

ระบบติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ
TRACKING SYSTEM FOR LEO SATELLITE



โดย
นางสาวจันทะกานต์
นางสาวจุฑามณี
นางสาวชนิดาภา
วิญญายงค์
ฉลาดถ้อย
โพธิ์ทอง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2564

ระบบติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ

TRACKING SYSTEM FOR LEO SATELLITE

โดย

นางสาวจันทะกานต์	วิญญายงค์	61010136
นางสาวจุฑามณี	ฉลาดถ้อย	61010163
นางสาวชนิดาภา	โพธิ์ทอง	61010201

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.พีระเมศร์ โชติกวีกิจญาดา

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2564

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2564

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ

TRACKING SYSTEM FOR LEO SATELLITE

ผู้จัดทำ

- | | |
|-------------------------------|----------|
| 1. นางสาวจันทะกานต์ วิญญายงค์ | 61010136 |
| 2. นางสาวจุฑามณี ฉลาดถ้อย | 61010163 |
| 3. นางสาวชนิดาภา โพธิ์ทอง | 61010201 |



อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร.พีระเมศร์ โชติกวักจัญดา)

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความกรุณา และความช่วยเหลือจาก อาจารย์ที่ปรึกษา และผู้ที่เกี่ยวข้องในส่วนต่างๆ ทางผู้จัดทำขอขอบคุณ ดร.พีระเมศร์ โชติกวิกิจญาดา ที่ได้ให้คำแนะนำ ชี้แนะแนวคิด และแนวทางในการแก้ปัญหาในการทำงาน ข้อคิดเห็นต่างๆ ที่สนับสนุนต่อการทำงาน รวมถึงสอดแทรกทักษะ ประสบการณ์ต่างๆ ให้กับคณะผู้จัดทำ ขอขอบคุณทางบริษัท ไทยคม จำกัด (มหาชน) ที่ให้คำแนะนำพร้อมทั้งชี้แนวทางให้โครงงานนี้ และช่วยให้โครงงานนี้สามารถดำเนินไปได้ด้วยดี โดยที่“โครงงานนี้ได้รับทุนอุดหนุนจาก กองทุนวิจัยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง [2564-02-01-055]”

ขอขอบคุณคณาจารย์ และเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้อบรมสั่งสอน ประสิทธิ์ประสาทวิชา ความรู้ และประสบการณ์ให้แก่คณะผู้จัดทำ

นางสาวจันทะกานต์ วิญญายงค์
นางสาวจุฑามณี ฉลาดถ้อย
นางสาวชนิดาภา โพธิ์ทอง
ผู้จัดทำ

ระบบติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ

TRACKING SYSTEM FOR LEO SATELLITE

โดย นางสาวจันทะกานต์ วิญญูยางค์ 61010136
 นางสาวจุฑามณี นลادت้อย 61010163
 นางสาวชนิดาภา โพธิ์ทอง 61010201

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.พระเมศร์ โชติกวีกิจญาดา

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ เนื่องจากในปัจจุบันมีการใช้ดาวเทียมวงโคจรต่ำมาใช้ในเทคโนโลยีสื่อสารมากขึ้น ผู้จัดทำจึงเล็งเห็นความสำคัญในการจัดทำอุปกรณ์ติดตามดาวเทียมขึ้น โดยใช้ RTL-SDR DONGLE เชื่อมต่อกับสายอากาศแบบยาก็ โดยจะทำการวัดมุมการเคลื่อนที่ของดาวเทียมโดยใช้เซนเซอร์วัดมุมก้ม และมุมเงย ซึ่งทางคณะผู้จัดทำได้ทำการดึงข้อมูลมุมก้ม มุมเงย และข้อมูลการทำนายการเคลื่อนที่ล่วงหน้าของดาวเทียมจากเว็บไซต์ N2YO เพื่อนำมาเป็นฐานข้อมูลมาใช้ในการวิเคราะห์และเปรียบเทียบค่ามุมที่จากชุดอุปกรณ์ พร้อมทั้งตรวจสอบค่าทำนายการเคลื่อนที่ล่วงหน้าของดาวเทียมว่าเป็นจริงหรือไม่ มีความผิดพลาดอย่างไร องค์กรประกอบของระบบติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ 1. ชุดคำสั่งในการดึงข้อมูลมุมก้มและมุมเงย พร้อมทั้งข้อมูลการทำนายการเคลื่อนที่ล่วงหน้าของการดาวเทียมจากเว็บไซต์ N2YO 2. ออกแบบ และสร้างหน้าจอแสดงผล UX&UI INTERFACE เพื่อนำมาแสดงผลข้อมูลที่ดึงมาจากเว็บไซต์ N2YO และผลที่ได้จากชุดอุปกรณ์ในการวัดมุม 3. ชุดอุปกรณ์ในการติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ โดยจะมีการเพิ่มวิธีการ CALIBRATE ของตัวเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ เพื่อตรวจสอบตำแหน่งของเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ของ

ดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำว่าตรงกับที่อยู่ของดาวเทียมหรือไม่ ซึ่งจะสามารถปรับเปลี่ยนได้ด้วย สวิตซ์ในการปรับวิธีการ CALIBRATE คือ แบบแมนนวล หรือโปรแกรม

ABSTRACT

THIS THESIS HAS BEEN PREPARED WITH THE OBJECTIVE OF TRACKING THE MOVEMENT OF SATELLITES IN LOW EARTH ORBIT. NOWADAYS TO THE CURRENT USE OF LOW EARTH ORBIT SATELLITES USED IN COMMUNICATION TECHNOLOGY MORE AND MORE. THE ORGANIZERS, THEREFORE, SEE THE IMPORTANCE OF CREATING A SATELLITE TRACKING DEVICE USING AN RTL-SDR DONGLE CONNECTED TO A YAGI ANTENNA. OBTAINED AZIMUTH, ELEVATION, AND PREDICTION SATELLITE DATA FROM THE N2YO WEBSITE WERE RETRIEVED AS A DATABASE FOR ANALYSIS AND COMPARE THE ANGLE VALUES FROM THE KIT AND CHECK WHETHER THE PREDICTION OF SATELLITE MOVEMENT IN ADVANCE IS TRUE OR HAVE ERROR. THE COMPONENTS OF A LOW EARTH ORBIT SATELLITE TRACKING SYSTEM ARE DIVIDED INTO THREE PARTS: 1. TOGETHER WITH THE PREDICTION OF SATELLITE MOVEMENT IN ADVANCE FROM THE N2YO WEBSITE. 2. DESIGN AND BUILD A UX&UI INTERFACE DISPLAY TO DISPLAY THE DATA RETRIEVED FROM THE N2YO WEBSITE AND THE RESULTS OBTAINED FROM THE ANGLE MEASURING DEVICE 3. A SET OF EQUIPMENT FOR TRACKING THE MOVEMENT OF SATELLITES IN LOW ORBIT. IT WILL ADD A METHOD TO CALIBRATE THE TRACKER OF THE SATELLITE MOVEMENT IN LOW ORBIT. TO CHECK THE POSITION OF THE SATELLITE TRACKER IN LOW ORBIT THAT MATCHES THE LOCATION OF THE SATELLITE OR NOT. WHICH CAN BE ADJUSTED WITH A SWITCH TO ADJUST THE CALIBRATE METHOD IS MANUAL OR PROGRAMMED.

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
บทคัดย่อ	II
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	IX
สารบัญตาราง	XIII
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับดาวเทียมระดับวงโคจรต่ำ	5
2.1.1 ความเร็วในการเคลื่อนที่ของดาวเทียม	5
2.1.2 ทฤษฎีการพิจารณาคาบเวลา	7
2.1.3 ระยะทาง และอัตราความเร็วสัมพัทธ์ของดาวเทียม	7
2.1.4 ความถี่ดอปเปลอร์ (DOPPLER FREQUENCY SHIFT)	13
2.1.5 ช่องสัญญาณของดาวเทียม	14
2.1.6 สถานีดาวเทียมภาคพื้นดิน	15
(SATELLITE EARTH STATION)	
2.1.6.1 อุปกรณ์งานสายอากาศ	15
(ANTENNA SUBSYSTEM)	
2.1.6.2 อุปกรณ์เครื่องรับ-ส่งความถี่วิทยุ	16
(RF SUBSYSTEM)	
2.1.6.3 อุปกรณ์แปลงสัญญาณคลื่นวิทยุ	17
(IF SUBSYSTEM)	

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.1.6.4 อุปกรณ์ MODEM (MODULATOR / DEMODULATOR)	17
2.2 ประเภทของดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ	18
2.2.1 ดาวเทียมทำแผนที่	18
2.2.2 ดาวเทียมสำรวจทรัพยากร	19
2.2.3 ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา	19
2.3 โปรแกรมที่เกี่ยวข้องกับการดึงข้อมูลจากเว็บไซต์	20
2.3.1 แอปพลิเคชัน POSTMAN	20
2.3.2 โปรแกรม VISUAL STUDIO	20
2.4 โปรแกรมที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ UI INTERFACE	21
2.4.1 โปรแกรม ADOBE XD	21
2.4.2 โปรแกรม PROCESSING	21
2.4.3 โปรแกรม FIXMA	21
2.5 ระบบย่อยในระบบติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียม	21
2.5.1 ระบบของการ CALIBRATE	21
2.5.2 ระบบการวัดมุมก้ม และมุมเงย	22
2.5.3 ระบบขับเคลื่อนของ STEP MOTOR	22
2.5.4 อัตราการทดของเฟือง	22
2.6 ประเภทของปีคอน	24
2.7 ปีคอนสำหรับการวัด – ส่งข้อมูลทางไกล และการติดตาม	25
2.8 การทำนายการเคลื่อนที่ล่วงหน้าของดาวเทียม	26
2.9 การคำนวณค่าความผิดพลาดจากการทดลอง	29
2.9.1 ความคลาดเคลื่อนแบบระบบ	29
2.9.1 ความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม	30

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 3 การออกแบบและการจัดทำโครงงาน	
3.1 การออกแบบ	32
3.1.1 การออกแบบระบบการติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียม	33
3.1.1.1 การออกแบบ และสร้างเครื่องจำลองการติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมในวงโคจรต่ำ	33
3.1.1.2 การทดสอบอัตราการทศของฟันเฟือง	41
3.1.1.3 การออกแบบโปรแกรมการ CALIBRATE มุมของฐาน	46
3.1.1.4 การออกแบบโปรแกรมสำหรับดึงข้อมูลจากเว็บไซต์ N2YO เพื่อนำมาเป็นฐานข้อมูล	48
3.1.1.5 การออกแบบโปรแกรมสำหรับวัด และเก็บค่าข้อมูลของมุมก้ม และมุมเงยของดาวเทียมที่ทำการติดตาม	51
3.1.2 การออกแบบ และสร้างหน้าจอแสดงผล	51
3.1.2.1 การออกแบบหน้าเว็บไซต์รวบรวมฐานข้อมูล	51
3.1.2.2 การสร้างออกแบบผ่านโปรแกรม FIXMA	54
3.1.3 การแจ้งเตือนการเคลื่อนที่ของดาวเทียมผ่าน LINE OFFICIAL	55
3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	59
3.2.1 ARDUINO UNO R3	59
3.2.2 ROTARY ENCODER	60
3.2.3 RELAY MODULE 2 CHANNELS	61
3.2.4 PWM SUPPORTED MOSFET SWITCHING	62
3.2.5 IIC I2C TWI INTERFACE BOARD MODULE LCM1602 I2C	63

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.2.6 YAGI-UDA ANTENNA	65
3.2.7 STEP MOTOR	66
3.2.8 CONTROL DRIVE TB6600 ARDUINO	66
3.2.9 ACCELERATOR GYROSCOPE COMPASS 9-AXIS	68
3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง	68
3.3.1 การทดสอบระบบการ CALIBRATE มุมของฐาน	68
3.3.2 การทดสอบการวัดมุมก้ม และมุมเงย	69
3.3.3 การทดสอบการทำงานของ STEP MOTOR และ GYROSCOPE COMPASS	69
3.3.4 การดึงข้อมูลจากเว็บไซต์ผ่าน POSTMAN APPLICATION	70
3.3.5 การจัดทำเว็บไซต์ฐานข้อมูล	70
บทที่ 4 ผลการทดลอง	
4.1 การทดสอบระบบการ CALIBRATE มุมของฐาน	71
4.2 การทดสอบการวัดมุมก้ม และมุมเงย	73
4.3 การทดสอบการทำงานของ STEP MOTOR และ GYROSCOPE	77
4.4 การวัดมุมก้ม และมุมเงยโดยเปรียบเทียบค่าทำนายการเคลื่อนที่ของ ดาวเทียม	78
4.5 การดึงข้อมูลจากเว็บไซต์ผ่าน POSTMAN APPLICATION	180
4.6 การจัดทำเว็บไซต์ฐานข้อมูล	182
4.7 การแจ้งเตือนการเคลื่อนที่ของดาวเทียมผ่าน LINE OFFICIAL	184

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 5 สรุปผล และข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผล	189
5.1.1 การออกแบบ และเครื่องจำลองการติดตามการเคลื่อนที่ดาวเทียม	190
5.1.2 การออกแบบ และระบบเซนเซอร์ในการวัดมุมก้มและมุมเงย	190
5.1.3 การออกแบบ และระบบการ CALIBRATE มุมของฐาน	190
5.1.4 ระบบ STEP MOTOR และ GYROSCOPE COMPASS	191
5.1.5 การวัดมุมก้ม และมุมเงยโดยเปรียบเทียบค่าทำนายการเคลื่อนที่ของดาวเทียม	191
5.1.6 การดึงข้อมูลจากเว็บไซต์ N2YO	192
5.1.7 การจัดทำเว็บไซต์ฐานข้อมูล	192
5.1.8 การแจ้งเตือนการเคลื่อนที่ของดาวเทียมผ่าน LINE OFFICIAL	192
5.2 ปัญหา และข้อเสนอแนะ	193
5.2.1 ปัญหาที่เกิดขึ้นภายในโครงงาน	193
5.2.2 ข้อเสนอแนะ	193
บรรณานุกรม	195
ภาคผนวก ก	198
ภาคผนวก ข	205
ภาคผนวก ค	209
ภาคผนวก ง	211
ภาคผนวก จ	214

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 ภาพรวมของโครงการ	3
1.2 บล็อกไดอะแกรมของระบบติดตามการเคลื่อนที่ดาวเทียมใน ระดับวงโคจรต่ำ	3
2.1 ลักษณะการเคลื่อนที่ของดาวเทียม	6
2.2 ระยะทางการเคลื่อนที่ของดาวเทียม	8
2.3 ทิศทางการเคลื่อนที่ของดาวเทียมรอบโลก	12
2.4 แผนผังความถี่ของดาวเทียมไทยคม	14
2.5 ภาพถ่ายรายละเอียดสูงของดาวเทียมวงโคจรต่ำ	18
2.6 พื้นที่น้ำท่วมของประเทศไทย	19
2.7 ภาพถ่ายดาวเทียม NOAA	20
2.8 ส่วนประกอบของเฟืองตรง	22
2.9 ลักษณะการส่งกำลังด้วยเฟืองอัตราทดขั้นเดียว	23
2.10 แผนภาพตามเงื่อนไขการพิจารณาก่อนนำมาคำนวณหาค่ามุกัม	28
3.1 บล็อกไดอะแกรมของระบบติดตามการเคลื่อนที่ดาวเทียมใน ระดับวงโคจรต่ำ	32
3.2 เครื่องติดตามดาวเทียมในรูปแบบของภาพ 3 มิติ	33
3.3 แผนผังการทำงานของระบบติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมใน ระดับวงโคจรต่ำ หน้าที่ 1	34
3.4 แผนผังการทำงานของระบบติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมใน ระดับวงโคจรต่ำ หน้าที่ 2	35
3.5 องค์ประกอบของเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมในระดับ วงโคจรต่ำ	36
3.6 เครื่องติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ	37
3.7 ฐาน และเหล็กตัว U คว่ำ	38
3.8 STEP MOTOR NEMA 23 ,ลูกปืน ,PULLEY GEAR ในแนวตั้ง	39
3.9 STEP MOTOR NEMA 23 ,ลูกปืน ,PULLEY GEAR ในแนวนอน	39

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.10 ตรงกลางของลูกป็น	39
3.11 ส่วนของเหล็กตัว U หาย	40
3.12 ส่วนของเหล็กตัว U คว่ำ	40
3.13 ส่วนของตัวยึดเหล็กตัว U คว่ำ	40
3.14 ส่วนของตัวยึดเหล็กตัว U หาย	40
3.15 การทดสอบอัตราการทดของฟันเฟืองขนาดจริง	41
3.16 ขนาดของเฟือง 20 ฟัน	42
3.17 เฟืองขนาด 20 ฟัน	42
3.18 เฟืองขนาด 20 ฟัน	42
3.19 ขนาดของเฟือง 40 ฟัน	43
3.20 เฟืองขนาด 40 ฟัน	43
3.21 เฟืองขนาด 40 ฟัน	43
3.22 การทดสอบอัตราการทดของฟันเฟืองขนาดจริง	44
3.23 เฟืองขนาด 60 ฟัน	45
3.24 เฟืองขนาด 60 ฟัน	45
3.25 การเชื่อมต่อระหว่าง GYROSCOPE COMPASS และ ARDUINO UNO R3	46
3.26 ระบบการทำงานของ GYROSCOPE COMPASS	47
3.27 แผนผังการทำงานของโปรแกรมการดึงข้อมูลจากเว็บไซต์ N2YO	48
3.28 การ GENERATE REQUEST API KEY	49
3.29 หน้าต่างแรกของ POSTMAN แอปพลิเคชัน	49
3.30 หน้าต่าง WORKSPACE	50
3.31 หน้าต่าง WEB SCRAPING	50
3.32 ผลลัพธ์ที่ได้ JSON FILE	51
3.33 หน้าเว็บไซต์สำหรับฐานข้อมูล	51
3.34 ข้อมูลมุมก้ม และมุมเงย	52

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.35 ข้อมูลการทำนายล่วงหน้าการเคลื่อนที่ของดาวเทียม	53
3.36 ภาพรวมในการออกแบบหน้าจอแสดงผลสำหรับฐานข้อมูล	54
3.37 หน้าจอแสดงผลสำหรับฐานข้อมูล ISS	54
3.38 PROTOTYPE	55
3.39 หน้าจอหลักของ LINE OFFICIAL	56
3.40 การสร้างรีซิเมนู	56
3.41 การออกแบบการตอบกลับอัตโนมัติ	57
3.42 การสร้างบอร์ดแคสแจ้งเตือน	57
3.43 การฝังลิ้งค์ในรูปภาพ เพื่อให้เข้าถึงหน้า LIVE REAL TIME	58
3.44 ARDUINO UNO R3	59
3.45 ROTARY ENCODER	59
3.46 RELAY MODULE 2 CHANNELS	61
3.47 PWM SUPPORT MOSFET SWITCHING	62
3.48 IIC I2C TWI INTERFACE BOARD MODULE LCM1602 I2C	63
3.49 สายอากาศยาเกิ 5E	65
3.50 STEP MOTOR NEMA 23	66
3.51 CONTROL DRIVE TB6600 ARDUINO	66
3.52 ACCELERATOR GYROSCOPE COMPASS 9-AXIS	68
3.53 แสดงการเชื่อมต่อของระบบ STEP MOTOR NEMA 23	69
3.54 การเชื่อมต่อ STEP MOTOR และ GYROSCOPE COMPASS	69
4.1 ผลการทดลอง	71
4.2 กราฟการวัดมุมแกน X Y และ Z	72
4.3 กราฟ GYROSCOPE COMPASS เคลื่อนที่	73
4.4 หน้าจอแสดงผล LCD หน้าที 1	74
4.5 หน้าจอแสดงผล LCD หน้าที 2	74
4.6 กราฟเปรียบเทียบจากผลการทดลอง	75

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.7 กราฟเปรียบเทียบมุมทดสอบ และผลการทดลอง	76
4.8 สเปกตรัมของสัญญาณ	72
4.9 ผลลัพธ์ในการวัดมุมเงย	77
4.10 ข้อมูลค่าทำนายการเคลื่อนที่ของดาวเทียม	77
4.11 กราฟการวัดมุมกวาด มุมเงยของดาวเทียม ISS	176
4.12 กราฟการวัดมุมกวาด มุมเงยของดาวเทียม NAPA-1	177
4.13 กราฟการวัดมุมกวาด มุมเงยของดาวเทียม NAPA-2	177
4.14 กราฟการวัดมุมกวาด มุมเงยของดาวเทียม NOAA-19	178
4.15 กราฟการวัดมุมกวาด มุมเงยของดาวเทียม JAISAT 1	179
4.16 ORBIT และ FOOT PRINT ของดาวเทียม ISS	179
4.17 สัญญาณสเปกตรัมของดาวเทียม ISS	180
4.18 FILE ในรูปแบบของไฟล์นามสกุล .JSON	181
4.19 ข้อมูลภายใน FILE	181
4.20 ข้อมูลภายในการดึง VISUAL PASS	181
4.21 หน้าเว็บไซต์สำหรับฐานข้อมูล	182
4.22 ข้อมูลมุมก้ม และมุมเงย	183
4.23 ข้อมูลการทำนายล่วงหน้าการเคลื่อนที่ของดาวเทียม	184
4.24 หน้าจอหลักของ LINE OFFICIAL	185
4.25 หน้าต่างแชท และริชเมนู	185
4.26 ผลลัพธ์ของการกด LEO SATELLITE	186
4.27 ผลลัพธ์ของการกด 10 DAY PREDICTION	186
4.28 ผลลัพธ์ของการแจ้งเตือนด้วยบอร์ดแคส	187
4.29 หน้าต่างของ LIVE REAL TIME SATELLITE TRACKING AND PREDICTION : SDSAT	187

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 เกณฑ์การพิจารณาของอัตราทดของเฟืองในลักษณะชั้นเดียว	24
2.2 ประเภทของปีคอน	24
2.3 เงื่อนไขการพิจารณาก่อนนำมาคำนวณหาค่ามุมก้ม	28
3.1 ขนาดของเฟือง 20 ฟัน โมดูล 1 D1 = 8 MM	42
3.2 ขนาดของเฟือง 40 ฟัน โมดูล 1 D1 = 10 MM	43
3.3 การเชื่อมต่อของบอร์ด ARDUINO UNO R3 กับ GYROSCOPE COMPASS	46
3.4 คุณสมบัติของ ROTARY ENCODER	60
3.5 รายละเอียดของ RELAY MODULE 2 CHANNELS	61
3.6 คุณสมบัติของ PWM SUPPORT MOSFET SWITCHING	62
3.7 คุณสมบัติของ IIC I2C TWI INTERFACE BOARD MODULE LCM1602 I2C	64
3.8 คุณสมบัติของ MOTOR DRIVER L298N	67
4.1 แสดงผลผลการวัดมุมก้ม	75
4.2 แสดงผลผลการวัดมุมเงย	76
4.3 การคำนวณมุมจากหน่วยเรเดียนเป็นองศา	78
4.4 ผลการวัดมุมก้ม และมุมเงยของดาวเทียม ISS วันที่ 26 มกราคม 2565	79
4.5 ผลการวัดมุมก้ม และมุมเงยของดาวเทียม ISS วันที่ 27 มกราคม 2565	83
4.6 ผลการวัดมุมก้ม และมุมเงยของดาวเทียม ISS วันที่ 28 มกราคม 2565	87
4.7 ผลการวัดมุมก้ม และมุมเงยของดาวเทียม ISS วันที่ 29 มกราคม 2565	89
4.8 ผลการวัดมุมก้ม และมุมเงยของดาวเทียม ISS วันที่ 30 มกราคม 2565	92
4.9 ผลการวัดมุมก้ม และมุมเงยของดาวเทียม NAPA-1 วันที่ 26 มกราคม 2565	96
4.10 ผลการวัดมุมก้ม และมุมเงยของดาวเทียม NAPA-1 วันที่ 27 มกราคม 2565	100

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.11 ผลการวัดมูมกัม และมูมเงยของดาวเทียม NAPA-1 วันที่ 28 มกราคม 2565	104
4.12 ผลการวัดมูมกัม และมูมเงยของดาวเทียม NAPA-1 วันที่ 29 มกราคม 2565	106
4.13 ผลการวัดมูมกัม และมูมเงยของดาวเทียม NAPA-1 วันที่ 30 มกราคม 2565	110
4.14 ผลการวัดมูมกัม และมูมเงยของดาวเทียม NAPA-2 วันที่ 26 มกราคม 2565	114
4.15 ผลการวัดมูมกัม และมูมเงยของดาวเทียม NAPA-2 วันที่ 27 มกราคม 2565	117
4.16 ผลการวัดมูมกัม และมูมเงยของดาวเทียม NAPA-2 วันที่ 28 มกราคม 2565	121
4.17 ผลการวัดมูมกัม และมูมเงยของดาวเทียม NAPA-2 วันที่ 29 มกราคม 2565	125
4.18 ผลการวัดมูมกัม และมูมเงยของดาวเทียม NAPA-2 วันที่ 30 มกราคม 2565	129
4.19 ผลการวัดมูมกัม และมูมเงยของดาวเทียม NOAA-19 วันที่ 26 มกราคม 2565	132
4.20 ผลการวัดมูมกัม และมูมเงยของดาวเทียม NOAA-19 วันที่ 27 มกราคม 2565	137
4.21 ผลการวัดมูมกัม และมูมเงยของดาวเทียม NOAA-19 วันที่ 28 มกราคม 2565	142
4.22 ผลการวัดมูมกัม และมูมเงยของดาวเทียม NOAA-19 วันที่ 29 มกราคม 2565	147
4.23 ผลการวัดมูมกัม และมูมเงยของดาวเทียม NOAA-19 วันที่ 30 มกราคม 2565	152

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.24 ผลการวัดมูมกัม และมูมเงยของดาวเทียม JAISAT 1 วันที่ 26 มกราคม 2565	157
4.25 ผลการวัดมูมกัม และมูมเงยของดาวเทียม JAISAT 1 วันที่ 27 มกราคม 2565	161
4.26 ผลการวัดมูมกัม และมูมเงยของดาวเทียม JAISAT 1 วันที่ 28 มกราคม 2565	165
4.27 ผลการวัดมูมกัม และมูมเงยของดาวเทียม JAISAT 1 วันที่ 29 มกราคม 2565	169
4.28 ผลการวัดมูมกัม และมูมเงยของดาวเทียม JAISAT 1 วันที่ 30 มกราคม 2565	173

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันระบบการติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ (Tracking system for LEO satellite) ไม่เป็นที่นิยมในประเทศไทย เนื่องจากดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำนั้นมีความสูงอยู่ที่ 500-2,000 กิโลเมตร แต่วงโคจรนี้มีการเคลื่อนที่เร็ว และไม่อยู่กับที่ ซึ่งอาจเป็นหนึ่งในสาเหตุให้ติดตามดาวเทียมได้ยาก ซึ่งในประเทศไทยระบบการติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมมักนิยมติดตามดาวเทียมในระดับวงโคจรค้างฟ้า (Geostationary orbit) อยู่สูงจากโลกประมาณ 36,000 กิโลเมตร ซึ่งคุณลักษณะพิเศษคือ ดาวเทียมที่วงโคจรนี้จะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากับโลกเคลื่อนที่รอบตัวเอง ซึ่งมีความเร็วอยู่ที่ 23 ชั่วโมง 56 นาที 4 วินาที หรือเกือบๆ 24 ชั่วโมงทำให้ติดตามได้ง่ายมากกว่าดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ

ในเวลาต่อมาได้มีการนำเทคโนโลยีดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำมาใช้ในเทคโนโลยีการสื่อสารมากขึ้น เพราะในดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำใช้งบประมาณต่ำกว่าดาวเทียมในระดับวงโคจรค้างฟ้า แต่ดาวเทียมประเภทนี้จะไม่อยู่ประจำที่ จะเคลื่อนที่ตลอดเวลา โดยมีระยะเวลาโคจรรอบโลกประมาณ 1-2 ชั่วโมง แต่ทั้งนี้ดาวเทียมประเภทนี้จะมี Latency ต่ำ (ระยะเวลาการเดินทางระหว่างโลกไปดาวเทียม ดาวเทียมกลับสู่โลกลดลงมาก) แต่หากต้องการใช้งานดาวเทียมประเภทนี้ได้อย่างต่อเนื่อง ดาวเทียม LEO จึงจำเป็นต้องมีลักษณะเป็นโครงข่ายที่มีปริมาณดาวเทียมมากพอ (Constellation Satellite) ซึ่งต้องมีการ Hand over กัน ระหว่างดาวเทียมแต่ละดวงเพื่อให้เกิดความต่อเนื่องของการใช้งาน

ผู้จัดทำจึงเล็งเห็นความสำคัญในการติดตามดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำพร้อมทั้งวัดมุมก้ม และมุมเงยจากนั้นนำผลลัพธ์ที่ได้จากเซนเซอร์มาเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลจากเว็บไซต์ N2YO พร้อมทั้งนำคำทำนายการเคลื่อนที่ล่วงหน้าของดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำมาทดสอบ และออกแบบหน้าจอแสดงผล UX&UI Interface

สถานีภาคพื้นดินเป็นหนึ่งในส่วนประกอบที่สำคัญในระบบดาวเทียมสถานีภาคพื้นดินมีจุดมุ่งเน้นไปที่ดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำรวมถึงการใช้ความถี่ย่าน VHF (Very high frequency) และ UHF (Ultra-high frequency) โดยดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำมีการรับข้อมูลในเวลาสั้นๆ และ

ตลอดเวลาในระหว่างกระบวนการเก็บข้อมูลต้องใช้เสาอากาศควบคุมทิศทาง เพื่อให้สามารถรับสัญญาณได้ดีในสัญญาณในช่วงเวลานั้น

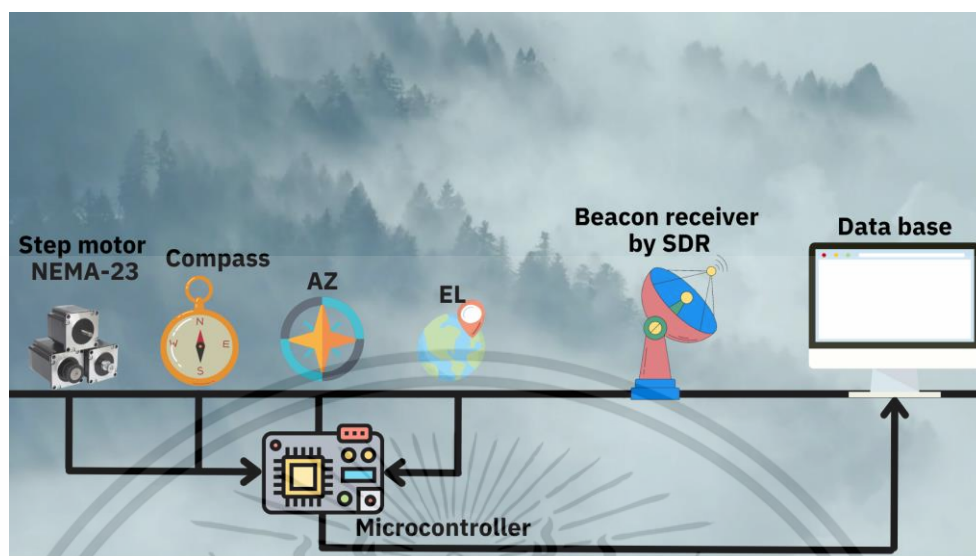
ทั้งนี้ได้ทำการออกแบบจำเป็นต้องให้ผู้ใช้งานเข้าใจถึงหลักการทำงาน และข้อจำกัดของชิ้นงาน เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดตรงตามความต้องการ

1.2 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อศึกษา และออกแบบระบบควบคุมสำหรับการติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ เพื่อให้อยู่ในรูปแบบปริมาตรควบคุม และการทำงานด้วยชุดคำสั่ง
- 2) เพื่อออกแบบชุดคำสั่ง และทำการดึงข้อมูลมุมก้ม และมุมเงย จากเว็บไซต์ N2YO เพื่อนำมาเป็นฐานข้อมูล
- 3) เพื่อออกแบบ และพัฒนาอุปกรณ์รวมถึงหน้าจอแสดงผลอินเตอร์เฟส (UX&UI interface) ของระบบติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมระดับวงโคจรต่ำ
- 4) เพื่อออกแบบระบบทำนายล่วงหน้าของการเคลื่อนที่ของดาวเทียมภายในระยะเวลาไม่เกิน 1 สัปดาห์ โดยนำข้อมูลจากเว็บไซต์ N2YO มาใช้ในการคำนวณ และทำนายการเคลื่อนที่ล่วงหน้า

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

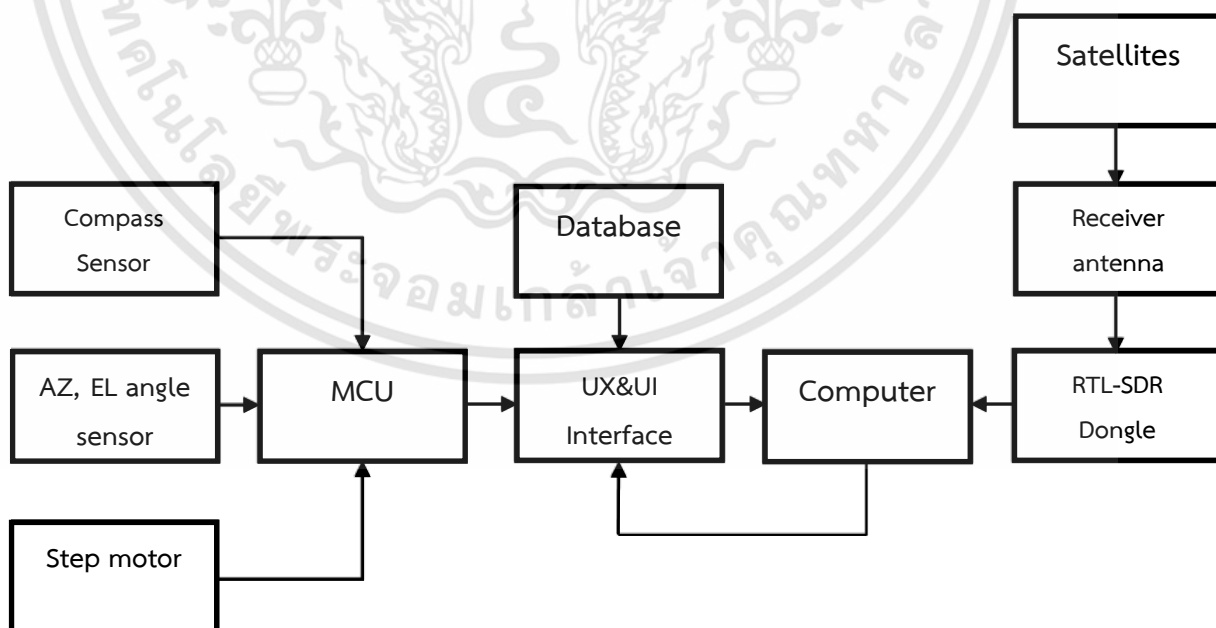
- 1) ติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ ซึ่งวงโคจรต่ำมีระดับความสูงไม่เกิน 2,000 กิโลเมตรเหนือพื้นผิวโลก
- 2) ดึงข้อมูลมุมก้ม มุมเงยจากเว็บไซต์ N2YO และนำชุดอุปกรณ์ขนาดเล็กมาเชื่อมต่อเพื่อทดสอบระบบติดตามการเคลื่อนที่ดาวเทียมในวงโคจรต่ำ
- 3) ศึกษาช่วงความถี่ของดาวเทียมที่ติดตาม และวิเคราะห์หาย่านความถี่ที่เหมาะสมสำหรับระบบติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ



รูปที่ 1.1 ภาพรวมของโครงงาน

จากรูปที่ 1.1 เป็นการแสดงภาพรวมของโครงงานที่ติดตามดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ ซึ่งสถานีภาคพื้นดินจะมีสถานะรอตรวจจับดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ เมื่อดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำโคจรมาถึงน่านฟ้า ณ ตำแหน่งที่ตั้งจึงทำการวัดมุมก้ม และมุมเงย

บล็อกไดอะแกรมของระบบติดตามการเคลื่อนที่ดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำเป็นการแสดงถึงภาพรวมการทำงานของระบบแสดงได้ดังรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 บล็อกไดอะแกรมของระบบติดตามการเคลื่อนที่ดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 1.2 เป็นการแสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบติดตามการเคลื่อนที่ดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ ซึ่งเป็นการแสดงถึงภาพรวมการทำงานของระบบจะทำการออกแบบชุดคำสั่งสำหรับการดึงข้อมูลมุมก้ม และมุมเงยจากเว็บไซต์ N2YO พร้อมทั้งออกแบบเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียม เพื่อนำมาทดสอบในระบบการติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำรวมถึงสร้างหน้าจอ UX&UI interface สำหรับแสดงผลข้อมูลที่ได้จากเว็บไซต์ N2YO และผลจากการวัดมุมของเซนเซอร์ เพื่อให้สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้อย่างชัดเจน



บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

โครงการเรื่อง “ระบบติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ” ได้ทำการออกแบบเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ โดยมีส่วนของการวัดมุมกัม มุมเงย และการทดสอบค่าการทำนายการเคลื่อนที่ล่วงหน้าของดาวเทียม อีกทั้งออกแบบหน้าจอแสดงผล UI interface ซึ่งมีไว้แสดงค่าจากการดึงข้อมูลจากเว็บไซต์ N2YO และค่าที่ได้จากเซนเซอร์ ซึ่งอุปกรณ์นี้สามารถติดตามการเคลื่อนที่รวมถึงสามารถวัดมุมกัม และมุมเงยของดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ ดังนั้นโครงการที่น่าเสนอนี้จึงมีหลักการที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับดาวเทียมระดับวงโคจรต่ำ

2.1.1 ความเร็วในการเคลื่อนที่ของดาวเทียม

ดาวเทียมระดับวงโคจรต่ำ (LEO : Low Earth Orbit) คือระดับวงโคจรของดาวเทียมที่อยู่สูงจากพื้นโลกที่ระยะไม่เกิน 2000 กิโลเมตร วงโคจรนี้มีลักษณะเป็นวงกลม โดยจะเคลื่อนที่จากทิศตะวันออกไปทิศตะวันตกที่ความเร็วสูงสุดประมาณ 28,000 กิโลเมตร/ชั่วโมง [1]

จากนิยามการสมมติฐานของนายเคปเลอร์ (Kepler's hypotheses) สำหรับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในจักรวาล เมื่อดาวเทียมที่ติดตั้งอยู่ในวงโคจรจะเกิดการเคลื่อนที่เข้าหาโลก ก่อให้เกิดแรงที่กระทำระหว่างดาวเทียมกับโลก สมการของแรงที่เกิดขึ้นในการเคลื่อนที่ของดาวเทียมสามารถเขียนได้ดังสมการที่ 2.1

$$F_1 = G \frac{Mm}{r^2} \quad (2.1)$$

เมื่อ F_1 คือ แรงที่เกิดจากการกระทำระหว่างดาวเทียมกับโลก

G คือ ค่าแรงโน้มถ่วงของจักรวาล มีค่าเท่ากับ $6.668 \times 10^{-11} \frac{m^3}{kg \times s^2}$

M คือ น้ำหนักของโลก มีค่าเท่ากับ $5.977 \times 10^{24} \text{ kg}$

m คือ น้ำหนักของดาวเทียม

r คือ ระยะทางระหว่างศูนย์กลางของโลกกับดาวเทียม ในหน่วยเมตร

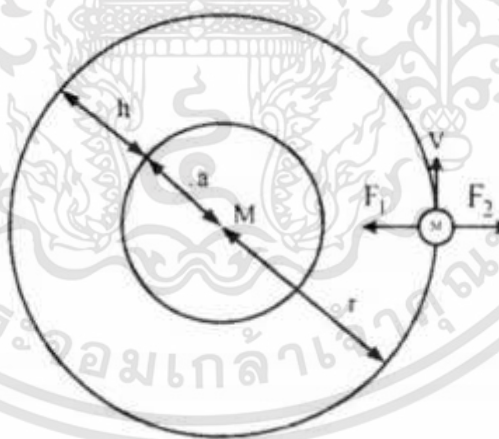
ในทำนองเดียวกัน เมื่อพิจารณาถึงการเคลื่อนที่ของดาวเทียมสามารถเขียนสมการของแรงการเคลื่อนที่ที่เกิดจากน้ำหนักของดาวเทียมที่เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเท่ากับ v ซึ่งจะได้ความสัมพันธ์ออกมาดังสมการที่ 2.2

$$F_2 = \frac{mv^2}{r} \quad (2.2)$$

จากความสัมพันธ์ของสมการที่ 2.1 และ 2.2 เมื่อกำหนดให้แรงทั้งสองสมการมีค่าเท่ากัน จึงส่งผลทำให้ดาวเทียมสามารถเคลื่อนที่ในวงโคจรที่มีระยะทางห่างจากโลกคงที่ตลอดเวลา แต่ถ้าแรงของ F_1 มีค่ามากกว่า F_2 จึงส่งผลทำให้ดาวเทียมเคลื่อนที่ตกลงไปบนพื้นผิวโลก ในทางกลับกัน, ถ้าแรงของ F_2 มีค่ามากกว่า F_1 จึงส่งผลทำให้ดาวเทียมเคลื่อนที่ออกห่างไปจากพื้นผิวโลก ดังนั้น เพื่อให้ดาวเทียมเคลื่อนที่อยู่ในวงโคจรตลอดเวลา จะต้องกำหนดให้ $F_1 = F_2$ ซึ่งจะได้ความสัมพันธ์ดังสมการที่ 2.3

$$G \frac{Mm}{r^2} = \frac{mv^2}{r} \quad (2.3)$$

โดยลักษณะการเคลื่อนที่ของดาวเทียมแสดงได้ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ลักษณะการเคลื่อนที่ของดาวเทียม

จากรูปที่ 2.1 จะกล่าวได้ว่า อัตราเร็วของดาวเทียมหาได้จากสมการที่ 2.4

$$V = \sqrt{\frac{GM}{r}} \quad (2.4)$$

เมื่อ G คือ ค่าแรงโน้มถ่วงของจักรวาล มีค่าเท่ากับ $6.668 \times 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \times \text{s}^2}$

M คือ น้ำหนักของโลก มีค่าเท่ากับ $5.977 \times 10^{24} \text{ kg}$

r คือ ระยะทางระหว่างศูนย์กลางของโลกกับดาวเทียม ในหน่วยเมตร

2.1.2 ทฤษฎีการพิจารณาคาบเวลา

ในการเดินทางของดาวเทียมที่วงโคจรสามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์ของระยะทางเส้นรอบวงกลมของโลก ซึ่งมีอัตราเร็วความเร็วในการเคลื่อนที่ของดาวเทียมที่มีค่าเท่ากับ $\tau = \frac{2\pi}{v}$ ดังนั้นสมการในการหาคาบเวลา (Orbital Period : τ) ได้ดังสมการที่ 2.5

$$T = 2\pi \times \sqrt{\frac{r^3}{GM}} = 3.1473 \times 10^{-7} \times \sqrt{r^3} \quad (2.5)$$

เมื่อ τ คือ คาบเวลาของดาวเทียม ในหน่วยวินาที

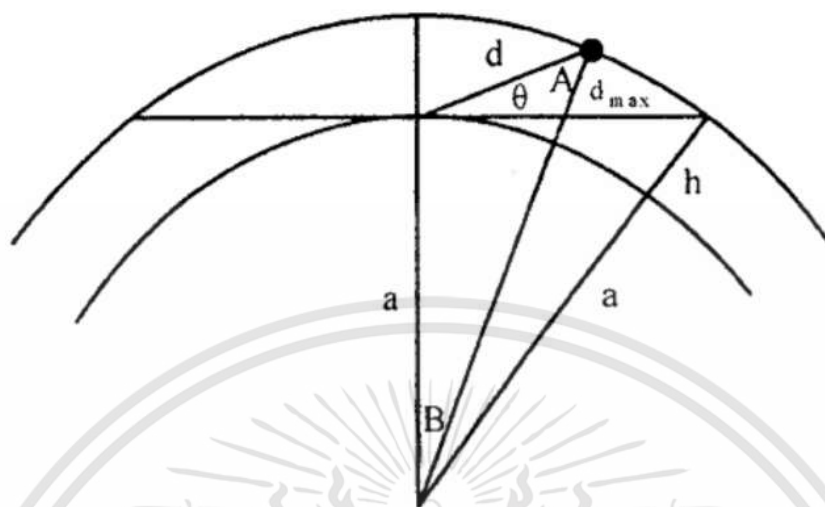
r คือ ระยะทางระหว่างจุดศูนย์กลางของโลกไปยังดาวเทียม ในหน่วยเมตร

G คือ ค่าแรงโน้มถ่วงของจักรวาล มีค่าเท่ากับ $6.668 \times 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \times \text{s}^2}$

M คือ น้ำหนักของโลก มีค่าเท่ากับ $5.977 \times 10^{24} \text{ kg}$

2.1.3 ระยะทาง และอัตราความเร็วสัมพัทธ์ของดาวเทียม

การติดต่อสื่อสารข้อมูลจากแหล่งข้อมูลไปยังผู้ใช้งาน หรือระหว่างผู้ใช้งานกับผู้ใช้งาน จะอาศัยคลื่นพาที่ความถี่ย่านไมโครเวฟผ่านช่องทางระหว่างดาวเทียมกับสถานีภาคพื้นดิน ดังนั้นการคำนวณหาปริมาณความเข้ม หรือกำลังไฟฟ้าที่เครื่องรับจำเป็นต้องทราบระยะทางในการสื่อสารตลอดจนตัวแปรอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องสำหรับการนำไปใช้ออกแบบระบบดาวเทียมต่อไปนี้ โดยลักษณะระยะทางในการเคลื่อนที่ของดาวเทียมดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ระยะทางการเคลื่อนที่ของดาวเทียม

ซึ่งการคำนวณระยะทางดาวเทียม (Satellite range) เป็นการหาระยะทางจากสถานีภาคพื้นดินถึงดาวเทียม เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 2.2 การหาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ต่างๆ โดยใช้กฎของสามเหลี่ยมที่ด้านของสามมีค่าเท่ากับ a, b และ c และมุมทั้งสามมีค่าเท่ากับ A, B และ C ตามลำดับซึ่งจะได้ว่า $\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C}$ ดังนั้นเขียนสมการได้ดังสมการที่ 2.6

$$\frac{A}{\sin A} = \frac{d}{\sin B} = \frac{a+h}{\sin(90+\theta)} \quad (2.6)$$

เมื่อ d คือ ระยะจากสถานีภาคพื้นดินถึงดาวเทียม

a คือ รัศมีของโลก ซึ่งมีค่าเท่ากับ 6,378 กิโลเมตร

h คือ ระดับความสูงของดาวเทียม

θ คือ มุมเงยที่สถานีภาคพื้นดินไปยังดาวเทียม

B คือ มุมที่จุดศูนย์กลางของโลกที่อยู่ระหว่างสถานีภาคพื้นดินกับดาวเทียม

A คือ มุมบนดาวเทียมที่อยู่ระหว่างสถานีภาคพื้นดินกับจุดศูนย์กลางของโลก

จากสมการที่ 2.6 จากความสัมพันธ์ $\sin(90+\theta) = \cos(\theta)$ จะได้สมการใหม่ดังสมการที่ 2.7 ดังนี้

$$\sin A = \frac{a}{a+h} \cos(\theta) \quad (2.7)$$

ในการทำนองเดียวกันความสัมพันธ์ของมุม A และ B มีดังสมการที่ 2.8 ดังนี้

$$B = 90^\circ - A - \theta \quad (2.8)$$

ดังนั้นสมการของการหาระยะทางจากสถานีภาคพื้นดินไปยังดาวเทียม (Satellite range : d) เป็นได้สมการที่ 2.9

$$D = \frac{a \sin(B)}{\sin(A)} \quad (2.9)$$

พิจารณาในอีกแนวทางหนึ่งการคำนวณหาระยะทางจากสถานีภาคพื้นดินถึงดาวเทียมสามารถใช้กฎของโคไซน์ (Cosine rule) ในการหาความสัมพันธ์ของสามเหลี่ยมใดๆ คือ $c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos C$ ดังนั้นจากรูปที่ 2.2 จะได้สมการในการหาระยะทางจากสถานีภาคพื้นดินไปยังดาวเทียมจะได้ดังสมการที่ 2.10

$$D = \sqrt{\{a^2 + (a+h)^2 - 2a(a+h) \cos B\}} \quad (2.10)$$

สำหรับระยะทางสูงสุดที่สถานีภาคพื้นดินที่สามารถมองเห็นดาวเทียมได้ (Maximum visible rang) จะพิจารณามุมเงยที่มีค่า $\theta = 0^\circ$ ซึ่งเป็นระยะทางสูงสุดที่สถานีภาคพื้นดินยังมองเห็นดาวเทียมได้จะได้ความสัมพันธ์ดังสมการที่ 2.11 ดังนี้

$$D_{\max} = \sqrt{(a+h)^2 - a^2} \quad (2.11)$$

การพิจารณาระยะทางจากสถานีภาคพื้นดินไปยังดาวเทียมจะเห็นได้ว่ามีความสัมพันธ์กับตำแหน่งของสถานีภาคพื้นดินโดยที่ระยะทางดังกล่าวจะแปรเปลี่ยนตามคาบของเวลา ดังนั้นการหาค่าอัตราของอัตราความสัมพันธ์ (Relative velocity : V_r) ที่เปรียบเทียบระหว่างระยะทางจากสถานีภาคพื้นดินถึงดาวเทียมที่เปลี่ยนแปลงไปต่อคาบของเวลาที่ใช้งาน หรือเรียกว่า Range rate สามารถหาความสัมพันธ์ได้จาก 2 แนวทางดังนี้

แนวทางที่ 1: คำนวณหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของระยะทางต่อเวลาโดยใช้สมการดิฟเฟอเรนเชียล (Differential equation) กับค่าระยะทางได้ดังสมการที่ 2.12

$$Y'_r = \frac{1}{2} \frac{d}{dt} \{a^2 + (a+h)^2 - 2a(a+h) \cos B\} \quad (2.12)$$

สำหรับวงโคจรของดาวเทียมที่เป็นวงกลม จะเห็นว่าค่าของ $a^2, (a+h)^2$ เป็นค่าคงที่ ดังนั้น จากสมการที่ 2.12 จะได้คำตอบดังสมการที่ 2.13

$$Y'_r = \frac{1}{2} \{2a(a+h) \sin B\} \frac{dB}{dt} \quad (2.13)$$

พิจารณาจากความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงค่ามุมของมุม B จะเห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงในช่วงของมุมที่มีค่าตั้งแต่ 0 จนถึง 2π ต่อคาบเวลาในการเคลื่อนที่บนวงโคจรรอบโลกจำนวน 1 รอบที่มีค่าเท่ากับ τ ดังนั้นจากสมการที่ 2.13 สามารถหาความสัมพันธ์ได้ดังสมการที่ 2.14

$$\frac{dB}{dt} = \frac{2\pi}{\tau} \quad (2.14)$$

แทนสมการที่ 2.14 ในสมการที่ 2.13 ได้ดังสมการที่ 2.15

$$Y'_r = \frac{a(a+h) \sin B}{d} \times \frac{2\pi}{\tau} \quad (2.15)$$

พิจารณาจากระยะทางจากจุดศูนย์กลางของโลกไปยังวงโคจรของดาวเทียมที่มีค่าเท่ากับ $r = a+h$ และจากสมการที่ 2.15 ดังนั้นสมการของคาบเวลาในการเคลื่อนที่รอบโลกจะได้ดังสมการที่ 2.16

$$T = 2\pi \times \left(\sqrt{\frac{(a+h)^3}{GM}} \right) \quad (2.16)$$

แทนสมการที่ 2.16 ในสมการที่ 2.15 ได้ดังสมการที่ 2.17

$$Y'_r = \frac{\sqrt{GM} a \sin B}{d\sqrt{(a+h)}} \quad (2.17)$$

แนวทางที่ 2: คำนวณหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของระยะทางต่อเวลา โดยพิจารณาจากความสัมพันธ์ของโคไซน์ตั้งนั้นจากภาพที่ 2.2 จะได้ความสัมพันธ์ดังสมการที่ 2.18

$$A^2 = d^2 + r^2 - 2dr \cos A \quad (2.18)$$

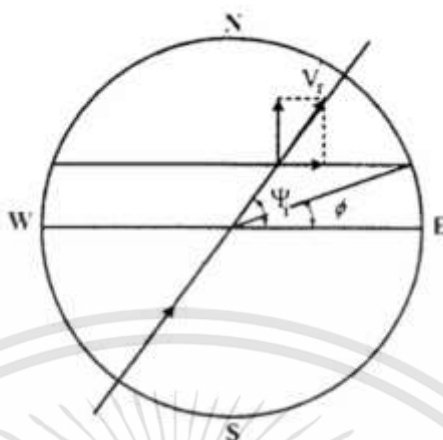
จากความสัมพันธ์สมการอัตราเร็วที่อยู่ในวงโคจรของดาวเทียมในสมการที่ 2.14 สมการของระยะทางจากสถานีภาคพื้นดินถึงดาวเทียมในสมการที่ 2.9 และสมการที่ 2.18 นำไปแทนในสมการที่ 2.17 จะได้ค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของระยะทางต่อเวลาดังสมการที่ 2.19

$$Y_r' = v \sin A = v \sin \left\{ \cos^{-1} \left(\frac{d^2 + r^2 - a^2}{2dr} \right) \right\} \quad (2.19)$$

อย่างไรก็ตามสมการอัตราการเปลี่ยนแปลงของระยะทางต่อเวลาที่ได้ในสมการที่ 2.17 และสมการที่ 2.19 จะเป็นค่าที่พิจารณาในเงื่อนไขที่ดาวเทียมมีการเคลื่อนที่รอบโลกในขณะที่โลกนั้นอยู่กับที่ ซึ่งในความเป็นจริงแล้วโลกต้องมีการหมุนรอบตัวเองดังนั้น สามารถพิจารณาจากความสัมพันธ์ของการหมุนรอบตัวเองของโลกจะก่อให้เกิดอัตราความเร็วของการเคลื่อนที่ของพื้นที่บนโลก ณ ตำแหน่งละติจูดที่ ϕ (Surface velocity of Earth at latitude ϕ) ซึ่งหาค่าได้จากอัตราส่วนของระยะทางบนเส้นรอบวงของโลกที่ตำแหน่งละติจูดที่ ϕ ต่อคาบเวลาที่ใช้ในการหมุนรอบโลกจำนวน 1 รอบ สามารถเขียนสมการอัตราความเร็วการเคลื่อนที่ของพื้นที่บนโลก (Earth Velocity : v_c) ได้ดังสมการที่ 2.20

$$Y_c = \frac{2\pi a \cos \phi}{86,164} \quad (2.20)$$

โดยพิจารณาให้โลกหมุนรอบตัวเองที่แกนกลางของโลกตั้งตรง และทิศทางการหมุนรอบตัวเองของโลกจะหมุนไปทางจากทิศตะวันออกสู่ทิศตะวันตกได้ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ทิศทางการเคลื่อนที่ของดาวเทียมรอบโลก

ดังนั้นจากภาพที่ 2.3 พิจารณาการเคลื่อนที่ของดาวเทียมไปในทิศทางของมุมเอียงเทียบกับเส้นศูนย์สูตรของโลกที่มีค่าเท่ากับ v_i จะได้ค่าของอัตราการเปลี่ยนแปลงของระยะทางต่อเวลา (Relative velocity : v_r) ซึ่งเป็นปริมาณทางเวกเตอร์ ดังนั้นสามารถแตกทิศทางของเวกเตอร์ไปในระนาบแนวนอน (ทิศตะวันออก) และแนวตั้ง (ทิศเหนือ) ประกอบไปด้วยเทอมต่างๆ ดังสมการที่ 2.21

$$Y_r = (v_r \sin v_i)^2 + (v_r \cos v_i)^2 \quad (2.21)$$

สำหรับการหมุนรอบตัวเองของโลกจะก่อให้เกิดการเคลื่อนที่ของพื้นที่บนโลก ณ ตำแหน่งละติจูดที่ 0 จะได้ค่าของอัตราส่วนของระยะทางบนเส้นรอบวงของโลกที่ตำแหน่งละติจูดที่ 0 ซึ่งมีทิศทางของเวกเตอร์ไปในระนาบแนวนอน (ทิศตะวันออก) และแนวตั้ง (ทิศเหนือ) จากสมการที่ 2.20 จะมีค่าดังสมการที่ 2.22

$$Y_c = v_c \cos \phi = 465 \cos \phi \quad (2.22)$$

ฉะนั้นการคำนวณค่าของอัตราเร็วสัมพัทธ์ที่เป็นสัดส่วนระหว่างระยะทางจากสถานีภาคพื้นดินถึงดาวเทียมที่มีการเปลี่ยนแปลงไปต่อคาบของเวลาที่ใช้งานสามารถหาได้จากการหักล้างระหว่างค่าของเวกเตอร์ที่เกิดขึ้นในระนาบของแนวนอน ซึ่งมีค่าเท่ากับ $v_r \cos v_i - 465 \cos \phi$ และ

ในระนาบของแนวตั้งมีค่าเท่ากับ $v_r' \sin \psi_i$ ดังนั้นสมการของอัตราความเร็วสัมพันธ์ (True relative velocity : v_r) ระหว่างสถานีภาคพื้นดินกับดาวเทียมดังสมการที่ 2.23

$$Y_r = \sqrt{(v_r' \sin \psi_i)^2 + (v_r' \cos \Psi_i - 465 \cos \emptyset)^2} \quad (2.23)$$

จากการคำนวณสมการที่ 2.23 จะมีเงื่อนไขในเรื่องทิศทางการเดินทางของดาวเทียมลากผ่านเหนือสถานีภาคพื้นดิน สำหรับในกรณีที่ดาวเทียมไม่ได้เคลื่อนผ่านตำแหน่งของเครื่องรับการคำนวณหาอัตราความเร็วสัมพันธ์ระหว่างสถานีภาคพื้นดินกับดาวเทียมจะมีความซับซ้อนมากขึ้น

การคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของระยะทางต่อเวลา จากสมการที่ 2.19 จะได้ดังสมการที่ 2.24

$$v_r' = v \sin \left\{ \cos^{-1} \left(\frac{d^2 + r^2 - a^2}{2dr} \right) \right\} \quad (2.24)$$

การคำนวณหาอัตราความเร็วสัมพันธ์ (True relative velocity) ระหว่างสถานีภาคพื้นดินกับดาวเทียมดังสมการที่ 2.23

$$v_r = \sqrt{(v_r' \sin \psi_i)^2 + (v_r' \cos \Psi_i - 465 \cos \emptyset)^2}$$

$$v_r = 5,189 \text{ m/s}$$

2.1.4 ความถี่ดอปเปลอร์ (Doppler frequency shift)

การแพร่กระจายของคลื่นไปในบรรยากาศที่ระยะทางใดๆ จะเห็นว่าผลของระยะทางหรือความถี่ของคลื่นที่ใช้งานมีการเปลี่ยนแปลงจะทำให้ปริมาณความเข้มของสัญญาณที่ได้รับได้เปลี่ยนแปลงไปนอกจากนี้แล้วยังมีปัจจัยอื่นอีกเป็นจำนวนมากที่มีผลกระทบต่อระบบการสื่อสารซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงปัจจัยของความถี่ที่ใช้ในระบบการสื่อสารของดาวเทียม โดยที่ตัวดาวเทียมจะมีการเคลื่อนที่ตลอดเวลา ดังนั้นเมื่อเครื่องส่งสัญญาณความถี่ไปยังเป้าหมาย หรือเครื่องรับที่อยู่บนดาวเทียมจะเกิดปรากฏการณ์ที่ความถี่ของสัญญาณที่ได้รับได้มีการเปลี่ยนแปลงไปอันมีผลจากการเปลี่ยนแปลงของความยาวคลื่นที่ส่งไปที่เรียกว่า “ผลกระทบของดอปเปลอร์ (Doppler effect)” โดยค่าความแตกต่างระหว่างความถี่ของเครื่องส่งและของเครื่องรับ จะเรียกว่า ความถี่ดอปเปลอร์ (Doppler frequency shift : f_D) ซึ่งหาค่าได้ดังสมการที่ 2.25

$$f_D = \frac{v_r f_i}{c} \quad (2.25)$$

เมื่อ v_r คือ ความเร็วสัมพัทธ์ระหว่างสถานีภาคพื้นดินกับดาวเทียม

c คือ ความเร็วของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในอวกาศว่าง หรือความเร็วของแสงมีค่าเท่ากับ $3 \times 10^8 \text{ m/s}$

f_t คือ ความถี่ของเครื่องส่ง

ดังนั้นค่าของความถี่ของสัญญาณที่รับจาก (Receive frequency : f_r) จะได้สูตรการ

ที่ 2.26

$$f_r = f_t \pm f_D \quad (2.26)$$

จากสมการพิจารณาได้ว่าถ้าดาวเทียมเคลื่อนที่เข้าใกล้ หรือเข้าหาเครื่องรับของสถานีภาคพื้นดินจะทำให้ความถี่ดอปเปลอร์ (f_D) มีค่าเป็นบวก ดังนั้นความถี่ของเครื่องรับ (f_r) จะมีค่าสูงกว่าความถี่ของเครื่องส่ง (f_t) แต่ถ้าดาวเทียมเคลื่อนที่ห่างออกไปจากเครื่องรับของสถานีภาคพื้นดินจะทำให้ความถี่ดอปเปลอร์ (f_D) มีค่าเป็นลบ ดังนั้นความถี่ของเครื่องรับ (f_r) จะมีค่าน้อยกว่าความถี่ของเครื่องส่ง (f_t)

2.1.5 ช่องสัญญาณของดาวเทียม

ดาวเทียมทุกดวงจะมีช่องสัญญาณสำหรับใช้สื่อสารซึ่งเรียกว่า ทรานส์พอนเดอร์ (Transponder) ซึ่งมีหลายย่านความถี่ โดยดาวเทียมดวงหนึ่งๆ อาจจะมีช่องสัญญาณได้มากถึง 24 ทรานส์พอนเดอร์ และในแต่ละทรานส์พอนเดอร์สามารถใช้งานพร้อมกันได้หลายรูปแบบ เช่นการถ่ายทอดสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมไปพร้อมกับการรับ - ส่งสัญญาณโทรศัพท์ติดต่อพร้อมกันได้จำนวนมาก และ/หรือ ส่งสัญญาณวิทยุให้กับเครือข่าย หรือข่าวสารเทเลเท็กซ์ (Teletext) หรือข้อมูลทางคอมพิวเตอร์ (Data Communication) ก็ย่อมกระทำได้ ซึ่งแผนผังความถี่ของดาวเทียมไทยคมแสดงได้ดังรูปที่ 2.4 [2]



รูปที่ 2.4 แผนผังความถี่ของดาวเทียมไทยคม

จากรูปที่ 2.4 แสดงแผนผังความถี่ของดาวเทียมไทยคมมีสัญญาณความถี่ในทุกๆ ทราบส์พอนเดอร์จะมีการจัดขั้วของคลื่น (Polarization) ไว้ให้มีทั้งขั้วแนวตั้ง (Vertical) และขั้วแนวนอน (Horizontal) เพื่อให้สามารถขยายจำนวนช่องสัญญาณให้มากขึ้นจากเดิมได้โดยไม่เกิดการรบกวนสัญญาณ (Interference) กันเอง และไม่มีผลกระทบจากสภาพของอวกาศ

2.1.6 สถานีดาวเทียมภาคพื้นดิน (Satellite Earth Station)

สถานีดาวเทียมภาคพื้นดินเป็นส่วนประกอบสำคัญในการสื่อสารผ่านดาวเทียมที่ทำหน้าที่ติดต่อกับดาวเทียม และเชื่อมต่อไปยังผู้ใช้งาน เช่นระบบสื่อสารข้อมูลเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ระบบโทรศัพท์ หรือระบบถ่ายทอดสัญญาณโทรทัศน์ เป็นต้น

สถานีดาวเทียมภาคพื้นดินในปัจจุบันได้รับการพัฒนาให้ใช้เทคโนโลยีในระบบดิจิทัล ทำให้มีความสามารถสูงขึ้น เช่นสามารถส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็วสูงในขณะที่ยังคงขนาดของอุปกรณ์ที่ใช้มีขนาดเล็กลง และสามารถทำงานในสภาพแวดล้อมทั่วไปได้ [2]

โครงสร้างของสถานีดาวเทียมภาคพื้นดิน แบ่งได้เป็น 4 ส่วนหลักๆ คือ

2.1.6.1. อุปกรณ์จานสายอากาศ (Antenna subsystem)

จานสายอากาศ ซึ่งใช้สำหรับการสื่อสารผ่านดาวเทียมเป็นส่วนสำคัญสำหรับการรับส่งสัญญาณอย่างมาก เนื่องจากสัญญาณที่ส่งขึ้นดาวเทียมต้องถูกส่งขึ้นไปเป็นลำคลื่นที่แคบตรงไปยังตำแหน่งดาวเทียมได้อย่างถูกต้อง จานสายอากาศต้องมีความสามารถในการรวมพลังงานไปในทิศทางที่ตรงกับตัวดาวเทียมด้วยเช่นกัน และในทำนองเดียวกันจานสายอากาศต้องมีความสามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมที่ได้พลังงานที่สูงพอสำหรับการใช้งานในภาครับด้วย จานสายอากาศนี้จะต้องถูกออกแบบให้มีสัญญาณรบกวนต่ำ และต้องมีสัญญาณที่แพร่ออกด้านข้างของจาน (Side Lobe) ต่ำ เพื่อไม่ให้รบกวนดาวเทียมดวงที่อยู่ใกล้เคียง

ลักษณะทั่วไปของจานสายอากาศ ประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆ คือ

- 1) แผ่นสะท้อนคลื่น (Reflector) มีลักษณะเป็น Parabola ซึ่งจะทำหน้าที่สะท้อนคลื่นที่รับได้รวมเข้าไว้ที่จุดโฟกัสในด้านรับ และทำหน้าที่สะท้อนคลื่นที่ส่งออกจากจุดโฟกัสเป็นลำออกไปยังดาวเทียม

2) อุปกรณ์รับ และป้อนสัญญาณ (Antenna feed) เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งที่ตำแหน่งจุดโฟกัสของจานสายอากาศ ซึ่งทำหน้าที่กระจายคลื่นที่มาจากเครื่องส่งไปยังแผ่นสะท้อนคลื่น และรับคลื่นที่สะท้อนมาจากแผ่นสะท้อนคลื่นเข้าภายในตัว feed ซึ่งภายใน feedhorn จะมีอุปกรณ์ที่เรียกว่า OMT (Orthogonal Mode Transducer) ซึ่งทำหน้าที่แยกคลื่นด้านรับ และด้านส่งออกจากกัน เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการรบกวนซึ่งกันและกัน ดังนั้นสัญญาณในด้านส่ง และสัญญาณในด้านรับจะมีขั้วสัญญาณ (Polarize) ที่ต่างกัน เช่นในการส่งสัญญาณที่มีขั้วแบบเชิงเส้น (Linear Polarization) สัญญาณจะถูกส่งขึ้นตัวดาวเทียมโดยใช้ขั้วหนึ่ง (Vertical หรือ Horizontal) และรับสัญญาณจากดาวเทียมอีกขั้วหนึ่ง (Horizontal หรือ Vertical) เป็นต้น โดยชนิดของ Antenna feed มีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิด คือ Linear feed และ Circular feed

3) อุปกรณ์ลดการรบกวนจากด้านส่ง (Transmit reject filter) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็น Bandpass filter ซึ่งยอมให้สัญญาณคลื่นความถี่ด้านรับให้ผ่านไปได้ และกันสัญญาณที่มีความถี่ด้านส่งไม่ให้ย้อนเข้าไปยังภาครับสัญญาณ เพื่อป้องกันอุปกรณ์ด้านรับที่ทำงานกับสัญญาณที่มีกำลังต่ำเกิดความเสียหายจากกำลังส่งของอุปกรณ์เครื่องส่ง

2.1.6.2. อุปกรณ์เครื่องรับ - ส่งความถี่วิทยุ (RF subsystem)

การสื่อสารผ่านดาวเทียมทำงานได้โดยคลื่นความถี่วิทยุในย่านความถี่ต่างๆ เช่นย่านความถี่ C-Band ใช้สัญญาณที่มีความถี่ 6/4 GHz เป็นต้น ดังนั้นอุปกรณ์ที่ใช้ต้องสามารถใช้งานได้ในย่านความถี่นั้นๆ ด้วยอุปกรณ์ในภาคนี้จะทำหน้าที่รับส่งสัญญาณความถี่วิทยุที่ใช้งานเป็นหลัก ซึ่งประกอบด้วย

1) Low Noise Amplifier (LNA) เป็นส่วนที่ใช้สำหรับขยายสัญญาณที่รับจากจานดาวเทียม ซึ่งสัญญาณดังกล่าวจะมีกำลังงาน เมื่อรับได้ที่จานสายอากาศต่ำมาก ดังนั้นสัญญาณดังกล่าวต้องได้รับการขยายกำลังขึ้น เพื่อส่งต่อไปยังภาครับอื่นต่อไป ซึ่งเครื่องขยายในส่วนนี้ต้องมีสัญญาณรบกวนต่ำ จึงจะสามารถขยายส่วนที่เป็นสัญญาณแท้จริง และตัดส่วนที่เป็นสัญญาณรบกวนออกไป

2) High Power Amplifier (HPA) เป็นเครื่องขยายสัญญาณกำลังสูงสำหรับสถานีภาคพื้นดิน โดยทำหน้าที่ขยายสัญญาณวิทยุในย่านความถี่ดาวเทียม เพื่อส่งขึ้นไปยังดาวเทียม เครื่องขยายสัญญาณประเภทนี้มีด้วยกันหลายชนิด เช่น

2.1) TWTA (Traveling Wave Tube Amplifier) ใช้หลักการถ่ายเทพลังงานที่เกิดจากอิเล็กตรอนที่สร้างขึ้นภายในหลอดสุญญากาศชนิดพิเศษ (TWT)

โดยสัญญาณที่ถูกขยายนั้นถูกส่งผ่านเข้าไปยังหลอด TWT โดยผ่านอุปกรณ์ที่เรียกว่า Helix ขูดขยายสัญญาณชนิดนี้จะใช้งานกับสถานีดาวเทียมภาคพื้นดินทั่วไปที่มีกำลังส่งระหว่าง 50-500 วัตต์

2.2) Klystron Amplifier เป็นเครื่องขยายกำลังสูงเช่นเดียวกับ TWTA แต่ให้กำลังขยายสูงกว่า และมีประสิทธิภาพสูงกว่า แต่ให้ความกว้างแถบคลื่นความถี่ (Bandwidth) ได้แคบกว่า เหมาะสำหรับการใช้งานที่ไม่ต้องการความยืดหยุ่นในการเปลี่ยนแปลงความถี่ เช่นสถานีส่งสัญญาณโทรทัศน์ เป็นต้น เครื่องขยายชนิดนี้มีกำลังส่งระหว่าง 1-3 กิโลวัตต์

2.3) Solid State Power Amplifier (SSPA) เป็นเครื่องขยายชนิดที่ใช้ทรานซิสเตอร์ชนิด GaAs FET ซึ่งให้ประสิทธิภาพในการขยายที่สูงกว่า TWTA มาก แต่มีข้อเสียที่ยังไม่สามารถสร้างให้มีกำลังสูงๆ ได้ นิยมนำมาใช้กับสถานีภาคพื้นดินขนาดเล็กอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน

2.1.6.3. อุปกรณ์แปลงสัญญาณคลื่นวิทยุ (IF subsystem)

อุปกรณ์การแปลงสัญญาณคลื่นวิทยุ (IF subsystem) ประกอบด้วยอุปกรณ์ 2 ส่วนด้วยกัน มีรายละเอียดดังนี้

1) Up Converter Part ทำหน้าที่แปลงสัญญาณย่านความถี่ IF (70 MHz / 140 MHz) ซึ่งรับจาก Satellite Modem ให้เป็นความถี่ดาวเทียมในย่านที่ใช้งานกับระบบดาวเทียมต่างๆ เช่น ย่านความถี่ C-Band (5925-6425 MHz) จากนั้นสัญญาณที่ได้รับการแปลงความถี่แล้วจะถูกส่งต่อไปให้ภาคขยายสัญญาณกำลังส่งสูง เพื่อส่งไปยังดาวเทียมต่อไป

2) Down Converter Part ทำหน้าที่แปลงสัญญาณความถี่ที่ได้รับจาก LNA ซึ่งเป็นย่านความถี่ของดาวเทียม เช่น C-Band (3700-4200 MHz) ไปเป็นย่านความถี่ IF (70 MHz / 140 MHz) เพื่อส่งต่อไปให้กับภาค Demodulator ของ Satellite Modem ต่อไป

2.1.6.4. อุปกรณ์ MODEM (Modulator / Demodulator)

ทำหน้าที่แปลงข้อมูลที่ต้องการส่งผ่านระบบสื่อสารผ่านดาวเทียมให้อยู่ในรูปของสัญญาณคลื่นวิทยุ (Modulation) เพื่อส่งสัญญาณดังกล่าวไปยังดาวเทียม และในทางกลับกันก็ทำการแปลงสัญญาณคลื่นวิทยุที่มีข้อมูลผสมอยู่ให้ได้เป็นข้อมูลออกมา (Demodulation) เพื่อนำไปใช้งานต่อไป สำหรับสถานีดาวเทียมในปัจจุบันจะทำงานโดยรับข้อมูลที่เป็นดิจิทัล ที่เราเรียกว่า สัญญาณ Baseband ข้อมูลข่าวสารที่ผู้ใช้ต้องการส่งผ่านสถานีดาวเทียมระบบดิจิทัลนี้จะ

ถูกเปลี่ยนให้เป็นข้อมูลดิจิทัล เช่นสัญญาณเสียงจากระบบโทรศัพท์ หรือ เสียงสำหรับสถานีวิทยุ เป็นต้น

ก่อนที่นำสัญญาณ Baseband ซึ่งอยู่ในรูปดิจิทัลมาส่งในระบบสื่อสารผ่านดาวเทียม จะต้องทำการผสมกับคลื่นพาห์ (Carrier) เพื่อให้อยู่ในรูปของสัญญาณวิทยุแวนะล็อก (70 MHz / 140 MHz) ก่อน จึงส่งผ่านไปในภาค Up/Down converter และภาคขยายสัญญาณ เพื่อส่งไปยังดาวเทียมต่อไป

2.2 ประเภทของดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ

2.2.1 ดาวเทียมทำแผนที่

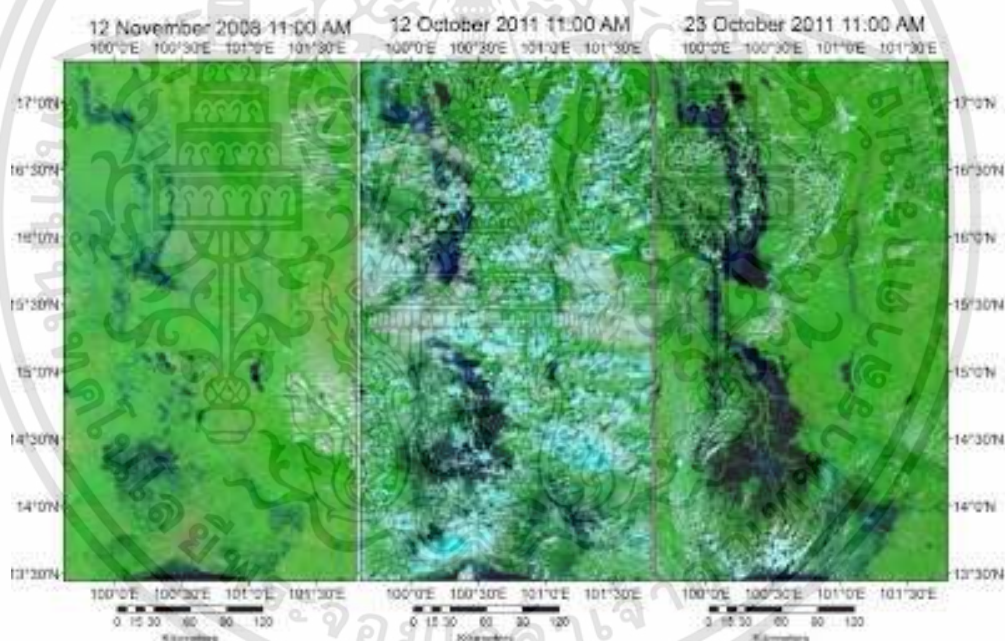
ดาวเทียมทำแผนที่เป็นดาวเทียมที่มีวงโคจรระยะต่ำ (LEO) ที่ระดับความสูงไม่เกิน 800 กิโลเมตร เพื่อให้ได้ภาพที่มีรายละเอียดสูง และเป็นดาวเทียมที่มีวงโคจรขั้วโลก (Polar orbit) เพื่อให้สแกนพื้นผิวถ่ายภาพได้ครอบคลุมทุกพื้นที่ของโลก ภาพถ่ายดาวเทียมที่ได้สามารถนำไปใช้ในการทำแผนที่ ผังเมือง และการทำกิจกรรมสอดแนมทางการทหาร ภาพที่ 2.5 เป็นภาพถ่ายรายละเอียดสูงของพระบรมมหาราชวัง ซึ่งถ่ายโดยดาวเทียม GeoEye-1 ที่ความสูง 680 กิโลเมตร ความเร็วในวงโคจร 27,359 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ดาวเทียมทำแผนที่ที่มีชื่อเสียงได้แก่ Ikonos, QuickBird ซึ่งสามารถดูภาพแผนที่ใน Google Maps [3]



รูปที่ 2.5 ภาพถ่ายรายละเอียดสูงของดาวเทียมวงโคจรต่ำ

2.2.2 ดาวเทียมสำรวจทรัพยากร

ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรเป็นดาวเทียมวงโคจรระยะต่ำ (LEO) ที่มีวงโคจรแบบขั้วโลก (Polar Orbit) ที่ระยะสูงประมาณ 800 กิโลเมตร จึงไม่มีรายละเอียดสูงเท่าภาพถ่ายที่ได้จากดาวเทียมทำแผนที่ เพราะเน้นการครอบคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้าง และทำการบันทึกภาพได้ทั้งในช่วงแสงที่ตามองเห็นและรังสีอินฟราเรด เนื่องจากโลกแผ่รังสีอินฟราเรดออกมา จึงสามารถบันทึกภาพได้แม้ในเวลากลางคืน ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรที่มีชื่อเสียงมากได้แก่ Landsat, Terra และ Aqua (MODIS Instruments) ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรของไทยมีชื่อว่า อีออส (Theos) ภาพที่ 2.6 เป็นภาพถ่ายพื้นที่น้ำท่วมของประเทศไทย โดยอุปกรณ์ MODIS ที่ติดตั้งในดาวเทียม Terra

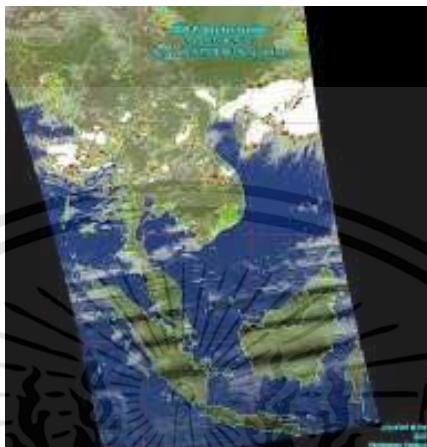


รูปที่ 2.6 พื้นที่น้ำท่วมของประเทศไทย

2.2.3 ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา

มีวงโคจรหลายระดับขึ้นอยู่กับการออกแบบในการใช้งานดาวเทียม NOAA มีวงโคจรระยะต่ำถ่ายภาพรายละเอียดสูงดังภาพที่ 2.7 ส่วนดาวเทียม GOES และ MTSAT มีวงโคจรประจำที่ (GEO) ที่ระยะสูง 35,786 กม. ถ่ายภาพมุมกว้างครอบคลุมทวีป และมหาสมุทร นักอุตุนิยมวิทยา

ใช้ภาพถ่ายดาวเทียมในการพยากรณ์อากาศ และติดตามการเคลื่อนที่ของพายุจึงสามารถช่วยป้องกันความเสียหาย และชีวิตคนได้เป็นจำนวนมาก



รูปที่ 2.7 ภาพถ่ายดาวเทียม NOAA

2.3 โปรแกรมที่เกี่ยวข้องกับการดึงข้อมูลจากเว็บไซต์

2.3.1 แอปพลิเคชัน Postman

โครงการเรื่องระบบการติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมใช้แอปพลิเคชัน Postman ในการดึงข้อมูลจากเว็บไซต์ ซึ่งแอปพลิเคชัน Postman เป็นแอปพลิเคชันในการพัฒนา API ทดสอบการทำงานของ Service รวมถึง Mock Service อีกด้วย ซึ่งช่วยให้เรื่องยากกลายเป็นเรื่องง่าย โดยความนิยมของแอปพลิเคชัน Postman หลักๆ มาจาก UI ที่สวยงามใช้งานง่ายกว่า Tools อื่นๆ โดยผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องมีความรู้เรื่องภาษาคอมพิวเตอร์ก็สามารถใช้งานได้อย่างง่าย [4]

2.3.2 โปรแกรม Visual studio

โปรแกรม Visual studio เป็น โปรแกรมตัวหนึ่งที่เป็นเครื่องมือที่ช่วยพัฒนาซอฟต์แวร์ และระบบต่างๆ ซึ่งสามารถติดต่อสื่อสารพูดคุยกับคอมพิวเตอร์ได้ในระดับหนึ่งแล้ว แต่ยังไม่สามารถพัฒนาเป็นระบบเองได้ เหมาะสมสำหรับภาษา VB และ VB.NET เนื่องจากไมโครซอฟต์ได้พัฒนาโปรแกรม และภาษาขึ้นมาควบคู่กันเพื่อให้ใช้งานได้ง่ายขึ้นและกัน ซึ่งนักโปรแกรมเมอร์จะนำเครื่องมือมาใช้ในการพัฒนาต่อยอดให้เกิดเป็นระบบต่างๆ หรือเป็นเว็บไซต์ และแอปพลิเคชันต่าง ๆ [5]

ซึ่งโครงงานเรื่องระบบการติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมใช้แอปพลิเคชัน Visual studio ในการแปลง Design หน้าเว็บ สู่ HTML และ CSS

2.4 โปรแกรมที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ UI interface

2.4.1 โปรแกรม Adobe XD

โปรแกรม Adobe XD เป็นเครื่องมือออกแบบประสบการณ์ผู้ใช้แบบเวกเตอร์สำหรับเว็บแอป และแอปบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ซึ่งพัฒนา และเผยแพร่โดย Adobe Inc. ซึ่งมีให้บริการสำหรับ macOS และ Windows แม้ว่าจะมีเวอร์ชันสำหรับ iOS และ Android เพื่อช่วยในการดูตัวอย่างผลงานโดยตรง อุปกรณ์เคลื่อนที่ Adobe XD รองรับ Wireframing เว็บไซต์ และการสร้างต้นแบบการคลิกผ่าน [6]

2.4.2 โปรแกรม Processing

โปรแกรม Processing เป็นภาษา Open source หรือเครื่องมือพัฒนาสำหรับการเขียนโปรแกรมในคอมพิวเตอร์เครื่องอื่นมีประโยชน์ เมื่อคุณต้องการให้คอมพิวเตอร์เครื่องอื่นๆ "คุย" กับ Arduino เช่นเพื่อแสดงหรือบันทึกข้อมูลบางอย่างที่ Arduino รวบรวมไว้ พร้อมทั้งโปรแกรม Processing สามารถสร้างหน้าจอแสดงผล UI interface ได้อีกด้วย [7]

2.4.3 โปรแกรม Figma

โปรแกรม Figma คือโปรแกรมในการทำ Software Prototype ตัวหนึ่งที่ให้เราออกแบบหน้าตาการใช้งานของโปรแกรมที่จะพัฒนาตัวโปรแกรมประเภท Software Prototype มันก็มีเจ้าตลาดใหญ่ ๆ อยู่แล้วอย่าง Adobe XD หรือ Sketch [8]

2.5 ระบบย่อยในระบบติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียม

2.5.1 ระบบของการ Calibrate

ในระบบติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมใช้ Compass sensor ในการ Calibrate ของฐานหมุนก้ม และหมุนเงย โดยการป้อนชุดคำสั่งให้ Calibrate ที่ 0 องศา และไปยังจุดที่ดาวเทียมอยู่ด้วย GPS sensor ซึ่ง Compass sensor มีความไวต่อวัสดุแม่เหล็กไฟฟ้าดังนั้นจึงจำเป็นต้องปรับเทียบเซ็นเซอร์หลังจากเชื่อมต่อกับระบบกลไก ซึ่งการปรับเทียบเซ็นเซอร์เข็มทิศทำได้โดยการส่ง "รหัสการ Calibrate" ไปยังที่อยู่ 0x60 ของเซ็นเซอร์เข็มทิศ

2.5.2 ระบบการวัดมุมก้ม และมุมเงย

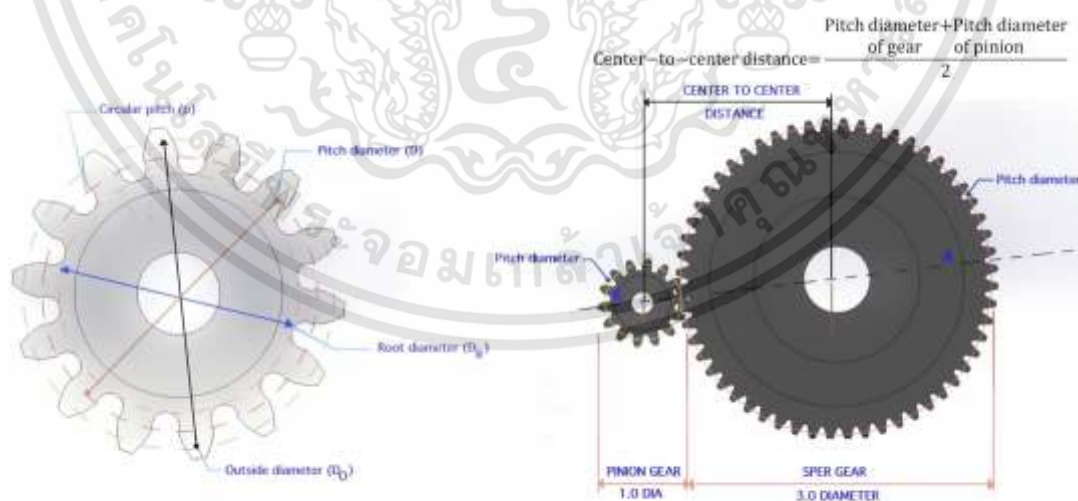
ในระบบการวัดมุมก้ม และมุมเงยภายในระบบใช้ Relay 2 Chanel เชื่อมต่อกับ Top MOSFET โดยแบ่งออกเป็น การวัดมุมสำหรับมุมก้ม และมุมเงยโดยการป้อนคำสั่งพร้อมทั้งสอดคล้องกับระบบการ Calibrate

2.5.3 ระบบขับเคลื่อนของ Step motor

ในระบบนำ Step motor ต่อเข้ากับ Arduino MKR 1000 บอร์ด เพื่อขับเคลื่อนสำหรับฐานหลักแอล และแอลเล็กสำหรับการวัดมุมก้ม และมุมเงยตามลำดับ ซึ่ง Step motor NEMA 23 มีแรงบิด 3 นิวตันเมตร พร้อมทั้งสามารถรับกระแสได้ถึง 1.7 แอมป์ ซึ่งภายในระบบจะแบ่งออกเป็น 2 ระบบ ทั้งอัตโนมัติ และแมนนวล โดยการใส่สวิตช์ เพื่อสลับโหมดในการขับเคลื่อน

2.5.4 อัตราการทดของเฟือง

อัตราทดของเฟือง คือสัดส่วนระหว่างเฟือง 2 ตัวขึ้นไปที่เกี่ยวข้องกัน ซึ่งเฟืองตัวหนึ่งจะเป็นตัวขับ และอีกเฟืองตัวจะเป็นตัวตาม (เรียกสั้นๆ คือเฟืองขับ และเฟืองตาม) โดยการเคลื่อนที่ของเฟืองทั้งสองจะมีทิศทางที่ตรงกันข้ามกัน ซึ่งมีส่วนประกอบดังรูปที่ 2.8 [9]



รูปที่ 2.8 ส่วนประกอบของเฟืองตรง

จากรูปที่ 2.8 เป็นการแสดงถึงในส่วนประกอบของเฟืองตรง ซึ่งการทำงานของเฟืองในลักษณะที่มีกำลังส่งด้วยเฟืองในอัตราทดชั้นเดียว โดยที่การส่งกำลังด้วยเฟืองมีข้อดี เช่น ไม่มีการสั่นไถล และมีอัตราทดที่แน่นอน แต่มีข้อเสีย คือขนาดการยืดหยุ่นทำให้เกิดเสียงดัง และระยะห่างในการส่งกำลังระหว่างจุดศูนย์กลางของเพลาทั้งสองจะน้อยกว่าการส่งกำลังด้วยสายพาน ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ลักษณะการส่งกำลังด้วยเฟืองอัตราทดชั้นเดียว

จากรูปที่ 2.9 เป็นการแสดงถึงในลักษณะการส่งกำลังด้วยเฟืองอัตราทดชั้นเดียว ซึ่งการส่งกำลังด้วยเฟือง จะต้องประกอบด้วยเฟืองขับและเฟืองตามเป็นการส่งกำลังขับฟันต่อฟัน คือเฟืองขับเคลื่อนที่ 1 ฟัน เฟืองตามจะเคลื่อนที่ 1 ฟันด้วย เพราะความเร็วรอบของเฟืองขับ และเฟืองตามเท่ากัน โดยสามารถคำนวณหาอัตราทดระบบส่งกำลังด้วยเฟือง เมื่อความเร็วรอบของเฟืองขับ และเฟืองตามเท่ากัน สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.27

$$z_1 n_1 = z_2 n_2 \quad (2.27)$$

เมื่อ	i	=	อัตราทด
	n_1	=	ความเร็วรอบของเฟืองขับ (รอบ/นาที)
	n_2	=	ความเร็วรอบของเฟืองตาม (รอบ/นาที)
	z_1	=	จำนวนฟันของเฟืองขับ (ฟัน)
	z_2	=	จำนวนฟันของเฟืองตาม (ฟัน)

จากสมการที่ 2.27 จะมีการคำนวณความเร็วรอบของเฟืองขับในหนึ่งตัวจากที่กำหนดมาข้างต้น ซึ่งสามารถคิดตามแกน Horizontal และ Vertical เมื่อคำนวณความเร็วรอบเฟืองตามแล้วจะได้ค่า n_1 และ n_2 เพื่อนำมาคำนวณหาอัตราทดของเฟืองจากสมการที่ 2.28

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_1}{z_2} \quad (2.28)$$

จากสมการที่ 2.8 หลังจากการคำนวณอัตราการทดของเฟืองแล้ว จะมีการพิจารณาออกเป็น 3 กรณีดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 เกณฑ์การพิจารณาของอัตราทดของเฟืองในลักษณะชั้นเดียว

อัตราทด (i)	ความหมาย
$i = 1$	เฟืองตามหมุนเร็วเท่ากับเฟืองขับ $n_1 = n_2$
$i < 1$	เฟืองตามหมุนเร็วกว่าเฟืองขับ $n_1 > n_2$
$i > 1$	เฟืองตามหมุนช้ากว่าเฟืองขับ $n_1 < n_2$

จากตารางที่ 2.1 เป็นการแสดงถึงในส่วนของเกณฑ์การพิจารณาของอัตราทดของเฟืองในลักษณะชั้นเดียว ซึ่งอัตราการทดของเฟืองขึ้นอยู่กับจำนวนของฟันเฟือง และความเร็วที่ใช้ในการขับเคลื่อนของฟันเฟืองด้วย

จากนั้นสามารถนำมาคำนวณหาความเร็วรอบหลังทดรอบแล้วจากสมการที่ 2.29

$$\text{ความเร็วรอบหลังทดรอบ} = \frac{\text{จำนวนฟันของเฟืองขับ}}{\text{จำนวนฟันของเฟืองตาม}} \times \text{ความเร็วมอเตอร์} \quad (2.29)$$

2.6 ประเภทของปีคอน

สัญญาณดาวเทียมอาจจำแนกตามการทำงาน หรือตามความถี่ที่ใช้ หรือทั้งสองอย่างผสมกัน ตารางด้านล่างแสดงรายการสัญญาณดาวเทียมประเภทหลักบางประเภทดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.2 แสดงประเภทของปีคอน [10]

ฟังก์ชันของปีคอน	ย่านความถี่	หมายเหตุ
Early Russian tracking and telemetry	HF (3-30 เมกะเฮิรตซ์)	eg 20.005 MHz
Early USA tracking and telemetry	VHF (30-300 เมกะเฮิรตซ์)	eg 108 / 136 MHz
Geosat tracking and telemetry	Ku / Ka bands (Ku : 12-18 จิกกะเฮิรตซ์) (Ka : 26-40 จิกกะเฮิรตซ์)	eg 14/26 GHz

ตารางที่ 2.2 แสดงประเภทของปีคอน (ต่อ)

ฟังก์ชันของปีคอน	ย่านความถี่	หมายเหตุ
Deep Space tracking and telemetry	S / X bands (S : 2-4 จิกกะเฮิรซ์) (X : 8-12 จิกกะเฮิรซ์)	eg 2 / 8 GHz
Ionospheric studies	VHF / UHF (VHF : 30-300 เมกะเฮิรซ์) (UHF : 300 เมกะเฮิรซ์ – 3 จิกกะเฮิรซ์)	ขณะนี้ GPS ใช้กัน ทั่วไป
Ropospheric studies (rain attenuation)	Ku / Ka bands	14 / 26 GHz
Navigation	L – band (1-2 จิกกะเฮิรซ์)	eg. GNSS / GPS
Optical	Visible light	ส่วนใหญ่เป็นการ ทดลอง

จากตารางที่ 2.2 แสดงประเภทของปีคอนในการติดตามของแต่ละประเทศจะใช้น่านความถี่ที่ต่างกันออกไป เช่นย่าน HF (High frequency) ซึ่งมีความถี่อยู่ที่ 3 เมกะเฮิรซ์ – 30 เมกะเฮิรซ์ ใช้กันในประเทศรัสเซีย ,ย่าน VHF (Very high frequency) ซึ่งมีความถี่อยู่ที่ 30 เมกะเฮิรซ์ – 300 เมกะเฮิรซ์ ใช้กันในประเทศอเมริกา ,ซึ่งฟังก์ชัน GeoSat เป็นของประเทศอเมริกา ซึ่งใช้ความถี่ในย่าน Ku (Kurz-unten) 12 จิกกะเฮิรซ์ – 18 จิกกะเฮิรซ์

2.7 ปีคอนสำหรับการวัด – ส่งข้อมูลทางไกล และการติดตาม

สัญญาณดาวเทียมมักใช้ เพื่อส่งข้อมูลทางไกลที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพของยานอวกาศ และสภาพแวดล้อม ข้อมูลดังกล่าวอาจรวมถึงสถานะของระบบย่อยของดาวเทียมต่างๆ กำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ และกระแสไฟฟ้าที่ดึงมาจากชิ้นส่วนต่างๆ ของอุปกรณ์อณูหภูมิของดาวเทียม การกำหนดตำแหน่ง (สถานะไจโรสโคป) และสนามแม่เหล็กภายนอกพลักซ์แสงอาทิตย์ และสภาพแวดล้อมการแผ่รังสี ฯลฯ

ในดาวเทียมยุคแรกจะมีการส่งข้อมูลในรูปแบบแอนะล็อกโดยใช้รูปแบบมัลติเพล็กซ์ โดยมีการใช้โทนเสียงความถี่ และการแบ่งเวลาแบบมัลติเพล็กซ์บนผู้ให้บริการรายเดียว หรือผู้ให้บริการย่อยหลายราย ปัจจุบันข้อมูลมักถูกส่งในรูปแบบดิจิทัล และมักจะอยู่ในแพ็กเก็ตโดยใช้ โปรโตคอลมาตรฐาน แผนการแก้ไขข้อผิดพลาดต่างๆ เพื่อลดสัญญาณรบกวนในระดับสัญญาณต่ำ

แม้ว่าจะมีการออกแบบตัวถอดรหัสฮาร์ดแวร์ แต่ก็มีการใช้ซอฟต์แวร์ เพื่อถอดรหัส การส่งข้อมูลทางไกลผ่านดาวเทียมมากขึ้นสิ่งนี้มักต้องการเพียงตัวประมวลผลล่วงหน้าธรรมดา ก่อนที่จะป้อนข้อมูลไปยังพีซี เพื่อถอดรหัสแผนผังตัวประมวลผลการตัดแบบไม่มีที่สิ้นสุดที่เรียบง่าย แสดงอยู่ด้านล่างซึ่งทำหน้าที่เป็นส่วนต่อประสานระหว่างเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม และพอร์ตอนุกรมของพีซี บ่อยครั้งที่เอาต์พุตของเครื่องรับถูกป้อนเข้ากับการดเสียงของพีซีโดยตรง

2.8 การทำนายการเคลื่อนที่ล่วงหน้าของดาวเทียม

ในการทำนายการเคลื่อนที่ล่วงหน้าของดาวเทียม สามารถที่จะคำนวณได้ เมื่อทราบ ข้อมูลของดาวเทียมที่ต้องการคำนวณมุมก้ม และมุมเงย พร้อมทั้งเวลาในการเคลื่อนที่ โดยมีขั้นตอน ในการหามุมก้ม และมุมเงย และระยะทางที่โลกห่างจากดาวเทียมตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1: เริ่มต้นด้วยการหาค่า B () ดังสมการที่ 2.29

$$B = l_E - l_s \quad (2.29)$$

โดยที่ B คือ
 l_E คือ ลองติจูดจากโลกไปยังดาวเทียม
 l_s คือ ลองติจูดของดาวเทียม

ขั้นตอนที่ 2: คำนวณหาค่า R (รัศมี) ดังสมการที่ 2.30

$$R = \sqrt{l^2 + z^2} \quad (2.30)$$

โดยที่ R คือ รัศมี หน่วย กิโลเมตร

โดยที่สามารถคำนวณ l ได้ดังสมการที่ 2.31

$$l = \left(\frac{r_e}{\sqrt{1-(e_e^2 \sin^2(L_E))}} + H \right) \cos(L_E) \quad (2.31)$$

โดยที่ $H = 0$
 $e_e = 0.08182$
 $r_e = 6378.14$ กิโลเมตร

โดยที่ค่า z สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.32

$$z = \left(\frac{r_e(1-e_e^2)}{\sqrt{1-(e_e^2 \sin^2(L_E))}} + H \right) \sin(L_E) \quad (2.32)$$

หามุม ψ_E ได้จากสมการที่ 2.33

$$\psi_E = \tan^{-1} \left(\frac{z}{l} \right) \quad (2.33)$$

ขั้นตอนที่ 3: หาค่า d_E (Earth station distance) ได้จากสมการที่ 2.34

$$d_E = \sqrt{R^2 + r_s^2 - 2Rr_s \cos(\psi_E) \cos(B)} \quad (2.34)$$

ขั้นตอนที่ 4: หาค่ามุมเงย (Elevation) ได้จากสมการที่ 2.35

$$\theta_{EL} = \cos^{-1} \left(\frac{\sin \gamma}{\sqrt{1 + \left(\frac{R}{r_s}\right)^2 - 2\left(\frac{R}{r_s}\right) \cos \gamma}} \right) \quad (2.35)$$

โดยสามารถหาค่า γ ได้จากสมการที่ 2.36

$$\gamma = \cos^{-1}(\cos(L_E) \cos(B)) \quad (2.36)$$

เมื่อคำนวณหาค่า γ แล้วจึงต้องนำมาทดสอบว่าสามารถนำมาใช้งานได้หรือไม่ตาม

สมการที่ 2.37

$$\gamma \leq \cos^{-1} \left(\frac{R}{r_s} \right) \quad (2.37)$$

ขั้นตอนที่ 5: หาค่ามุมก้ม (Azimuth) ได้จากสมการที่ 2.38

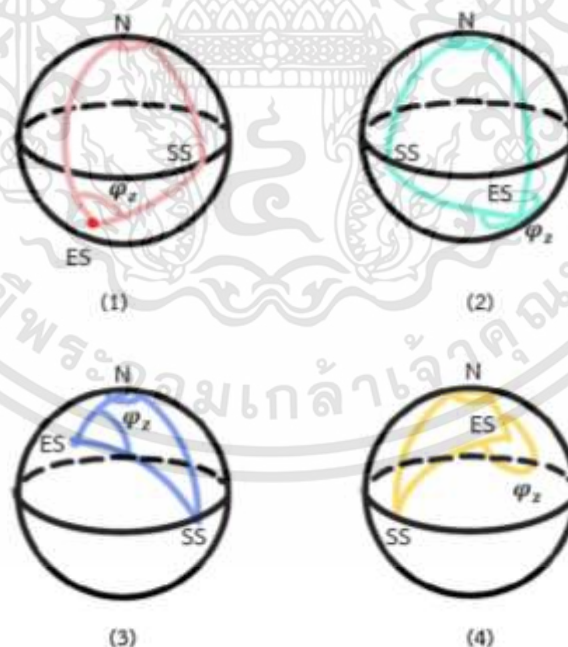
$$\alpha = \sin^{-1} \left(\sin |l_E - l_s| \left(\frac{\cos(L_E)}{\sin(\gamma)} \right) \right) \quad (2.38)$$

เมื่อคำนวณค่า α ได้แล้วจึงต้องนำมาพิจารณาตามเงื่อนไขดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 เงื่อนไขการพิจารณาก่อนนำมาคำนวณหาค่ามุมก้ม

เงื่อนไข	สูตรหามุม φ_z	แผนภาพ
SS is NE of ES	α	(1)
SS is NW of ES	$360^\circ - \alpha$	(2)
SS is SE of ES	$180^\circ - \alpha$	(3)
SS is SW of ES	$180^\circ + \alpha$	(4)

จากตารางที่ 2.3 แสดงถึง เงื่อนไขการพิจารณาก่อนนำมาคำนวณหาค่ามุมก้ม ซึ่งจะมีแผนภาพดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 แผนภาพตามเงื่อนไขการพิจารณาก่อนนำมาคำนวณหาค่ามุมก้ม

จากรูปที่ 2.10 แสดงถึงแผนภาพตามเงื่อนไขการพิจารณาก่อนนำมาคำนวณหาค่ามุ่มกัม ซึ่งทำให้สามารถมองภาพออกว่ามุ่มกัมเป็นอย่างไรในการหามุ่มกัม

2.9 การคำนวณค่าความผิดพลาดจากการทดลอง

2.9.1 ความคลาดเคลื่อนแบบระบบ

เป็นความผิดพลาดที่มีค่าไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ ค่าการวัดสูงเกินไป หรือต่ำเกินไปทุกๆ ค่า ดังนั้นผู้ทำการทดลองจะต้องวิเคราะห์หาสาเหตุของความผิดพลาดนี้ ซึ่งความผิดพลาดแบบนี้อาจเกิดจากสาเหตุดังนี้คือ

- ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากเครื่องวัด

เครื่องวัดสำเร็จรูปซึ่งอ่านได้ โดยตรงจากเครื่องบางครั้งอาจให้ผลการวัดที่คลาดเคลื่อนได้เนื่องจากเครื่องวัดเสื่อมคุณภาพ หรือมีคุณภาพต่ำ ผู้ทำการทดลองจำเป็นต้องคำนึงถึงข้อนี้ด้วย โดยการตรวจสอบผลการวัดกับเครื่องวัดมาตรฐาน แล้วติดค่าที่แก้ไขที่ตัวเครื่องวัดนั้นๆ เช่น โวลต์มิเตอร์ที่อ่านค่าเต็มสเกลได้ 10 โวลต์เมื่อใช้ไปนานๆ แม้เหล็กภายในเครื่องอาจเสื่อมลง ทำให้ค่าเต็มสเกลเป็น 12 โวลต์ ทั้งที่ขีดบนสเกลยังคงเป็น 10 โวลต์ ตามเดิมกรณีเช่นนี้จะทำให้ผลการวัดผิดพลาดไปในทำนองเดียวกัน ไม่ว่าจะทำการวัดกี่ครั้งก็ตาม หรือการใช้ไม้เมตรวัดความยาวของวัตถุ ปลายไม้เมตรอาจสึกกร่อน ในการวัดควรใช้สเกลเริ่มต้นจากขีดอื่นที่ไม่ใช่ขีดศูนย์ เช่น เริ่มวัดจากขีด 1 เซนติเมตร แล้วนำไปลบออกจากค่าที่อ่านได้ ซึ่งการทำเช่นนี้เป็นนการแก้ไขข้อศูนย์ของเครื่องวัดในทำนองเดียวกัน การใช้เครื่องชั่งที่ไวมาก มักตั้งขีดศูนย์ไม่ได้ หรือถ้าได้ ก็ไม่สะดวกการแก้ไขทำได้ โดยดูการแกว่งไปทางขวา และทางซ้าย ให้มีช่วงแกว่งประมาณเท่าๆ กันหรือเต็มมวลลงไป เพื่อให้เข็มชี้ขีดศูนย์ แล้วนำไปบวก หรือลบออกจากค่าที่อ่านได้

- ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากผู้ทดลอง

ในการวัดปริมาณทางฟิสิกส์ จำเป็นต้องทำซ้ำกันหลายๆ ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ย ผู้วัดมักมีความโน้มเอียงว่า ค่าที่อ่านได้ครั้งแรกนั้นเป็นค่าที่ถูกต้องเสมอ จึงพยายามอ่านให้ได้ค่าจากการวัดครั้งหลังๆ เทียบกับค่าที่อ่านได้ในครั้งแรก ซึ่งเป็นความเข้าใจที่ไม่ถูกต้อง ในการอ่านสเกลไม้บรรทัดที่มีความหนา จะต้องอ่านสเกล โดยให้สายตาเล็งในแนวตั้งฉากกับสเกล ทั้งนี้ เพื่อหลีกเลี่ยงความเหลื่อมระหว่างปลายวัตถุกับขีดสเกล

- ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากสาเหตุภายนอก

ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากสิ่งแวดล้อมที่ผู้ทดลองไม่สามารถจะหลีกเลี่ยงได้ เช่นการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ (ลม อุณหภูมิ ความชื้น) การสั่นสะเทือนของสถานที่ทำการทดลอง และสาเหตุอื่นๆ ตัวอย่าง เช่น เมื่ออุณหภูมิของอากาศสูงขึ้น ทำให้สเกลที่ใช้วัดขยายตัว ทำให้วัดความยาวได้ไม่ถูกต้อง แต่อาจแก้ไขได้โดยการคำนวณจะต้องพิจารณา ส่วนที่คลาดเคลื่อนนี้ด้วย

หากผลการวัดมีความผิดพลาดแบบระบบน้อย แสดงว่า ค่าที่วัดใกล้เคียงค่าจริงมาก เรียกว่า ผลการวัดมีความแม่นยำ (accuracy) สูง

2.9.2 ความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม

เป็นความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ และเกิดขึ้นโดยบังเอิญ (chance) ไม่มีทิศทางที่แน่นอน อาจจะเป็นทางด้านบวก หรือด้านลบ ความคลาดเคลื่อนประเภทนี้ขึ้นอยู่กับแบบแผนการสุ่มขนาดของกลุ่มตัวอย่าง สูตรในการประมาณค่า และความผันแปรในของคุณลักษณะที่ศึกษาภายในกลุ่มตัวอย่างนั้น เป็นความคลาดเคลื่อนที่ไม่ร้ายแรงมากนัก เพราะความคลาดเคลื่อน ด้านสูง และต่ำอาจจะหักล้างกันไปเอง เช่น ความคลาดเคลื่อนจากสิ่งแวดล้อมรอบข้างได้แก่ อุณหภูมิ (temperature) ปริมาณความชื้น (moisture content) การเปลี่ยนแปลงความถี่หรือแรงดันไฟฟ้า เป็นต้น เมื่อทำการวัดซ้ำจะได้ค่าที่เปลี่ยนไปโดยไม่สามารถคาดเดาความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นได้ โดยทั่วไปความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มคำนวณได้จากการอาศัยหลักทางสถิติ อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติเป็นไปได้ยากที่จะจำแนกระหว่างความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ (systematic error) และความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม

สามารถที่จะแสดงหาค่าความคลาดเคลื่อน ซึ่งมีการแสดงค่าความคลาดเคลื่อน และความไม่นั่นนของการทดลอง จากวิธีคำนวณหาร้อยละความคลาดเคลื่อน ความคลาดเคลื่อนที่แท้จริงคือผลต่างของค่าที่วัดได้ (experimental value) กับค่าที่เป็นจริง หรือค่าที่ยอมรับ (accepted value) แต่ค่าความคลาดเคลื่อนที่แท้จริงนี้ไม่ใช่ค่าที่ระบุถึงความแม่นยำของการวัดเสมอไป เช่น ถ้าวัดระยะทางได้ 390 เมตร ขณะที่ระยะทางที่วัดจริงเป็น 400 เมตร กรณีนี้ค่าความคลาดเคลื่อนจริงคือ 10 เมตร เปรียบเทียบกับการวัดความยาวของโต๊ะได้ 1.8 เมตร ความยาวจริง 2.0 เมตร จะพบว่ากรณีหลังมีค่าความคลาดเคลื่อน 0.2 เมตร เท่านั้น แต่ไม่สามารถระบุได้ชัดว่า

การวัดครั้งใดมีความแม่นยำมากกว่ากัน จนกว่าจะคำนวณร้อยละความผิดพลาด (percentage error) ของการวัดทั้งสองกรณีแลวนำมาเปรียบเทียบกัน ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.39

$$\text{ร้อยละค่าความคลาดเคลื่อน} = \frac{|\text{ค่าจากการทดลอง} - \text{ค่าที่ยอมรับ หรือค่าความจริง}|}{\text{ค่าที่ยอมรับ หรือค่าความจริง}} \times 100\% \quad (2.39)$$

จากตัวอย่างที่กล่าวมา พบว่า ร้อยละความคลาดเคลื่อนของการวัดทั้งสองกรณี สำหรับผลการวัดระยะทางมีความคลาดเคลื่อนร้อยละ 2.5 และสำหรับผลการวัดความยาวโต๊ะมีความคลาดเคลื่อนร้อยละ 10 สามารถสรุปได้ว่าการวัดระยะทางมีความแม่นยำกว่าการวัดความยาวของโต๊ะในทางปฏิบัติจึงนิยมใช้ร้อยละความคลาดเคลื่อนบอกถึงปริมาณความแม่นยำของการวัด

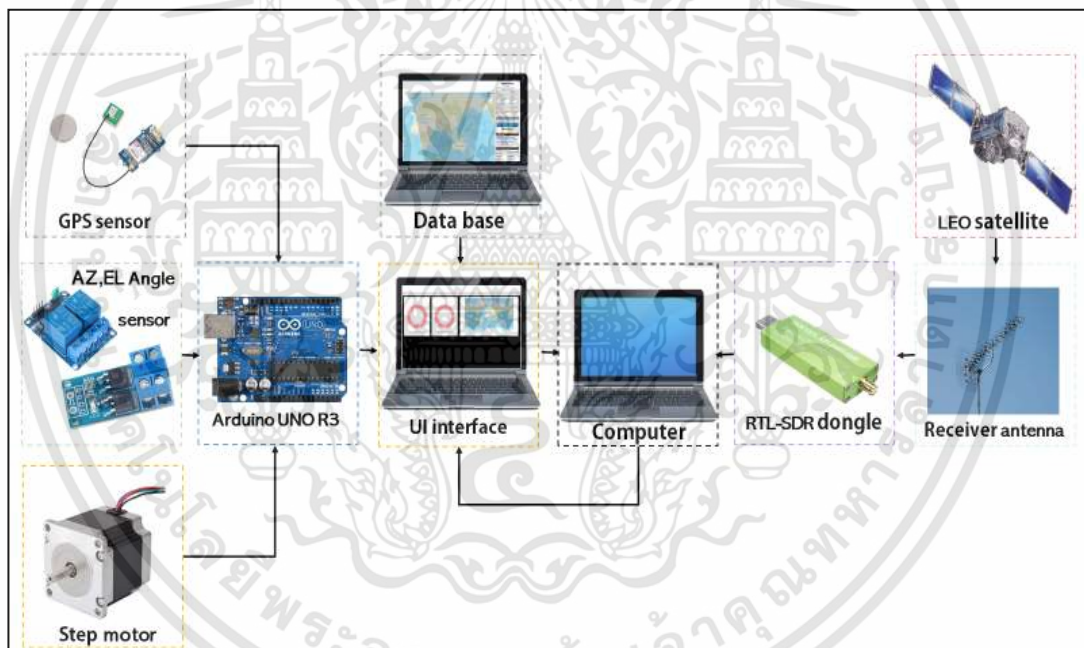


บทที่ 3

การออกแบบ และการจัดทำปริญญานิพนธ์

3.1 การออกแบบ

โครงงานนี้ในส่วนของการออกแบบได้ทำการออกแบบ และจัดทำชุดอุปกรณ์ของระบบติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ อีกทั้งออกแบบพร้อมทั้งจัดทำหน้าจอแสดงผล สำหรับแสดงผลค่าที่ได้จากการดึงข้อมูลจากเว็บไซต์ N2YO และเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากเซนเซอร์บล็อกไดอะแกรมของระบบการติดตามการเคลื่อนที่ดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำแสดงได้ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของระบบติดตามการเคลื่อนที่ดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ

จากรูปที่ 3.1 เป็นการแสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบติดตามการเคลื่อนที่ดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ ซึ่งเป็นการแสดงถึงภาพรวมการทำงานของระบบ โดยมีการออกแบบชุดคำสั่งสำหรับการดึงข้อมูลมุมก้ม และมุมเงยจากเว็บไซต์ N2YO พร้อมทั้งออกแบบชุดอุปกรณ์จำลองขนาดเล็ก เพื่อนำมาทดสอบในระบบการติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ

รวมถึงสร้างหน้าจอ UX&UI interface สำหรับแสดงผลข้อมูลที่ได้จากเว็บไซต์ N2YO และผลจากการวัดมุมของเซนเซอร์ เพื่อให้สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้อย่างชัดเจน

3.1.1 การออกแบบระบบการติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียม

ในส่วนนี้ได้ทำการออกแบบ และสร้างระบบการติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียม ซึ่งประกอบไปด้วย การออกแบบ และสร้างเครื่องจำลองการติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียม โดยการออกแบบโปรแกรมเพื่อวัดมุมก้ม และมุมเงย การออกแบบหน้าจอแสดงผล UX&UI Interface เพื่อนำมาแสดงผลข้อมูลที่ได้จากเว็บไซต์ N2YO และผลจากการวัดมุมของเซนเซอร์ ซึ่งการออกแบบในแต่ละส่วนสามารถอธิบายได้ดังนี้

3.1.1.1 การออกแบบ และสร้างเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ

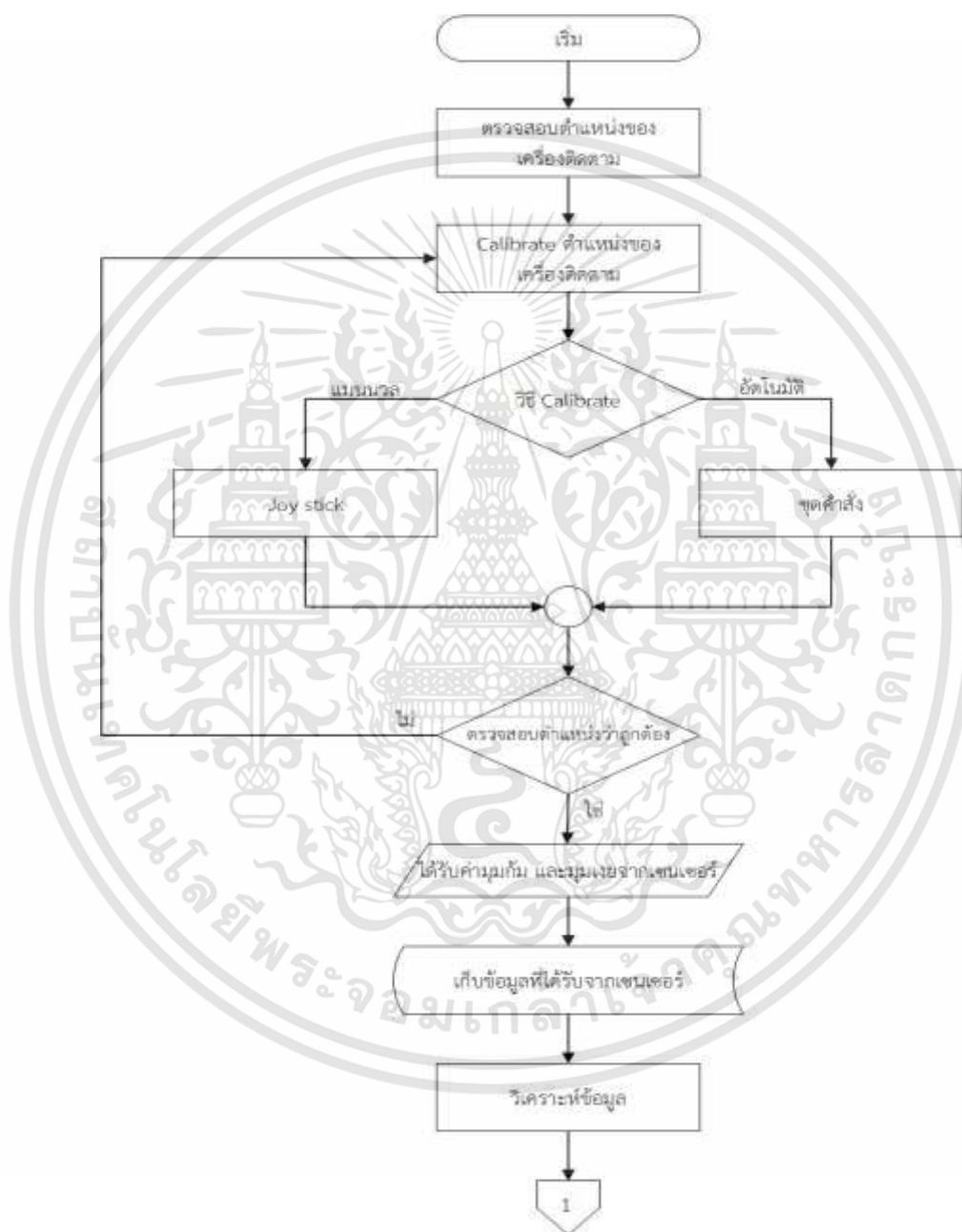
ในส่วนนี้ได้ทำการออกแบบเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ ซึ่งเครื่องจำลองการติดตามการเคลื่อนที่ในรูปแบบ 3 มิติแสดงดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 เครื่องติดตามดาวเทียมในรูปแบบของภาพ 3 มิติ

จากรูปที่ 3.2 เป็นการแสดงภาพ 3 มิติจากการออกแบบเครื่องติดตามดาวเทียม ซึ่งวัสดุที่ใช้ในตัวเครื่องติดตามดาวเทียมจะใช้หลักเป็นส่วนประกอบหลัก โดยการหมุนของฐานจะใช้ตัว step motor ที่มีฟันเฟืองขนาด 20 ฟันเชื่อมต่อกับฟันเฟืองขนาด 40 ฟัน และ 60 ฟัน ในส่วนของแนว Elevation และ Azimuth รองรับฐานหลักรูปตัวแอล ซึ่งใช้ระบบทดของฟันเฟือง

โดยบนหลักฐานวางสายอากาศยา ก็จะมีตัวยึดเสาอากาศยา เพื่อให้มีการยึดอยู่กับที่ไม่ล่องลงมาจากตัวเครื่อง โดยการทำงานของระบบการควบคุมติดตามดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำแสดงดังรูปที่ 3.3

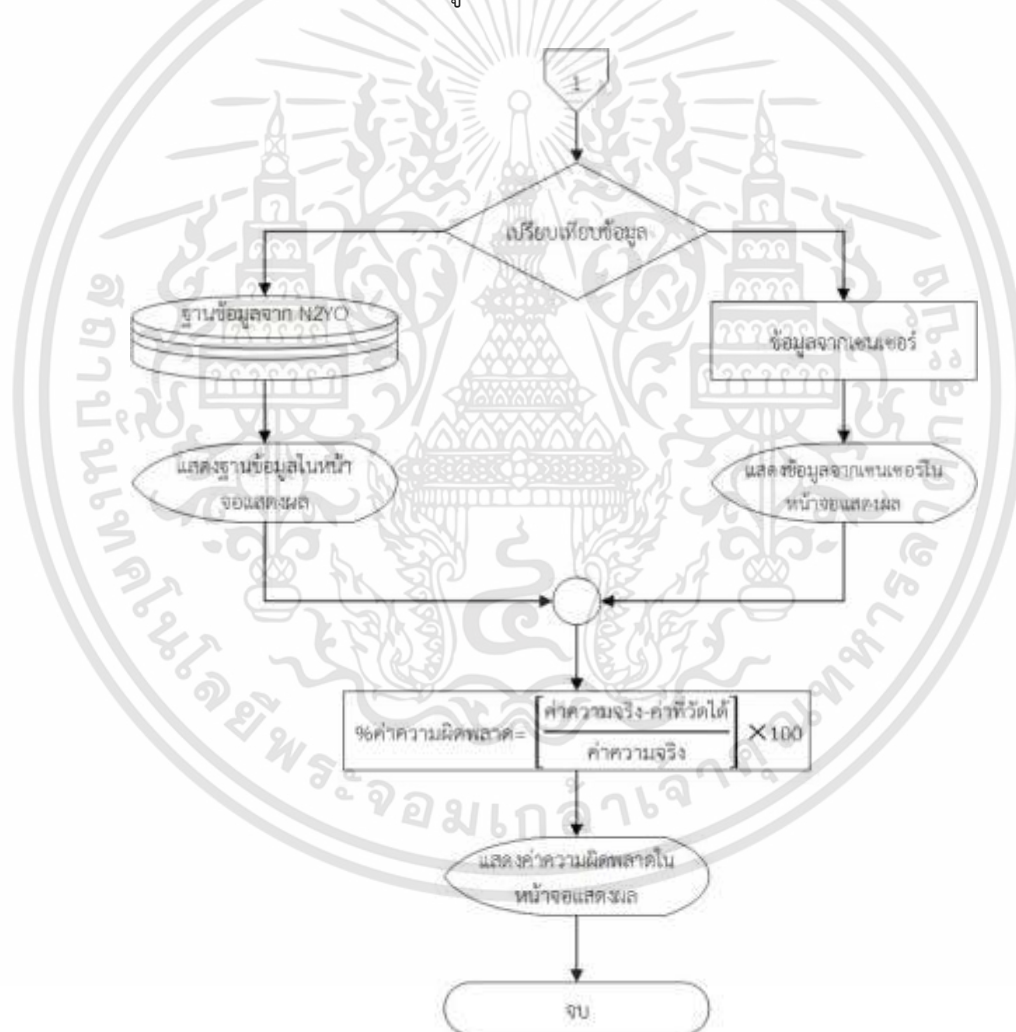


รูปที่ 3.3 แผนผังการทำงานของระบบติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียม
ในระดับวงโคจรต่ำ หน้าที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.3 เป็นการแสดงแผนผังการทำงานของระบบติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ โดยจะกำหนดรายชื่อดาวเทียมที่อยู่ในระดับวงโคจรต่ำไว้ซึ่งผู้ใช้เลือกติดตามดาวเทียม

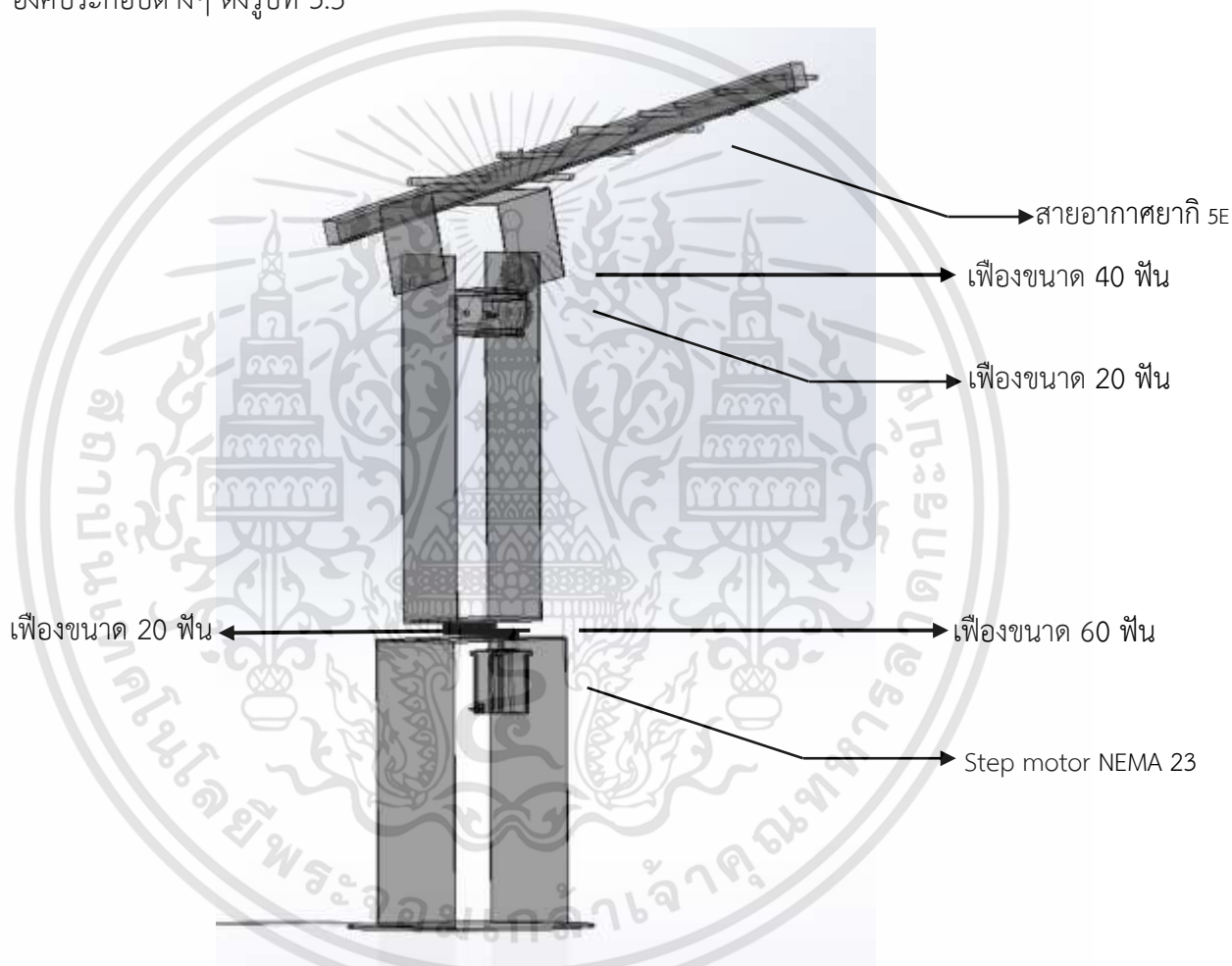
ตรวจสอบตำแหน่งของเครื่องติดตามดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ โดยเลือกวิธีการ Calibrate 2 วิธี คือ โปรแกรม หรือ แมนนวล ซึ่งจะมีวิธีการปรับเปลี่ยน คือสลับสวิตซ์ในการเลือกวิธี Calibrate โดยที่จะมีการตรวจสอบตำแหน่งที่ถูกต้องแล้ว ตัวเครื่องติดตามดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำจะทำการวัดมุมก้ม และมุมเงยมีการเก็บข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์ ก่อนจะนำไปวิเคราะห์ โดยจะมีวิธีการทำงานต่อไปดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แผนผังการทำงานของระบบติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียม
ในระดับวงโคจรต่ำ หน้าที 2

จากรูปที่ 3.4 เป็นการแสดงถึงแผนผังการทำงานของระบบติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์ และฐานข้อมูลเปรียบเทียบในหน้าจอแสดงผล UX&UI พร้อมทั้งนำข้อมูลที่ได้มาหาค่าความผิดพลาดตามสูตรในแผนผัง โดยหน้าจอแสดงผลจะมีการแสดงค่าความผิดพลาดที่ได้ออกมาในรูปแบบร้อยละ

ในส่วนประกอบอื่นของเครื่องติดตามดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ โดยมีองค์ประกอบต่างๆ ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 องค์ประกอบของเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ

จากรูปที่ 3.5 เป็นการแสดงถึงองค์ประกอบของเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียม ซึ่งประกอบไปด้วยเฟืองตรง โดยที่เลือกใช้ระบบอัตราทดของเฟืองขนาด 20 ,40 และ 60 ฟัน แบ่งออกเป็น 2 แกน ในแกน Elevation (แนวตั้ง) และ Azimuth (แนวนอน) ซึ่งใน

แกน Elevation จะเป็นอัตราทศของเฟืองขนาด 20 และ 40 ฟัน ส่วนในแกน Azimuth จะเป็นอัตราทศของเฟืองขนาด 20 และ 60 ฟัน

หลังจากทำการออกแบบแล้ว ผู้จัดทำจึงได้จัดทำเครื่องติดตามดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ โดยที่เครื่องติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ แสดงได้ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 เครื่องติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ

จากรูปที่ 3.6 แสดงถึงเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำที่ได้จัดทำจนเสร็จสิ้นแล้ว ซึ่งองค์ประกอบแบ่งออกเป็น 4 ส่วน อีกทั้งในส่วนของฐานและหลักตัว U คว่ำ ส่วนของ Step motor ลูกปืน และฟันเฟืองมูเล่ ส่วนของหลักตัว U หงาย และ

มีส่วนของ U คว่ำเป็นส่วนของฐานยึดกับสายอากาศยาภิ ซึ่งการออกแบบแต่ละส่วนสามารถอธิบายได้ดังนี้

1) ในองค์ประกอบแรกแสดงในส่วนของฐาน และเหล็กตัว U คว่ำ ซึ่งนำมาเชื่อมต่อกันได้ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ฐานและเหล็กตัว U คว่ำ

จากรูปที่ 3.7 แสดงในส่วนของฐานและเหล็กตัว U คว่ำ โดยตัวฐานมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร มีความหนาของเหล็ก 2 เซนติเมตร และในส่วนของเหล็กตัว U คว่ำมีความสูงอยู่ที่ 30 เซนติเมตรโดยมีความกว้างของฐาน 10 เซนติเมตร

2) ส่วนของ Step motor NEMA 23, ลูกปิ่น และ Pulley gear ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้ในการขับเคลื่อนในแกนแนวนอน และแกนแนวตั้ง ซึ่งใช้เป็นระบบการขับเคลื่อนโดยเฟืองที่เชื่อมต่อกับ Step motor NEMA 23 แสดงได้ดังรูปที่ 3.8 และ 3.9



รูปที่ 3.8 และ 3.9 Step motor NEMA 23, ลูกปิ่น ,Pulley gear ในแกนแนวนอน และแนวตั้ง

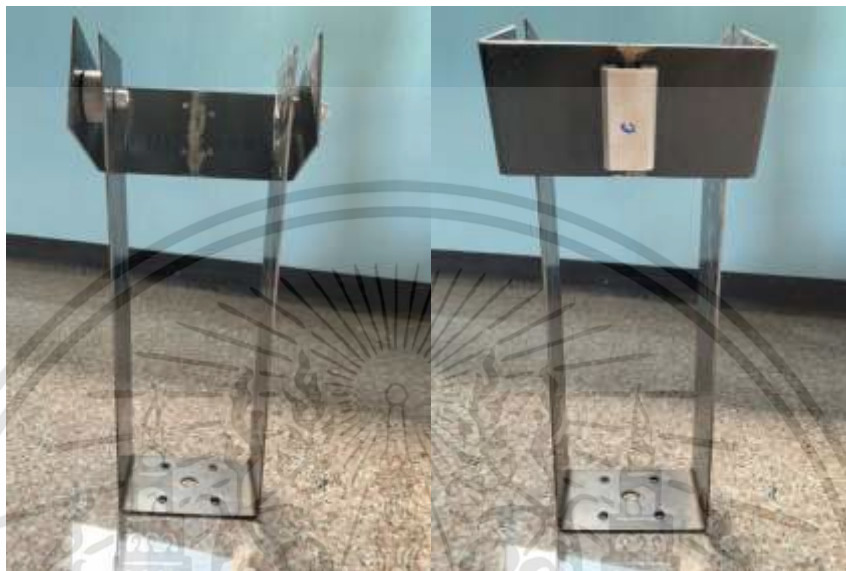
จากรูปที่ 3.8 และ 3.9 เป็นการแสดงในส่วนของ Step motor ลูกปิ่น และ Pulley gear โดย Pulley gear ถูกยึดติดกับฐานเหล็กตัว U คว่ำ โดย Pulley gear มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.1 เซนติเมตรซึ่ง Pulley gear เชื่อมต่อกับ Step motor NEMA 23 มีแรงดัน 12 โวลต์ ผ่านพื้นเฟืองของ Step motor ในส่วนของลูกปิ่น มีขนาด 7x7 เซนติเมตรภายในตรงกลางจะมีรูของลูกปิ่นซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 ตรงกลางของลูกปิ่น

จากรูปที่ 3.10 เป็นการแสดงตรงกลางของลูกปิ่น ซึ่งมุมทั้ง 4 ด้าน ของลูกปิ่น จะถูกยึดกับฐานของเหล็กตัว L ใหญ่ด้วยน็อต ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 เซนติเมตร โดยตัวน็อตมีขนาด 8.8 เซนติเมตร

3) ส่วนของเหล็กตัว U หงาย และตัว U คว่ำ ที่ใช้ในการรองรับสายอากาศยาก็ แสดงได้ดังรูปที่ 3.11 และ 3.12



รูปที่ 3.11 และ 3.12 ส่วนของเหล็กตัว U หงาย และตัว U คว่ำ

จากรูปที่ 3.11 และ 3.12 แสดงถึงในส่วนของเหล็กตัว U หงาย และตัว U คว่ำ โดยบน U คว่ำจะมีอะลูมิเนียมที่ใช้ เพื่อยึดสายอากาศไว้กับ U คว่ำ โดยที่ใช้แหวนรองในการยึดเหล็ก U คว่ำ และ U หงายไว้ด้วยกันซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.13 และ 3.14



รูปที่ 3.13 และ 3.14 ส่วนของตัวยึดเหล็ก U คว่ำ และ U หงาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.13 และ 3.14 แสดงถึงในส่วนของแหวนรองที่ใช้ยึดเหล็ก U คว่ำ และ U หงายเข้าไว้ด้วยกัน โดยที่แหวนรองมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.2 เซนติเมตร ในทางด้านซ้าย และในทางด้านขวาเป็นฟันเฟืองขนาด 20 ฟัน ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 เซนติเมตร

3.1.1.2 การทดสอบอัตราการทดของฟันเฟือง

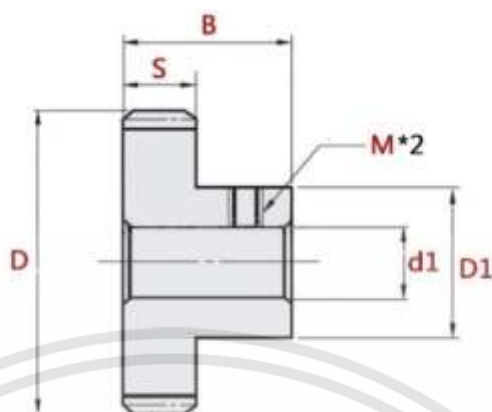
ได้ทำการออกแบบการทดสอบอัตราการทดของฟันเฟืองผ่านเว็บไซต์ <https://geargenerator.com> โดยแบ่งออกเป็น 2 แกน

1) การทดสอบอัตราการทดของฟันเฟืองขนาดจริงในแกน Elevation โดยกำหนดจำนวนฟันของเฟืองที่ใช้ในแกน Elevation (แนวตั้ง) คือฟันเฟืองขนาด 40 และ 20 ฟัน ซึ่งสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 3.15



รูปที่ 3.15 การทดสอบอัตราการทดของฟันเฟืองขนาดจริง [11]

จากรูปที่ 3.15 แสดงถึงในส่วนของการทดเฟืองขนาดจริงในแนวแกน Elevation (แนวตั้ง) ผ่านเว็บไซต์ข้างต้น โดยเฟืองมีจำนวนฟัน 40 ฟัน มี Pitch diameter (D) = 10 , Diametral pitch (P) = 4, และ Pressure angle (PA) = 22 โดยในการทดสอบใช้ความเร็วอยู่ที่ 1 RPM ในอัตราส่วน 1:1 ซึ่งเฟืองขนาด 20 ฟันมีการบอกขนาด (Dimension) ดังรูปที่ 3.16

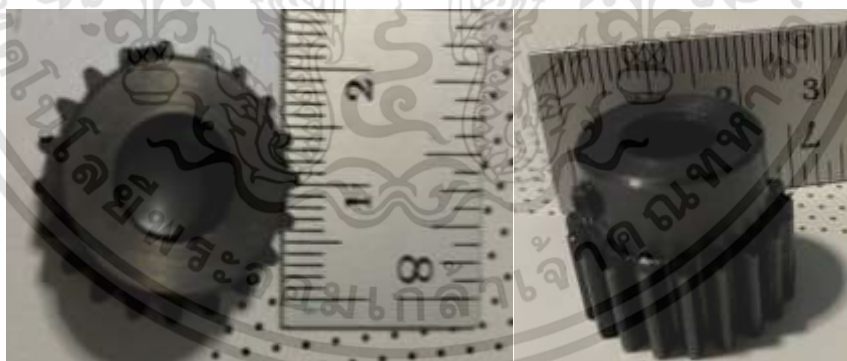


รูปที่ 3.16 ขนาดของเฟือง 20 ฟัน

ตารางที่ 3.1 ขนาดของเฟือง 20 ฟัน โมดูล 1 $d_1 = 8$ mm

ขนาดของเฟือง 20 ฟัน โมดูล 1 $d_1 = 8$ mm						
1M20	d_1	S	B	D1	D	m
	6.35 ,8 ,10 ,12.7 mm	10 mm	18 mm	17 mm	22 mm	2*M4

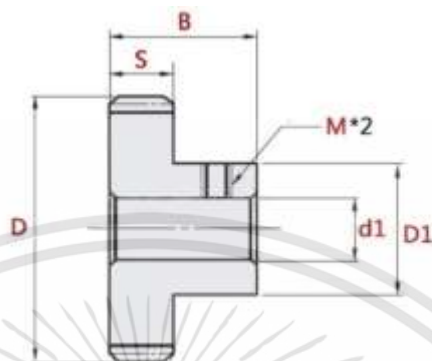
จากรูปที่ 3.16 และตารางที่ 3.1 แสดงถึงในส่วนของการบอกขนาดของเฟือง 20 ฟัน โมดูล 1 $d_1 = 8$ mm โดยภาพของเฟืองแสดงตามรูปที่ 3.17 และ 3.18



รูปที่ 3.17 และ 3.18 เฟืองขนาด 20 ฟัน

จากรูปที่ 3.17 และ 3.18 แสดงถึงเฟืองขนาด 20 ฟัน จากรูปเป็นการในมุมมอง Top view และ Right side view ซึ่งสามารถอ้างอิงขนาดตามตารางที่ 2 ได้ ซึ่ง

ฟันเฟืองขนาด 20 ฟัน มีการทดกับเฟืองขนาด 40 ฟัน โดยที่เฟืองขนาด 40 ฟัน มีขนาดดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 ขนาดของเฟือง 40 ฟัน

ตารางที่ 3.2 ขนาดของเฟือง 40 ฟัน โมดูล 1 $d_1 = 10$ mm

ขนาดของเฟือง 40 ฟัน โมดูล 1 $d_1 = 10$ mm						
1M40	d_1	S	B	D1	D	m
	6.35 ,8 ,10 ,12.7 ,14 mm	10 mm	20 mm	25-30 mm	42 mm	2*M5

จากรูปที่ 3.19 และตารางที่ 3.2 แสดงถึงในส่วนของการบอกขนาดของเฟืองขนาด 40 ฟัน โมดูล 1 $d_1 = 10$ mm โดยภาพของเฟืองแสดงตามรูปที่ 3.20 และ 3.21



รูปที่ 3.20 และ 3.21 เฟืองขนาด 40 ฟัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.20 และ 3.21 แสดงถึงเฟืองขนาด 40 ฟัน จากรูปเป็นการในมุมมอง Top view และ Right side view ซึ่งสามารถอ้างอิงขนาดตามตารางที่ 3.1 และ 3.2 ได้ ซึ่งฟันเฟืองขนาด 40 ฟัน มีการทดกับเฟืองขนาด 20 ฟัน

โดยอัตราอัตราเร็วเฟืองขับ (G1) และเฟืองตาม (G2) ในแนวแกน Elevation (แนวตั้ง)

กำหนดให้ : อัตราทดเฟือง 2:1

ขนาดเฟืองขับ: 20 ฟัน โมดูล 1 $d_1 = 8 \text{ mm}$

ขนาดเฟืองตาม: 40 ฟัน โมดูล 1 $d_1 = 10 \text{ mm}$

หมายเหตุ : ใช้โมดูล 1 เนื่องจากรับน้ำหนักได้ถึง 0 - 50 kg

หาความเร็วรอบหลังทดรอบแล้วจากสูตรข้างล่างได้ดังนี้

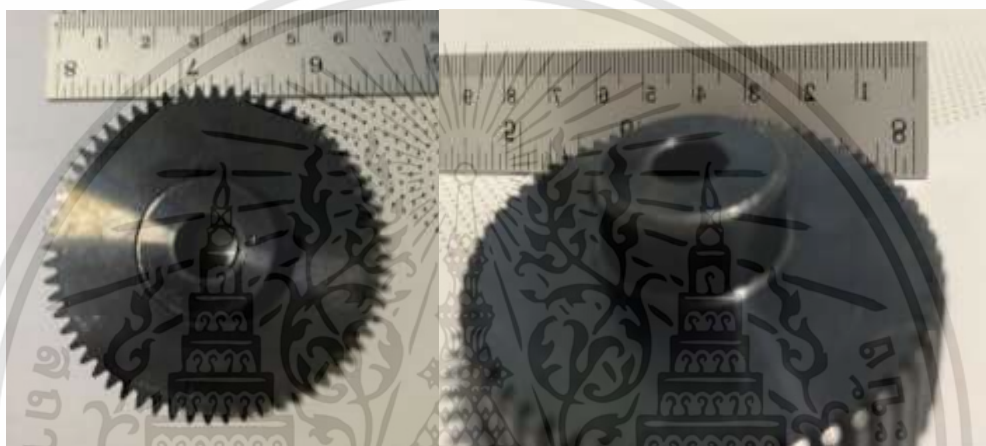
$$\begin{aligned} \text{ความเร็วรอบหลังทดรอบ} &= \frac{\text{จำนวนฟันเฟืองขับ}}{\text{จำนวนฟันเฟืองตาม}} \times \text{ความเร็วมอเตอร์} \\ \text{ความเร็วรอบหลังทดรอบ} &= \frac{20}{40} \times 600 \\ \therefore \text{ความเร็วรอบหลังทดรอบ} &= 300 \text{ rpm} \end{aligned}$$

2) การทดสอบอัตราทดของฟันเฟืองขนาดจริงในแกน Elevation โดยกำหนดจำนวนฟันของเฟืองที่ใช้ในแกน Azimuth (แนวนอน) คือฟันเฟืองขนาด 60 และ 20 ฟัน ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 การทดสอบอัตราทดของฟันเฟืองขนาดจริง

จากรูปที่ 3.22 แสดงถึงในส่วนของการทดสอบเฟืองขนาดจริงในแนวแกน Azimuth (แนวนอน) ผ่านเว็บไซต์ข้างต้น โดยเฟืองมีจำนวนฟัน 20 ฟัน มี Pitch diameter (D) = 10 , Diametral pitch (P) = 4, และ Pressure angle (PA) = 22 โดยในการทดสอบใช้ความเร็วอยู่ที่ 1 RPM ในอัตราส่วน 1:1 เฟืองขนาด 20 ฟันมีการบอกขนาด (Dimension) ดังรูปที่ 3.17 ตามด้านบน และเฟืองขนาด 60 ฟันมีการบอกขนาดตามฟันเฟืองขนาดจริง ดังรูปที่ 3.23 และ 3.24



รูปที่ 3.23 และ 3.24 เฟืองขนาด 60 ฟัน

จากรูปที่ 3.23 และ 3.24 เป็นการแสดงถึงเฟืองขนาด 60 ฟัน เป็นการบอกขนาดของเฟือง 60 ฟัน โมดูล 1 $d_1=10$ mm โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 mm โดยอัตราอัตราเร็วเฟืองขับ (G1) และเฟืองตาม (G2) ในแนวแกน Azimuth (แนวนอน)

กำหนดให้ : อัตราทดเฟือง 2:1

ขนาดเฟืองขับ: 20 ฟัน โมดูล 1 $d_1 = 8$ mm

ขนาดเฟืองตาม: 60 ฟัน โมดูล 1 $d_1 = 10$ mm

หมายเหตุ : ใช้โมดูล 1 เนื่องจากรับน้ำหนักได้ถึง 0-50 kg

หาความเร็วรอบหลังทดรอบแล้วจากสูตรข้างล่างได้ดังนี้

$$\text{ความเร็วรอบหลังทดรอบ} = \frac{\text{จำนวนฟันเฟืองขับ}}{\text{จำนวนฟันเฟืองตาม}} \times \text{ความเร็วมอเตอร์}$$

$$\begin{aligned}\text{ความเร็วรอบหลังทศรอบ} &= \frac{20}{60} \times 600 \\ \therefore \text{ความเร็วรอบหลังทศรอบ} &= 200 \text{ rpm}\end{aligned}$$

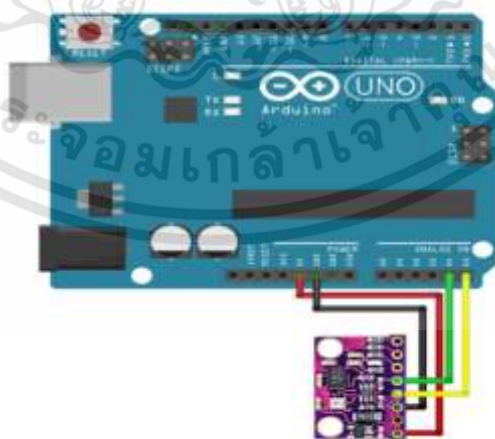
3.1.1.3 การออกแบบโปรแกรมการ Calibrate มุมของฐาน

ในส่วนนี้ได้ทำการออกแบบชุดอุปกรณ์ในการ Calibrate มุมของฐาน ประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 2 ส่วน คือ Arduino UNO R3 บอร์ด และ Gyroscope compass โดยมีการเชื่อมต่อระหว่าง 2 ส่วนนี้แสดงได้ดังตารางที่ 3.3 และรูปที่ 3.10

ตารางที่ 3.3 การเชื่อมต่อของบอร์ด Arduino UNO R3 กับ Gyroscope compass

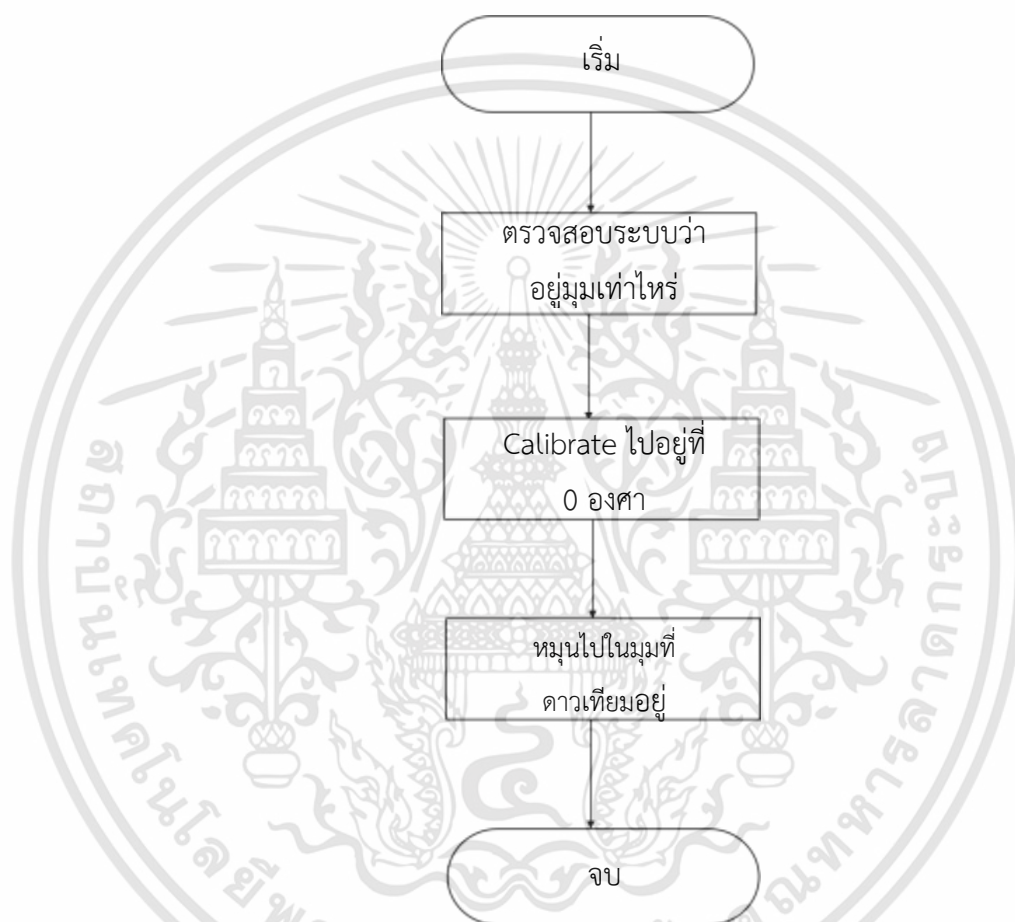
Arduino UNO R3	Gyroscope compass
3.3 V	3.3 V
A5	SCL
A4	SDA
GND	GND

จากตารางที่ 3.3 การเชื่อมต่อของบอร์ด Arduino UNO R3 กับ Gyroscope compass เพื่อใช้ในการ Calibrate มุม ก่อนที่จะเคลื่อนที่ไปยังมุมการเคลื่อนที่ของดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ โดยมีการเชื่อมต่องดรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.25 การเชื่อมต่อระหว่าง Gyroscope compass และ Arduino UNO R3 [12]

จากตารางที่ 3.3 และรูปที่ 3.25 แสดงการเชื่อมต่อระหว่าง Gyroscope compass และ Arduino UNO เป็นการวัดมุมในแกน X Y และ Z โดยใน Channel SCL ของ Gyroscope compass ใช้ในการรับ-ส่งข้อมูล และ Channel SDA ของ Gyroscope compass ใช้ในการรับ-ส่งข้อมูลแบบอนุกรม โดยการทำงานของระบบทำงานตามรูปที่ 3.26

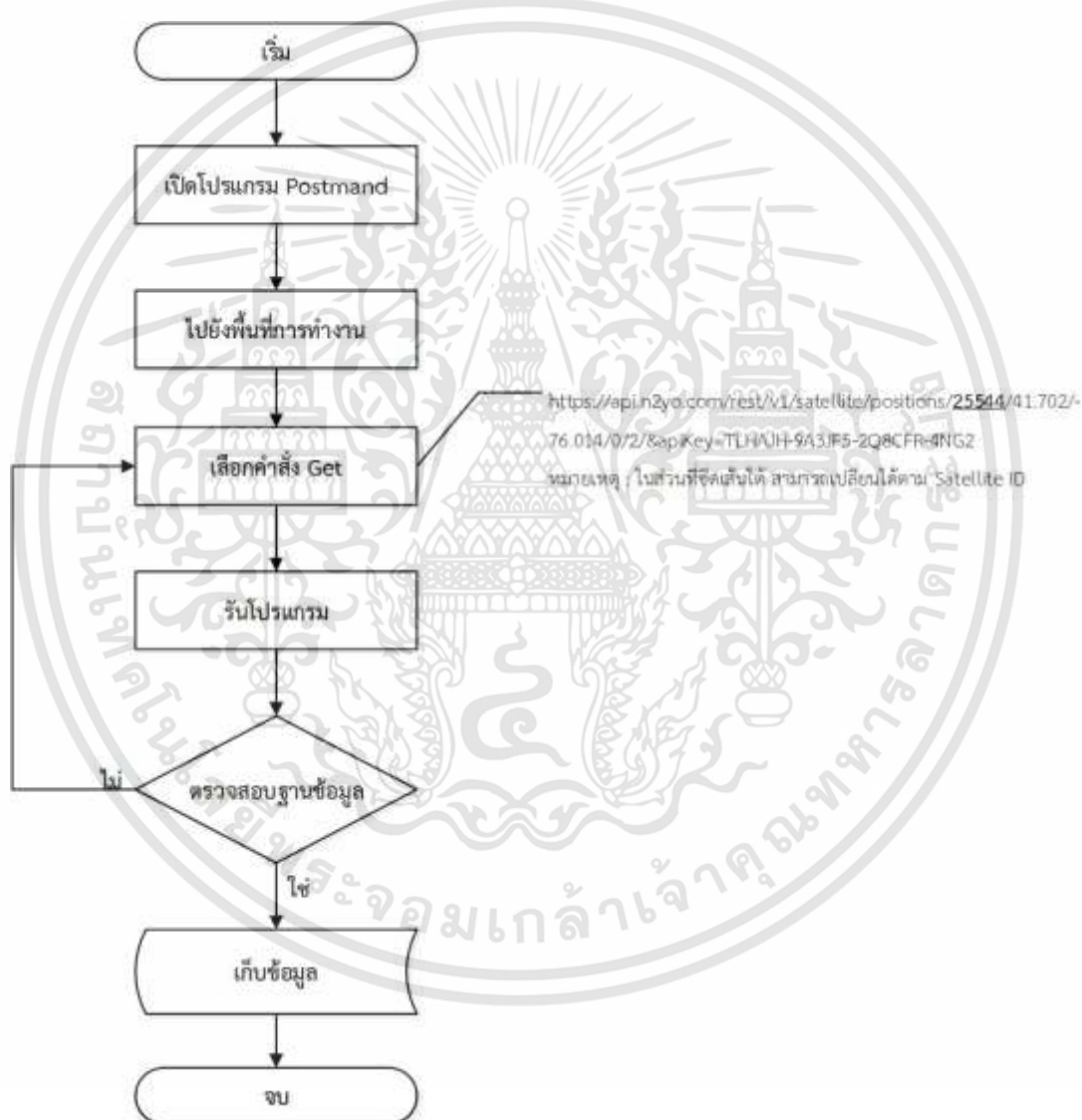


รูปที่ 3.26 ระบบการทำงานของ Gyroscope compass

จากรูปที่ 3.26 แสดงถึงระบบการทำงานของ Gyroscope compass โดยในส่วนของชุดคำสั่งที่จะทำการตรวจสอบว่าอุปกรณ์อยู่ที่มุมเท่าไร และทำการ calibrate ให้อยู่ที่ 0 องศา และหมุนไปที่มุมที่ดาวเทียมอยู่

3.1.1.4 การออกแบบโปรแกรมสำหรับดึงข้อมูลจากเว็บไซต์ N2YO เพื่อนำมาเป็นฐานข้อมูล

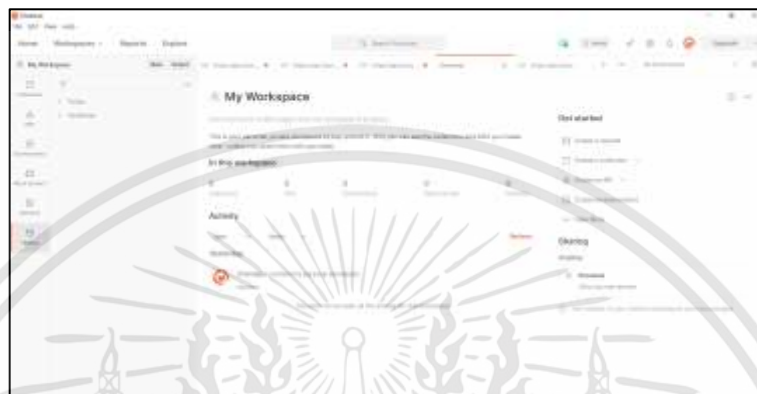
ในส่วนนี้ได้ทำการออกแบบชุดคำสั่งในการดึงข้อมูลจากเว็บไซต์ N2YO เพื่อนำมาเป็นฐานข้อมูล โดยใช้ Postman แอปพลิเคชัน และทำการขอ API Key จากตัวเว็บไซต์ N2YO ซึ่งการทำงานของการทำงานการดึงข้อมูลจากเว็บไซต์ N2YO แสดงดังรูปที่ 3.27



รูปที่ 3.27 แผนผังการทำงานของโปรแกรมการดึงข้อมูลจากเว็บไซต์ N2YO

3) ไปในหน้า Workspace และเลือก GET ในการดึงข้อมูล แสดง

ดังรูปที่ 3.30



รูปที่ 3.30 หน้าต่าง Workspace

4)ไปที่ <https://api.n2yo.com/rest/v1/satellite/positions/25544/41.702/-76.014/0/2/?apiKey=TLHAJH-9A3JF5-2Q8CFR-4NG2> แสดงดังรูปที่ 3.31



รูปที่ 3.31 หน้าต่าง Web scraping

5) กด Sending และรอจะได้ผลลัพธ์ออกมาเป็น JSON และจึงนำชุดข้อมูลในรูปแบบของไฟล์ JSON ได้มาไปแปลงกลับเป็นข้อความ แสดงดังรูปที่ 3.32



รูปที่ 3.32 ผลลัพธ์ที่ได้ JSON file

3.1.1.5 การออกแบบโปรแกรมสำหรับวัด และเก็บค่าข้อมูลของมุมก้มและมุมเงยของดาวเทียมที่ทำการติดตาม

เก็บค่าข้อมูลผ่านหน้าจอ Serial monitor และแสดงผลในโปรแกรม Processing โดยจะแสดงค่าของมุมก้ม และมุมเงยที่ได้จากผลการทดลอง เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล และค่าจากการทำนายการเคลื่อนที่ของดาวเทียม

3.1.2 การออกแบบ และสร้างหน้าจอแสดงผล

3.1.2.1 การออกแบบหน้าเว็บไซต์รวบรวมฐานข้อมูล

จากนั้นทำรวบรวมฐานข้อมูลเข้ามาในเว็บไซต์ เพื่อให้ง่ายต่อการเก็บข้อมูลเป็นชุดเดียวกันในข้อมูลมุมก้ม และมุมเงย พร้อมทั้งข้อมูลการทำนายล่วงหน้าของการเคลื่อนที่ของดาวเทียม แสดงได้ดังรูปที่ 3.33



รูปที่ 3.33 หน้าเว็บไซต์สำหรับฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.33 เป็นการแสดงถึงส่วนหน้าเว็บไซต์สำหรับฐานข้อมูล ซึ่งในหน้าเว็บนี้เป็นในส่วนของหน้า Home โดยมีองค์ประกอบด้วยแถบเมนูที่ใช้ในการเลือกดาวเทียม คือ ISS ,NOAA-19 ,SDSAT ,JAISAT, NAPA-1 ,NAPA-2 ,SES1 ,Suomi NPP และ SAUDISAT ในส่วน of หน้าเว็บที่ใช้ในการ Live tracking จะแสดงในส่วนของการเคลื่อนที่ของดาวเทียม โดยที่ในส่วนที่ 1 จากกรอบสี่เหลี่ยมสีน้ำเงินจะแสดงชื่อดาวเทียม ,Latitude ,Longitude ,Altitude และความเร็ว ในส่วนที่ 2 กรอบสี่เหลี่ยมสีแดง จะแสดงถึงรายชื่อดาวเทียมที่จะทำให้เว็บเจ็ทเปลี่ยนไปในการ Live tracking และในแถบสีน้ำเงินข้างล่างเป็นการแสดงในส่วนของการทำนายล่วงหน้าของการเคลื่อนที่ดาวเทียม

ซึ่งในส่วน of แถบสีน้ำเงิน จะมีส่วนประกอบ คือการทำนายล่วงหน้าของการเคลื่อนที่ของดาวเทียมที่จะเคลื่อนที่มาใกล้พื้นที่ตั้งของผู้ใช้งาน โดยมีการตรวจสอบผ่าน Your location ในแถบแรก Start Azimuth จะมีการบอกในส่วน of วันที่ ,เวลา และมุมก้มเริ่มต้น ในแถบถัดมา Max Elevation มีการบอกถึงมุมเงยสูงสุด และเวลาที่มุมเงยสูงสุด ในแถบถัดมา End Azimuth มีการบอกถึงมุมก้มสุดท้ายในการติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมในวงโคจรต่ำ และเวลาสิ้นสุดในการเคลื่อนที่ และในแถบสุดท้ายเป็นการบอกเวลารวมทั้งหมดในการเคลื่อนที่ของดาวเทียมที่เคลื่อนที่เข้ามาใกล้ผ่านฟ้าประเทศไทยที่สามารถรับข้อมูลได้

ในส่วนวิธีการใช้งาน เมื่อผู้ใช้ทำการเปลี่ยนหน้าเว็บไซต์ โดยการเลือกในแถบเมนูไปยังหน้าถัดไป หน้าถัดไปจะแสดงดังรูปที่ 3.34



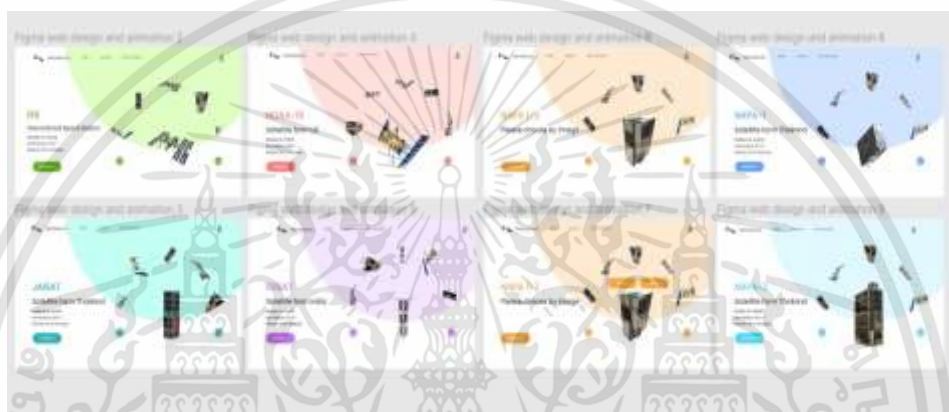
รูปที่ 3.34 ข้อมูลมุมก้ม และมุมเงย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของ Pass ending แสดงถึงส่วนของวันเวลา ,มุมก้ม มุมเงย สุดท้าย ,Magnitude และระยะทางของดาวเทียมที่ห่างจากพื้นโลก สุดท้ายในการติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียม

3.1.2.2 การออกแบบผ่านโปรแกรม FIXMA

จากนั้นทำการออกแบบหน้าจอ UX&UI interface สำหรับฐานข้อมูล โดยใช้โปรแกรม Figma ในการออกแบบ ดังรูปที่ 3.36



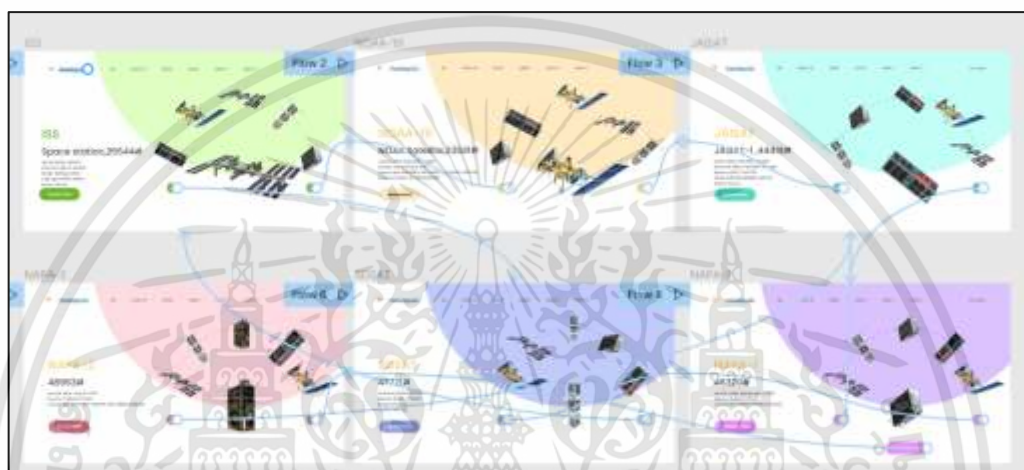
รูปที่ 3.36 ภาพรวมในการออกแบบหน้าจอแสดงผลสำหรับฐานข้อมูล

จากรูปที่ 3.36 แสดงถึงภาพรวมในการออกแบบหน้าจอแสดงผลสำหรับฐานข้อมูล โดยใช้โปรแกรม Figma ในการออกแบบ ภายใน 1 หน้า จะมีการออกแบบให้มีแถบเมนูในการเลือกดาวเทียม วงล้ออนิเมชันในการเลือกดูรายละเอียดดาวเทียมโดยย่อของแต่ละดาวเทียมที่เลือกใช้ในการติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียม โดยออกแบบออกมาจะได้ดังรูปที่ 3.37



รูปที่ 3.37 หน้าจอแสดงผลสำหรับฐานข้อมูล ISS

จากรูปที่ 3.37 มีส่วนประกอบที่ 1 คือแถบเมนูในการเลือกรายชื่อดาวเทียม ไปยังหน้าถัดไปในการแสดงผลจากฐานข้อมูล และข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์ ในส่วนประกอบที่ 2 เป็นข้อมูลของดาวเทียมที่ต้องการติดตามดาวเทียมโดยย่อ ในนี้แสดงถึงความเร็ว และสถานะของดาวเทียม และในส่วนสุดท้ายเป็นวงล้ออนิเมชันในการเลือกดูคำอธิบายโดยย่อของดาวเทียม โดยมีกำหนด Prototype ของหน้าจอแสดงผลดังรูปที่ 3.38



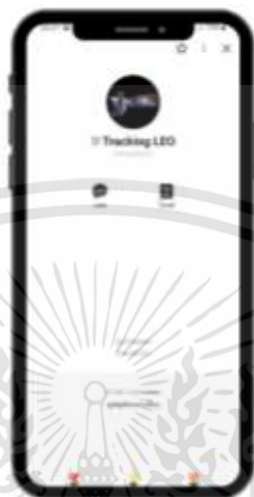
รูปที่ 3.38 Prototype

จากรูปที่ 3.38 แสดงถึง Prototype ของหน้าจอแสดงผล ทั้งหมดจะเลือกเป็น Smart animation แบบ Ease in โดยมีลำดับในการเดินทางของแต่ละหน้าตามปรากฏในรูปที่ 3.38 แต่จะมีหน้าถัดไปที่ทำการ วงล้ออนิเมชันเพิ่มคือ NAPA 1-2 เป็นแบบ Mouse Enter เพื่อให้เลือกระหว่าง NAPA-1 และ NAPA-2

3.1.3 การแจ้งเตือนการเคลื่อนที่ของดาวเทียมผ่าน Line official

เนื่องจากไม่สามารถบันทึกค่ามุมกวาด และมุมเงยได้ตลอดเวลา เพราะดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำไม่โคจรมาในพื้นที่ของตำแหน่งที่ผู้ใช้งานอาศัยอยู่ ดังนั้นจึงต้องทำการแจ้งเตือนเพื่อให้เฝ้าระยะเวลาในการทำการทดลอง โดยที่จะวัดค่ามุมกวาด และมุมเงยด้วยเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำให้ทันในเวลาที่เราติดตามดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำเคลื่อนที่ แต่ผู้ใช้งานต้องเฝ้าระยะเวลาในการ Configure เครื่องติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมให้เพียงพอ ก่อนที่ดาวเทียมในวงโคจรต่ำจะโคจรมายังตำแหน่งของผู้ใช้งาน ซึ่งจะมีขั้นตอนง่ายๆดังนี้

1) สร้างบัญชี Line official โดยตั้งชื่อว่า Tracking LEO และทำการโพสต์ไว้ในหน้าหลัก เพื่อให้ผู้ใช้งานได้ดูข่าวสารต่างๆในหน้าหลัก ซึ่งจะมีดังรูปที่ 3.39



รูปที่ 3.39 หน้าจอหลักของ Line official

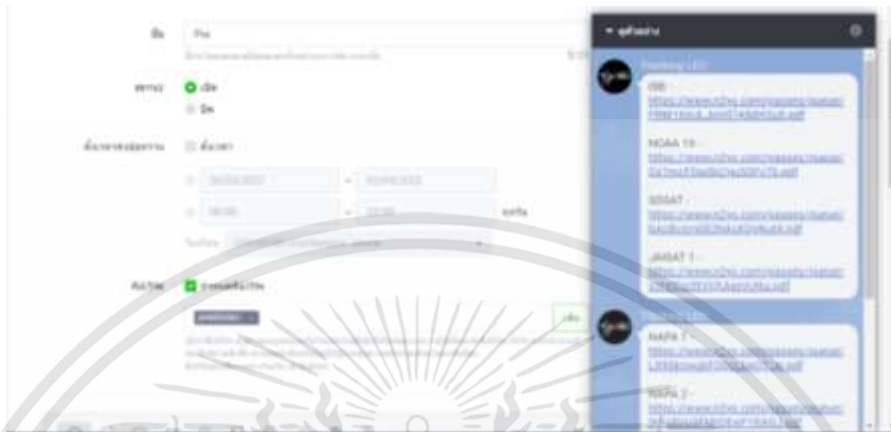
2) สร้างริชเมนูในการใช้งาน เพื่อให้ตอบกลับตามที่ผู้ใช้งานกด โดยมีริชเมนู 2 แถบ คือ LEO Satellite เพื่อให้ผู้ใช้งานเข้าถึงฐานข้อมูลของดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ และแถบที่ 2 คือ Prediction เป็นข้อมูลของการทำนายการเคลื่อนที่ของดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ แสดงออกมาได้ดังรูปที่ 3.40



รูปที่ 3.40 การสร้างริชเมนู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) จากการการออกแบบบริษัชนู มีการใช้การตอบกลับผู้ใช้งานแบบอัตโนมัติ โดยใช้
คือเวิร์ดข้อความ เพื่อให้ตอบกลับมาเป็นลิงค์ดังรูปที่ 3.41



รูปที่ 3.41 การออกแบบการตอบกลับอัตโนมัติ

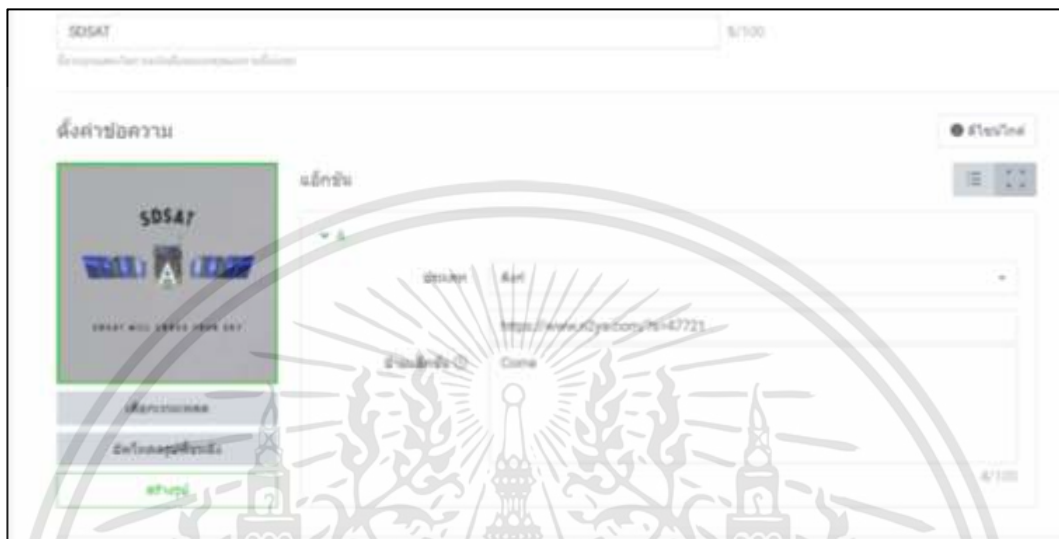
4) จากนั้นทำการสร้างบอร์ดแคสแจ้งเตือนตามข้อมูลการทำนายการเคลื่อนที่ล่วงหน้า
ของดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ โดยใช้เมนูริชเมสเสจ เพื่อให้ส่งมาเป็นรูปภาพ และสามารถกดลิงค์
และนำไปสู่การ Live Real Time Tracking Prediction : Satellite name ในการวัดมุมกวาด และ
มุมเงยดังรูปที่ 3.42



รูปที่ 3.42 การสร้างบอร์ดแคสแจ้งเตือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อฝังลิงค์ไปกับรูปภาพ ผู้ใช้งานจะทำการกดที่รูปภาพ แล้วจะนำไปสู่หน้าฐานข้อมูลของดาวเทียมที่กำลังเคลื่อนที่ มีผลลัพธ์ดังรูปที่ 3.43



รูปที่ 3.43 การฝังลิงค์ในรูปภาพ เพื่อให้เข้าถึงหน้า Live real time

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ในโครงการนี้ มีอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ดังนี้

1. Arduino UNO R3
2. Yagi-Uda Antenna
3. RTL-SDR Dongle
4. Step motor NEMA23
5. Accelerator Gyroscope compass 9-Axis
6. Accelerator Gyroscope compass 3-Axis
7. Battery 12 Volts
8. Micro-Step drive motor TB6600
9. Pulley gear 20 Teeths, 40 Teeths

3.2.1 Arduino UNO R3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Arduino UNO R3 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ดแบบสำเร็จรูปในยุคปัจจุบัน ซึ่งถูกสร้างมาจาก Controller ตระกูล ARM ของ ATMEEL ข้อดีของไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ด คือเรื่องของ Open Source ที่สามารถนำไปพัฒนาต่อเป็นอุปกรณ์ต่างๆ ได้ และความสามารถในการเพิ่ม Boot Loader เข้าไปที่ตัว ARM จึงทำให้การ Upload Code เข้าตัวบอร์ดสามารถทำได้ง่ายขึ้น และยังมีการพัฒนา Software ที่ใช้ในการควบคุมตัวบอร์ด ของ Arduino มีลักษณะเป็นภาษา C++ ที่โปรแกรมเมอร์มีความคุ้นเคยในการใช้งาน ส่วนตัวบอร์ดสามารถนำโมดูลมาต่อเพิ่ม ซึ่งทาง Arduino เรียกว่าเป็น shield เพื่อเพิ่มความสามารถเพิ่มขึ้น ซึ่งรายละเอียด Arduino UNRO R3 แสดงได้ดังรูปที่ 3.44 [13]



รูปที่ 3.44 Arduino UNO R3 [14]

3.2.2 Rotary encoder

Rotary encoder คือ เซนเซอร์ชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่ในการเข้ารหัสจากกระยะทางจากการหมุนรอบตัวเอง และแปลงออกมาเป็นรหัสในรูปแบบของสัญญาณไฟฟ้า โดยสามารถนำเอารหัสเหล่านี้มาแปลงกลับ เพื่อหาค่าต่างๆ ที่เราต้องการได้ ไม่ว่าจะเป็นระยะทางการหมุน องศาการเคลื่อนที่ หรือความเร็วรอบก็ได้ แล้วนำมาแสดงผลให้เราได้ทราบค่าผ่านหน้าจอแสดงผล เช่นถ้าต้องการวัดระยะทาง เราจะต้องต่อเข้ากับตัวนับจำนวน เพื่อแสดงผลเป็นระยะทาง หรือถ้าต้องการวัดความเร็วรอบ เราจะต้องต่อเข้ากับตัววัดพัลส์ โดยการประยุกต์ใช้เอ็นโค้ดเดอร์นั้น สามารถใช้ทำงานได้อย่างหลากหลาย โดยภายในโครงงานนำ Rotary encoder มาใช้ในการหมุนในการใช้วัดมุมก้ม และมุมยกดังรูปที่ 3.45 [15]



รูปที่ 3.45 Rotary encoder

จากรูปที่ 3.45 เป็นการแสดงรูปของ Rotary encoder เป็นอุปกรณ์ที่แปลงการหมุน (360 องศา) เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า เพื่อใช้ในการปรับค่าของการทำงานของอุปกรณ์ ซึ่งทำงานต่างจาก Potentiometer คือสามารถหมุนได้ต่อเนื่องไม่มีสุดปลายในแต่ละด้าน ซึ่งรายละเอียดของ Rotary encoder อธิบายรายละเอียดได้ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 คุณสมบัติของ Rotary encoder [16]

หัวข้อ	รายละเอียด
CLK	Encoder pin A
DT	Encoder pin B
GND	Encoder pin C
SW	No pushbutton switch
+	5 โวลต์ Supply

จากตารางที่ 3.4 เป็นการแสดงรายละเอียดของ Rotary encoder with breakout บอร์ด โดยมีทั้งหมด 5 Pins โดยมีการเชื่อมต่อเข้ากับบอร์ด Arduino UNO R3 และ Relay module 2 channels เพื่อใช้ในการวัดมุมร่วมกับตัว Relay module 2 channels

3.2.3 Relay module 2 channels

Relay module 2 channels เป็นโมดูลที่ใช้ควบคุมโหลดได้ทั้งแรงดันไฟฟ้า DC และ AC ซึ่งโหลดสูงสุด (Maximum Load) คือ AC 250 โวลต์/10 แอมป์, DC 30 โวลต์/10 แอมป์ โดยใช้สัญญาณในการควบคุมการทำงานด้วยสัญญาณลอจิก TTL ทำงานด้วยสัญญาณแบบ Active Low, กระแสขับรีเลย์ (Drive Current) 15-20 มิลลิแอมป์, มีการออกแบบให้เป็น Isolate ด้วย

Optocoupler, มี LED แสดงสถานะ Relay สามารถนำไปประยุกต์ใช้งาน PLC Control, บ้านอัจฉริยะ, ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม หรืองานอื่น ๆ ซึ่งภายในโครงงานนำมาใช้ในการวัดมุมก้ม และมุมเงย [17] ซึ่งลักษณะของ Relay module 2 channels แสดงได้ดังรูปที่ 3.46



รูปที่ 3.46 Relay module 2 channels

จากรูปที่ 3.46 แสดงในส่วนของ Relay module 2 channels ซึ่งมีอธิบายรายละเอียดได้ดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 รายละเอียดของ Relay module 2 channels

หัวข้อ	รายละเอียด
1	+VCC ขาไฟ 5 โวลต์ _{DC}
2	ขาสัญญาณอินพุต 2 (IN 2)
3	ขาสัญญาณอินพุต 1 (IN 1)
4	GND
5	GND (กาวด์ของบอร์ดเป็นกราวด์เดียวกับขาที่ 4)
6	+VCC
7	JD – VCC
8	NC (Normal close) ซึ่งหมายถึงหน้าสัมผัสแบบปิด
9	COM (Common) ที่จะตัด หรือต่อวงจรจากขา NC, NO
10	NO (Normal open) ซึ่งหมายถึงหน้าสัมผัสแบบเปิด

จากตารางที่ 3.5 เป็นการแสดงรายละเอียดของ Relay module 2 channels ซึ่งภายใน Relay จะประกอบไปด้วยขดลวด และหน้าสัมผัส ซึ่งสามารถอธิบายรายละเอียดของ Relay ได้ดังนี้

3.2.3.1 หน้าสัมผัส NC (Normally Close) เป็นหน้าสัมผัสปกติปิด โดยในสถานะปกติหน้าสัมผัสนี้จะต่อเข้ากับขา COM (Common) และจะลอย หรือไม่สัมผัสกันเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวด

3.2.3.2 ขา COM (Common) เป็นขาที่ถูกใช้งานร่วมกันระหว่าง NC และ NO ขึ้นอยู่กับว่า ขณะนั้นมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวด หรือไม่ หน้าสัมผัสใน Relay 1 ตัวอาจมีมากกว่า 1 ชุด ขึ้นอยู่กับผู้ผลิต และลักษณะของงานที่นำไปใช้

3.2.3.3 หน้าสัมผัส NO (Normally Open) เป็นหน้าสัมผัสปกติเปิด โดยในสถานะปกติจะลอยอยู่ไม่ถูกต่อกับขา COM (Common) แต่จะเชื่อมต่อกันเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวด

3.2.4 PWM Supported MOSFET Switching

โมดูลขับสัญญาณแบบ PWM รับสัญญาณจาก Arduino มาควบคุมอุปกรณ์ เช่น หลอดไฟ LED ควบคุมความเร็วมอเตอร์ สามารถควบคุมอุปกรณ์ที่แรงดัน 5-36 โวลต์ กระแสแบบต่อเนื่องถึง 15 แอมป์ ซึ่งรายละเอียดอุปกรณ์สามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 3.42 [18]



รูปที่ 3.47 PWM Support MOSFET Switching

จากรูปที่ 3.47 เป็นการแสดงรูปของ PWM Support MOSFET Switching ซึ่งสามารถอธิบายรายละเอียดของได้ดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 คุณสมบัติของ PWM Support MOSFET Switching

หัวข้อ	รายละเอียด	หัวข้อ	รายละเอียด
1	สัญญาณ PWM +	5	กระแสไฟตรง -
2	สัญญาณ GND	6	ตัวควบคุมอุปกรณ์

3	แสงสว่าง LED	7	Dual MOSFET for more power
4	กระแสไฟตรง +		

จากตารางที่ 3.6 แสดงคุณสมบัติของ PWM Support MOSFET Switching ซึ่งในส่วนของหมายเลข 7 คือ Dual MOSFET for more power ช่วยในการขับ MOSFET ให้มีพลังงานมากขึ้น

3.2.5 IIC I2C TWI Interface board module LCM1602 I2C

จอ LCD ที่มีการเชื่อมแบบ I2C นั้นมีขาในการเชื่อมต่ออะไรบ้าง จอ LCD ที่มีการเชื่อมต่อแบบ I2C หรือเรียกอีกอย่างว่าการเชื่อมต่อแบบ Serial จะเป็นจอ LCD ธรรมดาทั่วไปที่มาพร้อมกับบอร์ด I2C Bus ที่ทำให้การใช้งานได้สะดวกยิ่งขึ้น และยังมาพร้อมกับ VR สำหรับปรับความเข้มของจอ ในรูปแบบ I2C จะใช้ขาในการเชื่อมต่อกับ Microcontroller เพียง 4 ขา (แบบ Parallel ใช้ 16 ขา) ซึ่งทำให้ใช้งานได้ง่าย และสะดวกมากยิ่งขึ้น ซึ่งรายละเอียดของ LCD อธิบายได้ดังรูปที่ 3.48 [19]



รูปที่ 3.48 IIC I2C TWI Interface board module LCM1602 I2C [20]

จากรูปที่ 3.48 เป็นการแสดง IIC I2C TWI Interface board module LCM1602 I2C ซึ่งสามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 คุณสมบัติของ IIC I2C TWI Interface board module LCM1602 I2C

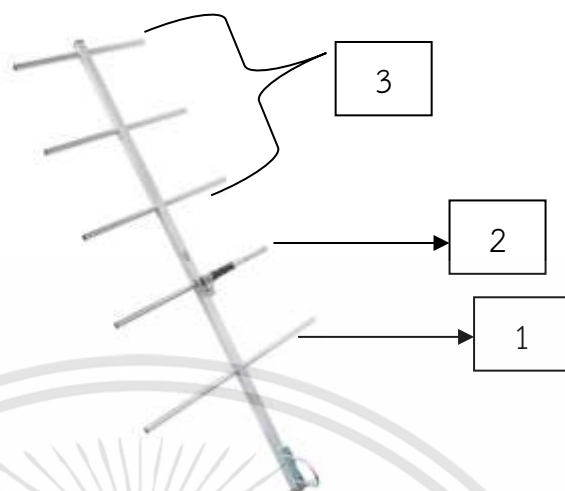
หัวข้อ	รายละเอียด	
1	Blacklight switch	
2	Control adjustment	
3	I2C pin Interface	
	I2C pin 1	GND
	I2C pin 2	V _{cc}
	I2C pin 3	SDA
	I2C pin 4	SCL

จากตารางที่ 3.7 เป็นการแสดงถึง คุณสมบัติของ IIC I2C TWI Interface board module LCM1602 I2C ในการให้หน้าจอ LCD แสดงผลจะต้องมีการปรับที่หมายเลข 2 คือ Control adjustment หากปรับไม่ถูกต้องจะทำให้หน้าจอ LCD ไม่แสดงผล

3.2.6 Yagi-Uda antenna

ภายในโครงงานนี้ใช้สายอากาศตัวรับ ซึ่งสำหรับคุณสมบัติของสายอากาศที่ทำหน้าที่เป็นสายอากาศตัวรับที่ดีนั้นจะต้องเป็นสายอากาศที่รับสัญญาณจากภาคส่งสัญญาณได้ นั่นคือไม่ว่าสายอากาศภาคส่งจะอยู่ทางทิศทางใดของสายอากาศภาคส่ง และมีรูปแบบการแพร่กระจายเป็นแบบใดก็ควรที่จะสามารถรับคลื่นจากสถานีส่งได้สามารถครอบคลุมพื้นที่ให้บริการ [21]

ภายในโครงงานนี้ใช้สายอากาศยาคี 5E ที่ความถี่ 430 - 450 เมกะเฮิร์ซ, อิมพีแดนซ์ 50 โอห์ม, อัตราขยาย 9 dBi, ซึ่งมีขนาดอยู่ที่ 17.8 x 2.52 x 2.32 นิ้ว ซึ่งรายละเอียดของสายยาคีแสดงได้ดังรูปที่ 3.49



รูปที่ 3.49 สายอากาศยาภิ 5E

จากรูปที่ 3.49 เป็นการแสดงภาพของ สายอากาศยาภิ 5E โดยมีองค์ประกอบหลักอยู่ 3 ส่วน ซึ่งหมายเลข 1 คือตัวสะท้อน โดยมีหน้าที่ในการสะท้อนคลื่นจากภาคส่งออกไป ,หมายเลข 2 คือองค์ประกอบของตัวขับ และหมายเลข 3 คือตัวไดเรกเตอร์

3.2.7 Step motor

สเต็ปมอเตอร์เป็นมอเตอร์ที่ขับเคลื่อนด้วยพัลส์ ซึ่งมีลักษณะการขับเคลื่อนจะหมุนรอบ แกนได้ 360 องศา โดยมีลักษณะไม่ต่อเนื่องแต่มีลักษณะเป็นสเต็ป โดยแต่ละสเต็ปจะขับเคลื่อนได้ 1,1.5,1.8 หรือ 2 องศา แล้วแต่ละโครงสร้างของมอเตอร์ลักษณะที่นำมามอเตอร์ไปใช้ [22]

ซึ่งภายในโครงงานนี้ใช้ Step motor NEMA 23 ซึ่งสามารถขับเคลื่อนได้ 1.8 องศา โดยมีการใช้ชุดคำสั่ง เพื่อถ่วงในการหมุนองศาของมอเตอร์ ในการทำให้มีความละเอียด และแม่นยำ ในการตรวจจับองศา ซึ่งลักษณะ Step motor NEMA 23 ดังรูปที่ 3.50



รูปที่ 3.50 Step motor NEMA 23

จากรูปที่ 3.50 เป็นการแสดงถึงลักษณะของ Step motor NEMA 23 ซึ่งมีคุณสมบัติ 8-Wire Bipolar or Unipolar มีการหมุน $1.8^\circ / 200$ สเต็ปตอร์อบ มีกระแสไฟฟ้า 2.8 แอมป์ต่อเฟส (Bipolar Parallel) [23]

3.2.8 Control Drive TB6600 Arduino

TB6600 เป็นชุดควบคุม Stepping Motor โดยสามารถรองรับการใช้งาน ควบคุมความเร็ว ควบคุมทิศทาง สามารถตั้งค่า Micro Step (1/2,A,2/B,4,8,16,32) และ ตั้งค่าการควบคุมกระแสได้ตั้งแต่ 0.5A ,1A,1.5A,2A,2.5A,2.8A,3.0A,3.5A ในส่วนของภาครับสัญญาณจะใช้ optocoupler เพื่อแยกสัญญาณระหว่างภาค Control และ Power เพื่อลดสัญญาณรบกวนดังรูปที่ 3.51



รูปที่ 3.51 Control Drive TB6600 Arduino [24]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.51 เป็นการแสดงลักษณะของ Control Drive TB6600 Arduino ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 คุณสมบัติของ Control Drive TB6600 Arduino [24]

หัวข้อ	รายละเอียด
PUL+	Pulse +
PUL-	Pulse -
DIR+	Direction +
DIR-	Direction -
EN+	Off-line control Enable+
EN-	Off-line control Enable-
A+	Stepper motor A+
A-	Stepper motor A-
B+	Stepper motor B+
B-	Stepper motor B-
VCC	VCC (DC: 9-12 Volt)
GND	GND

จากตารางที่ 3.8 แสดงคุณสมบัติของ Control Drive TB6600 Arduino ซึ่งมีสเปกทางเทคนิคดังนี้

3.2.9 Accelerator Gyroscope compass 9-Axis

MPU-9250 + โมดูล BMP280 (เครื่องวัดการหมุนวนสามแกน + การเร่งความเร็วสามแกน + สนามแม่เหล็กสามแกน + ความดันอากาศ) ซึ่งมีแหล่งจ่ายไฟ: 3-5V (ตัวควบคุมความแตกต่างแรงดันต่ำภายใน) โดยที่ใช้ในการสื่อสาร: โปรโตคอลการสื่อสาร IIC / SPI มาตรฐาน และเป็นตัวแปลง AD 16 บิตในตัวชิปเอาต์พุตข้อมูล 16 บิต ซึ่งใช้ PCB ทองแช่กระบวนการเชื่อมเครื่องเพื่อให้ได้คุณภาพ โดยอธิบายรายละเอียดของ Accelerator Gyroscope compass 9-Axis ดังรูปที่ 3.52



รูปที่ 3.52 Accelerator Gyroscope compass 9-Axis [25]

จากรูปที่ 3.52 เป็นการแสดงถึง Accelerator Gyroscope compass 9-Axis โดยภายในโครงงานนี้นำมาใช้ในการ Calibrate มุมของฐาน และทิศทางของเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ

3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง

3.3.1 การทดสอบระบบการ Calibrate มุมของฐาน

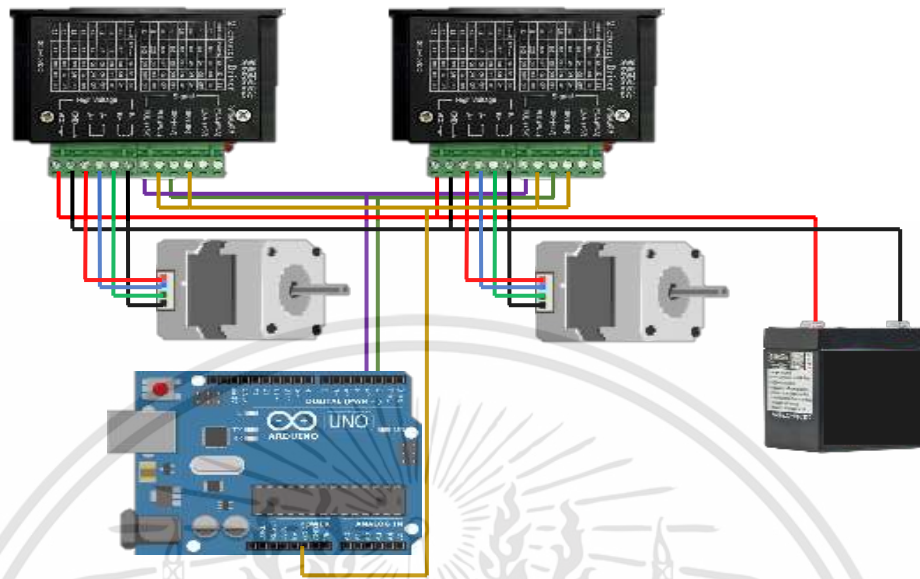
ในการจัดเก็บผลการทดสอบของระบบการ Calibrate มุมของฐาน โดยนำเซนเซอร์ต่อเข้ากับ Arduino UNO R3 บอร์ดดังรูปที่ 3.45 เพื่อทำการเก็บค่ามุมในแกน X, Y และแกน Z โดยมีการออกแบบตามหัวข้อที่ 3.1.1.2 โดยเก็บผลผ่าน Serial monitor และ Serial plotter บนโปรแกรม Arduino

3.3.2 การทดสอบการวัดมุมก้ม และมุมเงย

ในการจัดเก็บผลการทดสอบของระบบการวัดมุมก้ม และมุมเงย โดยมีการแสดงผลผ่าน LCD 16x2 และ UI Interface โดยการแสดงผลผ่าน UI Interface เป็นการแสดงผลการเปรียบเทียบข้อมูลจากฐานข้อมูล และข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์

3.3.3 การทดสอบการทำงานของ Step motor NEMA 23 และ Gyroscope compass

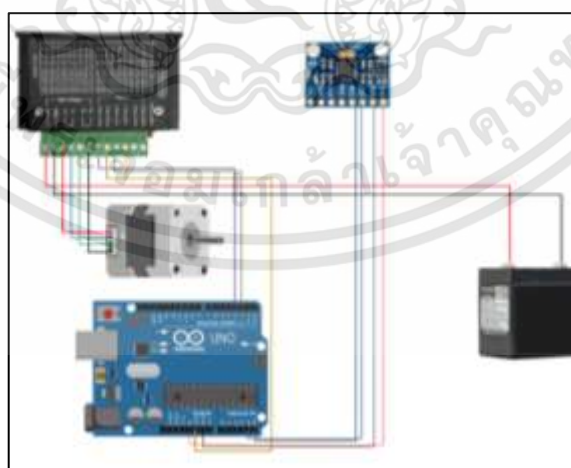
ในการทดสอบการทำงานของ Step motor NEMA 23 ที่เชื่อมต่อกับบอร์ด Arduino UNO R3 โดยมีการต่อวงจรดังรูปที่ 3.53



รูปที่ 3.53 แสดงการเชื่อมต่อของระบบ Step motor NEMA 23

จากรูปที่ 3.53 เป็นการแสดงการเชื่อมต่อของระบบ Step motor ซึ่งจะดูการขับเคลื่อนของมอเตอร์ว่าสามารถหมุนในส่วนของฐานรองเสาอากาศ และฐานหลักตัว U คว่ำ โดยมีคำสั่งกำหนดในส่วนของ Step motor ในการหมุนของมุ่มกัม และมุ่มเงย จะมีแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

- 1) การทำงานของ Step motor NEMA 23 ในมุ่มกัม
- 2) การทำงานของ Step motor NEMA 23 ในมุ่มเงย



รูปที่ 3.54 การเชื่อมต่อ Step motor และ Gyroscope compass

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.54 เป็นการแสดงการเชื่อมต่อของการเชื่อมต่อ Step motor NEMA 23 และ Gyroscope compass ซึ่งจะวัด Gyroscope และ Magnitude ในแกน X Y และแกน Z

3.3.4 การดึงข้อมูลจากเว็บไซต์ผ่าน Postman application

จากการออกแบบการดึงข้อมูลจากเว็บไซต์ผ่าน Postman application จะได้ผลลัพธ์ออกมาเป็น JSON file

3.3.5 การจัดทำเว็บไซต์ฐานข้อมูล

จากทำการรวบรวมฐานข้อมูลเข้ามาในเว็บไซต์ เพื่อให้ง่ายต่อการเก็บข้อมูลเป็นชุดเดียวกันในข้อมูลมุกัม และมุกเมย พร้อมทั้งข้อมูลการทำนายล่วงหน้าของการเคลื่อนที่ของดาวเทียม



บทที่ 4

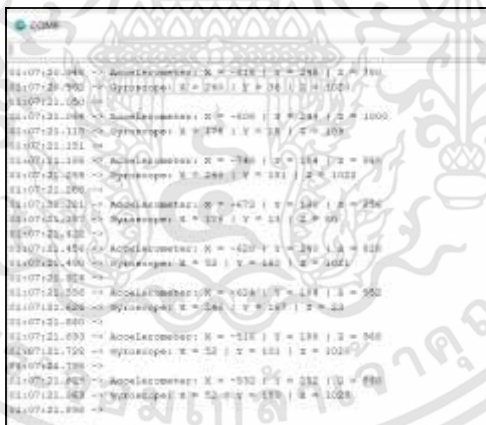
ผลการทดลอง

ผู้จัดทำได้ทำการเก็บผลการทำงานของระบบ โดยแบ่งการทดลอง และจัดเก็บผลการทดลองเป็นส่วนๆ ดังต่อไปนี้

4.1 การทดสอบระบบการ Calibrate มุมของฐาน

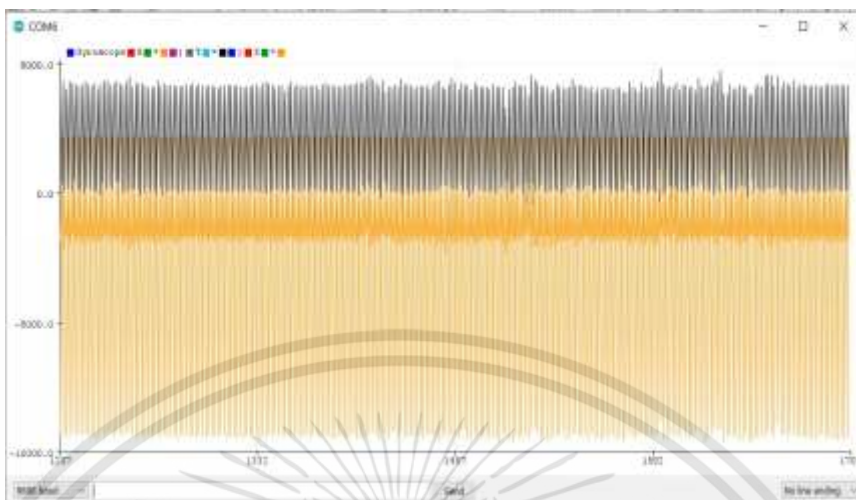
ในการจัดเก็บผลการทดสอบของระบบการ Calibrate มุมของฐาน โดยนำเซนเซอร์ต่อเข้ากับ Arduino UNO R3 บอร์ดดังรูปที่ 3.25 เพื่อทำการเก็บค่ามุมในแกน X Y และแกน Z โดยมีการเก็บผลผ่าน Serial monitor และ Serial plotter บนโปรแกรม Arduino IDE

จากการทดลองเมื่อนำ Gyroscope compass เชื่อมต่อกับ Arduino UNO R3 บอร์ด และมีการหมุนฐานหลักฐานรองเสาอากาศยา และฐานหลักตัว U คว่ำของเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมมีผลจากการทดลองในการวัดมุมในแกน X Y และ Z ผ่าน Serial monitor บนโปรแกรม Arduino IDE ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ผลจากการทดลอง

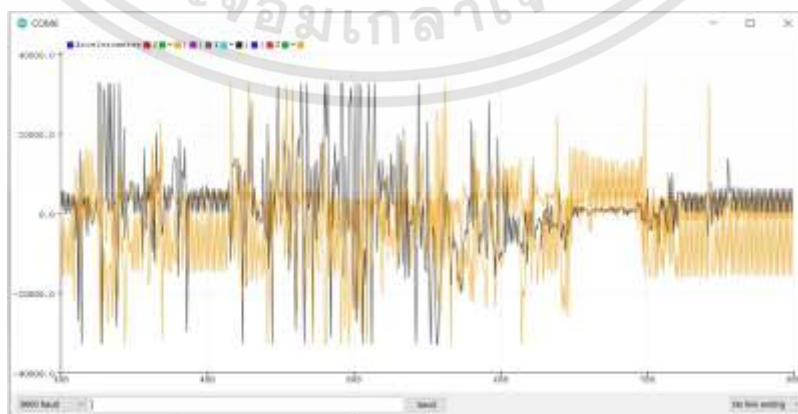
จากรูปที่ 4.1 แสดงผลในการวัด Gyroscope และ Accelerometer ค่าที่ได้จากการทดลองนั้นค่า Gyroscope มีขอบเขต อยู่ที่ $\pm 1000^\circ / s$ และค่า Accelerometer อยู่ที่ 16 g สังเกตได้จากค่าที่ทำการทดสอบ ในทุกๆ ค่าที่เปลี่ยนแปลงไปสอดคล้องกับการเคลื่อนไหวของเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมโดยมีการพล็อตกราฟจากวัดมมดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 กราฟการวัดมุมแกน X Y และ Z

จากรูปที่ 4.2 เป็นการแสดงกราฟจากการวัดมุมแกน X Y และแกน Z เนื่องจาก Gyroscope compass อยู่หนึ่งจึงทำให้กราฟอยู่หนึ่ง ค่าของ Gyroscope และ Accelerometer มีค่าคงที่ ค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นอาจเป็น เพราะค่าความแม่นยำ ของเซนเซอร์อาจมีผลต่อค่าที่ถูกต้อง

จากการทดลองเมื่อนำ Gyroscope compass ต่อเข้ากับ Arduino UNO R3 บอร์ด และป้อนชุดคำสั่งในการวัดมุมในแกน X Y และแกน Z เข้าไปในตัวบอร์ด Arduino UNO R3 พบว่า ผลที่ได้มีการแสดงออกของหน้าจอ Serial monitor โดยมีค่า Gyroscope และ Accelerometer แต่ค่ามุมที่ได้ยังมีค่าที่มีเพิ่ม หรือน้อยลงตามการเคลื่อนไหวของเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ของ ดาวเทียม เพราะตัว Gyroscope compass ไม่อยู่หนึ่ง โดยสังเกตได้จากกราฟหาก Gyroscope compass อยู่หนึ่ง ซึ่งกราฟจะคงที่ หาก Gyroscope compass กราฟจะขึ้นลงตามการเคลื่อนที่ของ เซนเซอร์ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 กราฟ Gyroscope compass เคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.3 เป็นการแสดงในส่วนของกราฟ Gyroscope compass เคลื่อนที่ จะสังเกตได้ว่าหากตัวเซนเซอร์มีการเคลื่อนที่ กราฟจะขึ้นลงตามตำแหน่งของเซนเซอร์ หากสังเกต ในช่วงกราฟขึ้น คือเซนเซอร์อยู่ในระหว่างมุม 0 ถึง 180 องศา กราฟจะขึ้น และในทางกลับกัน หาก เซนเซอร์อยู่ระหว่างมุม 181- 360 องศากราฟจะลง และในภายหลังของกราฟจะคงที่ เพราะ เซนเซอร์อยู่นิ่ง และอาจอยู่ในระหว่างมุม 181- 360 องศา

ซึ่งการหมุนของเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมจะมีความสอดคล้องของกราฟ ที่ขึ้น หรือลงเพื่อการ Calibrate ให้อยู่ในมุมที่ต้องการ ในทำนองเดียวกัน เมื่อกราฟอยู่นิ่ง จะสอดคล้องกับการที่เครื่องติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมอยู่ในมุมที่ต้องการติดตาม

แต่ในทางกลับกัน หาก Gyroscope compass อยู่ที่ฐานหลักตัวแอลขนาดเล็ก กราฟจะไม่อยู่นิ่ง เพราะสายอากาศยากิถูกยึดอยู่กับฐานหลักตัวแอลขนาดเล็ก ต้องมีการเคลื่อนที่ ตามมุมเงยของดาวเทียม ซึ่งส่งผลให้กราฟไม่อยู่นิ่ง ซึ่งกราฟจะอยู่นิ่งก็ต่อเมื่อดาวเทียมได้อยู่ในมุม เงยที่ประเทศไทยไม่สามารถวัดมุมกวาด และมุมเงยได้

ซึ่งมีผลหากดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ ไม่ได้เข้ามาภายในน่านฟ้าของประเทศไทย หรือประเทศใกล้เคียง ก็ทำให้ไม่สามารถตรวจจับการเคลื่อนที่ อีกทั้งวัดมุม และมุมเงย

4.2 การทดสอบการวัดมุมกวาด และมุมเงย

ในการจัดเก็บผลการทดสอบของระบบการวัดมุมกวาด และมุมเงย โดยต่อวงจรตาม รูปที่ 3.49 เพื่อวัดมุมกวาดและมุมเงย โดยมีการแสดงผลผ่าน Serial monitor และ LCD โดยการ แสดงผ่าน UI Interface เป็นการแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลจากฐานข้อมูล และข้อมูลที่ได้จาก เซนเซอร์

จากการทดลองเมื่อนำเซนเซอร์ต่าง ๆ มาประกอบด้วยกัน และออกแบบชุดคำสั่งใน การวัดมุมกวาดและมุมเงยโดยแสดงผลผ่าน LCD 16x2 ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 หน้าจอแสดงผล LCD หน้าที 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.4 แสดงหน้าจอแสดงผล LCD ซึ่งเป็นผลลัพธ์จากชุดคำสั่งในการแสดงผล โดยมีหน้าต่อไปเป็นการแสดงผลของมุมกวาดและมุมเงย แสดงดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 หน้าจอแสดงผล LCD หน้าที่ 2

จากรูปที่ 4.5 เป็นการแสดงผลหน้าจอแสดงผล LCD หน้าที่ 2 ซึ่งในบรรทัดที่ 1 เป็นผลของมุมกวาด และในบรรทัดที่ 2 เป็นผลของมุมเงย โดยค่าของมุมกวาดอยู่ระหว่าง -360 ถึง 360 และค่าของมุมเงยอยู่ -90 ถึง 90

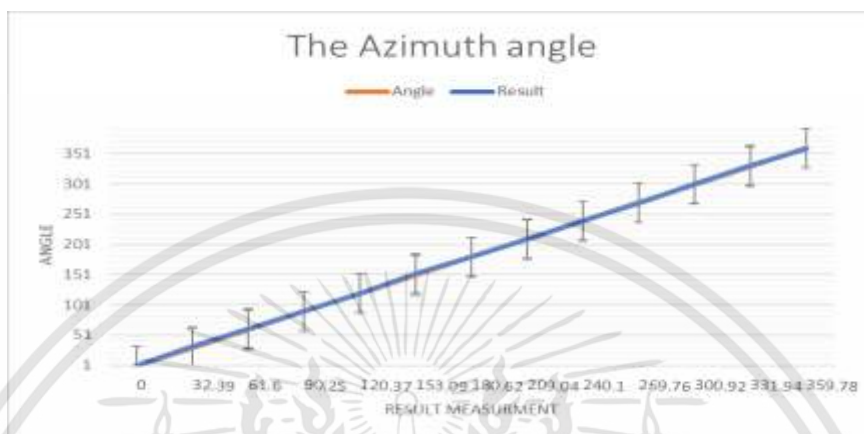
จากการทดลองเมื่อนำเซนเซอร์ต่างๆ มาประกอบด้วยกันพบว่าตัวเซนเซอร์ เมื่อนำมาต่อเข้ากับบอร์ด Arduino UNO R3 และป้อนชุดคำสั่งในการวัดมุมเข้าไปในตัวบอร์ด Arduino UNO R3 พบว่าผลที่ได้มีการแสดงออกของหน้าจอ LCD แต่ค่ามุมที่ได้ยังมีค่าที่ข้อผิดพลาดจากฐานข้อมูลอยู่มาก ซึ่งข้อผิดพลาดอาจจะเกิดจากชุดอุปกรณ์เซนเซอร์ หรือชุดคำสั่งในการวัดมุม ทดสอบการวัดมุมกวาด ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการวัดมุมกวาด

มุมทดสอบ	ผลการทดลอง	Error	มุมที่วัด	ผลการทดลอง	Error
0°	0°	0.00	180°	180.62 °	0.34
30°	32.39°	7.97	210°	209.04 °	0.46
60°	61.60°	2.67	240°	240.10 °	0.04
90°	90.25 °	0.28	270°	269.76 °	0.09
120°	120.37 °	0.31	300°	300.92 °	0.31
150°	153.09 °	2.06	330°	331.94 °	0.59

จากตารางที่ 4.1 แสดงผลการวัดมุมกวาด จากตารางได้ทำการปรับเครื่องตามมุมองศาที่ต้องการวัดมุม แสดงให้เห็นว่าช่วงค่าเฉลี่ยที่ถูกต้องคือ 1.92 ° หรือ 0.79% ดังนั้นความถูกต้องของเอกสารนี้ เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องของมุมกวาดของแกนอยู่ในช่วง 99% ผลที่ได้รับผ่านพารามิเตอร์เซ็นเซอร์เข็มทิศ ซึ่งสามารถพล็อตกราฟได้ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 กราฟเปรียบเทียบจากผลการทดลอง

จากรูปที่ 4.6 เป็นการแสดงถึงกราฟการเปรียบเทียบผลการทดลอง ในการวัดมุมในทุก ๆ 30 องศา สังเกตได้จากกราฟไม่แตกต่างกันสักเท่าไร ซึ่งสัมพันธ์เป็นมุมทดสอบ และสีน้ำเงินเป็นผลลัพธ์จากการทดลอง ส่วนการทดลองในการวัดมุมเงยแสดงได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการวัดมุมเงย

มุมทดสอบ	ผลการทดลอง	Error	มุมทดสอบ	ผลการทดลอง	Error
0°	0.53 °	0.00	45°	45.24 °	0.53
5°	5.03 °	0.60	50°	48.63 °	2.74
10°	10.23 °	2.30	55°	55.63 °	1.15
15°	14.82 °	1.20	60°	61.07 °	1.78
20°	21.02 °	5.10	65°	64.59 °	0.63
25°	25.04 °	0.16	70°	70.04 °	0.06
30°	28.59 °	4.70	75°	75.17 °	0.23
35°	35.33 °	0.94	80°	79.72 °	0.35
40°	39.55 °	1.13	85°	85.19 °	0.22

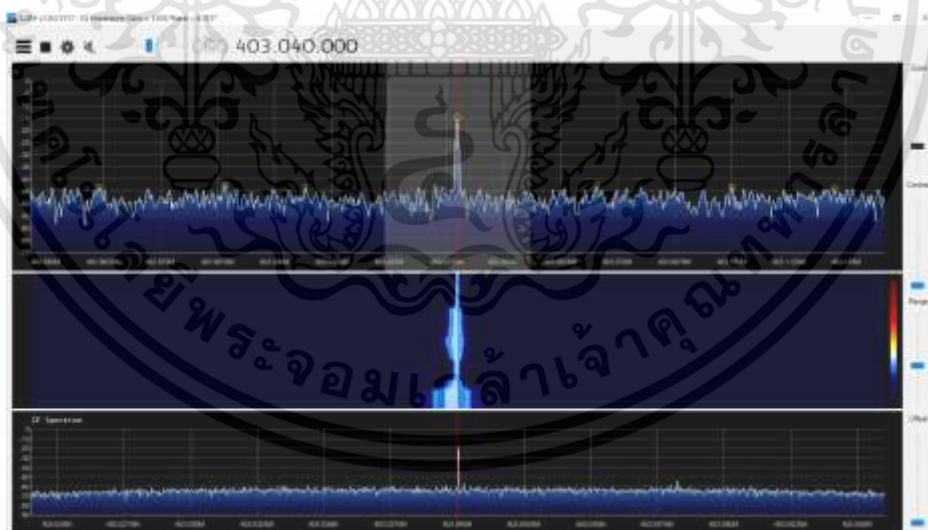
จากตารางที่ 4.2 แสดงผลการวัดมุมเงย จากตารางได้ทำการปรับเครื่องตามมุมมองศาที่ ต้องการวัดมุม แสดงให้เห็นว่าช่วงค่าเฉลี่ยที่ถูกต้องคือ 1.42° หรือ 0.85% ดังนั้นความถูกต้องของ

มุมเงยของแกนอยู่ประมาณ 99% ผลที่ได้รับผ่านพารามิเตอร์เซ็นเซอร์เข็มทิศ ซึ่งสามารถพล็อตกราฟได้ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 กราฟเปรียบเทียบมุมทดสอบ และผลการทดลอง

จากรูปที่ 4.7 เป็นการแสดงถึงกราฟการเปรียบเทียบผลการทดลอง ในการวัดมุมในทุก ๆ 5 องศา สังเกตได้จากกราฟไม่แตกต่างกันสักเท่าไร ซึ่งสีน้ำเงินเป็นมุมทดสอบ และสีส้มเป็นผลลัพธ์จากการทดลอง ส่วนของสเปกตรัมในการติดตามดาวเทียม แสดงได้ดังรูปที่ 4.8



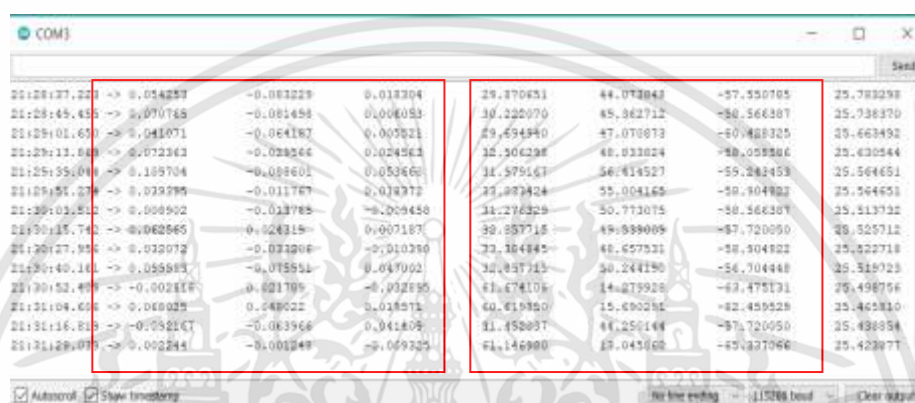
รูปที่ 4.8 สเปกตรัมของสัญญาณ

แสดงผลการทำงานของโปรแกรม SDR# โดยให้สังเกตในช่องที่ 1 และ 2 ว่าสัญญาณอยู่ที่จุด Peak หรือไม่ และสังเกตช่วงเวลา ว่าสัญญาณนั้นหายไปไหม เมื่อครบเวลาที่ดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำโคจรมาถึงในน่านฟ้าของประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดสอบการทำงานของ Step motor และ Gyroscope compass

ในการทดสอบการทำงานของ Step motor โดยนำ motor Driver L298N เชื่อมต่อเข้ากับ Step motor และ Gyroscope compass ซึ่งมีแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้ 1 การทำงานของ Step motor ในมุมกวาด ,ส่วนที่ 2 การทำงานของ Step motor ในมุมเงย ซึ่งผลการทดลองแสดงได้ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 ผลลัพธ์ในการวัดมุมเงย

จากรูปที่ 4.9 แสดงผลลัพธ์ในการวัดมุมเงยในแต่ละรอบการขึ้นลงครบ 90 องศา ซึ่งในกรอบสีแดงอันแรกเป็นผลของ Gyroscope ในแกน X Y และแกน Z โดยกรอบสีแดงอันที่สองเป็นในส่วนของ Magnitude ในแกน X Y และแกน Z ซึ่งมุมของ Gyroscope อยู่ในหน่วยของเรเดียน จึงต้องทำการแปลงเป็นองศา ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การคำนวณมุมจากหน่วยเรเดียนเป็นองศา

เรเดียน	องศา	เรเดียน	องศา
0.02	1.08	0.01	0.41
0.01	0.35	-0.01	-0.60
0.01	0.32	0.05	2.67
0.02	1.41	-0.03	-1.88
0.05	3.07	0.02	1.12
0.02	1.05	0.04	2.37
-0.01	-0.54	-0.01	-0.05

จากตารางที่ 4.3 แสดงถึงการคำนวณมุมจากหน่วยเรเดียนเป็นองศา จากการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ทำให้มีการหมุนไปในมุมเงย คือ 0 - 90° มีการหมุนของอุปกรณ์ สามารถหมุนได้ตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ 2.39 โดยนำข้อมูลจากการทดลองมาแทนค่าในสูตร จะได้ตามตารางต่อไปนี้ แสดงได้ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม ISS วันที่ 26 มกราคม 2565

รหัสดาวเทียม	25544	ชื่อดาวเทียม	ISS	พิกัดเริ่ม	AZ: 315° NW	
วันที่	26 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	22.05 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 232.6° ENE, EL: 50.1°	
เวลาในการเคลื่อนที่	11.55 นาที	เวลาสิ้นสุด	22.17 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 238° SW	
เวลา (วินาที)	การคำนวณ		การทดลอง		error	
	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
0	315.8	0	315.6	0	0.06	0.00
10	315.6	0.6	315.4	0.5	0.06	16.67
20	315.3	1.3	315.1	1.3	0.06	0.00
30	315	1.9	314.8	1.6	0.06	15.79
40	314.7	2.6	314.5	2.5	0.06	3.85
50	314.4	3.3	314.2	3.2	0.06	3.03
60	314	4	313.8	4.3	0.06	7.50
70	313.3	4.8	314.3	4.5	0.32	6.25
80	313.2	5.6	314.2	5.3	0.32	5.36
90	312.8	6.2	313.8	6.1	0.32	1.61
100	312.3	7.3	313.3	7.4	0.32	1.37
110	311.7	8.2	312.7	8.3	0.32	1.22
120	311.1	9.2	311	9.4	0.03	2.17
130	310.5	10.3	310.4	10.5	0.03	1.94
140	309.8	11.4	309.7	11.5	0.03	0.88
150	309	12.5	308.9	12.6	0.03	0.80
160	308.1	13.8	308	13.8	0.03	0.00
170	307.2	15.1	307.1	15.6	0.03	3.31
180	306.1	16.6	306.1	16.1	0.00	3.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม ISS วันที่ 26 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		25544	ชื่อดาวเทียม	ISS	พิกัดเริ่ม	AZ: 315° NW
วันที่		26 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	22.05 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 232.6° ENE, EL: 50.1°
เวลาในการเคลื่อนที่		11.55 นาที	เวลาสิ้นสุด	22.17 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 238° SW
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
190	304.8	18.2	304.8	18.3	0.00	0.55
200	303.4	19.9	303.4	19.2	0.00	3.52
210	301.7	21.8	301.7	21.7	0.00	0.46
220	299.8	23.8	299.8	23.4	0.00	1.68
230	297.6	26.1	297.6	26.2	0.00	0.38
240	294.9	28.6	295.2	28.1	0.10	1.75
250	291.7	31.3	292	31.3	0.10	0.00
260	287.8	34.2	288.1	34.5	0.10	0.88
270	283.1	37.4	283.4	37.6	0.11	0.53
280	277.2	40.6	277.5	40.6	0.11	0.00
290	269.9	43.8	270.2	43.8	0.11	0.00
300	260	46.9	260	46.7	0.00	0.43
310	249.4	49	249.1	48.6	0.12	0.82
320	237.5	50	237.2	50.3	0.13	0.60
330	225.3	49.7	225	49.7	0.13	0.00
340	213.9	48.9	213.6	48.6	0.14	0.61
350	203.9	45.7	203.6	45.4	0.15	0.66
360	195.6	42.7	195.3	42.3	0.15	0.94
370	188.9	39.5	188.9	39.4	0.00	0.25
380	183.4	36.2	183.4	36.3	0.00	0.28
390	179	33.2	179	33	0.00	0.60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม ISS วันที่ 26 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		25544	ชื่อดาวเทียม	ISS	พิกัดเริ่ม	AZ: 315° NW
วันที่		26 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	22.05 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 232.6° ENE, EL: 50.1°
เวลาในการเคลื่อนที่		11.55 นาที	เวลาสิ้นสุด	22.17 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 238° SW
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
400	175.3	30.3	175.3	30	0.00	0.99
410	172.3	27.7	172.3	27.5	0.00	0.72
420	169.8	25.3	169.7	25.1	0.06	0.79
430	167.7	23.1	167.6	23.2	0.06	0.43
440	165.9	21.1	165.8	21.3	0.06	0.95
450	164.3	19.2	164.2	19.7	0.06	2.60
460	162.9	17.6	162.8	17.3	0.06	1.70
470	161.7	16	161.6	16.2	0.06	1.25
480	160.6	14.6	160.3	14.8	0.19	1.37
490	159.7	13.3	159.7	13.1	0.00	1.50
500	158.8	12.1	158.8	12.5	0.00	3.31
510	158.1	10.9	158.1	10.6	0.00	2.75
520	157.4	9.8	157.4	9.7	0.00	1.02
530	156.8	8.8	156.8	8.6	0.00	2.27
540	156.2	7.9	156	7.5	0.13	5.06
550	155.7	7	155.5	6.5	0.13	7.14
560	155.2	6.1	155	6	0.13	1.64
570	154.7	5.3	154.5	5.1	0.13	3.77
580	154.3	4.5	154.1	4.8	0.13	6.67
590	153.9	3.7	153.7	3.5	0.13	5.41
600	153.6	3	153.5	3	0.07	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม ISS วันที่ 26 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม	25544	ชื่อดาวเทียม	ISS	พิกัดเริ่ม	AZ: 315° NW	
วันที่	26 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	22.05 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 232.6° ENE, EL: 50.1°	
เวลาในการเคลื่อนที่	11.55 นาที	เวลาสิ้นสุด	22.17 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 238° SW	
เวลา (วินาที)	การคำนวณ		การทดลอง		error	
	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
610	153.2	2.3	153.2	2.1	0.00	8.70
620	152.9	1.6	152.9	1.5	0.00	6.25
630	152.6	1	152.6	0.9	0.00	10.00
640	152.3	0.3	152.3	0.5	0.00	66.67
645	152.2	0	152.2	0.1	0.00	0.00

จากตารางที่ 4.4 เป็นการแสดงการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม ISS ซึ่งสามารถรับได้ในการวัดมุมกวาด และมุมเงยเปรียบเทียบกับค่าคำนวณการเคลื่อนที่ โดยที่ในฐานข้อมูลจะเริ่มการเคลื่อนที่ในเวลา 22.05 น. ซึ่งจะมีเวลาในการเคลื่อนที่เพียง 5 นาที แต่พอทำการทดลอง และเก็บผลใช้เวลาในการเคลื่อนที่จริง 10.45 นาที ซึ่งจะทำให้การวัดมุมกวาด และมุมเงยในวัดถัดไป โดยที่ดูจากข้อมูล Prediction 10 วัน ซึ่งจะนำมาเทียบกับฐานข้อมูลว่าถูกต้องหรือไม่ เวลาในการเคลื่อนที่ และทิศทางในการเริ่มต้น, จุดสูงสุด และจุดสิ้นสุดในการเคลื่อนที่ เพื่อจะนำมาทำการแจ้งเตือนในการเคลื่อนที่ โดยที่จะนำเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำไปปรับค่า และนำค่ามาพล็อตกราฟได้ภายในระยะเวลา 5 วัน และได้มีการบันทึกผลของดาวเทียม ISS ในวันถัดไปดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม ISS วันที่ 27 มกราคม 2565

รหัสดาวเทียม		25544	ชื่อดาวเทียม	ISS	พิกัดเริ่ม	AZ: 315° NW
วันที่		27 ธันวาคม 2564	เวลาเริ่มต้น	21.05 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 232.6° ENE, EL:50.1°
เวลาในการเคลื่อนที่		10.36 นาที	เวลาสิ้นสุด	21.16 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 238° SW
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
0	327.4	0	327.6	0	0.06	0.00
10	327.6	0.6	327.4	0.6	0.06	0.00
20	327.8	1.2	327.6	1.2	0.06	0.00
30	328.1	1.9	327.9	1.9	0.06	0.00
40	328.3	2.6	328.1	2.6	0.06	0.00
50	328.5	3.3	328.3	3.2	0.06	3.03
60	328.8	4	328.9	4	0.03	0.00
70	329.1	4.7	329.2	4.8	0.03	2.13
80	329.4	5.6	329.5	5.4	0.03	3.57
90	329.9	6.9	330	6.9	0.03	0.00
100	330.3	7.9	330.4	7.8	0.03	1.27
110	330.7	8.8	330.8	8.7	0.03	1.14
120	331.2	9.8	330.9	9.8	0.09	0.00
130	331.6	10.9	331.3	11.1	0.09	1.83
140	332.2	12.1	331.9	12.3	0.09	1.65
150	332.8	13.3	332.5	13.5	0.09	1.50
160	333.4	14.6	333.1	14.8	0.09	1.37
170	334.2	16.1	333.9	16.3	0.09	1.24
180	335	17.6	335.2	17.3	0.06	1.70
190	336	19.4	335.8	19.6	0.06	1.03
200	338.4	23.4	338.2	23.6	0.06	0.85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม ISS วันที่ 27 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		25544	ชื่อดาวเทียม	ISS	พิกัดเริ่ม	AZ: 315° NW
วันที่		27 ธันวาคม 2564	เวลาเริ่มต้น	21.05 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 232.6° ENE, EL:50.1°
เวลาในการเคลื่อนที่		10.36 นาที	เวลาสิ้นสุด	21.16 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 238° SW
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
210	340	26	339.8	26.2	0.06	0.77
220	341.7	28.3	341.5	28.5	0.06	0.71
230	343.8	31.3	343.6	31.5	0.06	0.64
240	346.5	34.6	346.1	34.6	0.12	0.00
250	349.9	38.2	349.9	38.2	0.00	0.00
260	354.3	42.3	354.3	42.8	0.00	1.18
270	0.1	46.7	0.1	46.7	0.00	0.00
280	7.9	51.3	7.9	51.3	0.00	0.00
290	18.6	55.6	18.6	55.4	0.00	0.36
300	32.7	58.9	32.4	59.2	0.92	0.51
310	51.5	60.5	51.6	60.6	0.19	0.17
320	67.2	59.6	67.3	59.7	0.15	0.17
330	82.4	56.8	82.5	56.9	0.12	0.18
340	94.1	52.7	94.2	52.8	0.11	0.19
350	102.7	48.1	102.8	48.2	0.10	0.21
360	109.1	43.6	109.4	43	0.27	1.38
370	113.8	39.4	113.6	39.6	0.18	0.51
380	117.5	35.6	117.3	35.8	0.17	0.56
390	120.4	32.2	120.2	32.4	0.17	0.62
400	122.7	29.2	122.5	29.4	0.16	0.68
410	124.8	26.2	124.6	26.1	0.16	0.38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม ISS วันที่ 27 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		25544	ชื่อดาวเทียม	ISS	พิกัดเริ่ม	AZ: 315° NW
วันที่		27 ธันวาคม 2564	เวลาเริ่มต้น	21.05 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 232.6° ENE, EL:50.1°
เวลาในการเคลื่อนที่		10.36 นาที	เวลาสิ้นสุด	21.16 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 238° SW
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
420	126.3	23.8	126.1	23.5	0.16	1.26
430	127.5	21.8	127.6	22	0.08	0.92
440	128.7	19.9	128.8	20.1	0.08	1.01
450	129.8	17.9	129.9	18.1	0.08	1.12
460	130.5	16.5	130.6	16.3	0.08	1.21
470	131.3	15	131.4	15	0.08	0.00
480	132	13.6	131.7	13.6	0.23	0.00
490	132.6	12.3	132.9	12	0.23	2.44
500	133.1	11.2	133.4	11.1	0.23	0.89
510	133.6	10.1	133.9	10	0.22	0.99
520	134.1	9	134.4	9	0.22	0.00
530	134.5	8	134	8	0.37	0.00
540	134.9	7.1	135.4	7.1	0.37	0.00
550	135.2	6.2	135.6	6.2	0.30	0.00
560	135.5	5.4	135.9	5.4	0.30	0.00
570	135.8	4.5	136.2	4.5	0.29	0.00
580	136.1	3.8	136.5	3.8	0.29	0.00
590	136.3	3.1	136.1	2.8	0.15	3.23
600	136.6	2.4	136.3	2.4	0.22	0.00
610	136.8	1.7	136.7	1.7	0.07	0.00
620	137	1	136.9	1	0.07	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม ISS วันที่ 27 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม	25544	ชื่อดาวเทียม	ISS	พิกัดเริ่ม	AZ: 315° NW	
วันที่	27 ธันวาคม 2564	เวลาเริ่มต้น	21.05 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 232.6° ENE, EL:50.1°	
เวลาในการเคลื่อนที่	10.36 นาที	เวลาสิ้นสุด	21.16 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 238° SW	
เวลา (วินาที)	การคำนวณ		การทดลอง		error	
	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
630	137.2	0.4	137.1	0.4	0.07	0.00
636	137.3	0	137.2	0	0.07	0.00

จากตารางที่ 4.5 เป็นการแสดงการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม ISS ซึ่งสามารถรับได้ในการวัดมุมกวาด และมุมเงยเปรียบเทียบกับค่าคำนวณการเคลื่อนที่ โดยที่ในฐานข้อมูลจะเริ่มการเคลื่อนที่ในเวลา 21.05 น. ซึ่งจะมีเวลาในการเคลื่อนที่ 11 นาที แต่พอทำการทดลอง และเก็บผลใช้เวลาในการเคลื่อนที่จริง 10.36 นาที ซึ่งจะทำให้การวัดมุมกวาด และมุมเงยในวัดถัดไป โดยที่ดูจากข้อมูล Prediction 10 วัน ซึ่งจะนำมาเทียบกับฐานข้อมูลว่าถูกต้องหรือไม่ เวลาในการเคลื่อนที่ และทิศทางในการเริ่มต้น, จุดสูงสุด และจุดสิ้นสุดในการเคลื่อนที่ เพื่อจะนำมาทำการแจ้งเตือนในการเคลื่อนที่ โดยที่จะนำเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำไปรับค่า และนำค่ามาพล็อตกราฟได้ภายในระยะเวลา 5 วัน และได้มีการบันทึกผลของดาวเทียม ISS ในวันถัดไปดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม ISS วันที่ 28 มกราคม 2565

รหัสดาวเทียม		25544	ชื่อดาวเทียม	ISS	พิกัดเริ่ม	AZ: 288° NNW
วันที่		28 ธันวาคม 2564	เวลาเริ่มต้น	21.56 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 237° ENE, EL:10°
เวลาในการเคลื่อนที่		6.05 นาที	เวลาสิ้นสุด	22.02 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 184° S
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
0	271.9	0	271.6	0	0.11	0.00
10	270.4	0.4	270.1	0.4	0.11	0.00
20	268.9	0.6	268.6	0.6	0.11	0.00
30	267.2	1	266.9	1	0.11	0.00
40	265.6	1.3	265.3	1.25	0.11	3.85
50	263.7	1.6	263.4	1.55	0.11	3.13
60	261.9	1.9	262.5	1.85	0.23	2.63
70	260.1	2.1	260.6	2.05	0.19	2.38
80	258.2	2.4	258.7	2.35	0.19	2.08
90	256.3	2.6	256.8	2.7	0.20	3.85
100	254.4	2.8	254.4	2.9	0.00	3.57
110	252.4	3	252.4	2.9	0.00	3.33
120	250.4	3.2	250.4	3.1	0.00	3.13
130	248.3	3.2	248	3.1	0.12	3.03
140	246.3	3.3	246	3.2	0.12	2.86
150	244.2	3.5	243.9	3.4	0.12	2.78
160	242	3.6	241.7	3.7	0.12	2.78
170	239.9	3.6	239.6	3.5	0.13	0.00
180	237.8	3.7	237.6	3.7	0.08	0.00
190	235.6	3.7	235.8	3.7	0.08	2.70
200	233.5	3.7	233.7	3.8	0.09	2.70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม ISS วันที่ 28 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		25544	ชื่อดาวเทียม	ISS	พิกัดเริ่ม	AZ: 288° NNW
วันที่		28 ธันวาคม 2564	เวลาเริ่มต้น	21.56 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 237° ENE, EL:10°
เวลาในการเคลื่อนที่		6.05 นาที	เวลาสิ้นสุด	22.02 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 184° S
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
210	231.4	3.7	231.6	3.8	0.09	2.78
220	229.5	3.6	229.7	3.5	0.09	2.86
230	227.4	3.5	227.1	3.6	0.13	2.94
240	225.3	3.4	225.6	3.3	0.13	3.03
250	223.3	3.3	223.3	3.2	0.00	3.23
260	221.3	2.9	221.3	2.8	0.00	3.45
270	219.3	2.7	219.3	2.6	0.00	3.70
280	217.4	2.5	217.4	2.5	0.00	0.00
290	215.5	2.3	215.3	2.2	0.09	4.35
300	213.6	2	213.7	2	0.05	0.00
310	211.8	1.8	211.5	1.8	0.14	0.00
320	210.1	1.5	209.8	1.5	0.14	0.00
330	208.4	1.2	208.1	1.2	0.14	0.00
340	206.7	0.9	206.4	0.9	0.15	0.00
350	205.1	0.5	204.8	0.5	0.15	0.00
360	203.5	0.2	203.5	0.2	0.00	0.00
365	202.8	0	202.8	0	0.00	0.00

จากตารางที่ 4.6 เป็นการแสดงการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม ISS ซึ่งสามารถรับได้ในการวัดมุมกวาด และมุมเงยเปรียบเทียบกับค่าคำนวณการเคลื่อนที่ โดยที่ในฐานข้อมูลจะเริ่มการเคลื่อนที่ในเวลา 21.56 น. ซึ่งจะมีเวลาในการเคลื่อนที่เพียง 8 นาที แต่พอทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลอง และเก็บผลใช้เวลาในการเคลื่อนที่จริง 6 นาที ซึ่งจะทำให้การวัดมุมกวาด และมุมเงยในวัด ถัดไป โดยที่ดูจากข้อมูล Prediction 10 วัน ซึ่งจะนำมาเทียบกับฐานข้อมูลว่าถูกต้องหรือไม่ เวลา ในการเคลื่อนที่ และทิศทางในการเริ่มต้น, จุดสูงสุด และจุดสิ้นสุดในการเคลื่อนที่ เพื่อจะนำมาทำ การแจ้งเตือนในการเคลื่อนที่ โดยที่จะนำเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำไป รับค่า และนำค่ามาพล็อตกราฟได้ภายในระยะเวลา 5 วัน และได้มีการบันทึกผลของดาวเทียม ISS ในวันถัดไปดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม ISS วันที่ 29 มกราคม 2565

รหัสดาวเทียม	25544	ชื่อดาวเทียม	ISS	พิกัดเริ่ม	AZ: 259° W	
วันที่	29 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	11.15 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 313° NW, EL:10°	
เวลาในการเคลื่อนที่	8.47 นาที	เวลาสิ้นสุด	11.24 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 4° N	
เวลา (วินาที)	การคำนวณ		การทดลอง		error	
	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
0	258.1	0	258.2	0	0.04	0.00
10	259.3	0.3	259.5	0.3	0.08	0.00
20	260.5	1	260.7	1	0.08	0.00
30	261.7	1.5	261.9	1.5	0.08	0.00
40	263	2	263.2	2	0.08	0.00
50	264.4	2.5	264.6	2.6	0.08	4.00
60	265.8	3	265.8	3	0.00	0.00
70	267.3	3.5	267	3.6	0.11	2.86
80	268.9	4	269.2	4.1	0.11	2.50
90	270.6	4.5	270.9	4.6	0.11	2.22
100	272.3	5	272.6	5.2	0.11	4.00
110	273.8	5.4	274.1	5.5	0.11	1.85
120	276	6	275.8	6.1	0.07	1.67
130	278.1	6.5	278.4	6.3	0.11	3.08

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม ISS วันที่ 29 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		25544	ชื่อดาวเทียม	ISS	พิกัดเริ่ม	AZ: 259° W
วันที่		29 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	11.15 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 313° NW, EL:10°
เวลาในการเคลื่อนที่		8.47 นาที	เวลาสิ้นสุด	11.24 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 4° N
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
140	280.1	7	280.4	6.8	0.11	2.86
150	282.3	7.4	282.6	7.2	0.11	2.70
160	284.6	7.9	284.9	7.8	0.11	1.27
170	287	8.3	287.3	8.1	0.10	2.41
180	289.4	8.7	289.3	8.7	0.03	0.00
190	292	9	291.7	9.3	0.10	3.33
200	294.6	9.3	294.3	9.6	0.10	3.23
210	297.3	9.6	297	9.9	0.10	3.13
220	300	9.9	299.7	10.2	0.10	3.03
230	302.8	10.1	302.5	10.4	0.10	2.97
240	305.1	10.2	304.6	10.1	0.16	0.98
250	308.3	10.3	308.3	10.2	0.00	0.97
260	311.5	10.3	311.7	10.2	0.06	0.97
270	314.4	10.3	314.6	10.2	0.06	0.97
280	317.3	10.3	317.5	10.2	0.06	0.97
290	323	10	323.2	9.9	0.06	1.00
300	325.8	9.8	325.5	10	0.09	2.04
310	328.5	9.5	328.6	9.7	0.03	2.11
320	331.2	9.2	331.3	9.4	0.03	2.17
330	333.8	8.9	333.9	9.1	0.03	2.25
340	336.3	8.5	336.4	8.7	0.03	2.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม ISS วันที่ 29 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		25544	ชื่อดาวเทียม	ISS	พิกัดเริ่ม	AZ: 259° W
วันที่		29 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	11.15 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 313° NW, EL:10°
เวลาในการเคลื่อนที่		8.47 นาที	เวลาสิ้นสุด	11.24 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 4° N
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
350	338.7	8.1	338.8	8.3	0.03	2.47
360	341	7.7	340.7	7.7	0.09	0.00
370	343.2	7.1	343.6	7	0.12	1.41
380	345.4	6.8	345.8	6.7	0.12	1.47
390	347.4	6.3	347.8	6.2	0.12	1.59
400	349.4	5.8	349.8	5.7	0.11	1.72
410	351.3	5.3	351.7	5.2	0.11	1.89
420	353	4.8	352.7	4.5	0.08	6.25
430	354.8	4.3	355.1	4	0.08	6.98
440	356.4	3.8	356.7	3.5	0.08	7.89
450	357.9	3.3	358.2	3.2	0.08	3.03
460	359.4	2.8	359.7	2.9	0.08	3.57
480	0.8	2.3	1.1	2.4	37.50	4.35
490	2.2	1.8	2.1	1.7	4.55	5.56
500	3.5	1.3	3.8	1.3	8.57	0.00
510	4.7	0.8	5	0.8	6.38	0.00
516	5.8	0.3	6.1	0.3	5.17	0.00

จากตารางที่ 4.7 เป็นการแสดงการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม ISS ซึ่งสามารถรับได้ในการวัดมุมกวาด และมุมเงยเปรียบเทียบกับการคำนวณการเคลื่อนที่ โดยที่ในฐานข้อมูลจะเริ่มการเคลื่อนที่ในเวลา 11.15 น. ซึ่งจะมีเวลาในการเคลื่อนที่เพียง 8 นาที แต่พอทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลอง และเก็บผลใช้เวลาในการเคลื่อนที่จริง 8 นาที ซึ่งจะทำให้การวัดมุมกวาด และมุมเงยในวัด ถัดไป โดยที่ดูจากข้อมูล Prediction 10 วัน ซึ่งจะนำมาเทียบกับฐานข้อมูลว่าถูกต้องหรือไม่ เวลา ในการเคลื่อนที่ และทิศทางในการเริ่มต้น, จุดสูงสุด และจุดสิ้นสุดในการเคลื่อนที่ เพื่อจะนำมาทำ การแจ้งเตือนในการเคลื่อนที่ โดยที่จะนำเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำไป รับค่า และนำค่ามาพล็อตกราฟได้ภายในระยะเวลา 5 วัน และได้มีการบันทึกผลของดาวเทียม ISS ในวันถัดไปดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม ISS วันที่ 30 มกราคม 2565

รหัสดาวเทียม		25544	ชื่อดาวเทียม	ISS	พิกัดเริ่ม	AZ: 315° NW
วันที่		30 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	20.20 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 237° SW, EL:48°
เวลาในการเคลื่อนที่		10.13 นาที	เวลาสิ้นสุด	20.30 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 153° SSE
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
0	305.3	0	305.5	0	0.07	0.00
10	304.7	0.6	304.8	0.6	0.03	0.00
20	304	1.2	304.1	1.2	0.03	0.00
30	303.3	1.8	303.4	1.7	0.03	5.56
40	302.5	2.4	302.6	2.3	0.03	4.17
50	301.7	3.1	301.8	3	0.03	3.23
60	300.9	3.8	300.8	3.9	0.03	2.63
70	300	4.5	299.9	4.3	0.03	4.44
80	299	5.2	298.9	5.1	0.03	1.92
90	298	5.9	297.9	5.8	0.03	1.69
100	296.9	6.7	296.8	6.6	0.03	1.49
110	295.7	7.5	295.6	7.4	0.03	1.33
120	294.4	8.3	294.2	8.7	0.07	4.82
130	292.9	9.2	292.7	9.2	0.07	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม ISS วันที่ 30 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		25544	ชื่อดาวเทียม	ISS	พิกัดเริ่ม	AZ: 315° NW
วันที่		30 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	20.20 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 237° SW, EL:48°
เวลาในการเคลื่อนที่		10.13 นาที	เวลาสิ้นสุด	20.30 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 153° SSE
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
140	291.4	10	291.2	9.7	0.07	3.00
150	289.8	11	289.6	10.7	0.07	2.73
160	288	11.9	287.8	11.6	0.07	2.52
170	286	12.9	285.8	12.6	0.07	2.33
180	283.9	13.9	283.9	13.6	0.00	2.16
190	281.5	14.9	281.5	14.3	0.00	4.03
200	279	16	279	16	0.00	0.00
210	276.2	17.1	276.2	17.1	0.00	0.00
220	273.1	18.1	273.1	18	0.00	0.55
230	269.8	19.2	269.8	19	0.00	1.04
240	266.2	20.2	265.9	20.2	0.11	0.00
250	262.3	21.2	262	20.9	0.11	1.42
260	258.1	22.1	257.8	22.5	0.12	1.81
270	253.6	22.9	253.3	22.9	0.12	0.00
280	248.9	23.6	248.6	23.6	0.12	0.00
290	243.9	24	243.6	24	0.12	0.00
300	238.9	24.3	239.2	24.4	0.13	0.41
310	233.7	24.4	233.8	24.1	0.04	1.23
320	228.6	24.2	228.7	24.2	0.04	0.00
330	223.6	23.8	223.7	24.3	0.04	2.10
340	218.7	23.3	218.8	23.8	0.05	2.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม ISS วันที่ 30 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		25544	ชื่อดาวเทียม	ISS	พิกัดเริ่ม	AZ: 315° NW
วันที่		30 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	20.20 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 237° SW, EL:48°
เวลาในการเคลื่อนที่		10.13 นาที	เวลาสิ้นสุด	20.30 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 153° SSE
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
350	214.1	22.6	214.2	23.1	0.05	2.21
360	209.7	21.7	209.5	21.4	0.10	1.38
370	205.7	20.8	205.5	20.8	0.10	0.00
380	201.9	19.8	201.7	20	0.10	1.01
390	198.4	18.7	198.2	18.9	0.10	1.07
400	195.2	17.6	195	17.8	0.10	1.14
410	192	16.4	192	16.6	0.00	1.22
420	189.3	15.4	189.3	15.3	0.00	0.65
430	186.9	14.3	186.6	14.3	0.16	0.00
440	184.6	13.3	184.3	13.4	0.16	0.75
450	182.6	12.3	182.3	12.4	0.16	0.81
460	180.7	11.3	180.4	11.4	0.17	0.88
470	179	10.4	178.7	10.5	0.17	0.96
480	177.4	9.5	176.9	9.5	0.28	0.00
490	175.9	8.6	175.9	8.1	0.00	5.81
500	174.7	7.9	174.7	7.8	0.00	1.27
510	173.3	7	173.3	6.8	0.00	2.86
520	172.1	6.2	172.1	6	0.00	3.23
530	171.1	5.5	171.1	5.4	0.00	1.82
540	170	4.7	170	4.4	0.00	6.38
560	169.1	4	168.6	4	0.30	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม ISS วันที่ 30 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม	25544	ชื่อดาวเทียม	ISS	พิกัดเริ่ม	AZ: 315° NW	
วันที่	30 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	20.20 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 237° SW, EL:48°	
เวลาในการเคลื่อนที่	10.13 นาที	เวลาสิ้นสุด	20.30 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 153° SSE	
เวลา (วินาที)	การคำนวณ		การทดลอง		error	
	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
570	168.2	3.3	167.7	3.3	0.30	0.00
580	167.4	2.7	166.9	2.7	0.30	0.00
590	166.6	2	166.9	2	0.18	0.00
600	165.9	1.4	166.2	1.4	0.18	0.00
610	165.2	0.8	165.5	0.8	0.18	0.00
613	164.5	0.2	164.5	0.2	0.00	0.00

จากตารางที่ 4.8 เป็นการแสดงการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม ISS ซึ่งสามารถรับได้ในการวัดมุมกวาด และมุมเงยเปรียบเทียบกับค่าคำนวณการเคลื่อนที่ โดยที่ในฐานข้อมูลจะเริ่มการเคลื่อนที่ในเวลา 20.20 น. ซึ่งจะมีเวลาในการเคลื่อนที่เพียง 10 นาที แต่พอทำการทดลอง และเก็บผลใช้เวลาในการเคลื่อนที่จริง 10 นาที ซึ่งจะทำให้การวัดมุมกวาด และมุมเงยในวัดถัดไป โดยที่ดูจากข้อมูล Prediction 10 วัน ซึ่งจะนำมาเทียบกับฐานข้อมูลว่าถูกต้องหรือไม่ เวลาในการเคลื่อนที่ และทิศทางในการเริ่มต้น, จุดสูงสุด และจุดสิ้นสุดในการเคลื่อนที่ เพื่อจะนำมาทำการแจ้งเตือนในการเคลื่อนที่ โดยที่จะนำเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำไปรับค่า และนำค่ามาพล็อตกราฟได้ภายในระยะเวลา 5 วัน พร้อมทั้งตรวจสอบค่าที่ได้จากเซนเซอร์ และนำมาเทียบค่ากับฐานข้อมูล โดยต่อมาได้มีการวัดค่าจากการเคลื่อนที่ของดาวเทียม NAPA-1 ภายในช่วงเดียวกัน ซึ่งจะมีค่าดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NAPA-1 วันที่ 26 มกราคม 2565

รหัสดาวเทียม		46320	ชื่อดาวเทียม	NAPA-1	พิกัดเริ่ม	AZ: 189° S
วันที่		26 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	22.56 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 261° W, EL:28°
เวลาในการเคลื่อนที่		11.07 นาที	เวลาสิ้นสุด	23.07 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 332° NNW
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
0	188.5	0	188.7	0	0.11	0.00
10	189	0.6	189.2	0.4	0.11	0.00
20	189.6	1.2	189.8	1.3	0.11	8.33
30	190.3	1.8	190.5	1.7	0.11	5.56
40	190.9	2.5	191.1	2.3	0.10	8.00
50	191.5	3.1	191.7	3	0.10	3.23
60	192.3	3.7	192.5	3.2	0.10	13.51
70	193.2	4.5	193.4	4.6	0.10	2.22
80	193.9	5.2	194.1	5.1	0.10	1.92
90	194.9	6	195.1	5.9	0.10	1.67
100	195.8	6.7	195.9	6.5	0.05	2.99
110	196.7	7.5	196.8	7.4	0.05	1.33
120	197.8	8.3	197.9	8.2	0.05	1.20
130	199.1	9.2	199.2	9.3	0.05	1.09
140	200.2	10	200.3	10.2	0.05	2.00
150	201.7	11	201.8	11.1	0.05	0.91
160	203.1	11.9	203.2	11.7	0.05	1.68
170	204.7	12.9	204.8	12.6	0.05	2.33
180	206.4	13.9	206.5	13.2	0.05	5.04
190	208.2	14.9	208.3	14.3	0.05	4.03
200	210	15.9	210.1	15.1	0.05	5.03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NAPA-1 วันที่ 26 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		46320	ชื่อดาวเทียม	NAPA-1	พิกัดเริ่ม	AZ: 189° S
วันที่		26 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	22.56 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 261° W, EL:28°
เวลาในการเคลื่อนที่		11.07 นาที	เวลาสิ้นสุด	23.07 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 332° NNW
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
420	298.3	21.3	298.3	21	0.10	1.41
430	301.3	20.3	301.3	20.8	0.03	2.46
440	304.3	19	304.3	19.5	0.03	2.63
450	306.8	17.8	306.8	17.3	0.03	2.81
460	308.9	16.8	308.9	16.2	0.03	3.57
470	311.2	15.7	311.2	15.4	0.03	1.91
480	313	14.7	313	14.3	0.03	2.72
490	314.8	13.7	314.8	13.8	0.06	0.73
500	316.5	12.7	316.3	12.7	0.06	0.00
510	318	11.7	317.8	11.5	0.06	1.71
520	319.5	10.8	319.3	10.5	0.06	2.78
530	320.8	9.9	320.6	9.5	0.06	4.04
540	322.1	9	321.9	8.9	0.06	1.11
550	323.2	8.2	323	8.1	0.06	1.22
560	324.3	7.4	324.1	7.3	0.06	1.35
570	325.3	6.6	325.1	6.5	0.06	1.52
580	326.3	5.8	326.5	5.9	0.06	1.72
590	327.2	5.1	327.4	5	0.06	1.96
600	328	4.4	328.2	4.3	0.06	2.27
610	328.8	3.7	329	3.8	0.06	2.70
620	329.6	3	329.8	3.1	0.06	3.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NAPA-1 วันที่ 26 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		46320	ชื่อดาวเทียม	NAPA-1	พิกัดเริ่ม	AZ: 189° S
วันที่		26 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	22.56 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 261° W, EL:28°
เวลาในการเคลื่อนที่		11.07 นาที	เวลาสิ้นสุด	23.07 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 332° NNW
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
630	330.3	2.3	330.5	2.4	0.06	4.35
640	331	1.7	331.2	1.7	0.06	0.00
650	331.6	1.1	331.7	1.1	0.03	0.00
660	332.2	0.5	332.3	0.5	0.03	0.00
667	332.6	0	332.7	0	0.03	0.00

จากตารางที่ 4.9 เป็นการแสดงการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NAPA-1 ซึ่งสามารถรับได้ในการวัดมุมกวาด และมุมเงยเปรียบเทียบกับค่าคำนวณการเคลื่อนที่ โดยที่ในฐานข้อมูลจะเริ่มการเคลื่อนที่ในเวลา 22.56 น. ซึ่งจะมีเวลาในการเคลื่อนที่เพียง 11 นาที แต่พอทำการทดลอง และเก็บผลใช้เวลาในการเคลื่อนที่จริง 11.07 นาที ซึ่งจะทำให้การวัดมุมกวาด และมุมเงยในวัดถัดไป โดยที่ดูจากข้อมูล Prediction 10 วัน ซึ่งจะนำมาเทียบกับฐานข้อมูลว่าถูกต้องหรือไม่ เวลาในการเคลื่อนที่ และทิศทางในการเริ่มต้น, จุดสูงสุด และจุดสิ้นสุดในการเคลื่อนที่ เพื่อจะนำมาทำการแจ้งเตือนในการเคลื่อนที่ โดยที่จะนำเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำไปปรับค่า และนำค่ามาพล็อตกราฟได้ภายในระยะเวลา 5 วัน และได้มีการบันทึกผลของดาวเทียม NAPA-1 ในวันถัดไปดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NAPA-1 วันที่ 27 มกราคม 2565

รหัสดาวเทียม		46320	ชื่อดาวเทียม	NAPA-1	พิกัดเริ่ม	AZ: 176° S
วันที่		27 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	22.35 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 264° W, EL:59°
เวลาในการเคลื่อนที่		11.22 นาที	เวลาสิ้นสุด	22.46 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 343° NNW
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
0	187.2	0	186.9	0	0.16	0.00
10	187.7	0.6	187.4	0.4	0.16	0.00
20	188.3	1.2	188	1.2	0.16	0.00
30	188.8	1.9	188.5	1.9	0.16	0.00
40	189.5	2.5	189.2	2.5	0.16	0.00
50	190.1	3.2	189.9	3.3	0.11	3.12
60	190.8	3.9	190.6	3.7	0.10	5.13
70	191.6	4.6	191.4	4.5	0.10	2.17
80	192.3	5.4	192.1	5.3	0.10	1.85
90	193.2	6.1	193	6	0.10	1.64
100	194.1	6.9	193.9	6.8	0.10	1.45
110	194.2	7	194	7.2	0.10	2.86
120	196.1	8.6	195.9	8.3	0.10	3.49
130	197.2	9.5	197	9.3	0.10	2.11
140	198.3	10.4	198.1	10.2	0.10	1.92
150	199.6	11.3	199.4	11.1	0.10	1.77
160	201	12.3	201.2	12.5	0.10	1.63
170	202.5	13.3	202.7	13	0.10	2.26
180	204.3	14.4	204.5	14.8	0.10	2.78
190	205.9	15.4	206.1	15.9	0.10	3.25
200	208	16.7	208.4	16.8	0.19	0.60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NAPA-1 วันที่ 27 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		46320	ชื่อดาวเทียม	NAPA-1	พิกัดเริ่ม	AZ: 176° S
วันที่		27 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	22.35 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 264° W, EL:59°
เวลาในการเคลื่อนที่		11.22 นาที	เวลาสิ้นสุด	22.46 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 343° NNW
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
210	209.9	17.7	210.3	17.5	0.19	1.13
220	212.5	19	212.9	19.3	0.19	1.58
230	215	20.3	215.4	20	0.19	1.48
240	217.5	21.4	217.9	21.6	0.18	0.93
250	220.5	22.7	221	22.8	0.23	0.44
260	223.8	23.9	224.3	23.5	0.22	1.67
270	227.4	25.1	227.9	25	0.22	0.40
280	231.3	26.3	231.8	26.2	0.22	0.38
290	235.5	27.4	234.9	27.6	0.25	0.73
300	240.1	28.3	239.5	28	0.25	1.06
310	244.9	29.1	245.1	29.7	0.08	2.06
320	250.4	29.8	250.6	30	0.08	0.67
330	255.6	30.1	255.8	30.2	0.08	0.33
340	260.9	30.3	261.1	30.5	0.08	0.66
350	266.2	30.1	266.2	30.2	0.00	0.33
360	270.9	29.8	270.9	29.5	0.00	1.01
370	276.4	29.1	276.4	29	0.00	0.34
380	280.8	28.4	280.8	28.6	0.00	0.70
390	285.8	27.3	285.4	27.5	0.14	0.73
400	290	26.2	289.6	26.8	0.14	2.29
410	293.5	25.2	293.1	25.6	0.14	1.59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NAPA-1 วันที่ 27 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		46320	ชื่อดาวเทียม	NAPA-1	พิกัดเริ่ม	AZ: 176° S
วันที่		27 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	22.35 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 264° W, EL:59°
เวลาในการเคลื่อนที่		11.22 นาที	เวลาสิ้นสุด	22.46 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 343° NNW
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
420	297.1	24	296.7	24.5	0.13	2.08
430	300.1	22.9	299.7	23	0.13	0.44
440	303.4	21.5	303	21.9	0.13	1.86
450	306	20.3	305.6	20.5	0.13	0.99
460	308.7	19	308.2	19.5	0.16	2.63
470	311.1	17.8	310.6	18.6	0.16	4.49
480	313	16.7	312.5	16.8	0.16	0.60
490	314.9	15.6	314.4	15.8	0.16	1.28
500	316.7	14.5	316.2	14.3	0.16	1.38
510	318.4	13.4	317.9	13.5	0.16	0.75
520	320.1	12.3	319.6	12.1	0.16	1.63
530	321.5	11.4	321.6	11.6	0.03	1.75
540	322.7	10.4	322.8	10.5	0.03	0.96
550	323.8	9.6	323.9	10	0.03	4.17
560	325	8.7	325.1	8.5	0.03	2.30
570	326.1	7.8	326.2	8	0.03	2.56
580	327.1	7	326.9	7.3	0.06	4.29
590	328	6.2	327.8	6.5	0.06	4.84
600	328.8	5.5	328.6	5.5	0.06	0.00
610	329.7	4.7	329.5	4.6	0.06	2.13
620	330.3	4	330.1	4.3	0.06	7.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NAPA-1 วันที่ 27 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		46320	ชื่อดาวเทียม	NAPA-1	พิกัดเริ่ม	AZ: 176° S
วันที่		27 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	22.35 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 264° W, EL:59°
เวลาในการเคลื่อนที่		11.22 นาที	เวลาสิ้นสุด	22.46 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 343° NNW
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
630	331.1	3.3	330.9	3.5	0.06	6.06
640	331.7	2.7	331.4	2.9	0.09	7.41
650	332.4	1.9	332.1	1.8	0.09	5.26
660	333	1.4	332.7	1.5	0.09	7.14
670	333.6	0.7	333.3	0.7	0.09	0.00
680	334.2	0.1	333.9	0.1	0.09	0.00
682	334.2	0	333.9	0	0.09	0.00

จากตารางที่ 4.10 เป็นการแสดงการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NAPA-1 ซึ่งสามารถรับได้ในการวัดมุมกวาด และมุมเงยเปรียบเทียบกับค่าคำนวณการเคลื่อนที่ โดยที่ในฐานข้อมูลจะเริ่มการเคลื่อนที่ในเวลา 22.35 น. ซึ่งจะมีเวลาในการเคลื่อนที่เพียง 11 นาที แต่พอทำการทดลอง และเก็บผลใช้เวลาในการเคลื่อนที่จริง 11.22 นาที ซึ่งจะทำให้การวัดมุมกวาด และมุมเงยในวัดถัดไป โดยที่ดูจากข้อมูล Prediction 10 วัน ซึ่งจะนำมาเทียบกับฐานข้อมูลว่าถูกต้องหรือไม่ เวลาในการเคลื่อนที่ และทิศทางในการเริ่มต้น, จุดสูงสุด และจุดสิ้นสุดในการเคลื่อนที่ เพื่อจะนำมาทำการแจ้งเตือนในการเคลื่อนที่ โดยที่จะนำเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำไปปรับค่า และนำค่ามาพล็อตกราฟได้ภายในระยะเวลา 5 วัน และได้มีการบันทึกผลของดาวเทียม NAPA-1 ในวันถัดไปดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NAPA-1 วันที่ 28 มกราคม 2565

รหัสดาวเทียม		46320	ชื่อดาวเทียม	NAPA-1	พิกัดเริ่ม	AZ: 156° SSE
วันที่		28 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	21.49 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 75° E, EL:43°
เวลาในการเคลื่อนที่		6.04 นาที	เวลาสิ้นสุด	22.55 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 359° N
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
0	156	0	156.3	0	0.19	0.00
10	156.3	0.4	156.6	0.4	0.19	0.00
20	156.8	1.1	157.3	1.1	0.32	0.00
30	160.4	1.8	161	1.8	0.37	0.00
40	161	2.4	161.6	2.4	0.37	0.00
50	161.5	3.3	162	3.4	0.31	3.03
60	162.3	3.6	163.1	3.8	0.49	5.56
70	162.7	4.2	163.1	4.3	0.25	2.38
80	162.9	5.1	163.1	5.2	0.12	1.96
90	163.5	6.2	164.1	6	0.37	3.23
100	163.8	6.7	164.1	6.6	0.18	1.49
110	164.3	7	164.8	7.3	0.30	4.29
120	164.8	8.3	165.3	8.4	0.30	1.20
130	165.2	9.2	165.6	9.4	0.24	2.17
140	165.7	10.3	166.2	10.5	0.30	1.94
150	166.2	11.5	166.7	11.5	0.30	0.00
160	166.7	12.3	167.2	12.1	0.30	1.63
170	167.5	13.3	168	13.1	0.30	1.50
180	168.1	14.4	168.9	14.2	0.48	1.39
190	168.5	15.4	169.1	15.2	0.36	1.30
200	169	15.1	169.4	14.9	0.24	1.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NAPA-1 วันที่ 28 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		46320	ชื่อดาวเทียม	NAPA-1	พิกัดเริ่ม	AZ: 156° SSE
วันที่		28 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	21.49 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 75° E, EL:43°
เวลาในการเคลื่อนที่		6.04 นาที	เวลาสิ้นสุด	22.55 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 359° N
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
210	169.8	14.8	170.3	14.6	0.29	1.35
220	170.3	13.5	171.1	13.3	0.47	1.48
230	170.8	12.7	171.3	12.5	0.29	1.57
240	171.4	11.6	171.9	11.3	0.29	2.59
250	171.8	10.2	172.4	10.6	0.35	3.92
260	172.1	9.5	172.5	9.3	0.23	2.11
270	172.6	8.6	172.9	8.7	0.17	1.16
280	172.8	7.9	173.3	7.3	0.29	7.59
290	173.1	6.8	173.3	6.5	0.12	4.41
300	173.5	5.6	173.8	5.8	0.17	3.57
310	174	4.5	174.4	4.3	0.23	4.44
320	174.3	3.6	174.8	3.4	0.29	5.56
330	174.9	2.4	175.2	2.4	0.17	0.00
340	175.6	1.2	176.2	1.2	0.34	0.00
350	176.1	0.8	176.8	0.8	0.40	0.00
360	176.3	0.6	176.8	0.6	0.28	0.00
364	176.8	0	177	0	0.11	0.00

จากตารางที่ 4.11 เป็นการแสดงการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NAPA-1 ซึ่งเป็นดาวเทียมทางการทหารของไทยที่โคจรผ่านเวียดนาม ซึ่งสามารถรับได้ในการวัดมุมกวาด และมุมเงยเปรียบเทียบกับค่าคำนวณการเคลื่อนที่ โดยที่ในฐานข้อมูลจะเริ่มการเคลื่อนที่ในเวลา 21.49 น. เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจะมีเวลาในการเคลื่อนที่เพียง 8 นาที แต่พอทำการทดลอง และเก็บผลใช้เวลาในการเคลื่อนที่จริง 8 นาที ซึ่งจะทำให้การวัดมุมกวาด และมุมเงยในวัดถัดไป โดยที่ดูจากข้อมูล Prediction 10 วัน ซึ่งจะนำมาเทียบกับฐานข้อมูลว่าถูกต้องหรือไม่ เวลาในการเคลื่อนที่ และทิศทางในการเริ่มต้น, จุดสูงสุด และจุดสิ้นสุดในการเคลื่อนที่ เพื่อจะนำมาทำการแจ้งเตือนในการเคลื่อนที่ โดยที่จะนำเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำไปปรับค่า และนำค่ามาพล็อตกราฟได้ภายในระยะเวลา 5 วัน และได้มีการบันทึกผลของดาวเทียม NAPA-1 ในวันถัดไปดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NAPA-1 วันที่ 29 มกราคม 2565

รหัสดาวเทียม	46320	ชื่อดาวเทียม	NAPA-1	พิกัดเริ่ม	AZ: 45° NE	
วันที่	29 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	09.21 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 97° E, EL:11°	
เวลาในการเคลื่อนที่	9.23 นาที	เวลาสิ้นสุด	09.30 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 150° SE	
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
0	45	0	45.3	0	0.67	0.00
10	45.3	0.3	45.6	0.3	0.66	0.00
20	45.8	0.5	46.3	0.5	1.09	0.00
30	46.1	0.7	46.7	0.7	1.30	0.00
40	46.3	0.9	46.9	0.9	1.30	0.00
50	46.9	1.1	47.4	1.1	1.07	0.00
60	47.5	1.8	48.3	1.8	1.68	0.00
70	47.9	2.4	48.3	2.4	0.84	0.00
80	48.3	3.3	48.5	3.4	0.41	3.03
90	48.9	3.6	49.5	3.8	1.23	5.56
100	50	4.2	50.3	4.3	0.60	2.38
110	50.7	5.1	51.2	5.2	0.99	1.96
120	51.6	6.2	52.1	6	0.97	3.23
130	51.9	6.7	52.3	6.6	0.77	1.49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NAPA-1 วันที่ 29 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		46320	ชื่อดาวเทียม	NAPA-1	พิกัดเริ่ม	AZ: 45° NE
วันที่		29 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	09.21 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 97° E, EL:11°
เวลาในการเคลื่อนที่		9.23 นาที	เวลาสิ้นสุด	09.30 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 150° SE
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
140	52.3	7	52.8	7.3	0.96	4.29
150	52.7	8.3	53.1	8.4	0.76	1.20
160	53.4	8.6	53.8	8.7	0.75	1.16
170	54	9.6	54.7	9.7	1.30	1.04
180	54.5	10.2	55.1	10.5	1.10	2.94
190	55.2	11.4	55.7	11.9	0.91	4.39
200	55.9	12.7	56.6	12.6	1.25	0.79
210	56.3	12.3	57	12.1	1.24	1.63
220	57	13.3	57.4	13.1	0.70	1.50
230	57.8	14.4	58.5	14.2	1.21	1.39
240	58.4	15.2	59.2	15.3	1.37	0.66
250	59	15.9	59.6	15.7	1.02	1.26
260	59.6	15.4	60.2	15.2	1.01	1.30
270	60.3	14.7	60.9	14.6	1.00	0.68
280	60.9	14.3	61.6	14.1	1.15	1.40
290	61.5	13.9	62.1	13.8	0.98	0.72
300	62	13.5	62.6	13.3	0.97	1.48
310	62.6	12.9	63.1	12.7	0.80	1.55
320	63.5	12.4	64.1	12.3	0.94	0.81
330	64.8	12	65.7	12.1	1.39	0.83
340	65.4	11.8	66.7	11.6	1.99	1.69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NAPA-1 วันที่ 29 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		46320	ชื่อดาวเทียม	NAPA-1	พิกัดเริ่ม	AZ: 45° NE
วันที่		29 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	09.21 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 97° E, EL:11°
เวลาในการเคลื่อนที่		9.23 นาที	เวลาสิ้นสุด	09.30 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 150° SE
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
350	66.8	11.5	67.4	11.4	0.90	0.87
360	67.3	10.2	68.7	10.3	2.08	0.98
370	67.9	9.4	68.4	9.7	0.74	3.19
380	68.3	9.1	68.9	8.9	0.88	2.20
390	68.7	8.4	69.1	8.6	0.58	2.38
400	69.3	8	69.7	8.3	0.58	3.75
410	70.2	7.9	70.8	7.6	0.85	3.80
420	70.9	7.3	71.8	7.5	1.27	2.74
430	71.5	7.2	72.2	7.1	0.98	1.39
440	72.2	6.8	72.8	6.5	0.83	4.41
450	72.8	6.3	73.5	6.2	0.96	1.59
460	73.4	5.6	74	5.8	0.82	3.57
470	74	5	74.6	5.2	0.81	4.00
480	74.5	4.2	75.1	4.5	0.81	7.14
490	75.1	3.5	75.6	3.6	0.67	2.86
500	75.7	2.8	76.3	2.9	0.79	3.57
510	76.3	2.4	76.9	2.4	0.79	0.00
520	76.9	1.8	77.5	2	0.78	11.11
530	77.4	1.5	78	1.6	0.78	6.67
540	77.9	1.1	78.4	1.1	0.64	0.00
550	78.4	0.5	78.9	0.5	0.64	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NAPA-1 วันที่ 29 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม	46320	ชื่อดาวเทียม	NAPA-1	พิกัดเริ่ม	AZ: 45° NE	
วันที่	29 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	09.21 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 97° E, EL:11°	
เวลาในการเคลื่อนที่	9.23 นาที	เวลาสิ้นสุด	09.30 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 150° SE	
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
560	78.8	0.2	79.3	0.2	0.63	0.00
563	79.5	0	79.9	0	0.50	0.00

จากตารางที่ 4.12 เป็นการแสดงการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NAPA-1 ซึ่งสามารถรับได้ในการวัดมุมกวาด และมุมเงยเปรียบเทียบกับการคำนวณการเคลื่อนที่ โดยที่ในฐานข้อมูลจะเริ่มการเคลื่อนที่ในเวลา 09.21 น. ซึ่งจะมีเวลาในการเคลื่อนที่เพียง 9 นาที แต่พอทำการทดลอง และเก็บผลใช้เวลาในการเคลื่อนที่จริง 9.23 นาที ซึ่งจะทำให้การวัดมุมกวาด และมุมเงยในวัดถัดไป โดยที่ดูจากข้อมูล Prediction 10 วัน ซึ่งจะนำมาเทียบกับฐานข้อมูลว่าถูกต้องหรือไม่ เวลาในการเคลื่อนที่ และทิศทางในการเริ่มต้น, จุดสูงสุด และจุดสิ้นสุดในการเคลื่อนที่ เพื่อจะนำมาทำการแจ้งเตือนในการเคลื่อนที่ โดยที่จะนำเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำไปปรับค่า และนำค่ามาพล็อตกราฟได้ภายในระยะเวลา 5 วัน และได้มีการบันทึกผลของดาวเทียม NAPA-1 ในวันถัดไปดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NAPA-1 วันที่ 30 มกราคม 2565

รหัสดาวเทียม		46320	ชื่อดาวเทียม	NAPA-1	พิกัดเริ่ม	AZ: 3° N
วันที่		30 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	10.33 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 286° WNW, EL:50°
เวลาในการเคลื่อนที่		12.23 นาที	เวลาสิ้นสุด	10.45น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 202° SSW
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
0	3	0	3	0	0.00	0.00
10	2.5	0.2	2.6	0.2	4.00	0.00
20	2.1	0.6	2.1	0.6	0.00	0.00
30	1.7	1	1.7	1	0.00	0.00
40	1.5	1.5	1.5	1.6	0.00	6.67
50	0.9	2.2	0.9	2.1	0.00	4.55
60	0.1	3	0.1	3.6	0.00	3.33
70	359.6	4.4	359.3	4.5	0.08	2.27
80	359.1	5.1	358.6	5.2	0.14	1.96
90	358.5	6.3	357.9	6.6	0.17	4.76
100	357.1	7	355.7	7.2	0.39	2.86
110	353.5	8.1	349.9	8.3	1.02	2.47
120	350.2	8.5	346.9	8.7	0.94	2.35
130	348.9	8.9	347.6	9	0.37	1.12
140	345.2	9.3	341.5	9.7	1.07	4.30
150	344.8	10.5	344.4	10.8	0.12	2.86
160	343.2	11.5	341.6	12	0.47	4.35
170	341	12.5	338.8	12.9	0.65	3.20
180	338.7	13.8	336.4	14.5	0.68	5.07
190	336.3	14.8	333.9	15.6	0.71	5.41
200	333.8	16	331.3	16.5	0.75	3.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NAPA-1 วันที่ 30 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		46320	ชื่อดาวเทียม	NAPA-1	พิกัดเริ่ม	AZ: 3° N
วันที่		30 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	10.33 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 286° WNW, EL:50°
เวลาในการเคลื่อนที่		12.23 นาที	เวลาสิ้นสุด	10.45น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 202° SSW
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
210	331.2	17.9	328.6	18	0.79	0.56
220	328.5	18.5	325.8	18.8	0.82	1.62
230	325.8	19.3	323.1	19.7	0.83	2.07
240	323	20.5	320.2	20.6	0.87	0.49
250	317.3	21.5	311.6	21.7	1.80	0.93
260	314.4	22.6	311.5	22.5	0.92	0.44
270	314.4	23.8	314.4	24.2	0.00	1.68
280	308.3	25.8	302.2	25.4	1.98	1.55
290	305.1	26.1	301.9	26.3	1.05	0.77
300	302.8	27.1	300.5	27.3	0.76	0.74
310	300	28.3	297.2	28.3	0.93	0.00
320	297.3	29.3	294.6	29.4	0.91	0.34
330	294.6	30	291.9	30.2	0.92	0.67
340	292	31.3	289.4	31.5	0.89	0.64
350	289.4	32.6	286.8	32.6	0.90	0.00
360	287	33.1	284.6	33.2	0.84	0.30
370	284.6	35.3	282.2	35.6	0.84	0.85
380	282.3	34.5	280	34.5	0.81	0.00
390	280.1	33.8	277.9	33.8	0.79	0.00
400	278.1	33.5	276.1	33.5	0.72	0.00
410	276	32.5	273.9	32.6	0.76	0.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NAPA-1 วันที่ 30 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		46320	ชื่อดาวเทียม	NAPA-1	พิกัดเริ่ม	AZ: 3° N
วันที่		30 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	10.33 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 286° WNW, EL:50°
เวลาในการเคลื่อนที่		12.23 นาที	เวลาสิ้นสุด	10.45น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 202° SSW
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
420	273.8	31.3	271.6	31.8	0.80	1.60
430	272.3	30.5	270.8	30.3	0.55	0.66
440	270.6	29.5	268.9	29.7	0.63	0.68
450	268.9	28.6	267.2	28.4	0.63	0.70
460	267.3	27.3	265.7	27.5	0.60	0.73
470	265.8	26.5	264.3	26.1	0.56	1.51
480	264.4	25.3	263	25.3	0.53	0.00
490	263	24	261.6	24.2	0.53	0.83
500	261.7	23.5	260.4	23.6	0.50	0.43
510	260.5	22.1	259.3	22.2	0.46	0.45
520	259.3	20.3	258.1	20.3	0.46	0.00
530	258.1	19.3	256.9	19.7	0.46	2.07
540	257.6	18.7	257.1	18.6	0.19	0.53
550	256.2	18.3	254.8	18.2	0.55	0.55
560	254.3	17.9	252.4	17.9	0.75	0.00
570	253	17.3	251.7	17.4	0.51	0.58
580	252.7	16.8	252.4	16.9	0.12	0.60
590	251.3	16.3	249.9	16.4	0.56	0.61
600	250	15.2	248.7	15.6	0.52	2.63
610	245.6	14.9	241.2	14.5	1.79	2.68
620	241.2	14.3	236.8	14.2	1.82	0.70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NAPA-1 วันที่ 30 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		46320	ชื่อดาวเทียม	NAPA-1	พิกัดเริ่ม	AZ: 3° N
วันที่		30 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	10.33 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 286° WNW, EL:50°
เวลาในการเคลื่อนที่		12.23 นาที	เวลาสิ้นสุด	10.45น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 202° SSW
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
630	239.5	13.9	237.8	13.7	0.71	1.44
640	236.2	13.1	232.9	12.9	1.40	1.53
650	233.5	12.8	230.8	12.7	1.16	0.78
660	229.5	11.9	225.5	11.6	1.74	2.52
670	220.3	10.5	211.1	10.3	4.18	1.90
680	218.9	9.5	217.5	9.4	0.64	1.05
690	215.4	8.5	211.9	8.3	1.62	2.35
700	212.3	7.1	209.2	6.9	1.46	2.82
710	209.3	6.3	206.3	6.2	1.43	1.59
720	206.2	5.3	203.1	6.9	1.50	30.19
730	203.5	4.1	200.8	3.8	1.33	7.32
740	201.5	2.1	199.5	2.3	0.99	9.52
743	202	0	202.5	0	0.25	0

จากตารางที่ 4.13 เป็นการแสดงการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NAPA-1 ซึ่งสามารถรับได้ในการวัดมุมกวาด และมุมเงยเปรียบเทียบกับการคำนวณการเคลื่อนที่ โดยที่ในฐานข้อมูลจะเริ่มการเคลื่อนที่ในเวลา 10.33 น. ซึ่งจะมีเวลาในการเคลื่อนที่เพียง 12 นาที แต่พอทำการทดลอง และเก็บผลใช้เวลาในการเคลื่อนที่จริง 12.23 นาที ซึ่งจะทำให้การวัดมุมกวาด และมุมเงยในวัดถัดไป โดยที่ดูจากข้อมูล Prediction 10 วัน ซึ่งจะนำมาเทียบกับฐานข้อมูลว่าถูกต้องหรือไม่ เวลาในการเคลื่อนที่ และทิศทางในการเริ่มต้น, จุดสูงสุด และจุดสิ้นสุดในการเคลื่อนที่ เพื่อจะนำมาทำการแจ้งเตือนในการเคลื่อนที่ โดยที่จะนำเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ

ไปปรับค่า และนำค่ามาพล็อตกราฟได้ในระยะเวลา 5 วัน พร้อมทั้งตรวจสอบค่าที่ได้จากเซนเซอร์ และนำมาเทียบค่ากับฐานข้อมูล โดยต่อมาได้มีการวัดค่าจากการเคลื่อนที่ของดาวเทียม NAPA-2 ภายในช่วงวันเดียวกัน ซึ่งจะมีค่าดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NAPA-2 วันที่ 26 มกราคม 2565

รหัสดาวเทียม		48963	ชื่อดาวเทียม	NAPA-2	พิกัดเริ่ม	AZ: 1° N
วันที่		26 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	14.42 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 282° W, EL:46°
เวลาในการเคลื่อนที่		9.35 นาที	เวลาสิ้นสุด	14.52 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 203° SW
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
0	1.7	0	1.7	0	0.00	0.00
10	1.4	0.4	1.5	0.4	7.14	0.00
20	1	1.7	1	1.7	0.00	0.00
30	0.6	2.4	0.6	2.3	0.00	4.17
40	0.1	3.3	0.1	3.5	0.00	6.06
50	359.6	4.3	359.5	4.4	0.03	2.33
60	359.2	5.2	359.3	5.1	0.03	1.92
70	358.4	6.2	358.1	6.2	0.08	0.00
80	357.8	7.2	357.5	7.5	0.08	4.17
90	357.1	8.2	356.8	8.1	0.08	1.22
100	355.9	10	355.6	10.1	0.08	1.00
110	355	11.2	354.7	11.3	0.08	0.89
120	354	12.5	354.1	12.6	0.03	0.80
130	352.7	14.2	352.8	14	0.03	1.41
140	351.3	15.8	351.4	15.9	0.03	0.63
150	350.3	17	350.4	17.5	0.03	2.94
160	348.7	18.8	348.8	18.3	0.03	2.66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NAPA-2 วันที่ 26 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		48963	ชื่อดาวเทียม	NAPA-2	พิกัดเริ่ม	AZ: 1° N
วันที่		26 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	14.42 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 282° W, EL:46°
เวลาในการเคลื่อนที่		9.35 นาที	เวลาสิ้นสุด	14.52 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 203° SW
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
170	346.8	20.6	346.8	20.1	0.00	2.43
180	344.7	22.7	344.2	22.9	0.15	0.88
190	342.2	24.9	341.9	24.6	0.09	1.20
200	339.6	27	339.4	27.5	0.06	1.85
210	336	29.8	336.1	28.9	0.03	3.02
220	332.3	32.2	331.8	32.5	0.15	0.93
230	327	35.2	326.5	34.8	0.15	1.14
240	321.2	38.1	320.7	38.4	0.16	0.79
250	314.2	40.7	314.5	40.9	0.10	0.49
260	306	43.1	305.4	43.5	0.20	0.93
270	296.7	44.8	296.1	44.7	0.20	0.22
280	286.5	45.7	285.9	45.6	0.21	0.22
290	276	45.6	275.8	45.8	0.07	0.44
300	266	44.5	266	44.3	0.00	0.45
310	256.9	42.6	257.1	42.5	0.08	0.23
320	248.9	40.2	249.2	40.5	0.12	0.75
330	242.2	37.5	242.5	37.9	0.12	1.07
340	237.1	34.9	237.4	34.8	0.13	0.29
350	232	31.9	232.5	31.2	0.22	2.19
360	228.4	29.5	228.1	29.6	0.13	0.34
370	224.8	26.8	224.5	26.7	0.13	0.37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NAPA-2 วันที่ 26 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		48963	ชื่อดาวเทียม	NAPA-2	พิกัดเริ่ม	AZ: 1° N
วันที่		26 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	14.42 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 282° W, EL:46°
เวลาในการเคลื่อนที่		9.35 นาที	เวลายสิ้นสุด	14.52 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 203° SW
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
380	222	24.5	221.7	24.3	0.14	0.82
390	219.6	22.3	219.3	22.4	0.14	0.45
400	217.7	20.5	217.4	20.3	0.14	0.98
410	215.8	18.5	215.5	18.6	0.14	0.54
420	214.2	16.8	214.7	16.7	0.23	0.60
430	212.8	15.2	213.3	15.3	0.23	0.66
440	211.6	13.8	212.1	13.8	0.24	0.00
450	210.6	12.5	211.1	12.5	0.24	0.00
460	209.5	11.1	208.7	11.6	0.38	4.50
470	208.6	9.9	207.8	9.7	0.38	2.02
480	207.8	8.7	207	8.6	0.38	1.15
490	207.1	7.7	206.3	7.5	0.39	2.60
500	206.4	6.6	205.6	6.7	0.39	1.52
510	205.8	5.7	206.4	5.9	0.29	3.51
520	205.2	4.7	205.8	4.8	0.29	2.13
530	204.7	3.8	205.3	3.6	0.29	5.26
540	204.2	3	204.8	2.9	0.29	3.33
550	203.8	2.3	204.4	2.3	0.29	0.00
560	203.3	1.3	203.9	1.3	0.30	0.00
570	202.9	0.5	202.9	0.5	0.00	0.00
575	202.6	0	203.3	0	0.35	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารทสวชนวิสาทรบการใชงานเพื่การศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตหนาไปใชประโยชน์ดานการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.14 เป็นการแสดงการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NAPA-2 ซึ่งสามารถรับได้ในการวัดมุมกวาด และมุมเงยเปรียบเทียบกับค่าจากการเคลื่อนที่ โดยที่ในฐานข้อมูลจะเริ่มการเคลื่อนที่ในเวลา 14.42 น. ซึ่งจะมีเวลาในการเคลื่อนที่เพียง 10 นาที แต่พอทำการทดลอง และเก็บผลใช้เวลาในการเคลื่อนที่จริง 9.35 นาที ซึ่งจะทำให้การวัดมุมกวาด และมุมเงยในวัดถัดไป โดยที่ดูจากข้อมูล Prediction 10 วัน ซึ่งจะนำมาเทียบกับฐานข้อมูลว่าถูกต้องหรือไม่ เวลาในการเคลื่อนที่ และทิศทางในการเริ่มต้น, จุดสูงสุด และจุดสิ้นสุดในการเคลื่อนที่ เพื่อจะนำมาทำการแจ้งเตือนในการเคลื่อนที่ โดยที่จะนำเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำไปปรับค่า และนำค่ามาพล็อตกราฟได้ภายในระยะเวลา 5 วัน และได้มีการบันทึกผลของดาวเทียม NAPA-2 ในวันถัดไปดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NAPA-2 วันที่ 27 มกราคม 2565

รหัสดาวเทียม		48963	ชื่อดาวเทียม	NAPA-2	พิกัดเริ่ม	AZ: 359° N
วันที่		27 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	14.31 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 285° WNW, EL:38°
เวลาในการเคลื่อนที่		10.35 นาที	เวลาสิ้นสุด	14.41 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 206° SSW
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
0	359	0	358.9	0	0.03	0.00
10	358.4	0.4	358.5	0.4	0.03	0.00
20	357.8	1.7	357.5	1.7	0.08	0.00
30	357.1	2.4	356.8	2.4	0.08	0.00
40	355.9	3.3	355.6	3.4	0.08	3.03
50	355	4.3	354.7	4.4	0.08	2.33
60	354	5.2	354.1	5.1	0.03	1.92
70	352.7	6.2	352.8	6.2	0.03	0.00
80	351.3	7.2	351.4	7.5	0.03	4.17
90	350.3	8.2	350.4	8.1	0.03	1.22
100	348.7	10	348.8	10.1	0.03	1.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NAPA-2 วันที่ 27 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		48963	ชื่อดาวเทียม	NAPA-2	พิกัดเริ่ม	AZ: 359° N
วันที่		27 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	14.31 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 285° WNW, EL:38°
เวลาในการเคลื่อนที่		10.35 นาที	เวลาสิ้นสุด	14.41 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 206° SSW
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
110	346.8	11.2	346.8	11.3	0.00	0.89
120	344.7	12.5	344.2	12.6	0.15	0.80
130	342.2	14.2	341.9	14	0.09	1.41
140	339.6	15.8	339.4	15.9	0.06	0.63
150	336	17	336.1	17.5	0.03	2.94
160	332.3	18.8	331.8	18.3	0.15	2.66
170	327	20.6	326.5	20.1	0.15	2.43
180	325.3	22.7	325.3	22.9	0.00	0.88
190	323.1	24.9	323.6	24.6	0.15	1.20
200	322.3	27	322.8	27.5	0.16	1.85
210	321.6	29.8	321.5	28.9	0.03	3.02
220	320.5	32.2	320.3	32.5	0.06	0.93
230	319.5	35.2	319.6	34.8	0.03	1.14
240	317.6	38.1	317.8	38.4	0.06	0.79
250	316.5	38.1	316.3	38.6	0.06	1.31
260	315.2	37.9	315.3	37.8	0.03	0.26
270	314.2	37.5	314.5	37.3	0.10	0.53
280	312.3	36.9	312.3	36.4	0.00	1.36
290	310.2	35.4	310.3	35.7	0.03	0.85
300	309.5	34.5	309.5	34.9	0.00	1.16
310	307.2	33.2	307.5	33.5	0.10	0.90

เอกสารนี้เป็นเอกสารทงสวนวสทหรบการรงงานเพอการศกษาแทนน ไมออนุญาตหนาทไปเชประยชนดานการคา

ไมวาทรงนใดทงทงส้น อกทงทงมใหัดดแปลงเนือหา และตองอางอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกคร้งทมการนาไปใช้

ตารางที่ 4.15 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NAPA-2 วันที่ 27 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		48963	ชื่อดาวเทียม	NAPA-2	พิกัดเริ่ม	AZ: 359° N
วันที่		27 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	14.31 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 285° WNW, EL:38°
เวลาในการเคลื่อนที่		10.35 นาที	เวลาสิ้นสุด	14.41 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 206° SSW
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
320	305.3	32.1	305.5	32.6	0.07	1.56
330	303.5	31.2	303.5	31.5	0.00	0.96
340	301.7	30.5	301.5	30.5	0.07	0.00
350	296.7	29.6	296.1	29.6	0.20	0.00
360	295.2	29.2	295.2	29.4	0.00	0.68
370	294.3	28.9	294.8	28.8	0.17	0.35
380	293.5	28.3	293.5	28.5	0.00	0.71
390	286.5	27.6	285.9	272.5	0.21	0.36
400	276	26.9	275.8	26.4	0.07	1.86
410	266	25.4	266	25.1	0.00	1.18
420	256.9	24.3	257.1	24.8	0.08	2.06
430	248.9	23.5	249.2	23.1	0.12	1.70
440	242.2	22.5	242.5	22.1	0.12	1.78
450	237.1	21.3	237.4	21.8	0.13	2.35
460	232	20.5	232.5	20.2	0.22	1.46
470	228.4	19.5	228.1	19.1	0.13	2.05
480	224.8	18.4	224.5	18.7	0.13	1.63
490	222	17.8	221.7	17.5	0.14	1.69
500	221	16.9	221.8	16.6	0.36	1.78
510	220	15.5	220.5	15.7	0.23	1.29
520	219.5	14.3	219.8	14.5	0.14	1.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NAPA-2 วันที่ 27 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		48963	ชื่อดาวเทียม	NAPA-2	พิกัดเริ่ม	AZ: 359° N
วันที่		27 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	14.31 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 285° WNW, EL:38°
เวลาในการเคลื่อนที่		10.35 นาที	เวลาสิ้นสุด	14.41 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 206° SSW
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
530	218.6	13.9	218.5	14.1	0.05	1.44
540	216.3	13.6	216.8	13.5	0.23	0.74
550	215.3	13.1	215.4	12.8	0.05	2.29
560	214.5	12.5	214.6	12.4	0.05	0.80
580	213.3	11.8	213.5	11.6	0.09	1.69
590	211.5	10.3	211.8	10.6	0.14	2.91
600	209.5	5.6	208.7	5.5	0.38	1.79
610	208.6	1.8	207.8	1.8	0.38	0.00
620	207.8	0.9	207	0.9	0.38	0.00
630	207.1	0.5	206.3	0.5	0.39	0.00
635	206.4	0	205.6	0	0.39	0.00

จากจากตารางที่ 4.15 เป็นการแสดงการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NAPA-2 ซึ่งสามารถรับได้ในการวัดมุมกวาด และมุมเงยเปรียบเทียบกับการคำนวณการเคลื่อนที่ โดยที่ในฐานข้อมูลจะเริ่มการเคลื่อนที่ในเวลา 14.31 น. ซึ่งจะมีเวลาในการเคลื่อนที่เพียง 10 นาที แต่พอทำการทดลอง และเก็บผลใช้เวลาในการเคลื่อนที่จริง 10.35 นาที ซึ่งจะทำให้การวัดมุมกวาด และมุมเงยในวัดถัดไป โดยที่ดูจากข้อมูล Prediction 10 วัน ซึ่งจะนำมาเทียบกับฐานข้อมูลว่าถูกต้องหรือไม่ เวลาในการเคลื่อนที่ และทิศทางในการเริ่มต้น, จุดสูงสุด และจุดสิ้นสุดในการเคลื่อนที่ เพื่อจะนำมาทำการแจ้งเตือนในการเคลื่อนที่ โดยที่จะนำเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ

ไปรับค่า และนำค่ามาพล็อตกราฟได้ภายในระยะเวลา 5 วัน และได้มีการบันทึกผลของดาวเทียม NAPA-2 ในวันถัดไปดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NAPA-2 วันที่ 28 มกราคม 2565

รหัสดาวเทียม		48963	ชื่อดาวเทียม	NAPA-2	พิกัดเริ่ม	AZ: 152° SSE
วันที่		28 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	01.27 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 75° ENE, EL: 33°
เวลาในการเคลื่อนที่		11.54 นาที	เวลาสิ้นสุด	01.38 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 3° N
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
0	152	0	152	0	0.00	0.00
10	149.6	0.6	149.5	0.6	0.07	0.00
20	149.2	1.2	149.3	1.2	90.42	0.00
30	148.8	1.9	148.5	1.9	0.20	0.00
40	148.4	2.5	148.1	2.5	0.20	0.00
50	148	3.1	147.9	3.1	0.07	0.00
60	147.5	3.7	147.6	3.7	0.07	2.70
70	147	4.4	147.2	4.4	0.14	2.27
80	146.6	5	146.3	5	0.20	2.00
90	146.1	5.7	145.9	5.7	0.14	3.51
100	145.5	6.4	145.3	6.4	0.14	1.56
110	145	7.1	144.8	7.1	0.14	1.41
120	144.4	7.8	144	7.8	0.28	2.56
130	143.8	8.6	143.7	8.5	0.07	1.16
140	143.1	9.4	143	9.3	0.07	1.06
150	142.4	10.2	142.5	10.1	0.07	0.98
160	141.7	11	141.9	11.2	0.14	1.82
170	140.9	11.8	140.5	12	0.28	1.69
180	140.1	12.7	140.7	12.6	0.43	0.79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NAPA-2 วันที่ 28 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		48963	ชื่อดาวเทียม	NAPA-2	พิกัดเริ่ม	AZ: 152° SSE
วันที่		28 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	01.27 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 75° ENE, EL: 33°
เวลาในการเคลื่อนที่		11.54 นาที	เวลาสิ้นสุด	01.38 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 3° N
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
190	139.1	13.6	139.5	13.5	0.29	0.74
200	138.3	14.5	138.5	14.3	0.14	1.38
210	137.3	15.4	136.5	15.4	0.58	0.00
220	136.3	16.4	137.3	16.5	0.73	0.61
230	135.2	17.4	136.5	17.2	0.96	1.15
240	134	18.4	134.5	18.9	0.37	2.72
250	132.7	19.5	132.5	19.3	0.15	1.03
260	131.4	20.6	131	20.8	0.30	0.97
270	129.9	21.7	129.5	21.5	0.31	0.92
280	128.3	22.8	128	22.5	0.23	1.32
290	126.6	24	126.4	23.6	0.16	1.67
300	124.8	25.2	124.8	25	0.00	0.79
310	122.8	26.4	122.5	26.3	0.24	0.38
320	120.7	27.7	120.1	27.5	0.50	0.72
330	118.4	25.3	118	25.2	0.34	0.40
340	115.9	24	116	24.3	0.09	1.25
350	113.5	23.8	113.9	23.7	0.35	0.42
360	110.3	23.4	110.2	23.5	0.09	0.43
370	107.5	23	107.2	23.1	0.28	0.43
380	103.8	22.8	103.6	22.9	0.19	0.44
390	100.2	21.5	100.1	21.7	0.10	0.93

เอกสารนี้เป็นเอกสารทสวชนวิสาทรบการรงานเพอการศกษาแทนน ไมอนุญาตหนาไปเชประยชนดานการค

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NAPA-2 วันที่ 28 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		48963	ชื่อดาวเทียม	NAPA-2	พิกัดเริ่ม	AZ: 152° SSE
วันที่		28 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	01.27 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 75° ENE, EL: 33°
เวลาในการเคลื่อนที่		11.54 นาที	เวลาสิ้นสุด	01.38 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 3° N
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
400	96.4	20.4	95.9	20.9	0.52	2.45
410	92.3	19.4	92.5	19.5	0.22	0.52
420	88.1	18.8	88.2	18.9	0.11	0.53
430	83.8	18.3	84	18.2	0.24	0.55
440	79.3	17.9	79.3	17.7	0.00	1.12
450	74.8	17.3	74.2	17.1	0.80	1.16
460	70.2	16.6	70.3	16.9	0.14	1.81
470	65.8	15.4	65.2	15.7	0.91	1.95
480	61.4	14.4	61.8	14.5	0.65	0.69
490	57.2	13.5	57.3	13.8	0.17	2.22
500	53.2	12.6	53.5	12.5	0.56	0.79
510	49.3	11.8	49.4	11.7	0.20	0.85
520	45.8	11.8	45.3	11.7	1.09	0.85
530	42.4	11.3	42.5	11.5	0.24	1.77
540	39.3	10.9	39	10.8	0.76	0.92
550	36.3	10.3	36.4	10.5	0.28	1.94
560	33.7	9.9	33.5	10.2	0.59	3.03
570	31.4	9.3	31.5	9.6	0.32	3.23
580	28.9	8.9	28.4	9	1.73	1.12
590	26.7	8.6	26.3	8.7	1.50	1.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NAPA-2 วันที่ 28 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		48963	ชื่อดาวเทียม	NAPA-2	พิกัดเริ่ม	AZ: 152° SSE
วันที่		28 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	01.27 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 75° ENE, EL: 33°
เวลาในการเคลื่อนที่		11.54 นาที	เวลาสิ้นสุด	01.38 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 3° N
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
600	24.9	7.8	24.3	7.7	2.41	1.28
610	22.9	7.5	22.4	7.3	2.18	2.67
620	21.2	7	21	7.2	0.94	2.86
630	19.5	6.8	19.2	6.9	1.54	1.47
640	16.9	6.4	16.7	6.3	1.18	1.56
650	15.5	5.7	15.3	5.8	1.29	1.75
660	14.4	5	14.6	5.1	1.39	2.00
670	13.3	4.3	13.5	4.4	1.50	2.33
680	12.3	3.9	12.1	4.1	1.63	5.13
690	11.3	3.7	11.5	3.6	1.77	2.70
700	10.4	3	10.5	3	0.96	0.00
710	7.3	2.4	7.4	2.4	1.37	0.00
720	6.6	1.7	6.5	1.7	1.52	0.00
730	6	1.2	5.9	1.2	1.67	0.00
740	5.4	0.5	5.4	0.5	0.00	0.00
744	3	0	3	0.5	0.00	0.00

จากตารางที่ 4.16 เป็นการแสดงการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NAPA-2 ซึ่งสามารถรับได้ในการวัดมุมกวาด และมุมเงยเปรียบเทียบกับผลการคำนวณการเคลื่อนที่ โดยที่ในฐานข้อมูลจะเริ่มการเคลื่อนที่ในเวลา 01.27 น. ซึ่งจะมีเวลาในการเคลื่อนที่เพียง 11 นาที แต่พอทำการทดลอง และเก็บผลใช้เวลาในการเคลื่อนที่จริง 11.54 นาที ซึ่งจะทำให้การวัดมุมกวาด และมุมเงยเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในวัดถัดไป โดยที่ดูจากข้อมูล Prediction 10 วัน ซึ่งจะนำมาเทียบกับฐานข้อมูลว่าถูกต้องหรือไม่ เวลาในการเคลื่อนที่ และทิศทางในการเริ่มต้น, จุดสูงสุด และจุดสิ้นสุดในการเคลื่อนที่ เพื่อจะนำมาทำการแจ้งเตือนในการเคลื่อนที่ โดยที่จะนำเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำไปรับค่า และนำค่ามาพล็อตกราฟได้ภายในระยะเวลา 5 วัน และได้มีการบันทึกผลของดาวเทียม NAPA-2 ในวันถัดไปดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NAPA-2 วันที่ 29 มกราคม 2565

รหัสดาวเทียม		48963	ชื่อดาวเทียม	NAPA-2	พิกัดเริ่ม	AZ: 144° SE
วันที่		29 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	01.16 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 77° E, EL: 23°
เวลาในการเคลื่อนที่		11.10 นาที	เวลาสิ้นสุด	01.27 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 10° N
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
0	144	0	144	0	0.00	0.00
10	144.4	0.3	144	0.3	0.28	0.00
20	143.8	0.5	143.7	0.5	0.07	0.00
30	143.1	1.1	143	1.1	0.07	0.00
40	142.4	1.6	142.5	1.6	0.07	0.00
50	141.7	2.2	141.9	2.2	0.14	0.00
60	140.9	2.8	140.5	2.8	0.28	0.00
70	140.1	3.4	140.7	3.4	0.43	0.00
80	144	0	144	0	0.00	0.00
90	139.1	4	139.5	4.1	0.29	2.50
100	138.3	4.6	138.5	4.5	0.14	2.17
110	137.3	5.2	136.5	5.3	0.58	1.92
120	136.3	5.8	137.3	5.7	0.73	1.72
130	135.2	6.5	136.5	6.4	0.96	1.54
140	134	7.1	134.5	7	0.37	1.41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NAPA-2 วันที่ 29 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		48963	ชื่อดาวเทียม	NAPA-2	พิกัดเริ่ม	AZ: 144° SE
วันที่		29 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	01.16 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 77° E, EL: 23°
เวลาในการเคลื่อนที่		11.10 นาที	เวลาสิ้นสุด	01.27 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 10° N
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
150	132.7	7.8	132.5	7.5	0.15	3.85
160	131.4	8.5	131	8.4	0.30	1.18
170	129.9	9	129.5	9.2	0.31	2.22
180	126.6	10.6	126.4	10.8	0.16	1.89
190	124.8	11.3	124.8	11.5	0.00	1.77
200	122.8	12.1	122.5	12.6	0.24	4.13
210	120.7	12.9	120.1	12.7	0.50	1.55
220	118.4	13.6	118	13.8	0.34	1.47
230	115.9	14.4	116	14.6	0.09	1.39
240	113.5	15.1	113.9	15.6	0.35	3.31
250	110.3	16	110.2	16.2	0.09	1.25
260	107.5	16.7	107.2	16.5	0.28	1.20
270	103.8	17.5	103.6	17.2	0.19	1.71
280	100.2	18.3	100.1	18.4	0.10	0.55
290	96.4	19.1	95.9	19.3	0.52	1.05
300	92.3	19.8	92.5	19.6	0.22	1.01
310	88.1	20.5	88.2	20.3	0.11	0.98
320	83.8	21.2	84	21	0.24	0.94
330	79.3	21.9	79.3	21.8	0.00	0.46
340	74.8	22.5	74.2	22.3	0.80	0.89
350	70.2	23	70.3	23.5	0.14	2.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NAPA-2 วันที่ 29 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		48963	ชื่อดาวเทียม	NAPA-2	พิกัดเริ่ม	AZ: 144° SE
วันที่		29 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	01.16 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 77° E, EL: 23°
เวลาในการเคลื่อนที่		11.10 นาที	เวลาสิ้นสุด	01.27 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 10° N
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
360	65.8	22.9	65.2	22.4	0.91	2.18
370	61.4	22.4	61.8	22.6	0.65	0.89
380	57.2	21.8	57.3	22.1	0.17	1.38
390	53.2	21	53.5	21.5	0.56	2.38
400	49.3	20.4	49.4	20.7	0.20	1.47
410	45.8	19.7	45.3	20.1	1.09	2.03
420	42.4	18.9	42.5	19.4	0.24	2.65
430	39.3	18.1	39	18.4	0.76	1.66
440	36.3	17.3	36.4	17.6	0.28	1.73
450	33.7	16.5	33.5	16.8	0.59	1.82
460	31.4	15.8	31.5	16	0.32	1.27
470	26.5	15	27	15.3	1.89	2.00
480	25.9	14.2	26.3	14.5	1.54	2.11
490	25.8	13.4	25.7	13.8	0.39	2.99
500	26.7	12.7	26.3	12.9	1.50	1.57
510	24.9	11.8	24.3	12.5	2.41	5.93
520	22.9	11.1	22.4	11.2	2.18	0.90
530	21.2	10.4	21	10.4	0.94	0.00
540	19.5	9.6	19.2	9.3	1.54	3.12
550	16.9	8.9	16.7	8.7	1.18	2.25
560	15.5	8.2	15.3	8	1.29	2.44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NAPA-2 วันที่ 29 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		48963	ชื่อดาวเทียม	NAPA-2	พิกัดเริ่ม	AZ: 144° SE
วันที่		29 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	01.16 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 77° E, EL: 23°
เวลาในการเคลื่อนที่		11.10 นาที	เวลาสิ้นสุด	01.27 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 10° N
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
570	14.4	7.6	14.6	7.4	1.39	2.63
580	13.3	6.3	13.5	6	3.10	4.76
590	12.9	5.6	12.5	5.4	0.83	3.57
600	12	5	11.9	5.2	1.69	4.00
610	11.8	4.4	11.6	4.4	1.77	0.00
620	11.3	3.3	11.5	3.3	0.96	0.00
630	10.4	2.6	10.5	2.6	1.37	0.00
640	7.3	1.4	7.4	1.4	1.52	0.00
650	6.6	0.9	6.5	0.9	1.67	0.00
660	6	0.2	5.9	0.3	1.92	0
670	5.2	0	5.3	0	1.96	0
674	5.1	6.3	5	6	3.10	4.76

จากตารางที่ 4.17 เป็นการแสดงการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NAPA-2 ซึ่งสามารถรับได้ในการวัดมุมกวาด และมุมเงยเปรียบเทียบกับค่าคำนวณการเคลื่อนที่ โดยที่ในฐานข้อมูลจะเริ่มการเคลื่อนที่ในเวลา 01.16 น. ซึ่งจะมีเวลาในการเคลื่อนที่เพียง 11 นาที แต่พอทำการทดลอง และเก็บผลใช้เวลาในการเคลื่อนที่จริง 11.10 นาที ซึ่งจะทำให้การวัดมุมกวาด และมุมเงยในวัดถัดไป โดยที่ดูจากข้อมูล Prediction 10 วัน ซึ่งจะนำมาเทียบกับฐานข้อมูลว่าถูกต้องหรือไม่ เวลาในการเคลื่อนที่ และทิศทางในการเริ่มต้น, จุดสูงสุด และจุดสิ้นสุดในการเคลื่อนที่ เพื่อจะนำมาทำการแจ้งเตือนในการเคลื่อนที่ โดยที่จะนำเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำไปปรับค่า และนำค่ามาพล็อตกราฟได้ภายในระยะเวลา 5 วัน และได้มีการบันทึกผลของดาวเทียม NAPA-2 ในวันถัดไปดังตารางที่ 4.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NAPA-2 วันที่ 30 มกราคม 2565

รหัสดาวเทียม		48963	ชื่อดาวเทียม	NAPA-2	พิกัดเริ่ม	AZ: 135° SE
วันที่		30 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	01.05 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 262° W, EL: 16°
เวลาในการเคลื่อนที่		9.57 นาที	เวลาสิ้นสุด	01.15 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 16° NNE
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
0	135	0	134.9	0	0.07	0.00
10	134.8	0.3	134.5	0.3	0.22	0.00
20	134.6	0.5	134.5	0.5	0.07	0.00
30	134	1.1	134.3	1.1	0.22	0.00
40	133.9	1.6	133.9	1.6	0.00	0.00
50	133.6	2.2	133.4	2.2	0.15	0.00
60	132.7	2.8	132.5	2.7	0.15	3.57
70	132.3	3.4	132.2	3.4	0.08	0.00
80	131.4	4	131	4.1	0.30	2.50
90	129.9	4.6	129.5	4.5	0.31	2.17
100	128.3	5.2	128	5.3	0.23	1.92
110	127.9	5.8	127.4	5.7	0.39	1.72
120	126.6	6.5	126.4	6.4	0.16	1.54
130	126.4	7.1	126.3	7	0.08	1.41
140	125.8	7.8	125.7	7.5	0.08	3.85
150	125.3	8.5	125.5	8.4	0.16	1.18
160	124.8	9	124.8	9.2	0.00	2.22
170	124.4	9.9	124.3	10.2	0.08	3.03
180	123.5	10.6	123.7	10.8	0.16	1.89
190	123.1	11.3	122.9	11.5	0.16	1.77
200	122.8	12.1	122.5	12.6	0.24	4.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NAPA-2 วันที่ 30 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		48963	ชื่อดาวเทียม	NAPA-2	พิกัดเริ่ม	AZ: 135° SE
วันที่		30 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	01.05 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 262° W, EL: 16°
เวลาในการเคลื่อนที่		9.57 นาที	เวลาสิ้นสุด	01.15 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 16° NNE
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
210	120.7	12.9	120.1	12.7	0.50	1.55
220	118.4	13.6	118	13.8	0.34	1.47
230	117.5	14.4	117.3	14.6	0.17	1.39
240	116.2	15.1	116.2	15.6	0.00	3.31
250	115.9	15.7	116	15.6	0.09	0.64
260	113.5	15.8	113.9	15.9	0.35	0.63
270	110.3	16	110.2	16.2	0.09	1.25
280	107.5	16.3	107.2	16.4	0.28	0.61
290	105.8	16.3	104.9	16.4	0.85	0.61
300	103.8	16.1	103.6	15.9	0.19	1.24
310	100.2	15.8	100.1	15.6	0.10	1.27
320	96.4	15.4	95.9	15.1	0.52	1.95
330	92.3	14.9	92.5	14.7	0.22	1.34
340	88.1	14.2	88.2	14.1	0.11	0.70
350	83.8	13.8	84	13.5	0.24	2.17
360	79.3	13.6	79.3	13.5	0.00	0.74
370	74.8	13.1	74.2	13.3	0.80	1.53
380	70.2	12.9	70.3	12.7	0.14	1.55
390	65.8	11.8	65.2	11.7	0.91	0.85
400	61.4	11.1	61.8	11.2	0.65	0.90
410	57.2	10.4	57.3	10.4	0.17	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NAPA-2 วันที่ 30 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		48963	ชื่อดาวเทียม	NAPA-2	พิกัดเริ่ม	AZ: 135° SE
วันที่		30 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	01.05 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 262° W, EL: 16°
เวลาในการเคลื่อนที่		9.57 นาที	เวลาสิ้นสุด	01.15 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 16° NNE
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
420	53.2	9.6	53.5	9.3	0.56	3.12
430	49.3	8.9	49.4	8.7	0.20	2.25
440	45.8	8.2	45.3	8	1.09	2.44
450	42.4	7.6	42.5	7.4	0.24	2.63
460	39.3	6.9	39	6.7	0.76	2.90
470	36.3	6.3	36.4	6	0.28	4.76
480	33.7	5.6	33.5	5.4	0.59	3.57
490	31.4	5	31.5	5.2	0.32	4.00
500	26.5	4.4	27	4.4	1.89	0.00
510	25.9	3.3	26.3	3.3	1.54	0.00
520	25.8	2.9	25.7	2.7	0.39	6.90
530	26.7	2.6	26.3	2.6	1.50	0.00
540	24.9	2.2	24.3	2.2	2.41	0.00
560	22.9	1.9	22.4	1.9	2.18	0.00
570	21.2	1.3	21	1.3	0.94	0.00
580	19.5	0.9	19.2	0.9	1.54	0.00
590	16.9	0.5	16.7	0.5	1.18	0.00
597	16.2	0.2	16.3	0.2	0.62	0.00

จากตารางที่ 4.18 เป็นการแสดงการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NAPA-2 ซึ่งสามารถรับได้ในการวัดมุมกวาด และมุมเงยเปรียบเทียบกับค่าคำนวณการเคลื่อนที่ โดยที่ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฐานข้อมูลจะเริ่มการเคลื่อนที่ในเวลา 01.05 น. ซึ่งจะมีเวลาในการเคลื่อนที่เพียง 10 นาที แต่พอทำการทดลอง และเก็บผลใช้เวลาในการเคลื่อนที่จริง 9.57 นาที ซึ่งจะทำให้การวัดมุมกวาด และมุมเงยในวัดถัดไป โดยที่ดูจากข้อมูล Prediction 10 วัน ซึ่งจะนำมาเทียบกับฐานข้อมูลว่าถูกต้องหรือไม่ เวลาในการเคลื่อนที่ และทิศทางในการเริ่มต้น, จุดสูงสุด และจุดสิ้นสุดในการเคลื่อนที่ เพื่อจะนำมาทำการแจ้งเตือนในการเคลื่อนที่ โดยที่จะนำเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำไปปรับค่า และนำค่ามาพล็อตกราฟได้ภายในระยะเวลา 5 วัน พร้อมทั้งตรวจสอบค่าที่ได้จากเซนเซอร์ และนำมาเทียบค่ากับฐานข้อมูล โดยต่อมาได้มีการวัดค่าจากการเคลื่อนที่ของดาวเทียม NOAA-19 ภายในช่วงวันเดียวกัน ซึ่งจะมีค่าดังตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NOAA-19 วันที่ 26 มกราคม 2565

รหัสดาวเทียม	33591	ชื่อดาวเทียม	NOAA-19	พิกัดเริ่ม	AZ: 150° SSE	
วันที่	26 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	18.48 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 74° ENE, EL: 39°	
เวลาในการเคลื่อนที่	15 นาที	เวลาสิ้นสุด	19.01 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 1° N	
เวลา (วินาที)	การคำนวณ		การทดลอง		error	
	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
0	150	0	149.4	0	0.40	0.00
10	149.6	0.6	149	0.6	0.40	0.00
20	149.2	1.2	148.6	1.2	0.40	0.00
30	148.8	1.9	148.2	1.9	0.40	0.00
40	148.4	2.5	147.7	2.5	0.47	0.00
50	148	3.1	147.3	3.1	0.47	0.00
60	147.5	3.7	146.9	3.6	0.41	0.07
70	147	4.4	146.3	4.1	0.48	0.21
80	146.6	5	145.8	4.5	0.55	0.34
90	146.1	5.7	145.4	5.3	0.48	0.28
100	145.5	6.4	144.7	6.2	0.55	0.14
110	145	7.1	144.2	6.9	0.55	0.14
120	144.4	7.8	143.5	7.5	0.62	0.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารทบทวนเนื้อหาสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.19 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NOAA-19 วันที่ 26 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		33591	ชื่อดาวเทียม	NOAA-19	พิกัดเริ่ม	AZ: 150° SSE
วันที่		26 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	18.48 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 74° ENE, EL: 39°
เวลาในการเคลื่อนที่		15 นาที	เวลาสิ้นสุด	19.01 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 1° N
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
130	143.8	8.6	142.9	8.4	0.63	0.14
140	143.1	9.4	142.2	9.2	0.63	0.14
150	142.4	10.2	141.4	10	0.70	0.14
160	141.7	11	140.7	10.5	0.71	0.36
170	140.9	11.8	139.7	11.3	0.85	0.36
180	140.1	12.7	139.1	12.5	0.71	0.14
190	139.1	13.6	138.2	13.4	0.65	0.14
200	138.3	14.5	137.9	14.3	0.29	0.15
210	137.3	15.4	137	15.2	0.22	0.15
220	136.3	16.4	136.5	17	0.37	0.30
230	135.2	17.4	134.7	18	0.07	0.30
240	134	18.4	133.9	19.1	0.15	0.30
250	132.7	19.5	132.5	20.2	0.30	0.31
260	131.4	20.6	131	21.3	1.46	0.31
270	129.9	21.7	128	22.4	0.08	0.31
280	128.3	22.8	128.2	23.6	0.24	0.32
290	126.6	24	126.3	24.8	0.40	0.32
300	124.8	25.2	124.3	26	0.16	0.33
310	122.8	26.4	122.6	27.3	0.17	0.33
320	120.7	27.7	120.5	28.5	0.34	0.34
330	118.4	28.9	118	29.8	0.09	0.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.19 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NOAA-19 วันที่ 26 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		33591	ชื่อดาวเทียม	NOAA-19	พิกัดเริ่ม	AZ: 150° SSE
วันที่		26 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	18.48 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 74° ENE, EL: 39°
เวลาในการเคลื่อนที่		15 นาที	เวลาสิ้นสุด	19.01 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 1° N
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
340	115.9	30.2	116	30.9	2.03	0.36
350	113.5	31.3	111.2	17	0.37	0.30
360	110.3	32.7	106.4	33.2	0.19	0.47
370	107.5	33.7	107.3	34.5	1.25	0.49
380	103.8	35	102.5	35.5	0.90	0.50
390	100.2	36	99.3	36.5	0.41	0.52
400	96.4	37	96	37.3	0.00	0.54
410	92.3	37.8	92.3	37.9	0.11	0.57
420	88.1	38.4	88	38.4	2.03	0.61
430	83.8	38.9	82.1	38.7	1.26	0.64
440	79.3	39.2	78.3	38.8	0.27	0.67
450	74.8	39.3	74.6	38.7	0.00	0.71
460	70.2	39.2	70.2	38.4	1.98	0.78
470	65.8	38.9	64.5	37.9	6.84	0.87
480	61.4	38.4	57.2	37.3	0.35	0.88
490	57.2	37.8	57	33.2	0.19	0.47
500	53.2	37	53.5	36.8	0.56	0.37
510	49.3	36	48.7	35.8	1.22	0.41
520	45.8	35	45.5	34.8	0.66	0.44
530	42.4	33.9	42.1	33.7	0.71	0.48
540	39.3	32.7	39	32.5	0.76	0.51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.19 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NOAA-19 วันที่ 26 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		33591	ชื่อดาวเทียม	NOAA-19	พิกัดเริ่ม	AZ: 150° SSE
วันที่		26 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	18.48 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 74° ENE, EL: 39°
เวลาในการเคลื่อนที่		15 นาที	เวลาสิ้นสุด	19.01 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 1° N
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
550	36.3	31.5	36	31.3	0.83	0.56
560	33.7	30.2	33.4	30	0.89	0.60
570	31.4	29.1	31.1	28.9	0.96	0.64
580	28.9	27.7	28.7	27.5	0.69	0.70
590	26.7	26.4	26.5	26.2	0.75	0.75
600	24.9	25.3	24.7	24.8	0.80	2.02
610	22.9	24	22.7	23.5	0.87	2.20
620	21.2	22.8	21	22.3	0.94	2.38
630	19.5	21.5	19.3	21	1.03	2.59
640	18.1	20.4	17.9	19.9	1.10	2.79
650	16.9	19.4	17.3	18.9	2.37	2.89
660	15.5	18.3	15.9	17.8	2.58	3.14
670	14.4	17.3	14.8	16.8	2.78	3.38
680	13.3	16.6	13.5	16.1	1.50	3.70
690	12.3	15.4	12.7	14.9	3.25	3.94
700	11.3	14.4	11.7	13.9	3.54	4.27
710	10.4	13.5	10.8	13	3.85	4.63
720	9.8	12.6	10.1	12.5	3.06	0.99
730	8.8	11.8	9.2	12	4.55	2.17
740	8	10.9	8	11.1	0.00	2.50
750	7.3	10.1	7.2	10.3	1.37	2.78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.19 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NOAA-19 วันที่ 26 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		33591	ชื่อดาวเทียม	NOAA-19	พิกัดเริ่ม	AZ: 150° SSE
วันที่		26 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	18.48 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 74° ENE, EL: 39°
เวลาในการเคลื่อนที่		15 นาที	เวลาสิ้นสุด	19.01 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 1° N
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
760	6.6	9.3	6.8	9.5	3.03	2.94
770	6	8.6	6.1	8.7	1.67	1.64
780	5.4	7.8	5.5	7.9	1.85	1.82
790	4.8	7	4.9	7.1	2.08	2.04
800	4.3	6.4	4.3	6.3	0.00	2.33
810	3.8	5.7	3.9	5.6	2.63	2.56
820	3.3	5	3.4	5	3.03	0.00
830	2.8	4.3	2.7	4.3	3.57	0.00
840	2.4	3.7	2.3	3.6	4.17	4.35
850	1.8	3	1.8	3	0.00	0.00
860	1.5	2.4	1.5	2.4	0.00	0.00
870	1.1	1.7	1.1	1.7	0.00	0.00
890	0.8	1.2	0.8	1.2	0.00	0.00
900	0.4	0.5	0.4	0.5	0.00	0.00

จากตารางที่ 4.19 เป็นการแสดงการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NOAA-19 ซึ่งสามารถรับได้ในการวัดมุมกวาด และมุมเงยเปรียบเทียบกับค่าจากการคำนวณการเคลื่อนที่ โดยที่ในฐานข้อมูลจะเริ่มการเคลื่อนที่ในเวลา 18.48 น. ซึ่งจะมีเวลาในการเคลื่อนที่เพียง 13 นาที แต่พอทำการทดลอง และเก็บผลใช้เวลาในการเคลื่อนที่จริง 15 นาที ซึ่งจะทำให้การวัดมุมกวาด และมุมเงยในวัดถัดไป โดยที่ดูจากข้อมูล Prediction 10 วัน ซึ่งจะนำมาเทียบกับฐานข้อมูลว่าถูกต้องหรือไม่ เวลาในการเคลื่อนที่ และทิศทางในการเริ่มต้น, จุดสูงสุด และจุดสิ้นสุดในการเคลื่อนที่ เพื่อจะนำมาทำการแจ้งเตือนในการเคลื่อนที่ โดยที่จะนำเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปรับค่า และนำค่ามาพล็อตกราฟได้ภายในระยะเวลา 5 วัน และได้มีการบันทึกผลของดาวเทียม NOAA-19 ในวันถัดไปดังตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NOAA-19 วันที่ 27 มกราคม 2565

รหัสดาวเทียม		33591	ชื่อดาวเทียม	NOAA-19	พิกัดเริ่ม	AZ: 150° SSE
วันที่		27 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	20.20 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 260° W, EL: 19°
เวลาในการเคลื่อนที่		14.22 นาที	เวลาสิ้นสุด	20.34 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 321° NW
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
0	150	0	149.6	0	0.27	0.00
10	151.3	0.2	150.9	0.2	0.26	0.00
20	151.8	0.5	151.4	0.5	0.26	0.00
30	152.2	0.9	151.8	0.9	0.26	0.00
40	152.3	1.1	151.9	1.1	0.26	0.00
50	152.6	1.4	152.2	1.4	0.26	0.00
60	152.9	1.5	153	1.5	0.07	0.00
70	153.2	1.9	153.3	1.8	0.07	5.26
80	153.6	2.1	153.7	2.2	0.07	4.76
90	153.9	2.4	154	2.5	0.06	4.17
100	154.3	2.9	154.4	2.8	0.06	3.45
110	154.7	3	154.8	3.1	0.06	3.33
120	155.2	3.5	155.3	3.4	0.06	2.86
130	155.7	3.7	155.8	3.6	0.06	2.70
140	156.2	4.4	155.8	4.3	0.26	2.27
150	156.8	5	156.4	5.2	0.26	4.00
160	157.4	5.7	157	5.6	0.25	1.75
170	158.1	6.4	157.7	6.2	0.25	3.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.20 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NOAA-19 วันที่ 27 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		33591	ชื่อดาวเทียม	NOAA-19	พิกัดเริ่ม	AZ: 150° SSE
วันที่		27 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	20.20 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 260° W, EL: 19°
เวลาในการเคลื่อนที่		14.22 นาที	เวลาสิ้นสุด	20.34 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 321° NW
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
180	158.8	7.1	158.4	6.9	0.25	2.82
190	159.7	7.8	159.3	7.5	0.25	3.85
200	160.6	8	160.2	8.2	0.25	2.50
210	161.7	8.6	161.2	8.4	0.31	2.33
220	162.9	9.2	162.4	9.3	0.31	1.09
230	164.3	9.4	163.8	9.5	0.30	1.06
240	165.9	10.2	165.4	10	0.30	1.96
250	167.7	11	167.2	10.5	0.30	4.55
260	169.8	11.8	169.3	11.3	0.29	4.24
270	172.3	12.2	171.8	12.1	0.29	0.82
280	175.3	12.7	174.8	12.5	0.29	1.57
290	179	12.9	178.6	13.2	0.22	2.33
300	183.4	13.3	183	13.5	0.22	1.50
310	188.9	13.6	188.7	13.4	0.11	1.47
320	195.6	13.9	195.4	14.1	0.10	1.44
330	203.9	14.3	203.7	14.3	0.10	0.00
340	213.9	14.5	213.7	14.4	0.09	0.69
350	225.3	14.9	225.1	15.2	0.09	2.01
360	237.5	15.1	237.3	15.3	0.08	1.32
370	249.4	15.4	249.2	15.4	0.08	0.00
380	250.1	15.9	249.9	16.1	0.08	1.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.20 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NOAA-19 วันที่ 27 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		33591	ชื่อดาวเทียม	NOAA-19	พิกัดเริ่ม	AZ: 150° SSE
วันที่		27 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	20.20 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 260° W, EL: 19°
เวลาในการเคลื่อนที่		14.22 นาที	เวลาสิ้นสุด	20.34 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 321° NW
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
390	251.3	16.4	250.9	16.5	0.16	0.61
400	252.8	16.9	252.4	17.1	0.16	1.18
410	253.5	17.4	253.1	17.3	0.16	0.57
420	254.8	17.9	254.4	18	0.16	0.56
430	255.1	18.4	254.7	18.4	0.16	0.00
440	256.3	18.7	255.9	18.5	0.16	1.07
450	258.3	19.1	257.9	19	0.15	0.52
460	260	19.4	259.6	19.4	0.15	0.00
470	269.9	19.6	269.5	19.9	0.15	1.53
480	277.2	18.9	276.8	18.5	0.14	2.12
490	283.1	18.3	282.7	18.3	0.14	0.00
500	287.8	18.1	287.4	17.9	0.14	1.10
510	291.7	17.9	291.3	17.6	0.14	1.68
520	294.9	17.5	294.5	17.3	0.14	1.14
530	297.6	16.9	297.2	17.1	0.13	1.18
540	299.8	16.5	299.4	16.7	0.13	1.21
550	301.7	16.1	301.3	15.9	0.13	1.24
560	303.4	15.7	303	15.9	0.13	1.27
570	304.8	15.3	304.4	15.4	0.13	0.65
580	306.1	15.1	305.7	15.3	0.13	1.32
590	307.2	14.7	306.8	14.6	0.13	0.68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.20 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NOAA-19 วันที่ 27 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		33591	ชื่อดาวเทียม	NOAA-19	พิกัดเริ่ม	AZ: 150° SSE
วันที่		27 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	20.20 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 260° W, EL: 19°
เวลาในการเคลื่อนที่		14.22 นาที	เวลาสิ้นสุด	20.34 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 321° NW
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
600	308.1	14.2	307.7	14.3	0.13	0.70
610	309	13.8	308.6	13.7	0.13	0.72
620	309.8	13.3	309.4	12.8	0.13	3.76
630	310.5	12.5	310.1	12.5	0.13	0.00
640	311.1	12.1	310.6	11.7	0.16	3.31
650	311.7	11.9	311.2	11.4	0.16	4.20
660	312.3	11.5	311.8	11.1	0.16	3.48
670	312.8	10.9	312.3	10.8	0.16	0.92
680	313.2	10.2	312.7	10	0.16	1.96
690	313.3	9.2	312.8	9.3	0.16	1.09
700	314	7.5	313.5	7.8	0.16	4.00
710	314.4	6.3	313.9	6.1	0.16	3.17
720	314.7	5.9	314.2	5.7	0.16	3.39
730	315	5.1	314.5	4.9	0.16	3.92
740	315.3	4.6	315.5	4.5	0.06	2.17
750	315.6	4.1	315.8	4	0.06	2.44
760	315.8	3.9	316	3.8	0.06	2.56
770	316	3.3	316.2	3.4	0.06	3.03
780	316.2	2.9	316.4	2.8	0.06	3.45
790	316.5	2.5	316.6	2.6	0.03	4.00
800	316.9	2.1	317	2.2	0.03	4.76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.20 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NOAA-19 วันที่ 27 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม	33591	ชื่อดาวเทียม	NOAA-19	พิกัดเริ่ม	AZ: 150° SSE	
วันที่	27 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	20.20 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 260° W, EL: 19°	
เวลาในการเคลื่อนที่	14.22 นาที	เวลาสิ้นสุด	20.34 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 321° NW	
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
810	317.2	1.8	317.3	1.8	0.03	0.00
820	318.5	1.5	318.6	1.5	0.03	0.00
830	318.9	1.1	319	1.1	0.03	0.00
840	319.1	0.8	319.6	0.8	0.16	0.00
850	320	0.5	320.5	0.5	0.16	0.00
860	320.5	0.2	321	0.2	0.16	0.00
862	321.5	0	322	0	0.16	0.00

จากตารางที่ 4.20 เป็นการแสดงการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NOAA-19 ซึ่งเป็นดาวเทียมทางการทหารของไทยที่โคจรผ่านเวียดนาม ซึ่งสามารถรับได้ในการวัดมุมกวาด และมุมเงยเปรียบเทียบกับผลการคำนวณการเคลื่อนที่ โดยที่ในฐานข้อมูลจะเริ่มการเคลื่อนที่ในเวลา 20.20 น. ซึ่งจะมีเวลาในการเคลื่อนที่เพียง 14 นาที แต่พอทำการทดลอง และเก็บผลใช้เวลาในการเคลื่อนที่จริง 14.22 นาที ซึ่งจะทำให้การวัดมุมกวาด และมุมเงยในวัดถัดไป โดยที่ดูจากข้อมูล Prediction 10 วัน ซึ่งจะนำมาเทียบกับฐานข้อมูลว่าถูกต้องหรือไม่ เวลาในการเคลื่อนที่ และทิศทางในการเริ่มต้น, จุดสูงสุด และจุดสิ้นสุดในการเคลื่อนที่ เพื่อจะนำมาทำการแจ้งเตือนในการเคลื่อนที่ โดยที่จะนำเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำไปรับค่า และนำค่ามาพล็อตกราฟได้ภายในระยะเวลา 5 วัน และได้มีการบันทึกผลของดาวเทียม NOAA-19 ในวันถัดไปดังตารางที่ 4.21

ตารางที่ 4.21 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NOAA-19 วันที่ 28 มกราคม 2565

รหัสดาวเทียม		33591	ชื่อดาวเทียม	NOAA-19	พิกัดเริ่ม	AZ: 158° SSE
วันที่		28 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	19.03 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 72° ENE, EL: 59°
เวลาในการเคลื่อนที่		15.13 นาที	เวลาลิ้นสุด	19.18 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 354° N
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
0	158.8	0	158.5	0	0.19	0.00
10	158.1	0.6	157.8	0.6	0.19	0.00
20	157.4	1.2	157.1	1.2	0.19	0.00
30	156.8	1.9	156.5	1.9	0.19	0.00
40	156.2	2.6	155.9	2.6	0.19	0.00
50	155.7	3.3	153.7	3.3	1.28	0.00
60	155.2	4	153.2	4.1	1.29	2.50
70	154.7	4.8	152.7	4.7	1.29	2.08
80	154.3	5.6	152.3	5.5	1.30	1.79
90	153.9	6.9	151.9	6.8	1.30	1.45
100	153.6	7.9	151.6	7.8	1.30	1.27
110	153.2	8.8	153.3	8.7	0.07	1.14
120	152.9	9.8	153	9.6	0.07	2.04
130	152.6	10.9	152.7	10.5	0.07	3.67
140	152.3	11.5	152.4	11.6	0.07	0.87
150	152.2	12.1	152.3	12.3	0.07	1.65
160	151.9	13.3	152.2	13.2	0.20	0.75
170	151.7	14.6	152	14.3	0.20	2.05
180	151.5	15.3	151.8	15.4	0.20	0.65
190	151.3	16.1	151.6	16.3	0.20	1.24
200	150.2	17.2	150.5	17.5	0.20	1.74

เอกสารนี้เป็นเอกสารทบทวนวิชาสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.21 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NOAA-19 วันที่ 28 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		33591	ชื่อดาวเทียม	NOAA-19	พิกัดเริ่ม	AZ: 158° SSE
วันที่		28 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	19.03 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 72° ENE, EL: 59°
เวลาในการเคลื่อนที่		15.13 นาที	เวลาลิ้นสุด	19.18 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 354° N
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
210	149.5	17.6	149.8	17.4	0.20	1.14
220	148.6	17.9	148.9	18.1	0.20	1.12
230	147.5	18.5	147.8	18.3	0.20	1.08
240	145.6	18.9	146.3	19.2	0.48	1.59
250	145.3	19.4	146	19.4	0.48	0.00
260	135.5	20.1	136.2	20.1	0.52	0.00
270	127.2	20.6	127.9	20.4	0.55	0.97
280	123.5	21.5	124.2	21.7	0.57	0.93
290	118.7	22.4	119.4	22.6	0.59	0.89
300	113.5	23.4	114.2	23.7	0.62	1.28
310	107.8	24.5	108.6	24.9	0.74	1.63
320	103.8	25.6	104.6	25.7	0.77	0.39
330	101.2	26	100.9	26	0.30	0.00
340	99.5	26.5	99.2	26.3	0.30	0.75
350	96.3	26.9	96	26.7	0.31	0.74
360	95.8	27.5	95.5	27.6	0.31	0.36
370	94.5	27.9	94.2	28	0.32	0.36
380	92.1	28.3	92.3	28.3	0.22	0.00
390	91.7	28.9	91.9	28.7	0.22	0.69
400	90.4	29.1	90.4	29.2	0.22	0.34
410	89.7	29.5	89.7	29.3	0.22	0.68

เอกสารนี้เป็นเอกสารทสวชนวิสาทรบการใชงานเพื่การศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตหนาไปใชประโยชน์ดานการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.21 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NOAA-19 วันที่ 28 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		33591	ชื่อดาวเทียม	NOAA-19	พิกัดเริ่ม	AZ: 158° SSE
วันที่		28 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	19.03 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 72° ENE, EL: 59°
เวลาในการเคลื่อนที่		15.13 นาที	เวลาลิ้นสุด	19.18 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 354° N
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
420	85.5	29.4	85.5	29.6	0.23	0.68
430	81.7	30.2	81.7	30.4	0.25	0.66
440	78.1	30.5	78.1	30.6	0.64	0.33
450	74.7	30.9	74.7	30.8	0.66	0.32
460	72	31	72	30.9	0.69	0.32
470	70.8	31.3	70.8	31.3	0.00	0.00
480	68.7	31.8	68.7	32	0.00	0.63
490	65.4	32.5	65.4	32.7	0.00	0.62
500	61.7	34.6	61.7	34.2	0.96	1.16
510	58.6	35.7	58.6	35.3	1.01	1.12
520	56.7	38.2	56.7	38	1.05	0.52
530	52.9	42.3	52.9	42.4	1.12	0.24
540	50.2	46.7	49.6	46.8	1.20	0.21
550	47.6	51.3	47	51	1.26	0.58
560	45.3	55.6	45.8	55.8	1.10	0.36
570	42.1	58.9	42.6	59	1.19	0.17
580	38.5	59.6	39	59.1	1.30	0.84
590	37.6	56.8	38.1	56.7	1.33	0.18
600	33.2	52.7	33.7	52.4	1.51	0.57
610	32.3	48.1	32.8	47.9	1.55	0.42
620	30.5	43.6	31	43.2	1.64	0.92

เอกสารนี้เป็นเอกสารทสวชนวิสาทรบการใชงานเพื่การศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตหนาไปใชประโยชน์ดานการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.21 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NOAA-19 วันที่ 28 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		33591	ชื่อดาวเทียม	NOAA-19	พิกัดเริ่ม	AZ: 158° SSE
วันที่		28 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	19.03 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 72° ENE, EL: 59°
เวลาในการเคลื่อนที่		15.13 นาที	เวลาลิ้นสุด	19.18 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 354° N
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
630	28.5	39.4	28	39.1	1.75	0.76
640	26.3	35.6	25.8	35.1	1.90	1.40
650	24.5	32.2	24.2	32	1.22	0.62
660	21.5	29.2	21.2	29.1	1.40	0.34
670	19.5	26.2	19.2	25.9	1.54	1.15
680	18.7	23.8	23.4	23.4	1.60	1.68
690	17.2	21.8	21.6	21.6	1.74	0.92
700	16.9	19.9	19.5	19.5	1.78	2.01
710	16.3	17.9	17.5	17.5	1.84	2.23
720	15.4	16.5	16.3	16.3	0.65	1.21
730	15	15	15.2	15.2	0.67	1.33
740	14.8	13.6	14	14	0.68	2.94
750	12.3	12.3	12.5	12.5	0.81	1.63
760	11.5	11.2	11.8	11.8	1.74	5.36
770	10.8	10.1	10.5	10.5	1.85	3.96
780	9.7	9	8.7	8.7	2.06	3.33
790	8.4	8	7.7	7.7	2.38	3.75
800	7.3	7.1	6.9	6.9	1.37	2.82
810	6.5	6.2	6.1	6.1	1.54	1.61
820	5.8	5.4	5.7	5.6	1.72	3.70
830	3.5	4.5	3.3	4.6	5.71	2.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารทสวชนวิสาทรบการใชงานเพื่การศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใชประโยชน์ดานการคา

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.21 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NOAA-19 วันที่ 28 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		33591	ชื่อดาวเทียม	NOAA-19	พิกัดเริ่ม	AZ: 158° SSE
วันที่		28 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	19.03 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 72° ENE, EL: 59°
เวลาในการเคลื่อนที่		15.13 นาที	เวลาสิ้นสุด	19.18 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 354° N
เวลา (วินาที)	การคำนวณ		การทดลอง		error	
	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
840	2.1	3.8	2.1	3.7	0.00	2.63
850	1.9	3.1	1.9	3.1	0.00	0.00
860	1.5	2.4	1.5	2.4	0.00	0.00
870	1.2	2.2	1.2	2.2	00.00	0.00
880	0.9	1.9	0.9	1.9	0.00	0.00
890	0.5	1.7	0.2	1.7	60.00	0.00
900	359.9	1	359.3	1	0.17	0.00
910	357.2	0.4	357	0.4	0.06	0.00
913	354.3	0	354.2	0	0.03	0.00

จากตารางที่ 4.21 เป็นการแสดงการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NOAA-19 ซึ่งเป็นดาวเทียมทางการทหารของไทยที่โคจรผ่านเวียดนาม ซึ่งสามารถรับได้ในการวัดมุมกวาด และมุมเงยเปรียบเทียบกับผลการคำนวณการเคลื่อนที่ โดยที่ในฐานข้อมูลจะเริ่มการเคลื่อนที่ในเวลา 19.03 น. ซึ่งจะมีเวลาในการเคลื่อนที่เพียง 15 นาที แต่พอทำการทดลอง และเก็บผลใช้เวลาในการเคลื่อนที่จริง 15.13 นาที ซึ่งจะทำให้การวัดมุมกวาด และมุมเงยในวัดถัดไป โดยที่ดูจากข้อมูล Prediction 10 วัน ซึ่งจะนำมาเทียบกับฐานข้อมูลว่าถูกต้องหรือไม่ เวลาในการเคลื่อนที่ และทิศทางในการเริ่มต้น, จุดสูงสุด และจุดสิ้นสุดในการเคลื่อนที่ เพื่อจะนำมาทำการแจ้งเตือนในการเคลื่อนที่ โดยที่จะนำเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำไปรับค่า และนำค่ามาพล็อตกราฟได้ภายในระยะเวลา 5 วัน และได้มีการบันทึกผลของดาวเทียม NOAA-19 ในวันถัดไปดังตารางที่ 4.22

ตารางที่ 4.22 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NOAA-19 วันที่ 29 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		33591	ชื่อดาวเทียม	NOAA-19	พิกัดเริ่ม	AZ: 131° SE
วันที่		29 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	18.17 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 72° ENE, EL: 17°
เวลาในการเคลื่อนที่		12.20 นาที	เวลาสิ้นสุด	18.29 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 15° N
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
210	106.3	8.9	106	9.1	0.28	2.25
220	105.4	9.3	105	9.5	0.38	2.15
230	104.7	10.2	104.5	10.3	0.19	0.98
240	103.8	11.5	103.5	11.8	0.29	2.61
250	102.3	12.4	102	12.3	0.29	0.81
260	101.5	12.9	101.3	12.8	0.20	0.78
270	100.2	13.1	100.2	12.9	0.00	1.53
280	99.8	13.5	99.5	13.2	0.30	2.22
290	98.6	13.8	98.4	14	0.20	1.45
300	97.5	14.3	97.2	14.6	0.31	2.10
310	96.3	15.1	96	15.5	0.31	2.65
320	95.8	15.4	95.4	15.6	0.42	1.30
330	94.3	15.4	94.1	15.7	0.21	1.95
340	93.5	15.8	93.3	15.7	0.21	0.63
350	92.3	16.1	92.4	16.4	0.11	1.86
360	91.5	15.7	91.6	15.9	0.11	1.27
370	90.5	15.4	90.6	15.2	0.11	1.30
380	89.3	15.1	89.4	14.9	0.11	1.32
390	88.5	14.8	88.6	14.6	0.11	1.35
400	88.1	14.5	87.7	14.3	0.45	1.38
410	87.5	14.1	87.1	14.3	0.46	1.42

เอกสารนี้เป็นเอกสารทสวชนวิสาทรบการใชงานเพื่การศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตหนาไปใชประโยชน์ดานการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.22 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NOAA-19 วันที่ 29 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		33591	ชื่อดาวเทียม	NOAA-19	พิกัดเริ่ม	AZ: 131° SE
วันที่		29 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	18.17 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 72° ENE, EL: 17°
เวลาในการเคลื่อนที่		12.20 นาที	เวลาลิ้นสุด	18.29 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 15° N
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
420	87.1	13.8	86.7	13.9	0.46	0.72
430	86.5	13.6	86.1	13.7	0.46	0.74
440	86.1	13.4	85.7	13.7	0.46	2.24
450	85.6	13.2	85.2	13	0.47	1.52
460	85.1	12.9	84.7	12.8	0.47	0.78
470	84.3	12.5	83.9	12.4	0.47	0.80
480	84.1	12.1	83.7	11.9	0.48	1.65
490	83.5	11.8	83.2	11.7	0.36	0.85
500	82.6	11.5	82.3	11.3	0.36	1.74
510	81.5	11.2	81.2	11	0.37	1.79
520	80.3	10.8	80	10.7	0.37	0.93
540	79.8	10.2	79.5	10.3	0.38	0.98
550	76.8	9.8	76.3	9.7	0.65	1.02
560	74.5	9.4	74	9.2	0.67	2.13
570	71.6	8.9	71.1	8.7	0.70	2.25
580	70.2	8.4	69.7	8.6	0.71	2.38
590	66.9	8.1	66.5	7.9	0.60	2.47
600	65.8	7.6	65.4	7.5	0.61	1.32
610	61.4	7.4	61	7.2	0.65	2.70
620	59.5	6.8	59.1	6.7	0.67	1.47
630	57.2	6.5	56.8	6.3	0.70	3.08

เอกสารนี้เป็นเอกสารทสวชนวิสาทรบการใชงานเพื่การศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตหนาไปใชประโยชน์ดานการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.22 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NOAA-19 วันที่ 29 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		33591	ชื่อดาวเทียม	NOAA-19	พิกัดเริ่ม	AZ: 131° SE
วันที่		29 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	18.17 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 72° ENE, EL: 17°
เวลาในการเคลื่อนที่		12.20 นาที	เวลาสิ้นสุด	18.29 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 15° N
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
640	55.6	5.8	55	5.7	1.08	1.72
650	53.2	4.9	52.6	4.8	1.13	2.04
660	49.2	4.6	48.6	4.4	1.22	4.35
670	48.2	4.3	48.2	4.3	0.00	0.00
680	47.5	4.1	47.2	4	0.63	2.44
690	46.2	3.9	45.9	3.7	0.65	5.13
700	45.8	3.7	45.5	3.6	0.66	2.70
710	42.4	3.4	42.1	3.4	0.71	0.00
720	39.3	3.2	39	3.2	0.76	0.00
730	36.3	3	36.5	3	0.55	0.00
740	33.7	2.9	33.9	2.9	0.59	00.00
750	31.4	2.8	31.6	2.8	0.64	0.00
760	28.9	2.6	29.1	2.6	0.69	0.00
770	27.5	2.3	27.7	2.4	0.73	4.35
780	26.7	2.2	26.9	2.2	0.75	0.00
790	22.9	1.9	23.1	1.9	0.87	0.00
800	21.2	1.5	20.8	1.5	1.89	0.00
810	19.5	1.3	19.1	1.3	2.05	0.00
820	18.5	1.1	18.1	1.1	2.16	0.00
830	17.5	0.8	17.1	0.8	2.29	0.00
840	16.9	0.5	16.5	0.5	2.37	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารทงสวนวสทสทหบการสงงานเพอการศกษาแทนน ไมอนุญาตหนทาไปสงประสงชนดทานการคา

ไมวาทกรณใดทงทั้งส้น อกทงทหามใหัดดแปลงเนือหา และตองอางอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกคร้งที่มการนาไปใช้

ตารางที่ 4.22 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NOAA-19 วันที่ 29 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม	33591	ชื่อดาวเทียม	NOAA-19	พิกัดเริ่ม	AZ: 131° SE	
วันที่	29 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	18.17 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 72° ENE, EL: 17°	
เวลาในการเคลื่อนที่	12.20 นาที	เวลายสิ้นสุด	18.29 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 15° N	
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
850	16	0.2	16.4	0.2	2.50	0.00
860	15.5	0	15.2	0	1.94	0.00

จากตารางที่ 4.22 เป็นการแสดงการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NOAA-19 ซึ่งสามารถรับได้ในการวัดมุมกวาด และมุมเงยเปรียบเทียบกับค่าจากการเคลื่อนที่ โดยที่ในฐานข้อมูลจะเริ่มการเคลื่อนที่ในเวลา 18.17 น. ซึ่งจะมีเวลาในการเคลื่อนที่เพียง 12 นาที แต่พอทำการทดลอง และเก็บผลใช้เวลาในการเคลื่อนที่จริง 12.20 นาที ซึ่งจะทำให้การวัดมุมกวาด และมุมเงยในวัดถัดไป โดยที่ดูจากข้อมูล Prediction 10 วัน ซึ่งจะนำมาเทียบกับฐานข้อมูลว่าถูกต้องหรือไม่ เวลาในการเคลื่อนที่ และทิศทางในการเริ่มต้น, จุดสูงสุด และจุดสิ้นสุดในการเคลื่อนที่ เพื่อจะนำมาทำการแจ้งเตือนในการเคลื่อนที่ โดยที่จะนำเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำไปรับค่า และนำค่ามาพล็อตกราฟได้ภายในระยะเวลา 5 วัน และได้มีการบันทึกผลของดาวเทียม NOAA-19 ในวันถัดไปดังตารางที่ 4.23

ตารางที่ 4.23 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NOAA-19 วันที่ 30 มกราคม 2565

รหัสดาวเทียม		33591	ชื่อดาวเทียม	NOAA-19	พิกัดเริ่ม	AZ: 347° N
วันที่		30 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	08.44 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 288° WNW, EL: 18°
เวลาในการเคลื่อนที่		13.15 นาที	เวลาสิ้นสุด	08.57 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ:229° SW
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
0	347	0	347.2	0	0.06	0.00
10	346.5	0.2	346.1	0.2	0.12	0.00
20	345.7	0.5	345.9	0.5	0.06	0.00
30	344.9	0.9	344.5	0.9	0.12	0.00
40	343.8	1.1	343.6	1.1	0.06	0.00
50	342.5	1.5	342.3	1.5	0.06	0.00
60	341.7	1.8	341.5	1.8	0.06	0.00
70	340	2	339.8	2	0.06	0.00
80	339.5	2.4	339.7	2.3	0.06	4.17
90	338.4	2.8	338.2	2.9	0.06	3.57
100	337.5	3.1	337.2	3.1	0.09	0.00
110	336	3.5	335.8	3.4	0.06	2.86
120	336.8	4.2	336.5	4.3	0.09	2.38
130	336.4	4.9	336.3	5	0.03	2.04
140	335	5.3	335.2	5.4	0.06	1.89
150	334.8	6.1	334.5	6.2	0.09	1.64
160	334.6	6.8	334.5	6.9	0.03	1.47
170	333.4	7.2	333.1	7.3	0.09	1.39
180	332.8	7.6	332.5	7.8	0.09	2.63
190	332.2	8.2	331.9	8.3	0.09	1.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.23 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NOAA-19 วันที่ 30 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		33591	ชื่อดาวเทียม	NOAA-19	พิกัดเริ่ม	AZ: 347° N
วันที่		30 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	08.44 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 288° WNW, EL: 18°
เวลาในการเคลื่อนที่		13.15 นาที	เวลาสิ้นสุด	08.57 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ:229° SW
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
200	331.6	8.5	331.3	8.6	0.09	1.18
210	331.2	8.9	330.9	9.1	0.09	2.25
220	330.7	9.3	330.8	9.5	0.03	2.15
230	330.3	10.2	330.4	10.3	0.03	0.98
240	329.9	11.5	330	11.9	0.03	3.48
250	329.4	12.4	329.5	12.3	0.03	0.81
260	329.1	12.9	329.2	12.8	0.03	0.78
270	328.8	13.1	328.9	12.9	0.03	1.53
280	328.5	13.5	328.3	13.2	0.06	2.22
290	328.3	13.8	328.1	14	0.06	1.45
300	328.1	14.3	327.9	14.6	0.06	2.10
310	327.8	15.1	327.6	15.5	0.06	2.65
320	327.6	15.4	327.4	15.6	0.06	1.30
330	327.4	15.4	327.6	15.7	0.06	1.95
340	327.2	15.8	327.4	15.7	0.06	0.63
350	326.5	16.1	326.8	16.4	0.09	1.86
360	325.2	16.3	325.3	16.5	0.03	1.23
370	324.2	16.5	324.5	16.6	0.09	0.61
380	323.5	16.8	323.6	16.9	0.03	0.60
390	323.1	17.2	323.2	17.2	0.03	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.23 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NOAA-19 วันที่ 30 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		33591	ชื่อดาวเทียม	NOAA-19	พิกัดเริ่ม	AZ: 347° N
วันที่		30 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	08.44 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 288° WNW, EL: 18°
เวลาในการเคลื่อนที่		13.15 นาที	เวลาสิ้นสุด	08.57 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ:229° SW
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
400	322.2	17.5	322.5	17.6	0.09	0.57
410	321.5	17.8	322	17.9	0.16	0.56
420	320.5	18.1	321	18.3	0.16	1.10
430	320	18.3	320.5	18.5	0.16	1.09
440	319.7	18.6	319.6	18.5	0.03	0.54
450	319.1	18.1	319.3	17.9	0.06	1.10
460	318.9	17.9	319	17.6	0.03	1.68
470	318.5	17.5	318.6	17.3	0.03	1.14
480	317.8	16.9	317.7	17.1	0.03	1.18
490	317.2	16.5	317.3	16.7	0.03	1.21
500	316.9	16.1	317	15.9	0.03	1.24
510	316.5	15.7	316.6	15.9	0.03	1.27
520	316.2	15.3	316.4	15.4	0.06	0.65
530	316	15.1	316.2	15.3	0.06	1.32
540	320.5	18.1	321	18.3	0.16	1.10
550	320	18.3	320.5	18.5	0.16	1.09
560	315.8	14.7	315.5	14.6	0.06	0.68
570	315.6	14.2	314.5	14.3	0.06	0.70
580	315.3	13.8	314.2	13.7	0.06	0.72
590	315	13.3	313.9	12.8	0.16	3.76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.23 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NOAA-19 วันที่ 30 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		33591	ชื่อดาวเทียม	NOAA-19	พิกัดเริ่ม	AZ: 347° N
วันที่		30 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	08.44 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 288° WNW, EL: 18°
เวลาในการเคลื่อนที่		13.15 นาที	เวลาสิ้นสุด	08.57 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ:229° SW
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
600	314.7	12.5	313.5	12.5	0.16	0.00
610	314.4	12.1	312.8	11.7	0.16	3.31
620	314	11.9	312.7	11.4	0.16	4.20
630	313.3	11.5	312.3	11.1	0.16	3.48
640	313.2	10.9	311.8	10.8	0.16	0.92
650	312.8	10.2	311.2	10	0.16	1.96
660	312.3	9.2	310.6	9.3	0.16	1.09
670	311.7	7.5	310.6	7.8	0.16	4.00
680	311.1	6.3	310.4	6.1	0.16	3.17
690	309.8	4.6	309.4	4.5	0.13	2.17
700	309	4.1	308.6	4	0.13	2.44
710	308.1	3.9	307.7	3.8	0.13	2.56
720	307.2	3.3	306.8	3.4	0.13	3.03
730	306.8	2.9	306.9	2.8	0.03	3.45
740	306.1	2.5	305.7	2.5	0.13	0.00
750	305.2	2.1	305.6	2.1	0.13	0.00
760	304.8	1.5	304.4	1.5	0.13	0.00
770	303.4	1.2	303	1.2	0.13	0.00
780	302.2	0.9	302.5	0.9	0.10	0.00
790	301.7	0.5	301.3	0.5	0.13	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.23 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NOAA-19 วันที่ 30 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม	33591	ชื่อดาวเทียม	NOAA-19	พิกัดเริ่ม	AZ: 347° N	
วันที่	30 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	08.44 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 288° WNW, EL: 18°	
เวลาในการเคลื่อนที่	13.15 นาที	เวลาสิ้นสุด	08.57 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ:229° SW	
เวลา (วินาที)	การคำนวณ		การทดลอง		error	
	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
795	299.8	0	299.4	0	0.13	0.00

จากตารางที่ 4.23 เป็นการแสดงการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NOAA-19 ซึ่งสามารถรับได้ในการวัดมุมกวาด และมุมเงยเปรียบเทียบกับผลการคำนวณการเคลื่อนที่ โดยที่ในฐานข้อมูลจะเริ่มการเคลื่อนที่ในเวลา 08.44 น. ซึ่งจะมีเวลาในการเคลื่อนที่เพียง 13 นาที แต่พอทำการทดลอง และเก็บผลใช้เวลาในการเคลื่อนที่จริง 13.15 นาที ซึ่งจะทำให้การวัดมุมกวาด และมุมเงยในวัดถัดไป โดยที่ดูจากข้อมูล Prediction 10 วัน ซึ่งจะนำมาเทียบกับฐานข้อมูลว่าถูกต้องหรือไม่ เวลาในการเคลื่อนที่ และทิศทางในการเริ่มต้น, จุดสูงสุด และจุดสิ้นสุดในการเคลื่อนที่ เพื่อจะนำมาทำการแจ้งเตือนในการเคลื่อนที่ โดยที่จะนำเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำไปปรับค่า และนำค่ามาพล็อตกราฟได้ภายในระยะเวลา 5 วัน พร้อมทั้งตรวจสอบค่าที่ได้จากเซนเซอร์ และนำมาเทียบกับฐานข้อมูล โดยต่อมาได้มีการวัดค่าจากการเคลื่อนที่ของดาวเทียม JAISAT 1 ภายในช่วงวันเดียวกัน ซึ่งจะมีค่าดังตารางที่ 4.24

ตารางที่ 4.24 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม JAISAT 1 วันที่ 26 มกราคม 2565

รหัสดาวเทียม		44419	ชื่อดาวเทียม	JAISAT 1	พิกัดเริ่ม	AZ: 24° NNE
วันที่		26 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	03.03 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 100° E, EL: 34°
เวลาในการเคลื่อนที่		11.22 นาที	เวลาสิ้นสุด	03.14 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 174° S
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
0	24.2	0	24.1	0	0.41	0.00
10	24.9	0.2	24.7	0.2	0.80	0.00
20	26.7	0.5	26.5	0.5	0.75	0.00
30	28.9	0.9	28.7	0.9	0.69	0.00
40	31.4	1.1	31.1	1.1	0.96	0.00
50	33.7	1.4	33.4	1.4	0.89	0.00
60	36.3	1.5	36	1.5	0.83	0.00
70	39.3	1.9	39	1.9	0.76	0.00
80	42.4	2.1	42.1	2.1	0.71	0.00
90	45.8	2.4	45.5	2.5	0.66	4.17
100	49.3	2.9	48.7	2.8	1.22	3.45
110	53.2	3	53.5	3.1	0.56	3.33
120	57.2	3.5	57	3.4	0.35	2.86
130	61.4	3.7	65.6	3.6	6.84	2.70
140	65.8	4.4	64.5	4.3	1.98	2.27
150	70.2	5	70.2	4.9	0.00	2.00
160	74.8	5.7	74.6	5.6	0.27	1.75
170	79.3	6.4	78.3	6.2	1.26	3.13
180	83.8	7.1	82.1	6.9	2.03	2.82
190	88.1	7.8	88	7.5	0.11	3.85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.24 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม JAISAT 1 วันที่ 26 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		44419	ชื่อดาวเทียม	JAISAT 1	พิกัดเริ่ม	AZ: 24° NNE
วันที่		26 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	03.03 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 100° E, EL: 34°
เวลาในการเคลื่อนที่		11.22 นาที	เวลาสิ้นสุด	03.14 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 174° S
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
200	92.3	8	92.3	8.2	0.00	2.50
210	96.4	8.6	96	8.4	0.41	2.33
220	100.2	9.2	99.3	9.3	0.90	1.09
230	103.8	9.4	102.5	9.5	1.25	1.06
240	107.5	10.2	107.3	10	0.19	1.96
250	110.3	11	117.3	10.5	6.35	4.55
260	113.5	11.8	111.2	11.3	2.03	4.24
270	120.7	12.2	120.5	12.1	0.17	0.82
280	122.8	12.7	122.6	12.5	0.16	1.57
290	124.8	12.9	124.3	13.2	0.40	2.33
300	129.9	13.3	131	13.5	0.85	1.50
310	131.4	13.6	131	13.4	0.30	1.47
320	132.7	13.9	132.5	14.1	0.15	1.44
330	134	14.3	133.9	14.3	0.07	0.00
340	135.2	14.5	134.7	14.4	0.37	0.69
350	136.3	14.9	136.5	15.2	0.15	2.01
360	137.3	15.4	137	15.4	0.22	0.00
370	138.3	15.9	137.9	16.1	0.29	1.26
380	139.1	16.9	138.2	17.1	0.65	1.18
390	140.1	17.4	140.7	17.3	0.43	0.57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.24 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม JAISAT 1 วันที่ 26 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		44419	ชื่อดาวเทียม	JAISAT 1	พิกัดเริ่ม	AZ: 24° NNE
วันที่		26 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	03.03 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 100° E, EL: 34°
เวลาในการเคลื่อนที่		11.22 นาที	เวลาสิ้นสุด	03.14 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 174° S
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
400	140.9	18.4	141.4	18.4	0.35	0.00
410	141.7	19.1	142.2	19	0.35	0.52
420	142.4	19.6	142.9	19.9	0.35	1.53
430	143.1	20.3	143.5	20.5	0.28	0.99
440	143.8	21.5	144.2	21.6	0.28	0.47
450	144.4	22.1	144.7	22.3	0.21	0.90
460	145	22.5	145.4	22.9	0.28	1.78
470	145.5	23.5	145.8	23.4	0.21	0.43
480	146.1	24.1	146.3	24.1	0.14	0.00
490	146.6	24.2	146.9	24.3	0.20	0.41
500	147	23.5	147.3	23.4	0.20	0.43
510	147.5	22.5	147.7	22.9	0.14	1.78
520	148	22.1	149.4	22.3	0.95	0.90
530	148.4	21.5	151.4	21.6	2.02	0.47
540	150	20.3	150.2	20.5	0.13	0.99
550	153.2	19.5	153.2	19.4	0.00	0.51
560	155.7	18	155.5	18.2	0.13	1.11
570	158.8	17.5	158.8	17.4	0.00	0.57
580	160.6	16.5	160.3	16.8	0.19	1.82
590	164.3	15.4	164.2	15.2	0.06	1.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.24 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม JAISAT 1 วันที่ 26 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		44419	ชื่อดาวเทียม	JAISAT 1	พิกัดเริ่ม	AZ: 24° NNE
วันที่		26 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	03.03 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 100° E, EL: 34°
เวลาในการเคลื่อนที่		11.22 นาที	เวลาสิ้นสุด	03.14 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 174° S
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
795	299.8	0	299.4	0	0.13	0.00
600	165.1	13.5	165.2	13.5	0.06	0.00
610	165.4	11.5	165.3	11.2	0.06	2.61
620	166.2	8.5	166.2	8.6	0.00	1.18
630	167.7	6.9	167.6	6.8	0.06	1.45
640	169.8	4.5	169.7	4.5	0.06	0.00
650	170.2	3.3	170.3	3.3	0.06	0.00
660	171.1	3.0	171.2	3.0	0.23	0.00
670	171.3	2.9	171.4	2.8	0.12	0.00
680	171.5	2.8	171.9	2.8	0.23	0.00
682	172.3	1.2	172.5	1.2	0.12	0.00

จากตารางที่ 4.24 เป็นการแสดงการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม JAISAT 1 ซึ่งเป็นดาวเทียมทางการทหารของไทยที่โคจรผ่านเวียดนาม ซึ่งสามารถรับได้ในการวัดมุมกวาด และมุมเงยเปรียบเทียบกับผลการคำนวณการเคลื่อนที่ โดยที่ในฐานข้อมูลจะเริ่มการเคลื่อนที่ในเวลา 03.03 น. ซึ่งจะมีเวลาในการเคลื่อนที่เพียง 11 นาที แต่พอทำการทดลอง และเก็บผลใช้เวลาในการเคลื่อนที่จริง 11.22 นาที ซึ่งจะทำให้การวัดมุมกวาด และมุมเงยในวัดถัดไป โดยที่ดูจากข้อมูล Prediction 10 วัน ซึ่งจะนำมาเทียบกับฐานข้อมูลว่าถูกต้องหรือไม่ เวลาในการเคลื่อนที่ และทิศทางในการเริ่มต้น, จุดสูงสุด และจุดสิ้นสุดในการเคลื่อนที่ เพื่อจะนำมาทำการแจ้งเตือนในการเคลื่อนที่ โดยที่จะนำเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำไปปรับค่า และนำค่ามาพล็อตกราฟ

ได้ภายในระยะเวลา 5 วัน และได้มีการบันทึกผลของดาวเทียม JAISAT 1 ในวันถัดไปดังตารางที่ 4.25

ตารางที่ 4.25 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม JAISAT 1 วันที่ 27 มกราคม 2565

รหัสดาวเทียม		44419	ชื่อดาวเทียม	JAISAT 1	พิกัดเริ่ม	AZ: 355° N
วันที่		27 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	03.58 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 284° W, EL: 28°
เวลาในการเคลื่อนที่		11.42 นาที	เวลาสิ้นสุด	04.09 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 213° SW
เวลา (วินาที)	การคำนวณ		การทดลอง		error	
	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
0	354.8	0	355.1	0	0.08	0.00
10	353	0.2	352.7	0.2	0.08	0.00
20	352.8	0.9	352.7	0.9	0.03	0.00
30	352.7	1.2	352.4	1.2	0.09	0.00
40	351.8	1.5	351.7	1.5	0.03	0.00
50	351.3	2.4	351.7	2.5	0.11	4.17
60	350.2	3.2	350.6	3.3	0.11	3.12
70	349.4	4.2	349.8	4.3	0.11	2.38
80	348.8	5.2	348.7	5.4	0.03	3.85
90	348.2	6.8	348.4	6.9	0.06	1.47
100	347.8	7.2	347.5	7.3	0.09	1.39
110	346.5	8.5	346.2	8.6	0.09	1.18
120	345.4	9.1	345.8	9.3	0.12	2.20
130	344.8	10.5	344.9	10.4	0.03	0.95
140	344.2	12.3	344.5	12.5	0.09	1.63
150	343.2	13.5	343.6	13.6	0.12	0.74
160	342.8	14.5	342.5	14.6	0.09	0.69
170	342.3	15.3	342.6	15.5	0.09	1.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.25 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม JAISAT 1 วันที่ 27 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		44419	ชื่อดาวเทียม	JAISAT 1	พิกัดเริ่ม	AZ: 355° N
วันที่		27 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	03.58 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 284° W, EL: 28°
เวลาในการเคลื่อนที่		11.42 นาที	เวลาสิ้นสุด	04.09 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 213° SW
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
180	341	16.9	340.7	16.7	0.09	1.18
190	340.2	17	340.8	17.2	0.18	1.18
200	338.7	19.5	338.8	19.6	0.03	0.51
210	337.5	20.3	337.5	20.5	0.00	0.99
220	336.3	21.5	336.4	21.6	0.03	0.47
230	333.8	23.4	333.9	23.5	0.03	0.43
240	331.2	24.5	331.3	24.9	0.03	1.63
250	328.5	25.6	328.6	25.9	0.03	1.17
260	327.5	27.2	327.4	27.3	0.03	0.37
270	326.2	29.1	326.4	29.3	0.06	0.69
280	325.8	28.4	325.5	28.6	0.09	0.70
290	324.5	27.9	324.3	27.5	0.06	1.43
300	323	27.2	323.2	27.3	0.06	0.37
310	322.2	26.8	322.5	26.7	0.09	0.37
320	321.5	26.1	321.3	25.9	0.06	0.77
330	319.5	25.8	319.4	25.6	0.03	0.78
340	318.3	25.6	318.3	25.1	0.00	1.95
350	317.5	24.2	317.8	24.6	0.09	1.65
360	317.3	23.8	317.5	23.5	0.06	1.26
370	316.8	22.4	316.8	22.6	0.00	0.89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.25 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม JAISAT 1 วันที่ 27 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		44419	ชื่อดาวเทียม	JAISAT 1	พิกัดเริ่ม	AZ: 355° N
วันที่		27 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	03.58 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 284° W, EL: 28°
เวลาในการเคลื่อนที่		11.42 นาที	เวลาสิ้นสุด	04.09 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 213° SW
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
380	316.3	21.5	316.3	21.6	0.00	0.47
390	315.8	20.8	315.6	20.9	0.06	0.48
400	314.4	20.4	314.6	20.3	0.06	0.49
410	313.5	19.5	313.5	19.6	0.00	0.51
420	312.5	18.9	312.8	18.7	0.10	1.06
430	311.6	18.6	311.7	18.5	0.03	0.54
440	311.5	18.4	311.3	18.2	0.06	1.09
450	310.9	17.9	310.8	17.8	0.03	0.56
460	308.5	17.6	308.5	17.5	0.00	0.57
470	307.6	17.4	307.6	17.2	0.00	1.15
480	305.1	17.1	304.6	16.8	0.16	1.75
490	304.3	16.4	304.5	16.5	0.07	0.61
500	303.8	16.1	303.9	15.9	0.03	1.24
510	303.5	15.8	303.4	15.6	0.03	1.27
520	302.8	15.7	302.5	15.7	0.10	0.00
530	302.5	15.3	302.4	15.5	0.03	1.31
540	302.3	14.9	302.1	14.8	0.07	0.67
550	301.8	14.6	301.7	14.7	0.03	0.68
560	301.4	14.2	301.5	14.5	0.03	2.11
570	300	13.9	299.7	13.5	0.10	2.88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.25 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม JAISAT 1 วันที่ 27 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		44419	ชื่อดาวเทียม	JAISAT 1	พิกัดเริ่ม	AZ: 355° N
วันที่		27 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	03.58 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 284° W, EL: 28°
เวลาในการเคลื่อนที่		11.42 นาที	เวลาสิ้นสุด	04.09 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 213° SW
เวลา (วินาที)	การคำนวณ		การทดลอง		error	
	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
580	298.6	12.5	298.3	12.7	0.10	1.60
590	297.2	11.9	296.9	11.8	0.10	0.84
600	294.6	10.8	294.3	10.6	0.10	1.85
610	292	9.1	291.7	9.3	0.10	2.20
620	289.4	8.5	289.3	8.6	0.03	1.18
630	287	7.2	287.3	7.9	0.10	9.72
640	285.6	6.8	285.3	6.9	0.11	1.47
650	284.3	5.2	284.6	5.4	0.11	3.85
660	282.1	4.2	282.4	4.3	0.11	2.38
670	281.9	3.2	281.8	3.5	0.04	9.37
680	280.9	2.4	280.7	2.5	0.07	4.17
690	279.2	1.2	279.8	1.2	0.21	0.00
700	278.5	0.8	278.6	0.8	0.04	0.00
702	275	0	274.5	0	0.18	0.00

จากตารางที่ 4.25 เป็นการแสดงการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม JAISAT 1 ซึ่งสามารถรับได้ในการวัดมุมกวาด และมุมเงยเปรียบเทียบกับการคำนวณการเคลื่อนที่ โดยที่ในฐานข้อมูลจะเริ่มการเคลื่อนที่ในเวลา 03.58 น. ซึ่งจะมีเวลาในการเคลื่อนที่เพียง 11 นาที แต่พอทำการทดลอง และเก็บผลใช้เวลาในการเคลื่อนที่จริง 11.42 นาที ซึ่งจะทำให้การวัดมุมกวาด และมุมเงยในวัดถัดไป โดยที่ดูจากข้อมูล Prediction 10 วัน ซึ่งจะนำมาเทียบกับฐานข้อมูลว่าถูกต้องหรือไม่ เวลาในการเคลื่อนที่ และทิศทางในการเริ่มต้น, จุดสูงสุด และจุดสิ้นสุดในการเคลื่อนที่ เพื่อจะนำมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการแจ้งเตือนในการเคลื่อนที่ โดยที่จะนำเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำไปปรับค่า และนำค่ามาพล็อตกราฟได้ภายในระยะเวลา 5 วัน และได้มีการบันทึกผลของดาวเทียม JAISAT 1 ในวันถัดไปดังตารางที่ 4.26

ตารางที่ 4.26 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม JAISAT 1 วันที่ 28 มกราคม 2565

รหัสดาวเทียม		44419	ชื่อดาวเทียม	JAISAT 1	พิกัดเริ่ม	AZ: 8° N
วันที่		28 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	03.34 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 285° W, EL: 71°
เวลาในการเคลื่อนที่		11.10 นาที	เวลาสิ้นสุด	03.45 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 196° SSW
เวลา (วินาที)	การคำนวณ		การทดลอง		error	
	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
0	8	0	8	0	0.00	0.00
10	7.8	0.2	7.9	0.2	1.28	0.00
20	7.5	0.9	7.6	0.9	1.33	0.00
30	7.3	1.2	7.4	1.2	1.37	0.00
40	7.1	1.5	7	1.5	1.41	0.00
50	6.5	2.4	6.6	2.5	1.54	4.17
60	6.3	3.2	6.4	3.3	1.59	3.12
70	5.8	4.2	5.7	4.3	1.72	2.38
80	5.5	5.2	5.4	5.4	1.82	3.85
90	5	6.8	5.2	6.9	4.00	1.47
100	4.2	7.2	4.1	7.3	2.38	1.39
110	3.5	8.5	3.4	8.6	2.86	1.18
120	2.5	9.1	2.4	9.3	4.00	2.20
130	2.2	10.5	2.2	10.4	0.00	0.95
140	1.8	12.3	1.8	12.5	0.00	1.63
150	1.5	13.5	1.5	13.6	0.00	0.74
160	0.8	14.5	0.8	14.6	0.00	0.69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.26 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม JAISAT 1 วันที่ 28 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		44419	ชื่อดาวเทียม	JAISAT 1	พิกัดเริ่ม	AZ: 8° N
วันที่		28 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	03.34 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 285° W, EL: 71°
เวลาในการเคลื่อนที่		11.10 นาที	เวลาสิ้นสุด	03.45 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 196° SSW
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
170	0.6	15.3	0.6	15.5	0.00	1.31
180	0.2	16.9	0.2	16.7	0.00	1.18
190	359.4	17	359.7	17.2	0.08	1.18
200	357.9	19.5	358.2	19.6	0.08	0.51
210	356.4	20.3	356.7	20.5	0.08	0.99
220	354.8	21.5	355.1	21.6	0.08	0.47
230	353	23.4	352.7	23.5	0.08	0.43
240	351.3	24.5	351.7	24.9	0.11	1.63
250	349.4	25.6	349.8	25.9	0.11	1.17
260	347.4	27.2	347.8	27.3	0.12	0.37
270	345.4	29.1	345.8	29.3	0.12	0.69
280	343.2	30.2	343.6	30.5	0.12	0.99
290	341	33.3	340.7	33.4	0.09	0.30
300	338.7	36.5	338.8	36.9	0.03	1.10
310	336.3	37.5	336.4	37.3	0.03	0.53
320	333.8	38.5	333.9	38.7	0.03	0.52
330	331.2	39.4	331.3	39.3	0.03	0.25
340	328.5	40.1	328.6	40.3	0.03	0.50
350	325.8	43.2	325.5	43.9	0.09	1.62
360	323	45.3	323.2	45.9	0.06	1.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.26 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม JAISAT 1 วันที่ 28 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		44419	ชื่อดาวเทียม	JAISAT 1	พิกัดเริ่ม	AZ: 8° N
วันที่		28 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	03.34 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 285° W, EL: 71°
เวลาในการเคลื่อนที่		11.10 นาที	เวลาสิ้นสุด	03.45 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 196° SSW
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
370	317.3	46.5	317.5	46.2	0.06	0.65
380	314.4	47.5	314.6	47.9	0.06	0.84
390	311.5	48.5	311.7	48.2	0.06	0.62
400	308.3	52.3	308.3	52.4	0.00	0.19
410	305.1	55.9	304.6	55.9	0.16	0.00
420	289.4	55.4	289.3	55.1	0.03	0.54
430	282.3	52.1	282.6	52	0.11	0.19
460	278.1	47.2	278.4	47.8	0.11	1.27
470	272.3	43.1	272.6	42.9	0.11	0.46
480	272.3	39	272.6	38.7	0.11	0.77
490	270.6	37.5	270.9	37.1	0.11	1.07
500	268.9	29.1	269.2	29.3	0.11	0.69
510	264.4	27.2	264.6	27.3	0.08	0.37
520	263	25.6	263.2	25.9	0.08	1.17
530	261.7	19.5	261.9	19.6	0.08	0.51
540	260.5	15.3	260.7	15.5	0.08	1.31
550	258.3	14.5	257.9	14.6	0.15	0.69
560	256.3	13.5	255.9	13.9	0.16	2.96
570	255.1	9.1	254.7	9.3	0.16	2.20
580	254.8	8.5	254.4	8.6	0.16	1.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.26 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม JAISAT 1 วันที่ 28 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		44419	ชื่อดาวเทียม	JAISAT 1	พิกัดเริ่ม	AZ: 8° N
วันที่		28 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	03.34 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 285° W, EL: 71°
เวลาในการเคลื่อนที่		11.10 นาที	เวลาสิ้นสุด	03.45 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 196° SSW
เวลา (วินาที)	การคำนวณ		การทดลอง		error	
	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
590	253.5	7.2	253.1	7.9	0.16	9.72
600	252.8	6.8	252.4	6.9	0.16	1.47
610	251.3	5.2	250.9	5.4	0.16	3.85
620	250.1	4.2	249.9	4.3	0.08	2.38
630	249.4	3.2	249.2	3.5	0.08	9.37
640	237.5	2.4	237.3	2.5	0.08	4.17
650	225.3	1.2	225.1	1.2	0.09	0.00
660	213.9	0.8	213.7	0.8	0.09	0.00
670	195.6	0	195.4	0	0.10	0.00

จากตารางที่ 4.26 เป็นการแสดงการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม JAISAT 1 ซึ่งสามารถรับได้ในการวัดมุมกวาด และมุมเงยเปรียบเทียบกับการคำนวณการเคลื่อนที่ โดยที่ในฐานข้อมูลจะเริ่มการเคลื่อนที่ในเวลา 03.34 น. ซึ่งจะมีเวลาในการเคลื่อนที่เพียง 11 นาที แต่พอทำการทดลอง และเก็บผลใช้เวลาในการเคลื่อนที่จริง 11.10 นาที ซึ่งจะทำให้การวัดมุมกวาด และมุมเงยในวัดถัดไป โดยที่ดูจากข้อมูล Prediction 10 วัน ซึ่งจะนำมาเทียบกับฐานข้อมูลว่าถูกต้องหรือไม่ เวลาในการเคลื่อนที่ และทิศทางในการเริ่มต้น, จุดสูงสุด และจุดสิ้นสุดในการเคลื่อนที่ เพื่อจะนำมาทำการแจ้งเตือนในการเคลื่อนที่ โดยที่จะนำเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำไปปรับค่า และนำค่ามาพล็อตกราฟได้ภายในระยะเวลา 5 วัน และได้มีการบันทึกผลของดาวเทียม JAISAT 1 ในวันถัดไปดังตารางที่ 4.27

ตารางที่ 4.27 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม JAISAT 1 วันที่ 29 มกราคม 2565

รหัสดาวเทียม		44419	ชื่อดาวเทียม	JAISAT 1	พิกัดเริ่ม	AZ: 39° NE
วันที่		29 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	02.39 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 98° E, EL: 15°
เวลาในการเคลื่อนที่		10.12 นาที	เวลาสิ้นสุด	02.49 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 157° SSE
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
0	39.3	0	39	0	0.76	0.00
10	42.4	0.2	42.1	0.2	0.71	0.00
20	43.5	0.9	43.8	0.9	0.69	0.00
30	45.8	1.2	45.5	1.2	0.66	0.00
40	49.3	1.5	48.7	1.5	1.22	0.00
50	53.2	1.9	53.5	1.8	0.56	5.26
60	57.2	2.4	57	2.5	0.35	4.17
70	61.4	2.9	62.5	3	1.79	3.45
80	65.8	3.2	64.5	3.3	1.98	3.12
90	70.2	4.2	70.2	4.3	0.00	2.38
100	74.8	5.2	74.6	5.4	0.27	3.85
110	79.3	5.7	78.3	5.5	1.26	3.51
120	83.8	6.3	82.1	6.4	2.03	1.59
130	88.1	6.8	88	6.9	0.11	1.47
140	92.3	7.2	92.3	7.3	0.00	1.39
150	96.4	8.5	96	8.6	0.41	1.18
160	100.2	9.1	99.3	9.3	0.90	2.20
170	103.8	10.5	102.5	10.4	1.25	0.95
180	107.5	12.3	107.3	12.5	0.19	1.63
190	110.3	13.5	110.2	13.6	0.09	0.74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.27 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม JAISAT 1 วันที่ 29 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		44419	ชื่อดาวเทียม	JAISAT 1	พิกัดเริ่ม	AZ: 39° NE
วันที่		29 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	02.39 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 98° E, EL: 15°
เวลาในการเคลื่อนที่		10.12 นาที	เวลาสิ้นสุด	02.49 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 157° SSE
เวลา	การคำนวณ		การทดลอง		error	
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
200	113.5	14.5	111.2	14.6	2.03	0.69
210	120.7	15.3	120.5	15.5	0.17	1.31
220	121.2	15.6	121.4	15.8	0.17	1.28
230	122.5	15.4	122.6	15.7	0.08	1.95
240	123.5	15.1	123.5	14.9	0.00	1.32
250	124.8	14.9	124.3	14.7	0.40	1.34
260	129.9	14.6	131	14.4	0.85	1.37
270	131.4	13.7	131	13.9	0.30	1.46
280	132.7	13.5	132.5	13.2	0.15	2.22
290	134	13	133.9	12.8	0.07	1.54
300	135.2	12.7	134.7	12.5	0.37	1.57
310	136.3	12.5	136.5	12.4	0.15	0.80
320	137.3	12.2	137	12.1	0.22	0.82
330	138.3	11.8	137.9	11.9	0.29	0.85
340	139.1	11.6	138.2	11.7	0.65	0.86
350	140.1	11.3	140.7	11.2	0.43	0.88
360	140.9	11	141.4	10.9	0.35	0.91
370	141.7	10.8	142.2	10.7	0.35	0.93
380	142.4	10.6	142.9	10.4	0.35	1.89
390	143.1	10.3	143.5	10.2	0.28	0.97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.27 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม JAISAT 1 วันที่ 29 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		44419		ชื่อดาวเทียม		JAISAT 1		พิกัดเริ่ม		AZ: 39° NE	
วันที่		29 มกราคม 2565		เวลาเริ่มต้น		02.39 น.		พิกัดสูงสุด		AZ: 98° E, EL: 15°	
เวลาในการเคลื่อนที่		10.12 นาที		เวลาสิ้นสุด		02.49 น.		พิกัดสุดท้าย		AZ: 157° SSE	
เวลา	การคำนวณ			การทดลอง				error			
(วินาที)	มุมกวาด		มุมเงย	มุมกวาด		มุมเงย		มุมกวาด		มุมเงย	
400	143.8		9.8	144.2		9.5		0.28		3.06	
410	144.4		8.6	144.7		8.4		0.21		2.33	
420	145		8.7	145.4		8.5		0.28		145	
430	145.5		8.3	145.8		8.2		0.21		145.5	
460	146.1		7.8	146.3		7.6		0.14		146.1	
470	146.6		7.5	146.9		7.4		0.20		146.6	
480	147		6.9	147.3		6.7		0.20		147	
490	147.5		6.5	147.7		6.4		0.14		147.5	
500	148		6.2	148.7		6.1		0.47		148	
510	148.4		5.8	148.9		5.7		0.34		148.4	
520	149.3		5.5	149.8		5.4		0.33		149.3	
530	150		5.3	150.2		5.1		0.13		150	
540	151.2		4.9	151.3		4.5		0.07		151.2	
550	151.8		4.6	151.9		4.5		0.07		151.8	
560	152.2		4.3	152.6		4.2		0.26		152.2	
570	152.8		3.8	153		3.7		0.13		152.8	
580	155.1		2.8	155.3		2.9		0.13		3.57	
590	155.7		2.2	155.5		2.2		0.13		0.00	
600	156.8		1.6	156.9		1.6		0.06		0.00	
610	157.2		1.2	157.6		1.2		0.25		0.00	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.27 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม JAISAT 1 วันที่ 29 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม	44419	ชื่อดาวเทียม	JAISAT 1	พิกัดเริ่ม	AZ: 39° NE	
วันที่	29 มกราคม 2565	เวลาเริ่มต้น	02.39 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 98° E, EL: 15°	
เวลาในการเคลื่อนที่	10.12 นาที	เวลาสิ้นสุด	02.49 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 157° SSE	
เวลา (วินาที)	การคำนวณ		การทดลอง		error	
	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย
612	158.8	0	158.8	0	0.00	0.00

จากตารางที่ 4.27 เป็นการแสดงการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม JAISAT 1 ซึ่งสามารถรับได้ในการวัดมุมกวาด และมุมเงยเปรียบเทียบกับผลการคำนวณการเคลื่อนที่ โดยที่ในฐานข้อมูลจะเริ่มการเคลื่อนที่ในเวลา 02.39 น. ซึ่งจะมีเวลาในการเคลื่อนที่เพียง 10 นาที แต่พอทำการทดลอง และเก็บผลใช้เวลาในการเคลื่อนที่จริง 10.12 นาที ซึ่งจะทำให้การวัดมุมกวาด และมุมเงยในวัดถัดไป โดยที่ดูจากข้อมูล Prediction 10 วัน ซึ่งจะนำมาเทียบกับฐานข้อมูลว่าถูกต้องหรือไม่ เวลาในการเคลื่อนที่ และทิศทางในการเริ่มต้น, จุดสูงสุด และจุดสิ้นสุดในการเคลื่อนที่ เพื่อจะนำมาทำการแจ้งเตือนในการเคลื่อนที่ โดยที่จะนำเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำไปปรับค่า และนำค่ามาพล็อตกราฟได้ภายในระยะเวลา 5 วัน และได้มีการบันทึกผลของดาวเทียม JAISAT 1 ในวันถัดไปดังตารางที่ 4.28

ตารางที่ 4.28 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม JAISAT 1 วันที่ 30 มกราคม 2565

รหัสดาวเทียม		44419		ชื่อดาวเทียม		JAISAT 1		พิกัดเริ่ม		AZ: 147° SE	
วันที่		30 มกราคม 2565		เวลาเริ่มต้น		14.40 น.		พิกัดสูงสุด		AZ: 79° E, EL: 26°	
เวลาในการเคลื่อนที่		10.05 นาที		เวลาสิ้นสุด		14.50 น.		พิกัดสุดท้าย		AZ: 7° N	
เวลา	การคำนวณ			การทดลอง				error			
(วินาที)	มุมกวาด		มุมเงย	มุมกวาด		มุมเงย		มุมกวาด		มุมเงย	
0	147.5		0	147.2		0		0.20		0.00	
10	147		0.2	146.7		0.2		0.20		0.00	
20	146.6		0.9	146.3		0.9		0.20		0.00	
30	146.1		1.2	145.8		1.2		0.21		0.00	
40	145.5		1.5	145.2		1.5		0.21		0.00	
50	145		1.9	144.7		1.8		0.21		5.26	
60	144.4		2.4	144.2		2.5		0.14		4.17	
70	143.8		2.9	143.6		3		0.14		3.45	
80	143.1		3.2	142.9		3.3		0.14		3.12	
90	142.4		4.2	142.2		4.3		0.14		2.38	
100	141.7		5.2	141.5		5.4		0.14		3.85	
110	140.9		5.7	140.7		5.5		0.14		3.51	
120	140.1		6.3	139.9		6.4		0.14		1.59	
130	139.1		6.8	138.9		6.9		0.14		1.47	
140	138.3		7.2	138.1		7.3		0.14		1.39	
150	137.3		8.5	137.1		8.6		0.15		1.18	
160	136.3		9.1	136.1		9.3		0.15		2.20	
170	135.2		10.5	135		10.4		0.15		0.95	
180	134		12.3	133.8		12.5		0.15		1.63	
190	132.7		13.5	132.5		13.6		0.15		0.74	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.28 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม JAISAT 1 วันที่ 30 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		44419		ชื่อดาวเทียม		JAISAT 1		พิกัดเริ่ม		AZ: 147° SE	
วันที่		30 มกราคม 2565		เวลาเริ่มต้น		14.40 น.		พิกัดสูงสุด		AZ: 79° E, EL: 26°	
เวลาในการเคลื่อนที่		10.05 นาที		เวลาสิ้นสุด		14.50 น.		พิกัดสุดท้าย		AZ: 7° N	
เวลา	การคำนวณ			การทดลอง				error			
(วินาที)	มุมกวาด		มุมเงย	มุมกวาด		มุมเงย		มุมกวาด		มุมเงย	
200	131.4		14.5	131.2		14.6		0.15		0.69	
210	129.9		15.6	129.7		15.5		0.15		0.64	
220	124.8		16.8	124.6		16.7		0.16		0.60	
230	123.5		17.8	123.3		17.9		0.16		0.56	
240	122.5		18.5	122.3		19		0.16		2.70	
250	121.2		19.3	121		19.8		0.17		2.59	
260	120.7		20.8	120.5		21		0.17		0.96	
270	119.5		21.5	119.5		21.5		0.00		0.00	
280	118.5		23.5	118.3		24		0.17		2.13	
290	117.6		26.5	117.4		26.1		0.17		1.51	
300	116.5		25.4	116.3		25.6		0.17		0.79	
310	115.3		24.2	115.1		23.9		0.17		1.24	
320	113.5		23.2	113.3		22.8		0.18		1.72	
330	110.3		22.5	110.1		22.7		0.18		0.89	
340	107.5		21.3	107.3		21.5		0.19		0.94	
350	103.8		20.8	103.6		20.7		0.19		0.48	
360	100.2		19.6	100		19.2		0.20		2.04	
370	96.4		18.3	96.2		18.3		0.21		0.00	
380	92.3		18.1	92.1		17.9		0.22		1.10	
390	88.1		17.9	87.9		17.6		0.23		1.68	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

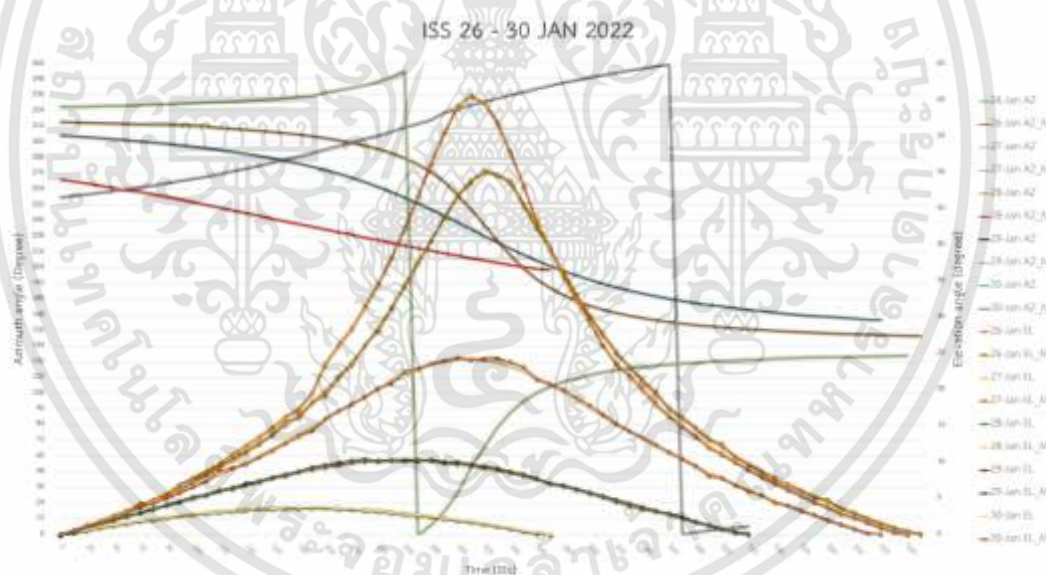
ตารางที่ 4.28 ผลการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม JAISAT 1 วันที่ 30 มกราคม 2565 (ต่อ)

รหัสดาวเทียม		44419		ชื่อดาวเทียม	JAISAT 1	พิกัดเริ่ม	AZ: 147° SE	
วันที่		30 มกราคม 2565		เวลาเริ่มต้น	14.40 น.	พิกัดสูงสุด	AZ: 79° E, EL: 26°	
เวลาในการเคลื่อนที่		10.05 นาที		เวลาสิ้นสุด	14.50 น.	พิกัดสุดท้าย	AZ: 7° N	
เวลา	การคำนวณ			การทดลอง		error		
(วินาที)	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย	มุมกวาด	มุมเงย		
400	83.8	17.5	83.6	17.3	0.24	1.14		
410	79.3	16.9	79.1	17.1	0.25	1.18		
420	74.8	16.5	74.6	16.7	0.27	1.21		
430	70.2	16.1	70	15.9	0.28	1.24		
460	65.8	15.7	65.6	15.9	0.30	1.27		
470	61.4	15.3	61.2	15.4	0.33	0.65		
480	57.2	15.1	57	15.3	0.35	1.32		
490	53.2	14.7	53	14.6	0.38	0.68		
500	49.3	14.2	49.1	14.3	0.41	0.70		
510	45.8	13.8	45.6	13.7	0.44	0.72		
520	43.5	13.3	43.3	12.8	0.46	3.76		
530	42.4	12.5	42.2	12.5	0.47	0.00		
540	39.3	12.1	39.1	11.7	0.51	3.31		
550	24.2	11.9	24.3	11.4	0.41	4.20		
560	22.5	10.9	22.9	10.6	1.78	2.75		
570	22.1	9.2	22.3	9.3	0.90	1.09		
580	16.6	5.2	16.7	5.3	0.60	1.92		
590	15.5	4.2	15.8	4.2	1.94	0.00		
600	12.3	3.5	12.5	3.2	1.63	8.57		
605	7	0	7	0	0.00	0.00		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

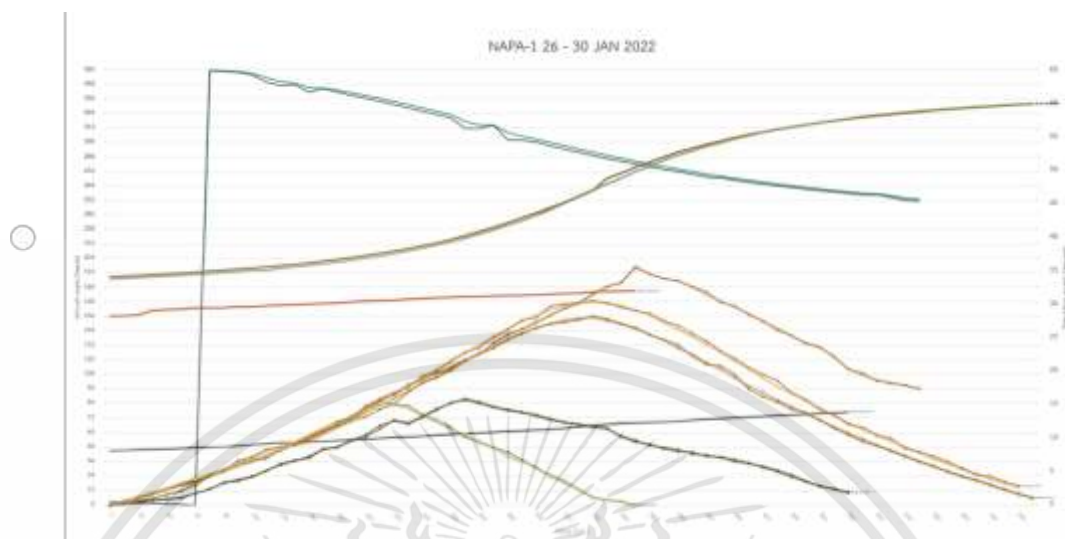
จากตารางที่ 4.28 เป็นการแสดงการวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม JAISAT 1 ซึ่งสามารถรับได้ในการวัดมุมกวาด และมุมเงยเปรียบเทียบกับผลการคำนวณการเคลื่อนที่ โดยที่ในฐานข้อมูลจะเริ่มการเคลื่อนที่ในเวลา 14.40 น. ซึ่งจะมีเวลาในการเคลื่อนที่เพียง 10 นาที แต่พอทำการทดลอง และเก็บผลใช้เวลาในการเคลื่อนที่จริง 10.05 นาที ซึ่งจะทำให้การวัดมุมกวาด และมุมเงยในวัดถัดไป โดยที่ดูจากข้อมูล Prediction 10 วัน ซึ่งจะนำมาเทียบกับฐานข้อมูลว่าถูกต้องหรือไม่ เวลาในการเคลื่อนที่ และทิศทางในการเริ่มต้น, จุดสูงสุด และจุดสิ้นสุดในการเคลื่อนที่ เพื่อจะนำมาทำการแจ้งเตือนในการเคลื่อนที่ โดยที่จะนำเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำไปปรับค่า และนำค่ามาพล็อตกราฟได้ภายในระยะเวลา 5 วัน

จากตารางที่ 4.4 ถึง ตารางที่ 4.8 เป็นการทดลองวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม ISS ในวันที่ 26 - 30 มกราคม 2565 ซึ่งสามารถนำข้อมูลในตารางมาพล็อตกราฟได้ดังรูปที่ 4.11



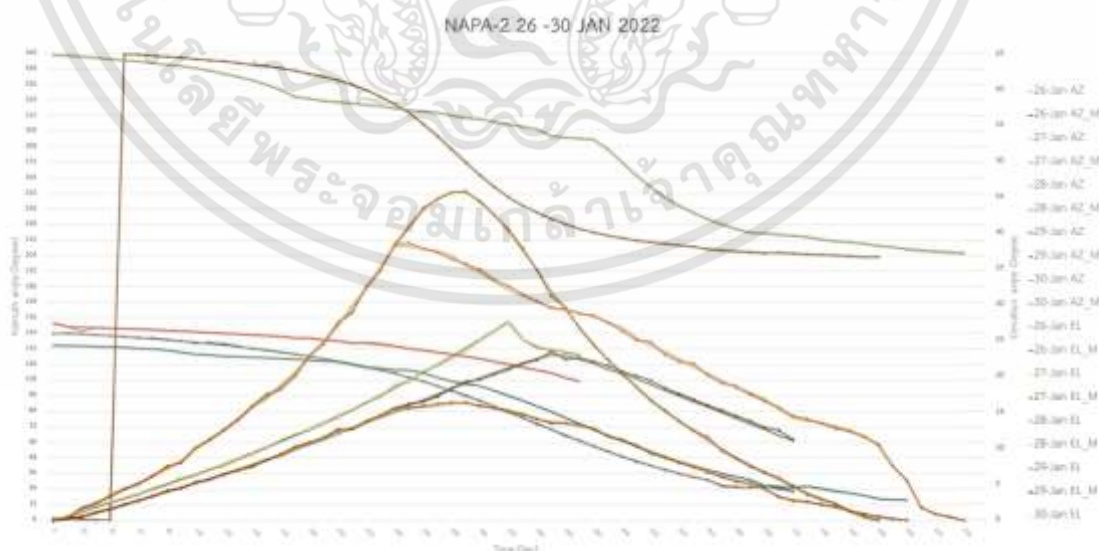
รูปที่ 4.11 กราฟการวัดมุมกวาด มุมเงยของดาวเทียม ISS

จากรูปที่ 4.11 แสดงถึงส่วนของกราฟการวัดมุมเงยของดาวเทียม ISS จากผลการคำนวณตามตารางที่ 4.4 ถึง ตารางที่ 4.8 และผลการทดลองในการวัดมุมเงย โดยที่สีฟ้าของกราฟจะแสดงถึงข้อมูลมุมเงยที่ได้จากคำนวณ และกราฟสีเหลืองเป็นในส่วนของมุมเงยที่ได้จากการทดลอง ซึ่งค่าในแกน X คือ เวลาที่ใช้ในการวัดมุมกวาด และมุมเงย (วินาที) และค่าในแกน Y ทางขวามือ คือ ค่ามุมเงยที่ผลการคำนวณ และค่าในแกน Y ทางซ้ายมือ คือค่ามุมเงยที่ผลการทดลอง และจากตารางที่ 4.9 ถึง ตารางที่ 4.13 เป็นการทดลองวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NAPA-1 ในวันที่ 26 - 30 มกราคม 2565 ซึ่งสามารถนำข้อมูลในตารางมาพล็อตกราฟได้ดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 กราฟการวัดมุมเงยของดาวเทียม NAPA-1

จากรูปที่ 4.12 แสดงถึงส่วนของกราฟการวัดมุมเงยของดาวเทียม NAPA-1 จากผลการคำนวณตามตารางที่ 4.9 ถึง ตารางที่ 4.13 และผลการทดลองในการวัดมุมเงย โดยที่สีฟ้าของกราฟจะแสดงถึงข้อมูลมุมเงยที่ได้จากการคำนวณ และกราฟสีเหลืองเป็นในส่วนของมุมเงยที่ได้จากการทดลอง ซึ่งค่าในแกน X คือ เวลาที่ใช้ในการวัดมุมกวาด และมุมเงย (วินาที) และค่าในแกน Y ทางขวามือ คือ ค่ามุมเงยที่ผลการคำนวณ และค่าในแกน Y ทางซ้ายมือ คือค่ามุมเงยที่ผลการทดลอง จากตารางที่ 4.14 ถึง ตารางที่ 4.18 เป็นการทดลองวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NAPA-2 ในวันที่ 26 - 30 มกราคม 2565 ซึ่งสามารถนำข้อมูลในตารางมาพล็อตกราฟได้ดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 กราฟการวัดมุมเงยของดาวเทียม NAPA-2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.13 แสดงถึงส่วนของกราฟการวัดมุมเงยของดาวเทียม NAPA-2 จากผลการคำนวณตามตารางที่ 4.14 ถึง ตารางที่ 4.18 และผลการทดลองในการวัดมุมเงย โดยที่สีฟ้าของกราฟจะแสดงถึงข้อมูลมุมเงยที่ได้จากการคำนวณ และกราฟสีเหลืองเป็นในส่วนของการทดลอง ซึ่งค่าในแกน X คือ เวลาที่ใช้ในการวัดมุมกวาด และมุมเงย (วินาที) และค่าในแกน Y ทางขวามือ คือ ค่ามุมเงยที่ผลการคำนวณ และค่าในแกน Y ทางซ้ายมือ คือค่ามุมเงยที่ผลการทดลอง จากตารางที่ 4.19 ถึง ตารางที่ 4.23 เป็นการทดลองวัดมุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียม NOAA-19 ในวันที่ 26 - 30 มกราคม 2565 ซึ่งสามารถนำข้อมูลในตารางมาพล็อตกราฟได้ดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 กราฟการวัดมุมเงยของดาวเทียม NOAA-19

จากรูปที่ 4.14 แสดงถึงส่วนของกราฟการวัดมุมเงยของดาวเทียม NOAA-19 จากผลการคำนวณตามตารางที่ 4.19 ถึง ตารางที่ 4.23 และผลการทดลองในการวัดมุมเงย โดยที่สีฟ้าของกราฟจะแสดงถึงข้อมูลมุมเงยที่ได้จากการคำนวณ และกราฟสีเหลืองเป็นในส่วนของการทดลอง ซึ่งค่าในแกน X คือ เวลาที่ใช้ในการวัดมุมกวาด และมุมเงย (วินาที) และค่าในแกน Y ทางขวามือ คือค่ามุมเงยที่ผลการคำนวณ และค่าในแกน Y ทางซ้ายมือ คือค่ามุมเงยที่ผลการทดลองของดาวเทียม JAISAT 1 ในวันที่ 26-30 มกราคม 2565 ซึ่งสามารถนำข้อมูลในตารางมาพล็อตกราฟได้ดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 กราฟการวัดมุมเงยของดาวเทียม JAISAT 1

จากรูปที่ 4.15 แสดงถึงส่วนของกราฟการวัดมุมเงยของดาวเทียม ISS จากผลการคำนวณตามตารางที่ 4.4 และผลการทดลองในการวัดมุมเงย โดยที่สีฟ้าของกราฟจะแสดงถึงข้อมูลมุมเงยที่ได้จากการคำนวณ และกราฟสีเหลืองเป็นในส่วนข้อมูลมุมเงยที่ได้จากการทดลอง ซึ่งค่าในแกน X คือ เวลาที่ใช้ในการวัดมุมเงย และมุมเงย (วินาที) และค่าในแกน Y ทางขวามือ คือค่ามุมเงยที่ผลการคำนวณ และค่าในแกน Y ทางซ้ายมือ คือค่ามุมเงยที่ผลการทดลอง และในส่วนการเคลื่อนที่ของการวัดมุมเงยที่สามารถรับข้อมูลได้ดังรูปที่ 4.16

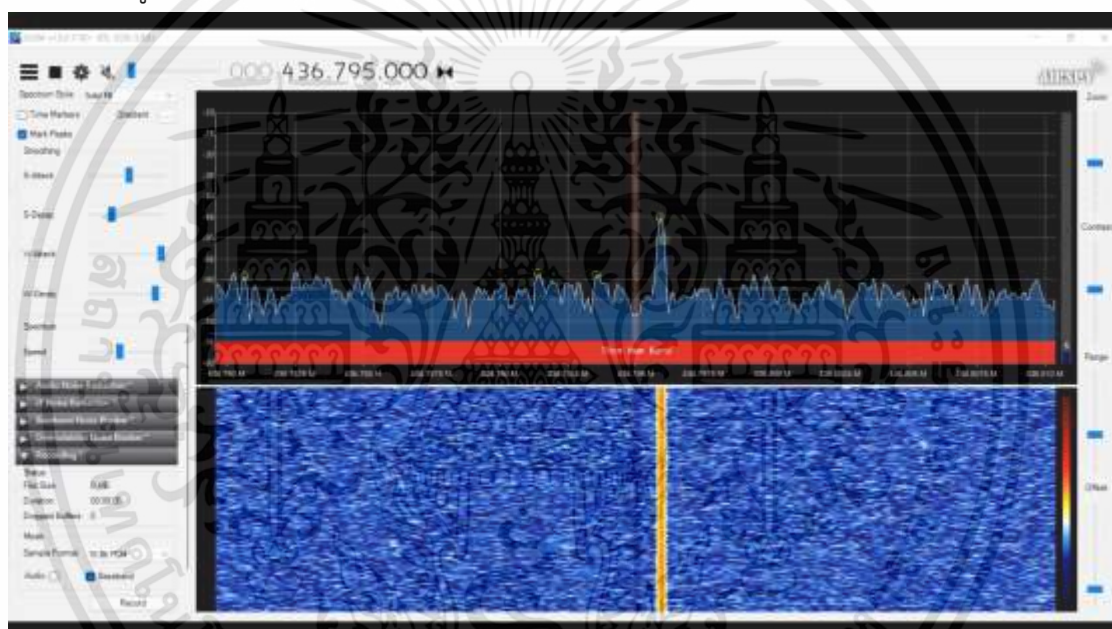


รูปที่ 4.16 Orbit และ Foot print ของดาวเทียม ISS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.16 Orbit และ Foot print ของดาวเทียม ISS อธิบายได้จากรูปจุดสีแดง คือ จุดพิกัดที่เริ่มจากที่ผู้จัดทำวัดมุม (ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร) และวงกลมสีแดงคือ Foot print ที่ระยะ 267.3 กิโลเมตร จากลาดกระบังไปยังนครราชสีมา ซึ่งมุมที่สามารถจะรับข้อมูลได้ คือมุมเงย 10 องศาขึ้นไป จากข้อมูลการวัดมุมเงย 0 องศา ถึง 0 องศาใช้เวลาเฉลี่ยอยู่ที่ 10.36 นาที ซึ่งในการวัดถ้าจะใช้เวลาที่มุมเงยที่ 10 องศา ถึง -10 องศาจะใช้เวลาไป 12 นาที

จากการทดลองการวัดมุมกวาด และมุมเงย และรับสัญญาณผ่านเสาอากาศยาคี 5E ซึ่งสัญญาณที่เสาอากาศยาคี 5E รับมาจะแสดงในโปรแกรม RTL-SDR Dongle โดยได้ทำการทดลองและมีผลดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 สัญญาณสเปกตรัมของดาวเทียม ISS

จากรูปที่ 4.17 เป็นรูปที่แสดงถึงสัญญาณสเปกตรัมที่เป็นการทำงานของโปรแกรม SDR# ของดาวเทียม ISS ที่สัญญาณรับได้ผ่านเสาอากาศยาคี 5E ซึ่งแสดงถึง Carrier ของสัญญาณและความแรงของสัญญาณ แต่ในทั้งนี้ทั้งนั้นต้องมีการจัดวาง Carrier ให้ถูกต้อง

4.5 การดึงข้อมูลจากเว็บไซต์ผ่าน Postman application

จากการออกแบบการดึงข้อมูลจากเว็บไซต์ผ่าน Postman application จะได้ผลลัพธ์ออกมาเป็น JSON file เพื่อนำมาเป็นฐานข้อมูล โดยทำการดึงข้อมูลจากโปรแกรม Postman ซึ่งเป็นโปรแกรมในการดึง API โดยผลลัพธ์ที่ออกมาจะเป็นชุดข้อมูลในรูปแบบของไฟล์ JSON จากนั้น

นำไฟล์ JSON ที่ได้มาไปแปลงกลับเป็นข้อความ เพื่อนำไปแสดงใน UI interface โดยวิธีการดึงข้อมูลจากจากเว็บไซต์โดยใช้ Postman application ซึ่งผลลัพธ์ออกมาดังรูปที่ 4.18 และรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.18 File ในรูปแบบของไฟล์นามสกุล .json

```

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000

```

รูปที่ 4.19 ข้อมูลภายใน File

จากรูปที่ 4.18 และ 4.19 เป็น file ของการดึงข้อมูลจากเว็บไซต์ N2YO ซึ่งถูกนำมาจัดเก็บในรูปแบบของไฟล์นามสกุล .json และหลังจากนั้นนำ JSON File มาแปลงให้เป็นข้อความ

ในโปรแกรม Postman สามารถที่จะดึงข้อมูลที่เว็บไซต์ N2YO คือ Visual Pass ของดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ จะมีผลข้อมูลออกมาดังรูปที่ 4.20

```

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000

```

รูปที่ 4.20 ข้อมูลภายในการดึง Visual pass

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.20 เป็นการแสดงถึงข้อมูลในการดึงส่วนของ Visual Pass หรือความเป็นไปได้ที่ดาวเทียมจะผ่าน ซึ่งดูจากในข้อมูลจะสามารถอธิบายได้ถึง การผ่านของดาวเทียมในวันนั้นว่ามีจำนวนกี่ครั้งที่โคจรผ่านในตำแหน่งของผู้ใช้ จุดเริ่มต้นในการเคลื่อนที่ มุมกวาด ทิศทาง และมุมเงยของดาวเทียม จุดที่ดาวเทียมจะมีค่ามุมสูงสุด และในสุดที่จะบอกในจุดสิ้นสุดของการโคจรของดาวเทียม

4.6 การจัดทำเว็บไซต์ฐานข้อมูล

จากการรวบรวมฐานข้อมูลเข้ามาในเว็บไซต์ เพื่อให้ง่ายต่อการเก็บข้อมูลเป็นชุดเดียวกันในข้อมูลมุมกวาด และมุมเงย พร้อมทั้งข้อมูลการทำนายล่วงหน้าของการเคลื่อนที่ของดาวเทียม ดังรูปที่ 4.21



รูปที่ 4.21 หน้าเว็บไซต์สำหรับฐานข้อมูล

จากรูปที่ 4.21 เป็นการแสดงถึงส่วนหน้าเว็บไซต์สำหรับฐานข้อมูล ซึ่งในหน้าเว็บนี้เป็นในส่วนของหน้า Home โดยมีองค์ประกอบด้วยแถบเมนูที่ใช้ในการเลือกดาวเทียม คือ ISS ,NOAA-19 ,SDSAT ,JAISAT, NAPA-1 ,NAPA-2 ,SUOMI NPP ,SES1 และ SAUDISAT ในส่วนของหน้าวิกเจ็ตที่ใช้ในการ Live tracking จะแสดงในส่วนของการเคลื่อนที่ของดาวเทียม โดยที่ในส่วนที่ 1 จากกรอบสี่เหลี่ยมจะแสดงชื่อดาวเทียม ,Latitude ,Longitude ,Altitude และ ความเร็ว ในส่วนที่ 2 จะแสดงถึงรายชื่อดาวเทียมที่จะทำให้วิกเจ็ตเปลี่ยนไปในการ Live tracking และในแถบสีน้ำเงินข้างล่าง เป็นการแสดงในส่วนของการทำนายล่วงหน้าของการเคลื่อนที่ดาวเทียม

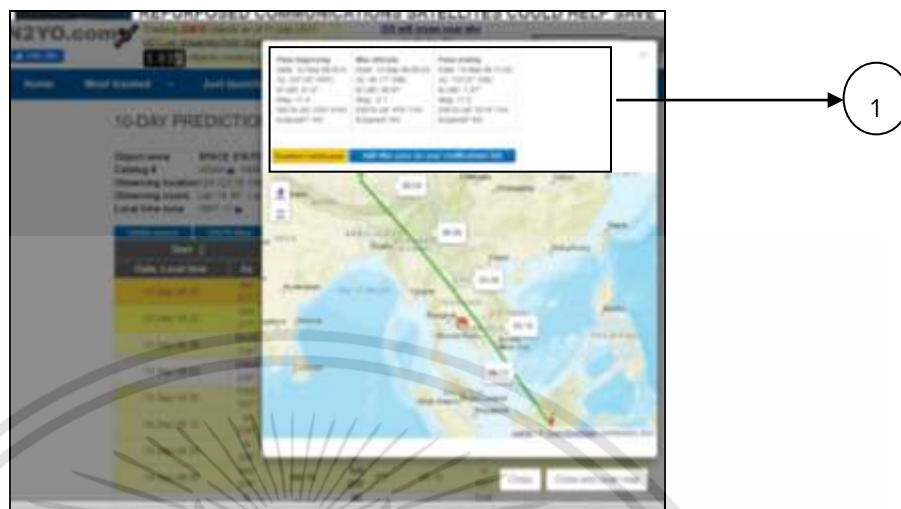
ซึ่งในส่วนของแถบน้ำเงิน จะมีส่วนประกอบ คือการทำนายล่วงหน้าของการเคลื่อนที่ของดาวเทียมที่จะเคลื่อนที่มาใกล้พื้นที่ตั้งของผู้ใช้งาน โดยมีการตรวจสอบผ่าน Your location ในแถบแรก Start Azimuth จะมีการบอกในส่วนของวันที่ ,เวลา และมุมกวาดเริ่มต้น ในแถบถัดมา Max Elevation มีการบอกถึงมุมเงยสูงสุด และเวลาที่มุมเงยสูงสุด ในแถบถัด End Azimuth มีการบอกถึงมุมกวาดสุดท้ายในการติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมในวงโคจรต่ำ และเวลาสิ้นสุดในการเคลื่อนที่และในแถบสุดท้ายเป็นการบอกเวลารวมทั้งหมดในการเคลื่อนที่ของดาวเทียมที่เคลื่อนที่เข้ามาใกล้ย่านฟ้าประเทศไทยที่สามารถรับข้อมูลได้

ในส่วนวิธีการใช้งาน เมื่อผู้ใช้ทำการเปลี่ยนหน้าเว็บไซต์ โดยการเลือกในแถบเมนูไปยังหน้าถัดไป หน้าถัดไปจะแสดงดังรูปที่ 4.22



รูปที่ 4.22 ข้อมูลมุมกวาด และมุมเงย

จากรูปที่ 4.22 เป็นการแสดงในส่วนของข้อมูลตารางที่ได้จาก Live tracking ของ ISS หรือ Space station ในส่วนที่ 1 ในกรอบ เป็นตารางที่แสดงถึงค่ามุมกวาด และมุมเงยของดาวเทียมในปัจจุบันเป็นแบบ Real times ซึ่งในส่วนถัดไปแสดงถึงการทำนายล่วงหน้าการเคลื่อนที่ของดาวเทียมภายใน 10 วันดังรูปที่ 4.23



รูปที่ 4.23 ข้อมูลการทำนายล่วงหน้าการเคลื่อนที่ของดาวเทียม

จากรูปที่ 4.23 เป็นการแสดงถึงส่วนของข้อมูลการทำนายล่วงหน้าการเคลื่อนที่ของดาวเทียม ซึ่งจะมีส่วนในการแสดงถึงชื่อดาวเทียม รหัสดาวเทียม และวันในการปล่อยขึ้นของดาวเทียม เมื่อเรากด Visible pass หลังจากคลิก Map info จะมีการทำนายตามรูปทุกๆ 2 นาทีที่จะเคลื่อนที่ผ่านตำแหน่งใด

ในส่วนที่1 ที่ทำการล้อมกรอบไว้ Pass beginning แสดงถึงส่วนของวันเวลาที่เริ่มติดตาม ,มุมกวาด มุมเงย ,Magnitude และระยะทางของดาวเทียมที่ห่างจากพื้นโลก ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นในการติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียม

ในส่วนของ Max altitude แสดงถึงส่วนของวันเวลา ,มุมกวาด มุมเงย ,Magnitude และระยะทางของดาวเทียมที่ห่างจากพื้นโลก ที่สูงที่สุดในการติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียม

ในส่วนของ Pass ending แสดงถึงส่วนของวันเวลา ,มุมกวาด และมุมเงย สุดท้ายก่อนจะสิ้นสุดการเคลื่อนที่ของดาวเทียม,Magnitude และระยะทางของดาวเทียมที่ห่างจากพื้นโลก

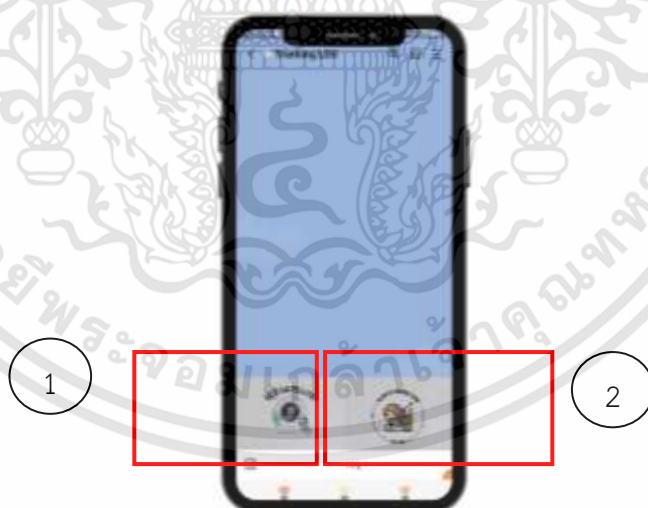
4.7 การแจ้งเตือนการเคลื่อนที่ของดาวเทียมผ่าน Line official

จากการออกแบบการแจ้งเตือนผ่าน Line official โดยที่เงื่อนไขของ Line official นั้นสามารถสร้างบอร์ดแอสในการแจ้งเตือนได้ 1000 ครั้ง นอกเหนือจากนั้นจะต้องทำการชำระเงินเพื่อใช้งานต่อไป แต่ด้วยการออกแบบนั้นมีผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.2



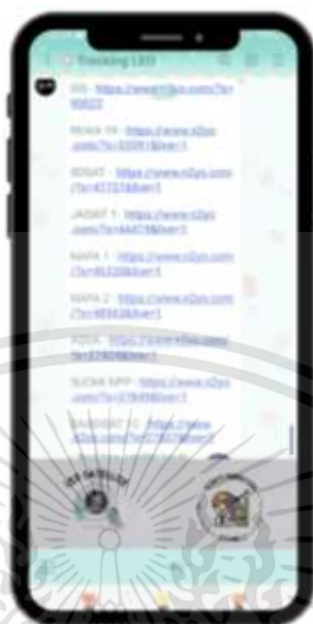
รูปที่ 4.24 หน้าจอหลักของ Line Official

จากรูปที่ 4.24 เป็นการแสดงถึงหน้าจอหลักของ Line official ของการแจ้งเตือนในการเคลื่อนที่ของดาวเทียมระดับวงโคจรต่ำ ซึ่งจะแบ่งเวลาเป็น 30 นาที 20 นาที 10 นาที และเวลาที่ดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำเคลื่อนที่ และเมื่อเข้าไปในหน้าแชทของ Line official จะมีแถบเมนูดังรูปที่ 4.25



รูปที่ 4.25 หน้าต่างแชท และริชเมนู

จากรูปที่ 4.25 เป็นหน้าต่างที่ 2 เป็นส่วนแสดงของริชเมนู เพื่อให้ผู้ใช้งานใช้ 2 แถบเมนู เมื่อต้องการข้อมูลจากบัญชี Line official แถบที่ 1 คือ LEO Satellite จะได้รูปที่ 4.26



รูปที่ 4.26 ผลลัพธ์ของการกด LEO Satellite

จากรูปที่ 4.26 จะแสดงถึงลิงค์ของการเข้า Live Real Time Tracking Prediction : Satellite name และในแถบเมนูที่ 2 โดยถ้ากดริชเมนูของคำว่า 10 Day Prediction จะแสดงดังรูปที่ 4.27



รูปที่ 4.27 ผลลัพธ์ของการกด 10 Day Prediction

จากรูปที่ 4.27 แสดงถึงหน้าต่างของเมนูที่เรากดไปจะแสดงถึงลิงค์ของการเข้า 10 Day Prediction ในรูปแบบ PDF เมื่อตั้งบอร์ดแคสในการแจ้งเตือนจะมีข้อความว่าเหลือเวลา

จากรูปที่ 4.29 แสดงถึงหน้าต่างของ Live real time satellite tracking and prediction : SDSAT จะแสดงถึงการเคลื่อนที่ของดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ แสดงถึงข้อมูล คือ NORD ID, Local time, Latitude, Longitude, Altitude, Speed, Azimuth, Elevation, Right ascension, Declination และ Satellite period



บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

ปริญญานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์อยู่ทั้งหมด 4 ประการ คือ (1) เพื่อศึกษา และออกแบบระบบควบคุมสำหรับการติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ เพื่อให้อยู่ในรูปแบบรีโมทควบคุม และการทำงานด้วยชุดคำสั่ง (2) เพื่อออกแบบชุดคำสั่ง และทำการดึงข้อมูลมุมก้ม และมุมเงย จากเว็บไซต์ N2YO เพื่อนำมาเป็นฐานข้อมูล (3) เพื่อออกแบบ และพัฒนาอุปกรณ์รวมถึงหน้าจอแสดงผลอินเตอร์เฟซ (UX&UI interface) ของระบบติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมระดับวงโคจรต่ำ (4) เพื่อออกแบบระบบทำนายล่วงหน้าของการเคลื่อนที่ของดาวเทียมภายในระยะเวลาไม่เกิน 1 สัปดาห์ โดยนำข้อมูลจากเว็บไซต์ N2YO มาใช้ในการคำนวณ และทำนายการเคลื่อนที่ล่วงหน้า

โดยการทำงานภายในโครงงานนี้สามารถทำได้ตามขอบเขตที่วางไว้ภายในบทที่ 1 ซึ่งมีการเลือกดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำที่มีความสูงไม่เกิน 2,000 กิโลเมตร และได้ทำการออกแบบชุดคำสั่งในการดึงข้อมูลจากเว็บไซต์ N2YO ซึ่งมีการออกแบบเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียม และได้ทำการศึกษาความถี่ดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ

องค์ประกอบของระบบติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ 1. ชุดคำสั่งในการดึงข้อมูลมุมก้มและมุมเงย พร้อมทั้งข้อมูลการทำนายการเคลื่อนที่ล่วงหน้าของการดาวเทียมจากเว็บไซต์ N2YO 2. ออกแบบ และสร้างหน้าจอแสดงผล UX&UI Interface เพื่อนำมาแสดงผลข้อมูลที่ดึงมาจากเว็บไซต์ N2YO และผลที่ได้จากชุดอุปกรณ์ในการวัดมุม 3. ชุดอุปกรณ์ในการติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ โดยจะมีการเพิ่มวิธีการ Calibrate ของตัวเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ เพื่อตรวจสอบตำแหน่งของเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำว่าตรงกับที่อยู่ของดาวเทียมหรือไม่ ซึ่งจะสามารถปรับเปลี่ยนได้ด้วยสวิตซ์ในการปรับวิธีการ Calibrate คือ แบบแมนนวล หรือโปรแกรม

ในภาคการศึกษา 2/2564 จะทำการออกแบบชุดคำสั่งสำหรับการดึงข้อมูลมุมก้ม และมุมเงยจากเว็บไซต์ N2YO พร้อมทั้งออกแบบเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ เพื่อนำมาทดสอบในระบบการติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ รวมถึงสร้างหน้าจอ UX&UI interface สำหรับแสดงผลข้อมูลที่ดึงจากเว็บไซต์ N2YO และผลจากการวัดมุมของเซนเซอร์ เพื่อให้สามารถนำมาเปรียบเทียบกับกันอย่างชัดเจน

5.1.1 การออกแบบ และเครื่องจำลองการติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียม

จากการออกแบบเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมมีการหมุนได้ดีหลังจากการนำ Step motor และ Motor driver L298N เข้าไปเชื่อมต่อให้หมุนได้อัตโนมัติ หากนำ Step motor และ motor driver L298N ออกก็สามารถทำเป็นระบบแมนนวลได้

5.1.2 การออกแบบ และระบบเซนเซอร์ในการวัดมุมก้ม และมุมเงย

จากการทดลองเมื่อนำเซนเซอร์ต่างๆ มาประกอบด้วยกัน พบว่าตัวเซนเซอร์เมื่อนำมาต่อเข้ากับบอร์ด Arduino UNO R3 และป้อนชุดคำสั่งในการวัดมุมเข้าไปในตัวบอร์ด Arduino UNO R3 พบว่าผลที่ได้มีการแสดงออกของหน้าจอ LCD แต่ค่ามุมที่ได้ยังมีค่าที่ข้อผิดพลาดจากฐานข้อมูลอยู่มาก ซึ่งข้อผิดพลาดอาจจะเกิดจากชุดอุปกรณ์เซนเซอร์หรือชุดคำสั่งในการวัดมุม

อุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตาม คือสายอากาศยาก็ที่มี Gain สูงจะสามารถทำให้ติดตามได้ดีกว่าสายอากาศที่ Gain ต่ำ ซึ่งใช้อยู่ที่ 10 dBi สามารถใช้ติดตามในการวัดมุมได้ดี

5.1.3 การออกแบบ และระบบการ Calibrate มุมของฐาน

จากการทดลองเมื่อนำ Gyroscope compass ต่อเข้ากับ Arduino UNO R3 บอร์ด และป้อนชุดคำสั่งในการวัดมุมในแกน X Y และ แกน Z เข้าไปในตัวบอร์ด Arduino UNO R3 พบว่าผลที่ได้มีการแสดงออกของหน้าจอ Serial monitor โดยมีค่า Gyroscope และ Accelerometer แต่ค่ามุมที่ได้ยังมีค่าที่ผิดพลาด โดยสังเกตได้จากกราฟหาก Gyroscope compass อยู่หนึ่ง กราฟจะคงที่ หาก Gyroscope compass กราฟจะขึ้นลงตามการเคลื่อนที่ของเซนเซอร์

หากทำให้เซนเซอร์ขยับ ในส่วนของกราฟเป็นการแสดงในส่วนของกราฟ Gyroscope compass เคลื่อนที่ จะสังเกตได้ว่าหากตัวเซนเซอร์มีการเคลื่อนที่ กราฟจะขึ้นลง ตามตำแหน่งของเซนเซอร์ หากสังเกตในช่วงกราฟขึ้น คือ เซนเซอร์อยู่ในระหว่างมุม 0 ถึง 180 องศา กราฟจะขึ้น และในทางกลับกัน หากเซนเซอร์อยู่ระหว่างมุม 181- 360 องศา กราฟจะลง และในภายหลังของกราฟจะคงที่ เพราะเซนเซอร์อยู่หนึ่ง และอาจอยู่ในระหว่างมุม 181- 360 องศา

ผลการวัดมุมก้ม จากตารางได้ทำการปรับเครื่องตามมุมมองศาที่ต้องการวัดมุม แสดงให้เห็นว่าช่วงค่าเฉลี่ยที่ถูกตัดคือ 1.92 °หรือ 0.792% ดังนั้นความถูกต้องของมุมก้มของแกนอยู่ในช่วง 99% ผลที่ได้รับผ่านพารามิเตอร์เซ็นเซอร์เข็มทิศ

แสดงผลการวัดมุมเงย จากตารางได้ทำการปรับเครื่องตามมุมมองศาที่ต้องการวัดมุม แสดงให้เห็นว่าช่วงค่าเฉลี่ยที่ถูกต้องคือ 1.42° หรือ 0.85% ดังนั้นความถูกต้องของมุมเงยของแกนอยู่ประมาณ 99% ผลที่ได้รับผ่านพารามิเตอร์เซ็นเซอร์เข็มทิศ

5.1.4 ระบบ Step motor และ Gyroscope compass

จากการทดลองเมื่อนำอุปกรณ์ต่อดังรูปที่ 3.37 จะได้ผลต่อการวัดมุมของ Gyroscope compass จะได้มุมของ Gyroscope และ Magnitude ในแกน X Y และแกน Z ซึ่งมุมที่ออกมาจะออกมาต่อใน 1 รอบของการหมุนในส่วนของฐานเหล็กทรงสายอากาศ และฐานเหล็ก U คว่ำ

5.1.5 การวัดมุมก้ม และมุมเงยโดยเปรียบเทียบค่าทำนายการเคลื่อนที่ของดาวเทียม

จากการทดลองการวัดมุมก้ม และมุมเงยในตารางที่ 4.4 จนถึงตารางที่ 4.8 ซึ่งมีการเปรียบเทียบจากผลการคำนวณการเคลื่อนที่ทุกๆ 10 วินาทีของการเคลื่อนที่ของดาวเทียม ISS ณ วันที่ 26-30 มกราคม 2564 ในการเคลื่อนที่ของดาวเทียมที่ผ่านน่านฟ้าประเทศไทยดาวเทียม ISS เข้าประเทศไทยในมุมเงย แต่ถ้าหากนำผลจากการทดลอง มาเปรียบเทียบกับค่าทำนายการเคลื่อนที่ จะมีค่าผิดพลาดที่อยู่ในเกณฑ์พอจะยอมรับได้ ซึ่งความผิดพลาดนี้อาจจะเกิดจากอุปกรณ์ หรือความผิดพลาดของมนุษย์

จากการทดลองการวัดมุมก้ม และมุมเงยในตารางที่ 4.9 จนถึงตารางที่ 4.13 ซึ่งมีการเปรียบเทียบจากผลการคำนวณการเคลื่อนที่ทุกๆ 10 วินาทีของการเคลื่อนที่ของดาวเทียม NAPA-1 ณ วันที่ 26-30 มกราคม 2564 ในการเคลื่อนที่ของดาวเทียมที่ผ่านน่านฟ้าประเทศไทยดาวเทียม NAPA-1 ซึ่งดาวเทียมดวงนี้เป็นดาวเทียมทางการทหาร อาจจะทำให้รับมุมกวาด และมุมเงยสะดวก แต่จะต้องคำนึงถึงข้อกฎหมายของดาวเทียมตัวนี้ เมื่อดาวเทียม NAPA-1 โคจรเข้าประเทศไทยในมุมเงย แต่ถ้าหากนำผลจากการทดลอง มาเปรียบเทียบกับค่าทำนายการเคลื่อนที่ จะมีค่าผิดพลาดที่อยู่ในเกณฑ์พอจะยอมรับได้

จากการทดลองการวัดมุมก้ม และมุมเงยในตารางที่ 4.14 จนถึงตารางที่ 4.18 ซึ่งมีการเปรียบเทียบจากผลการคำนวณการเคลื่อนที่ทุกๆ 10 วินาทีของการเคลื่อนที่ของดาวเทียม NAPA-2 ณ วันที่ 26-30 มกราคม 2564 ในการเคลื่อนที่ของดาวเทียมที่ผ่านน่านฟ้าประเทศไทยดาวเทียม NAPA-2 ซึ่งดาวเทียมดวงนี้เป็นดาวเทียมทางการทหาร อาจจะทำให้รับมุมกวาด และมุมเงยสะดวก แต่จะต้องคำนึงถึงข้อกฎหมายของดาวเทียมตัวนี้ เมื่อดาวเทียม NAPA-2 โคจรเข้าประเทศไทยในมุมเงย แต่ถ้าหากนำผลจากการทดลอง มาเปรียบเทียบกับค่าทำนายการเคลื่อนที่ จะมีค่าผิดพลาดที่อยู่ในเกณฑ์พอจะยอมรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองการวัดมุมก้ม และมุมเงยในตารางที่ 4.19 จนถึงตารางที่ 4.23 ซึ่งมีการเปรียบเทียบจากผลการคำนวณการเคลื่อนที่ทุกๆ 10 วินาทีของการเคลื่อนที่ของดาวเทียม NOAA-19 ณ วันที่ 26-30 มกราคม 2564 ในการเคลื่อนที่ของดาวเทียมที่ผ่านน่านฟ้าประเทศไทยดาวเทียม NOAA-19 ซึ่งดาวเทียมดวงนี้เป็นดาวเทียมสำหรับกรมอุตุนิยมวิทยา อาจจะทำให้รับมุมกวาด และมุมเงยเมื่อดาวเทียม NOAA-19 โคจรเข้าประเทศไทย

จากการทดลองการวัดมุมก้ม และมุมเงยในตารางที่ 4.24 จนถึงตารางที่ 4.28 ซึ่งมีการเปรียบเทียบจากผลการคำนวณการเคลื่อนที่ทุกๆ 10 วินาทีของการเคลื่อนที่ของดาวเทียม JAISAT 1 ณ วันที่ 26-30 มกราคม 2564 ในการเคลื่อนที่ของดาวเทียมที่ผ่านน่านฟ้าประเทศไทยดาวเทียม JAISAT 1 ซึ่งดาวเทียมดวงนี้เป็นดาวเทียมวิทยุสมัครเล่น อาจจะทำให้รับมุมกวาด และมุมเงยได้ง่ายเมื่อดาวเทียม JAISAT 1 โคจรเข้าประเทศไทย

5.1.6 การดึงข้อมูลจากเว็บไซต์ N2YO

จากการออกแบบชุดคำสั่งในการดึงข้อมูลจากเว็บไซต์ โดยการใช้ Postman application ในการช่วยดึงข้อมูลสามารถดึงข้อมูลต้องการได้ แต่ต้องคำนึงถึงจากทางเว็บไซต์อนุญาตออกมาให้ดึงข้อมูลได้จากการขอ API Key จากเว็บไซต์ N2YO เป็นแบบชนิด Satellite Position จากผลลัพธ์ที่ได้ จึงต้องนำ JSON File มาแปลงให้เป็นข้อความ

5.1.7 การจัดทำเว็บไซต์ฐานข้อมูล

จากการจัดทำเว็บไซต์ฐานข้อมูลสามารถใช้ดูข้อมูลได้ คือติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมแบบ Real time และข้อมูลค่าทำนายการเคลื่อนที่ของดาวเทียมในระยะเวลา 10 วัน โดยใช้ภาษา HTML ในการจัดทำเว็บไซต์ เพื่อนำมาเปรียบเทียบในการทำการทดลอง

5.1.8 การแจ้งเตือนการเคลื่อนที่ของดาวเทียมผ่าน Line official

จากการออกแบบการแจ้งเตือนผ่าน Line official สามารถที่จะส่งข้อมูลได้ตามเวลาที่ตั้งค่าไว้ เพื่อให้ผู้ใช้งานเข้าสู่การ Live Real time tracking prediction : Name satellite ให้ทันเวลา และสามารถดูผลการทำนายการเคลื่อนที่ของดาวเทียมในระดับวงโคจรต่ำ และสามารถบันทึกผลแบบ Real time

5.2 ปัญหา และข้อเสนอแนะ

5.2.1 ปัญหาที่เกิดขึ้นภายในโรงงาน

โรงงานนี้ได้มีปัญหาที่เกิดขึ้นจากการออกแบบ และสร้างเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียม เพราะมีการคำนวณสัดส่วนของชิ้นงานที่ผิด ซึ่งเกิดจากที่ส่งสายอากาศยาออกไปภาพหลังจึงต้องมีการแก้ไขในส่วนของฐานเหล็กตัวรองสายอากาศยา และฐานเหล็กตัว U คว่ำ

ในส่วนของ Step motor ในช่วงแรกไม่ได้คำนึงถึงน้ำหนักของเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมจึงมีการซื้อ Step motor NEMA 23 มาแล้วไม่สามารถทำให้ฐานเหล็กฐานรองสายอากาศ และเหล็กฐานเหล็กตัว U คว่ำหมุนได้ เพราะ Step motor NEMA 23 มีแรงบิดที่น้อยและรับน้ำหนักได้น้อย

ในส่วนถัดมา คือระบบขับเคลื่อนด้วยเฟือง จากในตอนแรกไม่ได้มีการคำนวณถึงน้ำหนักของเครื่องจำลองการติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียม จึงทำให้มีการหมุนด้วย Step motor ไม่สัมพันธ์กัน ซึ่งมอเตอร์มีการหมุนได้ยาก เพราะน้ำหนักของชิ้นงาน

ในการออกแบบชุดคำสั่งในการดึงข้อมูลจากเว็บไซต์ในช่วงแรกยังไม่สามารถดึงข้อมูลออกมาได้ เพราะข้อมูลเป็นข้อมูลที่ถูกล็อกไว้ แต่ด้วยมีการศึกษาเพิ่มเติมจึงทราบว่า ทางเว็บไซต์ได้มีการอนุญาตให้ทำการขอ API Key ในการดึงข้อมูลจากตัวเว็บไซต์ ซึ่งข้อมูลที่ต้องการดึงข้อมูลมุกัมและมุกัมเจทางเว็บไซต์ได้ทำการอนุญาตในการดึงข้อมูลได้ เพื่อนำมาเป็นฐานข้อมูล

5.2.2 ข้อเสนอแนะ

ในการทดสอบการติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียม ควรทดสอบในที่โล่งแจ้ง และมีความสูง เพราะหากอยู่บนพื้นดินมีสิ่งรบกวนเยอะอาจทำให้ได้ผลที่คลาดเคลื่อน ส่วนในการแสดงผลหากอินเทอร์เน็ตมีการทำงานที่ไม่เสถียร จะส่งผลต่อการแสดงผลทำให้มีการหน่วงเวลา หรือหยุดการแสดงผล

ในส่วนของการขับเคลื่อนของเครื่องติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมในระดับวงจรโคจรต่ำควรมี Motor driver ในช่วยขับเคลื่อนให้ Step motor ให้มีการทำงานได้ดี อีกทั้งควรคำนึงถึงน้ำหนัก และข้อจำกัดของชิ้นงาน หรือควรใช้เซนเซอร์ที่มี Accuracy สูง เพื่อค่าที่ได้แม่นยำมากขึ้น และตรงกับฐานข้อมูลให้ได้มากที่สุด

ในการดึงข้อมูลจากเว็บไซต์ควรศึกษาว่าในเว็บไซต์นั้นๆ ให้ข้อมูลอะไรได้บ้าง มีการให้ API Key หรือไม่ หากเว็บไซต์นั้นๆ ไม่อนุญาตให้ทำการดึงข้อมูลเว็บไซต์ และหากมีการกระทำลงไป อาจผิดกฎหมายได้

ข้อจำกัดของโครงการนี้ คือดาวเทียมในโคจรต่ำไม่ได้เคลื่อนที่อยู่ที่ประจำ และเคลื่อนที่เร็ว อาจทำให้การเก็บผลยาก เพราะจะต้องรอเวลาให้ดาวเทียมโคจรมาถึงน่านฟ้าประเทศไทย อีกทั้งมุมเงยก็เป็นส่วนสัมพันธ์ ในการทำให้สัญญาณสามารถวัดมุมได้



บรรณานุกรม

- [1] PWS. “การสื่อสารผ่านดาวเทียม.” เข้าถึงได้จาก
<http://pws.npru.ac.th/sartthong/data/files/wave%20propagation%20week%2013.pdf>
- [2] PWS. “การสื่อสารผ่านดาวเทียม.” เข้าถึงได้จาก
<http://pws.npru.ac.th/sartthong/data/files/wave%20propagation%20week%2013.pdf>
- [3] Learning center for Earth Science and Astronomy. “วงโคจรต่ำ.” เข้าถึงได้จาก
<http://www.lesa.biz/space-technology/satellite/orbits>
- [4] Ae eiei. “Postman application.” เข้าถึงได้จาก <https://medium.com/@nest12345>
- [5] Mindphp.com. “Visual studio.” เข้าถึงได้จาก
<https://www.mindphp.com/3639-visual-studio.html>
- [6] Adobe. “Adobe XD.” เข้าถึงได้จาก <https://www.adobe.com/products/xd.html>
- [7] Arduino. “Processing Arduino.” เข้าถึงได้จาก
<https://playground.arduino.cc/Interfacing/Processing/>
- [8] Supawit R. “Fixma คือ?” เข้าถึงได้จาก
<https://alchemist.itbangmod.in.th/-prototype-figma/>
- [9] Wittayalai.com. “อัตราการผลิตเฟือง.” เข้าถึงได้จาก
http://wittayalai.com/_files_school/1317016101/intro/1317016101_1_20180424-132312.pdf
- [10] Australian Space Academy. “Beacon satellite for tracking.” เข้าถึงได้จาก
<https://www.spaceacademy.net.au/spacelink/satbcns/satbcns.htm>
- [11] GEAR GENERATOR, “การทดสอบอัตราการผลิตของฟันเฟืองขนาดจริง” เข้าถึงได้จาก
<https://geargenerator.com>
- [12] LESA. “TLE ของดาวเทียม” เข้าถึงได้จาก
<http://www.lesa.biz/space-technology/satellite/tle>
- [13] Electropeak. “Arduino uno R3 connect to Gyroscope compass” เข้าถึงได้จาก
<https://electropeak.com/learn/interfacing-gy-91-9-axis-mpu9250-bmp280-module-with-arduino/>

- [14] **SBT**. “Arduino uno R3” เข้าถึงได้จาก
http://sbt.ac.th/new/sites/default/files/TNP_Unit_1.pdf/
- [15] **phpBB**. “ส่วนประกอบ Arduino UNO R3” เข้าถึงได้จาก
<https://www.mindphp.com/forums/viewtopic.php?f=215&t=61980>
- [16] **factomart**. “Rotary encoder คือ?” เข้าถึงได้จาก
<https://mall.factomart.com/what-is-encoder/>
- [17] **Arduino 4**. “Rotary encoder detail” เข้าถึงได้จาก
<https://www.arduino4.com/product/202/arduino-rotary-encoder-module-hw-040/>
- [18] **MLT**. “Relay module 2 channels” เข้าถึงได้จาก
[http://www.mltelectronic.com-5V-Optocoupler-\(2-Channel-Relay-Module\)](http://www.mltelectronic.com-5V-Optocoupler-(2-Channel-Relay-Module))
- [19] **Arduino**. “PWM Supported MOSFET switching” เข้าถึงได้จาก
<https://www.myarduino.net/product/967/%93-isolation-mosfet-pwm-5-36vdc-15a>
- [20] **ThaiEsayElec**. “LCD I2C” เข้าถึงได้จาก
<https://blog.thaieasyelec.com/how-to-use-character-lcd-display-arduino-ch2-i2c/>
- [21] **RoboElements**. “16x2 LCD I2C” เข้าถึงได้จาก
<https://www.roboelements.com/product/16x2-lcd-display-with-i2c-interface/>
- [22] **รองศาสตราจารย์ดร.รังสรรค์วงศ์สรรรค**. “วิศวกรรมสายอากาศ (พิมพ์ครั้งที่ 4), เข้าถึงได้จาก
<http://sutir.sut.ac.th:8080/sutir/bitstream/123456789/7156/2/Fulltext.pdf>
- [23] **Narong**. “Step mor”, เข้าถึงได้จาก
http://narong.ece.engr.tu.ac.th/ei444/document/15-stepper_motor.pdf
- [24] **Buraphatronics**. “Control Drive TB6600 Arduino”, เข้าถึงได้จาก
<http://www.buraphatronics.com/product/25/stepper-motor-drive-tb6600-4-5a-2>
- [25] **TAWUN ALL ELECTRONIC**. “Motor drive l298n”, เข้าถึงได้จาก
<https://gamerbloggerport.blogspot.com/2017/09/l298n-motor-drive.html>

[26] **Black Panther Man.th** “GY-91 MPU9250”, เข้าถึงได้จาก

<https://shopee.co.th/MPU9250-BMP280-10DOF-Sensor-Module-10DOF-Acceleration-Gyroscope-Compass-9-axis-Sensor-Module-i.83435595.620235687472>

[27] **Instructables circuit.** “L298N + NEMA 23” เข้าถึงได้จาก

<https://www.instructables.com/L298N-MOTOR-DRIVER-MODULE/>



ภาคผนวก ก
ชุดคำสั่ง ในการวัดมุกัม และมูมเญย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดคำสั่งในการ CALIBRATION การหมุนของสายอากาศ

```
// ANTENNA potentiometers CALIBRATION
int AZIMUTHMIN = 90;
int AZIMUTHMAX = 1000;
int ELEVATIONMIN = 10;
int ELEVATIONMAX = 992;
// Allowed error for which antennna won't move
int AZIMUTHERROR = 5;
int ELEVATIONERROR = 4;
```

ชุดคำสั่งในการ เข้ารหัสของตัวแปรของมุมก้ม

```
// Azim encoder variables
enum AzPinAssignments {
  AzEncoderPinA = 2,           // encoder right
  AzEncoderPinB = 3,           // encoder left
  AzClearButton = 4};          // encoder push
unsigned int lastReportedPos = 1; // change management
static boolean rotating = false; // debounce management
// interrupt service routine vars
boolean A_set = false;
boolean B_set = false
```

ชุดคำสั่งในการ เข้ารหัสของตัวแปรของมุมเงย

```
//Elev encoder variables
enum ElPinAssignments{
  ElEncoderPinA = 6,           // encoder right
  ElEncoderPinB = 5,           // encoder left
  ElClearButton = 7};          // encoder push
int aState;
int aLastState;
```

ชุดคำสั่งในการตั้งตัวแปร

```
// other variables

int AzPotPin = A0;           // select the input pin for the azim.
                              potentiometer

int AzRotPin = 12;           // select the out pin for rotation
                              direction

int AZIMUTPWMPin = 11;       // select the out pin for AZIMUTH PWM
                              command

int TRUEAZIMUTH = 0;         // calculated real AZIMUTH value

int COMAZIMUTH = 0;          // commanded AZIMUTH value

int OLDTRUEAZIMUTH = 0;      // to store previous AZIMUTH value

int OLDCOMAZIMUTH = 0;

char AzDir;                  // symbol for azim rot DISPLAY

int AzEncBut = 1;            // variable to toggle with encoder push
                              button

int ELPotPin = A1;           // select the input pin for the elev.
                              potentiometer

int ELRotPin = 13;           // select the out pin for ELEVATION
                              rotation direction

int ELEVATIONPWMPin = 10;    // select the out pin for
ELEVATION                    rotation PWM command

int TRUEELEVATION = 0;       // calculated real ELEVATION
value

int COMELEVATION = 0;        // commanded ELEVATION value

int OLDTRUEELEVATION = 0;    // to store previous ELEVATION
value

int OLDCOMELEVATION = 0;

char ELDir;                  // symbol for elev. rot DISPLAY

// flags for AZ, EL tolerances

bool AZIMUTHSTOP = false;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
bool ELEVATIONSTOP = false;
```

ชุดคำสั่งในการกำหนด Input/ output

```
pinMode(AzRotPin, OUTPUT);           //declaring azim. rotation direction Pin
                                     as OUTPUT
pinMode(AZIMUTPWMPin, OUTPUT);       //declaring AZIMUTH PWM
command Pin                           as OUTPUT
pinMode(ELRotPin, OUTPUT);           //declaring elev. rotation direction Pin as
                                     OUTPUT
pinMode(ELEVATIONPWMPin, OUTPUT);
pinMode(AzPotPin, INPUT);
pinMode(ELPotPin, INPUT);
pinMode(AzEncoderPinA, INPUT);
pinMode(AzEncoderPinB, INPUT);
pinMode(AzClearButton, INPUT);
pinMode(ELEncoderPinA, INPUT);
pinMode(ELEncoderPinB, INPUT);
pinMode(ELClearButton, INPUT);

// AzEncoder pin on interrupt 0 (pin A)
attachInterrupt(0, doEncoderA, CHANGE);
// AzEncoder pin on interrupt 1 (pin B)
attachInterrupt(1, doEncoderB, CHANGE);
// Reads the initial state of the ELEncoderPinA
aLastState = digitalRead(ELEncoderPinA);
```

ชุดคำสั่งในการกำหนดชื่อ และค่าที่ใช้แสดงใน LCD 16x2

```
// write on DISPlay name and version
```

```

lcd.setCursor(0, 0); // Set the cursor on the first column first
                        row.(counting starts at 0!)

lcd.print("EasyCom AntRotor"); // DISPlay "..."

lcd.setCursor(0, 1); // Set the cursor on the first column
                        the second row

lcd.print("**Racov* Jan.2021");
delay(2000); // keep for 2 seconds

// DISPlay Azim. and Elev. values
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Azim.---" + String(char(223)) + "=Cd.---" + String(char(223)));
                        // char(223) is degree symbol
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Elev. --" + String(char(223)) + "=Cd. --" + String(char(223)));

```

ชุดคำสั่งในการกำหนดค่ามากที่สุด-น้อยสุดของมุมก้ม และมุมเงย

```

// this is to set azimuth-command the same value as real, not to jerk the antenna at
start-up
TRUEAZIMUTH = (map(analogRead(AzPotPin), AZIMUTHMIN, AZIMUTHMAX, 0, 359));
                        // AZIMUTH value 0-359

if (TRUEAZIMUTH<0) {TRUEAZIMUTH=0;}
if (TRUEAZIMUTH>359) {TRUEAZIMUTH=359;} // keep values between
limits

TRUEELEVATION = (map(analogRead(ElPotPin), ELEVATIONMIN, ELEVATIONMAX, 0,
90));
                        // elev value 0-90

if (TRUEELEVATION<0) {TRUEELEVATION=0;}
if (TRUEELEVATION>90) {TRUEELEVATION=90;} // keep values between
limits

```

ชุดคำสั่งในการอ่านค่าของมุมก้ม และมุมเงย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
// initialize all the readings
for (int THISREADING = 0; THISREADING < NUMBERREADINGS; THISREADING++) {
    AZIMUTH[THISREADING] = 0;
    ELEVATION[THISREADING] = 0;
}
COMAZIMUTH = TRUEAZIMUTH;
COMELEVATION = TRUEELEVATION;
OLDTRUEAZIMUTH = TRUEAZIMUTH;
OLDCOMAZIMUTH = COMAZIMUTH;
OLDTRUEELEVATION = TRUEELEVATION;
OLDCOMELEVATION = TRUEELEVATION;
DISP(TRUEAZIMUTH);
DISP(COMAZIMUTH);
DISP(TRUEELEVATION);
DISP(COMELEVATION);
}
```

ชุดคำสั่งในอ่านจากการเข้ารหัส

```
// this is to read the command from encoder
READAZIMUTHENCODER();
RADELEVATIONENCODER();

// every 2 secons looking for serial communication
if ((millis()%2000)<1000){
    if (Serial.available()) {
        SERCOMM();
    }
}
```

คำสั่งในการหมุนในแนวมุมก้ม และมุมเงย

```
// this is to rotate in AZIMUTH
if (TRUEAZIMUTH == COMAZIMUTH) { // if equal, stop moving
    AZIMUTHSTOP = true;
    analogWrite(AZIMUTPWMPin, 0);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    lcd.setCursor(8, 0);
    lcd.print("=");
}

else if ((abs(TRUEAZIMUTH - COMAZIMUTH)<=AZIMUTHERROR)&&(AZIMUTHSTOP
== false)) { // if in tolerance, but it wasn't an equal, rotate
    AZIMUTHRotate();}

else if (abs(TRUEAZIMUTH - COMAZIMUTH)>AZIMUTHERROR){ // if target is off
tolerance
    AZIMUTHSTOP = false; // it's not equal
    AZIMUTHRotate(); // rotate
}

// this is to rotate in ELEVATION
if (TRUEELEVATION == COMELEVATION) { // if equal, stop moving
    ELEVATIONSTOP = true;
    analogWrite(ELEVATIONPWMPin, 0);
    lcd.setCursor(8, 1);
    lcd.print("=");
}

else if ((abs(TRUEELEVATION -
COMELEVATION)<=ELEVATIONERROR)&&(ELEVATIONSTOP == false)) { // if in tolerance,
but it wasn't an equal, rotate
    ElevRotate();}

else if (abs(TRUEELEVATION - COMELEVATION)>ELEVATIONERROR){ // if target is
off tolerance
    ELEVATIONSTOP = false; // it's not equal
    ELEVATIONRotate(); // rotate
}

```


ภาคผนวก ข
ชุดคำสั่ง ในการทำงาน ของ Step motor และ Control Drive TB6600 Arduino

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดคำสั่งในการกำหนดพินของ Control Drive TB6600 Arduino

```
#define stepPin 5
#define dirPin 2
#define enPin 8

//const int stepPin = 5;
//const int dirPin = 2;
//const int enPin = 8;
```

ชุดคำสั่งในการควบคุมความเร็วของ Step motor

```
const int STEPTIME = 5;

void setup() {
  pinMode(stepPin,OUTPUT);
  pinMode(dirPin,OUTPUT);
  pinMode(enPin,OUTPUT);
}
```

ชุดคำสั่งในการหมุนของ Step motor

```
void loop (){
  forward(6000);
  reverse(6000);
}
```

ชุดคำสั่งในการหมุนตามเข็มนาฬิกาของ Step motor

```
void forward (int steps) {
  int x;
  digitalWrite(enPin,LOW);
  digitalWrite(dirPin,HIGH); // Enables the motor to move in a particular
  direction
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

for(x = 0; x < steps; x++) {
    digitalWrite(stepPin,HIGH);
    delay(STEPTIME);
    digitalWrite(stepPin,LOW);
    delay(STEPTIME);
}
digitalWrite(enPin,HIGH);
delay(500); // One second delay
}

```

ชุดคำสั่งในการหมุนทวนเข็มนาฬิกาของ Step motor

```

void reverse(int steps){
    int i;
    digitalWrite(ENAPIN,LOW);//ENABLE IS ACTIVE LOW
    digitalWrite(DIRPIN,LOW);//SET DIRECTION
    for(i=0;i<steps;i++){
        digitalWrite(STEPPIN,HIGH);
        delay(STEPTIME);
        digitalWrite(STEPPIN,LOW);
        delay(STEPTIME);
    }
    digitalWrite(ENAPIN,HIGH);//DISABLE STEPPER
}

```

ชุดคำสั่งในการหมุนตามเข็มนาฬิกาของ Step motor ของข้างบนแกน ELEVATION

```

void forward (int steps) {
    int x;
    digitalWrite(enPin,LOW);
    digitalWrite(dirPin,HIGH); // Enables the motor to move in a particular
direction
    for(x = 0; x < steps; x++) {
        digitalWrite(stepPin,HIGH);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    delay(STEPTIME);
    digitalWrite(stepPin,LOW);
    delay(STEPTIME);
  }
  digitalWrite(enPin,HIGH);
  delay(500); // One second delay
}

```

ชุดคำสั่งในการหมุนทวนเข็มนาฬิกาของ Step motor ของข้างบนแกน ELEVATION

```

void reverse(int steps){
  int i;
  digitalWrite(ENAPIN,LOW);//ENABLE IS ACTIVE LOW
  digitalWrite(DIRPIN,LOW);//SET DIRECTION
  for(i=0;i<steps;i++){
    digitalWrite(STEPPIN,HIGH);
    delay(STEPTIME);
    digitalWrite(STEPPIN,LOW);
    delay(STEPTIME);
  }
  digitalWrite(ENAPIN,HIGH);//DISABLE STEPPER
}

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดคำสั่งในการดึงข้อมูลจากเว็บไซต์ในส่วนของ Satellite position

- ชุดคำสั่งในการดึงข้อมูลจากเว็บไซต์

<https://api.n2yo.com/rest/v1/satellite/positions/25544/41.702/-76.014/0/2/&apiKey=TLHAJH-9A3JF5-2Q8CFR-4NG2>

จากชุดคำสั่งจะมีในส่วนของ ลิงก์เว็บไซต์, ส่วนของที่อนุญาตให้ดึงข้อมูลดาวเทียม, Sat ID (โดยสามารถดูได้จากเว็บไซต์ N2YO หรืออื่น ๆ), ลองติจูด,ละติจูด และในส่วนสุดท้าย คือ API Key ที่ได้จากการลงทะเบียน

ชุดคำสั่งในการดึงข้อมูลจากเว็บไซต์ในส่วนของ Visual pass

- ชุดคำสั่งในการดึงข้อมูลจากเว็บไซต์

<https://api.n2yo.com/rest/v1/satellite/visualpasses/25544/41.702/-76.014/0/2/300/&apiKey=TLHAJH-9A3JF5-2Q8CFR-4NG2>

- ดาวเทียม ISS	รหัสดาวเทียม : 25544
- ดาวเทียม NOAA-19	รหัสดาวเทียม : 33591
- ดาวเทียม NAPA-1	รหัสดาวเทียม : 46320
- ดาวเทียม NAPA-2	รหัสดาวเทียม : 48963
- ดาวเทียม JAISAT 1	รหัสดาวเทียม : 44419
- ดาวเทียม SAUDISAT 1C	รหัสดาวเทียม : 27607
- ดาวเทียม SUOMI NPP	รหัสดาวเทียม : 37849

ในส่วนของชุดคำสั่งสามารถเปลี่ยนในส่วนของ ID Satellite ตามข้อความข้างต้นที่ขีดเส้นใต้ก่อนที่จะรันโปรแกรม



ภาคผนวก ง

ชุดคำสั่งของ Step motor , Motor driver L298N และ Gyroscope compass

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดคำสั่งของ Step motor

```
#include "MPU9250.h"

#include "STEPPER.h"

const int stepsPerRevolution = 200; // change this to fit the number of
steps per revolution
// for your motor

// initialize the STEPPER library on pins 8 through 11:
STEPPER mySTEPPER(stepsPerRevolution, 8, 9, 10, 11);
```

ชุดคำสั่งของ Gyroscope compass

```
// an MPU9250 object with the MPU-9250 sensor on I2C bus 0 with
address 0x68
MPU9250 IMU(Wire,0x68);
int status;
void setup() {
  // set the speed at 60 rpm:
  mySTEPPER.setSpeed(15);
  // serial to DISPlay data
  Serial.begin(115200);
  while(!Serial) {}
  // start communication with IMU
  status = IMU.begin();
  if (status < 0) {
    Serial.println("IMU initialization unsuccessful");
    Serial.println("Check IMU wiring or try cycling power");
    Serial.print("Status: ");
    Serial.println(status);
    while(1) {}
  }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    }
}

void loop() {
    mySTEPPER.step(stepsPerRevolution);
    delay(100);
    mySTEPPER.step(-stepsPerRevolution);
    delay(100);
    // read the sensor
    IMU.readSensor();
    // DISPlay the data
    Serial.print(IMU.getGyroX_rads(),3);
    Serial.print("\t");
    Serial.print(IMU.getGyroY_rads(),3);
    Serial.print("\t");
    Serial.print(IMU.getGyroZ_rads(),3);
    Serial.print("\t");
    Serial.print(IMU.getMagX_uT(),6);
    Serial.print("\t");
    Serial.print(IMU.getMagY_uT(),6);
    Serial.print("\t");
    Serial.print(IMU.getMagZ_uT(),3);
    Serial.print("\t");
    Serial.println(IMU.getTemperature_C(),3);
    //delay(100);
}

```



ภาคผนวก จ
ชุดคำสั่งของในการจัดทำเว็บไซต์ฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดคำสั่งในหน้าแรก หรือ Index

```
<html>

  <head>

    <meta charset="utf-8">

    <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">

    <title>Welcome to Tracking system for LEO satellite</title>

    <style>
      body {margin: 0;}
ชุดคำสั่งในการแบ่ง Layout ของหน้าแรกระหว่างเมนู และหน้าเว็บไซต์
      ul {list-style-type: none;
        margin: 0;
        padding: 0;
        width: 25%;
        background-color: #f1f1f1;
        position: fixed;
        height: 100%;
        overflow: auto;}
      li a {DISPlay: block;
        color: #000;
        padding: 8px 0 8px 16px;
        text-decoration: none;}
      li a.active {background-color: #4CAF50;
        color: white;}
      li a:hover:not(.active) {background-color: #555;
        color: white;}
    </style>
  </head>
```

ชุดคำสั่งในการทำเมนู และ Class active ของปัจจุบัน

```
<body>
```

```
<ul>
```

```
<li><a class="active"
```

```
href="file:///C:/Users/User/OneDrive/%E0%B9%80%E0%B8%94%E0%B8%AA%E0%B8%81%E0%B9%8C%E0%B8%97%E0%B9%87%E0%B8%AD%E0%B8%9B/pre-project/webapp/public/index.html">HOME</a></li>
```

ชุดคำสั่งในการทำแถบเมนู

```
<li><a
```

```
href="file:///C:/Users/User/OneDrive/%E0%B9%80%E0%B8%94%E0%B8%AA%E0%B8%81%E0%B9%8C%E0%B8%97%E0%B9%87%E0%B8%AD%E0%B8%9B/pre-project/webapp/public/25544.html">ISS</a></li>
```

```
<li><a
```

```
href="file:///C:/Users/User/OneDrive/%E0%B9%80%E0%B8%94%E0%B8%AA%E0%B8%81%E0%B9%8C%E0%B8%97%E0%B9%87%E0%B8%AD%E0%B8%9B/pre-project/webapp/public/33591.html">NOAA-19</a></li>
```

```
<li><a
```

```
href="file:///C:/Users/User/OneDrive/%E0%B9%80%E0%B8%94%E0%B8%AA%E0%B8%81%E0%B9%8C%E0%B8%97%E0%B9%87%E0%B8%AD%E0%B8%9B/pre-project/webapp/public/47721.html">SDSAT</a></li>
```

```
<li><a
```

```
href="file:///C:/Users/User/OneDrive/%E0%B9%80%E0%B8%94%E0%B8%AA%E0%B8%81%E0%B9%8C%E0%B8%97%E0%B9%87%E0%B8%AD%E0%B8%9B/pre-project/webapp/public/44419.html">JAISAT</a></li>
```

```
<li><a
```

```
href="file:///C:/Users/User/OneDrive/%E0%B9%80%E0%B8%94%E0%B8%AA%E0%B8%81%E0%B9%8C%E0%B8%97%E0%B9%87%E0%B8%AD%E0%B8%9B/pre-project/webapp/public/46320.html">NAPA-1</a></li>
```

```

<li><a
href="file:///C:/Users/User/OneDrive/%E0%B9%80%E0%B8%94%E0%B8%AA%E0%B8%
81%E0%B9%8C%E0%B8%97%E0%B9%87%E0%B8%AD%E0%B8%9B/pre-
project/webapp/public/48963.html">NAPA-2</a></li>
<li><a
href="file:///C:/Users/User/OneDrive/%E0%B9%80%E0%B8%94%E0%B8%AA%E0%B8%
81%E0%B9%8C%E0%B8%97%E0%B9%87%E0%B8%AD%E0%B8%9B/pre-
project/webapp/public/36516.html">SES1</a></li>
<li><a
href="file:///C:/Users/User/OneDrive/%E0%B9%80%E0%B8%94%E0%B8%AA%E0%B8%
81%E0%B9%8C%E0%B8%97%E0%B9%87%E0%B8%AD%E0%B8%9B/pre-
project/webapp/public/37849.html">SUOMI NPP</a></li>
<li><a
href="file:///C:/Users/User/OneDrive/%E0%B9%80%E0%B8%94%E0%B8%AA%E0%B8%
81%E0%B9%8C%E0%B8%97%E0%B9%87%E0%B8%AD%E0%B8%9B/pre-
project/webapp/public/27607.html">SAUDISAT 1C</a></li>
<li><a
href="file:///C:/Users/User/OneDrive/%E0%B9%80%E0%B8%94%E0%B8%AA%E0%B8%
81%E0%B9%8C%E0%B8%97%E0%B9%87%E0%B8%AD%E0%B8%9B/pre-
project/webapp/public/Meet%20our%20team.html">Our team</a></li>
</ul>

```

ชุดคำสั่งในการแบ่งทางซ้ายให้อยู่ 25 %

```

<div style="margin-left:25%;padding:1px 16px;height:1000px;">
  <!-- update the version number as needed -->
  <script defer src="/__/_firebase/8.4.1/firebase-app.js"></script>
  <!-- include only the Firebase features as you need -->
  <script defer src="/__/_firebase/8.4.1/firebase-auth.js"></script>
  <script defer src="/__/_firebase/8.4.1/firebase-database.js"></script>
  <script defer src="/__/_firebase/8.4.1/firebase-firestore.js"></script>
  <script defer src="/__/_firebase/8.4.1/firebase-functions.js"></script>

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

<script defer src="/__/firebase/8.4.1/firebase-messaging.js"></script>
<script defer src="/__/firebase/8.4.1/firebase-storage.js"></script>
<script defer src="/__/firebase/8.4.1/firebase-analytics.js"></script>
<script defer src="/__/firebase/8.4.1/firebase-remote-config.js"></script>
<script defer src="/__/firebase/8.4.1/firebase-performance.js"></script>
<!--

```

initialize the SDK after all desired features are loaded, set useEmulator to false

```

to avoid connecting the SDK to running emulators.
-->
<script defer src="/__/firebase/init.js?useEmulator=true"></script>

```

ชุดคำสั่งกำหนดรูปแบบอักษร ขนาด และสี

```

<style media="screen">
  body { background: #ECEFF1; color: rgba(0,0,0,0.87); font-family:
Roboto, Helvetica, Arial, sans-serif; margin: 0; padding: 0; }
  #message { background: white; max-width: 360px; margin: 100px auto
16px; padding: 32px 24px; border-radius: 3px; }
  #message h2 { color: #ffa100; font-weight: bOLD; font-size: 16px;
margin: 0 0 8px; }
  #message h1 { font-size: 22px; font-weight: 300; color: rgba(0,0,0,0.6);
margin: 0 0 16px;}
  #message p { line-height: 140%; margin: 16px 0 24px; font-size: 14px; }
  #message a { DISPlay: block; text-align: center; background: #039be5;
text-transform: uppercase; text-decoration: none; color: white; padding: 16px; border-
radius: 4px; }
  #message, #message a { box-shadow: 0 1px 3px rgba(0,0,0,0.12), 0 1px
2px rgba(0,0,0,0.24); }
  #load { color: rgba(0,0,0,0.4); text-align: center; font-size: 13px; }
  @media (max-width: 600px) {

```

```

body, #message { margin-top: 0; background: white; box-shadow:
none; }

body { border-top: 16px solid #ffa100; }
}
</style>
</head>
<body>

```

ชุดคำสั่งในการทำกล่องข้อความ และเวลา

```

<div id="message">
  <h1><B>Tracking system for LEO satellite</B></h1>
  <p>Data base The AZIMUTH and The ELEVATION angle, Telecom
communication Engineering department ,KMITL</p>
</div>
<center><p>Date/Time: <span id="datetime"></span></p>
<script>
  var dt = new Date();
  document.getElementById("datetime").innerHTML =
  (("0"+dt.getDate()).slice(-2)) + "." + (("0"+(dt.getMonth()+1)).slice(-2)) + "." + (dt.getFullYear())
  + " " + (("0"+dt.getHours()).slice(-2)) + ":" + (("0"+dt.getMinutes()).slice(-2));
</script>
</center>

```

ชุดคำสั่งในการทำหน้าจอ DISPlay ติดตามการเคลื่อนที่ และแถบเมนูในการเลือก

```

<script>
  var norad_n2yo = '25544|ISS,33591|NOAA-
19,47721|SDSAT,44419|JAISAT,46320|NAPA-1,48963|NAPA-2,36515|SES1,37849|SUOMI-
NPP,27607|SAUDIST-1C';
  var size_n2yo = 'large';
  var allpasses_n2yo = '1';
  var map_n2yo = '5';

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

var sataz_n2yo ='1';
var satazcmp_n2yo ='1';
</script>

```

ชุดคำสั่งในแสดงหน้าจอ Widget การติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียม

```

<center><script type="text/javascript" src="https://www.n2yo.com/js/widget-tracker.js"
></script></center>

```

```

<script>
  document.addEventListener('DOMContentLoaded', function() {
    const loadEl = document.querySelector('#load');
    try {let app = firebase.app();
      let features = [
        'auth',
        'database',
        'firestore',
        'functions',
        'messaging',
        'storage',
        'analytics',
        'remoteConfig',
        'performance',
      ].filter(feature => typeof app[feature] === 'function');
      loadEl.textContent = `Firebase SDK loaded with ${features.join(', ')}';
    } catch (e) {
      console.error(e);
      loadEl.textContent = 'Error loading the Firebase SDK, check the
console.';});
  }
</script>
</body>
</html>

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดคำสั่งในการจัดทำเว็บไซต์ฐานข้อมูลของดาวเทียม ISS และหน้าอื่นๆ

```
<html>

<head>
  <style type="text/css">
    </style>
</head>
<body>
  <style>
    body {
      margin: 0;}
    ul {list-style-type: none;
      margin: 0;
      padding: 0;
      width: 25%;
      background-color: #f1f1f1;
      position: fixed;
      height: 100%;
      overflow: auto;}
    li a {DISPlay: block;
      color: #000;
      padding: 8px 0 8px 16px;
      text-decoration: none;}
    li a.active {background-color: #4CAF50;
      color: white;}
    li a:hover:not(.active) {
      }
  </style>
</head>
<body>
  <ul>
```

```

<li><a
href="file:///C:/Users/User/OneDrive/%E0%B9%80%E0%B8%94%E0%B8%AA%E0%B8%
81%E0%B9%8C%E0%B8%97%E0%B9%87%E0%B8%AD%E0%B8%9B/pre-
project/webapp/public/index.html">Home</a></li>
<li><a class="active"
href="file:///C:/Users/User/OneDrive/%E0%B9%80%E0%B8%94%E0%B8%AA%E0%B8%
81%E0%B9%8C%E0%B8%97%E0%B9%87%E0%B8%AD%E0%B8%9B/pre-
project/webapp/public/25544.html">ISS</a></li>
<li><a
href="file:///C:/Users/User/OneDrive/%E0%B9%80%E0%B8%94%E0%B8%AA%E0%B8%
81%E0%B9%8C%E0%B8%97%E0%B9%87%E0%B8%AD%E0%B8%9B/pre-
project/webapp/public/33591.html">NOAA-19</a></li>
<li><a
href="file:///C:/Users/User/OneDrive/%E0%B9%80%E0%B8%94%E0%B8%AA%E0%B8%
81%E0%B9%8C%E0%B8%97%E0%B9%87%E0%B8%AD%E0%B8%9B/pre-
project/webapp/public/47721.html">SDSAT</a></li>
<li><a
href="file:///C:/Users/User/OneDrive/%E0%B9%80%E0%B8%94%E0%B8%AA%E0%B8%
81%E0%B9%8C%E0%B8%97%E0%B9%87%E0%B8%AD%E0%B8%9B/pre-
project/webapp/public/44419.html">JAISAT</a></li>
<li><a
href="file:///C:/Users/User/OneDrive/%E0%B9%80%E0%B8%94%E0%B8%AA%E0%B8%
81%E0%B9%8C%E0%B8%97%E0%B9%87%E0%B8%AD%E0%B8%9B/pre-
project/webapp/public/46320.html">NAPA-1</a></li>
<li><a
href="file:///C:/Users/User/OneDrive/%E0%B9%80%E0%B8%94%E0%B8%AA%E0%B8%
81%E0%B9%8C%E0%B8%97%E0%B9%87%E0%B8%AD%E0%B8%9B/pre-
project/webapp/public/48963.html">NAPA-2</a></li>
<li><a
href="file:///C:/Users/User/OneDrive/%E0%B9%80%E0%B8%94%E0%B8%AA%E0%B8%

```

```

81%E0%B9%8C%E0%B8%97%E0%B9%87%E0%B8%AD%E0%B8%9B/pre-
project/webapp/public/36516.html">SES1</a></li>
<li><a
href="file:///C:/Users/User/OneDrive/%E0%B9%80%E0%B8%94%E0%B8%AA%E0%B8%
81%E0%B9%8C%E0%B8%97%E0%B9%87%E0%B8%AD%E0%B8%9B/pre-
project/webapp/public/37849.html">SUOMI NPP</a></li>
<li><a
href="file:///C:/Users/User/OneDrive/%E0%B9%80%E0%B8%94%E0%B8%AA%E0%B8%
81%E0%B9%8C%E0%B8%97%E0%B9%87%E0%B8%AD%E0%B8%9B/pre-
project/webapp/public/27607.html">SAUDISAT 1C</a></li>
<li><a
href="file:///C:/Users/User/OneDrive/%E0%B9%80%E0%B8%94%E0%B8%AA%E0%B8%
81%E0%B9%8C%E0%B8%97%E0%B9%87%E0%B8%AD%E0%B8%9B/pre-
project/webapp/public/Meet%20our%20team.html">Our team</a></li>
</ul>
<div style="margin-left:25%;padding:1px 16px;height:1000px;">
<center>
ชุดคำสั่งในการดึงข้อมูลการติดตามการเคลื่อนที่ของดาวเทียมแบบ Realtime
<iframe src="https://www.n2yo.com/?s=25544"height="900"
width="1400"frameborder="0"scrolling="off"align="left">
</iframe>
ชุดคำสั่งในการดึงข้อมูลการทำนายการเคลื่อนที่ของดาวเทียม 10 วัน
<iframe src="https://www.n2yo.com/passes/?s=25544#"height="1000"
width="1400"frameborder="0"scrolling="off"align="left">
</iframe>
</center>
</body>
</html>

```