

การวินิจฉัยข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์เรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว
สำหรับนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพปีที่ 1
วิทยาลัยในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กรุงเทพมหานคร
Diagnosis of Mathematical Deficiencies in Linear Equations with One
Variable for First Year Vocational Certificate Students at Colleges Under
the Office of the Vocational Education Commission, Bangkok Metropolis

ชนิดาภา พิมพ์ลา^{*1} วรณัฐ แหยมแสง² นพพร แหยมแสง³ และอุไร ชีรัมย์⁴
Chanidapa Pimla^{*1} Woranuch Yamsang² Noporn Yamsang³ and Urai Sirum⁴
^{*1-4}สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง
^{*1-4}Field of Mathematics Education, Faculty of Education, Ramkhamhaeng University
e-mail: chanida.pimla@gmail.com

Received: February 5, 2026

Revised: March 18, 2026

Accepted: March 22, 2026

Similarity Index: 8.20%

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อวินิจฉัยข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพปีที่ 1 วิทยาลัยในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กรุงเทพมหานคร ประชากรที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 2,830 คน สุ่มขนาดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 350 คน คำนวนจากสูตร Yamane ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เลือกมาโดยการสุ่มแบบกลุ่มจาก 7 วิทยาลัย โดยเน้นการวินิจฉัยข้อบกพร่องใน 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านการใช้ทฤษฎีบท กฎ สูตร นิยามและสมบัติ 2) ด้านการคิดคำนวณและการดำเนินการ 3) ด้านการตีความจากโจทย์ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบทดสอบวินิจฉัยข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ชนิดปรนัยแบบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ (ข้อคู่ขนานจำนวน 15 คู่) การหาคุณภาพของแบบทดสอบคู่ขนานผ่านการตรวจสอบความสอดคล้องโดยใช้การทดสอบไคสแควร์ (χ^2 -test) มีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ 0.909 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าร้อยละ (percentage)

ผลการวิจัยพบว่า ในด้านการใช้ทฤษฎีบท กฎ สูตร นิยามและสมบัติ พบว่า มีจำนวนนักเรียนตอบผิดในด้านนี้ร้อยละ 61.7-84.6 อยู่ 5 ข้อ จากทั้งหมด 6 ข้อ ด้านการคิดคำนวณและการดำเนินการ พบว่า มีจำนวนนักเรียนตอบผิดในด้านนี้ร้อยละ 57.4-92.9 อยู่ 10 ข้อ จากทั้งหมด 10 ข้อ และด้านการตีความจากโจทย์ พบว่านักเรียนมีความบกพร่องในการแปลความหมายของข้อความโจทย์ปัญหาเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ มีจำนวนนักเรียนตอบผิดในด้านนี้ร้อยละ 60.9-78.3 อยู่ 12 ข้อ จากทั้งหมด 14 ข้อ ซึ่งจะเห็นได้ว่านักเรียนมีข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวในด้านการคิดคำนวณและการดำเนินการมากที่สุด

คำสำคัญ: การวินิจฉัยข้อบกพร่อง, สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว, การตีความโจทย์, การคิดคำนวณ, แบบทดสอบวินิจฉัย

Abstract

The purpose of this research was to diagnose mathematical learning deficiencies in linear equations with one variable among first-year vocational certificate students at colleges under the Office of the Vocational Education Commission in Bangkok. The target population consisted of 2,830 first-year vocational certificate students enrolled in the second semester of the 2024 academic year. A sample of 350 students was selected from seven colleges using cluster sampling, with the sample size calculated using Yamane's formula at a 95% confidence level. The study focused on diagnosing deficiencies in three key areas: (1) the use of theorems, rules, formulas, definitions, and properties; (2) computational processes and operations; and (3) the interpretation of word problems.

The research instrument was a 30-item multiple-choice diagnostic test with four options per item, consisting of 15 pairs of parallel items. The consistency of the parallel test was examined using the chi-square test, and the overall reliability coefficient of the test was 0.909. The data were analyzed using percentages.

The results indicated that, in the area of using theorems, rules, formulas, definitions, and properties, the percentage of students who answered incorrectly ranged from 61.7% to 84.6% in five out of six items. In the area of computational processes and operations, the percentage of students who answered incorrectly ranged from 57.4% to 92.9% across all ten items. Regarding the interpretation of word problems, students demonstrated deficiencies in translating word-problem statements into mathematical equations, with the percentage of students who answered incorrectly ranging from 60.9% to 78.3% in twelve out of fourteen items. The findings revealed that the most significant mathematical learning deficiencies in linear equations with one variable were related to computational processes and operations.

Keywords: Diagnostic test, Learning Difficulties, Misconceptions in Mathematics, Interpretative Understanding, Parallel Test

บทนำ

ในยุคปัจจุบัน ระบบการศึกษาทั่วโลกเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว อันเป็นผลมาจากการพัฒนาเทคโนโลยีดิจิทัล รวมถึงบริบททางเศรษฐกิจ สังคม และวัฒนธรรมที่เปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง การจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 จึงจำเป็นต้องปรับตัว โดยมุ่งเน้นการใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการจัดการเรียนรู้ เช่น สื่อการสอนแบบอินเทอร์แอคทีฟ ระบบการเรียนรู้ออนไลน์ และแนวทางการเรียนรู้เฉพาะบุคคล (Personalized Learning) ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ตามศักยภาพและความถนัดของตนเอง (กระทรวงศึกษาธิการ, 2566) นอกจากนี้ หลายประเทศยังให้ความสำคัญกับการพัฒนาทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ได้แก่ การคิดเชิงวิพากษ์หรือการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ การทำงานร่วมกับผู้อื่น และการเรียนรู้ตลอดชีวิต โดยมุ่งเน้นการบูรณาการความรู้จากหลากหลายสาขาเพื่อสร้างองค์ความรู้ที่สามารถเชื่อมโยงกับบริบทของชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Trilling & Fadel, 2009: 14–19) สำหรับบริบทของประเทศไทย แนวทางการจัดการอาชีวศึกษาได้รับการกำหนด

ให้สอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ โดยพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ให้มีความรู้ความสามารถทั้งด้านทฤษฎีและการปฏิบัติ ตลอดจนยกระดับคุณภาพผู้เรียนให้สามารถเข้าสู่ตลาดแรงงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ (พระราชบัญญัติการอาชีวศึกษา, 2551) หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2567 มีหลักการสำคัญในการจัดการศึกษาด้านวิชาชีพและยกระดับการศึกษาวิชาชีพของบุคคลให้สูงขึ้น โดยสอดคล้องกับแผนพัฒนาประเทศ กรอบคุณวุฒิแห่งชาติ และมาตรฐานการอาชีวศึกษาแห่งชาติ ทั้งนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีสมรรถนะและทักษะในระดับฝีมือ รวมถึงมีทักษะการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา ผู้เรียนจำเป็นต้องมีความรู้เกี่ยวกับหลักการ ทฤษฎี และแนวปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับสาขาวิชาที่เรียน ตลอดจนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะทางวิชาชีพในการแก้ปัญหา การปฏิบัติงานได้ ดังนั้น การจัดการเรียนการสอนจึงมุ่งเน้นการปฏิบัติจริงเพื่อพัฒนาสมรรถนะเฉพาะด้านในระดับฝีมือ ในโครงสร้างหลักสูตรดังกล่าวได้กำหนดวิชาสมรรถนะแกนกลางที่เกี่ยวข้องกับการคิดและการแก้ปัญหา ซึ่งประกอบด้วยวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมุ่งเน้นการคิดคำนวณและการใช้ทักษะทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญในการพัฒนาสมรรถนะทางวิชาชีพและการแก้ปัญหาในงานอาชีพให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาดแรงงานและการพัฒนาประเทศ (สำนักมาตรฐานการอาชีวศึกษาและวิชาชีพ, 2567) อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่านักเรียนมีความเข้าใจตลาดเคลื่อนเกี่ยวกับแนวคิดพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ เช่น ความหมายของสมการ สมบัติการเท่ากันของสมการ การแก้สมการ และการแปลงโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นสัญลักษณ์ (นฤมล อุดมประจักษ์, 2555: 4) ปัญหาในการเรียนรู้ส่วนหนึ่งเกิดจากความซับซ้อนของขั้นตอนการแก้ปัญหาและความเข้าใจเชิงมนทัศน์ที่ไม่ชัดเจน ส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถนำความรู้เดิมที่เคยเรียนมาแล้วมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงหรือการศึกษาต่อได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2551)

การวินิจฉัยข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์จึงมีความสำคัญต่อการพัฒนาการเรียนรู้ เนื่องจากช่วยให้ครูผู้สอนเข้าใจแนวคิด กระบวนการเรียนรู้ และจุดอ่อนของผู้เรียนได้อย่างตรงจุด ซึ่งนำไปสู่การวางแผนและปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพ Chai and Ang (1987: 189–198) กล่าวว่า การวินิจฉัยข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์มีความสำคัญต่อการพัฒนาการเรียนรู้ เนื่องจากช่วยให้ครูผู้สอนสามารถระบุจุดอ่อนและทำความเข้าใจกระบวนการคิดของผู้เรียนได้อย่างเหมาะสม ขณะที่ Mivshovitz–Hadar et al. (1987: 3–14) กล่าวว่า ข้อบกพร่องที่พบบ่อยในการเรียนคณิตศาสตร์ ได้แก่ การใช้ข้อมูลผิดพลาด การเข้าใจผิดเกี่ยวกับหลักการหรือทฤษฎี การให้เหตุผลที่ไม่สมบูรณ์ และการขาดการตรวจสอบความถูกต้องของกระบวนการคิด

นอกจากนี้ Wallace and McLoughlin (1998: 28) กล่าวว่า การวิเคราะห์แบบฝึกหัดของนักเรียนเป็นวิธีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการวินิจฉัยข้อบกพร่องทางการเรียนรู้ เนื่องจากช่วยให้ครูสามารถมองเห็นรูปแบบของข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง และนำข้อมูลดังกล่าวไปปรับกระบวนการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับผู้เรียนแต่ละคน Geary (2004: 4–15) กล่าวว่า ความบกพร่องในการเรียนรู้คณิตศาสตร์เป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อเด็กวัยเรียนประมาณร้อยละ 5–8 โดยผู้เรียนจะมีความยากลำบากในการเรียนรู้แนวคิดและขั้นตอนทางคณิตศาสตร์ ขณะที่ Mutlu and Korkmaz (2020: 40–52) กล่าวว่า ความยากลำบากในการเรียนรู้คณิตศาสตร์สามารถแสดงออกได้หลายรูปแบบ รวมถึงปัญหาในการทำความเข้าใจแนวคิดเชิงจำนวนและการคิดคำนวณ และ Swanson et al. (2023: 102) กล่าวว่า ความไม่มีประสิทธิภาพด้านกระบวนการทางปัญญา เช่น การคิดคำนวณและการจดจำข้อมูลที่ไม่ถูกต้อง อาจเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผู้เรียนประสบความยากลำบากในการเรียนรู้

จากแนวคิดและงานวิจัยดังกล่าว จะเห็นได้ว่านักวิชาการให้ความสำคัญกับการวิเคราะห์ข้อผิดพลาดของผู้เรียนในวิชาคณิตศาสตร์มากขึ้น โดยมุ่งพิจารณาทั้งข้อมูลเชิงคุณภาพและข้อมูลเชิงปริมาณ Ojose (2015: 1–5) กล่าวว่า ข้อบกพร่องทางคณิตศาสตร์ไม่ได้เป็นเพียงความเข้าใจผิดที่เกิดขึ้นในระยะหนึ่งของการเรียนรู้เท่านั้น แต่ยังอาจเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการสร้างองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่ต่อเนื่องในระดับที่สูงขึ้น แม้ว่าปัญหาดังกล่าวจะพบได้ทั่วไป แต่การแก้ไขข้อบกพร่องไม่สามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วยวิธีการสอนทั่วไปเพียงอย่างเดียว ขั้นตอนสำคัญจึงเริ่มต้นจากการวินิจฉัย เพื่อระบุข้อบกพร่องและทำความเข้าใจสาเหตุของข้อผิดพลาดของผู้เรียน อันจะนำไปสู่การออกแบบกิจกรรมหรือกลยุทธ์การจัดการเรียนรู้ที่สามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้ตรงจุด

ด้วยเหตุผลดังกล่าว การวินิจฉัยข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์จึงเป็นแนวทางสำคัญที่ช่วยให้ครูผู้สอนสามารถทราบและระบุจุดบกพร่องของผู้เรียนได้อย่างเป็นระบบ ตลอดจนสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการปรับปรุงแนวทางการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับความต้องการและปัญหาของผู้เรียน อีกทั้งผู้วิจัยเป็นผู้มีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงกับการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ จึงมีความสนใจศึกษาข้อบกพร่องในการเรียนรู้ของนักเรียน เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวิเคราะห์และหาแนวทางแก้ไขปัญหาคณิตศาสตร์ได้อย่างตรงจุด และนำไปสู่การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของผู้เรียนต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อวินิจฉัยข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพปีที่ 1

การดำเนินการวิจัย

1. รูปแบบการวิจัย เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ

2. ขอบเขตด้านเนื้อหา เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2567 ประกอบด้วยจุดประสงค์การเรียนรู้ดังนี้

- 2.1 การจำแนกสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว
- 2.2 การแก้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวโดยใช้สมบัติการเท่ากัน
- 2.3 การเปลี่ยนประโยคภาษาเป็นประโยคสัญลักษณ์
- 2.4 โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว

3. กลุ่มประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1 ประชากร คือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพปีที่ 1 ที่ลงทะเบียนเรียนภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 ในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กรุงเทพมหานคร จำนวน 2,830 คน จากทั้งหมด 17 วิทยาลัย

3.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพปีที่ 1 ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานอาชีพ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 โดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Sampling) จาก 7 วิทยาลัย ได้แก่ วิทยาลัยเทคนิคบันนบุรี, วิทยาลัยเทคนิคดอนเมือง, วิทยาลัยบริหารธุรกิจและการท่องเที่ยวกรุงเทพ, วิทยาลัยพัฒนวิชาการธนบุรี, วิทยาลัยพัฒนวิชาการเซตุน, วิทยาลัยอาชีวศึกษาเสาวภา และวิทยาลัยอาชีวศึกษาธนบุรี รวม 350 คน คำนวณจากสูตร Yamane ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

4.1 ศึกษาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องได้กำหนดขอบเขตของลักษณะข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่สำคัญไว้ 3 ด้าน ดังนี้

4.1.1 ด้านการใช้ทฤษฎีบท กฎ สูตร นิยามและสมบัติ ข้อบกพร่องในด้านนี้เกิดจากผู้เรียนมีความเข้าใจผิดเชิงแนวคิด ความเข้าใจคลาดเคลื่อนเชิงโครงสร้าง ซึ่งเป็นรากฐานที่ผิดพลาดในการทำความเข้าใจหลักการทางคณิตศาสตร์ เป็นความผิดพลาดเชิงโครงสร้างที่ฝังรากลึกและแก้ยาก การตีความแนวคิดหลักผิดพลาดโดยเฉพาะความหมายของสัญลักษณ์พื้นฐาน

4.1.2 ด้านการคิดคำนวณและการดำเนินการ ข้อบกพร่องในด้านนี้เกิดจากการที่ผู้เรียนมีข้อผิดพลาดเชิงกระบวนการ ข้อผิดพลาดทางเทคนิคพื้นฐาน ข้อผิดพลาดเชิงขั้นตอน ซึ่งเป็นความผิดพลาดที่เกิดจากการคำนวณพื้นฐานที่ไม่แม่นยำ เช่น การบวก ลบ คูณ หารผิดพลาด หรือความผิดพลาดในการดำเนินการทางพีชคณิตเบื้องต้น

4.1.3 ด้านการตีความจากโจทย์ ข้อบกพร่องในด้านนี้เกิดจากการที่ผู้เรียนมีข้อผิดพลาดในการแปลความหมาย ข้อผิดพลาดในการใช้ข้อมูล ซึ่งเกิดจากการตีความประโยคภาษาในโจทย์ปัญหาให้เป็นสัญลักษณ์หรือรูปแบบทางคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง ส่งผลให้การตั้งสมการหรือสมการตั้งแต่นั้นเกิดความคลาดเคลื่อน การนำข้อมูลที่ไม่ได้ระบุในโจทย์เข้ามาใช้ในการแก้ปัญหา หรือการใช้ข้อมูลผิดพลาด

4.2 สร้างแบบทดสอบวินิจฉัยข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพปีที่ 1 เป็นแบบทดสอบคู่ขนานแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 2 ฉบับ ฉบับละ 28 ข้อ ให้มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว และข้อสอบแต่ละข้อต้องบ่งบอกถึงสาเหตุของการตอบผิด

4.3 การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

4.3.1 นำแบบทดสอบวินิจฉัยที่สร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อให้คำแนะนำและนำมาปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้มีความเที่ยงตรงตามเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยแต่ละข้อของแบบทดสอบมีความสอดคล้องกับข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ลักษณะดังกล่าวข้างต้น

4.3.2 นำแบบทดสอบที่ผ่านการแก้ไขแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญด้านคณิตศาสตร์ จำนวน 3 ท่าน เพื่อให้มีความเที่ยงตรงตามเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้โดยแต่ละข้อมีความสอดคล้องกับข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ลักษณะดังที่กล่าวมา

4.3.3 ผู้วิจัยนำคะแนนที่ได้มาคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามแต่ละข้อกับวัตถุประสงค์ (Item-Objective Congruence Index-IOC) โดยเลือกข้อคำถามที่มีค่าความสอดคล้องตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป (อิทธิพัทธ์ สุวทันพรกุล, 2562: 215) จึงได้ข้อสอบจำนวนทั้งหมด 2 ฉบับๆ ละ 28 ข้อ

4.3.4 ผู้วิจัยนำแบบทดสอบวินิจฉัยคู่ขนานที่ได้ปรับปรุงแก้ไขใหม่แล้วไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างและเป็นนักเรียนที่ผ่านการเรียนเรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวมาแล้ว จำนวน 100 คน โดยดำเนินการทดสอบ 2 ครั้ง ครั้งละ 40 นาที โดยผู้วิจัยทำการทดสอบชุดที่ 2 หลังจากนักเรียนทำแบบทดสอบชุดที่ 1 เสร็จแล้วเรียบร้อยแล้ว เพื่อสำรวจลักษณะข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนกลุ่มเดิม

4.3.5 ผู้วิจัยนำผลทดสอบที่ได้ทั้ง 2 ฉบับ ไปทำการวิเคราะห์ คัดเลือกและปรับปรุงแบบทดสอบใหม่ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปทางสถิติในการคำนวณเพื่อหาค่าความสอดคล้องของการกระจายคำตอบของแบบทดสอบคู่ขนานจากการทดสอบทั้ง 2 ครั้ง จากนั้นพิจารณาค่าอำนาจ

จำแนก ตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป ทั้งก่อนตัดข้อที่ใช้ไม่ได้และหลังตัดข้อที่ใช้ไม่ได้ออก และหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งสองฉบับด้วยวิธี Test-Retest โดยใช้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 100 คน กลุ่มเดิมทดสอบทั้งสองฉบับ จากนั้นผู้วิจัยเลือกข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป และทำการตัดข้อที่มีค่าอำนาจจำแนกต่ำกว่า 0.2 จากการตัดข้อสอบโดยพิจารณาจากค่าอำนาจจำแนกและค่าความสอดคล้องของการกระจายคำตอบของแบบทดสอบคู่ขนาน จึงตัดข้อสอบคู่ขนานจำนวน 13 คู่ ดังนั้นเหลือข้อสอบคู่ขนานที่นำไปใช้ทดสอบจริงจำนวน 15 คู่ จากนั้นนำแบบทดสอบมาเรียบเรียงใหม่ทั้งหมดจำนวน 30 ข้อ และนำแบบทดสอบวินิจัยฉบับสมบูรณ์ไปเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง 350 คน

5. การเก็บรวบรวมข้อมูล ดำเนินตามขั้นตอน ดังนี้

5.1 ผู้วิจัยทำหนังสือขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้อำนวยการบัณฑิตศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง ถึงผู้อำนวยการวิทยาลัยในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กรุงเทพมหานคร ปีการศึกษา 2567 จำนวน 7 แห่ง

5.2 ติดต่อขอความร่วมมือจากทางผู้ประสานงานของแต่ละวิทยาลัย และนัดหมายวัน เวลา ในการสอบโดยแจกแบบทดสอบวินิจัย จำนวน 350 ฉบับ ให้กลุ่มตัวอย่างรายบุคคล

5.3 ผู้วิจัยนำแบบทดสอบวินิจัยข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ฉบับสมบูรณ์จำนวน 30 ข้อ ไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 350 คน

5.4 จากนั้นผู้วิจัยนำผลจากการทดสอบมาตรวจและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อวินิจัยหาสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ต่อไป

6. การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

6.1 ใช้ค่าสถิติพื้นฐานในการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น ได้แก่ ค่าร้อยละ

6.2 ใช้ค่าสถิติในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ ซึ่งคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปทางสถิติ

สรุปผลการวิจัย

ตารางสรุปผลการวิเคราะห์ข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว สำหรับนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพปีที่ 1 จากการทดสอบด้วยแบบทดสอบวินิจัยใน 3 ด้าน

ตารางที่ 1 แสดงจำนวนนักเรียนและร้อยละของการตอบแบบทดสอบวินิจัยข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ด้านที่ 1 การใช้ทฤษฎีบท กฎ สูตร นิยามและสมบัติ จากแบบทดสอบข้อ 4 และข้อ 19

ข้อ	คำถามและตัวเลือก	จำนวน นักเรียนที่ เลือกตอบ	ร้อยละ
4	พิจารณาลำดับจากการแก้สมการ		
(13)	$\frac{6x}{6} = \frac{-11}{6}$		
(14)	$x = \frac{-11}{6}$		

ข้อ	คำถามและตัวเลือก	จำนวน นักเรียนที่ เลือกตอบ	ร้อยละ
การเปลี่ยนจากลำดับ (13) ไป (14) ใช้สมบัติใดของจำนวนจริง			
ก. สมบัติการบวก		50	14.3
ข. สมบัติการคูณ		158	45.1
ค. สมบัติของหนึ่ง *		81	23.1
ง. สมบัติของศูนย์		61	17.4
จำนวนนักเรียนตอบผิด		269	76.9

19 พิจารณาลำดับจากการแก้สมการ

$$(13) \quad \frac{14x}{14} = \frac{-4}{14}$$

$$(14) \quad x = -\frac{4}{14}$$

การเปลี่ยนจากลำดับ (13) ไป (14) ใช้สมบัติใดของจำนวนจริง

ก. สมบัติการบวก	43	12.3
ข. สมบัติการคูณ	74	21.1
ค. สมบัติของหนึ่ง *	159	45.4
ง. สมบัติการหาร	74	21.1
จำนวนนักเรียนตอบผิด	191	54.6

*ตัวเลือกที่ถูกต้อง

จากตารางที่ 1 ผลการวิจัยด้านการใช้ทฤษฎีบท กฎ สูตร นิยามและสมบัติ จากแบบทดสอบข้อ 4 และข้อ 19 พบว่า ในจำนวนนักเรียน 350 คน มีนักเรียนเลือกตอบผิดมากกว่าร้อยละ 50 แบบทดสอบข้อ 4 มีนักเรียนตอบถูกจำนวน 81 คน คิดเป็นร้อยละ 23.1 ของนักเรียนทั้งหมด และมีนักเรียนตอบผิด จำนวน 269 คน คิดเป็นร้อยละ 76.9 ของนักเรียนทั้งหมด ส่วนแบบทดสอบข้อ 19 นักเรียนตอบถูกจำนวน 159 คน คิดเป็นร้อยละ 45.4 ของนักเรียนทั้งหมด และมีนักเรียนตอบผิด จำนวน 191 คน คิดเป็นร้อยละ 54.6 ของนักเรียนทั้งหมด

ตารางที่ 2 แสดงจำนวนนักเรียนและร้อยละของการตอบแบบทดสอบวินิจฉัยข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ด้านที่ 2 การคิดคำนวณและการดำเนินการ จากแบบทดสอบข้อ 6 และข้อ 21

ข้อ	คำถามและตัวเลือก	จำนวน นักเรียนที่ เลือกตอบ	ร้อยละ
6	ถ้า $\frac{3x+1}{5} = \frac{2x-1}{2}$ แล้ว $2x-1$ มีค่าตรงกับข้อใด		

ข้อ	คำถามและตัวเลือก	จำนวน นักเรียนที่ เลือกตอบ	ร้อยละ
ก.	—5	39	11.1
ข.	—1	85	24.3
ค.	$\frac{5}{2} *$	114	32.6
ง.	$-\frac{5}{2}$	112	32.0
จำนวนนักเรียนตอบผิด		236	67.4
21	ถ้า $\frac{2y-9}{3} + \frac{5y+8}{6} = \frac{y}{4}$ แล้ว $3y-1$ มีค่าตรงกับข้อใด		
ก.	$\frac{3}{4}$	75	21.4
ข.	$\frac{4}{3}$	99	28.3
ค.	$3 *$	88	25.1
ง.	—2	88	25.1
จำนวนนักเรียนตอบผิด		262	74.9

*ตัวเลือกที่ถูกต้อง

จากตารางที่ 2 ผลการวิจัยด้านการคิดคำนวณและการดำเนินการ จากแบบทดสอบข้อ 6 และข้อ 21 พบว่า ในจำนวนนักเรียน 350 คน มีนักเรียนเลือกตอบผิดมากกว่าร้อยละ 50 แบบทดสอบข้อ 6 มีนักเรียนตอบถูกจำนวน 114 คน คิดเป็นร้อยละ 32.6 ของนักเรียนทั้งหมด และมีนักเรียนตอบผิด จำนวน 236 คน คิดเป็นร้อยละ 67.4 ของนักเรียนทั้งหมด ส่วนแบบทดสอบข้อ 21 นักเรียนตอบถูกจำนวน 88 คน คิดเป็นร้อยละ 25.1 ของนักเรียนทั้งหมด และมีนักเรียนตอบผิด จำนวน 262 คน คิดเป็นร้อยละ 74.9 ของนักเรียนทั้งหมด

ตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อบกพร่องทางการเรียนด้านที่ 3 การตีความจากโจทย์ จำนวนนักเรียน และร้อยละของการตอบแบบทดสอบวินิจฉัยข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ด้านที่ 3 การตีความจากโจทย์ จากแบบทดสอบข้อ 10 และข้อ 25

ข้อ	คำถามและตัวเลือก	จำนวน นักเรียนที่ เลือกตอบ	ร้อยละ
10	เด็กชายคนหนึ่งซื้อขนม 3 ถุง ราคาถุงละ x บาท และซื้อขนมอีกชิ้นในราคา 5 บาท รวมแล้วเด็กชายต้องจ่ายเงินทั้งหมด 50 บาท ข้อใดต่อไปนี้เขียนสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวเพื่อหาว่า “ขนม 1 ถุง มีราคาเท่าไร” ได้ถูกต้อง		

ข้อ	คำถามและตัวเลือก	จำนวน นักเรียนที่ เลือกตอบ	ร้อยละ
ก.	$3x + 5 = 50$ *	95	27.1
ข.	$3x - 5 = 50$	78	22.3
ค.	$\frac{x}{3} + 5 = 50$	106	30.3
ง.	$\frac{x}{3} - 5 = 50$	71	20.3
	จำนวนนักเรียนตอบผิด	255	72.9
25	ฟาเซียซื้อขนม 5 ถุง ราคาถุงละ n บาท และซื้อขนมอีกชิ้น ในราคา 10 บาท รวมแล้วฟาเซียต้องจ่ายเงินทั้งหมด 450 บาท หากต้องการทราบว่าขนม 1 ถุงมีราคาเท่าไร เขียนเป็นสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวตรงกับข้อใด		
ก.	$5n + 10 = 450$ *	82	23.4
ข.	$5n - 10 = 450$	77	22.0
ค.	$5(n + 10) = 450$	106	30.3
ง.	$5(n - 10) = 450$	85	24.3
	จำนวนนักเรียนตอบผิด	268	76.6

จากตารางที่ 3 ผลการวิจัยด้านการตีความจากโจทย์ จากแบบทดสอบข้อ 10 และข้อ 25 พบว่าในจำนวนนักเรียน 350 คน มีนักเรียนเลือกตอบผิดมากกว่าร้อยละ 50 แบบทดสอบข้อ 10 มีนักเรียนตอบถูกจำนวน 95 คน คิดเป็นร้อยละ 27.1 ของนักเรียนทั้งหมด และมีนักเรียนตอบผิด จำนวน 255 คน คิดเป็นร้อยละ 72.9 ของนักเรียนทั้งหมด ส่วนแบบทดสอบข้อ 25 นักเรียนตอบถูกจำนวน 82 คน คิดเป็นร้อยละ 23.4 ของนักเรียนทั้งหมด และมีนักเรียนตอบผิด จำนวน 268 คน คิดเป็นร้อยละ 76.6 ของนักเรียนทั้งหมด

อภิปรายผล

จากผลการวินิจฉัยข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว สำหรับนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพปีที่ 1 วิทยาลัยในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กรุงเทพมหานคร ผู้วิจัยอภิปรายในขอบเขตของกลุ่มตัวอย่างและวินิจฉัยข้อบกพร่องในการเลือกตอบของตัวเลือกได้ทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ การใช้ทฤษฎีบท กฎ สูตร นิยาม และสมบัติ การคิดคำนวณและการดำเนินการ และการตีความจากโจทย์ โดยอภิปรายได้ดังนี้

1. ข้อบกพร่องด้านการใช้ทฤษฎีบท กฎ สูตร นิยามและสมบัติ ในนักเรียนจำนวน 350 คน มีนักเรียนตอบผิดมากกว่าร้อยละ 50 จากข้อสอบวินิจฉัยทั้ง 6 ข้อ พบว่า นักเรียนขาดความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการใช้สมบัติการสลับและสมบัติการเปลี่ยนหมู่ของการบวกไม่ถูกต้อง และยังไม่เข้าใจเกี่ยวกับการลดรูปพจน์ที่มี x หลายตัว ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Lynn S. Fuchs (2015) ระบุว่านักเรียนที่มี

ความบกพร่องทางคณิตศาสตร์มีแนวโน้มที่จะใช้กฎหรือสมบัติทางคณิตศาสตร์ผิดพลาด เนื่องจากขาดการเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์พื้นฐานกับการประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา และสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Ryan and Williams (2007) ระบุว่า ข้อผิดพลาดมักเกิดในช่วงเริ่มต้นของการเรียนคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับทักษะพื้นฐาน เช่น การจำแนกสัญลักษณ์เป็นข้อผิดพลาดทางพื้นฐานของคณิตศาสตร์อาจมาจากความเข้าใจแนวคิดพื้นฐานไม่ชัดเจน

2. ด้านการคิดคำนวณและการดำเนินการ ในนักเรียนจำนวน 350 คน มีนักเรียนตอบผิดมากกว่าร้อยละ 50 จากข้อสอบวินิจฉัยทั้ง 10 ข้อ พบว่านักเรียนมีข้อผิดพลาดในการดำเนินการคำนวณ เช่น การบวก ลบ คูณ หารผิด การจัดรูปสมการไม่ถูกต้องตามลำดับขั้นตอน และการคำนวณผลลัพธ์ผิดพลาดเป็นผลมาจากสร้างสมการที่ไม่สัมพันธ์กับสถานการณ์และยังมีความเข้าใจผิดส่งผลทำให้แก้สมการในโจทย์ผิดตั้งแต่ต้นเนื่องจากตีความประโยคผิด นักเรียนยังมีข้อบกพร่องในการคิดคำนวณบวกลบระหว่างตัวเลขผิด ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Butterworth (2019) ระบุว่า นักเรียนมีปัญหาชัดเจนในการคิดคำนวณพื้นฐาน และมักมีข้อผิดพลาดในการทำกระบวนการทางคณิตศาสตร์อย่างเป็นขั้นตอน นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับผลงานวิจัยของธีรรัตน์ นาชัยฤทธิ์ (2550) ระบุว่า นักเรียนที่มีข้อบกพร่องด้านการคิดคำนวณมักมีปัญหาจากการขาดทักษะการวางแผนการดำเนินการแก้ปัญหาและขาดความแม่นยำในการคำนวณเบื้องต้น

3. ด้านการตีความจากโจทย์ ในนักเรียนจำนวน 350 คน มีนักเรียนตอบผิดมากกว่าร้อยละ 50 จากข้อสอบวินิจฉัยทั้ง 14 ข้อ พบว่า นักเรียนขาดความเข้าใจเกี่ยวกับความหมายเชิงมโนทัศน์ของสูตรและสมบัติการเท่ากันของจำนวนจริง พยายามใช้สูตรโดยท่องจำ แต่ไม่เข้าใจการจัดรูปสมการตามสถานการณ์ โจทย์ที่กำหนดมาให้ ยังพบอีกว่านักเรียนมีความเข้าใจเชิงกลไกแต่ไม่เข้าใจเชิงมโนทัศน์ ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Biney et al. (2023) ระบุว่า นักเรียนละเลยกฎพื้นฐาน การทำตามขั้นตอนแบบท่องจำ โดยไม่มีความเข้าใจเชิงลึกมีความเข้าใจผิดในข้อความโจทย์ที่ใช้ในการสร้างสมการ ผิดพลาดในการจัดรูปการจัดรูปสมการ การบวกหรือการคูณด้วยจำนวนเท่าผิดพลาดและมีความเข้าใจพื้นฐานผิด ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ HANSEN et al. (2020) ระบุว่า นักเรียนใช้การคำนวณแบบท่องจำ โดยไม่เข้าใจโครงสร้างเชิงพีชคณิต ซึ่งจะพบในการใช้สมบัติของการแจกแจง การรวมนิพจน์ ที่คล้ายกันหรือการบวกจำนวนหรือคูณด้วยจำนวนเท่า นักเรียนไม่เข้าใจว่าในการแก้สมการทุกการดำเนินการต้องเท่ากันเสมอคือการดำเนินการทั้งสองข้างของสมการเครื่องหมายเท่ากับต้องเท่ากันเสมอ ไม่เข้าใจความแตกต่างระหว่าง “นิพจน์” และ “สมการ” เข้าใจว่านิพจน์ที่มีตัวเลขกับตัวแปรเขียนต่อกันต้องเท่ากับอะไรบางอย่างเสมอ และสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ กัญญวรา หลักเพชร (2563) กล่าวว่า นักเรียนมีข้อบกพร่องในการตีความข้อมูลในโจทย์ที่เกี่ยวกับเศษส่วน และสะท้อนถึงความจำเป็นในการสอนเพื่อเน้นความเข้าใจบริบทและคำสำคัญในโจทย์ นักเรียนยังมีข้อบกพร่องในเรื่องการคิดคำนวณและการดำเนินการสืบเนื่องมาจากสาเหตุหลายอย่าง เช่น ตอนที่เรียนเนื้อหาเรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวเสร็จแล้วนักเรียนไม่กลับไปทบทวนหรือทำแบบฝึกหัดทบทวน หรือเมื่อมีข้อสงสัยในระหว่างเรียนนักเรียนไม่กล้าถามครูทันที และเมื่อครูสอนต่อในหัวข้อที่ยากขึ้นทำให้นักเรียนที่ไม่เข้าใจอยู่แล้วจึงทำให้เกิดความผิดพลาดต่าง ๆ ตามมา สาเหตุนี้เกิดจากนักเรียนขาดความใส่ใจและความไม่รอบคอบในการบวก การลบ การคูณ และการหาร นักเรียนมักลำดับการดำเนินการผิด ทำให้การหาคำตอบผิดพลาดไปด้วย

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1.1 สามารถนำผลการวิจัยเพื่อวางแผนพัฒนาการเรียนรู้ในเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น เช่น ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ซึ่งมีความเชื่อมโยงโดยตรงกับความเข้าใจในเรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว

1.2 เป็นแนวทางเบื้องต้นสำหรับผู้สนใจศึกษาหรืองานวิจัยด้านการวิจัยข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ในเนื้อหาต่อจากสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว

2. ข้อเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงการสอน

2.1 ครูผู้สอนสามารถนำไปเป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในเนื้อหาอื่นได้

2.2 ครูผู้สอนควรมีรู้เรื่องหลักภาษาที่ใช้ให้มีความชัดเจนไม่คลุมเครือ ผู้เรียนอ่านโจทย์แล้วสามารถเข้าใจได้ตรงตามข้อความหรือเนื้อหาโจทย์ได้ตรงกัน เช่น สมบัติการเท่ากันของจำนวนจริง การบวกหรือการคูณด้วยจำนวนที่เท่ากัน

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). พระราชบัญญัติการอาชีวศึกษา พ.ศ. 2551. ค้นเมื่อวันที่ 30 มิถุนายน 2566, จาก <https://www.moe.go.th/backend/wp-content/uploads/2020/10/1.-พรบ.-การอาชีวศึกษา-2551.pdf>

กระทรวงศึกษาธิการ. (2566). วันคล้ายวันสถาปนากระทรวงศึกษาธิการ 130 ปี. อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.

กัญญ์วรา หลักเพชร. (2563). การวินิจฉัยข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง เศษส่วน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนในเครือข่ายที่ 32 สำนักงานเขตประเวศ กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

ธีรรัตน์ นาชัยฤทธิ์. (2550). การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การคูณและการหารจำนวนนับ. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

นฤมล อุดรประจักษ์. (2555). การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยข้อบกพร่องทางการเรียน วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551). หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานคณิตศาสตร์ เล่ม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์. โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. (2567). หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2567. สำนักมาตรฐานการอาชีวศึกษาและวิชาชีพ.

อิทธิพัทธ์ สุวทันพรกุล. (2562). การวิจัยทางการศึกษา แนวคิดและการประยุกต์ใช้ (พิมพ์ครั้งที่ 2). โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Biney, S. K., Ali, C. A., & Adzifome, N. S. (2023). Errors and misconceptions in solving linear

inequalities in one variable. **Journal of Advanced Science and Mathematics Education**, 3(1), 15–26.

Butterworth, B. (2019). **Dyscalculia: From science to education**. Routledge.

Chai, C. S., & Ang, K. C. (1987). Diagnosis of mathematical errors in secondary school students. **Journal of Science and Mathematics Education in Southeast Asia**, 10(2), 189–198.

Fuchs, L. S., Fuchs, D., & Compton, D. L. (2015). Intensive Intervention in Mathematics. **Learning Disabilities Research & Practice**, 30(4), 235–245.

Geary, D. C. (2004). Mathematics and learning disabilities. **Journal of Learning Disabilities**, 37(1), 4–15.

Hansen, A., Drews, D., Dudgeon, J., Lawton, F., & Surtees, L. (2020). **Children's errors in mathematics** (5th ed.). Sage.

Mivshovitz-Hadar, E., Zaslavsky, O., & Inbar, S. (1987). An empirical classification model for errors in high school mathematics. **Journal for Research in Mathematics Education**, 18(1), 3–14.

Mutlu, Y., & Korkmaz, S. (2020). Mathematical learning difficulties and dyscalculia: An overview. **European Journal of Special Education Research**, 5(2), 40–52.

Ojose, B. (2015). **Common misconceptions in mathematics: Strategies to correct them**. Bloomsbury Academic.

Ryan, J., & Williams, J. (2007). **Children's mathematics 4–15: Learning from errors and misconceptions**. Open University Press.

Swanson, H. L., Zheng, X., & Jerman, O. (2023). Working memory, processing speed, and mathematical problem solving: An integrated cognitive analysis. **Learning and Individual Differences**, 102, 102231.

Trilling, B., & Fadel, C. (2009). **21st century skills: Learning for life in our times**. Jossey-Bass.

Wallace, J., & McLoughlin, C. (1998). Error analysis in mathematics learning. **Mathematics Education Research Journal**, 10(3), 26–40.