



การพัฒนาระบบตรวจจับการเคลื่อนไหวชดเชยแบบเรียลไทม์ ในการยืดกล้ามเนื้อคอสำหรับกลุ่มอาการออฟฟิศซินโดรม โดยใช้เทคโนโลยีการประมาณท่าทาง

Development of Real-time Compensatory Movement Detection System in Neck Stretching Exercises for Office Syndrome Using Pose Estimation Technology

Received: 26 Jan 2026 | Revised: 29 Jan 2026 | Accepted: 29 Jan 2026

พรชัย ทองอินทร์

Pornchai Thong-in

แผนกวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ วิทยาลัยเทคนิคมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม 44000

Computer Technology Department, Mahasarakham Technical College, Mahasarakham, 44000

Corresponding Author: E-mail: pornchai@mtc.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อพัฒนาระบบตรวจจับท่าทางการกายภาพบำบัดสำหรับกลุ่มอาการออฟฟิศซินโดรม (ท่าเอียงคอซ้าย-ขวา) ด้วยเทคนิคการประมาณท่าทาง (Pose Estimation) 2) เพื่อสร้างอัลกอริทึมในการตรวจสอบ การเคลื่อนไหวชดเชย (Compensatory Movement) โดยเฉพาะการยกไหล่ (Shoulder Elevation) ในขณะยืดกล้ามเนื้อคอ และ 3) เพื่อประเมินความแม่นยำ (Accuracy) ของระบบในการนับจำนวนครั้งที่ถูกต้อง เปรียบเทียบกับการตัดสินใจโดยผู้เชี่ยวชาญ ประมวลผลด้วยภาษา Python ร่วมกับไลบรารี Media Pipe Framework เพื่อระบุพิกัดจุดโครงร่างร่างกาย (Pose Landmarks) และวิเคราะห์เชิงเรขาคณิตเพื่อคำนวณมุมคอและมุมไหล่ อัลกอริทึมถูกออกแบบให้ตรวจจับ "การยกไหล่" (Shoulder Elevation) ซึ่งเป็นการเคลื่อนไหวชดเชยที่พบบ่อย โดยกำหนดค่าเกณฑ์มุมไหล่ที่ 8 องศา และมุมเอียงคอที่ 25 องศา ระบบจะทำการแจ้งเตือนด้วยภาพและสีแบบเรียลไทม์เมื่อตรวจพบการทำท่าผิดวิธี และนับจำนวนครั้งเฉพาะเมื่อผู้ใช้งานทำท่าถูกต้องเท่านั้น กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพและความพึงพอใจ ได้แก่ นักศึกษาและบุคลากรในวิทยาลัยเทคนิคมหาสารคาม จำนวน 30 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย 1) แบบบันทึกผลการทดสอบประสิทธิภาพความแม่นยำของระบบ และ 2) แบบสอบถามความพึงพอใจชนิดมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (5-point Likert Scale) สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)





ผลการทดลองเปรียบเทียบความถูกต้องกับผู้เชี่ยวชาญจำนวน 1,200 ครั้ง พบว่าระบบมีความแม่นยำโดยรวม (Accuracy) ร้อยละ 96.67 มีค่าความไว (Sensitivity) ในการตรวจจับการเคลื่อนไหวขดเซย ร้อยละ 97.00 และค่าความจำเพาะ (Specificity) ร้อยละ 96.33 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานพบว่ามีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.62, S.D. = 0.50) โดยเฉพาะในด้านประสิทธิภาพการแจ้งเตือนและการช่วยให้มั่นใจในการทำท่าทาง งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยีการประมาณท่าทางราคาประหยัด สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือช่วยทางกายภาพบำบัดด้วยตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ออฟฟิศซินโดรม การประมาณท่าทาง มีเดียไพป์

Abstract

The objectives of this research were to: 1) develop a physical therapy posture detection system for Office Syndrome, specifically focusing on left and right neck tilting, using pose estimation techniques; 2) develop an algorithm to detect compensatory movements, particularly shoulder elevation, during neck muscle stretching; and 3) evaluate the system accuracy in counting correct repetitions by comparing with expert assessment. The system was developed using Python and the MediaPipe Framework to identify pose landmarks. Geometric analysis was employed to calculate neck and shoulder angles. The algorithm was specifically designed to detect "shoulder elevation," a common compensatory movement, by setting a shoulder angle threshold of 8 degrees and a neck tilt threshold of 25 degrees. The system provides real-time visual and color-coded feedback upon detecting incorrect posture with the repetition count only when the user performs the exercise correctly. The sample group consisted of 30 students and personnel of Mahasarakham Technical College selected via purposive sampling. The research instruments for data collection included 1) a system accuracy performance recording form and 2) a 5-point Likert scale satisfaction questionnaire. The statistics for data analysis included percentage, mean ($\bar{X}$), and standard deviation (S.D.).

The experimental results, based on 1,200 trials compared with the expert evaluation, indicated an overall accuracy of 96.67%. The system demonstrated a sensitivity of 97.00% in detecting compensatory postures and a specificity of 96.33%. User satisfaction assessment revealed a "very high" satisfaction level ($\bar{X}$ = 4.62, S.D. = 0.50), particularly regarding the effectiveness of real-time alerts and confidence in exercise correctness. This research demonstrates that low-cost pose estimation technology can be effectively applied as a self-rehabilitation tool.

Keywords : office syndrome posture estimation MediaPipe





1. บทนำ

ในปัจจุบัน กลุ่มอาการออฟฟิศซินโดรม (Office Syndrome) หรือกลุ่มอาการปวดกล้ามเนื้อและเยื่อพังผืด (Myofascial Pain Syndrome: MPS) ได้กลายเป็นปัญหาทางสาธารณสุขที่สำคัญทั่วโลก โดยเฉพาะในกลุ่มวัยทำงานและนักศึกษาที่ตั้งใจคอมพิวเตอร์และสมาร์ทโฟนเป็นเวลานาน จากสถิติพบว่าผู้ปฏิบัติงานในสำนักงานกว่าร้อยละ 60-70 ประสบปัญหาอาการปวดบริเวณคอ บ่า และไหล่ [1] ซึ่งหากไม่ได้รับการรักษาที่ถูกต้อง อาจนำไปสู่ความผิดปกติของโครงสร้างกระดูกและระบบประสาทในระยะยาว

แนวทางการรักษาหลักทางกายภาพบำบัดคือการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ (Stretching Exercise) โดยเฉพาะกล้ามเนื้อบ่า (Upper Trapezius) ผ่านท่าเอียงคอ (Neck Side Flexion) เพื่อลดความตึงตัวของกล้ามเนื้อ อย่างไรก็ตาม ปัญหาสำคัญที่พบในการทำกายภาพบำบัดด้วยตนเองที่บ้าน (Home-based Rehabilitation) คือ "ความถูกต้องของท่าทาง" ผู้ป่วยจำนวนมากมักกระทำผิดวิธีโดยเกิด การเคลื่อนไหวชดเชย (Compensatory Movement) โดยไม่รู้ตัว เช่น การยกไหล่ขึ้น (Shoulder Elevation) ในขณะที่เอียงคอเพื่อหลีกเลี่ยงความเจ็บปวดหรือข้อจำกัดของการเคลื่อนไหว [2] การกระทำดังกล่าวไม่เพียงแต่ทำให้การรักษาไม่ได้ผล แต่ยังอาจก่อให้เกิดการบาดเจ็บซ้ำซ้อน

เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์วิทัศน์ (Computer Vision) และปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการพัฒนาระบบการแพทย์ทางไกล (Tele-rehabilitation) งานวิจัยในอดีตส่วนใหญ่มุ่งเน้นเพียงการนับจำนวนครั้ง (Repetition Counting) ของการออกกำลังกาย แต่ยังขาดกลไกในการตรวจสอบคุณภาพของท่าทาง (Quality Assessment) อย่างละเอียด โดยเฉพาะการตรวจจับการเคลื่อนไหวชดเชยเล็กน้อยที่ตามนุษย์อาจสังเกตได้ยากผ่านกล้องวิดีโอทั่วไป

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาระบบตรวจจับและแจ้งเตือนการเคลื่อนไหวชดเชยแบบเรียลไทม์สำหรับท่ากายภาพบำบัดบริเวณคอและบ่า โดยประยุกต์ใช้ไลบรารี MediaPipe ในการระบุจุดพิคโตร่างกาย (Pose Landmarks) ร่วมกับอัลกอริทึมทางเรขาคณิต (Geometric Algorithm) เพื่อคำนวณองศาความสัมพันธ์ระหว่างคอและไหล่ ระบบนี้มุ่งเน้นการแยกแยะระหว่างท่าทางที่ถูกต้องและท่าทางที่มีการยกไหล่ชดเชย เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถทำกายภาพบำบัดได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัยเสมือนมีนักกายภาพบำบัดคอยดูแล

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อพัฒนาระบบตรวจจับท่าทางการกายภาพบำบัดสำหรับกลุ่มอาการออฟฟิศซินโดรม (ท่าเอียงคอ ซ้าย-ขวา) ด้วยเทคนิคการประมาณท่าทาง (Pose Estimation)

2.2 เพื่อสร้างอัลกอริทึมในการตรวจสอบ การเคลื่อนไหวชดเชย (Compensatory Movement) โดยเฉพาะการยกไหล่ (Shoulder Elevation) ในขณะที่ยืดกล้ามเนื้อคอ

2.3 เพื่อประเมินความแม่นยำ (Accuracy) ของระบบในการนับจำนวนครั้งที่ถูกต้อง เปรียบเทียบกับการตัดสินใจโดยผู้เชี่ยวชาญ





3. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่ การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง การออกแบบและพัฒนาระบบ และการทดสอบประสิทธิภาพ โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง (Participants) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้ ได้แก่ นักศึกษาและบุคลากรในวิทยาลัยเทคนิคหาสารคาม จำนวน 30 คน คัดเลือกโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ตามเกณฑ์คัดเลือกคือ เป็นผู้ที่ใช้งานคอมพิวเตอร์ต่อเนื่องมากกว่า 4 ชั่วโมงต่อวัน และมีอาการปวดตึงบริเวณคอและบ่าในระดับเล็กน้อย (Mild Pain) โดยผู้เข้าร่วมการทดลองทุกคนได้รับทราบข้อมูลและลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

3.2 การออกแบบและพัฒนาระบบ (System Architecture and Development) ผู้วิจัยพัฒนาระบบบนเครื่องคอมพิวเตอร์ประมวลผลด้วยภาษา Python (v3.10) ร่วมกับไลบรารี OpenCV สำหรับการประมวลผลภาพ และ MediaPipe Framework (BlazePose model) สำหรับการระบุพิกัดโครงร่างร่างกาย (Pose Landmarks) จำนวน 33 จุด กระบวนการทำงานของระบบประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก คือ

1) การรับภาพ (Input Process): รับภาพวิดีโอจากกล้อง Webcam ความละเอียด 720p และแปลงปิกเซลเป็น RGB

2) การประมาณท่าทาง (Pose Estimation) นำภาพเข้า BlazePose model เพื่อดึงค่าพิกัดจุดที่สำคัญ (Keypoints) ได้แก่ จมูก (Nose), ไหล่ซ้าย (Left Shoulder), และไหล่ขวา (Right Shoulder)

3) การวิเคราะห์ทางเรขาคณิต (Geometric Analysis): คำนวณค่ามุมที่สำคัญ 2 ส่วน ได้แก่ มุมเอียงคอ (Neck Flexion Angle) เพื่อตรวจสอบองศาการยึด และ มุมยกไหล่ (Shoulder Elevation Angle) เพื่อตรวจสอบการเคลื่อนไหวขดเซย์ โดยใช้ฟังก์ชัน Arctangent ตามสมการ

$$\theta_{\text{shoulder}} = \arctan\left(\frac{y_{\text{left}} - y_{\text{right}}}{x_{\text{left}} - x_{\text{right}}}\right) \times \frac{180}{\pi} \quad (1)$$

4) การตัดสินใจและแจ้งเตือน (Decision and Feedback) ระบบกำหนดค่าเกณฑ์ (Threshold) สำหรับการตรวจจับท่าที่มีการเคลื่อนไหวขดเซย์ (Compensatory) ไว้ที่มุมไหล่มากกว่า 8.0 องศา หากตรวจพบระบบจะแสดงกรอบสีแดงพร้อมข้อความเตือนทันที หากทำถูกต้องและมุมค้อมมากกว่า 25.0 องศา ระบบจะแสดงสถานะสีเขียวและทำการนับจำนวนครั้ง ผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์มุมเอียงคอสำหรับการนับจำนวนครั้งไว้ที่ 25.0 องศา ซึ่งเป็นค่าที่สอดคล้องกับช่วงกึ่งกลางของการเคลื่อนไหวปกติ (Normal Range of Motion) ตามมาตรฐานของ American Academy of Orthopaedic Surgeons [3] เพื่อให้มั่นใจว่าเกิดการยึดเหยียดของกล้ามเนื้อ Upper Trapezius อย่างมีประสิทธิภาพโดยไม่ก่อให้เกิดการบาดเจ็บจากการฝืนยืดมากเกินไป สำหรับการตรวจจับการเคลื่อนไหวขดเซย์ (Compensatory Movement) ผู้วิจัยได้กำหนดค่าเกณฑ์มุมไหล่ไว้ที่ 8.0 องศา ค่านี้นี้ได้จากการศึกษาทดลองนำร่อง (Pilot Study) เพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ (Tolerance Threshold) โดยพิจารณาจากสัญญาณรบกวน (Jitter) ของการประมวลผลภาพผ่านกล้อง





เว็บแคม และความแปรปรวนทางสรีระของผู้ใช้งาน เพื่อลดอัตราการแจ้งเตือนผิดพลาด (False Positive Rate) ในกรณีที่ผู้ใช้งานไม่ได้เจตนายกไหล่ แต่ยังคงมีความไว (Sensitivity) เพียงพอที่จะตรวจจับการยกไหล่ชดเชย

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ผล (Data Collection and Analysis) การทดสอบประสิทธิภาพแบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ

1. การทดสอบความแม่นยำ (Accuracy Testing) เปรียบเทียบผลการตรวจจับระหว่างระบบกับผู้เชี่ยวชาญ (Ground Truth) โดยให้กลุ่มตัวอย่างทำท่ากายบริหารใน 2 สถานการณ์ คือ ท่าที่ถูกต้อง (Correct Posture) และท่าที่มีการชดเชย (Compensatory Posture) จำนวนรวม 1,200 ครั้ง ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ด้วยตารางความสับสน (Confusion Matrix) เพื่อหาค่าความแม่นยำ (Accuracy), ความไว (Sensitivity), และความจำเพาะ (Specificity) การวิเคราะห์ความแม่นยำของอัลกอริทึมในการตรวจจับท่าที่มีการเคลื่อนไหวชดเชย (Compensatory Detection) โดยใช้ Confusion Matrix คำนวณค่าทางสถิติดังนี้

1.1 ความแม่นยำ (Accuracy)

$$accuracy = \frac{TP+TN}{FP+FN+TP+TN} \times 100 \quad (2)$$

1.2 ค่าความไว (Sensitivity / Recall): ความสามารถในการจับผิดเมื่อมีท่าที่มีการเคลื่อนไหวชดเชยเกิดขึ้นจริง

1.3 ค่าความจำเพาะ (Specificity): ความสามารถในการระบุท่าที่ถูก เมื่อผู้ใช้ท่าถูกจริงๆ โดยที่ TP (True Positive): ท่าทางที่มีการเคลื่อนไหวชดเชย และระบบแจ้งเตือนว่า ท่าที่มีการเคลื่อนไหวชดเชย (ถูกต้อง), TN (True Negative): คนท่าถูก และระบบบอกว่าถูก (ถูกต้อง), FP (False Positive): คนท่าถูก แต่ระบบระบุผิดพลาดว่าเป็นท่าชดเชย(ผิดพลาด), FN (False Negative): ท่าทางที่มีการเคลื่อนไหวชดเชย แต่ระบบระบุผิดพลาดว่าเป็นท่าปกติ (ผิดพลาด - ความผิดพลาดที่อาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการ รักษา)

2. การประเมินความพึงพอใจ (User Satisfaction) ประเมินโดยใช้แบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (5-Point Likert Scale) ครอบคลุมด้านประสิทธิภาพ ด้านการใช้งาน และด้านประโยชน์ วิเคราะห์ผลด้วยค่าเฉลี่ย $\bar{X}$ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) โดยมีเกณฑ์การแปลผล ดังนี้

4.51 - 5.00 หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด

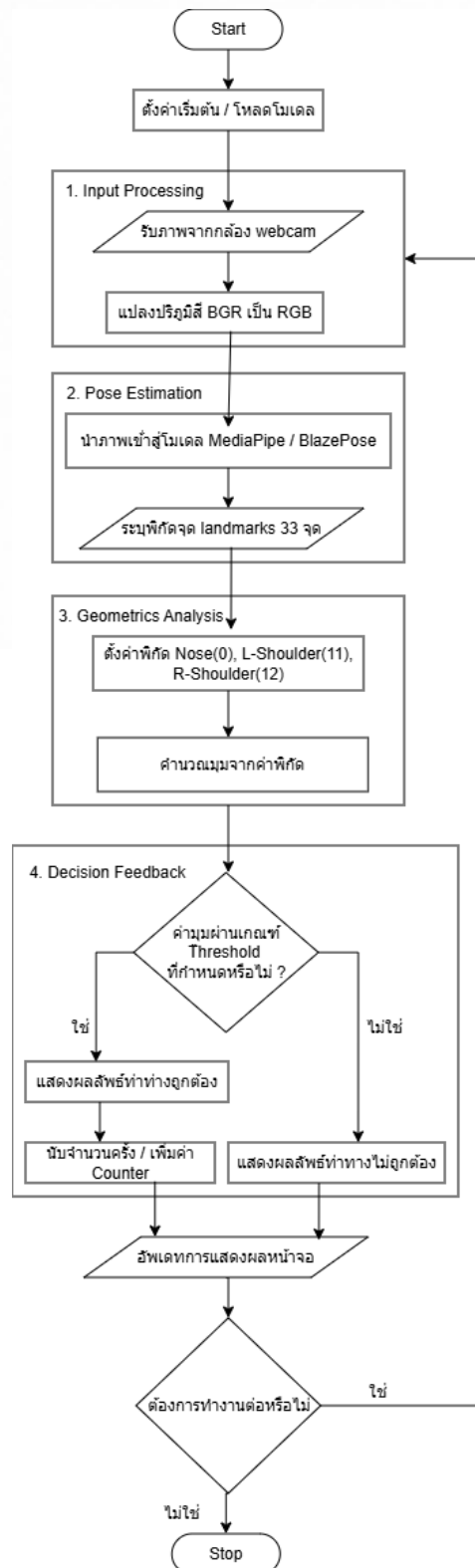
3.51 - 4.50 หมายถึง พึงพอใจมาก

2.51 - 3.50 หมายถึง พึงพอใจปานกลาง

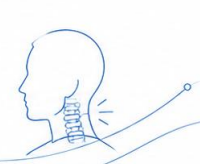
1.51 - 2.50 หมายถึง พึงพอใจน้อย

1.00 - 1.50 หมายถึง พึงพอใจน้อยที่สุด





ภาพที่ 1 ผังงานของระบบ (System Flowchart)





4. ผลการวิจัย

“การพัฒนาระบบตรวจจับการเคลื่อนไหวขดเขยแบบเรียลไทม์ในการยืดกล้ามเนื้อคอสำหรับกลุ่มอาการออฟฟิศซินโดรม โดยใช้เทคโนโลยีการประมาณท่าทาง” มีผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ดังนี้

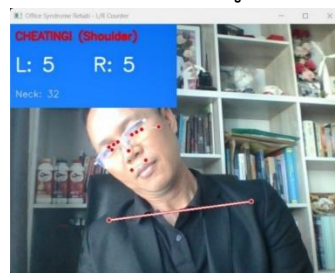
1. ผลการพัฒนาระบบ (System Implementation) ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบต้นแบบที่สามารถทำงานได้จริงบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล โดยระบบสามารถรับภาพจากกล้องเว็บแคมและประมวลผลเพื่อระบุพิกัดโครงร่างร่างกาย (Pose Landmarks) ได้แบบเรียลไทม์ ผลการทำงานของระบบสามารถจำแนกสถานะของผู้ใช้งานได้ 3 สถานะ ได้แก่ 1) สถานะพัก (Relax) 2) สถานะยืดกล้ามเนื้อ (Stretching) ซึ่งจะแสดงผลด้วยกรอบสีเขียวเมื่อผู้ใช้งานทำท่าถูกต้อง และ 3) สถานะที่มีการขดเขย (Compensatory) ซึ่งระบบจะแสดงผลแจ้งเตือนด้วยกรอบสีแดงและข้อความ CHEATING ทันทีที่ตรวจพบว่าผู้ใช้งานมีมุมไหล่มากกว่า 8 องศาหรือมีการเคลื่อนไหวผิดวิธี



ภาพที่ 2 หน้าจอโปรแกรมแสดงผลในสภาวะปกติ (RELAX)



ภาพที่ 3 ขณะเอียงคอถูกวิธีไปทางซ้ายและขวา ตัวหนังสือสีเขียว



ภาพที่ 4 ขณะเอียงคอผิดวิธีไปทางซ้ายและขวา ตัวหนังสือสีแดง

2. ผลการทดสอบประสิทธิภาพและความแม่นยำ (Performance Analysis) จากการทดสอบประสิทธิภาพระบบกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน โดยกำหนดให้ทำการทดสอบในท่าที่ถูกต้องและท่าที่มีการเคลื่อนไหวขดเขย รวมจำนวนทั้งสิ้น 1,200 ครั้ง (Trials) เมื่อเปรียบเทียบผลการตรวจจับของระบบกับผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ (Ground Truth) พบว่าระบบมีประสิทธิภาพสูงในระดับที่น่าพอใจ โดยมีรายละเอียดดังนี้





2.1 ความแม่นยำโดยรวม (Accuracy): มีค่าร้อยละ 96.67 ซึ่งแสดงถึงความสามารถของระบบในการจำแนกท่าทางที่ถูกและผิดได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

2.2 ความไว (Sensitivity): มีค่าร้อยละ 97.00 ซึ่งเป็นดัชนีชี้วัดสำคัญที่แสดงให้เห็นว่าระบบมีประสิทธิภาพสูงในการตรวจจับ "การโก่ง" หรือการเคลื่อนไหวชดเชย (Compensatory Movement) โดยมีโอกาสผิดพลาดในการปล่อยผ่านท่าที่ผิด (False Negative) เพียงร้อยละ 3.00

2.3 ความจำเพาะ (Specificity): มีค่าร้อยละ 96.33 ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการระบุท่าที่ถูกต้องได้อย่างแม่นยำโดยไม่แจ้งเตือนผิดพลาด (False Positive)

ตารางที่ 1 ตาราง Confusion Matrix แสดงผลการจำแนกท่าทาง

	ผู้เชี่ยวชาญ: ท่าปกติ	ผู้เชี่ยวชาญ: ท่าชดเชย
ระบบทำนายท่าปกติ	578 (True Negative)	18 (False Negative)
ระบบทำนายท่าที่มีการชดเชย	22 (False Positive)	582 (True Positive)

3. ผลการประเมินความพึงพอใจ (User Satisfaction) ผลการสำรวจความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างภายหลังการทดลองใช้งานระบบผ่านแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ พบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{X} = 4.62$, S.D. = 0.50) เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ด้านประโยชน์ของระบบได้รับคะแนนความพึงพอใจสูงสุด โดยเฉพาะในประเด็น ระบบช่วยให้มั่นใจว่าท่าท่ากายภาพบำบัดได้ถูกต้อง ($\bar{X} = 4.80$) รองลงมาคือด้านประสิทธิภาพ ในประเด็น ความรวดเร็วในการแจ้งเตือนเมื่อท่าท่าผิด ($\bar{X} = 4.73$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผู้ใช้งานมีการยอมรับเทคโนโลยีและเห็นประโยชน์ในการนำไปใช้เพื่อดูแลสุขภาพตนเอง

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจด้านประสิทธิภาพและการใช้งาน (n=30)

หัวข้อการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. ด้านประสิทธิภาพ (Efficiency)			
1.1 ความแม่นยำในการนับจำนวนครั้ง	4.60	0.50	มากที่สุด
1.2 ความรวดเร็วในการแจ้งเตือนเมื่อท่าท่าผิด	4.73	0.45	มากที่สุด
1.3 ความชัดเจนของเส้นกราฟิกบนร่างกาย	4.53	0.57	มากที่สุด
2. ด้านความง่ายในการใช้งาน (Usability)			
2.1 ความง่ายในการเริ่มต้นใช้งานโปรแกรม	4.40	0.62	มาก
2.2 หน้าจอแสดงผลเข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน	4.67	0.48	มากที่สุด
2.3 ความสะดวกในการใช้งานเมื่อเทียบกับวิธีเดิม	4.50	0.63	มาก
3. ด้านประโยชน์และการยอมรับ (Utility)			
3.1 ระบบช่วยให้ท่านมั่นใจว่าท่าท่าถูกต้อง	4.80	0.41	มากที่สุด
3.2 ระบบช่วยกระตุ้นให้อยากทำกายภาพบำบัด	4.63	0.49	มากที่สุด
3.3 ท่านมีความประสงค์จะใช้งานระบบนี้ต่อเนื่อง	4.70	0.47	มากที่สุด
รวมเฉลี่ยทุกด้าน	4.62	0.50	มากที่สุด





5. สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย (Conclusion) จากการดำเนินการวิจัยตามวัตถุประสงค์ทั้ง 3 ข้อ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

5.1.1 ผลการพัฒนาระบบตรวจจับท่าทางการกายภาพบำบัดสำหรับกลุ่มอาการออฟฟิศซินโดรม (ท่าเอียงคอซ้าย-ขวา) ด้วยเทคนิคการประมาณท่าทาง (Pose Estimation) ผู้วิจัยสามารถพัฒนาระบบตรวจจับท่าทางการยืดกล้ามเนื้อคอ (Neck Stretching) สำหรับกลุ่มอาการออฟฟิศซินโดรมได้สำเร็จ โดยระบบทำงานบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลด้วยภาษา Python ร่วมกับไลบรารี MediaPipe Framework และสามารถระบุพิกัดจุดโครงร่างร่างกาย (Pose Landmarks) ที่สำคัญบริเวณใบหน้า ไหล่ และลำตัว ได้แบบเรียลไทม์ผ่านกล้องเว็บแคม

5.1.2 ผลการสร้างอัลกอริทึมในการตรวจสอบ การเคลื่อนไหวชดเชย (Compensatory Movement) โดยเฉพาะการยกไหล่ (Shoulder Elevation) ในขณะยืดกล้ามเนื้อคอ อัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นสามารถคำนวณมุมทางเรขาคณิตเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของท่าทางได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยสามารถตรวจจับ "การยกไหล่" (Shoulder Elevation) ซึ่งเป็นการเคลื่อนไหวชดเชยที่พบบ่อยได้ทันที ระบบจะแสดงการแจ้งเตือนด้วยกรอบสีแดงเมื่อมุมไหล่ยกเกินกว่า 8 องศา และแสดงกรอบสีเขียวเมื่อผู้ใช้งานทำท่าถูกต้อง (มุมคอเอียง 25-45 องศา และไหล่ไม่ยก)

5.1.3 ผลการประเมินความแม่นยำ (Accuracy) ของระบบในการนับจำนวนครั้งที่ถูกต้อง เปรียบเทียบกับการตัดสินโดยผู้เชี่ยวชาญ จากการทดสอบประสิทธิภาพเปรียบเทียบกับ การตัดสินโดยผู้เชี่ยวชาญ (Ground Truth) พบว่าระบบมีความแม่นยำโดยรวม (Accuracy) ในการนับจำนวนครั้งที่ถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 96.67 และมีค่าความไว (Sensitivity) ในการตรวจจับการยกไหล่สูงถึงร้อยละ 97.00 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบมีประสิทธิภาพสูงในการคัดกรองท่าทางที่ผิดวิธี

5.2 อภิปรายผล (Discussion)

ผลการวิจัยสามารถนำมาอภิปรายตามวัตถุประสงค์การวิจัย โดยเชื่อมโยงกับแนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

5.2.1 การพัฒนาระบบด้วยเทคนิคการประมาณท่าทาง (Pose Estimation) จากการที่ระบบสามารถตรวจจับท่าทางการเอียงคอซ้าย-ขวาได้อย่างมีประสิทธิภาพผ่านกล้องเว็บแคมสอดคล้องกับงานวิจัย ของ Lugaresi et al. (2019) [4] ผู้พัฒนา MediaPipe Framework ที่ระบุว่าสถาปัตยกรรมนี้ถูกออกแบบมาให้สามารถประมวลผลข้อมูลภาพที่ซับซ้อนได้บนอุปกรณ์ที่มีทรัพยากรจำกัด (On-device) ทำให้เหมาะสำหรับการนำมาพัฒนาเป็นแอปพลิเคชันเพื่อสุขภาพที่เข้าถึงได้ง่าย นอกจากนี้ ประสิทธิภาพในการระบุพิกัดร่างกายยังสอดคล้องกับ Bazarevsky et al. (2020) [5] ที่ยืนยันว่าโมเดล BlazePose (ซึ่งเป็นเบื้องหลังของ MediaPipe) ให้ผลลัพธ์ที่มีความแม่นยำเพียงพอสำหรับการใช้งานด้าน Digital Health ทดแทนอุปกรณ์จับการเคลื่อนไหวที่มีราคาสูง ซึ่งสนับสนุนความเป็นไปได้ในการนำระบบนี้ไปใช้งานจริงในรูปแบบ Home-based Rehabilitation ตามแนวทางของ Gong et al. (2022) [6] ที่พบว่าความสะดวกในการใช้งานเป็นปัจจัยสำคัญต่อความสำเร็จของการฟื้นฟูผู้ป่วยที่บ้าน

การพัฒนาแบบตรวจจับการเคลื่อนไหวชดเชยแบบเรียลไทม์ ในการยืดกล้ามเนื้อคอสำหรับกลุ่มอาการออฟฟิศซินโดรม โดยใช้เทคโนโลยีการประมาณท่าทาง





5.2.2 การตรวจสอบการเคลื่อนไหวชดเชย (Compensatory Movement Detection) การที่อัลกอริทึมสามารถตรวจจับ "การยกไหล่" (Shoulder Elevation) ได้อย่างแม่นยำ และมีการแจ้งเตือนทันที (Real-time Feedback) สอดคล้องกับความสำเร็จทางคลินิกที่ระบุโดย Hasan et al. (2023) [2] ซึ่งเน้นย้ำว่าการควบคุมกล้ามเนื้อบ่า (Trapezius) ไม่ให้เกร็งตัวหรือยกขึ้น เป็นหัวใจสำคัญของการเพิ่มช่วงการเคลื่อนไหวและลดอาการปวดในกลุ่มอาการออฟฟิศซินโดรม นอกจากนี้ การใช้เกณฑ์มุมเอียงคออ้างอิงตามมาตรฐานของ American Academy of Orthopaedic Surgeons (1965) [3] ร่วมกับการตรวจจับไหล่ ช่วยให้ระบบสามารถคัดกรองท่าทางที่ผิดได้อัตโนมัติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Francisco & Rodrigues (2023) [1] ที่พบว่าระบบประเมินอัตโนมัติ (Automatic Assessment) ช่วยทำหน้าที่แทนผู้เชี่ยวชาญในการให้คำแนะนำเบื้องต้นและป้องกันการบาดเจ็บจากการทำกายภาพบำบัดผิดวิธี

5.2.3 ความแม่นยำในการนับจำนวนครั้ง (System Accuracy) ผลการทดสอบที่พบว่าระบบมีความแม่นยำร้อยละ 96.67 และสอดคล้องกับการตัดสินใจของผู้เชี่ยวชาญ สนับสนุนผลการศึกษาก่อนหน้านี้ของ Latreche et al. (2023) [7] ที่ได้ทำการทดสอบความน่าเชื่อถือ (Reliability) ของระบบวัดที่ใช้ MediaPipe สำหรับท่าทางกายภาพบำบัด และยืนยันว่า MediaPipe มีความคลาดเคลื่อนต่ำและมีความเที่ยงตรงสูง (High Validity) เมื่อเทียบกับเครื่องมือวัดมาตรฐาน ผลลัพธ์นี้ยังไปในทิศทางเดียวกับงานวิจัยของ Silva et al. (2025) [8] ที่พัฒนาระบบ AI Gym Buddy เพื่อช่วยนับจำนวนการออกกำลังกาย และพบว่าเทคโนโลยี Pose Estimation สามารถนับจำนวนครั้งได้ถูกต้องแม่นยำ สร้างความมั่นใจให้กับผู้ใช้งาน แม้จะเป็นระบบ 2 มิติ แต่ก็มีประสิทธิภาพเพียงพอเมื่อเทียบกับระบบ 3 มิติที่มีความซับซ้อนสูงกว่า ดังเช่นงานของ Alharbi et al. (2024) [9] และ Özücü et al. (2025) [10] หากนำมาประยุกต์ใช้ในบริบทของการคัดกรองเบื้องต้น

5.3 ข้อเสนอแนะ (Recommendations) จากการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเพื่อการนำไปใช้และพัฒนาต่อยอด ดังนี้

1) ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้: ควรจัดสภาพแวดล้อมให้มีแสงสว่างเพียงพอและติดตั้งกล้องในระดับสายตาผู้ใช้งานควรสวมใส่เสื้อผ้าที่กระชับหรือมีสีตัดกับฉากหลัง เพื่อลดความผิดพลาดในการประมวลผลภาพ (Image Processing Error) จากการที่เสื้อผ้าบังแนวไหล่

2) ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต: ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมโดยนำเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) แบบอนุกรมเวลา (Time-series Analysis) เช่น LSTM มาช่วยวิเคราะห์ความต่อเนื่องของการเคลื่อนไหวเพื่อลดสัญญาณรบกวน (Jitter) รวมถึงการพัฒนาโมเดลให้รองรับมุมมองด้านข้างเพื่อตรวจจับภาวะคอคบ (Forward Head Posture) ซึ่งจะทำให้ระบบมีความสมบูรณ์ในการดูแลผู้ป่วยออฟฟิศซินโดรมมากยิ่งขึ้น





เอกสารอ้างอิง

- [1] J. A. Francisco and P. S. Rodrigues, "Computer Vision Based on a Modular Neural Network for Automatic Assessment of Physical Therapy Rehabilitation Activities," in *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, vol. 31, pp. 2174-2183, 2023, doi: 10.1109/TNSRE.2022.322645
- [2] Hasan, S.; Iqbal, A.; Alghadir, A.H.; Alonazi, A.; Alyahya, D. The Combined Effect of the Trapezius Muscle Strengthening and Pectoralis Minor Muscle Stretching on Correcting the Rounded Shoulder Posture and Shoulder Flexion Range of Motion among Young Saudi Females: A Randomized Comparative Study. *Healthcare* 2023, 11, 500. <https://doi.org/10.3390/healthcare11040500>
- [3] American Academy of Orthopaedic Surgeons. (1965). Joint motion: Method of measuring and recording. AAOS.
- [4] Örüçü, S., et al. (2025). Azure Kinect for joint range of motion analysis: A validity and reliability evaluation in elite female weightlifters. *PLoS ONE*, Article e0334890. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0334890>
- [5] Bazarevsky, V., Grishchenko, I., Raveendran, K., Zhu, T., Zhang, F., & Grundmann, M. (2020). BlazePose: On-device real-time body pose tracking. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2006.10204>
- [6] Gong, J., et al. (2022). Kinect-based rehabilitation systems for stroke patients: A scoping review. *BioMed Research International*, 2022, Article 4339054. <https://doi.org/10.1155/2022/4339054>
- [7] Silva, A., et al. (2025). AI gym buddy using MediaPipe pose estimation. *International Journal of Novel Research and Development*, 10(5), 234–245. <https://www.ijnrd.org/papers/IJNRD2505337.pdf>
- [8] Latreche, A., Kelaiaia, R., Chemori, A., & Kerboua, A. (2023). Reliability and validity analysis of MediaPipe-based measurement system for some human rehabilitation motions. *Measurement*, 214, 112826. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2023.112826>
- [9] Alharbi, F., et al. (2024). Recognition of forward head posture through 3D human pose estimation. *JMIR Formative Research*, 8, Article e55476. <https://doi.org/10.2196/55476>
- [10] Lugaresi, C., Tang, J., Nash, H., McClanahan, C., Uboweja, E., Hays, M., Zhang, F., Chang, C., Yong, M. G., Lee, J., Chang, W., Hua, W., Georg, M., & Grundmann, M. (2019). MediaPipe: A framework for building perception pipelines. *arXiv preprint arXiv:1906.08172*. <https://arxiv.org/abs/1906.08172>

