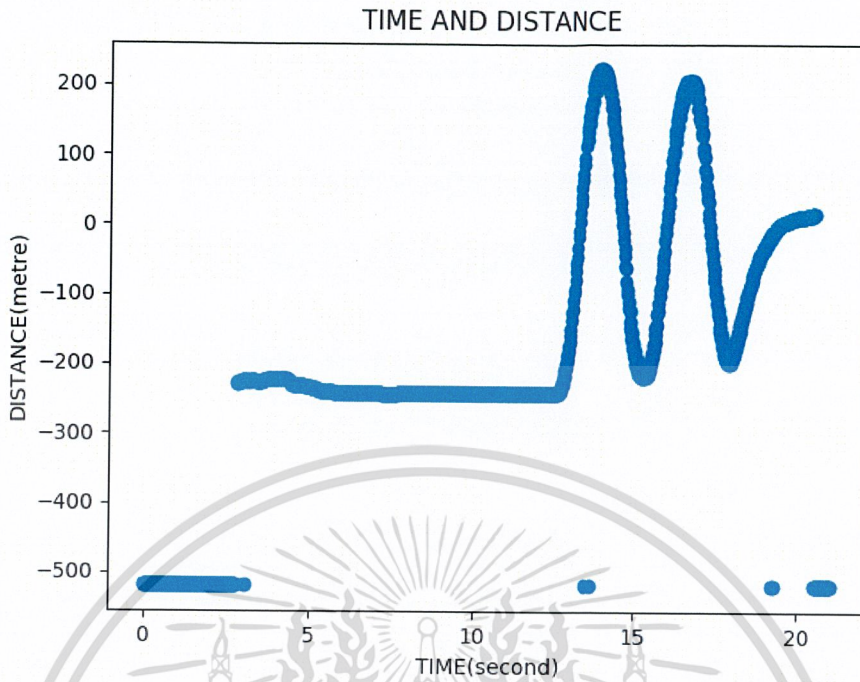


รูปที่ 15

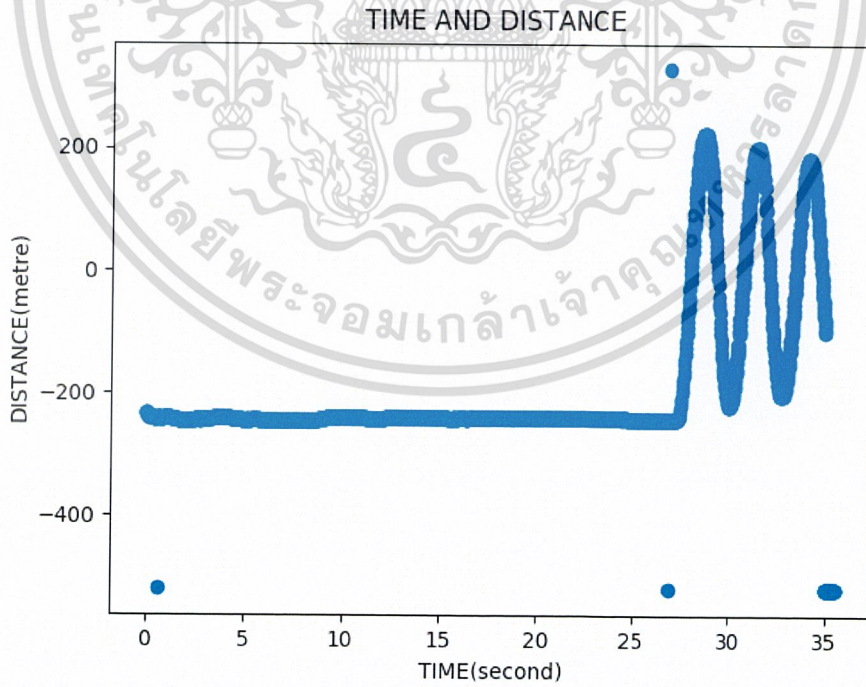


รูปที่ 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

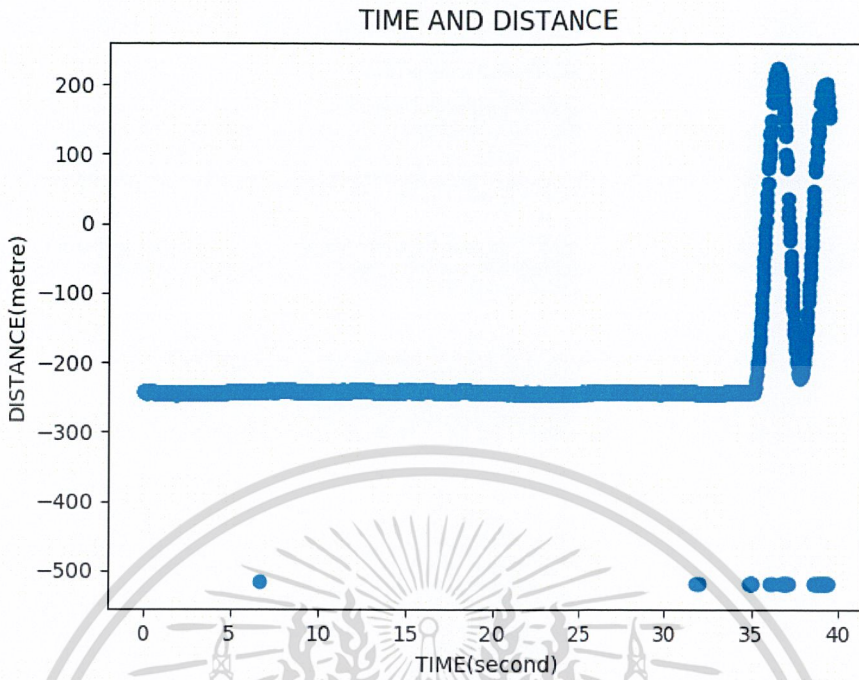


รูปที่ 17

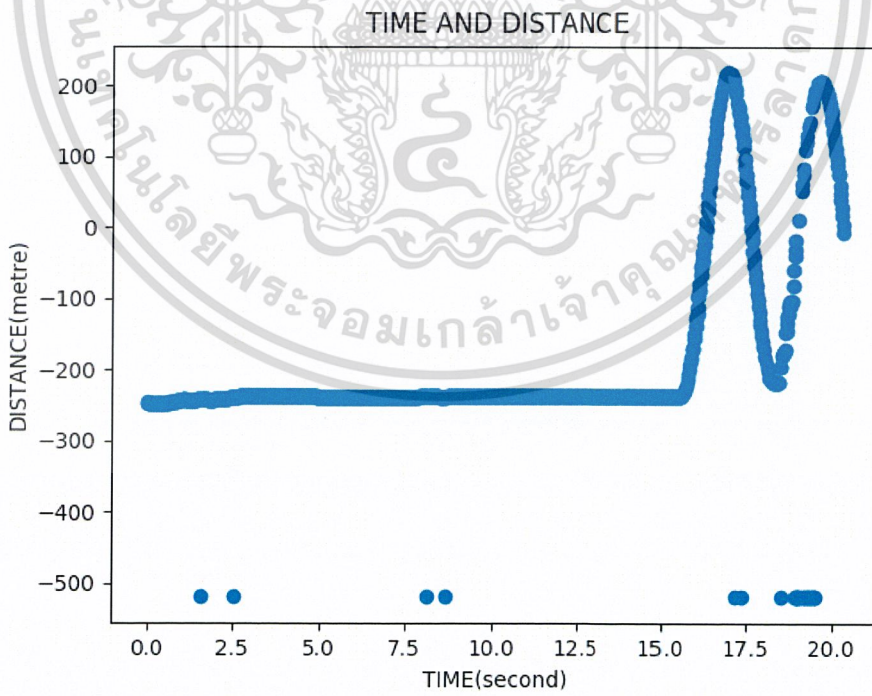


รูปที่ 18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

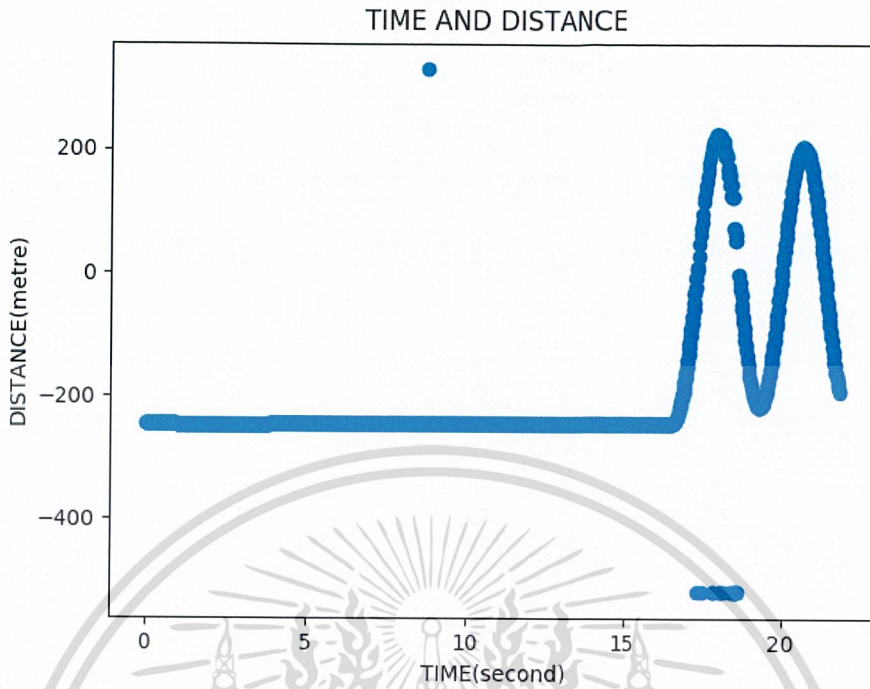


รูปที่ 19

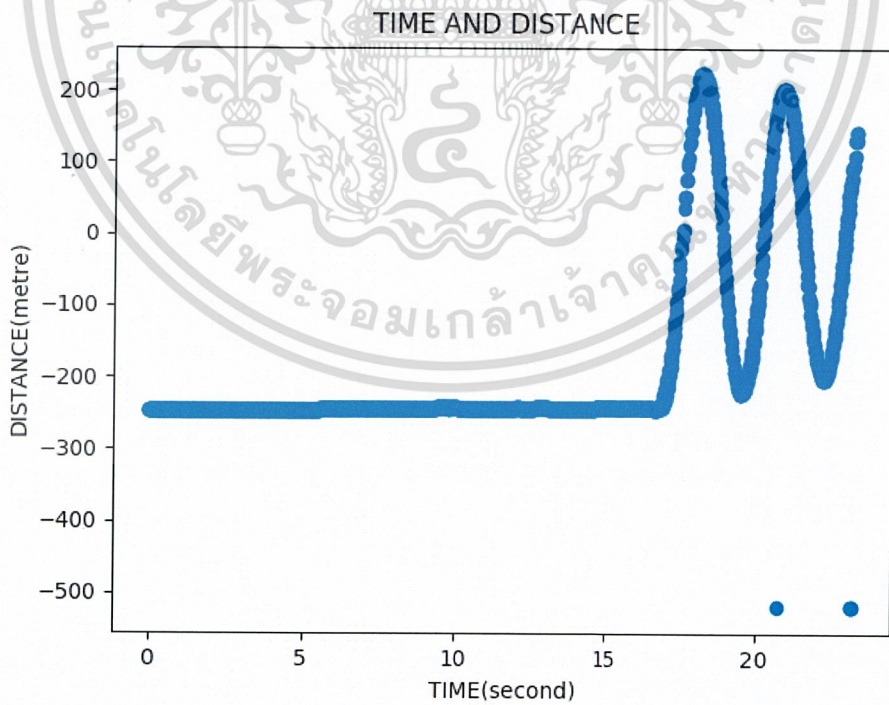


รูปที่ 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

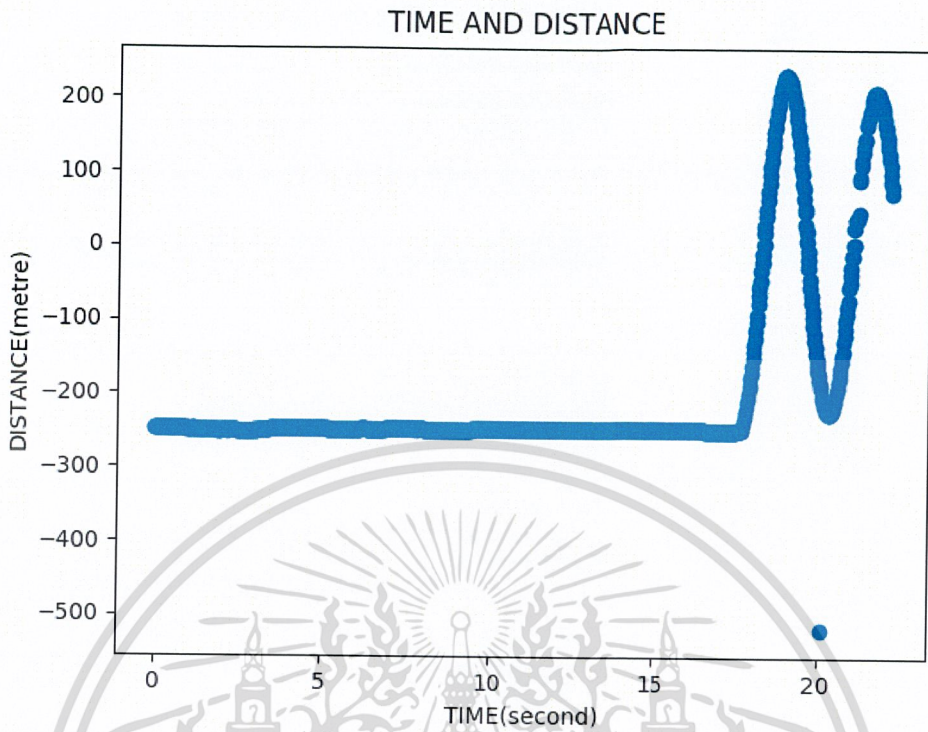


รูปที่ 21

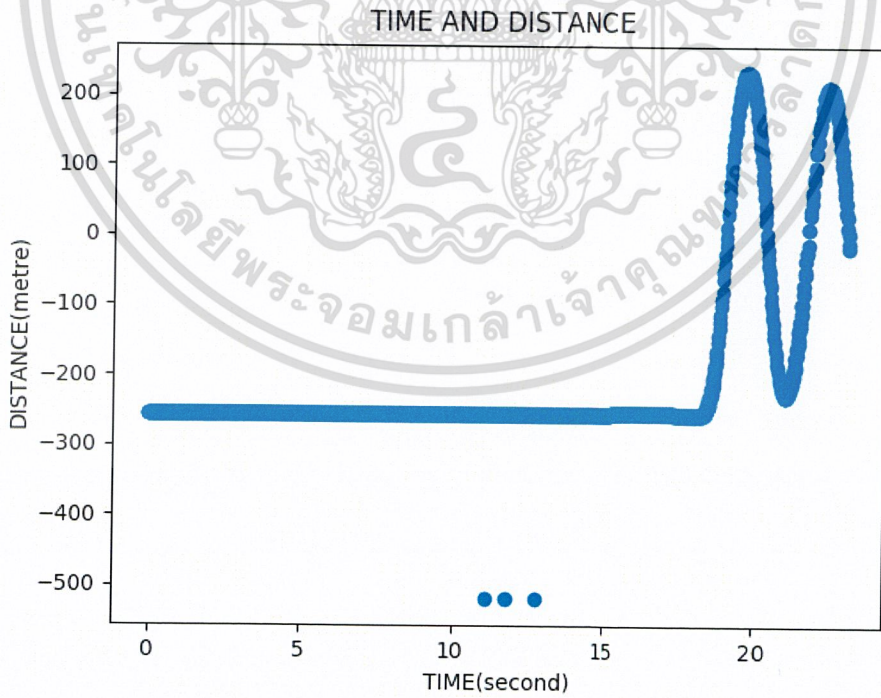


รูปที่ 22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

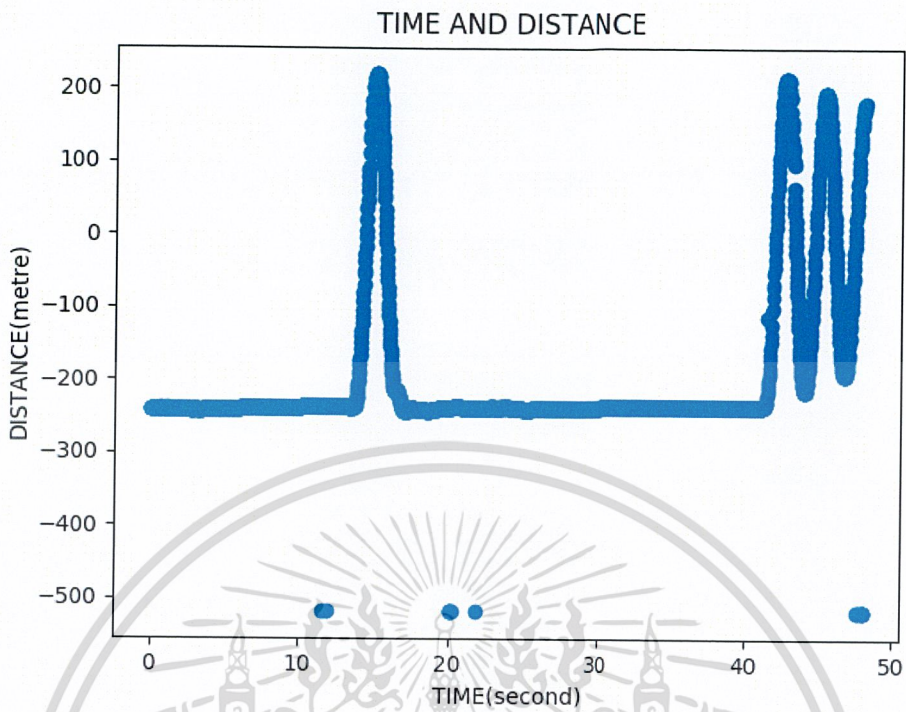


รูปที่ 23

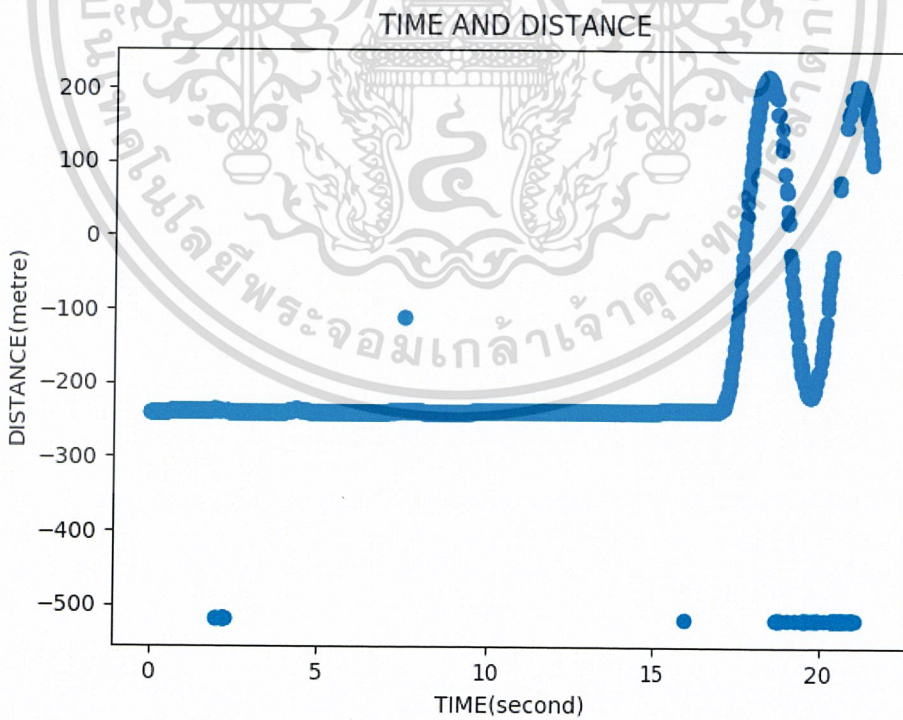


รูปที่ 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

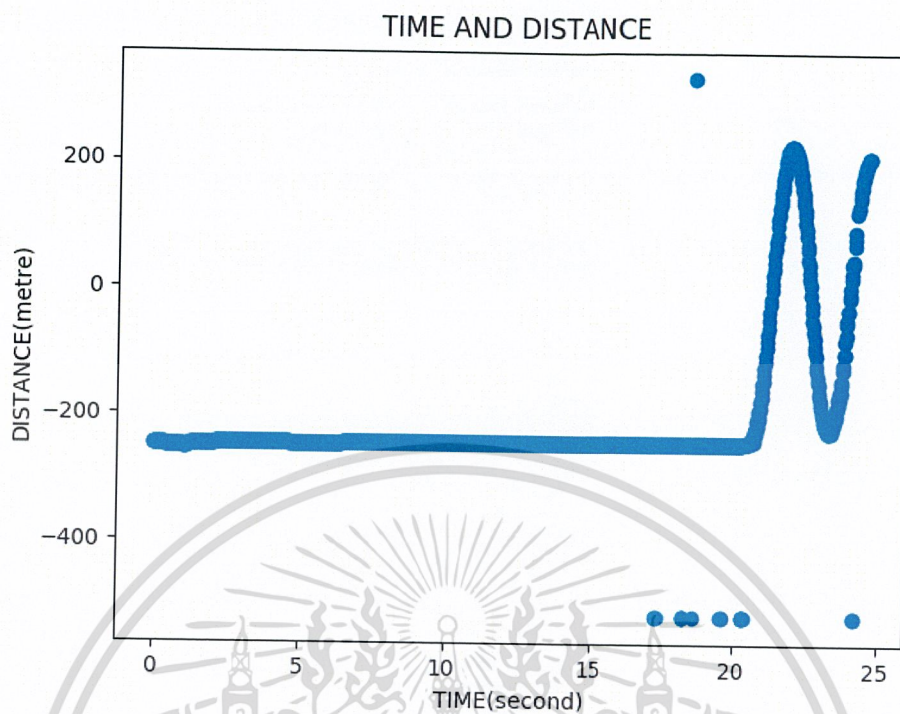


รูปที่ 25

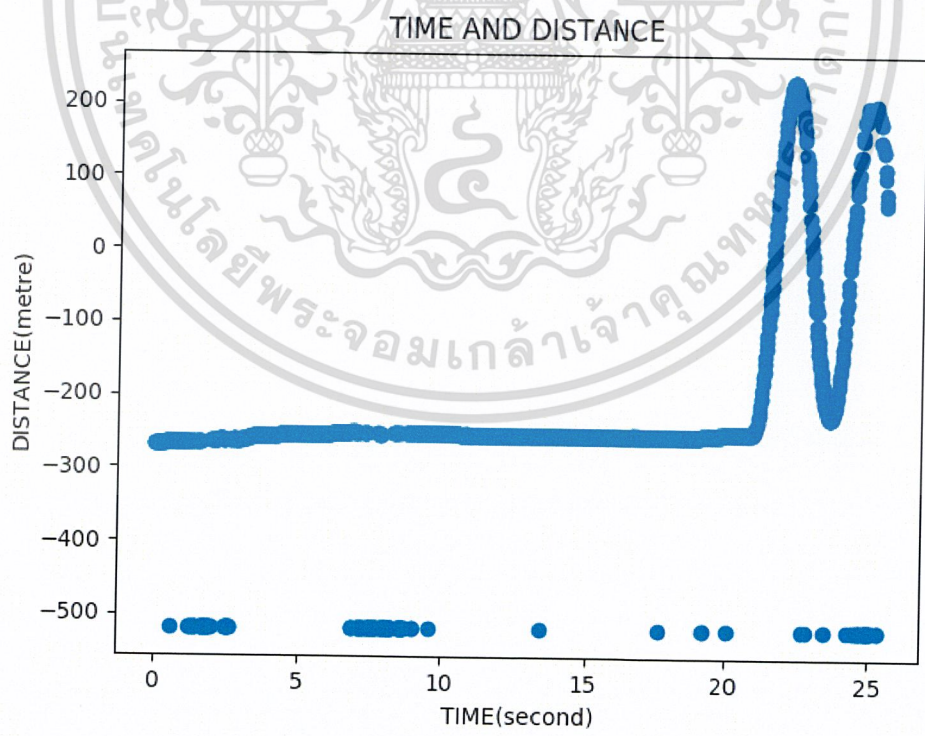


รูปที่ 26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

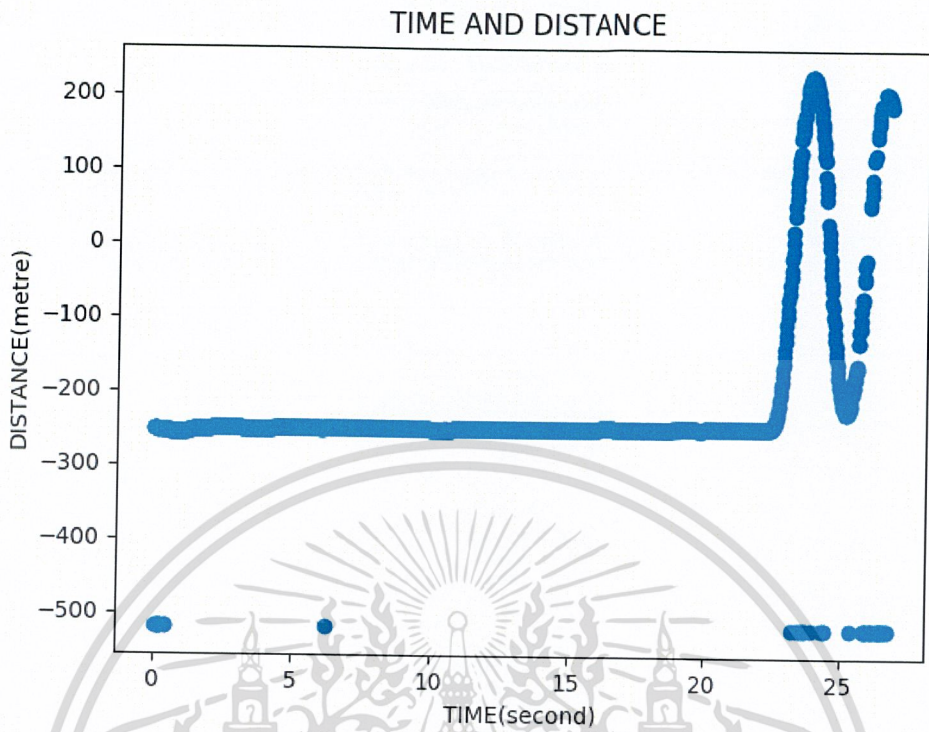


รูปที่ 27

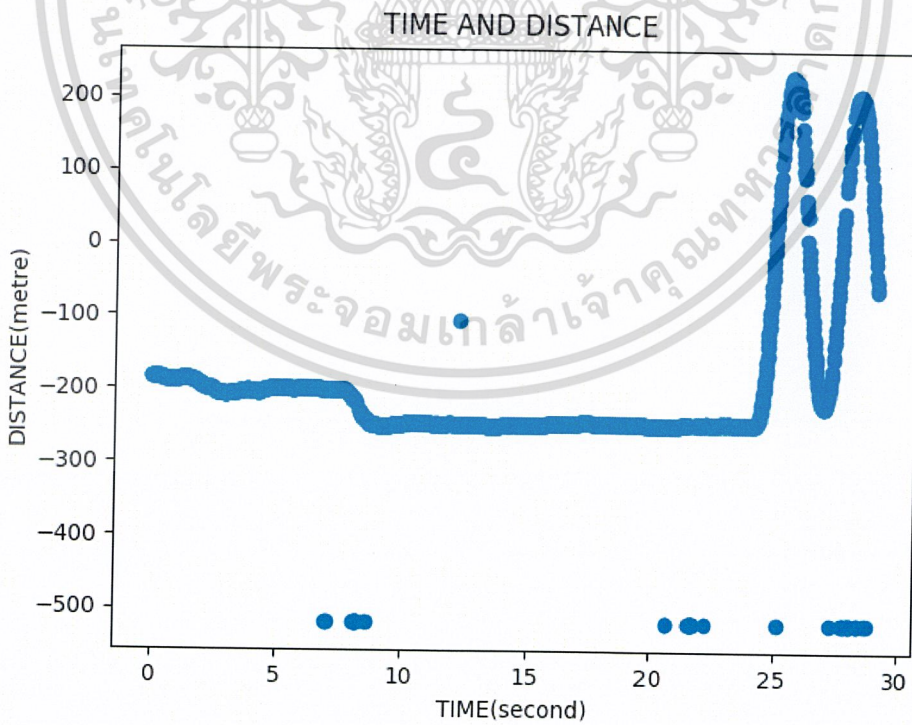


รูปที่ 28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



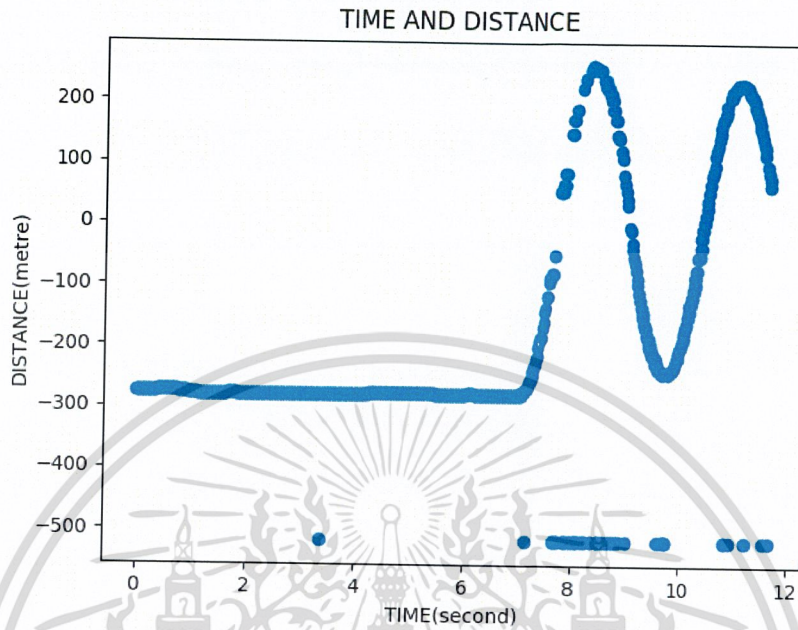
รูปที่ 29



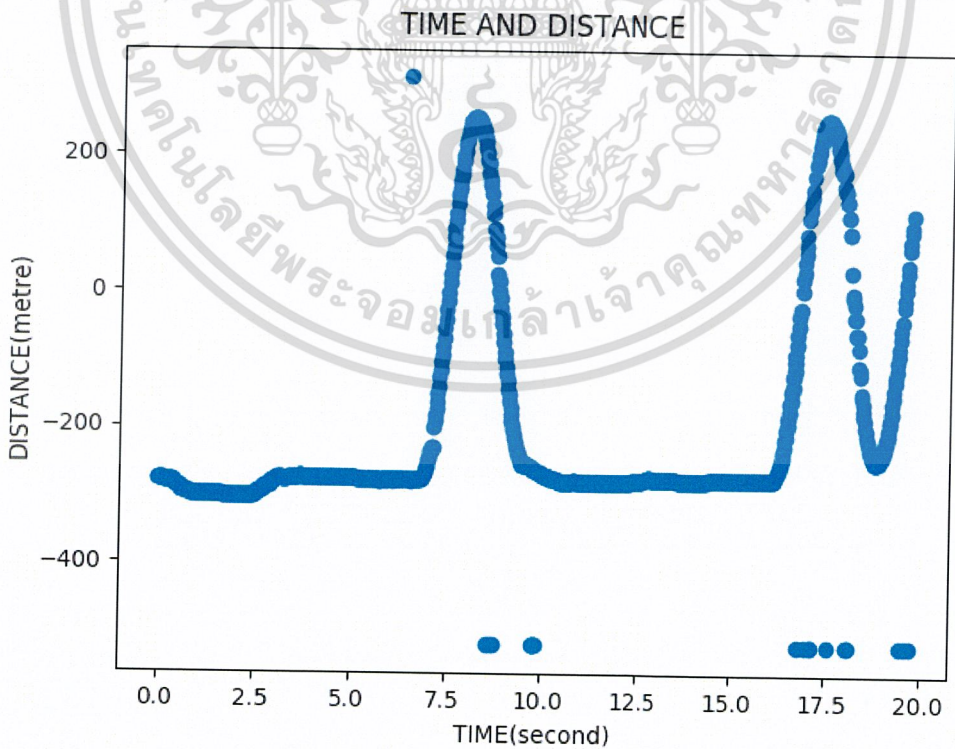
รูปที่ 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลา(วินาที) และค่าตำแหน่งที่ได้จากจีโมต(เซนติเมตร) ที่ ความสูง 50 เซนติเมตรจากจุดกึ่งกลาง

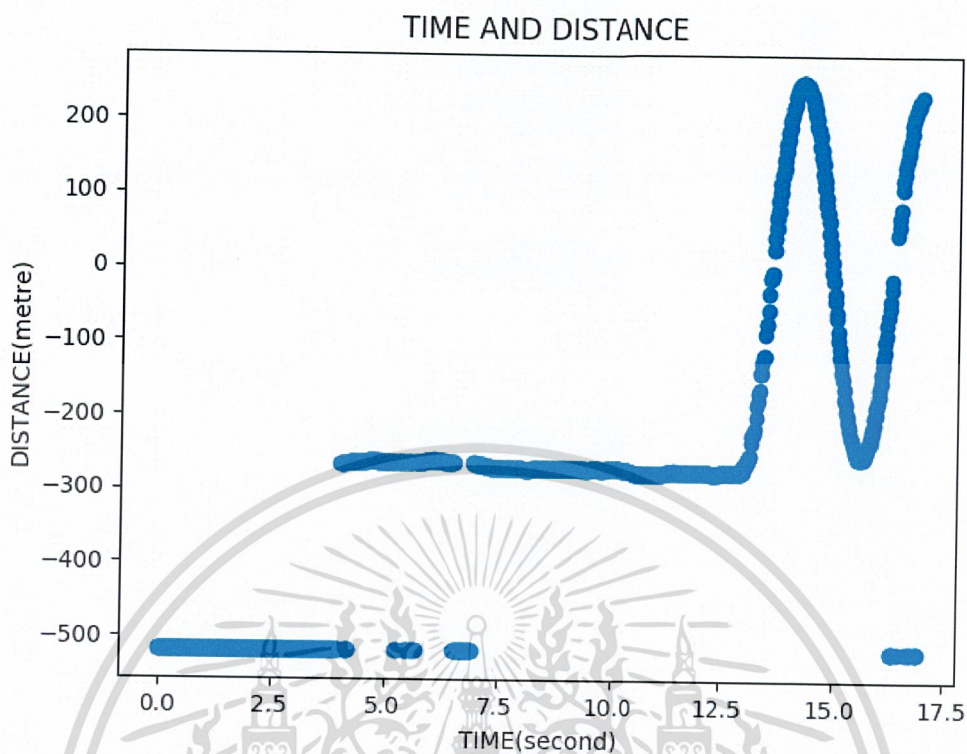


รูปที่ 1

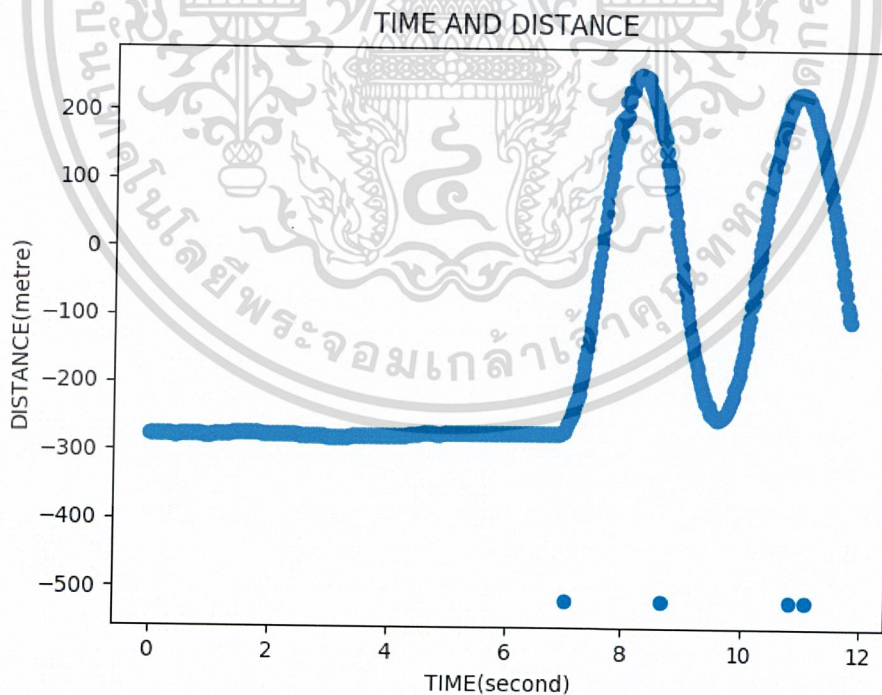


รูปที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

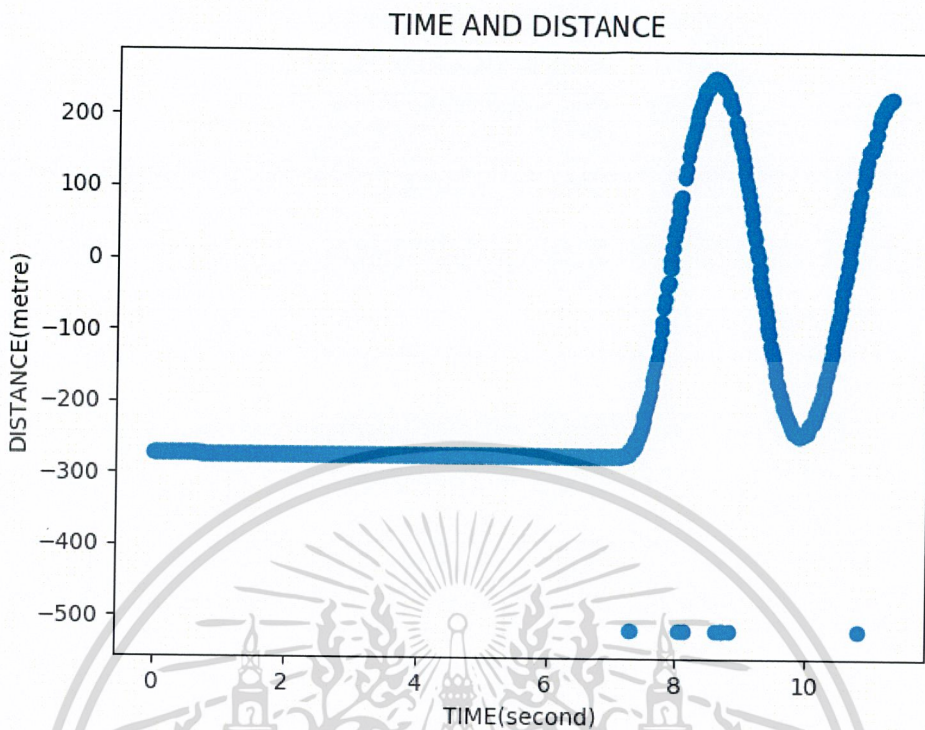


รูปที่ 3

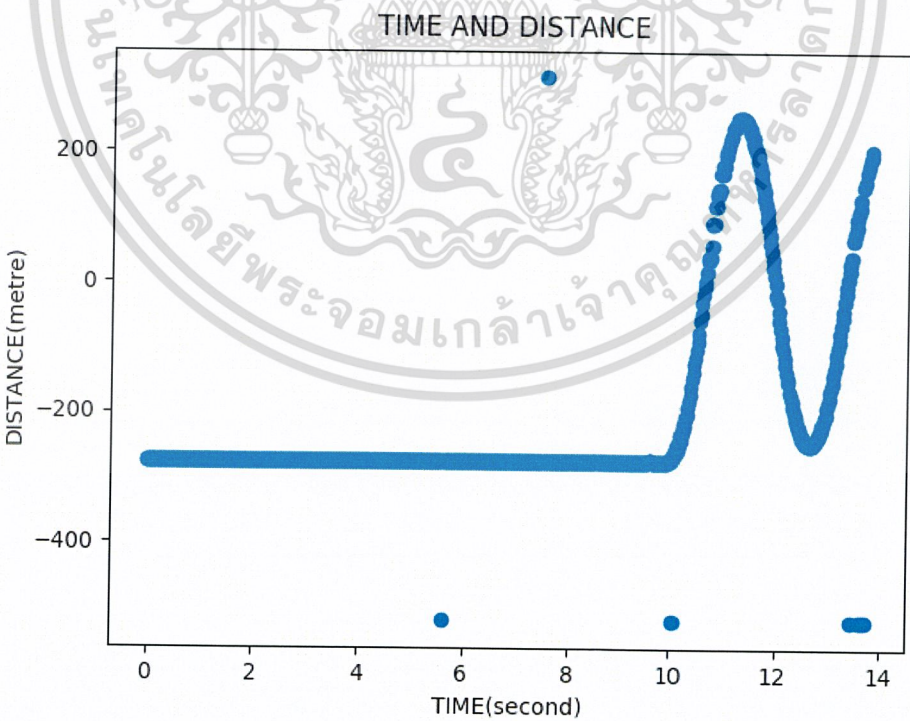


รูปที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

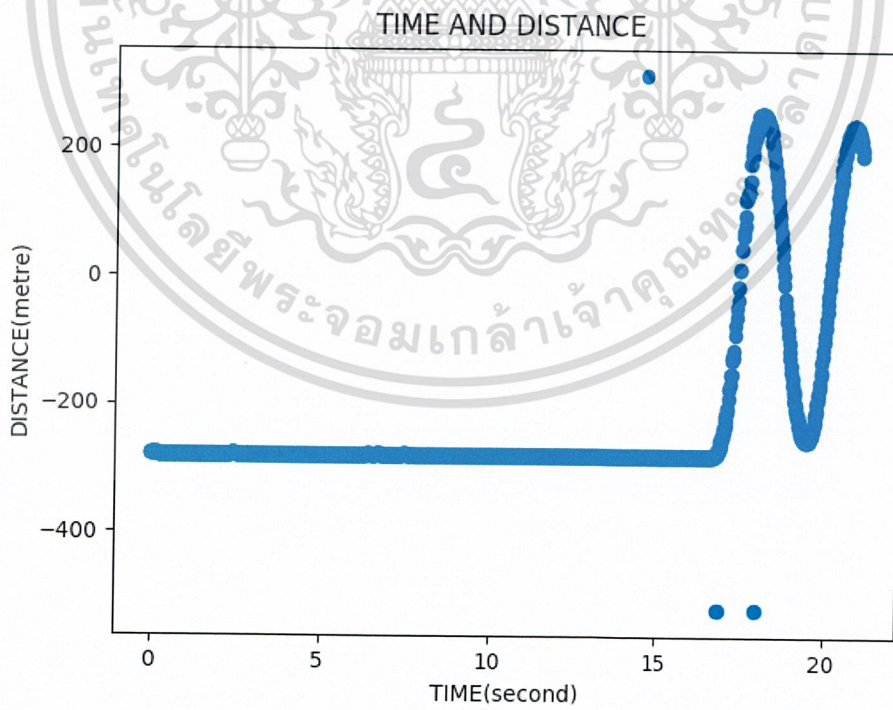
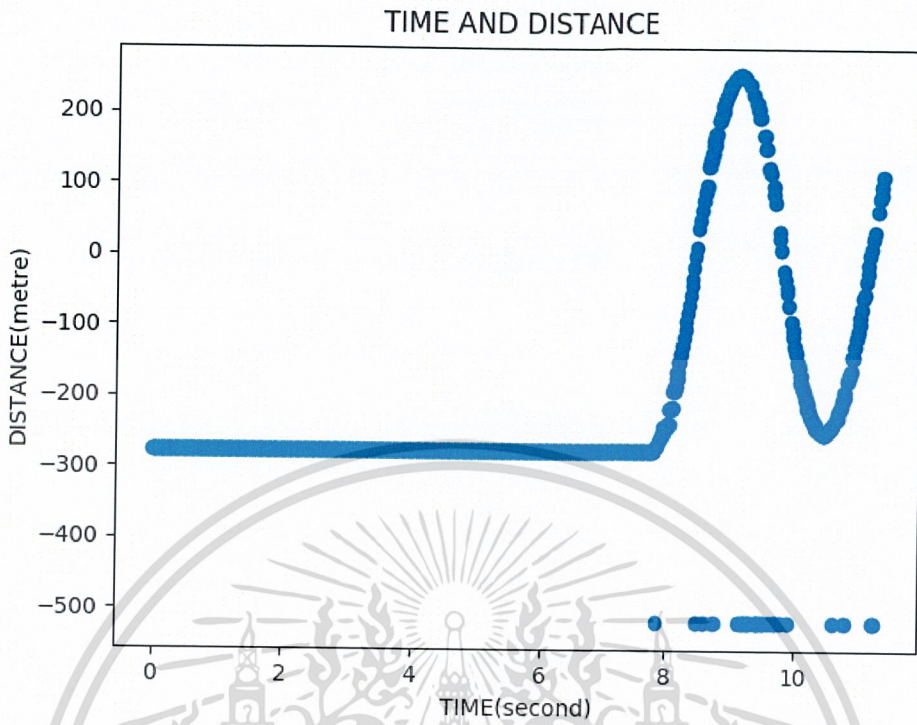


รูปที่ 5

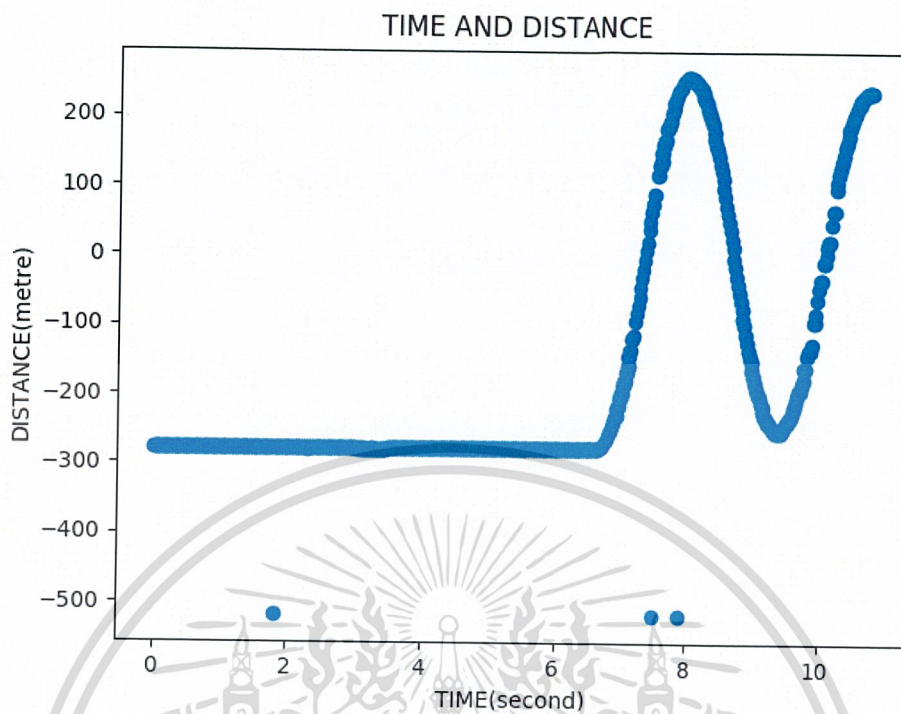


รูปที่ 6

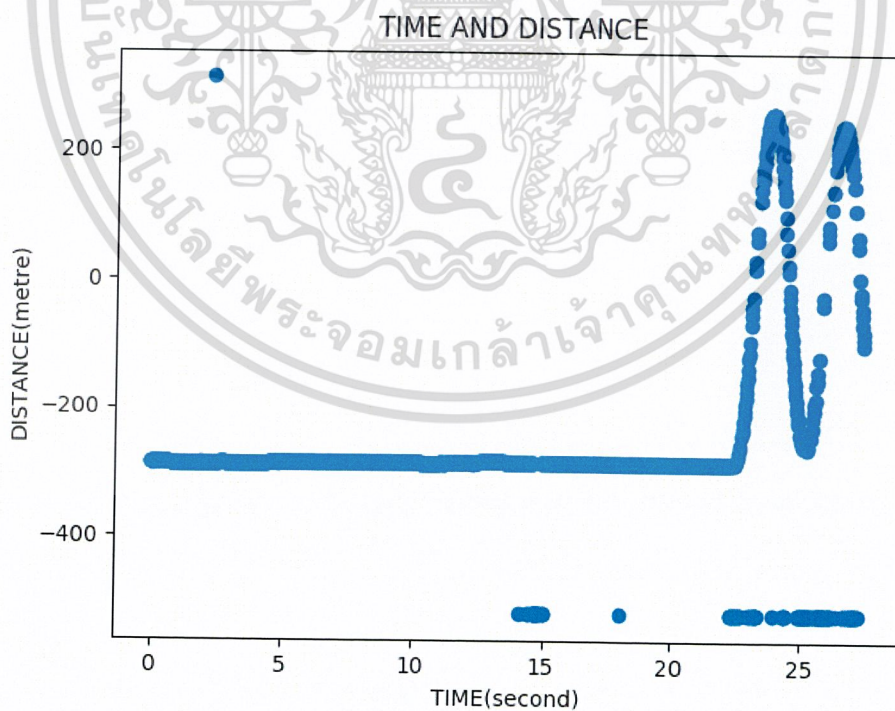
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

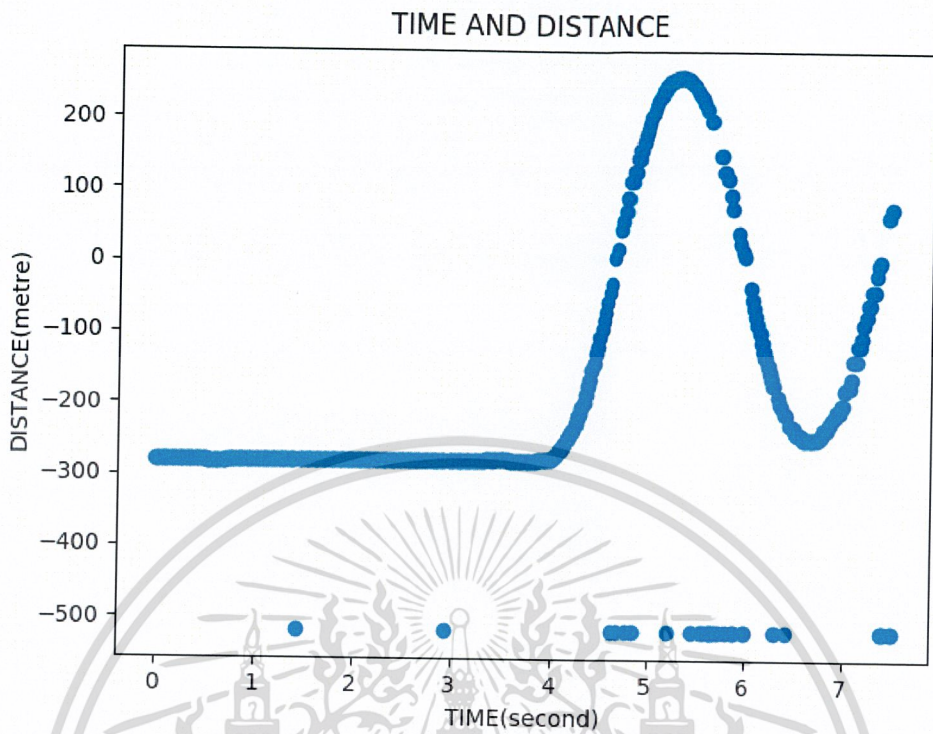


รูปที่ 9

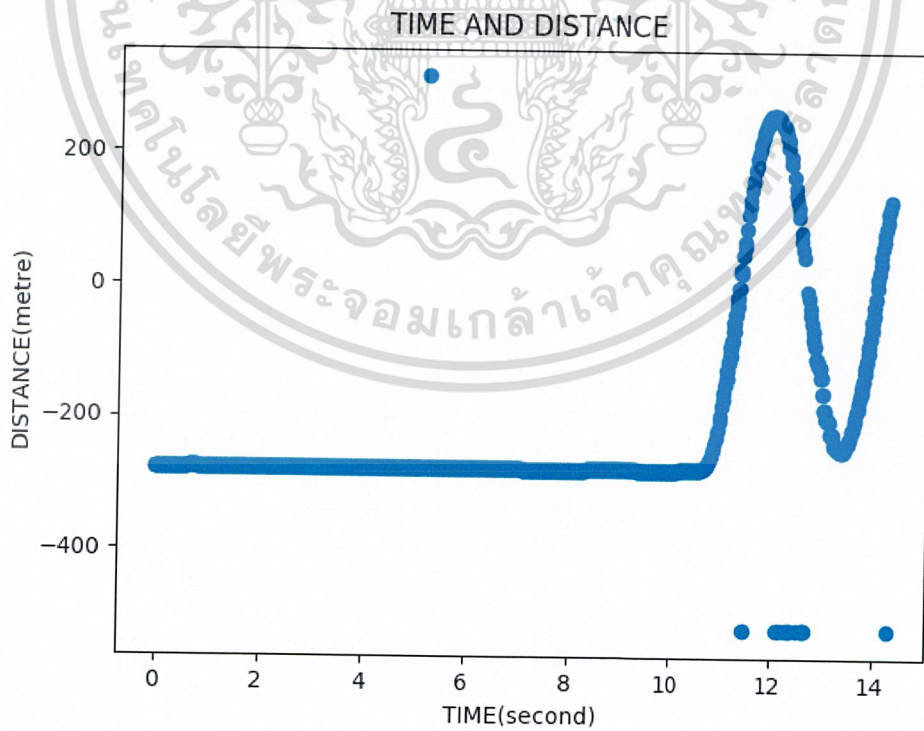


รูปที่ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

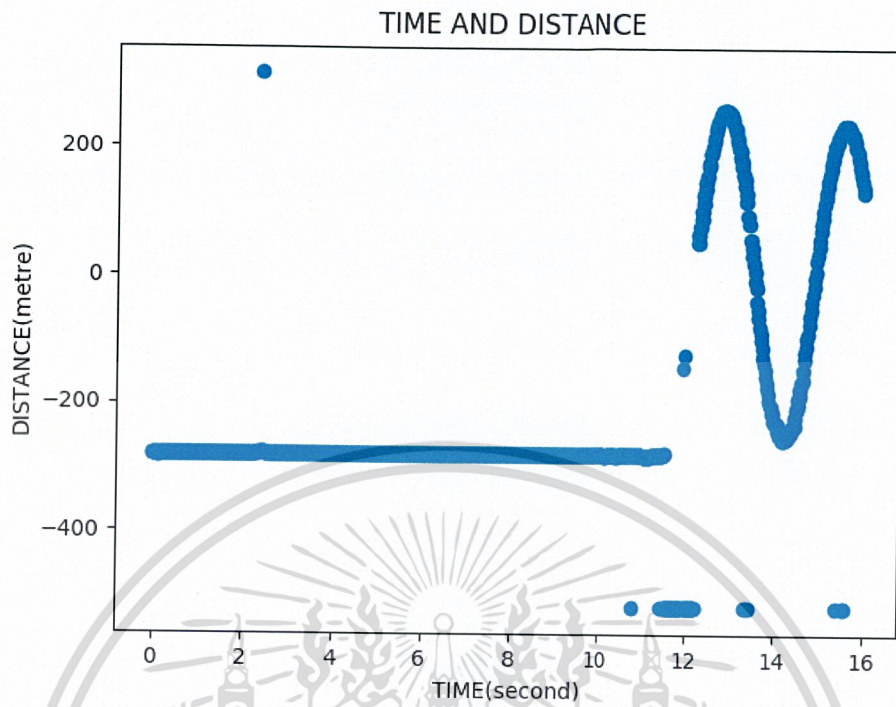


รูปที่ 11

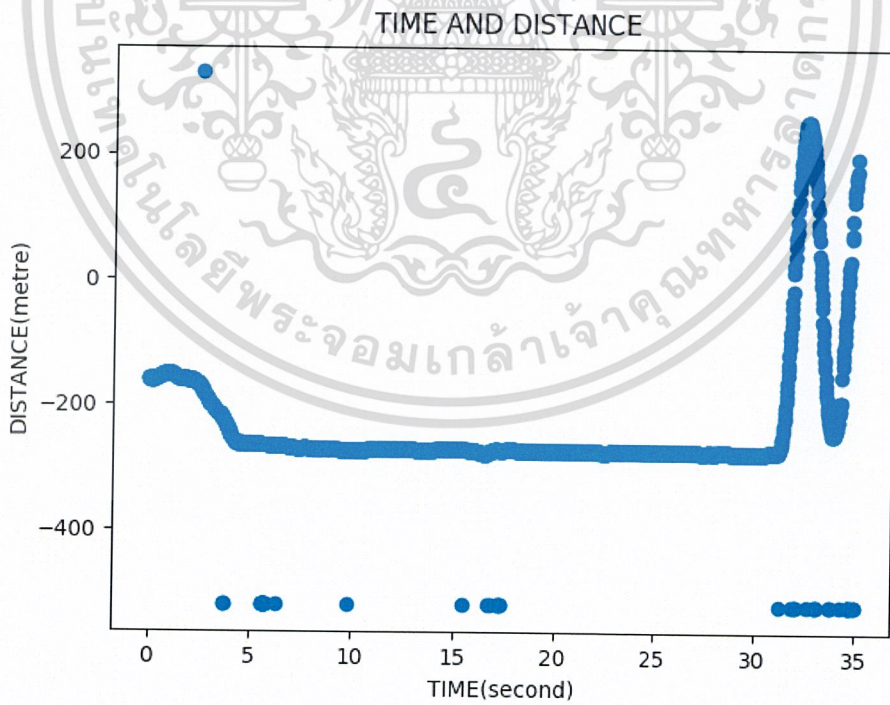


รูปที่ 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

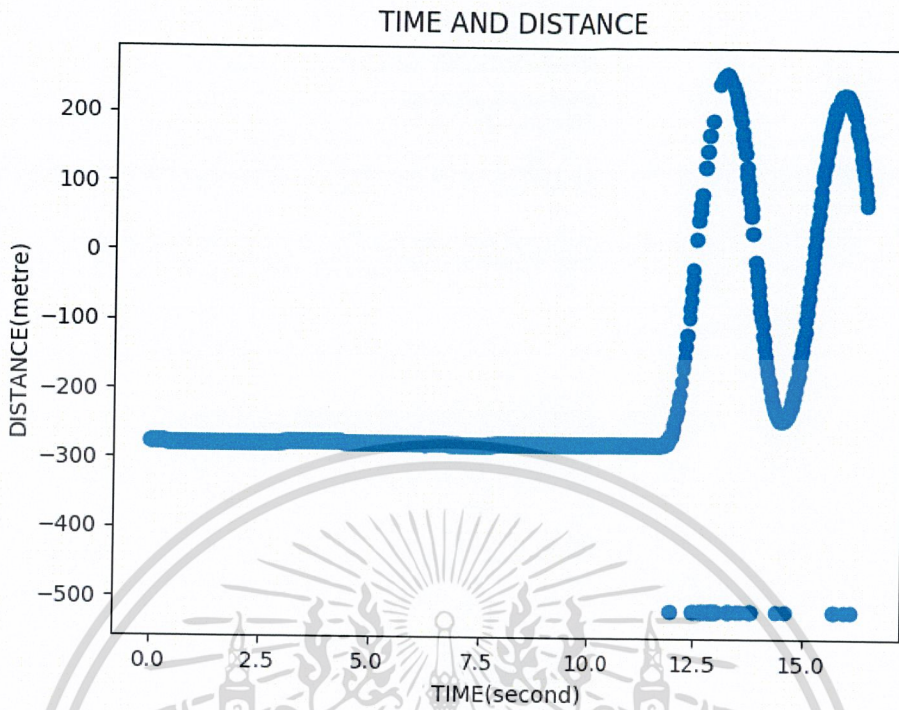


รูปที่ 13

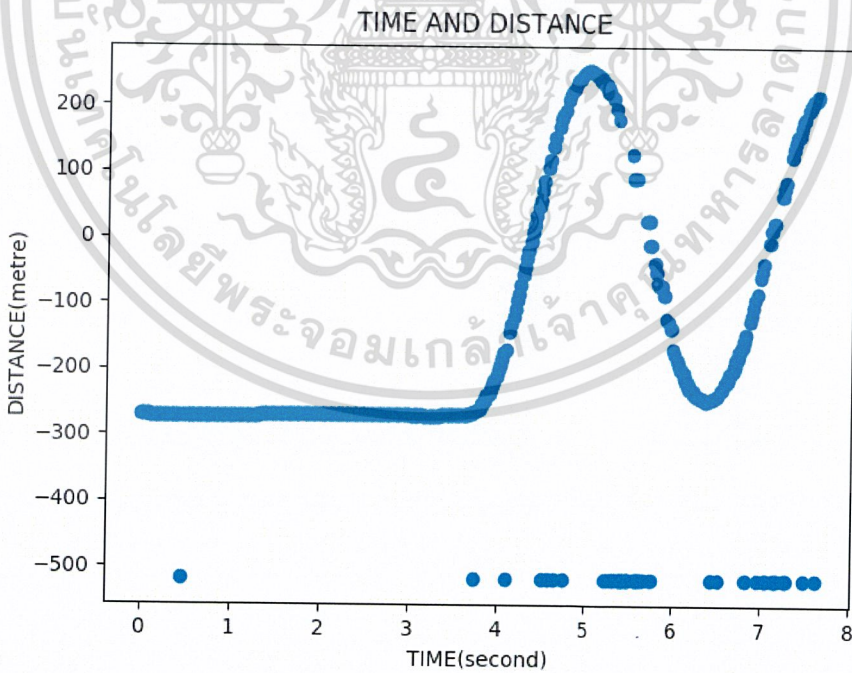


รูปที่ 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

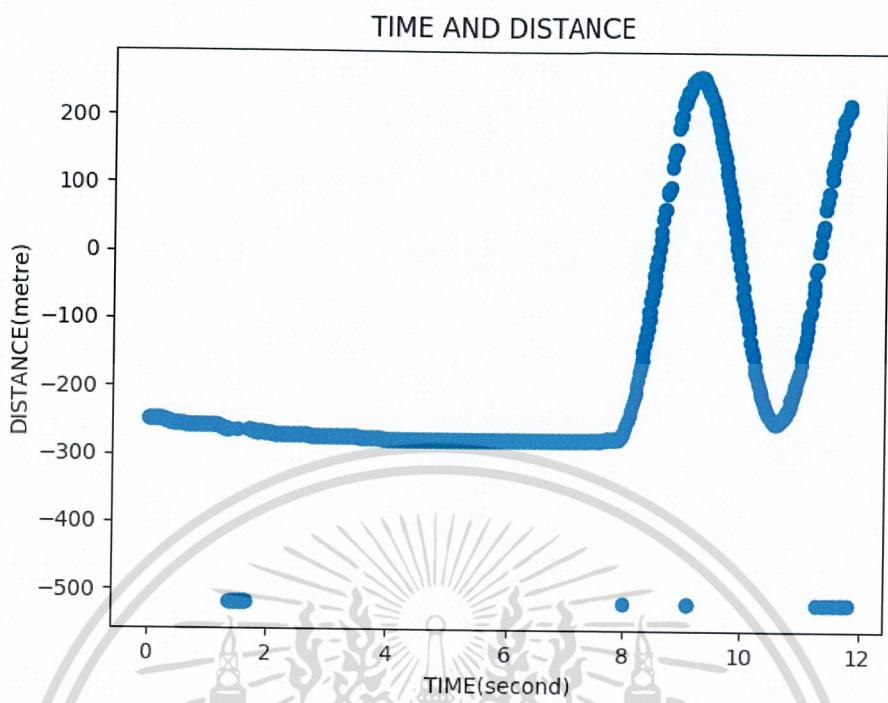


รูปที่ 15

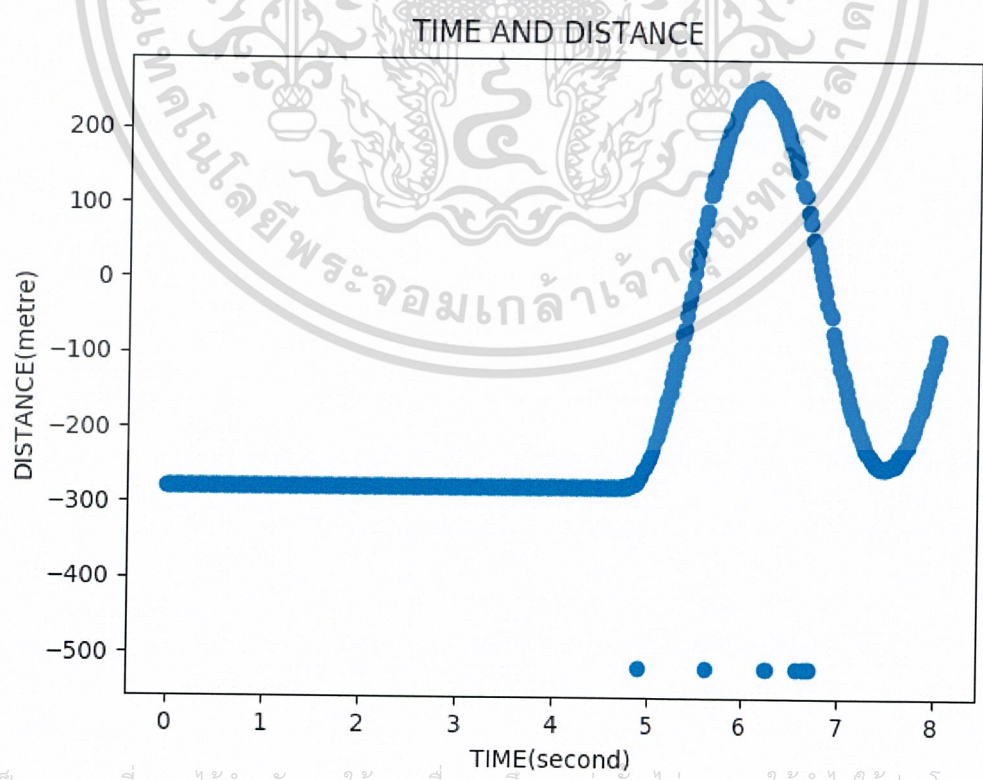


รูปที่ 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

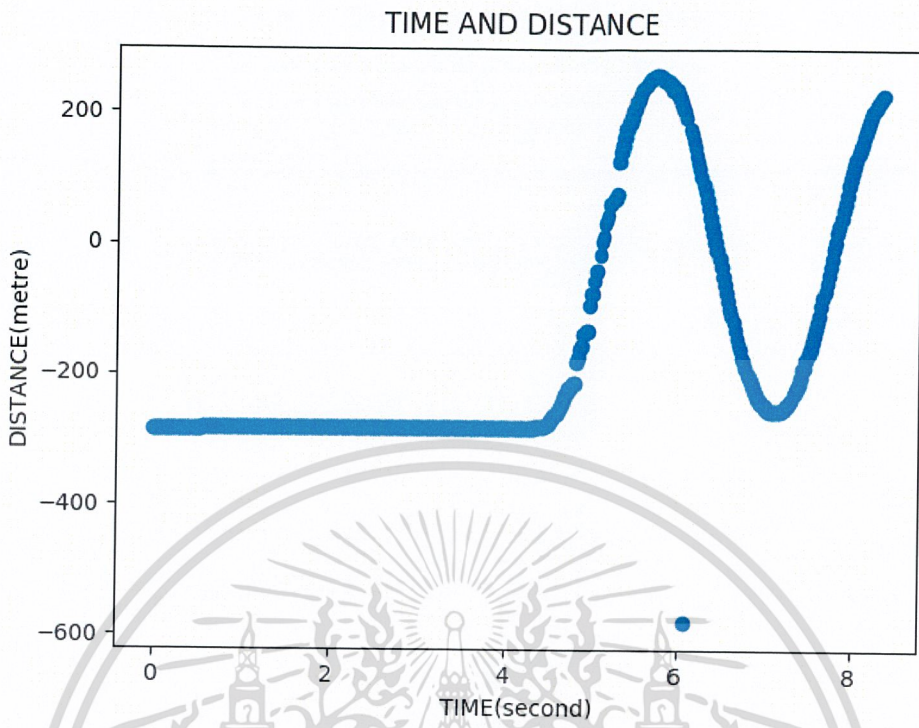


รูปที่ 17

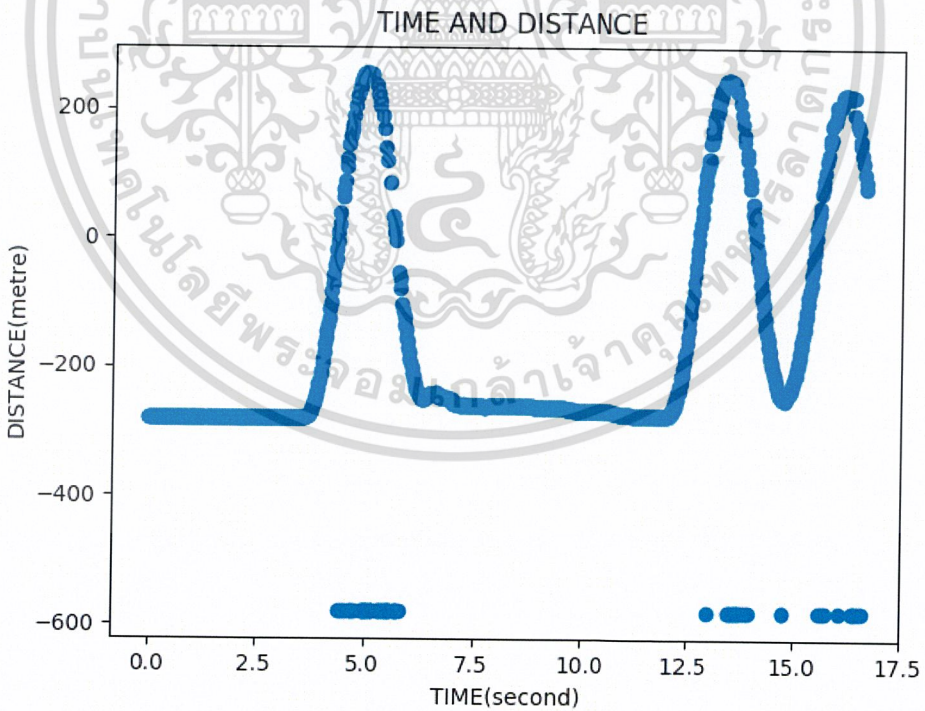


รูปที่ 18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

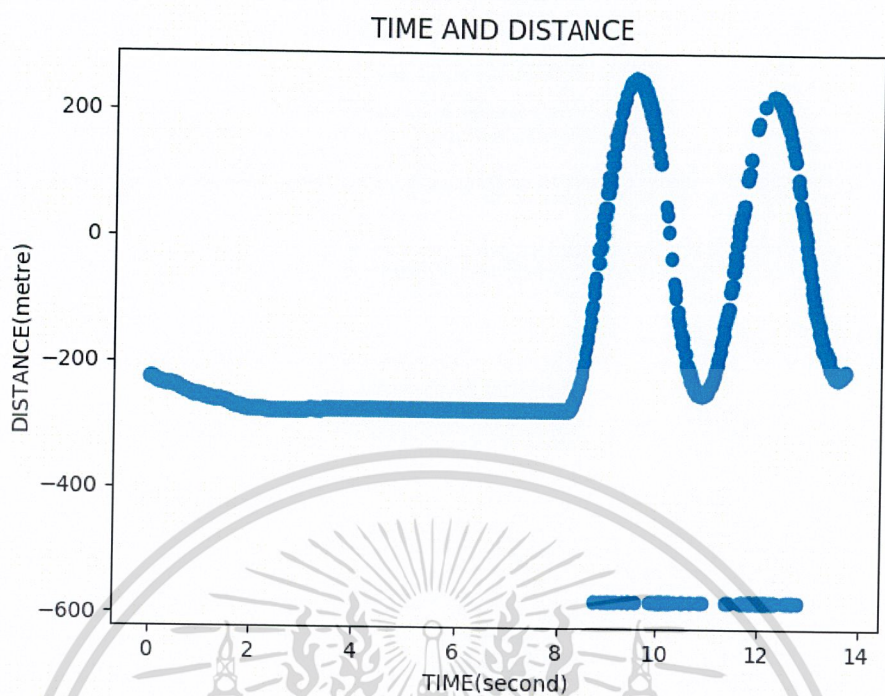


รูปที่ 19

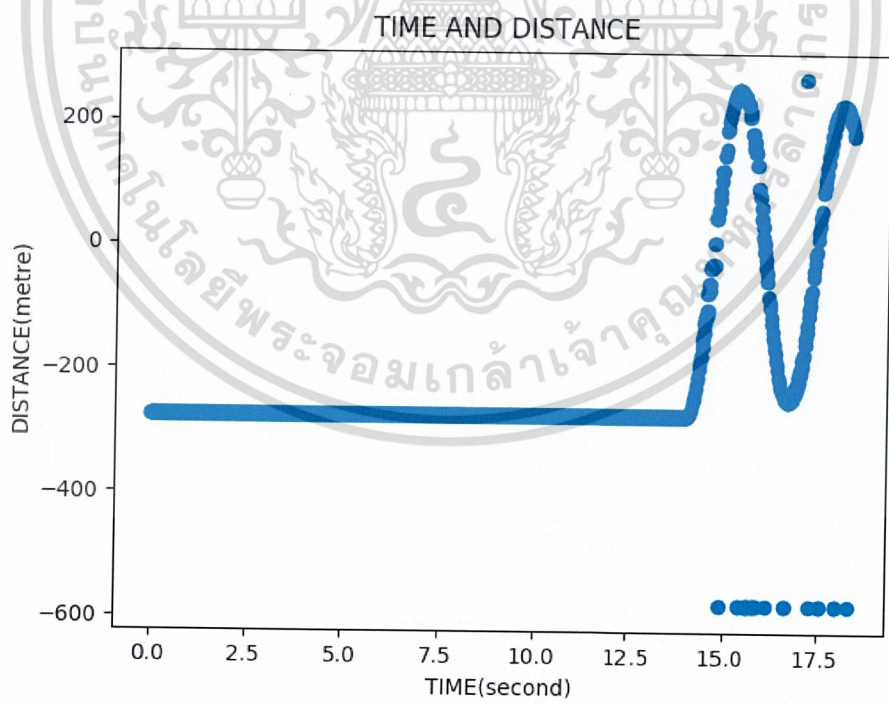


รูปที่ 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

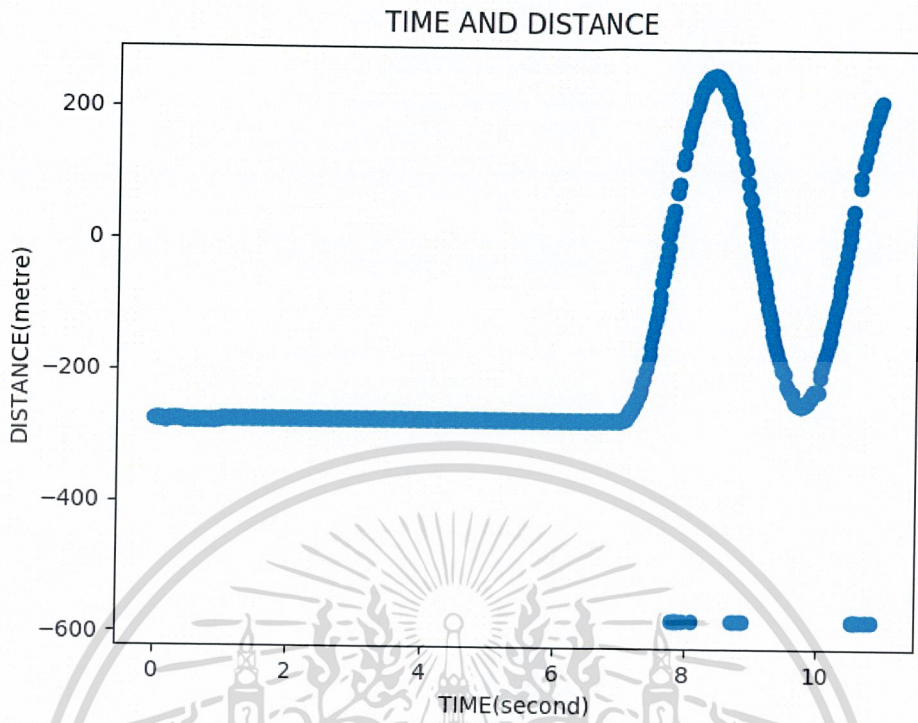


รูปที่ 21

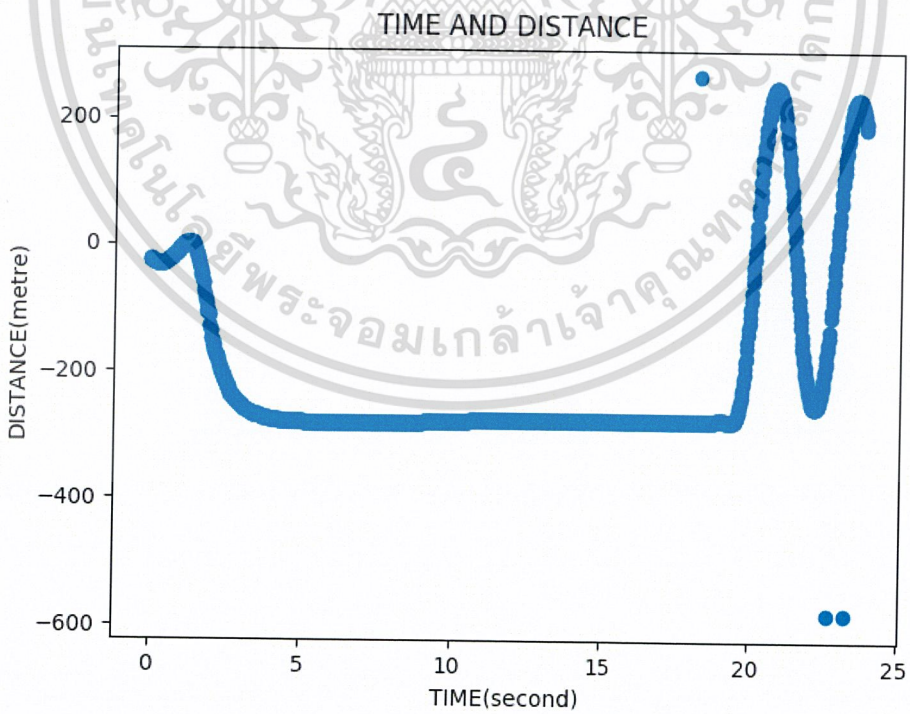


รูปที่ 22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

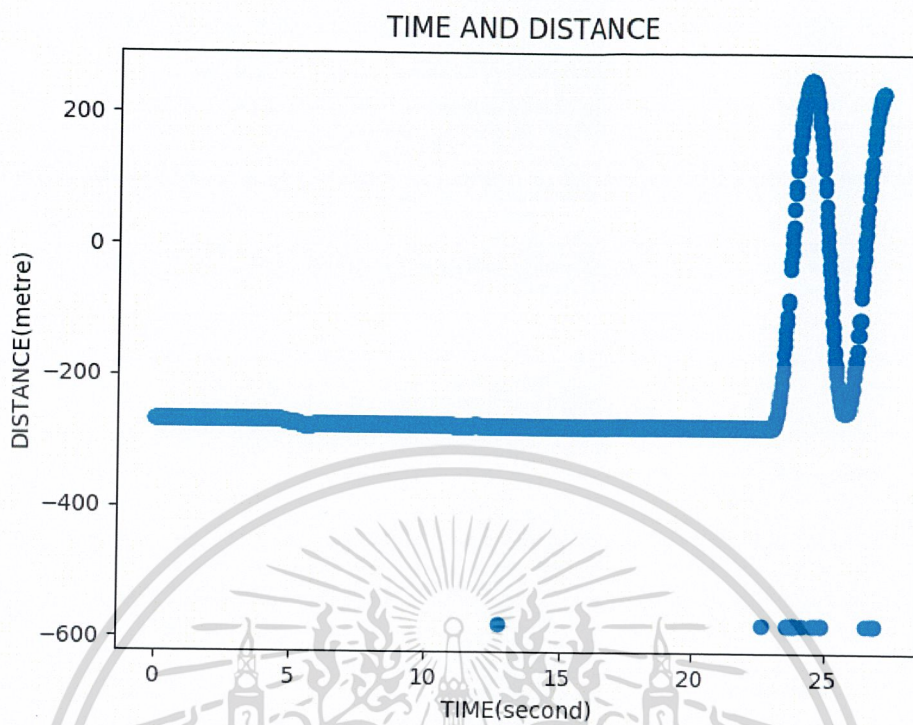


รูปที่ 23

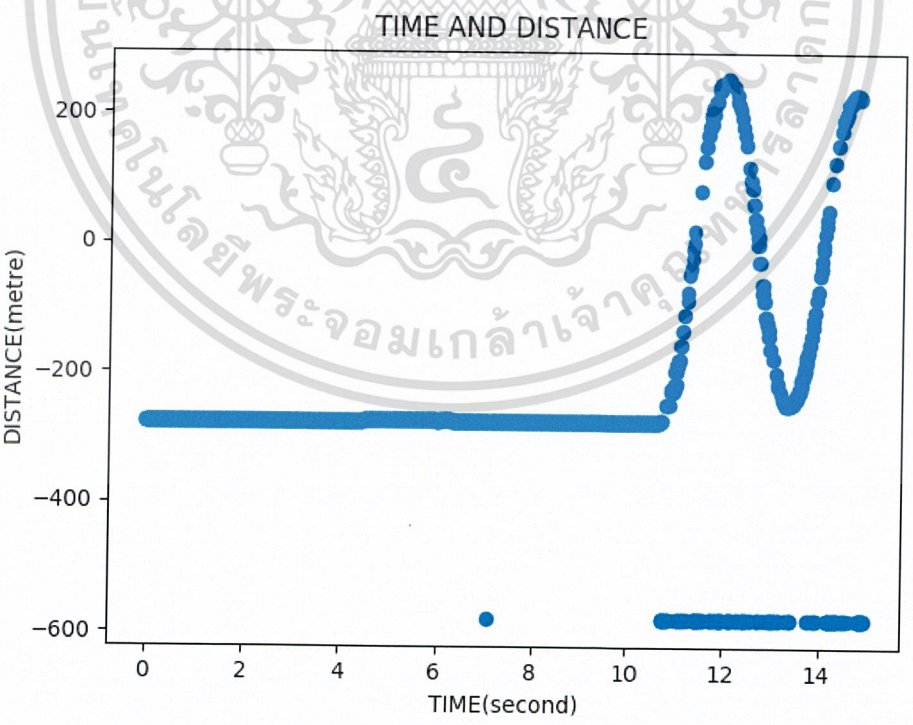


รูปที่ 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

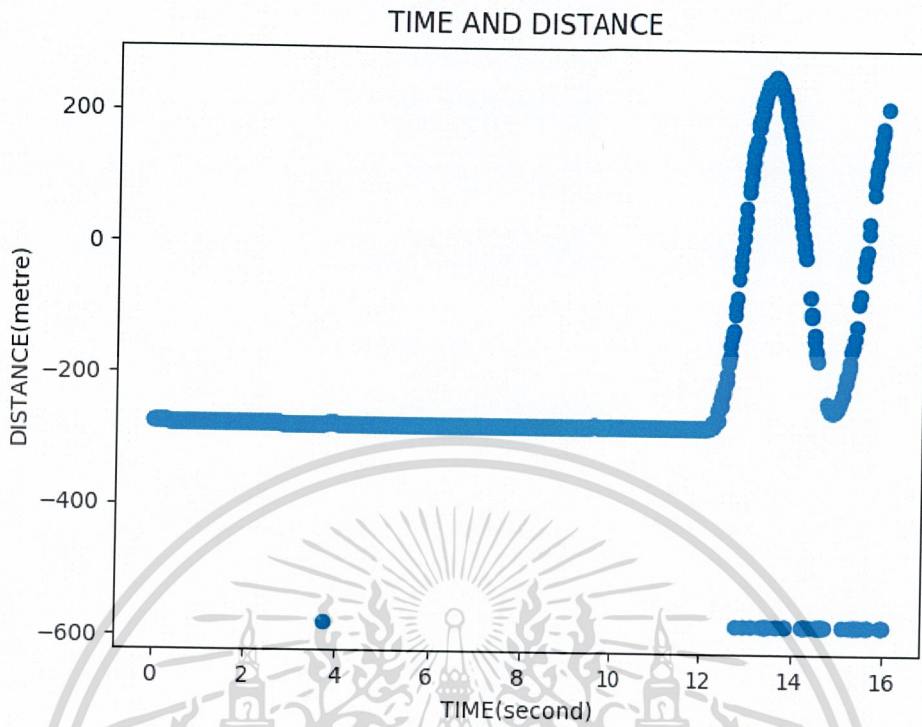


รูปที่ 25

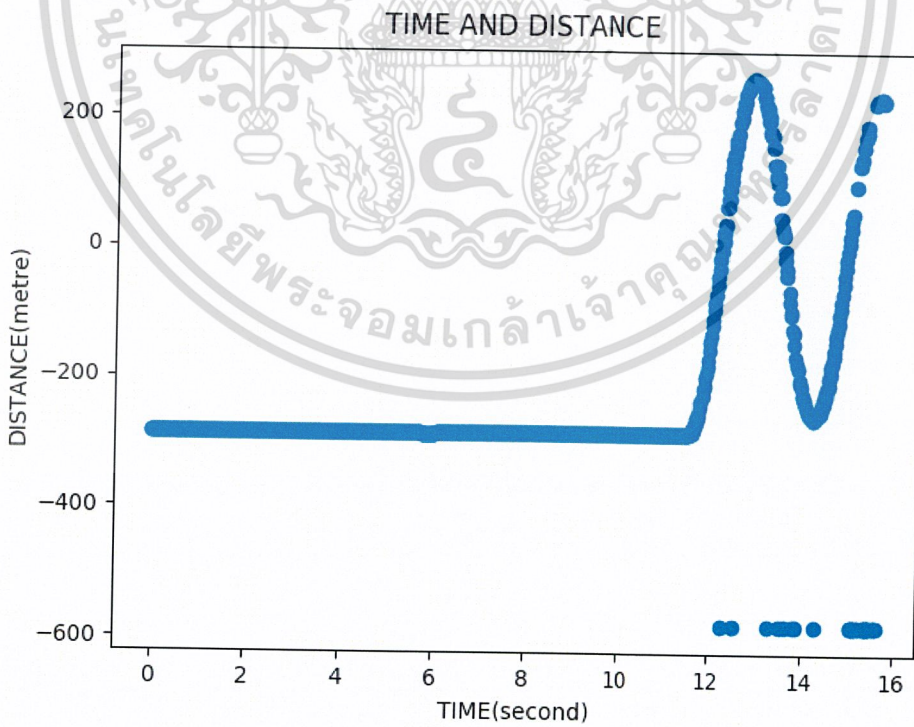


รูปที่ 26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

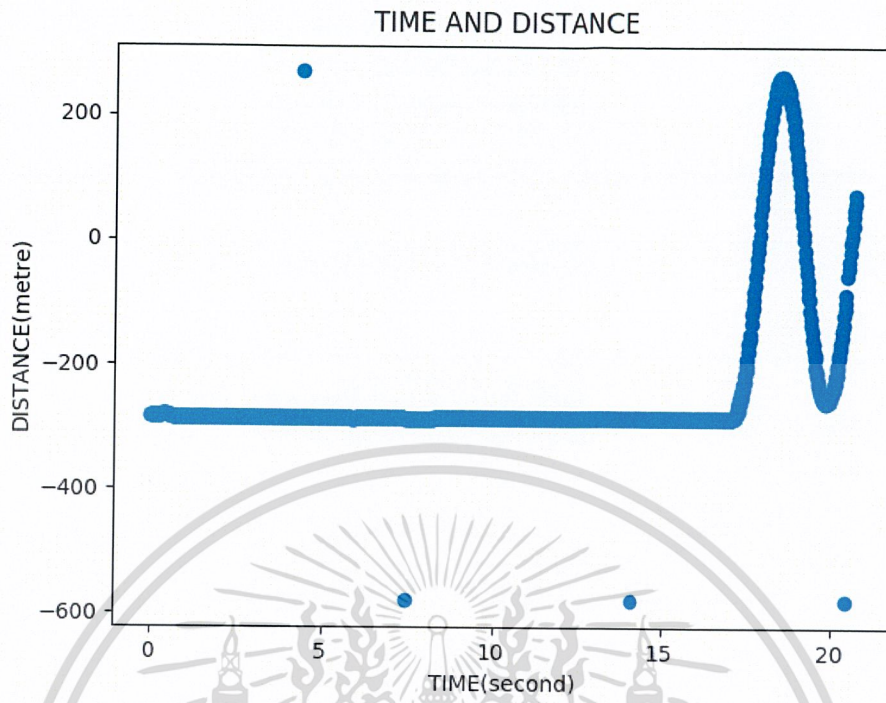


รูปที่ 27

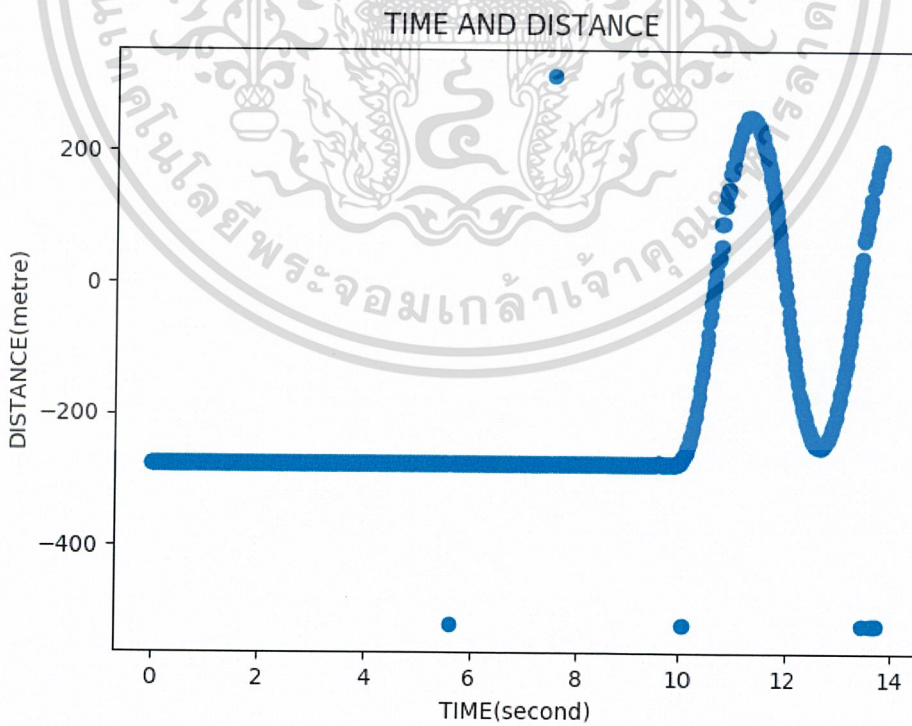


รูปที่ 28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 29

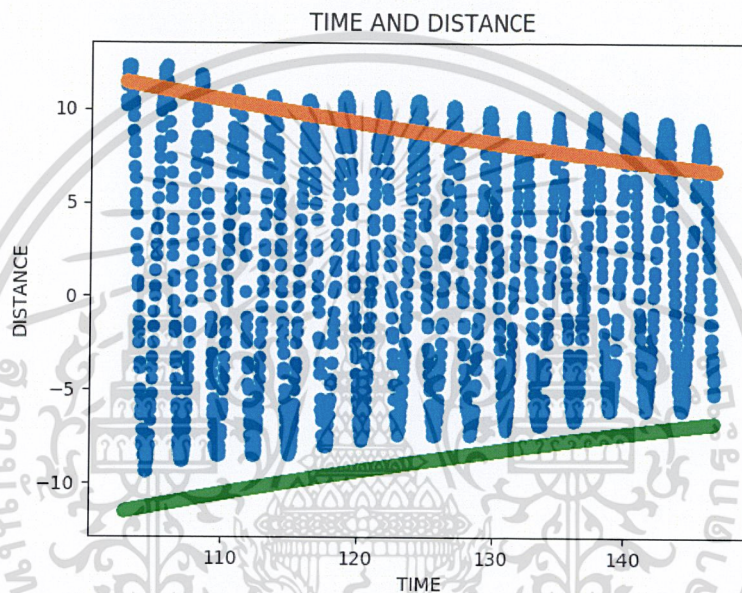


รูปที่ 30

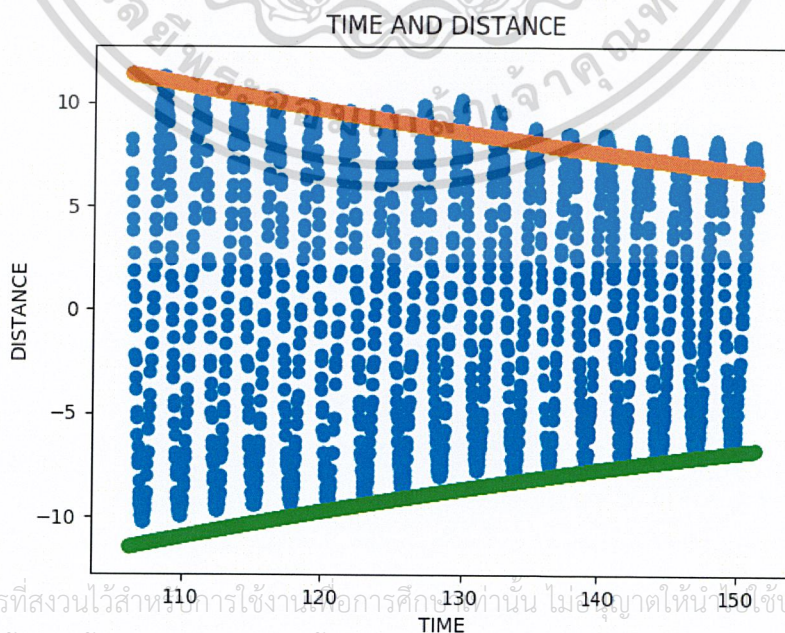
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลา(วินาที) และค่าตำแหน่งจากวิโมต(เซนติเมตร) พร้อมแสดงกราฟการลดลงของแอมพลิจูดโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วงของอากาศที่ได้จากการทดลอง

2.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลา(วินาที) และค่าตำแหน่งจากวิโมต(เซนติเมตร) พร้อมแสดงกราฟการลดลงของแอมพลิจูดโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วงของอากาศที่ได้จากการทดลอง ในความสูง 50 เซนติเมตร รูปที่ 1 – 5

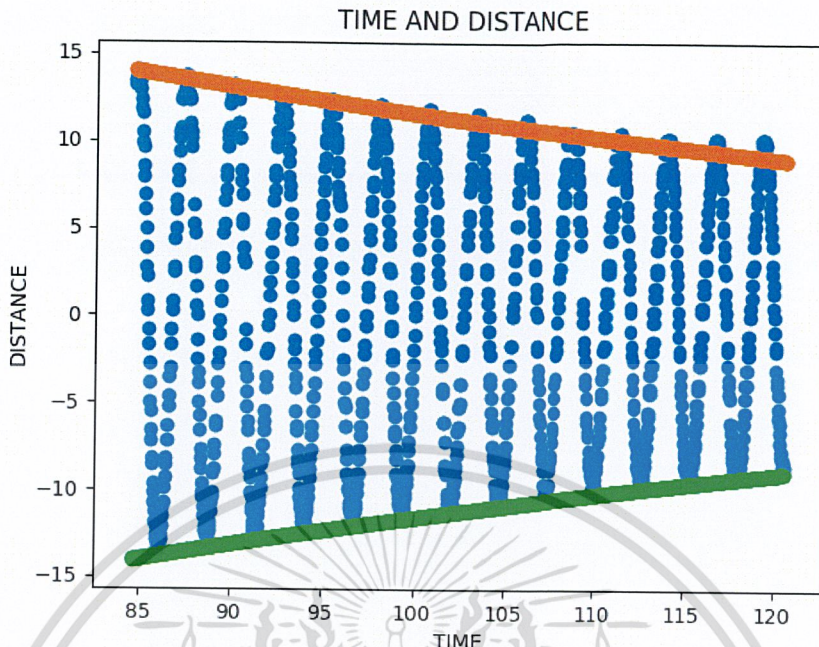


รูปที่ 1

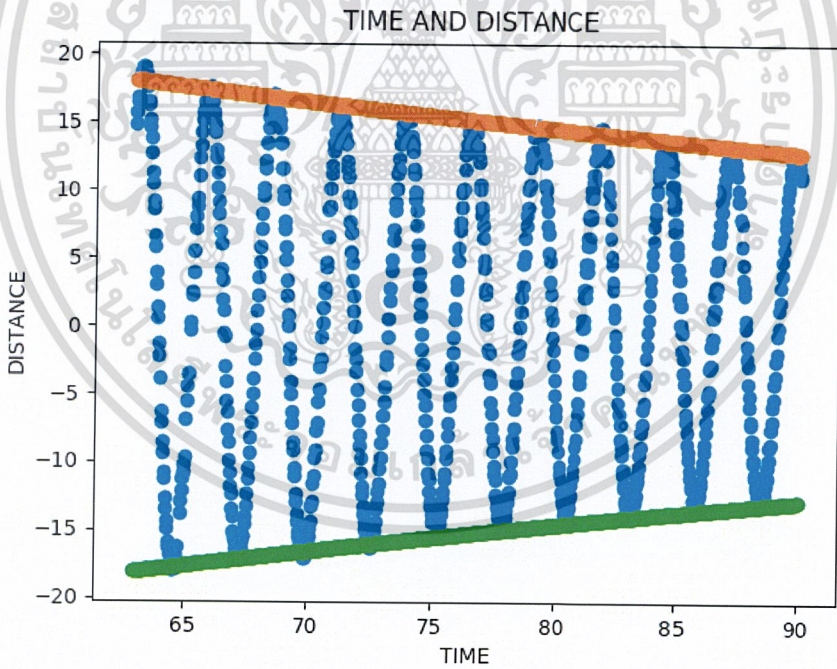


รูปที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานในการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและตั้งอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

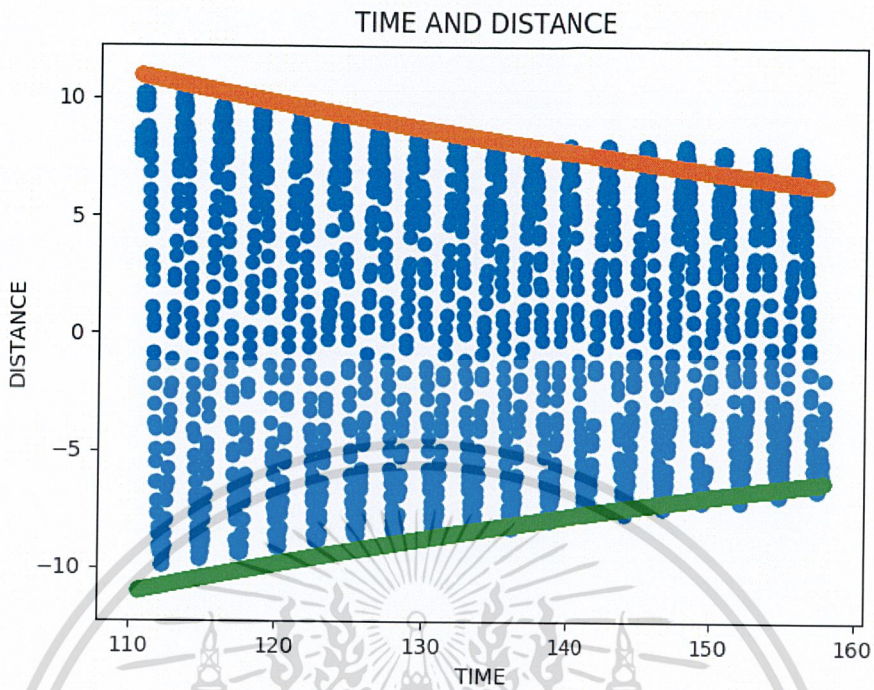


รูปที่ 3



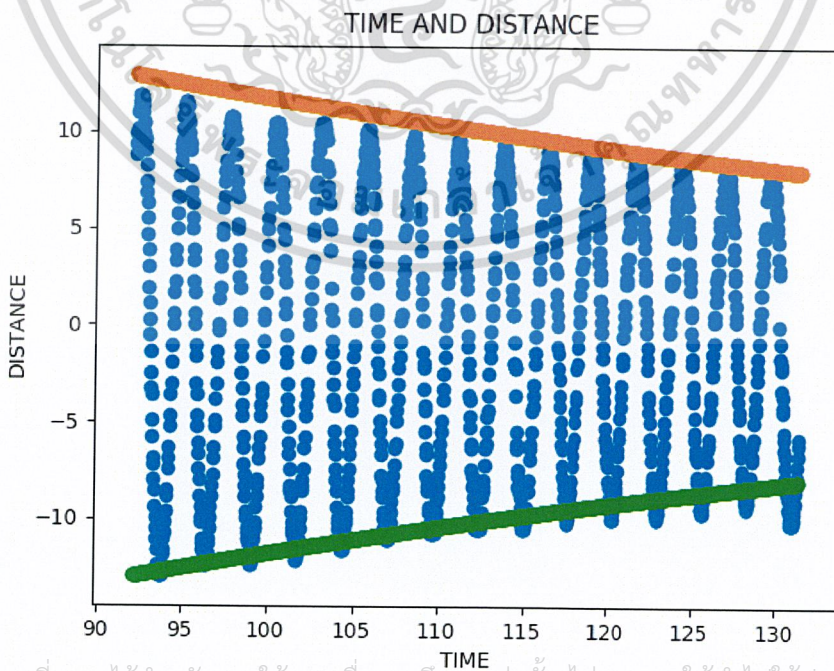
รูปที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



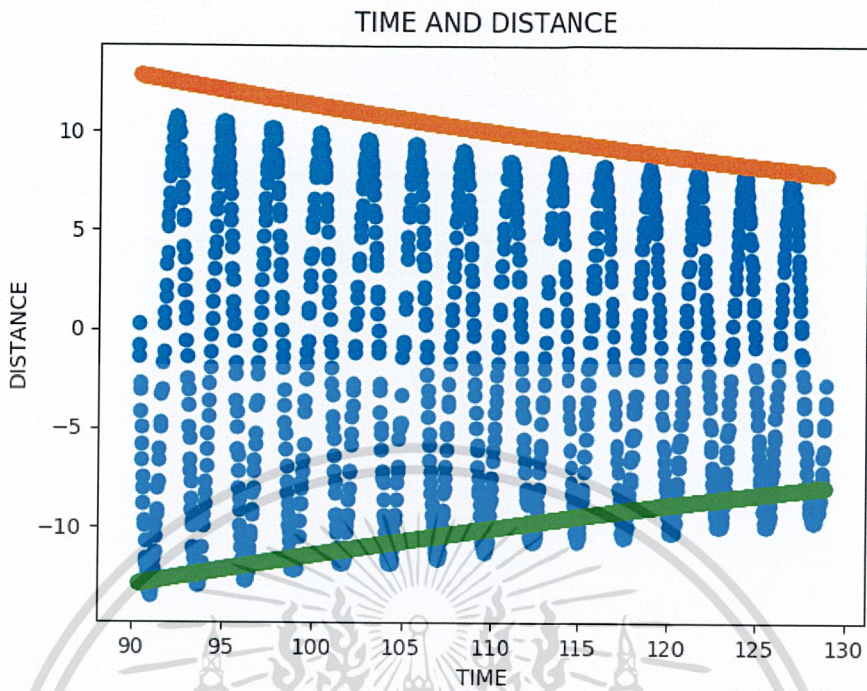
รูปที่ 5

2.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลา(วินาที) และค่าตำแหน่งจากจีโมต(เซนติเมตร) พร้อมแสดงกราฟการลดลงของแอมพลิจูดโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วงของอากาศที่ได้จากการทดลองในความสูง 40 เซนติเมตร รูปที่ 6 -10

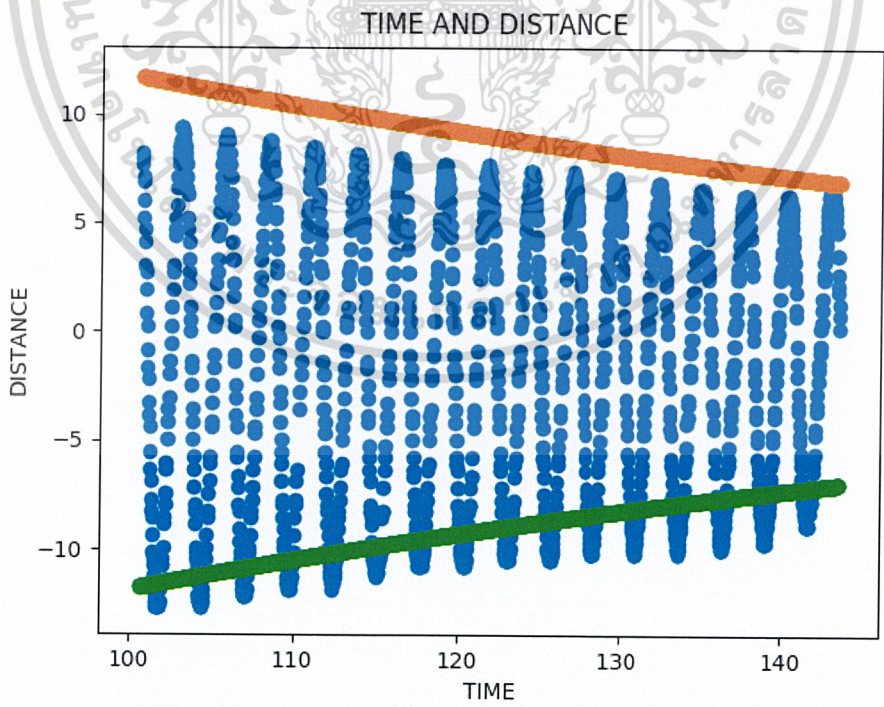


รูปที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

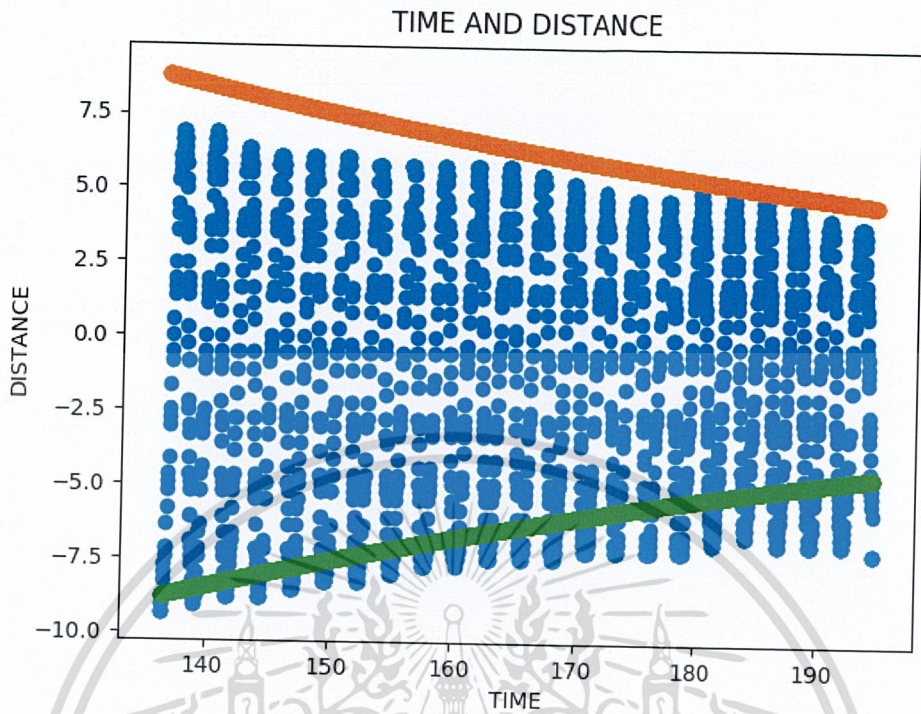


รูปที่ 7

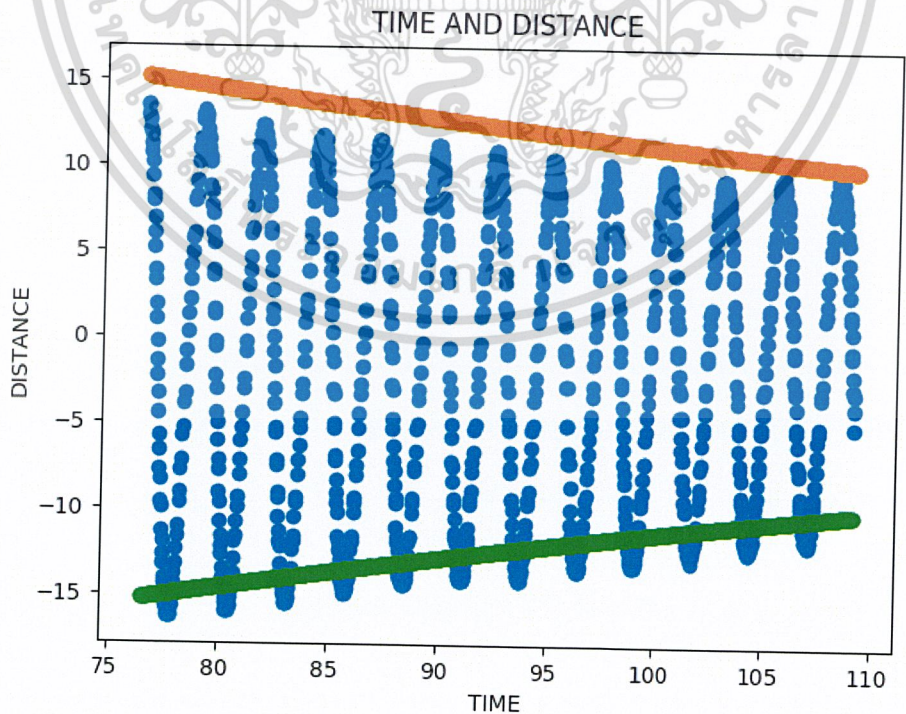


รูปที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

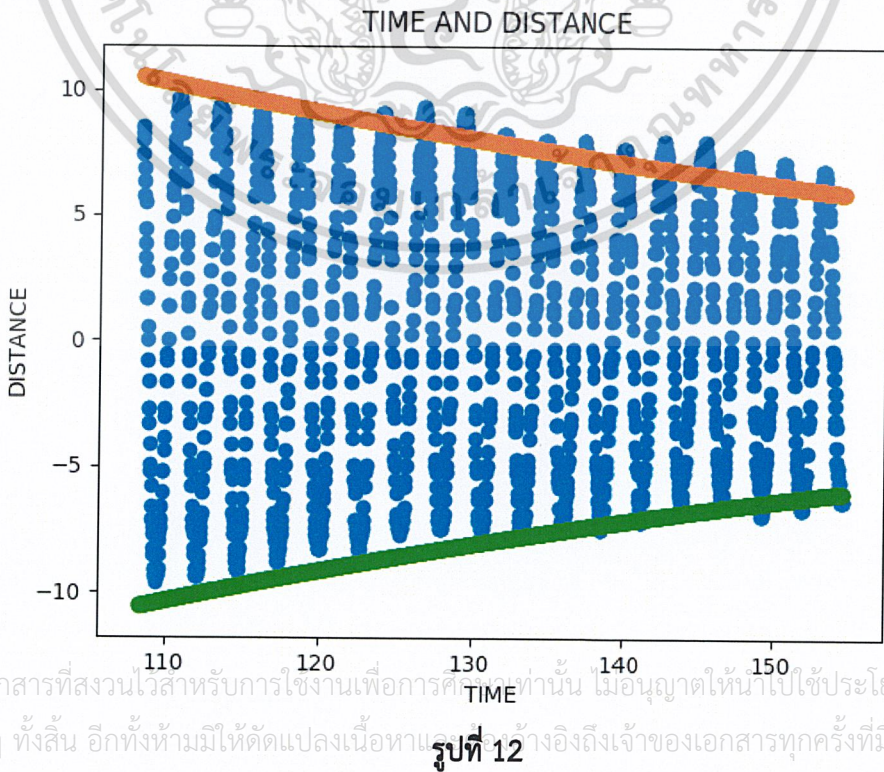
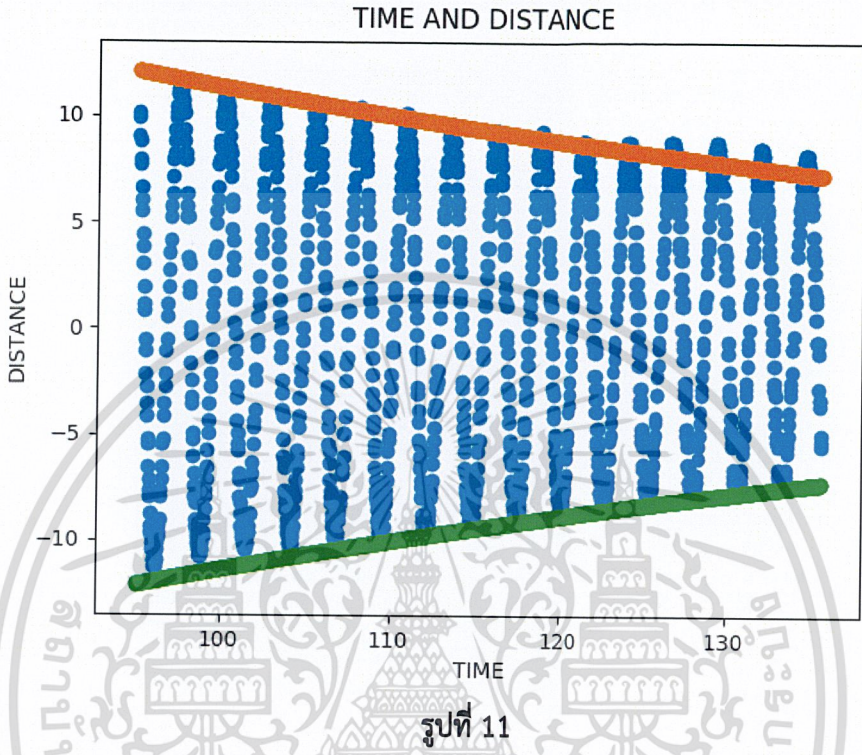


รูปที่ 9

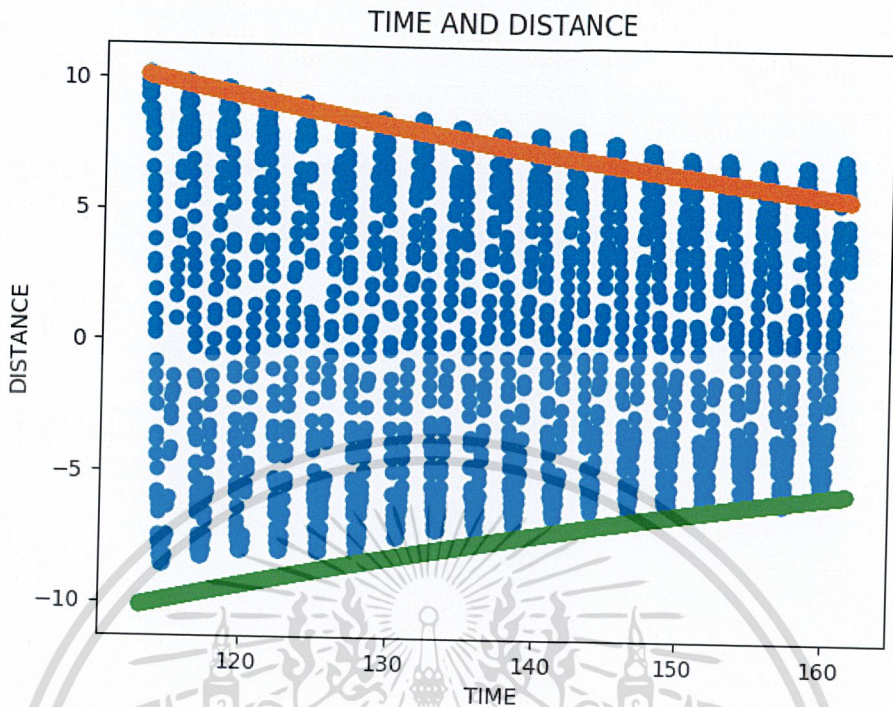


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

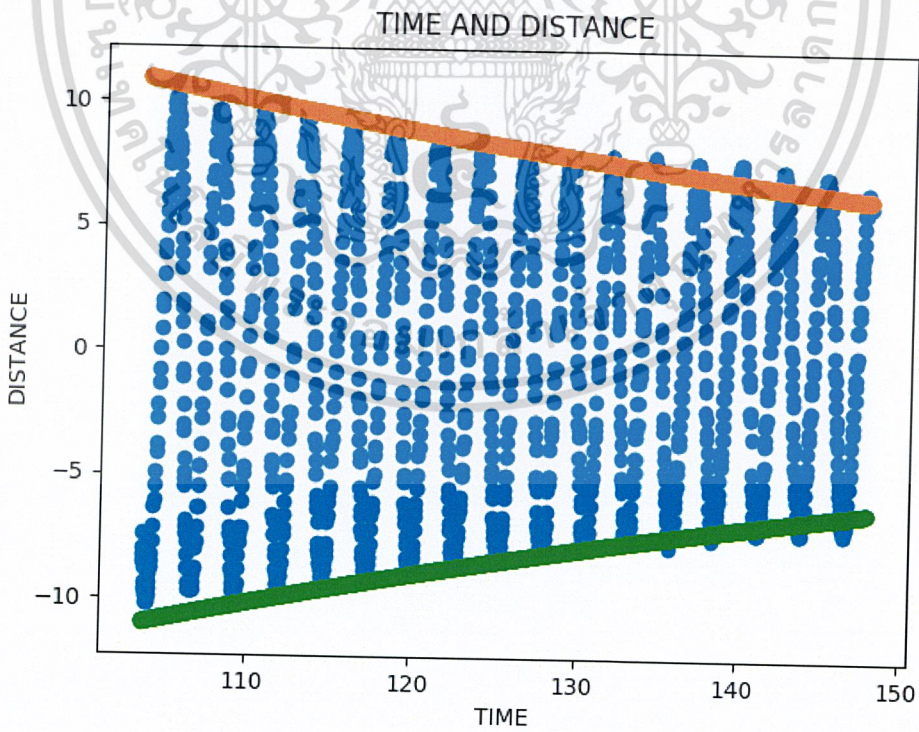
2.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลา(วินาที) และค่าตำแหน่งจากวิโมต(เซนติเมตร) พร้อมแสดงกราฟการลดลงของแอมพลิจูดโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วงของอากาศที่ได้จากการทดลองในความสูง 30 เซนติเมตร รูปที่ 11-15



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและข้อมูลอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

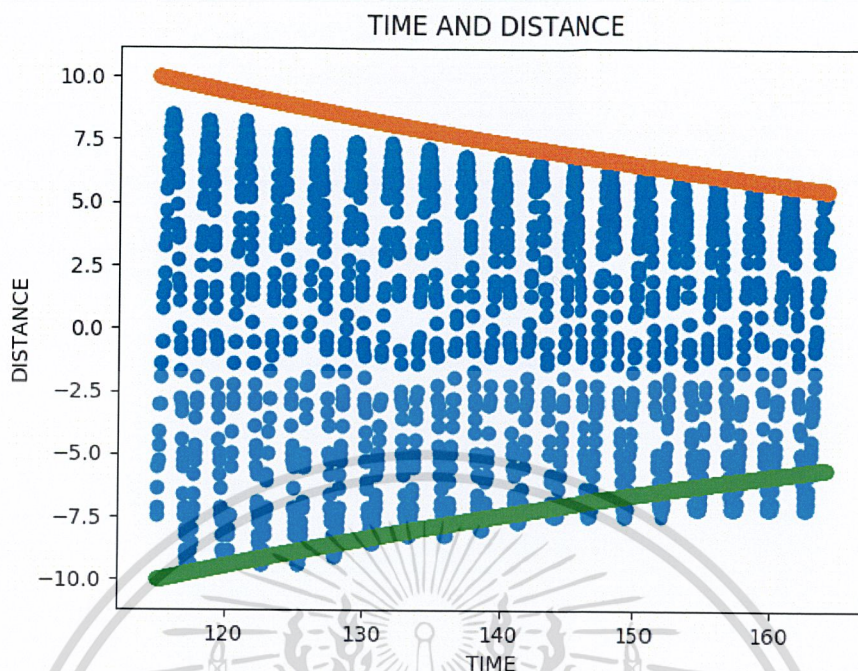


รูปที่ 13



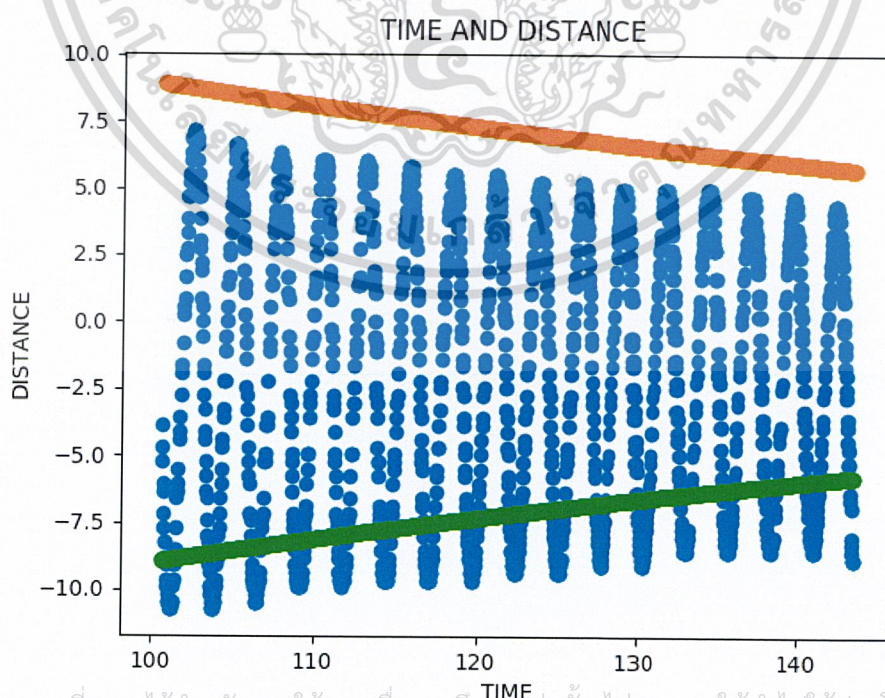
รูปที่ 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



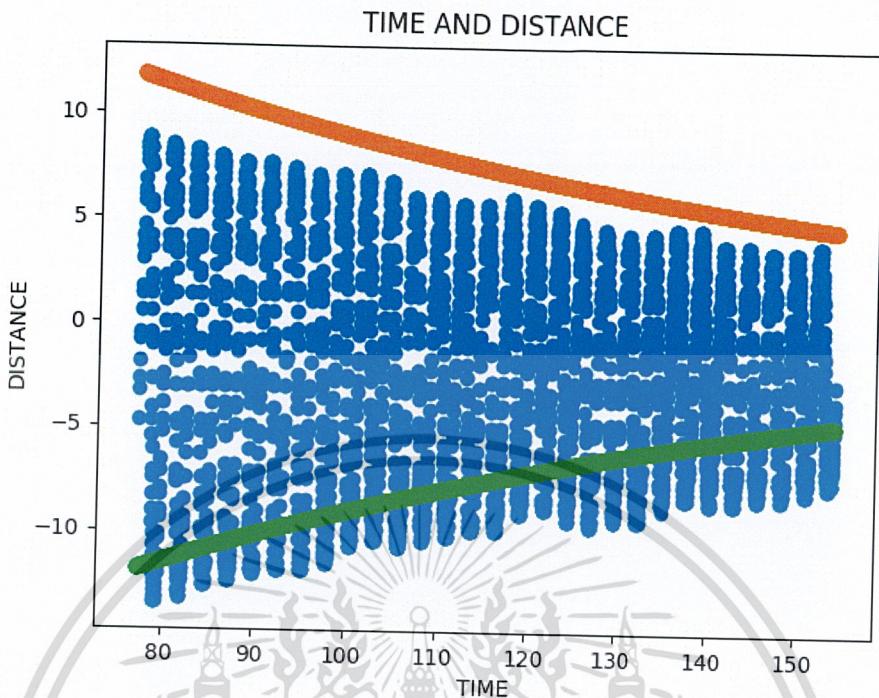
รูปที่ 15

2.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลา(วินาที) และค่าตำแหน่งจากวิโมต(เซนติเมตร) พร้อมแสดงกราฟการลดลงของแอมพลิจูดโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วงของอากาศที่ได้จากการทดลองในความสูง 20 เซนติเมตร รูปที่ 16 -20

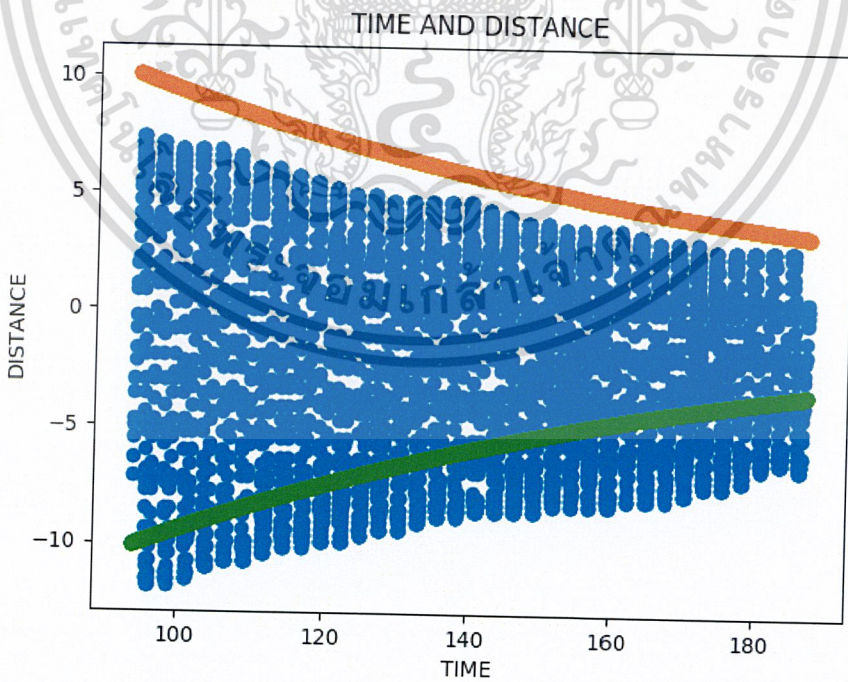


รูปที่ 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

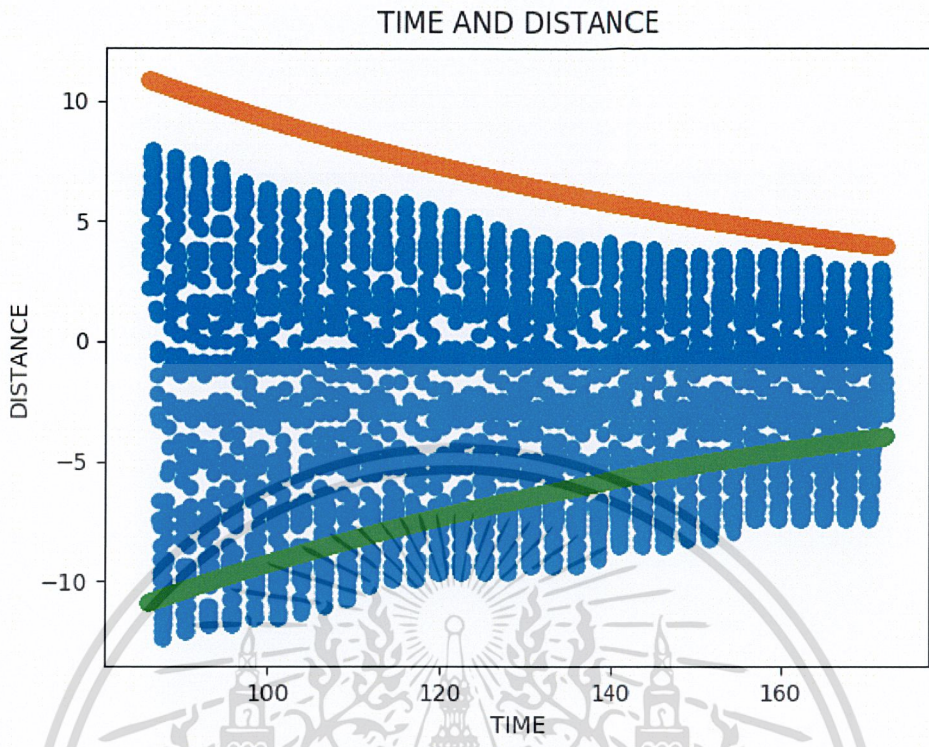


รูปที่ 17

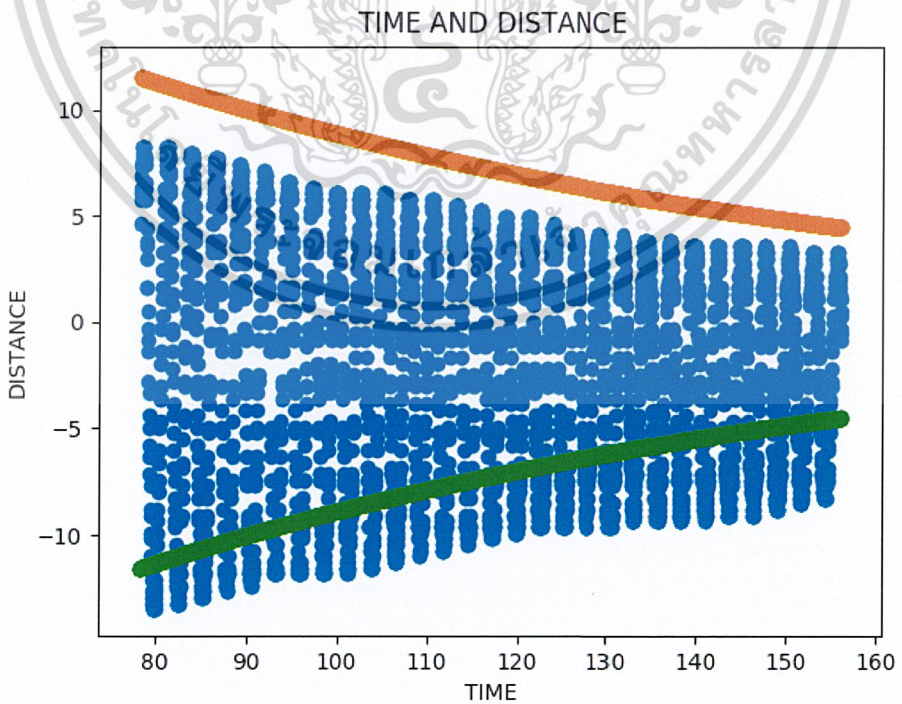


รูปที่ 18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



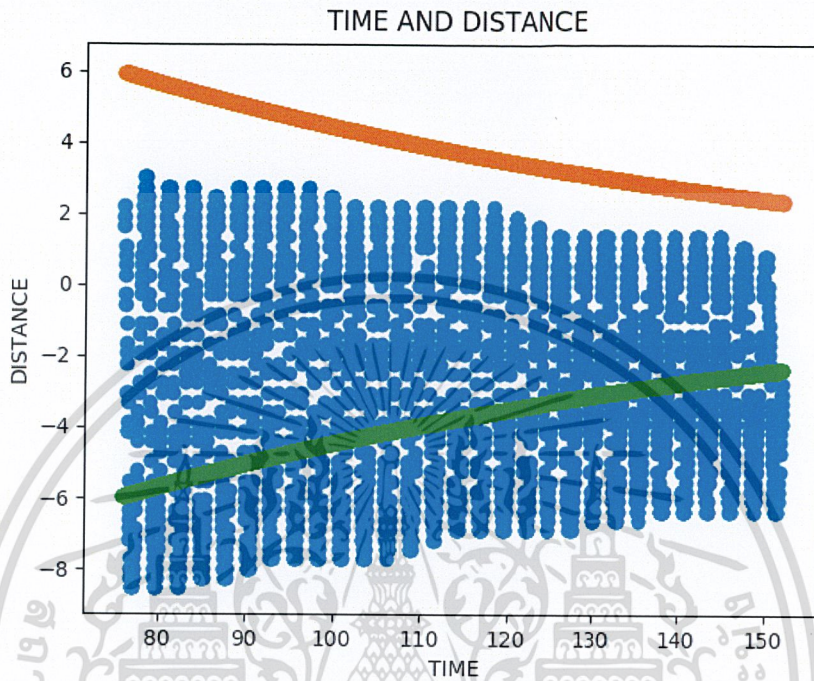
รูปที่ 19



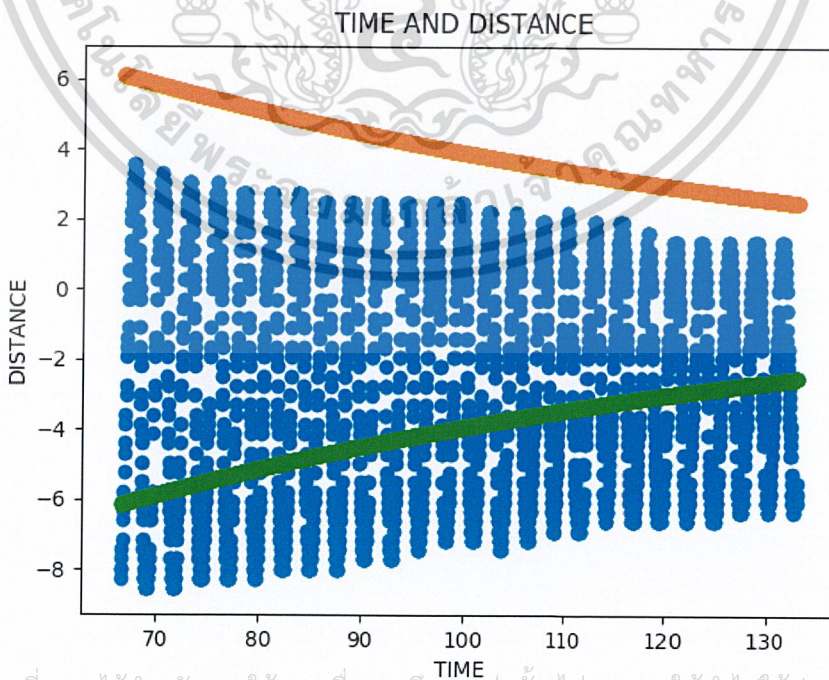
รูปที่ 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลา(วินาที) และค่าตำแหน่งจากจีโมต(เซนติเมตร) พร้อมแสดงกราฟการลดลงของแอมพลิจูดโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วงของอากาศที่ได้จากการทดลอง ในความสูง 10 เซนติเมตร รูปที่ 20-25

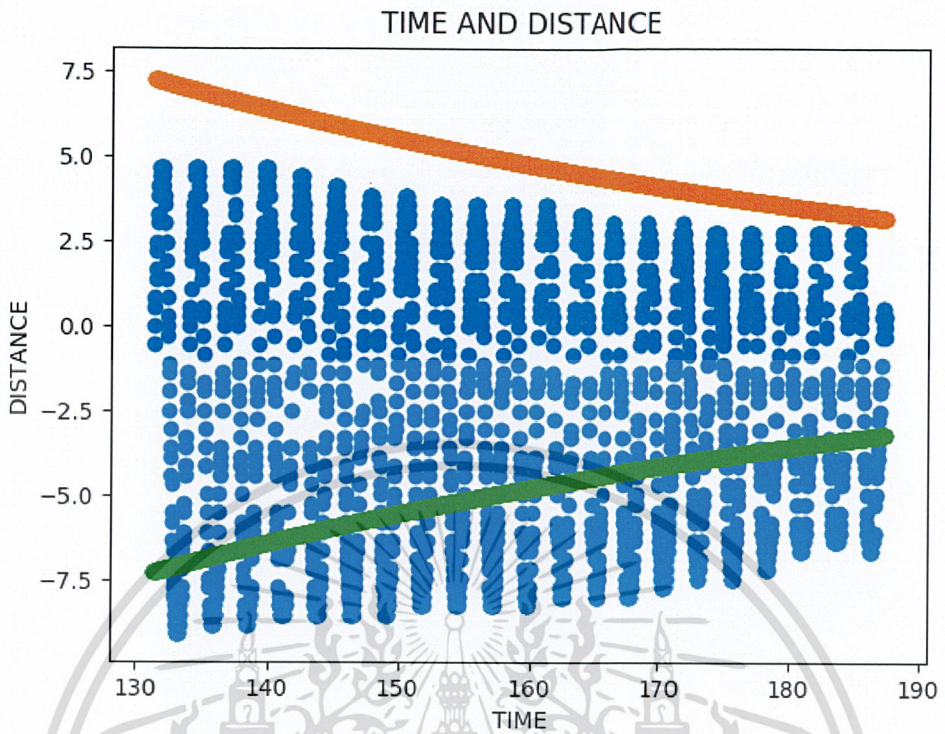


รูปที่ 21

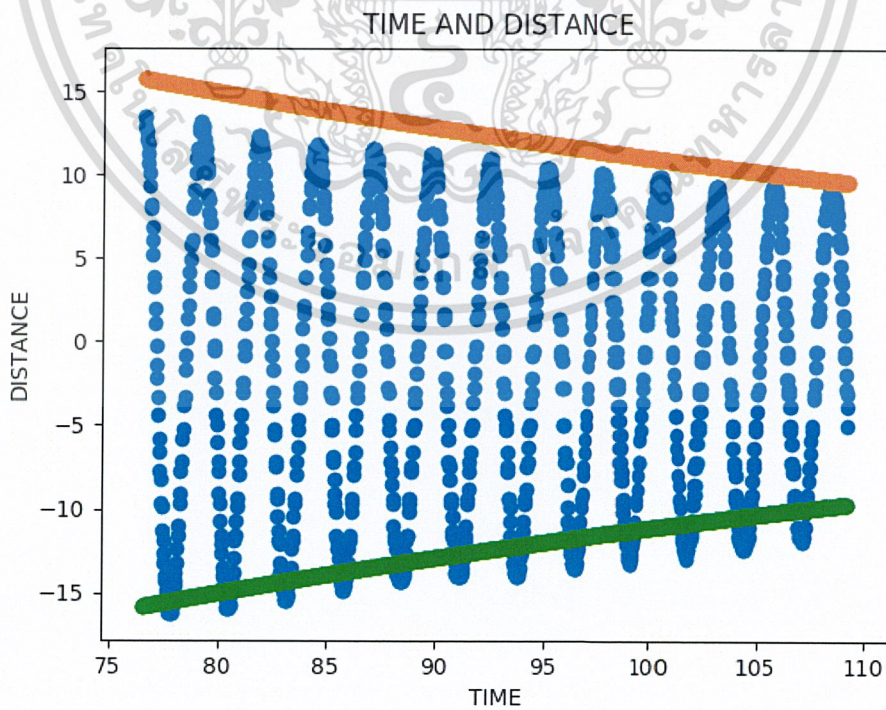


รูปที่ 22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

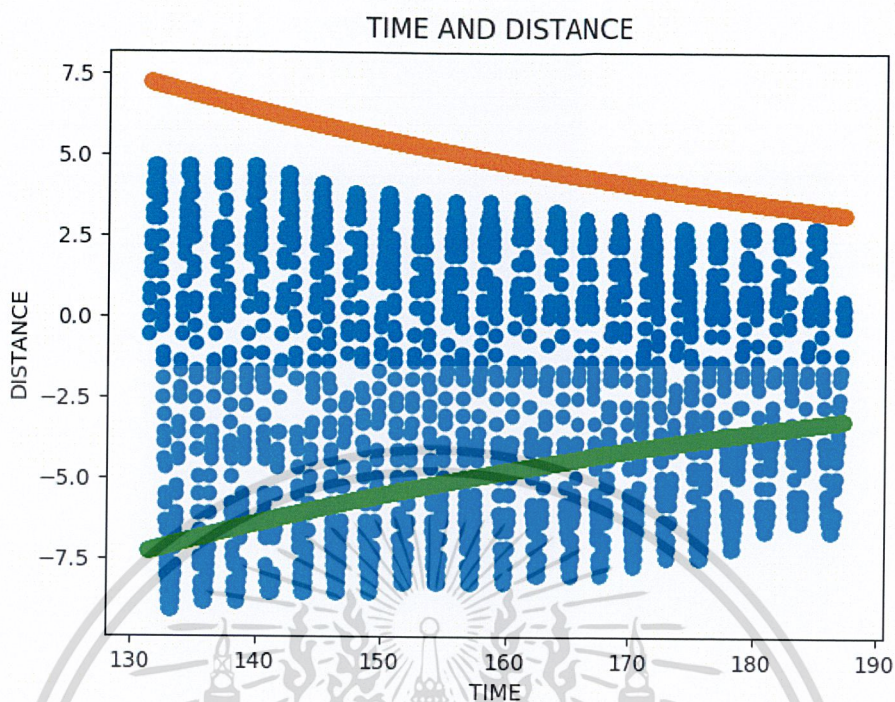


รูปที่ 23



รูปที่ 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการสืบเสาะเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้