

การสร้าง และหาคุณภาพชุดการสอน เรื่อง การวิเคราะห์เวกเตอร์ สำหรับการศึกษาวิชาพื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

Development and Quality Assessment of an Instructional Package on Vector Analysis for Fundamental Electromagnetic Field Studies

อภิสิทธิ์ แสนยากุล*, สุรเดช ศิริ, นิติกร อ่อนนาง

Apisit Saenyakun*, Surades Siri, Nitigon Onnang

วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่

9 ถนนเวียงแก้ว ตำบลศรีภูมิ อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200 ประเทศไทย

Chiang Mai Technical College

15 Wiang Kaew Rd., Si Phum Sub-district, Mueang District, Chiang Mai Province, 50200, Thailand

รับบทความ: 17 มกราคม 2568

ปรับปรุงบทความ: 28 เมษายน 2568

ตอบรับตีพิมพ์บทความ: 30 เมษายน 2568

บทคัดย่อ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อ 1) สร้างชุดการสอนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์สำหรับการศึกษาวิชาพื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า 2) ประเมินคุณภาพของชุดการสอนดังกล่าว การวิจัยครั้งนี้เป็นศึกษาและหาคุณภาพการสอน โดยมีผู้ทรงคุณวุฒิด้านแผนการสอน เนื้อหา สื่อ และการประเมินผล จำนวน 5 ท่าน เป็นกลุ่มเป้าหมาย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) ชุดการสอน เรื่อง การวิเคราะห์เวกเตอร์ สำหรับการศึกษาวิชาพื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า และ 2) แบบประเมินคุณภาพชุดการสอน โดยใช้สถิติค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า 1) สร้างชุดการสอนได้ จำนวน 1 ชุด ประกอบด้วย (1) คู่มือครู ได้แก่ แผนการสอน เนื้อหา ใบงาน แบบฝึกหัด และเฉลย (2) คู่มือผู้เรียน ได้แก่ ใบเนื้อหา และ (3) สื่อประกอบการสอน ได้แก่ โมเดลสามมิติ โปรแกรมนำเสนอ Power Point ชุดโปรแกรมไฟล์ MATLAB 2) ผลการประเมินคุณภาพชุดการสอนโดยรวมพบว่าอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.70$, S.D. = 0.58) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าชุดการสอนที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพ และสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนวิชาพื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

* ผู้เขียนหลัก

อีเมล: doipui2002@yahoo.com

คำสำคัญ

ชุดการสอน การวิเคราะห์เวกเตอร์

*Received: January 17, 2025**Revised: April 28, 2025**Accepted: April 30, 2025***Abstract**

This study aimed to: 1) develop an Instructional Package on vector analysis for fundamental electromagnetic field studies, and 2) evaluate the quality of the developed an Instructional Package. The research employed a study and quality assessment design, with five experts as the target group. The research instruments included: 1) Instructional Package on vector analysis for fundamental electromagnetic field studies, and 2) an Instructional Package quality assessment form. Data were analyzed using mean and standard deviation. The results revealed that: 1) the developed Instructional Package comprised (1) a teacher's manual containing lesson plans, content, worksheets, exercises, and answer keys, (2) a student's guide containing learning materials, and (3) supplementary teaching aids, including 3D models, PowerPoint presentations, and MATLAB program files. 2) The overall quality assessment of the Instructional Package was rated at the highest level ($\bar{x} = 4.70$, S.D. = 0.58), indicating that the developed Instructional Package is of high quality and can be effectively utilized in fundamental.

Keywords

Instructional Package, Vector Analysis

บทนำ (Introduction)

การติดต่อสื่อสารในปัจจุบันมีความสำคัญต่อมนุษย์อย่างยิ่ง โดยเฉพาะการสื่อสารแบบไร้สาย ที่อาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นตัวกลาง มีบทบาทและเป็นที่สนใจต่อการพัฒนา และปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพในการรับ-ส่งสัญญาณมากยิ่งขึ้น ซึ่งก่อนหน้านี้ ฮันส์ คริสเตียน เออร์สเตด (Hans Christian Orsted, 14 สิงหาคม พ.ศ. 2320 - 9 มีนาคม พ.ศ. 2394) นักฟิสิกส์และนักเคมีชาวเดนมาร์กเป็นผู้ค้นพบความสัมพันธ์ระหว่างไฟฟ้าและความเป็นแม่เหล็ก หรือที่เรียกว่า “ทฤษฎีแม่เหล็กไฟฟ้า” (ไพบูลย์ พฤษสุพันธ์, 2538, 20-50) ทฤษฎีแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetism) คือ วิชาฟิสิกส์ที่ศึกษาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งเป็นสนามที่แผ่ไปในปริภูมิ (Space) และออกแรงกระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า มีผลทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอนุภาคนั้น โดยแรงแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นหนึ่งในสี่อันตรกิริยาพื้นฐาน อันประกอบไปด้วยแรงนิวเคลียร์ชนิดเข้ม แรงแม่เหล็กไฟฟ้าแรงนิวเคลียร์ชนิดอ่อน และแรงโน้มถ่วง คำว่า “แม่เหล็กไฟฟ้า” มาจากข้อเท็จจริงที่ว่า สนามไฟฟ้าและ

สนามแม่เหล็กไม่สามารถแยกออกจากกันได้ ถ้ากฎของฟิสิกส์จะเหมือนกันในการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กทำให้เกิดสนามไฟฟ้า (เรียกว่าการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า ปรากฏการณ์นี้เป็นพื้นฐานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและมอเตอร์ไฟฟ้านั่นเอง) ในทางกลับกัน การเปลี่ยนแปลงสนามไฟฟ้า ก็ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กจากจุดกำเนิดนี้เอง

ปัจจุบันเราปฏิเสธไม่ได้เลยว่าวิศวกรรมไฟฟ้ามีบทบาทสำคัญต่อนโยบาย Thailand 4.0 และการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมไทยอย่างมาก โดยเฉพาะเมื่อพิจารณาจากความต้องการบุคลากรในตลาดแรงงานและผลกระทบของเทคโนโลยี รวมถึง Internet of Things (IoT) ต่ออุตสาหกรรมของประเทศ จากการสำรวจพบว่า กลุ่มอาชีพด้านวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งรวมถึงวิศวกรไฟฟ้า มีสัดส่วนร้อยละ 22.19 ของตำแหน่งงานทั้งหมดในอุตสาหกรรมเป้าหมาย S-Curve และเป็นตำแหน่งงานวิศวกรรมไฟฟ้าร้อยละ 8.2 ของตำแหน่งงานวิศวกรรมทั้งหมด (สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล, 2562, 40-70) การนำเทคโนโลยี IoT มาใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ส่งผลให้เกิดการเชื่อมต่อและแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ ทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพและความแม่นยำสูงขึ้น การพัฒนาเทคโนโลยี IoT ยังส่งเสริมการสร้างนวัตกรรมในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น การพัฒนาระบบ Smart City, Smart Home และ Smart Farming ซึ่งทั้งหมดนี้ต้องการบุคลากรด้านวิศวกรรมไฟฟ้าในการออกแบบและพัฒนาทั้งสิ้น ดังนั้นการศึกษาเรียนรู้สนามแม่เหล็กไฟฟ้าถือเป็นเรื่องสำคัญ สำหรับผู้ที่ศึกษาทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

จากการสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้าง นักศึกษาสาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ เลือกตัวอย่างแบบเจาะจง จำนวน 20 คน พบว่าร้อยละ 60 มีผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานสถานศึกษาที่ 2.00 โดยให้ความเห็นเกี่ยวกับวิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นวิชาที่ยากต่อการเรียนรู้ ทั้งนี้เพราะเนื้อหาของวิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้าต้องเรียนรู้เกี่ยวกับคลื่นที่อยู่ในอากาศที่ต้องอาศัยการจินตนาการ การคำนวณ และการวิเคราะห์แก้ปัญหาแทบทั้งสิ้น ซึ่งต้องอาศัยวิธีการทางคณิตศาสตร์เกือบทุกด้าน ไม่ว่าจะเป็นการวิเคราะห์เวกเตอร์ การแก้สมการดิฟเฟอเรนเชียลที่อยู่ในรูปอนุพันธ์ส่วนย่อย (Partial Differential) ประกอบกับวิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นวิชาพื้นฐานที่ต้องใช้ในการต่อยอด เพื่อศึกษาวิชาด้านวิศวกรรมอื่น ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิชาทางด้านสื่อสารโทรคมนาคมที่ต้องเกี่ยวกับการส่งสัญญาณ ไม่ว่าจะเป็นระบบไมโครเวฟ คลื่นวิทยุ หรือในเรื่องการให้บริการการสื่อสาร เช่น วิทยุ โทรศัพท์ ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ วิทยุติดตามตัว ทุกอย่างที่มีความถี่สัญญาณเข้ามาเกี่ยวข้องแล้วจะต้องเกี่ยวข้องกับสนามไฟฟ้า หรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทั้งสิ้น (ไพบูลย์ พุกฤษ์สุนันท์, 2538, 270-310)

รายวิชาพื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Field Fundamental) เป็นหนึ่งในหลักสูตรการเรียนการสอน ในฐานะครูผู้สอนรายวิชาพื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้าพบปัญหาที่เกิดขึ้น คือ นักศึกษาไม่สามารถทำความเข้าใจกับเนื้อหาในระยะเวลาอันสั้น ขาดสื่อการสอนที่ส่งเสริมจินตนาการที่สอดคล้องกับเนื้อหาเกี่ยวกับการวิเคราะห์เวกเตอร์ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญเกี่ยวกับคลื่น ซึ่งหากปัญหาดังกล่าวนั้นไม่ได้รับการแก้ไขจะส่งผลต่อนักศึกษา ที่จะนำเอาความรู้ ความเข้าใจ เนื้อหาในส่วนนี้ ไปประยุกต์ใช้ในการรับเนื้อหาในลำดับที่สูงขึ้นไปได้ยากยิ่ง การสร้างชุดการสอนเรื่อง การวิเคราะห์เวกเตอร์ สำหรับการศึกษาวิชาพื้นฐาน

สนามแม่เหล็กไฟฟ้า เพื่อเพิ่มความเข้าใจเนื้อหาที่ซับซ้อน มีสื่อประกอบการเรียนการสอนที่เหมาะสม ส่งเสริมจินตนาการของนักศึกษา ปรับเปลี่ยนนามธรรมให้เป็นรูปธรรมได้มากขึ้น

วัตถุประสงค์ (Research Objectives)

1. เพื่อสร้างชุดการสอนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์สำหรับนักศึกษาวิชาพื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า
2. เพื่อประเมินคุณภาพของชุดการสอนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์สำหรับนักศึกษาวิชาพื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

ทบทวนวรรณกรรม (Literature Reviews)

1. ชุดการสอน

ความหมายของชุดการสอน จากการศึกษาเกี่ยวกับชุดการสอน หรือชุดการเรียนการสอน (Instructional Package) จึงมีนักการศึกษาหลาย ๆ ท่านได้ให้ความหมายของชุดการสอนไว้แตกต่างกันดังนี้

บุญชม ศรีสะอาด (2541, 95-96) ชุดการสอน คือ สื่อการเรียนหลายอย่างประกอบกันจัดเข้าไว้ด้วยกันเป็นชุด เรียกว่า สื่อประสม เพื่อมุ่งให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพมีชื่อเรียกหลายอย่าง เช่น Learning Package, Instructional Package และ Instructional Kits นอกจากจะใช้สำหรับผู้เรียนเป็นรายบุคคลแล้ว ยังใช้ประกอบการสอนแบบอื่น ๆ เช่น ประกอบการบรรยายการเรียนเป็นกลุ่มย่อย การใช้ชุดการสอนสำหรับการเรียนเป็นกลุ่มย่อยจัดในรูปของศูนย์การเรียนรู้ (Learning Center) ในห้องเรียนจะจัดออกเป็นศูนย์หลายศูนย์ แต่ละศูนย์อาจมีชุดการสอนย่อยประจำศูนย์นั้น ๆ เพื่อให้ผู้เรียนหมุนเวียนกันเรียนเป็นกลุ่ม ๆ

กรองกาญจน์ อรุณรัตน์ (2536, 54-56) ชุดการสอน หมายถึง ชุดของสื่อประสมที่สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาและประสบการณ์ในการเรียนของแต่ละหน่วย โดยการนำวิธีการจัดระบบมาใช้ทั้งนี้เพื่อช่วยในการเปลี่ยนพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนให้บรรลุผลตามจุดมุ่งหมายที่วางไว้ และช่วยให้การสอนของครูดำเนินไปโดยสะดวกและมีประสิทธิภาพ

จากความหมายของชุดการสอนที่นักการศึกษาหลาย ๆ ท่านกล่าวไว้ สรุปได้ว่าชุดการสอนหมายถึงชุดอุปกรณ์ สื่อ ที่ใช้ในจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ประกอบไปด้วยแผนการสอน เนื้อหา ใบงาน แบบทดสอบ สื่อการสอน ที่ออกแบบให้ใช้งานร่วมกันอย่างมีแบบแผนสอดคล้องกับเนื้อหาวิชาและวัตถุประสงค์ ช่วยในการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน ให้บรรลุจุดประสงค์ที่ตั้งไว้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการวิเคราะห์สนามแม่เหล็กไฟฟ้า แนวคิดเกี่ยวกับการวิเคราะห์เวกเตอร์ถือเป็นหัวใจสำคัญ เนื่องจากใช้ในการอธิบายปริมาณทางกายภาพ เช่น สนามไฟฟ้า (Electric Field) และสนามแม่เหล็ก

(Magnetic Field) ซึ่งมีทั้งขนาดและทิศทาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบสามมิติ แนวคิดนี้ช่วยให้นักศึกษาเข้าใจการกระจายของสนามในบริเวณต่าง ๆ ได้ชัดเจนมากขึ้น (Hayt & Buck, 2019, 1-25)

MATLAB เป็นซอฟต์แวร์ที่ทรงพลังและมีความยืดหยุ่นสูงที่นิยมใช้ในงานด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และวิศวกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการวิเคราะห์เวกเตอร์ ซึ่งเป็นหัวข้อสำคัญในฟิสิกส์และวิศวกรรมไฟฟ้า ซึ่งการประยุกต์ใช้ MATLAB ในการสอนการวิเคราะห์เวกเตอร์จะมีเครื่องมือและฟังก์ชันมากมายที่ช่วยให้นักเรียนและนักวิจัยเข้าใจแนวคิดเวกเตอร์ได้อย่างชัดเจนผ่านการสร้างภาพและการคำนวณที่แม่นยำ ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ ได้แก่ 1) การสร้างภาพ (Visualization) MATLAB สามารถแสดงภาพกราฟิกแบบ 2D และ 3D เพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าใจทิศทางและขนาดของเวกเตอร์ได้ชัดเจนขึ้น 2) การคำนวณเวกเตอร์ MATLAB รองรับการคำนวณต่าง ๆ เกี่ยวกับเวกเตอร์ เช่น การบวก/ลบเวกเตอร์ การคูณเวกเตอร์ (Dot Product และ Cross Product) การคำนวณมุมระหว่างเวกเตอร์ 3) การสาธิตแนวคิดฟิสิกส์ MATLAB สามารถสร้างแบบจำลองการเคลื่อนที่ สนามแม่เหล็กไฟฟ้า หรือการไหลของของไหลในรูปแบบเวกเตอร์ฟิลด์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ 4) การประยุกต์ใช้ในการทดลองจำลอง (Simulation) MATLAB ช่วยสร้างการทดลองจำลอง (simulation) เพื่อสาธิตพฤติกรรมของเวกเตอร์ในสถานการณ์ต่าง ๆ เช่น การเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์ หรือสนามไฟฟ้าในบริเวณที่มีประจุ กล่าวได้ว่าการใช้ MATLAB ในการสอนการวิเคราะห์เวกเตอร์ช่วยให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดได้ง่ายขึ้นผ่านการสร้างภาพและการคำนวณที่มีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในหัวข้อที่ซับซ้อน เช่น สนามแม่เหล็กไฟฟ้า การไหลของของไหล หรือการเคลื่อนที่ในระบบสามมิติ

3. การสร้างสื่อการสอน

จากหลักเกณฑ์ในการเลือกสื่อการเรียนการสอน การเลือกสื่อให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ ของบทเรียนจะเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากที่สุดต่อการเรียนการสอน ได้ให้หลักเกณฑ์และวิธีการเลือกสื่อการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ ไว้เป็น 2 ขั้นตอน (พิสิฐ เมธภัทร และ ชีระพล เมธิกุล, 2531, 30-50) คือ

1) การพิจารณาเลือกหรือสร้างสื่อให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ในการสอน จะต้องอาศัยการวิเคราะห์เนื้อหาของวัตถุประสงค์นั้น ๆ ว่ามีจุดสำคัญของเนื้อหาอะไรบ้าง หลังจากนั้นก็พิจารณาเลือกลักษณะของสื่อเรียงตามลำดับจากนามธรรม (Abstract) ไปสู่รูปธรรม (Concretes) หลังจากผ่านขบวนการพิจารณาในขั้นต้นแล้ว เราก็สามารถระบุลักษณะของสื่อออกมาได้ว่า ควรจะเป็นลักษณะใด เช่น คำบรรยาย ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว ฟอน์จำลอง หรือของจริง เป็นต้น

2) เมื่อพิจารณาได้ลักษณะของสื่อตามต้องการในขั้นตอนที่ 1 แล้ว เราสามารถนำมาวิเคราะห์ต่อ เพื่อหาประเภทของสื่อที่ต้องการได้จากหลักเกณฑ์ในการพิจารณาเลือกสื่อการเรียนการสอน ที่นักศึกษาหลาย ๆ ท่านได้กล่าวไว้ พอสรุปได้ว่า สื่อการเรียนการสอนที่นำมาใช้จะต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
- มีความเหมาะสมกับเนื้อหาของบทเรียน
- มีความเหมาะสมกับวัย ระดับสติปัญญา และประสบการณ์ของผู้เรียน

- เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอน
- มีความทันสมัยและน่าสนใจ
- ใช้ได้สะดวกและปลอดภัย
- เป็นวัสดุและอุปกรณ์ที่พหุหาได้ในราคาย่อมเยา ไม่แพงจนเกินไป
- มีวิธีการเก็บรักษาและบำรุงรักษาเพื่อการเรียนการสอนที่ง่ายไม่ยุ่งยาก
- มีความคุ้มค่ากับเวลาและต้นทุนในการผลิต

4. รายวิชาพื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (30105-9002) หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พ.ศ. 2563

เป็นรายวิชาที่จัดอยู่ในหมวดวิชาเลือกเสรี สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พ.ศ. 2563 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สำนักมาตรฐานการอาชีวศึกษาและวิชาชีพ, 2563, 122) โดยมีจุดประสงค์รายวิชา ประกอบด้วย 1) เข้าใจหลักการพื้นฐานสนามไฟฟ้า สนามแม่เหล็กและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 2) มีทักษะในการวิเคราะห์สนามไฟฟ้า สนามแม่เหล็กและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 3) มีจินตนาการในการค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติม สมรรถนะรายวิชา ประกอบด้วย 1) แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการพื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้าและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 2) วิเคราะห์สนามแม่เหล็กไฟฟ้าด้วยเวกเตอร์ 3) วิเคราะห์คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าด้วยเวกเตอร์และสมการแมกซ์เวลล์ และมีคำอธิบายรายวิชาที่กล่าวว่า ศึกษาเกี่ยวกับหลักการวิเคราะห์เวกเตอร์ ระบบพิกัด การแปลงเวกเตอร์แคลคูลัส สนามไฟฟ้า สนามไฟฟ้าในวัสดุ สนามแม่เหล็ก แรงวัสดุและอุปกรณ์แม่เหล็ก สมการแมกซ์เวลล์และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

5. แนวทางการสร้างชุดการสอน

ผู้วิจัยได้นำแนวความคิดเกี่ยวกับการสร้างชุดการสอน (ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2532, 90-110) มาเป็น กรอบแนวความคิด ในการสร้างชุดการสอน โดยมีส่วนประกอบ ดังนี้

สร้าง และหาคุณภาพชุดการสอน ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด และขั้นตอนในการพัฒนาชุดการสอนเพื่อเป็นแนวทางในการวิจัย โดยชุดการสอนจะมีส่วนประกอบ ดังนี้

1) คู่มือครู ประกอบด้วย แผนการสอนตามกระบวนการจัดเรียนรู้ (MIAP) เนื้อหาสาระที่สมบูรณ์ แบบทดสอบหลังเรียน (ใบงาน) แบบฝึกหัดเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ เฉลยแบบทดสอบหลังเรียน (ใบงาน) เฉลยแบบฝึกหัดเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบเฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

2) คู่มือผู้เรียน ประกอบด้วย ใบเนื้อหา

3) สื่อประกอบการสอนซึ่งส่งเสริมจินตนาการของนักศึกษาปรับเปลี่ยนนามธรรมให้เป็นรูปธรรม ได้แก่ โมเดล 3 มิติ โปรแกรมนำเสนอ Power Point ชุดโปรแกรมไฟล์ MATLAB (MATLAB M-file)

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างชุดการสอนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ สำหรับการศึกษาวิชาพื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า โดยมีรายละเอียดดังนี้

วารุณี กรุดพันธ์ และ เอกชัย เนาวนิช (2556) ได้ทำการวิจัยเรื่องการสร้างบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์บนเครือข่ายเพื่อเสริมรายวิชาคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ผลการวิจัยพบว่าบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์บนเครือข่าย เรื่อง การวิเคราะห์เวกเตอร์ มีประสิทธิผลช่วยให้ผู้เรียนเกิดประสบการณ์การเรียนรู้ได้จริง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนรู้อ่านบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์บนเครือข่าย เรื่อง การวิเคราะห์เวกเตอร์ แตกต่างกับก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 โดยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และนักศึกษามีความพึงพอใจต่อบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์บนเครือข่าย เรื่อง การวิเคราะห์เวกเตอร์ อยู่ในระดับมาก

สุนทร ก้องสินธุ และ ญัฐวิรัช สุขสง (2562, 46-59) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ผลการวิจัยพบว่าจากการหาประสิทธิภาพของชุดฝึกเท่ากับ 90.02/82.50 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ แสดงว่านักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเพิ่มขึ้นหลังเรียนด้วยชุดฝึกนี้ ผลการประเมินคุณภาพ ด้านประสิทธิภาพทางการสอนมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.50 อยู่ในระดับดีมาก ด้านการออกแบบชุดฝึกมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.51 อยู่ในระดับดีมาก ด้านคู่มือประกอบการเรียนการสอนมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.32 อยู่ในระดับดี และผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยชุดฝึกในรายวิชาการควบคุมระบบอัตโนมัติทางอุตสาหกรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ชาญชัย กุศลจิตกรณ์ และคณะ (2560, 253-264) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนา MATLAB GUI สำหรับการวินิจฉัยฟอลต์มอเตอร์เหนี่ยวนำ ผลการวิจัยพบว่าการพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับการวินิจฉัยฟอลต์สเตเตอร์ และฟอลต์โรเตอร์ในมอเตอร์เหนี่ยวนำบนพื้นฐาน GUI ของโปรแกรม MATLAB การตรวจจับฟอลต์เหล่านี้ ได้ใช้การตรวจจับจากสเปกตรัมฟอลต์ที่เกิดขึ้นจากความล้มเหลวของสเตเตอร์และโรเตอร์ เทคนิคการวิเคราะห์ที่สำคัญคือการวิเคราะห์จากสัญญาณกระแสมอเตอร์ (Motor Current Signature Analysis: MCSA) สำหรับการแยกแยะและวินิจฉัยฟอลต์ได้เลือกใช้วิธีการอัจฉริยะ 2 วิธี คือ โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network: ANN) และซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine: SVM) โดยโปรแกรมจะเริ่มต้นในการวิเคราะห์เมื่อผู้ใช้ป้อนข้อมูลที่สำคัญเข้ามาคือ ข้อมูลกระแสสเตเตอร์ของมอเตอร์ในโดเมนเวลา แล้วโปรแกรมจะวิเคราะห์และแสดงผลในหน้าต่างของ MATLAB GUI ซึ่งจะช่วยให้การอ่านผลและการวางแผนการบำรุงรักษา ทั้งนี้สมรรถนะการแยกแยะฟอลต์มอเตอร์เหนี่ยวนำได้ผลความถูกต้องมากกว่า 85%

วิธีดำเนินการวิจัย (Research Methodology)

1. กลุ่มเป้าหมาย

คือ ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน เพื่อประเมินคุณภาพของชุดการสอนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ สำหรับการศึกษาวิชาพื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ประกอบด้วย 1) ด้านแผนการสอน นายมงคล ธุระ ผู้ทรงคุณวุฒิ อดีตข้าราชการครู วิทยฐานะ ครูเชี่ยวชาญ สาขาวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ 2) ด้านเนื้อหา นายปกาสิต สุทธิเวชย์ อดีตข้าราชการครูผู้สอนรายวิชาพื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้าราชการครู วิทย

ฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ 3) ด้านสื่อประกอบการสอน นายศุทธิชัย อายุมัน ครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ วิทยาลัยการอาชีพฝาง และนางปราณี แสงจันทร์ ครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ สาขาวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคกำแพงเพชร และ 4) ด้านการประเมินผล นายสถิตย์ ปรีบุญณากร วิทยฐานะ ผู้อำนวยการเชี่ยวชาญ ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคพะเยา

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

2.1 ชุดการสอน เรื่อง การวิเคราะห์เวกเตอร์ สำหรับการศึกษาวิชาพื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า โดยมีส่วนประกอบดังนี้ 1) คู่มือครู ได้แก่ แผนการสอน เนื้อหา ใบงาน แบบฝึกหัด เฉลยใบงาน เฉลยแบบฝึกหัด 2) คู่มือผู้เรียน ได้แก่ ใบเนื้อหา และ 3) สื่อประกอบการสอน ได้แก่ โมเดลสามมิติ โปรแกรมนำเสนอ Power Point ชุดโปรแกรมไฟล์ MATLAB

2.2 แบบประเมินคุณภาพชุดการสอน โดยใช้แบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อชุดการสอน โดยกำหนดค่าคะแนนออกมา 5 ระดับ (พรรณี ลีกิจวัฒน์, 2555, 147-149) แบบประเมินคุณภาพชุดการสอนที่สร้างขึ้นมี 3 ตอน คือ

ตอนที่ 1 เป็นข้อมูลเกี่ยวกับสถานะภาพของผู้เชี่ยวชาญ

ตอนที่ 2 เป็นแบบประเมินผลความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีผลต่อชุดการสอน ทั้ง 4 ด้าน คือ ด้านแผนการสอน ด้านเนื้อหา ด้านสื่อประกอบการสอน (โมเดล 3 มิติ) ด้านสื่อประกอบการสอน (โปรแกรมนำเสนอ Power Point) ด้านสื่อประกอบการสอน (โปรแกรมไฟล์ MATLAB) และด้านการประเมินผล (แบบทดสอบหลังเรียน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน)

ตอนที่ 3 เป็นข้อคิดเห็น และข้อเสนออื่น ๆ จากผู้เชี่ยวชาญ ทั้ง 4 ด้าน

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1 ทำหนังสือเรียนเชิญจากวิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ ถึงผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน เพื่อชี้แจงรายละเอียดต่าง ๆ พร้อมทั้งขอความอนุเคราะห์ตอบรับการเป็นผู้ทรงคุณวุฒิในการประเมินคุณภาพของชุดการสอน เรื่อง การวิเคราะห์เวกเตอร์ สำหรับการศึกษาวิชาพื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

3.2 ผู้วิจัยนำเสนอ จุดประสงค์ ส่วนประกอบ และดำเนินการสาธิตวิธีการใช้งานชุดการสอน เรื่อง การวิเคราะห์เวกเตอร์ สำหรับการศึกษาวิชาพื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า พร้อมตอบข้อซักถามจากผู้ทรงคุณวุฒิ ทั้งแบบออนไลน์และแบบออนไซต์

3.3 ประเมินคุณภาพชุดการสอน เรื่อง การวิเคราะห์เวกเตอร์ สำหรับการศึกษาวิชาพื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ทั้ง 5 ท่าน

3.4 ผู้วิจัยรวบรวมแบบประเมินคุณภาพ จากผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ฉบับ เพื่อดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลในลำดับต่อไป

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (พรรณี ลีกิจวัฒน์, 2555, 147-149) นำค่าเฉลี่ยมาเทียบกับเกณฑ์การประเมินผล ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50 - 5.00 หมายถึง คุณภาพของชุดการสอนอยู่ในระดับ ดีมาก

ค่าเฉลี่ย 3.50 - 4.49 หมายถึง คุณภาพของชุดการสอนอยู่ในระดับ ดี

ค่าเฉลี่ย 2.50 - 3.49 หมายถึง คุณภาพของชุดการสอนอยู่ในระดับ ปานกลาง

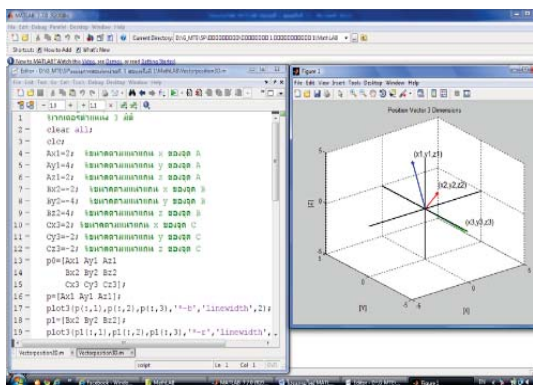
ค่าเฉลี่ย 1.50 - 2.49 หมายถึง คุณภาพของชุดการสอนอยู่ในระดับ พอใช้

ค่าเฉลี่ย 1.00 - 1.49 หมายถึง คุณภาพของชุดการสอนอยู่ในระดับ ควรปรับปรุง

เกณฑ์ที่กำหนดของคุณภาพชุดการสอน เรื่อง การวิเคราะห์เวกเตอร์ สำหรับการศึกษาวิชา
พื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ที่ใช้ได้อยู่ในระดับค่าเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 3.50

ผลการวิจัย (Results)

1. ผลการสร้างชุดการสอน เรื่อง การวิเคราะห์เวกเตอร์ สำหรับการศึกษาวิชาพื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า จำนวน 1 ชุด ประกอบด้วย 1) คู่มือครู ได้แก่ แผนการสอน เนื้อหา ใบงาน แบบฝึกหัด เฉลยใบงาน เฉลยแบบฝึกหัด 2) คู่มือผู้เรียน ได้แก่ ใบเนื้อหา และ 3) สื่อประกอบการสอน ได้แก่ โมเดลสามมิติ โปรแกรมนำเสนอ Power Point ชุดโปรแกรมไฟล์ MATLAB ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1: ชุดการสอน การวิเคราะห์เวกเตอร์ สำหรับการศึกษาวิชาพื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

2. ผลการประเมินคุณภาพของชุดการสอน เรื่อง การวิเคราะห์เวกเตอร์ สำหรับการศึกษาวิชา
พื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1

ผลการประเมินคุณภาพของชุดการสอน เรื่อง การวิเคราะห์เวกเตอร์ สำหรับการศึกษาวิชาพื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

ข้อที่	รายการข้อคำถาม	$\bar{X}$	S. D.	ระดับคุณภาพ
ด้านแผนการสอน				
1.	รายละเอียดของแผนการสอนสมบูรณ์	4.80	0.44	ดีมาก
2.	ตารางนำหน้าเวลาเหมาะสม	4.40	0.89	ดี
3.	กำหนดวัตถุประสงค์ชัดเจน	4.60	0.54	ดีมาก
4.	การเลือกใช้วิธีการสอนเหมาะสม	4.80	0.44	ดีมาก
5.	การวัด และประเมินผลเหมาะสม	4.60	0.89	ดีมาก
	ค่าเฉลี่ย	4.64	0.64	ดีมาก
ด้านเนื้อหา				
6.	เนื้อหาครอบคลุมวัตถุประสงค์	4.80	0.44	ดีมาก
7.	เนื้อหาเรียงลำดับความยากง่ายเหมาะสม	4.60	0.89	ดีมาก
8.	เนื้อหาถูกต้อง	4.60	0.89	ดีมาก
9.	เนื้อหาเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	4.40	0.89	ดี
10.	ภาพประกอบเนื้อหาชัดเจน สัมพันธ์กับคำอธิบาย	4.80	0.44	ดีมาก
	ค่าเฉลี่ย	4.64	0.71	ดีมาก
ด้านสื่อประกอบการสอน (โมเดล 3 มิติ)				
11.	สื่อการสอนสอดคล้องกับเนื้อหา	5.00	0.00	ดีมาก
12.	ความเหมาะสมด้านขนาดของสื่อการสอน	4.80	0.44	ดีมาก
13.	การใช้สีสันทันเหมาะสม	4.80	0.44	ดีมาก
14.	ความสะดวกในการใช้งาน	4.80	0.44	ดีมาก
15.	สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี	4.60	0.54	ดีมาก
	ค่าเฉลี่ย	4.80	0.37	ดีมาก
ด้านสื่อประกอบการสอน (โปรแกรมนำเสนองาน Power Point)				
16.	ภาพมองเห็นชัดเจน	4.80	0.44	ดีมาก
17.	ตัวหนังสือมองเห็นชัดเจน	4.80	0.44	ดีมาก
18.	การใช้สีสันทันเหมาะสม	4.80	0.44	ดีมาก
19.	เหมาะสมกับเนื้อหา และวัตถุประสงค์การสอน	4.80	0.44	ดีมาก
20.	สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี	4.80	0.44	ดีมาก
	ค่าเฉลี่ย	4.80	0.44	ดีมาก

ตารางที่ 1

ผลการประเมินคุณภาพของชุดการสอน เรื่อง การวิเคราะห์เวกเตอร์ สำหรับการศึกษาวิชาพื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (ต่อ)

ข้อที่	รายการข้อคำถาม	$\bar{X}$	S. D.	ระดับคุณภาพ
ด้านสื่อประกอบการสอน (โปรแกรมไฟล์ MATLAB)				
21.	มีความเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4.60	0.89	ดีมาก
22.	ผลลัพธ์มีความถูกต้อง	4.80	0.44	ดีมาก
23.	ใช้งานง่าย และสะดวก	4.60	0.89	ดีมาก
24.	เหมาะสมกับเนื้อหา และวัตถุประสงค์การสอน	4.80	0.44	ดีมาก
25.	สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี	4.60	0.89	ดีมาก
	ค่าเฉลี่ย	4.68	0.71	ดีมาก
ด้านการประเมินผล (แบบทดสอบหลังเรียน,แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน)				
26.	คำถามตรงตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	4.80	0.44	ดีมาก
27.	จำนวนข้อสอบเหมาะสมกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	4.80	0.44	ดีมาก
28.	คำถาม และคำตอบมีเป้าหมายที่ชัดเจน	4.80	0.44	ดีมาก
29.	คำถามชัดเจนไม่คลุมเครือ และตัวลงเหมาะสม	4.40	0.89	ดี
30.	คำถามมีความยากง่ายเหมาะสม	4.40	0.89	ดี
	ค่าเฉลี่ย	4.64	0.62	ดีมาก
	ค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมด	4.70	0.58	ดีมาก

จากตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของชุดการสอน เรื่อง การวิเคราะห์เวกเตอร์สำหรับการศึกษาวิชาพื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า พบว่าระดับคุณภาพชุดการสอนโดยภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.70$, S.D. = 0.58) โดยระดับคุณภาพชุดการสอนด้านสื่อประกอบการสอนโมเดลสามมิติและโปรแกรมนำเสนอ Power Point มีค่าเฉลี่ยระดับคุณภาพสูงสุดที่ ($\bar{X} = 4.80$, S.D. = 0.37) และ ($\bar{X} = 4.80$, S.D. = 0.44) ตามลำดับ รองลงมา คือ ด้านสื่อประกอบการสอนโปรแกรมไฟล์ MATLAB ($\bar{X} = 4.68$, S.D. = 0.71) และด้านแผนการสอน ด้านเนื้อหาและด้านการประเมินผล มีค่าเฉลี่ยระดับคุณภาพต่ำสุดที่ ($\bar{X} = 4.64$, S.D. = 0.64) ($\bar{X} = 4.64$, S.D. = 0.71) และ ($\bar{X} = 4.64$, S.D. = 0.62) ตามลำดับ

อภิปรายผลการวิจัย (Discussion)

จากผลการวิจัยที่พบว่า ผลการสร้างชุดการสอน เรื่อง การวิเคราะห์เวกเตอร์สำหรับการศึกษาวิชาพื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า จำนวน 1 ชุด ประกอบด้วย 1) คู่มือครู ได้แก่ แผนการสอน เนื้อหา ใบงาน/เฉลยใบงาน และแบบฝึกหัด/เฉลยแบบฝึกหัด 2) คู่มือผู้เรียน ได้แก่ ใบเนื้อหา 3) สื่อประกอบการสอน ได้แก่ โมเดลสามมิติ โปรแกรมนำเสนอ Power และชุดโปรแกรมไฟล์ MATLAB ทั้งนี้สอดคล้องกับแนวความคิดเกี่ยวกับการสร้างชุดการสอน ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2532, 91-110)

ผลการประเมินคุณภาพของชุดการสอน เรื่อง การวิเคราะห์เวกเตอร์ สำหรับการศึกษาวิชาพื้นฐาน สนามแม่เหล็กไฟฟ้า โดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน พบว่า ชุดการสอนด้านสื่อประกอบการสอนโมเดลสามมิติ และโปรแกรมนำเสนอ Power Point มีค่าเฉลี่ยระดับคุณภาพชุดการสอนสูงสุด รองลงมา คือ ด้านสื่อประกอบการสอนโปรแกรมไฟล์ MATLAB โดยที่ด้านแผนการสอน ด้านเนื้อหาและด้านการประเมินผลมีระดับคุณภาพต่ำสุด ระดับคุณภาพชุดการสอนโดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ ดีมาก ซึ่งสอดคล้องผลการศึกษาของ สุนทร ก้องสินธุ และ ณัฐวิรัช สุขสง (2562, 46-59) ที่ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพ ชุดฝึกโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ผลการประเมินคุณภาพชุดฝึกอยู่ในระดับดีมาก ทั้งนี้ การวิเคราะห์เวกเตอร์ มีประสิทธิภาพช่วยให้ผู้เรียนเกิดประสบการณ์การเรียนรู้ได้จริง สอดคล้องกับการศึกษาของ วารุณี กรุดพันธ์ และ เอกชัย เนาวนิช (2556, 20-21) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การสร้างบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์บนเครือข่าย เพื่อเสริมรายวิชาคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

จุดเด่นของชุดการสอน คือ ด้านสื่อประกอบการสอนโมเดลสามมิติและโปรแกรมนำเสนอ Power Point สามารถช่วยให้ผู้เรียนเห็นภาพจริงในรูปแบบสองมิติและสามมิติ ซึ่งมีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้กับผู้เรียนเพื่อสร้างความรู้ความเข้าใจ เรื่อง การวิเคราะห์เวกเตอร์ ได้เป็นอย่างดี ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการใช้ระบบสามมิติในการวิเคราะห์เวกเตอร์เพื่ออธิบายปริมาณทางกายภาพ เช่น สนามไฟฟ้า (Electric Field) และ สนามแม่เหล็ก (Magnetic Field) ซึ่งมีทั้งขนาดและทิศทาง ชุดโปรแกรมไฟล์ MATLAB โปรแกรมจะวิเคราะห์และแสดงผล ซึ่งจะช่วยให้ง่ายต่อการอ่านผล ซึ่งสอดคล้องผลการศึกษาของ ชาญชัย กุศลจิตกรณ์ และคณะ (2560, 253-264) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนา MATLAB GUI สำหรับการวินิจฉัยฟอลต์มอเตอร์เหนี่ยวนำ โปรแกรมจะวิเคราะห์และแสดงผลในหน้าต่างของ MATLAB GUI ซึ่งจะช่วยให้ง่ายต่อการอ่านผล

สรุป (Conclusion)

สรุปผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์การวิจัย 1) ผลการสร้างชุดการสอน เรื่อง การวิเคราะห์เวกเตอร์ สำหรับการศึกษาวิชาพื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ประกอบด้วย คู่มือครู ได้แก่ แผนการสอน จำนวน 1 แผน, เนื้อหาสมบูรณ์, ใบงาน/เฉลยใบงาน, แบบฝึกหัด/เฉลยแบบฝึกหัด คู่มือผู้เรียน ได้แก่ ใบเนื้อหา สื่อประกอบการสอน ได้แก่ โมเดลสามมิติ จำนวน 3 ชุด, โปรแกรมนำเสนอ Power Point, ชุดโปรแกรมไฟล์ MATLAB และ 2) ผลการประเมินคุณภาพของชุดการสอน เรื่อง การวิเคราะห์เวกเตอร์ สำหรับการศึกษาวิชาพื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า อยู่ในระดับดีมาก

ข้อเสนอแนะในการพัฒนางานวิจัยเพิ่มเติม ควรพัฒนาวิธีการนำเสนอเนื้อหาให้เข้าใจง่ายขึ้น เช่น การใช้ภาพประกอบ แผนผัง หรือแอนิเมชันเพิ่มเติม เพื่อช่วยเสริมความเข้าใจในหัวข้อที่ซับซ้อน เพิ่มกิจกรรมหรือแบบฝึกหัดเชิงปฏิบัติที่เชื่อมโยงทฤษฎีกับการใช้งานจริง เพื่อกระตุ้นการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียน ควรพัฒนาเนื้อหาที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมมากขึ้น เช่น การตั้งคำถามเชิงปัญหา (Problem-Based Learning) หรือการให้ผู้เรียนทดลองสร้างโมเดล 3 มิติด้วยตนเอง ควรเพิ่มการประเมินผลที่หลากหลาย เช่น การใช้แบบทดสอบที่เน้นทักษะการวิเคราะห์และการประยุกต์ใช้ความรู้ นอกเหนือจากการทดสอบความจำ และควร

มีการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มที่ใช้ชุดการสอนนี้กับกลุ่มที่ใช้วิธีการสอนแบบดั้งเดิม เพื่อยืนยันประสิทธิภาพของสื่อการสอนที่พัฒนา

เอกสารอ้างอิง (References)

- กรองกาญจน์ อรุณรัตน์. (2536). *เอกสารประกอบการสอนเรื่องชุดการเรียนการสอน*. เชียงใหม่: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ชาญชัย กุศลจิตรณ, ชาญวิทย์ ตั้งสิริวรกุล, เอกลักษณ์ กุญชรจันทร์ และ เฉลิมชาติ มานพ. (2560). การพัฒนา MATLAB GUI สำหรับการวินิจฉัยฟอลต์มอเตอร์เหนี่ยวนำ. *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, 27(2), 253-264. <https://ojs.kmutnb.ac.th/index.php/kjournal/article/view/1075>
- ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2532). *ระบบการสอนแนวใหม่: CHULA PLAN*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2541). *การสร้างการสอน*. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ชมรมเด็ก.
- พรณิ ลีกิจวัฒน์. (2555). *วิธีการวิจัยทางการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- พิสิฐ เมธากัทร และ ชีระพล เมธิกุล. (2531). *การพัฒนาหลักสูตรอาชีวและเทคนิคศึกษา*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- ไพบุลย์ พุกษ์สุนันท์. (2538). *สนามและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า*. กรุงเทพฯ: นำอักษรการพิมพ์.
- วารุณี กรุดพันธ์ และ เอกชัย เนาวนิช. (2556). *การสร้างบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์บนเครือข่ายเพื่อเสริมรายวิชาคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ (รายงานการวิจัย)*. นนทบุรี: สถาบันวิจัยและพัฒนา มทร. สุวรรณภูมิ.
- สุนทร ก้องสินธุ์ และ ณัฐวิทย์ สุขสง. (2562). การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์. *วารสารวิจัยและนวัตกรรม สถาบันการอาชีวศึกษากรุงเทพมหานคร*, 2(2), 46-59. <https://so06.tci-thaijo.org/index.php/ivebjournal/article/view/244980>
- สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล. (2562). *การคาดการณ์อนาคตเทคโนโลยีดิจิทัลประเทศไทย 2035*. <https://www.depa.or.th/storage/app/media/file/Second%20Deliverable%20RevVer%20TH%20V12%20140819%20FIN.pdf>.
- สำนักมาตรฐานการอาชีวศึกษาและวิชาชีพ. (2563). *หลักสูตร*. <https://bsq.vec.go.th/>
- Hayt, W. H., & Buck, J. A. (2019). *Engineering Electromagnetics*. McGraw-Hill Education.