

ผลงานวิชาการชิ้นใหม่ของมนุษย์
HUMAN MOTION CAPTURE



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2556

ตรวจจับการเคลื่อนไหวของมนุษย์
HUMAN MOTION CAPTURE

โดย

นางสาวอัญธิกา วัฒนกุลวิวัฒน์ รหัสนักศึกษา 53011917

นางสาวอัญมณี พรพันธุ์วัฒนา รหัสนักศึกษา 53011918

นายเอกสิทธิ์ สระทอง รหัสนักศึกษา 53011964

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.ยุทธนาคิดใจเดียว

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2556

สาขาวิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ตรวจสอบการเคลื่อนไหวของมนุษย์

HUMAN MOTION CAPTURE

ผู้จัดทำ นางสาวอัญธิกา วัฒนกุลวิวัฒน์ รหัสนักศึกษา 53011917

นางสาวอัญมณี พรพันธุ์วัฒนา รหัสนักศึกษา 53011918

นายเอกสิทธิ์ สระทอง รหัสนักศึกษา 53011964

ปริญญานิพนธ์นี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ตรวจจับการเคลื่อนไหวของมนุษย์
นักศึกษา	นางสาวอัญญา วิวัฒนกุลวิวัฒน์ รหัสนักศึกษา 53011917 นางสาวอัญญา พรพันธุ์วัฒนา รหัสนักศึกษา 53011918 นายเอกสิทธิ์ สระทอง รหัสนักศึกษา 53011964
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
ปีการศึกษา	2556
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์	ผศ.ดร.ยุทนา คิดใจเดียว

บทคัดย่อ

การตรวจจับการเคลื่อนไหวของมนุษย์บนพื้นฐานระบบวิสัยทัศน์ (vision system) เพื่อจำลองการเคลื่อนไหว 3 มิติ ข้อมูลการเคลื่อนไหว 3 มิติถูกนำไปประยุกต์ใช้กับงานหลากหลายด้าน เช่น ด้านแอนิเมชัน ด้านการแพทย์ ด้านการกีฬาและอื่นๆ ปัญหาหลักของการตรวจจับด้วยกล้องนี้คือ คุณสมบัติของกล้อง (frame- rate , resolution และอื่นๆ) ทำให้ระบบนี้มีค่าใช้จ่ายสูงและระบบจำลองการเคลื่อนไหว 3 มิติต้องใช้กล้องอย่างน้อย 2 ตัว ทำให้เกิดปัญหาการไม่ซิงโครไนซ์กันของกล้อง โครงการนี้จึงพยายามจำลองการเคลื่อนไหว 3 มิติด้วยกล้อง webcam จำนวน 3 ตัว โดยต่อกับคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก แต่อย่างไรก็ตามกล้อง webcam มีข้อจำกัดด้านความเร็วในการจับภาพเราจึงแก้ปัญหาโดยนำ webcam ต่อตรงกับคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กแต่ละตัวจำนวน 3 ชุด เพื่อให้ได้ความเร็วในการจับภาพสูงสุด จากนั้นแก้ปัญหาการซิงโครไนซ์ของกล้องด้วยเวลาเริ่มและหยุดโดยใช้โปรแกรม iSPY ในการบันทึกภาพวิดีโอ

การตรวจจับการเคลื่อนไหวของมนุษย์นี้คือการบันทึกภาพการเคลื่อนไหวของมนุษย์ที่มีมาร์กเกอร์ติดตามข้อต่อต่างๆของร่างกายจากนั้นประมวลผลภาพเพื่อหาตำแหน่งของมาร์กเกอร์ (x,y) นำพิกัดที่ได้ไปจำลองในระบบ 3 มิติโดยระบบนี้ต้องมีการปรับเทียบกล้องด้วยวิธี Direct Linear Transformation (DLT) ทุกครั้งที่ทำการทดลอง ปริญญานิพนธ์นี้ทำการประมวลผลภาพ จำลองการเคลื่อนไหวในระบบสามมิติโดยแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์และบันทึกข้อมูลการเคลื่อนไหวในรูปแบบไฟล์ avi ด้วยโปรแกรม Matlab

Thesis Title	Human Motion Capture
Student	Miss.Anthika Wattanakulwiwat Student ID.53011917 Miss.Anyamanee Pronpunwattana Student ID.53011918 Mr. Aekkasit Satong Student ID.53011964
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Electronics Engineering
Year	2013
Thesis Advisor	Assist. Prof. Dr. Yutthana Kitjaidure

ABSTACT

Human motion capture based on vision system to simulate the 3D animation. The 3D motion data were applied to various fields such as the animation, biomedical, sports and etc. The main problem of the camera detection system is the quality of camera (frame rate, resolution, and etc.) These systems are costly. Moreover the 3D model simulation requires a minimum of two cameras. The multi camera raises unsynchronized problems. This project attempts to model 3D animation from three webcams. The advantage of webcam is low cost but limit the speed shutter. So we solved the problem by connected each webcam to one computer totally three sets to get the maximum speed of capturing and while one the unsynchronization problem by the start and stop time via iSPY program to record the video.

Human motion capture is the recording of the human movement. The human is marked with the passive marker at each joint, Then determines the position of each marker from images by using image processing technique. Then the position of each maker in 2D is transformed to 3D model. The obtained value from the system must be calibrated using Direct Linear Transformation (DLT). This thesis store image of motion model 3D in the animation with avi format on Matlab program.

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ยุทธานาคิดใจเดียวที่คอยให้คำปรึกษา คำแนะนำและช่วยแก้ไขปัญหาต่างๆ รวมถึงเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ในการทำโปรเจกต์ ขอขอบคุณนางสาวศรีสุดา อภัยพนันท์ ที่คอยให้คำปรึกษาในการทำงานในครั้งนี้ ขอขอบคุณนางสาววิรัชสิริ เพิ่มกว่าเก่า นางสาวอัสมา มานะสมบุญพันธ์ นางสาวสุภัค ธรรมจรัสแสง นางสาวอภิญา สิริวณิชพงศ์ ที่ช่วยเป็นแบบในการทดลองและห้องแลป Biomedical Measurement and Computation Laboratory (BMCL) เป็นสถานที่ทดลองขอขอบพระคุณ คุณพ่อคุณแม่ที่คอยช่วยเหลือในเรื่องค่าใช้จ่าย และคอยให้กำลังใจในการทำงานรวมทั้งพี่ๆเพื่อนๆในห้องโปรเจกต์ที่คอยให้คำแนะนำและช่วยเหลือในการทำโปรเจกต์

อัญธิกา วัฒนกุลวิวัฒน์
อัญมณี พรพันธุ์วัฒนา
เอกสิทธิ์ สระทอง



คำนำ

รายงานเล่มนี้ได้เรียบเรียงขึ้นเพื่อใช้ประกอบการทำโครงงานสำหรับนักศึกษาวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ ชั้นปีที่4 โดยเนื้อหาในหนังสือจะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลภาพ (images processing) การทดลองและผลของการทดลอง รวมถึงบทวิเคราะห์และสรุปผลโดยมีจุดประสงค์เพื่อใช้ศึกษาการเคลื่อนไหวของมนุษย์จากภาพที่ถ่ายด้วยกล้องเว็บแคมจำนวน 3 ตัว โดยใช้หลักการเกี่ยวกับการประมวลผลภาพ การปรับเทียบกล้อง (camera Calibration) และการหาพิกัด 2 มิติ และ 3 มิติ ของภาพแล้วนำพิกัดที่ได้มาประมวลผลจำลองการเคลื่อนไหว ผู้เขียนได้พยายามจัดทำเรียบเรียงเนื้อหาที่มีความสำคัญและมีความเหมาะสมง่ายต่อการทำความเข้าใจ โดยหวังว่าผู้ศึกษาจะได้รับความรู้จากหนังสือเล่มนี้ไปอย่างมากที่สุด

คณะผู้จัดทำ



สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
คำนำ.....	IV
สารบัญ.....	V
สารบัญรูปภาพ.....	VIII
สารบัญรูปภาพ(ต่อ).....	IX
สารบัญตาราง.....	XI
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	1
1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....	1
1.4 ขอบเขตงานวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.6 รายละเอียดของเนื้อหาในรายงาน.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 การบันทึกความเคลื่อนไหว.....	3
2.1.1 ประเภทของการบันทึกการเคลื่อนไหว.....	3
2.1.2 ขั้นตอนการทำงานของกรบันทึกความเคลื่อนไหว.....	7
2.2 การทำงานของกล้อง.....	8

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.2.1 กล้องเว็บแคม (Webcam).....	8
2.3 การประยุกต์ใช้งานการบันทึกความเคลื่อนไหว	10
2.3.1การประยุกต์ใช้งานในทางการแพทย์.....	10
2.3.2การประยุกต์ใช้งานในด้านนิติศาสตร์.....	11
2.3.3การประยุกต์ใช้งานในด้านอุตสาหกรรมบันเทิง	11
2.4 ส่วนสรุปการตรวจจับการเคลื่อนไหว.....	11
บทที่ 3การประมวลผลและการออกแบบ	13
3.1 การประมวลผลภาพ (Image Processing).....	13
3.1.1 จุดภาพ (Pixels).....	14
3.1.2 ค่าความละเอียดของภาพ (Resolution)	14
3.1.3 อัตราเฟรม (frame rate).....	14
3.1.4 ระบบการมองเห็นภาพ.....	15
3.1.5 รูปแบบสี (Color Model).....	16
3.2 การปรับเทียบกล้อง (Camera Calibration) และการสร้างคืน (Reconstruction).....	18
3.2.1 การปรับแต่งกล้อง(Camera Calibration)	19
3.2.2 การสร้างคืน (Reconstruction).....	22
3.2.3 ข้อควรปฏิบัติในการทดสอบอัลกอริธึม DLT.....	23
3.3 การประมาณค่าในช่วง (interpolation).....	23
บทที่ 4การทดลองและผลการทดลอง	28
4.1 การบันทึกวิดีโอการเคลื่อนไหวของผู้ทดสอบ	28
4.1.1 การติดตั้งกล้องเว็บแคม(webcam).....	28

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.1.2 ชุดที่ใช้ทดสอบและการติดมาร์กเกอร์ตามข้อต่อต่างๆ.....	28
4.2 โปรแกรมที่ใช้ในการบันทึกวิดีโอและประมวลผลภาพ.....	29
4.3 การปรับเทียบกล้อง(Camera Calibration).....	29
4.3.1 หาค่าพารามิเตอร์การปรับเทียบกล้อง(m)ของทั้งสามกล้อง	30
4.3.2 นำค่าพารามิเตอร์การปรับเทียบกล้องมาทำการสร้างคืน.....	32
4.3.3 คำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนของการปรับเทียบกล้อง	33
4.4 การจำลองการเคลื่อนไหวของมนุษย์.....	33
4.4.1 ขั้นตอนการหาจุดพิกัดมาร์กเกอร์.....	33
4.4.2 การกระโดด.....	35
4.4.3 การวิ่งบนลู่วิ่ง(5km/hr).....	38
4.4.4 การเดินบนพื้น.....	42
4.4.5 การเดินผิดปกติ(ขาซ้ายเจ็บ).....	45
4.4.6 การยืนอยู่กับที่.....	48
บทที่ 5สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	51
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	51
5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง.....	52
เอกสารอ้างอิง.....	53

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 ภาพตัวอย่างการบันทึกภาพการเคลื่อนไหว.....	3
รูปที่ 2.2 ภาพตัวอย่างของชุดเชิงกล.....	4
รูปที่ 2.3 ภาพตัวอย่างการบันทึกการเคลื่อนไหวโดยใช้แม่เหล็ก.....	4
รูปที่ 2.4 ภาพตัวอย่างการบันทึกการเคลื่อนไหวแบบไม่มีมาร์กเกอร์.....	5
รูปที่ 2.5 ภาพตัวอย่างการบันทึกการเคลื่อนไหวโดยใช้มาร์กเกอร์แบบอินฟราเรด.....	5
รูปที่ 2.6 ภาพตัวอย่างการบันทึกการเคลื่อนไหวโดยใช้มาร์กเกอร์แบบหลอดแอลอีดี.....	6
รูปที่ 2.7 การจำลองการเคลื่อนไหวของมนุษย์ให้กับตัวละครสามมิติ.....	8
รูปที่ 2.8 กล้องเว็บแคม.....	8
รูปที่ 2.9 การประยุกต์ใช้งานในทางการแพทย์และกีฬา.....	11
รูปที่ 2.10 การประยุกต์ใช้งานด้านอุตสาหกรรมความบันเทิง.....	11
รูปที่ 3.1 ล็อกไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทดลอง.....	13
รูปที่ 3.2 ความแตกต่างระหว่างภาพ(ก) ความละเอียดต่ำ และ(ข) ความละเอียดสูง.....	14
รูปที่ 3.3 การเก็บภาพข้อมูลแบบดิจิตอล.....	15
รูปที่ 3.4 โครงสร้างสี RGB.....	16
รูปที่ 3.5 โครงสร้างสี HSV.....	17
รูปที่ 3.6 ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างสี YCbCr กับ RGB.....	18
รูปที่ 3.7 ความสัมพันธ์ระหว่างระบบพิกัดคาร์ทีเซียน 3 มิติของปริภูมิวัตถุกับระบบพิกัดคาร์ทีเซียน 2 มิติ ของระนาบภาพ.....	19
รูปที่ 3.8 การทำ interpolation แบบ Cubic spine.....	27
รูปที่ 4.1 การติดตั้งกล้อง.....	28
รูปที่ 4.2 มาร์กเกอร์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3cm.....	28
รูปที่ 4.3 ชุดที่ใช้ทำการทดสอบและการติดมาร์กเกอร์ตามข้อต่อต่างๆ.....	29
รูปที่ 4.4 (ก)โปรแกรม iSpy (ข)โปรแกรม Matlab.....	29
รูปที่ 4.5 การวางแผนผิวเจอร์บอร์คที่ใช้ในการปรับเทียบกล้อง.....	30
รูปที่ 4.6 ระยะห่างระหว่างกล้องกับผู้ทดสอบ.....	30
รูปที่ 4.7 จุดพิกัดทั้ง 12 จุด ที่เราทราบค่า.....	31

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.8ค่าพารามิเตอร์การปรับเทียบกล้อง	31
รูปที่ 4.9 ทำการสร้างแผ่นพิวเจอร์บอร์ดจากจุดพิกัดทั้ง 12 จุด	32
รูปที่ 4.10พื้นหลังและผู้ทดสอบ(RGB).....	33
รูปที่ 4.11พื้นหลังและผู้ทดสอบ(Grayscale)	34
รูปที่ 4.12(ก.) การลบพื้นหลัง (ข.) Threshold	34
รูปที่ 4.13 ทำการ Hough Circle จะได้พิกัด 2D มาร์กเกอร์.....	34
รูปที่ 4.14การเคลื่อนไหวเมื่อนำภาพมาจำลองใน MATLAB.....	34
รูปที่ 4.15การกระโดดของผู้ทดสอบ.....	35
รูปที่ 4.16การจำลองการกระโดดของผู้ทดสอบ	35
รูปที่ 4.17สัญญาณการกระโดดของผู้ทดสอบในแนวแกน x	36
รูปที่ 4.18 สัญญาณการกระโดดของผู้ทดสอบในแนวแกน y	36
รูปที่ 4.19 สัญญาณการกระโดดของผู้ทดสอบในแนวแกน z	37
รูปที่ 4.20การวิ่งของผู้ทดสอบ.....	38
รูปที่ 4.21การจำลองการวิ่งของผู้ทดสอบ	39
รูปที่ 4.22 สัญญาณการวิ่งของผู้ทดสอบในแนวแกน x	40
รูปที่ 4.23 สัญญาณการวิ่งของผู้ทดสอบในแนวแกน y	40
รูปที่ 4.24 สัญญาณการวิ่งของผู้ทดสอบในแนวแกน z	41
รูปที่ 4.25การเดินบนพื้นของผู้ทดสอบ.....	42
รูปที่ 4.26การจำลองการเดินบนพื้นของผู้ทดสอบ	43
รูปที่ 4.27สัญญาณการเดินบนพื้นของผู้ทดสอบในแนวแกน x.....	43
รูปที่ 4.28 สัญญาณการเดินบนพื้นของผู้ทดสอบในแนวแกน y	44
รูปที่ 4.29 สัญญาณการเดินบนพื้นของผู้ทดสอบในแนวแกน z	44
รูปที่ 4.30การเดินผิดปกติ	45
รูปที่ 4.31 การจำลองการเดินผิดปกติ.....	45
รูปที่ 4.32 สัญญาณการเดินผิดปกติบนพื้นของผู้ทดสอบในแนวแกน x	46
รูปที่ 4.33 สัญญาณการเดินผิดปกติบนพื้นของผู้ทดสอบในแนวแกน y	46
รูปที่ 4.34 สัญญาณการเดินผิดปกติบนพื้นของผู้ทดสอบในแนวแกน z	47
รูปที่ 4.35 ยืนและรูปจำลองการยืนโดยมองจากกล้องตัวที่ 1	48
รูปที่ 4.36 ยืนและจำลองการยืนโดยมองจากกล้องตัวที่ 2.....	49
รูปที่ 4.37 ยืนและจำลองการยืนโดยมองจากกล้องตัวที่ 3.....	50

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ข้อดีและข้อเสียของการบันทึกความเคลื่อนไหวโดยชุดเชิงกล.....	6
ตารางที่ 2.2 ข้อดีและข้อเสียของการบันทึกความเคลื่อนไหวโดยใช้กล้องวิดีโอ	7
ตารางที่ 2.3 ข้อดีและข้อเสียของการบันทึกความเคลื่อนไหวโดยใช้แม่เหล็ก	7
ตารางที่ 2.4 รูปแบบของไฟล์ภาพ	9
ตารางที่ 2.5 ความแตกต่างระหว่าง GIF / JPEG / PNG / TIFF	10
ตารางที่ 2.6 เปรียบเทียบความแตกต่างของระบบตรวจจับการเคลื่อนไหวที่ใช้ในโครงการกับระบบ ตรวจจับการเคลื่อนไหวแบบทั่วไป.....	12
ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบจุดพิกัดทั้ง 12 จุดจากพิกัดจริงกับพิกัดที่ได้จากการคำนวณ.....	32
ตารางที่ 4.2 ค่าความคลาดเคลื่อนของจุดพิกัดในรูปภาพ	33
ตารางที่ 4.3 ค่าความคลาดเคลื่อนของพิกัดจริงกับพิกัดที่ได้จากการคำนวณ	33



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กล่าวถึง Motion-capture หรือการตรวจจับการเคลื่อนไหว ก็คือการสังเกตการเคลื่อนไหวหรือเคลื่อนที่ของสิ่งของต่าง ๆ นั้นเอง ปัจจุบันได้มีการนำการตรวจจับการเคลื่อนไหวของมนุษย์ไปประยุกต์ใช้ เพื่อการสร้างภาพ อย่างเช่น การสร้างภาพทางการแพทย์ ทางวิทยาศาสตร์การกีฬา การวิเคราะห์การยุบตัวจากการพุ่งชนของรถยนต์ การสร้างภาพยนตร์หรือการ์ตูนสามมิติ เป็นต้น โปรแกรมที่ใช้ในการประมวลผลการทำงานของ Motion-capture มีหลากหลาย ซึ่งใช้งานในสาขาที่แตกต่างกันออกไป แต่ว่าโปรแกรมประเภทนี้ยังไม่เป็นที่แพร่หลายมากนัก และยังมีราคาที่สูง เพราะต้องใช้เครื่องมือที่นำเข้าจากต่างประเทศ รวมทั้งอุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับโปรแกรมก็ยังมีราคาสูงด้วย ผู้พัฒนาโครงการจึงคิดจัดทำโครงการนี้ขึ้นมาเพื่อที่จะลดค่าใช้จ่ายในการทำ Motion-capture ลง และต้องการศึกษาการทำงานของ Motion-capture ด้วย เพื่อเป็นก้าวแรกในการพัฒนาการศึกษาทางด้านนี้ อย่างมีระบบขั้นตอนที่เหมาะสม จนสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการตรวจจับการเคลื่อนไหวของมนุษย์ เพื่อสร้างภาพในท่าทางที่ต่างกันไป สิ่งที่สำคัญอย่างหนึ่งคือ ตัวอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับการเคลื่อนไหว ซึ่งมีอยู่หลายชนิดจะมีความเหมาะสมต่างกันตามการใช้งาน อุปกรณ์ที่เราเลือกใช้ในการตรวจจับการเคลื่อนไหวคือ กล้อง Webcam เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่หาซื้อได้ง่าย ราคาไม่แพง

ในการสร้างภาพทั่วไปจากการตรวจจับการเคลื่อนไหวของมนุษย์ ที่สามารถพบในชีวิตประจำวัน เช่น ภาพทางการตูนแอนิเมชัน การสร้างภาพเพื่อวิเคราะห์ร่างกายนักกีฬา รวมถึงคุณลักษณะการเคลื่อนที่ของมนุษย์ว่ามีการเคลื่อนที่ผิดปกติ หรือไม่โดยการรับภาพจากกล้องไปประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อสร้างเป็นเสมือน 3 มิติ

จากความสำคัญดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงมีแนวความคิดที่จะศึกษาการตรวจจับการเคลื่อนไหวของมนุษย์ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในทางการแพทย์

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

รายงานฉบับนี้มุ่งหวังการศึกษาและวิจัยการตรวจจับการเคลื่อนไหวของมนุษย์ โดยจับภาพการเคลื่อนไหวของมนุษย์จากกล้อง webcam และในการรับภาพแต่ละครั้งจะมีตำแหน่งที่แน่นอนเรา จะนำข้อมูลที่ได้นำมาจำลองในระบบ 3 มิติ เพื่อจำลองลักษณะการเดินของมนุษย์ว่ามีความปกติหรือไม่

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

โดยทั่วไปในการตรวจจับการเคลื่อนไหวจำเป็นต้องใช้กล้องที่มีเฟรมเรทที่สูง เพื่อที่จะทำให้สามารถจับการเคลื่อนไหวของมนุษย์ในลักษณะต่างๆ ได้อย่างครอบคลุม และยังคงมีความจำเป็นต้องใช้คอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการประมวลผล รวมถึงการเขียนโปรแกรมที่ใช้ในการรับภาพก็จำเป็นต้องมีความรวดเร็ว เพราะข้อมูลที่ใช้ในการประมวลผลภาพมีขนาดใหญ่ เราจึงเก็บข้อมูลในรูปแบบวิดีโอเพื่อใช้โปรแกรม iSpy ในการเก็บภาพ และใช้โปรแกรม Matlab ในการ capture ภาพ

จากวิดีโอ และประมวลผลในกระบวนการ image processing เพื่อหาพิกัดและจำลองการเดินของมนุษย์

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

ทำการรับภาพแบบวิดีโอด้วยโปรแกรม iSpy จากกล้อง Webcam จำนวน 3 ตัว โดยนำกล้องต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กโดยตรง จำนวน 3 เครื่อง เพื่อให้ได้เฟรมเรทในการจับภาพสูงสุด ซึ่งการวางกล้องเพื่อรับภาพในแต่ละครั้งจะมีการวางในตำแหน่งที่แน่นอน ใช้โปรแกรม Matlab ในการ capture ภาพจากวิดีโอของกล้องทั้ง 3 นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาพิกัดการเดินของคนในระนาบ 2 มิติ แล้วทำการจำลองการเคลื่อนไหวในระบบ 3 มิติ โดยแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ และบันทึกข้อมูลการเคลื่อนไหวในรูปแบบไฟล์ .avi ด้วยโปรแกรม Matlab

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้รับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเทคนิคการประมวลผลภาพ
2. ได้รับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้กล้อง Webcam ในการรับภาพโดยกล้อง 3 ตัวต่อกับคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก
3. สามารถสร้างระบบจำลองการเคลื่อนไหว 3 มิติที่มีต้นทุนต่ำ

1.6 รายละเอียดของเนื้อหาในรายงาน

เนื้อหาในรายงานจะแบ่งเนื้อหาออกเป็นบทต่างๆตามรายละเอียด ดังนี้

บทที่ 1 บทนำ

บทที่ 2 ทฤษฎีบทที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 3 การออกแบบระบบและการประมวลผล

บทที่ 4 การทดลอง

บทที่ 5 ผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การบันทึกความเคลื่อนไหว

การบันทึกความเคลื่อนไหว หมายถึงข้อมูลบันทึกการเคลื่อนไหวและทำการแปลงการเคลื่อนไหวนั้นให้อยู่ในรูปแบบของข้อมูลดิจิทัลการบันทึกความเคลื่อนไหวมีการนำมาใช้งานครั้งแรกในประเทศสกอตแลนด์ในเรื่องของการทหารความบันเทิงการกีฬาและการประยุกต์ใช้กับการแพทย์ซึ่งปัจจุบันได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นจากอดีตในด้านความถูกต้องในการตรวจวินิจฉัยโรคของแพทย์ด้านความสะดวกสบายของแพทย์และคนไข้ซึ่งการเก็บข้อมูลการเคลื่อนไหวในรูปแบบของข้อมูลดิจิทัลนี้สามารถนำมาวิเคราะห์ได้ในภายหลัง



2.1.1 ประเภทของ รูปที่ 2.1 ภาพตัวอย่างการบันทึกภาพการเคลื่อนไหว

การบันทึกการเคลื่อนไหวแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทหลักๆตามเทคโนโลยีที่ใช้ได้ดังนี้

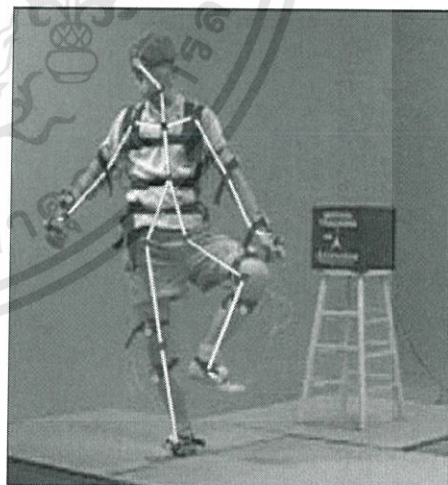
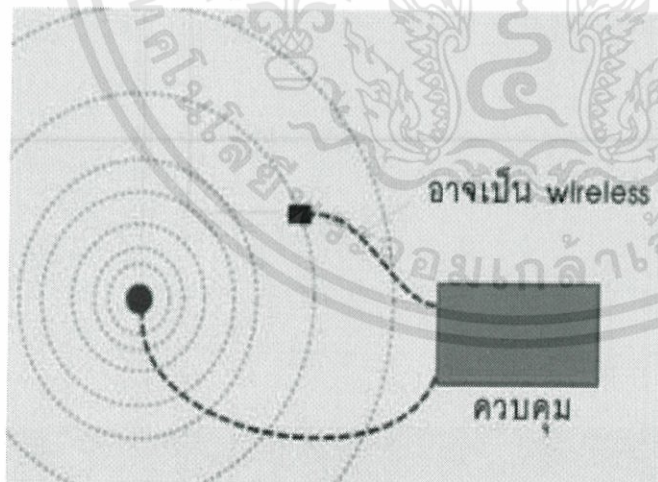
2.1.1.1 การบันทึกการเคลื่อนไหวโดยชุดเชิงกล(Electro-mechanical Motion Capture)

การบันทึกประเภทนี้มักใช้กับการจับภาพการเคลื่อนไหวของมนุษย์โดยเฉพาะโดยชุดที่ใช้ทำขึ้นพิเศษสำหรับให้มนุษย์สวมใส่สำหรับการบันทึกการเคลื่อนไหวโดยชุดจะมีลักษณะเป็นโครงสร้างที่เชื่อมต่อกันโดยมีตัวต้านทานปรับค่าได้ในการวัดการหมุนของจุดต่างๆตามข้อต่อสำคัญของร่างกายการรู้มุมของการหมุนของจุดต่างๆทำให้เราสามารถรู้ท่าทางการเคลื่อนไหวของผู้สวมชุดได้



รูปที่ 2.2 ภาพตัวอย่างของชุดเซ็นเซอร์

เป็นการบันทึกความเคลื่อนไหวโดยใช้เซ็นเซอร์ติดไว้ตามส่วนต่างๆ เพื่อวัดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ต่ำที่ผลิตออกมาจากแหล่งกำเนิดคลื่นที่ติดตั้งไว้ในบริเวณที่ทำการบันทึก เซ็นเซอร์แต่ละตัวจะถูกต่อสายเข้ามายังวงจรวัดค่าเพื่อหาตำแหน่งของเซ็นเซอร์แต่ละตัวในสนามแม่เหล็กวงจรวัดค่าจะส่งข้อมูลไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อแสดงตำแหน่งและการหมุนในรูปแบบสามมิติ



รูปที่ 2.3 ภาพตัวอย่างการบันทึกการเคลื่อนไหวโดยใช้แม่เหล็ก

2.1.1.3 การบันทึกการเคลื่อนไหวโดยใช้กล้องวิดีโอ (Optical Motion Capture System)

วิธีการบันทึกแบบใช้วิดีโอสามารถแบ่งได้อีก 3 แบบคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

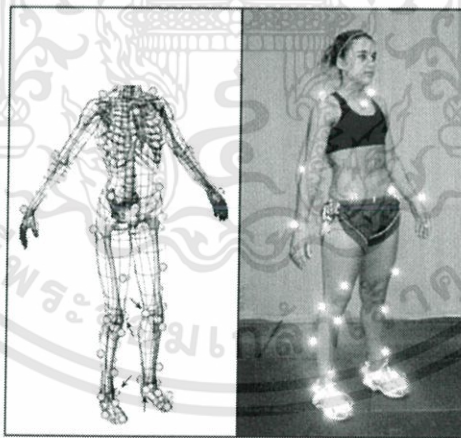
1. แบบไม่มีมาร์กเกอร์ (Markerless)

เป็นการผสมผสานเทคโนโลยีและการวิจัยในเรื่องมุมมองของคอมพิวเตอร์ซึ่งนำไปสู่การพัฒนาของการบันทึกการเคลื่อนไหวแบบไม่มีมาร์กเกอร์ที่เป็นกระบวนการซึ่งถูกพัฒนาขึ้นที่ Stanford, MIT, MacPlanck โดยไม่ต้องสวมใส่อุปกรณ์พิเศษสำหรับการติดตามการเคลื่อนไหวโดยอาศัยหลักของอัลกอริทึมที่ออกแบบมาเพื่อให้ระบบสามารถวิเคราะห์ได้ว่าข้อมูลที่ส่งเข้ามานั้นเป็นรูปร่างของมนุษย์และสามารถแยกแยะได้ว่าที่ทำการติดตามมีการเคลื่อนไหวอย่างไรโดยจุดที่ถูกติดตามนั้นจะยังคงอยู่ในจุดที่กำหนด



รูปที่ 2.4 ภาพตัวอย่างการบันทึกการเคลื่อนไหวแบบไม่มีมาร์กเกอร์ (or Passive Marker)

เป็นการใช้ถ่ายภาพวิดีโอชนิดพิเศษในการติดตามตำแหน่งของมาร์กเกอร์ที่ติดอยู่ตามส่วนต่างๆ โดยกล้องวิดีโอจะใช้เลนส์แบบรับแสงอินฟราเรดแล้วใช้แสงอินฟราเรดจากแหล่งกำเนิดแสงที่ติดไว้รอบๆ กล้องถ่ายภาพแสงจะสะท้อนที่มาร์กเกอร์ทำให้เห็นเป็นจุดที่มีความเข้มแสงมากกว่าบริเวณอื่นๆ



รูปที่ 2.5 ภาพตัวอย่างการบันทึกการเคลื่อนไหวโดยใช้มาร์กเกอร์แบบอินฟราเรด

3. มาร์กเกอร์แบบหลอดแอลอีดี (Active Marker or Pulsed-LED)

เป็นการบันทึกภาพท่าทางของผู้แสดงโดยใช้วิธีวัดจากมาร์กเกอร์ซึ่งเป็นหลอดแอลอีดีโดยการวัดความเข้มแสงสำหรับการบันทึกข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 ภาพตัวอย่างการบันทึกการเคลื่อนไหวโดยใช้มาร์กเกอร์แบบหลอดแอลอีดี

ตารางที่ 2.1 ข้อดีและข้อเสียของการบันทึกการเคลื่อนไหวโดยชุดเซ็นเซอร์

ข้อดี	<ul style="list-style-type: none"> ● พื้นที่บ้านทีกมีขนาดกว้างและสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก ● สามารถบันทึกแบบทันที(Real-time) ได้ ● มีราคาถูกกว่าอุปกรณ์การบันทึกแบบอื่นๆ
ข้อเสีย	<ul style="list-style-type: none"> ● มีอัตราการบันทึกที่ต่ำกว่าระบบอื่นๆ ● มีข้อจำกัดในการเคลื่อนไหวเนื่องจากชุดที่สวมใส่ขณะทำการบันทึก ● ระบบมักจำกัดอยู่กับการบันทึกการเคลื่อนไหวของมนุษย์ ● จำนวนและตำแหน่งของตัวเซ็นเซอร์ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ● ไม่สามารถคำนวณหาตำแหน่งจริงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ข้อดีและข้อเสียของการบันทึกความเคลื่อนไหวโดยใช้กล้องวิดีโอ

ข้อดี	<ul style="list-style-type: none"> ● สามารถใช้มาร์กเกอร์ได้หลายจุดและสามารถเปลี่ยนอุปกรณ์ได้ง่ายในกรณีที่ใช้มาร์กเกอร์ ● สามารถกำหนดพื้นที่บันทึกได้ขนาดใหญ่ ● ไม่มีอุปกรณ์หรือสายไฟที่เป็นอุปสรรคต่อการเคลื่อนที่ของผู้ทดสอบ ● มีความถี่ที่สูงทำให้ได้ข้อมูลที่มีความละเอียดสูงกว่าแบบอื่น
ข้อเสีย	<ul style="list-style-type: none"> ● ต้องใช้การประมวลผลที่ซับซ้อนกว่าแบบอื่น ● อุปกรณ์ที่ใช้ในงานจริงเป็นอุปกรณ์เฉพาะที่มีราคาแพง ● เมื่อมาร์กเกอร์หรือจุดที่ติดตามถูกบดบังหรือซ้อนทับกันจะไม่สามารถบันทึกได้ ● การบันทึกต้องกระทำในสภาพแวดล้อมที่ควบคุมได้

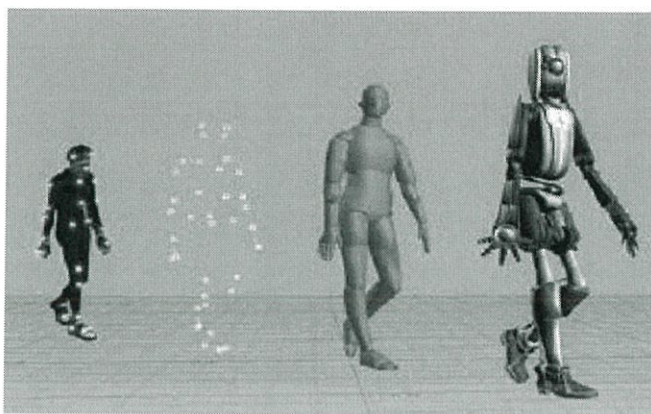
ตารางที่ 2.3 ข้อดีและข้อเสียของการบันทึกความเคลื่อนไหวโดยใช้แม่เหล็ก

ข้อดี	<ul style="list-style-type: none"> ● ให้ข้อมูลแบบ Real-time ทำให้สามารถให้ข้อมูลแบบผลป้อนกลับได้ (Feedback) ● ให้ข้อมูลตำแหน่งและการหมุนได้โดยไม่ต้องไปประมวลผลต่อ ● มักมีราคาถูกกว่าอุปกรณ์แบบใช้กล้อง ● ไม่มีการบดบังเซ็นเซอร์
ข้อเสีย	<ul style="list-style-type: none"> ● เซ็นเซอร์มีการตอบสนองต่อโลหะสูงทำให้ข้อมูลมีความผิดพลาดได้มาก ● ผู้ทดสอบไม่สามารถเคลื่อนไหวได้สะดวกเนื่องจากชุดที่สวมใส่ ● เซ็นเซอร์แม่เหล็กมีอัตราการบันทึกที่ต่ำกว่าแบบใช้กล้อง ● พื้นที่การบันทึกมักมีขนาดเล็กและยากต่อการเปลี่ยนจำนวนและตำแหน่งของเซ็นเซอร์

2.1.2 ขั้นตอนการทำงานของการบันทึกความเคลื่อนไหว

ในส่วนของการบันทึกความเคลื่อนไหวนั้นการเคลื่อนไหวที่จุดใดจุดหนึ่งขึ้นไปจะถูกนำมาวิเคราะห์เป็นจำนวนหลายๆครั้งในเวลาหนึ่งวินาทีอย่างไรก็ตามเทคนิคส่วนใหญ่ที่ใช้สำหรับการบันทึกความเคลื่อนไหวนั้นคือการบันทึกการเคลื่อนไหวของผู้แสดงโดยไม่มีการบันทึกเรื่องของโครงสร้างภายนอกและหน้าตาแต่อย่างใดโดยที่ข้อมูลของการเคลื่อนไหวเหล่านี้จะถูกนำไปประยุกต์ใช้งานร่วมกับหุ่นโมเดลสามมิติดังนั้นตัวหุ่นจะสามารถเคลื่อนไหวได้แบบเดียวกับผู้แสดงเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 การจำลองการเคลื่อนไหวของมนุษย์ให้กับตัวละครสามมิติ

2.2 การทำงานของกล้อง

2.2.1 กล้องเว็บแคม (Webcam)

เว็บแคม (Webcam) หรือชื่อเรียกเต็มๆว่า Web Camera แต่ในบางครั้งก็มีคนเรียกว่า VideoCamera หรือ Video Conference ก็แล้วแต่ความเข้าใจแต่ละคนเว็บแคมเป็นอุปกรณ์อินพุตที่สามารถจับภาพเคลื่อนไหวของเราไปปรากฏในหน้าจอคอมพิวเตอร์และสามารถส่งภาพเคลื่อนไหวนี้ผ่านระบบเครือข่ายเพื่อให้นักฟากหนึ่งสามารถเห็นตัวเราเคลื่อนไหวได้เหมือนอยู่ต่อหน้าถือว่าเป็นอุปกรณ์ที่มีประโยชน์อีกตัวหนึ่งและเริ่มมีความจำเป็นมากขึ้นเรื่อยๆ



รูปที่ 2.8 กล้องเว็บแคม

อุปกรณ์อย่างกล้องเว็บแคมไม่ใช่ว่าจะเหมือนกันหมดทุกตัวแต่ละรุ่นแต่ละยี่ห้อจะมีลักษณะและคุณสมบัติที่แตกต่างกันไปตามแต่ผู้ผลิตจะคิดค้นและออกแบบมาให้เหมาะสมกับการใช้งานอย่างไรซึ่งสามารถแบบประเภทของเว็บแคมได้ดังนี้

- แบ่งตามรูปร่างของกล้อง

โดยปกติกล้องเว็บแคมส่วนใหญ่จะเป็นทรงกลมเนื่องจากเป็นรูปร่างต้นแบบที่ทำกันมานานและก็ทำให้รู้ได้ทันทีว่านี่คืออุปกรณ์เว็บแคมแต่ไม่จำเป็นที่กล้องเว็บแคมต้องเป็นทรงกลมเสมอไปเพราะบางครั้งกล้องเว็บแคมก็จำเป็นต้องมีรูปร่างอื่นๆเพื่อให้เข้ากับการใช้งานในบางลักษณะดังนั้นการเลือกรูปร่างให้เหมาะสมนั้นก็ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานของเรามากกว่า

- แบ่งตามประเภทของขาตั้งกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยส่วนใหญ่ลักษณะของฐานตั้งกล้องจะเป็นแบบตั้งพื้นเสียส่วนใหญ่โดยแบบแรกคือแบบมีขาสำหรับวางบนพื้นอาจจะมีขา 3 ขาหรือ 4 ขาก็แล้วแต่การออกแบบ แต่ฐานแบบ 3 ขาจะมีปัญหาตรงที่วางแล้วยังไม่มั่นคงดีนักและไม่สามารถหมุนตัวกล้องได้สะดวกตั้งนั้นถ้าต้องการเว็บแคมที่มีฐานมั่นคงและสามารถหมุนได้ง่ายๆก็ต้องเลือกแบบฐานทรงกลมขนาดใหญ่ซึ่งแบบนี้จะมีข้อดีตรงที่วางได้มั่นคงและยังสามารถหมุนแกนของตัวกล้องได้ไม่จำเป็นต้องยกตัวกล้องหมุนไปมาให้เสียเวลา

- แบ่งตามชนิดของเซ็นเซอร์

สำหรับเซ็นเซอร์ที่กล้องเว็บแคมใช้นั้นจะมีหลักๆอยู่ 2 ชนิดคือ CCD และ CMOS แต่ที่นิยมใช้กันมากที่สุดในตอนนี้ก็คือ CMOS เนื่องจากเหตุผลหลายๆประการและตัวเซ็นเซอร์แบบ CMOS เองก็สามารถแบบออกได้ถึง 2 ชนิดด้วยกัน คือ CLF Color CMOS Censor ที่มีความละเอียดของพิกเซลแค่ 110,000 พิกเซล (367 x 291) เท่านั้นในขณะที่ VGA Color CMOS Censor ให้ความละเอียดที่สูงกว่าที่ 350,000พิกเซล (655 x 493) ดังนั้นเวลาเลือกซื้อกล้องเว็บแคมก็ดูได้ทั้งความละเอียดที่ระบุไว้หรือชนิดของ CMOS ก็ได้สำหรับเซ็นเซอร์แบบ CCD จะเป็นเซ็นเซอร์ที่นิยมใช้ในกล้องดิจิตอลเพราะให้ความละเอียดที่สูงกว่าและก็มี noise ไม่มากเหมือนกับเซ็นเซอร์แบบ CMOS

- แบ่งตามรูปแบบการเชื่อมต่อ

สำหรับการเชื่อมต่อของกล้องเว็บแคมในปัจจุบันส่วนใหญ่จะเป็นอินเทอร์เฟซแบบ USB แทบทั้งสิ้นโดย USB ที่ใช้ก็จะเป็นเวอร์ชัน 1.1 เสียส่วนมากแต่ก็จะมีเวอร์ชัน 2.0ในบางรุ่นกล้องเว็บแคมแบบไร้สายจะใช้การเชื่อมต่อในรูปแบบ Wi-Fi หรือ Wireless lan นั่นเองทำให้สามารถเคลื่อนย้ายไปได้ทุกที่โดยไม่ต้องคำนึงถึงสายให้วุ่นวาย แต่เว็บแคมที่เป็น Wireless ตอนนี่ยังมีราคาค่อนข้างแพงอยู่

ตารางที่ 2.4รูปแบบของไฟล์ภาพ

JPG	สามารถบีบอัดข้อมูลที่เป็นรูปภาพประเภท Bitmap หรือ ภาพถ่ายต่างๆ
GIF	เป็นการบันทึกภาพที่สามารถบีบอัดไฟล์ให้มีขนาดเล็ก ส่วนมากจะนำไปใช้บันทึกเป็นภาพเคลื่อนไหว
PNG	ใช้ในการบันทึกไฟล์ภาพประเภท Vector บันทึกส่วนที่โปร่งใส และสามารถเลือกระดับสีได้ถึง 16.7 ล้านสี
BMP	เป็นรูปแบบของไฟล์มาตรฐานที่ใช้กันในระบบปฏิบัติการ Windows และ DOS
TIFF	เป็นการบันทึกรูปภาพซึ่งสามารถบีบอัดข้อมูล ทำให้คุณภาพของสีเหมือนต้นฉบับ แต่ไฟล์นั้นจะมีขนาดค่อนข้างใหญ่
EPS	เป็นรูปแบบไฟล์ที่สามารถบรรจุภาพแบบ Vector และ Bitmap ซึ่งนำรูปภาพไปใช้ใน Illustrator
PDF	เป็นรูปแบบไฟล์ที่ใช้ในการนำเสนอข้อมูลบนอินเทอร์เน็ต ข้อดีก็คือ สามารถรักษารูปแบบของ หน้ากระดาษ ตัวอักษร รูปภาพ ให้เหมือนกับต้นฉบับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 ความแตกต่างระหว่าง GIF / JPEG / PNG / TIFF

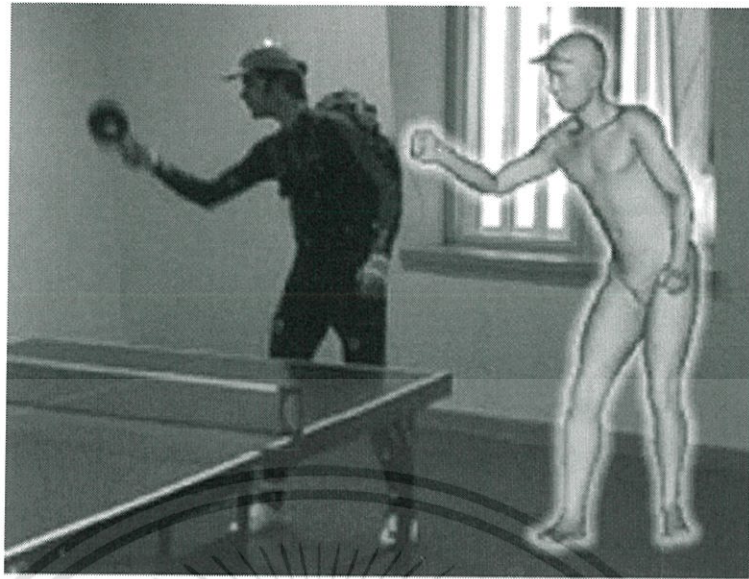
GIF (.gif) Graphics Interlace File	JPEG (.jpg หรือ .jpeg) Joint Photographer's Experts Group	PNG (.png) Portable Network Graphics	TIFF (.tif) Tagged-Image File Format
<ul style="list-style-type: none"> * ภาพที่ไม่ต้องการความคมชัดมากนัก จำนวนสีและความละเอียดของภาพไม่สูงมากนัก * ต้องการพื้นแบบโปร่งใส * ต้องการแสดงผลแบบโครงร่างก่อน แล้วค่อยแสดงผลแบบละเอียด * ต้องการนำเสนอภาพแบบภาพเคลื่อนไหว 	<ul style="list-style-type: none"> * ภาพที่ต้องการความคมชัดสูง มีสีมาก * เหมาะสมกับการนำเสนอทั้งระบบสื่อมัลติมีเดียและเว็บไซต์ * สามารถกำหนดขนาดของไฟล์ได้ตามความเหมาะสม (File Compression) * สามารถกำหนดคุณสมบัติการแสดงผลแบบหยاب แล้วค่อยๆ ละเอียดเมื่อเวลาผ่านไป ที่เรียกว่าคุณสมบัติ Progressive 	<ul style="list-style-type: none"> * ภาพที่ต้องการความคมชัดสูง * รูปแบบล่าสุดในการนำเสนอภาพผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต * สามารถแสดงผลได้ในระบบสีเต็มพิกัด (True Color) * มีขนาดไฟล์เล็ก และควบคุมคุณภาพได้ตามที่ต้องการ * มีการกำหนดให้พื้นภาพเป็นพื้นโปร่งใสได้ (Transparent) 	<ul style="list-style-type: none"> * รูปแบบที่ใช้เก็บภาพพร้อมรายละเอียดต่างๆ เช่น เลเยอร์ (Layer), Annotation, โหมดภาพทั้งระบบ * CMYK, RGB, Lab Color ตลอดจนข้อมูลประกอบอื่นๆ ตามต้นฉบับเดิมของภาพ * เหมาะสมต่อการเก็บบันทึกภาพต้นฉบับ และภาพสำหรับใช้ประกอบการสร้างสื่อสิ่งพิมพ์

2.3 การประยุกต์ใช้งานการบันทึกความเคลื่อนไหว

การบันทึกความเคลื่อนไหวสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานด้านต่างๆ ได้เช่น

2.3.1 การประยุกต์ใช้งานในทางการแพทย์

การบันทึกความเคลื่อนไหวในทางการแพทย์ เรียกว่าการวิเคราะห์ทางชีววิทยาสามมิติ (Three-dimension Biological Measuring) ใช้ในการสร้างข้อมูลการเคลื่อนไหวทางชีววิทยาของสิ่งมีชีวิตเพื่อใช้ศึกษาและวิเคราะห์การเคลื่อนไหวตลอดจนนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านอื่นๆ เช่น กลไกของข้อต่อ การวิเคราะห์โครงกระดูกสันหลัง วิทยาศาสตร์การกีฬา เป็นต้น



รูปที่ 2.9 การประยุกต์ใช้งานในทางการแพทย์และกีฬา

2.3.2 การประยุกต์ใช้งานในด้านนิติศาสตร์

การบันทึกความเคลื่อนไหวใช้ในการสร้างเหตุการณ์จำลองเสมือนจริงเพื่อใช้เป็นหลักฐานในการพิจารณาคดีและใช้เพื่อแสดงสิ่งที่พยานได้กล่าวถึงเหตุการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นซึ่งหลักฐานนี้มีภูมิอิทธิพลต่อการตัดสินใจของคณะลูกขุนและผู้พิพากษามากกว่าหลักฐานการแสดงอื่นๆ

2.3.3 การประยุกต์ใช้งานในด้านอุตสาหกรรมบันเทิง

การบันทึกความเคลื่อนไหวช่วยลดเวลาในการสร้างภาพเคลื่อนไหวทั้งยังทำให้ได้การเคลื่อนไหวที่สมจริงมากกว่าการสร้างการเคลื่อนไหวด้วยมือทำให้การบันทึกความเคลื่อนไหวเป็นที่นิยมใช้กันมากในอุตสาหกรรมแอนิเมชันหรือบันเทิงเช่นการนำไปใช้สร้างการเคลื่อนไหวให้กับตัวละครในเกมคอมพิวเตอร์ภาพยนตร์แอนิเมชันหรือแม้แต่การตกแต่งด้วยคอมพิวเตอร์ในการสร้างภาพยนตร์



รูปที่ 2.10 การประยุกต์ใช้งานด้านอุตสาหกรรมความบันเทิง

2.4 ส่วนสรุปการตรวจจับการเคลื่อนไหว

การตรวจจับการเคลื่อนไหวช่วยให้สามารถสร้างการเคลื่อนไหวของตัวละครได้สมจริง โดยเฉพาะการใช้งานในด้านการบันเทิงที่มีการนำมาใช้อย่างแพร่หลายด้วย ข้อดีคือลดเวลาในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สร้างภาพเคลื่อนไหวหรือแอนิเมชัน และในการเคลื่อนไหวที่สมจริง ต่างจากการสร้างการเคลื่อนไหวด้วยโปรแกรมที่ต้องอาศัยผู้ชำนาญในการสร้างการเคลื่อนไหวที่ซับซ้อนแล้วยังต้องใช้เวลาในการทำงานนานกว่ามาก

โครงการการตรวจจับการเคลื่อนไหวของมนุษย์ เป็นการพัฒนาระบบตรวจจับการเคลื่อนไหว โดยใช้กล้องเว็บแคมในส่วนรับภาพ โดยสามารถเปรียบเทียบระบบที่ออกแบบกับระบบตรวจจับการเคลื่อนไหวแบบทั่วไป ดังนี้

ตารางที่ 2.6เปรียบเทียบความแตกต่างของระบบตรวจจับการเคลื่อนไหวที่ใช้ในโครงการกับระบบตรวจจับการเคลื่อนไหวแบบทั่วไป

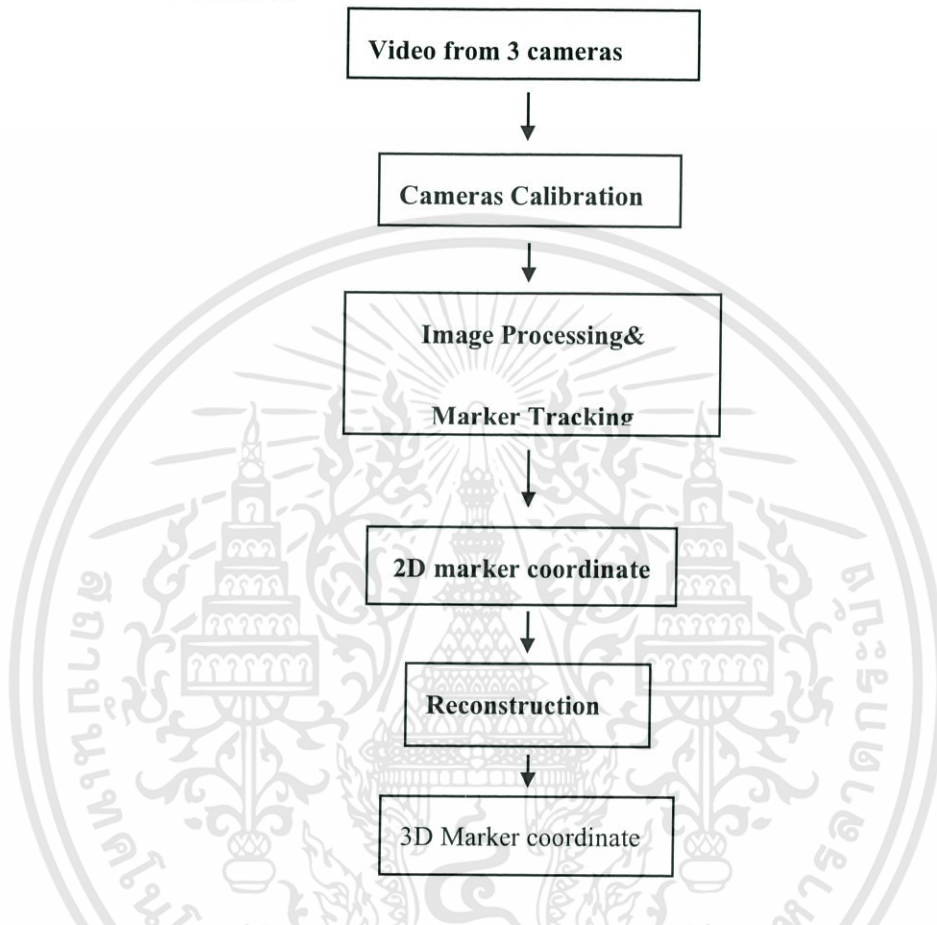
	ระบบตรวจจับการเคลื่อนไหวที่ใช้ในโครงการ	ระบบตรวจจับการเคลื่อนไหวที่ใช้ทั่วไป
กล้อง	เว็บแคม	กล้องอินฟราเรด
ค่าใช้จ่ายในการสร้างระบบ	มีค่าใช้จ่ายค่อนข้างถูก	มีค่าใช้จ่ายสูงตามคุณภาพของกล้องอินฟราเรด
การบดบังมาร์กเกอร์	มี	มี
ความแม่นยำ	ปานกลาง	สูง
สภาพแวดล้อม	ในห้องทั่วไปที่ไม่มีแสงรบกวน มีองค์ประกอบที่ไม่ต้องการ	มีการจำกัดสภาพแวดล้อม
มาร์กเกอร์	ลูกโปมฟอสฟอเรสเซนต์	วัตถุทรงกลมที่มีคุณสมบัติสะท้อนแสงได้ดี
การตรวจจับท่าทางการเคลื่อนไหวที่ซับซ้อน	ไม่มี	มี

โครงการนี้จะเน้นการตรวจจับการเคลื่อนไหวของมนุษย์โดยใช้อุปกรณ์ที่มีราคาถูก ซึ่งทำให้ระบบที่พัฒนาขึ้นมีความแตกต่างจากระบบทั่วไปที่ใช้ในเชิงธุรกิจและมีข้อจำกัดบ้าง แต่ทั้งนี้เป็นการศึกษาวิธีการตรวจจับการเคลื่อนไหวที่ใช้กล้อง Webcam เป็นต้นแบบเพื่อให้สามารถนำไปพัฒนาและประยุกต์ใช้งานต่อไปได้

บทที่ 3

การประมวลผลและการออกแบบ

ในบทนี้จะเป็นการนำเสนอการทดสอบระบบจำลองการเคลื่อนไหวสามมิติที่ได้ออกแบบและทำการทดลองโดยมีขั้นตอนดังนี้



3.1 การประมวลผลภาพ รูปที่ 3.1บล็อกไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทดลอง

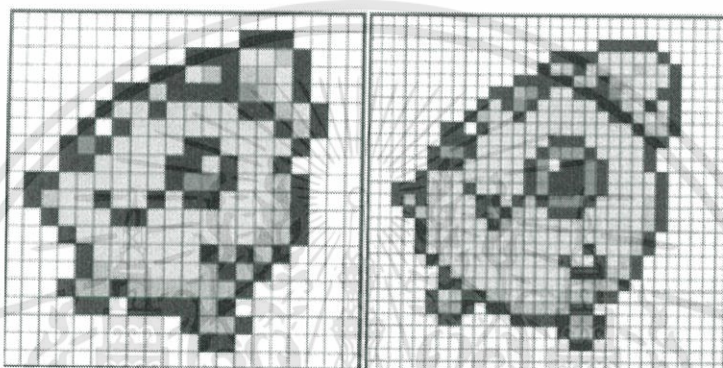
การประมวลผลภาพ (Image Processing) เป็นการประยุกต์ใช้งานการประมวลผลสัญญาณบนสัญญาณ 2 มิติ เช่นภาพนิ่ง ภาพวิดีโอทัศน์และยังรวมถึงสัญญาณ 2 มิติอื่นๆ ที่ไม่ใช่ภาพด้วย เมื่อหลายสิบปีมาแล้วการประมวลผลภาพนั้น จะอยู่ในรูปของการประมวลผลสัญญาณแอนะล็อก (Analog) โดยใช้อุปกรณ์ปรับแต่งแสง (Optics) แต่เนื่องจากอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ในปัจจุบันราคาถูกลง และมีความเร็วในการประมวลผลสูง การประมวลผลภาพดิจิทัล (Digital Image Processing) จึงได้รับความนิยมมากกว่า โครงการนี้จะนำเสนอทฤษฎีการประมวลผลภาพมาใช้ในการหาตำแหน่งอ้างอิงของมาร์กเกอร์จากภาพที่ได้จากการบันทึกด้วยกล้องเว็บแคม เพื่อนำตำแหน่งอ้างอิงจุดมาร์กเกอร์ไปคำนวณหาตำแหน่งการเคลื่อนไหวของตัวผู้ทดลองต่อไป โดยใช้ทฤษฎีที่เกี่ยวกับการประมวลผลภาพ ในโครงการนี้สามารถอธิบายได้ ดังนี้

3.1.1 จุดภาพ (Pixels)

ภาพที่ได้จากการบันทึกด้วยกล้องเว็บแคมเป็นภาพกราฟิกแบบราสเตอร์ (Raster Graphics) หรือ ภาพบิตแมป (Bitmap) โดยภาพเกิดจากจุดภาพ (Pixels) หลายๆจุดประกอบรวมกันเป็นภาพ โดยจุดภาพแต่ละจุดจะเก็บค่าสี โดยค่าสีเหล่านั้นจะทำให้เกิดรายละเอียดในภาพเป็นสีต่างกัน

3.1.2 ค่าความละเอียดของภาพ (Resolution)

ค่าความละเอียดของภาพคือ ค่าความละเอียดของภาพ ๆ หนึ่งซึ่งกำหนดเป็นจำนวนจุดภาพ (pixels) ต่อหนึ่งหน่วยความยาวของภาพ ตัวอย่าง หากภาพนั้นมีค่า Resolution = 150 pixels/inches แสดงว่าในพื้นที่ 1 ตารางนิ้วของภาพนั้นประกอบไปด้วยเม็ดสีจำนวน 150 สี (Pixels) เป็นต้น



(ก)

(ข)

รูปที่ 3.2 ความแตกต่างระหว่างภาพ(ก) ความละเอียดต่ำ และ(ข) ความละเอียดสูง

ในการสร้างงานสักหนึ่งภาพนั้นเราจะต้องคำนึงถึงเสมอเกี่ยวกับการกำหนดค่าของความละเอียดซึ่งเราจะต้องกำหนดในขั้นตอนของการสร้างภาพ เวลาที่เราจะสร้างภาพใหม่ (New File) ก็จะต้องระบุค่าของความละเอียด ซึ่งหากเรากำหนดค่าของความละเอียดมาก ภาพก็จะมีคุณภาพคมชัดสูง แต่ขนาดของไฟล์ก็จะใหญ่ตามไปด้วย การกำหนดค่าของความละเอียดสามารถกำหนดได้ 2 แบบ คือ

1. pixel / inch การกำหนดจำนวนเม็ดสีต่อตารางนิ้ว เรียกว่า ppi
2. pixel / cm การกำหนดจำนวนเม็ดสีต่อตารางเซนติเมตรซึ่งหน่วยของการกำหนดค่าความละเอียดที่เรานิยมกำหนดคือแบบที่ 1

3.1.3 อัตราเฟรม (frame rate)

วัดกันในหน่วยของ ภาพต่อวินาที(FPS) คือหน่วยวัดการจัดเก็บภาพสำหรับกล้องถ่ายภาพดิจิทัล, จำนวนการบันทึกภาพของภาพเคลื่อนไหวในกล้องวิดีโอ หรือจำนวนภาพที่แสดงได้ของหน่วยแสดงผลต่าง ๆ เช่น ภาพยนตร์แอนิเมชัน ซึ่ง FPS ที่สูงขึ้นจะทำให้ภาพเคลื่อนไหวที่ได้มีความต่อเนื่อง นุ่มนวล และ ใช้พื้นที่ในการจัดเก็บเยอะขึ้น ตัวอย่าง ตาของคนเราสามารถมองเห็นภาพที่เคลื่อนที่ได้ไม่เกิน 24 ภาพต่อวินาที หากเกินกว่านั้น เช่น 30 นาที จะมองเห็นเป็นภาพต่อเนื่องหรือภาพวิดีโอ ซึ่งในวงการภาพยนตร์จึงได้กำหนดค่าเฟรมเรต หรือภาพที่เคลื่อนที่ในหนึ่งวินาทีเอาไว้ในช่วง 25-30 ภาพต่อวินาที เพื่อสร้างเป็นภาพต่อเนื่องที่สายตาของเราอมรับได้

3.1.4 ระบบการมองเห็นภาพ

การมองเห็นภาพนั้นจะหมายความรวมถึงทุกสิ่งที่เป็นต่อการได้มาซึ่งรหัสทางดิจิทัลที่ใช้แทนภาพนั้นๆ การปรับปรุงเปลี่ยนแปลงข้อมูลและรวมทั้งการนำเสนอภาพที่ได้หลังการปรับปรุงแล้วด้วย ซึ่งระบบการมองเห็นภาพนี้อาจมีความยุ่งยากซับซ้อนต่างกันตามลักษณะการใช้งานแต่ก็สามารถแบ่งเป็นขั้นตอนกว้างๆ ได้ 3 ขั้นตอนดังนี้

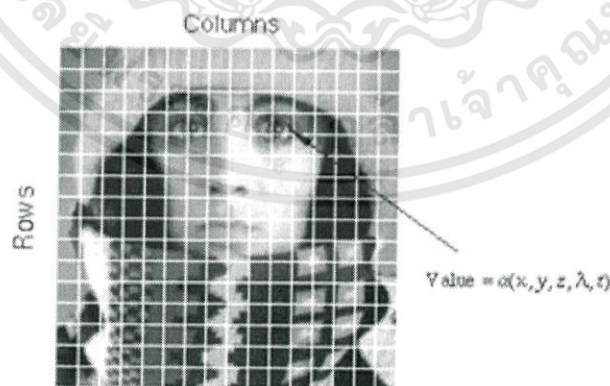
1. การได้มาซึ่งภาพ(Image Acquisition) หมายถึงการแปลงภาพที่เห็นในลักษณะทางกายภาพนั้นให้เป็นเซตของข้อมูลทางดิจิทัลซึ่งอาจจะรับภาพนั้นจากกล้องถ่ายรูป, สแกนเนอร์ (Scanner), กล้องวิดีโอที่เป็นอุปกรณ์ดิจิทัลซึ่งภาพแต่ละภาพที่ได้รับจากอุปกรณ์เหล่านี้จะมีรายละเอียดและความคมชัดสูงเท่าไรนั้นจะขึ้นอยู่กับอัตราในการสุ่มสัญญาณ(Sampling rate) ของอุปกรณ์รับภาพนั้นๆ

2. กระบวนการประมวลผลภาพ(Image Processing) มีหน้าที่หลักในการสร้างภาพให้ขึ้นมาโดยการแยกแยะส่วนที่ต้องการหรือสนใจออกจากพื้นหลังหรือสิ่งรบกวนต่างๆ, การหาขอบภาพ, การกรอง(fitter), การเปลี่ยนแปลงค่าสีของภาพ, การประมวลผลเชิงตัวเลขซึ่งขั้นตอนดังกล่าวนี้จะถูกนำมาประมวลผลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์โดยภาพที่นำมาประมวลผลจะถูกแทนด้วยตัวเลขในรูปแบบของเมตริกซ์แต่ภาพที่ได้ส่วนมากจะอยู่ในรูปของฟังก์ชันต่อเนื่อง $f(x,y)$ ในระนาบสองมิติโดยจะเป็นสัดส่วนกับความสว่างหรือความเข้มของภาพที่ตำแหน่ง (x,y) ซึ่งเรียกว่าระดับสีเทา

3. ผลที่ได้และการแสดงผล(Output and Display) รูปแบบของการแสดงผลที่ได้ นั้นขึ้นอยู่กับว่าจะนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ต่อในลักษณะใดโดยอาจจะนำไปแสดงผลทางเครื่องพิมพ์หรือผ่านหน้าจอเป็นต้น การประมวลผลรูปภาพสามารถทำได้ในสองลักษณะใหญ่ๆ คือการปรับปรุงคุณภาพให้ดีขึ้น เพื่อให้มนุษย์ดูและกระบวนการนำข้อมูลรูปภาพเพื่อนำไปใช้ต่อในการเก็บ, การส่งข้อมูล, และวิเคราะห์ต่างๆ

3.1.4.1 การแทนภาพด้วยข้อมูลแบบดิจิทัล

ภาพข้อมูลดิจิทัล (Digital Image) เป็นภาพที่ถูกแปลงมาจากภาพแอนะล็อกให้อยู่ในรูปแบบของตัวเลขโดยการนำภาพแอนะล็อกมาแบ่งเป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมเล็กๆที่ เรียกว่าพิกเซล (pixel) ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 3.3 การเก็บภาพข้อมูลแบบดิจิทัล

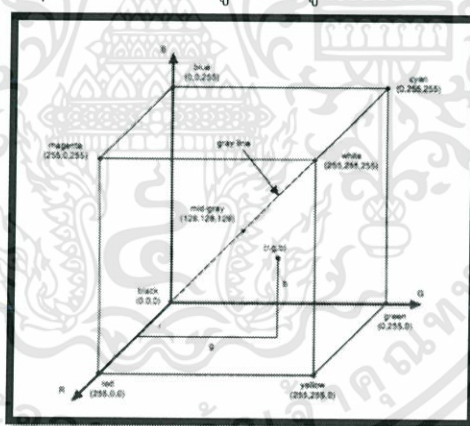
3.1.5 รูปแบบสี (Color Model)

สี คือการรับรู้ความถี่หรือความยาวคลื่นแสง โดยที่เกิดจากแสงที่มากกระทบวัตถุแล้วสะท้อนเข้าตาเราทำให้เห็นวัตถุเป็นสีต่างๆ การที่มองเห็นวัตถุเป็นสีใดๆ ได้เพราะวัตถุนั้นดูดแสงสีอื่นและสะท้อนสีตัวมันเอง เช่น วัตถุสีแดง เมื่อมีแสงส่องกระทบก็จะดูดทุกสี แต่จะสะท้อนแต่สีแดง ทำให้เรามองเห็นเป็นสีแดง การคัดแยกมาร์กเกอร์ออกจากภาพในโครงการนี้ใช้คุณสมบัติของสี โดยมาร์กเกอร์จะมีสีที่แตกต่างไปจากพื้นหลังของภาพเพื่อหาตำแหน่งของมาร์กเกอร์จากภาพสามารถอ้างอิงได้จากตำแหน่งพิกเซลซึ่งเก็บค่าสีที่เป็นสีของมาร์กเกอร์ในภาพ การประมวลผลภาพสีนั้นต้องทราบรูปแบบของสีที่ใช้ในคอมพิวเตอร์ซึ่งจะอธิบายรูปแบบที่สำคัญดังนี้

3.1.5.1 รูปแบบ RGB

เป็นระบบสีพื้นฐานของคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการแสดงผล โดยจุดพิกเซล 1 จุดจะประกอบด้วยค่าสี 3 ค่าคือ แดง (R) เขียว (G) และน้ำเงิน (B) การผสมสีทั้งสามนี้ด้วยค่าต่างๆ กันจะก่อให้เกิดสีที่แตกต่างกัน คอมพิวเตอร์จะเก็บค่าสีนี้แยกกันโดยใช้ขนาดข้อมูล 1 ไบต์ต่อ 1 สี ทำให้ค่าของสีแต่ละสีมีได้ 256 ระดับ และผสมได้สี 16 ล้านสี

ในโครงสร้างนี้มีโครงสร้างเป็นลักษณะแกนคาร์ทีเซียนโคออดิเนต(Cartesian coordinate) โดยมีลักษณะเป็นทรงลูกบาศก์มีค่าสีแดงสีเขียวและน้ำเงินอยู่ที่มุมทั้งสามที่เป็นแกนและมีสีฟ้าครามสีม่วงสีเหลืองอยู่ที่มุมอีก 3 มุมสีดำจะอยู่ที่จุดกำเนิดคือถ้าทุกสีมีค่าเป็น 0 คือเป็นสีดำสีขาวก็คือตรงข้ามกับสีดำซึ่งอยู่ที่มุมไกลสุดจากจุดกำเนิดในลักษณะที่แยกมุมในรูปแบบนี้ค่าระดับสีเทา(Gray scale) จะอยู่บนเส้นระหว่างสีดำและสีขาวและสีอื่นๆ ก็จะมีตำแหน่งอยู่ภายในลูกบาศก์นั้น ดังรูปที่ 3.4

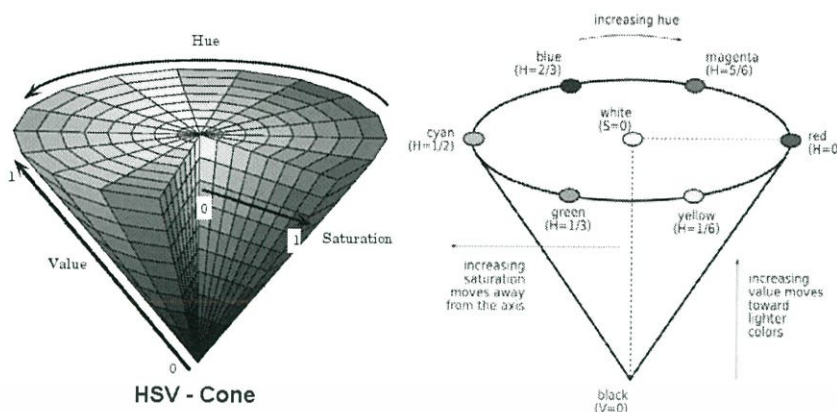


3.1.5.2 รูปแบบ HSI

รูปที่ 3.4 โครงสร้างสี RGB

เป็นระบบสีที่มีความเหมาะสมกับการมองเห็นของมนุษย์มากที่สุด เนื่องจากการมองเห็นของมนุษย์มีแสงเข้ามาเกี่ยวข้อง ในระบบสี HSV จึงมีการนำค่าความสว่างเข้ามาคำนวณด้วยระบบสี HSV ประกอบด้วยค่า 3 ค่าคือ ค่าสี (Hue) บอกความเป็นสีใดๆ ค่าความอิ่มตัวของสี (Saturation) บอกค่าความเข้มสี และค่าความสว่าง (Intensity Value) การบอกความสว่างของสีรูปแบบนี้จะเหมาะกับการประมวลผลภาพที่ต้องการผลลัพธ์ในการแยกแยะสีเหมือนกับการแยกแยะสีด้วยสายตามนุษย์มากกว่าการแยกแยะสีแบบคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ค่าสีจะมีตั้งแต่ **รูปที่ 3.5** โครงสร้างสี HSV เปลี่ยนแปลงไปจะทำให้ค่าสี

เปลี่ยนตาม Hue มีค่าเท่ากับ 0 ถึง 360 องศา เมื่อเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ สีก็จะ
เปลี่ยนแปลงไปตามสเปกตรัมของสีจนถึง 360 องศา จึงจะกลับมาเป็นสีแดงอีกครั้ง ซึ่งสามารถแทน
ให้อยู่ในรูปองศาได้ ดังนี้คือ สีแดงเท่ากับ 0 สีเขียวเท่ากับ 120 และสีน้ำเงินเท่ากับ 240 องศา ค่า
ความอิ่มตัวของสีจะมีตั้งแต่ 0.00-1.00 โดยค่า 1.00 สีจะมีความอิ่มตัวมากที่สุด ค่า 0.00 สีจะมีความ
อิ่มตัวน้อยที่สุด ค่าความสว่างของสีจะมีค่าตั้งแต่ 0.00-1.00 โดยค่า 1.00 สีจะมีความสว่างมากที่สุด
ค่า 0.00 สีจะมีความสว่างน้อยที่สุด

3.1.5.3 รูปแบบ YCbCr

ในโครงสร้างนี้จะใช้เป็นที่แพร่หลายสำหรับดิจिटอลวิดีโอในรูปแบบของโครงสร้างนี้
ค่าปริมาณของแสงในการส่องสว่างจะเก็บข้อมูลนี้ไว้ในส่วนของ(Y) และในส่วนของความแตกต่างของสีนั้น
จะแบ่งเป็น 2 สีคือ Cb และ Cr โดยCb จะแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของสีฟ้าและอ้างถึงค่าใน
หมวดสีฟ้าในส่วน Cr จะแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของสีแดงและอ้างถึงค่าในหมวดสีแดงโดย
โครงสร้างสีวายซีบีซีอาร์มีความเที่ยงตรงและแม่นยำมากโดยจะแบ่งออกเป็นแม่สีสามแบบเหมือนกับ
RGB แบบสีแต่ละสีจะแสดงข้อมูลของพิกเซลนั้นๆคือ

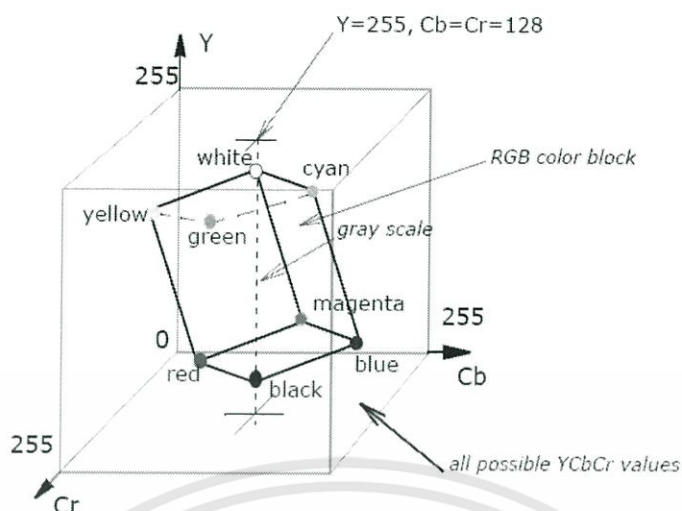
ก) แบบสีที่กำหนดความเข้มของแสง

ข) แบบสีที่กำหนดความเข้มของสี

Y จะเป็นค่าความเข้มแสง(Luminance)

Cb จะแสดงถึงส่วนของโทนสีน้ำเงินโดยไม่มีความเข้มแสงมาเกี่ยวข้อง

Cr จะแสดงถึงส่วนของโทนสีแดงโดยไม่มีความเข้มแสงมาเกี่ยวข้อง



รูปที่ 3.6 ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างสี YCbCr กับ RGB

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B$$

$$Cb = (-0.168736 \times R) - (0.331264 \times G) + (0.5 \times B)$$

$$Cr = (0.5 \times R) - (0.418688 \times G) - (0.081312 \times B)$$

โดยกำหนดให้ค่าของ R, G และ B เป็นค่าของสีแดงสีเขียวและสีน้ำเงินตามลำดับซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0 - 255 แล้วค่าของ Y จะมีค่าในช่วงตั้งแต่ 0-255 และค่า Cb, Cr อยู่ในช่วงตั้งแต่ -128 ถึง 128

การแปลงรูปแบบสีจาก YCbCr เป็น RGB

$$R = 1.164 \times (Y - 16) + 1.596 \times (Cr - 128)$$

$$G = 1.164 \times (Y - 16) - 1.391 \times (Cb - 128) - 0.813 \times (Cr - 128)$$

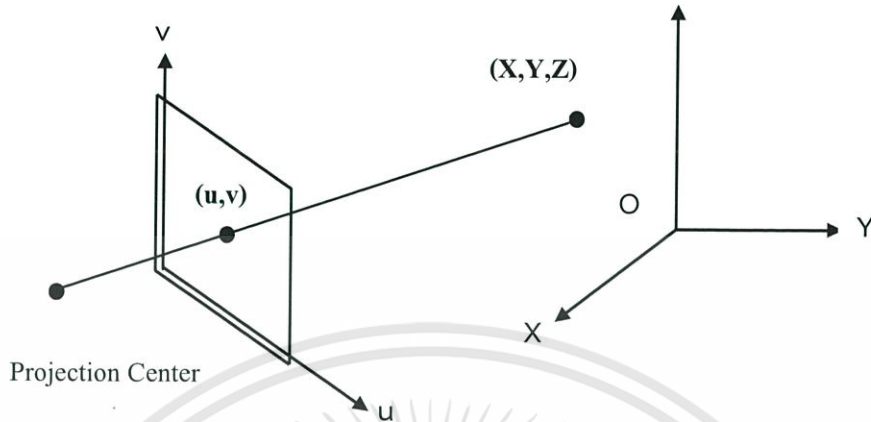
$$B = 1.164 \times (Y - 16) + 2.018 \times (Cb - 128)$$

$$f(x,y) \text{ ในโหมด YCbCr อนุจุดใดๆ } = \{Y, Cb, Cr\}$$

3.2 การปรับเทียบกล้อง (Camera Calibration) และการสร้างคืน (Reconstruction)

อัลกอริธึม DLT เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของวัตถุในภาพกับตำแหน่งของวัตถุจริง โดยในเบื้องต้นเราจะสมมติให้ภาพเป็นภาพในอุดมคติ กล่าวคือ เป็นภาพที่ไม่มีผลของความโค้งและความเอียงของเลนส์กล้องเข้ามาเกี่ยวข้อง พิจารณาจากรูปที่ 1 กำหนดให้ (X,Y,Z) คือตำแหน่งของวัตถุจริงในพิกัดคาร์ทีเซียน 3 มิติเมื่อเทียบกับจุดอ้างอิง O และ (u,v) คือตำแหน่งของวัตถุในภาพ

กระบวนการขั้นตอนที่สำคัญของอัลกอริธึม DLT ประกอบไปด้วย 2 ส่วน ได้แก่ การปรับแต่งกล้อง (Camera Calibration) และการสร้างคืน (Reconstruction) โดยสามารถอธิบายได้ดังนี้



รูปที่ 3.7 ความสัมพันธ์ระหว่างระบบพิกัดคาร์ทีเซียน 3 มิติของปริภูมิวัตถุกับระบบพิกัดคาร์ทีเซียน 2 มิติ ของระนาบภาพ

3.2.1 การปรับแต่งกล้อง(Camera Calibration)

สมการพื้นฐานของอัลกอริธึม DLT 3 มิติสามารถแสดงได้ดังนี้

$$u = \frac{L_1X + L_2Y + L_3Z + L_4}{L_9X + L_{10}Y + L_{11}Z + 1} \quad (1)$$

$$v = \frac{L_5X + L_6Y + L_7Z + L_8}{L_9X + L_{10}Y + L_{11}Z + 1} \quad (2)$$

จัดสมการ (1) และ (2) ใหม่โดยคูณเทอม $L_9X + L_{10}Y + L_{11}Z + 1$ เข้าทั้งสองข้างของทั้งสองสมการ จะได้

$$u = L_1X + L_2Y + L_3Z + L_4 - L_9uX - L_{10}uY - L_{11}uZ \quad (3)$$

$$v = L_5X + L_6Y + L_7Z + L_8 - L_9vX - L_{10}vY - L_{11}vZ \quad (4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & Y & Z & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -uX & -uY & -uZ \\ 0 & 0 & 0 & 0 & X & Y & Z & 1 & -vX & -vY & -vZ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L_1 \\ L_2 \\ L_3 \\ L_4 \\ L_5 \\ L_6 \\ L_7 \\ L_8 \\ L_9 \\ L_{10} \\ L_{11} \end{bmatrix} \quad (5)$$

ตัวแปร $L_1 - L_{11}$ มีชื่อเรียกว่าสัมประสิทธิ์ของ DLT (DLT Parameters) จากสมการที่ (3) และ (4) จะเห็นได้ว่าหากต้องการแก้สมการเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ของ DLT ทั้ง 11 ตัวจะต้องใช้สมการทั้งหมดอย่างน้อย 11 สมการโดยแทนค่า u, v, X, Y, Z ที่ได้กำหนดขึ้นลงในสมการที่ (3) และ (4) นั่นคือ

$$\begin{aligned} u_1 &= L_1 X_1 + L_2 Y_1 + L_3 Z_1 + L_4 - L_9 u_1 X_1 - L_{10} u_1 Y_1 - L_{11} u_1 Z_1 \\ v_1 &= L_5 X_1 + L_6 Y_1 + L_7 Z_1 + L_8 - L_9 v_1 X_1 - L_{10} v_1 Y_1 - L_{11} v_1 Z_1 \\ u_2 &= L_1 X_2 + L_2 Y_2 + L_3 Z_2 + L_4 - L_9 u_2 X_2 - L_{10} u_2 Y_2 - L_{11} u_2 Z_2 \\ v_2 &= L_5 X_2 + L_6 Y_2 + L_7 Z_2 + L_8 - L_9 v_2 X_2 - L_{10} v_2 Y_2 - L_{11} v_2 Z_2 \\ &\vdots \\ u_6 &= L_1 X_6 + L_2 Y_6 + L_3 Z_6 + L_4 - L_9 u_6 X_6 - L_{10} u_6 Y_6 - L_{11} u_6 Z_6 \\ v_6 &= L_5 X_6 + L_6 Y_6 + L_7 Z_6 + L_8 - L_9 v_6 X_6 - L_{10} v_6 Y_6 - L_{11} v_6 Z_6 \end{aligned} \quad (6)$$

จากชุดสมการที่ (6) จะเห็นได้ว่าเมื่อแทนชุดตัวแปร u, v, X, Y, Z ด้วยจำนวน 6 ชุดตัวแปรลงในสมการที่ (3) และ (4) จะทำให้ได้สมการทั้งหมด 12 สมการซึ่งเพียงพอสำหรับการแก้สมการหาค่าสัมประสิทธิ์ของ DLT นั่นคือการแก้สมการหาค่าสัมประสิทธิ์ของ DLT ทั้ง 11 ค่าจะต้องทำการกำหนดค่าชุดตัวแปร u, v, X, Y, Z ขึ้นอย่างน้อย 6 ชุดตัวแปรนั่นเองจากชุดสมการที่ (6) สามารถจัดให้อยู่ในรูปของเมทริกซ์ได้ดังสมการที่ (7) โดยที่ n คือจำนวนชุดตัวแปรและ $n \geq 6$

$$\begin{bmatrix} u_1 \\ v_2 \\ u_2 \\ u_3 \\ \vdots \\ u_6 \\ v_6 \\ \vdots \\ u_n \\ v_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 & Y_1 & Z_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -u_1 X_1 & -u_1 Y_1 & -u_1 Z_1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & X_1 & Y_1 & Z_1 & 1 & -v_1 X_1 & -v_1 Y_1 & -v_1 Z_1 \\ X_2 & Y_2 & Z_2 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -u_2 X_2 & -u_2 Y_2 & -u_2 Z_2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & X_2 & Y_2 & Z_2 & 1 & -v_2 X_2 & -v_2 Y_2 & -v_2 Z_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ X_6 & Y_6 & Z_6 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -u_6 X_6 & -u_6 Y_6 & -u_6 Z_6 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & X_6 & Y_6 & Z_6 & 1 & -v_6 X_6 & -v_6 Y_6 & -v_6 Z_6 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ X_n & Y_n & Z_n & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -u_n X_n & -u_n Y_n & -u_n Z_n \\ 0 & 0 & 0 & 0 & X_n & Y_n & Z_n & 1 & -v_n X_n & -v_n Y_n & -v_n Z_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L_1 \\ L_2 \\ L_3 \\ L_4 \\ L_5 \\ L_6 \\ L_7 \\ L_8 \\ L_9 \\ L_{10} \\ L_{11} \end{bmatrix} \quad (7)$$

เราสามารถเขียนสมการที่ (7) ให้อยู่ในรูปร่างง่ายได้ว่า

$$Y = XL \quad (8)$$

ทำการคูณเมทริกซ์ X^T เข้าทั้งสองข้างของสมการที่ (8) จะได้

$$X^T Y = X^T X L \quad (9)$$

จากคุณสมบัติที่ว่า $X^T X$ นั้นเป็นเมทริกซ์จัตุรัสสมมาตร ดังนั้นเมทริกซ์ $X^T X$ จึงเป็นเมทริกซ์ที่สามารถหาอินเวอร์สได้จากสมการที่ (9) ทำการคูณเมทริกซ์ $(X^T X)^{-1}$ เข้าทั้งสองข้างของสมการจะได้นั้นคือเราสามารถแก้สมการหาเมทริกซ์ L ซึ่งเป็นเมทริกซ์สัมประสิทธิ์ของ DLT ได้นั่นเอง เราเรียกกระบวนการทั้งหมดในการหาเมทริกซ์ L ว่าการปรับแต่งกล้อง (Camera Calibration) ของอัลกอริธึม DLT ซึ่งเป็นกระบวนการแปลงพิกัดจริงของวัตถุมาเป็นพิกัดของวัตถุในภาพเพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับกระบวนการการสร้างคินต่อไปซึ่งแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในที่นี้คือเมทริกซ์ L นั้นเองจากสมการที่ (6) จะเห็นได้ว่ากระบวนการการปรับแต่งกล้องของอัลกอริธึม DLT นั้นจะต้องทำการเลือกจุดพิกัดบนระนาบภาพ (u, v) อย่างน้อย 6 จุดซึ่งแสดงถึงตำแหน่งของวัตถุจริง (X, Y, Z) ที่ได้กำหนดขึ้น 6 ตำแหน่ง

$$\begin{aligned} (X^T X)^{-1} X^T Y &= (X^T X)^{-1} (X^T X) L \\ L &= (X^T X)^{-1} X^T Y \end{aligned} \quad (10)$$

3.2.2 การสร้างคืน (Reconstruction)

เมื่อการปรับแต่งกล้องได้เสร็จสมบูรณ์เราสามารถคำนวณหาตำแหน่งของวัตถุจริง

(X , Y , Z) ได้โดยการนำค่าสัมประสิทธิ์ของ DLT ที่ได้จากการปรับแต่งกล้องและจุดพิกัดของตำแหน่งวัตถุบนระนาบภาพ (u , v) มาทำการประมวลผลเราเรียกกระบวนการขั้นตอนนี้ว่าการสร้างคืน(Reconstruction)จากสมการที่ (1) และ (2) สามารถจัดรูปใหม่ได้ดังนี้

$$L_4 - u = (uL_9 - L_1)X + (uL_{10} - L_2)Y + (uL_{11} - L_3)Z \quad (11)$$

$$L_8 - v = (vL_9 - L_5)X + (vL_{10} - L_6)Y + (uL_{11} - L_7)Z \quad (12)$$

$$\begin{bmatrix} L_4 - u \\ L_8 - v \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} uL_9 - L_1 & uL_{10} - L_2 & uL_{11} - L_3 \\ vL_9 - L_5 & vL_{10} - L_6 & vL_{11} - L_7 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \quad (13)$$

พิจารณาจากสมการที่ (11) และ (12) ตัวแปรที่เราต้องการหาในกระบวนการการสร้างคืนนั้น มีอยู่ทั้งหมด 3 ตัวแปร ได้แก่ตัวแปร X , Y , Z (ตำแหน่งของวัตถุจริง) ซึ่งจะต้องใช้สมการทั้งหมดอย่างน้อย 3 สมการเพื่อทำการหาค่าตัวแปรดังกล่าว โดยกำหนดค่า u , v และนำค่า $L_1 - L_{11}$ ซึ่งหาได้จากการปรับแต่งกล้อง แทนลงในสมการที่ (11) และ (12) จะได้

$$\begin{aligned} L_{4(1)} - u &= (uL_{9(1)} - L_{1(1)})X + (uL_{10(1)} - L_{2(1)})Y + (uL_{11(1)} - L_{3(1)})Z \\ L_{8(1)} - v &= (vL_{9(1)} - L_{5(1)})X + (vL_{10(1)} - L_{6(1)})Y + (uL_{11(1)} - L_{7(1)})Z \\ L_{4(2)} - u &= (uL_{9(2)} - L_{1(2)})X + (uL_{10(2)} - L_{2(2)})Y + (uL_{11(2)} - L_{3(2)})Z \\ L_{8(2)} - v &= (vL_{9(2)} - L_{5(2)})X + (vL_{10(2)} - L_{6(2)})Y + (uL_{11(2)} - L_{7(2)})Z \end{aligned} \quad (14)$$

จากชุดสมการที่ (14) จะเห็นได้ว่าเมื่อแทนชุดตัวแปร u , v , $L_1 - L_{11}$ ด้วยจำนวน 2 ชุดตัวแปร จะทำให้ได้สมการทั้ง 4 สมการ ซึ่งเพียงพอสำหรับการแก้สมการหาค่า X , Y , Z ชุดสมการที่ (14) สามารถจัดให้อยู่ในรูปของเมทริกซ์ได้ดังสมการที่ (15) โดยที่ n คือจำนวนชุดตัวแปร และ $n \geq 2$

$$\begin{bmatrix} L_{4(1)} - u_1 \\ L_{8(1)} - v_1 \\ L_{4(2)} - u_2 \\ L_{8(2)} - v_2 \\ \vdots \\ L_{4(n)} - u_n \\ L_{8(n)} - v_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_1L_{9(1)} - L_{1(1)} & u_1L_{10(1)} - L_{2(1)} & u_1L_{11(1)} - L_{3(1)} \\ v_1L_{9(1)} - L_{5(1)} & v_1L_{10(1)} - L_{6(1)} & v_1L_{11(1)} - L_{7(1)} \\ u_2L_{9(2)} - L_{1(2)} & u_2L_{10(2)} - L_{2(2)} & u_2L_{11(2)} - L_{3(2)} \\ v_2L_{9(2)} - L_{5(2)} & v_2L_{10(2)} - L_{6(2)} & v_2L_{11(2)} - L_{7(2)} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ u_nL_{9(n)} - L_{1(n)} & u_nL_{10(n)} - L_{2(n)} & u_nL_{11(n)} - L_{3(n)} \\ v_nL_{9(n)} - L_{5(n)} & v_nL_{10(n)} - L_{6(n)} & v_nL_{11(n)} - L_{7(n)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \quad (15)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราสามารถหาค่าตัวแปร X , Y , Z ซึ่งบ่งบอกถึงตำแหน่งของวัตถุจริง ได้ เช่นเดียวกับกรณี การปรับแต่งกล้องตั้งในสมการที่ (8), (9) และ (10)

จะเห็นได้ว่ากระบวนการสร้างคืน จะต้องทราบถึงเมทริกซ์สัมประสิทธิ์ของ DLT อย่างน้อย 2 เมทริกซ์ ซึ่งหาได้จากการปรับแต่งกล้อง 2 ตัว n ในที่นี้บ่งบอกถึงจำนวนกล้องที่ใช้ในอัลกอริธึม DLT นั้นเอง

3.2.3 ข้อควรปฏิบัติในการทดสอบอัลกอริธึม DLT

- 1) อุปกรณ์สำหรับการปรับแต่งกล้อง จะต้องมีความใหญ่เพียงพอในอาณาบริเวณที่ต้องการทดสอบ
- 2) ห้ามขยับหรือปรับเปลี่ยนส่วนต่างๆของกล้อง ภายหลังจากการปรับแต่งกล้องแล้ว
- 3) การเพิ่มความแม่นยำในการปรับแต่งกล้อง สามารถทำได้โดยการเพิ่มจำนวนจุดพิกัด สำหรับการปรับแต่งกล้อง
- 4) การกำหนดจุดพิกัดสำหรับการปรับแต่งกล้อง จะต้องเลือกให้ครอบคลุมทั่วปริมาตรของ อุปกรณ์สำหรับการปรับแต่งกล้อง โดยจะต้องไม่กำหนดจุดพิกัดให้อยู่บนเฉพาะระนาบเดียวกัน

3.3 การประมาณค่าในช่วง (interpolation)

เมื่อพิจารณาปัญหาทางวิศวกรรม รวมถึงการทดลองทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ เราจะพบว่า ข้อมูลที่เราได้โดยส่วนใหญ่จะไม่เป็นจุดต่อเนื่อง (discrete points) เราอาจมีความต้องการที่จะวาดเส้นกราฟที่ต่อเนื่องผ่านจุดเหล่านั้นเพื่อเป็นการอธิบายข้อมูลหรือต้องการทราบค่าที่อยู่ระหว่างจุดของข้อมูลที่เรามี ในทางวิศวกรรมเทคนิคนี้จะเรียกว่า curve fitting ซึ่งสามารถกระทำได้ 2 แนว คือ

1.interpolation

เราจะลากเส้นกราฟผ่านจุดทุกจุดของข้อมูลที่มี เทคนิคนี้เหมาะสำหรับจุดข้อมูลที่ทราบ หรือแน่ใจว่ามีความถูกต้องสูง เช่น ข้อมูลที่ได้จากการคำนวณที่ซับซ้อน หรือได้ทำตามวิธีการทดลองที่ได้มาตรฐานด้วยเครื่องมือวัดที่มีความถูกต้องสูง การทำ interpolation มีหลายวิธีด้วยกันเช่น Newton's interpolation Polynomials , Lagrange interpolation Polynomials , Splines etc. ในโครงการนี้เราได้เลือกการทำ interpolation แบบ Splines

2.regression

เราจะสร้างกราฟหรือลาก curve ให้ผ่านจุดข้อมูลที่เรามี ให้มากที่สุด โดยเส้นกราฟที่สร้างขึ้นจะเป็นตัวแทนของข้อมูล บอกว่าข้อมูลมีความสัมพันธ์กันแบบใด หรือมีแนวโน้มจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรเมื่อปริมาณในแกนหนึ่งเพิ่มขึ้น เทคนิคนี้เหมาะกับข้อมูลที่ได้จากการทดลองโดยเฉพาะข้อมูลที่ได้จากการทดลองภาคสนามเราอาจรู้จักเทคนิคนี้ในชื่อ Least Square Regression ซึ่งยังแบ่ง

ออกเป็นหลายวิธีด้วยกัน เช่น Linear Regression , Nonlinear Regression , Polynomial Regression , Multiple Regression เป็นต้น

3.3.1 Interpolation แบบ Cubic Splines

ในโครงการนี้เราใช้ interpolation แบบ Cubic Splines

- เป็นการใช้ Polynomial Degree ต่ำๆ ที่นิยมคือ Third Degree หรือ Cube
- Cubic Spline จะหา Polynomial จากทีละ 2 จุด(ไม่ใช่ 4) แต่บังคับให้รอยต่อระหว่างแต่ละ Polynomial มีความต่อเนื่อง โดยกำหนดให้ Polynomial ที่ต่อกันมี First Derivative และ Second Derivative เท่ากัน
- 2 จุดได้ 2 สมการ บวกกับอีกสองสมการของ First และ Second Derivative เป็น 4 สมการ 4 Unknown
- ที่ปลายและหัวจะสมมุติ First Derivative จากสมการเส้นตรง และสมมุติ Second Derivative เท่ากับศูนย์ วิธีนี้ เราเรียก Natural Spline

เราต้องการลาก Curve ผ่านจุดเหล่านี้ โดยใช้ Third Degree Polynomial มีสมการดังนี้

$$y = f_3(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 \quad (1)$$

1.มี 4 Unknown ที่ต้องหา ดังนั้นต้องสร้าง 4 สมการ และใช้ 4 จุดของ Data ในการแก้
2.ผลคือ 3rd Degree Polynomial จะลากผ่านทีละ 4 จุด ดังนั้นจะมีรอยต่อทุกๆ 4 จุด ที่ไม่ราบเรียบ เนื่องจาก 3.แต่ละ 4 จุดจะใช้ Polynomial คนละตัวกัน

4. Polynomial ที่ต่อกันจะใช้จุดรวมกันที่รอยต่อ

สิ่งที่เราต้องการคือทำให้รอยต่อราบเรียบ

– โดยการกำหนดให้ค่า First Derivative ที่ปลายของ Polynomial ตัวแรก เท่ากับค่า First Derivative ที่จุดต้นของ Polynomial ตัวที่ 2

– อีกนัยหนึ่ง คือบังคับให้ค่า First Derivative ที่จุดร่วมของสอง Polynomial ที่มาต่อกัน มีค่าเท่ากัน

– ในกรณีเราสามารถสร้าง 4 สมการ เพื่อหา 4 Coefficient ได้จากเพียงค่าของ Function ที่สองจุด และค่าของ First Derivative ที่สองจุดนั้น (4 ค่า รวม)

กล่าวคือ แต่ละช่วงของ Data (ระหว่างสองจุด) เราจะคำนวณ Third Degree Polynomial

หนึ่งตัว

ค่า First และ Second Derivative ของแต่ละ Polynomial สามารถแสดงได้ดังนี้

$$\begin{aligned} s_i(x) &= a_i(x-x_i)^3 + b_i(x-x_i)^2 + c_i(x-x_i) + d_i \\ s_i'(x) &= 3a_i(x-x_i)^2 + 2b_i(x-x_i) + c_i \\ s_i''(x) &= 6a_i(x-x_i) + 2b_i \end{aligned} \quad (2)$$

ถ้าจุด x_i เป็นจุดร่วมระหว่างสอง Polynomial กล่าวคือ

$$s_i(x_i) = s_{i-1}(x_i) \quad (3)$$

และที่จุด x_i เราจะได้ค่าของ Function คือ

$$\begin{aligned} y_i &= s_i(x_i) = a_i(x_i - x_i)^3 + b_i(x_i - x_i)^2 + c_i(x_i - x_i) + d_i \\ y_i &= d_i \end{aligned} \quad (4)$$

นอกจากนี้ เราได้สมมุติว่าแต่ละจุดสัมผัสตัวอย่างด้วยระยะห่างเท่ากัน

$$\begin{aligned} y_i &= s_{i-1}(x_i) = a_{i-1}(x_i - x_{i-1})^3 + b_{i-1}(x_i - x_{i-1})^2 + c_{i-1}(x_i - x_{i-1}) + d_{i-1} \\ y_i &= d_i = a_{i-1}h^3 + b_{i-1}h^2 + c_{i-1}h + d_{i-1}; \quad h = x_i - x_{i-1}; \quad i = 2, 3, \dots, n \end{aligned} \quad (5)$$

เราสร้างสมการจากการกำหนด First Derivative ของจุดต่อให้เท่ากัน

$$s_i'(x_i) = s_{i-1}'(x_i) \quad (6)$$

ดังนั้น เราได้

$$\begin{aligned} s_i'(x) &= 3a_i(x-x_i)^2 + 2b_i(x-x_i) + c_i \\ s_i'(x_i) &= c_i = s_{i-1}'(x_i) = 3a_{i-1}h^2 + 2b_{i-1}h + c_{i-1}; i = 2, 3, \dots, n-1 \end{aligned} \quad (7)$$

นอกจากนี้แล้ว ค่า Second Derivative จะต้องต่อเนื่องกันตลอดช่วง

$$s_i''(x_{i+1}) = s_{i+1}''(x_{i+1}); i = 1, 2, \dots, n-1 \quad (8)$$

แต่ค่า

$$s_i''(x) = 6a_i(x-x_i) + 2b_i \quad (9)$$

$$s_i''(x_i) = 2b_i$$

ดังนั้น

$$s_{i+1}''(x_{i+1}) = 2b_{i+1} \quad (10)$$

และ

$$s_i''(x_{i+1}) = 6a_i(x_{i+1}-x_i) + 2b_i = 6a_i h + 2b_i \quad (11)$$

จาก

$$s_i''(x_{i+1}) = s_{i+1}''(x_{i+1}); i = 1, 2, \dots, n-1 \quad (12)$$

เราได้

$$2b_{i+1} = 6a_i h + 2b_i \quad (13)$$

เพื่อให้สมการดูง่าย เรากำหนด

$$M_i = s_i''(x_i) \quad (14)$$

ดังนั้น

$$b_i = M_i / 2 \quad (15)$$

และที่ได้ก่อนหน้านี้

$$d_i = y_i \quad (16)$$

ส่วน a_i และ c_i สามารถเขียนใหม่ได้เป็น

$$\begin{aligned} 2b_{i+1} &= 6a_i h + 2b_i \Rightarrow a_i = \frac{M_{i+1} - M_i}{6h} \\ d_i &= a_{i-1}h^3 + b_{i-1}h^2 + c_{i-1}h + d_{i-1} \\ d_{i+1} &= a_i h^3 + b_i h^2 + c_i h + d_i \Rightarrow c_i = \frac{y_{i+1} - y_i}{h} - \left(\frac{M_{i+1} + 2M_i}{6} \right) h \end{aligned} \quad (17)$$

เราสรุปสูตรในการคำนวณดังนี้

$$\begin{aligned} a_i &= \frac{M_{i+1} - M_i}{6h} \\ b_i &= \frac{M_i}{2} \\ c_i &= \frac{y_{i+1} - y_i}{h} - \left(\frac{M_{i+1} + 2M_i}{6} \right) h \\ d_i &= y_i \end{aligned} \quad (18)$$

จาก

$$\begin{aligned}
 s_i'(x_{i+1}) &= 3a_i h^2 + 2b_i h + c_i = s_{i+1}'(x_{i+1}) = c_{i+1} \\
 3 \left[\frac{M_{i+1} - M_i}{6h} \right] h^2 + 2 \left[\frac{M_i}{2} \right] h + \frac{y_{i+1} - y_i}{h} - \left(\frac{M_{i+1} + 2M_i}{6} \right) h &= \frac{y_{i+2} - y_{i+1}}{h} - \left(\frac{M_{i+2} + 2M_{i+1}}{6} \right) h \\
 \frac{h}{6} (M_i + 4M_{i+1} + M_{i+2}) &= \frac{y_i - 2y_{i+1} + y_{i+2}}{h} \\
 M_i + 4M_{i+1} + M_{i+2} &= \frac{6}{h} \left(\frac{y_i - 2y_{i+1} + y_{i+2}}{h} \right); i = 1, 2, 3, \dots, n-2
 \end{aligned}$$

(19)

เมื่อเขียนในรูปของ Matrix เราได้

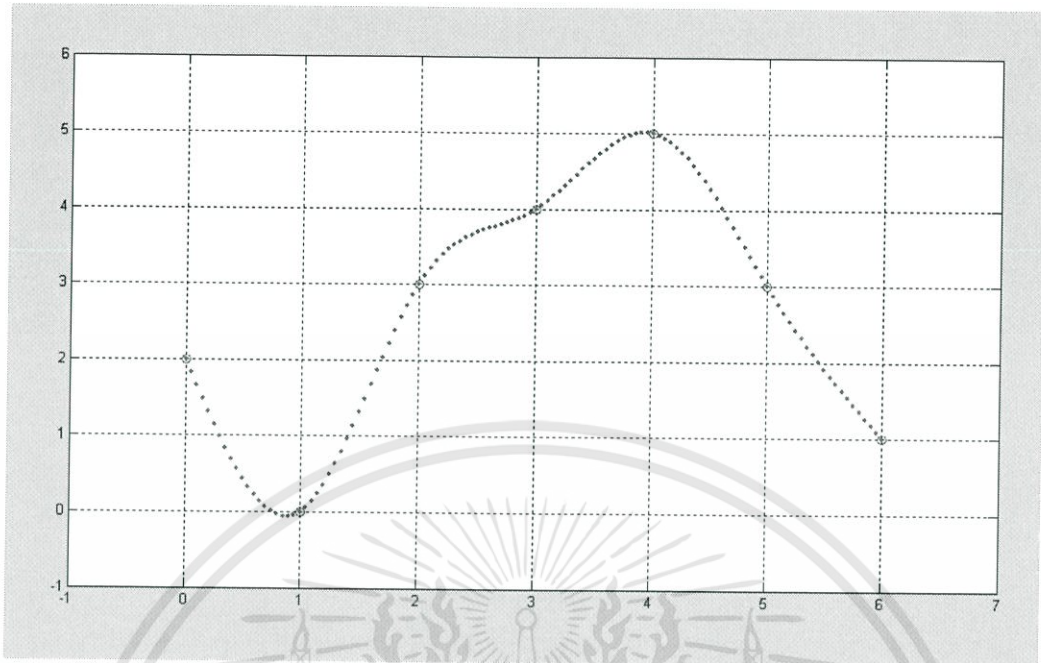
$$\begin{bmatrix}
 1 & 4 & 1 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 1 & 4 & 1 & \cdots & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 1 & 4 & \cdots & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 4 & 1 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 1 & 4 & 1 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 1 & 4 & 1
 \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix}
 M_1 \\
 M_2 \\
 M_3 \\
 M_4 \\
 \vdots \\
 M_{n-3} \\
 M_{n-2} \\
 M_{n-1} \\
 M_n
 \end{bmatrix}
 = \frac{6}{h^2}
 \begin{bmatrix}
 y_1 - 2y_2 + y_3 \\
 y_2 - 2y_3 + y_4 \\
 y_3 - 2y_4 + y_5 \\
 \vdots \\
 y_{n-4} - 2y_{n-3} + y_{n-2} \\
 y_{n-3} - 2y_{n-2} + y_{n-1} \\
 y_{n-2} - 2y_{n-1} + y_n
 \end{bmatrix}$$

(20)

ระบบประกอบไปด้วย $n-2$ สมการและ n unknown ดังนั้นเราต้องการอีก สอง Condition เพื่อที่สามารถจะแก้สมการได้สอง Condition สามารถเลือกได้หลายแบบ ทำให้เกิด Variation ของ Cubic Spline Interpolation หลายวิธี

ในที่นี้จะกล่าวถึง Spline สามแบบ ตาม สอง Condition ที่กำหนดเพิ่มเติม

1. Natural Spline
โดยการกำหนด $M_1 = M_n = 0$
2. Parabolic Runout Spline
โดยการกำหนด $M_1 = M_2$ และ $M_n = M_{n-1}$
3. Cubic Runout Spline
โดยการใช้ $M_1 = 2M_2 - M_3$ และ $M_n = 2M_{n-1} - M_{n-2}$



รูปที่ 3.8 การทำ interpolation แบบ Cubic spline

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ในบทนี้จะเป็นการนำเสนอผลการทดสอบระบบจำลองการเคลื่อนไหวสามมิติที่ได้ออกแบบและทำการทดลองโดยมีขั้นตอนดังนี้

4.1 การบันทึกวิดีโอการเคลื่อนไหวของผู้ทดสอบ

4.1.1 การติดตั้งกล้องเว็บแคม(webcam)

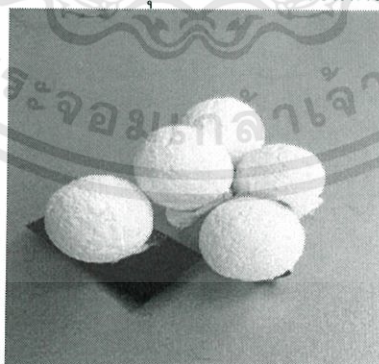
ในการทดลองเราได้ใช้กล้องเว็บแคม(webcam)จำนวน 3 ตัว โดยแต่ละตัวต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์โน้ตบุค(note book) 1 เครื่อง ตำแหน่งการติดตั้งกล้องแต่ละตัวแสดงดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.1 การติดตั้งกล้อง

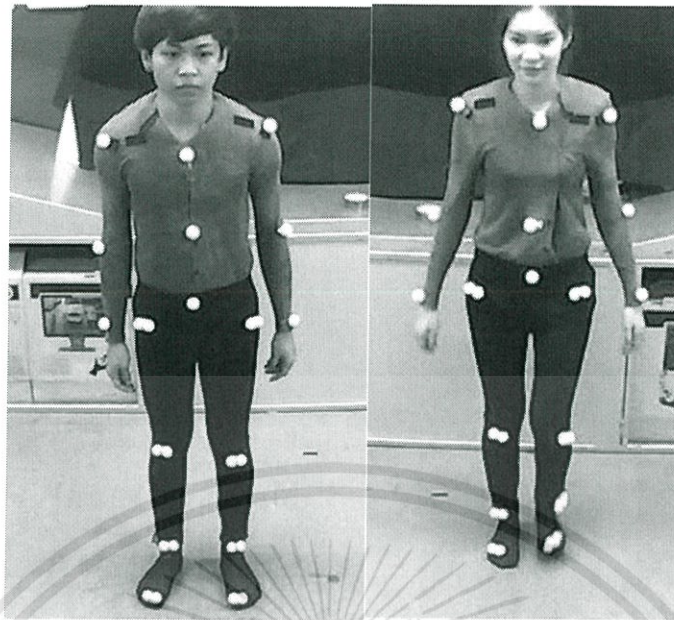
4.1.2 ชุดที่ใช้ทดสอบและการติดมาร์กเกอร์ตามข้อต่อต่างๆ

ชุดที่ใช้ทำการทดสอบเป็นชุดสี่ทึบแขนยาว ขายาว ไม่สะท้อนแสง เข้ารูป ดังแสดงในรูป 4.3 ส่วนมาร์กเกอร์นั้นนำเม็ดโฟมเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 3 cm มาทาสีเรืองแสงในการทดสอบพบว่าเมื่อทำการเคลื่อนไหวเม็ดโฟมที่ติดตามข้อต่อบางจุดหายไปเราจึงใช้เม็ดโฟมสองลูกในบางข้อต่อ



รูปที่ 4.2 มาร์กเกอร์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ชุดที่ใช้ทำการทดสอบและการติดมาร์กเกอร์ตามข้อต่อต่างๆ

4.2 โปรแกรมที่ใช้ในการบันทึกวิดีโอและประมวลผลภาพ

ปัญหาสำคัญที่สุดคือการทำอะไรให้กล้องเว็บแคม(webcam)ทั้งสามตัวซิงค์กัน ดังนั้นเราจึงได้เลือกใช้โปรแกรม iSpy โดยโปรแกรมนี้สามารถตั้งเวลาเริ่มต้นถ่ายวิดีโอ และเวลาหยุดถ่ายวิดีโอได้ สำหรับโปรแกรมที่นำมาประมวลผลภาพคือโปรแกรม Matlab



(ก)

(ข)

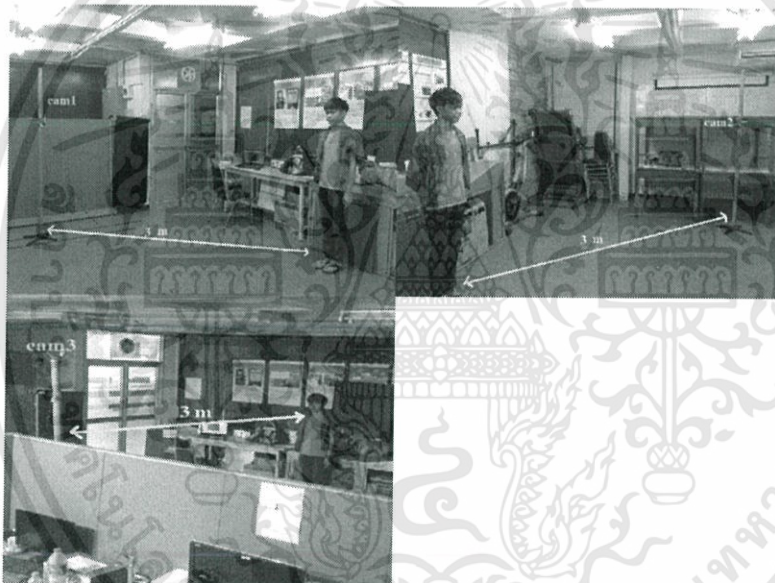
รูปที่ 4.4 (ก)โปรแกรม iSpy (ข)โปรแกรม Matlab

4.3 การปรับเทียบกล้อง(Camera Calibration)

ก่อนที่เราจะทำการบันทึกวิดีโอทุกครั้งเราจะทำการปรับเทียบกล้องเสมอ และถ้าเคลื่อนย้ายกล้องเราจะต้องทำปรับเทียบกล้องใหม่ อุปกรณ์ที่เรานำมาทำการปรับเทียบกล้องคือ แผ่นฟิวเจอร์บอร์ดขนาด 130x90 cm ที่ทำเป็นกระดานหมากรุกแต่ละช่องมีขนาด 10x10 cm ดังแสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 การวางแผ่นฟิวเจอร์บอร์ดที่ใช้ในการเปรียบเทียบกล่อง

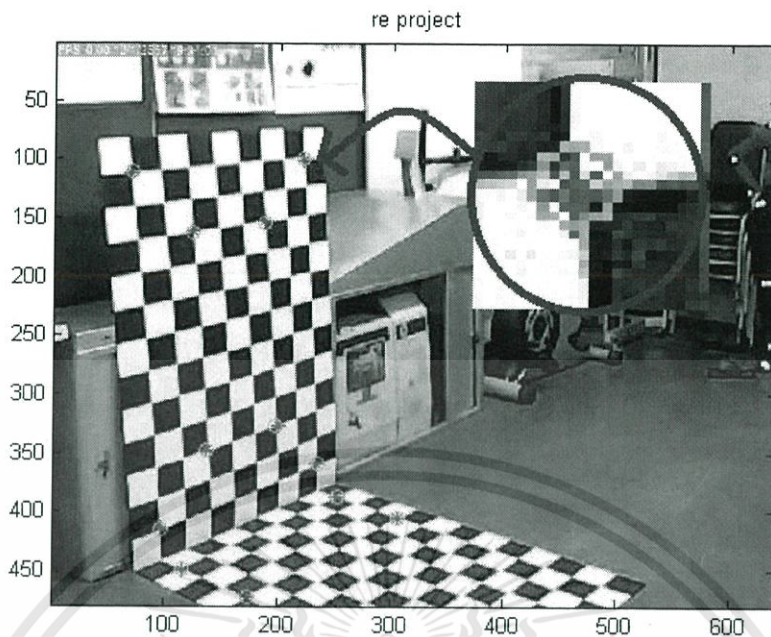


รูปที่ 4.6 ระยะห่างระหว่างกล่องกับผู้ทดสอบ

4.3.1 หาค่าพารามิเตอร์การปรับเทียบกล่อง(m)ของทั้งสามกล่อง

ในการหาค่าพารามิเตอร์การปรับเทียบกล่องเราทราบค่าพิกัดจริงของแผ่นฟิวเจอร์บอร์ด ในการทดสอบนี้เราใช้ 12 จุดพิกัดที่ทราบค่าดังแสดงในรูปที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 จุดพิกัดทั้ง 12 จุด ที่เราทราบค่า

เมื่อทำการประมวลผลออกมาเราจะได้ค่าพารามิเตอร์การปรับเทียบกล้องของทั้งสามตัวโดยที่ m_1 คือค่าพารามิเตอร์การปรับเทียบของกล้องตัวที่ 1, m_2 คือค่าพารามิเตอร์การปรับเทียบของกล้องตัวที่ 2 และ m_3 คือค่าพารามิเตอร์การปรับเทียบของกล้องตัวที่ 3 ดังแสดงในรูปที่ 4.7

m1 <3x4 double>							
	1	2	3	4	5	6	7
1	0.0033	0.0057	-6.6526e-04	0.1672			
2	-2.7296e-05	1.8738e-04	-0.0063	0.9859			
3	-3.9363e-05	5.5504e-06	-1.4984e-06	0.0022			
4							
5							
6							
7							

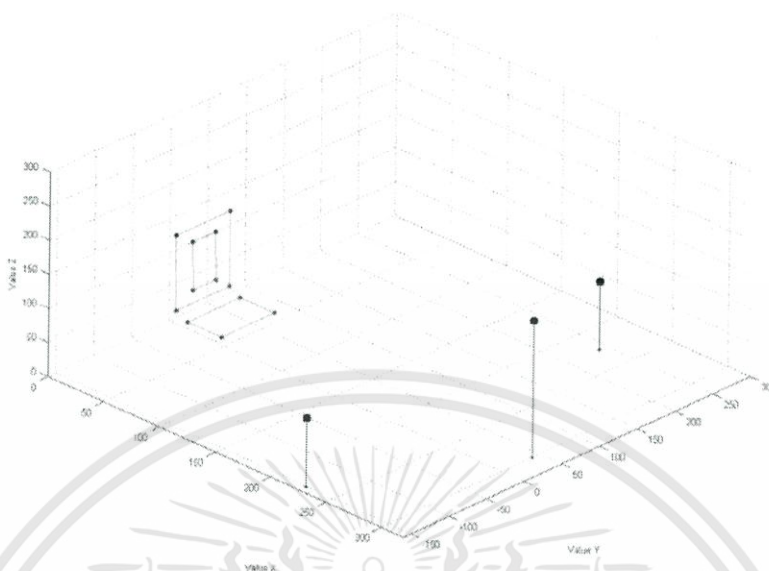
m2 <3x4 double>							
	1	2	3	4	5	6	7
1	0.0042	-9.3741e-04	-2.6069e-04	-0.7096			
2	7.3546e-04	1.5799e-04	0.0039	-0.7045			
3	3.2073e-06	3.5875e-06	4.6700e-07	-0.0018			
4							
5							
6							
7							

m3 <3x4 double>							
	1	2	3	4	5	6	7
1	0.0018	-0.0060	7.1229e-04	-0.4193			
2	-7.6037e-04	-1.5920e-04	0.0062	-0.9078			
3	6.3638e-06	-8.6643e-08	3.0591e-06	-0.0028			
4							
5							
6							
7							

รูปที่ 4.8ค่าพารามิเตอร์การปรับเทียบกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 นำค่าพารามิเตอร์การปรับเทียบกล้องมาทำการสร้างคืน



รูปที่ 4.9 ทำการสร้างแผนพิกัดจอร์บอร์ตจากจุดพิกัดทั้ง 12 จุด

ตารางที่ 4.1เปรียบเทียบจุดพิกัดทั้ง 12 จุดจากพิกัดจริงกับพิกัดที่ได้จากการคำนวณ

จุดที่	พิกัดจริง			จุดที่	พิกัดจากการคำนวณ		
	X	Y	Z		X	Y	Z
1	0	10	120	1	0	10.2056	119.9138
2	0	80	120	2	0	79.7478	120.0505
3	0	80	10	3	0	80.3384	9.6906
4	0	10	10	4	0	9.84	10.2205
5	10	10	0	5	9.5346	9.819	0
6	10	80	0	6	9.3263	79.966	0
7	40	80	0	7	40.111	79.9421	0
8	40	10	0	8	40.154	10.1177	0
9	0	30	100	9	0	30.0946	99.9963
10	0	60	100	10	0	59.8666	100.166
11	0	60	30	11	0	60.2227	30.0634
12	0	30	30	12	0	29.847	29.9477

4.3.3 คำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนของการปรับเทียบกล้อง

เราใช้ Euclidean distance ในการหาค่าความคลาดเคลื่อน โดยมีสมการดังนี้

$$d(p, q) = d(q, p) = \sqrt{(q_1 - p_1)^2 + (q_2 - p_2)^2 + \dots + (q_n - p_n)^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (q_i - p_i)^2} \quad (21)$$

โดยที่ P คือ พิกัดจริงของวัตถุ

q คือ พิกัดที่ได้จากการคำนวณ

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของจุดพิกัดในรูปแบบภาพ

Error\แกน	u	v
เฉลี่ย(pixel)	0.3252	0.4341
สูงสุด(pixel)	0.5761	1.0635
ต่ำสุด(pixel)	0.0465	0.1005

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของพิกัดจริงกับพิกัดที่ได้จากการคำนวณ

Error\แกน	x	y	z
เฉลี่ย(cm)	0.4843	0.1625	0.0972
สูงสุด(cm)	0.9453	0.3384	0.3094
ต่ำสุด(cm)	0.0544	0.034	0.0037

4.4 การจำลองการเคลื่อนไหวของมนุษย์

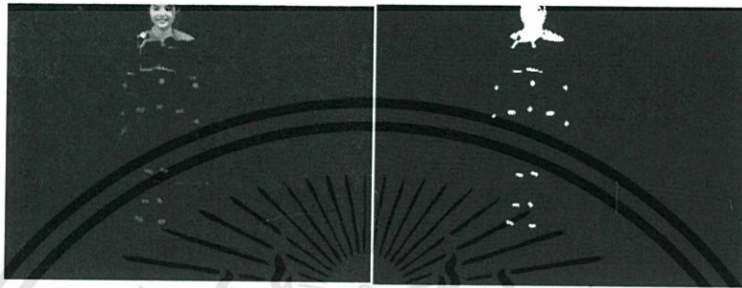
4.4.1 ขั้นตอนการหาจุดพิกัดมาร์กเกอร์



รูปที่ 4.10 พื้นหลังและผู้ทดสอบ(RGB)



รูปที่ 4.11 พื้นหลังและผู้ทดสอบ(Grayscale)



(ก.)

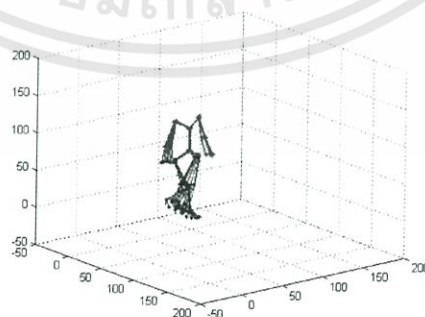
(ข.)

รูปที่ 4.12(ก.) การลบพื้นหลัง (ข.) Threshold



รูปที่ 4.13 ทำการ Hough Circle จะได้พิกัด 2D มาร์กเกอร์

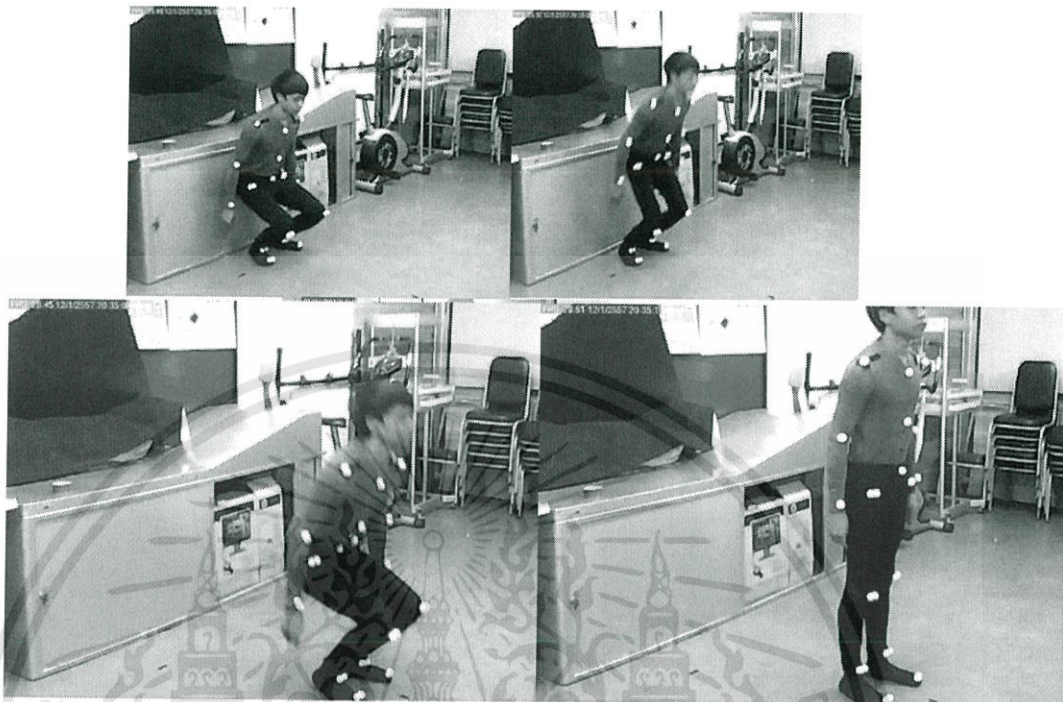
เมื่อนำภาพการเคลื่อนไหวของมนุษย์ที่ได้จากกล้องตัวที่ 1, 2 และ 3 ไปหาจุดพิกัดมาร์กเกอร์จะได้พิกัด 2D และนำมาจำลองการเคลื่อนไหว โดยการใช้ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการปรับเทียบกล้องที่หามาได้



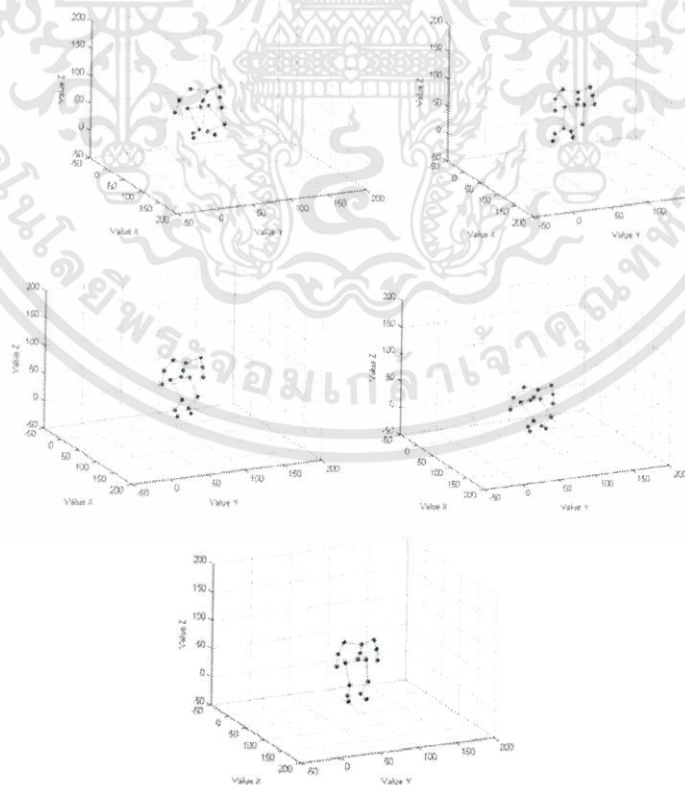
รูปที่ 4.14 แสดงการเคลื่อนไหวเมื่อนำภาพมาจำลองใน MATLAB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 การกระโดด



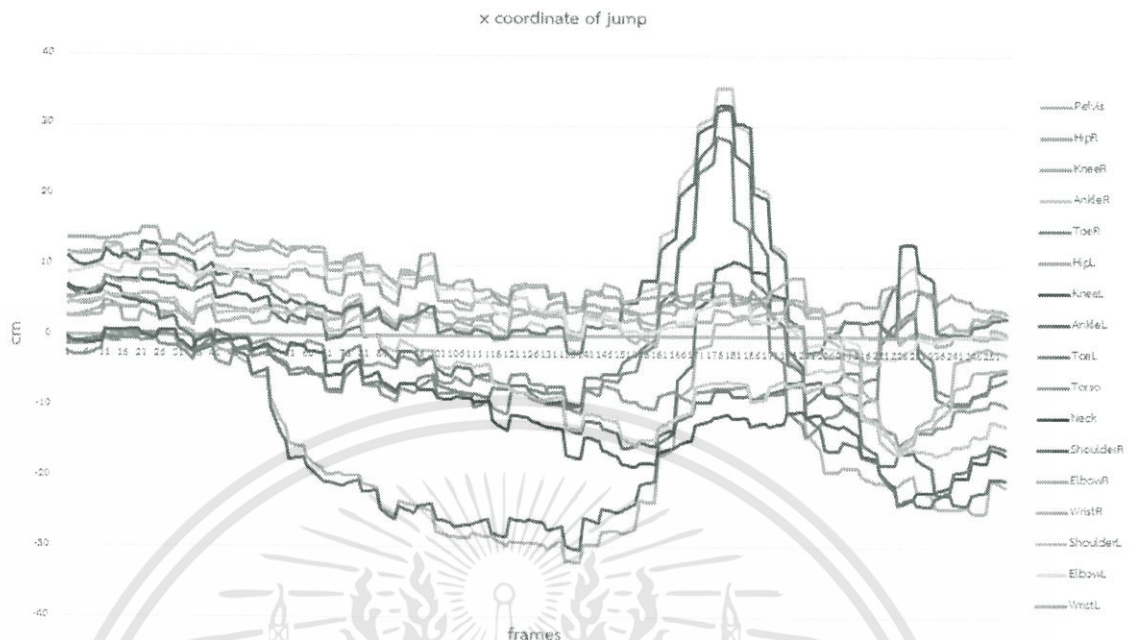
รูปที่ 4.15 ภาพการกระโดดของผู้ทดสอบ



รูปที่ 4.16 การจำลองการกระโดดของผู้ทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2.1 สัญญาณการกระโดด

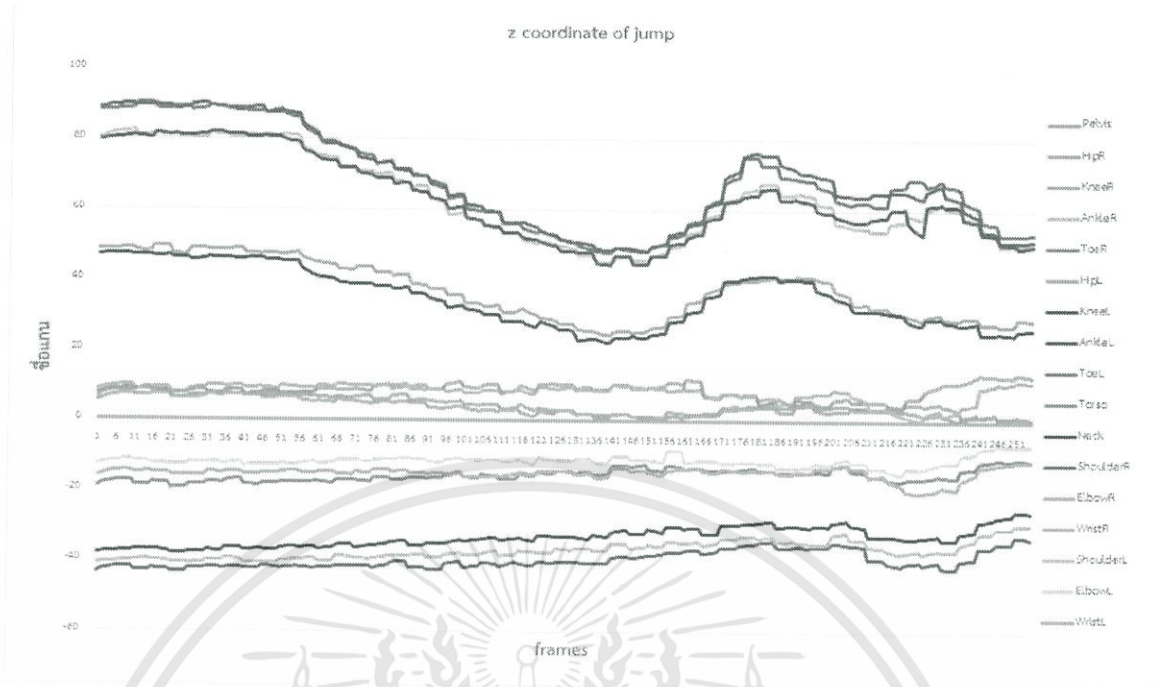


รูปที่ 4.17 สัญญาณการกระโดดของผู้ทดสอบในแนวแกน x



รูปที่ 4.18 สัญญาณการกระโดดของผู้ทดสอบในแนวแกน y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 สัญญาณการกระโดดของผู้ทดสอบในแนวแกน z



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

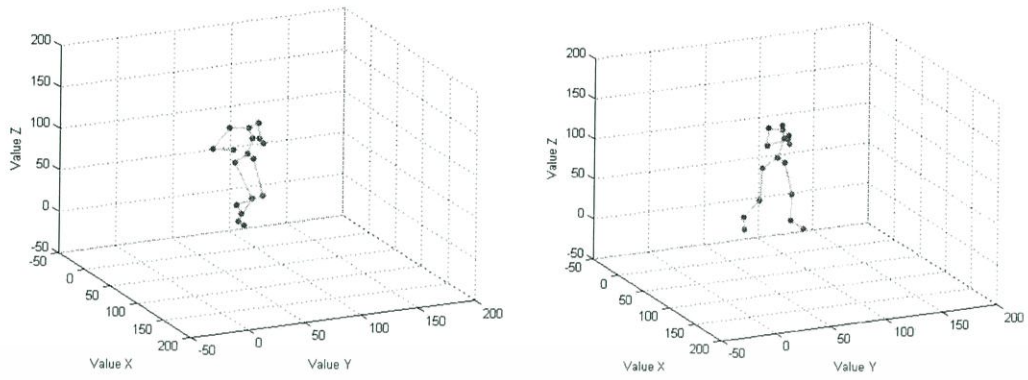
4.4.3 การวิ่งบนลู่วิ่ง(5km/hr)



รูปที่ 4.20 ภาพการวิ่งของผู้ทดสอบ



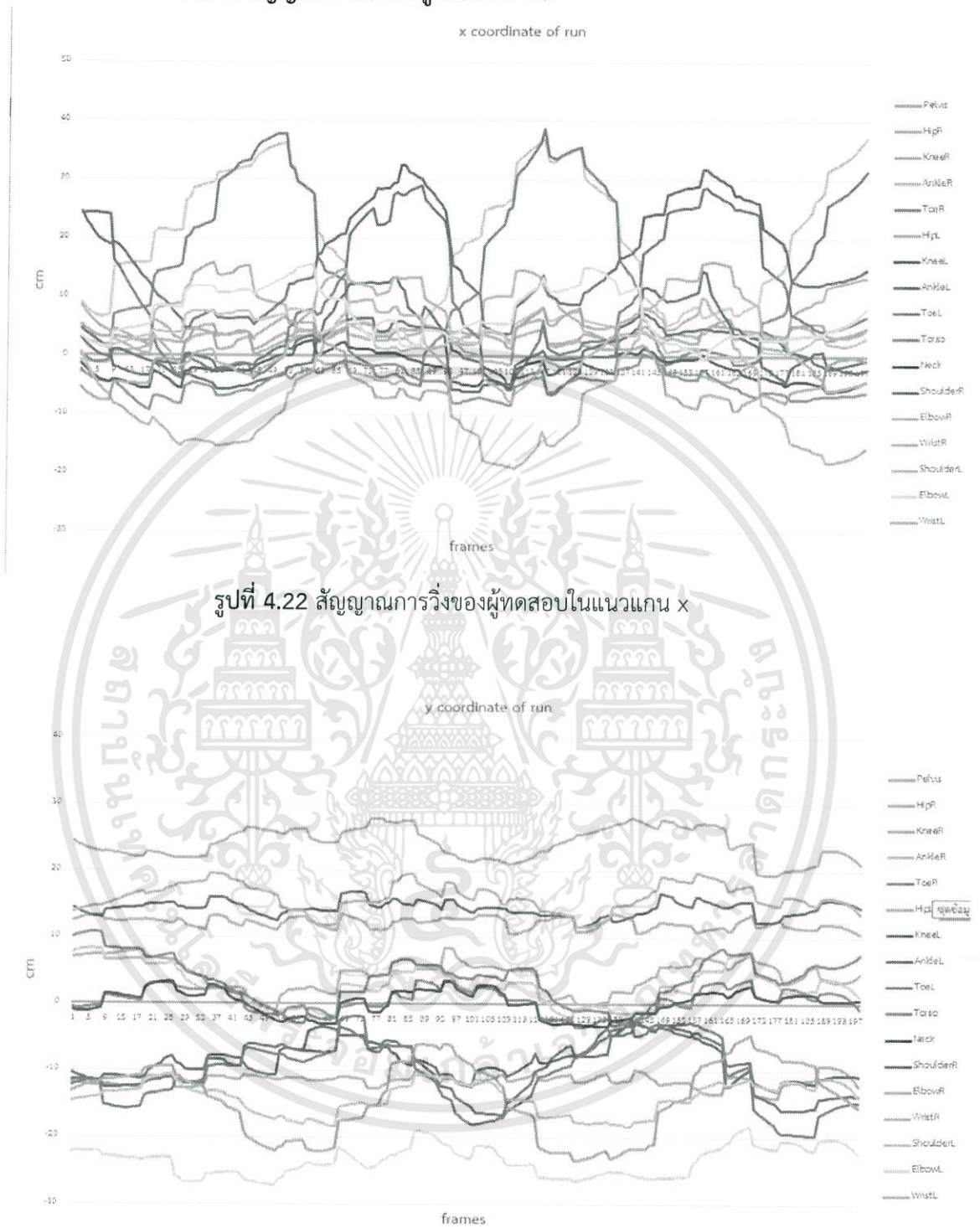
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.21 การจำลองการวิ่งของผู้ทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

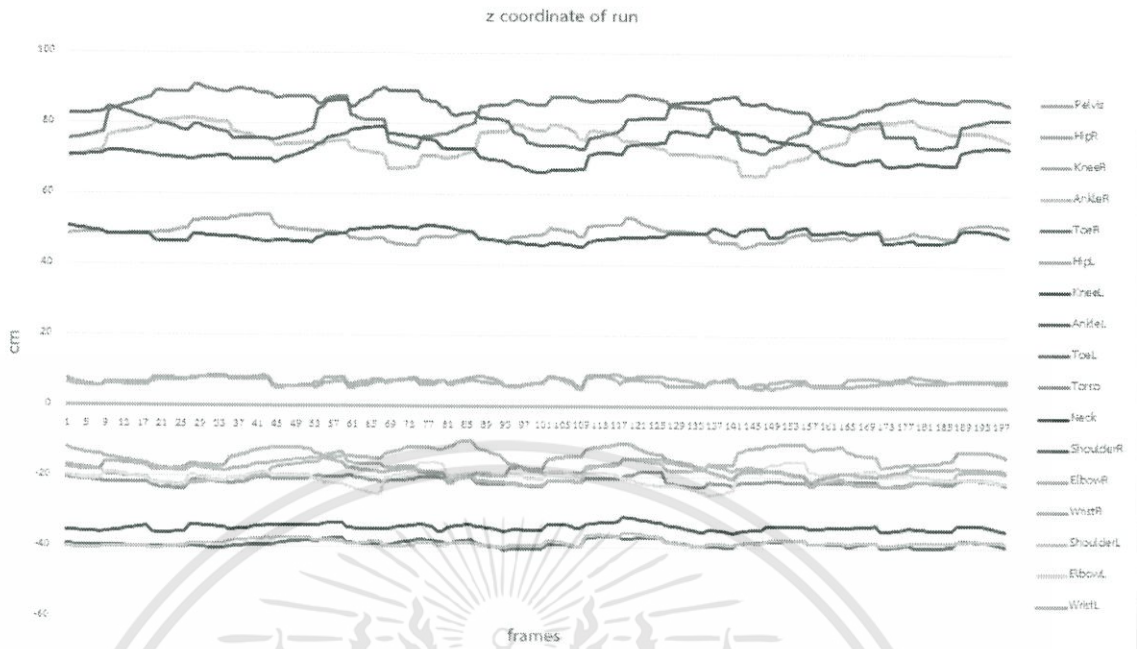
4.4.3.1 สัญญาณการวิ่งบนลู่วิ่ง(5km/hr)



รูปที่ 4.22 สัญญาณการวิ่งของผู้ทดสอบในแนวแกน x

รูปที่ 4.23 สัญญาณการวิ่งของผู้ทดสอบในแนวแกน y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.24 สัญญาณการวิ่งของผู้ทดสอบในแนวแกน z



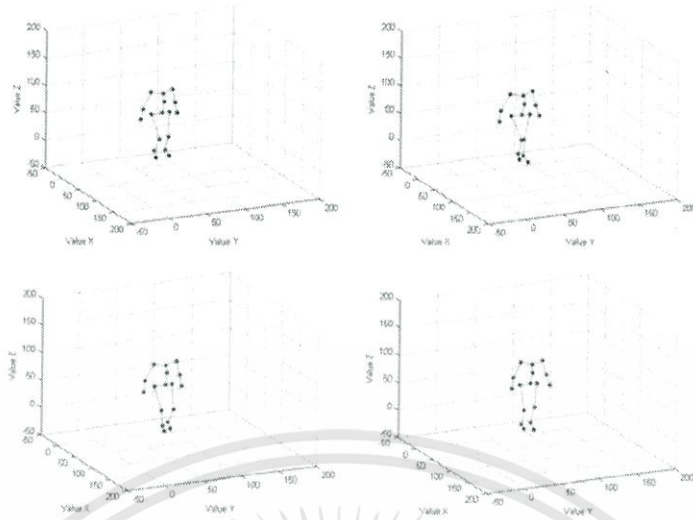
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.4 การเดินบนพื้น



รูปที่ 4.25 การเดินบนพื้นของผู้ทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.26 การจำลองการเดินบนพื้นของผู้ทดสอบ

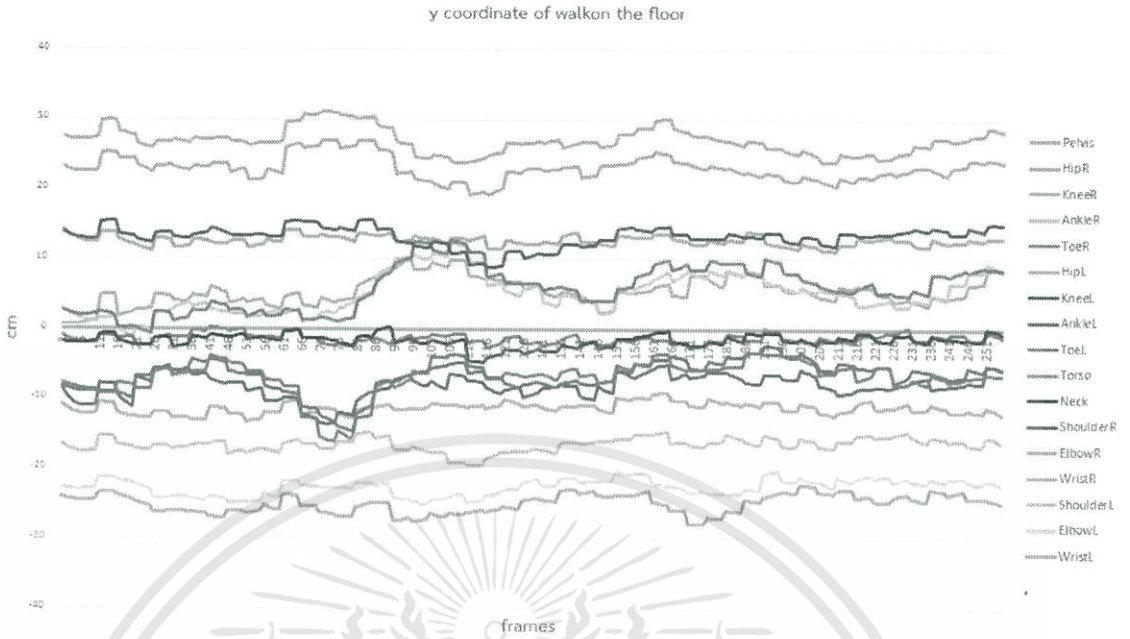
4.4.4.1 สัญญาณการเดินบนพื้น

x coordinate of walk on the floor

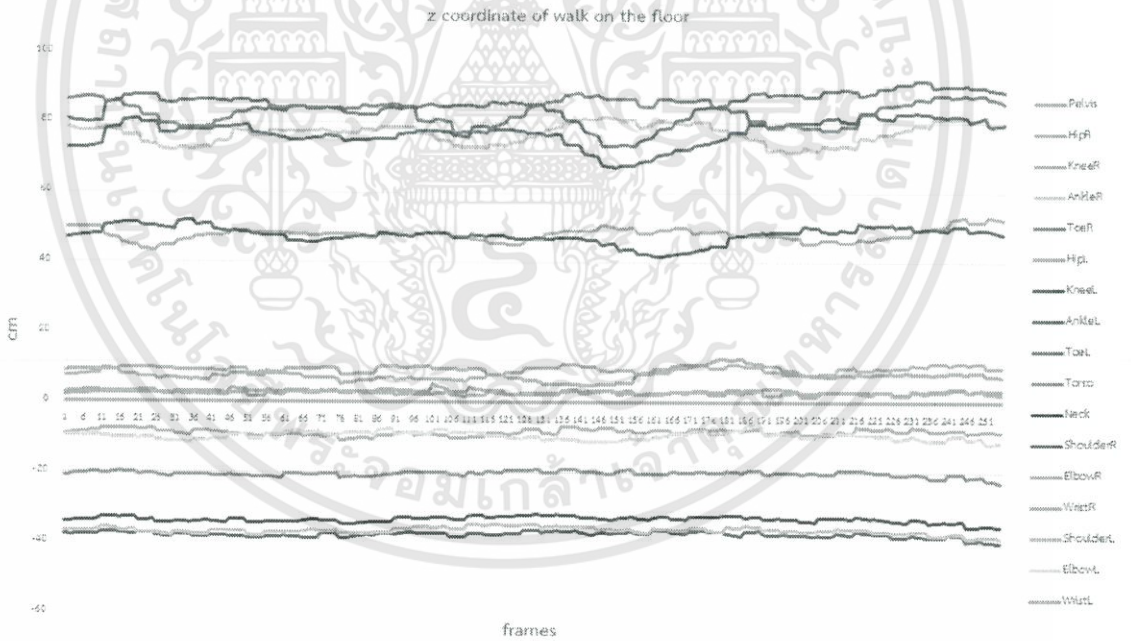


รูปที่ 4.27 สัญญาณการเดินบนพื้นของผู้ทดสอบในแนวแกน x

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.28 สัญญาณการเดินบนพื้นของผู้ทดสอบในแนวแกน y



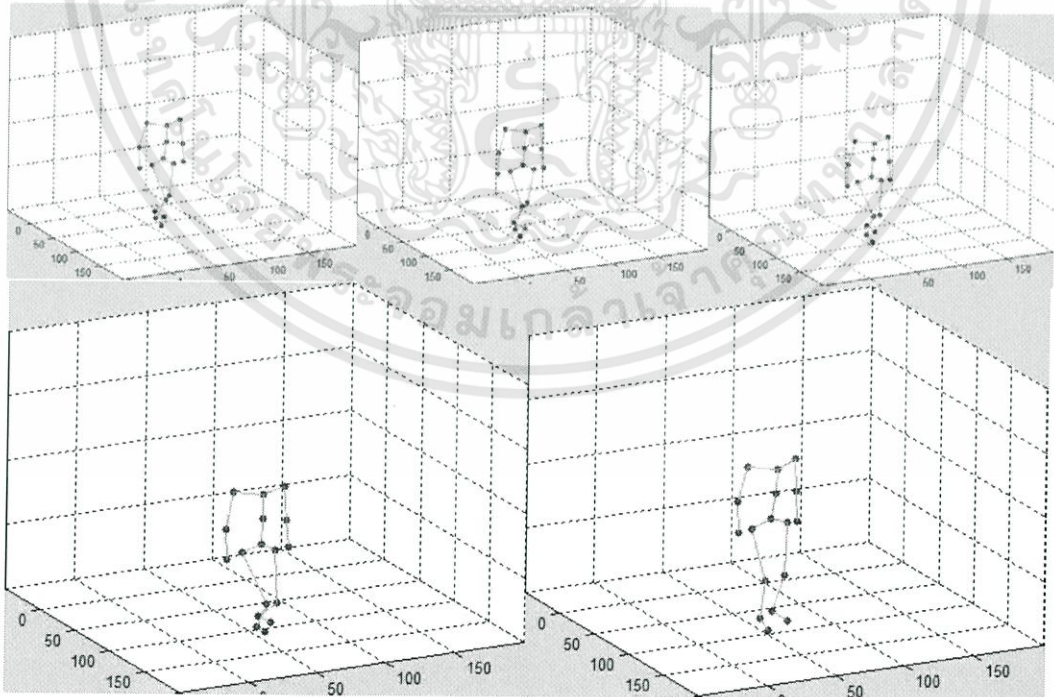
รูปที่ 4.29 สัญญาณการเดินบนพื้นของผู้ทดสอบในแนวแกน z

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.5 การเดินผิดปกติ(ขาซ้ายเจ็บ)



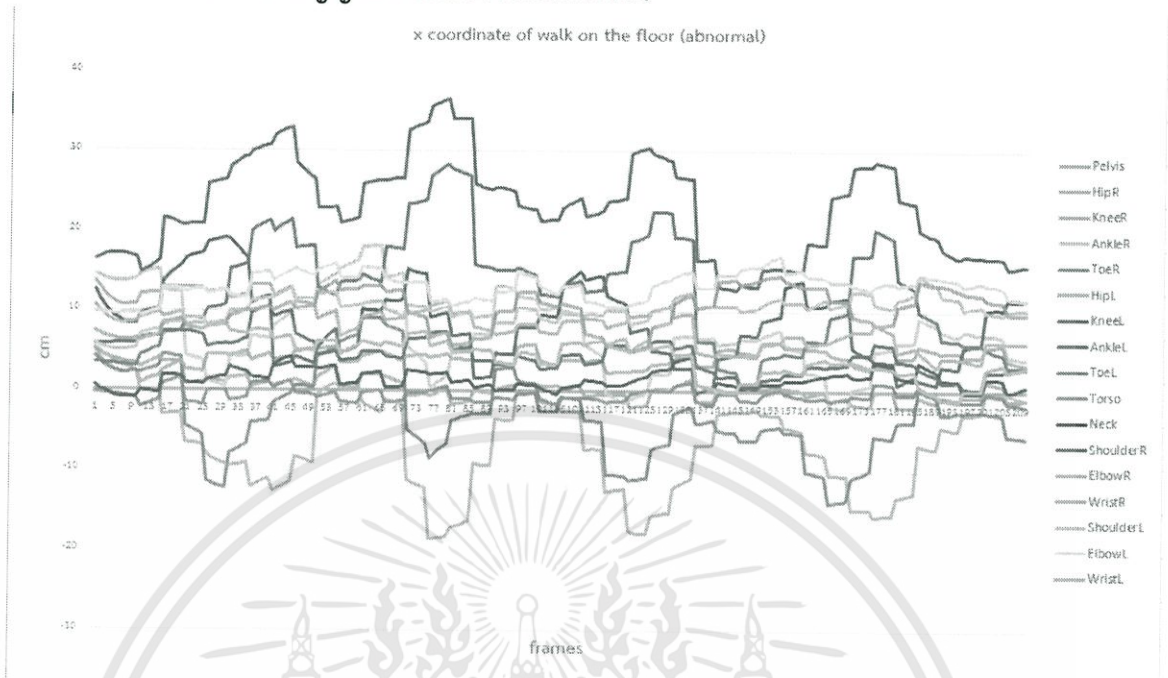
รูปที่ 4.30 การเดินผิดปกติ



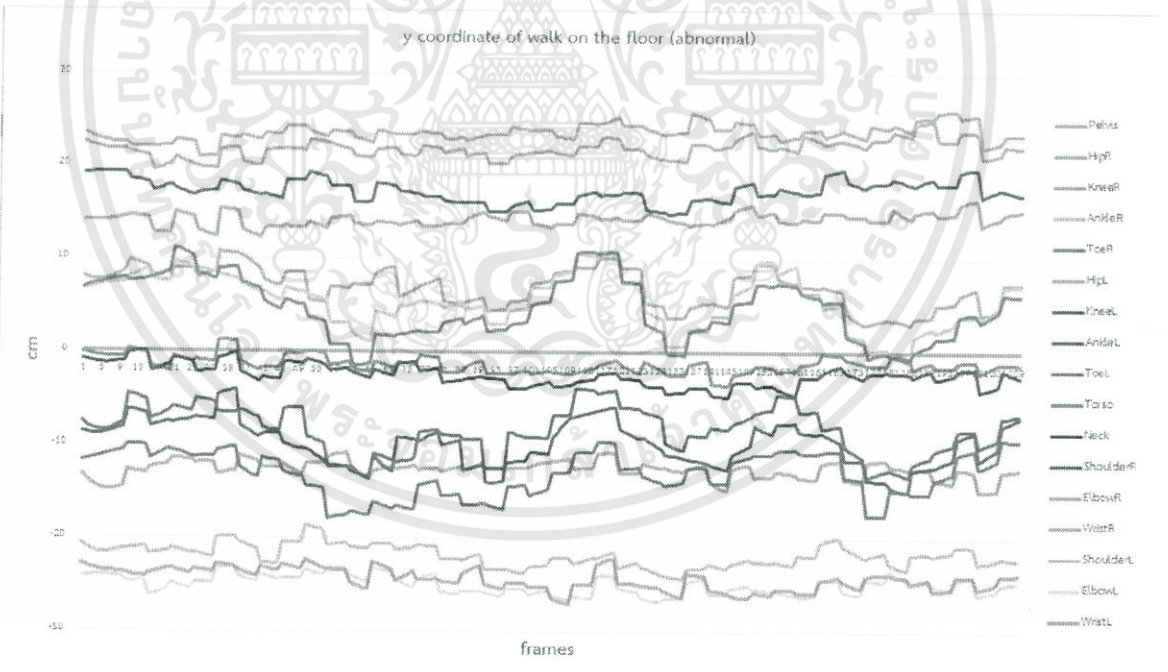
รูปที่ 4.31 การจำลองการเดินผิดปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.5.1 สัญญาณการเดินบนพื้น(ผิดปกติ)

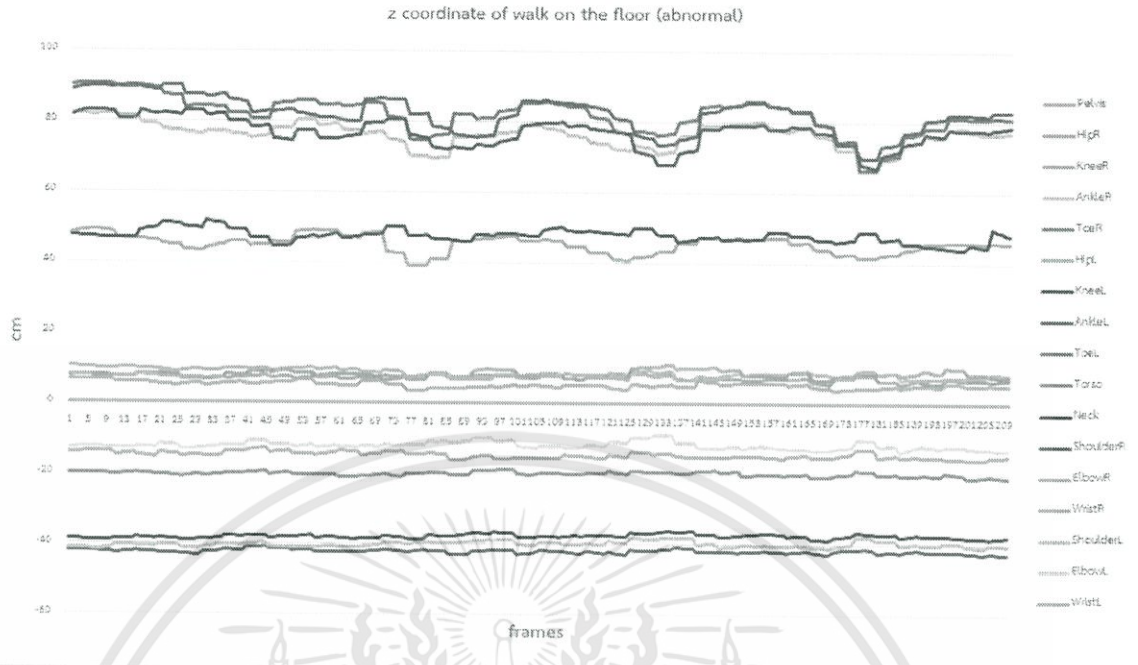


รูปที่ 4.32 สัญญาณการเดินผิดปกติบนพื้นของผู้ทดสอบในแนวแกน x



รูปที่ 4.33 สัญญาณการเดินผิดปกติบนพื้นของผู้ทดสอบในแนวแกน y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

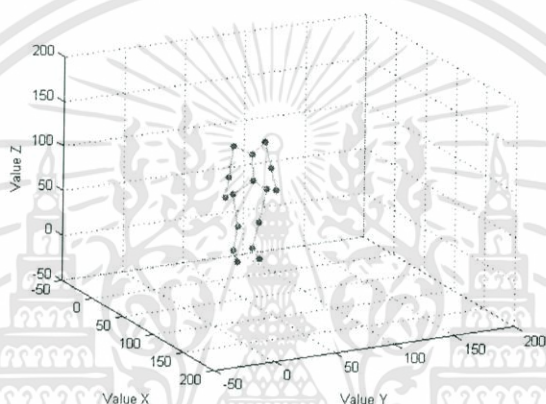
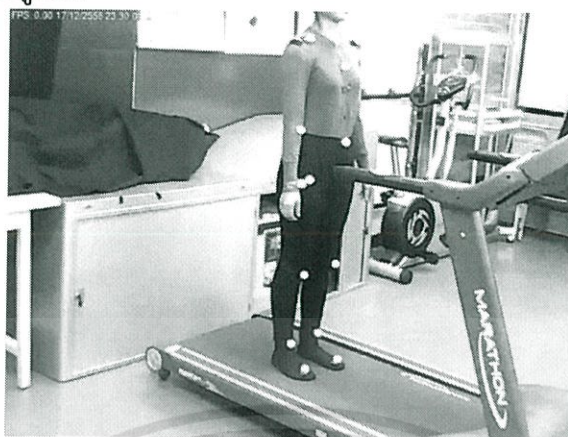


รูปที่ 4.34 สัญญาณการเดินผิดปกติบนพื้นของผู้ทดสอบในแนวแกน z



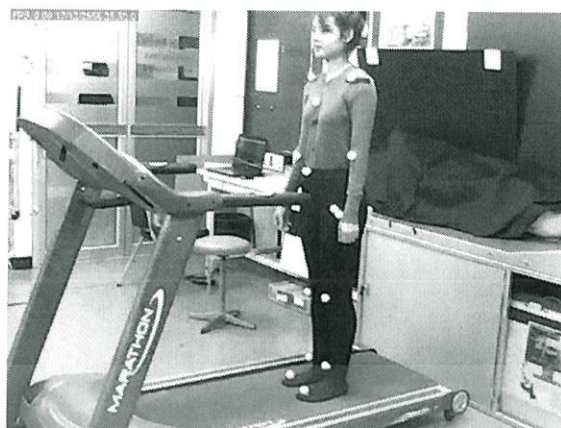
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.6 การยืนอยู่กับที่



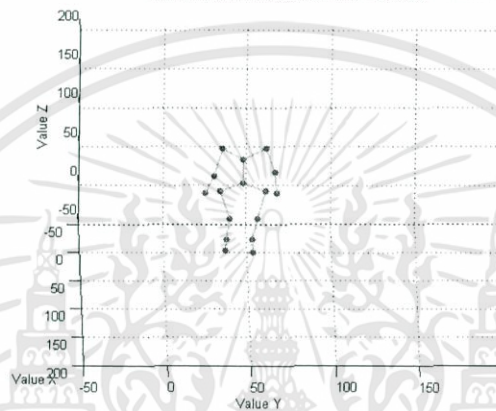
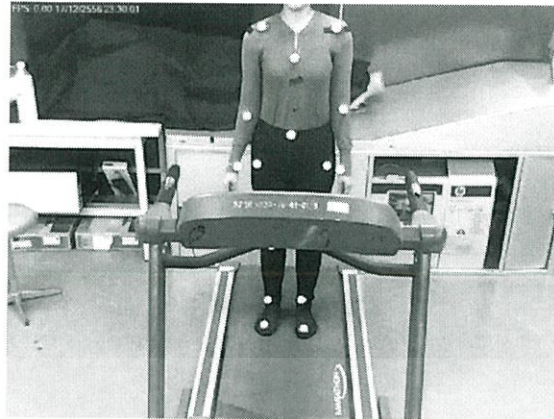
รูปที่ 4.35 ยืนและจำลองการยืนโดยมองจากกล้องตัวที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.36 ยืนและจำลองการยืนโดยมองจากกล้องตัวที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.37 ยืนและจำลองการยืนโดยมองจากกล้องตัวที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

1. โครงการนี้เราใช้กล้องเว็บแคมสามตัวในการตรวจจับการเคลื่อนไหวของมนุษย์ ข้อดีของกล้องเว็บแคม คือมีราคาถูก แต่ก็มีข้อเสียที่เฟรมเรตต่ำเนื่องจากมีปัญหาในการต่อกล้องสามตัวเข้าคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กหนึ่งเครื่องจึงแก้ปัญหาโดยการต่อกล้องหนึ่งตัวเข้าคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กหนึ่งเครื่อง

2. ปัญหาสำคัญของโครงการนี้คือทำอะไรให้กล้อง Webcam ทั้งสามตัวซิงค์กันเราจึงแก้ปัญหาโดยใช้โปรแกรม iSpy ซึ่งโปรแกรมนี้สามารถตั้งเวลาเริ่มถ่ายกับเวลาหยุดถ่ายได้และจะเก็บอยู่ในรูปไฟล์วิดีโอ

3. วิดีโอที่ได้จากการถ่ายด้วยโปรแกรม iSpy เราจะนำมาประมวลผลด้วยโปรแกรม Matlab

4. ในการเก็บผลการทดลองเราทำการเก็บผลจากผู้ทดสอบทั้งหมด 8 คน คนละ 6 ท่า คือ 1. เดินอยู่กับที่บนลู่วิ่ง 2. เดินไปข้างหน้าบนพื้น 3. วิ่งบนลู่วิ่ง 4. กระโดดอยู่กับที่ 5. กระโดดไปข้างหน้า 6. ยืนอยู่กับที่ แล้วนำภาพที่ได้จากผู้ทดสอบมาจำลองท่าทางต่างๆ ปรากฏว่าผลที่ได้จากการจำลองมีการเคลื่อนไหวคล้ายกับการเคลื่อนไหวจริง

5. ในส่วนของการปรับเทียบกล้อง เราใช้กระดานขนาด 130x90 เซนติเมตร ที่ทำเป็นลายตารางหมากรุก โดยช่องตารางหมากรุกมีขนาด 10x10 เซนติเมตร ดังแสดงในผลการทดลอง มาหาพารามิเตอร์การปรับเทียบกล้องของทั้งสามกล้อง จากนั้นนำค่าพารามิเตอร์ที่ได้ไปหาพิกัด 3 มิติของกระดานหมากรุก ซึ่งพิกัด 3 มิติที่ได้ออกมามีความสอดคล้องกับค่าพิกัดจริงที่เราทราบ และเมื่อนำข้อมูลพิกัด 2 มิติ ของการเคลื่อนที่มาหาพิกัด 3 มิติโดยใช้ค่าพารามิเตอร์ที่หามาได้ แล้วนำมาจำลองแอนิเมชันการเคลื่อนไหว ปรากฏว่าตำแหน่งพิกัด 3 มิติยังสั่นไม่ราบเรียบเหมือนการเคลื่อนไหวจริง

6. จากการทดลองโมเดลการจำลอง 3 มิติ ยังมีการเคลื่อนไหวไม่ราบเรียบเราจึงทำการ interpolation แบบ cubic spline พบว่าการเคลื่อนไหวดูราบเรียบมากขึ้น

5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

1.ในการเก็บผลการทดลอง เรามีพื้นที่จำกัดและไม่มีห้องทดลองเฉพาะ ทำให้ในการเก็บผลการทดลองแต่ละครั้งต้องใช้เวลาในการเตรียมสถานที่สำหรับทดลอง และฉากของห้องทดลองมีสิ่งแวดล้อมรอบข้างซึ่งเป็นอุปสรรคต่อกระบวนการตรวจจับมาร์กเกอร์

2.กล้อง Webcam ที่นำมาทำการทดลองไม่มีขาตั้งกล้องเราจึงได้ใช้ท่อ PVC มาทำเป็นขาตั้งจึงทำให้เกิดปัญหาในการปรับมุมและตำแหน่งของกล้อง

3.วัตถุที่เราใช้ปรับเทียบกล้องเป็นกระดานหมากรุกขนาด 68x80 เซนติเมตร ซึ่งมีขนาดเล็กเกินไปไม่ครอบคลุมทั้งตัวผู้ทดสอบทำให้การจำลองสามมิติออกมามีการบิดเพี้ยน ดังนั้น เราจึงเปลี่ยนขนาดของกระดานหมากรุกให้มีขนาดใหญ่ขึ้น คือ 130x90เซนติเมตร

4.วัตถุที่เราใช้ปรับเทียบกล้องทำมาจากแผ่นฟิวเจอร์บอร์ดเนื่องจากแผ่นฟิวเจอร์บอร์ดอ่อนเมื่อนำมาตั้งต้องใช้คนคอยจับทำให้การปรับเทียบกล้องอาจมีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อยเพราะแผ่นฟิวเจอร์บอร์ดที่ใช้คนจับอาจจะไม่ค่อยตั้งฉาก

5.ชุดในการทดลองมีขนาดค่อนข้างเล็กทำให้ผู้ที่ใส่ทดลองต้องมีรูปร่างไม่ใหญ่เกินไป



เอกสารอ้างอิง

- [1] David Noonan, Peter Mountney, Daniel Elson, Ara Darzi and Guang-Zhong Yang, “A Stereoscopic Fibroscope for Camera Motion and 3D Depth Recovery During Minimally Invasive Surgery”, In proc ICRA 2009 , pp. 4463-4468
- [2] Chanyaphan Virulsri, Pairat Tangpornprasert and Dusit Phattaranithikhun, “Joints Dynamic of Human Lower Limb from Image Processing”, Chulalongkorn University, 2551, pp.46
- [3] Jakkrit Chaitewaruk, Monsak Pimsarn and Unnat Pinsopon, “Motion Analysis of a Lower Limb During Walking”, King Mongkut’s Institute of Technology Ladkrabang , 2548
- [4] ร.ศ.ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์, “การประมวลผลภาพดิจิทัลขั้นสูงด้วย MATLAB”, พิมพ์ครั้งที่ 1, โรงพิมพ์วีเจ, หน้า 141-145
- [5] นายชัชชัย คาง , “การคำนวณหาตำแหน่งของวัตถุในระบบพิกัด 3 มิติโดยใช้ อัลกอริทึม DLT” , บทความเสนอในการสัมมนาวิชา M1
- [6] อนงค์นาถ แซ่มชุกุล , อลิสา เสมเจริญ , “การจับภาพการเคลื่อนที่ของมนุษย์” , วิทยานิพนธ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ. 2555