

Research Article

การตรวจสอบความตรงของโมเดลการวัดชุดความคิดเชิงออกแบบของนักเรียนโรงเรียนวิทยาศาสตร์
A VALIDATION OF THE DESIGN THINKING MINDSET MEASUREMENT MODEL AMONG
SCIENCE SCHOOL STUDENTS

ปิยนุช เขียวอร่าม*, เอกรัตน์ ทานาก, ชาตรี ฝ่ายคำตา, และพงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ

Piyanuch Kiewaram*, Akarat Tanak, Chatree Faikamta, and Pongprapan Pongsophon
piyanuch.kie@ku.th, feduakr@ku.ac.th, feductf@ku.ac.th, and feduppp@ku.ac.th

*Corresponding author E-mail: piyanuch.kie@ku.th

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900 ประเทศไทย
Division of Science Education, Faculty of Education, Kasetsart University, Bangkok 10900 Thailand

Journal of Industrial Education. 2026, Vol. 25 (No. 1), <https://doi.org/10.55003/JIE.25113>

Received: March 4, 2026 | Revised: April 8, 2026 | Accepted: April 27, 2026

Citation reference :

Kiewaram, P., Tanak, A., Faikamta, C., & Pongsophon, P. (2026). A validation of the design thinking mindset measurement model among science school students. *Journal of Industrial Education*, 25(1), 132–145.

ABSTRACT

The development of students' Design Thinking Mindset (DTM) has become increasingly critical due to its capacity to enhance creative thinking, systematic problem-solving, and understanding of user requirements, which are essential skills in the twenty-first century. Science schools in Thailand aim to cultivate DTM in order to develop thinkers, designers, and innovators who are capable of creating social value. However, empirical studies examining the construct validity of DTM in the context of Thai science schools remain limited. This study therefore aimed to investigate the construct validity of the Design Thinking Mindset (DTM) measurement model among science school students. The participants consisted of 752 upper-secondary students enrolled in science schools. The research instrument was the Design Thinking Mindset (DTM) scale, which demonstrated strong content validity ($IOC \geq 0.80$). Data were analyzed using confirmatory factor analysis (CFA). The results indicated that the DTM measurement model showed a good fit with the empirical data ($\chi^2/df = 2.014$, CFI = 0.956, TLI = 0.948, RMSEA = 0.044, SRMR = 0.035). All standardized factor loadings ranged from 0.48 to 0.87 ($p < .001$), supporting a high level of construct validity. In addition, all dimensions achieved acceptable values of average variance extracted (AVE > 0.50) and composite reliability (CR > 0.70), indicating strong reliability and internal consistency. Discriminant validity was supported by the Fornell–Larcker criterion for 35 out of 45 dimension pairs (77.8%). The remaining highly correlated pairs, such as Holistic Thinking–Abduction and Empathy–Abduction, reflected the integrative nature of design thinking rather than statistical redundancy. Furthermore, all Heterotrait–Monotrait Ratio (HTMT) values were below 0.85, confirming clear structural distinctiveness among the dimensions. In terms of DTM levels, students obtained the highest mean scores in Creative confidence, Holistic thinking, and Empathy, while Critical questioning and Uncertainty & Risk tolerance were at moderate levels. Overall, students' DTM levels ranged from moderate to high ($M = -0.01$ to 0.03 ; $SD = 0.92$ – 0.96), indicating consistent development across dimensions. These findings provide empirical evidence supporting the validity and reliability of the DTM scale and support its application as

a foundation for designing integrated Design thinking–STEM–BCG learning experiences that foster innovation competency and sustainable learning.

Keywords: Design thinking mindset, Measurement model, Science school students

บทคัดย่อ

การพัฒนาชุดความคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking Mindset: DTM) ของนักเรียนเป็นสิ่งสำคัญและกำลังได้รับความสนใจอย่างกว้างขวาง เนื่องจากช่วยส่งเสริมทักษะการคิดสร้างสรรค์ การแก้ปัญหาเชิงระบบ และการเข้าใจความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งเป็นทักษะสำคัญของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 โดยเฉพาะในบริบทการศึกษาวิทยาศาสตร์ที่มุ่งเน้นการประยุกต์ใช้ความรู้กับปัญหาเชิงซับซ้อนในโลกจริง โรงเรียนวิทยาศาสตร์จึงให้ความสำคัญกับการพัฒนา DTM เพื่อสร้างนักคิด นักออกแบบ และนวัตกรรมที่สามารถสร้างคุณค่าให้แก่สังคม อย่างไรก็ตาม การศึกษาความตรงเชิงโครงสร้างของแบบวัดชุดความคิดเชิงออกแบบในบริบทโรงเรียนวิทยาศาสตร์ไทยยังมีอยู่อย่างจำกัด งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดชุดความคิดเชิงออกแบบ (DTM) ของนักเรียนโรงเรียนวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในโรงเรียนวิทยาศาสตร์ จำนวน 752 คน ใช้แบบวัด DTM ที่ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (IOC ≥ 0.80) และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis: CFA) ผลการวิจัยพบว่า โมเดลการวัด DTM มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในระดับดีมาก ($\chi^2/df = 2.014$, CFI = 0.956, TLI = 0.948, RMSEA = 0.044, SRMR = 0.035) ตัวชี้วัดทั้งหมดมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานอยู่ในช่วง 0.48–0.87 ($p < .001$) แสดงถึงความตรงเชิงโครงสร้างในระดับสูง อีกทั้งค่าเฉลี่ยความแปรปรวนที่สกัดได้ (AVE > 0.50) และค่าความเชื่อมั่นเชิงประกอบ (CR > 0.70) ของทุกมิติอยู่ในเกณฑ์ดีมาก ความตรงจำแนกผ่านเกณฑ์ Fornell–Larcker criterion ร้อยละ 77.8 โดยคู่มิตีที่มีค่าสหสัมพันธ์สูงสะท้อนลักษณะการคิดเชิงบูรณาการของชุดความคิดเชิงออกแบบมากกว่าความเข้าใจทางสถิติ นอกจากนี้ค่า HTMT ทุกคู่ต่ำกว่า 0.85 ยืนยันความแตกต่างเชิงโครงสร้างของแต่ละมิติได้อย่างชัดเจน สำหรับการวิเคราะห์ระดับของ DTM พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยสูงในมิติความมั่นใจในความคิดสร้างสรรค์ การคิดเชิงองค์รวม และความเข้าใจผู้อื่น ขณะที่มิติการตั้งคำถามเชิงวิพากษ์และการยอมรับความไม่แน่นอนอยู่ในระดับปานกลาง โดยภาพรวมชุดความคิดเชิงออกแบบของนักเรียนอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง สะท้อนแนวโน้มการพัฒนาที่มั่นคงและสมดุลในทุกมิติ สรุปได้ว่าแบบวัด DTM มีความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นในระดับสูง เหมาะสมสำหรับใช้ประเมินผู้เรียนในบริบทโรงเรียนวิทยาศาสตร์ และสามารถใช้เป็นฐานข้อมูลสำคัญในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการ Design thinking–STEM–BCG เพื่อส่งเสริมสมรรถนะนวัตกรรมและการเรียนรู้เพื่อความยั่งยืนของผู้เรียน

คำสำคัญ: ชุดความคิดเชิงออกแบบ, โมเดลการวัด, นักเรียนโรงเรียนวิทยาศาสตร์

1. บทนำ

แนวคิดชุดความคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking Mindset: DTM) ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางว่าเป็นกรอบความคิดสำคัญในการเตรียมผู้เรียนให้พร้อมเผชิญความท้าทายที่ซับซ้อนในศตวรรษแห่งนวัตกรรม ซึ่งชุดความคิดเชิงออกแบบ (DTM) มิใช่เพียงกระบวนการคิดเชิงออกแบบแต่เป็นชุดของทัศนคติ ค่านิยม และแนวทางการปฏิบัติ ที่มุ่งเน้นการเข้าใจผู้ใช้ อย่างลึกซึ้ง (Empathy) การกล้าคิดและลงมือทำโดยไม่กลัวความล้มเหลว (Experimentation and creative confidence) การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างหลากหลาย (Collaboration and diversity) และการมองปัญหาอย่างรอบด้านเชิงระบบ (Holistic thinking) (Rauth et al., 2010, pp. 1–8; Dosi et al., 2018, pp. 1991–2002) งานวิจัยชี้ให้เห็นว่าการปลูกฝังชุดความคิดเชิงออกแบบ (DTM) ส่งผลให้ผู้เรียนมีความคิดสร้างสรรค์และทักษะการแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (Schweitzer et al., 2016, pp. 75–80) ขณะที่ชุดความคิดเชิงออกแบบ (DTM) ถูกยืนยันว่าเป็นโครงสร้างหลายมิติที่สามารถวัดได้เชิงประจักษ์และมีความสัมพันธ์กันอย่างเป็นระบบ (Vignoli et al., 2023, pp. 926–928) ในระดับนโยบายการศึกษาหลายประเทศ เช่น ฟินแลนด์ และ นิวซีแลนด์ ได้บูรณาการแนวคิด Design thinking for public good และ Sustainability mindset เข้าสู่หลักสูตรระดับชาติ เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้เป็น “พลเมืองนวัตกรรม” ที่เข้าใจผู้อื่น มีความคิดเชิงระบบและตระหนักถึงความรับผิดชอบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม (Ministry of Education, 2021; Ricardo, 2024) การเปลี่ยนผ่านทางแนวคิดนี้สะท้อนให้เห็นว่า การสร้างนวัตกรรมที่ยั่งยืนไม่ได้อาศัยเพียงทักษะทางเทคนิค แต่ต้องพัฒนารอบ

ความคิดเชิงออกแบบที่บูรณาการเหตุผล ความเข้าใจ และคุณค่าทางมนุษย์ โรงเรียนวิทยาศาสตร์เป็นกลไกสำคัญในการพัฒนากำลังคนด้าน STEM เพื่อขับเคลื่อนเศรษฐกิจฐานความรู้และเศรษฐกิจแบบองค์รวม (Bio-Circular-Green Economy: BCG) โดยมุ่งบ่มเพาะนวัตกรรมรุ่นใหม่ อย่างไรก็ตาม การจัดการเรียนรู้นี้ยังเน้นทักษะภายนอก เช่น การคำนวณ การสร้างต้นแบบ และการทดลอง มากกว่าการพัฒนาคุณลักษณะภายใน ได้แก่ กรอบความคิด ทักษะคิด และค่านิยม ซึ่งเป็นฐานสำคัญของนวัตกรรมที่มีจิตสำนึกและยั่งยืน Ladachart et al. (2022, pp. 2445–2465) ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการบูรณาการกรอบแนวคิดชุดความคิดเชิงออกแบบในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ไทยช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาแนวคิดเชิงระบบและการคิดอย่างมีจริยธรรมต่อผลกระทบของนวัตกรรม แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการพัฒนาชุดความคิดเชิงออกแบบในบริบทการศึกษาไทย

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า มีการศึกษาชุดความคิดเชิงออกแบบอย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง โดยเฉพาะในด้านการพัฒนาเครื่องมือวัดและการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง Dosi et al. (2018, pp. 1991–2002) ได้พัฒนาแบบวัด DTM ที่ประกอบด้วย 10 มิติ ได้แก่ Empathy, Holistic view, Collaboration, Creative confidence, Experimentation, Bias toward action, Ambiguity tolerance, Future orientation, Need finding และ Reflexivity โดยใช้วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis: CFA) เพื่อทดสอบความตรงเชิงโครงสร้างของแบบวัด ผลการวิจัยยืนยันว่าโมเดลมีค่าดัชนีความสอดคล้องในระดับดีมากซึ่งแสดงถึงความเหมาะสมของโมเดลการวัดในเชิงทฤษฎี ต่อมา Vignoli et al. (2023, pp. 926–928) ได้พัฒนาและทดสอบแบบวัด DTM ในบริบทที่กว้างขึ้น พบว่าโครงสร้างหลายมิติของ DTM มีความแกร่งและสามารถวัดได้อย่างเชื่อถือได้ในหลายกลุ่มตัวอย่าง การใช้ CFA ในงานวิจัยเหล่านี้ช่วยประเมินคุณภาพของเครื่องมือในเชิงโครงสร้าง (Construct validity) ผ่านการตรวจสอบค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (Standardized factor loading) ความสัมพันธ์ของตัวแปรแฝง และดัชนีความสอดคล้องของโมเดล เช่น χ^2/df , CFI, TLI, RMSEA และ SRMR ซึ่งเป็นเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับในระดับสากล อย่างไรก็ตาม งานวิจัยดังกล่าวดำเนินการในบริบทตะวันตก ขณะที่ในประเทศไทยมีเพียงการนำกรอบแนวคิด DTM มาประยุกต์ใช้ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ ซึ่งพบว่าสามารถส่งเสริมการคิดเชิงระบบและจริยธรรมเชิงนวัตกรรมของผู้เรียนได้ (Ladachart et al., 2022, pp. 2445–2465) แต่ยังไม่เน้นการศึกษาเชิงกระบวนการเรียนรู้ โดยขาดการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของแบบวัด DTM ด้วยวิธีทางสถิติอย่างเป็นระบบ ส่งผลให้ยังไม่มีหลักฐานเชิงประจักษ์เพียงพอว่าแบบวัดที่พัฒนาในบริบทตะวันตกสามารถสะท้อนโครงสร้างทางทฤษฎีได้อย่างเที่ยงตรงในบริบทไทย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเติมเต็มช่องว่างดังกล่าว โดยตรวจสอบโมเดลการวัด DTM ด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (CFA) กับนักเรียนโรงเรียนวิทยาศาสตร์ไทย เพื่อสร้างฐานเชิงประจักษ์สำหรับการออกแบบการเรียนรู้และนโยบายพัฒนาผู้เรียนในบริบทเฉพาะต่อไป

ในบริบทของประเทศไทย แม้แนวคิด DTM จะได้รับความสนใจมากขึ้นในทศวรรษที่ผ่านมา แต่งานวิจัยเชิงประจักษ์ยังมีจำนวนจำกัดและมีช่องว่างสำคัญหลายประการ ประการแรก งานวิจัยส่วนใหญ่เน้นการพัฒนาแนวทางการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบ แต่ยังขาดหลักฐานเชิงโครงสร้างที่ยืนยันความตรงเชิงโครงสร้างของเครื่องมือวัดในบริบทวัฒนธรรมไทย แม้มีการประยุกต์ใช้ในโรงเรียนวิทยาศาสตร์ไทย (Ladachart et al., 2022, pp. 2445–2465) แต่การตรวจสอบโมเดลการวัดอย่างเป็นระบบยังมีความจำเป็น เนื่องจากบริบทของประเทศไทยมีลักษณะเฉพาะที่อาจส่งผลต่อโครงสร้างและระดับของ DTM ในหลายมิติ โดยในเชิงวัฒนธรรม ประเทศไทยมีความเหลื่อมล้ำของอำนาจสูง (Power distance) และมีลักษณะกลุ่มนิยม ซึ่งแตกต่างจากบริบทตะวันตกที่พัฒนาแบบวัดต้นแบบ เช่น อิตาลีและสหรัฐอเมริกา (Hofstede et al., 2010) ส่งผลให้นักเรียนไทยอาจหลีกเลี่ยงการแสดงออกที่ขัดแย้งหรือเสี่ยงต่อความล้มเหลว ซึ่งกระทบต่อมิติการตั้งคำถามเชิงวิพากษ์และการยอมรับความไม่แน่นอน นอกจากนี้ ในเชิงบริบทการศึกษา ระบบการเรียนการสอนไทยยังเน้นครูเป็นศูนย์กลางและการเรียนรู้เชิงท่องจำ มากกว่าการเรียนรู้เชิงสร้างสรรค์ (Faikhamta & Clarke, 2019) แตกต่างจากประเทศอย่างฟินแลนด์และนิวซีแลนด์ที่บูรณาการ Design thinking ในหลักสูตรระดับชาติ (Ministry of Education, 2021; Ricardo, 2024) อีกทั้ง งานวิจัย DTM ในต่างประเทศส่วนใหญ่อยู่ในบริบทวิศวกรรมและธุรกิจ (Dosi et al., 2018; Vignoli et al., 2023) ขณะที่โรงเรียนวิทยาศาสตร์ไทยเชื่อมโยงกับยุทธศาสตร์ BCG และ SDGs ซึ่งอาจทำให้บางมิติ เช่น Impact และ Holistic thinking มีความหมายแตกต่างออกไป (Office of the National Economic and Social Development Council, 2022) ดังนั้น การนำแบบวัด DTM มาใช้โดยไม่ผ่านการตรวจสอบเชิงโครงสร้างอาจไม่สะท้อนลักษณะของผู้เรียนได้อย่างเที่ยงตรง ประการที่สอง ยังขาดข้อมูลเชิงประจักษ์เกี่ยวกับระดับ DTM ในแต่ละมิติของนักเรียน และประการที่สาม การขาดเครื่องมือที่ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างอย่างเป็นระบบ ทำให้การประเมินผลการจัดการเรียนรู้นี้ยังมีข้อจำกัด ดังนั้นการตรวจสอบโมเดลการวัดด้วย CFA จึงมีความจำเป็นเพื่อยืนยันความเที่ยงตรงของเครื่องมือ ขณะเดียวกัน การวิเคราะห์

ระดับของแต่ละมิติช่วยสะท้อนภาพรวมการพัฒนาแนวคิดและทัศนคติด้านการออกแบบเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียน เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ในการพัฒนาการเรียนรู้และนโยบายที่สอดคล้องกับแนวคิด BCG และเป้าหมาย SDGs ภายใต้แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2566–2570) ซึ่งมุ่งเน้นการคิดเชิงระบบ นวัตกรรม และความยั่งยืน (NESDC, 2022)

ดังนั้น งานวิจัยเรื่องการตรวจสอบโมเดลการวัดและการวิเคราะห์ระดับชุดความคิดเชิงออกแบบของนักเรียนโรงเรียนวิทยาศาสตร์ด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันจึงมีความสำคัญทั้งเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดชุดความคิดเชิงออกแบบตามกรอบแนวคิดทฤษฎีในบริบทนักเรียนโรงเรียนวิทยาศาสตร์ไทย เพื่อเป็นฐานข้อมูลในการออกแบบการเรียนรู้เชิงสร้างสรรค์ที่สอดคล้องกับการพัฒนาเศรษฐกิจแบบองค์รวมและความยั่งยืนของประเทศ ทั้งนี้ ผลการวิจัยจะสนับสนุนการพัฒนาเครื่องมือวัดที่มีคุณภาพ การออกแบบหลักสูตร และกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมชุดความคิดเชิงออกแบบอย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดจนการกำหนดนโยบายเพื่อพัฒนาผู้เรียนให้เป็นนวัตกรรมที่รับผิดชอบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดชุดความคิดเชิงออกแบบ (DTM) มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจากหลายกรอบแนวคิดในอดีต เริ่มจาก Razzouk and Shute (2012, p. 330-348) ที่มอง DTM ในฐานะกระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ (Creative problem solving process) ซึ่งเน้นการผสมผสานการคิดเชิงวิเคราะห์และเชิงสร้างสรรค์เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจปัญหาอย่างเป็นระบบต่อมา Schweitzer et al. (2016, pp. 75–80) ได้ขยายแนวคิดไปสู่ระดับจิตวิทยา โดยมองว่า DTM เป็นชุดของทัศนคติ แรงจูงใจ และพฤติกรรม เช่น ความอยากรู้อยากเห็น ความเชื่อในศักยภาพตนเอง และการเปิดรับความเสี่ยงขณะที่ Dosi et al. (2018, pp. 1991–2002) ได้พัฒนาแบบวัดชุดความคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking Mindset Scale: DTMS) ที่ครอบคลุมทั้งมิติความคิด อารมณ์ และพฤติกรรมอย่างเป็นระบบ และเป็นครั้งแรกที่เสนอเครื่องมือวัดเชิงประจักษ์ของ DTM อย่างชัดเจน จากนั้น Vignoli et al. (2023, pp. 926–928) ได้ปรับปรุงและยืนยันโครงสร้างของ DTM ให้มีความกระชับและเที่ยงตรงทางสถิติ เหลือ 10 มิติหลัก ได้แก่ การยอมรับความไม่แน่นอนและความเสี่ยง (Uncertainty and risk) ความเห็นอกเห็นใจ (Empathy) การคิดแบบองค์รวม (Holistic thinking) การทำงานร่วมกันและความหลากหลาย (Collaboration and diversity) การมุ่งเน้นการเรียนรู้ (Learning orientation) การทดลอง (Experimentation) การตั้งคำถามเชิงวิพากษ์ (Critical questioning) การคิดแบบอุปนัย (Abduction) ความมั่นใจในความคิดสร้างสรรค์ (Creative confidence) และการมุ่งเน้นผลกระทบ (Impact)

งานของ Vignoli et al. (2023, pp. 926–928) ได้รับการยอมรับในระดับนานาชาติว่าเป็นโมเดลมาตรฐานของ DTM เพราะผ่านการตรวจสอบเชิงประจักษ์ด้วยการวิเคราะห์ CFA และสามารถประยุกต์ใช้ได้หลากหลายบริบทการเรียนรู้และนวัตกรรม ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้กรอบของ Vignoli et al. (2023, pp. 926–928) เป็นพื้นฐานในการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของแบบวัด DTM ในบริบทโรงเรียนวิทยาศาสตร์ไทย เพื่อยืนยันว่าแบบวัดสะท้อนโครงสร้างทางทฤษฎีได้อย่างเที่ยงตรงและเหมาะสมต่อบริบทวัฒนธรรมไทย กรอบแนวคิดนี้ยังรองรับการวิเคราะห์สองขั้นตอน ได้แก่ (1) การวิเคราะห์ CFA เพื่อประเมินความตรงเชิงโครงสร้าง และ (2) การวิเคราะห์ระดับ (Level analysis) เพื่ออธิบายแนวโน้มพัฒนาของชุดความคิดเชิงออกแบบในแต่ละมิติ แนวคิด DTM จึงถูกใช้ทั้งในฐานะเครื่องมือวัดและแนวทางพัฒนาเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการคิดสร้างสรรค์ การคิดเชิงระบบ และการสร้างคุณค่าใหม่ของผู้เรียนในโรงเรียนวิทยาศาสตร์ไทย สอดคล้องกับนโยบายการศึกษาที่มุ่งพัฒนา “ทุนมนุษย์เชิงสร้างสรรค์” ตามแนวเศรษฐกิจ BCG และเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs)

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 คำถามวิจัย

1. โมเดลการวัดของชุดความคิดเชิงออกแบบของนักเรียนโรงเรียนวิทยาศาสตร์มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์เพียงใด เมื่อวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (CFA)

3.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดชุดความคิดเชิงออกแบบ (DTM) ของนักเรียนโรงเรียนวิทยาศาสตร์

3.3 ขอบเขตการวิจัย

1) ขอบเขตเนื้อหา (Content scope)

การวิจัยนี้มุ่งเน้นการตรวจสอบโมเดลการวัดของชุดความคิดเชิงออกแบบ (DTM) โดยอ้างอิงจากกรอบแนวคิดของ Vignoli et al. (2023) ซึ่งประกอบด้วยมิติย่อยหลัก ได้แก่ ความทนทานต่อความคลุมเครือและความเสี่ยง (Uncertainty and risk) ความเห็นอกเห็นใจ (Empathy) การคิดแบบองค์รวม (Holistic thinking) การทำงานร่วมกันและความหลากหลาย (Collaboration and diversity) การมุ่งเน้นการเรียนรู้ (Learning orientation) การทดลอง (Experimentation) การตั้งคำถามเชิงวิพากษ์ (Critical questioning) การคิดแบบอุปนัย (Abduction) ความมั่นใจในความคิดสร้างสรรค์ (Creative confidence) และผลกระทบ (Impact)

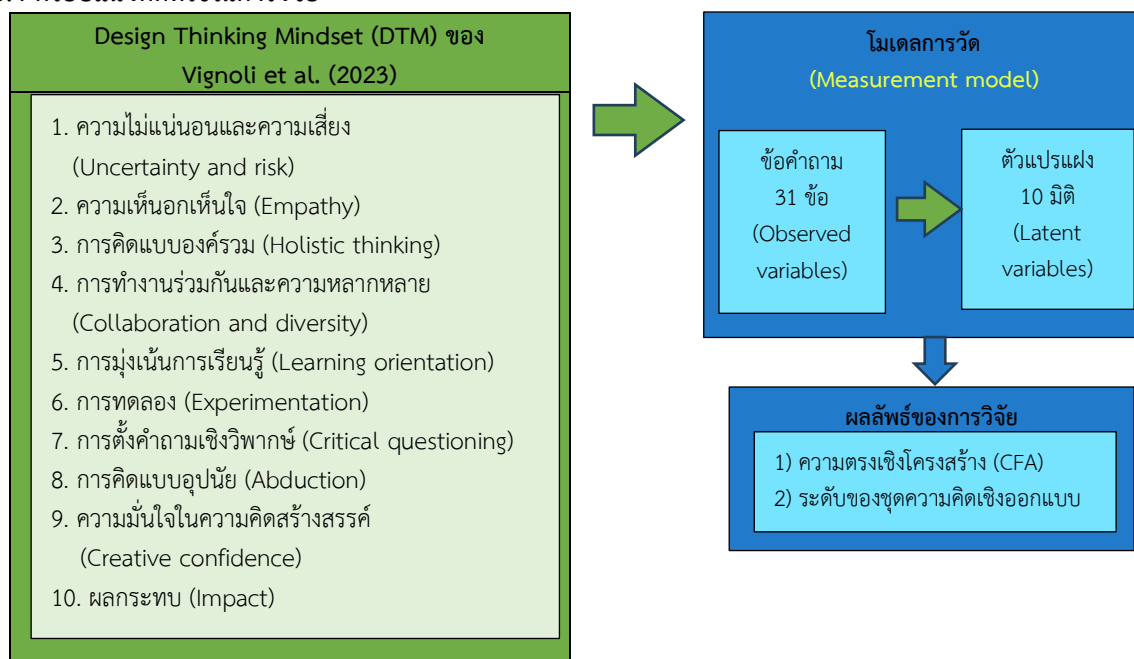
2) ขอบเขตประชากรและกลุ่มตัวอย่าง (Population and sample)

ประชากรของการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนวิทยาศาสตร์ 5 แห่ง จำนวน 2,160 คน โดยมีกลุ่มตัวอย่าง 752 คน คัดเลือกด้วยวิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified random sampling) ตามระดับชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 4–6 เพื่อให้ได้ตัวแทนที่ครอบคลุมและเหมาะสมกับช่วงพัฒนาการด้านการคิดเชิงนามธรรม กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างตามเกณฑ์การวิเคราะห์ CFA ที่แนะนำให้มือน้อย 10–20 เท่าของจำนวนตัวแปรสังเกต (Kline, 2016, pp. 229–230) ซึ่งงานวิจัยนี้มีตัวแปรสังเกต 31 ตัว และกลุ่มตัวอย่าง 752 คน คิดเป็นอัตราส่วนประมาณ 24:1 จึงเพียงพอสำหรับการประมาณค่าที่มีความเสถียรและน่าเชื่อถือ

3) ขอบเขตเครื่องมือและการวิเคราะห์ข้อมูล (Instrument and data analysis scope)

เครื่องมือวิจัยคือแบบวัดชุดความคิดเชิงออกแบบ (DTM) ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นโดยประยุกต์จากกรอบของ Vignoli et al. (2023) ให้เหมาะสมกับบริบทนักเรียนโรงเรียนวิทยาศาสตร์ไทย ผ่านกระบวนการกำหนดนิยามตัวแปร พัฒนามิติ 10 มิติ และสร้างข้อคำถามตามองค์ประกอบ จากนั้นตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ พบค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.80–1.00 แสดงถึงความสอดคล้องในระดับดี คำนวณหาค่าประกอบมาตรฐานของแต่ละข้ออยู่ระหว่าง 0.48–0.87 ($p < .001$) ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด เครื่องมือถูกนำไปเก็บข้อมูลและตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างด้วย CFA โดยพิจารณา CFI, TLI, RMSEA และ SRMR ควบคู่กับความตรงเชิงสอดคล้อง ($AVE \geq 0.50$, $CR \geq 0.70$) และความตรงจำแนก (Fornell–Larcker, HTMT < 0.85) จากนั้นวิเคราะห์ระดับรายมิติด้วยสถิติเชิงพรรณนา และใช้ K-means จำแนกโปรไฟล์ผู้เรียนตาม DTM ทั้ง 10 มิติ

3.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย (Conceptual Framework)

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยนี้อิงจากกรอบแนวคิดของ ชุดความคิดเชิงออกแบบ (DTM) ประกอบด้วย 10 มิติตามแนวทางของ Vignoli et al. (2023) โดยการวิจัยนี้ใช้กรอบแนวคิดดังกล่าวเป็นพื้นฐานในการตรวจสอบ โมเดลการวัด

(Measurement model validation) ด้วยเทคนิค การวิเคราะห์ CFA เพื่อประเมินความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct validity) และความสอดคล้องระหว่างโมเดลเชิงทฤษฎีกับข้อมูลเชิงประจักษ์ จากนั้นจึงดำเนินการ วิเคราะห์ระดับ (Level analysis) ของแต่ละมิติ เพื่ออธิบายระดับและลักษณะของการกระจายตัวของของการพัฒนานวัตกรรมและทัศนคติด้านนวัตกรรมของนักเรียนโรงเรียนวิทยาศาสตร์ในบริบทการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลดำเนินการในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 โดยผู้วิจัยประสานงานกับโรงเรียนวิทยาศาสตร์เพื่อขออนุญาตเก็บข้อมูลและดำเนินการเก็บในช่วงเวลาเรียนปกติ พร้อมชี้แจงวัตถุประสงค์และวิธีการตอบแบบวัดแก่ผู้เข้าร่วมอย่างชัดเจน การเก็บข้อมูลใช้แบบสอบถามที่ผู้เรียนตอบด้วยตนเองซึ่งมีจำนวน 31 ข้อคำถาม ใช้เวลาในการตอบประมาณ 20–30 นาทีต่อครั้ง โดยดำเนินการเก็บข้อมูลจากโรงเรียนวิทยาศาสตร์ทั้งหมด 5 โรงเรียนละประมาณ 4-5 วัน ทั้งนี้ได้ตรวจสอบความครบถ้วนของแบบวัดภายหลังการเก็บข้อมูลก่อนนำไปวิเคราะห์

3.6 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การเตรียมข้อมูล (Data preparation)

ข้อมูลที่ได้จากแบบวัดชุดความคิดเชิงออกแบบ (DTMS) ได้รับการตรวจสอบความครบถ้วนและความถูกต้อง ก่อนทำการเข้ารหัสและนำเข้าสู่โปรแกรม RStudio เพื่อวิเคราะห์เชิงสถิติ โดยขั้นตอนการเตรียมข้อมูลประกอบด้วย การตรวจสอบค่าผิดปกติ (Outliers) และค่าที่หายไป (Missing values) เพื่อให้มั่นใจในคุณภาพและความเหมาะสมของข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ การทดสอบการกระจายของข้อมูล (Normality test) เพื่อยืนยันว่าข้อมูลมีลักษณะใกล้เคียงการแจกแจงปกติ และการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (Correlation matrix) เพื่อประเมินความเหมาะสมของข้อมูลก่อนดำเนินการวิเคราะห์ CFA

2. การตรวจสอบโมเดลการวัด (Validation of measurement model)

ดำเนินการโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ CFA เพื่อทดสอบความสอดคล้องระหว่างโมเดลเชิงทฤษฎีของ DTM ตามกรอบแนวคิดของ Vignoli et al. (2023) กับข้อมูลเชิงประจักษ์ของนักเรียนโรงเรียนวิทยาศาสตร์ โดยมีขั้นตอนดังนี้

2.1 กำหนดโมเดลการวัดของชุดความคิดเชิงออกแบบ (DTM) ซึ่งประกอบด้วยมิตีย่อย 10 มิติ ได้แก่ ความทนทานต่อความคลุมเครือและความเสี่ยง (Uncertainty and risk) ความเห็นอกเห็นใจ (Empathy) การคิดแบบองค์รวม (Holistic thinking) การทำงานร่วมกันและความหลากหลาย (Collaboration and diversity) การมุ่งเน้นการเรียนรู้ (Learning orientation) การทดลอง (Experimentation) การตั้งคำถามเชิงวิพากษ์ (Critical questioning) การคิดแบบอุปนัย (Abduction) ความมั่นใจในความคิดสร้างสรรค์ (Creative confidence) และผลกระทบ (Impact) เพื่อสร้างกรอบโครงสร้างเชิงทฤษฎีสำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

2.2 ประเมินค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (Estimation of factor loadings) ทำการประมาณค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวชี้วัดในแต่ละมิติด้วยวิธี Maximum Likelihood Estimation (MLE) เพื่อหาค่าประมาณของพารามิเตอร์ที่ให้ความสอดคล้องสูงสุดระหว่างโมเดลเชิงทฤษฎีกับข้อมูลเชิงประจักษ์

2.3 ประเมินความสอดคล้องของโมเดล (Model fit evaluation) ตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลการวัดกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยใช้ดัชนีความเหมาะสมของโมเดล (Goodness-of-fit indices) ได้แก่ Chi-square per degree of freedom (χ^2/df), Comparative Fit Index ($CFI \geq 0.90$), Tucker–Lewis Index ($TLI \geq 0.90$), Root Mean Square Error of Approximation ($RMSEA \leq 0.08$) และ Standardized Root Mean Square Residual ($SRMR \leq 0.08$) เพื่อประเมินความเหมาะสมของโมเดลในการอธิบายข้อมูลเชิงประจักษ์ (Hu & Bentler, 1999; Kline, 2016)

2.4 ตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct validity assessment) ประเมินความตรงเชิงโครงสร้างของแบบวัดโดยพิจารณาจากค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน (Standardized factor loading ≥ 0.50) (Kline, 2016) ความเชื่อมั่นเชิงประกอบ (Composite reliability ≥ 0.70) (Hair et al., 2010) และความตรงเชิงสอดคล้อง (Convergent validity: AVE ≥ 0.50) (Fornell & Larcker, 1981) รวมทั้งความตรงจำแนก (Discriminant validity) โดยใช้เกณฑ์ Fornell–Larcker criterion ($\sqrt{AVE} > r$) และค่า Heterotrait–Monotrait ratio (HTMT < 0.85) (Fornell & Larcker, 1981; Henseler et al., 2015) เพื่อยืนยันว่าแต่ละมิติของ DTM มีความชัดเจน สามารถแยกแยะได้ และมีความสอดคล้องภายในมิติเดียวกัน

3. การวิเคราะห์ระดับของชุดความคิดเชิงออกแบบ (Level analysis of DTM) ประกอบด้วย

การวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยนี้ดำเนินการในสามขั้นตอนหลัก ขั้นตอนแรกเป็นการวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) โดยคำนวณค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ค่าต่ำสุด (Minimum) และค่าสูงสุด (Maximum) ของแต่ละมิติของชุดความคิดเชิงออกแบบ เพื่ออธิบายลักษณะการกระจายของคะแนนของผู้เรียนในแต่ละมิติ จากนั้นจึงเป็นการจำแนกอันดับของคะแนนโดยอิงเกณฑ์ค่าเฉลี่ยร่วมกับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\text{Mean} \pm \text{SD}$) เพื่อจัดระดับคะแนนออกเป็นสามระดับ ได้แก่ ระดับสูง (คะแนนมากกว่าค่าเฉลี่ย + ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ระดับปานกลาง (คะแนนอยู่ในช่วงค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) และระดับต่ำ (คะแนนน้อยกว่าค่าเฉลี่ย - ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ผลการจำแนกอันดับดังกล่าวใช้เพื่อสะท้อนสัดส่วนของผู้เรียนในแต่ละระดับของชุดความคิดเชิงออกแบบ และช่วยให้เห็นภาพรวมของการกระจายระดับชุดความคิดเชิงออกแบบของผู้เรียนอย่างเป็นระบบ และดำเนินการวิเคราะห์เชิงกลุ่ม (Cluster analysis) โดยใช้ค่าแฟกเตอร์สกออร์ (Factor scores) ของแต่ละมิติเป็นตัวแปรในการจัดกลุ่มผู้เรียนด้วยวิธี K-means clustering เพื่อจำแนกโปรไฟล์ของผู้เรียน (Learner profiles) ตามลักษณะของชุดความคิดเชิงออกแบบ วิธีการดังกล่าวเหมาะสมกับข้อมูลเชิงปริมาณขนาดใหญ่และการจัดกลุ่มที่ต้องกำหนดจำนวนกลุ่มล่วงหน้า อีกทั้งยังสามารถสะท้อนลักษณะเฉพาะของผู้เรียนในแต่ละกลุ่มได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยผลการวิเคราะห์เชิงกลุ่มนำไปใช้ในการอธิบายความแตกต่างของระดับชุดความคิดเชิงออกแบบระหว่างกลุ่มผู้เรียน และเป็นฐานข้อมูลเชิงประจักษ์สำหรับการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้และแนวทางการพัฒนาผู้เรียนที่สอดคล้องกับลักษณะของผู้เรียนแต่ละกลุ่ม

4. การตีความและอภิปรายผล (Interpretation and discussion)

การตีความและอภิปรายผลของการวิจัยนี้มุ่งอธิบายผลการวิเคราะห์ในเชิงแนวคิดและบริบท โดยอ้างอิงกรอบแนวคิด DTM ของ Vignoli et al. (2023) เพื่อทำความเข้าใจลักษณะและระดับของชุดความคิดเชิงออกแบบของนักเรียนโรงเรียนวิทยาศาสตร์อัยการรอบด้าน ผลการวิเคราะห์ถูกตีความโดยเชื่อมโยงกับแนวคิดการคิดเชิงบูรณาการ (Integrative thinking) และเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อสะท้อนความเหมือนและความแตกต่างของผู้เรียนในบริบทที่หลากหลาย นอกจากนี้ การตีความยังมุ่งอธิบายความหมายของระดับชุดความคิดเชิงออกแบบในแต่ละมิติ และลักษณะของผู้เรียนในแต่ละกลุ่ม (Learner profiles) เพื่อสะท้อนความหลากหลายของชุดความคิดเชิงออกแบบ และเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการออกแบบแนวทางการเรียนรู้ที่ตอบสนองต่อความแตกต่างของผู้เรียนต่อไป

4. ผลการวิจัย

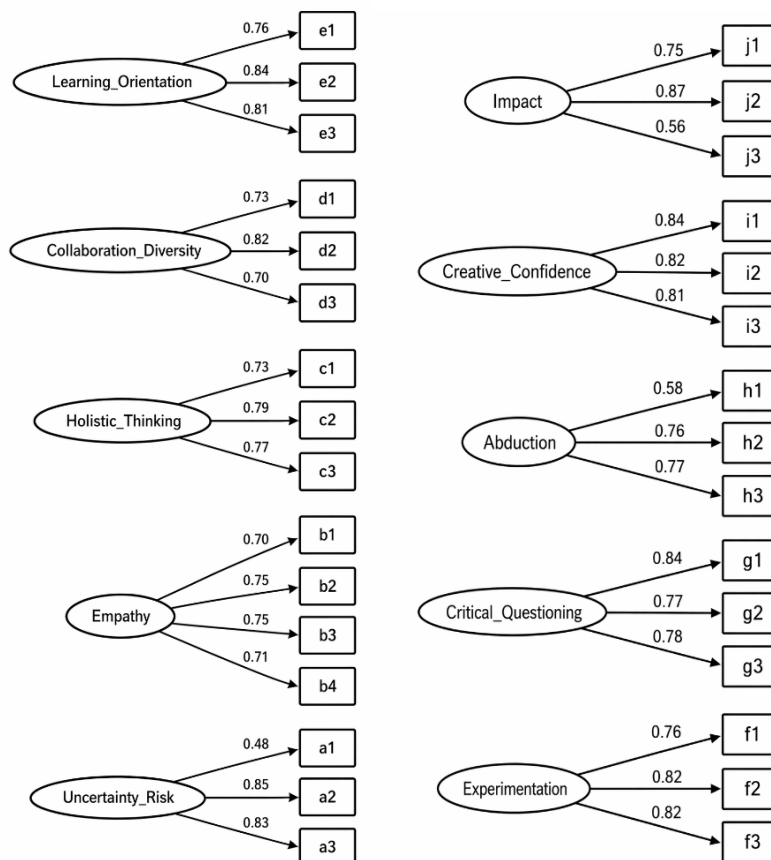
4.1 การตรวจสอบโมเดลการวัด (Validation of measurement model)

การตรวจสอบโมเดลการวัด DTM ดำเนินการด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ CFA โดยใช้วิธีประมาณค่าสูงสุด (MLE) เพื่อทดสอบความสอดคล้องระหว่างโครงสร้างเชิงทฤษฎีของ DTM กับข้อมูลเชิงประจักษ์ของนักเรียนโรงเรียนวิทยาศาสตร์ จำนวน 752 คน ผลการวิเคราะห์พบว่า โมเดลการวัดมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในระดับ ดีมาก โดยดัชนีชี้วัดความสอดคล้องของโมเดล (Goodness-of-fit indices) แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ดัชนีความสอดคล้องของโมเดลการวัดชุดความคิดเชิงออกแบบ (DTM)

ดัชนี (Fit index)	ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์	เกณฑ์การยอมรับ (Acceptable criteria)	การแปลผล (Interpretation)
χ^2 (Chi-square)	957.301 (df = 389, $p < .001$)	ไม่ควรมีนัยสำคัญ ($p > .05$)	มีนัยสำคัญ
χ^2/df	2.014	< 3.00	อยู่ในเกณฑ์ดีมาก
CFI (Comparative Fit Index)	0.956	≥ 0.90	ดีมาก
TLI (Tucker–Lewis Index)	0.948	≥ 0.90	ดีมาก
RMSEA (Root Mean Square Error of Approximation)	0.044 (90% CI = 0.041–0.048, $p_{\text{close}} = 0.997$)	≤ 0.08	ดีมาก
SRMR (Standardized Root Mean Square Residual)	0.035	≤ 0.08	ดีมาก

ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าโมเดลการวัด DTM มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในระดับดีมาก ทั้งในเชิงสถิติและเชิงทฤษฎี โดยค่าไคสแควร์ ($\chi^2 = 957.301$, $df = 389$, $p < .001$) มีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามเนื่องจากค่า χ^2 มีความไวต่อขนาดกลุ่มตัวอย่าง จึงอาจไม่เหมาะสมในการใช้พิจารณาเพียงลำพัง (Kline, 2016, pp. 263-272) ดังนั้นจึงพิจารณาร่วมกับดัชนีความสอดคล้องอื่น ๆ โดยค่าอัตราส่วนไคสแควร์ต่อองศาอิสระ (χ^2/df) อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ขณะที่ค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงเปรียบเทียบ (CFI) และดัชนี Tucker–Lewis Index (TLI) มีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่แนะนำ ส่วนค่าความคลาดเคลื่อนประมาณการที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสอง (RMSEA) และค่าความคลาดเคลื่อนการที่สองของเศษเหลือมาตรฐาน (SRMR) มีค่าต่ำกว่า 0.05 ซึ่งสะท้อนถึงความเหมาะสมของโมเดลและความสามารถในการอธิบายโครงสร้างเชิงแฝงของ DTM ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Tucker & Lewis, 1973, pp. 431–442; Hu & Bentler, 1999, pp. 1–55; Browne & Cudeck, 1993, pp. 136–162; Kline, 2016, pp. 263–272) ในด้านคุณภาพของเครื่องมือพบว่าแต่ละมิติของแบบวัดผ่านเกณฑ์ความตรงเชิงสอดคล้อง (Convergent validity) และความเชื่อมั่นเชิงประกอบ (Composite reliability) โดยมีค่าความแปรปรวนเฉลี่ยที่สกัดได้ (AVE) มากกว่า 0.50 และค่า Composite reliability มากกว่า 0.70 ทุกแฟกเตอร์ แสดงถึงความสอดคล้องภายในและความเชื่อถือได้ของตัวชี้วัดในระดับดี (Fornell & Larcker, 1981) สำหรับความตรงจำแนก (Discriminant validity) การประเมินด้วยเกณฑ์ Fornell–Larcker criterion พบว่าโมเดลผ่านเกณฑ์จำนวน 35 จาก 45 คู่ หรือคิดเป็นร้อยละ 77.8 และเมื่อประเมินความตรงจำแนกด้วยวิธี HTMT พบว่าทุกคู่มิติผ่านเกณฑ์ที่แนะนำทั้งหมด (45 จาก 45 คู่) ซึ่งยืนยันความแตกต่างเชิงโครงสร้างระหว่างแต่ละมิติของ DTM ได้อย่างชัดเจน (Henseler et al., 2015) พบว่าทุกคู่มิติผ่านเกณฑ์ที่แนะนำ (45 จาก 45 คู่) ซึ่งยืนยันความแตกต่างเชิงโครงสร้างระหว่างแต่ละมิติของ DTM ได้อย่างชัดเจน (Henseler et al., 2015) แม้ว่าบางคู่มิติ เช่น Holistic thinking–abduction ($r = 0.827$) และ Creative confidence–abduction ($r = 0.812$) จะมีค่าสหสัมพันธ์ค่อนข้างสูง แต่ความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถตีความได้ว่าเป็นความเชื่อมโยงเชิงกระบวนการของการคิดเชิงออกแบบ ซึ่งสะท้อนลักษณะของ Holistic mindset ที่เกิดจากการบูรณาการการคิดเชิงระบบ การคิดเชิงสร้างสรรค์ และการเข้าใจมนุษย์อย่างสอดประสานในบริบทการเรียนรู้ มากกว่าความซ้ำซ้อนเชิงสถิติของโครงสร้างแฝง (Henriksen et al., 2017, pp. 140–153; Rauth et al., 2010, pp. 1–8)



รูปที่ 2 การตรวจสอบโมเดลการวัดของชุดความคิดเชิงออกแบบสำหรับนักเรียนโรงเรียนวิทยาศาสตร์จากโปรแกรม RStudio

4.1.1 ค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน (Standardized factor loadings)

ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าตัวชี้วัดทุกข้อมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (Standardized factor loading) อยู่ในช่วง 0.48–0.87 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < .001$ ทุกตัว แสดงว่าตัวชี้วัดทั้งหมดสามารถสะท้อนตัวแปรแฝงในแต่ละมิติของ DTM ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังแสดงตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานในแต่ละมิติของชุดความคิดเชิงออกแบบ

มิติของ DTM	ช่วงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ	ระดับการสะท้อน	ตัวชี้วัดเด่น
Uncertainty and Risk	0.48–0.85	ปานกลางถึงสูง	a2, a3
Empathy	0.70–0.75	สูง	b2, b3
Holistic thinking	0.73–0.79	สูง	c2
Collaboration and diversity	0.69–0.82	สูง	d2
Learning orientation	0.76–0.84	สูง	e2
Experimentation	0.76–0.82	สูง	f2, f3
Critical questioning	0.77–0.84	สูง	g1
Abduction	0.58–0.77	ปานกลางถึงสูง	h3
Creative confidence	0.81–0.84	สูงมาก	i1
Impact	0.56–0.87	ปานกลางถึงสูง	j2

โดยเฉพาะมิติ Creative confidence และ Learning orientation มีค่า Standardized factor loading สูงสุด สะท้อนถึงความมั่นใจและแรงจูงใจเชิงสร้างสรรค์ที่โดดเด่นของนักเรียนโรงเรียนวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้รับการส่งเสริมจากการเรียนรู้เชิงโครงงานและการทดลองเชิงประจักษ์ ขณะที่มิติ Uncertainty and risk และ Abduction มีค่าน้ำหนักต่ำกว่า สะท้อนถึงลักษณะการเรียนรู้ที่มักเน้นคำตอบที่ถูกต้องและหลักฐานเชิงแน่นอน ทำให้ผู้เรียนมีแนวโน้มยอมรับความไม่แน่นอนและการคิดเชิงสร้างสรรค์ในสถานการณ์เปิดน้อยกว่ามิติอื่น

4.1.2 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างมิติของ DTM (Factor correlation matrix)

พบว่าทั้งสิบมิติของชุดความคิดเชิงออกแบบ (DTM) มีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงถึงสูงมาก ($r = 0.49–0.92$, $p < .001$) โดยคู่มิติที่มีค่าสหสัมพันธ์สูงที่สุด ได้แก่ Holistic thinking–abduction ($r = 0.92$), Abduction–creative confidence ($r = 0.90$), Learning orientation–critical questioning ($r = 0.87$) และ Empathy–holistic thinking ($r = 0.85$) ในขณะที่คู่มิติที่มีค่าสหสัมพันธ์ต่ำสุดคือ Impact–uncertainty and risk ($r = 0.49$) สะท้อนว่าความกล้าเผชิญความไม่แน่นอนยังไม่เชื่อมโยงโดยตรงกับการมุ่งสร้างผลกระทบต่อสังคม ผลดังกล่าวชี้ว่าองค์ประกอบสำคัญของ DTM ในกลุ่มนักเรียนโรงเรียนวิทยาศาสตร์คือ Holistic thinking, Abduction, Critical questioning และ Creative confidence ซึ่งเชื่อมโยงกันเป็นวงจรการเรียนรู้และการสร้างนวัตกรรมอย่างเป็นระบบ

4.1.3 ความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct validity)

ผลการวิเคราะห์สนับสนุนว่าเครื่องมือวัดชุดความคิดเชิงออกแบบ (DTM) มีความตรงเชิงโครงสร้างในระดับดี เนื่องจากตัวชี้วัดทุกตัวมีค่า Standardized factor loading ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป ความสัมพันธ์ระหว่างมิติอยู่ในระดับสูงและมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$) และค่าความคลาดเคลื่อน (Error variance) ของตัวชี้วัดส่วนใหญ่ไม่น้อยกว่า 0.50 แสดงให้เห็นว่าตัวแปรแฝงสามารถอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลได้มากกว่าครึ่งหนึ่งของแต่ละตัวชี้วัด ดังนั้นโมเดลการวัด DTM จึงมีทั้งความตรงเชิงสอดคล้อง (Convergent validity) และความตรงแยกแยะ (Discriminant validity) อยู่ในเกณฑ์ที่ดี และสามารถสะท้อนโครงสร้างของชุดความคิดเชิงออกแบบได้อย่างถูกต้องและชัดเจน

ตารางที่ 3 สรุปผลการตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลและคุณภาพของแบบวัดชุดความคิดเชิงออกแบบ (DTM)

ด้าน	ผลลัพธ์	การประเมิน
Model fit	CFI = 0.956, TLI = 0.948, RMSEA = 0.044	ดีมาก
Convergent validity	AVE > 0.50 ทุกแฟคเตอร์	ผ่านทั้งหมด
Composite reliability	CR > 0.70 ทุกแฟคเตอร์	ผ่านทั้งหมด
Discriminant validity (Fornell–Larcker criterion) โดย $\sqrt{AVE} > r$	35/45 คู่ผ่าน (77.8%)	บางมิติสัมพันธ์สูง
Discriminant validity (HTMT < 0.85)	45/45 คู่ผ่าน (100%)	ดีมาก

จากตารางที่ 3 พบว่าแบบวัดชุดความคิดเชิงออกแบบ (DTM) มีความสอดคล้องของโมเดลการวัดในระดับดีมาก โดยทุกมิติผ่านเกณฑ์ความตรงเชิงสอดคล้อง (Convergent validity) และความเชื่อมั่นเชิงประกอบ (Composite reliability) แสดงถึงความเที่ยงตรงและความสอดคล้องภายในของตัวชี้วัดในระดับดี (Fornell & Larcker, 1981; Kline, 2016) การตรวจสอบความตรงจำแนกตามเกณฑ์ Fornell–Larcker criterion พบว่าผ่านเกณฑ์เป็นส่วนใหญ่ ยกเว้นบางคู่ของมิติที่มีค่าสหสัมพันธ์ค่อนข้างสูง เช่น Holistic thinking–abduction และ Empathy–abduction ซึ่งสะท้อนถึงความเชื่อมโยงเชิงแนวคิดของชุดความคิดเชิงออกแบบในลักษณะบูรณาการ (Integrative mindset) มากกว่าความซ้ำซ้อนเชิงสถิติ ทั้งนี้การตรวจสอบความตรงจำแนกเพิ่มเติมด้วยเกณฑ์ HTMT พบว่าทุกคู่มิตี้อยู่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่แนะนำ จึงยืนยันความแตกต่างเชิงโครงสร้างระหว่างแต่ละมิติของ DTM ได้อย่างชัดเจน (Henseler et al., 2015)

4.2 การวิเคราะห์ระดับของชุดความคิดเชิงออกแบบ (Level analysis of DTM)

หลังการตรวจสอบโมเดลการวัดด้วยการวิเคราะห์ CFA พบว่าแบบวัด DTM มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในระดับดีมาก จึงนำค่าแฟกเตอร์สกอว์ของแต่ละมิติมาวิเคราะห์เชิงพรรณนาเพื่อสะท้อนระดับของ DTM ในนักเรียนโรงเรียนวิทยาศาสตร์ โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุด คะแนนแฟกเตอร์ทั้งหมดเป็นค่ามาตรฐานที่มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงศูนย์และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ในช่วง 0.92–0.95 แสดงให้เห็นว่าคะแนนมีการกระจายในเกณฑ์ปกติและสามารถเปรียบเทียบระหว่างมิติได้อย่างเหมาะสม ทั้งนี้การจำแนกระดับคะแนนอิงตามเกณฑ์ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งเป็นแนวทางที่ใช้ทั่วไปในการวิเคราะห์ลักษณะทางจิตพิสัยและทัศนคติ (Likert, 1932, pp. 1–55; Best and Kahn, 2006, pp. 200–210) โดยกำหนดเกณฑ์การแปลผลดังนี้

ตารางที่ 4 การจำแนกระดับของคะแนนอิงตามเกณฑ์

เกณฑ์การแปลผลคะแนน	ช่วงค่า
$\geq$ (Mean + 0.5SD)	สูง
ระหว่าง (Mean $\pm$ 0.5SD)	ปานกลาง
$\leq$ (Mean – 0.5SD)	ต่ำ

ที่มา: Best and Kahn (2006, p. 205)

4.2.1 ผลการวิเคราะห์เชิงพรรณนา (Descriptive statistics of factor scores)

ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่าเฉลี่ย (Mean) ของแต่ละมิติของ DTM อยู่ในช่วง 0.00 ± 0.03 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) อยู่ในช่วง 0.92–0.96 แสดงว่าคะแนนของนักเรียนส่วนใหญ่มีการกระจายอยู่ในเกณฑ์ปกติและมีความสม่ำเสมอระหว่างมิติ ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางของ Best and Kahn (2006) ที่แนะนำให้ใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในการอธิบายลักษณะการกระจายของคุณลักษณะทางพฤติกรรม

ตารางที่ 5 สถิติพรรณนาของคะแนนชุดความคิดเชิงออกแบบ (DTM) จำแนกตามมิติ

มิติของ DTM	Mean	SD	Min	Max	ระดับโดยรวม
Empathy	0.00	0.93	–4.20	1.59	ปานกลาง–สูง
Creative confidence	0.00	0.95	–3.42	1.61	สูง
Collaboration and diversity	0.00	0.92	–3.65	1.44	ปานกลาง

ตารางที่ 5 (ต่อ) สถิติพรรณนาของคะแนนชุดความคิดเชิงออกแบบ (DTM) จำแนกตามมิติ

มิติของ DTM	Mean	SD	Min	Max	ระดับโดยรวม
Experimentation	0.00	0.94	-3.74	1.50	ปานกลาง
Holistic thinking	0.00	0.94	-4.02	1.65	สูง
Learning orientation	0.00	0.94	-4.49	1.27	ปานกลาง-สูง
Uncertainty and risk	0.00	0.93	-3.33	1.44	ปานกลาง
Critical questioning	0.00	0.95	-4.21	1.44	ปานกลาง
Abduction	0.00	0.93	-3.96	1.70	ปานกลาง-สูง
Impact	0.00	0.92	-3.76	1.29	ปานกลาง-สูง

จากตารางที่ 5 พบว่า ค่าเฉลี่ยของแต่ละมิติของ DTM อยู่ในช่วง 0.00 ± 0.03 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) อยู่ระหว่าง 0.92–0.95 ซึ่งสะท้อนว่าคะแนนของผู้เรียนมีการกระจายตัวในระดับใกล้เคียงกันในแต่ละมิติ และแสดงถึงความแปรปรวนของคะแนนในระดับปานกลาง โดยมิติที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ Creative confidence ($M = 0.03$, $SD = 0.95$) รองลงมาคือ Holistic thinking ($M = 0.02$, $SD = 0.94$) และ Empathy ($M = 0.01$, $SD = 0.93$) ซึ่งอยู่ในระดับสูงหรือปานกลางค่อนข้างสูง ขณะที่ Uncertainty and risk และ Critical questioning มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่า อยู่ในระดับปานกลาง แสดงว่านักเรียนโรงเรียนวิทยาศาสตร์มีความมั่นใจในการคิดสร้างสรรค์และการมองภาพรวมเชิงระบบในระดับสูง สะท้อนถึงแนวโน้มการคิดเชิงสร้างสรรค์และการเข้าใจปัญหาเชิงองค์รวมได้ดี แต่ยังคงได้รับการส่งเสริมในด้านการตั้งคำถามเชิงวิพากษ์และการจัดการกับความไม่แน่นอน ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของการคิดเชิงออกแบบในบริบทของการสร้างนวัตกรรม (Rauth et al., 2010, pp. 1–8; Dosi et al., 2018, pp. 1701–1710)

4.2.2 การสรุปผลระดับของชุดความคิดเชิงออกแบบของนักเรียนโรงเรียนวิทยาศาสตร์

โดยภาพรวมผลการวิเคราะห์ระดับของ DTM ของนักเรียนโรงเรียนวิทยาศาสตร์พบว่า นักเรียนมีระดับชุดความคิดเชิงออกแบบอยู่ในช่วง ปานกลางถึงสูง ซึ่งสะท้อนแนวโน้มการพัฒนาเชิงบวกในด้านคุณลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงออกแบบ โดยเฉพาะในมิติของความมั่นใจในการคิดสร้างสรรค์ (Creative confidence) การคิดแบบองค์รวม (Holistic thinking) และความเข้าใจผู้อื่นหรือผู้ใช้ (Empathy) ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด แสดงให้นักเรียนมีความมั่นใจในศักยภาพทางความคิดสร้างสรรค์ สามารถมองเห็นภาพรวมของปัญหาในเชิงระบบ และเข้าใจความรู้สึกหรือความต้องการของผู้ใช้ (User needs) ได้อย่างลึกซึ้ง ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของการคิดเชิงออกแบบและการสร้างนวัตกรรม ในทางกลับกัน มิติที่มีค่าคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่า ได้แก่ การตั้งคำถามเชิงวิพากษ์ (Critical questioning) และ การยอมรับความไม่แน่นอนและความเสี่ยง (Uncertainty and risk) สะท้อนถึงความท้าทายในการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการเปิดรับต่อสถานการณ์ที่ไม่แน่นอนในกระบวนการสร้างสรรค์ นอกจากนี้ ความสัมพันธ์ระหว่างมิติต่าง ๆ ของ DTM พบว่า อยู่ในระดับสูง แสดงให้เห็นว่าการพัฒนาในมิติหนึ่งสามารถส่งผลเชิงเสริมต่ออีกมิติหนึ่งได้ เช่น การส่งเสริม การคิดแบบองค์รวม (Holistic thinking) สามารถกระตุ้นให้เกิด การคิดเชิงอุปนัย (Abduction) และเพิ่มระดับของ ความมั่นใจในการคิดสร้างสรรค์ (Creative confidence) ผลลัพธ์โดยรวมจึงชี้ให้เห็นว่า นักเรียนโรงเรียนวิทยาศาสตร์มีแนวโน้มการพัฒนาชุดความคิดเชิงออกแบบ (DTM) ในทิศทางที่ดี โดยเฉพาะในด้านความคิดสร้างสรรค์ ความเข้าใจผู้ใช้ และการคิดเชิงระบบ ซึ่งเป็นรากฐานสำคัญของการเรียนรู้เชิงนวัตกรรม อย่างไรก็ตาม การส่งเสริมให้ผู้เรียนกล้าตั้งคำถามอย่างมีเหตุผลเชิงวิพากษ์และเปิดรับต่อความไม่แน่นอนอย่างสร้างสรรค์ ยังคงเป็นประเด็นสำคัญที่ควรได้รับการพัฒนาเพิ่มเติม เพื่อยกระดับชุดความคิดเชิงออกแบบของนักเรียนให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นในทุกมิติ

5. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการตรวจสอบโมเดลการวัด DTM ด้วยการวิเคราะห์ CFA พบว่าโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในระดับดีมาก โดยค่าดัชนีความสอดคล้อง ได้แก่ CFI, TLI, RMSEA และ SRMR อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ยืนยันว่าแบบวัดสามารถสะท้อนโครงสร้างเชิงทฤษฎีของ DTM ได้อย่างเที่ยงตรงและเชื่อถือได้ ผลดังกล่าวสนับสนุนกรอบแนวคิดของ Vignoli et al. (2023, pp. 926–928) ที่อธิบายว่า DTM เป็นโครงสร้างพหุมิติซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ การเข้าใจผู้ใช้ การเรียนรู้จากการลงมือทำ และการมองปัญหาเชิงระบบนอกจากนี้ทุกมิติของ DTM มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบ

มาตรฐานอยู่ในระดับปานกลางถึงสูงและมีนัยสำคัญทางสถิติ สะท้อนว่าแบบวัดสามารถอธิบายตัวแปรแฝงของชุดความคิดเชิงออกแบบได้อย่างชัดเจน โดยเฉพาะมิติ Creative confidence และ Learning orientation ที่มีค่าน้ำหนักสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Rauth et al. (2010, pp. 1–8) และ Dosi et al. (2018, pp. 1701–1710) ที่ชี้ว่าความมั่นใจในการสร้างสรรค์และการเรียนรู้จากการทดลองเป็นแกนกลางของการคิดเชิงออกแบบ ขณะเดียวกัน มิติ Holistic thinking, Abduction และ Creative confidence มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง สอดคล้องกับแนวคิด “Integrative system” ของ Vignoli et al. (2023, pp. 926–928) โดยผลการวิเคราะห์ที่แสดงว่ามีมิติต่าง ๆ ของชุดความคิดเชิงออกแบบเสริมแรงกันอย่างเป็นระบบ สอดคล้องกับแนวคิดของ Vignoli et al. (2023) อย่างไรก็ตามมิติ Critical questioning และ Uncertainty and risk มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบต่ำกว่า ซึ่งสะท้อนลักษณะการจัดการเรียนรู้ในบางบริบทที่ให้ความสำคัญกับความถูกต้องของคำตอบและการยึดหลักเหตุผลทางวิทยาศาสตร์เป็นหลัก อันอาจส่งผลให้ผู้เรียนมีแนวโน้มหลีกเลี่ยงความไม่แน่นอนและการตั้งคำถามเชิงสมมติฐาน สอดคล้องกับบริบททางวัฒนธรรมการเรียนรู้ที่ให้คุณค่ากับความถูกต้องและการลดความผิดพลาด (Hofstede et al., 2010; Faikhamta & Clarke, 2019) โดยสรุปการตรวจสอบโมเดลการวัดยืนยันว่าแบบวัด DTM ที่พัฒนาขึ้นมีความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง และสามารถใช้อัตราชุดความคิดเชิงออกแบบของนักเรียนโรงเรียนวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งผลการวิจัยยังสะท้อนให้เห็นว่า กรอบแนวคิด DTM ของ Vignoli et al. (2023) มีความสอดคล้องกับบริบทการจัดการศึกษาของไทยในหลายมิติ โดยเฉพาะมิติ Creative confidence, Holistic thinking และ Empathy ซึ่งมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในกลุ่มตัวอย่าง สอดคล้องกับเป้าหมายของโรงเรียนวิทยาศาสตร์ไทยที่มุ่งบ่มเพาะผู้เรียนศักยภาพสูงให้เป็นนวัตกรรมที่มีความคิดสร้างสรรค์และเข้าใจบริบทสังคม นอกจากนี้ความสอดคล้องในมิติ Impact, และ Learning orientation ยังสะท้อนการเชื่อมโยงที่ชัดเจนกับยุทธศาสตร์ BCG และ SDGs ซึ่งเป็นทิศทางการพัฒนาของประเทศ (Office of the National Economic and Social Development Council, 2022) แสดงให้เห็นว่ากรอบแนวคิดของ Vignoli et al. (2023) มีความเหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้กับบริบทโรงเรียนวิทยาศาสตร์ไทย ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบ STEM และ Design thinking ที่เริ่มได้รับการส่งเสริมในโรงเรียนวิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ตามบริบทวัฒนธรรมไทยที่มีความเหลื่อมล้ำของอำนาจสูงและลักษณะกลุ่มนิยม (Hofstede et al., 2010) ประกอบกับระบบการเรียนการสอนที่ยังคงเน้นครูเป็นศูนย์กลางและการประเมินผลเชิงผลสัมฤทธิ์ (Faikhamta & Clarke, 2019) อาจส่งผลให้บางมิติของ DTM เช่นการตั้งคำถามเชิงวิพากษ์และการยอมรับความไม่แน่นอนพัฒนาได้ไม่เต็มศักยภาพ

ผลการวิเคราะห์ระดับของชุดความคิดเชิงออกแบบพบว่า นักเรียนโรงเรียนวิทยาศาสตร์มีระดับ DTM โดยรวมอยู่ในช่วงปานกลางถึงสูง สะท้อนแนวโน้มเชิงบวกในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ การเข้าใจผู้ใช้ และการมองปัญหาอย่างเป็นระบบ ซึ่งเป็นรากฐานสำคัญของการคิดเชิงออกแบบในศตวรรษที่ 21 มิติที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ Creative confidence และ Holistic thinking ขณะที่มิติ Empathy อยู่ในระดับปานกลางถึงสูง แสดงถึงความมั่นใจในการสร้างสรรค์ ความสามารถในการเชื่อมโยงองค์ประกอบของปัญหา และการเข้าใจผู้ใช้ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดที่ชี้ว่าการเรียนรู้จากประสบการณ์และการลงมือปฏิบัติเป็นกลไกสำคัญในการเสริมสร้าง DTM (Henriksen et al., 2017, pp. 140–153) ในทางตรงกันข้าม มิติ Critical questioning และ Uncertainty and risk อยู่ในระดับปานกลาง สะท้อนการจัดการเรียนรู้ที่ยังมุ่งเน้น “คำตอบที่ถูกต้อง” มากกว่าการตั้งคำถามหรือการเผชิญความไม่แน่นอน ผู้เรียนจำนวนหนึ่งยังลังเลที่จะทดลองแนวคิดใหม่เนื่องจากความกลัวต่อความผิดพลาดหรือการถูกประเมิน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการคิดเชิงออกแบบที่เน้นการทดลอง สร้างต้นแบบ และเรียนรู้จากข้อผิดพลาด (Schweitzer et al., 2016, pp. 75–80; Henriksen et al., 2017, pp. 140–153) ดังนั้นการส่งเสริมสองมิตินี้ควรออกแบบกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สำรวจแนวคิด เผชิญความไม่แน่นอน และสะท้อนคิดจากประสบการณ์เพื่อพัฒนาแนวคิดเชิงวิพากษ์และความยืดหยุ่นต่อความไม่แน่นอน ซึ่งเป็นหัวใจของการคิดเชิงออกแบบ

6. ข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยยืนยันว่าแบบวัดชุดความคิดเชิงออกแบบ (DTM) ที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพในระดับดีและสามารถสะท้อนโครงสร้างการคิดเชิงออกแบบของผู้เรียนได้อย่างเที่ยงตรง โดยพบว่ามีมิติ Creative confidence และ Holistic thinking อยู่ในระดับสูง ขณะที่มิติ Critical questioning และ Uncertainty and risk อยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งสะท้อนข้อจำกัดของผู้เรียนในการตั้งคำถามเชิงลึกและการเผชิญความไม่แน่นอน จากผลดังกล่าวจึงเสนอให้ครูออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่มุ่งพัฒนามิติที่ยังอยู่ในระดับปานกลาง โดยเฉพาะการส่งเสริมการตั้งคำถามเชิงวิพากษ์และการยอมรับความไม่แน่นอน ผ่านกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เผชิญปัญหาจริง ทดลองแนวคิด และเรียนรู้จากความผิดพลาด เช่น กิจกรรม Design challenge หรือการพัฒนา

ต้นแบบแบบวนซ้ำควบคู่กับการสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่เอื้อต่อความปลอดภัยทางจิตใจ เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนกล้าคิด กล้าทดลอง และพัฒนาความยืดหยุ่นทางความคิด นอกจากนี้ควรมีการขยายการวิจัยไปยังบริบทผู้เรียนที่หลากหลาย และศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้เชิงออกแบบต่อการเปลี่ยนแปลงของชุดความคิดเชิงออกแบบในระยะยาว เพื่อยืนยัน ความเที่ยงตรงและประโยชน์ของเครื่องมือในบริบทที่กว้างขึ้น การวิจัยครั้งนี้มีข้อจำกัดที่ควรพิจารณาในการนำไปใช้ ประการแรกการเก็บข้อมูลจากโรงเรียนวิทยาศาสตร์เท่านั้น ทำให้ไม่สามารถสรุปอ้างอิงผลไปยังบริบทโรงเรียนทั่วไปหรือ โรงเรียนในพื้นที่ห่างไกลได้โดยตรง ประการที่สองการวิจัยนี้เป็นการศึกษาแบบตัดขวาง (Cross-sectional study) จึงไม่สามารถอธิบายพัฒนาการของ DTM ตามช่วงเวลาหรือผลของการจัดการเรียนรู้ในระยะยาวได้ ประการที่สามแบบวัดเป็น การรายงานตนเอง (Self-report scale) ซึ่งอาจมีอคติจากการตอบในแบบที่สังคมคาดหวัง (Social desirability bias) โดยเฉพาะในบริบทวัฒนธรรมไทยที่มีลักษณะกลุ่มนิยม (Hofstede et al., 2010) และประการที่สี่การวิจัยนี้ยังไม่ได้ทดสอบ ความไม่แปรเปลี่ยนของการวัด (Measurement invariance) ข้ามโรงเรียนหรือระดับชั้น ซึ่งจำเป็นสำหรับการเปรียบเทียบ ระหว่างกลุ่มในการวิจัยในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้บริหารและคณะครูโรงเรียนวิทยาศาสตร์ที่ให้ความอนุเคราะห์และสนับสนุนการเก็บรวบรวมข้อมูล ในการวิจัยครั้งนี้ รวมถึงขอขอบคุณนักเรียนที่เข้าร่วมตอบแบบวัดชุดความคิดเชิงออกแบบด้วยความตั้งใจและให้ความร่วมมือ อย่างดีเยี่ยม ซึ่งมีส่วนสำคัญต่อความสำเร็จของงานวิจัยตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ผ่านการอบรม Human Subject Protection (HSP) แบบออนไลน์ จากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (NRCT) โดยได้รับการรับรองเมื่อวันที่ 27 สิงหาคม 2025 และมีผลถึงวันที่ 27 สิงหาคม 2027 และได้ดำเนินการวิจัยภายใต้หลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์อย่างเคร่งครัดตลอด กระบวนการศึกษา

เอกสารอ้างอิง

- Best, J. W., & Kahn, J. V. (2006). *Research in education* (10th ed.). Pearson Education.
- Brown, T. (2008). Design thinking. *Harvard Business Review*, 86(6), 84–92.
- Browne, M. W., & Cudeck, R. (1993). Alternative ways of assessing model fit. In K. A. Bollen & J. S. Long (Eds.), *Testing structural equation models* (pp. 136–162). Sage Publications.
- Dosi, C., Rosati, F., & Vignoli, M. (2018). Measuring design thinking mindset. In T. Taura & Y. Nagai (Eds.), *DS 92: Proceedings of the DESIGN 2018 15th International Design Conference* (pp. 1991–2002). Zadar, Croatia: The Design Society.
- Faikamta, C., & Clarke, A. (2019). Thai cooperating teachers' motivations and challenges in supervising student teachers during their internship program. *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 40(3), 567–573. <https://doi.org/10.1016/j.kjss.2017.12.018>.
- Fornell, C., & Larcker, D. F. (1981). Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. *Journal of Marketing Research*, 18(1), 39–50.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2010). *Multivariate data analysis* (7th ed.). Pearson Education.
- Henriksen, D., Richardson, C., & Mehta, R. (2017). Design thinking: A creative approach to educational problems of practice. *Thinking Skills and Creativity*, 26, 140–153.
- Henseler, J., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2015). A new criterion for assessing discriminant validity in variance-based structural equation modeling. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 43(1), 115–135.
- Hofstede, G., Hofstede, G. J., & Minkov, M. (2010). *Cultures and organizations: Software of the mind* (3rd ed.). McGraw-Hill.

- Hu, L. T., & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling*, 6(1), 1–55.
- Kline, R. B. (2016). *Principles and practice of structural equation modeling* (4th ed.). The Guilford Press.
- Ladachart, L., Cholsin, J., Kwanpet, S., Teerapanpong, R., Dessi, A., Phuangsuwan, L., & Phothong, W. (2022). Ninth-grade students' perceptions on the design-thinking mindset in the context of reverse engineering. *International Journal of Technology and Design Education*, 32(6), 2445–2465.
- Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, 22(140), 1–55.
- Liedtka, J. (2018). Why design thinking works. *Harvard Business Review*, 96(5), 72–79.
- Ministry of Education. (2021). *National curriculum framework for innovation and competency-based education, B.E. 2564 (2021)*. Ministry of Education. (in Thai)
- Office of the National Economic and Social Development Council. (2022). *The 13th National Economic and Social Development Plan, B.E. 2566–2570 (2023–2027)*. Office of the National Economic and Social Development Council. (in Thai)
- Rauth, I., Köppen, E., Jobst, B., & Meinel, C. (2010). Design thinking: An educational model toward creative confidence. In T. Taura & Y. Nagai (Eds.), *DS 66-2: Proceedings of the 1st International Conference on Design Creativity (ICDC 2010)* (pp. 1–8). Kobe, Japan: The Design Society.
- Razzouk, R., & Shute, V. (2012). What is design thinking and why is it important? *Review of Educational Research*, 82(3), 330–348. <https://doi.org/10.3102/0034654312457429>.
- Ricardo, R. (2024). *Educational innovation through design thinking: Lessons from global case studies*. Cambridge University Press.
- Schweitzer, J., Groeger, L., & Sobel, L. (2016). The design thinking mindset: An assessment of what we know and what we see in practice. *Journal of Design, Business & Society*, 2(1), 71–94. https://doi.org/10.1386/dbs.2.1.71_1.
- Tucker, L. R., & Lewis, C. (1973). A reliability coefficient for maximum likelihood factor analysis. *Psychometrika*, 38(1), 1–10. <https://doi.org/10.1007/BF02291170>.
- Vignoli, M., Dosi, C., & Balboni, B. (2023). *Design thinking mindset: Measurement, structure, and implications in education and organizations*. Springer Nature.

“ข้อคิดเห็น เนื้อหา รวมทั้งการใช้ภาษาในบทความถือเป็นความรับผิดชอบของผู้เขียน”