

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

โปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบ
วงโคจรดาวเทียม

THE PARAMETER DETERMINING PROGRAM FOR
SATELLITE'S ORBITS DESIGN

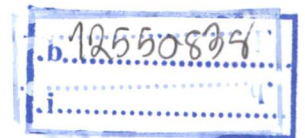


ธีระวัฒน์ จันทรรัตน์
TEERAWAT JANTARAT

ศพ.
ธ 67491
2555

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 128742
รับ เดือน ปี 13 11 2556

ทำ id



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2555

KMITL-2012-ED-M-231-057

THE PARAMETER DETERMINING PROGRAM FOR
SATELLITE'S ORBITS DESIGN

TEERAWAT JANTARAT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIRMENTS FOR
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN INDUSTRIAL EDUCATION
IN ELECTRICAL COMMUNICATIONS ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2012

KMITL-2012-ED-M-231-057

COPYRIGHT 2012

FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	โปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม
นักศึกษา	นายธีระวัฒน์ จันทรัตน์
รหัสประจำตัว	52630601
ปริญญา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร
พ.ศ.	2555
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร. วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์	รศ. พิระวุฒิ สุวรรณจันทร์

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้าง หาประสิทธิภาพของโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์ และความพึงพอใจของผู้ใช้งานโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม ซึ่งการคำนวณค่าพารามิเตอร์ในการกำหนดขนาดและรูปร่างของวงโคจรดาวเทียม พารามิเตอร์ที่กำหนดการหมุนรอบของวงโคจรดาวเทียม และความเร็วในการเคลื่อนที่ของดาวเทียม มีจำนวนรวมทั้งสิ้น 21 พารามิเตอร์ สามารถคำนวณค่าพารามิเตอร์ในการออกแบบวงโคจรดาวเทียมได้ทั้งหมด 4 ลักษณะวงโคจร ได้แก่ วงโคจรแบบค้างฟ้า วงโคจรแบบวงกลม วงโคจรแบบวนซ้ำตำแหน่งการติดตามภาคพื้นดิน และวงโคจรแบบโมลนียา ผลการวิจัย พบว่า คุณภาพโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม ด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดีมาก (\bar{X} = 4.86 และ S.D. = 0.16) ด้านพัฒนาโปรแกรมอยู่ในระดับดี (\bar{X} = 4.13 และ S.D. = 0.63) ส่วนประสิทธิภาพของโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมอยู่ในระดับดีมาก (ความผิดพลาดของผลลัพธ์น้อยกว่า 0.05 เป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนดคือ ± 0.05) และความพึงพอใจของผู้ใช้งานอยู่ในระดับดี (\bar{X} = 4.32 และ S.D. = 0.74)

Thesis Title	The Parameter Determining Program for Satellite's Orbits Design
Student	Mr. Teerawat Jantarat
Student ID.	52630601
Degree	Master of Science in Industrial Education
Program	Electrical Communications Engineering
Year	2012
Thesis Advisor	Assoc.Prof. Dr. Wisuit Sunthonkanokpong
Thesis Co-Advisor	Assoc.Prof. Peerawut Suwanjan

ABSTRACT

The objectives of this study were to create, to find the efficiency and users' satisfaction of the parameter determining program for satellite's orbits design. This research was the development of the parameter determining program for satellite's orbits design for parameter determining. These parameters are the parameters that determine the size and shape of the satellite orbit. The parameters that defining the rotation of the satellite orbit and the speed motion of the satellite have 21 parameters. The parameter determining program for satellite's orbits design can calculate four features as follow: geostationary orbit, circular orbit, repeating ground trace, and molniya orbit. The quality of parameter determining program for satellite's orbits design in content aspect was at a very good level ($\bar{X} = 4.86$ and S.D. = 0.16) and the program development was at a good level ($\bar{X} = 4.13$ and S.D. = 0.63). The efficiency of the parameter determining program for satellite's orbits design was at a very good level (the error of the results was less than 0.05 which was congruent with the specific hypothesis or ± 0.05). The users' satisfaction of program was at a good level ($\bar{X} = 4.32$ and S.D. = 0.74).

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ และ รศ. พิระวุฒิ สุวรรณจันทร์ ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะช่วยแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร. กัลยาณี จิตต์การุณย์ รศ. กิตติพงศ์ มะโน และ ว่าที่ร้อยโท รศ.พิชัย สติภบาล กรรมการสอบหัวข้อและโครงสร้างวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนข้อชี้แนะ จนในที่สุดทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์สันติ ตันตระกูล ผศ.ประเสริฐ เคนพันก่อ คุณกนกพร ชินคำหาญ ที่คอยให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางในการใช้ภาษาเพื่อการเรียบเรียงวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้การสนับสนุนการวิจัยครั้งนี้

สุดท้ายต้องขอขอบคุณ คุณปฐมพร เรื่องจันทร์ คุณสุธาสินี พรหมทา และคุณอันชรี ไชยหนู ที่ให้การสนับสนุน ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ และเป็นกำลังเป็นอย่างดี

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้บิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

ธีระวัฒน์ จันทร์ตัน

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการทำวิจัย.....	2
1.3 สมมติฐานการวิจัย.....	2
1.4 กรอบแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	2
1.5 ขอบเขตการวิจัย.....	3
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย.....	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 การออกแบบวงโคจรดาวเทียม.....	4
2.2 การพัฒนาโปรแกรมเพื่อการสอน.....	20
2.3 การหาคุณภาพโปรแกรมเพื่อการสอน.....	21
2.4 การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และโครงสร้างข้อมูล.....	25
2.5 ความผิดพลาดที่เกิดจากคน.....	28
2.6 แนวคิดเกี่ยวกับความพึงพอใจในการเรียนการสอน.....	31
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	33
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	36
3.1 ประชากร.....	36
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	36
3.3 การดำเนินการทดลองและเก็บข้อมูล.....	40
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้.....	41

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	43
4.1 ผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาและด้านโปรแกรมของโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมจากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ.....	43
4.2 ผลการประเมินคุณภาพด้านโปรแกรมของโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมจากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ.....	44
4.3 ผลการทดลองหาประสิทธิภาพของโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมจากการทดลองของผู้ใช้งาน.....	45
4.4 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมจากการประเมินของผู้ใช้งาน.....	62
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และอภิปรายผล	64
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	64
5.2 อภิปรายผล.....	66
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	67
บรรณานุกรม.....	68
ภาคผนวก.....	70
ภาคผนวก ก หนังสือราชการประกอบการดำเนินการวิจัย.....	71
ภาคผนวก ข แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาของโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม.....	76
ภาคผนวก ค แบบประเมินคุณภาพด้านโปรแกรมของโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม.....	78
ภาคผนวก ง แบบประเมินประสิทธิภาพของโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม.....	80
ภาคผนวก จ แบบสอบถามระดับความพึงพอใจโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม.....	82
ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างหน้าจอโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม.....	85
ภาคผนวก ช คู่มือการใช้งานโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม.....	90
ประวัติผู้เขียน.....	104

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 พารามิเตอร์ของการกำหนดขนาด และรูปร่างของวงโคจร.....	7
2.2 พารามิเตอร์ของการกำหนดการหมุนรอบวงโคจร.....	9
2.3 พารามิเตอร์ของการกำหนดตำแหน่งของดาวเทียม.....	10
4.1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคุณภาพด้านเนื้อหาของโปรแกรมคำนวณ ค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมซึ่งได้รับการพิจารณาจากการประเมิน ของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน.....	43
4.2 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคุณภาพด้านการพัฒนาโปรแกรมของโปรแกรม คำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมซึ่งได้รับการพิจารณาจากการ ประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน.....	44
4.3 แสดงจำนวนและร้อยละของผู้ใช้งานจำแนกตามเพศ.....	45
4.4 แสดงจำนวนและร้อยละของผู้ใช้งานจำแนกตามอายุ.....	45
4.5 แสดงจำนวนและร้อยละของผู้ใช้งานจำแนกตามระดับชั้น.....	46
4.6 แสดงค่าพารามิเตอร์ผลลัพธ์ของวงโคจรแบบค้างฟ้าที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรมคำนวณ ค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม เมื่อกำหนดให้ $T=24\text{Hours}$, $h=100$	46
4.7 แสดงค่าพารามิเตอร์ผลลัพธ์ของวงโคจรแบบค้างฟ้าที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรมคำนวณ ค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม เมื่อกำหนดให้ $T = 23 \text{ Hours } 56 \text{ min } 4.1 \text{ sec}$, $h=100$	47
4.8 แสดงค่าพารามิเตอร์ผลลัพธ์ของวงโคจรแบบค้างฟ้าที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรมคำนวณ ค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม เมื่อกำหนดให้ $T = 24 \text{ Hours}$, $H=400$	48
4.9 แสดงค่าพารามิเตอร์ผลลัพธ์ของวงโคจรแบบค้างฟ้าที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรมคำนวณ ค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม เมื่อกำหนดให้ $T=23 \text{ Hours } 56 \text{ min } 4.1 \text{ sec}$, $h=150$	49
4.10 แสดงค่าพารามิเตอร์ผลลัพธ์ของวงโคจรแบบวงกลมที่ได้จากการคำนวณโดย โปรแกรม คำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม เมื่อกำหนดให้ $T = 24 \text{ Hours}$, Approximate Reverse per day=1, $i=0$ $h=100$	50
4.11 แสดงค่าพารามิเตอร์ผลลัพธ์ของวงโคจรแบบวงกลมที่ได้จากการคำนวณโดย โปรแกรม คำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม เมื่อกำหนดให้ $T = 24 \text{ Hours}$, Approximate Reverse per day=2, $i=60$ $h=100$	51
4.12 แสดงค่าพารามิเตอร์ผลลัพธ์ของวงโคจรแบบวงกลมที่ได้จากการคำนวณโดย โปรแกรม คำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม เมื่อกำหนดให้ $T = 23 \text{ Hours } 56\text{min}4.1\text{sec}$, Approximate Reverse per day=4, $i=90$, $h=200$	52

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.13 แสดงค่าพารามิเตอร์ผลลัพธ์ของวงโคจรแบบวงกลมที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม เมื่อกำหนดให้ $T = 23 \text{ Hours } 56\text{min}4.1\text{sec}$, Approximate Reverse per day=10, $i=0$ $h=200$	53
4.14 แสดงค่าพารามิเตอร์ผลลัพธ์ของวงโคจรแบบวงรีต่ำตำแหน่งการติดตามภาคพื้นดินที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม เมื่อกำหนดให้ $T=24\text{Hours}$, Approximate Reverse per day=6, $i=30$ $h=300$	54
4.15 แสดงค่าพารามิเตอร์ผลลัพธ์ของวงโคจรแบบวงรีต่ำตำแหน่งการติดตามภาคพื้นดินที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม เมื่อกำหนดให้ $T = 24 \text{ Hours }$, Approximate Reverse per day=8, $i=50$ $h=500$	55
4.16 แสดงค่าพารามิเตอร์ผลลัพธ์ของวงโคจรแบบวงรีต่ำตำแหน่งการติดตามภาคพื้นดินที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม เมื่อกำหนดให้ $T=23\text{Hours}56\text{min}4.1\text{sec}$, Approximate Reverse per day=3, $i=30$ $h=200$	56
4.17 แสดงค่าพารามิเตอร์ผลลัพธ์ของวงโคจรแบบวงรีต่ำตำแหน่งการติดตามภาคพื้นดินที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจร ดาวเทียม เมื่อกำหนดให้ $T=23\text{Hours}56\text{min}4.1\text{sec}$, Approximate Reverse per day=7, $i=180$ $h=100$	57
4.18 แสดงค่าพารามิเตอร์ผลลัพธ์ของวงโคจรแบบโมลนียาที่ได้จากการคำนวณโดย โปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม เมื่อกำหนดให้ $T = 24 \text{ Hours }$, Approximate Reverse per day=1, $i=0$ $h=100$, $A_p=200$	58
4.19 แสดงค่าพารามิเตอร์ผลลัพธ์ของวงโคจรแบบโมลนียาที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม เมื่อกำหนดให้ $T=24\text{Hours}$, Approximate Reverse per day=10, $i=100$ $h=100$, $A_p=300$	59
4.20 แสดงค่าพารามิเตอร์ผลลัพธ์ของวงโคจรแบบโมลนียาที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม เมื่อกำหนดให้ $T = 23 \text{ Hours } 56 \text{ min } 4.1\text{sec}$, Approximate Reverse per day=2, $i=90$ $h=150$, $A_p=400$	60
4.21 แสดงค่าพารามิเตอร์ผลลัพธ์ของวงโคจรแบบโมลนียาที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม เมื่อกำหนดให้ $T=23\text{Hours} 56 \text{ min } 4.1\text{sec}$, Approximate Reverse per day=2, $i=90$ $h=150$, $A_p=400$	61
4.22 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งาน โปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมจากการประเมินของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 15 ท่าน.....	62

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ลักษณะรูปทรงต่าง ๆ ของวงโคจร.....	6
2.2 องค์ประกอบทางวงโคจรดาวเทียม.....	7
2.3 ลักษณะการกำหนดการหมุนรอบวงโคจร.....	8
2.4 พารามิเตอร์ของการกำหนดตำแหน่งของดาวเทียม.....	9
2.5 การกำหนดความเร็วหรือเวลาของการเข้าสู่วงโคจรหนึ่งไปสู่วงโคจรที่ออกแบบ.....	11
2.6 การกำหนดความเร็วหรือเวลาของการเข้าสู่วงโคจรหนึ่งไปสู่วงโคจรที่ออกแบบ.....	14
2.7 การกำหนดความเร็วหรือเวลาของการเข้าสู่วงโคจรหนึ่งไปสู่วงโคจรที่ออกแบบ.....	18
3.1 ขั้นตอนการพัฒนาเนื้อหาและโปรแกรมเพื่อสร้างโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการ ออกแบบวงโคจรดาวเทียม.....	38

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันหน่วยงานต่างๆ ทั้งของภาครัฐและเอกชนต่างนำเทคโนโลยีที่มีความทันสมัยและสามารถอำนวยความสะดวกให้กับหน่วยงานของตนมาปรับปรุงระบบของหน่วยงานให้มีความก้าวหน้ามากยิ่งขึ้น สืบเนื่องมาจากในปัจจุบันความก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์มีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้เทคโนโลยีต่างๆ มีความก้าวหน้าตามไปด้วยอย่างรวดเร็วและมีราคาที่ไม่สูงเกินไป ทำให้ประชาชนทั่วไปสามารถนำเทคโนโลยีต่างๆ เหล่านั้นมาใช้อำนวยความสะดวกให้กับตนเองได้เช่นกัน ยกตัวอย่างเช่น โทรศัพท์มือถือและคอมพิวเตอร์ เป็นต้น ซึ่งคอมพิวเตอร์นี้เองที่หน่วยงานต่างๆ ทั้งภาครัฐและภาคเอกชนนำมาใช้ในการพัฒนาหน่วยงานของตนอย่างแพร่หลาย เนื่องจากคอมพิวเตอร์มีความสามารถในหลายๆ ด้าน เช่น การเก็บข้อมูลจำนวนมาก การค้นหาข้อมูล และการคำนวณข้อมูลที่ต้องการได้อย่างรวดเร็ว เป็นต้น อีกทั้งในปัจจุบันคอมพิวเตอร์มีราคาที่ไม่แพงเกินไปเมื่อเทียบกับประโยชน์ใช้สอยที่ได้รับ

สถาบันการศึกษาเป็นอีกหน่วยงานหนึ่งที่น่าเทคโนโลยีที่ทันสมัยเข้ามาช่วยในการพัฒนาระบบของหน่วยงานและพัฒนาระบบการเรียน โดยเฉพาะคอมพิวเตอร์ที่นำเข้ามาใช้กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งนักเรียนนักศึกษาก็สามารถมีคอมพิวเตอร์เป็นของตนเอง เพื่อนำมาใช้ในการเรียนกันอย่างมากขึ้น ซึ่งเมื่อคอมพิวเตอร์เข้ามามีส่วนร่วมในการเรียนการสอน เช่น การใช้โปรแกรมช่วยสอน (CAI) ก็สามารถทำให้นักเรียนทำความเข้าใจได้สูงกว่าการเรียนวิธีปกติ เป็นต้น (พรทิพย์ สุนทรนนท์, 2534 : 30) นอกจากนี้การใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการคำนวณค่าทางคณิตศาสตร์และสถิติที่มีความซับซ้อนทำให้คำนวณได้อย่างถูกต้องแม่นยำ และประหยัดเวลา โดยเฉพาะรายวิชาที่ต้องใช้การคำนวณค่าทางคณิตศาสตร์เป็นจำนวนมาก ถ้ามีโปรแกรมที่สามารถคำนวณค่าทางคณิตศาสตร์เหล่านั้นก็จะเป็นการอำนวยความสะดวกแก่ผู้เรียน

อนึ่ง สำหรับหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา (วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร) ซึ่งมีรายวิชา Selected Topics in Communications รหัสวิชา 03347504 โดยรายละเอียดของรายวิชานี้จะครอบคลุมหัวข้อที่เลือกศึกษาตามความสนใจในสาขาไฟฟ้าสื่อสารและสาขาสื่อสารข้อมูล ซึ่งการจัดการเรียนการสอนของรายวิชานี้ได้มีเนื้อหาของวิชาเกี่ยวข้องกับการออกแบบวงโคจรดาวเทียมและมีการนำเอาโปรแกรมที่มีชื่อเรียกว่า “Satellite Tool Kit (STK)” มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนพบว่าโปรแกรมนี้สามารถทำการจำลองลักษณะของวงโคจรดาวเทียม จำลองการเคลื่อนที่ของดาวเทียมได้ทั้งรูปแบบ 2 มิติและ 3 มิติ รวมไปถึงสามารถสังเกตองค์ประกอบต่างๆ ของวงโคจรดาวเทียมได้อย่างชัดเจน ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อผู้เรียนในการออกแบบวงโคจรดาวเทียม

อย่างไรก็ตามนักศึกษามักประสบปัญหาในการคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมซึ่งมีวิธีการที่ยุ่งยากซับซ้อนและเกิดความผิดพลาดในการคำนวณได้ง่าย ส่งผลทำให้ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่คำนวณได้ไม่ถูกต้อง ถ้าหากมีโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์ ที่สามารถใช้งานได้ง่าย สะดวกและมีความถูกต้องสูง ก็จะเป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอนของอาจารย์และนักศึกษาในเนื้อหาดังกล่าว

จากความสำเร็จและปัญหาเกี่ยวกับการคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะจัดทำโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมขึ้นเพื่อให้ความสะดวกในการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม เพื่อให้สามารถคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ได้สะดวก รวดเร็ว ถูกต้อง และประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อสร้างโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมที่มีคุณภาพ
- 1.2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม
- 1.2.3 เพื่อหาความพึงพอใจของผู้ใช้งานโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

- 1.3.1 คุณภาพโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมมีคุณภาพอยู่ในระดับดีขึ้นไป ($\bar{x} \geq 3.5$)
- 1.3.2 ประสิทธิภาพของโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมอยู่ในระดับดีมาก (ความผิดพลาด \leq ร้อยละ 5)
- 1.3.3 ความพึงพอใจของผู้ใช้งานโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมอยู่ในระดับมากขึ้นไป ($\bar{x} \geq 3.5$)

1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้ใช้กรอบแนวคิดในการสร้างโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมโดยยึดแนวขั้นตอนการออกแบบของ วัลลภ จันทร์ตระกูล (2529 : 44-46) ซึ่งมีกระบวนการทั้งหมด 5 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. กำหนดขอบข่ายเนื้อหาวิชา
2. กำหนดเนื้อหาและวัตถุประสงค์จากขอบข่ายเนื้อหาที่ได้นำมาศึกษา
3. ออกแบบและการสร้างโปรแกรม
4. ทดลองใช้
5. ปรับปรุง

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1.5.1 ประชากร คือ นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง ที่ลงทะเบียนเรียนวิชา Selected Topics in Communications รหัสวิชา 03347504 ภาคเรียนที่ 2 ตั้งแต่ปีการศึกษา 2551-2553 จำนวน 49 คน

1.5.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง ที่ลงทะเบียนเรียนวิชา Selected Topics in Communications รหัสวิชา 03347504 ภาคเรียนที่ 2 ตั้งแต่ปีการศึกษา 2551-2553 จำนวน 15 คน โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง

1.5.3 เนื้อหาที่จะใช้ในการสร้างโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจร ดาวเทียม มีจำนวน 4 หน่วย (ประเสริฐ เค้นพันธ์. 2553 : 6-56) คือ

1. การออกแบบวงโคจรแบบค้างฟ้า
2. การออกแบบวงโคจรแบบวงกลม
3. การออกแบบวงโคจรวนซ้ำตำแหน่งการติดตามทางภาคพื้นดิน
4. การออกแบบวงโคจรแบบโมลนียา

ซึ่งเนื้อหาที่นำมาใช้ในการสร้างโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม ดังที่ได้กล่าวมานี้ อยู่ในรายวิชา (Selected Topics in Communications) โดยวิชานี้รายละเอียดของเนื้อหาวิชาจะครอบคลุมตามความสนใจของรายวิชา Selected Topics in Communications ที่เปิดสอนในสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

เพื่อความเข้าใจที่ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย จึงกำหนดความหมายของคำต่างๆ ที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

1.6.1 โปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม หมายถึง โปรแกรมสำเร็จรูปที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม โดยสามารถคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ได้ทั้งหมด 21 พารามิเตอร์

1.6.2 วงโคจรดาวเทียม หมายถึง วงโคจรดาวเทียมทั้งหมด 4 รูปแบบดังนี้ วงโคจรแบบค้างฟ้า วงโคจรดาวเทียมแบบวงกลม วงโคจรวนซ้ำตำแหน่งการติดตามทางภาคพื้นดินและ วงโคจรแบบโมลนียา

1.6.3 คุณภาพ หมายถึง ผลการประเมินโปรแกรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาและผู้ทรงคุณวุฒิด้านการพัฒนาโปรแกรม

1.6.4 ประสิทธิภาพ หมายถึง ความถูกต้อง ความเที่ยงตรง ในการคำนวณค่าพารามิเตอร์ ผลลัพธ์ของโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม

1.6.5 ความพึงพอใจ หมายถึง ผลการแสดงความคิดเห็นในการใช้งานโปรแกรมโดยกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้งานโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องโปรแกรมการออกแบบวงโคจรดาวเทียม ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มีรายละเอียดตามลำดับ ดังนี้

2.1 การออกแบบวงโคจรดาวเทียม

2.1.1 การประยุกต์ใช้กฎและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับหลักการพื้นฐานของวงโคจรกับวงโคจรดาวเทียม

2.1.2 องค์ประกอบทางวงโคจรดาวเทียม (Satellite Orbital Elements)

2.1.3 การออกแบบวงโคจรแบบค้างฟ้า (Geostationary Orbit Design)

2.1.4 การออกแบบวงโคจรแบบวงกลม (Circular Orbit Design)

2.1.5 การออกแบบวงโคจรวนซ้ำตำแหน่งการติดตามทางภาคพื้นดิน (Repeating Ground Trace Orbit Design)

2.1.6 การออกแบบวงโคจรแบบโมลนียา (Molniya Orbit Design)

2.2 การพัฒนาโปรแกรมเพื่อการสอน

2.3 การหาคุณภาพของโปรแกรมเพื่อการสอน

2.4 การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และโครงสร้างฐานข้อมูล

2.5 ความผิดพลาดที่เกิดจากคน (Human Error)

2.6 แนวคิดเกี่ยวกับความพึงพอใจในการเรียนการสอน

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การออกแบบวงโคจรดาวเทียม

2.1.1 การประยุกต์ใช้กฎและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับหลักการพื้นฐานของวงโคจรกับวงโคจรดาวเทียม (ประเสริฐ เคันพันธ์. 2553 : 6-8)

จากกฎและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับหลักการพื้นฐานของวงโคจรสามารถนำมาประยุกต์ทำให้เกิดทฤษฎีเกี่ยวกับแรงที่กระทำกันระหว่างดาวเทียมที่ลอยอยู่บนชั้นบรรยากาศหรืออวกาศกับโลกได้ ดังนี้

1. แรงโน้มถ่วงของโลกจะพยายามดึงดาวเทียมตกสู่พื้นโลก

2. แรงเหวี่ยงที่ออกจากจุดศูนย์กลางของโลกจะฉุดให้ดาวเทียมออกห่างจากโลก และ ออกจากวงโคจร

หมายเหตุ ความสัมพันธ์ของแรงโน้มถ่วงของโลก และ แรงเหวี่ยงที่ออกจากจุดศูนย์กลางของโลก มีผลกระทบกับวงโคจรของดาวเทียม ดังนี้ คือ

แรงโน้มถ่วงของโลกจะขึ้นอยู่กับน้ำหนักของดาวเทียม และความเร็วในการเคลื่อนที่ของดาวเทียม

1. แรงเหวี่ยงที่ออกจากจุดศูนย์กลางของโลกจะขึ้นอยู่กับน้ำหนักของดาวเทียม และความเร็วในการเคลื่อนที่ของดาวเทียม

2. ถ้าแรงโน้มถ่วงของโลกมากกว่าแรงเหวี่ยงที่ออกจากจุดศูนย์กลางของโลก จะทำให้ดาวเทียมมีวงโคจรเคลื่อนที่เข้าหาโลก

3. ถ้าแรงโน้มถ่วงของโลกน้อยกว่าแรงเหวี่ยงที่ออกจากจุดศูนย์กลางของโลก จะทำให้ดาวเทียมมีวงโคจรเคลื่อนที่ออกจากโลก

4. ถ้าแรงโน้มถ่วงของโลกเท่ากับแรงเหวี่ยงที่ออกจากจุดศูนย์กลางของโลก จะทำให้ดาวเทียมเคลื่อนที่คงที่รอบๆโลก

จากความสัมพันธ์กันของแรงโน้มถ่วงของโลก และ แรงเหวี่ยงที่ออกจากจุดศูนย์กลางของโลก มีผลกระทบต่อวงโคจรของดาวเทียม เราสามารถที่จะสรุปการพิจารณาได้เป็น 3 กรณี ดังต่อไปนี้

2.1.1.1 แรงที่เกิดจากการกระทำของแรงโน้มถ่วงของโลก

$$F_c = ma$$

F_c คือ แรงโน้มถ่วงของโลกที่กระทำต่อดาวเทียมมีหน่วยเป็นนิวตัน (N)

m คือ น้ำหนักของดาวเทียมมีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg)

a คือ ความเร่งของดาวเทียมที่เกิดจากแรงโน้มถ่วงของโลก มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาทีกำลังสอง $\left(\frac{m}{s^2}\right)$

$$a = \frac{GM}{r^2}$$

G คือ ค่าคงที่แรงโน้มถ่วงของโลก เท่ากับ มีค่าเท่ากับ $6.672 \times 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2}$

M คือ น้ำหนักของโลกมีค่าเท่ากับ $5.975 \times 10^{24} kg$

r คือ ระยะห่างระหว่างโลกกับดาวเทียมที่ลอยอยู่เหนือโลกมีหน่วยเป็นเมตร

2.1.1.2 แรงเหวี่ยงที่ออกจากจุดศูนย์กลางของโลก

$$a = \frac{GM}{r^2}$$

F_{centri} คือ แรงโน้มถ่วงของโลกที่กระทำต่อดาวเทียมมีหน่วยเป็นนิวตัน (N)

m คือ น้ำหนักของดาวเทียมมีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg)

v คือ ความเร็วของดาวเทียม มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที

r คือ ระยะห่างระหว่างโลกกับดาวเทียมที่ลอยอยู่เหนือโลกมีหน่วยเป็นเมตร

2.1.1.3 แรงที่เกิดจากการกระทำของแรงโน้มถ่วงของโลกมีค่าเท่ากับแรงเหวี่ยงที่ออกจากจุดศูนย์กลางของโลก

$$F_c = F_{centri}$$

$$ma = \frac{mv^2}{r}$$

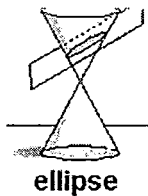
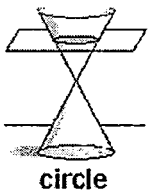
$$a = \frac{v^2}{r}$$

แทนค่า $a = \frac{GM}{r^2}$ จะได้ $v^2 = GM$

2.1.2 องค์ประกอบทางวงโคจรของดาวเทียม (ประเสริฐ เคันพันธ์. 2553 : 18-25)

$$r = \frac{\rho}{1 + e \cos(\nu - \nu_0)}$$

จากสมการรูปทรงโปลาซึ่งสามารถที่จะเป็นรูปทรงกลม รูปทรงรี รูปทรงโปลาโบลาหรือรูปทรงไฮเพอร์โบลาขึ้นอยู่กับค่าลักษณะรูปทรงของวงโคจร e (Eccentricity) จากลักษณะรูปทรงของวงโคจรจะสามารถสรุปได้ ดังนี้

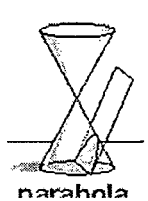
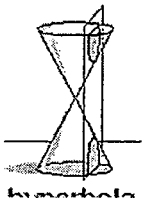


$e = 0$ ลักษณะรูปทรงของวงโคจรเป็นรูปทรงกลม

$e < 1$ ลักษณะรูปทรงของวงโคจรเป็นรูปทรงรี

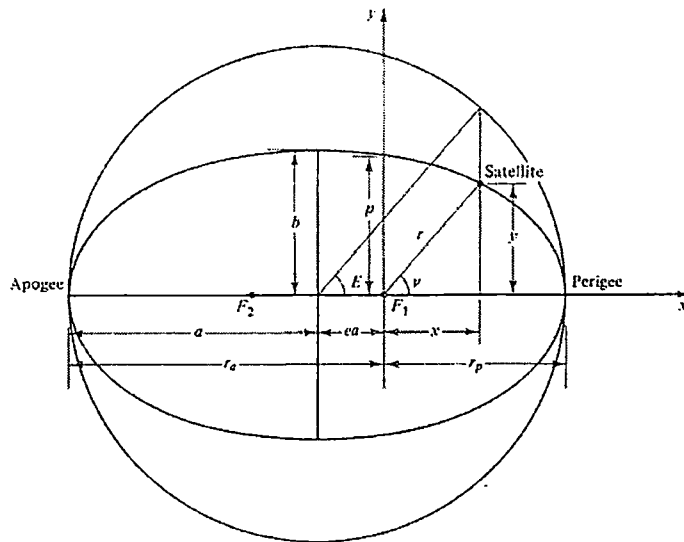
$e = 1$ ลักษณะรูปทรงของวงโคจรเป็นรูปทรงโปลาโบลา

$e > 0$ ลักษณะรูปทรงของวงโคจรเป็นรูปทรงไฮเพอร์โบลา



รูปที่ 2.1 ลักษณะรูปทรงต่างๆ ของวงโคจร

2.1.2.1 องค์ประกอบที่กำหนดขนาดและรูปร่างของวงโคจร



รูปที่ 2.2 องค์ประกอบทางวงโคจรดาวเทียม

ในองค์ประกอบที่กำหนดขนาดและรูปร่างของวงโคจรนั้น เมื่อพิจารณาในรูปที่ 2.2 การกำหนดความหมายของแต่ละพารามิเตอร์ในการกำหนดขนาด และรูปร่างของวงโคจรได้ดัง ตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 พารามิเตอร์ของการกำหนดขนาด และรูปร่างของวงโคจร

พารามิเตอร์	สัญลักษณ์	ความหมาย
1. Semimajor Axis	a	จุดกึ่งกลางระหว่าง 2 จุดที่อยู่ห่างกันมากที่สุดบนวงโคจร
2. Apogee Radius	r_a	จากจุดรัศมีส่วนที่อยู่ห่างโลกมากที่สุดของวงโคจร ถึง จุดศูนย์กลางของโลก
3. Perigee Radius	r_p	จากจุดรัศมีส่วนที่อยู่ใกล้โลกมากที่สุดของวงโคจร ถึง จุดศูนย์กลางของโลก
4. Apogee Altitude	A_a	จากจุดรัศมีส่วนที่อยู่ห่างโลกมากที่สุดของวงโคจร ถึง ขอบพื้นที่ผิวของโลก
5. Perigee Altitude	A_p	จากจุดรัศมีส่วนที่อยู่ใกล้โลกมากที่สุดของวงโคจร ถึง ขอบพื้นที่ผิวของโลก
6. Period	T	ระยะเวลาโคจร 1 วงโคจร
7. Mean Motion	n	ค่าเฉลี่ยในการเคลื่อนที่ของวงโคจร (86,400 วินาที ต่อ หนึ่งวัน)
8. Eccentricity	e	ค่าแสดงรูปร่างของวงโคจร

การคำนวณหาค่าของแต่ละพารามิเตอร์

1. Semimajor Axis

$$a = \frac{r_a + r_p}{2}$$

2. Apogee Radius

$$r_a = a(1 + e)$$

3. Perigee Radius

$$r_p = a(1 - e)$$

4. Apogee Altitude

$$A_a = a(1 + e) - r_e \text{ เมื่อ } r_e \text{ เท่ากับรัศมีของโลก } 6,378 \text{ km}$$

5. Perigee Altitude

$$A_p = a(1 - e) - r_e \text{ เมื่อ } r_e \text{ เท่ากับรัศมีของโลก } 6,378 \text{ km}$$

6. Period

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{a^3}{\mu}} \quad \text{เมื่อ } \mu = GM$$

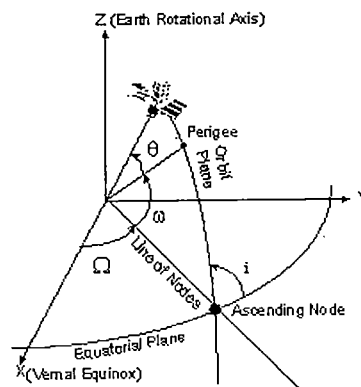
7. Mean Motion

$$n = \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{\mu}{a^3}}$$

8. Eccentricity

$$e = \frac{r_a - r_p}{r_a + r_p} = \frac{r_a - a}{a} = \frac{a - r_p}{a}$$

2.1.2.2 องค์ประกอบที่กำหนดการหมุนรอบของวงโคจร



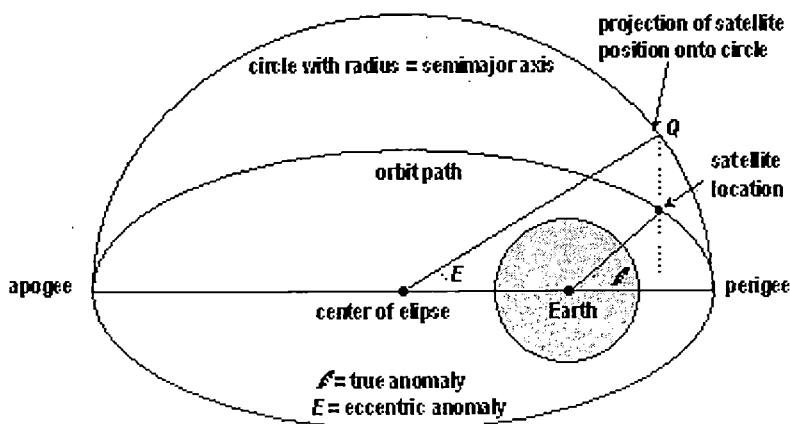
รูปที่ 2.3 ลักษณะการกำหนดการหมุนรอบของวงโคจร

ความหมายของแต่ละพารามิเตอร์ของการกำหนดการหมุนรอบของวงโคจร

ตารางที่ 2.2 พารามิเตอร์ของการกำหนดการหมุนรอบของวงโคจร

พารามิเตอร์	สัญลักษณ์	ความหมาย
1. Inclination	i	มุมที่อยู่ระหว่างระนาบวงโคจรของดาวเทียม กับเส้นผ่านศูนย์กลางของโลก
2. The Ascending Node	A หรือ AN	จุดวงโคจรของดาวเทียมที่ข้ามเส้นผ่านศูนย์กลางของโลกจากขั้วใต้ของโลกไปยังขั้วเหนือของโลก
3. Right Ascension of the Ascending Node (RAAN)	Ω หรือ RAAN	มุมบนระนาบเส้นผ่านศูนย์กลางของโลกที่วัดไปทางตะวันออกจากเส้นที่มีกลางวันและกลางคืนเหมือนกันถึงจุดวงโคจรของดาวเทียมที่ข้ามเส้นผ่านศูนย์กลางของโลกจากขั้วใต้ของโลกไปยังขั้วเหนือของโลก
4. Argument of Perigee	ω	มุมบนระนาบของวงโคจรที่อยู่ระหว่างจุดวงโคจรของดาวเทียมที่ข้ามเส้นผ่านศูนย์กลางของโลกจากขั้วใต้ของโลกไปยังขั้วเหนือของโลก และรัศมีส่วนที่ใกล้ที่สุดของวงโคจรซึ่งวัดจากการเคลื่อนที่ของดาวเทียม
5. Longitude of the Ascending Node	ϖ	เส้นแวงบนโลกของจุดวงโคจรของดาวเทียมที่ข้ามเส้นผ่านศูนย์กลางของโลกจากขั้วใต้ของโลกไปยังขั้วเหนือของโลก
6. True Anomaly	θ	มุมจากค่าที่แสดงรูปร่างของวงโคจรที่วัดไปถึงเส้นรัศมีส่วนที่ใกล้ที่สุดของวงโคจร ถึง ตำแหน่งของดาวเทียมซึ่งสามารถวัดได้จากทิศทางเคลื่อนที่ของดาวเทียม และ จากระนาบของวงโคจร

2.1.2.3 องค์ประกอบที่กำหนดตำแหน่งของดาวเทียม



รูปที่ 2.4 พารามิเตอร์ของการกำหนดตำแหน่งของดาวเทียม

จากรูปที่ 2.4 การกำหนดความหมายของแต่ละพารามิเตอร์ของการกำหนดตำแหน่งของดาวเทียม

ตารางที่ 2.3 พารามิเตอร์ของการกำหนดตำแหน่งของดาวเทียม

พารามิเตอร์	สัญลักษณ์	ความหมาย
1. True Anomaly	θ	มุมจากค่าที่แสดงรูปร่างของวงโคจรที่วัดไปถึงเส้นรัศมีส่วนที่ไกลที่สุดของวงโคจร ถึง ตำแหน่งของดาวเทียมซึ่งสามารถวัดได้จากทิศทางการเคลื่อนที่ของดาวเทียม และ จากระนาบของวงโคจร
2. Mean Anomaly	M	มุมจากค่าที่กำหนดรูปร่างของวงโคจรไปยังค่าตำแหน่งการเคลื่อนที่เป็นเวกเตอร์ (ขนาดและทิศทาง) ของดาวเทียม
3.Eccentric Anomaly	E	มุมที่วัดจากจุดศูนย์กลางของวงโคจรถึงขอบรัศมีส่วนที่ไกลที่สุดของวงโคจรถึงจุดรอบของวงโคจรที่ตั้งฉากและตัดกับตำแหน่งของดาวเทียม
4. Argument of Litude	AL	ผลรวมของทูล อโนมารีและอะคริวเมนต์ ออฟ เพอริจี
5. Time Past Ascending Node	-	เวลาที่ผ่านเริ่มต้นที่เส้นตัดผ่านของจุดวงโคจรของดาวเทียมที่ข้ามเส้นผ่านศูนย์กลางของโลกจากขั้วใต้ของโลกไปยังขั้วเหนือของโลก
6. Time Past Perigee	-	เวลาที่ผ่านเริ่มต้นที่ขอบรัศมีส่วนที่ไกลที่สุดของวงโคจร

2.1.2 การออกแบบวงโคจรแบบค้างฟ้า (ประเสริฐ เคันพันธ์. 2553 : 26-32)

2.1.2.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับวงโคจรแบบค้างฟ้า

วงโคจรแบบค้างฟ้า คือ วงโคจรที่ดาวเทียมโคจรรอบๆโลกด้วยความเร็วเท่ากับโลกหมุนรอบตัวเอง นั่นก็คือวงโคจร 1 รอบใช้เวลาประมาณ 24 ชั่วโมง หรือ 1 วัน ทำให้ตำแหน่งของดาวเทียมที่มีวงโคจรแบบค้างฟ้า เสมือนว่าตำแหน่งของดาวเทียมที่ลอยอยู่ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงจากตำแหน่งที่ลอยอยู่เหนือพื้นโลกเลย

เมื่อพิจารณาเวลาที่ใช้ในการหมุนรอบตัวเองของโลก เรารู้ว่าประมาณ 24 ชั่วโมง แต่ความเป็นจริงแล้ว เพื่อความถูกต้องและเที่ยงตรง เราจะใช้เวลาหมุนรอบตัวเองของโลกภายใน 1 รอบนั้น ใช้เวลา 23 ชั่วโมง 56 นาที 4.1 วินาที ดังนั้นสามารถที่จะหาค่าการหมุนของโลกเป็นวินาทีได้ ดังนี้

$$T_E = ((23 \times 60) + 56) \times 60 + 4.1 = 86164.1 \text{ s.}$$

เมื่อพิจารณาจากโลกใช้เวลาในการโคจรรอบดวงอาทิตย์เป็นเวลาประมาณ 1 ปี หรือ 366 วัน ซึ่งความเป็นจริงแล้วโลกหมุนรอบดวงอาทิตย์เป็นเวลา 365.242 วัน เราสามารถที่จะหาค่าของมุมที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละวันของวงโคจรได้

2.1.2.2 การออกแบบวงโคจรแบบค้างฟ้า

จากสมการเวลาที่ใช้ในการโคจร 1 รอบของวงโคจร

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{a^3}{\mu}}$$

ดังนั้น ในกรณีของวงโคจรแบบค้างฟ้า จะกำหนดให้วงโคจรเป็นวงกลมเพื่อจะได้ตอบสนองต่อค่าการหมุนของโลกได้อย่างแท้จริง โดยที่ค่า จุดกึ่งกลางระหว่าง 2 จุดที่อยู่ห่างกันมากที่สุดบนวงโคจร ให้มีค่าเท่ากันตลอดดังนั้นจะได้

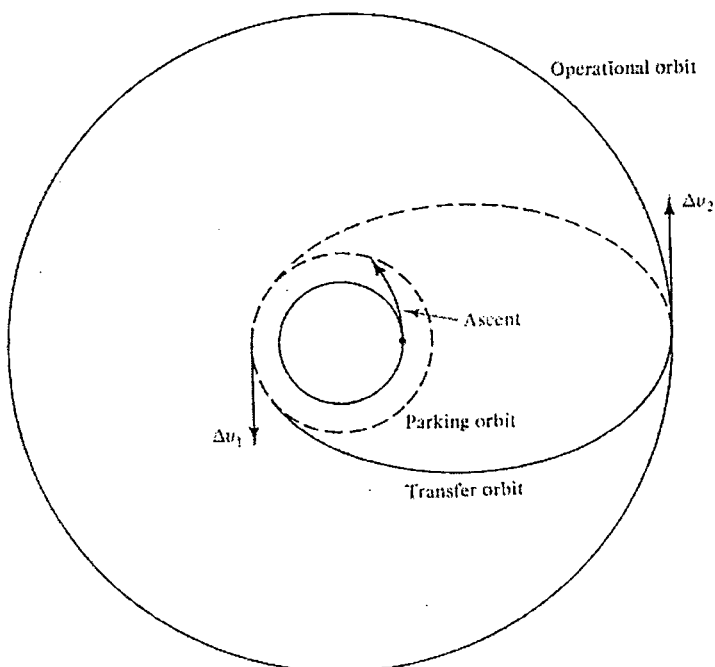
$$a = r_a = r_p = r \quad \text{จะได้} \quad \left(\frac{\mu T^2}{4\pi^2}\right)^{\frac{1}{3}} \quad \text{km.}$$

ความสูงของดาวเทียมที่มีวงโคจรแบบค้างฟ้า

$$A_a = A_p = r - R_E \quad \text{km.}$$

ความเร็วในการเคลื่อนที่ของดาวเทียมใน 1 รอบวงโคจร

ในกรณีของวงโคจรแบบค้างฟ้าจะไม่มีมุมเอียงของดาวเทียมที่กระทำกับโลก



รูปที่ 2.5 การกำหนดความเร็วหรือเวลาของการเข้าสู่วงโคจรหนึ่งไปสู่วงโคจรที่ออกแบบ

การออกแบบวงโคจรดาวเทียมมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องออกแบบความเร็วในการส่งดาวเทียมขึ้นสู่วงโคจรที่ออกแบบไว้ได้ดังรูปที่ 2.5 การคำนวณหาค่าความเร็วทำได้ดังสมการต่อไปนี้

$$V_1 = \sqrt{\mu / r_1} \quad \text{km.}$$

โดย r_1 ความสูงของวงโคจรของดาวเทียมใช้พักชั่วคราว

เวลาที่ดาวเทียมใช้ในการพักวงโคจรชั่วคราว

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{r_1^3}{\mu}} \quad \text{S.}$$

ความเร็วของวงโคจร

$$V_2 = \sqrt{\mu / r_2} \quad \text{km.}$$

ความเร็วในการเปลี่ยนแปลงวงโคจรที่จุดพีริจีและเวลาที่ใช้

$$V_p = \sqrt{\mu \left(\frac{2}{r_p} - \frac{1}{a} \right)} \quad \text{km.}$$

$$\Delta V_1 = v_p - v_1 \quad \text{km.}$$

เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนวงโคจร (Transfer Orbit)

$$T_T = 2\pi \sqrt{\frac{a^3}{\mu}} \quad \text{S.}$$

การคำนวณหาความเร็วในการเปลี่ยนแปลงวงโคจรที่จุดอะโพลี และเวลาที่ใช้ได้ เมื่อมีมุมเอียงในการเปลี่ยนวงโคจรโดยผู้ออกแบบจะต้องกำหนดค่ามุมเอียงในการเปลี่ยนแปลงวงโคจร

$$V_a = \sqrt{\mu \left(\frac{2}{r_a} - \frac{1}{a} \right)} \quad \text{km.}$$

$$\Delta v_2 = \sqrt{v_2^2 + v_a^2 - 2v_2v_a \cos i} \quad km.$$

ดังนั้น ความเร็วรวมที่ต้องการใช้ในการเข้าสู่วงโคจรของดาวเทียมคือ

$$\Delta v_{tot} = \Delta v_1 - \Delta v_2 \quad km.$$

2.1.3 การออกแบบวงโคจรวงกลม (ประเสริฐ เค้นพันธ์. 2553 : 34-40)

2.1.3.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับวงโคจรแบบวงกลม

วงโคจรแบบวงกลม คือ วงโคจรที่ดาวเทียมโคจรรอบๆ โลกเป็นวงกลม ด้วยความเร็วเท่ากับหรือมากกว่าโลกหมุนรอบตัวเอง เมื่อพิจารณาเวลาที่ใช้ในการหมุนรอบตัวเองของโลก ประมาณ 24 ชั่วโมง แต่ความเป็นจริงแล้ว เพื่อศึกษาข้อแตกต่างของวงโคจรแบบวงกลมกับวงโคจรแบบค้างฟ้า จะกำหนดอัตราการหมุนรอบตัวเองแตกต่างจากวงโคจรแบบค้างฟ้า โดยที่จะลองกำหนดให้เวลาหมุนรอบตัวเองของโลกภายใน 2 รอบนั้น ใช้เวลา 23 ชั่วโมง 56 นาที 4.1 วินาที ดังนั้น

$$2T_E = 2((23 \times 60) + 56) \times 60 + 4.1 = 86164.1 \quad s.$$

$$T_E = \frac{(((23 \times 60) + 56) \times 60) + 4.1}{2} = \frac{86164.1}{2} \quad s.$$

$$T_E = 43082.05 \quad s.$$

2.1.3.2 การออกแบบวงโคจรแบบวงกลม

จากสมการเวลาที่ใช้ในการโคจร 1 รอบของวงโคจร

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{a^3}{\mu}}$$

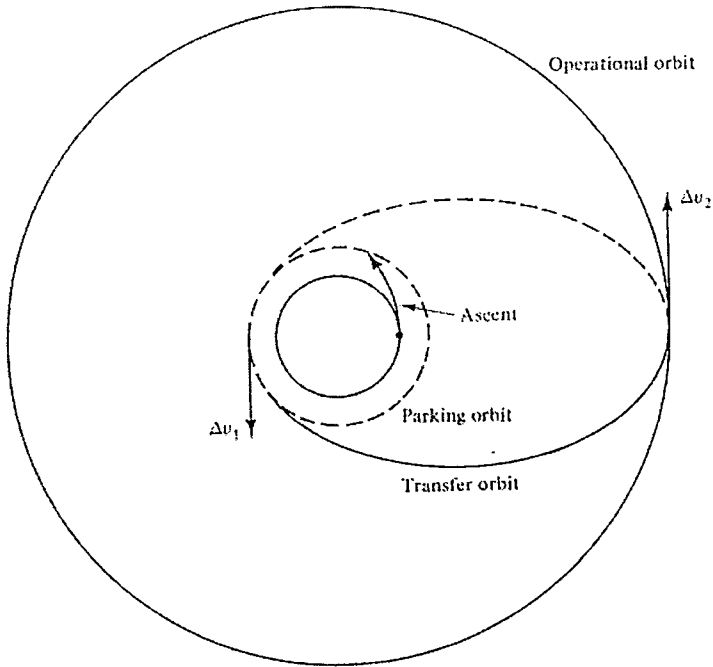
ดังนั้น ในกรณีของวงโคจรแบบวงกลม จะกำหนดให้วงโคจรเป็นวงกลมเพื่อจะได้ตอบสนองต่อค่าการหมุนของโลกได้อย่างแท้จริง โดยที่ค่า จุดกึ่งกลางระหว่าง 2 จุดที่อยู่ห่างกันมากที่สุดบนวงโคจร ให้มีค่าเท่ากันตลอดดังนั้นจะได้

$$a = r_a = r_p = r \quad \text{จะได้} \quad \left(\frac{\mu T^2}{4\pi^2}\right)^{\frac{1}{3}} \quad km.$$

ความสูงของดาวเทียมที่มีวงโคจรแบบวงกลม

$$A_a = A_p = r - R_E \quad km.$$

ความเร็วในการเคลื่อนที่ของดาวเทียมใน 1 รอบวงโคจร



รูปที่ 2.6 การกำหนดความเร็วหรือเวลาของการเข้าสู่วงโคจรหนึ่งไปสู่วงโคจรที่ออกแบบ

การออกแบบวงโคจรดาวเทียมมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องออกแบบความเร็วในการส่งดาวเทียมขึ้นสู่วงโคจรที่ออกแบบไว้ได้ดังรูปที่ 2.6 การคำนวณหาค่าความเร็วทำได้ดังสมการ ต่อไปนี้

$$V_1 = \frac{h}{r_1} + h \quad km .$$

โดย k ความสูงของวงโคจรของดาวเทียมใช้พักชั่วคราว
เวลาที่ดาวเทียมใช้ในการพักวงโคจรชั่วคราว

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{r_1^3}{\mu}} \quad S.$$

ความเร็วของวงโคจร

$$V_2 = \frac{h}{r_2} \quad km .$$

ความเร็วในการเปลี่ยนแปลงวงโคจรที่จุดพีริจีและเวลาที่ใช้

$$V_p = \frac{\mu a}{h} - a \quad km.$$

$$\Delta v_1 = v_p - v_1 \quad km.$$

เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนวงโคจร (Transfer Orbit)

$$T_T = 2\pi \sqrt{\frac{a^3}{\mu}} \quad s.$$

การคำนวณหาความเร็วในการเปลี่ยนแปลงวงโคจรที่จุดอะโพจี และเวลาที่ใช้ได้ เมื่อมีมุมเอียงในการเปลี่ยนวงโคจรโดยผู้ออกแบบจะต้องกำหนดค่ามุมเอียงในการเปลี่ยนแปลงวงโคจร

$$V_a = \frac{\mu a}{h} - a \quad km.$$

$$\Delta v_2 = \sqrt{v_2^2 + v_a^2 - 2v_2v_a \cos i} \quad km.$$

ดังนั้น ความเร็วรวมที่ต้องการใช้ในการเข้าสู่วงโคจรของดาวเทียม คือ

$$\Delta v_{tot} = \Delta v_1 + \Delta v_2 \quad km.$$

2.1.4 การออกแบบวงโคจรวนซ้ำตำแหน่งการติดตามทางภาคพื้นดิน (ประเสริฐ เคนพันธ์. 2553 : 42-48)

2.1.4.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับวงโคจรแบบวนซ้ำตำแหน่งการติดตามทางภาคพื้นดิน

วงโคจรวนซ้ำตำแหน่งการติดตามทางภาคพื้นดิน คือ วงโคจรที่ดาวเทียมโคจรรอบๆ โลกเป็นวงกลม ด้วยความเร็วเท่ากับ หรือมากกว่าโลกหมุนรอบตัวเอง โดยการหมุนรอบโลกนั้นวงโคจรจะมีตำแหน่งและเวลาที่แน่นอนในการติดตามได้จากภาคพื้นดินจากตำแหน่งต่างๆ ของพื้นโลก และวงโคจรจะวนซ้ำกลับมาโคจรที่ตำแหน่งเดิมตลอดเวลา เมื่อครบแต่ละรอบของวงโคจร เมื่อพิจารณาเวลาที่ใช้ในการหมุนรอบตัวเองของโลก โดยจะทดลองกำหนดให้วงโคจรของดาวเทียมวนซ้ำตำแหน่งการติดตามทางภาคพื้นดิน 16 รอบต่อวัน เราสามารถพิจารณาโดยใช้เวลาใน 1 วันเท่ากับ 23 ชั่วโมง 56 นาที 4.1 วินาที ดังนั้น

$$16T_E = 2 \left((23 \times 60) + 56 \right) \times 60 + 4.1 = 86164.1 \text{ s.}$$

$$T_E = \frac{\left((23 \times 60) + 56 \right) \times 60 + 4.1}{16} = \frac{86164.1}{16} \text{ s.}$$

$$T_E = 5385.3 \text{ s.}$$

ในการติดตามจากภาคพื้นดินจากตำแหน่งต่างๆของพื้นโลก เราจะต้องอาศัยหลักการของมุมเอียงของวงโคจร เพื่อที่จะทำให้ดาวเทียมสามารถเคลื่อนที่ผ่านทุกตำแหน่งบนพื้นโลกได้ เมื่อเราทำการเปลี่ยนแปลงมุมเอียงของวงโคจร จะทำให้ความเร็วการเคลื่อนที่บนระนาบของวงโคจรเปลี่ยนแปลงไปด้วย

2.1.4.2 การออกแบบวงโคจรวนซ้ำตำแหน่งการติดตามทางภาคพื้นดิน
จากสมการเวลาที่ใช้ในการโคจร 1 รอบของวงโคจร

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{a^3}{\mu}}$$

ดังนั้น ในกรณีของวงโคจรวนซ้ำตำแหน่งการติดตามทางภาคพื้นดิน จะกำหนดให้วงโคจรเป็นวงกลมเพื่อจะได้ตอบสนองต่อค่าการหมุนของโลกได้อย่างแท้จริง โดยที่ค่า จุดกึ่งกลางระหว่าง 2 จุดที่อยู่ห่างกันมากที่สุดบนวงโคจร ให้มีค่าเท่ากับตลอดตั้งนั้นจะได้

$$a = r_a = r_p = r \quad \text{จะได้} \quad \left(\frac{\mu T^2}{4\pi^2} \right)^{\frac{1}{3}} \quad \text{km.}$$

ความสูงของดาวเทียมที่มีวงโคจรวนซ้ำตำแหน่งการติดตามทางภาคพื้นดิน

$$A_a = A_p = r - R_E \quad \text{km.}$$

ความเร็วในการเคลื่อนที่ของดาวเทียมใน 1 รอบวงโคจร

การออกแบบวงโคจรดาวเทียมมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องออกแบบความเร็วในการส่งดาวเทียมขึ้นสู่วงโคจรที่ออกแบบไว้ได้ดังรูปที่ 2.6 การคำนวณหาความเร็วทำได้ดังสมการต่อไปนี้

$$V_1 = \mu \quad \text{km.}$$

โดย E: ความสูงของวงโคจรของดาวเทียมใช้พักชั่วคราว

เวลาที่ดาวเทียมใช้ในการพักวงโคจรชั่วขณะ

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{r_1^3}{\mu}} \quad \text{s.}$$

ความเร็วในการเปลี่ยนแปลงวงโคจรและเวลาที่ใช้โดย เมื่อ $r_1 = r_2$

$$V_p = \mu \frac{2}{r} - a \quad \text{km.}$$

มุมเอียงของวงโคจร

$$i = 2 \sin^{-1} \left(\frac{v_1}{2v_p} \right) \quad \text{km.}$$

2.1.4 การออกแบบวงโคจรแบบโมลนียา (ประเสริฐ เค้นพันธ์. 2553 : 50-56)

2.1.4.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับวงโคจรแบบโมลนียา

วงโคจรแบบโมลนียา คือ วงโคจรดาวเทียมที่มีลักษณะเป็นวงรีโคจรรอบๆ โลก โดยมีค่าความสูงด้านยาวของรีคมีวงโคจร และความสูงด้านสั้นของวงโคจร ที่ไม่เท่ากัน หลักการที่กล่าวข้างต้นขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบ หรือขึ้นอยู่กับลักษณะของการใช้งาน เพื่อง่ายต่อการเข้าใจจะกำหนดให้ความสูงด้านพีริจีประมาณ 1000 กิโลเมตร และโคจร 1 รอบใช้เวลาประมาณ 12 ชั่วโมง และมีมุมเอียงเท่ากับ 63.4 องศา โดยให้พิจารณาโลกหมุนรอบตัวเองใช้เวลา 23 ชั่วโมง 56 นาที 4.1 วินาที ดังนั้น

$$2T_E = 2 \left((23 \times 60) + 56 \right) \times 60 + 4.1 = 86164.1 \quad \text{s.}$$

$$T_E = \frac{\left((23 \times 60) + 56 \right) \times 60 + 4.1}{2} = \frac{86164.1}{2} \quad \text{s.}$$

$$T_E = 43082.05 \quad \text{s.}$$

2.1.4.2 การออกแบบวงโคจรแบบโมลนียา

จากสมการเวลาที่ใช้ในการโคจร 1 รอบของวงโคจร จะได้

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{a^3}{\mu}}$$

$$a = \left(\frac{\mu T^2}{4\pi^2} \right)^{\frac{1}{3}} \quad \text{km.}$$

ดังนั้น ในกรณีของความสูงของรัศมีวงโคจรแบบโมลนียาซึ่งเป็นลักษณะวงรี โดยที่ค่าความสูงด้านพีริจีประมาณ 1000 กิโลเมตร จะได้

$$r_p = A_p + R_E$$

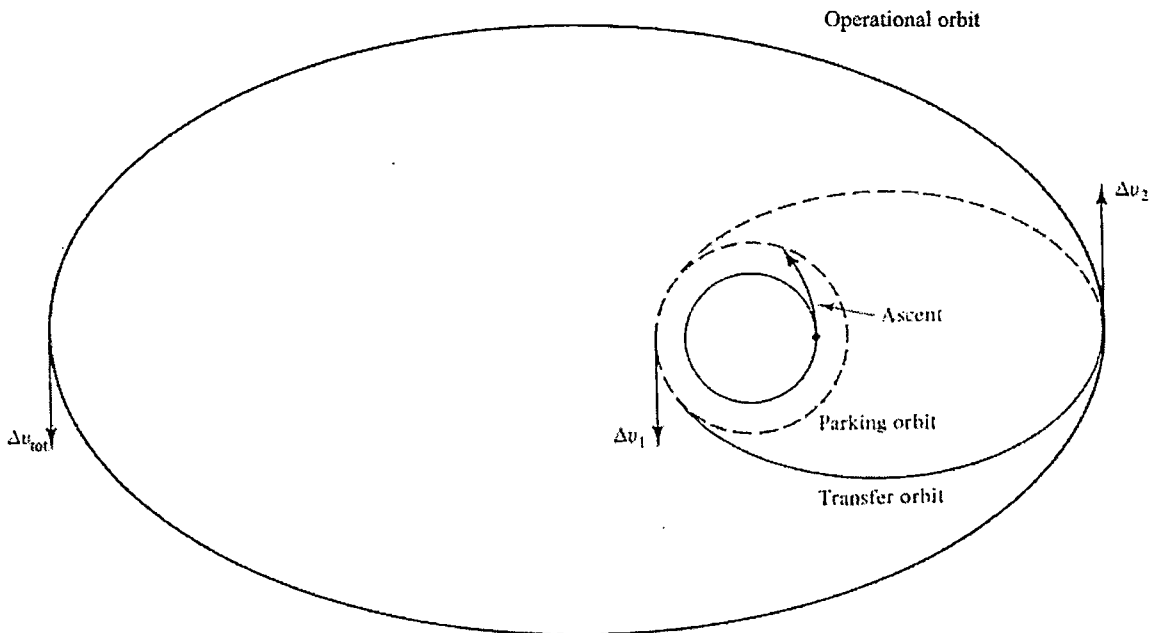
ดังนั้น เราจะได้ค่าความเป็นวงรี

$$e = \frac{a - r_p}{a}$$

หลังจากได้ค่าความเป็นวงรีของวงโคจรแล้ว นำไปหาค่าความสูงของอะโพีจีได้ ดังนี้ ความสูงของดาวเทียมที่มีวงโคจรแบบวงกลม

$$A_a = a(1 + e) - R_E \quad km.$$

ในกรณีของวงโคจรแบบโมลนียา เรามีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องออกแบบความเร็วในการส่งดาวเทียมขึ้นสู่วงโคจรที่เราออกแบบไว้ดังรูปที่ 7.3



รูปที่ 2.7 การกำหนดความเร็วหรือเวลาของการเข้าสู่วงโคจรหนึ่งไปสู่วงโคจรที่ออกแบบ

การออกแบบวงโคจรดาวเทียมมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องออกแบบความเร็วในการส่งดาวเทียมขึ้นสู่วงโคจรที่ออกแบบไว้ได้ดังรูปที่ 2.7 การคำนวณหาความเร็วทำได้ดังสมการต่อไปนี้

$$r_1 = r_E + h$$

$$r_a = r_p = A_p + h$$

โดย h ความสูงของวงโคจรของดาวเทียมใช้พักชั่วคราว

ความเร็วในการส่งดาวเทียมขึ้นสู่วงโคจรพักดาวเทียมชั่วคราว

$$V_1 = \mu \sqrt{\frac{2}{r_1}} \quad km .$$

เวลาที่ดาวเทียมใช้ในการพักวงโคจรชั่วคราว

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{r_1^3}{\mu}} \quad S .$$

ความเร็วในการเปลี่ยนแปลงวงโคจรที่จุดพีริจีและเวลาที่ใช้

$$V_p = \mu \sqrt{\frac{2}{r_p}} \quad km .$$

$$\Delta V_1 = V_p - V_1 \quad km .$$

ความเร็วของดาวเทียมสู่วงโคจรด้านพีริจีได้

$$V_x = \mu \sqrt{\frac{2}{r_p}} \quad km .$$

เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนวงโคจร (Transfer Orbit)

$$T_T = 2\pi \sqrt{\frac{a^3}{\mu}} \quad \text{s.}$$

การคำนวณหาความเร็วในการเปลี่ยนแปลงวงโคจรที่จุดอะโพอิจ และเวลาที่ใช้ได้ เมื่อมีมุมเอียงในการเปลี่ยนวงโคจรโดยผู้ออกแบบจะต้องกำหนดค่ามุมเอียงในการเปลี่ยนแปลงวงโคจร

$$V_a = \sqrt{\frac{\mu}{a}} \quad \text{km.}$$

$$\Delta V_2 = \sqrt{v_2^2 + v_a^2 - 2v_2v_a \cos i} \quad \text{km.}$$

ดังนั้น ความเร็วรวมที่ต้องการใช้ในการเข้าสู่วงโคจรของดาวเทียม คือ

$$\Delta V_{tot} = \Delta V_1 + \Delta V_2 \quad \text{km.}$$

2.2 การพัฒนาโปรแกรมเพื่อการสอน

หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ (2542 : 28-29) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการสร้างชุดการสอนดำเนินการตามลำดับ ดังนี้

1. กำหนดเนื้อหา และประสบการณ์ โดยอาจกำหนดเป็นหมวดวิชาหรือบูรณาการเป็นแบบสหวิทยาการก็ได้
2. กำหนดหน่วยการสอน โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็นหน่วย โดยประมาณหน่วยหนึ่งควรถ่ายทอดความรู้ภายในเวลา 1-2 ชั่วโมง
3. กำหนดหัวข้อเรื่อง โดยกำหนดหน่วยการสอนย่อยแต่ละหัวข้อเรื่องว่าจะให้ประสบการณ์อะไรแก่ผู้เรียนบ้าง
4. กำหนดสาระสำคัญ และหลักการให้สอดคล้องกับหน่วยและหัวข้อเรื่อง โดยสรุปรวมแนวคิดสาระและหลักเกณฑ์ที่สำคัญไว้ เพื่อเป็นแนวทางหาเนื้อหาการสอนให้สอดคล้องกัน
5. กำหนดวัตถุประสงค์ ให้สอดคล้องกับหัวข้อเรื่อง โดยกำหนดจุดประสงค์ทั่วไปก่อนแล้วจึงเขียนเป็นจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ต้องมีเกณฑ์การเปลี่ยนพฤติกรรมไว้ทุกครั้ง
6. กำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ ให้สอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ซึ่งจะเป็น แนวทางการเลือกและผลิตสื่อการสอน “กิจกรรมการเรียนรู้” ต้องเป็นกิจกรรมที่ผู้เรียนต้องปฏิบัติทุกอย่าง เช่น การอ่านบัตรคำสั่ง ตอบคำถาม เขียนภาพ ทำการทดลองปฏิบัติจริง เล่นเกม ฯลฯ
7. กำหนดแบบประเมินผล ต้องประเมินให้ตรงกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยใช้แบบทดสอบอิงเกณฑ์ เพื่อดูว่าหลังผ่านกิจกรรมแล้ว นักเรียนได้เปลี่ยนพฤติกรรมการเรียนรู้ตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่

8. เลือกและผลิตสื่อการสอน วัสดุอุปกรณ์ และวิธีการที่ครูใช้ ถือเป็นสื่อการสอนทั้งสิ้น เมื่อผลิตสื่อการสอนแต่ละหัวเรื่องแล้ว ก็จัดสื่อการสอนเหล่านั้นไว้เป็นหมวดหมู่ในกล่องที่ เตรียมไว้ ก่อนนำไปทดลองหาประสิทธิภาพ

9. หาประสิทธิภาพชุดการสอน เพื่อเป็นการประกันว่าชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพในการสอน ผู้สร้างต้องกำหนดเกณฑ์ขึ้น ถือหลักที่ว่า การเรียนรู้เป็นกระบวนการเพื่อช่วยให้การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้เรียนบรรลุผล ดังนั้นเกณฑ์จึงต้องคำนึงถึง “กระบวนการ” และ “ผลลัพธ์” โดยกำหนดตัวเลขเป็นร้อยละของคะแนนเฉลี่ย เป็น “ประสิทธิภาพของกระบวนการ/ประสิทธิภาพของผลลัพธ์” นิยมตั้งไว้เป็น 90/90 สำหรับเนื้อหาที่เป็นความจำ 80/80 สำหรับวิชาทักษะ และ 75/75 สำหรับเจตคติ เป็นต้น

บุญเกื้อ ควรเวหา (2542 : 97) ได้กล่าวถึงขั้นตอนในการสร้างชุดการสอนไว้ดังนี้

1. กำหนดหมวดหมู่และประสบการณ์ อาจจะกำหนดเป็นหมวดวิชาหรือบูรณาการเป็นแบบสหวิทยาการ ตามที่เหมาะสม
 2. กำหนดหน่วยการสอนโดยประมาณเนื้อหาวิชาที่จะสอนแก่นักเรียน
 3. กำหนดหัวเรื่อง ออกมาเป็น 4-6 หัวเรื่อง
 4. กำหนดความคิดรวบยอดและหลักการให้สอดคล้องกับหน่วยและหัวเรื่อง
 5. กำหนดวัตถุประสงค์ให้สอดคล้องกับหัวเรื่อง
 6. กำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ให้เป็นแนวทางในการเลือกและผลิตสื่อการเรียนการสอน
 7. กำหนดแบบประเมินผล เพื่อให้ผู้สอนทราบว่าหลังจากผ่านกิจกรรมเรียบร้อยแล้ว ผู้เรียนได้เปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่
 8. เลือกและผลิตสื่อการเรียนการสอนแล้วจัดให้เป็นหมวดหมู่ในกล่องที่เตรียมไว้
 9. หาประสิทธิภาพของชุดการสอนโดยคำนึงถึงหลักการที่ว่า การเรียนรู้เป็นการเพื่อช่วยให้การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้เรียนบรรลุผล
 10. การใช้ชุดการสอน ประกอบด้วย การทดสอบก่อนเรียน นำเข้าสู่บทเรียน กิจกรรมการเรียน สรุปผลการเรียนรู้ การทดสอบหลังเรียน
- จากที่กล่าวมาทั้งหมดจึงพอสรุปได้ว่าขั้นตอนการพัฒนาชุดการสอน ประกอบด้วย กำหนดหมวดหมู่เนื้อหาและประสบการณ์ จัดเป็นหน่วยการสอน กำหนดหัวเรื่อง กำหนดความคิดรวบยอดหรือหลักการ กำหนดจุดประสงค์การสอน กำหนดแบบประเมินผล เลือกและผลิตสื่อการสอน หาประสิทธิภาพของชุดการสอน และการใช้ชุดการสอน

2.3 การหาคุณภาพโปรแกรมเพื่อการสอน

2.3.1 การตรวจสอบคุณภาพมัลติมีเดียของบทเรียน (ไพโรจน์ ตีรณธนากุล และคณะ. 2546 : 197-214)

เป็นการตรวจสอบคุณภาพมัลติมีเดียของบทเรียนที่สร้างเสร็จแล้วใน 2 ด้าน คือ

1. ตรวจสอบคุณภาพด้านสื่อโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีมัลติมีเดียและนักเทคโนโลยีทางการศึกษาหรือเทียบเท่า
2. ตรวจสอบคุณภาพทางด้านเนื้อหาบนหน้าจอ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

ในการตรวจสอบคุณภาพมัลติมีเดียของบทเรียนนี้ มีจุดมุ่งหมายสำคัญเพื่อตรวจสอบบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนที่สร้างขึ้น ซึ่งแตกต่างจากการตรวจสอบที่ผ่านมา คือเน้นเนื้อหาที่จัดเตรียมบนกระดาษ การตรวจจุดนี้เน้นการตรวจสอบตัวบทเรียนที่แสดงบนคอมพิวเตอร์แล้วหรือ Computer Instruction ซึ่งจะเป็นการตรวจสอบคุณภาพของสื่อ การนำเสนอหน้าจอความสมบูรณ์ในด้านการเชื่อมโยงเนื้อหาและเทคนิคต่างๆ เช่น ลักษณะปฏิสัมพันธ์ของบทเรียน เป็นต้น

2.3.1.1 ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีมัลติมีเดีย

ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีมัลติมีเดีย เป็นผู้เชี่ยวชาญที่มีความเชี่ยวชาญในการพัฒนาสื่อมัลติมีเดียทางการศึกษา มีหน้าที่ในการให้คำปรึกษาด้านการผลิตกับเจ้าหน้าที่เทคนิค รวมทั้งมีหน้าที่ในการตรวจสอบคุณภาพของสื่อและเทคนิคในการนำเสนอบทเรียนที่สร้างขึ้น อาจจะเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีมัลติมีเดียหรือนักเทคโนโลยีการศึกษา

นอกจากการตรวจสอบคุณภาพมัลติมีเดียของบทเรียนด้านดังกล่าวแล้ว จะต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาอีกครั้ง เนื่องจากในการจัดลงโปรแกรมอาจมีความคลาดเคลื่อนจากสิ่งที่เข้าใจไม่ตรงกัน ดังนั้น เพื่อป้องกันความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้น จึงต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาจะต้องตรวจสอบความถูกต้องของนำเสนอเนื้อหา ความถูกต้องของสื่อประกอบเนื้อหาต่างๆ ที่นำมาใช้ในหน่วยการเรียนรู้ รวมทั้งการตรวจสอบความถูกต้องอื่นๆ ซึ่งอาจจะเกิดจากความผิดพลาดขณะเขียนโปรแกรม

จะเห็นได้ว่าผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาามีบทบาทสำคัญมากในการผลิตบทเรียน เพราะจะต้องดูแลการผลิตในด้านเนื้อหาอย่างใกล้ชิด ตั้งแต่ขั้นตอนการวิเคราะห์เนื้อหาจนกระทั่งผลิตออกมาเป็นบทเรียน ซึ่งสิ่งนี้จะทำให้มั่นใจได้ว่าบทเรียนที่พัฒนาขึ้นมีความถูกต้อง

2.3.1.2 เกณฑ์ในการตรวจสอบคุณภาพมัลติมีเดียของบทเรียน

โดยปกติแล้วในการตรวจสอบคุณภาพมัลติมีเดียของบทเรียน จะต้องมียกเกณฑ์ ที่เชื่อถือได้ ทั้งนี้เพื่อให้มีเกณฑ์ในการพิจารณาที่เป็นเกณฑ์เดียวกัน ในเนื้อหานี้จึงขอเสนอเกณฑ์หัวข้อหลักๆ ที่ควรคำนึงถึงในการตรวจสอบคุณภาพมัลติมีเดียของบทเรียน

เกณฑ์ในการตรวจสอบคุณภาพมัลติมีเดียของบทเรียน โดยการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 2 ด้าน คือ

(1) การตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

การตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหา ได้แบ่งเกณฑ์ออกเป็น 3 ส่วน คือ

(1.1) เกณฑ์ตรวจสอบเนื้อหา

- 1) ความถูกต้องของการนำเสนอเนื้อหาบนหน้าจอ
 - ตรวจสอบเนื้อหาบนหน้าจอถูกต้องตามกรอบการสอนที่ออกแบบ
 - มีวิธีการลำดับการนำเสนอเนื้อหาบนหน้าจอเหมาะสมกับการเรียนรู้
- 2) ความถูกต้องของเนื้อหาที่นำเสนอโดยสื่อที่เหมาะสม
 - ความถูกต้องตามเนื้อหาของสื่อกราฟิก
 - ความถูกต้องตามเนื้อหาของสื่อภาพนิ่ง
 - ความถูกต้องตามเนื้อหาของสื่อเสียง
 - ความถูกต้องตามเนื้อหาของสื่อภาพเคลื่อนไหว
 - ความถูกต้องตามเนื้อหาของสื่อวีดิทัศน์

3) ความถูกต้องของวิธีปรากฏสื่อ

- วิธีการปรากฏสื่อกราฟิกบนหน้าจอถูกต้องเหมาะสม
- วิธีการปรากฏสื่อภาพนิ่งบนหน้าจอถูกต้องเหมาะสม
- วิธีการปรากฏสื่อเสียงบนหน้าจอถูกต้องเหมาะสม
- วิธีการปรากฏสื่อภาพเคลื่อนไหวบนหน้าจอถูกต้องเหมาะสม
- วิธีการปรากฏสื่อวีดิทัศน์บนหน้าจอถูกต้องเหมาะสม

(1.2) เกณฑ์ตรวจสอบการปฏิสัมพันธ์

1) การปฏิสัมพันธ์ในบทเรียน

- การปฏิสัมพันธ์บนหน้าจอถูกต้องตามกรอบการสอน
- วิธีการนำเสนอปฏิสัมพันธ์เหมาะสมกับเนื้อหาสาระ
- มีการให้ผลย้อนกลับอย่างเหมาะสมทันทีทันใด

2) การปฏิสัมพันธ์ในแบบฝึกหัด

- การปฏิสัมพันธ์บนหน้าจอถูกต้องตามกรอบการสอน
- มีการให้ผลย้อนกลับอย่างเหมาะสมทันทีทันใด
- วิธีการนำเสนอย้อนกลับสร้างการเรียนรู้เพิ่มขึ้น หรือสร้างความเข้าใจให้มากขึ้น
- วิธีการให้ผลย้อนกลับสื่อความหมายได้ชัดเจน

3) การปฏิสัมพันธ์ในแบบทดสอบ

- การปฏิสัมพันธ์บนหน้าจอถูกต้องตามกรอบการสอน
- มีวิธีการแจ้งผลการทดสอบที่เหมาะสมและสื่อความหมายชัดเจน

(1.3) เกณฑ์ตรวจสอบโครงสร้างของบทเรียน

1) โครงสร้างของบทเรียนเป็นไปตามที่ออกแบบไว้

2) วิธีการเข้าถึงเนื้อหาง่ายและสะดวก

3) การเชื่อมโยงเนื้อหาเหมาะสม เข้าใจง่าย

4) ความสมบูรณ์ของการเชื่อมโยงและการเปลี่ยนหน้าจอเหมาะสมกับการเรียน

5) การออกจากโปรแกรมสะดวก

(2) การตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีมัลติมีเดีย

การตรวจสอบ จากผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีมัลติมีเดียแบ่งเกณฑ์ออกเป็น 3 ส่วน

(2.1) เกณฑ์พิจารณาการนำเสนอมีเดีย

1) องค์ประกอบของหน้าจอ

- องค์ประกอบในการจัดแบ่งหน้าจอ ได้แก่ ส่วนหัว ส่วนเสนอเนื้อหาและส่วนควบคุมหน้าจอ
- องค์ประกอบในการจัดวางตำแหน่งต่างๆ บนหน้าจอ เช่น ตัวอักษรภาพ เป็นต้น

2) พื้นหลัง (Background)

- สีของพื้นหลังเหมาะสมไม่รบกวนการมอง หรือการอ่านเนื้อหา
- สีของพื้นหลังเหมาะสมไม่ทำลายสายตา

- พื้นหลังเหมาะสมกับกราฟิก ภาพประกอบ ภาพเคลื่อนไหวและ
วีดิทัศน์
 - สีของพื้นหลังเหมาะสมกับเนื้อหาที่น่าสนใจ
- 3) ตัวอักษร
- ขนาดของหัวข้อแต่ละระดับเหมาะสม
 - รูปแบบและขนาดของตัวอักษรที่น่าสนใจเนื้อหาสาระ
 - สีสีนเหมาะสม
 - การอ่านง่าย เหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมาย
 - การพิมพ์อักขระถูกต้อง
- 4) ปุ่มต่างๆ
- ขนาดของปุ่มมีความเหมาะสม
 - ตำแหน่งที่วางปุ่มมีความเหมาะสม
 - ความคงที่ของปุ่ม (ไม่เปลี่ยนตำแหน่งจนสับสน)
- 5) การเปลี่ยนหน้าจอ
- การปรับเปลี่ยนหน้าจอต่อเนื่องเหมาะสม
 - การปรับเปลี่ยนหน้าจอคงที่ไม่เปลี่ยนรูปแบบมากเกินไป
 - การเปลี่ยนหน้าจอไม่ทำให้สับสน
 - เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนหน้าจอเหมาะสม
- 6) เสียงบรรยายชัดเจนหลักการอ่านถูกต้อง และสื่อความหมายหรือได้
อารมณ์ตามเนื้อหาสาระ
- จำนวนเสียงบรรยายเหมาะสม/เพียงพอ
 - เสียงดนตรีเหมาะสม
 - เสียงประกอบเหมาะสม
- 7) ภาพประกอบ
- ขนาดของภาพมีความเหมาะสม (ขนาดใหญ่-เล็ก)
 - การสื่อความหมายของภาพเหมาะสม
 - ความชัดเจนของภาพ
- 8) ภาพเคลื่อนไหว
- ความยาว เวลาที่ใช้เหมาะสม
 - ขนาดของภาพมีความเหมาะสม (ขนาดใหญ่-เล็ก)
 - การให้สีเหมาะสมต่อการมองและมีความชัดเจน
 - การสื่อความหมายเหมาะสม
 - ความสวยงาม
- 9) วิดิทัศน์
- ความยาว เวลาที่ใช้เหมาะสม
 - ขนาดของภาพมีความเหมาะสม (ขนาดใหญ่-เล็ก)
 - ความชัดเจน
 - การสื่อความหมายเหมาะสม

(2.2) เกณฑ์ตรวจสอบการปฏิสัมพันธ์

1) การปฏิสัมพันธ์ในบทเรียน

- มีการแจ้งให้ผู้เรียนทราบถึงปฏิสัมพันธ์ที่ชัดเจนมีรูปแบบแน่นอน
 - วิธีการนำเสนอปฏิสัมพันธ์เหมาะสม
 - สื่อที่ใช้แสดงการปฏิสัมพันธ์เหมาะสม
 - เวลาที่ใช้แสดงการปฏิสัมพันธ์เหมาะสม
 - มีการให้ผลย้อนกลับอย่างเหมาะสมทันทีทันใด

2) การปฏิสัมพันธ์ในแบบฝึกหัด

- มีการให้ผลย้อนกลับอย่างเหมาะสมทันทีทันใด
- วิธีการให้ผลย้อนกลับสื่อความหมายได้ชัดเจน
- สื่อที่ใช้ในการให้ผลย้อนกลับเหมาะสม
- เวลาที่ใช้แสดงการปฏิสัมพันธ์เหมาะสม

3) การปฏิสัมพันธ์ในแบบทดสอบ

- มีการแจ้งผลการทดสอบที่เหมาะสม และสื่อความหมายชัดเจน
 - สื่อที่ใช้ในการให้ผลย้อนกลับเหมาะสม
 - เวลาที่ใช้แสดงการปฏิสัมพันธ์เหมาะสมโครงสร้างบทเรียน
 - การเข้าถึงเนื้อหาง่าย
 - ความสมบูรณ์ของการเชื่อมโยง และการเปลี่ยนหน้าจอ
 - การออกจากโปรแกรมสะดวก
 - การให้โอกาสเลือกเรียนต่อจากครั้งก่อนได้

(2.3) โครงสร้างบทเรียน

- 1) การเข้าถึงเนื้อหาง่าย
- 2) ความสมบูรณ์ของการเชื่อมโยงและการเปลี่ยนหน้าจอ
- 3) การออกจากโปรแกรมสะดวก
- 4) การให้โอกาสเลือกเรียนต่อจากครั้งก่อนได้

หลังจากที่ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพของสื่อแล้ว หากมีสิ่งใดที่ต้องทำการปรับปรุงแก้ไขตามนั้น และเมื่อแก้ไขเสร็จแล้วส่งให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบหากถูกต้องก็ถือว่าใช้ได้ เป็นการประกันคุณภาพของแบบบทเรียนว่ามีคุณภาพเชื่อถือได้ และผ่านการรับรองจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว

2.4 การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และโครงสร้างฐานข้อมูล

บรรพต ชมงาม (2539 : 18-19) กล่าวว่า โปรแกรมคอมพิวเตอร์มีความสำคัญต่อการสั่งให้คอมพิวเตอร์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งในการพัฒนาโปรแกรม และการพัฒนาโครงสร้างฐานข้อมูลนั้น มีหลักการและขั้นตอนพอสรุปได้ ดังนี้

2.4.1 โปรแกรมนั้นต้องสามารถประมวลผลได้อย่างรวดเร็วหรืออีกความหมายหนึ่งต้องประหยัดเวลาการใช้เครื่องมากที่สุด

2.4.2 โปรแกรมนั้นต้องสร้างความพอใจให้กับผู้ใช้ คือ เข้าใจง่ายไม่มีปัญหาใดๆ

2.4.3 โปรแกรมนั้นต้องมีอัตราการผิดพลาดต่ำ หรือไม่มีเลย

2.4.4 โปรแกรมนั้นมีขั้นตอนในการเขียนดี และทำให้ดัดแปลงแก้ไขได้ง่ายด้วย

2.4.5 การลงทุนในการทำโปรแกรมต้องไม่สูงนัก คือ ต้องให้ประหยัดค่าใช้จ่ายมากที่สุดและได้กล่าวถึงขั้นตอนการเขียนโปรแกรม ไว้ดังนี้

1. การวิเคราะห์ และการแยกแยะปัญหา (Analyze and Describe the Problem)
2. การออกแบบตรรกะของโปรแกรม (Design the Logic of the Program)
3. เขียนโปรแกรม (Write the Program)
4. ทดสอบ และแก้ไขโปรแกรม (Test and Debug the Program)
5. ทำเอกสารประกอบการใช้โปรแกรม (Make Document the Program)
6. บำรุงรักษาโปรแกรม (Maintenance the Program)

และยังได้กล่าวเพิ่มเติมไว้ว่าผู้วิจัยสามารถสรุประเบียบวิธีการวิจัยและพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีขั้นตอน ดังนี้

1. กำหนดปัญหา

เป็นกระบวนการ หรือขั้นตอนที่ใช้ในการระบุให้ชัดเจนว่าผู้จะกระทำการวิจัย หรือผู้วิจัย มีความประสงค์ที่จะศึกษาอะไร เมื่อได้ปัญหาที่จะทำวิจัยแล้วผู้วิจัยจะต้องทำการกำหนดประเด็นที่จะศึกษาที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการวิจัยให้ชัดเจน

2. วิเคราะห์ปัญหา

เป็นขั้นตอนที่ต่อจากการได้ปัญหามาแล้วผู้วิจัยจะต้องทำการวิเคราะห์ และศึกษาปัญหานั้นๆ เสียก่อนว่า จะให้ทำอะไร ทำอย่างไร โดยมีส่วนที่สำคัญที่จะต้องวิเคราะห์ และแจกแจงได้ ดังนี้

2.1 สิ่งที่ต้องการเป็นการพิจารณาอย่างกว้างๆ ถึงงานที่ต้องการให้คอมพิวเตอร์ทำ เช่น ต้องการให้แสดงข้อความ หรือต้องการให้แสดงข้อความที่ต้องการออกมา งานแต่ละชนิดต้องการให้พิมพ์คอมพิวเตอร์ แสดงผลลัพธ์อย่างไร เป็นต้น ควรจะเขียนไว้เป็นข้อๆ ให้ชัดเจน การพิจารณาสิ่งที่ต้องการ อาจดูได้จากคำสั่งหรือปัญหาที่จะทำว่าต้องการจะให้คอมพิวเตอร์ทำอะไรบ้าง

2.2 ผลลัพธ์ที่ต้องการแสดง เป็นการวิเคราะห์ถึงลักษณะของการรายงาน หรือแบบของผลลัพธ์ ที่ต้องการให้คอมพิวเตอร์แสดงผลออกมาว่าควรมีลักษณะอย่างไร มีรายละเอียดที่ต้องการในรายงานมากน้อยเพียงใด ปัญหาหรืองานบางอย่างอาจไม่กำหนดลักษณะของรายงานออกมาให้ชัดเจนว่าต้องการรายงานอย่างไร มีรายละเอียดอย่างไร ผู้วิจัยจะต้องทำการศึกษาระบบเดิม หรือระบบที่สร้างมีรูปแบบใดบ้างที่ต้องการออกรายงาน เพื่อความสะดวกของผลลัพธ์ไปใช้ การวิเคราะห์ผลลัพธ์ หรือรายงานนั้นเป็นส่วนสำคัญ และจะต้องพิจารณาอย่างละเอียดรอบคอบ เพราะการวิเคราะห์รายงานได้ดีนั้น จะทำให้เราทราบจุดหมายที่ต้องการให้คอมพิวเตอร์ทำ และจะได้หาวิธีไปสู่จุดหมายนั้นได้ ซึ่งเป็นการกำหนดขอบเขตงานที่เราจะทำนั่นเอง ในการวิเคราะห์ผลลัพธ์อาจวางรูปแบบออกมาอย่างคร่าวๆ เหมือนกับที่จะให้คอมพิวเตอร์แสดงผลออกมา

2.3 ข้อมูลที่ต้องการนำเข้าเป็นขั้นตอนที่ต่อเนื่องมาจากการวิเคราะห์ลักษณะของผลลัพธ์คือ หลังจากการได้ลักษณะของรายงานที่ต้องการแน่นอนแล้ว ต้องพิจารณาต่อว่าถ้าต้องการ

ให้ได้ลักษณะ หรือรูปแบบอย่างไรเพื่อที่จะได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการ การพิจารณาข้อมูลนำเข้านั้น นอกจากจะดูจากลักษณะของผลลัพธ์แล้ว อาจจะต้องคิดถึงขั้นตอนในการประมวลผลด้วย

2.4 ตัวแปรที่ใช้ เป็นการกำหนดชื่อแทนความหมายของข้อมูลต่างๆ เพื่อความสะดวก ในการอ้างอิงข้อมูลนั้น และรวมไปถึงการเขียนโปรแกรมด้วย การตั้งชื่อตัวแปรที่ใช้ในงาน หรือปัญหาใดๆ ควรตั้งให้มีความหมาย และเกี่ยวข้องกับข้อมูล ถ้าเป็นไปได้ควรอยู่ภายใต้กฎเกณฑ์ ของภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม โดยทั่วไปการตั้งชื่อตัวแปรจะพิจารณาความหมาย ของข้อมูลว่าตรงกับคำใดในภาษาอังกฤษ แล้วนำมาดัดแปลง หรือย่อให้เข้ากับหลักเกณฑ์ของ ภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้

2.5 วิธีการประมวลผล เป็นการบอกขั้นตอนของวิธีการ หรือการคำนวณเพื่อให้ ได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการ โดยเริ่มตั้งแต่การสั่งให้ได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการ โดยเริ่มตั้งแต่การให้ เครื่องรับข้อมูลแล้วนำไปประมวลผล แสดงผลลัพธ์ออกมา ขั้นตอนนี้ต้องแสดงการทำงานที่ต่อเนื่อง ตามลำดับ จึงต้องลำดับก่อนหลังให้ถูกต้องในขั้นตอนวิธีนี้ถ้ายังกระทำให้ละเอียดก็จะช่วยให้เขียน โปรแกรมง่ายขึ้น

2.6 ออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ กำหนดลำดับ และความครบถ้วนของขั้นตอน ของโปรแกรมให้ถูกต้อง โดยไม่อาศัยการออกแบบไว้ล่วงหน้าจะทำให้มีโอกาสผิดพลาดได้มาก ดังนั้น งานในส่วนนี้จะเป็นการออกแบบลักษณะว่าในโปรแกรมต้องมีขั้นตอนตั้งแต่ต้นจนจบเป็น ะไรบ้าง มีลำดับก่อนหลังอย่างไร วิธีในการออกแบบขั้นตอนนี้ได้มีผู้คิดไว้หลายวิธี เช่น การเขียน เป็นอัลกอริทึม ซึ่งจะอธิบายการทำงานแต่ละขั้นตอนด้วยคำ หรือประโยคที่สื่อความหมายให้คนเข้าใจ ได้ง่าย หรืออาจจะมียูปรโยคที่คล้ายกับคำสั่งของภาษาคอมพิวเตอร์ ซึ่งเรียกว่า Pseudo Code หรือการเขียนผังงาน (Flowchart) ซึ่งใช้สัญลักษณ์ที่เป็นรูปแทนขั้นตอนต่างๆ เป็นต้น และควร กำหนดชื่อเขต หรือรายการข้อมูล ผลลัพธ์ และผลลัพธ์ชั่วคราว (ถ้ามี) ขึ้นด้วย เพื่อใช้อ้างถึงใน ขั้นตอนต่างๆ ซึ่งจะเป็นการเพื่อความสะดวก และถูกต้องในการเขียนโปรแกรมนี้จะช่วยให้ขั้นตอนใน โปรแกรมถูกต้องรัดกุม และที่สำคัญ คือ เป็นการแยกความยุ่งยากในส่วนของขั้นตอนออกจากงาน เขียนคำสั่งในโปรแกรม ซึ่งจะต้องเขียนให้ถูกต้องตามกฎเกณฑ์ของภาษาคอมพิวเตอร์ และยังคงเก็บ ผลการออกแบบขั้นตอนนี้ไว้สำหรับการทำความเข้าใจขั้นตอนของโปรแกรมในภายหลัง ซึ่งสะดวกกว่า การทำความเข้าใจจากตัวโปรแกรมในเอกสารประกอบโปรแกรม

2.7 เลือกภาษาคอมพิวเตอร์และเขียนโปรแกรม เป็นการเปลี่ยนขั้นตอนการทำงาน ต่างๆ ที่แสดงไว้ในผังงานมาเขียนให้อยู่ในรูปของภาษาคอมพิวเตอร์ ภาษาใดภาษาหนึ่งตามต้องการ และการจะเลือกภาษาคอมพิวเตอร์ภาษาใดนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะงาน และประเภทของงานนั้นๆ ว่าเป็นงานที่ควรใช้ภาษาใด นอกจากนั้นยังต้องคำนึงถึงขีดจำกัดของเครื่องคอมพิวเตอร์ และตัวแปร ภาษาของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ และการเลือกใช้ภาษายังต้องพิจารณาถึงความถนัด และ ความชำนาญของผู้เขียนโปรแกรมว่า มีความสามารถใช้ภาษาที่เลือกนั้นได้หรือไม่ เพื่อความสะดวก และรวดเร็วในการพัฒนา

2.8 ทดสอบโปรแกรม หลังจากที่ได้เขียนโปรแกรม และแปลให้เป็นภาษาเครื่อง แล้ว จะทำการทดสอบหาผลลัพธ์ จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาว่าถูกต้อง และตรงกับความต้องการหรือไม่ โดยการทดสอบนี้จะกำหนดให้เครื่องรับข้อมูลเข้าไปประมวลผลโดยใช้ข้อมูลตัวอย่าง หรือข้อมูลจริง แล้วนำผลลัพธ์ที่ได้ไปตรวจสอบกับผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องที่ได้มาจากวิธีการอื่น ควร ทำการทดสอบหลายๆ ครั้ง ซึ่งแต่ละครั้งนั้น อาจจะมีการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลเข้า

2.9 จัดทำเอกสารประกอบโปรแกรม การทำเอกสารประกอบการพัฒนาโปรแกรมไว้จะเป็นแนวทางแก้ไข หรือศึกษาวิธีการใช้ของโปรแกรมได้สะดวกขึ้น ในการทำเอกสารนี้ควรเริ่มทำและรวบรวมตั้งแต่ขั้นตอนแรกของการพัฒนาโปรแกรมตามลำดับ มิฉะนั้น อาจทำให้ล้มได้ โดยเฉพาะการพัฒนาโปรแกรมขนาดใหญ่ ซึ่งใช้เวลานาน ในการพัฒนาจึงลำบากในการย้อนกลับไปทำเอกสาร และในเอกสารประกอบโปรแกรมนั้น ควรประกอบด้วยเนื้อหาของปัญหา การวิเคราะห์ปัญหา สูตรหรือทฤษฎีที่ใช้ ขั้นตอนสำหรับโปรแกรม รูปแบบของข้อมูล และผลลัพธ์เนื้อหาโปรแกรม รายละเอียดการใช้โปรแกรม และข้อจำกัดของโปรแกรม ตลอดจนตัวอย่างของการทำงาน

2.10 ประเมินคุณภาพโปรแกรม การประเมินคุณภาพของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทางการศึกษา อาจดำเนินได้ 2 แนวทาง คือ

1. การประเมินโดยผู้พัฒนาโปรแกรม เป็นการประเมินระบบการทำงานภายในโปรแกรม (Systematic Internal Review) โดยประเมินในด้านต่างๆ ดังนี้

- ความสามารถของโปรแกรมที่สามารถบันทึกข้อมูลของผู้ใช้โปรแกรมในแต่ละด้าน (Automatic Record Keeping) เป็นการวิเคราะห์ความสามารถของโปรแกรมที่สามารถจัดเก็บข้อมูลพื้นฐานของผู้ใช้โปรแกรมโดยอัตโนมัติ เช่น ข้อมูล รายวิชา เป็นต้น

- ความถูกต้องในการส่งงานตามต้องการ เป็นการประเมินโปรแกรมว่าสามารถทำงานได้ถูกต้องตามต้องการหรือไม่

- ความเชื่อถือได้ของระบบในการใช้งาน เป็นการประเมินโปรแกรมว่าโปรแกรมว่าโปรแกรมที่สร้างขึ้นเมื่อใช้งานครั้งแรก และครั้งต่อไปนั้นมีความเชื่อถือได้หรือไม่

- ความทนทานต่อความผิดพลาดของผู้ใช้ เป็นการประเมินโปรแกรมว่าโปรแกรมสามารถป้องกันการผิดพลาดของผู้ใช้โปรแกรมในขั้นตอนต่างๆ ของโปรแกรมหรือไม่

- ความรวดเร็วในการทำงานของโปรแกรม เป็นการประเมินโปรแกรมในเรื่องความรวดเร็วของโปรแกรม

2. การประเมินโดยผู้ใช้โปรแกรม เป็นการประเมินโปรแกรมในเรื่องผลย้อนกลับของผู้ใช้โปรแกรมในด้านต่างๆ ต่อไปนี้

- คู่มือการใช้โปรแกรม (Documentation) เป็นการประเมินในเรื่องความชัดเจน สอดคล้องของคู่มือการใช้โปรแกรม

- รูปแบบการใช้โปรแกรม (Formative) เป็นการประเมินโปรแกรมในด้านการรับข้อมูล การดำเนินงานของโปรแกรม ความรู้พื้นฐานของผู้ใช้โปรแกรม การแสดงผล และขั้นตอนการใช้งาน

- ประสิทธิภาพ และประโยชน์ของโปรแกรมโดยส่วนรวม (Summative) เป็นการประเมินโปรแกรมในด้านประสิทธิภาพ ผลที่ได้รับ และประโยชน์โปรแกรม

2.5 ความผิดพลาดที่เกิดจากคน (Human Error)

กิตติพงษ์ จิรวังวงศ์ (ม.ป.ป.) กล่าวว่า ความผิดพลาดที่เกิดจากคน หรือ Human Error เป็นความผิดพลาดที่เกิดจากการกระทำของคนที่ทำมากกว่าหรือน้อยกว่าระดับที่สามารถยอมรับได้ของระบบ ลักษณะของความผิดพลาดที่เกิดจากคน สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ประกอบด้วย

1. ความผิดพลาดที่ไม่ตั้งใจ เกิดจากการทำหรือไม่ทำโดยไม่ได้มีการคิดไว้ล่วงหน้า เช่นการลืมอ่านค่าที่ได้จากการวัด การหยิบชิ้นส่วนผิดมาประกอบ รวมถึงกรณีที่เราเรียกว่าเป็นอุบัติเหตุ

2. ความผิดพลาดที่ตั้งใจให้เกิด เป็นความผิดพลาดที่เกิดจากการทำ หรือไม่ทำ โดยที่พนักงานเชื่อว่าเป็นการตัดสินใจที่ถูกต้อง ตัวอย่าง เช่น การเร่งอุณหภูมิในเครื่องฉีดพลาสติกจะช่วยลดเวลาในการทำงาน การนำชิ้นส่วนหลายชนิดมาไว้ในกล่องเดียวกันจะช่วยลดพื้นที่และความยุ่งยากในการทำงาน

2.5.1 แนวทางในการลดความผิดพลาดจากคน

ในการกำหนดแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้กับพนักงาน ผู้บริหารจะต้องเข้าใจถึงประเภทของความผิดพลาดว่าประกอบด้วย

1. ปัจจัยที่เกิดจากคุณลักษณะส่วนบุคคลที่ไม่เกี่ยวข้องกับสภาพการทำงาน
2. ปัจจัยที่เกิดจากการออกแบบสภาพการทำงาน

การคัดเลือกพนักงาน รวมถึงการมอบหมายงานที่เหมาะสมให้กับพนักงาน จะช่วยให้ผู้บริหารสามารถลดความผิดพลาดจากปัจจัยประเภทแรกได้ แต่ก็ไม่ได้ทั้งหมด เพราะถึงอย่างไร พนักงานก็อาจมีปัญหาทางด้านอารมณ์ ความไม่สบายใจ ซึ่งนำไปสู่ความผิดพลาดได้เช่นเดียวกัน จากการศึกษาพบว่า 15 ถึง 20% ของความผิดพลาดจากการทำงาน เกิดจากเงื่อนไขภายในตัวบุคคล ส่วนอีก 80 ถึง 85 % เกิดจากการออกแบบสภาพการทำงานที่ไม่ถูกต้อง เช่น ลักษณะการทำงาน เครื่องมือ และสภาพแวดล้อมในการทำงาน ซึ่งความผิดพลาดที่เกิดขึ้นอาจมาจาก

1. วิธีการทำงานที่ไม่ถูกต้อง
2. การสื่อสารที่ผิดพลาดระหว่างพนักงาน
3. พนักงานได้รับการฝึกอบรมที่ไม่เพียงพอ
4. ความขัดแย้งที่เกี่ยวข้องกับพนักงาน
5. เครื่องมือที่ให้ข้อมูลไม่เพียงพอ
6. อุปกรณ์ที่ออกแบบมาไม่มีประสิทธิภาพ

2.5.1.1 การใช้หลักวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยมนุษย์

หลักการวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยมนุษย์ หรือกายศาสตร์ (Ergonomics) จะมุ่งเน้นในการออกแบบวิธีการทำงาน เครื่องจักร และสภาพแวดล้อมในการทำงาน ที่เหมาะสมกับความสามารถและข้อจำกัดของคนทำงาน รวมถึงมีความสามารถในการดูแลรักษาเครื่องมือได้ดี ระบบใหม่ที่ออกแบบขึ้น จะต้องสะดวกต่อการบำรุงรักษาทั้งเครื่องมือ และเครื่องจักร เช่น การมีข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องมือ เครื่องจักรอย่างเพียงพอและชัดเจน การกำหนดรายละเอียดในการตรวจสอบในแต่ละช่วงเวลา รวมถึงการมีชิ้นส่วนทดแทนอย่างเพียงพอในการออกแบบกระบวนการ จะเริ่มจากการทบทวนรูปแบบการทำงานเดิม ๆ จากนั้นทำการสัมภาษณ์พนักงาน เพื่อมาวิเคราะห์ว่ารูปแบบในการทำงานที่กำหนดขึ้น มีผลต่อการทำงานหรือไม่ รวมถึงหาแนวทางใหม่ สำหรับการออกแบบใหม่

2.5.1.2 การจัดทำคู่มือและวิธีการทำงานที่ชัดเจน ถูกต้อง

ความผิดพลาดหลาย ๆ อย่างที่เกิดขึ้น สามารถป้องกันได้ถ้าวิธีการทำงาน หรือคู่มือการทำงานได้รับการจัดทำขึ้นอย่างถูกต้อง ครบถ้วนและชัดเจน นอกจากนั้นยังช่วยภาระในการที่พนักงานต้องคอยจำเนื้อหาในการทำงาน ซึ่งอาจเกิดการหลงลืมและส่งผลกระทบต่อการทำงานได้ การเขียนเอกสารการปฏิบัติการ จะต้องระบุเนื้อหาขั้นตอนการทำงานอย่างชัดเจนที่ละขั้นตามลำดับ ทั้งนี้อาจ

แสดงในรูปของการบรรยาย ผังการไหลกระบวนการหรือตารางการตัดสินใจ แนวทางที่ใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพของการกำหนดวิธีการทำงาน ประกอบด้วย

1. การคัดเลือกรูปแบบของวิธีการทำงานที่สามารถนำไปใช้งานได้ เป็นที่คุ้นเคย และง่ายต่อการสื่อสารให้พนักงานเข้าใจ
2. ต้องแน่ใจว่าวิธีการที่กำหนดมีความถูกต้อง และครบถ้วนสมบูรณ์ เพราะหากพนักงานพบว่าเนื้อหาในวิธีการที่กำหนดมีความผิดพลาด หรือขัดแย้งกัน จะเกิดปัญหาความไม่เชื่อถือในวิธีการทำงานอื่น ๆ ตามมา และเกิดการไม่ปฏิบัติตาม ดังนั้นจะต้องกำหนดให้มีการทบทวนความถูกต้องของวิธีการทำงานที่กำหนดอย่างสม่ำเสมอด้วย
3. การกำหนดความเหมาะสมของเนื้อหาในแต่ละระดับการใช้งานของเอกสาร เพราะรายละเอียดที่น้อยเกินไป อาจทำให้เกิดความผิดพลาดในการทำงาน แต่ถ้าละเอียดมากเกินไป อาจส่งผลกระทบต่อความมั่นใจในการทำงานของพนักงานที่มีประสบการณ์ นอกจากนี้ ในเนื้อหายังต้องระบุสิ่งที่ต้องระวัง หรือเฝ้าดูแลเป็นพิเศษในระหว่างการทำงาน
4. ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อนสำหรับพนักงาน เพื่อลดโอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดจากความไม่เข้าใจ.

2.5.1.3. การจัดให้มีการฝึกอบรมและพัฒนาทักษะในการทำงาน

การฝึกอบรม จะช่วยในการเพิ่มทักษะในกับพนักงาน รวมถึงช่วยในการลดความผิดพลาด ที่จะเกิดขึ้นจากการทำงานของพนักงาน การฝึกอบรม มีทั้งที่จัดในห้องอบรม และการอบรม ณ จุดปฏิบัติงาน ซึ่งจะช่วยให้พนักงานเกิดความคุ้นเคยกับสภาพการทำงานที่ต้องเกี่ยวข้อง นอกจากนี้ การจัดฝึกอบรมซ้ำ เพื่อเป็นการทบทวนให้พนักงานอย่างสม่ำเสมอ จะช่วยได้อย่างมากในการลดความผิดพลาดในการทำงานของพนักงาน นอกเหนือจากการฝึกอบรมในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับงานที่ต้องรับผิดชอบแล้ว ในการฝึกอบรม ยังรวมถึงการอบรมเกี่ยวกับระบบการบริหาร เพื่อให้เข้าใจถึงแนวทางในการบริหารที่มีการกำหนดขึ้นในองค์กร เช่น ระบบคุณภาพ ระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม หรือระบบการบริหารความปลอดภัย

2.5.1.4 การสร้างระบบการตรวจจับและแก้ไขความผิดพลาด

หลาย ๆ ความผิดพลาดที่เกิดจากคน สามารถที่จะป้องกันได้โดยการใช้การควบคุมการปฏิบัติงานอย่างชัดเจน เช่น ในงานบริการบางประเภท จะวางระบบการทำงานเป็นคู่ (Buddy System) นอกจากนี้อีกแนวทางที่ใช้ในการป้องกันความผิดพลาด คือการสร้างระบบการทวนสอบการทำงานด้วยตนเอง (Self-checking) โดยจะเป็นการทบทวนความถูกต้องของสิ่งต่างๆ ก่อนที่จะลงมือทำงาน เช่นเดียวกับในร้านอาหาร ทวนสอบว่า ลูกค้าถูกต้อง อาหารถูกต้อง ปริมาณถูกต้อง รายละเอียดถูกต้อง และเวลาถูกต้อง (รวดเร็ว)

2.5.1.5 การตอบสนองต่อความต้องการทางด้านสังคมและจิตวิทยาของพนักงาน

การสร้างแรงจูงใจ จะเกิดประสิทธิผลอย่างมาก เมื่อผู้บริหารได้เข้าใจถึงปัจจัยพื้นฐานของประสิทธิภาพในการทำงานของพนักงาน รวมถึงการจัดให้มีการฝึกอบรม เพื่อให้พนักงานมีความรู้ความเข้าใจในงานที่ต้องรับผิดชอบ ตัวอย่างของแนวทางในการสร้างแรงจูงใจในการทำงาน ได้แก่

1. การเน้นย้ำถึงความสำเร็จ มีการแสดงความยินดี ชื่นชมและยกย่องพนักงานในความสำเร็จที่เกิดขึ้นจากการทำงานของพนักงาน - การให้เข้าถึงข้อมูลข่าวสาร เพื่อให้พนักงานได้เข้าใจถึงสิ่งที่เกิดขึ้น รวมถึงนำข้อมูลข่าวสารต่างๆ มาใช้ในการพัฒนาการทำงาน of พนักงานเอง -

การมอบหมายงานที่ทำหาย เพื่อให้พนักงานเกิดการกระตุ้นความรู้สึกในการทำงาน ให้เกิดความอยากรที่จะลงมือทำงานใหม่ ๆ ที่ท้าทายความสามารถ

2. การขยายขอบข่ายความรับผิดชอบเป็นการเปิดโอกาสให้พนักงานสามารถใช้ศักยภาพในการทำงานได้อย่างเต็มที่ รวมถึงให้พนักงานเกิดความภูมิใจในงานที่รับผิดชอบ

3. การเปิดโอกาสให้แสดงออก ในการลงมือทำและตัดสินใจในงานที่ตัวเองรับผิดชอบ โดยที่ไม่ต้องรอคำสั่งตลอดเวลา เพื่อให้พนักงานมีความมั่นใจและมุ่งมั่นในการทำงาน

4. การให้มีส่วนร่วมในการวางแผน การแก้ปัญหา และการตั้งเป้าหมาย เป็นการให้พนักงานเกิดความรู้สึกมีส่วนร่วมต่อการกำหนดทิศทางขององค์กร รวมถึงเข้าร่วมในการแก้ไขปัญหที่เกิดขึ้น เพื่อสร้างความตระหนักในการปฏิบัติงาน

2.6 แนวคิดเกี่ยวกับความพึงพอใจในการเรียนการสอน

2.6.1 ความหมายของความพึงพอใจ

นักวิชาการได้ให้ความหมาย "ความพึงพอใจ" ไว้หลายประการดังนี้ วอลเลอร์สแตน (Wallerstein. 1971:256 อ้างถึงใน นาริรัตน์ กว้างขวาง. 2547:24) ได้ให้ความหมายของความพึงพอใจว่า หมายถึง ความรู้สึกที่เกิดขึ้นเมื่อได้รับผลสำเร็จ ตามความมุ่งหมาย ความพึงพอใจ เป็นกระบวนการทางจิตวิทยา ไม่สามารถมองเห็นได้ชัดเจน แต่สามารถคาดคะเนได้ว่ามีหรือไม่มี จากการสังเกตพฤติกรรมของคนเท่านั้น การที่จะทำให้เกิดความพึงพอใจจะต้องศึกษาปัจจัยและองค์ประกอบที่เป็นสาเหตุแห่ง ความพึงพอใจ

มอร์ซ (Morse) และ เดวิส (David) (อ้างถึงใน เจริญศรี พันปี.2546:13) ได้ให้ ความหมายของความพึงพอใจไว้สรุปได้ว่า หมายถึง สิ่งที่เกิดขึ้นกับมนุษย์เมื่อความ ต้องการพื้นฐานทั้งร่างกายและจิตใจได้รับการตอบสนองและสามารถลดความตึงเครียดความกระวนกระวาย หรือภาวะไม่สมดุลทางร่างกาย ของมนุษย์ให้น้อยลงหรือหมดไปทำให้มนุษย์เกิดความพึงพอใจ

ศิริวรรณ เสรีรัตน์ (2541) ได้อ้างถึงแนวคิดเกี่ยวกับความพึงพอใจของลูกค้า เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ทั้งนี้เพราะการศึกษาเป็นปัจจัยที่สำคัญที่เสริมสร้างความรู้ความสามารถให้แก่ทรัพยากรมนุษย์มหาวิทยาลัยรามคำแหง ตระหนักถึงความสำคัญและได้พยายามที่จะผลิตทรัพยากรมนุษย์ที่มีคุณภาพ เพื่อตอบสนองความต้องการของสังคม ตลาดแรงงานและท้องถิ่น มหาวิทยาลัยได้ผลิตกำลังคนที่มีคุณภาพออกไปปรับใช้สังคมดังกล่าวแล้วในทุกๆปี

อดุลย์ศักดิ์ สุนทรโรจน์ (2546:19) ได้กล่าวว่า ความพึงพอใจในการปฏิบัติงาน หมายถึง ความรู้สึกที่ชอบ หรือพอใจที่มีต่อองค์ประกอบและสิ่งจูงใจในด้านต่างๆของงานและผู้ปฏิบัติงานได้รับการตอบสนองความต้องการ ซึ่งจะมีผลทำให้ผู้ปฏิบัติงาน นั้นๆ มีการเสียสละอุทิศแรงกายแรงใจและสติปัญญาให้แก่งานอย่างเต็มความสามารถจากความหมายของความพึงพอใจของบุคคลต่างๆ ข้างต้นสรุปได้ว่า ความพึงพอใจเป็นเรื่องเกี่ยวข้องกับอารมณ์ความรู้สึก และเจตคติของบุคคลอันเนื่องมาจากสิ่งเร้า และแรงจูงใจ ซึ่งจะปรากฏออกมาทางพฤติกรรมและเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ของบุคคล

ในการจัดการเรียนการสอน การทำให้ผู้เรียนเกิดความพึงพอใจในการเรียนจึงเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ทำให้ผู้เรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพเพราะว่า การที่บุคคลจะเรียนรู้หรือมีพัฒนาการและ

ความเจริญงอกงามนั้น บุคคลจะต้องอยู่ในสภาวะพึงพอใจ สุขใจ เป็นเบื้องต้น นั่นคือ บุคคลจะต้องได้รับการจูงใจทั้งในลักษณะนามธรรมและรูปธรรม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของประพัฒน์ จำปาไทย ว่านักศึกษาที่มีสติปัญญาเท่ากัน ถ้ามีแรงจูงใจในการเรียนต่างกัน จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่างกัน และการเรียนจะเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพที่สุดเมื่อผู้เรียนได้รับการจูงใจ

แรงจูงใจเป็นหัวใจสำคัญของการเรียนเพราะมีอิทธิพลต่อการเรียนรู้และการสอนสูงมาก ดังนั้นในการจัดการสอนของนักศึกษาผู้บริหารและผู้สอนจะต้องพยายามสร้างสิ่งจูงใจให้เกิดขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความพึงพอใจมีความสนใจต่อการเรียนการสอน ทั้งนี้เพราะว่าการเรียนการสอนจะประสบผลสำเร็จได้ก็เพราะผู้บริหารและผู้สอน ให้ความสำคัญรวมทั้งเป็นความพยายามของผู้เรียนด้วยนั่นเอง

วิธีการสร้างความพึงพอใจในการเรียน

มีการศึกษาในด้านความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลระหว่างสภาพทางจิตใจกับผล การเรียนจุดที่น่าสนใจจุดหนึ่ง คือ การสร้างความพอใจในการเรียนตั้งแต่เริ่มต้นให้แก่ทุกคน ซึ่งในเรื่องนี้มีผู้ให้แนวคิดไว้หลายท่าน ดังนี้

สกินเนอร์ (Skinner. 1971: 1 อ้างถึงใน วันทยา วงศ์ศิลปภิรมย์. 2533: 9) มีความเห็นว่า การปรับพฤติกรรมซึ่งเขาหมายถึงเสรีภาพและความภาคภูมิใจ จุดหมายปลายทางที่แท้จริงของการศึกษา คือ การทำให้คนมีความเป็นตัวของตัวเองมีความรับผิดชอบต่อการกระทำของตนเสรีภาพและความภาคภูมิใจ เป็นครรลองของการไปสู่ความเป็นคนดังกล่าว

เสรีภาพ มีความหมายตรงข้ามกับการควบคุม แต่เสรีภาพในความหมายของสกินเนอร์ไม่ได้หมายถึงความเป็นอิสระจากการควบคุมหรือความเป็นอิสระจากสิ่งแวดล้อม แต่หมายถึงความเป็นอิสระจากการควบคุมบางชนิดที่มีลักษณะแข็งกร้าวนั้นไม่ได้ หมายถึงการทำลายหรือหนีจากสิ่งแวดล้อม แต่เป็นการวิเคราะห์และเปลี่ยนหรือ ปรับปรุงรูปแบบใหม่ให้แก่สิ่งแวดล้อมนั้นโดยให้อำนาจการควบคุมอ่อนตัวลงจน บุคคลเกิดความรู้สึกว่าตนมิได้ถูกควบคุมหรือต้องแสดงพฤติกรรมใด ๆ ที่เนื่องมาจากการกดดันภายนอกบางอย่าง บุคคลควรได้รับการยกย่องยอมรับในผลสำเร็จของการกระทำ การเป็นที่ยกย่องยอมรับในผลสำเร็จของการกระทำ การเป็นที่ยกย่องยอมรับเป็นความภาคภูมิใจ ความภาคภูมิใจเป็นคุณค่าของมนุษย์ แต่การกระทำที่ควรได้รับการยกย่อง ยอมรับมากเท่าไร จะต้องเป็นการกระทำที่ปลอดจากการบังคับหรือสิ่งควบคุมใด ๆ มาก เท่านั้น นั่นคือ สัดส่วนประมาณของการยกย่องยอมรับที่ให้แก่การกระทำจะเป็นส่วนกลับกับความเด่นหรือความสำคัญของสาเหตุที่จูงใจให้เขากระทำ

แนวคิดของสกินเนอร์ (Skinner. 1971: 52 อ้างถึงใน วันทยา วงศ์ศิลปภิรมย์. 2533: 10) สรุปได้ว่า เสรีภาพนำไปสู่ความภาคภูมิใจ และความภาคภูมิใจนำบุคคลไปสู่ความ เป็นตัวของตัวเองเป็นผู้มีความรับผิดชอบต่อการคิด ตัดสินใจ การกระทำ และผลที่เกิดขึ้นจากการกระทำของตนเองและนั่นคือเป้าหมายปลายทางที่แท้จริงของการศึกษา สิ่งที่สกินเนอร์ต้องการเห็น คือ การปรับแก้พฤติกรรมของคนต้องแก้ด้วยเทคโนโลยีของพฤติกรรม เท่านั้น จึงจะสำเร็จ ส่วนการใช้เทคโนโลยีของพฤติกรรมนี้กับใครอย่างไร ด้วยวิธีไหน ถือเป็นเรื่องของการตัดสินใจใช้ศาสตร์ซึ่งต้องอาศัยภูมิปัญญาของผู้ใช้เท่านั้น

บลูม (Bloom. 1976: 72-74 อ้างถึงใน วันทยา วงศ์ศิลปภิรมย์. 2533: 8) มีความเห็นในทำนองเดียวกันว่า ถ้าสามารถจัดให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมตามที่ตนเองต้องการ ก็น่าจะคาดหวังได้แน่นอนว่านักเรียนทุกคนได้เตรียมตัวสำหรับกิจกรรมที่ตนเองเลือก หรือจากสิ่งนอกโรงเรียนที่นักเรียนอยากเรียน เช่น การขับรถยนต์ ดนตรีบางชนิด เกม หรืออะไรบางอย่างที่นักเรียนอาสาสมัคร

และตัดสินใจได้โดยเสรีในการ เรียน การมีความกระตือรือร้นและความสนใจเมื่อเริ่มเรียน จะทำให้นักเรียน เรียนได้เร็ว และประสบความสำเร็จสูง อย่างไรก็ตาม บลูมเห็นว่า วิธีนี้ค่อนข้างเป็นอุดมคติที่จัดได้ลำบาก

ช่วงสำคัญของการจัดประสบการณ์เพื่อสร้างความรู้สึที่ดีต่อการเรียนนี้ทั้งไวท์ เฮดและบลูมเห็นว่า ต้องทำในระดับประถมศึกษา เพราะบุคคลที่มีอายุต่ำกว่า 14ปีลงมา มีพัฒนาอยู่ในขั้นตอนของความสนใจ ความพึงพอใจ และเป็นช่วงการสร้างฐานของการสะสมความรู้สึกที่มีต่ออดีต ประสบการณ์ความสำเร็จ ในชั้นเรียนที่สูงขึ้นไปหรือในเด็กที่อายุมากขึ้นการสร้างหรือการเปลี่ยนแปลงความรู้สึกจะทำได้ยาก

เรื่องเสรีภาพกับการเรียนนี้โรเจอร์ นักจิตวิทยาผู้ริเริ่ม วิธีบำบัดคนไข้ทางจิตแบบยึดคนไข้เป็นศูนย์กลาง และใช้วิธีการบำบัดบนรากฐานการสร้างบรรยากาศทางอารมณ์ทำให้คนไข้รู้สึกสบายใจ และเป็นอิสระพอที่จะเข้าใจพื้นฐานแบบแผนชีวิตของตน และสามารถค้นหาทางเลือกของการคิด รู้สึก และกระทำสิ่งที่ตนปรารถนาหรือความสุขแก่ตัวเองได้มากที่สุด

โรเจอร์โยงหลักการนี้เข้ามาสู่แนวปฏิบัติทางการศึกษารูปแบบการศึกษาที่มีพึงปรารถนาตามทัศนะของเขาต้องสามารถนำนักเรียนไปสู่ความเป็นบุคคลที่มีสัจการแห่งตน สามารถทำให้บุคคลมีความอยากรู้อยากเห็นด้วยจิตใจที่เป็นอิสระได้ เลือกทางเดินใหม่ตามความสนใจของตนเองได้ และตระหนักได้ว่าทุกสิ่งทุกอย่างล้วนอยู่ใน กระบวนการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการศึกษาที่เอื้อต่อเป้าหมายดังกล่าว โรเจอร์เรียกว่า การเรียนรู้แบบประสบการณ์

ทัศนะของโรเจอร์ เกี่ยวกับการศึกษาค่อนข้างชัดเจนต่อการนำไปปฏิบัติแนวทางที่เขาให้ไว้มีลักษณะเป็นการจัดแบบ "ห้องเรียนเปิด" หรือเป็นการศึกษาเป็นรายบุคคล อย่างไรก็ตามสิ่งที่โรเจอร์พยายามจะสื่อกับครู คือการให้เสรีภาพในการเรียน จะเป็นการ ฟูพื้นฐานทางด้านอารมณ์ให้นักเรียน ทำให้นักเรียนเกิดความกระตือรือร้นที่จะสำรวจสิ่ง ที่มีความหมายและใช้ความพยายามต่อสิ่งนั้นมากกว่าปกติอาจกล่าวได้ว่า ความพึงพอใจของนักศึกษาในการศึกษาเล่าเรียนจะเกิดจากองค์ประกอบต่าง ๆ เหล่านี้คือคุณสมบัติของครู วิธีสอน กิจกรรมการเรียนการสอน การวัดและประเมินผล จึงจะประสบความสำเร็จในการเรียน ดังนั้น จึงเป็นหน้าที่ของ ผู้บริหารและครู ที่จะสร้างความสุขในการเรียนให้กับผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนมีความพึงพอใจ มีความรักและมีความกระตือรือร้นในการเรียน โดยการปรับปรุงองค์ประกอบต่าง ๆ ของผู้สอน มีการยกย่องให้กำลังใจแก่ผู้เรียนที่กระทำความดี มีมนุษยสัมพันธ์ที่ดีกับ ลูกศิษย์ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความเจริญก้าวหน้า การสร้างสภาพแวดล้อมเกี่ยวกับอาคารสถานที่ที่เหมาะสมน่าอยู่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นรวมทั้งรับฟังและให้ความช่วยเหลือเมื่อผู้เรียนประสบกับปัญหาทุกข์ร้อนปัจจัยความพึงพอใจนี้จึงเป็นสิ่ง สำคัญประการหนึ่งที่จะส่งผลให้ผู้เรียนประสบความสำเร็จในการศึกษาเล่าเรียน

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ประเสริฐ เคนพันค้อ (2549) ได้ทำการศึกษาเรื่อง The Orbit Accuracy of QuickBird-2 Satellite to Thailand Satellite Ground Station โดยได้กล่าวถึงสถานีรับสัญญาณดาวเทียมที่สามารถรับสัญญาณดาวเทียมด้วยความละเอียดภาพสูง ซึ่งตั้งอยู่ที่เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร โดยตั้งอยู่ใกล้กับสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สถานีรับสัญญาณดังกล่าวมีความเป็นไปได้ที่จะรับข้อมูลได้โดยตรงและรวดเร็วจากดาวเทียมควิกเบิร์ด สอง ที่มีพื้นที่การรับ-ส่ง

ครอบคลุมพื้นที่ทั่วบริเวณของประเทศไทยด้วยเทคโนโลยีของการถ่ายภาพระยะไกลและการส่งสัญญาณเท่าเวลาเสมือนจริง ซึ่งได้อธิบายถึงสถานะการทำงานของสถานีภาคพื้นดินกับของประเทศไทยกับการรับสัญญาณของดาวเทียม คิวิกเบิร์ดสอง โดยเปรียบเทียบมุมรับสัญญาณของสถานีภาคพื้นดินกับวงโคจรดาวเทียมและยังเสนอแนะแนวทางการวิจัยและพัฒนาในกิจกรรมของการรับสัญญาณดาวเทียม คิวิกเบิร์ดสองด้วย

สมภพ ภูริวิกรัยพงศ์และสุวัฒน์ กุลธนปรีดา (2549) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การคำนวณหาวงโคจรดาวเทียมวงโคจรต่ำ โดยใช้ข้อมูลการวัดสัญญาณจีพีเอส โดยงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการคำนวณหาวงโคจรดาวเทียมโลกต่ำแบบใกล้เคียงวงกลม โดยใช้ข้อมูลการวัดสัญญาณจีพีเอสเป็นข้อมูลดิบสำหรับการประมวลผล เพื่อให้เข้าใจถึงพฤติกรรมของการเคลื่อนที่ของดาวเทียมในวงโคจรโลกต่ำ แรงรบกวนวงโคจรที่เกิดจากศักย์โน้มถ่วงโลกและฝุ่นอวกาศได้ถูกศึกษาและพิจารณาในเชิงลึก โดยฟังก์ชันศักย์โน้มถ่วงโลกได้อธิบายในรูปแบบสมการเชิงวิเคราะห์ฮาร์โมนิกทรงกลม นอกจากนี้ผลของการหมุนของโลกได้ถูกพิจารณาร่วมอยู่ในแบบจำลองของแรงรบกวนที่เกิดจากฝุ่นอวกาศ โดยงานวิจัยนี้ได้ใช้แบบจำลองชั้นบรรยากาศของ Harris – Priester ในส่วนการประมวลผล ตัวกรองประมาณค่าคาลมานได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อคำนวณหาตำแหน่งและความเร็วของดาวเทียม โดยที่ศักย์โน้มถ่วงโลกในรูปของโซนอนอล เซกทอเรียล และเทสซีรอล ฮาร์โมนิก พร้อมกับแรงรบกวนที่เกิดจากฝุ่นอวกาศ ได้ถูกพิจารณาอยู่ในแบบจำลองระบบของตัวกรองประมาณค่า โดยค่าเริ่มต้นของตัวกรองประมาณค่าถูกคำนวณโดยวิธีกำลังสองแบบน้อยที่สุด นอกจากนี้จำนวนเต็มของเฟสแตกต่างคลื่นพาห้จีพีเอสได้ถูกคำนวณเพื่อที่นำค่าระยะแตกต่างของคลื่นพาห้จีพีเอสมาใช้ในการคำนวณด้านวงโคจร ผลลัพธ์ของเคเบิลอร์ เอลลิเมนต์ที่ประมาณค่าได้ถูกประเมินและเปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณได้จากตัวแปรวงโคจรมาตรฐาน

ชัยวัฒน์ สุภัทรกุล (2547) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาโปรแกรมพจนานุกรมศัพท์ทางด้านระบบโครงร่าง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างโปรแกรมพจนานุกรมศัพท์ทางด้านระบบโครงร่างและระบบกล้ำเนื้อ เพื่อช่วยในการจัดเก็บและค้นหาข้อมูลคำศัพท์

อัมรินทร์ พิมพ์หนู (2553) ได้จัดทำวิจัยเรื่อง การคำนวณวงโคจรและวิเคราะห์เส้นทางการเคลื่อนที่ของดาวเทียม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาคำนวณวงโคจรในลักษณะต่างๆ ของดาวเทียมและทำการวิเคราะห์เส้นทางการเคลื่อนที่ของดาวเทียมในลักษณะวงโคจรต่างๆ

พงษ์อินทร์ รักอริยะธรรม และ กมลวรรณ วัฒนชัย (2552) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การจำลองข้อมูลดาวเทียม Theos จากข้อมูล Spot และ Landsat การศึกษาครั้งนี้มุ่งศึกษาการจำลองข้อมูลดาวเทียม THEOS ในภาพแบบหลายช่วงคลื่นที่มีขนาดจุดภาพ 15 เมตร ประกอบด้วยการจำลองรายละเอียดเชิงจุดภาพ และการจำลองเชิงช่วงคลื่น ในการจำลองข้อมูลส่วนหนึ่งอาศัยความคล้ายคลึงของช่วงคลื่นระหว่างดาวเทียม THEOS กับดาวเทียม LANDSAT ส่วนที่สองอาศัยข้อมูลรายละเอียดสูง 10 เมตร จากข้อมูลดาวเทียม SPOT ในการสร้างข้อมูลจำลองขนาดจุดภาพ 15 เมตร วิธีการจำลองข้อมูลประกอบด้วยคัดเลือกจุดควบคุมเชิงช่วงคลื่น (spectral control point) จากลักษณะสิ่งปกคลุมดินประเภทต่างๆ เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ในการจำลองข้อมูล โดยวิธีการกำลังสองน้อยที่สุดจากฟังก์ชันพหุนามอันดับหนึ่ง (first-order polynomial function) ซึ่งทำหน้าที่เสมือนฟังก์ชันในการอธิบายความสัมพันธ์ของข้อมูลจุดภาพในช่วงคลื่นต่างๆ ระหว่างข้อมูลดาวเทียม LANDSAT-5 TM และ SPOT-5 ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จะนำมาใช้ในการคำนวณข้อมูลจุดภาพในช่วงคลื่นต่างๆ ที่มีขนาดรายละเอียดเชิงพื้นที่เทียบเท่าข้อมูลดาวเทียม THEOS

ข้อมูลภาพจำลองที่ได้ ได้ถูกนำไปทดสอบเปรียบเทียบกับภาพ LANDSAT-5 TM และ SPOT-5 ผลการศึกษาได้รายงานถึงผลการเปรียบเทียบศักยภาพของข้อมูลดาวเทียม THEOS ในระบบหลายช่วงคลื่นในการจำแนกสิ่งปกคลุมดินและการใช้ที่ดินในประเภทต่างๆ

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อหาคุณภาพ ประสิทธิภาพ และความพึงพอใจของโปรแกรมการออกแบบวงโคจรดาวเทียม โดยผู้วิจัยนำโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมที่สร้างขึ้นมาทดลองใช้โดยผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อวิเคราะห์หาคุณภาพ ประสิทธิภาพ และความพึงพอใจของผู้ใช้งานโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม ซึ่งมีลำดับขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

- 3.1 ประชากร
- 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.3 การดำเนินการทดลองและเก็บข้อมูล
- 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

3.1 ประชากร

ประชากร คือ นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สื่อสาร คณะครุศาสตรอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ลงทะเบียนเรียนวิชา Selected Topics in Communications รหัสวิชา 03347504 ภาคเรียนที่ 2 ตั้งแต่ปีการศึกษา 2551-2553 จำนวน 49 คน

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า สื่อสาร คณะครุศาสตรอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ลงทะเบียนเรียนวิชา Selected Topics in Communications รหัสวิชา 03347504 ภาคเรียนที่ 2 ตั้งแต่ปีการศึกษา 2551-2553 จำนวน 15 คน โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือสำหรับการวิจัย ประกอบด้วย โปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม แบบประเมินคุณภาพ แบบประเมินประสิทธิภาพ และแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม

3.2.1 โปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม มีส่วนประกอบดังต่อไปนี้

3.2.1.1 โปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม

3.2.1.2 คู่มือการใช้โปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม

ขั้นตอนในการสร้างโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมมีดังต่อไปนี้

(1) นำเนื้อหาเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ตรวจสอบและทำการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ

(2) กำหนดรูปแบบของโปรแกรม

(3) นำรูปแบบของโปรแกรมเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ตรวจสอบ และทำการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ

(4) นำโปรแกรมที่สร้างเสร็จเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาและผู้ทรงคุณวุฒิด้านโปรแกรมจำนวนชุดละ 3 ท่าน เพื่อทำการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา ดังมีรายนามต่อไปนี้

1) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประเสริฐ เคนพันธ์ คือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2) นายปรีชา รักกลาง ครูผู้สอนแผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี

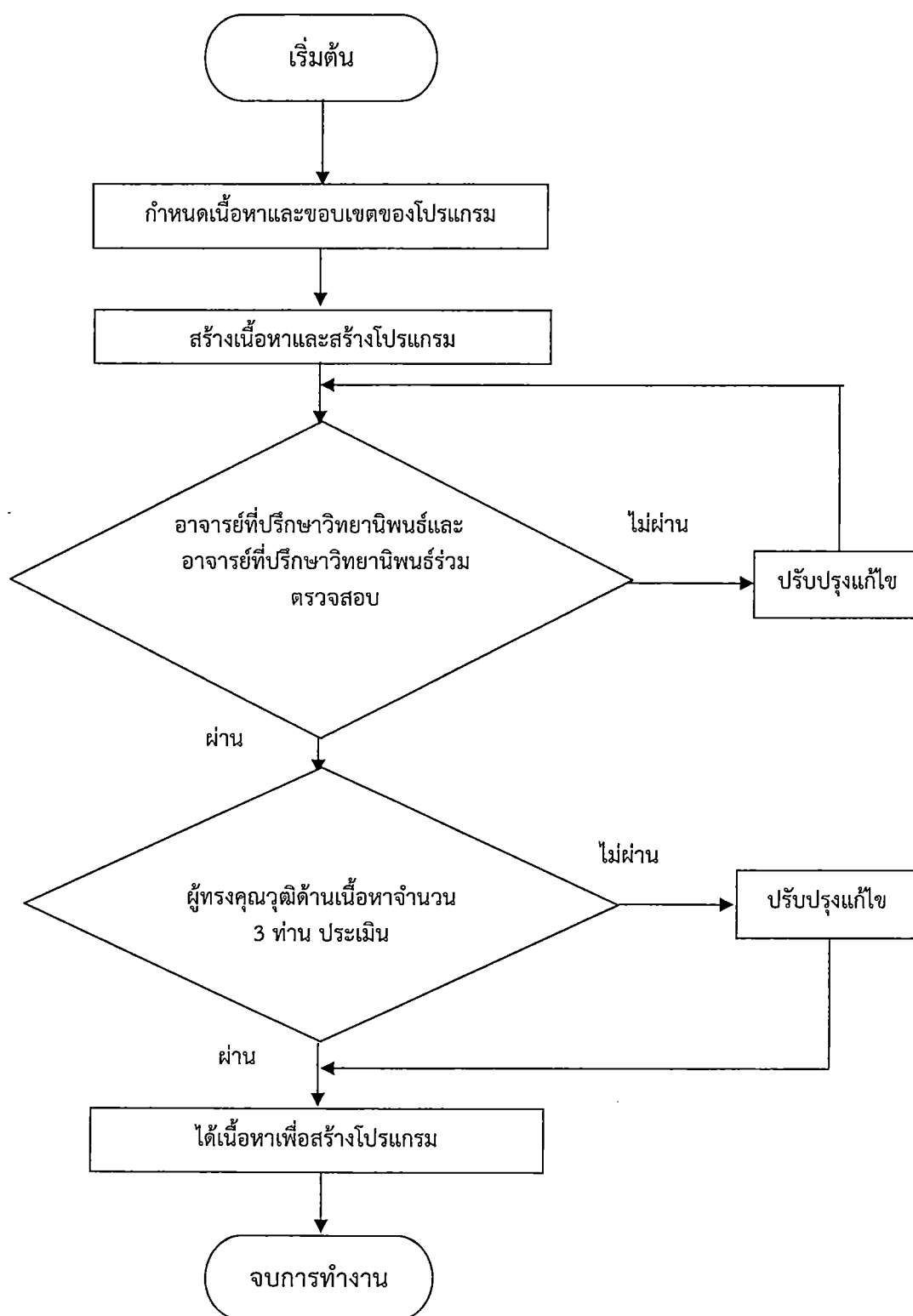
3) นายสมณธร พุ่มพิมล หัวหน้าแผนกวิชาเทคโนโลยีโทรคมนาคม วิทยาลัยการอาชีพพนมดินทรราชูทิศ

และผู้ทรงคุณวุฒิด้านโปรแกรม มีรายนาม ต่อไปนี้

1) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประเสริฐ เคนพันธ์ คือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2) ผู้ช่วยศาสตราจารย์โกศล ตราชู ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปิยะ ศุภวาราสุวัฒน์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการพัฒนาเนื้อหาและโปรแกรมเพื่อสร้างโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการ
ออกแบบวงโคจรดาวเทียม

3.2.2 แบบประเมินคุณภาพโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม

แบบประเมินคุณภาพโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมที่ประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น เพื่อให้หาคุณภาพของโปรแกรม ด้านเนื้อหาและด้านการพัฒนาโปรแกรม โดยประเมินคุณภาพจากข้อความเกณฑ์การยอมรับคุณภาพของโปรแกรม โดยแบ่งระดับคะแนน ความคิดเห็นออกเป็น 5 ระดับ และเกณฑ์การจัดระดับคะแนนเฉลี่ย 5 ระดับ ดังนี้

ระดับความคิดเห็น 5 ระดับ

ระดับคะแนน	5	หมายถึง	คุณภาพดีมาก
ระดับคะแนน	4	หมายถึง	คุณภาพดี
ระดับคะแนน	3	หมายถึง	คุณภาพปานกลาง
ระดับคะแนน	2	หมายถึง	คุณภาพพอใช้
ระดับคะแนน	1	หมายถึง	คุณภาพควรปรับปรุง

เกณฑ์การจัดระดับคะแนนค่าเฉลี่ย 5 ระดับ

ระดับคะแนนเฉลี่ย	4.50-5.00	หมายถึง	คุณภาพดีมาก
ระดับคะแนนเฉลี่ย	3.50-4.49	หมายถึง	คุณภาพดี
ระดับคะแนนเฉลี่ย	2.50-3.49	หมายถึง	คุณภาพปานกลาง
ระดับคะแนนเฉลี่ย	1.50-2.49	หมายถึง	คุณภาพพอใช้
ระดับคะแนนเฉลี่ย	1.00-1.49	หมายถึง	คุณภาพควรปรับปรุง

การสร้างแบบประเมิน เพื่อให้แบบประเมินโปรแกรมมีคุณภาพ ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้าง โดยมีหลักวิธีการสร้างดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2535 : 67)

1. กำหนดจุดมุ่งหมายที่จะประเมิน
2. สร้างคำถามให้ตรงตามจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ และให้ครอบคลุม
3. เรียงคำถามตามลำดับให้ต่อเนื่องสัมพันธ์กัน ตรงกับหัวข้อที่วางโครงสร้างไว้
4. กำหนดจำนวนข้อคำถาม
5. สร้างคำถาม

3.2.3 แบบประเมินประสิทธิภาพโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม

แบบประเมินประสิทธิภาพโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมที่ประเมินโดยกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการคำนวณค่าพารามิเตอร์ซ้ำในแต่ละรูปแบบแล้วบันทึกผลลัพธ์เทียบกับผลลัพธ์ที่ถูกต้องของวงโคจรทั้งหมด 4 วงโคจร โดยกำหนดโจทย์ในการคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมทั้ง 4 รูปแบบ โดยแบ่งออกเป็น วงโคจรแบบค้างฟ้า จำนวน 4 โจทย์ วงโคจรแบบวงกลม จำนวน 4 โจทย์ วงโคจรแบบวนซ้ำตำแหน่งการติดตามภาคพื้นดิน จำนวน 4 โจทย์ และวงโคจรแบบโมลนียา จำนวน 4 โจทย์ รวมทั้งหมด 16 โจทย์ โดยประเมินประสิทธิภาพจากข้อความเกณฑ์การยอมรับประสิทธิภาพของโปรแกรม ดังนี้

ระดับความผิดพลาด 2 ระดับ

ความผิดพลาด	มากกว่า ± 0.05	หมายถึง	ผลลัพธ์ผิดพลาด (แก้ไข)
ความผิดพลาด	น้อยกว่าหรือเท่ากับ ± 0.05	หมายถึง	ผลลัพธ์ถูกต้อง (ดีมาก)

3.2.4 แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม

แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมที่ประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ เพื่อใช้หาระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งานโปรแกรมในด้านความพึงพอใจในการใช้งานเพื่อปรับปรุงแก้ไขก่อนที่จะนำโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง โดยประเมินความพึงพอใจจากข้อความเกณฑ์การยอมรับความพึงพอใจของผู้ใช้งานโปรแกรม โดยแบ่งระดับคะแนน ความคิดเห็นออกเป็น 5 ระดับ และเกณฑ์การจัดระดับคะแนนเฉลี่ย 5 ระดับ ดังนี้

ระดับความคิดเห็น 5 ระดับ

ระดับคะแนน	5	หมายถึง	ความพึงพอใจมากที่สุด
ระดับคะแนน	4	หมายถึง	ความพึงพอใจมาก
ระดับคะแนน	3	หมายถึง	ความพึงพอใจปานกลาง
ระดับคะแนน	2	หมายถึง	ความพึงพอใจน้อย
ระดับคะแนน	1	หมายถึง	ความพึงพอใจควรปรับปรุง

เกณฑ์การจัดระดับคะแนนค่าเฉลี่ย 5 ระดับ

ระดับคะแนนเฉลี่ย	4.50-5.00	หมายถึง	ความพึงพอใจมากที่สุด
ระดับคะแนนเฉลี่ย	3.50-4.49	หมายถึง	ความพึงพอใจมาก
ระดับคะแนนเฉลี่ย	2.50-3.49	หมายถึง	ความพึงพอใจปานกลาง
ระดับคะแนนเฉลี่ย	1.50-2.49	หมายถึง	ความพึงพอใจน้อย
ระดับคะแนนเฉลี่ย	1.00-1.49	หมายถึง	ความพึงพอใจควรปรับปรุง

การสร้างแบบประเมิน เพื่อให้แบบประเมินโปรแกรมมีคุณภาพ ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้าง โดยมีหลักวิธีการสร้างดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2535 : 67)

1. กำหนดจุดมุ่งหมายที่จะประเมิน
2. สร้างคำถามให้ตรงตามจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ และให้ครอบคลุม
3. เรียงคำถามตามลำดับให้ต่อเนื่องสัมพันธ์กัน ตรงกับหัวข้อที่วางโครงสร้างไว้
4. กำหนดจำนวนข้อคำถาม
5. สร้างคำถาม

3.3 การดำเนินการทดลองและเก็บข้อมูล

การดำเนินการทดลองและเก็บข้อมูลเพื่อหาคุณภาพ ประสิทธิภาพ และความพึงพอใจของผู้ใช้งานโปรแกรมการออกแบบวงโคจรดาวเทียม ผู้วิจัยได้ดำเนินการเป็น 2 ส่วน คือ การทดลองเก็บข้อมูลเพื่อหาคุณภาพของโปรแกรมจากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาและผู้ทรงคุณวุฒิด้านการพัฒนาโปรแกรม และการทดลองเก็บข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพและความพึงพอใจของโปรแกรมจากกลุ่มตัวอย่าง โดยมีขั้นตอน ดังต่อไปนี้

3.3.1 ชี้แจงเพื่อให้ทราบถึงวัตถุประสงค์และขั้นตอนวิธีการใช้งานโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมแก่ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา ผู้ทรงคุณวุฒิด้านการพัฒนาโปรแกรม และกลุ่มตัวอย่าง

3.3.2 ดำเนินการทดลอง โดยนำโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น มาทำการทดลองใช้งานในการออกแบบวงโคจรดาวเทียมทั้งหมด 4 วงโคจรได้แก่ วงโคจรแบบค้างฟ้า วงโคจรแบบวงกลม วงโคจรวนซ้ำตำแหน่งการติดตามทางภาคพื้นดิน และวงโคจรแบบโมลนียา

3.3.3 ดำเนินการประเมินคุณภาพ ประสิทธิภาพ และความพึงพอใจของผู้ใช้งานโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม หลังจากที่ผู้ทรงคุณวุฒิและกลุ่มตัวอย่างที่ได้ทดลองใช้งานโปรแกรม

3.3.4 วิเคราะห์ข้อมูล นำผลการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิและกลุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์หาคุณภาพ ประสิทธิภาพ และหาความพึงพอใจของผู้ใช้งานโดยคิดเป็นค่าร้อยละ เพื่อประเมินคุณภาพ ประสิทธิภาพ และความพึงพอใจของผู้ใช้งานโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม โดยใช้การหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

3.4.1 การวิเคราะห์คุณภาพ ประสิทธิภาพ และความพึงพอใจของผู้ใช้งานโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมจากความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิและกลุ่มตัวอย่าง ใช้สถิติการหาค่าเฉลี่ยดังนี้ (รวิวรรณ ชินะตระกูล. 2538 : 151)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ	\bar{X}	คือ	ค่าคะแนนเฉลี่ยของผู้ทรงคุณวุฒิ
	X	คือ	คะแนนที่ได้จากผู้ทรงคุณวุฒิแต่ละท่าน
	$\sum x$	คือ	คะแนนรวม
	N	คือ	จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

การหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าคะแนนเฉลี่ย

$$SD. = \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{X})^2}{(N - 1)}}$$

$SD.$	คือ	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
X	คือ	คะแนนแต่ละจำนวนที่ประเมิน
\bar{X}	คือ	ค่าคะแนนเฉลี่ยที่ประเมิน
\sum		
	คือ	ผลรวมของ $(X - \bar{X})^2$
$N - 1$	คือ	ค่าของชั้นแห่งความเป็นอิสระ

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมโดยผู้วิจัยได้นำโปรแกรมดังกล่าวให้ผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านนี้ ผู้ทรงคุณวุฒิทางการพัฒนาโปรแกรม และกลุ่มตัวอย่าง ทดลองใช้งานโปรแกรมและดำเนินการหาค่าของคุณภาพ ประสิทธิภาพ และความพึงพอใจของผู้ใช้งานโปรแกรม ได้ผลการวิจัย ดังนี้

4.1 ผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาและด้านโปรแกรมของโปรแกรมคำนวณค่าพาราค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมจากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคุณภาพด้านเนื้อหาของโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมซึ่งได้รับการพิจารณาจากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาจำนวน 3 ท่าน

รายการประเมินคุณภาพ(ด้านเนื้อหา)	\bar{X}	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. เนื้อหา มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	5.00	0.00	ดีมาก
2. เนื้อหาที่นำเสนอต่อการทำความเข้าใจ	5.00	0.00	ดีมาก
3. เนื้อหา มีการเรียงลำดับและต่อเนื่อง	5.00	0.00	ดีมาก
4. เนื้อหา มีความครบถ้วนสมบูรณ์และถูกต้อง	5.00	0.00	ดีมาก
5. รูปภาพ มีความถูกต้องและสอดคล้องกับเนื้อหา	5.00	0.00	ดีมาก
6. ตาราง มีความถูกต้องและสอดคล้องกับเนื้อหา	4.67	0.57	ดีมาก
7. เนื้อหา มีความเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4.33	0.57	ดี
ค่าเฉลี่ยรวม	4.86	0.16	ดีมาก

จากตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าคุณภาพด้านเนื้อหาของโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมในภาพรวม อยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}=4.86$, S.D.= 0.16) เมื่อพิจารณาพบว่าทุกรายการมีระดับคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก โดยพิจารณาตามลำดับคุณภาพได้ดังนี้ ค่าเฉลี่ยคุณภาพ ($\bar{X} = 5.00$, S.D.= 0.00) มีจำนวน 5 รายการได้แก่ เนื้อหาที่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เนื้อหาที่นำเสนอต่อการทำความเข้าใจ เนื้อหาที่มีการเรียงลำดับและต่อเนื่อง เนื้อหาที่มีความครบถ้วนสมบูรณ์และถูกต้อง และเนื้อหาที่มีความเหมาะสมกับระดับผู้เรียน ค่าเฉลี่ยคุณภาพ ($\bar{X} = 4.67$, S.D.= 0.57) มีจำนวน 1 รายการคือ รูปภาพมีความถูกต้องและสอดคล้องกับเนื้อหา และค่าเฉลี่ยคุณภาพ ($\bar{X} = 4.33$, S.D.= 0.57) มีจำนวน 1 รายการคือ ตารางมีความถูกต้องและสอดคล้องกับเนื้อหา

4.2 ผลการประเมินคุณภาพด้านโปรแกรมของโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมจากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคุณภาพด้านการพัฒนาโปรแกรมของโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมซึ่งได้รับการพิจารณาจากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน

รายการประเมินคุณภาพ(ด้านการพัฒนาโปรแกรม)	\bar{X}	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. ความสมบูรณ์ครบถ้วนในฟังก์ชันต่างๆ ของโปรแกรมในการคำนวณพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรค้างฟ้า	4.33	0.57	ดี
2. ความสมบูรณ์ครบถ้วนในฟังก์ชันต่างๆ ของโปรแกรมในการคำนวณพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรวงกลม	4.33	0.57	ดี
3. ความสมบูรณ์ครบถ้วนในฟังก์ชันต่างๆ ของโปรแกรมในการคำนวณพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรวนซ้ำตำแหน่งการติดตามภาคพื้นดิน	4.33	0.57	ดี
4. ความสมบูรณ์ครบถ้วนในฟังก์ชันต่างๆ ของโปรแกรมในการคำนวณพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรโมลนียา	4.33	0.57	ดี
5. ความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม	4.67	0.57	ดีมาก
6. ความรวดเร็วในการประมวลผลของโปรแกรม	4.67	0.57	ดีมาก
7. ความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานของระบบ	4.33	0.57	ดี
8. ความเหมาะสมในการเลือกใช้อักษรบนจอภาพ	4.00	1.00	ดี
9. ความเหมาะสมในการเลือกใช้นาฬิกาของตัวอักษรบนจอภาพ	4.00	1.00	ดี
10. ความเหมาะสมในการใช้สีของตัวอักษรและรูปภาพ	3.33	0.57	ปานกลาง
11. ความเหมาะสมในการใช้ข้อความเพื่ออธิบายสื่อความหมาย	3.67	1.15	ดี
12. ความเหมาะสมในการใช้สัญลักษณ์หรือรูปภาพในการสื่อความหมาย	3.67	0.57	ดี
13. ความเป็นมาตรฐานเดียวกันในการออกแบบหน้าจอภาพ	4.67	0.57	ดีมาก
14. ความเหมาะสมในการวางตำแหน่งของส่วนประกอบจอภาพ	4.00	0.00	ดี
15. คำสั่งที่ใช้ผู้ใช้งานมีความคุ้นเคยและสามารถปฏิบัติตามได้โดยง่าย	3.67	0.57	ดี
ค่าเฉลี่ยรวม	4.13	0.63	ดี

จากตารางที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าคุณภาพด้านการพัฒนาโปรแกรมของโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมในภาพรวม อยู่ในระดับดี ($\bar{X}=4.13$, S.D.=0.63) เมื่อพิจารณาระดับคุณภาพตามลำดับพบว่า ค่าเฉลี่ยคุณภาพ ($\bar{X}=4.67$, S.D.=0.57) มีจำนวน 3

รายการได้แก่ เนื้อหาความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม ความรวดเร็วในการประมวลผลของโปรแกรม ความเป็นมาตรฐานเดียวกันในการออกแบบหน้าจอภาพ ค่าเฉลี่ยคุณภาพ ($\bar{X}=4.33$, S.D.=0.57) มีจำนวน 5 รายการได้แก่ ความสมบูรณ์ครบถ้วนในฟังก์ชันต่างๆ ของโปรแกรมในการคำนวณพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรค้างฟ้า ความสมบูรณ์ครบถ้วนในฟังก์ชันต่างๆ ของโปรแกรมในการคำนวณพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรวงกลม ความสมบูรณ์ครบถ้วนในฟังก์ชันต่างๆ ของโปรแกรมในการคำนวณพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรวนซ้ำ ตำแหน่งการติดตามภาคพื้นดิน ความสมบูรณ์ครบถ้วนในฟังก์ชันต่างๆ ของโปรแกรมในการคำนวณพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรโมลนียา ความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานของระบบ ค่าเฉลี่ยคุณภาพ ($\bar{X}=4.00$, S.D.=0.00และ0.01) มีจำนวน 3 รายการได้แก่ ความเหมาะสมในการเลือกใช้ชนิดตัวอักษรบนจอภาพ ความเหมาะสมในการเลือกใช้ขนาดของตัวอักษรบนจอภาพ ความเหมาะสมในการวางตำแหน่งของส่วนประกอบบนจอภาพ ค่าเฉลี่ยคุณภาพ ($\bar{X}=3.67$, S.D.=0.57และ1.15) มีจำนวน 3 รายการได้แก่ ความเหมาะสมในการใช้ข้อความเพื่ออธิบายสื่อความหมาย ความเหมาะสมในการใช้สัญลักษณ์หรือรูปภาพในการสื่อความหมาย คำสั่งที่ใช้ผู้ใช้มีความคุ้นเคยและสามารถปฏิบัติตามได้โดยง่าย และค่าเฉลี่ยคุณภาพ ($\bar{X}=3.33$, S.D.=0.57) มีจำนวน 1 รายการคือ ความเหมาะสมในการใช้สีของตัวอักษรและรูปภาพ

4.3 ผลการทดลองหาประสิทธิภาพของโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมจากการทดลองของผู้ใช้งาน

ตารางที่ 4.3 แสดงจำนวนและร้อยละของผู้ใช้งานจำแนกตามเพศ

เพศ	จำนวน	ร้อยละ
ชาย	11	73.33
หญิง	4	26.67
รวม	15	100.00

จากตารางที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่าผู้ใช้งานเป็นเพศชายจำนวน 11 คนหรือคิดเป็นร้อยละ 73.33 และเป็นเพศหญิงจำนวน 4 คนหรือคิดเป็นร้อยละ 26.67

ตารางที่ 4.4 แสดงจำนวนและร้อยละของผู้ใช้งานจำแนกตามอายุ

อายุ	จำนวน	ร้อยละ
ต่ำกว่า 30 ปี	11	73.33
31-40 ปี	3	20.00
41-50 ปี	1	6.67
มากกว่า 50 ปีขึ้นไป	0	0.00
รวม	15	100.00

จากตารางที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าผู้ใช้งานมีอายุต่ำกว่า 30 ปีจำนวน 11 คนหรือคิดเป็นร้อยละ 73.33 และมีอายุอยู่ระหว่าง 31-40 ปีจำนวน 3 คนหรือคิดเป็นร้อยละ 20.00 และมีอายุอยู่ระหว่าง 41-50 ปีจำนวน 1 คนหรือคิดเป็นร้อยละ 6.67

ตารางที่ 4.5 แสดงจำนวนและร้อยละของผู้ใช้งานจำแนกตามระดับชั้น

ระดับชั้น	จำนวน	ร้อยละ
ชั้นปีที่ 1	0	0.00
ชั้นปีที่ 2	0	0.00
ชั้นปีอื่นๆ	15	100.00
รวม	15	100.00

จากตารางที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่าผู้ใช้งานกำลังศึกษาอยู่ในระดับชั้นปีอื่นๆจำนวน 15 คนหรือคิดเป็นร้อยละ 100.00

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าพารามิเตอร์ผลลัพธ์ของวงโคจรแบบค้างฟ้าที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรม คำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม เมื่อกำหนดให้ $T=24\text{Hours}$, $h=100$

วงโคจรแบบค้างฟ้า ทดลองคำนวณจำนวน 25 ครั้ง

กำหนดให้ $T=24\text{Hours}$, $h=100$

พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์ที่ถูกต้อง	ผลการคำนวณจากโปรแกรม	
		จำนวนครั้งที่ถูกต้อง	คิดเป็นร้อยละ
T	86,400.000	25	100
a	42,242.917	25	100
ra	42,242.917	25	100
rp	42,242.917	25	100
r1	6,478.000	25	100
r2	42,242.917	25	100
r3	42,242.917	25	100
Aa	35,864.917	25	100
Ap	35,864.917	25	100
V	3.072	25	100
V1	7.845	25	100
V2	3.072	25	100
Vp	10.719	25	100
$\Delta V1$	2.874	25	100
Tt	86,400.000	25	100

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

วงโคจรแบบค้างฟ้า ทดลองคำนวณจำนวน 25 ครั้ง			
กำหนดให้ T=24 Hours, h=100			
พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์ที่ถูกต้อง	ผลการคำนวณจากโปรแกรม	
		จำนวนครั้งที่ถูกต้อง	คิดเป็นร้อยละ
Va	4.198	25	100
$\Delta V2$	1.126	25	100
ΔV_{tot}	4.000	25	100
e	0.000	25	100
l	0.000	25	100
n	1.000	25	100
รวม		25	100

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าพารามิเตอร์ผลลัพธ์ของวงโคจรแบบค้างฟ้าที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรม
คำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม เมื่อกำหนดให้
T = 23 Hours 56 min 4.1sec, h=100

วงโคจรแบบค้างฟ้า ทดลองคำนวณจำนวน 25 ครั้ง			
กำหนดให้ T=23Hours56min4.1sec, h=100			
พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์ที่ถูกต้อง	ผลการคำนวณจากโปรแกรม	
		จำนวนครั้งที่ถูกต้อง	คิดเป็นร้อยละ
T	86,164.100	25	100
a	42,165.991	25	100
ra	42,165.991	25	100
rp	42,165.991	25	100
r1	6,478.000	25	100
r2	42,165.991	25	100
r3	42,165.991	25	100
Aa	35,787.991	25	100
Ap	35,787.991	25	100
V	3.075	25	100
V1	7.845	25	100
V2	3.075	25	100
Vp	10.718	25	100
$\Delta V1$	2.874	25	100
Tt	86,164.100	25	100
Va	4.201	25	100
$\Delta V2$	1.126	25	100
ΔV_{tot}	4.000	25	100

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

วงโคจรแบบค้างฟ้า ทดลองคำนวณจำนวน 25 ครั้ง			
กำหนดให้ $T=23\text{Hours}56\text{min}4.1\text{sec}$, $h=100$			
พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์ที่ถูกต้อง	ผลการคำนวณจากโปรแกรม	
		จำนวนครั้งที่ถูกต้อง	คิดเป็นร้อยละ
e	0.000	25	100
l	0.000	25	100
n	1.000	25	100
รวม		25	100

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าพารามิเตอร์ผลลัพธ์ของวงโคจรแบบค้างฟ้าที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรม
คำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม เมื่อกำหนดให้ $T=24\text{Hours}$,
 $H = 400$

วงโคจรแบบค้างฟ้า ทดลองคำนวณจำนวน 25 ครั้ง			
กำหนดให้ $T=24\text{Hours}$, $h=400$			
พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์ที่ถูกต้อง	ผลการคำนวณจากโปรแกรม	
		จำนวนครั้งที่ถูกต้อง	คิดเป็นร้อยละ
T	86,400.000	25	100
a	42,242.917	25	100
ra	42,242.917	25	100
rp	42,242.917	25	100
r1	6,778.000	25	100
r2	42,242.917	25	100
r3	42,242.917	25	100
Aa	35,864.917	25	100
Ap	35,864.917	25	100
V	3.072	25	100
V1	7.669	25	100
V2	3.072	25	100
Vp	10.464	25	100
$\Delta V1$	2.795	25	100
Tt	86,400.000	25	100
Va	4.192	25	100
$\Delta V2$	1.120	25	100
ΔV_{tot}	3.915	25	100
e	0.000	25	100
l	0.000	25	100
n	1.000	25	100
รวม		25	100

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าพารามิเตอร์ผลลัพธ์ของวงโคจรแบบค้างฟ้าที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรม
คำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม เมื่อกำหนดให้
 $T=23$ Hours 56 min 4.1 sec, $h=150$

วงโคจรแบบค้างฟ้า ทดลองคำนวณจำนวน 25 ครั้ง			
กำหนดให้ $T=23$ Hours56min4.1sec, $h=150$			
พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์ที่ถูกต้อง	ผลการคำนวณจากโปรแกรม	
		จำนวนครั้งที่ถูกต้อง	คิดเป็นร้อยละ
T	86,164.100	25	100
a	42,165.991	25	100
ra	42,165.991	25	100
rp	42,165.991	25	100
r1	6,528.000	25	100
r2	42,165.991	25	100
r3	42,165.991	25	100
Aa	35,787.991	25	100
Ap	35,787.991	25	100
V	3.075	25	100
V1	7.815	25	100
V2	3.075	25	100
Vp	10.675	25	100
$\Delta V1$	2.860	25	100
Tt	86,164.100	25	100
Va	4.200	25	100
$\Delta V2$	1.125	25	100
ΔV_{tot}	3.985	25	100
e	0.000	25	100
l	0.000	25	100
n	1.000	25	100
รวม		25	100

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าพารามิเตอร์ผลลัพธ์ของวงโคจรแบบวงกลมที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม เมื่อกำหนดให้ $T=24\text{Hours}$, $\text{Approximate Reverse per day}=1$, $i=0$ $h=100$

วงโคจรแบบวงกลม ทดลองคำนวณจำนวน 25 ครั้ง			
กำหนดให้ $T=24\text{Hours}$, $\text{Approximate Reverse per day}=1$, $i=0$ $h=100$			
พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์ที่ถูกต้อง	ผลการคำนวณจากโปรแกรม	
		จำนวนครั้งที่ถูกต้อง	คิดเป็นร้อยละ
T	86,400.000	25	100
a	42,242.917	25	100
ra	42,242.917	25	100
rp	42,242.917	25	100
r1	6,478.000	25	100
r2	42,242.917	25	100
r3	42,242.917	25	100
Aa	35,864.917	25	100
Ap	35,864.917	25	100
V	3.072	25	100
V1	7.845	25	100
V2	3.072	25	100
Vp	10.719	25	100
$\Delta V1$	2.874	25	100
Tt	86,400.000	25	100
Va	4.198	25	100
$\Delta V2$	1.126	25	100
ΔV_{tot}	4.000	25	100
e	0.000	25	100
l	0.000	25	100
n	1.000	25	100
รวม		25	100

ตารางที่ 4.11 แสดงค่าพารามิเตอร์ผลลัพธ์ของวงโคจรแบบวงกลมที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม เมื่อกำหนดให้ $T=24\text{Hours}$, Approximate Reverse per day=2, $i=60$ $h=100$

วงโคจรแบบวงกลม ทดลองคำนวณจำนวน 25 ครั้ง			
กำหนดให้ $T=24\text{Hours}$, Approximate Reverse per day=2, $i=60$ $h=100$			
พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์ที่ถูกต้อง	ผลการคำนวณจากโปรแกรม	
		จำนวนครั้งที่ถูกต้อง	คิดเป็นร้อยละ
T	43,200.000	25	100
a	26,611.370	25	100
ra	26,611.370	25	100
rp	26,611.370	25	100
r1	6,478.000	25	100
r2	26,611.370	25	100
r3	26,611.370	25	100
Aa	20,233.370	25	100
Ap	20,233.370	25	100
V	3.870	25	100
V1	7.845	25	100
V2	3.870	25	100
Vp	10.537	25	100
$\Delta V1$	2.692	25	100
Tt	43,200.000	25	100
Va	5.199	25	100
$\Delta V2$	8.963	25	100
ΔV_{tot}	11.656	25	100
e	0.000	25	100
l	60.000	25	100
n	2.000	25	100
รวม		25	100

ตารางที่ 4.12 แสดงค่าพารามิเตอร์ผลลัพธ์ของวงโคจรแบบวงกลมที่ได้จากการคำนวณโดย
โปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม เมื่อกำหนดให้
 $T=23\text{Hours}56\text{min}4.1\text{sec}$, Approximate Reverse per day=4, $i=90$, $h=200$

วงโคจรแบบวงกลม ทดลองคำนวณจำนวน 25 ครั้ง

กำหนดให้ $T=23\text{Hours}56\text{min}4.1\text{sec}$, Approximate Reverse per day=4, $i=90$, $h=200$

พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์ที่ถูกต้อง	ผลการคำนวณจากโปรแกรม	
		จำนวนครั้งที่ถูกต้อง	คิดเป็นร้อยละ
T	21,541.025	25	100
a	16,733.584	25	100
ra	16,733.584	25	100
rp	16,733.584	25	100
r1	6,578.000	25	100
r2	16,733.584	25	100
r3	16,733.584	25	100
Aa	10,355.584	25	100
Ap	10,355.584	25	100
V	4.881	25	100
V1	7.785	25	100
V2	4.881	25	100
Vp	10.203	25	100
$\Delta V1$	2.418	25	100
Tt	21,541.025	25	100
Va	6.397	25	100
$\Delta V2$	9.630	25	100
ΔV_{tot}	12.048	25	100
e	0.000	25	100
l	90.000	25	100
n	4.000	25	100
รวม		25	100

ตารางที่ 4.13 แสดงค่าพารามิเตอร์ผลลัพธ์ของวงโคจรแบบวงกลมที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม เมื่อกำหนดให้ $T=23\text{Hours}56\text{min}4.1\text{sec}$, Approximate Reverse per day=10, $i=0$ $h=200$

วงโคจรแบบวงกลม ทดลองคำนวณจำนวน 25 ครั้ง

กำหนดให้ $T=23\text{Hours}56\text{min}4.1\text{sec}$, Approximate Reverse per day=10, $i=0$ $h=200$

พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์ที่ถูกต้อง	ผลการคำนวณจากโปรแกรม	
		จำนวนครั้งที่ถูกต้อง	คิดเป็นร้อยละ
T	8,616.410	25	100
a	9,084.387	25	100
ra	9,084.387	25	100
rp	9,084.387	25	100
r1	6,578.000	25	100
r2	9,084.387	25	100
r3	9,084.387	25	100
Aa	2,706.387	25	100
Ap	2,706.387	25	100
V	6.624	25	100
V1	7.785	25	100
V2	6.624	25	100
Vp	9.785	25	100
$\Delta V1$	2.001	25	100
Tt	8,616.410	25	100
Va	8.327	25	100
$\Delta V2$	1.702	25	100
ΔV_{tot}	3.703	25	100
e	0.000	25	100
l	0.000	25	100
n	10.000	25	100
รวม		25	100

ตารางที่ 4.14 แสดงค่าพารามิเตอร์ผลลัพธ์ของวงโคจรแบบวนซ้ำตำแหน่งการติดตามภาคพื้นดินที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม เมื่อกำหนดให้ $T=24\text{Hours}$, $\text{Approximate Reverse per day}=6$, $i=30$
 $h=300$

วงโคจรแบบวนซ้ำตำแหน่งการติดตามภาคพื้นดิน ทดลองคำนวณจำนวน 25 ครั้ง			
กำหนดให้ $T=24\text{Hours}$, $\text{Approximate Reverse per day}=6$, $i=30$ $h=300$			
พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์ที่ถูกต้อง	ผลการคำนวณจากโปรแกรม	
		จำนวนครั้งที่ถูกต้อง	คิดเป็นร้อยละ
T	14,400.000	25	100
a	12,793.412	25	100
ra	12,793.412	25	100
rp	12,793.412	25	100
r1	6,678.000	25	100
r2	6,678.000	25	100
r3	12,793.412	25	100
Aa	6,415.412	25	100
Ap	6,415.412	25	100
V	5.582	25	100
V1	7.726	25	100
V2	7.726	25	100
Vp	9.463	25	100
$\Delta V1$	1.736	25	100
Tt	14,400.000	25	100
Va	9.463	25	100
$\Delta V2$	11.255	25	100
ΔV_{tot}	12.992	25	100
e	0.000	25	100
l	600.000	25	100
n	3.000	25	100
รวม		25	100

ตารางที่ 4.15 แสดงค่าพารามิเตอร์ผลลัพธ์ของวงโคจรแบบวนซ้ำตำแหน่งการติดตามภาคพื้นดินที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม เมื่อกำหนดให้ $T=24\text{Hours}$, $\text{Approximate Reverse per day}=8$, $i=50$
 $h=500$

วงโคจรแบบวนซ้ำตำแหน่งการติดตามภาคพื้นดิน ทดลองคำนวณจำนวน 25 ครั้ง			
กำหนดให้ $T=24\text{Hours}$, $\text{Approximate Reverse per day}=8$, $i=50$ $h=500$			
พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์ที่ถูกต้อง	ผลการคำนวณจากโปรแกรม	
		จำนวนครั้งที่ถูกต้อง	คิดเป็นร้อยละ
T	10,800.000	25	100
a	10,560.729	25	100
ra	10,560.729	25	100
rp	10,560.729	25	100
r1	6,878.000	25	100
r2	6,878.000	25	100
r3	10,560.729	25	100
Aa	4,182.729	25	100
Ap	4,182.729	25	100
V	6.144	25	100
V1	7.613	25	100
V2	7.613	25	100
Vp	9.324	25	100
$\Delta V1$	1.711	25	100
Tt	10,800.000	25	100
Va	9.324	25	100
$\Delta V2$	2.811	25	100
ΔV_{tot}	4.522	25	100
e	0.000	25	100
l	50.000	25	100
n	8.000	25	100
รวม		25	100

ตารางที่ 4.16 แสดงค่าพารามิเตอร์ผลลัพธ์ของวงโคจรแบบวนซ้ำตำแหน่งการติดตามภาคพื้นดินที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม เมื่อกำหนดให้ $T=23\text{Hours}56\text{min}4.1\text{sec}$, Approximate Reverse per day=3, $i=30$ $h=200$

วงโคจรแบบวนซ้ำตำแหน่งการติดตามภาคพื้นดิน ทดลองคำนวณจำนวน 25 ครั้ง			
กำหนดให้ $T=23\text{Hours}56\text{min}4.1\text{sec}$, Approximate Reverse per day=3, $i=30$ $h=200$			
พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์ที่ถูกต้อง	ผลการคำนวณจากโปรแกรม	
		จำนวนครั้งที่ถูกต้อง	คิดเป็นร้อยละ
T	28,721.367	25	100
a	20,271.294	25	100
ra	20,271.294	25	100
rp	20,271.294	25	100
r1	6,578.000	25	100
r2	6,578.000	25	100
r3	20,271.294	25	100
Aa	13,893.294	25	100
Ap	13,893.294	25	100
V	4.435	25	100
V1	7.785	25	100
V2	7.785	25	100
Vp	9.534	25	100
$\Delta V1$	1.750	25	100
Tt	28,721.367	25	100
Va	9.534	25	100
$\Delta V2$	11.341	25	100
ΔV_{tot}	13.090	25	100
e	0.000	25	100
l	30.000	25	100
n	3.000	25	100
รวม		25	100

ตารางที่ 4.17 แสดงค่าพารามิเตอร์ผลลัพธ์ของวงโคจรแบบวนซ้ำตำแหน่งการติดตามภาคพื้นดินที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม เมื่อกำหนดให้ $T=23\text{Hours}56\text{min}4.1\text{sec}$, Approximate Reverse per day=7, $i=180$ $h=100$

วงโคจรแบบวนซ้ำตำแหน่งการติดตามภาคพื้นดิน ทดลองคำนวณจำนวน 25 ครั้ง

กำหนดให้ $T=23\text{Hours}56\text{min}4.1\text{sec}$, Approximate Reverse per day=7, $i=180$ $h=100$

พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์ที่ถูกต้อง	ผลการคำนวณจากโปรแกรม	
		จำนวนครั้งที่ถูกต้อง	คิดเป็นร้อยละ
T	12,309.157	25	100
a	11,522.948	25	100
ra	11,522.948	25	100
rp	11,522.948	25	100
r1	6,478.000	25	100
r2	6,478.000	25	100
r3	11,522.948	25	100
Aa	5,144.948	25	100
Ap	5,144.948	25	100
V	5.882	25	100
V1	7.845	25	100
V2	7.845	25	100
Vp	9.608	25	100
$\Delta V1$	1.763	25	100
Tt	12,309.157	25	100
Va	9.608	25	100
$\Delta V2$	15.622	25	100
ΔV_{tot}	17.385	25	100
e	0.000	25	100
l	180.000	25	100
n	7.000	25	100
รวม		25	100

ตารางที่ 4.18 แสดงค่าพารามิเตอร์ผลลัพธ์ของวงโคจรแบบโมลนียาที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม เมื่อกำหนดให้ $T=24\text{Hours}$, $\text{Approximate Reverse per day}=1$, $i=0$ $h=100$, $A_p=200$

วงโคจรแบบโมลนียา ทดลองคำนวณจำนวน 25 ครั้ง

กำหนดให้ $T=24\text{Hours}$, $\text{Approximate Reverse per day}=1$, $i=0$ $h=100$, $A_p=200$

พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์ที่ถูกต้อง	ผลการคำนวณจากโปรแกรม	
		จำนวนครั้งที่ถูกต้อง	คิดเป็นร้อยละ
T	86,400.000	25	100
a	42,242.917	25	100
ra	77,907.834	25	100
rp	6,578.000	25	100
r1	6,478.000	25	100
r2	6,578.000	25	100
r3	77,907.834	25	100
Aa	71,529.834	25	100
Ap	200.000	25	100
v	3.072	25	100
V1	7.845	25	100
V2	7.785	25	100
Vp	9.620	25	100
$\Delta V1$	1.775	25	100
Tt	86,400.000	25	100
Va	3.136	25	100
$\Delta V2$	4.649	25	100
ΔV_{tot}	6.424	25	100
e	0.844	25	100
l	0.000	25	100
n	1.000	25	100
รวม		25	100

ตารางที่ 4.19 แสดงค่าพารามิเตอร์ผลลัพธ์ของวงโคจรแบบโมลนียาที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม เมื่อกำหนดให้ $T=24\text{Hours}$, Approximate Reverse per day=10, $i=100$ h=100, $A_p=300$

วงโคจรแบบโมลนียา ทดลองคำนวณจำนวน 25 ครั้ง

กำหนดให้ $T=24\text{Hours}$, Approximate Reverse per day=10, $i=100$ h=100, $A_p=300$

พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์ที่ ถูกต้อง	ผลการคำนวณจากโปรแกรม	
		จำนวนครั้งที่ถูกต้อง	คิดเป็นร้อยละ
T	8,640.000	25	100
a	9,100.961	25	100
ra	11,523.921	25	100
rp	6,678.000	25	100
r1	6,478.000	25	100
r2	6,678.000	25	100
r3	11,523.921	25	100
Aa	5,145.921	25	100
Ap	300.000	25	100
V	6.618	25	100
V1	7.845	25	100
V2	7.726	25	100
Vp	9.632	25	100
$\Delta V1$	1.787	25	100
Tt	8,640.000	25	100
Va	7.516	25	100
$\Delta V2$	4.004	25	100
ΔV_{tot}	5.792	25	100
e	0.266	25	100
l	100.000	25	100
n	10.000	25	100
รวม		25	100

ตารางที่ 4.20 แสดงค่าพารามิเตอร์ผลลัพธ์ของวงโคจรแบบโมลนียาที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม เมื่อกำหนดให้ $T=23\text{Hours}56\text{min}4.1\text{sec}$, Approximate Reverse per day=2, $i=90$ h=150, $A_p=400$

วงโคจรแบบโมลนียา ทดลองคำนวณจำนวน 25 ครั้ง

กำหนดให้ $T=23\text{Hours}56\text{min}4.1\text{sec}$, Approximate Reverse per day=2, $i=90$ h=150, $A_p=400$

พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์ที่ ถูกต้อง	ผลการคำนวณจากโปรแกรม	
		จำนวนครั้งที่ถูกต้อง	คิดเป็นร้อยละ
T	43,082.050	25	100
a	26,562.910	25	100
ra	46,347.819	25	100
rp	6,778.000	25	100
r1	6,528.000	25	100
r2	6,778.000	25	100
r3	46,347.819	25	100
Aa	39,969.819	25	100
Ap	400.000	25	100
V	3.874	25	100
V1	7.815	25	100
V2	7.669	25	100
Vp	9.601	25	100
$\Delta V1$	1.786	25	100
Tt	43,082.050	25	100
Va	4.013	25	100
$\Delta V2$	10.124	25	100
ΔV_{tot}	11.911	25	100
e	0.745	25	100
l	90.000	25	100
n	2.000	25	100
รวม		25	100

ตารางที่ 4.21 แสดงค่าพารามิเตอร์ผลลัพธ์ของวงโคจรแบบโมลนียาที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม เมื่อกำหนดให้ $T=23\text{Hours}56\text{min}4.1\text{sec}$, $\text{Approximate Reverse per day}=4$, $i=90$ $h=250$, $A_p=400$

วงโคจรแบบโมลนียา ทดลองคำนวณจำนวน 25 ครั้ง

กำหนดให้ $T=23\text{Hours}56\text{min}4.1\text{sec}$, $\text{Approximate Reverse per day}=4$, $i=90$ $h=250$, $A_p=400$

พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์ที่ ถูกต้อง	ผลการคำนวณจากโปรแกรม	
		จำนวนครั้งที่ถูกต้อง	คิดเป็นร้อยละ
T	21,541.025	25	100
a	16,733.584	25	100
ra	26,689.169	25	100
rp	6,778.000	25	100
r1	6,628.000	25	100
r2	6,778.000	25	100
r3	26,689.169	25	100
Aa	20,311.169	25	100
Ap	400.000	25	100
V	4.881	25	100
V1	7.755	25	100
V2	7.669	25	100
Vp	9.516	25	100
$\Delta V1$	1.761	25	100
Tt	21,541.025	25	100
Va	5.182	25	100
$\Delta V2$	11.013	25	100
ΔV_{tot}	12.773	25	100
e	0.595	25	100
l	90.000	25	100
n	4.000	25	100
รวม		25	100

จากตารางที่ 4.6 - 4.21 แสดงให้เห็นผลจากการทดลองคำนวณค่าพารามิเตอร์ด้วยโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมจำนวนทั้งหมด 400 ครั้ง โดยแบ่งเป็นการคำนวณค่าพารามิเตอร์ของวงโคจรแบบค้างฟ้า จำนวน 4 แบบๆละ 25 ครั้ง รวมทั้งหมด 100 ครั้ง, เป็นการคำนวณค่าพารามิเตอร์ของวงโคจรแบบวงกลม จำนวน 4 แบบๆละ 25 ครั้ง รวมทั้งหมด 100 ครั้ง, เป็นการคำนวณค่าพารามิเตอร์ของวงโคจรแบบวนซ้ำตำแหน่งการติดตามภาคพื้นดิน จำนวน

4 แบบๆละ 25 ครั้ง รวมทั้งหมด 100 ครั้ง, และการคำนวณค่าพารามิเตอร์ของวงโคจรแบบโมลนียา จำนวน 4 แบบๆละ 25 ครั้ง รวมทั้งหมด 100 ครั้ง ซึ่งผลการทดลองพบว่า โปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมมีประสิทธิภาพในการคำนวณอยู่ในระดับดีมากคือ จากการคำนวณทั้งหมด 400 ครั้งผลลัพธ์ถูกต้อง (ความผิดพลาดน้อยกว่าหรือเท่ากับ ± 0.05) ทั้ง 400 ครั้ง แสดงให้เห็นว่าความถูกต้องของโปรแกรมเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นร้อยละ 100

4.4 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมจากการประเมินของผู้ใช้งาน

ตารางที่ 4.22 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งานโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมจากการประเมินของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 15 ท่าน

รายการประเมินความพึงพอใจ	\bar{X}	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. ความสมบูรณ์ครบถ้วนในฟังก์ชันต่างๆ ของโปรแกรมในการคำนวณพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรค้างฟ้า	4.53	0.64	มากที่สุด
2. ความสมบูรณ์ครบถ้วนในฟังก์ชันต่างๆ ของโปรแกรมในการคำนวณพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรวงกลม	4.53	0.64	มากที่สุด
3. ความสมบูรณ์ครบถ้วนในฟังก์ชันต่างๆ ของโปรแกรมในการคำนวณพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรวนซ้ำตำแหน่งการติดตามภาคพื้นดิน	4.60	0.51	มากที่สุด
4. ความสมบูรณ์ครบถ้วนในฟังก์ชันต่างๆ ของโปรแกรมในการคำนวณพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรโมลนียา	4.67	0.61	มากที่สุด
5. ความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม	4.60	0.63	มากที่สุด
6. ความรวดเร็วในการประมวลผลของโปรแกรม	4.80	0.41	มากที่สุด
7. ความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานของระบบ	3.93	0.70	มาก
8. ความเหมาะสมในการเลือกใช้นิตตัวอักษรบนจอภาพ	4.07	1.28	มาก
9. ความเหมาะสมในการเลือกใช้นิตขนาดของตัวอักษรบนจอภาพ	3.93	1.03	มาก
10. ความเหมาะสมในการใช้สีของตัวอักษรและรูปภาพ	4.13	0.64	มาก
11. ความเหมาะสมในการใช้ข้อความเพื่ออธิบายสื่อความหมาย	3.67	0.72	มาก
12. ความเหมาะสมในการใช้สัญลักษณ์หรือรูปภาพในการสื่อความหมาย	4.47	1.06	มาก
13. ความเป็นมาตรฐานเดียวกันในการออกแบบหน้าจอภาพ	4.53	0.74	มากที่สุด

ตารางที่ 4.22 (ต่อ)

รายการประเมินความพึงพอใจ	\bar{X}	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
14. ความเหมาะสมในการวางตำแหน่งของส่วนประกอบบนจอ ภาพ	4.07	0.79	มาก
15. คำสั่งที่ใช้ผู้ใช้มีความคุ้นเคยและสามารถปฏิบัติตามได้โดยง่าย	4.33	0.72	มาก
รวมค่าเฉลี่ย	4.32	0.74	มาก

จากตารางที่ 4.7 แสดงให้เห็นว่าระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งานโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=4.32$, S.D.=0.74) เมื่อพิจารณาระดับความพึงพอใจตามลำดับพบว่าในรายการ “ความรวดเร็วในการประมวลผลของโปรแกรม” มีระดับความพึงพอใจสูงที่สุดโดยความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}=4.80$, S.D.=0.41) และในรายการ “ความเหมาะสมในการใช้ข้อความเพื่ออธิบายสื่อความหมาย” มีระดับความพึงพอใจที่น้อยที่สุดโดยความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=3.67$, S.D.=0.72)

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

5.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม โดยสามารถคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมได้ 4 รูปแบบวงโคจร ได้แก่ วงโคจรแบบค้างฟ้า วงโคจรแบบวงกลม วงโคจรแบบวนซ้ำตำแหน่งการติดตามภาคพื้นดิน และวงโคจรแบบโมลนียา ผู้วิจัยได้นำโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมให้ผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านนี้ ผู้ทรงคุณวุฒิทางการพัฒนาโปรแกรม และกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักศึกษาระดับปริญญาโทสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร ทดลองใช้งานโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมเพื่อหาค่าของคุณภาพ ประสิทธิภาพ และความพึงพอใจของผู้ใช้งานโปรแกรม ได้ผลสรุปการวิจัยดังนี้

5.1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

5.1.1.1 เพื่อสร้างโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมที่มีคุณภาพ

5.1.1.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม

5.1.1.3 เพื่อหาความพึงพอใจของผู้ใช้งานโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม

5.1.2 สมมติฐานการวิจัย

5.1.2.1 คุณภาพโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมมีคุณภาพอยู่ในระดับดีขึ้นไป ($\bar{X} \geq 3.5$)

5.1.2.2 ประสิทธิภาพของโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมอยู่ในระดับดีมาก (ความผิดพลาด \leq ร้อยละ 5)

5.1.2.3 ความพึงพอใจของผู้ใช้งานโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมอยู่ในระดับมากขึ้นไป ($\bar{X} \geq 3.5$)

5.1.3 ประชากร

ประชากร คือ นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ลงทะเบียนเรียนวิชา Selected Topics in Communications รหัสวิชา 03347504 ภาคเรียนที่ 2 ตั้งแต่ปีการศึกษา 2551-2553 จำนวน 49 คน

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร

ลาดกระบัง ที่ลงทะเบียนเรียนวิชา Selected Topics in Communications รหัสวิชา 03347504 ภาคเรียนที่ 2 ตั้งแต่ปีการศึกษา 2551-2553 จำนวน 15 คน โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง

5.1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

5.1.4.1 โปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม

5.1.4.2 แบบประเมินคุณภาพโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม

5.1.4.3 แบบประเมินประสิทธิภาพโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม

5.1.4.4 แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม

5.1.5 การดำเนินการทดลองและเก็บข้อมูล

การดำเนินการทดลองและเก็บข้อมูลเพื่อหาคุณภาพ ประสิทธิภาพ และความพึงพอใจของผู้ใช้งานโปรแกรมการออกแบบวงโคจรดาวเทียมมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

5.1.5.1 ชี้แจงเพื่อให้ทราบถึงวัตถุประสงค์และขั้นตอนวิธีการใช้งานโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมแก่ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา ผู้ทรงคุณวุฒิด้านการพัฒนาโปรแกรม และกลุ่มตัวอย่าง

5.1.5.2 ดำเนินการทดลอง โดยนำโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น มาทำการทดลองใช้งานในการออกแบบวงโคจรดาวเทียมทั้งหมด 4 วงโคจรได้แก่ วงโคจรแบบค้างฟ้า วงโคจรแบบวงกลม วงโคจรวนซ้ำตำแหน่งการติดตามทางภาคพื้นดิน และวงโคจรแบบโมลนียา

5.1.5.3 ดำเนินการประเมินคุณภาพ ประสิทธิภาพ และความพึงพอใจของผู้ใช้งานโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม หลังจากที่ผู้ทรงคุณวุฒิและกลุ่มตัวอย่างที่ได้ทดลองใช้งานโปรแกรม

5.1.5.4 วิเคราะห์ข้อมูล นำผลการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิและกลุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์หาคุณภาพ ประสิทธิภาพ และหาความพึงพอใจของผู้ใช้งานโดยคิดเป็นค่าร้อยละ เพื่อประเมินคุณภาพ ประสิทธิภาพ และความพึงพอใจของผู้ใช้งานโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม โดยใช้การหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

5.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลของการใช้โปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมดังนี้

5.1.6.1 วิเคราะห์คุณภาพของโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมโดยใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ

5.1.6.2 วิเคราะห์ประสิทธิภาพของโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมโดยใช้ค่าเฉลี่ยและร้อยละจากการประเมินของกลุ่มตัวอย่าง

5.1.6.3 วิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ใช้งานโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมโดยใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการประเมินของกลุ่มตัวอย่าง

5.1.7 สรุปผลการทดลอง

จากการดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังกล่าว สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

5.1.7.1 คุณภาพด้านเนื้อหาของโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมโดยการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา มีระดับคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}=4.86$, S.D. = 0.16) และคุณภาพด้านการพัฒนาโปรแกรมโดยการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิด้านโปรแกรมมีระดับคุณภาพอยู่ในระดับดี ($\bar{X}=4.13$, S.D. = 0.63)

5.1.7.2 ประสิทธิภาพของโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมอยู่ในระดับดีมาก ($\alpha = 0.00$) ความถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 100

5.1.7.3 ความพึงพอใจของผู้ใช้งานโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม โดยการประเมินของกลุ่มตัวอย่าง มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับดี ($\bar{X}=4.32$, S.D. = 0.74)

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

5.2.1 คุณภาพด้านเนื้อหาและด้านการพัฒนาโปรแกรม

จากผลการวิจัยโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมพบว่าคุณภาพของโปรแกรมเป็นไปตามสมมติฐานของการวิจัยโดยคุณภาพด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}=4.86$, S.D. = 0.16) ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ และคุณภาพด้านโปรแกรมอยู่ในระดับดี ($\bar{X}=4.13$, S.D. = 0.63) ซึ่งเท่ากับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ทั้งนี้เพราะว่าโปรแกรมที่สร้างขึ้นเป็นโปรแกรมที่มีการจัดสร้างอย่างเป็นระบบตามแนวการออกแบบชุดสื่อการเรียนการสอนด้วยกระบวนการ 5 ขั้นตอนโดยทุกขั้นตอนผ่านการตรวจสอบและได้รับคำแนะนำจากอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของบุญรักษ์ คงสุวรรณ และคณะ(2554 : 99-103) ที่ได้ศึกษาเรื่อง“โปรแกรมการคำนวณแรงระหว่างโลกและดาวเทียม” ซึ่งพบว่าคุณภาพด้านเนื้อหาและคุณภาพด้านโปรแกรมที่ได้อยู่ในระดับดี ($\bar{X}= 4.24$, S.D. = 0.06) ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้

5.2.2 ประสิทธิภาพของโปรแกรม

จากผลการวิจัยโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมพบว่าประสิทธิภาพของโปรแกรมเป็นไปตามสมมติฐานของการวิจัยโดยประสิทธิภาพของโปรแกรมอยู่ในระดับดีมาก (ความผิดพลาด = 0.00) ความถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 100 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ เพราะว่าเป็นโปรแกรมที่สร้างขึ้นเป็นโปรแกรมที่มีการจัดสร้างโดยใช้เนื้อหาที่ได้ผ่านการตรวจสอบจากผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อหาโดยคุณภาพด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}=4.86$, S.D. = 0.16) ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก รวมไปถึงทุกขั้นตอนผ่านการตรวจสอบและได้รับคำแนะนำจากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา ผู้ทรงคุณวุฒิด้านโปรแกรม อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของชัยวัฒน์ สุภัควรรกุล (2547 : 52-53) ที่ได้ศึกษาเรื่อง“การพัฒนาโปรแกรมพจนานุกรมศัพท์ทางด้านระบบโครงสร้าง” ซึ่งพบว่าคุณภาพของโปรแกรมที่ได้อยู่ในระดับดี ($\bar{X}= 4.19$, S.D. = 0.52) ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้

5.2.3 ความพึงพอใจของผู้ใช้งานโปรแกรม

จากผลการวิจัยโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมพบว่าความพึงพอใจของผู้ใช้งานโปรแกรมเป็นไปตามสมมติฐานของการวิจัยโดยความพึงพอใจของผู้ใช้งานโปรแกรมอยู่ในระดับดี ($\bar{X}=4.32$, S.D. = 0.74) ซึ่งเท่ากับเกณฑ์ที่ตั้งไว้คือความพึงพอใจของผู้ใช้งานโปรแกรมอยู่ในระดับดีขึ้นไป ทั้งนี้เพราะว่าโปรแกรมที่สร้างขึ้นเป็นโปรแกรมที่มีการจัดสร้างอย่างเป็นระบบตามแนวการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์เดียวของบทเรียนและศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับความพึงพอใจในการเรียนการสอน รวมไปถึงทุกขั้นตอนผ่านการตรวจสอบและได้รับคำแนะนำจากอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

5.3 ข้อเสนอแนะ

ก่อนที่ผู้ใช้งานจะใช้งานโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม ผู้ใช้งานควรมีความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับวงโคจรดาวเทียมเบื้องต้น เพื่อเพิ่มความคล่องตัวในการใช้งานโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม

บรรณานุกรม

- กิตติพงษ์ จิรวังวงศ์. ความผิดพลาดที่เกิดจากคนกับระบบการบริหารจัดการตามมาตรฐาน ISO. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.training.moodyinfo.com/index.php/iso-article/486-management-system-human-error.html>. (วันที่สืบค้นข้อมูล : 5 ธันวาคม 2554).
- เจริญศรี พันปี 2546. “ความพึงพอใจของครูต่อพฤติกรรมคุณธรรมและการบริหารงานของผู้บริหารโรงเรียน สังกัดสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรี.” วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารการศึกษา, มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี.
- ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์. การใช้ SPSS เพื่อการวิเคราะห์ข้อมูล. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <Http://watpon.com/spss/spssface.pdf>. (วันที่สืบค้นข้อมูล : 5 ธันวาคม 2554).
- ชัยวัฒน์ สุภัทรวงศ์ 2547. “การพัฒนาโปรแกรมพจนานุกรมศัพท์ทางด้านระบบโครงสร้างและกล้ามเนื้อ.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- นารีรัตน์ กว้างขวาง 2547. “ความพึงพอใจของประชาชนต่อประสิทธิภาพในการให้บริการของมหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ.” งานวิจัยเศรษฐศาสตร์ธุรกิจมหาบัณฑิต. สาขาการบริหาร, มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ.
- บรรพต ขมงาม 2539. “การพัฒนาโปรแกรมฐานข้อมูล สำหรับสืบค้นการเรียนการสอนทางด้านสิ่งแวดล้อมโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- บุญเกื้อ ควรหาเวช. 2542. นวัตกรรมทางการศึกษา. กรุงเทพฯ : เจริญวิทย์การพิมพ์.
- บุญชม ศรีสะอาด. 2535. การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- บุญรักษ์ คงสุวรรณ และคณะ. 2554. “โปรแกรมคำนวณแรงระหว่างโลกและดาวเทียม.” 99-103. การประชุมวิชาการทางการศึกษาระดับชาติ ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ประเสริฐ เคนพันค้อ. 2549. “The Orbit Accuracy of QuickBird-2 Satellite to Thailand Satellite Ground Station.” วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม. ปีที่ 5(ฉบับที่ 2) : 94-97.
- ประเสริฐ เคนพันค้อ. 2553. การออกแบบวงโคจรดาวเทียม. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. (เอกสารประกอบการสอน)
- พงษ์อินทร์ รักอริยะธรรม และ กมลวรรณ วัฒนชัย 2552. “การจำลองข้อมูลดาวเทียม Theos จากข้อมูล Spot และ Landsat.” สำนักพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ.
- ไพโรจน์ ตริณธนากุล และคณะ. 2546. การออกแบบและการผลิตบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนสำหรับ e-Learning. กรุงเทพฯ : ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ.
- ล้วน สายยศ. 2523. สถิติและการวิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์. หลักสูตรและการสอน, สถาบันราชภัฏนครสวรรค์.
- วันทยา วงศ์ศิลปะภิรมย์ 2533. “การศึกษาผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนที่เป็นผลมาจากความพอใจในการได้เลือกบทเรียน.” มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.

- วัลลภ จันทรตระกูล. 2543. สื่อการเรียนการสอน. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- ศิริวรรณ เสรีรัตน์. 2541. การบริหารการตลาดยุคใหม่. กรุงเทพฯ : เพชรจรัสแสงแห่งโลกธุรกิจ.
- สมนึก ภัททิยธนี. 2549. การวัดผลการศึกษา. กรุงเทพฯ : ประสานการพิมพ์.
- สุราษฎร์ พรหมจันทร์. 2530. การวัดผลการศึกษา. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ. 2542. เอกสารชุด แนวทางปฏิรูปการศึกษาในโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา เรื่อง การจัดการเรียนการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์การศาสนา.
- อดุลย์ศักดิ์ สุนทรโรจน์ 2546. “ความพึงพอใจในการปฏิบัติงานของครูโรงเรียนประถมศึกษาสังกัดสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดหนองคาย.” วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการบริหารการศึกษา, มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- อัมรินทร์ พิมพ์หนู. 2553. “การคำนวณวงโคจรและวิเคราะห์เส้นทางการเคลื่อนที่ของดาวเทียม.” สำนักพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ.

ภาคผนวก

- ภาคผนวก ก หนังสือราชการประกอบการดำเนินการวิจัย
- ภาคผนวก ข แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาของโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงจรโคจรดาวเทียม
- ภาคผนวก ค แบบประเมินคุณภาพด้านโปรแกรมของโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงจรโคจรดาวเทียม
- ภาคผนวก ง แบบประเมินประสิทธิภาพของโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม
- ภาคผนวก จ แบบสอบถามระดับความพึงพอใจโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม
- ภาคผนวก ฉ แบบสอบถามระดับความพึงพอใจโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม
- ภาคผนวก ช คู่มือการใช้งานโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม

ภาคผนวก ก

หนังสือราชการประกอบการดำเนินการวิจัย

คำสั่งแต่งตั้งคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์
และคณะกรรมการสอบสำรอง



คำสั่งคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ที่ ๐๒๓ / 2555

เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและ
เค้าโครงวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบสำรอง ของ นายธีระวัฒน์ จันทรัตน์

เพื่อให้การเรียบเรียงวิทยานิพนธ์ ของ นายธีระวัฒน์ จันทรัตน์ รหัสประจำตัว 52630601
หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร เป็นไปด้วยความเรียบร้อยและ
ประสิทธิภาพจึงแต่งตั้งคณะกรรมการเพื่อปรึกษาและพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ ดังต่อไปนี้

1. คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

รศ.ดร.วิสุทธิ์	สุนทรกนกพงศ์	อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
รศ.พีระวุฒิ	สุวรรณจันทร์	อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
2. คณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์

รศ.กิติพงศ์	มะโน	ประธานกรรมการ
รศ.ดร.วิสุทธิ์	สุนทรกนกพงศ์	กรรมการ
รศ.พีระวุฒิ	สุวรรณจันทร์	กรรมการ
รศ.ว่าที่ร้อยโทพิชัย	สดภิบาล	กรรมการ
รศ.ดร.กัลยาณี	จิตต์การุณย์	กรรมการ (กรรมการภายนอก)
3. คณะกรรมการสอบสำรอง

นอ.ดร.วีระชัย	เชาว์กำเนิด	กรรมการ (อาจารย์บัณฑิตพิเศษ)
ผศ.ดร.ธีระพล	เทพหัสติน ณ อยุธยา	กรรมการ (อาจารย์บัณฑิตประจำ)

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

สั่ง ณ วันที่ 17 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2555

(รองศาสตราจารย์ พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์)
คณบดี

๑๐ มค
17 มค ๕๕

บันทึกข้อความขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิและประเมินแบบสอบถามด้านโปรแกรมเพื่อการวิจัย



บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล. ส่วนสนับสนุนวิชาการ โทร.3692
ที่ ศธ 0524.04 / 0959 วันที่ ๕ มีนาคม 2555

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบสอบถามด้านโปรแกรมเพื่อการวิจัย

เรียน ผศ.โกศล ตราชู / ผศ.ปิยะ ศุภวาราสวัสดิ์

ด้วย นายธีระวัฒน์ จันทรัตน์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “โปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม” โดยมี รศ.ดร.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบสอบถามนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ นายธีระวัฒน์ จันทรัตน์ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบบแบบสอบถามด้านเนื้อหาเพื่อการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติกรแทนคณบดี

บันทึกข้อความขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิและประเมินแบบสอบถามด้านเนื้อหาเพื่อการวิจัย

ที่ ศธ 0524.04/ 0959



คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง
กรุงเทพฯ 10520

๕ มีนาคม 2555

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบสอบถามด้านเนื้อหาเพื่อการวิจัย

เรียน นายปรีชา รักกลาง / นายสมนธร พุ่มพิมล

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสอบถามด้านเนื้อหาเพื่อการวิจัย

ด้วย นายธีระวัฒน์ จันทรัตน์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “โปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม” โดยมี
รศ.ดร.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์
เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับ
เรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบสอบถามนี้ว่ามีเนื้อหา
ถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ
นายธีระวัฒน์ จันทรัตน์ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและ
ขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 329-8436

ติดต่อนักศึกษา โทร 080-059-9038

บันทึกข้อความขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิและประเมินแบบสอบถามด้านเนื้อหาและด้านโปรแกรม
เพื่อการวิจัย



บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล. ส่วนสนับสนุนวิชาการ โทร.3692
ที่ ศธ 0524.04 / 0959 วันที่ ๕ มีนาคม 2555

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบสอบถามด้านเนื้อหาและด้านโปรแกรม
เพื่อการวิจัย

เรียน ผศ.ประเสริฐ เคนพันค้อ

ด้วย นายธีระวัฒน์ จันทรัตน์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "โปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม" โดยมี
รศ.ดร.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์
เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มี
ความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและ
ประเมินแบบสอบถามนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมิน
ของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ นายธีระวัฒน์ จันทรัตน์ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบ
แบบสอบถามด้านเนื้อหาเพื่อการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและ
ขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ภาคผนวก ข

แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาของโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์
เพื่อการออกแบบวงจรโคจรดาวเทียม



แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาของโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์
เพื่อการออกแบบวงจรโคจรดาวเทียม
โดยผู้ทรงคุณวุฒิท่านที่

คำชี้แจง : ให้ท่านผู้ทรงคุณวุฒิแสดงความคิดเห็นของท่านที่มีต่อโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงจรโคจรดาวเทียม โดยใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องทางขวามือของรายการ

ตอนที่ 1 ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงจรโคจรดาวเทียมโดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ 5 = มากที่สุด 4 = มาก 3 = ปานกลาง 2 = น้อย 1 = น้อยที่สุด

รายการประเมินคุณภาพ(ด้านเนื้อหา)	ระดับคุณภาพ				
	5	4	3	2	1
1. เนื้อหา มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม					
2. เนื้อหาที่นำเสนอต่อการทำความเข้าใจ					
3. เนื้อหา มีการเรียงลำดับและต่อเนื่อง					
4. เนื้อหา มีความครบถ้วนสมบูรณ์และถูกต้อง					
5. รูปภาพ มีความถูกต้องและสอดคล้องกับเนื้อหา					
6. ตาราง มีความถูกต้องและสอดคล้องกับเนื้อหา					
7. เนื้อหา มีความเหมาะสมกับระดับผู้เรียน					

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....
(.....)

ผู้ทรงคุณวุฒิ

ภาคผนวก ค

แบบประเมินคุณภาพด้านโปรแกรมของโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์
เพื่อการออกแบบวงจรโคจรดาวเทียม



แบบประเมินคุณภาพของโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงจรโคจรดาวเทียม
โดยผู้ทรงคุณวุฒิท่านที่

คำชี้แจง : ให้ท่านผู้เชี่ยวชาญแสดงความคิดเห็นของท่านที่มีต่อโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงจรโคจรดาวเทียม โดยใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องทางขวามือของรายการที่กำหนด

ตอนที่ 1 ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงจรโคจรดาวเทียมโดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ 5 = มากที่สุด 4 = มาก 3 = ปานกลาง 2 = น้อย 1 = น้อยที่สุด

รายการประเมินความพึงพอใจ

ระดับความพึงพอใจ

5 4 3 2 1

ด้านความตรงตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ (Functional Requirement Test)

- | | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|
| 1. ความสมบูรณ์ครบถ้วนในฟังก์ชันต่างๆ ของโปรแกรมในการคำนวณพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงจรค้ำฟ้า | | | | | |
| 2. ความสมบูรณ์ครบถ้วนในฟังก์ชันต่างๆ ของโปรแกรมในการคำนวณพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงจรวงกลม | | | | | |
| 3. ความสมบูรณ์ครบถ้วนในฟังก์ชันต่างๆ ของโปรแกรมในการคำนวณพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงจรวนซ้ำตำแหน่งการติดตามภาคพื้นดิน | | | | | |
| 4. ความสมบูรณ์ครบถ้วนในฟังก์ชันต่างๆ ของโปรแกรมในการคำนวณพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงจรโมลนียา | | | | | |

ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันงานของระบบ (Function Test)

- | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| 5. ความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม | | | | | |
| 6. ความรวดเร็วในการประมวลผลของโปรแกรม | | | | | |

ด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานระบบ (Usability Test)

- | | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|
| 7. ความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานของระบบ | | | | | |
| 8. ความเหมาะสมในการเลือกใช้ชนิดตัวอักษรบนจอภาพ | | | | | |
| 9. ความเหมาะสมในการเลือกใช้ขนาดของตัวอักษรบนจอภาพ | | | | | |
| 10. ความเหมาะสมในการใช้สีของตัวอักษรและรูปภาพ | | | | | |
| 11. ความเหมาะสมในการใช้ข้อความเพื่ออธิบายสื่อความหมาย | | | | | |
| 12. ความเหมาะสมในการใช้สัญลักษณ์หรือรูปภาพในการสื่อความหมาย | | | | | |
| 13. ความเป็นมาตรฐานเดียวกันในการออกแบบหน้าจอภาพ | | | | | |
| 14. ความเหมาะสมในการวางตำแหน่งของส่วนประกอบบนจอภาพ | | | | | |
| 15. คำสั่งที่ใช้ผู้ใช้งานมีความคุ้นเคยและสามารถปฏิบัติตามได้โดยง่าย | | | | | |

ส่วนที่ 2 ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงและพัฒนา

ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงและพัฒนา

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้ทรงคุณวุฒิ

ภาคผนวก ง

แบบประเมินประสิทธิภาพของโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์
เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม

แบบประเมินประสิทธิภาพของโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม

วงโคจรแบบ.....				
กำหนดให้.....				
พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์ที่ถูกต้อง	ผลการคำนวณจากโปรแกรม		
		ผลที่ได้จากการคำนวณ	ถูกต้อง	ผิดพลาด
T				
a				
ra				
rp				
r1				
r2				
r3				
Aa				
Ap				
V				
V1				
V2				
Vp				
$\Delta V1$				
Tt				
Va				
$\Delta V2$				
ΔV_{tot}				
e				
l				
n				
รวม				

หมายเหตุ

ความผิดพลาด มากกว่า ± 0.05

หมายถึง

ผลลัพธ์ผิดพลาด

ความผิดพลาด น้อยกว่าหรือเท่ากับ ± 0.05

หมายถึง

ผลลัพธ์ถูกต้อง

ภาคผนวก จ

แบบสอบถามระดับความพึงพอใจโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์
เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม



แบบสอบถามระดับความพึงพอใจโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม
(The parameter determining program for satellite's orbits design)

คำชี้แจงสำหรับผู้ตอบแบบสอบถาม

1. การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมที่มีคุณภาพ ประสิทธิภาพ ความพึงพอใจของโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม โดยวิธีดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยได้สร้างโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมโดยครอบคลุมการออกแบบวงโคจรทั้งหมด 4 วงโคจรได้แก่ วงโคจรแบบค้างฟ้า วงโคจรแบบวงกลม วงโคจรวนซ้ำตำแหน่งการติดตามภาคพื้นดิน และวงโคจรแบบโมลนียา

2. แบบสอบถามมีทั้งหมด 3 หน้า แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐาน เกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ เพศ, อายุ, ระดับชั้นปี ลักษณะของคำถามเป็นแบบเลือกตอบ และ/หรือเติมคำลงในช่องว่างที่กำหนด

ส่วนที่ 2 ระดับความพึงพอใจของผู้ตอบแบบสอบถามต่อโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม ลักษณะของคำถามเป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ

ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะ เพื่อพิจารณาประเด็นปัญหาที่พบและสิ่งที่ควรปรับปรุง

ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถามต่อโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ลงในช่อง หน้าข้อความที่ตรงกับสภาพความเป็นจริงของท่าน หรือเติมข้อความลงในช่องว่างที่กำหนด

- | | | |
|----------------|---|--|
| 1. เพศ | <input type="checkbox"/> ชาย | <input type="checkbox"/> หญิง |
| 2. อายุ | <input type="checkbox"/> ต่ำกว่า 30 ปี | <input type="checkbox"/> 31-40 ปี |
| | <input type="checkbox"/> 41-50 ปี | <input type="checkbox"/> มากกว่า 50 ปีขึ้นไป |
| 3. ระดับชั้นปี | <input type="checkbox"/> ชั้นปีที่ 1 | <input type="checkbox"/> ชั้นปีที่ 2 |
| | <input type="checkbox"/> อื่น ๆ (โปรดระบุ)..... | |

ส่วนที่ 2 ระดับความพึงพอใจของผู้ตอบแบบสอบถามต่อโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

5 = พึงพอใจมากที่สุด 4 = พึงพอใจมาก 3 = พึงพอใจปานกลาง 2 = พึงพอใจน้อย 1 = พึงพอใจน้อยที่สุด

รายการประเมินความพึงพอใจ	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
ด้านความตรงตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ (Functional Requirement Test)					
1. ความสมบูรณ์ครบถ้วนในฟังก์ชันต่างๆ ของโปรแกรมในการคำนวณพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรค้างฟ้า					
2. ความสมบูรณ์ครบถ้วนในฟังก์ชันต่างๆ ของโปรแกรมในการคำนวณพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรวงกลม					
3. ความสมบูรณ์ครบถ้วนในฟังก์ชันต่างๆ ของโปรแกรมในการคำนวณพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรวนซ้ำตำแหน่งการติดตามภาคพื้นดิน					
4. ความสมบูรณ์ครบถ้วนในฟังก์ชันต่างๆ ของโปรแกรมในการคำนวณพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรโมลินียา					
ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันงานของระบบ (Function Test)					
5. ความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม					
6. ความรวดเร็วในการประมวลผลของโปรแกรม					
ด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานระบบ (Usability Test)					
7. ความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานของระบบ					
8. ความเหมาะสมในการเลือกใช้ชนิดตัวอักษรบนจอภาพ					
9. ความเหมาะสมในการเลือกใช้ขนาดของตัวอักษรบนจอภาพ					
10. ความเหมาะสมในการใช้สีของตัวอักษรและรูปภาพ					
11. ความเหมาะสมในการใช้ข้อความเพื่ออธิบายสื่อความหมาย					
12. ความเหมาะสมในการใช้สัญลักษณ์หรือรูปภาพในการสื่อความหมาย					
13. ความเป็นมาตรฐานเดียวกันในการออกแบบหน้าจอภาพ					
14. ความเหมาะสมในการวางตำแหน่งของส่วนประกอบบนจอภาพ					
15. คำสั่งที่ใช้ผู้ใช้มีความคุ้นเคยและสามารถปฏิบัติตามได้โดยง่าย					

ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงและพัฒนา

ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงและพัฒนา

.....

.....

.....

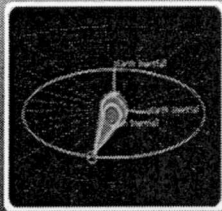
.....

ภาคผนวก ฉ

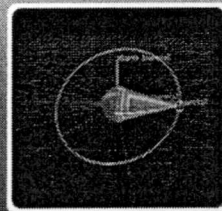
ตัวอย่างหน้าจอโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์
เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม

The Parameter Determining Program For Satellite's Orbits Design

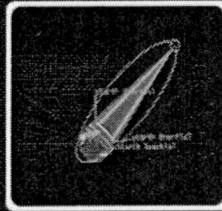
An orbit is the gravitationally curved path of an object around the Earth in space.



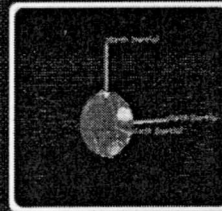
Geostationary



Circular



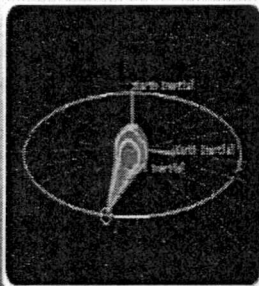
Molniya



Repeating Ground Trace

Licence by TEERAWAT JANTARAT

Geostationary



A satellite in a geostationary orbit will remain fixed in the sky above the specified longitude.

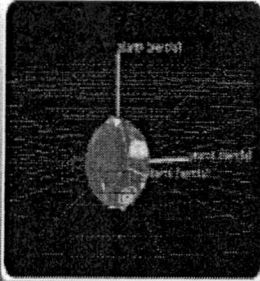
Definition

Period Selection (T):

Parking Orbit (h): km

Licence by TEERAWAT JANTARAT

Repeating Ground Trace



Orbit with repeating ground traces are useful when identical viewing conditions are desired at different time to detect changes. the ground trace may be caused to repeat every day or to interweave from day to day before repeating

Definition

Period Selection (T):

Approximate Reverse per Day:

Inclination (i):

Parking Orbit (h): km

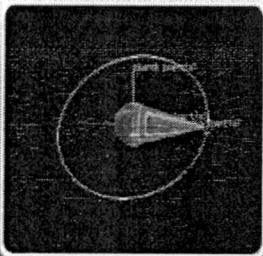
Home

Calculate

Clear

License by TEERAWAT JANTARAT

Circular



Circular orbit have a constant radius.

Definition

Period Selection (T):

Approximate Reverse per Day:

Inclination (i):

Parking Orbit (h): km

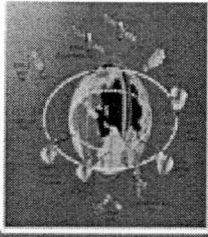
Home

Calculate

Clear

License by TEERAWAT JANTARAT

Result of Orbit Calculation



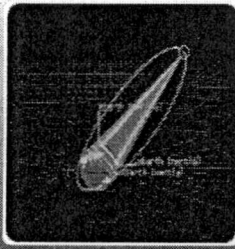
Output Parameters

Period (T) :	86400.000	s	(V2) :	8.072	km/s
SemiMajor Axis(a) :	42,242.917	km	(Vp) :	10.632	km/s
Apogee Radius (ra) :	42,242.917	km	Diff V1 :	2.847	km/s
Perigee Radius (rp) :	42,242.917	km	Transfer Orbit (Tr) :	86,400.000	s
(T1) :	6,578.000	s	(V1) :	4.196	km/s
(T2) :	42,242.917	s	(V2) :	11.24	km/s
(T3) :	42,242.917	s	(V3) :	3.971	km/s
Apogee Altitude (Aa) :	85,864.917	km	Eccentricity (e) :	0.00	
Perigee Altitude (Ap) :	85,864.917	km	Inclination (i) :	0.00	
Satellite's speed (V) :	8.072	km/s	Mean Motion (n) :	1.000	
(V1) :	7.785	km/s			

Home Orbit Preview Print

License by TEERAWAT JANITARAT

Molniya



Molniya orbit are highly eccentric, meaning that there is a large difference between the altitude at apogee and the altitude at perigee. Molniya orbit are also critically inclined; this keeps the perigee of the orbit in the southern hemisphere

Period Selection (T) :

Approximate Reverse per Day :

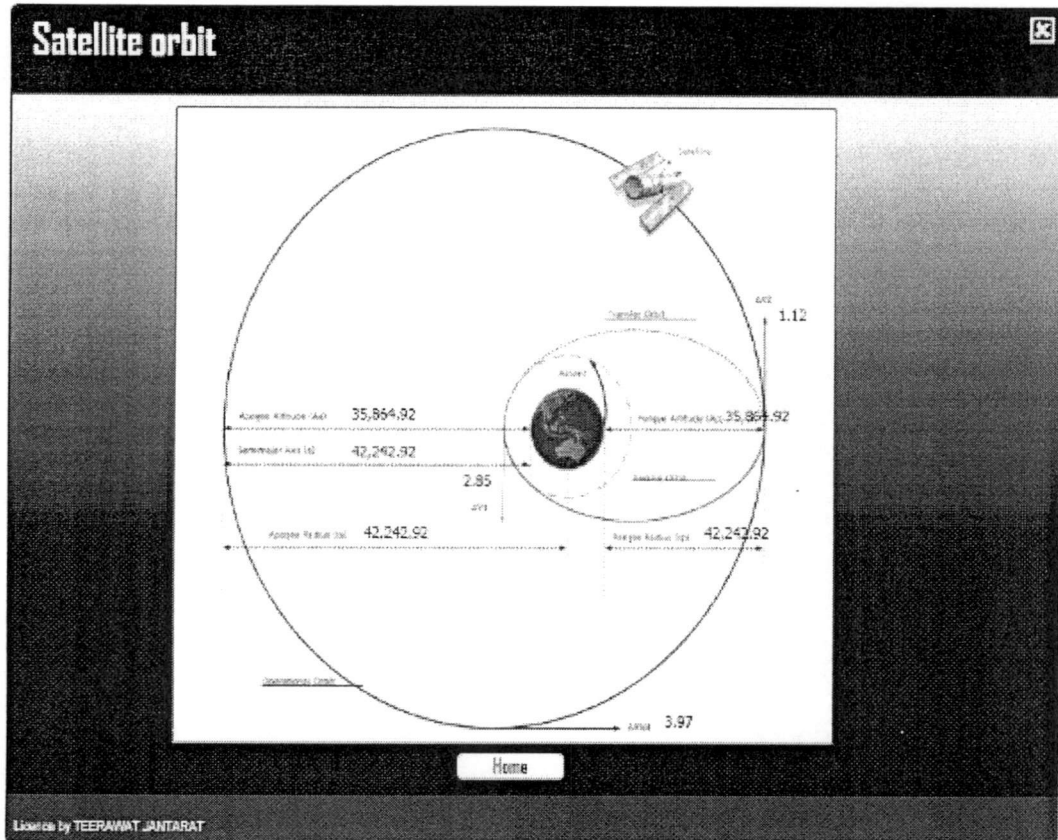
Inclination (i) :

Parking Orbit (h) : km

Perigee Altitude (AP) : km

Home Calculate Clear

License by TEERAWAT JANITARAT



Orbit Report

Period(T) :	86,400.00 s	(V2) :	3.07 km/s
SemiMajor Axis(a) :	42,242.92 km	(Vp) :	10.38 km/s
Apogee Radius(ra) :	42,242.92 km	Diff V1 :	2.77 km/s
Perigee Radius(rp) :	42,242.92 km	Transfer Orbit(Tt) :	66,403.00 s
(r1) :	6,673.00 km	(Va) :	4.13 km/s
(r2) :	42,242.92 km	Diff V2 :	1.12 km/s
(r3) :	42,242.92 km	Diff Vtot:	3.89 km/s
Apogee Altitude(Aa) :	35,864.92 km	Eccentricity(e) :	.00
Perigee Altitude(Ap) :	35,864.92 km	Inclination(i) :	.00
Satellite's speed(V) :	3.07 km/s	Mean Motion(n) :	1.00
(V1) :	7.61 km/s		

ภาคผนวก ช

คู่มือการใช้งานโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์
เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม

คู่มือการใช้งานโปรแกรม
คำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม
The parameter determining program for
Satellite's orbits design

โปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม (The parameter determining program for Satellite's orbits design) คือ

โปรแกรมเพื่อช่วยในการคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม ซึ่งค่าพารามิเตอร์ได้แก่ พารามิเตอร์ที่กำหนดขนาดและรูปร่างของวงโคจรดาวเทียม พารามิเตอร์ที่กำหนดการหมุนรอบของวงโคจรดาวเทียม และความเร็วในการเคลื่อนที่ของดาวเทียม รวมทั้งหมด 21 พารามิเตอร์ โดยโปรแกรมการคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมนี้สามารถคำนวณค่าพารามิเตอร์ในการออกแบบวงโคจรดาวเทียมได้ทั้งหมด 4 ลักษณะวงโคจรได้แก่ วงโคจรแบบค้างฟ้า วงโคจรแบบวงกลม วงโคจรแบบวนซ้ำตำแหน่งการติดตามภาคพื้นดิน และวงโคจรแบบโมลนียา

การติดตั้งโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม

1. ก่อนการติดตั้งโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมเครื่องคอมพิวเตอร์ต้องทำการติดตั้งโปรแกรมดังต่อไปนี้ก่อน

1.1 Program .net framework 2.0



1.2 Program .net framework 3.5



1.3 Program .net framework 4.0



1.4 CRforVS_13_0_3



2. เริ่มต้นติดตั้งโปรแกรม .net framework 2.0, .net framework 3.5 และ .net framework 4.0

2.1 เข้าไปที่โฟลเดอร์ Orbit Installer และเข้าไปในโฟลเดอร์ Debug ทำการดับเบิลคลิกที่ไอคอน Dotnetfx เพื่อทำการติดตั้งโปรแกรม .net framework 2.0

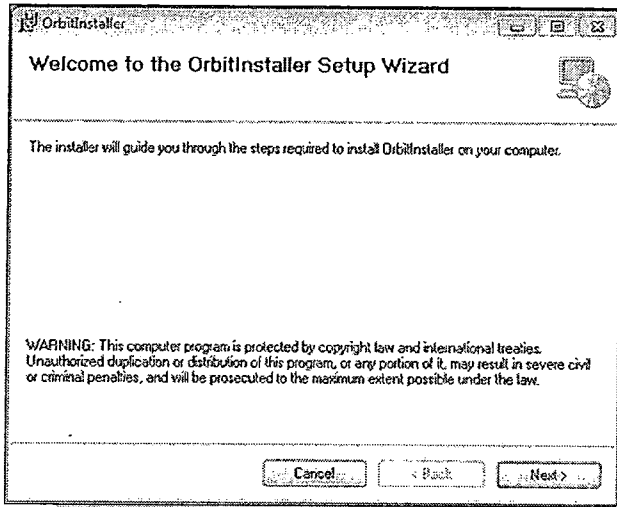
2.2 เข้าไปที่โฟลเดอร์ Orbit Installer และเข้าไปในโฟลเดอร์ Debug ทำการดับเบิลคลิกที่ไอคอน Dotnetfx3.5 เพื่อทำการติดตั้งโปรแกรม .net framework 3.5

2.3 เข้าไปที่โฟลเดอร์ Orbit Installer และเข้าไปในโฟลเดอร์ Debug ทำการดับเบิลคลิกที่ไอคอน Dotnetfx40 เพื่อทำการติดตั้งโปรแกรม .net framework 4.0

2.4 เข้าไปที่โฟลเดอร์ Orbit Installer และเข้าไปในโฟลเดอร์ Debug ทำการดับเบิลคลิกที่ไอคอน CRforVS_13_0_3 เพื่อทำการติดตั้งโปรแกรม CRforVS_13_0_3

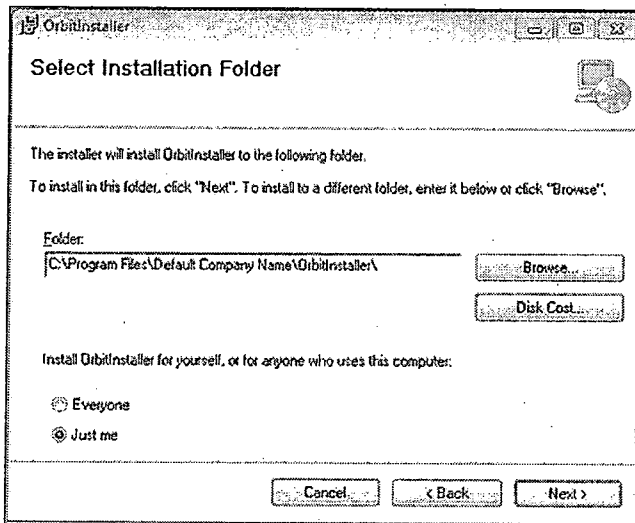
3. ติดตั้งโปรแกรม Orbit Installer

3.1 เข้าไปที่โฟลเดอร์ Orbit Installer และเข้าไปในโฟลเดอร์ Debug ทำการดับเบิลคลิกที่ไอคอน OrbitInstaller เพื่อทำการติดตั้งโปรแกรม OrbitInstaller จากนั้นจะขึ้นหน้าต่างโปรแกรมดังรูปที่ 1 ให้ทำการคลิกปุ่ม Next เพื่อดำเนินการขั้นตอนต่อไป



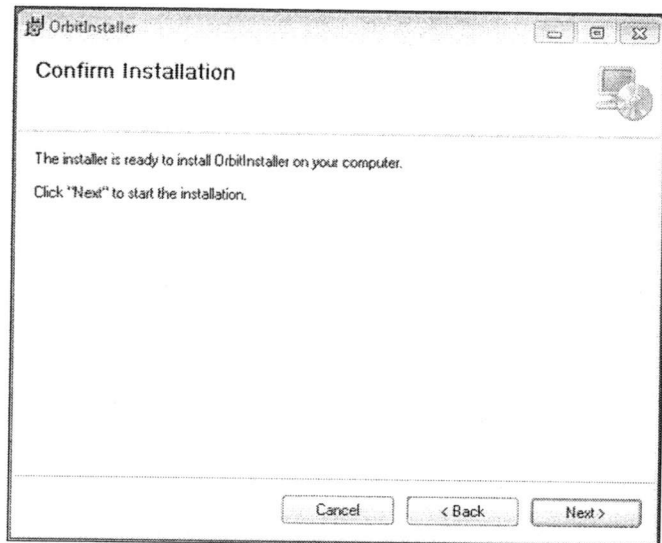
รูปที่ 1 หน้าต่างการติดตั้งโปรแกรม OrbitInstaller

3.2 ทำการเลือกพื้นที่ในการติดตั้งโปรแกรม โดยสามารถเลือกพื้นที่ในการติดตั้งโปรแกรมได้โดยเลือกที่ปุ่มคำสั่ง Browse เมื่อเลือกพื้นที่ในการติดตั้งเรียบร้อยแล้วให้ทำการคลิกที่ปุ่มคำสั่ง Next เพื่อดำเนินการขั้นตอนต่อไป



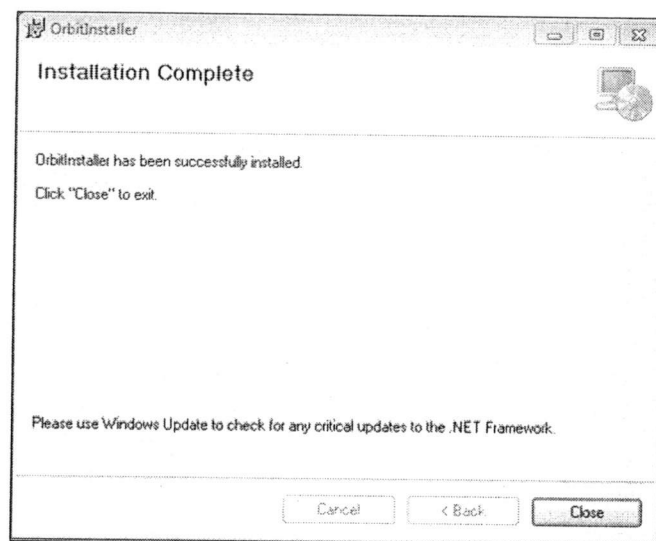
รูปที่ 2 หน้าต่างการเลือกพื้นที่ในการติดตั้งโปรแกรม

3.3 ให้ทำการคลิกที่ปุ่มคำสั่ง Next เพื่อทำการยืนยันการติดตั้ง จากนั้นโปรแกรมจะทำการติดตั้งจนเสร็จสมบูรณ์



รูปที่ 3 หน้าต่างการยืนยันการติดตั้งโปรแกรม

3.4 ทำการคลิกที่ปุ่มคำสั่ง Close เพื่อออกจากขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม



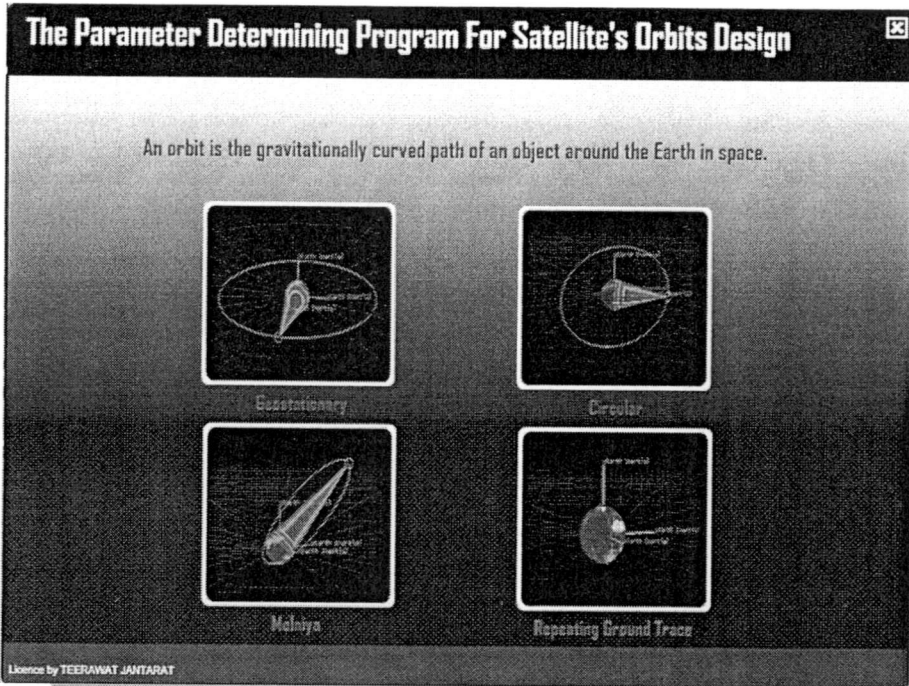
รูปที่ 4 หน้าต่างการยืนยันการติดตั้งโปรแกรม

4. จากนั้นจะปรากฏไอคอน Satellite ในหน้าต่าง Desktop ดังรูป
คลิกที่ไอคอนเพื่อเข้าสู่โปรแกรม



ให้ทำการดับเบิล

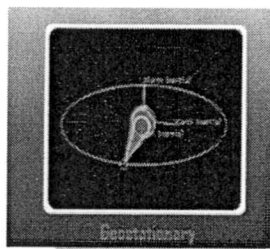
5. จากนั้นจะปรากฏหน้าต่างของโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม
ดังรูปที่



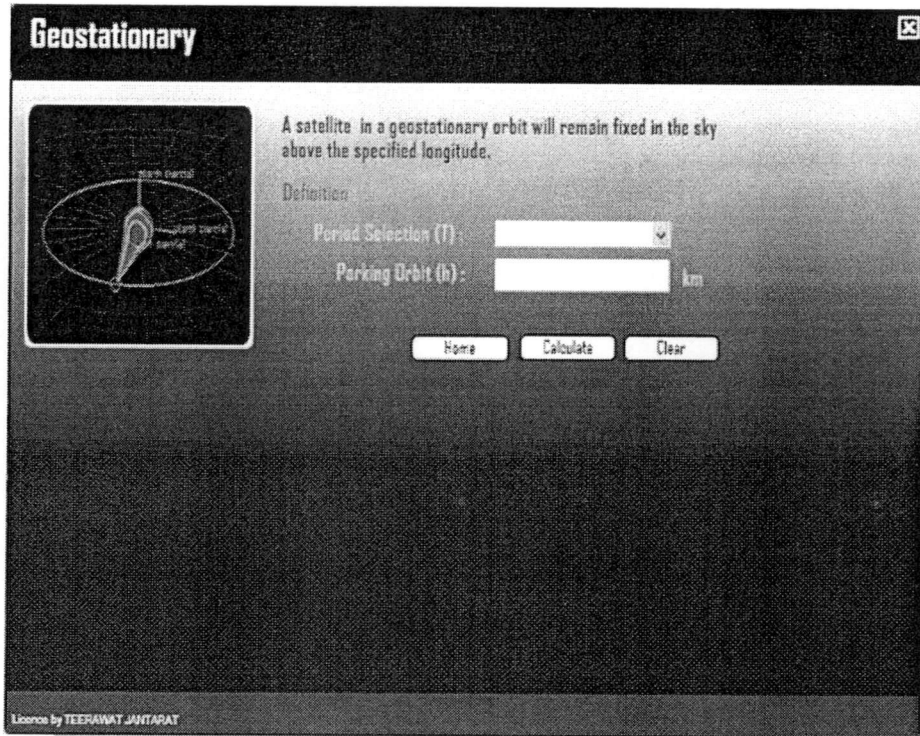
รูปที่ 5 หน้าของโปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม
การเริ่มต้นใช้งานการคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม

1. การคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมแบบค้างฟ้า (Geostationary Orbit)

1.1 หลังจากที่ใช้ผู้ใช้งานดับเบิลคลิกที่ไอคอน Satellite เพื่อเข้าสู่โปรแกรมแล้วจะปรากฏหน้าต่างของโปรแกรกดังรูปที่ 5 ให้ทำการคลิกที่รูปร่างวงโคจรดาวเทียมแบบค้างฟ้า (Geostationary Orbit) ดังรูปที่ 6 เพื่อเข้าสู่ขั้นตอนต่อไปในการคำนวณค่าพารามิเตอร์



รูปที่ 6 รูปร่างวงโคจรดาวเทียมแบบค้างฟ้า (Geostationary Orbit)
จากนั้นจะปรากฏหน้าต่างของการคำนวณค่าพารามิเตอร์สำหรับวงโคจรดาวเทียมแบบค้างฟ้า ขึ้นมาแสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 หน้าต่างของการคำนวณค่าพารามิเตอร์สำหรับวงโคจรดาวเทียมแบบค้างฟ้า

ในหน้าต่างจะปรากฏกล่องข้อความจำนวน 2 ตำแหน่งไว้สำหรับใส่ข้อมูลในการออกแบบวงโคจรดาวเทียม และการใส่ข้อมูลสามารถใส่ได้เฉพาะตัวเลขเท่านั้นดังนี้

Period Selection (T) : เป็นการเลือกกำหนดค่าระยะเวลาที่โลกหมุนรอบตัวเองโดยมีให้เลือก 2 รูปแบบ คือ

- กรณีอุดมคติ ใช้ระยะเวลาในการหมุนเท่ากับ 24 ชั่วโมง
- กรณีความจริงใช้ระยะเวลาในการหมุนเท่ากับ 23 ชั่วโมง 56 นาที 4.1 วินาที

Parking Orbit (h) : คือค่าความสูงของวงโคจรของดาวเทียมที่ใช้พักชั่วคราวสามารถ กำหนดได้ตั้งแต่ 0-500 กิโลเมตร

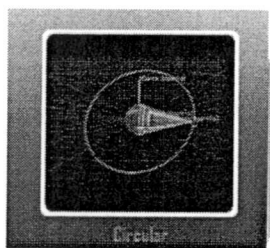
1.2 เมื่อเลือกใส่ค่าทั้ง 2 เป็นที่เรียบร้อยแล้วให้ทำการคลิกที่ปุ่มคำสั่ง Calculate จากนั้นก็จะปรากฏหน้าต่างของพารามิเตอร์ที่กำหนดการหมุนรอบของวงโคจรดาวเทียม และความเร็วในการเคลื่อนที่ของดาวเทียม ออกมาในหน้าต่างของ Result of Orbit Calculate

1.3 กรณีที่ใส่ค่าผิดสามารถทำการแก้ไขได้โดยคลิกที่ปุ่มคำสั่ง Clear

1.4 กรณีที่ต้องการกลับไปเลือกวงโคจรในการคำนวณใหม่สามารถทำได้โดยการคลิกที่ปุ่มคำสั่ง Home เพื่อกลับไปเลือกวงโคจรในการคำนวณใหม่

2. การคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมแบบวงกลม (Circular Orbit)

2.1 หลังจากที่ใช้งานดับเบิลคลิกที่ไอคอน Satellite เพื่อเข้าสู่โปรแกรมแล้วจะปรากฏหน้าต่างของโปรแกรมดังรูปที่ 5 ให้ทำการคลิกที่รูปวงโคจรดาวเทียมแบบวงกลม (Circular Orbit) ดังรูปที่ 8 เพื่อเข้าสู่ขั้นตอนต่อไปในการคำนวณค่าพารามิเตอร์



รูปที่ 8 รูปวงโคจรดาวเทียมแบบวงกลม (Circular Orbit)

จากนั้นจะปรากฏหน้าต่างของการคำนวณค่าพารามิเตอร์สำหรับวงโคจรดาวเทียมแบบวงกลม ขึ้นมาแสดงดังรูปที่ 9

รูปที่ 9 หน้าต่างของการคำนวณค่าพารามิเตอร์สำหรับวงโคจรดาวเทียมแบบวงกลม

ในหน้าต่างจะปรากฏกล่องข้อความจำนวน 4 ตำแหน่งไว้สำหรับใส่ข้อมูลในการออกแบบวงโคจรดาวเทียม และการใส่ข้อมูลสามารถใส่ได้เฉพาะตัวเลขเท่านั้นดังนี้

Period Selection (T) : เป็นการเลือกกำหนดค่าระยะเวลาที่โลกหมุนรอบตัวเองโดยมีให้เลือก 2 รูปแบบ คือ

- กรณีอุดมคติ ใช้ระยะเวลาในการหมุนเท่ากับ 24 ชั่วโมง

- กรณีความจริงใช้ระยะเวลาในการหมุนเท่ากับ 23 ชั่วโมง 56 นาที 4.1 วินาที

Approximate Reverse Per Day : เป็นการกำหนดจำนวนรอบในการโคจรรอบโลกของดาวเทียมในระยะเวลา 1 วัน สามารถกำหนดได้ตั้งแต่ 1-15 รอบต่อวัน

Inclination (I) : เป็นการกำหนดมุมที่อยู่ระหว่างระนาบวงโคจรของดาวเทียม กับเส้นผ่านศูนย์กลางของโลกสามารถกำหนดได้ตั้งแต่ 0-180 องศา

Parking Orbit (h) : คือค่าความสูงของวงโคจรของดาวเทียมที่ใช้พักชั่วคราวสามารถกำหนดได้ตั้งแต่ 0 - 500 กิโลเมตร

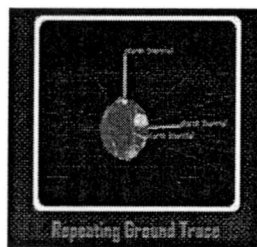
2.2 เมื่อเลือกใส่ค่าทั้ง 2 เป็นที่เรียบร้อยแล้วให้ทำการคลิกที่ปุ่มคำสั่ง Calculate จากนั้นก็จะปรากฏหน้าต่างของพารามิเตอร์ที่กำหนดการหมุนรอบของวงโคจรดาวเทียม และความเร็วในการเคลื่อนที่ของดาวเทียม ออกมาในหน้าต่างของ Result of Orbit Calculate

2.3 กรณีที่ใส่ค่าผิดสามารถทำการแก้ไขได้โดยคลิกที่ปุ่มคำสั่ง Clear

2.4 กรณีที่ต้องการกลับไปเลือกวงโคจรในการคำนวณใหม่สามารถทำได้โดยการคลิกที่ปุ่มคำสั่ง Home เพื่อกลับไปเลือกวงโคจรในการคำนวณใหม่

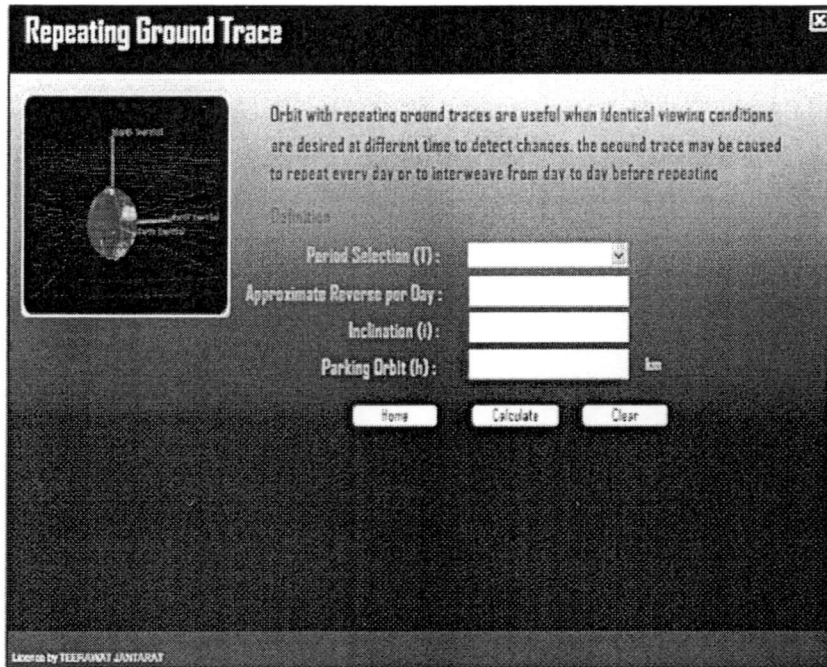
3. การคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมแบบวนซ้ำตำแหน่งการติดตามภาคพื้นดิน

3.1 หลังจากที่ผู้ใช้งานดับเบิลคลิกที่ไอคอน Satellite เพื่อเข้าสู่โปรแกรมแล้วจะปรากฏหน้าต่างของโปรแกรกดังรูปที่ 5 ให้ทำการคลิกที่รูปวงโคจรดาวเทียมแบบวนซ้ำตำแหน่งการติดตามภาคพื้นดิน (Repeating ground trace Orbit) ดังรูปที่ 10 เพื่อเข้าสู่ขั้นตอนต่อไปในการคำนวณค่าพารามิเตอร์



รูปที่ 10 รูปวงโคจรดาวเทียมแบบวนซ้ำตำแหน่งการติดตามภาคพื้นดิน (Repeating ground trace Orbit)

จากนั้นจะปรากฏหน้าต่างของการคำนวณค่าพารามิเตอร์สำหรับวงโคจรดาวเทียมแบบวนซ้ำตำแหน่ง การติดตามภาคพื้นดิน ขึ้นมาแสดงดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 หน้าต่างของการคำนวณค่าพารามิเตอร์สำหรับวงโคจรดาวเทียมแบบวนซ้ำตำแหน่งการติดตามฯ

ในหน้าต่างจะปรากฏกล่องข้อความจำนวน 4 ตำแหน่งไว้สำหรับใส่ข้อมูลในการออกแบบวงโคจรดาวเทียม และการใส่ข้อมูลสามารถใส่ได้เฉพาะตัวเลขเท่านั้น ดังนี้

Period Selection (T) : เป็นการเลือกกำหนดค่าระยะเวลาที่โลกหมุนรอบตัวเองโดยมีให้เลือก 2 รูปแบบ คือ

- กรณีอุดมคติ ใช้ระยะเวลาในการหมุนเท่ากับ 24 ชั่วโมง
- กรณีความจริงใช้ระยะเวลาในการหมุนเท่ากับ 23 ชั่วโมง 56 นาที 4.1 วินาที

Approximate Reverse Per Day : เป็นการกำหนดจำนวนรอบในการโคจรรอบโลกของดาวเทียมในระยะเวลา 1 วัน สามารถกำหนดได้ตั้งแต่ 1-15 รอบต่อวัน

Inclination (I) : เป็นการกำหนดมุมที่อยู่ระหว่างระนาบวงโคจรของดาวเทียม กับเส้นผ่านศูนย์กลางของโลกสามารถกำหนดได้ตั้งแต่ 0-180 องศา

Parking Orbit (h) : คือ ค่าความสูงของวงโคจรของดาวเทียมที่ใช้พักชั่วคราวสามารถกำหนดได้ตั้งแต่ 0-500 กิโลเมตร

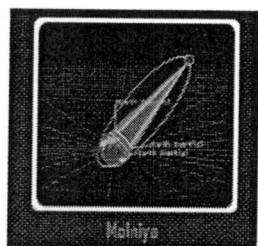
3.2 เมื่อเลือกใส่ค่าทั้ง 2 เป็นที่เรียบร้อยแล้วให้ทำการคลิกที่ปุ่มคำสั่ง Calculate จากนั้นก็จะปรากฏหน้าต่างของพารามิเตอร์ที่กำหนดการหมุนรอบของวงโคจรดาวเทียม และความเร็วในการเคลื่อนที่ของดาวเทียม ออกมาในหน้าต่างของ Result of Orbit Calculate

3.3 กรณีที่ใส่ค่าผิดสามารถทำการแก้ไขได้โดยคลิกที่ปุ่มคำสั่ง Clear

3.4 กรณีที่ต้องการกลับไปเลือกวงโคจรในการคำนวณใหม่สามารถทำได้โดยการคลิกที่ปุ่มคำสั่ง Home เพื่อกลับไปเลือกวงโคจรในการคำนวณใหม่

4. การคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียมแบบโม่ลนียา (Molniya Orbit)

4.1 หลังจากที่ใช้งานดับเบิลคลิกที่ไอคอน Satellite เพื่อเข้าสู่โปรแกรมแล้วจะปรากฏหน้าต่างของโปรแกรมดังรูปที่ 5 ให้ทำการคลิกที่รูปวงโคจรดาวเทียมแบบโม่ลนียา (Molniya Orbit) ดังรูปที่ 12 เพื่อเข้าสู่ขั้นตอนต่อไปในการคำนวณค่าพารามิเตอร์



รูปที่ 12 รูปวงโคจรดาวเทียมแบบโม่ลนียา (Molniya Orbit) จากนั้นจะปรากฏหน้าต่างของการคำนวณค่าพารามิเตอร์สำหรับวงโคจรดาวเทียมแบบโม่ลนียา ขึ้นมาแสดงดังรูปที่ 13

รูปที่ 13 หน้าต่างของการคำนวณค่าพารามิเตอร์สำหรับวงโคจรดาวเทียมแบบโม่ลนียา

ในหน้าต่างจะปรากฏกล่องข้อความจำนวน 5 ตำแหน่งไว้สำหรับใส่ข้อมูลในการออกแบบวงโคจรดาวเทียม และการใส่ข้อมูลสามารถใส่ได้เฉพาะตัวเลขเท่านั้นดังนี้

Period Selection (T) : เป็นการเลือกกำหนดค่าระยะเวลาที่โลกหมุนรอบตัวเองโดยมีให้เลือก 2 รูปแบบ คือ

- กรณีอุดมคติ ใช้ระยะเวลาในการหมุนเท่ากับ 24 ชั่วโมง
- กรณีความจริงใช้ระยะเวลาในการหมุนเท่ากับ 23 ชั่วโมง 56 นาที 4.1 วินาที

Approximate Reverse Per Day : เป็นการกำหนดจำนวนรอบในการโคจรรอบโลกของดาวเทียมในระยะเวลา 1 วัน สามารถกำหนดได้ตั้งแต่ 1-15 รอบต่อวัน

Inclination (I) : เป็นการกำหนดมุมที่อยู่ระหว่างระนาบวงโคจรของดาวเทียม กับเส้นผ่านศูนย์กลางของโลกสามารถกำหนดได้ตั้งแต่ 0-180 องศา

Parking Orbit (h) : คือค่าความสูงของวงโคจรของดาวเทียมที่ใช้พักชั่วคราวสามารถกำหนดได้ตั้งแต่ 0-500 กิโลเมตร

Perigee Altitude (Ap) : เป็นการกำหนดระยะห่างจากจุดรัศมีส่วนที่อยู่ใกล้โลกมากที่สุดของวงโคจรถึงขอบพื้นที่ผิวของโลกกำหนดได้ตั้งแต่ 0-500 กม.

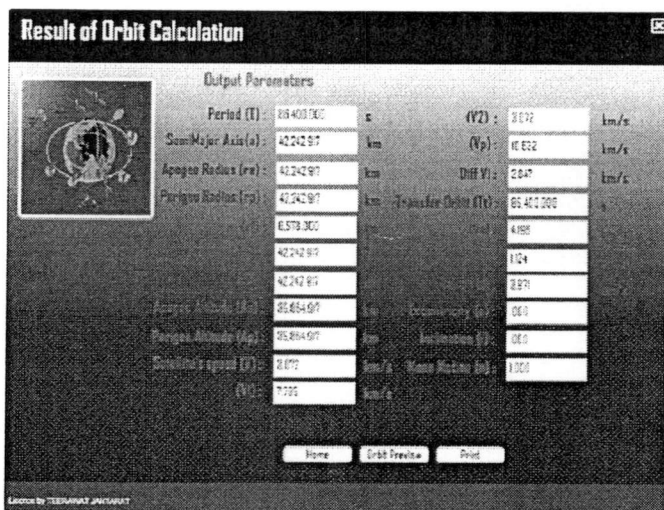
4.2 เมื่อเลือกใส่ค่าทั้ง 2 เป็นที่เรียบร้อยแล้วให้ทำการคลิกที่ปุ่มคำสั่ง Calculate จากนั้นก็จะปรากฏหน้าต่างของพารามิเตอร์ที่กำหนดการหมุนรอบของวงโคจรดาวเทียม และความเร็วในการเคลื่อนที่ของดาวเทียม ออกมาในหน้าต่างของ Result of Orbit Calculate

4.3 กรณีที่ใส่ค่าผิดสามารถทำการแก้ไขได้โดยคลิกที่ปุ่มคำสั่ง Clear

4.4 กรณีที่ต้องการกลับไปเลือกวงโคจรในการคำนวณใหม่สามารถทำได้โดยการคลิกที่ปุ่มคำสั่ง Home เพื่อกลับไปเลือกวงโคจรในการคำนวณใหม่

5. หน้าต่างแสดงผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์เพื่อการออกแบบวงโคจรดาวเทียม

หน้าต่างแสดงผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์แสดงดังรูปที่ 14 หน้าต่างนี้จะแสดงค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดขนาดและรูปร่างของวงโคจรดาวเทียม พารามิเตอร์ที่กำหนดการหมุนรอบของวงโคจรดาวเทียม และความเร็วในการเคลื่อนที่ของดาวเทียม รวมทั้งหมด 21 พารามิเตอร์ นอกจากนั้นโปรแกรมยังออกแบบให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์ด้วยการแสดงสูตรคำนวณทางคณิตศาสตร์ไว้ในหน้าต่างนี้ โดยผู้ใช้งานสามารถดูได้เพียงนำเคอร์เซอร์ของเมาส์ไปวางเหนือผลลัพธ์ของพารามิเตอร์ตัวนั้นๆ โปรแกรมก็จะแสดงสูตรคำนวณทางคณิตศาสตร์



รูปที่ 14 หน้าต่างผลลัพธ์จากการคำนวณ (Result of Orbit Calculation)

6. การสั่งพิมพ์ค่าพารามิเตอร์ผลลัพธ์เป็นรูปแบบเอกสารชนิด PDF

จากรูปที่ 14 แสดงหน้าต่างผลลัพธ์จากการคำนวณค่าพารามิเตอร์ หากผู้ใช้งานต้องการให้ผลลัพธ์จากการคำนวณแสดงออกมาในรูปแบบของเอกสารชนิด PDF ผู้ใช้งานสามารถทำได้เพียงแค่ทำการคลิกที่ปุ่ม Print โปรแกรมจะทำการแสดงหน้าต่าง Orbit report เพื่อให้ผู้ใช้งานสั่งพิมพ์เอกสารหรือบันทึกเอกสารไว้ต่อไป

Orbit Report			
Period(T) :	86,400.00 s	(V2) :	3.07 km/s
SemiMajor Axis(a) :	42,242.32 km	(Vp) :	10.36 km/s
Apogee Radius(ra) :	42,242.32 km	Diff V1 :	3.77 km/s
Perigee Radius(rp) :	42,242.32 km	Transfer Orbit(Tt) :	{6,0}(0) s
(r1) :	6,873.03 km	(Va) :	4.13 km/s
(r2) :	42,242.32 km	Diff V2 :	1.12 km/s
(r3) :	42,242.32 km	Diff Vtot :	3.83 km/s
Apogee Altitude(Aa) :	35,824.32 km	Eccentricity(e) :	.01
Perigee Altitude(Ap) :	35,824.32 km	Inclination(i) :	.01
Satellite's speed(V) :	3.07 km/s	Mean Motion(n) :	1.01
(V1) :	7.21 km/s		

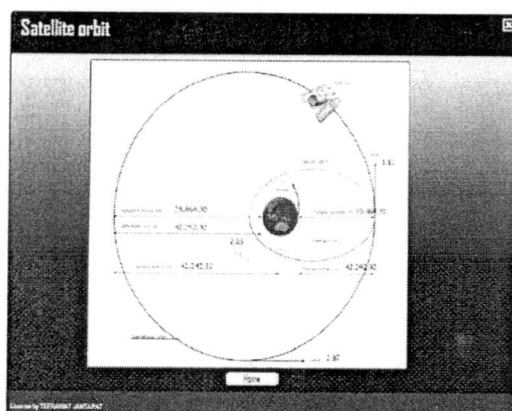
รูปที่ 15 แสดงหน้าต่าง Orbit Report
คำอธิบายและความหมายของพารามิเตอร์ผลลัพธ์

พารามิเตอร์	สัญลักษณ์	ความหมาย
Period	T	ระยะเวลาโคจร 1 วงโคจร
Semimajor Axis	a	จุดกึ่งกลางระหว่าง 2 จุดที่อยู่ห่างกันมากที่สุดบนวงโคจร
Apogee Radius	r _a	จากจุดรีซีมีส่วนที่อยู่ห่างโลกมากที่สุดของวงโคจร ถึง จุดศูนย์กลางของโลก
Perigee Radius	r _p	จากจุดรีซีมีส่วนที่อยู่ใกล้โลกมากที่สุดของวงโคจร ถึง จุดศูนย์กลางของโลก
r1	r1	-
r2	r2	-
r3	r3	-
Apogee Altitude	A _a	จากจุดรีซีมีส่วนที่อยู่ห่างโลกมากที่สุดของวงโคจร ถึง ขอบพื้นที่ผิวของโลก
Perigee Altitude	A _p	จากจุดรีซีมีส่วนที่อยู่ใกล้โลกมากที่สุดของวงโคจร ถึง ขอบพื้นที่ผิวของโลก
Satellite's Speed	V	ความเร็วในการเคลื่อนที่ของดาวเทียมใน 1 รอบวงโคจร
V1	V1	ความเร็วในการส่งดาวเทียมขึ้นสู่วงโคจร

พารามิเตอร์	สัญลักษณ์	ความหมาย
V2	V2	ความเร็วของวงโคจร
Vp	Vp	ความเร็วในการเปลี่ยนแปลงวงโคจรที่จุดพีริจี
$\Delta V1$	$\Delta V1$	ความเร็วในการเปลี่ยนแปลงวงโคจรที่จุดพีริจี
Tt	Tt	เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนวงโคจร (Transfer Orbit)
Va	Va	การคำนวณหาความเร็วในการเปลี่ยนแปลงวงโคจรที่จุดอะโพลี
$\Delta V2$	V2	การคำนวณหาความเร็วในการเปลี่ยนแปลงวงโคจรที่จุดอะโพลี
Vtot	Vtot	ความเร็วรวมที่ต้องการใช้ในการเข้าสู่วงโคจรของดาวเทียม
Eccentricity	e	ค่าแสดงรูปร่างของวงโคจร
Inclination	i	มุมที่อยู่ระหว่างระนาบวงโคจรของดาวเทียม กับเส้นผ่านศูนย์กลางของโลก
Mean Motion	n	ค่าเฉลี่ยในการเคลื่อนที่ของวงโคจร (86,400 วินาที ต่อ หนึ่งวัน)

7. การสั่งให้โปรแกรมแสดงรูปภาพจำลองวงโคจรของดาวเทียม

จากรูปที่ 14 แสดงหน้าต่างผลลัพธ์จากการคำนวณค่าพารามิเตอร์ หากผู้ใช้งานต้องการให้แสดงรูปภาพจำลองของวงโคจรดาวเทียมที่ทำการคำนวณออกมา ผู้ใช้งานสามารถทำได้เพียงแค่ทำการคลิกที่ปุ่ม Orbit Preview โปรแกรมจะทำการแสดงหน้าต่าง Satellite orbit ซึ่งเป็นรูปภาพจำลองของวงโคจรดาวเทียมลักษณะ 2 มิติ พร้อมทั้งแสดงค่าพารามิเตอร์ในตำแหน่งต่างๆ ด้วย และเมื่อผู้ใช้งานสามารถดูคำอธิบายของพารามิเตอร์ในตำแหน่งนั้น ๆ ได้เพียงแค่นำเคอร์เซอร์ของเมาส์ไปวางเหนือพารามิเตอร์ตัวนั้นๆ โปรแกรมก็จะแสดงคำอธิบายของพารามิเตอร์ตัวนั้นออกมา



รูปที่ 16 แสดงหน้าต่าง Orbit Report

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายธีระวัฒน์ จันทรัตน์
วัน เดือน ปีเกิด	29 กรกฎาคม พ.ศ. 2527
สถานที่เกิด	จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ที่อยู่ตามภูมิลำเนา	50/4 หมู่ 1 ตำบล ท่าศาลา อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50000
ที่อยู่ปัจจุบัน	11/11 หมู่ 11 ถนนนวลจันทร์ 56 แขวงคลองกุ่ม เขตบึงกุ่ม กรุงเทพมหานคร 10230
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2548 สำเร็จการศึกษาครุศาสตรบัณฑิต (ค.อ.บ.) สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม สถาบันเทคโนโลยีพระเจ้าเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปัจจุบัน	พนักงานราชการตำแหน่งครู วิทยาลัยการอาชีพนวมินทรราชูทิศ