เครื่องวัดความสูงการกระโดดในแนวดิ่งโดยวีรีโหมด

MEASUREMENT OF VERTICAL JUMP USING Wii REMOTE

ทศพร วอนเกิด

วริทธิ์ เป็งโต

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MESUREMENT OF VERTICAL JUMP BY Wii REMOTE

TODSAPORN WORNKERT

WARIT PENGTO

A SPECITAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF

THE REQUIMENT FOR

THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (APPLIED PHYSICS)

DEPARTMENT OF PHYSICS, FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ เครื่องวัดความสูงการกระโดดโดย วีรีโหมด

Measurement of vertical jump using Wii remote

ชื่อนักศึกษา นายทศพร วอนเกิด รหัสนักศึกษา 57050971

นายวริทธิ์ เป็งโต รหัสนักศึกษา 57051025

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)

ภาควิชา ฟิสิกส์

ปีการศึกษา 2560

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.ภาณุพล โขลนกระโทก

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้โครงงานพิเศษเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์) ประจำปีการศึกษา 2560

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
รศ.อนุพงศ์ สรงประภา กรรมการ	
ผศ.ดร.ศ.ทิพวรรณ คล้ายบุญมี กรรมการ	
อ.ภูมินทร์ จินดาจิธาวัฒน์ กรรมการ	
ดร.ภาณุพล โขลนกระโทก กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	เครื่องวัดความสูงการกระโดดโดย วีรีโหมด
	Measurement of vertical jump using Wii remote
ชื่อนักศึกษา	นายทศพร วอนเกิด รหัสนักศึกษา 57050971
	นายวริทธิ์ เป็งโต รหัสนักศึกษา 57051025
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)
ภาควิชา	ฟิสิกส์
ปีการศึกษา	2560
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.ภาณุพล โขลนกระโทก

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษนี้ได้ทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับ Wii Remote เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาความสูงในการกระโดดแยกการวิเคราะห์เป็น 3 กรณี 1.วิเคราะห์โดยใช้กฎอนุรักษ์พลังงาน 2. วิเคราะห์โดยใช้กฎการเคลื่อนที่ 2 มิติในการคำนวณหาความสูงและ วิธีสุดท้ายการวิเคราะห์โดยใช้ผลต่างของพิกเซล ซึ่งประมวลผลผ่านโปรแกรม LabView จากการทดลองทั้งหมดสามวิธีนั้นพบว่าการวิเคราะห์ด้วยวิธีการผลต่างพิกเซลนั้นสามารถตรวจวัดความสูงได้เที่ยงตรงที่สุดซึ่งมากกว่าวิธีการวิเคราะห์ด้วยกฎอนุรักษ์พลังงานและการเคลื่อนที่สองมิติอยู่ 0.88% วิธีผลต่างพิกเซลนั้นมีความผิดพลาดน้อยมากเนื่องจากโปรแกรมที่ถูกเขียนขึ้นนั้นอาจจะไม่มีประสิทธิภาพมากพอเพราะข้อมูลแรกที่ถูกตรวจจับและทำการบันทึกเมื่อทำการกระโดดไม่ถูกต้องจึงทำให้เกิดความผิดพลาด จากการวิเคราะห์ข้อมูลความสูงของนักกีฬาและคนปกติทั้งหมดรวมแล้ว 30 คน พบว่านักกีฬาสามารถกระโดดได้สูงกว่าคนปกติเฉลี่ยอยู่ที่ 2.6 เซนติเมตร

คำสำคัญ : เครื่องมือวัดความสูงการกระโดด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Measurement of vertical jump using Wii remote
Students	Mr. Todsaporn Wornkert Student ID 57050971
	Mr. Warit Pengto Student ID 57051025
Degree	Bachelor of Science (Applied Physics)
Department	Physics
Faculty	Science
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)
Academic Year	2017
Advisor	Bhanupol Klonggratog

Abstract

This special project, a study and research information about the Wii Remote to be used in the analysis to find the high jumping split analysis is 1 case 3. analysis by using energy conservation rule 2. analysis by using 2 dimensional movement rules in calculation of height and final analysis method using pixel differences. Processed through the LabView program from all three trials, it was found that the method of analysis of variance approach wherein the pixel height can be measured precisely the best, rather than how to analyze energy conservation rules and two-dimensional motion exists. 0.88% of variance approach wherein pixels are much less mistakes because the program is written, it may not be powerful enough, because the first data are captured and made the save when jumping is incorrect, thus making the mistakes. From the data analysis, the athlete's height, and all normal people, with a total of 30 people found that the athlete can jump higher than normal average people 2.6 cm.

Keyword : Measurement vertical jump

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษเรื่องเครื่องวัดความสูงการกระโดดโดย Wii remote ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ดร.ภาณุพล โขลนกระโทก อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษนี้ที่ให้คำปรึกษา แนะนำ ชี้แนะ ทั้งด้านการศึกษา ค้นคว้าหาข้อมูล การออกแบบระบบ การแก้ไขปัญหาและความช่วยเหลือ รวมไปถึงการแก้ไขตรวจสอบการเขียนรายงานเล่มนี้อย่างละเอียด ตลอดจนติดตามความคืบหน้าและเอาใจใส่อย่างดีตลอดมา

ขอขอบพระคุณ นาย ศุภรัตน์ แย้มครวญ ที่ให้คำปรึกษาและช่วยแก้ไขปัญหาในส่วนของโปรแกรมทำให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้การอุปการะอบรมเลี้ยงดูตลอด ส่งเสริมการศึกษา ให้กำลังใจและอยู่เคียงข้างตลอดมา ทำให้โครงงานพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าโครงงานพิเศษนี้จะมีประโยชน์ต่อผู้สนใจหรือผู้ที่ต้องการค้นคว้าและศึกษาทางด้านนี้ไม่มากก็น้อย

ทศพร วอนเกิด

วริทธิ์ เป็งโต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญรูป	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	1
1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับการกระโดด	3
2.1.1 การกระโดด (Jump)	3
2.2 ทฤษฎีการเคลื่อนที่ใน2มิติ	4
2.2.1 ปริมาณสเกลาร์ (Scalar Quantity)	4
2.2.2 ปริมาณเวกเตอร์ (Vector Quantity)	4
2.2.3 เวกเตอร์การกระจัด (Vector Displacement)	4
2.2.4 ความเร็วเฉลี่ย (Average Velocity)	4
2.2.5 ความเร็วขณะใดขณะหนึ่ง (Instantaneous Velocity)	5
2.2.6 ความเร่งเฉลี่ย (Average Velocity)	5
2.2.7 ความเร่งขณะใดขณะหนึ่ง (Instantaneous Acceleration)	6
2.2.8 การเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่ในสองมิติ	6
2.2.9 การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์	7
2.2.10 ระยะไกลสุด (ในแนวระดับ) และระยะสูงสุด (ในแนวดิ่ง) ของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์	8
2.3 เครื่องมือและการวัดความสูงแบบต่างๆ	9
2.3.1 Inertial Measurement Unit (IMU)	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.3.2 Force Plate	11
2.4 รังสีอินฟ้าเรด (Infrared)	12
2.5 ตัวกำเนิดรังสีอินฟ้าเรด (Infrared Source)	13
2.6 กล้องอินฟ้าเรด (Infrared camera)	13
2.7 วีรีโหมด (Wii remote)	14
2.7.1 เชื่อมต่อวีโหมด (Communicating with the Wii remote	15
2.7.2 การแยกวิเคราะห์ข้อมูลที่ส่งกลับมา (Parsing Returned Data)	15
2.7.3 กล้องอินฟาเรด (Infrared Camera)	17
2.8 การตรวจจับอินฟาเรด (Infrared Detector)	18
2.8.1 Field OF View (FOV)	18
2.8.2 Instantaneous Field of View (IFOV)	18
2.9 การประมวลภาพ	19
2.9.1 ความหมายของการประมวลผลภาพดิจิตอล	19
2.9.2 รูปภาพ	19
2.9.3 ความหมายของพิกเซลและด็อท (Dot)	21
2.9.4 ความละเอียดของภาพ (Resolution)	21
2.9.5 ประเภทของภาพบิตแม็พ	21
2.10 เซ็นเซอร์รับภาพ (Image Sensor)	23
2.10.1 ประเภทของเซ็นเซอร์	23
2.10.2 ขนาดของเซ็นเซอร์	25
2.11 Depth Of Field (DOF)	25
2.12 สัญญาณรบกวน (Noise)	26
2.12.1 ประเภทของสัญญาณรบกวน	26
2.12.2 ลักษณะของสัญญาณรบกวน	27
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	29
3.1 การติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ	29
3.2 ออกแบบระบบ	30
3.3 ทดสอบระบบ	30
3.4 การทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรม	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.5 การนำข้อมูลมาวิเคราะห์	32
3.5.1 การวิเคราะห์ความสูงของการกระโดดด้วยกฎการอนุรักษ์พลังงาน	32
3.5.2 การวิเคราะห์ความสูงของการกระโดดโดยวิเคราะห์จากกฎการเคลื่อนที่	34
3.5.3 การวิเคราะห์ความสูงของการกระโดดโดยใช้ผลต่างพิกเซล	35
บทที่ 4 ผลวิจัยและอภิปรายผล	36
4.1 การทดสอบระยะการติดตั้งอุปกรณ์และระบบ	36
4.1.1 การหาระยะการติดตั้งอุปกรณ์	36
4.2 การออกแบบระบบ	37
4.2.1 ขั้นตอนการออกแบบระบบ	38
4.3 การทดสอบ	40
4.4 การทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรม	52
4.4.1 เครื่องยิง	52
4.4.2 แท่งทดสอบ	53
4.4.3 กล้องสโลโมชั่น	53
4.5 การนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์	58
4.5.1 การวิเคราะห์โดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงาน	58
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	106
5.1 สรุปผลการวิจัย	106
5.2 ข้อเสนอแนะ	106
เอกสารอ้างอิง	107
ภาคผนวก	ฑ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะติดตั้งอุปกรณ์กับค่า FOV	36
2	แสดงค่าพิกัดที่ได้ในการทดสอบ	41
3	แสดงค่าพิกัดที่ได้ในการทดสอบ	42
4	แสดงค่าพิกัดที่ได้จากการทดสอบ	43
5	แสดงค่าพิกัดที่ได้จากการทดสอบ	44
6	แสดงค่าพิกัดที่ได้จากการทดสอบ	45
7	แสดงค่าพิกัดทางแกน Y1	46
8	แสดงค่าพิกัดทางแกน Y2	47
9	แสดงค่าพิกัดทางแกน Y3	48
10	แสดงค่าพิกัดทางแกน Y4	49
11	แสดงค่าพิกัด Y5	50
12	แสดงค่าความสูงที่ได้จากการทดสอบความสูงระดับหนึ่ง	54
13	แสดงค่าความสูงที่ได้จากการทดสอบความสูงระดับสอง	56
14	แสดงค่าความสูงที่ได้จากการทดสอบความสูงระดับสาม	57
15	แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 1 ส่วนสูง 165 น้ำหนัก 67	59
16	แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 2 ส่วนสูง 176 น้ำหนัก 65	59
17	แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 3 ส่วนสูง 174 น้ำหนัก 67	60
18	แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 4 ส่วนสูง 177 น้ำหนัก 65	60
19	แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 5 ส่วนสูง 179 น้ำหนัก 91	61
20	แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 6 ส่วนสูง 175 น้ำหนัก 62	61
21	แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 7 ส่วนสูง 185 น้ำหนัก 60	62
22	แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 8 ส่วนสูง 166 น้ำหนัก 75	62
23	แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 9 ส่วนสูง 163 น้ำหนัก 61	63
24	แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 10 ส่วนสูง 178 น้ำหนัก 75	63
25	แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 11 ส่วนสูง 175 น้ำหนัก 62	64
26	แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 12 ส่วนสูง 179 น้ำหนัก 67	64
27	แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 13 ส่วนสูง 167 น้ำหนัก 58	65
28	แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 14 ส่วนสูง 178 น้ำหนัก 65	65
29	แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 15 ส่วนสูง 173 น้ำหนัก 67	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
30	แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 1 ส่วนสูง 174 น้ำหนัก 76	66
31	แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 2 ส่วนสูง 184 น้ำหนัก 80	67
32	แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 3 ส่วนสูง 180 น้ำหนัก 75	67
33	แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 4 ส่วนสูง 178 น้ำหนัก 110	68
34	แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 5 ส่วนสูง 175 น้ำหนัก 70	68
35	แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 6 ส่วนสูง 187 น้ำหนัก 70	69
36	แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 7 ส่วนสูง 172 น้ำหนัก 54	69
37	แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 8 ส่วนสูง 186 น้ำหนัก 115	70
38	แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 9 ส่วนสูง 167 น้ำหนัก 65	70
39	แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 10 ส่วนสูง 175 น้ำหนัก 90	71
40	แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 11 ส่วนสูง 174 น้ำหนัก 70	71
41	แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 12 ส่วนสูง 175 น้ำหนัก 71	72
42	แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 13 ส่วนสูง 175 น้ำหนัก 80	72
43	แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 14 ส่วนสูง 160 น้ำหนัก 70	73
44	แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 15 ส่วนสูง 175 น้ำหนัก 60	73
45	แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 1 ส่วนสูง 165 น้ำหนัก 67	74
46	แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 2 ส่วนสูง 176 น้ำหนัก 65	74
47	แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 3 ส่วนสูง 174 น้ำหนัก 67	75
48	แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 4 ส่วนสูง 177 น้ำหนัก 65	75
49	แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 5 ส่วนสูง 179 น้ำหนัก 91	76
50	แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 6 ส่วนสูง 175 น้ำหนัก 62	76
51	แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 7 ส่วนสูง 185 น้ำหนัก 60	77
52	แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 8 ส่วนสูง 166 น้ำหนัก 75	77
53	แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 9 ส่วนสูง 163 น้ำหนัก 61	78
54	แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 10 ส่วนสูง 178 น้ำหนัก 75	78
55	แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 11 ส่วนสูง 175 น้ำหนัก 62	79
56	แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 12 ส่วนสูง 179 น้ำหนัก 67	79
57	แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 13 ส่วนสูง 167 น้ำหนัก 58	79
58	แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 14 ส่วนสูง 178 น้ำหนัก 65	81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
59	แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 15 ส่วนสูง 173 น้ำหนัก 67	81
60	แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 1 ส่วนสูง 174 น้ำหนัก 76	82
61	แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 2 ส่วนสูง 184 น้ำหนัก 80	82
62	แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 3 ส่วนสูง 180 น้ำหนัก 75	83
63	แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 4 ส่วนสูง 178 น้ำหนัก 110	83
64	แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 5 ส่วนสูง 175 น้ำหนัก 70	84
65	แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 6 ส่วนสูง 187 น้ำหนัก 70	84
66	แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 7 ส่วนสูง 172 น้ำหนัก 54	85
67	แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 8 ส่วนสูง 186 น้ำหนัก 115	85
68	แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 9 ส่วนสูง 167 น้ำหนัก 65	86
69	แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 10 ส่วนสูง 175 น้ำหนัก 90	86
70	แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 11 ส่วนสูง 174 น้ำหนัก 70	87
71	แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 12 ส่วนสูง 175 น้ำหนัก 71	87
72	แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 13 ส่วนสูง 175 น้ำหนัก 80	88
73	แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 14 ส่วนสูง 160 น้ำหนัก 70	88
74	แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 15 ส่วนสูง 175 น้ำหนัก 60	89
75	แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 1 ส่วนสูง 165 น้ำหนัก 67	91
76	แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 2 ส่วนสูง 176 น้ำหนัก 65	91
77	แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 3 ส่วนสูง 174 น้ำหนัก 67	92
78	แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 4 ส่วนสูง 177 น้ำหนัก 65	92
79	แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 5 ส่วนสูง 179 น้ำหนัก 91	93
80	แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 6 ส่วนสูง 175 น้ำหนัก 62	93
81	แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 7 ส่วนสูง 185 น้ำหนัก 60	94
82	แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 8 ส่วนสูง 166 น้ำหนัก 75	94
83	แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 9 ส่วนสูง 163 น้ำหนัก 61	95
84	แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 10 ส่วนสูง 178 น้ำหนัก 75	95
85	แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 11 ส่วนสูง 175 น้ำหนัก 62	96
86	แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 12 ส่วนสูง 179 น้ำหนัก 67	96
87	แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 13 ส่วนสูง 167 น้ำหนัก 58	97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
88	แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 14 ส่วนสูง 178 น้ำหนัก 65	97
89	แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 15 ส่วนสูง 173 น้ำหนัก 67	98
90	แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 1 ส่วนสูง 174 น้ำหนัก 76	98
91	แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 2 ส่วนสูง 184 น้ำหนัก 80	99
92	แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 3 ส่วนสูง 180 น้ำหนัก 75	99
93	แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 4 ส่วนสูง 178 น้ำหนัก 110	100
94	แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 5 ส่วนสูง 175 น้ำหนัก 70	100
95	แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 6 ส่วนสูง 187 น้ำหนัก 70	101
96	แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 7 ส่วนสูง 172 น้ำหนัก 56	101
97	แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 8 ส่วนสูง 186 น้ำหนัก 115	102
98	แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 9 ส่วนสูง 167 น้ำหนัก 56	102
99	แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 10 ส่วนสูง 175 น้ำหนัก 90	103
100	แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 11 ส่วนสูง 174 น้ำหนัก 70	103
101	แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 12 ส่วนสูง 175 น้ำหนัก 71	104
102	แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 13 ส่วนสูง 175 น้ำหนัก 80	104
103	แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 14 ส่วนสูง 160 น้ำหนัก 70	105
104	แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 15 ส่วนสูง 175 น้ำหนัก 65	105

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ก)	3
2.1 ข)	3
2.2 แสดงลักษณะการหาความเร็วเฉลี่ย	5
2.3 แสดงลักษณะการหาความเร็วขณะใดขณะหนึ่ง	5
2.4 แสดงลักษณะการหาความเร่งเฉลี่ย	6
2.5 แสดงลักษณะการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์	7
2.6 แสดงลักษณะของเครื่องมือ IMU	9
2.6.1 ก) การความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร่งกับเวลา	10
2.6.1 ข) การความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็วกับเวลา	10
2.7 แสดงลักษณะของเครื่องมือ Force Plate	11
2.8 แสดงลักษณะภาพเมื่อดูด้วยกล้องอินฟาเรด	12
2.9 แสดงลักษณะของตัวกำเนิดรังสีอินฟาเรด	13
2.10 แสดงหลักการของกล้องอินฟาเรด	13
2.11 แสดงลักษณะของWii remote	14
2.12 แสดงลักษณะภายในของ Wii remote	14
2.13 แสดงตารางคำสั่งโหมดต่างๆ	15
2.14 แสดงลักษณะของการส่งข้อมูล	16
2.15 แสดงลักษณะการส่งข้อมูลในโหมดพื้นฐาน	16
2.16 แสดงลักษณะการส่งข้อมูลในโหมดขยาย	16
2.17 แสดงการส่งข้อมูลในโหมดเต็มรูปแบบ	17
2.18 แสดงลักษณะของกล้องอินฟาเรดใน Wii remote	17
2.19 แสดงลักษณะของFOV	17
2.20 แสดงลักษณะของ IFOV	17
2.21 แสดงกระบวนการการประมวลผลภาพ	17
2.22 ตัวอย่างภาพขยายแบบเวกเตอร์และภาพขยายแบบบิตแม็พ	18
2.23 ระดับความเข้มเทา	20
2.24 ระดับความเข้มสี	20
2.25 แสดงตัวอย่างสัดส่วนการผสมสี RGB	23
2.26 ภาพไบนารี	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.27 แสดงฟิลเตอร์แยก 3 สีของเซนเซอร์แบบ CCD	24
2.28 ก) เซ็นเซอร์รับภาพชนิด CMOS	24
2.28 ข) เซ็นเซอร์รับภาพชนิด CCD	24
2.29 แสดงขนาดต่างๆ ของเซ็นเซอร์	25
2.30 การเปิดรูรับแสงที่มีผลต่อระดับความชัดภาพ	26
2.31 แสดงตัวอย่างสัญญาณรบกวนชนิด Random Noise	26
2.32 แสดงตัวอย่างสัญญาณรบกวนชนิด Fixed Pattern Noise	27
2.33 แสดงตัวอย่างสัญญาณรบกวนชนิด Banding Noise	27
2.34 แสดงตัวอย่างสัญญาณรบกวนลักษณะ Chrominance Noise	28
2.35 แสดงตัวอย่างสัญญาณรบกวนลักษณะ Luminance Noise	28
3.1 แสดงลักษณะการดำเนินงาน	29
3.2 แสดงรูปร่างของ Wii remote	29
3.3 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ	30
3.4 แสดงถึงการแบ่งพื้นที่ที่ตรวจจับได้ของ Wii remote	31
3.5 แสดงลักษณะของการทดลอง	31
3.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนที่และกราฟที่ได้	32
3.7 ก) แสดงลักษณะก่อนทำการกระโดด	35
3.7 ข) แสดงลักษณะขณะทำการกระโดด	35
4.2 แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์และประมวลผลของโปรแกรม	37
4.3 แสดงลักษณะโปรแกรม	38
4.4 แสดงส่วนของ Waiting trigger ในโปรแกรม	39
4.5 แสดงส่วนของ Data logger ในส่วนของโปรแกรม	39
4.6 แสดงลักษณะการออกแบบเพื่อทดสอบระบบ	41
4.7 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าพิกัดทางแกน Y1 และแกน X ในทางแกนนอน	42
4.8 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าพิกัดทางแกน Y2 และแกน X ในทางแกนนอน	43
4.9 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าพิกัดทางแกน Y3 และแกน X ในทางแกนนอน	44
4.10 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าพิกัดทางแกน Y4 และแกน X ในทางแกนนอน	45
4.11 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าพิกัดทางแกน Y5 และแกน X ในทางแกนนอน	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.12	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Y1 กับจำนวนครั้งที่ทดสอบ	47
4.13	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Y2 กับจำนวนครั้งที่ทดสอบ	48
4.14	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Y3 กับจำนวนครั้งที่ทดสอบ	49
4.15	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Y4 กับจำนวนครั้งที่ทดสอบ	50
4.16	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Y5 กับจำนวนครั้งที่ทดสอบ	51
4.17	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าพิกัดแกน Y กับพิกัดทางแกน X	51
4.19	ก) แสดงลักษณะของเครื่องยิง	52
4.19	ข) แสดงตัวบอกระดับความแรง	52
4.20	แสดงลักษณะของแท่งทดสอบ	53
4.21	แสดงลักษณะการอ่านค่าจากกล้องสโลโมชั่น	53
4.22	แสดงลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์ในการทดสอบ	54
4.23	แสดงลักษณะภาพที่ได้จากวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม	58
4.24	แสดงการทดลองการหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางที่ทราบค่ากับค่าพิกัดพิกเซล	90
4.25	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะที่ทราบค่ากับพิกัดพิกเซล	90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันวิทยาศาสตร์การกีฬาเข้ามามีบทบาทในกีฬาหลายประเภท ไม่ว่าจะเป็นทางการโภชนาการ การแต่งกาย รวมถึงเทคนิคต่าง ๆ ช่วยให้นักกีฬามีประสิทธิภาพสูงสุด เช่น นักกีฬาว่ายน้ำมีชุดว่ายน้ำที่ช่วยลดแรงต้านระหว่างผิวกับน้ำ[1] นักบาสเก็ตบอลมีเทคนิคการกระโดดเพื่อให้กระโดดได้สูงกว่าปกติ[2] การกระโดดจึงมีความสำคัญในหลากหลายกีฬาไม่ว่าจะเป็น บาสเก็ตบอล วอลเล่ย์บอล ฟุตบอล เป็นต้น จึงได้เล็งเห็นความสำคัญในการวัดความสูงกระโดด เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลสร้างแบบฝึกที่ทำให้นักกีฬามีประสิทธิภาพที่เพิ่มมากขึ้น การวัดความสูงการกระโดดมีหลากหลายวิธีด้วยกัน เช่น ใช้แผ่นรับแรง[3] ตัววัดความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง[4] และอื่น ๆ อีกมากมาย โครงงานพิเศษนี้ใช้ Wii remote ในการวัด โดยการใช้คุณสมบัติกล้องอินฟาเรด (Infrared camera) ในตัว Wii remote จับอินฟาเรด (Infrared) ที่ติดอยู่กับตัวผู้ทดสอบ ตรวจจับตั้งแต่ผู้ทดสอบเริ่มกระโดดจนผู้ทดสอบตกถึงพื้น แล้วประมวลผลด้วยโปรแกรม LabView โดยนำข้อมูลมาวิเคราะห์จากสมการทางฟิสิกส์และผลต่างพิกเซล เพื่อให้ Wii remote สามารถเป็นเครื่องมือวัดการกระโดดในแนวดิ่งได้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1) เพื่อศึกษาทฤษฎีทางฟิสิกส์เพื่อใช้คำนวณสำหรับการวัดการกระโดดในแนวดิ่ง
2) เพื่อศึกษาวิธีการคำนวณและการเขียนโปรแกรม
3) เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องมือวัดความสูงจากการกระโดดในแนวดิ่ง

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1) ออกแบบและสร้างเครื่องมือในการวัดความสูงจากการกระโดดในแนวดิ่งได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

การดำเนินงาน	ระยะเวลา								
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
ศึกษาอุปกรณ์ ทฤษฎีทางฟิสิกส์และโปรแกรมที่ใช้ รวมถึงค่าใช้จ่ายโดยประมาณ	←	—	→						
เริ่มทำการเขียนโปรแกรม				←	—	→			
ทำการทดสอบโปรแกรมและวิเคราะห์ข้อมูล						←	—	→	
ทำรูปเล่มรายงาน									← — →

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้เครื่องมือที่ออกแบบสามารถใช้งานได้จริงและวิเคราะห์หาความสูงในแนวดิ่งได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

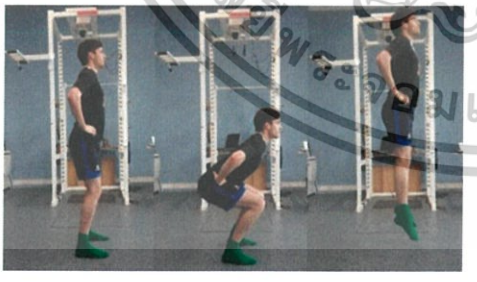
บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้ได้กล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโครงงานพิเศษโดยอธิบายนิยามเบื้องต้นเกี่ยวกับการกระโดด นิยามเบื้องต้นเกี่ยวกับการเคลื่อนที่สองมิติ เครื่องมือและเทคนิคการวัดความสูงแบบต่าง ๆ รวมถึงโปรแกรมที่ใช้ในงานวิจัยในการวิเคราะห์ความสูงจากการกระโดด

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับการกระโดด

2.1.1 การกระโดด(Jump)

การกระโดดแบ่งออกเป็นหลักๆ 2 ประเภท คือ การกระโดดในแนวดิ่ง(vertical jump) และ การกระโดดในแนวระนาบ(Horizontal jump) ในปัจจุบันการกระโดดในแนวดิ่งเข้ามามีบทบาทมากในกีฬาหลายประเภทเช่น บาสเกตบอล วอลเล่ย์บอล ฟุตบอล เป็นต้น ดังนั้นการเก็บข้อมูลสถิติความสูงในการกระโดดแนวดิ่งจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้สร้างแบบฝึกให้นักกีฬามีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งการกระโดดในแนวดิ่งที่ใช้ในการทดสอบแบ่งออก 2 ท่าที่ใช้ [5] คือ Countermovement jump (CMJ) และ Squat Jump (SJ) CMJเป็นการกระโดดที่ผู้ทดสอบใช้มือจับบริเวณเอวเพื่อป้องกันการใช้มือช่วยในการกระโดด ยืนตัวตรง เมื่อได้รับสัญญาณให้เริ่มทำการกระโดดให้กระโดดในแนวดิ่งอย่างเต็มกำลังดังรูปที่ 2.1 ก) SJเป็นการกระโดดที่คล้ายกับCMJ เพียงแต่ก่อนเริ่มทำการทดสอบผู้ทำการทดสอบต้องย่อตัวลง เมื่อได้รับสัญญาณให้เริ่มทำการกระโดดให้กระโดดในแนวดิ่งอย่างเต็มกำลังดังรูปที่ 2.1 ข)



รูปที่ 2.1 ก)

รูปที่ 2.1 ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ทฤษฎีการเคลื่อนที่ใน2มิติ

2.2.1 ปริมาณสเกลาร์ (Scalar Quantity)

เป็นปริมาณที่บอกให้ทราบถึงขนาดของการเคลื่อนที่ ไม่สามารถบอกทิศทางของการเคลื่อนที่ได้เราสามารถใช้หลักพื้นฐานทางคณิตสตร์มาใช้เพื่อจัดการกับปริมาณสเกลาร์ได้

2.2.2 ปริมาณเวกเตอร์ (Vector Quantity)

เป็นปริมาณที่บอกได้ทั้งขนาดและทิศทางของการเคลื่อนที่จึงระบุได้ว่าเป็นเวกเตอร์ เช่น ความเร็ว ความเร่ง การกระจัด แรง เช่นอนุภาคเคลื่อนที่จากจุด ก ไปยังจุด ข จะมีการลากเส้นจากจุด ก ไปยังจุด ข โดยมีหัวลูกศรกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่และความยาวเส้นเป็นปริมาณที่สามารถเคลื่อนที่ได้

2.2.3 เวกเตอร์การกระจัด (Vector Displacement)

การกระจัดคือเส้นตรงที่ลากจากจุดกำเนิดไปยังจุดสุดท้ายที่เกิดการเคลื่อนที่ เพราะฉะนั้นเวกเตอร์การกระจัดเวกเตอร์การกระจัด คือเส้นตรงที่ลากจากจุดกำเนิดไปตำแหน่งสุดท้ายในระนาบโดยไม่จำเป็นว่าต้องเป็นเส้นตรงเสมอไปซึ่งเราสามารถนิยามการกระจัดเป็น $\Delta\vec{r}$ หมายถึงการกระจัดที่ตำแหน่งสุดท้ายกับการกระจัดที่ตำแหน่งเริ่มต้น

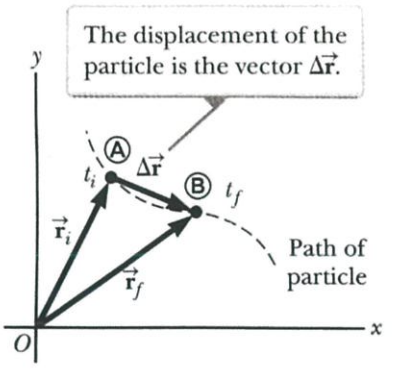
$$\Delta\vec{r} = \vec{r_f} - \vec{r_i} \tag{1}$$

2.2.4 ความเร็วเฉลี่ย (Average Velocity)

เมื่อเกิดการเคลื่อนที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเวลาในช่วง Δt ความเร็วเฉลี่ยแปรผันตรงกับการกระจัด ทำให้ไม่ขึ้นกับเส้นทางและระยะทางการเคลื่อนที่ดังรูปที่ 2.2 หากเกิดการเคลื่อนที่ที่จุดใดจุดหนึ่งและเคลื่อนที่กลับมาที่จุดเดิมผ่านเส้นทางใดเส้นทางหนึ่งทำให้ความเร็วเฉลี่ยมีค่าเป็นศูนย์เนื่องจากการกระจัดเป็นศูนย์จึงสามารถนิยามได้ว่า

$$\overrightarrow{v_{avg}} = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} \tag{2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

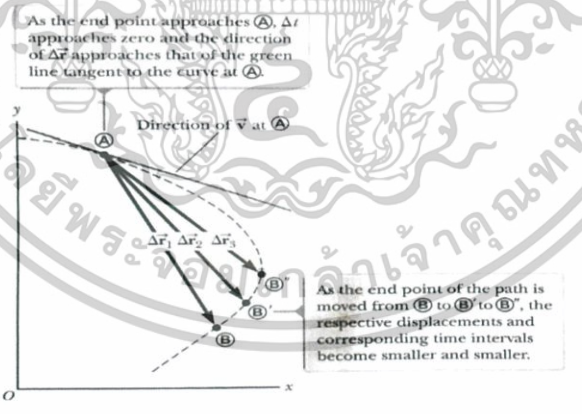


รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะการหาความเร็วเฉลี่ย

2.2.5 ความเร็วขณะใดขณะหนึ่ง (Instantaneous Velocity)

ความเร็วที่จุดจุดหนึ่งเมื่อเกิดการเคลื่อนที่ได้ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งดังรูปที่ 2.3 นิยามว่าเป็นลิมิตของความเร็วเฉลี่ย $\frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}$ โดยที่ Δt มีค่าเข้าใกล้ศูนย์

$$\vec{v} \equiv \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt} \qquad (3)$$



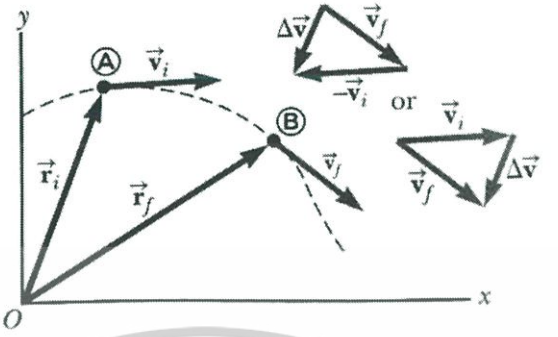
รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะการหาความเร็วขณะใดขณะหนึ่ง

2.2.6 ความเร่งเฉลี่ย (Average Velocity)

เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงความเร็วขณะใดขณะหนึ่งต่อการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลานั้น ดังรูปที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\overrightarrow{a_{avg}} \equiv \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_f - \vec{v}_i}{t_f - t_i} \tag{4}$$



รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะการหาความเร่งเฉลี่ย

2.2.7 ความเร่งขณะใดขณะหนึ่ง (Instantaneous Acceleration)

ค่าลิมิตของอัตราส่วน $\frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$ โดยที่ Δt มีค่าเข้าใกล้ศูนย์

$$\vec{a} \equiv \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt} \tag{5}$$

2.2.8 การเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่ในสองมิติ

เป็นการวิเคราะห์การเคลื่อนที่โดยทั้งขนาดและทิศทางของความเร่งมีค่าคงที่ มีการเคลื่อนที่ในแนวแกน x และแกน y ตั้งฉากกันและมีการเคลื่อนที่เป็นอิสระต่อกัน ซึ่งสิ่งเร้าใด ๆ มากระทำแกน x จะไม่ส่งผลต่อแกน y ตำแหน่งของการเคลื่อนที่ในระนาบ x y สามารถเขียนได้ดังนี้

$$\vec{r} = x\hat{i} + y\hat{j} \tag{6}$$

กำหนดให้ x y และ $\vec{r}$ มีการเปลี่ยนแปลงเมื่ออนุภาคเคลื่อนที่ $\hat{i}$ $\hat{j}$ เป็นเวกเตอร์บ่งบอกทิศทาง ความเร็วของการเคลื่อนที่ในระนาบ x y สามารถเขียนได้ดังนี้

$$h(t) = h_0 + (v_i t - \frac{1}{2} g t^2) \tag{7}$$

เนื่องจากพิจารณาในสภาวะความเร่งคงที่และระนาบ x และ y แยกจากกันโดยสิ้นเชิง a_x และ a_y ทำให้มีค่าคงที่จากสมการการเคลื่อนที่ใน 1 มิติ $u_f = u_i + at$ แทนค่าเพื่อนหาความเร็วแบบสองมิติที่เวลา t ใด ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\vec{v}_f = (v_{xi} + a_x t)\hat{i} + (v_{yi} + a_y t)\hat{j}$$
$$= (v_{xi}\hat{i} + v_{yi}\hat{j}) + (a_x\hat{i} + a_y\hat{j})t \quad (8)$$
$$\vec{v}_f = \vec{v}_i + \vec{a}t$$

ดังนั้นระยะทางการเคลื่อนที่ในรูปแบบสองมิติคือ

$$\vec{r}_f = (x_i + V_{xi}t + \frac{1}{2}a_x t^2)\hat{i} + (y_i + u_{yi}t + \frac{1}{2}a_y t^2)\hat{j}$$
$$= (x_i\hat{i} + y_i\hat{j}) + (v_{xi}\hat{i} + v_{yi}\hat{j})t + \frac{1}{2}(a_x\hat{i} + a_y\hat{j})t^2 \quad (10)$$

$$\vec{r}_f = \vec{r}_i + \vec{v}t + \frac{1}{2}\vec{a}t^2 \quad (11)$$

รูปที่ 2.5 แสดงลักษณะการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

2.2.9 การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

เป็นการเคลื่อนที่ลักษณะโค้งเหมือนระฆังคว่ำดังรูปที่ 2.5 ทำการวิเคราะห์โดยกำหนดให้ความเร่งในการตกแบบอิสระมีค่าคงที่ตลอดการเคลื่อนที่และผลของแรงต้านอากาศมีค่าน้อยมาก สมการที่จะอธิบายตำแหน่งของโพรเจกไทล์ซึ่งเป็นฟังชันของเวลา ประยุกต์มาจากสมการการเคลื่อนที่กำหนดให้ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก a=g

$$\vec{y}_f - \vec{y}_i = (\vec{v}_i \sin\theta_i)\frac{\vec{v}_i \sin\theta_i}{\vec{g}} - \frac{1}{2}\vec{g}(\frac{\vec{v}_i \sin\theta_i}{\vec{g}})^2 \quad (12)$$

ความเร็วทางแกน x และแกน y ของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์คือ

$$v_{xi} = v_i \cos\theta_i, v_{yi} = v_i \sin\theta_i \quad (13)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.10 ระยะไกลสุด (ในแนวระดับ) และระยะสูงสุด (ในแนวดิ่ง) ของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

เราสามารถหาค่า h ได้จากการพิจารณาที่จุดสูงสุดมีอัตราเร็วในแนวดิ่งมีค่าเป็น 0 [6]สามารถใช้สมาการการเคลื่อนที่ ในแนวแกน y เพื่อหาค่าเวลา t ดังสมการ

$$v_{yf} = v_{yi} - gt \rightarrow 0 = v_i \sin\theta_i - gt \tag{14}$$

$$t = \frac{v_i \sin\theta_i}{g} \tag{15}$$

แทนสมการที่ (15) เพื่อหาความสูง h ในแนวดิ่งได้ดังนี้

$$\vec{r_f} = \vec{r_i} + \vec{v_{yi}}t - \frac{1}{2}gt^2 \tag{16}$$

$$\vec{y_f} - \vec{y_i} = (\vec{v_i}\sin\theta_i)\frac{\vec{v_i}\sin\theta_i}{\vec{g}} - \frac{1}{2}g(\frac{\vec{v_i}\sin\theta_i}{\vec{g}})^2$$

ดังนั้น ความสูงในแนวดิ่งมีค่าเท่ากับ

$$h = \frac{\vec{v_i}^2\sin^2\theta}{2\vec{g}} \tag{17}$$

ระยะไกลสุดในแนวแกนระดับมีค่าเท่ากับ

$$\vec{x_f} = \vec{x_i} + \vec{v_{xi}}t$$

$$\vec{x_f} - \vec{x_i} = \vec{v_{xi}}t \tag{18}$$

เนื่องจากเวลาที่ใช้ในการหาระยะทางที่ไกลที่สุดมีค่าเป็น 2 เท่า ของเวลาที่ใช้ในแนวดิ่ง

$$\vec{x_f} - \vec{x_i} = \vec{v_{xi}}2t \tag{19}$$

แทนสมการที่ (15) ลงไปในสมการที่ (19) และแทน $\vec{v_{xi}} = (\vec{u_i}\cos\theta_i)$

$$\vec{s} = (\vec{u_i}\cos\theta_i)\frac{2\vec{v_i}\sin\theta_i}{\vec{g}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= \frac{2v_i^2 \sin\theta_i \cos\theta_i}{g} \tag{20}$$

จากเอกลักษณ์ตรีโกณมิติ $\sin 2\theta = 2\sin\theta\cos\theta$

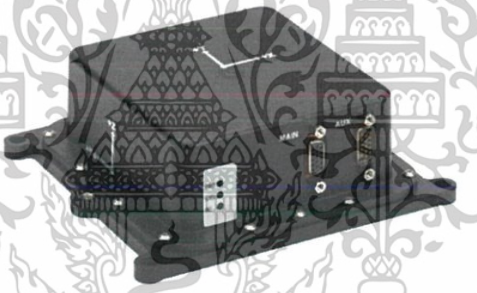
ดังนั้นระยะทางที่ไกลที่สุดมีค่าเท่ากับ

$$\vec{s} = \frac{v_i^2 \sin 2\theta_i}{\vec{g}} \tag{21}$$

2.3 เครื่องมือและการวัดความสูงแบบต่าง ๆ

การวัดการกระโดดสามารถทำได้หลากหลายวิธีโดยมีทั้งเครื่องมือที่ใช้วัดความสูงการกระโดดโดยตรงและการประยุกต์เครื่องมืออื่นให้สามารถวัดความสูงในการกระโดดได้

2.3.1 Inertial Measurement Unit (IMU)



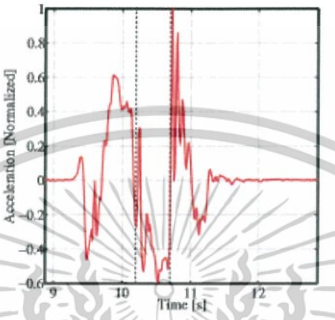
รูปที่ 2.6 แสดงลักษณะของเครื่องมือ IMU

IMU เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการประเมินส่วนประกอบของความเร่ง ความเร็ว และสนามแม่เหล็กสถิต นอกเหนือไปจากความเร็วเชิงมุมในแกนสามแกนดังรูปที่ 2.6 ซึ่งการนำมาประยุกต์ใช้หาความสูงในการกระโดดมีหลากหลายเทคนิคเทคนิคหนึ่งที่ใช้โดยใช้ประโยชน์จากความเร่งที่ได้รับจาก IMU [4] คือการนำเอา IMU รุ่น MPU9150 มาประยุกต์หาความสูงในการกระโดดมาติดไว้บริเวณ center of mass (บริเวณเอว) พร้อมติดตั้งอุปกรณ์ส่งสัญญาณระยะไกล (Bluetooth) เมื่อเริ่มทำการกระโดดจะได้รับค่าความเร่งตั้งแต่เริ่มทำการกระโดดจนถึงเท้าสัมผัสพื้นนำค่าความเร่งที่ได้ไปคำนวณหาความเร่งเฉลี่ยทั้ง 3 แกน ดังสมการที่ (22)

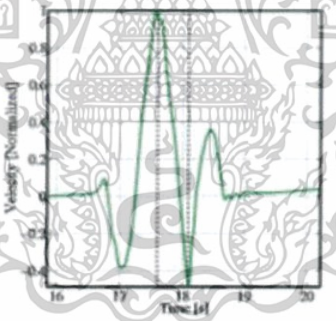
$$a_n = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} - g_n \tag{22}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเราได้ค่าความเร่งเฉลี่ยที่ได้จากสมการที่ (22) นำไปพรอตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งกับเวลาแสดงดังรูป 2.6.1 ก) จากนั้นทำค่าที่ได้ไปอินทริเกตเพื่อให้ได้ค่าความเร็ว แสดงดังรูป 2.6.1 ข) เนื่องจากค่าความเร่งที่ได้เป็นความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งกับสองเท่าของเวลา เมื่อได้ค่าความเร็วที่สัมพันธ์กับเวลาโดยตรง เราสมารถนำช่วงเวลาที่ได้มาคำนวณหาความสูงในการกระโดดได้จากสมการ 23 โดยเวลาที่นำมาใช้ในการคำนวณเป็นเวลาช่วงเพียงครึ่งหนึ่งเมื่อเริ่มทำการกระโดดของเวลาทั้งหมดเพราะเราสนใจแค่เวลาของจุดเริ่มกระโดดถึงจุดสูงสุด



รูปที่ 2.6.1 ก) การความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร่งกับเวลา



รูปที่ 2.6.1 ข) การความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็วกับเวลา

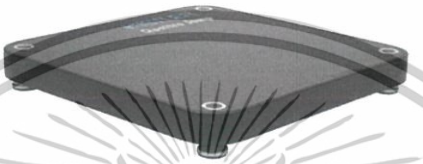
$$h(t) = h_0 + (v_i t - \frac{1}{2} g t^2) \qquad (23)$$

ในกรณีนี้ทำการวิเคราะห์การกระโดดในลักษณะแบบโพรเจกไทล์ใช้เวลาในการคำนวณครึ่งหนึ่งของเวลาทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 Force Plate

คือชุดอุปกรณ์ตรวจวัดแรงกด มีลักษณะเป็นแผ่นรองรับแรง (force plate) ใช้ตรวจสอบแรงของร่างกายที่กระทำให้ค่าความต้านทานเปลี่ยนแปลงส่งผลให้โวลต์ที่ออกมาเกิดการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาหนึ่งๆจากนั้นเวลาในช่วงที่มีแรงกระทำกับแผ่นนั้นแสดงดังรูปที่ 2.7 สามารถนำมาคำนวณหาความสูงการกระโดดได้เทคนิคหนึ่งที่ใช้ในหาความสูงในการกระโดด [3] คือการพิจารณาจากการใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานดังสมการที่ (24) โดยแบ่งเป็นส่วนของสมการขณะเริ่มทำการกระโดดเท่ากับสมการเมื่อถึงจุดสูงสุดในการกระโดด



รูปที่ 2.7 แสดงลักษณะของเครื่องมือ Force Plate

$$\frac{1}{2}mv_i^2 + mgh_i = \frac{1}{2}mv_f^2 + mgh_f \tag{24}$$

โดยที่

กำหนด v_i และ h_i เป็นความเร็วและความสูงก่อนทำการกระโดด

กำหนด v_f และ h_f เป็นความเร็วและความสูงหลังทำการกระโดด

ในการพิจารณากรณีนี้พิจารณาจากกฎการอนุรักษ์พลังงานเมื่อเริ่มทำการกระโดดจะไม่มีพลังงานศักย์เนื่องจากไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงความสูงมีเพียงแต่พลังงานจลน์เท่านั้นและเมื่อถึงจุดสูงสุดของการกระโดดจะไม่มีพลังงานจลน์เนื่องจากความเร็วเป็นศูนย์ทำให้มีเพียงพจน์ของพลังงานศักย์เท่านั้นและมวลตัดกันเนื่องจากเป็นมวลเดียวกันแสดงดังสมการที่ (25)

$$\frac{1}{2}mv_i^2 + \cancel{mgh_i} = \frac{1}{2}\cancel{mv_f^2} + mgh_f \tag{25}$$

ได้เป็นสมการที่ (26)

$$\frac{1}{2}mv_i^2 = mgh_f \tag{26}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการการเคลื่อนที่

$$v_f = v_i - g(\Delta t) \tag{27}$$

โดย Δt คือเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการกระโดด

เนื่องความเร็วเริ่มต้นในการกระโดดและความเร็วสุดท้ายในการกระโดดมีค่าเท่ากันแต่ทิศทางตรงกันข้าม

$$v_f = -v_i \tag{28}$$

แทนค่าลงในสมการจะได้

$$v_i = \frac{g(\Delta t)}{2} \tag{29}$$

นำ v_i ที่ได้ไปแทนเพื่อหาความสูงจะได้

$$h_f = \frac{g(\Delta t^2)}{8} \tag{30}$$

2.4 รังสีอินฟาเรด (Infrared)

เรียกอีกอย่างหนึ่งว่ารังสีใต้แดงหรือรังสีความร้อนเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า มีความยาวคลื่นอยู่ระหว่างแสงสีแดงและคลื่นวิทยุ มีความถี่ในช่วง 1011 – 1014 Hz สสารทุกชนิดที่มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง -200 องศาเซลเซียสถึง 4000 องศาเซลเซียลจะปล่อยรังสีอินฟาเรดออกมาดังรูปที่ 2.8 คุณสมบัติของรังสีอินฟาเรดคือ ไม่เบี่ยงเบนในสนามแม่เหล็กไฟฟ้า พลังงานแปรผันตรงกับความถี่และรังสีอินฟาเรดไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า [7] ปัจจุบันมีการนำคลื่นรังสีอินฟาเรดมาใช้ประโยชน์เช่นการสร้างกล้องอินฟาเรดที่สามารถมองเห็นวัตถุในความมืดได้

รูปที่ 2.8 แสดงลักษณะภาพเมื่อดูด้วยกล้องอินฟาเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

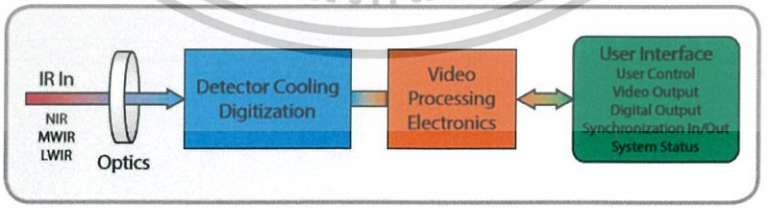
2.5 ตัวกำเนิดรังสีอินฟาเรด (Infrared Source)

ตัวกำเนิดรังสีอินฟาเรดมีมากมายทั้งแบบที่เป็นหลอดแอลอีดี หรือ รูปแบบต่าง ๆ ในส่วนของโครงงานพิเศษนี้ใช้ตัวกำเนิดรังสีที่ความยาวคลื่น 940 nm มุมองศา 135 องศา ใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 1.4 V กระแส 1400mA แรงดันพัลส์สูงสุด 1.7 โวลต์ และกระแสสูงสุด 2000 mA เพราะกล้องสามารถตรวจจับได้ดีที่สุดแสดงลักษณะดังรูปที่ 2.9

รูปที่ 2.9 แสดงลักษณะของตัวกำเนิดรังสีอินฟาเรด

2.6 กล้องอินฟาเรด (Infrared camera)

อินฟาเรดมีคุณสมบัติเช่นเดียวกับแสงที่มองเห็นได้ เกี่ยวกับการสะท้อน หักเห ดังนั้นกล้องอินฟาเรดจะคล้ายคลึงกับกล้องวิดีโอทั่วไป ต่างกันเพียงเลนส์ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักเพราะแก้วที่ใช้สร้างเลนส์ ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักเพราะแก้วที่ใช้สร้างเลนส์ของวิดีโอปกติไม่สามารถส่งผ่านความยาวคลื่นอินฟาเรดได้ดี ในทางตรงกันข้ามวัสดุที่ทึบแสงสามารถส่งผ่านคลื่นอินฟาเรดได้ดีกว่ามักใช้วัสดุจำพวก ซิลิกอน (Si) เจอร์เมเนียม (Ge) เพราะสามารถส่งผ่านได้ 100 เปอเซ็นต์ แสดงดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 แสดงหลักการของกล้องอินฟาเรด

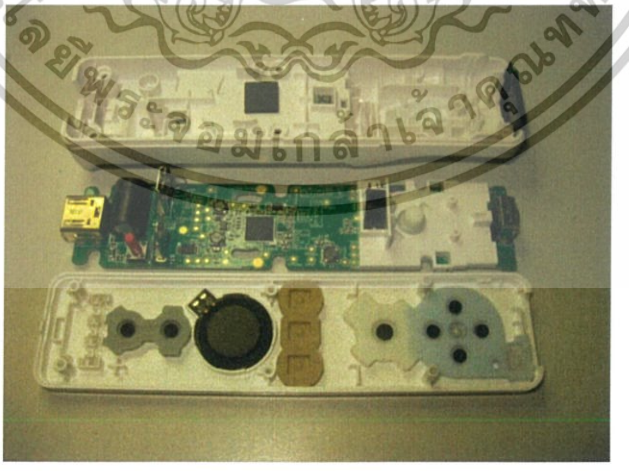
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 วีรีโหมด (Wii remote)

Wii remote เป็นรีโหมดควบคุมสำหรับใช้เล่นเกมเสมือนจริง ผลิตโดยบริษัท Nintendo สามารถเรียกว่า Wii remote หรือ Wiimote ก็ได้ เป็นอุปกรณ์ไร้สาย ใช้บลูทูธ (Bluetooth) ในการเชื่อมต่อกับเครื่อง Wii โดยจัดเป็นอุปกรณ์ HID (Human Interface Device) คือสามารถส่งข้อมูลเข้าไปและรับข้อมูลออกมาได้ ภายหลังได้มีการนำอุปกรณ์นี้มาใช้ประโยชน์หลากหลายโดยเชื่อมต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ที่มีบลูทูธ แสดงดังรูปที่ 2.11

รูปที่ 2.11 แสดงลักษณะของWii remote

ส่วนประกอบหลักประกอบด้วย ตัววัดความเร่ง (accelerometer) กล้องอินฟาเรด ปุ่มที่ใช้ในการควบคุม ลำโพงและหลอดแอลอีดี (LED) จำนวน 4 หลอดสำหรับแสดงสถานะและการทำงานในโหมดต่าง ๆ ลักษณะภายในดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 แสดงลักษณะภายในของ Wii remote

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากในโครงงานพิเศษนี้นำเพียงกล้องอินฟาเรดที่อยู่ในตัว Wii remote มาใช้งานเป็นหลักจึงขอไม่กล่าวในเนื้อหาส่วนประกอบอื่นของอุปกรณ์ การติดต่อกับอุปกรณ์ผู้เชื่อมต่อต้องทำการเชื่อมต่อด้วยตนเองผ่านบลูทูธ โดยกดปุ่มซิงค์ใต้ฝาครอบแบตเตอรี่ซึ่งคอมพิวเตอร์สามารถตรวจพบอุปกรณ์ได้ภายใน 20 วินาที หรือ สามารถกดปุ่มเลข 1 และ 2 บน Wii remote

2.7.1 โปรโตคอลการเชื่อมต่อ Wii remote

เนื่องจากตัว Wii remote เป็นลักษณะของอุปกรณ์ HID จึงสามารถระบุชนิดข้อมูลที่ต้องการได้รับจากอุปกรณ์โดยการส่งการตั้งค่าสาถานะในโหมดต่างๆ ได้ และยังสามารถระบุรูปแบบของข้อมูลที่ตัวอุปกรณ์ส่งกลับมาได้ โหมดการทำงานต่างๆ แสดงดังรูปที่ 2.13

Direction	Report ID	Payload	Function
Output	0x11	1	LEDs and rumble
Output	0x12	2	Data reporting mode
Output	0x13	1	IR camera enable 1
Output	0x14	1	Speaker enable
Output	0x15	1	Controller status
Output	0x16	21	Write memory and register data
Output	0x17	6	Read memory and register data
Output	0x18	21	Speaker data
Output	0x19	1	Speaker mute
Output	0x1a	1	IR camera enable 2
Input	0x20	6	Status information
Input	0x21	21	Read memory and register data
Input	0x22	4	Write memory and register status
Input	0x30–0x3f	2-21	Data report modes
Input	0x30	2	Data report mode - Buttons only
Input	0x33	17	Data report mode - Buttons, motion-sensing, IR

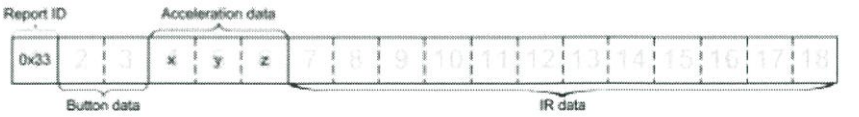
รูปที่ 2.13 แสดงตารางคำสั่งโหมดต่างๆ

นอกจากนี้ Wii remote ยังสามารถตั้งค่าไว้ในตัวอุปกรณ์ได้โดยตรงเนื่องจากมีหน่วยความจำอยู่ภายในอุปกรณ์

2.7.2 การแยกวิเคราะห์ข้อมูลที่ส่งกลับมา (Parsing Returned Data)

เนื่องจากโครงงานพิเศษนี้ต้องการใช้เพียงกล้องอินฟาเรดซึ่งอยู่ในโหมดที่ 0x33 และโหมดการส่งข้อมูล 0x12 โดยโหมด 0x33 ส่งกลับข้อมูลเป็นขนาด 17 ไบต์ประกอบด้วยข้อมูลจากเครื่องวัดความเร่ง 3 ไบต์ ปุ่ม 2 ไบต์ และ จากกล้องอินฟาเรด 12 ไบต์ แสดงดังรูปที่ 2.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

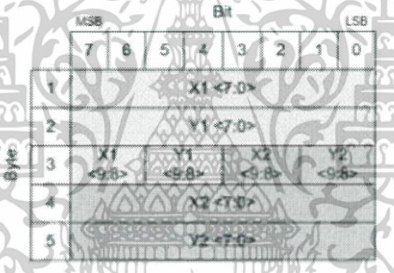


รูปที่ 2.14 แสดงลักษณะของการส่งข้อมูล

อย่างไรก็ตามการกำหนดรูปแบบการรับข้อมูลของกล้องอินฟาเรดไม่ได้ถูกกำหนดโดยโหมดการส่งข้อมูลนี้โดยตรง ต้องเลือกโหมดการถ่ายภาพแบบต่อเนื่องแบบใดแบบหนึ่งจากสามโหมด ประกอบด้วย โหมดพื้นฐาน (Basic mode) โหมดขยาย (Extended mode) และ โหมดเต็มรูปแบบ (Full mode)[9]

2.7.2.1 โหมดพื้นฐาน (Basic mode)

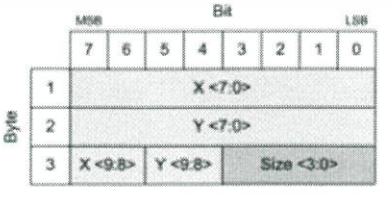
ในโหมดนี้จะส่งข้อมูลกลับขนาด 10 ไบต์เป็นข้อมูลของพิกัด X และ Y ที่ตรวจพบได้ส่งกลับไปเป็นคู่ คู่ละ 5 ไบต์แสดงดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 แสดงลักษณะการส่งข้อมูลในโหมดพื้นฐาน

2.7.2.2 โหมดขยาย (Extended mode)

ในโหมดนี้จะส่งข้อมูลกลับขนาด 12 ไบต์ เป็นข้อมูลของพิกัด X และ Y ที่ตรวจพบได้ และยังมีข้อมูลของขนาดคร่าวๆของอินฟาเรด (Infrared) แบ่งการส่งข้อมูลเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 3 ไบต์ แสดงดังรูปที่ 2.16

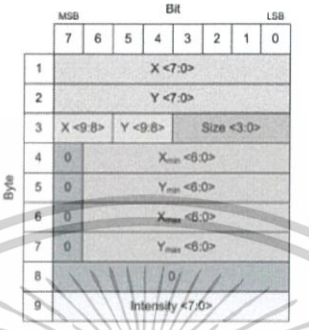


รูปที่ 2.16 แสดงลักษณะการส่งข้อมูลในโหมดขยาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2.3 โหมดเต็มรูปแบบ (Full mode)

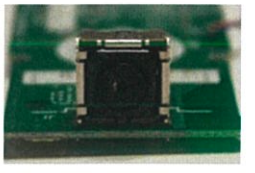
ในโหมดนี้จะส่งข้อมูลกลับขนาด 36 ไบต์ ประกอบด้วย พิกัด X และ Y ขนาดคร่าวๆ ของอินฟาเรด พื้นที่ขนาดพิกเซลของอินฟาเรดและความเข้มของข้อมูลแยกเป็นสองชุดละชุดละ 18 ไบต์แสดงดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 แสดงการส่งข้อมูลในโหมดเต็มรูปแบบ

2.7.3 กล้องอินฟาเรด

กล้องอินฟาเรดในตัว Wii remote เป็นกล้องที่ประกอบด้วยภาพขาวดำขนาด 128*96 พิกเซล พร้อมด้วยการประมวลผลภาพภายในตัว ตัวกล้องมองระยะไกลด้วยตัวกรองแสงอินฟาเรดที่อยู่ภายในรีโหมด การประมวลผลภาพของกล้องสามารถตรวจจับวัตถุเคลื่อนไหวได้สูงสุด 4 จุด และข้อมูลตรงนี้จะถูกส่งไปที่โฮสต์เพียงข้อมูลเดียวเท่านั้น ส่วนข้อมูลที่ไม่ใช่การตรวจจับทั้ง 4 จุด ตัวโฮสต์จะไม่ตรวจจับการเคลื่อนไหว ดังนั้นกล้องจึงไม่สามารถใช้งานแบบกล้องปกติทั่วไปได้สามารถปรับความละเอียดเป็น 1024*768 พิกเซล มีการมองภาพที่มีประสิทธิภาพอยู่ที่ 33 องศาในแนวนอน และ 23 องศาในแนวตั้ง โดยเป็นการวัดแบบหนึ่งหน่วยสามารถตรวจจับได้ถึง 940nm โดยมีความเข้มเป็นสองเท่าของความยาวคลื่น 850 nm แต่กล้องตัวนี้ไม่ให้ผลดีที่ระยะทางใกล้ๆจนเกินไป นอกจากจะเอาตัวกรองออก ตัวกรองในที่นี้ไม่ใช่แค่พลาสติกสีมืดๆแต่เป็นแผ่นเคลือนกระจก dichroic [9] แสดงดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 แสดงลักษณะของกล้องอินฟาเรดใน Wii remote

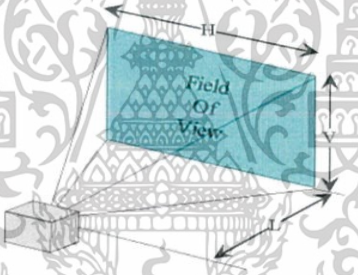
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 การตรวจจับอินฟาเรด (Infrared Detector)

การตรวจจับอินฟาเรดใช้การตรวจจับแบบโฟกัสระนาบ (Focal plane array) คือการใช้การประกอบของตัวตรวจจับเล็กๆที่เรียกว่า พิกเซล ให้เป็นลักษณะของเมทริกซ์ เป็นการสร้างภาพสองมิติจากความยาวคลื่นอินฟาเรด ทำได้จากการแปลงจากสัญญาณจากพิกเซลที่เป็นอนาล็อกแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลเพื่อใช้ในการสร้างภาพ โดยพิเซลในกล้องอินฟาเรดมีความละเอียดตั้งแต่ 160x120 ไปจนถึง 1024x1024 ในการตรวจจับรังสีอินฟาเรดนั้นประสิทธิภาพของการตรวจจับขึ้นอยู่กับค่า2ค่าดังต่อไปนี้

2.8.1.Field OF View (FOV)

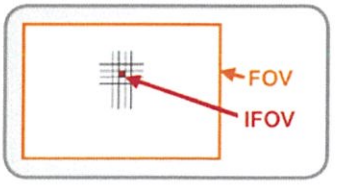
เป็นพารามิเตอร์ที่ขึ้นอยู่กับเลนส์กล้องและระนาบโฟกัสและจะแสดงให้เห็นในมุมมองขององศาเช่น 35.5*28.7 หรือ 18.2*14.6 สำหรับระยะมุมมองที่กำหนดขึ้นจะถูกทำให้เห็นขนาดในพื้นที่ทั้งหมดที่เราสามารถมองเห็นโดยกล้องแสดงดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 แสดงลักษณะของFOV

2.8.2 Instantaneous Field of View (IFOV)

เป็นหน่วยย่อย ซึ่งแสดงถึงพื้นที่ที่เล็กที่สุดของขอบเขตการมองเห็น โดยค่า IFOV เป็นค่าที่แสดงความสัมพันธ์กับค่าความละเอียด หากค่า IFOV มีค่าสูงภาพถ่ายจะมีลักษณะไม่ละเอียดนั่นคือภาพได้มาจากของพื้นที่ที่ใหญ่ขึ้นแสดงดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 แสดงลักษณะของ IFOV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 การประมวลผลภาพ

การถ่ายภาพจากกล้องดิจิตอล หากพิจารณาในรูปแบบเดียวกับคอมพิวเตอร์ นั่นก็คือจุดสีหลายๆ จุดที่นำมาเรียงต่อกันหรือที่เรียกว่า “พิกเซล (pixel)” จนสามารถบอกได้ว่าภาพนี้ คือภาพอะไร รวมถึงสามารถรับรู้และเข้าใจว่าแค่เป็นจุดสีหลายๆ จุดที่เรียงต่อกันในความสัมพันธ์ระหว่างจุดที่เหมาะสม

2.9.1 ความหมายของการประมวลผลภาพดิจิตอล

การประมวลผลภาพ หมายถึง การเรียกใช้ขั้นตอนหรือกรรมวิธีใด ๆ มากระทำกับภาพ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงคุณภาพของภาพ ให้ได้ภาพใหม่ที่มีคุณสมบัติตามต้องการ เช่น ความคมชัดหรือการประหยัดพื้นที่ในการเก็บข้อมูลและใช้ในการประมวลผลระดับสูง โดยทั่วไปแล้ววัตถุประสงค์ของการประมวลภาพคือ

การประมวลผลภาพ (Image Processing) คือ การนำภาพมาประมวลผลหรือคิดคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เราต้องการทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพ โดยมีขั้นตอนที่สำคัญ คือ การทำให้ภาพคมชัด การจำกัดสัญญาณรบกวนออกจากภาพ นำส่วนที่เราสนใจออกมาจากภาพเพื่อนำไปประมวลผลหาข้อมูลเชิงปริมาณ เช่น ขนาด รูปร่างและสีสันของวัตถุในภาพ จากนั้นสามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์และสร้างระบบเพื่อใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ โดยมีกระบวนการดังรูปที่ 2.21

รูปที่ 2.21 แสดงกระบวนการการประมวลผลภาพ

การประมวลผลภาพด้วยคอมพิวเตอร์ สามารถทำได้โดยนำภาพที่ได้จากล้องหรือจากหน่วยความจำต่าง ๆ ซึ่งเป็นสัญญาณอนาล็อก แล้วนำมาแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลที่มีลักษณะเชิงตัวเลข 0 หรือ 1 ที่สามารถใช้รูปแบบทางคณิตศาสตร์มาช่วยในคำนวณและการประมวลผลข้อมูลภาพด้วยคอมพิวเตอร์ได้ต่อไป[11]

2.9.2 รูปภาพ

สามารถแบ่งตามวิธีการบันทึก 2 ชนิดหลักๆ ดังนี้

1.รูปภาพแบบเวกเตอร์ (vector Image)

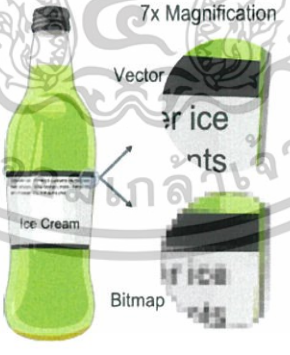
เป็นรูปภาพที่ไม่ขึ้นกับความละเอียดภาพเนื่องจากภาพชนิดนี้ถูกสร้างขึ้นจากสมการเส้นต่าง ๆ ภาพประเภทนี้ไม่ว่าทำการปรับขนาดรูปอย่างไร ก็ยังคงสามารถรักษาความละเอียดและความคมชัดไว้ได้เหมือนเดิมโดยไม่ผิดเพี้ยน เนื่องจากภาพแบบเวกเตอร์นั้นประกอบขึ้นจากเส้นตรง เส้นโค้ง รูปทรงต่าง ๆ ภาพที่ได้สร้างขึ้นจากคำสั่งที่บอกถึงลักษณะของภาพในรูปแบบเรขาคณิตด้วยสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางคณิตศาสตร์ ดั้งนั้นโปรแกรมที่ใช้ในการประมวลรูปภาพต้องนำสมการต่าง ๆ ที่บันทึกไว้มาคำนวณและสร้างรูปทรงของภาพขึ้นมาใหม่ จุดเด่นของภาพแบบนี้ คือ ไม่ว่าทำการปรับขนาดของรูปเท่าไรคอมพิวเตอร์วิเคราะห์สมการต่าง ๆ ใหม่ทุกครั้ง ทำให้ภาพที่ได้มีความคมชัด ภาพเวกเตอร์จึงเหมาะสมกับงานที่มีความแม่นยำและต้องการความละเอียดสูง เช่น การสร้างโลโก้ การสร้างภาพสามมิติ การสร้างแบบร่างทางวิศวกรรม เมื่อทำการย่อขยายรูปภาพลักษณะดังกล่าวคอมพิวเตอร์ทำการคำนวณรูปภาพใหม่ ให้มีความคมชัดอยู่เสมอ

2.รูปภาพแบบบิตแม็พ (Bitmap image)

สามารถเรียกอีกอย่างได้ว่าภาพแบบราสเตอร์ (Raster image) เป็นจุดที่รูปภาพที่เกิดจากจุดเล็กๆ ที่เรียกว่า พิกเซลจำนวนมากที่เรียงต่อกันเป็นภาพภาพหนึ่งดังรูปที่ 2.22 เช่น การแสดงป้ายสีแปลอักษรบนอัฒจันทร์ ภาพแบบบิตแม็พนี้จะมีจำนวนจุดเล็ก ๆ เป็นจำนวนมาก ดั้งนั้นตาของมนุษย์ไม่สามารถมองเห็นและแยกแยะรายละเอียดส่วนย่อยเล็ก ๆ นั่นได้ แต่เมื่อทำการขยายภาพทำให้เกิดภาพในลักษณะเป็นตาราง ยิ่งขยายมากเท่าไร ตารางสี่เหลี่ยม ก็มีขนาดใหญ่ขึ้นจนทำให้เห็นจุดของภาพหรือพิกเซลจึงมีผลทำให้ไม่สามารถบอกได้ว่าภาพนั้นเป็นภาพอะไร เนื่องมาจากภาพแบบบิตแม็พมีจำนวนพิกเซลคงที่ จึงทำให้มีข้อจำกัดในเรื่องการขยายขนาดของภาพ การเปลี่ยนขนาดของภาพทำได้โดยการเพิ่มหรือลดจำนวนพิกเซลจากเดิมที่มีอยู่ เมื่อขยายภาพให้มีขนาดใหญ่ขึ้นความละเอียดของภาพจึงลดลง หากถ้าเพิ่มความละเอียดมากขึ้นทำให้ไฟล์มีขนาดใหญ่และเปลืองเนื้อที่หน่วยความจำมากขึ้นตามไปด้วย ภาพที่ขยายที่มีขนาดใหญ่ขึ้นนั้นมองเห็นเป็นตารางสี่เหลี่ยมเรียงต่อกันเป็นไฟล์ภาพแบบบิตแม็พในระบบวินโดวส์ได้แก่ ไฟล์ที่มีนามสกุล .bmp .pcx .tif .jpg .msp และ .pcd เป็นต้น



รูปที่ 2.22 ตัวอย่างภาพขยายแบบเวกเตอร์และภาพขยายแบบบิตแม็พ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.3 ความหมายของพิกเซลและด็อท (Dot)

พิกเซล คือหน่วยที่เล็กที่สุดของรูปภาพเป็นจุดเล็ก ๆ ที่นำมาร่วมกัน ทำให้เกิดภาพขึ้น ในแต่ละภาพนั้นประกอบไปด้วยพิกเซลหรือจุดมากมาย ซึ่งแต่ละภาพที่สร้างขึ้นมีความหนาแน่นของจุดหรือพิกเซลเหล่านี้แตกต่างกันไป ความหนาแน่นของจุดนี้เป็นตัวบอกถึงความละเอียดของภาพ โดยมีหน่วยเป็นพีพีไอ *(Pixel Per Inch : ppi)* คือจำนวนจุดต่อนิ้ว พิกเซลมีความสำคัญต่อการสร้างภาพของคอมพิวเตอร์เป็นอย่างมาก เพราะทุกส่วนของกราฟิก เช่น จุด เส้น แบบลายและสีของภาพนั้นเริ่มจากพิกเซลทั้งสิ้น เมื่อขยายภาพจะเห็นภาพเป็นจุด โดยปกติแล้วภาพที่มีความละเอียดสูงหรือคุณภาพดีควรจะมีค่าความละเอียด 300 x 300 *ppi* ขึ้นไป ความละเอียดคมชัดของภาพนั้น แปรผันตรงกับค่าพีพีไอของภาพ

จุดหรือพิกเซล แต่ละจุดแสดงถึงสมบัติทางสีของภาพ โดยแต่ละจุดเป็นตัวสร้างสีประกอบเป็นภาพรวม ซึ่งอาจจะมีขนาดความเข้มและสีต่างกัน ทำให้เกิดภาพที่มีสีสันต่าง ๆ ของอุปกรณ์แสดงผล (Output Devices) ได้แก่ เครื่องพิมพ์แบบด็อทเมตริกหรือแบบเลเซอร์รวมทั้งจอภาพ ซึ่งเป็นการแสดงผลแบบการรวมกันของพิกเซลออกมาเป็นรูปภาพ (Raster Devices)

ด็อท คือ จุดเล็กที่สุดที่ใช้ในกระบวนการพิมพ์ การสร้างพิกเซลขึ้นมาหนึ่งพิกเซลต้องใช้ด็อทเป็นจำนวนมาก เพื่อทำให้เกิดภาพความเข้มและสีต่าง ๆ กันซึ่งมีหน่วยเป็น ด็อทต่อนิ้ว *(dpi)* โดยทั่วไปมักใช้ระบุถึงความละเอียดของเครื่องสแกนและจอภาพ

2.9.4 ความละเอียดของภาพ (Resolution)

ความละเอียดของภาพเป็นสิ่งที่บอกถึงคุณภาพของภาพนั้น หน่วยที่นิยมใช้บอกถึงความละเอียดของภาพนั้น คือ พิกเซลต่อนิ้ว *(pixel/inch)* เป็นค่าแสดงจำนวนพิกเซลในพื้นที่หนึ่งตารางนิ้ว และยังสามารถคำนวณหาจุดทั้งหมดของภาพได้อีกด้วย

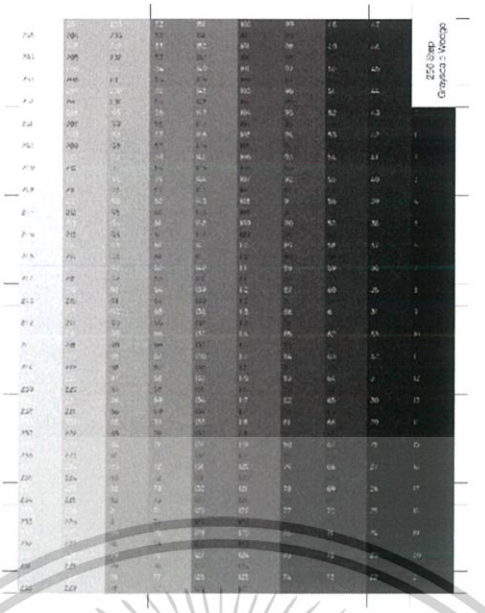
2.9.5 ประเภทของภาพบิตแม็พ

สามารถแบ่งประเภทของภาพบิตแม็พ ตามสมบัติการแสดงผลของสีภาพเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. **ภาพระดับความเข้มเทา** (Intensity image or Gray Scale Image)

ลักษณะของภาพชนิดนี้ ในแต่ละพิกเซลมีค่าความเข้มแสงในแต่ละระดับที่แตกต่างกันไป ตั้งแต่ระดับสีดำไปยังระดับสีขาว สามารถกำหนดระดับความเข้มของแสงนั้น โดยใช้ค่าระดับความเข้มเทา (Gray Scale) โดยทั่วไปภาพแบบระดับสีเทาจะมีค่าระดับความเข้มเทาเท่ากับ 8 บิต ดังนั้นค่าความเข้มแสงถูกแบ่งออกเป็น 256 ระดับ เมื่อค่าระดับความเข้มเทามีค่าเท่ากับ 0 หมายถึงจุดภาพนั้นมีค่าระดับความเข้มเทาของแสงต่ำและทำให้จุดในภาพเป็นสีดำ ในทางกลับกันหากค่าระดับความเข้มเทามีค่า เท่ากับ 255 หมายถึงจุดภาพนั้นมีค่าความเข้มแสงมากทำให้ภาพเป็นสีขาว ซึ่งสีขาวถูกแทนที่ด้วยค่าความเข้มเทา 255 และสีดำถูกแทนค่าด้วยระดับความเข้มเทาเท่ากับ 0 ส่วนค่าระหว่าง 0-255 ก็มีเฉดสีจากดำไปสีขาวนั่นเอง ดังรูปที่ 2.23

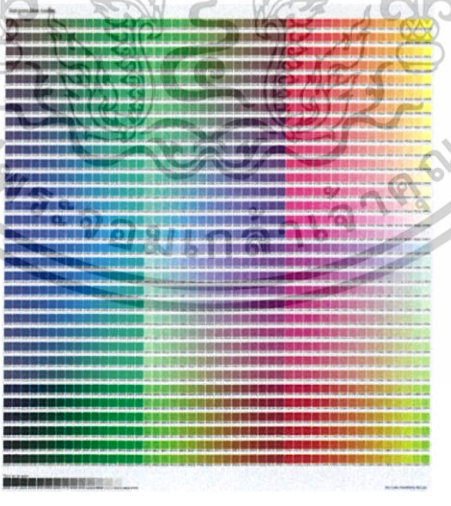
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.23 ระดับความเข้มเทา

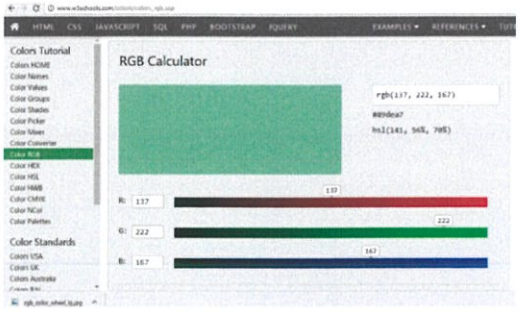
2. ภาพสี (color Image)

ภาพชนิดนี้แต่ละจุดภาพหรือพิกเซลของภาพมีการบันทึกค่าระดับความเข้มของแต่ละแถบแสงของแม่สีหลัก 3 สีที่ซ้อนกันอยู่ คือสีแดง (Red) สีเขียว (Green) และ สีน้ำเงิน (blue) ซึ่งในแต่ละพิกเซลนั้น ๆ แสดงผลของค่าสีของแต่ละพิกเซลตามระดับความเข้มในแต่ละแถบแสง ผลของค่าสีแต่ละพิกเซลตามระดับความเข้มในแต่ละแถบสีนั้น ดังรูปที่ 2.24 ซึ่งเกิดจากการผสมของ RGB โดยสัดส่วน ดังรูปที่ 2.25



รูปที่ 2.24 ระดับความเข้มสี

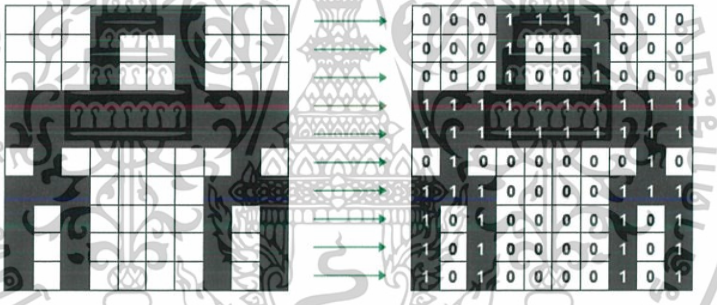
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.25 แสดงตัวอย่างสัดส่วนการผสมสี RGB

3. ภาพไบนารี (Binary Image)

ภาพไบนารีแสดงลักษณะของข้อมูลในรูปแบบขาวดำ กล่าวคือ ในแต่ละภาพถูกแสดงด้วยค่าไบนารี (Binary) คือมี 1 บิต ซึ่งประกอบไปด้วยค่า 1และ 0 โดยที่ 1 หมายถึงจุดภาพสีขาว และ 0 หมายถึง จุดภาพสีดำ ภาพประเภทนี้เหมาะสมกับภาพที่เกี่ยวกับตัวอักษร (Text) ภาพลายนิ้วมือ (Finger Print) ดังรูปที่ 2.26 แสดงตัวอย่างแสดงภาพแบบขาวดำ [10]



รูปที่ 2.26 ภาพไบนารี

2.10 เซ็นเซอร์รับภาพ (Image Sensor)

เป็นโครชิพที่มีความไวแสง ทำหน้าที่เปลี่ยนแสงให้เป็นภาพ ทำได้ด้วยการวัดปริมาณไฟฟ้าที่เกิดขึ้นตามความเข้มแสงนั้น เพื่อให้ได้ข้อมูลในรูปแบบดิจิตอลในที่สุด

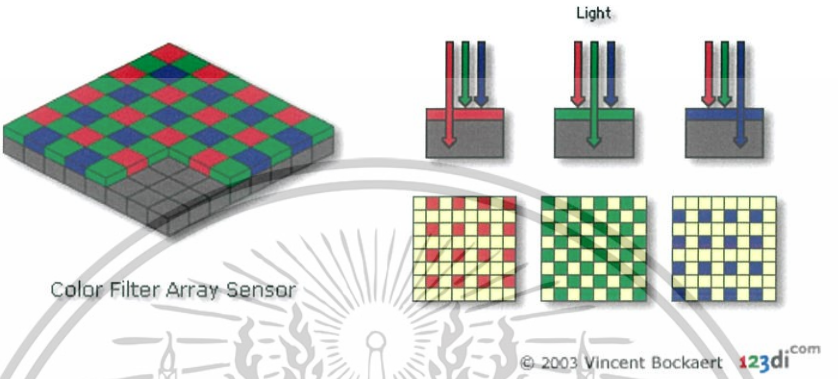
2.10.1 ประเภทของเซ็นเซอร์

ในปัจจุบันมีเซ็นเซอร์รับภาพที่ใช้กันอยู่ 2 ชนิด คือ

1.CCD (Charge Couple Device) การทำงานของ CCD นั้น เมื่อชุดของ CCD รับแสงมาแล้วมีการเปลี่ยนแปลงอนุภาคแสงเป็นประจุไฟฟ้าก่อน ซึ่งได้สัญญาณเป็นแบบ Analog ความสม่ำเสมอของสัญญาณสูง ทำให้คุณภาพออกมาดี หลังจากนั้นจึงส่งต่อไปยังหน่วยประมวลผล ซึ่งการแปลงสัญญาณจาก Analog ไปเป็นสัญญาณ Digital และจัดการเรื่องภาพต่อไป เห็นว่าที่ตัว CCD สามารถรับแสงได้เต็มที่เพราะมีเพียงตัวรับสัญญาณและตัวผ่านสัญญาณเท่านั้น ตามหลักการแล้ว

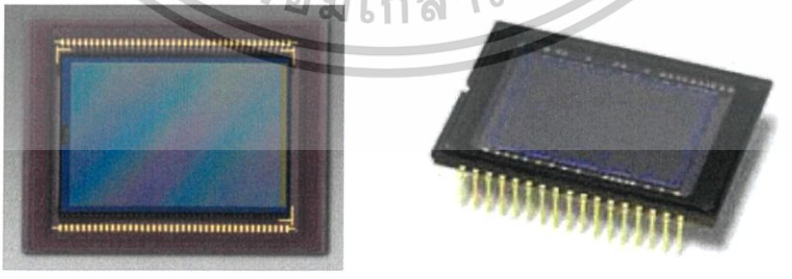
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CCD จึงทำให้คุณภาพภาพที่ดี อย่างไรก็ตามกระบวนการในการนำ CCD ไปใช้ซับซ้อนกว่าเนื่องจากต้องมีแผงวงจรของหน่วยประมวลผลอีกส่วนหนึ่ง นอกจากนี้ยังกินไฟมากกว่าและมีราคาสูงกว่า CMOS ตัวอย่างการรับแสงของ CCD มีฟิลเตอร์แยกเป็น 3 สี คือ แดง เขียวและน้ำเงินโดย CCD แต่ละชุดจะรับเพียงสีเดียว ดังรูปที่ 2.27 ดังนั้นต้องใช้ CCD ชุด แล้วนำค่าสีแต่ละจุดมาผสมกันโดยใช้กระบวนการในกล้องต่อไป



รูปที่ 2.27 แสดงฟิลเตอร์แยก 3 สีของเซนเซอร์แบบ CCD

2. CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) ใช้เทคโนโลยีเดียวกับการทำวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในซีพียูของคอมพิวเตอร์ โดยในแต่และซีพียูของคอมพิวเตอร์ โดยในแต่ละพิกเซลของ CMOS นอกจากประกอบไปด้วยตัวรับแสงแล้วยังมีส่วนที่ซับซ้อนซึ่งใช้ในการประมวลผลและแปลงสัญญาณจาก Analog ให้เป็นสัญญาณ Digital ด้วย จึงทำให้พื้นที่ส่วนรับแสงน้อยลงและความสม่ำเสมอของสัญญาณไม่ค่อยดีนัก



ก) ข)

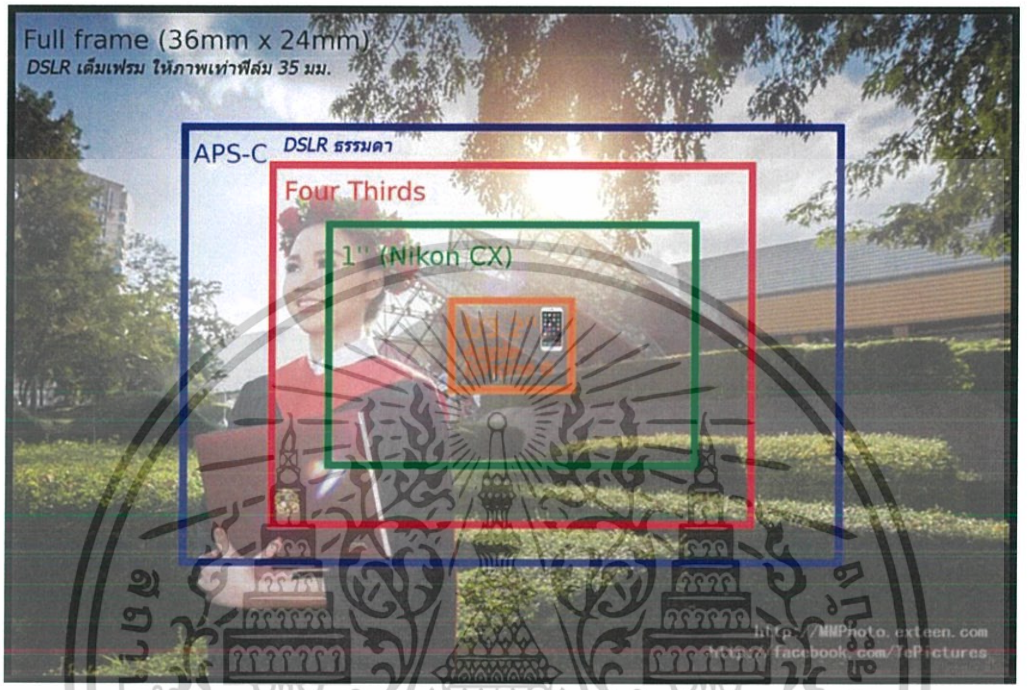
รูปที่ 2.28 ก) เซ็นเซอร์รับภาพชนิด CMOS

ข) เซ็นเซอร์รับภาพชนิด CCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.2 ขนาดของเซ็นเซอร์

ขนาดของเซ็นเซอร์จะเป็นตัวกำหนดคุณภาพ โดยหากมีการใช้เทคโนโลยีการผลิตเดียวกัน จำนวนพิกเซลเท่ากัน ภายในกล้องใช้ Processor และ Software ตัวเดียวกัน กล้องที่มีขนาดของเซ็นเซอร์ใหญ่กว่ามีแนวโน้มได้ภาพที่คุณภาพดีกว่ากล้องที่มีเซนเซอร์ขนาดเล็ก [11]



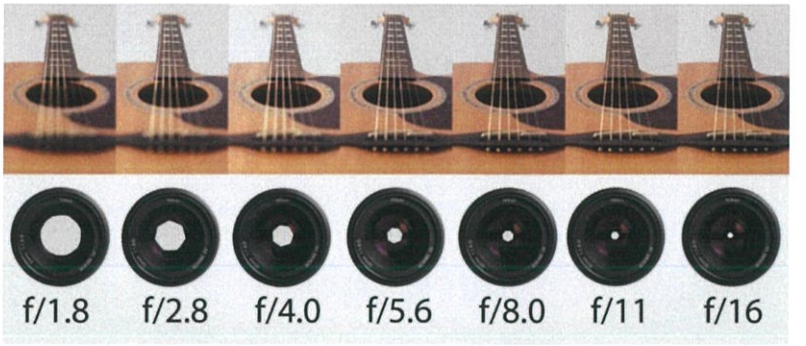
รูปที่ 2.29 แสดงขนาดต่างๆ ของเซ็นเซอร์

จากรูปที่ 2.29 แสดงถึงขนาดของเซ็นเซอร์รับภาพขนาดต่างๆ เปรียบเทียบกับเซ็นเซอร์รับภาพของกล้องฟิล์ม ขนาด 35 มิลลิเมตร โดยขนาดของเซ็นเซอร์มีผลต่อมุมรับภาพที่สามารถถ่ายได้ในกรณีที่ใช้เลนส์ทางยาวโฟกัสเดียวกันถ่าย ดังนั้นภาพที่ถ่ายด้วยกล้องที่มีเซ็นเซอร์ขนาดใหญ่สามารถเก็บภาพมุมกว้างได้กว้างภาพที่ถ่ายด้วยกล้องที่มีเซ็นเซอร์ขนาดเล็กลงมา

2.11 Depth Of Field (DOF)

คือระดับความลึก-ตื้นของภาพที่มองเห็นจากกล้องในระยะการติดตั้งหนึ่งโดยระดับการมองลึกตื้น ขึ้นอยู่กับชนิดของเลนส์ที่ใช้และการเปิดปิดรูรับแสงของเลนส์เป็นหลัก ดังรูปที่ 2.30 แสดงการเปิดรูรับแสงที่ส่งผลต่อระดับความชัดลึก-ตื้นของภาพ โดยการเปิดรูรับแสงกว้างทำให้ได้ภาพชัดตื้น คือมีความชัดเฉพาะจุดที่โฟกัส ในทางกลับกันเมื่อเปิดรูรับแสงแคบทำให้ภาพชัดลึก คือได้ภาพที่ชัดทั้งภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.30 การเปิดรูรับแสงที่มีผลต่อระดับความชัดภาพ

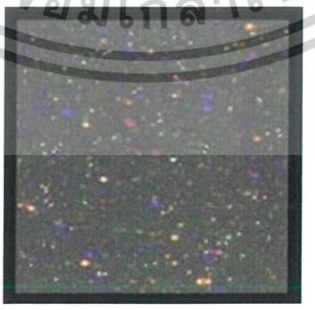
2.12 สัญญาณรบกวน (Noise)

สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นในภาพ ทำให้เห็นความไม่สม่ำเสมอของความสว่างและสี ซึ่งเกิดจากการถ่ายภาพด้วยความไวแสงสูงๆ การใช้ระยะเวลาในการถ่ายภาพนาน ๆ หรืออุณหภูมิและขนาดของเซ็นเซอร์รับภาพอีกด้วย โดยที่กล่าวมานั้น ก็มักเป็นปัจจัยที่ก่อให้เกิดสัญญาณรบกวนได้ทั้งสิ้น [12]

2.12.1 ประเภทของสัญญาณรบกวน

สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นในภาพที่ถ่ายด้วยอุปกรณ์ถ่ายภาพแบบดิจิตอลนั้นมี 3 ประเภทโดยมีสาเหตุการเกิดที่แตกต่างกัน ดังนี้

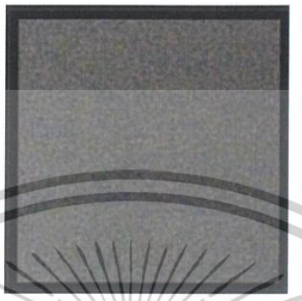
1.Random Noise คือ สัญญาณรบกวนที่ไม่มีรูปแบบเฉพาะ เป็นรูปแบบของสัญญาณที่เกิดขึ้นได้ในทุกช่วงที่ถ่ายภาพ และจะเกิดขึ้นมากขึ้นเมื่อทำการปรับความไวแสงสูงรูปแบบการเกิดสัญญาณรบกวนประเภทนี้ เปลี่ยนไปกับภาพที่ทำการบันทึก แม้ว่าค่าต่าง ๆ ที่ใช้ในการถ่ายไม่มีการเปลี่ยนแปลง ดังรูปที่ 2.31



รูปที่ 2.31 แสดงตัวอย่างสัญญาณรบกวนชนิด Random Noise

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Fixed Pattern Noise คือ สัญญาณรบกวนเฉพาะรูปแบบของสัญญาณที่รวมไปถึง Hot pixel ด้วยและโดยทั่วไปแล้วสัญญาณรบกวนในรูปแบบนี้ปรากฏในภาพที่ใช้เวลาในการบันทึกภาพและถ้ามีอุณหภูมิสูงขึ้นก็ปรากฏสัญญาณรบกวนเพิ่มมากขึ้นด้วย ความแตกต่างจากสัญญาณรบกวนรูปแบบนี้มีรูปแบบเฉพาะในการเกิดและเกิดในตำแหน่งเดิมที่ภาพที่อยู่ภายใต้เงื่อนไขการถ่ายเดียวกัน ดังรูปที่ 2.32



รูปที่ 2.32 แสดงตัวอย่างสัญญาณรบกวนชนิด Fixed Pattern Noise

3.Banding Noise คือ สัญญาณรบกวนแบบแถบเป็นรูปแบบสัญญาณที่เกิดขึ้นมากในการถ่ายภาพแบบดิจิตอล เนื่องจากการอ่านข้อมูลจากเซ็นเซอร์ภาพ พบสัญญาณรบกวนในรูปแบบแถบอย่างชัดเจนเมื่อใช้ความไวแสงสูง หรือ เมื่อมีการปรับความสว่างเพิ่มในพื้นที่เงามืดของภาพด้วยซอฟแวร์ดังรูป 2.33

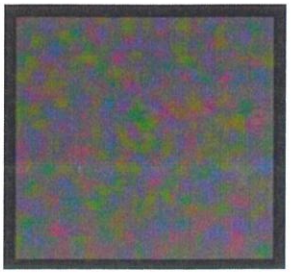
รูปที่ 2.33 แสดงตัวอย่างสัญญาณรบกวนชนิด Banding Noise

2.12.2 ลักษณะของสัญญาณรบกวน

ลักษณะของการเกิดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นในภาพมี 2 ลักษณะ คือ

1. Chrominance Noise คือ สัญญาณรบกวนที่มีเม็ดสีแตกต่างไปจากภาพจริง ซึ่งสามารถพบสัญญาณรบกวนในลักษณะนี้ เมื่อใช้เวลานานในการบันทึกภาพ ดังรูปที่ 2.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.34 แสดงตัวอย่างสัญญาณรบกวนลักษณะ Chrominance Noise

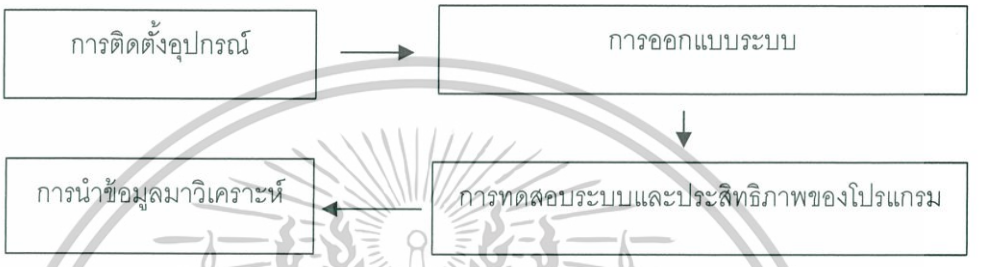
2. Luminance Noise คือสัญญาณรบกวนที่มีความสว่างของพิกเซลไม่เท่ากัน โดยมีลักษณะเป็นสีเทาหรือขาวคล้ายเกรนของฟิล์ม ซึ่งสามารถพบสัญญาณรบกวนในลักษณะนี้เมื่อใช้ความไวแสงสูง ดังรูปที่ 2.35

รูปที่ 2.35 แสดงตัวอย่างสัญญาณรบกวนลักษณะ Luminance Noise

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

ในโครงงานพิเศษนี้แบ่งการดำเนินงานวิจัยออกเป็น 4 ส่วนหลัก ส่วนที่ 1 เป็นการติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบส่วนที่ 2 เป็นการออกแบบระบบ ส่วนที่ 3 เป็นการทดสอบระบบและประสิทธิภาพของโปรแกรม ส่วนที่ 4 เป็นการนำข้อมูลมาวิเคราะห์ดังรูปที่ 3.1



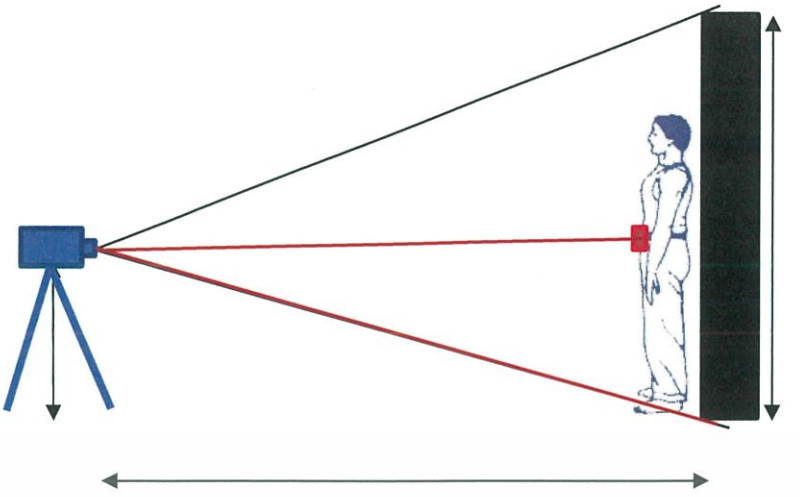
รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะการดำเนินงาน

3.1 การติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

เนื่องจากตัวกล้อง IR Camera ใน Wii remote มีค่ามุมในแนวดิ่งเท่ากับ 23 องศา [8] แสดงในรูป 3.2 ฉะนั้นตำแหน่งในการวาง ระยะทาง และความสูงของกล้องเทียบจากพื้นจึงมีผลต่อค่าที่ได้เป็นอย่างมากเพราะเราต้องคำนึกถึงความสูงจากพื้นถึงเอวเนื่องจากเอวเป็นจุดเป็นศูนย์กลางมวลของร่างกายของผู้ทดสอบและระยะที่เป็นไปได้ที่ผู้ทดสอบจะกระโดดได้ต้องไม่เกินระยะมุมมองของกล้องที่สามารถตรวจจับได้ดังรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.2 แสดงรูปร่างของ Wii remote

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ

ค่า FOV เป็นอีกค่านึงที่คำนึงถึงเป็นอย่างมากเนื่องจากมีผลโดยตรงต่อความละเอียดในการตรวจจับของ Wii remote จึงต้องทำการทดลองเพื่อหาระยะการติดตั้งอุปกรณ์จากผู้ทำการทดลองถึงกล้องที่เหมาะสมที่สุดโดยการทดลองเลื่อนระยะทดลอง 1 เมตร 2 เมตร และ 3 เมตร ตามลำดับ

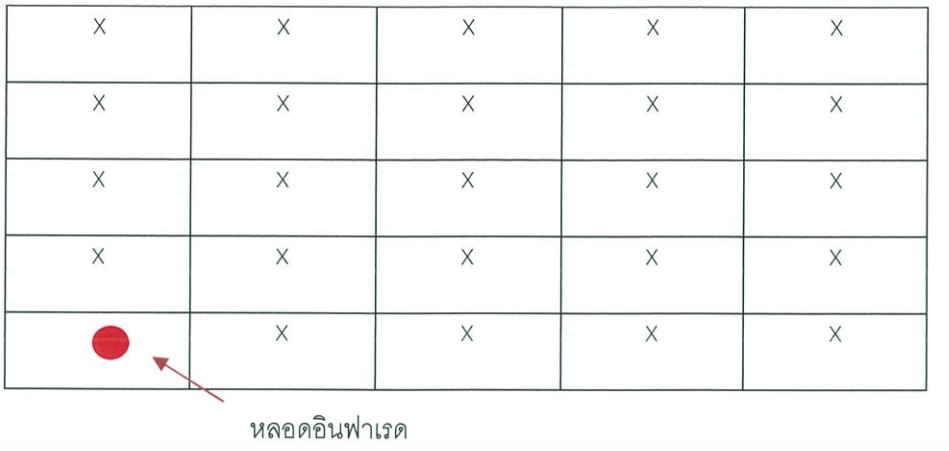
3.2 การออกแบบระบบ

การออกแบบระบบคือ การออกแบบขั้นตอนในการดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลแต่ละส่วนด้วยโปรแกรม LabView แสดงถึงขั้นตอนและวิธีต่างๆ ที่จะนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และแสดงค่าความสูงจากการกระโดด

3.3 การทดสอบระบบ

การทดสอบระบบคือ การทดสอบความแม่นยำของการตรวจจับอินฟาเรดของ Wii remote เพื่อดูถึงประสิทธิภาพในการตรวจจับ โดยได้ออกแบบการทดลองในลักษณะดังรูปที่ 3.4 คือทำการแบ่งพื้นที่บริเวณที่ Wii remote สามารถตรวจจับได้ (FOV) เป็นตารางห้าคูณห้าจากนั้นทำการติดอินฟาเรดบริเวณช่องในตาราง เริ่มจากช่องล่างซ้ายสุดไปยังล่างขวาสุดทีละช่อง ในการติดแต่ละช่องนั้นจะทำการเปิดปิดแหล่งจากอินฟาเรดซ้ำ 15 ครั้ง เพื่อดูความแม่นยำในการตรวจจับ

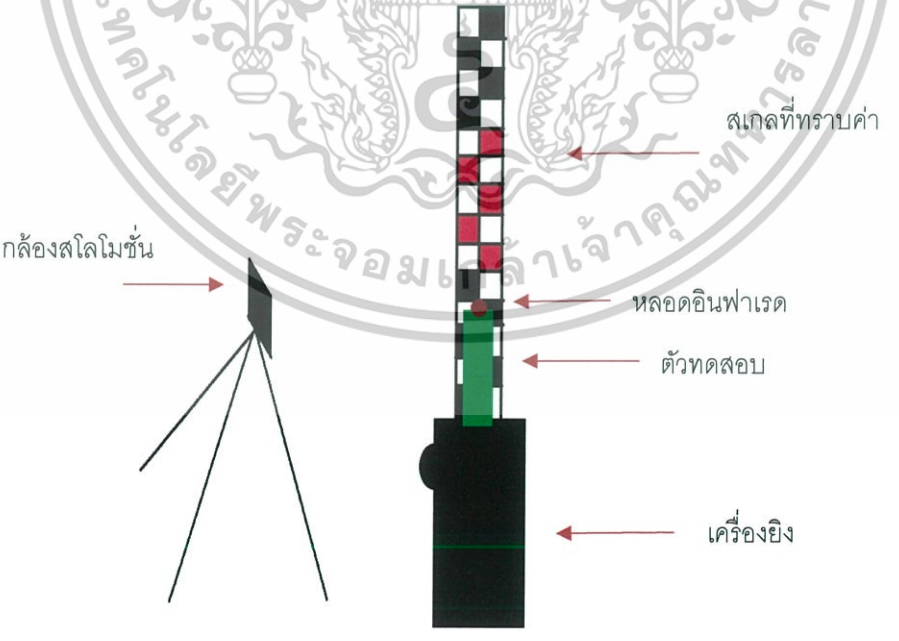
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แสดงถึงการแบ่งพื้นที่ที่ตรวจจับได้ของ Wii remote

3.4 การทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรม

การทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมคือ การทดสอบซ้ำเพื่อดูความเที่ยงตรงและแม่นยำที่ได้จากการคำนวณ โดยได้ทำการออกแบบการทดลองที่สามารถควบคุมระยะความสูงที่ได้ในแนวดิ่งซ้ำได้ การออกแบบการทดลองคือ ใช้เครื่องยิงที่สามารถปรับระดับได้และคงที่ ยิงตัวทดสอบที่ติดหลอดอินฟาเรดขึ้นไปในแนวดิ่งเทียบกับสเกลที่ทราบค่าและใช้กล้องสโลโมชั่นจับภาพเมื่อตัวทดสอบถึงจุดสูงสุดดังรูปที่ 3.5 นำความสูงที่ได้มาเปรียบเทียบกับความสูงที่ได้จากกระคำนวณด้วยโปรแกรม ทำซ้ำแต่ละระดับ 30 ครั้ง



รูปที่ 3.5 แสดงลักษณะของการทดลอง

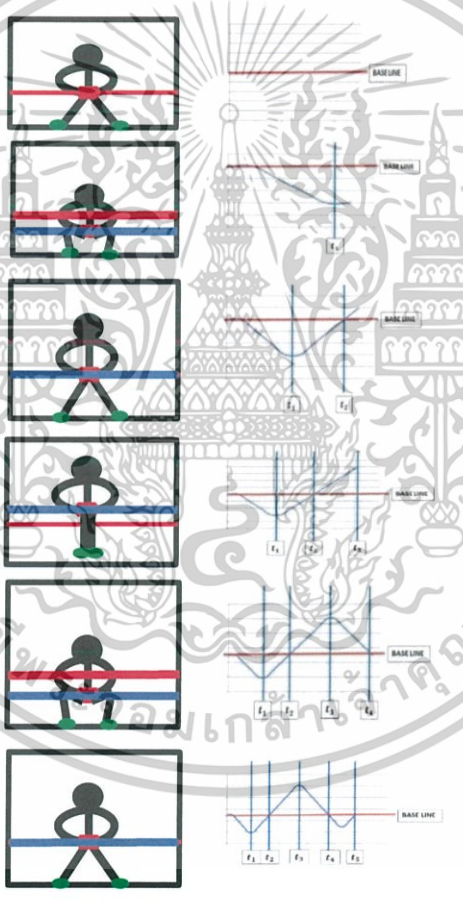
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การนำข้อมูลมาวิเคราะห์

การนำข้อมูลมาวิเคราะห์คือนำค่าที่ได้จากโปรแกรมข้างต้น มาทำการคำนวณวิธีต่างๆ เพื่อหาความสูงการกระโดดได้แก่ วิธีการวิเคราะห์ด้วยวิธีกฎการอนุรักษ์พลังงาน วิธีการวิเคราะห์ด้วยวิธีกฎการเคลื่อนที่ 2 มิติ และ กฎสามเหลี่ยมคล้าย

3.5.1 การวิเคราะห์ความสูงของการกระโดดด้วยกฎการอนุรักษ์พลังงาน

โดยการนำค่าที่ได้มาพรอตกราฟในรูปแบบระยะทางที่เซนเซอร์เคลื่อนที่กับเวลา จากนำช่วงเวลาที่ได้ไปคำนวณหาความสูงจากสมการทางฟิสิกส์ด้วยสมการกฎการอนุรักษ์พลังงาน ลักษณะการเคลื่อนที่เทียบกับกราฟแสดงดังรูป 3.6



รูปที่ 3.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนที่และกราฟที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ด้วยกฎอนุรักษ์พลังงานสามารถคำนวณความสูงจากการกระโดดได้โดยไม่พิจารณาความเร็วต้นในการเคลื่อนที่เนื่องจากเวลาที่ใช้ในการคำนวณคือเวลาทั้งหมดที่เคลื่อนที่ได้จากสมการกฎอนุรักษ์พลังงาน

$$\frac{1}{2}mv_i^2 + mgh_i = \frac{1}{2}mv_f^2 + mgh_f \tag{1}$$

เนื่องจากก่อนทำการกระโดดไม่มีพลังงานศักย์และที่จุดสูงสุดไม่มีพลังงานจลน์

$$\frac{1}{2}mv_i^2 + \cancel{mgh_i} = \cancel{\frac{1}{2}mv_f^2} + mgh_f \tag{2}$$

ได้เป็นสมการที่ (8)

$$\frac{1}{2}mv_i^2 = mgh_f \tag{3}$$

จากสมการการเคลื่อนที่

$$v_f = v_i - g(\Delta t) \tag{4}$$

โดย Δt คือเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการกระโดด

เนื่องความเร็วเริ่มต้นในการกระโดดและความเร็วสุดท้ายในการกระโดดมีค่าเท่ากันแต่ทิศทางตรงกันข้าม

$$v_f = -v_i \tag{5}$$

แทนค่าลงในสมการจะได้

$$v_i = \frac{g(\Delta t)}{2} \tag{6}$$

นำ v_i ที่ได้ไปแทนเพื่อหาความสูงจะได้แทน

$$h = \frac{gt^2}{8} \tag{7}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 การวิเคราะห์ความสูงของการกระโดดโดยวิเคราะห์จากกฎการเคลื่อนที่

การวิเคราะห์ความสูงโดยใช้กฎการเคลื่อนที่สองมิติคือ การนำค่าพิกัดทางแกน Y ที่ 0 และ 1 มาคำนวณหาความเร็วต้นและคำนวณจากสมการการเคลื่อนที่ 2 มิติ เพื่อหาความสูงจากการกระโดดสูตรที่ใช้ในการคำนวณมีดังนี้

$$s = ut - \frac{1}{2}gt^2 \tag{8}$$

เนื่องจากเราจะใช้เวลาเพียงครึ่งเดียว

$$s = \frac{ut}{2} - \frac{1}{2}\frac{gt^2}{4} \tag{9}$$

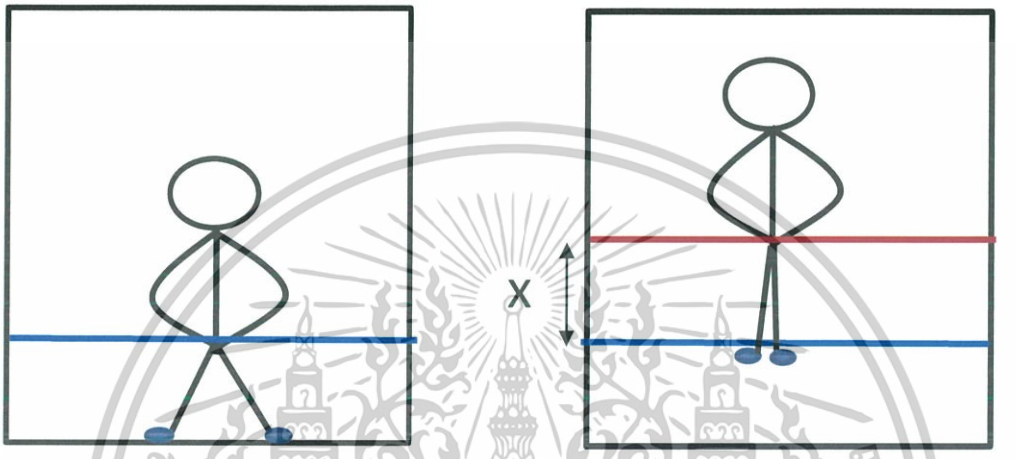
จะได้ความสูงการกระโดด

$$s = \frac{ut}{2} - \frac{gt^2}{8} \tag{10}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3 การวิเคราะห์ความสูงของการกระโดดโดยใช้ผลต่างพิกเซล

การวิเคราะห์จากการหาความแตกต่างพิกเซลเราสามารถหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างระยะทาง (เซนติเมตร) ที่ทราบค่าและค่าพิกเซลที่จุดนั้นเพื่อใช้ในการหาอัตราส่วนระหว่างพิกเซลต่อเซลติเมตรจกาสมการเส้นตรงเมื่อได้ความแตกต่างพิกเซลจากการนำค่าสูงสุดลบกับค่าต่ำสุด สามารถนำมาคำนวณเพื่อหาระยะทางของความสูงในการกระโดดได้ดังรูป 3.7 ก) ข)



รูปที่ 3.7 ก) แสดงลักษณะก่อนทำการกระโดด **รูปที่ 3.7 ข)** แสดงลักษณะขณะทำการกระโดด

เมื่อได้ระยะพิกเซล (X) นำมาคำนวณจากความสัมพันธ์อัตราส่วนระหว่าง พิกเซล ต่อ 1 เซลติเมตร จะได้ความสูงของระยะการกระโดด (H)

จากสมการเส้นตรง

$$y = mx + c \tag{11}$$

จากความสัมพันธ์ข้างต้น y คือค่าความสูงการกระโดด และ x คือระยะพิกเซล m คือความชันที่ได้จากการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลวิจัยและอภิปรายผล

การทดสอบ Wii remote ประกอบไปด้วย 3 ส่วน ส่วนแรกเป็นการทดสอบระยะการติดตั้งอุปกรณ์และระบบ ส่วนที่สองเป็นส่วนที่นำข้อมูลที่ได้จาก Wii remote มาวิเคราะห์ด้วยวิธีต่างๆ ส่วนสุดท้ายเป็นการเปรียบเทียบเพื่อวิเคราะห์ข้อได้เปรียบเสียเปรียบ

4.1 การทดสอบระยะการติดตั้งอุปกรณ์และระบบ

การทดสอบระยะการติดตั้งอุปกรณ์และระบบมีผลอย่างมากในความแม่นยำในการตรวจจับของ Wii remote เนื่องจากบริเวณที่กล้องสามารถตรวจจับนั้นขึ้นกับระยะทางระหว่าง Wii remote ถึงบริเวณที่ทดสอบ จึงต้องมีการทดลองหาระยะทางและตำแหน่งที่เหมาะสมเพื่อประสิทธิภาพสูงสุดในการนำมาวิเคราะห์

4.1.1 การหาระยะการติดตั้งอุปกรณ์

เนื่องจากค่า FOV เป็นสมบัติที่แสดงถึงพื้นที่การมองเห็นวัตถุของกล้องแสดงค่าตามมุมที่กล้องสามารถตรวจจับภาพได้ มีความสัมพันธ์โดยตรงกับระยะทางระหว่าง Wii remote กับบริเวณที่ทดสอบหากระยะทางการวัดมีการเปลี่ยนแปลงจะส่งผลต่อการรับรังสีอินฟราเรด (Infrared) จึงต้องมีการทดลองเพื่อหาระยะที่เหมาะสม โดยค่าที่ทำการทดลองดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะติดตั้งอุปกรณ์กับค่า FOV

ระยะจากหน้ากล้องจนถึงบริเวณฉาก (เมตร)	ค่า FOV (เซนติเมตร x เซนติเมตร)
1	79 x 60
2	143.4 x 109
3	217.5 x 165.5

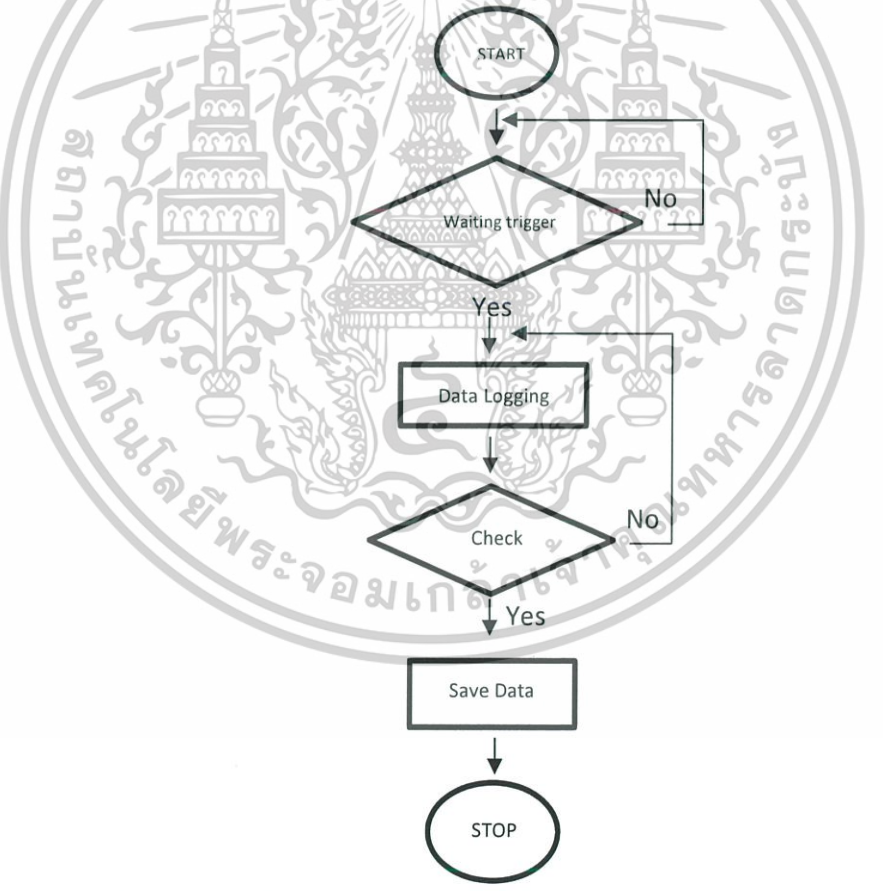
จากการทดลองดังตารางที่ 1 ทำให้ได้ค่าที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการทดสอบคือ ระยะจาก Wii remote ถึงฉากเป็นระยะ สองเมตร เนื่องจากค่า FOV ที่ระยะนี้มีความเหมาะสมมากที่สุดที่จะใช้ในการทดสอบเพราะจากการทดลองในการหาค่า FOV พบว่าในระยะที่ 1 เมตร ค่า FOV ที่ได้ไม่เพียงพอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากได้ค่า 76 เซนติเมตรทางแกน X และ 60 เซนติเมตรทางแกน Y ระยะนี้ไม่เพียงพอต่อการตรวจจับการกระโดดได้ทั้งหมด ถึงแม้ว่าค่าความละเอียดในการตรวจจับมาก ในระยะที่ 3 เมตร พบว่าค่า FOV ที่ได้คือ 217.5 เซนติเมตรทางแกน X และ 165.5 เซนติเมตรทางแกน Y ระยะนี้มากเกินไปในการตรวจจับทำให้ค่าความละเอียดในการตรวจจับน้อยลงดังนั้นระยะการติดตั้งที่ 2 เมตร ที่ค่า FOV 143.4 เซนติเมตรทางแกน X และ 109 เซนติเมตรทางแกน Y จึงเป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดในการติดตั้งอุปกรณ์เพราะระยะเพียงพอในการตรวจจับทำให้ได้ค่าความละเอียดที่สูงที่สุด

4.2 การออกแบบระบบ

การวิเคราะห์และประมวลผลค่าจาก Wii remote ในการวิเคราะห์และประมวลผลค่า ได้ใช้โปรแกรม LabView ในการวิเคราะห์และประมวลผลแบ่งเป็นหกขั้นตอนหลัก โดยรูปแบบของขั้นตอนการวิเคราะห์แสดงดังรูป 4.2



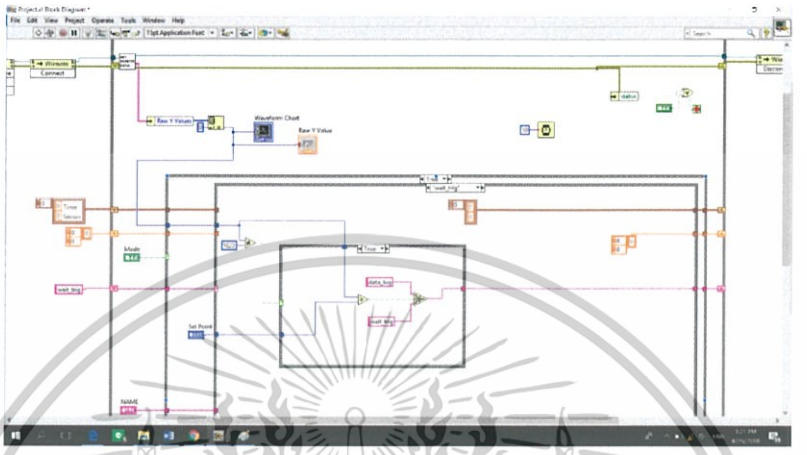
รูปที่ 4.2 แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์และประมวลผลของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 ขั้นตอนการออกแบบระบบ

1. START

ในขั้นตอนนี้ คือ การเริ่มต้นของโปรแกรมเมื่อมีสัญญาณเข้ามาในโปรแกรมโดยสัญญาณที่ใช้ ใช้เพียงค่าพิกัดทางแกน Y ในการวิเคราะห์เท่านั้นดังรูปที่ 4.3

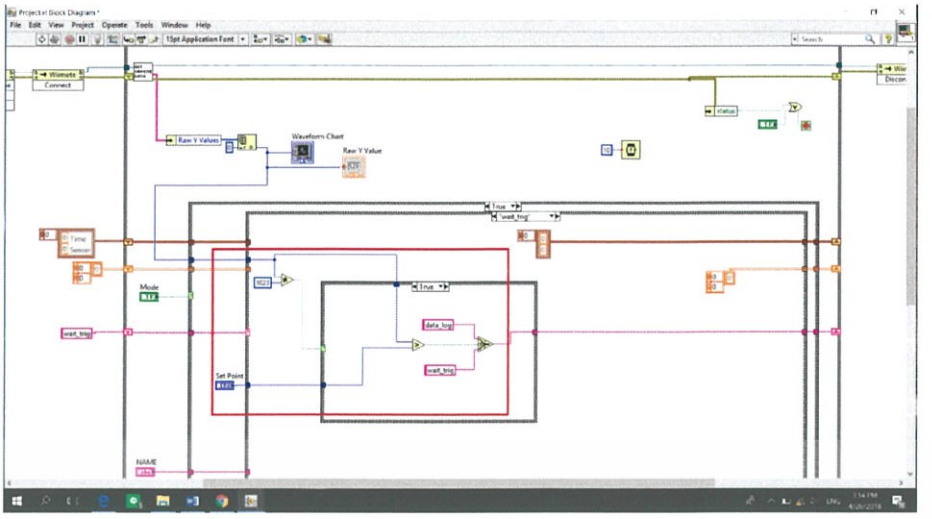


รูปที่ 4.3 แสดงลักษณะโปรแกรม

2. Waiting trigger

ในขั้นตอนนี้ คือ เมื่อมีสัญญาณจาก Wii remote เข้ามา โดยเลือกข้อมูลตำแหน่งทางแกน Y มาใช้งาน ที่ตำแหน่งที่ 0 ในการวิเคราะห์เนื่องจากสัญญาณที่เข้ามานั้นมี 4 ค่าเริ่มจาก 0 ถึง 3 เพราะ Wii remote สามารถจับอินฟาเรดได้ 4 ตำแหน่งในเวลาเดียวกัน จากนั้นนำข้อมูลมาเปรียบเทียบว่าไม่เท่ากับพิกัด 1023 หรือไม่ ซึ่งหากไม่มีสัญญาณการตรวจจับอินฟาเรดเข้ามาจะคงค่าพิกัด 1023 ตลอดเวลาหากตรวจจับอินฟาเรดได้ข้อมูลที่ได้จะแสดงเป็นค่าพิกัดนั้นๆ จึงต้องทำการตั้งเงื่อนไขเพื่อป้องกันความผิดพลาด เมื่อได้สัญญาณตำแหน่งพิกัดแล้วต้องมีการเปรียบเทียบกับค่าพิกัด Set point ถ้ามากกว่าค่าพิกัด Set point ให้ไปยังเงื่อนไขถัดไปคือ Data logging แต่หากน้อยกว่าให้ทำงานซ้ำจนกว่าจะตรงตามเงื่อนไขที่กำหนดแสดงดังรูปที่ 4.4

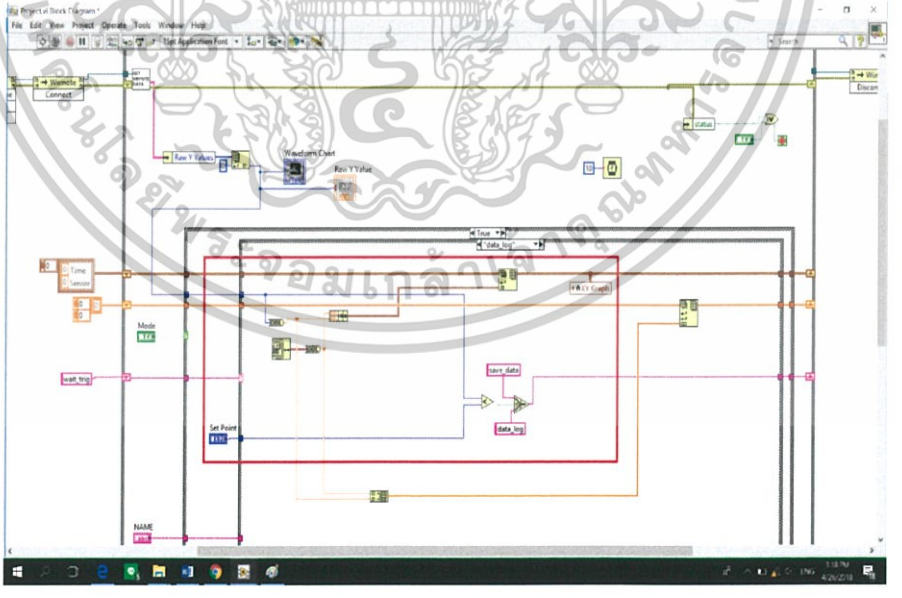
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แสดงส่วนของ Waiting trigger ในโปรแกรม

3. Data logging

ในขั้นตอนนี้ คือ เมื่อสัญญาณพิกัดที่ได้ตรงตามเงื่อนไข Waiting trigger จะถูกส่งเข้ามาในส่วนนี้ ส่วน Data logging นี้จะทำการเก็บข้อมูลไปเรื่อยๆ จนกว่าจะตรงตามเงื่อนไขที่ตั้งไว้ คือ หากข้อมูลน้อยกว่า Set point จะทำการหยุดเก็บค่าและส่งไปยังส่วน save data ต่อไปแต่ถ้ายังไม่ถึงเงื่อนไขก็จะทำการเก็บค่าต่อไปเรื่อยๆ แสดงดังรูปที่ 4.5

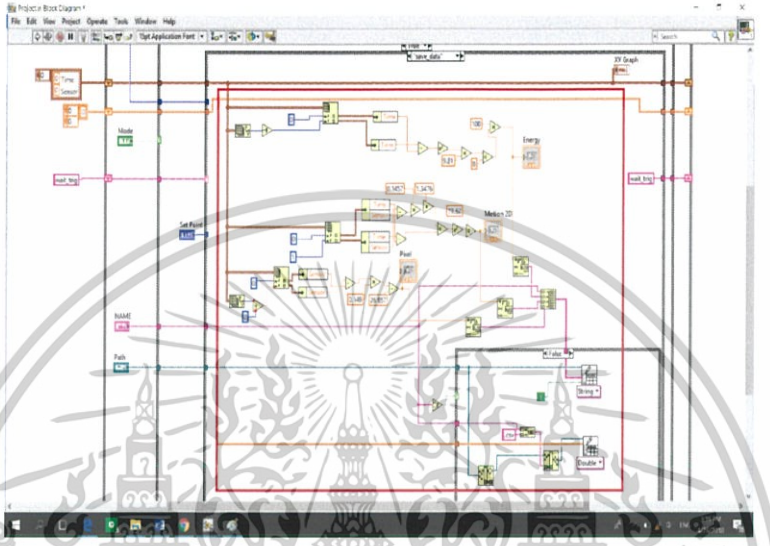


รูปที่ 4.5 แสดงส่วนของ Data logger ในส่วนของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.Save data

ในขั้นตอนนี้ คือ การนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์โดยการคำนวณตามวิธีต่างๆ ที่ได้ออกแบบไว้ และเก็บข้อมูลในรูปแบบของไฟล์ csv และค่าความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและพิกัด ทางแกน Y



รูปที่ 4.5 แสดงส่วนของ Save Data ในโปรแกรม

4.3 การทดสอบระบบ

การทดสอบระบบมีความสำคัญเป็นอย่างมากอีกอย่างนึง เนื่องจากการจะนำค่าที่ได้จาก Wii remote มาวิเคราะห์ต้องอาศัยค่าที่แม่นยำในการตรวจจับจึงต่องมีการทดสอบระบบโดยการทดลองตรวจสอบค่าที่ได้ในจุดเดิมซ้ำๆ เพื่อทดสอบความแม่นยำของระบบ การออกแบบการทดสอบระบบได้ทำการจำลองระยะที่ Wii remote สามารถตรวจจับได้เป็นตารางห้าคูณห้าดังรูป 4.6 จากนั้นทำการทดลองโดยการติดแหล่งจ่ายอินฟาเรดในระยะที่กำหนด ทำการเปิดปิดแหล่งจ่ายอินฟาเรดเป็นจำนวนสิบห้าครั้งเพื่อดูพิกัดที่เกิดการเปลี่ยนแปลง โดยดูค่าพิกัดที่ได้จากโปรแกรมที่ตรวจจับได้ กำหนดการเปลี่ยนแปลงทางแกน X เริ่มต้นที่พิกัด 100 พิกเซลเพิ่มพิกัดทีละ 200 พิกเซล และ แกน Y เริ่มต้นที่พิกัด 100 พิกเซล เพิ่มพิกัดทีละ 100 พิกเซลโดยการทดลองจะทำการทดสอบค่าไปในลักษณะทางแนวนอนได้ผลดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

X1Y5	X2Y5	X3Y5	X4Y5	X5Y5
X1Y4	X2Y4	X3Y4	X4Y4	X5Y4
X1Y3	X2Y3	X3Y3	X4Y3	X5Y3
X1Y2	X2Y2	X3Y2	X4Y2	X5Y2
X1Y1	X2Y1	X3Y1	X4Y1	X5Y1

รูปที่ 4.6 แสดงลักษณะการออกแบบเพื่อทดสอบระบบ

ตารางที่ 2 แสดงค่าพิกัดที่ได้ในการทดสอบ

จำนวนครั้ง	Y1	X1	Y1	X2	Y1	X3	Y1	X4	Y1	X5
1	98	98	101	303	99	501	102	702	104	901
2	97	97	101	303	99	500	101	700	104	901
3	97	97	101	303	100	500	101	700	104	901
4	97	97	101	303	101	500	101	701	104	901
5	98	98	101	303	101	500	101	700	104	901
6	98	97	101	303	100	500	101	700	104	901
7	97	97	101	303	99	500	101	701	103	900
8	97	97	101	303	98	500	100	700	103	901
9	97	97	101	303	98	500	102	701	104	901
10	97	97	101	303	98	500	101	700	103	901
11	97	97	101	303	98	500	101	700	104	901
12	97	97	101	303	98	500	101	700	104	900
13	97	97	101	303	99	500	101	701	104	901
14	98	97	101	303	98	500	100	700	104	901
15	97	97	101	303	98	500	100	701	104	901

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.7 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าพิกัดทางแกน Y1 และแกน X ในทางแกนนอน

ตารางที่ 3 แสดงค่าพิกัดที่ได้ในการทดสอบ

จำนวนครั้ง	Y2	X1	Y2	X2	Y2	X3	Y2	X4	Y2	X5
1	200	98	199	303	198	501	207	702	204	901
2	200	97	198	303	198	500	207	700	204	901
3	200	97	199	303	198	500	208	700	204	901
4	200	97	198	303	198	500	207	701	204	901
5	200	98	198	303	198	500	208	700	204	901
6	200	97	198	303	198	500	205	700	204	901
7	200	97	198	303	198	500	205	701	204	900
8	200	97	198	303	198	500	206	700	204	901
9	200	97	198	303	198	500	205	701	204	901
10	200	97	198	303	198	500	206	700	204	901
11	200	97	198	303	198	500	206	700	204	901
12	200	97	198	303	198	500	206	700	204	900
13	200	97	198	303	198	500	206	701	204	901
14	200	97	198	303	198	500	206	700	204	901
15	200	97	198	303	198	500	206	701	204	901

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.8 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าพิกัดทางแกน Y2 และแกน X ในทางแกนนอน

ตารางที่ 4 แสดงค่าพิกัดที่ได้จากการทดสอบ

จำนวนครั้ง	Y3	X1	Y3	X2	Y3	X3	Y3	X4	Y3	X5
1	296	98	299	303	302	501	299	702	303	901
2	296	97	289	303	300	500	299	700	302	901
3	296	97	302	303	301	500	299	700	303	901
4	296	97	303	303	301	500	299	701	303	901
5	296	98	303	303	300	500	299	700	303	901
6	297	97	302	303	300	500	300	700	303	901
7	297	97	302	303	300	500	299	701	303	900
8	297	97	302	303	299	500	299	700	303	901
9	296	97	302	303	300	500	299	701	302	901
10	296	97	302	303	301	500	299	700	302	901
11	296	97	302	303	300	500	299	700	302	901
12	296	97	302	303	300	500	299	700	302	900
13	296	97	302	303	301	500	299	701	302	901
14	296	97	302	303	301	500	299	700	302	901
15	296	97	302	303	300	500	299	701	302	901

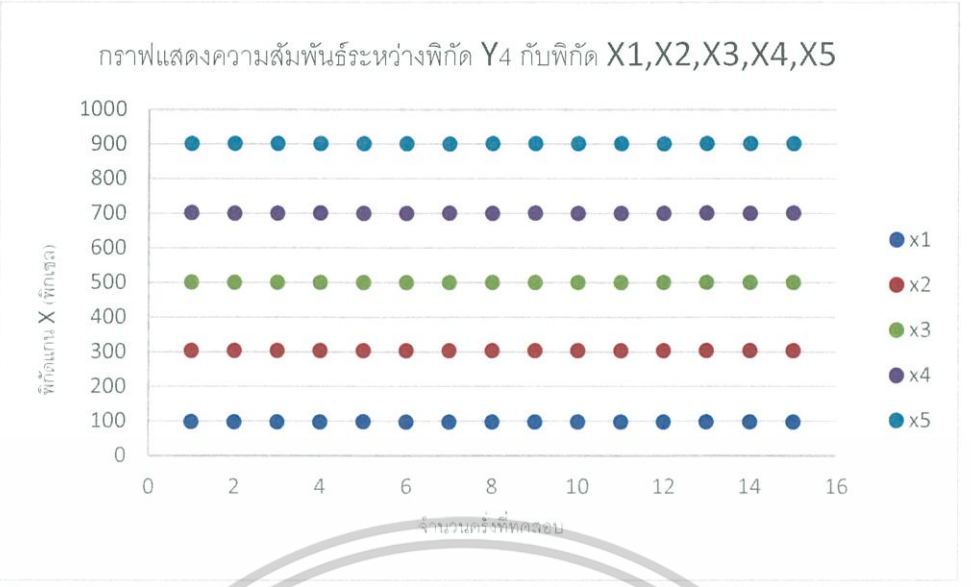
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.9 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าพิกัดทางแกน Y3 และแกน X ในทางแกนนอน

ตารางที่ 5 แสดงค่าพิกัดที่ได้จากการทดสอบ

จำนวนครั้ง	Y4	X1	Y4	X2	Y4	X3	Y4	X4	Y4	X5
1	397	98	397	303	501	501	403	702	399	901
2	397	97	396	303	499	500	403	700	399	901
3	398	97	395	303	499	500	403	700	399	901
4	397	97	395	303	499	500	403	701	399	901
5	397	98	395	303	499	500	403	700	399	901
6	397	97	395	303	499	500	403	700	399	901
7	397	97	395	303	499	500	404	701	399	900
8	397	97	394	303	499	500	403	700	399	901
9	397	97	395	303	500	500	403	701	399	901
10	397	97	395	303	500	500	403	700	399	901
11	397	97	395	303	500	500	403	700	399	901
12	397	97	395	303	500	500	403	700	399	900
13	397	97	395	303	500	500	404	701	399	901
14	397	97	395	303	500	500	404	700	399	901
15	397	97	395	303	500	500	404	701	399	901

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

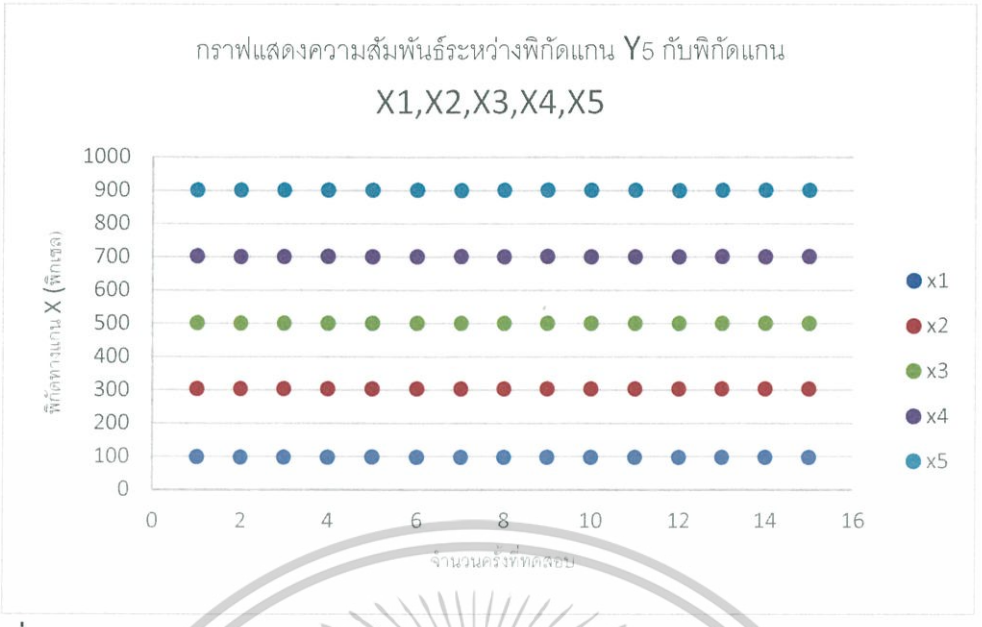


รูปที่ 4.10 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าพิกัดทางแกน Y4 และแกน X ในทางแกนนอน

ตารางที่ 6 แสดงค่าพิกัดที่ได้จากการทดสอบ

จำนวนครั้ง	Y5	X1	Y5	X2	Y5	X3	Y5	X4	Y5	X5
1	501	98	500	303	601	501	504	702	501	901
2	499	97	500	303	600	500	505	700	501	901
3	499	97	499	303	599	500	504	700	501	901
4	499	97	500	303	599	500	505	701	501	901
5	499	98	500	303	599	500	505	700	500	901
6	499	97	500	303	599	500	504	700	500	901
7	499	97	499	303	599	500	504	701	500	900
8	499	97	499	303	599	500	504	700	500	901
9	499	97	499	303	600	500	504	701	500	901
10	498	97	499	303	600	500	504	700	500	901
11	498	97	499	303	599	500	503	700	500	901
12	498	97	499	303	599	500	503	700	500	900
13	498	97	499	303	599	500	504	701	500	901
14	498	97	499	303	599	500	504	700	501	901
15	498	97	499	303	599	500	504	701	500	901

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



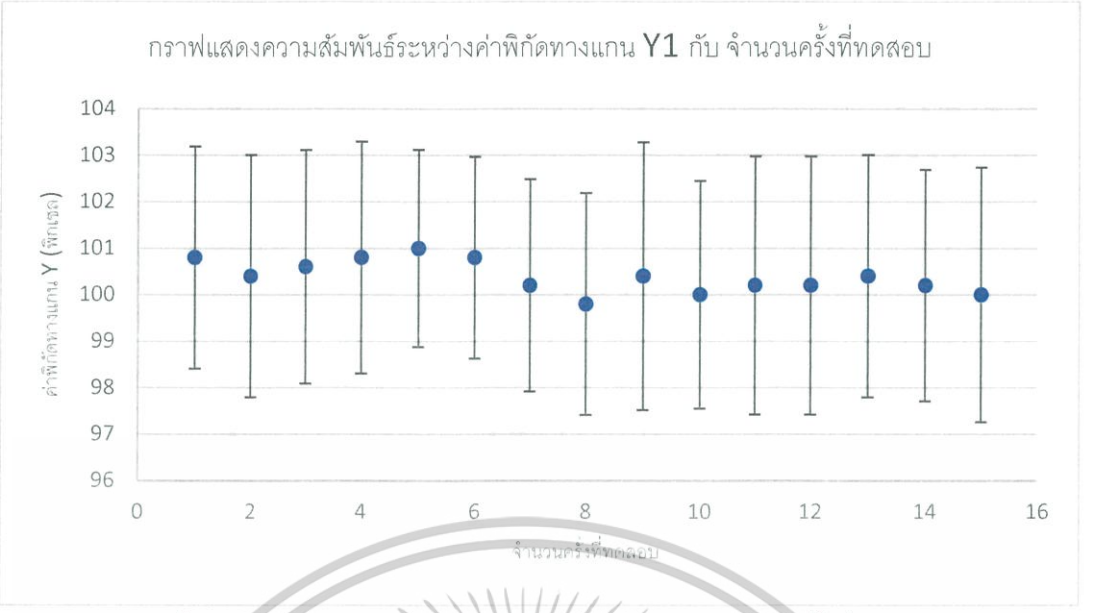
รูปที่ 4.11 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าพิกัดทางแกน Y5 และแกน X ในทางแกนนอน

เนื่องจากโครงงานพิเศษนี้ใช้พิกัดทางแกน Y เป็นหลักจึงทำการทดลองหาค่า ERROR BAR ของข้อมูลของพิกัดทางแกน Y เพื่อดูการกระจายตัวของข้อมูล ได้ผลทดลองดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 7 แสดงค่าพิกัดทางแกน Y1

จำนวนครั้ง	Y1	Y1	Y1	Y1	Y1	avg	SD
1	98	101	99	102	104	100.8	2.38
2	97	101	99	101	104	100.4	2.60
3	97	101	100	101	104	100.6	2.50
4	97	101	101	101	104	100.8	2.48
5	98	101	101	101	104	101	2.12
6	98	101	100	101	104	100.8	2.16
7	97	101	99	101	103	100.2	2.28
8	97	101	98	100	103	99.8	2.38
9	97	101	98	102	104	100.4	2.88
10	97	101	98	101	103	100	2.44
11	97	101	98	101	104	100.2	2.77
12	97	101	98	101	104	100.2	2.77
13	97	101	99	101	104	100.4	2.60
14	98	101	98	100	104	100.2	2.48
15	97	101	98	100	104	100	2.73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

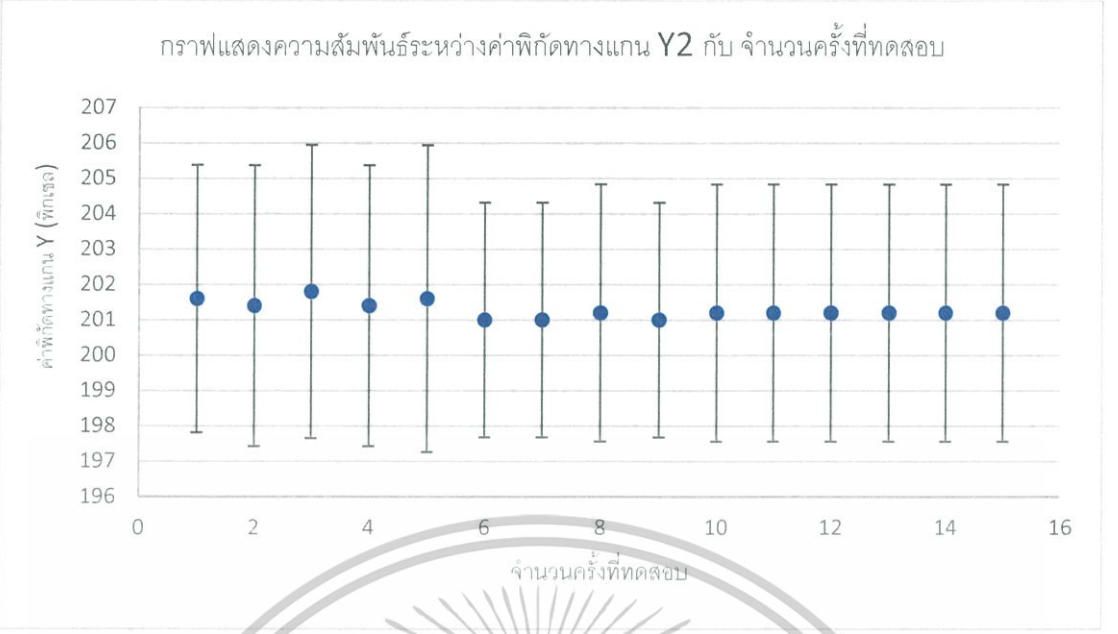


รูปที่ 4.12 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Y1 กับจำนวนครั้งที่ทดสอบ

ตารางที่ 8 แสดงค่าพิกัดทางแกน Y2

จำนวนครั้ง	Y2	Y2	Y2	Y2	Y2	avg	SD
1	200	199	198	207	204	201.6	3.78
2	200	198	198	207	204	201.4	3.97
3	200	199	198	208	204	201.8	4.14
4	200	198	198	207	204	201.4	3.97
5	200	198	198	208	204	201.6	4.33
6	200	198	198	205	204	201	3.31
7	200	198	198	205	204	201	3.31
8	200	198	198	206	204	201.2	3.63
9	200	198	198	205	204	201	3.31
10	200	198	198	206	204	201.2	3.63
11	200	198	198	206	204	201.2	3.63
12	200	198	198	206	204	201.2	3.63
13	200	198	198	206	204	201.2	3.63
14	200	198	198	206	204	201.2	3.63
15	200	198	198	206	204	201.2	3.63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

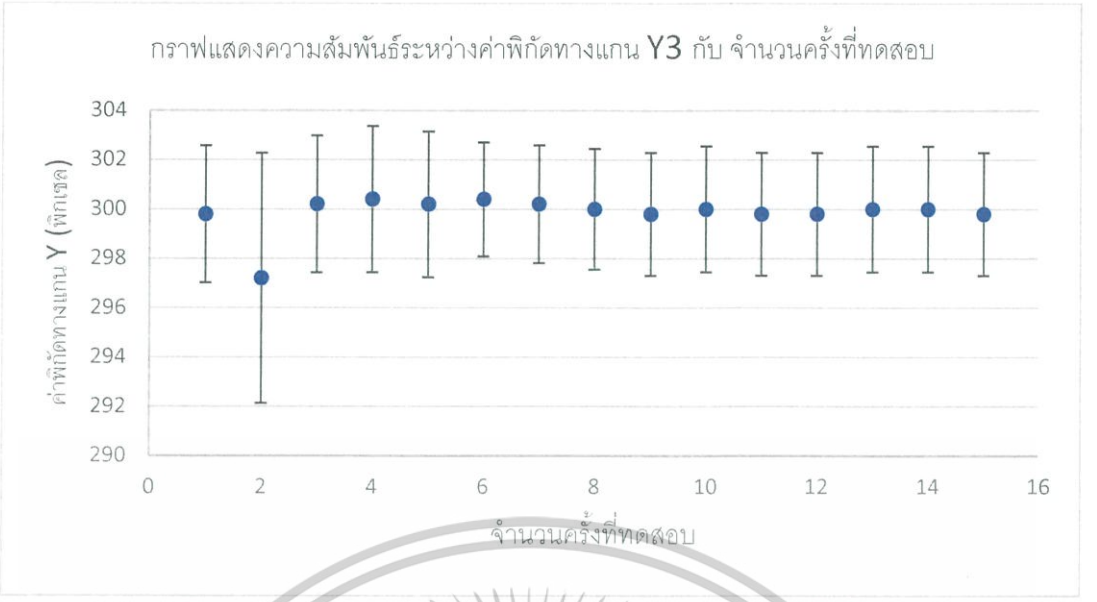


รูปที่ 4.13 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Y2 กับจำนวนครั้งที่ทดสอบ

ตารางที่ 9 แสดงค่าพิกัดทางแกน Y3

จำนวนครั้ง	Y3	Y3	Y3	Y3	Y3	avg	SD
1	296	299	302	299	303	299.8	2.77
2	296	289	300	299	302	297.2	5.06
3	296	302	301	299	303	300.2	2.77
4	296	303	301	299	303	300.4	2.96
5	296	303	300	299	303	300.2	2.94
6	297	302	300	300	303	300.4	2.30
7	297	302	300	299	303	300.2	2.38
8	297	302	299	299	303	300	2.44
9	296	302	300	299	302	299.8	2.48
10	296	302	301	299	302	300	2.54
11	296	302	300	299	302	299.8	2.48
12	296	302	300	299	302	299.8	2.48
13	296	302	301	299	302	300	2.54
14	296	302	301	299	302	300	2.54
15	296	302	300	299	302	299.8	2.48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

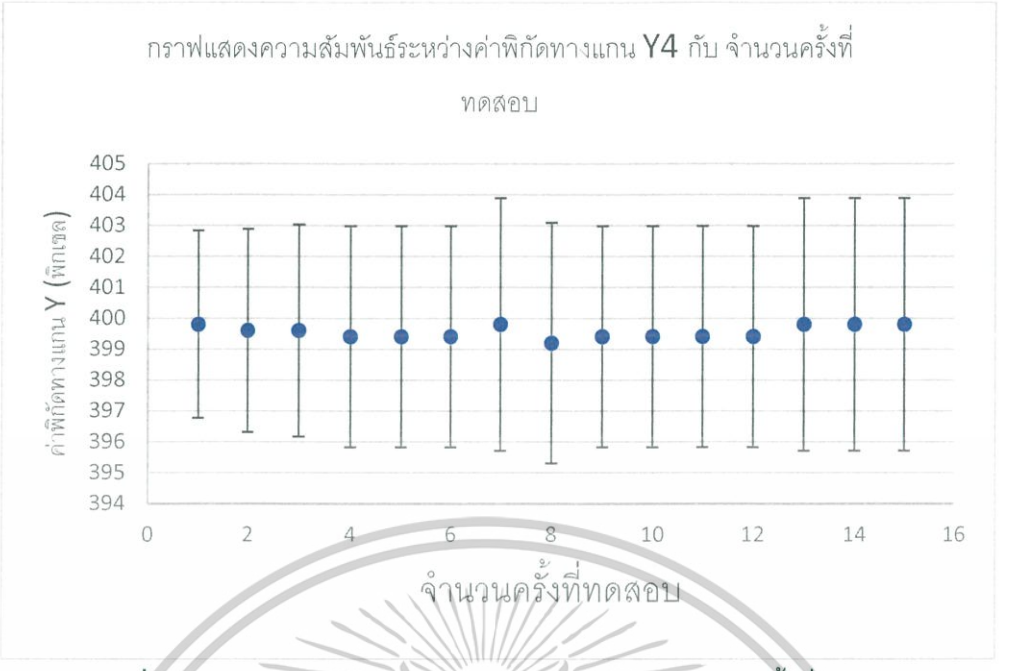


รูปที่ 4.14 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Y3 กับจำนวนครั้งที่ทดสอบ

ตารางที่ 10 แสดงค่าพิกัดทางแกน Y4

จำนวนครั้ง	Y4	Y4	Y4	Y4	Y4	avg	SD
1	397	397	403	403	399	399.8	3.03
2	397	396	403	403	399	399.6	3.28
3	398	395	403	403	399	399.6	3.43
4	397	395	403	403	399	399.4	3.57
5	397	395	403	403	399	399.4	3.57
6	397	395	403	403	399	399.4	3.57
7	397	395	404	404	399	399.8	4.08
8	397	394	403	403	399	399.2	3.89
9	397	395	403	403	399	399.4	3.57
10	397	395	403	403	399	399.4	3.57
11	397	395	403	403	399	399.4	3.57
12	397	395	403	403	399	399.4	3.57
13	397	395	404	404	399	399.8	4.08
14	397	395	404	404	399	399.8	4.08
15	397	395	404	404	399	399.8	4.08

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

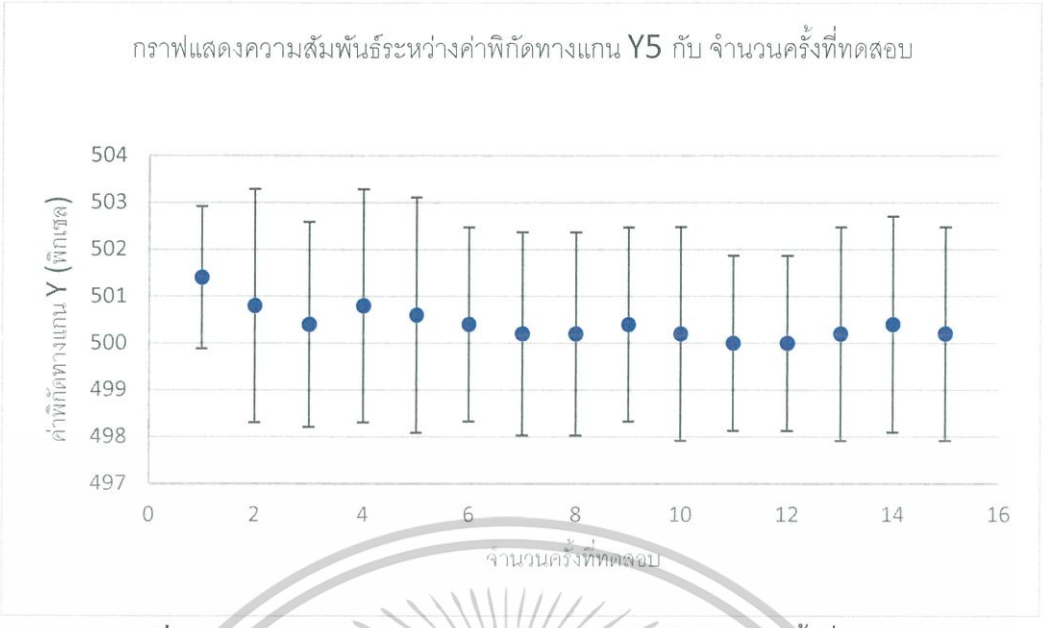


รูปที่ 4.15 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Y4 กับจำนวนครั้งที่ทดสอบ

ตารางที่ 11 แสดงค่าพิกัด Y5

จำนวนครั้ง	Y5	Y5	Y5	Y5	Y5	avg	SD
1	501	500	501	504	501	501.4	1.51
2	499	500	499	505	501	500.8	2.48
3	499	499	499	504	501	500.4	2.19
4	499	500	499	505	501	500.8	2.48
5	499	500	499	505	500	500.6	2.50
6	499	500	499	504	500	500.4	2.07
7	499	499	499	504	500	500.2	2.16
8	499	499	499	504	500	500.2	2.16
9	499	499	500	504	500	500.4	2.07
10	498	499	500	504	500	500.2	2.28
11	498	499	500	503	500	500	1.87
12	498	499	500	503	500	500	1.87
13	498	499	500	504	500	500.2	2.28
14	498	499	500	504	501	500.4	2.30
15	498	499	500	504	500	500.2	2.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Y5 กับจำนวนครั้งที่ทดสอบ

รูปที่ 4.17 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าพิกัดแกน Y กับพิกัดทางแกน X

หลังจากที่ได้ทำการทดสอบระบบสรุปได้ว่าการกระจายตัวของข้อมูลระบบพิกัดมีการกระจายตัวน้อยมากไม่เกิน 1 เซนติเมตร สรุปได้ว่าระบบมีความแม่นยำในการตรวจจับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรม

การทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมคือ การทดสอบซ้ำเพื่อดูความเที่ยงตรงและแม่นยำที่ได้จากการคำนวณ โดยได้ทำการออกแบบการทดลองที่สามารถควบคุมระยะความสูงที่ได้ในแนวดิ่งซ้ำได้ การทดลองดังกล่าวคือ ใช้เครื่องยิงลูกบอลแบบใช้สปริงมาทำการดัดแปลง ส่วนปลายของแท่งทดสอบติดหลอดอินฟาเรดและใช้กล้องสโลโมชั่นถ่ายเพื่อดูค่าความสูงที่ได้ใช้เป็นค่าอ้างอิง แบ่งการทดลองเป็นสามระดับซึ่งแต่ระดับให้ความสูงที่แตกต่างกัน ทำซ้ำสามสิบครั้งในแต่ระดับเพื่อดูความ ความเที่ยงตรงและแม่นยำของค่าที่ได้ โดยรายละเอียดอุปกรณ์มีดังต่อไปนี้

4.4.1 เครื่องยิง

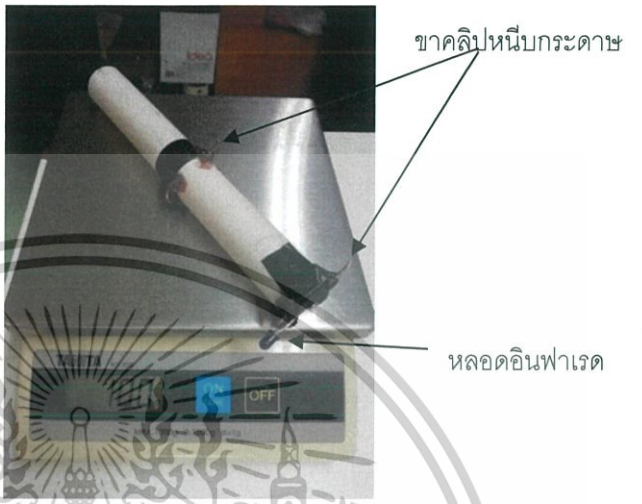
เป็นเครื่องยิงลูกบอลที่ได้มาตรฐาน สามารถปรับระดับความแรงได้สามระดับแสดงดังรูปที่ 4.18 และสามารถปรับมุมองศาในการยิงได้ ในการทดลองนี้ได้ทำการดัดแปลงให้ใส่รางสเกลระยะทางที่ทราบค่าได้ติดลงไปและปรับมุมให้อยู่ในแนวดิ่งดังรูปที่ 4.19 ก) ข)

รูปที่ 4.19 ก) แสดงลักษณะของเครื่องยิง **รูปที่ 4.19 ข)** แสดงตัวบอกระดับความแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 แท่งทดสอบ

แท่งทดสอบได้ดัดแปลงมาจากท่อพีวีซีเจาะใส่ขาคลิปหนีบกระดาษลักษณะเป็นตัวเกี่ยวเข้ากับรางทดสอบเพื่อไม่ให้หลุดออกจากรางเมื่อทำการยิง ด้านบนติดหลอดอินฟาเรดโดยน้ำหนักของแท่งทดสอบอยู่ที่ 100 กรัม มีลักษณะดังรูป 4.20



รูปที่ 4.20 แสดงลักษณะของแท่งทดสอบ

4.4.3 กล้องสโลโมชั่น

กล้องสโลโมชั่นใช้ในการอ่านค่าที่ได้จากตัวแท่งทดสอบเมื่อถึงจุดสูงสุดเทียบกับสเกลระยะที่ติดอยู่ เพื่อนำค่ามาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการคำนวณจากโปรแกรมตัวอย่างดังรูปที่ดังรูปที่ 4.21

รูปที่ 4.21 แสดงลักษณะการอ่านค่าจากกล้องสโลโมชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเริ่มทำการทดสอบลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์จะเป็นดังรูปที่ 4.22 โดยทำการยิงความสูงทีละระดับเริ่มจากน้อยไปมาก และค่าที่ได้จากระดับความแรงแต่ละครั้งจะแสดงดังตารางต่อไปนี้

รูปที่ 4.22 แสดงลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์ในการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12 แสดงค่าความสูงที่ได้จากการทดสอบความสูงระดับหนึ่ง

จำนวนครั้ง	พลังงาน	การเคลื่อนที่	พิกเซล	ค่าอ้างอิง	error energy	error motion	error pixel
1	20	20	19	22	4.76	4.76	7.31
2	19	19	18	21	5.00	5.00	7.69
3	20	20	19	20	0.00	0.00	2.56
4	19	19	19	20	2.56	2.56	2.56
5	20	20	19	19	2.56	2.56	0.00
6	18	18	18	21	7.69	7.69	7.69
7	20	20	19	21	2.43	2.43	5.00
8	20	20	22	22	4.76	4.76	0.00
9	19	19	19	20	2.56	2.56	2.56
10	20	20	19	20	0.00	0.00	2.56
11	21	21	21	21	0.00	0.00	0.00
12	21	21	21	21	0.00	0.00	0.00
13	18	18	20	22	10.00	10.00	4.76
14	18	18	19	19	2.70	2.70	0.00
15	20	20	19	20	0.00	0.00	2.56
16	19	19	19	20	2.56	2.56	2.56
17	20	20	20	21	2.43	2.43	2.43
18	19	19	21	22	7.31	7.31	2.32
19	19	19	21	22	7.31	7.31	2.32
20	19	19	20	20	2.56	2.56	0.00
21	20	20	20	21	2.43	2.43	2.43
22	19	19	20	21	5.00	5.00	2.43
23	20	20	19	20	0.00	0.00	2.56
24	21	21	19	19	5.00	5.00	0.00
25	21	21	20	20	2.43	2.43	0.00
26	20	20	21	22	4.76	4.76	2.32
27	19	19	19	20	2.56	2.56	2.56
28	20	20	19	21	2.43	2.43	5.00
29	18	18	19	20	5.26	5.26	2.56
30	20	20	20	20	0.00	0.00	0.00
เฉลี่ย	19.56	19.56	19.60	20.60	3.23	3.23	2.49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13 แสดงค่าความสูงที่ได้จากการทดสอบความสูงระดับสอง

จำนวนครั้ง	พลังงาน	การเคลื่อนที่	พิกเซล	ค่าอ้างอิง	error energy	error motion	error pixel
1	51	51	51	51	0.00	0.00	0.00
2	49	49	48	50	1.01	1.01	2.04
3	50	50	50	51	0.99	0.99	0.99
4	52	52	50	52	0.00	0.00	1.96
5	52	52	50	52	0.00	0.00	1.96
6	48	48	50	52	4.00	4.00	1.96
7	50	50	51	52	1.96	1.96	0.97
8	50	50	49	51	0.99	0.99	2.00
9	48	48	50	53	4.95	4.95	2.91
10	52	52	50	53	0.95	0.95	2.91
11	49	49	49	52	2.97	2.97	2.97
12	54	54	50	52	1.88	1.88	1.96
13	50	50	50	52	1.96	1.96	1.96
14	48	48	50	52	4.00	4.00	1.96
15	49	49	51	52	2.97	2.97	0.97
16	51	51	52	53	1.92	1.92	0.95
17	54	54	51	53	0.93	0.93	1.92
18	48	48	51	52	4.00	4.00	0.97
19	49	49	52	53	3.92	3.92	0.95
20	52	52	52	53	0.95	0.95	0.95
21	54	54	52	53	0.93	0.93	0.95
22	57	57	51	52	4.58	4.58	0.97
23	49	49	50	52	2.97	2.97	1.96
24	46	46	50	50	4.16	4.16	0.00
25	48	48	50	53	4.95	4.95	2.91
26	50	50	50	52	1.96	1.96	1.96
27	51	51	50	51	0.00	0.00	0.99
28	47	47	53	55	7.84	7.84	1.85
29	49	49	51	51	2.00	2.00	0.00
30	49	49	52	52	2.97	2.97	0.00
เฉลี่ย	50.20	50.20	50.53	52.06	2.42	2.42	1.49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 14 แสดงค่าความสูงที่ได้จากการทดสอบความสูงระดับสาม

จำนวนครั้ง	พลังงาน	การเคลื่อนที่	พิกเซล	ค่าอ้างอิง	error energy	error motion	error pixel
1	58	58	60	63	4.13	4.13	2.43
2	58	58	60	63	4.13	4.13	2.43
3	59	59	61	64	4.06	4.06	2.40
4	56	56	59	62	5.08	5.08	2.47
5	60	60	59	62	1.63	1.63	2.47
6	58	58	60	63	4.13	4.13	2.43
7	58	58	59	62	3.33	3.33	2.47
8	54	54	59	63	7.69	7.69	3.27
9	54	54	58	62	6.89	6.89	3.33
10	58	58	60	62	3.33	3.33	1.63
11	58	58	58	62	3.33	3.33	3.33
12	56	56	59	62	5.08	5.08	2.47
13	57	57	59	62	4.20	4.20	2.47
14	59	59	60	63	3.27	3.27	2.43
15	61	61	59	62	0.81	0.81	2.47
16	55	55	58	61	5.17	5.17	2.52
17	58	58	58	62	3.33	3.33	3.33
18	57	57	58	62	4.20	4.20	3.33
19	55	55	57	60	4.34	4.34	2.56
20	55	55	59	62	5.98	5.98	2.47
21	60	60	59	62	1.63	1.63	2.47
22	57	57	58	61	3.38	3.38	2.52
23	57	57	58	61	3.38	3.38	2.52
24	55	55	58	61	5.17	5.17	2.52
25	55	55	57	60	4.34	4.34	2.56
26	54	54	56	60	5.26	5.26	3.44
27	58	58	57	61	2.52	2.52	3.38
28	54	54	57	61	6.08	6.08	3.38
29	57	57	56	60	2.56	2.56	3.44
30	54	54	57	60	5.26	5.26	2.56
เฉลี่ย	56.83	56.83	58.43	61.7	4.12	4.12	2.72

จากค่าที่ได้จากการทดลองมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในค่าที่รับได้จึงสรุปได้ว่าค่าที่ได้จากการคำนวณถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่รับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์

เมื่อได้รับข้อมูลจาก Wii remote นำมาคำนวณความสูงการกระโดดด้วยวิธีที่แตกต่างกันสามวิธี ได้แก่ การวิเคราะห์โดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงาน การวิเคราะห์โดยใช้ผลต่างพิกเซล และ การวิเคราะห์โดยใช้กฎการเคลื่อนที่ 2 มิติ เปรียบเทียบกับค่าอ้างอิง ค่าอ้างอิงได้จากการกล้องสโลโมชั่นมาวิเคราะห์รูปด้วยโปรแกรมดังรูปที่ 4.23 โดยเก็บค่าทั้งหมดเพศชาย 30 คนแบ่งเป็นนักกีฬาบาสเก็ตบอล 15 คนและคนที่ไม่ใช่นักกีฬา 15 คน กระโดดซ้ำคนละ 15 ครั้ง

รูปที่ 4.23 แสดงลักษณะภาพที่ได้จากวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม

4.5.1 การวิเคราะห์โดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงาน

การใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานคือ นำเวลาตั้งแต่เริ่มกระโดดจนถึงเท้าแตะพื้นนำมาคำนวณหาความสูงการกระโดด เปรียบเทียบกับค่าอ้างอิง ได้ค่าดังตารางดังตารางต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 15 แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 1 ส่วนสูง 165 น้ำหนัก 67

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	31	29	3.33
2	35	37	2.77
3	35	35	0.00
4	34	36	2.85
5	35	37	2.77
6	34	34	0.00
7	34	37	4.22
8	35	36	1.40
9	34	38	5.55
10	35	38	4.10
11	35	38	4.10
12	35	37	2.77
13	36	37	1.36
14	34	38	5.55
15	35	36	1.40
เฉลี่ย	34.46	36.2	2.81

ตารางที่ 16 แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 2 ส่วนสูง 176 น้ำหนัก 65

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	41	43	2.38
2	43	45	2.27
3	45	39	7.14
4	37	45	9.76
5	41	38	3.80
6	42	41	1.20
7	41	41	0.00
8	43	45	2.27
9	45	40	5.88
10	39	41	2.50
11	40	42	2.44
12	39	42	3.70
13	39	41	2.50
14	40	41	1.23
15	42	41	1.20
เฉลี่ย	41.13	41.67	3.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 17 แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 3 ส่วนสูง 174 น้ำหนัก 67

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	33	31	3.13
2	35	32	4.48
3	36	34	2.86
4	33	35	2.94
5	34	34	0.00
6	34	35	1.45
7	33	35	2.94
8	35	33	2.94
9	33	35	2.94
10	34	32	3.03
11	33	31	3.13
12	33	33	0.00
13	34	35	1.45
14	33	34	1.49
15	34	34	0.00
เฉลี่ย	33.80	33.53	2.18

ตารางที่ 18 แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 4 ส่วนสูง 177 น้ำหนัก 65

จำนวน	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	36	40	5.26
2	39	39	0.00
3	39	38	1.30
4	35	38	4.11
5	35	38	4.11
6	33	38	7.04
7	38	38	0.00
8	37	41	5.13
9	36	38	2.70
10	38	38	0.00
11	36	38	2.70
12	37	40	3.90
13	37	41	5.13
14	44	46	2.22
15	40	46	6.98
เฉลี่ย	37.33	39.8	3.37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 19 แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 5 ส่วนสูง 179 น้ำหนัก 91

จำนวนครั้ง	พลังงาน	ค่าอ้างอิง	error
1	37	40	3.90
2	35	38	4.11
3	32	34	3.03
4	35	39	5.41
5	34	36	2.86
6	36	36	0.00
7	34	35	1.45
8	30	34	6.25
9	32	35	4.48
10	38	39	1.30
11	37	40	3.90
12	38	39	1.30
13	38	40	2.56
14	38	39	1.30
15	38	40	2.56
เฉลี่ย	35.47	37.6	2.96

ตารางที่ 20 แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 6 ส่วนสูง 175 น้ำหนัก 62

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	40	40	0
2	41	40	1.23
3	43	42	1.18
4	41	40	1.23
5	42	42	0.00
6	43	45	2.27
7	43	43	0.00
8	43	45	2.27
9	41	43	2.38
10	44	45	1.12
11	43	44	1.15
12	42	40	2.44
13	43	44	1.15
14	38	40	2.56
15	40	42	2.44
เฉลี่ย	41.8	42.33	1.43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 21 แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 7 ส่วนสูง 185 น้ำหนัก 60

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	47	44	3.30
2	43	46	3.37
3	45	46	1.10
4	38	42	5.00
5	38	42	5.00
6	40	41	1.23
7	39	43	4.88
8	44	44	0.00
9	37	37	0.00
10	39	41	2.50
11	38	39	1.30
12	42	44	2.33
13	38	39	1.30
14	38	40	2.56
15	40	40	0.00
เฉลี่ย	40.4	41.87	2.26

ตารางที่ 22 แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 8 ส่วนสูง 166 น้ำหนัก 75

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	30	34	6.25
2	34	36	2.86
3	30	34	6.25
4	34	37	4.23
5	30	33	4.76
6	30	33	4.76
7	35	35	0.00
8	33	36	4.35
9	35	35	0.00
10	33	34	1.49
11	30	34	6.25
12	33	33	0.00
13	32	35	4.48
14	32	35	4.48
15	32	34	3.03
เฉลี่ย	32.20	34.53	3.55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 23 แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 9 ส่วนสูง 163 น้ำหนัก 61

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	21	21	0.00
2	22	26	8.33
3	22	23	2.22
4	25	26	1.96
5	26	28	3.70
6	24	24	0.00
7	23	27	8.00
8	20	23	6.98
9	24	24	0.00
10	18	18	0.00
11	22	24	4.35
12	24	25	2.04
13	24	26	4.00
14	22	24	4.35
15	24	25	2.04
เฉลี่ย	22.73	24.27	3.20

ตารางที่ 24 แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 10 ส่วนสูง 178 น้ำหนัก 75

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	28	29	1.75
2	25	29	7.41
3	26	30	7.14
4	29	29	0.00
5	28	30	3.45
6	28	30	3.45
7	26	28	3.70
8	25	28	5.66
9	28	31	5.08
10	30	32	3.23
11	24	26	4.00
12	30	30	0.00
13	28	27	1.82
14	28	29	1.75
15	24	26	4.00
เฉลี่ย	27.13	28.93	3.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 25 แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 11 ส่วนสูง 175 น้ำหนัก 62

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	30	33	4.76
2	28	30	3.45
3	28	29	1.75
4	30	33	4.76
5	30	30	0.00
6	33	33	0.00
7	34	34	0.00
8	31	31	0.00
9	30	34	6.25
10	31	33	3.13
11	31	33	3.13
12	31	32	1.59
13	30	31	1.64
14	34	34	0.00
15	30	31	1.64
เฉลี่ย	30.73	32.07	2.14

ตารางที่ 26 แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 12 ส่วนสูง 179 น้ำหนัก 67

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	24	24	0.00
2	27	29	3.57
3	29	29	0.00
4	29	29	0.00
5	24	27	5.88
6	24	28	7.69
7	26	28	3.70
8	27	27	0.00
9	24	26	4.00
10	25	25	0.00
11	24	26	4.00
12	24	25	2.04
13	22	23	2.22
14	27	29	3.57
15	27	29	3.57
เฉลี่ย	25.53	26.93	2.68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 27 แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 13 ส่วนสูง 167 น้ำหนัก 58

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	33	37	5.71
2	33	33	0.00
3	34	38	5.56
4	36	36	0.00
5	30	34	6.25
6	30	35	7.69
7	34	35	1.45
8	35	35	0.00
9	32	34	3.03
10	33	35	2.94
11	36	36	0.00
12	36	37	1.37
13	32	34	3.03
14	32	33	1.54
15	32	34	3.03
เฉลี่ย	33.2	35.06667	2.77

ตารางที่ 28 แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 14 ส่วนสูง 178 น้ำหนัก 65

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	30	29	1.69
2	31	34	4.62
3	32	34	3.03
4	30	34	6.25
5	32	34	3.03
6	35	37	2.78
7	36	37	1.37
8	35	35	0.00
9	34	38	5.56
10	35	37	2.78
11	36	36	0.00
12	37	37	0.00
13	37	37	0.00
14	37	39	2.63
15	34	39	6.85
เฉลี่ย	34.07	35.8	2.71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 29 แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 15 ส่วนสูง 173 น้ำหนัก 67

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	38	24	22.58
2	38	27	16.92
3	36	39	4.00
4	38	40	2.56
5	35	40	6.67
6	37	35	2.78
7	40	39	1.27
8	35	39	5.41
9	43	36	8.86
10	38	42	5.00
11	40	38	2.56
12	39	42	3.70
13	39	42	3.70
14	39	38	1.30
15	37	40	3.90
เฉลี่ย	38.13	37.4	6.08

ตารางที่ 30 แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 1 ส่วนสูง 174 น้ำหนัก 76

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	28	31	5.08
2	29	33	6.45
3	31	34	4.62
4	28	35	11.11
5	29	34	7.94
6	29	32	4.92
7	28	33	8.20
8	29	31	3.33
9	32	33	1.54
10	29	30	1.69
11	28	31	5.08
12	29	33	6.45
13	32	34	3.03
14	29	34	7.94
15	32	31	1.59
เฉลี่ย	29.47	32.60	5.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 31 แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 2 ส่วนสูง 184 น้ำหนัก 80

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	31	31	0.00
2	34	34	0.00
3	34	31	4.62
4	36	32	5.88
5	36	33	4.35
6	36	33	4.35
7	31	31	0.00
8	34	30	6.25
9	36	38	2.70
10	33	38	7.04
11	34	35	1.45
12	36	35	1.41
13	33	37	5.71
14	37	39	2.63
15	37	37	0.00
เฉลี่ย	34.53	34.27	3.09

ตารางที่ 32 แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 3 ส่วนสูง 180 น้ำหนัก 75

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	26	29	5.45
2	28	31	5.08
3	26	29	5.45
4	24	29	9.43
5	26	31	8.77
6	29	28	1.75
7	26	30	7.14
8	28	31	5.08
9	26	32	10.34
10	25	29	7.41
11	25	30	9.09
12	24	28	7.69
13	23	30	13.21
14	25	29	7.41
15	26	26	0.00
เฉลี่ย	25.80	29.47	6.89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 33 แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 4 ส่วนสูง 178 น้ำหนัก 110

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	22	27	10.20
2	24	24	0.00
3	25	26	1.96
4	24	28	7.69
5	25	26	1.96
6	27	25	3.85
7	25	26	1.96
8	28	26	3.70
9	25	29	7.41
10	28	29	1.75
11	25	27	3.85
12	24	25	2.04
13	25	25	0.00
14	26	27	1.89
15	25	26	1.96
เฉลี่ย	25.2	26.40	3.35

ตารางที่ 34 แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 5 ส่วนสูง 175 น้ำหนัก 70

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	24	27	5.88
2	28	28	0.00
3	31	29	3.33
4	28	28	0.00
5	30	32	3.23
6	33	32	1.54
7	31	31	0.00
8	31	36	7.46
9	33	34	1.49
10	33	37	5.71
11	35	38	4.11
12	34	39	6.85
13	34	38	5.56
14	31	34	4.62
15	34	37	4.23
เฉลี่ย	31.33	33.33	3.60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 35 แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 6 ส่วนสูง 187 น้ำหนัก 70

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	35	34	1.45
2	32	31	1.59
3	34	32	3.03
4	31	35	6.06
5	31	30	1.64
6	37	32	7.25
7	38	32	8.57
8	36	33	4.35
9	39	31	11.43
10	39	27	18.18
11	38	32	8.57
12	35	31	6.06
13	36	34	2.86
14	35	34	1.45
15	34	36	2.86
เฉลี่ย	35.33	32.27	5.69

ตารางที่ 36 แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 7 ส่วนสูง 172 น้ำหนัก 54

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	37	36	1.37
2	37	35	2.78
3	42	43	1.18
4	38	40	2.56
5	40	40	0.00
6	38	44	7.32
7	39	47	9.30
8	39	44	6.02
9	40	42	2.44
10	42	47	5.62
11	38	44	7.32
12	39	46	8.24
13	40	44	4.76
14	38	42	5.00
15	38	45	8.43
เฉลี่ย	39.00	42.60	4.82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 37 แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 8 ส่วนสูง 186 น้ำหนัก 115

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	25	25	0.00
2	26	27	1.89
3	24	25	2.04
4	25	23	4.17
5	23	24	2.13
6	20	26	13.04
7	25	24	2.04
8	23	25	4.17
9	25	25	0.00
10	22	26	8.33
11	20	25	11.11
12	26	27	1.89
13	25	25	0.00
14	23	26	6.12
15	26	24	4.00
เฉลี่ย	23.87	25.13	4.06

ตารางที่ 38 แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 9 ส่วนสูง 167 น้ำหนัก 65

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	35	38	4.11
2	36	38	2.70
3	39	40	1.27
4	37	42	6.33
5	36	39	4.00
6	41	41	0.00
7	42	40	2.44
8	36	38	2.70
9	36	40	5.26
10	39	39	0.00
11	37	42	6.33
12	34	39	6.85
13	37	38	1.33
14	39	40	1.27
15	43	45	2.27
เฉลี่ย	37.80	39.93	3.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 39 แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 10 ส่วนสูง 175 น้ำหนัก 90

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	30	35	7.69
2	22	27	10.20
3	26	28	3.70
4	28	27	1.82
5	24	29	9.43
6	29	28	1.75
7	30	30	0.00
8	29	33	6.45
9	30	36	9.09
10	32	34	3.03
11	29	31	3.33
12	30	30	0.00
13	30	35	7.69
14	29	34	7.94
15	34	37	4.23
เฉลี่ย	28.80	31.60	5.09

ตารางที่ 40 แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 11 ส่วนสูง 174 น้ำหนัก 70

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	27	30	5.26
2	28	31	5.08
3	27	32	8.47
4	26	31	8.77
5	29	31	3.33
6	28	31	5.08
7	29	30	1.69
8	25	28	5.66
9	25	31	10.71
10	29	30	1.69
11	29	32	4.92
12	29	34	7.94
13	29	31	3.33
14	30	28	3.45
15	27	31	6.90
เฉลี่ย	27.8	30.73	5.48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 41 แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 12 ส่วนสูง 175 น้ำหนัก 71

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	26	32	10.34
2	34	38	5.56
3	37	36	1.37
4	34	36	2.86
5	30	38	11.76
6	27	37	15.63
7	30	35	7.69
8	31	37	8.82
9	35	36	1.41
10	32	34	3.03
11	32	34	3.03
12	32	37	7.25
13	30	35	7.69
14	36	39	4.00
15	42	43	1.18
เฉลี่ย	32.53	36.47	6.11

ตารางที่ 42 แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 13 ส่วนสูง 175 น้ำหนัก 80

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	25	28	5.66
2	25	28	5.66
3	27	27	0.00
4	24	26	4.00
5	25	29	7.41
6	25	25	0.00
7	25	25	0.00
8	25	24	2.04
9	30	29	1.69
10	30	28	3.45
11	28	27	1.82
12	24	25	2.04
13	28	29	1.75
14	26	28	3.70
15	25	27	3.85
เฉลี่ย	26.13	27.00	2.87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 43 แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 14 ส่วนสูง 160 น้ำหนัก 70

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	32	32	0.00
2	34	35	1.45
3	27	30	5.26
4	30	31	1.64
5	35	34	1.45
6	30	33	4.76
7	31	32	1.59
8	33	35	2.94
9	35	34	1.45
10	32	32	0.00
11	33	33	0.00
12	32	35	4.48
13	31	35	6.06
14	30	33	4.76
15	31	34	4.62
เฉลี่ย	31.73	33.20	2.70

ตารางที่ 44 แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 15 ส่วนสูง 175 น้ำหนัก 60

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	33	34	1.49
2	30	33	4.76
3	30	33	4.76
4	30	31	1.64
5	35	35	0.00
6	32	32	0.00
7	32	32	0.00
8	28	31	5.08
9	30	29	1.69
10	34	35	1.45
11	30	32	3.23
12	32	33	1.54
13	32	34	3.03
14	35	35	0.00
15	30	35	7.69
เฉลี่ย	31.53	32.93	2.42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.2 การวิเคราะห์ความสูงของการกระโดดใช้กฎการเคลื่อนที่สองมิติ

การวิเคราะห์ความสูงโดยใช้ความเร็วต้นที่ทราบค่าคือ การนำค่าพิกัดทางแกน Y ที่ 0 และ 99 มาคำนวณหาความเร็ว โดยใช้สมการ $\frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1}$ เมื่อได้ความเร็วแล้วนำมาคำนวณด้วยสมการการเคลื่อนที่ 2 มิติ เพื่อหาความสูงจากการกระโดด เปรียบเทียบกับค่าอ้างอิง

ตารางที่ 45 แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 1 ส่วนสูง 165 น้ำหนัก 67

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	31	29	3.33
2	35	37	2.77
3	35	35	0.00
4	34	36	2.85
5	35	37	2.77
6	34	34	0.00
7	34	37	4.22
8	35	36	1.40
9	34	38	5.55
10	35	38	4.10
11	35	38	4.10
12	35	37	2.77
13	36	37	1.36
14	34	38	5.55
15	35	36	1.40
เฉลี่ย	34.46	36.2	2.81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 46 แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 2 ส่วนสูง 176 น้ำหนัก 65

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	41	43	2.38
2	43	45	2.27
3	45	39	7.14
4	37	45	9.76
5	41	38	3.80
6	42	41	1.20
7	41	41	0.00
8	43	45	2.27
9	45	40	5.88
10	39	41	2.50
11	40	42	2.44
12	39	42	3.70
13	39	41	2.50
14	40	41	1.23
15	42	41	1.20
เฉลี่ย	41.13	41.67	3.32

ตารางที่ 47 แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 3 ส่วนสูง 174 น้ำหนัก 67

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	33	31	3.13
2	35	32	4.48
3	36	34	2.86
4	33	35	2.94
5	34	34	0.00
6	34	35	1.45
7	33	35	2.94
8	35	33	2.94
9	33	35	2.94
10	34	32	3.03
11	33	31	3.13
12	33	33	0.00
13	34	35	1.45
14	33	34	1.49
15	34	34	0.00
เฉลี่ย	33.80	33.53	2.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 48 แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 4 ส่วนสูง 177 น้ำหนัก 65

จำนวน	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	36	40	5.26
2	39	39	0.00
3	39	38	1.30
4	35	38	4.11
5	35	38	4.11
6	33	38	7.04
7	38	38	0.00
8	37	41	5.13
9	36	38	2.70
10	38	38	0.00
11	36	38	2.70
12	37	40	3.90
13	37	41	5.13
14	44	46	2.22
15	40	46	6.98
เฉลี่ย	37.33	39.8	3.37

ตารางที่ 49 แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 5 ส่วนสูง 179 น้ำหนัก 91

จำนวนครั้ง	พลังงาน	ค่าอ้างอิง	error
1	37	40	3.90
2	35	38	4.11
3	32	34	3.03
4	35	39	5.41
5	34	36	2.86
6	36	36	0.00
7	34	35	1.45
8	30	34	6.25
9	32	35	4.48
10	38	39	1.30
11	37	40	3.90
12	38	39	1.30
13	38	40	2.56
14	38	39	1.30
15	38	40	2.56
เฉลี่ย	35.47	37.6	2.96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 50 แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 6 ส่วนสูง 175 น้ำหนัก 62

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	40	40	0
2	41	40	1.23
3	43	42	1.18
4	41	40	1.23
5	42	42	0.00
6	43	45	2.27
7	43	43	0.00
8	43	45	2.27
9	41	43	2.38
10	44	45	1.12
11	43	44	1.15
12	42	40	2.44
13	43	44	1.15
14	38	40	2.56
15	40	42	2.44
เฉลี่ย	41.8	42.33	1.43

ตารางที่ 51 แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 7 ส่วนสูง 185 น้ำหนัก 60

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	47	44	3.30
2	43	46	3.37
3	45	46	1.10
4	38	42	5.00
5	38	42	5.00
6	40	41	1.23
7	39	43	4.88
8	44	44	0.00
9	37	37	0.00
10	39	41	2.50
11	38	39	1.30
12	42	44	2.33
13	38	39	1.30
14	38	40	2.56
15	40	40	0.00
เฉลี่ย	40.4	41.87	2.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 52 แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 8 ส่วนสูง 166 น้ำหนัก 75

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	30	34	6.25
2	34	36	2.86
3	30	34	6.25
4	34	37	4.23
5	30	33	4.76
6	30	33	4.76
7	35	35	0.00
8	33	36	4.35
9	35	35	0.00
10	33	34	1.49
11	30	34	6.25
12	33	33	0.00
13	32	35	4.48
14	32	35	4.48
15	32	34	3.03
เฉลี่ย	32.20	34.53	3.55

ตารางที่ 53 แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 9 ส่วนสูง 163 น้ำหนัก 61

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	21	21	0.00
2	22	26	8.33
3	22	23	2.22
4	25	26	1.96
5	26	28	3.70
6	24	24	0.00
7	23	27	8.00
8	20	23	6.98
9	24	24	0.00
10	18	18	0.00
11	22	24	4.35
12	24	25	2.04
13	24	26	4.00
14	22	24	4.35
15	24	25	2.04
เฉลี่ย	22.73	24.27	3.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 54 แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 10 ส่วนสูง 178 น้ำหนัก 75

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	28	29	1.75
2	25	29	7.41
3	26	30	7.14
4	29	29	0.00
5	28	30	3.45
6	28	30	3.45
7	26	28	3.70
8	25	28	5.66
9	28	31	5.08
10	30	32	3.23
11	24	26	4.00
12	30	30	0.00
13	28	27	1.82
14	28	29	1.75
15	24	26	4.00
เฉลี่ย	27.13	28.93	3.50

ตารางที่ 55 แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 11 ส่วนสูง 175 น้ำหนัก 62

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	30	33	4.76
2	28	30	3.45
3	28	29	1.75
4	30	33	4.76
5	30	30	0.00
6	33	33	0.00
7	34	34	0.00
8	31	31	0.00
9	30	34	6.25
10	31	33	3.13
11	31	33	3.13
12	31	32	1.59
13	30	31	1.64
14	34	34	0.00
15	30	31	1.64
เฉลี่ย	30.73	32.07	2.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 56 แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 12 ส่วนสูง 179 น้ำหนัก 67

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	24	24	0.00
2	27	29	3.57
3	29	29	0.00
4	29	29	0.00
5	24	27	5.88
6	24	28	7.69
7	26	28	3.70
8	27	27	0.00
9	24	26	4.00
10	25	25	0.00
11	24	26	4.00
12	24	25	2.04
13	22	23	2.22
14	27	29	3.57
15	27	29	3.57
เฉลี่ย	25.53	26.93	2.68

ตารางที่ 57 แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 13 ส่วนสูง 167 น้ำหนัก 58

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	33	37	5.71
2	33	33	0.00
3	34	38	5.56
4	36	36	0.00
5	30	34	6.25
6	30	35	7.69
7	34	35	1.45
8	35	35	0.00
9	32	34	3.03
10	33	35	2.94
11	36	36	0.00
12	36	37	1.37
13	32	34	3.03
14	32	33	1.54
15	32	34	3.03
เฉลี่ย	33.2	35.06667	2.77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 58 แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 14 ส่วนสูง 178 น้ำหนัก 65

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	30	29	1.69
2	31	34	4.62
3	32	34	3.03
4	30	34	6.25
5	32	34	3.03
6	35	37	2.78
7	36	37	1.37
8	35	35	0.00
9	34	38	5.56
10	35	37	2.78
11	36	36	0.00
12	37	37	0.00
13	37	37	0.00
14	37	39	2.63
15	34	39	6.85
เฉลี่ย	34.07	35.8	2.71

ตารางที่ 59 แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 15 ส่วนสูง 173 น้ำหนัก 67

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	38	24	22.58
2	38	27	16.92
3	36	39	4.00
4	38	40	2.56
5	35	40	6.67
6	37	35	2.78
7	40	39	1.27
8	35	39	5.41
9	43	36	8.86
10	38	42	5.00
11	40	38	2.56
12	39	42	3.70
13	39	42	3.70
14	39	38	1.30
15	37	40	3.90
เฉลี่ย	38.13	37.4	6.08

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 60 แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 1 ส่วนสูง 174 น้ำหนัก 76

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	28	31	5.08
2	29	33	6.45
3	31	34	4.62
4	28	35	11.11
5	29	34	7.94
6	29	32	4.92
7	28	33	8.20
8	29	31	3.33
9	32	33	1.54
10	29	30	1.69
11	28	31	5.08
12	29	33	6.45
13	32	34	3.03
14	29	34	7.94
15	32	31	1.59
เฉลี่ย	29.47	32.60	5.26

ตารางที่ 61 แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 2 ส่วนสูง 184 น้ำหนัก 80

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	31	31	0.00
2	34	34	0.00
3	34	31	4.62
4	36	32	5.88
5	36	33	4.35
6	36	33	4.35
7	31	31	0.00
8	34	30	6.25
9	36	38	2.70
10	33	38	7.04
11	34	35	1.45
12	36	35	1.41
13	33	37	5.71
14	37	39	2.63
15	37	37	0.00
เฉลี่ย	34.53	34.27	3.09

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 62 แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 3 ส่วนสูง 180 น้ำหนัก 75

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	26	29	5.45
2	28	31	5.08
3	26	29	5.45
4	24	29	9.43
5	26	31	8.77
6	29	28	1.75
7	26	30	7.14
8	28	31	5.08
9	26	32	10.34
10	25	29	7.41
11	25	30	9.09
12	24	28	7.69
13	23	30	13.21
14	25	29	7.41
15	26	26	0.00
เฉลี่ย	25.80	29.47	6.89

ตารางที่ 63 แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 4 ส่วนสูง 178 น้ำหนัก 110

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	22	27	10.20
2	24	24	0.00
3	25	26	1.96
4	24	28	7.69
5	25	26	1.96
6	27	25	3.85
7	25	26	1.96
8	28	26	3.70
9	25	29	7.41
10	28	29	1.75
11	25	27	3.85
12	24	25	2.04
13	25	25	0.00
14	26	27	1.89
15	25	26	1.96
เฉลี่ย	25.2	26.40	3.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 64 แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 5 ส่วนสูง 175 น้ำหนัก 70

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	24	27	5.88
2	28	28	0.00
3	31	29	3.33
4	28	28	0.00
5	30	32	3.23
6	33	32	1.54
7	31	31	0.00
8	31	36	7.46
9	33	34	1.49
10	33	37	5.71
11	35	38	4.11
12	34	39	6.85
13	34	38	5.56
14	31	34	4.62
15	34	37	4.23
เฉลี่ย	31.33	33.33	3.60

ตารางที่ 65 แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 6 ส่วนสูง 187 น้ำหนัก 70

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	35	34	1.45
2	32	31	1.59
3	34	32	3.03
4	31	35	6.06
5	31	30	1.64
6	37	32	7.25
7	38	32	8.57
8	36	33	4.35
9	39	31	11.43
10	39	27	18.18
11	38	32	8.57
12	35	31	6.06
13	36	34	2.86
14	35	34	1.45
15	34	36	2.86
เฉลี่ย	35.33	32.27	5.69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 66 แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 7 ส่วนสูง 172 น้ำหนัก 54

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	37	36	1.37
2	37	35	2.78
3	42	43	1.18
4	38	40	2.56
5	40	40	0.00
6	38	44	7.32
7	39	47	9.30
8	39	44	6.02
9	40	42	2.44
10	42	47	5.62
11	38	44	7.32
12	39	46	8.24
13	40	44	4.76
14	38	42	5.00
15	38	45	8.43
เฉลี่ย	39.00	42.60	4.82

ตารางที่ 67 แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 8 ส่วนสูง 186 น้ำหนัก 115

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	25	25	0.00
2	26	27	1.89
3	24	25	2.04
4	25	23	4.17
5	23	24	2.13
6	20	26	13.04
7	25	24	2.04
8	23	25	4.17
9	25	25	0.00
10	22	26	8.33
11	20	25	11.11
12	26	27	1.89
13	25	25	0.00
14	23	26	6.12
15	26	24	4.00
เฉลี่ย	23.87	25.13	4.06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 68 แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 9 ส่วนสูง 167 น้ำหนัก 65

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	35	38	4.11
2	36	38	2.70
3	39	40	1.27
4	37	42	6.33
5	36	39	4.00
6	41	41	0.00
7	42	40	2.44
8	36	38	2.70
9	36	40	5.26
10	39	39	0.00
11	37	42	6.33
12	34	39	6.85
13	37	38	1.33
14	39	40	1.27
15	43	45	2.27
เฉลี่ย	37.80	39.93	3.12

ตารางที่ 69 แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 10 ส่วนสูง 175 น้ำหนัก 90

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	30	35	7.69
2	22	27	10.20
3	26	28	3.70
4	28	27	1.82
5	24	29	9.43
6	29	28	1.75
7	30	30	0.00
8	29	33	6.45
9	30	36	9.09
10	32	34	3.03
11	29	31	3.33
12	30	30	0.00
13	30	35	7.69
14	29	34	7.94
15	34	37	4.23
เฉลี่ย	28.80	31.60	5.09

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 70 แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 11 ส่วนสูง 174 น้ำหนัก 70

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	27	30	5.26
2	28	31	5.08
3	27	32	8.47
4	26	31	8.77
5	29	31	3.33
6	28	31	5.08
7	29	30	1.69
8	25	28	5.66
9	25	31	10.71
10	29	30	1.69
11	29	32	4.92
12	29	34	7.94
13	29	31	3.33
14	30	28	3.45
15	27	31	6.90
เฉลี่ย	27.8	30.73	5.48

ตารางที่ 71 แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 12 ส่วนสูง 175 น้ำหนัก 71

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	26	32	10.34
2	34	38	5.56
3	37	36	1.37
4	34	36	2.86
5	30	38	11.76
6	27	37	15.63
7	30	35	7.69
8	31	37	8.82
9	35	36	1.41
10	32	34	3.03
11	32	34	3.03
12	32	37	7.25
13	30	35	7.69
14	36	39	4.00
15	42	43	1.18
เฉลี่ย	32.53	36.47	6.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 72 แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 13 ส่วนสูง 175 น้ำหนัก 80

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	25	28	5.66
2	25	28	5.66
3	27	27	0.00
4	24	26	4.00
5	25	29	7.41
6	25	25	0.00
7	25	25	0.00
8	25	24	2.04
9	30	29	1.69
10	30	28	3.45
11	28	27	1.82
12	24	25	2.04
13	28	29	1.75
14	26	28	3.70
15	25	27	3.85
เฉลี่ย	26.13	27.00	2.87

ตารางที่ 73 แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 14 ส่วนสูง 160 น้ำหนัก 70

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	32	32	0.00
2	34	35	1.45
3	27	30	5.26
4	30	31	1.64
5	35	34	1.45
6	30	33	4.76
7	31	32	1.59
8	33	35	2.94
9	35	34	1.45
10	32	32	0.00
11	33	33	0.00
12	32	35	4.48
13	31	35	6.06
14	30	33	4.76
15	31	34	4.62
เฉลี่ย	31.73	33.20	2.70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 74 แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 15 ส่วนสูง 175 น้ำหนัก 60

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	33	34	1.49
2	30	33	4.76
3	30	33	4.76
4	30	31	1.64
5	35	35	0.00
6	32	32	0.00
7	32	32	0.00
8	28	31	5.08
9	30	29	1.69
10	34	35	1.45
11	30	32	3.23
12	32	33	1.54
13	32	34	3.03
14	35	35	0.00
15	30	35	7.69
เฉลี่ย	31.53	32.93	2.42

4.2.3 การวิเคราะห์ความสูงการกระโดดโดยใช้ผลต่างพิกเซล

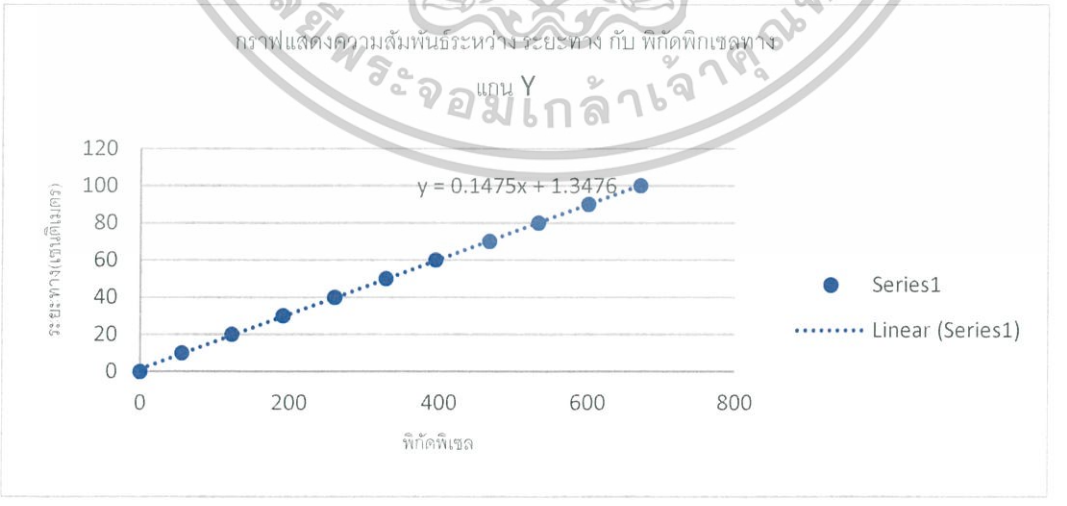
การวิเคราะห์ความสูงการกระโดดโดยผลต่างพิกเซลคือ โดยได้ทำการออกแบบการทดลองคือ ติดอินฟาเรดที่ตำแหน่งหนึ่งแล้วอ่านค่าพิกัดพิเซลที่ตำแหน่งนั้น จากนั้นขยับอินฟาเรดเป็นระยะ 10 เซนติเมตรทางแนวดิ่งแล้วอ่านค่าพิกัดพิเซลที่ตำแหน่งนั้น ทำ 10 ตำแหน่งแสดงดังรูปที่ 4.24 เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะที่ทราบค่ากับพิกัดพิกเซลแสดงดังรูปที่ 4.25 จากนั้นนำค่าตำแหน่งพิกเซลพิกัดพิกเซลสูงสุดลบกับตำแหน่งเริ่มต้นเพื่อที่ได้ความแตกต่างของพิกเซล นำความแตกต่างของพิกเซลที่ได้ มาคำนวณหาความสูงจากสมการเส้นตรงที่ได้ทำการทดลองสมการที่ (1) แสดงค่าความสูงที่ได้ดังตารางต่อไปนี้

$$HIGH = 1.475PIXEL + 1.3476 \quad (1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10 เซนติเมตร
10 เซนติเมตร
10 เซนติเมตร
10 เซนติเมตร
10 เซนติเมตร
10 เซนติเมตร
10 เซนติเมตร
10 เซนติเมตร
10 เซนติเมตร
10 เซนติเมตร

รูปที่ 4.24 แสดงการทดลองการหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางที่ทราบค่ากับค่าพิกัดพิกเซล



รูปที่ 4.25 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะที่ทราบค่ากับพิกัดพิกเซล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 75 แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 1 ส่วนสูง 165 น้ำหนัก 67

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	30	29	1.69
2	37	37	0.00
3	35	35	0.00
4	38	36	2.70
5	35	37	2.78
6	34	34	0.00
7	35	37	2.78
8	36	36	0.00
9	34	38	5.56
10	36	38	2.70
11	37	38	1.33
12	37	37	0.00
13	36	37	1.37
14	36	38	2.70
15	35	36	1.41
เฉลี่ย	35.4	36.2	1.12

ตารางที่ 76 แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 2 ส่วนสูง 176 น้ำหนัก 65

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	41	43	2.38
2	45	45	0.00
3	47	39	9.30
4	42	45	3.45
5	42	38	5.00
6	42	41	1.20
7	41	41	0.00
8	43	45	2.27
9	46	40	6.98
10	41	41	0.00
11	41	42	1.20
12	39	42	3.70
13	40	41	1.23
14	41	41	0.00
15	42	41	1.20
เฉลี่ย	42.2	41.67	2.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 77 แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 3 ส่วนสูง 174 น้ำหนัก 67

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	33	31	3.13
2	36	32	5.88
3	36	34	2.86
4	34	35	1.45
5	34	34	0.00
6	35	35	0.00
7	35	35	0.00
8	35	33	2.94
9	35	35	0.00
10	34	32	3.03
11	33	31	3.13
12	34	33	1.49
13	35	35	0.00
14	34	34	0.00
15	34	34	0.00
เฉลี่ย	34.47	33.53	1.59

ตารางที่ 78 แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 4 ส่วนสูง 177 น้ำหนัก 65

จำนวน	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	40	40	0
2	44	39	6.02
3	40	38	2.56
4	41	38	3.80
5	39	38	1.30
6	39	38	1.30
7	41	38	3.80
8	42	41	1.20
9	40	38	2.56
10	41	38	3.80
11	41	38	3.80
12	42	40	2.44
13	43	41	2.38
14	49	46	3.16
15	47	46	1.08
เฉลี่ย	41.93	39.80	2.61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 79 แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 5 ส่วนสูง 179 น้ำหนัก 91

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	41	40	1.23
2	39	38	1.30
3	36	34	2.86
4	41	39	2.50
5	37	36	1.37
6	37	36	1.37
7	37	35	2.78
8	35	34	1.45
9	37	35	2.78
10	41	39	2.50
11	41	40	1.23
12	42	39	3.70
13	42	40	2.44
14	41	39	2.50
15	43	40	3.61
เฉลี่ย	39.33	37.6	2.25

ตารางที่ 80 แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 6 ส่วนสูง 175 น้ำหนัก 62

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	38	40	2.56
2	40	40	0.00
3	42	42	0.00
4	45	40	5.88
5	42	42	0.00
6	48	45	3.23
7	43	43	0.00
8	48	45	3.23
9	43	43	0.00
10	46	45	1.10
11	44	44	0.00
12	38	40	2.56
13	46	44	2.22
14	39	40	1.27
15	43	42	1.18
เฉลี่ย	43	42.33	1.55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 81 แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 7 ส่วนสูง 185 น้ำหนัก 60

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	44	44	0.00
2	46	46	0.00
3	48	46	2.13
4	40	42	2.44
5	40	42	2.44
6	42	41	1.20
7	41	43	2.38
8	43	44	1.15
9	38	37	1.33
10	41	41	0.00
11	40	39	1.27
12	44	44	0.00
13	40	39	1.27
14	41	40	1.23
15	40	40	0.00
เฉลี่ย	41.87	41.87	1.12

ตารางที่ 82 แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 8 ส่วนสูง 166 น้ำหนัก 75

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	32	32	0.00
2	34	36	2.86
3	32	34	3.03
4	35	37	2.78
5	30	33	4.76
6	32	33	1.54
7	35	35	0.00
8	34	36	2.86
9	35	35	0.00
10	34	34	0.00
11	32	34	3.03
12	33	33	0.00
13	33	35	2.94
14	34	35	1.45
15	34	34	0.00
เฉลี่ย	33.27	34.4	1.68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 83 แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 9 ส่วนสูง 163 น้ำหนัก 61

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	25	21	8.70
2	25	26	1.96
3	23	23	0.00
4	25	26	1.96
5	27	28	1.82
6	24	24	0.00
7	25	27	3.85
8	20	23	6.98
9	24	24	0.00
10	20	18	5.26
11	23	24	2.13
12	25	25	0.00
13	26	26	0.00
14	22	24	4.35
15	24	25	2.04
เฉลี่ย	23.87	24.27	2.60

ตารางที่ 84 แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 10 ส่วนสูง 178 น้ำหนัก 75

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	29	29	0.00
2	25	29	7.41
3	28	30	3.45
4	29	29	0.00
5	30	30	0.00
6	30	30	0.00
7	28	28	0.00
8	25	28	5.66
9	30	31	1.64
10	30	32	3.23
11	25	26	1.96
12	32	30	3.23
13	30	27	5.26
14	29	29	0.00
15	26	26	0.00
เฉลี่ย	28.40	28.93	2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 85 แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 11 ส่วนสูง 175 น้ำหนัก 62

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	30	33	4.76
2	30	30	0.00
3	30	29	1.69
4	32	33	1.54
5	30	30	0.00
6	33	33	0.00
7	36	34	2.86
8	32	31	1.59
9	32	34	3.03
10	31	33	3.13
11	33	33	0.00
12	32	32	0.00
13	30	31	1.64
14	35	34	1.45
15	30	31	1.64
เฉลี่ย	31.73	32.07	1.55

ตารางที่ 86 แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 12 ส่วนสูง 179 น้ำหนัก 67

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	26	24	4.00
2	28	29	1.75
3	29	29	0.00
4	30	29	1.69
5	25	27	3.85
6	26	28	3.70
7	27	28	1.82
8	28	27	1.82
9	24	26	4.00
10	25	25	0.00
11	26	26	0.00
12	25	25	0.00
13	24	23	2.13
14	27	29	3.57
15	28	29	1.75
เฉลี่ย	26.53	26.93	2.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 87 แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 13 ส่วนสูง 167 น้ำหนัก 58

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	34	37	4.23
2	33	33	0.00
3	36	38	2.70
4	36	36	0.00
5	32	34	3.03
6	30	35	7.69
7	36	35	1.41
8	35	35	0.00
9	34	34	0.00
10	34	35	1.45
11	38	36	2.70
12	38	37	1.33
13	34	34	0.00
14	33	33	0.00
15	35	34	1.45
เฉลี่ย	34.53	35.07	1.73

ตารางที่ 88 แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 14 ส่วนสูง 178 น้ำหนัก 65

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	30	29	1.69
2	32	34	3.03
3	34	34	0.00
4	33	34	1.49
5	33	34	1.49
6	35	37	2.78
7	38	37	1.33
8	35	35	0.00
9	34	38	5.56
10	37	37	0.00
11	36	36	0.00
12	40	37	3.90
13	38	37	1.33
14	38	39	1.30
15	35	39	5.41
เฉลี่ย	35.20	35.80	1.95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 89 แสดงค่าความสูงการกระโดดของนักกีฬาคนที่ 15 ส่วนสูง 173 น้ำหนัก 67

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	41	24	26.15
2	40	27	19.40
3	40	39	1.27
4	41	40	1.23
5	40	40	0.00
6	39	35	5.41
7	43	39	4.88
8	37	39	2.63
9	43	36	8.86
10	40	42	2.44
11	44	38	7.32
12	40	42	2.44
13	42	42	0.00
14	39	38	1.30
15	39	40	1.27
เฉลี่ย	40.53	37.40	5.64

ตารางที่ 90 แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 1 ส่วนสูง 174 น้ำหนัก 76

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	31	31	0.00
2	32	33	1.54
3	34	34	0.00
4	34	35	1.45
5	33	34	1.49
6	31	32	1.59
7	31	33	3.13
8	31	31	0.00
9	33	33	0.00
10	31	30	1.64
11	31	31	0.00
12	32	33	1.54
13	33	34	1.49
14	33	34	1.49
15	34	31	4.62
เฉลี่ย	32.27	32.60	1.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 91 แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 2 ส่วนสูง 184 น้ำหนัก 80

จำนวนครั้ง	ค่าที่ได้จากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	33	31	3.13
2	36	34	2.86
3	39	31	11.43
4	37	32	7.25
5	42	33	12.00
6	40	33	9.59
7	36	31	7.46
8	39	30	13.04
9	40	38	2.56
10	37	38	1.33
11	39	35	5.41
12	39	35	5.41
13	35	37	2.78
14	40	39	1.27
15	39	37	2.63
เฉลี่ย	38.07	34.27	5.88

ตารางที่ 92 แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 3 ส่วนสูง 180 น้ำหนัก 75

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	30	29	1.69
2	31	31	0.00
3	29	29	0.00
4	29	29	0.00
5	30	31	1.64
6	31	28	5.08
7	30	30	0.00
8	32	31	1.59
9	29	32	4.92
10	29	29	0.00
11	29	30	1.69
12	29	28	1.75
13	27	30	5.26
14	29	29	0.00
15	31	26	8.77
เฉลี่ย	29.67	29.47	2.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 93 แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 4 ส่วนสูง 178 น้ำหนัก 110

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	27	27	0.00
2	29	24	9.43
3	30	26	7.14
4	30	28	3.45
5	31	26	8.77
6	32	25	12.28
7	30	26	7.14
8	31	26	8.77
9	30	29	1.69
10	33	29	6.45
11	29	27	3.57
12	29	25	7.41
13	31	25	10.71
14	27	27	0.00
15	30	26	7.14
เฉลี่ย	29.93	26.40	6.27

ตารางที่ 94 แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 5 ส่วนสูง 175 น้ำหนัก 70

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	27	27	0.00
2	32	28	6.67
3	34	29	7.94
4	33	28	8.20
5	34	32	3.03
6	35	32	4.48
7	35	31	6.06
8	35	36	1.41
9	37	34	4.23
10	38	37	1.33
11	41	38	3.80
12	42	39	3.70
13	37	38	1.33
14	35	34	1.45
15	38	37	1.33
เฉลี่ย	35.53	33.33	3.66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 95 แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 6 ส่วนสูง 187 น้ำหนัก 70

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	35	34	1.45
2	32	31	1.59
3	31	32	1.59
4	28	35	11.11
5	28	30	3.45
6	38	32	8.57
7	38	32	8.57
8	35	33	2.94
9	37	31	8.82
10	35	27	12.90
11	35	32	4.48
12	37	31	8.82
13	35	34	1.45
14	35	34	1.45
15	37	36	1.37
เฉลี่ย	34.40	32.27	5.24

ตารางที่ 96 แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 7 ส่วนสูง 172 น้ำหนัก 56

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	43	36	8.86
2	41	35	7.89
3	43	43	0.00
4	45	40	5.88
5	45	40	5.88
6	42	44	2.33
7	45	47	2.17
8	45	44	1.12
9	48	42	6.67
10	46	47	1.08
11	42	44	2.33
12	43	46	3.37
13	42	44	2.33
14	43	42	1.18
15	43	45	2.27
เฉลี่ย	43.73	42.60	3.56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 97 แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 8 ส่วนสูง 186 น้ำหนัก 115

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	27	25	3.85
2	28	27	1.82
3	24	25	2.04
4	25	23	4.17
5	25	24	2.04
6	26	26	0.00
7	25	24	2.04
8	26	25	1.96
9	27	25	3.85
10	24	26	4.00
11	23	25	4.17
12	26	27	1.89
13	25	25	0.00
14	24	26	4.00
15	26	24	4.00
เฉลี่ย	25.40	25.13	2.65

ตารางที่ 98 แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 9 ส่วนสูง 167 น้ำหนัก 56

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	40	38	2.56
2	40	38	2.56
3	44	40	4.76
4	41	42	1.20
5	40	39	1.27
6	42	41	1.20
7	42	40	2.44
8	40	38	2.56
9	42	40	2.44
10	39	39	0.00
11	41	42	1.20
12	39	39	0.00
13	41	38	3.80
14	43	40	3.61
15	47	45	2.17
เฉลี่ย	41.40	39.93	2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 99 แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 10 ส่วนสูง 175 น้ำหนัก 90

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	33	35	2.94
2	28	27	1.82
3	28	28	0.00
4	32	27	8.47
5	31	29	3.33
6	34	28	9.68
7	35	30	7.69
8	34	33	1.49
9	35	36	1.41
10	35	34	1.45
11	34	31	4.62
12	34	30	6.25
13	35	35	0.00
14	34	34	0.00
15	37	37	0.00
เฉลี่ย	33.27	31.60	3.28

ตารางที่ 100 แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 11 ส่วนสูง 174 น้ำหนัก 70

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	31	30	1.64
2	32	31	1.59
3	28	32	6.67
4	30	31	1.64
5	31	31	0.00
6	31	31	0.00
7	31	30	1.64
8	29	28	1.75
9	29	31	3.33
10	33	30	4.76
11	32	32	0.00
12	32	34	3.03
13	32	31	1.59
14	32	28	6.67
15	32	31	1.59
เฉลี่ย	31.00	30.73	2.39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 101 แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 12 ส่วนสูง 175 น้ำหนัก 71

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	32	32	0.00
2	38	38	0.00
3	38	36	2.70
4	37	36	1.37
5	33	38	7.04
6	31	37	8.82
7	33	35	2.94
8	34	37	4.23
9	36	36	0.00
10	36	34	2.86
11	37	34	4.23
12	35	37	2.78
13	35	35	0.00
14	38	39	1.30
15	42	43	1.18
เฉลี่ย	35.67	36.47	2.63

ตารางที่ 102 แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 13 ส่วนสูง 175 น้ำหนัก 80

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	27	28	1.82
2	28	28	0.00
3	30	27	5.26
4	25	26	1.96
5	26	29	5.45
6	26	25	1.96
7	25	25	0.00
8	26	24	4.00
9	32	29	4.92
10	30	28	3.45
11	29	27	3.57
12	26	25	1.96
13	30	29	1.69
14	28	28	0.00
15	27	27	0.00
เฉลี่ย	27.67	27.00	2.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 103 แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 14 ส่วนสูง 160 น้ำหนัก 70

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	34	32	3.03
2	34	35	1.45
3	29	30	1.69
4	32	31	1.59
5	36	34	2.86
6	33	33	0.00
7	33	32	1.54
8	34	35	1.45
9	36	34	2.86
10	32	32	0.00
11	35	33	2.94
12	35	35	0.00
13	36	35	1.41
14	33	33	0.00
15	32	34	3.03
เฉลี่ย	33.60	33.20	1.59

ตารางที่ 104 แสดงค่าความสูงการกระโดดของคนธรรมดาคนที่ 15 ส่วนสูง 175 น้ำหนัก 65

จำนวนครั้ง	ค่าจากโปรแกรม	ค่าอ้างอิง	error
1	36	34	2.86
2	33	33	0.00
3	32	33	1.54
4	32	31	1.59
5	36	35	1.41
6	32	32	0.00
7	34	32	3.03
8	29	31	3.33
9	31	29	3.33
10	36	35	1.41
11	30	32	3.23
12	35	33	2.94
13	34	34	0.00
14	35	35	0.00
15	32	35	4.48
เฉลี่ย	33.13	32.93	1.94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ในการวิเคราะห์ความสูงจากการกระโดดด้วยการประมวลผลภาพโดยใช้ Wii remote ซึ่งแบ่งการวิเคราะห์เป็น 3 วิธีได้แก่ วิธีแรกวิเคราะห์โดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงาน วิธีที่สองวิเคราะห์โดยใช้กฎการเคลื่อนที่สองมิติและวิธีที่สามคือ การวิเคราะห์โดยใช้ผลต่างพิกเซลซึ่งประมวลผลผ่านโปรแกรม LabView พบว่าวิธีที่สามนั้นสามารถตรวจวัดความสูงได้เที่ยงตรงที่สุด โดยเปรียบเทียบจากความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของแต่ละวิธี แต่วิธีที่สามมีข้อเสียในเรื่องของการติดตั้งอุปกรณ์ที่ต้องทำการปรับเทียบทุกครั้งก่อนการใช้งาน ในขณะที่วิธีแรกและวิธีที่สองไม่ต้องทำการปรับเทียบการติดตั้งอุปกรณ์จึงทำให้ง่ายต่อการใช้งานมากกว่าวิธีที่สาม จากการวิเคราะห์ข้อมูลความสูงของนักกีฬาบาสเก็ตบอลชาย 15 คนและคนปกติชาย 15 คนพบว่า นักกีฬาสามารถกระโดดได้สูงกว่าคนปกติอยู่ที่ 2.6 เซนติเมตร

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะสำหรับผู้ที่สนใจในการทำการทดลองดังนี้คือ การติดตั้งอุปกรณ์ เนื่องจากการติดตั้งอุปกรณ์นั้นจะส่งผลต่อการคำนวณและอาจจะส่งผลให้มีค่าความคลาดเคลื่อนมากและการออกโปรแกรมในการคำนวณเพราะอาจจะทำให้ความไวในการตรวจจับช้าลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] A.P. Webb, D.J. Taunton, D.A. Hudson, A.I.J. Forrester, S.R. Turnock. 2014. "The effect of swimsuit resistance on freestyle swimming race time." Faculty of Engineering and the Environment, University of Southampton, Southampton, SO15 1BJ, UK

[2] Jeremy M. Sheppard, Andrew A. Dingley, Ina Janssen, Wayne Spratford, Dale W. Chapman, Robert U. Newton. 2010. "The effect of assisted jumping on vertical jump height in high-performance volleyball players."

[3] John F.Drazan, *Student Member, EMBS,* Heather Danielsen, Matthew Vercelletto, Amy Loya, James Davis and Ron Eglash. "A Case Study for Integrated STEM Outreach in an Urban Setting Using a Do-It-Yourself Vertical Jump Measurement Platform."

[4] M. Rico García, L.-J. Morantes Guzmán, J.-S. Botero Valencia[3], V. Madrid Henao Grupo AEyCC, Grupo FDyCV. "Portable measurement system of vertical jump using an Inertial Measurement Unit and pressure sensors." Facultad de Ingenierías, Instituto Tecnológico Metropolitano ITM Carrera 31 No. 54-10, Medell´ın, Colombia, Facultad de Psicología y Ciencias Sociales, Fundación Universitaria Luis Amigó Transversal 51A No. 67B 90, Medell´ın, Colombia

[5] Z. J. Domire and J. H. Challis. 2015. "Maximum height and minimum time vertical jumping." *J. Biomech.* 48:2865-2870.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[6] ประธาน บุรณศิริ, กีรยุทธ์ ศรีนวลจันทร์. (2015). **ฟิสิกส์ 1 - Physics For Scientists and Engineers I.** ส่วนที่ 1 กลศาสตร์. Cengage Learning Asia Pte Ltd

[7] ศรีนลิน พิมพ์ประเสริฐ, ปวีณา มีป้อง บก. วศิน เพิ่มทรัพย์. **รังสีอินฟาเรด**. [Online]. Available: http://www.neutron.rmutphysics.com/sciencenews/index.php?option=com_content&task=view&id=1966&Itemid=0

[8] Kevin Hejn, Jens Peter Rosenkvist. **Headtracking using a Wiimote**. 2008. Department of Computer Science University of Copenhagen.

[9] Ben "bushing" Byer. 2559. **Wiimote.** [Online]. Available : http://wiibrew.org/wiki/Wiimote#IR_Camera

[10] ชะห์. (นามแฝง). 2558. **กล้องจุลทรรศน์คืออะไร??.** [Online]. Available : http://anisahcheana.wordpress.com/2015/11/29/กล้องจุลทรรศน์

[11] ศุภฤกษ์ คฤห่นนท์. 2556. **Noise เรื่องนอยๆของการถ่ายภาพดาราศาสตร์.** [Online]. Available : http://www.manager.co.th/Around/ViewNews.aspx?NewsID

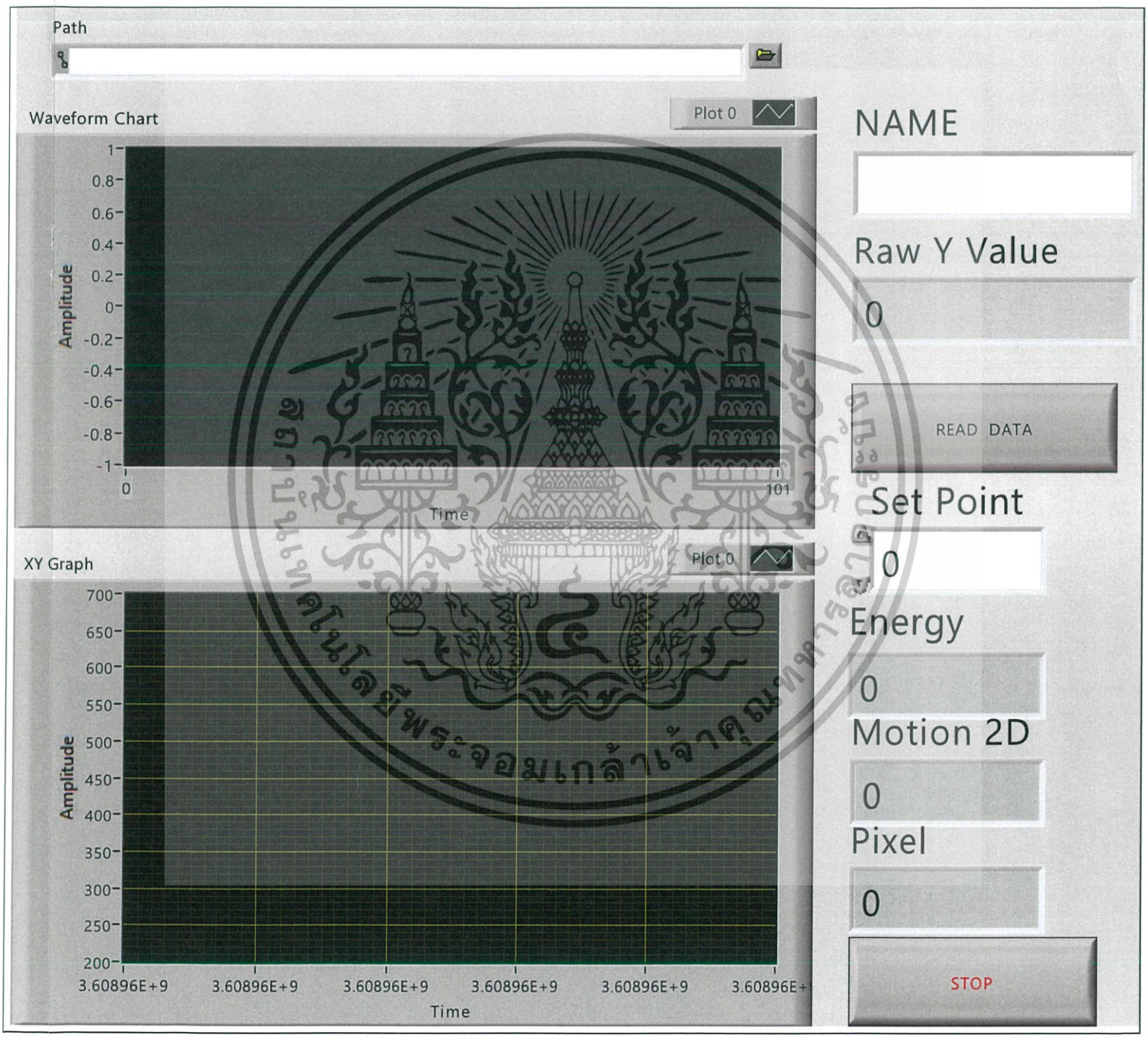
[12] อรวินท์ เมฆพิรุณ. 2549. **108 เทคนิคการถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิตอล.** กรุงเทพฯ : โปรวิชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

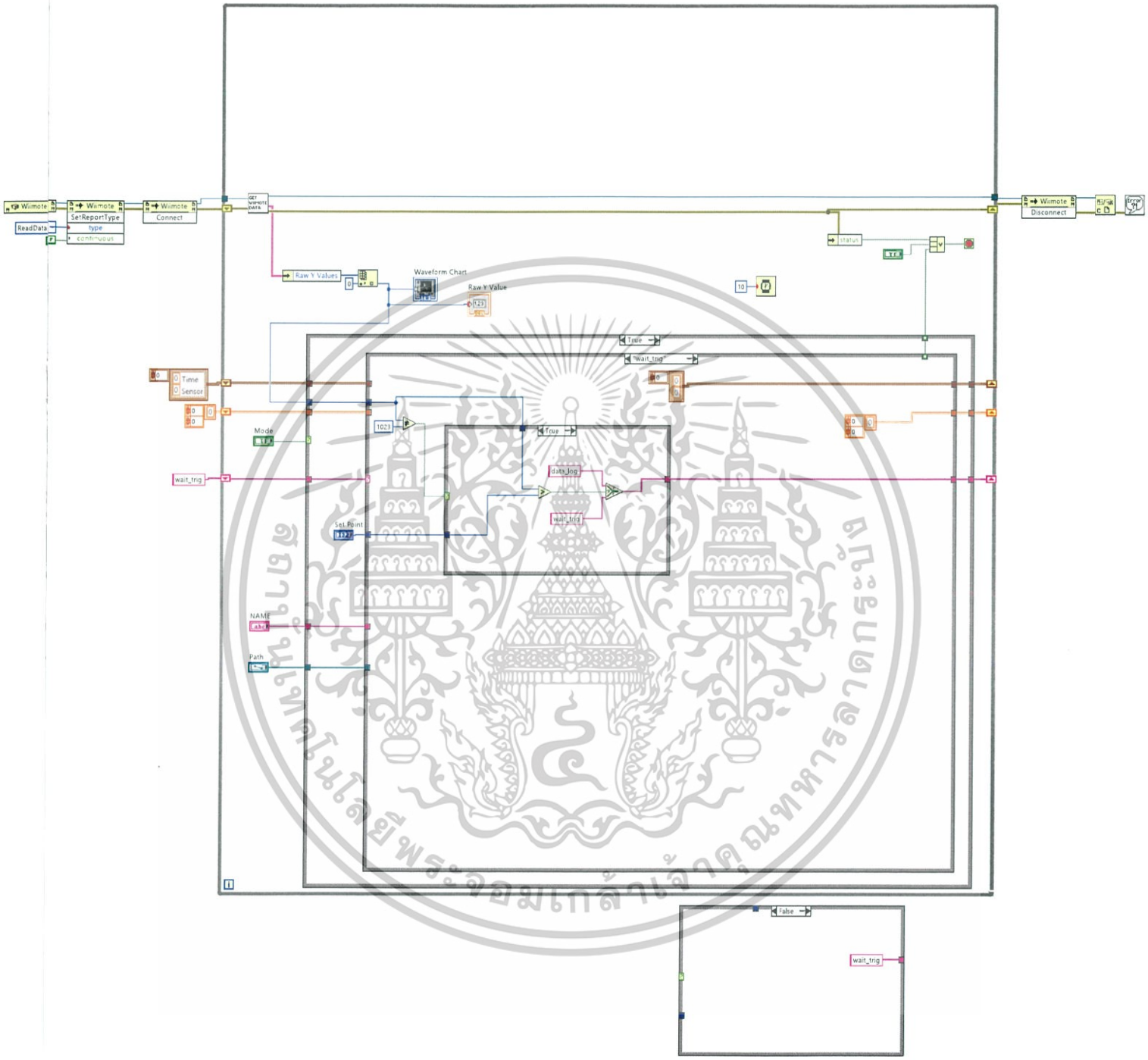
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

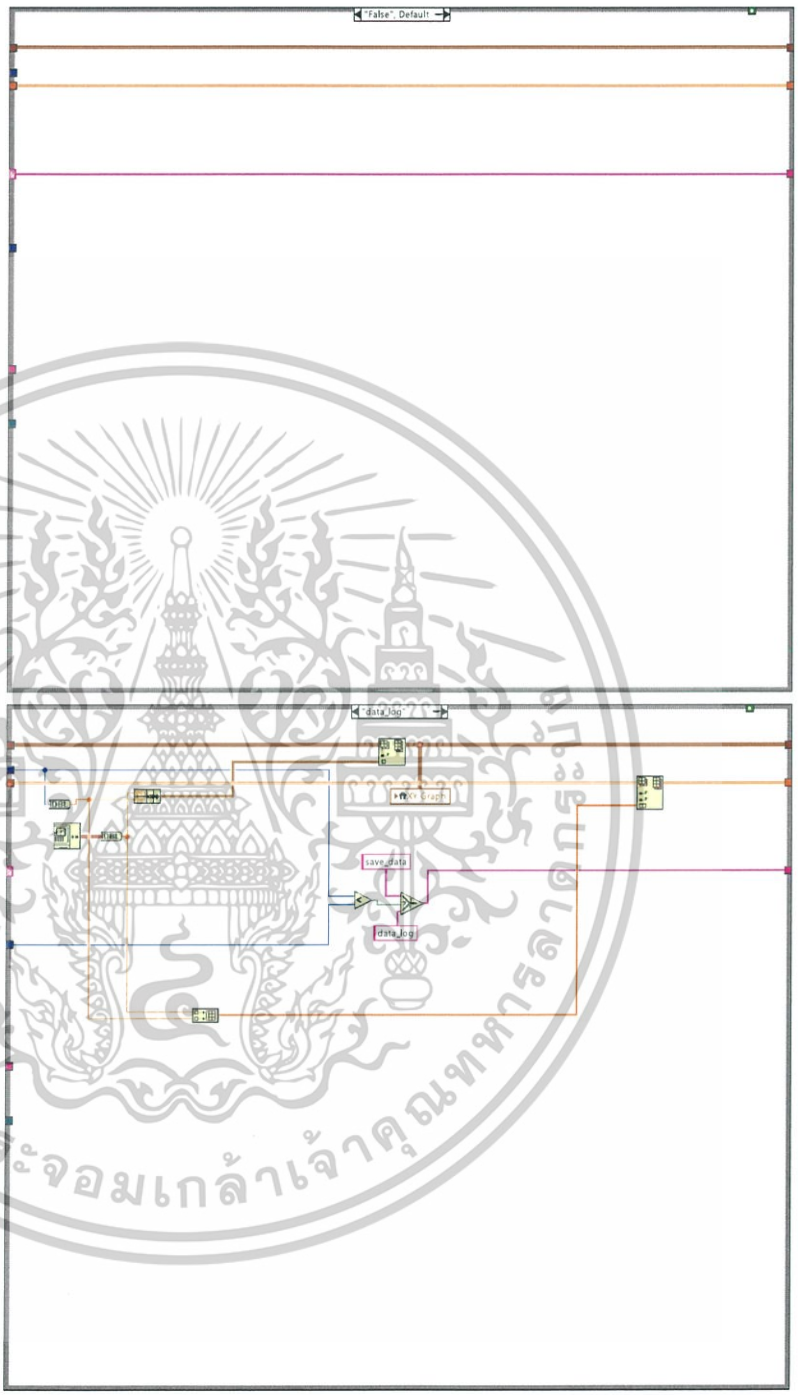
NewProject2014po.vi



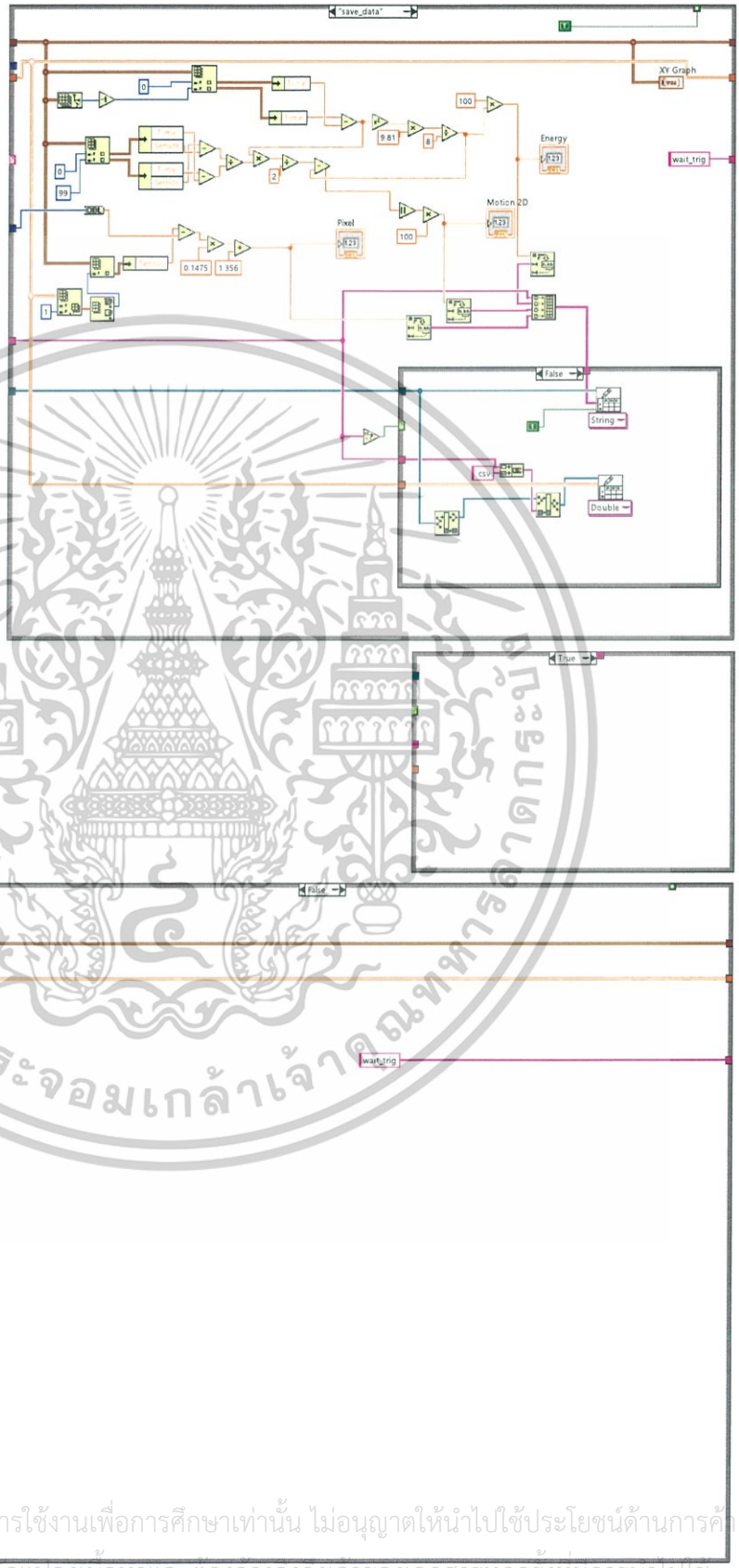
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้