

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การวิเคราะห์การก้าวเท้าเบื้องต้นและการจำลองลักษณะกระดูกขาของมนุษย์
ด้วยรูปภาพ

**ELEMENTARY ANALYSIS OF GAIT AND SIMULATE HUMAN-
LEG'S SKELETON USING IMAGES**



T117168



นายนิติพัฒน์ พิศุทธางกูร

นายปรัชญา เล้าเจริญพนา

นายสิทธิเชษฐ์ รุ่งรัมย์พัฒน์

เลขที่ 117168
เลขทะเบียน
วันเดือนปี 19 ก.ค. 2554

b. 12342220
i.

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาคณิตศาสตร์ประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ELEMENTARY ANALYSIS OF GAIT AND SIMULATE HUMAN-
LEG'S SKELETON USING IMAGES**

The seal of King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang is a circular emblem. It features a central sunburst with rays emanating from a central point. Below the sunburst are two traditional Thai stupas (chedis) flanking a central, more ornate structure. The entire emblem is surrounded by a circular border containing Thai text. The text at the top reads 'สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง' (King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang) and the text at the bottom reads 'พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง' (King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang).

**MR. NUNTIPAT PISUTTANGKULL
MR. PADYA LAOCHALERNPANA
MR. SITTICHET RUNGRASSAMEEPAT**

**A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE
REQUIRMENT FOR DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE IN APPLIED
MATHEMATICS FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2010**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ การวิเคราะห์การก้าวเท้าเบื้องต้นและการจำลองลักษณะกระดูกขาของมนุษย์ด้วยรูปภาพ

Elementary Analysis of Gait and Simulate Human Leg's Skeleton

Using Images

ชื่อนักศึกษา	นาย นันทิพัฒน์	พิศุทธางกูร	50050043
	นาย ปรัชญา	เส้าเจริญพนา	50050048
	นาย สิทธิเชษฐ	รุ่งรัมย์พัฒน์	50050084

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต

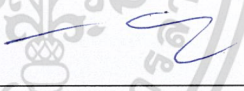




สาขาวิชา คณิตศาสตร์ประยุกต์

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ภักคินี ชิตสกุล

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อ.พรชัย ชัยสนิท

อ.จินดา ไชยช่วย

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ประยุกต์ ประจำปีการศึกษา 2553

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.พรรณทิพย์ ภัทรอินทากร	
ผศ.ดร.พันธิน พงศ์สัมพันธ์	
รศ.ภักคินี ชิตสกุล	
อ.จินดา ไชยช่วย	
อ.พรชัย ชัยสนิท	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การวิเคราะห์การก้าวเท้าเบื้องต้นและการจำลองลักษณะกระดูกขาของมนุษย์ด้วยรูปภาพ		
ชื่อนักศึกษา	นาย นันทิพัฒน์	พิศุทธางกูร	50050043
	นาย ปรัชญา	เล่าเจริญพนา	50050048
	นาย สติธิเชษฐ์	รุ่งรัมย์พัฒน์	50050084
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต		
สาขาวิชา	คณิตศาสตร์ประยุกต์		
ปีการศึกษา	2553		
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ภักคินี ชิตสกุล		
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อ.พรชัย ชัยสนิโท		
	อ.จินดา ไชยช่วย		

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาซอฟต์แวร์ในการศึกษาการจำลองลักษณะกระดูกขาของมนุษย์ และวิเคราะห์ระยะในการก้าวเท้าขณะเดินของแต่ละบุคคล โดยการวิเคราะห์นั้นจะเป็นการเปรียบเทียบกันระหว่าง ค่าจริงกับค่าที่คำนวณได้จากโปรแกรมที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น โดยมีหลักการคือ ใช้วัตถุจริงเป็นแบบของการเคลื่อนที่แล้วตรวจจับด้วยกล้อง ในส่วนของการจำลองลักษณะกระดูกขาของมนุษย์นั้นบนขาต้นแบบจะมีการติดจุดอ้างอิง (Marker) ไว้ 5 จุดด้วยกัน เพื่อให้ง่ายต่อการระบุตำแหน่งข้อต่อของขา และให้การติดจุดอ้างอิงนี้เป็นค่าจริงของการจำลองลักษณะกระดูกขาของมนุษย์ ส่วนค่าประมาณนั้นจะหาได้จากกระบวนการ Morphology ส่วนในการวิเคราะห์ระยะในการก้าวเท้าขณะเดินของแต่ละบุคคลนั้น ค่าจริงหาได้จากการวัดโดยตรงขณะทำการตรวจจับด้วยกล้อง และค่าประมาณหาได้จากการวัดระยะก้าวจากภาพที่ได้ในหน่วยของพิกเซล (Pixel) และนำหน่วยพิกเซลนั้นมาแปลงเป็นหน่วยเซนติเมตร (Centimeter) โดยนำอัตราส่วนการแปลงคูณกับความยาวในหน่วยพิกเซลที่ได้ ทั้งสองวิธีนี้จะวัดประสิทธิภาพโดยการหาค่าคลาดเคลื่อน (Error) จากการเปรียบเทียบค่าจริงและค่าที่ประมาณได้

คำสำคัญ : การประมวลภาพดิจิทัล

Title	Elementary Analysis of Gait and Simulate Human Leg's Skeleton Using Images	
Students	Mr. Nuntipat Pisuttangkull	50050043
	Mr. Padya Laochalernpana	50050048
	Mr. Sittichet Rungrassameepat	50050084
Degree	Bachelor of Science	
Major Program	Applied Mathematics	
Academic Year	2010	
Advisor	Assoc.Prof. Pakkinee Chitsakul	
Co-Advisor	Mr. Pornchai Chaisanit Mr. Chinda Chaichuay	

ABSTRACT

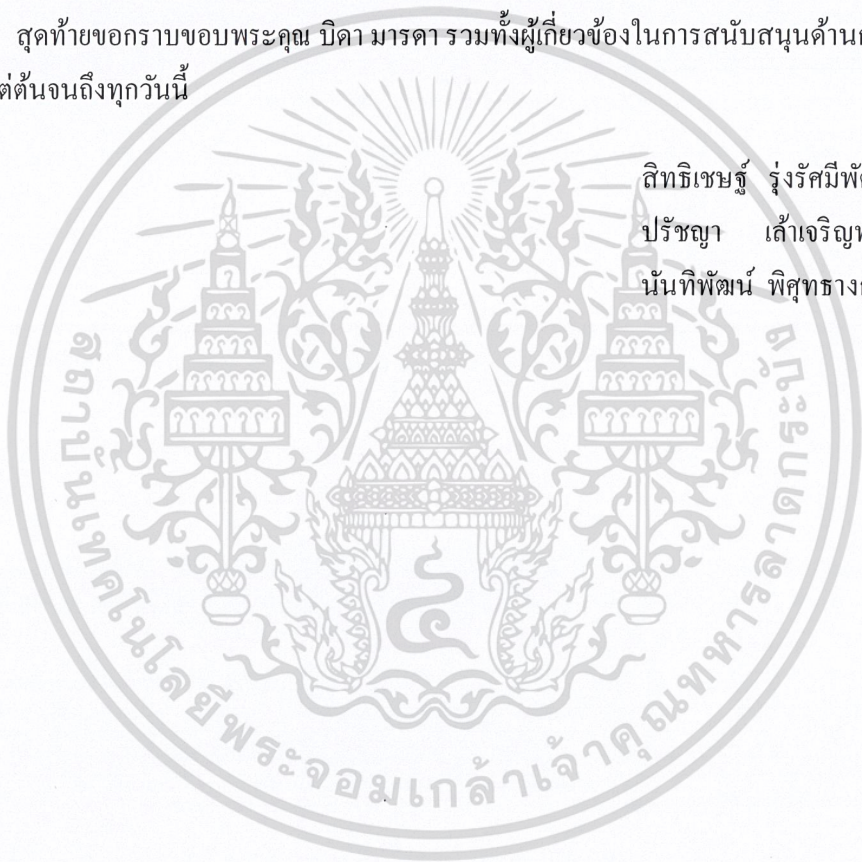
The aim of this research is to develop a software simulation of characteristics of human bone and analysed phase in the individual's gait while walking. The analysis is a comparison between actual values and calculated values which from the programs that were developed. The principle is using the real objects of the movement then detected by the camera. The characteristics of human bone are simulated by set the marker points (5 points) together on the legs to make it easier in locating the joints of the legs. This marker point is the actual value of the predicted human leg bone. The estimate value is obtained from the Morphology process. The length of individual gait is analysed by the actual values which are obtained from direct measurements during camera scan and the estimated values which from the length of footsteps measurement by using the image in pixels units. The pixels unit can be converted to centimeters by conversion ratio multiply by pixels. The both way are using for measure the performance by finding the error in comparing the actual and estimated values.

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเพราะคำแนะนำสั่งสอนที่ถูกต้องและอยู่ในความเอาใจใส่ดูแลเสมอมาของท่านอาจารย์ รศ. ภักคินี ชิตสกุล ซึ่งเป็นที่ปรึกษา อาจารย์จินดา ไชยช่วย และ อาจารย์ พรชัย ชัยสนิท ที่ปรึกษาร่วมของปัญหาพิเศษ รวมทั้งคณะกรรมการ ผศ.ดร. พรรณทิพย์ ภัทธอินทากร และ ผศ.ดร.พนธนี พงศ์สัมพันธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำปัญหาจนทำให้ปัญหาพิเศษบรรลุผลสำเร็จตามเป้าหมาย นอกจากนี้ขอขอบคุณคณาจารย์เจ้าหน้าที่ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ และ ขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่ให้ความร่วมมือและช่วยกันทำให้ปัญหาพิเศษนี้สำเร็จเสร็จสิ้น

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา รวมทั้งผู้เกี่ยวข้องในการสนับสนุนด้านการศึกษา มาตั้งแต่ต้นจนถึงทุกวันนี้

ดิทธิเชษฐ รุ่งรัมย์พัฒน์
ปรัชญา เล้าเจริญพนา
นนทิพัฒน์ พิศุทธางกูร



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปัญหาพิเศษ	1
1.3 ขอบเขตของปัญหาพิเศษ	1
1.4 วิธีการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 การวิจัยงานที่เกี่ยวข้อง	3
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	6
2.2.1 ภาพดิจิทัล (Digital Image)	6
2.2.2 การประมวลผลภาพ (Image Processing)	7
2.2.3 จุดภาพ (Pixels)	7
2.2.4 ระบบอ้างอิงพิกัดของจุดภาพ (Pixel Coordinate System)	8
2.2.5 รูปแบบสี (Color Model)	9
รูปแบบ RGB	9
รูปแบบ HSV	10
2.2.6 การแบ่งส่วนภาพ (Image Segmentation)	11
การกรองภาพด้วยวิธีการหาค่ากลาง (Median Filter)	12
2.2.7 การติดตามจุดอ้างอิงจากภาพ	12
ระบบ 2 มิติ	13

การย้าย (Translation)	13
การเปลี่ยนขนาด (Scaling)	14
การหมุน (Rotation)	15
ระบบ 3 มิติ	16
การย้าย (Translation)	17
การเปลี่ยนขนาด (Scaling)	18
การหมุน (Rotation)	18
2.2.8 มอร์โฟโลยี (Morphology)	21
2.2.8.1 การดำเนินการมอร์โฟโลยี (Morphological Operation)	21
โครงสร้างที่ใช้ในการดำเนินการ (Structure Element)	21
2.2.8.2 ชนิดของการดำเนินการมอร์โฟโลยี	22
2.2.8.3 การแปลงมอร์โฟโลยี (Morphological Transformation)	26
บทที่ 3 การออกแบบระบบ	29
3.1 การกำหนดความสามารถของระบบ	29
ข้อจำกัดของข้อมูลนำเข้า	29
3.2 การออกแบบระบบ	29
3.2.1 การออกแบบโครงสร้างโปรแกรม (Structure Design)	29
3.2.1.1 ขั้นตอนการบันทึกภาพจากกล้อง (Captured Images)	30
1. การบันทึกภาพถ่ายจากกล้องดิจิทัล	30
2. การเลือกใช้กล้องดิจิทัล	31
3. การจัดสภาพแวดล้อม	31
3.2.2 ขั้นตอนการตรวจจับวัตถุเคลื่อนไหว (Motion Detection)	32
3.2.3 ขั้นตอนการจำแนกประเภทวัตถุ (Object Classification)	34
3.2.4 ขั้นตอนการแปลงหน่วยพิกเซล (Convert Pixel)	35
3.2.5 ขั้นตอนการจำลองโครงสร้างกระดูก (Skeleton Modeling)	36
3.2.5.1 ส่วนการจำลองค่าจริง	36
3.2.5.2 ส่วนการจำลองโดยใช้อัลกอริทึมที่ประยุกต์ขึ้น	39
3.2.6 การออกแบบส่วนประสานผู้ใช้ (User Interface Design)	41

บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	44
4.1 รายละเอียดข้อมูลภาพในการทดลอง	44
4.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	44
4.3 การวิเคราะห์รูปภาพ	44
4.3.1 การวิเคราะห์ระยะระหว่างการก้าวเดิน	45
4.3.2 การวิเคราะห์โครงสร้างกระดูก	49
4.3.3 ผลการทดลองการวิเคราะห์โครงสร้างกระดูก และการวิเคราะห์ระยะ ระหว่างการก้าวเดิน	52
บทที่ 5 สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ	64
5.1 สรุปผลการทดลอง	64
5.2 ปัญหาและอุปสรรค	67
5.3 ข้อเสนอแนะ	68
เอกสารอ้างอิง	69



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 เครื่องวัดความเร็ว	3
2.2 เครื่องมือที่ใช้กับระบบ The GAITRite system	4
2.3 แสดงการใช้ระบบ Marker-based system	4
2.4 แสดงโมเดลสามมิติแบบเต็มตัว	6
2.5 แสดงแต่ละขั้นตอนของระบบของ J. Saboune and F. Charpillet	6
2.6 ภาพที่เกิดจากการรวมกันของจุดภาพ	7
2.7 การอ้างอิงพิกัดจุดภาพ	8
2.8 พื้นที่ภาพ 6×3 พิกเซล	8
2.9 แสดงจุดพิกเซล pixel(2,1) ที่เกิดจากจุดโคออดิเนต $P_1(2\frac{1}{3}, 1\frac{3}{4})$ และ $P_2(2\frac{2}{3}, 1\frac{1}{4})$ บนพื้นที่ภาพ 6×3 พิกเซล	9
2.10 รูปแบบสี RGB	10
2.11 สี HSV ในรูปแบบทรงกรวย	11
2.12 ตัวอย่างการหาค่ากลาง	12
2.13 การย้ายของจุดในสองมิติ	13
2.14 การเปลี่ยนขนาดในสองมิติ	14
2.15 การหมุนของจุดในสองมิติ	15
2.16 การย้ายของจุดในสามมิติ	17
2.17 การหมุนรอบแกน z ในสามมิติ	19
2.18 การหมุนรอบแกน y ในสามมิติ	19
2.19 การหมุนรอบแกน x ในสามมิติ	20
2.20 โครงสร้างที่ใช้ในการดำเนินการ (Structure Element) ในลักษณะต่างๆ	22
2.21 พื้นหน้า (Foreground) และ พื้นหลัง (Background)	26
2.22 กระบวนการประมวลผลของการเซาะ (Erosion)	23
2.23 โครงสร้างที่ใช้ในการดำเนินการ (Structure Element) ที่ใช้	23
2.24 รูปต้นแบบ (Original Image) (ซ้าย) และรูปการเซาะ (Erosion Image) (ขวา) การวนรอบ = 10	23
2.25 กระบวนการประมวลผลของการขยาย (Dilation)	24

VII

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.26 โครงสร้างที่ใช้ในการดำเนินการ (Structure Element) ที่ใช้	24
2.27 รูปต้นแบบ (Original Image) (ซ้าย) และรูปการขยาย (Dilation image) (ขวา) การวนรอบ = 10	24
2.28 กระบวนการประมวลผลของการเปิด (Opening)	25
2.29 โครงสร้างที่ใช้ในการดำเนินการ (Structure Element) = ดิสก์ (disk) ที่มีขนาด เมทริกซ์ 10×10	25
2.30 รูปต้นแบบ (Original Image) และ รูปการเปิด (Opening Image)	25
2.31 กระบวนการประมวลผลของ ฮิต และมิส (Hit-and-Miss)	26
2.32 กระบวนการประมวลผลของการทำให้บาง (Thinning)	26
2.33 โครงสร้างที่ใช้ในการดำเนินการ (Structure Element)	27
2.34 รูปต้นแบบ (Original Image) (ซ้าย) และรูปการทำให้บาง (Thin Image) การวนรอบ = 10	27
2.35 การบวนการประมวลผลของ โครงกระดูก (Skeleton)	27
2.36 โครงสร้างที่ใช้ในการดำเนินการ (Structure Element)	28
2.37 รูปต้นแบบ (Original Image) (ซ้าย) และ โครงกระดูก (Skeleton Image) การวนรอบ = 10	28
3.1 แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม	30
3.2 สภาพแวดล้อมที่ใช้ในการทดลอง	30
3.3 กล้องดิจิทัลที่ใช้ในการทดลอง	31
3.4 สภาพแวดล้อมที่ใช้ในการทดลอง	31
3.5 แสดงกระบวนการตรวจจับวัตถุเคลื่อนไหว	32
3.6 แสดงรูปภาพพื้นหลังที่เป็นระดับสีเทา	32
3.7 แสดงรูปภาพวัตถุที่เป็นระดับสีเทา	33
3.8 แสดงรูปภาพผลลัพธ์ที่เกิดจากกระบวนการ Background Subtraction	33
3.9 แสดงรูปภาพผลลัพธ์ที่เกิดจากการแปลงภาพระดับสีเทาเป็นภาพขาว-ดำ	34
3.10 แสดงรูปภาพผลลัพธ์ที่เกิดจากกระบวนการ Object Classification และเลือกวัตถุ	35
3.11 แสดงกระบวนการหาตำแหน่งจุดอ้างอิง	36
3.12 แสดงกระบวนการลากเส้นเชื่อมจุดอ้างอิง	37
3.13 แสดงรูปภาพผลลัพธ์ที่เกิดจากหาตำแหน่งและลากเส้นเชื่อมจุดอ้างอิง (marker)	38

VIII

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.14 แสดงรูปภาพโครงกระดูกของขาที่เกิดจากการพิจารณาจุดอ้างอิง (marker) ที่ติดไว้ตามข้อต่อของขา	38
3.15 แสดงกระบวนการจำลอง โครงสร้างกระดูกโดยใช้กระบวนการที่ประยุกต์ขึ้น	39
3.16 แสดงรูปภาพขา-คำที่เกิดจากกระบวนการ Object Classification และเลือกวัตถุ	39
3.17 แสดงรูปผลลัพธ์ที่เกิดจากการพิจารณาความกว้างของวัตถุเป็นแถวๆ และหาค่ากลาง	40
3.18 แสดงรูปผลลัพธ์ที่เกิดจากการลดความยาวของกิ่งที่ไม่ต้องการ	40
3.19 แสดงรูปผลลัพธ์ที่เกิดจากการลดสิ่งรบกวนออกไป และ พิจารณาส่วนของเท้าเพิ่ม	41
3.20 แสดงรูปแบบหน้าจอของส่วนการติดต่อกับผู้ใช้งาน	41
3.21 แสดงรูปแบบหน้าจอของการปรับค่าเทรคโซว์	42
3.22 แสดงรูปแบบหน้าจอของผลลัพธ์การวิเคราะห์ของการก้าวเท้า	43
3.23 แสดงรูปแบบหน้าจอของผลลัพธ์การเปรียบเทียบ โครงสร้างกระดูก	43
4.1 หน้าจอการรับรูปภาพ Background และ Picture	45
4.2 หน้าจอการปรับค่า Threshold ค่ามาตรฐานที่ 0.24	45
4.3 ผลการปรับค่า Threshold ไปที่ 0.117857	46
4.4 ผลการปรับค่า Threshold ไปที่ 0.6	46
4.5 หน้าจอผลลัพธ์ของการหาระยะการก้าวเท้า	47
4.6 หน้าจอรับรูปภาพ Background และ Picture	49
4.7 หน้าจอการปรับ Threshold	49
4.8 หน้าจอแสดงผลของการจำลองลักษณะกระดูก	50
4.9 หน้าจอการรับรูปภาพ Background และ Picture ของตัวอย่างที่เกิดข้อผิดพลาด	50
4.10 หน้าจอการปรับ Threshold ของตัวอย่างที่เกิดข้อผิดพลาด	51
4.11 หน้าจอผลลัพธ์ของตัวอย่างที่ไม่สามารถหาโครงสร้างค่าจริงได้	51
4.12 ผลการทดลองการวิเคราะห์ระยะระหว่างการก้าวเดินของผู้ทดลองคนที่ 1	52
4.13 ผลการทดลองการวิเคราะห์โครงสร้างกระดูก ของผู้ถูกทดลองคนที่ 1	52
4.14 ผลการทดลองการวิเคราะห์ระยะระหว่างการก้าวเดินของผู้ทดลองคนที่ 2	53
4.15 ผลการทดลองการวิเคราะห์โครงสร้างกระดูก ของผู้ถูกทดลองคนที่ 2	53

IX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.16 ผลการทดลองการวิเคราะห์ระยะระหว่างการก้าวเดินของผู้ทดลองคนที่ 3	54
4.17 ผลการทดลองการวิเคราะห์โครงสร้างกระดูก ของผู้ถูกทดลองคนที่ 3	54
4.18 ผลการทดลองการวิเคราะห์ระยะระหว่างการก้าวเดินของผู้ทดลองคนที่ 4	55
4.19 ผลการทดลองการวิเคราะห์โครงสร้างกระดูก ของผู้ถูกทดลองคนที่ 4	55
4.20 ผลการทดลองการวิเคราะห์ระยะระหว่างการก้าวเดินของผู้ทดลองคนที่ 5	56
4.21 ผลการทดลองการวิเคราะห์โครงสร้างกระดูก ของผู้ถูกทดลองคนที่ 5	56
4.22 ผลการทดลองการวิเคราะห์ระยะระหว่างการก้าวเดินของผู้ทดลองคนที่ 6	57
4.23 ผลการทดลองการวิเคราะห์โครงสร้างกระดูก ของผู้ถูกทดลองคนที่ 6	57
4.24 ผลการทดลองการวิเคราะห์ระยะระหว่างการก้าวเดินของผู้ทดลองคนที่ 7	58
4.25 ผลการทดลองการวิเคราะห์โครงสร้างกระดูก ของผู้ถูกทดลองคนที่ 7	58
4.26 ผลการทดลองการวิเคราะห์ระยะระหว่างการก้าวเดินของผู้ทดลองคนที่ 8	59
4.27 ผลการทดลองการวิเคราะห์โครงสร้างกระดูก ของผู้ถูกทดลองคนที่ 8	59
4.28 ผลการทดลองการวิเคราะห์ระยะระหว่างการก้าวเดินของผู้ทดลองคนที่ 9	60
4.29 ผลการทดลองการวิเคราะห์โครงสร้างกระดูก ของผู้ถูกทดลองคนที่ 9	60
4.30 ผลการทดลองการวิเคราะห์ระยะระหว่างการก้าวเดินของผู้ทดลองคนที่ 10	61
4.31 ผลการทดลองการวิเคราะห์โครงสร้างกระดูก ของผู้ถูกทดลองคนที่ 10	61
4.32 ผลการทดลองการวิเคราะห์ระยะระหว่างการก้าวเดินของผู้ทดลองคนที่ 11	62
4.33 ผลการทดลองการวิเคราะห์โครงสร้างกระดูก ของผู้ถูกทดลองคนที่ 11	62
4.34 ผลการทดลองการวิเคราะห์ระยะระหว่างการก้าวเดินของผู้ทดลองคนที่ 12	63
4.35 ผลการทดลองการวิเคราะห์โครงสร้างกระดูก ของผู้ถูกทดลองคนที่ 12	63
5.1 แสดงสิ่งรบกวนที่เกิดจากเงา	64
5.2 แสดงการเปรียบเทียบของลักษณะกระดูกค่าจริงและค่าประมาณ	65
5.3 ก. แสดงรูปภาพนำเข้าที่เกิดสิ่งรบกวน	65
5.3 ข. แสดงรูปภาพผลลัพธ์จากการแปลงรูปภาพที่เกิดสิ่งรบกวน	66
5.4 ก. แสดงรูปภาพก่อนที่จะเข้ากระบวนการตัดกึ่งที่ไม่ต้องการออก	66
5.4 ข. แสดงรูปภาพหลังจากเข้ากระบวนการตัดกึ่งที่ไม่ต้องการออก	67

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหาพิเศษ

ในปัจจุบันได้มีการก่ออาชญากรรมขึ้นบ่อยครั้ง ไม่ว่าจะเป็นภายในพื้นที่ประเทศไทย หรือภายนอกประเทศ เช่น การก่อการร้ายในจังหวัดชายแดนภาคใต้ การก่อจลาจลในอิยิปต์ ซึ่งการจับกุมคนร้ายเป็นไปได้ยาก ถึงแม้ว่าในปัจจุบันนี้ได้มีการนำรูปภาพหรือวิดีโอมาใช้ในการระบุตัวคนร้าย แต่ในบางกรณีก็ไม่สามารถที่จะระบุตัวคนร้ายได้ชัดเจน เนื่องจากคนร้ายบางรายได้มีการปกปิดใบหน้า จึงทำให้ไม่สามารถที่จะระบุตัวคนร้ายได้ โปรแกรมที่คณะผู้วิจัยจัดทำขึ้นนี้ เป็นแนวคิดเริ่มต้นในการลดปัญหาข้างต้น โดยการนำภาพนิ่งของบุคคลที่ได้ถูกบันทึก มาวิเคราะห์ เพื่อจำลองลักษณะกระดูกขาของมนุษย์และการหาระยะก้าวท่าขณะเดินของแต่ละบุคคล นอกจากนี้ ปัญหาข้างต้นนี้ยังมีปัญหาอีกปัญหาหนึ่ง คือ ความผิดปกติทางกระดูก ที่ทำให้ท่าทางการเคลื่อนที่เปลี่ยนไป ซึ่งไม่สามารถตรวจสอบได้ด้วยการมองจากภายนอก จึงได้ใช้กล้องวิดิทัศน์จำลองและตรวจสอบท่าทางการเดินของแต่ละบุคคล เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ท่าทางการเดินแล้ว หาสาเหตุของการเดินที่ผิดปกติ

ได้มีการวิจัยต่างๆที่นำเสนอว่าลักษณะการเดินของแต่ละบุคคลมีความเป็นเอกลักษณ์ของตัวเอง ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ผู้วิจัยได้คิดจัดทำซอฟต์แวร์นี้ขึ้นมาเพื่อศึกษาลักษณะท่าทางการก้าวเดินของมนุษย์ขึ้น ซึ่งอาจจะมีประโยชน์ในการพิสูจน์เอกลักษณ์ทางการเดินของบุคคลทั้งในทางอาชญากรรมและในทางการแพทย์

1.2 วัตถุประสงค์ของปัญหาพิเศษ

1. เพื่อจัดทำซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการศึกษาการจำลองลักษณะกระดูกขาของมนุษย์
2. เพื่อหาระยะในการก้าวท่าขณะเดินของแต่ละบุคคล

1.3 ขอบเขตของปัญหาพิเศษ

1. ภาพถ่ายที่เป็นข้อมูลเข้านั้น จะนำเฉพาะส่วนขาขณะกำลังเคลื่อนไหวมาวิเคราะห์
2. เสื้อผ้าที่ผู้ถูกทดลองสวมใส่ ต้องมีสีแตกต่างจากพื้นหลังชัดเจน
3. ในงานวิจัยนี้จะถ่ายรูปด้วยกล้องดิจิทัลเพียงตัวเดียว และเป็นกล้องที่มีความละเอียดสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. สภาพแวดล้อมจะต้องมีแสงสว่างเพียงพอ และ แสงสว่างต้องมีความสม่ำเสมอ
5. ระยะห่างระหว่างกล้อง กับผู้ถูกทดลองต้องคงที่
6. ทิศทางการเดิน ผู้ถูกทดลองจะต้องเคลื่อนที่เข้ามาในเฟรมกล้องทางด้านขวา

1.4 วิธีการดำเนินงาน

1. ศึกษาบทความ งานวิจัย ที่เกี่ยวข้อง
2. เก็บข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง
3. ศึกษาเทคโนโลยีที่ใช้ในการดำเนินการ
4. ศึกษาอัลกอริทึมที่จำเป็นในการทำงาน
5. วิเคราะห์ และออกแบบระบบ
6. พัฒนาระบบตามที่วางแผนไว้
7. ทดสอบ วิเคราะห์ และแก้ไขข้อบกพร่อง
8. สรุปผลการทดลอง
9. จัดทำเอกสารประกอบโครงการ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ช่วยจำแนกลักษณะเฉพาะของบุคคล เพื่อประโยชน์ในการสืบค้นข้อมูลบุคคลที่ต้องการ
2. เป็นส่วนเสริมในงานวินิจฉัยโรคจากลักษณะการเดิน เพื่อลดความเสี่ยงในการเสียชีวิตจากโรคที่ เกี่ยวกับกระดูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การวิจัยงานที่เกี่ยวข้อง

การใช้เครื่องมือต่างๆในการตรวจจับหรือการถ่ายวิดีโอที่จะนำไปใช้ในงานวิจัย โดยแต่ละงานวิจัยมีขั้นตอนการดำเนินการที่แตกต่างกัน และใช้อุปกรณ์ที่แตกต่างกันออกไป และยังมีใช้ข้อมูลทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในคำนวณและการคาดคะเน โดยงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีดังนี้

2.1.1 Menz et al.

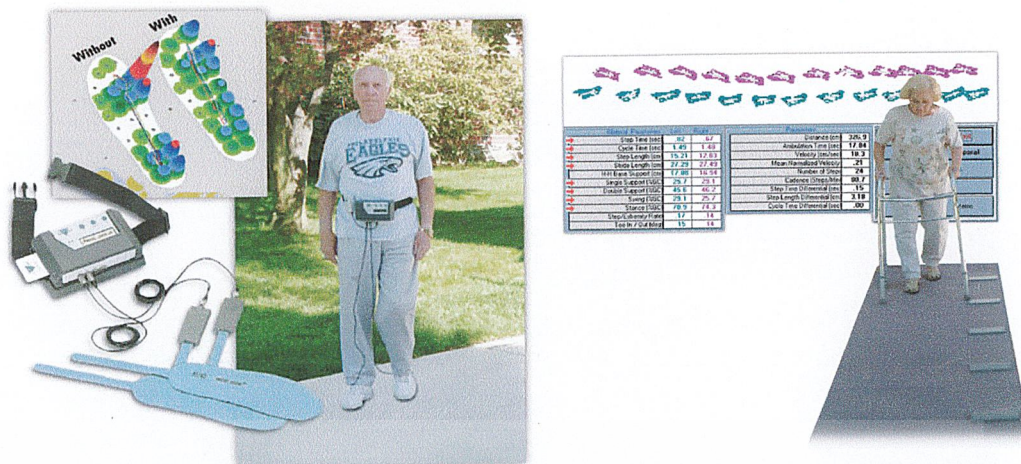
ได้ใช้เครื่องมือวัดความเร็วมาติดกับลำตัวของผู้ถูกทดลอง เครื่องมือจะทำการประเมินลักษณะรูปแบบความเร่งของหัว และกระดูกเชิงกราน ซึ่งการใช้เครื่องมือวัดความเร็วนี้ สามารถใช้แยกแยะความอ่อนเยาว์ และสุขภาพของคนแก่กับความเสี่ยงที่จะเสียชีวิตได้ ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 เครื่องวัดความเร็ว

2.1.2 The GAITRite system

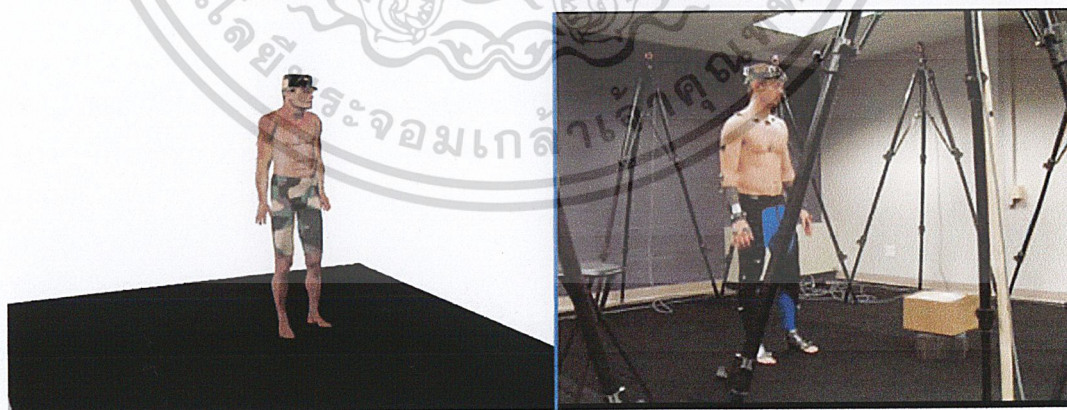
ได้ใช้พรมที่มีเซนเซอร์วัดแรงกดของเท้าและวัดการก้าวเท้าของผู้ถูกทดลอง ซึ่งการวิเคราะห์ในเรื่องความสมดุล และการทำนายความเสี่ยงนั้นขึ้นอยู่กับสมรรถภาพส่วนบุคคล และยังได้มีการทดสอบโดยการผสมระหว่างวิธีการทางกายภาพและจิตวิทยากับคนชรา ทำให้สามารถตรวจความผิดปกติของสมดุลร่างกายได้ ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 เครื่องมือที่ใช้กับระบบ The GAITRite system

2.1.3 Marker-based system

การวิจัยนี้ได้มีการใช้กันอย่างกว้างขวางมานานแล้ว ซึ่งโดยทั่วไประบบนี้สนใจเฉพาะจำนวนจุดตามร่างกายของผู้ถูกทดลองที่จะถูกสะท้อนให้เห็นจากกล้องอินฟราเรด ให้รู้ตำแหน่ง ความยาวของการก้าวแต่ละก้าว แล้วจุดที่ตำแหน่งราสนใจจะถูกแปลงเป็นภาพ 3 มิติ โดยใช้การวาดรูปสามเหลี่ยม แต่จุดของการเคลื่อนไหวของเท้า ไม่สามารถทำเป็น 3 มิติได้ อย่างไรก็ตามการใช้จุดอ้างอิง (markers) จะถูกนำค่านิ่งถึงสิ่งต่างๆ อย่างแรก คือ การใช้กล้องอินฟราเรด การกำหนดจุด การก้าวเท้าและการกำหนดจุดอ้างอิง (markers) แล้วจึงเริ่มโดยการใส่กล้องวิดีโอธรรมดาถ่ายวิดีโอไว้ แล้วนำมาพิจารณาต่อ เพื่อให้ได้ผลที่ดียิ่งขึ้น ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงการใช้ระบบ Marker-based system

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 Bregler et al.

งานวิจัยนี้ได้ใช้การเดินลงทางลาด แล้วทำการถ่ายแบบเฟรมต่อเฟรม และนำเฟรมที่ได้มารวมกัน ทำกระบวนการนี้กับกล้องหลายๆตัวตามลำดับ ทฤษฎีนี้ได้ถูกพิสูจน์แล้วว่าไม่สามารถศึกษาการเคลื่อนไหวที่มีความเร็วมากได้ เนื่องจากจะได้รับสัญญาณภาพที่ซับซ้อน อย่างไรก็ตามการที่จะนำภาพมารวมกันนั้นค่อนข้างที่จะทำได้ยาก เนื่องจากมีความซับซ้อนในการเรียงลำดับของเฟรม

2.1.5 Gavrila and Davis

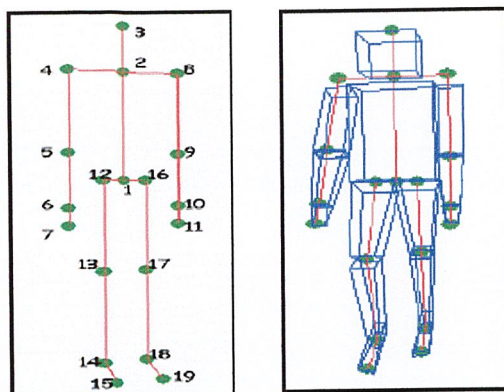
งานวิจัยนี้ใช้โครงสร้างความสัมพันธ์ตามลำดับชั้น (Hirearchical) ในการระบุตำแหน่งของร่างกายที่นำมาเชื่อมต่อกันเป็นส่วนๆ เช่น ลำตัวต่อมาที่แขนจากนั้นก็เป็มือ วิธีการนี้สามารถลดความซับซ้อนลงได้ แต่ก็ยังยากต่อการที่จะสามารถบอกเจาะจงส่วนของร่างกายจากภาพ เพราะฉะนั้นต้องทำการ กำหนดหรือระบุว่าส่วนนี้คือส่วนไหน เพื่อง่ายต่อการดำเนินงานต่อไป

2.1.6 Cohen et al.

งานวิจัยนี้ได้พยายามลดจำนวนจุดลง โดยใช้เครื่องจำแนกประเภท (Support Vector Machine) อย่างไรก็ตามการใช้โมเดลการเคลื่อนที่จะถูกจำกัดวิธีการไว้ โดยการใช้อุปกรณ์หลายๆตัวในการจับภาพที่ 60 เฟรมต่อวินาที

2.1.7 Deutscher et al.

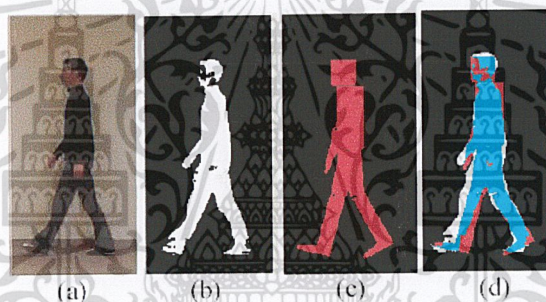
เป็นผลงานวิจัยที่ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในการทำโมเดลสามมิติแบบเคลื่อนไหวทั้งตัว โดยวิธีการนี้มีการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนไหวที่ซับซ้อน และใช้หลายกระบวนการมารวมกัน โดยอันที่จริงแล้วเขาได้ทำโดยการสุ่มจุดเล็กๆ นำมาประยุกต์เพื่อลดจำนวนจุดลง ซึ่งเป็นกระบวนการต่อเนื่อง และจะเพิ่มจุดลงไปบริเวณที่มีความเสี่ยงสูงที่จะเกิดความผิดปกติของภาพ โดยเฉพาะในกรณีที่ใช้ความถี่ต่ำในการจับภาพ ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงโมเดลสามมิติแบบเต็มตัว

2.1.8 J. Saboune and F. Charpillat

ได้ใช้กล้องวิดีโอในการถ่ายและใช้วิธีการ IPF (Interval Particle Filtering) ในการจับการเคลื่อนไหวของมนุษย์ ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แสดงแต่ละขั้นตอนของระบบของ J. Saboune and F. Charpillat

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 ภาพดิจิทัล (Digital Image)

ภาพดิจิทัล คือภาพ $f(x, y)$ ซึ่งถูกทำให้เป็นค่าแบบไม่ต่อเนื่องทั้งค่าพิกัดและค่าความสว่าง ยกตัวอย่างเช่น ภาพที่แทนด้วย 8 บิต เป็นภาพที่มีค่าระดับความเข้มเท่ากับ $2^8 = 256$ ระดับ โดยที่ 0 แทนระดับความเข้มต่ำสุดและ 255 แทนระดับความเข้มสูงสุด ระดับความเข้มต่ำสุดเทียบเท่ากับสีดำในภาพ ในขณะที่ระดับความเข้มสูงสุดแทนสีขาวในภาพ ภาพดิจิทัลขนาด $M \times N$ อาจถูกพิจารณาว่าเป็นเมทริกซ์ที่มีขนาด $M \times N$ ซึ่งค่าดัชนีของเมทริกซ์ (แถวและคอลัมน์) ระบุจุดในภาพและค่าของเมทริกซ์ที่ตำแหน่งดังกล่าวแทนค่าระดับเทาที่จุดนั้น เรียกหน่วยที่เล็กที่สุดของภาพดิจิทัลว่า “พิกเซล”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

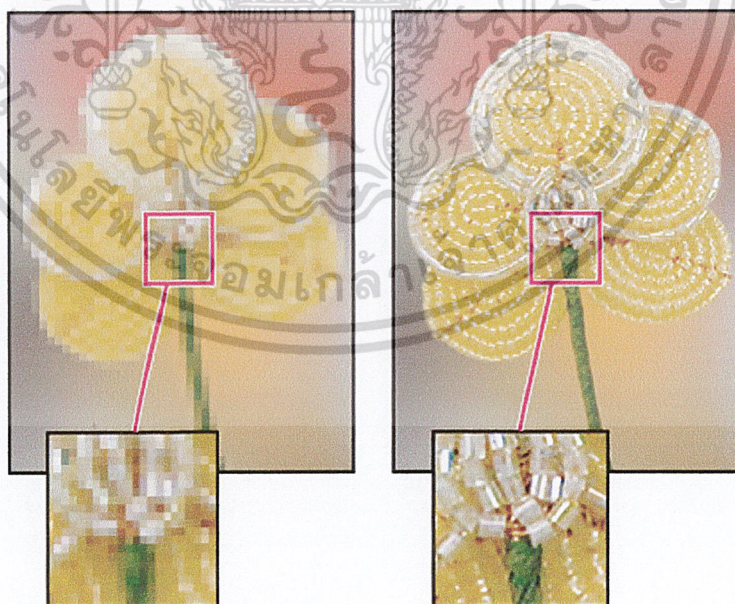
2.2.2 การประมวลผลภาพ (Image Processing)

การประมวลผลภาพ (Image Processing) เป็นการประยุกต์ใช้งานการประมวลผลสัญญาณ บนสัญญาณ 2 มิติ เช่น ภาพนิ่ง ภาพวิดีโอและยังรวมถึงสัญญาณ 2 มิติอื่นๆ ที่ไม่ใช่ภาพด้วย เมื่อหลายสิบปีมาแล้วการประมวลผลภาพนั้น จะอยู่ในรูปของการประมวลผลสัญญาณแอนะล็อก (Analog) โดยใช้อุปกรณ์ปรับแต่งแสง (Optics) แต่เนื่องจากอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ในปัจจุบันมีราคาถูกลง และมีความเร็วในการประมวลผลสูง การประมวลผลภาพดิจิทัล (Digital Image processing) จึงได้รับความนิยมมากกว่า

ปัญหาพิเศษนี้จะนำเสนอทฤษฎีการประมวลผลภาพ เพื่อไปกำหนดหาตำแหน่งการเคลื่อนไหวของวัตถุ โดยทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลภาพในปัญหาพิเศษสามารถอธิบายได้ดังนี้

2.2.3 จุดภาพ (Pixels)

ภาพที่ได้จากการบันทึกด้วยกล้องเว็บแคมเป็นภาพกราฟฟิกแบบแรสเตอร์ (Raster Graphics) หรือ ภาพบิตแมป (Bitmap) ดังภาพซ้ายในรูปที่ 2.6 ในขณะที่ภาพทางขวาเป็นภาพปรกติทั่วไปที่ได้จากกล้องถ่ายรูปโดยภาพเกิดจากจุดภาพ (pixels) หลายๆ จุดมาประกอบรวมกันเป็นภาพ ดังรูปขวาในรูปที่ 2.6 โดยที่จุดภาพแต่ละจุดจะเก็บค่าสีซึ่งค่าสีเหล่านี้จะทำให้เกิดรายละเอียดในภาพเป็นสีต่างๆ

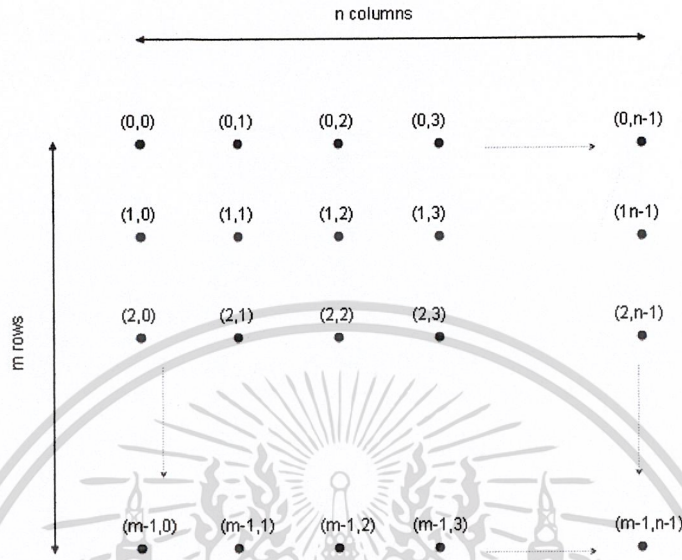


รูปที่ 2.6 ภาพที่เกิดจากการรวมกันของจุดภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

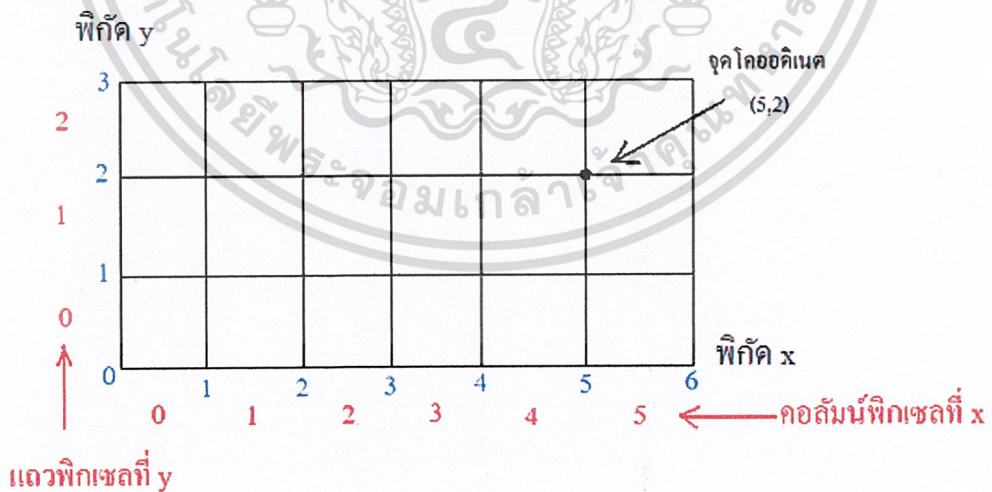
2.2.4 ระบบอ้างอิงพิกัดของจุดภาพ (Pixel Coordinate System)

เป็นระบบพิกัดที่ใช้อ้างอิงตำแหน่งของจุดพิกเซลในภาพบนจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีจุดเริ่มต้นอยู่ที่มุมซ้ายบนของภาพ และจุดสิ้นสุดอยู่ที่มุมขวาล่างของภาพ ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 การอ้างอิงพิกัดจุดภาพ

ในแต่ละพิกเซลบนภาพกราฟฟิกส์นั้น ไม่สามารถแทนจุดจุดหนึ่งในทางคณิตศาสตร์แต่จะแทนบริเวณ ซึ่งในทางทฤษฎีแล้วประกอบด้วยจุดจำนวนมากมายังเช่น พิจารณาพื้นที่บนภาพ 6×3 พิกเซล ดังรูปที่ 2.8

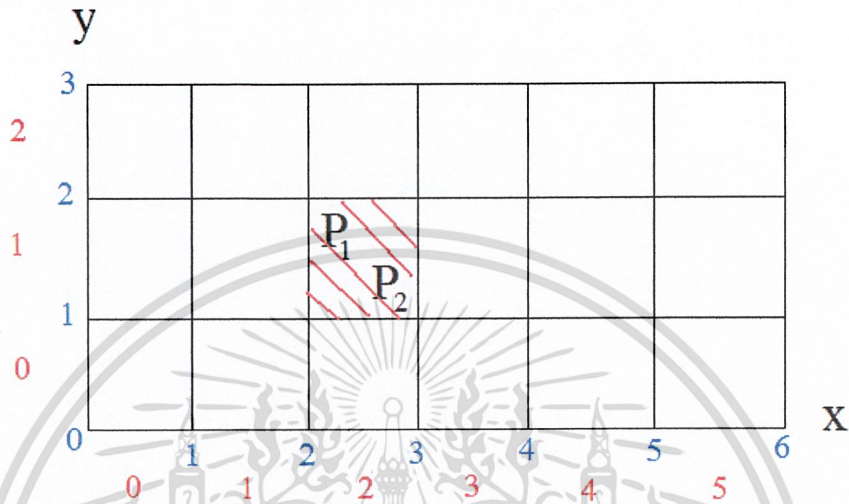


รูปที่ 2.8 พื้นที่ภาพ 6×3 พิกเซล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั่วไปแล้วจุด $P(x, y)$ จะแทนด้วยส่วนจำนวนเต็ม (integer part) ของ x และส่วนจำนวนเต็ม (integer part) ของ y นั่นคือ $\text{pixel}[(\text{INT}(x)), (\text{INT}(y))]$

ดังนั้น จุดแสดงโคออดิเนต (display coordinate points) $P_1(2\frac{1}{3}, 1\frac{3}{4})$ และ $P_2(2\frac{2}{3}, 1\frac{1}{4})$ ทั้งคู่จะถูกแทนด้วย $\text{pixel}(2, 1)$ ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 แสดงจุดพิกเซล $\text{pixel}(2, 1)$ ที่เกิดจากจุดโคออดิเนต $P_1(2\frac{1}{3}, 1\frac{3}{4})$ และ $P_2(2\frac{2}{3}, 1\frac{1}{4})$ บนพื้นที่ภาพ 6×3 พิกเซล

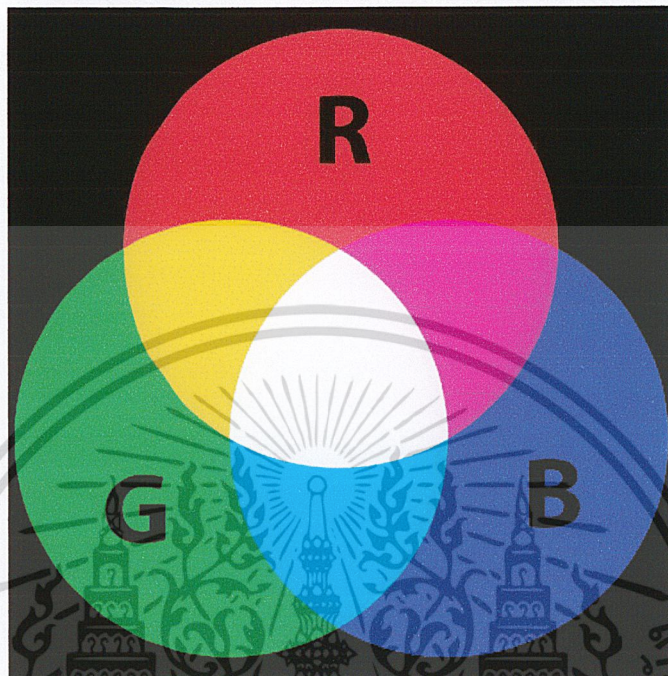
2.2.5 รูปแบบสี (Color Model)

สี คือการรับรู้ความถี่ หรือความยาวคลื่นของแสง โดยสีเกิดจากแสงที่มากกระทบวัตถุ แล้วสะท้อนเข้าตาเราทำให้เห็นเป็นสีต่างๆ การที่เรามองเห็นวัตถุเป็นสีใดๆ ได้ เพราะวัตถุนั้นดูดแสงสีอื่นสะท้อนแต่สีของมันเอง เช่น วัตถุสีแดง เมื่อมีแสงส่องกระทบก็จะดูดทุกสีสะท้อนแต่สีแดงทำให้เรามองเห็นเป็นสีแดง การตัดแยกมาร์กเกอร์ออกจากภาพในปัญหาพิเศษใช้คุณสมบัติของสี โดยมาร์กเกอร์จะมีสีที่แตกต่างไปจากพื้นหลังของภาพเพื่อให้การหาตำแหน่งของมาร์กเกอร์จากภาพสามารถอ้างอิงได้จากตำแหน่งพิกเซลซึ่งเก็บค่าสีที่เป็นสีของมาร์กเกอร์ในภาพ การประมวลผลภาพสีนั้นต้องทราบรูปแบบของสีที่ใช้ในคอมพิวเตอร์ซึ่งจะอธิบายรูปแบบที่สำคัญ 2 แบบ ได้แก่

2.2.5.1 รูปแบบ RGB

เป็นระบบสีพื้นฐานของคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการแสดงผล โดยจุดพิกเซล 1 จุด จะประกอบด้วยค่าสี 3 ค่า คือ แดง (R) เขียว (G) และน้ำเงิน (B) ซึ่งเป็นแม่สีในระบบสี กล่าวคือถ้าผสมสีทั้งสามนี้ด้วยค่าต่างๆ กันจะก่อให้เกิดสีที่แตกต่างกันได้แก่ เมื่อแดงผสม

กับสีน้ำเงินจะได้เป็นสีชมพู และผสมสีทั้งสามเข้าด้วยกันจะได้เป็นสีขาว ดังรูปที่ 2.10 โดยที่คอมพิวเตอร์จะเก็บค่าสีนี้แยกกันโดยใช้ขนาดข้อมูล 1 ไบต์ต่อ 1 สี ทำให้ค่าของสีแต่ละสีนั้นมีได้ 256 ระดับ ($0 \leq R \leq 255$), ($0 \leq G \leq 255$), ($0 \leq B \leq 255$) และผสมได้สีทั้งหมด 16 ล้านสี

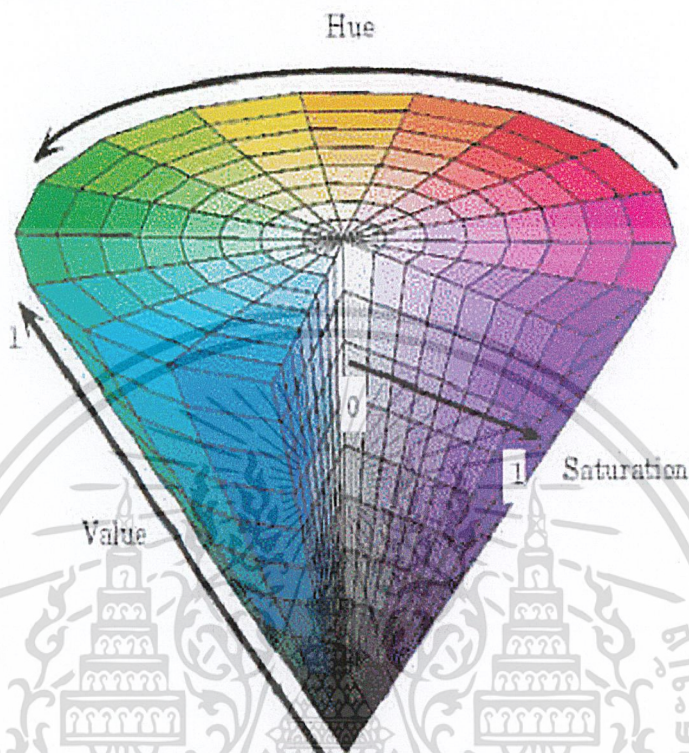


รูปที่ 2.10 รูปแบบสี RGB

2.2.5.2 รูปแบบสี HSV

เป็นระบบสีที่มีความใกล้เคียงกับการมองเห็นสีของมนุษย์มากที่สุด เนื่องจากการมองเห็นของมนุษย์มีแสงเข้ามาเกี่ยวข้อง ในระบบสี HSV จึงมีการนำค่าความสว่างเข้ามาคำนวณด้วย ระบบสี HSV ประกอบไปด้วยค่า 3 ค่าคือ ค่าสี (Hue) บอกความเป็นสีใดๆ ซึ่งเหมือนกับระบบสีแบบ RGB ค่าความอิ่มตัวของสี (Saturation) บอกความเข้มของสี และค่าความสว่าง (Intensity, Value) บอกความสว่างของสีดังรูปที่ 2.11 ซึ่งทั้งสองค่าหลังนี้ (ค่าความอิ่มตัวของสีและค่าความสว่าง) ไม่มีในระบบสีแบบ RGB รูปแบบสีแบบ HSV นี้จะเหมาะกับการประมวลผลภาพที่ต้องการผลลัพธ์ในการแยกแยะสีเหมือนกับการแยกแยะสีด้วยสายตาของมนุษย์มากกว่าการแยกแยะสีโดยใช้คอมพิวเตอร์ ค่าสีจะมีค่า ตั้งแต่ 0 องศา -360 องศา ตำแหน่งขององศาที่เปลี่ยนไป จะทำให้ค่าสีเปลี่ยน ตาม Hue มีค่า เท่ากับ 0 จะแทนสีแดงและเมื่อ Hue มีค่าเพิ่มขึ้น เรื่อย ๆ สีก็จะเปลี่ยนแปลง ไปตามสเปกตรัมของสีจนถึง 360 จึงจะกลับมาเป็นสีแดงอีกครั้ง ซึ่งสามารถแทนให้อยู่ใน รูปของ องศาได้ ดังนี้คือ สีแดง เท่ากับ 0 องศา สีเขียวเท่ากับ

120 องศา สีน้ำเงินเท่ากับ 240 องศา ค่าความอิ่มตัวของสีจะมีค่าตั้งแต่ (0.00- 1.00) โดยค่า 1.00 สีจะมีความอิ่มตัวมากที่สุด ค่า 0.00 สีจะมีความอิ่มตัวน้อยที่สุด ค่าความสว่างของสี จะมีค่าตั้งแต่ (0.00-1.00) โดยค่า 1.00 สีจะมีความสว่างมากที่สุด ค่า 0.00 สีจะมีความสว่างน้อยที่สุด



รูปที่ 2.11 สี HSV ในรูปแบบทรงกรวย

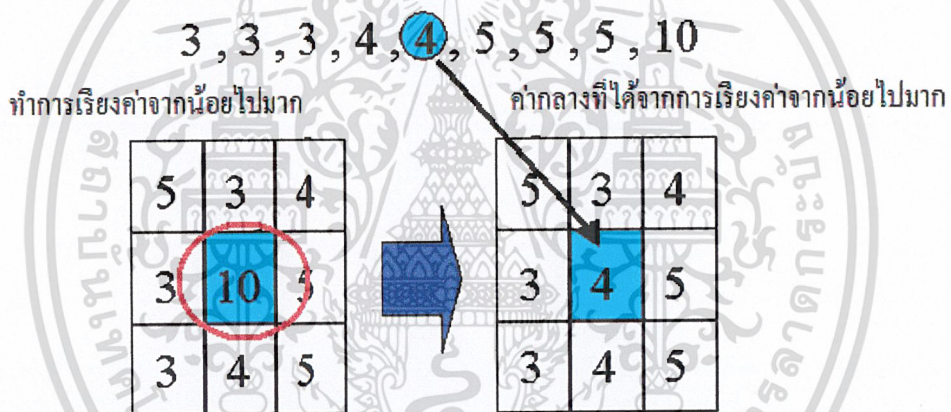
2.2.6 การแบ่งส่วนภาพ (Image Segmentation)

การแบ่งส่วนภาพเป็นขั้นตอนที่สำคัญก่อนการวิเคราะห์ภาพ การแบ่งส่วนภาพเป็นการแบ่งภาพออกตามองค์ประกอบหรือวัตถุที่อยู่ในภาพ ซึ่งการแบ่งส่วนภาพควรหยุดเมื่อวัตถุที่เราสนใจในการประยุกต์ใช้งานได้ถูกแยกออกมา ตัวอย่างเช่น ในระบบค้นหาเป้าหมายจากอวกาศสู่ภาคพื้นดิน เราสนใจเส้นถนนเพื่อระบุถึงยานพาหนะที่อยู่บนถนน ขั้นตอนแรกจึงเป็นการแบ่งส่วนที่เป็นถนน จากนั้นแยกวัตถุขนาดต่างๆ ในถนน ที่อาจเป็นยานพาหนะ จึงไม่มีความจำเป็นต้องทำการแยกส่วนย่อยต่อไปอีกจากจุดนี้ รวมทั้งไม่มีความจำเป็นต้องทำการแยกส่วนนอกขอบเขตของถนน เนื่องจากได้ทำการแยกส่วนที่เป็นวัตถุที่สนใจได้แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.6.1 การกรองภาพด้วยวิธีการหาค่ากลาง (Median Filter)

การกรองภาพด้วยวิธีการหาค่ากลางเป็นการกำจัดจุดรบกวน (Noise) ซึ่งมีขนาดเล็กออกจากภาพ จุดรบกวนที่พบในภาพเมื่อผ่านขั้นตอนการตัดแยกสีออกจากภาพแล้วจะมีสีเดียวกับจุดมาร์กเกอร์ จึงต้องมีการกำจัดจุดรบกวนออกจากภาพเพื่อให้ภาพเหลือแต่จุดมาร์กเกอร์ การกรองภาพด้วยวิธีการหาค่ากลางจะใช้ค่ากลาง (Median) ที่ได้จากการวิเคราะห์จุดพิกเซลข้างเคียงตั้งภาพซ้ายของรูปที่ 2.12 ซึ่งจุดที่สนใจคือจุดที่มีค่าสีเป็น 10 โดยทำการพิจารณาแต่ละพิกเซลในรูปภาพจากการพิจารณาจุดพิกเซลข้างเคียงของจุดพิกเซลที่สนใจอยู่เพื่อใช้ในการเลือกค่าที่ควรจะเป็น ณ ตำแหน่งพิกเซลนั้น โดยการนำค่าพิกเซลรอบๆ (neighborhood) และพิกเซลที่เราสนใจอยู่มาทำการเรียงลำดับจากน้อยไปมากแล้วทำการหาค่ากลางของข้อมูล เพื่อนำค่ากลางที่ได้ไปเป็นค่าสี ณ ตำแหน่งพิกเซลที่เราพิจารณาอยู่ดังตัวอย่างการพิจารณาในภาพขวาของรูปที่ 2.12 จุดที่สนใจจะมีค่าสีเป็น 4



รูปที่ 2.12 ตัวอย่างการหาค่ากลาง

2.2.7 การติดตามจุดอ้างอิงจากภาพ

การติดตามจุดอ้างอิงจากภาพเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงตำแหน่ง ของจุดมาร์กเกอร์ ในภาพใช้วิธีการสร้างพื้นที่จำลอง (Area Tracking) โดยพื้นที่จำลองจะมีขนาดเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสและมีจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุดอ้างอิงของมาร์กเกอร์แต่ละจุด ซึ่งจะมีขนาดของพื้นที่ประมาณ 30*30 พิกเซล พื้นที่จำลองจะทำการติดตามจุดมาร์กเกอร์จากเฟรมภาพถัดไปของกล้องตัวเดิม ซึ่งหากมีการเคลื่อนไหวของจุดมาร์กเกอร์ในเฟรมภาพถัดไปไม่มากนัก จะทำให้สามารถพบจุดมาร์กเกอร์ของเฟรมภาพถัดไปในบริเวณของพื้นที่จำลอง จากนั้นจะทำการย้ายตำแหน่งจุดศูนย์กลางของพื้นที่จำลองไปยังตำแหน่งที่พบจุดมาร์กเกอร์ในเฟรมถัดไปจนครบทุกเฟรมภาพ

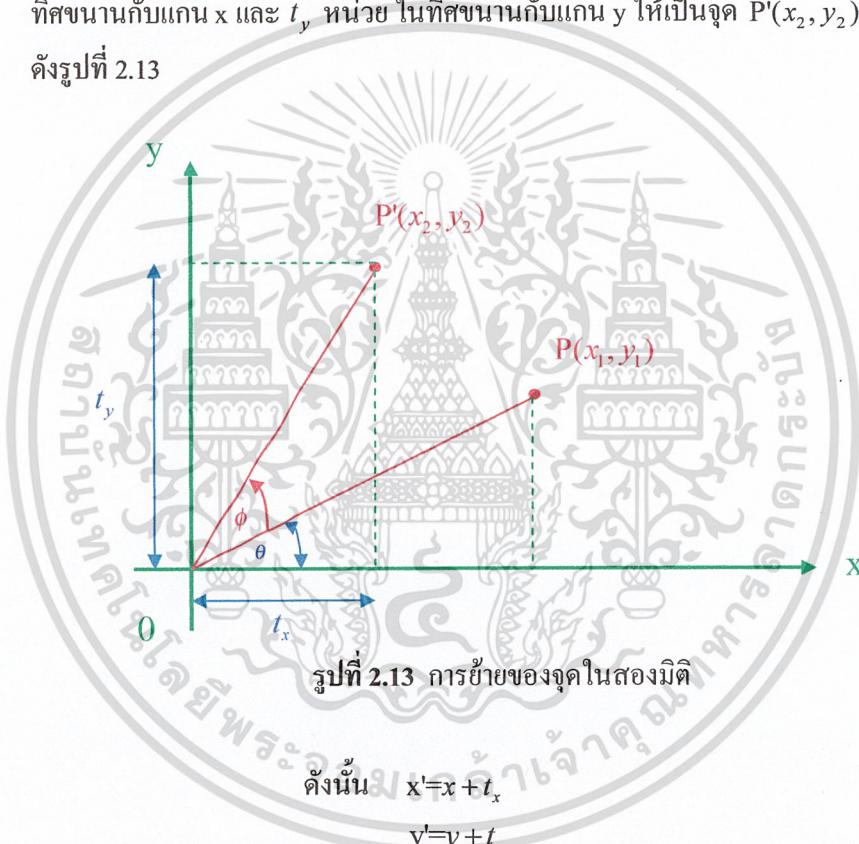
ในการติดตามจุดอ้างอิงของมาร์กเกอร์ไปทำการประมวลผลเพื่อแสดงภาพนั้น การนำเสนอรูปภาพในมุมมองต่างๆ สำหรับภาพสามมิติจะต้องใช้การเปลี่ยนรูปในสองมิติ

การเปลี่ยนรูปใน 3 มิติ มีลักษณะเช่นเดียวกับการเปลี่ยนรูปใน 2 มิติ มีการเคลื่อน (translation) การปรับขนาด (scaling) และการหมุน (rotation) โดยรูปแบบใน 3 มิติ จะเป็นรูปแบบทั่วไปของกรณี 2 มิติ

ระบบ 2 มิติ

การย้าย (Translation)

ในการย้ายจุด $P(x_1, y_1)$ บนระนาบไปเป็นจุดใหม่โดยการเลื่อนไป t_x หน่วยในทิศขนานกับแกน x และ t_y หน่วย ในทิศขนานกับแกน y ให้เป็นจุด $P'(x_2, y_2)$ ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 การย้ายของจุดในสองมิติ

$$\text{ดังนั้น } x' = x + t_x$$

$$y' = y + t_y$$

$$\text{ให้ } P = \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix}, P' = \begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \end{bmatrix}, T = \begin{bmatrix} t_x \\ t_y \end{bmatrix}$$

$$P' = P + T$$

ในการย้ายวัตถุจะต้องย้ายทุกจุดของวัตถุ เนื่องจากในแต่ละเส้นของวัตถุประกอบด้วยจุดจำนวนมากมายับไม่ถ้วน ซึ่งในการย้ายแต่ละจุดจะต้องใช้เวลานานมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วย ดังนั้นเพื่อให้เสียเวลาจะย้ายเฉพาะจุดปลายของเส้นเท่านั้น แล้วจึงลากเส้นใหม่ระหว่างจุดปลายที่ย้ายไปแล้ว

การเปลี่ยนขนาด (Scaling)

ในกระบวนการขยายหรือลดขนาดของวัตถุ โดยการใช้ค่าบวก s_x และ s_y อธิบายการเปลี่ยนความยาวในแนวแกน x และแกน y ตามลำดับ ถ้า s_x หรือ s_y มากกว่า 1 แสดงการขยาย ถ้า น้อยกว่า 1 แสดงการลดขนาด ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 การเปลี่ยนขนาดในสองมิติ

$$\text{ดังนั้น } x' = s_x x + o_x$$

$$y' = o_y + s_y y$$

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s_x & 0 \\ 0 & s_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$$

$$\text{ให้ } P = \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix}, P' = \begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \end{bmatrix}, S = \begin{bmatrix} s_x & 0 \\ 0 & s_y \end{bmatrix}$$

$$P' = S.P$$

จากรูปที่ 2.14 ถูกลดขนาดลง $\frac{1}{2}$ ในแนวแกน x และลดขนาดลง $\frac{1}{4}$ ในแนวแกน y จะพบว่าวัตถุมีขนาดเล็กลงและอยู่ไกลจุดกำเนิดมากขึ้น ถ้าค่าขนาดมากกว่า 1 บ้านจะมีขนาดใหญ่ขึ้นและอยู่ไกลจากจุดกำเนิดมากขึ้น ถ้า $s_x \neq s_y$ ขนาดของวัตถุจะมีสัดส่วนเปลี่ยนไป

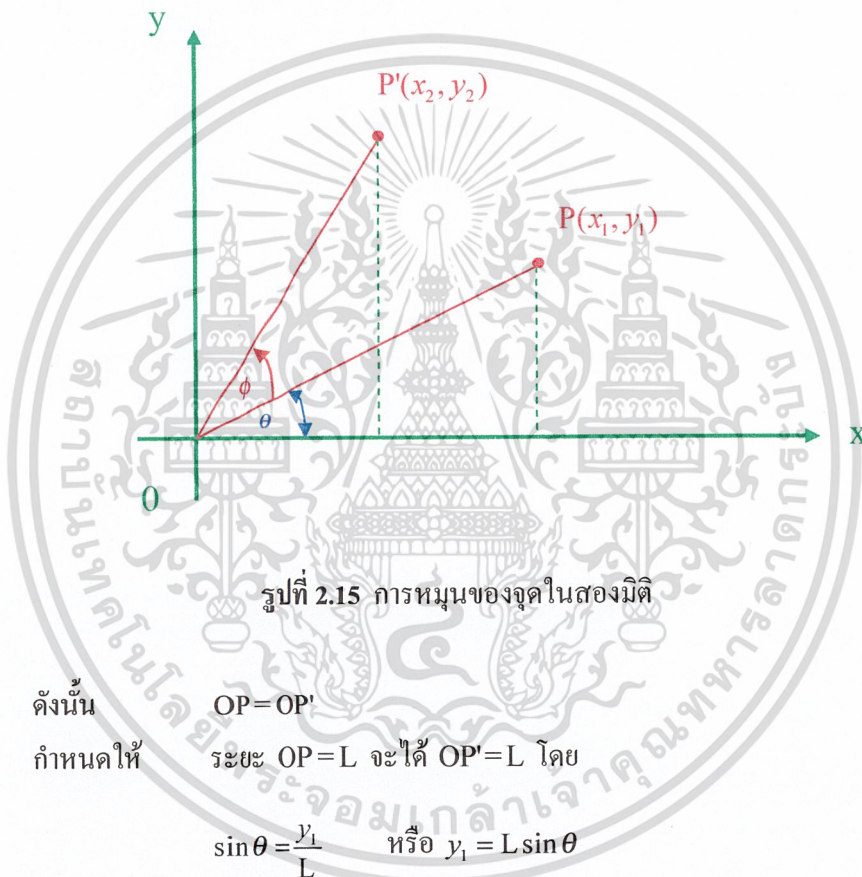
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ถ้า $s_x = s_y$ ลักษณะของวัตถุจะมีสัดส่วนคงเดิม เรียกว่า การเปลี่ยนขนาดที่เป็นแบบเดียวกัน (uniform scaling)

การหมุน (Rotation)

การหมุนเป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุรอบตัวเองในทิศทางเป็นวงกลมวัตถุสองมิติจะหมุนรอบจุดกำเนิด หรือ (0,0)

ต้องการหมุนจุด $P(x_1, y_1)$ ซึ่งทำมุม θ กับแนวราบไปในทิศทางเข็มนาฬิกาเป็นมุม ϕ หรือหมุนไปยังจุด $P'(x_2, y_2)$ ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 การหมุนของจุดในสองมิติ

ดังนั้น $OP = OP'$
กำหนดให้ ระยะ $OP = L$ จะได้ $OP' = L$ โดย
 $\sin \theta = \frac{y_1}{L}$ หรือ $y_1 = L \sin \theta$
 $\cos \theta = \frac{x_1}{L}$ หรือ $x_1 = L \cos \theta$

$$\sin(\theta + \phi) = \frac{y_2}{L} = \cos \phi \sin \theta + \sin \phi \cos \theta$$

$$y_2 = L \cos \phi \sin \theta + L \sin \phi \cos \theta$$

$$= \cos \phi y_1 + \sin \phi x_1$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในทำนองเดียวกัน

$$\cos(\theta + \phi) = \frac{x_2}{L} = \cos \phi \cos \theta - \sin \phi \sin \theta$$

$$x_2 = L \cos \phi \cos \theta - L \sin \phi \sin \theta$$

$$= \cos \phi x_1 - \sin \phi y_1$$

หรือ $x_2 = \cos \phi x_1 - \sin \phi y_1$

$$y_2 = \sin \phi x_1 + \cos \phi y_1$$

$$\begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \phi & -\sin \phi \\ \sin \phi & \cos \phi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix}$$

ให้ $P = \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix}$, $P' = \begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \end{bmatrix}$, $R_\phi = \begin{bmatrix} \cos \phi & -\sin \phi \\ \sin \phi & \cos \phi \end{bmatrix}$

$$P' = R_\phi P$$

ระบบ 3 มิติ

ในระบบพิกัดฉาก 3 มิติ วัตถุ:obj จะพิจารณาเป็นเซตของจุด

โดยที่ $\text{obj} = \{P(x, y, z)\}$

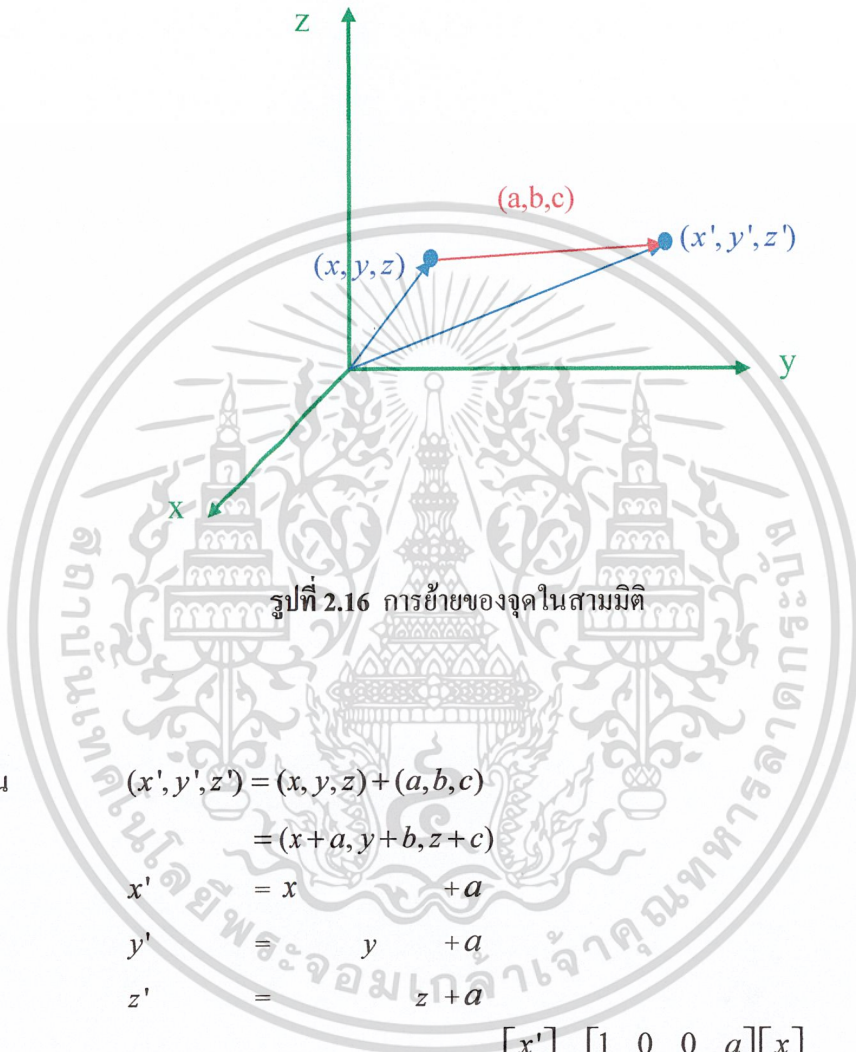
ถ้าจุดถูกย้ายไปที่ตำแหน่งใหม่ให้เป็น obj'

โดยที่ $\text{obj}' = \{P'(x', y', z')\}$

$P'(x', y', z')$ มาจาก $P(x, y, z)$ โดยการเปลี่ยนรูป (Transformation)

การย้าย (Translation)

ในการย้ายจุด (x, y, z) บนระนาบไปเป็นจุดใหม่โดยการเลื่อนไป a หน่วยในทิศทางกับแกน x , b หน่วยในทิศทางกับแกน y และ c หน่วยในทิศทางกับแกน z ให้เป็นจุด (x', y', z') ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 การย้ายของจุดในสามมิติ

ดังนั้น

$$\begin{aligned} (x', y', z') &= (x, y, z) + (a, b, c) \\ &= (x+a, y+b, z+c) \\ x' &= x + a \\ y' &= y + b \\ z' &= z + c \end{aligned}$$

ใน homogeneous coordinate translation matrix คือ

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & a \\ 0 & 1 & 0 & b \\ 0 & 0 & 1 & c \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix}$$

การเปลี่ยนขนาด (Scaling)

ในกระบวนการขยายหรือลดขนาดของวัตถุ โดยการใช้ค่าบวก s_x, s_y และ s_z ในอธิบาย การเปลี่ยนความยาวในแนวแกน x แกน y และแกน z ตามลำดับ

$$\begin{aligned}x' &= s_x x \\y' &= s_y y \\z' &= s_z z\end{aligned}$$

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s_x & 0 & 0 \\ 0 & s_y & 0 \\ 0 & 0 & s_z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}$$

ใน homogeneous coordinate scaling matrix คือ

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s_x & 0 & 0 & 0 \\ 0 & s_y & 0 & 0 \\ 0 & 0 & s_z & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix}$$

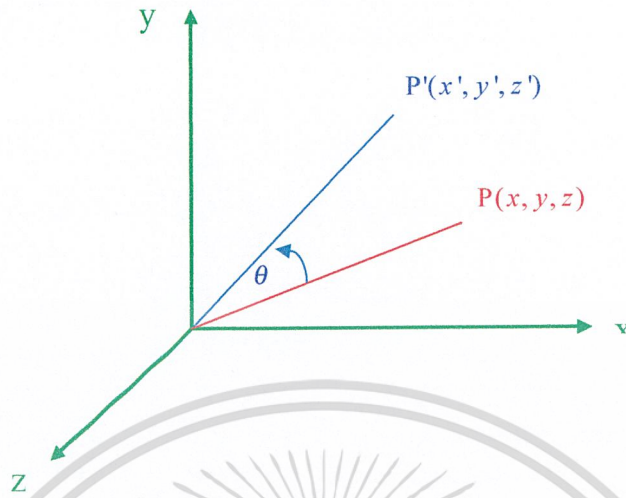
การหมุน (Rotation)

การหมุนใน 3 มิตินี้มีซับซ้อนมากกว่าการหมุนใน 2 มิติ กล่าวคือใน 2 มิติจะพิจารณามุมที่จะหมุน θ และศูนย์กลางการหมุน P ใน 3 มิตินอกจากจะมีการพิจารณาเช่นเดียวกับใน 2 มิติแล้ว การหมุนจะต้องพิจารณาว่าจะหมุนรอบแกนใด แกน x แกน y หรือแกน z ดังรูปที่ 2.17, 2.18, 2.19 ในกรณี 2 มิติเมทริกซ์การหมุนรอบจุดกำเนิดคือ

$$\begin{bmatrix} \cos \phi & -\sin \phi \\ \sin \phi & \cos \phi \end{bmatrix}$$

ในกรณี 3 มิติการหมุนรอบแกน z นั้น พิกัด z จะไม่เปลี่ยนในขณะที่พิกัด x และ y เปลี่ยน ดังนั้นการหมุนรอบแกน z จะเกิดการหมุนเช่นเดียวกับการหมุนบนระนาบ xy ในกรณี 2 มิติ

การหมุนรอบแกน z

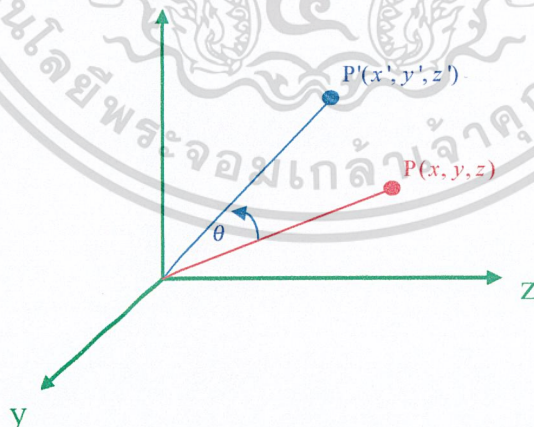


รูปที่ 2.17 การหมุนรอบแกน z ในสามมิติ

ดังนั้น

$$R_{\theta,k} : \begin{cases} x' = x \cos \theta - y \sin \theta \\ y' = x \sin \theta + y \cos \theta \\ z' = z \end{cases}$$

การหมุนรอบแกน y



รูปที่ 2.18 การหมุนรอบแกน y ในสามมิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

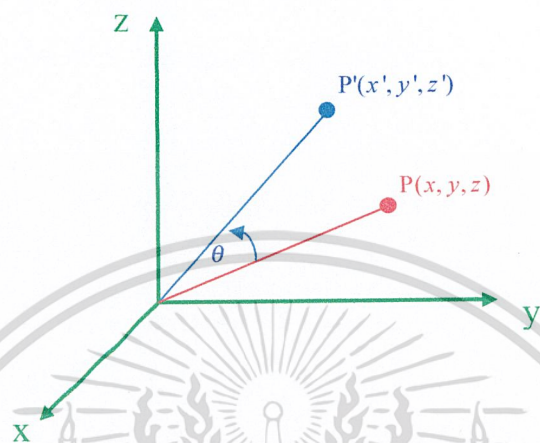
ดังนั้น

$$x' = z \sin \theta + x \cos \theta$$

$$R_{\theta,j} : \quad y' = y$$

$$z' = z \cos \theta - x \sin \theta$$

การหมุนรอบแกน x



รูปที่ 2.19 การหมุนรอบแกน x ในสามมิติ

ดังนั้น

$$x' = x$$

$$R_{\theta,i} : \quad y' = y \cos \theta - z \sin \theta$$

$$z' = y \sin \theta + z \cos \theta$$

โดยที่ θ เป็นมุมในทิศทวนเข็มนาฬิกา

ดังนั้นจะได้ correspondence homogeneous matrix transformation : rotation คือ

$$R_{\theta,k} = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$R_{\theta,j} = \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 & \sin \theta & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin \theta & 0 & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R_{\theta,i} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ 0 & \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

2.2.8 มอร์โฟโลยี (Morphology)

เป็นเทคนิคประมวลผลรูปภาพ (Image Processing) ชนิดไม่เชิงเส้น (Non-linear) ที่สำคัญในการประมวลผลโดยเฉพาะภาพไบนารี (Binary) หรือสีระดับเทา ที่มีแนวโน้มที่จะเป็นไบนารี โดยจะเน้นเรื่องรูปแบบ (Form) และ โครงสร้าง (Structure) เพื่อการเปลี่ยนรูปร่างของวัตถุในภาพ เช่น การลดสิ่งรบกวน (Noise) หรือการลบ หลุม (Hole) ในพื้นหน้า (Foreground) หรือพื้นหลัง (Background) เราเรียกเทคนิคนี้ว่า การดำเนินการมอร์โฟโลยี (Morphological Operation) ซึ่งจะได้กล่าวถึงรายละเอียดในลำดับต่อไป

2.2.8.1 การดำเนินการมอร์โฟโลยี (Morphological Operation)

การดำเนินการมอร์โฟโลยี (Morphological Operation) คือ เซตของการประมวลผลทางภาพในเรื่องรูปทรง โดยการประยุกต์ โครงสร้างที่ใช้ในการดำเนินการ (Structure Element) มากระทำ (Operate) กับรูปนำเข้า (Input image) และได้ผลลัพธ์ (Output image) ที่มีขนาดเท่ากับ รูปนำเข้า (Input image)

2.2.8.1.1 โครงสร้างที่ใช้ในการดำเนินการ (Structure Element)

โครงสร้างที่ใช้ในการดำเนินการ (Structure Element) คือ เมตริกที่ถูกนิยามให้มีรูปร่าง และขนาดที่ใกล้เคียงกัน (Neighborhood) สำหรับการทำการดำเนินการมอร์โฟโลยี (Morphological Operation) โดยในเมตริกจะประกอบด้วยค่า ไบนารี (Binary) 2 ค่าคือ 0 และ 1 ซึ่งสามารถมีรูปร่างตามที่เรากำหนด ดังรูปที่ 2.20

1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1

a) BOX(3,5)

	1	1	1	
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
	1	1	1	

b) DISK(5)

	1	1	1	
1				1
1				1
1				1
	1	1	1	

c) RING(5)

1	1		
1	1		
1	1	1	1
1	1	1	1

d)

1	1	1	1	1	1
1		1	1		1
1		1	1		1
1		1	1		1

e)

1
1
1
1

f)

รูปที่ 2.20 โครงสร้างที่ใช้ในการดำเนินการ (Structure Element)

ในลักษณะต่างๆ

พื้นหลัง (Background) คือ พิกเซล ที่มีค่าเป็น 0 ในรูป ดังรูปที่ 2.21

พื้นหน้า (Foreground) คือ พิกเซล ที่มีค่าเป็น 1 ในรูป ดังรูปที่ 2.21



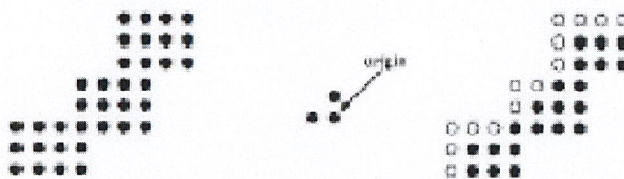
รูปที่ 2.21 พื้นหน้า (Foreground) และ พื้นหลัง (Background)

2.2.8.2 ชนิดของการดำเนินการมอร์โฟโลยี

2.2.8.2.1 การดำเนินงานพื้นฐาน (Basic Operation) ในกระบวนการ การดำเนินการมอร์โฟโลยี (Morphological Operation) ประกอบด้วย การดำเนินงานพื้นฐานที่สำคัญ 2 ตัว คือ การเซาะ (Erosion) และ การขยาย (Dilation) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

การเซาะ (Erosion) คือ เทคนิคที่ใช้ในการลบ (Remove) ดิ่ง หรือจะงอยของขอบ (Spike of edges) ของ บริเวณ (Region) ซึ่งสามารถอธิบายด้วยสมการดังต่อไปนี้

$$A \ominus B = \{p \mid B_p \subseteq A\}$$



รูปที่ 2.22 กระบวนการประมวลผลของการเซาะ (Erosion)

เมื่อเราใช้ โครงสร้างที่ใช้ในการดำเนินการ (Structure Element) (รูปที่ 2.23) มากระทำด้วยการทำการเซาะ (Erosion) กับ รูปต้นแบบ (Original Image) (รูปที่ 2.24) จะได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

$$SE = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

รูปที่ 2.23 โครงสร้างที่ใช้ในการดำเนินการ (Structure Element) ที่ใช้



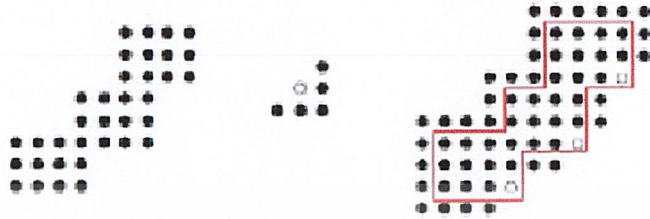
รูปที่ 2.24 รูปต้นแบบ (Original Image) (ซ้าย) และ รูปการเซาะ (Erosion Image) (ขวา)

การวนรอบ (Processing loop) = 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การขยาย (Dilation) คือ เทคนิคที่ใช้ขยายขอบของ พื้นหน้า (Foreground) หรือพื้นหลัง (Background) ของรูป (Image) ตามที่กำหนดโดยทั่วไปมักใช้ในการเติมเต็มหลุม (Hole Filling) ซึ่งสามารถอธิบายด้วยสมการดังต่อไปนี้

$$A \oplus B = \{x | B_x \cap X \neq \emptyset\}$$



รูปที่ 2.25 กระบวนการประมวลผลของการขยาย (Dilation)

เมื่อเราใช้ โครงสร้างที่ใช้ในการดำเนินการ (Structure Element) (รูปที่ 2.26) มา กระทำกับ การขยาย (Dilation) กับรูปต้นแบบ (Original Image) (รูปที่ 2.27) จะ ได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

$$SE = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

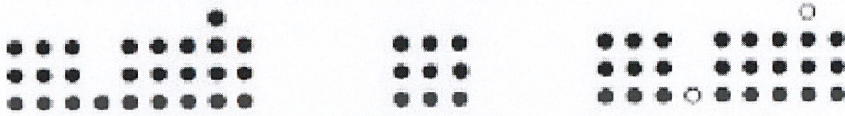
รูปที่ 2.26 โครงสร้างที่ใช้ในการดำเนินการ (Structure Element) ที่ใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปิด (Opening) คือ การทำ การเซาะ (Erosion) แล้วตามด้วย การขยาย (Dilation) โดยทั่วไปเป็นขั้นเตรียมการในการทำโครงกระดูก (Skeleton) หรือการแยกบริเวณ (Region) ใหญ่ ให้เป็นบริเวณ (Region) ย่อย ซึ่งสามารถอธิบายด้วยสมการดังต่อไปนี้

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B$$

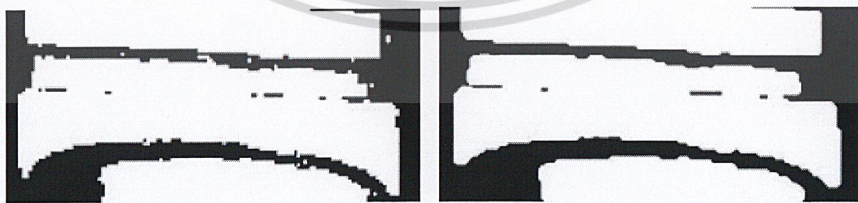


รูปที่ 2.28 กระบวนการประมวลผลของการเปิด (Opening)

เมื่อเราใช้ โครงสร้างที่ใช้ในการดำเนินการ (Structure Element) (รูปที่ 2.29) มากระทำด้วยการ ทำ การเปิด (Opening) กับ รูปต้นแบบ (Original Image) (รูปที่ 2.30) จะได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

รูปที่ 2.29 โครงสร้างที่ใช้ในการดำเนินการ (Structure Element) = ดิสก์ (disk) ที่มีขนาด เมทริกซ์ 10×10



รูปที่ 2.30 รูปต้นแบบ (Original Image) และ รูปการเปิด (Opening Image)

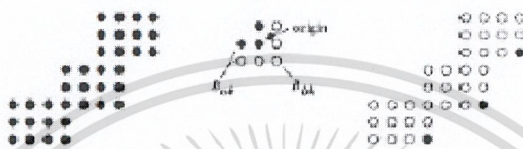
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.8.3 การแปลงมอร์โฟโลยี (Morphological Transformation)

การทำ การดำเนินการมอร์โฟโลยี (Morphological Operation) ในกลุ่มนี้จะทำให้รูปต้นแบบ (Original Image) มีการเปลี่ยนรูปร่างโดยสิ้นเชิงในที่นี้จะขอแนะนำ ตัวดำเนินการ (Operator) บางตัวดังต่อไปนี้

ฮิท และมิส (Hit-and-Miss) คือการจับคู่ด้วยเงื่อนไขที่กำหนดขึ้นเป็นพิเศษซึ่งสามารถอธิบายด้วยสมการต่อไปนี้

$$X \otimes B = \{x : B_{ob} \in X, B_{bk} \in X\} = (X \otimes B_{ob}) \cap (X \otimes B_{bk})$$

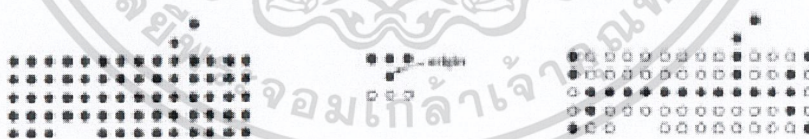


รูปที่ 2.31 กระบวนการประมวลผลของ ฮิท และมิส (Hit-and-Miss)

การทำให้บาง (Thinning) คือ การทำการดำเนินการ ฮิท และมิส (Hit-and-Miss) โดยใช้ โครงสร้างที่ใช้ในการดำเนินการ (Structure Element) ที่มีการหมุน 8 ทิศทาง ซึ่งสามารถอธิบายด้วยสมการดังต่อไปนี้

$$XO\{L\} = (((((XOL^1)OL^2)...))OL^n)$$

$$XOL^k = \frac{(X \otimes L^k)}{X}$$

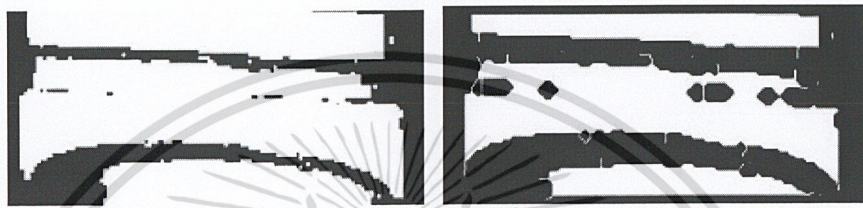


รูปที่ 2.32 กระบวนการประมวลผลของการทำให้บาง (Thinning)

เมื่อเราใช้ โครงสร้างที่ใช้ในการดำเนินการ (Structure Element) (รูปที่ 2.33) มากระทำกับ รูปต้นแบบ (Original Image) (รูปที่ 2.34) จะได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

$$SE = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

รูปที่ 2.33 โครงสร้างที่ใช้ในการดำเนินการ (Structure Element)



รูปที่ 2.34 รูปต้นแบบ (Original Image) และ รูปการทำให้บาง (Thin Image)

การวนรอบ (Processing loop) = 10

การจำลองโครงกระดูก (Skeletonization) คือ เทคนิคที่ใช้หาโครงกระดูก (Skeleton) ของ บริเวณ (Region) ซึ่งหลักการของการหาโครงกระดูก (Skeleton) จะใช้กลุ่มของเส้นที่ได้จากการทำให้บาง (Thinning) โดยไม่สูญเสียรูปร่างสำคัญของบริเวณ (Region) ไป ซึ่งสามารถอธิบายด้วย สมการดังต่อไปนี้

$$S(A) = \bigcup_{k=0}^K S_k(A)$$



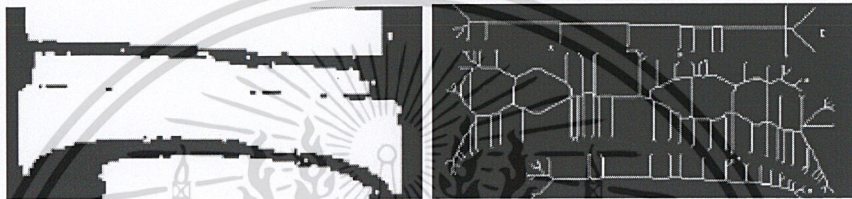
รูปที่ 2.35 การบวนการประมวลผลของโครงกระดูก (Skeleton)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเราใช้โครงสร้างที่ใช้ในการดำเนินการ (Structure Element) (รูปที่ 2.36) มากระทำด้วยการทำโครงกระดูก (Skeleton) กับรูปต้นแบบ (Original Image) (รูปที่ 2.37) จะได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

$$SE = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

รูปที่ 2.36 โครงสร้างที่ใช้ในการดำเนินการ (Structure Element)



รูปที่ 2.37 รูปต้นแบบ (Original Image) และ รูปโครงกระดูก (Skeleton Image)
การวนรอบ (Processing loop) = อนันต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบระบบ

3.1 การกำหนดความสามารถของระบบ

- ระบบสามารถหาระยะการก้าวของมนุษย์ได้
- ระบบสามารถจำลองโครงสร้างโครงกระดูกของมนุษย์ได้
- สามารถใช้งานได้ง่าย

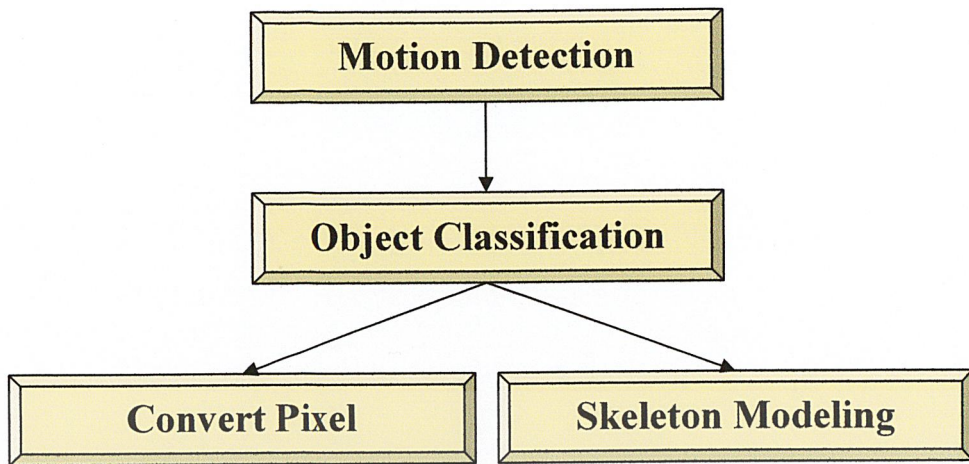
ข้อกำหนดของข้อมูลนำเข้า

- ไฟล์ภาพควรมีขนาด 640×480 พิกเซล เพื่อการประมวลผลที่รวดเร็ว
- ไฟล์ภาพต้องมีความสว่างเพียงพอ โดยใช้ความเร็วชัตเตอร์ 1/50 วินาที และใช้รูรับแสง f 5.6 ISO 400 บริเวณใต้อาคารภายในเวลา ประมาณ 13.00 น.
- ไฟล์ภาพพื้นหลัง และ ภาพวัตถุ ต้องมีความเข้มแสงที่เท่าๆกัน คือ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของแสงขณะการจับภาพ
- ไฟล์ภาพบริเวณขาและเท้าจะต้องมีสีตัดกับสีของพื้นหลังชัดเจน
- ไฟล์ภาพที่ทำการทดลองจะต้องวางกล้องไว้ในระยะที่ห่างจากวัตถุคงที่
- ไฟล์ภาพที่ใช้ในการทดลองพื้นหลังจะเป็นสีขาวเท่านั้น

3.2 การออกแบบระบบ

3.2.1 การออกแบบโครงสร้างโปรแกรม (Structure Design)

โครงสร้างของโปรแกรมที่ผู้พัฒนาออกแบบประกอบไปด้วยการทำงาน 4 ส่วนหลักคือ ส่วนการตรวจจับวัตถุเคลื่อนไหว ส่วนการจำแนกประเภทวัตถุ ส่วนการแปลงหน่วยพิกเซล และ ส่วนการจำลองโครงสร้างกระดูก ซึ่งขั้นตอนการทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

ซึ่งการทำงานแต่ละขั้นตอนของ โปรแกรมสามารถอธิบาย โดยละเอียดได้ดังนี้

3.2.1.1 ขั้นตอนการบันทึกภาพจากกล้อง (Captured Images)

1. การบันทึกภาพถ่ายจากกล้องดิจิทัล

เป็นการบันทึกภาพของผู้ถูกทดลอง ด้วยกล้องดิจิทัลเพื่อนำภาพที่ถูกบันทึกมาใช้ วิเคราะห์ โดยใช้กล้องดิจิทัล 1 ตัว วางไว้ในระยะทางที่แน่นอน และทำการบันทึกภาพเฉพาะส่วน ขา ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 สภาพแวดล้อมที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การเลือกใช้อุปกรณ์ดิจิทัล

กล้องดิจิทัลที่ใช้ในการบันทึกการภาพ ควรใช้อุปกรณ์ประเภท DSLR ที่มีคุณภาพ มีความคมชัด มาทำการทดลองเพื่อความแน่นอนของผลการทดลอง ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 กล้องดิจิทัลที่ใช้ในการทดลอง

3. การจัดสภาพแวดล้อม

ในการจัดสภาพแวดล้อมเพื่อความเหมาะสมในการทำงานเป็นสิ่งที่จะต้องคำนึงถึง เนื่องจากแสงสว่างเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบบกับการบันทึกภาพ หากมีแสงรบกวนมากหรือน้อยเกินไปจะทำให้ข้อมูลของภาพที่นำมาวิเคราะห์แตกต่างกัน และทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการทำงานอย่างมาก ดังนั้น จึงมีการควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมในการทำงานมากที่สุดตัวอย่างดังรูปที่ 3.3 และ รูปที่ 3.4

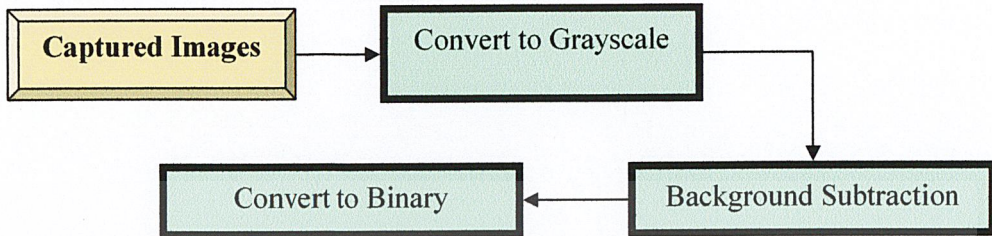


รูปที่ 3.4 สภาพแวดล้อมที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 ขั้นตอนการตรวจจับวัตถุเคลื่อนไหว (Motion Detection)

สำหรับการทำงานของโปรแกรมในส่วนนี้รับข้อมูลนำเข้าระบบที่เป็นไฟล์รูปภาพ 2 รูปด้วยกัน คือ รูปที่เป็นรูปภาพพื้นหลัง และ รูปที่มีวัตถุอยู่หน้าพื้นหลัง โดยมีขั้นตอนการทำงานย่อแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แสดงกระบวนการตรวจจับวัตถุเคลื่อนไหว

สำหรับการทำงานในขั้นตอนนี้ ข้อมูลนำเข้าจะพิจารณารูปภาพ 2 รูป คือ รูปภาพที่เป็นรูปพื้นหลังเพื่อใช้ในขั้นตอนการลบพื้นหลัง และ รูปที่มีวัตถุที่สนใจอยู่หน้าพื้นหลัง นำทั้งสองรูปมาแปลงเป็นภาพสีระดับเทา ก่อน หลังจากนั้น จะนำภาพวัตถุและภาพพื้นหลังที่เป็นภาพสีระดับเทา มาลบกัน ขั้นตอนที่สุดท้ายคือแปลงภาพสีระดับเทาที่ได้จากการลบกันเป็นภาพระดับขาว-ดำ ผลลัพธ์ที่ได้คือภาพขาว-ดำของวัตถุที่ไม่ใช่พื้นหลังจะปรากฏออกมา ดังแสดงในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.6 แสดงรูปภาพพื้นหลังที่เป็นระดับสีเทา

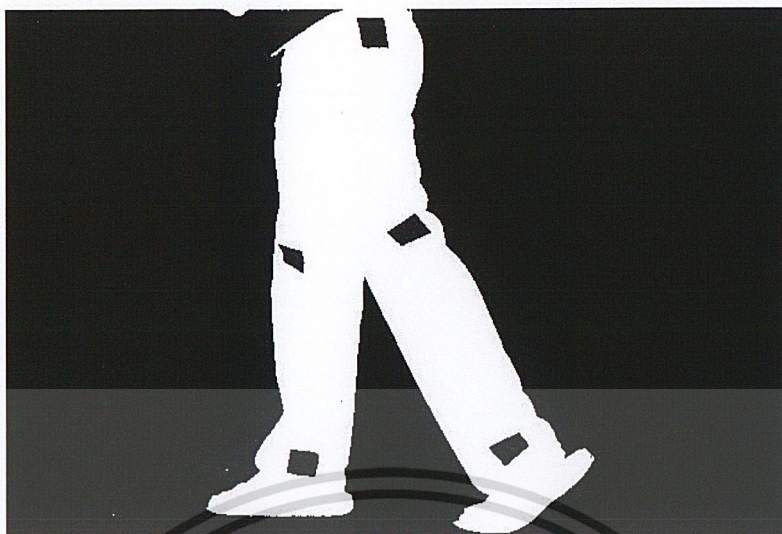


รูปที่ 3.7 แสดงรูปภาพวัตถุที่เป็นระดับสีเทา



รูปที่ 3.8 แสดงรูปภาพผลลัพธ์ที่เกิดจากกระบวนการ Background Subtraction

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 แสดงรูปภาพผลลัพธ์ที่เกิดจากการแปลงภาพระดับสีเทาเป็นภาพขาว-ดำ

3.2.3 ขั้นตอนการจำแนกประเภทวัตถุ (Object Classification)

ในขั้นตอนนี้ข้อมูลนำเข้าคือ ภาพขาว-ดำ ซึ่งบริเวณวัตถุเป็นสีขาวและพื้นหลังเป็นสีดำ โปรแกรมจะทำการแยกประเภทวัตถุโดยตรวจสอบจากวัตถุที่อยู่บนภาพ ถ้าระดับสีของวัตถุอยู่ในคนละระดับกับระดับสีของพื้นหลัง และ แยกออกมาจากวัตถุอื่นๆ จะถือว่า วัตถุนี้เป็นหนึ่งวัตถุที่ปรากฏอยู่บนภาพ ซึ่งโปรแกรมที่คณะผู้จัดทำพัฒนาต้องการศึกษาเฉพาะส่วนของขาของมนุษย์ ดังนั้นจึงต้องทำการแยกส่วนของขาออกจากวัตถุอื่นๆที่ปรากฏอยู่บนรูป ดังแสดงในรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 แสดงรูปภาพผลลัพธ์ที่เกิดจากกระบวนการ Object Classification และเลือกวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 ขั้นตอนการแปลงหน่วยพิกเซล (Convert Pixel)

การทำงานของโปรแกรมในส่วนนี้ จะเป็นการหาความยาวในหน่วยพิกเซล และ การแปลงหน่วยจาก หน่วยพิกเซล เป็น หน่วยเซนติเมตร โดยที่ข้อมูลนำเข้านั้นเป็นรูปภาพที่ได้จากขั้นตอน Object Classification ที่ทำการตัดกรอบเลือกวัตถุ และ ทำการหาระยะก้าวของคนคนนั้นในหน่วยของพิกเซลจากการหาความกว้างตามระนาบแกน x ของรูปที่ทำการตัดกรอบเลือกวัตถุ ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.10 แสดงรูปภาพผลลัพธ์ที่เกิดจากการระบวนการ Object Classification และเลือกวัตถุ

หลังจากนั้น ทำการแปลงหน่วยพิกเซลเป็นหน่วยเซนติเมตร ดังสมการที่ 3.1

$$l = p \times r \quad \text{--- (3.1)}$$

โดยกำหนดให้

- l คือ ความยาวของระยะการก้าวเท้าในหน่วย เซนติเมตร
- p คือ ความยาวของระยะการก้าวเท้าในหน่วย พิกเซล
- r คือ อัตราส่วนการแปลง

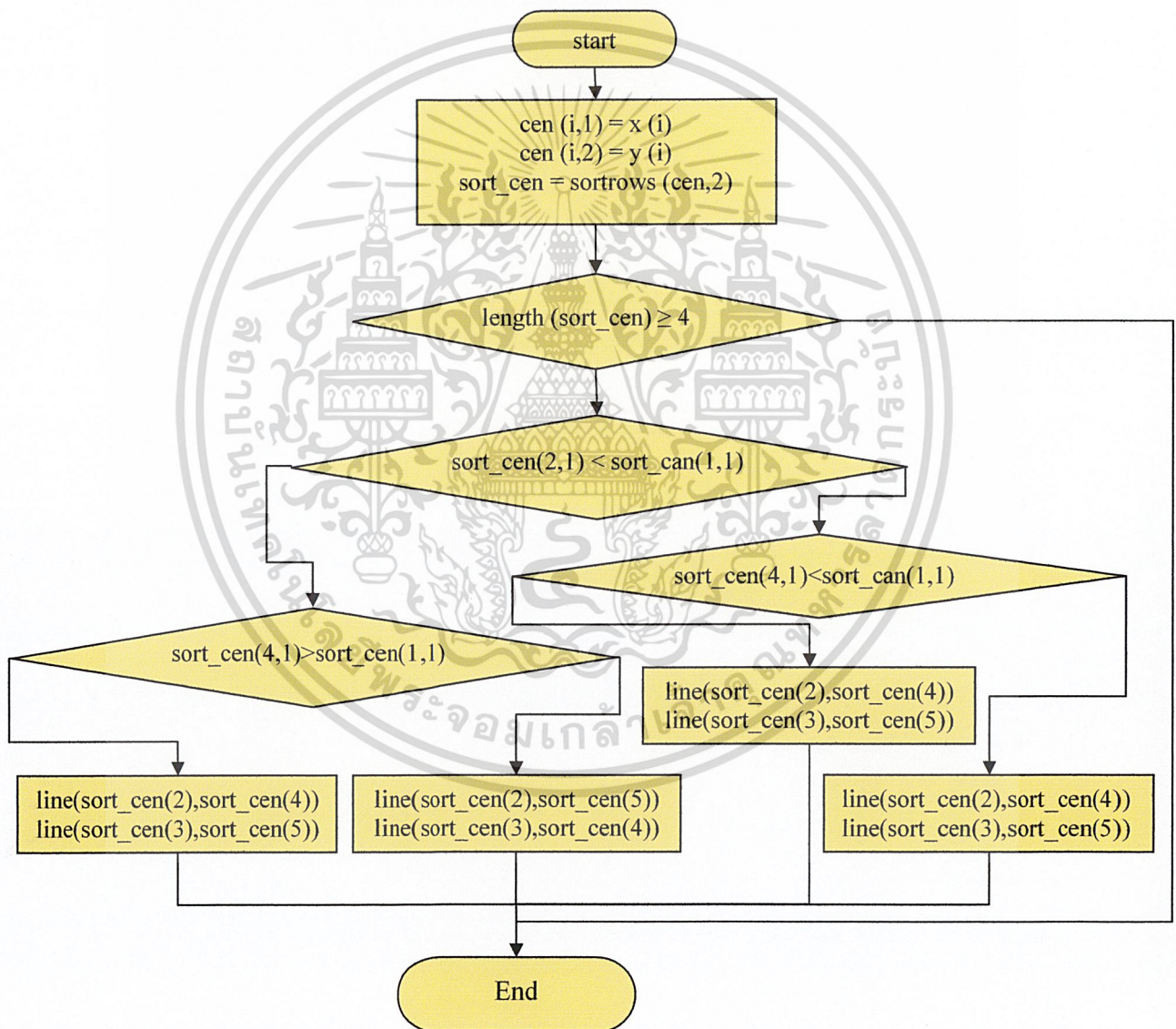
ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นระยะการก้าวของคนในหน่วยของเซนติเมตร อัตราส่วนที่ใช้ในการแปลงหน่วยพิกเซลเป็นหน่วยเซนติเมตรหาได้จากการทดลอง โดยการนำภาพวัตถุที่ทราบขนาดแน่นอนมาเข้าโปรแกรมหาจำนวนพิกเซลของวัตถุนั้นแล้วทำการเทียบอัตราส่วน

3.2.5 ขั้นตอนการจำลองโครงสร้างกระดูก (Skeleton Modeling)

การทำงานของโปรแกรมในส่วนนี้ จะเป็นการจำลองรูปโครงสร้างกระดูกจากข้อมูลนำเข้าที่ได้ในขั้นตอน การจำแนกประเภทวัตถุ (Object Classification) โดยที่จะแบ่งการทำงานออกเป็นอีก 2 ส่วน คือ ส่วนการจำลองค่าจริง และ ส่วนการจำลองโดยใช้อัลกอริทึมที่ประยุกต์ขึ้นมา เพื่อนำมาเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้

3.2.5.1 ส่วนการจำลองค่าจริง

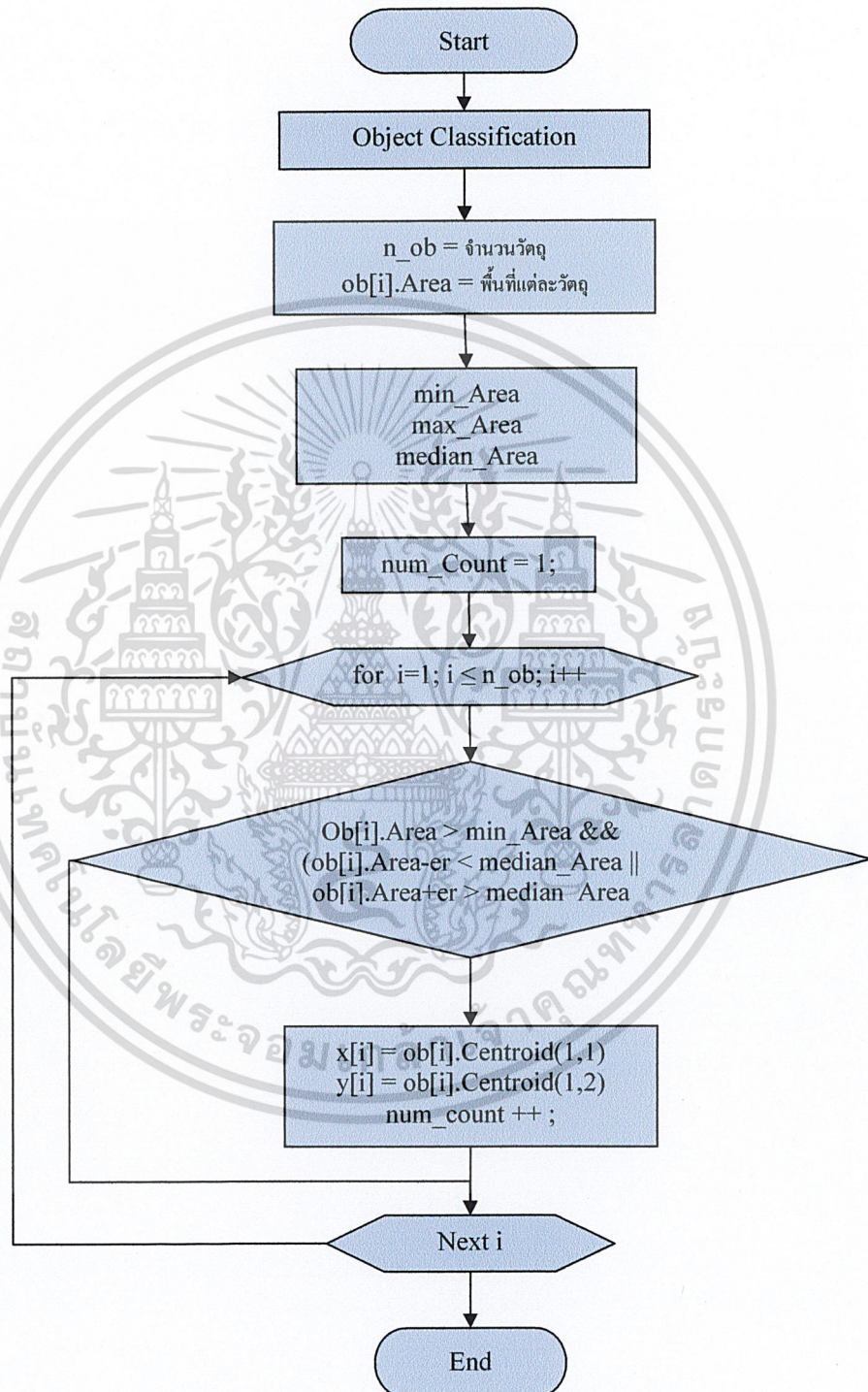
เป็นการจำลองโครงสร้างกระดูกด้วยการพิจารณาค่าแห่งของจุดอ้างอิง(marker)ที่ติดอยู่บริเวณข้อต่อต่างๆของขา มีขั้นตอนการทำงานย่อย ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 แสดงกระบวนการหาค่าแห่งจุดอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

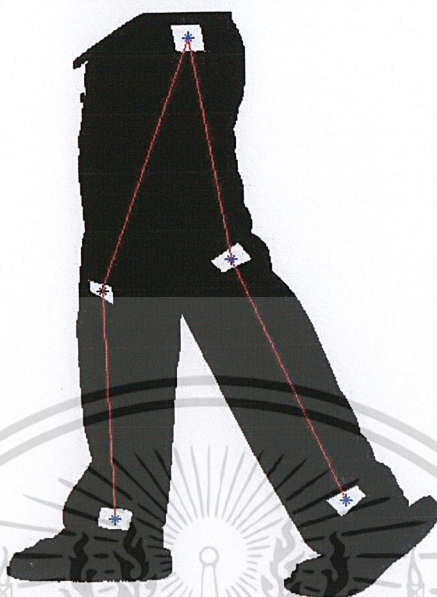
สำหรับการทำงานในขั้นตอนนี้ จะพิจารณาข้อมูลนำเข้าที่เป็นรูปภาพขาว-ดำของขาที่ทำ การติดจุดอ้างอิง(marker)เอาไว้ ว่าจุดอ้างอิง(marker)ติดอยู่ตำแหน่งไหนบนรูปภาพบ้าง แล้วทำการ ลากเส้นเชื่อมระหว่างจุดอ้างอิงที่ตรวจสอบพบ โดยใช้ Bressenham's Line Algorithm ดังรูปที่ 3.12



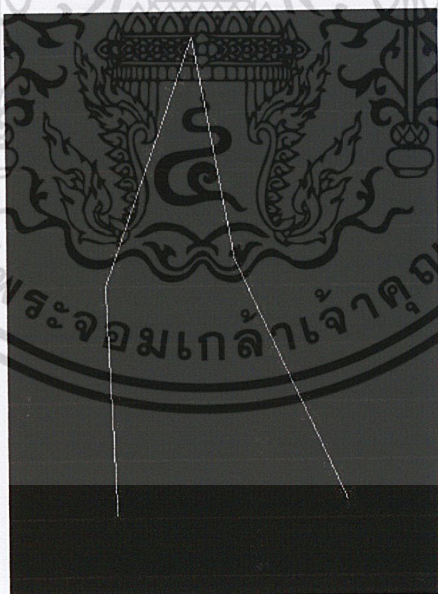
รูปที่ 3.12 แสดงกระบวนการลากเส้นเชื่อมจุดอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และในการลากเส้น ผลลัพธ์ที่ได้ คือ รูปภาพขาว-ดำโครงสร้างกระดูกที่เกิดจากการพิจารณาตำแหน่งของจุดอ้างอิง(marker)ที่ติดไว้บนข้อต่อต่างๆของขามนุษย์ ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.13 แสดงรูปภาพผลลัพธ์ที่เกิดจากหาตำแหน่งและลากเส้นเชื่อมจุดอ้างอิง (marker)

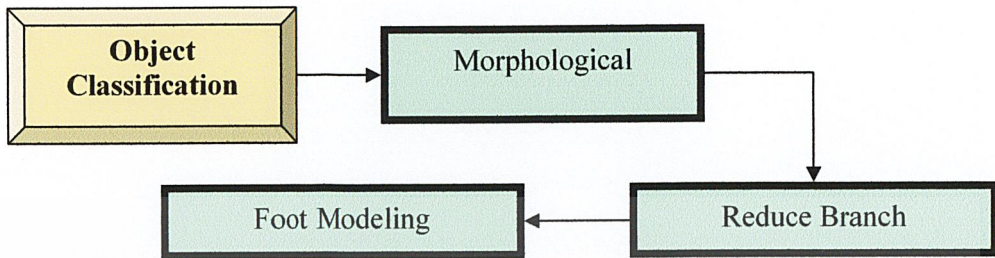


รูปที่ 3.14 แสดงรูปภาพโครงกระดูกของขาที่เกิดจากการพิจารณาจุดอ้างอิง (marker) ที่ติดไว้ตามข้อต่อของขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5.2 ส่วนการจำลองโดยใช้อัลกอริทึมที่ประยุกต์ขึ้น

ในส่วนนี้จะเป็นการจำลองโครงสร้างกระดูกด้วยการพิจารณาความกว้างของวัตถุแล้วประมาณค่ากลางออกมา มีขั้นตอนการทำงานย่อยดังรูปที่ 3.15



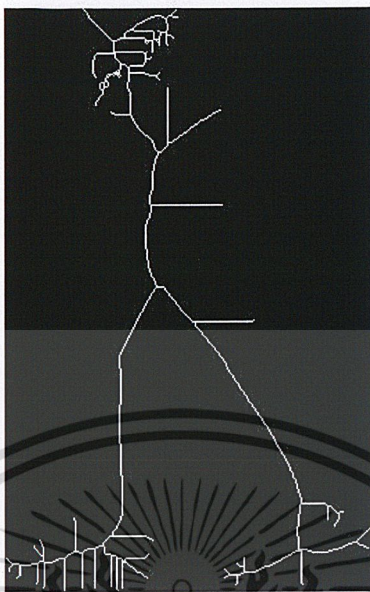
รูปที่ 3.15 แสดงกระบวนการจำลองโครงสร้างกระดูกโดยใช้กระบวนการที่ประยุกต์ขึ้น

การทำงานในขั้นตอนนี้ จะพิจารณาข้อมูลนำเข้าที่เป็นรูปภาพขาว-ดำของขา ที่ได้ทำการลบจุดอ้างอิง (marker) ออกไปแล้วเป็นแถวๆ และประมาณหาค่ากลางของความกว้างของวัตถุในแถวที่กำลังพิจารณานั้น ทำกระบวนการนี้ซ้ำในทุกๆแถว จะได้รูปภาพโครงสร้างกระดูกออกมา ดังรูปที่ 3.17 ขั้นตอนต่อไปจะทำการลดความยาวของกิ่งที่ที่เราไม่ต้องการออก ดังรูปที่ 3.18 หลังจากนั้นพิจารณาข้อมูลภาพที่ได้เป็นแถวๆอีกครั้งว่า แถวใดมีลึงบวกน้อย ทำกระบวนการนี้ซ้ำในทุกแถว ผลลัพธ์ที่ได้จะได้รูปโครงสร้างกระดูกที่ทำการลดลึงบวกออกไป ดังรูป 3.19



รูปที่ 3.16 แสดงรูปภาพขาว-ดำที่เกิดจากกระบวนการ Object Classification และเลือกวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

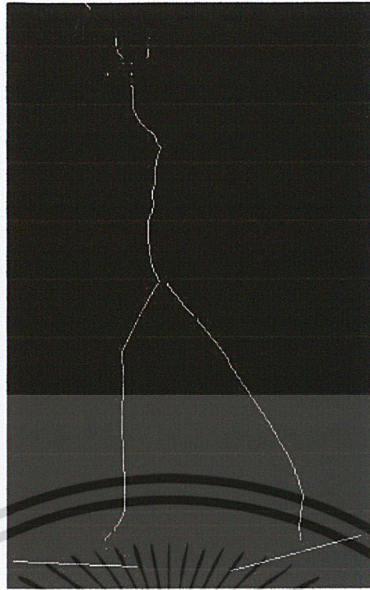


รูปที่ 3.17 แสดงรูปผลลัพธ์ที่เกิดจากการพิจารณาความกว้างของวัตถุเป็นแถวๆและหาค่ากลาง



รูปที่ 3.18 แสดงรูปผลลัพธ์ที่เกิดจากการลดความยาวของกึ่งที่ไม่ต้องการ

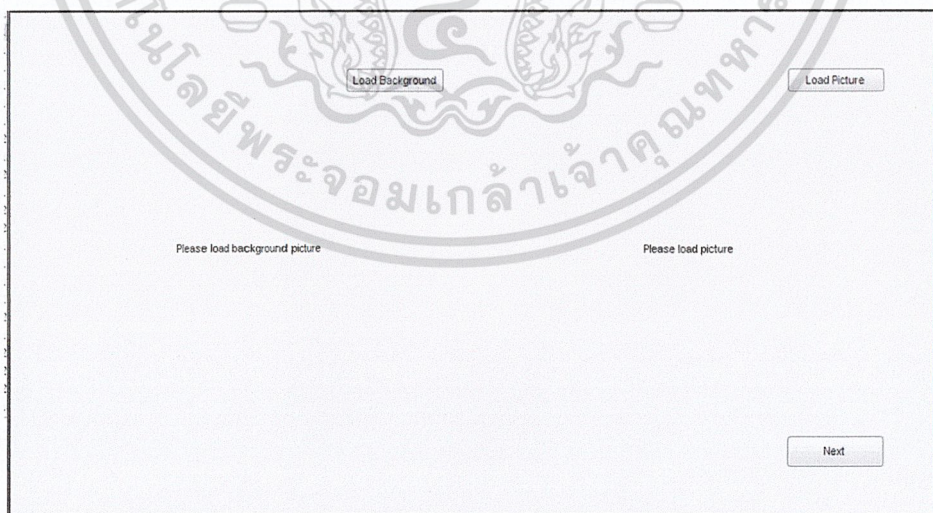
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19 แสดงรูปผลลัพธ์ที่เกิดจากการลดสิ่งรบกวนออกไป และ พิจารณาส່วนของเท้าเพิ่ม

3.2.6 การออกแบบส่วนประสานผู้ใช้ (User Interface Design)

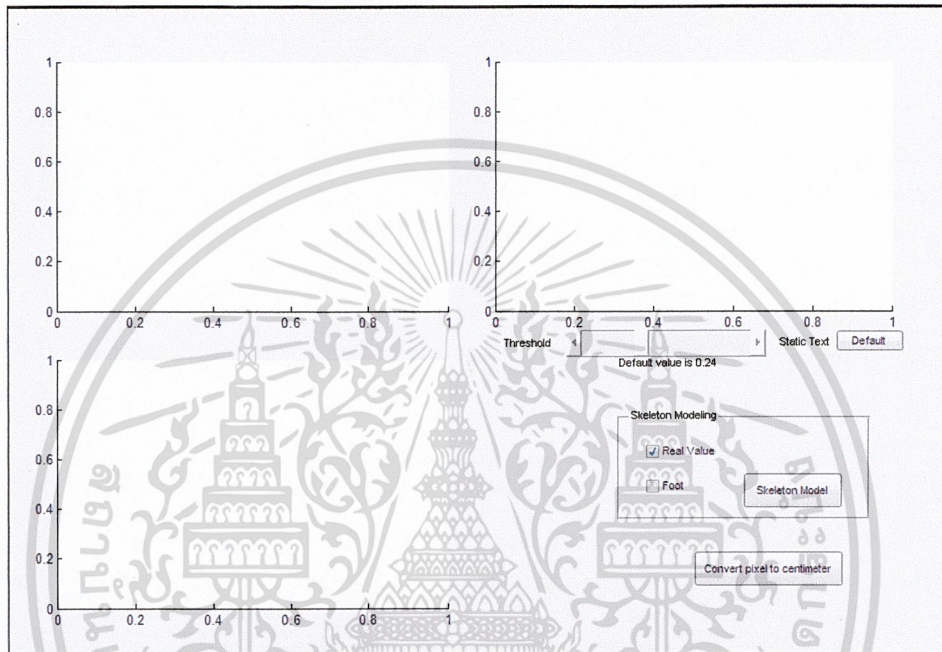
สำหรับการออกแบบหน้าจอการใช้งาน โปรแกรม ผู้พัฒนาถึงเห็นว่าควรออกแบบให้ผู้ใช้สามารถเข้าใจและใช้งานได้อย่างมาตัสสน โดยออกแบบให้มีเมนูในการทำงานดังนี้



รูปที่ 3.20 แสดงรูปแบบหน้าจอของส่วนการติดต่อกับผู้ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Load Background** : ปุ่มกดเพื่อนำรูปพื้นหลังเข้าในโปรแกรม
- Load Picture** : ปุ่มกดเพื่อโหลดรูปที่ต้องการทำการประมวลผล
- Next** : ปุ่มกดเพื่อให้โปรแกรม MATLAB ทำการประมวลผลภาพออกมาเป็น
ขาว – ดำ

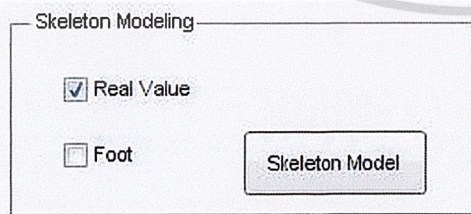


รูปที่ 3.21 แสดงรูปแบบหน้าจอของการปรับค่าเทรชโฮล์ว

Static Text : ปุ่มกดเพื่อปรับค่าของเทรชโฮล์ว

Default value is 0.24

Default : ปุ่มกดเพื่อปรับค่าเทรชโฮล์วไปยังค่าปกติ



Real Value : ปุ่มกดเลือก เพื่อให้มีการเปรียบเทียบการจำลองโครงสร้างกระดูกกับค่าจริง

Foot : ปุ่มกดเลือก เพื่อให้มีการจำลองโครงสร้างโครงกระดูกส่วนเท้า

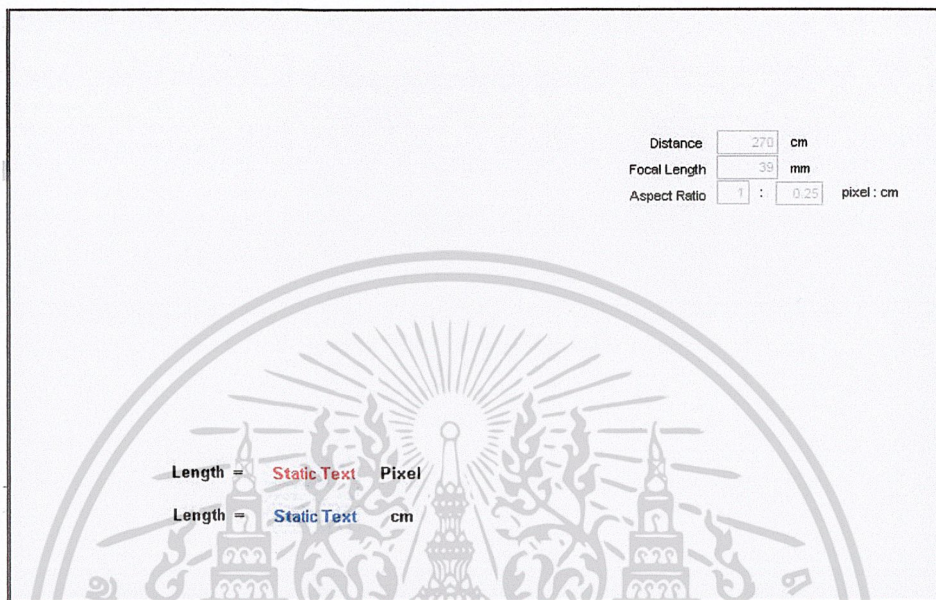
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Skeleton Model

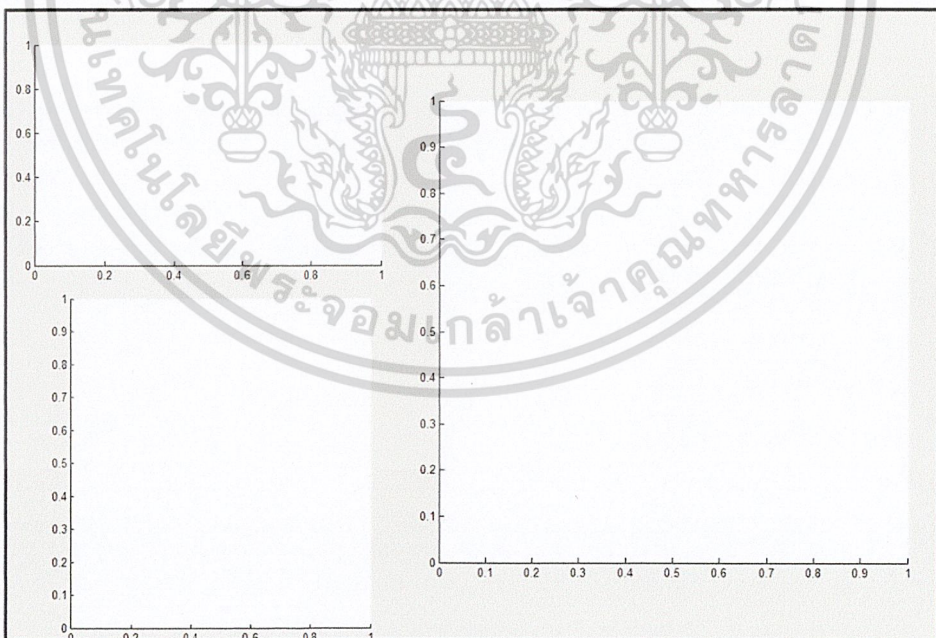
: ปุ่มกดเพื่อทำการจำลองโครงสร้างกระดูก

Convert pixel to centimeter

: ปุ่มกดเพื่อหาระยะความยาวของการก้าวเท้าของแต่ละบุคคล



รูปที่ 3.22 แสดงรูปแบบหน้าจอของผลลัพธ์การวัดระยะของการก้าวเท้า



รูปที่ 3.23 แสดงรูปแบบหน้าจอของผลลัพธ์การเปรียบเทียบโครงสร้างกระดูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

บทนี้กล่าวถึงผลการทดลองของระบบ ที่พัฒนาขึ้นด้วยแนวทางที่ได้เสนอไว้ในบทที่ 3 ซึ่งแบ่งการทดลองเป็น 2 ส่วน คือ การวิเคราะห์ระยะระหว่างการก้าวเดิน และการวิเคราะห์โครงสร้างกระดูก โดยทั้ง 2 ส่วน มีรายละเอียดข้อมูลภาพในการทดลอง สภาพแวดล้อมที่ใช้ในการทดลอง ผลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1 รายละเอียดข้อมูลภาพในการทดลอง

การทดลองนี้ได้ใช้ข้อมูลภาพ ในลักษณะที่เป็นภาพนิ่ง โดยมีรายละเอียดดังนี้

- มีขนาด 640 × 480
- จุดภาพเป็นภาพสี JPEG
- ระยะห่างระหว่างกล้องกับวัตถุ คือ 2.70 เมตร

4.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1) ฮาร์ดแวร์ (Hardware)

- Notebook ACER
 - CPU: Intel core 2 duo
 - Ram: 2GB
 - Hard Disk: 80 GB
- กล้องดิจิทัล Cannon 450D
 - เลนส์ทางยาวโฟกัส 39 มิลลิเมตร

2) ซอฟต์แวร์ (Software)

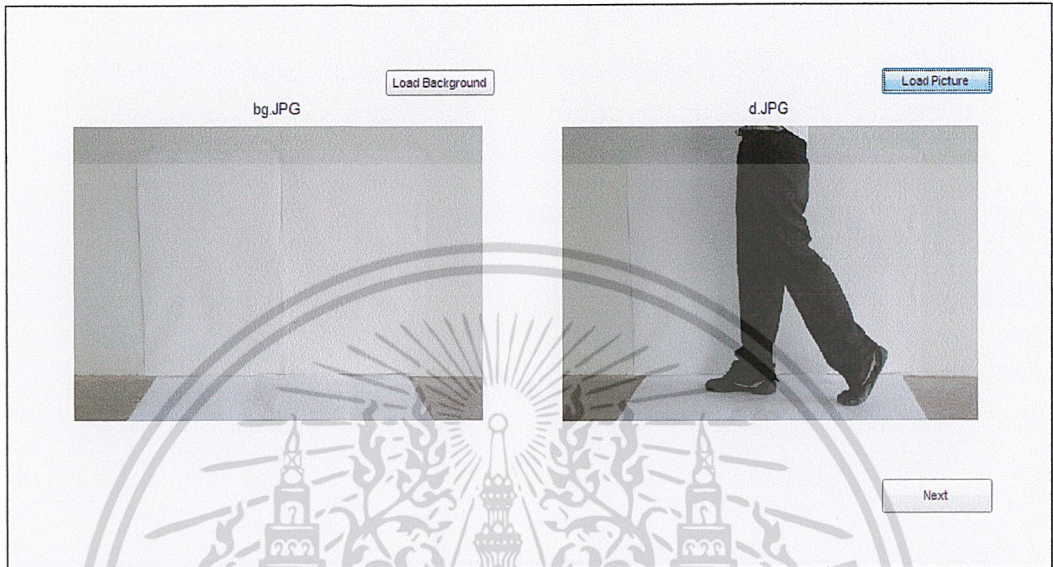
- ระบบปฏิบัติการ Microsoft Window XP
- โปรแกรม PhotoScape

4.3 การวิเคราะห์รูปภาพ

การทดลองนำภาพตัวอย่างจำนวน 12 ภาพ มาทำการทดลองเพื่อหาระยะการก้าวเท้าและจำลองโครงสร้างโครงกระดูก โดยจะแยกการทดลองออกเป็น 2 ส่วน

4.3.1 การวิเคราะห์ระยะห่างการก้าวเดิน

ในการทดลองส่วนนี้ ระยะห่างการก้าวเดินจะออกมาในหน่วยของพิกเซล ดังนั้นเราจึงทำการเปลี่ยนจากหน่วยของพิกเซลเป็นเซนติเมตร โดยใช้อัตราส่วน 1 พิกเซล ต่อ 0.25 เซนติเมตร และเอาค่าที่ได้มาหาค่าคลาดเคลื่อนโดยเทียบกับค่าจริง

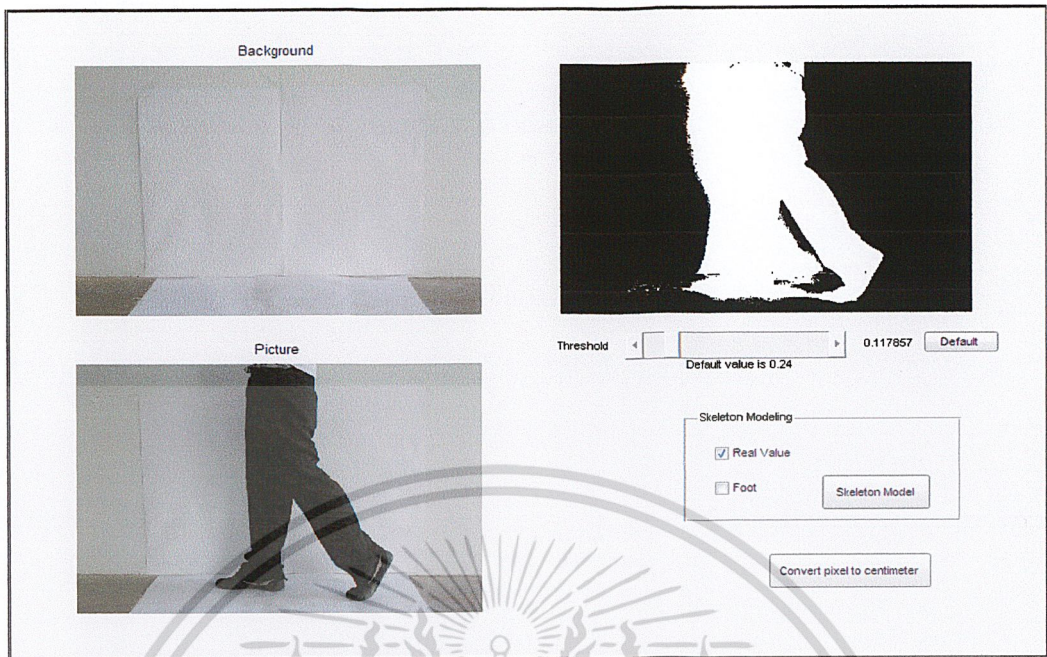


รูปที่ 4.1 หน้าจอการรับรูปภาพ Background และ Picture

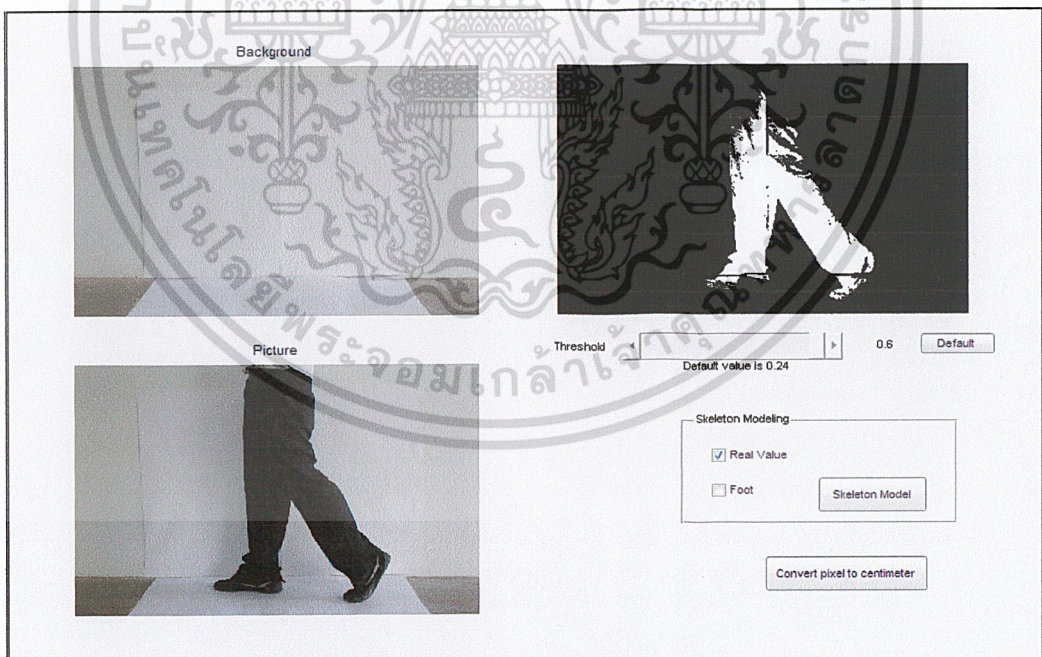


รูปที่ 4.2 หน้าจอการปรับค่า Threshold ค่ามาตรฐานที่ 0.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

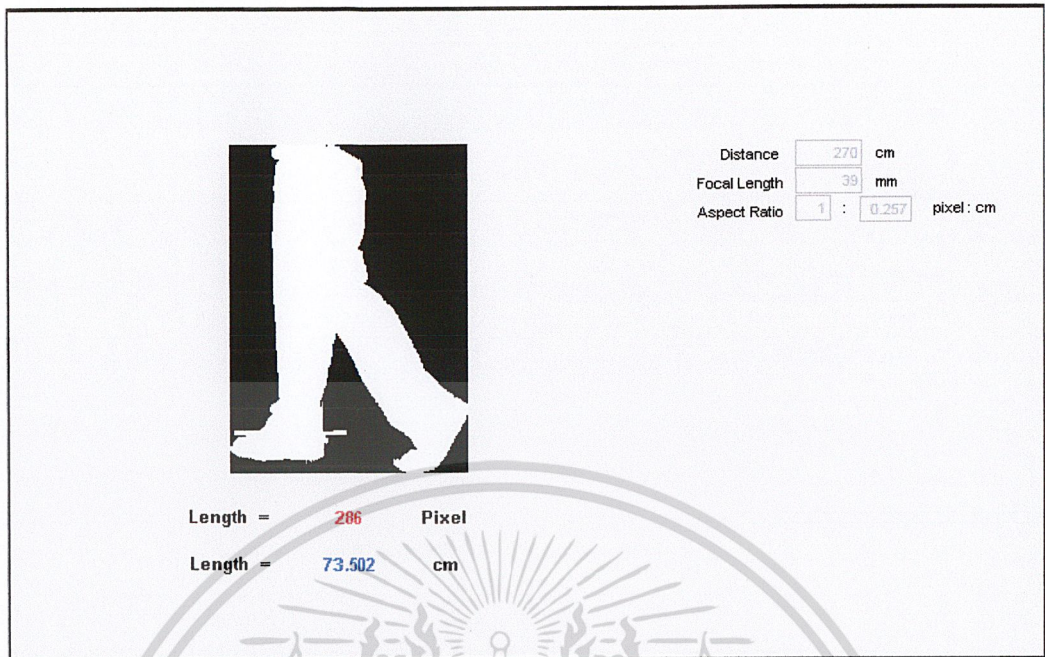


รูปที่ 4.3 ผลการปรับค่า Threshold ไปที่ 0.117857



รูปที่ 4.4 ผลการปรับค่า Threshold ไปที่ 0.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้












รูปที่ 4.5 หน้าจอผลลัพธ์ของการหาระยะการก้าวเท้า

ตารางที่ 4.1 ตัวอย่างผลการทดลองการวิเคราะห์ระยะระหว่างการก้าวเดิน

โดยการหาค่าคลาดเคลื่อน = $[(\text{ระยะก้าวเท้าจริง} - \text{ระยะก้าวเท้า}) / \text{ระยะก้าวเท้าจริง}] \times 100\%$

ลำดับ	ภาพ	ระยะก้าว (พิกเซล)	ระยะก้าว (เซนติเมตร)	ระยะก้าวค่าจริง (เซนติเมตร)	ค่าคลาดเคลื่อน (%)
1		286	71.5	73	2
2		231	57.75	58	0.4
3		289	72.25	72	0.34

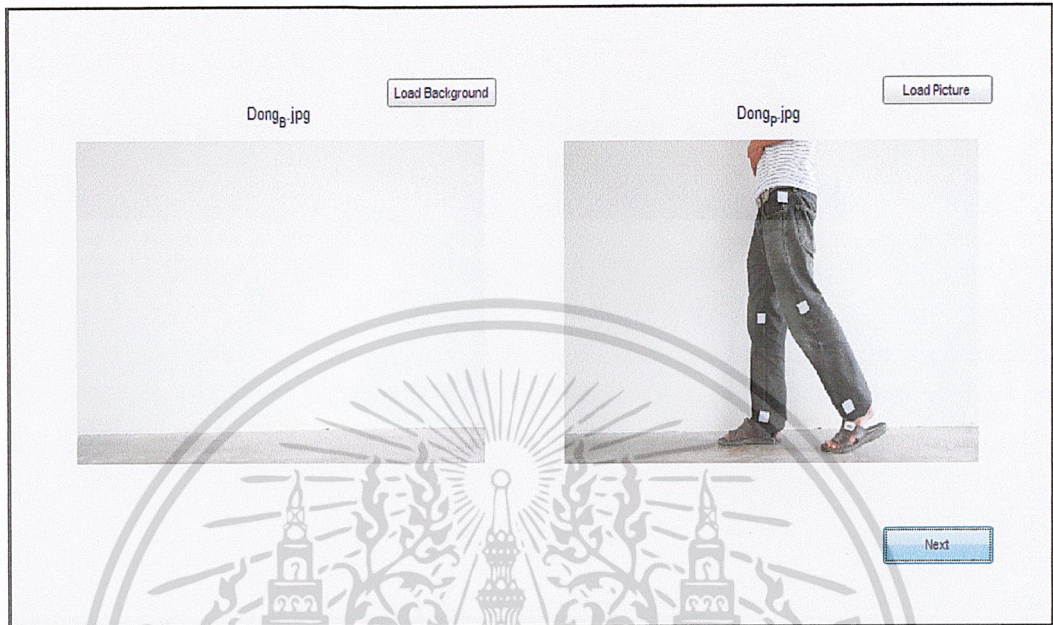
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับ	ภาพ	ระยะก้าว (พิกเซล)	ระยะก้าว (เซนติเมตร)	ระยะก้าวค่าจริง (เซนติเมตร)	ค่าคลาดเคลื่อน (%)
4		235	58.75	62	5.45
5		260	65	69	5.79
6		244	61	60	1.66
7		320	80	75	6.66
8		284	71	76	6.57
9		299	74.75	70	6.78
10		286	71.5	68	5.14
11		272	68	68	0
12		245	61.25	63	2.77

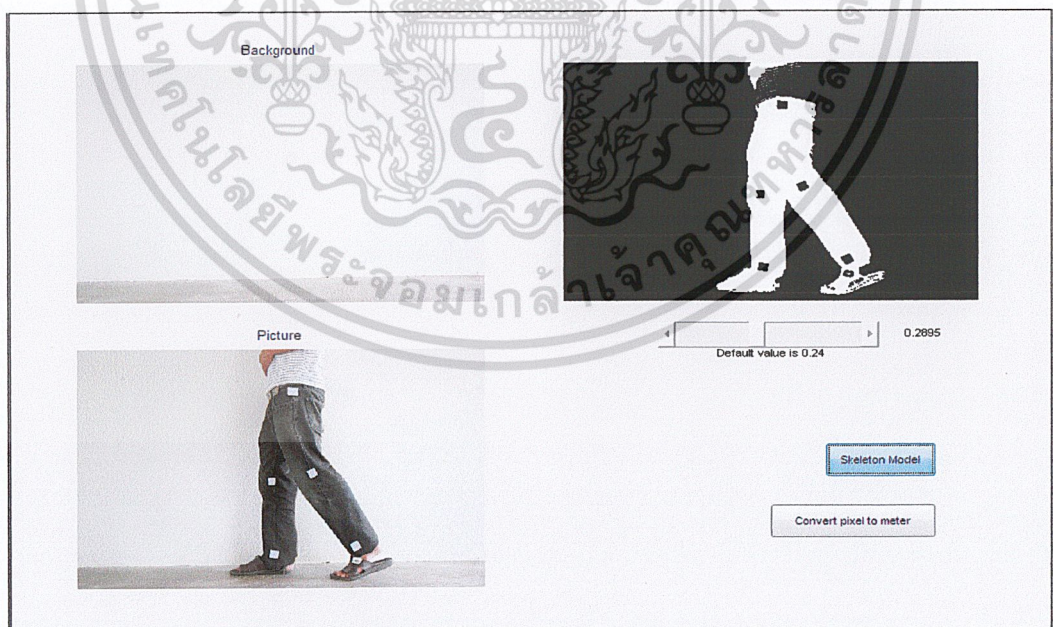
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 การวิเคราะห์โครงสร้างกระดูก

ในส่วนนี้เป็นการเปรียบเทียบกันของเวกเตอร์ที่ได้จากการติดตามอ้างอิง ซึ่งจะให้เป็นค่าจริง กับการทำเวกเตอร์โดยวิธีการทำโครงกระดูก (Skeletons)

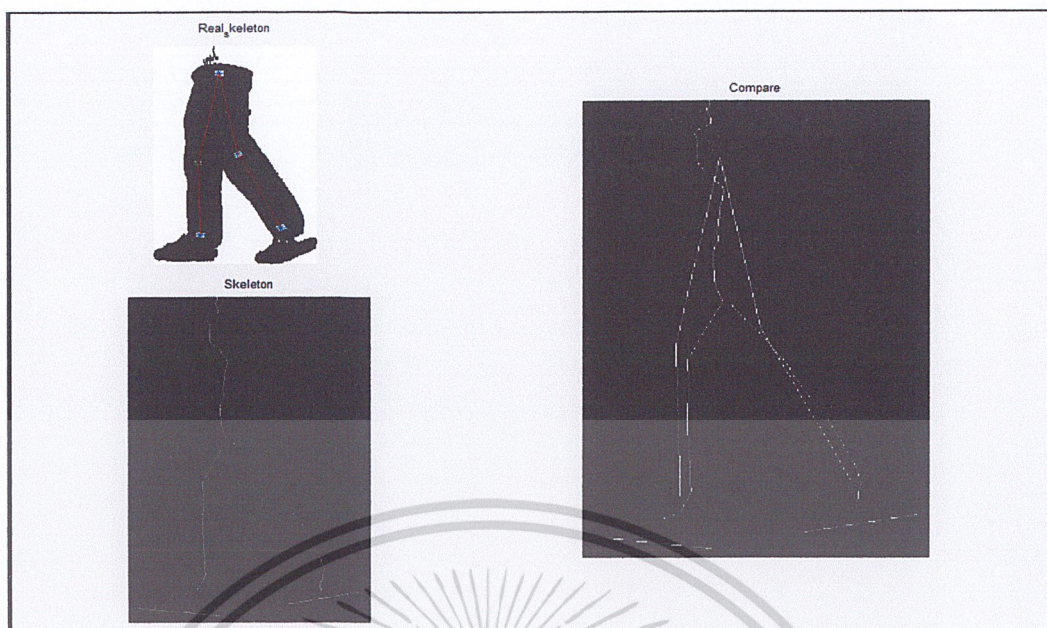


รูปที่ 4.6 หน้าจอรับรูปภาพ Background และ Picture



รูปที่ 4.7 หน้าจอการปรับ Threshold

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

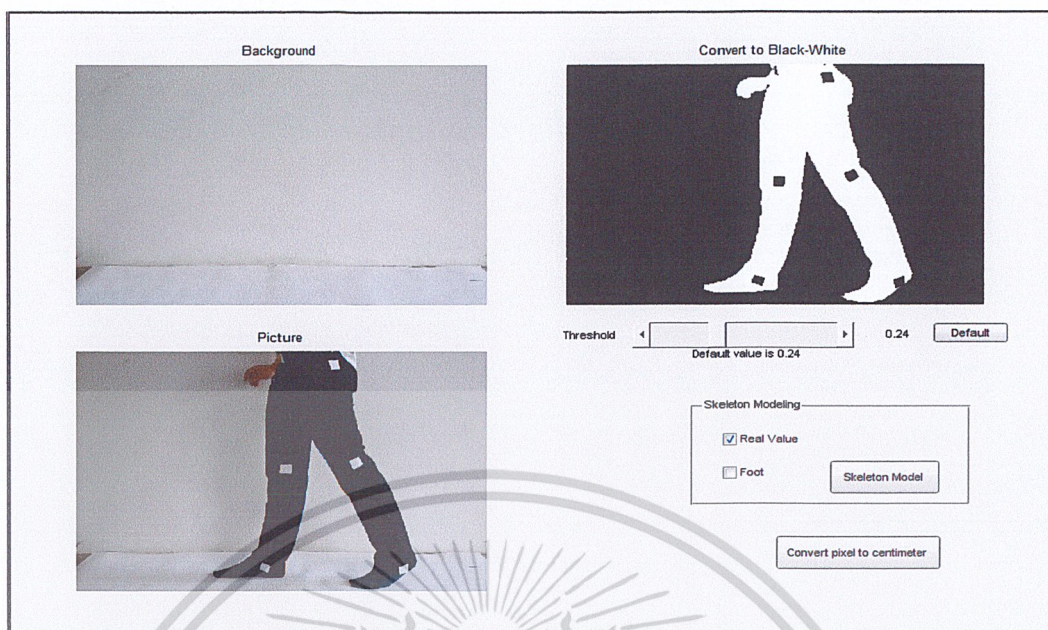


รูปที่ 4.8 หน้าจอแสดงผลลัพธ์ของการจำลองลักษณะกระดูก

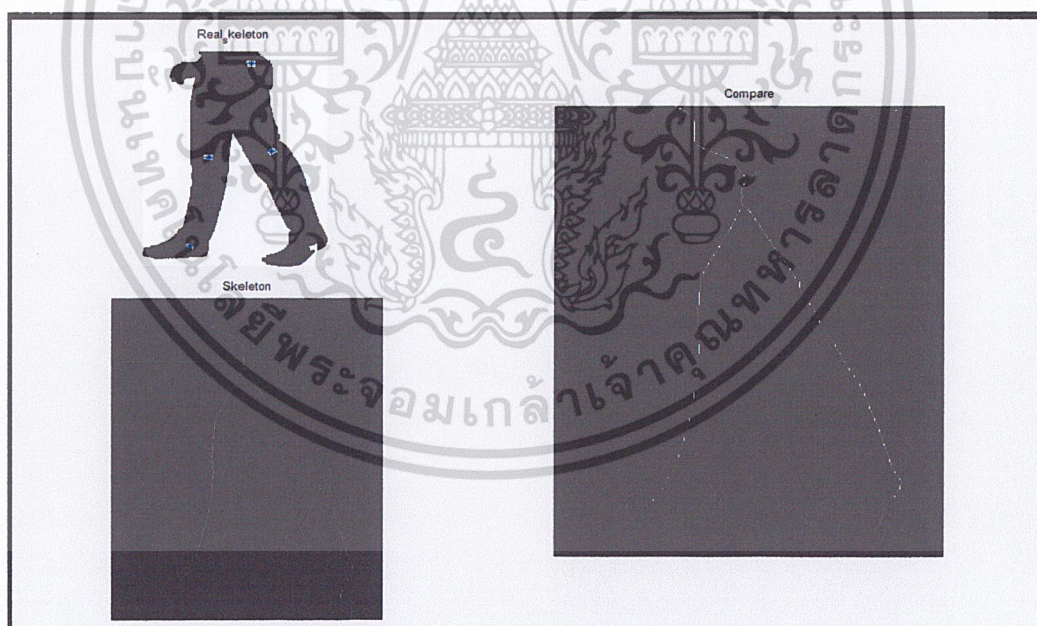


รูปที่ 4.9 หน้าจอการรับรูปภาพ Background และ Picture ของตัวอย่างที่เกิดข้อผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 หน้าจอการปรับ Threshold ของตัวอย่างที่เกิดข้อผิดพลาด



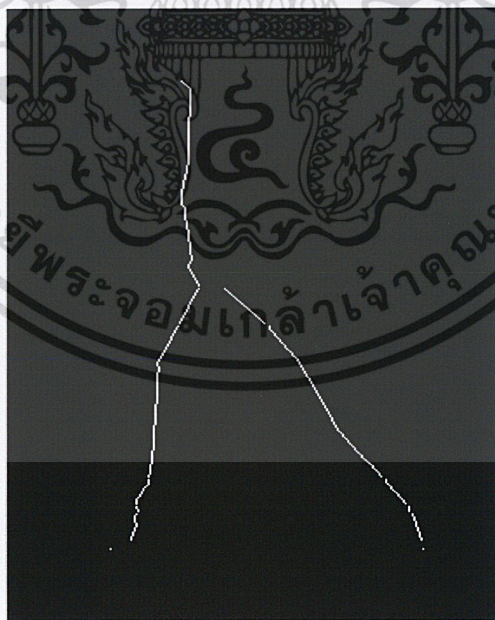
รูปที่ 4.11 หน้าจอผลลัพธ์ของตัวอย่างที่ไม่สามารถหาโครงสร้างค่าจริงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 ผลการทดลองการวิเคราะห์โครงสร้างกระดูก และการวิเคราะห์ระยะระหว่างการก้าวเดิน



รูป4.12 ผลการทดลองการวิเคราะห์ระยะระหว่างการก้าวเดินของผู้ทดลองคนที่ 1

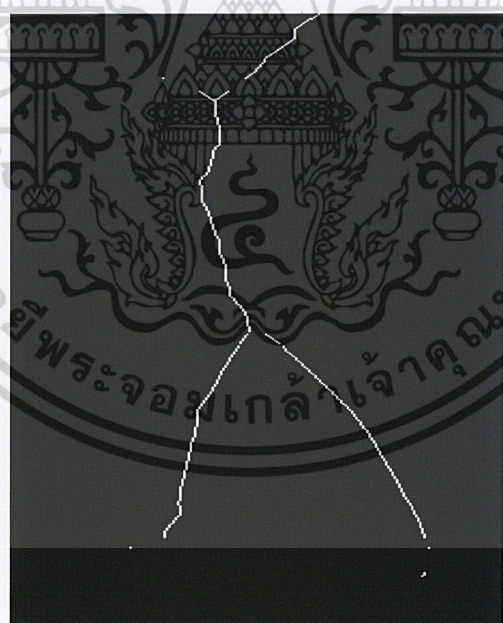


รูป4.13 ผลการทดลองการวิเคราะห์โครงสร้างกระดูก ของผู้ทดลองคนที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป4.14 ผลการทดลองการวิเคราะห์ระยะระหว่างการก้าวเดินของผู้ถูกทดลองคนที่ 2



รูป4.15 ผลการทดลองการวิเคราะห์โครงสร้างกระดูกของผู้ถูกทดลองคนที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

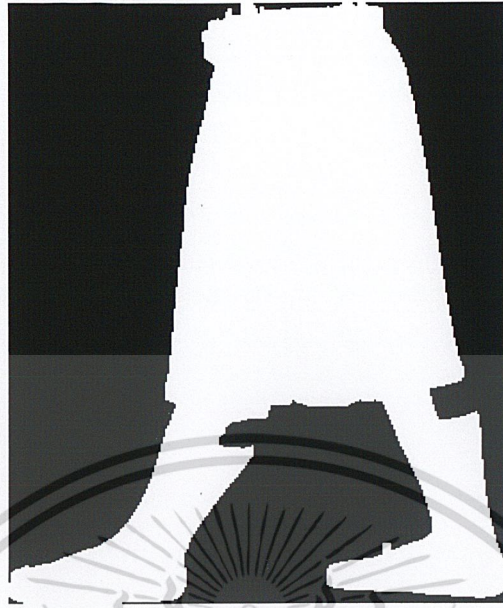


รูป4.16 ผลการทดลองการวิเคราะห์ระยะระหว่างการก้าวเดินของผู้ทดลองคนที่ 3

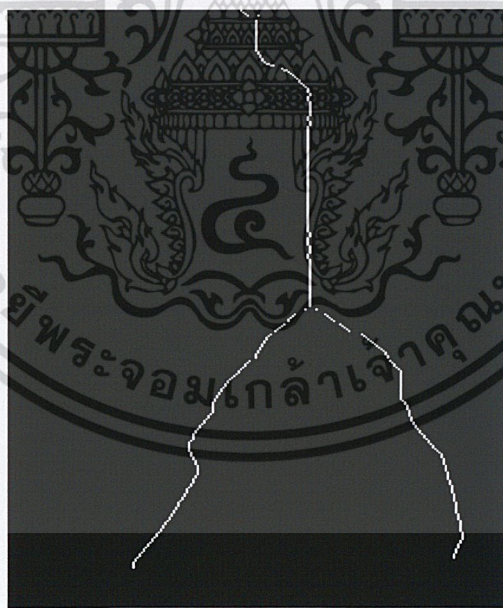


รูป4.17 ผลการทดลองการวิเคราะห์โครงสร้างกระดูก ของผู้ทดลองคนที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป4.18 ผลการทดลองการวิเคราะห์ระยะระหว่างการก้าวเดินของผู้ทดลองคนที่ 4

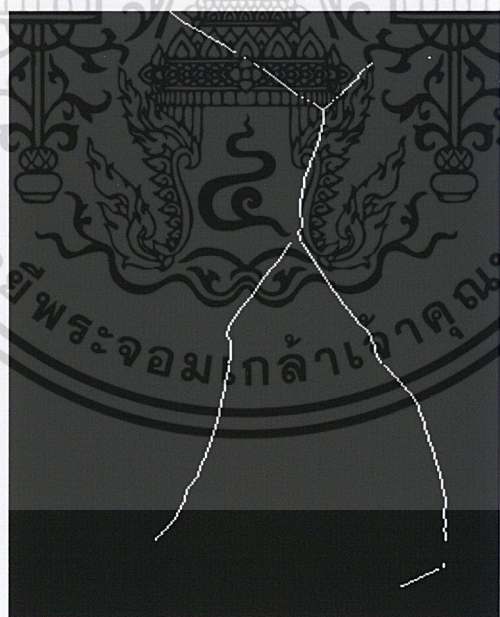


รูป4.19 ผลการทดลองการวิเคราะห์โครงสร้างกระดูกของผู้ทดลองคนที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป4.20 ผลการทดลองการวิเคราะห์ระยะระหว่างก้าวเดินของผู้ทดลองคนที่ 5

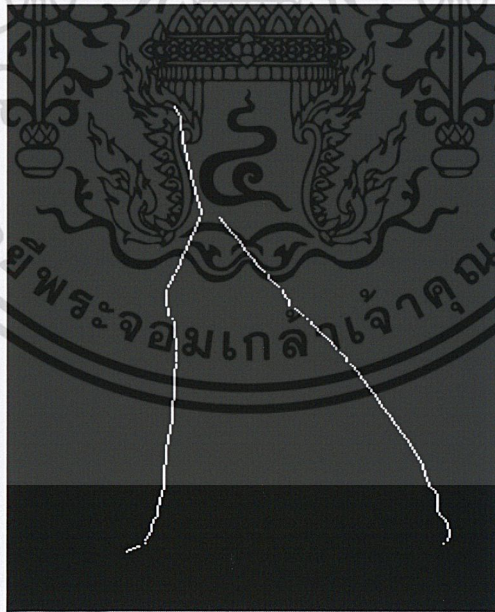


รูป4.21 ผลการทดลองการวิเคราะห์โครงสร้างกระดูก ของผู้ทดลองคนที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป4.22 ผลการทดลองการวิเคราะห์ระยะระหว่างก้าวเดินของผู้ทดลองคนที่ 6

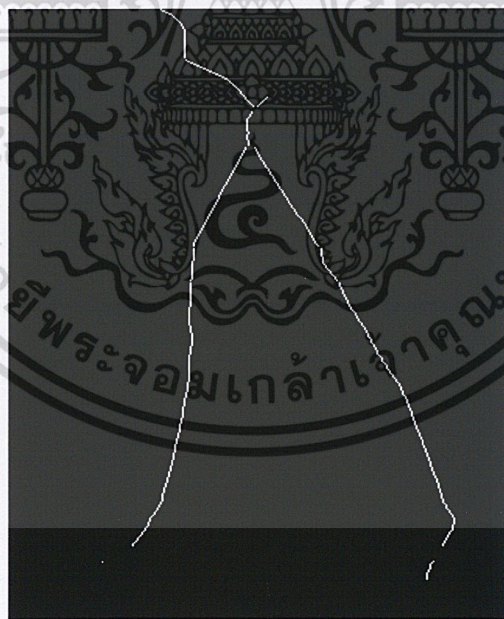


รูป4.23 ผลการทดลองการวิเคราะห์โครงสร้างกระดูกของผู้ถูกทดลองคนที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป4.24 ผลการทดลองการวิเคราะห์ระยะระหว่างการก้าวเดินของผู้ทดลองคนที่ 7

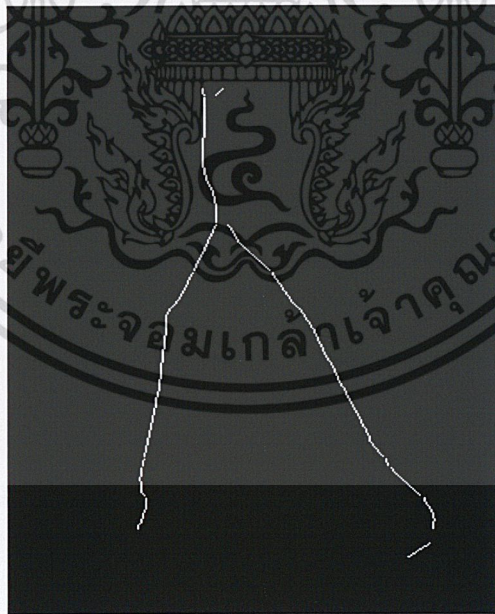


รูป4.25 ผลการทดลองการวิเคราะห์โครงสร้างกระดูกของผู้ทดลองคนที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป4.26 ผลการทดลองการวิเคราะห์ระยะระหว่างก้าวเดินของผู้ทดลองคนที่ 8

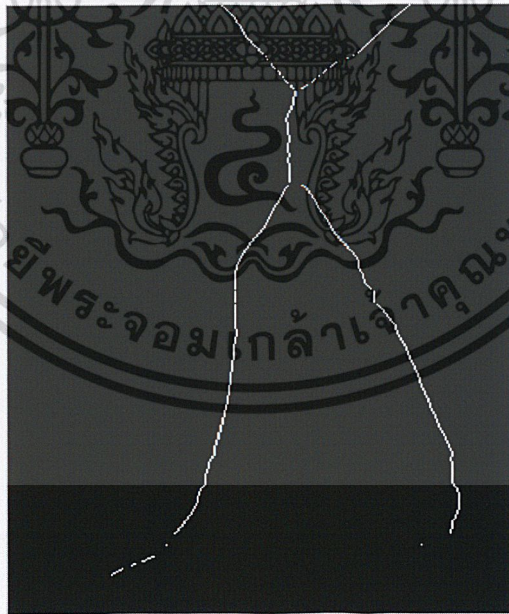


รูป4.27 ผลการทดลองการวิเคราะห์โครงสร้างกระดูกของผู้ทดลองคนที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป4.28 ผลการทดลองการวิเคราะห์ระยะระหว่างก้าวเดินของผู้ทดลองคนที่ 9

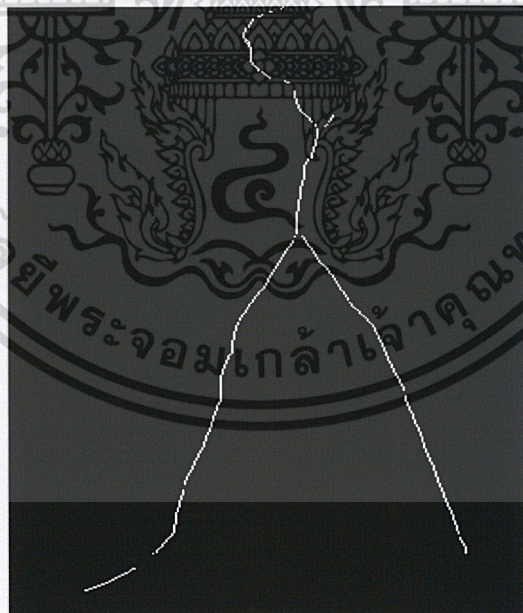


รูป4.29 ผลการทดลองการวิเคราะห์โครงสร้างกระดูกของผู้ถูกทดลองคนที่ 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป4.30 ผลการทดลองการวิเคราะห์ระยะระหว่างก้าวเดินของผู้ทดลองคนที่ 10

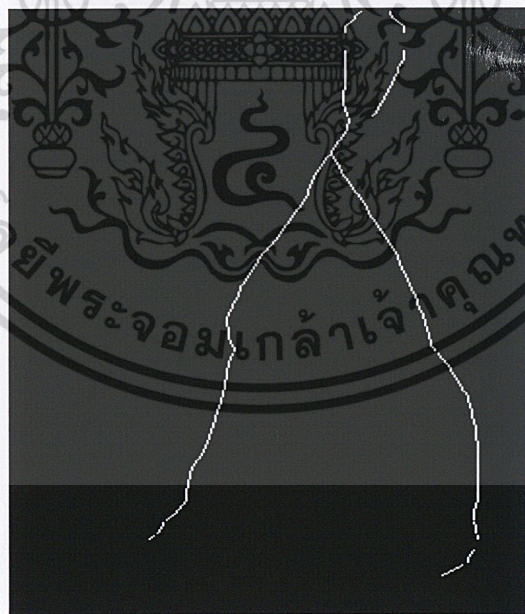


รูป4.31 ผลการทดลองการวิเคราะห์โครงสร้างกระดูก ของผู้ถูกทดลองคนที่ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป4.32 ผลการทดลองการวิเคราะห์ระยะระหว่างก้าวเดินของผู้ทดลองคนที่ 11

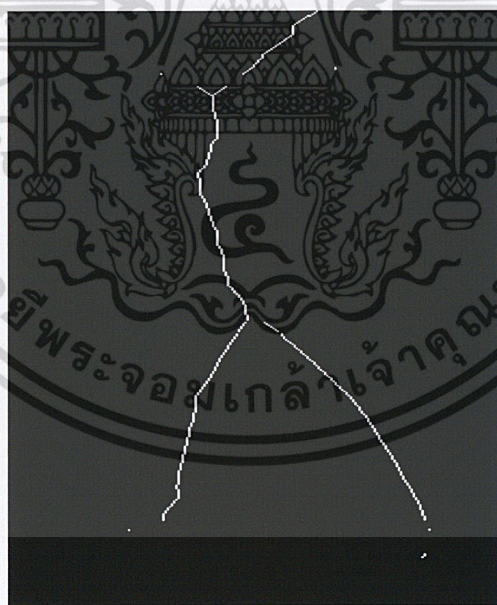


รูป4.33 ผลการทดลองการวิเคราะห์โครงสร้างกระดูกของผู้ถูกทดลองคนที่ 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป4.34 ผลการทดลองการวิเคราะห์ระยะระหว่างการก้าวเดินของผู้ทดลองคนที่ 12



รูป4.35 ผลการทดลองการวิเคราะห์โครงสร้างกระดูกของผู้ทดลองคนที่ 12

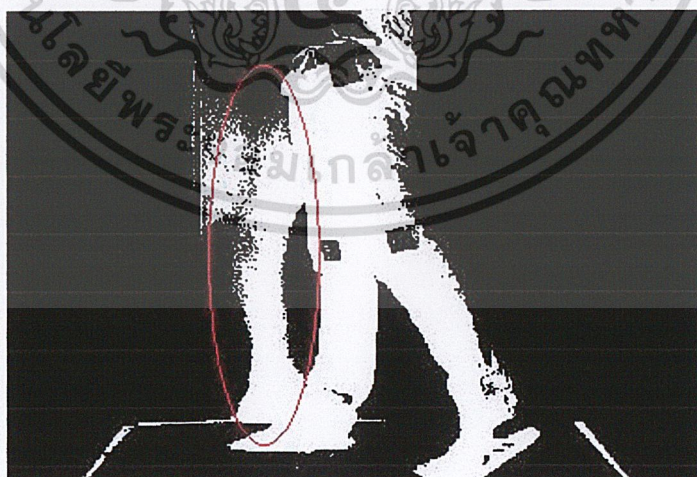
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าในบางครั้งแสงมีผลต่อการตรวจจับวัตถุที่เคลื่อนไหว เนื่องจากการถ่ายภาพที่มีแสงไม่เพียงพอหรือแสงไม่สม่ำเสมอจะทำให้เกิดเงาหรือค่าแสงบนวัตถุมีค่าใกล้เคียงกับค่าสีของพื้นหลัง ดังรูปที่ 5.1 ในส่วนของการจำแนกลักษณะวัตถุ ระบบเกิดข้อผิดพลาดเล็กน้อยในกรณีที่มีแสงสว่างบนกางเกงของผู้ถูกทดลองไม่สม่ำเสมอทำให้ค่าระดับสีของกางเกงในบางส่วนมีค่าใกล้เคียงกับค่าระดับสีของพื้นหลังทำให้ระบบไม่สามารถแยกได้ว่าส่วนนั้นเป็นวัตถุหรือเป็นพื้นหลัง ดังรูปที่ 5.3 ข.(วงกลมสีเขียว) ในส่วนของการหาระยะก้าวเท้าของผู้ถูกทดลอง ค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นเกิดมาจากการวัดค่าจริงที่ไม่ละเอียดเพียงพอและสิ่งรบกวนภายในภาพ ทำให้ค่าที่ออกมาเกิดค่าผิดพลาด ในส่วนของการจำลองโครงสร้างโครงกระดูก จะเห็นได้ว่า โครงสร้างที่จำลองออกมามีแนวโน้มไปในแนวทางเดียวกันกับโครงสร้างค่าจริง โดยเฉพาะบริเวณส่วนขาที่อ่อนล้า ดังรูปที่ 5.2 ที่โครงสร้างจำลองไม่ตรงกับโครงสร้างจริง อาจเนื่องมาจาก ลักษณะรูปร่างกางเกงของผู้ถูกทดลอง และ การใช้วิธีการจำลองแบบประมาณค่ากึ่งกลางความหนาของขา ทำให้ผลที่ได้ไม่สามารถจะแยกส่วนของขาที่อ่อนบนในขณะที่ซ้อนทับกันได้ ในกรณีที่ระบบไม่สามารถจำลองค่าจริงออกมาได้นั้น เนื่องจาก เกิดสิ่งรบกวนมากเกินไป หรือ จุดอ้างอิงมีขนาดต่างกันมากเกินไปในแต่ละจุด หรือ จุดอ้างอิงมีขนาดใหญ่เกินไปจนทำให้ภาพบริเวณขาถูกตัดขาด ระบบจึงไม่สามารถหาจุดอ้างอิงเจอได้ ดังรูปที่ 5.3 ข.(วงกลมสีแดง)



รูปที่ 5.1 แสดงสิ่งรบกวนที่เกิดจากเงา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

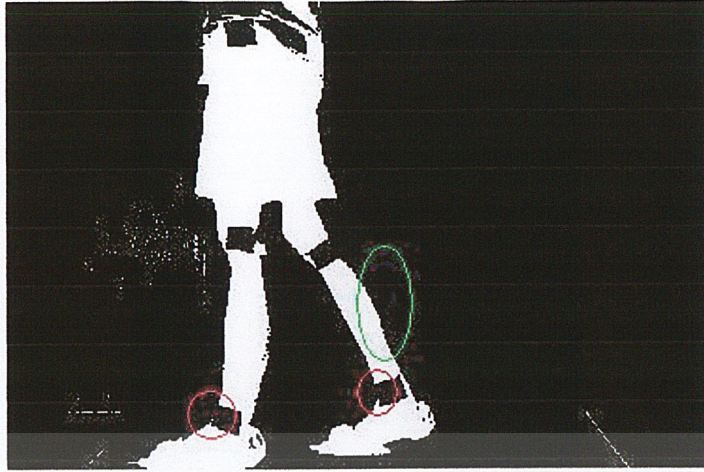


รูปที่ 5.2 แสดงการเปรียบเทียบของลักษณะกระดูกค่าจริงและค่าประมาณ



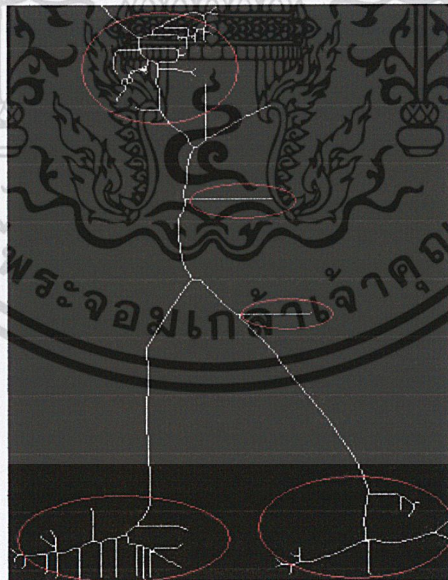
รูปที่ 5.3 ก. แสดงรูปภาพนำเข้าที่เกิดสิ่งรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



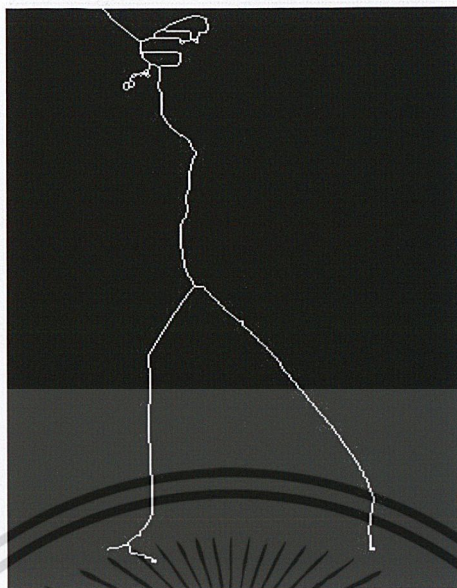
รูปที่ 5.3 ข. แสดงรูปภาพผลลัพธ์จากการแปลงรูปภาพที่เกิดสิ่งรบกวน วงกลมเขียว แสดงผลจากการแปลงส่วนที่ระดับสีของขา มีค่าใกล้เคียงกับระดับสีของพื้นหลังมาก วงกลมแดง แสดงผลจากการแปลงรูปที่มีจุดอ้างอิงใหญ่เกินไป ทำให้ส่วนของขาขาดจากกัน

ในส่วนของการตัดกิ่งที่ไม่ต้องการออก (Reduce Branch) ที่เรากำหนดขึ้น โดยใช้แนวคิดที่ว่า จะลบกิ่งออกตามจำนวนพิกเซล (Pixel) ที่เรากำหนดไว้ ซึ่งเท่ากับ 60 พิกเซล (Pixel) โดยประมาณ โดยเริ่มลบจากจุดปลายของกิ่ง



รูปที่ 5.4 ก. แสดงรูปภาพก่อนที่จะเข้ากระบวนการตัดกิ่งที่ไม่ต้องการออก (Reduce Branch)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 ข. แสดงรูปภาพหลังจากเข้ากระบวนการตัดกิ่งที่ไม่ต้องการออก(Reduce Branch)

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

ในการดำเนินโครงการที่ผู้พัฒนาได้พบกับปัญหาและอุปสรรคมากมาย ตั้งแต่ในขั้นตอนการเก็บข้อมูลไฟล์ภาพ ขณะผู้จัดทำไม่มีสถานที่ที่เหมาะสมกับการทดลองมากนักและรวมทั้งไม่มีอุปกรณ์กำเนิดแสงต่างๆ ส่งผลทำให้ภาพที่ออกมาเป็นสิ่งรบกวนมากจนทำให้ระบบไม่สามารถวิเคราะห์ได้ ทางคณะผู้จัดทำจึงต้องทำการทดลองบริเวณใต้อาคารที่มีผนังเป็นสีขาวล้วนและใช้แหล่งกำเนิดแสงเป็นแสงสว่างของดวงอาทิตย์ส่องเข้ามาจากนอกอาคารเท่านั้น จึงมีแหล่งกำเนิดแสงสว่างเพียงดวงเดียวเท่านั้น ทำให้เกิดเงาขึ้นบนตัวผู้ถูกทดลองและพื้นหลัง อีกทั้งพื้นบริเวณใต้อาคารไม่ได้มีโทนสีเดียวกับพื้นหลัง คณะผู้จัดทำจึงต้องนำกระดาษที่มีโทนสีเดียวกับสีของพื้นหลังมาติดที่พื้นในบริเวณที่จับภาพ

5.3 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากระบบที่พัฒนาขึ้นมา ยังมีข้อจำกัดหลายๆด้าน ทำให้คณะผู้พัฒนามีข้อเสนอแนะ เพื่อที่จะใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาต่อไปในอนาคตดังนี้

1. ควรพัฒนาระบบที่สามารถรับข้อมูลเข้าเป็นไฟล์วิดีโอได้ เนื่องจาก ไฟล์วิดีโอ นั้นสามารถจำแนกให้เป็นภาพนิ่งหลายๆเฟรมเพื่อนำมาเข้าระบบในการวิเคราะห์เพิ่มเติมได้
2. ควรพัฒนาระบบให้สามารถตรวจจับวัตถุที่มีระดับสีเดียวกันกับระดับสีของพื้นหลังได้ เพราะ ถ้าวัตถุมีระดับสีเดียวกับระดับสีของพื้นหลัง จะไม่สามารถหาวัตถุที่เราสนใจได้ และ พัฒนาระบบให้สามารถตรวจจับวัตถุได้โดยไม่จำเป็นต้องวิเคราะห์พื้นหลัง เพราะ ในการพิจารณาพื้นหลังด้วยนั้น จะต้องใช้รูปพื้นหลังที่มีระดับแสงเดียวกับรูปภาพวัตถุ ไม่เช่นนั้น จะไม่สามารถลบพื้นหลังออกจากวัตถุได้
3. ควรพัฒนาอัลกอริทึมในการหาอัตราส่วนที่ใช้ในการแปลงจากหน่วยพิกเซลเป็นหน่วยเซนติเมตรได้ โดยไม่จำเป็นต้องจำกัดระยะความห่างของกล้องถึงวัตถุ และ ทางยาวโฟกัสของเลนส์กล้อง เพื่อความยืดหยุ่นให้ใช้ได้ในทุกกรณี
4. ในการทดลองควรจะหาสถานที่ทดลองที่เป็นห้องปิด และต้องมีหลอดไฟเป็นแหล่งกำเนิดแสงตั้งอยู่ข้างกล้องส่องเข้าหาวัตถุหรือผู้ถูกทดลอง เพื่อควบคุมปริมาณแสงและความสม่ำเสมอของแสง

เอกสารอ้างอิง

- [1] เชาวนิตี, นงคราญ, กรวิทย์ การจำลองการเคลื่อนไหวสามมิติ ภาควิชาคณิตศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2552
- [2] กิดากร, วิรงรอง, สิตานัน ระบบตรวจจับการสวมใส่หมวกนิรภัยของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์บนท้องถนนแบบทันที ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2552
- [3] Julio Cezar Silveira Jacques Jr, Claudio Rostio Jung and Soraia Raupp Musse., **Background subtraction and Shadow Detection in Grayscale Video Sequence.**, 2005
- [4] Tesuji ANAI and Hirofumi CHIKATSU., **Dynamic Analysis Of Human Motion Using Hybrid Video Theodolite.**, Tokyo Denki University., 2000
- [5] R. Haralick and L. Shapiro *Computer and Robot Vision*, Vol. 1, Addison-Wesley Publishing Company, 1992, Chap. 5.
- [6] D. Vernon *Machine Vision*, Prentice-Hall, 1991, pp 78 - 79.
- [7] D. Ballard and C. Brown *Computer Vision*, Prentice-Hall, 1982, Chap. 8.
- [8] A. Jain *Fundamentals of Digital Image Processing*, Prentice-Hall, 1989, Chap. 9.
- [9] R. Gonzalez and R. Woods *Digital Image Processing*, Addison-Wesley Publishing Company, 1992

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้