

Research article

นวัตกรรมการเรียนการสอนปฏิบัติการด้านระบบโทรคมนาคมพื้นฐานเพื่อส่งเสริมทักษะการเรียนรู้การลงมือปฏิบัติงานในศตวรรษที่ 21

LABORATORY-BASED LEARNING AND TEACHING INNOVATIONS OF BASIC TELECOMMUNICATION SYSTEM TO PROMOTE PRACTICAL LEARNING SKILLS IN THE 21ST CENTURY

ศิวนาถ ราชชมภู* นุชนาถ ชุ่มชื่น และสมศักดิ์ อรรถทิมากุล

Siwanat Rachchompoo*, Nuchanat Chumchuen, and Somsak Akatimagool

siwanatchamp@gmail.com, nuchanat.c@fte.kmutnb.ac.th, and somsak.a@fte.kmutnb.ac.th

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร 10800 ประเทศไทย

Faculty of Industrial 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.24208>

Received: July 24, 2025, | Revised: August 8, 2025, | Accepted: August 17, 2025

Citation reference :

Rachchompoo, S., Chumchuen, N., & Akatimagool, S. (2025). Laboratory-based learning and teaching innovations of basic telecommunication system to promote practical learning skills in the 21st century. *Journal of Industrial Education*, 24(2), 23-37.

ABSTRACT

This research has presented a development of innovative approach to teaching and learning basic telecommunication system laboratory in order to promote students' 21st-century skills. Traditional laboratory-based instructional methods were unable to develop students' practical abilities. It has failed to meet curriculum expectations, primarily due to outdated teaching models, limited integration of digital technology, and inadequate experimental equipment. To address these challenges, the research introduced the SLEDA laboratory-based learning model comprising five stages: Searching, Learning, Exchanging, Doing, and Assessment, alongside the development of modern learning media such as simulation programs, radio transceivers experiment, and antenna. A comprehensive teaching package based on radio communication principles was designed and implemented with 30 undergraduate students in the Industrial Education program, majoring in Electronics and Telecommunications Engineering at Rajamangala University of Technology Isan, Sakonnakhon Campus. Evaluated by 11 experts, the quality of instructional package was rated as highly appropriate ($\bar{X} = 4.71$, $SD = 0.29$), and the SLEDA laboratory-based learning model proved effective according to the E1/E2 efficiency standard (75.08/75.57). Student satisfaction was at the highest level ($\bar{X} = 4.64$, $SD = 0.22$), and their expected learning skills improved significantly, with averaging 84.62%. The research results show that the learning management innovation can effectively and efficiently promote learners' learning achievements in the field of telecommunications engineering. It can be used as a model that can be applied to the development of modern learning innovations that support education in the 4.0 era.

Keywords: SLEDA laboratory-based learning model, Simulation program, Radio transceiver experimental set, Antenna

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนานวัตกรรมการเรียนการสอนปฏิบัติการระบบโทรคมนาคม เพื่อเสริมสร้างทักษะที่จำเป็นให้กับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากการสอนด้านปฏิบัติการแบบดั้งเดิมไม่สามารถพัฒนาทักษะปฏิบัติของนักศึกษาได้ตามผลลัพธ์ที่ความคาดหวังของหลักสูตร เพราะขาดรูปแบบการสอนที่ทันสมัย ขาดการเชื่อมโยงกับเทคโนโลยีดิจิทัล และอุปกรณ์ทดลองที่ไม่ทันสมัย เพื่อตอบโจทย์ปัญหานี้จึงได้พัฒนารูปแบบการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ SLEDA ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นการศึกษาค้นคว้า ขั้นการเรียนรู้ ขั้นแลกเปลี่ยนความรู้ ขั้นลงมือปฏิบัติ และขั้นประเมินผล พร้อมทั้งพัฒนาสื่อ นวัตกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ โปรแกรมจำลอง ชุดทดลองเครื่องรับส่งวิทยุ และสายอากาศ การนำไปจัดการเรียนการสอนด้านปฏิบัติการในบทเรียนเรื่อง หลักการของระบบสื่อสารวิทยุ กับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 30 คน ในสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร ทั้งนี้ ชุดการสอนที่พัฒนาขึ้นได้รับการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 11 ท่าน ที่มีค่าความเหมาะสมเฉลี่ยในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.71$, $SD = 0.29$) และรูปแบบการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ SLEDA มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด E1/E2 ที่ระดับ 75.08/75.57 นอกจากนี้ ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.64$, $SD = 0.22$) และผลการประเมินทักษะการเรียนรู้ของผู้เรียนมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 84.62% ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า นวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นนี้ สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ด้านปฏิบัติการในสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมเพิ่มขึ้นและเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และใช้เป็นต้นแบบที่สามารถประยุกต์ใช้ในการพัฒนานวัตกรรมการเรียนรู้ที่ทันสมัยและรองรับกับการศึกษายุค 4.0

คำสำคัญ: รูปแบบการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ SLEDA, โปรแกรมจำลอง, ชุดทดลองเครื่องรับส่งวิทยุ, สายอากาศ

1. บทนำ

การพัฒนานวัตกรรมการเรียนการสอนทั้งในภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติในศตวรรษที่ 21 เป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องดำเนินการอย่างต่อเนื่องเพื่อให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยี เศรษฐกิจ และสังคม การจัดการศึกษามุ่งเน้นการพัฒนาผู้เรียนให้มีสมรรถนะสูงผ่านการพัฒนาหลักสูตร การออกแบบกระบวนการเรียนการสอน การพัฒนานวัตกรรมการเรียนรู้ และระบบการวัดผลที่เสริมสร้างให้ผู้เรียนมีความรู้ (Knowledge) ทักษะ (Skill) จริยธรรม (Ethics) และลักษณะบุคคล (Character) ตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษา พ.ศ. 2565 อย่างไรก็ตาม การจัดการเรียนการสอนด้านปฏิบัติการที่ผ่านมาไม่สามารถพัฒนาทักษะปฏิบัติของผู้เรียนได้ตามผลลัพธ์ที่ความคาดหวังของหลักสูตร รูปแบบการสอนไม่เหมาะสมกับสถานการณ์ในปัจจุบัน ขาดการเชื่อมโยงกับเทคโนโลยีดิจิทัล อุปกรณ์ทดลองที่ไม่ทันสมัย และนวัตกรรมการเรียนรู้ไม่ทันสมัย ดังนั้นการส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะการเรียนรู้ที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 จำเป็นต้องมีวิธีการสอนที่เหมาะสมและนวัตกรรมการศึกษาที่ทันสมัยควบคู่ไปกับการบูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัลเข้ากับกระบวนการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างทักษะที่สำคัญ เช่น การคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การทำงานเป็นทีม การเรียนรู้ตลอดชีวิต เป็นต้น นอกจากนี้การจัดสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสามารถสร้างโอกาสให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติ การสร้างปฏิสัมพันธ์ร่วมกัน การแบ่งปันความรู้ และการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกัน เป็นสิ่งสำคัญในการส่งเสริมให้ผู้เรียนมีสมรรถนะสูงและมีทักษะที่จำเป็นตามความต้องการของตลาดแรงงาน (Noimala, 2021, pp. 45-57)

การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้สมัยใหม่ที่บูรณาการร่วมกับนวัตกรรมการเรียนรู้สร้างสรรค์ มีความสำคัญต่อการจัดการเรียนการสอนทางเทคโนโลยีและวิศวกรรม ดังนั้นหลายปีที่ผ่านมา จึงมีนักวิจัยจำนวนมากได้พัฒนาวิธีการเรียนรู้ในรูปแบบต่าง ๆ มากมาย เช่น การใช้เทคนิคห้องเรียนกลับด้าน (Castaneda & Cuellar, 2020, pp. 159-173) รูปแบบการเรียนการสอนแบบผสมผสาน (Charoenchim & Chaowatthanakun, 2022, pp. 185-202) การพัฒนานวัตกรรมการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างทักษะการคิดขั้นสูง (Kwangmuang et al., 2021, pp. 1-13) เป็นต้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนและนวัตกรรมการเรียนรู้ที่ผ่านมา มุ่งเน้นการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้ในกระบวนการเรียนการสอนเพื่อให้การจัดการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพสูงสุด และสนับสนุนให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้เพิ่มขึ้น รูปแบบการเรียนการสอนส่วนใหญ่ จะเน้นให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (Tzenios, 2022, pp. 916-919) ซึ่งเป็นแนวทางที่นำไปสู่การพัฒนาทักษะที่จำเป็นของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 อันประกอบด้วย 1) ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม 2) ทักษะด้านข้อมูล สื่อเทคโนโลยี 3) ทักษะด้านชีวิตและอาชีพ อันเป็นการยกระดับและปลูกฝังให้ผู้เรียนเกิดทักษะการเรียนรู้ด้วยตนเอง และทักษะการเรียนรู้ตลอดชีวิต ที่เป็นเป้าหมายที่สำคัญตามนโยบายการจัดการศึกษาของประเทศไทย

การจัดการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการหรือการทดลองเป็นกระบวนการจัดการเรียนการสอนแบบใฝ่รู้ (Active learning) ที่มีความสำคัญมากในระดับอุดมศึกษา เป็นการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนลงมือกระทำกิจกรรมด้วยตนเอง ผู้เรียนมีการเผชิญกับสถานการณ์ที่เป็นปัญหาทำให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา มีการแสดงออกทางพฤติกรรมให้ผู้เรียนมีบทบาทหลัก และมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ที่ก่อให้เกิดการบูรณาการและเชื่อมโยงความรู้ เพื่อนำไปแก้ไขปัญหาและค้นหาคำตอบตามโจทย์ที่กำหนด โดยผู้สอนจะมีหน้าที่ชี้แนะ คอยกระตุ้น และอำนวยความสะดวก ให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และแก้ไขปัญหาได้ด้วยตัวเอง ตามแนวคิดการจัดการเรียนการสอนให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง (Learning by doing) อย่างไรก็ตาม การดำเนินการจัดการเรียนการสอนดังกล่าว นักการศึกษาหรือผู้ที่เกี่ยวข้อง จำเป็นต้องพิจารณาถึงการใช้นวัตกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสม ได้แก่ เอกสารการสอน อุปกรณ์และเครื่องมือ สื่อการสอนสมัยใหม่และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นต้น เพื่อให้การเรียนรู้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนานวัตกรรมการเรียนการสอนปฏิบัติการด้านระบบโทรคมนาคมพื้นฐานเพื่อส่งเสริมทักษะการเรียนรู้การลงมือปฏิบัติงานของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 โดยมีแนวทางการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการที่บูรณาการรูปแบบการสอบทั้งแบบ Simulation-based และ Laboratory-based ควบคู่กับการสร้างสื่อวัตกรรมการสอนทางด้านเทคโนโลยี (Rohana et al., 2022, pp. 361-367) ที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ และสามารถนำไปใช้ได้ทั้งในการจัดการเรียนการสอนทั้งในห้องเรียนและแบบออนไลน์ เพื่อเสริมสร้างทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 และเตรียมความพร้อมให้ผู้เรียนสามารถแข่งขันได้ในยุคอุตสาหกรรม 4.0 (Suleiman et al., 2022, pp. 1-26)

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Gómez-Tejedor et al. (2020, pp. 1-11) ได้นำเสนอรูปแบบการสอนแบบกลับด้าน (Flipped-classroom model) สำหรับการจัดการศึกษาในระดับอุดมศึกษา โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนศึกษาข้อมูลทางทฤษฎีและขั้นตอนการทดลองก่อนเข้าชั้นเรียน จากนั้นฝึกปฏิบัติในห้องปฏิบัติการ และสรุปผลลัพท์การเรียนรู้ ที่พบว่า วิธีการสอนดังกล่าวให้ผลลัพธ์เชิงบวก และผู้สอนมีเวลาในการพัฒนาและส่งเสริมการเรียนรู้ให้ผู้เรียน ผลของงานวิจัยแสดงให้เห็นว่า การพัฒนารูปแบบการสอนและนวัตกรรมการเรียนรู้ด้านปฏิบัติการจำเป็นต้องจัดให้สอดคล้องกับสภาพความแตกต่างของผู้เรียนและสิ่งแวดล้อมในการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนมีสมรรถนะสูง และ Chumchuen and Akatimagool (2024, pp. 1-4) ได้นำเสนอการพัฒนานวัตกรรมการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการพัฒนาสื่อการสอนที่สนับสนุนทักษะด้านเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ดิจิทัลผ่านสื่อการเรียนรู้แบบอินเทอร์แอคทีฟ ผลของงานวิจัยพบว่า ผู้เรียนมีความเข้าใจเนื้อหามากขึ้น และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับการเรียนการสอนแบบดั้งเดิม มากไปกว่านั้นสื่อที่พัฒนาขึ้นยังช่วยกระตุ้นความสนใจและสร้างแรงจูงใจในการเรียน ส่งผลให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการและกิจกรรมการเรียนรู้มากขึ้น จุดเด่นของงานวิจัยนี้คือ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลมาสนับสนุนการเรียนรู้ ทำให้เนื้อหาที่มีความน่าสนใจ ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาง่ายขึ้น และยังช่วยเสริมสร้างการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนและสื่อการสอน ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งอย่างยั่งยืน และมีทักษะที่จำเป็นในยุคดิจิทัล ซึ่งผลของงานวิจัยเป็นประโยชน์ต่อทั้งผู้เรียนและผู้สอนในการพัฒนากระบวนการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ Kwangmuang et al. (2021, pp. 1-13) ได้พัฒนานวัตกรรมการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างทักษะการคิดขั้นสูงสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นของประเทศไทยที่มุ่งพัฒนานวัตกรรมการเรียนรู้เพื่อเสริมทักษะการคิดขั้นสูง โดยผสมผสานการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการและสื่อมัลติมีเดียที่เชื่อมโยงกับบริบทท้องถิ่น ซึ่งได้ดำเนินการออกแบบกิจกรรมปัญหาเชิงสถานการณ์ร่วมกับทรัพยากรการเรียนรู้ที่กระตุ้นให้ผู้เรียนมีทักษะการคิดวิเคราะห์ การสร้างสรรค์ การแก้ปัญหา และการคิดเชิงวิพากษ์ รวมถึงใช้การชี้แนะของผู้สอนและกรณีศึกษาเพื่อใช้ในการฝึกฝนผู้เรียน จุดเด่นของงานวิจัยสนับสนุนให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น มีทักษะการคิดวิเคราะห์ขั้นสูง และมีการกระตุ้นความสนใจการเรียนรู้ผ่านนวัตกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น

จากผลงานวิจัยดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าการออกแบบรูปแบบการเรียนรู้ที่ทันสมัยและสอดคล้องกับเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้เฉพาะทางที่เน้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอนโดยเฉพาะทางด้านการสอนปฏิบัติการเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง นอกจากนั้นการพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทั้งทางด้านดิจิทัลและทางด้านวิศวกรรมที่เหมาะสมเป็นสิ่งที่นักวิจัยและนักการศึกษาให้ความสำคัญ เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีสมรรถนะการเรียนรู้ตามเป้าหมายการจัดการศึกษาและตามการพัฒนาทักษะตามมาตรฐานอาชีพที่ตลาดแรงงานต้องการ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ดำเนินการออกแบบรูปแบบการเรียนรู้และพัฒนานวัตกรรมการเรียนการสอนปฏิบัติการด้านระบบโทรคมนาคมพื้นฐาน ที่มุ่งเน้นการส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะการลงมือปฏิบัติการทางด้านเทคโนโลยีในศตวรรษที่ 21 เป็นสำคัญ โดยมีสมมติฐานการวิจัยดังนี้

คุณภาพของรูปแบบการเรียนรู้ SLEDA ที่พัฒนาขึ้น มีความเหมาะสมเฉลี่ยระดับมากขึ้นไป ประสิทธิภาพของชุดการสอนปฏิบัติการเรื่อง หลักการระบบสื่อสารวิทยุ โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ SLEDA ร่วมกับสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น มีค่าตามเกณฑ์ที่กำหนด 75/75 ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนปฏิบัติการโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ SLEDA ร่วมกับสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ ที่พัฒนาขึ้น มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ระดับมากขึ้นไป และทักษะการเรียนรู้ทางด้านปฏิบัติการของผู้เรียนที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 มีค่าเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 หรือสูงกว่าผลลัพธ์การเรียนรู้ที่กำหนด

3. การดำเนินการวิจัย

3.1 ขอบเขตการวิจัย

การพัฒนานวัตกรรมการเรียนการสอนปฏิบัติการด้านระบบโทรคมนาคมพื้นฐานเพื่อส่งเสริมทักษะการเรียนรู้การลงมือปฏิบัติงานของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 มีขอบเขตวิจัยดังนี้

3.2.1 การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ SLEDA (Laboratory-based learning model) สำหรับส่งเสริมสมรรถนะทางทักษะปฏิบัติการด้านเทคโนโลยีวิศวกรรมโทรคมนาคม ที่มี 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นการศึกษาค้นคว้า (Searching) 2) ขั้นการเรียนรู้ (Learning) 3) ขั้นแลกเปลี่ยนความรู้ (Exchanging) 4) ขั้นลงมือปฏิบัติ (Doing) และ 5) ขั้นประเมินผล (Assessment)

3.2.2 การสร้างสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ทางด้านเทคโนโลยีวิศวกรรมโทรคมนาคม ประกอบด้วย 1) โปรแกรมการคำนวณทางด้านโทรคมนาคมพื้นฐาน 2) ชุดทดลองเครื่องรับและเครื่องส่งวิทยุ และ 3) ชุดสายอากาศ

3.2.3 การสร้างชุดการสอนปฏิบัติการ เรื่อง หลักการระบบสื่อสารวิทยุ โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ SLEDA ร่วมกับสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น ที่ประกอบด้วย 1) คู่มือครู 2) แผนกิจกรรมการจัดการเรียนการสอน 3) ใบเนื้อหา 4) ใบปฏิบัติงาน และ 5) แบบฝึกหัดและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.2.4 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

3.2.4.1 ประชากร ได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม หรือสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ หรือสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ที่ลงทะเบียนในรายวิชาวิศวกรรมไมโครเวฟ หรือรายวิชาวิศวกรรมสายอากาศ หรือรายวิชาอื่นที่เกี่ยวข้อง ในมหาวิทยาลัยทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

3.2.4.2 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม ที่ลงทะเบียนในรายวิชาวิศวกรรมสายอากาศ ชั้นปีที่ 3 หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร โดยการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงด้วยการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างจากประชากรในงานวิจัย และพิจารณาใช้จำนวนผู้เรียนที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนดและที่ลงทะเบียนในภาคการศึกษาที่ 2/2567 ที่เป็นไปตามสภาพห้องเรียนจริง จำนวนทั้งหมด 30 คน

3.2.5 ตัวแปรในการศึกษา

3.2.5.1 ตัวแปรต้น ได้แก่ รูปแบบการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ SLEDA ชุดสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ทางด้านเทคโนโลยีวิศวกรรมโทรคมนาคม และชุดการสอนปฏิบัติการ เรื่อง หลักการระบบสื่อสารวิทยุ ที่พัฒนาขึ้น

3.2.5.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ ระดับความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ SLEDA ประสิทธิภาพของชุดการสอนปฏิบัติการ เรื่อง หลักการระบบสื่อสารวิทยุ ที่พัฒนาขึ้น และระดับความพึงพอใจของผู้เรียน

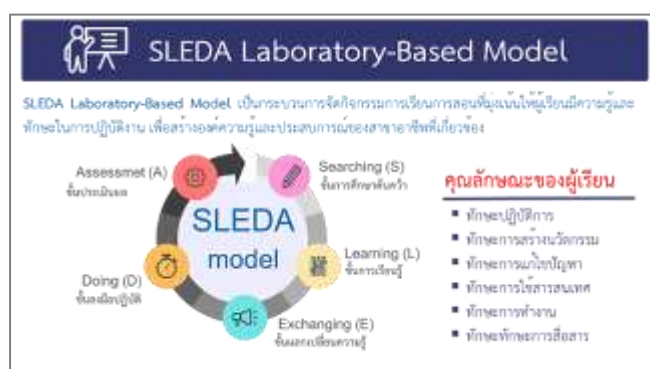
3.2 การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ

การจัดการเรียนการสอนในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต และหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า หรือสาขาที่เกี่ยวข้อง ของมหาวิทยาลัยทางด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ในประเทศไทย ยังคงเผชิญกับความท้าทายหลายประการ จากการสำรวจพบว่า หลักสูตรส่วนใหญ่ขาดนวัตกรรมการเรียนรู้ที่ทันสมัย ขาดสื่อการสอนที่เหมาะสม รวมถึงมีข้อจำกัดด้านกระบวนการเรียนการสอนที่เน้นด้านทฤษฎีเป็นส่วนใหญ่ ผู้เรียนไม่ได้มี

ส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ อีกทั้งภาวะความเครียดและความเบื่อหน่ายจากกิจกรรมการเรียนรู้ที่ไม่ได้ช่วยกระตุ้นให้เกิดความสนใจ อันส่งผลกระทบต่อผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา การพัฒนาเทคโนโลยีการเรียนการสอนที่ทันสมัยและการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการใช้สื่อดิจิทัลจึงมีความสำคัญ ดังนั้นการสอนในห้องปฏิบัติการถือเป็นแนวทางสำคัญที่สามารถช่วยพัฒนาทักษะการทำงาน การคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์จริง อีกทั้งยังช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนสามารถจัดระบบการเรียนรู้ของตนเอง มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมชั้น และมีการทำงานเป็นทีม ซึ่งเป็นทักษะสำคัญ

ในศตวรรษที่ 21 จุดเด่นของการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติการ ได้แก่ การพัฒนาศักยภาพทางกล้ามเนื้อ การคิดเชิงสร้างสรรค์ การเพิ่มโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมอย่างเต็มที่ในกระบวนการเรียนรู้การสร้างความรู้ด้วยตนเอง การส่งเสริมให้ผู้เรียนมีบทบาทในการสร้างความรู้และปฏิสัมพันธ์ร่วมกับการพัฒนาความรับผิดชอบและวินัยในการทำงาน การสร้างสถานการณ์ที่ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์และการแก้ไขปัญหา การเรียนรู้ที่เน้นทักษะการคิดขั้นสูง และการบูรณาการข้อมูลทางเทคโนโลยีและวิทยาศาสตร์ โดยบทบาทของผู้สอนจะมุ่งเน้นการอำนวยความสะดวกให้ผู้เรียนที่สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง งานวิจัยนี้จึงได้มีการกำหนดกรอบแนวคิดการพัฒนาวัตรกรรมการเรียนรู้สำหรับการศึกษาด้านวิศวกรรมศาสตร์ภายในห้องปฏิบัติการและออกแบบกระบวนการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความพร้อมที่จะเรียนรู้ในบทเรียนที่มีเนื้อหาซับซ้อน มีทักษะการปฏิบัติงาน และการใช้สื่อการเรียนรู้ที่เหมาะสมที่สนับสนุนให้ผู้เรียนมีทักษะการเรียนรู้แห่งศตวรรษที่ 21 (Ray et al., 2023, pp. 368-374)

คณะวิจัยจึงได้พัฒนารูปแบบการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ (Laboratory-based learning model) ที่เรียกว่า SLEDA เพื่อการศึกษาด้านเทคโนโลยีวิศวกรรมโทรคมนาคม ดังแสดงในรูปที่ 1 กระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพจะส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถแสวงหาความรู้จากการลงมือฝึกปฏิบัติ (Learning by doing) มีการคิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมอย่างเป็นขั้นตอน รูปแบบการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ SLEDA ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นการศึกษาค้นคว้า (Searching) 2) ขั้นการเรียนรู้ (Learning) 3) ขั้นแลกเปลี่ยนความรู้ (Exchanging) 4) ขั้นลงมือปฏิบัติ (Doing) และ 5) ขั้นประเมินผล (Assessment) เป็นแนวทางที่ช่วยให้ผู้เรียนมีคุณลักษณะที่พึงประสงค์ ได้แก่ ทักษะปฏิบัติการ ทักษะการสร้างนวัตกรรม ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการใช้สารสนเทศ ทักษะการทำงาน และทักษะการสื่อสาร ที่สามารถนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์จริงได้อย่างเหมาะสม โดยมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 1 รูปแบบการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ SLEDA (Laboratory-based model)

1. ขั้นการศึกษาค้นคว้า (Searching) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ผู้เรียนแสวงหาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อตอบปัญหาและทำความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนอย่างลึกซึ้ง โดยเน้นให้ผู้เรียนสามารถศึกษาทบทวนและค้นหาความรู้ด้วยตนเองจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย เพื่อให้สามารถนำองค์ความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาและประกอบการจัดทำโครงงาน การศึกษาค้นคว้าที่มีคุณภาพช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาอย่างชัดเจนและสามารถสร้างองค์ความรู้ใหม่ที่ตอบสนองต่อความต้องการของกระบวนการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ขั้นการเรียนรู้ (Learning) ซึ่งเป็นกระบวนการถ่ายทอดความรู้ ทักษะ และทัศนคติในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ผู้เรียนจะได้รับการฝึกฝนผ่านแบบฝึกหัดและใบงานที่ผู้สอนออกแบบมาโดยเฉพาะ กระบวนการเรียนรู้ในลักษณะนี้ช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการปฏิบัติงาน ทั้งนี้ มีการบูรณาการความรู้ควบคู่ไปกับกิจกรรมที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และทักษะเชิงลึกเพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงในบริบทต่าง ๆ

3. ขั้นแลกเปลี่ยนความรู้ (Exchanging) จะเป็นกระบวนการที่ช่วยให้เกิดการสื่อสารและแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างผู้เรียนและผู้สอน ผู้เรียนจะมีโอกาสสรุปและปรับปรุงความรู้ผ่านการสนทนา การแบ่งปันข้อมูล และการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในชั้นเรียน แนวคิดนี้มีรากฐานจากทฤษฎีการสร้างความรู้ทางสังคม (Social constructivism) และทฤษฎีการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม (Collaborative learning) การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันช่วยส่งเสริมทักษะการสื่อสาร ความสามารถในการวิเคราะห์ และการคิดเชิงระบบ ซึ่งเป็นทักษะที่จำเป็นในโลกของการทำงานจริง

4. ขั้นลงมือปฏิบัติ (Doing) จะช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะเชิงปฏิบัติผ่านการใช้เครื่องมือหรือการทำกิจกรรมที่เน้นประสบการณ์ตรง การปฏิบัติจริงสามารถแบ่งกิจกรรมออกเป็น 4 รูปแบบ ได้แก่ 1) การทดลอง (Experimentations) 2) สถานการณ์จำลอง (Simulation) 3) โครงการหรือโปรเจกต์ (Project-based learning) และ 4) การฝึกทักษะเฉพาะ (Skill workshops) กระบวนการเรียนรู้ในขั้นนี้ช่วยให้ผู้เรียนสามารถใช้ทฤษฎีที่ได้เรียนรู้ไปปรับใช้กับสถานการณ์จริงที่สามารถเลือกได้ตามความแตกต่างของกลุ่มผู้เรียน ที่แต่ละกิจกรรมสามารถส่งเสริมพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ

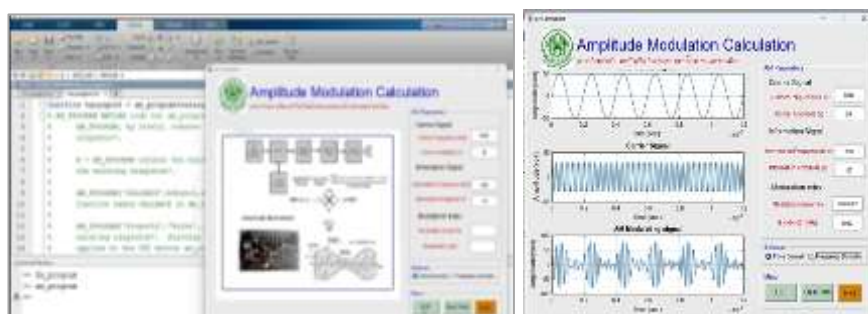
5. ขั้นประเมินผล (Assessment) เป็นกระบวนการที่มุ่งเน้นการตรวจสอบพัฒนาการของผู้เรียนทั้งในด้านความรู้ ทักษะ และทัศนคติ การประเมินผลที่มีประสิทธิภาพจะคำนึงถึงความเที่ยงตรง (Validity) ความเชื่อมั่น (Reliability) และความเที่ยงธรรม (Fairness) เพื่อให้แน่ใจว่าผู้เรียนสามารถบรรลุตามวัตถุประสงค์ของหลักสูตรได้อย่างครบถ้วน วิธีการวัดผลที่หลากหลาย เช่น การลงมือปฏิบัติงาน การทดสอบ การประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ และการให้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) ที่ช่วยให้ผู้สอนสามารถปรับปรุงกระบวนการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับผู้เรียนมากขึ้น อีกทั้งยังเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถสะท้อนการเรียนรู้ของตนเองและปรับปรุงพัฒนาทักษะต่อไป

ดังนั้น รูปแบบการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ SLEDA เป็นแนวทางที่ช่วยให้การจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในทุกกระบวนการ ตั้งแต่การศึกษา ค้นคว้า การเรียนรู้ การแลกเปลี่ยนความรู้ การลงมือปฏิบัติ และการประเมินผล ด้วยแนวทางดังกล่าว ผู้เรียนจะสามารถพัฒนาทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 และสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งในบริบททางการศึกษาและในโลกของการทำงานที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

3.3 การสร้างนวัตกรรมสื่อการเรียนรู้ทางด้านเทคโนโลยีวิศวกรรมโทรคมนาคม

ผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบและพัฒนานวัตกรรมสื่อการเรียนรู้ที่ใช้ในการวิจัย ที่ประกอบด้วย โปรแกรมการคำนวณทางด้านโทรคมนาคมพื้นฐาน ชุดทดลองเครื่องรับส่งวิทยุ และชุดสายอากาศ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.3.1 โปรแกรมจำลองทางวิศวกรรม ที่ใช้ในการศึกษาเพื่อหลีกเลี่ยงข้อผิดพลาดและลดต้นทุนจากความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นในการใช้งานจริง การสร้างโปรแกรมจำลองทางวิศวกรรมสำหรับระบบการสื่อสารโทรคมนาคม ประกอบด้วยการมอดูเลตแบบ AM และ FM และโปรแกรมการออกแบบเสาอากาศ โดยใช้การเขียนด้วยฟังก์ชัน M-file ของโปรแกรม MATLAB พร้อมด้วยการออกแบบหน้าต่างการอินเทอร์เฟซผู้ใช้ทางกราฟิก (Graphic user interface) ดังแสดงในรูปที่ 2



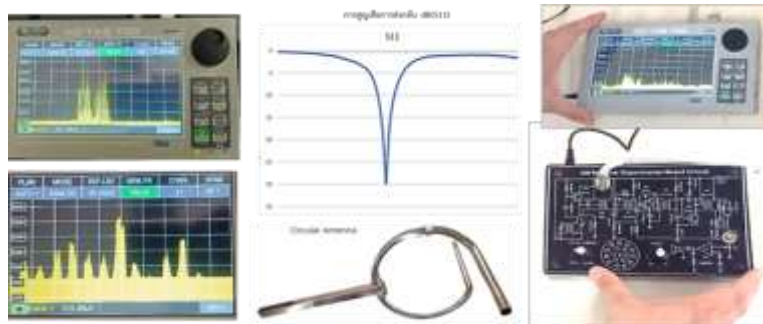
รูปที่ 2 การพัฒนาโปรแกรมจำลองทางวิศวกรรมโทรคมนาคม

3.3.2 ชุดทดลองเครื่องรับส่งวิทยุ เป็นชุดทดลองเครื่องรับและเครื่องส่งสัญญาณวิทยุ AM - FM ดังแสดงในรูปที่ 3 ที่ออกแบบตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของหลักสูตร ประกอบด้วย ชุดทดลองเครื่องรับวิทยุ AM และ FM เครื่องส่งสัญญาณวิทยุ และคู่มือการใช้งาน ผู้เรียนสามารถนำไปใช้ในทางปฏิบัติสำหรับการทดสอบการทำงานของเครื่องและแก้ไขข้อบกพร่องตามใบงานที่กำหนด



รูปที่ 3 การพัฒนาชุดทดลองเครื่องรับส่งวิทยุ AM และ FM

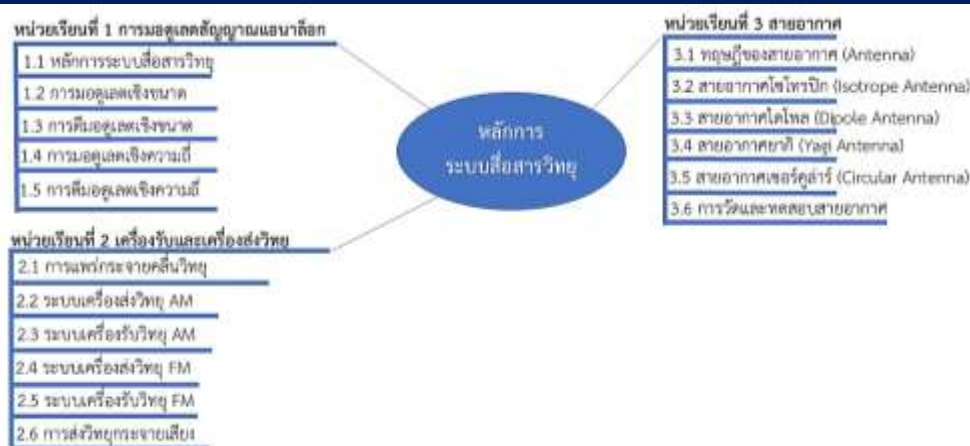
3.3.3 ชุดสายอากาศสำหรับระบบการสื่อสาร เป็นอุปกรณ์สายอากาศที่สร้างขึ้นเพื่อการออกแบบ การทดลอง และการฝึกปฏิบัติการวัดพารามิเตอร์และการทดสอบการทำงานของสายอากาศ ดังนั้น สายอากาศสำหรับระบบการสื่อสารพื้นฐานจึงถูกสร้างขึ้นในวิทยุ FM ในย่านการทำงานระหว่าง 88-108 MHz และออกแบบโดยใช้ความถี่กลางเท่ากับ 100 MHz ชุดสายอากาศที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วย สายอากาศโมโนโพล สายอากาศไดโพล สายอากาศยาคิ สายอากาศทรงกลม ตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 การพัฒนาและการทดสอบสายอากาศกับเครื่องรับวิทยุ

3.4 การสร้างชุดการสอนปฏิบัติการ

การจัดการเรียนการสอนที่ใช้รูปแบบการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ SLEDA ที่พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยได้วิเคราะห์เนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับความรู้พื้นฐานทางด้านวิศวกรรมโทรคมนาคมของหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตรบัณฑิต วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2562) คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี วิทยาเขตสกลนคร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ในรายวิชาหลักการระบบสื่อสาร ที่ประกอบด้วย การวิเคราะห์สัญญาณในระบบสื่อสาร การมอดูเลตเชิงแอมพลิจูด การมอดูเลตเชิงมุม การมอดูเลตเชิงพัลส์ การมัลติเพล็กซ์และการดีมัลติเพล็กซ์สัญญาณรบกวนในระบบสื่อสาร ระบบสื่อสารสมัยใหม่ เครื่องส่งและเครื่องรับวิทยุ และในรายวิชาวิศวกรรมสายอากาศ ที่ประกอบด้วย หลักการทำงานของสายอากาศ พารามิเตอร์มูลฐานของสายอากาศ การอินทิเกรตการแผ่พลังงานและฟังก์ชันช่วย สายอากาศเส้นลวด เชิงเส้น สายอากาศบ่วง ไดโพลแถบกว้าง และเทคนิคการแมตช์สายอากาศ สายอากาศไมโครสตริป แถวลำดับ การวัดและการทดสอบสายอากาศ ดังนั้นผู้วิจัยได้นำเนื้อหาบทเรียนของทั้งสองรายวิชานำมาออกแบบเป็นชุดการสอนแบบโมดูลที่บูรณาการศาสตร์ที่เกี่ยวข้องในหัวข้อเรื่อง หลักการระบบสื่อสารวิทยุ ที่แบ่งออกเป็น 3 หน่วยเรียน ได้แก่ การมอดูเลตสัญญาณแอนาล็อก เครื่องรับและเครื่องส่งวิทยุ และสายอากาศ ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 การวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชาหลักการระบบสื่อสารและวิศวกรรมสายอากาศ

การสร้างชุดการสอนปฏิบัติการ เรื่อง หลักการระบบสื่อสารวิทยุ ได้ถูกพัฒนาขึ้นโดยจากการวิเคราะห์หัวข้อเรื่องและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชาหลักการระบบสื่อสาร และวิศวกรรมสายอากาศ และจัดทำแผนการเรียนรู้แบบบูรณาการศาสตร์ตามรูปแบบการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ SLEDA มีทั้งหมด 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นการศึกษาค้นคว้า (Searching) 2) ขั้นการเรียนรู้ (Learning) 3) ขั้นแลกเปลี่ยนความรู้ (Exchanging) 4) ขั้นลงมือปฏิบัติ (Doing) และ 5) ขั้นประเมินผล (Assessment) จากนั้นดำเนินการจัดทำเป็นคู่มือครู เรื่อง หลักการระบบสื่อสารวิทยุ ที่ประกอบไปด้วย 1) แผนการสอน 2) ใบเนื้อหา 3) สื่อโปรแกรมนำเสนอ PPT 4) ใบปฏิบัติงาน และ 5) แบบฝึกหัดและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แสดงดังรูปที่ 6 โดยคู่มือครูจะแสดงแผนการสอน แผนกิจกรรมการปฏิบัติงาน ใบเนื้อหาที่มีจำนวนทั้งหมด 86 หน้า สื่อโปรแกรมนำเสนอ PPT ที่นำเสนอเนื้อหาโดยสรุปสำหรับผู้เรียน รวมทั้งสิ้นจำนวน 108 เฟรม ใบงานสำหรับการลงมือปฏิบัติการ จำนวน 3 ใบงาน และแบบทดสอบแบบปรนัยแบบ 4 ตัวเลือก จำนวน 60 ข้อ นอกจากนี้มีการพัฒนาและออกแบบใบประเมินผลทางด้านทักษะและเจตคติ ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดเพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์สมรรถนะของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21



รูปที่ 6 คู่มือครูเรื่อง หลักการระบบสื่อสารวิทยุ ที่พัฒนาขึ้น

หลังจากนั้นผู้วิจัยได้นำเครื่องมือวิจัยไปใช้ในกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 30 คน ในภาคเรียนที่ 2/2567 ในหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร ประกอบด้วย ชุดการสอนปฏิบัติการเรื่อง หลักการระบบสื่อสารวิทยุ โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ SLEDA ร่วมกับชุดสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ ที่ประกอบด้วย โปรแกรมการคำนวณทางด้านโทรคมนาคมพื้นฐาน (Graphic User Interface: GUI) ชุดทดลองเครื่องรับส่งวิทยุ AM – FM และชุดสายอากาศ ซึ่งสภาพบรรยากาศในชั้นเรียนแสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 กิจกรรมการเรียนการสอนตามรูปแบบการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ SLEDA

4. ผลการวิจัย

ผลของงานวิจัยที่ได้จากการนำเครื่องมือวิจัยที่เป็นชุดการสอนปฏิบัติการ เรื่อง หลักการระบบสื่อสารวิทยุ ที่ประกอบด้วย คู่มือครู แผนการสอน ใบกิจกรรม และสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ ไปดำเนินการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ SLEDA กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 การประเมินคุณภาพของรูปแบบการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ SLEDA

การประเมินคุณภาพด้านความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ SLEDA โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 11 ท่าน ผ่านแบบประเมินคุณภาพแบบ Rating scale 5 ระดับ ที่ประกอบด้วย ด้านรูปแบบการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ SLEDA ด้านกิจกรรม ประกอบการเรียนการสอน ด้านสื่อสนับสนุนการเรียนการสอน และด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินคุณภาพของรูปแบบการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ SLEDA

ประเด็นคำถาม	ค่าเฉลี่ย	SD	ระดับความเหมาะสม
ด้านรูปแบบการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ SLEDA	4.45	0.20	มาก
1. รูปแบบการเรียนรู้เน้นทักษะปฏิบัติการ ที่สอดคล้องกับทศวรรษที่ 21	4.36	0.50	มาก
2. รูปแบบการเรียนรู้มีขั้นตอนการเรียนรู้ที่เหมาะสม	4.55	0.52	มากที่สุด
3. รูปแบบการเรียนรู้สามารถนำไปใช้สำหรับการเรียนการสอนทางด้านวิศวกรรม	4.45	0.52	มาก
4. กิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นสามารถปฏิบัติได้จริง ตามระยะเวลาที่กำหนด	4.18	0.60	มาก
5. ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ มีส่วนร่วมในกิจกรรม และแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน	4.36	0.81	มาก
6. ส่งเสริมการค้นคว้าความรู้ การลงมือปฏิบัติ การทำงานเป็นทีม และการสื่อสาร	4.18	0.60	มาก
7. ขั้นตอนการเรียนการสอนสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ด้านปฏิบัติการ	4.45	0.52	มาก
8. ส่งเสริมการเรียนรู้เนื้อหาที่ซับซ้อนและสร้างประสบการณ์จากการปฏิบัติงานได้	4.73	0.47	มากที่สุด
9. รูปแบบและเกณฑ์ของการวัดและประเมินผลการเรียนรู้มีความเหมาะสม	4.73	0.47	มากที่สุด
10. รูปแบบการเรียนการสอนสามารถนำไปสู่การปฏิบัติงานได้ตามสภาพจริง	4.45	0.69	มาก
ด้านกิจกรรมประกอบการเรียนการสอน	4.71	0.29	มากที่สุด
11. กิจกรรมการเรียนการสอนสามารถใช้ในการศึกษาด้านวิศวกรรมโทรคมนาคมได้	4.73	0.47	มากที่สุด
12. กิจกรรมสามารถส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้อย่างเป็นขั้นตอนในภาคปฏิบัติ	4.46	0.50	มาก
13. กิจกรรมการเรียนการสอนสามารถนำไปสอนปฏิบัติได้ตามระยะเวลาที่กำหนด	4.82	0.40	มากที่สุด
14. ผู้เรียนได้คิดวิเคราะห์ ลงมือปฏิบัติ และแก้ไขปัญหา	4.73	0.47	มากที่สุด
15. กิจกรรมส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความรู้ ทักษะ และเจตคติในการปฏิบัติงาน	4.64	0.50	มากที่สุด

ตารางที่ 1 (ต่อ) ผลการประเมินคุณภาพของรูปแบบการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ SLEDA

ประเด็นคำถาม	ค่าเฉลี่ย	SD	ระดับความเหมาะสม
ด้านสื่อสนับสนุนการเรียนการสอน	4.49	0.36	มาก
16. สื่อการสอนส่งเสริมให้ผู้เรียนค้นคว้าหาความรู้ และแก้ไขปัญหาได้ด้วยตนเอง	4.55	0.69	มากที่สุด
17. สื่อการสอนมีความเหมาะสม เพียงพอและสอดคล้องกับการเรียนการสอนตามรูปแบบการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ SLEDA	4.36	0.50	มาก
18. สื่อการสอนช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เป็นลำดับและเป็นขั้นตอน	4.55	0.52	มากที่สุด
19. สื่อการสอนช่วยให้สามารถเรียนรู้ในเนื้อหาที่ซับซ้อนและมีทักษะการปฏิบัติงาน	4.36	0.67	มาก
20. สื่อการสอนช่วยกระตุ้นและส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดเจตคติที่ดีในการศึกษา	4.64	0.50	มากที่สุด
ด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้	4.56	0.45	มากที่สุด
21. รูปแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ครอบคลุมและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของหลักสูตร	4.64	0.50	มากที่สุด
22. วิธีการวัดและการประเมินผลมีความหลากหลาย และสอดคล้องกับรูปแบบการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ SLEDA	4.64	0.50	มากที่สุด
23. เครื่องมือวัดผลสามารถวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนทั้งทางด้านความรู้ ทักษะ และเจตคติ	4.55	0.52	มากที่สุด
24. แบบทดสอบมีคุณภาพและความชัดเจน และมีเกณฑ์การประเมินผลชัดเจน	4.45	0.52	มาก
25. เครื่องมือวัดผลสามารถวัดและประเมินผู้เรียนได้ตามสภาพห้องเรียนจริง	4.55	0.52	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวมทุกด้านทั้งหมด	4.71	0.29	มากที่สุด

จากผลการประเมินคุณภาพด้านความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ SLEDA โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 11 ท่าน พบว่า รูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นดังกล่าวมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.71$, $SD = 0.29$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า รูปแบบการเรียนรู้มีคุณภาพที่สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนด้านเทคโนโลยีวิศวกรรมโทรคมนาคมได้เป็นอย่างดี จากผลการประเมินจะเห็นว่า ด้านกิจกรรมประกอบการเรียนการสอน ได้รับคะแนนสูงสุด ($\bar{X} = 4.71$) รองลงมาคือ ด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ($\bar{X} = 4.56$) และ ด้านสื่อสนับสนุนการเรียนการสอน ($\bar{X} = 4.49$) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่ากระบวนการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นสามารถเสริมสร้างให้ผู้เรียนมีทักษะและเจตคติที่ดี โดยจุดเด่นของรูปแบบการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ SLEDA ได้แก่ การเน้นทักษะปฏิบัติที่สอดคล้องกับศตวรรษที่ 21 (Hadiyanto et al., 2021, pp. 6-19) การส่งเสริมการเรียนรู้เชิงรุกผ่านกระบวนการ Learning by doing, Simulation-based และ Project-based การมีสื่อสนับสนุนที่ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาที่ซับซ้อนการวัดผลที่ครอบคลุมทั้งด้านความรู้ ทักษะปฏิบัติ และเจตคติ และการนำไปประยุกต์ใช้กับการเรียนการสอนด้านเทคโนโลยีวิศวกรรมโทรคมนาคมได้จริง อย่างไรก็ตาม จุดอ่อนของรูปแบบนี้คือ ข้อจำกัดด้านระยะเวลาในการฝึกปฏิบัติ ความจำเป็นในการพัฒนาสื่อเพิ่มเติม และการปรับปรุงเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับบริบทของผู้เรียนที่หลากหลาย โดยแนวทางการปรับปรุงในอนาคต ได้แก่ การมุ่งเน้นการขยายระยะเวลาในการฝึกปฏิบัติ การพัฒนาเนื้อหาสื่อการสอนให้ครอบคลุมยิ่งขึ้น การปรับปรุงเครื่องมือวัดผลให้สามารถประเมินผลการเรียนรู้ในมิติต่างๆ ได้แม่นยำ และการส่งเสริมการนำเทคโนโลยีใหม่ ๆ เช่น AI-based learning, Virtual Laboratory และ Online simulations มาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ของผู้เรียนโดยสรุปรูปแบบการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ SLEDA ถือเป็นรูปแบบการเรียนรู้เชิงปฏิบัติที่มีคุณภาพสูงและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง แต่ยังคงต้องได้รับการปรับปรุงในบางด้าน เช่น การบูรณาการกิจกรรมการเรียนรู้ การกำหนดระยะเวลาการเรียนรู้ที่เหมาะสม เพื่อให้ตอบสนองต่อความต้องการของผู้เรียนที่หลากหลายในอนาคตต่อไป

4.2 ผลการประเมินประสิทธิภาพชุดการสอนปฏิบัติการเรื่อง หลักการระบบสื่อสารวิทยุ

ผลของการพัฒนานวัตกรรมการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ SLEDA ได้ออกแบบเป็นชุดการสอนปฏิบัติการเรื่อง หลักการระบบสื่อสารวิทยุ โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ SLEDA ร่วมกับโปรแกรมการคำนวณทางด้านโทรคมนาคมพื้นฐาน ชุดทดลองเครื่องรับและเครื่องส่งวิทยุ และ ชุดสายอากาศ จากนั้นนำไปทดลองใช้กับนักศึกษา ระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาวิศวกรรมสายอากาศ ที่เลือกแบบเจาะจง จำนวน 30 คน ผลการทดสอบประสิทธิภาพด้านกระบวนการ (E_1) ผ่านคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบหลังแต่ละหน่วยเรียน แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพด้านกระบวนการ (E_1)

แบบทดสอบหลังหน่วยเรียน	จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	คะแนนรวม	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละ
หน่วยเรียนที่ 1	30	20	409	13.63	68.15
หน่วยเรียนที่ 2	30	30	724	24.13	80.43
หน่วยเรียนที่ 3	30	20	465	15.5	77.5
รวมทั้งหมด	60	70	1577	52.56	75.08

จากตารางที่ 2 พบว่ากลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน ที่ผ่านการเรียนการสอนปฏิบัติการเรื่อง หลักการระบบสื่อสารวิทยุโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ SLEDA ร่วมกับชุดสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น โดยคะแนนของแบบทดสอบหลังหน่วยเรียนทั้งหมด 3 หน่วยเรียน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 52.56 จากคะแนนเต็ม 70 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 75.08 ซึ่งถือเป็นค่าของประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 75 โดยคะแนนหน่วยเรียนที่ 2 มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ระดับ 24.13 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 80.43 และจากการศึกษาทางด้านเครื่องรับและเครื่องส่งวิทยุ AM-FM ที่เน้นผู้เรียนให้มีการลงมือปฏิบัติการ หน่วยเรียนที่ 1 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 13.63 คิดเป็นร้อยละ 68.15 เนื่องจากการเป็นคำถามและวิเคราะห์ข้อมูลที่มีความซับซ้อนทางด้านการมอดูเลตสัญญาณแอนาล็อก ซึ่งผู้เรียนส่วนใหญ่ขาดความรู้ขั้นสูงทางด้านคณิตศาสตร์วิศวกรรม ดังนั้น ผู้สอนควรปรับความรู้พื้นฐานและควรพัฒนาวัตกรรมการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองตามอัธยาศัยเพื่อรองรับกับเทคโนโลยีทางด้านระบบการสื่อสารสมัยใหม่ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว สำหรับการวิเคราะห์ประสิทธิภาพชุดการสอนปฏิบัติการเรื่อง หลักการระบบสื่อสารวิทยุ โดยใช้การประเมินประสิทธิภาพด้านกระบวนการ (E_1) ที่ใช้คะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบหลังหน่วยเรียน และด้านผลลัพธ์ (E_2) จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดการสอน

คะแนนแบบทดสอบ	จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	คะแนนรวม	ค่าเฉลี่ย	E_1 / E_2
คะแนนแบบทดสอบหลังหน่วยเรียน	30	70	1577	52.56	75.08
คะแนนการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	30	70	1587	52.9	75.57

จากตารางที่ 3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพชุดการสอนปฏิบัติการ เรื่อง หลักการระบบสื่อสารวิทยุ โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ SLEDA ร่วมกับชุดสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น ผลของคะแนนแบบทดสอบแต่ละหน่วยเรียนมีค่าเฉลี่ยร้อยละเท่ากับ 75.08 และผลการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีค่าเฉลี่ยร้อยละเท่ากับ 75.57 ผลการประเมินประสิทธิภาพของชุดการสอนตามรูปแบบการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ SLEDA มีค่าประสิทธิภาพ E_1/E_2 มีค่าเฉลี่ยร้อยละเท่ากับ 75.08/75.57 ซึ่งสอดคล้องกับตามเกณฑ์ที่กำหนด 75/75 ที่มีค่าคลาดเคลื่อนจากเกณฑ์มาตรฐานไม่เกิน $\pm 2.5\%$ จึงถือว่าชุดการสอนมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดและเป็นไปตามสมมติฐานของการวิจัย

4.3 ผลการประเมินระดับความพึงพอใจของผู้เรียน

การประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนโดยใช้นักศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 30 คน ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนดและตามสภาพห้องเรียนจริง โดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจ จำนวน 5 ด้าน ประกอบด้วย ด้านรูปแบบการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ SLEDA ด้านใบเนื้อหา ด้านใบงาน ด้านสื่อการเรียนการสอน และด้านแบบทดสอบ ผลการประเมินระดับความพึงพอใจของผู้เรียนต่อกระบวนการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ SLEDA แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การประเมินระดับความพึงพอใจของผู้เรียนต่อกระบวนการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ SLEDA

ประเด็นคำถาม	ค่าเฉลี่ย	SD	ระดับความเหมาะสม
ด้านรูปแบบการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ SLEDA	4.64	0.22	มากที่สุด
1. รูปแบบการเรียนการสอนเน้นให้ผู้เรียนมีทักษะการปฏิบัติการ	4.82	0.40	มากที่สุด
2. มีขั้นตอนการเรียนรู้เหมาะสม	4.73	0.47	มากที่สุด
3. วิธีการประเมินผลมีความเหมาะสม	4.64	0.48	มากที่สุด
4. ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการสอนเพิ่มขึ้น	4.64	0.50	มากที่สุด
5. ส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างนวัตกรรมและเทคโนโลยีได้	4.36	0.67	มาก

ตารางที่ 4 (ต่อ) การประเมินระดับความพึงพอใจของผู้เรียนต่อกระบวนการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ SLEDA

ประเด็นคำถาม	ค่าเฉลี่ย	SD	ระดับความเหมาะสม
ด้านรูปแบบการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ SLEDA	4.64	0.22	มากที่สุด
ด้านเนื้อหา	4.60	0.41	มากที่สุด
6. เนื้อหาครอบคลุมวัตถุประสงค์ของหลักสูตร	4.55	0.52	มากที่สุด
7. เนื้อหามีความถูกต้อง	4.45	0.69	มาก
8. ปริมาณเนื้อหาเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4.55	0.52	มากที่สุด
9. เนื้อหาเรียงลำดับได้อย่างเหมาะสม	4.73	0.47	มากที่สุด
10. ภาษาและภาพที่ใช้เหมาะสม	4.73	0.47	มากที่สุด
ด้านเนื้อหา	4.60	0.41	มากที่สุด
6. เนื้อหาครอบคลุมวัตถุประสงค์ของหลักสูตร	4.55	0.52	มากที่สุด
7. เนื้อหามีความถูกต้อง	4.45	0.69	มาก
8. ปริมาณเนื้อหาเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4.55	0.52	มากที่สุด
9. เนื้อหาเรียงลำดับได้อย่างเหมาะสม	4.73	0.47	มากที่สุด
10. ภาษาและภาพที่ใช้เหมาะสม	4.73	0.47	มากที่สุด
ด้านใบงาน	4.58	0.38	มากที่สุด
11. ใบงานสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของรายวิชา	4.82	0.40	มากที่สุด
12. เนื้อหาหรือการนำใบงานไปใช้ในการปฏิบัติงาน	4.64	0.50	มากที่สุด
13. ปริมาณใบงานเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4.36	0.67	มาก
14. ขั้นตอนและการปฏิบัติงานของใบงานมีความเหมาะสม	4.64	0.50	มากที่สุด
15. ใบงานส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะและเจตคติในการทำงาน	4.45	0.82	มาก
ด้านสื่อการเรียนการสอน	4.78	0.28	มากที่สุด
16. สื่อการสอนมีความสอดคล้องกับเนื้อหาวิชา	4.82	0.40	มากที่สุด
17. ชุดทดลองรูปแบบใช้งานง่ายและมีสีสันสวยงาม	4.64	0.50	มากที่สุด
18. โปรแกรมมีคุณภาพที่ให้ผลการทำงานที่ถูกต้อง	4.82	0.40	มากที่สุด
19. ส่งเสริมการเรียนรู้ในเนื้อหาที่ซับซ้อนให้เข้าใจง่ายขึ้น	4.82	0.40	มากที่สุด
20. ส่งเสริมให้เกิดทักษะการปฏิบัติและการทำงานเป็นทีม	4.82	0.40	มากที่สุด
ด้านแบบทดสอบ	4.60	0.35	มากที่สุด
21. ข้อสอบตรงตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	4.45	0.52	มาก
22. จำนวนข้อสอบมีความเหมาะสม	4.64	0.50	มากที่สุด
23. ข้อคำถามและคำตอบมีความชัดเจนและเหมาะสม	4.64	0.50	มากที่สุด
24. เวลาที่ใช้เหมาะสม	4.73	0.47	มากที่สุด
25. ระดับความยากง่ายเหมาะสม	4.55	0.52	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมด	4.64	0.22	มากที่สุด

จากผลการประเมินระดับความพึงพอใจของผู้เรียนจำนวน 30 คน ที่เรียนรู้ผ่านรูปแบบการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ SLEDA ร่วมกับชุดสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น พบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.64$, $SD = 0.22$) โดยเฉพาะด้านสื่อการเรียนการสอน ซึ่งได้รับคะแนนสูงสุด ($\bar{X} = 4.78$) เนื่องจากสามารถช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาที่ซับซ้อนได้ง่ายขึ้น และส่งเสริมทักษะการปฏิบัติและการทำงานเป็นทีม นอกจากนี้ ด้านรูปแบบการเรียนรู้ได้รับการประเมินว่า สามารถส่งเสริมทักษะปฏิบัติที่สอดคล้องกับศตวรรษที่ 21 ($\bar{X} = 4.64$) และช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมเพิ่มขึ้น กิจกรรมการเรียนรู้ถูกออกแบบมาอย่างเหมาะสมและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงในรายวิชาทางด้านเทคโนโลยีวิศวกรรมโทรคมนาคม จุดเด่นของรูปแบบการเรียนรู้นี้ได้แก่ 1) การเน้นทักษะปฏิบัติและการมีส่วนร่วมของผู้เรียน 2) กระบวนการเรียนรู้ที่เป็นลำดับขั้นตอนและสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์จริง 3) สื่อการเรียนการสอนที่มีคุณภาพและตอบโจทย์การเรียนรู้เชิงลึก 4) ใบงานที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของหลักสูตรและส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ และ 5) การประเมินผลสัมฤทธิ์ที่มีความชัดเจนและเหมาะสมกับผู้เรียน อย่างไรก็ตาม จุดอ่อนของงานวิจัยที่พบ ได้แก่ 1) บทเรียนมีความซับซ้อน ทำให้ผู้เรียนต้องมีความรู้พื้นฐานมาก่อน 2) กระบวนการสอนมีหลายขั้นตอนและใช้เวลานาน อาจทำให้การดำเนินการล่าช้าและ 3) ผู้เรียนบางส่วนต้องทบทวนและทำซ้ำกิจกรรมเพื่อให้เข้าใจอย่างถ่องแท้ แนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาต่อไป ได้แก่ ควรมีการเน้นการพัฒนาเนื้อหาสนับสนุนเพิ่มเติม เช่น การพัฒนาวิดีโอสื่อการสอน การจัดการเรียนรู้แบบยืดหยุ่นเพื่อลดความซับซ้อนของบทเรียน รวมถึงการออกแบบ

กิจกรรมที่สามารถลดระยะเวลาในการเรียนรู้แต่ยังคงรักษาคุณภาพของการฝึกทักษะ นอกจากนี้การเพิ่มระบบให้คำปรึกษาหรือแหล่งเรียนรู้ออนไลน์ จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถทบทวนความรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น และสามารถนำไปปรับใช้กับการเรียนการสอนเชิงปฏิบัติในระดับที่สูงขึ้นได้

4.4 ผลการประเมินทักษะการเรียนรู้ของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21

การจัดการเรียนการสอนรูปแบบการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ SLEDA เป็นแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้รับความรู้และพัฒนาทักษะผ่านการปฏิบัติจริง โดยกระบวนการเรียนรู้ประกอบด้วย ขั้นตอนการค้นหา (Searching) ขั้นการเรียนรู้ (Learning) ขั้นแลกเปลี่ยนความรู้ (Exchanging) ขั้นลงมือปฏิบัติ (Doing) และขั้นประเมินผล (Assessment) ซึ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะและคุณลักษณะของผู้เรียนที่สำคัญ ได้แก่ ทักษะปฏิบัติการ การสร้างนวัตกรรม การแก้ไขปัญหา การคิดวิเคราะห์ รวมถึงความสามารถในการใช้เทคโนโลยีและการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นเป้าหมายสำคัญที่ช่วยให้การเรียนรู้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับความต้องการของโลกยุคดิจิทัล ผลการประเมินทักษะการเรียนรู้ของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ที่กำหนด แสดงรายละเอียดในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการประเมินทักษะการเรียนรู้ของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21

ทักษะและคุณลักษณะของผู้เรียน	ค่าที่คาดหวัง	ค่าที่วัดได้	ค่าความแตกต่างจากเกณฑ์มาตรฐานที่คาดหวัง ($\pm\%$)
1. ทักษะการปฏิบัติการในการลงมือปฏิบัติการ	80 %	80.53 %	+0.53 %
2. ทักษะการสร้างนวัตกรรมและสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนางาน	80 %	87.20 %	+7.20 %
3. ทักษะการแก้ปัญหาตามโจทย์และแบบฝึกหัดที่มอบหมาย	75 %	75.08 %	+0.08 %
4. ทักษะการทำงานในการใช้เครื่องมือวัดและทดสอบเฉพาะทาง	75 %	84.04 %	+9.04 %
5. ทักษะการใช้สารสนเทศและโปรแกรมการคำนวณคอมพิวเตอร์	80 %	88.07 %	+8.07 %
6. ทักษะการสื่อสารในการประสานงาน การช่วยเหลือ และนำเสนอข้อมูล	80 %	92.80 %	+12.80 %
ค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมด	78.33 %	84.62 %	+6.29 %

ผลการประเมินทักษะการเรียนรู้ของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ SLEDA มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 84.62% ที่สูงกว่าค่าที่คาดหวังเท่ากับ 6.29% ซึ่งแสดงให้เห็นถึงสมรรถนะที่โดดเด่นทางด้านทักษะการสื่อสารในการประสานงาน การช่วยเหลือ และนำเสนอข้อมูล มีค่าเท่ากับ 92.80% ซึ่งมีค่าผลการประเมินสูงกว่าค่าที่คาดหวังอย่างมาก ซึ่งแสดงถึงผู้เรียนมีความสามารถในการประสานงาน การช่วยเหลือ การนำเสนอข้อมูลและการใช้เครื่องมือสารสนเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังพบว่า ทักษะการสร้างนวัตกรรมและการพัฒนางานมีผลการประเมินสูงถึง 87.20% ซึ่งสะท้อนถึงความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และพัฒนาผลงานใหม่ๆ ที่สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาได้ ส่วนทักษะการใช้เครื่องมือวัดและทดสอบเฉพาะทาง มีผลการประเมินที่ระดับ 84.04% แสดงให้เห็นถึงความเชี่ยวชาญในการใช้เครื่องมือในทางปฏิบัติ สำหรับทักษะการปฏิบัติการในการลงมือปฏิบัติการและทักษะการแก้ปัญหาตามโจทย์ที่มอบหมายนั้น แม้ว่าผลการประเมินจะสูงกว่าค่าคาดหวัง แต่ยังมีช่องทางการพัฒนาให้ดีขึ้น โดยเฉพาะทักษะการแก้ปัญหาที่ยังสามารถปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นได้ โดยสรุปได้ว่าผลการประเมินนี้แสดงถึงความสำเร็จในการพัฒนาสมรรถนะที่สำคัญสำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 และยังมีพื้นที่ในการพัฒนาเพิ่มเติมเพื่อให้ผู้เรียนพร้อมต่อการเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยนี้ได้เสนอการพัฒนาารูปแบบการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ SLEDA ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นการค้นหา (Searching) ขั้นการเรียนรู้ (Learning) ขั้นแลกเปลี่ยนความรู้ (Exchanging) ขั้นลงมือปฏิบัติ (Doing) และขั้นประเมินผล (Assessment) สำหรับผลการวิจัยพบว่า กระบวนการเรียนการสอนโดยใช้ชุดการสอน เรื่อง หลักการระบบสื่อสารวิทยุ ร่วมกับชุดสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น ที่ประกอบด้วย 3 หน่วยเรียน ได้แก่ การมอดูเลตสัญญาณแอนาล็อก เครื่องรับและเครื่องส่งวิทยุ AM-FM และสายอากาศ พบว่า มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.55$, $SD = 0.24$) ด้านประสิทธิภาพของชุดการสอนเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด (มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 75.08/75.57) และด้านความพึงพอใจของผู้เรียนอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.64$, $SD = 0.22$) แสดงให้เห็นว่า รูปแบบการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ SLEDA ที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ได้จริงภายในระยะเวลาที่กำหนด ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การลงมือปฏิบัติ และการแก้ไขปัญหา โดยใช้กิจกรรมการเรียนการสอนที่ออกแบบตามแนวทางของรูปแบบการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ (Laboratory-based) และการเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติ (Learning by doing) และมีการออกแบบเกณฑ์การวัดผลทางปฏิบัติการที่เป็นรูปธรรมและมีความชัดเจน นอกจากนี้

สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางที่สามารถนำไปปรับใช้เพื่อส่งเสริมทักษะปฏิบัติในการศึกษาวิศวกรรมได้เป็นอย่างดี ที่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chumchuen and Akatimagool (2024, pp. 1-4) ที่ได้ออกแบบกระบวนการเรียนรู้โดยเน้นการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริงในรายวิชาวงจรดิจิทัล โดยเน้นกิจกรรมการปฏิบัติที่ได้พัฒนาขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนสามารถทดลองและพิสูจน์หลักการทำงานของวงจรดิจิทัล นอกจากนี้ ยังมีการพัฒนาคู่มือครู แผนการสอน และแบบทดสอบ เพื่อช่วยให้กระบวนการเรียนรู้เป็นไปอย่างมีระบบ ซึ่งผลการศึกษาพบว่า ผู้เรียนที่ใช้รูปแบบนวัตกรรมนี้สามารถเพิ่มสมรรถนะในด้านเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ดิจิทัลที่เป็นไปตามสมรรถนะที่คาดหวัง ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่านวัตกรรมนี้ช่วยพัฒนาผู้เรียนให้สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ด้านอิเล็กทรอนิกส์ดิจิทัลกับการทำงานจริงได้

ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการที่เน้นให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ที่พบว่า รูปแบบการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ SLEDA ช่วยให้ผู้เรียนสามารถลงมือปฏิบัติและแก้ไขปัญหาได้อย่างเป็นระบบ กระบวนการเรียนรู้ที่มีโครงสร้างชัดเจนทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจเนื้อหาที่ซับซ้อนได้ง่ายขึ้น และสามารถสร้างประสบการณ์จากการปฏิบัติงานจริง นอกจากนี้ การใช้สื่อ นวัตกรรมการเรียนรู้ทางเทคโนโลยี การให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติการในการทดลองและทดสอบเครื่องส่งและเครื่องรับวิทยุและสายอากาศ และการพัฒนาเครื่องมือวัดและประเมินผลที่ครอบคลุมวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความรู้ ทักษะ และเจตคติที่ดีในการทำงาน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Uantrai and Akatimagool (2019, pp. 892-902) ที่เน้นการเรียนรู้ผ่านโครงงานเป็นฐาน (Project-based learning) เพื่อพัฒนาการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาของผู้เรียนผ่านการลงมือปฏิบัติจริง นอกจากนี้ จากการสังเกตบรรยากาศการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ SLEDA ที่เน้นการเรียนรู้แบบ Active learning และ Learning by doing พบว่า ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้เดิมกับการเรียนรู้ใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพที่นำไปสู่การพัฒนาให้ผู้เรียนมีทักษะการเรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นแนวทางที่ส่งเสริมให้เกิดทักษะอื่น ๆ ที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Tangthong and Akatimagool (2021, pp. 1-4) ที่ได้นำเสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการในหลักสูตรวิศวกรรมอากาศยาน โดยรูปแบบการเรียนรู้ที่นำเสนอเน้นการฝึกปฏิบัติผ่านชุดทดลองและโปรแกรมจำลอง ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจหลักการทำงานและนำไปประยุกต์ใช้ในการบำรุงรักษาและซ่อมแซมระบบอิเล็กทรอนิกส์และการบินได้อย่างมีประสิทธิภาพ และผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญและนักศึกษาแสดงให้เห็นว่ารูปแบบการเรียนรู้ดังกล่าวมีประสิทธิภาพสูง นอกจากนี้ การเรียนรู้ผ่านห้องปฏิบัติการยังช่วยลดข้อจำกัดของการเรียนรู้ที่เน้นทฤษฎีเพียงอย่างเดียว และเพิ่มโอกาสให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนทักษะที่สามารถนำไปใช้ได้จริงในอุตสาหกรรมการบินแนวทางการพัฒนางานวิจัยต่อไป นักวิจัยควรมุ่งเน้นการปรับปรุงและพัฒนาชุดทดลองและโปรแกรมจำลองให้ทันสมัย เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงเนื้อหาและฝึกปฏิบัติได้สะดวกยิ่งขึ้น นอกจากนี้ ควรมีการพัฒนากระบวนการเรียนการสอนที่เน้นการใช้เทคโนโลยีเสริม เช่น AI-based learning, Virtual laboratory และ Online simulations เพื่อเพิ่มศักยภาพในการเรียนรู้ของผู้เรียน อีกทั้งควรมีการออกแบบเครื่องมือวัดผลที่สามารถรองรับกับการศึกษาด้วยตนเองและการศึกษาแบบออนไลน์ที่มีประสิทธิภาพ โดยพิจารณาการใช้ Performance-based assessment เพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ทั้งด้านความรู้ ทักษะ และเจตคติของผู้เรียนกล่าวโดยสรุปจะเห็นว่า นวัตกรรมการเรียนการสอนในรูปแบบการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ SLEDA และสื่อ นวัตกรรมการเรียนรู้ที่นำเสนอในงานวิจัยนี้สามารถใช้เป็นแนวทางและต้นแบบสำหรับการประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนด้านวิศวกรรมโทรคมนาคม แต่อย่างไรก็ตามยังสามารถพัฒนาให้มีความทันสมัยและรองรับเทคโนโลยีดิจิทัล เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของภาคอุตสาหกรรมและยุคการศึกษาที่เน้นการปฏิบัติงานในโลกแห่งความเป็นจริงมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูลงานวิจัยจาก คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี วิทยาเขตสกลนคร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน และมีใบรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ เลขที่ KMUTNB-REC-09 ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- Castaneda D. I., & Cuellar S. (2020). *Knowledge sharing and innovation: A systematic review*. Knowledge and Process Management, 27(3), 159-173.
- Charoenchim, S., & Chaowatthanakun, K. (2022). Development of Instructional Model Based on Blended Learning to Enhance Designing Ability of Learning Activities for Teacher Students. *Silpakorn Educational Research Journal*, 14(1), 185-202. (in Thai)
- Chumchuen, N., & Akatimagool, S. (2024). Development of Learning Innovations Supporting Digital Electronics Technology Competency. In N. Chumchuen & S. Akatimagool (Eds.), *Conference: 9th International STEM Education Conference (iSTEM-Ed)* (pp. 1-4). Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).
- Gómez-Tejedor, J. A., Vidaurre, A., Tort-Ausina, I., Molina-Mateo, J., Serrano, M.-A., Meseguer-Dueñas, J. M., Martínez Sala, R. M., Quiles, S., & Riera, J. (2020). Effectiveness of flip teaching on engineering students' performance in the physics lab. *Computers & Education*, 144, 1-11.
- Hadiyanto, H., Failasofah, F., Armiwati, A., Abrar, M., & Thabran, Y. (2021). Students' practices of 21st century skills between conventional learning. *Journal of University Teaching & Learning Practice* 18(3), 6-19.
- Kwangmuang, P., Jarutkamolpong, S., Sangboonraung, W., & Daungtod, S. (2021). The development of learning innovation to enhance higher order thinking skills for students in Thailand junior high schools. *Heliyon*, 7(6), 1-13.
- Noimala, W. (2021). The Essential Work Skills of The 21st Century. *Ratanabuth Journal*, 3(1), 45-57. (in Thai)
- Ray, S., Mukherjee, S., & Sikdar, D. P. (2023). Challenges of Practice-Teaching Faced by Prospective Teachers: A Review of Empirical Studies. *International Journal of Advanced Scientific Research & Development (IJASRD)*, 7(1), 368-374.
- Rohana, A. K., Cristyn, R., Nugraha, A. E., Harsanto, K., & Lee, G. (2022). Design of spectrum analyzer Android-based instructional media for vocational high school student. In A. Ma'arif, S. Sunardi, & A. R. Syulistyo (Eds.), *IEEE International Conference on Communication, Networks and Satellite (COMNETSAT)* (pp. 361-367). IEEE Xplore.
- Suleiman, Z., Shaikholla, S., Dikhanbayeva, D., Shehab, E., & Turkyilmaz, A. (2022). Industry 4.0: Clustering of concepts and characteristics. *Cogent Engineering*, 9(1), 1-26.
- Tangthong, N., & Akatimagool, S. (2021). Management of laboratory-based learning activity on electronic flight instrument system. In P. Srisupundit & W. Khaosai (Eds.), *In 6th International STEM Education Conference (iSTEM-Ed)* (pp. 1-4). Scopus.
- Tzenios, N. (2020). Learner-Centered Teaching. *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*, 4(12), 916-919.
- Uantrai, P., & Akatimagool, S. (2019). Improvement of Pre-service Teachers' Professional Competencies Using DAPOA Project-Based Learning. In P. Uantrai & S. Akatimagool (Eds.), *Proceedings of International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL2019)* (pp. 892-902). SpringerLink.

“ข้อคิดเห็น เนื้อหา รวมทั้งการใช้ภาษาในบทความถือเป็นความรับผิดชอบของผู้เขียน”