

## การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้วิจัยเป็นฐานสำหรับการศึกษาด้านวิศวกรรมโทรคมนาคม

ศิวตล นवलนภดล<sup>1\*</sup> ณิชัฐพงษ์ อินทวิเศษ<sup>2</sup> และ สมศักดิ์ อรรถคทิมากุล<sup>3</sup>

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้วิจัยเป็นฐานสำหรับการศึกษาด้านวิศวกรรมโทรคมนาคม การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ถูกพัฒนาขึ้นตามกระบวนการวิจัย กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการสอนแบบสืบเสาะความรู้ กระบวนการเรียนการสอนตามรูปแบบการเรียนรู้วิจัยเป็นฐาน ที่สร้างขึ้นเรียกว่า RRSDI model ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ การระบุปัญหา การค้นคว้า การแก้ไขปัญหา การอภิปรายผล และการตรวจสอบปรับปรุง จากนั้นสร้างชุดการสอนเรื่อง วงจรกรองความถี่ โดยใช้กระบวนการเรียนรู้วิจัยเป็นฐาน ประกอบด้วย แผนการสอน ใบเนื้อหา ใบงาน โปรแกรมจำลอง สื่อเพาเวอร์พอยต์ ชุดสื่อสาธิต และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดำเนินการประเมินความเหมาะสมโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 10 คน และทดสอบประสิทธิภาพกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็น นักศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 30 คน ในหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ผลการวิจัย พบว่า รูปแบบการเรียนรู้วิจัยเป็นฐาน RRSDI ที่พัฒนาขึ้น มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานของเมทริกซ์ ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 77.67 และผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อกิจกรรมการเรียนการสอนอยู่ในระดับมาก ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้วิจัยเป็นฐานสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาทางด้านวิศวกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ด้วยตนเองและมีทักษะการศึกษาตลอดชีวิต

**คำสำคัญ:** กิจกรรมการเรียนการสอน; รูปแบบการเรียนรู้วิจัยเป็นฐาน; วงจรกรองความถี่; การศึกษาด้านวิศวกรรมโทรคมนาคม

รับพิจารณา: 18 สิงหาคม 2564

แก้ไข: 26 พฤศจิกายน 2564

ตอบรับ: 19 มกราคม 2565

<sup>1</sup> ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาอุตสาหกรรม วิทยาลัยรัตนภูมิ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

<sup>2</sup> นักศึกษาระดับปริญญาเอก สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าศึกษา ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

<sup>3</sup> รองศาสตราจารย์ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

\* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทร. +668 5150 3881 อีเมล: Sivadol.n@mutsv.ac.th

## Learning and Teaching Activity Management using Research-Based Learning Model for Telecommunication Engineering Education

Sivadol Noulnopadol<sup>1\*</sup> Nattapong Intarawiset<sup>2</sup> and Somsak Akatimagool<sup>3</sup>

### Abstract

This research presents a learning and teaching activity management using the research-based learning model for telecommunication engineering education. The management of research-based learning was developed using the research processes, scientific processes, and inquiry based-learning theory. The learning and teaching activity process, known as the RRSDI model, includes five stages: as Requirement, Reviewing, Solution, Discussion and Improvement step. The instructional package on the topic of filter circuits consisting of teacher's manual, information sheet, worksheet, simulation program, PowerPoint media, demonstrational media set, and achievement test, was constructed. Then, the developed RRSDI based instructional package was evaluated by 10 experts and was implemented by using a sampling group of 30 bachelor students of Bachelor of science in technical education, program in electrical engineering at King Mongkut's University of Technology North Bangkok. The research result found that the developed RRSDI research-based learning model was appropriate at a very high level. The learning and teaching activity management was effective according to Meguigans' standards. The students' average learning achievement was 77.67 percentages. The students' satisfaction in the learning and teaching activities was at a high level. It can be concluded that the learning and teaching activity management using the research-based RRSDI learning model can be successfully applied to engineering education. It can be used in promoting learners to learn by themselves and to have lifelong learning skills.

**Keywords:** Learning and Teaching Activity; Research-based RRSDI Learning Model; Filter Circuits; Telecommunication Engineering Education

Received: August 18, 2021

Revised: November 26, 2021

Accepted: January 19, 2022

---

<sup>1</sup> Assistant Professor, Industrial Major, Rattaphum College, Rajamangala University of Technology Srivijaya

<sup>2</sup> Doctoral student, Department of Teacher Training in Electrical Engineering, Faculty of Technical Education, King Mongkut's University of Technology North Bangkok

<sup>3</sup> Associate Professor, Department of Teacher Training in Electrical Engineering, Faculty of Technical Education, King Mongkut's University of Technology North Bangkok

\* Corresponding Author, Tel. +668 5150 3881 e-mail: Sivadol.n@rmutsv.ac.th

## 1. บทนำ

เทคโนโลยีด้านวิศวกรรมไมโครเวฟในช่วงเวลาที่ผ่านมาได้มีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว สำหรับการศึกษาทางด้านวิศวกรรมวงจรรวมความถี่สูงได้มีการเปลี่ยนแปลงเป็นอย่างมาก เมื่อพิจารณาการจัดการศึกษาในส่วนของหลักสูตรวิศวกรรมโทรคมนาคมที่มุ่งเน้นการศึกษาภาคทฤษฎีและมีการประยุกต์ใช้งานในภาคปฏิบัติ [1, 2] จะเห็นได้ว่าการเรียนการสอนภาคปฏิบัติมีความจำเป็นและมีความสำคัญที่ต้องใช้องค์ความรู้จากภาคทฤษฎีที่ส่วนใหญ่มีหลักการและแนวคิดทางอุดมคติที่มีความซับซ้อนต่อความเข้าใจในการเรียนรู้ จึงส่งผลกระทบในการจัดการเรียนการสอน นอกจากนี้เป็นเรื่องที่ยากสำหรับการที่จะทำให้ผู้ให้เรียนมีความเข้าใจอย่างถ่องแท้ในการฝึกปฏิบัติการ ดังนั้นผู้สอนควรมีการจัดรูปแบบการเรียนการสอนเพื่อแสดงให้เห็นถึงสิ่งต่างๆ ให้เป็นรูปธรรม และลดความซับซ้อน ความยุ่งยากของทฤษฎี โดยการใช้ตัวอย่างที่ได้จากงานวิจัย สื่อการสอนทางด้านเทคโนโลยีสมัยใหม่ สื่อสาธิต สื่อของจริง การกำหนดรายละเอียดของเนื้อหาให้มีความสอดคล้องและเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน [3, 4]

ปัจจุบันรูปแบบการเรียนการสอนทางด้านวิศวกรรมโทรคมนาคม ส่วนใหญ่จะใช้รูปแบบการสอนที่เน้นผู้สอนเป็นสำคัญ ซึ่งจากการสำรวจจากงานวิจัย [5, 6] พบว่าผู้สอนส่วนมากจะจัดรูปแบบกิจกรรมการเรียนการสอนที่ขึ้นอยู่กับผู้สอนเป็นส่วนใหญ่ โดยจะใช้วิธีการบรรยายเป็นหลัก มีการใช้ข้อคำถามในการถาม-ตอบกับผู้เรียนบ้างเป็นครั้งคราว และบางครั้งไม่มีรูปแบบการสอนที่ชัดเจน ส่วนสื่อการสอนที่ใช้ส่วนใหญ่จะเป็นการเขียนและถ่ายทอดผ่านกระดาน ส่งผลให้พฤติกรรมและความรู้สึกของผู้เรียนส่วนใหญ่จะไม่กระตือรือร้น การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ใช้มากที่สุดจะเป็นข้อสอบแบบอัตนัย และเมื่อสอบถามถึงความต้องการของผู้เรียนในการจัดการเรียนการสอนทางด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรม พบว่า ผู้เรียนมีความต้องการรูปแบบการสอนสมัยใหม่ ชุดสื่อการสอนที่สามารถอธิบายถึงปรากฏการณ์การทำงาน ส่งเสริมให้เกิดการจินตนาการ และสร้างความคิดสร้างสรรค์ให้เพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้สื่อการสอนต้องสามารถใช้พิสูจน์และตรวจปรับความรู้และความเข้าใจ และส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้ที่รวดเร็ว

จากการศึกษาวิธีจัดการเรียนการสอนในช่วงอดีตที่ผ่านมา มีการยึดผู้สอนเป็นศูนย์กลาง (Teacher-centered) ทำให้ไม่สามารถพัฒนาผู้เรียนได้อย่างแท้จริง ดังนั้นการปฏิรูปการศึกษาจึงได้มีการปรับเปลี่ยนแนวคิดเป็นการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางและได้มีนักวิชาการทางด้านการศึกษาแนะนำเสนอการพัฒนาแนวทางในการจัดกิจกรรมที่เอื้อประโยชน์สูงสุดให้แก่ผู้เรียนซึ่งรูปแบบการเรียนรู้แบบวิจัยเป็นฐาน [7, 8, 9] เป็นการเรียนการสอนที่บูรณาการของการเรียนรู้แบบแก้ปัญหา การเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม การเรียนรู้โดยการเสาะแสวงหาความรู้และการสืบค้นข้อมูล ตามความแนวคิดของปรัชญาการเรียนรู้แบบคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism) นอกจากนั้น การเรียนรู้แบบวิจัยเป็นฐานส่งเสริมให้ผู้เรียนมีวิถีคิดในการยอมรับแนวคิดตามหลักการทางด้านฟิสิกส์ที่ใช้วิธีการวิจัยในการแก้ปัญหา การหาเหตุผล การเกิดความคิดอย่างสร้างสรรค์ มีการเชื่อมโยงวิถีคิดอย่างเป็นระบบ มีทัศนคติมุมมองแบบวิทยาศาสตร์ มีความพยายามในการตรวจสอบหาความจริงและเปิดใจยอมรับในสิ่งใหม่ สำหรับการประยุกต์ใช้งานของรูปแบบการเรียนรู้แบบวิจัยเป็นฐานที่ผ่านมานั้น [2] ประเทศจีนได้มีการใช้กับการเรียนการสอนในลักษณะการฝึกอบรม ซึ่งกระทรวงการศึกษาได้ประกาศใช้แผนการปฏิรูปการศึกษาขั้นพื้นฐานในปี 2001 และกำหนดให้การสอนด้วยวิธีการวิจัยเป็นโมดูลหนึ่งในแต่ละรายวิชาที่ต้องใช้ตั้งแต่ระดับประถมศึกษาไปจนถึงระดับมัธยมศึกษา โดยจะเห็นได้ว่าการเรียนรู้แบบวิจัยเป็นฐาน สามารถสนับสนุนความสามารถในการที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ การริเริ่ม การค้นคว้า และการใช้เครื่องมือที่ทันสมัยในแต่ละกระบวนการสอน อันส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาร่องความรู้อย่างแท้จริง

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำรูปแบบการเรียนรู้แบบวิจัยเป็นฐานมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้นำสร้างเป็นชุดการสอนทางด้านวิศวกรรมโทรคมนาคมเพื่อนำไปแก้ปัญหาการเรียนการสอน ที่สามารถกระตุ้นความสนใจให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยขั้นตอนและกระบวนการของการทำวิจัย ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ในเนื้อหาวิชาที่มีความยากและซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

## 2. ทฤษฎีการเรียนรู้แบบวิจัยเป็นฐาน

ทฤษฎีการเรียนรู้แบบวิจัยเป็นฐานเป็นวิธีการจัดรูปแบบการเรียนรู้เชิงสร้างสรรค์ที่เน้นกระบวนการวิจัย โดยมุ่งเน้นแนวคิดของการจัดการเรียนการสอนที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง การจัดการเรียนการสอนแบบวิจัยเป็นฐานสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ลักษณะ ได้แก่ 1) การสอนโดยใช้กระบวนการทางการทำวิจัย 2) การสอนโดยใช้ผลจากงานวิจัย 3) การสอนด้วยการทำวิจัย 4) การสอนจากงานสัมมนาผลงานวิจัย ที่ส่งเสริมและสนับสนุนให้ผู้เรียนมีความรู้ ความสามารถ และทักษะในการเรียนรู้ตลอดชีวิต

จากการศึกษาและค้นคว้าวรรณกรรมและงานวิจัยทางด้านการศึกษาที่เกี่ยวข้อง [8, 9, 10] ผู้วิจัยได้รวบรวมความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบวิจัยเป็นฐาน ได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบวิจัยเป็นฐาน หมายถึง การเรียนการสอนแบบผสมผสานที่นำกระบวนการวิจัย หรือผลการวิจัยไปใช้ในการค้นคว้าหาความรู้ ที่เน้นให้ผู้เรียนได้พัฒนาความคิดระดับสูง สามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเองอย่างมีเหตุผล ได้ลงมือปฏิบัติการในการสร้างประสบการณ์ด้วยตนเอง มีทักษะการทำงานวิจัย และทักษะการปฏิบัติงานอย่างเป็นระบบที่ทำให้เกิดการเรียนรู้ตลอดชีวิต โดยผู้สอนทำหน้าที่เป็นที่ปรึกษาให้คำแนะนำและชี้แนะแนวทางเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามคุณลักษณะของบัณฑิตที่พึงประสงค์ การจัดการเรียนรู้แบบวิจัยเป็นฐานเป็นการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการที่อาศัยพื้นฐานของทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง การเรียนการสอนแบบสืบเสาะความรู้ (Inquiry teaching method) และการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน (Problem based learning) โดยแนวคิดของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การวิจัยเป็นฐานสามารถออกแบบและกำหนดขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอนที่แบ่งออกเป็น 5 ประเด็น ดังนี้

1) การสอนโดยเน้นการสร้างความรู้ในตัวตนของผู้เรียน เพื่อส่งเสริมการสร้างความรู้ให้มีประสิทธิภาพของการเรียนรู้อย่างยิ่งยด

2) การสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าหาข้อมูล การฝึกประสบการณ์จากการปฏิบัติงานจริง เพื่อสร้างองค์ความรู้ที่ยั่งยืนและเปลี่ยนบทบาทของผู้เรียนจากผู้รับเพียงอย่างเดียว (Passive learning) ให้กลายเป็นผู้เรียนที่สามารถถ่ายทอดความรู้ได้ (Active learning) โดยใช้การจัดการกิจกรรมที่เน้น

การวิจัยด้วยสื่อการสอนเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการใฝ่รู้อย่างจริง

3) การยึดแบบแผนของการทำวิจัยมาเป็นกรอบแนวคิดในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ระเบียบวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ มาใช้ในการพัฒนาองค์ความรู้ของผู้เรียน

4) การใช้ลักษณะการสอนแบบวิจัยที่มีการบูรณาการเนื้อหา และวิธีการสอนอิงตามสภาพแวดล้อม ระดับความเหมาะสมเน้นฝึกการเรียนรู้ของผู้เรียนให้มีอิสระทางความคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณ

5) การสอนแบบวิจัยเป็นฐานต้องกำหนดเงื่อนไขในการออกแบบหลักสูตรเนื้อหาการสอนที่เอื้อต่อการบูรณาการของการเรียนแบบวิจัยเป็นฐานอย่างเป็นระบบ

นอกจากนั้น รุจิราพร [10] ได้พัฒนารูปแบบการสอนและสังเคราะห์กระบวนการของขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การวิจัยเป็นฐาน เพื่อเสริมสร้างทักษะการวิจัย ทักษะการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ โดยได้มีการสรุปกระบวนการออกเป็น 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การตระหนักปัญหา (Raising Awareness of Problem)

ขั้นที่ 2 การค้นพบปัญหา (Problem Finding)

ขั้นที่ 3 การค้นคว้าหาคำตอบ (Searching How to Solve Problem)

ขั้นที่ 4 การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล (Collecting and Analyzing Data)

ขั้นที่ 5 การนำเสนอและการสรุปผล (Summarizing and Research Finding)

ขั้นที่ 6 การประเมินผล (Assessing)

จากข้อมูลที่เกี่ยวข้องข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า การเรียนรู้แบบวิจัยเป็นฐาน เป็นการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ที่นำการบูรณาการในการจัดการเรียนการสอน โดยการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ฝึกกระบวนการการคิด การตั้งประเด็นปัญหา การตั้งสมมติฐาน การศึกษาค้นคว้าข้อมูล การค้นพบข้อเท็จจริง การแก้ไขปัญหา การวิเคราะห์ข้อมูล และการสรุปผล ตามหลักการของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีพื้นฐานมาจากการเรียนการสอนแบบสืบสวน สอบสวน และการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน ทำให้สามารถส่งเสริมและสร้างให้ผู้เรียนเกิดความคิดอย่างสร้างสรรค์ มีความคิดอย่างเป็นระบบ และนำมาประยุกต์ใช้งานในการพัฒนาการเรียนการสอนและนำไปใช้ปฏิบัติงานในชีวิตประจำวันได้

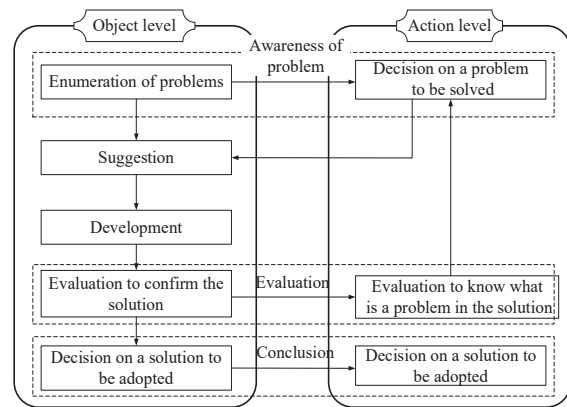
### 3. การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้วิจัยเป็นฐาน

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวิจัยเป็นฐานในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้แนวทางในการจัดกิจกรรมที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีทักษะในการปฏิบัติงาน ที่บูรณาการของการเรียนรู้แบบแก้ปัญหา การเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม การเรียนรู้โดยการเสาะแสวงหา และการสืบค้นข้อมูล ตามแนวคิดของปรัชญาการเรียนรู้แบบคอนสตรัคติวิสต์ ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีวิถีคิดในการยอมรับแนวคิดตามหลักการทางด้านวิทยาศาสตร์ ที่ใช้วิธีการวิจัยในการแก้ปัญหา การหาเหตุผล การเกิดความคิดอย่างสร้างสรรค์ มีทัศนคติมุมมองแบบวิศวกรรมศาสตร์ มีความพยายามในการตรวจสอบหาความจริง และเปิดใจยอมรับในสิ่งใหม่ที่เกิดขึ้น

การประยุกต์ใช้งานของรูปแบบการเรียนรู้แบบวิจัยเป็นฐานที่ผ่านมานั้น ประเทศจีนได้มีการใช้กับการเรียนการสอนในลักษณะการฝึกอบรม ซึ่งกระทรวงการศึกษาได้ประกาศใช้แผนการปฏิรูปการศึกษาขั้นพื้นฐานในปี 2001 และกำหนดให้การสอนด้วยวิธีการวิจัยเป็นโมดูลหนึ่งในแต่ละรายวิชาที่ต้องใช้ตั้งแต่ระดับประถมศึกษาไปจนถึงระดับมัธยมศึกษา ซึ่งจะเห็นได้ว่าการเรียนรู้แบบวิจัยเป็นฐาน สามารถสนับสนุนความสามารถในการที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ การริเริ่ม การค้นคว้า และการใช้เครื่องมือที่ทันสมัยในแต่ละกระบวนการสอน อันส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาอย่างแท้จริง โดยรูปแบบการเรียนรู้แบบวิจัยเป็นฐานมี 7 ขั้นตอน [2] ได้แก่ 1) การสร้างประเด็นปัญหา (Creating the scene of the problems found) 2) การศึกษาปัญหา (Starting study from problems) 3) การกำหนดสมมติฐาน (Assumption of the answer) 4) การแก้ไขปัญหา (Problems solution) 5) การสรุปผลการทดลอง (Conclusion) 6) การนำเสนอ (Expression and communication) และในขั้นตอนที่ 7) การประยุกต์ใช้งาน (Application) สำหรับผลที่ได้จากการเรียนการสอนแบบวิจัยเป็นฐาน คือ สามารถกระตุ้นความคิดของผู้เรียนให้เกิดความอยากรู้อยากเห็น ส่งเสริมการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียน การสร้างองค์ความรู้และการสร้างแรงบันดาลใจ รวมทั้งความคิดริเริ่มและสร้างสรรค์

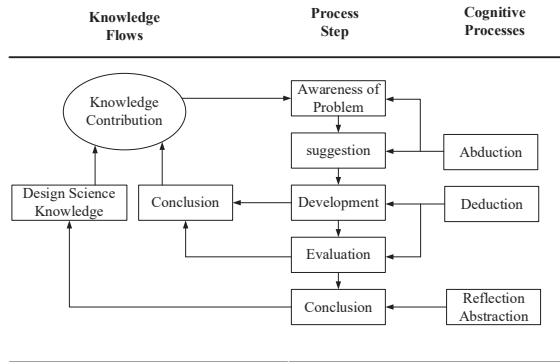
ในทำนองเดียวกัน การออกแบบรูปแบบการเรียนรู้ของนักศึกษาทางด้านวิศวกรรมจะใช้แนวทางและวิธีการเรียนรู้ของ Takeda และคณะ [11, 12] ที่ได้

ออกแบบกรอบแนวคิดในการสร้างนวัตกรรมที่เป็นโปรแกรมจำลองของระบบควบคุม (Control System) โดยมีจุดแข็งที่สำคัญของกระบวนการออกแบบ ได้แก่ การแจกแจงและการตระหนักถึงปัญหา การแนะนำการพัฒนา การประเมินผลที่สามารถตรวจสอบและตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหา และการตรวจสอบในการสร้างและปรับปรุงกระบวนการทำงานโปรแกรมที่ได้ให้มีคุณภาพและเหมาะสม ดังแสดงกระบวนการในรูปที่ 1



รูปที่ 1 กระบวนการออกแบบโปรแกรมจำลองของ Takeda [11]

นอกจากนี้กรอบแนวคิดในการสร้างโปรแกรมจำลองของ Takeda ได้ถูกนำมาพัฒนาและปรับปรุงทฤษฎีโดย Kuechler และ Valshnavi [13] เพื่อนำไปใช้เป็นแบบจำลองสำหรับการออกแบบระบบสารสนเทศ ดังแสดงในรูปที่ 2 ที่รวบรวมองค์ความรู้ การออกแบบทางวิทยาศาสตร์ และการสรุปผล มาใช้ในกระบวนการทำงาน ผลจากการพัฒนารูปแบบการทำงานนี้สามารถทำให้ได้กรอบความคิดหรือขั้นตอนการออกแบบเบื้องต้นในการสร้างชิ้นงานหรือสิ่งประดิษฐ์ มีการวัดคุณภาพที่ทำให้ได้ผลลัพธ์จากการทำงานอย่างถูกต้อง และจากการสรุปขั้นตอนและกระบวนการของรูปแบบการเรียนรู้ทั้ง 2 รูปแบบนั้น แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของกระบวนการในการเรียนรู้และการสร้างสิ่งประดิษฐ์ทางด้านวิศวกรรม จำเป็นต้องขั้นตอนที่สำคัญ ได้แก่ 1) การตระหนักถึงปัญหา 2) การแนะนำ 3) การพัฒนา 4) การประเมินผล และ 5) การสรุปผล ที่เชื่อมโยงกับการส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะทั้งในด้านความรู้และด้านการปฏิบัติงาน อันนำไปสู่การพัฒนาเป็นนวัตกรรมหรือการทำงานวิจัยที่มีคุณภาพต่อไป



รูปที่ 2 กระบวนการเรียนรู้ของ Kuechler และ Valshnavi [13]

จากกระบวนการเรียนรู้ดังกล่าวจะเห็นได้ว่ามีความสัมพันธ์ที่สอดคล้องกับการจัดการเรียนการสอนแบบวิจัยเป็นฐาน ที่มีกระบวนการที่สำคัญประกอบด้วย การตระหนักปัญหา การค้นพบปัญหา การค้นคว้าหาคำตอบ การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล การนำเสนอและการสรุปผล การประเมินผล โดยการจัดการเรียนการสอนแบบวิจัยเป็นฐานจะอาศัยทฤษฎีพื้นฐานที่มาจากการสร้างทฤษฎีความรู้ด้วยตนเองที่มีพื้นฐานมาจากการเรียนการสอนแบบสืบเสาะความรู้ (Inquiry Teaching Method) และการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน (Problem Based Learning) ตามหลักการของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทำให้สามารถส่งเสริมและสร้างให้ผู้เรียนเกิดความคิดอย่างสร้างสรรค์ มีความคิดอย่างเป็นระบบ สามารถพัฒนาทักษะการปฏิบัติงานและนำมาประยุกต์ใช้ในการทำงาน ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำกระบวนการดังกล่าวข้างต้น มาเป็นแนวทางในการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบวิจัยเป็นฐาน เพื่อใช้ในการจัดการศึกษาทาง ด้านวิศวกรรมโทรคมนาคม โดยมีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มีการบูรณาการกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการทำงานวิจัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้า ได้ฝึกกระบวนการความคิด การตั้งประเด็นปัญหา การตั้ง สมมติฐาน การสืบเสาะข้อมูล การค้นหาข้อเท็จจริง การแก้ไข้ปัญหา การวิเคราะห์ข้อมูลและการสรุปผล ตามหลักการของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถพิสูจน์หาความจริงได้อย่างเป็นรูปธรรม ส่งเสริมการสร้างความคิดของผู้เรียนอย่างสร้างสรรค์ ทำให้เกิดความคิดอย่างเป็นระบบ ซึ่งกระบวนการของรูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นนี้ เรียกว่า รูปแบบการเรียนรู้แบบวิจัยเป็นฐาน RRSDI โดย

มีกระบวนการเรียนการสอนแสดงดังในรูปที่ 3 ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอนดังต่อไปนี้



รูปที่ 3 รูปแบบการเรียนรู้แบบวิจัยเป็นฐาน RRSDI

- 1) การระบุปัญหา (Requirement) เป็นขั้นตอนในการกำหนดประเด็นปัญหา ขอบเขตของเนื้อหาและทิศทางของการเรียนรู้หรือทำวิจัย โดยหน้าที่ของผู้สอนจะมุ่งเน้นไปที่ประเด็นปัญหาหรือเนื้อหาความรู้ที่ค้นคว้า ผู้เรียนจะต้องระบุปัญหาที่เกี่ยวข้องอย่างชัดเจนและกำหนดเป้าหมายหรือสมมติฐานการวิจัย
- 2) การค้นคว้า (Reviewing) เป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียนค้นคว้าและศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เช่น บทความวิชาการ งานวิจัย นวัตกรรมสมัยใหม่ ตำรา หนังสือ เป็นต้น โดยบทบาทหน้าที่ของผู้สอนจะทำหน้าที่ในการอธิบายทฤษฎีพื้นฐาน แนะนำวิธีการหาแหล่งข้อมูล และการใช้สื่อการสอนในการค้นคว้าหรือศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
- 3) การแก้ไข้ปัญหา (Solution) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนจะต้องใช้องค์ความรู้ทั้งหมดที่ได้จากการค้นคว้าหรือจากงานพัฒนาและวิจัย มาใช้เพื่อแก้ไข้ปัญหาและสร้างองค์ความรู้ใหม่ ขั้นตอนนี้ผู้เรียนจะถูกพัฒนาทักษะทางด้านปฏิบัติการและการพัฒนานวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์ โดยใช้สื่อการสอนที่หลากหลายในแต่ละกระบวนการของการเรียนรู้หรือการทำวิจัย
- 4) การอภิปรายผล (Discussion) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนจะทำการแบ่งปันและแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ ประสบการณ์จากการทำงานวิจัย โดยการนำเสนอในชั้นเรียน ผู้สอนจะเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการดำเนินการช่วยเหลือ แนะนำแนวทาง และสรุปความรู้

5) การตรวจสอบปรับปรุง (Improvement) เป็นขั้นตอนของการตรวจปรับ การปรับปรุง และสรุปผล เพื่อให้ได้มาซึ่งองค์ความรู้ใหม่ ๆ โดยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะถูกวัดและประเมินผลเป็นลำดับสุดท้าย

#### 4. การดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนาเครื่องมือวิจัยตามกระบวนการจัดการเรียนการสอนของรูปแบบการเรียนรู้วิจัยเป็นฐาน RRSDI สำหรับการศึกษาด้านวิศวกรรม

โทรคมนาคม โดยในงานวิจัยนี้ได้เลือกเนื้อหาที่เป็นพื้นฐานที่สำคัญในการศึกษาทางด้านวิศวกรรมโทรคมนาคม โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานเริ่มจาก การศึกษารูปแบบการเรียนรู้ การศึกษาสภาพปัญหาการเรียนการสอน การจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการของการทำวิจัยในหัวข้อเรื่อง วงจรรองความถี่ วิเคราะห์วิธีการสอนและเนื้อหาหลักสูตรรายวิชา สำหรับขั้นตอนและรายละเอียดของกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นได้ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ RRSDI Model

กิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละกระบวนการ		เครื่องมือที่ใช้/ สื่อการสอน	สิ่งที่ได้รับ/การวัดและประเมินผล
กิจกรรมของผู้สอน	กิจกรรมของผู้เรียน		
ขั้นตอนที่ 1 การระบุปัญหา (Requirement)			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- การทบทวนและสรุปความรู้พื้นฐาน</li> <li>- กำหนดโจทย์หรือประเด็นปัญหาให้กับผู้เรียน</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ศึกษาและทบทวนความรู้</li> <li>- ระบุหัวข้อและวัตถุประสงค์ในการเรียนรู้และปฏิบัติงาน</li> <li>- ตั้งสมมติฐานของการเรียนรู้</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- เอกสาร/ตำรา/บทความ</li> <li>- แบบโครงร่างการเรียนรู้และใบงาน</li> <li>- ใบปฏิบัติงาน</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- รายงานโครงการและกรอบความคิด</li> <li>- การวัดทักษะและพฤติกรรมของผู้เรียน</li> </ul>
ขั้นตอนที่ 2 การค้นคว้า (Reviewing)			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- แนะนำวิธีการค้นคว้า การชี้แนะแหล่งข้อมูล และการใช้สื่อสารสนเทศเพื่อการเรียนรู้</li> <li>- ให้ความรู้และอธิบายทฤษฎีที่สำคัญและเกี่ยวข้อง</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ศึกษา ค้นคว้า และรวบรวมข้อมูลที่ต้องการเรียนรู้</li> <li>- สอบถามประเด็นข้อสงสัยและทฤษฎีใหม่ ๆ ที่ซับซ้อน</li> <li>- แลกเปลี่ยนเรียนรู้และสรุปสาระสำคัญของเนื้อหา</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ตำรา/บทความ/ใบความรู้</li> <li>- สื่อเพาเวอร์พอยต์</li> <li>- สื่อด้านเทคโนโลยีและสารสนเทศ</li> <li>- แหล่งข้อมูลต่าง ๆ</li> <li>- แบบประเมินผล</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- รายงานโครงการ</li> <li>- รายงานสรุปความรู้</li> <li>- การวัดทักษะและพฤติกรรมของผู้เรียน</li> </ul>
ขั้นตอนที่ 3 การแก้ไขปัญหา (Solution)			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- แนะนำแนวทางในการใบงาน/ใบปฏิบัติการ</li> <li>- ให้อำนาจและช่วยแก้ไขปัญหาในการปฏิบัติงาน</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ปฏิบัติการตามใบงาน</li> <li>- ค้นหาคำตอบจากโจทย์ปัญหาโดยใช้สื่อเทคโนโลยี</li> <li>- สร้างผลงาน/นวัตกรรม</li> <li>- สรุปข้อมูลและความรู้ที่ได้รับ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ใบงาน/ ใบปฏิบัติการ</li> <li>- ชุดสาธิต/ชุดทดลอง</li> <li>- สื่อของจริง/โปรแกรมจำลอง/สื่ออื่น ๆ</li> <li>- แบบประเมินผล</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ผลลัพธ์/คำตอบที่ได้</li> <li>- ผลงาน/นวัตกรรม</li> <li>- การวัดทักษะและพฤติกรรมของผู้เรียน</li> </ul>
ขั้นตอนที่ 4 การอภิปรายผล (Discussion)			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- เสนอแนะและอธิบายเพิ่มเติมเนื้อหาที่ซับซ้อน</li> <li>- สรุปเนื้อหาและองค์ความรู้ใหม่ที่ได้รับการเรียนรู้</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- นำเสนอข้อมูล</li> <li>- แลกเปลี่ยนเรียนรู้ภายในกลุ่ม</li> <li>- แสดงความคิดเห็น</li> <li>- เปรียบเทียบและวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติการศึกษา</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- รายงาน/ใบงาน</li> <li>- สื่อเพาเวอร์พอยต์</li> <li>- แบบรายงาน/แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน</li> <li>- สถิติการวัดผลและศึกษา</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- รายงานโครงการ</li> <li>- การวัดทักษะและพฤติกรรมของผู้เรียน</li> </ul>
ขั้นตอนที่ 5 การตรวจสอบ-ปรับปรุง (Improvement)			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- ทดสอบความรู้ของผู้เรียน</li> <li>- ตรวจสอบปรับความรู้</li> <li>- วัดและประเมินผลความรู้</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ทำแบบทดสอบ</li> <li>- สรุปความรู้ที่ได้รับ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- แบบประเมินผล</li> <li>- แบบทดสอบ</li> <li>- แบบสัมภาษณ์</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- รายงานโครงการ</li> <li>- การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน</li> </ul>

จากนั้นดำเนินการสร้างชุดการสอนที่ใช้วิธีการสอนตามรูปแบบการเรียนรู้แบบวิจัยเป็นฐาน RRSDI เรื่อง วงจรกรองความถี่ ที่ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญดังนี้

1) คู่มือครู ดังแสดงในรูปที่ 4 โดยเลือกหัวข้อวงจรกรองความถี่ ที่แบ่งออกเป็น 3 หน่วยเรียน ได้แก่ 1) หลักการของวงจรกรองความถี่ 2) การออกแบบวงจรกรองความถี่ และ 3) การวิเคราะห์ห้วงจรกรองความถี่และการทดสอบ ที่เป็นเนื้อหาเชิงประยุกต์ใช้งานด้านวิศวกรรมโทรคมนาคม ซึ่งรายละเอียดในคู่มือครู ได้แก่ การแนะนำวิธีการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบวิจัยเป็นฐาน RRSDI แผนการสอน การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน วิธีการวัดและประเมินผล ใบเนื้อหา ใบปฏิบัติงาน แบบทดสอบ และแบบวัดและประเมินผลสำหรับแต่ละกิจกรรมการเรียนรู้

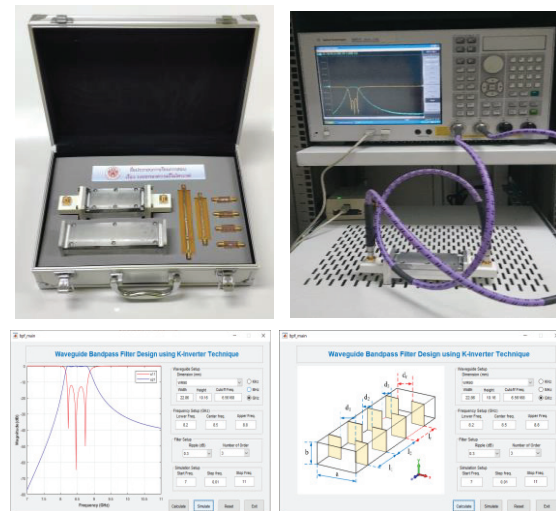
สำหรับใบปฏิบัติงาน กำหนดให้ผู้เรียนดำเนินการและปฏิบัติงานตามโจทย์หรือกรณีศึกษาที่กำหนดโดยใช้กระบวนการของการทำงานวิจัย ที่ประกอบด้วย การศึกษาและค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้อง การระบุหัวข้อ/โจทย์ปัญหา การกำหนดวัตถุประสงค์และเป้าหมายของการทำงาน การลงมือปฏิบัติการออกแบบและจำลองวงจรตามโจทย์ปัญหา การดำเนินการสร้างชิ้นงาน/นวัตกรรม การเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลงานที่ได้ด้วยสถิติ การศึกษา การนำเสนอ และสรุปผลการปฏิบัติงาน ดังแสดงในรูปที่ 4 ซึ่งในกิจกรรมบางขั้นตอนอาจใช้เวลาออกชั้นเรียนสำหรับการสร้างและทดสอบชิ้นงานเพิ่มเติมได้

2) สื่อการเรียนรู้ ดังแสดงในรูปที่ 5 ได้แก่ ชุดวงจรจริง ต้นแบบ ชุดสื่อสาธิต เครื่องมือวัดและทดสอบขั้นสูง โปรแกรมจำลองคอมพิวเตอร์ เป็นต้น สำหรับใช้ประกอบในขั้นตอนของการเรียนรู้ การค้นคว้า และการศึกษาด้วยตนเอง และใช้ในขั้นตอนการแก้ไขโจทย์ปัญหา โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติงาน เพื่อช่วยอธิบายการทำงาน แสดงตัวอย่างวงจร ประกอบการทดลอง และใช้ฝึกด้านทักษะการทำงาน ตลอดจนช่วยลดเวลาและความยุ่งยากในการคำนวณและค้นหาคำตอบที่มีความซับซ้อน โดยสื่อการเรียนรู้ดังกล่าว ได้ถูกพัฒนาและสร้างมาจากงานวิจัย [14, 15] ที่ผ่านการทดสอบคุณภาพเป็นที่ยอมรับ และมีความน่าเชื่อถือ ที่สามารถนำมาใช้ประกอบการจัดกิจกรรม การเรียนการสอนโดยวิธีการการเรียนรู้แบบวิจัยเป็นฐาน RRSDI ได้อย่างเหมาะสม



ใบปฏิบัติงาน	
หน่วยที่ 3 การวิเคราะห์วงจรกรองความถี่และการทดสอบ	
ชื่อ: _____	
ชื่อ: ชื่อผลงานที่ศึกษา (ชื่อสอน)	
1. มีวัตถุประสงค์การเรียนรู้ 3-4 ข้อ	
2. มีสื่อและวัสดุที่สนับสนุนการเรียนรู้ 3-5 ชิ้น	
3. มีแผนการปฏิบัติงานตามโจทย์ปัญหา 3-5 ขั้นตอน	
4. มีแบบทดสอบการปฏิบัติ 1-2 ข้อ	
วัตถุประสงค์การเรียนรู้ ได้แก่	
1) อธิบายหลักการทำงานของวงจรกรองความถี่ (LPF) และอธิบายถึงผลกระทบของค่าคงที่การกรองความถี่ต่อความถี่ของสัญญาณที่ส่งผ่านและสัญญาณที่ตัดออก	
2) อธิบายการออกแบบและวิเคราะห์วงจรกรองความถี่	
3) อธิบายการวัดและประเมินผลของวงจรกรองความถี่	
4) อธิบายการเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลการปฏิบัติงาน	
5) อธิบายการนำเสนอและสรุปผลการปฏิบัติงาน	
6) อธิบายการวิเคราะห์และประเมินผลของชิ้นงาน	
7) อธิบายการนำเสนอและสรุปผลการปฏิบัติงาน	
8) อธิบายการวิเคราะห์และประเมินผลของชิ้นงาน	
9) อธิบายการนำเสนอและสรุปผลการปฏิบัติงาน	
10) อธิบายการวิเคราะห์และประเมินผลของชิ้นงาน	
11) อธิบายการนำเสนอและสรุปผลการปฏิบัติงาน	
12) อธิบายการวิเคราะห์และประเมินผลของชิ้นงาน	
13) อธิบายการนำเสนอและสรุปผลการปฏิบัติงาน	
14) อธิบายการวิเคราะห์และประเมินผลของชิ้นงาน	
15) อธิบายการนำเสนอและสรุปผลการปฏิบัติงาน	

รูปที่ 4 ตัวอย่างคู่มือครูที่พัฒนาขึ้น



รูปที่ 5 ชุดสื่อสาธิตและโปรแกรมจำลองที่พัฒนาขึ้น

3) แบบทดสอบและแบบประเมินผล ผู้สอนจะมีการประเมินประสิทธิภาพของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้วิจัยเป็นฐาน RRSDI ผ่านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ที่ประกอบด้วย 1) การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้แบบทดสอบการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมทั้งด้านทฤษฎีและด้านปฏิบัติการ 2) การวัดและประเมินทักษะปฏิบัติการ โดยใช้แบบประเมินทักษะในประเด็นต่าง ๆ เช่น การออกแบบ การปฏิบัติการ แก้ปัญหา การใช้เครื่องมือวัด การสร้างชิ้นงาน เป็นต้น 3) การวัดพฤติกรรมและเจตคติของผู้เรียนโดยใช้แบบประเมินพฤติกรรมของผู้เรียนในแต่ละกระบวนการเรียนรู้ เช่น ความตั้งใจ ความรับผิดชอบ การมีส่วนร่วม การตรงต่อเวลา เป็นต้น และ 4) การประเมินคุณภาพของชิ้นงานหรือนวัตกรรมที่สร้างขึ้น โดยใช้แบบประเมินผลงานผ่านผลลัพธ์ข้อมูลที่ได้รับจากการเปรียบเทียบข้อมูล และการใช้สถิติการวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ ตามเป้าหมายของโจทย์



ปัญหาที่กำหนด และ 4) การประเมินระดับความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อกระบวนการจัดการเรียนการสอนที่ใช้รูปแบบการเรียนรู้วิจัยเป็นฐาน RRSDI ที่พัฒนาขึ้น เพื่อนำผลการประเมินที่ได้ไปปรับปรุงและพัฒนางานให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นในลำดับต่อไป

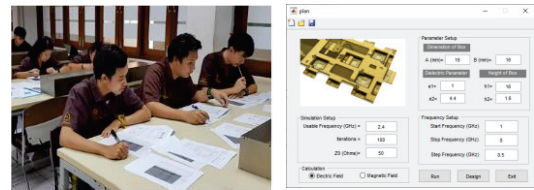
การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ผู้วิจัยได้นำไปทดลองใช้งานกับกลุ่มตัวอย่างเพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพรูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 หลักสูตร คุศศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ จำนวน 30 คน โดยเลือกแบบเจาะจงตามสภาพห้องเรียนจริง ที่ลงทะเบียนในภาคเรียนที่ 1 ของปีการศึกษา 2563 ในรายวิชาช่างงานการสื่อสารและสายส่งโดยได้ดำเนินการสอนในหัวข้อ วงจรกรองความถี่ ที่แบ่งออกเป็น 3 หน่วยเรียน ได้แก่ พื้นฐานของวงจรกรองความถี่ การออกแบบวงจรกรองความถี่ การวิเคราะห์วงจรกรองความถี่และการทดสอบ โดยใช้เวลาทำการจัดการเรียนการสอนตามขั้นตอนและกระบวนการของรูปแบบการเรียนรู้วิจัยเป็นฐาน RRSDI จำนวน 3 สัปดาห์ โดยใช้เวลาสัปดาห์ละ 3-5 ชั่วโมง รวมทั้งหมด 12 ชั่วโมง

สำหรับการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการเรียนรู้วิจัยเป็นฐาน RRSDI เริ่มต้นจากการขึ้นการระบุปัญหา (Requirement) เป็นขั้นตอนในการกำหนดประเด็นปัญหาและขอบเขตของเนื้อหาการเรียนรู้โดยหน้าที่ของผู้สอนจะเป็นการอธิบายทฤษฎีพื้นฐาน ทบทวนและสรุปความรู้พื้นฐาน แนะนำแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องเช่น บทความวิชาการ งานวิจัย นวัตกรรมสมัยใหม่ ตำราหนังสือ โดยใช้การค้นคว้า (Reviewing) แสดงดังในรูปที่ 6 จากนั้นผู้เรียนจะต้องใช้ข้อคิดความรู้อันได้จากการค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องมาใช้ในการเรียนรู้และแก้ไขปัญหา (Solution) และกำหนดให้ผู้เรียนมีการลงมือปฏิบัติงานโดยการแบ่งผู้เรียนออกเป็นกลุ่ม ๆ ละ 3-4 คน เพื่อทำงานร่วมกันจากใบงานที่ได้รับมอบหมาย โดยในระหว่างการทำงานปฏิบัติงานผู้เรียนจะต้องช่วยกันระดมสมองและแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ (Discussion) และนำเสนอผลการปฏิบัติงานระหว่างกันภายในชั้นเรียน โดยที่ผู้สอนจะมีหน้าที่ในการช่วยเหลือ แนะนำแนวทาง และสรุปประเด็นและสุดท้ายเป็นการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ซึ่งเป็นขั้นตอนของการตรวจสอบและตรวจปรับความรู้ (Improvement) เพื่อให้ได้มาซึ่งองค์ความรู้ใหม่ และเมื่อจัดการเรียนการสอนครบทุกหน่วยเรียน ผู้สอนทำการวัดและทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างสำหรับตัวอย่างสภาพบรรยากาศในการจัดการเรียนการสอน ดังแสดงในรูปที่ 6 และการประเมินผลและตัวอย่างของผลงานที่สร้างขึ้นดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 6 การจัดกิจกรรมการเรียนวิจัยเป็นฐาน RRSDI



รูปที่ 7 การวัดและประเมินผลและผลงานที่สร้างขึ้น

## 5. ผลการวิจัย

ผลของการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้วิจัยเป็นฐาน RRSDI และการสร้างเครื่องมือวิจัยสำหรับใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนทางด้านวิศวกรรมโทรคมนาคม ได้ถูกนำไปประเมินคุณภาพโดยใช้ผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในการสอนและทำงานวิจัยเกี่ยวข้องทางด้านวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม และทางด้านการศึกษารวมทั้งหมด 10 ท่าน โดยใช้แบบประเมินความคิดเห็นด้านความเหมาะสม ที่มีการประเมินค่าแบบ 5 ระดับ (5 Rating scale evaluation) ที่ประกอบด้วยหัวข้อการประเมินจำนวน 6 ด้าน รายละเอียดของการประเมินผลแสดงได้ดังตารางที่ 2

**ตารางที่ 2** ผลการประเมินคุณภาพของเครื่องมือวิจัย

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
1. ด้านรูปแบบการเรียนรู้	4.48	0.29	มาก
2. ด้านใบเนื้อหาการสอน	4.70	0.30	มากที่สุด
3. ด้านสื่อการเรียนการสอน	4.56	0.31	มากที่สุด
4. ด้านโปรแกรมจำลอง	4.78	0.29	มากที่สุด
5. ด้านชุดสื่อสาคิต/สื่อการสอน	4.64	0.40	มากที่สุด
6. ด้านการวัดและประเมินผล	4.52	0.32	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยทั้งหมด	4.61	0.24	มากที่สุด

จากตารางที่ 2 ผลการประเมินคุณภาพด้านความเหมาะสมของเครื่องมือวิจัยที่พัฒนาขึ้นในเรื่อง วงจรกรองความถี่ พบว่า เครื่องมือวิจัยที่พัฒนาขึ้นในภาพรวมทั้งหมดมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.61 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.24) โดยผู้เชี่ยวชาญได้ให้ความเห็นว่าเครื่องมือวิจัยในด้านโปรแกรมจำลองมีความเหมาะสมมากที่สุด เนื่องจากมีความสอดคล้องกับเนื้อหาและวัตถุประสงค์ ผลลัพธ์ของโปรแกรมจำลองมีความถูกต้องและเที่ยงตรง รองลงมาคือ ด้านใบเนื้อหาประกอบการสอน เนื่องจากมีความถูกต้องของเนื้อหาความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของรายวิชา มีการเรียงลำดับเนื้อหาได้อย่างเหมาะสม สามารถส่งเสริมผู้เรียนให้ฝึกคิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบตามขั้นตอนของกระบวนการทำวิจัย นอกจากนี้มีการใช้สื่อการสอนที่หลากหลายมาใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนและการแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม โดยสรุปสามารถนำเครื่องมือวิจัยที่พัฒนาขึ้นนี้ไปใช้จัดการเรียนการสอนด้านวิศวกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลการหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนและชุดการสอนที่พัฒนาตามรูปแบบการเรียนรู้วิจัยเป็นฐาน RRSDI ประกอบไปด้วย คู่มือครู สื่อการสอน และแบบทดสอบ ที่พัฒนาขึ้น โดยการนำไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน ที่เป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี ในสาขาทางด้านวิศวกรรมโทรคมนาคมที่กำหนดให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน จำนวน 3 หน่วยเรียน เพื่อทดสอบวัดความรู้ที่ผู้เรียนได้รับเพิ่มมากขึ้นหรือเพิ่มเติมจากความรู้เดิมโดยใช้เกณฑ์มาตรฐานเมกยูแกนส์ ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพ แสดงดังตารางที่ 3

**ตารางที่ 3** ผลของประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนรู้

แบบทดสอบ	คะแนนเต็ม	คะแนนสูงสุด	คะแนนต่ำสุด	คะแนนเฉลี่ย	ทฤษฎีเมกยูแกนส์
ก่อนเรียน	60	32	7	19.40	1.02
หลังเรียน	60	49	36	44.10	

จากการวิเคราะห์ผลในตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน ที่เรียนด้วยชุดการสอนที่พัฒนาขึ้นตามรูปแบบการเรียนรู้แบบวิจัยเป็นฐาน RRSDI พบว่าคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.40 คะแนน โดยมีคะแนนสอบก่อนเรียนสูงสุดเท่ากับ 32 คะแนน และคะแนนต่ำสุดเท่ากับ 7 คะแนน และคะแนนทดสอบหลังเรียนมีคะแนนสูงสุดเท่ากับ 49 คะแนน และคะแนนต่ำสุด 36 คะแนน ซึ่งคิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 44.10 คะแนน จากคะแนนเต็ม 60 คะแนน จากนั้นนำมาหาประสิทธิภาพตามมาตรฐานเมกยูแกนส์ พบว่า ค่าการคำนวณที่ได้มีค่าเท่ากับ 1.02 (มีค่ามากกว่า 1.00) ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า กิจกรรมและชุดการสอนที่สร้างขึ้นตามรูปแบบการเรียนรู้วิจัยเป็นฐาน RRSDI มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานของเมกยูแกนส์ที่สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างเหมาะสม

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้วิจัยเป็นฐาน RRSDI เรื่อง วงจรกรองความถี่ และจากการทำกิจกรรมการเรียนการสอนของผู้เรียน จำนวน 30 คน ที่มีหัวข้อของการวัดและประเมินผล ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คิดเป็น 60% การทำกิจกรรมกลุ่มโดยใช้ใบงาน คิดเป็น 20% ใบมอบหมายงานและแบบฝึกหัด คิดเป็น 10% การสังเกตพฤติกรรมทางด้านเจตคติ คิดเป็น 10% ซึ่งระดับคะแนนรวม คิดเป็นทั้งหมด 100% รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4 ซึ่งแสดงให้เห็นผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการจัดการเรียนการสอนด้วยชุดการสอน เรื่อง วงจรกรองความถี่ ตามรูปแบบการเรียนรู้วิจัยเป็นฐาน RRSDI ที่พบว่าผู้เรียนมีค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคิดเป็นร้อยละ 77.67 โดยมีระดับการเรียนรู้ที่ผู้เรียนทุกคนสามารถผ่านเกณฑ์การวัดและประเมินตามที่หลักสูตรกำหนด ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า การจัดการกิจกรรมการเรียน

การสอนโดยใช้เครื่องมือวิจัยที่พัฒนาขึ้นตามกระบวนการเรียนรู้อัจฉริยะเป็นฐาน RRSDI สามารถช่วยให้ผู้เรียนมีทั้งความรู้และทักษะในการปฏิบัติงาน ตลอดจนมีความเข้าใจถึงหลักการและกระบวนการของการทำวิจัย จากการที่ผู้สอนได้มีการออกแบบกิจกรรมในการเรียนรู้และฝึกปฏิบัติงานที่ให้ผู้เรียนได้ศึกษา ค้นคว้าข้อมูล และลงมือทำงานตามกระบวนการทำวิจัยโดยใช้สื่อการเรียนการสอนที่หลากหลาย เช่น ใบเนื้อหา เอกสารงานวิจัย สื่อนำเสนอพาวเวอร์พอยต์ ชุดสื่อสาธิต และโปรแกรมจำลองที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะในการวางแผนการปฏิบัติงาน การสร้างนวัตกรรม การแก้ปัญหาโจทย์ที่มีความซับซ้อนและความยุ่งยากโดยใช้กระบวนการทำวิจัยเพื่อให้ได้มาซึ่งชิ้นงานหรือผลงานตามที่ผู้สอนกำหนดหรือมอบหมายงาน

**ตารางที่ 4** ผลการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้

หัวข้อการประเมินผล	คะแนนเต็ม (%)	คะแนนที่ได้ (%)
ผลทดสอบวัดผลการเรียนรู้	60	44.10
งานกิจกรรมและใบงาน	20	15.87
งานที่มอบหมายและแบบฝึกหัด	10	8.57
ผลของพฤติกรรมและเจตคติ	10	9.13
รวมเฉลี่ยทั้งหมด	100	77.67

นอกจากนั้น ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนจำนวน 30 คน ที่ผ่านกระบวนการและกิจกรรมของการเรียนการสอนตามรูปแบบการเรียนรู้วิจัยเป็นฐาน RRSDI ร่วมกับชุดเครื่องมือวิจัยที่พัฒนาขึ้น แสดงดังตารางที่ 5

**ตารางที่ 5** ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียน

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	แปรผล
1. ด้านรูปแบบการเรียนการสอน	3.98	0.60	มาก
2. ด้านใบเนื้อหาการสอน	3.99	0.69	มาก
3. ด้านสื่อการเรียนการสอน	4.03	0.69	มาก
4. ด้านโปรแกรมจำลอง	4.20	0.63	มาก
5. ด้านชุดสื่อสาธิต	4.18	0.72	มาก
6. ด้านการวัดและประเมินผล	4.09	0.69	มาก
ค่าเฉลี่ยทั้งหมด	4.08	0.62	มาก

จากตารางที่ 5 แสดงผลการประเมินระดับความพึงพอใจของผู้เรียนในภาพรวมทั้งหมดอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย

เท่ากับ 4.08 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.62) ที่พบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจมากที่สุดในด้านโปรแกรมจำลอง เนื่องจากโปรแกรมจำลองที่พัฒนาขึ้น สามารถใช้งานได้สะดวก ลดขั้นตอนและความยุ่งยากการคำนวณ สามารถแสดงผลลัพธ์ได้อย่างถูกต้องตามทฤษฎีและมีความเหมาะสมกับระดับความรู้ของผู้เรียน ด้านชุดสื่อสาธิตที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกับเนื้อหารายวิชา โดยมีโครงสร้างวงจรที่สร้างขึ้นบนพื้นฐานของวงจรรองความถี่ที่สามารถใช้งานง่าย ผลลัพธ์มีความถูกต้องและเที่ยงตรง อันส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความรู้และทักษะในการปฏิบัติงานเพิ่มมากขึ้น รองลงมาคือ ด้านการวัดและประเมินผล ที่มีการออกแบบข้อสอบที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่มุ่งเน้นถึงทักษะกาประยุกต์และความเข้าใจในเนื้อหา ส่งผลให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้น ด้านของสื่อการนำเสนอพาวเวอร์พอยต์ พบว่ามีการใช้ภาพประกอบและข้อความที่เหมาะสม เข้าใจได้ง่าย ทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจและนำไปใช้ประกอบในการปฏิบัติงานได้อย่างรวดเร็ว สนับสนุนให้ผู้เรียนมีความสนใจและติดตามเนื้อหาที่เรียนมากขึ้น ด้านใบเนื้อหาประกอบการสอน พบว่ามีเนื้อหาสอดคล้องตามวัตถุประสงค์ มีความถูกต้อง มีการเรียงลำดับและการใช้ภาษาที่เหมาะสม ด้านรูปแบบการเรียนการสอน RRSDI พบว่า กระบวนการและขั้นตอนการเรียนการสอนโดยใช้การทำงานวิจัย มุ่งเน้นให้ผู้เรียนสามารถค้นคว้าหาข้อมูล มีการคิดวิเคราะห์มีการแลกเปลี่ยนความรู้ และการนำเสนองาน และการทำงานเป็นทีม ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถเกิดการเรียนรู้ มีทักษะและประสบการณ์ในการประยุกต์ใช้ความรู้สำหรับการแก้ไขปัญหาในการปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

## 6. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้นำเสนอการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้วิจัยเป็นฐานสำหรับการศึกษาด้านวิศวกรรมโทรคมนาคม โดยผลจากการทดสอบประสิทธิภาพของชุดการสอน เรื่อง วงจรรองความถี่ที่ได้นำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน พบว่า กระบวนการเรียนการสอนโดยใช้ชุดการสอนที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานเมกยูแกนส์ (มีค่าเท่ากับ 1.02 ซึ่งมีค่าสูงกว่า 1.00 ตามที่กำหนดของ

เมกยูแกนส์) ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 77.67 ที่ผู้เรียนทุกคนสามารถผ่านเกณฑ์การวัดและประเมินตามที่หลักสูตรกำหนดและผลของการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อรูปแบบการเรียนรู้อัจฉริยะเป็นฐาน RRSDI ที่พัฒนาขึ้นมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.08)

การพัฒนาารูปแบบการเรียนรู้อัจฉริยะเป็นฐานครั้งนี้เป็นการมุ่งเน้นในการแก้ปัญหาการเรียนการสอนทางด้านวิศวกรรม ที่มีเนื้อหายากและซับซ้อน จึงจำเป็นต้องใช้กระบวนการทำวิจัยและเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาใช้เป็นส่วนหนึ่งของการจัดการเรียน

การสอน อย่างไรก็ตาม พบว่า ผู้เรียนมีพื้นฐานความรู้ที่แตกต่างกันทำให้ผู้เรียนบางคนไม่สามารถทำความเข้าใจเนื้อหาได้ภายในระยะเวลาจำกัด จึงควรมีการพัฒนาและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้อัจฉริยะที่รองรับกับความแตกต่างของผู้เรียนโดยการวิเคราะห์ความเชื่อมโยงและความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา สื่อการสอน การวัดและประเมินผล กิจกรรมการเรียนการสอน และระยะเวลาที่เหมาะสมของกลุ่มผู้เรียนที่มีความแตกต่างกัน นอกจากนี้ ควรพัฒนารูปแบบการเรียนรู้อัจฉริยะที่รองรับกับการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาอื่นๆที่เกี่ยวข้องเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของกระบวนการเรียนการสอนโดยใช้วิจัยเป็นฐานที่ให้เกิดความเชื่อมั่น ตลอดจนควรมีการวัดและประเมินผลในแต่ละกระบวนการและกิจกรรมในการจัดการเรียนการสอน

นอกจากนั้น ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามรูปแบบการเรียนรู้อัจฉริยะเป็นฐานที่พัฒนาขึ้น แสดงให้เห็นว่า สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนในหลักสูตรทางด้านวิศวกรรมที่มีเนื้อหายากและซับซ้อนที่เน้นให้ผู้เรียนมีทั้งความรู้และทักษะในการปฏิบัติงานโดยใช้กระบวนการทำงานวิจัยและเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาใช้เป็นส่วนหนึ่งในกิจกรรมการจัดการเรียนการสอนเพื่อเสริมสร้างให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ในการทำงานและมีทักษะการเรียนรู้อัจฉริยะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ตลอดจนส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดทักษะการเรียนรู้อัจฉริยะได้ด้วยตนเองและการศึกษาตลอดชีวิตได้อีกด้วย

## 7. ข้อเสนอแนะในการวิจัย

การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้อัจฉริยะเป็นฐานในครั้งนี้เป็นการมุ่งเน้นในการ

แก้ปัญหาการเรียนการสอนทางด้านวิศวกรรมโทรคมนาคมที่มีเนื้อหายากและซับซ้อน จึงจำเป็นต้องใช้กระบวนการทำวิจัยและเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาใช้เป็นส่วนหนึ่งของการจัดการเรียนการสอน อย่างไรก็ตาม พบว่า ผู้เรียนไม่สามารถทำความเข้าใจเนื้อหาได้ภายในระยะเวลาจำกัด จึงควรมีการพัฒนาและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้อัจฉริยะที่สัมพันธ์กันระหว่างเนื้อหาและระยะเวลาการเรียนที่เหมาะสม การวัดและประเมินผลกิจกรรมการเรียนรู้อัจฉริยะที่มุ่งเน้นในการวัดสมรรถนะหรือประสิทธิภาพของผู้เรียนเป็นสิ่งสำคัญ นอกจากนี้ ควรพัฒนารูปแบบการเรียนรู้อัจฉริยะที่รองรับกับการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาด้านอื่น ๆ เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพของการเรียนการสอนแบบวิจัยเป็นฐานให้มีความหลากหลาย ตลอดจนควรมีการวิจัยในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในแต่ละกระบวนการในการจัดการเรียนการสอน

## 8. เอกสารอ้างอิง

- [1] D. S. Gubsky, V. V. Zemlyakov and I. V. Mamay, "The microwave virtual laboratory for rf engineers' education," in *10<sup>th</sup> European Microwave Integrated Circuits Conference (EuMIC)*, Paris, 2015.
- [2] H. Chen, M. He, Y. Pan and S. Yang, "The status of research teaching in China," in *2010 International Conference on Education and Management Technology*, Cairo, 2010.
- [3] K. J. Richardson, H. J. Fernandez, K. R. Basinet, A. G. Klein and R. K. Martin, "A making and gaming approach to learning about RF path loss and antenna design," in *2018 IEEE Integrated STEM Education Conference (ISEC)*, Princeton, 2018.
- [4] T. Gupta, A. S. Madhuri, P. Prachi, M. J. Akhtar and K. V. Srivastava, "Development of the virtual lab module for understanding the concepts of electric and magnetic field patterns in rectangular waveguides and cavities," *International Journal of Online Engineering*, vol. 8, no. 3, pp. 12-21, 2012.

- [5] J. L. Besada, L. d. H. Ariet, B. Galocha and M. A. Salas- Natera, " ASYTRAIN: A new methodology for teaching and learning antennas," in *2013 7<sup>th</sup> European Conference on Antennas and Propagation ( EuCAP )*, 2013.
- [6] K. Klinbumrung and A. Akatimagool, " Development of instructional activity package based on STEM education process for high-frequency transmission engineering education," *Technical Education Journal : King Mongkut's University of Technology North Bangkok*, vol. 10, no. 2, pp. 92-100, 2019. (in Thai)
- [7] S. Poonpan and S. Siriphan, "Indicators of research- based learning instructional process : a case study of best practice in a primary school, Faculty of Education Chulalongkorn University," in *AARE Annual Conference*, Parramatta, 2005.
- [8] U. Usmeldi, R. Amini and S. Trisna, "The development of research- based learning model with science, environment, technology, and society approaches to improve critical thinking of students," *Journal Pendidikan IPA Indonesia*, vol. 6, no. 2, pp. 318-325, 2017.
- [9] S. Machaiwong, S. Pitipakpong, M. Jitsopin and W. Sangjan, "Research-Based learning (RBL) in New Zealand," *EAU Heritage Journal Science and Technology*, vol. 8, no. 1, pp. 12-22, 2018. (in Thai)
- [10] R. Ramsiri and M. Nillapun, " The development of science instructional model by using research-based to enhance research skills, creative problem solving skills, and scientific minds of sencondary school students," *Silpakorn Education Research Journal*, vol. 7, no. 1, pp. 110-122, 2015. (in Thai)
- [11] T. Hideaki, P. Veerkamp, T. Tomiyama and H. Yoshikawa, "Modeling design processes," *AI Magazine*, vol. 11, no. 4, p. 37-48, 1990.
- [12] A. Carstensen and J. Bernhard, " Design science research – a powerful tool for improving methods in engineering education research," *European Journal of Engineering Education*, vol. 44, p. 85-102, 2019.
- [13] B. Kuechler and V. Vijay, " On theory development in design science research: anatomy of a research project," *European Journal of Information Systems*, vol. 17, no. 5, p. 489-504, 2008.
- [14] N. Intarawiset and S. Akatimagool, "Synthesis of waveguide band- pass filter using K- inverter technique for microwave engineering education," *The Journal of KMUTNB*, vol. 29, no. 2, pp. 247-258, 2019. (in Thai)
- [15] N. Intarawiset, S. Narongkul and S. Akatimagool, "Analysis of Microwave Filter based on LC Chips in Microstrip Circuitry using K- Inverter Approach," in *The 6<sup>th</sup> International Conference on Technical Education (ICteched)*, Bangkok, 2018.