

Research article

การยอมรับและการใช้ประโยชน์ของผู้สอนต่อระบบติดตามสมาธิจดจ่อของผู้เรียนด้วยปัญญาประดิษฐ์
แบบอธิบายได้ในชั้นเรียนออนไลน์แบบประสานเวลา

TEACHER ACCEPTANCE AND USE OF AN EXPLAINABLE AI-BASED STUDENT SUSTAINED ATTENTION MONITORING SYSTEM IN SYNCHRONOUS ONLINE CLASSROOMS

พิชญะ พรหมลา^{1*} และสมคิด แซ่หลี่²

Pichaya Promla* and Somkid Saelee

pichaya.promla@gmail.com* and somkid.l@fte.kmutnb.ac.th

^{1*}แผนกวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ วิทยาลัยเทคนิคเลย จังหวัดเลย 42000 ประเทศไทย

Department of Information Technology, Loei Technical College, Loei 42000 Thailand

²ภาควิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

กรุงเทพมหานคร 10800 ประเทศไทย

Department of Computer Education, Faculty of Technical Education, King Mongkut's University of Technology North

Bangkok, Bangkok 10800 Thailand

Journal of Industrial Education. 2025, Vol. 24 (No. 2), <https://doi.org/10.55003/JIE.24214>

Received: July 23, 2025, | Revised: August 15, 2025, | Accepted: August 26, 2025

Citation reference :

Promla, P., & Saelee, S. (2025). Teacher acceptance and use of an explainable ai-based student sustained attention monitoring system in synchronous online classrooms. *Journal of Industrial Education*, 24(2), 99-110.

ABSTRACT

This study presented a student sustained attention monitoring system for synchronous online learning that integrated computer vision with explainable artificial intelligence (XAI) to display real-time behavioral information supporting teachers' decisions to adjust instruction appropriately. The monitoring system consisted of YOLO-based models to detect facial expressions, blinking rate, eye opening and closure, and signs of fatigue, and employed a Random Forest model to assess sustained attention levels; results were summarized through a user interface designed according to XAI principles that emphasized interpretability and traceability. The sample consisted of 25 teachers from five subject areas who used the system in synchronous online classes for at least a 60-minutes and then completed a user-experience questionnaire. The research instrument was a questionnaire adapted from the System Usability Scale (SUS), covering three aspects: perceived usefulness, ease of use, and user confidence. Descriptive statistics, percentage, mean ($\bar{x}$) and standard deviation (SD) were used to analyze the data. The findings showed that teachers' satisfaction with the system was high ($\bar{x}$ =4.45, SD=0.20), reflecting the system's potential to effectively support teacher decision-making in synchronous online instruction and to strengthen confidence in employing digital technologies to enhance teaching and learning.

Keywords: Sustained attention monitoring system, Synchronous online learning, Computer vision, Explainable artificial intelligence

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้นำเสนอระบบติดตามสมาธิจดจ่อของผู้เรียนในชั้นเรียนออนไลน์แบบประสานเวลาโดยใช้เทคนิคคอมพิวเตอร์วิทัศน์ร่วมกับปัญญาประดิษฐ์แบบอธิบายได้ (Explainable artificial intelligence: XAI) เพื่อแสดงข้อมูลพฤติกรรมของผู้เรียนแบบเรียลไทม์สำหรับสนับสนุนการตัดสินใจของผู้สอนในการปรับกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสม ระบบติดตามประกอบด้วยตัวแบบ YOLO สำหรับตรวจจับสีหน้า อัตราการกระพริบตา การปิด เปิดดวงตา และอาการเมื่อยล้า ใช้ตัวแบบ Random Forest สำหรับประเมินระดับสมาธิจดจ่อ โดยสรุปผลผ่านส่วนติดต่อผู้ใช้ตามแนวคิด XAI ที่เน้นความเข้าใจง่ายและตรวจสอบที่มาได้ กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยผู้สอนจำนวน 25 คน จาก 5 กลุ่มสาระวิชา ใช้งานระบบในชั้นเรียนออนไลน์เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 60 นาที จากนั้นตอบแบบสอบถามประสบการณ์การใช้งาน เครื่องมือวิจัยคือแบบสอบถามที่ปรับปรุงจาก System Usability Scale (SUS) ครอบคลุม 3 ด้าน ได้แก่ ความมีคุณค่าของระบบ ความสะดวกในการใช้งาน และความมั่นใจในการใช้งาน สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลประกอบด้วย ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ผลการวิจัยพบว่าผู้สอนมีความพึงพอใจต่อระบบในระดับมาก ($\bar{X} = 4.45$, $SD = 0.20$) สะท้อนถึงศักยภาพของระบบที่สามารถสนับสนุนการตัดสินใจของผู้สอนในบริบทการสอนออนไลน์แบบประสานเวลาได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเสริมความเชื่อมั่นในการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อยกระดับการจัดการเรียนการสอน

คำสำคัญ: ระบบติดตามสมาธิจดจ่อ, การเรียนรู้ออนไลน์แบบประสานเวลา, คอมพิวเตอร์วิทัศน์, ปัญญาประดิษฐ์แบบอธิบายได้

1. บทนำ

การเรียนรู้ออนไลน์แบบประสานเวลา (Synchronous online learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนเสมือน (Virtual classroom) ผ่านแอปพลิเคชันการประชุมทางไกล (Video conference) ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะช่วงการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 และยังคงมีบทบาทสำคัญในปัจจุบัน ทั้งในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ระดับอุดมศึกษา และการอบรมพัฒนาทักษะในองค์กรทั้งภาครัฐและเอกชน (Pham et al., 2021, pp. 19–24) การเรียนรู้ในรูปแบบนี้ส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิต และเป็นหนึ่งในกลไกขับเคลื่อนการพัฒนาอย่างยั่งยืน (Torres, 2011, Online; Vieira, 2019, pp. 1–9) อย่างไรก็ตาม การที่ผู้สอนไม่สามารถสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนได้โดยตรงในชั้นเรียนออนไลน์ทำให้ข้อมูลไม่เพียงพอสำหรับประเมินสถานะของผู้เรียน เช่น การมีสมาธิจดจ่อ (Sustained attention) หรือการมีส่วนร่วม (Engagement) ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ ทั้งนี้เพราะในสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ออนไลน์ผู้เรียนมีโอกาสรบกวนจากสิ่งเร้าภายนอกได้ง่าย ทำให้เกิดการเสียสมาธิ ส่งผลต่อการรับรู้และจดจำเนื้อหาลดลง และอาจเกิดสถานะผลตกค้างของความสนใจ (Attention residue effect) ซึ่งทำให้ผู้เรียนต้องใช้เวลาในการกลับมาสมาธิกับเนื้อหาอีกครั้ง (Junco & Cotten, 2012, pp. 505–214; Leroy, 2009, pp. 168–181; Ophir et al., 2009, pp. 155831–15587)

เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ได้มีการนำเทคนิคทางคอมพิวเตอร์วิทัศน์ (Computer vision: CV) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ประเภทหนึ่ง (Artificial intelligence: AI) ที่ช่วยให้คอมพิวเตอร์สามารถรับรู้และแปลความหมายของภาพดิจิทัลได้เช่นเดียวกับมนุษย์ (Brownlee, 2019, Online) มาใช้ในการตรวจติดตามพฤติกรรมของผู้เรียนแบบเรียลไทม์ เช่น การแสดงสีหน้า การกระพริบตา การมองหน้าจอ และท่าทางของร่างกายส่วนบน โดยข้อมูลเหล่านี้สามารถนำมาวิเคราะห์สถานะของผู้เรียนได้อย่างแม่นยำ (Cabada et al., 2018, pp. 611–628; Dewan et al., 2018, pp. 1895–1902; Faria et al., 2017, pp. 824–837; He et al., 2018, pp. 185–194; Ma et al., 2022, pp. 1–25) อย่างไรก็ตาม การนำข้อมูลเหล่านี้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดนั้นชั้นเรียนยังคงเป็นความท้าทาย โดยเฉพาะในด้านความเข้าใจและความเชื่อมั่นของผู้สอนที่มีต่อผลการวิเคราะห์ของปัญญาประดิษฐ์ เนื่องจากข้อมูลมักอยู่ในรูปแบบที่ซับซ้อน ตีความได้ยาก ขาดความแม่นยำ หรือขาดความชัดเจนสำหรับนำไปใช้งาน

จากสาเหตุดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการพัฒนาระบบติดตามสมาธิจดจ่อของผู้เรียนด้วยเทคนิคทางคอมพิวเตอร์ วิชาที่แสดงผลตามแนวทางปัญญาประดิษฐ์แบบอธิบายได้ (Explainable artificial intelligence: XAI) ซึ่งเป็นวิธีการที่มีบทบาทสำคัญในการทำให้ผลลัพธ์ที่ได้จากปัญญาประดิษฐ์ มีความโปร่งใส เชื่อมั่นได้ และสามารถอธิบายเหตุผลที่อยู่เบื้องหลังการวิเคราะห์ได้อย่างชัดเจน (Kim & Doshi-Velez, 2021, pp. 47–52) ซึ่งถือเป็นปัจจัยสำคัญทำให้เกิดการยอมรับและส่งเสริมการนำไปใช้งานจริงในบริบททางการศึกษา ระบบที่พัฒนาขึ้นถูกออกแบบให้แสดงข้อมูลเชิงพฤติกรรมของผู้เรียนในลักษณะที่เข้าใจได้ง่าย เช่น การใช้กราฟแนวโน้มสมาธิจดจ่อ การใช้สีเน้นบนข้อความแจ้งเตือน และการใช้รูปภาพแทนพฤติกรรมเด่นในชั้นเรียน เพื่อให้ผู้สอนสามารถใช้ข้อมูลเหล่านี้ประกอบการตัดสินใจและปรับเปลี่ยนกิจกรรมการเรียนรู้ได้อย่างทันทั่วถึงและมีประสิทธิภาพ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาระบบติดตามสมาธิจดจ่อของผู้เรียนสำหรับชั้นเรียนออนไลน์แบบประสานเวลาที่ใช้วิธีการทางคอมพิวเตอร์วิชาที่ร่วมกับเทคนิคปัญญาประดิษฐ์แบบอธิบายได้ และ 2) ศึกษาผลการใช้ระบบของผู้สอน โดยประเมินการยอมรับในมิติการรับรู้ประโยชน์ ความเข้าใจต่อข้อมูล และความเชื่อมั่นต่อระบบ เพื่อสะท้อนศักยภาพของระบบในฐานะเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจระหว่างการสอนและแนวทางพัฒนาต่อยอดสำหรับการใช้งานจริง ขอบเขตการวิจัยครอบคลุมการจัดการเรียนรู้ออนไลน์แบบประสานเวลา โดยให้ผู้สอนใช้ระบบที่พัฒนาขึ้นเพื่อติดตามสมาธิจดจ่อของผู้เรียนในระหว่างจัดการเรียนรู้ออนไลน์แบบประสานเวลาอย่างน้อย 60 นาที ทั้งนี้ ไม่ควบคุมและไม่วิเคราะห์เนื้อหาบทเรียนวิธีสอน หรือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน มุ่งเน้นเฉพาะการใช้ข้อมูลพฤติกรรมแบบเรียลไทม์ผ่านระบบเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจของผู้สอน กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยผู้สอน 25 คนที่คัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจงตามเกณฑ์มีประสบการณ์สอนออนไลน์ ใช้อุปกรณ์ดิจิทัลพื้นฐานได้ ยินยอมเข้าร่วมการวิจัย และครอบคลุมความหลากหลายเชิงวิชา แบ่งตาม 5 กลุ่มสาระวิชา กลุ่มละ 5 คน โดยผู้เรียนในชั้นเรียนจริงมีบทบาทเป็นผู้ให้ข้อมูลพฤติกรรมผ่านกล้องเท่านั้น มิได้เป็นหน่วยวัดผลรายบุคคลและไม่มีการเปิดเผยตัวตน ตัวแปรผลที่ศึกษาเป็นการยอมรับระบบของผู้สอน 3 ด้าน ได้แก่ การรับรู้ประโยชน์ (Perceived usefulness) ความสะดวกในการใช้งาน (Perceived ease of use) และความเชื่อมั่นในการใช้งานระบบ (User confidence/Trust) เครื่องมือวิจัยเป็นแบบสอบถามที่ปรับปรุงจาก System Usability Scale (SUS) ให้สอดคล้องกับบริบทของระบบ และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

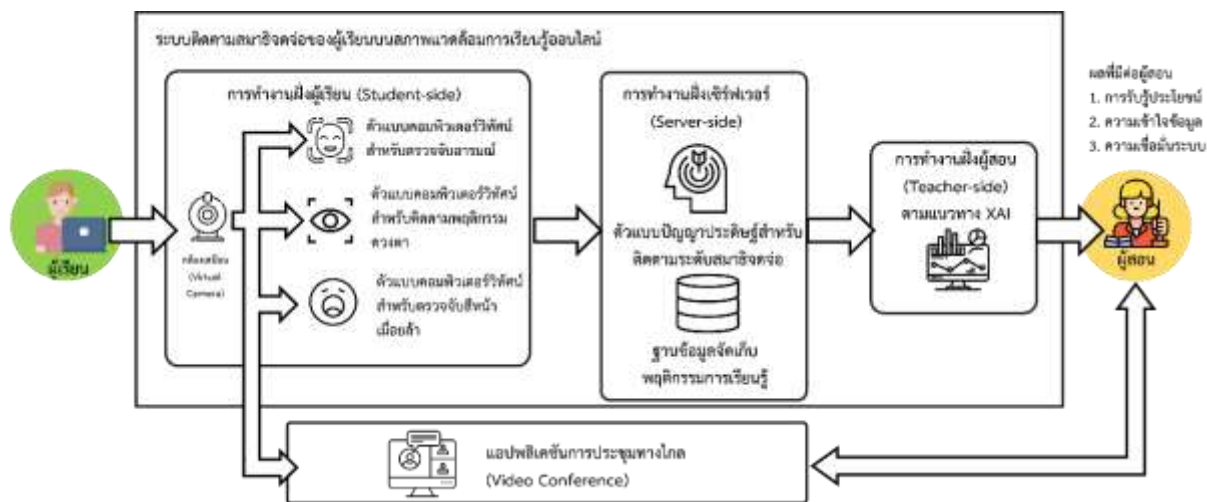
2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าสมาธิจดจ่อเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สัมพันธ์กับคุณภาพการเรียนรู้ การควบคุมตนเอง ความสามารถทางสติปัญญา และสุขภาพจิตของผู้เรียน งานวิจัยเกี่ยวกับการฝึกสมาธิในบริบทต่าง ๆ รายงานผลสอดคล้องกันว่าสามารถยกระดับความตั้งใจ ความสนใจ สมาธิในการเรียน การสะท้อนตน และความพึงพอใจชีวิตได้ (Juthawan, 2019, Online; Pragya et al., 2021, pp.1–9; Yun et al., 2020, pp. e61–e68) แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการติดตามสมาธิจดจ่อในชั้นเรียนออนไลน์แบบประสานเวลาเพื่อยกระดับประสิทธิภาพการเรียนรู้ของผู้เรียน ในด้านเทคนิค พบว่ามีงานวิจัยจำนวนมากประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์วิทัศน์เพื่อติดตามพฤติกรรมผู้เรียนโดยไม่รบกวนกระบวนการเรียนรู้ และไม่ต้องใช้อุปกรณ์เฉพาะทางเพิ่มเติม เช่น การวิเคราะห์สีหน้า การติดตามการเคลื่อนไหวของใบหน้า ดวงตา และร่างกายส่วนบน ซึ่งสะท้อนระดับความสนใจและสภาวะการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Ahuja et al., 2019, pp. 71:1–71:26; Cha & Kim, 2015, pp. 46–51; Dewan et al., 2018, pp. 1895–1902; Hutt et al., 2021, pp. 1–14; Ma et al., 2022, pp. 1–25; Murali et al., 2021, pp. 1–13) งานวิจัยกลุ่มนี้ชี้ให้เห็นว่าข้อมูลจากการตรวจติดตามด้วยคอมพิวเตอร์วิทัศน์สามารถใช้ประกอบการตัดสินใจของผู้สอนเพื่อปรับกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสม โดยเฉพาะเมื่อนำมาออกแบบการสื่อสารตามแนวคิดปัญญาประดิษฐ์แบบอธิบายได้ (Explainable AI: XAI) ที่ระบุว่าควรยึดผู้ใช้เป็นศูนย์กลาง นำเสนอข้อมูลที่เข้าใจได้ง่าย ทำให้เห็นภาพรวมของผลการวิเคราะห์ได้อย่างชัดเจน และอธิบายเหตุผลของระบบได้อย่างโปร่งใสเพื่อส่งเสริมความไว้วางใจและการยอมรับ (Khosravi et al., 2022, p. 100074; Holstein & Aleven., 2022, pp. 230–248; Long & Magerko, 2020) โดยตัวแปรหลักที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้อ้างอิงกรอบยอมรับเทคโนโลยีและงานต่อเนื่อง ได้แก่ การรับรู้ประโยชน์ (Perceived usefulness: PU) และความสะดวกในการใช้งาน (Perceived ease of use: PEOU) เพื่อสะท้อนการใช้ประโยชน์จริง ภาระการเรียนรู้ของผู้ใช้ ควบคู่กับความเชื่อมั่นต่อระบบ (Trust/User confidence)

อย่างไรก็ตาม ยังมีช่องว่างในด้านประสบการณ์การใช้จริงของผู้สอนระหว่างจัดการเรียนรู้ ซึ่งมีความสำคัญไม่น้อยกว่าความแม่นยำของโมเดลเพียงอย่างเดียว งานวิจัยนี้จึงออกแบบระบบให้สื่อสารสัญญาณเชิงพฤติกรรมแบบเรียลไทม์ในระดับชั้นเรียนและรายผู้เรียน พร้อมประเมินการยอมรับจากผู้สอนในชั้นเรียนออนไลน์แบบประสานเวลา เพื่อเติมเต็มช่องว่างดังกล่าว และสะท้อนศักยภาพรวมทั้งข้อจำกัดเชิงปฏิบัติที่ต้องพิจารณา เช่น การบูรณาการกับแพลตฟอร์มการประชุมออนไลน์ ความล่าช้า (Latency) และความเที่ยงตรงของตัวชี้วัด อย่างเป็นระบบ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการตามกรอบแนวคิดที่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์แบบอธิบายได้และการวิเคราะห์พฤติกรรมผู้เรียนผ่านคอมพิวเตอร์วิทัศน์ ระบบที่พัฒนาขึ้นทำหน้าที่ตรวจติดตามพฤติกรรมของผู้เรียน ประกอบด้วย การแสดงสีหน้าแสดงอารมณ์ อัตราการกระพริบตาต่อหน้าที่ การหลับตา และการแสดงสีหน้าแสดงความเหนื่อยล้า เพื่อนำมาวิเคราะห์ระดับสมาธิจดจ่อ (Sustained attention) และแสดงผลในรูปแบบที่เข้าใจง่ายผ่านโปรแกรมฝั่งผู้สอนตามแนวทาง XAI ซึ่งผู้สอนสามารถใช้ข้อมูลเหล่านี้ในการปรับกิจกรรมการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสม ทำการประเมินผลระบบใน 3 ด้าน ได้แก่ การรับรู้ประโยชน์ในการจัดการเรียนรู้ (Perceived usefulness) ความเข้าใจต่อข้อมูลที่ระบบแสดงผล (Comprehensibility) และความเชื่อมั่นต่อระบบ (Trust in system)



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

การดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ระยะ ได้แก่ การออกแบบและพัฒนาระบบ และการศึกษาผลการใช้ระบบของผู้สอน รายละเอียดการดำเนินงานแต่ละระยะมีดังนี้

3.1 การออกแบบและพัฒนาระบบ

3.1.1 การฝึกตัวแบบคอมพิวเตอร์วิทัศน์ฝั่งผู้เรียน ดำเนินการโดยพัฒนาตัวแบบคอมพิวเตอร์วิทัศน์ด้วยเทคนิคการถ่ายโอนความรู้ (Transfer learning) จากตัวแบบ YOLO (You only look once) ซึ่งเป็นหนึ่งในสถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมเชิงลึก (Deep neural network) ที่มีประสิทธิภาพสูงสำหรับการตรวจจับวัตถุแบบเรียลไทม์ มีจุดเด่นด้านความเร็ว ความแม่นยำ สามารถประมวลผลและระบุตำแหน่งของวัตถุในภาพได้พร้อมกันหลายประเภท ทำให้เหมาะสำหรับการใช้งานที่ต้องการความต่อเนื่อง

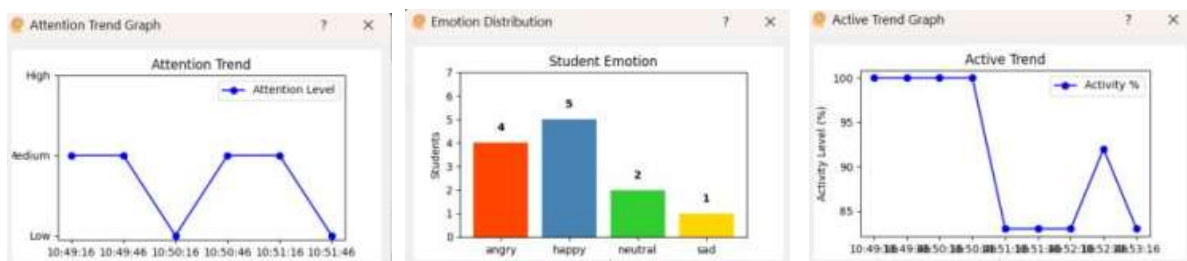
ตัวแบบคอมพิวเตอร์วิทัศน์ที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วย ตัวแบบสำหรับตรวจจับอารมณ์จากสีหน้า ตัวแบบสำหรับติดตามพฤติกรรมเคลื่อนไหวของดวงตา และตัวแบบสำหรับตรวจจับสีหน้าเหนื่อยล้า ข้อมูลพฤติกรรมที่ตรวจติดตามได้จะถูกส่งไปใช้ในการวิเคราะห์ระดับสมาธิจดจ่อของผู้เรียนด้วยตัวแบบปัญญาประดิษฐ์บนโปรแกรมฝั่งเซิร์ฟเวอร์ต่อไป

3.1.2 การฝึกตัวแบบปัญญาประดิษฐ์ฝั่งเซิร์ฟเวอร์ พัฒนาตัวแบบด้วยอัลกอริทึม Random forest ซึ่งมีจุดเด่นด้านความแม่นยำสูง สามารถจัดการข้อมูลที่มีลักษณะซับซ้อน และใช้ทรัพยากรในการประมวลผลต่ำ ตัวแบบวิเคราะห์ข้อมูลพฤติกรรม 14 รายการที่ได้รับจากตัวแบบคอมพิวเตอร์วิทัศน์ฝั่งผู้เรียน และจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูลพฤติกรรมผู้เรียนเพื่อให้นำเสนอในโปรแกรมฝั่งผู้สอน เพื่อให้ผู้สอนใช้ประกอบการตัดสินใจในการปรับกิจกรรมการเรียนรู้และเสริมแรงผู้เรียนต่อไป

3.1.3 การพัฒนาโปรแกรมฝั่งผู้สอนตามแนวทางปัญญาประดิษฐ์แบบอธิบายได้ (XAI) โปรแกรมฝั่งผู้สอนได้รับการออกแบบให้แสดงผลข้อมูลภาพรวมของชั้นเรียนในลักษณะที่เข้าใจง่าย ประกอบด้วยจำนวนผู้เรียนที่ออนไลน์ ระดับสมาธิ จดจ่อ อารมณ์ส่วนใหญ่ของผู้เรียน จำนวนผู้เรียนที่กำลังมองหน้าจอ จำนวนผู้เรียนที่แสดงสีหน้ากระตือรือร้น จำนวนผู้เรียนที่หลับตา และจำนวนผู้เรียนที่ไม่อยู่หน้าจอ หากผู้สอนต้องการข้อมูลเชิงลึกสามารถเลือกดูกราฟแนวโน้มระดับสมาธิจดจ่อของชั้นเรียน กราฟแสดงการกระจายอารมณ์ของผู้เรียน กราฟแสดงสีหน้ากระตือรือร้น กราฟแสดงแนวโน้มการมองหน้าจอของผู้เรียน ผู้เรียนที่หลับตา และผู้เรียนที่ไม่อยู่หน้าจอเพื่อวิเคราะห์แนวโน้มพฤติกรรมของชั้นเรียนได้อย่างละเอียด



รูปที่ 2 โปรแกรมแสดงข้อมูลฝั่งผู้สอน



รูปที่ 3 ตัวอย่างข้อมูลเชิงลึกที่โปรแกรมแสดงผล

3.1.3 การทดสอบและทดลองใช้งาน เมื่อการพัฒนาระบบเสร็จสมบูรณ์ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบความถูกต้องของระบบ (Function test) เพื่อประเมินประสิทธิภาพและความแม่นยำของการทำงาน ประกอบด้วย การทดสอบการตรวจติดตามพฤติกรรมของผู้เรียน การทดสอบการวิเคราะห์ระดับสมาธิจดจ่อของผู้เรียน และการทดสอบการแสดงผลข้อมูลบนโปรแกรมฝั่งผู้สอน จากนั้นทำการปรับปรุงแก้ไขระบบในส่วนที่ทำงานผิดพลาดหรือมีความคลาดเคลื่อน แล้วนำไปให้กลุ่มตัวอย่างทดลองใช้งานเพื่อศึกษาผลกระทบของการใช้ระบบต่อไป

3.2 การศึกษาผลการใช้ระบบของผู้สอน

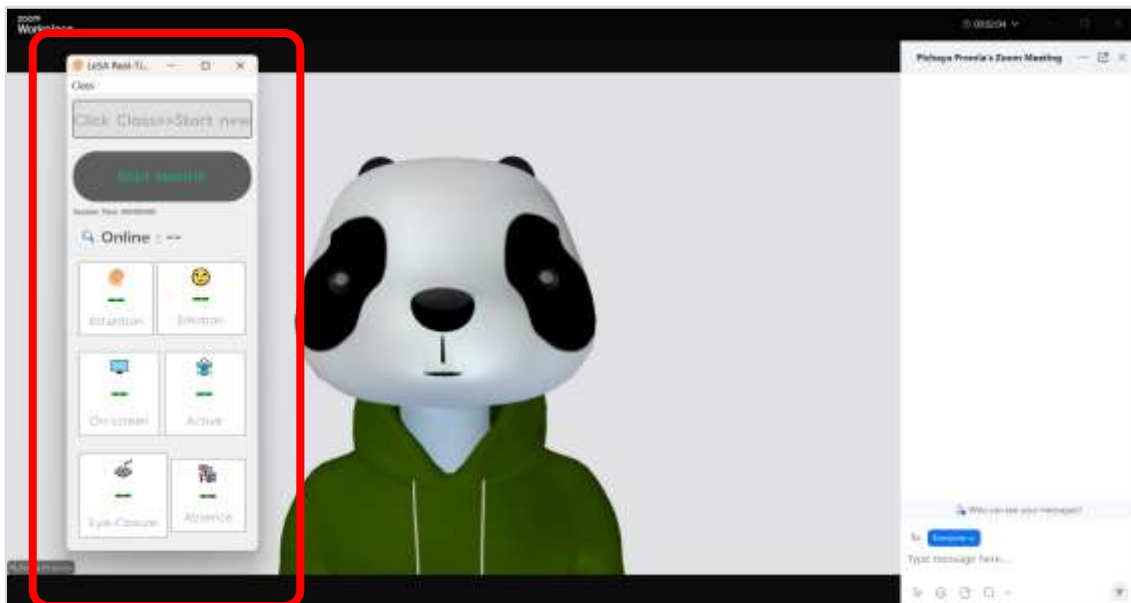
ดำเนินการโดยทดสอบการยอมรับจากผู้ใช้งาน (User acceptance) ระบบที่พัฒนาเสร็จสิ้นถูกนำไปให้กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นผู้สอนที่มีประสบการณ์จัดการเรียนรู้ออนไลน์แบบประสานเวลาจำนวน 25 คน ได้จากการสุ่มแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling) ตามลักษณะวิชาที่สอนจำนวน 5 กลุ่ม กลุ่มละ 5 คน ประกอบด้วย

- 1) กลุ่มผู้สอนด้านคอมพิวเตอร์ เทคโนโลยีสารสนเทศ และเทคโนโลยีดิจิทัล
- 2) กลุ่มผู้สอนด้านวิชาการบรรยาย เช่น สังคมศาสตร์ และภาษาศาสตร์
- 3) กลุ่มผู้สอนด้านวิชาการคำนวณ เช่น คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์
- 4) กลุ่มผู้สอนด้านอาชีวศึกษาหรือกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพ
- 5) กลุ่มผู้สอนด้านการฝึกวิชาชีพระยะสั้น หรือวิทยากรในการจัดการอบรม

กลุ่มตัวอย่างและนักเรียน นักศึกษาที่เข้าร่วมการวิจัยทุกคนได้รับคำชี้แจงเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย นโยบายคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคลตามหลักจริยธรรมในการวิจัย โดยสามารถแสดงความยินยอมหรือปฏิเสธการเข้าร่วมได้โดยอิสระ ทั้งนี้ นักเรียน นักศึกษาไม่ได้รับทราบถึงรายละเอียดขั้นตอนการทำงานของระบบ เพื่อลดอคติที่อาจมีผลต่อพฤติกรรมระหว่างการทดลองใช้งาน

หลังจากแสดงความยินยอม กลุ่มตัวอย่างและนักเรียน นักศึกษาที่เข้าร่วมได้รับคำแนะนำเกี่ยวกับขั้นตอนการติดตั้งและใช้งานระบบซึ่งแตกต่างกันตามบริบทของผู้ใช้งาน จากนั้นดำเนินการจัดการเรียนรู้ออนไลน์โดยใช้ระบบที่พัฒนาขึ้นเป็นเวลาอย่างน้อย 60 นาที เมื่อสิ้นสุดการทดลองใช้งาน กลุ่มตัวอย่างตอบแบบสอบถามการยอมรับระบบโดยใช้แบบประเมินที่พัฒนาจากแบบประเมินความสามารถในการใช้งานของระบบ (System usability scale: SUS) (Brooke, 1996, pp. 189–194) ที่ถูกปรับให้เหมาะสมกับบริบทของการวิจัยครั้งนี้ โดยแบบประเมินเป็นแบบประมาณค่า 5 ระดับ มีจำนวนรายการประเมิน 15 รายการ แบ่งออกเป็นสามด้าน ดังนี้

- 1) ด้านความมีคุณค่าของระบบ ประกอบด้วยรายการประเมิน 5 รายการ
- 2) ด้านความสะดวกในการใช้งาน ประกอบด้วยรายการประเมิน 5 รายการ
- 3) ด้านความมั่นใจในการใช้งาน ประกอบด้วยรายการประเมิน 5 รายการ



รูปที่ 4 โปรแกรมฝั่งผู้สอนขณะทดลองใช้งานจริง

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าร้อยละ สำหรับศึกษาลักษณะของผู้ตอบแบบสอบถาม ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation: SD) สำหรับวิเคราะห์ระดับความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อระบบ โดยกำหนดเกณฑ์การประเมินตามเกณฑ์วัดประเมินค่า (Rating Scale) แบบลิเคิร์ท (Likert Scale) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย	4.51-5.00	หมายถึง ได้รับความพึงพอใจ/ได้รับการยอมรับ/เห็นด้วยในระดับมากที่สุด
	3.51-4.50	หมายถึง ได้รับความพึงพอใจ/ได้รับการยอมรับ/เห็นด้วยในระดับมาก
	2.51-3.50	หมายถึง ได้รับความพึงพอใจ/ได้รับการยอมรับ/เห็นด้วยในระดับปานกลาง
	1.51-2.50	หมายถึง ได้รับความพึงพอใจ/ได้รับการยอมรับ/เห็นด้วยในระดับน้อย
	1.00-1.50	หมายถึง ได้รับความพึงพอใจ/ได้รับการยอมรับ/เห็นด้วยในระดับน้อยที่สุด

4. ผลการวิจัย

หลังจากดำเนินการวิจัยเสร็จสิ้น ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้รับเพื่อศึกษาผลการใช้ระบบติดตามสมาธิจดจ่อของผู้เรียนด้วยเทคนิคปัญญาประดิษฐ์แบบอธิบายได้ ว่ามีผลต่อการตัดสินใจของผู้สอนในการจัดการเรียนรู้ออนไลน์แบบประสานเวลาอย่างไร โดยลักษณะทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามแสดงไว้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. เพศ		
1.1 ชาย	14	56.00
1.2 หญิง	7	28.00
1.3 ไม่ระบุ	4	16.00
รวม	25	100.00
2. อายุ		
2.1 ต่ำกว่า 25 ปี	2	8.00
2.2 26-35 ปี	11	44.00
2.3 36-45 ปี	12	48.00
2.4 46 ปีขึ้นไป	0	0.00
รวม	25	100.00
3. ประสบการณ์จัดการเรียนรู้ออนไลน์แบบประสานเวลา		
3.1 ต่ำกว่า 5 ปี	2	8.00
3.2 5-15 ปี	6	24.00
3.3 16-25 ปี	10	40.00
3.4 มากกว่า 25 ปี	7	28.00
รวม	25	100.00
4. ประเภทวิชาหรือกลุ่มสาระที่สอน		
4.1 กลุ่มวิชาคอมพิวเตอร์ เทคโนโลยีสารสนเทศ หรือเทคโนโลยีดิจิทัล	5	20.00
4.2 กลุ่มวิชาทางด้านภาษา หรือสังคมศึกษา	5	20.00
4.3 กลุ่มวิชาทางด้านคณิตศาสตร์ หรือวิทยาศาสตร์	5	20.00
4.4 กลุ่มวิชาทางด้านอาชีพศึกษา หรือกลุ่มสาระการงานอาชีพ	5	20.00
4.5 กลุ่มวิชาหลักสูตรระยะสั้น หรือการจัดอบรมที่มีระยะเวลาไม่เกิน 75 ชั่วโมงต่อหลักสูตร	5	20.00
รวม	25	100.00

จากตารางที่ 1 พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศชายร้อยละ 56.00 เพศหญิงร้อยละ 28.00 และไม่ระบุเพศร้อยละ 16.00 ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุ 36-45 ปี (ร้อยละ 48.00) รองลงมาคือ กลุ่มอายุ 26-35 ปี (ร้อยละ 44.00) มีเพียงร้อยละ 8.00 ที่อายุต่ำกว่า 25 ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีประสบการณ์ในการจัดการเรียนรู้ออนไลน์แบบประสาน 16-25 ปี (ร้อยละ 40.00) รองลงมาคือกลุ่มที่มีประสบการณ์มากกว่า 25 ปี (ร้อยละ 28.00) และมีเพียงร้อยละ 8.00 เท่านั้นที่มีประสบการณ์น้อยกว่า 5 ปี และผู้ตอบแบบสอบถามมีความหลากหลายทางด้านวิชาที่สอนโดยมีสัดส่วนแต่ละกลุ่มวิชาเท่ากันที่ร้อยละ 20 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นผู้ที่มีประสบการณ์ด้านการสอนและการจัดการเรียนรู้ออนไลน์

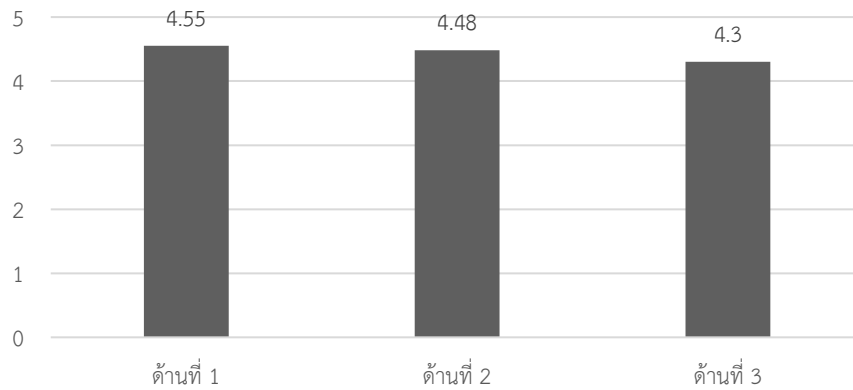
สำหรับการยอมรับระบบของผู้สอน วิเคราะห์จากระดับความพึงพอใจในการใช้งานโดยมีรายละเอียดผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจของผู้สอนที่มีต่อระบบ

รายการประเมิน	$\bar{X}$	SD	ระดับความคิดเห็น
ด้านที่ 1 ด้านความมีคุณค่าของระบบ			
1.1 โปรแกรมตรงต่อความต้องการของผู้ใช้	4.52	0.57	มากที่สุด
1.2 โปรแกรมช่วยให้การติดตามและวิเคราะห์สมารถจัดจของผู้เรียนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ	4.76	0.43	มากที่สุด
1.3 โปรแกรมช่วยสนับสนุนการปรับเปลี่ยนกระบวนการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับสภาวะของผู้เรียน	4.68	0.61	มากที่สุด
1.4 ความเร็วในการทำงานเพียงพอต่อการติดตามพฤติกรรมของผู้เรียนแบบเรียลไทม์	4.16	0.54	มาก
1.5 โปรแกรมช่วยให้การจัดการเรียนรู้ออนไลน์แบบประสานเวลามีประสิทธิภาพมากขึ้น	4.64	0.48	มากที่สุด
ภาพรวมด้านที่ 1	4.55	0.22	มากที่สุด
ด้านที่ 2 ด้านความสะดวกในการใช้งาน			
2.1 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้มีความสะดวก เข้าใจได้ง่าย	4.28	0.72	มาก
2.2 โปรแกรมใช้งานได้ง่าย ไม่ซับซ้อน	4.60	0.49	มากที่สุด
2.3 โปรแกรมสามารถให้ข้อมูลที่เพียงพอต่อการสอน	4.60	0.49	มากที่สุด
2.4 สามารถใช้งานโปรแกรมได้โดยไม่ต้องเรียนรู้เพิ่มเติม	4.36	0.48	มาก
2.5 สามารถเรียนรู้ได้ง่ายโดยไม่ต้องอาศัยความช่วยเหลือจากผู้เชี่ยวชาญทางเทคนิค	4.56	0.50	มากที่สุด
ภาพรวมด้านที่ 2	4.48	0.13	มาก
ด้านที่ 3 ด้านความมั่นใจในการใช้งาน			
3.1 โปรแกรมสามารถทำงานได้อย่างราบรื่น มีความเสถียรภาพ	4.28	0.60	มาก
3.2 โปรแกรมสามารถทำงานได้ต่อเนื่องโดยไม่เกิดความล่าช้าหรือข้อผิดพลาดที่ส่งผลกระทบต่อการใช้งาน	4.20	0.80	มาก
3.3 การทำงานร่วมกันของฟังก์ชันต่าง ๆ ภายในโปรแกรมมีความสอดคล้องและสมบูรณ์	4.56	0.57	มากที่สุด
3.4 โปรแกรมสามารถทำงานได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อแอปพลิเคชันการประชุมทางไกล	4.12	0.65	มาก
3.5 ความมั่นใจในการใช้งานโปรแกรมสำหรับติดตามพฤติกรรมของผู้เรียน	4.36	0.69	มาก
ภาพรวมด้านที่ 3	4.30	0.15	มาก
ภาพรวมทั้งหมด	4.45	0.20	มาก

จากตารางที่ 2 พบว่าผู้สอนมีความพึงพอใจต่อระบบโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.45$, $SD = 0.20$) ด้านที่ได้รับความพึงพอใจสูงสุดคือด้านที่ 1 ความมีคุณค่าของระบบที่ได้รับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.55$, $SD = 0.22$) ตามด้วยด้านที่ 2 ด้านความสะดวกในการใช้งานได้รับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.48$, $SD = 0.13$) และด้านที่ 3 ด้านความมั่นใจในการใช้งานระบบซึ่งได้รับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.30$, $SD = 0.15$)

เมื่อพิจารณาเป็นรายประเด็นพบว่า ประเด็นที่ได้รับความพึงพอใจสูงสุดคือ 1.2 โปรแกรมสามารถช่วยให้การติดตามและวิเคราะห์สมารถจัดจของผู้เรียนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพได้รับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.76$, $SD = 0.43$) ตามด้วย 1.3 โปรแกรมช่วยสนับสนุนการปรับเปลี่ยนกระบวนการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับสภาวะของผู้เรียน ได้รับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุดเช่นเดียวกัน ($\bar{X} = 4.68$, $SD = 0.61$) และ 1.5 โปรแกรมช่วยให้การจัดการเรียนรู้ออนไลน์แบบประสานเวลามีประสิทธิภาพมากขึ้น ได้รับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.64$, $SD = 0.48$) ทั้งนี้ประเด็นที่ได้รับความพึงพอใจต่ำสุดคือ 3.4 โปรแกรมสามารถทำงานได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อแอปพลิเคชันการประชุมทางไกล ได้รับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.12$, $SD = 0.65$)



รูปที่ 5 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์การยอมรับระบบของผู้สอน (User acceptance)

5. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า ระบบติดตามสมาธิจดจ่อของผู้เรียนที่พัฒนาขึ้นได้รับการยอมรับในระดับที่ดีจากผู้สอน โดยมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.45$, $SD = 0.20$) สะท้อนให้เห็นว่าระบบสามารถใช้เป็นเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจของผู้สอนในการปรับวิธีการจัดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อพิจารณารายด้านพบว่าด้านความมีคุณค่าของระบบ ($\bar{X} = 4.55$, $SD = 0.22$) ได้รับความพึงพอใจสูงสุด โดยเฉพาะความสามารถของระบบในการช่วยติดตามและวิเคราะห์สมาธิจดจ่อของผู้เรียน ($\bar{X} = 4.76$, $SD = 0.43$) ซึ่งสะท้อนว่าผู้สอนรับรู้ว่ามีประโยชน์โดยตรงต่อการจัดการเรียนการสอน ผู้วิจัยเห็นว่าเกิดจากระบบที่สามารถสรุปสัญญาณเชิงพฤติกรรมให้เป็นข้อมูลสำหรับใช้ปรับการสอนแบบทันทีได้จริง จึงลดภาระการสังเกตของครูในชั้นเรียนออนไลน์แบบประสานเวลา และทำให้การตัดสินใจเปลี่ยนกิจกรรมการสอนมีหลักฐานรองรับมากขึ้น ไม่ใช่เพียงความรู้สึก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสรุปผลแบบเรียลไทม์ที่ส่งผลให้ครูเห็น เข้าใจ และลงมือได้ในทันที

ด้านความสะดวกในการใช้งานได้รับความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X} = 4.48$, $SD = 0.13$) โดยเฉพาะความสามารถของระบบที่แสดงข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการสอน ($\bar{X} = 4.60$, $SD = 0.49$) สามารถเข้าใจข้อมูล และใช้งานได้ง่าย ($\bar{X} = 4.60$, $SD = 0.49$) ได้รับความพึงพอใจในระดับมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าผู้สอนสามารถเข้าถึงข้อมูล แปลความหมายข้อมูลได้ง่าย ผู้วิจัยสรุปได้ว่ารูปแบบการสื่อสารตามแนว XAI ที่เน้นสรุปภาพรวมก่อนแล้วจึงแสดงรายละเอียดเชิงลึก ช่วยให้ผู้สอนสามารถตีความข้อมูลได้เอง ระบบถูกออกแบบให้มีภาษาที่กระชับ ชัดเจน มีกราฟเรียบง่าย ใช้ภาพสัญลักษณ์และสีที่สอดคล้องกับสถานะ ทำให้ระยะเรียนรู้ระบบสั้น ไม่ก่อให้เกิดภาระในการใช้งานระบบ สอดคล้องกับแนวคิดของ Khosravi et al. (2022 p. 100074) ที่ระบุว่าปัญญาประดิษฐ์ที่อธิบายได้ในการศึกษาควรออกแบบเพื่อช่วยให้ครูสามารถตัดสินใจในระหว่างการสอนได้ทันที และสนับสนุนเป้าหมายด้านการสอนอย่างมีประสิทธิภาพ เช่นเดียวกับ Long and Magerko (2020, pp. 1–16) ซึ่งพบว่าระบบแสดงข้อมูลพฤติกรรมของผู้เรียนแบบเรียลไทม์ช่วยให้ครูตัดสินใจได้รวดเร็วและแม่นยำยิ่งขึ้น และ Altuwairqi et al. (2018, pp. 99–109) ที่เสนอว่าปัญญาประดิษฐ์ในการศึกษาควรออกแบบให้เข้าถึงง่ายแม้กับผู้สอนที่ไม่มีพื้นฐานทางเทคนิคเพื่อให้เกิดการนำไปใช้อย่างแพร่หลาย ในขณะที่ด้านความมั่นใจในการใช้งานระบบได้รับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.30$, $SD = 0.15$) แต่มีค่าเฉลี่ยที่ต่ำกว่าสองด้านแรก ผู้วิจัยสังเกตว่าอาจเกิดจากปัจจัยเชิงปฏิบัติ เช่น ความห่วงใยในการสื่อสาร ทรัพยากรของเครื่องผู้สอน ความแปรผันของแสง กล้องของผู้เรียน และการทำงานร่วมกับแอปพลิเคชันประชุมออนไลน์ ปัจจัยเหล่านี้กระทบความรู้สึกเชื่อถือผลวิเคราะห์ในบางช่วงของการสอน ทำให้ครูยังไม่เชื่อมั่นและเลือกใช้ระบบเป็นผู้ช่วยไม่ใช่ตัวตัดสินใจเพียงลำพัง ข้อสังเกตนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Barredo Arrieta et al. (2020, pp. 82–155) ที่ระบุว่า XAI มีบทบาทสำคัญในการสร้างความสมดุลระหว่างความไว้วางใจกับความเข้าใจของผู้ใช้ (Trust calibration) และหากพิจารณาประเด็นในด้านความสามารถของระบบในการทำงานร่วมกับแอปพลิเคชันการประชุมทางไกลซึ่งได้รับคะแนนต่ำสุด ($\bar{X} = 3.12$, $SD = 0.65$) สะท้อนให้เห็นถึงข้อจำกัดในการใช้งานจริง เช่นเดียวกับ Dewan et al. (2018, pp. 1895–1902) และ Sun et al. (2019, pp.1183–1202) ที่ระบุว่าการรวมระบบติดตามพฤติกรรมผู้เรียนเข้ากับแพลตฟอร์มการเรียนรู้ออนไลน์ยังคงเป็นความท้าทาย ทั้งในแง่ของทรัพยากร ความประสิทธิภาพการทำงาน ความเสถียร และความเข้ากันได้ของระบบ นอกจากนี้ Murali et al., 2021, pp. 1–13 ยังพบว่าความล่าช้า (Latency) ในการประมวลผลอาจส่งผลต่อ

ประสบการณ์ใช้งานของผู้สอนและความเชื่อมั่นในระบบได้ โดยรวมผู้วิจัยเห็นว่ารูปแบบข้อมูลที่ตีความได้ง่ายและลงมือได้ทันที เป็นปัจจัยสำคัญของการยอมรับระบบในชั้นเรียนออนไลน์แบบประสานเวลามากกว่าความซับซ้อนของอัลกอริทึมตัวระบบจึงควรรักษา ความเรียบง่ายที่อธิบายได้ ควบคู่กับการแก้ข้อขัดแย้งเทคนิคเพื่อยกระดับความเชื่อมั่นในระยะยาว

6. ข้อเสนอแนะ

ในการนำผลการวิจัยไปใช้งาน ควรบูรณาการระบบเป็นส่วนเสริมเข้ากับแอปพลิเคชันการประชุมทางไกล ลดความหวงปรับแดชบอร์ดตามหลัก XAI ให้มีคำอธิบายเชิงเหตุผลที่ลงมือได้ทันที และกำหนดแนวปฏิบัติด้านความเป็นส่วนตัวอย่างชัดเจน สำหรับข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป ควรต่อยอดในทางทฤษฎีโดยทดสอบแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะ XAI ความเข้าใจข้อมูล (Comprehensibility) การรับรู้ประโยชน์ และความเชื่อมั่น ตรวจสอบข้อจำกัดที่พบในงานวิจัยครั้งนี้ เช่น ความหน่วงหรือคุณภาพของสัญญาณต่อความไว้วางใจ การเปรียบเทียบรูปแบบคำอธิบายจากภาพและข้อความ ตลอดจนตรวจสอบความเที่ยงตรงของตัวชี้วัดสมาธิจดจ่อร่วมกับการขยายกลุ่มตัวอย่างให้หลากหลายขึ้น เพื่อคุณค่าในงานวิจัย

กิตติกรรมประกาศ

ก่อนการดำเนินงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ผ่านการอบรมจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ เมื่อวันที่ 22 มิถุนายน 2567 ผู้วิจัยขอขอบคุณครูผู้สอนและนักเรียนจากสถานศึกษาที่เข้าร่วมในการทดลองใช้ระบบ รวมถึงผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคโนโลยีการศึกษาที่กรุณาให้ข้อเสนอแนะอันมีคุณค่า ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาและปรับปรุงงานวิจัยให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- Ahuja, K., Kim, D., Xhakaj, F., Varga, V., Xie, A., Zhang, S., Townsend, J. E., Harrison, C., Ogan, A., & Agarwal, Y. (2019). EduSense: Practical Classroom Sensing at Scale. In *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies*, 3(3), 71:1-71:26. Association for Computing Machinery.
- Altunwairqi, K., Jarraya, S. K., Allinjaw, A., & Hammami, M. (2018). A new emotion-based affective model to detect student's engagement. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 33(1), 99-109.
- Barredo Arrieta, A., Diaz-Rodríguez, N., Del Ser, J., Bennetot, A., Tabik, S., Barbado, A., Garcia, S., Gil-Lopez, S., Molina, D., Benjamins, R., Chatila, R., & Herrera, F. (2020). Explainable Artificial Intelligence (XAI): Concepts, taxonomies, opportunities and challenges toward responsible AI. *Information Fusion*, 58, 82-115.
- Brooke, J. (1996). SUS - a quick and dirty usability scale. In *Usability Evaluation in Industry* (pp. 189-194). Taylor and Francis.
- Brownlee, J. (2019). *A Gentle Introduction to Computer Vision*. <https://machinelearningmastery.com/what-is-computer-vision/>.
- Cabada, R. Z., Estrada, M. L. B., Hernández, F. G., Bustillos, R. O., & Reyes-García, C. A. (2018). An affective and Web 3.0-based learning environment for a programming language. *Telematics and Informatics*, 35(3), 611-628.
- Cha, S., & Kim, W. (2015). Concentration analysis by detecting face features of learners. *2015 IEEE Pacific Rim Conference on Communications, Computers and Signal Processing (PACRIM)*, 46-51. IEEE Xplore.

- Dewan, M. A. A., Lin, F., Wen, D., Murshed, M., & Uddin, Z. (2018). A Deep Learning Approach to Detecting Engagement of Online Learners. In *2018 IEEE SmartWorld, Ubiquitous Intelligence Computing, Advanced Trusted Computing, Scalable Computing Communications, Cloud Big Data Computing, Internet of People and Smart City Innovation (SmartWorld/SCALCOM/UIC/ATC/CBDCom/IOP/SCI)*, 1895–1902. IEEE Xplore.
- Faria, A. R., Almeida, A., Martins, C., Gonçalves, R., Martins, J., & Branco, F. (2017). A global perspective on an emotional learning model proposal. *Telematics and Informatics*, 34(6), 824–837.
- He, H., She, Y., Xiahou, J., Yao, J., Li, J., Hong, Q., & Ji, Y. (2018). Real-Time Eye-Gaze Based Interaction for Human Intention Prediction and Emotion Analysis. In *Proceedings of Computer Graphics International 2018*, 185–194. Association for Computing Machinery.
- Holstein, K. & Aleven, V. (2022). Designing for human–AI complementarity in K-12 education. *AI Magazine*, 43(2), 230-248.
- Hutt, S., Krasich, K., R. Brockmole, J., & K. D’Mello, S. (2021). Breaking out of the Lab: Mitigating Mind Wandering with Gaze-Based Attention-Aware Technology in Classrooms. In *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1–14. Association for Computing Machinery.
- Junco, R., & Cotten, S. R. (2012). No A 4 U: The relationship between multitasking and academic performance. *Computers and Education*, 59(2), 505–514.
- Juthawan, E. (2019). *The Effects of Using a Guidance Activities Package Together with Buddhist Meditation Practice to Develop Work Commitment Behavior of Mathayom Suksa II Students of Wattanaapruxsa school in Nonthaburi Province*. [Master’s Thesis]. Sukhothai Thammathirat Open University. (in Thai)
- Khosravi, H., Shum, S. B., Chen, G., Conati, C., Tsai, Y.-S., Kay, J., Knight, S., Martinez-Maldonado, R., Sadiq, S., & Gašević, D. (2022). Explainable Artificial Intelligence in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, 100074.
- Kim, B., & Doshi-Velez, F. (2021). Machine Learning Techniques for Accountability. *AI Magazine*, 42(1), 47–52.
- Leroy, S. (2009). Why is it so hard to do my work? The challenge of attention residue when switching between work tasks. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 109(2), 168–181.
- Long, D., & Magerko, B. (2020). What is AI Literacy? Competencies and Design Considerations. In *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1–16. Association for Computing Machinery.
- Ma, S., Zhou, T., Nie, F., & Ma, X. (2022). Glancee: An Adaptable System for Instructors to Grasp Student Learning Status in Synchronous Online Classes. In *Proceedings of CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1–25. Association for Computing Machinery.
- Murali, P., Hernandez, J., McDuff, D., Rowan, K., Suh, J., & Czerwinski, M. (2021). AffectiveSpotlight: Facilitating the Communication of Affective Responses from Audience Members during Online Presentations. In *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1–13. Association for Computing Machinery.
- Ophir, E., Nass, C., & Wagner, A. D. (2009). Cognitive control in media multitaskers. In *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(37), 15583–15587. PNAS.

- Pham, A. T. V., Kieu, N. V., & Vu, T. T. T. (2021). Synchronous Online Teaching amid the Covid-19: An After Action Review from Teachers. In *Proceedings of 2021 International Conference on Advanced Enterprise Information System (AEIS)*, 19–24. IEEE.
- Pragya, S. U., Mehta, N. D., Abomoelak, B., Uddin, P., Veeramachaneni, P., Mehta, N., Moore, S., Jean-Francois, M., Garcia, S., Pragya, S. C., & Mehta, D. I. (2021). Effects of Combining Meditation Techniques on Short-Term Memory, Attention, and Affect in Healthy College Students. *Frontiers in Psychology*, 12, 1–9.
- Sun, P.-C., Tsai, R. J., Finger, G., Chen, Y.-Y., & Yeh, D. (2008). *What drives a successful e-Learning? An empirical investigation of the critical factors influencing learner satisfaction. Computers and Education*, 50(4), 1183–1202.
- Torres, R. M. (2011). *Lifelong learning: Moving beyond Education for All (EFA)*.
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000192081>.
- Vieira, D. (2019). Lifelong Learning and its Importance in Achieving the Sustainable Development Goals. In W. Leal Filho, A. M. Azul, L. Brandli, P. G. Özuyar, & T. Wall (Eds.), *Quality Education* (pp. 1–9). Springer International Publishing.

“ข้อคิดเห็น เนื้อหา รวมทั้งการใช้ภาษาในบทความถือเป็นความรับผิดชอบของผู้เขียน”