

การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบตรวจจับท่าทาง การนั่งทำงานด้วยกล้องเว็บแคม

อัยรดา สายพิมพ์¹, อีร์พันธ์ แก้วดอก^{1,2*}

รับบทความ: 20 มิถุนายน 2568; ส่งแก้ไข: 17 กันยายน 2568; ตอรับ: 23 กันยายน 2568

บทคัดย่อ

บทนำ : การนั่งทำงานกับคอมพิวเตอร์ในท่าที่ไม่เหมาะสมอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพกล้ามเนื้อและกระดูก โดยเฉพาะบริเวณคอ ไหล่ และหลัง

วัตถุประสงค์การวิจัย : เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบตรวจจับท่าทางการเคลื่อนไหวในการนั่งทำงานกับคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาด้วยกล้องเว็บแคม

วิธีดำเนินการวิจัย: เป็นการศึกษาเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวางใช้แบบสอบถามในการเก็บข้อมูลจากผู้ใช้งานระบบฯ จำนวน 60 คน ประกอบด้วยข้อมูลทั่วไปของผู้ใช้งาน และความพึงพอใจของผู้ใช้งาน วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการศึกษา : ผลการศึกษาพบว่า ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 75.00 อายุเฉลี่ย 36.57 ปี (SD = 17.07) ผลการประเมินความพึงพอใจโดยรวมต่อการใช้งานระบบอยู่ในระดับสูง ค่าเฉลี่ย 3.80 (SD = 0.30) ส่วนผลประเมินความพึงพอใจรายด้านทั้ง 5 ด้านของผู้ใช้ประกอบด้วย ใช้งานง่าย เข้าสู่ระบบได้สะดวก มีความชัดเจน มีความแม่นยำและถูกต้อง ไม่รบกวนการปฏิบัติงาน และองค์ประกอบไม่ซับซ้อน อยู่ในระดับสูงทั้งหมด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.88, 3.92, 3.68, 3.90 และ 3.92 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.32, 0.28, 0.62, 0.30 และ 0.28 ตามลำดับ

สรุปผล : ระบบตรวจจับท่าทางการเคลื่อนไหวด้วยกล้องเว็บแคมที่พัฒนาขึ้นได้รับความพึงพอใจจากผู้ใช้งานในระดับสูง โดยเฉพาะด้านความชัดเจนของระบบและความสะดวกในการใช้งาน อย่างไรก็ตาม ควรมีการทดสอบประสิทธิภาพและการตรวจสอบ ความถูกต้องของระบบตรวจจับท่าทางการเคลื่อนไหว

คำสำคัญ : ความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ระบบตรวจจับท่าทาง กล้องเว็บแคม สุขภาพการทำงาน

¹ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปทุมธานี 12120

² หน่วยวิจัยด้านกายศาสตร์อาชีวอนามัย แห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปทุมธานี 12120

*อีเมลติดต่อ: teeraphun.k@fph.tu.ac.th

Evaluation of User satisfaction toward Sitting Postures Detection System Using a Webcam

Airada Saipim¹, Teeraphun Kaewdok^{1,2*}

Received: June 20, 2025; Received revision: September 17,2025; Accepted: September 23, 2025

Abstract

Background: Prolonged sitting in an awkward posture in computer work may lead to musculoskeletal disorders (MSDs), especially in the neck, shoulders, back, and arms.

Objective: To evaluate computer users' satisfaction with a motion posture detection system based on a webcam.

Materials and methods: A cross-sectional descriptive study using a questionnaire was completed by 60 computer users. The questionnaire data included demographic data and user satisfaction. Data were analyzed using frequency, percentage, mean, and standard deviation.

Results: The results revealed that most computer users were women (75.00%), with an average age of 36.57 years (SD = 17.07). The overall user satisfaction with the posture detection system was high, with an average rating of 3.80 (SD = 0.30). The five-part evaluation of user satisfaction, which included an easy-to-use interface, clarity of instructions, accuracy and correction, non-interference while working, and simplicity, showed high levels of satisfaction with means of 3.88, 3.92, 3.68, 3.90, and 3.92 and standard deviations of 0.32, 0.28, 0.62, 0.30, and 0.28, respectively.

Conclusion: Computer user satisfaction with the posture detection system was high, especially for items of clarity of instructions and easy-to-use interface. However, there should be testing of the effectiveness and validation of a motion posture detection system.

Keywords: User satisfaction, Posture detection system, Webcam, Occupational health

¹ Faculty of Public Health, Thammasat University, Pathum Thani, 12120, Thailand.

² Thammasat University Research unit in Occupational Ergonomics, Pathum Thani, 12120 Thailand.

*Contact email: teeraphun.k@fph.tu.ac.th

บทนำ

ปัจจุบันคอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทต่อการทำงานอย่างแพร่หลายในงานสำนักงาน งานอุตสาหกรรม งานบริการ งานขนส่ง และงานการศึกษา เพื่ออำนวยความสะดวกในการจัดการข้อมูล และประมวลผล ความได้เปรียบในการแข่งขันเทคโนโลยีสำนักงานช่วยให้เกิดความรวดเร็ว ความสะดวกสบาย ความคล่องตัว สามารถตอบสนองผู้ใช้ได้ดี มีความแม่นยำในการใช้ข้อมูลข่าวสาร และนำมาซึ่งการตัดสินใจที่ดีและถูกต้อง มีประสิทธิภาพและความประหยัด^[1] โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถานการณ์ที่มีการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (โควิด-19) ส่งผลให้หลายหน่วยงานมีนโยบายให้พนักงานและลูกจ้างทุกตำแหน่งสามารถปฏิบัติงานที่บ้านหรือที่พัก (Work From Home) ตามระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรี^[2] ดังนั้น การทำงานกับคอมพิวเตอร์ทั้งแบบตั้งโต๊ะและแบบพกพา จึงมีความสำคัญมาก ประเภทของคอมพิวเตอร์ที่ต่างกันก็ส่งผลกระทบต่อสุขภาพที่แตกต่างกันไปด้วย ดังนั้น การทำความเข้าใจถึงสภาพการทำงานกับคอมพิวเตอร์ ได้แก่ การจัดสถานที่ที่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์ การประเมินสถานการณ์และท่าทางการทำงาน เพื่อการปรับปรุงแก้ไขสภาพการทำงานให้เหมาะสมยิ่งขึ้น จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่จะช่วยป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพที่อาจเกิดขึ้นได้จากการทำงานกับคอมพิวเตอร์อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน ซึ่งผลกระทบต่อร่างกายที่พบนี้ ได้แก่ อาการปวดเมื่อยไหล่ คอ แขนส่วนบน มือ ข้อมือ ข้อศอก และหลังส่วนล่าง การบาดเจ็บสะสมเรื้อรัง อาการล้าของสายตา อาการปวดศีรษะ ความล้า และความเครียด ทั้งนี้ผู้ที่ทำงานกับคอมพิวเตอร์เป็นประจำมีลักษณะการทำงานที่เด่นชัดอยู่ 3 ลักษณะ คือ มีการเคลื่อนไหวร่างกายและอวัยวะส่วนต่าง ๆ อย่างค่อนข้าง

จำกัด สายตามักเพ่งอยู่ที่จอภาพตลอดเวลา รวมถึงมือของผู้ปฏิบัติงานวางอยู่ที่แป้นพิมพ์หรือควบคุมเมาส์ไม่เหมาะสม รายงานจากกองทุนเงินทดแทนระบุว่า โรคที่เกิดขึ้นตามลักษณะหรือสภาพของงานเนื่องจากการทำงานที่มีจำนวนการประสบอันตราย หรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงานสูงสุด 5 อันดับแรกในปี พ.ศ. 2560 - 2564 คือ โรคระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูกที่เกิดขึ้นเนื่องจากการทำงานหรือสาเหตุจากลักษณะงานที่จำเพาะหรือมีปัจจัยเสี่ยงสูงในสิ่งแวดล้อมการทำงาน โดยเฉลี่ย 5 ปี มีลูกจ้างประสบอันตราย จำนวน 5,842 ราย คิดเป็นร้อยละ 1.35 ต่อปี^[3] สอดคล้องกับงานวิจัยในประเทศที่พบความชุกของอาการปวดหลังส่วนล่างและไหล่ ในกลุ่มผู้ใช้คอมพิวเตอร์ ดังนี้ พบความชุกของการปวดหลังส่วนล่างร้อยละ 54.07^[4] พบความชุกของการเกิดอาการสูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่ คอ (ร้อยละ 70.80) หลังส่วนล่าง (ร้อยละ 53.30) และหลังส่วนบน (ร้อยละ 50.50) ตามลำดับ^[5] กลุ่มตัวอย่างมีความชุกของกลุ่มอาการทางกล้ามเนื้อและกระดูกที่พบสูงสุดได้แก่ หลังส่วนล่างด้านซ้ายและขวา ร้อยละ 75.00 ไหล่ด้านซ้าย ร้อยละ 68.20 และบริเวณท้ายทอยคอ ไหล่ขวา หลังส่วนบนซ้าย ร้อยละ 65.90 ตามลำดับ^[6] บุคลากรสำนักงาน จำนวน 33 คน (ร้อยละ 84.62) มีการบาดเจ็บทางระบบกล้ามเนื้อและกระดูกในช่วง 12 เดือนที่ผ่านมา บริเวณที่บาดเจ็บ 3 อันดับแรก ได้แก่ คอ ไหล่ และหลังส่วนล่าง^[7] นอกจากนี้ บุคลากรสำนักงาน จำนวน 22 คน (ร้อยละ 56.41) มีการบาดเจ็บในช่วง 7 วันที่ผ่านมา บริเวณที่บาดเจ็บ 3 อันดับแรก ได้แก่ ไหล่ หลังส่วนบน และคอ^[8] อีกทั้งการศึกษาในต่างประเทศ รายงานว่าพนักงานร้อยละ 60 ใช้เวลามากกว่าครึ่งหนึ่งของชั่วโมงทำงานในท่านั่ง ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความชุกของอาการปวดคอ

ไหล่ และหลังส่วนล่าง^[9] ซึ่งมีแนวโน้มของปัญหาสุขภาพที่เกิดขึ้นได้กับผู้ที่ทำงานกับคอมพิวเตอร์เพิ่มสูงขึ้น รวมทั้งส่งผลกระทบต่อสุขภาพจากการทำงานคอมพิวเตอร์ รวมถึงการก้มศีรษะ นั่งทำงานนานติดต่อกันหลายชั่วโมง และต้องใช้มือ นิ้ว แขน ติดต่อกันแบบซ้ำ ๆ ทำให้การเคลื่อนไหวของแขน คอ บ่า ไหล่ ถูกจำกัดส่งผลให้ระบบกล้ามเนื้อและกระดูกถูกจำกัดการเคลื่อนไหว จึงส่งผลให้มีอาการปวดกล้ามเนื้อบริเวณ คอ บ่า และไหล่ตามมา^[10] เทคโนโลยีที่ใช้ในการติดตามสุขภาพ และจากการเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของหลาย ๆ เทคโนโลยี ระบบติดตามเพื่อป้องกันโรคคนทำงานออฟฟิศที่มีราคาสูง และมีประสิทธิภาพ ได้ถูกพัฒนาได้ขึ้นด้วยเทคโนโลยีกล้อง Kinect^[11] ซึ่งเป็นอุปกรณ์ป้อนข้อมูลที่สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวของร่างกายจดจำท่าทางแบบเรียลไทม์ และวิเคราะห์โครงสร้างร่างกายในรูปแบบโครงร่าง (skeleton tracking) กล้อง Kinect ทำงานโดยใช้กล้อง RGB ร่วมกับเซนเซอร์อินฟราเรดและตัวฉายแสงอินฟราเรด เพื่อวัดความลึก (depth) และตำแหน่งของข้อต่อต่าง ๆ บนร่างกายมนุษย์อย่างแม่นยำ นำเสนอผ่านข้อมูลโครงร่างพร้อมทั้งวิเคราะห์ท่าทางของผู้ใช้งานและให้ผลตอบกลับบนพื้นฐานโมเดลสุขภาพเพื่อตรวจจับการนั่งเป็นระยะเวลาสั้น ๆ จากการนำระบบที่สมบูรณ์ไปทดสอบ พบว่า ระบบสามารถทำงานได้ในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย และสามารถทำงานได้ค่อนข้างเสถียรภาพต่อผู้ใช้ที่มีลักษณะต่างกันไม่ว่าจะในด้านขนาดร่างกาย น้ำหนัก ความสูง อายุ หรือเพศ และผู้วิจัยได้เปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสียของกล้องที่ใช้ตรวจจับการเคลื่อนไหว ทางผู้วิจัยได้เลือกใช้กล้องเว็บแคมเนื่องจากมีต้นทุนที่ต่ำ และสามารถนำระบบที่ได้ไปใช้งานได้กับคอมพิวเตอร์หรือโน้ตบุ๊กคอมพิวเตอร์ทุกเครื่อง

โรคและความผิดปกติในระบบกระดูกกล้ามเนื้อ เอ็น และข้อเป็นหนึ่งในชนิดของโรคซึ่งเกิดขึ้นตามลักษณะหรือสภาพของงาน หรือเนื่องจากการทำงาน ตามประกาศกระทรวงแรงงาน วันที่ 7 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2566^[12] แสดงให้เห็นว่าหน่วยงานภาครัฐให้ความสำคัญกับประเด็นกลุ่มโรคดังกล่าวในผู้ทำงานจึงจำเป็นต้องมีมาตรการป้องกันและควบคุมสิ่งคุกคามหรือปัจจัยเสี่ยงที่ส่งผลกระทบต่อการทำงาน จากความสำคัญดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาระบบตรวจจับท่าทางขณะนั่งทำงานโดยใช้กล้องเว็บแคม และทำการศึกษาประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานและส่งเสริมสุขภาพในการทำงานได้อย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อประเมินความพึงพอใจต่อระบบตรวจจับท่าทางการเคลื่อนไหวในการนั่งทำงานกับคอมพิวเตอร์โดยใช้กล้องเว็บแคม

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional descriptive research) มุ่งเน้นการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบตรวจจับท่าทางการเคลื่อนไหวในการนั่งปฏิบัติงานกับคอมพิวเตอร์โดยใช้กล้องเว็บแคม

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างในการทดลองโดยใช้ค่าเฉลี่ยคะแนนความพึงพอใจในการใช้งานแอปพลิเคชันจากการศึกษาของจักรพันธ์ ตันชัย^[13] โดยคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างจากสูตร ดังต่อไปนี้^[14]

$$n = \left[\frac{Z_{\alpha/2} \cdot \sigma}{E} \right]^2$$

โดยที่

Z_{α} คือ ค่า Z ที่ระดับ α (.05) = 1.96

σ คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานคะแนนความพึงพอใจในการใช้งานแอปพลิเคชัน(0.76)

E คือ และกำหนดระดับความแม่นยำหรือมีความผิดพลาดไม่เกินร้อยละ 20

จากสูตรสามารถคำนวณกลุ่มตัวอย่างได้ ดังนี้

$$n = \left[\frac{1.96 \cdot 0.76}{0.20} \right]^2$$

ผลของการคำนวณกลุ่มตัวอย่างได้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 54 ราย แต่ในสถานการณ์จริงอาจมีการสูญหายของกลุ่มตัวอย่าง จึงมีการคำนวณปรับเพิ่มขนาดตัวอย่างเพื่อป้องกันการสูญหายของกลุ่มตัวอย่างอีกร้อยละ 10 ดังนั้นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ คือ 60 คน

ในการวิจัยครั้งนี้มีการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างตามคุณสมบัติที่กำหนด ดังนี้ เพศหญิงหรือชาย ที่มีสุขภาพปกติ ไม่มีโรคประจำตัว ไม่มีประวัติการรักษาอาการความผิดปกติทางระบบประสาทหรือระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ มีค่าสายตาปกติ ช่วงอายุ 18-60 ปี เกณฑ์การคัดออกอาสาสมัครขอยุติเข้าร่วมโครงการวิจัย

การรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่รวบรวมประกอบด้วยตัวแปรที่จะศึกษา ดังนี้ ข้อมูลทั่วไปของอาสาสมัคร ผลการประเมินความพึงพอใจของอาสาสมัคร

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

1. ระบบตรวจจับท่าทางการเคลื่อนไหวในการนั่งทำงานกับคอมพิวเตอร์โดยใช้กล้องเว็บแคมที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาพัฒนาระบบต้นแบบ (Prototype) สำหรับทดสอบ

2. โน้ตบุ๊กคอมพิวเตอร์ (Notebook Computer) จำนวน 1 เครื่อง รุ่น Asus TUF

Gaming F15 FX506LHB-HN323W Intel Core i5-10300H 8GB DDR4 SO-DIMM ขนาดหน้าจอ 15.6 นิ้ว

3. กล้องเว็บแคม LOGITECH (C270) 720P HD จำนวน 1 ชุด

4. เครื่องมือวัดองศา (Goniometer) แบบพลาสติก ขนาด 6 นิ้ว มุมวัดได้ 360 องศา

5. แบบประเมินความพึงพอใจของอาสาสมัครซึ่งผู้วิจัยได้ประยุกต์โดยการทบทวนวรรณกรรมให้เข้ากับสถานการณ์และกลุ่มตัวอย่าง ประกอบด้วย 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของอาสาสมัคร จำนวน 5 ข้อ (เพศ อายุ ส่วนสูง น้ำหนัก ดัชนีมวลกาย)

ส่วนที่ 2 แบบประเมินความพึงพอใจของการใช้งานระบบตรวจจับท่าทางการเคลื่อนไหวในการนั่งปฏิบัติงานกับคอมพิวเตอร์โดยใช้กล้องเว็บแคม ได้ออกแบบเครื่องมือประเมินโดยประยุกต์จากการศึกษาของ ภจนา ปาลีวรรณ^[11] จำนวน 5 ข้อ ดังนี้ ข้อที่ 1 สามารถใช้งานง่าย โดยเข้าสู่ระบบได้สะดวก รวดเร็ว ข้อที่ 2 ระบบมีความชัดเจนของคำอธิบายโดยอาสาสมัครเข้าใจและปฏิบัติตามขั้นตอนที่กำหนดได้ ข้อที่ 3 ระบบมีการประมวลผลที่รวดเร็ว แม่นยำและถูกต้องตรงตามลักษณะความเสี่ยง ข้อที่ 4 ระบบสามารถตรวจจับท่าทางการเคลื่อนไหวขณะนั่งปฏิบัติงานกับคอมพิวเตอร์ได้โดยไม่รบกวนการปฏิบัติงาน ข้อที่ 5 องค์กรประกอบต่าง ๆ ของระบบที่ปรากฏบนหน้าจอสามารถเลือกใช้ได้ง่าย ไม่มีความซับซ้อน

การศึกษาครั้งนี้ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบฯ กำหนดตัวแปรของข้อมูลเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ แบ่งเป็น 4 ระดับ ได้แก่ พึงพอใจสูง พึงพอใจปานกลาง พึงพอใจต่ำ พึงพอใจต่ำมาก โดยให้ผู้ตอบแบบสอบถามเลือกตอบเพียง 1 ตัวเลือก ข้อความ

ที่แสดงว่าผู้ตอบแบบประเมินมีความพึงพอใจกับระบบฯ จะได้คะแนนจาก 0 ถึง 4

การแปลความหมายค่าเฉลี่ยของคะแนนความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบฯ แต่ละระดับ ดังนี้
 0.00 - 0.99 ความพึงพอใจอยู่ในระดับต่ำมาก
 1.00 - 1.99 ความพึงพอใจอยู่ในระดับต่ำ
 2.00 - 2.99 ความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง
 3.00 - 4.00 ความพึงพอใจอยู่ในระดับสูง

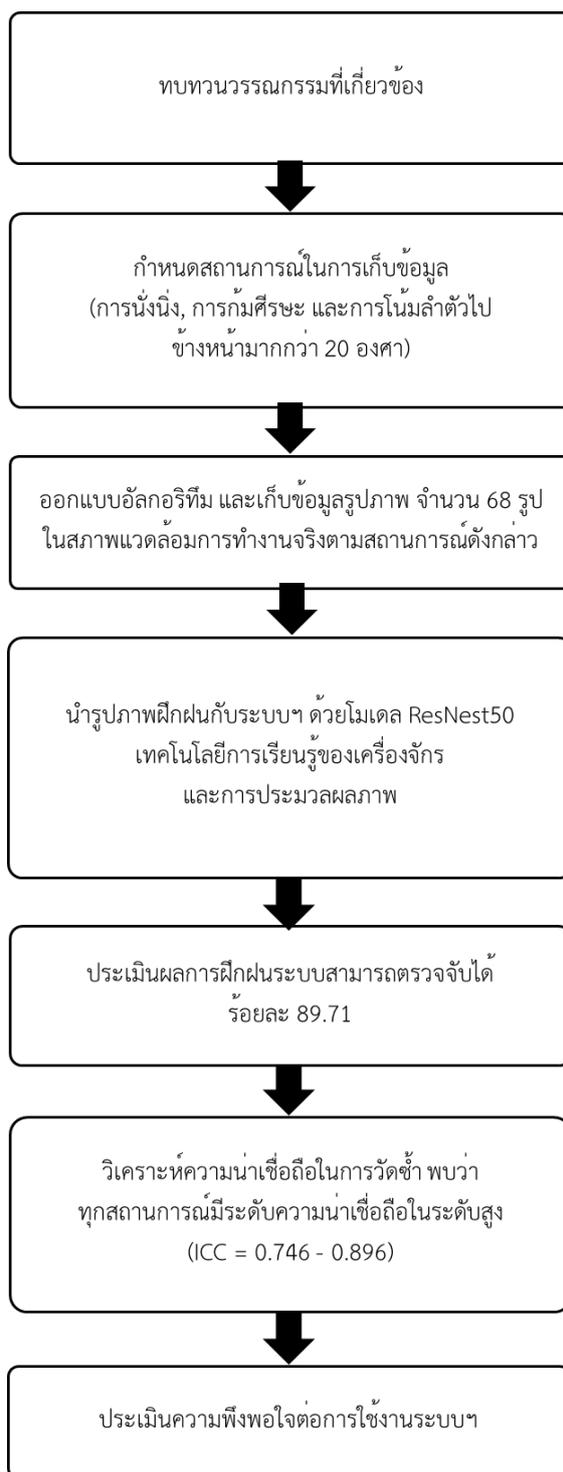
ขั้นตอนการพัฒนา ระบบฯ

การพัฒนา ระบบตรวจจับท่าทางการเคลื่อนไหวในการนั่งทำงานกับคอมพิวเตอร์โดยใช้กล้องเว็บแคมมีวิธีการสร้างและพัฒนาระบบตรวจจับท่าทางโดยการเริ่มเก็บข้อมูลรูปภาพจำนวน 68 รูป จากผู้ใช้งานจริงในสภาพแวดล้อมการทำงาน กำหนดให้ผู้ใช้งานนั่งตามสถานการณ์ที่กำหนด ได้แก่ การนั่ง การก้มศีรษะมากกว่า 20 องศา และโน้มลำตัวไปข้างหน้ามากกว่า 20 องศา โดยใช้เครื่องมือวัดมุมองศา Goniometer



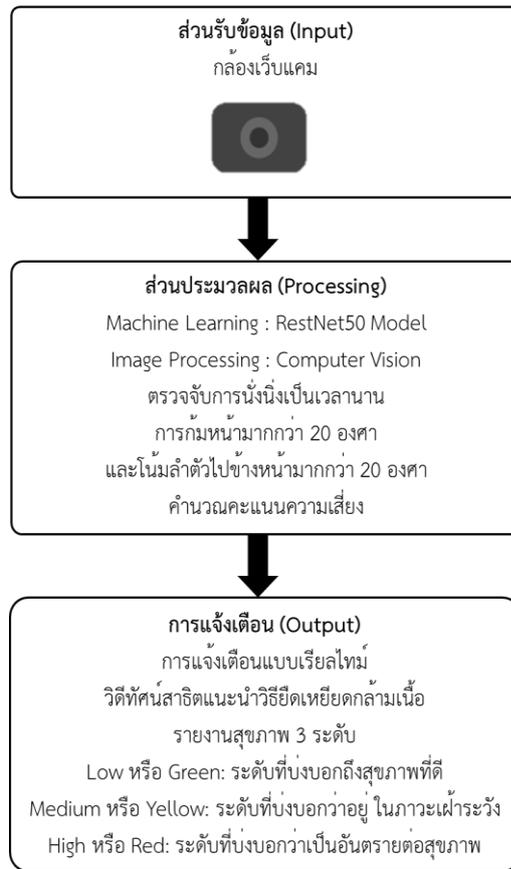
ภาพที่ 1 สถานการณ์การทดลองตามเงื่อนไขที่กำหนด

หลังจากนั้นนำข้อมูลรูปภาพที่ได้มาฝึกฝนระบบฯ ด้วยโมเดล ResNet50^[18] ซึ่งเป็นเทคโนโลยีการเรียนรู้ของเครื่องจักร และการประมวลผลภาพ เพื่อประเมินความถูกต้องของการตรวจจับท่าทางจากข้อมูลรูปภาพ พบว่า ระบบสามารถตรวจจับได้ ร้อยละ 89.71 และหาค่าความแม่นยำของระบบ จากการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือในการวัดซ้ำ พบว่า ทุกสถานการณ์มีระดับความน่าเชื่อถืออยู่ในระดับสูง (ICC = 0.746 – 0.896) จากนั้นจึงประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบ รายละเอียดดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการพัฒนา ระบบ ฯ

สำหรับขั้นตอนการทำงานของระบบฯ ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ได้แก่ ส่วนการรับวิดีโอ ส่วนการประมวลผล และส่วนการแจ้งเตือนผู้ใช้งาน รายละเอียดดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การทำงานของระบบฯ

วิธีการทดลอง

กลุ่มตัวอย่างนั่งปฏิบัติงานคอมพิวเตอร์เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที โดยมีการกำหนดเงื่อนไขสถานการณ์ ดังนี้

- (1) กล้องโน้ตบุ๊ก/เว็บแคมที่มีความคมชัดไม่ต่ำกว่าระดับ HD 720p 30 fps
- (2) ขนาดหน้าจอ 15.6 นิ้ว
- (3) สภาพแวดล้อมที่มีแสงสว่างเพียงพอ ไม่มีแสงสะท้อน ไม่มีมืด หรือจ้าเกินไป
- (4) โต๊ะทำงานสูง 75 เซนติเมตร
- (5) เก้าอี้ ที่สามารถปรับระดับได้
- (6) ลักษณะการนั่งของผู้ใช้งานตามหลักการยศาสตร์ อ้างอิงตามคู่มือการปรับปรุงการปฏิบัติงานคอมพิวเตอร์ในสำนักงานตามหลักการยศาสตร์ ^[15]

- ศีรษะตั้งตรงหรือก้มเล็กน้อยไม่เกิน 10 องศา ระดับสายตาในแนวราบควรอยู่สูงกว่า

ระดับขอบบนของจอภาพเล็กน้อย ระยะมองจอภาพควรอยู่ระหว่าง 40-60 เซนติเมตร

- นั่งหลังตั้งตรงหรือเอนไปด้านหลังเล็กน้อย
- นั่งปฏิบัติงานโดยไม่บิดเอี้ยวตัวหรือเอียงตัวไปทางซ้ายหรือทางขวา
- ห้อยแขนท่อนบนข้างลำตัวตามสบาย ยื่นไปข้างหน้าเล็กน้อยไม่เกิน 20 องศา
- ไม่วางแขนท่อนล่างบนโต๊ะหรือที่พักแขน
- จัดแขนท่อนล่างให้ทำมุมข้อศอกประมาณ 90 องศากับแขนท่อนบน
- จัดขาท่อนบนให้อยู่ในแนวราบขนานกับพื้น และทำมุมสะโพกประมาณ 90-110 องศา
- จัดขาท่อนล่างให้อยู่ในแนวตั้งตั้งฉากกับพื้น ทำมุมหัวเข่าประมาณ 90 องศา กับขาท่อนบน

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

1. การวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือในการวัดซ้ำ (Test-retest Reliability) ของระบบต้นแบบโดยใช้สถิติ Intraclass Correlation Coefficient (ICC) ในสถานการณ์ต่าง ๆ พบว่า ทุกสถานการณ์มีระดับความน่าเชื่อถือในระดับสูง (ICC = 0.746 - 0.896)

2. แบบประเมินความพึงพอใจได้รับการตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา (Content Validity) โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (IOC: Index of Item Objective Congruence) ได้ค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67–1.00 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ จึงนำแบบประเมินไปใช้เก็บข้อมูลจริง

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลจากเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา โดยนำมาตรวจสอบความสมบูรณ์แล้วนำไปประมวลผลข้อมูลโดยโปรแกรมสำเร็จรูป IBM SPSS Version 23 และใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยดังนี้

1. ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างวิเคราะห์โดยสถิติเชิงบรรยาย ด้วยการแจกแจงความถี่ (Frequency) ร้อยละ (Percentage)

2. การประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบฯ ด้วยการแจกแจงความถี่ (Frequency) ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

การพิทักษ์สิทธิอาสาสมัคร

งานวิจัยนี้ผ่านความเห็นชอบของคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์

เอกสารรับรองเลขที่ COA No.010/2567 วันที่ได้รับอนุมัติวันที่ 6 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2567

ผลการศึกษา

ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

จากการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างจำนวนทั้งสิ้น 60 คน พบว่าส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงจำนวน 45 คน คิดเป็นร้อยละ 75.00 และเพศชายจำนวน 15 คน (ร้อยละ 25.00) กลุ่มตัวอย่างมีอายุเฉลี่ย 36.57 ปี (S.D. = 11.07) โดยช่วงอายุที่พบมากที่สุดคือช่วงอายุ 20–29 ปี จำนวน 28 คน (ร้อยละ 47.00) รองลงมาคือช่วงอายุ 50–59 ปี จำนวน 14 คน (ร้อยละ 23.00) น้ำหนักเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างอยู่ที่ 64.42 กิโลกรัม (S.D. = 13.44) โดยพบว่าสัดส่วนที่มีน้ำหนักอยู่ในช่วง 50–59 กิโลกรัมและตั้งแต่ 70 กิโลกรัมขึ้นไปเท่ากันคือ จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 30.00 ในแต่ละกลุ่ม ส่วนกลุ่มที่มีน้ำหนักอยู่ในช่วง 60–69 กิโลกรัม มีจำนวน 16 คน (ร้อยละ 26.67) ส่วนสูงเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างอยู่ที่ 160.72 เซนติเมตร (S.D. = 7.39) โดยกลุ่มที่มีส่วนสูงระหว่าง 150–159 เซนติเมตรมีจำนวนมากที่สุด คือ 31 คน (ร้อยละ 51.67) รองลงมาคือกลุ่มที่มีส่วนสูง 160–169 เซนติเมตร จำนวน 21 คน (ร้อยละ 35.00) สำหรับดัชนีมวลกาย (BMI) พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 25.09 กก./ตร.ม. (S.D. = 5.01) โดยกลุ่มที่มีดัชนีมวลกายอยู่ใน เกณฑ์ปกติ (18.5–22.9 กก./ตร.ม.) มีจำนวนมากที่สุดจำนวน 18 คน (ร้อยละ 30.00) รองลงมาคือ กลุ่มที่อยู่ในช่วง 25.0–29.9 กก./ตร.ม. จำนวน 16 คน (ร้อยละ 26.67) รายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง (n=60)

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	15	25.00
หญิง	45	75.00
อายุ		
Min = 23, Max = 58, Mean = 36.57, SD = 11.07		
20 – 29 ปี	28	47.00
30 – 39 ปี	11	18.00
40 – 49 ปี	7	12.00
50 – 59 ปี	14	23.00
น้ำหนัก Min = 40, Max = 101, Mean = 64.42, S.D. = 13.44		
40 – 49 กก.	8	13.33
50 – 59 กก.	18	30.00
60 – 69 กก.	16	26.67
70 กก. ขึ้นไป	18	30.00
ส่วนสูง Min = 150, Max = 178 , Mean = 160.72, SD = 7.39		
150 – 159 ซม.	31	51.67
160 – 169 ซม.	21	35.00
170 – 179 ซม.	8	13.33
ดัชนีมวลกาย Min = 16.41, Max = 40.46, Mean = 25.09, SD = 5.01		
< 18.5	4	6.67
18.5 – 22.99	18	30.00
23 – 24.99	11	18.33
25 – 29.99	16	26.67
30 ขึ้นไป	11	18.33

การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบฯ

จากผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อการใช้งานระบบตรวจจับทำทางการเคลื่อนไหวขณะนั่งปฏิบัติงานกับคอมพิวเตอร์ พบว่า ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจแต่ละด้านอยู่ในระดับ "สูง" ทุกด้าน โดยรายการที่ได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ ข้อ 2 และข้อ 5 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากันที่

3.92 (SD = 0.28) ได้แก่ ความชัดเจนของคำอธิบายที่ทำให้อาสาสมัครสามารถเข้าใจและปฏิบัติตามขั้นตอนได้อย่างถูกต้อง และความง่ายในการเลือกใช้อุปกรณ์ประกอบต่าง ๆ ของระบบที่แสดงบนหน้าจอ ซึ่งไม่มีความซับซ้อนรองลงมาคือ ข้อ 4 "ระบบสามารถตรวจจับทำทางการเคลื่อนไหวขณะนั่งปฏิบัติงานกับคอมพิวเตอร์ได้โดยไม่รบกวนการปฏิบัติงาน" มีค่าเฉลี่ย 3.90 (SD = 0.30)

ส่วนข้อที่ได้คะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุดคือข้อ 3 "ระบบมีการประมวลผลที่รวดเร็ว แม่นยำ และถูกต้องตรงตามลักษณะความเสี่ยง" ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.68 (SD = 0.62) แต่อย่างไรก็ตาม ยังอยู่ในระดับ "สูง" เช่นเดียวกัน โดยรวม

กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบในภาพรวมอยู่ในระดับ "สูง" โดยมีค่าเฉลี่ย 3.80 (SD = 0.30) รายละเอียดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบตรวจจับทำทางการเคลื่อนไหวขณะนั่งปฏิบัติงานกับคอมพิวเตอร์ฯ (n=60)

การใช้งานระบบฯ	Mean± SD	แปลผล
1. สามารถใช้งานง่าย โดยเข้าสู่ระบบได้สะดวก รวดเร็ว	3.88 ± 0.32	สูง
2. ระบบมีความชัดเจนของคำอธิบาย โดยอาสาสมัครเข้าใจและปฏิบัติตามขั้นตอนที่กำหนดได้	3.92 ± 0.28	สูง
3. ระบบประมวลผลที่รวดเร็ว แม่นยำและถูกต้องตรงตามลักษณะความเสี่ยง	3.68 ± 0.62	สูง
4. ระบบสามารถตรวจจับทำทางการเคลื่อนไหวขณะนั่งปฏิบัติงานกับคอมพิวเตอร์ได้โดยไม่รบกวนการปฏิบัติงาน	3.90 ± 0.30	สูง
5. องค์ประกอบต่าง ๆ ของระบบที่ปรากฏบนหน้าจอสามารถเลือกใช้ได้ง่าย ไม่มีความซับซ้อน	3.92 ± 0.28	สูง
โดยภาพรวม	3.80 ± 0.30	สูง

อภิปรายและสรุปผล

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า ระบบตรวจจับทำทางการเคลื่อนไหวที่พัฒนาขึ้นได้รับความพึงพอใจจากผู้ใช้งานในระดับสูง และมีศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้เพื่อสนับสนุนการนั่งทำงานให้เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์ อย่างไรก็ตาม การประเมินประสิทธิภาพในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมจำเป็นต้องมีการวัดหรือสังเกตพฤติกรรมเพิ่มเติมควบคู่กับการใช้เครื่องมือดังกล่าวโดยช่วยจัดวางร่างกายให้อยู่ในท่าทางที่ลดความตึงเครียดของกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก สอดคล้องกับแนวคิดของอิริศคัตต์ พาจันท์^[4] และนภัสรา ไชยะ^[5] ที่ระบุว่า การออกแบบงานที่เหมาะสมช่วยลดอาการเมื่อยล้าและความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บเรื้อรัง

ของระบบกล้ามเนื้อและโครงร่างกระดูก ในสถานการณ์การทำงานจากบ้าน (Work from Home) ซึ่งเกิดขึ้นจากผลกระทบของโรคระบาดโควิด-19 การวิจัยพบว่า ระบบตรวจจับทำทางมีบทบาทสำคัญในการช่วยปรับปรุงพฤติกรรมการทำงานในบ้านที่มีการจัดสถานีงานที่ไม่เหมาะสม ระบบนี้ช่วยเฝ้าระวังและลดการทำงานในท่าที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ ซึ่งเป็นการตอบสนองต่อปัญหาที่เกิดขึ้นในยุคปัจจุบันอย่างเหมาะสม^[1]

การใช้ ROSA ในการประเมินการยศาสตร์ Sonne et al.^[17] พัฒนาเครื่องมือวิเคราะห์ท่าทางการทำงานด้วย Rapid Office Strain Assessment (ROSA) ช่วยลดความเสี่ยงการบาดเจ็บทางการยศาสตร์ในสำนักงานได้ และระบบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีวัตถุประสงค์เดียวกันในการลดความเสี่ยงของการบาดเจ็บ

และปรับปรุงด้วยการเพิ่มระบบการแจ้งเตือนแบบเรียลไทม์การวิเคราะห์ท่าทางการทำงานด้วย RULA และ ROSA^[17] และการประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ RULA อาจช่วยลดความเสี่ยงการบาดเจ็บในสำนักงานได้ ระบบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นสามารถแจ้งเตือนผู้ใช้งานแบบเรียลไทม์ โดยไม่ต้องอาศัยการประเมินแบบออฟไลน์ ทำให้ตอบสนองต่อสถานการณ์ได้รวดเร็วกว่าเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการพัฒนาระบบ เช่น การใช้กล้องเว็บแคมเพื่อตรวจจับการเคลื่อนไหวและประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี RULA หรือ ROSA ได้รับการยอมรับในการวิจัยว่าสามารถลดความเสี่ยงต่อระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูกได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในสภาพแวดล้อมที่มีข้อจำกัด ระบบนี้ยังใช้โมเดล ResNet50^[18] ซึ่งช่วยเพิ่มความแม่นยำในการตรวจจับท่าทาง และสามารถแจ้งเตือนผู้ใช้งานได้แบบเรียลไทม์ ผลลัพธ์นี้สนับสนุนการศึกษาของภุจนา ปาสิยะวรรณ^[11] ที่ระบุว่าเทคโนโลยีตรวจจับการเคลื่อนไหวในเชิงป้องกันสามารถลดปัญหาสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานได้ในระยะยาวผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานพบว่า มีระดับความพึงพอใจสูง (มากกว่าร้อยละ 92) โดยเฉพาะในด้านความง่ายในการใช้งานและการไม่รบกวนการทำงาน สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Shao et al.^[16] ที่พัฒนาระบบตรวจจับท่าทางด้วยเทคนิค Computer Vision โดยใช้โมเดล 3D Hand Skeleton ร่วมกับ CNN และ LSTM ซึ่งสามารถบรรลุความแม่นยำในการรู้จำท่าทางถึงร้อยละ 95 และมีประสิทธิภาพการตอบสนองที่รวดเร็ว (0.12-0.25 วินาที) พร้อมทั้งได้รับคะแนนความพึงพอใจจากผู้ใช้งานในระดับสูง (4.3-4.9 จาก 5) ในทุกสถานการณ์การใช้งาน

ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า ระบบตรวจจับท่าทางการนั่งทำงานโดยใช้กล้องเว็บแคมมีศักยภาพสูงในการเตือนการทำงานให้ผู้ที่

นั่งทำงานกับคอมพิวเตอร์เกิดความตระหนักนำไปสู่การปรับเปลี่ยนอิริยาบถให้เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์ และมีความเป็นไปได้ในการนำไปประยุกต์ใช้จริงในสำนักงาน อย่างไรก็ตาม การพัฒนาในอนาคตควรมุ่งเน้นการเพิ่มความแม่นยำ ด้านการประมวลผลควรพัฒนาเพิ่มเติมเพื่อรองรับการใช้งานในสภาวะแวดล้อมจริงที่หลากหลาย และการปรับแต่งให้เหมาะสมกับความต้องการของผู้ใช้งานแต่ละคน เพื่อสร้างประสบการณ์การใช้งานที่ดี และส่งเสริมการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการทำงานอย่างยั่งยืน

สรุปผล

การวิจัยนี้ได้ศึกษาและประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบตรวจจับท่าทางการเคลื่อนไหว ขณะนั่งปฏิบัติงานกับคอมพิวเตอร์โดยใช้กล้องเว็บแคม โดยมีกลุ่มตัวอย่างจำนวน 60 คน ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นได้รับการตอบรับที่ดีจากผู้ใช้งานโดยมีความพึงพอใจในระดับสูงทุกด้านที่ประเมินด้วยค่าเฉลี่ยรวม 3.80 จาก 5 คะแนนเต็ม ในด้านของการใช้งาน ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจสูงสุดต่อความชัดเจนของคำอธิบายและความง่ายในการใช้งานระบบ ซึ่งได้คะแนนเฉลี่ย 3.92 แสดงให้เห็นว่า การออกแบบระบบนั้น มีความเหมาะสมและตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ระบบยังสามารถตรวจจับท่าทางการเคลื่อนไหวได้โดยไม่รบกวนการปฏิบัติงานปกติของผู้ใช้ ซึ่งเป็นคุณสมบัติสำคัญที่ได้รับการประเมินในระดับสูง แม้ว่าด้านการประมวลผลจะได้รับคะแนนต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบกับด้านอื่น ๆ แต่ยังคงอยู่ในระดับความพึงพอใจสูง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่สูงกว่าในด้านนี้บ่งชี้ว่า ผู้ใช้งานมีความเห็นที่หลากหลายเกี่ยวกับประสิทธิภาพการประมวลผล ซึ่งเป็นจุดที่ควรได้รับการพัฒนาปรับปรุงในอนาคต

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย

ระบบที่พัฒนาขึ้นมีศักยภาพในการส่งเสริมการนั่งทำงานตามหลักการยศาสตร์ และอาจลดความเสี่ยงจากอาการปวดเรื้อรัง ควรพัฒนาให้สามารถใช้งานได้ในกลุ่มประชากรที่หลากหลายยิ่งขึ้น การเชื่อมต่อกับเทคโนโลยีอื่น เช่น โด๊ะปรับระดับ และเก้าอี้การยศาสตร์ และบูรณาการระบบเข้ากับแผนส่งเสริมสุขภาพ เพื่อสร้างวัฒนธรรมในองค์กร

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรทำการศึกษาระยะยาวเพื่อตรวจสอบผลกระทบต่อนอกกิจกรรมการนั่งทำงาน และศึกษาผลกระทบต่อกลุ่มเป้าหมายที่หลากหลาย

2. การประยุกต์ใช้กับเทคโนโลยีที่ทันสมัย ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการบูรณาการกับเทคโนโลยีล้ำสมัย เช่น Wearable Technology สมาร์ทวอตช์หรืออุปกรณ์สวมใส่ที่ตรวจจับท่าทางและแจ้งเตือนได้ Machine Learning และ AI เพื่อพัฒนาโมเดลที่เรียนรู้และปรับตัวตามพฤติกรรมผู้ใช้แต่ละคน เทคโนโลยีเสมือนจริงที่ผสมผสานหลากหลายมิติเข้าด้วยกัน Extended Reality (XR) เพื่อช่วยฝึกท่าทางการนั่งทำงานที่ถูกต้อง

3. การพัฒนาระบบให้รองรับพฤติกรรมการทำงานที่ซับซ้อนมากขึ้น เช่น การนั่งไขว่ห้าง การหันข้าง การเอนตัวไปด้านหลัง หรือการบิดลำตัว การทำงานร่วมกับอุปกรณ์หลายชนิด การเคลื่อนไหวระหว่างทำงาน และการวิเคราะห์แบบสามมิติที่ครอบคลุมทุกมุมของร่างกาย เพื่อการประเมินความเสี่ยงที่แม่นยำมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกลุ่มตัวอย่างทุกท่านที่กรุณาให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ รวมถึงหน่วยงานที่ให้การสนับสนุนการพัฒนา ระบบต้นแบบ และหน่วยวิจัยด้านการยศาสตร์ อาชีวอนามัยแห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ที่สนับสนุนทุนการศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. จุฑามาต นิมจิตต์, โกวิทย์ กังสนันท์. ประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของบุคลากรของสำนักงานอัยการจังหวัดนนทบุรีที่มีผลมาจากการปรับใช้เทคโนโลยีดิจิทัล. วารสารนวัตกรรมการบริหารและการจัดการ. 2564;9(3):36-50.
2. สำนักนายกรัฐมนตรี. ระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรี ว่าด้วยการปฏิบัติงานนอกสถานที่ตั้งของส่วนราชการ. ราชกิจจานุเบกษา. 2565;139(ตอนพิเศษ 238 ง):1-3.
3. สำนักงานกองทุนเงินทดแทน สำนักงานประกันสังคม. ข้อมูลสถิติกองทุนเงินทดแทน [อินเทอร์เน็ต]. กรุงเทพฯ: สำนักงานประกันสังคม; 2566 [เข้าถึงเมื่อ 2566 ม.ค. 18]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.sso.go.th>
4. แก้วตา ไกรศรีทุม. การประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์และปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับอาการผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและกระดูก โครงร่างจากการทำงานของพนักงานสายสนับสนุนที่ใช้คอมพิวเตอร์ในการทำงานสังกัดมหาวิทยาลัยนเรศวร. วารสารความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม. 2562;4(2):35-42.
5. ธีรศักดิ์ พาจันท์, เพชรรัตน์ สุขสูง. ความชุกและปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการปวดหลังส่วนล่างของบุคลากรสาธารณสุขสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดขอนแก่น. วารสารวิชาการสาธารณสุขชุมชน. 2563;6(3):196-205.

6. นภัตรา ไชยะ. ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่ออาการผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อและกระดูกโครงร่างของนิสิตระดับปริญญาตรีที่ใช้งานคอมพิวเตอร์สังกัดมหาวิทยาลัยรัตนนคร. วารสารความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม. 2562;4(2):73-82.
7. วรินทร์ทิพย์ คงฤทธิ. กลุ่มอาการที่พบจากการใช้คอมพิวเตอร์ในการปฏิบัติงาน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 2564;40(5):369-375.
8. ค่อลิฟ ปะหยังหลี่, ณ์รัฐฉิม ตัดสายชล, กิตติภักดิ์ สัตยาพิศย์, ชูวิดา จาลง, ฟาดิละห์ สามาะ. ความชุกและปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการบาดเจ็บทางระบบกล้ามเนื้อและกระดูกของบุคลากรสำนักงานที่ปฏิบัติงานด้วยคอมพิวเตอร์ในคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์. วารสารพยาบาลสงขลานครินทร์. 2565;42(1):121-134.
9. Dang THA, Romero Starke K, Liebers F, Burr H, Seidler A, Hegewald J. Impact of sitting at work on musculoskeletal complaints of German workers: results from the study on mental health at work (S-MGA). *J Occup Med Toxicol*. 2024;19(1):9.
10. ระวีพรรณ สุนันตะ, น้ำเงิน จันทรมณี, ทวีวรรณ ศรีสุขคำ. ปัจจัยทำนายที่ส่งผลต่ออาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อจากการทำงานด้านคอมพิวเตอร์ของบุคลากร มหาวิทยาลัยพะเยา. วารสารสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 10 จังหวัดอุบลราชธานี. 2565;20(2):56-72.
11. ภูจนา ปาลียะวรรณ. ระบบติดตามโรคคนทำงานออฟฟิศโดยใช้กล้อง Kinect [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี; 2557.
12. กระทรวงแรงงาน. ประกาศกระทรวงแรงงาน เรื่อง กำหนดชนิดของโรคซึ่งเกิดขึ้นตามลักษณะหรือสภาพของงานหรือเนื่องจากการทำงาน. ราชกิจจานุเบกษา. 2566;140(ตอนพิเศษ 29 ง):2-8.
13. จักรพันธ์ ตันชัย. การศึกษาความพึงพอใจในการใช้งานแอปพลิเคชันสิทธิพิเศษต่อความภักดีต่อตราสินค้า: กรณีศึกษาแอปพลิเคชันกาแล็คซี่กิฟท์ [การค้นคว้าอิสระ]. กรุงเทพฯ: คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์; 2558.
14. Cohen J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. 2nd ed. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates; 1988.
15. สถาบันส่งเสริมความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน (องค์การมหาชน). คู่มือการปรับปรุงการปฏิบัติงานคอมพิวเตอร์ในสำนักงานตามหลักการยศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: บริษัท ชยากร พรีนติ้ง; 2562.
16. Shao F, Zhang T, Gao S, Yang L, Sun Q. Computer Vision-Driven Gesture Recognition: Toward Natural and Intuitive Human-Computer Interfaces [Internet]. arXiv preprint; 2024 [Cited 2024 Dec 23]. Available from: <https://arxiv.org/abs/2412.18321>
17. Sonne M, Villalta DL, Andrews DM. Development and evaluation of an office ergonomic risk checklist: the Rapid office strain assessment (ROSA). *Appl Ergon*. 2012;43(1):98-108.
18. Petru P. What Is ResNet-50? Roboflow Blog [internet]. 2024 [Cited 2025 Aug 10]. Available from: <https://blog.roboflow.com/what-is-resnet-50/>