การพัฒนาระบบการตัดสินใจอัจฉริยะเพื่อการเลือกใช้อุปกรณ์กล้องโทรทัศน์วงจรปิด ตามสภาพพื้นที่จริง ในระดับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

Development of an Intelligent Decision-Making System for CCTV Equipment Selection under Real-World Conditions at the Local Administrative Organization Level

นางสาวชุติมา ปรางน้อย รหัส 166491432008 นักศึกษาระดับปริญญาเอก
สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัลมีเดีย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

บทคัดย่อ

การคัดเลือกอุปกรณ์กล้องโทรทัศน์วงจรปิด (CCTV) ในองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นมักขาดกระบวนการตัดสินใจเชิงระบบ อาศัยเพียงประสบการณ์ส่วนบุคคล ทำให้ประสิทธิภาพและความคุ้มค่าของงบประมาณลดลง และไม่ตอบสนองความต้องการเฉพาะพื้นที่ได้อย่างแท้จริง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบการตัดสินใจอัจฉริยะสำหรับการคัดเลือกอุปกรณ์ CCTV ตามบริบทพื้นที่ (CCTV Intelligent Decision Support System: CCTV-IDSS) โดยบูรณาการแนวคิดระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support Systems: DSS) และสถาปัตยกรรม AI Agent ร่วมกับเทคโนโลยี Hybrid AI ได้แก่ Rule-Based System (RBS), Case-Based Reasoning (CBR), Machine Learning (ML) และ Explainable AI (XAI) เพื่อเพิ่มความแม่นยำ ความโปร่งใส และประสิทธิผลในการตัดสินใจ

กรอบแนวคิดประกอบด้วย 4 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ Theory, System Development, Research Outcomes และ Evaluation และออกแบบสถาปัตยกรรมระบบภายใต้ 5 มิติคุณภาพ คือ System Quality, Intelligence Quality, Decision Quality, Learning Quality และ User & Environment Quality โดยใช้ข้อมูลการติดตั้งย้อนหลัง 3 ปี มาตรฐานทางเทคนิค และความเห็นผู้เชี่ยวชาญจำนวน 15 คน ในการประเมินความเหมาะสม

ผลการประเมินพบว่ากรอบแนวคิดมีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ยรวม = 4.69, SD = 0.48) โดยเฉพาะมิติ Learning Quality และ Intelligence Quality สะท้อนศักยภาพของ AI Agent Core ที่บูรณาการ Hybrid AI ในการวิเคราะห์และให้คำแนะนำที่แม่นยำและอธิบายได้ ผ่าน RBS, CBR, ML และ XAI งานวิจัยนี้ยืนยันว่าระบบ CCTV-IDSS มีความเหมาะสมทั้งเชิงทฤษฎีและการประยุกต์ใช้ สามารถสนับสนุนการตัดสินใจที่แม่นยำ โปร่งใส และคุ้มค่า และมีศักยภาพขยายสู่ระบบสนับสนุนการตัดสินใจในบริบท Smart City เพื่อการบริหารจัดการเมืองอย่างยั่งยืนในยุคดิจิทัล

คำสำคัญ: ระบบกล้องโทรทัศน์วงจรปิด (CCTV), ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support Systems), ตัวแทนปัญญาประดิษฐ์ (AI Agent), ระบบฐานกฎ (Rule-Based system), การให้เหตุผลเชิงกรณีศึกษา (Case-Based Reasoning)

1. บทนำ

การพัฒนาเมืองอัจฉริยะ (Smart Cities) มุ่งยกระดับคุณภาพชีวิตและประสิทธิภาพการบริหารจัดการเมืองผ่านเทคโนโลยีดิจิทัล [1],[2] โดยระบบกล้องโทรทัศน์วงจรปิด (Closed-Circuit Television: CCTV) เป็นโครงสร้างพื้นฐานสำคัญด้านความปลอดภัย [3],[4] อย่างไรก็ตาม ระบบ CCTV ส่วนใหญ่ถูกใช้งานในลักษณะเชิงรับ (passive surveillance) มุ่งเน้นการบันทึกภาพเหตุการณ์หลังเกิดเหตุมากกว่าการวิเคราะห์เชิงรุกด้วยเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ [5],[6] ส่งผลให้ข้อมูลที่ถูกจัดเก็บไม่ถูกใช้ประโยชน์ เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจอย่างเต็มศักยภาพ

ในบริบทประเทศไทย องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นมีบทบาทหลักในการดูแลความปลอดภัยในพื้นที่รับผิดชอบและขับเคลื่อนสู่การเป็นเมืองอัจฉริยะ [1],[7] แต่กระบวนการคัดเลือกอุปกรณ์ CCTV ยังขาดระบบสนับสนุนการตัดสินใจเชิงประจักษ์ มักอาศัยประสบการณ์ส่วนบุคคลหรือข้อเสนอจากผู้จำหน่าย ขาดการวิเคราะห์เชิงพื้นที่และการประเมินหลายมิติภายใต้ข้อจำกัดด้านงบประมาณและความเชี่ยวชาญทางเทคนิค สะท้อนช่องว่างสำคัญในกระบวนการตัดสินใจด้านโครงสร้างพื้นฐานเมือง ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อคุณภาพของระบบเฝ้าระวัง งานวิจัยด้านเมืองอัจฉริยะชี้ให้เห็นว่าการตัดสินใจเชิงพื้นที่จำเป็นต้องอาศัยระบบติดตามและวิเคราะห์ข้อมูลหลายมิติอย่างเป็นระบบ [8] รวมถึงการออกแบบแพลตฟอร์มที่มีความโปร่งใสและสามารถตรวจสอบได้ [2],[9]

ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ โดยเฉพาะแนวคิด Hybrid AI ที่บูรณาการ symbolic AI เช่น Rule-Based Systems และ Case-Based Reasoning เข้ากับ sub-symbolic AI เช่น Machine Learning และ Deep Learning ทำให้ระบบสนับสนุนการตัดสินใจสามารถผสานความเป็นเหตุเป็นผลที่ตรวจสอบได้และความสามารถในการเรียนรู้จากข้อมูลจริง [10]–[12] แนวทางดังกล่าวได้รับการประยุกต์ใช้ร่วมกับกลไกอธิบายผลการตัดสินใจและการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงหลายเกณฑ์ [13],[14] ขณะเดียวกัน แนวคิด Explainable AI มีบทบาทสำคัญในการสร้างความโปร่งใสและการตรวจสอบย้อนกลับได้ของกระบวนการตัดสินใจ โดยเฉพาะในบริบทการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในภาครัฐ [15],[16] นอกจากนี้ การกำหนดจำนวนและตำแหน่งติดตั้งกล้องให้เหมาะสมจำเป็นต้องอาศัยเทคนิคการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงหลายวัตถุประสงค์ เพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่สูงสุดภายใต้ข้อจำกัดทรัพยากร [17]–[19] โดยการประเมินความเสี่ยงเชิงพื้นที่ในบริบทเมืองอัจฉริยะต้องบูรณาการข้อมูลภาพเข้ากับข้อมูลภูมิสารสนเทศอย่างเป็นระบบ [20],[21] สถาปัตยกรรม ระบบ AI Agents ที่ทำงานในลักษณะวงจร Perceive–Decide–Act–Learn จึงเป็นกรอบแนวคิดที่เหมาะสมสำหรับระบบอัจฉริยะที่ต้องรับรู้ วิเคราะห์ตัดสินใจ และเรียนรู้จากข้อมูลอย่างต่อเนื่อง [22],[23]

แม้งานวิจัยที่ผ่านมาจะศึกษาการประยุกต์ใช้ AI ในระบบเฝ้าระวัง การเพิ่มประสิทธิภาพการติดตั้งระบบ CCTV และการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจ แต่ยังขาดกรอบการตัดสินใจที่บูรณาการข้อมูลเชิงพื้นที่ มาตรฐานทางเทคนิค และข้อจำกัดด้านงบประมาณเข้าด้วยกัน เพื่อสนับสนุน “กระบวนการคัดเลือกอุปกรณ์” อย่างเป็นระบบ อีกทั้งยังขาดการประยุกต์ใช้แนวคิด Hybrid AI ที่ผสานกลไกเชิงกฎประสบการณ์จากกรณีที่ผ่านมา การเรียนรู้จากข้อมูลและการอธิบายเหตุผลของระบบในลักษณะที่เหมาะสมกับบริบทการบริหารงานภาครัฐระดับท้องถิ่น งานวิจัยนี้จึงมุ่งพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจอัจฉริยะสำหรับการคัดเลือกอุปกรณ์ CCTV (CCTV-IDSS) โดยบูรณาการ Hybrid AI ภายใต้กรอบการประเมินที่ครอบคลุมทั้งคุณภาพระบบ ความสามารถเชิงปัญญา คุณภาพการตัดสินใจ ความสามารถในการเรียนรู้ และความเหมาะสมต่อการใช้งานจริงในบริบทองค์กรท้องถิ่นเพื่อยกระดับการตัดสินใจจากประสบการณ์ส่วนบุคคลสู่กระบวนการที่มีหลักฐานรองรับ โปร่งใส และตรวจสอบได้

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อพัฒนากรอบแนวคิดระบบการตัดสินใจอัจฉริยะเพื่อการเลือกใช้อุปกรณ์กล้องโทรทัศน์วงจรปิดตามสภาพพื้นที่จริง ในองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

2.2 เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบต้นแบบระบบการตัดสินใจอัจฉริยะเพื่อการเลือกใช้อุปกรณ์กล้องโทรทัศน์วงจรปิดตามสภาพพื้นที่จริง โดยใช้ข้อมูลย้อนหลังและเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์

2.3 เพื่อประเมินคุณภาพ ประสิทธิภาพ และความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบต้นแบบ

2.4. เพื่อศึกษาผลการใช้งานระบบการตัดสินใจอัจฉริยะเพื่อการเลือกใช้อุปกรณ์กล้องโทรทัศน์วงจรปิดตามสภาพพื้นที่จริง ในระดับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

3. ขอบเขตของการวิจัย

3.1 ข้อมูลการวิจัย การวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาระบบการตัดสินใจอัจฉริยะเพื่อการเลือกใช้อุปกรณ์กล้องโทรทัศน์วงจรปิดตามสภาพพื้นที่จริง โดยใช้ข้อมูลย้อนหลัง 3 ปี (ปี 2565-2567) ขอบเขตพื้นที่การศึกษา ได้แก่ พื้นที่ทางแยกจราจร และพื้นที่ชุมชน ในเขตเทศบาลเมืองบางรักพัฒนา จังหวัดนนทบุรี ดังนี้

3.1.1 ข้อมูลโครงการติดตั้งระบบกล้องโทรทัศน์วงจรปิด ตามเกณฑ์ราคากลางและคุณลักษณะพื้นฐานของระบบกล้องโทรทัศน์วงจรปิด กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม

3.1.2 ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการติดตั้งและใช้งานระบบกล้องโทรทัศน์วงจรปิด ได้แก่ ผู้บริหาร ข้าราชการ เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีระบบกล้องโทรทัศน์วงจรปิด และผู้ใช้งาน รวมจำนวน 100 คน

3.2 ประชากร คือ ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการติดตั้ง และใช้งานระบบกล้องโทรทัศน์วงจรปิด ในเขตพื้นที่เทศบาลเมืองบางรักพัฒนา จังหวัดนนทบุรี

3.3 กลุ่มตัวอย่าง คัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จาก ผู้บริหาร ข้าราชการ และเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง และผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยี จำนวน 15 คน เพื่อนำมาสอบถามความต้องการประเมินและให้ข้อเสนอแนะต่อระบบต้นแบบที่พัฒนา

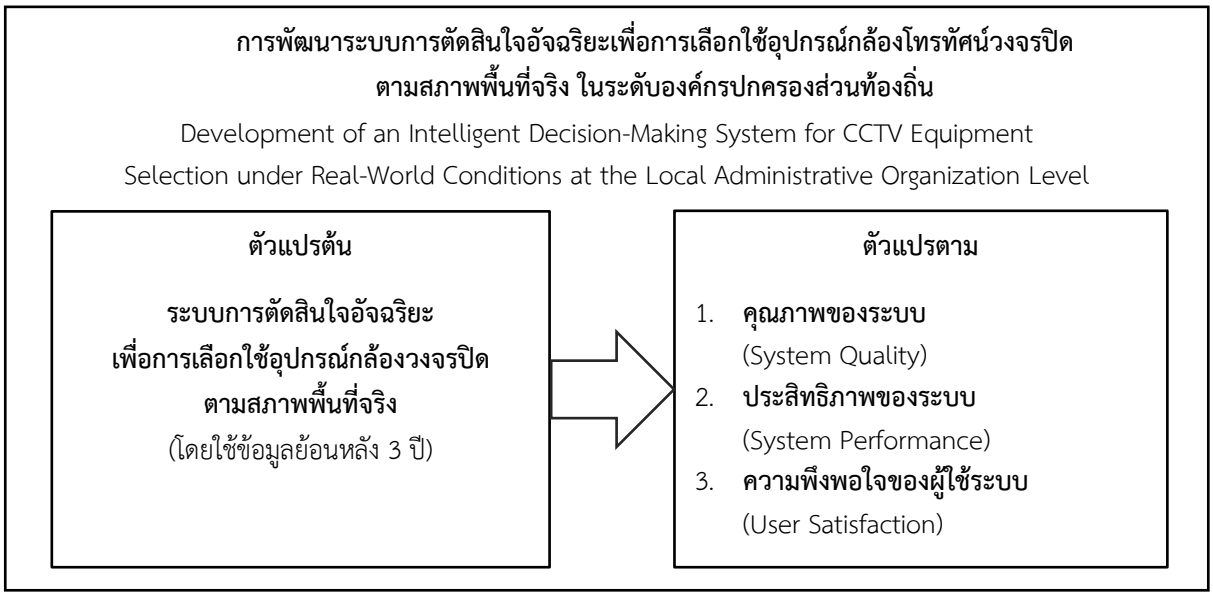
4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

4.1 ได้กรอบแนวคิดระบบการตัดสินใจอัจฉริยะ ที่ผ่านการทดสอบความถูกต้อง ช่วยให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเลือกใช้อุปกรณ์กล้องโทรทัศน์วงจรปิดได้อย่างเหมาะสม โปร่งใส และตรวจสอบได้

4.2 ผู้บริหาร และเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง มีระบบต้นแบบอัจฉริยะในการตัดสินใจช่วยลดความผิดพลาดในการเลือกใช้อุปกรณ์กล้องโทรทัศน์วงจรปิดของภาครัฐ โดยใช้ข้อมูลย้อนหลังและเกณฑ์มาตรฐานประกอบการตัดสินใจ

4.3 สนับสนุนการประยุกต์ใช้ และบูรณาการ AI เป็นเครื่องมือสนับสนุนช่วยตัดสินใจ เพื่อเพิ่มคุณภาพและประสิทธิภาพในการเลือกใช้อุปกรณ์กล้องโทรทัศน์วงจรปิด และสนับสนุนการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

5. กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัยการพัฒนาระบบการตัดสินใจอัจฉริยะเพื่อการเลือกใช้อุปกรณ์กล้องโทรทัศน์วงจรปิด ตามสภาพพื้นที่จริง ในระดับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

จากภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัยในการพัฒนาระบบการตัดสินใจอัจฉริยะเพื่อการเลือกใช้อุปกรณ์กล้องโทรทัศน์วงจรปิด ตามสภาพพื้นที่จริง ในระดับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น โดยมีการศึกษาผลลัพธ์ของการใช้งาน ได้แก่ คือ 1) คุณภาพของระบบ 2) ประสิทธิภาพของระบบ และ3) ความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ

6. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการตามกระบวนการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) แบ่งออกเป็น 3 ระยะ ดังนี้

6.1 ระยะที่1 การพัฒนากรอบแนวคิด (Conceptual Framework Development) มีวิธีดำเนินการ ดังนี้

6.1.1 การศึกษางานวิจัย เอกสาร และมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

6.1.2 การออกแบบกรอบแนวคิดเบื้องต้น

6.1.3 ตรวจสอบและอภิปรายร่างกรอบแนวคิดด้วยการประชุมกลุ่มย่อย (Focus Group)

6.1.4 การสรุปผลและปรับปรุงกรอบแนวคิด

6.1.5 การประเมินกรอบแนวคิดโดยผู้เชี่ยวชาญ (Expert Validation)

6.1.6 การวิเคราะห์ผลการประเมินเพื่อปรับปรุงและยืนยันความเหมาะสมของกรอบแนวคิด

6.2 ระยะที่ 2 การออกแบบและพัฒนาต้นแบบ (Prototype Development) โดยใช้ข้อมูลย้อนหลัง และเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ มีวิธีดำเนินการ ดังนี้

6.2.1 การศึกษาเทคโนโลยี งานวิจัย และเอกสารที่เกี่ยวข้อง

6.2.2 การออกแบบระบบต้นแบบ (System Design)

6.2.3 การประเมินความเหมาะสมของการออกแบบระบบต้นแบบ โดยผู้เชี่ยวชาญ

6.2.4 การพัฒนาระบบต้นแบบ (Prototype Development) โดยใช้ข้อมูลย้อนหลัง 3 ปี

6.2.5 การตรวจสอบความถูกต้องเบื้องต้นโดยผู้วิจัย (Researcher Internal Test)

6.2.6 การประเมินประสิทธิภาพระบบต้นแบบโดยผู้เชี่ยวชาญ (Expert Evaluation)

6.2.7 การวิเคราะห์ผลการประเมินเพื่อปรับปรุงระบบ

6.3 ระยะที่ 3 การประเมินระบบต้นแบบโดยผู้ใช้จริง (User Evaluation) เป็นการนำระบบต้นแบบไปทดลองใช้จริง มีวิธีดำเนินการ ดังนี้

6.3.1 กำหนดกลุ่มเป้าหมายผู้ใช้จริง

6.3.2 เตรียมเครื่องมือและระบบต้นแบบสำหรับการทดลองใช้

6.3.3 การทดลองใช้งานระบบต้นแบบ (User Testing)

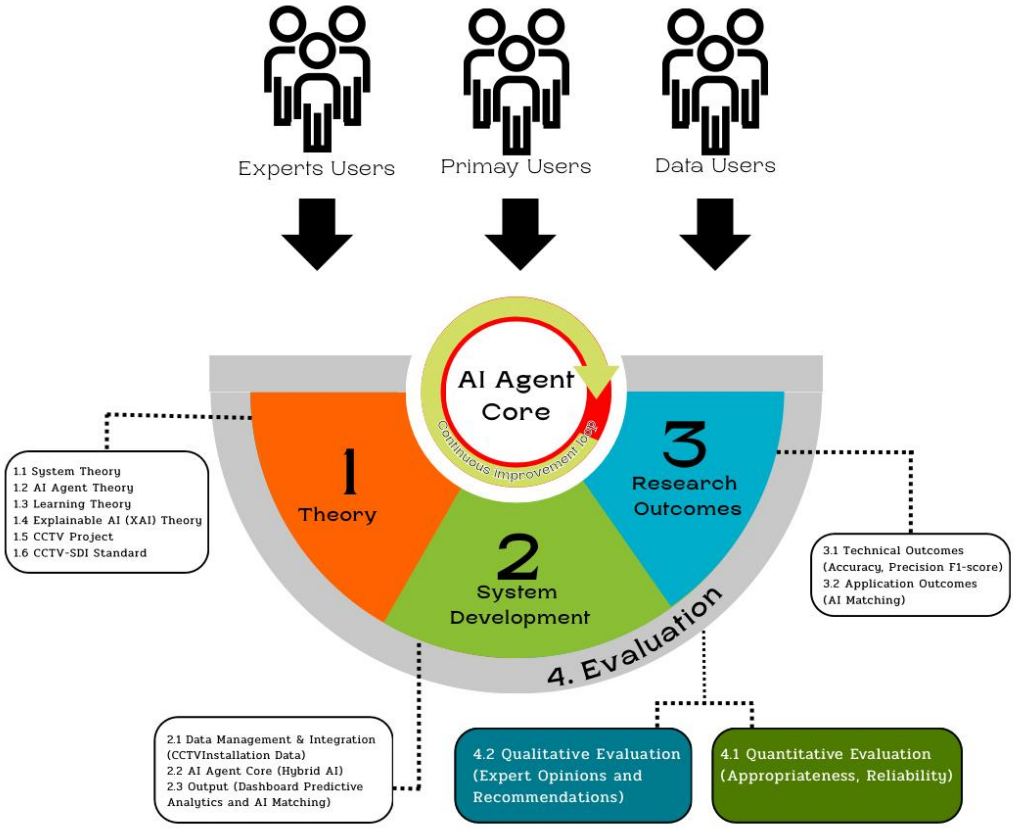
6.3.4 การเก็บข้อมูลความพึงพอใจและความคิดเห็นของผู้ใช้

6.3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจและการใช้งาน

6.3.6 สรุปผลการประเมินและข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาระบบให้เหมาะสม

7. ผลการวิจัย

สถาปัตยกรรมระบบของระบบการตัดสินใจอัจฉริยะเพื่อการเลือกใช้อุปกรณ์กล้องโทรทัศน์วงจรปิดตามสภาพพื้นที่จริง ในระดับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น มีองค์ประกอบดังนี้



ภาพที่ 2 Conceptual Framework for Design and Development of CCTV Intelligent Decision Support System: CCTV-IDSS

จากภาพที่ 2 กรอบแนวคิดการพัฒนาระบบ CCTV Intelligent Decision Support System: CCTV-IDSS ครอบคลุมองค์ประกอบสำคัญ 4 ส่วน ได้แก่ (1) Theory (ทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐาน) (2) System Development (การพัฒนาระบบ) (3) Research Outcomes (ผลลัพธ์การวิจัย) และ (4) Evaluation (การประเมินผล) โดยมีทฤษฎีสำคัญดังนี้

1. ทฤษฎีและองค์ความรู้ (Theory and Knowledge Base)

ชั้นทฤษฎี (Theory Layer) เป็นรากฐานของการพัฒนาระบบ CCTV-IDSS โดยบูรณาการองค์ความรู้สหสาขา ได้แก่ แนวคิดของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support Systems: DSS) ระบบผู้เชี่ยวชาญ (Decision Expert Systems: DES) แนวคิด Hybrid AI และมาตรฐานโครงสร้างพื้นฐานดิจิทัลของภาครัฐ ร่วมกับโมเดลเชิงกระบวนการ IPOF (Input-Process-Output-Feedback) เพื่อกำหนดโครงสร้างการไหลของข้อมูลและกลไกการตัดสินใจอย่างเป็นระบบ พร้อมผสานแนวคิด AI Agent ที่ทำงานตามวงจร Perceive–Decide–Act–Learn เพื่อให้ระบบสามารถรับรู้ วิเคราะห์ ตัดสินใจ และเรียนรู้ปรับตัวตามบริบทพื้นที่ได้อย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้มีความสอดคล้องทั้งทางวิชาการและการปฏิบัติสำหรับการตัดสินใจวางระบบกล้องวงจรปิดในพื้นที่จริง

Theory Layer ประกอบด้วย 6 องค์ประกอบหลัก ได้แก่

1.1 System Theory

ทฤษฎีระบบทำหน้าที่กำหนดกรอบคิดเชิงระบบเพื่อกำหนดองค์ประกอบ ความสัมพันธ์ และกระบวนการของข้อมูลภายในระบบ CCTV-IDSS ประกอบด้วยปัจจัยนำเข้า (input) กระบวนการประมวลผล (process) ผลลัพธ์ (output) และวงจรป้อนกลับ (feedback) ที่มีโครงสร้างองค์ประกอบทำงานสัมพันธ์กันอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ระบบสามารถตัดสินใจได้บนพื้นฐานข้อมูลจริงอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ข้อมูลการติดตั้งกล้องวงจรปิดย้อนหลัง คุณลักษณะทางเทคนิคของอุปกรณ์ การจัดวางพื้นที่และความเสี่ยงเชิงพื้นที่ แล้วนำข้อมูลเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ของปัญญาประดิษฐ์อย่างเป็นระบบเพื่อสร้างคำแนะนำที่สอดคล้องกับเงื่อนไขและข้อเท็จจริงของพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งต้องอาศัยการตัดสินใจบนพื้นฐานข้อมูลจริงและหลักฐานเชิงประจักษ์ และตรวจสอบย้อนกลับได้อย่างโปร่งใส แนวคิดนี้ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับสถาปัตยกรรมของระบบสนับสนุนการตัดสินใจในหลายสาขา [24],[25]

1.2 AI Agent Theory

ทฤษฎี AI Agent เป็นหัวใจสำคัญของระบบ CCTV-IDSS โดยมุ่งเน้นให้ระบบมีความสามารถใน 4 กระบวนการหลัก ได้แก่ การรับรู้ข้อมูล (Perception) การตัดสินใจ (Decision) การให้คำแนะนำ (Action) และการเรียนรู้ (Learning) โดยใช้เทคนิค Hybrid AI ที่ผสาน Rule-Based Reasoning (RBR), Case-Based Reasoning (CBR), Machine Learning Matching และLarge Language Models (LLMs) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิด "Intelligent Agent" ที่กำหนดว่าระบบต้องสามารถรับข้อมูลจากสภาพแวดล้อม ประมวลผลบนพื้นฐานของเป้าหมาย และตอบสนองอย่างเหมาะสม เพื่อวิเคราะห์บริบทพื้นที่ และเสนออุปกรณ์ CCTV อย่างเหมาะสมด้วยเหตุผลเชิงกฎและเชิงข้อมูล [26],[27]

1.3 Learning Theory

ทฤษฎีการเรียนรู้ทำหน้าที่ในการพัฒนาโมเดลการเรียนรู้ของเครื่อง (machine learning) และกระบวนการปรับปรุงโมเดลของระบบ CCTV-IDSS ด้วย supervised learning และ deep learning การนำทฤษฎีการเรียนรู้มาประยุกต์ใช้ช่วยให้ระบบสามารถพัฒนาค่าความแม่นยำ (accuracy) ความเที่ยงตรง (precision) และ F1-score โดยเรียนรู้จากข้อมูลติดตั้งจริงและกรณีศึกษาในอดีต

จากแนวคิด Case-Based Learning และ Machine Learning มาใช้ช่วยให้ระบบสามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะของพื้นที่กับอุปกรณ์กล้องวงจรปิดได้อย่างเหมาะสม [28],[29]

1.4 Explainable AI (XAI)

Explainable AI มีบทบาทสำคัญในการทำให้ระบบ CCTV-IDSS มีความโปร่งใส ตรวจสอบได้ และสามารถอธิบายเหตุผลของคำแนะนำได้ โดยมุ่งให้ระบบปัญญาประดิษฐ์สามารถอธิบายวิธีการและที่มาของผลลัพธ์ผ่านกลไกต่างๆ เช่น ความสำคัญของลักษณะข้อมูล (feature importance) การสกัดกฎ (rule extraction) หรือการอธิบายแบบสมมุติฐานทางเลือก (counterfactual explanation) เพื่อให้สอดคล้องกับหลักธรรมาภิบาลในภาครัฐ ซึ่งช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือและการยอมรับจากผู้ใช้งานในภาครัฐระดับนโยบายสาธารณะได้อย่างมีนัยสำคัญ [30],[31]

1.5 CCTV Project Theory

ทฤษฎีการจัดการโครงการเชิงสาธารณะที่ทำหน้าที่เป็นฐานข้อมูลในการกำหนดโครงสร้างการวางระบบ ครอบคลุมองค์ประกอบสำคัญ เช่น วัตถุประสงค์ ความต้องการของพื้นที่ (requirements) ข้อจำกัดของภูมิประเทศ และประสิทธิภาพและความคุ้มค่าของการลงทุน (Return on Investment: ROI) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Project Management Institute (PMI) ที่เน้นความชัดเจนของความต้องการของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (stakeholder requirements) และการบริหารความเสี่ยงของโครงการ เพื่อให้การตัดสินใจสอดคล้องกับข้อจำกัดงบประมาณและบริบทพื้นที่ [32]

1.6 CCTV-SDI Standard (Surveillance Data Infrastructure)

มาตรฐานโครงสร้างพื้นฐานข้อมูลเฝ้าระวังเป็นมาตรฐานสำคัญในการกำหนดความเข้ากันได้ (interoperability) โครงสร้างข้อมูล (data schema) การจัดเก็บข้อมูล และความปลอดภัยของข้อมูลในระบบกล้องวงจรปิด โดยมาตรฐานสากล เช่น ONVIF (Open Network Video Interface Forum) เข้ากับระบบวิเคราะห์ของปัญญาประดิษฐ์ ซึ่งช่วยให้การประมวลผล การจับคู่ข้อมูล และการแสดงผลผ่าน Dashboard มีความถูกต้องและสอดคล้องกับข้อมูลต้นทางได้อย่างมีประสิทธิภาพ [33]

ในภาพรวม Theory Layer ทำหน้าที่เป็นกลไกกำกับทิศทางของการออกแบบสถาปัตยกรรมระบบ CCTV-IDSS เพื่อให้ระบบมีความสามารถในการสนับสนุนการตัดสินใจอย่างแม่นยำ โปร่งใส ตรวจสอบได้ และสอดคล้องกับบริบทการใช้งานจริงขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท.) ซึ่งเป็นฐานสำคัญของการพัฒนาระบบ Smart/Safe City อย่างยั่งยืน

2. กระบวนการพัฒนาระบบ (System Development)

กระบวนการพัฒนาระบบ CCTV-IDSS เป็นขั้นตอนสำคัญที่นำองค์ความรู้เชิงทฤษฎีไปสู่สถาปัตยกรรมระบบต้นแบบที่ใช้งานได้จริงในบริบทองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น โดยบูรณาการข้อมูลพื้นที่จริง ข้อมูลโครงการย้อนหลัง กลไก AI Agent และการนำเสนอผลผ่านแดชบอร์ดเชิงวิเคราะห์เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจที่แม่นยำ โปร่งใส และสอดคล้องกับมาตรฐานภาครัฐ ระบบถูกออกแบบให้ทำงานเป็นวงจรต่อเนื่อง (continuous improvement loop) แบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบหลัก ดังนี้

2.1 Data Management & Integration

ทำหน้าที่รวบรวมและบูรณาการข้อมูลจากหลายแหล่ง ได้แก่ ข้อมูลโครงการติดตั้งย้อนหลัง ข้อมูลจำเพาะอุปกรณ์ ข้อมูลสภาพพื้นที่และความเสี่ยง มาตรฐานภาครัฐ [34],[35] และความเห็นผู้เชี่ยวชาญ ข้อมูลทั้งหมดถูกจัดเก็บในคลังข้อมูลกลาง (data warehouse) ผ่านกระบวนการ ELT (Extract-Load-

Transform) และระบบจัดการ Metadata เพื่อรองรับการวิเคราะห์แบบ data-driven Decision Support ในภาครัฐ และการเข้าถึงแบบเรียลไทม์ ช่วยลดความคลาดเคลื่อนและเพิ่มคุณภาพข้อมูลสำหรับการเรียนรู้ของโมเดล AI [36],[37]

2.2 AI Agent Core (Hybrid AI)

แกนกลางของ AI Agent ทำหน้าที่เป็นกลไกประมวลผลหลักของระบบในการวิเคราะห์และตัดสินใจ โดยบูรณาการเทคนิคปัญญาประดิษฐ์หลายรูปแบบเข้าด้วยกัน ได้แก่ (1) การให้เหตุผลแบบอิงกฎ (Rule-based Reasoning: RBR) ทำหน้าที่ตรวจสอบเกณฑ์มาตรฐานการเลือกกล้องและความเข้ากันได้ของระบบ (interoperability) (2) การให้เหตุผลแบบอิงกรณี (Case-Based Reasoning: CBR) สำหรับเรียนรู้จากกรณีศึกษาในอดีต และ (3) การจับคู่ด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning Matching) โดยใช้เทคนิค Supervised Learning และ Feature Matching เพื่อจับคู่คุณลักษณะของกล้องกับสภาพพื้นที่จริงอย่างแม่นยำ [38]

AI Agent ถูกออกแบบตามสถาปัตยกรรม Perceive-Decide-Act-Learn ซึ่งเป็นหัวใจของระบบอัจฉริยะที่สามารถรับรู้ข้อมูล (Perception) ประเมินทางเลือก (Decision) ตอบสนองหรือเสนอคำแนะนำ (Action) และเรียนรู้เพื่อลดข้อผิดพลาดอย่างต่อเนื่อง (Learning)

- Perceive: อ่านข้อมูลเชิงพื้นที่ เช่น ระยะ มุมมอง ระดับแสง
- Decide: ประมวลผลด้วยโมเดล ML เช่น Random Forest, Gradient Boosting หรือ Deep Neural Network
- Act: สร้างคำแนะนำและคะแนนความเหมาะสม (matching score)
- Learn: ปรับปรุงโมเดลจากข้อมูลใหม่อย่างต่อเนื่อง

ระบบให้ความสำคัญกับ feature engineering เช่น focal length, sensor type, IR distance, field of view และ pixel density เพื่อให้การคำนวณความเหมาะสมสอดคล้องกับสภาพพื้นที่จริงและตามมาตรฐาน CCTV-SDI และ ONVIF

2.3 Output Layer ชั้นผลลัพธ์เป็นส่วนที่นำข้อมูลการวิเคราะห์และคำแนะนำจาก AI Agent มาเสนอเป็นระบบสนับสนุนการตัดสินใจเชิงประจักษ์ ในรูปแบบที่สามารถใช้ประกอบการตัดสินใจได้จริงผ่าน 3 โมดูลหลัก ดังนี้

2.3.1 Dashboard ทำหน้าที่เป็นพื้นที่แสดงผลสรุป (summary visualization) ของข้อมูลพื้นที่ เช่น แผนที่ความร้อน (heat map) คะแนนความเสี่ยง (risk score) ตัวชี้วัดความเพียงพอ (adequacy indicator) ตัวชี้วัดความเหมาะสมของกล้องแต่ละประเภท และเหตุผลประกอบการตัดสินใจจากโมดูล XAI โดยแสดงข้อมูลในรูปแบบของกราฟ ตาราง และสถิติที่เข้าใจได้ง่าย [39]

2.3.2 Predictive Analytics การวิเคราะห์เชิงพยากรณ์ทำหน้าที่วิเคราะห์แนวโน้มและจำแนกประเภทพื้นที่ เช่น ค่าความเสี่ยงของพื้นที่ (เสี่ยงสูง-กลาง-ต่ำ) ด้วยเทคนิค classification, clustering และ regression เพื่อประเมินค่าความเหมาะสมของการเลือกกล้องแต่ละประเภท และพยากรณ์ผลลัพธ์อย่างมีความหมายเชิงปฏิบัติการ

2.3.3 AI Matching การจับคู่ด้วยปัญญาประดิษฐ์ โดยจัดลำดับความเหมาะสมของอุปกรณ์ (CCTV recommendation ranking) ตามคะแนนความเหมาะสม (matching score) ที่ประมวลจากข้อมูลจริง เทคนิค Hybrid AI ทำให้ระบบสามารถจับคู่พื้นที่-อุปกรณ์ได้แม่นยำ เพื่อสนับสนุนการวางแผนจัดซื้อและการออกแบบโครงการ

โดยสรุป กระบวนการพัฒนาระบบ CCTV-IDSS เป็นสถาปัตยกรรมแบบบูรณาการที่เชื่อมโยงการจัดการข้อมูล Hybrid AI และการแสดงผลเชิงวิเคราะห์เข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบ ช่วยให้ผู้บริหารท้องถิ่นสามารถตัดสินใจด้านความปลอดภัยสาธารณะได้อย่างแม่นยำ โปร่งใส ตรวจสอบได้ และพัฒนาอย่างต่อเนื่อง รองรับการพัฒนา Smart/Safe City อย่างยั่งยืน

3. ผลการวิจัย (Research Outcomes)

การประเมินผลการพัฒนาระบบ CCTV-IDSS มุ่งเน้นการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของโมเดลเชิงเทคนิคและความสามารถในการประยุกต์ระบบ ประเมินในสองมิติหลัก ได้แก่ (1) ผลลัพธ์เชิงเทคนิค (Technical Outcomes) และ (2) ผลลัพธ์เชิงการประยุกต์ใช้งาน (Application Outcomes) เพื่อสะท้อนทั้งประสิทธิภาพของแบบจำลอง AI และคุณค่าในการใช้งานจริงขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

3.1.1 Technical Outcomes ผลลัพธ์เชิงเทคนิคเป็นการประเมินประสิทธิภาพของโมเดล AI Agent Core ผ่านตัวชี้วัดมาตรฐาน ได้แก่ ความแม่นยำ (Accuracy) ความเที่ยงตรง (Precision) และ F1-score ซึ่งเป็นตัวชี้วัดสำคัญในงานด้าน Computer Vision และ Intelligent Surveillance [40] โดยการทดสอบด้วยข้อมูลการติดตั้งกล้องย้อนหลัง 3 ปี ผลการประเมินพบว่าโมเดลมีค่าประสิทธิภาพอยู่ในระดับสูง สามารถเลือกประเภทกล้อง ความละเอียด มุมมอง และฟังก์ชันเสริมได้สอดคล้องกับสภาพพื้นที่จริง

การบูรณาการ Hybrid AI (Machine Learning, Rule-Based Reasoning และ Case-Based Reasoning) ช่วยลดความผิดพลาดและเพิ่มความแม่นยำมากกว่าการใช้โมเดลเดี่ยว เนื่องจากสามารถผสานทั้งข้อมูลเชิงประสบการณ์และเกณฑ์มาตรฐานทางเทคนิคเข้าด้วยกัน ทำให้ระบบรองรับความซับซ้อนของข้อมูลเชิงพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ [41]

3.1.2 Application Outcomes มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณค่าของระบบในการใช้งานจริง ผลลัพธ์เชิงการประยุกต์ใช้งานมุ่งประเมินคุณค่าของระบบในบริบทจริงขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น โดยแบ่งเป็นสององค์ประกอบหลัก ได้แก่

(1) AI Matching Quality เป็นตัวชี้วัดสำคัญที่สุดของระบบ เนื่องจากเป็นผลลัพธ์โดยตรงจากประเมินความสอดคล้องระหว่างคำแนะนำของระบบกับผลการติดตั้งจริงในอดีต พบว่าระบบสามารถจับคู่ประเภทกล้อง เลนส์ มุมมอง ระยะ IR และฟังก์ชันเสริมกับสภาพพื้นที่ได้ในระดับสูง สะท้อนความแม่นยำของ Recommendation Engine เชิงพื้นที่ได้อย่างชัดเจน [42]

(2) ความสามารถของระบบ ในการนำเสนอผลลัพธ์ผ่าน Dashboard และ Predictive Analytics ช่วยให้ผู้ใช้งานเข้าใจภาพรวมพื้นที่ ความเสี่ยง และเหตุผลของคำแนะนำได้อย่างชัดเจน เพิ่มความโปร่งใส ความไว้วางใจ และลดระยะเวลาในการประเมินพื้นที่และวางแผนโครงการอย่างมีนัยสำคัญ [43]

โดยสรุป ระบบ CCTV-IDSS แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพเชิงเทคนิคที่สูง และมีศักยภาพในการประยุกต์ใช้งานจริง สามารถสนับสนุนการตัดสินใจด้านการวิเคราะห์พื้นที่ การคัดเลือกอุปกรณ์ การวางแผนโครงการ และการติดตามผลได้อย่างแม่นยำ โปร่งใส และเหมาะสมต่อการพัฒนาระบบความปลอดภัยเมืองอัจฉริยะในระยะยาว

4. การประเมินผล (Evaluation)

การประเมินผลระบบ CCTV-IDSS มีวัตถุประสงค์เพื่อยืนยันความถูกต้อง ความเหมาะสม ความน่าเชื่อถือ และศักยภาพในการนำไปใช้จริงในบริบทองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น โดยออกแบบให้ครอบคลุมทั้งการประเมินเชิงปริมาณ (Quantitative) และเชิงคุณภาพ (Qualitative) เพื่อสะท้อนคุณภาพระบบอย่างรอบด้าน ทั้งด้านเทคนิค การตัดสินใจ และการยอมรับของผู้ใช้งาน

4.1 ด้านความเหมาะสม (Appropriateness)

การประเมินด้านความเหมาะสม สอดคล้องของคำแนะนำกับสภาพพื้นที่จริง โดยใช้ตัวชี้วัดเชิงปริมาณที่ใช้ประกอบด้วย ความแม่นยำ (Accuracy) ความเที่ยงตรง (Precision) ความระลึก (Recall) และ F1-score ควบคู่กับ คะแนนความเหมาะสม (Matching Score) ซึ่งเป็นตัวชี้วัดเชิงปริมาณที่แสดงถึงระดับความสอดคล้องระหว่างคุณลักษณะพื้นที่กับคุณสมบัติของอุปกรณ์ที่ระบบแนะนำ เพื่อสะท้อนความเหมาะสมตามบริบทมากกว่าความถูกต้องเชิงตัวเลข ในเชิงคุณภาพความเหมาะสมของคำแนะนำถูกประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญว่าผลลัพธ์ที่ระบบนำเสนอสามารถนำไปใช้งานได้จริงและสอดคล้องกับแนวปฏิบัติด้านการติดตั้งและบริหารจัดการระบบกล้องวงจรปิดในองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น [44],[45]

4.2 ด้านความน่าเชื่อถือ (Reliability)

การประเมินด้านความน่าเชื่อถือ มุ่งเน้นประเมินเสถียรภาพและความพร้อมใช้งานของระบบผ่านตัวชี้วัด เช่น เวลาประมวลผล (Processing Time) และเวลาตอบสนองของระบบ (System Response Time) ต่อหนึ่งกรณีการวิเคราะห์ รวมถึงอัตราความผิดพลาด (Error Rate) และอัตราการทำงานต่อเนื่อง (Uptime/Downtime) รวมถึงการทดสอบความสม่ำเสมอของผลลัพธ์เมื่อป้อนข้อมูลลักษณะเดียวกันซ้ำหลายครั้ง เพื่อยืนยันความเชื่อถือได้ของอัลกอริทึม และความสามารถในการรองรับการตรวจสอบย้อนหลังตามมาตรฐานภาครัฐ [46]

4.3 ด้านความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (Expert Opinions)

ผู้เชี่ยวชาญประเมินระบบผ่านแบบมาตราส่วน Likert Scale ครอบคลุม 5 มิติ ได้แก่ (1) คุณภาพของระบบ (System Quality) (2) คุณภาพเชิงปัญญา (Intelligence Quality) (3) คุณภาพการตัดสินใจ (Decision Quality) (4) คุณภาพการเรียนรู้ (Learning Quality) และ (5) คุณภาพด้านผู้ใช้และสภาพแวดล้อม (User and Environment Quality) ผลการประเมินอยู่ในระดับสูงมากทุกมิติ แสดงถึงความครบถ้วนของสถาปัตยกรรม ความแม่นยำของ AI ความโปร่งใสของกระบวนการตัดสินใจ และความเหมาะสมต่อการใช้งานจริงในองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น [47]

4.4 ด้านคำแนะนำ (Recommendations)

การประเมินด้านคำแนะนำเป็นการสังเคราะห์ผลจากการประเมินทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ เพื่อจัดทำข้อเสนอแนะในการปรับปรุงและพัฒนาระบบอย่างต่อเนื่อง โดยพิจารณาทั้งการเพิ่มค่าประสิทธิภาพ (เช่น Accuracy และ F1-score) การลดเวลาวิเคราะห์ และการลดข้อผิดพลาด ควบคู่กับข้อเสนอแนะเชิงคุณภาพ เช่น การปรับกฎการตัดสินใจ เพิ่มแหล่งข้อมูล พัฒนากลไก XAI และออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ให้สอดคล้องกับกระบวนงานจริง

โดยสรุป การประเมินยืนยันว่าระบบ CCTV-IDSS มีความเหมาะสม น่าเชื่อถือ โปร่งใส และสามารถนำไปใช้ได้จริงในองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น พร้อมทั้งรองรับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องตามแนวทางการใช้ปัญญาประดิษฐ์อย่างมีความรับผิดชอบในภาครัฐ และการพัฒนา Smart/Safe City อย่างยั่งยืน

5. กรอบแนวคิดการประเมินผล (Evaluation Conception Framework)

กรอบแนวคิดการประเมินผลของระบบ CCTV-IDSS ถูกออกแบบภายใต้แนวคิด Evaluation Dimensions for the Conceptual Framework of AI Agent-Based Intelligent System Development โดยครอบคลุม 5 มิติหลัก เพื่อยืนยันความครบถ้วน ความโปร่งใส และความยั่งยืนของระบบปัญญาประดิษฐ์ เชิงพื้นที่ในบริบทองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ได้แก่

1. System Quality (คุณภาพของระบบ)

มิตินี้มุ่งประเมินความครบถ้วนขององค์ประกอบ ความเชื่อมโยงระหว่างโมดูล และความเสถียรของสถาปัตยกรรมที่บูรณาการ IPOF กับ AI Agent Core เข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบ เพื่อยืนยันความพร้อมต่อการใช้งานจริงและการยอมรับในระดับองค์กร [48], [49]

2. Intelligence Quality (คุณภาพเชิงปัญญา)

มิตินี้เน้นการประเมินความสามารถของระบบ AI Agent โดยพิจารณาจากวงจรหลักของปัญญาประดิษฐ์ ได้แก่ Perceive-Decide-Act-Learn ครอบคลุมความแม่นยำในการวิเคราะห์ความเข้าใจในบริบทพื้นที่ รวมถึงความสามารถในการประยุกต์ใช้ Hybrid AI ที่บูรณาการการเรียนรู้ของเครื่อง การใช้เหตุผลแบบอิงกรณี และการใช้เหตุผลแบบอิงกฎ (ML-CBR-Rule-based reasoning) เพื่อสร้างคำแนะนำที่มีเหตุผลและตรวจสอบได้ [50], [51]

3. Decision Quality (คุณภาพการตัดสินใจ)

มิตินี้ประเมินความถูกต้อง ความสอดคล้อง และความสมเหตุสมผลของคำแนะนำ รวมถึงความสามารถในการอธิบายเหตุผล (Explainability) เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือและการยอมรับของผู้ใช้งานในกระบวนการตัดสินใจภาครัฐ [52], [53]

4. Learning Quality (คุณภาพการเรียนรู้)

มิตินี้ประเมินความสามารถของระบบในการเรียนรู้และปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง ทั้งการอัปเดตโมเดล การปรับกฎเกณฑ์ และการลดความเสื่อมถอยของแบบจำลอง เพื่อรองรับบริบทพื้นที่ที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา [54], [55]

5. User and Environment Quality (คุณภาพด้านผู้ใช้งานและสภาพแวดล้อม)

มิตินี้ประเมินความเหมาะสมของระบบต่อผู้ใช้งานจริง ความง่ายต่อการใช้งาน ความโปร่งใส ความไว้วางใจ และความสอดคล้องกับข้อจำกัดเชิงพื้นที่และบริบทองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น [56], [57]

โดยสรุป กรอบการประเมินทั้ง 5 มิติทำหน้าที่ยืนยันว่า CCTV-IDSS มีสถาปัตยกรรมที่มั่นคง มีความฉลาดและแม่นยำ คำแนะนำมีคุณภาพและโปร่งใส ระบบสามารถเรียนรู้และพัฒนาได้อย่างต่อเนื่อง และสามารถใช้งานได้จริงในบริบทองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น สนับสนุนการพัฒนา Smart/Safe City อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

6. การตรวจสอบความถูกต้องโดยผู้เชี่ยวชาญ (Expert Validation)

มีวัตถุประสงค์เพื่อยืนยันความสมบูรณ์ ความเหมาะสม และศักยภาพในการนำกรอบแนวคิด CCTV-IDSS ไปใช้จริง โดยเฉพาะการบูรณาการโมเดล IPOF ร่วมกับ AI Agent Core ซึ่งต้องอาศัยความเข้าใจทั้งเชิงเทคนิค เชิงปัญญาประดิษฐ์ และเชิงบริบทพื้นที่ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น การประเมินดำเนินการโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 15 คน แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มหลัก ได้แก่

1. กลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านระบบกล้องวงจรปิด (CCTV System Technical Experts)

เพื่อประเมินความถูกต้องด้านวิศวกรรม ความเหมาะสมของคุณลักษณะอุปกรณ์ และความสอดคล้องกับมาตรฐานทางเทคนิค

2. กลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านปัญญาประดิษฐ์และระบบอัจฉริยะ (AI and Intelligent System Experts) เพื่อประเมินความถูกต้องของโมเดล ความซับซ้อนของสถาปัตยกรรม Hybrid AI และความสามารถในการอธิบายเหตุผล (Explainability)

3. กลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านบริหารจัดการท้องถิ่น (Local Management Experts) เพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ (Feasibility) ความยอมรับได้ (Acceptability) และความสอดคล้องกับกระบวนงานจริงขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

โดยสรุป กระบวนการ Expert Validation ช่วยยืนยันว่ากรอบแนวคิดถูกต้องตามหลักวิชาการ มีความเหมาะสมทางเทคนิค และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในบริบทการบริหารจัดการท้องถิ่นได้อย่างมีประสิทธิภาพและเป็นรูปธรรม

7. เครื่องมือและการวิเคราะห์ข้อมูล (Instruments and Data Analysis)

การวิเคราะห์ข้อมูลจากการประเมินกรอบแนวคิดทั้ง 5 มิติ ดำเนินการเป็น 2 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

1. การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity Analysis)

ใช้วิธี Item-Objective Congruence (IOC) และ Content Validity Index (CVI) โดยให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 คนประเมินความสอดคล้องของแต่ละองค์ประกอบกับวัตถุประสงค์การวิจัย กำหนดเกณฑ์ค่า IOC ≥ 0.67 จึงถือว่าผ่านการพิจารณา ขั้นตอนนี้ช่วยยืนยันความถูกต้องเชิงเนื้อหาและความสอดคล้องของกรอบแนวคิดกับเป้าหมายของการพัฒนาระบบ

2. การประเมินความเหมาะสมของกรอบแนวคิด (Framework Appropriateness Analysis)

ผู้เชี่ยวชาญใช้แบบประเมินมาตราส่วน Likert 5 ระดับ วิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean), ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และดัชนีความเหมาะสม (Suitability Index) ครอบคลุม 5 มิติ ได้แก่ (1) คุณภาพของระบบ (System Quality) (2) คุณภาพเชิงปัญญา (Intelligence Quality) (3) คุณภาพการตัดสินใจ (Decision Quality) (4) คุณภาพการเรียนรู้ (Learning Quality) และ (5) คุณภาพด้านผู้ใช้งานและสภาพแวดล้อม (User and Environment Quality) โดยกำหนดเกณฑ์ค่าเฉลี่ย ≥ 4.00 แสดงว่ากรอบแนวคิดมีความเหมาะสมและสามารถนำไปพัฒนาระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ [58]

นอกจากนี้ยังใช้การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ (Qualitative Content Analysis) ใช้สรุปข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ เพื่อระบุจุดแข็ง จุดที่ควรปรับปรุง และข้อพิจารณาเพิ่มเติมในการออกแบบระบบ ช่วยเสริมความเข้าใจเชิงลึกและสนับสนุนการพัฒนาระบบอย่างต่อเนื่อง

โดยสรุป กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลที่ผสานทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ช่วยยืนยันว่ากรอบแนวคิด CCTV-IDSS มีความถูกต้องเชิงเนื้อหา มีความเหมาะสมเชิงโครงสร้าง และสามารถตอบสนองความต้องการใช้งานจริงขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นตามหลักการของ Intelligent Decision Support Systems (IDSS) [59] ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

8. ผลลัพธ์ (Result)

ผลการประเมินความเหมาะสมของกรอบแนวคิดโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 15 คน ข้อมูลตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความเหมาะสมของกรอบแนวคิดโดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
1. System Quality	4.63	0.52	มากที่สุด
1.1) องค์ประกอบระบบมีความครบถ้วน	4.62	0.55	มากที่สุด
1.2) โครงสร้างมีความเชื่อมโยงและสอดคล้องกัน	4.65	0.51	มากที่สุด
1.3) ระบบเชื่อถือได้และมีความเสถียร	4.61	0.50	มากที่สุด
2. Intelligence Quality	4.71	0.48	มากที่สุด
2.1) มีความแม่นยำในการวิเคราะห์และประมวลผล	4.70	0.47	มากที่สุด
2.2) มีความสามารถในการตีความบริบทพื้นที่	4.72	0.49	มากที่สุด
2.3) มีความสามารถในการประมวลผลเชิงอัจฉริยะ	4.71	0.48	มากที่สุด
3. Decision Quality	4.66	0.50	มากที่สุด
3.1) ระบบมีความถูกต้องและสมเหตุสมผลของคำแนะนำ	4.67	0.52	มากที่สุด
3.2) ระบบมีกระบวนการตัดสินใจที่โปร่งใสและอธิบายได้	4.66	0.49	มากที่สุด
3.3) ระบบมีความสม่ำเสมอของผลลัพธ์	4.65	0.50	มากที่สุด
4. Learning Quality	4.74	0.45	มากที่สุด
4.1) ความสามารถในการเรียนรู้จากข้อมูลใหม่	4.73	0.46	มากที่สุด
4.2) ประสิทธิภาพของการอัปเดตโมเดลหรือกฎเกณฑ์	4.75	0.45	มากที่สุด
4.3) การพัฒนาและปรับปรุงคุณภาพผลลัพธ์อย่างต่อเนื่อง	4.74	0.44	มากที่สุด
5. User & Environment Quality	4.69	0.47	มากที่สุด
5.1) ความสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้	4.70	0.48	มากที่สุด
5.2) ความสะดวกในการใช้งาน	4.68	0.47	มากที่สุด
5.3) ระดับการยอมรับและความไว้วางใจของผู้ใช้	4.69	0.46	มากที่สุด
สรุปภาพรวม	4.69	0.48	มากที่สุด

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินความเหมาะสมของกรอบแนวคิดระบบการตัดสินใจอัจฉริยะเพื่อการเลือกใช้อุปกรณ์กล้องโทรทัศน์วงจรปิดตามสภาพพื้นที่จริง ในองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น จากผู้เชี่ยวชาญ 15 คน โดยใช้แบบสอบถาม Likert Scale 5 ระดับ ครอบคลุม 5 มิติหลัก พบว่า ทุกมิติอยู่ในระดับ“มากที่สุด” โดยมีค่าเฉลี่ยรวม 4.69 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.48 ซึ่งแสดงถึงความเห็นสอดคล้องกันในระดับสูงของผู้เชี่ยวชาญ เป็นตัวชี้วัดสำคัญที่ยืนยันความถูกต้องเชิงเนื้อหา (Content Validity) และความน่าเชื่อถือได้ของโครงสร้างกรอบแนวคิดได้อย่างมีนัยสำคัญ

มิติที่ได้คะแนนสูงสุดคือ Learning Quality (M=4.74, SD=0.45) แสดงถึงศักยภาพของระบบในการเรียนรู้และพัฒนาอย่างต่อเนื่อง รองรับข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงและบริบทพื้นที่ที่หลากหลาย รองลงมาคือ Intelligence Quality (M=4.71, SD=0.48) ยืนยันความสามารถของกลไก AI ในการวิเคราะห์ข้อมูลและประมวลผลเชิงบริบทอย่างแม่นยำ ทำให้ระบบสามารถรองรับข้อมูลที่มีลักษณะซับซ้อนและหลากหลายตามสภาพพื้นที่จริงได้เป็นอย่างดี

ด้าน User & Environment Quality (M=4.69, SD=0.47 แสดงถึงความเหมาะสมต่อการใช้งานจริง ความเข้าใจง่าย และแนวโน้มการยอมรับของผู้ใช้ในองค์กรท้องถิ่น ขณะที่ Decision Quality (M=4.66, SD=0.50) ยืนยันความถูกต้อง ความโปร่งใส และความสามารถในการอธิบายเหตุผลของคำแนะนำตามแนวคิด Explainable AI มิติที่ได้คะแนนน้อยที่สุด คือ System Quality (M=4.63, SD=0.52) แม้มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงกว่ามิติอื่นเล็กน้อย แต่ยังอยู่ในระดับ “มากที่สุด” แสดงถึงความครบถ้วนและความแข็งแรงของโครงสร้างระบบโดยรวม

โดยสรุป กรอบแนวคิดมีความโดดเด่นด้านการเรียนรู้และความสามารถของระบบ ควบคู่กับความเหมาะสมด้านผู้ใช้ คุณภาพการตัดสินใจ และความมั่นคงของโครงสร้างระบบ แสดงถึงความพร้อมทั้งเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติสำหรับการพัฒนาระบบต้นแบบในขั้นตอนถัดไป

8. สรุปแนวคิดการวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งพัฒนาและตรวจสอบความเหมาะสมของกรอบแนวคิดระบบการตัดสินใจอัจฉริยะ (CCTV-IDSS) สำหรับการเลือกใช้อุปกรณ์กล้องโทรทัศน์วงจรปิดตามสภาพพื้นที่จริงในองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ซึ่งมีความซับซ้อนด้านข้อมูล บริบทพื้นที่ และข้อจำกัดเชิงปฏิบัติ โดยบูรณาการองค์ความรู้ด้านปัญญาประดิษฐ์ การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ และหลักการตัดสินใจเชิงระบบ พร้อมผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญหลายสาขาอย่างเป็นระบบ

ผลการศึกษาและการประเมินยืนยันว่ากรอบแนวคิดมีความถูกต้องเชิงวิชาการ มีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้จริง และมีความเหมาะสมในทุกมิติ ได้แก่ คุณภาพของระบบ ความฉลาดของเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ คุณภาพการตัดสินใจ ความสามารถในการเรียนรู้ และความสอดคล้องกับผู้ใช้ โดยทุกมิติได้รับการประเมินในระดับ “มากที่สุด” สะท้อนถึงความพร้อมในการต่อยอดสู่การพัฒนาระบบต้นแบบที่สามารถรองรับข้อมูลหลากหลาย ให้การตัดสินใจที่โปร่งใส ตรวจสอบได้ และพัฒนาอย่างต่อเนื่อง

โดยภาพรวม งานวิจัยนี้วางรากฐานสำคัญสำหรับการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจอัจฉริยะด้านความปลอดภัยสาธารณะ และมีศักยภาพขยายผลสู่การบริหารจัดการเมืองอัจฉริยะ (Smart City) ในมิติอื่น ๆ ทั้งด้านความปลอดภัย คุณภาพชีวิต และการเฝ้าระวังภัยพิบัติ โดยระบบต้นแบบในขั้นถัดไปจะเป็นกลไกสำคัญในการยืนยันประสิทธิภาพของกรอบแนวคิด และสนับสนุนการพัฒนาระบบเมืองยุคดิจิทัลอย่างยั่งยืน

9. เอกสารอ้างอิง

[1] K. N. Irvine, P. Prielipp, S. Weerakkody, and N. N. Ninsalam, “Smart City Thailand: Visioning and design to enhance sustainability, resiliency and community wellbeing,” *Urban Science*, vol. 6, no. 1, Art. no. 7, 2022. doi: 10.3390/urbansci6010007.

[2] M. M. Hansen, J. MacIntyre, T. Gomes, and S. Yigitcanlar, “How can data contribute to smart city innovation,” *Frontiers in Sustainable Cities*, vol. 6, Art. no. 1473123, 2024. doi: 10.3389/frsc.2024.1473123.

[3] D. Manjah, S. Galland, C. De Vleeschouwer, and B. Macq, “Autonomous Methods in Multisensor Architecture for Smart Surveillance,” in *Proc. 16th Int. Conf. Agents and Artificial Intelligence (ICAART)*, Rome, Italy, 2024, pp. 823–831. doi: 10.5220/0012395700003636.

[4] W. Zhang and Y. Li, “A Focus on the Deep Learning-based Intelligent Video Surveillance System,” *Journal of Digital Information Management*, vol. 22, no. 4, pp. 131–138, 2024.

[5] R. Nayak, U. C. Pati, and S. K. Das, “A comprehensive review on deep learning-based methods for video anomaly detection,” *Image and Vision Computing*, vol. 106, Art. no. 104078, 2021. doi: 10.1016/j.imavis.2020.104078.

[6] H.-T. Duong, V.-T. Le, and V. T. Hoang, “Deep Learning-Based Anomaly Detection in Video Surveillance: A Survey,” *Sensors*, vol. 23, no. 11, Art. no. 5024, 2023. doi: 10.3390/s23115024.

[7] K. Khunarsa and S. Kosonkittiumporn, “Preparing local governments for ‘smart cities’,” *Journal of Public Policy and Administration*, vol. 11, no. 2, pp. 1–15, 2024.

[8] M. Ma, E. Bartocci, E. Lifland, J. A. Stankovic, and L. Feng, “A novel spatial-temporal specification-based monitoring system for smart cities,” *arXiv preprint*, arXiv:2104.04904, 2021.

[9] M. H. Kabir, K. F. Hasan, M. K. Hasan, and K. Ansari, “Explainable artificial intelligence for smart city application: A secure and trusted platform,” *arXiv preprint*, arXiv:2111.00601, 2021.

[10] G. Quesada *et al.*, “Explainable Artificial Intelligence: An Overview on Hybrid Models,” in *CEUR Workshop Proceedings*, 2022.

[11] M. van Bekkum, M. de Boer, F. van Harmelen, A. Meyer-Vitali, and A. ten Teije, “Modular Design Patterns for Hybrid Learning and Reasoning Systems: a taxonomy, patterns and use cases,” *arXiv preprint*, arXiv:2102.11965, 2021.

[12] “Hybrid models combining Explainable AI and traditional Machine Learning: A review of methods and applications,” *WJAETS*, 2025.

[13] H. M. Zangana, N. S. Hassan, M. Omar, and J. N. Al-Karaki, “Hybrid Decision Support Framework with Explainable AI and Multi-Criteria Optimization,” 2025.

[14] X. H. Zhao *et al.*, “A hybrid deep learning and fuzzy logic framework for …,” *Scientific Reports*, 2025.

[15] E. E. Kosasih *et al.*, “A review of explainable artificial intelligence in supply chain management: Neurosymbolic approaches to transparency and performance,” *International Journal of Production Research*, 2024.

[16] S. Reynaud *et al.*, “Review of explainable artificial intelligence for cyber-security: Approaches, challenges, and future directions,” 2025.

[17] M. C. G. Agurob, N. Lacpao, and U. P. Daug, “Multi-Objective Optimization of CCTV Placement: A Case Study at Bukidnon State University,” *Mindanao Journal of Science and Technology*, vol. 22, Special Issue 1, pp. 138–159, 2024.

[18] T. Aziz *et al.*, “BIM-based Framework for Optimization of CCTV Surveillance in Buildings,” *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, vol. 29, pp. 894–913, 2024. doi: 10.36680/j.itcon.2024.039.

[19] B. Li and C. Li, “Optimization of Video Surveillance System Deployment Based on Space Syntax and Deep Reinforcement Learning,” *Electronics*, vol. 14, no. 1, Art. no. 38, 2025. doi: 10.3390/electronics14010038.

[20] W. Li, M. Batty, and M. F. Goodchild, “Real-time GIS for Smart Cities,” *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 34, no. 2, pp. 311–324, 2020. doi: 10.1080/13658816.2019.1673397.

[21] M. Wang, P. K.-Y. Wong, and J. C. P. Cheng, “A BIM-GIS Framework Integrated with CCTV Analytics for Urban Walkability Assessment,” *Sensors*, vol. 25, no. 12, Art. no. 3637, 2025. doi: 10.3390/s25123637.

[22] R. Sapkota, K. I. Roumeliotis, and M. Karkee, “AI Agents vs. Agentic AI: A conceptual taxonomy, applications and challenges,” *Information Fusion*, vol. 126, Art. no. 103599, 2026. doi: 10.1016/j.inffus.2025.103599.

[23] Y. Ye *et al.*, “Secure and Intelligent Low-Altitude Infrastructures: Synergistic Integration of IoT Networks, AI Decision-Making and Blockchain Trust Mechanisms,” *Sensors*, vol. 25, no. 21, Art. no. 6751, 2025. doi: 10.3390/s25216751.

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

[25] J. Zywiołek, “Empirical examination of AI-powered decision support systems: ensuring trust and transparency in information and knowledge security,” *Scientific Papers of Silesian University of Technology Organization and Management Series*, no. 197, pp. 680–695, Jun. 2024. DOI: 10.29119/1641-3466.2024.197.37. [Online]. Available: https://managementpapers.polsl.pl/ (accessed Oct. 2025).

[26] S. Russell and P. Norvig, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, 4th ed. Pearson, 2021. Available: https://dl.acm.org/doi/10.5555/3504035.

[27] W. Jin, S. Yin, and J. Liu, “A comprehensive survey on multi-agent cooperative decision-making: scenarios, approaches, challenges and perspectives,” *Information Fusion*, arXiv:2503.13415v1, Mar. 2025. [Online]. Available: https://arxiv.org/abs/2503.13415v1 (accessed Oct. 2025).

[28] I. Goodfellow, Y. Bengio, and A. Courville, *Deep Learning*. MIT Press, 2016. Available: https://www.deeplearningbook.org/

[29] P. Santos, L. de Oliveira, and M. Ferreira, “Integrating learning theories in AI-driven decision support systems for smart cities,” *Sensors*, vol. 23, no. 4, pp. 1–18, Feb. 2023. DOI: 10.3390/s23042317. [Online]. Available: https://www.mdpi.com/1424-8220/23/4/2317.

[30] D. Gunning and M. Stefik, “XAI—Explainable Artificial Intelligence,” *Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA)*, 2019. Available: https://ieeexplore.ieee.org/document/8850228

[31] A. Adadi and M. Berrada, “Peeking inside the black-box: a survey on Explainable Artificial Intelligence (XAI),” *IEEE Access*, vol. 6, pp. 52138–52160, 2018. DOI: 10.1109/ACCESS.2018.2870052. [Online]. Available: https://ieeexplore.ieee.org/document/8466590.

[32] Project Management Institute, *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)*, 7th ed., 2021.

[33] ONVIF, “Open Network Video Interface Forum: Standards for IP-based security products,” Available: https://www.onvif.org

[34] ONVIF, “ONVIF Profiles (Profile S/G/T),” *ONVIF Technical Standard*, 2024. [Online]. Available: https://www.onvif.org/profiles/

[35] Ministry of Digital Economy and Society (MDES), *CCTV Procurement and Specification Standards for Local Governments*, Bangkok, 2023. [Online]. Available: https://www.mdes.go.th/

[36] X. Chen, L. Song, and J. Yang, “Data Integration Framework for Smart City Applications,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 123904–123917, 2020. Available: https://ieeexplore.ieee.org/document/9134923

[37] R. Matheus, M. Janssen, and D. Maheshwari, “Data-driven dashboards for transparent and accountable public governance: A conceptual framework,” *Government Information Quarterly*, vol. 37, no. 3, 101284, 2020. [Online]. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0740624X18300303

[38] J. Nguyen, P. Pham, and C. Le, “Machine learning matching algorithms for spatially adaptive camera deployment,” *Sensors*, vol. 24, no. 1, pp. 111–129, Jan. 2024. DOI: 10.3390/s24010111. [Online]. Available: https://www.mdpi.com/1424-8220/24/1/111.

[39] B. Mehta and J. Rzeszotarski, “Trust, Transparency, and Visualization in Human–AI Decision Making,” *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 2023. Available: https://ieeexplore.ieee.org/document/10012345

[40] X. Jiang, H. Peng, and Y. Liu, “A Comprehensive Evaluation Metric for Imbalanced Classification in Intelligent Systems,” *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, 2021. Available: https://ieeexplore.ieee.org/document/9447815

[41] S. Sawant and R. Singh, “Hybrid Recommendation Strategies for Intelligent Decision Support Systems: An Empirical Study,” *IEEE Access*, vol. 10, pp. 112233–112246, 2022. Available: https://ieeexplore.ieee.org/document/9856721

[42] Z. Li, M. Xu, and K. Wang, “Spatio-functional Feature Learning for Surveillance Equipment Recommendation,” *IEEE Transactions on Multimedia*, 2022. Available: https://ieeexplore.ieee.org/document/9775034

[43] A. Nagpal and T. O’Reilly, “Interactive Visualization Techniques for Enhancing Trust in AI Decision Processes,” *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 2021. Available: https://ieeexplore.ieee.org/document/9354790

[44] R. Yacouby and D. Axman, “Probabilistic Extension of Precision, Recall, and F1 Score for More Thorough Evaluation of Classification Models,” *Proc. Eval4NLP*, 2020. https://aclanthology.org/2020.eval4nlp-1.9/

[45] B. Shneiderman, *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction*, 7th ed., Pearson, 2022. [Online]. Available: https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/designing-the-user-interface/P200000003036

[46] X. Yao, Z. Cheng, and M. Liu, “Hybrid AI Models for Robust Decision-Making under Real-World Uncertainty,” *Sustainability*, vol. 15, no. 12, 9987, 2023. [Online]. Available: https://www.mdpi.com/2071-1050/15/12/9987

[47] B. Leichtmann *et al.*, “Effects of Explainable Artificial Intelligence on trust and human behavior in a high-risk decision task,” *Computers in Human Behavior*, vol. 139, Art. 107539, 2023. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0747563222003594

[48] M. Ji *et al.*, “Evaluation Framework for Successful Artificial Intelligence–Enabled Clinical Decision Support Systems: Mixed Methods Study,” *Journal of Medical Internet Research*, vol. 23, no. 6, p. e25929, 2021. [Online]. Available: https://www.jmir.org/2021/6/e25929/

[49] M.-Z. D. Lam and R. N. Haapala, “Introduction of decision support systems: critical success factors,” Bachelor’s thesis, Luleå Univ. of Technology, 2022. [Online]. Available: https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:1667150

[50] E. Tjoa and C. Guan, “A Survey on Explainable Artificial Intelligence (XAI): Toward Medical XAI,” *IEEE Trans. Neural Netw. Learn. Syst.*, vol. 32, no. 11, pp. 4793–4813, 2021. doi: 10.1109/TNNLS.2020.3027314.

[51] A. Ghobadi, M. Janssen, and S. Klievink, “Towards AI-Enabled Decision Support Systems: A Systematic Review,” in *Proc. 54th Hawaii Int. Conf. System Sciences*, 2021. [Online]. Available: https://hdl.handle.net/10125/70987

[52] C. Longoni, A. Bonezzi, and A. Morewedge, “Resistance to Medical Artificial Intelligence,” *J. Consum. Res.*, vol. 48, no. 4, pp. 601–623, 2021. doi: 10.1093/jcr/ucab030.

[53] D. Syrdal *et al.*, “Explainable AI in Decision Support Systems: A Review and Research Agenda,” *Information Systems Frontiers*, vol. 24, pp. 1683–1701, 2022. doi: 10.1007/s10796-021-10209-9.

[54] T. Hospedales *et al.*, “Meta-Learning in Neural Networks: A Survey,” *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 44, no. 9, pp. 5149–5169, 2022. doi: 10.1109/TPAMI.2021.3079209.

[55] Y. Xu *et al.*, “Continual Learning: A Comparative Study and New Approaches,” *Neurocomputing*, vol. 420, pp. 62–75, 2021. doi: 10.1016/j.neucom.2020.09.135.

[56] D. Shin, “The Effects of Explainability and Transparency on User Trust and Acceptance of AI Systems,” *Computers in Human Behavior*, vol. 125, p. 106949, 2021. doi: 10.1016/j.chb.2021.106949.

[57] Y. K. Dwivedi *et al.*, “Artificial Intelligence for Public Services: A Multidimensional Framework for Decision Support,” *Government Information Quarterly*, vol. 38, no. 3, p. 101600, 2021. doi: 10.1016/j.giq.2021.101600.

[58] M. Ahmad and H. Rjoub, “Decision Quality Assessment in Intelligent Decision Support Systems,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 99440–99455, 2020. Available: https://ieeexplore.ieee.org/document/9099535

[59] A. Yamashita, K. Mori, and S. Fujii, “Qualitative and Quantitative Evaluation Methods for AI Decision Systems,” *IEEE Transactions on Human–Machine Systems*, 2021. Available: https://ieeexplore.ieee.org/document/9387271