

ผลของนวัตกรรมการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกและ
เทคโนโลยีช่วยสอนต่อผลลัพธ์การเรียนรู้ด้านการติดตั้งและปรับแต่งระบบปฏิบัติการ
และเครือข่ายของนักศึกษาที่มีพื้นฐานทางการศึกษาแตกต่างกัน

Effects of a Project-Based Learning Innovation Integrating Active Learning and
Instructional Technology on Operating System and Network Installation and
Configuration Learning Outcomes of Students
with Different Educational Backgrounds

นรินทร์ พนาवास^{1*}

Narin Panawas^{1*}

บทคัดย่อ

การวิจัยกึ่งทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบความรู้ความเข้าใจ ทักษะการปฏิบัติงานจริง ความสามารถในการแก้ไขปัญหา และความพึงพอใจในการเรียนรู้ด้านการติดตั้งและปรับแต่งระบบปฏิบัติการ และเครือข่าย ระหว่างนักศึกษาที่เรียนด้วยนวัตกรรมการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกและเทคโนโลยีช่วยสอนกับนักศึกษาที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบดั้งเดิม และ 2) ศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการสอนกับพื้นฐานทางการศึกษาของผู้เรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศชั้นปีที่ 1 จำนวน 75 คน ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง (สำเร็จการศึกษาระดับ ปวส. 50 คน และระดับ ม.6/ปวช. 25 คน) จัดเข้ากลุ่มทดลอง 38 คน และกลุ่มควบคุม 37 คนโดยการจับคู่ตามพื้นฐานทางการศึกษา และคะแนนก่อนเรียน ทดลอง 15 สัปดาห์ เครื่องมือวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ของทั้งสองกลุ่ม แบบทดสอบความรู้ความเข้าใจ แบบประเมินทักษะการปฏิบัติงานจริง แบบทดสอบสถานการณ์ปัญหา แบบสอบถามความพึงพอใจ แบบสัมภาษณ์เชิงโครงสร้าง และแบบบันทึกการสังเกตพฤติกรรม เครื่องมือวัดมีความเชื่อมั่น .82-.89 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA) สำหรับความรู้ความเข้าใจโดยใช้คะแนนก่อนเรียนเป็นตัวแปรร่วม และการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-way ANOVA) สำหรับทักษะการปฏิบัติงานจริง ความสามารถในการแก้ไขปัญหา และความพึงพอใจในการเรียนรู้

¹คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม วิทยาเขตชลบุรี

¹School of Information Technology, Sripatum University, Chonburi Campus)

*Corresponding Author, e-mail: narin.pa@chonburi.spu.ac.th

ผลการวิจัยพบว่า 1) เมื่อควบคุมคะแนนก่อนเรียน กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยปรับของคะแนนความรู้ความเข้าใจ (81.80) สูงกว่ากลุ่มควบคุม (72.95) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) กลุ่มทดลองมีทักษะการปฏิบัติงานจริง (85.52) ความสามารถในการแก้ไขปัญหา (80.34) และความพึงพอใจในการเรียนรู้ (4.35) สูงกว่ากลุ่มควบคุม (71.99, 69.14 และ 3.60 ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการสอนกับพื้นฐานทางการศึกษาในทั้งสามผลลัพธ์ ซึ่งอาจแสดงว่านวัตกรรมให้ผลในทิศทางเดียวกันกับผู้เรียนทั้งสองพื้นฐาน แต่ด้วยขนาดกลุ่มย่อยที่เล็ก ข้อเสนอเรื่องปฏิสัมพันธ์จึงยังมีข้อจำกัด

คำสำคัญ: การเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน การเรียนรู้เชิงรุก เทคโนโลยีช่วยสอน ระบบปฏิบัติการและเครือข่าย พื้นฐานทางการศึกษา การบริหารงานวิชาการ

Abstract

This quasi-experimental study aimed to 1) compare knowledge and understanding, practical skills, problem-solving ability, and learning satisfaction in operating system and network installation and configuration between students taught with a project-based learning innovation integrating active learning and instructional technology and those taught with conventional instruction, and 2) examine the interaction between teaching method and educational background. The purposive sample comprised 75 first-year information technology students (50 higher vocational certificate and 25 upper secondary or vocational certificate graduates), assigned to an experimental group ($n = 38$) and a control group ($n = 37$) by matching on educational background and pretest scores. The experiment lasted 15 weeks. Instruments included lesson plans, a knowledge test, a practical skill rubric, a problem-situation test, a satisfaction questionnaire, a semi-structured interview, and an observation form; the reliability of the measurement instruments ranged from .82 to .89. Data were analyzed using mean, standard deviation, ANCOVA for knowledge and understanding with pretest scores as the covariate, and two-way ANOVA for practical skills, problem-solving ability, and satisfaction. The results showed that 1) after controlling for pretest scores, the experimental group had a significantly higher adjusted knowledge mean (81.80) than the control group (72.95) at the .05 level; 2) the experimental group scored significantly higher in practical skills (85.52), problem-solving ability (80.34), and satisfaction (4.35) than the control

group (71.99, 69.14, and 3.60, respectively) at the .05 level; and 3) no significant interaction between teaching method and educational background was found, suggesting that the innovation benefited both groups of students in the same direction, although the small subgroup sizes limit this conclusion.

Keywords: project-based learning, active learning, instructional technology, operating system and network, educational background, academic administration

บทนำ (Introduction)

มาตรฐานการอุดมศึกษาของไทยกำหนดให้บัณฑิตมีผลลัพธ์การเรียนรู้ด้านความรู้ ทักษะ จริยธรรม และลักษณะบุคคล (Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, 2022) ในสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ สมรรถนะการติดตั้ง ปรับแต่ง และบำรุงรักษาระบบปฏิบัติการและเครือข่ายเป็นสมรรถนะพื้นฐานที่ตลาดแรงงานต้องการ โดยทักษะด้านเครือข่ายและความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์เป็นกลุ่มทักษะที่มีความต้องการเติบโตเร็วเป็นอันดับที่สอง (World Economic Forum, 2025) สภาพที่พึงประสงค์จึงเป็นการที่บัณฑิตไม่เพียงรู้ขั้นตอน แต่ปฏิบัติงานได้จริงและแก้ไขปัญหาที่ไม่เคยพบมาก่อนได้

อย่างไรก็ตาม สภาพจริงยังห่างจากเป้าหมาย ผู้ใหญ่ไทยเพียงร้อยละ 5.1 มีทักษะดิจิทัลระดับกลาง (World Bank, 2025) และยังพบช่องว่างระหว่างทักษะของผู้สำเร็จการศึกษากับความต้องการของนายจ้าง (Thianthai & Sutamchai, 2022; Weerasombat & Pumipatyothin, 2025) ในรายวิชาปฏิบัติการด้านระบบและเครือข่าย การบรรยายและการฝึกตามคู่มือที่ละขั้นตอนช่วยให้ผู้เรียนทำตามลำดับงานได้ แต่ไม่ได้ฝึกการวิเคราะห์สาเหตุเมื่อระบบทำงานผิดพลาดนอกเหนือจากคู่มือ ปัญหาที่ซับซ้อนขึ้นเมื่อผู้เรียนมาจากทั้งสายสามัญและสายอาชีวศึกษา (Office of the Education Council, 2024) ผู้สำเร็จการศึกษาระดับ ปวส. มักผ่านการฝึกปฏิบัติด้านเครือข่ายมาแล้ว ขณะที่ผู้สำเร็จการศึกษาระดับ ม.6 หรือ ปวช. มีประสบการณ์จำกัดกว่า ความรู้เดิมเป็นตัวแปรสำคัญต่อการรับรู้ การตีความ และการแก้ปัญหา (Bittermann et al., 2023; Llanos et al., 2023) ขณะที่ทฤษฎีการทางปัญญาชี้ว่าการชี้แนะที่เป็นประโยชน์ต่อผู้เริ่มต้นอาจเป็นภาระซ้ำซ้อนสำหรับผู้ที่มีความรู้เดิมสูง (Sweller et al., 2019) การจัดการเรียนรู้จึงควรมีการเสริมต่อการเรียนรู้ตามระดับความพร้อมของผู้เรียน (van de Pol et al., 2010)

แนวทางที่มีหลักฐานรองรับมี 3 ด้าน ด้านแรก การเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning) ให้ผู้เรียนศึกษาปัญหาที่มีความหมาย สร้างชิ้นงาน และสะท้อนผล โดยผู้สอนเป็นผู้สนับสนุน (Markula & Aksela, 2022) เชื่อมการเรียนรู้กับสถานการณ์จริง (Lavado-Anguera et al., 2024) และส่งผลเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ ทักษะการคิด และเจตคติ (Zhang & Ma, 2023) ด้านที่สอง การเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนได้ลงมือทำกิจกรรมและคิดเกี่ยวกับสิ่งที่ตนกำลังทำ

แทนการรับฟังบรรยายเพียงอย่างเดียว เช่น การอภิปราย การแก้ปัญหา และการทำงานกลุ่ม (Bonwell & Eison, 1991; Freeman et al., 2014) ผลการวิเคราะห์ห่อภิมาณพบว่า ช่วยเพิ่มคะแนนสอบ และลดโอกาสสอบไม่ผ่าน (Freeman et al., 2014) รวมทั้งลดช่องว่างผลสัมฤทธิ์ระหว่างผู้เรียนกลุ่มต่าง ๆ (Theobald et al., 2020) ด้านที่สาม เทคโนโลยีช่วยสอน (Instructional Technology) หมายถึง ทฤษฎีและการปฏิบัติในการออกแบบ พัฒนา ใช้ จัดการ และประเมินกระบวนการและทรัพยากร เพื่อการเรียนรู้ (Seels & Richey, 1994) ในงานวิจัยนี้หมายถึงสื่อและระบบดิจิทัลที่ใช้สนับสนุนการเรียนรู้ เช่น ห้องปฏิบัติการเสมือน ซอฟต์แวร์จำลองเครือข่าย และระบบการเรียนรู้แบบปรับเหมาะ ช่วยให้ฝึกซ้ำโดยไม่กระทบระบบจริง ส่งผลเชิงบวกต่อความรู้และทักษะปฏิบัติ (Li & Liang, 2024; Wang et al., 2024) รวมทั้งในรายวิชาเครือข่ายระดับปริญญาตรี (Saud et al., 2025)

ในมุมของการบริหารการศึกษา การพัฒนานวัตกรรมการจัดการเรียนรู้เป็นส่วนหนึ่งของการบริหารงานวิชาการ ซึ่งเป็นหนึ่งในขอบข่ายหลักของการบริหารการศึกษา (Office of the National Education Commission, 2003) ผู้บริหารหลักสูตรและผู้บริหารสถาบันต้องตัดสินใจเกี่ยวกับรูปแบบการจัดการเรียนการสอน และการจัดสรรทรัพยากรด้านห้องปฏิบัติการและเทคโนโลยี (Hallinger, 2003; Hallinger & Murphy, 1985) รวมทั้งใช้ข้อมูลผู้เรียนเพื่อวางแผนการจัดการเรียนรู้ (Mandinach, 2012; Marsh et al., 2006) หลักฐานเชิงประจักษ์จากการวิจัยนี้จึงสามารถใช้ประกอบการตัดสินใจเชิงการบริหารในระดับหลักสูตรและสถาบันได้

จากการสังเคราะห์งานวิจัยในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา พบช่องว่าง 3 ประการ ได้แก่ 1) งานส่วนใหญ่ศึกษาโครงการ การเรียนรู้เชิงรุก หรือเทคโนโลยีช่วยสอนแยกจากกัน (Li & Liang, 2024; Zhang & Ma, 2023) 2) งานในบริบทรายวิชาเครือข่ายโดยตรงยังมีน้อย และกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (Saud et al., 2025) และ 3) งานส่วนใหญ่วัดเฉพาะความรู้ และมีหลักฐานจำกัดว่าวิธีสอนให้ผลต่างกันตามพื้นฐานทางการศึกษาหรือไม่ แม้ทฤษฎีภาระทางปัญญาจะคาดการณ์ว่าผลของการชี้แนะอาจต่างกันตามระดับความรู้เดิมของผู้เรียน (Sweller et al., 2019) การวิจัยนี้จึงพัฒนานวัตกรรมที่บูรณาการทั้งสามองค์ประกอบ และตรวจสอบทั้งผลหลักของวิธีสอน และปฏิสัมพันธ์กับพื้นฐานทางการศึกษา เพื่อเป็นแนวทางจัดการเรียนรู้สำหรับชั้นเรียนที่ผู้เรียนมีพื้นฐานหลากหลาย

วัตถุประสงค์การวิจัย (Research Objectives)

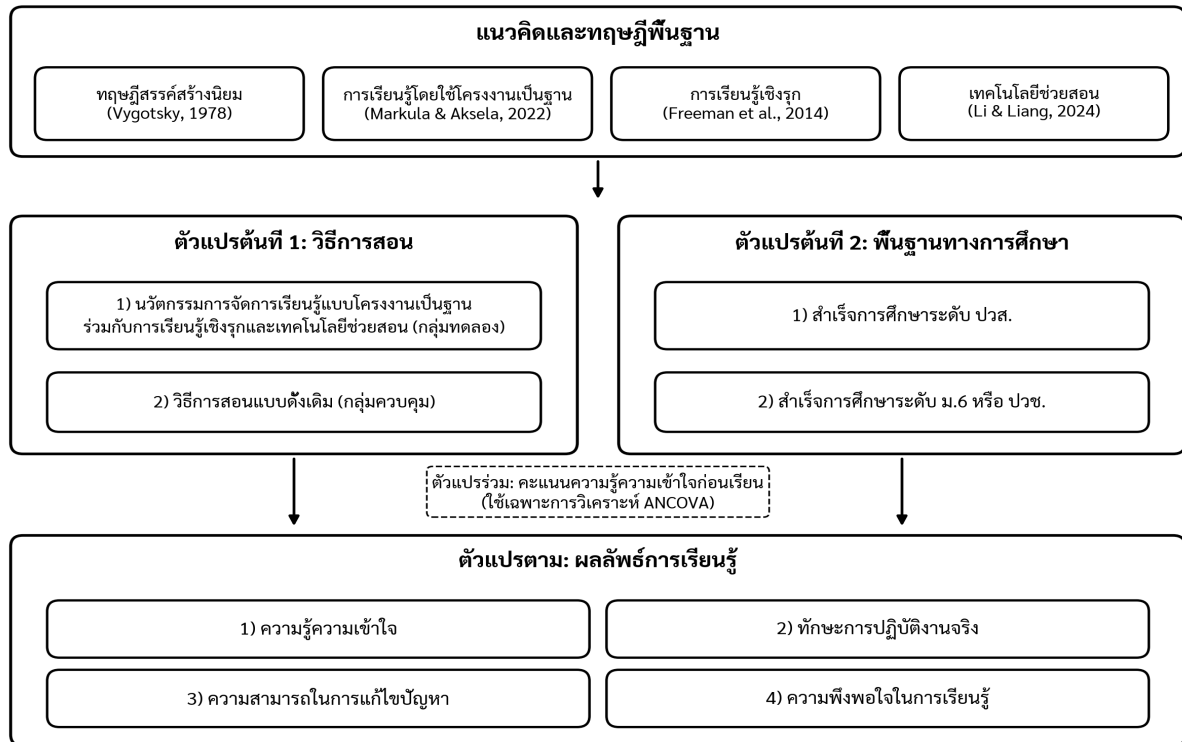
1. เพื่อเปรียบเทียบความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการติดตั้งและปรับแต่งระบบปฏิบัติการและเครือข่ายระหว่างนักศึกษาที่เรียนด้วยนวัตกรรมกับนักศึกษาที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบดั้งเดิม โดยควบคุมคะแนนก่อนเรียน
2. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการปฏิบัติงานจริง ความสามารถในการแก้ไขปัญหา และความพึงพอใจในการเรียนรู้ ระหว่างนักศึกษาทั้งสองกลุ่ม
3. เพื่อศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการสอนกับพื้นฐานทางการศึกษา (ปวส. และ ม.6/ปวช.) ต่อทักษะการปฏิบัติงานจริง ความสามารถในการแก้ไขปัญหา และความพึงพอใจในการเรียนรู้

สมมติฐานการวิจัย (Research Hypothesis)

จากหลักฐานว่าโครงการเป็นฐานส่งผลเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ ทักษะการคิด และเจตคติ (Lavado-Anguera et al., 2024; Zhang & Ma, 2023) การเรียนรู้เชิงรุกเพิ่มผลสัมฤทธิ์และลดช่องว่างระหว่างผู้เรียน (Freeman et al., 2014; Theobald et al., 2020) ห้องปฏิบัติการเสมือนส่งเสริมความรู้และทักษะปฏิบัติ (Li & Liang, 2024) และความรู้เดิมมีบทบาทต่อการเรียนรู้ (Bittermann et al., 2023; Sweller et al., 2019) จึงตั้งสมมติฐานว่า 1) เมื่อควบคุมคะแนนก่อนเรียน กลุ่มที่เรียนด้วยนวัตกรรมมีความรู้ความเข้าใจหลังเรียนสูงกว่ากลุ่มที่เรียนแบบดั้งเดิม 2) กลุ่มที่เรียนด้วยนวัตกรรมมีทักษะการปฏิบัติงานจริงสูงกว่า 3) มีความสามารถในการแก้ไขปัญหาสูงกว่า 4) มีความพึงพอใจในการเรียนรู้สูงกว่า และ 5) วิธีการสอนมีปฏิสัมพันธ์กับพื้นฐานทางการศึกษาต่อผลลัพธ์ในข้อ 2-4

กรอบแนวคิดการวิจัย (Conceptual Framework)

กรอบแนวคิดพัฒนาจากทฤษฎีสร้างสรรค์สร้างนิยามที่เห็นว่าผู้เรียนสร้างความรู้ผ่านการลงมือกระทำ และปฏิสัมพันธ์ทางสังคม (Vygotsky, 1978) ร่วมกับแนวคิดโครงการเป็นฐาน การเรียนรู้เชิงรุก และเทคโนโลยีช่วยสอน (Markula & Aksela, 2022; Freeman et al., 2014; Li & Liang, 2024) ตัวแปรต้นมี 2 ตัว ได้แก่ วิธีการสอน (นวัตกรรม/แบบดั้งเดิม) และพื้นฐานทางการศึกษา (ปวส./ม.6 หรือ ปวช.) ซึ่งหมายถึงวุฒิการศึกษาก่อนเข้าศึกษาในหลักสูตร ใช้เป็นตัวแทนของความรู้และประสบการณ์เดิมด้านการปฏิบัติงานของผู้เรียน ตัวแปรตามคือผลลัพธ์การเรียนรู้ 4 ด้าน โดยใช้คะแนนก่อนเรียนเป็นตัวแปรร่วมของผลลัพธ์ด้านความรู้ความเข้าใจ รายละเอียดดังภาพ 1



ภาพ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย (Methodology)

1. แบบแผนการวิจัย

การวิจัยกึ่งทดลองแบบแฟกทอเรียล 2×2 ร่วมกับแบบแผนกลุ่มควบคุมไม่เทียบเท่าวัดก่อนและหลัง (Nonequivalent Control Group Pretest–Posttest Design) (Price et al., 2017) ปัจจัยที่ 1 คือ วิธีการสอน และปัจจัยที่ 2 คือพื้นฐานทางการศึกษา ดำเนินการในห้องเรียนและห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ของคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2568 รวม 15 สัปดาห์

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ ชั้นปีที่ 1 ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาการติดตั้งและปรับแต่งระบบปฏิบัติการและเครือข่าย ในภาคการศึกษาที่ทำการวิจัย จำนวน 86 คน

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักศึกษา จำนวน 75 คน ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เกณฑ์คัดเข้า คือ อายุ 18–40 ปี ลงทะเบียนเรียนรายวิชาเป้าหมาย และยินยอมเข้าร่วมการวิจัย เกณฑ์คัดออก คือ ขาดอนตัวหรือเข้าร่วมกิจกรรมน้อยกว่าร้อยละ 80 ของเวลาเรียน จำแนกเป็นผู้สำเร็จการศึกษาระดับ ปวส. 50 คน และระดับ ม.6 หรือ ปวช. 25 คน การจัดกลุ่มทำ 3 ชั้น ได้แก่

1) แบ่งผู้เรียนเป็น 2 ชั้นภูมิตามพื้นฐานทางการศึกษา 2) ในแต่ละชั้นภูมิเรียงคะแนนก่อนเรียนแล้วจับคู่ผู้ที่มีคะแนนใกล้เคียงกัน และ 3) จัดสมาชิกคนหนึ่งของกลุ่มทดลองและอีกคนเข้ากลุ่มควบคุม ได้กลุ่มย่อย 4 กลุ่ม (รายละเอียดดังตาราง) 1 คะแนนก่อนเรียนของกลุ่มทดลอง ($M = 45.25$, $SD = 8.50$) และกลุ่มควบคุม ($M = 44.50$, $SD = 9.00$) ไม่แตกต่างกัน ($t(73) = 0.37$, $p = .712$) ทั้งนี้ไม่ได้สุ่มผู้เรียนรายบุคคล จึงจัดเป็นการวิจัยกึ่งทดลอง ผลการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบ (Cohen, 1988; Faul et al., 2007) สำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวน แบบสองทาง 2×2 (df ตัวเศษ = 1) ที่ $\alpha = .05$ และอำนาจการทดสอบ .80 พบว่าต้องใช้กลุ่มตัวอย่างอย่างน้อย จำนวน 52 คนเพื่อตรวจหาอิทธิพลขนาดใหญ่ ($f = 0.40$) กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 75 คน จึงเพียงพอสำหรับอิทธิพลขนาดใหญ่ (อำนาจการทดสอบ = .93) แต่มีอำนาจการทดสอบเพียง .57 สำหรับอิทธิพลขนาดกลาง ($f = 0.25$) ซึ่งต้องใช้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 128 คน

ตาราง 1 จำนวนกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามวิธีการสอนและพื้นฐานทางการศึกษา ($N = 75$)

พื้นฐานทางการศึกษา	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม	รวม
สำเร็จการศึกษาระดับ ปวส.	25	25	50
สำเร็จการศึกษาระดับ ม.6 หรือ ปวช.	13	12	25
รวม	38	37	75

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการสร้าง

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง (จัดทำตัวแปรต้น)

3.1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ตามนวัตกรรมสำหรับกลุ่มทดลอง ประกอบด้วย 3 ระยะ ได้แก่ ระยะเตรียมการ 2 สัปดาห์ (ประเมินและปรับพื้นฐาน จัดกลุ่มแบบคละพื้นฐาน ฝึกใช้เครื่องมือ) ระยะดำเนินโครงการ 11 สัปดาห์ ใน 4 โมดูล (ระบบปฏิบัติการและการติดตั้ง บริการเครือข่ายพื้นฐาน บริการเครือข่ายขั้นสูง และความปลอดภัยและการจัดการผู้ใช้) แต่ละโมดูลมีโครงการย่อย และระยะบูรณาการ 2 สัปดาห์ (รวมเป็นโครงการหลัก ทดสอบระบบ นำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญภายนอก และสะท้อนคิด) กิจกรรมเชิงรุก ได้แก่ ห้องเรียนกลับด้าน การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน การจำลองสถานการณ์ แสกกาธอน การสอนโดยเพื่อน และการอภิปรายกรณีศึกษา ร่วมกับเทคโนโลยีช่วยสอน 4 ประเภท ได้แก่ ระบบจำลองสถานการณ์เสมือนจริง แพลตฟอร์มการเรียนรู้แบบปรับเหมาะ ระบบติดตามความก้าวหน้า และคลังปัญหาจากสถานการณ์จริง

3.2.2 แผนการจัดการเรียนรู้แบบดั้งเดิมสำหรับกลุ่มควบคุม ใช้การบรรยาย การสาธิต และการฝึกตามคู่มือปฏิบัติการ ในเนื้อหา ผลลัพธ์การเรียนรู้ เวลา ผู้สอน และทรัพยากรเดียวกัน ขั้นตอนการสร้างแผนทั้งสองชุด ได้แก่ วิเคราะห์หลักสูตร ศึกษาแนวคิดและงานวิจัย ออกแบบกิจกรรม เขียนแผน ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ ปรับปรุง และทดลองใช้

3.2 เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล (วัดตัวแปรตาม)

3.2.1 แบบทดสอบความรู้ความเข้าใจ ใช้ก่อนและหลังเรียน ครอบคลุม 4 โมดูล ประกอบด้วย ข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก 40 ข้อ (40 คะแนน) และอัตนัย 5 ข้อ (ข้อละ 12 คะแนน รวม 60 คะแนน) คะแนนเต็ม 100 สร้างโดยวิเคราะห์เนื้อหา จัดทำตารางวิเคราะห์ข้อสอบ เขียนข้อสอบ ตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ และทดลองใช้

3.2.2 แบบประเมินทักษะการปฏิบัติงานจริง เป็นรูปริก 5 ระดับ ประเมินทั้งกระบวนการและผลงาน แปลงเป็นคะแนนเต็ม 100 สร้างโดยวิเคราะห์งานปฏิบัติแต่ละโมดูลและกำหนดคำอธิบายระดับคุณภาพให้ชัดเจนเพื่อความสม่ำเสมอของการประเมิน (Mertler, 2001)

3.3.3 แบบทดสอบสถานการณ์ปัญหา 5 สถานการณ์ ให้คะแนนด้วยรูปริก 4 ระดับใน 4 ด้าน ได้แก่ การวิเคราะห์ปัญหา การวางแผน การลงมือแก้ไข และการตรวจสอบผล ตามกรอบของ Lertyosbordin et al. (2019) แปลงเป็นคะแนนเต็ม 100

3.3.4 แบบสอบถามความพึงพอใจ มาตรฐานค่า 5 ระดับ จำนวน 20 ข้อ ครอบคลุม 5 ด้าน (เนื้อหา วิธีสอน กิจกรรม สื่อและเทคโนโลยี และการประเมินผล) แปลความหมายค่าเฉลี่ย 5 ระดับ (เช่น $3.51-4.50 =$ มาก และ $4.51-5.00 =$ มากที่สุด ตามเกณฑ์ของ Best (1977))

3.3.5 แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง 5 ข้อคำถามหลัก เกี่ยวกับประสบการณ์ ประโยชน์ อุปสรรค และความเหมาะสมของเนื้อหาเกี่ยวกับพื้นฐานของตน และ 6) แบบบันทึกการสังเกตพฤติกรรม ใน 4 ประเด็น ได้แก่ การมีส่วนร่วม ปฏิสัมพันธ์ในกลุ่ม กระบวนการแก้ปัญหา และการใช้เทคโนโลยี

4. การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน (ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ด้านหลักสูตร และการสอน และด้านการวัดและประเมินผล) ประเมินความสอดคล้องของแผนทั้งสองชุด ใช้เกณฑ์ $IOC \geq 0.50$ (Rovinelli & Hambleton, 1977) ได้ค่า $0.67-1.00$ ความเหมาะสมของกิจกรรมอยู่ในระดับมากที่สุด ($M = 4.67$, $SD = 0.52$) และความเหมาะสมของสื่อและเทคโนโลยีอยู่ในระดับมากที่สุด ($M = 4.72$, $SD = 0.46$) ประสิทธิภาพของนวัตกรรมใช้เกณฑ์ $E1/E2 = 80/80$ ตามแนวทางของ Promwong (2013) ซึ่งเสนอว่าเนื้อหาด้านความรู้กำหนดเกณฑ์ $80/80-90/90$ ส่วนเนื้อหาด้านทักษะอาจกำหนดต่ำกว่านี้ ผู้วิจัยเลือก $80/80$ เพราะนวัตกรรมมีทั้งความรู้และทักษะปฏิบัติที่ซับซ้อน และผู้เรียนเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ที่มีพื้นฐานแตกต่างกัน ผลการทดลองใช้กับนักศึกษาที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง 30 คน ได้ $E1/E2 = 82.50/85.20$ สูงกว่าเกณฑ์

4.2 เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล ความตรงเชิงเนื้อหาตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญชุดเดิม ใช้เกณฑ์ $IOC \geq 0.50$ ส่วนความเชื่อมั่นเลือกวิธีตามลักษณะการให้คะแนน ได้แก่ KR-20 สำหรับข้อสอบปรนัย แบบ 0/1 (Kuder & Richardson, 1937) สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคสำหรับอัตนัย และมาตร

ประมาณค่า (Cronbach, 1951) และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น (ICC) สำหรับความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (Koo & Li, 2016) รายละเอียดดังตาราง 2

ตาราง 2 ผลการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวัดตัวแปรตาม

เครื่องมือ	IOC	ความเชื่อมั่น
1. แบบทดสอบความรู้ความเข้าใจ ตอนที่ 1 ปรนัย 40 ข้อ	1.00	KR-20 = .87
ตอนที่ 2 อัตนัย 5 ข้อ	1.00	Cronbach's α = .84
2. แบบประเมินทักษะการปฏิบัติงานจริง (รูปрик 5 ระดับ)	0.67–1.00	ICC = .85
3. แบบทดสอบสถานการณ์ปัญหา (5 สถานการณ์)	0.67–1.00	Test-retest r = .82
4. แบบสอบถามความพึงพอใจ (5 ระดับ)	0.67–1.00	Cronbach's α = .89

หมายเหตุ ทดลองใช้กับนักศึกษาที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง 30 คน แบบทดสอบสถานการณ์ปัญหา ทดสอบซ้ำห่างกัน 2 สัปดาห์ ค่าอำนาจจำแนกและความยากของข้อสอบปรนัยอยู่ระหว่าง $r = .25-.68$ และ $p = .30-.78$

5. การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยนี้ดำเนินการในสภาพการจัดการเรียนการสอนตามปกติของรายวิชา โดยยึดหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ได้แก่ การชี้แจงวัตถุประสงค์และขอความยินยอมจากผู้เข้าร่วมก่อนเก็บข้อมูล การให้สิทธิถอนตัวโดยไม่มีผลต่อผลการเรียน และการใช้รหัสแทนชื่อเพื่อรักษาความลับของผู้ให้ข้อมูล ทั้งนี้ การดำเนินการวิจัยเป็นไปตามหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ แต่โครงการวิจัยไม่ได้ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ เนื่องจากเป็นการวิจัยในสภาพการจัดการเรียนการสอนตามปกติที่มีความเสี่ยงต่ำต่อผู้เข้าร่วม การวิจัยดำเนินการ 4 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นที่ 1 ก่อนการทดลอง (สัปดาห์ที่ 1) ชี้แจงสิทธิในการถอนตัวโดยไม่มีผลต่อผลการเรียน ขอความยินยอม เก็บข้อมูลพื้นฐานทางการศึกษา ทดสอบก่อนเรียน และจัดกลุ่ม

ขั้นที่ 2 ระหว่างการทดลอง (สัปดาห์ที่ 1–15) กลุ่มทดลองเรียนตามระยะเตรียมการ (สัปดาห์ที่ 1–2) ระยะดำเนินโครงการ (สัปดาห์ที่ 3–13) และระยะบูรณาการ (สัปดาห์ที่ 14–15) กลุ่มควบคุมเรียนแบบดั้งเดิมในเนื้อหาและจำนวนชั่วโมงเท่ากัน (สัปดาห์ละ 4 ชั่วโมง) ผู้วิจัยบันทึกการสังเกตทั้งสองกลุ่มทุกสัปดาห์และเก็บคะแนนระหว่างเรียนของกลุ่มทดลองเพื่อติดตามความก้าวหน้า (ค่า E1/E2 ที่รายงานในหัวข้อ 4.1 ได้จากการทดลองใช้กับนักศึกษาที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง)

ขั้นที่ 3 หลังการทดลอง (สัปดาห์ที่ 15) ทดสอบหลังเรียนด้วยแบบทดสอบฉบับเดิม ประเมินทักษะจากงานปฏิบัติรายบุคคลโดยผู้ประเมิน 2 คน ซึ่งผู้ประเมินคนที่สองไม่ทราบว่าผู้เรียนแต่ละคน

อยู่ในกลุ่มทดลองหรือกลุ่มควบคุม (Blind Rating) และประเมินจากชิ้นงานที่ใช้รหัสแทนชื่อผู้เรียน เพื่อลดความลำเอียงในการประเมิน ทดสอบสถานการณ์ปัญหา และตอบแบบสอบถามความพึงพอใจ

ขั้นที่ 4 เก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ เลือกผู้ให้ข้อมูลแบบเจาะจงจากกลุ่มทดลอง 12 คน (ปวส. 6 คน และ ม.6/ปวช. 6 คน คละระดับคะแนนสูง กลาง และต่ำ) สัมภาษณ์รายบุคคล คนละ 20–30 นาที บันทึกเสียง เมื่อได้รับอนุญาต และใช้รหัสแทนชื่อ ทั้งนี้ ผลลัพธ์อีกสามด้านวัดหลังการทดลองครั้งเดียว เพราะงานปฏิบัติ และสถานการณ์ปัญหาต้องใช้เนื้อหาที่ยังไม่ได้เรียน และความพึงพอใจประเมินได้หลังได้รับประสบการณ์แล้ว

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

6.1 ค่าเฉลี่ย (M) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และการทดสอบค่าทีแบบสองกลุ่มอิสระ (Independent Samples t-test) เพื่อตรวจสอบความเท่าเทียมของคะแนนก่อนเรียนระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม

6.2 ค่าความก้าวหน้าทางการเรียน $g = (\text{หลังเรียน} - \text{ก่อนเรียน}) / (\text{คะแนนเต็ม} - \text{ก่อนเรียน})$ แปลผลตาม Hake (1998) $g \geq .70$ สูง $.30-.69$ ปานกลาง และ $< .30$ ต่ำ

6.3 ANCOVA ทดสอบสมมติฐานข้อ 1 โดยใช้คะแนนก่อนเรียนเป็นตัวแปรร่วม

6.4 Two-way ANOVA ทดสอบสมมติฐานข้อ 2–5 แยกทีละตัวแปรตาม ใช้ผลรวมกำลังสองแบบ Type III เนื่องจากขนาดเซลล์ไม่เท่ากัน (Field, 2018) รายงานขนาดอิทธิพล η^2 แล และแปลผลตามเกณฑ์ของ Cohen (1988) คือ .01 ขนาดเล็ก .06 ขนาดกลาง และ .14 ขนาดใหญ่กำหนดนัยสำคัญที่ .05

6.5 ข้อมูลเชิงคุณภาพวิเคราะห์เชิงประเด็น (Thematic Analysis) ตาม Braun and Clarke (2006) และตรวจสอบสามเส้าด้านวิธีการระหว่างการสัมภาษณ์กับการสังเกต ใช้เพื่ออธิบายผลเชิงปริมาณ เท่านั้น

7. ข้อจำกัดของการใช้สถิติในการวิจัย

7.1 เหตุผลที่ไม่ใช้ MANCOVA แม้มีตัวแปรตามมากกว่า 1 ตัว ผู้วิจัยวิเคราะห์แยกรายตัวแปร

7.1.1 ตัวแปรร่วม (คะแนนก่อนเรียน) มีเฉพาะด้านความรู้ความเข้าใจ จึงใช้ตัวแปรร่วมชุดเดียวกันใน MANCOVA ไม่ได้

7.1.2 ตัวแปรตามแต่ละตัวเป็นโครงสร้างต่างกัน วัดด้วยมาตรต่างกัน และผูกกับสมมติฐานเฉพาะ ซึ่งคำถามวิจัยต้องการคำตอบรายผลลัพธ์ มิใช่ผลรวมเชิงเส้นของตัวแปรตาม (Huang, 2020)

7.1.3 เซลล์ที่เล็กที่สุดมีเพียง 12–13 คน ทำให้การทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมมีความไวต่ำ (Tabachnick & Fidell, 2019)

7.1.4 ผู้วิจัยควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ด้วยการปรับแบบบอนเฟอร์โรนี ($\alpha = .05/3 = .017$)

7.2 การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น

7.2.1 Shapiro–Wilk test พบว่าคะแนนทุกตัวแปรในแต่ละกลุ่มย่อยแจกแจงแบบปกติ ($p > .05$) ยกเว้นความพึงพอใจของกลุ่มควบคุมระดับ ปวส. ($p = .042$) ซึ่ง ANOVA มีความทนทานต่อการละเมิดระดับนี้เมื่อความแปรปรวนเป็นเอกพันธ์ (Blanca et al., 2017)

7.2.2 Levene's test พบว่าความแปรปรวนเป็นเอกพันธ์ทุกตัวแปร ($p > .05$) (Field, 2018)

7.2.3 ความชันของเส้นถดถอยเป็นเอกพันธ์ (ปฏิสัมพันธ์ระหว่างคะแนนก่อนเรียนกับวิธีสอน $F(1, 71) = 0.92, p = .340$) (Tabachnick & Fidell, 2019) จึงใช้ ANCOVA ได้

ผลการวิจัย (Research Results)

1. ความรู้ความเข้าใจ กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน 45.25 และหลังเรียน 82.50 ค่าความก้าวหน้าระดับปานกลางค่อนข้างสูง ($g = .68$) ส่วนกลุ่มควบคุมมีคะแนน 44.50 และ 72.25 ค่าความก้าวหน้าระดับปานกลาง ($g = .50$) เมื่อควบคุมคะแนนก่อนเรียน กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยปรับ 81.80 สูงกว่ากลุ่มควบคุม (72.95) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($F(1, 72) = 25.68, p < .001, \eta p^2 = .26$) จึงยอมรับสมมติฐานข้อ 1 รายละเอียดดังตาราง 3

ตาราง 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของคะแนนความรู้ความเข้าใจ

กลุ่ม	n	ก่อนเรียน M(SD)	หลังเรียน M (SD)	M ปรับ	g	F	p	ηp^2
ทดลอง	38	45.25 (8.50)	82.50 (7.25)	81.80	.68	25.68*	< .001	.26
ควบคุม	37	44.50 (9.00)	72.25 (8.50)	72.95	.50			

หมายเหตุ คะแนนเต็ม 100; $df = (1, 72)$; ตัวแปรร่วมคือคะแนนก่อนเรียน; * $p < .05$

2. ทักษะการปฏิบัติงานจริง กลุ่มทดลอง ($M = 85.52, SD = 8.37$) สูงกว่ากลุ่มควบคุม ($M = 71.99, SD = 10.86$) อย่างมีนัยสำคัญ ($F(1, 71) = 42.57, p < .001, \eta p^2 = .37$) ผู้เรียนต่างพื้นฐานมีคะแนนต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ ($F(1, 71) = 11.09, p = .001, \eta p^2 = .14$) แต่ไม่พบปฏิสัมพันธ์ ($F(1, 71) = 1.27, p = .264, \eta p^2 = .02$) จึงยอมรับสมมติฐานข้อ 2

3. ความสามารถในการแก้ไขปัญหา กลุ่มทดลอง ($M = 80.34, SD = 9.48$) สูงกว่ากลุ่มควบคุม ($M = 69.14, SD = 12.65$) อย่างมีนัยสำคัญ ($F(1, 71) = 23.78, p < .001, \eta p^2 = .25$) ผู้เรียนต่างพื้นฐาน

มีคะแนนต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($F(1, 71) = 8.03, p = .006, \eta^2 = .10$) แต่ไม่พบปฏิสัมพันธ์ ($F(1, 71) = 2.32, p = .132, \eta^2 = .03$) จึงยอมรับสมมติฐานข้อ 3

4. ความพึงพอใจในการเรียนรู้ กลุ่มทดลอง ($M = 4.35, SD = 0.55$) และกลุ่มควบคุม ($M = 3.60, SD = 0.74$) อยู่ในระดับมากทั้งคู่ แต่กลุ่มทดลองสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($F(1, 71) = 23.69, p < .001, \eta^2 = .25$) ไม่พบอิทธิพลหลักของพื้นฐานทางการศึกษา ($F(1, 71) = 2.00, p = .162, \eta^2 = .03$) และไม่พบปฏิสัมพันธ์ ($F(1, 71) = 0.22, p = .639, \eta^2 < .01$) จึงยอมรับสมมติฐานข้อ 4 รายละเอียดดังตาราง 4 เมื่อปรับแบบนอนเฟอร์โรนี ($\alpha = .017$) อิทธิพลหลักที่มีนัยสำคัญทั้งหมดยังคงมีนัยสำคัญ ข้อสรุปจึงไม่เปลี่ยนแปลง

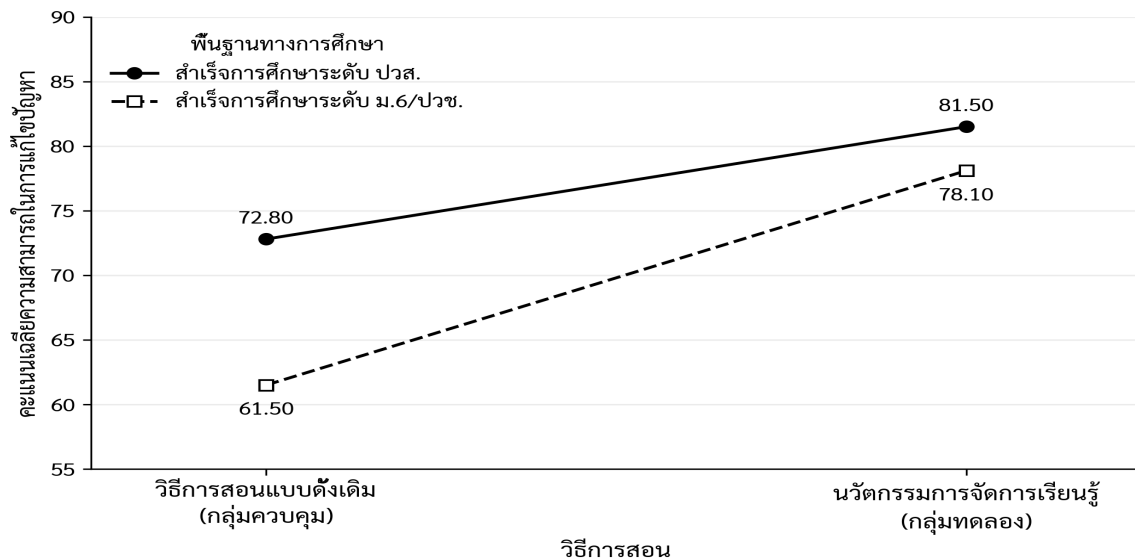
ตาราง 4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางของทักษะการปฏิบัติงานจริง ความสามารถในการแก้ไขปัญหา และความพึงพอใจ

ตัวแปรตาม	ทดลอง M (SD)	ควบคุม M (SD)	วิธีสอน F (p, η^2)	พื้นฐาน F (p, η^2)	ปฏิสัมพันธ์ F (p, η^2)
ทักษะการปฏิบัติงานจริง	85.52 (8.37)	71.99 (10.86)	42.57* ($< .001, .37$)	11.09* (.001, .14)	1.27 (.264, .02)
ความสามารถในการแก้ไขปัญหา	80.34 (9.48)	69.14 (12.65)	23.78* ($< .001, .25$)	8.03* (.006, .10)	2.32 (.132, .03)
ความพึงพอใจในการเรียนรู้	4.35 (0.55)	3.60 (0.74)	23.69* ($< .001, .25$)	2.00 (.162, .03)	0.22 (.639, $< .01$)

หมายเหตุ $df = (1, 71)$; ทักษะและการแก้ไขปัญหาคะแนนเต็ม 100 ความพึงพอใจเป็นมาตรประมาณค่า 5 ระดับ; * $p < .05$ และยังมีนัยสำคัญที่ $\alpha = .017$

5. ปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการสอนกับพื้นฐานทางการศึกษา ไม่พบปฏิสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ในทั้งสามผลลัพธ์ จึงไม่ยอมรับสมมติฐานข้อ 5 แม้ค่าเฉลี่ยความสามารถในการแก้ไขปัญหาจะแสดงว่าผลต่าง

ระหว่างวิธีสอนในกลุ่ม ม.6/ปวช. ($78.10 - 61.50 = 16.60$) มากกว่าในกลุ่ม ปวส. ($81.50 - 72.80 = 8.70$)
 ดังภาพ 2 แต่หลักฐานเชิงอนุมานยังไม่เพียงพอ



ภาพ 2 ค่าเฉลี่ยความสามารถในการแก้ไขปัญหาจำแนกตามวิธีการสอนและพื้นฐานทางการศึกษา

6. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ การสัมภาษณ์ผู้เรียนกลุ่มทดลอง 12 คนพบ 3 ประเด็น ได้แก่

6.1 ระบบจำลองช่วยลดความกังวลต่อความเสียหายของระบบจริงและเปิดโอกาสให้ลองผิดลองถูก ดังคำกล่าวว่า "ไม่ต้องกลัวว่าระบบจะพัง เพราะรีเซ็ตเครื่องจำลองได้"

6.2 การทำงานกลุ่มแบบคณะพื้นฐานช่วยให้ผู้เรียน ม.6/ปวช. เรียนรู้ได้เร็วขึ้น และผู้เรียน ปวส. ได้ทบทวนความเข้าใจผ่านการสอนเพื่อน (การต้องอธิบายให้เพื่อนฟังทำให้เข้าใจลึกซึ้งขึ้น)

6.3 ผู้เรียน ปวส. บางคนเห็นว่าเนื้อหาช่วงแรกง่ายเกินไป ขณะที่ผู้เรียน ม.6/ปวช. บางคนเห็นว่าเนื้อหามาก และต้องใช้เวลานานในห้องเรียน ผลการสังเกตพบว่ากลุ่มทดลองมีส่วนร่วมสูง ผู้เรียน ปวส. มักเป็นผู้นำการวางแผน และทดลองตรวจสอบหลายรอบก่อนสรุปแนวทางแก้ไข ขณะที่กลุ่มควบคุมมักยึดตามคู่มือและขอความช่วยเหลือเมื่อพบปัญหามากกว่า

อภิปรายผลการวิจัย (Discussion)

1. ความรู้ความเข้าใจ ผู้วิจัยเห็นว่าผลที่กลุ่มทดลองสูงกว่าน่าจะเกิดจากองค์ประกอบของนวัตกรรมที่ทำงานร่วมกัน ได้แก่ โครงการย่อยที่บังคับให้ผู้เรียนนำแนวคิด เช่น การกำหนดค่าเครือข่ายและบริการไปสร้างระบบที่ใช้จริง ความรู้จึงถูกสร้างผ่านการลงมือกระทำตามแนวคิดสร้างสรรค์สร้างนิยม (Vygotsky, 1978) ห้องเรียนกลับด้านและการอภิปรายทำให้ทบทวนแนวคิดซ้ำ และแพลตฟอร์มแบบปรับเหมาะให้ข้อมูล

ป้อนกลับทันที สอดคล้องกับ Freeman et al. (2014), Zhang and Ma (2023) และ Lavado-Anguera et al. (2024)

2. ทักษะการปฏิบัติงานจริง ผลของวิธีสอนมีขนาดอิทธิพลสูงสุด ($\eta^2 = .37$) ผู้วิจัยเห็นว่าเหตุผลสำคัญคือลักษณะงานที่ต่างกัน กลุ่มควบคุมฝึกตามคู่มือที่กำหนดขั้นตอนไว้ครบ ส่วนกลุ่มทดลองต้องออกแบบการติดตั้งและปรับแต่งเอง ฝึกซ้ำในระบบจำลองได้โดยไม่เสี่ยง และได้รับข้อมูลป้อนกลับจากรูปrikที่ชัดเจน ตั้งแต่ต้น สอดคล้องกับ Li and Liang (2024) ที่พบว่าห้องปฏิบัติการเสมือนส่งเสริมทักษะปฏิบัติ และ Saud et al. (2025) ที่พบว่าซอฟต์แวร์จำลองเครือข่ายเพิ่มผลการเรียนและความมั่นใจในการใช้อุปกรณ์จริง ซึ่งตรงกับข้อมูลสัมภาษณ์ที่วาระบบจำลองช่วยให้กล้าฝึกซ้ำ

3. ความสามารถในการแก้ไขปัญหา ผู้วิจัยเห็นว่านวัตกรรมให้ผู้เรียนเผชิญปัญหาที่ไม่มีคำตอบสำเร็จรูปจากคลังปัญหาและแฮกกาธอน จึงฝึกวงจรวิเคราะห์-วางแผน-แก้ไข-ตรวจสอบซ้ำหลายรอบ ตรงกับผลการสังเกต และสอดคล้องกับ Xu et al. (2023) ที่พบว่าการแก้ปัญหาร่วมกันส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ส่วนการที่กลุ่ม ปวส. มีคะแนนสูงกว่าสะท้อนบทบาทของความรู้เดิม (Bittermann et al., 2023) และแนวโน้มที่ผลต่างระหว่างวิธีสอนในกลุ่ม ม.6/ปวช. มากกว่าอาจอธิบายได้ว่าผู้เริ่มต้นได้ประโยชน์จากการชี้แนะและการเสริมต่อการเรียนรู้มากกว่า (Sweller et al., 2019; van de Pol et al., 2010) แต่ยังไม่มีความสำคัญ จึงควรตรวจสอบซ้ำด้วยกลุ่มตัวอย่างที่ใหญ่ขึ้น

4. ความพึงพอใจ ผู้วิจัยเห็นว่ามาจากการได้สร้างชิ้นงานที่มีความหมาย เห็นผลงานทำงานได้จริง และได้รับข้อมูลป้อนกลับตามระดับความสามารถ ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของโครงการเป็นฐาน (Markula & Aksela, 2022) และระบบปรับเหมาะ (Wang et al., 2024) การไม่พบผลของพื้นฐานทางการศึกษาแสดงว่านวัตกรรมได้รับการยอมรับจากผู้เรียนทั้งสองกลุ่มใกล้เคียงกัน แต่การวัดด้วยแบบรายงานตนเองอาจมีความลำเอียงจากการตอบ

5. ปฏิสัมพันธ์ การไม่พบปฏิสัมพันธ์ชี้ว่านวัตกรรมให้ผลในทิศทางเดียวกันกับผู้เรียนทั้งสองพื้นฐาน ซึ่งผู้วิจัยเห็นว่าเป็นผลจากการปรับพื้นฐาน การสอนโดยเพื่อนในกลุ่มคณะพื้นฐาน และแพลตฟอร์มปรับเหมาะ สอดคล้องกับ Theobald et al. (2020) ที่พบว่าการเรียนรู้เชิงรุกลดช่องว่างระหว่างผู้เรียนกลุ่มต่าง ๆ อย่างไรก็ตาม การไม่พบปฏิสัมพันธ์อาจเกิดจากอำนาจการทดสอบที่จำกัด เนื่องจากผู้เรียนกลุ่ม ม.6/ปวช. มีเพียง 25 คน จึงไม่ควรตีความว่าไม่มีปฏิสัมพันธ์จริง

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย (Recommendations)

ข้อเสนอแนะเพื่อการปฏิบัติ

1. ผู้สอนรายวิชาด้านระบบปฏิบัติการและเครือข่ายควรเริ่มจากระยะเตรียมการที่ประเมินและปรับพื้นฐาน และจัดกลุ่มโครงการแบบคณะพื้นฐานโดยให้ผู้เรียน ปวส. เป็นผู้ช่วยสอนเพื่อน
2. ควรออกแบบโครงการช่วงต้นให้มีหลายระดับความยากตามพื้นฐานผู้เรียน

3. สถาบันควรเปิดให้เข้าถึงระบบจำลองและคลังปัญหานอกเวลาเรียนเพื่อเพิ่มโอกาสฝึกซ้ำ
4. ผู้บริหารคณะและหลักสูตรควรกำหนดให้วินัยการเป็นแนวทางการบริหารงานวิชาการในรายวิชาปฏิบัติการ จัดสรรงบประมาณสำหรับระบบจำลองและแพลตฟอร์มการเรียนรู้ และใช้ข้อมูลจากระบบติดตามความก้าวหน้าในการวางแผนพัฒนาหลักสูตรอย่างต่อเนื่อง
5. ข้อจำกัดของการวิจัย ได้แก่ การทดลองหนึ่งภาคการศึกษาในสถาบันเดียว ไม่ได้สุ่มรายบุคคลผู้เรียน ม.6/ปวช. มีน้อยทำให้อำนาจการทดสอบปฏิสัมพันธ์จำกัด ผลลัพธ์สามด้านไม่มีคะแนนก่อนเรียน และผู้สอนคนเดียวสอนทั้งสองกลุ่ม ซึ่งอาจเกิดความลำเอียงจากความคาดหวังของผู้วิจัย (Experimenter Bias) รวมทั้งการใช้แบบทดสอบฉบับเดียวกันทั้งก่อนและหลังเรียนอาจมีผลจากการทดสอบซ้ำ (Testing Effect)
6. ผลการวิจัยสนับสนุนการใช้โครงงานร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกและเทคโนโลยีช่วยสอนเพื่อพัฒนาผลลัพธ์การเรียนรู้ทั้งสี่ด้าน แต่ยังไม่มีความหลักฐานเพียงพอว่าประสิทธิผลของวิธีสอนแตกต่างกันตามพื้นฐานทางการศึกษา

ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไป

1. ควรติดตามความคงทนของการเรียนรู้และการใช้ทักษะในการฝึกงานจริง
2. ควรศึกษาซ้ำในหลายสถาบันด้วยกลุ่มตัวอย่างที่ใหญ่ขึ้นและสัดส่วนแต่ละพื้นฐานใกล้เคียงกัน
3. ควรวัดทักษะและความสามารถในการแก้ไขปัญหาทั้งก่อนและหลังเรียนเพื่อใช้การวิเคราะห์หาค่าแปรปร
4. ควรแยกทดสอบองค์ประกอบของนวัตกรรมเพื่อระบุองค์ประกอบที่ส่งผลมากที่สุด
5. ควรศึกษาบทบาทภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารหลักสูตรต่อการนำนวัตกรรมไปขยายผลในระดับสถาบัน

นัยต่อการบริหารการศึกษา

ผลการวิจัยมีนัยต่อการบริหารการศึกษาใน 3 ประการ ได้แก่

1. การบริหารงานวิชาการที่ขับเคลื่อนด้วยข้อมูล นวัตกรรมนี้ใช้ข้อมูลพื้นฐานทางการศึกษาและคะแนนก่อนเรียนในการจัดกลุ่มผู้เรียน และใช้ระบบติดตามความก้าวหน้าเพื่อปรับการสอน ซึ่งผู้บริหารสามารถขยายผลเป็นระบบข้อมูลผู้เรียนระดับหลักสูตรได้
2. การบริหารทรัพยากรในยุคดิจิทัล ผลด้านทักษะปฏิบัติที่มีขนาดอิทธิพลสูงสนับสนุนการลงทุนในระบบจำลองและห้องปฏิบัติการเสมือนแทนการเพิ่มอุปกรณ์จริงเพียงอย่างเดียว
3. การขยายผลนวัตกรรมในองค์กร ผู้บริหารหลักสูตรควรทำหน้าที่ ผู้นำทางวิชาการในการสนับสนุนให้ผู้สอนนำนวัตกรรมไปใช้ผ่านการพัฒนาผู้สอนและชุมชนการเรียนรู้ทางวิชาชีพ ทั้งนี้ ข้อเสนอดังกล่าวเป็นการต่อยอดจากผลการวิจัยระดับรายวิชา ยังไม่ได้ทดสอบในระดับสถาบัน

References

- Best, J. W. (1977). *Research in education* (3rd ed.). Prentice Hall.
- Bittermann, A., McNamara, D., Simonsmeier, B. A., & Schneider, M. (2023). The landscape of research on prior knowledge and learning: A bibliometric analysis. *Educational Psychology Review*, 35, Article 58. <https://doi.org/10.1007/s10648-023-09775-9>
- Blanca, M. J., Alarcón, R., Arnau, J., Bono, R., & Bendayan, R. (2017). Non-normal data: Is ANOVA still a valid option? *Psicothema*, 29(4), 552–557. <https://doi.org/10.7334/psicothema2016.383>
- Bonwell, C. C., & Eison, J. A. (1991). *Active learning: Creating excitement in the classroom* (ASHE-ERIC Higher Education Report No. 1). George Washington University, School of Education and Human Development.
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16(3), 297–334. <https://doi.org/10.1007/BF02310555>
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G., & Buchner, A. (2007). G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 39(2), 175–191. <https://doi.org/10.3758/BF03193146>
- Field, A. (2018). *Discovering statistics using IBM SPSS Statistics* (5th ed.). SAGE.
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8410–8415. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Huang, F. L. (2020). MANOVA: A procedure whose time has passed? *Gifted Child Quarterly*, 64(1), 56–60. <https://doi.org/10.1177/0016986219887200>

- Koo, T. K., & Li, M. Y. (2016). A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *Journal of Chiropractic Medicine*, 15(2), 155–163. <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2016.02.012>
- Kuder, G. F., & Richardson, M. W. (1937). The theory of the estimation of test reliability. *Psychometrika*, 2(3), 151–160. <https://doi.org/10.1007/BF02288391>
- Lavado-Anguera, S., Velasco-Quintana, P.-J., & Terrón-López, M.-J. (2024). Project-based learning (PBL) as an experiential pedagogical methodology in engineering education: A review of the literature. *Education Sciences*, 14(6), 617. <https://doi.org/10.3390/educsci14060617>
- Lertyosbordin, C., Maneewan, S., Yampinij, S., & Thamwipat, K. (2019). Scoring rubric of problem-solving on computing science learning. *International Education Studies*, 12(8), 26–32. <https://doi.org/10.5539/ies.v12n8p26>
- Li, J., & Liang, W. (2024). Effectiveness of virtual laboratory in engineering education: A meta-analysis. *PLOS ONE*, 19(12), e0316269. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0316269>
- Llanos, J., Bucheli, V. A., & Restrepo-Calle, F. (2023). Early prediction of student performance in CS1 programming courses. *PeerJ Computer Science*, 9, e1655. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.1655>
- Markula, A., & Aksela, M. (2022). The key characteristics of project-based learning: How teachers implement projects in K–12 science education. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 4, Article 2. <https://doi.org/10.1186/s43031-021-00042-x>
- Mertler, C. A. (2001). Designing scoring rubrics for your classroom. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 7(25), 1–10. <https://doi.org/10.7275/gcy8-0w24>
- Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation. (2022). Ministerial regulation on higher education qualification standards B.E. 2565. *Royal Thai Government Gazette*, 139(20 Kor), 28–31. [in Thai]
- Office of the Education Council. (2024). *Education statistics of Thailand: Academic year 2023*. Ministry of Education. [in Thai]
- Price, P. C., Jhangiani, R., Chiang, I.-C. A., Leighton, D. C., & Cuttler, C. (2017). *Research methods in psychology* (3rd American ed.). Washington State University. <https://wsu.pressbooks.pub/carriecuttler/>

- Promwong, C. (2013). Developmental testing of media and instructional package. *Silpakorn Educational Research Journal*, 5(1), 7–20. [in Thai]
- Rovinelli, R. J., & Hambleton, R. K. (1977). On the use of content specialists in the assessment of criterion-referenced test item validity. *Dutch Journal of Educational Research*, 2, 49–60.
- Saud, A. S., Adhikari, B., & Piya, S. (2025). Evaluating the effectiveness of Cisco Packet Tracer for teaching networking concepts at the undergraduate level. *Perspectives on Higher Education*, 15(1), 123–136. <https://doi.org/10.3126/phe.v15i01.80876>
- Seels, B. B., & Richey, R. C. (1994). *Instructional technology: The definition and domains of the field*. Association for Educational Communications and Technology.
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (2019). Cognitive architecture and instructional design: 20 years later. *Educational Psychology Review*, 31(2), 261–292. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09465-5>
- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2019). *Using multivariate statistics* (7th ed.). Pearson.
- Theobald, E. J., Hill, M. J., Tran, E., Agrawal, S., Arroyo, E. N., Behling, S., Chambwe, N., Cintrón, D. L., Cooper, J. D., Dunster, G., Grummer, J. A., Hennessey, K., Hsiao, J., Iranon, N., Jones, L., II, Jordt, H., Keller, M., Lacey, M. E., Littlefield, C. E., ... Freeman, S. (2020). Active learning narrows achievement gaps for underrepresented students in undergraduate science, technology, engineering, and math. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(12), 6476–6483. <https://doi.org/10.1073/pnas.1916903117>
- Thianthai, C., & Sutamchai, K. (2022). Skills that matter: Qualitative study focusing on the transfer of training through the experience of Thai vocational students. *Frontiers in Education*, 7, 897808. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.897808>
- van de Pol, J., Volman, M., & Beishuizen, J. (2010). Scaffolding in teacher–student interaction: A decade of research. *Educational Psychology Review*, 22(3), 271–296. <https://doi.org/10.1007/s10648-010-9127-6>
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Wang, X., Huang, R. T., Sommer, M., Pei, B., Shidfar, P., Rehman, M. S., Ritzhaupt, A. D., & Martin, F. (2024). The efficacy of artificial intelligence-enabled adaptive learning

systems from 2010 to 2022 on learner outcomes: A meta-analysis. *Journal of Educational Computing Research*, 62(6), 1348–1383.

<https://doi.org/10.1177/07356331241240459>

Weerasombat, T., & Pumipatyothin, P. (2025). Employers' priority on work skills and the skill gaps: A case of Thailand. *Cogent Education*, 12(1), 2441656.

<https://doi.org/10.1080/2331186X.2024.2441656>

World Bank. (2025). *Thailand economic monitor: Digital pathways for growth*. World Bank.

World Economic Forum. (2025). *The future of jobs report 2025*. World Economic Forum.

<https://www.weforum.org/publications/the-future-of-jobs-report-2025/>

Xu, E., Wang, W., & Wang, Q. (2023). The effectiveness of collaborative problem solving in promoting students' critical thinking: A meta-analysis based on empirical literature. *Humanities and Social Sciences Communications*, 10, Article 16.

<https://doi.org/10.1057/s41599-023-01508-1>

Zhang, L., & Ma, Y. (2023). A study of the impact of project-based learning on student learning effects: A meta-analysis study. *Frontiers in Psychology*, 14, 1202728.

<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1202728>