

หมวกนิรภัยส่งสัญญาณขอความช่วยเหลืออัตโนมัติ

SMART SAFETY HELMET



ปฏิญานีพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



หมวกนิรภัยส่งสัญญาณขอความช่วยเหลืออัตโนมัติ

SMART SAFETY HELMET

โดย

นางสาวสิริประภา แสงประดับ 63010982

นางสาวสุกัญญา คำมา 63010989

นางสาวสุนิสา รุ่งเรือง 63011003

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.พิชญ์ สุพรรณกุล

ผศ.มนต์ชัย แซ่มซ้อย

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2566

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง หมวกนิรภัยส่งสัญญาณขอความช่วยเหลืออัตโนมัติ

SMART SAFETY HELMET

ผู้จัดทำ

1. นางสาวสิริประภา แสงประดับ 63010982
2. นางสาวสุกัญญา คำมา 63010989
3. นางสาวสุนิสา รุ่งเรือง 63011003



( ผศ.ดร.พิชญ์ สุพรรณกุล )

อาจารย์ที่ปรึกษา



( ผศ.มนต์ชัย แซ่มซ้าย )

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินปริญญานิพนธ์เรื่อง “หมวกนิรภัยส่งสัญญาณขอความช่วยเหลืออัตโนมัติ” จะไม่สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และความอนุเคราะห์อย่างดียิ่งจากที่ปรึกษาโครงการ คือ ผศ.ดร.พิชญ์ สุพรรณกุล และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมคือ ผศ.มนต์ชัย แซ่ม้อย รวมทั้งรุ่นพี่และเพื่อนๆทุกท่านในห้องปฏิบัติการทดลองที่กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษา และแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษา คำนวณวิจัยให้โครงการนี้สำเร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้น รวมถึงสนับสนุนสถานที่ เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ระหว่างการจัดทำโครงการ ขอขอบพระคุณในความปรณาดิและความห่วงใยที่มีให้แก่คณะผู้จัดทำเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ ประจำภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอน ประสิทธิ์ประสาทวิชา ความรู้ และประสบการณ์ให้แก่ผู้จัดทำ

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัว ที่ให้ความรัก ความห่วงใย และเป็นกำลังใจที่สำคัญเสมอมาและที่สำคัญคือสนับสนุนให้โอกาสทางด้านการศึกษามีค่ายิ่งแก่ผู้จัดทำ

นางสาวสิริประภา แสงประดับ

นางสาวสุกัญญา คำมา

นางสาวสุนิสา รุ่งเรือง

ผู้จัดทำ

หมวกนิรภัยส่งสัญญาณขอความช่วยเหลืออัตโนมัติ  
SMART SAFETY HELMET

โดย	นางสาวสิริประภา แสงประดับ	63010982
	นางสาวสุกัญญา คำมา	63010989
	นางสาวสุนิสา รุ่งเรือง	63011003

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.พิชญ์ สุพรรณกุล  
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผศ.มนต์ชัย แซ่ม้อย

#### บทคัดย่อ

จากข้อมูลกองป้องกันกาบาดเจ็บ กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข สถิติการเกิดอุบัติเหตุที่เกิดจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ในประเทศไทย ได้ทำการสำรวจว่ามีอุบัติเหตุที่เกิดจากการขับขี่รถจักรยานยนต์คิดเป็น 54.06% ของประเภทรถทั้งหมด หรือคิดเป็นประมาณ 20,830,055 คันต่อปี จากปัญหาดังกล่าวสามารถเกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น เกิดจากการประมาทของตัวผู้ขับขี่เอง หรือจากการประมาทของผู้อื่น ซึ่งสาเหตุส่วนใหญ่มักจะเป็นสาเหตุที่ไม่สามารถควบคุมได้ แต่สามารถลดความเสียหายหรือการสูญเสียที่อาจเกิดได้จากการเกิดอุบัติเหตุ ดังนั้นปริญญาานิพนธ์นี้จึงจัดทำหมวกนิรภัยส่งสัญญาณขอความช่วยเหลืออัตโนมัติ จุดประสงค์ของปริญญาานิพนธ์นี้คือ การสร้างหมวกนิรภัยที่สามารถส่งสัญญาณขอความช่วยเหลือได้ เมื่อเกิดอุบัติเหตุ กล่าวคืออุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่กับหมวกนิรภัยจะทำการตรวจจับแรงกระแทกเมื่อเกิดอุบัติเหตุ และส่งสัญญาณที่ได้ไปส่งการให้อุปกรณ์ส่งสัญญาณขอความช่วยเหลือและตำแหน่งพิกัดการเกิดอุบัติเหตุไปทาง SMS ตามเบอร์โทรที่ตั้งค่าไว้ และทำการบันทึกภาพเหตุการณ์เมื่อเกิดอุบัติเหตุ เพื่อลดผลกระทบและความเสียหายที่เกิดขึ้นเนื่องจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ เมื่อเกิดอุบัติเหตุในที่ลับตาทำให้สามารถช่วยเหลือผู้ประสบภัยได้อย่างทันท่วงที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ABSTRACT

From information from the Injury Prevention Division, Department of Disease Control, Ministry of Public Health Statistics on motorcycle inspections and reports in Thailand able to inspect accidents that occur in cars of 54.06% of all car types or inspect 20,830,055 cars/year. Such problems can occur for many reasons, such as from the carelessness of the person. Or emphasize the negligence of the cause because the reason emphasizes that it can be controlled. But the concentration can be reduced. It can be caused by observing the performance of the motherboard and control system, so it is checked to check the automation and research of the project and its compliance with the above orders. Can be requested for inspection is the equipment that is attached. It must be as it is possible to sometimes go and often to operate the device frequently for help and understandable location SMS to the phone number set up. And do a visual survey to be able to check when it happened. Accidents occur and continue because driving in secret places makes it possible to provide immediate assistance to victims.

## สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
บทคัดย่อ	II
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VIII
สารบัญตาราง	X
<b>บทที่ 1</b>	
<b>บทนำ</b>	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของปริญญาานิพนธ์	1
<b>บทที่ 2</b>	
<b>ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง</b>	
2.1 ข้อมูลสถิติการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนน	2
2.2 อุปกรณ์ที่ใช้	4
2.2.1 โมดูลจีพีเอส Ublox GYGPSV1 NEO-6M GPS module	4
2.2.2 โมดูลตรวจจับการชน การกระแทก KY-031 Arduino Knock Impact Sensor	5
2.2.3 บอร์ด Arduino Mega 2560	6
2.2.4 โมดูลกล้อง Esp32-cam	8
2.2.5 บอร์ด 3G Module (UC15-T)	11
2.2.6 กล้อง A9 mini	13
2.3 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	13
2.3.1 ระบบบอกพิกัดด้วยดาวเทียมจีพีเอส (GPS : Global Positioning System)	13
2.3.1.1 ลักษณะของสัญญาณจากจีพีเอส (GPS : Global Positioning System)	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
<b>บทที่ 2</b>	
<b>ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง</b>	
2.3.1.2 หลักการของดาวเทียมจีพีเอส (GPS : Global Positioning System)	16
2.3.1.3 ปัจจัยที่มีผลต่อความถูกต้องของตำแหน่ง	16
2.3.1.4 ประโยชน์และการประยุกต์ใช้ระบบดาวเทียมจีพีเอส (GPS : Global Positioning System)	17
2.3.2 การคำนวณ ละติจูด ลองจิจูด	17
2.3.3 Short Message Service (SMS)	19
<b>บทที่ 3</b>	
<b>การออกแบบและการจัดทำโครงงาน</b>	
3.1 การออกแบบ	20
3.1.1 การออกแบบระบบ	20
3.1.2 การออกแบบส่วนของฮาร์ดแวร์	21
3.1.3 การออกแบบโปรแกรมในการรับส่งข้อมูล	26
3.1.4 คำนวณพลังงานในการงานแบตเตอรี่	28
3.1.4.1 หน่วยประมวลผลหลัก	28
3.1.4.2 หน่วยประมวลผลย่อย	29
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	29
3.2.1 โมดูลจีพีเอส Ublox GYGPSV1 NEO-6M GPS module	29
3.2.2 โมดูลตรวจจับการชน การกระแทก KY-031 Arduino Knock Impact Sensor	30
3.2.3 บอร์ด Arduino Mega 2560	30
3.2.4 โมดูลกล้อง Esp32-cam	30
3.2.5 บอร์ด 3G Module (UC15-T)	30
3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง	30
3.3.1 การทดสอบการเขียนโปรแกรมควบคุมการใช้งานบอร์ด 3G Module (UC15-T)	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
<b>บทที่ 3</b>	
<b>การออกแบบและการจัดทำโครงงาน</b>	
3.3.2 การทดสอบการเขียนโปรแกรมควบคุมการใช้งานโมดูลจีพีเอส Ublox GYGPSV1 NEO-6M GPS module	31
3.3.3 การทดสอบการเขียนโปรแกรมควบคุมการใช้งานโมดูลตรวจจับการชน การกระแทก KY-031 Arduino Knock Impact Sensor	31
3.3.4 การทดสอบความแม่นยำในการระบุพิกัดของโมดูล GPS	31
3.3.5 การทดสอบการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานร่วมกันของไมโครคอนโทรลเลอร์	31
3.3.6 การทดสอบพลังงานการกระแทกหวมกนิรภัยจากการใช้วัตถุที่มีมวลต่างกัน	31
3.3.7 การทดสอบการตรวจจับแรงกระแทก ในสถานการณ์ต่างๆ	32
3.3.8 การทดสอบระยะเวลาที่ใช้ในการทำงานของระบบ	32
<b>บทที่ 4</b>	
<b>ผลการทดลอง</b>	
4.1 การทดสอบการเขียนโปรแกรมควบคุมการใช้งานบอร์ด 3G Module (UC15-T)	33
4.2 การทดสอบการเขียนโปรแกรมควบคุมการใช้งานโมดูลจีพีเอส Ublox GYGPSV1 NEO-6M GPS module	35
4.3 การทดสอบการเขียนโปรแกรมควบคุมการใช้งานโมดูลตรวจจับการชน การกระแทก KY-031 Arduino Knock Impact Sensor	36
4.4 การทดสอบความแม่นยำในการระบุพิกัดของโมดูล GPS	37
4.5 การทดสอบการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานร่วมกันของไมโครคอนโทรลเลอร์	44
4.6 การทดสอบพลังงานการกระแทกหวมกนิรภัยจากการใช้วัตถุที่มีมวลต่างกัน	47
4.7 การทดสอบการตรวจจับแรงกระแทก ในสถานการณ์ต่างๆ	58
4.8 การทดสอบระยะเวลาที่ใช้ในการทำงานของระบบ	71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5	สรุปผลและข้อเสนอแนะ
	5.1 สรุปผล
	5.2 ข้อเสนอแนะ
บรรณานุกรม	76
ภาคผนวก ก	โปรแกรมการทำงานหลัก
ภาคผนวก ข	โปรแกรมการทำงานของ Esp32-cam



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 โมดูลจีพีเอส Ublox GYGPSV1 NEO-6M GPS module	5
2.2 KY-031 Arduino Knock Impact Sensor	5
2.3 Pinout ของ KY-031 Arduino Knock Impact Sensor	6
2.4 Arduino MEGA 2560 pinout diagram	7
2.5 Arduino MEGA 2560	7
2.6 โมดูล Esp32-cam	8
2.7 พินทั้งหมดของ Esp32-Cam	10
2.8 บอร์ด 3G Module (UC15-T)	11
2.9 วงโคจรเซมิซิงโครนัส (Semi-synchronous orbit)	14
2.10 ตำแหน่งดาวเทียมอย่างน้อย 3 ดวง	14
2.11 ที่ตั้งของสถานีควบคุมหลัก สถานีติดตามดาวเทียม และสถานีรับส่งสัญญาณ	15
2.12 เชื่อมต่อจุดสามจุด $n$ , $v$ และ $w$ บนระนาบทรงกลม	18
3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของอุปกรณ์	21
3.2 ภาพรวมของระบบ	23
3.3 ด้านหน้าของหมวกนิรภัย	24
3.4 ด้านซ้ายของหมวกนิรภัย	24
3.5 ด้านขวาของหมวกนิรภัย	25
3.6 ด้านหลังของหมวกนิรภัย	25
3.7 การเชื่อมต่อภายใน	26
3.8 Flow Chart เงื่อนไขในการทำงานของอุปกรณ์	27
4.1 3G Module (UC15-T) ส่งข้อความ SMS เข้าโทรศัพท์มือถือ	33
4.2 3G Module (UC15-T) โทรเข้าโทรศัพท์มือถือ	34
4.3 Serial Monitor เริ่มต้นทำงานของระบบ	34
4.4 Serial Monitor การโทรขอความช่วยเหลือ	35
4.5 การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์เพื่อทำการทดสอบ	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.6 ตำแหน่งที่ตั้งที่ได้จาก NEO-6M Module	36
4.7 การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์เพื่อทำการทดสอบ	36
4.8 ผลการทดลองโมดูลตรวจสอบการกระแทก	37
4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างเฉลี่ยเทียบกับตำแหน่งตามพิกัด GPS	43
4.10 ส่ง SMS พิกัดที่เกิดเหตุ	46
4.11 แจ้งเตือนผ่านไลน์	46
4.12 แผนภูมิประสิทธิภาพการทำงานหมวกนิรภัย	47
4.13 ลักษณะการทดสอบ	48
4.14 ความสูงของการทดสอบ	48
4.15 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงกับพลังงานการกระแทก	57
4.16 SMS แจ้งเตือน	58
4.17 เมื่อกดลิงค์ Google maps	58
4.18 จำลองการขับขี่รถจักรยานยนต์พร้อมสวมหมวกนิรภัย	58
4.19 การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์	71
4.20 การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์	72
4.21 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งที่ทดสอบกับเวลาทั้งหมดที่ใช้เชื่อมต่อระบบ	73

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	10
3.1	22
4.1	38
สถานที่ที่ 1 (ข้างสนามฟุตบอล) เทียบกับตำแหน่งตามพิกัด GPS อ้างอิง	
4.2	39
สถานที่ที่ 2 (สนามกีฬาบาส) เทียบกับตำแหน่งตามพิกัด GPS อ้างอิง	
4.3	40
สถานที่ที่ 3 (หอประชุมคณะสถาปัตยกรรม) เทียบกับตำแหน่งตามพิกัด GPS อ้างอิง	
4.4	41
สถานที่ที่ 4 (ตึกวิศวกรรมโยธา) เทียบกับตำแหน่งตามพิกัด GPS อ้างอิง	
4.5	42
สถานที่ที่ 5 (KL VILLA) เทียบกับตำแหน่งตามพิกัด GPS อ้างอิง	
4.6	44
4.7	49
ทดสอบพลังงานการกระแทกหวมกนิรภัยจากการใช้วัตถุที่มีมวล 0.1 กิโลกรัม	
4.8	49
ทดสอบพลังงานการกระแทกหวมกนิรภัยจากการใช้วัตถุที่มีมวล 0.2 กิโลกรัม	
4.9	50
ทดสอบพลังงานการกระแทกหวมกนิรภัยจากการใช้วัตถุที่มีมวล 0.3 กิโลกรัม	
4.10	50
ทดสอบพลังงานการกระแทกหวมกนิรภัยจากการใช้วัตถุที่มีมวล 0.4 กิโลกรัม	
4.11	51
ทดสอบพลังงานการกระแทกหวมกนิรภัยจากการใช้วัตถุที่มีมวล 0.5 กิโลกรัม	
4.12	51
ทดสอบพลังงานการกระแทกหวมกนิรภัยจากการใช้วัตถุที่มีมวล 0.6 กิโลกรัม	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.13 ทดสอบพลังงานการกระแทกหมวกนิรภัยจากการใช้วัตถุที่มีมวล 0.7 กิโลกรัม	52
4.14 ทดสอบพลังงานการกระแทกหมวกนิรภัยจากการใช้วัตถุที่มีมวล 0.8 กิโลกรัม	52
4.15 ทดสอบพลังงานการกระแทกหมวกนิรภัยจากการใช้วัตถุที่มีมวล 0.9 กิโลกรัม	53
4.16 ทดสอบพลังงานการกระแทกหมวกนิรภัยจากการใช้วัตถุที่มีมวล 1.0 กิโลกรัม	53
4.17 ทดสอบพลังงานการกระแทกหมวกนิรภัยจากการใช้วัตถุที่มีมวล 1.1 กิโลกรัม	54
4.18 ทดสอบพลังงานการกระแทกหมวกนิรภัยจากการใช้วัตถุที่มีมวล 1.2 กิโลกรัม	54
4.19 ทดสอบพลังงานการกระแทกหมวกนิรภัยจากการใช้วัตถุที่มีมวล 1.3 กิโลกรัม	55
4.20 ทดสอบพลังงานการกระแทกหมวกนิรภัยจากการใช้วัตถุที่มีมวล 1.4 กิโลกรัม	55
4.21 ทดสอบพลังงานการกระแทกหมวกนิรภัยจากการใช้วัตถุที่มีมวล 1.5 กิโลกรัม	56
4.22 ทดลองขับรถจักรยานยนต์ผ่านลูกระนาดด้วยความเร็ว 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง	59
4.23 ทดลองขับรถจักรยานยนต์ผ่านลูกระนาดด้วยความเร็ว 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง	60
4.24 ทดลองขับรถจักรยานยนต์ผ่านลูกระนาดด้วยความเร็ว 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง	61
4.25 ทดลองขับรถจักรยานยนต์ผ่านลูกระนาดด้วยความเร็ว 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.26 ทดลองขับรถจักรยานยนต์ผ่านลูกระนาดด้วยความเร็ว 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง	63
4.27 ทดลองขับรถจักรยานยนต์ผ่านลูกระนาดด้วยความเร็ว 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง	64
4.28 ทดลองขับรถจักรยานยนต์ผ่านถนนขรุขระด้วยความเร็ว 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง	65
4.29 ทดลองขับรถจักรยานยนต์ผ่านถนนขรุขระด้วยความเร็ว 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง	66
4.30 ทดลองขับรถจักรยานยนต์ผ่านถนนขรุขระด้วยความเร็ว 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง	67
4.31 ทดลองขับรถจักรยานยนต์ผ่านถนนขรุขระด้วยความเร็ว 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง	68
4.32 ทดลองขับรถจักรยานยนต์ผ่านถนนขรุขระด้วยความเร็ว 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง	69
4.33 ทดลองขับรถจักรยานยนต์ผ่านถนนขรุขระด้วยความเร็ว 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง	70
4.34 ทดสอบระยะเวลาที่ใช้ในการทำงานของระบบ	72

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันอุบัติเหตุที่เกิดจากการขับขี่บนท้องถนนมีจำนวนมาก ประเภทของรถที่มีอัตราการเกิดอุบัติเหตุมากที่สุดคือ รถจักรยานยนต์ ตามข้อมูลสถิติจากกองป้องกันการบาดเจ็บ กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข และนักศึกษาในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังมีการขับขี่รถจักรยานยนต์เป็นจำนวนมาก ซึ่งมีความเสี่ยงสูงในการเกิดอุบัติเหตุที่ไม่คาดคิดได้ ดังนั้นหมวกนิรภัยส่งสัญญาณขอความช่วยเหลืออัตโนมัติจึงมีความสำคัญ สำหรับการช่วยลดการสูญเสียที่ไม่คาดคิดของการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนน หมวกนิรภัยส่งสัญญาณขอความช่วยเหลืออัตโนมัติได้ถูกออกแบบเพื่อให้สามารถรับรู้ว่ามีอุบัติเหตุเกิดขึ้นได้อย่างทันท่วงที โดยนำโมดูลในการรับแรงกระแทก โมดูลกล้องเพื่อทำการจับภาพเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ช่วยในการประเมินสถานการณ์เบื้องต้นได้ และเมื่อเกิดอุบัติเหตุจะทำการส่งสัญญาณขอความช่วยเหลือไปยังเบอร์ติดต่อฉุกเฉิน

### 1.2 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อลดผลกระทบและความเสียหายที่เกิดขึ้นเนื่องจากการขับขี่รถจักรยานยนต์เมื่อเกิดอุบัติเหตุในที่ลับตาทำให้สามารถช่วยเหลือผู้ประสบภัยได้อย่างทันท่วงที
- 2) เพื่อออกแบบและสร้างหมวกนิรภัยที่สามารถส่งสัญญาณขอความช่วยเหลืออัตโนมัติได้

### 1.3 ขอบเขตของปริญญาานิพนธ์

ปริญญาานิพนธ์นี้ได้ทำการออกแบบและสร้างหมวกนิรภัยส่งสัญญาณขอความช่วยเหลืออัตโนมัติ โดยระบบประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ 1) ส่วนของการตรวจจับการเกิดอุบัติเหตุ 2) ส่วนของการบันทึกภาพและพิกัดการเกิดอุบัติเหตุ 3) ส่วนการส่งสัญญาณขอความช่วยเหลือ

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

ปริญญาบัตรเรื่อง "หมวกนิรภัยส่งสัญญาณขอความช่วยเหลืออัตโนมัติ" ได้ทำการออกแบบและพัฒนาหมวกนิรภัย ซึ่งอุปกรณ์นี้สามารถส่งสัญญาณขอความช่วยเหลืออัตโนมัติ ดังนั้นปริญญาบัตรที่นำเสนอจึงมีทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

#### 2.1 ข้อมูลสถิติการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนน

จากข้อมูลที่น่ามาจากกองป้องกันกาบาดเจ็บ กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข นำสถิติการเกิดอุบัติเหตุที่เกิดจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ในประเทศไทย ซึ่งเป็นข้อมูลในช่วง พ.ศ.2558 - พ.ศ.2562 เป็นระยะเวลา 3 ปี จากการสำรวจมีอุบัติเหตุที่เกิดจากการขับขี่รถจักรยานยนต์คิดเป็น 54.06% ของประเภทรถทั้งหมด หรือคิดเป็นประมาณ 20,830,055 คันต่อปี รวมถึงมีการสำรวจจำนวนการบาดเจ็บและเสียชีวิตจากอุบัติเหตุที่เกิดจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ โดยจะแบ่งออกเป็น 3 แบบ [24] ดังนี้

1) สถิติการเสียชีวิต : มีจำนวนผู้เสียชีวิตเฉลี่ย 9,120 คนต่อปี คิดเป็น 78.21% ผู้เสียชีวิตส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงอายุ 15 - 19 ปี มีจำนวน 1,459 คน คิดเป็น 15.82%

2) สถิติการได้รับบาดเจ็บสาหัส (IPD) : มีผู้บาดเจ็บอาการสาหัสเฉลี่ย 167,931 คนต่อปี คิดเป็น 78.21% ผู้บาดเจ็บสาหัสส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงอายุ 15 - 19 ปี มีจำนวน 32,450 คน คิดเป็น 15.99%

3) สถิติการได้รับบาดเจ็บเล็กน้อย (OPD) : ผู้มีอาการบาดเจ็บเล็กน้อย เฉลี่ย 685,866 คน/ปี คิดเป็น 79.49% ผู้บาดเจ็บเล็กน้อยส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงอายุ 15 - 19 ปี มีจำนวน 144,396 คน คิดเป็น 20.33%

ปัจจัยที่เป็นเหตุที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุกับผู้ใช้จักรยานยนต์ มีหลากหลายสาเหตุดังนี้

1) เกิดจากการชนกันระหว่างรถสองคันไม่ว่าจะเป็นกับรถยนต์หรือกับรถจักรยานยนต์คันอื่น หรือวัตถุต่างๆ ที่อยู่ข้างทาง

2) สาเหตุที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุทางรถจักรยานยนต์

- ร้อยละ 54 เกิดจากความผิดพลาดของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์เอง
- ร้อยละ 40 เกิดจากความผิดพลาดของผู้ขับขี่รถคันอื่น
- ร้อยละ 4 เกิดจากความชำรุดหรือผิดปกติของถนน
- ร้อยละ 2 เกิดจากความเสียหายหรือขัดข้องของรถ

3) การเกิดอุบัติเหตุจากความผิดพลาดของผู้ขับขี่

- ร้อยละ 85 เกิดจากการที่ผู้ขับขี่ไม่ได้ฝึกอบรมและฝึกปฏิบัติในการขับขี่รถอย่างถูกต้อง โดยส่วนใหญ่จะฝึกขับขี่ด้วยตนเองหรือคนในครอบครัว
- ร้อยละ 80 เกิดจากความผิดพลาดการควบคุมรถไม่ได้
- ร้อยละ 52 เกิดจากการประเมินสถานการณ์การขับขี่ผิดพลาด
- ร้อยละ 40 ไม่มีใบอนุญาตขับขี่
- ร้อยละ 32 ฝ่าฝืนกฎจราจรทำให้เกิดอุบัติเหตุ
- ร้อยละ 21 เมื่อเกิดสถานการณ์ฉุกเฉินผู้ขับขี่ตัดสินใจผิดพลาด
- ร้อยละ 15 เกิดจากการดื่มแอลกอฮอล์ทำให้สติไม่ครบถ้วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 อุปกรณ์ที่ใช้

### 2.2.1 โมดูลจีพีเอส Ublox GYGPSV1 NEO-6M GPS module

โมดูลจีพีเอส Ublox GYGPSV1 NEO-6M GPS module เป็นชิ้นส่วนอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ที่นำมาใช้รับสัญญาณ ดังรูปที่ 2.1 โดยโมดูลสามารถนำมาใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่นได้ เช่น Arduino Uno และ Raspberry Pi Arduino หรือนำมาใช้กับคอมพิวเตอร์ได้เช่นกัน เพื่อให้โมดูลรับสัญญาณ GPS จากดาวเทียมได้ โดยโมดูล GPS เป็นตัวอย่างของ Ublox GYGPSV1 NEO-6M module โดยใช้ระบุตำแหน่งที่ตั้งบนโลกได้ ซึ่งเป็นการรับค่าจากดาวเทียมมาแสดงผล เช่น ละติจูด ลองจิจูด เวลา วันที่ ทิศทางการเคลื่อนที่ไปที่ตำแหน่งที่ต้องการ ความเร็วในการเคลื่อนที่แต่ละรอบ เป็นต้น [4]

การรับสัญญาณ โดยตัวโมดูลจะมีจุดที่ให้ต่อกับเสาอากาศเพื่อให้ตัวโมดูลรับสัญญาณได้ดี โดยจะมีเสาอากาศที่นำมาใช้งานมี 2 แบบ ดังนี้

1) สายอากาศแบบ Passive จะเป็นสายอากาศที่ไม่อยู่ภายในวงจร เป็นสายอากาศที่ทำมาจาก เซรามิก หรือโลหะ โดยสายอากาศประเภทนี้จะมีข้อดี คือไม่ต้องมีไฟเลี้ยงก็สามารถใช้งานได้

2) สายอากาศแบบ Active เป็นสายอากาศที่มีวงจรขยายสัญญาณรบกวนต่ำอยู่ข้างในวงจร โดยจะเรียกว่า Low Noise Amplifier (LNA) สายอากาศประเภทนี้จะต้องมีไฟเลี้ยงจึงจะสามารถทำงานได้ ถ้าหากไม่ต่อไฟเลี้ยง วงจร LNA จะไม่ทำงานส่งผลให้สายอากาศไม่สามารถรับสัญญาณได้ โดยสายอากาศประเภทนี้จะมีข้อดี คือรับสัญญาณ และขยายสัญญาณให้ชัดเจน ส่งผลให้โมดูล GPS รับสัญญาณได้เร็วและดีขึ้น

โมดูลจีพีเอส Ublox GYGPSV1 NEO-6M GPS module จะมีการต่อใช้งานกับ Arduino ด้วย UART (Universal Asynchronous Receiver and Transmitter) เป็นชนิด RS232 โดยจะมีความเร็วในการรับส่งข้อมูล (baud rate) อยู่ที่ 9600 bps ใช้ความเร็วนี้ในการรับส่งข้อมูลมาประมวลผล โดยมีขาการเชื่อมต่อ Ublox GYGPSV1 NEO-6M GPS module ดังต่อไปนี้

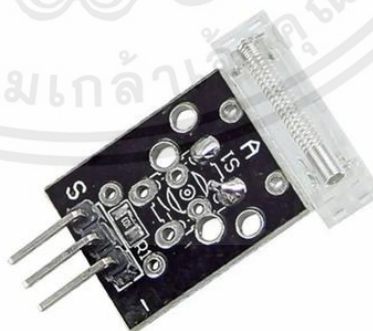
- 1) Vcc
- 2) Gnd
- 3) Rx
- 4) Tx



รูปที่ 2.1 โมดูลจีพีเอส Ublox GYGPSV1 NEO-6M GPS module

### 2.2.2 โมดูลตรวจจับการชน การกระแทก KY-031 Arduino Knock Impact Sensor

โมดูลตรวจจับการชน การกระแทก KY-031 (Knock Impact Sensor) มีลักษณะดังรูปที่ 2.2 สามารถใช้งานได้กับ Arduino, ESP8266, ESP32, Teensy, Raspberry Pi และแพลตฟอร์มอื่นๆ โมดูลนี้ประกอบด้วยเซนเซอร์แบบสปริง ตัวต้านทาน 10 กิโลโอห์ม และพิน 3 ขา มีการทำงานคือ เมื่อเกิดการชน การกระแทกหรือการสั่นสะเทือนอย่างรุนแรง จะทำให้หน้าสัมผัสของพินอินพุตทั้งสองเชื่อมต่อกัน โดยโมดูล KY-031 จะทำหน้าที่เหมือนกับสวิตช์ ซึ่งโมดูล KY-031 [10] ประกอบด้วยขา ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.2 KY-031 Arduino Knock Impact Sensor

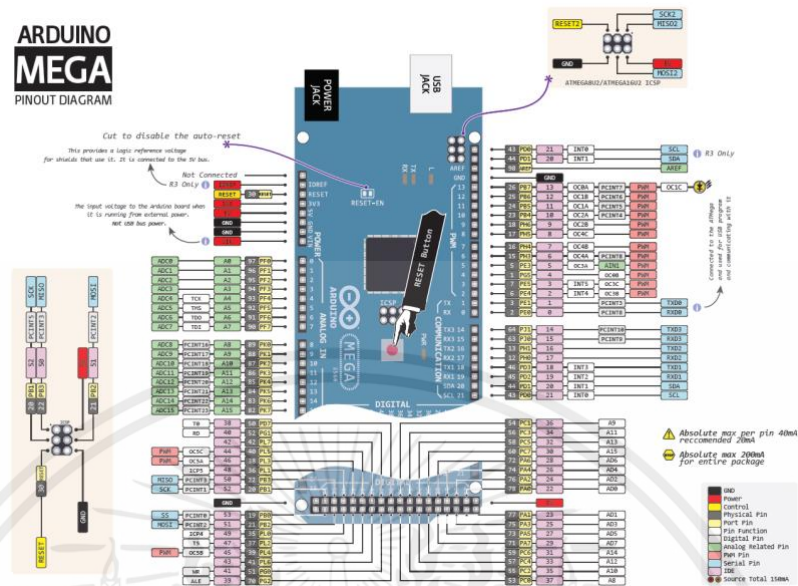
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 Pinout ของ KY-031 Arduino Knock Impact Sensor

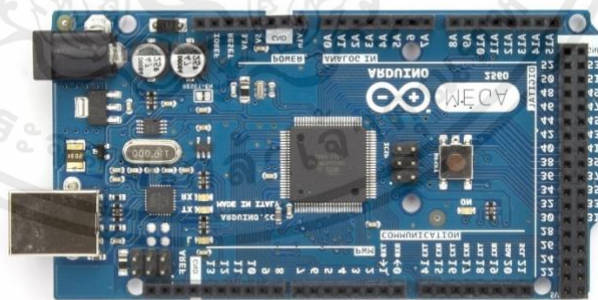
### 2.2.3 บอร์ด Arduino Mega 2560

บอร์ด Arduino Mega 2560 ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega2560 ซึ่งมีอินพุตและเอาต์พุตทั้งหมด 54 พิน ดังรูปที่ 2.4 ประกอบด้วยพินเอาต์พุต 14 พิน, แอนาล็อก 16 พิน, PWM 15 พิน (สามารถปรับความกว้างของพัลส์ได้), UART (Universal Asynchronous Receiver) 4 ชุด, I2C 1 ชุด และ SPI 1 ชุด สามารถจ่ายไฟด้วยการเชื่อมต่อ USB หรืออะแดปเตอร์ AC to DC หรือแบตเตอรี่รีเริ่มต้นได้ ในส่วนของแรงดันไฟที่ใช้คือ 5V ซึ่งบอร์ดสามารถทำงานได้กับแหล่งจ่ายไฟภายนอกที่มีแรงดันไฟฟ้าสูงสุด 6-20V อย่างไรก็ตามหากมีการจ่ายไฟที่น้อยกว่า 7V อาจจะทำให้บอร์ดไม่เสถียรเนื่องจากพิน 5V อาจจ่ายไฟได้น้อยกว่า 5V ในทางกลับกันหากมีการใช้ไฟที่มากกว่า 12V จะส่งผลให้บอร์ดร้อนและเกิดความเสียหายได้ จึงมีการแนะนำให้ใช้แรงดันไฟฟ้าอยู่ที่ 7-12V โดยมีกระแส DC ต่อพินอินพุตและเอาต์พุต 40 มิลลิแอมป์ ความจำแฟลช SRAM เท่ากับ 256KB ในการทำงานของพิน 5V จะสามารถรับหรือให้กระแสสูงสุดที่ 40 มิลลิแอมป์ และจะมีความต้านทานเกิดขึ้นภายในอยู่ที่ 20-50 กิโลโอห์ม [12]



รูปที่ 2.4 Arduino MEGA 2560 pinout diagram

บอร์ด Arduino Mega 2560 มีลักษณะดังรูปที่ 2.5 ซึ่งมีคุณสมบัติที่แตกต่างจากบอร์ด Arduino ตัวอื่น คือ มีการออกแบบมาให้เหมาะสำหรับการใช้งานที่ต้องการใช้พินมากขึ้น เนื่องจากมีพินอินพุตและเอาต์พุตที่เพิ่มขึ้น ให้ SRAM ที่มากกว่า เพิ่มพื้นที่หน่วยความจำมากขึ้นและมีประสิทธิภาพในการประมวลผลที่มากกว่า สามารถประมวลผลเซนเซอร์ได้หลายตัวพร้อมกัน



รูปที่ 2.5 Arduino MEGA 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2.4 โมดูลกล้อง Esp32-cam



รูปที่ 2.6 โมดูล Esp32-cam

จากรูปที่ 2.6 เป็นโมดูล Esp32-cam โดยสามารถใช้กับ Arduino ได้ โดยโมดูลจะประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สามารถทำงานได้อย่างอิสระ เชื่อมต่อ Wi-Fi + Bluetooth ได้มีกล้องวิดีโอในตัวและช่องเสียบ microSD สำหรับจัดเก็บข้อมูล ใช้กับแอปพลิเคชัน IoT เช่น อุปกรณ์อัจฉริยะในครัวเรือน การควบคุมแบบไร้สายในอุตสาหกรรม การตรวจสอบแบบไร้สาย การระบุแบบไร้สายด้วย QR และแอปพลิเคชัน IoT อื่นๆ Esp32-cam Wi-Fi เป็นจุดเด่นของ Esp32 ด้วยการรวมหลายส่วนของ Wi-Fi ในชิปพร้อมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ทำให้สามารถประหยัดพื้นที่โดยรวมของระบบได้และจัดการเรื่องของพลังงานได้ง่ายยิ่งขึ้น นอกจากนี้การใช้งาน Wi-Fi ใน Esp32 สะดวกกว่าการใช้งาน Wi-Fi ตัวอื่นอย่างมาก โดยสามารถเลือกโหมดการใช้งาน Wi-Fi ได้ 3 โหมด คือ โหมด AP (Access Point) โหมด STA (Station) และโหมด AP+STA โดยแต่ละโหมดจะมีรายละเอียด ดังนี้

### 1) โหมด AP

AP ย่อมาจาก Access Point เป็นโหมดที่จะใช้ Esp32 เป็นตัวปล่อยสัญญาณ Wi-Fi ออกไป เพื่อให้อุปกรณ์ต่าง ๆ มาเชื่อมต่อด้วย ทั้งนี้ Esp32 จะรองรับอุปกรณ์ที่มาเชื่อมต่อด้วยเพียง 1 ตัวเท่านั้น เหมาะกับการนำไปควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ผ่าน Wi-Fi ซึ่งงานควบคุมที่สามารถย้ายที่ได้ และไม่ต้องใช้งานผ่านอินเทอร์เน็ตจะเหมาะกับการใช้งาน Esp32 ในโหมด AP

## 2) โหมด STA

STA ย่อมาจาก Station เป็นโหมดที่จะใช้ Esp32 ไปเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ปล่อยสัญญาณอื่น ๆ เช่น เราเตอร์ โทรศัพท์มือถือ การใช้งานในโหมดนี้ต้องเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต หรือมีการสื่อสารกับอุปกรณ์หลาย ๆ ตัวในเครือข่ายเดียวกัน มักใช้งานในโหมดนี้เพื่อส่งข้อมูลจากเซนเซอร์ขึ้นไปบนระบบคลาวด์และใช้เพื่อเชื่อมต่อกับระบบคลาวด์รับคำสั่งมีสิ่งอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้ทำงานผ่านอินเทอร์เน็ต

## 3) โหมด AP+STA

เป็นโหมดที่จะให้โมดูล Wi-Fi ภายใน Esp32 ทำงานทั้ง 2 โหมด นั่นคือ AP และ STA ร่วมกัน ข้อดีของการใช้โหมดนี้คืออุปกรณ์ภายนอกสามารถเชื่อมต่อเข้ามาที่ Esp32 ได้ และ Esp32 สามารถไปเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกได้ ในโหมดนี้ใช้กับงานที่ต้องการใช้งานอินเทอร์เน็ต และมีการเคลื่อนย้ายบ่อย ๆ หรือสามารถเปลี่ยนสถานที่ใช้งานได้

ลักษณะทางเทคนิคของโมดูล Esp32-cam มีคุณลักษณะดังนี้

1) Connective : Wi-Fi 802.11b/g/n + Bluetooth 4.2 พร้อม BLE รองรับการอัปเดตภาพผ่าน Wi-Fi

2) ความถี่สัญญาณนาฬิกาสูงสุด 160 Mhz

3) กำลังประมวลผลไมโครคอนโทรลเลอร์สูงสุด 600 DMIPS

4) หน่วยความจำ 520 KB ของ SRAM + 4 MB ของช่องเสียบการ์ด PSRAM + SD

5) โหมดสลีปหลายโหมดอัปเดตเฟิร์มแวร์ได้โดย OTA และ LED สำหรับใช้หน่วยความจำแฟลชในตัว

6) รองรับกล้อง OV2640 กล้องประเภทนี้มีคุณลักษณะดังนี้

- ความละเอียด 2 MP บนเซนเซอร์

- ขนาดอาร์เรย์ UXGA 1622 x 1200 พิกเซล

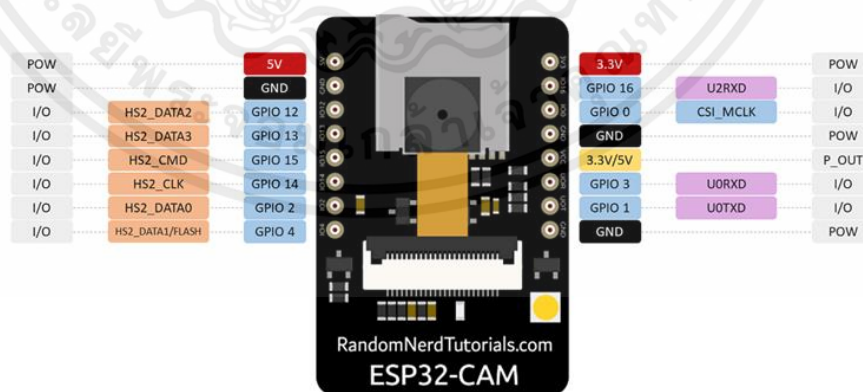
- รูปแบบเอาต์พุต YUV422, YUV420, RGB565, RGB555 และ

การบีบอัดข้อมูล 8 บิต

- สามารถถ่ายโอนภาพระหว่าง 15 ถึง 60 FPS

ตารางที่ 2.1 ขาพินทั้งหมดของ Esp32-cam ดังรูปที่ 2.7

CAM	ESP32	SD	ESP32
D1	PIN5	CLK	PIN14
D2	PIN18	CMD	PIN15
D3	PIN19	DATA0	PIN2
D4	PIN21	DATA1/photo flash	PIN4
D5	PIN36	DATA2	PIN12
D6	PIN39	DATA3	PIN13
D7	PIN34		
XCLK	PIN35		
PCLK	PIN0		
VSYNC	PIN22		
HREF	PIN25		
SDA	PIN23		
SCL	PIN26		
POWER PIN	PIN27		
	PIN32		



รูปที่ 2.7 พินทั้งหมดของ Esp32-cam

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.5 บอร์ด 3G Module (UC15-T)

ข้อมูลเบื้องต้นของบอร์ด 3G Module มีลักษณะดังรูปที่ 2.8 เป็นบอร์ดสื่อสารเครือข่าย โทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบ 3G ใช้โมดูลสื่อสารยี่ห้อ Quectel รุ่น UC15-T มีพอร์ต Micro USB สำหรับเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ต USB ได้ บนบอร์ดโมดูล 3G มีคอนเน็คเตอร์สำหรับเสาอากาศสื่อสารหลัก (Main Antenna) แบบ RP-SMA เพื่อช่วยในการสื่อสารให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยบอร์ดมีการเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทาง Serial UART ซึ่งขาเซตเตอร์สำหรับเริ่มต้นและปิดการทำงานจะสามารถควบคุมด้วย Software โดยใช้การขาทริก I/O ในส่วนของการใส่ชิมการ์ดนั้นตัวบอร์ดมีช่องเสียบแบบ Push-Pull พร้อมวงจรป้องกันความไม่สมดุลของประจุไฟฟ้าภายในตัวบอร์ด ทันทีที่มีการจ่ายไฟให้บอร์ดจะมีการเริ่มทำงานทันที ซึ่งบนตัวบอร์ดจะมีไฟแสดงสถานะเปิดการทำงาน (Status LED) และไฟแสดงสถานะเชื่อมต่อเครือข่าย (Network LED) เมื่อระบบเชื่อมต่อกับเครือข่าย 3G หรือต้องการอัปเกรดระบบจาก 2G เป็น 3G จะมีฟังก์ชันการใช้งานครอบคลุมทั้งการสื่อสารและระบุพิกัดสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานต่างๆ เช่น ระบบขนส่งและติดตามตำแหน่งรถบรรทุกสินค้า มิเตอร์อัจฉริยะ จุดขายสินค้าไร้สาย การรักษาความปลอดภัย งานด้านสาธารณสุข การติดตามบุคคลหรือสิ่งของ การควบคุมและบำรุงรักษาทางไกล เป็นต้น [2]



รูปที่ 2.8 บอร์ด 3G Module (UC15-T)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติโดยทั่วไปของบอร์ด 3G Module มีคุณสมบัติดังนี้

รองรับความถี่ 850/2100 MHz ในระบบ UMTS 3G และความถี่ 850/900/1800/1900 MHz ในระบบ GSM 2G มีความเร็วในการสื่อสาร HSPDA สูงสุดที่ 3.6 Mbps Downlink และ 384 Kbps Uplink มีวงจร Line Driver สำหรับแปลงระดับสัญญาณลอจิกให้เป็น RS232 สำหรับพอร์ตที่ใช้ในการสื่อสารและสั่งงานโมดูล

การติดต่อสื่อสารกับโมดูล UC15-T มีรายละเอียดดังนี้

การติดต่อสื่อสารกับโมดูล UC15-T นั้นสามารถทำได้ 2 แบบ ดังนี้ ลำดับแรกคือการเชื่อมต่อผ่านพอร์ตสื่อสารอนุกรม RS232 โดยใช้ขั้วต่อแบบ 4 PIN หรือขั้วต่อ RS232 มาตรฐานแบบ DB9 ซึ่งสามารถนำไปเชื่อมต่อกับสัญญาณมาตรฐาน เช่น คอมพิวเตอร์ RS232 (Com Port) หรือ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีขั้ว RS232 แบบ 4 PIN ได้ทันที ทั้งนี้บอร์ด UC15-T ยังมีขั้วต่อสัญญาณอนุกรมระดับสัญญาณ TTL 3.3-5V (J5, J8, J9) สำหรับเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์โดยตรง ไม่ต้องมีวงจรแปลงระดับสัญญาณ

คุณสมบัติการทำงานของสัญญาณของโมดูล UC15-T มีคุณสมบัติดังนี้

1) RI (Ring Indicator) เป็น Output จากโมดูล UC15-T ตามปกติจะเป็น High เมื่อมีสัญญาณเรียกเข้าจะ Active เป็น Low ตามเงื่อนไขต่อไปนี้

- เมื่อมีสัญญาณเรียกเข้า Voice Calling สัญญาณ RI จะ Active เป็น LOW ค้างอยู่นานกว่า จะมีการตอบรับ (ATA) หรือ ได้รับคำสั่งยกเลิกการเชื่อมต่อ (ATH) หรือผู้เรียกสายทำการวางสายก่อนจะมีการตอบรับ

- เมื่อมีสัญญาณเรียกเข้า Data Calling สัญญาณ RI จะ Active เป็น LOW ค้างอยู่นานกว่า จะมีการตอบรับ (ATA) หรือ ได้รับคำสั่งยกเลิกการเชื่อมต่อ (ATH)

- เมื่อมีสัญญาณเรียกเข้า SMS สัญญาณ RI จะ Active เป็น LOW ประมาณ 120 mS และ กลับเป็น HIGH โดยอัตโนมัติ

2) Data Terminal Ready (DTR) เป็น Input ของโมดูล UC15-T เมื่อต้องการให้โมดูลทำงานต้องให้ขาสัญญาณนี้ได้รับลอจิก 0 ถ้าขา DTR ได้รับลอจิก 1 โมดูลจะหยุดทำงานและเข้าสู่ Sleep Mode โดยอัตโนมัติ (ถ้ามีการสั่ง Enable Sleep Mode ด้วยคำสั่ง AT+QSCLK=1 ไว้) ดังนั้น ถ้าต้องการให้โมดูลทำงานตลอดเวลาต้องควบคุมให้ขาสัญญาณ DTR ด้านโมดูลจะต้องได้รับลอจิก 0 หรือสั่งปิดการทำงานของ Sleep Mode โดยใช้คำสั่ง AT+QSCLK=0

## 2.2.6 กล้อง A9 mini

กล้อง A9 mini เป็นกล้องเสมือนกล้องวงจรปิดรักษาความปลอดภัย มีมุมมองกว้าง 150 องศา สามารถรับมุมมองที่กว้าง มีคุณสมบัติดังนี้

- 1) ความละเอียดของวิดีโอ Full HD 2 ล้านพิกเซล
- 2) สามารถถ่ายวิดีโอได้ที่ที่มีแสงน้อย
- 3) ดูวิดีโอผ่านมือถือได้ โดยทำการเชื่อมต่อกับ Wi-Fi
- 4) เลนส์มีความกว้าง 150 องศา จึงทำให้สามารถเก็บภาพมุมกว้างได้
- 5) สามารถดูไฟล์วิดีโอย้อนหลังได้ผ่าน Application บนโทรศัพท์ได้
- 6) สามารถติดตั้งได้ง่าย

กล้อง A9 mini มีข้อมูลจำเพาะดังนี้

- 1) วัสดุของกล้องเป็นอลูมิเนียมอัลลอย
- 2) ขนาดของกล้องมีขนาด 5 x 4.5 x 4.5 เซนติเมตร
- 3) อัตราส่วนความละเอียดของวิดีโอที่ได้ 1,920 x 1,080 พิกเซล
- 4) รูปแบบวิดีโอที่ได้จะเป็นแบบ AVI
- 5) การรับประกันที่สามารถใช้งานร่วมกับกล้อง A9 mini ได้ รองรับ Micro SD Card ได้ถึง 128 GB
- 6) รูปแบบการบีบอัดวิดีโอ H.264
- 7) ระบบปฏิบัติการแอปพลิเคชันที่รองรับ Android หรือ iOS
- 8) แบตเตอรี่ของกล้องสามารถใช้งานได้ 120 นาที
- 9) สามารถใช้งานได้ในตอนกลางคืน หรือที่ที่มีแสงน้อย

## 2.3 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 2.3.1 ระบบบอกพิกัดด้วยดาวเทียมจีพีเอส (GPS : Global Positioning System)

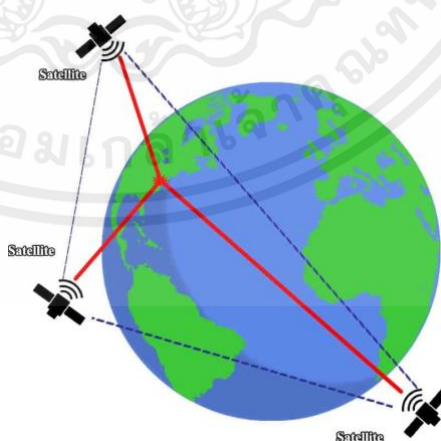
ระบบบอกพิกัดด้วยดาวเทียมจีพีเอส หรือ GPS ย่อมาจาก Global Positioning System เป็นระบบบอกตำแหน่งที่มีการนิยมนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน นำไปประยุกต์ใช้กับงานที่ต้องการทราบถึงตำแหน่ง เช่น การนำร่องอากาศยาน (Navigation System) การกู้ภัย เป็นต้น ระบบนี้มีความแม่นยำสูง อีกทั้งเครื่องรับสัญญาณยังมีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา และยังสามารถใช้ได้ครอบคลุมทั่วโลก

ระบบดาวเทียมจีพีเอส (GPS : Global Positioning System) ทั้งหมดประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก [6] ได้แก่

1) ส่วนของดาวเทียมในอวกาศ (Space segment) ประกอบด้วยดาวเทียมทั้งหมด 21 ดวง และดาวเทียมสำรองจำนวน 3 ดวง ดาวเทียมทั้งหมดโคจรอยู่ในวงโคจรเซมิซิงโครนัส (Semi-synchronous orbit) ดังรูปที่ 2.9 โดยที่วงโคจรนี้จะโคจรเป็นรูปวงกลมที่ระยะความสูงประมาณ 20,200 กิโลเมตรจากพื้นโลก จะใช้เวลาในการโคจรรอบโลก 12 ชั่วโมง โดยเหตุผลในการให้ดาวเทียมโคจรในวงโคจรนี้ คือคุณสมบัติพิเศษที่จะทำให้มีการกระจายตัวของดาวเทียมในแนวระนาบ 3 หรือ 4 ดวง โคจรทำมุม 55 องศากับแนวของเส้นศูนย์สูตร เนื่องจากแนวโคจรของวงโคจรนี้จะไม่มีการเปลี่ยนแนวการโคจรใหม่ และดาวเทียมที่โคจรอยู่ในวงโคจรนี้จะถูกจัดให้อยู่ในวงโคจร 6 แนว จึงทำให้ทุกๆ จุดบนพื้นโลกมองเห็นดาวเทียมอย่างน้อย 3 ดวงเสมอ ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.9 วงโคจรเซมิซิงโครนัส (Semi-Synchronous Orbit)



รูปที่ 2.10 ตำแหน่งดาวเทียมอย่างน้อย 3 ดวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ส่วนของสถานีควบคุมภาคพื้นดิน (Control Segment) ประกอบด้วย สถานีภาคพื้นดินที่ควบคุมระบบที่กระจายอยู่ตามส่วนต่างๆ ของโลก โดยแบ่งออกเป็นสถานีควบคุมหลัก (Master Control Station) ตั้งอยู่ที่ฐานทัพอากาศในเมืองโคโลราโดสปริงส์ (Colorado Springs) มลรัฐโคโลราโดของสหรัฐอเมริกา และสถานีติดตามดาวเทียม (Monitor Station) 5 แห่ง ตั้งอยู่ที่หมู่เกาะฮาวาย (Hawaii) ในมหาสมุทรแปซิฟิก หมู่เกาะแอสเซนชัน (Ascension) มหาสมุทรแอตแลนติก หมู่เกาะดิเอโกการ์เซีย (Diego Garcia) มหาสมุทรอินเดีย หมู่เกาะควาจาเลียน (Kwajalein) ประเทศฟิลิปปินส์ และเมืองโคโลราโดสปริงส์ (Colorado Springs) ทำการรังวัดติดตามดาวเทียมตลอดเวลา สถานีรับส่งสัญญาณ 3 แห่ง ตั้งอยู่ที่หมู่เกาะควาจาเลียน (Kwajalein) หมู่เกาะดิเอโกการ์เซีย (Diego Garcia) และหมู่เกาะแอสเซนชัน (Ascension) ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 ที่ตั้งของสถานีควบคุมหลัก สถานีติดตามดาวเทียม และสถานีรับส่งสัญญาณ

3) ส่วนของเครื่องรับที่ผู้ใช้ (User Segment) คืออุปกรณ์ที่สามารถประมวลผลสัญญาณที่ได้รับจากดาวเทียมจีพีเอส พร้อมทั้งสามารถระบุตำแหน่งของผู้ใช้ ความเร็ว และเวลาได้โดยการประมวลผลสัญญาณที่ออกอากาศจากดาวเทียม ซึ่งจะทำให้การเปลี่ยนสัญญาณจาก SVs เป็นตำแหน่ง ความเร็ว และเวลาโดยประมาณ

### 2.3.1.1 ลักษณะของสัญญาณจากจีพีเอส (GPS : Global Positioning System)

ดาวเทียมแต่ละดวงจะส่งสัญญาณคลื่นวิทยุ 2 ความถี่คือ 1,545.42 เมกะเฮิรตซ์ (L1) และ 1,227.6 เมกะเฮิรตซ์ (L2) ความถี่ทั้งสองถูกใช้เป็นตัวนำพาหะ (Carrier) โดยใช้วิธีผสมสัญญาณ (Modulation) แบบ Binary Phase Shift Keying (BPSK) กับ ข้อมูลเชิงตัวเลขที่เป็นผลลัพธ์จากการกระจายแถบความถี่ (Spread Spectrum) ของข้อมูล

### 2.3.1.2 หลักการของดาวเทียมจีพีเอส (GPS : Global Positioning System)

การคำนวณระยะทางระหว่างดาวเทียมกับเครื่องรับส่งสัญญาณจีพีเอสจะต้องใช้ระยะทางจากดาวเทียมอย่างน้อย 3 ดวง เพื่อให้ได้ตำแหน่งที่แน่นอน ซึ่งเมื่อเครื่องรับส่งสัญญาณจีพีเอส สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ 3 ดวงขึ้นไป จะมีคำนวณระยะทางระหว่างดาวเทียมถึงเครื่องรับส่งสัญญาณจีพีเอส โดยจากสูตรคำนวณทางฟิสิกส์คือ ความเร็วคูณกับเวลา จะได้ผลลัพธ์เป็นระยะทาง โดยดาวเทียมทั้ง 3 ดวงจะส่งสัญญาณที่เหมือนกันมายังเครื่องรับส่งสัญญาณจีพีเอส โดยความเร็วแสง (186,000 ไมล์ต่อวินาที) แต่ระยะเวลาในการรับสัญญาณได้จากดาวเทียมแต่ละดวงนั้นจะไม่เท่ากัน เนื่องจากระยะทางไม่เท่ากัน

### 2.3.1.3 ปัจจัยที่มีผลต่อความถูกต้องของตำแหน่ง

- 1) ความล่าช้าของชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์และโทรโพสเฟียร์ สัญญาณดาวเทียมจะช้าลงเมื่อผ่านชั้นบรรยากาศ
- 2) สัญญาณกระจายหลายเส้นทางสัญญาณ GPS อาจสะท้อนจากวัตถุต่างๆ เช่น ตึกสูงหรือเนินใหญ่ที่ปรากฏก่อนจะไปถึงตัวรับสัญญาณ ซึ่งจะเพิ่มเวลาในการเดินทางของสัญญาณ และก่อให้เกิดข้อผิดพลาดได้
- 3) ความผิดพลาดจากนาฬิกาตัวรับสัญญาณ นาฬิกาในตัวรับสัญญาณอาจมีการระบุเวลาผิดพลาดเล็กน้อยเนื่องจากแม่นยำน้อยกว่านาฬิกาปรมาณูในดาวเทียม GPS
- 4) จำนวนดาวเทียมที่อยู่ในทัศนวิสัย ยังมีดาวเทียมหลายดวงที่อยู่ในทัศนวิสัยของตัวรับ GPS ก็ยิ่งแม่นยำขึ้น เมื่อสัญญาณถูกกั้นอาจได้รับตำแหน่งที่ผิดพลาดหรือไม่สามารถอ่านตำแหน่งได้เลย เครื่องรับ GPS ส่วนใหญ่มักจะทำงานใต้น้ำหรือใต้ดินไม่ได้ แต่ตัวรับสัญญาณรุ่นใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงนั้นสามารถติดตามสัญญาณบางชนิดเมื่ออยู่ในอาคารหรือใต้ร่มไม้ได้
- 5) เรขาคณิตหรือแสงเงาของดาวเทียม สัญญาณดาวเทียมจะมีประสิทธิภาพมากขึ้นเมื่อดาวเทียมอยู่ในตำแหน่งมุมกว้างสัมพันธ์กับดวงอื่น ๆ มากกว่าเรียงเป็นเส้นตรงหรือเกาะกลุ่มกันแคบ ๆ

6) การเลือกให้บริการ ครั้งหนึ่งกระทรวงกลาโหมของสหรัฐฯ ได้ใช้มาตรการการเลือกให้บริการ (Selective Availability) กับดาวเทียมต่างๆ ทำให้สัญญาณแม่นยำน้อยลงเพื่อป้องกันไม่ให้ศัตรู ใช้สัญญาณ GPS ความแม่นยำสูงได้ รัฐบาลยกเลิกมาตรการการเลือกให้บริการดังกล่าวในเดือนพฤษภาคม ปี 2000 ส่งผลให้การรับสัญญาณ GPS ของพลเรือนแม่นยำขึ้น

#### 2.3.1.4 ประโยชน์และการประยุกต์ใช้ระบบดาวเทียมจีพีเอส (GPS : Global Positioning System)

- 1) ช่วนนำทางจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งได้ตามต้องการ
- 2) ช่วยในการติดตามการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ คน สัตว์ และสิ่งของ
- 3) ช่วยในการปรับปรุงแก้ไขความถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูลจากดาวเทียม
- 4) ช่วยในการสำรวจจริงวัด ทำแผนที่ และจัดสร้างฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์
- 5) ช่วยในการควบคุมเครื่องจักรกลในภาคเกษตรกรรม
- 6) ช่วยในการบริหารจัดการคมนาคมขนส่ง
- 7) ช่วยสนับสนุนการให้บริการข้อมูลข่าวสารเชิงตำแหน่ง (Location Based Service)

#### 2.3.2 การคำนวณ ละติจูด ลองจิจูด

สมการแฮเวอร์ซีน กำหนดระยะทางวงกลมระหว่างจุดสองจุดบนทรงกลม โดยที่กำหนดลองจิจูดและละติจูด [17]

$$D = Rc \quad (2.1)$$

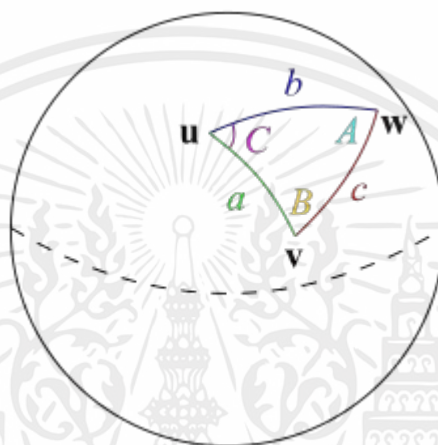
เมื่อ

$$c = 2 \left( a \tan 2 \left( \sqrt{a}, \sqrt{1-a} \right) \right) \quad (2.2)$$

$$a = \sin^2(\Delta \text{latitude}/2) + \cos(\text{latitude}1) \cdot \cos(\text{latitude}2) \cdot \sin^2(\Delta \text{longitude}/2) \quad (2.3)$$

โดยที่

- $R$  คือ คาร์ตัมของโลกมีค่าเท่ากับ 6,371 กิโลเมตร  
 $D$  คือ ระยะห่างระหว่างสองตำแหน่ง  
 $\Delta latitude$  คือ ระยะห่างระหว่างละติจูดที่ 1 ถึงละติจูดที่ 2 กฎของแฮร์เวอร์ซึน  
 $\Delta longitude$  คือ ระยะห่างระหว่างลองจิจูดที่ 1 ถึงลองจิจูดที่ 2 กฎของแฮร์เวอร์ซึน



รูปที่ 2.12 เชื่อมต่อจุดสามจุด  $u$ ,  $v$  และ  $w$  บนระนาบทรงกลม

โดยให้หน่วยทรงกลม “สามเหลี่ยม” ที่อยู่บนพื้นผิวทรงกลม โดยจะถูกกำหนดโดยวงกลมขนาดใหญ่เชื่อมต่อจุดสามจุด  $u$ ,  $v$  และ  $w$  บนระนาบทรงกลม ถ้าหากความยาวแต่ละด้านของสามเหลี่ยมเป็น  $a$  ความยาวจาก  $u$  ถึง  $v$  ต่อมา  $b$  เป็นความยาวจาก  $u$  ถึง  $w$  และ  $c$  ความยาวจาก  $v$  ถึง  $w$  และมุมตรงข้าม  $c$  คือ  $C$  กฎของแฮร์เวอร์ซึน ดังรูปที่ 2.12

$$\text{hav}(c) = \text{hav}(a - b) + \sin(a) \sin(b) \text{hav}(C) \quad (2.4)$$

โดยความยาว  $a$ ,  $b$  และ  $c$  เป็นความยาวของทรงกลมหนึ่งหน่วย จึงเท่ากับมุมแต่ละด้านจากศูนย์กลางวงกลม เพื่อให้ได้สูตรแฮร์เวอร์ซึนของส่วนข้างต้น จะพิจารณาโดยให้  $u$  เป็นขั้วโลกเหนือ ขณะที่  $v$  และ  $w$  จุดสองจุดที่จะพิจารณา  $d$  แยก ในกรณีนั้น  $a$  และ  $b$  เป็น  $\frac{\pi}{2} - \Phi_{1,2}$  (คือ ละติจูดร่วม),  $C$  คือการแยกลองจิจูด  $\lambda_2 - \lambda_1$ , และ  $c$  คือค่าที่ต้องการ  $\frac{d}{R}$  สังเกตว่า  $\left(\frac{\pi}{2} - \Phi\right) = \cos(\Phi)$  สูตรแฮร์เวอร์ซึนจะตามมาทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อให้ได้กฎของเฮเวอร์ซิน เริ่มจากกฎทรงกลมของโคไซน์ :

$$\cos(c) = \cos(a) + \cos(b) + \sin(a) \sin(b) \cos(C) \quad (2.5)$$

ดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น สูตรนี้เป็นวิธีการแก้ปัญหาแบบมีเงื่อนไขสำหรับ  $c$  เมื่อ  $c$  มีขนาดเล็ก จะสามารถใช้สมการที่ 2.6 แทนได้ทำให้เกิดสมการเอกลักษณ์ใหม่ตามสมการที่ 2.7 เพื่อให้ได้กฎของแฮเวอร์ซินข้างต้น

$$\cos(\theta) = 1 - 2\text{hav}(\theta) \quad (2.6)$$

$$\cos(a - b) = \cos(a) \cos(b) + \sin(a) \sin(b) \quad (2.7)$$

### 2.3.3 Short Message Service (SMS)

Short Message Service หรือ SMS หมายถึงการให้บริการการส่งและการรับข้อความสั้นๆ ช่วยให้สามารถแลกเปลี่ยนข้อความระหว่างอุปกรณ์เคลื่อนที่ได้ โดยทั่วไปข้อความ SMS จะมีความยาวสูงสุด 160 อักขระ และสามารถส่งและรับบนเครือข่ายมือถือต่างๆ ได้ มีการใช้ SMS อย่างแพร่หลายในการสื่อสารส่วนบุคคลและทางธุรกิจ ซึ่งเป็นวิธีการส่งข้อความที่กระชับไปยังบุคคลหรือกลุ่มบุคคลที่สะดวกรวดเร็ว จึงกลายเป็นส่วนสำคัญในการสื่อสารผ่านอุปกรณ์เคลื่อนที่ และยังสามารถรองรับอุปกรณ์เคลื่อนที่ได้แทบทั้งหมด อย่างไรก็ตามข้อกำหนดดังกล่าวเกี่ยวกับการส่งข้อมูลขึ้นอยู่กับผู้ให้บริการ เช่น AIS สามารถส่งตัวอักษรภาษาไทยได้ไม่เกิน 70 ตัวอักษรต่อ 1 ข้อความ (สูงสุด 536 ตัวอักษร/8 ข้อความ) และภาษาอังกฤษ 160 ตัวอักษรต่อ 1 ข้อความ (สูงสุด 1,224 ตัวอักษร/8 ข้อความ) เป็นต้น [18]

## บทที่ 3

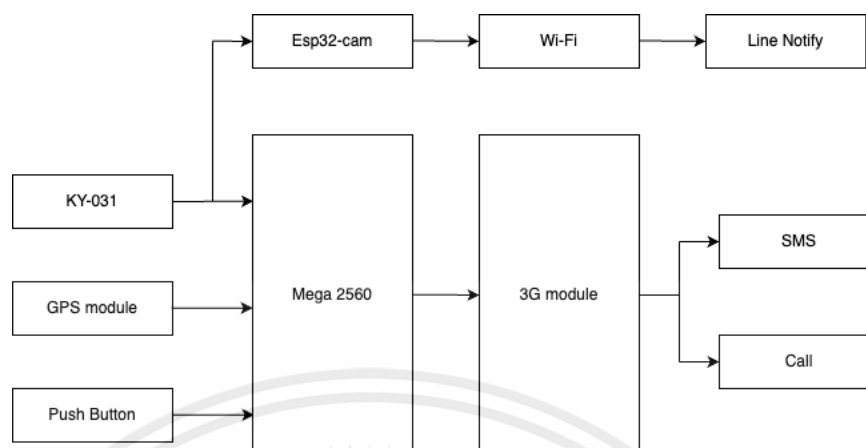
### การออกแบบและการจัดทำโครงการ

#### 3.1 การออกแบบ

##### 3.1.1 การออกแบบระบบ

ในปัจจุบันอุบัติเหตุที่เกิดจากการขับขี่บนท้องถนนมีจำนวนมาก ประเภทของรถที่มีอัตราการเกิดอุบัติเหตุมากที่สุดคือ รถจักรยานยนต์ ตามข้อมูลสถิติจากกองป้องกันการบาดเจ็บ กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข และนักศึกษาในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังมีการขับขี่รถจักรยานยนต์เป็นจำนวนมาก ซึ่งมีความเสี่ยงสูงในการเกิดอุบัติเหตุที่ไม่คาดคิดได้ ดังนั้น หมวกนิรภัยส่งสัญญาณขอความช่วยเหลืออัตโนมัติจึงมีความสำคัญ สำหรับช่วยการสูญเสียที่ไม่คาดคิดของการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนน หมวกนิรภัยส่งสัญญาณขอความช่วยเหลืออัตโนมัติได้ถูกออกแบบเพื่อให้สามารถรับรู้ว่ามีอุบัติเหตุเกิดขึ้นได้อย่างทันท่วงที โดยนำโมดูลในการรับแรงกระแทก โมดูลกล้องเพื่อทำการจับภาพเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น และเมื่อเกิดอุบัติเหตุจะทำการส่งสัญญาณขอความช่วยเหลือไปยังเบอร์ติดต่อฉุกเฉิน

จากรูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของอุปกรณ์ที่ใช้ ประกอบด้วย เซนเซอร์ตรวจจับการกระแทก การชน (KY-031) และปุ่มกด (Push Button) ซึ่งที่กล่าวมาเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการส่งค่าให้กับโมดูลต่างๆ เพื่อเข้าเงื่อนไขในการทำงาน โดยโมดูลที่ใช้ในการประมวลผลประกอบด้วย Esp32-Cam และ Mega 2560 อย่างไรก็ตามไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละตัวจะมีเงื่อนไขในการทำงานคือ Esp32-Cam จะรับค่า จากเซนเซอร์ตรวจจับแรงกระแทก การชน (KY-031) และทำการถ่ายภาพไปแอปพลิเคชันไลน์ ในส่วนของ Mega 2560 จะทำงานร่วมกับโมดูล 3G และ โมดูล GPS เมื่อรับค่าจากเซนเซอร์ตรวจจับแรงกระแทก การชน (KY-031) ไมโครคอนโทรลเลอร์ Mega 2560 จะทำการส่งตำแหน่งที่ตั้งผ่าน SMS และเมื่อผู้ใช้กดปุ่มขอความช่วยเหลือไมโครคอนโทรลเลอร์ Mega 2560 จะทำการโทรผ่านโมดูล 3G



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของอุปกรณ์

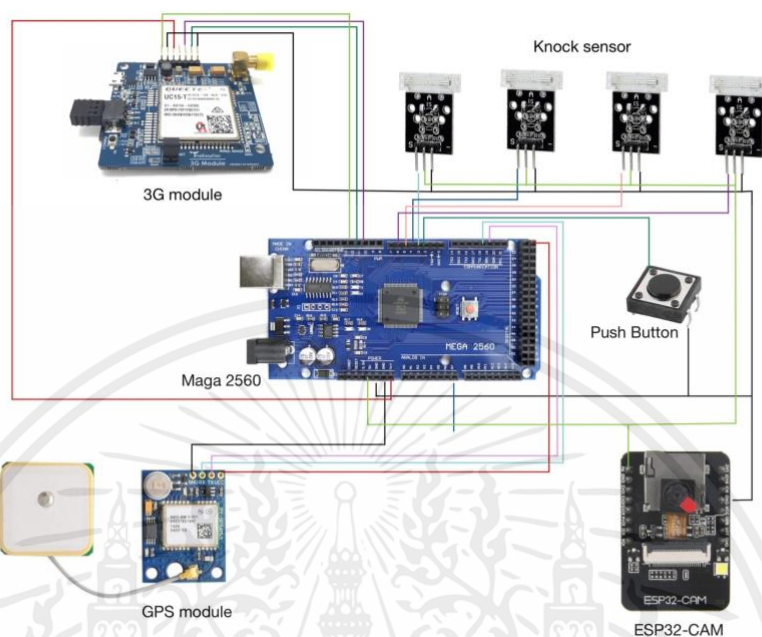
### 3.1.2 การออกแบบส่วนของฮาร์ดแวร์

ในการออกแบบส่วนของฮาร์ดแวร์เป็นการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ ประกอบไปด้วยบอร์ด Arduino Mega 2560 เป็นหน่วยประมวลผลหลักเป็นตัวที่รับการเชื่อมต่อจากอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ทั้งหมด, บอร์ด 3G Module (UC15-T) ใช้เป็นบอร์ดสื่อสารเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบ 3G ใช้โมดูลสื่อสาร โดยจะรับคำสั่งมาจาก บอร์ด Arduino Mega 2560 เพื่อทำการส่ง SMS หรือ Call เพื่อส่งแจ้งเตือนไปยังหมายเลขเป้าหมาย, โมดูลจีพีเอส Ublox GYGPSV1 NEO-6M GPS module เป็นส่วนในการระบุพิกัดหรือตำแหน่งที่เกิดอุบัติเหตุ เพื่อนำค่าพิกัดที่ได้เป็นค่าละติจูดและลองจิจูดส่งไปทาง SMS, โมดูลตรวจจับการชน การกระแทก KY-031 Arduino Knock Impact Sensor เป็นส่วนที่ใช้ในการตรวจจับการชนหรือการเกิดอุบัติเหตุ เนื่องจากตัวอุปกรณ์สามารถทำการตรวจจับการชนการกระแทกได้ เมื่อมีการชนหรือการกระแทกเกิดขึ้น อุปกรณ์จะส่งค่าดิจิทัล "1" ไปยัง บอร์ด Arduino Mega 2560 เพื่อสั่งการให้ บอร์ด 3G Module (UC15-T) ทำการส่งสัญญาณขอความช่วยเหลือไปยังหมายเลขเป้าหมาย, โมดูลกล้อง Esp32-cam เป็นกล้องที่ทำหน้าที่ถ่ายรูปเมื่อเกิดเหตุการณ์แล้วส่งไปยังไลน์ที่ตั้งไว้ เพื่อเป็นการยืนยันและแจ้งเตือนว่ามีเหตุการณ์อุบัติเหตุเกิดขึ้นจริง และบริเวณนั้นมีสภาพแวดล้อมเป็นอย่างไร ป้องกันการผิดพลาดในการบอกพิกัดหรือตำแหน่งที่ได้จากโมดูลจีพีเอส Ublox GYGPSV1 NEO-6M GPS module และปุ่มกดที่นำมาเพื่อในกรณีที่ ต้องการโทรไปแจ้งหมายเลขเป้าหมาย โดยจะมีการเชื่อมต่อขาต่างๆ ดังรูปที่ 3.2 โดยมีรายละเอียดตามตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดการเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์

Mega 2560	KY-031	NEO-6M	3G Module (UC15-T)	Esp32-cam	Button
5V	Vcc			5V	
GND	GND	GND	GND	GND	GND
Vin			Vin		
A7					
TX1 18		RX			
RX1 19		TX			
PWM 2					Vcc
PWM 3	PIN 1				
PWM 4	PIN 2				
PWM 5	PIN 3				
PWM 6	PIN 4				
PWM 10			TX		
PWM 11			RX		
PWM 12			Power key		
Vcc		Vcc			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 ภาพรวมของระบบ

ในส่วนการออกแบบการติดตั้งอุปกรณ์บนหมวกนิรภัยและทำการเก็บสายต่ออุปกรณ์ของภายนอกหมวกนิรภัยดังรูปที่ 3.3 - 3.7 ประกอบด้วย บอร์ด Mega2560 1 ตัว, ปุ่ม 1 ตัว และแบตเตอรี่ 5 ก้อน ซึ่งสายอากาศของ 3G Module และ GPS Module จะถูกยื่นออกมาภายนอกเพื่อให้ง่ายต่อการหาสัญญาณ ในการติดตั้งภายในหมวกนิรภัยดังรูปที่ 6 ประกอบด้วย เซนเซอร์ตรวจจับการกระแทกทั้งหมด 4 ตัว, 3G Module 1 ตัว และ GPS Module 1 ตัว



รูปที่ 3.3 ด้านหน้าของหมวกนิรภัย

กล่องเก็บอุปกรณ์ ภายในหมวกบอร์ด Mega 2560



รูปที่ 3.4 ด้านซ้ายของหมวกนิรภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

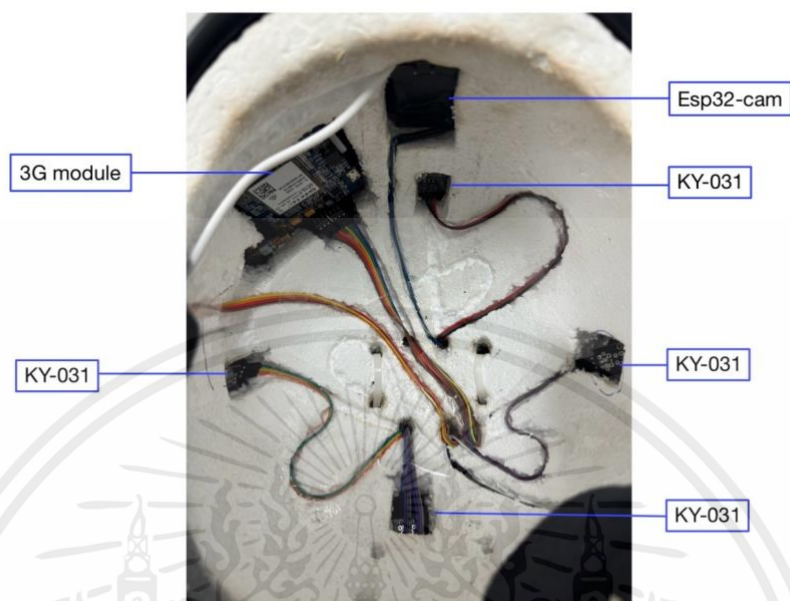


รูปที่ 3.5 ด้านขวาของหมวกนิรภัย



รูปที่ 3.6 ด้านหลังของหมวกนิรภัย

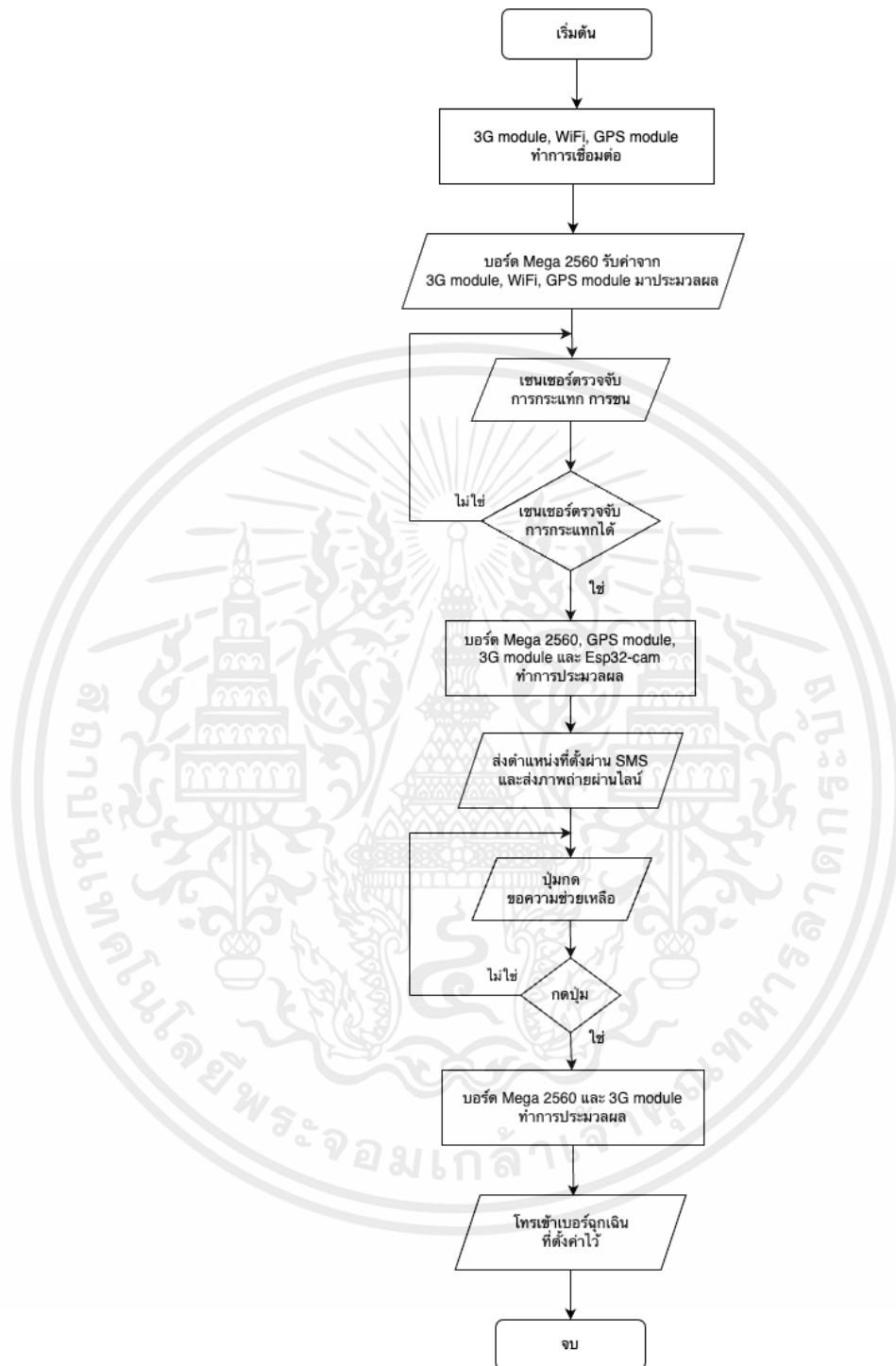
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 การเชื่อมต่อภายใน

### 3.1.3 การออกแบบโปรแกรมในการรับส่งข้อมูล

ในการออกแบบมีเงื่อนไขดังรูปที่ 3.8 ประกอบด้วย 2 เงื่อนไขคือ เงื่อนไขแรก เมื่อเกิดอุบัติเหตุสามารถตรวจจับการชน การกระแทกได้จากเซนเซอร์โดยเมื่อรับค่าได้จึงนำไปเข้าเงื่อนไขของทั้งสองไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังนี้ Esp32-cam ทำการถ่ายภาพและส่งรูปภาพเข้าไปแอปพลิเคชันไลน์ ในส่วนของบอร์ด Arduino Mega 2560 เมื่อเซนเซอร์ได้รับการกระแทกจะส่งตำแหน่งที่ตั้งจากโมดูล GPS เข้า SMS ตามเบอร์ที่ตั้งค่าไว้ โดยการส่ง SMS จะต้องใช้โมดูล 3G ในการส่งข้อความซึ่งซิมการ์ดที่ใช้สามารถใช้ซิม 3G หรือ 4G ได้ ถัดมาในส่วนของเงื่อนไขที่สอง เมื่อผู้ใช้งานกดปุ่มขอความช่วยเหลือ บอร์ด Arduino Mega 2560 จะรับค่าและทำการโทรไปยังเบอร์ฉุกเฉินที่ตั้งไว้ โดยผ่านโมดูล 3G



รูปที่ 3.8 Flow Chart เงื่อนไขในการทำงานของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.4 คำนวณพลังงานในการใช้งานแบตเตอรี่

การคำนวณการใช้งานแบตเตอรี่ในไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นเกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการพลังงานของระบบ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

#### 3.1.4.1 หน่วยประมวลผลหลัก ประกอบด้วย

- 1) บอร์ด Arduino Mega 2560 ใช้กระแส 0.04 แอมป์
- 2) โมดูลจีพีเอส Ublox GYGPSV1 NEO-6M GPS module ใช้กระแส 0.035 แอมป์
- 3) โมดูลตรวจจับการชน การกระแทก KY-031 Arduino Knock Impact Sensor ใช้กระแส 0.015 แอมป์
- 4) บอร์ด 3G Module (UC15-T) ใช้กระแส 2.2 มิลลิแอมป์ เมื่ออยู่ในสถานะรอการรับข้อมูล และใช้กระแส 335 มิลลิแอมป์ เมื่ออยู่ในสถานะการรับส่งข้อมูล
- 5) แบตเตอรี่ลิเธียม 18650 จำนวน 3 ก้อน แรงดันที่จ่าย 11.1 โวลต์

การคำนวณพลังงานทั้งหมด จากสมการ

$$E_{1hr} = I_{total} \times V \times t \quad (3.1)$$

โดยที่

- $E_{1hr}$  คือ พลังงานที่ใช้ใน 1 ชั่วโมง มีหน่วยเป็นวัตต์ชั่วโมง  
 $I$  คือ กระแสทั้งหมด มีหน่วยเป็นแอมป์  
 $V$  คือ แรงดัน มีหน่วยเป็นโวลต์  
 $t$  คือ เวลา มีหน่วยเป็นชั่วโมง

ซึ่งการคำนวณระยะเวลาที่อุปกรณ์สามารถทำงานได้ จากสมการ

$$t_{total} = \frac{E_{total}}{E_{1hr}} \quad (3.2)$$

โดยที่

- $t_{total}$  คือ เวลาทั้งหมดที่อุปกรณ์สามารถทำงานได้ มีหน่วยเป็นชั่วโมง  
 $E_{total}$  คือ พลังงานทั้งหมด มีหน่วยเป็นวัตต์ชั่วโมง  
 $E_{1hr}$  คือ พลังงานที่ใช้ใน 1 ชั่วโมง มีหน่วยเป็นวัตต์ชั่วโมง

ซึ่งภายในวงจรจะมีกระแสรวมทั้งหมด  $0.040 + 0.035 + 0.015 + 0.335$  เท่ากับ  $0.425$  แอมป์ โดยแรงดันที่ได้รับจากแหล่งจ่ายไฟ เท่ากับ  $11.1$  โวลต์ และเวลาเท่ากับ  $1$  ชั่วโมง เมื่อนำมาแทนค่าลงในสมการที่ 3.1 จะได้พลังงานทั้งหมด เท่ากับ  $4.72$  วัตต์ชั่วโมง จากนั้นหาค่าพลังงานที่อุปกรณ์ได้รับจากแหล่งจ่ายไฟ ซึ่งใช้แบตเตอรี่ลิเธียม  $18650$  มีกระแสไฟ  $9.9$  แอมป์ แรงดันไฟ  $3.7$  โวลต์ ซึ่งใช้ทั้งหมด  $3$  ก้อน ดังนั้นจึงได้ค่าพลังงานที่อุปกรณ์ได้รับเท่ากับ  $9.9 \times 3.7 \times 3$  เท่ากับ  $109.89$  วัตต์ชั่วโมง เมื่อได้ค่าพลังงานทั้งหมดและค่าพลังงานที่อุปกรณ์ได้รับสามารถคำนวณหาระยะเวลาที่อุปกรณ์สามารถทำงานได้ จากสมการที่ 3.2 ซึ่งอุปกรณ์สามารถใช้ได้ประมาณ  $23$  ชั่วโมง  $17$  นาที ซึ่งกรณีนี้คือกรณีเมื่อบอร์ด  $3G$  Module (UC15-T) อยู่ในสถานะการรับส่งข้อมูลอย่างต่อเนื่อง

#### 3.1.4.2 หน่วยประมวลผลย่อย ประกอบด้วย

- 1) โมดูลกล้อง Esp32-Cam ใช้กระแส  $0.45$  แอมป์
- 2) แบตเตอรี่ลิเธียม  $18650$  จำนวน  $2$  ก้อน แรงดันที่จ่าย  $7.4$  โวลต์

ในส่วนของหน่วยประมวลผลย่อย จะมีกระแสรวมทั้งหมด  $0.45$  แอมป์ โดยแรงดันที่ได้รับจากแหล่งจ่ายไฟ เท่ากับ  $7.4$  โวลต์ และเวลาเท่ากับ  $1$  ชั่วโมง เมื่อนำมาแทนค่าลงในสมการที่ 3.1 จะได้พลังงานทั้งหมด เท่ากับ  $3.33$  วัตต์ชั่วโมง จากนั้นหาค่าพลังงานที่อุปกรณ์ได้รับจากแหล่งจ่ายไฟ ซึ่งใช้แบตเตอรี่ลิเธียม  $18650$  จำนวน  $1$  ก้อน มีกระแสไฟ  $9.9$  แอมป์ แรงดันไฟ  $3.7$  โวลต์ ซึ่งใช้ทั้งหมด  $3$  ก้อน ดังนั้นจึงได้ค่าพลังงานที่อุปกรณ์ได้รับเท่ากับ  $9.9 \times 3.7 \times 2$  เท่ากับ  $73.26$  วัตต์ชั่วโมง เมื่อได้ค่าพลังงานทั้งหมดและค่าพลังงานที่อุปกรณ์ได้รับ สามารถคำนวณหาระยะเวลาที่อุปกรณ์สามารถทำงานได้จากสมการที่ 3.2 ซึ่งอุปกรณ์สามารถใช้ได้ประมาณ  $22$  ชั่วโมง

## 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ในปฏิญญาฉบับนี้ มีอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ดังนี้

### 3.2.1 โมดูลจีพีเอส Ublox GYGPSV1 NEO-6M GPS module

โมดูลจีพีเอส Ublox GYGPSV1 NEO-6M GPS module โมดูลนี้ใช้ระบุตำแหน่งที่ตั้งบนโลกได้ ซึ่งเป็นการรับค่ามาจากดาวเทียมมาแสดงผล เช่น ละติจูด ลองจิจูด เวลา วันที่ ทิศทางการเคลื่อนที่ไปที่ตำแหน่งที่ต้องการความเร็วในการเคลื่อนที่แต่ละรอบ เป็นต้น ดังรูปที่ 2.1

### 3.2.2 โมดูลตรวจจับการชน การกระแทก KY-031 Arduino Knock Impact Sensor

โมดูลตรวจจับการชน การกระแทก KY-031 (Knock Impact Sensor) โมดูลนี้ประกอบด้วยเซนเซอร์แบบสปริง ตัวต้านทาน 10 กิโลโอห์ม และพิน 3 ขา มีการทำงานคือ เมื่อเกิดการชน การกระแทกหรือการสั่นสะเทือนอย่างรุนแรง จะทำให้หน้าสัมผัสของพินอินพุตทั้งสองเชื่อมต่อกัน ดังรูปที่ 2.2

### 3.2.3 บอร์ด Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 เป็นบอร์ดที่ใช้ชิป ATmega2560 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์หลัก เป็นบอร์ดที่ต่อยอดมาจาก Arduino Uno R3 มี Digital input/output 54 ขา สามารถใช้เป็น Output แบบ PWM ได้ 15 ขา มี Analog inputs 16 ขา มี UARTs (Hardware Serial Ports) 4 ขา ทำงานที่ความถี่ 16 MHz สามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ด้วยสายเคเบิล USB หรือใช้ Adaptor AC-to-DC เพื่อเริ่มต้นใช้งาน และมีปุ่ม Reset สามารถต่อเข้ากับ Shields ที่ออกแบบเพื่อใช้งานกับ Arduino Duemilanove หรือ Diecimila ดังรูปที่ 2.5

### 3.2.4 โมดูลกล้อง Esp32-cam

Esp32-cam คือ โมดูลกล้องขนาดเล็กที่ใช้พลังงานต่ำ ใช้ชิป Esp32-cam มาพร้อมกับกล้อง OV2640 และมีช่องเสียบ SD Card ในตัว สามารถเชื่อมต่อ WiFi+Bluetooth เพื่อการควบคุมระยะไกลได้ ดังรูปที่ 2.6

### 3.2.5 บอร์ด 3G Module (UC15-T)

เป็นบอร์ดสื่อสารเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบ 3G ใช้โมดูลสื่อสารยี่ห้อ Quectel รุ่น UC15-T มีพอร์ต Micro USB สำหรับเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ต USB ได้ บนบอร์ดโมดูล 3G มีคอนเนคเตอร์สำหรับเสาอากาศสื่อสารหลัก (Main Antenna) แบบ RP-SMA ดังรูปที่ 2.8

## 3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง

### 3.3.1 การทดสอบการเขียนโปรแกรมควบคุมการใช้งานบอร์ด 3G Module (UC15-T)

เขียนโปรแกรมควบคุมการใช้งานบอร์ด 3G Module (UC15-T) โดยกำหนดให้โมดูลสามารถทำงานได้ดังนี้ สามารถส่งข้อความเข้า SMS และสามารถโทรเข้าเบอร์ที่ตั้งค่าไว้ได้ ซึ่งขีดจำกัดในการส่งข้อความสามารถส่งได้ 160 ตัวอักษรเป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษ

### 3.3.2 การทดสอบการเขียนโปรแกรมควบคุมการใช้งานโมดูลจีพีเอส Ublox GYGPSV1 NEO-6M GPS module

ทดสอบการเขียนโปรแกรมควบคุมการใช้งานบอร์ด Ublox GYGPSV1 NEO-6M GPS module โดยทำการทดสอบโดยให้บอร์ดประมวลผลเพื่อทำการส่งตำแหน่งที่ตั้ง ละติจูดและลองจิจูดที่วัดได้

### 3.3.3 การทดสอบการเขียนโปรแกรมควบคุมการใช้งานโมดูลตรวจจับการชน การกระแทก KY-031 Arduino Knock Impact Sensor

ทดสอบการเขียนโปรแกรมควบคุมการใช้งานโมดูลตรวจจับการกระแทก KY-031 Arduino Knock Impact Sensor ซึ่งโมดูลนี้มีการทำงานคล้ายสวิตช์ โดยกำหนดให้มีค่าแรงดันเป็น 1 เมื่อเกิดการกระแทก Serial Monitor จะแสดง Pulse เพื่อให้เห็นว่าโมดูลได้รับแรงกระแทก

### 3.3.4 การทดสอบความแม่นยำในการระบุพิกัดของโมดูล GPS

ทำการทดสอบความแม่นยำ โดยที่จะทำการวัดค่าที่ได้รับจาก NEO-6M GPS module เทียบกับที่ได้จากตำแหน่ง GPS อ้างอิง ทำการหาระยะห่างระหว่างตำแหน่งที่ NEO-6M GPS module วัดได้กับตำแหน่งอ้างอิง โดยหาได้จากสมการของแฮเวอร์ซีน

### 3.3.5 การทดสอบการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานร่วมกันของ ไมโครคอนโทรลเลอร์

ทดสอบการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานร่วมกันของบอร์ด Arduino Mega 2560, โมดูลกล้อง Esp32-cam, บอร์ด 3G Module (UC15-T), โมดูลจีพีเอส Ublox GYGPSV1 NEO-6M GPS module และ โมดูลตรวจจับการชน การกระแทก KY-031 Arduino Knock Impact Sensor โดยกำหนดให้เมื่อเกิดอุบัติเหตุเซนเซอร์สามารถตรวจจับการกระแทก การชนได้ สามารถส่ง SMS แจ้งเตือนตำแหน่งที่ตั้งผ่าน SMS และถ่ายภาพส่งผ่านไลน์เพื่อยืนยัน ในอีกเงื่อนไขหนึ่งเมื่อผู้ใช้กดปุ่มขอความช่วยเหลือจะสามารถโทรไปยังเบอร์ที่ตั้งค่าได้

### 3.3.6 การทดสอบพลังงานการกระแทกหวมกนิริภัยจากการใช้วัตถุที่มีมวลต่างกัน

ทดสอบพลังงานการกระแทกที่กระทำต่อหวมกนิริภัย โดยจะวัตถุที่มีมวลต่างกัน เริ่มต้นจากวัตถุมวล 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4 และ 1.5 กิโลกรัม แต่ละมวลจะทำการทดสอบในระดับความสูงที่ต่างกันเริ่มต้นจากความสูง 0.20, 0.40, 0.60, 0.80, 1.00, 1.20, 1.40, 1.60, 1.80 และ 2.00 เมตร

### 3.3.7 การทดสอบการตรวจจับแรงกระแทก ในสถานการณ์ต่างๆ

ทดสอบโดยการจำลองสถานการณ์การขับขี่รถจักรยานยนต์และสวมหมวกนิรภัยส่งสัญญาณขอความช่วยเหลืออัตโนมัติ ผ่านลูกระนาดและพื้นผิวขรุขระ แล้วบันทึกผลว่าหมวกนิรภัยส่งสัญญาณขอความช่วยเหลืออัตโนมัติมีการตรวจจับแรงกระแทกได้หรือไม่

### 3.3.8 การทดสอบระยะเวลาที่ใช้ในการทำงานของระบบ

ทดสอบระยะเวลาที่ใช้ในการเชื่อมต่อระบบทั้งหมด โดยการจับเวลาตั้งแต่เริ่มต้นปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าไปในวงจรด้วยแบตเตอรี่ และสิ้นสุดการจับเวลาเมื่อ Esp32-cam มีการเชื่อมต่อกับสัญญาณ Wi-Fi แล้ว



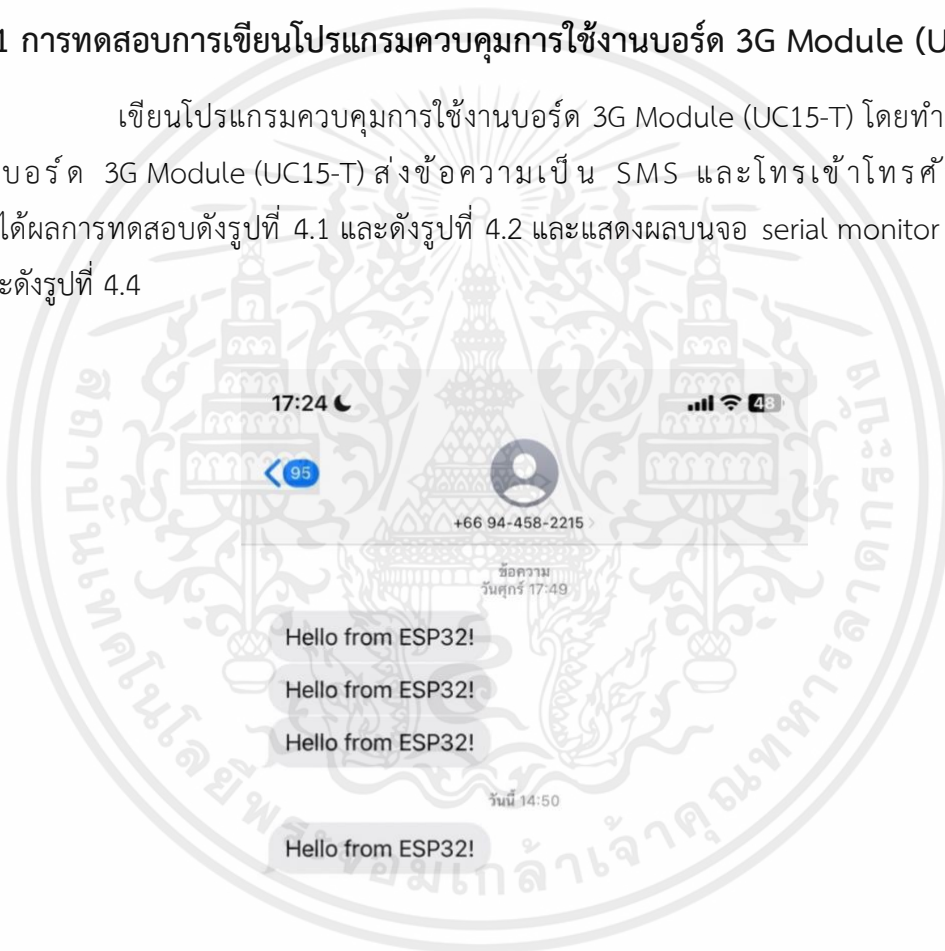
## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

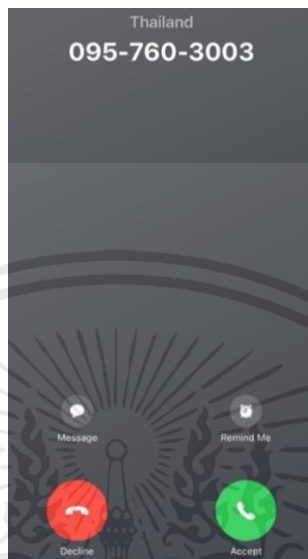
ผู้จัดทำได้ทำการเก็บผลการทำงานของระบบ โดยแบ่งการทดลองและจัดเก็บผลการทดลองเป็นส่วนๆ ดังต่อไปนี้

#### 4.1 การทดสอบการเขียนโปรแกรมควบคุมการใช้งานบอร์ด 3G Module (UC15-T)

เขียนโปรแกรมควบคุมการใช้งานบอร์ด 3G Module (UC15-T) โดยทำการทดสอบให้บอร์ด 3G Module (UC15-T) ส่งข้อความเป็น SMS และโทรเข้าโทรศัพท์มือถือ ซึ่งได้ผลการทดสอบดังรูปที่ 4.1 และดังรูปที่ 4.2 และแสดงผลบนจอ serial monitor ดังรูปที่ 4.3 และดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.1 3G Module (UC15-T) ส่งข้อความ SMS เข้าโทรศัพท์มือถือ



รูปที่ 4.2 3G Module (UC15-T) โทระเข้าโทรศัพท์มือถือ

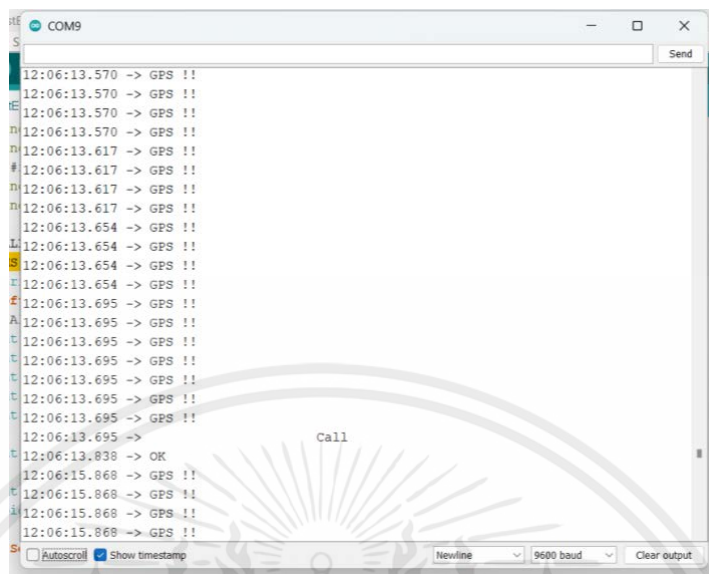
```

COM9
11:53:11.425 -> \fUC20
11:55:10.857 -> Power OFF
11:55:16.546 -> Power ON
11:55:19.132 ->
11:55:19.132 -> +CFUN: 1
11:55:19.788 ->
11:55:19.834 -> +CPIN: READY
11:55:19.834 ->
11:55:19.834 -> +QUSIM: 1
11:55:21.404 ->
11:55:21.404 -> +QIND: SMS DONE
11:55:24.167 ->
11:55:24.215 -> +QIND: PB DONE
11:55:24.215 ->
11:55:24.215 -> UC20 Ready...
11:55:24.262 ->
11:55:24.262 -> Close Echo
11:55:24.262 -> OK
11:55:24.262 -> GetOperator --> "My by CAT", 4
11:55:24.311 -> SignalQuality --> 17
11:55:24.358 -> Send SMS
11:55:24.358 -> GPS !!
11:55:24.358 -> AT+CMGF=1
11:55:24.405 -> OK
11:55:24.405 -> AT+CSMP=17,167,0,8
11:55:24.405 -> OK
11:55:24.405 -> AT+CSCS="UCS2"
11:55:24.405 -> OK
11:55:29.033 -> OK
11:55:29.033 -> Send OK
11:55:29.033 -> END
11:55:29.033 -> GPS !!

```

รูปที่ 4.3 Serial Monitor เริ่มต้นทำงานของระบบ

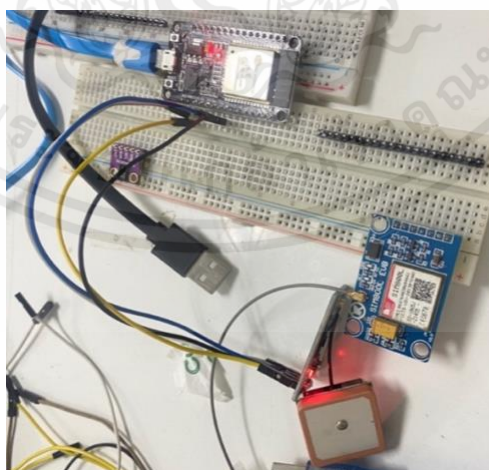
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 Serial Monitor การโทรขอความช่วยเหลือ

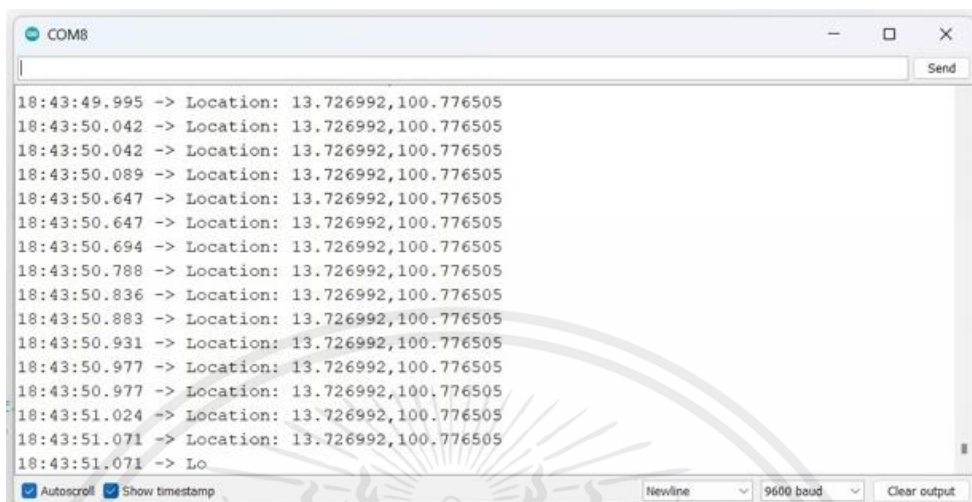
## 4.2 การทดสอบการเขียนโปรแกรมควบคุมการใช้งานโมดูลจีพีเอส Ublox GYGPSV1 NEO-6M GPS module

เขียนโปรแกรมควบคุมการใช้งานบอร์ด Ublox GYGPSV1 NEO-6M GPS module โดยทำการทดสอบโดยให้บอร์ดประมวลผลเพื่อทำการส่งตำแหน่งที่ตั้ง ละติจูดและลองจิจูดที่วัดได้ มีลักษณะการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ดังรูปที่ 4.5 ซึ่งได้ผลการทดสอบบน Serial Monitor ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.5 การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์เพื่อทำการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 ตำแหน่งที่ตั้งที่ได้จาก NEO-6M Module

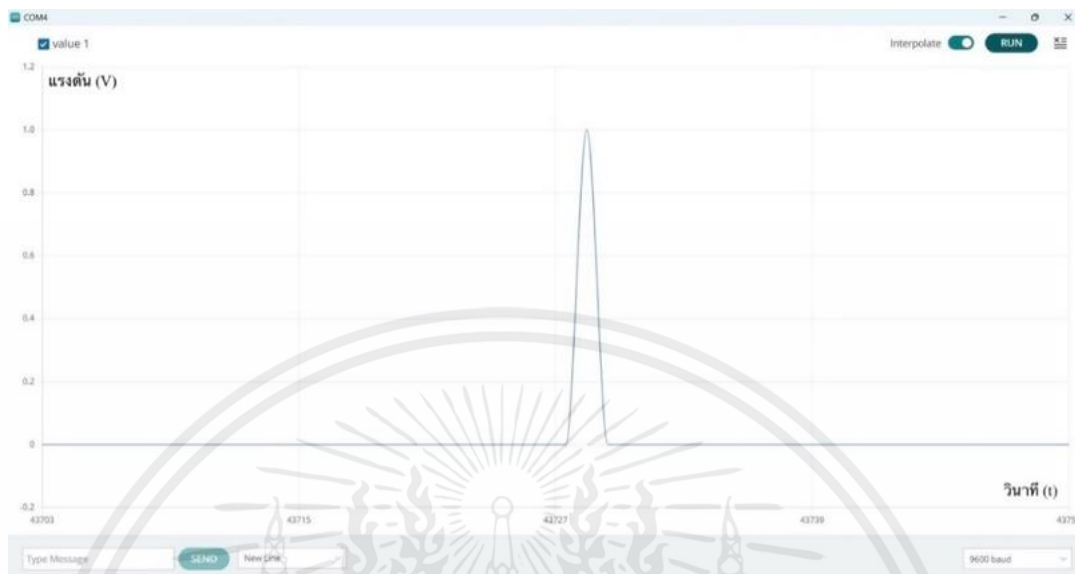
### 4.3 การทดสอบการเขียนโปรแกรมควบคุมการใช้งานโมดูลตรวจจับการชนการกระแทก KY-031 Arduino Knock Impact Sensor

เขียนโปรแกรมควบคุมการใช้งานโมดูลตรวจจับการกระแทก KY-031 Arduino Knock Impact Sensor มีลักษณะการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ดังรูปที่ 4.7 ซึ่งโมดูลนี้มีการทำงานคล้ายสวิตช์ โดยกำหนดให้มีค่าแรงดันเป็น 1 เมื่อเกิดการกระแทก Serial Monitor จะแสดง Pulse เพื่อให้เห็นว่าโมดูลได้รับแรงกระแทกดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.7 การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์เพื่อทำการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 ผลการทดลองโมดูลตรวจสอบการกระแทก

#### 4.4 การทดสอบความแม่นยำในการระบุพิกัดของโมดูล GPS

ทำการทดสอบความแม่นยำ โดยที่จะทำการวัดค่าที่ได้รับจาก NEO-6M GPS module เทียบกับที่ได้จากตำแหน่ง GPS อ้างอิง ทำการหาระยะห่างระหว่างตำแหน่งที่ NEO-6M GPS module วัดได้กับตำแหน่งอ้างอิง โดยหาได้จากสมการของแฮเวอร์ซิน

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบตำแหน่งที่ได้จากการวัดโดย NEO-6M GPS module สถานที่ที่ 1 (ข้างสนามฟุตบอล) เทียบกับตำแหน่งตามพิกัด GPS อ้างอิง (13.7291884, 100.773319)

ครั้งที่	Latitude	Longitude
1	13.729129	100.773336
2	13.729121	100.773339
3	13.729116	100.773341
4	13.729111	100.773344
5	13.729109	100.773344
6	13.729107	100.773346
7	13.729106	100.773346
8	13.729104	100.773346
9	13.729102	100.773347
10	13.729102	100.773347
เฉลี่ย	13.729110	100.773343

จากตำแหน่งที่ได้จากการวัดโดย NEO-6M GPS module สถานที่ที่ 1 (ข้างสนามฟุตบอล) เทียบกับตำแหน่งตามพิกัด GPS อ้างอิงในโทรศัพท์มือถือ คำนวณระยะห่างเฉลี่ยได้เท่ากับ 9.0949 เมตร ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 2.1

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบตำแหน่งที่ได้จากการวัดโดย NEO-6M GPS module สถานที่ที่ 2 (สนามกีฬาบาส) เทียบกับตำแหน่งตามพิกัด GPS อ้างอิง (13.7287783, 100.7722336)

ครั้งที่	Latitude	Longitude
1	13.728686	100.772457
2	13.728687	100.772457
3	13.728688	100.772456
4	13.728689	100.772455
5	13.728691	100.772456
6	13.728692	100.772456
7	13.728692	100.772455
8	13.728694	100.772454
9	13.728699	100.772454
10	13.728702	100.772455
เฉลี่ย	13.728692	100.772455

จากตำแหน่งที่ได้จากการวัดโดย NEO-6M GPS module สถานที่ที่ 2 (สนามกีฬาบาส) เทียบกับตำแหน่งตามพิกัด GPS อ้างอิงในโทรศัพท์มือถือถือคำนวณระยะห่างเฉลี่ยได้เท่ากับ 25.7686 เมตร ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 2.1

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบตำแหน่งที่ได้จากการวัดโดย NEO-6M GPS module สถานีที่ 3 (หอประชุมคณะสถาปัตยกรรม) เทียบกับตำแหน่งตามพิกัด GPS อ้างอิง (13.7263557, 100.7754307)

ครั้งที่	Latitude	Longitude
1	13.726144	100.775471
2	13.726143	100.775471
3	13.726141	100.775472
4	13.726138	100.775471
5	13.726131	100.775473
6	13.726130	100.775472
7	13.726131	100.775471
8	13.726130	100.775470
9	13.726134	100.775465
10	13.726136	100.775463
เฉลี่ย	13.726136	100.775470

จากตำแหน่งที่ได้จากการวัดโดย NEO-6M GPS module สถานีที่ 3 (หอประชุมคณะสถาปัตยกรรม) เทียบกับตำแหน่งตามพิกัด GPS อ้างอิงในโทรศัพท์มือถือ คำนวณระยะห่างเฉลี่ยได้เท่ากับ 24.7956 เมตร ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 2.1

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบตำแหน่งที่ได้จากการวัดโดย NEO-6M GPS module สถานีที่ 4 (ตึกวิศวกรรมโยธา) เทียบกับตำแหน่งตามพิกัด GPS อ้างอิง (13.7269049, 100.7746705)

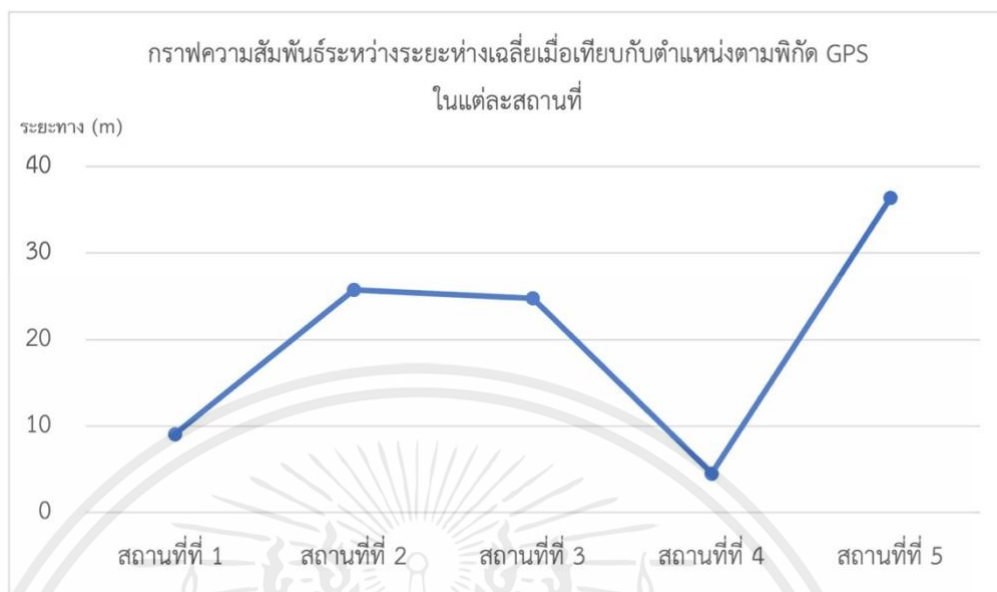
ครั้งที่	Latitude	Longitude
1	13.726902	100.774626
2	13.726901	100.774627
3	13.726900	100.774627
4	13.726899	100.774627
5	13.726898	100.774629
6	13.726897	100.774630
7	13.726896	100.774631
8	13.726895	100.774632
9	13.726894	100.774633
10	13.726894	100.774634
เฉลี่ย	13.7268976	100.774629

จากตำแหน่งที่ได้จากการวัดโดย NEO-6M GPS module สถานีที่ 4 (ตึกวิศวกรรมโยธา) เทียบกับตำแหน่งตามพิกัด GPS อ้างอิงในโทรศัพท์มือถือคำนวณระยะห่างเฉลี่ยได้เท่ากับ 4.5556 เมตร ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 2.1

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบตำแหน่งที่ได้จากการวัดโดย NEO-6M GPS module สถานีที่ 5 (KL VILLA) เทียบกับตำแหน่งตามพิกัด GPS อ้างอิง (13.7275690, 100.7716320)

ครั้งที่	Latitude	Longitude
1	13.727527	100.771967
2	13.727526	100.771965
3	13.727527	100.771967
4	13.727528	100.771968
5	13.727528	100.771969
6	13.727528	100.771968
7	13.727528	100.771967
8	13.727528	100.771966
9	13.727527	100.771962
10	13.727526	100.771961
เฉลี่ย	13.7275273	100.771966

จากตำแหน่งที่ได้จากการวัดโดย NEO-6M GPS module สถานีที่ 5 (KL VILLA) เทียบกับตำแหน่งตามพิกัด GPS อ้างอิงในโทรศัพท์มือถือคำนวณระยะห่างเฉลี่ยได้เท่ากับ 36.3749 เมตร ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 2.1



รูปที่ 4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างเฉลี่ยเทียบกับตำแหน่งตามพิกัด GPS

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างเฉลี่ยเทียบกับตำแหน่งตามพิกัด GPS ดังรูปที่ 4.9 การทดสอบการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ จะได้ว่าเมื่อทำการวัดที่โล่งแจ้ง ไม่มีสิ่งบดบัง จะสามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้โดยตรงปราศจากสิ่งบดบัง หากตำแหน่งที่ตั้งได้ใกล้เคียงกับตำแหน่ง GPS อ่างอิง มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อย ในทางกลับกันถ้าอยู่ในที่ที่มีต้นไม้ ตึก หรือมีสิ่งบดบัง ความสามารถในการรับสัญญาณจากดาวเทียม การหาตำแหน่งที่ตั้งจะมีค่าความคลาดเคลื่อนมากกว่าการหาตำแหน่งที่ตั้งในที่โล่งแจ้ง

#### 4.5 การทดสอบการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานร่วมกันของไมโครคอนโทรลเลอร์

ทดสอบการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานร่วมกันของบอร์ด Arduino Mega 2560, โมดูลกล้อง Esp32-cam, บอร์ด 3G Module (UC15-T), โมดูลจีพีเอส Ublox GYGPSV1 NEO-6M GPS module และ โมดูลตรวจจับการชน การกระแทก KY-031 Arduino Knock Impact Sensor โดยกำหนดให้เมื่อเกิดอุบัติเหตุเซนเซอร์สามารถตรวจจับการกระแทก การชนได้ สามารถส่ง SMS แจ้งเตือนตำแหน่งที่ตั้งผ่าน SMS และถ่ายภาพส่งผ่านไลน์เพื่อยืนยัน ในอีกสื่อนี้อีกหนึ่ง เมื่อผู้ใช้กดปุ่มขอความช่วยเหลือจะสามารถโทรไปยังเบอร์ที่ตั้งค่า ทำการทดสอบโดยจะจำลองการเกิดอุบัติเหตุจะได้ข้อมูลตามตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 เก็บข้อมูลการทดสอบประสิทธิภาพ

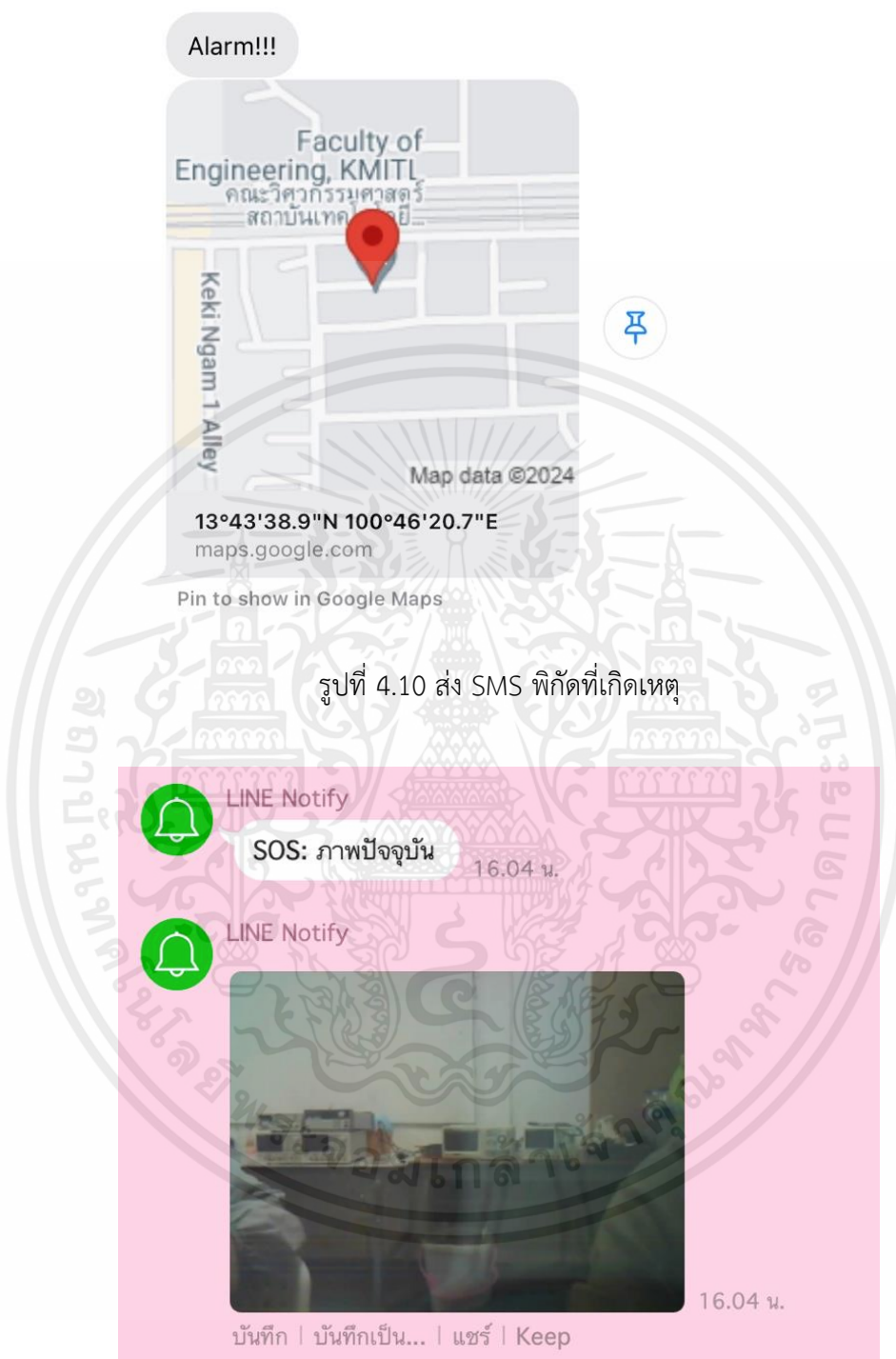
ครั้งที่	เซนเซอร์วัดการกระแทก				การโทรเมื่อกดปุ่ม	หมายเหตุ
	ส่ง SMS		แจ้งเตือนผ่านไลน์			
	ส่งพิกัดที่เกิดเหตุ	ไม่ส่งพิกัดที่เกิดเหตุ	ส่งรูปภาพ	ไม่ส่งรูปภาพ		
1	/		/		/	
2	/		/		/	
3	/		/		/	
4	/		/		/	
5	/		/		/	
6	/		/		/	
7	/		/		/	
8	/		/		/	
9	/		/		/	
10	/		/		/	
11	/		/		/	
12		/		/	/	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 เก็บข้อมูลการทดสอบประสิทธิภาพ (ต่อ)

ครั้งที่	เซนเซอร์วัดการกระแทก				การโทร เมื่อกด ปุ่ม	หมายเหตุ
	ส่ง SMS		แจ้งเตือนผ่านไลน์			
	ส่งพิกัด ที่เกิดเหตุ	ไม่ส่งพิกัด ที่เกิดเหตุ	ส่งรูปภาพ	ไม่ส่งรูปภาพ		
13	/		/		/	
14	/		/		/	
15	/		/		/	
16	/		/		/	
17		/		/	/	
18	/		/		/	
19	/		/		/	
20	/		/		/	
21	/		/		/	
22	/		/		/	
23	/		/		/	
24	/		/		/	
25	/		/	/	/	
26	/		/		/	
27	/		/		/	
28	/		/		/	
29	/		/		/	
30	/		/		/	
เฉลี่ย	93.33%		90%		100%	
รวม	94.9975%					

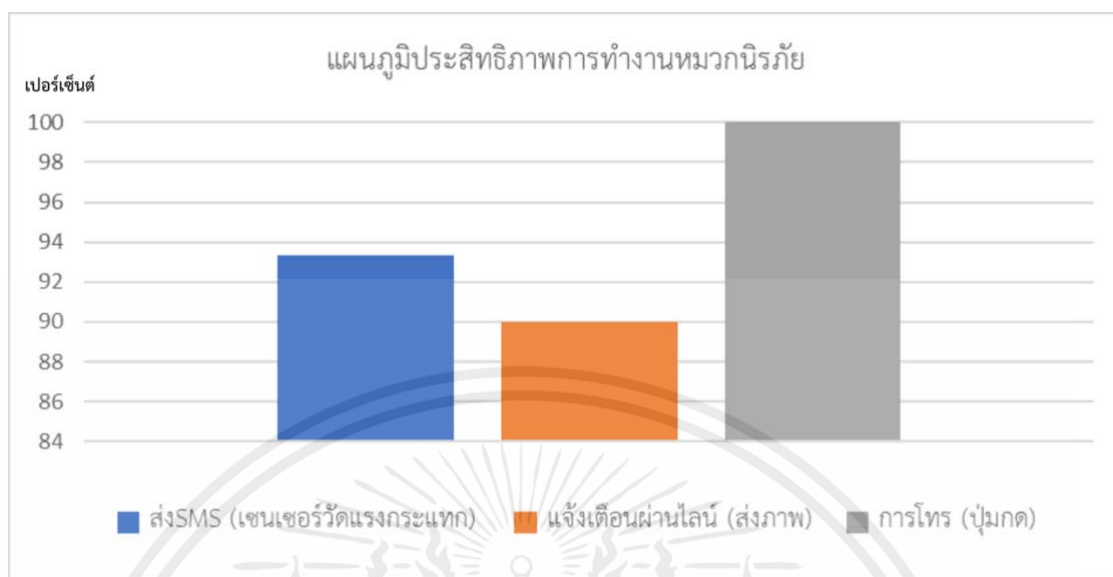
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 ส่ง SMS พิกัดที่เกิดเหตุ

รูปที่ 4.11 แจ้งเตือนผ่านไลน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 แผนภูมิประสิทธิภาพการทำงานหวมกนิรภัย

จากการทดสอบประสิทธิภาพภาพรวมของระบบได้ข้อสรุปดังรูปที่ 4.12 ทำการทดสอบทั้งหมด 30 ครั้ง โดยจะแบ่งการวัดผลเป็นตามหัวข้อต่างๆ ดังนี้ เซนเซอร์วัดการกระแทกส่ง SMS เป็นพิกัดที่เกิดเหตุดังรูปที่ 4.10 ได้ทั้งหมด 28 ครั้ง จาก 30 ครั้ง คิดเป็น 93.33 เปอร์เซ็นต์ เซนเซอร์วัดการกระแทกส่งรูปภาพแจ้งเตือนผ่านไลน์ดังรูปที่ 4.11 เพื่อยืนยันว่าเกิดอุบัติเหตุจริงได้ทั้งหมด 27 ครั้ง จาก 30 ครั้ง คิดเป็น 90 เปอร์เซ็นต์ และทดสอบการขอความช่วยเหลือผ่านการโทรด้วยการกดปุ่มได้ผลลัพธ์ทั้งหมด 30 ครั้ง จาก 30 ครั้ง คิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์

#### 4.6 การทดสอบพลังงานการกระแทกหวมกนิรภัยจากการใช้วัตถุที่มีมวลต่างกัน

ทดสอบพลังงานการกระแทกที่กระทำต่อหวมกนิรภัย โดยจะวัตถุที่มีมวลต่างกันเริ่มต้นจาก วัตถุมวล 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4 และ 1.5 กิโลกรัม แต่ละมวลจะทำการทดสอบในระดับความสูงที่ต่างกันเริ่มต้นจากความสูง 0.20, 0.40, 0.60, 0.80, 1.00, 1.20, 1.40, 1.60, 1.80 และ 2.00 เมตร โดยจะมีลักษณะของการทำการทดสอบดังรูปที่ 4.13 และ 4.14 นำค่ามวลและความสูงที่กำหนดมาแทนลงในสมการที่ 4.3 ให้ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกเท่ากับ 9.8 เมตรต่อวินาทียกกำลังสอง จะได้ผลทดสอบตามตารางที่ 4.7 - 4.21

คำนวณพลังงานการกระแทกที่กระทำต่อหมวกนิรภัย จากสมการ

$$E = mgh \quad (4.3)$$

โดยที่

$E$  คือ พลังงานการกระแทก มีหน่วยเป็นนิวตันเมตร หรือจูล

$m$  คือ มวลที่ใช้ในการทดสอบ มีหน่วยเป็นกิโลกรัม

$g$  คือ ความเร่งเนื่องจากโน้มถ่วงของโลก มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาทียกกำลังสอง

$h$  คือ ความสูง มีหน่วยเป็นเมตร



รูปที่ 4.13 ลักษณะการทดสอบ



รูปที่ 4.14 ความสูงของการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ทดสอบพลังงานการกระแทกหวมกนิรภัยจากการใช้วัตถุที่มีมวล 0.1 กิโลกรัม

มวลที่ใช้ทดสอบ (กิโลกรัม)	ความสูง (เมตร)	พลังงานการกระแทก (นิวตันเมตร)	สถานะการตรวจจับ (ตรวจจับได้/ตรวจจับไม่ได้)
0.1	0.20	0.1960	ตรวจจับไม่ได้
	0.40	0.3920	ตรวจจับไม่ได้
	0.60	0.5880	ตรวจจับไม่ได้
	0.80	0.7840	ตรวจจับไม่ได้
	1.00	0.9800	ตรวจจับไม่ได้
	1.20	1.1760	ตรวจจับไม่ได้
	1.40	1.3720	ตรวจจับไม่ได้
	1.60	1.5680	ตรวจจับไม่ได้
	1.80	1.7640	ตรวจจับไม่ได้
	2.00	1.9600	ตรวจจับไม่ได้

ตารางที่ 4.8 ทดสอบพลังงานการกระแทกหวมกนิรภัยจากการใช้วัตถุที่มีมวล 0.2 กิโลกรัม

มวลที่ใช้ทดสอบ (กิโลกรัม)	ความสูง (เมตร)	พลังงานการกระแทก (นิวตันเมตร)	สถานะการตรวจจับ (ตรวจจับได้/ตรวจจับไม่ได้)
0.2	0.20	0.3920	ตรวจจับไม่ได้
	0.40	0.7840	ตรวจจับไม่ได้
	0.60	1.1760	ตรวจจับไม่ได้
	0.80	1.5680	ตรวจจับไม่ได้
	1.00	1.9600	ตรวจจับไม่ได้
	1.20	2.3520	ตรวจจับไม่ได้
	1.40	2.7440	ตรวจจับไม่ได้
	1.60	3.1360	ตรวจจับไม่ได้
	1.80	3.5280	ตรวจจับไม่ได้
	2.00	3.9200	ตรวจจับไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ทดสอบพลังงานการกระแทกหมวกนิรภัยจากการใช้วัตถุที่มีมวล 0.3 กิโลกรัม

มวลที่ใช้ทดสอบ (กิโลกรัม)	ความสูง (เมตร)	พลังงานการกระแทก (นิวตันเมตร)	สถานะการตรวจจับ (ตรวจจับได้/ตรวจจับไม่ได้)
0.3	0.20	0.5880	ตรวจจับไม่ได้
	0.40	1.1760	ตรวจจับไม่ได้
	0.60	1.7640	ตรวจจับไม่ได้
	0.80	2.3520	ตรวจจับไม่ได้
	1.00	2.9400	ตรวจจับไม่ได้
	1.20	3.5280	ตรวจจับไม่ได้
	1.40	4.1160	ตรวจจับไม่ได้
	1.60	4.7040	ตรวจจับไม่ได้
	1.80	5.2920	ตรวจจับได้
	2.00	5.8800	ตรวจจับได้

ตารางที่ 4.10 ทดสอบพลังงานการกระแทกหมวกนิรภัยจากการใช้วัตถุที่มีมวล 0.4 กิโลกรัม

มวลที่ใช้ทดสอบ (กิโลกรัม)	ความสูง (เมตร)	พลังงานการกระแทก (นิวตันเมตร)	สถานะการตรวจจับ (ตรวจจับได้/ตรวจจับไม่ได้)
0.4	0.20	0.7840	ตรวจจับไม่ได้
	0.40	1.5680	ตรวจจับไม่ได้
	0.60	2.3520	ตรวจจับไม่ได้
	0.80	3.1360	ตรวจจับไม่ได้
	1.00	3.9200	ตรวจจับไม่ได้
	1.20	4.7040	ตรวจจับไม่ได้
	1.40	5.4880	ตรวจจับได้
	1.60	6.2720	ตรวจจับได้
	1.80	7.0560	ตรวจจับได้
	2.00	7.8400	ตรวจจับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ทดสอบพลังงานการกระแทกหมวกนิรภัยจากการใช้วัตถุที่มีมวล 0.5 กิโลกรัม

มวลที่ใช้ทดสอบ (กิโลกรัม)	ความสูง (เมตร)	พลังงานการกระแทก (นิวตันเมตร)	สถานะการตรวจจับ (ตรวจจับได้/ตรวจจับไม่ได้)
0.5	0.20	0.9800	ตรวจจับไม่ได้
	0.40	1.9600	ตรวจจับไม่ได้
	0.60	2.9400	ตรวจจับไม่ได้
	0.80	3.9200	ตรวจจับไม่ได้
	1.00	4.9000	ตรวจจับไม่ได้
	1.20	5.8800	ตรวจจับได้
	1.40	6.8600	ตรวจจับได้
	1.60	7.8400	ตรวจจับได้
	1.80	8.8200	ตรวจจับได้
	2.00	9.8000	ตรวจจับได้

ตารางที่ 4.12 ทดสอบพลังงานการกระแทกหมวกนิรภัยจากการใช้วัตถุที่มีมวล 0.6 กิโลกรัม

มวลที่ใช้ทดสอบ (กิโลกรัม)	ความสูง (เมตร)	พลังงานการกระแทก (นิวตันเมตร)	สถานะการตรวจจับ (ตรวจจับได้/ตรวจจับไม่ได้)
0.6	0.20	1.1760	ตรวจจับไม่ได้
	0.40	2.3520	ตรวจจับไม่ได้
	0.60	3.5280	ตรวจจับไม่ได้
	0.80	4.7040	ตรวจจับไม่ได้
	1.00	5.8800	ตรวจจับได้
	1.20	7.0560	ตรวจจับได้
	1.40	8.2320	ตรวจจับได้
	1.60	9.4080	ตรวจจับได้
	1.80	10.5840	ตรวจจับได้
	2.00	11.7600	ตรวจจับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 ทดสอบพลังงานการกระแทกหมวกนิรภัยจากการใช้วัตถุที่มีมวล 0.7 กิโลกรัม

มวลที่ใช้ทดสอบ (กิโลกรัม)	ความสูง (เมตร)	พลังงานการกระแทก (นิวตันเมตร)	สถานะการตรวจจับ (ตรวจจับได้/ตรวจจับไม่ได้)
0.7	0.20	1.3720	ตรวจจับไม่ได้
	0.40	2.7440	ตรวจจับไม่ได้
	0.60	4.1160	ตรวจจับไม่ได้
	0.80	5.4880	ตรวจจับได้
	1.00	6.8600	ตรวจจับได้
	1.20	8.2320	ตรวจจับได้
	1.40	9.6040	ตรวจจับได้
	1.60	10.9760	ตรวจจับได้
	1.80	12.3480	ตรวจจับได้
	2.00	13.7200	ตรวจจับได้

ตารางที่ 4.14 ทดสอบพลังงานการกระแทกหมวกนิรภัยจากการใช้วัตถุที่มีมวล 0.8 กิโลกรัม

มวลที่ใช้ทดสอบ (กิโลกรัม)	ความสูง (เมตร)	พลังงานการกระแทก (นิวตันเมตร)	สถานะการตรวจจับ (ตรวจจับได้/ตรวจจับไม่ได้)
0.8	0.20	1.5680	ตรวจจับไม่ได้
	0.40	3.1360	ตรวจจับไม่ได้
	0.60	4.7040	ตรวจจับไม่ได้
	0.80	6.2720	ตรวจจับได้
	1.00	7.8400	ตรวจจับได้
	1.20	9.4080	ตรวจจับได้
	1.40	10.9760	ตรวจจับได้
	1.60	12.5440	ตรวจจับได้
	1.80	14.1120	ตรวจจับได้
	2.00	15.6800	ตรวจจับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 ทดสอบพลังงานการกระแทกหมวกนิรภัยจากการใช้วัตถุที่มีมวล 0.9 กิโลกรัม

มวลที่ใช้ทดสอบ (กิโลกรัม)	ความสูง (เมตร)	พลังงานการกระแทก (นิวตันเมตร)	สถานะการตรวจจับ (ตรวจจับได้/ตรวจจับไม่ได้)
0.9	0.20	1.9600	ตรวจจับไม่ได้
	0.40	3.9200	ตรวจจับไม่ได้
	0.60	5.8800	ตรวจจับได้
	0.80	7.8400	ตรวจจับได้
	1.00	9.8000	ตรวจจับได้
	1.20	11.7600	ตรวจจับได้
	1.40	13.7200	ตรวจจับได้
	1.60	15.6800	ตรวจจับได้
	1.80	17.6400	ตรวจจับได้
	2.00	19.6000	ตรวจจับได้

ตารางที่ 4.16 ทดสอบพลังงานการกระแทกหมวกนิรภัยจากการใช้วัตถุที่มีมวล 1.0 กิโลกรัม

มวลที่ใช้ทดสอบ (กิโลกรัม)	ความสูง (เมตร)	พลังงานการกระแทก (นิวตันเมตร)	สถานะการตรวจจับ (ตรวจจับได้/ตรวจจับไม่ได้)
1.0	0.20	1.9600	ตรวจจับไม่ได้
	0.40	3.9200	ตรวจจับไม่ได้
	0.60	5.8800	ตรวจจับได้
	0.80	7.8400	ตรวจจับได้
	1.00	9.8000	ตรวจจับได้
	1.20	11.7600	ตรวจจับได้
	1.40	13.7200	ตรวจจับได้
	1.60	15.6800	ตรวจจับได้
	1.80	17.6400	ตรวจจับได้
	2.00	19.6000	ตรวจจับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17 ทดสอบพลังงานการกระแทกหมวกนิรภัยจากการใช้วัตถุที่มีมวล 1.1 กิโลกรัม

มวลที่ใช้ทดสอบ (กิโลกรัม)	ความสูง (เมตร)	พลังงานการกระแทก (นิวตันเมตร)	สถานะการตรวจจับ (ตรวจจับได้/ตรวจจับไม่ได้)
1.1	0.20	2.1560	ตรวจจับไม่ได้
	0.40	4.3120	ตรวจจับไม่ได้
	0.60	6.4680	ตรวจจับได้
	0.80	8.6240	ตรวจจับได้
	1.00	10.780	ตรวจจับได้
	1.20	12.9360	ตรวจจับได้
	1.40	15.0920	ตรวจจับได้
	1.60	17.2480	ตรวจจับได้
	1.80	19.4040	ตรวจจับได้
	2.00	21.5600	ตรวจจับได้

ตารางที่ 4.18 ทดสอบพลังงานการกระแทกหมวกนิรภัยจากการใช้วัตถุที่มีมวล 1.2 กิโลกรัม

มวลที่ใช้ทดสอบ (กิโลกรัม)	ความสูง (เมตร)	พลังงานการกระแทก (นิวตันเมตร)	สถานะการตรวจจับ (ตรวจจับได้/ตรวจจับไม่ได้)
1.2	0.20	2.3520	ตรวจจับไม่ได้
	0.40	4.7040	ตรวจจับไม่ได้
	0.60	7.0560	ตรวจจับได้
	0.80	9.4080	ตรวจจับได้
	1.00	11.7600	ตรวจจับได้
	1.20	14.1120	ตรวจจับได้
	1.40	16.4640	ตรวจจับได้
	1.60	18.8160	ตรวจจับได้
	1.80	21.1680	ตรวจจับได้
	2.00	23.5200	ตรวจจับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.19 ทดสอบพลังงานการกระแทกหมวกนิรภัยจากการใช้วัตถุที่มีมวล 1.3 กิโลกรัม

มวลที่ใช้ทดสอบ (กิโลกรัม)	ความสูง (เมตร)	พลังงานการกระแทก (นิวตันเมตร)	สถานะการตรวจจับ (ตรวจจับได้/ตรวจจับไม่ได้)
1.3	0.20	2.5480	ตรวจจับไม่ได้
	0.40	5.0960	ตรวจจับไม่ได้
	0.60	7.6440	ตรวจจับได้
	0.80	10.1920	ตรวจจับได้
	1.00	12.7400	ตรวจจับได้
	1.20	15.2880	ตรวจจับได้
	1.40	17.8360	ตรวจจับได้
	1.60	20.3840	ตรวจจับได้
	1.80	22.9320	ตรวจจับได้
	2.00	25.4800	ตรวจจับได้

ตารางที่ 4.20 ทดสอบพลังงานการกระแทกหมวกนิรภัยจากการใช้วัตถุที่มีมวล 1.4 กิโลกรัม

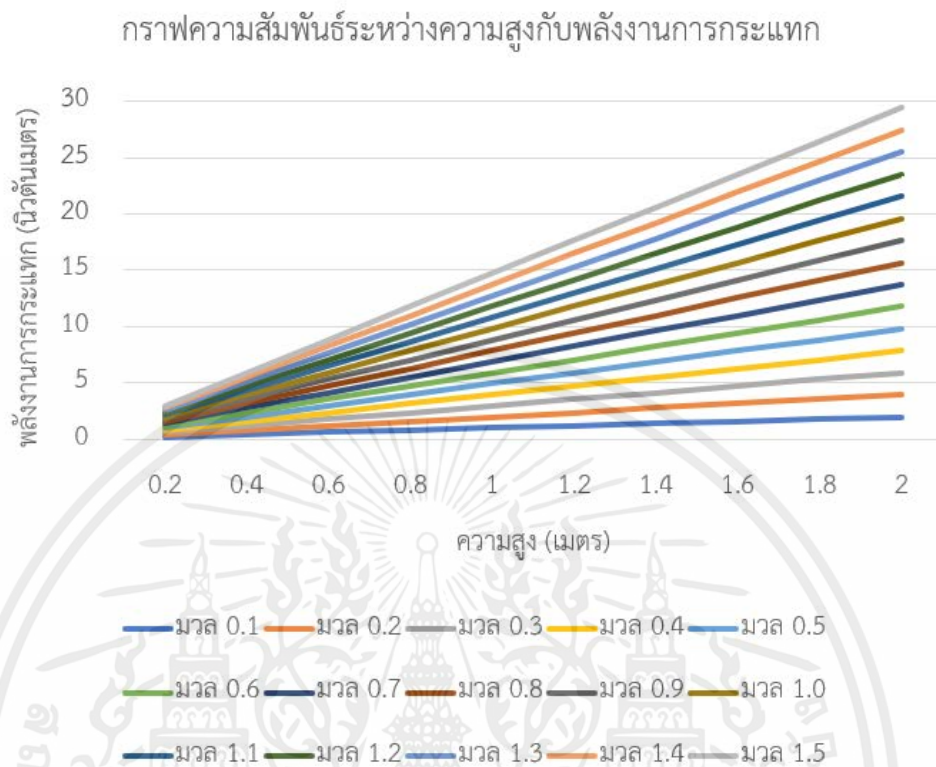
มวลที่ใช้ทดสอบ (กิโลกรัม)	ความสูง (เมตร)	พลังงานการกระแทก (นิวตันเมตร)	สถานะการตรวจจับ (ตรวจจับได้/ตรวจจับไม่ได้)
1.4	0.20	2.7440	ตรวจจับไม่ได้
	0.40	5.4880	ตรวจจับได้
	0.60	8.2320	ตรวจจับได้
	0.80	10.9760	ตรวจจับได้
	1.00	13.7200	ตรวจจับได้
	1.20	16.4640	ตรวจจับได้
	1.40	19.2080	ตรวจจับได้
	1.60	21.9520	ตรวจจับได้
	1.80	24.6960	ตรวจจับได้
	2.00	27.4400	ตรวจจับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.21 ทดสอบพลังงานการกระแทกหมวกนิรภัยจากการใช้วัตถุที่มีมวล 1.5 กิโลกรัม

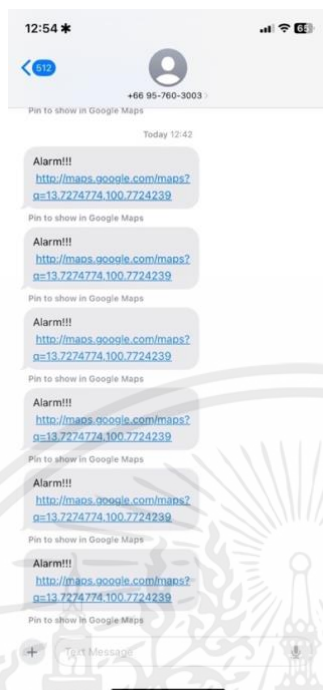
มวลที่ใช้ทดสอบ (กิโลกรัม)	ความสูง (เมตร)	พลังงานการกระแทก (นิวตันเมตร)	สถานะการตรวจจับ (ตรวจจับได้/ตรวจจับไม่ได้)
1.5	0.20	2.9400	ตรวจจับไม่ได้
	0.40	5.8800	ตรวจจับได้
	0.60	8.8200	ตรวจจับได้
	0.80	11.7600	ตรวจจับได้
	1.00	14.7000	ตรวจจับได้
	1.20	17.6400	ตรวจจับได้
	1.40	20.5800	ตรวจจับได้
	1.60	23.5200	ตรวจจับได้
	1.80	26.4600	ตรวจจับได้
	2.00	29.4000	ตรวจจับได้

จากการทดสอบโดยการนำวัตถุที่มีมวลขนาด 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4 และ 1.5 กิโลกรัม แต่ละมวลจะทำการทดสอบในระดับความสูงที่ต่างกันเริ่มต้นจากความสูง 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8 และ 2.0 เมตร ตามลำดับ ซึ่งจะได้พลังงานการกระแทกตามตารางที่ 4.7 – 4.21 สังเกตผลการทดลอง จะได้ว่า ที่พลังงานการกระแทก 5.2920 นิวตันเมตร เป็นค่าเริ่มต้นที่หมวกนิรภัยสามารถตรวจจับการกระแทกและสามารถส่งตำแหน่งที่ตั้งได้ ดังรูปที่ 4.16 และ 4.17 ซึ่งค่าที่ต่ำกว่า 5.2920 นิวตันเมตร ไม่สามารถตรวจจับการกระแทกได้ โดยมวลแต่ละค่าเริ่มตรวจจับการกระแทกได้ที่พลังงานการกระแทกใกล้เคียงกันประมาณ 5.2920 นิวตันเมตร

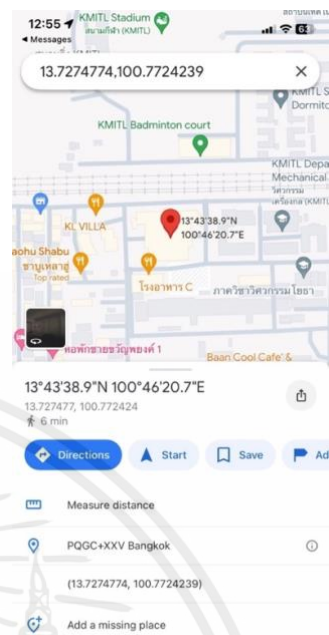


รูปที่ 4.15 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงกับพลังงานการกระแทก

จากรูปที่ 4.15 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงกับพลังงานการกระแทก พบว่าวัตถุมวลเท่ากันเมื่อเพิ่มความสูง พลังงานการกระแทกที่เกิดขึ้นจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ในทางเดียวกันถ้าความสูงที่ทำการทดลองเท่ากันแต่มวลวัตถุเพิ่มขึ้น พลังงานการกระแทกที่เกิดขึ้นจะมีค่าเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน เห็นได้ว่า พลังงานการกระแทกแปรผันตามมวลของวัตถุและความสูง



รูปที่ 4.16 SMS แจ้งเตือน



รูปที่ 4.17 เมื่อกดลิงค์ Google Maps

#### 4.7 การทดสอบการตรวจจับแรงกระแทก ในสถานการณ์ต่างๆ

ทำการทดสอบโดยการการขับขี่รถจักรยานยนต์และสวมหมวกนิรภัยส่งสัญญาณขอความช่วยเหลืออัตโนมัติ ผ่านลูกระนาดและพื้นผิวขรุขระดังรูปที่ 4.18 แล้วหมวกนิรภัยส่งสัญญาณขอความช่วยเหลืออัตโนมัติมีการตรวจจับแรงกระแทกได้หรือไม่



รูปที่ 4.18 จำลองการขับขี่รถจักรยานยนต์พร้อมสวมหมวกนิรภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.22 ทดลองขับรถจักรยานยนต์ผ่านลูกระนาดด้วยความเร็ว 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ครั้งที่	สถานะการตรวจจับ (ตรวจจับได้/ตรวจจับไม่ได้)
1	ตรวจจับไม่ได้
2	ตรวจจับไม่ได้
3	ตรวจจับไม่ได้
4	ตรวจจับไม่ได้
5	ตรวจจับไม่ได้
6	ตรวจจับไม่ได้
7	ตรวจจับไม่ได้
8	ตรวจจับไม่ได้
9	ตรวจจับไม่ได้
10	ตรวจจับไม่ได้
11	ตรวจจับไม่ได้
12	ตรวจจับไม่ได้
13	ตรวจจับไม่ได้
14	ตรวจจับไม่ได้
15	ตรวจจับไม่ได้
16	ตรวจจับไม่ได้
17	ตรวจจับไม่ได้
18	ตรวจจับไม่ได้
19	ตรวจจับไม่ได้
20	ตรวจจับไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.23 ทดลองขับรถจักรยานยนต์ผ่านลูกระนาดด้วยความเร็ว 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ครั้งที่	สถานะการตรวจจับ (ตรวจจับได้/ตรวจจับไม่ได้)
1	ตรวจจับไม่ได้
2	ตรวจจับไม่ได้
3	ตรวจจับไม่ได้
4	ตรวจจับไม่ได้
5	ตรวจจับไม่ได้
6	ตรวจจับไม่ได้
7	ตรวจจับไม่ได้
8	ตรวจจับไม่ได้
9	ตรวจจับไม่ได้
10	ตรวจจับไม่ได้
11	ตรวจจับไม่ได้
12	ตรวจจับไม่ได้
13	ตรวจจับไม่ได้
14	ตรวจจับไม่ได้
15	ตรวจจับไม่ได้
16	ตรวจจับไม่ได้
17	ตรวจจับไม่ได้
18	ตรวจจับไม่ได้
19	ตรวจจับไม่ได้
20	ตรวจจับไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.24 ทดลองขับรถจักรยานยนต์ผ่านลูกระนาดด้วยความเร็ว 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ครั้งที่	สถานะการตรวจจับ (ตรวจจับได้/ตรวจจับไม่ได้)
1	ตรวจจับไม่ได้
2	ตรวจจับไม่ได้
3	ตรวจจับไม่ได้
4	ตรวจจับไม่ได้
5	ตรวจจับไม่ได้
6	ตรวจจับไม่ได้
7	ตรวจจับไม่ได้
8	ตรวจจับไม่ได้
9	ตรวจจับไม่ได้
10	ตรวจจับไม่ได้
11	ตรวจจับไม่ได้
12	ตรวจจับไม่ได้
13	ตรวจจับไม่ได้
14	ตรวจจับไม่ได้
15	ตรวจจับไม่ได้
16	ตรวจจับไม่ได้
17	ตรวจจับไม่ได้
18	ตรวจจับไม่ได้
19	ตรวจจับไม่ได้
20	ตรวจจับไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.25 ทดลองขับรถจักรยานยนต์ผ่านลูกระนาดด้วยความเร็ว 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ครั้งที่	สถานะการตรวจจับ (ตรวจจับได้/ตรวจจับไม่ได้)
1	ตรวจจับไม่ได้
2	ตรวจจับไม่ได้
3	ตรวจจับไม่ได้
4	ตรวจจับไม่ได้
5	ตรวจจับไม่ได้
6	ตรวจจับไม่ได้
7	ตรวจจับไม่ได้
8	ตรวจจับไม่ได้
9	ตรวจจับไม่ได้
10	ตรวจจับไม่ได้
11	ตรวจจับไม่ได้
12	ตรวจจับไม่ได้
13	ตรวจจับไม่ได้
14	ตรวจจับไม่ได้
15	ตรวจจับไม่ได้
16	ตรวจจับไม่ได้
17	ตรวจจับไม่ได้
18	ตรวจจับไม่ได้
19	ตรวจจับไม่ได้
20	ตรวจจับไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.26 ทดลองขับรถจักรยานยนต์ผ่านลูกระนาดด้วยความเร็ว 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ครั้งที่	สถานะการตรวจจับ (ตรวจจับได้/ตรวจจับไม่ได้)
1	ตรวจจับไม่ได้
2	ตรวจจับไม่ได้
3	ตรวจจับไม่ได้
4	ตรวจจับไม่ได้
5	ตรวจจับไม่ได้
6	ตรวจจับไม่ได้
7	ตรวจจับไม่ได้
8	ตรวจจับไม่ได้
9	ตรวจจับไม่ได้
10	ตรวจจับไม่ได้
11	ตรวจจับไม่ได้
12	ตรวจจับไม่ได้
13	ตรวจจับไม่ได้
14	ตรวจจับไม่ได้
15	ตรวจจับไม่ได้
16	ตรวจจับไม่ได้
17	ตรวจจับไม่ได้
18	ตรวจจับไม่ได้
19	ตรวจจับไม่ได้
20	ตรวจจับไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.27 ทดลองขับรถจักรยานยนต์ผ่านลูกระนาดด้วยความเร็ว 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ครั้งที่	สถานะการตรวจจับ (ตรวจจับได้/ตรวจจับไม่ได้)
1	ตรวจจับไม่ได้
2	ตรวจจับไม่ได้
3	ตรวจจับไม่ได้
4	ตรวจจับไม่ได้
5	ตรวจจับไม่ได้
6	ตรวจจับไม่ได้
7	ตรวจจับไม่ได้
8	ตรวจจับไม่ได้
9	ตรวจจับไม่ได้
10	ตรวจจับไม่ได้
11	ตรวจจับไม่ได้
12	ตรวจจับไม่ได้
13	ตรวจจับไม่ได้
14	ตรวจจับไม่ได้
15	ตรวจจับไม่ได้
16	ตรวจจับไม่ได้
17	ตรวจจับไม่ได้
18	ตรวจจับไม่ได้
19	ตรวจจับไม่ได้
20	ตรวจจับไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดสอบโดยการขับรถจักรยานยนต์โดยสวมใส่หมวกนิรภัยส่งสัญญาณขอความช่วยเหลืออัตโนมัติผ่านลูกระนาด เพื่อทดสอบการตรวจจับแรงกระแทกของหมวกนิรภัยส่งสัญญาณขอความช่วยเหลืออัตโนมัติในความเร็วที่แตกต่างกัน เริ่มจากความเร็วที่ 60, 50, 40, 30, 20 และ 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ ได้ข้อสรุปตามตารางที่ 4.23 - 4.28 พบว่าหมวกนิรภัยส่งสัญญาณขอความช่วยเหลืออัตโนมัติไม่สามารถตรวจจับแรงกระแทกที่เกิดขึ้นได้ คิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ที่ไม่สามารถตรวจจับได้

ตารางที่ 4.28 ทดลองขับรถจักรยานยนต์ผ่านถนนขรุขระด้วยความเร็ว 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ครั้งที่	สถานะการตรวจจับ (ตรวจจับได้/ตรวจจับไม่ได้)
1	ตรวจจับไม่ได้
2	ตรวจจับไม่ได้
3	ตรวจจับไม่ได้
4	ตรวจจับไม่ได้
5	ตรวจจับไม่ได้
6	ตรวจจับไม่ได้
7	ตรวจจับไม่ได้
8	ตรวจจับไม่ได้
9	ตรวจจับไม่ได้
10	ตรวจจับไม่ได้
11	ตรวจจับไม่ได้
12	ตรวจจับไม่ได้
13	ตรวจจับไม่ได้
14	ตรวจจับไม่ได้
15	ตรวจจับไม่ได้
16	ตรวจจับไม่ได้
17	ตรวจจับไม่ได้
18	ตรวจจับไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.28 ทดลองขับรถจักรยานยนต์ผ่านถนนลูกรังด้วยความเร็ว 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (ต่อ)

ครั้งที่	สถานะการตรวจจับ (ตรวจจับได้/ตรวจจับไม่ได้)
19	ตรวจจับไม่ได้
20	ตรวจจับไม่ได้

ตารางที่ 4.29 ทดลองขับรถจักรยานยนต์ผ่านถนนลูกรังด้วยความเร็ว 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ครั้งที่	สถานะการตรวจจับ (ตรวจจับได้/ตรวจจับไม่ได้)
1	ตรวจจับไม่ได้
2	ตรวจจับไม่ได้
3	ตรวจจับไม่ได้
4	ตรวจจับไม่ได้
5	ตรวจจับไม่ได้
6	ตรวจจับไม่ได้
7	ตรวจจับไม่ได้
8	ตรวจจับไม่ได้
9	ตรวจจับไม่ได้
10	ตรวจจับไม่ได้
11	ตรวจจับไม่ได้
12	ตรวจจับไม่ได้
13	ตรวจจับไม่ได้
14	ตรวจจับไม่ได้
15	ตรวจจับไม่ได้
16	ตรวจจับไม่ได้
17	ตรวจจับไม่ได้
18	ตรวจจับไม่ได้
19	ตรวจจับไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.29 ทดลองขับรถจักรยานยนต์ผ่านถนนขรุขระด้วยความเร็ว 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (ต่อ)

ครั้งที่	สถานะการตรวจจับ (ตรวจจับได้/ตรวจจับไม่ได้)
20	ตรวจจับไม่ได้

ตารางที่ 4.30 ทดลองขับรถจักรยานยนต์ผ่านถนนขรุขระด้วยความเร็ว 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ครั้งที่	สถานะการตรวจจับ (ตรวจจับได้/ตรวจจับไม่ได้)
1	ตรวจจับไม่ได้
2	ตรวจจับไม่ได้
3	ตรวจจับไม่ได้
4	ตรวจจับไม่ได้
5	ตรวจจับไม่ได้
6	ตรวจจับไม่ได้
7	ตรวจจับไม่ได้
8	ตรวจจับไม่ได้
9	ตรวจจับไม่ได้
10	ตรวจจับไม่ได้
11	ตรวจจับไม่ได้
12	ตรวจจับไม่ได้
13	ตรวจจับไม่ได้
14	ตรวจจับไม่ได้
15	ตรวจจับไม่ได้
16	ตรวจจับไม่ได้
17	ตรวจจับไม่ได้
18	ตรวจจับไม่ได้
19	ตรวจจับไม่ได้
20	ตรวจจับไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.31 ทดลองขับรถจักรยานยนต์ผ่านถนนขรุขระด้วยความเร็ว 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ครั้งที่	สถานะการตรวจจับ (ตรวจจับได้/ตรวจจับไม่ได้)
1	ตรวจจับไม่ได้
2	ตรวจจับไม่ได้
3	ตรวจจับไม่ได้
4	ตรวจจับไม่ได้
5	ตรวจจับไม่ได้
6	ตรวจจับไม่ได้
7	ตรวจจับไม่ได้
8	ตรวจจับไม่ได้
9	ตรวจจับไม่ได้
10	ตรวจจับไม่ได้
11	ตรวจจับไม่ได้
12	ตรวจจับไม่ได้
13	ตรวจจับไม่ได้
14	ตรวจจับไม่ได้
15	ตรวจจับไม่ได้
16	ตรวจจับไม่ได้
17	ตรวจจับไม่ได้
18	ตรวจจับไม่ได้
19	ตรวจจับไม่ได้
20	ตรวจจับไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.32 ทดลองขับรถจักรยานยนต์ผ่านถนนขรุขระด้วยความเร็ว 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ครั้งที่	สถานะการตรวจจับ (ตรวจจับได้/ตรวจจับไม่ได้)
1	ตรวจจับไม่ได้
2	ตรวจจับไม่ได้
3	ตรวจจับไม่ได้
4	ตรวจจับไม่ได้
5	ตรวจจับไม่ได้
6	ตรวจจับไม่ได้
7	ตรวจจับไม่ได้
8	ตรวจจับไม่ได้
9	ตรวจจับไม่ได้
10	ตรวจจับไม่ได้
11	ตรวจจับไม่ได้
12	ตรวจจับไม่ได้
13	ตรวจจับไม่ได้
14	ตรวจจับไม่ได้
15	ตรวจจับไม่ได้
16	ตรวจจับไม่ได้
17	ตรวจจับไม่ได้
18	ตรวจจับไม่ได้
19	ตรวจจับไม่ได้
20	ตรวจจับไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.33 ทดลองขับรถจักรยานยนต์ผ่านถนนขรุขระด้วยความเร็ว 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

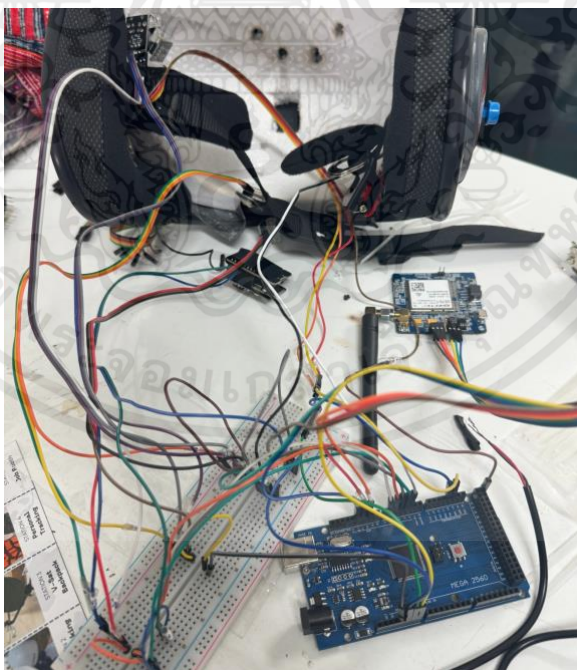
ครั้งที่	สถานะการตรวจจับ (ตรวจจับได้/ตรวจจับไม่ได้)
1	ตรวจจับไม่ได้
2	ตรวจจับไม่ได้
3	ตรวจจับไม่ได้
4	ตรวจจับไม่ได้
5	ตรวจจับไม่ได้
6	ตรวจจับไม่ได้
7	ตรวจจับไม่ได้
8	ตรวจจับไม่ได้
9	ตรวจจับไม่ได้
10	ตรวจจับไม่ได้
11	ตรวจจับไม่ได้
12	ตรวจจับไม่ได้
13	ตรวจจับไม่ได้
14	ตรวจจับไม่ได้
15	ตรวจจับไม่ได้
16	ตรวจจับไม่ได้
17	ตรวจจับไม่ได้
18	ตรวจจับไม่ได้
19	ตรวจจับไม่ได้
20	ตรวจจับไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดสอบโดยการขับรถจักรยานยนต์โดยสวมใส่หมวกนิรภัยส่งสัญญาณขอความช่วยเหลืออัตโนมัติผ่านพื้นผิวถนนที่ขรุขระ เพื่อทดสอบการตรวจจับแรงกระแทกของหมวกนิรภัยส่งสัญญาณขอความช่วยเหลืออัตโนมัติในความเร็วที่แตกต่างกัน เริ่มจากความเร็วที่ 60, 50, 40, 30, 20 และ 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ ได้ข้อสรุปตามตารางที่ 4.29 - 4.34 พบว่าหมวกนิรภัยส่งสัญญาณขอความช่วยเหลืออัตโนมัติไม่สามารถตรวจจับแรงกระแทกที่เกิดขึ้นได้ คิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ที่ไม่สามารถตรวจจับได้

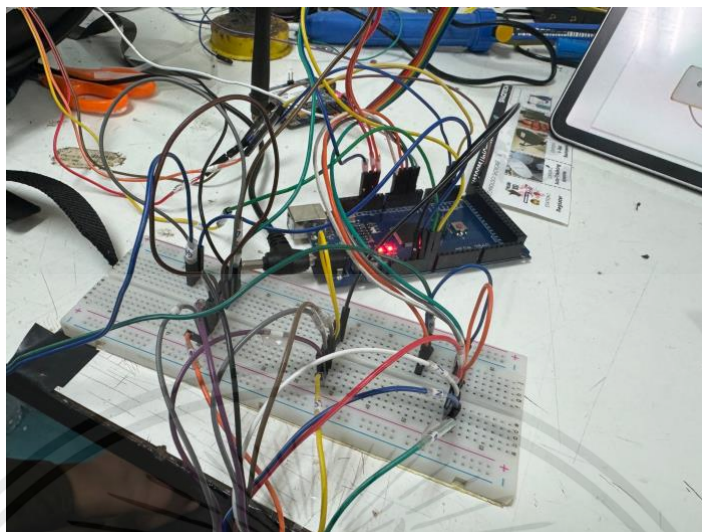
#### 4.8 การทดสอบระยะเวลาที่ใช้ในการทำงานของระบบ

จากรูปที่ 4.19 และรูปที่ 4.20 แสดงการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ เพื่อทดสอบระยะเวลาการเชื่อมต่อของระบบทั้งหมดต้องใช้เวลาไม่กี่วินาทีระบบจึงจะพร้อมทำงานได้สมบูรณ์ ทดลองโดยการนำบอร์ดประมวลผลและเซ็นเซอร์ทุกตัวมาต่อกันตามที่ออกแบบไว้จากนั้นเริ่มจ่ายไฟเข้าในระบบแล้วดูผลจาก serial monitor ร่วมกับการทดลองให้ระบบทำงานจริง คือ โทรและส่งข้อความเมื่อมีการกระแทกกับหมวกนิรภัย และมีการบันทึกภาพจาก Esp32-cam ส่งเข้า LINE Notify เมื่อมีการกระแทกเกิดขึ้น



รูปที่ 4.19 การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์

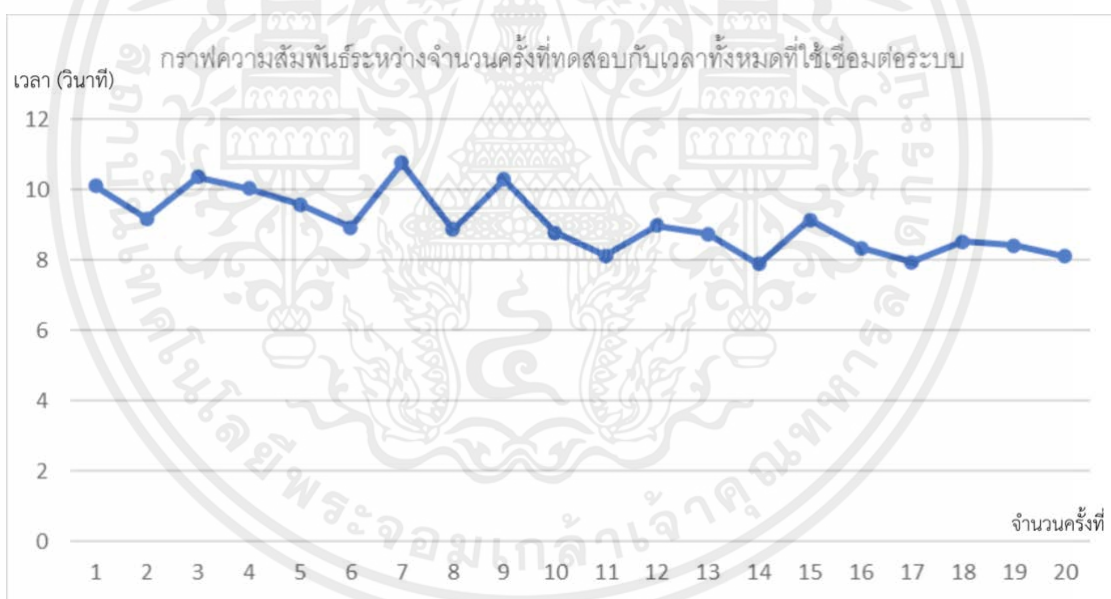
ตารางที่ 4.34 ทดสอบระยะเวลาที่ใช้ในการทำงานของระบบ

จำนวนครั้ง	เวลาที่ใช้ในการเชื่อมต่อ (วินาที)
1	10.11
2	9.18
3	10.35
4	10.03
5	9.58
6	8.92
7	10.76
8	8.87
9	10.28
10	8.77
11	8.12
12	8.97
13	8.74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.34 ทดสอบระยะเวลาที่ใช้ในการทำงานของระบบ (ต่อ)

จำนวนครั้ง	เวลาที่ใช้ในการเชื่อมต่อ (วินาที)
14	7.88
15	9.14
16	8.34
17	7.94
18	8.52
19	8.42
20	8.11
เฉลี่ย	9.0515



รูปที่ 4.21 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งที่ทดสอบกับเวลาทั้งหมดที่ใช้เชื่อมต่อระบบ

จากการทดลองทดสอบระยะเวลาที่ใช้เชื่อมต่อระบบทั้งหมด โดยการทดสอบการทำงานภาพรวมของระบบจะใช้เวลาเท่าไรระบบจึงจะพร้อมใช้งาน ทำการทดสอบ 20 ครั้ง ผลการทดสอบตามตารางที่ 4.35 และรูปที่ 4.21 ค่าเฉลี่ยเวลาที่ระบบพร้อมทำงานเท่ากับ 9.0515 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผล

ปริญญานิพนธ์นี้มีเป้าหมายเพื่อนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการสร้างหมวกนิรภัยส่งสัญญาณขอความช่วยเหลืออัตโนมัติ เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นทั้งกับบุคคลและทรัพย์สิน โดยอาศัยหลักการของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้ภายในระบบ มีการใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับการชน การกระแทก KY-031 โมดูลจีพีเอส Ublox GYGPSV1 NEO-6M GPS module บอร์ด 3G Module (UC15-T) โมดูลกล้อง Esp32-cam ร่วมกับบอร์ดประมวลผลบอร์ด Arduino Mega 2560 เพื่อหากมีการเกิดอุบัติเหตุขึ้น เซนเซอร์ตรวจจับการกระแทกได้ หมวกนิรภัยจะส่ง SMS ในการแจ้งเตือนไปยังเบอร์ฉุกเฉินที่ตั้งไว้ เพื่อระบุตำแหน่งที่ตั้งในการเกิดอุบัติเหตุและถ่ายภาพส่งเข้าแอปพลิเคชันไลน์ เพื่อเป็นหลักฐานยืนยันการเกิดอุบัติเหตุในทางกลับกันถ้าผู้ขับขี่เกิดอุบัติเหตุแต่เซนเซอร์ไม่ได้รับการกระแทกหรือเกิดอุบัติเหตุเล็กน้อย หมวกนิรภัยจะมีปุ่มสำหรับการโทรเข้าไปยังเบอร์ฉุกเฉินที่ตั้งค่าไว้ และมีกล้องวงปิดขนาดเล็กเพื่อบันทึกวิดีโอขณะขับขี่ หากเกิดอุบัติเหตุจะสามารถนำคลิปวิดีโอเหตุการณ์ไปใช้ในทางกฎหมายได้

ในภาคการเรียนที่ 1 ผู้จัดทำได้ออกแบบหมวกนิรภัยส่งสัญญาณขอความช่วยเหลืออัตโนมัติที่ประกอบไปด้วยการศึกษาทฤษฎีและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อโปรเจกต์เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ทดสอบการทำงานเซนเซอร์ตรวจจับการชน การกระแทก KY-031 ทดสอบการทำงานโมดูลจีพีเอส Ublox GYGPSV1 NEO-6M GPS module ทดสอบการทำงานบอร์ด 3G Module (UC15-T) ทดสอบการทำงานโมดูลกล้อง Esp32-cam ทดสอบการโทรและส่ง SMS และทำการทดสอบระบบหมวกนิรภัยส่งสัญญาณขอความช่วยเหลืออัตโนมัติบันทึกผลเบื้องต้น

ในภาคการเรียนที่ 2 ผู้จัดทำได้ออกแบบและจัดทำหมวกนิรภัยส่งสัญญาณขอความช่วยเหลืออัตโนมัติที่ประกอบไปด้วยการออกแบบวางแผนการวางสายไฟให้เป็นระเบียบภายในหมวกนิรภัย เพิ่มแบตเตอรี่เพื่อเป็นพลังงานในการใช้งานเมื่อขับขี่และจัดทำชิ้นงานปรับปรุงแก้ไขเพิ่มกล้องบันทึกวิดีโอเพื่อบันทึกเหตุการณ์ จำลองการทดสอบหมวกนิรภัยส่งสัญญาณขอความช่วยเหลืออัตโนมัติที่มีการส่ง SMS เมื่อมีการเกิดอุบัติเหตุ ส่งรูปภาพยืนยันการเกิดเหตุการณ์

ผ่าน LINE Notify เมื่อนำส่วนที่ได้ออกแบบในภาคการเรียนที่ 1 และส่วนที่ทำในภาคการเรียนที่ 2 มาใช้งานร่วมกัน พบว่าสามารถใช้งานร่วมกันได้อย่างสมบูรณ์

## 5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

1. หมวกนิรภัยส่งสัญญาณขอความช่วยเหลืออัตโนมัติ มีข้อจำกัดคือ Esp32-cam ไม่สามารถบันทึกวิดีโอแล้วส่งเป็นข้อความเข้าในโทรศัพท์มือถือได้ วิธีแก้ไขคือนำ Esp32-cam มาบันทึกภาพแล้วส่งเข้าในไลน์แทน
2. มีการเปลี่ยนแปลงการใช้โมดูลบ่อยครั้งโดยการทดลองใช้อินใหม่ทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายและเสียเวลาในการทำงาน วิธีแก้ไขคือ ในทดลองครั้งต่อไปได้มีการศึกษาข้อมูลต่างๆ และเทคนิคการใช้งานของแต่ละโมดูลอย่างแม่นยำ เพื่อลดข้อผิดพลาดในการทำงาน
3. อุปกรณ์ชิ้นส่วนฮาร์ดแวร์มีขนาดใหญ่ทำให้การประกอบแต่ละชิ้นลงในหมวกนิรภัยมีความยากและทำให้หมวกนิรภัยที่ทำการประกอบเสร็จแล้วมีการใช้งานไม่สะดวกนัก เนื่องจากเซนเซอร์ต่างๆ มีขนาดใหญ่ วิธีแก้ไขคือ จัดทำกล่องเพื่อจัดเก็บโมดูลให้เป็นระเบียบ

## บรรณานุกรม

- [1] HANWEI ELETRONICS. “TECHNICAL DATA MQ-3 GAS SENSOR.”, sparkfun.,  
<https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/MQ-3.pdf>.
- [2] ETT CO., LTD. “คู่มือการใช้งานบอร์ด ET-3G UC15.”, est.co.,  
<https://www.ett.co.th/prod2015/ET-3G%20UC15/man-th-ET-3G%20UC15.pdf>.
- [3] THAI INDUSTRIAL STANDARD “มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม”, tisi,  
[TIS-369-2557m.pdf \(tisi.go.th\)](https://www.tisi.go.th/TIS-369-2557m.pdf).
- [4] U-blox. “NEO-6 u-blox 6 GPS Modules.”, content.u-blox,  
[https://content.u-blox.com/sites/default/files/products/documents/NEO-6\\_DataSheet\\_%28GPS.G6-HW-09005%29.pdf](https://content.u-blox.com/sites/default/files/products/documents/NEO-6_DataSheet_%28GPS.G6-HW-09005%29.pdf).
- [5] GISGeography. “Geosynchronous vs Geostationary Orbits.” [ออนไลน์].  
<https://spaceplace.nasa.gov/gps/en/>.
- [6] กลุ่มวิจัยระบบภูมิสารสนเทศเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น มธ. (GCOM) “องค์ประกอบของ GPS” [ออนไลน์].  
<http://www.gis2me.com/gcom/?p=901>.
- [7] Navipedia. “GPS User Segment.” [ออนไลน์].  
[https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/GPS\\_User\\_Segment](https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/GPS_User_Segment).
- [8] GRAMIN. “GPS คืออะไร?” [ออนไลน์].  
<https://www.garmin.com/th-TH/aboutgps/>.
- [9] Mantech. “Arduino Mega 2560.”, mantech.  
<https://www.mantech.co.za/datasheets/products/A000047.pdf>.
- [10] joy it. “KY-031 Knock-sensor module.”, datasheetpdf.  
<https://datasheetpdf.com/pdf-file/1402041/Joy-IT/KY-031/1>.
- [11] ZED ONLINE SCHOOL. “Earth Geometry | How to Calculate Distance Along Latitude and Longitude.” [ออนไลน์].  
<https://www.youtube.com/watch?v=E85HW2UEIFs>.
- [12] Ciksiti. “ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับ Arduino Mega 2560.” [ออนไลน์].  
<https://ciksiti.com/th/chapters/11168-introduction-to-arduino-mega-2560>.

- [13] CyberTice. "สอนใช้งาน ESP32 CAM Wifi with OV2640 module โมดูล ESP32-Cam พร้อมกล้อง OV2640 พร้อมโมดูลอัฟโฟโหลด." [ออนไลน์].  
<https://www.cybertice.com/article/667/สอนใช้งาน-esp32-cam-wifi-with-ov2640-module-โมดูล-esp32-cam-พร้อมกล้อง-ov2640-พร้อมโมดูลอัฟโฟโหลด>.
- [14] Rui Santos. "Install the ESP32 Board in Arduino IDE in less than 1 minute (Windows, Mac OS X, and Linux)." [ออนไลน์].  
<https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=mBaS3YnqDaU>.
- [15] ฮาร์ดแวร์ปอนด์. "ESP32-CAM: สิ่งที่คุณควรรู้เกี่ยวกับโมดูลนี้." [ออนไลน์].  
<https://www.hwlibre.com/th/esp32-cam/>.
- [16] RANDOM NERD TUTORIALS. "ESP32 Digital Inputs and Digital Outputs (Arduino IDE)." [ออนไลน์].  
<https://randomnerdtutorials.com/esp32-digital-inputs-outputs-arduino/>.
- [17] IGISMAP. "Haversine Formula – Calculate geographic distance on earth." [ออนไลน์].  
<https://www.igismap.com/haversine-formula-calculate-geographic-distance-earth/>.
- [18] Amazon. "SMS คืออะไร." [ออนไลน์].  
<https://aws.amazon.com/th/what-is/sms/>
- [19] KACHA. 2565. วัตต์ แอมป์ โวลต์ ค่าต่างๆ ในระบบไฟฟ้า คืออะไรกันนะ?. [ออนไลน์].  
<https://www.kacha.co.th/articles/>.
- [20] SciMath. 2564. ไฟฟ้ากระแส. [ออนไลน์].  
<https://www.scimath.org/lesson-physics/item/11245-2019-12-19-07-35-22>.
- [21] Energy for Dummies. 2566. สูตรกำลังไฟฟ้า  $P = I \times V$  สูตรพื้นฐานสำหรับมือใหม่ สนใจโซลาร์. [ออนไลน์]. <https://energyfordummies.com/power-equation/>.
- [22] Physics By Kru Jittakorn. “กฎอนุรักษ์พลังงาน.” [ออนไลน์].  
[http://www.satriwit3.ac.th/files/150320099191458\\_20042422223044.pdf](http://www.satriwit3.ac.th/files/150320099191458_20042422223044.pdf)
- [23] Chulatutor. “กฎนิวตัน.” [ออนไลน์].  
<https://www.chulatutor.com/blog/>
- [24] กองป้องกันการบาดเจ็บ กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. "อุบัติเหตุรถจักรยานยนต์".  
<https://ddc.moph.go.th/uploads/publish/1073220201112064231.pdf>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

#include "SoftwareSerial.h"
#include "call.h"
#include "sms.h"

CALL call;
SMS sms;
String phone_number = "0944582215";
SoftwareSerial mySerial(10, 11); // RX, TX

int b_sos = 2;
int sensor1 = 3;
int sensor2 = 4;
int sensor3 = 5;
int sensor4 = 6;

float latitude;
float longitude;
float speed;

int c1 = 0;
void debug(String data)
{
    Serial.println(data);
}

void setup()
{
    Serial.begin(9600);
    pinMode(b_sos, INPUT_PULLUP);
    pinMode(sensor1, INPUT_PULLUP);
    pinMode(sensor2, INPUT_PULLUP);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

pinMode(sensor3, INPUT_PULLUP);
pinMode(sensor4, INPUT_PULLUP);
gsm.begin(&mySerial, 9600);
gsm.Event_debug = debug;
Serial.println(F("UC20"));
gsm.PowerOn();
while (gsm.WaitReady()) {}
Serial.print(F("GetOperator --> "));
Serial.println(gsm.GetOperator());
Serial.print(F("SignalQuality --> "));
Serial.println(gsm.SignalQuality());
Serial.println("Send SMS");
sms.DefaultSetting();
sms.Start(phone_number);
}

void loop()
{
  if ( digitalRead(sensor1) == LOW | digitalRead(sensor2) == LOW | digitalRead(sensor3)
== LOW | digitalRead(sensor4) == LOW )
  {
    Serial.println("      Gps begin");

    Serial1.begin(9600);
    delay(100);
    if (getPosition()) {
      Serial.print(latitude, 6);
      Serial.print(",");
      Serial.print(longitude, 6);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Serial.println();
delay(2000);
Serial.println(" SMS Alarm Emergency!!!");
sms.DefaultSetting();
sms.Start(phone_number);
sms.Sendln("Alarm Emergency!!! \n Location : http://maps.google.com/maps?q="
+ String(latitude) + "," + String(longitude));
sms.Stop();
Serial.println("END");
}
}
if ( digitalRead(b_sos) == LOW )
{
Serial.println("          Call ");
call.Call(phone_number);
delay(2000);
}

if (call.WaitRing())
{
Serial.print("Ring");
Serial.println(call.CurrentCallsMe());
}

if (gsm.available())
{
Serial.write(gsm.read());
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if (Serial.available())
{
    char c = Serial.read();
    gsm.write(c);

}
}

bool getPosition() {
    if (Serial1.available()) {
        String line = "";
        while (Serial1.available()) {
            char c = Serial1.read();
            Serial.print(c);
            if (c == '\r') {
                if (line.indexOf("$GPRMC") >= 0) {
                    Serial.println(line);
                    String dataCut[13];
                    int index = 0;
                    for (int dataStart = 0; dataStart < line.length();) {
                        dataCut[index] = line.substring(dataStart + 1, line.indexOf(',', dataStart + 1));
                        Serial.println(dataCut[index]);
                        dataStart = line.indexOf(',', dataStart + 1);
                        index++;
                    }
                }
                if (dataCut[2] == "A") {
                    int dotPos = 0;
                    dotPos = dataCut[3].indexOf('.');
                    String latDeg = dataCut[3].substring(0, dotPos - 2);
                }
            }
        }
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

String latMin = dataCut[3].substring(dotPos - 2, dotPos + 10);
dotPos = dataCut[5].indexOf('.');
String lngDeg = dataCut[5].substring(0, dotPos - 2);
String lngMin = dataCut[5].substring(dotPos - 2, dotPos + 10);
latitude = (latDeg.toFloat() + (latMin.toFloat() / 60.0)) * (dataCut[4] == "N" ? 1 :
-1);
longitude = (lngDeg.toFloat() + (lngMin.toFloat() / 60.0)) * (dataCut[6] == "E" ?
1 : -1);
speed = dataCut[7].toFloat() * 1.652;

return true;
} else {
    Serial.println("Error : No fix now.");
}
serialFlush();
}
line = "";
} else if (c == '\n') {
    // pass
} else {
    line += c;
}
delay(1);
}
}
return false;
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void serialFlush() {  
    while (Serial.available()) Serial.read();  
}
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข

โปรแกรมการทำงานของ Esp32-Cam

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

#include <WiFi.h>
#include "esp_camera.h"
#include "esp_system.h"

hw_timer_t *timer = NULL;
void IRAM_ATTR resetModule(){
    ets_printf("reboot\n");
    esp_restart();
}
#include <TridentTD_LineNotify.h>
#define SSID      "TOEY" //WiFi name
#define PASSWORD  "12345678" //PASSWORD
#define LINE_TOKEN "gIM8vMQK54l45m46HHYRDi54Ety9F9XDMec5Ra5ztVi"

// Pin definition for CAMERA_MODEL_AI_THINKER
#define PWDN_GPIO_NUM    32
#define RESET_GPIO_NUM  -1
#define XCLK_GPIO_NUM    0
#define SIOD_GPIO_NUM    26
#define SIOC_GPIO_NUM    27

#define Y9_GPIO_NUM      35
#define Y8_GPIO_NUM      34
#define Y7_GPIO_NUM      39
#define Y6_GPIO_NUM      36
#define Y5_GPIO_NUM      21
#define Y4_GPIO_NUM      19
#define Y3_GPIO_NUM      18
#define Y2_GPIO_NUM      5
#define VSYNC_GPIO_NUM   25

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

#define HREF_GPIO_NUM 23
#define PCLK_GPIO_NUM 22

int sensor1 = 12;
int sensor2 = 13;
int sensor3 = 14;
int sensor4 = 15;
const int Led_Flash = 4;
const int Led_run = 13;
//int PIR_Sensor = 14;
boolean startTimer = false;
unsigned long time_now=0;
int time_capture=0;

void setup() {

  Serial.begin(115200);
  pinMode(sensor1, INPUT_PULLUP);
  pinMode(sensor2, INPUT_PULLUP);
  pinMode(sensor3, INPUT_PULLUP);
  pinMode(sensor4, INPUT_PULLUP);

  while (!Serial) { ; }
  pinMode(Led_Flash, OUTPUT);
  pinMode(Led_run, OUTPUT);
  WiFi.begin(SSID, PASSWORD);
  Serial.printf("WiFi connecting to %s\n", SSID);
  while(WiFi.status() != WL_CONNECTED) { Serial.print("."); delay(400); }
  Serial.printf("\nWiFi connected\nIP : ");

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Serial.println(WiFi.localIP());
LINE.setToken(LINE_TOKEN);

timer = timerBegin(0, 80, true); //timer 0, div 80Mhz
timerAttachInterrupt(timer, &resetModule, true);
timerAlarmWrite(timer, 20000000, false); //set time in us 15s
timerAlarmEnable(timer); //enable interrupt

camera_config_t config;
config.ledc_channel = LEDC_CHANNEL_0;
config.ledc_timer = LEDC_TIMER_0;
config.pin_d0 = Y2_GPIO_NUM;
config.pin_d1 = Y3_GPIO_NUM;
config.pin_d2 = Y4_GPIO_NUM;
config.pin_d3 = Y5_GPIO_NUM;
config.pin_d4 = Y6_GPIO_NUM;
config.pin_d5 = Y7_GPIO_NUM;
config.pin_d6 = Y8_GPIO_NUM;
config.pin_d7 = Y9_GPIO_NUM;
config.pin_xclk = XCLK_GPIO_NUM;
config.pin_pclk = PCLK_GPIO_NUM;
config.pin_vsync = VSYNC_GPIO_NUM;
config.pin_href = HREF_GPIO_NUM;
config.pin_sscb_sda = SIOD_GPIO_NUM;
config.pin_sscb_scl = SIOC_GPIO_NUM;
config.pin_pwdn = PWDN_GPIO_NUM;
config.pin_reset = RESET_GPIO_NUM;
config.xclk_freq_hz = 20000000;
config.pixel_format = PIXFORMAT_JPEG;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    if(psramFound()){
// FRAMESIZE_ +
//QQVGA/160x120//QQVGA2/128x160//QCIF/176x144//HQVGA/240x176
//QVGA/320x240//CIF/400x296//VGA/640x480//SVGA/800x600//XGA/1024x768
//SXGA/1280x1024//UXGA/1600x1200//QXGA/2048*1536
    config.frame_size = FRAMESIZE_VGA;
    config.jpeg_quality = 10;
    config.fb_count = 2;
} else {
    config.frame_size = FRAMESIZE_QQVGA;
    config.jpeg_quality = 12;
    config.fb_count = 1;
}

// Init Camera
esp_err_t err = esp_camera_init(&config);
if (err != ESP_OK) {
    Serial.printf("Camera init failed with error 0x%x", err);
    return;
}
}

void loop() {
    timerWrite(timer, 0); //reset timer (feed watchdog)
    long tme = millis();
    if( digitalRead(sensor1) == LOW | digitalRead(sensor2) == LOW | digitalRead(sensor3)
== LOW | digitalRead(sensor4) == LOW && startTimer != true){
        Camera_capture();
        Serial.println("OK");
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        startTimer = true;
    }else if( digitalRead(sensor1) == HIGH | digitalRead(sensor2) == HIGH |
digitalRead(sensor3) == HIGH | digitalRead(sensor4) == HIGH ){
        startTimer = false;
        time_capture=0;
    }

if(millis() > time_now + 1000) {
    time_now = millis();
    digitalWrite(Led_run, HIGH);
    delay(20);
    digitalWrite(Led_run, LOW);
}
tme = millis() - tme;
if( digitalRead(sensor1) == LOW | digitalRead(sensor2) == LOW |
digitalRead(sensor3) == LOW | digitalRead(sensor4) == LOW ){
    if(++time_capture > 60){
        time_capture=0;
        Camera_capture();
        Serial.println("Over Time");
    }
}

Serial.println("take photo");
delay(200);
}

void Camera_capture() {

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

digitalWrite(Led_Flash, HIGH);
delay(100);
digitalWrite(Led_Flash, LOW);
delay(100);
digitalWrite(Led_Flash, HIGH);
camera_fb_t * fb = NULL;
delay(200);
// Take Picture with Camera
fb = esp_camera_fb_get();
if(!fb) {
  Serial.println("Camera capture failed");
  return;
}
digitalWrite(Led_Flash, LOW);
Send_line(fb->buf,fb->len);
esp_camera_fb_return(fb);
// Serial.println("Going to sleep now");
// esp_deep_sleep_start();
// Serial.println("This will never be printed");
}

void Send_line(uint8_t *image_data,size_t image_size){
  LINE.notifyPicture("เกิดอุบัติเหตุ!!!",image_data, image_size);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

