การพัฒนาแบบวัดการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
Development of Technological Innovation Literacy Scale for Grade 12 Students

เอกพัฒน์ เฮืองใสส่อง[1*] ชำนาญ ปาณาวงษ์[2] น้ำทิพย์ องอาจวาณิชย์[2]
และ นันทิมา นาคาพงศ์ อัศวรักษ์[2]
Ekkapad Huengsaisong[1*], Chamnan Panawong [2], Namthip Ongrardwanich [2]
and Nanthima Nakaphong Asvaraksha [2]

(Received: March 1, 2022; Revised: April 3, 2022; Accepted: April 4, 2022)

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายดังนี้ 1) เพื่อสร้างแบบวัดการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 และ 2) เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของแบบวัดการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ระยะที่ 1 แหล่งข้อมูลในการสร้างแบบวัดคือผู้ทรงคุณวุฒิจำนวนทั้งหมด 18 คน ที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจง และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัยเลย จำนวน 30 คน ระยะที่ 2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนในกลุ่มโรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัยจำนวน 254 คน ที่ได้จากการสุ่มแบบหลายขั้นตอน และวิเคราะห์ความตรงเชิงโครงสร้างด้วยเทคนิควิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

ผลการวิจัยพบว่า

1. แบบวัดการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 6 ที่สร้างขึ้นประกอบด้วยข้อคำถามแบบปรนัย 4 ตัวเลือกจำนวน 18 ข้อ ข้อคำถามเชิงสถานการณ์จำนวน 4 ข้อ และข้อสอบอัตนัยจำนวน 1 ข้อ รวมข้อคำถามในแบบวัดทั้งหมดจำนวน 23 ข้อ ข้อคำถามทุกข้อมีความตรงเชิงเนื้อหา (IOC = 0.60 - 1.00) ค่าความยากง่ายมีค่าระหว่างค่อนข้างง่ายถึงค่อนข้างยาก (0.23 - 0.67) ค่าอำนาจจำแนกมีค่าอยู่ระหว่างจำแนกได้พอใช้ถึงจำแนกได้ดีมาก (0.29 - 0.91) และความเที่ยงทั้งฉบับมีค่าค่อนข้างสูง (α = 0.71)

2. แบบวัดการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 6 ที่สร้างขึ้นมีความตรงเชิงโครงสร้าง (χ^2= 141.71, df = 164, p = 0.89515 GFI = 0.96, AGFI = 0.92, RMSEA = 0.00,

[1] นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาการวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาการวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
[1] Doctoral degree student, Educational Research and Evaluation, Faculty of Education, Naresuan University
[2] Assistant Professor, Educational Research and Evaluation, Faculty of Education, Naresuan University
* Corresponding Author E-mail: Ekkapad.h@gmail.com

RMR = 0.094, NFI = 0.99, NNFI = 1.00 and CFI = 1.00) โดยประกอบด้วย 2 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ 1) ความรู้เกี่ยวกับนวัตกรรมด้านเทคโนโลยี (knowledge of technology innovation) ประกอบด้วย 3 ตัวบ่งชี้ ได้แก่ 1.1) ความรู้เนื้อหานวัตกรรมด้านเทคโนโลยี (knowledge of technology innovation content) วัดได้จากข้อคำถามที่ 1 ถึง 4 1.2) ความรู้กระบวนการนวัตกรรมด้านเทคโนโลยี (knowledge of technology innovation process) วัดได้จากข้อคำถามที่ 5 ถึง 8 และ 1.3) ความรู้รวบยอดนวัตกรรมด้านเทคโนโลยี (knowledge of technology innovation concept) วัดได้จากข้อคำถามที่ 9 ถึง 12 2) และคุณลักษณะนวัตกร (innovator attribute) ประกอบด้วย 3 ตัวบ่งชี้ ได้แก่ 2.1) การจัดการและสร้างความรู้ (management and knowledge creation) วัดได้จากข้อคำถามที่ 13 ถึง 16 2.2) ความคิดสร้างสรรค์ (creative thinking) วัดได้จากข้อคำถามที่ 23 และ 2.3) ภาวะผู้นำ (leadership) วัดได้จากข้อคำถามที่ 17 ถึง 22

คำสำคัญ: การรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยี แบบวัดการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยี
การพัฒนาแบบทดสอบและแบบวัด

Abstract

The purposes of this research were 1) to create a technological innovation literacy scale for grade 12 students, and 2) to validate the construct validity of the technological innovation literacy scale for grade 12 students. In Phase 1, 18 experts and 30 grade 12 students from Princess Chulabhorn Science High School Loei, selected through purposive sampling, were the sources of data for the scale construction. In Phase 2, 254 grade 12 students from the schools in the Princess Chulabhorn Science High School Group, selected through multistage random sampling, validated the construct validity of the scale. The analysis of the construct validity of the scale employed confirmatory factor analysis.

The results were as follows:

1. The technological innovation literacy scale for grade 12 students that had been constructed consisted of 18 4-choice items, 4 situational questions and 1 subjective question, totaling 23 items. The content validity of the items ranged from 0.60 to 1.00, the difficulty ranged from rather easy to rather difficult (0.23 to 0.67), the discrimination ranged from fairly discriminating to very discriminating (0.29 to 0.91), and the total reliability was rather high (α = 0.71).

2. The technological innovation literacy scale for grade 12 students that had been constructed had the construct validity (χ^2 = 141.71, df = 164, p = 0.89515 GFI = 0.96, AGFI = 0.92, RMSEA = 0.00, RMR = 0.094, NFI = 0.99, NNFI = 1.00 and CFI = 1.00). It had 2 main components: 1) knowledge of technological innovation which consisted of 3 indicators: 1.1) knowledge of technological innovation content, measured with items 1 to 4; 1.2) knowledge

of technological innovation process, measured with items 5 to 8; and 1.3) knowledge of technological innovation concept, measured with items 9 to 12; 2) the innovator attribute consisted of 3 indicators: 2.1) management and knowledge creation, measured with items 13 to 16; 2.2) creative thinking, measured with item 23; and 2.3) leadership, measured with items 17 to 22.

Keywords: technological innovation literacy, technological innovation literacy scale, development of tests and scales

บทนำ

การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเศรษฐกิจและสังคมโลกในทุกยุคทุกสมัยที่เป็นไปอย่างก้าวกระโดด จวบจนถึงปัจจุบันที่กำลังจะก้าวเข้าสู่ศตวรรษที่ 21 ที่ทุกประเทศต่างมีความกระตือรือร้นและแข่งขันกันอย่างสูงในทุกๆ ด้าน สืบเนื่องมาจากความเจริญก้าวหน้า ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งนวัตกรรมด้านเทคโนโลยี (technology innovation) ควบคู่กับสภาวะวิกฤตทางเศรษฐกิจและสังคมโดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาความขัดแย้งทางการเมืองภายในประเทศมีอิทธิพลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการชะลอตัวของการเจริญเติบโตของประเทศไทยอย่างชัดเจนจากการติดอยู่ในกลุ่มประเทศที่มีรายได้ระดับปานกลาง (middle income countries) เป็นระยะเวลายาวนานกว่า 40 ปี เนื่องจากการขาดความสามารถในการเปลี่ยนแปลงทรัพยากรที่มีให้เป็นนวัตกรรมดังจะเห็นภาพเชิงประจักษ์ได้จากสินค้าส่งออกสำคัญที่สร้างรายได้ให้แก่ประเทศที่เป็นผลผลิตด้านการเกษตร ในทางกลับกันสินค้านำเข้าสำคัญที่เป็นรายจ่ายของประเทศเป็นวัสดุอุปกรณ์ หรือผลิตภัณฑ์ที่เป็นเทคโนโลยีและนวัตกรรม (Information and Communication Technology Center, 2017) จากผลการประเมินสภาพแวดล้อมในการพัฒนาประเทศ พบว่า ประเทศไทยเป็นประเทศที่อยู่ในกลุ่มประเทศที่มีโครงสร้างพื้นฐานด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมในระดับต่ำโดยสาเหตุของปัญหาดังกล่าวเกิดจากการขาดการพัฒนาบุคลากรด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิจัย และนวัตกรรมที่ยังไม่มีคุณภาพเทียบเท่าสากลและไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาดแรงงาน (Ministry of industry Thailand, 2016; Cornell University, INSEAD & the World Intellectual Property Organization, 2019) แสดงให้เห็นว่าประเทศไทยควรที่จะเร่งพัฒนาบุคลากรภายในชาติให้มีความรู้ความสามารถในการสร้างหรือพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมเพื่อนำมาซึ่งบุคลากรด้านวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรมในชาติที่มีคุณภาพ เทียบเท่าสากลและเพียงพอต่อความต้องการของตลาดแรงงานในอนาคต เพื่อให้เป็นไปตามที่ระบุไว้ในรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พุทธศักราช 2560 ว่ามีวัตถุประสงค์มุ่งหวังที่จะเสริมสร้างศักยภาพบุคลากรในชาติให้มีความรู้ความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิจัย และนวัตกรรมให้มีคุณภาพและมีประสิทธิภาพเพียงพอต่อความต้องการของตลาดแรงงานในอนาคตเพื่อเตรียมความพร้อมในการเข้าสู่สังคมโลกในศตวรรษที่ 21 (The Secretariat of the Cabinet, 2019)

“การรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยี” หรือ “technology innovation literacy” เป็นคำใหม่ที่เกิดขึ้นจากการที่ผู้วิจัยรวมคำ 2 คำ เข้าด้วยกัน ซึ่งประกอบด้วยคำว่า “innovation literacy” ตัวแปรใหม่

ที่ผู้วิจัยสนใจศึกษาและให้คำนิยามเป็นภาษาไทยว่า “การรู้เรื่องนวัตกรรม” ถูกกล่าวถึงครั้งแรกในประเทศสหรัฐอเมริกาโดย Michael J. Gelb และ Sarah Miller Caldicott ในปี ค.ศ. 2007 ในหนังสือชื่อ “ Innovative Like Edison: The Five - Step Systemnfor Breakthrough Business Success” (Gelb & Caldicott, 2007) โดย Niyaza Endogan และ Mehmet Sencer Corlu ในการศึกษาเรื่อง “Investigating an innovative course to improve innovation literacy” และ Niyaza Endogan Mehmet Sencer Corlu ในปี ค.ศ. 20011 และ Niyaza Endogan Mehmet Sencer Corlu และ Robert M. Capraro ในปี ค.ศ. 2013 ในการศึกษาเรื่อง “Definition Innovation Literacy: Do Robotics Program Help Students Develop Innovation Literacy skill?” (Erdogan et al, 2013) ในประเทศแคนาดา โดย George Brown College ในงานเปิดตัวหลักสูตรการเรียนการสอนสาขาวิชาการวิจัยเชิงพานิชย์และนวัตกรรมของวิทยาลัย (Luke, 2008) ในบทความออนไลน์ และ Martin & Florida (2009) ในการศึกษาโครงการ “Creative Age” (โครงการที่มุ่งเน้นส่งเสริมให้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจในรัฐออนแทริโอ) (Martin & Florida, 2009) ในประเทศญี่ปุ่นโดย Thoshihiko Yamakami ในปี ค.ศ. 2012 ในบทความเรื่อง “Innovation Literacy: Implication from a shift toward dynamic multidisciplinary engineering” (Yamakami, 2012) ในประเทศฝรั่งเศสโดย Organization for Economic Co-operation and Development: OECD หรือองค์การเพื่อความร่วมมือและการพัฒนาทางเศรษฐกิจ ในปี ค.ศ. 2015 ที่กล่าวว่าเป็นความรู้และทักษะที่จำเป็น และประเทศสหรัฐอาหรับเอมิเรตส์ โดย Myint Swe Khine ในปี ค.ศ. 2017 ในหนังสือ “Robotics in STEM Education: Redesigning the Learning Experiences” ตามลำดับ (Khine, 2017) และคำว่า “technology” หรือ “เทคโนโลยี” ที่ตามแนวคิดของกลุ่มนักวิทยาศาสตร์กายภาพ (physic science) ในชาติตะวันตกเชื่อกันว่าเป็นผลผลิตจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม (Sukhothai Thammathirat open university, 2012) ยกตัวอย่างเช่น หม้อหุงข้าวไฟฟ้า รถยนต์ไฟฟ้า และเคมีภัณฑ์ต่าง ๆ เป็นต้น กล่าวคือ เชื่อว่าเทคโนโลยีจะต้องอาศัยกระบวนการหรือขั้นตอนที่เป็นระบบในการสร้าง/การผลิต โดยเนื้อหาใจความที่พบทั้งหมดยังอยู่ในขั้นเริ่มต้นคือเป็นเพียงการกล่าวถึง การชี้ให้เห็นความสำคัญ การพยายามให้คำนิยาม และภาพรวมในแง่ของแนวคิดและความหมายที่เกี่ยวข้องตามมุมมองความเชื่อและวิธีการที่แต่ละบุคคลสนใจและศึกษาเท่านั้นสำหรับกับการรู้เรื่องนวัตกรรม ส่วนการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีนั้นทั้งในไทยและต่างประเทศยังไม่มีการทำการศึกษาแต่อย่างใด ยังคงคลุมเครือ (ambiguous) เป็นนามธรรม (abstract) ไม่สามารถวัดหรือสังเกตได้โดยตรง และยังไม่มีเครื่องมือที่จะใช้ในการวัด ดังนั้นจึงควรอย่างยิ่งที่จะต้องทำการนิยามความหมายให้ชัดเจนและโดยเฉพาะอย่างยิ่งการสร้างเครื่องมือสำหรับวัดการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีอันจะนำมาซึ่งสารสนเทศในการพัฒนา (Medin & Ross, 1992) เนื่องจากแบบวัด (scales) เป็นเครื่องมือในการทดสอบ (testing) อย่างหนึ่งในการวัดหรือการทดสอบความรู้ ความสามารถหรือทักษะ หรือพฤติกรรมของมนุษย์ อันจะนำมาซึ่งสารสนเทศที่สำคัญและเป็นประโยชน์ในการบรรยาย การอธิบาย การทำนาย และการควบคุม เพื่อการพัฒนาสิ่งที่ต้องการวัดหรือพฤติกรรมที่พึงปรารถนานั้นๆ ในลำดับต่อไป (Angoff, 1984; Kerlinger, 1986; Gregory, 1992; Gipps, 1994)

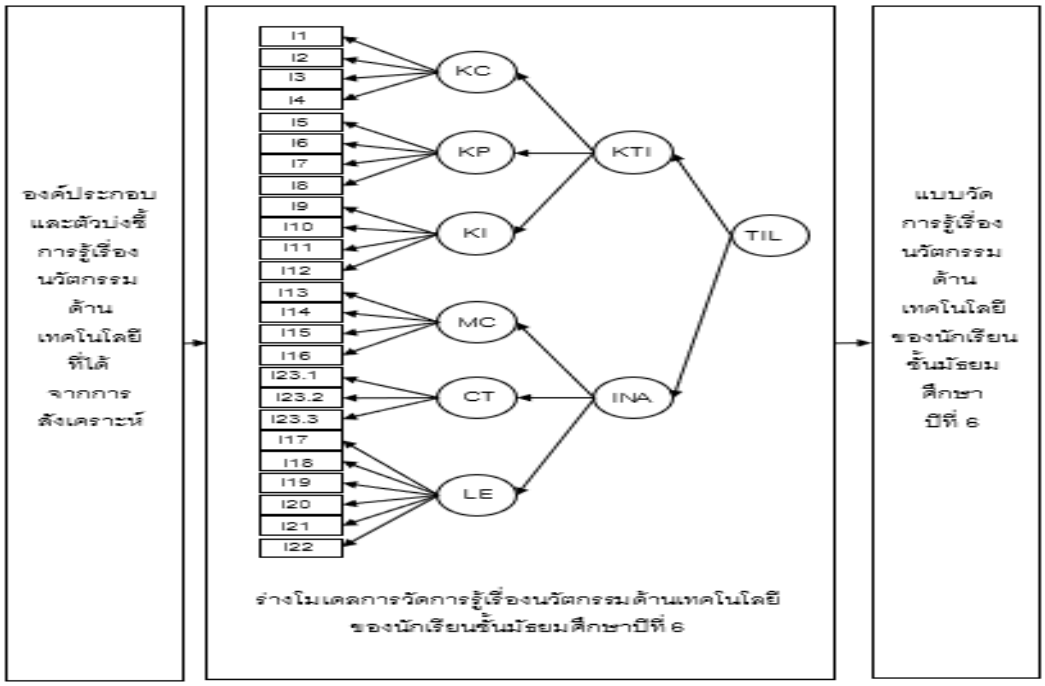
ด้วยเหตุนี้เพื่อเป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนาบุคลากรในชาติให้มีความรู้ความสามารถในการสร้างหรือพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมอันจะนำมาซึ่งบุคลากรด้านวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรมในชาติที่มีคุณภาพเทียบเท่าสากลและเพียงพอต่อความต้องการของตลาดแรงงานในอนาคต ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาค้นคว้าเรื่องการพัฒนาแบบวัดการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งอยู่ในช่วงวัยที่มีความพร้อมทั้งร่างกาย สติปัญญา และอารมณ์ความรู้สึกในการมองโลกในบริบทชีวิตจริง (Weiner, 2003; Kalat, 2017) กล่าวคือ เป็นเยาวชนที่กำลังจะเป็นบุคลากรที่สำคัญด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิจัย และนวัตกรรมของชาติในอนาคต โดยผลการวิจัยในครั้งนี้จะนำมาซึ่งเครื่องมือวัดการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีคุณภาพ และเป็นสารสนเทศพื้นฐานสำหรับผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องและผู้ที่สนใจศึกษาค้นคว้าเพื่อการวางแผนปรับปรุงและพัฒนาการจัดการศึกษาอันจะเป็นประโยชน์และนำมาซึ่งบุคลากรด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิจัย และนวัตกรรมสืบไป

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อสร้างแบบวัดการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
2. เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของแบบวัดการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยี (technology innovation literacy) สามารถสรุปเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัยได้ดังภาพ 1



ภาพ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

ระยะที่ 1 สร้างแบบวัดการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีรายละเอียดในการดำเนินการดังนี้

1.1 สังเคราะห์องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยี มีรายละเอียดในการดำเนินการดังนี้

1.1.1 แหล่งข้อมูล คือ เอกสารและงานวิจัยที่มีความเกี่ยวข้องกับแนวคิดการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยี (technology innovation literacy)

1.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ ตารางสังเคราะห์องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยี (technology innovation literacy)

1.1.3 ขั้นตอนในการดำเนินการ มีรายละเอียดขั้นตอนในการดำเนินการที่สำคัญอันได้แก่ 1) ศึกษาค้นคว้าเอกสารแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 2) สังเคราะห์องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ 3) ตรวจสอบความตรงและความครอบคลุมขององค์ประกอบและตัวบ่งชี้ และ 4) ตรวจสอบความตรงและความครอบคลุมขององค์ประกอบและตัวบ่งชี้โดยผู้ทรงคุณวุฒิ

1.2 สร้างแบบวัดการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีรายละเอียดในการดำเนินการดังนี้

1.2.1 แหล่งข้อมูล คือ องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ที่ได้จากการสังเคราะห์ในข้อ 1

1.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ ข้อคำถามที่ได้จากการสร้างตามกรอบในการสร้างเครื่องมือ

1.2.3 ขั้นตอนในการดำเนินการ มีรายละเอียดขั้นตอนในการดำเนินการที่สำคัญอันได้แก่ 1) ศึกษาค้นคว้าเอกสารแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวบ่งชี้ที่ได้จากผลการศึกษาในข้อ 1 2) กำหนดกรอบนิยามพฤติกรรมและจำนวนข้อคำถามที่จะใช้ในการสร้างเครื่องมือ 3) สร้างข้อคำถาม 4) ตรวจสอบความตรงและความครอบคลุมของเนื้อหาข้อคำถามที่สร้างขึ้น โดยคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และปรับแก้ไขให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และ 5) ตรวจสอบความตรงและความครอบคลุมของเนื้อหาข้อคำถามโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 6) นำไปทดลองใช้ 7) วิเคราะห์ค่าความยากง่าย วิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก และวิเคราะห์ความเที่ยง และ 8) คัดเลือกข้อที่ผ่านเกณฑ์ และจัดพิมพ์แบบวัดฉบับสมบูรณ์

1.3 ดำเนินการเก็บรวบรวม

1.4 การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้โปรแกรม TAP และ SPSS

1.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ค่าความตรงเชิงเนื้อหาโดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเที่ยงใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (α)

ระยะที่ 2 ตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของแบบวัดการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีรายละเอียดในการดำเนินการดังนี้

2.1 แหล่งข้อมูล

2.1.1 ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนในสังกัดสำนักงานการศึกษาขั้นพื้นฐาน

2.1.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 ประจำปีการศึกษา 2564 โรงเรียนในกลุ่มโรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัยเพราะเป็นกลุ่มโรงเรียนที่จัดตั้งขึ้นเพื่อมุ่งส่งเสริมนักเรียนที่มีความรู้ความสามารถพิเศษเฉพาะด้านวิทยาศาสตร์อันเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการผลิตเทคโนโลยี โดยกำหนดจำนวนขนาดกลุ่มตัวอย่างตามกฎแห่งความชัดเจน (rule of thumb) กำหนดให้มีขนาดกลุ่มตัวอย่าง 10 - 20 เท่า ต่อ 1 ตัวแปร หรือขั้นต่ำสุดจำนวน 100 ตัวอย่าง (Schumacker & Lomax, 2016) ซึ่งการวิจัยในครั้งนี้มีจำนวนตัวแปรสังเกตได้ทั้งหมด 25 ตัวแปร ดังนั้นกลุ่มตัวอย่างขั้นต่ำอย่างน้อยควรมีจำนวน 100 หรือ 250 - 500 คน เพื่อให้โมเดลมีความคงทน (robustness) โดยในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด จำนวน 254 คน จากการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (multi - stage random sampling) โดยมีรายละเอียดขั้นตอนในการสุ่มอันได้แก่ ขั้นที่ 1 ใช้ภูมิภาคทั้งหมด 6 ภูมิภาคตามหลักวัตถุประสงค์ทางภูมิศาสตร์และวิทยาศาสตร์เป็นหน่วยในการสุ่ม โดยทำการสุ่มอย่างง่ายได้ภูมิภาค จำนวน 4 ภูมิภาค คิดเป็นร้อยละ 66 (>60%) (Angoff, 1984) ขั้นที่ 2 ใช้โรงเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม โดยทำการสุ่มอย่างง่ายมาภูมิภาคละ 1 โรงเรียน ได้โรงเรียนทั้งหมดจำนวน 4 โรงเรียน ขั้นที่ 3 ใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม โดยสุ่มอย่างง่ายมาโรงเรียนละ 4 ห้องเรียน ได้ห้องเรียนทั้งหมดจำนวน 16 ห้องเรียน และขั้นที่ 4 ใช้นักเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม โดยใช้นักเรียนทั้งหมดในห้องเรียนเป็นกลุ่มตัวอย่าง

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบวัดการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้จากการศึกษาในระยะที่ 1

2.3 ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้โปรแกรม SPSS และ LISREL for Student

2.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าสถิติทดสอบไค-สแควร์ ($\boldsymbol{\chi^2}$) ค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้อง (GFI) ดัชนีวัดความสอดคล้องที่ปรับแก้แล้ว ($AGFI$) ดัชนีรากกำลังสองเฉลี่ยของความแตกต่างโดยประมาณ ($RMSEA$) ดัชนีรากของกำลังสองเฉลี่ยของเศษเหลือ (RMR) ดัชนีเอ็นเอฟไอ (NFI) ดัชนีเอ็นเอ็นเอฟไอ ($NNFI$) และดัชนีซีเอฟไอ (CFI)

ผลการวิจัย

1. ผลการสร้างแบบวัดการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

1.1 การตรวจสอบความตรงขององค์ประกอบและตัวบ่งชี้โดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 14 ท่าน ได้แก่ 1) ผู้ทรงคุณวุฒิด้านวิทยาศาสตร์ 2) ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคโนโลยี และธุรกิจและการสื่อสาร 3) ผู้ทรงคุณวุฒิด้านการสอนวิชาเทคโนโลยีและนวัตกรรม 4) ผู้ทรงคุณวุฒิด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา และ

5) ผู้ทรงคุณวุฒิด้านการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา โดยผลจากการตรวจสอบ พบว่าองค์ประกอบและตัวบ่งชี้ที่สร้างขึ้นทั้งหมดผ่านเกณฑ์ที่กำหนด โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.71 ถึง 0.93

1.2 แบบวัดการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้จากการวิจัยประกอบด้วยข้อคำถามทั้งหมดจำนวน 23 ข้อ แบ่งเป็นข้อสอบปรนัยจำนวน 18 ข้อ ข้อสอบเชิงสถานการณ์จำนวน 4 ข้อ และข้อสอบอัตนัยจำนวน 1 ข้อ เมื่อทำการตรวจสอบคุณภาพ พบว่า ข้อคำถามทั้งหมดผ่านเกณฑ์คุณภาพโดยมีรายละเอียดผลการวิเคราะห์สรุปได้ดังตาราง 1

ตาราง 1 ผลการตรวจสอบคุณภาพของข้อคำถามที่ใช้ในแบบวัดการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ข้อ	IOC	p	r	ข้อ	IOC	p	r
1	0.80	0.43	0.78	14	1.00	0.27	0.78
2	1.00	0.67	0.46	15	1.00	0.40	0.29
3	1.00	0.40	1.00	16	1.00	0.43	0.33
4	0.80	0.30	0.72	23.1	1.00	0.65	0.56
5	0.60	0.27	0.54	23.2	1.00	0.61	0.56
6	0.80	0.27	0.63	23.3	1.00	0.62	0.56
7	1.00	0.23	0.33	17	1.00	คำถามเชิงสถานการณ์	
8	1.00	0.23	0.36	18	0.80	คำถามเชิงสถานการณ์	
9	1.00	0.27	0.67	19	1.00	0.23	0.40
10	1.00	0.27	0.50	20	0.80	0.43	0.91
11	1.00	0.43	0.90	21	1.00	คำถามเชิงสถานการณ์	
12	1.00	0.27	0.72	22	0.60	คำถามเชิงสถานการณ์	
13	1.00	0.27	0.73	α = 0.71			

หมายเหตุ ค่า IOC ในตารางได้จากการตรวจสอบโดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน ได้แก่ 1) ผู้ทรงคุณวุฒิด้านการสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา (สายสามัญ) และ 2) ผู้ทรงคุณวุฒิด้านการสอนเทคโนโลยี (สายวิชาชีพ)

กล่าวโดยสรุป คำถามทั้ง 23 ข้อ ที่ใช้ในแบบแบบวัดการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เป็นข้อคำถามที่มีความถูกต้องและเหมาะสมในการวัดการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

2. การตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างแบบวัดการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

2.1 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ที่ใช้ในการวิเคราะห์ความตรงเชิงโครงสร้างแบบวัดการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่า ค่าความสัมพันธ์ของตัวแปรสังเกตได้มีค่าอยู่ระหว่าง 0.11 ถึง 0.94 และเป็นความสัมพันธ์ทางบวกทั้งหมด เมื่อพิจารณาผลการคำนวนค่าดัชนี Kaiser - Meryer - Olkin (KMO) พบว่า มีค่าเท่ากับ 0.909 และจากผลการคำนวนค่าสถิติ Bartlett’s test of Sphericity พบว่า มีค่าเท่ากับ 7265.272 ($p < 0.01$) แสดงให้เห็นว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ใช้

มีความเหมาะสมในการวิเคราะห์องค์ประกอบของข้อมูลชุดนี้ และตัวแปรแต่ละตัวมีความสัมพันธ์กันและความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาและตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลต่อไป

2.2 ผลการวิเคราะห์ความตรงเชิงโครงสร้างแบบวัดการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ก่อนปรับโมเดลเชิงทฤษฎีให้มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง พบว่า χ^2 = 1489.16, df = 268, p = 0.00, GFI = 0.61, $AGFI$ = 0.68, $RMSEA$ = 0.134, RMR = 0.21, NFI = 0.91, และ CFI = 0.93 และหลังปรับโมเดลพบว่า χ^2 = 141.71, df = 164, p = 0.89515, GFI = 0.96, $AGFI$ = 0.92, $RMSEA$ = 0.00, RMR = 0.094, NFI = 0.99, และ CFI = 1.00 โดยผลจากการวิเคราะห์มีรายละเอียดสามารถสรุปได้ดังตาราง 2

ตาราง 2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันขององค์ประกอบและตัวบ่งชี้แบบวัดการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

องค์ประกอบหลัก	องค์ประกอบย่อย	ตัวบ่งชี้	β	se	t	r^2
ความรู้เกี่ยวกับนวัตกรรมด้านเทคโนโลยี (Knowledge of Technology Innovation: KTI)	Fixed - 1.00	-	1.00	-	-	-
	ความรู้เนื้อหานวัตกรรมด้านเทคโนโลยี (Knowledge of Technology Innovation Content: KC)	-	0.68**	0.08	12.16	0.46
		I1	0.96**	0.08	12.00	0.92
		I2	0.63**	0.07	9.02	0.40
		I3	0.71**	0.07	9.87	0.51
		I4	0.33**	0.08	4.64	0.11
	ความรู้กระบวนการนวัตกรรมด้านเทคโนโลยี (Knowledge of Technology Innovation Process: KP)	-	0.99**	0.07	19.46	0.97
		I5	0.94**	0.11	8.54	0.89
		I6	0.96**	0.03	34.24	0.93
		I7	0.98**	0.03	31.74	0.96
		I8	0.49**	0.06	8.84	0.24
	ความรู้รวบยอดนวัตกรรมด้านเทคโนโลยี (Knowledge of Technology Innovation concept: KI)	-	1.00**	0.07	20.26	0.99
		I9	0.95**	0.10	9.50	0.90
		I10	0.98**	0.02	43.01	0.97
		I11	0.98**	0.02	43.00	0.97
		I12	0.59**	0.05	11.36	0.35
ลักษณะนวัตกร (Innovator Attribute: INA)	Fixed - 1.00	-	1.00	-	-	-
	การจัดการและสร้างความรู้ (Management and Knowledge Creation : MC)	-	0.92**	0.09	13.57	0.84
		I13	0.86**	0.08	10.75	0.74
		I14	0.86**	0.06	16.42	0.74
		I15	0.81**	0.08	12.16	0.65
		I16	0.86**	0.08	12.48	0.73
	ความคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking: CT)	-	0.62**	0.06	9.60	0.39
		I23.1	0.82**	0.06	13.67	0.68
		I23.2	0.95**	0.06	16.42	0.91
		I23.3	0.97**	0.05	21.67	0.94

ตาราง 2 (ต่อ)

องค์ประกอบหลัก	องค์ประกอบย่อย	ตัวบ่งชี้	β	se	t	r^2
	ภาวะผู้นำ	-	0.71**	0.07	7.97	0.50
	(Leadership: LE)	I17	0.63**	0.07	9.00	0.40
		I18	0.62**	0.08	13.50	0.38
		I19	0.53**	0.18	5.66	0.28
		I20	0.86**	0.15	9.14	0.74
		I21	0.80**	0.12	9.62	0.64
		I22	0.72**	0.12	8.98	0.52
Chi-Square = 141.71, df = 164, p = 0.89515						
GFI = 0.96, AGFI = 0.92, RMSEA = 0.00, RMR = 0.094, NFI = 0.99 and CFI = 1.00						

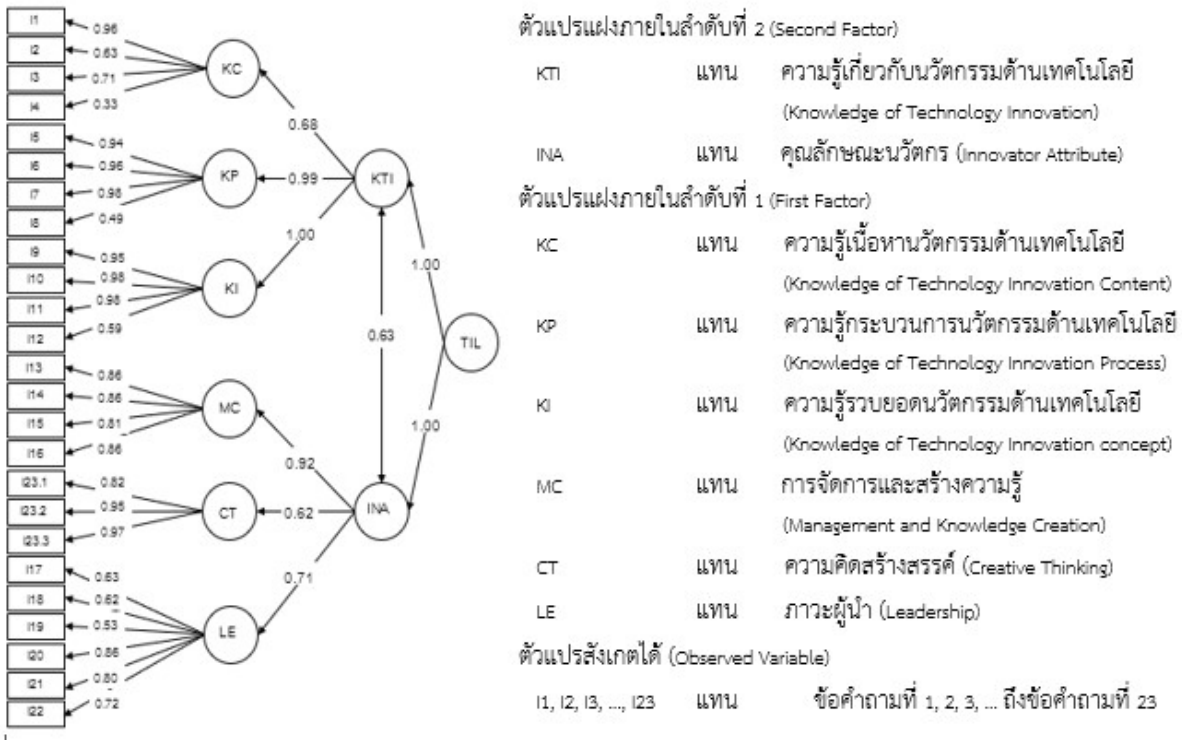
หมายเหตุ ** คือ นัยสำคัญทางสถิติ 0.01

จากตาราง 2 ผลการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลฯ ที่สร้างมาจากโครงสร้างความคิดหรือภาวะสันนิษฐาน พบว่า แบบวัดการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีความเชิงโครงสร้างหรือความตรงเชิงทฤษฎี โดยเมื่อพิจารณาองค์ประกอบที่ 1 พบว่า ความรู้เกี่ยวกับนวัตกรรมด้านเทคโนโลยี (KTI) เป็นองค์ประกอบของการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยี (TIL) สอดคล้องกับแนวคิดของ Gelb & Caldicott (2007); Yamakami (2012) อ้างอิงใน (Khine, 2017) ภายใต้องค์ประกอบเมื่อพิจารณาตัวบ่งชี้ที่ 1 พบว่า ความรู้เนื้อหานวัตกรรมด้านเทคโนโลยี (KC) เป็นองค์ประกอบของความรู้เกี่ยวกับนวัตกรรมด้านเทคโนโลยี (KTI) และภายใต้ตัวบ่งชี้ที่ 1 ประกอบด้วยพฤติกรรมที่ต้องการวัด 2 พฤติกรรม โดยผลการวิจัยพบว่าพฤติกรรมที่ 1 ความสามารถในการระบุชิ้นงานหรือผลิตภัณฑ์ที่มาจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (I1,I2) เป็นองค์ประกอบของความรู้เนื้อหานวัตกรรมด้านเทคโนโลยี (KC) และพฤติกรรมที่ 2 ความสามารถในการระบุแผนการหรือกลยุทธ์ของชิ้นงานหรือผลิตภัณฑ์ที่มาจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (I3,I4) เป็นองค์ประกอบของความรู้เนื้อหานวัตกรรมด้านเทคโนโลยี ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Philip Drucker (1956, as cited in Advanced Workplace Associate, 2015; Woods et al., 1987; Davenport et al., 2006; Shane, 2009; Katz, 2011; Trott, 2017; Kabir, 2019; Costello, 2020) และงานวิจัยของ Leber et al. (2015) ที่พบว่า ความรู้เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เป็นความรู้ที่จะนำมาซึ่งแนวทางผลิตภัณฑ์ หรือนวัตกรรมใหม่ เมื่อพิจารณาตัวบ่งชี้ที่ 2 พบว่า ความรู้กระบวนการนวัตกรรมด้านเทคโนโลยี (KP) เป็นองค์ประกอบของความรู้เกี่ยวกับนวัตกรรมด้านเทคโนโลยี (KTI) และภายใต้ตัวบ่งชี้ที่ 2 ประกอบด้วยพฤติกรรมที่ต้องการวัด 2 พฤติกรรม โดยผลการวิจัยพบว่าพฤติกรรมที่ 1 ความสามารถในการอธิบายขั้นตอน การออกแบบชิ้นงานหรือผลิตภัณฑ์ที่มาจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (I5,I6) เป็นองค์ประกอบของความรู้กระบวนการนวัตกรรมด้านเทคโนโลยี และพฤติกรรรมที่ 2 ความสามารถในการอธิบายขั้นตอนการสร้างชิ้นงานหรือผลิตภัณฑ์ที่มาจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (I7,I8) เป็นองค์ประกอบของความรู้กระบวนการนวัตกรรมด้านเทคโนโลยี (KP) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Philip Drucker (1956, as cited in Advanced Workplace Associate, 2015) และ Woods et al. (1987, as cited in Shavinina, 2004; Shane, 2009; Carayannis et al., 2015; Trott, 2017; Costello, 2020) และงานวิจัยของ Leber et al. (2015) ที่พบว่า ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการผลิตและวิศวกรรม

(process and engineering of product) เป็นความรู้ที่จะนำมาซึ่งแนวทางผลิตภัณฑ์หรือนวัตกรรมใหม่ เมื่อพิจารณาตัวบ่งชี้ที่ 3 พบว่า ความรู้รวบยอดนวัตกรรมด้านเทคโนโลยี (KI) เป็นตัวบ่งชี้ของความรู้เกี่ยวกับนวัตกรรมด้านเทคโนโลยี (KTI) และภายใต้ตัวบ่งชี้ที่ 3 ประกอบด้วยพฤติกรรมที่ต้องการวัด 2 พฤติกรรม โดยผลการวิจัยพบว่าพฤติกรรมที่ 1 ความสามารถในการอธิบายแนวคิดที่ทำให้เกิดชิ้นงานหรือผลิตภัณฑ์ที่สร้างมาจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (I9,I10) เป็นองค์ประกอบของความรู้รวบยอดนวัตกรรมด้านเทคโนโลยี (KI) และพฤติกรรมที่ 2 ความสามารถในการสรุปแนวคิดในภาพรวมที่ทำให้เกิดชิ้นงานหรือผลิตภัณฑ์ที่สร้างมาจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (I11,I12) เป็นองค์ประกอบของความรู้รวบยอดนวัตกรรมด้านเทคโนโลยี (KI) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Christensen (1997, as cited in Shavinina, 2004; Henry & Mayle, 2006; Vlok, 2012; Wessner, 2013; Songkram, 2013; Carayannis et al., 2015) และงานวิจัยของ Leber et al. (2015) ที่พบว่า ผลิตภัณฑ์หรือนวัตกรรมภายในองค์กรคือความรู้ในแง่มุมต่างๆ ที่ผ่านกระบวนการคิด การผสมผสาน และการสร้างความรู้ใหม่จนทำให้เกิดเป็นองค์ความรู้เฉพาะภายในองค์กรที่ไม่เหมือนใคร กล่าวคือ ความคิดรวบยอดที่จะนำมาซึ่งแนวทางผลิตภัณฑ์หรือนวัตกรรมใหม่ เมื่อพิจารณาองค์ประกอบที่ 2 พบว่า คุณลักษณะนวัตกร (INA) เป็นองค์ประกอบของการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยี (TIL) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Angoff (1984); Gelb & Caldicott (2007); Luke (2008); Luke (2009); Yamakami (2012) อ้างอิงใน Khine (2017) ภายใต้องค์ประกอบเมื่อพิจารณาตัวบ่งชี้ที่ 4 พบว่า การจัดการและสร้างความรู้ (MC) เป็นองค์ประกอบของคุณลักษณะนวัตกร (INA) ภายใต้ตัวบ่งชี้ที่ 4 ประกอบด้วยพฤติกรรมที่ต้องการวัด 2 พฤติกรรม โดยผลการวิจัยพบว่าพฤติกรรมที่ 1 ความสามารถในการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับชิ้นงานหรือผลิตภัณฑ์ที่สร้างมาจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (I13,I14) เป็นองค์ประกอบของการจัดการและสร้างความรู้ (MC) และพฤติกรรมที่ 2 ความสามารถในการสร้างความรู้เกี่ยวกับชิ้นงานหรือผลิตภัณฑ์ที่สร้างมาจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (I15,I16) เป็นองค์ประกอบของการจัดการและสร้างความรู้ (MC) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Christensen (1997); Davenport et al. (2006); Shane (2009); Katz (2011); Vlok (2012); Wessner (2013); Songkram (2013); Carayannis et al. (2015); Trott (2017), Edmondson (2019); Kabir (2019) และงานวิจัยของ Yuyuen et al. (2017) ที่พบว่า ปัจจัยการเป็นนวัตกร สามารถแบ่งออกเป็น 4 ประการ ได้แก่ 1) มีความคิดที่ขัดแย้ง 2) มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ 3) การเปิดกว้างทางความคิด และ 4) การมีความคิดเชื่อมโยง โดยปัจจัยทั้ง 4 ประการ มีความเชื่อมโยงกันจากปัจจัยหนึ่งสู่อีกปัจจัยหนึ่งและส่งผลให้เกิดเป็นนวัตกรรม นอกจากนี้งานวิจัยของ Leber et al. (2015) ยังพบว่า ผลิตภัณฑ์หรือนวัตกรรมภายในองค์กรคือความรู้ในแง่มุมต่างๆ ที่ผ่านกระบวนการคิด การผสมผสาน และการสร้างความรู้ใหม่ เมื่อพิจารณาตัวบ่งชี้ที่ 5 พบว่า ความคิดสร้างสรรค์ (CT) เป็นองค์ประกอบของคุณลักษณะนวัตกร (INA) ภายใต้ตัวบ่งชี้ที่ 5 ประกอบด้วยพฤติกรรมที่ต้องการวัด 3 พฤติกรรม โดยผลการวิจัยพบว่าพฤติกรรมที่ 1 ความสามารถในการนำความรู้มาคิดต่อยอดให้เป็นชิ้นงานหรือผลิตภัณฑ์ใหม่ที่สร้างมาจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (I23.1) เป็นองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ (CT) พฤติกรรมที่ 2 ความสามารถในการคิดออกแบบชิ้นงานหรือผลิตภัณฑ์ใหม่ที่สร้างมาจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (I23.2) เป็นองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ (CT) และพฤติกรรมที่ 3 ความสามารถในการคิดสร้างชิ้นงานหรือผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มาจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์

(I23.3) เป็นองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ (CT) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Shane (2009); Katz (2011); Songkram (2013) อ้างอิงใน Shalley et al. (2015), Carayannis, Samara, & Bakouros (2015), Trott (2017); Costello (2020) และงานวิจัยของ Dorin Maier (2018) ที่พบว่า ในระดับตัวบุคคลคือความคิดที่แปลกใหม่ (novelty or new idea) ปัจจัยสำคัญที่ทำให้ผลิตภัณฑ์หรือนวัตกรรมใหม่เข้าสู่ตลาดได้อย่างยั่งยืน และเมื่อพิจารณาตัวบ่งชี้ที่ 6 พบว่า ภาวะผู้นำ (LE) เป็นองค์ประกอบของคุณลักษณะนวัตกร (INA) ภายใต้ตัวบ่งชี้ที่ 6 ประกอบด้วยพฤติกรรมที่ต้องการวัด 3 พฤติกรรม โดยผลการวิจัยพบว่าพฤติกรรมที่ 1 ความสามารถในการกำหนดกลยุทธ์หรือวัตถุประสงค์ให้ตรงเป้าหมายเกี่ยวกับชิ้นงานหรือผลิตภัณฑ์ที่มาจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (I17,I18) เป็นองค์ประกอบของภาวะผู้นำ (LE) พฤติกรรมที่ 2 ความสามารถในการพิจารณาตัดสินใจข้อมูลอย่างรอบด้านเกี่ยวกับชิ้นงานหรือผลิตภัณฑ์ที่มาจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (I19,I20) เป็นองค์ประกอบของภาวะผู้นำ (LE) และพฤติกรรมที่ 3 ความสามารถในการสร้างความร่วมมือระหว่างบุคคลภายในทีมให้ไปสู่เป้าหมายเดียวกันเกี่ยวกับชิ้นงานหรือผลิตภัณฑ์ที่มาจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (I21,I22) เป็นองค์ประกอบของภาวะผู้นำ (LE) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Davenport et al. (2006); Katz (2011); Songkram (2013) อ้างอิงใน Shalley et al. (2015); Trott (2017); Edmondson (2019) และงานวิจัยของ Srimanee (2019) ที่พบว่า ภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงเป็นปัจจัยต่อพฤติกรรมการสร้างสรรค์นวัตกรรมระดับบุคคล

กล่าวโดยสรุป แบบวัดการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่สร้างขึ้นมีความตรงเชิงทฤษฎีหรือความเชิงโครงสร้าง (construct validity) ในการวัดการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งจากที่กล่าวมาสามารถสรุปได้ดังภาพ 2



ภาพ 2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันขององค์ประกอบและตัวบ่งชี้แบบวัดการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

อภิปรายผล

ประเด็นที่ 1 : ความถูกต้อง เหมาะสม และน่าเชื่อถือของแบบวัดการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่สร้างขึ้น

เนื่องจากผลการวิเคราะห์พบว่าแบบวัดการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีความถูกต้อง เหมาะสม และน่าเชื่อถือในการวัด ทั้งนี้สืบเนื่องมาจากกระบวนการในการทบทวนวรรณกรรมที่มีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับแนวคิดของ Angoff W.H. และ Cronbach L.J. ที่กล่าวว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิจะมีค่าสูงตามความถูกต้องและความครอบคลุมของเนื้อหาที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรมอันจะนำมาซึ่งเครื่องมือที่มีคุณภาพในที่สุด (Angoff, 1984; Cronbach, 1970)

ประเด็นที่ 2 : ค่าความยากง่ายของข้อคำถามที่ใช้ในแบบวัดการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 บางข้อที่มีค่าค่อนข้างยาก

เนื่องจากผลการวิเคราะห์พบว่าค่าความยากง่ายของข้อคำถามที่ใช้ในแบบวัดการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 บางข้อที่มีค่าค่อนข้างยาก (ค่าต่ำสุดคือ 0.23) ทั้งนี้สืบเนื่องมาจากเนื้อหาที่ใช้ในการวัดบางข้ออยู่นอกเหนือกรอบสาระมาตรฐานและตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ตามหลักสูตรแกนกลางฯ ยกตัวอย่างเช่น พื้นฐานความรู้เรื่องวงจรผลิตภัณฑ์ (Product Life Cycle) ที่เป็นเนื้อหาเกี่ยวกับวิชาการตลาดที่ใช้ความรู้ในขั้นความจำก็สามารถตอบคำถามในข้อนี้ได้ แต่เมื่อนำมาสอบจริงนักเรียนกลับทำไม่ได้เนื่องจากนักเรียนไม่ได้เรียนรู้เนื้อหาดังกล่าวมาก่อน จึงกลายเป็นว่าข้อคำถามค่อนข้างยาก เป็นต้น ซึ่งตามหลักพื้นฐานในการสร้างเครื่องมือทดสอบหรือวัดโดยปกติต้องวัดความรู้ในเรื่องที่ผู้รับการทดสอบหรือวัดได้เรียนรู้เนื้อหาในเรื่องนั้นมาแล้วจึงจะทำให้ได้ค่าที่มีความเหมาะสมอย่างแท้จริง (Angoff, 1984; Cronbach, 1970)

ประเด็นที่ 3 : ค่าอำนาจจำแนกของข้อคำถามที่ใช้ในแบบวัดการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 บางข้อที่มีค่าอำนาจจำแนกได้ค่อนข้างน้อย

เนื่องจากผลการวิเคราะห์พบว่าค่าอำนาจจำแนกของข้อคำถามที่ใช้ในแบบวัดการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 บางข้อที่มีค่าค่อนข้างต่ำหรือพอใช้ (ค่าต่ำสุดคือ 0.29) ทั้งนี้สืบเนื่องมาจากเนื้อหาที่ใช้ในการวัดบางข้ออยู่นอกเหนือกรอบสาระมาตรฐานดังที่ได้กล่าวมาแล้วในประเด็นของความยากง่าย ด้วยเหตุนี้นักเรียนส่วนใหญ่จึงตอบผิดและทำให้ค่าอำนาจจำแนกในบางข้อค่อนข้างต่ำ ซึ่งตามหลักข้อสอบจะจำแนกได้ดีก็ต่อเมื่อกลุ่มสูงตอบข้อยากได้ถูกต้องและกลุ่มต่ำตอบข้อยากผิด (Angoff, 1984; Cronbach, 1970)

ประเด็นที่ 4 : ความตรงเชิงทฤษฎีหรือเชิงโครงสร้างของแบบวัดการรู้เรื่องนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

เนื่องจากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันพบว่าโมเดลการวัดการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่สร้างมีความตรงเชิงทฤษฎีหรือความตรงเชิงโครงสร้าง ทั้งนี้สืบเนื่องมาจากกระบวนการในการทบทวนวรรณกรรมที่มีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับแนวคิดของ Thorndike

R.M. และ David E.L. ที่กล่าวว่า ความครอบคลุมของการศึกษา (review) แนวคิด (concept) จะนำมาซึ่งความตรงเชิงทฤษฎีหรือความตรงเชิงโครงสร้างของเครื่องมือที่สร้าง (Thorndike & David, 1990)

ประเด็นที่ 5 : ค่า MI มีค่าสูงกว่าค่าวิกฤตของไค-สแคว์ (141.71 > 3.84)

เนื่องจากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน พบว่า หลังจากการปรับโมเดลให้มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ค่าสถิติทดสอบไค-สแควร์มีค่าเท่ากับ 141.71 ค่าองศาอิสระ (degree of freedom: df) มีค่าเท่ากับ 164 ค่า กล่าวคือค่า MI มีค่ามากกว่าค่าวิกฤตของไค - สแคว์ (3.84) สืบเนื่องมาจากการที่ผู้วิจัยหยุดปรับโมเดลจากการพิจารณาเมทริกซ์ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standardized residual) ที่มีค่าไม่เกิน 2.58 ทั้งนี้ผลการวิเคราะห์ก็ไม่ได้มีความผิดพลาดแต่ประการใด เพราะ P - Value มีค่าเท่ากับ 0.89515 (Diamantopoulos & Siguaw, 2000 as cited in Angsuchoti et al, 2011) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาค่า MI พบว่า การพิจารณาโมเดลจากค่า MI เพียงอย่างเดียวอาจเกิดความผิดพลาดของผลการวิเคราะห์ได้เพราะค่า MI มักไม่ค้นหาโมเดลที่ถูกต้อง (Hox & Bechger, 2000 as cited in Angsuchoti et al., 2011)

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1.1 เนื่องจากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน พบว่า โมเดลการวัดการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่สร้างมาจากโครงสร้างความคิดหรือภาวะสันนิษฐาน มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ แสดงให้เห็นว่า องค์ประกอบหลักทั้งหมดจำนวน 2 องค์ประกอบ ตัวบ่งชี้ทั้งหมดจำนวน 6 ตัวบ่งชี้ และพฤติกรรมทั้งหมดจำนวน 14 พฤติกรรม ที่อยู่ในโมเดลการวัดย่อมมีความสำคัญต่อการพัฒนาการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ดังนั้นสถานศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรให้ความสำคัญกับการพัฒนานักเรียนให้มีความรู้ ความสามารถหรือทักษะในเรื่องดังกล่าวตามความเหมาะสม

1.2 เนื่องจากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน พบว่า โมเดลการวัดการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่สร้างมาจากโครงสร้างความคิดหรือภาวะสันนิษฐาน มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ แสดงให้เห็นว่า องค์ประกอบ ตัวบ่งชี้ และพฤติกรรมที่อยู่ในโมเดลการวัดย่อมมีความสำคัญต่อการพัฒนาการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งเมื่อพิจารณากลุ่มสาระการเรียนรู้และเนื้อหาในรายวิชาที่นักเรียนจะได้เรียนรู้แล้วจะพบว่านักเรียนยังไม่มีรายวิชาที่จัดประสบการณ์การเรียนรู้เกี่ยวกับความรู้ด้านธุรกิจและการตลาดซึ่งเป็นพฤติกรรมที่สำคัญในการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยี ดังนั้นสถานศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรให้ความสำคัญในการปรับเพิ่มหรือพัฒนาให้มีรายวิชาที่สอนให้นักเรียนมีความรู้ความสามารถด้านธุรกิจและการตลาด

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 เนื่องจากแบบวัดการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี 6 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นอยู่บนพื้นฐานของทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (classical test theory) ดังนั้น เพื่อความน่าเชื่อถือ

ที่มากยิ่งขึ้นควรพิจารณาใช้ทฤษฎีการทดสอบแบบใหม่ (modern test theory) ในการทำการวิจัยหรือสร้างแบบวัดการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี 6 ในสังกัดอื่น ๆ ในครั้งถัดไป

2.2 เนื่องจากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันพบว่า โมเดลการวัดการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่สร้างมาจากโครงสร้างความคิดหรือภาวะสันนิษฐานมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ แสดงให้เห็นว่า องค์ประกอบหลักทั้งหมดจำนวน 2 องค์ประกอบ ตัวบ่งชี้ทั้งหมดจำนวน 6 ตัวบ่งชี้ และพฤติกรรมทั้งหมดจำนวน 14 พฤติกรรม ที่อยู่ในโมเดลการวัดย่อมมีความสำคัญต่อการพัฒนาการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ดังนั้นเพื่อประโยชน์สูงสุดในการพัฒนาพัฒนาการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จึงควรมีการทำการวิจัยตัวแปรต่างๆ ที่อยู่ในโมเดลโมเดลการวัดการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ทั้งให้ลุ่มลึกหรือกว้างขวางมากยิ่งขึ้น เช่น พัฒนาแบบวัดการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ใช้ข้อคำถามในรูปแบบพหุมิติ การค้นหาสาเหตุหรือปัจจัยที่ส่งผลหรือมีอิทธิพลต่อการรู้เรื่องนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เป็นต้น

References

Angoff, W. H. (1984). *Scales, Norms, and Equivalent Scores*. Educational Testing Service.

Advanced Workplace Associate. (2015). *The 6 Factor of Knowledge Worker Productivity*. Advanced Workplace Associate.

Carayannis, E. G., Samara, E. T., & Bakouros, Y. L. (2015). *Innovation, Technology, and Knowledge Management: Theory, Policy and Practice*. Springer.

Christensen, C. M. (1997). *The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail*. Harvard Business School Press.

Cornell University, INSEAD, & the World Intellectual Property Organization. (2019). *Global Innovation Index 2019. Creating Healthy Lives—The Future of Medical Innovation*. https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2019.pdf.

Costello, G. J. (2020). *The Teaching of Design and Innovation: Principles and Practices.* Springer.

Cronbach, L. J. (1970). *Essentials of Psychological Testing: Third Edition*. Harper & Row Publishers.

Davenport, T. H., Leibold M., & Voelpel, A. S. (2006). *Strategic Management in the Innovation Economy: Strategy Approaches and Tools for Dynamic Innovation Capabilities*. John Wiley & Sons, Inc.

Dorin, M. (2018). *Product and Process Innovation: A New Perspective on the Organizational Development.* Technical University of Cluj-Napoca.

Edmondson, A. C. (2019). *The fearless organization Creating Psychological Safety in the Workplace for Learning, Innovation, and Growth.* John Wiley & Sons, Inc.

Erdogan, N., Corlu, M. S., & Capraro, R. M. (2013). Defining Innovation Literacy: Do Robotics Program Help Students Develop Innovation Literacy Skills. *International Online Journal of Educational Sciences, 5*(1), 1-9. https://iojes.net.

Gelb, M. J., & Caldicott, S. M. (2007). *Innovate Like Edison: The Five – Step System for Breakthrough Business Success.* Springer.

Gipps, C. V. (1994). *Beyond Testing: Towards a theory of educational assessment*. The Falmer Press.

Gregory, R. J. (1992). *Psychological Testing, History, Principles, and Applications.* Allyn & Bacon A Division of Simon & Schuster, Inc.

Henry, J., & Mayle, D. (2006). *Innovation in practice.* Creativity, innovation and change media book.

Katz, R. (2011). *Managing Creativity and Innovation*. Expernet limited.

Kalat, J. W. (2017). *Introduction to Psychology*. Cengage Learning.

Kabir, M. N. (2019). *Knowledge - Based Social Entrepreneurship: Understanding Knowledge Economy, Innovation, and the Future of Social Entrepreneurship*. This Palgrave Macmillan.

Kerlinger, F. N. (1986). *Foundations of Behavioral Research Third Edition.* Holt, Rinehart and Winston, Inc.

Khine, M. S. (2017). *Robotics in STEM Education: Redesigning the Learning Experiences*. Springer.

Leber, M., Buchmeister, B., & Ivanisevic, A. (2015). "*IMPACT OF KNOWLEDGE ON INNOVATION PROCESS".* http://estatedocbox.com/Architects/79398719-Daaam-international-vienna.html

Luke, R. (2008). *George Brown College Launches Post – Graduate Certificate in Research Commercialization and Innovation*. http://applied-research.blogspot.com

Luke, R. (2009). *Innovation Literacy.* http://applied-research.blogspot.com

Martin, R., & Florida, R. (2009). *Ontario in the creative age*. University of Toronto.

Medin, D. L., & Ross, B. H. (1992). *Cognitive Psychology*. Harcourt Brace Jovanovich, Inc.

Schumacker, R. E., & Lomax, R. G. (2016). *A BEGINNER'S GUIDE TO STRUCTURAL EQUATION MODELING: Fourth Edition*. Taylor & Francis.

Shalley, C. E., Hitt, M. A., & Zhou, J. (2015). *The Oxford Handbook of Creativity, Innovation, and Entrepreneurship*. Oxford University Press.

Shane, S. (2009). *Handbook of Technology and Innovation Management*. John Wiley & Sons, Inc.

Shavinina, L. V. (2004). *Silicon Valley North: A High-Tech Cluster of Innovation and Entrepreneurship (Technology, Innovation, Entrepreneurship and Competitive Strategy)*. Elsevier.

Thorndike, R. M., & David, E. L. (1990). *A Century of Ability Testing*. The Riverside Publishing Company.

Trott, P. (2017). *Innovation Management and New Product Development*. Pearson Education.

Vlok, A. (2012). *A leadership competency profile for innovation leaders in a science-based research and innovation organization in South Africa.* Procedia—Social and Behavioral Sciences.

Weiner, I. B. (2003). *Handbook of Psychology (Vol. 7)*. John Wiley & Sons, Inc.

Wessner, C. W. (2013). *Best Practice in State and Regional Innovation Initiatives*. The National Academies Press.

Woods, D. P., Obrien J. F., & Hanes L. F. (1987). *Human Facters challenges in process control: The case of nuclear power plants.* John Wiley & Sons, Inc.

Yamakami, T. (2012). *Innovation Literacy: Implication from a shift toward dynamic multidisciplinary engineering.* 2012 8th International conference on information science and digital content technology, Japan. https://www.semantischolar.org.

Translated Thai References

Angsuchoti, S., Wijitwanna, S., & Pinyopanuwat, R. (2011). *Statistical analysis for social and behavioral science: technique for LISREL*. Charoendee Mankong Printing Company. (in Thai)

Information and Communication Technology Center. (2017). *Important export products of Thailand according to the structure of world export products.* http://tradereport.moc.go.th/ Tradethai.aspx?chk=0 (in Thai)

Ministry of industry Thailand. (2016). *Strategy for the development of Thai industry (in the past 20 years)*. https://www.nstda.or.th/th/nstda-doc-archives/thailand-40/11623-oie-thailand-4 (in Thai)

Songkram, N. (2013). *Innovation Creation: Turning students into innovators*. Chulalongkorn University Press. (in Thai)

Srimanee, P. (2019). *Factors Affecting Individual Innovative Behavior: The Case of Support Staff in Prince of Songkla University (Hat Yai Campus)* [Master's thesis]. Prince of Songkla University. (in Thai)

Sukhothai Thammathirat open university. (2012). *Educational Technology and Communications.* The Office of the University Press Sukhothai Thammathirat open university. (in Thai)

The Secretariat of the Cabinet. (2019). *The Constitution of the Kingdom of Thailand*. http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2560/A/040/1.PDF (in Thai)

Yuyuen, P., Bhumiotar, A., & Sriyothin, S. (2017). *Factors that influence Innovator: case study of PUNN*. http://www.mis.ms.su.ac.th/MISMS01/PDF01/1844_20190611_p_296.pdf (in Thai)