

การพัฒนาตัวบ่งชี้ระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลสำหรับสถานศึกษา ขั้นพื้นฐานในประเทศไทย: การวิเคราะห์ความไม่แปรเปลี่ยน*

ปกรณ์ ประจันบาน¹ ณัฐกานต์ ประจันบาน² ญาดา ม่วงแก้ว³

(วันที่รับบทความ: 13 สิงหาคม 2567; วันที่แก้ไขบทความ: 18 พฤศจิกายน 2567; วันที่ตอบรับบทความ: 21 พฤศจิกายน 2567)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อ 1) พัฒนาและตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลสำหรับสถานศึกษาขั้นพื้นฐานในประเทศไทย และ 2) วิเคราะห์ความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลการวัดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลระหว่างเขตที่ตั้งของโรงเรียนในอำเภอเมืองและนอกอำเภอเมือง ตัวอย่างวิจัย ได้แก่ ครูในสถานศึกษาขั้นพื้นฐานของประเทศไทยจาก 6 ภูมิภาคของประเทศไทย จำนวนเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มครูที่สอนในโรงเรียนในอำเภอเมือง จำนวน 212 คน และกลุ่มครูที่สอนในโรงเรียนนอกอำเภอเมือง จำนวน 208 คน ที่ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้เครื่องมือวัดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัล มีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 56 ข้อ ครอบคลุม 2 องค์ประกอบ 8 ตัวบ่งชี้ของทักษะระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัล วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน และการวิเคราะห์กลุ่มพหุผลการวิจัยพบว่า 1) โมเดลการวัดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลประกอบด้วย องค์ประกอบที่ 1 ชุมชนการเรียนรู้ทางดิจิทัล ประกอบด้วย 4 ตัวบ่งชี้ ได้แก่ 1) บทบาทของครู 2) บทบาทของผู้เรียน 3) บทบาทของผู้สนับสนุน และ 4) บทบาทของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และองค์ประกอบที่ 2 การสนับสนุนการเรียนรู้ทางดิจิทัล ประกอบด้วย 4 ตัวบ่งชี้ ได้แก่ 1) เทคโนโลยีสนับสนุนการเรียนรู้ 2) โครงสร้างพื้นฐานของโรงเรียน 3) เนื้อหาการเรียนรู้ทางดิจิทัล และ 4) การบริหารจัดการของโรงเรียน และโมเดลการวัดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลระหว่างเขตที่ตั้งของโรงเรียนในอำเภอเมืองและนอกอำเภอเมืองมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ และตัวบ่งชี้ทั้ง 8 ตัว มีความตรงเชิงโครงสร้าง โดยมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตั้งแต่ .571 ถึง .898 (เขตที่ตั้งของโรงเรียนในอำเภอเมือง) และ .612 ถึง .885 (เขตที่ตั้งของโรงเรียนนอกอำเภอเมือง) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงว่า ตัวบ่งชี้สามารถนำไปใช้ในการวัดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลสำหรับสถานศึกษาขั้นพื้นฐานในประเทศไทยได้ และ 2) โมเดลการวัดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลระหว่างเขตที่ตั้งของโรงเรียนในอำเภอเมืองและนอกอำเภอเมือง ไม่แปรเปลี่ยนในรูปแบบของโมเดล คำนวณน้ำหนักองค์ประกอบ จุดตัดแกน แต่มีความแปรเปลี่ยนในเทอมของความคลาดเคลื่อนในการวัดข้ามกลุ่ม

คำสำคัญ: การพัฒนาตัวบ่งชี้, ระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัล, การวิเคราะห์ความไม่แปรเปลี่ยน

* รายงานการวิจัย สาขาวิจัยและประเมินทางการศึกษา มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2567

¹ ศาสตราจารย์, คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, E-mail: Pakornp@nu.ac.th

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์, คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, Corresponding author, E-mail: Nattakanp@nu.ac.th

³ อาจารย์, คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, E-mail: Yadam@nu.ac.th

The Development of Digital Learning Ecosystem Indicators for Basic Education Institutions in Thailand: Model Invariance Analysis*

Pakorn Prachanban¹ Nattakan Prachanban² Yada Muangkaew³

(Received: August 13, 2024; Revised: November 18, 2024; Accepted: November 21, 2024)

Abstract

This research aimed to 1) develop and validate the construct validity of a digital learning ecosystem measurement model for basic education institutions in Thailand, and 2) to analyze the measurement invariance of the model between schools located in urban and rural districts. The study sample comprised teachers from basic education institutions across six regions of Thailand, divided into two groups: 212 teachers from urban schools and 208 teachers from rural schools, selected through multi-stage random sampling. Data was collected using a digital learning ecosystem measurement tool consisting of 56 items with a 5-point rating scale, covering two components and eight indicators of digital learning ecosystem skills. The data was analyzed using mean, standard deviation, confirmatory factor analysis, and multi-group analysis. The results revealed that 1) the digital learning ecosystem measurement model consists of two main components. The first component, Digital Learning Community, includes four indicators: teacher role, learner role, supporter role, and stakeholder role. The second component, Digital Learning Support, also comprises four indicators: learning support technology, school infrastructure, digital learning content, and school management. The model demonstrated good fit with empirical data for both urban and rural school locations. All eight indicators showed construct validity with factor loadings ranging from .571 to .898 for urban schools and .612 to .885 for rural schools, significant at the .01 level. This indicates that these indicators can be effectively used to measure the digital learning ecosystem in basic education institutions in Thailand, and 2) the measurement invariance analysis revealed that the model exhibited invariance in form, factor loadings, and intercepts across urban and rural groups. However, non-invariance was observed in measurement errors across the groups.

Keywords: Development of Indicators, Digital Learning Ecosystem, Model Invariance Analysis

* Research Article, Educational Research and Evaluation Program, Naresuan University, 2024

¹ Professor, Faculty of Education, Naresuan University, E-mail: Pakomp@nu.ac.th

² Assistant Professor, Faculty of Education, Naresuan University, Corresponding author, E-mail: Nattakanp@nu.ac.th

³ Lecturer, Faculty of Education, Naresuan University, E-mail: Yadam@nu.ac.th

ความสำคัญและปัญหาการวิจัย

การเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของโลกในศตวรรษที่ 21 โดยเฉพาะในด้านเทคโนโลยีดิจิทัล (Digital Disruption) และการปฏิวัติทางอาชีพ (Career Disruption) ส่งผลกระทบต่อทุกภาคส่วนของสังคม รวมถึงระบบการศึกษา (Schwab & Davis, 2018; World Economic Forum, 2020) ในบริบทของประเทศไทย ระบบการจัดการศึกษาในสถานศึกษาขั้นพื้นฐานกำลังเผชิญกับความท้าทายในการปรับตัวเพื่อรองรับการเรียนรู้ในยุคดิจิทัล (Office of the Education Council, 2022) การเปลี่ยนแปลงนี้นำมาซึ่งโอกาสใหม่ ๆ ในการเข้าถึงข้อมูล ความรู้ และวิธีการเรียนรู้ที่หลากหลาย ส่งผลให้สถานศึกษาขั้นพื้นฐานจำเป็นต้องปรับตัวเพื่อใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีดิจิทัลในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และเตรียมความพร้อมให้ผู้เรียนสามารถดำรงชีวิตและทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในโลกยุคดิจิทัล (OECD, 2019)

การนำเทคโนโลยีดิจิทัลมาใช้ในการจัดการศึกษาไม่ใช่เพียงแค่การจัดหาอุปกรณ์หรือการทำโครงสร้างพื้นฐานของโรงเรียนเท่านั้น แต่ยังเกี่ยวข้องกับการสร้างระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลที่ครอบคลุมและมีประสิทธิภาพ (Laanpere et al., 2014; Hoel & Mason, 2018) ระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลในสถานศึกษาขั้นพื้นฐานของประเทศไทยประกอบด้วยองค์ประกอบหลายสิ่งที่มีปฏิสัมพันธ์กันอย่างซับซ้อน ได้แก่ โครงสร้างพื้นฐานของโรงเรียนทางเทคโนโลยี ทรัพยากรการเรียนรู้ดิจิทัล ความสามารถของครูและบุคลากรทางการศึกษา ทักษะดิจิทัลของผู้เรียน นโยบายและการสนับสนุนจากภาครัฐ ตลอดจนวัฒนธรรมการเรียนรู้ในยุคดิจิทัล (Ministry of Education, 2020; Maneehaet & Wannapiroon, 2019; Spante et al., 2018) การพัฒนาระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลที่มีประสิทธิภาพจะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงโอกาสทางการศึกษาที่มีคุณภาพ พัฒนาทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 และเตรียมความพร้อมสำหรับการทำงานในอนาคต (Reimers & Chung, 2016)

อย่างไรก็ตาม การพัฒนาระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลในประเทศไทยยังคงเผชิญกับความท้าทายหลายประการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเด็นความเหลื่อมล้ำระหว่างพื้นที่โรงเรียนที่ตั้งอยู่นอกอำเภอเมือง มักมีความพร้อมทางดิจิทัลที่แตกต่างจากโรงเรียนที่ตั้งอยู่ในอำเภอเมือง ซึ่งส่งผลให้ระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลมีความแตกต่างกันระหว่างพื้นที่ตั้งของโรงเรียน (Nguyen, et al., 2023) ความแตกต่างนี้อาจเกิดจากหลายปัจจัย เช่น ความพร้อมของโครงสร้างพื้นฐานของโรงเรียนทางเทคโนโลยี งบประมาณในการจัดหาอุปกรณ์และทรัพยากรการเรียนรู้ดิจิทัล ตลอดจนโอกาสในการพัฒนาทักษะดิจิทัลของครูและบุคลากรทางการศึกษา (Nguyen & Tuamsuk, 2022) ความแตกต่างนี้อาจนำไปสู่ช่องว่างในการเข้าถึงโอกาสทางการศึกษาที่มีคุณภาพระหว่างนักเรียนในเมืองและนอกเมือง ซึ่งอาจส่งผลต่อการพัฒนาทักษะดิจิทัลและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในระยะยาว

การพัฒนาระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลที่มีประสิทธิภาพและเท่าเทียมสำหรับสถานศึกษาขั้นพื้นฐานในประเทศไทย จำเป็นต้องมีการวัดและประเมินสภาพปัจจุบันของระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลอย่างเป็นระบบ (Maneehaet & Wannapiroon, 2019) อย่างไรก็ตาม จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า ยังไม่พบตัวบ่งชี้ที่ชัดเจน

และครอบคลุมในการวัดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลสำหรับสถานศึกษาขั้นพื้นฐานในบริบทของประเทศไทย การขาดตัวบ่งชี้ที่เหมาะสมนั้นนอกจากจะส่งผลต่อการวัดระดับระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลแล้ว ยังอาจส่งผลให้การวางแผนและการพัฒนานโยบายเพื่อสนับสนุนระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลเป็นไปอย่างไม่มีประสิทธิภาพและไม่ตรงกับความต้องการที่แท้จริงของสถานศึกษาในแต่ละพื้นที่ ดังนั้นการวิจัยเพื่อพัฒนาตัวบ่งชี้ที่เหมาะสมจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง

การวัดและเปรียบเทียบระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลระหว่างเขตที่ตั้งของโรงเรียนในอำเภอเมืองและนอกอำเภอเมืองเป็นประเด็นสำคัญที่ต้องพิจารณา เพื่อให้เข้าใจถึงความแตกต่างและความเหลื่อมล้ำที่อาจเกิดขึ้น วิธีการทางสถิติที่สามารถใช้ในการวิเคราะห์ความแตกต่างนี้คือ การวิเคราะห์กลุ่มพหุ (Multiple-group analysis) ซึ่งเป็นเทคนิคที่มีจุดเด่นสำคัญในการเปรียบเทียบโมเดลการวัดระหว่างกลุ่มที่แตกต่างกัน (Wiratchai, 2011; Rinthaisong, 2022) การวิเคราะห์กลุ่มพหุช่วยให้สามารถตรวจสอบความไม่แปรเปลี่ยน (Measurement Invariance) ของโมเดลการวัดระหว่างกลุ่ม ซึ่งจะช่วยให้มั่นใจได้ว่า การเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มมีความเที่ยงตรงและน่าเชื่อถือ (Byrne, 2016; Xu & Tracey, 2017)

ด้วยเหตุนี้การวิจัยครั้งนี้จึงมีความจำเป็นที่จะต้องพัฒนาตัวบ่งชี้ระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลสำหรับสถานศึกษาขั้นพื้นฐานในประเทศไทย โดยมุ่งเน้นการวิเคราะห์ความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลการวัดระหว่างโรงเรียนที่ตั้งอยู่ในอำเภอเมืองและนอกอำเภอเมือง ซึ่งจะช่วยให้เข้าใจถึงองค์ประกอบสำคัญของระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัล และการทดสอบความไม่เปลี่ยนแปลงของโมเดลระหว่างพื้นที่ ซึ่งจะเป็ข้อมูลที่สำคัญสำหรับการวางแผนในการพัฒนาระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลที่เหมาะสมและเท่าเทียมสำหรับสถานศึกษาขั้นพื้นฐานในประเทศไทย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาและตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลสำหรับสถานศึกษาขั้นพื้นฐานในประเทศไทย
2. เพื่อวิเคราะห์ความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลการวัดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลสำหรับสถานศึกษาขั้นพื้นฐานในประเทศไทยระหว่างเขตที่ตั้งของโรงเรียนในอำเภอเมืองและนอกอำเภอเมือง

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลสำหรับสถานศึกษาขั้นพื้นฐานในประเทศไทย โดยผู้วิจัยได้สังเคราะห์องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลจากแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยของ Nguyen et al. (2023); Nguyen & Tuamsuk (2022); Tammets et al. (2022); Meepung et al. (2021); Kummanee et al. (2020); Davidson et al. (2019); Ali et al. (2017); Quaicoe et al. (2016); Reyna (2011) ซึ่งสามารถสังเคราะห์จากการพิจารณาความสอดคล้องกันขององค์ประกอบในแต่ละแนวคิดได้ทั้งหมด 2 องค์ประกอบ ได้แก่ องค์ประกอบที่ 1 ชุมชนการเรียนรู้ทางดิจิทัล ประกอบด้วย 4 ตัวบ่งชี้ ได้แก่ 1) บทบาทของครู 2) บทบาทของผู้เรียน 3) บทบาทของผู้สนับสนุน และ

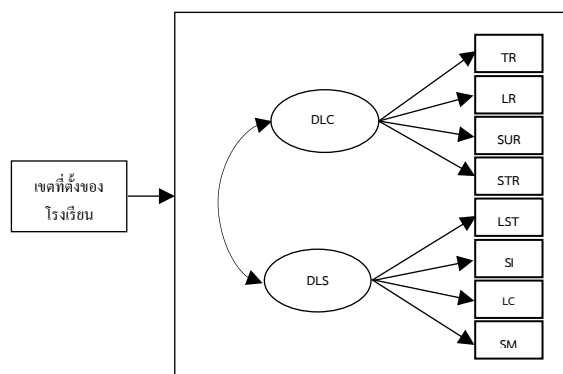
4) บทบาทของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และองค์ประกอบที่ 2 การสนับสนุนการเรียนรู้ทางดิจิทัล ประกอบด้วย 4 ตัวบ่งชี้ ได้แก่ 1) เทคโนโลยีสนับสนุนการเรียนรู้ 2) โครงสร้างพื้นฐานของโรงเรียน 3) เนื้อหาการเรียนรู้ทางดิจิทัล และ 4) การบริหารจัดการของโรงเรียน ดังตาราง 1 ทั้งนี้ผู้วิจัยไม่ได้รวมตัวบ่งชี้บทบาทของพ่อแม่เข้ามาในองค์ประกอบที่ 1 เพราะ การวิจัยในครั้งนี้ศึกษาในบริบทของสถานศึกษาขั้นพื้นฐานเท่านั้น

ตารางที่ 1 การสังเคราะห์องค์ประกอบของระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลสำหรับสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน

องค์ประกอบและตัวบ่งชี้	แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง									องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ที่สังเคราะห์ได้	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
องค์ประกอบด้านชุมชนการเรียนรู้ทางดิจิทัล											องค์ประกอบที่ 1 ชุมชนการเรียนรู้ทางดิจิทัล (DLC)
1. บทบาทของครู	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	บทบาทของครู (TR)	
2. บทบาทของผู้เรียน	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	บทบาทของผู้เรียน (LR)	
3. บทบาทของผู้สนับสนุน	✓	✓			✓		✓		✓	บทบาทของผู้สนับสนุน (SUR)	
4. บทบาทของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย	✓	✓					✓		✓	บทบาทของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (STR)	
5. บทบาทของพ่อแม่					✓						
องค์ประกอบด้านการสนับสนุนการเรียนรู้ทางดิจิทัล											องค์ประกอบที่ 2 การสนับสนุนการเรียนรู้ทางดิจิทัล (DLS)
6. เทคโนโลยีสนับสนุนการเรียนรู้	✓	✓		✓	✓			✓	✓	เทคโนโลยีสนับสนุนการเรียนรู้ (LST)	
7. โครงสร้างพื้นฐานของโรงเรียน	✓	✓		✓	✓			✓		โครงสร้างพื้นฐานของโรงเรียน (SI)	
8. เนื้อหาการเรียนรู้ทางดิจิทัล	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	เนื้อหาการเรียนรู้ทางดิจิทัล (LC)	
9. การบริหารจัดการของโรงเรียน	✓	✓					✓		✓	การบริหารจัดการของโรงเรียน (SM)	

หมายเหตุ: 1 = Nguyen et al. (2023); 2 = Nguyen & Tuamsuk (2022); 3 = Tammets et al. (2022); 4 = Meepung et al. (2021); 5 = Kummanee et al. (2020); 6 = Davidson et al. (2019); 7 = Ali et al. (2017); 8 = Quaicoe et al. (2016); 9 = Reyna (2011)

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ระเบียบวิธีวิจัย

ผู้วิจัยแบ่งวิธีดำเนินการวิจัยออกเป็น 2 ขั้นตอน มีรายละเอียดพอสังเขปดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การพัฒนาและตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลสำหรับสถานศึกษาขั้นพื้นฐานในประเทศไทย มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ประชากรและตัวอย่างวิจัย

ประชากร คือ ครูในสถานศึกษาขั้นพื้นฐานของประเทศไทย จาก 6 ภูมิภาคของประเทศไทย ได้แก่ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก ภาคตะวันตก และภาคใต้ จำนวน 399,173 คน (Office of the Basic Education Commission, 2024)

ตัวอย่างวิจัย ได้แก่ ครูในสถานศึกษาขั้นพื้นฐานของประเทศไทยจาก 6 ภูมิภาคของประเทศไทย ได้แก่ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก ภาคตะวันตก และภาคใต้ จำแนกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มครูที่สอนในโรงเรียนในอำเภอเมือง จำนวน 212 คน และกลุ่มครูที่สอนในโรงเรียนนอกอำเภอเมือง จำนวน 208 คน ที่ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (multistage random sampling) กำหนดขนาดของตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) โดยใช้สัดส่วนคือ 10:1 (ขนาดตัวอย่างต่อจำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องประมาณค่า) (Hair et al., 2010) มีจำนวนพารามิเตอร์ 18 ตัว จะได้ขนาดตัวอย่างขั้นต่ำเท่ากับ 180 คน เก็บข้อมูลเพิ่มเติมประมาณ 20% เพื่อเพิ่มความแกร่งของผลการวิจัย (Robustness) มีรายละเอียดของการสุ่มตัวอย่างดังนี้ ขั้นที่ 1 กำหนดภูมิภาคของประเทศไทยออกเป็น 6 ภูมิภาค ได้แก่ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก ภาคตะวันตก และภาคใต้ และสุ่มจังหวัด มาภูมิภาคละ 1 จังหวัด โดยใช้การสุ่มแบบชั้นภูมิ (stratified random sampling) ใช้ภูมิภาคเป็นชั้นภูมิของการสุ่ม จะได้ 6 จังหวัด ขั้นที่ 2 กำหนดอำเภอของโรงเรียนเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม 1 อำเภอเมือง และกลุ่ม 2 นอกอำเภอเมือง ผู้วิจัยสุ่มโรงเรียนตามขนาดของโรงเรียน (เล็ก กลาง ใหญ่ ใหญ่พิเศษ) มาขนาดละ 1 โรงเรียน ทั้ง 2 กลุ่ม โดยใช้การสุ่มแบบชั้นภูมิ ใช้ขนาดโรงเรียนเป็นชั้นภูมิของการสุ่ม จะได้กลุ่มละ 24 โรงเรียน และขั้นที่ 3 สุ่มครู ตามขนาดของโรงเรียนดังนี้ (เล็ก 3 คน กลาง 6 คน ใหญ่ 9 คน ใหญ่พิเศษ 18 คน) โดยใช้การสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling) จะได้จำนวนครูทั้ง 6 ภูมิภาค กลุ่มละ 216 คน ทั้งนี้ผู้วิจัยเก็บข้อมูลได้จริงจำนวน 212 คน (กลุ่มครูที่สอนในโรงเรียนในอำเภอเมือง) และ 208 คน (กลุ่มครูที่สอนในโรงเรียนนอกอำเภอเมือง)

เครื่องมือการวิจัย

เครื่องมือการวิจัยประกอบด้วย 2 ฉบับ ได้แก่ 1) แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างนิยามของตัวแปรกับข้อรายการ เพื่อใช้สำหรับตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) และ 2) ร่างเครื่องมือวัดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลสำหรับสถานศึกษาขั้นพื้นฐานในประเทศไทย มีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 56 ข้อ โดยมีรายละเอียดขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

1. ผู้วิจัยศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลสำหรับสถานศึกษาขั้นพื้นฐานตามแนวคิดของ Nguyen et al. (2023); Nguyen & Tuamsuk (2022); Tammets et al. (2022); Meepung et al. (2021); Kummanee et al. (2020); Davidson et al. (2019); Ali et al. (2017); Quaicoe et al. (2016); Reyna (2011) เพื่อนำมาสังเคราะห์เป็นองค์ประกอบและตัวบ่งชี้สำหรับการพัฒนาเป็น โมเดลการวัดซึ่งประกอบด้วย 2 องค์ประกอบ ได้แก่ องค์ประกอบที่ 1 ชุมชนการเรียนรู้ทางดิจิทัล ประกอบด้วย 4 ตัวบ่งชี้ และองค์ประกอบที่ 2 การสนับสนุนการเรียนรู้ทางดิจิทัล ประกอบด้วย 4 ตัวบ่งชี้

2. นำองค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลมานิยามตัวแปรให้ครอบคลุมทั้ง 2 องค์ประกอบ 8 ตัวบ่งชี้ เพื่อนำมาสร้างเป็นข้อรายการในเครื่องมือวัด พร้อมกับสร้างแบบประเมินความสอดคล้อง

3. นิยามตัวแปรและองค์ประกอบของระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลที่สังเคราะห์ได้ และแบบประเมินความสอดคล้อง เสนอผู้เชี่ยวชาญ ทั้ง 5 ท่าน ที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) โดยมีเกณฑ์คุณสมบัติของผู้เชี่ยวชาญดังนี้ 1) อาจารย์มหาวิทยาลัยในสาขาวิชาการวิจัย การวัดและประเมินผลทางการศึกษา ที่มีตำแหน่งทางวิชาการ จำนวน 3 คน และ 2) อาจารย์มหาวิทยาลัยในสาขาวิชาการบริหารการศึกษามีตำแหน่งทางวิชาการ จำนวน 2 คน เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างนิยามตัวแปรและข้อรายการได้ค่าดัชนีวัดความสอดคล้อง (IOC) ระหว่าง 0.80-1.00

4. ปรับแก้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งเป็นการแก้ไขเล็กน้อยในเรื่องของการใช้ภาษา จากนั้นร่างเครื่องมือวัดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลสำหรับสถานศึกษาขั้นพื้นฐานในประเทศไทย มีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า 5 ระดับ เพื่อนำไปทดลองใช้กับครูในสถานศึกษาขั้นพื้นฐานที่ไม่ใช่ตัวอย่างวิจัยจำนวน 50 คน เพื่อหาค่าอำนาจจำแนก ด้วยวิธี Item Total Correlation และหาค่าความเที่ยงโดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) ทั้งนี้พบว่า องค์ประกอบที่ 1 ชุมชนการเรียนรู้ทางดิจิทัล มีค่าอำนาจจำแนกระหว่าง .647-.807 มีค่าความเที่ยงเท่ากับ .864 และองค์ประกอบที่ 2 การสนับสนุนการเรียนรู้ทางดิจิทัล มีค่าอำนาจจำแนกระหว่าง .652-.746 มีค่าความเที่ยงเท่ากับ .853 และมีค่าความเที่ยงรวมเท่ากับ .889

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ผู้วิจัยส่งแบบประเมินความสอดคล้องด้วยตนเองต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) ใช้เวลาประมาณ 2 สัปดาห์

2. ผู้วิจัยนำร่างเครื่องมือวัดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลสำหรับสถานศึกษาขั้นพื้นฐานในประเทศไทย มาสร้างเป็นแบบประเมินออนไลน์จาก Google forms และส่งลิงค์ของร่างเครื่องมือวัดไปทาง Email, Line, QR Code และ Messenger ไปยังผู้ช่วยในการเก็บข้อมูลจากครูในสถานศึกษาขั้นพื้นฐานที่ไม่ใช่ตัวอย่างวิจัยจำนวน 50 คน ใช้เวลาประมาณ 1 เดือน

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) พิจารณาจากดัชนีวัดความสอดคล้อง (IOC) พิจารณาจากข้อรายการที่มีค่าตั้งแต่ 0.6 ขึ้นไป

2. การวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก โดยใช้สูตร item total correlation พิจารณาจากค่าเป็นบวกและมีระดับนัยสำคัญทางสถิติ

3. การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของตัวแปร ใช้สถิติเชิงบรรยาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ใช้สูตรของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's Correlation Coefficient)

5. การตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัด ใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน เพื่อตรวจสอบความตรงจากค่าสถิติวัดระดับความสอดคล้อง (Goodness of Fit Measures) (Goffin, 2007; Steiger, 2007; Schumacker & Lomax, 2010; Kelloway, 2015)

6. การหาความเที่ยงแบบสอดคล้องภายใน (internal consistency) โดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient)

ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์ความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลการวัดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลระหว่างเขตที่ตั้งของโรงเรียนในอำเภอเมืองและนอกอำเภอเมือง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ประชากรและตัวอย่างวิจัย

ประชากร คือ ครูในสถานศึกษาขั้นพื้นฐานของประเทศไทย จาก 6 ภูมิภาคของประเทศไทย ได้แก่ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก ภาคตะวันตก และภาคใต้ จำนวน 399,173 คน (Office of the Basic Education Commission, 2024)

ตัวอย่างวิจัย ได้แก่ ครูในสถานศึกษาขั้นพื้นฐานของประเทศไทยจาก 6 ภูมิภาคของประเทศไทย ได้แก่ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก ภาคตะวันตก และภาคใต้ จำแนกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มครูที่สอนอยู่ในโรงเรียนที่ตั้งในอำเภอเมือง จำนวน 212 คน และกลุ่มครูที่สอนอยู่ในโรงเรียนที่ตั้งนอกอำเภอเมือง จำนวน 208 คน รวมเป็น 420 คน ซึ่งเป็นตัวอย่างเดียวกับขั้นตอนที่ 1

เครื่องมือการวิจัย

เครื่องมือวัดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลสำหรับสถานศึกษาขั้นพื้นฐานในประเทศไทย แบ่งออกเป็น 2 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป ซึ่งเป็นแบบตรวจสอบรายการ (checklist) ถามเกี่ยวกับ เพศ ประสบการณ์ในการทำงาน ตำแหน่ง ภูมิภาคของโรงเรียน ที่ตั้งของโรงเรียน และตอนที่ 2 ระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลของสถานศึกษาตามการรับรู้ของครู มีลักษณะการตอบเป็นมาตราประมาณค่า 5 ระดับ โดยคำถามมีทั้งทางบวกและทางลบประกอบด้วย 2 องค์ประกอบ 8 ตัวบ่งชี้ จำนวน 56 ข้อ ใช้สำหรับการวิเคราะห์ความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลการวัดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลระหว่างเขตที่ตั้งของโรงเรียนในอำเภอเมืองและนอกอำเภอเมือง ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดที่ตรวจสอบคุณภาพเรียบร้อยแล้วในขั้นตอนที่ 1

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองและให้ผู้ช่วยในการเก็บข้อมูลช่วยส่งลิงค์ Email, Line, QR code และ Messenger ไปยังครูในโรงเรียนที่เป็นตัวอย่างวิจัยทั้ง 6 ภูมิภาค ตามที่กำหนดไว้ทั้ง 420 คน ใช้เวลาโดยประมาณ 2 เดือน

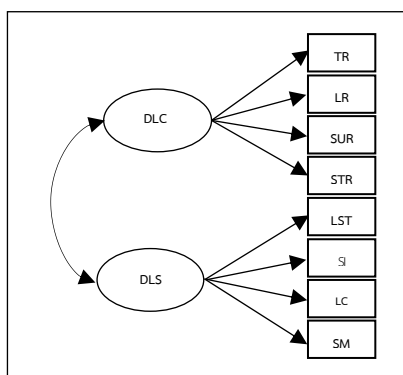
การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลการวัดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลระหว่างเขตที่ตั้งของโรงเรียนในอำเภอเมืองและนอกอำเภอเมือง ใช้การวิเคราะห์กลุ่มพหุ (Multiple groups analysis) โดยใช้โปรแกรม Mplus 7.11

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาและตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลสำหรับสถานศึกษาขั้นพื้นฐานในประเทศไทย มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1 ผลการพัฒนาโมเดลการวัดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลสำหรับสถานศึกษาขั้นพื้นฐานในประเทศไทย พบว่า โมเดลการวัดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลสำหรับสถานศึกษาขั้นพื้นฐานในประเทศไทย ที่สังเคราะห์จากแนวคิดของ Nguyen et al. (2023); Nguyen & Tuamsuk (2022); Tammets et al. (2022); Meepung et al. (2021); Kummanee et al. (2020); Davidson et al. (2019); Ali et al. (2017); Quaicoe et al. (2016); Reyna (2011) ประกอบด้วย 2 องค์ประกอบ ได้แก่ องค์ประกอบที่ 1 ชุมชนการเรียนรู้ทางดิจิทัล (DLC) ประกอบด้วย 4 ตัวบ่งชี้ ได้แก่ 1) บทบาทของครู (TR) 2) บทบาทของผู้เรียน (LR) 3) บทบาทของผู้สนับสนุน (SUR) และ 4) บทบาทของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (STR) และองค์ประกอบที่ 2 การสนับสนุนการเรียนรู้ทางดิจิทัล (DLS) ประกอบด้วย 4 ตัวบ่งชี้ ได้แก่ 1) เทคโนโลยีสนับสนุนการเรียนรู้ (LST) 2) โครงสร้างพื้นฐานของโรงเรียน (SI) 3) เนื้อหาการเรียนรู้ทางดิจิทัล (LC) และ 4) การบริหารจัดการของโรงเรียน (SM) ดังภาพ 2



ภาพที่ 2 โมเดลการวัดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลสำหรับสถานศึกษาขั้นพื้นฐานในประเทศไทย

1.2 ผลการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัล สำหรับสถานศึกษาขั้นพื้นฐานในประเทศไทย พบว่า ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มครูที่สอนอยู่ในโรงเรียนที่ตั้งในอำเภอเมือง จำนวน 212 คน และกลุ่มครูที่สอนอยู่ในโรงเรียนที่ตั้งนอกเขตอำเภอเมือง จำนวน 208 คน เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัล ด้วยการวิเคราะห์หาค่าประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis: CFA) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ของกลุ่มครูที่สอนอยู่ในโรงเรียนที่ตั้งในอำเภอเมือง มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันของตัวแปรสังเกตได้ 8 ตัว รวม 28 คู่ มีค่าอยู่ระหว่าง .310 - .793 มีความสัมพันธ์ในทิศทางบวกและมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกคู่ และกลุ่มครูที่สอนอยู่ในโรงเรียนที่ตั้งนอกเขตอำเภอเมือง มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันอยู่ระหว่าง .350 - .780 มีความสัมพันธ์ในทิศทางบวก และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกคู่ ทั้งนี้ผลการทดสอบ Bartlett's test มีนัยสำคัญทางสถิติทั้ง 2 กลุ่ม แสดงว่า ข้อมูลไม่เป็นเมทริกซ์เอกพันธ์ และค่า KMO เท่ากับ .907 (ในอำเภอเมือง) และ .893 (นอกอำเภอเมือง) ซึ่งเข้าใกล้ 1 แสดงว่า ข้อมูลมีความเหมาะสมที่จะใช้ในการวิเคราะห์หาค่าประกอบต่อไป

ผลการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัล สำหรับสถานศึกษาขั้นพื้นฐานในประเทศไทย มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) โมเดลการวัดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัล (ในอำเภอเมือง) มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ พิจารณาจากค่าไค-สแควร์ $((17, n = 212) = 23.385, \chi^2/df = 1.376, p = .137, CFI = .994, TLI = .990, RMSEA = .042, SRMR = .027)$ p -value มีค่ามากกว่า .05 แสดงว่า โมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ค่าน้ำหนักองค์ประกอบมีค่า .571 ถึง .898 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกตัว ซึ่งสรุปได้ว่า ตัวบ่งชี้ทั้ง 8 ตัว มีความตรงเชิงโครงสร้าง และสัดส่วนความแปรปรวนที่อธิบายได้ด้วยองค์ประกอบแต่ละตัวบ่งชี้มีค่าร้อยละ 32.6 ถึง 80.6 เมื่อพิจารณาเป็นรายองค์ประกอบพบว่า องค์ประกอบ 1 ขุมชนการเรียนรู้ทางดิจิทัล ประกอบด้วยตัวบ่งชี้ 4 ตัว มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวบ่งชี้ ตั้งแต่ .687 ถึง .898 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกตัว มีสัดส่วนความแปรปรวนที่อธิบายได้ด้วยองค์ประกอบแต่ละตัวบ่งชี้มีค่าร้อยละร้อยละ 47.2 ถึง 80.6 และองค์ประกอบ 2 การสนับสนุนการเรียนรู้ทางดิจิทัล ประกอบด้วยตัวบ่งชี้ 4 ตัว มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบของ ตัวบ่งชี้ตั้งแต่ .571 ถึง .829 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกตัว มีสัดส่วนความแปรปรวนที่อธิบายได้ด้วยองค์ประกอบแต่ละตัวบ่งชี้มีค่าร้อยละ 32.6 ถึง 68.7 ดังตาราง 2

(2) โมเดลการวัดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัล (นอกอำเภอเมือง) มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ พิจารณาจากค่าไค-สแควร์ $((17, n = 208) = 24.617, \chi^2/df = 1.448, p = .104, CFI = .993, TLI = .989, RMSEA = .046, SRMR = .028)$ p -value มีค่ามากกว่า .05 แสดงว่า โมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ค่าน้ำหนักองค์ประกอบมีค่า .612 ถึง .885 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกตัว ซึ่งสรุป

ได้ว่า ตัวบ่งชี้ทั้ง 8 ตัว มีความตรงเชิงโครงสร้าง และสัดส่วนความแปรปรวนที่อธิบายได้ด้วยองค์ประกอบแต่ละตัวบ่งชี้มีค่าร้อยละ 37.5 ถึง 78.4 เมื่อพิจารณาเป็นรายองค์ประกอบพบว่า องค์ประกอบ 1 ชุมชนการเรียนรู้ทางดิจิทัล ประกอบด้วยตัวบ่งชี้ 4 ตัว มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวบ่งชี้ ตั้งแต่ .774 ถึง .866 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกตัว มีสัดส่วนความแปรปรวนที่อธิบายได้ด้วยองค์ประกอบแต่ละตัวบ่งชี้มีค่าร้อยละ 55.4 ถึง 75.0 และองค์ประกอบ 2 การสนับสนุนการเรียนรู้ทางดิจิทัล ประกอบด้วยตัวบ่งชี้ 4 ตัว มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบของ ตัวบ่งชี้ตั้งแต่ .612 ถึง .885 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกตัว มีสัดส่วนความแปรปรวนที่อธิบายได้ด้วยองค์ประกอบแต่ละตัวบ่งชี้มีค่าร้อยละ 37.5 ถึง 78.4 ดังตาราง 2

ตารางที่ 2 ผลการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลสำหรับสถานศึกษาขั้นพื้นฐานในประเทศไทยจำแนกตามเขตที่ตั้งของโรงเรียน

ตัวแปร	กลุ่มครูที่สอนในโรงเรียน ในอำเภอเมือง				กลุ่มครูที่สอนในโรงเรียน นอกอำเภอเมือง			
	<i>B</i>	<i>SE</i>	<i>t</i>	<i>R</i> ²	<i>B</i>	<i>SE</i>	<i>t</i>	<i>R</i> ²
องค์ประกอบที่ 1 ชุมชนการเรียนรู้ทางดิจิทัล								
บทบาทของครู	0.687	0.040	17.086	0.472	0.744	0.035	21.094	0.554
บทบาทของผู้เรียน	0.842	0.024	34.750	0.708	0.866	0.023	38.166	0.750
บทบาทของผู้สนับสนุน	0.898	0.019	48.424	0.806	0.861	0.023	37.336	0.741
บทบาทของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย	0.861	0.022	38.920	0.742	0.835	0.026	32.176	0.697
องค์ประกอบที่ 2 การสนับสนุนการเรียนรู้ทางดิจิทัล								
เทคโนโลยีสนับสนุนการเรียนรู้	0.829	0.028	29.682	0.687	0.885	0.022	39.551	0.784
โครงสร้างพื้นฐานของโรงเรียน	0.794	0.032	25.200	0.631	0.786	0.032	24.781	0.618
เนื้อหาการเรียนรู้ทางดิจิทัล	0.819	0.029	28.325	0.671	0.864	0.024	36.015	0.747
การบริหารจัดการของโรงเรียน	0.571	0.051	11.171	0.326	0.612	0.049	12.464	0.375
ดัชนีวัดความสอดคล้องกลมกลืน	χ^2 (17, n = 212) = 23.385, χ^2/df = 1.376, p = .137, CFI = .994, TLI = .990, RMSEA = .042, SRMR = .027)				χ^2 (17, n = 208) = 24.617, χ^2/df = 1.448, p = .104, CFI = .993, TLI = .989, RMSEA = .046, SRMR = .028)			

2. ผลการวิเคราะห์ความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลการวัดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลระหว่างเขตที่ตั้งของโรงเรียนในอำเภอเมืองและนอกอำเภอเมือง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลการวัดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลระหว่างเขตที่ตั้งของโรงเรียนในอำเภอเมืองและนอกอำเภอเมือง ด้วยวิธีการประมาณค่าความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Estimation) ผู้วิจัยทำการทดสอบ 4 การทดสอบ ประกอบด้วย 1) การทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของรูปแบบโมเดล (Configural invariance model) 2) การทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดล เมื่อกำหนดให้ค่าน้ำหนักองค์ประกอบไม่แปรเปลี่ยน (Metric invariance model) 3) การทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดล เมื่อกำหนดให้ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ และจุดตัดแกนไม่แปรเปลี่ยน (Scalar invariance model) และ 4) การทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดล เมื่อกำหนดให้ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ จุดตัดแกน และความคลาดเคลื่อนในการวัดข้ามกลุ่มไม่แปรเปลี่ยน (Error variance invariance model) ผลการทดสอบมีรายละเอียดดังนี้

1) ผลการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของรูปแบบโมเดลการวัดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลระหว่างเขตที่ตั้งของโรงเรียนในอำเภอเมืองและนอกอำเภอเมือง พบว่า ไค-สแควร์ $((34, n = 420) = 46.221, \chi^2/df = 1.359, p = .079, CFI = .994, TLI = .991, RMSEA = .041, SRMR = .028)$ p-value มีค่ามากกว่า .05 แสดงว่า โมเดลการวัดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลมีความไม่แปรเปลี่ยนของรูปแบบโมเดลตามเขตที่ตั้งของโรงเรียนในอำเภอเมืองและนอกอำเภอเมือง

2) ผลการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลการวัดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลระหว่างเขตที่ตั้งของโรงเรียนในอำเภอเมืองและนอกอำเภอเมือง เมื่อกำหนดให้ค่าน้ำหนักองค์ประกอบไม่แปรเปลี่ยน พบว่า ไค-สแควร์ $((40, n = 420) = 52.874, \chi^2/df = 1.322, p = .084, CFI = .994, TLI = .992, RMSEA = .039, SRMR = .037)$ นอกจากนี้ความแตกต่างของค่า χ^2 ระหว่างการทดสอบที่ 2 และ 1 พบว่า $\Delta \chi^2_{2-1} = 6.653$ ที่ $\Delta df_{2-1} = 6$ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤติ (วิกฤติ = 12.592) แสดงว่า โมเดลการวัดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบไม่แปรเปลี่ยนระหว่างเขตที่ตั้งของโรงเรียนในอำเภอเมืองและนอกอำเภอเมือง

3) ผลการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลการวัดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลระหว่างเขตที่ตั้งของโรงเรียนในอำเภอเมืองและนอกอำเภอเมือง เมื่อกำหนดให้ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ และจุดตัดแกนไม่แปรเปลี่ยน พบว่า ไค-สแควร์ $((44, n = 420) = 53.292, \chi^2/df = 1.211, p = .159, CFI = .996, TLI = .995, RMSEA = .032, SRMR = .050)$ นอกจากนี้ความแตกต่างของค่า χ^2 ระหว่างการทดสอบที่ 3 และ 2 พบว่า $\Delta \chi^2_{3-2} = 0.418$ ที่ $\Delta df_{3-2} = 4$ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤติ (วิกฤติ = 9.488) แสดงว่า โมเดลการวัดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบและจุดตัดแกนไม่แปรเปลี่ยนระหว่างเขตที่ตั้งของโรงเรียนในอำเภอเมืองและนอกอำเภอเมือง

4) ผลการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลการวัดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลระหว่างเขตที่ตั้งของโรงเรียนในอำเภอเมืองและนอกอำเภอเมือง เมื่อกำหนดให้ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ จุดตัดแกน และความคลาดเคลื่อนในการวัดข้ามกลุ่มไม่แปรเปลี่ยน พบว่า ไค-สแควร์ $((56, n = 420) = 85.839, \chi^2/df = 1.533, p = .006, CFI = .986, TLI = .986, RMSEA = .050, SRMR = .053)$ นอกจากนี้ความแตกต่างของค่า χ^2 ระหว่างการทดสอบที่ 4 และ 3 พบว่า $\Delta\chi^2_{4-3} = 32.547$ ที่ $\Delta df_{4-3} = 12$ ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าวิกฤติ (วิกฤติ = 21.026) แสดงว่า โมเดลการวัดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบ จุดตัดแกน และความคลาดเคลื่อนในการวัดข้ามกลุ่มแปรเปลี่ยนระหว่างเขตที่ตั้งของโรงเรียนในอำเภอเมืองและนอกอำเภอเมือง ดังตาราง 3

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลการวัดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลสำหรับสถานศึกษาขั้นพื้นฐานในประเทศไทยระหว่างเขตที่ตั้งของโรงเรียนในอำเภอเมืองและนอกอำเภอเมือง

โมเดลของการทดสอบ	χ^2	df	χ^2/df	p	CFI	TLI	RMSEA	SRMR
1. Configural invariance model	46.221	34	1.359	.079	.994	.991	.041	.028
2. Metric invariance model	52.874	40	1.322	.084	.994	.992	.039	.037
3. Scalar invariance model	53.292	44	1.211	.159	.996	.995	.032	.050
4. Error variance invariance model	85.839	56	1.533	.006	.986	.986	.050	.053

อภิปรายผลการวิจัย

1. การพัฒนาและตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลสำหรับสถานศึกษาขั้นพื้นฐานในประเทศไทย

โมเดลการวัดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลสำหรับสถานศึกษาขั้นพื้นฐานในประเทศไทย ประกอบด้วย 2 องค์ประกอบ 8 ตัวบ่งชี้ ได้แก่ องค์ประกอบที่ 1 ชุมชนการเรียนรู้ทางดิจิทัล ประกอบด้วย 4 ตัวบ่งชี้ ได้แก่ 1) บทบาทของครู 2) บทบาทของผู้เรียน 3) บทบาทของผู้สนับสนุน และ 4) บทบาทของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และองค์ประกอบที่ 2 การสนับสนุนการเรียนรู้ทางดิจิทัล ประกอบด้วย 4 ตัวบ่งชี้ ได้แก่ 1) เทคโนโลยีสนับสนุนการเรียนรู้ 2) โครงสร้างพื้นฐานของโรงเรียน 3) เนื้อหาการเรียนรู้ทางดิจิทัล และ 4) การบริหารจัดการของโรงเรียน ได้จากการสังเคราะห์ตามแนวคิดของ Nguyen et al. (2023); Nguyen & Tuamsuk (2022); Tammets et al. (2022); Meepung et al. (2021); Kummanee et al. (2020); Davidson et al. (2019); Ali et al. (2017); Quaicoe et al. (2016); Reyna (2011) สอดคล้องกับผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาที่มีค่าดัชนีวัดความสอดคล้อง (IOC) ระหว่าง 0.80-1.00 มีค่าอำนาจจำแนกระหว่าง .647-.807 (ด้านการสนับสนุนการเรียนรู้ทางดิจิทัล) และ .652-.746 (การสนับสนุนการเรียนรู้ทางดิจิทัล) ซึ่งมีค่าเป็นบวกและมีนัยสำคัญทางสถิติทุกตัว มีค่าความเที่ยงเท่ากับ .864 และ .853 (ค่าความเที่ยงรวม = .889) ซึ่งอยู่ในระดับสูง และมีความตรงเชิงโครงสร้างพิจารณาจากโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ และค่าน้ำหนักองค์ประกอบ

ของตัวบ่งชี้ทุกตัวมีค่าเป็นบวก มีค่าตั้งแต่ .571 - .898 (โรงเรียนในอำเภอเมือง) และ .612 - .885 (โรงเรียนนอกอำเภอเมือง) และมีนัยสำคัญทางสถิติทุกข้อ จึงสามารถสรุปได้ว่า ตัวบ่งชี้ทั้ง 8 ตัว มีความเหมาะสมในการเป็นตัวบ่งชี้ของทั้ง 2 องค์ประกอบสำหรับการวัดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลสำหรับสถานศึกษาขั้นพื้นฐานในประเทศไทย สอดคล้องกับ Kanchanawasi (2013) ที่กล่าวว่า การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันเป็นการแสดงหลักฐานความตรงเชิงโครงสร้าง โดยหลักฐานที่แสดงนั้น เป็นการตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ซึ่งเป็นหลักฐานสำหรับยืนยันองค์ประกอบของคุณลักษณะที่ต้องการวัดในโมเดล อย่างไรก็ตามมีข้อสังเกตว่า ตัวบ่งชี้บางตัวมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบต่ำเมื่อเทียบกับตัวบ่งชี้ตัวอื่น ซึ่งทำให้ค่าร้อยละของความแปรปรวนที่อธิบายร่วมกับองค์ประกอบนั้นมีค่าต่ำเช่นเดียวกัน เมื่อพิจารณาพบว่า ข้อรายการสำหรับการวัดตัวบ่งชี้นี้มีข้อรายการที่เป็นเชิงลบ ผู้วิจัยตั้งข้อสังเกตว่า ข้อรายการดังกล่าวอาจทำให้ผู้ตอบมีโอกาสในการตีความที่คลาดเคลื่อน หรืออาจเกิดจากการอ่านข้อรายการที่ไม่ละเอียดเพียงพอ จึงอาจทำให้ผลการตอบไม่ตรงกับความเป็นจริง ดังนั้นผู้ที่จะนำข้อรายการของการวัดตัวบ่งชี้ไปใช้ควรพึงระวังในส่วนนี้ด้วย

2. การวิเคราะห์ความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลการวัดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลสำหรับสถานศึกษาขั้นพื้นฐานในประเทศไทยระหว่างเขตที่ตั้งของโรงเรียนในอำเภอเมืองและนอกอำเภอเมือง

การทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลการวัดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลระหว่างเขตที่ตั้งของโรงเรียนในอำเภอเมืองและนอกอำเภอเมือง ด้วยวิธีการประมาณค่าความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Estimation) จำนวน 4 การทดสอบ ประกอบด้วย 1) การทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของรูปแบบโมเดล (Configural invariance model) 2) การทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดล เมื่อกำหนดให้ค่าน้ำหนักองค์ประกอบไม่แปรเปลี่ยน (Metric invariance model) 3) การทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดล เมื่อกำหนดให้ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ และจุดตัดแกนไม่แปรเปลี่ยน (Scalar invariance model) และ 4) การทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดล เมื่อกำหนดให้ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ จุดตัดแกน และความคลาดเคลื่อนในการวัดข้ามกลุ่มไม่แปรเปลี่ยน (Error variance invariance model) พบว่า รูปแบบของโมเดลการวัด ค่าพารามิเตอร์ของน้ำหนักองค์ประกอบ และค่าเฉลี่ยจุดตัดแกนของตัวบ่งชี้ของโมเดลการวัดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลสำหรับสถานศึกษาขั้นพื้นฐานในประเทศไทยระหว่างเขตที่ตั้งของโรงเรียนในอำเภอเมืองและนอกอำเภอเมืองมีความไม่แปรเปลี่ยน แสดงว่า ประเด็นที่หนึ่ง ครูทั้งในและนอกเขตอำเภอเมืองมีความเข้าใจ โครงสร้างของระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลในลักษณะเดียวกัน นั้นหมายความว่า องค์ประกอบหลักของระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลมีความเป็นสากล สามารถใช้วัดข้ามบริบทพื้นที่ได้ ประเด็นที่สอง ความไม่แปรเปลี่ยนของน้ำหนักองค์ประกอบสะท้อนว่า ตัวบ่งชี้แต่ละตัวมีความสำคัญต่อองค์ประกอบในระดับที่ใกล้เคียงกันระหว่างสองพื้นที่ และประเด็นที่สาม ความไม่แปรเปลี่ยนของจุดตัดแกนแสดงว่า ระดับพื้นฐาน (baseline) ของตัวบ่งชี้แต่ละตัวไม่แตกต่างกันระหว่างพื้นที่ สอดคล้องกับ Ungsuchote et al. (2014) และ Wang and Wang (2020) ได้กล่าวว่า การตรวจสอบความไม่แปรเปลี่ยน

ของโมเดลโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์กลุ่มพหุจะช่วยให้ผู้วิจัยแน่ใจว่า ความแตกต่างที่เกิดขึ้นระหว่างตัวแปรจัดประเภท (categorical variable) นั้นไม่ใช่เกิดจากความบกพร่องของโมเดลการวัดในการวิจัย เพราะฉะนั้น โมเดลการวัดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ในการวัดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลของสถานศึกษาขั้นพื้นฐานในประเทศไทยได้ทั้งโรงเรียนในอำเภอเมืองและนอกอำเภอเมือง ทั้งนี้มีประเด็นที่น่าสังเกตคือ เมื่อมีการบังคับค่าความคลาดเคลื่อนของโมเดลการวัดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลทั้งสองกลุ่มให้เท่ากัน ทำให้ผลการทดสอบมีความแปรเปลี่ยน ซึ่งผลการทดสอบที่มีความแปรเปลี่ยนนี้เกิดจากความคลาดเคลื่อนของทั้ง 2 กลุ่มแตกต่างกัน โดยที่ความแตกต่างอาจเนื่องมาจากปัจจัยอื่นที่ส่งผลให้การที่อยู่ในโรงเรียนในเขตพื้นที่ต่างกันทำให้ระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลตามการรับรู้ของครูแตกต่างกัน เพราะเมื่อบังคับค่าความคลาดเคลื่อนแล้วพบว่า โมเดลการวัดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลมีความแปรเปลี่ยน ทั้งนี้การวิจัยในครั้งนี้แสดงให้เห็นประโยชน์ของการวิเคราะห์กลุ่มพหุที่ตรวจสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลการวัดระหว่างเขตที่ตั้งของโรงเรียนที่แตกต่างกันว่า องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ในการวัดจะมีความแตกต่างกันหรือไม่ ดังนั้นควรมีการตรวจสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลก่อนการตัดสินใจว่า ผู้วิจัยจะวิเคราะห์ข้อมูลจากประชากรร่วมกันหรือวิเคราะห์แยกตามคุณลักษณะย่อยของประชากร เพื่อให้การวัดมีความเหมาะสมกับบริบทของแต่ละกลุ่มของประชากรมากยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะทั่วไป

1. องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลสำหรับสถานศึกษาขั้นพื้นฐานในประเทศไทย ผู้บริหารหรือผู้มีส่วนเกี่ยวข้องสามารถนำไปใช้ในการวัดระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลทั้งโรงเรียนในอำเภอเมืองและนอกอำเภอเมือง อันเนื่องมาจากผลการวิเคราะห์ของรูปแบบของโมเดลการวัดมีความไม่แปรเปลี่ยน
2. การนำตัวบ่งชี้ของระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลสำหรับสถานศึกษาขั้นพื้นฐานในประเทศไทยไปใช้ มีข้อควรระวังบางประการ เนื่องจากข้อรายการของตัวบ่งชี้บางตัวมีข้อรายการบางข้อที่เป็นข้อคำถามเชิงลบ ผู้ที่นำข้อบ่งชี้ไปใช้ควรมีการชี้แจงรายละเอียดของข้อรายการให้กับผู้ตอบ เพื่อลดการตีความหมายข้อรายการผิดพลาด และทำให้ผลการวัดมีความตรงมากที่สุด

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. การวิจัยในครั้งนี้ได้พัฒนาองค์ประกอบและตัวบ่งชี้ระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลสำหรับสถานศึกษาขั้นพื้นฐานในประเทศไทย การวิจัยครั้งต่อไปควรจะศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลสำหรับสถานศึกษาขั้นพื้นฐานในประเทศไทย เพื่อทำให้ทราบตัวแปรหรือสารสนเทศในการพัฒนาระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลสำหรับสถานศึกษาขั้นพื้นฐานในประเทศไทยต่อไป
2. การวิจัยครั้งต่อไปควรจะพัฒนาเครื่องมือวัดและเกณฑ์การประเมินระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลของสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน เพื่อให้ได้ข้อมูลสารสนเทศของการประเมินระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัล

ซึ่งผลที่ได้ของการประเมินจะเป็นข้อมูลที่สำคัญสำหรับการวางแผนและพัฒนาระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลสำหรับสถานศึกษาต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- Ali, B. A. M., Majd, S., Marie-Helene, A. & Elsa, N. (2017). Recommendation of Pedagogical Resources within a Learning Ecosystem. In 9th *International Conference on Management of Digital EcoSystems, Bangkok, Thailand*. (pp. 14–21). Bangkok: The Berkeley Hotel.
- Byrne, B. M. (2016). *Structural Equation Modeling With AMOS: Basic Concepts, Applications, and Programming*. (3rd ed.). New York: Routledge.
- Davidson, P., Roslan, S., Omar, Z., Abdullah, M. C., Looi, S. Y., Neik, T. T. X. & Yong, B. (2019). Validation of Competing Structural Models of Inter-Relationships in the Teaching-Learning Ecosystem for Two Malaysian STEM courses. *Asia Pacific Education Review*, 20(1), 15–36.
- Goffin, R. D. (2007). Assessing the Adequacy of Structural Equation Model: Golden Rules and Editorial Policy. *Personality and Individual Differences*, 42, 831-839.
- Hair, J. F., Anderson, R. E., Babin, B. J. & Black, W. C. (2010). *Multivariate Data Analysis: A Global Perspective*, vol. 7. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Education.
- Hoel, T. & Mason, J. (2018). Standards for Smart Education-Towards a Development Framework. *Smart Learning Environments*, 5(1), 1-25.
- Kanchanawasi, S. (2013). *Classical Test Theory*. (7th ed.). Bangkok: Chulalongkorn University Printing Press.
- Kelloway, E. K. (2015). *Using Mplus for Structural Equation Modeling; a Researcher's Guide*. California: Sage Publications.
- Kummanee, J., Nilsook, P. & Wannapiroon, P. (2020). Digital Learning Ecosystem Involving STEAM Gamification for a Vocational Innovator. *International Journal of Information and Education Technology*, 10(7), 533-539.
- Laanpere, M., Pata, K., Normak, P. & Poldoja, H. (2014). Pedagogy-Driven Design of Digital Learning Ecosystems. *Computer Science and Information Systems*, 11(1), 419-442.
- Maneehad, S. & Wannapiroon, P. (2019). A Digital Learning Ecosystem with Artificial Intelligence for Smart Learning. *Journal of Education Naresuan University*, 21(2), 359-373. (In Thai).
- Meepung, T., Pratsri, S. & Nilsook, P. (2021). Interactive Tool in Digital Learning Ecosystem for Adaptive Online Learning Performance. *Higher Education Studies*, 11(3), 70-77.
- Ministry of Education. (2020). *The 12th Educational Development Plan of the Ministry of Education (2017-2021)*. Bangkok: Office of Policy and Strategy, Office of the Permanent Secretary for Education.

- Nguyen, L. T. & Tuamsuk, K. (2022). Digital Learning Ecosystem at Educational Institutions: A Content Analysis of Scholarly Discourse. *Cogent Education*, 9(1), 1-17.
- Nguyen, L. T., Kanjug, I., Lowatcharin, G., Manakul, T., Poonpon, K., Sarakorn, W., Somabut, A., Srisawasdi, N., Traiyarach, S. & Tuamsuk, K. (2023). Digital Learning Ecosystem for Classroom Teaching in Thailand High Schools. *SAGE Open*, 13(1), 1-14.
- OECD. (2019). *OECD Future of Education and Skills 2030: OECD Learning Compass 2030*. Paris: OECD Publishing.
- Office of the Basic Education Commission. (2024). *Educational Statistics for Academic Year 2022*. Retrieved June 25, 2024, from <http://www.bopp.go.th/>
- Office of the Education Council. (2017). *National Education Plan 2017-2036*. Bangkok: Office of the Education Council.
- Quaicoe, J. S., Pata, K. & Jeladze, E. (2016). Digital learning ecosystem services and educational change in Ghana's basic schools. In L. G. Chova, A. L. Martinez, & I. C. Torress (Eds.), *EDULEARN 16 Proceedings, 8th Annual International Conference on Education and New Learning Technologies*, 4th-6th July (pp. 4887-4895). Barcelona: IATED Academy.
- Reimers, F. M., & Chung, C. K. (2016). *Teaching and Learning for the Twenty-First Century*. Cambridge, Massachusetts: Harvard Education Press.
- Reyna, J. (2011). Digital Teaching and Learning Ecosystem (DTLE): A Theoretical Approach for Online Learning Environments. In G. Williams, P. Statham, N. Brown & B. Cleland (Eds.), *Changing demands, changing directions. Proceedings ascilite Hobart 2011*. (pp. 1083-1088).
- Rinthaisong, I. (2022). *Structure Equation Modeling for Behavioral and Social Science Research*. Songkhla: Neopoint Company.
- Schumacker, R. E. & Lomax, R. G., (2010). *A Beginner's Guide to Structural Equation Modeling*. (3rd ed.). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Schwab, K. & Davis, N. (2018). *Shaping the Fourth Industrial Revolution*. Geneva: World Economic Forum.
- Spante, M., Hashemi, S. S., Lundin, M. & Algers, A. (2018). Digital Competence and Digital Literacy in Higher Education Research: Systematic Review of Concept Use. *Cogent Education*, 5(1), 1-21.
- Steiger, J. H. (2007). Understanding the Limitation of Global Fit Assessment in Structural Equation Modeling. *Personality and Individual Differences*, 42, 893-898.
- Tammets, K., Khulbe, M., Sillat, L. H. & Ley, T. (2022). A Digital Learning Ecosystem to Scaffold Teachers' Learning. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 15(5), 620-633.

- Ungsuchote, S., Wijitwanna, S. & Pinyopanuwat, R. (2014). *Statistical Analysis for Research in Social Sciences and Behavioral Sciences: Techniques for Using LISREL Program*. (4th ed.). Bangkok: Charoen Dee Munkhong Printing.
- Wang, J. & Wang, X. (2020). *Structural Equation Modeling Applications Using Mplus*. (2nd ed.). New York: Wiley & Sons.
- Wiratchai, N. (2011). Test of Measurement Invariance Across Measured Groups Using Structural Equation Model Analysis. *Journal of Research and Curriculum Development*, 1(1), 69-80. (In Thai).
- World Economic Forum. (2020). *The Future of Jobs Report 2020*. Geneva: World Economic Forum.
- Xu, H. & Tracey, T. J. (2017). Use of Multi-Group Confirmatory Factor Analysis in Examining Measurement Invariance in Counseling Psychology Research. *The European Journal of Counselling Psychology*, 6(1), 75-82.
