



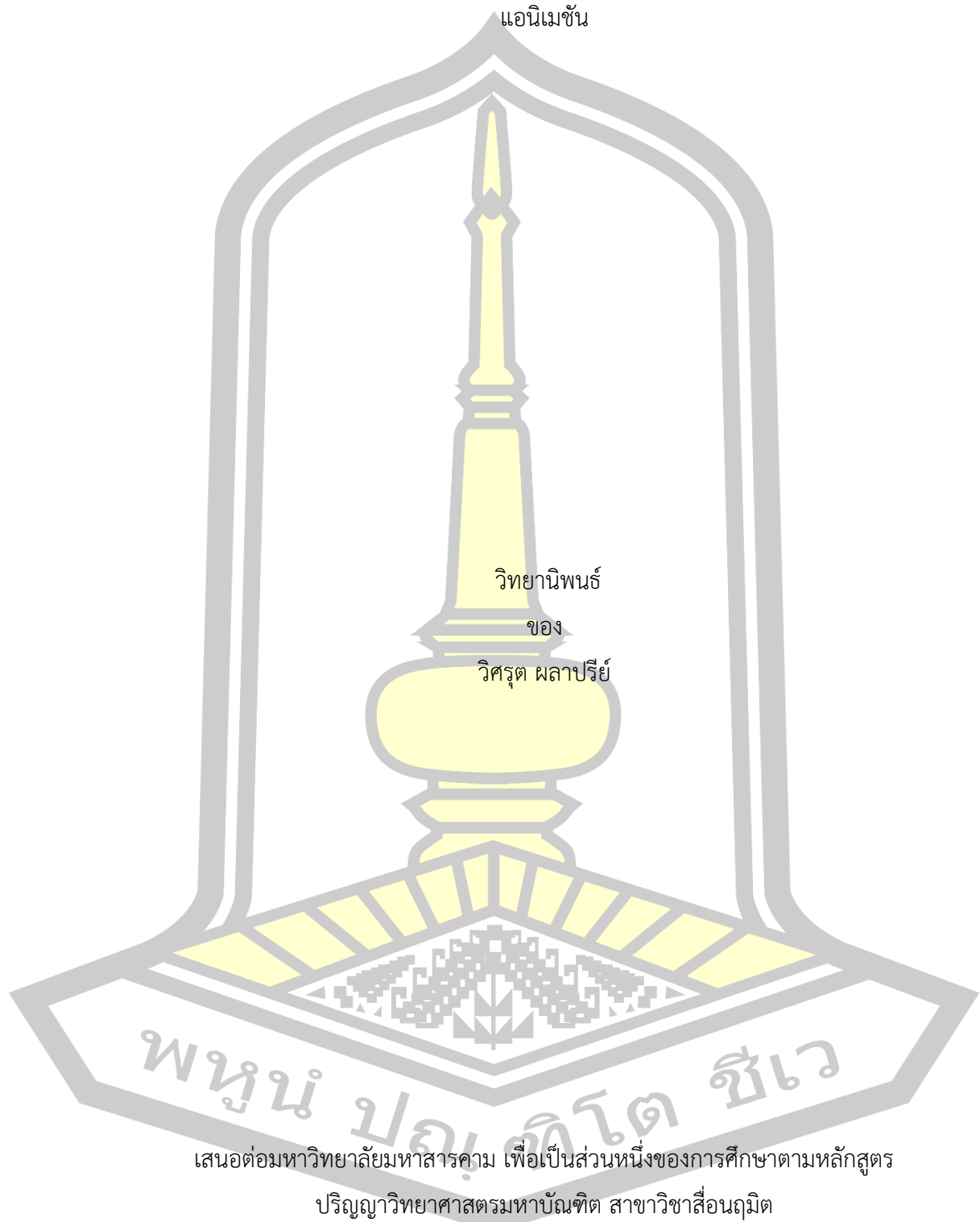
การเปรียบเทียบการจับการเคลื่อนไหวแบบปัญญาประดิษฐ์กับแบบจับแสงสะท้อนในการผลิต
แอนิเมชัน

วิทยานิพนธ์
ของ
วิศรุต ผลาปรีย์

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสื่ออนุมิต
พฤษภาคม 2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การเปรียบเทียบการจับการเคลื่อนไหวแบบปัญญาประดิษฐ์กับแบบจับแสงสะท้อนในการผลิต
แอนิเมชัน



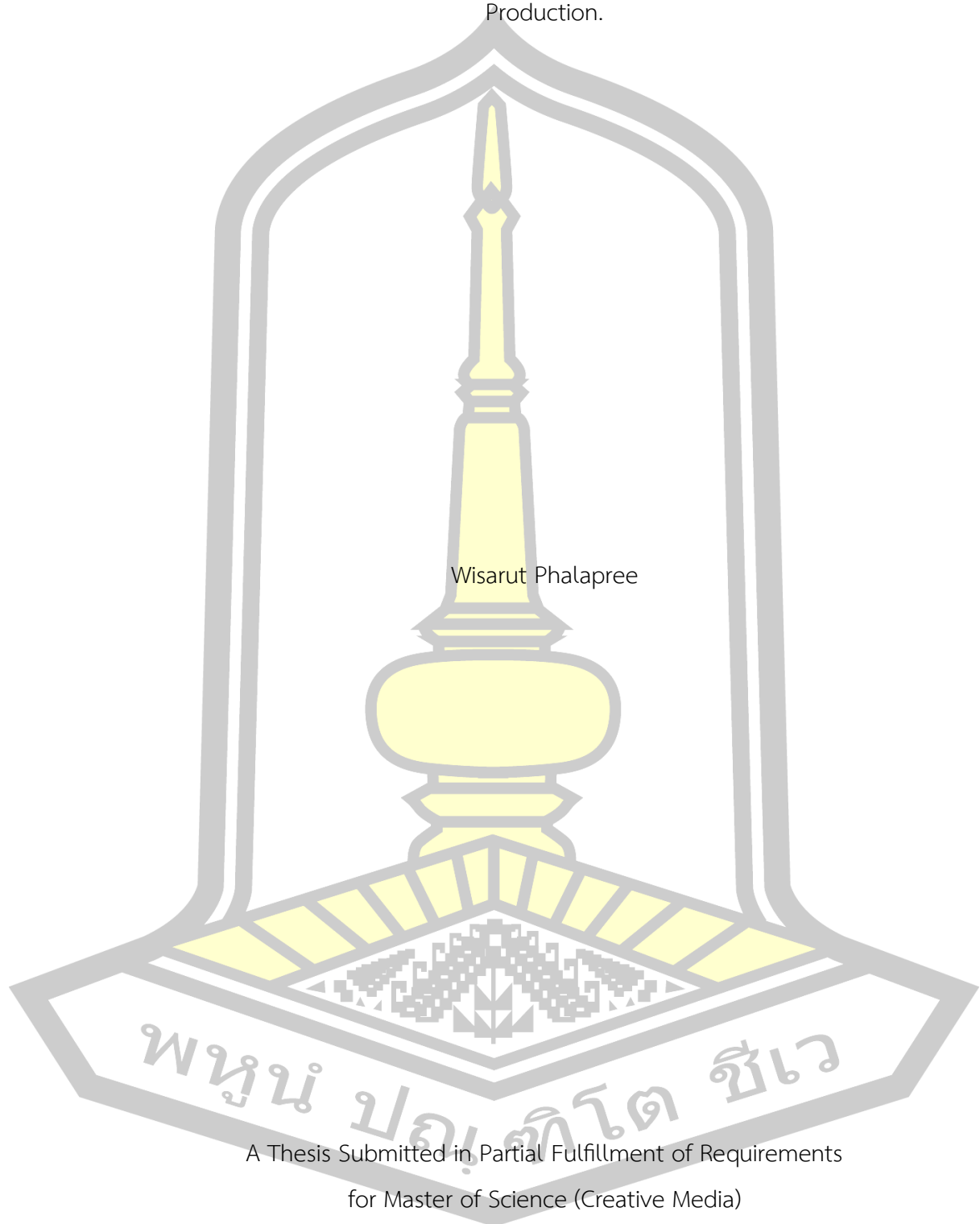
เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสื่ออนิเมิต

พฤษภาคม 2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

A Comparison of Artificial Intelligence and Optical Mocap in The Animation
Production.

Wisarut Phalapree



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for Master of Science (Creative Media)

May 2024

Copyright of Mahasarakham University



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนายวิศรุต ผลาปรีย์ แล้ว
เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสื่อ
นฤมิต ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รศ. ดร. จารุณี ชามาศย์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผศ. ดร. สุวิช ธีระโคตร)

.....กรรมการ

(ผศ. ดร. คชาภุช เหลี่ยมไธสง)

.....กรรมการ

(ผศ. ดร. กชพรรณ ย้งมี)

มหาวิทยาลัยขอนแก่นให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสื่อ นฤมิต ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....
(รศ. ดร. จันทิมา พลพินิจ)

คณบดีคณะวิทยาการสารสนเทศ

.....
(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง การเปรียบเทียบการจับการเคลื่อนไหวแบบปัญญาประดิษฐ์กับแบบจับแสงสะท้อนในการผลิตแอนิเมชัน

ผู้วิจัย วิศรุต ผลาปรีย์

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุวิษ ธีระโคตร

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต **สาขาวิชา** สื่ออนฤมิต

มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม **ปีที่พิมพ์** 2567

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบประสิทธิภาพการจับภาพเคลื่อนไหวระหว่างเทคนิค Optical mocap กับเทคนิค AI Mocap 2) สร้างแอนิเมชันตัวอย่างจากข้อมูลที่ได้จากทั้งสองเทคนิค 3) วิเคราะห์ประสิทธิภาพการเคลื่อนไหวของแอนิเมชันตัวอย่าง และ 4) ประเมินผลการยอมรับการใช้งาน AI Mocap ในกระบวนการผลิตแอนิเมชันจากทั้งภาคการศึกษาและภาคอุตสาหกรรม ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจับการเคลื่อนไหว 5 ท่าทาง ด้วย Optical Mocap โดยรวมพบว่า Wonder Studio AI มีประสิทธิภาพสูงที่สุด รองลงมา DeepMotion และ Rokoko Vision 2) การสร้างแอนิเมชันตัวอย่าง 5 ท่าทาง พบว่า AI mocap ใช้ทรัพยากรน้อยกว่า Optical mocap ถึง 96% ในทุกท่าทาง 3) ผลการยอมรับของภาคการศึกษาและภาคอุตสาหกรรมแอนิเมชันและเกมต้นทุนต่ำที่มีต่อการใช้งานการจับการเคลื่อนไหวด้วย AI mocap ในกระบวนการผลิตแอนิเมชัน ยอมรับในระดับมาก ดังนั้น การจับการเคลื่อนไหวด้วย AI mocap สามารถนำมาใช้แทนการจับการเคลื่อนไหวแบบ Optical Mocap ที่มีราคาสูงได้ดีเนื่องจากมีประสิทธิภาพสูงใกล้เคียงกับการจับการเคลื่อนไหวแบบ Optical Mocap

คำสำคัญ : การจับการเคลื่อนไหวแบบปัญญาประดิษฐ์, การจับการเคลื่อนไหวแบบแสงสะท้อน, แอนิเมชัน 3 มิติ, การยอมรับเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

TITLE A Comparison of Artificial Intelligence and Optical Mocap in The Animation Production.

AUTHOR Wisarut Phalapree

ADVISORS Assistant Professor Suwich Tirakoat , D.I.S.

DEGREE Master of Science **MAJOR** Creative Media

UNIVERSITY Mahasarakham **YEAR** 2024
University

ABSTRACT

This research aimed 1) compare the performance of the techniques between the Optical Mocap technique and the AI Mocap technique, 2) create sample of animations from Motion capture data, 3) analysis the performance of the sample animations, and 4) evaluate the acceptance of AI Mocap in animation production from academia and industry section. The research results found that 1) performance comparison of motion captures with 5 postures found that AI Mocap Wonder Studio AI was the most efficiency, following with DeepMotion and Rokoko Vision, 2) samples of animation with AI Mocap were consumed least resource by 96%, and 3) the results of AI Mocap acceptance evaluation shown the most lever of acceptance by both education and animation industry section. In summary, AI mocap can replace the Optical mocap because AI mocap has high efficiency in capturing movement similar to Optical mocap.

Keyword : Artificial Intelligence Motion Capture, Optical Motion Capture, 3D Animation, Technology Adoption Model

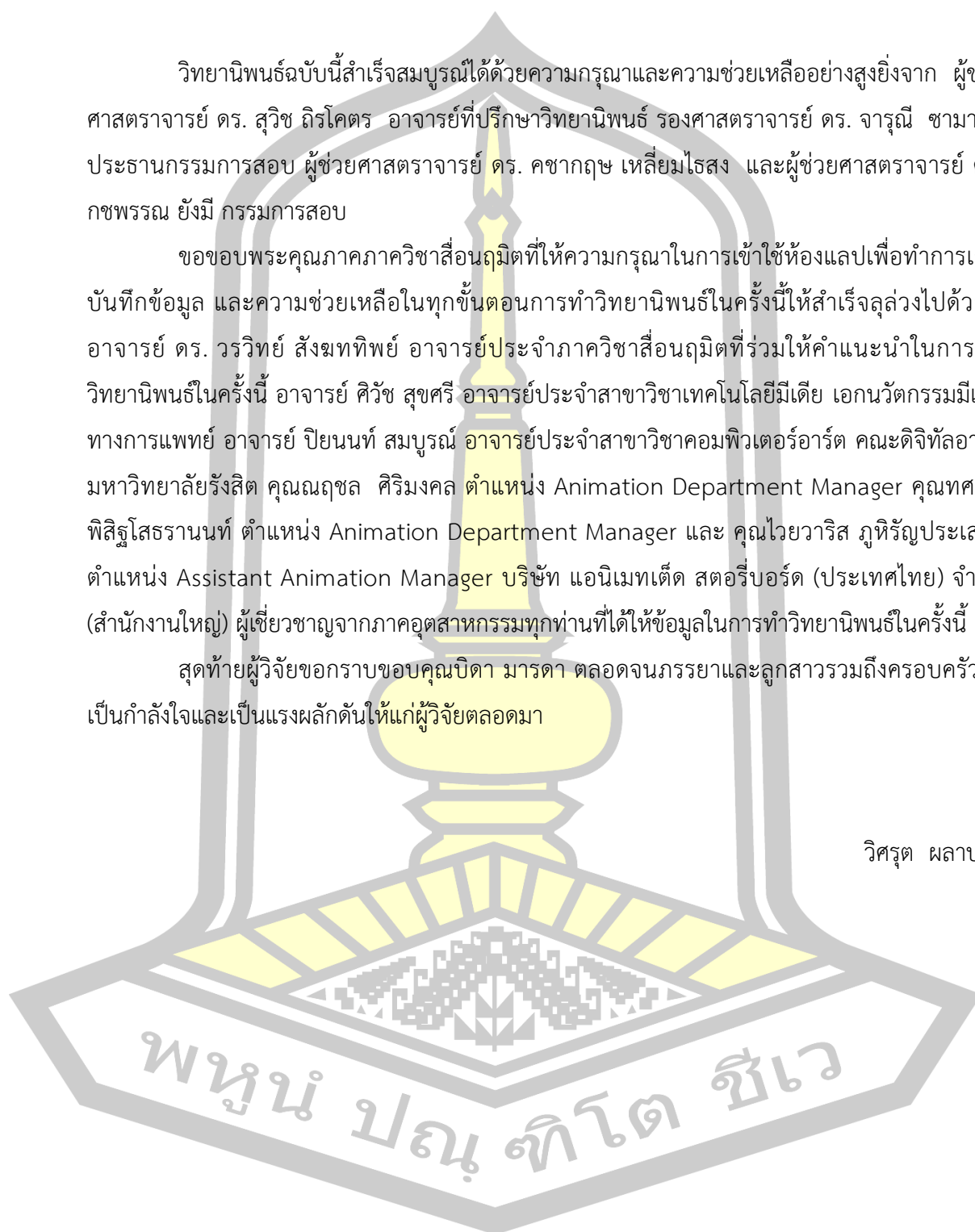
กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความรู้และความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุวิช ธีรโคตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. จารุณี ชามาตย์ ประธานกรรมการสอบ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คชาภุช เหลี่ยมไธสง และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กชพรรณ ยังมี กรรมการสอบ

ขอขอบพระคุณภาคภาควิชาสื่ออนุมิตที่ให้ความกรุณาในการเข้าใช้ห้องแลปเพื่อทำการเก็บ บันทึกข้อมูล และความช่วยเหลือในทุกขั้นตอนการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี อาจารย์ ดร. วรวิทย์ สังฆททิพย์ อาจารย์ประจำภาควิชาสื่ออนุมิตที่ร่วมให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ อาจารย์ ศิวัช สุขศรี อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีมีเดีย เอกนวัตกรรมมีเดียทางการแพทย์ อาจารย์ ปิยนนท์ สมบูรณ์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาคอมพิวเตอร์อาร์ต คณะดิจิทัลอาร์ต มหาวิทยาลัยรังสิต คุณณฤชล ศิริมงคล ตำแหน่ง Animation Department Manager คุณทศพล พิสิฐโสธรานนท์ ตำแหน่ง Animation Department Manager และ คุณไวยวาริส ภูหิรัญประเสริฐ ตำแหน่ง Assistant Animation Manager บริษัท แอนิเมทเต็ด สตอรี่บอร์ด (ประเทศไทย) จำกัด (สำนักงานใหญ่) ผู้เชี่ยวชาญจากภาคอุตสาหกรรมทุกท่านที่ได้ให้ข้อมูลในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

สุดท้ายผู้วิจัยขอกราบขอบขอบคุณบิดา มารดา ตลอดจนภรรยาและลูกสาวรวมถึงครอบครัว ที่เป็นกำลังใจและเป็นแรงผลักดันให้แก่ผู้วิจัยตลอดมา

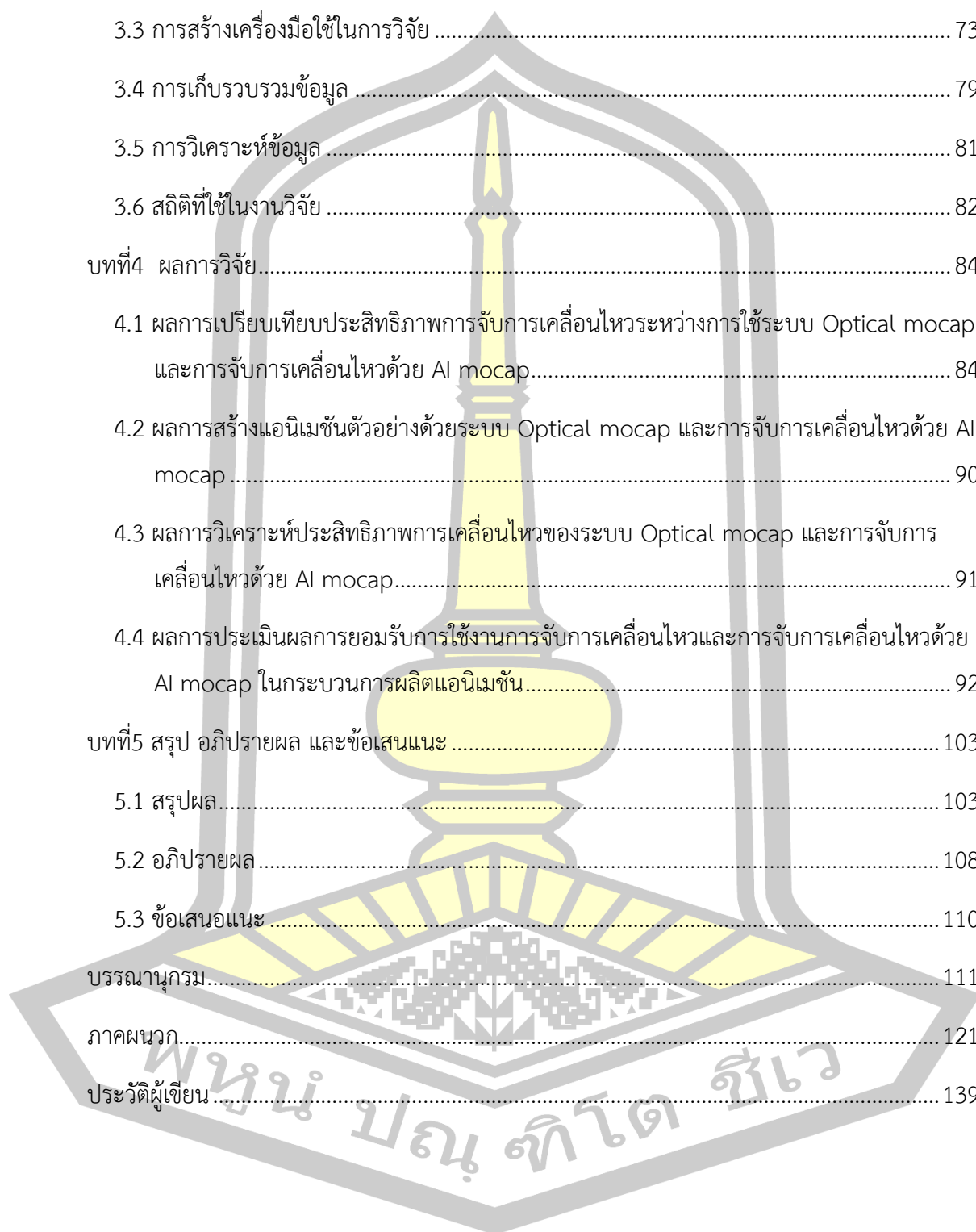
วิศรุต ผลาปรีย์



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 หลักการและเหตุผล.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	4
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ.....	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 อุปกรณ์สำหรับการเคลื่อนไหว.....	5
2.2 กระบวนการผลิตแอนิเมชัน.....	43
2.3 แนวคิดการยอมรับเทคโนโลยี.....	57
2.4 การหาระยะความห่าง.....	64
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	68
2.6 กรอบแนวคิด.....	71
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....	72
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	72

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	72
3.3 การสร้างเครื่องมือใช้ในการวิจัย	73
3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล	79
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล	81
3.6 สถิติที่ใช้ในงานวิจัย	82
บทที่4 ผลการวิจัย.....	84
4.1 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจับการเคลื่อนไหวระหว่างการใช้ระบบ Optical mocap และการจับการเคลื่อนไหวด้วย AI mocap.....	84
4.2 ผลการสร้างแอนิเมชันตัวอย่างด้วยระบบ Optical mocap และการจับการเคลื่อนไหวด้วย AI mocap	90
4.3 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการเคลื่อนไหวของระบบ Optical mocap และการจับการเคลื่อนไหวด้วย AI mocap.....	91
4.4 ผลการประเมินผลการยอมรับการใช้งานการจับการเคลื่อนไหวและการจับการเคลื่อนไหวด้วย AI mocap ในกระบวนการผลิตแอนิเมชัน.....	92
บทที่5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	103
5.1 สรุปผล.....	103
5.2 อภิปรายผล	108
5.3 ข้อเสนอแนะ	110
บรรณานุกรม.....	111
ภาคผนวก.....	121
ประวัติผู้เขียน	139



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 รูปแบบไฟล์ Motion Capture และการอ้างอิงสำหรับข้อมูลรูปแบบเพิ่มเติม	21
ตารางที่ 2 ปัจจัยที่มีผลต่อการรับรู้ถึงควมมีประโยชน์ของระบบ.....	62
ตารางที่ 3 เปรียบเทียบการอุปกรณ์การสร้างแอนิเมชันตัวอย่าง 5 ท่าทาง แสดงค่าเป็นร้อยละ	90
ตารางที่ 4 จำนวนและร้อยละของนิสิตนักศึกษาของผู้ตอบแบบสอบถาม	93
ตารางที่ 5 จำนวนและร้อยละของผู้ที่มีประสบการณ์การใช้งานโมชันแคปเจอร์.....	93
ตารางที่ 6 จำนวนและร้อยละด้านระบบโมชันแคปเจอร์ที่ใช้	94
ตารางที่ 7 จำนวนและร้อยละของปัจจัยที่จะส่งผลต่อการเลือกใช้ AI Mocap.....	94
ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับการยอมรับเทคโนโลยี AI Mocap.....	95
ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์.....	97
ตารางที่ 10 จำนวนและร้อยละของคุณสมบัติที่เหมาะสมกับลักษณะงานต่างๆ	99
ตารางที่ 11 จำนวนร้อยละของผลการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญถึงการยอมรับเทคโนโลยี AI Mocap ในภาคอุตสาหกรรม.....	101

พูน ปณ จิต ชีเว

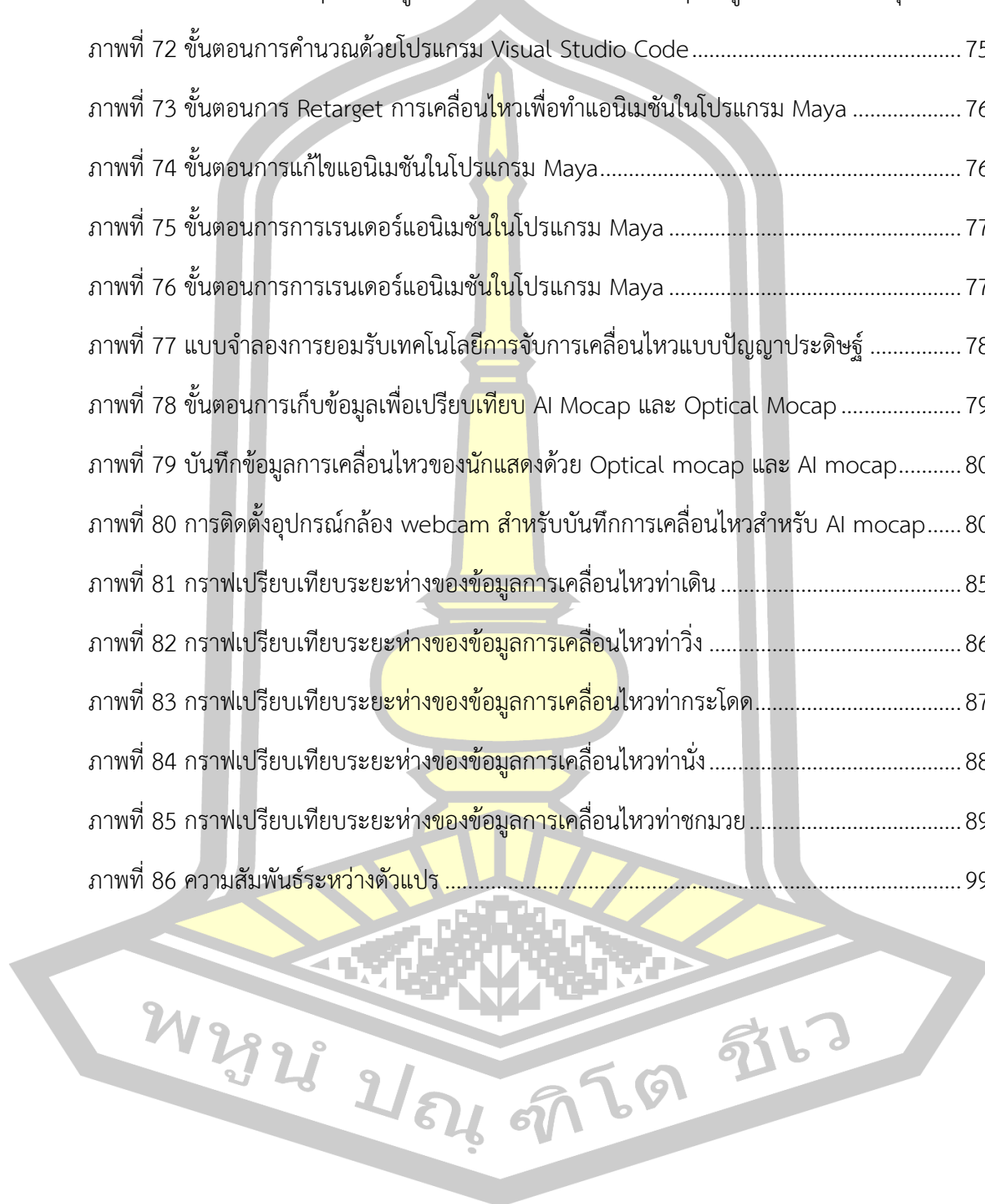
สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 แบบใช้มาร์กเกอร์เป็นตัวสะท้อนแสง (Passive markers)	6
ภาพที่ 2 แบบใช้มาร์กเกอร์เป็นตัวเปล่งแสง (Active markers)	7
ภาพที่ 3 แบบไม่ใช้มาร์กเกอร์ (Markerless Motion Capture)	7
ภาพที่ 4 ระบบแรงเฉื่อย (Inertial systems)	9
ภาพที่ 5 ระบบจับการเคลื่อนไหวแบบกลไก (Mechanical motion capture)	9
ภาพที่ 6 ระบบจับการเคลื่อนไหวแบบแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic systems)	11
ภาพที่ 7 ระบบเซ็นเซอร์การยืดตัว (Stretch sensors)	12
ภาพที่ 8 กระบวนการจับการเคลื่อนไหว	12
ภาพที่ 9 การติดตั้งและกำหนดพื้นที่	13
ภาพที่ 10 การปรับค่ากล้อง	14
ภาพที่ 11 การติดจุดมาร์กเกอร์	14
ภาพที่ 12 การบันทึกการเคลื่อนไหว	15
ภาพที่ 13 การระบุจุดมาร์กเกอร์ 2 มิติและการสร้างจุดมาร์กเกอร์ 3 มิติใหม่	16
ภาพที่ 14 การแก้ไขข้อมูล	17
ภาพที่ 15 การปรับค่าเริ่มต้น	17
ภาพที่ 16 ข้อมูลการเคลื่อนไหวจากจุดมาร์กเกอร์ (Optical marker data)	18
ภาพที่ 17 ข้อมูลการเคลื่อนที่และการหมุน (Translational and rotational data)	19
ภาพที่ 18 ข้อมูลการเคลื่อนไหวจากโครงกระดูก (Skeletal data)	20
ภาพที่ 19 โครงสร้างลำดับขั้นสำหรับร่างมนุษย์	20
ภาพที่ 20 โครงสร้างโครงกระดูกของไฟล์ BVH ตัวอย่าง	22
ภาพที่ 21 ตัวอย่างไฟล์ BVH	24

ภาพที่ 22 โครงสร้างโครงกระดูกของไฟล์ HTR ตัวอย่าง	26
ภาพที่ 23 ส่วนประกอบคอลัมน์และแถวของข้อมูลไฟล์ .TRC.....	26
ภาพที่ 24 โครงสร้างของรูปแบบไฟล์ .TRC.....	27
ภาพที่ 25 ความแตกต่างระหว่าง 2D และ 3D ทำให้เกิดการประเมินท่าทางขึ้นใหม่	29
ภาพที่ 26 ขั้นตอนที่เกี่ยวข้องในการประมาณท่าทางของมนุษย์โดยใช้ OpenPose	30
ภาพที่ 27 ไปป์ไลน์ของ RMPE.....	31
ภาพที่ 28 ภาพรวมของวิธีการ DeepCut ตรวจจับส่วนต่างๆ ของร่างกายที่เป็นไปได้ใน	31
ภาพที่ 29 การคาดการณ์สุดท้ายจาก Mask R-CNN	32
ภาพที่ 30 การใช้งาน Pose Estimation ในการตรวจจับกิจกรรมของมนุษย์และการเคลื่อนไหว	33
ภาพที่ 31 การใช้งาน Pose Estimation ในงานโมชันแคปเจอร์และความจริงเสริม	34
ภาพที่ 32 การใช้งาน Pose Estimation ในการฝึกหุ่นยนต์.....	34
ภาพที่ 33 การติดตามการเคลื่อนไหวสำหรับเกมคอนโซล.....	35
ภาพที่ 34 ตัวอย่างการใช้งาน DeepMotion	36
ภาพที่ 35 ตัวอย่างการใช้งาน RADiCAL.....	38
ภาพที่ 36 Session แสดงการทำงานของ Move.AI.....	39
ภาพที่ 37 ขั้นตอนการแยกไฟล์การเคลื่อนไหวอัตโนมัติโดย Rokoko.....	40
ภาพที่ 38 ข้อมูลการเคลื่อนไหวใน Rokoko Studio.....	41
ภาพที่ 39 ขั้นตอนหลังจากการประมวลผลการเคลื่อนไหวด้วย Wonder Studio AI	42
ภาพที่ 40 ขั้นตอนการผลิตแอนิเมชัน 3 มิติ	43
ภาพที่ 41 การออกแบบสตอรี่บอร์ด.....	45
ภาพที่ 42 แอนิเมติกสตอรี่บอร์ดเคลื่อนไหวพร้อมเสียง	46
ภาพที่ 43 ออกแบบตัวละคร (Character Design).....	46
ภาพที่ 44 เค้าโครง 3 มิติ (3D Layout) ในแอนิเมชัน	47
ภาพที่ 45 การสร้างโมเดล 3 มิติ	48

ภาพที่ 46 การสร้างพื้นผิว 3 มิติ	48
ภาพที่ 47 3D Rigging.....	49
ภาพที่ 48 ภาพเคลื่อนไหว 3 มิติ	49
ภาพที่ 49 ขั้นตอน VFX ของไปป์ไลน์แอนิเมชัน 3 มิติ	50
ภาพที่ 50 3D Lighting.....	51
ภาพที่ 51 การเรนเดอร์ 3 มิติ.....	51
ภาพที่ 52 การจัดองค์ประกอบภาพ	52
ภาพที่ 53 เอฟเฟกต์ 2 มิติ	53
ภาพที่ 54 การแก้ไขสี (Color correction).....	53
ภาพที่ 55 การใช้ Mocap สำหรับกระบวนการผลิตแอนิเมชัน 3 มิติ.....	54
ภาพที่ 56 การนำข้อมูลการเคลื่อนไหวเข้ามาในโปรแกรม Motionbuilder ในท่า T-Pose.....	55
ภาพที่ 57 การสร้าง Characterize ให้กับโมเดล.....	55
ภาพที่ 58 ขั้นตอนการ Retargeting โดยการจับคู่ตัวละครกับข้อมูลการเคลื่อนไหว.....	56
ภาพที่ 59 Import ตัวละครที่มีการเคลื่อนไหวเข้ามาในโปรแกรม 3 มิติ.....	56
ภาพที่ 60 ทฤษฎีการกระทำอย่างมีเหตุผล.....	58
ภาพที่ 61 ทฤษฎีการกระทำอย่างมีเหตุผล.....	58
ภาพที่ 62 แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี.....	60
ภาพที่ 63 แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยีหลังการปรับปรุง.....	60
ภาพที่ 64 แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี 2.....	61
ภาพที่ 65 แบบจำลองปัจจัยการรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งาน.....	63
ภาพที่ 66 การวัดระยะทางแบบยูคลีเดียน	65
ภาพที่ 67 ตัวอย่างลักษณะการวัดระยะทางแบบยูคลีเดียน	66
ภาพที่ 68 ตัวอย่างลักษณะการมาตวัดระยะทางแบบแมนฮัตตัน	67
ภาพที่ 69 กรอบแนวคิดการวิจัย	71

ภาพที่ 70 ขั้นตอนการ Retarget การเคลื่อนไหวและ Export ข้อมูลในรูปแบบไฟล์นามสกุล TRC	74
ภาพที่ 71 ขั้นตอนการ Export ข้อมูลการเคลื่อนไหวของ AI Mocap ในรูปแบบไฟล์นามสกุล TRC	74
ภาพที่ 72 ขั้นตอนการคำนวณด้วยโปรแกรม Visual Studio Code	75
ภาพที่ 73 ขั้นตอนการ Retarget การเคลื่อนไหวเพื่อทำแอนิเมชันในโปรแกรม Maya	76
ภาพที่ 74 ขั้นตอนการแก้ไขแอนิเมชันในโปรแกรม Maya	76
ภาพที่ 75 ขั้นตอนการการเรนเดอร์แอนิเมชันในโปรแกรม Maya	77
ภาพที่ 76 ขั้นตอนการการเรนเดอร์แอนิเมชันในโปรแกรม Maya	77
ภาพที่ 77 แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยีการจับการเคลื่อนไหวแบบปัญญาประดิษฐ์	78
ภาพที่ 78 ขั้นตอนการเก็บข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบ AI Mocap และ Optical Mocap	79
ภาพที่ 79 บันทึกข้อมูลการเคลื่อนไหวของนักแสดงด้วย Optical mocap และ AI mocap	80
ภาพที่ 80 การติดตั้งอุปกรณ์กล้อง webcam สำหรับบันทึกการเคลื่อนไหวสำหรับ AI mocap	80
ภาพที่ 81 กราฟเปรียบเทียบระยะห่างของข้อมูลการเคลื่อนไหวท่าเดิน	85
ภาพที่ 82 กราฟเปรียบเทียบระยะห่างของข้อมูลการเคลื่อนไหวท่าวิ่ง	86
ภาพที่ 83 กราฟเปรียบเทียบระยะห่างของข้อมูลการเคลื่อนไหวท่ากระโดด	87
ภาพที่ 84 กราฟเปรียบเทียบระยะห่างของข้อมูลการเคลื่อนไหวท่านั่ง	88
ภาพที่ 85 กราฟเปรียบเทียบระยะห่างของข้อมูลการเคลื่อนไหวท่าخمมวย	89
ภาพที่ 86 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร	99



บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

เทคโนโลยีการจับการเคลื่อนไหว หรือ Motion Capture (Mocap) คือการใช้อุปกรณ์กล้องตรวจจับการเคลื่อนไหวของนักแสดง และแปลค่าการเคลื่อนไหวของนักแสดงเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ ทำให้ตัวละคร 3 มิติที่สร้างขึ้นมานั้นสามารถแสดงท่าทางที่สวยงามสมจริงได้ ในอุตสาหกรรมการผลิตแอนิเมชัน Mocap ช่วยสร้างการเคลื่อนไหวของมนุษย์และสัตว์ที่เหมือนจริงซึ่งทำงานได้ดีกว่าวิธีคีย์เฟรม และยังช่วยลดเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิตให้ใช้เวลาน้อยลงอีกด้วย ด้วยเหตุผลเหล่านี้ Mocap จึงนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในความเป็นดิจิทัล เช่น ภาพยนตร์ โทรทัศน์ โฆษณา สารคดี มิวสิควิดีโอ ฯลฯ (Deguzman, 2021; เภยญา พัฒนาพิภพ, 2564)

ถึงแม้ว่าการนำ Mocap จะได้รับความนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย แต่ยังมีปัญหาในกระบวนการบางอย่างเช่น ขั้นตอนของการเตรียมงานล่วงหน้าในการติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้เวลานาน ขั้นตอนการแก้ไขข้อมูลการเคลื่อนไหวในตอนท้ายซึ่งใช้เวลาและทรัพยากรที่มาก (Man-Woo et al., 2006) และการพัฒนา Motion Capture ตั้งแต่ต้นจนจบส่วนใหญ่ดำเนินการโดยมหาวิทยาลัยและยังเป็นเทคโนโลยีที่เข้าถึงยากเพราะชุดอุปกรณ์ที่ใช้ยังมีราคาแพงอยู่ ดังนั้นจำนวนผู้ที่สามารถใช้เทคโนโลยี Motion Capture จึงมีจำกัด (Baker, 2020; นนทวรรณ ธงสิบลอง, 2555, p. 283) ในปัจจุบันการแข่งขันด้านเทคโนโลยีจับการเคลื่อนไหวใหม่ ๆ เกิดขึ้นจำนวนมาก โดยมีนักวิจัยจาก NVIDIA, University of Toronto และ Vector Institute ได้คิดค้นวิธีการใหม่ในการจับภาพการเคลื่อนไหว โดยใช้เฉพาะคลิปวิดีโอเป็นส่วนนำเข้าเพื่อปรับปรุงโมเดลแอนิเมชันการจับภาพการเคลื่อนไหวตามวิดีโอจากผู้ใช้ YouTube ใช้ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) เพื่อถ่ายภาพบุคคลและแปลงเป็นอวตารดิจิทัลที่เคลื่อนไหวตามภาพวิดีโอได้ ด้วยวิธีนี้จะทำให้สามารถจับการเคลื่อนไหวได้ในราคาที่ถูกลง (Horrocks, 2021) โดยแนวทางใหม่นี้ถูกเรียกว่า AI Mocap ซึ่งเป็นการแก้ไขปัญหของ Mocap แบบดั้งเดิม โดยที่ AI Mocap ไม่มีชุดสำหรับติดมาร์คเกอร์สะท้อนแสง และไม่มีการตั้งค่าใด ๆ ถึงแม้ว่าความแม่นยำของการจับการเคลื่อนไหวในรูปแบบ AI ในขณะนี้จะต่ำกว่าระบบที่ใช้มาร์คเกอร์ แต่ระบบที่ AI Mocap ก็มีข้อได้เปรียบคือไม่ได้จำกัดพื้นที่อยู่เพียงห้องแล็บหรือสตูดิโอเฉพาะ สามารถบันทึกการเคลื่อนไหวจากสถานที่ใดก็ได้ ทำให้สามารถเข้าถึงข้อมูลของการเคลื่อนไหวได้มากขึ้น และใช้เวลาในขั้นตอนต่าง ๆ น้อยลง (Nakano et al., 2020; Theia Markerless, 2020) และในช่วงการแพร่ระบาดของ Covid-19 สตูดิโอโมชันแคปเจอร์หลายแห่งชะลอการให้บริการ ทำให้อุตสาหกรรมการผลิตแอนิเมชันไม่ข้อมูลการเคลื่อนไหวของตัว

ละครที่ได้จากสตูดิโอ เป็นเหตุผลที่หลายองค์กรให้ความสำคัญกับการพัฒนา AI Mocap เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ การจับภาพเคลื่อนไหวในวิธีที่ประหยัดและยืดหยุ่น นอกจากนี้ผู้ที่ชื่นชอบแอนิเมชัน หรือการออกแบบเกมรวมไปถึงสตูดิโอขนาดเล็กที่มีงบประมาณจำกัดต่างมองหาทางเลือกด้านราคาที่ไม่แพงสำหรับการสร้างแอนิเมชัน 3D มาระยะหนึ่งแล้ว และในอนาคตมีความเป็นไปได้ที่เทคโนโลยี AI Mocap จะสามารถใช้ได้กับแอนิเมชันขนาดใหญ่และการโฆษณาเสมือนจริงได้ (He, 2020; Takahashi, 2020)

จากที่มาและความสำคัญของปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงประสิทธิภาพของ AI Mocap สำหรับการผลิตแอนิเมชันในภาคอุตสาหกรรมการผลิต การใช้ข้อมูลจาก Mocap ต้องได้ข้อมูลที่คลาดเคลื่อนน้อยที่สุดเพื่อลดค่าใช้จ่ายและเวลาในการแก้ไขผิดพลาดของข้อมูล ดังนั้นการจับการเคลื่อนไหวด้วยเทคโนโลยี AI Mocap หากมีประสิทธิภาพและความแม่นยำใกล้เคียงกับเทคนิคการจับการเคลื่อนไหวของผู้แสดงแบบพื้นฐาน จะสร้างความมั่นใจให้กับอุตสาหกรรมการผลิตแอนิเมชันหรือเกมต้นทุ่นต่ำภายในประเทศได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจับการเคลื่อนไหวระหว่างการใช้ระบบ Optical mocap และการจับการเคลื่อนไหวด้วย AI mocap
2. เพื่อสร้างแอนิเมชันตัวอย่างด้วยระบบ Optical mocap และการจับการเคลื่อนไหวด้วย AI mocap
3. เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพการเคลื่อนไหวของระบบ Optical mocap และการจับการเคลื่อนไหวด้วย AI mocap
4. เพื่อประเมินผลการยอมรับของภาคการศึกษาและภาคอุตสาหกรรมแอนิเมชันและเกมต้นทุ่นต่ำต่อการใช้งานการจับการเคลื่อนไหวด้วย AI mocap ในกระบวนการผลิตแอนิเมชัน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

- 1) ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ บุคลากรด้านแอนิเมชันในภาคอุตสาหกรรมและนิสิตนักศึกษาที่เรียนเกี่ยวกับแอนิเมชันและเกมภายในประเทศ

2) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นิสิตนักศึกษาที่เรียนเกี่ยวกับแอนิเมชันและเกม โดยใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 83 คน และ บุคลากรด้านแอนิเมชันในภาคอุตสาหกรรมแอนิเมชันและเกมภายในประเทศ โดยใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 5 คน รวมจำนวน 88 คน

1.4.2 ขอบเขตด้านเนื้อหา

งานวิจัยนี้มีขอบเขตการทดลองดังต่อไปนี้

1) การเคลื่อนไหว ใช้การจับท่าทางการเคลื่อนไหวของมนุษย์แบบเต็มตัว ได้แก่ ท่าเดิน ท่าวิ่ง ท่ากระโดด (Suwich Tirakoat, 2011) ท่านั่ง และท่าเต้น

2) อุปกรณ์และขนาดพื้นที่ของระบบ Optical mocap ประกอบด้วยชุดสตูดิโอสำหรับการเคลื่อนไหวจำนวน 1 ชุดและจุดมาร์คเกอร์สะท้อนแสงจำนวน 42 จุด โดยใช้ห้องสตูดิโอ Motion Capture ของภาควิชาสื่ออนิเมติ คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โดยใช้พื้นที่การจับการเคลื่อนไหวขนาด 3 x 3 เมตร

3) อุปกรณ์ขนาดพื้นที่ของระบบ AI Mocap ประกอบด้วย กล้อง Webcam สำหรับบันทึกการเคลื่อนไหวและอุปกรณ์จำนวน 4 ชุด และซอฟต์แวร์สำหรับบันทึกวิดีโอจำนวน 1 ซอฟต์แวร์ โดยใช้ห้องสตูดิโอ Motion Capture ของภาควิชาสื่ออนิเมติ คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โดยใช้พื้นที่การจับการเคลื่อนไหวขนาด 3 x 3 เมตร

4) แพลตฟอร์ม AI Mocap (1) DeepMotion (2) Wonder Studio AI (3) Rokoko Vision เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับการเคลื่อนไหวที่ได้จากระบบ Optical mocap

5) จำนวนนักแสดง ใช้นักแสดงจำนวน 1 คนในการจับการเคลื่อนไหว โดยนักแสดงเป็นเพศชาย ขนาดส่วนสูงที่ 165 ซม. น้ำหนัก 57 กก.

1.4.3 ตัวแปรของการวิจัย ประกอบด้วย

1) ตัวแปรอิสระ คือ สื่อวิดีโอแอนิเมชันจากการเปรียบเทียบการจับการเคลื่อนไหวด้วยออปติคอลโมแคปและการจับการเคลื่อนไหวแบบปัญญาประดิษฐ์

2) ตัวแปรตาม คือ

1.ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจับการเคลื่อนไหวระหว่างการใช้ระบบ Optical mocap และการจับการเคลื่อนไหวด้วย AI mocap

2.ประสิทธิภาพการเคลื่อนไหวของระบบ Optical mocap และการจับการเคลื่อนไหวด้วย AI mocap

3.ผลการยอมรับของภาคการศึกษาและภาคอุตสาหกรรมแอนิเมชันและเกมต้นทุนต่ำต่อการใช้งานการจับการเคลื่อนไหวด้วย AI mocap ในกระบวนการผลิตแอนิเมชัน

1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- 1) แบบประเมินผลการยอมรับการใช้งานการจับการเคลื่อนไหวแบบปัญญาประดิษฐ์ในกระบวนการผลิตแอนิเมชัน
- 2) สื่อวิดีโอแอนิเมชันจากการเปรียบเทียบการจับการเคลื่อนไหวแบบปัญญาประดิษฐ์และการจับการเคลื่อนไหวด้วยออปติคัลโมแคป

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.6.1 ชุดจับการเคลื่อนไหวแบบจุดสะท้อนแสง คือ Motion Capture หมายถึงชุดอุปกรณ์ที่ใช้บันทึกการเคลื่อนไหวด้วยคอมพิวเตอร์ ในงานวิจัยนี้ใช้ Mocap เป็นจุดสะท้อนแสงแบบออปติคัล (Optical mocap)

1.6.2 ชุดจับการเคลื่อนไหวแบบปัญญาประดิษฐ์ คือ Artificial Intelligence Motion Capture เป็นการจับภาพเคลื่อนไหวเพื่อทำให้บุคคลเป็นอวตารดิจิทัลและให้การจำลองทางฟิสิกส์เพื่อเลียนแบบการเคลื่อนไหวในชีวิตจริงอย่างแม่นยำโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ในงานวิจัยนี้จะใช้ AI Mocap (1) DeepMotion (2) Wonder Studio AI (3) Rokoko Vision เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับการเคลื่อนไหวที่ได้จาก Mocap

1.6.3 การยอมรับเทคโนโลยี หมายถึง การยอมรับเกี่ยวกับการใช้งาน AI Mocap ในด้านต่างๆ เช่น การรับรู้ถึงประโยชน์ การรับรู้ความง่าย ความตั้งใจที่จะใช้งาน การนำมาใช้งานจริง เป็นต้น

1.6.4 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพ หมายถึง การจำแนก แยกแยะ ทำทางการเคลื่อนไหวของระบบ Optical mocap และ AI mocap เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบว่า การเคลื่อนไหวของระบบ Optical mocap และ AI mocap ในคีย์เฟรมเดียวกัน มีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร สัมพันธ์กันอย่างไร

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องการศึกษาการจับการเคลื่อนไหวแบบปัญญาประดิษฐ์ในการผลิตแอนิเมชัน
ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยนำเสนอตามลำดับหัวข้อ ดังต่อไปนี้

- 2.1 อุปกรณ์จับการเคลื่อนไหว
- 2.2 กระบวนการผลิตแอนิเมชัน
- 2.3 แนวคิดการยอมรับเทคโนโลยี
- 2.4 การหาระยะความห่าง
- 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 อุปกรณ์จับการเคลื่อนไหว

Kitagawa and Windsor (2008) ได้กล่าวว่า Motion Capture (Mocap) คืออุปกรณ์ที่ใช้ในบันทึกการเคลื่อนไหวของมนุษย์ สัตว์ และวัตถุที่ไม่มีชีวิตแปลงเป็นข้อมูล 3 มิติ ซึ่งสามารถนำมาใช้เพื่อศึกษาการเคลื่อนไหวหรือเพื่อสร้างการเคลื่อนไหวที่มีชีวิตชีวาให้กับโมเดลคอมพิวเตอร์ 3 มิติ ในปัจจุบัน Mocap เป็นอุปกรณ์พิเศษที่มีจำกัดอยู่แค่ในบริษัทผู้ผลิตเกมหรือแอนิเมชัน และมหาวิทยาลัยที่เปิดสอนทางด้านแอนิเมชันที่ใช้เทคโนโลยีนี้ นอกจากนี้ยังใช้ในวงการภาพยนตร์ กองทัพ และการแพทย์ แต่การใช้เทคโนโลยีจับการเคลื่อนไหวที่พบเห็นในชีวิตประจำวันของเราเป็นประจำส่วนใหญ่มักจะเป็นในรูปแบบของภาพยนตร์ เกม และโฆษณาทางทีวี

2.1.1 ประเภทของ Mocap

ระบบของ Mocap ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดในปัจจุบันแต่ละประเภทมีจุดแข็งและจุดอ่อนที่แตกต่างกันสามารถจำแนกออกเป็น 2 ประเภทหลักได้ดังต่อไปนี้

2.1.1.1 ระบบโมแคปแบบออปติคัล (Optical Mocap Systems)

Alberto Menache (2011) ได้กล่าวว่า ระบบ Optical Mocap เป็นการจับการเคลื่อนไหวด้วยแสง ซึ่งจำเป็นต้องใช้กล้องติดตั้งในตำแหน่งรอบๆพื้นที่ที่ต้องการบันทึกการเคลื่อนไหว และใช้มาร์คเกอร์สะท้อนแสงติดไว้ตามตัวนักแสดงในข้อต่อหลักที่ใช้ในการเคลื่อนไหว ตัวกล้องจะปล่อยแสงอินฟราเรดที่สะท้อนจากมาร์คเกอร์ จากนั้นกล้องจะมองเห็นแสงสะท้อน เมื่อกล้องมากกว่าหนึ่งตัวเห็นการสะท้อนจากมาร์คเกอร์ ตำแหน่งของมาร์คเกอร์ นั้นในพื้นที่ 3 มิติจะถูกระบุตำแหน่งโดยความแม่นยำระดับมิลลิเมตร ดังนั้นยิ่งกล้องมากเท่าไรก็ยิ่งดี เนื่องจากส่วนต่างๆ ของ

ร่างกายสามารถบังหรือถูกบังมาร์คเกอร์อื่นๆ ในระหว่างการเคลื่อนไหวได้ ระบบ Optical Mocap สามารถแบ่งตามรูปแบบของการทำงานในปัจจุบันออกเป็น 3 รูปแบบดังนี้

1) แบบใช้มาร์คเกอร์เป็นตัวสะท้อนแสง (Passive markers) มาร์คเกอร์แบบ Passive ทำจากวัสดุสะท้อนแสงและมีรูปร่างเป็นทรงกลมหรือกึ่งทรงกลม รูปร่างและขนาดของเครื่องหมายขึ้นอยู่กับความละเอียดของกล้องและจับภาพวัตถุ เครื่องหมายแบบ Passive ใช้ติดโดยตรงกับผิวหนังของวัตถุหรือติดกับชุด Mocap ซึ่งเป็นชุดเต็มตัวทำจากวัสดุที่ยืดหยุ่น กล้องในระบบ Passive ทำงานด้วยการเปล่งแสง (LEDs) และไฟที่ปล่อยออกมาจาก LED จะสะท้อนกับมาร์คเกอร์และส่งข้อมูลกลับไปยังคอมพิวเตอร์



ภาพที่ 1 แบบใช้มาร์คเกอร์เป็นตัวสะท้อนแสง (Passive markers)

ที่มา: Alberto Menache (2011)

2) แบบใช้มาร์คเกอร์เป็นตัวเปล่งแสง (Active markers) มาร์คเกอร์ในระบบ Active จะใช้ LED ที่ติดอยู่บนวัตถุหรือชุด Mocap ในการเปล่งแสง ด้วยความถี่ของ LED และใช้เครื่องรับสัญญาณความถี่ช่วยให้ระบบระบุตำแหน่งการเคลื่อนไหวได้ ระบบ Active เป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับการใช้การจับการเคลื่อนไหวบนภาพยนตร์ เนื่องจากไฟ LED สามารถควบคุมให้ลดหรือเพิ่มความสว่างเพื่อรับมือกับสภาพแสงที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาในการถ่ายทำ การใช้มาร์คเกอร์แบบ Active ประสบความสำเร็จอย่างมากจากการพัฒนาเพื่อใช้กับภาพยนตร์ Apes series ซึ่งถูกถ่ายทำภายนอกสตูดิโอในหลายสภาพอากาศ เช่น การถ่ายทำในป่า การถ่ายทำในตอนกลางคืนในนิวออร์ลีนส์



ภาพที่ 2 แบบใช้มาร์กเกอร์เป็นตัวเปล่งแสง (Active markers)

ที่มา: <https://www.phasespace.com/virtualcamera.html>

3) แบบไม่ใช้มาร์กเกอร์ (Markerless Motion Capture) ใช้ภาพจากวิดีโอเป็นมาตรฐานและอาศัยซอฟต์แวร์ที่ใช้การเรียนรู้เชิงลึก (อัลกอริทึมการประมาณการทำทาง) เพื่อประมวลผลท่าทางของมนุษย์สำหรับแต่ละภาพภายในวิดีโอ ซึ่งมีทั้งแบบใช้กล้องเดียวและใช้กล้องหลายตัวในการจับภาพเคลื่อนไหว เทคโนโลยีนี้ส่วนใหญ่มักนำมาใช้ทางด้านการแพทย์เช่น การฟื้นฟูสมรรถภาพ การฝึกกีฬาและการแข่งขัน และป้องกันการบาดเจ็บ เป็นต้น(Wade et al., 2022, pp. 5-8)



ภาพที่ 3 แบบไม่ใช้มาร์กเกอร์ (Markerless Motion Capture)

ที่มา: <https://ipisoft.com/>

ข้อดีของระบบออปติ ได้แก่ ข้อมูลของระบบออปติคัลมีความถูกต้องแม่นยำกว่าอัตราการจับภาพที่เฟรมเรตสูงสามารถจับภาพการเคลื่อนไหวพร้อมกันได้หลายๆวัตถุ สามารถใช้มาร์กเกอร์ได้จำนวนมาก การกำหนดค่าเครื่องหมายสามารถเปลี่ยนแปลงได้ง่าย ขึ้นอยู่กับเป้าหมายของการจับการเคลื่อนไหว วัตถุที่จับการเคลื่อนไหวของระบบออปติคัลสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ

ในพื้นที่ของการจับภาพ ปริมาณการจับการเคลื่อนไหวอาจมีขนาดใหญ่กว่าระบบอื่นๆ และสามารถสร้างข้อมูลการเคลื่อนไหวที่เป็นโครงกระดูกได้

ข้อเสียของระบบออปติคัล ได้แก่ จำเป็นต้องมีขั้นตอนหลังการประมวลผลที่ต้องใช้ระยะเวลานาน ข้อมูลการหมุนจะต้องคำนวณจากข้อมูลตำแหน่งในขั้นตอนหลังการประมวลผล จุดมาร์คเกอร์สามารถถูกบังได้โดยการจับวัตถุหรืออุปกรณ์ประกอบฉาก ส่งผลให้ข้อมูลสูญหาย จำเป็นต้องมีการควบคุมสภาพแวดล้อมและแสงสว่างสำหรับการจับการเคลื่อนไหว โดยเฉพาะระบบแบบพาสซีฟ การตอบสนองด้วยภาพแบบเรียลไทม์นั้นจำกัดเฉพาะส่วนที่กล้องจับข้อมูลการเคลื่อนไหวได้ ฮาร์ดแวร์มักจะมีราคาแพงกว่าอุปกรณ์ Mocap ประเภทอื่นๆ

จากข้อมูลข้างต้นเกี่ยวกับระบบ Optical Mocap เหตุผลที่ผู้วิจัยเลือกใช้ระบบนี้ในการศึกษาเนื่องจากระบบ Optical Mocap สามารถให้ข้อมูลการติดตามที่มีความแม่นยำสูง โดยเฉพาะเมื่อเทียบกับระบบ Mocap ประเภทอื่นๆ เช่น ระบบเฉื่อยหรือระบบแม่เหล็ก ระบบ Optical Mocap มีความยืดหยุ่นช่วยให้สามารถตั้งค่าได้หลากหลายและใช้งานได้หลายรูปแบบสามารถใช้ติดตามการเคลื่อนไหวของนักแสดงที่เป็นมนุษย์หรือติดตามการเคลื่อนไหวของวัตถุในห้องปฏิบัติการหรือโรงงานอุตสาหกรรม ระบบ Optical Mocap สามารถจับข้อมูลการเคลื่อนไหวในพื้นที่ขนาดใหญ่ได้ ทำให้เหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับการจับภาพการเคลื่อนไหวของนักกีฬาหรือนักแสดงบนเวที ระบบ Optical Mocap ยังสามารถติดตามคนหรือวัตถุหลาย ๆ อย่างพร้อมกันได้ จึงมีประโยชน์สำหรับการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของกลุ่มหรือปฏิสัมพันธ์ทางสังคม นอกจากนี้เทคโนโลยีระบบ Optical Mocap ยังมีมานานหลายทศวรรษแล้ว เป็นเทคโนโลยีที่ได้รับการยอมรับอย่างดีในอุตสาหกรรมการจับภาพเคลื่อนไหว ซึ่งหมายความว่ามีความเชี่ยวชาญและได้รับการสนับสนุนมากมายสำหรับนักวิจัยที่เลือกใช้ระบบนี้

2.1.1.2 Non-Optical System

นอกจากระบบ Optical Mocap ที่เป็นการจับการเคลื่อนไหวด้วยแสงแล้ว ในท้องตลาดทั่วไปยังมีระบบ Non-Optical System ที่สามารถใช้เซ็นเซอร์รูปแบบอื่นๆสำหรับจับการเคลื่อนไหวได้ และแบ่งตามรูปแบบของการทำงานในปัจจุบันออกเป็น 4 ประเภทได้ดังต่อไปนี้

1) ระบบแรงเฉื่อย (Inertial systems) ส่วนใหญ่ใช้หน่วยวัดแรงเฉื่อย (Inertial Measurement Units : IMUs) ที่ประกอบด้วยไจโรสโคป แม็กนีโตมิเตอร์ และมาตรความเร่งเพื่อวัดอัตราการหมุนของข้อมูลดิจิทัลมาจากเซ็นเซอร์แรงเฉื่อยขนาดเล็ก ซึ่งวางอยู่บนข้อต่อหลักในจุดต่างๆ ตามการเคลื่อนไหวของโครงกระดูก ข้อมูลการเคลื่อนที่ของเซ็นเซอร์แรงเฉื่อยจะถูกส่งไปยังคอมพิวเตอร์ในการบันทึกหรือดูการเคลื่อนไหว ซึ่งการเคลื่อนไหวเหล่านี้จะถูกแปลเป็นโครงกระดูกในซอฟต์แวร์ ประโยชน์ของระบบนี้คือไม่ต้องใช้แสงในการจับการเคลื่อนไหว นั่นหมายความว่า

ว่านักแสดงสามารถสวมใส่ชุดโมแคปและสามารถจับการเคลื่อนไหวนอกสถานที่ที่ไม่ใช่ภายในสตูดิโอได้ แต่มีข้อเสียอยู่คือเมื่อมีการรบกวนจากสนามแม่เหล็กทำให้ข้อมูลบางส่วนอาจจะทำให้การส่งข้อมูลความแม่นยำลดน้อยลงได้ ผู้ผลิตที่มีชื่อเสียง ได้แก่ Xsens, Noitom และ Rokoko และสามารถใช้ HTC Vive เพื่อจับภาพการเคลื่อนไหวได้เช่นกัน (Dower & Langdale, 2022, pp. 11-15)



ภาพที่ 4 ระบบแรงเฉื่อย (Inertial systems)

ที่มา: <https://cornershop-immersion.com/en/blog/post/23-perception-neuron-3rd-motion-capture>

2) ระบบจับการเคลื่อนไหวแบบกลไก (Mechanical Motion capture)

ทำงานด้วยการวัดมุมร่วมของวัตถุที่จับได้โดยตรงซึ่งต้องสวมอุปกรณ์แบบข้อต่อที่ประกอบด้วยแท่งตรงและโพเทนซิโอมิเตอร์ มีการเชื่อมโยงด้วยโพเทนซิโอมิเตอร์ที่ข้อต่อ ซึ่งออกแบบมาเพื่อวัดมุมของข้อต่อเมื่อวัตถุที่จับเคลื่อนไหว อุปกรณ์นี้ดูเหมือนโครงกระดูกที่ติดภายนอกร่างกาย รวมถึงระบบเครื่องกลประเภทอื่นๆ ได้แก่ ถังมือและเการะดิจิตอลระบบเครื่องกลเป็นแบบตามเวลาจริง ข้อดีคือราคาไม่แพง ไม่มีการรบกวนทางแม่เหล็กหรือทางไฟฟ้า และพกพาสะดวก ระบบกลไกไร้สายให้ปริมาณการจับที่มาก ข้อเสียที่โดดเด่นของระบบกลไกคือไม่สามารถวัดการแปลค่าที่เป็นมาตรฐานทั่วโลกได้ใช้ได้เพียงแค่มาตรฐานความเร่ง ระบบจับการเคลื่อนไหวแบบกลไกทำงานไม่ดีเมื่อเท้าลูกรจากพื้นหรือกระโดดขึ้นจากพื้น ถ้าตัวละครเดินขึ้นบันไดข้อมูลจะไม่เดินขึ้นไปในอากาศแต่ดูเหมือนกำลังเดินอยู่กับที่ ดังนั้นจึงมีการนำเซ็นเซอร์แม่เหล็กเข้าไปในระบบกลไกเพื่อแก้ไขปัญหา



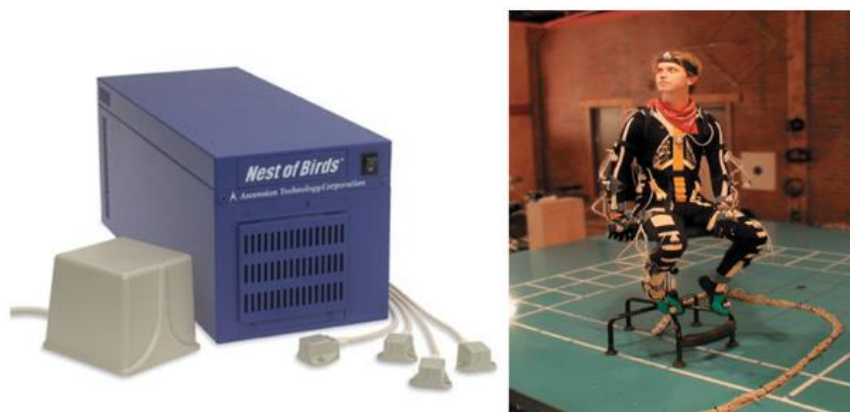
ภาพที่ 5 ระบบจับการเคลื่อนไหวแบบกลไก (Mechanical motion capture)

ที่มา: <http://pubs.sciepub.com/ajme/1/7/12/figure/1>

ข้อดีของระบบแม่เหล็ก ได้แก่ ใช้ระบบแบบเรียลไทม์ได้มีราคาค่อนข้างถูก ไม่มีการบดบังจากอุปกรณ์อื่น ไม่มีการรบกวนทางแม่เหล็กหรือทางไฟฟ้า สามารถพกพาได้สะดวก ช่วงของการจับภาพมีพื้นที่ขนาดใหญ่

ข้อเสียของระบบแม่เหล็ก ได้แก่ ไม่มีการส่งข้อมูลแบบสากล ข้อจำกัดในการเคลื่อนไหวของตัวแบบที่จับ อุปกรณ์อาจจะมีการแตกหักได้ การกำหนดค่าของเซ็นเซอร์คงที่ไม่สามารถปรับแต่งได้ และมีอัตราเฟรมเรทการเคลื่อนไหวต่ำ

3) ระบบจับการเคลื่อนไหวแบบแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic systems) บางครั้งเรียกว่าตัวติดตามแม่เหล็ก ระบบได้มาจากเซ็นเซอร์ที่วางอยู่บนหมวกนักบินของเครื่องบินทหาร เพื่อติดตามตำแหน่งศีรษะและทิศทางของนักบินสำหรับจอแสดงผลที่ติดหมวก ด้วยระบบ Mocap แบบแม่เหล็ก เซ็นเซอร์ติดตาม 12 ถึง 20 ตัวจะถูกวางไว้บนวัตถุที่จับเพื่อวัดความสัมพันธ์เชิงพื้นที่กับตัวส่งสัญญาณแม่เหล็ก เซ็นเซอร์ติดตามจะแสดงผลการแปลและการวางแนว ดังนั้น ไม่จำเป็นต้องประมวลผลภายหลังเพื่อคำนวณการหมุน จากข้อมูลข้างต้นนี้ทำให้ระบบแม่เหล็กสามารถใช้กับแอปพลิเคชันแบบเรียลไทม์ได้ อย่างไรก็ตามอาจจะเกิดการรบกวนทางแม่เหล็กและทางไฟฟ้าที่เกิดจากวัตถุที่เป็นโลหะและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่อยู่ในพื้นที่ การรบกวนอาจส่งผลให้อาต์พุตผิดเพี้ยน โครงสร้างอาคารที่มีโลหะการนำไฟฟ้าสูงไม่เหมาะสมเป็นพื้นที่จับการเคลื่อนไหวสำหรับระบบแม่เหล็ก สายไฟและแบตเตอรี่สำหรับเซ็นเซอร์ติดตามอาจจำกัดการเคลื่อนไหวของวัตถุที่จับได้ นอกจากนี้ จำเป็นต้องชาร์จแบตเตอรี่ของเซ็นเซอร์ติดตามทุก ๆ สองสามชั่วโมงระบบแม่เหล็กสามารถแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มหนึ่งใช้สนามแม่เหล็กไฟฟ้ากระแสตรง (DC) และอีกกลุ่มหนึ่งใช้สนามไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ระบบ AC มีความไวต่ออะลูมิเนียมและทองแดงมาก ระบบ DC มีความไวต่อเหล็กและเหล็กกล้า อัตราการสั่นตัวอย่างของระบบแม่เหล็ก (สูงสุด 144 หรือ 240 ตัวอย่างต่อวินาที) ต่ำกว่าระบบออปติคัล ข้อเสียของระบบแม่เหล็กไฟฟ้าคือไม่สามารถเปลี่ยนการกำหนดค่าของเซ็นเซอร์ติดตามเป็นได้อย่างอิสระตามการกำหนดค่าเครื่องหมายของระบบออปติคัล ระบบแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถจับนักแสดงหลายคนพร้อมกันด้วยการตั้งค่าที่หลากหลาย ปริมาณการจับของระบบแม่เหล็กมักจะน้อยกว่าระบบออปติคัล ข้อดีของระบบแม่เหล็กไฟฟ้าคือมีราคาถูกกว่าระบบออปติคัล (Kitagawa & Windsor, 2008, pp. 10-11)



ภาพที่ 6 ระบบจับการเคลื่อนไหวแบบแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic systems)

ที่มา: <http://pubs.sciepub.com/ajme/1/7/12/figure/2>

ข้อดีของระบบแม่เหล็ก ได้แก่ ตำแหน่งและการวางแผนพร้อมใช้งานโดยไม่ต้องประมวลผลภายหลัง ใช้แอปพลิเคชันแบบเรียลไทม์ เช่น เซอร์โมแกรมที่ถูกบันทึกด้วยวัตถุที่ไม่ใช่โลหะ สามารถจับภาพนักแสดงหลายคนได้พร้อมๆ กันด้วยการตั้งค่าที่หลากหลาย และระบบแม่เหล็กมีราคาถูกกว่าระบบออปติคัล

ข้อเสียของระบบแม่เหล็ก ได้แก่ เซ็นเซอร์มีแนวโน้มที่จะเกิดการรบกวนทางแม่เหล็กและทางไฟฟ้า การเดินสายไฟและแบตเตอรี่สำหรับเซ็นเซอร์ทำให้จำกัดการเคลื่อนไหวของวัตถุได้ เซ็นเซอร์แม่เหล็กมีอัตราการเฟรมเรตที่ต่ำกว่าระบบออปติคัล ข้อมูลแม่เหล็กมักจะมีสัญญาณรบกวนสูง รวมถึงการกำหนดค่าของเซ็นเซอร์ติดตามเปลี่ยนแปลงได้ยาก และปริมาณการจับของระบบแม่เหล็กจะน้อยกว่าระบบออปติคัล

4) ระบบเซ็นเซอร์การยืดตัว (Stretch sensors) เป็นตัวเก็บประจุแบบแผ่นขนานที่ยืดหยุ่นซึ่งวัดการยืด การโค้งงอ แรงเฉือน หรือแรงกด และโดยทั่วไปแล้วจะผลิตจากซิลิโคน เมื่อเซ็นเซอร์ยืดหรือบีบค่าความจุจะเปลี่ยนไปข้อมูลจะส่งสัญญาณผ่าน Bluetooth ไปยังโทรศัพท์หรือคอมพิวเตอร์ เซ็นเซอร์ยืดเหล่านี้เป็นตัวเก็บประจุแบบอ่อนและยืดหยุ่น เมื่อเซ็นเซอร์ถูกยืดหรือบีบสามารถตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของความจุไฟฟ้าได้ทางอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อให้ข้อมูลที่แม่นยำเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวของแขนขาหรือแรงกดบนมือและเท้า เซ็นเซอร์การยืดตัวยังต้องการวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่มีอัลกอริทึมที่ซับซ้อน เพื่อช่วยแปลข้อมูลการยืดและแปลงเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับผู้ใช้งาน ระบบเซ็นเซอร์การยืดตัวเป็นจุดเริ่มต้นในการค้นพบการใช้งานใหม่ๆ ที่น่าตื่นเต้นในด้านต่างๆ เช่น อุปกรณ์ถุงมือสวมใส่เพื่อการเล่นเกม และ VR/AR เป็นต้น (Benjamin O'Brien, 2016)

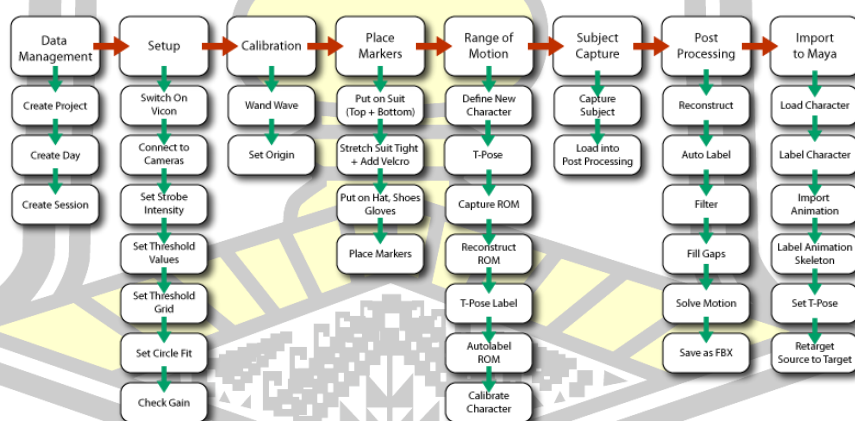


ภาพที่ 7 ระบบเซ็นเซอร์การยืดตัว (Stretch sensors)

ที่มา: <https://www.vfxvoice.com/a-dab-hand-at-mocap-the-latest-in-finger-tracking/>

2.1.2 กระบวนการจับการเคลื่อนไหว

Kitagawa and Windsor (2008) ได้นำเสนอกระบวนการจับการเคลื่อนไหวของระบบ Optical mocap ตั้งแต่เริ่มต้นไปจนถึงขั้นตอนสุดท้าย เพื่อให้ได้ข้อมูลการเคลื่อนไหวสำหรับนำไปใช้กับงานแอนิเมชันประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 8 กระบวนการจับการเคลื่อนไหว

ที่มา: <https://shorturl.asia/WJEZf>

1) การติดตั้งและกำหนดพื้นที่ (Setup) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการเตรียมการ (Pre-Production) ก่อนการจับการเคลื่อนไหวซึ่งการวางตำแหน่งกล้องเป็นสิ่งสำคัญที่สุดในการตั้งค่าสตูดิโอที่ใช้ในการจับการเคลื่อนไหว หากทำอย่างถูกต้องการวางตำแหน่งกล้องที่ดีจะให้ผลลัพธ์ในการจับการเคลื่อนไหวที่แม่นยำสูงและสม่ำเสมอ และลดเวลาในการแก้ไขความผิดพลาดของข้อมูลลง

อย่างมาก นอกจากนี้การติดตั้งกล้องจำนวนของกล้องที่ใช้จะสัมพันธ์กับขนาดของพื้นที่สำหรับใช้ในการจับการเคลื่อนไหวด้วย หากสตูดิโอที่ใช้จับการเคลื่อนไหวมีขนาดเล็กก็จะใช้จำนวนกล้อง 8-16 ตัว ในทางกลับกันหากสตูดิโอที่ใช้จับการเคลื่อนไหวมีขนาดใหญ่ก็จะใช้จำนวนกล้อง 32 ตัวขึ้นไปตามขนาดของพื้นที่

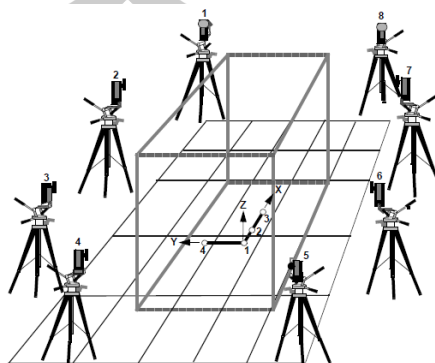


ภาพที่ 9 การติดตั้งและกำหนดพื้นที่

ที่มา: <https://rebellion.com/audiomotion-relocates-to-rebellion-film-studios/>

2) การปรับค่ากล้อง (Camera calibration) กล้องทุกตัวในเซสชัน mocap จะบันทึกเครื่องหมายแต่ละตัวเป็นตำแหน่ง 2D ส่วนกลาง กล้องที่แตกต่างกันอย่างน้อย 2 ตัวจำเป็นต้องเห็นเครื่องหมายเพื่อคำนวณตำแหน่ง 3 มิติทั่วโลกของเครื่องหมายนั้น อย่างไรก็ตามก่อนที่จะคำนวณข้อมูล 3D กล้องจำเป็นต้องได้รับการปรับค่ากล้อง กระบวนการปรับเทียบมาตรฐานของกล้องใช้เพื่อค้นหาตำแหน่งและทิศทางที่แน่นอนของกล้องในพื้นที่ส่วนกลาง ตลอดจนลักษณะภายในของกล้อง เช่น ทางยาวโฟกัสและตำแหน่งเซนเซอร์ภาพ พารามิเตอร์ทั้งหมดเหล่านี้อนุญาตให้กำหนดความสอดคล้องทางคณิตศาสตร์ระหว่างพิกัดจากระนาบภาพ (กำหนดเป็นพิกเซล) และพิกัดส่วนกลาง (กำหนดเป็นหน่วยความยาว) โดยใช้วิธีการ Direct Linear Transformation (DLT) เป็นเทคนิคการปรับค่ากล้องเพื่อเปรียบเทียบที่ใช้บ่อยที่สุดค่อนข้างเรียบง่าย และให้ความแม่นยำที่ดีสำหรับการคำนวณ 3 มิติ เมื่อทำงานกับปริมาณการสร้างใหม่จำนวนน้อย ระบบ mocap ส่วนใหญ่มีรูทีนการปรับเทียบอัตโนมัติที่รวมอยู่ในซอฟต์แวร์ควบคุมซึ่งต้องการการปรับเทียบแบบไดนามิก โดยที่ลูกบาศก์ถูกโบกผ่านพื้นที่จับการเคลื่อนไหวสำหรับช่วงเวลาเวลาที่ถูกกำหนดไว้ ลูกบาศก์สอบเทียบ DLT มีจุดมาร์คเกอร์ติดอยู่อย่างถาวรในตำแหน่งที่ระบุไว้ เมื่อทำการปรับเทียบระบบ เครื่องมือสอบเทียบต้องอยู่ในตำแหน่งสั้น ๆ ในปริมาณการจับภาพที่การเคลื่อนไหวจะถูกถ่าย เพื่อให้กล้องแต่ละตัวสามารถจับการเคลื่อนไหวได้อย่างน้อยหนึ่งภาพ เพื่อเพิ่มความแม่นยำและความเที่ยงตรงสูงสุด เครื่องมือสอบเทียบจะถูกย้ายไปทั่วปริมาตรของพื้นที่จับภาพทั้งหมด รวมถึงการหมุนสำหรับการ

ปรับเทียบแบบไดนามิก การทดลองอื่นมักจะบันทึกโดยวาง L-Frame หรือ T-Frame เพื่อกำหนดจุดกำเนิดและแกน XYZ



ภาพที่ 10 การปรับค่ากล้อง

ที่มา: EVaRT 5.0 User's Manual

3) การติดจุดมาร์กเกอร์ (Marker Placement) ทั้งจุดมาร์กเกอร์ ที่ใช้งานอยู่หรือจุดมาร์กเกอร์ สะท้อนแสงจะถูกวางไว้บนวัตถุตามรูปแบบการวางเครื่องหมายที่ใช้ การวางเครื่องหมายเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากในการจับการเคลื่อนไหวด้วยแสง การติดจุดมาร์กเกอร์ถูกต้องตามรูปแบบจะทำให้ได้ข้อมูลจากการบันทึกการเคลื่อนไหวคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด



ภาพที่ 11 การติดจุดมาร์กเกอร์

ที่มา: ผู้วิจัย

4) การบันทึกการเคลื่อนไหว (Capture) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการถ่ายทำ (Production) หลังจากการปรับค่ากล้องแล้วมีการกำหนดจุดกำเนิดและแกน XYZ และรูปแบบการการติดจุดมาร์กเกอร์กับตัวละครหรือวัตถุ จากนั้นข้อมูลการเคลื่อนไหวจะถูกบันทึกสำหรับการศึกษาที่ต้องการ ใน

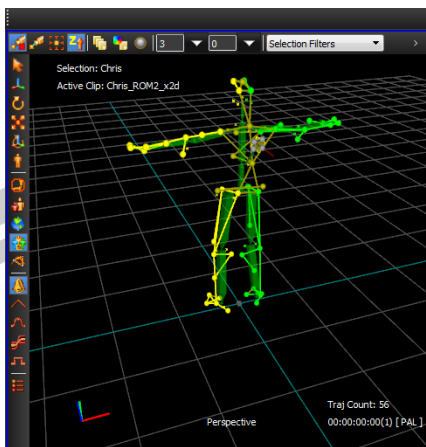
การบันทึกการเคลื่อนไหวจะแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับความต้องการ สิ่งสำคัญคือต้องติดจุดมาร์กเกอร์ให้เพียงพอเพื่อไม่ให้เลื่อนจากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่ง และควรอยู่ในตำแหน่งเดียวกันตั้งแต่การบันทึกการเคลื่อนไหวครั้งแรกจนถึงการบันทึกการเคลื่อนไหวครั้งสุดท้าย ในขั้นตอนนี้จะเริ่มด้วยการบันทึกท่า Rom (Range Of Motion) ของนักแสดงเพื่อใช้เป็นต้นแบบของนักแสดงหรือสิ่งของที่ใช้ในการจับการเคลื่อนไหว โดยที่ Rom จะประกอบไปด้วยข้อมูลของจุดมาร์กเกอร์ที่อยู่ในตำแหน่งต่างๆบนร่างกายของนักแสดง และเมื่อเริ่มจับการเคลื่อนไหวในแต่ละฉากจะต้องทำการเรียกใช้งาน Rom ทุกครั้งเพื่อให้มั่นใจว่าจะได้ข้อมูลการเคลื่อนไหวที่สมบูรณ์



ภาพที่ 12 การบันทึกการเคลื่อนไหว

ที่มา: ผู้วิจัย

5) การระบุจุดมาร์กเกอร์ 2 มิติและการสร้างจุดมาร์กเกอร์ 3 มิติใหม่ (2D Marker identification & 3D marker reconstruction) โดยปกติแล้วขั้นตอนนี้จะทำโดยอัตโนมัติในซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการควบคุมการจับภาพเคลื่อนไหว จุดกึ่งกลางของเครื่องหมายแต่ละตัวจะประมาณเป็นตำแหน่งภายในภาพสองมิติ (2D) ที่จับภาพสำหรับกล้องแต่ละตัว โดยทั่วไปซอฟต์แวร์ควบคุมจะต้องระบุไปที่การเปรียบเทียบกับท่า Rom ที่บันทึกไว้ก่อนหน้านี้ และซอฟต์แวร์จะรับการระบุเครื่องหมาย 2 มิติจากกล้องแต่ละตัวโดยอัตโนมัติ และสร้างตำแหน่ง 3 มิติใหม่สำหรับเครื่องหมายแต่ละตัวในแง่ของพิกัดสากลในการอ้างอิงตามพิกัดของแกน XYZ

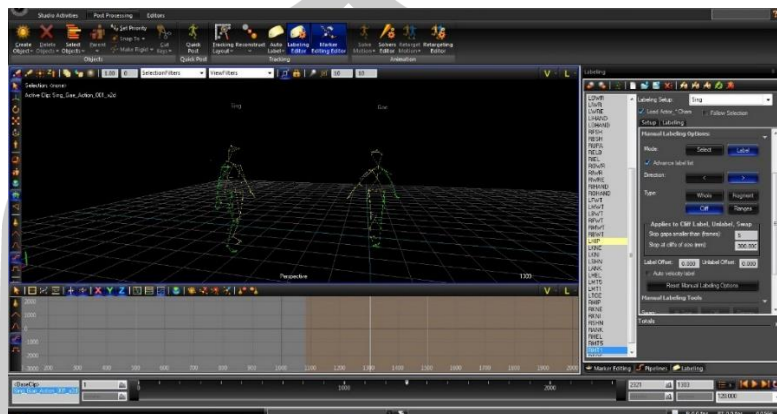


ภาพที่ 13 การระบุจุดมาร์กเกอร์ 2 มิติและการสร้างจุดมาร์กเกอร์ 3 มิติใหม่

ที่มา: <https://www.cs.uu.nl/docs/vakken/mcanim/mocap-manual/site/vicon-blade/>

6) การแก้ไขข้อมูล (Clean up) ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนท้าย (Post Processing) ในการทำงานของระบบออปติคัลมาร์กเกอร์แบบพาสซีฟและแอคทีฟที่มีความอ่อนไหวต่อการบดบังข้อมูลอย่างมากระหว่างการจับการเคลื่อนไหว กล้องต้องมองเห็นจุดมาร์กเกอร์ในแต่ละตำแหน่งเพื่อคำนวณตำแหน่ง 3 มิติของจุดมาร์กเกอร์ หากกล้องอย่างน้อย 2 ตัวไม่เห็นจุดมาร์กเกอร์ แสดงว่าไม่สามารถคำนวณตำแหน่ง 3 มิติตามมาตรฐานได้ การบดบังจะเกิดขึ้นหากการหมุนของร่างกายทำให้เครื่องหมายถูกบังจากกล้อง 1 ตัวขึ้นไป นอกจากนี้ยังสามารถเกิดขึ้นได้หากมีการบันทึกหลายวัตถุและเครื่องหมายบางส่วนถูกบล็อก การบดบังเป็นปัญหาใหญ่สำหรับจุดมาร์กเกอร์ ดังนั้น แม้ว่าจุดมาร์กเกอร์ที่ใช้งานอยู่อาจถูกบดบังสำหรับช่วงเวลาอย่างน้อยหนึ่งช่วงเวลา ผู้ควบคุมจะรู้ว่าจุดมาร์กเกอร์แต่ละตัวคืออะไร หากตำแหน่ง 2D ถูกบันทึกโดยกล้องแต่ละตัว ในกรณีของจุดมาร์กเกอร์แฝง ผู้ควบคุมจะไม่ทราบว่าจุดมาร์กเกอร์นั้นคือตำแหน่งอะไร และข้อมูลที่ระบุผิดหรือการสลับกันของจุดมาร์กเกอร์อาจเกิดขึ้นได้หากมีตำแหน่งจุดมาร์กเกอร์ที่ใกล้เคียงกันในช่วงเวลาหนึ่ง หรือเมื่อจุดมาร์กเกอร์ถูกแยกออกจากตัวอย่างกลับมาแล้ว ดังนั้นเมื่อเกิดการปิดกั้นข้อมูลด้วยจุดมาร์กเกอร์แฝง จึงเป็นปัญหาที่ใหญ่กว่ามาก เนื่องจากตัวจัดการข้อมูลจำเป็นต้องเข้าไปและแก้ไขข้อมูลด้วยตนเองเพื่อจัดการกับการสลับกันของจุดมาร์กเกอร์หรือข้อมูลที่ขาดหายไป บางซอฟต์แวร์มีการแก้ไขอัตโนมัติที่สามารถใช้เพื่อสร้างข้อมูล 3 มิติใหม่ แทนที่จะต้องทำด้วยตนเอง อย่างไรก็ตาม บ่อยครั้งที่การแก้ไขจำเป็นต้องตรวจสอบข้อมูลหลังจากเซสชันการจับการเคลื่อนไหว เนื่องจากโดยทั่วไปแล้วผู้ควบคุมยังต้องกรองหรือแก้ไขข้อมูลที่ขาดหายไปอยู่ดี เมื่อมีมาร์กเกอร์มากเกินไปหรือระยะเวลาของการบดบังนานเกินไปจะไม่สามารถแก้ไขข้อมูลได้ นั่นคือหนึ่งในเหตุผลที่ระบบออปติคัลแบบพาสซีฟมักใช้กล้องจำนวนมากเพื่อที่จะไม่ต้องเสียเวลาไปกับการแก้ไขข้อมูลที่ขาดหายไป ในขั้นตอนนี้ยังรวมไปถึงการส่ง

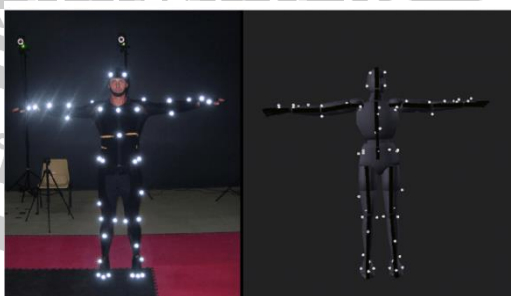
ข้อมูลการเคลื่อนไหวออกไปยังซอฟต์แวร์ 3 มิติอื่นๆ เพื่อใช้ในการทำแอนิเมชันต่อไป โดยข้อมูลที่ส่งออกไปมักจะเป็นรูปแบบของไฟล์สากล เช่น .c3d, trc, bvh หรือ htr เป็นต้น



ภาพที่ 14 การแก้ไขข้อมูล

ที่มา: <https://www.cs.uu.nl/docs/vakken/mcanim/mocap-manual/site/vicon-blade/>

7) การปรับค่าเริ่มต้น (Subject calibration) อาจต้องมีขั้นตอนเพิ่มเติมหนึ่งขั้นตอนขึ้นอยู่กับว่าจะใช้ข้อมูล Mocap เอาต์พุตใด บ่อยครั้งจำเป็นต้องปรับค่าเริ่มต้น (หรือปรับขนาด) ของวัตถุสำหรับแอนิเมชันของตัวละคร การสอบปรับค่าเริ่มต้นเกี่ยวข้องกับการระบุตำแหน่งที่เครื่องหมายสัมพันธ์กับศูนย์กลางข้อต่อหรือจุดสังเกตของกระดูกอื่นๆ โดยทั่วไปนักแสดงมักจะใช้วิธีการยืนในท่า T-Pose โดยการยืนตรงและกางแขนออกไปด้านข้าง 90 องศาท่านี้ช่วยกำหนดทิศทางของจุดมาร์กเกอร์ทั้งหมดในมุมมองของกล้องเพื่อกำหนดตำแหน่ง 3 มิติสำหรับจุดมาร์กเกอร์แต่ละตำแหน่งในท่าทางนี้ การคำนวณที่มีรายละเอียดมากขึ้นจำเป็นต้องแปลงจุดข้อต่อกระดูกให้เป็นดิจิทัลโดยสัมพันธ์กับจุดมาร์กเกอร์ที่วางบนตัวนักแสดงหรือวัตถุ เพื่อกำหนดจุดศูนย์กลางร่วมที่สัมพันธ์กับตำแหน่งตัวละคร 3 มิติที่ได้ทำการ Rigging เตรียมไว้สำหรับการ Retargeting การเคลื่อนไหวของตัวละครให้ตรงกับข้อมูลการจับการเคลื่อนไหวที่ได้บันทึกมา



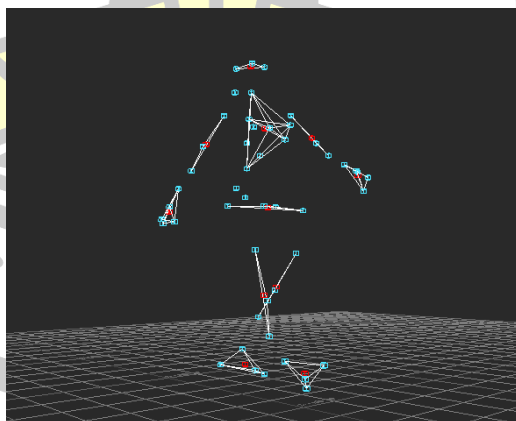
ภาพที่ 15 การปรับค่าเริ่มต้น

ที่มา <https://goterrestrial.com/2021/12/09/3-motion-capture-software/>

2.1.2.1 ประเภทของข้อมูลการเคลื่อนไหว

Parent et al. (2010) ได้กล่าวว่า ประเภทของข้อมูลการเคลื่อนไหวจะขึ้นอยู่กับระบบที่ใช้ ผู้ใช้งานจะต้องจัดการกับไฟล์ข้อมูลการเคลื่อนไหวหลายรูปแบบ โดยในระบบ Real time มักจะสร้างสตรีมข้อมูลที่สามารถใช้ได้โดยตรงในซอฟต์แวร์แอนิเมชันโดยผ่านปลั๊กอินพิเศษ ส่วนข้อมูลของระบบออฟติคไม่ได้ถูกสร้างขึ้นตามเวลาจริง แต่เมื่อเราต้องทำการตั้งค่าตัวละครสิ่งสำคัญคือต้องทราบว่าไฟล์เหล่านี้ประกอบด้วยรายการข้อมูลใดบ้าง รูปแบบไฟล์เหล่านี้ไม่มีข้อมูลใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนรูปทรงหรือของพื้นผิวของตัวละคร ซึ่งลักษณะในการเปลี่ยนการเคลื่อนไหวเป็นการตั้งค่าเฉพาะสำหรับซอฟต์แวร์แอนิเมชันที่ใช้ Kitagawa and Windsor (2008, pp. 47-48) ได้กล่าวว่าระบบ mocap แต่ละประเภทสามารถใช้เพื่อวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกันดังต่อไปนี้

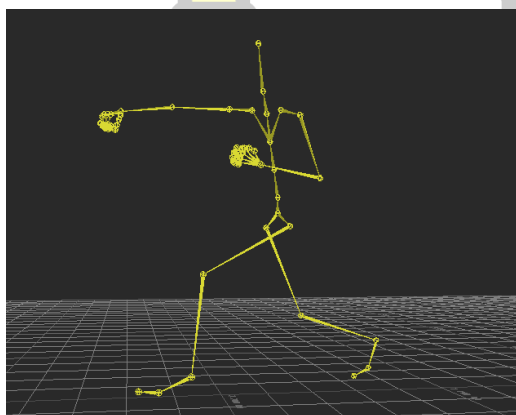
1) ข้อมูลการเคลื่อนไหวจากจุดมาร์คเกอร์ (Optical marker data) ข้อมูลเครื่องหมายออฟติคัลที่สร้างโดยระบบ Optical Mocap เป็นข้อมูล Mocap ชนิดที่ง่ายที่สุดเป็นข้อมูลเชิงแปล กล่าวคือข้อมูลเกี่ยวกับตำแหน่งของมาร์คเกอร์ที่เคลื่อนที่ในที่ว่างและเวลา ความสะอาดของข้อมูลออฟติคัลมาร์คเกอร์จะขึ้นอยู่กับกล้องที่ได้รับการปรับเทียบอย่างดีและมาร์คเกอร์ทั้งหมดที่อยู่ในวอลุ่มที่ปรับเทียบ ระบบออฟติคัลจะทำงานได้ดีที่สุดเมื่อมองเห็นและติดตามเครื่องหมายทั้งหมด เมื่อไม่มีกล้องใดมองเห็นเครื่องหมายในช่วงเวลาหนึ่ง และกล้องทั้งหมดหรือบางส่วนเริ่มเห็นอีกครั้ง จะมีช่องว่างในข้อมูลที่กล้องมองไม่เห็นเครื่องหมาย ข้อมูลเกี่ยวกับตำแหน่งของเครื่องหมายหายไปในช่วงว่าง การแก้ไขข้อมูลมาร์คเกอร์แบบออฟติคัลส่วนใหญ่เป็นการเติมช่องว่างในข้อมูลที่กล้องไม่สามารถมองเห็นมาร์คเกอร์บางตัวได้ โดยข้อมูลที่นำไปใช้งานส่วนใหญ่จะเป็นไฟล์นามสกุล .c3d ,.trc และ .trb เป็นต้น



ภาพที่ 16 ข้อมูลการเคลื่อนไหวจากจุดมาร์คเกอร์ (Optical marker data)

ที่มา: ผู้วิจัย

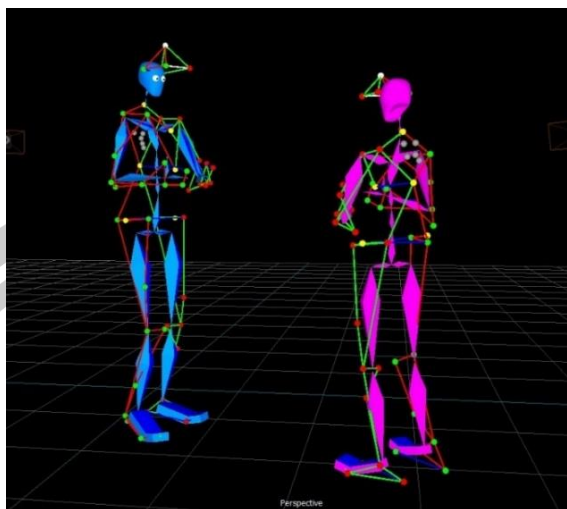
2) ข้อมูลการเคลื่อนที่และการหมุน (Translational and rotational data) ข้อมูลที่สร้างโดยระบบแม่เหล็กแตกต่างจากข้อมูลระบบ Optical Mocap มีทั้งข้อมูลเกี่ยวกับการหมุนและการเคลื่อนที่ของเซ็นเซอร์ติดตาม เซ็นเซอร์สามารถติดตามได้เมื่ออยู่ภายในสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่สร้างโดยแหล่งกำเนิดเครื่องส่งสัญญาณ การปรับเทียบขอบเขตอย่างถูกต้องสำหรับปัญหาที่อาจเกิดขึ้นภายในขอบเขต หากมีวัตถุโลหะในพื้นที่อาจทำให้ข้อมูลคลาดเคลื่อนเป็นหัวใจสำคัญในการรับข้อมูลที่มีคุณภาพ ในการแก้ไขข้อมูล mocap ประเภทนี้เนื่องจากมีข้อมูลการเคลื่อนที่แบบหมุนที่มีอยู่ในข้อมูล การแก้ไขข้อมูลการหมุนและการเคลื่อนที่จึงซับซ้อนกว่าการแก้ไขข้อมูลการเคลื่อนที่อย่างเดียว อย่างไรก็ตามวิธีการแก้ไขข้อมูลจะทำงานได้ดีกับข้อมูลการเคลื่อนที่และการหมุนหากวัตถุที่จับภาพอยู่ภายในสนามแม่เหล็กที่ปรับเทียบแล้ว โดยข้อมูลการเคลื่อนที่นำไปใช้งานส่วนใหญ่จะเป็นไฟล์นามสกุล .bvh .amc และ .fbx เป็นต้น



ภาพที่ 17 ข้อมูลการเคลื่อนที่และการหมุน (Translational and rotational data)

ที่มา: ผู้วิจัย

3) ข้อมูลการเคลื่อนที่จากโครงกระดูก (Skeletal data) ข้อมูลโครงกระดูกมาจากการสร้างโครงกระดูกโดยตรงจากภายในซอฟต์แวร์ ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ระบบ Optical Mocap ระบบโครงกระดูกมีลำดับชั้นของโครงกระดูกที่ตามลำดับของข้อต่อ โดยที่สะโพกมีข้อมูลการเคลื่อนที่และการหมุนและข้อต่ออื่นๆมีข้อมูลการหมุนเท่านั้น หากการเคลื่อนที่ของจุดมาร์คเกอร์ไม่ถูกต้องปัญหาอาจเกิดขึ้นในข้อมูลโครงกระดูก ตัวอย่างเช่น หากจุดมาร์คเกอร์ที่สะโพกไม่ได้เคลื่อนที่อย่างถูกต้อง อาจส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของสะโพกบิดเอียงไปและอาจจะรวมถึงการเคลื่อนที่ของร่างกายทั้งหมดด้วย หากจุดมาร์คเกอร์ที่ไหล่หายไปอาจทำให้การเคลื่อนที่ของแขนที่แนบกับไหล่ผิดเพี้ยนไปจากเดิม เมื่อเกิดปัญหาดังกล่าวขึ้นต้องกลับไปแก้ไขในขั้นตอนหลังการประมวลผล ซึ่งอาจจะต้องใช้เวลานานในการแก้ไขความผิดพลาดของข้อมูล โดยข้อมูลการเคลื่อนที่นำไปใช้งานส่วนใหญ่จะเป็นไฟล์นามสกุล .fbx .bvh เป็นต้น

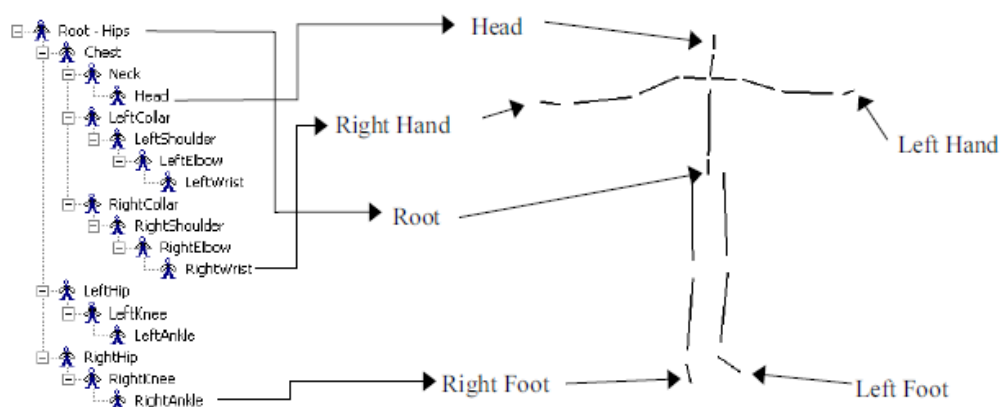


ภาพที่ 18 ข้อมูลการเคลื่อนไหวจากโครงกระดูก (Skeletal data)

ที่มา: ผู้วิจัย

2.1.2.2 รูปแบบไฟล์ Mocap

ในการศึกษาวิจัยเรื่อง “การศึกษาการจับการเคลื่อนไหวแบบปัญญาประดิษฐ์ในการผลิตแอนิเมชัน” ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับรูปแบบไฟล์ของการจับภาพเคลื่อนไหวที่ใช้ในปัจจุบัน เพื่อใช้ศึกษาและเปรียบเทียบการเคลื่อนไหวของส่วนต่างๆ โดยใช้คุณสมบัติของชุดข้อมูลการเคลื่อนไหวจากโครงกระดูก (Skeleton data) ซึ่งแทนการเคลื่อนที่ของตัวละครของ AI Mocap และ Mocap และ URL สำหรับข้อมูลการจัดรูปแบบเพิ่มเติมดังต่อไปนี้



ภาพที่ 19 โครงสร้างลำดับชั้นสำหรับร่างมนุษย์

ที่มา: Michael MeredithSteve (2001)

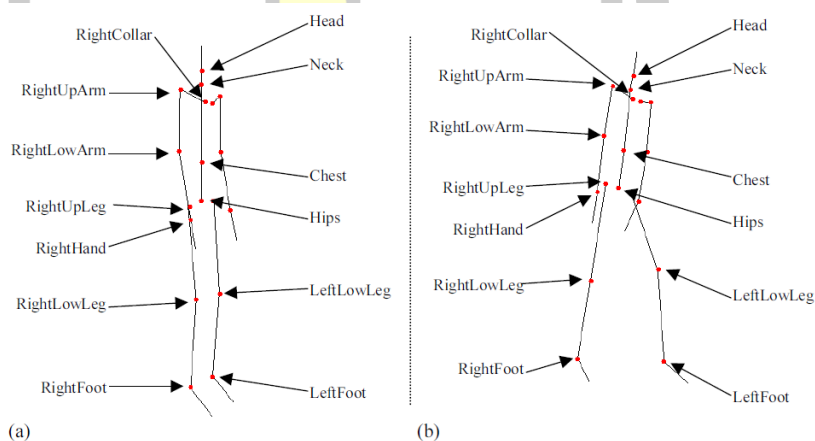
ตารางที่ 1 รูปแบบไฟล์ Motion Capture และการอ้างอิงสำหรับข้อมูลรูปแบบเพิ่มเติม
ที่มา: Michael MeredithSteve (2001)

นามสกุลไฟล์	บริษัทร่วม / คำอธิบาย	การอ้างอิงรูปแบบไฟล์
ASC	Ascension	No link
ASF & AMC	Acclaim	http://www.darwin3d.com/gamedev/acclaim.zip
ASK & SDL	BioVision/Alias	No link
BVA & BVH	BioVision	http://www.biovision.com/bvh.html http://www.des.shef.ac.uk/
BRD	LambSoft Magnetic Format	http://www.des.shef.ac.uk/~mikem/file_formats/csm.html
C3D	Biomechanics, Animation and Gait Analysis	http://www.c3d.org/c3d_format.htm
CSM	3D Studio Max. Character Studio	http://www.des.shef.ac.uk/~mikem/file_formats/csm.html
DAT	Polhemous	No link
GTR, HTR & TRC	Motion Analysis	http://www.cs.wisc.edu/graphics/Courses/cs-838-1999/Jeff (HTR.html, TRC.html)
MOT & SKL	Acclaim-Motion Analysis	(UnderDevelopment- http://www.cs.wisc.edu/graphics/Courses/cs-838-1999/Jeff/SKL-MOT.html)

Michael MeredithSteve (2001)ได้กล่าวว่า หลายบริษัทได้พัฒนารูปแบบไฟล์ของตนเอง ซึ่งหมายความว่ารูปแบบไฟล์ของข้อมูลการจับการเคลื่อนไหวยังห่างไกลจากมาตรฐาน อย่างไรก็ตามรูปแบบไฟล์ของข้อมูลในลักษณะ ASCII หลายรูปแบบช่วยทำให้ง่ายต่อการถอดรหัสและ

ทำความเข้าใจโดยการตรวจสอบข้อมูลอย่างง่ายได้ โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษารูปแบบไฟล์ในลักษณะ ASCII ที่นิยมใช้ในการตรวจสอบข้อมูลการจับการเคลื่อนไหวปรากฏว่ามี 3 รูปแบบไฟล์ได้แก่รูปแบบไฟล์ BVH, HTR และ TRC ซึ่งมีข้อมูลดังต่อไปนี้

1) รูปแบบไฟล์ BVH (ข้อมูลลำดับชั้นของ BioVision) ประสพความสำเร็จจากรูปแบบข้อมูล BVA ของ BioVision ด้วยการเพิ่มโครงสร้างข้อมูลแบบลำดับชั้นที่แสดงถึงกระดูกของโครงกระดูกที่เห็นได้ชัดเจน ไฟล์ BVH ประกอบด้วยสองส่วน โดยส่วนแรกให้รายละเอียดเกี่ยวกับลำดับชั้นและท่าทางเริ่มต้นของโครงกระดูก และส่วนที่สองจะอธิบายข้อมูลช่องสัญญาณสำหรับแต่ละเฟรม ซึ่งก็คือส่วนการเคลื่อนไหว ภาพประกอบของตำแหน่งฐานและเฟรมแรกของแอนิเมชันซึ่งข้อมูลแสดงอยู่ในภาพประกอบที่ ไฟล์ BVH ตัวอย่างในภาพประกอบที่ จะใช้เพื่อศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับรูปแบบไฟล์ BVH ของส่วนนี้



ภาพที่ 20 โครงสร้างโครงกระดูกของไฟล์ BVH ตัวอย่าง
ที่มา: Michael MeredithSteve (2001)

พูน ปณ ทิโต ชีเว


```

    }
  }
}
JOINT LeftUpLeg
{
  OFFSET      3.91      0.00      0.00
  CHANNELS 3 Zrotation Xrotation Yrotation
  JOINT LeftLowLeg
  {
    OFFSET      0.00     -18.34     0.00
    CHANNELS 3 Zrotation Xrotation Yrotation
    JOINT LeftFoot
    {
      OFFSET      0.00     -17.37     0.00
      CHANNELS 3 Zrotation Xrotation Yrotation
      End Site
      {
        OFFSET      0.00     -3.46     0.00
      }
    }
  }
}
JOINT RightUpLeg
{
  OFFSET     -3.91      0.00      0.00
  CHANNELS 3 Zrotation Xrotation Yrotation
  JOINT RightLowLeg
  {
    OFFSET      0.00     -17.63     0.00
    CHANNELS 3 Zrotation Xrotation Yrotation
    JOINT RightFoot
    {
      OFFSET      0.00     -17.14     0.00
      CHANNELS 3 Zrotation Xrotation Yrotation
      End Site
      {
        OFFSET      0.00     -3.75     0.00
      }
    }
  }
}
}
MOTION
Frames:      2
Frame Time: 0.033333
  8.03      35.01      88.36      -3.41      14.78      -164.35      13.09      40.30      -24.60
 15.00      22.78      -5.92      14.93      49.99       6.60       0.00      -1.14       0.00
  7.81      35.10      86.47      -3.78      12.94     -166.97      12.64      42.57     -22.34
 13.16      15.44     -3.56       7.97      59.29       4.97       0.00       1.64       0.00

```

พหุ ประถมศึกษา

ภาพที่ 21 ตัวอย่างไฟล์ BVH

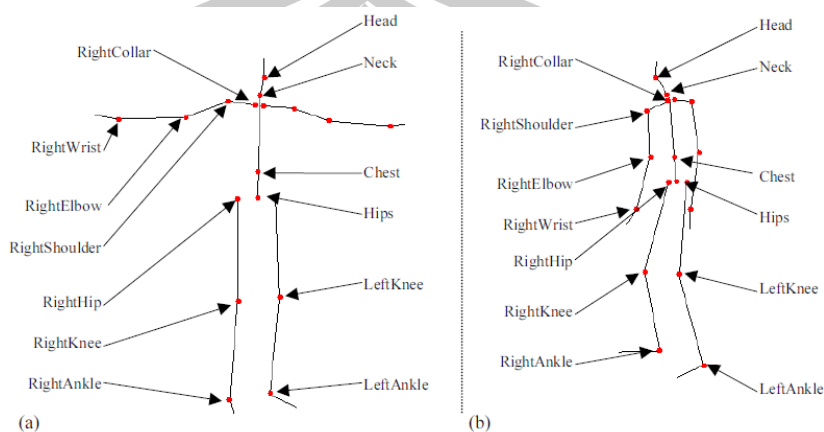
ที่มา: Michael MeredithSteve (2001)

เมื่อกำหนดลำดับชั้นของโครงร่างแล้ว ส่วนที่สองของไฟล์ BVH ซึ่งแสดงด้วยคีย์เวิร์ด MOTION จะประกอบด้วยจำนวนเฟรมในภาพเคลื่อนไหว อัตราเฟรม และข้อมูลแกนเนล บรรทัดที่มีจำนวนเฟรมเริ่มต้นด้วยคำหลัก "Frames:" ซึ่งตามด้วยจำนวนเต็มทศนิยมที่เป็นบวก (ตรงข้ามกับเลขฐานสิบหกหรือเลขฐานแปด) ซึ่งเป็นจำนวนเฟรม อัตราเฟรมอยู่บนบรรทัดที่ขึ้นต้นด้วย "Frame Time:" ซึ่งตามด้วยทศนิยมที่เป็นบวกซึ่งแสดงถึงระยะเวลาของเฟรมเดียว หากต้องการแปลงเป็นรูปแบบเฟรมต่อวินาทีที่ต้องการ 1 ด้วยเวลาเฟรม เมื่อกำหนดจำนวนของเฟรมและเวลาของเฟรมแล้ว ไฟล์ที่เหลือจะมีข้อมูลแกนเนลสำหรับกระดูกแต่ละอันตามลำดับที่เห็นในการกำหนดลำดับชั้น โดยที่แต่ละบรรทัดของคำทศนิยมจะแทนเฟรมแอนิเมชัน ในระหว่างการเรนเดอร์ภาพเคลื่อนไหวที่อยู่ในรูปแบบลำดับชั้น หากการเคลื่อนไหวนั้นถูกใช้หลายครั้งและไม่เปลี่ยนแปลง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพจุดยอดสามารถคำนวณครั้งเดียวแล้วเก็บไว้สำหรับรอบต่อไป อย่างไรก็ตาม หากต้องปรับเปลี่ยนรูปแบบการเคลื่อนไหวแบบเรียลไทม์ การเก็บรักษาข้อมูลในรูปแบบลำดับชั้นจะช่วยเพิ่มความสะดวกในการแก้ไขท่าทางของตัวละครได้อย่างมาก ดังนั้น การคำนวณตำแหน่งจุดสุดยอดของกระดูกไว้ล่วงหน้าจึงไม่มีประโยชน์เหนืออัลกอริทึมการเรนเดอร์แบบลำดับชั้น อันที่จริงอาจทำให้ประสิทธิภาพการทำงานลดลงด้วยซ้ำ นี่เป็นเพราะการคำนวณตำแหน่งที่ส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงทั่วโลกถูกแคชซึ่งตรงข้ามกับ ค่าวนาค่าล่วงหน้าจัดเก็บและเรียกคืนจากหน่วยความจำหลัก ซึ่งต้องใช้คำสั่งคำสั่งเพิ่มเติมและการเข้าถึงเพิ่มเติมของหน่วยความจำที่ช้ากว่าเมื่อเทียบกับหน่วยความจำแคช

ข้อเสียในรูปแบบไฟล์ BVH คือ ไม่มีการวางแผนกระดูกที่ชัดเจน แม้ว่าความยาวกระดูกจะอนุมานจากระยะความยาวกระดูกข้อต่อหลักได้ แต่ปัญหาก็มาพร้อมกับความยาวกระดูกข้อต่อหลักหลายชิ้น ดังที่กล่าวไว้ก่อนหน้านี้ เมื่อใช้ความยาวกระดูกข้อต่อหลักขึ้นโหนดในการสรุปความยาวกระดูกหลักได้ นอกจากนี้ ยังเป็นที่ต้องการที่จะมีกระดูกตามแกนเดียวและเมทริกซ์การหมุนเพื่อปรับทิศทางให้อยู่ในตำแหน่งฐาน ปัญหาอื่นๆ ของไฟล์ BVH ได้แก่ การไม่มีหน่วยสอบเทียบ เช่น สเกลที่วัดออฟเซตร่วม และรายละเอียดเกี่ยวกับสภาพแวดล้อม เช่น การวางแผน เช่น ทิศทางใดชี้ขึ้น

2) รูปแบบไฟล์ Motion Analysis: HTR (Hierarchical Translation-Rotation) ไฟล์ HTR ได้รับการพัฒนาโดย Motion Analysis เพื่อเป็นทางเลือกแทนรูปแบบ BVH ของ BioVision เพื่อแก้ปัญหารูปแบบดังกล่าวตามที่กล่าวไว้แล้ว วิธีที่ไฟล์ HTR แก้ปัญหาของรูปแบบไฟล์ BVH จะปรากฏให้เห็นเมื่อมีการกล่าวถึงรูปแบบ ไฟล์ HTR ประกอบด้วย 4 ส่วนที่เริ่มต้นด้วยส่วนหัว ตามด้วยชื่อกลุ่มและลำดับชั้น ตำแหน่งฐาน และข้อมูลเฟรม โดยแต่ละส่วนจะถูกค้นด้วยการวางชื่อส่วนในวงเล็บเหลี่ยม ความคิดเห็นที่มนุษย์อ่านได้เพิ่มเติมสามารถวางไว้ที่ใดก็ได้ในไฟล์ HTR และสิ่งเหล่านี้ถูกกำหนดด้วยสัญลักษณ์แฮช โดยที่สิ่งใดก็ตามที่อยู่หลังสัญลักษณ์แฮชในบรรทัด

เดียวกันจะถูกละเว้นโดยโปรแกรมแยกวิเคราะห์ ภาพประกอบของตำแหน่งฐานและเฟรมแรกของแอนิเมชันแสดงอยู่ภาพประกอบที่ โดยที่ข้อมูลแสดงอยู่ในภาพประกอบที่ ไฟล์ HTR ตัวอย่างในภาพประกอบที่ จะใช้เพื่อหาหรือเพิ่มเติมเกี่ยวกับรูปแบบไฟล์ HTR ในส่วนที่เหลือของส่วนนี้



ภาพที่ 22 โครงสร้างโครงกระดูกของไฟล์ HTR ตัวอย่าง
ที่มา: Michael MeredithSteve (2001)

3) รูปแบบไฟล์ .TRC (Track Row Column) ไฟล์ .TRC ได้รับการพัฒนาโดย Motion Analysis ซึ่งเป็นหนึ่งในผู้นำอุตสาหกรรมในด้านการผลิตระบบเครื่องมือวัดด้วยแสงและฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์จัดการเคลื่อนไหวด้วยแสง 3 มิติ ไฟล์ TRC ใช้เพื่อระบุตำแหน่งของเครื่องหมายจัดการเคลื่อนไหวที่วางอยู่บนวัตถุในระหว่างเซสชัน ส่วนหัวของไฟล์ประกอบด้วย 3 บรรทัดแรก ตามด้วย 2 บรรทัดคอลัมน์และแถวของข้อมูล แถวของข้อมูลจะถูกระบุด้วยหมายเลขเฟรม ค่าเวลา และพิกัดเชิงพื้นที่ (x, y, z) ของแต่ละเครื่องหมาย ตัวอย่างเช่น สถานะปัจจุบันของข้อมูลข้อมูลเดิมที่บันทึกไว้ที่ 60 เฟรมต่อวินาที และไฟล์แรกที่สร้างขึ้นมี 600 เฟรมหรือ 10 วินาที ไฟล์สุดท้ายถูกสุ่มตัวอย่างลงไปที 30 ตัวอย่างต่อวินาทีและย่อให้เหลือ 55 เฟรมสำหรับผลลัพธ์ทั้งหมด 1.83 วินาที ข้อมูลนี้มีประโยชน์ในกรณีที่ต้องการข้อมูลเพิ่มเติมสำหรับการเคลื่อนไหวเฉพาะนี้ และสามารถย้อนกลับไปที่ไฟล์ต้นฉบับได้ตลอดเวลา (Parent et al., 2010, pp. 117-119)

PathFileType	4	(X/Y/Z)	/usr/data/trc/sample.trc												
DataRate	CameraRate	NumFrames	NumMarkers	Units	OrigDataRate	OrigDataStartFrame	OrigNumFrames								
30.0	60.0	55	24	mm	60.0	0.0	600								

The original .trc file had 600 frames

The original .trc file started at frame 0

The original .trc file had 60 samples per second

The data is presented in millimeters

The file contains data for 24 markers

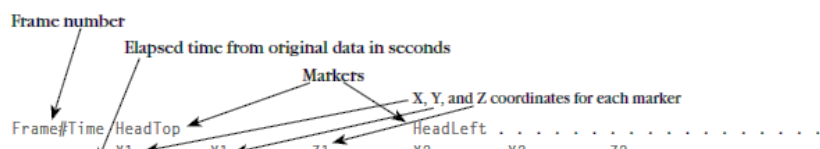
The file contains a total of 55 frames of data

60 samples per second was the camera frequency at the time of capture

30 samples per second is the sample rate of this file's data

ภาพที่ 23 ส่วนประกอบคอลัมน์และแถวของข้อมูลไฟล์ .TRC
ที่มา: Parent et al. (2010)

พื้นที่ที่ส่วนหัวเป็นส่วนข้อมูล โดยจะจัดอยู่ในคอลัมน์ สองรายการแรกคือ หมายเลขเฟรมและเวลาที่ผ่านไป ตามด้วยพิกัด X, Y และ Z สำหรับแต่ละเครื่องหมาย ไฟล์ตัวอย่างมีทั้งหมด 74 คอลัมน์ แต่มีเพียงส่วนเล็กๆ ที่แสดงที่นี่เนื่องจากข้อจำกัดของพื้นที่ดังภาพประกอบที่



Frame#	Time	HeadTop	X1	Y1	Z1	X2	Y2	Z2	HeadLeft
1	0.817	230.93735	1208.98096	-574.76648	334.8299	1166.96545	-594.16943		
2	0.85	240.0072	1210.76257	-569.7652	340.59796	1167.55347	-589.94135		
3	0.883	247.31165	1213.39099	-561.43689	350.31845	1165.92798	-577.86694		
4	0.917	256.81323	1214.14697	-550.07343	361.84949	1163.37598	-562.20605		
5	0.95	268.03162	1213.01514	-536.69348	372.88889	1160.41479	-546.67401		
6	0.983	279.90372	1209.90393	-521.5434	383.58591	1156.65479	-529.50519		
7	1.017	291.30228	1205.90015	-505.01001	393.53964	1152.14868	-511.16791		
8	1.05	300.8645	1201.92969	-486.47925	403.14886	1147.81055	-492.53708		
9	1.083	310.15146	1197.76892	-464.68546	413.05984	1141.46301	-470.33188		
10	1.117	319.0394	1193.06042	-440.80731	423.74298	1132.39136	-441.99075		
11	1.15	327.33527	1187.74207	-415.48169	431.36893	1126.23242	-415.71805		
12	1.183	335.61041	1182.35669	-387.25925	435.79279	1121.53906	-389.98529		
13	1.217	342.04376	1176.35315	-357.57205	441.3559	1115.30664	-361.85596		
14	1.25	346.83585	1168.34473	-328.24915	447.29584	1106.78125	-331.64551		
15	1.283	352.17249	1157.34167	-298.41638	453.83853	1093.90649	-299.004		
16	1.317	359.34326	1143.95654	-267.88205	462.08264	1076.38452	-264.96805		
17	1.35	367.59335	1130.49084	-239.15077	471.05423	1061.25952	-235.97731		
18	1.383	380.05081	1120.76318	-213.7711	483.44202	1052.48083	-212.00629		
19	1.417	399.8569	1120.18323	-187.46774	501.26627	1053.41492	-190.12701		
20	1.45	424.87695	1132.76147	-156.1911	523.26544	1068.0321	-167.37		
21	1.483	453.22705	1155.68127	-123.87888	551.185	1091.57129	-138.01402		
22	1.517	484.33765	1179.08362	-95.45136	583.29871	1114.5094	-109.01964		
23	1.55	516.72577	1193.46533	-71.39763	614.81665	1127.37964	-84.13749		
24	1.583	546.89313	1195.06714	-47.64498	643.01587	1127.25989	-61.68094		
25	1.617	571.77026	1183.40857	-23.64239	666.65216	1113.55811	-38.76169		
26	1.65	590.37518	1159.01172	-2.46658	685.62512	1087.17603	-14.94808		
27	1.683	604.61987	1126.01575	17.18866	700.51947	1053.99719	4.73558		
28	1.717	618.47876	1092.82764	38.93685	712.78497	1020.67932	21.58421		
29	1.75	635.88593	1064.63171	61.72252	725.93372	990.01843	40.35942		
30	1.783	656.48572	1042.42273	84.18129	741.39056	964.52283	57.84112		
31	1.817	676.87695	1026.60754	103.41233	757.79572	946.63202	69.60565		
32	1.85	694.78033	1015.62036	115.42829	772.42316	935.22876	74.00996		
33	1.883	710.32184	1005.88342	119.15073	784.44037	925.51843	71.607		
34	1.917	721.96924	994.08282	112.42614	790.62396	913.33234	58.56801		
35	1.95	729.18774	981.94446	94.91256	787.341	900.19971	32.36996		
36	1.983	728.96234	972.63641	69.04857	771.02301	890.52222	-4.78092		
37	2.017	720.39075	965.42316	40.12129	740.43433	885.24048	-44.97452		
38	2.05	706.97437	956.35742	13.84147	698.77313	881.125	-78.80532		
39	2.083	689.16138	942.43048	-8.84137	650.47784	874.30579	-100.69447		
40	2.117	664.60425	924.6507	-30.82248	599.46606	864.21606	-110.90468		
41	2.15	633.25525	907.31055	-54.29322	548.83063	854.13361	-119.71699		
42	2.183	597.2608	896.60681	-84.46886	500.12531	848.90173	-136.10138		
43	2.217	554.41614	898.05011	-127.57875	450.83124	852.71204	-164.01965		
44	2.25	500.37473	912.37244	-183.38701	395.72012	865.45477	-204.66075		
45	2.283	437.23184	935.49677	-246.46567	333.65088	883.71863	-257.9906		

ภาพที่ 24 โครงสร้างของรูปแบบไฟล์ .TRC

ที่มา: Parent et al. (2010)

นอกจากนี้ข้อมูลไฟล์ TRC ที่ส่งออกสามารถเข้าถึงได้จากซอฟต์แวร์สเปรดชีต (เช่น Excel) ไฟล์เหล่านี้มีข้อมูลเอาต์พุตดิบจากการจับภาพเคลื่อนไหว ซึ่งรวมถึงข้อมูลตำแหน่งของแต่ละเครื่องหมายที่มีป้ายกำกับและไม่มีป้ายกำกับจาก Take ที่เลือก ทำให้ได้ตำแหน่งเครื่องหมายที่

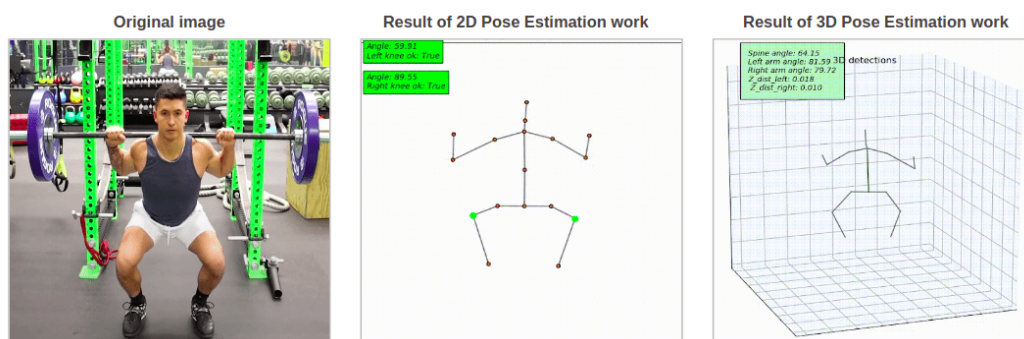
คาดไว้และข้อมูลการวางแผนของกลุ่มจะไม่รวมอยู่ในไฟล์ที่ส่งออกด้วยส่วนประกอบของข้อมูลพื้นฐาน เช่น ชื่อไฟล์ อัตราเฟรม เวลา จำนวนเฟรม และป้ายกำกับที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลการเคลื่อนไหวในแนว XYZ ที่สอดคล้องกันในแต่ละตำแหน่ง

จากข้อมูลข้างต้นผู้วิจัยได้เปรียบเทียบคุณสมบัติของชุดข้อมูลการเคลื่อนไหวจากโครงกระดูก(Skeleton data) ที่ต้องการสำหรับการนำข้อมูลการเคลื่อนไหวในลักษณะ ASCII ของ AI Mocap และ Mocap ด้วยรูปแบบการจับภาพเคลื่อนไหวสมัยใหม่ โดยทั้งหมดใช้โครงสร้างแบบลำดับชั้นของ BVH , HTR และ TRC จากรูปแบบไฟล์ทั้ง 3 รูปแบบนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้ลำดับชั้นของไฟล์ TRC ซึ่งชุดข้อมูลไฟล์ประเภทนี้มีข้อมูลเอาต์พุตดิบจากการจับภาพเคลื่อนไหว สามารถเข้าถึงได้จากซอฟต์แวร์สเปคตริตและง่ายที่จะนำข้อมูลรูปแบบไฟล์ของข้อมูลในลักษณะ ASCII ไปหาค่าการเปรียบเทียบโดยใช้โปรแกรมในการหาระยะความห่างที่เป็นสากลได้

2.1.3 การจับการเคลื่อนไหวแบบปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence Motion Capture)

2.1.3.1 หลักการทำงานของการทำงานการจับการเคลื่อนไหวแบบปัญญาประดิษฐ์ (AI Mocap) Mathis et al. (2020) ได้กล่าวว่า หลักการทำงานของ AI Mocap เป็นการการเรียนรู้เชิงลึกสำหรับการจับภาพเคลื่อนไหวโดยไม่ใช้มาร์กเกอร์แต่ใช้ภาพวิดีโอเป็นหลัก จะใช้ข้อมูลของพิกเซลที่คงที่ในแต่ละตำแหน่งและความแตกต่างกันไปตามช่วงเวลาสำหรับการวิเคราะห์พฤติกรรม ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลจะให้ความสนใจคุณสมบัติของวัตถุในภาพแทน เช่น ตำแหน่ง ขนาดและการวางแผนข้อมูลของพิกเซลในวิดีโอที่เคลื่อนไหวหรือมีการเปลี่ยนแปลงร่วมกัน โดยการแยกวัตถุออกเป็นกลุ่มสำคัญที่มีความหมาย เช่น ส่วนต่างๆ ของร่างกายในวิดีโอเป็นบุคคลหรือสัตว์ สัญญาณวิดีโอมิติสูงสามารถแปลงเป็นชุดของอนุกรมเวลาที่อธิบายการเคลื่อนไหวของจุดสำคัญแต่ละจุดได้เมื่อเทียบกับข้อมูลของภาพวิดีโอ แล้วใช้อัลกอริทึมการประเมินท่าทาง (Pose Estimation) เป็นฟังก์ชันที่จับคู่เฟรมจากวิดีโอเป็นพิกัดของส่วนต่างๆ ของร่างกาย อัลกอริทึมมีความยืดหยุ่นสูงโดยคำนึงถึงส่วนของร่างกายที่ถูกติดตาม โดยทั่วไปแล้วเอกลักษณ์ของส่วนต่างๆ ของร่างกาย (หรือวัตถุ) มีความหมายตามความหมาย (เช่น ข้อมือ ศีรษะ) และอัลกอริทึมสามารถจัดกลุ่มตามนั้น เพื่อให้ท่าทางของบุคคลหลายคนสามารถถูกดึงออกมาพร้อมกัน ตัวอย่างเช่น สำหรับรูปภาพของมนุษย์คนหนึ่ง อัลกอริทึมจะส่งคืนรายการพิกัดพิกเซลสิ่งเหล่านี้สามารถมีความละเอียดของพิกเซลย่อยต่อส่วนของร่างกายและเฟรม บางครั้งก็อาจจะเป็นการคาดคะเนความไม่แน่นอนของส่วนของร่างกายแล้วส่งคืนโดยอัลกอริทึม ซึ่งจะขึ้นอยู่กับแอปพลิเคชันและข้อมูลการฝึกอบรมที่ให้ไว้ในแอปพลิเคชันนั้นๆ

2.1.3.2 อัลกอริทึมการประเมินท่าทาง (Pose Estimation) คือ การประเมินท่าทางเป็นเทคนิคทางคอมพิวเตอร์ขั้นสูงโดยอิงจากการเรียนรู้เชิงลึกของท่าทางโครงกระดูกมนุษย์แสดงถึงการวางแผนของบุคคลในรูปแบบกราฟิก สามารถคาดการณ์และติดตามตำแหน่งของบุคคลหรือวัตถุ ทำได้โดยดูจากท่าโพสและการวางแผนของบุคคล ช่วยให้สามารถตรวจจับร่างกายของมนุษย์และเข้าใจท่าทางของร่างกายในวิดีโอและภาพได้ ช่วยให้สามารถระบุตำแหน่งต่างๆ เช่น ตำแหน่งของข้อศอกหรือหัวเข่าของมนุษย์ในภาพ โดยการประเมินท่าทางจะเน้นไปที่การประมาณตำแหน่งของข้อต่อที่สำคัญของร่างกาย แต่ไม่สามารถระบุตัวตนของบุคคลในวิดีโอหรือรูปภาพได้ (Bharath Raj, 2019; Datagen, มปป; FRITZ LABS INCORPORATED, 2021)



ภาพที่ 25 ความแตกต่างระหว่าง 2D และ 3D ทำให้เกิดการประเมินท่าทางขึ้นใหม่
ที่มา: <https://mobidev.biz/blog/human-pose-estimation-technology-guide>

2.1.3.3 ประเภทของการประเมินท่าทางของมนุษย์

1) การประเมินท่าทางมนุษย์ 2 มิติ (2D Human Pose Estimation) การประเมินท่าทางมนุษย์แบบ 2 มิตินั้นเกี่ยวข้องกับการใช้การป้อนข้อมูลด้วยภาพ เช่น รูปภาพและวิดีโอ เพื่อทำนายตำแหน่งเชิงพื้นที่หรือตำแหน่ง 2 มิติของจุดสำคัญของร่างกายมนุษย์ ตามเนื้อผ้า การประมาณท่าทางมนุษย์แบบ 2 มิติจะใช้เทคนิคการแยกคุณลักษณะที่สร้างขึ้นด้วยมือสำหรับส่วนต่างๆ ของร่างกายแต่ละส่วน ในอดีต คอมพิวเตอร์วิทัศน์ได้รับโครงสร้างท่าทางทั่วโลกโดยอธิบายว่าร่างกายมนุษย์เป็นรูปแท่ง โชคดีที่วิธีการเรียนรู้เชิงลึกสมัยใหม่ช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการประเมินท่าทางมนุษย์แบบ 2 มิติได้อย่างมีนัยสำคัญสำหรับการประมาณแบบบุคคลคนเดียวและหลายคน

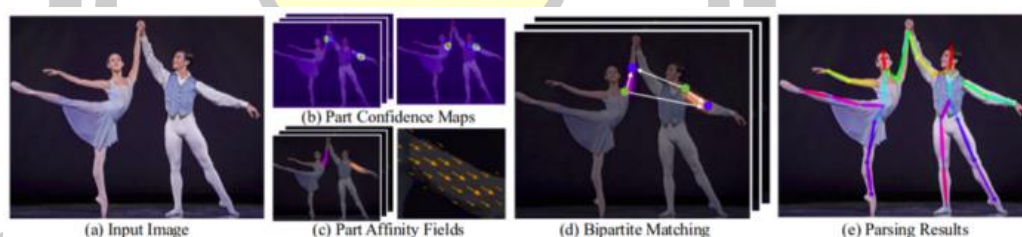
2) การประเมินท่าทางมนุษย์ 3 มิติ (3D Human Pose Estimation) การประมาณท่าทางมนุษย์ 3 มิติทำนายตำแหน่งของข้อต่อของมนุษย์ในช่องว่าง 3 มิติ ทำงานบนภาพหรือวิดีโอที่มีตาข้างเดียว และช่วยให้ข้อมูลโครงสร้าง 3 มิติในร่างกายมนุษย์ มันสามารถขับเคลื่อนแอปพลิเคชันต่าง ๆ รวมถึงแอนิเมชัน 3 มิติ การคาดคะเนการกระทำ 3 มิติ และความเป็นจริงเสมือนและเต็ม

การประมาณค่าท่าทาง 3 มิติสามารถใช้มุมมองที่หลากหลายและเซ็นเซอร์เพิ่มเติม เช่น IMU และ LiDAR และทำงานร่วมกับเทคนิคการหลอมรวมข้อมูล อย่างไรก็ตาม การประเมินท่าทางมนุษย์ 3 มิติต้องเผชิญกับความท้าทายครั้งใหญ่ การได้รับคำอธิบายประกอบรูปภาพที่แม่นยำนั้นใช้เวลานาน ในขณะที่การติดตามด้วยตนเองนั้นมีราคาแพงและไม่สามารถใช้งานได้จริง ประสิทธิภาพในการคำนวณ การวางนัยทั่วไปของแบบจำลอง และความทนทานต่อการบิดเบือนยังก่อให้เกิดความท้าทายที่สำคัญอีกด้วย

2.1.3.4 โมเดลและไลบรารีการเรียนรู้เชิงลึก

Datagen (มปป) ได้ให้ข้อมูลเพิ่มเติมว่าไลบรารีทั่วไปบางส่วนที่สามารถใช้เพื่อเพิ่มการประเมินท่าทางของมนุษย์ในแอปพลิเคชันและโครงการริเริ่ม AI ประกอบด้วย 5 ไลบรารีดังนี้

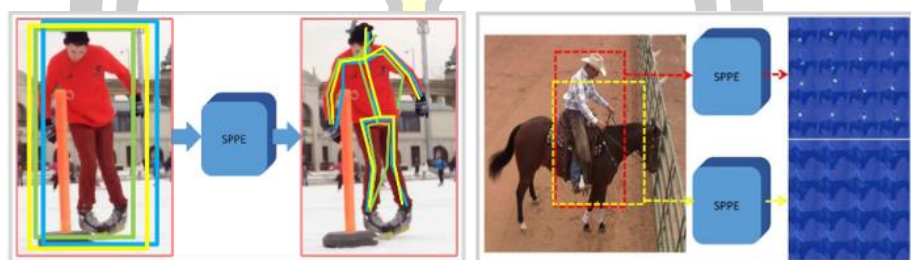
1) OpenPose เป็นไลบรารีสำหรับการตรวจจับท่าทางมนุษย์หลายคนแบบเรียลไทม์ สามารถตรวจจับจุดสำคัญของร่างกายมนุษย์ 135 จุดในภาพเดียว รวมทั้งเท้า มือ และใบหน้า โดยใช้วิธีการจากล่างขึ้นบน OpenPose จะตรวจจับจุดสำคัญของทุกคนในภาพก่อน ตามด้วยการกำหนดส่วนให้กับบุคคลที่แตกต่างกัน นี่คือการเริ่มต้นสถาปัตยกรรมของโมเดล OpenPose และเป็นไลบรารีที่ได้รับความนิยมเนื่องจากมีความทนทานต่อการตั้งค่าแบบหลายคนและคุณภาพที่เหมาะสม OpenPose ชนะการแข่งขัน COCO 2016 Keypoints Challenge (Bharath Raj, 2019; Zhe Cao et al., 2019)



ภาพที่ 26 ขั้นตอนที่เกี่ยวข้องในการประมาณท่าทางของมนุษย์โดยใช้ OpenPose
ที่มา: Bharath Raj (2019)

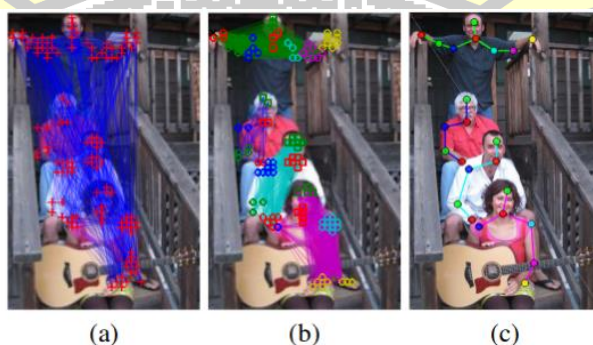
2) AlphaPose (Regional Multi-person Pose Estimation: RMPE) เป็นวิธีการประเมินท่าทางจากบนลงล่างที่สร้างขึ้นเพื่อแก้ปัญหาการพึ่งพาตัวตรวจจับบุคคลซึ่งส่งผลให้เกิดข้อผิดพลาดในการแปลและขอบเขตที่ซ้ำกัน ปัญหาเหล่านี้อาจทำให้อัลกอริทึมการดึงข้อมูลทำงานต่ำกว่าปกติได้ นี่คือการที่ RMPE แก้ปัญหาเหล่านี้ เครือข่าย Symmetric Spatial Transformer Network (SSTN) จะช่วยแยกพื้นที่สำหรับบุคคลคนเดียวคุณภาพสูงออกจากขอบเขตที่ไม่ถูกต้อง Single Person Pose Estimator (SPPE) ใช้วิเคราะห์พื้นที่ที่แยกออกมาและประเมินโครงกระดูก

ของท่าทางของมนุษย์สำหรับบุคคลในภาพ Spatial De-Transformer Network (SDTN) จะทำการรีแมปท่าโดยประมาณของมนุษย์กลับไปทีระบบพิกัดภาพดั้งเดิม เทคนิค Parametric pose Non-Maximum Suppression (NMS) จัดการการหักจากท่าที่ซ้ำซ้อน ตัวสร้างข้อเสนอ Pose Guided เพิ่มขนาดของข้อมูลชุดฝึก(Training set) เพื่อปรับปรุงแบบจำลองของอัลกอริทึม SSTN และ SPPE ซึ่งสามารถใช้เทคนิค RMPE กับชุดค่าผสมต่างๆ ที่ใช้อัลกอริทึมการตรวจจับบุคคลด้วย SPPE ได้ (Hao-Shu Fang et al., 2017)



ภาพที่ 27 ไปป์ไลน์ของ RMPE
ที่มา: Bharath Raj (2019)

3) DeepCut เป็นแนวทางการประเมินท่าทางจากล่างขึ้นบนที่เสนอในปี 2016 โดย Leonid Pishchulin โดย DeepCut มีกระบวนการทำงานการตรวจจับและประเมินผลท่าทางพร้อมกัน โดยใช้วิธีการตรวจจับส่วนต่างๆ ของร่างกายที่เป็นไปได้ในภาพ จากนั้นจึงการติดฉลากส่วนต่างๆ ของร่างกายด้วยชื่อที่เหมาะสม เช่น มือและขาจากนั้นจึงทำการแยกส่วนของร่างกายที่เป็นของแต่ละคน โดยมีเครือข่ายของ DeepCut ใช้การสร้างแบบจำลองการโปรแกรมเชิงเส้นแบบอินทิกรัล (ILP) เพื่อจัดกลุ่มจุดสำคัญที่ตรวจพบทั้งหมดในอินพุต ผลลัพธ์ของกระบวนการนี้คือการแสดงโครงกระดูกของร่างกายมนุษย์ (Datagen, มปป)



ภาพที่ 28 ภาพรวมของวิธีการ DeepCut ตรวจจับส่วนต่างๆ ของร่างกายที่เป็นไปได้ใน
ที่มา: Bharath Raj (2019)

4) Mask R-CNN เป็นอัลกอริทึมการแบ่งกลุ่มอินสแตนซ์ที่สามารถจำแนกและแปลวัตถุได้พร้อมกัน ทำงานโดยการสร้างกรอบล้อมรอบวัตถุและกำหนดมาส์กการแบ่งส่วน ซึ่งสามารถช่วยดำเนินการประเมินท่าทางของมนุษย์ได้ แต่จำเป็นต้องขยายสถาปัตยกรรมพื้นฐานของแบบจำลอง วิธีการทำงานของกระบวนการนี้มีดังนี้

1.Mask R-CNN สามารถช่วยดำเนินการประเมินท่าทางของมนุษย์ได้ แต่จำเป็นต้องขยายสถาปัตยกรรมพื้นฐานของแบบจำลอง นี่คือนิยามการทำงานของกระบวนการนี้

2.Fast R-CNN ใช้ CNN เพื่อแยกการเป็นตัวแทนและคุณลักษณะต่างๆ จาก

3.โมเดลใช้คุณลักษณะที่แยกออกมาเพื่อประเมินตำแหน่งของวัตถุผ่านเครือข่ายข้อเสนอภูมิภาค (RPN)

4.เลเยอร์ RoIAlign ทำให้คุณสมบัติที่แยกออกมาเป็นขนาดที่สม่ำเสมอ

5.โมเดลจะส่งผ่านคุณลักษณะที่แยกออกมาทั้งหมดไปยังสาขาเครือข่ายคู่ขนาน ซึ่งจะปรับแต่งภูมิภาคที่น่าสนใจ (RoI) ที่เสนอเพื่อสร้างกล่องขอบเขตและมาส์กการแบ่งส่วน

6.เอาต์พุตการแบ่งส่วนมาส์กช่วยตรวจจับคนในอินพุต

วิธีนี้ใช้วิธีการจากบนลงล่างที่ดำเนินการตรวจจับบุคคลคู่ขนานกับการตรวจจับจุดสำคัญ ในขณะที่แยกแต่ละขั้นตอนและเป็นอิสระจากกัน (Datagen, มปป)



ภาพที่ 29 การคาดการณ์สุดท้ายจาก Mask R-CNN

ที่มา: https://medium.com/@jonathan_hui/image-segmentation-with-mask-r-cnn-ebe6d793272

5) การตรวจจับท่าทาง (Pose Detection) เป็นไลบรารีโอเพนซอร์สสำหรับการตรวจจับท่าทางมนุษย์แบบเรียลไทม์ในรูปภาพและวิดีโอ ซึ่งทำงานอย่างมีประสิทธิภาพบนอุปกรณ์น้ำหนักเบา รวมถึงอุปกรณ์พกพาและเบราร์เซอร์ และนำเสนอโมเดลการประมาณค่าท่าทางต่อไปนี้

- 1.MoveNet สามารถตรวจจับจุดสำคัญ 17 จุดและทำงานที่ 50+ fps
- 2.BlazePose ตรวจจับจุดสำคัญ 33 จุด
- 3.PoseNet สามารถตรวจจับได้หลายท่า โดยแต่ละท่ามี 17 จุดสำคัญ

สถาปัตยกรรมตัวประมาณการท่าทางนี้สร้างขึ้นบน tensorflow.js เพื่อตรวจจับส่วนต่างๆ ของร่างกาย รวมถึงข้อศอก ข้อมือ สะโพก เข่า และข้อเท้า ซึ่งใช้ได้กับท่าเดียวและหลายท่า (Datagen, มปป)

2.1.3.5 การใช้งาน Pose Estimation

Pose Estimation มีการนำมาใช้งานได้หลายรูปแบบ สามารถแบ่งได้เป็นหลายหมวดหมู่ตามกรณีการใช้งานดังต่อไปนี้ (Datagen, มปป)

1) การตรวจจับกิจกรรมของมนุษย์และการเคลื่อนไหว ตัวแบบการประมาณค่าท่าทางจะติดตามและวัดการเคลื่อนไหวของมนุษย์ พวกเขาสามารถช่วยเพิ่มพลังให้กับแอปพลิเคชันต่างๆ เช่น ผู้ฝึกสอนส่วนบุคคลที่ใช้ AI ในสถานการณ์นี้ ผู้ฝึกสอนจะซึ่กล้องไปที่บุคคลที่ทำการออกกำลังกาย และแบบจำลองการประมาณท่าทางจะระบุว่าคุณคนนั้นออกกำลังกายเสร็จอย่างถูกต้องหรือไม่ แอปพลิเคชันผู้ฝึกสอนส่วนบุคคลที่ขับเคลื่อนโดยการประมาณท่าทางทำให้กิจกรรมการออกกำลังกายที่บ้านปลอดภัยและมีประสิทธิภาพมากขึ้น โมเดลการประมาณการสามารถทำงานบนอุปกรณ์มือถือโดยไม่ต้องเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต ช่วยนำการออกกำลังกาย (หรือแอปพลิเคชันอื่นๆ) ไปยังสถานที่ห่างไกลผ่านอุปกรณ์เคลื่อนที่



ภาพที่ 30 การใช้งาน Pose Estimation ในการตรวจจับกิจกรรมของมนุษย์และการเคลื่อนไหว

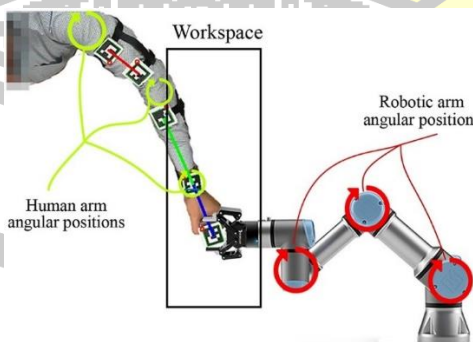
ที่มา: <https://www.v7labs.com/blog/human-pose-estimation-guide>

2) โมชันแคปเจอร์และความจริงเสริม การประยุกต์ใช้การประเมินท่าทางมนุษย์ที่น่าสนใจสำหรับการประยุกต์ใช้ CGI กราฟิก สไตล์ การเพิ่มประสิทธิภาพ อุปกรณ์และงานศิลปะสามารถซ้อนทับกับบุคคลได้หากสามารถประเมินท่าทางของมนุษย์ได้ ด้วยการติดตามการเปลี่ยนแปลงของท่าทางของมนุษย์นี้ กราฟิกที่แสดงผลสามารถ "เข้ากับบุคคลได้" อย่างเป็นธรรมชาติขณะเคลื่อนไหว ตัวอย่างภาพที่ดีของสิ่งที่เป็นไปได้สามารถเห็นได้ผ่าน Animoji แม้ว่าข้างต้นจะติดตามเฉพาะโครงสร้างของใบหน้าเท่านั้น แต่แนวคิดนี้สามารถคาดการณ์จุดสำคัญของบุคคลได้ แนวคิดเดียวกันนี้สามารถนำมาใช้เพื่อแสดงองค์ประกอบ Augmented Reality (AR) ที่สามารถเลียนแบบการเคลื่อนไหวของบุคคลได้



ภาพที่ 31 การใช้งาน Pose Estimation ในงานโมชันแคปเจอร์และความจริงเสริม
ที่มา: <https://finance.yahoo.com/news/redpill-lab-launches-product-motion-030700810.html>

3) ฝึกหุ่นยนต์ แทนที่จะตั้งโปรแกรมให้หุ่นยนต์ติดตามวิถีด้วยตนเองหุ่นยนต์สามารถสร้างการเคลื่อนไหวขึ้นเพื่อติดตามท่าทางมนุษย์ที่มีการสร้างข้อมูลท่าทางเก็บไว้ ผู้สอนที่เป็นมนุษย์สามารถสอนการกระทำบางอย่างของหุ่นยนต์ได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยเพียงแค่แสดงให้เห็นเช่นเดียวกัน หุ่นยนต์สามารถคำนวณวิธีการเคลื่อนย้ายข้อต่อเพื่อดำเนินการแบบเดียวกันได้



ภาพที่ 32 การใช้งาน Pose Estimation ในการฝึกหุ่นยนต์
ที่มา: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnbot.2022.826410/full>

4) การติดตามการเคลื่อนไหวสำหรับเกมคอนโซล เป็นการประยุกต์ใช้การประมาณท่าทางที่น่าสนใจคือการติดตามการเคลื่อนไหวของคนในการเล่นแบบโต้ตอบผ่านทางอุปกรณ์ Kinect ใช้การประเมินท่าทาง 3 มิติ (โดยใช้ข้อมูลเซ็นเซอร์อินฟราเรด) เพื่อติดตามการเคลื่อนไหวของผู้เล่นที่เป็นมนุษย์ และใช้เพื่อแสดงการกระทำของตัวละครเสมือน



ภาพที่ 33 การติดตามการเคลื่อนไหวสำหรับเกมคอนโซล

ที่มา: <https://blogs.windows.com/latam/2011/11/01/la-magia-del-efecto-kinect-ms-all-de-la-sala-de-tv/>

จากข้อมูลข้างต้นเกี่ยวกับระบบ AI Mocap เหตุผลที่ผู้วิจัยเลือกใช้ระบบนี้ในการศึกษาเนื่องจากเนื่องจากการจับการเคลื่อนไหวโดยใช้ AI Mocap ได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา ระบบ AI Mocap ใช้อัลกอริทึมขั้นสูงและเทคนิคการเรียนรู้ของ Machine learning เพื่อจับและวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของมนุษย์อย่างแม่นยำ ทำให้มั่นใจได้ว่าภาพเคลื่อนไหวที่ได้นั้นสมจริงและดูเป็นธรรมชาติ วิธีการจับการเคลื่อนไหวแบบดั้งเดิมอาจใช้เวลาและใช้แรงงานมาก ในกระบวนการของระบบ AI Mocap นั้นง่ายและรวดเร็วขึ้นมีประสิทธิภาพมากขึ้น สามารถใช้ AI Mocap เพื่อจับการเคลื่อนไหวต่างๆ ได้ มีความยืดหยุ่นสามารถใช้งานได้หลากหลาย รวมถึงการทำงานร่วมกับภาพยนตร์ วิดีโอเกม และความจริงเสมือนในอนาคต ระบบ AI Mocap ทั้งหมดนี้มีราคาถูก โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับการอุตสาหกรรมการผลิตเกมและแอนิเมชันขนาดเล็ก ระบบ AI Mocap สามารถนำไปใช้ได้ตั้งแต่สตูดิโอจับการเคลื่อนไหวระดับมืออาชีพไปจนถึงบุคคลทั่วไปที่ใช้เฉพาะกล้องและซอฟต์แวร์ ซึ่งเพิ่มศักยภาพให้กับผู้ใช้ในวงกว้าง โดยรวมแล้วการจับการเคลื่อนไหวด้วย AI Mocap จึงเป็นวิธีการจับการเคลื่อนไหวของมนุษย์ที่แม่นยำ มีประสิทธิภาพ ยืดหยุ่น ค่อนข้างต่ำ และเข้าถึงได้สำหรับการใช้งานที่หลากหลาย

2.1.4 แพลตฟอร์มของ AI Mocap

ผู้วิจัยได้ศึกษา AI Mocap ในรูปแบบออนไลน์และในมือถือที่มีประสิทธิภาพและความแม่นยำใกล้เคียงกับเทคนิคการจับการเคลื่อนไหวของผู้แสดงแบบพื้นฐาน สามารถนำข้อมูลการเคลื่อนไหวมาใช้งานแอนิเมชันได้และได้รับความนิยมในปัจจุบันมีอยู่ 5 แพลตฟอร์ม ดังนี้

2.1.4.1 DeepMotion

DeepMotion (2018) และ Milligan (2018) ได้กล่าวว่า DeepMotion เป็นการให้บริการผ่านอินเทอร์เน็ตสำหรับนักพัฒนาในการอัปโหลดวิดีโอและฝึกฝนตัวละคร 3 มิติ โดยเลือกจากการเคลื่อนไหวเชิงโต้ตอบหลายร้อยแบบที่พร้อมใช้งานผ่านไลบรารีออนไลน์ Neuron ทำงานโดยการเรียนรู้แบบเสริมแรงกับขอบเขตที่เพิ่มขึ้นของการจำลองทางด้านการกีฬา ช่วยให้ผู้ใช้สร้างเนื้อหาสามารถบอกเล่าเรื่องราวที่สมจริงยิ่งขึ้น ด้วยการเพิ่มตัวละครที่สามารถนำไปใช้สำหรับการสร้างเกมหรือ VR ได้ เทคโนโลยีหลักของ DeepMotion Neuron ใช้อัลกอริทึมที่ทันสมัยเพื่อสร้างการเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นในตัวละครจำลอง 3 มิติในโลกของแอนิเมชันเกม โครงข่ายประสาทเทียมถูกนำมาใช้ในเกมบางเกม เช่น Grand Theft Auto V เพื่อสร้างขั้นตอนการเคลื่อนไหวที่เหมือนจริง ถูกนำเสนอในงานวิจัยที่ SIGGRAPH 2018 โดยนักวิทยาศาสตร์จาก DeepMotion และ Carnegie Mellon University



ภาพที่ 34 ตัวอย่างการใช้งาน DeepMotion

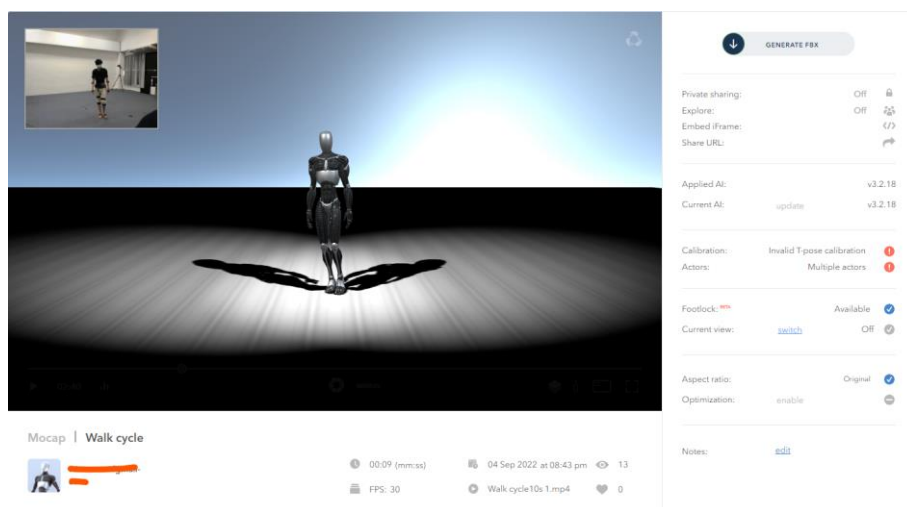
ที่มา: <https://portal.deepmotion.com/>

ผู้วิจัยได้ศึกษาวิธีการทำงานของ DeepMotion เริ่มต้นเมื่อเราถ่ายวิดีโอจากมือถือหรือกล้องสำหรับถ่ายวิดีโอทั่วไป โดยมีเงื่อนไขคือในกรณีที่ใช้แบบฟรีวิดีโอที่ได้จะต้องมีความยาวที่ไม่เกิน 20 วินาที หรือจะต้องนำมาตัดวิดีโอให้มีความยาว 20 วินาที และมีเครดิตในการใช้งานอยู่ที่ 60 เครดิตต่อเดือน ซึ่งจะใช้คุณภาพวิดีโอในการนำเข้าที่ 1080p เฟรมเรตที่ 30 เฟรมต่อวินาที และถ้าหากอัปเกรดใช้แบบจ่ายรายเดือนจะเริ่มต้นที่ 17 ดอลลาร์สหรัฐ และสามารถใช้อัตราความยาวไม่

เกิน 30 วินาที และมีเครดิตในการใช้งานอยู่ที่ 480 เครดิตต่อเดือน คุณภาพวิดีโอในการนำเข้าที่ 1080p เฟรมเรทที่ 60 เฟรมต่อวินาที ไปจนถึงการใช้งานขนาดใหญ่จะสามารถใช้วิดีโอที่ความยาวที่ 480 วินาที และมีเครดิตในการใช้งานอยู่ที่ 36,000 เครดิตต่อเดือน คุณภาพวิดีโอในการนำเข้าที่ 4320p(8K) เฟรมเรทสูงสุดที่ 240 เฟรมต่อวินาที เมื่อนำวิดีโอเข้าไปในเบราวเซอร์แล้วระบบจะทำการ Analysis ภาพวิดีโอและให้ผู้ใช้ทำการตั้งค่าของการนำเข้าแอนิเมชันกลับออกมาใช้งานกับซอฟต์แวร์แอนิเมชัน 3 มิติอื่นๆ จากนั้นให้ AI ทำการประมวลผลการเคลื่อนไหวจากภาพในวิดีโอและแสดงการเคลื่อนไหวตัวอย่างที่ได้จาก AI ประมวลผลการเคลื่อนไหว เมื่อได้การเคลื่อนไหวที่ต้องการสามารถดาวน์โหลดเป็นไฟล์นามสกุล FBX เพื่อไปใช้ซอฟต์แวร์แอนิเมชัน 3 มิติอื่นๆ ได้ ซึ่ง DeepMotion สามารถเก็บรายละเอียดการเคลื่อนไหวของภาพวิดีโอแนวในตรงและแนวระนาบเพื่อให้ AI ประมวลผลการเคลื่อนไหวได้ดี และยังสามารถตั้งค่าให้ AI ประมวลผลการเคลื่อนไหวของนิ้วมือและใบหน้าได้ นอกจากนี้ในเวอร์ชันล่าสุดของ DeepMotion ยังให้ผู้ใช้สามารถปรับแต่งท่าโพสของการเคลื่อนไหวเพิ่มเติมโดยใช้เครื่องมือ Rotoscope Pose Editor เพื่อให้ AI ประมวลผลของการเคลื่อนไหวได้ดียิ่งขึ้นอีกด้วย ส่วนข้อจำกัดของ DeepMotion หากใช้งานฟรีก็จะทำให้มี Animations Credit ต่อเดือนจำนวนจำกัดทำให้การจับการเคลื่อนไหวได้ข้อมูลที่จำกัดด้วย

2.1.4.2 RADiCAL

เทคโนโลยีการจับการเคลื่อนไหวของ RADiCAL นั้นใช้ AI และอัลกอริทึมการเรียนรู้ของเทคโนโลยีแมชชีนเลิร์นนิง (ML) ที่ออกแบบมาเพื่อติดตามและวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของผู้คนและวัตถุแบบเรียลไทม์ ระบบของ RADiCAL สามารถบันทึกข้อมูลโดยละเอียดเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวของข้อต่อ กล้ามเนื้อ และส่วนอื่นๆ ของร่างกาย ตลอดจนตำแหน่งและการวางแนวของวัตถุในพื้นที่สามมิติ จากนั้นข้อมูลนี้จะใช้เพื่อสร้างแบบจำลองและภาพเคลื่อนไหวที่มีรายละเอียดเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวของตัวต้นแบบ ซึ่งสามารถนำไปใช้เพื่อวัตถุประสงค์ที่หลากหลาย เช่น การสร้างตัวละครที่เหมือนจริงในวิดีโอเกมหรือภาพยนตร์ การวิเคราะห์สมรรถภาพทางกีฬา หรือช่วยในการวินิจฉัยและรักษาโรค มีแนวโน้มว่าเทคโนโลยีการจับการเคลื่อนไหวของ RADiCAL จะใช้อัลกอริทึมการประเมินท่าทาง (Pose Estimation) เป็นส่วนหนึ่งของการจับการเคลื่อนไหวด้วย AI นี้ แต่ผู้วิจัยไม่สามารถยืนยันได้เนื่องจากไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลเฉพาะเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ของ RADiCAL



ภาพที่ 35 ตัวอย่างการใช้งาน RADiCAL

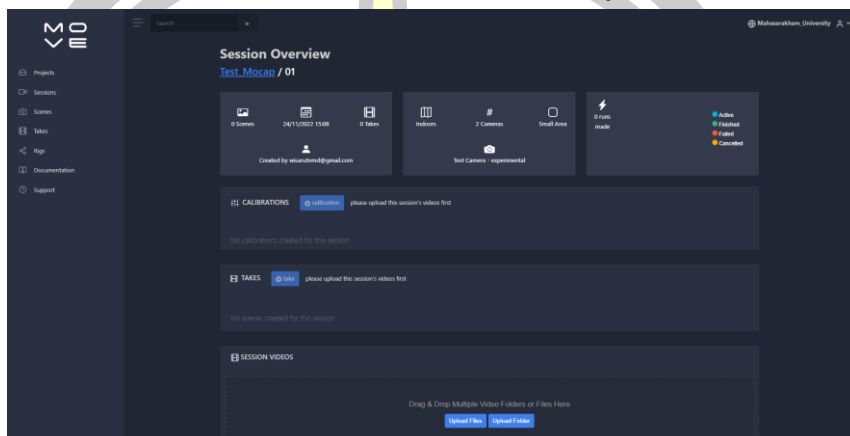
ที่มา: <https://radicalmotion.com/scan/728371/>

ผู้วิจัยได้ศึกษาวิธีการทำงานของ RADiCAL ซึ่งสามารถแบ่งการทำงานออกเป็น 2 แพลตฟอร์มซึ่งประกอบด้วย แพลตฟอร์มเว็บไซต์ และแอปพลิเคชันบนมือถือทั้ง IOS และ Android ทำงานโดยการถ่ายภาพจากโทรศัพท์มือถือหรือกล้องถ่ายวิดีโอทั่วไป โดยมีเงื่อนไขคือหากนำข้อมูลไปใช้งานในรูปแบบของ Creator โดยจะสามารถสร้างแอนิเมชันที่มีความยาว 3 นาทีต่อเดือนราคาอยู่ที่ 8 ดอลลาร์สหรัฐ ในรูปแบบของ Producer โดยจะสามารถสร้างแอนิเมชันที่มีความยาว 20 นาทีต่อเดือนราคาอยู่ที่ 28 ดอลลาร์สหรัฐ และในรูปแบบของ Professional จะสามารถสร้างแอนิเมชันที่มีความยาว 120 นาทีต่อเดือนราคาอยู่ที่ 78 17 ดอลลาร์สหรัฐ เมื่อนำวิดีโอเข้าไปในเบราว์เซอร์แล้วระบบจะทำการ Analysis ภาพวิดีโอ จากนั้นให้ AI ทำการประมวลผลการเคลื่อนไหวจากภาพในวิดีโอและแสดงการเคลื่อนไหวตัวอย่างที่ได้จาก AI ประมวลผลการเคลื่อนไหว เมื่อได้การเคลื่อนไหวที่ต้องการสามารถดาวน์โหลดเป็นไฟล์นามสกุล FBX เพื่อไปใช้ซอฟต์แวร์แอนิเมชัน 3 มิติอื่นๆ ได้ ซึ่งสามารถดาวน์โหลดข้อมูลการเคลื่อนไหวที่ 30 เฟรมต่อวินาที RADiCAL เป็นอีกแพลตฟอร์มให้ข้อมูลการเคลื่อนไหวค่อนข้างดีในท่าทางที่มีทิศทางการเคลื่อนที่ แจกข้อจำกัดของ RADiCAL คือไม่ฟรี ต้องมีค่าใช้จ่ายรายเดือนโดยเริ่มต้นที่ 8 ดอลลาร์สหรัฐ ต่อเดือนถึงจะสามารถใช้งานอัปโหลดวิดีโอและนำข้อมูลออกไปใช้ได้

2.1.4.3 MOVE.AI

Move.AI เป็นบริษัทเทคโนโลยีการจับการเคลื่อนไหวที่ใช้เทคโนโลยีการเคลื่อนไหวโดยใช้เทคโนโลยีแมชชีนเลิร์นนิง (ML) ที่จดสิทธิบัตรเฉพาะในการใช้เลนส์ศาสตร์ ฟิสิกส์ พื้นที่และเวลาขั้นสูงเพื่อจับภาพและแปลงการเคลื่อนไหวของมนุษย์ให้เป็นดิจิทัลโดยไม่ต้องใช้ชุดหรือจุดมาร์คเกอร์ใดๆ ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้สามารถวิเคราะห์และจัดการข้อมูลการเคลื่อนไหวได้หลายวิธี เช่น

การแสดงผลภาพตามเวลาจริงหรือใช้เพื่อขับเคลื่อนการเคลื่อนไหวของตัวละครในสภาพแวดล้อมเสมือนจริง ซึ่งเทคโนโลยีของ Move.ai นี้จะใช้ฮาร์ดแวร์มาตรฐานของกล้องทั่วไปและมือถือในการจับการเคลื่อนไหว จึงช่วยลดต้นทุนของกล้องที่มีราคาแพง รวมไปถึงฮาร์ดแวร์เสริม ชุด เสื้อผ้า และสตูดิโอที่ใช้ถ่ายทำเฉพาะได้ การทำงานสามารถตั้งค่ากล้องและถ่ายทำได้ในเวลาไม่กี่นาที และสามารถอัปโหลดวิดีโอสำหรับการประมวลผลการเคลื่อนไหวเมื่อใดก็ตามที่ผู้ใช้ต้องการ



ภาพที่ 36 Session แสดงการทำงานของ Move.AI

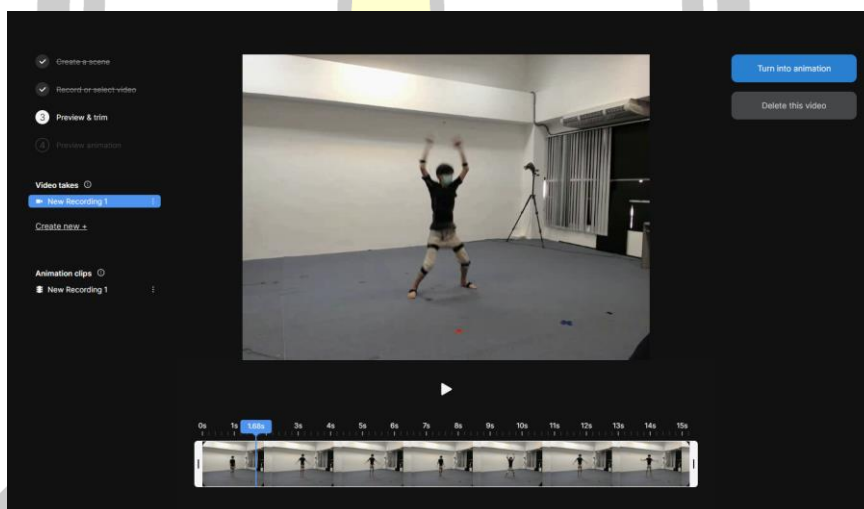
ที่มา: <https://www.move.ai/>

ผู้วิจัยได้ศึกษาวิธีการทำงานของ Move.AI โดยเวอร์ชันปัจจุบันของ Move.AI ได้พัฒนาให้สามารถใช้งานบนมือ iPhone ได้ ซึ่งสามารถใช้ iPhone อย่างน้อย 2 เครื่องสำหรับข้อมูลของการเคลื่อนไหวคุณภาพแบบ inertial mocap ไปจนถึง iPhone 6 เครื่องสำหรับข้อมูลการเคลื่อนไหวคุณภาพใกล้เคียงระบบ Optical Mocap ในกระบวนการจับการเคลื่อนไหวเริ่มต้นโดยการติดตั้งกล้องให้จับภาพไปที่พื้นที่การถ่ายทำซึ่งเริ่มต้นที่ขนาด 2x2 เมตร สำหรับ iPhone จำนวน 2 เครื่อง จนถึงพื้นที่ขนาดสูงสุด 6x6 เมตร สำหรับ iPhone จำนวน 6 เครื่อง และทำการติดตั้งแอปพลิเคชันบน iPhone ทุกเครื่องรวมถึง iPhone ที่ใช้เป็นเครื่องควบคุมการถ่ายทำอีก 1 เครื่อง จากนั้นทำการ calibrate โดยการยกมือขึ้นพอดิบบริเวณศรีษะ และปรบมือ 3 ครั้ง แล้วทำตามทางแขนยกศอกขึ้นตั้งฉากก้ามือพร้อมกับเดินเข้าหากล้องที่ละตัวพร้อมกับการบันทึกการเคลื่อนไหว ในขั้นตอนการบันทึกการเคลื่อนไหวให้เริ่มโดยการปรบมือ 3 ครั้ง และท่า T-Pose ก่อนเริ่มการถ่ายทำ เมื่อเสร็จสิ้นการถ่ายทำในแต่ละท่าให้จบด้วยท่า T-pose การถ่ายทำในแต่ละท่าทางไม่ควรเกิน 4 นาที หลังจากถ่ายทำสามารถอัปโหลดวิดีโอทั้งหมดไปยังแพลตฟอร์มคลาวด์ของ Move.AI โดยตรงจากโทรศัพท์แต่ละเครื่องที่ใช้เป็นกล้องถ่ายทำ บนแพลตฟอร์มคลาวด์ทำการสร้าง Take และเลือกไฟล์วิดีโอของแต่ละกล้อง จากนั้นทำการตั้งค่างานละเอียดของ Take และสามารถเลือกนักแสดงที่ต้องการได้ในกรณีที่มีนักแสดงหลายคนเมื่อตั้งค่าเสร็จแล้วจะเป็นขั้นตอนการเลือก Avatar ที่ใช้เป็นต้นฉบับของการ

เคลื่อนไหวที่จะนำไปใช้กับการทำแอนิเมชัน เมื่อได้ Avatar ที่ต้องการแล้วจะเป็นการ Process เพื่อสร้างการเคลื่อนไหว ในการนำข้อมูลการเคลื่อนไหวไปใช้งานสามารถดาวน์โหลดเป็น .FBX ไฟล์ตาม formats ของซอฟต์แวร์ 3มิติ ที่ต้องการนำไปใช้งานได้ ส่วนข้อจำกัดของการใช้งาน Move.AI เป็นเรื่องของขั้นตอนการ Calibrations ด้วยวิดีโอก่อนที่จะเริ่ม Session ในการจับการเคลื่อนไหว ซึ่ง AI Mocap ในแพลตฟอร์มอื่นไม่มีขั้นตอนนี้ และการใช้งานอุปกรณ์กล้องที่ให้ใช้งานได้เฉพาะอุปกรณ์กล้องตามที่กำหนดรวมถึงขั้นตอนในการเริ่มใช้งานยังมีความซับซ้อนอยู่

2.1.4.4 Rokoko Video

Rokoko Video เป็นเครื่องมือฟรีช่วยให้ผู้ใช้สามารถอัปโหลดวิดีโอของบุคคลที่เคลื่อนไหวหรือบันทึกตัวเองด้วยเว็บแคมหรือโทรศัพท์ จากนั้นแยกไฟล์การเคลื่อนไหวโดยอัตโนมัติซึ่งสามารถใช้เพื่อทำให้ตัวละครเคลื่อนไหวในเกมและภาพยนตร์ การวัดประสิทธิภาพในกีฬาสุขภาพและอื่นๆอีกมากมาย ซึ่ง Rokoko Video จะช่วยให้วิธีสำรวจการจับภาพเคลื่อนไหวและแอนิเมชันของตัวละครได้ฟรีและใช้งานง่าย โดยวิดีโอที่ใช้สำหรับการบันทึกแอนิเมชันไม่ควรเกิน 10 นาทีต่อคลิป

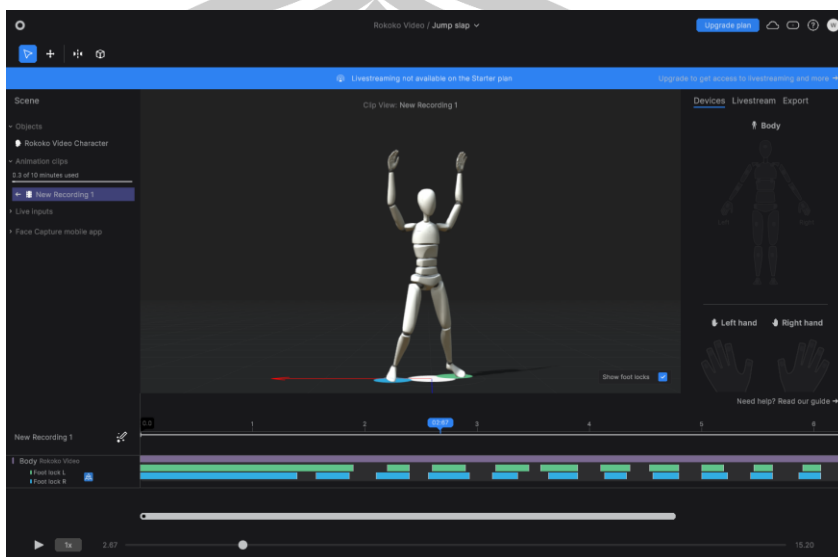


ภาพที่ 37 ขั้นตอนการแยกไฟล์การเคลื่อนไหวอัตโนมัติโดย Rokoko

ที่มา: ผู้วิจัย

ผู้วิจัยได้ศึกษาวิธีการทำงานของ Rokoko Video โดยขั้นตอนการใช้งานจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ในส่วนแรกผู้ใช้เริ่มต้นในเบราว์เซอร์ด้วย Rokoko Video และอัปโหลดวิดีโอหรือบันทึกการเคลื่อนไหวด้วยเว็บแคมหรือกล้องโทรศัพท์ หลังจากแก้ไขและตัดแต่งคลิปแล้ว คลิปจะถูกอัปโหลดไปยังกลไกการเคลื่อนไหวที่ขับเคลื่อนด้วย AI ของ Rokoko โดยอัตโนมัติ ในส่วนที่สอง ผู้ใช้จะสามารถเข้าถึงข้อมูลการเคลื่อนไหวใน Rokoko Studio ซึ่งสามารถปรับปรุงข้อมูลด้วยตัวกรองขั้นสูง เช่น การล็อกเท้า ก่อนที่จะส่งออกไปยังโปรแกรม 3 มิติสุดท้ายที่ใช้สำหรับสร้างแอนิเมชัน

ไม่ว่าจะเป็น Blender, Cinema4D, Unity, Unreal เป็นต้น แต่ใน Rokoko Video นั้นยังมีข้อจำกัดบางอย่างอยู่เช่น วิดีโอการเคลื่อนไหวที่ใช้ในการสร้างแอนิเมชันต้องใช้มุมตรงหน้า หรือมุมด้านข้างเท่านั้น AI ของ Rokoko จึงจะสามารถสร้างการเคลื่อนไหวได้อย่างแม่นยำได้ เป็นต้น



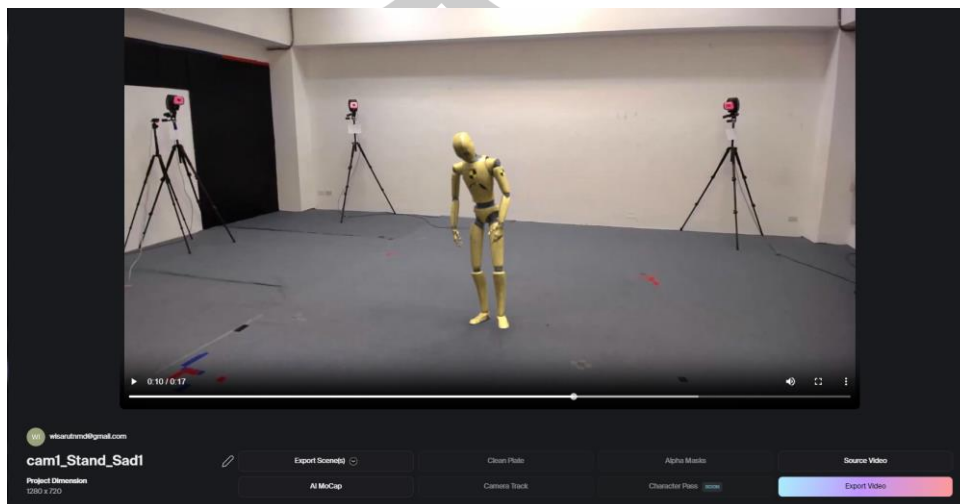
ภาพที่ 38 ข้อมูลการเคลื่อนไหวใน Rokoko Studio

ที่มา: ผู้วิจัย

2.1.4.5 Wonder Studio AI

Gloria Levine (2023) ได้กล่าวว่า Wonder Dynamics ได้เปิดตัว Wonder Studio ซึ่งเป็นเครื่องมือ AI ที่สามารถจับการเคลื่อนไหว ปรับแสง และจัดองค์ประกอบโมเดลตัวละคร 3 มิติให้เป็นฉากไลฟ์แอ็กชันได้โดยอัตโนมัติ และ Gloria Levine ได้กล่าวอีกว่า จะไม่มี mocap ไม่มีซอฟต์แวร์ 3D ที่ซับซ้อน และไม่มีฮาร์ดแวร์การผลิตรายการอีกต่อไป ศิลปินต้องการแค่กล้องเท่านั้น ซึ่งมีแค่เพียงแอปพลิเคชันที่ให้เราสามารถแทรกตัวละครของเราเองหรือตัวละครที่สร้างไว้ล่วงหน้าเข้าไปในฉาก ใช้ตรวจสอบการตัดและติดตามนักแสดงโดยอัตโนมัติตลอดทั้งซีเควนซ์ตามที่ผู้สร้างกล่าวไว้ Wonder Studio สามารถทำงาน VFX "ตามวัตถุประสงค์" โดยมีการเคลื่อนไหวอัตโนมัติที่มีความใกล้เคียงกับวิดีโอเฟดเทจถึง 80% -90% ซึ่งจะทำให้งานแอนิเมชันเสร็จเร็วได้อย่างมาก เครื่องมือจะประมวลผลวิดีโอเฟดเทจ ติดตามการเคลื่อนไหว สร้างมาสก์และคลีนพื้นหลัง จากนั้นแทนที่นักแสดงด้วยตัวละครอวตาร จับคู่ท่าทางและการแสดงออก และปรับแสงให้กลมกลืนไปกับฉากหลังได้ ผู้ใช้สามารถเลือกตัวละครของผู้ใช้จากที่มีอยู่ในแอป หรือนำเข้าตัวละครจาก Blender หรือ Maya ตามข้อจำกัดของระบบระบุไว้ว่าตัวละคร 1 ตัวจะถูกจำกัดไว้ที่ 1.5 ล้านโพลีกอน สามารถมีรูปทรงใบหน้าที่เหมาะสมกันและมีเส้นผมได้ถึง 100,000 เส้น แพลตฟอร์มนี้ให้บริการฟรีด้วยความละเอียดในการส่งออกสูงสุด 1080p ในการสมัครสมาชิกมีค่าใช้จ่าย 29.99 ดอลลาร์สหรัฐต่อเดือน

และ 149.99 ดอลลาร์สหรัฐต่อเดือน หรือ 203.88 ดอลลาร์สหรัฐต่อปี และ 1,019.88 ดอลลาร์สหรัฐต่อปี



ภาพที่ 39 ขั้นตอนหลังจากการประมวลผลการเคลื่อนไหวด้วย Wonder Studio AI
ที่มา: ผู้วิจัย

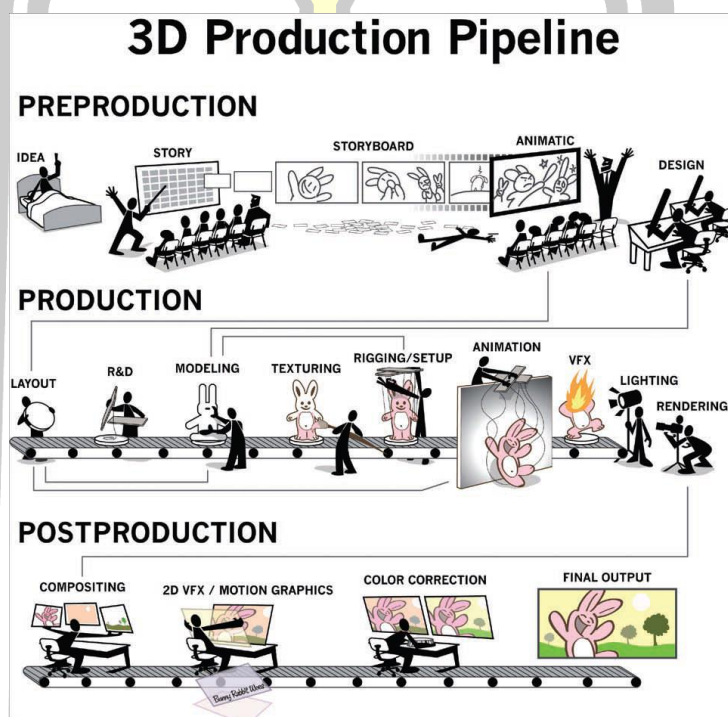
ผู้วิจัยได้ศึกษาวิธีการทำงานของ Wonder Studio AI โดยทำการนำวิดีโอที่ถ่ายด้วยกล้องเว็บแคมของท่าทางที่ผู้วิจัยต้องการสร้างการเคลื่อนไหว ทำการอัปโหลดขึ้นไปยังโปรเจกต์บนแพลตฟอร์มของ Wonder Studio AI เมื่อวิดีโอประมวลผลเสร็จสิ้น จะเป็นการเลือกตัวละครที่เป็นอวตารนำไปวางในซีนเพื่อใช้สร้างเป็นแอนิเมชันตัวอย่าง เมื่อเลือกตัวละครได้แล้วแพลตฟอร์มจะทำการประมวลผลการเคลื่อนไหวให้ตัวละครอวตาร รวมไปถึงการลบตัวละครจริงที่อยู่ในวิดีโอออกให้หมดแค่เฉพาะฉาก นอกจากนี้ยังมีตัวละครอวตารที่เคลื่อนไหวตามวิดีโอและทำการปรับแสงเงาให้กลมกลืนเข้ากับฉากหลังของวิดีโออีกด้วย เมื่อได้ผลลัพธ์เป็นการเคลื่อนไหวที่ต้องการผู้วิจัยสามารถดาวน์โหลดข้อมูลการเคลื่อนไหวจากปุ่ม AI Mocap เป็นไฟล์ FBX และยังสามารถ Export ข้อมูลเป็นไฟล์ 3D ในรูปแบบของโปรแกรม 3 มิติ อื่นๆได้ เช่น Autodesk Maya, Blender และ Unreal Engine เป็นต้น

จากข้อมูลข้างต้นผู้วิจัยได้วิเคราะห์จุดแข็งและปัจจัยด้านการใช้งานของระบบ Mocap ประเภทต่างๆ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ระบบ Optical mocap ซึ่งมีความแม่นยำสูงกว่าระบบ Mocap อื่นๆ และยังเป็นระบบที่มีความยืดหยุ่นในการทำงานสูงรวมถึงการส่งออกข้อมูลการเคลื่อนไหวได้หลากหลาย เพื่อเป็นระบบพื้นฐานในการเปรียบเทียบกับวิธีการเคลื่อนไหวแบบปัญญาประดิษฐ์ ประกอบด้วย (1) DeepMotion (2) Wonder Studio AI (3) Rokoko Vision ในงานวิจัยนี้

2.2 กระบวนการผลิตแอนิเมชัน

การศึกษาวิจัยเรื่อง “การศึกษาการจับการเคลื่อนไหวแบบปัญญาประดิษฐ์ในการผลิตแอนิเมชัน” ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับแนวคิดและทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาครั้งนี้ เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 2 หัวข้อคือ การผลิตแอนิเมชัน 3 มิติ และการใช้ Mocap สำหรับการผลิตแอนิเมชัน 3 มิติ โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 การผลิตแอนิเมชัน 3 มิติ



ภาพที่ 40 ขั้นตอนการผลิตแอนิเมชัน 3 มิติ

ที่มา: Andy Beane (2012)

Naghdi and Adib (2022) กล่าวว่า เวิร์คโฟลว์หรือไปป์ไลน์ของแอนิเมชันคือระบบที่ประกอบด้วยบุคลากร ฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ที่เรียงตัวกันเพื่อทำงานตามลำดับที่เฉพาะเจาะจงเพื่อทำงานที่กำหนดไว้ล่วงหน้าในกรอบเวลาที่กำหนดไว้ล่วงหน้า ซึ่งจะนำไปสู่ผลิตภัณฑ์แอนิเมชัน 3 มิติหรือสินทรัพย์เป็นขั้นสุดท้าย เอาต์พุตผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายอาจเป็นแอนิเมชันดั้งเดิม เช่น ภาพยนตร์ยาว หนังสือ วิดีโอโฆษณาแอนิเมชัน รายการโทรทัศน์ ตัวอย่างเกม หรือเนื้อหาวิดีโอเกม เป็นต้น สายการประกอบสำหรับการผลิตวิดีโอแอนิเมชัน 3 มิติ ขึ้นอยู่กับการพิจารณาขององค์กร ทรัพยากร ผลลัพธ์ และปัจจัยอื่นๆ แต่ละส่วนของอุตสาหกรรมแอนิเมชัน 3 มิติโดยปกติจะใช้ทั้งสามขั้นตอนอาจจะแตกต่างกันเล็กน้อย แต่โครงสร้างหลักยังคงเหมือนเดิม โดยประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลักและขั้นตอนย่อยดังต่อไปนี้

2.2.2 ขั้นตอนการผลิตล่วงหน้า (Pre-Production)

ขั้นตอนก่อนการผลิตคือขั้นตอนการวิจัย การออกแบบ และการวางแผนของโครงการ 3D ทั้งหมด ซึ่งแบ่งออกเป็นสองทีมได้แก่ ทีมออกแบบสร้างแนวคิด เรื่องราว และการออกแบบ และ ทีมผู้บริหารที่เขียนแผนการผลิต (รวมถึง งบประมาณ ทีมงาน และกรอบเวลา) ยิ่งทำขั้นตอนก่อนการผลิตได้ดีเท่าไร ขั้นตอนการผลิตก็จะง่ายขึ้นเท่านั้น ขั้นตอนก่อนการผลิตประกอบด้วยขั้นตอนต่อไปนี้

2.2.2.1 การสร้างไอเดีย (Idea Generation) คำว่า " Idea" หมายถึง "คำแนะนำ หรือแผนสำหรับการทำบางสิ่ง" "ความเข้าใจ ความคิดหรือภาพในใจ" และ "จุดประสงค์หรือเหตุผลในการทำบางสิ่ง" ตามพจนานุกรมของเคมบริดจ์ อย่างไรก็ตาม คำจำกัดความของไอดีนั้นแตกต่างกันเล็กน้อยในอุตสาหกรรมแอนิเมชัน 3 มิติ โดยทั่วไปแล้ว วิดีโอแอนิเมชัน 3 มิติประกอบด้วยแนวคิดมากมายในรูปแบบของประโยค การออกแบบตัวละคร การตั้งค่า พื้นหลัง ตำแหน่งกล้อง สี แสง จังหวะ และอื่นๆ ทีมผู้กำกับต้องจัดเรียงความคิดจำนวนมากเพื่อค้นหาสิ่งที่สามารถประกอบเข้ากับส่วนรวมที่สอดคล้องกัน เป็นการตรวจสอบอย่างต่อเนื่องซึ่งไม่รู้ว่าจะต้องการความคิดโดยรวมอะไรในตอนแรก ในการคิดไอดีสร้างสรรค์ สตูดิโอแอนิเมชัน 3 มิติใช้ขั้นตอนต่างๆ ตามการพิจารณาของตนเอง องค์กร กลไก ผู้ชม ประเภทผลิตภัณฑ์ ฯลฯ ทีมครีเอทีฟมักจะใส่ไอดีหรือแนวคิดดิบลงในกระบวนการผลิตด้วย ซึ่งสุดท้ายจะพัฒนาเป็นการ วางแผนอย่างรอบคอบพร้อมข้อมูลเชิงลึกและรายละเอียดที่เป็นประโยชน์ เพียงพอที่จะยกระดับแอนิเมชันไปอีกขั้น

2.2.2.2 การสร้างเรื่องราว (Story Creation) เรื่องราวเป็นเครื่องมือสำคัญในการเพิ่มความหมายและอารมณ์ให้กับประสบการณ์แอนิเมชัน 3 มิติ เรื่องราวที่มีข้อบกพร่องหรือผิดรูปแบบสามารถสร้างความสับสนให้กับผู้ชมและทำให้ประสบการณ์เสียหรือรบกวนในทันที การปฏิบัติตามกฎบางอย่างจะช่วยให้หลีกเลี่ยงการเสียเวลาและทรัพยากรในโครงการที่ถูกกำหนดให้ล้มเหลวได้ การคิดเรื่องราวที่ถูกต้องสำหรับแอนิเมชัน 3 มิติต้องใช้เวลาพอสมควรและต้องเขียนใหม่หลายครั้ง อย่างไรก็ตาม การค้นหาว่าอะไรทำงานได้ดีที่สุดก็มีทั้งขึ้นและลง ในระหว่างกระบวนการนี้จะเกิดไอดีดีๆ มากมาย แต่ไม่สามารถอยู่รอดได้หากไม่นำไปใช้กับเรื่องราว การทำงานร่วมกันโดยไม่ทำให้การไหลของความคิดซับซ้อนเป็นสิ่งสำคัญในขั้นตอนการสร้างเรื่องราว ทีมครีเอทีฟที่ทำงานเกี่ยวกับเรื่องราวของแอนิเมชัน 3 มิติจะต้องฉีกแนวคิดอย่างต่อเนื่องจนกว่าเรื่องราวในเวอร์ชันที่ดีที่สุด จะมีรูปร่างตามแนวคิดดั้งเดิมที่สร้างขึ้นในขั้นตอนการสร้างแนวคิดของไปป์ไลน์แอนิเมชัน 3 มิติ

2.2.2.3 การเขียนบท (Script Writing) สคริปต์เป็นรูปแบบที่เป็นทางการ เป็นลายลักษณ์อักษรของเรื่องราว การเคลื่อนไหวของตัวละคร สภาพแวดล้อม เวลา การกระทำ และบทสนทนาพื้นฐานถูกถ่ายทอดไว้ในสคริปต์เมื่อผ่านการพิจารณาแล้ว ทีมเตรียมการผลิตและฝ่ายผลิตที่

แตกต่างกันสามารถมีความเข้าใจที่ชัดเจนเกี่ยวกับเรื่องราวโดยรวม และรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นเพื่อกำหนดการส่วนของตนอย่างรวดเร็วและแม่นยำ สคริปต์สุดท้ายจะเป็นโครงสร้างอ้างอิงสำหรับขั้นตอนต่อไปของขั้นตอนการผลิต

2.2.2.4 สตอรี่บอร์ด (Storyboard) สตูดิโอแอนิเมชันระดับมืออาชีพมีเวิร์กโฟลว์ที่มั่นคงในตำแหน่งที่เรียกว่าไปป์ไลน์การผลิตแอนิเมชัน ซึ่งงานที่จำเป็นทั้งหมดในการผลิตแอนิเมชัน 3 มิติจะแสดงรายการและตรวจสอบทีละขั้นตอน โดยปกติไปป์ไลน์ของแอนิเมชันจะแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ ขั้นตอนก่อนการผลิต การผลิต และหลังการผลิต ขั้นตอนก่อนการผลิตประกอบด้วยขั้นตอนหลักเหล่านี้ การสร้างแนวคิด การสร้างเรื่องราว การเขียนบท การสร้างสตอรี่บอร์ด การสร้างภาพเคลื่อนไหว และการออกแบบ ในบรรดาสิ่งเหล่านี้ แอนิเมชันสตอรี่บอร์ดเป็นขั้นตอนสำคัญในการแปลสคริปต์เป็นภาพจริงเพื่อการพัฒนาต่อไป



ภาพที่ 41 การออกแบบสตอรี่บอร์ด

ที่มา: <https://www.studiobinder.com/blog/mastering-storyboard-peepe-get-out/>

2.2.2.5 แอนิเมติก (Animatic) แอนิเมติกสตอรี่บอร์ดเคลื่อนไหวพร้อมเสียง สิ่งหนึ่งที่สตอรี่บอร์ดไม่ได้ทำคือการแสดงภาพการเคลื่อนไหวและจังหวะเวลา ในทางกลับกัน แอนิเมติกเป็นเครื่องมือก่อนการผลิตที่ให้การแสดงความยาวของแต่ละข้อที่แน่นอนโดยการกำหนดเวลาออกจากสตอรี่บอร์ด ช่วยสร้างโอกาสพิเศษในการทดสอบการไหลของภาพโดยรวมและระยะเวลาของแอนิเมชัน และตรวจสอบว่าแอนิเมชันสื่อความหมายตามที่ต้องการหรือไม่



ภาพที่ 42 แอนิเมตีสตอรี่บอร์ดเคลื่อนไหวพร้อมเสียง

ที่มา: <https://www.studiobinder.com/blog/what-is-an-animatic-definition/>

2.2.2.6 ออกแบบ (Design) รูปลักษณะสุดท้ายของโครงการได้รับการตัดสินใจในขั้นตอนนี้ ทั้งการออกแบบคอนเซ็ปต์ การออกแบบตัวละคร เครื่องแต่งกาย การออกแบบอุปกรณ์ประกอบฉาก และสิ่งแวดล้อม อารมณ์และแนวคิดของงานออกแบบจะต้องถูกถ่ายทอดออกมาอย่างเต็มที่



ภาพที่ 43 ออกแบบตัวละคร (Character Design)

ที่มา: <https://characterdesignreferences.com/art-of-animation-6/art-of-moana-part-1>

2.2.3 ขั้นตอนการผลิตแอนิเมชัน 3 มิติ (Production)

ขั้นตอนการผลิตเป็นที่ซึ่งความพยายามทั้งหมดก่อนหน้านี้ต้องชำระและเปลี่ยนเป็นการปฏิบัติ ในขั้นตอนนี้ องค์ประกอบภาพของแอนิเมชัน 3 มิติจะถูกส่งให้กับทีมงานและศิลปินที่ตามกำหนด หัวหน้าทีมต้องแน่ใจว่ากรอบเวลาและคุณภาพตรงกับแผนที่กำหนดไว้ในขั้นตอนก่อนการผลิตและดำเนินการผลิตไปอย่างราบรื่นที่สุด ขั้นตอนการผลิตประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.2.3.1 เค้าโครง 3 มิติ (3D Layout) เลย์เอาต์ในแอนิเมชัน 3 มิตินั้นเป็นเวอร์ชัน 3 มิติของแอนิเมติกที่มีความละเอียดต่ำพร้อมโมเดลพรีอิกซี โมเดลพรีอิกซีคือการนำเสนอพื้นฐานของโมเดล 3 มิติขั้นสุดท้ายที่มีรูปร่างและขนาดที่เหมาะสม ซึ่งใช้เพื่อแสดงเรื่องราวด้วยภาพ โมเดลพรีอิกซีและข้อมูลพื้นฐาน เช่น การเคลื่อนไหวของอักขระหรือทิศทาง เป็นสิ่งที่จำเป็นในการเริ่มกระบวนการจัดวางองค์ประกอบ เป็นขั้นตอนแรกในการผลิต ซึ่งผู้ออกแบบเลย์เอาต์จะเป็นผู้ตัดสินใจว่าจะให้แสดงสิ่งใดบนหน้าจอโดยอิงจากสตอรี่บอร์ดและ หรือแอนิเมชันและคำแนะนำจากผู้กำกับ



ภาพที่ 44 เค้าโครง 3 มิติ (3D Layout) ในแอนิเมชัน

ที่มา: https://www.fiverr.com/tri_hand/3d-layout-for-animated-series-or-movies

2.2.3.2 การสร้างโมเดล 3 มิติ (3D Modeling) วัตถุ 3 มิติทุกชิ้นที่แสดงในแอนิเมชัน 3 มิติประกอบด้วยตาข่าย 3 มิติที่สามารถสร้างขึ้นได้โดยใช้เทคนิคที่หลากหลาย หรือเรียกว่ากระบวนการสร้างวัตถุในซอฟต์แวร์ 3 มิติเรียกว่าการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ งานของศิลปินการสร้างแบบจำลองคือการสร้างรูปทรงเรขาคณิตของวัตถุเหล่านี้ขึ้นใหม่ในสภาพแวดล้อมการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ เพื่อที่จะใช้ในวิดีโอแอนิเมชัน 3 มิติ โมเดล 3 มิติจะต้องดูสวยงามและยังต้องใช้งานได้และพอดีกับไปป์ไลน์ หมายความว่า การสร้างโมเดล 3 มิติควรจะเป็นไปได้ด้วยทรัพยากรที่มีอยู่ และโมเดล 3 มิติจะต้องปรับให้เหมาะสมสำหรับความผิดปกติต่างๆ ที่เกิดจากการเคลื่อนไหวของแอนิเมชันด้วย



ภาพที่ 45 การสร้างโมเดล 3 มิติ

ที่มา: <https://dreamfarmstudios.com/blog/a-quick-guide-to-3d-modeling/>

2.2.3.3 การสร้างพื้นผิว 3 มิติ (3D Texturing) วัตถุที่สร้างขึ้นในส่วนประกอบการสร้างแบบจำลอง 3 มิติของไปป์ไลน์ 3 มิติมักจะเป็นสีเทาแบนเริ่มต้นของโปรแกรม การสร้างพื้นผิว 3 มิติเป็นศิลปะในการสวมใส่โมเดล 3 มิติด้วยภาพ 2 มิติ ศิลปินมีหน้าที่รับผิดชอบในการใช้คุณลักษณะของสีและพื้นผิวกับวัตถุ 3 มิติ วัตถุประสงค์คือการทำพื้นผิวของโมเดลเข้ากับการออกแบบคอนเซ็ปต์อาร์ต หรือพื้นผิวของโมเดลในโลกแห่งความเป็นจริง ตัวอย่างเช่น หากแบบจำลองควรจะเป็นตัวแทนของกำแพงอิฐ งานของศิลปินพื้นผิวจะต้องทำให้แน่ใจว่ากำแพงอิฐ 3 มิติมีสีและคุณสมบัติพื้นผิวเดียวกันกับกำแพงอิฐในโลกแห่งความเป็นจริงเมื่อเรนเดอร์ ตัวอย่างเดียวกันนี้สามารถทำได้ด้วยโต๊ะไม้หรือหน้าต่างกระจกเงา



ภาพที่ 46 การสร้างพื้นผิว 3 มิติ

ที่มา: <https://dreamfarmstudios.com/blog/getting-to-know-3d-texturing-in-animation-production/>

2.2.3.4 การใช้กระดูกควบคุมแบบจำลองสามมิติ (3D Rigging) ในงานคอมพิวเตอร์กราฟิกส์สามมิติและเกมคอมพิวเตอร์แบบ 3 มิติ นิยมใช้กระดูกเพื่อบังคับการเคลื่อนไหวของโมเดลสามมิติโดยแทนที่จะเก็บ Key frame ของแต่ละการเคลื่อนไหวแยกกันไป ก็อาจเก็บการเคลื่อนไหว

ของกระดูกแทน เมื่อมีการขยับกระดูก กระดูกก็จะไปบังคับให้กลุ่มของจุดหรือ Vertex (geometry) เคลื่อนที่ไปตามกระดูกนั้นๆ



ภาพที่ 47 3D Rigging

ที่มา: <https://benmorgananimation.wordpress.com/2017/09/13/making-a-picker-gui-for-maya-with-pyside-and-qtdesigner/>

2.2.3.5 ภาพเคลื่อนไหว 3 มิติ (3D Animation) แอนิเมเตอร์ 3D ใช้ซอฟต์แวร์ 3D เพื่อทำสิ่งเดียวกันหลายอย่างคล้ายกับที่แอนิเมเตอร์ 2D ทำ นอกเหนือจากหลักการพื้นฐานของแอนิเมชันแล้ว นักสร้างแอนิเมชัน 3 มิติยังใช้ข้อได้เปรียบของซอฟต์แวร์สมัยใหม่เพื่อผลักดันรูปแบบศิลปะไปสู่ระดับใหม่ ศิลปินเหล่านี้มีหน้าที่สร้างแอนิเมชันทุกอย่างตั้งแต่ยานอวกาศ มังกร ไปจนถึงตัวละครนำ โดยพื้นฐานแล้ว แอนิเมเตอร์ 2D และ 3D ใช้หลักการเดียวกันแต่เครื่องมือต่างกัน นอกจากนี้แอนิเมเตอร์ 3 มิติยังสามารถแบ่งตามลักษณะของงานได้ดังนี้



ภาพที่ 48 ภาพเคลื่อนไหว 3 มิติ

ที่มา: <https://www.animationmentor.com/blog/the-ultimate-guide-to-animation-for-beginners/>

1) Feature Film Animators นักสร้างแอนิเมชันภาพยนตร์ทำงานในภาพยนตร์และรายการทีวีเพื่อสร้างการแสดงที่น่าดึงดูดและสนุกสนาน แอนิเมเตอร์เหล่านี้มีหน้าที่รับผิดชอบการแสดงตัว

ละครที่น่าจดจำในภาพยนตร์อย่าง Frozen, Spider-Man: Into the Spider-Verse และ How to Train Your Dragon

2) Game Animators โดยทั่วไปแล้ว Game Animators จะมุ่งเน้นไปที่กลไกของร่างกายและการแสดงทางกายภาพ โดยเน้นที่น้ำหนักและผลกระทบ พวกเขาสร้างแอนิเมชันแบบไดนามิกที่ทำให้ทั้งเกมเพลย์และการเล่าเรื่องสมจริง

3) VFX Animators แอนิเมเตอร์ VFX ใช้ความเกินจริงและความละเอียดอ่อนในระดับต่างๆ กันเพื่อให้ตัวละครดิจิทัลเคลื่อนไหวไปพร้อมกับการแสดงสด พวกเขา มักทำให้ฮีโร่ หุ่นยนต์ยักษ์ และสัตว์มหัศจรรย์มีชีวิตขึ้นมา

2.2.3.6 เอฟเฟกซ์ (VFX) โดยพื้นฐานแล้วในขั้นตอน VFX ของไปป์ไลน์แอนิเมชัน 3 มิติเกี่ยวข้องกับการสร้างการเคลื่อนไหวที่ซับซ้อนหรือองค์ประกอบที่ยากเกินไปหรือถึงขั้นเป็นไปไม่ได้ที่จะสร้างภาพเคลื่อนไหว 3 มิติด้วยตนเองหรือจัดการเคลื่อนไหว ในบางกรณีส่วนใหญ่ มักใช้ 2D VFX ซึ่งสามารถแก้ปัญหาในตอนท้ายได้อย่างง่ายดาย แต่องค์ประกอบต่างๆ เช่น เส้นผม ขน ของเหลว ผ้า การแปรสภาพ และการระเบิด มักจะต้องจำลองในสภาพแวดล้อมแบบ 3 มิติตามระบบการจำลองทางฟิสิกส์ มักจะรับผิดชอบในการคำนวณที่จำเป็นในการจำลองการเคลื่อนไหวตามปัจจัยที่กำหนดโดยศิลปิน VFX รวมถึงแรงโน้มถ่วง ลม ฯลฯ การจำลองที่ซับซ้อนเหล่านี้ต้องใช้การประมวลผลข้อมูลจำนวนมากและยากต่อการจัดการหรือควบคุม



ภาพที่ 49 ขั้นตอน VFX ของไปป์ไลน์แอนิเมชัน 3 มิติ
ที่มา: <https://beforesandafters.com/2020/07/07/body-of-work-scanlines-latest-adventures-in-fluid-sims/>

2.2.3.7 การจัดแสง (Lighting) 3D Lighting คือการรวบรวมเครื่องมือและเทคนิคที่ใช้ในการจำลองแสงในสภาพแวดล้อม 3 มิติที่สร้างด้วยคอมพิวเตอร์ การจัดแสงในไปป์ไลน์แอนิเมชัน 3 มิติล้วนเกี่ยวกับการทำให้ฉากหรือซีเควนซ์ 3 มิติ สามารถมองเห็นได้ด้วยวิธีเฉพาะผ่านการตั้งค่าแหล่งกำเนิดแสงที่แตกต่างกัน และการจัดแสงมีความสำคัญเป็นพิเศษในแอนิเมชัน 3 มิติ เนื่องจาก

ต้องสนับสนุนเรื่องราว ถ่ายทอดอารมณ์ของภาพ และยังสื่อถึงสถานที่ ช่วงเวลาของวัน และแม้แต่สภาพอากาศได้ การสร้างรูปแบบแสงให้สอดคล้องกันทั่วทั้งภาพยนตร์ 3 มิติเป็นหนึ่งในความท้าทายที่ยิ่งใหญ่ที่สุดที่แผนก 3D Lighting ของสตูดิโอแอนิเมชัน 3 มิติจะต้องเผชิญ



ภาพที่ 50 3D Lighting

ที่มา: <https://www.insider.com/netflix-over-the-moon-animators-light-scenes-in-animated-movies-2020-11>

2.2.3.8 การแสดงผล (Rendering) การเรนเดอร์ 3 มิติเป็นกระบวนการผลิตภาพตามข้อมูลสามมิติที่จัดเก็บไว้ในคอมพิวเตอร์ มันเหมือนกับการถ่ายภาพหรือถ่ายทำฉาก 3 มิติเสมือนจริงในเบื้องหลัง ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์การเรนเดอร์ต้องทำการคำนวณทางคณิตศาสตร์จำนวนมากเพื่อแปลงข้อมูลของฉาก 3 มิติเป็นภาพ รูปลักษณะทั้งหมดของการเรนเดอร์ขั้นสุดท้ายจึงถูกกำหนดโดยการสร้างโมเดล พื้นผิว การแรเงา แสง และข้อมูลแอนิเมชันที่รวมเข้าด้วยกันและเรนเดอร์พิกเซลต่อพิกเซล เทคโนโลยีการเรนเดอร์ 3 มิติไม่ได้จำกัดเฉพาะอุตสาหกรรมแอนิเมชัน 3 มิติเท่านั้น ยังสามารถพบได้ทั่วไป ในนิตยสาร ในทีวี บนปกหนังสือ ในโฆษณา และสื่อดิจิทัลทั้งหมด



ภาพที่ 51 การเรนเดอร์ 3 มิติ

ที่มา: <https://vfxserbia.com/2019/01/25/nvidia-rtx-powers-ray-traced-3d-rendering-in-autodesk-maya-and-arnold/>

2.2.4 ขั้นตอนหลังการผลิตแอนิเมชัน (Post-Production)

ในขั้นตอนนี้เป็นกระบวนการสุดท้ายที่ถูกเพิ่มเข้าไปในขั้นตอนการผลิตแอนิเมชัน เพื่อให้ภาพดูสวยงามและเป็นมืออาชีพ ศิลปินหลังการผลิตมีใช้เครื่องมือมากมายที่สามารถสร้างรูปลักษณะของโปรเจกต์ในแบบที่พวกเขาต้องการ ซึ่งขั้นตอนหลังการผลิตในไปป์ไลน์แอนิเมชัน 3 มิติ ประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.2.4.1 การจัดองค์ประกอบภาพ (Compositing) คือกระบวนการหรือเทคนิคการรวมองค์ประกอบ(เลเยอร์) ที่มาจากแหล่งที่มาที่แยกกันมารวมกันภายใน 1 ฉาก หรืออาจเรียกว่าเป็นการสร้างภาพลวงตาขึ้นมาเพื่อให้ผู้ชมเข้าใจว่าทั้งหมดเกิดขึ้นในฉากเดียวกันทั้งหมด นอกจากนี้การ Composit เป็นขั้นตอนที่สำคัญและช่วยให้การสร้างสรรค์ผลงานในตอนสุดท้ายมีความสมบูรณ์ เป็นขั้นตอนที่ต้องใช้ทั้งความรู้และความเข้าใจในการรวมกันของภาพอย่างถูกต้อง และต้องมีความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างผลงานด้วย



ภาพที่ 52 การจัดองค์ประกอบภาพ

ที่มา: <https://nofilmschool.com/2014/11/fusion-7-now-available-free-blackmagic-design>

2.2.4.2 เอฟเฟกซ์ 2 มิติ (2D VFX) เป็นส่วนหนึ่งของขั้นตอนหลังการถ่ายทำและเชื่อมโยงกับขั้นตอนอื่นๆ นักแต่งเพลงและศิลปินวิชวลเอฟเฟกต์ 2 มิติของโครงการสามารถเป็นคนอื่นๆ เดียวกันได้ เอฟเฟกต์ภาพ 2 มิติเป็นการจำลองเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในสภาพแวดล้อมสามมิติ แต่โดยส่วนใหญ่แล้วไม่จำเป็นต้องสร้างใหม่ในรูปแบบ 3 มิติ เนื่องจากต้องเคลื่อนที่ในระนาบของพื้นผิวเท่านั้น



ภาพที่ 53 เอฟเฟกซ์ 2 มิติ

ที่มา: <https://www.blendernation.com/2023/02/18/creating-2d-vfx-with-grease-pencil/>

2.2.4.3 การแก้ไขสี (Color correction) เป็นกระบวนการที่ใช้ในการให้แสงบนเวที การถ่ายภาพโทรทัศน์ การถ่ายภาพยนตร์ และสาขาอื่นๆ ซึ่งใช้เจลสีหรือฟิลเตอร์เพื่อเปลี่ยนสีโดยรวมของแสงโดยทั่วไปแล้ว สีของแสงจะถูกวัดในระดับที่เรียกว่าอุณหภูมิสี เช่นเดียวกับแกนสีเขียว-ม่วงแดงที่ตั้งฉากกับแกนอุณหภูมิสี หากไม่มีเจลแก้ไขสี ฉากอาจมีสีต่างๆ ผสมกัน การใช้เจลแก้ไขสีที่ด้านหน้าของแหล่งกำเนิดแสงสามารถเปลี่ยนสีของแหล่งกำเนิดแสงต่างๆ ให้เข้ากันได้ การจัดแสงแบบผสมสามารถสร้างความสวยงามที่ไม่พึงปรารถนาเมื่อแสดงบนโทรทัศน์หรือในโรงละคร

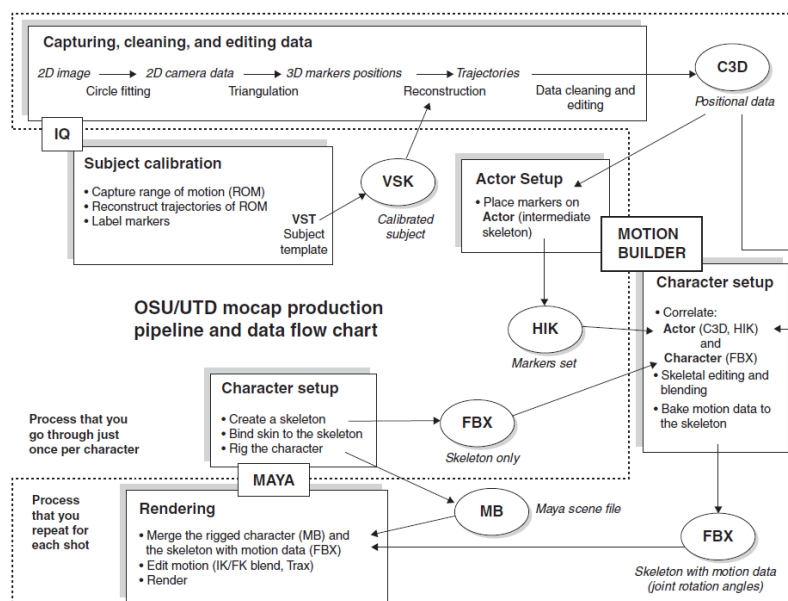


ภาพที่ 54 การแก้ไขสี (Color correction)

ที่มา: <https://baloom.co/color-correction/>

2.2.4.4 ผลลัพธ์สุดท้าย (Final output) ในปัจจุบันมีตัวเลือกมากมายเกี่ยวกับรูปแบบผลลัพธ์สุดท้ายของกระบวนการผลิตแอนิเมชัน รูปแบบที่พบมากที่สุดคือเป็นวิดีโอดิจิทัลซึ่งสามารถเข้าถึงได้จากทั้งอุปกรณ์ดิจิทัลและสามารถเล่นบนอินเทอร์เน็ตได้

2.2.5 การใช้ Mocap สำหรับการผลิตแอนิเมชัน 3 มิติ

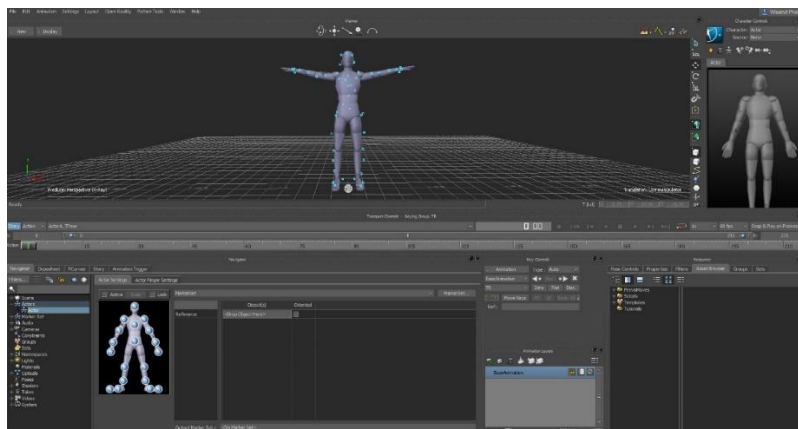


ภาพที่ 55 การใช้ Mocap สำหรับกระบวนการผลิตแอนิเมชัน 3 มิติ

ที่มา: Kitagawa and Windsor (2008)

หลังจากการแก้ไขข้อมูลการเคลื่อนไหว (Clean up) เสร็จแล้ว ข้อมูลจะถูกนำไปใช้กับโมเดล 3 มิติ ซึ่งจะอยู่ในขั้นตอน Production ของกระบวนการผลิตแอนิเมชัน โดยจะนำไปปรับแต่งแอนิเมชันเพื่อเพิ่มรายละเอียดของแอนิเมชันและเอฟเฟกต์ และแสดงผลสุดท้าย ในขั้นตอนนี้จะเป็นการทำงานด้วยโปรแกรม Maya และโปรแกรม Motionbuilder กระบวนการทำงานจะคล้ายกันกับแพ็คเกจของซอฟต์แวร์อื่นๆ หากต้องการใช้ข้อมูลของจุดมาร์คเกอร์กับโครงกระดูกใน Motionbuilder จะต้องทำตามขั้นตอนสองขั้นตอน ซึ่งขั้นตอนแรกเราจะต้องทำการตั้งค่าสิ่งๆ Motionbuilder เรียกว่า "นักแสดง (Actor)" และในขั้นตอนที่สองสามารถตั้งค่าสิ่งๆ Motionbuilder เรียกว่า "ตัวละคร (Character)" ได้ดังต่อไปนี้ (Kitagawa & Windsor, 2008)

2.2.5.1 Actor Mapping เป็นขั้นตอนการใช้งานข้อมูลการเคลื่อนไหวด้วยโปรแกรม Motionbuilder โดยการใช้ข้อมูลการเคลื่อนไหวด้วยจุดมาร์คเกอร์ที่อยู่ในท่า T-Pose ซึ่งมักจะมีการเคลื่อนไหวด้วยท่า ROM (Range Of Motion) หรือการเคลื่อนไหวถูกเลือกออกจากการจับการเคลื่อนไหวที่เริ่มต้นหรือสิ้นสุดในท่า T-Pose นำเข้าไฟล์ที่มีจุดมาร์คเกอร์ในท่า T-Pose เข้าสู่ Motionbuilder ดังนั้นจะเห็นจุดมาร์คเกอร์เป็นชุดของจุดสีขาวหรือพอยต์คลาวด์ (Point cloud)



ภาพที่ 56 การนำข้อมูลการเคลื่อนไหวเข้ามาในโปรแกรม Motionbuilder ในท่า T-Pose
ที่มา: ผู้วิจัย

2.2.5.2 Characterize เป็นการใช้งานโปรแกรม Motionbuilder เพื่อให้สามารถใช้ข้อมูลการจับการเคลื่อนไหวรวมถึงแอนิเมชันจากลำดับชั้นของโครงร่างอื่นๆ ได้ โดยโครงร่างจะต้องมีลักษณะเฉพาะในขั้นตอนนี้ การ Characterize เป็นขั้นตอนในการแจ้งให้โปรแกรม Motionbuilder ทราบว่าโครงกระดูกที่คุณสร้างขึ้นนั้นมีลำดับชั้นร่วมกันอย่างไร ซึ่งสามารถกำหนดได้ว่ารูปแบบ Rigging จะให้เป็น Biped (ยืน 2 เท้า) หรือ Quadruped (ยืน 4 เท้า) กระบวนการนี้จะช่วยให้ตัวละครสามารถสื่อสารกับข้อมูล Mocap ได้อย่างราบรื่น



ภาพที่ 57 การสร้าง Characterize ให้กับโมเดล
ที่มา: ผู้วิจัย

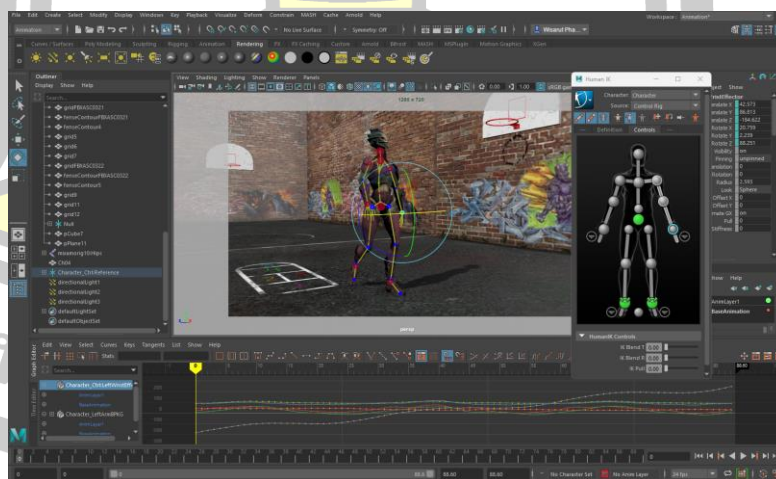
2.2.5.3 Retargeting (การกำหนดเป้าหมายใหม่) เมื่อเราได้ข้อมูล Mocap ที่จะนำไปใช้กับตัวละครเป้าหมาย รวมถึงโครงกระดูกของตัวละครเป้าหมายที่ไม่ได้มีส่วนเดียวกัน ในการส่งข้อมูลต้องเผื่อค่าเพื่อความแตกต่างตามสัดส่วนเพื่อให้การเคลื่อนไหวพอดีกับโครงกระดูกเป้าหมายเท่าที่จะเป็นไปได้ การ Retargeting เป็นมากกว่าแค่การปรับการหมุนและการแปลข้อมูล

การเคลื่อนไหวจากโครงร่างหนึ่งไปยังอีกโครงหนึ่ง ซึ่งเป็นการพยายามปรับความแตกต่างของสัดส่วน ในขณะที่รักษาการเคลื่อนไหวเดิมที่ดูแข็งแรงต่าง แปรกตา หรือแปลกเกินไป การ Retargeting เป็นขั้นตอนที่จำเป็นหากมีการนำการเคลื่อนไหวไปใช้กับตัวละครสามารถตั้งค่าการ Retargeting ได้



ภาพที่ 58 ขั้นตอนการ Retargeting โดยการจับคู่ตัวละครกับข้อมูลการเคลื่อนไหว
ที่มา: ผู้วิจัย

2.2.5.4 Edit Motion ในโปรแกรม 3 มิติเราสามารถ Import ตัวละครที่มีการเคลื่อนไหวเข้ามา เพื่อรวมกับสภาพแวดล้อม พื้นผิว แสง และสิ่งอื่นๆที่จำเป็นสำหรับการสร้างฉากแอนิเมชัน และสามารถแก้ไขแอนิเมชันเพิ่มเติมรวมไปถึงขั้นตอนในการเรนเดอร์ (Render) เพื่อทำเป็นไฟล์แอนิเมชันได้



ภาพที่ 59 Import ตัวละครที่มีการเคลื่อนไหวเข้ามาในโปรแกรม 3 มิติ
ที่มา: ผู้วิจัย

การผลิตแอนิเมชันเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนและมีหลายขั้นตอนซึ่งเกี่ยวข้องกับการทำให้ตัวละครดิจิทัลหรือวัตถุต่างๆ มีชีวิตขึ้นมา กระบวนการอาจแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับเทคนิคที่ใช้ แต่โดยทั่วไปจะต้องมีการวางแผนก่อนการผลิต ไม่ว่าจะเป็นการจับการเคลื่อนไหวหรือการคีย์เฟรมแอนิเมชัน ขั้นตอนการผลิตแอนิเมชันจาก Mocap ถึงแม้จะใช้ข้อมูลการเคลื่อนไหวที่แม่นยำสำหรับการสร้างแอนิเมชัน แต่ขั้นตอนในการปรับแต่งแอนิเมชันให้สมบูรณ์เคลื่อนไหวสวยงามก็มีความสำคัญไม่แพ้กัน ซึ่งการเคลื่อนไหวในบางส่วนของ Mocap ทำไม่ได้เช่น การเก็บรายละเอียดการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อ การแสดงออกทางสีหน้า ดวงตา นิ้วมือ ผม เสื้อผ้า ในส่วนนี้บางแอนิเมชันจะเป็นการทำงานโดยการคีย์เฟรมเพิ่มเข้าไปเพื่อปรับแต่งแอนิเมชัน รวมไปถึงอาจจะมีการปรับแต่งเพิ่มนอกเหนือจากแอนิเมชันของโมแคปเดิมเกิดขึ้นด้วย โดยสรุปแล้วการใช้งาน Mocap จะช่วยในกระบวนการแอนิเมชันโดยให้การเคลื่อนไหวที่สมจริงและเป็นธรรมชาติมากขึ้นสำหรับตัวละครดิจิทัล ช่วยลดระยะเวลาและปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานเพิ่มขึ้น ประโยชน์เหล่านี้ทำให้ Mocap ยังเป็นเครื่องมือยอดนิยมและมีประสิทธิภาพในอุตสาหกรรมแอนิเมชันได้

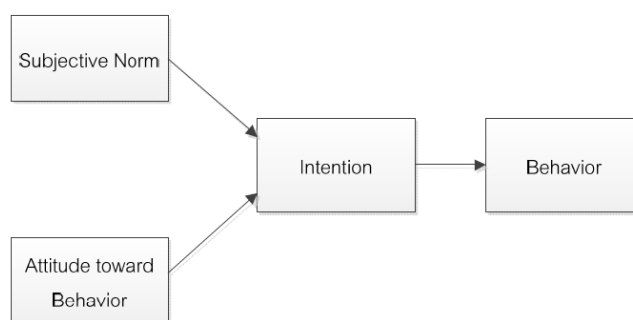
2.3 แนวคิดการยอมรับเทคโนโลยี

ธนา ธนเดชวัฒน์ (2564, p. 16) ได้กล่าวไว้ว่า ตามพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน เทคโนโลยี หมายถึง วิทยาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดในทางปฏิบัติ เช่น ภาคอุตสาหกรรม เป็นต้นซึ่งระดับนานาชาติได้ให้ความสำคัญกับทฤษฎีการยอมรับเทคโนโลยี โดยมีการค้นพบว่าเป็นหลักการที่มีประสิทธิภาพ ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางเนื่องจากทฤษฎีการยอมรับเทคโนโลยีเป็นทฤษฎีที่ใช้ในการอธิบายวิธีการและเหตุผลการยอมรับการใช้เทคโนโลยีใหม่ของแต่ละบุคคล หรือแต่ละองค์กร และได้รับการพัฒนาในแต่ละยุคสมัยจนกลายเป็นวิวัฒนาการทฤษฎีการยอมรับเทคโนโลยีดังที่ ปราโมทย์ ลือนาม (2554, pp. 10-17) ได้กล่าวไว้ต่อไปนี้

2.3.1 ทฤษฎีการกระทำอย่างมีเหตุผล

ทฤษฎีการกระทำอย่างมีเหตุผล (Theory of Reasoned Action: TRA) เสนอโดย Fishbein and Ajzen (1975) ทฤษฎีนี้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างทัศนคติ (Attitude) ความเชื่อ (Beliefs) ความตั้งใจ (Intention) และพฤติกรรม (Behavior) ตามแนวคิดที่ว่ามนุษย์โดยปกติแล้วเป็นผู้มีเหตุผล พฤติกรรมของปัจเจกบุคคลจึงไม่ได้ เกิดขึ้นโดยขาดการพิจารณามาก่อน ดังนั้นการที่บุคคลจะมี หรือไม่มีพฤติกรรมอย่างใดอย่างหนึ่งนั้น จะเกิดจากความ ตั้งใจและมีเหตุผล แนวความคิดดังกล่าวแสดงให้เห็น ว่าพฤติกรรมและความตั้งใจของปัจเจกบุคคลนั้นเป็นผลมาจากความเชื่อที่สำคัญสอง ประการ คือ (1) ทัศนคติต่อ พฤติกรรม (Attitude toward Behavior) ซึ่งเป็นความเชื่อ ของปัจเจกบุคคลที่ว่า การมีหรือไม่มีพฤติกรรมใดนั้นจะทำให้เกิดผลลัพธ์ที่แน่นอนตามที่บุคคลนั้นได้

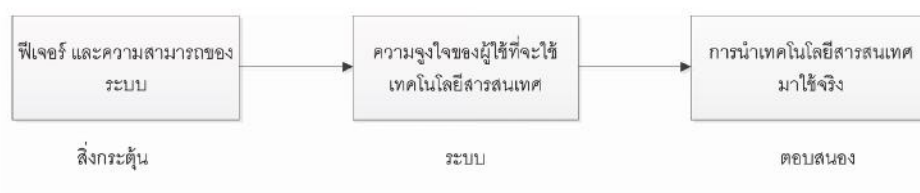
ประเมินไว้แล้ว และ (2)บรรทัดฐานเชิงจิตวิสัย (Subjective Norm) ซึ่ง เป็นความเชื่อของปัจเจกบุคคลที่ว่า การจะมีหรือไม่มี พฤติกรรมใดนั้นจะคล้อยตามคนรอบข้างที่มีอิทธิพล หรือมี ความสำคัญกับบุคคลนั้น แม้ TRA จะเป็นทฤษฎีที่ใช้อธิบายพฤติกรรม โดยทั่วไป แต่ก็สามารถนำมาประยุกต์กับการทำนาย พฤติกรรมการยอมรับเทคโนโลยี ได้เช่นเดียวกัน โดยการ มองว่าทัศนคติต่อการใช้งาน และ บรรทัดฐานเชิงจิตวิสัยจะ เป็นสิ่งที่จะทำให้เกิดความตั้งใจในการใช้งานเทคโนโลยี และจะส่งผลต่อพฤติกรรมการยอมรับเทคโนโลยีของบุคคล ในที่สุด (Nima Yahyapour, 2008)



ภาพที่ 60 ทฤษฎีการกระทำอย่างมีเหตุผล
ที่มา: Fishbein and Ajzen (1975)

2.3.2 แนวคิดพื้นฐานการยอมรับเทคโนโลยี

Fred D. Davis (1985)เสนอแนวคิดพื้นฐานการยอมรับเทคโนโลยีนี้ไว้ในวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาเอกของตัวเอง ตามที่แสดงในภาพที่ 2 อธิบายได้ว่า พีเจอร์ และ ความสามารถของระบบจะทำหน้าที่เป็นสิ่งกระตุ้น (Stimulus) หากได้ผลก็จะสร้างแรงจูงใจที่จะใช้เทคโนโลยีสารสนเทศให้เกิดขึ้นในระบบ (Organism) ของผู้ใช้ ผลที่ได้ก็คือผู้ใช้จะเกิดการตอบสนอง (Reponse) นั่นคือมีการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้งานจริง



ภาพที่ 61 ทฤษฎีการกระทำอย่างมีเหตุผล
ที่มา: Chuttur (2009)

2.3.3 แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี

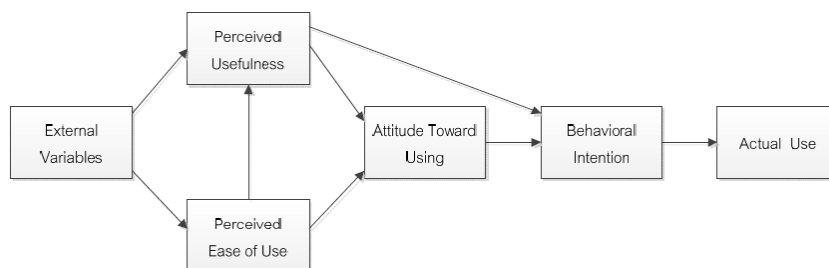
แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี หรือ TAM เสนอ โดย Fred D. Davis (1985)เป็นผู้นำเอาแนวคิดพื้นฐานของ แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี มาผนวกกับทฤษฎีการ กระทำอย่างมีเหตุผล สร้างเป็นแบบจำลองเพื่อใช้สำหรับอธิบายพฤติกรรมของผู้ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศโดยการประเมินระดับของการรับรู้ของผู้ใช้ที่มีต่อระบบ ความสัมพันธ์ของแต่ละส่วนประกอบในแบบจำลอง ตามแนวคิดของ TAM แสดงไว้ในภาพที่ 3 เริ่มจากการ พิจารณาถึงตัวแปรภายนอก (External Variables) ต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการรับรู้ของผู้ใช้ในสองลักษณะ คือ

(1) การรับรู้ถึงควมมีประโยชน์ (Perceived Usefulness) แสดงถึงระดับที่ผู้ใช้สามารถรับรู้ได้ ว่าเทคโนโลยีสารสนเทศมีส่วนช่วยในการเพิ่ม ประสิทธิภาพการทำงาน (Fred D. Davis, 1989)

(2) การรับรู้ถึงความง่ายในการใช้ (Perceived Ease of Use) แสดงถึง ระดับที่ผู้ใช้เชื่อว่าไม่ต้องอาศัย ความพยายาม (Free of Effort) ในการใช้งาน ระบบ (Fred D. Davis, 1989)คือ หากผู้ใช้ไม่ ต้องใช้ความพยายามมากในการใช้งานผู้ใช้จะรับรู้ว่าเป็นเทคโนโลยี

นอกจากตัวแปรภายนอกแล้ว การรับรู้ถึงความง่าย ในการใช้ก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่มีผลต่อการรับรู้ถึงควมมี ประโยชน์ และจากแบบจำลองจะพบว่าหากผู้ใช้งาน สามารถรับรู้ถึงประโยชน์รวมทั้งรับทราบว่าเทคโนโลยี สารสนเทศนั้นสามารถนำมาใช้งานได้ง่าย ก็จะส่งผลกับ ทศนคติต่อการใช้งาน (Attitude toward Using) ที่จะ ก่อให้เกิดพฤติกรรมความตั้งใจ (Behavioral Intention) ในการใช้งาน และส่งผลให้มีการนำเทคโนโลยีมาใช้จริง (Actual Use) ในที่สุด บางกรณี อาจมีผู้ใช้ที่รับรู้ถึงประโยชน์ของระบบและ สามารถมีพฤติกรรมความตั้งใจใช้งานได้เลย โดยที่ไม่ จำเป็นต้องมีทัศนคติต่อการใช้งานในรูปแบบใด ๆ มาก่อน ซึ่งจะสังเกตบนแผนภาพของแบบจำลองได้ว่ามีเส้นลากจากการรับรู้ถึงควมมีประโยชน์ตรงไปยังพฤติกรรมความ ตั้งใจโดยไม่ผ่านทัศนคติต่อการใช้

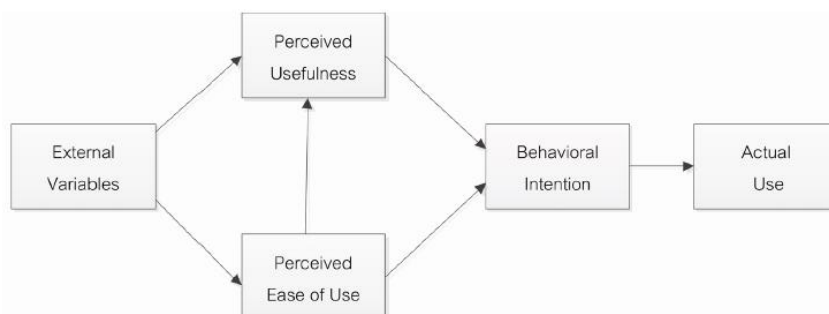
Fred D Davis et al. (1989)ใช้แบบจำลอง TAM ตามภาพนี้ในการศึกษาติดตามระยะยาว (Longitudinal Study) กับผู้ใช้จำนวน 107 คน โดยทำการวัดพฤติกรรมความ ตั้งใจที่จะใช้ระบบ หลังจากที่ได้แนะนำวิธีการใช้งานระบบ ไปแล้วหนึ่งชั่วโมง และวัดซ้ำอีกครั้ง 14 สัปดาห์หลังจากนั้น ผลการทดลองทั้งสองครั้งแสดงให้เห็นถึง ความสัมพันธ์ที่ชัดเจนระหว่างพฤติกรรมความตั้งใจกับการ นำเทคโนโลยีมาใช้จริง โดยที่การรับรู้ถึงควมมีประโยชน์



ภาพที่ 62 แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี

ที่มา: Venkatesh และ Davis (2000)

จะมีอิทธิพลสูงสุดต่อพฤติกรรมความตั้งใจของผู้ใช้แต่ละคน ผลการทดลองยังพบอีกว่าการรับรู้ถึงความง่ายในการใช้มี ผลไม่มากนัก (แต่นับสำคัญ) ต่อพฤติกรรมความตั้งใจใช้งานและจะลดลงเรื่อย ๆ เมื่อเวลาผ่านไป อย่างไรก็ตาม สิ่งสำคัญที่ค้นพบจากการทดลองนี้ คือ ทั้งการรับรู้ถึงควมมี ประโยชน์และการรับรู้ถึงความง่ายในการใช้จะมีอิทธิพล โดยตรงกับพฤติกรรมความตั้งใจ ดังนั้นจึงสามารถตัด ทศนคติต่อการใช้งานออกไปจากแบบจำลองนี้ได้ (Fred D Davis et al., 1989) แสดงแบบจำลอง TAM หลังจากปรับปรุงในเรื่องดังกล่าวแล้วดังภาพ



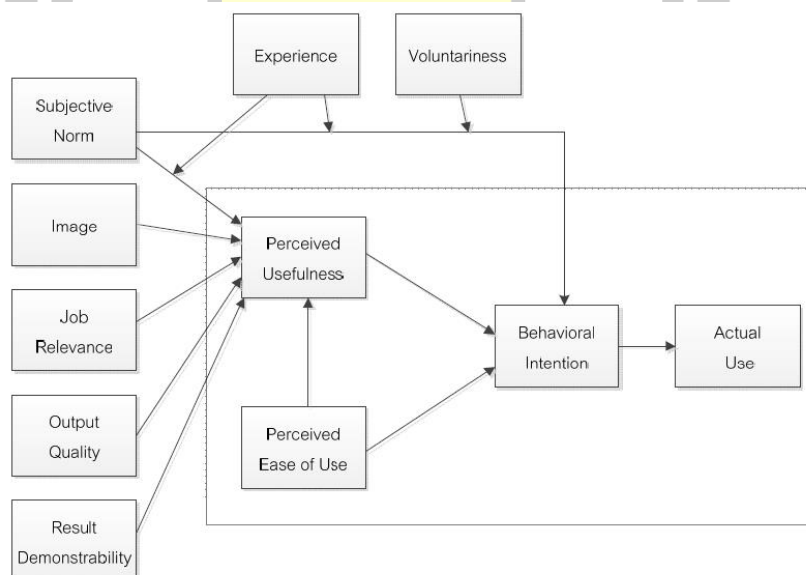
ภาพที่ 63 แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยีหลังการปรับปรุง

ที่มา: Davis, Bagozzi, และ Warshaw, (1989)

อย่างไรก็ตาม TAMถูกวิจารณ์ถึงข้อบกพร่องที่ไม่สามารถอธิบายถึงปัจจัยที่เป็นเหตุให้เกิดการรับรู้ถึงควมมีประโยชน์ของเทคโนโลยีสารสนเทศ และการละเลยแฟคเตอร์ที่มีความสำคัญมาร่วมพิจารณาในแบบจำลองเช่น ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงทั้งในด้านมนุษย์และสังคมที่อาจมาจากการรับเทคโนโลยีใหม่และการนำมาใช้ ประโยชน์ (เช่น ผลกระทบที่อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง โครงสร้างองค์กร หรือรายละเอียดขั้นตอนการทำงานของ ผู้ปฏิบัติงาน)

วิธีการรวบรวมข้อมูลโดยให้ผู้ใช้งานข้อมูลการใช้ด้วยตนเอง (Self-reported Use Data) เป็นอีกประเด็นที่ TAM ถูกวิจารณ์ว่า ใช้วิธีการวัดแบบอัตวิสัย (Subjective Measure) ที่ไม่มีความน่าเชื่อถือ (Unreliable) เท่ากับการ เก็บข้อมูลจากการใช้งานจริง (Real Actual Use Data) (Legris et al., 2001) นอกจากนั้น นักวิจัยบางท่าน เช่น Paul et al. (2003) ระบุว่าบางครั้ง TAM อาจให้ผลลัพธ์ที่ไม่คงเส้นคงวา (Inconsistency) โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับการนำมาใช้ในการวิจัยเชิงประจักษ์ (Empirical Research)

นอกจากนี้ Viswanath Venkatesh and Fred D. Davis (2000) เป็นผู้เสนอแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี 2 (Technology Acceptance Model 2: TAM 2) โดยนำเอา TAM มา ปรับปรุงในข้อจำกัดของแบบจำลองที่ยังขาดการอธิบายถึง ตัวแปร (Variables) หรือปัจจัย (Determinants) ต่างๆ ที่จะมีผลต่อการรับรู้ถึงความมีประโยชน์ของเทคโนโลยี สารสนเทศ Mohammad Chuttur (2009); (Viswanath Venkatesh & Fred D. Davis, 2000) ได้เพิ่มปัจจัยอีก 7 ตัวเข้าไปในแบบจำลอง ปัจจัยเหล่านี้ถูก ระบุว่าเป็นสาเหตุ (Antecedence) ที่มาก่อนการรับรู้ถึง ความมีประโยชน์ (Eric Stigzelius, 2011) และถูกแบ่งออกเป็น สองกลุ่มหลัก ประกอบด้วย (1) กลุ่มของปัจจัยที่มีอิทธิพล ต่อสังคม (Social Influence) และ (2) กลุ่มของปัจจัยที่มี ลักษณะประจำ ของระบบ (System Characteristics) ปัจจัยสองกลุ่มนี้ถูกนำมาใช้ประกอบกันเป็นโครงสร้างของแบบจำลองดังแสดงในภาพ



ภาพที่ 64 แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี 2

ที่มา: Venkatesh และ Davis (2000)

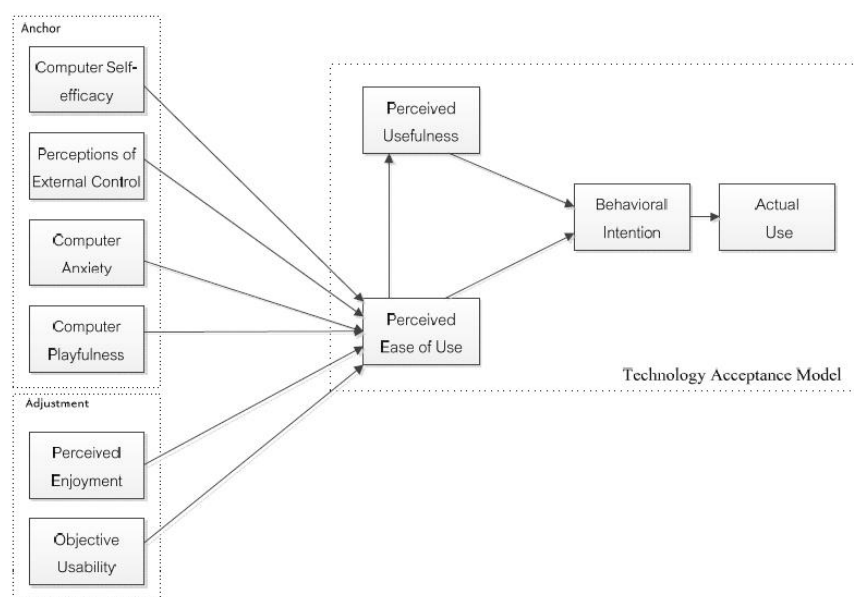
ปัจจัยที่อยู่ในกลุ่มกระบวนการที่มีอิทธิพลต่อสังคม ประกอบด้วย (1) บรรทัดฐานเชิงจิตวิสัย (Subjective norm) และ (2) ภาพลักษณ์ (Image) ส่วนปัจจัยอื่นที่เหลืจะอยู่ในกลุ่มลักษณะประจำ ของระบบ ประกอบด้วย (1) ความเกี่ยวข้องกับงาน (Job Relevance) (2) ผลลัพธ์ที่สามารถพิสูจน์ได้ (Result Demonstrability) (3) คุณภาพของผลลัพธ์ที่ได้ (Output Quality) และ (4) การรับรู้ถึงความสะดวกในการใช้ (Perceived Ease of Use) นอกจากนั้นในแบบจำลองจะมีตัวแปรที่จัดเป็นตัวดำเนินการ (Moderators) ประกอบด้วย (1) ความสมัครใจ (Voluntariness) ซึ่งเป็นระดับของการรับรู้ ถึงการที่จะนำเทคโนโลยีมาใช้โดยความสมัครใจ (Viswanath Venkatesh & Fred D. Davis, 2000) และ (2) ประสบการณ์ (Experience) ซึ่งเป็นระดับของความชัดเจนที่เกิดจากการกระทำ หรือได้พบ เห็นมาสำหรับความหมายของแต่ละปัจจัยทั้งหมดของ TAM 2 ที่มีผลต่อการรับรู้ถึงควมมีประโยชน์ของระบบแสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปัจจัยที่มีผลต่อการรับรู้ถึงควมมีประโยชน์ของระบบ

ปัจจัย	ความหมาย
บรรทัดฐานเชิงจิตวิสัย	ระดับที่ซึ่งแต่ละบุคคลรับรู้ถึงความคิดของกลุ่มอ้างอิง (กลุ่มคนรอบข้างที่มีอิทธิพลหรือมีความสำคัญกับตน) ที่จะตัดสินใจว่าแต่ละบุคคลนั้นควรจะใช้หรือไม่ใช้งานระบบ (Fishbein & Ajzen, Belief, attitude, intention and behavior: An introduction to theory and research. 1975)
ภาพลักษณ์	ระดับที่แต่ละบุคคลรับรู้ได้ว่า การใช้เทคโนโลยีจะช่วยเพิ่มภาพลักษณ์หรือสถานะในระบบสังคม (Moore & Benbasat, 1991)
ความเกี่ยวข้องกับงาน	ระดับที่แต่ละบุคคล เชื่อว่าระบบมีความสามารถที่จะเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของตนได้ (Viswanath Venkatesh & Fred D. Davis, 2000)
ผลลัพธ์ที่สามารถพิสูจน์ได้	ระดับที่แต่ละบุคคล เชื่อว่าผลลัพธ์ที่ได้จากระบบสามารถจับต้องได้สังเกตเห็นได้ และสื่อสารได้ (Moore & Benbasat, 1991)
คุณภาพของผลลัพธ์ที่ได้	ระดับที่แต่ละบุคคล รับรู้ว่ระบบสามารถปฏิบัติงานตามวัตถุประสงค์ได้เป็นอย่างดี (Viswanath Venkatesh & Fred D. Davis, 2000)
การรับรู้ถึงความสะดวกในการใช้	การรับรู้ถึงความสะดวกในการใช้ ระดับที่ผู้ใช้เชื่อว่าไม่ต้องอาศัยความพยายามในการใช้งานระบบ (Fred D. Davis, 1989)

Venkatesh และ Davis ประเมินประสิทธิภาพของ TAM 2 ด้วยการทดสอบแบบจำลองกับการใช้งานระบบ ในสภาพที่ถูกบังคับ (Mandatory Settings) เปรียบเทียบ กับสภาพที่สมัครใจ

(Voluntary Settings) โดย ทำการศึกษาภาคสนามกับผู้ปฏิบัติงาน 156 คนที่ใช้ ระบบสารสนเทศ ทั้งหมด 4 ระบบ แบ่งเป็นระบบงานที่ ถูกบังคับให้ต้องใช้จำนวนสองระบบ และเป็นระบบงานที่ ให้ใช้ โดยสมัครใจอีกสองระบบ ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับความรับรู้ของผู้ใช้ และรายงานการใช้งาน ของผู้ใช้อย่างตนเอง โดยแบ่งออกเป็นสามช่วงเวลา คือ (1) ก่อนการใช้งานระบบ (2) หลังใช้งาน ระบบได้หนึ่ง เดือน และ (3) หลังการใช้งานระบบได้สามเดือน จากผล การศึกษาที่ได้ TAM 2 สามารถอธิบายในรายละเอียดได้ ชัดเจน ว่าการที่ผู้ใช้รับรู้ได้ว่าระบบสารสนเทศมี ประโยชน์นั้นมา จากสาเหตุประการใดบ้างทั้งในสภาพที่ ถูกบังคับและในสภาพที่สมัครใจ อย่างไรก็ตามมี ข้อยกเว้น สำหรับตัวแปรบรรทัดฐานเชิงจิตวิสัย ที่ผล การศึกษาพบว่าไม่มีผลเฉพาะในสภาพที่ถูกบังคับ แต่จะไม่มี ผลกระทบกับการรับรู้ถึงประโยชน์ในสภาพที่ ผู้ใช้งานสมัครใจ แม้ว่า TAM 2 จะได้รับการ ปรับปรุงในเรื่องการ อธิบายการรับรู้ถึงประโยชน์ แต่อย่างไรก็ตาม TAM 2 ยังคงได้รับคำวิจารณ์ถึง จุดบกพร่องที่ขาดการอธิบายถึง สาเหตุที่มีผลต่อพฤติกรรมการรับรู้ถึงความง่ายในการใช้เทคโนโลยี สารสนเทศ



ภาพที่ 65 แบบจำลองปัจจัยการรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งาน

ที่มา: Chuttur (2009)

จากข้อมูลข้างต้นผู้วิจัยได้พบว่าหากต้องการเปรียบเทียบการจับภาพเคลื่อนไหวด้วย AI Mocap และการจับการเคลื่อนไหวแบบดั้งเดิม โดยใช้โมเดล TAM ผู้วิจัยจึงได้พิจารณาถึง 4 ปัจจัยหลักดังต่อไปนี้ ได้แก่ 1) การรับรู้ประโยชน์ที่ได้รับ (Perceived Usefulness) 2) การรับรู้ความง่ายในการใช้งาน (Perceived Ease of Use) 3) พฤติกรรมความตั้งใจในการใช้งาน (Behavioral Intention) และ 4) การใช้งานจริงของระบบ (Actual System Use) เมื่อผู้วิจัยได้เปรียบเทียบปัจจัย

เหล่านี้ผู้วิจัยจึงสรุปได้ว่า ผู้ใช้สามารถรับรู้และประเมินการจับภาพเคลื่อนไหวด้วย AI Mocap และการจับการเคลื่อนไหวแบบดั้งเดิมของการจับการเคลื่อนไหว และผู้ใช้มีแนวโน้มที่จะปรับใช้และใช้เทคโนโลยีการจับภาพเคลื่อนไหวด้วย AI เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างเครื่องมือในการทำวิจัยครั้งนี้ต่อไป

2.4 การหาระยะความห่าง

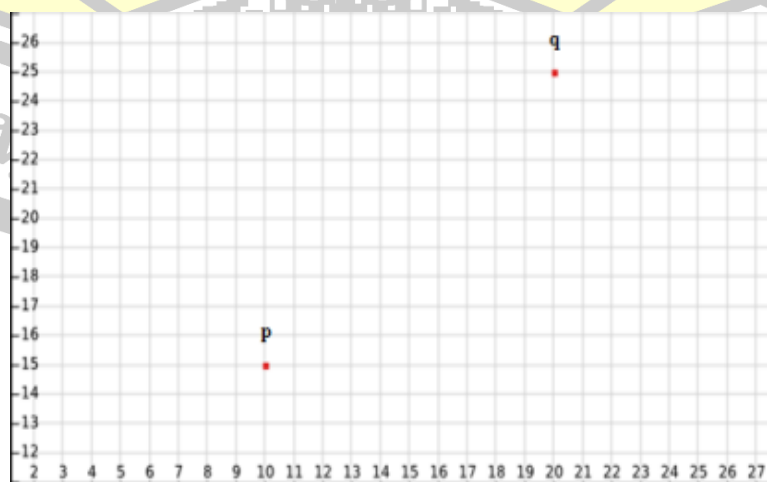
ในการวิจัยครั้งนี้นอกจากผู้วิจัยจะใช้โมเดล TAM ในการสร้างเครื่องมือวิจัยในการยอมรับเทคโนโลยีการจับภาพเคลื่อนไหวด้วย AI ผู้วิจัยยังใช้มาตรวัดระยะห่างระหว่างข้อมูลการจับการเคลื่อนไหวแบบดั้งเดิมและข้อมูลการจับภาพเคลื่อนไหวด้วย AI เพื่อทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบระยะห่างของข้อมูลทั้งสอง โดยใช้มาตรวัดระยะทางดังต่อไปนี้

2.4.1 การวัดระยะทางแบบยูคลีเดียน (Euclidean Distance)

การวัดระยะทางแบบยูคลีเดียนเป็นมาตรวัดระยะพื้นฐานใช้สำหรับหาระยะทางระหว่างจุดสองจุดเป็นที่นิยมใช้ในงานประเภทต่าง ๆ เป็นอย่างมาก เพราะง่ายต่อความเข้าใจและลักษณะการคำนวณที่คล้ายกับทฤษฎีบทพีทาโกรัส (Elena Deza & Michel Marie Deza, 2009) โดยมีสมการดังนี้

$$d(q, p) = \sqrt{(q_1 - p_1)^2 + (q_2 - p_2)^2}$$

เมื่อ $d(q, p)$ แทน คือระยะทางจากจุด p ไปยังจุด q วัดในแบบยูคลีเดียน
 p แทน จุดใดๆ
 q แทน จุดใดๆ
 n แทน จำนวนมิติของข้อมูล



ภาพที่ 66 การวัดระยะทางแบบยูคลีเดียน

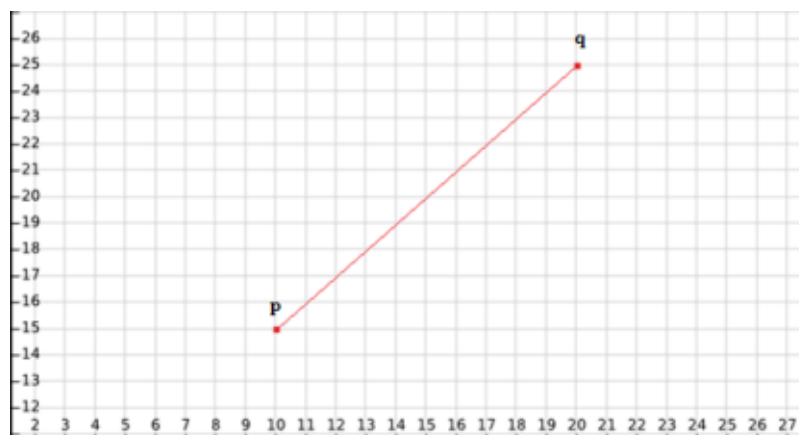
ที่มา: พงศกร อีร์รัสมิ (2558)

จากภาพที่ 66 แสดงตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณมาตรวัดระยะทางโดยกำหนดให้มีจุด p อยู่ที่พิกัดในแนวแกน x และ y เป็น $(10,15)$ และจุดอยู่ที่พิกัด q $(20,25)$ การคำนวณระยะห่างระหว่างจุด p และ q ด้วยวิธีการยูคลีเดียนสามารถแสดงขั้นตอนการคำนวณได้ดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned} d_1(p, q) &= \sqrt{\sum_{i=1}^n (q_i - p_i)^2} \\ &= \sqrt{(10 - 20)^2 + (15 - 25)^2} \\ &= \sqrt{100 + 100} \\ &= 10\sqrt{2} \\ &= 14.142 \end{aligned}$$

จากตัวอย่างการวัดระยะทางโดยใช้มาตรวัดยูคลีเดียนจะได้ผลลัพธ์ดังภาพที่ 67

พูน ปณ จิโต ชีเว



ภาพที่ 67 ตัวอย่างลักษณะการวัดระยะทางแบบยูคลีเดีย

ที่มา: พงศกร อีรัมย์ (2558)

2.4.2 การวัดระยะทางแบบแมนฮัตตัน (Manhattan Distance)

การวัดระยะทางแบบแมนฮัตตันเป็นมาตรวัดระยะทางที่มีลักษณะการวัดแบบทางเดินรถ โดยระยะทางเป็นผลรวมด้านประกอบของการวัดระยะทางแบบยูคลีเดีย (Krause, 1987) โดยมีสมการดังนี้

$$d_2(p, q) = \sum_{i=1}^n |p_i - q_i|$$

เมื่อ $d_2(q, p)$ แทน คือระยะทางจากจุด p ไปยังจุด q วัดในแบบแมนฮัตตัน

p แทน จุดใดๆ

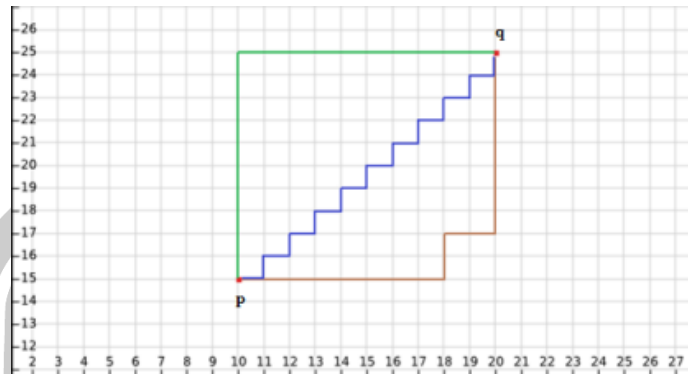
q แทน จุดใดๆ

n แทน จำนวนมิติของข้อมูล

จากภาพประกอบที่ 71 แสดงตัวอย่างการใช้มาตรวัดระยะทางแบบแมนฮัตตันในการวัดระยะทางจะคำนวณได้ดังนี้

$$\begin{aligned} d_2(p, q) &= \sum_{i=1}^n |p_i - q_i| \\ &= |10 - 20| + |15 - 25| \\ &= 10 + 10 \\ &= 20 \end{aligned}$$

เนื่องจากมาตรวัดระยะทางแบบแมนฮัตตันมีลักษณะการวัดแบบการเดินรถ ซึ่งการเดินรถสามารถเลือกเส้นทางเดินได้หลายเส้นทางและจากตัวอย่างการคำนวณก็สามารถวัดจากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่งได้หลายเส้นทางเช่นกันซึ่งมีลักษณะเส้นทางดังภาพประกอบที่ โดยแสดงตัวอย่างเป็นสามเส้นทางดังเส้นสีเขียว เส้นสีน้ำเงิน และเส้นสีแดง



ภาพที่ 68 ตัวอย่างลักษณะการมาตรวัดระยะทางแบบแมนฮัตตัน

ที่มา: พงศกร อีร์รัสมิ (2558)

2.4.3 การวัดระยะห่างแบบโคไซน์ (Cosine Distance)

การวัดระยะห่างแบบโคไซน์ (Tan et al., 2005) เกิดจากการคำนวณ Cosine Similarity สามารถหาค่าได้โดยการกระทำ Dot Product ของ 2 เวกเตอร์ และหาค่า 1 หักลบด้วย ค่า Cosine Similarity ก็ จะได้ Cosine Distance แสดงดังสมการ

$$d_3(p, q) = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n p_i * q_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (p_i)^2} * \sqrt{\sum_{i=1}^n (q_i)^2}}$$

เมื่อ $d_3(q, p)$ แทน คือระยะทางจากจุด p ไปยังจุด q วัดในแบบโคไซน์

p แทน จุดใดๆ

q แทน จุดใดๆ

i แทน จำนวนมิติของข้อมูล

2.4.4 ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error)

ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยมีไว้วัดการกระจายของข้อมูลว่าข้อมูลมีการกระจายห่างจากการเฉลี่ยเป็นเท่าไร เป็นวิธีการวัดค่าความคลาดเคลื่อนที่นิยมอีกวิธีหนึ่ง ซึ่งวิธีนี้จะช่วยบอกถึงขนาดของความคลาดเคลื่อนรวมได้ โดยในการวัดค่าความแม่นยำจากวิธีการนี้ยังค่าที่ได้มีค่าน้อย แสดงว่าโมเดลที่ได้จะมีความแม่นยำมาก โดยมีสูตรดังนี้

$$MAE = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T |Y_t^s - Y_t^a|$$

เมื่อ Y_t^a แทน ค่าที่แท้จริง ณ เวลาที่ t

Y_t^s แทน ค่าประมาณจากแบบจำลอง ณ เวลาที่ t

T แทน จำนวนเวลาที่ใช้ในการประมาณแบบจำลอง

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 งานวิจัยในประเทศ

นนทวรรณ ธงสืบสอง (2555) ได้ศึกษาการออกแบบอุปกรณ์ที่สามารถใช้เป็นเครื่องมือโมชันแคปเจอร์ซึ่งเป็นเครื่องมือสำคัญในการสร้างการเคลื่อนไหวในงานแอนิเมชัน 3 มิติ ผลการศึกษาพบว่าสามารถใช้อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ทั่วไปมาดัดแปลงเป็นเครื่องมือโมชันแคปเจอร์ได้ อุปกรณ์ที่นำมาใช้นั้นมีประสิทธิภาพดีและราคาถูก ทำให้ผู้ที่สนใจมีโอกาสในการศึกษาการทำงานเทคโนโลยีนี้ได้มากขึ้น รวมถึงนำความรู้ที่ได้ไปพัฒนางานแอนิเมชัน 3 มิติได้เป็นอย่างดี โดยผลการดัดแปลงดังกล่าวให้ผลความแม่นยำอยู่ที่ 76% โดยหาค่าความแม่นยำเฉลี่ยจากการเคลื่อนไหวที่ได้ทั้งหมด การเคลื่อนไหวที่ไม่สามารถทำการประมวลผลได้นั้นเกิดจากการเคลื่อนไหวที่ซับซ้อน ในขณะที่มีการเตรียมตัวก่อนถ่ายทำที่ดีนั้น สามารถหาค่าความแม่นยำสูงสุดที่ 92% และมีส่วนคล้ายกับแพลตฟอร์ม AI Mocap ที่ชื่อ MOVE.AI ที่ผู้วิจัยได้ศึกษาคือสามารถใช้กล้อง Webcam หรือกล้องที่มีราคาถูกในท้องตลาดมาทำการบันทึกการเคลื่อนไหวได้

เบญญา พัฒนาพิภพ (2564) ได้ศึกษาการพัฒนาชุดฝึกท่ามวยไทยขั้นพื้นฐานด้วยการใช้เทคโนโลยีตรวจจับการเคลื่อนไหว (Motion Capture) ซึ่งเป็นศิลปะการต่อสู้ยอดนิยมของประเทศไทย และปัจจุบันบุคคลทั่วไปก็หันมาออกกำลังกายด้วยการฝึกมวยไทยกันมากขึ้น เพื่อให้ผู้ที่สนใจในกีฬามวยไทย หรือผู้ที่สนใจการออกกำลังกายด้วยมวยไทย สามารถฝึกฝนท่ามวยไทยได้ด้วยตนเอง นอกจากนี้ข้อมูลภาพเคลื่อนไหว 3 มิติด้วยการใช้เทคโนโลยีตรวจจับการเคลื่อนไหว (Motion Capture) ยังสามารถนำไปพัฒนาให้เป็นเกมการต่อสู้โดยใช้มวยไทยได้อีกด้วย ผลการวิจัยพบว่าคะแนนการฝึกท่ามวยไทยพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่างสามารถปฏิบัติตามได้อย่างถูกต้องมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 21.86 คะแนน เต็ม 24 คะแนนและเมื่อพิจารณาเป็นรายทักษะพบว่า คะแนนเฉลี่ยของชุดท่าเตะ มีคะแนนมากที่สุด และชุดท่าถีบมีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุดเนื่องจากเป็นท่าที่มีความซับซ้อน และต้องฝึกฝนเป็น โดยงานวิจัยนี้ได้ใช้ระบบ Optical Mocap ในการจับการเคลื่อนไหว ซึ่งเป็น Mocap ระบบเดียวที่ผู้วิจัยเลือกใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้

พงศกร ชีร์รัมย์ (2558) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการแนะนำในการกำหนดค่า เค ที่เหมาะสมของเค เนียร์เรสเนเบอร์ ซึ่งใช้กับข้อมูลทางการแพทย์ เช่น ข้อมูลเกี่ยวกับผู้ป่วยโรคหอบหืดในระดับที่แตกต่างกัน ข้อมูลผู้ป่วยโรคหัวใจ และข้อมูลโรคกระดูกเรื้อรัง เป็นต้น นอกจากนี้มาตรวัดระยะทาง (Distance) ที่แตกต่างกันก็ให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกัน ค่า เค ที่เหมาะสมนอกจากช่วยให้ค่าความแม่นยำสูงในการจำแนกประเภทข้อมูลแล้วยังช่วยลดเวลาในการประมวลผลอีกด้วย ทำให้ผู้ที่ต้องการใช้งาน

เคเนียร์เรสเนเบอร์ในการจำแนกประเภทข้อมูลสามารถนำวิธีการจากงานวิจัยนี้ไปใช้ในการกำหนดค่าเค ได้ทันที ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของผู้วิจัยที่ต้องการเปรียบเทียบระยะทางของความห่างระหว่าง Mocap และ AI Mocap เพื่อนำไป วิเคราะห์และเปรียบเทียบระยะทางของข้อมูลทั้งสอง

2.5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Nobuyasu Nakano, Tetsuro Sakura, Kazuhiro Ueda, Leon Omura, Arata Kimura, Yoichi Iino, Senshi Fukushima, and Shinsuke Yoshioka (2020) ได้ศึกษาการพัฒนาเทคนิคการจับการเคลื่อนไหวแบบไม่มีมาร์กเกอร์ 3 มิติ โดยใช้ OpenPose กับกล้องวิดีโอที่ซึ่งโครโนซ์หลายตัวและตรวจสอบ ความแม่นยำเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการจับการเคลื่อนไหวแบบออปติคัลมาร์กเกอร์ ผู้เข้าร่วมทำการเคลื่อนไหวสามอย่าง (การเดิน การกระโดดตบได้ และการขว้างลูกบอล) และการเคลื่อนไหวเหล่านี้วัดโดยใช้ทั้งการจับการเคลื่อนไหวแบบออปติคัลและการจับการเคลื่อนไหวแบบไม่มีมาร์กเกอร์แบบ OpenPose ความแตกต่างในตำแหน่งข้อต่อที่สอดคล้องกัน ซึ่งประเมินจากสองวิธีที่แตกต่างกันตลอดการวิเคราะห์ ถูกนำเสนอเป็นค่าคลาดเคลื่อนแบบสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAE) ผลการวิจัยพบว่าในเชิงคุณภาพ การประมาณค่าท่าทาง 3 มิติโดยใช้การจับการเคลื่อนไหวแบบไม่มีเครื่องหมายสามารถสร้างการเคลื่อนไหวของผู้เข้าร่วมได้อย่างถูกต้อง ในเชิงปริมาณ จากข้อผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยทั้งหมดที่คำนวณได้ประมาณ 47% คือ <20 มม. และ 80% คือ <30 มม. อย่างไรก็ตาม 10% คือ >40 มม. สาเหตุหลักของข้อผิดพลาดสัมบูรณ์โดยเฉลี่ยที่เกิน 40 มม. คือ OpenPose ล้มเหลวในการติดตามท่าทางของผู้เข้าร่วมในภาพ 2 มิติอันเนื่องมาจากความล้มเหลว เช่น การจดจำวัตถุเป็นส่วนหนึ่งของร่างกายมนุษย์ หรือการแทนที่ส่วนหนึ่งด้วยส่วนอื่น ขึ้นอยู่กับภาพของแต่ละเฟรม โดยสรุป การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าหากอัลกอริทึมที่แก้ไขการติดตามที่เห็นได้ชัดว่าผิดพลาดทั้งหมดสามารถรวมเข้ากับระบบได้ การจับการเคลื่อนไหวแบบไม่มีเครื่องหมายบน OpenPose สามารถใช้สำหรับวิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหวของมนุษย์ที่มีความแม่นยำซึ่งมีระยะห่างที่ 30 มม. หรือน้อยกว่า ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของผู้วิจัยที่ต้องการเปรียบเทียบระยะทางของความห่างระหว่าง Mocap และ AI Mocap ด้วยการเปรียบเทียบจากค่าคลาดเคลื่อนแบบสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAE) เพื่อให้ประเมินค่าความคลาดเคลื่อนได้อย่างถูกต้องในงานวิจัยนี้

Davis, F. (1985). ได้ศึกษาถึงความจำเป็นในการปรับปรุงและนวัตกรรมในมหาวิทยาลัย เพื่อให้สามารถให้บริการนักศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพและเป็นผู้ดำเนินการแข่งขัน โดยเทคโนโลยีและนวัตกรรมมากมายถูกนำมาใช้ในมหาวิทยาลัยแล้ว เพื่อกระจายหรือกระจายเทคโนโลยีหรือนวัตกรรมอย่างมีประสิทธิภาพ สิ่งสำคัญคือต้องเข้าใจเหตุผลที่นำไปสู่การยอมรับเทคโนโลยีและนวัตกรรมในมหาวิทยาลัย จากทฤษฎีและแบบจำลองที่กำหนดไว้จำนวนหนึ่งเกี่ยวกับการยอมรับและ

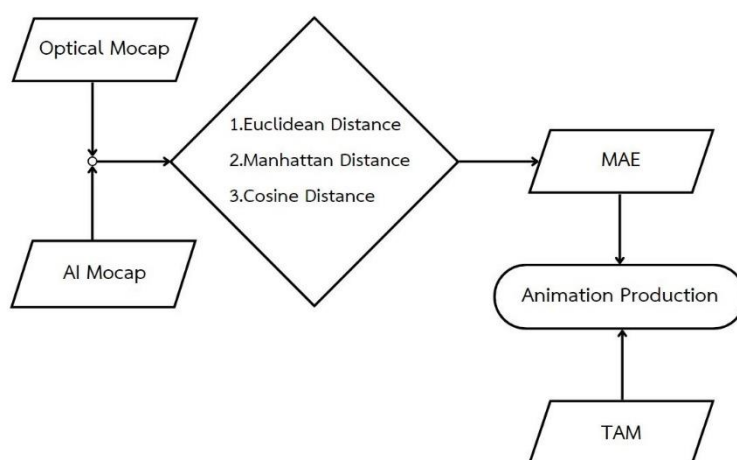
การยอมรับนวัตกรรมและเทคโนโลยี การศึกษานี้เสนอแบบจำลองทางทฤษฎีที่ช่วยอธิบายปัจจัยที่รับผิดชอบในการยอมรับนวัตกรรมภายในมหาวิทยาลัย มาตรการสำหรับการศึกษานำมาใช้จากการศึกษาก่อนหน้านี้ และใช้แบบสอบถามออนไลน์ การวิเคราะห์ปัจจัยเชิงสำรวจและเชิงยืนยันถูกนำมาใช้เพื่อทดสอบและทำความเข้าใจโครงสร้างพื้นฐานของแบบจำลองที่เสนอได้ดีขึ้น ตรวจสอบความน่าเชื่อถือและความถูกต้องของแบบจำลองที่เสนอด้วย แบบจำลองที่เสนอในเบื้องต้นดูเหมือนว่าจะช่วยในการอธิบายการยอมรับนวัตกรรมภายในมหาวิทยาลัย และมีประโยชน์ต่อกิจการเมื่อทำการตรวจสอบการยอมรับภายในมหาวิทยาลัย สอดคล้องกับแนวคิดของผู้วิจัยที่จะใช้แนวคิดเกี่ยวกับการยอมรับเทคโนโลยีและการใช้งานของ AI Mocap เพื่อสร้างความมั่นใจให้กับอุตสาหกรรมการผลิตอนิเมชันหรือเกมต้นทุ่นต่ำภายในประเทศได้

Libin Liu and Jessica Hodgins (2018) ได้ศึกษาและเสนอกรอบการทำงานสำหรับการเรียนรู้ทักษะอย่างมีประสิทธิภาพจากข้อมูลการจับการเคลื่อนไหว และเป็นครั้งแรกที่มีการสังเคราะห์ทักษะการเลี้ยงบอลที่หลากหลายแบบเรียลไทม์โดยใช้วิธีการทางฟิสิกส์ ผู้ควบคุมบาสเก็ตบอลที่เรียนรู้สามารถสร้างการเคลื่อนที่ของลูกที่แม่นยำทางกายภาพและการเคลื่อนไหวของแขนที่สอดคล้องกัน รายละเอียดการเคลื่อนไหวบางอย่าง เช่น ลูกบอลอาจหมุนต่อไปชั่วขณะเมื่อสัมผัสกับมือของผู้เล่นเพียงเล็กน้อย อาจเป็นเรื่องยากที่จะสร้างโดยใช้วิธีการทางจลนศาสตร์ แม้ว่าโครงร่างนี้จะออกแบบมาสำหรับทักษะบาสเก็ตบอล แต่งานวิจัยนี้สามารถขยายไปยังการเคลื่อนไหวอื่นๆ เช่น การเล่นเกม ซึ่งปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวละครจำลองกับวัตถุที่ถูกควบคุมจะไม่ส่งผลต่อความสมดุลของตัวละครอย่างมีนัยสำคัญในการทำงานในอนาคต และงานวิจัยชิ้นนี้ยังถูกนำมาเป็นต้นแบบในการสร้างแพลตฟอร์ม DeepMotion ที่ผู้วิจัยได้ศึกษาและนำมาเปรียบเทียบกับ Mocap ในงานวิจัยของผู้วิจัยด้วย



2.6 กรอบแนวคิด

งานวิจัยนี้มีกรอบแนวคิดคือ ประสิทธิภาพของการจับการเคลื่อนไหวระหว่าง Mocap กับ AI Mocap ซึ่งวัดด้วยค่าการวัดระยะทางแบบยูคลีเดียน การวัดระยะทางแบบแมนฮัตตัน การวัดระยะทางแบบโคไซน์ และค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย สามารถนำไปสร้างแนวทางการพัฒนาแอนิเมชันด้วย Mocap จะเกิดการยอมรับแนวทางดังกล่าวจากผู้ผลิตแอนิเมชันหรือเกมต้นทุนต่ำภายในประเทศ



ภาพที่ 69 กรอบแนวคิดการวิจัย
ที่มา: วิศรุต ผลาปรีย์ (2566)

พูน ปณ ทัต ชีเว

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้ผู้วิจัยได้นำเสนอวิธีการดำเนินการวิจัยในการศึกษาการจับการเคลื่อนไหวแบบปัญญาประดิษฐ์ในการผลิตแอนิเมชันตามลำดับขั้นตอน ดังต่อไปนี้

- 3.1 ประชากรกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.3 การสร้างเครื่องมือใช้ในการวิจัย
- 3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล
- 3.6 สถิติที่ใช้ในงานวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 2 กลุ่มดังนี้

3.1.1 นิสิตนักศึกษาที่เรียนเกี่ยวกับแอนิเมชันและเกมโดยใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 83 คน เพื่อประเมินผลการยอมรับของภาคการศึกษาต่อการใช้งานการจับการเคลื่อนไหวแบบปัญญาประดิษฐ์ในกระบวนการผลิตแอนิเมชัน

3.1.2 บุคลากรด้านแอนิเมชันในภาคอุตสาหกรรมแอนิเมชันและเกมภายในประเทศ โดยใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 5 คน ซึ่งคัดเลือกจากผู้ที่มีหน้าที่รับผิดชอบโดยตรงในการสร้างแอนิเมชันด้วย Motion Capture เพื่อประเมินผลการยอมรับการใช้งานการจับการเคลื่อนไหวแบบปัญญาประดิษฐ์ในกระบวนการผลิตแอนิเมชัน

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

- 1) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการเคลื่อนไหวจากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจับการเคลื่อนไหวระหว่างเทคนิคการจับการเคลื่อนไหว Optical mocap และเทคนิคการจับการเคลื่อนไหวแบบ AI mocap

- 2) แบบประเมินผลการยอมรับการใช้งานการจับการเคลื่อนไหวแบบปัญญาประดิษฐ์
- 3) แบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญจากภาคผู้ประกอบการ
- 4) วิดีโอแอนิเมชันเปรียบเทียบการเคลื่อนไหวของ Optical Mocap และ AI Mocap

3.3 การสร้างเครื่องมือใช้ในการวิจัย

3.3.1 การสร้างเครื่องมือวิจัย ประกอบไปด้วย 4 ส่วน ดังนี้

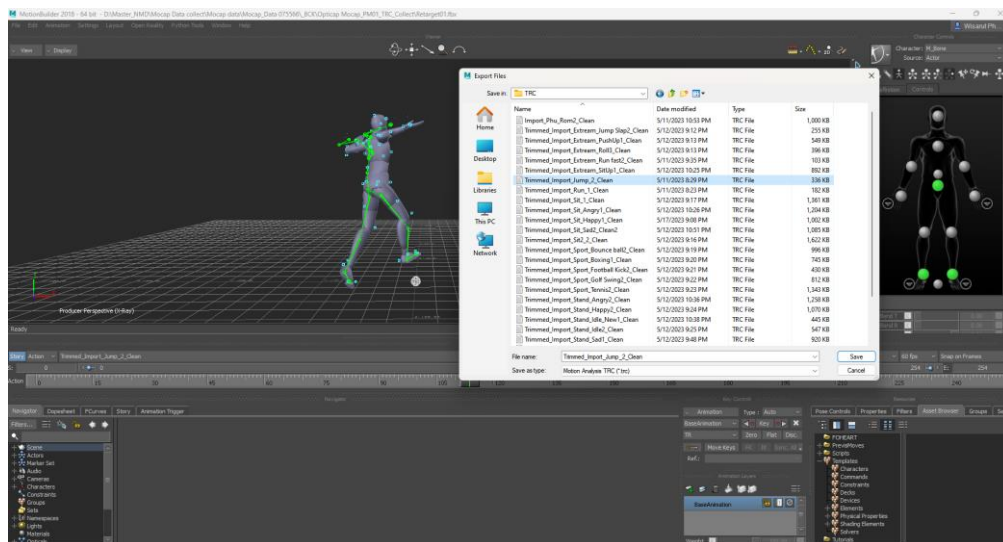
1) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการเคลื่อนไหวจากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจับการเคลื่อนไหวระหว่างเทคนิคการจับการเคลื่อนไหว Optical mocap และเทคนิคการจับการเคลื่อนไหวแบบ AI mocap

- 2) แบบประเมินผลการยอมรับการใช้งานการจับการเคลื่อนไหวแบบปัญญาประดิษฐ์
- 3) แบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญจากภาคผู้ประกอบการ
- 4) วิดีโอแอนิเมชันเปรียบเทียบการเคลื่อนไหวของ Optical Mocap และ AI Mocap

3.3.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการเคลื่อนไหวจากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจับการเคลื่อนไหวระหว่างเทคนิคการจับการเคลื่อนไหว Optical mocap และเทคนิคการจับการเคลื่อนไหวแบบ AI mocap มีวิธีการสร้างเครื่องมือดังต่อไปนี้

1) หลังจากผู้วิจัยได้ข้อมูลจากการจับการเคลื่อนไหวด้วยระบบ Optical Mocap แล้วนำมาแก้ไขข้อมูลการเคลื่อนไหวของจุดมาร์คเกอร์ด้วยโปรแกรม Cortex ให้ได้ข้อมูลการเคลื่อนไหวที่สมบูรณ์

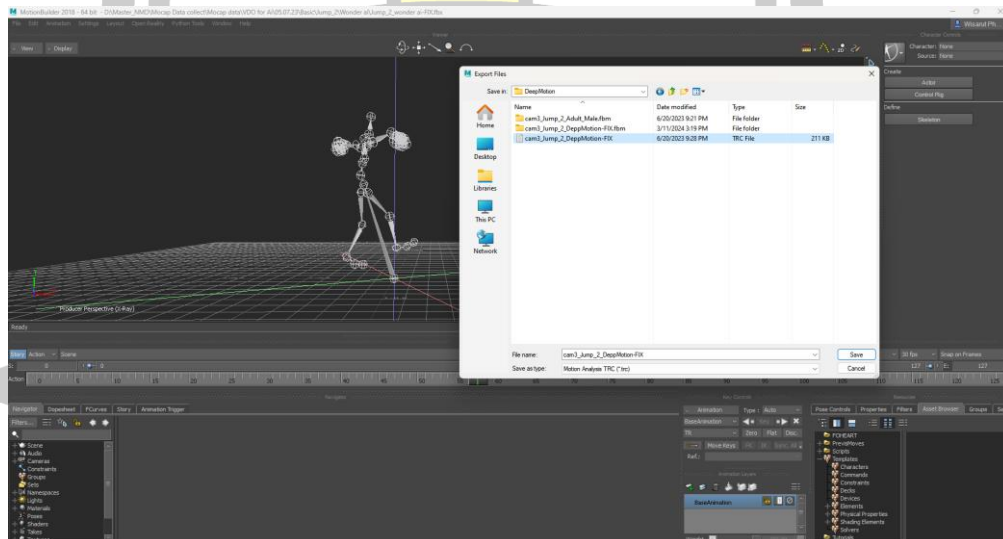
2) นำข้อมูลการเคลื่อนไหวของจุดมาร์คเกอร์ที่ได้จากโปรแกรม Cortex มาทำการ Retarget ด้วยโปรแกรม Motionbuilder เพื่อส่งข้อมูลการเคลื่อนไหวให้กับ Skeleton bone ตัวต้นแบบเพื่อที่จะนำไปสร้างแอนิเมชันสำหรับใช้เปรียบเทียบการเคลื่อนไหวของระบบ Optical Mocap และ Export ข้อมูลในรูปแบบไฟล์นามสกุล TRC



ภาพที่ 70 ขั้นตอนการ Retarget การเคลื่อนไหวและ Export ข้อมูลในรูปแบบไฟล์นามสกุล TRC

ที่มา : ผู้วิจัย

3) ส่วนของข้อมูลที่ได้จาก AI Mocap ผู้วิจัยได้นำมาปรับแก้ไขข้อมูลการเคลื่อนไหวเพื่อให้แอนิเมชันโดยรวมมีความสมบูรณ์โดยใช้โปรแกรม Motionbuilder จากนั้นทำการ Export ข้อมูลในรูปแบบไฟล์นามสกุล TRC

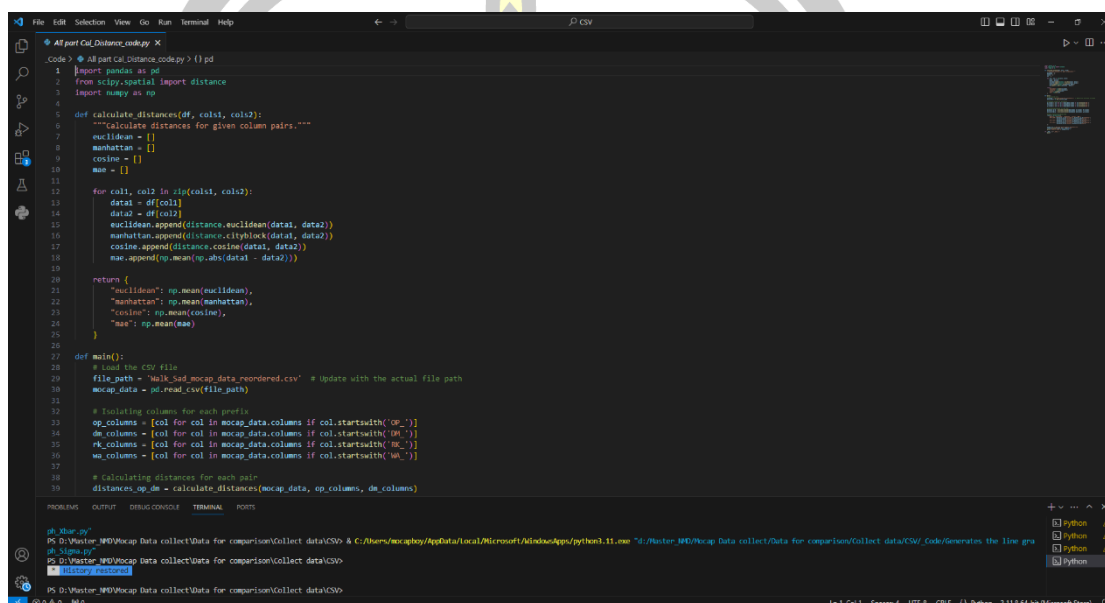


ภาพที่ 71 ขั้นตอนการ Export ข้อมูลการเคลื่อนไหวของ AI Mocap ในรูปแบบไฟล์นามสกุล TRC

ที่มา : ผู้วิจัย

4) นำข้อมูลไฟล์ TRC ของ Optical Mocap กับ AI Mocap ทั้ง 3 แพลตฟอร์มมาจัดเรียงข้อมูลด้วยโปรแกรม Excel ทั้งหมดให้อยู่ในคอลัมน์ของไฟล์ csv ไฟล์เดียวก่อนที่จะนำไปวิเคราะห์ข้อมูลการเคลื่อนไหวเพื่อทำการเปรียบเทียบในขั้นตอนต่อไป

5) นำผลการเคลื่อนไหวที่ได้จากไฟล์ csv มาวิเคราะห์ข้อมูลการเคลื่อนไหวจากการจับการเคลื่อนไหวด้วย Optical Mocap กับ AI Mocap โดยใช้การวัดระยะทางแบบยูคลีเดียน (Euclidean Distance), การวัดระยะทางแบบแมนฮัตตัน (Manhattan Distance), การวัดระยะทางแบบโคไซน์ (Cosine Distance) และค่าผลรวมความคลาดเคลื่อนแบบสัมบูรณ์ (Mean absolute error: MAE) โดยการคำนวณจาก Python code ด้วยโปรแกรม Visual Studio Code



```

1  import pandas as pd
2  from scipy.spatial import distance
3  import numpy as np
4
5  def calculate_distances(df, col1, col2):
6      """Calculate distances for given column pairs."""
7      euclidean = []
8      manhattan = []
9      cosine = []
10     mae = []
11
12     for col1, col2 in zip(col1, col2):
13         data1 = df[col1]
14         data2 = df[col2]
15         euclidean.append(distance.euclidean(data1, data2))
16         manhattan.append(distance.cityblock(data1, data2))
17         cosine.append(distance.cosine(data1, data2))
18         mae.append(np.mean(np.abs(data1 - data2)))
19
20     return {
21         "euclidean": np.mean(euclidean),
22         "manhattan": np.mean(manhattan),
23         "cosine": np.mean(cosine),
24         "mae": np.mean(mae)
25     }
26
27 def main():
28     # Load the CSV file
29     file_path = 'Walk_Sad_mocap_data_reordered.csv' # Update with the actual file path
30     mocap_data = pd.read_csv(file_path)
31
32     # Isolating columns for each profile
33     op_columns = [col for col in mocap_data.columns if col.startswith('OP_')]
34     dm_columns = [col for col in mocap_data.columns if col.startswith('DM_')]
35     rk_columns = [col for col in mocap_data.columns if col.startswith('RK_')]
36     wa_columns = [col for col in mocap_data.columns if col.startswith('WA_')]
37
38     # Calculating distances for each pair
39     distances_op_dm = calculate_distances(mocap_data, op_columns, dm_columns)

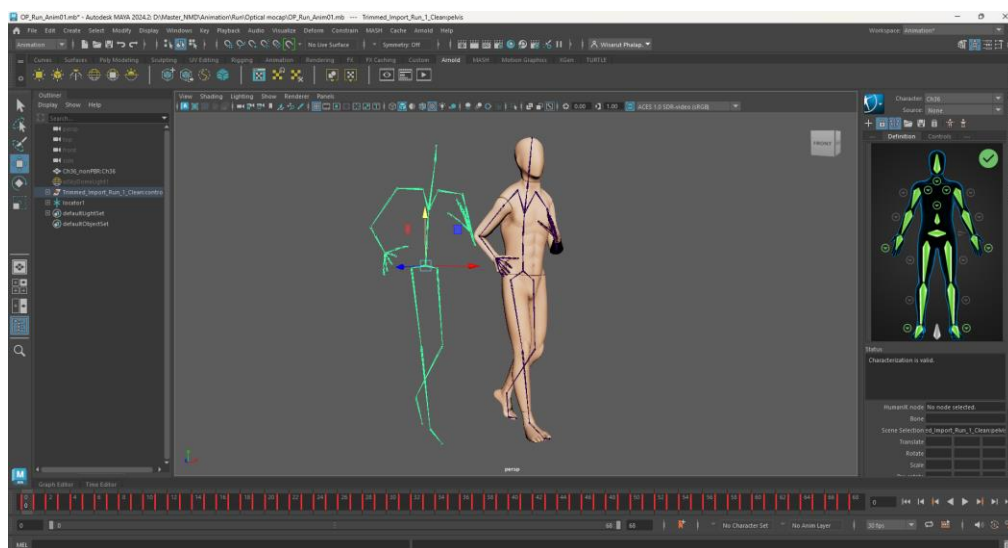
```

ภาพที่ 72 ขั้นตอนการคำนวณด้วยโปรแกรม Visual Studio Code

ที่มา : ผู้วิจัย

3.3.5 วิดีโอแอนิเมชันเปรียบเทียบการเคลื่อนไหวของ Optical Mocap และ AI Mocap

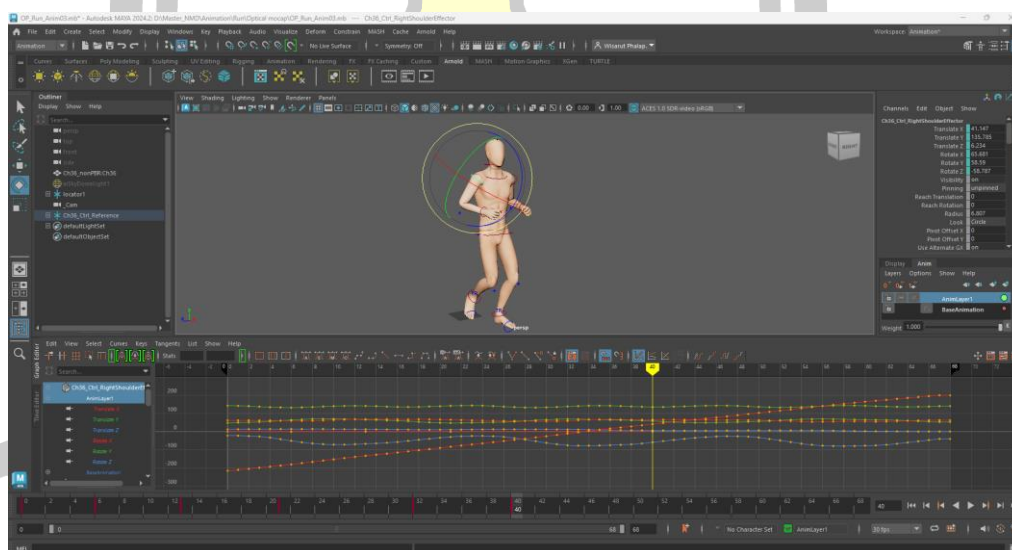
1) ผู้วิจัยได้นำข้อมูลการเคลื่อนไหวของทั้ง Optical mocap และ AI mocap ที่ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบระยะทางเรียบร้อยแล้วว่า AI mocap แพลตฟอร์มใดที่มีระยะใกล้เคียงกับ Optical mocap มากที่สุดมาทำการ Retarget การเคลื่อนไหวอีกครั้งในโปรแกรม Maya กับโมเดลต้นแบบสำหรับการสร้างแอนิเมชันการเคลื่อนไหว โดยใช้ไฟล์ FBX ที่ได้จากขั้นตอนในการ map Skeleton bone ตัวต้นแบบจากโปรแกรม Motionbuilder แล้ว



ภาพที่ 73 ขั้นตอนการ Retarget การเคลื่อนไหวเพื่อทำแอนิเมชันในโปรแกรม Maya

ที่มา : ผู้วิจัย

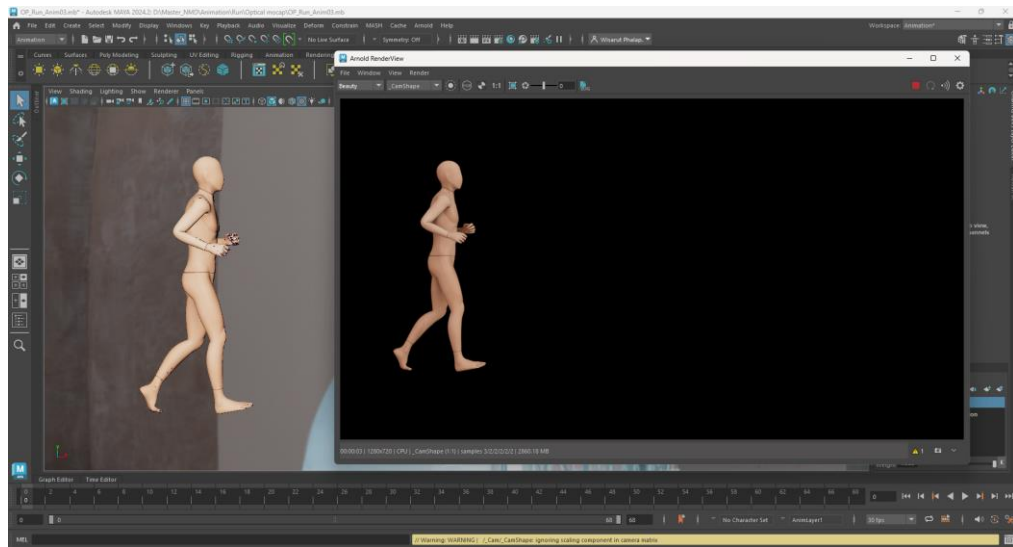
2) หลังจากขั้นตอนการ Retarget การเคลื่อนไหวผู้วิจัยได้ทำการ Bake to control rig เพื่อทำการแก้ไขแอนิเมชันให้สวยงามขึ้น



ภาพที่ 74 ขั้นตอนการแก้ไขแอนิเมชันในโปรแกรม Maya

ที่มา : ผู้วิจัย

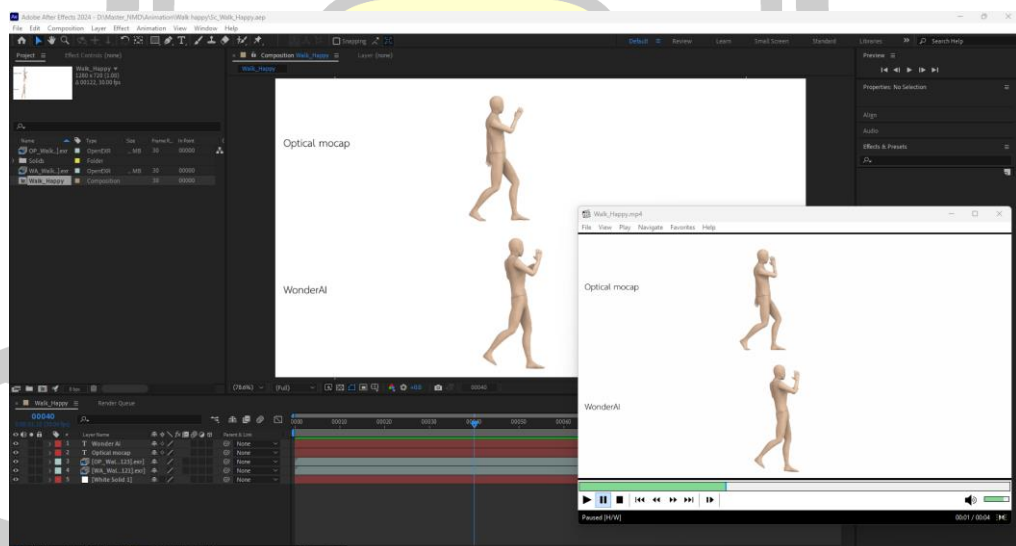
3) เมื่อทำการแก้ไขแอนิเมชันจนสวยงามเรียบร้อยผู้วิจัยจึงทำการตั้งค่าในการเรนเดอร์และจัดแสงให้สวยงาม จากนั้นจึงเรนเดอร์ภาพเป็น EXR Sequence เพื่อที่จะนำไปทำการ Composite ให้เป็นวิดีโอภาพเคลื่อนไหวด้วยโปรแกรม After effect ต่อไป



ภาพที่ 75 ขั้นตอนการการเรนเดอร์แอนิเมชันในโปรแกรม Maya

ที่มา : ผู้วิจัย

4) ผู้วิจัยได้นำภาพที่เรนเดอร์มาทำการ Composite ให้เป็นวิดีโอภาพเคลื่อนไหวด้วยโปรแกรม After effect โดยในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้นำภาพของการเรนเดอร์แอนิเมชันของทั้งระบบ Optical mocap และ AI mocap มาเรียงซ้อนเพื่อเปรียบเทียบการเคลื่อนไหวดังภาพประกอบที่



ภาพที่ 76 ขั้นตอนการการเรนเดอร์แอนิเมชันในโปรแกรม Maya

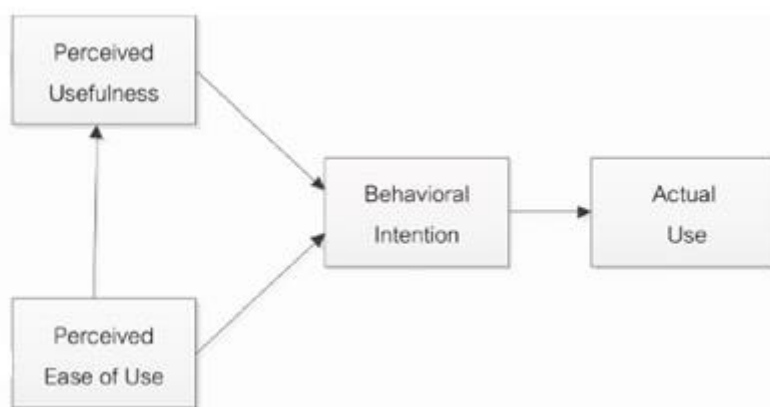
ที่มา : ผู้วิจัย

3.3.3 แบบประเมินผลการยอมรับการใช้งานการจับการเคลื่อนไหวแบบปัญญาประดิษฐ์

ผู้วิจัยได้ใช้ฐานจากแบบจำลอง TAM เพื่อนำมาสร้างแบบสอบถามเป็นแบบมาตรวัดมาตราประมาณค่า (Rating Scale) มี 5 ระดับตามวิธีของ ลิเคิร์ท (บุญชม ศรีสะอาด, 2545) โดยมีเกณฑ์การประเมินเป็นคะแนน ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย	แปลความหมาย
4.51–5.00	มากที่สุด
3.51–4.50	มาก
2.51–3.50	ปานกลาง
1.51–2.50	น้อย
1.00 –1.50	น้อยที่สุด

ซึ่งประกอบด้วย 4 ปัจจัย ได้แก่ 1) รับรู้ประโยชน์ที่ได้รับ (Perceived Usefulness) 2) ความง่ายในการใช้งาน (Perceived Ease of Use) 3) พฤติกรรมความตั้งใจในการใช้งาน (Behavioral Intention) 4) การใช้งานจริงของระบบ (Actual System Use) (Fred D Davis et al., 1989) ด้วยรายการคำถามเกี่ยวกับการยอมรับเทคโนโลยีตามมาตรวัด 6 ตัวของ Fred D. Davis (1989), Viswanath Venkatesh and Fred D. Davis (2000) และ Mohammad Chuttur (2009)



ภาพที่ 77 แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยีการจับการเคลื่อนไหวแบบปัญญาประดิษฐ์
ที่มา: Fred D Davis et al. (1989) ปรับปรุงโดย วิศรุต ผลาปรีย์ (2566)

3.3.4 แบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญจากภาคผู้ประกอบการ

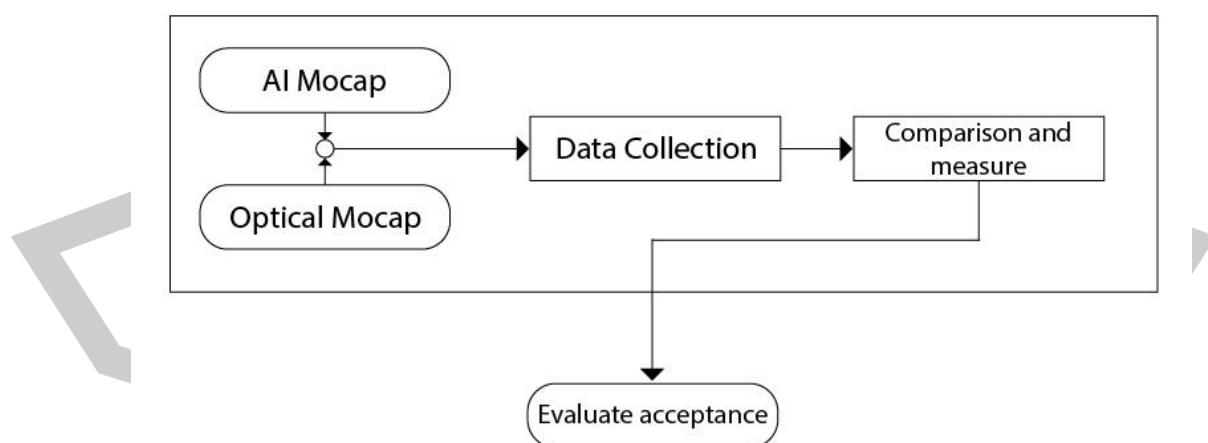
ผู้วิจัยได้รวบรวมประเด็นคำถามจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญจากภาคผู้ประกอบการทั้งหมด 5 คน เป็นการสัมภาษณ์แบบกลุ่มและแบบเดี่ยว เป็นการสอบถามความเห็น

โดยทั่วไปเกี่ยวกับประเด็นการใช้งานและการยอมรับเทคโนโลยี AI Mocap ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 5 ท่าน ได้แก่

- 1) อาจารย์ ศิวัช สุขศรี อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีมีเดีย เอก นวัตกรรมมีเดียทางการแพทย์49 อาคาร A1 มจร.บางขุนเทียน
- 2) อาจารย์ ปิยนนท์ สมบูรณ์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาคอมพิวเตอร์อาร์ต คณะดิจิทัลอาร์ต มหาวิทยาลัยรังสิต
- 3) คุณ ณฤชล ศิริมงคล ตำแหน่ง Animation Department Manager บริษัท แอนิเมทเต็ด สตอรี่บอร์ด (ประเทศไทย) จำกัด (สำนักงานใหญ่)
- 4) คุณ ทศพล พิสิฐโสธรานนท์ ตำแหน่ง Animation Department Manager บริษัท แอนิเมทเต็ด สตอรี่บอร์ด (ประเทศไทย) จำกัด (สำนักงานใหญ่)
- 5) คุณ ไวยวาริส ภูริรัฐประเสริฐ ตำแหน่ง Assistant Animation Manager บริษัท แอนิเมทเต็ด สตอรี่บอร์ด (ประเทศไทย) จำกัด (สำนักงานใหญ่)

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลผู้การเคลื่อนไหวของ Optical Mocap และ AI Mocap ผู้วิจัยได้แบ่งการเก็บข้อมูลออกเป็น 2 ขั้นตอนดังต่อไปนี้



ภาพที่ 78 ขั้นตอนการเก็บข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบ AI Mocap และ Optical Mocap

ที่มา: ผู้วิจัย

3.4.1 ขั้นตอนการเก็บข้อมูลการเคลื่อนไหวดำเนินการดังต่อไปนี้

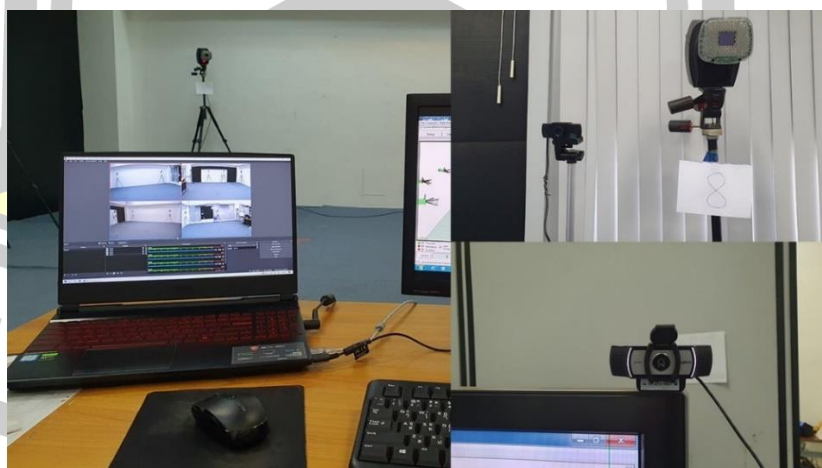
1) ผู้วิจัยทำการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อบันทึกข้อมูลการเคลื่อนไหวของนักแสดงด้วยระบบกล้องแบบ Optical mocap และกล้องสำหรับบันทึกวิดีโอสำหรับ AI mocap ไปพร้อมกัน เพื่อให้ได้ชุดข้อมูลที่เคลื่อนไหวในช่วงเวลาเดียวกัน



ภาพที่ 79 บันทึกข้อมูลการเคลื่อนไหวของนักแสดงด้วย Optical mocap และ AI mocap

ที่มา: ผู้วิจัย

2) ในส่วนของ AI mocap ใช้กล้อง webcam จำนวน 4 ตัว โดยที่ 2 ตัวแรกวางตำแหน่งที่มุมด้านหน้าซ้ายและขวาประมาณ 45 องศา อีก 2 ตัววางตำแหน่งที่มุมด้านข้างซ้ายและขวาประมาณ 90 องศา จากพื้นที่ที่จะทำการจับการเคลื่อนไหว และใช้โปรแกรม OBS ในการบันทึกวิดีโอ



ภาพที่ 80 การติดตั้งอุปกรณ์กล้อง webcam สำหรับบันทึกการเคลื่อนไหวสำหรับ AI mocap

ที่มา: ผู้วิจัย

3) จากนั้นทำการบันทึกการจับการเคลื่อนไหวพร้อมกันทั้งระบบ Optical mocap และ AI mocap

4) หลังจากการบันทึกการเคลื่อนไหวผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกไฟล์ สำหรับใช้ในการนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบการเคลื่อนไหว โดยใช้ชุดข้อมูลการเคลื่อนไหวทั้งหมด 5 ท่า ได้แก่ ท่าเดิน ท่าวิ่ง ท่ากระโดด (Suwich Tirakoat, 2011) ท่านั่ง และท่าต่อมวย

3.4.2 ขั้นตอนการเก็บข้อมูลการยอมรับการใช้งาน

1) เลือกไฟล์ข้อมูลการเคลื่อนไหวที่ได้ไปทดลองผลิตเป็นแอนิเมชันขนาดสั้นเพื่อนำมาประเมินผลการยอมรับของภาคการศึกษาและภาคอุตสาหกรรมแอนิเมชันและเกมต้นทุ่นต่อการใช้งานการจับการเคลื่อนไหวแบบปัญญาประดิษฐ์ในกระบวนการผลิตแอนิเมชัน

2) ให้นิสิตนักศึกษาที่เรียนเกี่ยวกับแอนิเมชันและเกมโดยใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 83 คน ร่วมประเมินผลการยอมรับด้วยแบบประเมินผลการยอมรับการใช้งานการจับการเคลื่อนไหวแบบปัญญาประดิษฐ์ผ่านระบบออนไลน์ด้วย google form

3) การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเพื่อเก็บข้อมูลจากภาคผู้ประกอบการทั้งหมด 5 คน โดยเป็นการสัมภาษณ์ออนไลน์แบบกลุ่มและแบบแยกสัมภาษณ์เป็นรายบุคคล

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลของงานวิจัยในนี้ สามารถแบ่งได้เป็นขั้นตอน ดังต่อไปนี้

3.5.1 ในการวิเคราะห์ข้อมูลการเคลื่อนไหวที่ได้จากการจับการเคลื่อนไหวด้วย Optical mocap กับ AI Mocap ผู้วิจัยใช้ค่าผลรวมความคลาดเคลื่อนแบบสัมบูรณ์ (Mean absolute error: MAE) เพื่อวิเคราะห์ความแม่นยำของการวัดระยะทางระหว่าง Optical mocap กับ AI Mocap

3.5.2 ในขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีจากมาตรวัดประโยชน์ของระบบและมาตรวัดความง่ายในการใช้งานของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 83 คน เพื่อประเมินผลการยอมรับของภาคการศึกษาต่อการใช้งานการจับการเคลื่อนไหวแบบปัญญาประดิษฐ์ในกระบวนการผลิตแอนิเมชัน โดยผู้วิจัยใช้ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อนำผลมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้วยค่าสหสัมพันธ์

3.5.3 การวิเคราะห์ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญในด้านแอนิเมชันและเกมจำนวน 5 คน โดยผู้วิจัยได้วิเคราะห์จากประเด็นคำถามเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยเกี่ยวกับการยอมรับเทคโนโลยี

AI mocap ในภาคอุตสาหกรรมแอนิเมชันและเกมภายในประเทศ และได้แจกแจงความคิดเห็นจากประเด็นคำถามโดยใช้ค่าความถี่ร้อยละ

3.6 สถิติที่ใช้ในงานวิจัย

3.6.1 ค่าเฉลี่ย (Mean)

ค่าเฉลี่ย คือ ค่ากลางที่ได้มาจากการรวมข้อมูลทั้งหมดแล้วแบ่ง (เฉลี่ย) ให้ได้จำนวนเท่าๆ กันจากผลรวมของข้อมูลทั้งหมด

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

เมื่อ $\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ย
 $\sum x$ แทน ผลรวมของคะแนน
 N แทน จำนวนข้อมูล

3.6.2 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation , S.D.)

ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นการวัดการกระจายของกลุ่มข้อมูล ใช้สำหรับเปรียบเทียบว่าค่าต่างๆในเซตข้อมูลกระจายตัวออกไปมากน้อยเท่าใด

$$S. D. = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N}}$$

เมื่อ $S. D.$ แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 x แทน คะแนนแต่ละส่วน
 $\sum x$ แทน ผลรวมของกลุ่มตัวอย่างในกลุ่มนั้น

3.6.3 ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation)

ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยี ตามสูตรดังต่อไปนี้

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x}) (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \sum (y_i - \bar{y})^2}}$$

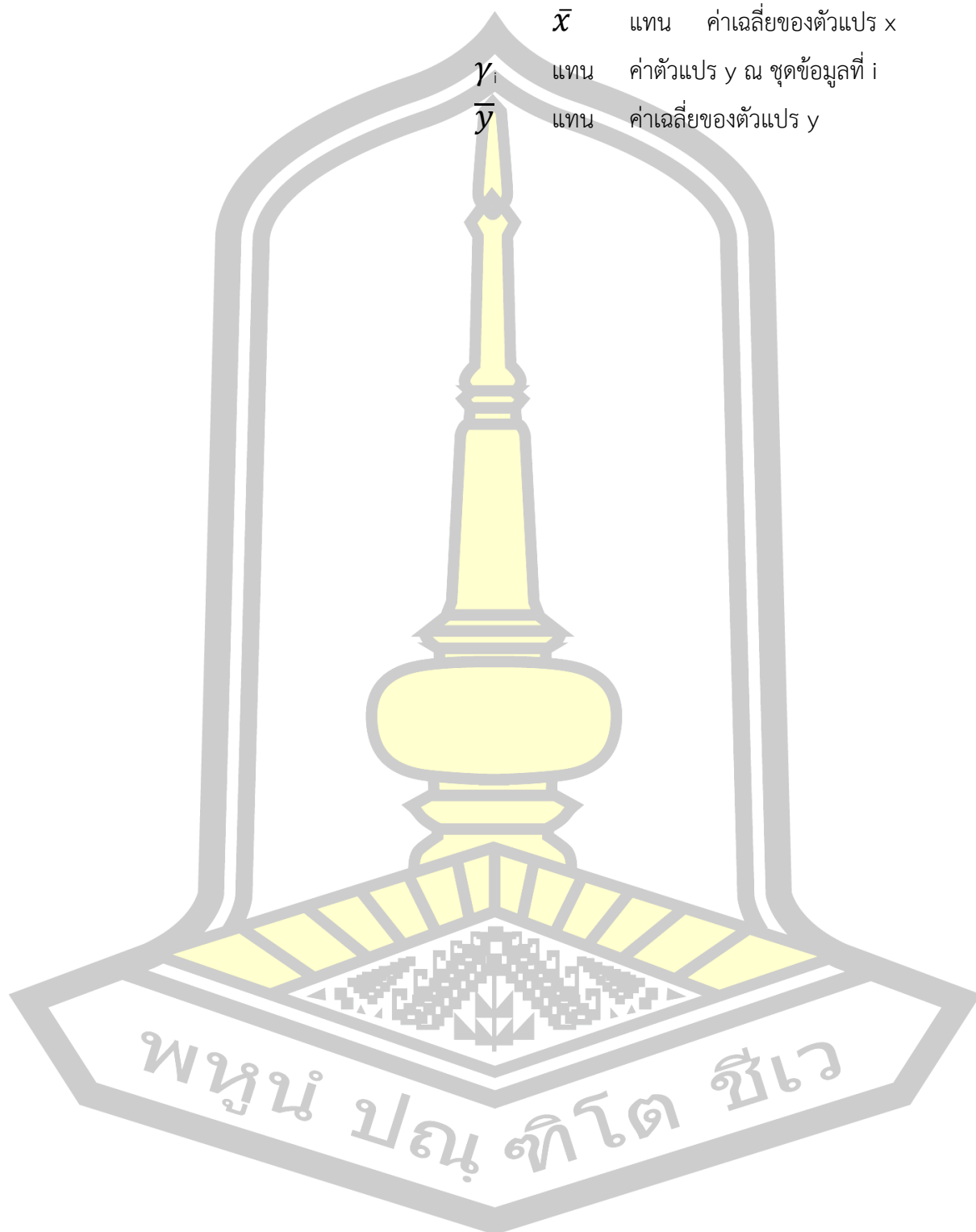
เมื่อ r_{xy} แทน ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

x_i แทน ค่าตัวแปร x ณ ชุดข้อมูลที่ i

$\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ยของตัวแปร x

y_i แทน ค่าตัวแปร y ณ ชุดข้อมูลที่ i

$\bar{y}$ แทน ค่าเฉลี่ยของตัวแปร y



บทที่ 4

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการศึกษาการจับการเคลื่อนไหวแบบปัญญาประดิษฐ์ในการผลิตแอนิเมชัน โดยรายละเอียดของผลการวิเคราะห์ จะนำไปสู่องค์ความรู้ที่เป็นแนวทางในการยอมรับเทคโนโลยีการจับการเคลื่อนไหวแบบปัญญาประดิษฐ์ ไปจนถึงการสร้างแอนิเมชันตัวอย่างด้วยออปติคัลโมแคปและเทคนิคการจับการเคลื่อนไหวแบบปัญญาประดิษฐ์โดยผู้วิจัยได้จำแนกการวิเคราะห์ข้อมูล ออกเป็น 4 ส่วนสำคัญโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจับการเคลื่อนไหวระหว่างการใช้ระบบ Optical mocap และการจับการเคลื่อนไหวด้วย AI mocap

4.2 ผลการสร้างแอนิเมชันตัวอย่างด้วยระบบ Optical mocap และการจับการเคลื่อนไหวด้วย AI mocap

4.3 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการเคลื่อนไหวของระบบ Optical mocap และการจับการเคลื่อนไหวด้วย AI mocap

4.4 ผลการประเมินผลการยอมรับของภาคการศึกษาและภาคอุตสาหกรรมแอนิเมชันและเกม ต้นทุนต่ำต่อการใช้งานการจับการเคลื่อนไหวด้วย AI mocap ในกระบวนการผลิตแอนิเมชัน

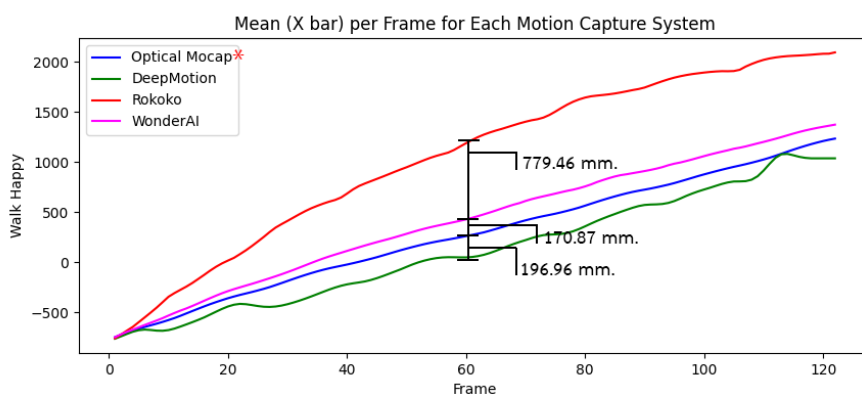
4.1 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจับการเคลื่อนไหวระหว่างการใช้ระบบ Optical mocap และการจับการเคลื่อนไหวด้วย AI mocap

ในการเปรียบเทียบการจับการเคลื่อนไหวของ Optical mocap และการจับการเคลื่อนไหวด้วย AI mocap ผู้วิจัยได้บันทึกการเคลื่อนไหวให้สอดคล้องในช่วงเวลาเดียวกันโดยใช้อัตราเฟรมเรทที่ 30 เฟรมต่อวินาที ซึ่งใช้การจับท่าทางการเคลื่อนไหวของมนุษย์แบบเต็มตัวทั้งหมด 5 ท่า ได้แก่ ท่าเดิน ท่าวิ่ง ท่ากระโดด (Suwich Tirakoat, 2011) ท่านั่ง และท่าเต้น ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

4.1.1 การเปรียบเทียบข้อมูลท่าเดิน (Walk)

ผู้วิจัยได้ทำการจัดเรียงข้อมูลการเคลื่อนไหวของท่าเดิน (Walk) ซึ่งใช้ข้อมูลการเคลื่อนไหวมีความยาวทั้งหมด 123 เฟรม และได้นำข้อมูลทั้งหมดจาก AI mocap ทุกแพลตฟอร์มไปวิเคราะห์ข้อมูลระยะห่างเพื่อเปรียบเทียบกับระบบ Optical mocap เมื่อนำประสิทธิภาพจับการ

เคลื่อนไหวท่าเดินที่มีระยะห่างของข้อมูลที่จับด้วยระบบ Optical mocap (มม.) มาแสดงผลในรูปแบบกราฟเพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจระยะห่างของข้อมูลแพลตฟอร์ม Wonder Studio AI อยู่ใกล้เส้นของระบบ Optical Mocap มากที่สุดและมีระยะห่างน้อยที่สุดดังแสดงในภาพที่ 82



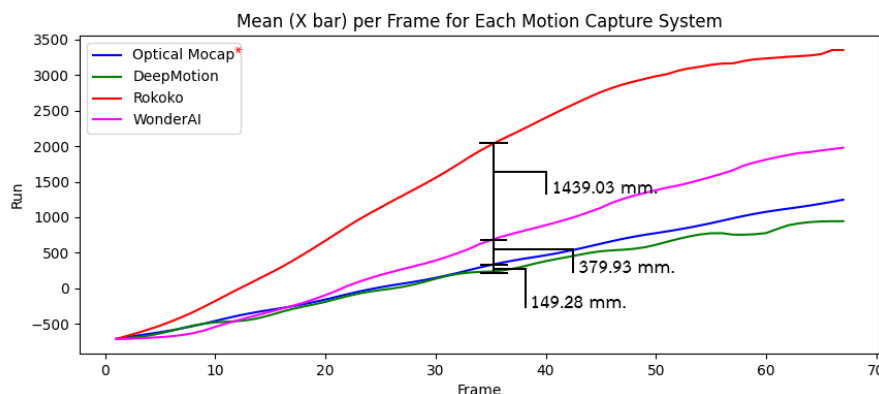
ภาพที่ 81 กราฟเปรียบเทียบระยะห่างของข้อมูลการเคลื่อนไหวท่าเดิน

ที่มา : ผู้วิจัย

จากภาพที่ 81 พบว่า แพลตฟอร์ม Wonder Studio AI มีประสิทธิภาพจับการเคลื่อนไหวท่าเดินดีที่สุด ซึ่งมีระยะห่างของข้อมูลที่จับด้วย Optical Mocap น้อยที่สุด (170.87 มม.) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านเรียงลำดับจากระยะห่างของข้อมูลน้อยไปหาระยะห่างมาก คือค่า โคไซน์ (0.127 มม.) ยูคลีเดียน (422.65 มม.) และ แมนฮัตตัน (512.60 มม.) รองลงมาคือแพลตฟอร์ม DeepMotion (196.96 มม.) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านเรียงลำดับจากระยะห่างของข้อมูลน้อยไปหาระยะห่างมาก คือค่า โคไซน์ (0.142 มม.) ยูคลีเดียน (432.15 มม.) และ แมนฮัตตัน (590.87 มม.) และ อันดับ 3 คือ แพลตฟอร์ม Rokoko Vision เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านเรียงลำดับจากระยะห่างของข้อมูลน้อยไปหาระยะห่างมาก คือค่า โคไซน์ (0.395 มม.) ยูคลีเดียน (1,710.90 มม.) และ แมนฮัตตัน (2,338.37 มม.) ตามลำดับ

4.1.2 การเปรียบเทียบข้อมูลท่าวิ่ง (Run)

ในการเปรียบเทียบข้อมูลท่าวิ่ง (Run) ผู้วิจัยได้ทำการจัดเรียงข้อมูลการเคลื่อนไหวให้สอดคล้องกันซึ่งทั้งหมดมีความยาว 67 เฟรม โดยนำข้อมูล AI mocap จากทุกแพลตฟอร์มไปวิเคราะห์ข้อมูลระยะห่างเพื่อเปรียบเทียบกับระบบ Optical mocap เมื่อนำประสิทธิภาพจับการเคลื่อนไหวท่าวิ่งที่มีระยะห่างของข้อมูลที่จับด้วยระบบ Optical mocap (มม.) มาแสดงผลในรูปแบบกราฟเพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจระยะห่างของข้อมูลแพลตฟอร์ม DeepMotion อยู่ใกล้เส้นของระบบ Optical Mocap มากที่สุดและมีระยะห่างน้อยที่สุดดังแสดงในภาพที่ 83



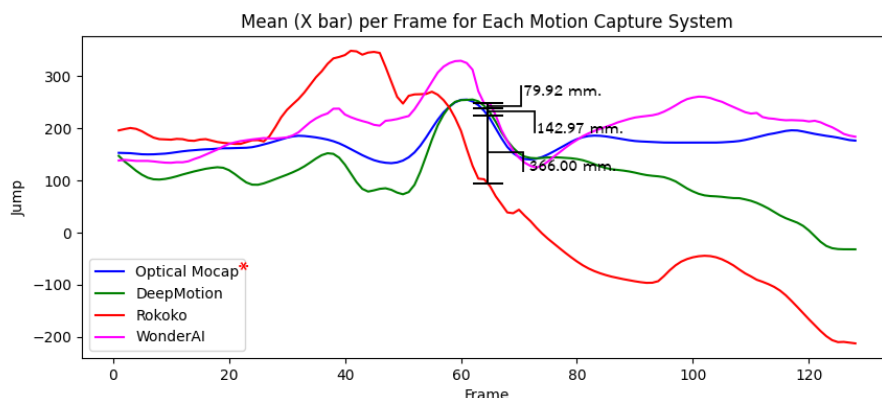
ภาพที่ 82 กราฟเปรียบเทียบระยะห่างของข้อมูลการเคลื่อนไหวทำวิ่ง

ที่มา : ผู้วิจัย

จากภาพที่ 82 พบว่า แพลตฟอร์ม DeepMotion มีประสิทธิภาพจับการเคลื่อนไหวทำวิ่งดีที่สุด ซึ่งมีระยะห่างของข้อมูลที่จับด้วยระบบ Optical Mocap น้อยที่สุด (149.28 มม.) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านเรียงลำดับจากระยะห่างของข้อมูลน้อยไปหาระยะห่างมาก คือค่า โคไซน์ (0.04 มม.) ยูคลีเดียน (1,548.23 มม.) และ แมนฮัตตัน (10,001.71 มม.) รองลงมาแพลตฟอร์ม Wonder Studio AI (379.93 มม.) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านเรียงลำดับจากระยะห่างของข้อมูลน้อยไปหาระยะห่างมาก คือค่า โคไซน์ (0.07 มม.) ยูคลีเดียน (3,836.95 มม.) และ แมนฮัตตัน (25,455.48 มม.) และ อันดับ 3 แพลตฟอร์ม Rokoko Vision (1,439.03) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านเรียงลำดับจากระยะห่างของข้อมูลน้อยไปหาระยะห่างมาก คือค่า โคไซน์ (0.25 มม.) ยูคลีเดียน (13,626.21 มม.) และ แมนฮัตตัน (96,414.73 มม.) ตามลำดับ

4.1.3 การเปรียบเทียบข้อมูลท่ากระโดด (Jump)

ผู้วิจัยได้ทำการจัดเรียงข้อมูลการเคลื่อนไหวของกระโดด (Jump) โดยใช้ข้อมูลของการเคลื่อนไหวที่ความยาว 128 เฟรม และได้นำข้อมูลทั้งหมดจาก AI mocap ทุกแพลตฟอร์มไปวิเคราะห์ข้อมูลระยะห่างเพื่อเปรียบเทียบกับระบบ Optical mocap เมื่อนำประสิทธิภาพจับการเคลื่อนไหวท่ากระโดดที่มีระยะห่างของข้อมูลที่จับด้วยระบบ Optical mocap (มม.) มาแสดงผลในรูปแบบกราฟเพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจระยะห่างของข้อมูลแพลตฟอร์ม Wonder AI อยู่ใกล้เส้นของระบบ Optical Mocap มากที่สุดและมีระยะห่างน้อยที่สุดดังแสดงในภาพที่ 84



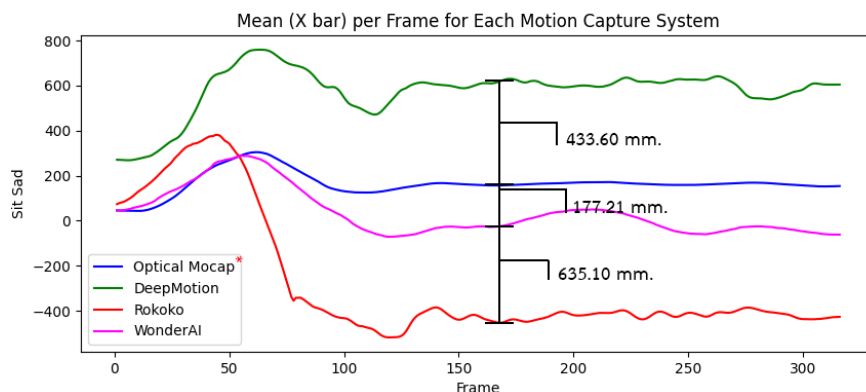
ภาพที่ 83 กราฟเปรียบเทียบระยะห่างของข้อมูลการเคลื่อนไหวท่ากระโดด

ที่มา : ผู้วิจัย

จากภาพที่ 83 พบว่า แพลตฟอร์ม Wonder Studio AI มีประสิทธิภาพจับการเคลื่อนไหวท่ากระโดดดีที่สุด ซึ่งมีระยะห่างของข้อมูลที่จับด้วยระบบ Optical Mocap น้อยที่สุด (79.92 มม.) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านเรียงลำดับจากระยะห่างของข้อมูลน้อยไปหาระยะห่างมาก คือ ค่า โคไซน์ (0.01 มม.) ยูคลีเดียน (1,091.06 มม.) และ แมนฮัตตัน (10,229.77 มม.) รองลงมาได้แก่ แพลตฟอร์ม DeepMotion (142.97 มม.) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านเรียงลำดับจากระยะห่างของข้อมูลน้อยไปหาระยะห่างมาก คือค่า โคไซน์ (0.02 มม.) ยูคลีเดียน (1,908.77 มม.) และ แมนฮัตตัน (18,300.73 มม.) และ อันดับ 3 ได้แก่แพลตฟอร์ม Rokoko Vision (366.00 มม.) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านเรียงลำดับจากระยะห่างของข้อมูลน้อยไปหาระยะห่างมาก คือค่า โคไซน์ (0.09 มม.) ยูคลีเดียน (4,988.12 มม.) และ แมนฮัตตัน (46,848.35 มม.) ตามลำดับ

4.1.4 การเปรียบเทียบข้อมูลท่านั่ง (Sit)

ในการเปรียบเทียบข้อมูลท่านั่ง (Sit) ผู้วิจัยได้ทำการจัดเรียงข้อมูลการเคลื่อนไหวให้สอดคล้องในช่วงเวลาเดียวกันซึ่งทั้งหมดมีความยาว 316 เฟรม โดยนำข้อมูล AI mocap จากทุกแพลตฟอร์มไปวิเคราะห์ข้อมูลระยะห่างเพื่อเปรียบเทียบกับระบบระบบ Optical mocap เมื่อนำประสิทธิภาพจับการเคลื่อนไหวท่านั่งที่มีระยะห่างของข้อมูลที่จับด้วยระบบ Optical mocap (มม.) มาแสดงผลในรูปแบบกราฟเพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจระยะห่างของข้อมูลแพลตฟอร์ม Wonder AI อยู่ใกล้เส้นของระบบ Optical Mocap มากที่สุดและมีระยะห่างน้อยที่สุดดังแสดงในภาพที่ 85



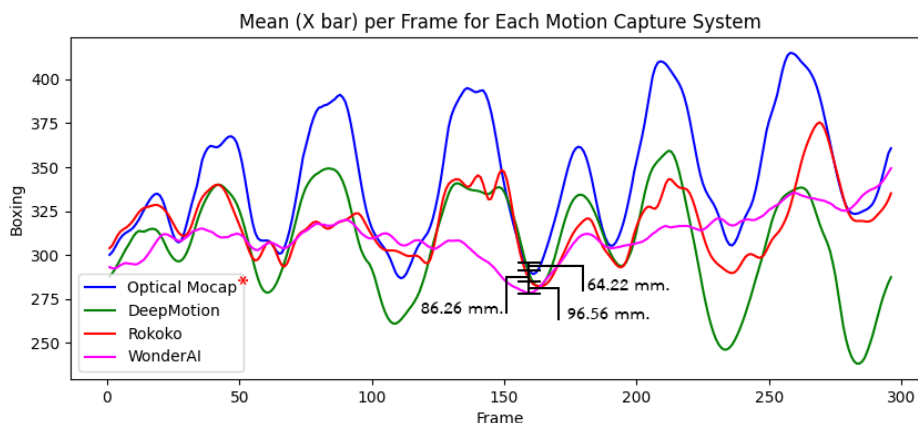
ภาพที่ 84 กราฟเปรียบเทียบระยะห่างของข้อมูลการเคลื่อนไหวทำนั่ง

ที่มา : ผู้วิจัย

จากภาพที่ 84 พบว่า แพลตฟอร์ม Wonder Studio AI มีประสิทธิภาพจับการเคลื่อนไหวทำนั่งดีที่สุด ซึ่งมีระยะห่างของข้อมูลที่จับด้วยระบบ Optical Mocap น้อยที่สุด (177.21 มม.) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านเรียงลำดับจากระยะห่างของข้อมูลน้อยไปหาระยะห่างมาก คือค่า โคไซน์ (0.19 มม.) ยูคลีเดียน (531.64 มม.) และ แมนฮัตตัน (984.01 มม.) รองลงมาได้แก่ แพลตฟอร์ม DeepMotion (433.60 มม.) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านเรียงลำดับจากระยะห่างของข้อมูลน้อยไปหาระยะห่างมาก คือค่า โคไซน์ (0.46 มม.) ยูคลีเดียน (1,300.80 มม.) และ แมนฮัตตัน (1,671.15 มม.) และ อันดับ 3 ได้แก่แพลตฟอร์ม Rokoko Vision (635.10 มม.) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านเรียงลำดับจากระยะห่างของข้อมูลน้อยไปหาระยะห่างมาก คือค่า โคไซน์ (0.42 มม.) ยูคลีเดียน (1,905.33 มม.) และ แมนฮัตตัน (388.99 มม.) ตามลำดับ

4.1.5 การเปรียบเทียบข้อมูลท่าชกมวย (Boxing)

ในการเปรียบเทียบข้อมูลท่าชกมวย (Boxing) ผู้วิจัยได้ทำการจัดเรียงข้อมูลการเคลื่อนไหวให้สอดคล้องในช่วงเวลาเดียวกันซึ่งทั้งหมดมีความยาว 296 เฟรม โดยนำชุดข้อมูล AI Mocap จากทุกแพลตฟอร์มไปวิเคราะห์ข้อมูลระยะห่างเพื่อเปรียบเทียบกับระบบ Optical mocap เมื่อนำประสิทธิภาพจับการเคลื่อนไหวท่าชกมวยที่มีระยะห่างของข้อมูลที่จับด้วยระบบ Optical mocap (มม.) มาแสดงผลในรูปแบบกราฟเพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจระยะห่างของข้อมูลแพลตฟอร์ม Wonder AI อยู่ใกล้เส้นของ Optical Mocap มากที่สุดและมีระยะห่างน้อยที่สุดดังแสดงในภาพที่



ภาพที่ 85 กราฟเปรียบเทียบระยะห่างของข้อมูลการเคลื่อนไหวท่าชกมวย

ที่มา : ผู้วิจัย

จากภาพที่ 85 พบว่า แพลตฟอร์ม Wonder Studio AI มีประสิทธิภาพจับการเคลื่อนไหวท่าชกมวยที่ดีที่สุด ซึ่งมีระยะห่างของข้อมูลที่จับด้วยระบบ Optical Mocap น้อยที่สุด (64.22 มม.) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านเรียงลำดับจากระยะห่างของข้อมูลน้อยไปหาระยะห่างมาก คือค่า โคไซน์ (0.22 มม.) ยูคลีเดียน (1,846.75 มม.) และ แมนฮัตตัน (19,009.13 มม.) รองลงมาได้แก่ แพลตฟอร์ม DeepMotion (96.56 มม.) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านเรียงลำดับจากระยะห่างของข้อมูลน้อยไปหาระยะห่างมาก คือค่า โคไซน์ (0.34 มม.) ยูคลีเดียน (1,642.28 มม.) และ แมนฮัตตัน (28,581.38 มม.) และ อันดับ 3 ได้แก่แพลตฟอร์ม Rokoko Vision (86.26 มม.) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านเรียงลำดับจากระยะห่างของข้อมูลน้อยไปหาระยะห่างมาก คือค่า โคไซน์ (0.30 มม.) ยูคลีเดียน (1,250.28 มม.) และ แมนฮัตตัน (25,532.21 มม.) ตามลำดับ

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลการจับท่าทางการเคลื่อนไหวของมนุษย์แบบเต็มตัวทั้ง 5 ท่า ในการเคลื่อนไหวในท่าเดิน (Walk) แพลตฟอร์ม Wonder Studio AI มีความคล้ายคลึงกับระบบ Optical mocap มากที่สุด ในขณะที่แพลตฟอร์ม Rokoko Vision มีค่าความเบี่ยงเบนมากที่สุดจากการเคลื่อนไหวของระบบ Optical mocap ส่วนการเคลื่อนไหวในท่าวิ่ง (Run) แพลตฟอร์ม DeepMotion มีความคล้ายคลึงกับระบบ Optical mocap มากที่สุด โดยมีผลการวิเคราะห์ที่มีความสม่ำเสมอในหลายหน่วยการวัดค่าในขณะที่แพลตฟอร์ม Rokoko Vision มีค่าเบี่ยงเบนสูงที่สุด การเคลื่อนไหวในท่ากระโดด (Jump) แพลตฟอร์ม Wonder Studio AI มีความคล้ายคลึงกับระบบ Optical mocap มากที่สุดในทุกหน่วยการวิเคราะห์ที่วัดได้ ในการเคลื่อนไหวในท่านั่ง (Sit) แพลตฟอร์ม Wonder Studio AI แสดงความคล้ายคลึงกับระบบ Optical mocap สูงสุดถึงแม้แพลตฟอร์ม DeepMotion จะมีความคล้ายคลึงเช่นกัน อย่างไรก็ตามแพลตฟอร์ม Wonder Studio AI มีความใกล้เคียงมากกว่าในเรื่องของระยะทางโดยเฉลี่ย และในท่าชกมวย (Boxing) แพลตฟอร์ม

Wonder Studio AI มีความใกล้เคียงมากที่สุดกับระบบ Optical mocap ในหลายหน่วยการวิเคราะห์ที่ใช้วัดค่า จากผู้วิจัยสรุปได้ว่าผลการเปรียบเทียบการเคลื่อนไหวในทุกแพลตฟอร์มของ AI Mocap แสดงให้เห็นว่าแพลตฟอร์ม Wonder Studio AI มีการเคลื่อนไหวที่ใกล้เคียงกับระบบ Optical Mocap มากที่สุด

4.2 ผลการสร้างแอนิเมชันตัวอย่างด้วยระบบ Optical mocap และการจับการเคลื่อนไหวด้วย AI mocap

ผู้วิจัยได้สร้างแอนิเมชันตัวอย่างโดยใช้ข้อมูลการเคลื่อนไหวที่ได้จากการวิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อมูลการเคลื่อนไหวทั้ง 5 ท่าทางของระบบ Optical mocap และ AI mocap และได้นำมาทำการเปรียบเทียบกันในรูปแบบของภาพการเคลื่อนไหวที่ตำแหน่งเฟรมเดียวกัน และได้นำมาเปรียบเทียบกันโดยการใช้งานชุดอุปกรณ์ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบการอุปกรณ์การสร้างแอนิเมชันตัวอย่าง 5 ท่าทาง แสดงค่าเป็นร้อยละ

ที่	ท่าทาง	ระบบการจับการเคลื่อนไหว	ผลการสร้างแอนิเมชันตัวอย่าง	1. กล้องโมแคปจำนวน/ 8	2. ชุดเสื้อผ้าไมแคป/ 1 ชุด	3. จุดมาร์คเกอร์/ 42 ชุด	4. นักแสดง/ 1 คน	5. หลอดไฟ/ 8 หลอด	ค่าความถี่รวม	ค่าร้อยละ
1	ท่าเดิน	Optical mocap		8	1	42	1	8	60	100
		AI mocap		1	0	0	1	0	2	100
2	ท่าวิ่ง	Optical mocap		8	1	42	1	8	60	100
		AI mocap		1	0	0	1	0	2	100
3	ท่ากระโดด	Optical mocap		8	1	42	1	8	60	100
		AI mocap		1	0	0	1	0	2	100

4	ท่านั่ง	Optical mocap		8	1	42	1	8	60	100
		AI mocap		1	0	0	1	0	2	100
5	ท่าชกมวย	Optical mocap		8	1	42	1	8	60	100
		AI mocap		1	0	0	1	0	2	100

จากตารางที่ 3 พบว่า ผลการสร้างแอนิเมชันตัวอย่างด้วยระบบ AI mocap จำนวน 5 ท่า ทุกท่าใช้อุปกรณ์ในการจับการเคลื่อนไหวน้อยกว่าการจับการเคลื่อนไหวด้วย Optical mocap คิดเป็นร้อยละ 96.67 จากการคำนวณร้อยละจากจำนวนอุปกรณ์ทั้งหมดที่ใช้ในแต่ละระบบ โดยระบบ Optical mocap ใช้ทรัพยากรรวม 60 ชิ้น ในขณะที่ AI mocap ใช้เพียง 2 ชิ้น คือใช้กล้อง 1 ตัว และใช้นักแสดง 1 คน จะเห็นได้ว่า AI mocap มีประสิทธิภาพสูงกว่าอย่างเห็นได้ชัดในแง่ของการใช้ทรัพยากร โดยลดปริมาณอุปกรณ์ที่ต้องใช้ลงได้มากกว่าร้อยละ 96 ในทุกท่าทาง

4.3 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการเคลื่อนไหวของระบบ Optical mocap และการจับการเคลื่อนไหวด้วย AI mocap

ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบการเคลื่อนไหวของแอนิเมชันที่สร้างขึ้นจากระบบ Optical mocap และแพลตฟอร์ม DeepMotion และ Wonder Studio AI ที่ผ่านกระบวนการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเคลื่อนไหวด้วยการวัดระยะทางแบบยูคลีเดียน วัดระยะทางแบบแมนฮัตตัน วัดระยะทางแบบโคไซน์ และการวัดค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย โดยวิเคราะห์ประสิทธิภาพการเคลื่อนไหวใน 5 ท่าทาง ได้แก่ ท่าเดิน, ท่าวิ่ง, ท่ากระโดด, ท่านั่ง, และท่าชกมวย โดยสรุปผลได้ดังนี้

1) ท่าเดิน (Walk) แพลตฟอร์ม Wonder Studio AI สามารถจำลองการเคลื่อนไหวของแขนและขาได้ค่อนข้างแม่นยำ แต่ยังพบความผิดเพี้ยนในบางเฟรม ส่วนการเคลื่อนไหวของลำตัวทำได้ดี

2) ท่าวิ่ง (Run) แพลตฟอร์ม DeepMotion สามารถจำลองการเคลื่อนไหวของศีรษะและลำตัวได้ค่อนข้างดี แต่การเคลื่อนไหวของแขนและขาดูแข็งทื่อและไม่เป็นธรรมชาติ

3) ท่ากระโดด (Jump) แพลตฟอร์ม Wonder Studio AI จำลองการเคลื่อนไหวของศีรษะได้ดี แต่การเคลื่อนไหวของแขนดูไม่สัมพันธ์กับการเคลื่อนไหวโดยรวม ส่วนการเคลื่อนไหวของลำตัวและขาดูแข็งทื่อและขาดความสมดุล

4) ท่านั่ง (Sit) แพลตฟอร์ม Wonder Studio AI จำลองการเคลื่อนไหวของศีรษะและลำตัวได้ดี แต่การเคลื่อนไหวของแขนดูเกร็ง ส่วนการเคลื่อนไหวของขาดูแข็งทื่อและขาดความสมดุล

5) ท่าชกมวย (Boxing) แพลตฟอร์ม Wonder Studio AI จำลองการเคลื่อนไหวของศีรษะและลำตัวในการหมุนส่งแรงออกหมัดได้ค่อนข้างดี แต่การเคลื่อนไหวของแขนดูเกร็งและไม่เป็นธรรมชาติ ส่วนการเคลื่อนไหวของขาดูแข็งทื่อและขาดความสมดุล

สรุป AI mocap ในปัจจุบันยังไม่สมบูรณ์แบบแม้จะสามารถเลียนแบบการเคลื่อนไหวได้ใกล้เคียงกับ Optical mocap แต่ยังพบความผิดพลาดในบางเฟรมและบางส่วนของร่างกาย โดยเฉพาะการเคลื่อนไหวที่ซับซ้อน เช่น การแกว่งแขน ขา และการทรงตัว ในด้านข้อจำกัดของ AI โดยส่วนใหญ่แล้วเกิดจากข้อจำกัดของเทคโนโลยี AI ที่ยังไม่สามารถเรียนรู้และจำลองการเคลื่อนไหวของมนุษย์ได้อย่างสมบูรณ์แบบ แต่แนวโน้มของเทคโนโลยี AI mocap ที่มีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว คาดว่าในอนาคต AI จะสามารถสร้างแอนิเมชันได้อย่างแม่นยำและสมจริงมากขึ้น

4.4 ผลการประเมินผลการยอมรับการใช้งานการจับการเคลื่อนไหวและการจับการเคลื่อนไหวด้วย AI mocap ในกระบวนการผลิตแอนิเมชัน

4.4.1 ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากนิสิตนักศึกษาที่เรียนเกี่ยวกับแอนิเมชันและเกม (ลงทะเบียนเรียนวิชาการจับการเคลื่อนไหว ภาคเรียนที่ 1/2566 ภาควิชาสื่ออนิเมิต คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม) โดยใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 83 คน เพื่อประเมินผลการยอมรับของภาคการศึกษาต่อการใช้งานการจับการเคลื่อนไหวแบบปัญญาประดิษฐ์ในกระบวนการผลิตแอนิเมชัน ประกอบด้วย 3 ส่วนได้แก่

ส่วนที่ 1 ข้อมูลด้านนิสิตนักศึกษาของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตารางที่ 4 จำนวนและร้อยละของนิสิตนักศึกษาของผู้ตอบแบบสอบถาม

เพศ	จำนวน	ร้อยละ
ชาย	37	44.60
หญิง	46	55.40
รวม	83	100

ตารางที่ 4 จำนวนและร้อยละของนิสิตนักศึกษาของผู้ตอบแบบสอบถาม (ต่อ)

สาขาวิชา	จำนวน	ร้อยละ
1.สาขาแอนิเมชัน	40	48.20
2.สาขาเกม	9	10.80
3.สาขามัลติมีเดีย	0	0
4.สาขาคอมพิวเตอร์	1	1.20
5.สาขาภาพยนตร์	33	39.80
รวม	83	100

จากตารางที่ 4 พบว่ากลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถามการประเมินการยอมรับเทคโนโลยี AI mocap แบ่งเป็นชายจำนวน 37 คน คิดเป็นร้อยละ 44.6 เป็นหญิงจำนวน 46 คน คิดเป็นร้อยละ 55.4 ในส่วนของสาขาวิชาที่เรียนแบ่งเป็น สาขาแอนิเมชันจำนวน 40 คน คิดเป็นร้อยละ 48.2 สาขาภาพยนตร์จำนวน 33 คนคิดเป็นร้อยละ 39.8 สาขาเกมจำนวน 9 คนคิดเป็นร้อยละ 10.8 และสาขาคอมพิวเตอร์จำนวน 1 คนคิดเป็นร้อยละ 1.2

ตารางที่ 5 จำนวนและร้อยละของผู้ที่มีประสบการณ์การใช้งานโมชันแคปเจอร์

เคยใช้โมชันแคปเจอร์มาก่อนหรือไม่	จำนวน	ร้อยละ
1.เคย	45	54.20
2.ไม่เคย	38	45.80
รวม	83	100

จากตารางที่ 5 พบว่ากลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถามการประเมินการยอมรับเทคโนโลยี AI mocap เคยใช้โมชันแคปเจอร์มาก่อนจำนวน 45 คน คิดเป็นร้อยละ 54.2 และไม่เคยใช้โมชันแคปเจอร์มาก่อนจำนวน 38 คน คิดเป็นร้อยละ 45.8

ตารางที่ 6 จำนวนและร้อยละด้านระบบโมชันแคปเจอร์ที่ใช้

ระบบโมชันแคปเจอร์ที่ใช้	จำนวน	ร้อยละ
1.Optical mocap	2	2.40
2.Inertial Mocap	6	7.20
3.AI Mocap	63	75.90
4.ระบบอื่นๆ	12	14.50
รวม	83	100

จากตารางที่ 6 พบว่าระบบโมชันแคปเจอร์ที่กลุ่มตัวอย่างใช้งานมากที่สุดเป็น AI Mocap จำนวน 63 คน คิดเป็นร้อยละ 75.9 รองลงมาคือระบบอื่นๆ จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 14.5 ส่วนระบบ Inertial Mocap และระบบ Optical mocap มีผู้ใช้งานจำนวนน้อยกว่า 2 ระบบแรกที่จำนวน 6 คน และ 2 คน คิดเป็นร้อยละ 7.2 และร้อยละ 2.4 ตามลำดับ

ตารางที่ 7 จำนวนและร้อยละของปัจจัยที่จะส่งผลต่อการเลือกใช้ AI Mocap

ปัจจัยที่จะส่งผลต่อการเลือกใช้ AI Mocap	มี/ได้/มาก		ไม่มี/ไม่ได้/น้อย		รวม
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	ร้อยละ
1.เข้าถึงและใช้แพลตฟอร์ม AI Mocap ได้อย่างมีประสิทธิภาพ	78	93.98	5	6.02	100
2.มีความรู้ทางเทคนิคและซอฟต์แวร์	59	71.08	24	28.92	100
3.มีทักษะการแสดง	48	57.83	35	42.17	100
4.เข้าถึงการฝึกอบรมและข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับ AI Mocap	60	72.29	23	27.71	100

ปัจจัยที่จะส่งผลต่อการเลือกใช้ AI Mocap	มี/ได้/มาก		ไม่มี/ไม่ได้/น้อย		รวม
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	ร้อยละ
5.สามารถประยุกต์ใช้งาน AI Mocap ในงานแอนิเมชันหรือเกม	64	77.11	19	22.89	100
6.ทรัพยากรและงบประมาณ	51	61.45	32	38.55	100
7.ระยะเวลาที่ใช้ในผลิตงานแอนิเมชันหรือเกม	60	72.29	23	27.71	100
8.ความสะดวกในการใช้งาน	71	85.54	12	14.46	100

จากตารางที่ 7 ในข้อมูลด้านปัจจัยที่จะส่งผลต่อการเลือกใช้ AI Mocap ของกลุ่มเป้าหมายพบว่าปัจจัยในการเข้าถึงและใช้แพลตฟอร์ม AI Mocap ได้อย่างมีประสิทธิภาพส่งผลต่อการเลือกใช้ AI Mocap มากที่สุดที่ร้อยละ 93.8 รองลงมาคือปัจจัยด้านความสะดวกในการใช้งานที่ร้อยละ 85.54 ส่วนปัจจัยด้านความสามารถประยุกต์ใช้งาน AI Mocap ในงานแอนิเมชันหรือเกมเป็นลำดับถัดมาที่ร้อยละ 77.11 ส่วนปัจจัยในการเข้าถึงการฝึกอบรมและข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับ AI Mocap และปัจจัยในด้านระยะเวลาที่ใช้ในผลิตงานแอนิเมชันหรือเกม คิดเป็นร้อยละ 72.29 ปัจจัยด้านการมีความรู้ทางเทคนิคและซอฟต์แวร์คิดเป็นร้อยละ 71.08 ปัจจัยด้านทรัพยากรและงบประมาณคิดเป็นร้อยละ 61.45 และปัจจัยด้านการมีทักษะการแสดงคิดเป็นร้อยละ 57.83 ตามลำดับ

ส่วนที่ 2 แบบประเมินการยอมรับเทคโนโลยี AI Mocap

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับการยอมรับเทคโนโลยี AI Mocap

รายการ	$\bar{x}$	S.D.	ระดับการยอมรับ
รับรู้ประโยชน์ที่ได้รับ (Perceived Usefulness)			
1.เทคโนโลยี AI Mocap ทำให้งานแอนิเมชันง่ายขึ้น	4.39	0.64	มาก
2.การใช้เทคโนโลยี AI Mocap ช่วยเพิ่มความเร็วในการผลิตงานแอนิเมชัน	4.35	0.68	มาก

รายการ	$\bar{x}$	S.D.	ระดับการยอมรับ
3.เทคโนโลยี AI Mocap ช่วยเพิ่มคุณภาพของผลงาน	4.12	0.73	มาก
4.การใช้เทคโนโลยี AI Mocap ทำให้งานแอนิเมชันสามารถลดค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตได้	4.28	0.78	มาก
รวม	4.28	0.71	มาก
ความง่ายในการใช้งาน (Perceived Ease of Use)			
1.สามารถเรียนรู้การใช้เทคโนโลยี AI Mocap ได้ง่าย	4.22	0.70	มาก
2.เทคโนโลยี AI Mocap สามารถใช้งานได้ง่าย	4.18	0.73	มาก
3.ปรับตัวเข้ากับการใช้เทคโนโลยี AI Mocap ได้ง่าย	4.25	0.73	มาก
4.เทคโนโลยี AI Mocap ใช้งานได้อย่างสะดวก	4.23	0.68	มาก
รวม	4.22	0.71	มาก
พฤติกรรมความตั้งใจในการใช้งาน (Behavioral Intention)			
1.มีแนวคิดที่จะใช้เทคโนโลยี AI Mocap ในการสร้างสร้างแอนิเมชันหรือเกมในอนาคต	4.06	0.83	มาก
2.จะแนะนำเทคโนโลยี AI Mocap ให้กับเพื่อนร่วมงาน	4.17	0.73	มาก
3.ตั้งใจที่จะเรียนรู้และพัฒนาทักษะในการใช้เทคโนโลยี AI Mocap ต่อไป	4.17	0.80	มาก
4.เชื่อว่าการใช้เทคโนโลยี AI Mocap จะมีบทบาทสำคัญในอาชีพของคุณในอนาคต	4.33	0.68	มาก
รวม	4.18	0.76	มาก
การใช้งานจริงของระบบ (Actual System Use)			
1.ใช้เทคโนโลยี AI Mocap บ่อย ๆ ในการทำงาน	3.80	1.12	ปานกลาง
2.เทคโนโลยี AI Mocap มีประโยชน์ในการทำงานจริง	4.19	0.74	มาก
3.ใช้ฟีเจอร์หรือคุณลักษณะใดๆ ของเทคโนโลยี AI Mocap อย่างหลากหลาย	4.25	0.77	มาก
4.ใช้เทคโนโลยี AI Mocap ทำให้ได้รับประสบการณ์ที่ดีในการทำงานมากขึ้น	4.18	0.75	มาก

รายการ	$\bar{x}$	S.D.	ระดับการยอมรับ
รวม	4.11	0.84	มาก

จากตารางที่ 8 ผลการสำรวจนิสิตกลุ่มเป้าหมายจำนวน 83 คน ด้วยแบบประเมินการยอมรับเทคโนโลยี AI Mocap พบว่าโดยทั่วไปแล้วนิสิตมองว่าเทคโนโลยี AI Mocap นั้นมีประโยชน์และใช้งานง่าย ในด้านระดับการยอมรับเทคโนโลยีรับรู้ประโยชน์ที่ได้รับนิสิตเห็นด้วยมากกว่าเทคโนโลยี AI Mocap ช่วยทำให้งานแอนิเมชันง่ายขึ้น เร็วขึ้น มีคุณภาพดีขึ้น และประหยัดค่าใช้จ่ายลง โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.28 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.71 ในแง่ของความสะดวกในการใช้งานนิสิตเห็นด้วยอย่างมากว่าเทคโนโลยี AI Mocap นั้นสามารถเรียนรู้ได้ง่าย ใช้งานได้ง่าย ปรับตัวได้ง่าย และสะดวกใช้งาน มีค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ที่ 4.22 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.71 ส่วนพฤติกรรมความตั้งใจในการใช้งานนิสิตส่วนใหญ่มีแนวโน้มที่จะใช้เทคโนโลยี AI Mocap ในอนาคต แนะนำให้เพื่อนร่วมชั้นเรียน เรียนรู้ทักษะในการใช้งานเพิ่มเติม และเชื่อว่า AI Mocap จะมีบทบาทสำคัญในอาชีพการงานของตนในอนาคต มีค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ที่ 4.18 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.76 การใช้งานจริงของระบบนิสิตมีการใช้งานอย่างสม่ำเสมอและมองว่า AI Mocap มีประโยชน์ในการทำงานจริงรวมถึงยังใช้ฟีเจอร์และคุณสมบัติต่างๆ ได้หลากหลาย และพบว่าการใช้ Mocap ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานเป็นอย่างมาก โดยมีค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ที่ 4.11 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.84

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์

สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร				
ตัวแปร	รับรู้ประโยชน์ที่ได้รับ (Perceived Usefulness)	ความง่ายในการใช้งาน (Perceived Ease of Use)	พฤติกรรมความตั้งใจในการใช้งาน (Behavioral Intention)	การใช้งานจริงของระบบ (Actual System Use)
รับรู้ประโยชน์ที่ได้รับ (Perceived Usefulness)	1			
ความง่ายในการใช้งาน (Perceived Ease of Use)	0.911842*	1		

พฤติกรรมความตั้งใจในการใช้งาน (Behavioral Intention)	0.751597	0.890522*	1	
การใช้งานจริงของระบบ (Actual System Use)	0.607104	0.73435	0.879543*	1

จากตารางที่ 9 พบว่า

การรับรู้ประโยชน์ที่ได้รับ (Perceived Usefulness) และความง่ายในการใช้งาน (Perceived Ease of Use) มีความสัมพันธ์เชิงบวกที่แข็งแกร่งมาก (0.911842) ซึ่งบ่งชี้ว่าเมื่อรับรู้ประโยชน์ที่ได้รับ (Perceived Usefulness) เพิ่มขึ้น ความง่ายในการใช้งาน (Perceived Ease of Use) ก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามสัดส่วน

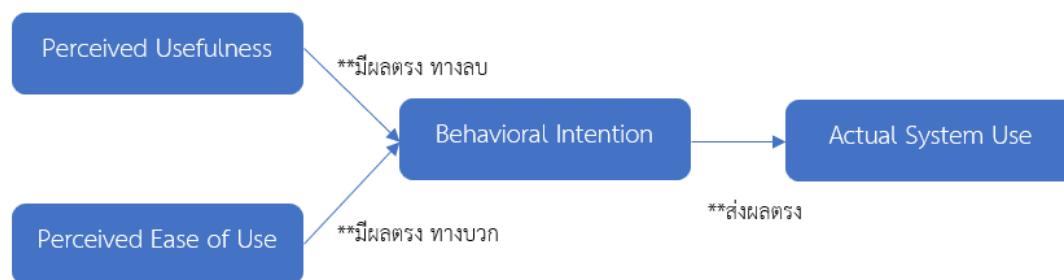
ความง่ายในการใช้งาน (Perceived Ease of Use) และพฤติกรรมความตั้งใจในการใช้งาน (Behavioral Intention) มีความสัมพันธ์เชิงบวกที่แข็งแกร่ง (0.890522) ซึ่งบ่งบอกถึงความสัมพันธ์ที่คล้ายกันระหว่างความง่ายในการใช้งาน (Perceived Ease of Use) และพฤติกรรมความตั้งใจในการใช้งาน (Behavioral Intention)

พฤติกรรมความตั้งใจในการใช้งาน (Behavioral Intention) และการใช้งานจริงของระบบ (Actual System Use) มีความสัมพันธ์เชิงบวกระดับปานกลาง (0.879543) ซึ่งบ่งชี้ว่าพฤติกรรมความตั้งใจในการใช้งาน (Behavioral Intention) ที่สูงกว่ามักจะสัมพันธ์กับค่าการใช้งานจริงของระบบ (Actual System Use) ที่สูงกว่า

การรับรู้ประโยชน์ที่ได้รับ (Perceived Usefulness) และการใช้งานจริงของระบบ (Actual System Use) มีความสัมพันธ์เชิงบวกปานกลาง (0.607104) บ่งชี้ว่าการรับรู้ประโยชน์ที่ได้รับ (Perceived Usefulness) และการใช้งานจริงของระบบ (Actual System Use) มีความเกี่ยวข้องกันแต่ไม่รุนแรงเท่ากับคู่อื่นๆ

โดยรวมแล้วสรุปว่าตัวแปรการรับรู้ประโยชน์ที่ได้รับ (Perceived Usefulness), ความง่ายในการใช้งาน (Perceived Ease of Use), พฤติกรรมความตั้งใจในการใช้งาน (Behavioral Intention) และ การใช้งานจริงของระบบ (Actual System Use) แสดงให้เห็นความสัมพันธ์เชิงบวกของจุดแข็งที่แตกต่างกัน ความสัมพันธ์ที่แข็งแกร่งที่สุดอยู่ระหว่าง การรับรู้ประโยชน์ที่ได้รับ (Perceived Usefulness) กับ ความง่ายในการใช้งาน (Perceived Ease of Use) และ ความง่ายในการใช้งาน (Perceived Ease of Use) และ พฤติกรรมความตั้งใจในการใช้งาน (Behavioral Intention)

ความสัมพันธ์เหล่านี้ชี้ให้เห็นว่าตัวแปรเหล่านี้มีแนวโน้มที่จะเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งหมายความว่าเมื่อตัวแปรตัวหนึ่งเพิ่มขึ้น (หรือลดลง) ส่วนอีกตัวแปรก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (หรือลดลง) เช่นกัน ดังภาพประกอบที่ 86



ภาพที่ 86 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร
ที่มา : ผู้วิจัย

ส่วนที่ 3 คุณสมบัติที่เหมาะสมกับลักษณะงานต่างๆ

ตารางที่ 10 จำนวนและร้อยละของคุณสมบัติที่เหมาะสมกับลักษณะงานต่างๆ

รายการ	Optical mocap		AI mocap		Inertial mocap	ระบบอื่นๆ		รวม	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	ร้อยละ
1.งานที่มีงบประมาณจำกัด	18	21.69	56	67.47	5	6.02	3	3.61	100
2.งานที่ต้องการความยืดหยุ่นในสถานที่และเวลา	24	28.92	42	50.60	14	16.87	3	3.61	100
3.งานที่ต้องการความเร็วในการผลิต	14	16.87	54	65.06	11	13.25	4	4.82	100
4.งานที่ไม่ต้องการความละเอียดสูง	17	20.48	48	57.83	10	12.05	8	9.64	100
5.งานที่ต้องการความแม่นยำสูง	41	49.40	20	24.10	16	19.28	5	6.02	100
6.โปรเจกขนาดใหญ่หรืองานที่มีงบประมาณมาก	42	50.60	18	21.69	17	20.48	5	6.02	100

รายการ	Optical mocap		AI mocap		Inertial mocap	ระบบอื่นๆ			รวม	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	ร้อยละ	ร้อยละ
7.งานที่ต้องการความเชื่อมโยงกับการแสดงทางกายภาพแบบละเอียด	44	53.01	18	21.69	15	18.07	6	7.23	100	
8.งานที่ต้องการความน่าเชื่อถือและความสม่ำเสมอ	40	48.19	24	28.92	15	18.07	4	4.82	100	

จากตารางที่ 10 การวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าเทคโนโลยีการจับภาพการเคลื่อนไหวต่างๆ เหมาะสมกับลักษณะงานที่แตกต่างกันไป นิสิตกลุ่มเป้าหมายให้ข้อมูลว่าในกลุ่มของเทคโนโลยีที่ใช้ต้นทุนต่ำและมีความยืดหยุ่นสูงได้แก่ Inertial Mocap และระบบอื่นๆ เหมาะสำหรับงานที่มีงบประมาณจำกัดและต้องการความยืดหยุ่นในสถานที่และเวลา ส่วนในกลุ่มของเทคโนโลยีที่ใช้ความแม่นยำสูงและมีความน่าเชื่อถือได้แก่ Optical mocap และ AI Mocap เหมาะสำหรับงานที่ต้องการความแม่นยำสูง ความเชื่อมโยงกับการแสดงทางกายภาพแบบละเอียด และความน่าเชื่อถือ ทั้งนี้ในการเลือกใช้เทคโนโลยีการจับภาพการเคลื่อนไหวที่เหมาะสมจะขึ้นอยู่กับงบประมาณ ข้อกำหนดด้านความแม่นยำและความต้องการเฉพาะของงานนั้นๆ

4.4.2 การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญจากภาคผู้ประกอบการ

ผู้วิจัยได้รวบรวมประเด็นคำถามจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญซึ่งเป็นบุคลากรด้านแอนิเมชันในภาคอุตสาหกรรมแอนิเมชันและเกมภายในประเทศ โดยใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 5 คน ซึ่งคัดเลือกจากผู้ที่มีหน้าที่รับผิดชอบโดยตรงในการสร้างแอนิเมชันด้วย Motion Capture เพื่อประเมินผลการยอมรับการใช้งานการจับการเคลื่อนไหวแบบปัญญาประดิษฐ์ในกระบวนการผลิตแอนิเมชัน เป็นการสัมภาษณ์แบบกลุ่มและแบบแยกสัมภาษณ์เป็นรายบุคคลตามประเด็นคำถามดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 จำนวนร้อยละของผลการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญถึงการยอมรับเทคโนโลยี AI Mocap ในภาคอุตสาหกรรม

ประเด็นคำถาม	เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย	ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
1.ศักยภาพในอนาคตของ AI mocap	33	0	67
2.ความยากง่ายในการใช้งาน AI mocap	80	0	20
3.เห็นด้วยหรือไม่ที่ AI mocap จะเป็นส่วนหนึ่งของมาตรฐานอุตสาหกรรมในอนาคต	100	0	0
4.ศักยภาพของ AI mocap จะช่วยลดค่าใช้จ่ายในอุตสาหกรรมการผลิตแอนิเมชันและเกม	60	0	40
5.AI mocap จะมีบทบาทสำคัญในอนาคตของการผลิตแอนิเมชันหรือเกม หรือไม่	40	0	60

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญในด้านแอนิเมชันและเกมจำนวน 5 คน ผู้วิจัยได้สรุปประเด็นการวิเคราะห์ออกเป็น 5 ประเด็นดังนี้

1) ศักยภาพในอนาคตของ AI mocap ผู้เชี่ยวชาญบางส่วนร้อยละ 33 เห็นด้วย AI mocap จะเข้ามามีบทบาทในอนาคตแทนที่การจับภาพเคลื่อนไหวในระบบ Optical mocap ทำให้กระบวนการทำแอนิเมชันด้วย Mocap มีความรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น ในขณะที่ผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่ร้อยละ 67 มีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในเรื่องของการนำ AI mocap เข้ามามีบทบาทเสริมในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมแอนิเมชันและเกมมากกว่าการนำเข้ามาใช้แทนที่ Mocap ระบบหลัก

2) ความยากง่ายในการใช้งาน AI mocap ผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่ร้อยละ 80 เห็นด้วยว่า AI mocap ใช้งานง่ายแค่ใช้การถ่ายภาพเคลื่อนไหวด้วยกล้องวิดีโอก็สามารถสร้างท่าทางการเคลื่อนไหวได้เลย ในขณะที่ผู้เชี่ยวชาญบางส่วนร้อยละ 20 มีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับข้อจำกัดบางอย่างที่อาจเกิดขึ้น เช่น อาจจะต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านในขั้นตอนต่างๆของการใช้งาน AI mocap เมื่อเปรียบเทียบกับระบบ Optical mocap ที่ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทาง จนอาจจะทำให้ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทางเกี่ยวกับการใช้งาน Mocap หายไปจากกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม

3) เห็นด้วยหรือไม่ที่ AI mocap จะเป็นส่วนหนึ่งของมาตรฐานอุตสาหกรรมในอนาคต ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 คนเห็นด้วยว่า AI mocap มีแนวโน้มที่จะกลายเป็นมาตรฐานอุตสาหกรรมในอนาคต

เนื่องจากความสะดวก รวดเร็ว และมีค่าใช้จ่ายต่ำซึ่งจะช่วยเพิ่มความสะดวกและประสิทธิภาพในการสร้างแอนิเมชัน

4) ศักยภาพของ AI mocap จะช่วยลดค่าใช้จ่ายในอุตสาหกรรมการผลิตแอนิเมชันและเกม ผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่ร้อยละ 60 เห็นด้วยว่า AI mocap มีศักยภาพที่จะช่วยลดค่าใช้จ่ายในอุตสาหกรรมเกมและแอนิเมชันได้ เนื่องจากไม่ต้องใช้ชุดอุปกรณ์และการเซตอัพที่ต้องใช้เวลานาน และผู้เชี่ยวชาญบางส่วนร้อยละ 40 มีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมว่าอาจจะช่วยลดค่าใช้จ่ายสำหรับธุรกิจขนาดเล็กและขนาดกลางได้

5) AI mocap จะมีบทบาทสำคัญในอนาคตของการผลิตแอนิเมชันหรือเกม หรือไม่ ผู้เชี่ยวชาญร้อยละ 40 เห็นว่า AI mocap จะมีบทบาทสำคัญในอนาคตของการผลิตแอนิเมชันและเกมเนื่องจากช่วยให้กระบวนการสร้างแอนิเมชันสะดวก รวดเร็ว และมีค่าใช้จ่ายต่ำลงในกระบวนการบันทึกการเคลื่อนไหว ผู้เชี่ยวชาญร้อยละ 60 มีข้อเสนอแนะว่า AI mocap กำลังเป็นที่สนใจในอุตสาหกรรมการผลิตแอนิเมชัน และอาจมีการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญในกระบวนการผลิตแอนิเมชันในอนาคต รวมไปถึงอาจปฏิวัติกระบวนการผลิตแอนิเมชันโดยลดความจำเป็นของชุดอุปกรณ์โมชันแคปเจอร์แบบเก่าและอาจจะรวมไปถึงเฉพาะบุคลากรที่เชี่ยวชาญเฉพาะทางที่อาจจะหายไปหรือจะต้องปรับตัวให้เข้ากับเทคโนโลยีใหม่ๆด้วย

สรุป โดยรวมแล้วผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่ที่สัมภาษณ์แสดงความคิดเห็นเชิงบวกต่อ AI Mocap ผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่มองว่ามีประโยชน์ ใช้งานง่าย และมีศักยภาพที่จะปฏิวัติกระบวนการทำงานมาตรฐานในอุตสาหกรรมอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม ผู้เชี่ยวชาญบางท่านยังมีข้อกังวลบางประการเกี่ยวกับการนำเทคโนโลยีนี้มาใช้อย่างมีประสิทธิภาพและการรับมือกับผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นของเทคโนโลยีนี้ อยู่ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยการวางแผนและการปรับตัวจากผู้เกี่ยวข้องในอุตสาหกรรมเพื่อให้การยอมรับและใช้ AI Mocap อย่างกว้างขวางยิ่งขึ้น

พูน ปณ จิต ชีเว

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยเรื่องการเปรียบเทียบการจับการเคลื่อนไหวแบบปัญญาประดิษฐ์กับแบบจับแสงสะท้อนในการผลิตแอนิเมชัน สามารถสรุปผลการศึกษาได้ตามลำดับต่อไปนี้

5.1 สรุปผล

5.2 อภิปรายผล

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

การสรุปผลวิจัย โดยการสรุปผลสำคัญทางการวิจัยเพื่อตอบวัตถุประสงค์ที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้ 4 ประเด็น โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1.1 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจับการเคลื่อนไหวระหว่างการใช้ระบบ Optical mocap และการจับการเคลื่อนไหวด้วย AI mocap

1) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลของท่าเดิน (Walk) จากการวัดระยะทางแบบยูคลิเดียน การวัดระยะทางแบบแมนฮัตตัน การวัดระยะทางแบบโคไซน์ และค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยนั้น แสดงให้เห็นว่าแพลตฟอร์ม Wonder Studio AI แสดงความคล้อยคลึงกับชุดข้อมูลระบบ Optical mocap มากที่สุด แพลตฟอร์ม Rokoko vision จะแสดงระยะทางที่ไกลที่สุดจากผลการวิเคราะห์ของตัวชี้วัดทั้งหมด ซึ่งบ่งบอกถึงความเปี่ยงเบนที่สำคัญจากการเคลื่อนไหวของระบบ Optical mocap ถึงแม้ว่าผลการวิเคราะห์ข้อมูลการเคลื่อนไหวจากแพลตฟอร์ม DeepMotion นั้นจะมีความคล้อยคลึงกับระบบ Optical mocap ด้วย แต่เมื่อเปรียบเทียบกับแพลตฟอร์ม Wonder Studio AI จะเห็นว่าอยู่ใกล้กว่าแพลตฟอร์ม DeepMotion อย่างเห็นได้ชัด โดยเห็นได้จากผลการวิเคราะห์ของรูปแบบการเคลื่อนไหวที่คล้ายกันในแต่ละตำแหน่งเชิงพื้นที่ ระยะทางเชิงเส้น ทิศทาง และค่าเฉลี่ยที่มีความสม่ำเสมอ

2) ในการวิเคราะห์ข้อมูลการจับการเคลื่อนไหวของท่าวิ่ง (Run) ทั้งหมดจากการวัดระยะทางแบบยูคลิเดียน การวัดระยะทางแบบแมนฮัตตัน การวัดระยะทางแบบโคไซน์ และค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยนั้น ชุดข้อมูลแพลตฟอร์ม DeepMotion แสดงความคล้อยคลึงกันที่ใกล้เคียงที่สุดกับชุดข้อมูลของระบบ Optical mocap ในแง่ของตำแหน่งเชิงพื้นที่ ระยะทางเชิงเส้น ทิศทาง และค่าเฉลี่ยอย่างสม่ำเสมอ รวมถึงส่วนเบี่ยงเบนแบบจุด ในทางกลับกัน ชุดข้อมูลจากแพลตฟอร์ม Rokoko vision จะแสดงค่าเบี่ยงเบนที่ยิ่งใหญ่ที่สุดจาก Optical mocap ในทุกตัวชี้วัดอย่างสม่ำเสมอ ส่วนชุดข้อมูลการจับการเคลื่อนไหวของแพลตฟอร์ม Wonder Studio AI นั้นจะมี

ความใกล้เคียงกับ Optical mocap มากกว่าแพลตฟอร์ม Rokoko vision แต่ยังไม่ใกล้เคียงแพลตฟอร์ม DeepMotion สิ่งนี้ชี้ให้เห็นว่าในแง่ของคุณลักษณะการจับการเคลื่อนไหวของท่าวิ่ง ชุดการเคลื่อนไหวแพลตฟอร์ม DeepMotion นั้นคล้ายคลึงกับชุด Optical mocap มากที่สุด ในขณะที่แพลตฟอร์ม Rokoko vision แตกต่างจาก Optical mocap

3) ในการวิเคราะห์ข้อมูลการจับการเคลื่อนไหวของท่ากระโดด (Jump) โดยแพลตฟอร์ม Wonder Studio AI นั้นมีความคล้ายคลึงกับข้อมูลของระบบ Optical mocap มากที่สุด ในทุกเมตริกระยะทางที่คำนวณได้ ในแง่ของรูปแบบการเคลื่อนไหวที่คล้ายคลึงกัน การจัดตำแหน่งการตั้งค่าการจับการเคลื่อนไหว หรือการเปลี่ยนแปลงของร่างกายที่คล้ายคลึงกัน ในทางกลับกันแพลตฟอร์ม Rokoko vision แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของข้อมูลการจับการเคลื่อนไหวจากระบบ Optical mocap มากที่สุด

4) ในการศึกษาเปรียบเทียบข้อมูลการจับการเคลื่อนไหวของท่านั่ง (Sit) โดยรวมแล้วเมื่อพิจารณาจากตัวชี้วัดทั้งหมด แพลตฟอร์ม Wonder Studio AI นั้นจะแสดงให้เห็นความคล้ายคลึงกับระบบ Optical mocap มากที่สุดอย่างสม่ำเสมอในแง่ของการวางตำแหน่งเชิงพื้นที่ การวางแนว และรูปแบบการเคลื่อนไหว ถึงแม้ข้อมูลการเคลื่อนไหวของแพลตฟอร์ม Deepmotion ในภาพรวมจะมีความคล้ายคลึงเช่นเดียวกับแพลตฟอร์ม Wonder Studio AI แต่หากพิจารณาจากระยะทางโดยเฉลี่ยที่มีความห่างมากกว่าแพลตฟอร์ม Wonder Studio AI ซึ่งชี้ให้เห็นว่าในแง่ของคุณลักษณะการจับการเคลื่อนไหวของท่านั่ง ชุดการเคลื่อนไหวแพลตฟอร์ม Wonder Studio AI นั้นคล้ายคลึงกับชุด Optical mocap มากที่สุด

5) ในการศึกษาเปรียบเทียบข้อมูลการจับการเคลื่อนไหวของท่าชกมวย (Boxing) ข้อมูลการเคลื่อนไหวจากแพลตฟอร์ม Wonder Studio AI แสดงให้เห็นถึงความคล้ายคลึงที่มีระยะใกล้เคียงที่สุดกับระบบ Optical mocap ในแง่ของการวางตำแหน่งเชิงพื้นที่และรูปแบบของการเคลื่อนไหว ซึ่งความคล้ายคลึงกันนี้สะท้อนให้เห็นอย่างต่อเนื่องจากหน่วยวัดระยะทางด้วยการวัดระยะทางแบบยูคลิดีเนียน การวัดระยะทางแบบแมนฮัตตัน การวัดระยะทางแบบโคไซน์ และค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย โดยผลจากการเปรียบเทียบชี้ให้เห็นว่าการเคลื่อนไหวของแพลตฟอร์ม Wonder Studio AI นั้นมีความคล้ายคลึงกับการเคลื่อนไหวของระบบ Optical mocap มากที่สุด อาจเป็นการบ่งชี้ถึงการใช้เทคนิคหรือสโตร์ของข้อมูลการเคลื่อนไหวที่คล้ายคลึงกันในการบันทึกการเคลื่อนไหว

สรุป ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจับการเคลื่อนไหวระหว่างการใช้ระบบ Optical mocap และการจับการเคลื่อนไหวด้วย AI mocap ทั้ง 3 แพลตฟอร์ม Wonder Studio AI มีประสิทธิภาพโดยรวมดีที่สุด รองลงมาคือ DeepMotion และ Rokoko vision ตามลำดับ

5.1.2 ผลการสร้างแอนิเมชันตัวอย่างด้วยระบบ Optical mocap และการจับการเคลื่อนไหวด้วย AI mocap

จากการทดลองสร้างแอนิเมชัน 5 ท่าทาง ได้แก่ ท่าเดิน ท่าวิ่ง ท่ากระโดด ท่านั่ง และท่าชกมวย พบว่า ระบบ AI mocap ใช้ทรัพยากรในการสร้างน้อยกว่าระบบ Optical mocap ถึงร้อยละ 96% โดย AI mocap ใช้เพียงกล้อง 1 ตัว และนักแสดง 1 คน ในขณะที่ Optical mocap จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์มากถึง 60 ชิ้น ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า AI mocap เป็นทางเลือกที่คุ้มค่ากว่าทั้งในแง่ของต้นทุนและประสิทธิภาพ อีกทั้งยังช่วยลดความยุ่งยากในการติดตั้งอุปกรณ์จำนวนมากอีกด้วย

5.1.3 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการเคลื่อนไหวของระบบ Optical mocap และการจับการเคลื่อนไหวด้วย AI mocap

1) ผลการวิเคราะห์เชิงตัวเลข แพลตฟอร์ม Wonder Studio AI ให้ผลลัพธ์ใกล้เคียงระบบ Optical mocap มากที่สุดใน ท่าเดิน, ท่ากระโดด, ท่านั่ง และท่าชกมวย โดยมีค่าระยะทาง Euclidean, Manhattan, Cosine และ MAE ต่ำสุด ส่วนแพลตฟอร์ม DeepMotion ให้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกับระบบ Optical mocap มากที่สุดในท่าวิ่ง โดยมีค่าระยะทาง Euclidean, Manhattan, Cosine และ MAE ต่ำสุด แพลตฟอร์ม Rokoko Vision มีประสิทธิภาพต่ำที่สุดในทุกท่าทาง

2) ผลการสร้างแอนิเมชันตัวอย่าง ในด้านความเป็นธรรมชาติของแอนิเมชันจากแพลตฟอร์ม AI mocap ทั้ง Wonder Studio AI และ DeepMotion ยังขาดความเป็นธรรมชาติเมื่อเทียบกับระบบ Optical mocap โดยเฉพาะการเคลื่อนไหวของแขนและขาที่ดูแข็งทื่อ ด้านความแม่นยำแม้ตัวเลขจะบ่งชี้ว่าการเคลื่อนไหวของ AI mocap ทั้ง 2 แพลตฟอร์มจะมีความใกล้เคียงกับระบบ Optical mocap แต่แอนิเมชันจริงยังเห็นถึงความผิดเพี้ยนของการเคลื่อนไหว โดยเฉพาะในท่าทางที่ซับซ้อน เช่น กระโดด และ ชกมวย ส่วนผลลัพธ์จากกราฟแสดงค่าเฉลี่ยการเคลื่อนไหวของท่าชกมวย มีความแตกต่างกับผลการวิเคราะห์เชิงตัวเลข โดยกราฟแสดงให้เห็นว่าแพลตฟอร์ม DeepMotion มีแนวโน้มใกล้เคียง Optical mocap มากกว่าแพลตฟอร์ม Wonder Studio AI

5.1.4 ผลการประเมินผลการยอมรับการใช้งานการจับการเคลื่อนไหวและการจับการเคลื่อนไหวด้วย AI mocap ในกระบวนการผลิตแอนิเมชัน

5.1.4.1 โดยรวมแล้ว นิสิตกลุ่มเป้าหมายมองว่าเทคโนโลยี AI Mocap มีประโยชน์และใช้งานง่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการทำให้แอนิเมชันง่ายขึ้น ประหยัดเวลา และเพิ่มคุณภาพในแง่ของความง่ายในการใช้งาน นิสิตเห็นพ้องต้องกันว่าเทคโนโลยีสามารถเรียนรู้และใช้งานได้ง่าย รวมถึงสามารถปรับตัวเข้ากับการใช้งานได้สะดวกนอกจากนี้ นิสิตยังแสดงพฤติกรรมความตั้งใจในการใช้งาน AI Mocap ในอนาคต เช่น มีแนวโน้มที่จะใช้ในโครงการแอนิเมชันในอนาคต แนะนำให้เพื่อนร่วมชั้นเรียนและพัฒนาทักษะในการใช้งานต่อ นอกจากนี้ ยังมีการใช้งานจริงของระบบ AI Mocap ที่มีประโยชน์ที่ได้รับการยอมรับในงานจริง ในส่วนของการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงบวกที่แข็งแกร่งระหว่างการรับรู้ประโยชน์ที่ได้รับ ความง่ายในการใช้งาน พฤติกรรมความตั้งใจในการใช้งาน และการใช้งานจริงของระบบ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าตัวแปรเหล่านี้มีแนวโน้มที่จะเคลื่อนไปในทิศทางเดียวกัน

5.1.4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญในด้านแอนิเมชันและเกมจำนวน 5 คน จากภาคผู้ประกอบการ ผู้วิจัยได้สรุปประเด็นการวิเคราะห์ออกเป็น 4 ประเด็นดังนี้

1) ประเด็นด้านด้านการศึกษาและการฝึกอบรม ผู้เชี่ยวชาญบางคนเห็นว่าการนำ AI Mocap มาผนวกรวมเข้ากับการศึกษาเป็นไปอย่างเชื่องช้าเนื่องจากความตระหนักและประสบการณ์เชิงปฏิบัติที่มีอยู่อย่างจำกัดในหมู่นิสิตนักศึกษา แม้ว่าสถาบันการศึกษาบางแห่งอาจมีชุดอุปกรณ์ Motion Capture แต่ก็มักใช้เพื่อการสาธิตขั้นพื้นฐานหรือใช้เพื่อโครงการแอนิเมชันในระยะสั้น แทนที่จะนำมาผนวกรวมเข้ากับหลักสูตรการเรียนการสอนอย่างเต็มรูปแบบ จึงเป็นอุปสรรคต่อการให้นิสิตนักศึกษามีความชำนาญในเทคโนโลยีนี้ และการเตรียมความพร้อมสำหรับอาชีพในด้านแอนิเมชันและสาขาที่เกี่ยวข้องในอนาคต อีกทั้งยังขาดการเปิดรับเทคโนโลยี AI Mocap เข้ามาร่วมเป็นส่วนหนึ่งในการเรียนการสอน ซึ่งเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการเติบโตและการพัฒนาของบุคลากรที่มีทักษะในสาขานี้ มีผู้เชี่ยวชาญบางคนได้เสนอการแก้ไขปัญหานี้ ว่าสถาบันการศึกษาควรดำเนินการเชิงรุกเพื่อนำ AI Mocap มาผนวกรวมเข้ากับหลักสูตร โดยให้นักศึกษาได้รับประสบการณ์เชิงปฏิบัติและการฝึกอบรมในเทคโนโลยีนี้ อาจทำได้โดยการจัดตั้งหลักสูตร เวิร์คช็อป หรือโครงการวิจัยที่มุ่งเน้นเรื่องเทคโนโลยี AI Mocap โดยเฉพาะ และให้แน่ใจว่านิสิตและนักศึกษาจะมีทักษะความเชี่ยวชาญและใช้ทรัพยากรที่จำเป็นเพื่อสอนและแนะนำนักศึกษาในด้านนี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2) ประเด็นด้านการนำไปใช้ในอุตสาหกรรม ผู้เชี่ยวชาญบางคนมีความเห็นว่าการนำ AI Mocap มาใช้ในอุตสาหกรรม โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมเกมและภาพยนตร์มีความโดดเด่นมากขึ้น สตูดิโอเริ่มตระหนักถึงศักยภาพของเทคโนโลยีนี้ในการลดต้นทุนการผลิตและระยะเวลาในการผลิตรวมถึงเพิ่มคุณภาพและความสมจริงของแอนิเมชัน อย่างไรก็ตาม ต้นทุนที่สูงของระบบ

Motion Capture ในปัจจุบันและผู้เชี่ยวชาญที่จำเป็นในการใช้งานอาจเป็นอุปสรรคสำหรับสตูดิโอแอนิเมชันและเกมขนาดเล็ก ทำให้ไม่สามารถเข้าถึงเทคโนโลยีนี้ได้ ผู้เชี่ยวชาญให้ข้อเสนอในการแก้ไขปัญหานี้ ว่าจำเป็นต้องมีทางเลือกในการใช้เทคโนโลยี AI Mocap ที่ราคาไม่แพงและใช้งานง่าย เพื่อรองรับความต้องการของกลุ่มเป้าหมายเหล่านี้ นอกจากนี้โปรเจกต์ต่างๆ ที่มุ่งให้การฝึกอบรมและการสนับสนุนแก่บุคลากรและสตูดิโอที่สนใจใช้เทคโนโลยี AI Mocap ยังสามารถช่วยลดอุปสรรคในการเริ่มต้นและส่งเสริมให้อุตสาหกรรมแอนิเมชันมีความหลากหลายและครอบคลุมมากขึ้น

3) ประเด็นด้านข้อดีและข้อเสียของ AI Mocap ผู้เชี่ยวชาญทุกคนมีความเห็นว่าเทคโนโลยี AI Mocap มีข้อดีหลายประการเหนือกว่าระบบ Optical mocap แบบดั้งเดิม รวมถึงต้นทุนที่ต่ำกว่า มีการเข้าถึงที่มากขึ้นและความสามารถในการจับภาพการเคลื่อนไหวในสภาพแวดล้อมที่มีความยืดหยุ่นกว่า อย่างไรก็ตาม เทคโนโลยีนี้ในปัจจุบันมีข้อเสียอยู่ เช่น ความแม่นยำและคุณภาพของแอนิเมชันที่สร้างขึ้นมีความไม่สม่ำเสมอ ผลลัพธ์ที่คาดเดาไม่ได้ และความจำเป็นในการมีความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านในอัลกอริธึม AI และการใส่คำอธิบายประกอบข้อมูล ผู้เชี่ยวชาญบางคนยังให้ข้อมูลอีกว่าข้อดีของเทคโนโลยี AI Mocap เป็นตัวเลือกที่น่าสนใจสำหรับผู้ใช้หลากหลายกลุ่ม รวมถึงกลุ่มที่มีงบประมาณหรือทรัพยากรจำกัด อย่างไรก็ตาม ไม่ควรละเลยข้อเสียของเทคโนโลยีนี้ จำเป็นต้องมีการวิจัยและพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อแก้ไขข้อจำกัดเหล่านี้และปรับปรุงความแม่นยำ ความน่าเชื่อถือ และความหลากหลายของระบบเทคโนโลยี AI Mocap นอกจากนี้ การพัฒนาอินเทอร์เฟซและเครื่องมือที่ใช้งานง่ายสามารถทำให้เทคโนโลยีนี้สามารถเข้าถึงได้มากขึ้นสำหรับบุคคลที่ไม่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านในด้าน AI และแอนิเมชัน

4) ประเด็นด้านผลกระทบต่อตลาดงานและโอกาสใหม่ๆ ผู้เชี่ยวชาญบางคนมีความเห็นว่าผลกระทบของเทคโนโลยี AI Mocap ต่อตลาดงานสำหรับผู้เชี่ยวชาญด้าน Motion Capture และสาขาที่เกี่ยวข้องเป็นหัวข้อที่มีการพูดคุยกันอย่างต่อเนื่อง ผู้เชี่ยวชาญบางท่านเชื่อว่าการนำ AI Mocap มาใช้อย่างแพร่หลายอาจนำไปสู่การลดลงของความต้องการผู้เชี่ยวชาญด้าน Motion Capture แบบดั้งเดิม อย่างไรก็ตาม ผู้เชี่ยวชาญท่านอื่นแย้งว่าเทคโนโลยี AI Mocap จะสร้างโอกาสงานใหม่ๆ ในสาขาต่างๆ เช่น การใส่คำอธิบายประกอบข้อมูล การพัฒนาอัลกอริธึม และการออกแบบระบบเทคโนโลยี AI Mocap แต่ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นของเทคโนโลยี AI Mocap ต่อตลาดงานมีความซับซ้อนและหลากหลาย แม้ว่าเป็นไปได้ที่บทบาทของ Motion Capture แบบดั้งเดิมบางอย่างอาจได้รับผลกระทบ แต่ก็มีความเป็นไปได้ที่จะมีโอกาสนี้เกิดขึ้นในสาขาที่เกี่ยวข้อง การพัฒนาและปรับแต่งระบบ AI Mocap จะต้องการบุคลากรที่มีทักษะในด้านการมองเห็น คอมพิวเตอร์ การเรียนรู้ของเครื่อง และการวิเคราะห์ข้อมูล นอกจากนี้ การผสมรวมเทคโนโลยี AI

Mocap เข้ากับอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น เกม ภาพยนตร์ และการดูแลสุขภาพ อาจสร้างโอกาสงานใหม่ๆ สำหรับบุคคลที่มีความเชี่ยวชาญในโดเมนเหล่านี้

โดยสรุป เทคโนโลยี AI Mocap มีแนวโน้มที่จะปฏิวัติวิธีการสร้างและใช้แอนิเมชัน ด้วยการแก้ไขความท้าทายที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา การนำไปใช้ในอุตสาหกรรม และข้อจำกัดทางเทคนิคของเทคโนโลยี AI Mocap สามารถกลายเป็นเครื่องมือทรงพลังที่ช่วยให้ผู้สร้างและแอนิเมเตอร์สามารถสร้างเนื้อหาที่มีคุณภาพสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพและคุ้มค่ากว่าเดิม เมื่อเทคโนโลยีนี้ยังคงพัฒนาและเติบโตต่อไป ก็มีแนวโน้มว่าจะส่งผลกระทบอย่างมากต่ออุตสาหกรรมแอนิเมชันและเกมในอนาคต

5.2 อภิปรายผล

จากการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยสามารถอภิปรายผลการวิจัย ซึ่งวิเคราะห์จากผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจับการเคลื่อนไหว จนนำมาสรุปผลการเปรียบเทียบไปสร้างเป็นแอนิเมชันตัวอย่าง เพื่อนำมาวิเคราะห์ประสิทธิภาพและประเมินการยอมรับจากภาคการศึกษาและภาคอุตสาหกรรม โดยผลการวิจัยสามารถอภิปรายตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

5.2.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจับการเคลื่อนไหวระหว่างการใช้ระบบ Optical mocap และการจับการเคลื่อนไหวด้วย AI mocap

ผลการวิจัยพบว่า AI Mocap มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับ Optical mocap ในการจับการเคลื่อนไหวแบบง่าย เช่น ท่าเดิน (Walk) และท่าวิ่ง (Run) โดยเฉพาะแพลตฟอร์ม Wonder Studio AI และ DeepMotion แสดงให้เห็นถึงความคล้ายคลึงกับ Optical mocap สูงสุดในท่าทางนี้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wang et al. (2015) ที่ประเมินความแม่นยำของ Kinect ในการติดตามท่าทางมนุษย์ พบว่า Kinect 2 มีประสิทธิภาพดีกว่า Kinect 1 โดยเฉพาะอย่างยิ่ง Kinect 2 มีความแม่นยำในการประเมินข้อต่อที่ดีขึ้น และการติดตามโครงกระดูกมีความทนทานต่อการบดบังและการหมุนของร่างกายมากขึ้น อย่างไรก็ตาม ท่าทางในการเคลื่อนไหวที่ซับซ้อน เช่น ท่ากระโดด (Jump) ท่านั่ง (Sit) และท่าชกมวย (Boxing) AI Mocap ยังคงมีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้าง โดยเฉพาะในส่วนของแขน ขา และการทรงตัว ซึ่งคล้ายกับผลการวิจัยของ Das et al. (2023) ที่พบว่าระบบ Markerless มีความแปรปรวนของข้อมูลมากกว่าและมีแนวโน้มที่จะประเมินค่ามุมของข้อต่อสูงเกินไปเมื่อเทียบกับระบบ Optical mocap และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ นนทวรรณ ธงสิบลอง (2555) โดยพบว่าระบบ Mocap จากอุปกรณ์ดัดแปลงมีความแม่นยำ 76% และอาจมีปัญหาในการประมวลผลท่าทางซับซ้อน ซึ่งสะท้อนข้อจำกัดด้านความแม่นยำของ AI Mocap ในงานวิจัยนี้เช่นกัน

5.2.2 การสร้างแอนิเมชันตัวอย่างด้วยระบบ Optical mocap และการจับการเคลื่อนไหวด้วย AI mocap

จากการทดลองสร้างแอนิเมชัน 5 ท่าทาง ได้แก่ ท่าเดิน ท่าวิ่ง ท่ากระโดด ท่านั่ง และท่าชกมวย ด้วยระบบ AI mocap แสดงให้เห็นว่า AI mocap เป็นเทคโนโลยีที่มีศักยภาพสูงในการปฏิวัติอุตสาหกรรมแอนิเมชัน ด้วยความสามารถในการสร้างแอนิเมชันที่ใกล้เคียงกับระบบ Optical mocap แต่ใช้ทรัพยากรน้อยกว่ามาก ส่งผลให้ AI mocap ช่วยลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตแอนิเมชันได้อย่างมาก นอกจากนี้การติดตั้ง AI mocap ยังทำได้ง่ายและรวดเร็วกว่า Optical mocap อีกด้วย อย่างไรก็ตาม AI mocap ยังคงมีข้อจำกัดในด้านความสมจริงของแอนิเมชัน โดยเฉพาะรายละเอียดของการเคลื่อนไหว เช่น การแกว่งแขนขาที่ดูไม่เป็นธรรมชาติ ลำตัวที่แข็งทื่อ และการทรงตัวที่ไม่สมดุล ซึ่งงานวิจัยของ Zhou et al. (2021) เกี่ยวกับ Deep Motion Interpolation Network (DMIN) ก็แสดงให้เห็นถึงข้อจำกัดนี้เช่นกัน แม้ว่า DMIN จะสามารถสร้างเฟรมเคลื่อนไหวที่ต่อเนื่องได้ แต่ก็ยังขาดความสมจริง ในขณะที่ยานวิจัยของ Li et al. (2017) เสนอแนวทางในการแก้ปัญหาดังกล่าวด้วย Perceptual-based noise-agnostic 3D skeleton motion data refinement network (BRA-P) ซึ่งอาจช่วยปรับปรุงคุณภาพของ AI mocap ให้ดีขึ้นได้ ถึงแม้จะมีข้อจำกัดอยู่บ้าง แต่ด้วยงานวิจัยและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เชื่อว่า AI mocap จะกลายเป็นเครื่องมือสำคัญในการสร้างสรรค์แอนิเมชันที่มีคุณภาพสูงและเข้าถึงได้ง่ายขึ้นในอนาคต

5.2.3 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการเคลื่อนไหวของระบบ Optical mocap และการจับการเคลื่อนไหวด้วย AI mocap

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการเคลื่อนไหวโดยใช้การวัดระยะทางแบบ Euclidean, Manhattan, Cosine และค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAE) ยืนยันว่า AI Mocap ยังไม่สามารถเลียนแบบการเคลื่อนไหวได้สมบูรณ์แบบเท่า Optical mocap โดยเฉพาะในการเคลื่อนไหวที่ซับซ้อน ซึ่งสะท้อนถึงข้อจำกัดของเทคโนโลยี AI Mocap ในปัจจุบัน อย่างไรก็ตาม งานวิจัยของ Cao et al. (2015) ได้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของ AI Mocap ในการเรียนรู้ข้อมูลการเคลื่อนไหว และ Lei et al. (2019) ได้เสนอภาพรวมของวิธีการประเมินการกระทำของมนุษย์โดยใช้การมองเห็น ซึ่งอาจเป็นแนวทางในการพัฒนา AI Mocap ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นในอนาคต

5.2.4 ผลการประเมินผลการยอมรับการใช้งานการจับการเคลื่อนไหวและการจับการเคลื่อนไหวด้วย AI mocap ในกระบวนการผลิตแอนิเมชัน

ผลการสำรวจนิสิตนักศึกษาในสาขาแอนิเมชันและเกม พบว่ามีการยอมรับ AI Mocap ในระดับสูง โดยมองว่ามีประโยชน์ ใช้งานง่าย ช่วยลดต้นทุนและเวลาในการผลิต และมี

แนวโน้มที่จะนำมาใช้ในอนาคต ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Geelen et al. (2021) ที่เสนอระบบ ML-Mocap ซึ่งเป็นระบบจับการเคลื่อนไหวแบบ Markerless ที่มีต้นทุนต่ำและมีความยืดหยุ่นสูง ผลการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญในอุตสาหกรรม สอดคล้องกับผลการสำรวจ โดยผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่มองว่า AI Mocap มีศักยภาพในการปฏิวัติกระบวนการผลิตแอนิเมชัน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง AI Mocap สามารถเข้าถึงได้ง่ายและใช้งานง่าย Geelen et al. (2021) และมีศักยภาพในการลดต้นทุนการผลิต Suwich Tirakoat (2011) นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของนนทวรรณ ธงสิบสอง (2555) ที่เน้นย้ำถึงศักยภาพของอุปกรณ์ราคาถูกลง เช่น คอมพิวเตอร์ทั่วไปและกล้อง Webcam ในการทำ Mocap ซึ่งสอดคล้องกับ AI Mocap ที่ใช้กล้องเพียง 1-2 ตัว แตกต่างจาก Optical Mocap ที่ต้องลงทุนสูง แสดงให้เห็นว่าบุคคลทั่วไปสามารถเข้าถึงเทคโนโลยี Mocap ได้ง่ายขึ้น สอดคล้องกับ AI Mocap ที่ช่วยลดอุปสรรคด้านต้นทุน เปิดโอกาสให้ผู้สนใจ นักศึกษา และสตูดิโอขนาดเล็กสามารถเข้าถึงได้อย่างไรก็ตาม ผู้เชี่ยวชาญบางส่วนแสดงความกังวลเกี่ยวกับความแม่นยำของ AI Mocap และผลกระทบต่อบุคลากรที่เชี่ยวชาญเฉพาะทางซึ่งเป็นประเด็นที่ต้องพิจารณาอย่างรอบคอบ

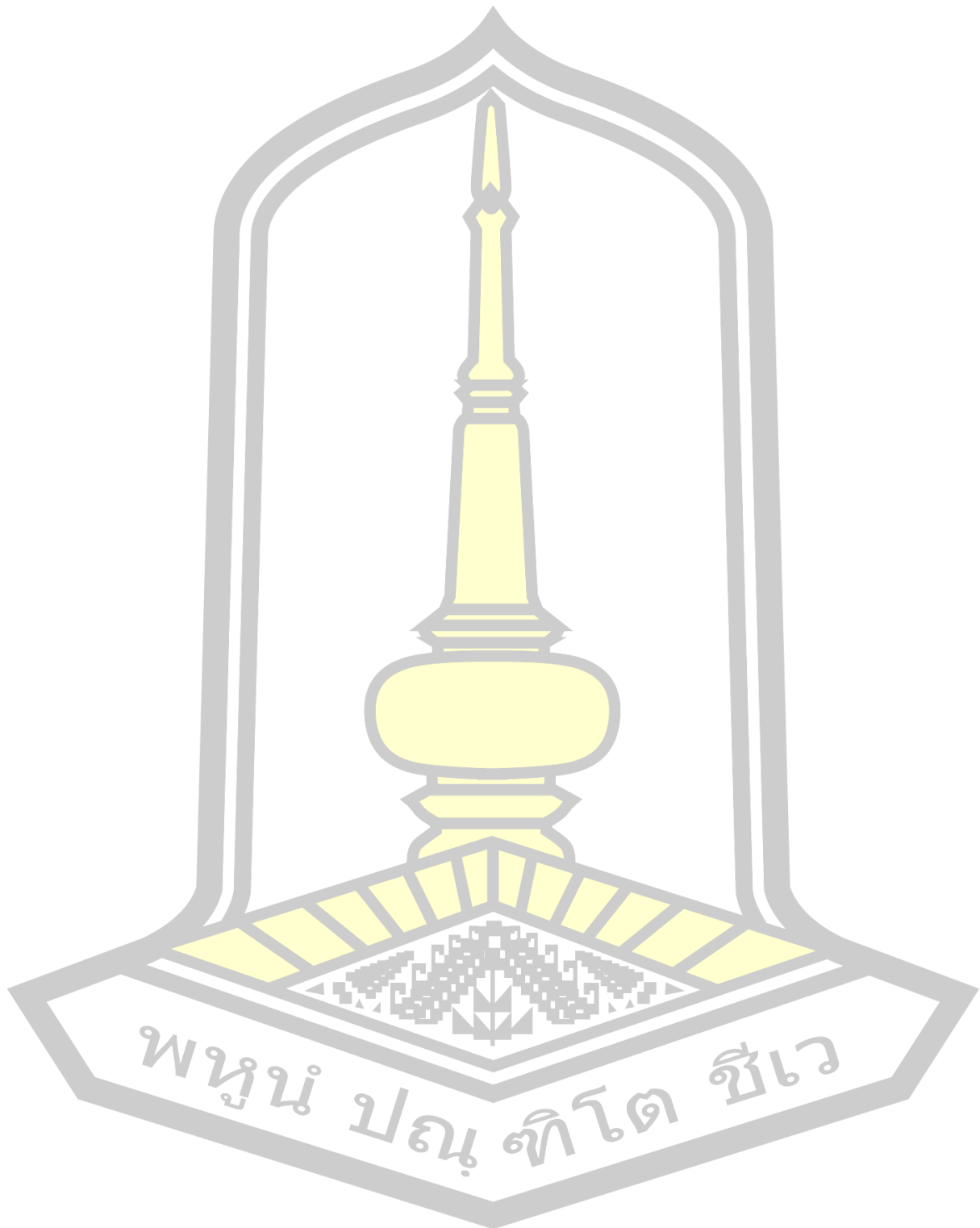
5.3 ข้อเสนอแนะ

5.4.1 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

- 1) ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำของ AI mocap กับระบบ motion capture อื่นๆ
- 2) งานวิจัยควรเน้นให้เห็นถึงผลกระทบของ AI mocap ที่ต่อผู้เชี่ยวชาญและบริษัทที่ผลิตฮาร์ดแวร์สำหรับระบบ Optical mocap
- 3) ในบางแพลตฟอร์มอาจจะมีค่าใช้จ่ายรายเดือนสำหรับประสิทธิภาพในการประมวลผลของการเคลื่อนไหวที่ดีขึ้น

พูน ปณ จิต ชีเว

บรรณานุกรม



- เบญญา พัฒนาพิภพ. (2564). การพัฒนาภาพเคลื่อนไหว 3 มิติ ด้วยเทคโนโลยีตรวจจับการเคลื่อนไหวสำหรับฝึกท่ามวยไทยพื้นฐาน. วารสารวิชาการนวัตกรรมสื่อสารสังคม, 9(2), 52-63.
- ชนชา ชนเดชวัฒน์. (2564). การยอมรับเทคโนโลยีการประชุมผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ของผู้ปฏิบัติงานในอุตสาหกรรมการผลิตจังหวัดชลบุรี [วิทยานิพนธ์, มหาวิทยาลัยบูรพา].
- นนทวรรณ ธงสีบสอง. (2555). การออกแบบและพัฒนาเครื่องโมชันแคปเจอร์อย่างง่าย เพื่อประยุกต์ใช้ในงานแอนิเมชัน 3 มิติ. การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยรังสิต ประจำปี 2555, 283.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2545). การวิจัยเบื้องต้น (ฉบับปรับปรุงใหม่) (พิมพ์ครั้งที่ 7 ed.). สุวีริยาสาส์น. (กรุงเทพฯ)
- ปราโมทย์ ลือนาม. (2554). แนวความคิดและวิวัฒนาการของแบบจำลองการยอมรับการใช้เทคโนโลยี. วารสารการจัดการสมัยใหม่, 9(1), 9-17.
- พงศกร ชีร์รัมย์. (2558). วิธีการหาค่าเคที่เหมาะสมในการจำแนกแบบเคเนียร์เรสเนเบอร์กับข้อมูลทางการแพทย์ [วิทยานิพนธ์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี].
- Alberto Menache. (2011). *Understanding Motion Capture for Computer Animation* (2nd ed.). Elsevier, Inc. (USA)
- Andy Beane. (2012). *3D Animation Essentials*. John Wiley & Sons, Inc. (Canada)
- Benjamin O'Brien. (2016). *Master The Fundamentals Of Stretch-Sensor Sensitivity*. Retrieved 5 September 2565 from <https://www.fierceelectronics.com/components/master-fundamentals-stretch-sensor-sensitivity>
- Bharath Raj. (2019). Retrieved 9 September 2022 from <https://medium.com/beyondminds/an-overview-of-human-pose-estimation-with-deep-learning-d49eb656739b>
- Cao, M., Zhang, C., Chen, L., Shou, M. Z., & Zou, Y. (2015). Deep Motion Prior for Weakly-Supervised Temporal Action Localization. *Journal of Latex Class Files*, 14(8), 1-12. arXiv preprint arXiv:2108.05607.
- Das, K., Oliveira, T. d. P., & Newell, J. (2023). Comparison of markerless and marker-based motion capture systems using 95% functional limits of agreement in a

- linear mixed-effects modelling framework. *Scientific Reports*, 13(1), 1-15, Article 22396. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s41598-023-49360-2>
- Datagen. (๒๒๒). *Pose Estimation: Concepts, Techniques, and How to Get Started*. Retrieved 8 September 2022 from <https://datagen.tech/guides/face-recognition/pose-estimation>
- DeepMotion. (2018). *DeepDribble: Simulating Basketball with AI*. Retrieved 23 September 2022 from <https://blog.deepmotion.com/2018/08/07/deepdribble-simulating-basketball-with-ai/#fnref2>
- Deguzman, K. (2021). *What is Mocap — The Science and Art Behind Motion Capture*. Retrieved 20 September from <https://www.studiobinder.com/blog/what-is-mocap-definition/>
- Dower, J., & Langdale, P. (2022). *Performing for Motion Capture A Guide for Practitioners*. Bloomsbury Publishing Plc. (England)
- Elena Deza, & Michel Marie Deza. (2009). *Encyclopedia of distances*. Springer. (Berlin)
- Eric Stigzelius. (2011). *User adoption of an online learning environment* [Master's Thesis, Aalto University].
- Fishbein, M., & Ajzen, I. (1975). *Belief, Attitude, Intention, and Behavior: An Introduction to Theory and Research*. Addison-Wesley.
- Fred D Davis, Richard P. Bagozzi, & Pual R. Warshaw. (1989). User Acceptance of Computer Technology: a Comparison of Two Theoretical Models. *Management Science*, 982-1003.
- Fred D. Davis. (1985). A technology acceptance model for empirically testing new end-user information systems: theory and results. 19.
- Fred D. Davis. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319-340. <https://doi.org/10.36863/mds.a.14027>
- FRITZ LABS INCORPORATED. (2021). *Pose Estimation Guide Almost everything you need to know about how pose estimation works*. Retrieved 9 September 2022 from <https://www.fritz.ai/pose-estimation/#part-basics>
- Geelen, J. E., Branco, M. P., Ramsey, N. F., van der Helm, F. C. T., & Mugge, W., Schouten, A. C. (2021). MarkerLess Motion Capture: ML-MoCap, a low-cost

- modular multi-camera setup. 2021 43rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC).
<https://doi.org/https://doi.org/10.1109/EMBC46164.2021.9629749>
- Gloria Levine. (2023). *Wonder Studio Released*. Retrieved 8 December from <https://80.lv/articles/wonder-studio-released/>
- Hao-Shu Fang, Shuqin Xie, Yu-Wing Tai, & Cewu Lu. (2017). RMPE: Regional Multi-Person Pose Estimation. *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*, 2334-2343.
- Kitagawa, M., & Windsor, B. (2008). *MoCap for Artists: Workflow and Techniques for Motion Capture*. Elsevier. (USA)
- Krause, E. F. (1987). *Taxicab Geometry*. (Dover)
- Legrís, P., Ingham, J., & Colletette, P. (2001). Why do people use information technology? A critical review of the technology acceptance model. 40(2003), 191-204.
- Lei, Q., Du, J.-X., Zhang, H.-B., Ye, S., & Chen, D.-S. (2019). A survey of vision-based human action evaluation methods. *Sensors*, 19(19), Article 4129.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/s19194129>
- Man-Woo, L., Hyun-Jong, K., & Soon-Gohn, K. (2006). A study about the problems and their solutions in the production process of 3D character animation using optical motion capture technology. *Proceedings of the Korea Contents Association Conference*, 831-835.
- Mathis, A., Schneider, S., Lauer, J., & Mathis, M. W. (2020). Primer on Motion Capture with Deep Learning: Principles, Pitfalls, and Perspectives. 108(1), 44-65.
- Michael MeredithSteve, M. M. (2001). *Motion Capture File Formats Explained* [Technical Report 211]. U. o. Sheffield.
- Milligan, M. (2018). *DeepMotion Reveals “Digital Cerebellum” AI Animation*. Retrieved 23 November 2022 from <https://www.animationmagazine.net/2018/08/deepmotion-reveals-digital-cerebellum-ai-animation-tech>
- Mohammad Chuttur. (2009). Overview of the Technology Acceptance Model: Origins, Developments and Future Directions. *Sprouts*, 9(37).

- Moore, G., & Benbasat, I. (1991). Development of an instrument to measure the perceptions of adopting an information technology innovation. *Information Systems Research*, 192–222.
- Naghdi, A., & Adib, P. (2022). *3D Animation Pipeline: A Start-to-Finish Guide (2022 update)*. Retrieved 11 February from <https://dreamfarmstudios.com/blog/3d-animation-pipeline>
- Nima Yahyapour. (2008). *Determining Factors Affecting Intention to Adopt Banking Recommender System, Case of Iran*. [Master's Thesis, Lulea University of Technology].
- Parent, R., Ebert, D. S., Gould, D. A. D., Gross, M., Kazmier, C., Keiser, R., Lumsden, C. J., Menache, A., Müller-Fischer, M., Musgrave, F. K., Pauly, M., Peachey, D., Perlin, K., ster, H. P., Sharpe, J., Wicke, M., Wilkins, M. R., Woolridge, N., & Worley, S. (2010). *Computer Animation Complete All-in-One: Learn Motion Capture, Characteristic, Point-Based, and Maya Winning Techniques*. Elsevier Inc. (USA)
- Suwich Tirakoat. (2011). Optimized Motion Capture System for Full Body Human Motion Capturing Case Study of Educational Institution and Small Animation Production. *Workshop on Digital Media and Digital Content Management (IEEE)*. <https://doi.org/10.1109/DMDCM.2011.53>
- Tan, P.-N., Steinbach, M., & V. Kumar (2005). *Introduction to Data Mining*. Addison-Wesley.
- Viswanath Venkatesh, & Fred D. Davis. (2000). A Theoretical Extension of the Technology Acceptance Model: Four Longitudinal Field Studies. *Management Science*, 46(2), 186–204. <https://doi.org/10.1287/mnsc.46.2.186.11926>
- Wade, L., Needham, L., McGuigan, P., & Bilzon, J. (2022). Applications and limitations of current markerless motion capture methods for clinical gait biomechanics. (10:e12995), 18. <https://doi.org/10.7717/peerj.12995>
- Wang, Q., Kurillo, G., O., F., & Bajcsy, R. (2015). Evaluation of pose tracking accuracy in the first and second generations of Microsoft Kinect. 2015 *IEEE International Conference on Computer Vision Workshop (ICCVW)*,, 724–732. <https://doi.org/https://doi.org/10.1109/ICCVW.2015.105>

- Zhe Cao, Gines Hidalgo, Tomas Simon, Shih-En Wei, & Yaser Sheikh. (2019). OpenPose: Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*.
<https://doi.org/https://doi.org/10.48550/arXiv.1812.08008>
- Alberto Menache. (2011). *Understanding Motion Capture for Computer Animation* (2nd ed.). Elsevier, Inc. (USA)
- Andy Beane. (2012). *3D Animation Essentials*. John Wiley & Sons, Inc. (Canada)
- Benjamin O'Brien. (2016). *Master The Fundamentals Of Stretch-Sensor Sensitivity*. Retrieved 5 September 2565 from
<https://www.fierceelectronics.com/components/master-fundamentals-stretch-sensor-sensitivity>
- Bharath Raj. (2019). Retrieved 9 September 2022 from
<https://medium.com/beyondminds/an-overview-of-human-pose-estimation-with-deep-learning-d49eb656739b>
- Cao, M., Zhang, C., Chen, L., Shou, M. Z., & Zou, Y. (2015). Deep Motion Prior for Weakly-Supervised Temporal Action Localization. *Journal of Latex Class Files*, 14(8). arXiv preprint arXiv:2108.05607.
- Das, K., Oliveira, T. d. P., & Newell, J. (2023). Comparison of markerless and marker-based motion capture systems using 95% functional limits of agreement in a linear mixed-effects modelling framework. *Scientific Reports*, 13(1), Article 22396. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s41598-023-49360-2>
- Datagen. (๒๐๒๒). *Pose Estimation: Concepts, Techniques, and How to Get Started*. Retrieved 8 September 2022 from <https://datagen.tech/guides/face-recognition/pose-estimation>
- DeepMotion. (2018). *DeepDribble: Simulating Basketball with AI*. Retrieved 23 September 2022 from <https://blog.deepmotion.com/2018/08/07/deepdribble-simulating-basketball-with-ai/#fnref2>
- Deguzman, K. (2021). *What is Mocap — The Science and Art Behind Motion Capture*. Retrieved 20 September from <https://www.studiobinder.com/blog/what-is-mocap-definition/>

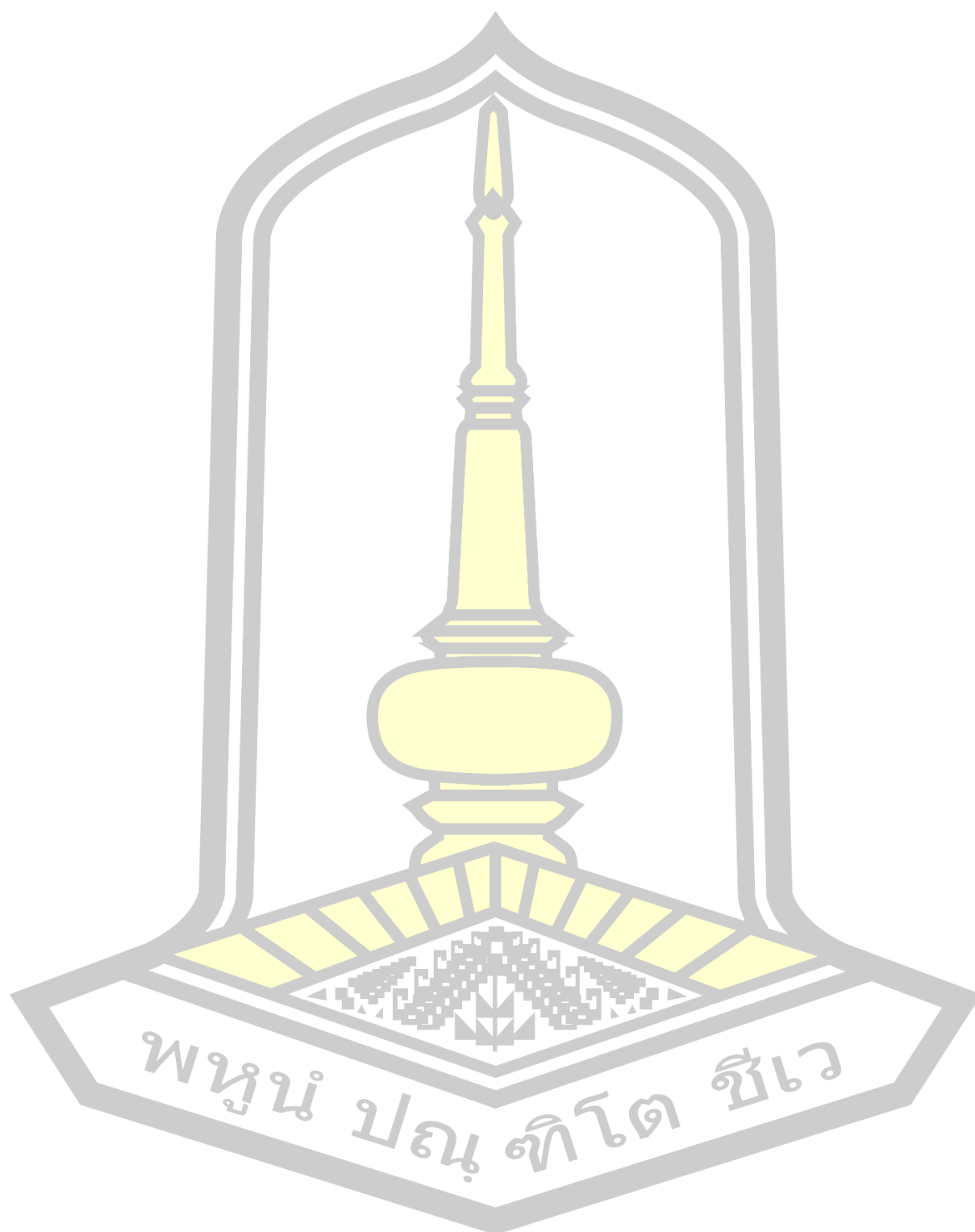
- Dower, J., & Langdale, P. (2022). *Performing for Motion Capture A Guide for Practitioners*. Bloomsbury Publishing Plc. (England)
- Elena Deza, & Michel Marie Deza. (2009). *Encyclopedia of distances*. Springer. (Berlin)
- Eric Stigzelius. (2011). *User adoption of an online learning environment* [Master's Thesis, Aalto University].
- Fishbein, M., & Ajzen, I. (1975). *Belief, Attitude, Intention, and Behavior: An Introduction to Theory and Research*. Addison-Wesley.
- Fred D Davis, Richard P. Bagozzi, & Pual R. Warshaw. (1989). User Acceptance of Computer Technology: a Comparison of Two Theoretical Models. *Management Science*, 982-1003.
- Fred D. Davis. (1985). A technology acceptance model for empirically testing new end-user information systems: theory and results. 19.
- Fred D. Davis. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319-340.
<https://doi.org/10.36863/mds.a.14027>
- FRITZ LABS INCORPORATED. (2021). *Pose Estimation Guide Almost everything you need to know about how pose estimation works*. Retrieved 9 September 2022 from <https://www.fritz.ai/pose-estimation/#part-basics>
- Geelen, J. E., Branco, M. P., Ramsey, N. F., van der Helm, F. C. T., & Mugge, W., Schouten, A. C. (2021). MarkerLess Motion Capture: ML-MoCap, a low-cost modular multi-camera setup. 2021 43rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC).
<https://doi.org/https://doi.org/10.1109/EMBC46164.2021.9629749>
- Gloria Levine. (2023). *Wonder Studio Released*. Retrieved 8 December from <https://80.lv/articles/wonder-studio-released/>
- Hao-Shu Fang, Shuqin Xie, Yu-Wing Tai, & Cewu Lu. (2017). RMPE: Regional Multi-Person Pose Estimation. *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*, 2334-2343.
- Kitagawa, M., & Windsor, B. (2008). *MoCap for Artists: Workflow and Techniques for Motion Capture*. Elsevier. (USA)
- Krause, E. F. (1987). *Taxicab Geometry*. (Dover)

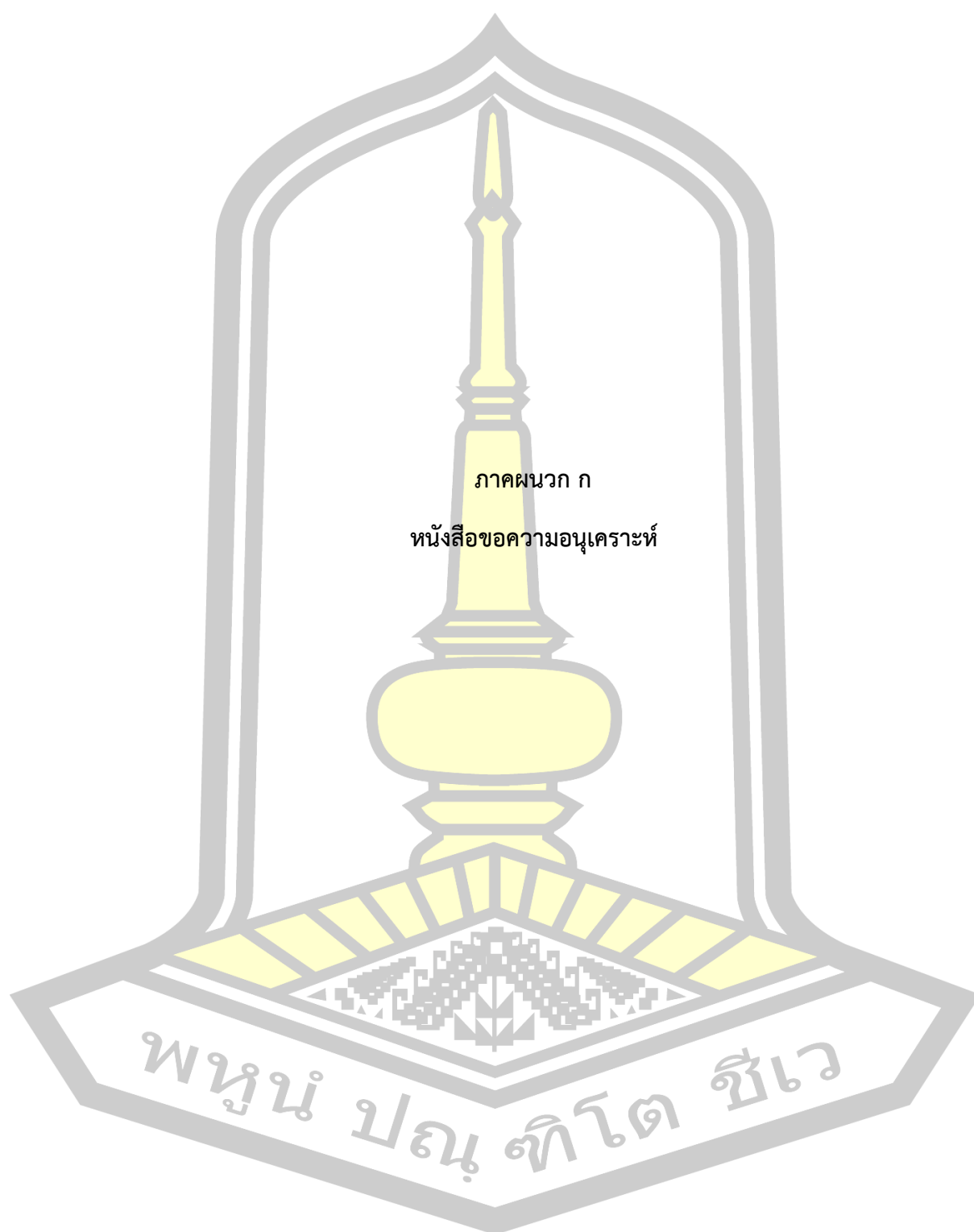
- Legris, P., Ingham, J., & Colletrette, P. (2001). Why do people use information technology? A critical review of the technology acceptance model. 40(2003), 191-204.
- Lei, Q., Du, J.-X., Zhang, H.-B., Ye, S., & Chen, D.-S. (2019). A survey of vision-based human action evaluation methods. *Sensors*, 19(19), Article 4129. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/s19194129>
- Man-Woo, L., Hyun-Jong, K., & Soon-Gohn, K. (2006). A study about the problems and their solutions in the production process of 3D character animation using optical motion capture technology. *Proceedings of the Korea Contents Association Conference*, 831-835.
- Mathis, A., Schneider, S., Lauer, J., & Mathis, M. W. (2020). Primer on Motion Capture with Deep Learning: Principles, Pitfalls, and Perspectives. 108(1), 44-65.
- Michael MeredithSteve, M. M. (2001). *Motion Capture File Formats Explained* [Technical Report 211]. U. o. Sheffield.
- Milligan, M. (2018). *DeepMotion Reveals "Digital Cerebellum" AI Animation*. Retrieved 23 พฤศจิกายน 2565 from <https://www.animationmagazine.net/2018/08/deepmotion-reveals-digital-cerebellum-ai-animation-tech>
- Mohammad Chuttur. (2009). Overview of the Technology Acceptance Model: Origins, Developments and Future Directions. *Sprouts*, 9(37).
- Moore, G., & Benbasat, I. (1991). Development of an instrument to measure the perceptions of adopting an information technology innovation. *Information Systems Research*, 192-222.
- Naghdi, A., & Adib, P. (2022). *3D Animation Pipeline: A Start-to-Finish Guide (2022 update)*. Retrieved 11 February from <https://dreamfarmstudios.com/blog/3d-animation-pipeline>
- Nima Yahyapour. (2008). *Determining Factors Affecting Intention to Adopt Banking Recommender System, Case of Iran*. [Master's Thesis, Lulea University of Technology].
- Parent, R., Ebert, D. S., Gould, D. A. D., Gross, M., Kazmier, C., Keiser, R., Lumsden, C. J., Menache, A., Müller-Fischer, M., Musgrave, F. K., Pauly, M., Peachey, D.,

- Perlin, K., ster, H. P., Sharpe, J., Wicke, M., Wilkins, M. R., Woolridge, N., & Worley, S. (2010). *Computer Animation Complete All-in-One: Learn Motion Capture, Characteristic, Point-Based, and Maya Winning Techniques*. Elsevier Inc. (USA)
- Suwich Tirakoat. (2011). Optimized Motion Capture System for Full Body Human Motion Capturing Case Study of Educational Institution and Small Animation Production. *Workshop on Digital Media and Digital Content Management (IEEE)*. <https://doi.org/10.1109/DMDCM.2011.53>
- Tan, P.-N., Steinbach, M., & V. Kumar (2005). *Introduction to Data Mining*. Addison-Wesley.
- Viswanath Venkatesh, & Fred D. Davis. (2000). A Theoretical Extension of the Technology Acceptance Model: Four Longitudinal Field Studies. *Management Science*, 46(2), 186-204. <https://doi.org/10.1287/mnsc.46.2.186.11926>
- Wade, L., Needham, L., McGuigan, P., & Bilzon, J. (2022). Applications and limitations of current markerless motion capture methods for clinical gait biomechanics. (10:e12995), 18. <https://doi.org/10.7717/peerj.12995>
- Wang, Q., Kurillo, G., O., F., & Bajcsy, R. (2015). Evaluation of pose tracking accuracy in the first and second generations of Microsoft Kinect. 2015 *IEEE International Conference on Computer Vision Workshop (ICCVW)*,, 724–732. <https://doi.org/https://doi.org/10.1109/ICCVW.2015.105>
- Zhe Cao, Gines Hidalgo, Tomas Simon, Shih-En Wei, & Yaser Sheikh. (2019). OpenPose: Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields. *IEEE Transactions on Pattern Aalysis and Machine Intteligence*. <https://doi.org/https://doi.org/10.48550/arXiv.1812.08008>

พหุ ประถมศึกษา

ภาคผนวก





ที่ อว 0605.13/๒๕๖๔



คณะวิทยาการสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย
จังหวัดมหาสารคาม 44150

6 มีนาคม 2567

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือเพื่อใช้ในการทำวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาเอก

เรียน อาจารย์ศิวัช สุขศรี

ด้วย นายวิศรุต ผลาปรีญ์ นิสิตระดับปริญญาเอก หลักสูตร ปร.ด.สื่อนฤมิตร คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ได้จัดทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การเปรียบเทียบการจับการเคลื่อนไหวแบบปัญญาประดิษฐ์กับแบบจับแสงสะท้อนการผลิต โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิษ ธีระโคตร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา

ในการนี้ คณะฯ พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์ในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี ดังนั้น จึงขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเนื้อหาและเครื่องมือสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการทำวิทยานิพนธ์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.จันทิมา พลพินิจ)

คณบดีคณะวิทยาการสารสนเทศ ปฏิบัติราชการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ภาควิชาสื่อนฤมิตร คณะวิทยาการสารสนเทศ
โทรศัพท์ 06 3635 5044 , 0 4375 4333 ต่อ 5005

ที่ อว 0605.13/๖ ๕๕๔



คณะวิทยาการสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย
จังหวัดมหาสารคาม 44150

6 มีนาคม 2567

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือเพื่อใช้ในการทำวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาเอก

เรียน อาจารย์ปิยนนท์ สมบูรณ์

ด้วย นายวิศรุต ผลาปรีดิ์ นิสิตระดับปริญญาเอก หลักสูตร ปร.ด.สื่อณฤมิต คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ได้จัดทำคุษณินพณ์ เรื่อง การเปรียบเทียบการจับการเคลื่อนไหวแบบบัญญัติประคิษฐ์กับแบบจับแสงสะท้อนการผลิต โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิษ ธิระโคตร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา

ในการนี้ คณะฯ พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์ในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี ดังนั้น จึงขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเนื้อหาและเครื่องมือสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการทำคุษณินพณ์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.จันทิมา พลพิณิจ)

คณบดีคณะวิทยาการสารสนเทศ ปฏิบัติราชการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ภาควิชาสื่อณฤมิต คณะวิทยาการสารสนเทศ
โทรศัพท์ 06 3635 5044 , 0 4375 4333 ต่อ 5005

ที่ อว 0605.13/ ๑ 524



คณะวิทยาการสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย
จังหวัดมหาสารคาม 44150

6 มีนาคม 2567

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือเพื่อใช้ในการทำวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาเอก

เรียน คุณณฤชล ศิริมงคล

ด้วย นายวิศรุต ผลาปรีดิ์ นิสิตระดับปริญญาเอก หลักสูตร ปร.ด.สื่อณฤมิต คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ได้จัดทำดุชนีพนธ์ เรื่อง การเปรียบเทียบการจับการเคลื่อนไหวแบบปัญญาประดิษฐ์กับแบบจับแสงสะท้อนการผลิต โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิษ ธิระโคตร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา

ในการนี้ คณะฯ พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์ในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี ดังนั้น จึงขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเนื้อหาและเครื่องมือสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการทำดุชนีพนธ์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.จันทิมา พลพินิจ)

คณบดีคณะวิทยาการสารสนเทศ ปฏิบัติราชการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ภาควิชาสื่อณฤมิต คณะวิทยาการสารสนเทศ
โทรศัพท์ 06 3635 5044 , 0 4375 4333 ต่อ 5005

ที่ อว 0605.13/๑ ๕๖๔



คณะวิทยาการสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย
จังหวัดมหาสารคาม 44150

6 มีนาคม 2567

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือเพื่อใช้ในการทำวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาเอก

เรียน คุณทศพล พิสิฐโสธรานนท์

ด้วย นายวิศรุต ผลาปรีญ์ นิสิตระดับปริญญาเอก หลักสูตร ปร.ด.สีนอมิต คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ได้จัดทำอุษณินพนธ์ เรื่อง การเปรียบเทียบการจับการเคลื่อนไหวแบบปัญญาประดิษฐ์กับแบบจับแสงสะท้อนการผลิต โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิษ ธิระโคตร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา

ในการนี้ คณะฯ พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์ในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี ดังนั้น จึงขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเนื้อหาและเครื่องมือสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการทำอุษณินพนธ์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.จันทิมา พลพินิจ)

คณบดีคณะวิทยาการสารสนเทศ ปฏิบัติราชการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ภาควิชาสีนอมิต คณะวิทยาการสารสนเทศ
โทรศัพท์ 06 3635 5044 , 0 4375 4333 ต่อ 5005

ที่ อว 0605.13/๗ ๕๒๔



คณะวิทยาการสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย
จังหวัดมหาสารคาม 44150

6 มีนาคม 2567

เรื่อง ขอรเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือเพื่อใช้ในการทำวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาเอก

เรียน คุณ ไวยวาริส ภูทธิรัฐประเสริฐ

ด้วย นายวิศรุต ผลาปรีดิ์ นิสิตระดับปริญญาเอก หลักสูตร ปร.ด.สีนอมิต คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ได้จัดทำดุชนีพนธ์ เรื่อง การเปรียบเทียบการจับการเคลื่อนไหวแบบปัญญาประดิษฐ์กับแบบจับแสงสะท้อนการผลิต โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิษ ธิระโคตร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา

ในการนี้ คณะฯ พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์ในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี ดังนั้น จึงขอรเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเนื้อหาและเครื่องมือสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการทำดุชนีพนธ์

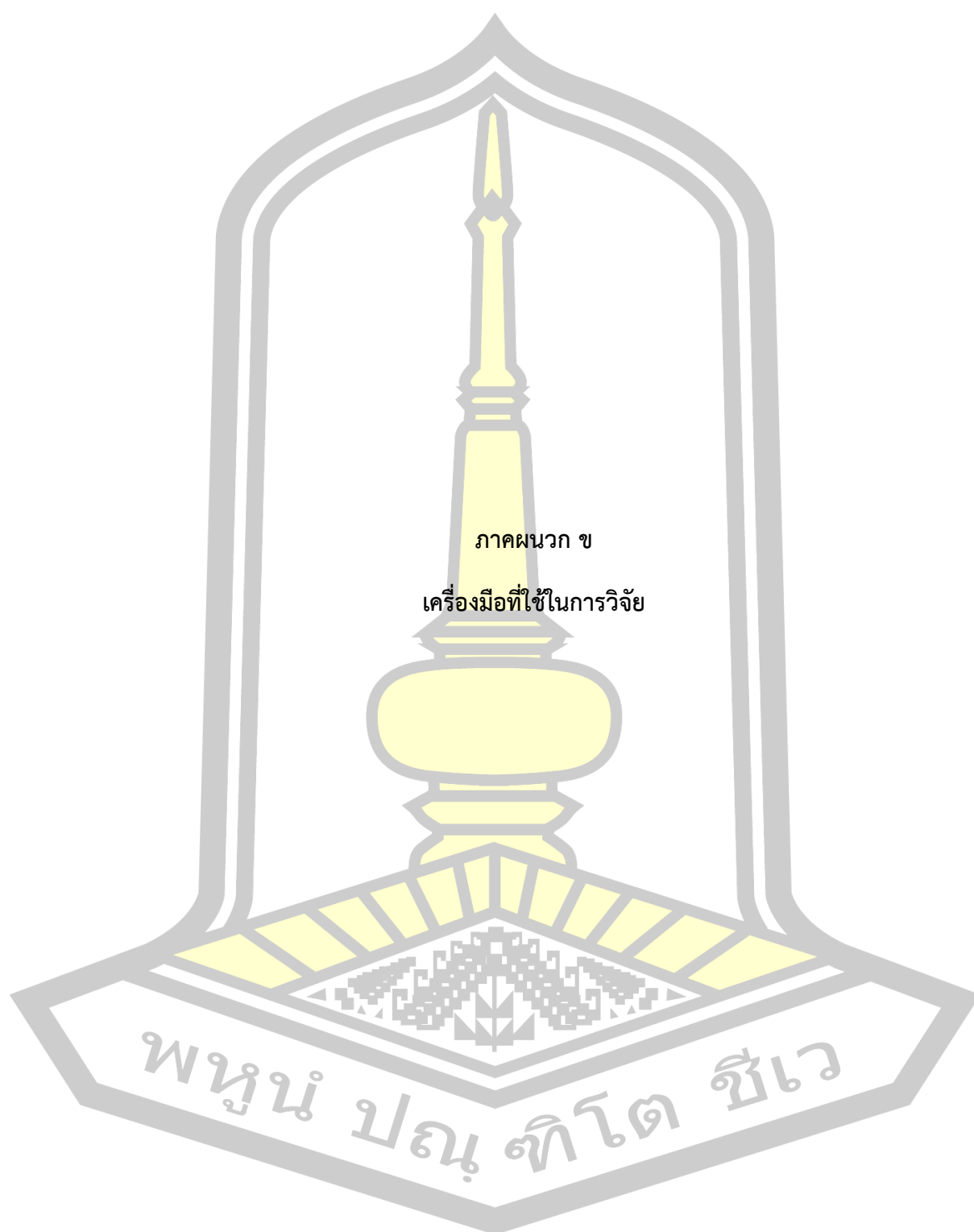
จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.จันทิมา พลพิณิจ)

คณบดีคณะวิทยาการสารสนเทศ ปฏิบัติราชการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ภาควิชาสีนอมิต คณะวิทยาการสารสนเทศ
โทรศัพท์ 06 3635 5044 , 0 4375 4333 ต่อ 5005



1) เครื่องมือแบบสอบถามการยอมรับเทคโนโลยี

แบบสอบถาม

เรื่องการประเมินการยอมรับเทคโนโลยี AI Mocap

แบบสอบถามนี้เป็นแบบประเมินผลการยอมรับการใช้งานการจับการเคลื่อนไหวแบบ
ปัญญาประดิษฐ์ของกลุ่มตัวอย่าง โดยการประเมินจะเทียบมาตรฐานแบบประเมินค่า (Rating
Scale) แบ่งเป็น 5 ระดับ ดังนี้

คะแนน	ระดับการยอมรับ
5 คะแนน	มากที่สุด
4 คะแนน	มาก
3 คะแนน	ปานกลาง
2 คะแนน	น้อย
1 คะแนน	น้อยที่สุด

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1.1 เพศ

☐ 1. ชาย ☐ 2. หญิง

1.2 สาขาวิชา

☐ 1. สาขาแอนิเมชัน ☐ 2. สาขาเกม ☐ 3. สาขามัลติ

มีเดีย

☐ 4. สาขาคอมพิวเตอร์ ☐ 5. สาขาภาพยนตร์
1.3 เคยใช้โมชันแคปเจอร์มาก่อนหรือไม่ ☐ 1. เคย ☐ 2. ไม่เคย1.4 ระบบโมชันแคปเจอร์ที่ใช้ ☐ 1. Optical Mocap ☐ 2. Inertial Mocap
☐ 3. AI mocap ☐ 4. ระบบอื่นๆ

1.5 ปัจจัยที่จะส่งผลต่อการเลือกใช้ AI Mocap

1.5.1 เข้าถึงและใช้แพลตฟอร์ม AI Mocap ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

☐ 1. มี / ได้ / มาก ☐ 2. ไม่มี / ไม่ได้ / น้อย

1.5.2 มีความรู้ทางเทคนิคและซอฟต์แวร์

☐ 1. มี / ได้ / มาก ☐ 2. ไม่มี / ไม่ได้ / น้อย

1.5.3 มีทักษะการแสดง

☐ 1.มี / ได้ / มาก ☐ 2.ไม่มี / ไม่ได้ / น้อย

1.5.4 เข้าถึงการฝึกอบรมและข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับ AI Mocap

☐ 1.มี / ได้ / มาก ☐ 2.ไม่มี / ไม่ได้ / น้อย

1.5.5 สามารถประยุกต์ใช้งาน AI Mocap ในงานแอนิเมชันหรือเกม

☐ 1.มี / ได้ / มาก ☐ 2.ไม่มี / ไม่ได้ / น้อย

1.5.6 ทักษะการและงบประมาณ

☐ 1.มี / ได้ / มาก ☐ 2.ไม่มี / ไม่ได้ / น้อย

1.5.7 ระยะเวลาที่ใช้ในผลิตงานแอนิเมชันหรือเกม

☐ 1.มี / ได้ / มาก ☐ 2.ไม่มี / ไม่ได้ / น้อย

1.5.8 ความสะดวกในการใช้งาน

☐ 1.มี / ได้ / มาก ☐ 2.ไม่มี / ไม่ได้ / น้อย

ส่วนที่ 2 แบบประเมินการยอมรับเทคโนโลยี AI Mocap

คำชี้แจง : โปรดพิจารณาประเด็นข้อคำถามและให้คะแนนโดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่าง

รายการ	ระดับการยอมรับ				
	5	4	3	2	1
รับรู้ประโยชน์ที่ได้รับ (Perceived Usefulness)					
1.เทคโนโลยี AI Mocap ทำให้งานแอนิเมชันง่ายขึ้น					
2.การใช้เทคโนโลยี AI Mocap ช่วยเพิ่มความเร็วในการผลิตงานแอนิเมชัน					
3. เทคโนโลยี AI Mocap ช่วยเพิ่มคุณภาพของผลงาน					
4.การใช้เทคโนโลยี AI Mocap ทำให้งานแอนิเมชันสามารถลดค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตได้					
ความง่ายในการใช้งาน (Perceived Ease of Use)					

รายการ	ระดับการยอมรับ				
	5	4	3	2	1
1.สามารถเรียนรู้การใช้เทคโนโลยี AI Mocap ได้ง่าย					
2.เทคโนโลยี AI Mocap สามารถใช้งานได้ง่าย					
3.ปรับตัวเข้ากับการใช้เทคโนโลยี AI Mocap ได้ง่าย					
4.เทคโนโลยี AI Mocap ใช้งานได้อย่างสะดวก					
พฤติกรรมความตั้งใจในการใช้งาน (Behavioral Intention)					
1. มีแนวคิดที่จะใช้เทคโนโลยี AI Mocap ในการสร้าง สร้างแอนิเมชันหรือเกมในอนาคต					
2. จะแนะนำเทคโนโลยี AI Mocap ให้กับเพื่อนร่วมงาน					
3. ตั้งใจที่จะเรียนรู้และพัฒนาทักษะในการใช้เทคโนโลยี AI Mocap ต่อไป					
4. เชื่อว่าการใช้เทคโนโลยี AI Mocap จะมีบทบาท สำคัญในอาชีพของคุณในอนาคต					
การใช้งานจริงของระบบ (Actual System Use)					
1.ใช้เทคโนโลยี AI Mocap บ่อย ๆ ในการทำงาน					
2.เทคโนโลยี AI Mocap มีประโยชน์ในการทำงานจริง					
3.ใช้ฟีเจอร์หรือคุณลักษณะใดๆ ของเทคโนโลยี AI Mocap อย่างหลากหลาย					
4.ใช้เทคโนโลยี AI Mocap ทำให้ได้รับประสบการณ์ที่ดี ในการทำงานมากขึ้น					

ส่วนที่ 3 คุณสมบัติที่เหมาะสมกับลักษณะงานต่างๆ

รายการ	Optical Mocap	AI Mocap	Inertial Mocap	ระบบ อื่นๆ
1.งานที่มีงบประมาณจำกัด				
2.งานที่ต้องการความยืดหยุ่นในสถานที่และเวลา				
3.งานที่ต้องการความเร็วในการผลิต				
4.งานที่ไม่ต้องการความละเอียดสูง				
5.งานที่ต้องการความแม่นยำสูง				

6.โปรเจกขนาดใหญ่หรืองานที่มีงบประมาณมาก				
7.งานที่ต้องการความเชื่อมโยงกับการแสดงทาง กายภาพแบบละเอียด				
8.งานที่ต้องการความน่าเชื่อถือและความสม่ำเสมอ				

ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

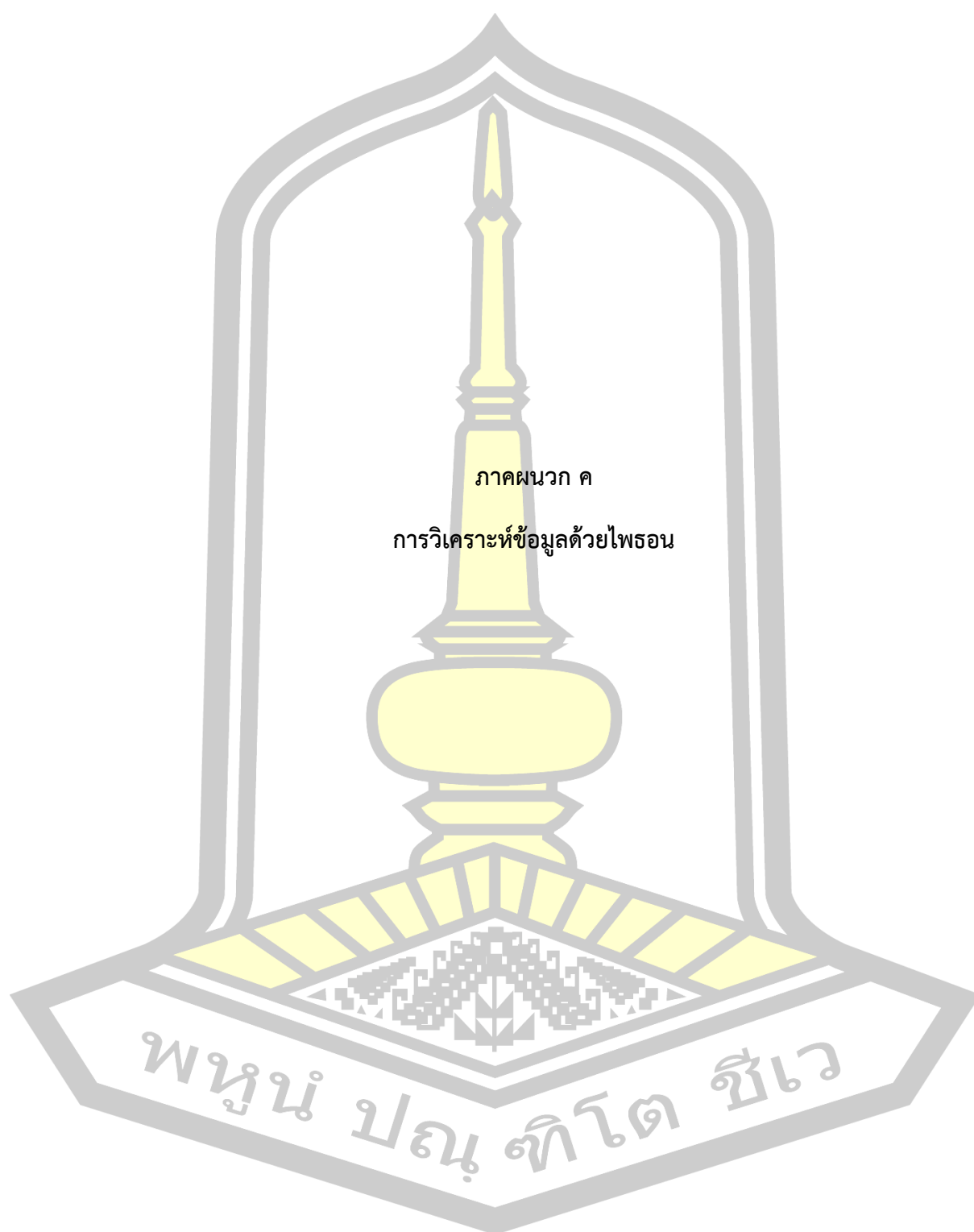
.....

2) แบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญถึงการยอมรับเทคโนโลยี AI Mocap ในภาคอุตสาหกรรมและภาคการศึกษา

แบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญถึงการยอมรับเทคโนโลยี AI Mocap ในภาคอุตสาหกรรมและภาคการศึกษา	
คำชี้แจง แบบสัมภาษณ์นี้จัดทำขึ้นเพื่อสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญในภาคอุตสาหกรรมและภาคการศึกษาในด้านแอนิเมชันและเกม เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปประเมินผลการยอมรับเทคโนโลยี AI Mocap	
ประเด็นคำถาม	ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์
1.ศักยภาพของ AI Motion Capture ในการใช้งานในอนาคต	
2.ความยากง่ายในการใช้งาน AI Motion Capture	

	
3. AI Motion Capture ในฐานะส่วนหนึ่งของมาตรฐานอุตสาหกรรม	
4. ศักยภาพของ AI Motion Capture ในการลดค่าใช้จ่าย	
5. AI จะมีบทบาทสำคัญในอนาคตของการผลิตเนื้อหาหรือไม่	
6. ข้อเสนอแนะอื่นๆ	





- 1) โค้ดไพธอนสำหรับวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลการเคลื่อนไหวด้วยค่ายูคลีเดียน แมนฮัตตัน โคไซน์และ MAE

```

import pandas as pd

from scipy.spatial import distance

import numpy as np

def calculate_distances(df, cols1, cols2):

    """Calculate distances for given column pairs."""

    euclidean = [ ]

    manhattan = [ ]

    cosine = [ ]

    mae = [ ]

    for col1, col2 in zip(cols1, cols2):

        data1 = df[col1]

        data2 = df[col2]

        euclidean.append(distance.euclidean(data1, data2))

        manhattan.append(distance.cityblock(data1, data2))

        cosine.append(distance.cosine(data1, data2))

        mae.append(np.mean(np.abs(data1 - data2)))

    return {

        "euclidean": np.mean(euclidean),

        "manhattan": np.mean(manhattan),

        "cosine": np.mean(cosine),

        "mae": np.mean(mae)

    }

def main():

    # Load the CSV file

    file_path = 'your_dataset.csv' # Update with the actual file path

```

```

mocap_data = pd.read_csv(file_path)

# Isolating columns for each prefix

op_columns = [col for col in mocap_data.columns if col.startswith('OP_')]
dm_columns = [col for col in mocap_data.columns if col.startswith('DM_')]
rk_columns = [col for col in mocap_data.columns if col.startswith('RK_')]
wa_columns = [col for col in mocap_data.columns if col.startswith('WA_')]

# Calculating distances for each pair

distances_op_dm = calculate_distances(mocap_data, op_columns, dm_columns)
distances_op_rk = calculate_distances(mocap_data, op_columns, rk_columns)
distances_op_wa = calculate_distances(mocap_data, op_columns, wa_columns)

# Saving results to an Excel file

results = pd.DataFrame({

    'Metrics': ['Euclidean', 'Manhattan', 'Cosine', 'MAE'],

    'OP vs DM': [distances_op_dm['euclidean'], distances_op_dm['manhattan'],
                  distances_op_dm['cosine'], distances_op_dm['mae']],

    'OP vs RK': [distances_op_rk['euclidean'], distances_op_rk['manhattan'],
                  distances_op_rk['cosine'], distances_op_rk['mae']],

    'OP vs WA': [distances_op_wa['euclidean'], distances_op_wa['manhattan'],
                  distances_op_wa['cosine'], distances_op_wa['mae']]

})

output_file = 'path_to_your_project_folder/sigma_euclidean_mae_data.xlsx'
results.to_excel(output_file, index=False)

print(f'Results saved to {output_file}')

if __name__ == "__main__":
    main()

```

2) โค้ดไพธอนสำหรับสร้างกราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการเคลื่อนไหว

```
import pandas as pd

import matplotlib.pyplot as plt

def plot_mocap_xbar_and_save(csv_file_path, output_image_path):

    # Load the motion capture data

    mocap_data = pd.read_csv(csv_file_path)

    # Extracting columns for each system

    op_columns = [col for col in mocap_data.columns if col.startswith('OP_')]

    dm_columns = [col for col in mocap_data.columns if col.startswith('DM_')]

    rk_columns = [col for col in mocap_data.columns if col.startswith('RK_')]

    wa_columns = [col for col in mocap_data.columns if col.startswith('WA_')]

    # Calculating mean (X bar) for each frame for each system

    op_frame_mean = mocap_data[op_columns].mean(axis=1)

    dm_frame_mean = mocap_data[dm_columns].mean(axis=1)

    rk_frame_mean = mocap_data[rk_columns].mean(axis=1)

    wa_frame_mean = mocap_data[wa_columns].mean(axis=1)

    # Plotting

    plt.figure(figsize=(10, 4))

    plt.plot(mocap_data['Frame'], op_frame_mean, label='Optical Mocap', alpha=1, color='blue')

    plt.plot(mocap_data['Frame'], dm_frame_mean, label='DeepMotion', alpha=1, color='green')

    plt.plot(mocap_data['Frame'], rk_frame_mean, label='Rokoko', alpha=1, color='red')

    plt.plot(mocap_data['Frame'], wa_frame_mean, label='WonderAI', alpha=1, color='magenta')

    # Adding title and labels
```

```
plt.title('Mean (X bar) per Frame for Each Motion Capture System')

plt.xlabel('Frame')

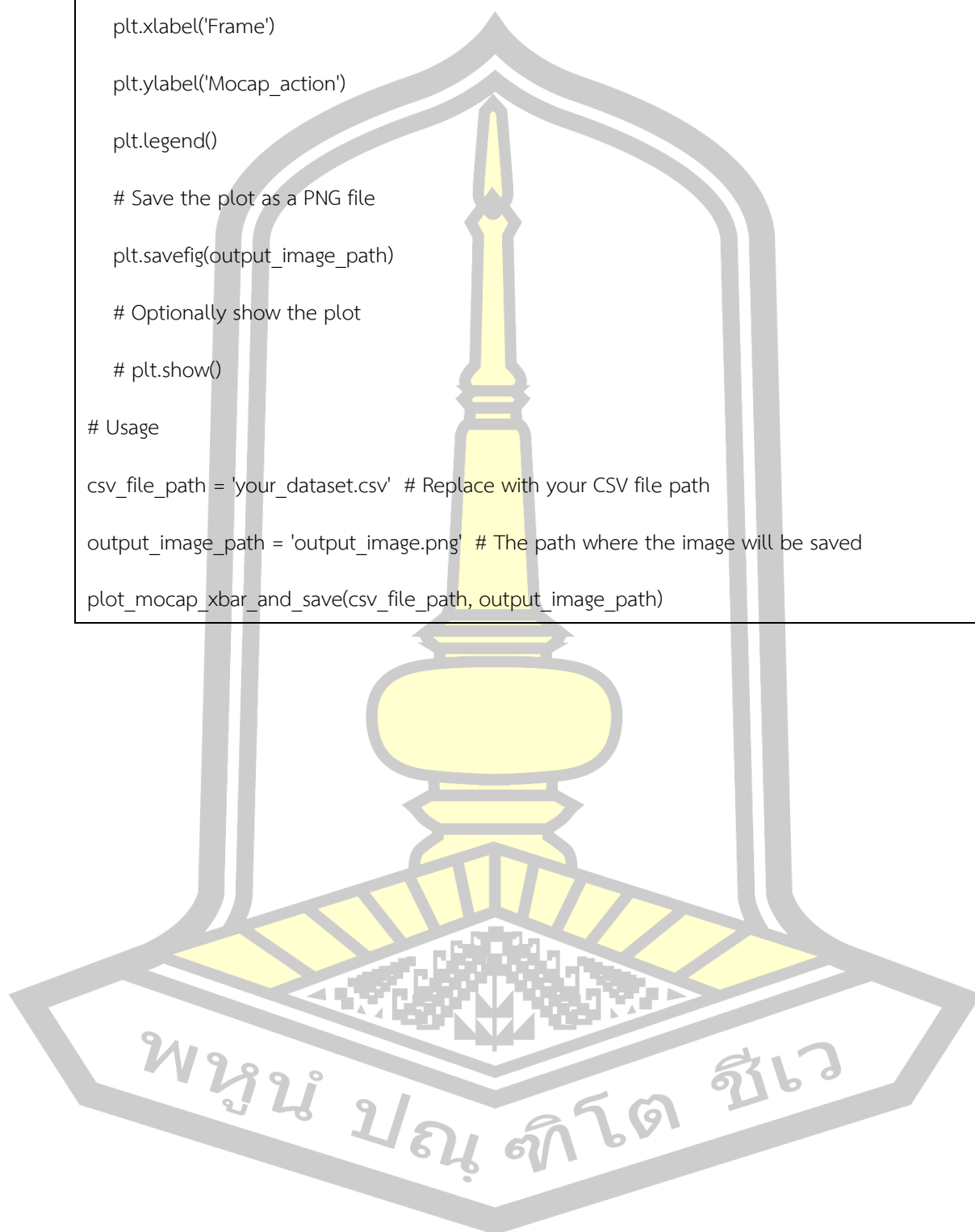
plt.ylabel('Mocap_action')

plt.legend()

# Save the plot as a PNG file
plt.savefig(output_image_path)

# Optionally show the plot
# plt.show()

# Usage
csv_file_path = 'your_dataset.csv' # Replace with your CSV file path
output_image_path = 'output_image.png' # The path where the image will be saved
plot_mocap_xbar_and_save(csv_file_path, output_image_path)
```



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	วิศรุต ฝนปรีดิ์
วันเกิด	25 พฤษภาคม พ.ศ. 2528
สถานที่เกิด	39 หมู่ที่1 ตำบลโคกสมบูรณ์ อำเภอกมลาไสย จังหวัดกาฬสินธุ์
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	39 หมู่ที่1 ตำบลโคกสมบูรณ์ อำเภอกมลาไสย จังหวัดกาฬสินธุ์
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	Motion Capture Lead
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัท แอนิเมทเด็ต สตอรี่บอร์ด (ประเทศไทย) จำกัด (สำนักงานใหญ่) 1768 อาคารไทยซัมมิท ชั้นที่ 19,20 ถ.เพชรบุรีตัดใหม่ บางกะปิ ห้วยขวาง กรุงเทพฯ 10310
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2552 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาสื่ออนิเมิต คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พ.ศ. 2567 ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) สาขาวิชาสื่ออนิเมิต คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พูน ปณ จิตโต ชีเว