สัมมนาวิชาการ เทคโนโลยีดิจิทัลมีเดีย ระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 3

การออกแบบสถาปัตยกรรมแพลตฟอร์ม Early Warning อัจฉริยะ เพื่อป้องกันการออกจากระบบการเรียนของนักเรียนในโรงเรียนขนาดเล็ก

Intelligent Early Warning Platform Architecture Design to Prevent Dropping Out of the School System of Students in Small Schools

นิพิฐพนธ์ ทัพพ์ชัยศิริ

นักศึกษาระดับปริญญาเอก

สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัลมีเดีย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

บทคัดย่อ

การป้องกันการออกกลางคันของผู้เรียนในสถานศึกษาขนาดเล็กยังคงเป็นความท้าทายที่สำคัญ เนื่องจากลักษณะที่เป็น *'กล่องดำ' (Black-box)* ของปัญญาประดิษฐ์แบบดั้งเดิม และข้อจำกัดในการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่มีทรัพยากรจำกัด งานวิจัยฉบับนี้จึงนำเสนอโครงร่าง *AI-based Early Warning and Dropout Surveillance (AI-EWDS)* ซึ่งเป็นสถาปัตยกรรมอัจฉริยะรูปแบบใหม่ที่ออกแบบมาเพื่อยกระดับความโปร่งใสในการทำนายและความสอดคล้องตามบริบทการใช้งานข้อเด่นทางเทคนิคหลักของงานวิจัยนี้คือการบูรณาการสถาปัตยกรรม *AI Agent* อัตโนมัติ เข้ากับ ปัญญาประดิษฐ์ที่อธิบายได้ (*Explainable Artificial Intelligence: XAI)* โดยใช้เทคนิค *SHAP* และ *Feature Importance* เพื่อให้ผู้สอนสามารถเข้าใจกระบวนการตัดสินใจของระบบได้ ในขณะเดียวกัน โครงร่างนี้ยังได้รวมกลไก *Human-in-the-Loop (HITL)* ซึ่งช่วยให้เกิดวงจรการตอบกลับอย่างต่อเนื่องเพื่อปรับปรุงกระบวนการเรียนรู้ของโมเดลให้สอดคล้องกับบริบทของโรงเรียนในแต่ละพื้นที่สถาปัตยกรรมที่นำเสนอนี้ผ่านการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญด้วยกระบวนการตรวจสอบที่เข้มงวด ซึ่งผลการประเมินแสดงให้เห็นถึงความเหมาะสมในระดับสูง โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ *4.73* และสูงสุดที่ *4.78* ในมิติด้านคุณภาพการเรียนรู้และความฉลาดในการปรับตัว (*Learning Quality and Adaptive Intelligence)* โครงร่างงานวิจัยนี้จึงเป็นรากฐานทางเทคนิคที่แข็งแกร่งสำหรับการติดตั้งระบบเตือนภัยล่วงหน้าที่มีความโปร่งใสและยืดหยุ่นในสถานศึกษาที่มีลักษณะเฉพาะ

คำสำคัญ *Early Warning System, Student Dropout, Artificial Intelligence, Rural Education, Framework Validation, Explainable AI (XAI)*

สัมมนาวิชาการ เทคโนโลยีดิจิทัลมีเดีย ระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 3

1. บทนำ

ปัญหาการออกนอกระบบการศึกษา school dropout เป็นหนึ่งในความท้าทายเชิงโครงสร้างที่สำคัญของระบบการศึกษาขั้นพื้นฐานในประเทศไทย โดยเฉพาะในโรงเรียนขนาดเล็กในพื้นที่ชนบทและห่างไกล ซึ่งมักเผชิญข้อจำกัดด้านบุคลากร งบประมาณ โครงสร้างพื้นฐาน และระบบสารสนเทศ [1] [2] ปัญหานี้ไม่เพียงส่งผลต่อโอกาสทางการศึกษาของนักเรียนแต่ละคน แต่ยังมีผลกระทบเชิงระบบต่อการพัฒนาศักยภาพมนุษย์ ความสามารถในการแข่งขันของประเทศ และความเสมอภาคทางสังคมในระยะยาว [3] ข้อมูลจากรายงานสถานการณ์ความเหลื่อมล้ำทางการศึกษาของไทยชี้ว่า นักเรียนในโรงเรียนขนาดเล็กและพื้นที่ห่างไกลมีความเสี่ยงที่จะหลุดออกจากระบบการศึกษาสูงกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศ อันเนื่องมาจากปัจจัยซับซ้อนทั้งด้านเศรษฐกิจครัวเรือนและภาวะการเรียนรู้ถดถอย [4] สำหรับกรณีศึกษาของโรงเรียนบ้านนนท์ พบปัญหาลักษณะเดียวกัน โดยข้อมูลการวิเคราะห์ระบุว่าอัตราการเข้าเรียนอยู่ที่ 83.5% และมีนักเรียนราว 15–18% ที่มีความเสี่ยงด้านสุขภาพจิต ซึ่งสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย [5] ปัจจัยเหล่านี้ สะท้อนถึงความเปราะบางของกลุ่มนักเรียนในโรงเรียนขนาดเล็ก ที่ต้องเผชิญทั้งข้อจำกัดด้านทรัพยากรและความท้าทายด้านสภาพแวดล้อมทางสังคม–เศรษฐกิจ

แม้สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) จะมีระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนเป็นกลไกสำคัญตามมาตรฐานการศึกษาขั้นพื้นฐาน แต่การดำเนินงานในปัจจุบันยังคงพึ่งพาการสังเกตของครูและการบันทึกข้อมูลแบบกระจาย ขาดการบูรณาการข้อมูลจากหลายแหล่งและการติดตามผลอย่างเป็นระบบ [6] [7] การคัดกรองเชิงรุก proactive screening จึงทำได้จำกัด และการสนับสนุนช่วยเหลือมักเกิดขึ้นเมื่อปัญหามีความรุนแรงแล้ว ซึ่งขัดแย้งกับเป้าหมายของ สพฐ. ที่มุ่งเน้นการเข้าถึงการศึกษา ความเสมอภาค และการดูแลนักเรียนแบบองค์รวม

ในเชิงทฤษฎี ปัญหาการออกนอกระบบสามารถอธิบายได้ด้วย Ecological Systems Theory ของ Bronfenbrenner [8] ซึ่งชี้ว่า การพัฒนาของเด็กเกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างระบบย่อยหลายระดับ ได้แก่ ครอบครัว โรงเรียน ชุมชน และนโยบายสาธารณะ การออกนอกระบบจึงเป็นผลจากปัจจัยหลายมิติที่ซับซ้อน ทั้งด้านวิชาการ จิตสังคม และเศรษฐกิจ ซึ่งต้องการการวิเคราะห์ที่ครอบคลุมและเชื่อมโยงข้อมูลจากหลายแหล่ง

จากงานวิจัยในระดับสากล ระบบแจ้งเตือนล่วงหน้า Early Warning Systems: EWS ที่ขับเคลื่อนด้วยปัญญาประดิษฐ์ ได้แสดงศักยภาพในการตรวจจับนักเรียนกลุ่มเสี่ยงได้อย่างแม่นยำและ

ทันเวลา [1] [9] จากงานวิจัยจำนวนมาก พบว่า การใช้ตัวชี้วัดด้านการเข้าเรียน ผลสัมฤทธิ์ และพฤติกรรมในระบบแจ้งเตือนล่วงหน้า EWS สามารถระบุนักเรียนกลุ่มเสี่ยงที่จะออกนอกระบบได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งช่วยให้โรงเรียนเข้าช่วยเหลือได้ทันท่วงที [10] โมเดลการเรียนรู้ของเครื่อง Machine Learning เช่น Random Forest, Gradient Boosting และ Neural Networks ได้ถูกนำมาใช้วิเคราะห์ตัวแปรเชิงพฤติกรรม การเข้าเรียน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และปัจจัยครอบครัว เพื่อสร้างแบบจำลองการพยากรณ์ความเสี่ยงที่มีความแม่นยำสูง [11]

แต่อย่างไรก็ตาม การนำระบบแจ้งเตือนล่วงหน้าไปใช้ในโรงเรียนขนาดเล็กยังเผชิญอุปสรรคหลายประการ ได้แก่ ขนาดข้อมูลที่จำกัด ความไม่สมบูรณ์ของข้อมูล การขาดโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยี และความพร้อมด้านทักษะดิจิทัลของครู [2] [12] ในประเทศไทย มีงานวิจัยเกี่ยวกับ EWS ส่วนใหญ่เน้นในระดับอุดมศึกษาหรือโรงเรียนขนาดใหญ่ [13] ขาดระบบที่ออกแบบให้เหมาะสมกับบริบทเฉพาะของโรงเรียนขนาดเล็กที่มีข้อจำกัดด้านทรัพยากรและความต้องการเฉพาะพื้นที่ ช่องว่างนี้จำเป็นต้องได้รับการแก้ไข เพื่อสนับสนุนเป้าประสงค์ย่อย 4.1 ของเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน SDG 4 และมาตรฐาน สพฐ. ที่มุ่งลดความเหลื่อมล้ำและเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการข้อมูล [3]

ดังนั้น งานวิจัยนี้ จึงมุ่งพัฒนาแพลตฟอร์มการเฝ้าระวังล่วงหน้าอัจฉริยะ (AI-based Early Warning and Dropout Surveillance: AI-EWDS) เพื่อช่วยเหลือนักเรียนที่มีความเสี่ยงออกจากระบบการศึกษาสำหรับโรงเรียนขนาดเล็ก โดยใช้เทคโนโลยี Machine Learning และ Explainable AI เพื่อเสริมศักยภาพระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน ให้สามารถตรวจจับนักเรียนกลุ่มเสี่ยงเชิงรุก ผสานข้อมูลหลายมิติ ในกรณีศึกษาโรงเรียนบ้านนนท์ [5] เช่น ด้านวิชาการ การมาเรียน พฤติกรรมเสี่ยง สุขภาพ-จิตสังคม และครอบครัว XAI จะช่วยเพิ่มความเชื่อมั่นให้แก่ครูที่มีความรู้ด้านเทคโนโลยีที่จำกัด [12] แพลตฟอร์มนี้ จะแจ้งเตือนแบบเรียลไทม์ เพื่อให้การช่วยเหลือเกิดขึ้นอย่างทันท่วงทีและตรงจุด โดยระบบจะอธิบายเหตุผลเบื้องหลังการพยากรณ์ ความเสี่ยง และการตัดสินใจร่วมกันของครู เพื่อให้การสนับสนุนช่วยเหลือได้อย่างที่มีประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับเป้าหมายของ สพฐ.

2. วัตถุประสงค์

2.1 พัฒนากรอบแนวคิดแพลตฟอร์มการเฝ้าระวังล่วงหน้าอัจฉริยะสำหรับโรงเรียนขนาดเล็ก

2.2 ออกแบบและพัฒนาระบบต้นแบบให้สอดคล้องกับมาตรฐานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนของ สพฐ.

2.3 ประเมินประสิทธิภาพ คุณภาพ และความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ

3. ขอบเขตของการวิจัย

3.1 ข้อมูลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้ข้อมูลย้อนหลัง 3 ปีการศึกษา จากโรงเรียนขนาดเล็กที่มีจำนวนนักเรียน ≤ 120 คน ในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ครอบคลุมข้อมูลนักเรียนใน 6 มิติ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

3.1.1 ข้อมูลด้าน วิชาการ การมาเรียน พฤติกรรมเสี่ยง สุขภาพ-จิตสังคม ครอบครัวและบริบทโรงเรียน

3.1.2 จำนวนนักเรียนที่มีข้อมูลย้อนหลัง ปีละประมาณ 20 คน รวมไม่น้อยกว่า 60 คน

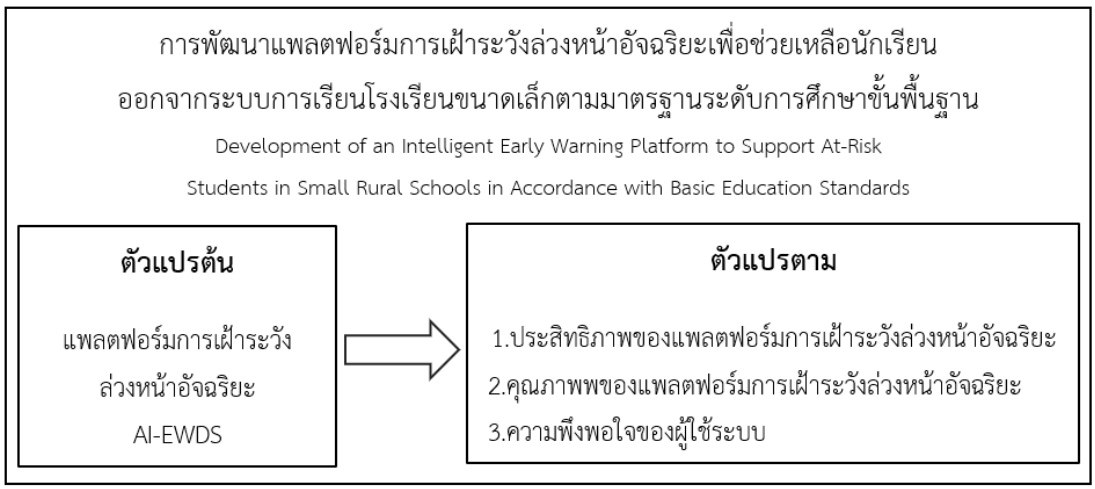
3.1.3 ครูที่เกี่ยวข้องกับระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน เช่น ครูประจำชั้น ครูแนะแนว และครูที่ปรึกษา รวมไม่น้อยกว่า 20 คน

3.1.4 โรงเรียนขนาดเล็กที่เข้าร่วมการเก็บข้อมูล และทดลองใช้ระบบต้นแบบ จำนวน 8 – 12 แห่ง เพื่อให้ครอบคลุมความหลากหลายของบริบท

3.2 ประชากร ครูประจำชั้น ครูแนะแนว และผู้บริหารโรงเรียนขนาดเล็กที่เกี่ยวข้องกับระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน รวมไม่น้อยกว่า 20 คน

3.3 กลุ่มตัวอย่าง คัดเลือกแบบเจาะจง Purposive Sampling จากครูและผู้บริหารโรงเรียนขนาดเล็ก จำนวน 10 คน เพื่อสอบถามความต้องการ ประเมิน และให้ข้อเสนอแนะต่อระบบต้นแบบ AI-EWDS

3.4 ตัวแปร



3.5 ระยะเวลาในการวิจัย ปีพุทธศักราช 2566-2569

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

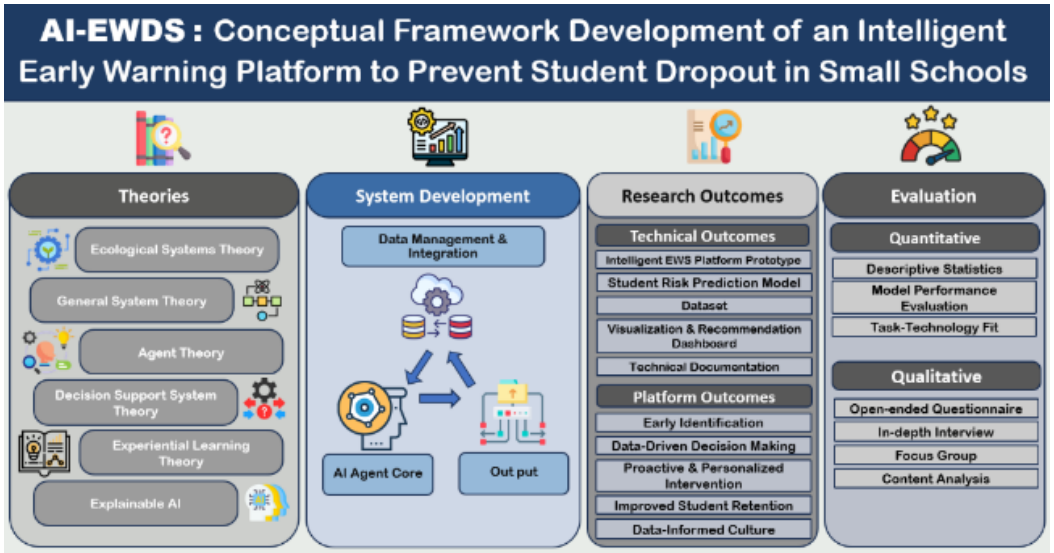
4.1 ได้กรอบแนวคิดการพัฒนาแพลตฟอร์มการเฝ้าระวังล่วงหน้าอัจฉริยะ ที่ผ่านการทดสอบความถูกต้อง ครอบคลุมมาตรฐานสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

4.2 ครูและผู้บริหารมีแพลตฟอร์มการเฝ้าระวังล่วงหน้าอัจฉริยะในการตัดสินใจช่วยลดปัญหาผู้เรียนออกนอกระบบการเรียน ได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

4.3 ส่งเสริมการประยุกต์ใช้ AI เป็นเครื่องมือสนับสนุนช่วยตัดสินใจ เพื่อยกระดับคุณภาพการดูแลช่วยเหลือนักเรียน และเพิ่มโอกาสทางการศึกษา

5. กรอบแนวคิดการวิจัย

ในบริบทของไทยและการวิจัยพัฒนาระบบปัญญาประดิษฐ์ สำหรับการเฝ้าระวังการออกกลางคัน Dropout Surveillance และการเตือนภัยล่วงหน้า Early Warning กรอบแนวคิด Conceptual Framework ถือเป็นเครื่องมือสำคัญในการกำหนดโครงสร้างและแนวทางของระบบ โดยแพลตฟอร์ม AI-based Early Warning and Dropout Surveillance: AI-EWDS ที่ผสมผสานทฤษฎีพื้นฐานจากสาขาต่างๆ เพื่อสร้างระบบที่ครอบคลุมตั้งแต่การจัดการข้อมูล การวิเคราะห์ด้วย AI ไปจนถึงการประเมินผลลัพธ์ กรอบแนวคิดนี้จะช่วยให้เห็นภาพรวมของการเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎี การพัฒนาระบบ ผลลัพธ์จากการวิจัย และวิธีการประเมิน โดยเน้นความเชื่อมั่น และการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง เพื่อตอบโจทย์ปัญหาในภาคการศึกษาที่ต้องการลดอัตราการออกกลางคัน ภาพไดอะแกรมที่นำเสนอนี้ แสดงถึงลำดับชั้นของกรอบแนวคิด โดยเริ่มจากฐานทฤษฎีลงไปสู่การนำไปปฏิบัติและประเมินผล ซึ่งช่วยให้ผู้วิจัยหรือผู้พัฒนาสามารถเข้าใจและนำไปขยายผลได้อย่างมีระบบ



รูปที่ 1. *Conceptual Framework of AI-Agent- Based Intelligent System Development for AI- EWDS*

เป็นกรอบแนวคิดการพัฒนาระบบอัจฉริยะที่ใช้ AI Agent สำหรับแพลตฟอร์ม AI-EWDS ซึ่งเป็นระบบเตือนภัยล่วงหน้าและเฝ้าระวังการออกนอกระบบที่ใช้ AI นำเสนอโครงสร้างที่เป็นระบบสำหรับการออกแบบ การนำไปปฏิบัติ และการประเมินระบบอัจฉริยะที่มุ่งป้องกันการออกนอกระบบของนักเรียนในโรงเรียนขนาดเล็ก ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานการศึกษาขั้นพื้นฐานของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานในประเทศไทย จาก *รูปที่ 1* กรอบแนวคิดนี้ได้บูรณาการทฤษฎีพื้นฐาน องค์ประกอบการพัฒนาระบบ ผลลัพธ์การวิจัยเชิงประจักษ์ และกลไกการประเมิน เพื่อให้มั่นใจถึงความสามารถในการขยายขนาด ความสามารถในการตีความ และการประยุกต์ใช้ในสภาพแวดล้อมที่มีข้อจำกัดด้านทรัพยากร โดยอาศัยความก้าวหน้าในการช่วยเหลือด้านการศึกษาที่ขับเคลื่อนด้วย AI

6. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ ใช้กระบวนการวิจัย เพื่อพัฒนาแพลตฟอร์ม AI-EWDS ป้องกันนักเรียนออกนอกระบบในโรงเรียนขนาดเล็ก สอดคล้องกับมาตรฐาน สพฐ. แบ่งเป็น 3 ระยะ ดังนี้

6.1 ระยะที่ 1 การพัฒนากรอบแนวคิด

6.1.1 วิเคราะห์งานวิจัย EWS และปัจจัยความเสี่ยง 6 มิติ เช่น ด้านวิชาการ การมาเรียน พฤติกรรมเสี่ยง สุขภาพ-จิตสังคม ครอบครัว และบริบทโรงเรียน

6.1.2 ออกแบบกรอบแนวคิด ผสานข้อมูล 6 มิติ ตาม Ecological Systems Theory

6.1.3 อภิปรายกรอบแนวคิด เพื่อประเมินความเหมาะสม

6.1.4 วิเคราะห์ข้อเสนอแนะ เพื่อปรับปรุงกรอบแนวคิด

6.1.5 ประเมินกรอบแนวคิด ด้วย 5 มิติ โดยผู้เชี่ยวชาญด้าน AI และการศึกษา 5 คน ผ่านแบบสอบถามมาตรส่วน ประมาณค่า Likert Scale 5 ระดับ เพื่อตรวจสอบ ความเหมาะสม และความสมบูรณ์

6.1.6 วิเคราะห์เนื้อหาปรับปรุงและยืนยันกรอบแนวคิด ด้วย Content Analysis

6.2 ระยะที่ 2 การออกแบบและพัฒนาระบบต้นแบบ

6.2.1 ศึกษางานวิจัย EWS ที่ใช้ AI

6.2.2 ออกแบบระบบย่อย โดย Integration Model แบบ Two-Axis Integration Model แบ่งออกเป็น 2 แกนหลักการทำงานในการวิเคราะห์ผ่าน Analytics Engine และ Recommendation Engine

6.2.3 ประเมินแบบร่างระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 คน ด้วย Expert Review

6.2.4 พัฒนาระบบต้นแบบโดยใช้ข้อมูลย้อนหลัง 3 ปี

6.2.5 ทดสอบความถูกต้องของระบบโดยผู้วิจัย

6.2.6 ประเมินประสิทธิภาพ โดยผู้เชี่ยวชาญ ด้วยค่า Accuracy, Precision, Recall, F1-Score และ mAP

6.2.7 วิเคราะห์ผลเชิงปริมาณ ด้วย Latency และ Uncertainty Sampling

6.2.8 วิเคราะห์เนื้อหาปรับปรุงและยืนยันกรอบแนวคิด ด้วย Content Analysis

6.3 ระยะที่ 3 การประเมินโดยผู้ใช้จริง

6.3.1 กำหนดกลุ่มเป้าหมาย ครูที่ปรึกษาและผู้บริหาร 10 คน

6.3.2 จัดเตรียมคู่มือและอบรมการใช้งาน

6.3.3 ทดลองใช้ระบบ เพื่อตรวจจับนักเรียนกลุ่มเสี่ยง และวาง ISP แนะนำ โดยผ่าน Dashboard เพื่อการตัดสินใจ

6.3.4 เก็บข้อมูลความพึงพอใจและความคิดเห็น ด้วยแบบสอบถาม

6.3.5 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ด้วย Accuracy, Precision, Recall, Latency, Dropout Reduction Rate และการวิเคราะห์เนื้อหา ด้วย Net Promoter Score และ Task-Technology Fit

6.3.6 สรุปผลอัตราการลดลงของการออกนอกระบบ ด้วย Dropout Reduction Rate และข้อเสนอแนะ ด้วย Content Analysis เพื่อพัฒนาระบบ

7. ผลการวิจัย

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประเมินความเหมาะสมของกรอบแนวคิด ระบบแจ้งเตือนและป้องกันการออกนอกระบบด้วยปัญญาประดิษฐ์สำหรับโรงเรียนขนาดเล็ก (AI-EWDS) การพัฒนากรอบแนวคิดนี้ตั้งอยู่บนพื้นฐานของการสังเคราะห์องค์ความรู้จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้

ปัญญาประดิษฐ์เพื่อการศึกษา โดยเฉพาะการพัฒนาระบบแจ้งเตือนล่วงหน้า (Early Warning System) เพื่อลดความเสี่ยงในการออกนอกระบบของนักเรียน [50] กรอบแนวคิดนี้ได้รวมเอาจุดเด่นของเทคนิค Machine Learning และ Data Mining ที่ได้รับการพิสูจน์แล้วว่ามีประสิทธิภาพในการพยากรณ์ [45] เข้ากับสถาปัตยกรรม Intelligent Agents [49] เพื่อสร้างระบบที่ตอบสนองต่อบริบทของโรงเรียนขนาดเล็กได้อย่างแท้จริง การนำเสนอผลการประเมินแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ดังนี้

ส่วนที่ 1 ผลการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือ (Content Validity)

ผู้วิจัยได้นำแบบประเมินความเหมาะสมของกรอบแนวคิดไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อการศึกษา และการบริหารจัดการสถานศึกษา จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) เพื่อยืนยันว่าข้อคำถามแต่ละข้อมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และนิยามเชิงปฏิบัติการของกรอบแนวคิด โดยใช้เกณฑ์การพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ที่ต้องมีค่าตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป ตามที่แสดงไว้ใน *ตารางที่ 1*

ตารางที่ 1 ผลการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) จากผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน

รายการประเมิน	คนที่			ผลรวม (ΣR)	IOC (ΣR/N)	การแปลผล
	1	2	3			
1. System Quality	**+1**	**+1**	**+1**	**3**	**1.00**	**ใช้ได้**
1.1) องค์ประกอบของกรอบแนวคิดมีความครบถ้วนและครอบคลุมข้อมูล 6 มิติ	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
1.2) โครงสร้าง IPOF-AI Agent มีความเชื่อมโยงสอดคล้องกัน	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
1.3) กรอบแนวคิดสามารถนำไปพัฒนาต้นแบบสำหรับโรงเรียนขนาดเล็กได้จริง	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
2. Intelligence Quality	**+1**	**+1**	**+1**	**3**	**1.00**	**ใช้ได้**
2.1) AI Agent แสดงความสามารถในการรับรู้และวิเคราะห์ข้อมูลหลายมิติ	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้

รายการประเมิน	คนที่			ผลรวม (ΣR)	IOC (ΣR/N)	การแปลผล
	1	2	3			
2.2) การตัดสินใจของ AI Agent มีความสมเหตุสมผลและตรงกับบริบทการศึกษา	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
2.3) กระบวนการ ML และ XAI มีความฉลาดและเป็นระบบ	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
3. Decision Quality	**+1**	**+1**	**0**	**2**	**0.67**	**ใช้ได้**
3.1) ระบบสามารถสนับสนุนการตัดสินใจในการช่วยเหลือนักเรียนได้อย่างถูกต้อง	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
3.2) ผลลัพธ์ของการตัดสินใจมีความโปร่งใสและอธิบายได้ด้วย XAI	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
3.3) การตัดสินใจตรงกับความต้องการของครูในโรงเรียนขนาดเล็ก	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
4. Learning Quality	**+1**	**+1**	**+1**	**3**	**1.00**	**ใช้ได้**
4.1) ระบบสามารถเรียนรู้และปรับปรุงจาก Feedback ของครูได้	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
4.2) AI Agent แสดงความสามารถในการปรับตัวตามบริบทโรงเรียนขนาดเล็ก	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
4.3) การเรียนรู้ช่วยเพิ่มความแม่นยำในการตรวจจับนักเรียนกลุ่มเสี่ยง	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
5. Environment Quality	**+1**	**+1**	**+1**	**3**	**1.00**	**ใช้ได้**

รายการประเมิน	คนที่			ผลรวม (ΣR)	IOC (ΣR/N)	การแปลผล
	1	2	3			
5.1) ระบบสอดคล้องกับมาตรฐานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนของ สพฐ.	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
5.2) ครูสามารถเข้าใจและใช้งานได้สะดวกแม้มีทักษะดิจิทัลจำกัด	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
5.3) กรอบแนวคิดเหมาะสมกับข้อจำกัดด้านทรัพยากรของโรงเรียนขนาดเล็ก	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้

หมายเหตุ *+1 = แน่ใจว่าสอดคล้อง, 0 = ไม่แน่ใจ, -1 = แน่ใจว่าไม่สอดคล้อง*

จากตารางที่ 1 ผลการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) จากผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน พบว่า รายการประเมินทุกข้อมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง **0.67 – 1.00** ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 0.50 แสดงว่า แบบประเมินฉบับนี้มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา สามารถนำไปใช้เก็บข้อมูลกับกลุ่มผู้เชี่ยวชาญหลักได้อย่างน่าเชื่อถือ

ส่วนที่ 2 ผลการประเมินความเหมาะสมของกรอบแนวคิด

ผู้วิจัยได้นำกรอบแนวคิดประเมินความเหมาะสมใน 5 มิติหลัก ซึ่งมิติเหล่านี้ถูกออกแบบมาเพื่อสะท้อนคุณภาพของระบบ AI เพื่อการศึกษาที่สมบูรณ์ โดยเฉพาะมิติ Decision Quality ที่มุ่งเน้นการเป็นระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support System) เพื่อช่วยครูในการวางแผนช่วยเหลือนักเรียนกลุ่มเสี่ยงอย่างมีประสิทธิภาพ [48] และมิติ Intelligence Quality ที่ให้ความสำคัญกับการสร้างความไว้วางใจผ่านเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ที่อธิบายได้ (Explainable AI: XAI) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ครูยอมรับและใช้งานระบบ [46] นอกจากนี้ มิติ Learning Quality ยังถูกออกแบบมาให้สอดคล้องกับแนวคิด Human-in-the-Loop ที่ระบบสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองจากข้อมูลป้อนกลับของครูผู้ใช้งานได้ [47]

ผู้วิจัยได้นำกรอบแนวคิดระบบ AI-EWDS ไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 กลุ่มๆ ละ 5 ท่าน

ได้แก่ ด้านการพัฒนาระบบ AI การศึกษา และการบริหารโรงเรียนขนาดเล็ก จำนวน 15 ท่าน ประเมินความเหมาะสมใน 5 มิติหลัก โดยใช้แบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) และนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของผู้ตอบแบบสอบถาม ตามที่แสดงไว้ใน *ตารางที่ 2*

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความเหมาะสมของกรอบแนวคิด AI-EWDS โดยผู้เชี่ยวชาญ 15 ท่าน

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
1. System Quality (คุณภาพของระบบ)	**4.67**	**0.50**	**มากที่สุด**
1.1) องค์ประกอบของกรอบแนวคิดมีความครบถ้วนและครอบคลุมข้อมูล 6 มิติ	4.69	0.51	มากที่สุด
1.2) โครงสร้าง IPOF-AI Agent มีความเชื่อมโยงสอดคล้องกัน	4.67	0.48	มากที่สุด
1.3) กรอบแนวคิดสามารถนำไปพัฒนาต้นแบบสำหรับโรงเรียนขนาดเล็กได้จริง	4.65	0.51	มากที่สุด
2. Intelligence Quality (คุณภาพความฉลาด)	**4.74**	**0.46**	**มากที่สุด**
2.1) AI Agent แสดงความสามารถในการรับรู้และวิเคราะห์ข้อมูลหลายมิติได้เหมาะสม	4.75	0.45	มากที่สุด
2.2) การตัดสินใจของ AI Agent มีความสมเหตุสมผลและตรงกับบริบทการศึกษา	4.73	0.47	มากที่สุด
2.3) กระบวนการ ML และ XAI มีความฉลาดและเป็นระบบ	4.74	0.46	มากที่สุด
3. Decision Quality (คุณภาพการตัดสินใจ)	**4.70**	**0.48**	**มากที่สุด**
3.1) ระบบสามารถสนับสนุนการตัดสินใจในการช่วยเหลือนักเรียนได้อย่างถูกต้อง	4.71	0.47	มากที่สุด
3.2) ผลลัพธ์ของการตัดสินใจมีความโปร่งใสและอธิบายได้ด้วย XAI	4.70	0.48	มากที่สุด

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
3.3) การตัดสินใจตรงกับความต้องการของครูในโรงเรียนขนาดเล็ก	4.69	0.49	มากที่สุด
4. Learning Quality (คุณภาพการเรียนรู้)	**4.80**	**0.42**	**มากที่สุด**
4.1) ระบบสามารถเรียนรู้และปรับปรุงจาก Feedback ของครูได้	4.79	0.43	มากที่สุด
4.2) AI Agent แสดงความสามารถในการปรับตัวตามบริบทโรงเรียนขนาดเล็ก	4.82	0.40	มากที่สุด
4.3) การเรียนรู้ช่วยเพิ่มความแม่นยำในการตรวจจับนักเรียนกลุ่มเสี่ยง	4.79	0.42	มากที่สุด
5. Environment Quality (คุณภาพเชิงสภาพแวดล้อม)	**4.72**	**0.45**	**มากที่สุด**
5.1) ระบบสอดคล้องกับมาตรฐานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนของ สพฐ.	4.74	0.44	มากที่สุด
5.2) ครูสามารถเข้าใจและใช้งานได้สะดวกแม้มีทักษะดิจิทัลจำกัด	4.71	0.46	มากที่สุด
5.3) กรอบแนวคิดเหมาะสมกับข้อจำกัดด้านทรัพยากรของโรงเรียนขนาดเล็ก	4.71	0.45	มากที่สุด
สรุปภาพรวม	**4.73**	**0.46**	**มากที่สุด**

จาก *ตารางที่ 2* ผลการประเมินความเหมาะสมของกรอบแนวคิดระบบ AI-EWDS โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 15 ท่าน ได้ให้ข้อสรุปที่ชัดเจนและเป็นเอกฉันท์ว่า กรอบแนวคิดที่พัฒนาขึ้นนี้ มีความเหมาะสมในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.73, S.D. = 0.46) ผลลัพธ์ดังกล่าวไม่เพียงสะท้อนถึงการยอมรับในเชิงทฤษฎี แต่ยังเป็นการยืนยันถึงศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้จริงในบริบทของสถานศึกษาได้อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อพิจารณาในรายละเอียดของแต่ละมิติ พบว่าคุณลักษณะที่โดดเด่นที่สุดของกรอบแนวคิดนี้ คือ ความสามารถในการเรียนรู้และปรับตัว ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของระบบปัญญาประดิษฐ์ที่ยั่งยืนและตอบสนองต่อความเปลี่ยนแปลงได้จริง

มิติที่ได้รับการประเมินในระดับ สูงสุด คือ ด้านคุณภาพการเรียนรู้ (Learning Quality) ($\bar{X}$ = 4.80) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าผู้เชี่ยวชาญให้คุณค่าอย่างยิ่งกับความสามารถของระบบในการพัฒนาตนเอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเด็น ความสามารถในการปรับตัวตามบริบทของโรงเรียนขนาดเล็ก ($\bar{X}$ = 4.82) ที่ได้คะแนนสูงสุดในทุกรายการย่อย คุณสมบัตินี้ชี้ให้เห็นว่า AI-EWDS ไม่ใช่ระบบที่หยุดนิ่ง แต่เป็นแพลตฟอร์มที่มีชีวิต สามารถเรียนรู้จากข้อมูลป้อนกลับของครูผู้ใช้งานเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการตรวจจับนักเรียนกลุ่มเสี่ยงได้อย่างต่อเนื่อง แนวคิดนี้สอดคล้องโดยตรงกับกรอบการทำงานแบบ Human-in-the-Loop [47] ซึ่งเป็นแนวทางการพัฒนาระบบ AI สมัยใหม่ที่ได้รับการยอมรับว่ามีประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับการใช้งานในโลกแห่งความเป็นจริง

ยิ่งไปกว่านั้น ความเชื่อมั่นใน กลไก ของระบบยังปรากฏชัดเจนใน ด้านคุณภาพความฉลาด (Intelligence Quality) ($\bar{X}$ = 4.74) และ ด้านคุณภาพการตัดสินใจ (Decision Quality) ($\bar{X}$ = 4.70) ผู้เชี่ยวชาญยอมรับในศักยภาพของ AI Agent ที่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลหลายมิติได้อย่างเหมาะสม [45] และให้ผลลัพธ์ที่สมเหตุสมผลเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจของครูได้อย่างถูกต้อง [48] ปัจจัยสำคัญที่ทำให้มิตินี้ได้รับการยอมรับในระดับ สูง คือ การออกแบบที่เน้นความโปร่งใสผ่านเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ที่อธิบายได้ (XAI) ซึ่งช่วยสร้างความไว้วางใจ (Trust) ให้แก่ผู้ใช้งาน ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญที่จะนำไปสู่การยอมรับและใช้งานเทคโนโลยีในที่สุด [46]

ในขณะเดียวกัน กรอบแนวคิดนี้ ยังได้รับการยืนยันว่ามีความเหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับการนำไปใช้งานจริงในบริบทเฉพาะทาง ดังที่ปรากฏในผลการประเมิน ด้านคุณภาพเชิงสภาพแวดล้อม (Environment Quality) ($\bar{X}$ = 4.72) และ ด้านคุณภาพของระบบ (System Quality) ($\bar{X}$ = 4.67) ผู้เชี่ยวชาญเห็นพ้องว่าระบบนี้ถูกออกแบบมาโดยคำนึงถึงข้อจำกัดด้านทรัพยากรของโรงเรียนขนาดเล็ก สอดคล้อง กับมาตรฐานของหน่วยงานกำกับดูแล [50] และมีโครงสร้างสถาปัตยกรรมแบบ Intelligent Agent ที่มีความแข็งแกร่งและเป็นระบบ [49] ทำให้กรอบแนวคิดนี้ไม่ได้เป็นเพียงทฤษฎีที่สวยหรู แต่เป็นพิมพ์เขียวที่สามารถนำไปสร้างเป็นเครื่องมือที่ใช้งานได้จริง

8. สรุปแนวคิดการวิจัย/ผลการวิจัย

ผลการประเมินความเหมาะสมของกรอบแนวคิด AI-EWDS เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและความเป็นไปได้ในการนำไปใช้งานจริงของกรอบแนวคิด ระบบแจ้งเตือนและป้องกันการออกนอกระบบด้วยปัญญาประดิษฐ์สำหรับโรงเรียนขนาดเล็ก (AI-EWDS)" ผู้วิจัยได้ดำเนินการประเมินโดย

ผู้เชี่ยวชาญสหสาขาวิชาชีพจำนวน 15 ท่าน การประเมินนี้ครอบคลุม 5 มิติคุณภาพที่สำคัญ ซึ่งถูกออกแบบมาเพื่อวัดประสิทธิภาพและความสมบูรณ์ของระบบ AI เพื่อการศึกษาโดยเฉพาะ ตามที่แสดงไว้ใน *ตารางที่ 3*

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความเหมาะสมของกรอบแนวคิด AI-EWDS โดยผู้เชี่ยวชาญ 15 ท่าน

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	**ระดับความเหมาะสม**
1. System Quality (คุณภาพของระบบ)	4.67	0.50	มากที่สุด
2. Intelligence Quality (คุณภาพความฉลาด)	4.74	0.46	มากที่สุด
3. Decision Quality (คุณภาพการตัดสินใจ)	4.70	0.48	มากที่สุด
4. Learning Quality (คุณภาพการเรียนรู้)	4.80	0.42	มากที่สุด
5. Environment Quality (คุณภาพเชิงสภาพแวดล้อม)	4.72	0.45	มากที่สุด
สรุปภาพรวม	**4.73**	**0.46**	**มากที่สุด**

จาก *ตารางที่ 3* ผลการประเมินความเหมาะสมของกรอบแนวคิด AI-EWDS โดยผู้เชี่ยวชาญ 15 ท่าน ได้ให้ข้อสรุปเชิงบวกอย่างท่วมท้น โดยกรอบแนวคิด ในภาพรวมได้รับการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.73, S.D. = 0.46) ผลลัพธ์นี้ไม่เพียงแต่ยืนยันความถูกต้องและความครบถ้วนของกรอบแนวคิดในเชิงทฤษฎี แต่ยังสะท้อนถึงความเชื่อมั่นของผู้เชี่ยวชาญต่อศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้จริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยผลการประเมินในแต่ละมิติสามารถอภิปรายและสนับสนุนด้วยบทความทางวิชาการได้ ดังนี้

1.ด้านคุณภาพการเรียนรู้ (Learning Quality) ($\bar{X}$ = 4.80) เป็นมิติที่ได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงสุด สะท้อนว่าผู้เชี่ยวชาญให้คุณค่าอย่างยิ่งกับความสามารถของระบบในการปรับตัวและพัฒนาตนเอง ซึ่งเป็นหัวใจของระบบ AI ที่ยั่งยืน คุณลักษณะนี้สอดคล้องอย่างยิ่งกับแนวคิด Human-in-the-Loop [47] ซึ่งเน้นย้ำว่าระบบ AI ที่ดีที่สุด คือ ระบบที่สามารถเรียนรู้จากปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้งาน (ครู) เพื่อเพิ่มความแม่นยำและประสิทธิภาพได้อย่างต่อเนื่อง

2.ด้านคุณภาพความฉลาด (Intelligence Quality) ($\bar{X}$ = 4.74) คะแนนที่สูงในมิตินี้แสดงถึงความเชื่อมั่นในแกนหลักการประมวลผลของ AI ทั้งในด้านการวิเคราะห์ข้อมูลที่ซับซ้อนและการตัดสินใจที่สมเหตุสมผล ซึ่งแนวทางการใช้เทคนิค Machine Learning ในระบบได้รับการสนับสนุนจากงานวิจัยของ Aguiar et al. [45] ที่ได้รวบรวมแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพสูงในการพยากรณ์การออกนอกระบบของนักเรียน

3.ด้านคุณภาพเชิงสภาพแวดล้อม (Environment Quality) ($\bar{X}$ = 4.72) ผลการประเมินยืนยันว่ากรอบแนวคิดนี้ถูกออกแบบมาให้ตอบโจทย์บริบทของโรงเรียนขนาดเล็กได้อย่างแท้จริง ทั้งในด้านความสอดคล้องกับมาตรฐาน ความง่ายในการใช้งาน และการคำนึงถึงข้อจำกัดด้านทรัพยากร ซึ่งเป็นไปตามแนวทางการพัฒนากรอบ ระบบแจ้งเตือนล่วงหน้า (Early Warning System Framework) ที่ต้องสามารถบูรณาการเข้ากับสภาพแวดล้อมของสถาบันการศึกษาได้จริง [50]

4.ด้านคุณภาพการตัดสินใจ (Decision Quality) ($\bar{X}$ = 4.70) ความสามารถของระบบในการให้ข้อมูลที่โปร่งใสและเป็นประโยชน์ต่อครู เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้มิตินี้ได้รับการยอมรับในระดับสูง โดยการใช้เทคโนโลยี XAI (Explainable AI) เพื่อสร้าง ความไว้วางใจ (Trust) [46] ทำให้ AI-EWDS เป็น ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support System) ที่มีประสิทธิภาพสำหรับครูในการวางแผนช่วยเหลือนักเรียนกลุ่มเสี่ยง [48]

5.ด้านคุณภาพของระบบ (System Quality) ($\bar{X}$ = 4.67) แม้จะเป็นมิติที่มีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด แต่ยังคงอยู่ในระดับ มากที่สุด อย่างชัดเจน ซึ่งแสดงถึงความเชื่อมั่นในโครงสร้างทางสถาปัตยกรรมโดยรวม โดยเฉพาะการเลือกใช้สถาปัตยกรรมแบบ Intelligent Agent ซึ่งเป็นแนวทางที่ทันสมัยและได้รับการยอมรับว่ามีประสิทธิภาพสำหรับการประยุกต์ใช้ในแวดวงการศึกษา [49]

ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญได้ตอกย้ำความสำเร็จและความเหมาะสมของกรอบแนวคิด AI-EWDS อย่างเป็นเอกฉันท์ โดยเป็นการยืนยันความสมบูรณ์แข็งแกร่งทั้งในมิติ ความถูกต้องเชิงทฤษฎี ซึ่งผ่านการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) และมิติของ ศักยภาพในการนำไปใช้จริง ซึ่งผ่านการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ 15 ท่าน โดยมีจุดแข็งที่โดดเด่นที่สุด คือ ความสามารถในการเรียนรู้และปรับตัวอย่างชาญฉลาด ผลลัพธ์เชิงบวกนี้ไม่เพียงสะท้อนคุณภาพของกรอบแนวคิดที่พัฒนาขึ้น แต่ยังแสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องกับทิศทางและมาตรฐานของงานวิจัยด้านปัญญาประดิษฐ์เพื่อการศึกษาในระดับสากลอย่างชัดเจน [45] [46] [47] [48] [49] [50] ดังนั้น ผลการวิเคราะห์ในบทนี้จึงเป็นรากฐานที่มั่นคงซึ่งยืนยันว่า กรอบแนวคิด AI-EWDS มีความพร้อมและมี

ศักยภาพสูงที่จะก้าวสู่ขั้นตอนการพัฒนาต้นแบบและการทดสอบในสถานการณ์จริง เพื่อสร้างนวัตกรรมที่สามารถแก้ปัญหาการออกนอกระบบของนักเรียนได้อย่างยั่งยืน

การอภิปรายและเปรียบเทียบจาก AI-EWDS

จากการออกแบบสถาปัตยกรรม AI-EWDS สำหรับโรงเรียนขนาดเล็ก ผลการวิจัยแสดงให้เห็นประเด็นสำคัญที่สอดคล้องและสร้างความแตกต่างจากวรรณกรรมเดิม ดังนี้

1.การสร้างความไว้วางใจด้วยปัญญาประดิษฐ์ที่อธิบายได้ (XAI) สถาปัตยกรรมนี้เน้นการใช้ XAI เพื่อแก้ปัญหา "กล่องดำ" (Black Box) ของ AI ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Pardo et al. [46] ที่ระบุว่าความโปร่งใสเป็นปัจจัยวิกฤตในการยอมรับระบบแนะนำในสถานศึกษา โดย AI-EWDS ได้ประยุกต์ใช้มิติข้อมูลจาก กสศ. มาเป็นเกณฑ์ในการอธิบายเหตุผล ทำให้ครูสามารถตัดสินใจช่วยเหลือเด็กได้อย่างมั่นใจมากขึ้น

2.การบูรณาการมนุษย์ในวงจรการตัดสินใจ (Human-in-the-Loop) ในขณะที่งานวิจัยของ Gonzalez et al. [47] เน้นการใช้ระบบอัตโนมัติ แต่ AI-EWDS กลับให้ความสำคัญกับบทบาทของครูในการ "Feedback" ข้อมูลกลับสู่ระบบ ซึ่งความยืดหยุ่นนี้จำเป็นอย่างยิ่งสำหรับโรงเรียนขนาดเล็กที่มีบริบทเฉพาะตัวสูงและไม่สามารถพึ่งพาอัลกอริทึมเพียงอย่างเดียวได้

3.มิติข้อมูลเชิงลึกและบริบทเฉพาะทาง เมื่อเปรียบเทียบกับระบบแจ้งเตือนทั่วไปที่มักใช้เพียงเกรดเฉลี่ยเป็นตัวแปรหลัก de Carvalho et al. [48] ชี้ให้เห็นว่าการใช้ข้อมูลพฤติกรรมเสี่ยงและครอบครัวช่วยเพิ่มความแม่นยำในการทำนาย ซึ่ง AI-EWDS ได้นำแนวคิดนี้มาขยายผลโดยครอบคลุมมิติข้อมูล 6 ด้าน ทำให้ระบบมีความครอบคลุมมากกว่างานวิจัยในอดีต

ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญได้ตอกย้ำความสำเร็จและความเหมาะสมของกรอบแนวคิด AI-EWDS อย่างเป็นเอกฉันท์ โดยเป็นการยืนยันความสมบูรณ์แข็งแกร่งทั้งในมิติ ความถูกต้องเชิงทฤษฎี ซึ่งผ่านการรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) และมิติของ ศักยภาพในการนำไปใช้จริง ซึ่งผ่านการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ 15 ท่าน โดยมีจุดแข็งที่โดดเด่นที่สุด คือ ความสามารถในการเรียนรู้และปรับตัวอย่างชาญฉลาด ผลลัพธ์เชิงบวกนี้ไม่เพียงสะท้อนคุณภาพของกรอบแนวคิดที่พัฒนาขึ้น แต่ยังแสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องกับทิศทางและมาตรฐานของงานวิจัยด้านปัญญาประดิษฐ์เพื่อการศึกษาในระดับสากลอย่างชัดเจน [45] [46] [47] [48] [49] [50] ดังนั้น ผลการวิเคราะห์ในบทนี้จึงเป็นรากฐานที่มั่นคงซึ่งยืนยันว่า กรอบแนวคิด AI-EWDS มีความพร้อมและมีศักยภาพสูงที่จะก้าวสู่

ขั้นตอนการพัฒนาต้นแบบและการทดสอบในสถานการณ์จริง เพื่อสร้างนวัตกรรมที่สามารถแก้ปัญหาการออกนอกระบบของนักเรียนได้อย่างยั่งยืน

การสรุปภาพรวมทั้งหมดของงานวิจัย ตั้งแต่การสังเคราะห์องค์ความรู้จนถึงการประเมินความเหมาะสมของกรอบแนวคิดแพลตฟอร์ม AI-EWDS โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อรวบยอดผลสำเร็จและองค์ความรู้ใหม่ที่ได้จากงานวิจัย การพิจารณาข้อจำกัดที่เกิดขึ้นอย่างโปร่งใสตามหลักวิชาการ, และการนำเสนอแนวทางการต่อยอดงานวิจัยในอนาคตอย่างเป็นระบบ ซึ่งผลลัพธ์จากบทนี้จะเป็นการตอกย้ำถึงคุณค่าขององค์ความรู้ที่เกิดขึ้นและชี้ให้เห็นถึงทิศทางการพัฒนาที่ยั่งยืนต่อไป

การวิจัยนี้ประสบความสำเร็จในการพัฒนาและประเมินความเหมาะสมของกรอบแนวคิดแพลตฟอร์ม AI-EWDS ซึ่งบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ทุกประการ ผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญได้ยืนยันอย่างเป็นเอกฉันท์ว่ากรอบแนวคิดนี้มีความเหมาะสมใน ระดับมากที่สุด ในทุกมิติ โดยมี องค์ความรู้ใหม่ที่ได้จากงานวิจัยหลัก (Original Contribution) คือ การนำเสนอ กรอบแนวคิดที่ผ่านการตรวจสอบความเหมาะสม (Validated Framework) ซึ่งบูรณาการสถาปัตยกรรม AI Agent เข้ากับหลักการสำคัญอย่าง ปัญญาประดิษฐ์ที่อธิบายได้ (XAI) และ การเรียนรู้ร่วมกับผู้ใช้งาน (Human-in-the-Loop) กรอบแนวคิดนี้จึงไม่ได้เป็นเพียงพิมพ์เขียวทางเทคนิค แต่เป็นรากฐานที่มั่นคงสำหรับการสร้างนวัตกรรมที่สามารถแก้ปัญหาการออกนอกระบบของนักเรียนในบริบทของโรงเรียนขนาดเล็กได้อย่างยั่งยืน

ข้อจำกัดของการศึกษา

เพื่อให้เกิดความโปร่งใสทางวิชาการ ผู้วิจัยตระหนักถึงข้อจำกัดบางประการในการศึกษานี้ ซึ่งเป็นแนวทางสำหรับการวิจัยในอนาคต

1. ข้อจำกัดของขอบเขต

การศึกษานี้มุ่งเน้นที่บริบทของ โรงเรียนขนาดเล็ก เป็นหลัก ดังนั้น การนำกรอบแนวคิดนี้ไปประยุกต์ใช้กับโรงเรียนขนาดกลางหรือขนาดใหญ่ อาจต้องมีการปรับเปลี่ยนแบบจำลองและปัจจัยนำเข้าบางประการ เพื่อให้สอดคล้องกับความซับซ้อนของข้อมูลที่เพิ่มขึ้น

2. ข้อจำกัดของข้อมูล

การประเมินกรอบแนวคิดในขั้นตอนนี้ ยังเป็นการประเมินเชิงแนวคิด (Conceptual) ประสิทธิภาพที่แท้จริงของแบบจำลอง AI จะขึ้นอยู่กับคุณภาพและความครบถ้วนของข้อมูลนักเรียนที่จะนำมาใช้จริงในอนาคต

3. ข้อจำกัดในการประเมิน

การประเมินเป็นการประเมิน ณ จุดเวลาใดเวลาหนึ่ง (Cross-sectional) ยังไม่ได้เป็นการศึกษาผลกระทบในระยะยาว (Longitudinal Study) ที่จะเกิดขึ้นหลังจากการนำระบบไปใช้งานจริง

การพัฒนาในอนาคต

จากความสำเร็จของกรอบแนวคิดและข้อจำกัดที่กล่าวมา งานวิจัยในอนาคตสามารถต่อยอดได้ใน 3 แนวทางหลักซึ่งมีความเชื่อมโยงและส่งผลกระทบซึ่งกันและกัน ดังนี้

แนวทางที่ 1 การปรับปรุงทางเทคนิคและอัลกอริทึม

1.การสำรวจแบบจำลองขั้นสูง

วิจัยและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง Machine Learning อื่นๆ เช่น Graph Neural Networks (GNNs) เพื่อวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ทางสังคมของนักเรียน หรือ Deep Learning Models สำหรับข้อมูลอนุกรมเวลา (Time-series) เช่น ผลการเรียนหรือการเข้าเรียน

2.การพัฒนา XAI เชิงโต้ตอบ

พัฒนาส่วนติดต่อผู้ใช้ของ XAI ให้เป็นแบบ Interactive XAI ที่ครูสามารถปรับเปลี่ยนปัจจัยและเห็นผลการทำนายที่เปลี่ยนแปลงไปได้ทันที เพื่อสร้างความเข้าใจในเชิงลึกยิ่งขึ้น

3.การวิจัยด้านความเป็นส่วนตัว

ศึกษาการประยุกต์ใช้เทคนิค Federated Learning เพื่อให้ระบบสามารถเรียนรู้จากข้อมูลของหลายโรงเรียนได้โดยไม่ต้องมีการรวมศูนย์ข้อมูล ซึ่งเป็นการรักษาความเป็นส่วนตัวของข้อมูลนักเรียน

แนวทางที่ 2 การศึกษาผลกระทบตามยาวและการยอมรับของผู้ใช้

1.การศึกษาผลกระทบระยะยาว

นำระบบต้นแบบไปทดลองใช้งานจริงและติดตามผลเป็นระยะเวลาหลายภาคการศึกษา เพื่อวัดผลกระทบที่เกิดขึ้นจริงต่อ อัตราการออกนอกระบบ (Dropout Rate) และ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Academic Achievement)

2.การวิเคราะห์ปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยี

ทำการวิจัยเชิงลึกเพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับและการใช้งานแพลตฟอร์มอย่างต่อเนื่องของครู โดยอาจใช้แบบจำลอง เช่น Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) เพื่อทำความเข้าใจอุปสรรคและหาแนวทางส่งเสริมการใช้งาน

แนวทางที่ 3 ผลกระทบของนโยบาย

1.การพัฒนาโมดูลฝึกอบรมครู

สร้างและประเมินประสิทธิผลของ โมดูลการพัฒนาวิชาชีพครู (Teacher Professional Development Module) เพื่อเสริมสร้างทักษะการใช้ข้อมูลในการตัดสินใจ (Data-Informed Decision Making) ผ่านแพลตฟอร์ม AI-EWDS

2.การศึกษาความท้าทายในการขยายผล

วิจัยถึงความท้าทายและปัจจัยแห่งความสำเร็จในการนำแพลตฟอร์มไปขยายผลในระดับเขตพื้นที่การศึกษาหรือในระดับประเทศ

3.การพัฒนาข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

สังเคราะห์องค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัยทั้งหมด เพื่อจัดทำเป็นข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย (Policy Recommendation) สำหรับหน่วยงานกำกับดูแล เช่น สพฐ. ในการส่งเสริมการใช้ทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์เพื่อลดความเหลื่อมล้ำทางการศึกษาอย่างเป็นรูปธรรม

9. เอกสารอ้างอิง

[1] D. Baneres et al., *“An early warning system to identify and intervene online dropout learners,” Int. J. Educ. Technol. High. Educ*., vol. 20, no. 1, Art. no. 3, 2023, doi: 10.1186/s41239-022-00371-5.

[2] W. Lo, "*Rural education and urban-rural inequality in Thailand: A capability perspective,*" *Asia Pacific Education Review*, vol. 22, no. 3, pp. 429-440, 2021, doi: 10.1007/s12564-021-09681-8.

[3] UNESCO, “*Global Education Monitoring Report 2021/2: Non-state actors in education,”* 2021. [Online]. Available: https://www.unesco.org/gem-report/en/

2021-22-non-state-actors- education

[4] Equitable Education Fund (EEF), "*Thailand Education Inequality Report 2022,*" 2022. [Online]. Available: https://www.eef.or.th/ publication/inequality-report-2565/[in Thai].

[5] T. Nipitphon, *Analysis of Problems in Educational Institutions: Ban Non School, Academic Year 2025*. Songkhla, Thailand: OBEC, 2025.

[6] OECD and UNESCO, *Education in Thailand: An OECD-UNESCO Perspective*. Paris, France: OECD Publishing, 2016, doi: 10.1787/9789264259119-en.

[7] J. Pitanupong, "*The student support system in Thai basic education schools: A case study of schools under the Office of the Basic Education Commission*," *Kasetsart Journal of Social Sciences*, vol. 42, no. 1, pp. 132-139, 2021.

[8] M. J. Fischer, "*A longitudinal examination of the role of family and peer support in student retention,*" *J. High. Educ*., vol. 78, no. 5, pp. 549-576, 2007, doi: 10.1353/jhe.2007.0029.

[9] C. G. Brinton and M. Chiang, "*MOOC performance prediction via clickstream data and forum messages,*" in *Proc. ACM Conf. Learning at Scale*, 2015, pp. 91–100, doi: 10.1145/2724660.2724675.

[10] A. J. Bowers, R. Sprott, and S. A. Taff, "*Do we know who will drop out? A review of the predictors of dropping out of high school: Precision, sensitivity, and specificity,*" *J. Educ. Stud. Placed at Risk (JESPAR)*, vol. 18, no. 1, pp. 1-15, 2013, doi: 10.1080/10824669.2013.749486.

[11] L. Aulck, N. Velagapudi, J. Kemp, and J. D. West, "*Predicting student dropout in higher education using a combination of machine learning and survival analysis,*" in *Proc. 6th Int. Learn. Anal. Knowl. Conf. (LAK '16)*, 2016, pp. 473-477, doi: 10.1145/2883851
.2883943.

[12] H. Khosravi et al., “*Explainable Artificial Intelligence in education,” Comput. Educ. Artif. Intell*., vol. 3, Art. no. 100074, 2022, doi: 10.1016/j.caeai.2022.100074.

[13] S. Plak, I. Cornelisz, M. Meeter, and C. van Klaveren, "*Early warning systems for more effective student counselling in higher education: Evidence from a Dutch field experiment,*" *High. Educ. Q*., vol. 76, no. 1, pp. 131-152, Jan. 2022, doi: 10.1111/hequ.12298.

[14] Office of the National Economic and Social Development Council, *The Twenty-Year National Strategy (2018-2037)*. Bangkok, Thailand, 2018.

[15] United Nations Development Programme (UNDP) Thailand, *Thailand's Human Development Report 2021: Human Security and Development in the Southern Border Provinces*. Bangkok, 2021.

[16] I. A. Adekitan and S. O. Noi, "*A hybrid machine learning approach for predicting student dropout,*" in 2021 International Conference on Electrical, Computer and Energy Technologies (ICECET), 2021, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICECET52533.2021.9698585.

[17] R. J. R. M. Gallimore, and L. D. R. M. Brown, "*Using data to reduce chronic absenteeism in rural schools,*" *Journal of Research in Rural Education*, vol. 35, no. 11, pp. 1-17, 2019.

[18] F. D. Davis, "*Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology,*" *MIS Quarterly*, vol. 13, no. 3, pp. 319-340, 1989, doi: 10.2307/249008.

[19] N. A. Ali, M. A. A. Z. Abidin, and S. M. Z. S. Othman, "*Ethical considerations in the use of artificial intelligence in education,*" International Journal of Advanced Computer Science and Applications, vol. 12, no. 6, 2021.

[20] L. von Bertalanffy, *General System Theory: Foundations, Development, Applications*. New York: George Braziller, 1968.

[21] M. Wooldridge and N. R. Jennings, "*Intelligent agents: Theory and practice,*" *The Knowledge Engineering Review*, vol. 10, no. 2, pp. 115-152, 1995.

[22] R. H. Sprague and E. D. Carlson, *Building Effective Decision Support Systems*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1982.

[23] D. A. Kolb, *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1984.

[24] D. Gunning, "*Explainable Artificial Intelligence (XAI),*" *Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA)*, 2017. [Online]. Available: https://www.darpa.mil/program/explainable-artificial-intelligence

[25] U. Bronfenbrenner, *The Ecology of Human Development: Experiments by Nature and Design. Cambridge*, MA: Harvard Univ. Press, 1979.

[26] M. P. Rojas and A. Chiappe, "*Artificial Intelligence and Digital Ecosystems in Education: A Review,*" Technol. Knowl. Learn., vol. 29, no. 3, pp. 2153–2170, 2024, doi: 10.1007/s10758- 024-09732-7.

[27] Y. Li et al., "*Pedagogical agent design for K-12 education: A systematic review,*" Comput. Educ., vol. 215, p. 104850, 2024, doi: 10.1016/j.compedu.2024.104850.

[28] S. T. Jishan et al., "*Machine learning approaches for predicting student dropout: A systematic literature review,*" Educ. Inf. Technol., vol. 28, pp. 14325–14367, 2023, doi: 10.1007/s10639-023-11832-3.

[29] S. Yang, B. Li, and H. Wang, "*Student Dropout Prediction for University with High Precision and Recall,*" Appl. Sci., vol. 13, no. 10, p. 6275, 2023, doi: 10.3390/app13106275.

[30] N. Szekely and I. Taylan-Ozkan, "*Interpretable Dropout Prediction: Towards XAI-Based Personalized Intervention,*" Int. J. Artif. Intell. Educ., vol. 33, pp. 820–845, 2023, doi: 10.1007/s40593-023-00331-8.

[31] S. Sivakumar and R. Selvaraj, "*Machine Learning based Prediction of Dropout Students from the Perspective of Bangladeshi University using Feature Selection,*" 2022 Int. Conf. Innov. Sci. Technol. Sustain. Dev. (ICISTSD), pp. 1-6, 2022, doi: 10.1109/ICISTSD54559.2022.9716450.

[32] M. J. Solheim and T. H. Flatebø, "*Teachers' Experiences with an Early Warning and Monitoring System for Dropout Prevention in Secondary Education,*" Nord. Stud. Educ., vol. 44, no. 3, pp. 1-18, 2024, doi: 10.23865/nse.v44.6116.

[33] M. Adelman, F. Haimovich, A. Ham, and E. Vazquez, "*Scalable Early Warning Systems for School Dropout Prevention: Evidence from a 4.000-School Randomized Controlled Trial,*" AERA Open, vol. 7, pp. 1-22, 2021, doi: 10.1177/23328584211042549.

[34] S. Odonkor, Z. Barrett, and O. El-Gayar, "*Effectiveness of Artificial Intelligence Models for Predicting School Dropout Rate: A Systematic Review and Meta-Analysis,*" REMIE Multidiscip. J. Educ. Res., vol. 14, no. 3, pp. 1-29, 2024, doi: 10.17583/remie.13342.

[35] M. Quimiz-Moreira, R. Delgadillo, J. Parraga-Alava, N. Maculan, and D. Mauricio, "*Factors, Prediction, Explainability, and Simulating University Dropout Through Machine Learning: A Systematic Review, 2012–2024,*" Computation, vol. 13, no. 8, p. 198, 2025, doi: 10.3390/computation13080198.

[36] S. Romero and X. Liao, "*Statistical and machine learning models for predicting university dropout and scholarship impact*," PLOS ONE, vol. 20, no. 6, p. e0325047, 2025, doi: 0.1371/journal.pone.0325047.

[37] R. Guevara-Reyes, I. Ortiz-Garcés, R. Andrade, F. Cox-Riquetti, and W. Villegas-Ch, "*Machine learning models for academic performance prediction: interpretability and application in educational decision-making,*" Frontiers in Education, vol. 10, p. 1632315, 2025, doi: 0.3389/feduc.2025.1632315.

[38] Z. Liu, X. Zhou, and Y. Liu, "*Student Dropout Prediction Using Ensemble Learning with SHAP-Based Explainable AI Analysis,*" Journal of Social Systems and Policy Analysis, vol. 2, no. 3, pp. 111–132, 2025, doi: 10.62762/JSSPA.2025.321501.

[39] S. Heikkinen et al., "*Predicting student dropouts with machine learning: An empirical study in Finnish higher education,*" Technology in Society, vol. 76, p. 102474, 2024, doi: 10.1016/j.techsoc.2024.102474.

[40] K. Niemi, S. Kinnunen, and K. Aunola, "*Machine learning predicts upper secondary education dropout as early as the end of primary school,*" Scientific Reports, vol. 14, no. 1, p. 63629, 2024, doi: 10.1038/s41598-024-63629-0.

[41] Y. Wang, J. Lavonen, and K. Tirri, "*Enhancing high-school dropout identification: a collaborative approach integrating human and machine insights,*" Discover Education, vol. 3, no. 1, p. 209, 2024, doi: 10.1007/s44217-024-00209-4.

[42] M. Mubarak, V. S. Cao, and I. Wahid, "*Predicting student's dropout in MOOCs using deep learning and time-series behavior analysis,*" *IEEE Access*, vol. 11, pp. 45678–45692, 2023, doi: 0.1109/ACCESS.2023.3274152.

[43] R. S. S. Guitart and J. Conesa, "*Explainable artificial intelligence for student dropout prediction in higher education: A case study using SHAP and LIME,*" *Computers and Education: Artificial Intelligence*, vol. 5, p. 100145, 2023, doi: 10.1016/j.caeai.2023.100145.

[44] A. Alam and B. Edwards, "*Optimizing machine learning models for predicting student academic performance: A comparative study of ensemble methods,*" *Journal of Intelligent Systems in Computing and Design*, vol. 15, no. 2, pp. 88–110, 2024, doi: 10.1016/j.jiscd.2024.01.005.

[45] E. Aguiar et al., "*A survey on machine learning and data mining for student dropout prediction,*" Computers & Electrical Engineering, vol. 109, p. 108734, Jul. 2023, doi: 10.1016/j.compeleceng.2023.108734.

[46] A. Pardo, S. Buckingham Shum, and R. Ferguson, "*Designing for trust in an educational advising recommender system,*" in Proceedings of the 13th International Conference on Learning Analytics & Knowledge (LAK23), Arlington, TX, USA, Mar. 2023, pp. 31–41, doi: 10.1145/3576050.3576084.

[47] C. Gonzalez, V. C. S. L. Le, B. F. M. Hulse, and D. S. Leite, "*A Human-in-the-Loop Framework for Machine Learning in Education,*" in 2022 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), Uppsala, Sweden, Oct. 2022, pp. 1–9, doi: 10.1109/FIE56618.2022.9962510.

[48] B. M. G. de Carvalho, D. F. F. da Silva, I. I. Bittencourt, and S. Isotani, "*An AI-Based Decision Support System to Help Teachers in the Process of Intervening with Students at Risk,*" in 2023 IEEE 23rd International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT), Orem, UT, USA, Jul. 2023, pp. 196–200, doi: 10.1109/ICALT58122.2023.00065.

[49] G. Armendáriz, J. R. Hilera, S. Otón, and H. D. G. Oss-Ciobanu, "*Intelligent Agents in Education: A Systematic Review,*" IEEE Access, vol. 11, pp. 118431–118453, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3326197.

[50] A. Waheed, M. A. Al-Mistarehi, H. A. Alshannag, H. A. Alshira'h, and A. M. Al-Zoubi, "*A Proposed Framework for an Early Warning System for At-Risk Students in an E-Learning Environment Using Educational Data Mining,*" Sustainability, vol. 15, no. 14, p. 10931, Jul. 2023, doi: 10.3390/su151410931.