Journal of Information and Learning
Volume 37, Issue 1, January - April, 2026 ■ e280652
E-ISSN 2730-2202 ■ https://so04.tci-thaijo.org/index.php/jil

Research Article

A Synthesis of Teaching Methods Affecting Mathematics Achievement: Meta-Analysis and Network Meta-Analysis

การสังเคราะห์วิธีการสอนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์: การวิเคราะห์อภิมานและการวิเคราะห์อภิมานเครือข่าย

Theerayuth Phiriyaarayakul[1], Nattapon Arnantanasan[2], and Sakulkarn Waleeittipat[3*]

ธีรยุทธ พิริยะอารยะกูล[1], ณัฐพล อนันต์ธนสาร[2], และ สกุลกาญจน์ วลีอิทธิภัสร์[3*]

[1]*Graduate School, Rattana Bundit University, Bangkok 10240, Thailand*

[1]*บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยรัตนบัณฑิต กรุงเทพมหานคร 10240 ประเทศไทย*

[2]*Independent Researcher, Bangkok 10900, Thailand*

[2]*นักวิจัยอิสระ กรุงเทพมหานคร 10900 ประเทศไทย*

[3]*Technical Education Program, Faculty of Technical Education, Rajamangala University of Technology Krungthep, Bangkok 10120, Thailand*

[3]*สาขาวิชาเทคนิคศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ, กรุงเทพมหานคร 10120, ประเทศไทย*

*Corresponding author: sakulkarn.w@mail.rmutk.ac.th

Received June 30, 2025 ■ Revised October 19, 2025 ■ Accepted November 13, 2025 ■ Published April 7, 2026

Abstract

The study aimed to analyze the overall effect size of the teaching methods on mathematics achievement and to compare the effect sizes of different teaching methods on mathematics achievement. The meta-analysis included 44 research studies: 23 studies retrieved from the TCI 1 database and 21 studies from the SCOPUS database, all meeting the inclusion criteria. Data were analyzed using of the effect size, homogeneity analysis, meta-analysis, subgroup analysis, and network meta-analysis. The results revealed that the overall effect size of teaching methods on mathematics achievement was 0.26 (95% CI [0.18, 0.33]). The effect sizes of the teaching methods differed significantly ($Q(93) = 364.473$, $p < .001$, $I^2 = 76.69\%$). Besides, the subgroup analysis indicated that technology-based research was a significant moderator of the effect sizes of teaching methods. It is also found that, the network meta-analysis comparing effect sizes across different teaching methods revealed that cooperative learning had the largest overall difference in effect size compared with traditional instruction (0.86, 95% CI [0.70, 1.03]).

Keywords: meta-analysis, network meta-analysis, mathematics teaching methods, mathematics achievement

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ขนาดอิทธิพลในภาพรวมของวิธีการสอนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และเพื่อเปรียบเทียบขนาดอิทธิพลของวิธีการสอนแบบต่าง ๆ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ การวิเคราะห์อภิมานนี้ได้ตัวอย่างจำนวน 44 งานวิจัย ตัวอย่างวิจัยได้แก่ งานวิจัยที่ใช้กลยุทธ์การค้นหาและผ่านเกณฑ์การคัดเข้าจากฐานข้อมูล TCI 1 จำนวน 23 งานวิจัย และจากฐานข้อมูล SCOPUS จำนวน 21 งานวิจัย วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์ขนาดอิทธิพล การวิเคราะห์ความเป็นเอกพันธ์ การวิเคราะห์อภิมาน การวิเคราะห์กลุ่มย่อย และการวิเคราะห์อภิมานเครือข่าย ผลการวิจัย พบว่า ขนาดอิทธิพลของวิธีการสอนแบบต่าง ๆ ในภาพรวมมีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เท่ากับ 0.26, 95%CI [0.18, 0.33] ขนาดอิทธิพลของวิธีการสอนแบบต่าง ๆ ที่นำมาวิเคราะห์ทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($Q(df = 93) = 364.473$, $p < .001$, $I^2 = 76.69\%$) ผลการวิเคราะห์กลุ่มย่อย พบว่า คุณลักษณะของงานวิจัยที่ส่งผลให้ขนาดอิทธิพลของวิธีการสอนแตกต่างกัน คือ การใช้เทคโนโลยีเป็นฐาน นอกจากนี้ ผลการเปรียบเทียบขนาดอิทธิพลของวิธีการสอนแบบต่าง ๆ ด้วยการวิเคราะห์อภิมานเครือข่าย พบว่า วิธีการสอนแบบร่วมมือมีผลต่างของขนาดอิทธิพลโดยรวมจากวิธีการสอนแบบดั้งเดิมมากที่สุด (0.86, 95% CI [0.70, 1.03])

คำสำคัญ: การวิเคราะห์อภิมาน, การวิเคราะห์อภิมานเครือข่าย, วิธีการสอนคณิตศาสตร์, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

บทนำ (Introduction)

คณิตศาสตร์เป็นฐานความรู้ที่ผู้คนนำไปใช้งานและใช้ในชีวิตประจำวัน รวมทั้งผู้คนสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปต่อยอดความรู้ ในแขนงวิชาอื่น ๆ นอกจากนี้ คณิตศาสตร์ทำให้ผู้เรียนจัดระเบียบความคิดตนเองได้ คิดหาเหตุผลได้ และมีทักษะการแก้ปัญหาที่ต้องเผชิญ (OECD., 2018) คณิตศาสตร์จึงนับว่าเป็นสิ่งสำคัญที่ผู้เรียนควรรู้และนำไปใช้งานได้จริง ด้วยการแปลงปัญหาเป็นประโยคสัญลักษณ์ แบบรูป และภาพให้จับต้องได้อย่างเป็นรูปธรรม ดังนั้น นักการศึกษาทุกคนต่างมุ่งหวังให้ผู้เรียนบรรลุถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ที่เป็นเป้าหมายสูงสุด (Lee et al., 2018) แม้วิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีความสำคัญเป็นอย่างมาก แต่อย่างไรก็ตามนักเรียนจำนวนมากมักเกิดความคิดที่ว่าคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่เรียนรู้ได้ยากก่อนที่จะเข้าใจถึงแก่นสาระที่ได้จากวิชานี้ เหตุเกิดจากนักเรียนขาดแรงจูงใจและมีเจตคติต่อวิชานี้ไม่ค่อยดีมากนัก (Higgins et al., 2019) รวมทั้งเมื่อพิจารณาคะแนนการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) ขององค์การเพื่อความร่วมมือและการพัฒนาทางเศรษฐกิจ (OECD.) ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2000 จะเห็นได้ว่า ประเทศไทยถูกจัดอยู่ในกลุ่มประเทศที่มีคะแนนต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยของประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกตลอดมา (OECD., 2019a; 2019b) ซึ่งคะแนนเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์

ของประเทศไทยลดลงอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี ค.ศ. 2012–2022 โดยมีแนวโน้มลดลงถึง 30 คะแนน (OECD., 2023) นักวิจัยและนักวิชาการด้านการศึกษาจึงต่างมุ่งเป้าที่จะค้นหาวิธีการสอนที่สามารถปรับปรุงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แต่เนื่องจากปรากฏงานวิจัยดังกล่าวเป็นจำนวนมากจึงจำเป็นต้องอาศัยวิธีการวิเคราะห์หรือวิธีการสังเคราะห์ที่รวบรวมผลการวิจัย ดังนั้น การวิเคราะห์อภิมานจึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการสังเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวมาใช้ตัดสินใจเลือกวิธีการสอน

การวิเคราะห์อภิมาน (Meta-analysis) เป็นวิธีวิทยาการวิจัยสำหรับสังเคราะห์งานวิจัยจำนวนมากด้วยการประมาณค่าขนาดอิทธิพลของตัวแทรกแซง (Intervention) เพื่อค้นหา คัดสรรและตัดสินใจเลือกใช้ตัวแทรกแซงที่มีประสิทธิภาพด้วยหลักฐานที่น่าเชื่อถือ (Cooper & Hedges, 2009) แต่อย่างไรก็ตาม นักวิจัยยังคงต้องการขยายขอบเขตการเปรียบเทียบประสิทธิภาพตัวแทรกแซง ทั้งเปรียบเทียบกับตัวแทรกแซงประเภทเดียวกันและเปรียบเทียบกับตัวแทรกแซงที่มีความแตกต่างกัน ต่อมาจึงเกิดการวิเคราะห์อภิมานเครือข่าย (Network meta-analysis) ที่วิเคราะห์ผลได้พร้อมกันทั้งการเปรียบเทียบทางตรงระหว่างวิธีการสอน (แบบรายคู่) และเปรียบเทียบทางอ้อมโดยประมาณค่าจากผลการเปรียบเทียบทางตรงที่มีอยู่ ซึ่งจะได้ผลลัพธ์เป็นเครือข่ายวิธีการสอน ทำให้เห็นประสิทธิภาพของวิธีการสอนในภาพรวมได้ รวมทั้งบ่งชี้ให้เห็นถึงพัฒนาการประสิทธิภาพของวิธีการสอนนั้น ๆ ได้อีกด้วย ซึ่งนำมาสู่การตัดสินใจเลือกใช้วิธีการสอนในท้ายที่สุด (Dias et al., 2013)

การทบทวนวรรณกรรม (Literature Review)

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์อภิมานวิธีการสอนวิชาคณิตศาสตร์ที่ผ่านมาสามารถจำแนกออกเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ 1) กลุ่มงานวิจัยที่ศึกษาขอบเขตย่อยของวิชาคณิศาสตร์ เช่น พีชคณิต (Lee et al., 2018) หรือขอบเขตวิชาคณิตศาสตร์ทั้งแบบภาพรวมและขอบเขตย่อย ได้แก่ จำนวนเศษส่วน เรขาคณิต พีชคณิต การแก้ปัญหาที่สะท้อนภาพวิธีการสอนคณิตศาสตร์ทั้งหมด (Jacobse & Harskamp, 2011) 2) กลุ่มงานวิจัยที่ค้นลึกลงไปยังกลยุทธ์การสอนแต่ละประเภท เช่น แบบชั้นเรียนแบบกลุ่มย่อย และแบบเป็นรายบุคคล (Jacobse & Harskamp, 2011) สะเต็มศึกษา (Siregar et al., 2020) การสอนเสริมแบบตัวต่อตัวและกลุ่มย่อย (tutoring) การสอนควบคู่กับการพัฒนาวิชาชีพครูรูปแบบต่าง ๆ (Professional development: PD) (Pellegrini et al., 2021) นอกจากนี้ ยังพบกลุ่มงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี ปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อการเรียนรู้ และระดับการศึกษาของผู้เรียน โดยมีรายละเอียดดังนี้ 3) กลุ่มงานวิจัยที่สนใจการนำเทคโนโลยีไปใช้ในการส่งเสริมผลการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ (Cheung & Slavin, 2013) คอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษาและคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Ran et al., 2021) เทคโนโลยีทางการศึกษาในยุคดิจิทัล เช่น คอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิดีโอ เกม สภาพแวดล้อมการเรียนรู้แบบต่าง ๆ ซอฟต์แวร์ แอปพลิเคชัน (Higgins et al., 2019) และเน้นเจาะไปที่สภาพแวดล้อมการเรียนรู้ออนไลน์ (Spitzer & Musslick, 2021) รวมถึงกลุ่มที่นำเกมมาส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ได้แก่ การเรียนรู้แบบเกม (Game-based) (Wu et al., 2012) ดิจิทัลเกมทั้งวิดีโอเกมและคอมพิวเตอร์เกม (Byun & Joung, 2018) วิดีโอเกมเพียงอย่างเดียว (Tokac et al., 2019) ดิจิทัลแอปพลิเคชัน (Kim et al., 2021) และกลุ่มที่สนใจดิจิทัลเกมที่ส่งผลต่อแรงจูงใจของผู้เรียน (Fadda et al., 2022) ซึ่งจะเห็นถึงพัฒนาการของงานวิจัยที่เกี่ยวกับวิธีการสอนร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน กลุ่มงานวิจัยที่ค้นหาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเรียนรู้ เช่น คุณลักษณะของโรงเรียนที่ส่งผลต่อผลลัพธ์การเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ (Holzberger et al., 2020) ความจำและความเครียดในการเรียนคณิตศาสตร์ (Caviola et al., 2021) และ 5) กลุ่มงานวิจัยที่ศึกษาผู้เรียนระดับการศึกษาต่าง ๆ เช่น กลุ่มผู้เรียนระดับประถมศึกษา (Byun & Joung, 2018; Cheung & Slavin, 2013; Fadda et al., 2022; Pellegrini et al., 2021) นักเรียนปฐมวัยถึงเกรด 3 (Kim et al., 2021) นักเรียนชั้นประถมศึกษาที่มีคะแนนต่ำ (Ran et al., 2021) เห็นได้ว่า ผลการวิเคราะห์อภิมานที่ผ่านมาต่างต้องการค้นหาวิธีการสอนที่ยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

จากการวิเคราะห์อภิมานที่ผ่านมานี้คณะผู้วิจัยสังเกตเห็นว่าประเด็นแรก แม้ว่างานวิจัยของ Chayaban et al. (2021) ได้วิเคราะห์อภิมานเครือข่ายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์จากฐานข้อมูล CUIR และ Proquest โดยชี้ถึงวิธีการสอนแบบถ่ายโยงที่มีขนาดอิทธิพลมากกว่าวิธีการสอนอื่น ๆ แต่อย่างไรก็ตาม วิธีการสอนแบบต่าง ๆ ซึ่งยังขาดแคลนการวิเคราะห์อภิมานที่ฉายภาพรวมของวิธีการสอนคณิตศาสตร์จากหลายแหล่งข้อมูลที่สะท้อนประสิทธิภาพของวิธีการสอนได้เพิ่มขึ้น ในการวิจัยนี้จึงขยายฐานการศึกษาเพิ่มเติมจากฐานข้อมูลอื่น อีกทั้งงานวิจัยส่วนใหญ่เจาะลึกลงไปยังขอบเขตการศึกษาคณิตศาสตร์ในด้านต่าง ๆ ที่มีความหลากหลาย (Lee et al., 2018) ซึ่งนักวิจัยที่ยังคงต้องการทดลองใช้วิธีการสอนจำเป็นต้องแน่ใจว่า วิธีการสอนแบบใดที่สร้างเสริมประสิทธิผลให้กับผู้เรียนด้านคณิตศาสตร์ได้ดีมากยิ่งขึ้น

ประเด็นที่สอง การวิเคราะห์อภิมานที่ผ่านมานี้สังเกตเห็นว่าผู้เรียนวิชาคณิตศาสตร์มีหลายระดับชั้นและหลากหลายกลุ่ม ซึ่งมีพื้นฐานความรู้และความถนัดทางคณิตศาสตร์ที่แตกต่างกัน ปัญหาที่เกิดขึ้น คือ วิธีการสอนแบบใดที่เหมาะสมกับผู้เรียนแต่ละกลุ่มที่มีคุณลักษณะแตกต่างกัน (Donoghue & Hattie, 2021) คณะผู้วิจัยจึงต้องการตรวจสอบหลักฐานที่บ่งชี้ถึงวิธีการสอนที่หนุนเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของผู้เรียนด้วยการประมาณขนาดอิทธิพลจากงานวิจัยเชิงทดลองที่มีกลุ่มเปรียบเทียบ (Randomized control trial: RCT[1]) จำนวนมากด้วยการเปรียบเทียบวิธีการสอนแต่ละวิธี ซึ่งการวิเคราะห์อภิมาน

1 การทดลองแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุม RCT การทดลองแบบกึ่งทดลองที่มีกลุ่มควบคุม การทดลองแบบหลายตัวแทรกแซงโดยไม่มีกลุ่มควบคุม

เครือข่ายที่เป็นวิธีการทรงประสิทธิภาพในการค้นหาวิธีการสอนที่มีคุณภาพ โดยนักวิจัยสามารถนำขนาดอิทธิพลของคู่วิธีการสอนที่เป็นตัวกลางมาใช้ประมาณค่าแทนคู่วิธีการสอนที่มีการทดลองทางตรงกับวิธีการสอนแบบดั้งเดิมได้ โดยไม่จำเป็นต้องทดลองจริงแต่อย่างใด และให้ผลการศึกษาที่มีความแม่นยำมากขึ้น โดยครูผู้สอนและนักการศึกษาใช้สาระจากงานวิจัยนี้ไปออกแบบและพัฒนาวิธีการสอนที่เหมาะสมกับผู้เรียน และขับเคลื่อนนโยบายทางการศึกษาที่ส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนได้ตรงเป้ายิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์การวิจัย (Objectives)

1. เพื่อวิเคราะห์ขนาดอิทธิพลในภาพรวมของวิธีการสอนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

2. เพื่อศึกษาคุณลักษณะของงานวิจัยที่ส่งผลต่อขนาดอิทธิพลของวิธีการสอนแบบต่าง ๆ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

3. เพื่อเปรียบเทียบขนาดอิทธิพลของวิธีการสอนแบบต่าง ๆ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

วิธีดำเนินการวิจัย (Methodology)

การวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์อภิมานและการวิเคราะห์อภิมานเครือข่ายที่ได้กำหนดตัวอย่างวิจัยเป็นงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารของฐานข้อมูลทั้งในระดับชาติและระดับนานาชาติ ดังนี้ 1) ข้อมูลจากวารสารในสาขาสังคมศาสตร์กลุ่มที่ 1 ที่ผ่านการรับรองคุณภาพของศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI 1) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 ถึง พ.ศ. 2564 และ 2) ข้อมูลจากฐานข้อมูล SCOPUS ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2012 ถึง ค.ศ. 2021 โดยคณะผู้วิจัยกำหนดกลยุทธ์การสืบค้นตามหลักการของ PICO และเกณฑ์การคัดเข้าตามหลักการ PRISMA protocol โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. กลยุทธ์การสืบค้นตามหลักการของ PICO ผลการสืบค้นงานวิจัยเบื้องต้นตามหลักการของ PICO ได้งานวิจัยจากฐานข้อมูล TCI 1 จำนวน 205 งานวิจัยจากวารสารจำนวน 54 ฉบับ และได้งานวิจัยจากฐานข้อมูล SCOPUS จำนวน 49 งานวิจัย รายละเอียดดัง Table 1

Table 1

Search Strategy According to the PICO Model
กลยุทธ์การสืบค้นตามหลักการของ PICO

กลยุทธ์	Population	BO	Intervention	BO	Comparator	BO	Outcome
งานวิจัยจากฐานข้อมูล SCOPUS	student	AND	teaching mathematics	AND	control group	AND	mathematics achievement
				OR			
	-	AND	teaching, learning, intervention	AND	comparison, randomized, trial	AND	math
งานวิจัยจากฐานข้อมูล TCI 1	นักเรียน	และ	การสอนคณิตศาสตร์	และ	กลุ่มควบคุม, ทดลอง	และ	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์
				หรือ คำศัพท์เพิ่มเติมในการค้นหา			
	-	และ	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้, การเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์	และ	-	และ	ผลการเรียนรู้, ผลลัพธ์การเรียนรู้, ผลการเปรียบเทียบ, การพัฒนา, การเปรียบเทียบ

2. เกณฑ์การคัดเข้าตามหลักการ PRISMA protocol (Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses) เป็นการคัดเลือกคุณภาพการวิจัยตามเกณฑ์การคัดเลือกได้งานวิจัย ดังนี้ 1) ประเภทงานวิจัย เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง หรืองานวิจัยกึ่งทดลอง 2) ตัวอย่างวิจัย เป็นนักเรียนในระดับปฐมวัย ระดับประถมศึกษา ระดับมัธยมศึกษา ระดับปริญญาตรี และบุคคลนอกระบบการศึกษา และ 3) การรายงานค่าสถิติ โดยค่าสถิติที่รายงานในงานวิจัยที่ผ่านเกณฑ์ ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จำนวนตัวอย่างวิจัยทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ ค่าสถิติ t ค่าสถิติ F หรือค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ได้งานวิจัยสำหรับการวิเคราะห์อภิมานจากฐานข้อมูล TCI 1 จำนวนทั้งสิ้น 23 งานวิจัย และจากฐานข้อมูล SCOPUS จำนวนทั้งสิ้น 21 งานวิจัย โดยแสดงรายละเอียดในรูป PRISMA flow diagram รายละเอียดดัง Figure 1 และ Figure 2

Figure 1

PRISMA Flow Diagram of Eligibility Criteria of Studies From the TCI 1 Database
ผลการคัดเข้าด้วยเกณฑ์คัดเข้าแบบ PRISMA ของงานวิจัยจากฐานข้อมูล TCI 1

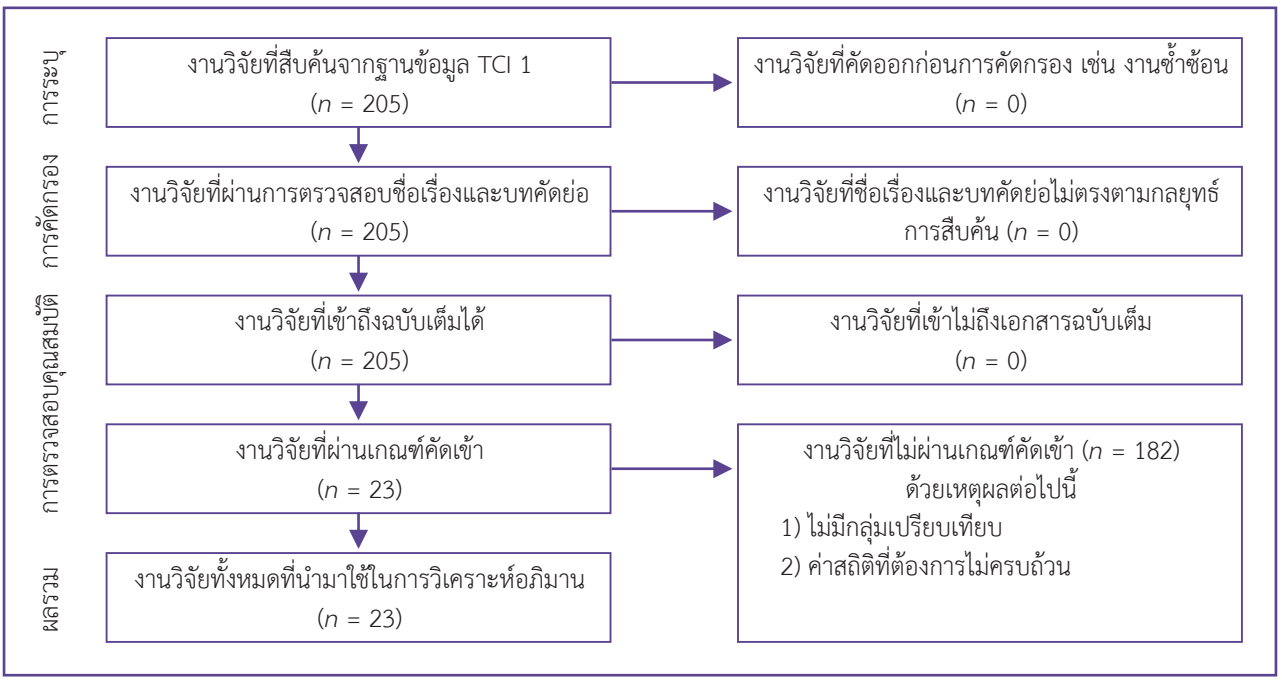
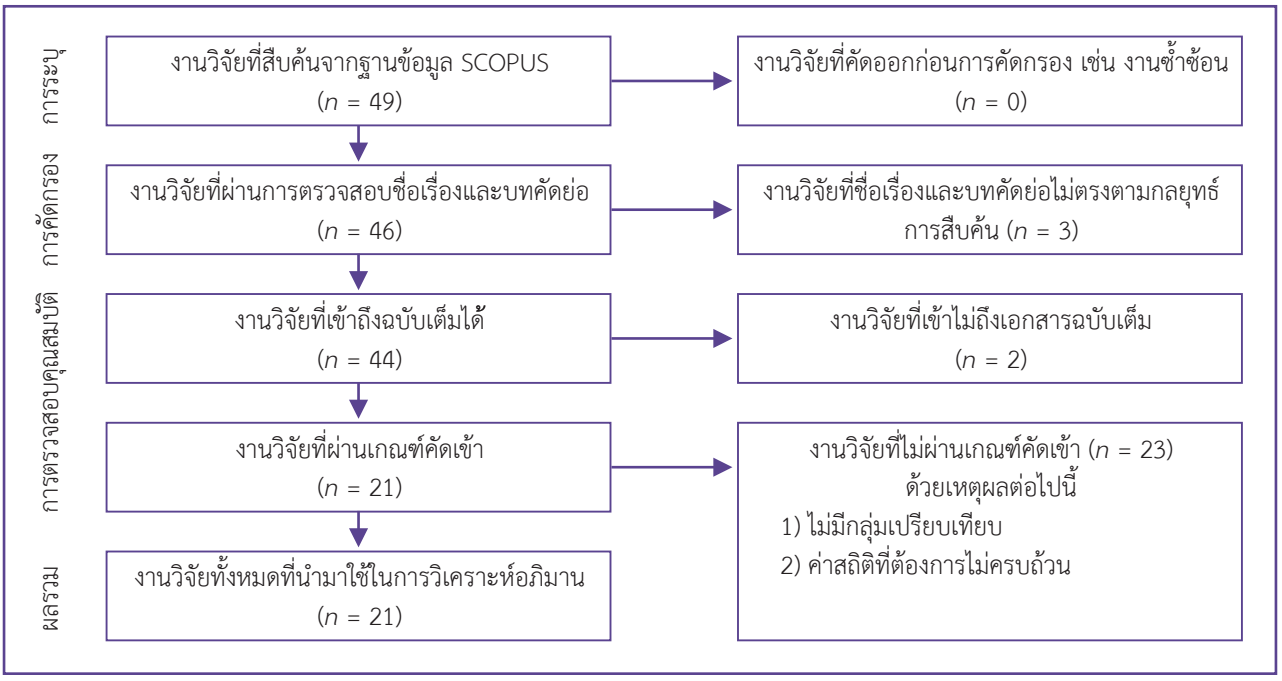


Figure 2

PRISMA Flow Diagram of Eligibility Criteria of Studies From the SCOPUS Database
ผลการคัดเข้าด้วยเกณฑ์คัดเข้าแบบ PRISMA จากฐานข้อมูล SCOPUS



ความลำเอียงในการตีพิมพ์

ผลการวิเคราะห์ความลำเอียงในการตีพิมพ์ของงานวิจัยที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือก จำนวน 44 งานวิจัย มีผลการทดสอบทั้งหมด 117 การทดสอบ[2] เมื่อตรวจสอบด้วย Egger's regression test พบว่า มีนัยสำคัญทางสถิติ ($t(df = 115) = 5.889, p < .001$)

2 n = จำนวนงานวิจัย, k = จำนวนการทดสอบในงานวิจัย โดยงานวิจัยหนึ่งอาจมีการทดสอบหลายครั้ง เช่น การทดสอบเรื่องจำนวน พีชคณิต ตรีโกณมิติ

Figure 3

Results of Publication Bias Analysis Using the Funnel Plot (k = 117)

ผลการวิเคราะห์ความลำเอียงในการตีพิมพ์ด้วย Funnel Plot (k = 117)

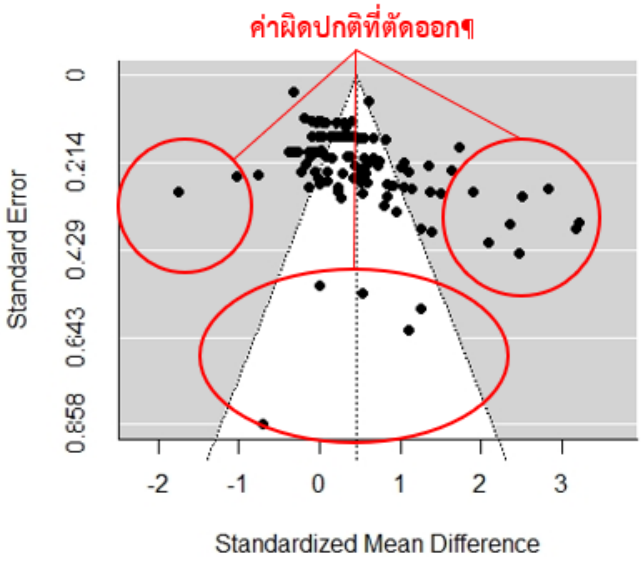
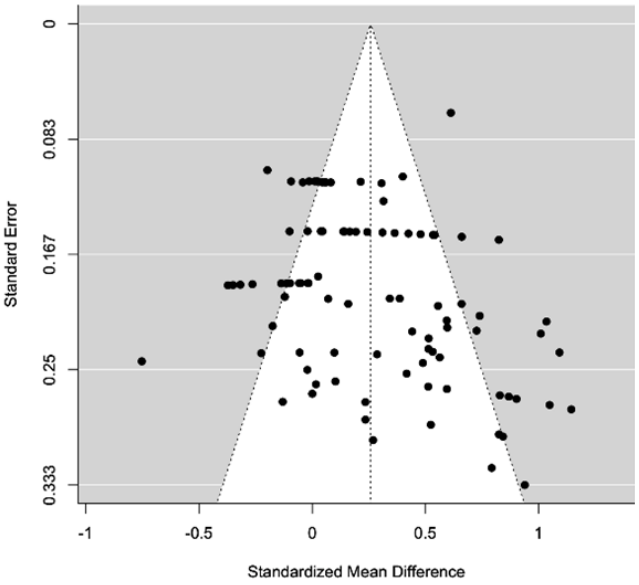


Figure 4

Results After Excluding Outliers (k = 94)

ผลการตัดค่าผิดปกติ (k = 94)



แสดงว่า การทดสอบบางตัวน่าจะมีความเสี่ยงที่เกิดจากความลำเอียงในการตีพิมพ์ และขนาดตัวอย่างวิจัยมีความสัมพันธ์กับขนาดอิทธิพล โดยขนาดอิทธิพลของวิธีการสอนแบบต่าง ๆ ในภาพรวมมีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เท่ากับ -.282 (b = -.282, 95%CI [-.470, -.094]) คณะผู้วิจัยจึงตัดขนาดอิทธิพลที่มีค่าผิดปกติสูง จำนวน 23 การทดสอบ[3] โดยไม่มีการเติมขนาดอิทธิพลเพิ่มเติม ได้ผลการทดสอบทั้งหมด 94 การทดสอบ (k = 94) จากงานวิจัย จำนวน 36 งานวิจัย (n = 36) จากนั้นตรวจสอบด้วย Egger's regression test อีกครั้งพบว่าผลการทดสอบไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($t(df$ = 93) = 1.561, p = .122) แสดงว่า ไม่มีหลักฐานที่บ่งชี้ถึงความลำเอียงในการตีพิมพ์และขนาดตัวอย่างวิจัยของการทดสอบที่แตกต่างกันนั้นไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดอิทธิพล โดยขนาดอิทธิพลของวิธีการสอนแบบต่าง ๆ ในภาพรวมมีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เท่ากับ .080 (b = .080, 95%CI [-.118, .279]) รายละเอียดดัง Figure 3 และ Figure 4

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์อภิมาน (Meta-analysis) เป็นการประมาณค่าขนาดอิทธิพลในภาพรวมของการทดสอบทั้งหมดด้วยโปรแกรม R version 4.1.2 แพ็กเกจ metafor โดยมีรายละเอียดดังนี้ 1) การวิเคราะห์ความเป็นเอกพันธ์ (Homogeneity analysis) ด้วยค่า I^2 ตามเกณฑ์ 25% 50% และ 75% หรือค่า H^2 มีค่าน้อยกว่า 1.00 หรือค่า *tau* (τ) และค่า *tau*^{2} (τ^2) ควรมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ และค่าสถิติ Q (Q statistics) ควรไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแสดงถึงความเป็นเอกพันธ์ของขนาดอิทธิพล ในกรณีที่ขนาดอิทธิพลของการทดสอบแต่ละการทดสอบไม่มีความเป็นเอกพันธ์ (Heterogeneity) แสดงว่า การทดสอบทั้งหมดมีความแตกต่างกันมาก คณะผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์กลุ่มย่อย (Subgroup analysis) ในขั้นตอนต่อไป 2) การวิเคราะห์กลุ่มย่อย (Subgroup analysis) ด้วยแผนภาพ Forest plot และค่าสถิติทดสอบความผันแปรของตัวแปรปรับระหว่างกลุ่ม (Q_M) โดยพิจารณาค่า p-value ถ้ามีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่า คุณลักษณะของงานวิจัยในกลุ่มย่อยนั้น ๆ ส่งผลต่อขนาดอิทธิพลของวิธีการสอนแบบต่าง ๆ โดยกลุ่มย่อยแต่ละกลุ่มที่นำมาวิเคราะห์ควรมีจำนวนไม่น้อยกว่า 10 การทดสอบ (k ≥ 10) (Borenstein et al., 2011; Harrer et al., 2021) และ (3) ขนาดอิทธิพลโดยรวม (Overall effects) ด้วยผลต่างค่าเฉลี่ยแบบมาตรฐาน (Standardized mean difference: *SMD*) โดยพิจารณาระดับขนาดอิทธิพลโดยรวมตามเกณฑ์ .20 .50 และ .80 (ระดับน้อย ระดับปานกลาง และระดับมาก ตามลำดับ)

2. การวิเคราะห์อภิมานเครือข่าย (Network meta-analysis) เป็นการวิเคราะห์อภิมาน ด้วยโปรแกรม R version 4.1.2 แพ็กเกจ netmeta โดยมีเป้าประสงค์ในการเปรียบเทียบขนาดอิทธิพลของวิธีการสอนแต่ละวิธีที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ แสดงผลเป็นแผนภาพวิธีการสอนแบบต่าง ๆ และค่าสถิติต่าง ๆ เช่น ขนาดอิทธิพลโดยรวม ค่าสถิติ Q ค่า I^2 ค่า *tau* และค่า *tau*^{2}

ผลการวิจัย (Results)

1. การวิเคราะห์ความผันแปรของขนาดอิทธิพล

ผลการวิเคราะห์ในตอนนี้เป็นการนำเสนอผลการวิเคราะห์ความผันแปรของขนาดอิทธิพลโดยรวมของวิธีการสอน

3 การตัดค่าผิดปกติ (Outlier) เนื่องจากมีค่าสูงกว่ากลุ่ม โดยแสดงภาพเป็น Funnel plot Figure 3

แบบต่าง ๆ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ โดยวิเคราะห์ขนาดอิทธิพลร่วมกันของงานวิจัย 36 งานวิจัย (*n*) ที่มีจำนวนการทดสอบทั้งหมด 94 การทดสอบ (*k*) คณะผู้วิจัยนำเสนอผลการวิจัย ดังนี้

1.1 ผลการวิเคราะห์ความเป็นเอกพันธ์ ด้วยค่าสถิติ *Q* พบว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($Q(df = 93) = 364.473, p < .001$) หมายถึง ในภาพรวมขนาดอิทธิพลที่นำมาวิเคราะห์ไม่เป็นเอกพันธ์ โดยความผันแปรของขนาดอิทธิพลที่นำมาวิเคราะห์ทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า ขนาดอิทธิพลของการทดสอบต่าง ๆ ส่งต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ได้แตกต่างกัน

1.2 ผลการวิเคราะห์ระดับความผันแปรของขนาดอิทธิพล ผลการวิเคราะห์ระดับความผันแปรของขนาดอิทธิพลจากการทดสอบทั้งหมด พบว่า ค่าร้อยละความผันแปรของขนาดอิทธิพลจากการทดสอบทั้งหมดมีค่าเท่ากับร้อยละ 76.69 ($I^2 = 76.69\%$) แสดงว่า ความผันแปรของขนาดอิทธิพลในการทดสอบทั้งหมดมีความแตกต่างกันในระดับค่อนข้างสูง รวมทั้งค่า H^2 มีค่าเท่ากับ 4.29 ซึ่งมีค่ามากกว่า 1.00 ซึ่งเป็นอีกหลักฐานหนึ่งที่ชี้ให้เห็นถึงขนาดอิทธิพลจากการทดสอบที่ไม่เป็นเอกพันธ์ และผลการวิเคราะห์การกระจายของขนาดอิทธิพล พบว่า ค่า *tau* มีค่าเท่ากับ .304 และค่า tau^2 มีค่าเท่ากับ .093 แสดงว่า ขนาดอิทธิพลของการทดสอบโดยภาพรวมมีการกระจายไม่ค่อยมากนัก

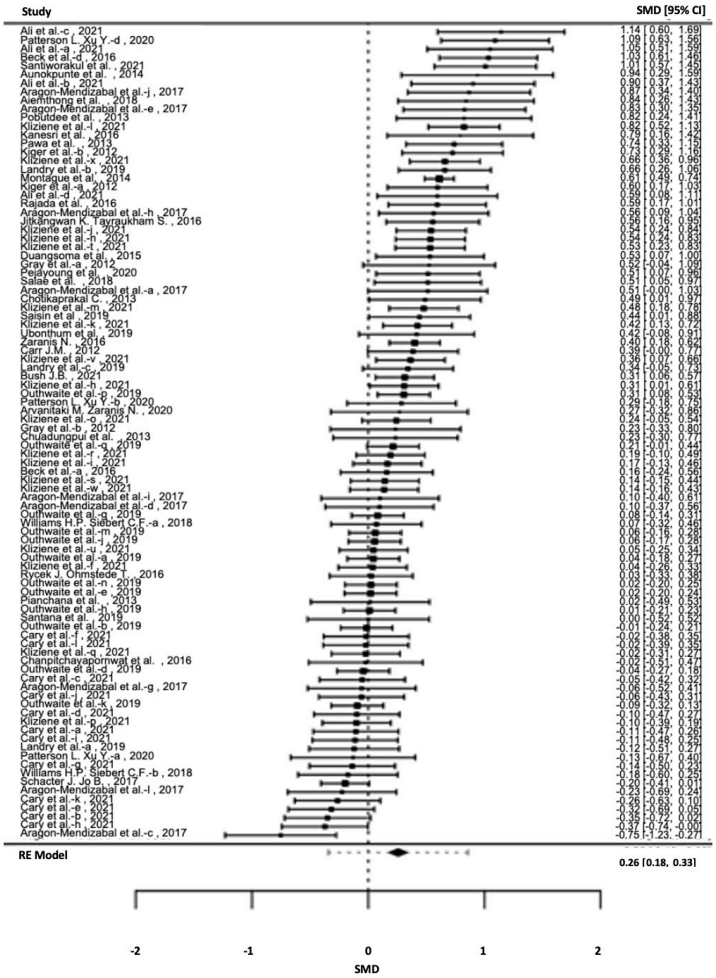
1.3 การทดสอบขนาดอิทธิพลด้วย Forest plot คณะผู้วิจัยได้จัดเรียงขนาดอิทธิพลของการทดสอบทั้ง 94 การทดสอบ เห็นได้ว่า มีการทดสอบจำนวนหนึ่งมีค่าเป็นบวกสูงแตกต่างจากการทดสอบส่วนใหญ่ โดยมีขนาดอิทธิพลของการทดสอบในภาพรวมเท่ากับ .26, 95%CI [.18, .33] โดยการทดสอบที่ c ของ Ali et al. (2021) มีขนาดอิทธิพลมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 1.14, 95%CI [.60, 1.69] และการทดสอบที่ c ของ Aragon-Mendizabal et al. (2017) มีขนาดอิทธิพลน้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ -.75, 95%CI [-1.23, -.27] รายละเอียดดัง Figure 5

จากผลการวิเคราะห์ความผันแปรของขนาดอิทธิพล และการทดสอบขนาดอิทธิพลด้วย forest plot จะเห็นได้ว่าในภาพรวมขนาดอิทธิพลของการทดสอบต่าง ๆ ที่นำมาวิเคราะห์มีความไม่เป็นเอกพันธ์ในระดับค่อนข้างสูง แม้ขนาดอิทธิพลมีการกระจายไม่ค่อยมากนัก แต่ก็อาจเกิดจากความแตกต่างของการทดสอบกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงดำเนินการวิเคราะห์เพื่อค้นหากลุ่มย่อยที่มีขนาดอิทธิพลแตกต่างจากกลุ่มอื่น ๆ ต่อไป

Figure 5

Results of Effect Size Analysis by Using the Forest Plot (k = 94)

ผลการวิเคราะห์ขนาดอิทธิพลด้วย Forest Plot (k = 94)



2. การวิเคราะห์กลุ่มย่อย

การวิเคราะห์กลุ่มย่อย เป็นการศึกษาคุณลักษณะของงานวิจัยที่ส่งผลต่อขนาดอิทธิพลของวิธีการสอนแบบต่าง ๆ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 2 โดยคณะผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลคุณลักษณะของงานวิจัย ดังนี้ 1) งานวิจัยที่มีกลุ่มเปรียบเทียบ 2) ระยะเวลาการให้ตัวแทรกแซง 3) การใช้เทคโนโลยีเป็นฐาน และ 4) ระดับการศึกษาของตัวอย่างวิจัย ผลการวิจัย มีดังนี้

2.1 งานวิจัยที่มีกลุ่มเปรียบเทียบ[4] ผลการวิเคราะห์กลุ่มย่อยงานวิจัยที่มีกลุ่มเปรียบเทียบ ประกอบด้วย งานวิจัยที่ไม่มีกลุ่มเปรียบเทียบ[5] (k = 5) และงานวิจัยที่มีกลุ่มเปรียบเทียบ[6] (k = 89) พบว่า ขนาดอิทธิพลโดยรวมของการทดสอบงานวิจัยที่มีกลุ่มเปรียบเทียบแตกต่างกับขนาดอิทธิพลโดยรวมของการทดสอบงานวิจัยที่ไม่มีกลุ่มเปรียบเทียบอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($Q_M(df = 1) = 2.46$, $p = .12$) แสดงว่า การทดสอบของงานวิจัยที่มีกลุ่มเปรียบเทียบและงานวิจัยไม่มีกลุ่มเปรียบเทียบส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ใกล้เคียงกัน โดยงานวิจัยที่มีกลุ่มเปรียบเทียบมีผลต่างค่าเฉลี่ยแบบมาตรฐานเท่ากับ .25 (*SMD* = .25, 95%CI [.17, .32]) และงานวิจัยที่ไม่มีกลุ่มเปรียบเทียบมีผลต่างค่าเฉลี่ยแบบมาตรฐานเท่ากับ .54 (*SMD* = .54, 95%CI [.19, .88]) เมื่อพิจารณาช่วงความเชื่อมั่นที่ระดับ 95% ของการทดสอบจากงานวิจัยที่ไม่มีกลุ่มเปรียบเทียบและงานวิจัยที่มีกลุ่มเปรียบเทียบเห็นได้ว่า การทดสอบในช่วงความเชื่อมั่นที่ระดับ 95% ของทั้งสองกลุ่มมีขนาดอิทธิพลที่คาบเกี่ยวกัน แสดงว่า การทดสอบของงานวิจัยที่มีกลุ่มเปรียบเทียบไม่แตกต่างกัน และงานวิจัยที่มีกลุ่มเปรียบเทียบไม่เป็นคุณลักษณะที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ แต่อย่างไรก็ตาม ผู้ที่นำผลการวิจัยไปใช้ต้องระมัดระวังเนื่องจากกลุ่มงานวิจัยที่ไม่มีกลุ่มเปรียบเทียบมีจำนวนการทดสอบไม่มากนัก

2.2 ระยะเวลาการให้ตัวแทรกแซง ผลการวิเคราะห์กลุ่มย่อยระยะเวลาการให้ตัวแทรกแซง ประกอบด้วย การให้ตัวแทรกแซงในระยะสั้น (น้อยกว่า 20 ชม.) (*k* = 40) และการให้ตัวแทรกแซงในระยะยาว (มากกว่า 20 ชม.) (*k* = 36)[7] พบว่า ขนาดอิทธิพลโดยรวมของการทดสอบการให้ตัวแทรกแซงในระยะสั้นแตกต่างกับการทดสอบการให้ตัวแทรกแซงในระยะยาวอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($Q_M(df = 1) = .35$, $p = .56$) แสดงว่า การให้ตัวแทรกแซงในระยะสั้นและการให้ตัวแทรกแซงในระยะยาวส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ใกล้เคียงกัน โดยการให้ตัวแทรกแซงในระยะสั้นมีผลต่างค่าเฉลี่ยแบบมาตรฐานเท่ากับ .21 (*SMD* = .21, 95%CI [.07, .34]) และการให้ตัวแทรกแซงในระยะยาวมีผลต่างค่าเฉลี่ยแบบมาตรฐานเท่ากับ .24 (*SMD* = .24, 95%CI [.15, .32]) เมื่อพิจารณาช่วงความเชื่อมั่นที่ระดับ 95% ของการทดสอบการให้ตัวแทรกแซงในระยะสั้น และการให้ตัวแทรกแซงในระยะยาวเห็นได้ว่า การทดสอบในช่วงความเชื่อมั่นที่ระดับ 95% ของทั้งสองระยะเวลาการให้ตัวแทรกแซงมีขนาดอิทธิพลที่คาบเกี่ยวกัน แสดงว่า การทดสอบของระยะการให้ตัวแทรกแซงทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน และระยะเวลาการให้ตัวแทรกแซงไม่เป็นคุณลักษณะของงานวิจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ ในส่วนของการวิเคราะห์นี้คณะผู้วิจัยไม่ได้วิเคราะห์กลุ่มการทดสอบที่ไม่ระบุระยะเวลาในการให้ตัวแทรกแซง (*k* = 18) กับกลุ่มย่อยอื่น

2.3 การใช้เทคโนโลยีเป็นฐาน ผลการวิเคราะห์กลุ่มย่อยการใช้เทคโนโลยีเป็นฐาน ประกอบด้วย วิธีการสอนที่ใช้เทคโนโลยีเป็นฐาน (*k* = 66) และวิธีการสอนที่ไม่ใช้เทคโนโลยีเป็นฐาน (*k* = 28) พบว่า ขนาดอิทธิพลโดยรวมของการทดสอบวิธีการสอนที่ใช้เทคโนโลยีเป็นฐานแตกต่างกับขนาดอิทธิพลโดยรวมของการทดสอบวิธีการสอนที่ไม่ใช้เทคโนโลยีเป็นฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($Q_M(df = 1) = 24.19$, $p = .000$) แสดงว่า วิธีการสอนที่ไม่ใช้เทคโนโลยีเป็นฐานส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์มากกว่าวิธีการสอนที่ใช้เทคโนโลยีเป็นฐาน รายละเอียดดัง Figure 6

จาก Figure 6 เห็นได้ว่า วิธีการสอนที่ใช้เทคโนโลยีเป็นฐานมีผลต่างค่าเฉลี่ยแบบมาตรฐานเท่ากับ .16 (*SMD* = .16, 95%CI [.08, .23]) และวิธีการสอนที่ไม่ใช้เทคโนโลยีเป็นฐานมีผลต่างค่าเฉลี่ยแบบมาตรฐานเท่ากับ .53 (*SMD* = .53, 95%CI [.39, .68]) เมื่อพิจารณาช่วงความเชื่อมั่นที่ระดับ 95% ของการทดสอบวิธีการสอนที่ใช้เทคโนโลยีเป็นฐาน และวิธีการสอนที่ไม่ใช้เทคโนโลยีเป็นฐานเห็นได้ว่า การทดสอบในช่วงความเชื่อมั่นที่ระดับ 95% ของทั้งสองกลุ่มวิธีการสอนไม่มีขนาดอิทธิพลที่คาบเกี่ยวกัน แสดงว่า การทดสอบของกลุ่มวิธีการสอนทั้งสองกลุ่มมีความแตกต่างกันมาก และการใช้เทคโนโลยีเป็นฐานจึงเป็นคุณลักษณะหนึ่งของงานวิจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

2.4 ระดับการศึกษาของตัวอย่างวิจัย ผลการวิเคราะห์กลุ่มย่อยระดับการศึกษาของตัวอย่างวิจัย ประกอบด้วย ตัวอย่างวิจัยระดับอนุบาล (*k* = 30) กับระดับการศึกษาอื่น ๆ (*k* = 64) เป็นการเปรียบเทียบระหว่างระดับการศึกษาของตัวอย่างวิจัย 2 ระดับเพื่อค้นหาคุณลักษณะที่ทำให้ขนาดอิทธิพลโดยรวมของการทดสอบแตกต่างกัน พบว่า ขนาดอิทธิพลโดยรวมของการทดสอบตัวอย่างวิจัยระดับอนุบาลแตกต่างกับตัวอย่างวิจัยระดับการศึกษาอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($Q_M(df = 1) = 38.54$, $p = .000$) แสดงว่า การทดสอบตัวอย่างวิจัยระดับอนุบาลส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์มากกว่าการทดสอบตัวอย่างวิจัยระดับการศึกษาอื่น ๆ โดยตัวอย่างวิจัยระดับ

4 งานวิจัยที่มีกลุ่มเปรียบเทียบ คือ งานวิจัยที่มีกลุ่มควบคุมเปรียบเทียบ และงานวิจัยที่ไม่มีกลุ่มควบคุมเปรียบเทียบ (เปรียบเทียบหลายตัวแทรกแซง)

5 การทดลองแบบหลายตัวแทรกแซง โดยไม่มีกลุ่มควบคุม

6 การทดลองแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุม RCT, การทดลองแบบกึ่งทดลองที่มีกลุ่มควบคุม

7 จำนวนการทดสอบที่ไม่ครบทั้ง 94 การทดสอบ เนื่องจากงานวิจัยนั้นไม่ได้ระบุคุณลักษณะงานวิจัยที่นำมาวิเคราะห์ เช่น ไม่ระบุระยะเวลาการให้ตัวแทรกแซง ไม่ระบุระดับการศึกษา (not applicable)

อนุบาลมีผลต่างค่าเฉลี่ยแบบมาตรฐานเท่ากับ .01 (*SMD* = .01, 95%CI [-.07, .08]) และตัวอย่างวิจัยระดับการศึกษาอื่น ๆ มีผลต่างค่าเฉลี่ยแบบมาตรฐานเท่ากับ .40 (*SMD* = .40, 95%CI [.31, .49]) เมื่อพิจารณาช่วงความเชื่อมั่นที่ระดับ 95% ของการทดสอบตัวอย่างวิจัยระดับอนุบาล และระดับการศึกษาอื่น ๆ เห็นได้ว่า การทดสอบในช่วงความเชื่อมั่นที่ระดับ 95% ของทั้งสองกลุ่มตัวอย่างวิจัยไม่มีขนาดอิทธิพลที่คาบเกี่ยวกัน แสดงว่าการทดสอบของตัวอย่างวิจัยทั้งสองกลุ่มมีความแตกต่างกันมาก และระดับการศึกษาของตัวอย่างวิจัยเป็นคุณลักษณะหนึ่งของงานวิจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ รายละเอียดดัง Figure 7

Figure 6

Results of Subgroup Analysis Based on Technology-Based Instruction Using the Forest Plot (k = 94)
ผลการวิเคราะห์กลุ่มย่อยการใช้เทคโนโลยีเป็นฐานด้วย Forest Plot (k = 94)

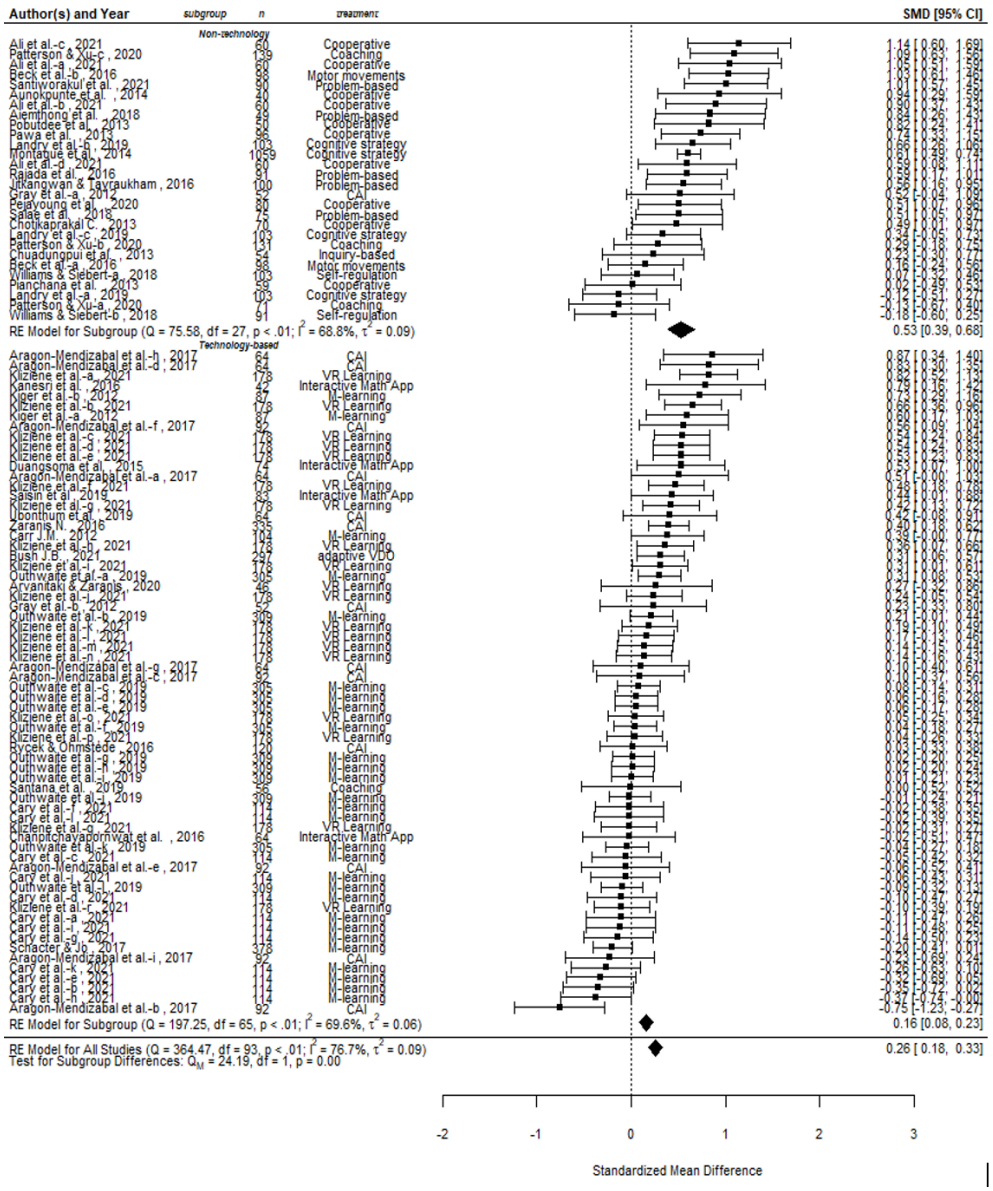
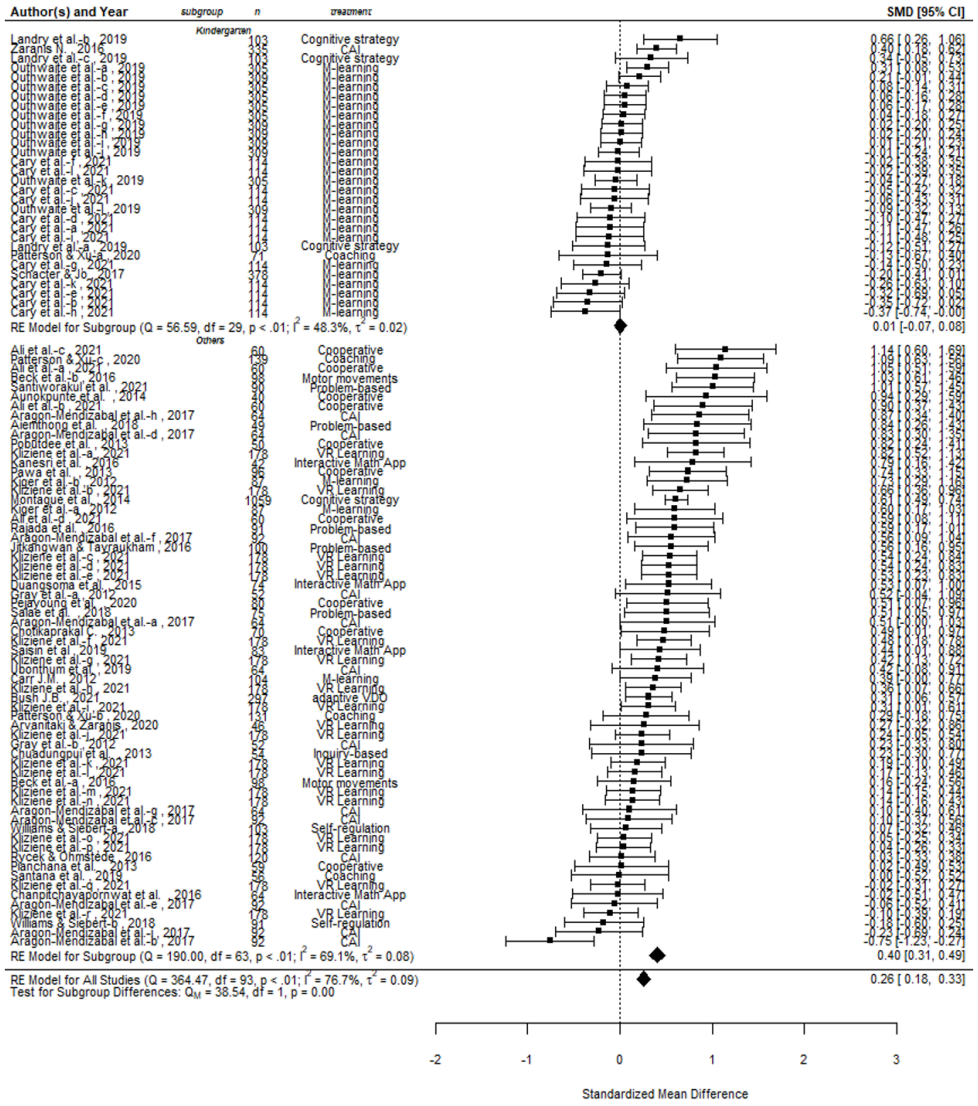


Figure 7

Results of Subgroup Analysis Based on Education Level Using the Forest Plot (k = 81)
ผลการวิเคราะห์กลุ่มย่อยระดับการศึกษาด้วย Forest Plot (k = 81)



สรุปผลการวิเคราะห์กลุ่มย่อยได้ว่า คุณลักษณะของงานวิจัย ได้แก่ วิธีการสอนที่ไม่ใช้เทคโนโลยีส่งผลต่อขนาดอิทธิพลโดยรวมของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์แตกต่างกัน ระดับการศึกษาของผู้เรียนส่งผลต่อขนาดอิทธิพลโดยรวมของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์แตกต่างกัน ส่วนงานวิจัยที่มีกลุ่มเปรียบเทียบ และระยะเวลาการให้ตัวแทรกแซงเป็นคุณลักษณะของงานวิจัยที่ไม่ส่งผลต่อขนาดอิทธิพลโดยรวมของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

3. การวิเคราะห์อภิมานเครือข่าย

การวิเคราะห์อภิมานเครือข่าย เป็นการเปรียบเทียบขนาดอิทธิพลของวิธีการสอนแบบต่าง ๆ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 3 ผลการวิจัย มีดังนี้

3.1 ผลการเปรียบเทียบขนาดอิทธิพลของวิธีการสอนแบบต่าง ๆ เป็นการเปรียบเทียบขนาดอิทธิพลโดยรวมระหว่างวิธีการสอนแบบรายคู่ทั้ง 14 แบบ ผลการวิจัย พบว่า ขนาดอิทธิพลโดยรวมของวิธีการสอนแบบร่วมมือมีค่ามากกว่าวิธีการสอนแบบกำกับตนเองเท่ากับ .915 รองลงมาคือ ขนาดอิทธิพลโดยรวมของวิธีการสอนแบบร่วมมือมีค่ามากกว่าวิธีการสอนแบบดั้งเดิมเท่ากับ .864

เมื่อพิจารณาขนาดอิทธิพลในแถบสีเขียว (กล่องเส้นทึบ) พบว่า วิธีการสอนแบบร่วมมือมีขนาดอิทธิพลโดยรวมมากกว่าวิธีการสอนอื่น ๆ โดยเฉพาะวิธีการสอนที่ใช้เทคโนโลยีเป็นฐาน ได้แก่ เทคโนโลยีไร้สาย (*SMD* = .856) คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (*SMD* = .617) เทคโนโลยีโลกเสมือน (*SMD* = .560) วิธีการสอนด้วยวิดีโอปรับเหมาะ (*SMD* = .550) และแอปพลิเคชันเชิงโต้ตอบทางคณิตศาสตร์ (*SMD* = .439) ขณะที่เมื่อพิจารณาขนาดอิทธิพลในแถบสีเหลือง (กล่องเส้นประ) พบว่า ขนาดอิทธิพลโดยรวมของวิธีการสอนด้วยวิดีโอปรับเหมาะมีค่าใกล้เคียงกับวิธีการสอนแบบสมองเป็นฐานเท่ากับ .001 ขนาดอิทธิพลโดยรวมของวิธีการสอน

แบบดั้งเดิมใกล้เคียงกับวิธีการสอนด้วยเทคโนโลยีไร้สายเท่ากับ .008 ขนาดอิทธิพลโดยรวมของวิธีการสอนแบบโค้ชใกล้เคียงกับวิธีการสอนด้วยวิดีโอปรับเหมาะและวิธีการสอนแบบสมองเป็นฐานเท่ากับ .006 และ .007 ตามลำดับ ขนาดอิทธิพลโดยรวมของวิธีการสอนด้วยเทคโนโลยีโลกเสมือนใกล้เคียงกับวิธีการสอนแบบสมองเป็นฐานและวิธีการสอนด้วยวิดีโอปรับเหมาะเท่ากับ.009 และ .010 ตามลำดับ จากวิธีการสอนที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าเป็นวิธีการสอนที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ใกล้เคียงกัน

ขณะที่เมื่อพิจารณาขนาดอิทธิพลในแถบสีชมพู (กล่องเส้นคู่) พบว่า วิธีการสอนแบบดั้งเดิมมีขนาดอิทธิพลโดยรวมน้อยกว่าวิธีการสอนอื่น ๆ เกือบทั้งหมด และวิธีการสอนแบบดั้งเดิมมีขนาดอิทธิพลโดยรวมมากกว่าวิธีการสอนแบบการกำกับตนเองเท่ากับ .051 ในขณะที่วิธีการสอนแบบดั้งเดิมมีขนาดอิทธิพลโดยรวมใกล้เคียงกับวิธีการสอนด้วยเทคโนโลยีไร้สายเท่ากับ .008 รายละเอียดดัง Table 1 ซึ่งผู้วิจัยจะนำเสนอการเปรียบเทียบขนาดอิทธิพลของวิธีการสอนวิชาคณิตศาสตร์แบบต่าง ๆ กับวิธีการสอนแบบดั้งเดิมด้วยแผนภาพ Forest plot อย่างละเอียดในช่วงต่อไป

Table 1

Comparison of the Effect Size of Different Teaching Methods (Number of Designs = 14)
ผลการเปรียบเทียบขนาดอิทธิพลของวิธีการสอนแบบต่าง ๆ (จำนวนวิธีการสอน = 14)

วิธีการสอน		COOP	MML	PBL	IBL	IMA	COG	COC	AVD	BBL	VRL	CAI	MBL	TRD	SEL
	ES	.864	.594	.597	.547	.425	.374	.320	.314	.313	.304	.247	.008	.000	-.051
COOP	.864	.													
MML	.594	-.270	.												
PBL	.597	-.270	.002	.											
IBL	.547	-.317	-.047	-.050	.										
IMA	.425	-.439	-.169	-.172	-.122	.									
COG	.374	-.490	-.220	-.223	-.173	-.051	.								
COC	.320	*-.544*	-.274	-.277	-.227	-.105	-.054	.							
AVD	.314	*-.550*	-.280	-.283	-.233	-.111	-.060	-.006	.						
BBL	.313	*-.551*	-.281	-.284	-.234	-.112	-.061	-.007	-.001	.					
VRL	.304	*-.560*	-.290	-.293	-.243	-.121	-.070	-.016	-.010	-.009	.				
CAI	.247	*-.617*	*-.347*	*-.350*	-.300	-.178	-.127	-.073	-.067	-.066	-.057	.			
MBL	.008	**-.856**	*-.586*	*-.589*	*-.539*	-.417	-.366	-.312	-.306	-.305	-.296	-.239	.		
TRD	.000	-.864	*-.594*	*-.597*	*-.547*	-.425	-.374	-.320	-.314	-.313	-.304	-.247	-.008	.	
SEL	-.051	-.915	*-.645*	*-.648*	*-.598*	-.476	-.425	-.371	-.365	-.364	-.355	-.298	-.059	-.051	.

หมายเหตุ[8]: **COOP** = Cooperative, **MML** = Motor movements, **PBL** = Problem-based, **IBL** = Inquiry-based, **IMA** = Interactive Math Application, **COG** = Cognitive strategy, **COC** = Coaching, **AVD** = Adaptive VDO, **BBL** = Brain-based, **VRL** = VR Learning, **CAI** = Computer Assisted Instruction, **MBL** = M-learning, **TRD** = Traditional, **SEL** = Self-regulation **ตัวเลขขนาดอิทธิพลตัวทึบ** = ขนาดอิทธิพลระดับมาก (ES diff > .80), **ตัวเลขขนาดอิทธิพลตัวเอียง** = ขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง (ES diff > .50), **ตัวเลขขนาดอิทธิพลตัวปกติ** = ขนาดอิทธิพลระดับน้อย (ES diff> .20)

3.2 ผลการเปรียบเทียบขนาดอิทธิพลของวิธีการสอนวิชาคณิตศาสตร์แบบต่าง ๆ กับวิธีการสอนแบบดั้งเดิมด้วย Forest plot เป็นผลการเปรียบเทียบวิธีการสอนทั้ง 13 แบบกับวิธีการสอนแบบดั้งเดิม โดยแสดงผลทั้งผลต่างของขนาดอิทธิพลโดยรวมจากวิธีการสอนแบบดั้งเดิม และช่วงความเชื่อมั่นที่ระดับ 95% ผลการวิจัยพบว่า วิธีการสอนแบบร่วมมือ (Cooperative) มีผลต่างของขนาดอิทธิพลโดยรวมจากวิธีการสอนแบบดั้งเดิมมากที่สุดเท่ากับ .86, 95%CI [.70, 1.03] และสังเกตเห็นได้ว่า วิธีการสอนแบบร่วมมือมีช่วงความเชื่อมั่นที่ระดับ 95% ห่างจาก 0 มาก แสดงว่าการทดสอบของวิธีการสอนแบบร่วมมือมีขนาดอิทธิพลโดยรวมแตกต่างจากวิธีการสอนแบบดั้งเดิมมาก ในขณะที่วิธีการสอนด้วยเทคโนโลยีไร้สาย (M-learning) มีขนาดอิทธิพลโดยรวมใกล้เคียงกับวิธีการสอนแบบดั้งเดิมเท่ากับ .01 95%CI [-.07, .09] ส่วนวิธีการสอนแบบการกำกับตนเอง (Self-regulation) เป็นวิธีการสอนแบบเดียวที่มีขนาดอิทธิพลโดยรวมต่ำกว่าวิธีการสอนแบบดั้งเดิม

8 คณะผู้วิจัยเก็บรวบรวมประเภทวิธีการสอนและคุณลักษณะของงานวิจัยตามที่ได้ระบุไว้ในบทความวิจัยที่เป็นตัวอย่างของการวิเคราะห์อภิมานนี้

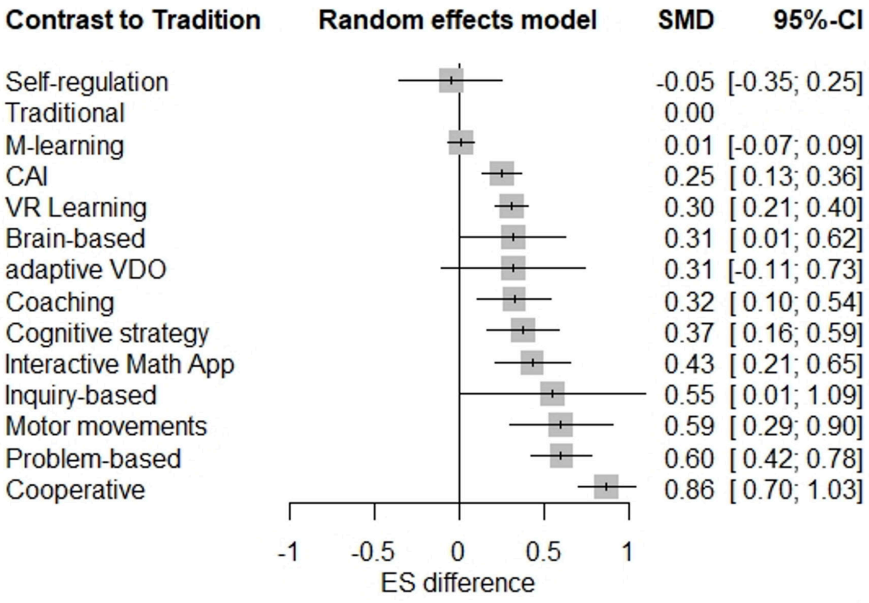
เท่ากับ -.05, 95%CI [-.35, .25] และสังเกตเห็นได้ว่า วิธีการสอนด้วยเทคโนโลยีไร้สายวิธีการสอนแบบการกำกับตนเองมีช่วงความเชื่อมั่นที่ระดับ 95% คาบเกี่ยวกับ 0 แสดงว่า การทดสอบของวิธีการสอนด้วยเทคโนโลยีไร้สาย และวิธีการสอนแบบการกำกับตนเองมีขนาดอิทธิพลโดยรวมใกล้เคียงกับวิธีการสอนแบบดั้งเดิมเป็นอย่างมาก

นอกจากนี้ วิธีการสอนที่ใช้เทคโนโลยีเป็นฐานมีผลต่างของขนาดอิทธิพลโดยรวมจากวิธีการสอนแบบดั้งเดิมเล็กน้อย ได้แก่ วิธีการสอนด้วยเทคโนโลยีไร้สาย (*SMD* = .01) คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (*SMD* = .25) และเทคโนโลยีโลกเสมือน (*SMD* = .30) รวมทั้งจากแผนภาพจะสังเกตเห็นได้ว่า วิธีการสอนแบบกำกับตนเอง (Self-regulation) แบบสมองเป็นฐาน (Brain-based) แบบสืบเสาะเป็นฐาน (Inquiry-based) และวิธีการสอนด้วยวิดีโอปรับเหมาะ (Adaptive VDO) มีช่วงความเชื่อมั่นที่ระดับ 95% ใกล้เคียงกับ 0 แสดงว่า มีการทดสอบบางรายการในกลุ่มวิธีการสอนดังกล่าวมีขนาดอิทธิพลโดยรวมใกล้เคียงกับวิธีการสอนแบบดั้งเดิมมาก ผู้ที่นำผลการวิจัยส่วนนี้ไปใช้จึงควรระมัดระวังการนำไปใช้ รายละเอียดดัง Figure 8

Figure 8

Results of Effect Size Comparisons Between Different Mathematics Methods and Traditional Methods Using the Forest Plot

ผลการเปรียบเทียบขนาดอิทธิพลของวิธีการสอนวิชาคณิตศาสตร์แบบต่าง ๆ กับวิธีการสอนแบบดั้งเดิมด้วย Forest Plot

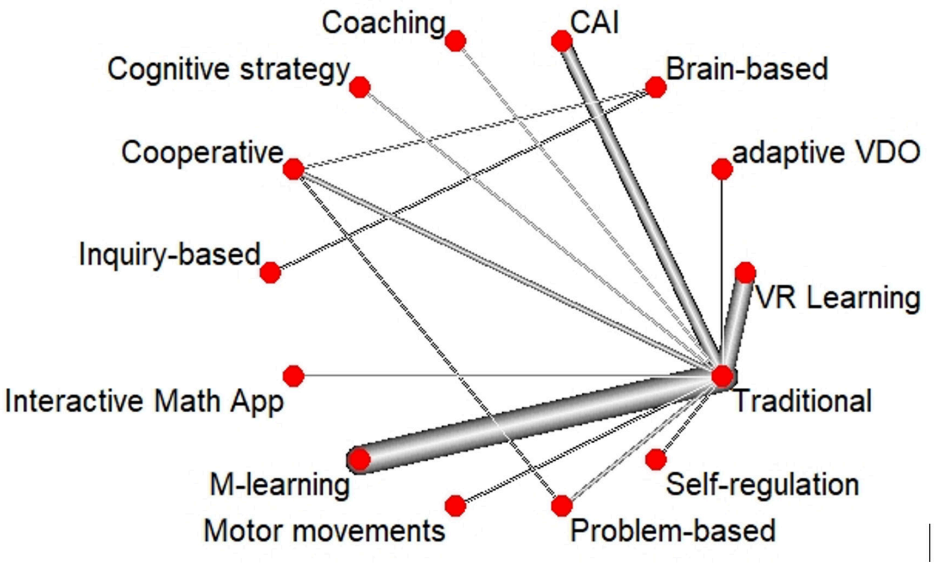


3.3 ผลการวิเคราะห์ลักษณะเครือข่ายความสัมพันธ์ของวิธีการสอนวิชาคณิตศาสตร์แบบต่าง ๆ เป็นผลการวิเคราะห์การทดสอบจำนวน 94 การทดสอบ ได้วิธีการสอนที่แตกต่างกัน จำนวน 14 วิธีการสอน มีการเปรียบเทียบการทดสอบเป็นรายคู่ จำนวน 94 คู่ ซึ่งจะได้ผลการวิจัยเป็นลักษณะเครือข่ายความสัมพันธ์ของวิธีการสอนวิชาคณิตศาสตร์แบบต่าง ๆ ในภาพรวม ผลการวิจัยพบว่า 1) เมื่อพิจารณาการเปรียบเทียบระหว่างวิธีการสอน จะเห็นได้ว่ามีงานวิจัยที่ได้ทดสอบระหว่างวิธีการสอน 3 คู่ ได้แก่ วิธีการสอนแบบร่วมมือควบคู่กับแบบสมองเป็นฐาน (Cooperative: Brain-based) วิธีการสอนแบบสมองเป็นฐานควบคู่กับแบบสืบเสาะเป็นฐาน (Brain-based: Inquiry-based) และวิธีการสอนแบบร่วมมือกับการแก้ปัญหาเป็นฐาน (Cooperative: Problem-based) 2) เมื่อสังเกตขนาดของแขนที่เชื่อมโยงระหว่างวิธีการสอน จะเห็นได้ว่า วิธีการสอนด้วยเทคโนโลยีไร้สาย (M-learning) มีจำนวนการทดสอบที่เปรียบเทียบกับวิธีการสอนแบบดั้งเดิมมากที่สุด 28 การทดสอบ รองลงมา คือ วิธีการสอนวิธีการสอนด้วยเทคโนโลยีโลกเสมือน (VR Learning) จำนวน 19 การทดสอบ และวิธีการสอนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) 14 การทดสอบ ตามลำดับ แสดงว่า ทิศทางในการวิจัยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เริ่มมุ่งเน้นไปที่วิธีการสอนด้วยเทคโนโลยีไร้สาย เทคโนโลยีโลกเสมือน และคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และ 3) เมื่อพิจารณาเครือข่ายความสัมพันธ์ย่อยของวิธีการสอนแบบต่าง ๆ จะเห็นได้ว่า เครือข่ายวิธีการสอนที่วิธีการสอนแบบดั้งเดิม (Traditional) วิธีการสอนแบบร่วมมือ (Cooperative) และวิธีการสอนแบบการแก้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based) มีการเชื่อมโยงกันเป็นเครือข่ายย่อยที่มีความสัมพันธ์กัน ซึ่งสามารถนำมาวิเคราะห์หาคู่วิธีการสอนที่เป็นตัวกลางมาใช้ประมาณค่าแทนคู่วิธีการสอนที่มีการทดลองกับวิธีการสอนแบบดั้งเดิมได้ รายละเอียดดัง Figure 9

Figure 9

Characteristics of Teaching Methods Network

ลักษณะเครือข่ายความสัมพันธ์ของวิธีการสอนแบบต่าง ๆ



หมายเหตุ: ขนาดแขนของวิธีการสอนที่เชื่อมโยงกันแทนจำนวนการทดสอบของวิธีการสอนนั้นกับอีกวิธีการสอนหนึ่ง

เมื่อจำแนกขนาดอิทธิพลตามวิธีการสอนแต่ละแบบในเครือข่าย พบว่า ในภาพรวมขนาดอิทธิพลของวิธีการสอนแต่ละแบบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($Q(df = 81) = 6135.14$, $p = 0$) สอดคล้องกับค่าร้อยละความผันแปรของขนาดอิทธิพล ($I^2 = 98.7\%$) และขนาดอิทธิพลของวิธีการสอนแต่ละแบบมีการกระจายไม่มากนัก ($tau = .214$, $tau^2 = .045$) โดยความผันแปรของการทดสอบภายในวิธีการสอนแต่ละวิธีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($Q(df = 80) = 6067.39$, $p = 0$) และความผันแปรของการทดสอบระหว่างวิธีการสอนแต่ละวิธีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($Q(df = 1) = 67.75$, $p < .0001$)

อภิปรายผล (Discussion)

ผลการวิเคราะห์อภิมาน พบว่า ขนาดอิทธิพลของการทดสอบในภาพรวมเท่ากับ .26 แสดงว่า ขนาดอิทธิพลของการทดสอบส่งต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในระดับเล็กน้อย ตามเกณฑ์ของ Cohen (1988) ซึ่งขนาดอิทธิพลของงานวิจัยนี้น้อยกว่าการวิเคราะห์อภิมานอื่น ๆ ที่โดยส่วนใหญ่แล้วขนาดอิทธิพลของการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ควรอยู่ในระดับกลางถึงระดับสูงในกรณีที่ควบคุมขนาดของตัวอย่าง (Jacobse & Harskamp, 2011) โดยงานวิจัยนี้ได้เก็บรวบรวมตัวอย่างงานวิจัยที่มีขนาดตัวอย่างแตกต่างกันมากตั้งแต่ 42 คน ถึง 1,059 คน อีกทั้งขนาดอิทธิพลของการทดสอบต่าง ๆ ส่งต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ได้แตกต่างกันในระดับค่อนข้างสูง ซึ่งขนาดอิทธิพลที่แตกต่างกันนั้นเกิดจากคุณลักษณะของงานวิจัยที่มีความแตกต่างกัน หรือมีคุณลักษณะแฝงบางอย่างซ่อนอยู่ซึ่งคณะผู้วิจัยจะอธิบายในลำดับถัดไป

ผลการวิเคราะห์กลุ่มย่อยแสดงให้เห็นว่า วิธีการสอนที่ไม่ใช้เทคโนโลยี ($SMD = .53$) มีขนาดอิทธิพลโดยรวมมากกว่าวิธีการสอนที่ใช้เทคโนโลยีเป็นฐาน ($SMD = .16$) แต่อย่างไรก็ตาม จากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า วิธีการสอนที่ใช้เทคโนโลยีส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นอนุบาลถึงชั้นประถมศึกษาในระดับมาก โดยเฉพาะนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ (Pellegrini et al., 2021; Ran et al., 2021) อาจเกิดจากเหตุผลที่ว่า แม้จะมีเทคโนโลยีการเรียนการสอนรูปแบบใหม่ ๆ เพิ่มมากขึ้นเท่าใดก็ตาม แต่ครูผู้สอนยังคงเป็นผู้มีบทบาทหลักที่เข้าใจผู้เรียนและบริบทต่าง ๆ มากที่สุด รวมทั้งรู้ถึงกลเม็ดเคล็ดลับต่าง ๆ ครูผู้สอนจึงเป็นผู้เลือกใช้ตัวแทรกแซงใด ๆ ที่เข้ากับผู้เรียนได้ด้วยการออกแบบและสับเปลี่ยนวิธีการใหม่ ๆ เข้าแทนที่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของวิธีการสอนให้มากขึ้น (Jacobse & Harskamp, 2011) ดังนั้น ครูผู้สอนและนักวิจัยควรออกแบบสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีที่ตรงกับความต้องการจำเป็นหรือจุดสร้างความเจ็บปวด (Pain points) ของผู้เรียน หรือใช้การทดสอบนำร่องเทคโนโลยีการสอน (Pilot test) เพื่อสามารถนำเทคโนโลยีนั้นไปใช้งานได้ตามสภาพการทดลองหรือในการเรียนการสอนจริงได้

เมื่อพิจารณาคุณลักษณะของงานวิจัยจากทั้งสองแหล่งข้อมูลสังเกตเห็นได้ว่า ส่วนใหญ่งานวิจัยจากฐานข้อมูล TCI 1 กำหนดตัวอย่างวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ในขณะที่งานวิจัยจากฐานข้อมูล SCOPUS ส่วนใหญ่เป็นนักเรียนระดับอนุบาลและเกรด 1 ถึงเกรด 6 ซึ่งอาจเป็นเหตุให้ขนาดอิทธิพลโดยรวมแตกต่างกัน เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์กลุ่มย่อยระดับการศึกษาของตัวอย่างวิจัยควบคู่กันจะเห็นได้ว่า ตัวอย่างวิจัยชั้นอนุบาล ($SMD = .01$) มีขนาดอิทธิพลโดยรวมน้อยกว่าตัวอย่างวิจัยชั้น

ประถมศึกษา (*SMD* = .43) และชั้นมัธยมศึกษา (*SMD* = .44) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kim et al. (2021) and Ran et al. (2021) ที่พบว่า ตัวอย่างวิจัยชั้นอนุบาลมีขนาดอิทธิพลโดยรวมน้อยกว่าตัวอย่างวิจัยชั้นประถมศึกษาและชั้นมัธยมศึกษาอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะตัวอย่างวิจัยชั้นอนุบาลส่งอิทธิพลทางลบกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ (Pellegrini et al., 2021)

ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า ตัวอย่างวิจัยชั้นประถมศึกษาและชั้นมัธยมศึกษามีขนาดอิทธิพลโดยรวมใกล้เคียงกัน แต่อย่างไรก็ตาม ตัวอย่างวิจัยทั้งสองระดับดังกล่าวก็มีความต้องการในการเรียนรู้แตกต่างกันกล่าวคือ ตัวอย่างวิจัยชั้นประถมศึกษาต้องการเรียนรู้จากคำชี้แนะและแบบฝึก ส่วนตัวอย่างวิจัยชั้นมัธยมศึกษาต้องการแหล่งข้อมูลและค้นหาความรู้ด้วยตนเอง (Cheung & Slavin, 2011, 2013) นอกจากนี้ ตัวอย่างวิจัยระดับอนุบาลที่นักวิจัยมักออกแบบเนื้อหาได้แค่การนับและเส้นจำนวนที่เนื้อหาไม่ซับซ้อนมากนัก และครูผู้สอนให้ความสนใจพัฒนาการของผู้เรียนมากกว่า (Jacobse & Harskamp, 2011; Ran et al., 2021)

จากที่กล่าวมาข้างต้นเห็นได้ว่าคุณลักษณะของงานวิจัยมีการทับซ้อนกัน ซึ่งเป็นเหตุให้นักวิจัยจำเป็นต้องศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะของงานวิจัย เช่น ระดับการศึกษาของตัวอย่างวิจัยกับขอบเขตเนื้อหา ระดับการศึกษาของตัวอย่างวิจัยกับระยะเวลาการให้ตัวแทรกแซง

ผลการวิเคราะห์อภิมานเครือข่าย แม้ผลการวิจัยนี้จะชี้ให้เห็นว่า วิธีการสอนที่ไม่ใช้เทคโนโลยีมีขนาดอิทธิพลโดยรวมมากกว่าวิธีการสอนที่ใช้เทคโนโลยีก็ตาม รวมทั้งผลการเปรียบเทียบขนาดอิทธิพลบ่งชี้ว่า วิธีการสอนด้วยเทคโนโลยีไร้สาย (*SMD* = .01) เทคโนโลยีโลกเสมือน (*SMD* = .30) และคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (*SMD* = .25) มีขนาดอิทธิพลโดยรวมแตกต่างจากวิธีการสอนแบบดั้งเดิมไม่มากนักก็ตาม แต่เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ลักษณะความสัมพันธ์ของเครือข่ายวิธีการสอนสังเกตขนาดแขนของวิธีการสอนเห็นได้ว่า วิธีการสอนด้วยเทคโนโลยีไร้สาย เทคโนโลยีโลกเสมือน และคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีจำนวนการทดสอบมากกว่าวิธีการสอนแบบอื่น ๆ แสดงว่า แนวโน้มการตีพิมพ์งานวิจัยที่นำเทคโนโลยีมาใช้ควบคู่กับวิธีการสอนที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ เริ่มมีงานวิจัยที่เกี่ยวกับวิธีการสอนที่ใช้เทคโนโลยีเพิ่มขึ้น เช่น วิธีการสอนด้วยเทคโนโลยีไร้สาย (M-learning 28 การทดสอบ) วิธีการสอนด้วยเทคโนโลยีโลกเสมือน (VR Learning 19 การทดสอบ) วิธีการสอนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI 14 การทดสอบ)

แต่อย่างไรก็ตาม นักวิจัยยังคงมีความพยายามในการปรับปรุงและออกแบบเทคโนโลยีที่ช่วยสอนเพิ่มขึ้น เนื่องจากวิธีการสอนที่ใช้เทคโนโลยีสามารถออกแบบให้ปรับเหมาะเข้ากับผู้เรียนเป็นรายบุคคลได้ (Ran et al., 2021) รวมทั้งปฏิเสธไม่ได้ว่าเทคโนโลยีได้แทรกซึมเข้าไปในทุกแง่มุมของชีวิตสมัยใหม่ไม่เว้นแม้แต่ในห้องเรียน ยิ่งแนวโน้มของการศึกษาที่ได้รับผลกระทบจากปรากฏการณ์ของโรคระบาด COVID-19 การเปลี่ยนแปลงของสภาพบรรยากาศ และการขยายตัวของจำนวนผู้เรียนออนไลน์ (Nilson & Goodson, 2021) อีกทั้งตั้งแต่ช่วงปี ค.ศ. 2000 รัฐบาลสหรัฐอเมริกาต้องการเปลี่ยนแปลงทิศทางการศึกษาไปสู่ยุคใหม่ โดยทุ่มงบประมาณประจำปีด้านเทคโนโลยีการศึกษาเป็นจำนวนมากเพื่อยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของผู้เรียน และส่งเสริมครูผู้สอนได้ใช้เทคโนโลยีสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ให้กับผู้เรียนเพื่อเพิ่มพูนความรู้ความเข้าในวิชาคณิตศาสตร์มากขึ้น (Cheung & Slavin, 2013) ดังนั้น ครูผู้สอนและผู้บริหารการศึกษาควรเร่งพัฒนาสื่อและเทคโนโลยีที่ส่งเสริมผู้เรียนให้เข้าสู่การเรียนรู้สมัยใหม่

นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังชี้ให้เห็นว่า มีการทดสอบของวิธีการสอนแบบกำกับตนเอง (Self-regulation) และกลยุทธ์ทางพุทธิปัญญา (Cognitive strategy) มีช่วงความเชื่อมั่น 95% ไม่แตกต่างจากวิธีการสอนแบบดั้งเดิมนัก แต่อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยของ Li et al. (2018) ได้ชี้ให้เห็นว่า วิธีการสอนทั้งสองแบบเหมาะสำหรับการสอนวิชาคณิตศาสตร์และสามารถเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางเรียน โดยกลยุทธ์ทางพุทธิปัญญาใช้สอนให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหา การวางแผนและขั้นตอนการแก้ปัญหา การตัดสินใจเลือกใช้วิธีการแก้ปัญหา ขณะที่ วิธีการสอนแบบกำกับตนเองเป็นกระบวนการทำซ้ำที่กระตุ้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเอง การตั้งเป้าหมาย วางกลยุทธ์ ดำเนินการตามกลยุทธ์ ทบทวนตนเองเพื่อปรับกลยุทธ์ อีกทั้งวิธีการสอนดังกล่าวเป็นตัวขับเคลื่อนกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเองที่มีความจำเป็นในสังคมสมัยใหม่ที่เป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ วิธีการสอนดังกล่าวจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาเพื่อสร้างนิสัยให้นักเรียนในวันนี้เป็นผู้เรียนรู้ตลอดชีวิตที่ดำรงตนอยู่ในสังคมที่ความรู้มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา

ผลการวิจัยนี้ได้ให้ผลการเปรียบเทียบขนาดอิทธิพลของวิธีการสอนแบบรายคู่ที่นักการศึกษาสามารถนำข้อมูลชุดนี้มาใช้สร้างส่วนผสมและพัฒนาตัวแทรกแซงที่สร้างเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้เป็นไปในทิศทางที่ควรจะเป็น กล่าวคือ การออกแบบวิธีการสอนที่ผสมผสานวิธีการสอนแบบร่วมมือ (Cooperative) และวิธีการสอนแบบปัญหาเป็นฐาน (Problem-based) ที่มีผลต่างของขนาดอิทธิพลโดยรวมจากวิธีการสอนแบบดั้งเดิมเท่ากับ .86, 95%CI [.70, 1.03] และ .60, 95%CI [.42, .78] ตามลำดับ โดยเริ่มจากการใช้ปัญหาเป็นฐานก่อนและตามด้วยการสอนแบบร่วมมือ หรือการส่งเสริมในพื้นที่การทำงานร่วมกันทั้งในและนอกชั้นเรียน เช่น Online collaborative tools หรือเทคโนโลยีที่มีอยู่ในมือแล้ว เช่น LINE

ผลการวิจัยนี้แตกต่างจากผลการวิจัยของ Chayaban et al. (2021) ที่เก็บรวบรวมมาจากฐานข้อมูลที่แตกต่างกัน คือ ฐานข้อมูล CUIR และ Proquest ผู้ที่นำผลการวิจัยไปใช้สามารถอ้างอิงผลการวิจัยของรายงานทั้งสองชิ้นได้ เนื่องจากการวิเคราะห์อภิมานยังคงจำเป็นต้องรวบรวมฐานข้อมูลจำนวนมากและจากหลายแหล่ง รวมทั้งการศึกษามีขอบเขตและเนื้อหาสาระที่กว้างขวาง เพื่อวิเคราะห์ผลให้แม่นยำมากขึ้น

สรุปผล (Conclusions)

การสังเคราะห์วิธีการสอนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ พบว่า มีขนาดอิทธิพลของวิธีการสอนแบบต่าง ๆ ในภาพรวมมีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ที่นำมาวิเคราะห์ทั้งหมดแตกต่างกัน ผลการวิเคราะห์กลุ่มย่อย พบว่า คุณลักษณะของงานวิจัยที่ส่งผลให้ขนาดอิทธิพลของวิธีการสอนแตกต่างกัน คือ การใช้เทคโนโลยีเป็นฐาน และระดับการศึกษาของตัวอย่างวิจัย และผลการเปรียบเทียบขนาดอิทธิพลของวิธีการสอนแบบต่าง ๆ ด้วยการวิเคราะห์อภิมานเครือข่าย พบว่า วิธีการสอนแบบร่วมมือ (Cooperative) มีผลต่างของขนาดอิทธิพลโดยรวมจากวิธีการสอนแบบดั้งเดิมมากที่สุด

ผลการวิจัยนี้จึงเป็นเพียงแนวทางในการตัดสินใจเลือกใช้วิธีการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นแค่คำชี้แนะที่ไม่ได้รับรองผลว่าจะเป็นไปตามนี้เสมอ ผู้ที่นำผลการวิจัยนี้ไปใช้งานจึงจำเป็นต้องพิจารณาจากสมมติฐานและฐานการคิดอื่น ๆ มาประกอบการตัดสินใจเลือกวิธีการสอนนั้น ๆ

นอกจากนี้ ผลการวิจัยชี้ว่า วิธีการสอนที่ใช้เทคโนโลยียังมีขนาดอิทธิพลไม่แตกต่างจากวิธีการสอนแบบดั้งเดิมมาก ซึ่งเป็นช่องว่างให้นักการศึกษา นักนโยบายการศึกษา และผู้บริหารสามารถขับเคลื่อนนโยบายพัฒนาสื่อและเทคโนโลยีการสอนที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นได้

แต่อย่างไรก็ตาม ตัวแทรกแซงมีลักษณะทับซ้อนกัน (Nested) เช่น วิธีการสอนหลายแบบ ประสบการณ์การเรียนรู้นอกชั้นเรียนและในชั้นเรียน นักวิจัยควรใช้การวิเคราะห์อภิมานแบบพหุระดับ (Multilevel meta-analysis) ซึ่งช่วยให้นักวิจัยทำความเข้าใจถึงธรรมชาติของข้อมูลทางการศึกษาที่มีความซับซ้อน หรือนักวิจัยควรศึกษาปัจจัยเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ทั้งปัจจัยทางตรงและทางอ้อม เช่น ปัจจัยด้านครอบครัว ด้านจิตวิทยา และด้านคุณลักษณะของผู้เรียนด้วยการวิเคราะห์อภิมานโมเดลสมการเชิงโครงสร้าง (Meta-analytic structural equation modeling: MASEM)

การวิเคราะห์อภิมานยังจำเป็นต้องอาศัยการรวบรวมฐานข้อมูลจำนวนมากและจากหลายแหล่ง ดังนั้น ชุมชนนักวิจัยและครูผู้สอนขยายฐานความรู้ในการวิเคราะห์อภิมานออกไปทั่วทั้งขอบข่ายการศึกษาที่มีความหลากหลาย

ข้อจำกัดในการวิจัย

การวิเคราะห์กลุ่มย่อยนั้นปรากฏกลุ่มย่อยที่มีจำนวนการทดสอบน้อยกว่า 5 การทดสอบ ($k \leq 5$) ซึ่งผู้ที่นำผลการวิจัยไปใช้จึงควรระมัดระวังการนำผลการวิจัยในส่วนของการวิเคราะห์กลุ่มย่อยไปใช้อ้างอิง และคณะผู้วิจัยใช้วิธีการสอนและคุณลักษณะของงานวิจัยตามที่ได้ระบุไว้ในบทความวิจัยที่เป็นตัวอย่างวิจัยเท่านั้น

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements)

งานวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ภายใต้แผนงานยุทธศาสตร์ เป้าหมาย (Spearhead) ด้านสังคม คณะผู้วิจัยกราบขอบพระคุณ ศ.ดร.มิ่งสรรพ์ ขาวสะอาด และคณะทำงานของแผนงานวิจัยคนไทย 4.0 ที่เปิดโอกาสให้คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยนี้จนสำเร็จ กราบขอบพระคุณ รศ.ดร.อวยพร เรืองตระกูล ที่ให้ข้อคิดและคำแนะนำด้วยความกรุณาเป็นอย่างยิ่ง

การมีส่วนร่วมของผู้เขียน (Author Contributions)

ธีรยุทธ พิริยะอารยะกูล: เขียนร่างต้นฉบับบทความ ทบทวนและแก้ไขต้นฉบับบทความ ออกแบบกรอบแนวคิด และออกแบบวิธีการวิจัย **ณัฐพล อนันต์ธนสาร:** ทบทวนและแก้ไขต้นฉบับบทความ จัดเก็บข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และตรวจสอบความถูกต้อง **สกุลกาญจน์ วลีอิทธิภัสร์:** เขียนร่างต้นฉบับบทความ ทบทวนและแก้ไขต้นฉบับบทความ ดำเนินการวิจัย และตรวจสอบความถูกต้อง

การประกาศผลประโยชน์ทับซ้อน (Declaration of Competing Interest)

ผู้เขียนได้เปิดเผยผลประโยชน์ที่เกี่ยวข้องทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย และไม่มีผลประโยชน์อื่นใดเกี่ยวข้องกับบทความฉบับนี้

เอกสารอ้างอิง (References)

Ali, A., Ahmad, N., & Hussain, S. (2021). An experimental study of collaborative instructional strategy (CIS) for teaching mathematics at primary level in Pakistan. *Mathematics Teaching Research Journal, 13*(1), 94–105. https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1384864.pdf

Aragón-Mendizábal, E., Aguilar-Villagrán, M., Navarro-Guzmán, J. I., & Howell, R. (2017). Improving number sensein kindergarten children with low achievement in mathematics. Anales de Psicologia, 33(2), 311–318. http://dx.doi.org/10.6018/analesps.33.2.239391

Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P. T., & Rothstein, H. R. (2011). *Introduction to meta-analysis.* John Wiley & Sons.

Byun, J. H., & Joung, E. (2018). Digital game-based learning for K–12 mathematics education: A meta-analysis. *School Science and Mathematics, 118*(3–4), 113–126. https://doi.org/10.1111/ssm.12271

Caviola, S., Toffalini, E., Giofrè, D., Ruiz, J. M., Szucs, D., & Mammarella, I. C. (2021). Math performance and academic anxiety forms, from sociodemographic to cognitive aspects: A meta-analysis on 906,311 participants. *Educational Psychology Review, 34*, 363–399. https://doi.org/10.1007/s10648-021-09618-5

Chayaban, W., Tippayakulpairoj, D., Siripila, S., Noklang, S., Anantanasan, N., Chaiboonma, S., & Piromsombat, C. (2021). A network meta-analysis of teaching method influencing mathematics achievement of students. *Journal of Educational Measurement, Mahasarakham University, 27*(1), 244–260. https://so02.tci-thaijo.org/index.php/jemmsu/article/view/240457

Cheung, A. C. K., & Slavin, R. E. (2011). *The effectiveness of educational technology applications for enhancing mathematics achievement in K-12 classrooms: A meta-analysis.* Center for Research and Reform in Education, Johns Hopkins University.

Cheung, A. C. K., & Slavin, R. E. (2013). The effectiveness of educational technology applications for enhancing mathematics achievement in K-12 classrooms: A meta-analysis. *Educational Research Review, 9,* 88–113. http://dx.doi.org/10.1016/j.edurev.2013.01.001

Cohen J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.

Cooper, H., & Hedges, L. V. (2009). Research synthesis as a scientific process. In H. Cooper, L. V. Hedges, J. C. Valentine, (Eds.), *The handbook of research synthesis and meta-analysis* (2nd ed.) (pp. 3–19). Russell Sage Foundation Publications.

Dias, S., Welton, N. J., Sutton, A. J., Caldwell, D. M., Lu, G., & Ades, A. E. (2013). Evidence synthesis for decision making 4: Inconsistency in networks of evidence based on randomized controlled trials. *Medical Decision Making, 33*(5), 641–656. https://doi.org/10.1177/0272989X12455847

Donoghue, G. M., & Hattie, J. A. C. (2021). A meta-analysis of ten learning techniques. *Frontiers in Education, 6*, Article 581216. https://doi.org/10.3389/feduc.2021.581216

Fadda, D., Pellegrini, M., Vivanet, G., & Callegher, C. Z. (2022). Effects of digital games on student motivation in mathematics: A meta-analysis in K-12. *Journal of Computer Assisted Learning, 38*(1), 304–325. https://doi.org/10.1111/jcal.12618

Harrer, M., Cuijpers, P., Furukawa, T. A., & Ebert, D. D. (2021). *Doing meta-analysis with R: A hands-on guide.* Chapmann & Hall/CRC Press.

Higgins, K., Huscroft-D'Angelo, J., & Crawford, L. (2019). Effects of technology in mathematics on achievement, motivation, and attitude: A meta-analysis. *Journal of Educational Computing Research, 57*(2), 283–319. https://doi.org/10.1177/0735633117748416

Holzberger, D., Reinhold, S., Lüdtke, O., & Seidel, T. (2020). A meta-analysis on the relationship between school characteristics and student outcomes in science and maths: Evidence from large-scale studies. *Studies in Science Education, 56*(1), 1–34. https://doi.org/10.1080/03057267.2020.1735758

Jacobse, A. E., & Harskamp, E. G. (2011). *A meta-analysis of the effects of instructional interventions on students' mathematics achievement.* GION, Gronings Instituut voor Onderzoek van Onderwijs, Opvoeding en Ontwikkeling, Rijksuniversiteit Groningen. https://research.rug.nl/en/publications/a-meta-analysis-of-the-effects-of-instructional-interventions-on-/

Kim, J., Gilbert, J., Yu, Q., & Gale, C. (2021). Measures matter: A meta-analysis of the effects of educational apps on preschool to grade 3 children's literacy and math skills. *AERA Open, 7*(1), 1–19. https://doi.org/10.1177/23328584211004183

Lee, Y., Capraro, M. M., Capraro, R. M., & Bicer, A. (2018). A meta-analysis: Improvement of students' algebraic reasoning through metacognitive training. *International Education Studies, 11*(10), 42–49. https://doi.org/10.5539/ies.v11n10p42

Li, J., Ye, H., Tang, Y., Zhou, Z., & Hu, X. (2018). What are the effects of self-regulation phases and strategies for Chinese students? A meta-analysis of two decades research of the association between self-regulation and academic performance. *Frontiers in Psychology, 9,* Article 2434. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02434

Nilson, L. B., & Goodson, L. A. (2021). *Online teaching at its best: Merging instructional design with teaching and learning research* (2nd ed.). Jossey-Bass.

OECD. (2018). *PISA 2018 assessment and analytical framework: Mathematics, reading, science, global competence and financial literacy.* OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/9789264305274-en

OECD. (2019a). *Thailand: Country note PISA 2018 results.* https://www.oecd.org/en/about/programmes/pisa/pisa-publications.html

OECD. (2019b). *PISA 2018 results (volume I): What students know and can do.* OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/888934028235

OECD. (2023). *PISA 2022 results (volume I and II) - country notes: Thailand.* https://www.oecd.org/en/publications/pisa-2022-results-volume-i-and-ii-country-notes_ed6fbcc5-en/thailand_6138f4af-en.html

Pellegrini, M., Lake, C., Neitzel, A., & Slavin, R. E. (2021). Effective programs in elementary mathematics: A meta-analysis. *AERA Open, 7*(1), 1–29. https://doi.org/10.1177/2332858420986211

Ran, H., Kasli, M., & Secada, W. G. (2021). A meta-analysis on computer technology intervention effects on mathematics achievement for low-performing students in K-12 classrooms. *Journal of Educational Computing Research, 59(*1), 119–153. https://doi.org/10.1177/0735633120952063

Siregar, N. C., Rosli, R., Maat, S. M., & Capraro, M. M. (2020). The effect of science, technology, engineering and mathematics (STEM) program on students' achievement in mathematics: A meta-analysis. *International Electronic Journal of Mathematics Education, 15*(1), Article em0549. https://doi.org/10.29333/iejme/5885

Spitzer, M. W. H., & Musslick, S. (2021). Academic performance of K-12 students in an online-learning environment for mathematics increased during the shutdown of schools in wake of the COVID-19 pandemic. *PLOS ONE, 16*(8), Article e0255629. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0255629

Tokac, U., Novak, E., & Thompson, C. G. (2019). Effects of game-based learning on students' mathematics achievement. *Journal of Computer Assisted Learning, 35*(3), 407–420. https://doi.org/10.1111/jcal.12347

Wu, W. -H., Hsiao, H. -C., Wu, P. -L., Lin, C. -H., & Huang, S. -H. (2012). Investigating the learning-theory foundations of game-based learning: A meta-analysis. *Journal of Computer Assisted Learning, 28*(3), 265–279. https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2011.00437.x