

การตรวจสอบเอกสารอย่างเป็นระบบและการวิเคราะห์ห่อถักนเรื่องวิธีการสอน
แบบสืบเสาะหาความรู้ขั้นสูงเพื่อพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน

A Systematic Review and Meta-Analysis of High-Level Inquiry-Based Teaching
Methods to Developed Students' Creative Thinking Skills

กรณัยลักษณณ์ รัตนวโรภาส* ณัฐสิทธิ์ นรสิทธิ์* และพงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ*

Karanlak Rattanawarophat, Natthasit Norasit and Pongprapan Pongsophon

*สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

*Division of Science Education, Department of Education, Faculty of Education, Kasetsart University

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อหาค่าอิทธิพลรวมของงานวิจัยที่ศึกษาผลของวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ขั้นสูงต่อทักษะความคิดสร้างสรรค์และเปรียบเทียบค่าอิทธิพลระหว่างงานวิจัยในกลุ่มต่าง ๆ ศึกษางานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารวิจัยระดับนานาชาติ ตีพิมพ์ระหว่างปีค.ศ. 2009 จนถึง 2019 จำนวน 12 เรื่อง ตามเกณฑ์การคัดเลือกที่กำหนด คำนวนค่าดัชนีมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ห่อถักน ได้แก่ ค่าอิทธิพลและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ประมาณค่าอิทธิพลด้วยโมเดลอิทธิพลแบบสุ่มโดยใช้โปรแกรม R แพ็กเกจ meta และ meta for ผลการวิจัยระบุว่า ค่าอิทธิพลรวมมีค่าเท่ากับ 0.60 ตีความว่าวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ขั้นสูงมีอิทธิพลต่อการพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนในระดับปานกลางเมื่อดำเนินการวิเคราะห์กลุ่มย่อยพบว่าค่าอิทธิพลรวมของกลุ่มตัวอย่างระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษา มีค่าเท่ากับ 0.76 และ 0.53 ตามลำดับ และพบว่า งานวิจัยที่มีค่าอิทธิพลในเกณฑ์ระดับสูงมีลักษณะสำคัญได้แก่ครูผู้สอนให้ผู้เรียนได้สืบค้นข้อมูล วางแผนลำดับขั้นตอนและออกแบบวิธีการเพื่อจัดการกับงานหรือปัญหาที่ถูกกำหนดขึ้นหลากหลายรูปแบบหรือรูปแบบที่แตกต่างจากเดิมด้วยตนเอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งงานวิจัยเหล่านี้มีการนำเทคโนโลยีหรือสื่อดิจิทัลเข้ามามีส่วนร่วมในการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียน

คำสำคัญ: การวิเคราะห์ห่อถักน ทักษะความคิดสร้างสรรค์
วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ขั้นสูง

Abstract

The purposes of this study were to estimate pooled effect sizes of previous studies on effect of high-level inquiry teaching methods on the development of students' creative thinking skills to compare the effect sizes between subgroups. Twelve research articles published in high quality international journals between 2009- 2019 and met inclusion criteria were selected. Standardized indices for conducting meta-analysis including effect sizes and standard errors were pre-calculated and pooled effect size was estimated from random effect model by R program package 'meta' and 'meta for'. The results showed that overall, the high-level inquiry teaching methods has a medium effect ($ES = 0.60$) on students' creative thinking skills. The subgroup analysis indicated that pooled effect sizes of primary and secondary students were 0.76 and 0.53, respectively. We found that studies with high effect sizes were characterized by engaging students in gathering information, planning and designing their own various solutions to complete given solving problem tasks, especially when they integrated technology digital media to assist inquiry learning in the classroom.

Keywords: Meta-Analysis, Creative Thinking, High-Level Inquiry-Based Teaching Methods

บทนำ

ทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21 มีหลายทักษะ ได้แก่ ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ทักษะสารสนเทศ สื่อ เทคโนโลยี ทักษะชีวิตและอาชีพ ทักษะเหล่านี้ล้วนแล้วแต่ใช้ความคิดสร้างสรรค์เพื่อเป็นฐานในการพัฒนา ซึ่งทักษะความคิดสร้างสรรค์เป็นรากฐานหนึ่งของการแก้ไขปัญหาที่มีความสำคัญอย่างมากต่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ และการพัฒนาเศรษฐกิจ เนื่องจากการเรียนรู้ในยุคไทยแลนด์ 4.0 สังคมต้องการคนที่มีทักษะความคิดสร้างสรรค์มากกว่าที่ผ่านมาสำหรับประเทศที่ขาดทรัพยากรมนุษย์ที่สามารถคิดสร้างสรรค์ได้นั้นจะมีการพัฒนาประเทศที่ช้า ในแง่ของเศรษฐกิจที่ต้องขายทรัพยากรธรรมชาติต่าง ๆ ที่มีอยู่ เพื่อนำรายได้มาพัฒนาประเทศ อีกทั้งยังต้องพึ่งพา นวัตกรรมจากประเทศอื่น ๆ ตรงกันข้ามประเทศที่มี ทรัพยากรมนุษย์ที่สามารถคิดสร้างสรรค์จะสามารถคิดค้น นวัตกรรมใหม่ ๆ เพื่อส่งออก สร้างรายได้มหาศาลและ พัฒนาคุณภาพชีวิตของพลเมืองอีกด้วย จากปัญหาดังกล่าว ข้างต้น ทำให้นักการศึกษาพบแนวการสอนหนึ่งที่ช่วย พัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ ได้แก่ การสอนตามแนว สะเต็มศึกษา (Science Technology Engineering and Mathematics Education หรือ STEM Education) ซึ่งใน หลายประเทศได้นำแนวทางนี้มาปรับใช้ในระบบการศึกษา เนื่องจากเป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ที่มุ่งแก้ไขปัญหาที่พบเห็นในชีวิตจริงผ่านกระบวนการ ออกแบบทางวิศวกรรม เพื่อสร้างเสริมความเข้าใจ แนวคิด หลักการ ทักษะการทำงานเป็นทีม รวมทั้งทักษะความคิด สร้างสรรค์ซึ่งเป็นตัวแปรที่ผู้วิจัยศึกษาในงานวิจัยนี้ จึงถือ เป็นการเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนในการปฏิบัติงาน ที่ต้องใช้องค์ความรู้และทักษะกระบวนการด้าน วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อสร้าง นวัตกรรมในอนาคต (National Research Council, 2012) ดังนั้น การจะพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ได้นั้น จะต้องอาศัยแรงขับเคลื่อนที่สำคัญ คือ ครู โดยครูผู้สอน จะต้องตระหนักถึงทักษะความคิดสร้างสรรค์ว่าเป็นหนึ่งใน เป้าหมายของหลักสูตรตามตัวชี้วัดใหม่ในหลักสูตร แกนกลาง พ.ศ. 2551 (ปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามที่

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงศึกษาธิการได้กล่าวในที่ประชุม เมื่อวันที่ 7 เมษายน พุทธศักราช 2559 เกี่ยวกับการกำหนด จุดมุ่งหมายของกิจกรรมสะเต็มศึกษา 4 ประการ คือ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถบูรณาการความรู้ ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ไปใช้เชื่อมโยงหรือแก้ไขปัญหาในชีวิตจริง เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนากระบวนการ หรือผลผลิตใหม่ เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการเรียนรู้แห่งศตวรรษที่ 21 เช่น ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การแก้ปัญหา ทักษะ ความคิดสร้างสรรค์ การทำงานเป็นทีม ตลอดจนการรู้เท่า ทันสื่อ เป็นต้น

นักวิชาการหลายท่านได้ศึกษาเกี่ยวกับทักษะ ความคิดสร้างสรรค์ (Creative thinking skills) ซึ่งมี คำจำกัดความแตกต่างกันออกไป อาทิ บารอน และเมย์ (Baron & May, 1960) กล่าวว่าทักษะความคิดสร้างสรรค์ เป็นความสามารถของมนุษย์ที่จะนำไปสู่สิ่งใหม่ ๆ การผลิต ใหม่ ๆ ซึ่งสอดคล้องกับเวสคอตต์ และสมิธ (Wescott & Smith, 1963) ที่กล่าวว่าความสามารถของบุคคลใน การคิดสร้างผลผลิตหรือสิ่งแปลกใหม่ออกมาให้เป็น รูปธรรม กิลฟอร์ด (Guilford, 1950) เป็นนักจิตวิทยาที่ ได้รับความยอมรับในแวดวงวิชาการ ว่าเป็นผู้เชี่ยวชาญ เกี่ยวกับการพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ อธิบายว่า เป็นความสามารถของบุคคลที่จะคิดแตกแยกออกไปหลาย ทิศทาง หลายลักษณะ หลายแง่หลายมุม หรือ เรียกว่า ความคิดออกเนกนัย (Divergent Thinking) ความคิดต่าง ๆ เขาเสนอว่า ทักษะความคิดสร้างสรรค์ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ความคิดคล่องตัว (Fluency) ความสามารถของสมองในการคิดหาคำตอบได้อย่าง คล่องแคล่วรวดเร็วหรือคล่องตัว 2) ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) เป็นความสามารถที่จะพยายามคิดได้หลาย ทางอย่างอิสระและการดัดแปลงความรู้หรือประสบการณ์ ให้เกิดประโยชน์หลาย ๆ ด้าน 3) ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) เป็นความคิดใหม่ ที่ต้องพยายามคิดและ ประสานความคิดติดตามให้ตลอด หรือให้เกิดผลงาน ความสำเร็จ และ 4) ความคิดริเริ่ม (Originality) ลักษณะ ความคิดแปลกใหม่ แตกต่างจากความคิดธรรมดาหรือ ความคิดง่าย ๆ จะเห็นได้ว่าองค์ประกอบทั้งหมดล้วนมี

ส่วนช่วยในการพัฒนานวัตกรรมระบบการศึกษาของประเทศไทยจึงควรส่งเสริมองค์ประกอบของทักษะความคิดสร้างสรรค์เหล่านี้ไว้ในทุกวิชาในหลักสูตรการศึกษา (OCSC., 2016)

การจัดการศึกษาในประเทศไทยในยุคศตวรรษที่ 21 ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และนวัตกรรมมากขึ้น ทำให้กระทรวงศึกษาธิการต้องจัดอบรมให้ผู้บริหาร เขตพื้นที่ ศึกษานิเทศก์ และ ครู เพื่อให้ผู้เข้าอบรม เปลี่ยนแปลงการสอนเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดสร้างสรรค์ในทุกวิชารวมทั้งวิชาวิทยาศาสตร์ซึ่งตามปกติจัดการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้แบ่งเป็น 4 ระดับ (Levels of Inquiry-Based Learning) (IPST., 2009) ได้แก่ ระดับที่ 1 การตรวจสอบเพื่อยืนยันข้อเท็จจริง (Confirmation Inquiry) ระดับที่ 2 การสืบเสาะแบบกำหนดโครงสร้าง (Structured Inquiry) คือ ครูกำหนดปัญหา วิธีการหาคำตอบ มาให้ ระดับที่ 3 การสืบเสาะแบบกึ่งกำหนดโครงสร้างหรือให้แนวทาง (Guided Inquiry) คือ ครูกำหนดปัญหาแต่ให้นักเรียนออกแบบวิธีการหาคำตอบด้วยตนเองและ ระดับที่ 4 การสืบเสาะไม่กำหนดโครงสร้าง (Open Inquiry) คือครูเปิดอิสระให้นักเรียน กำหนดปัญหา ออกแบบการหาคำตอบ หาคำตอบด้วยตนเองการสอนโดยประเด็นวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับสังคม การสอนวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสืบเสาะแบบกึ่งกำหนดโครงสร้างและไม่กำหนดโครงสร้าง (ระดับที่ 3 และ ระดับที่ 4) จัดเป็นวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ขั้นสูง (High level Inquiry) เพราะผู้เรียนมีบทบาทหลักในการแสวงความรู้และต้องใช้ทักษะความคิดสร้างสรรค์ในทุกขั้นตอน สำหรับวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ขั้นสูงดังกล่าว จะส่งเสริมให้นักเรียนมีองค์ประกอบของทักษะความคิดสร้างสรรค์ครบทั้ง 4 องค์ประกอบ อาทิ ครูผู้สอนจะต้องกระตุ้นนักเรียนด้วยคำถามที่ส่งเสริมความคิดคล่องแคล่วและความคิดยืดหยุ่นในการออกแบบการทดลองคำถามที่ส่งเสริมความคิดริเริ่มที่เน้นการคิดที่แปลกใหม่ในการหาวิธีการวัดตัวแปรตาม และคำถามที่ส่งเสริมความคิดละเอียดลออที่เน้นการอธิบายถึงรายละเอียดในการออกแบบการทดลอง (Pakbongkot, 2011)

อย่างไรก็ตาม ครูหลายคนยังขาดความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ขั้นสูง ซึ่งสับสนระหว่าง “การสืบเสาะหาความรู้” และ “การค้นคว้าหาความรู้” (Bongkotphet & Roadrandka, 2010) รวมไปถึงลักษณะการสอน เพราะการสอนในลักษณะนี้ นักเรียนต้องออกแบบวิธีการหาคำตอบด้วยตนเอง มุ่งเน้นการแก้ปัญหาที่ท้าทายโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะความคิดสร้างสรรค์ ด้วยเหตุนี้ จึงทำให้ไม่สามารถจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ขั้นสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Mahalee & Faikhamta, 2010) งานวิจัยนี้จึงจะทำให้ผู้อ่านและครูวิทยาศาสตร์เกิดความกระจ่างในแนวทางการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว กอปรกับขณะนี้มีงานวิจัยที่ศึกษาผลของวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ขั้นสูงเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ แต่ยังไม่มีย่อสรุปแน่ชัดว่าวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ขั้นสูงที่ส่งผลต่อการพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนได้แท้จริงหรือไม่ ระดับใดจึงเห็นควรให้มีการตรวจสอบเอกสารอย่างเป็นระบบและการวิเคราะห์ห่อถักด้วยการประมาณค่าอิทธิพลรวมของงานวิจัยที่เคยทำมา และศึกษาความแปรปรวนของค่าอิทธิพลดังกล่าว ซึ่งจะนำไปสู่การวิเคราะห์ระดับสูงแก่ผู้สนใจต่อไปเพื่อให้เกิดความชัดเจน เกิดข้อสรุปเกี่ยวกับคุณภาพและประสิทธิผลในประเด็นดังกล่าว รวมทั้งเกิดความเชื่อมั่นและเกิดประโยชน์ต่อครู นักวิชาการผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อประมาณค่าอิทธิพลรวมของงานวิจัยที่มีวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ขั้นสูงต่อทักษะการคิดสร้างสรรค์
2. เพื่อหาความแปรปรวนของค่าอิทธิพลของงานวิจัยต่าง ๆ ที่ศึกษา
3. เพื่อเปรียบเทียบอิทธิพลรวมระหว่างงานวิจัยในกลุ่มย่อย

สมมติฐานการวิจัย

วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ขั้นสูงมีอิทธิพลรวมทางบวกต่อการพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ของ

ผู้เรียนและงานวิจัยแต่ละงานมีความแปรปรวนของค่าอิทธิพลค่อนข้างมาก

นิยามศัพท์

1. วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ขั้นสูงเป็นการจัดการเรียนรู้ ที่ผู้เรียนใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยผู้เรียนมีบทบาทหลักในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ได้ใช้กระบวนการในการสำรวจตรวจสอบและรวบรวมข้อมูลด้วยตัวผู้เรียนเอง เพื่อนำมาใช้อธิบายปรากฏการณ์ แก้ปัญหา หรือเพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจในหลักการทางวิทยาศาสตร์ โดยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ในระดับสูง ประกอบด้วย

1.1 ระดับที่ 3 การสืบเสาะแบบกึ่งกำหนดโครงสร้าง (Guided Inquiry)

1.2 ระดับที่ 4 การสืบเสาะไม่กำหนดโครงสร้าง (Open Inquiry)

2. ทักษะความคิดสร้างสรรค์ คือ ความสามารถในการคิดสิ่งที่แตกต่างกัน คิดนอกกรอบ ไม่ยึดติดแบบแผน มีการผสมผสานจากการใช้ความรู้ ความเข้าใจ ความคิดในหลาย ๆ แง่มุมและจากประสบการณ์รอบตัวมาปรับปรุงดัดแปลงบูรณาการจนเกิดเป็นสิ่งใหม่ที่มีประโยชน์และมีคุณค่า

วิธีการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา

คณะผู้วิจัยตรวจสอบและคัดเลือกงานวิจัยจำนวน 12 งานวิจัย โดยเกณฑ์การคัดเลือกงานวิจัย (Inclusion criteria) มีดังนี้

1. ต้องเป็นงานวิจัย (Research Article) ที่เกี่ยวข้องกับสาขาการสอนวิทยาศาสตร์ (Science Teaching and Education) ระดับชั้นประถมศึกษาหรือมัธยมศึกษา

2. ต้องเป็นงานวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) และเป็นงานวิจัยที่ศึกษาผลของวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ขั้นสูงต่อการพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ คำค้นหาคำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับทักษะความคิด

สร้างสรรค์ อาทิเช่น Creativity, Creative Thinking, Scientific creativity หรือ Divergent Thinking เป็นต้น ประกอบการค้นหาร่วมกับคำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ขั้นสูงเช่น Scientific Inquiry, Project-Based Learning หรือ Problem-Based Learning เป็นต้น

3. ต้องเป็นงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ภายในปี 2009 – 2019 และตีพิมพ์ในวารสารที่มีคุณภาพวิชาการถูกจัดระดับคุณภาพงานวิจัย Journal Quartile อยู่ในควอไทล์ที่ 1 (Q1) ถึง ควอไทล์ที่ 3 (Q3) ด้วยค่าดัชนี SCImago Journal Rank (SJR) เช่น The Journal of Creative, International Journal of Science Education หรือ Behavior Thinking Skills and Creativity เป็นต้น

เครื่องมือในการวิจัย

คณะผู้วิจัยศึกษาและสังเคราะห์ผลการวิจัยทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณจากแต่ละงานวิจัยที่ผ่านเกณฑ์คัดเลือกเพื่อการวิเคราะห์ห่อภิมาณเป็นการ ต้องอาศัยข้อมูลประกอบการวิเคราะห์ ดังนี้

1. การหาดัชนีมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ห่อภิมาณ ได้แก่ ค่าอิทธิพล (Effect Size; ES หรือ d) ค่าอิทธิพลเป็นค่าดัชนีมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ห่อภิมาณ ได้แก่ ค่าอิทธิพลและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานซึ่งจะมีสูตรในการคำนวณแตกต่างกันขึ้นอยู่กับแบบแผนการวิจัยเชิงทดลอง (ภาคผนวก) และค่าสถิติที่ปรากฏในแต่ละงานวิจัย โดยงานวิจัยที่นำมาวิเคราะห์ส่วนใหญ่ในงานวิจัยนี้เป็นแบบกลุ่มเดียว (Pre-Post Contrast) หรือแบบสองกลุ่ม (Group Contrast) ค่าอิทธิพลเป็นค่าที่บอกขนาดของความสัมพันธ์ของตัวแปรในงานวิจัย กล่าว คือ ตัวแปรต้นมีอิทธิพลต่อตัวแปรตามมากหรือน้อยเพียงใด ซึ่งสามารถใช้ค่าอิทธิพลเพื่อเปรียบเทียบระหว่างงานวิจัยที่ศึกษาในประเด็นเดียวกัน การแปลผลค่าอิทธิพล ใช้เกณฑ์ระดับขนาดอิทธิพลตามมาตรฐาน Cohen's d (1988) ดังนี้

ถ้าค่า $ES \leq 0.2$ คือ มีอิทธิพลน้อย (Small)

ถ้าค่า $ES = 0.5$ คือ มีอิทธิพลปานกลาง (Medium)

ถ้าค่า $ES \geq 0.8$ คือ มีอิทธิพลมาก (Large)

2. การประมาณค่าอิทธิพลรวมและความแตกต่างของค่าอิทธิพลคณะผู้วิจัยรวบรวมและจัดเก็บข้อมูลสำคัญด้วยโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อใช้ในการประมาณค่าอิทธิพลรวม ข้อมูลดังกล่าวประกอบด้วย ค่าอิทธิพลและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของแต่ละงานวิจัยจากนั้นบันทึกไฟล์ด้วยสกุลไฟล์ .CSV UTF-8 นำไฟล์เข้าโปรแกรม R เพื่อประมาณค่าอิทธิพลรวมและความแตกต่างของค่าอิทธิพลต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

คณะผู้วิจัยประมาณค่าขนาดอิทธิพลรวมด้วยโมเดลอิทธิพลแบบสุ่ม (Random-Effects model) ด้วยโปรแกรม R โดยใช้แพ็คเกจ meta และ metaphor (ภาคผนวก) เนื่องจากงานวิจัยที่นำมาวิเคราะห์มีความต่างแบบกันหรือไม่เป็นเอกพันธ์ทางสถิติ (Statistical Heterogeneity) (Schwarzer, 2007) คณะผู้วิจัยจำแนกงานวิจัยออกเป็น 2 กลุ่มย่อยตามกลุ่มที่ศึกษา ได้แก่ งานวิจัยที่ศึกษากับผู้เรียนในระดับประถมศึกษาและในระดับมัธยมศึกษา ทั้งนี้เนื่องจากในแต่ละช่วงวัยมีความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้ได้แตกต่างกันอาจจะส่งผลที่แตกต่างต่อการพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์คณะผู้วิจัยจึงเลือกทำการวิเคราะห์กลุ่มย่อย (Subgroup Analysis) ตามแนวทาง Borenstein and Higgins (2013) เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าอิทธิพลระหว่างกลุ่มย่อย และนำเสนอผลการวิเคราะห์ในรูปของแผนภาพต้นไม้ (Forest Plot)

ผลการวิจัย

จากการพิจารณาและคัดเลือกงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ขั้นสูง และทักษะความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน คณะผู้วิจัยคัดเลือก 12 งานวิจัยดังแสดงในตารางที่ 1 ประกอบไปด้วย งานวิจัยที่มีรูปแบบการวิจัยแบบเปรียบเทียบสองกลุ่มจำนวน 10 งานวิจัย และแบบกลุ่มตัวอย่างหนึ่งกลุ่มจำนวน 2 งานวิจัย โดยงานวิจัยที่ศึกษาวิจัยกลุ่มตัวอย่างผู้เรียนในระดับประถมศึกษาจำนวน 4 งานวิจัยและศึกษาวิจัยกลุ่มตัวอย่างผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษาจำนวน 8 งานวิจัย ในส่วนของรูปแบบวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้แบบกึ่งกำหนดโครงสร้างหรือมีวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ระดับที่ 3 จำนวน 8 งานวิจัย และงานวิจัยที่มีวิธีการสอนแบบ

สืบเสาะหาความรู้แบบไม่กำหนดโครงสร้างหรือมีวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ระดับที่ 4 จำนวน 4 งานวิจัย

ผลการวิเคราะห์อภิมานด้วยแผนภาพต้นไม้ (Forest Plot) ดังภาพที่ 1 คอลัมน์ SE แสดงค่าอิทธิพลของงานวิจัยแต่ละงานที่ได้จากการคำนวณ คอลัมน์ seTE แสดงค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error) ของงานวิจัยแต่ละงาน คอลัมน์ SMD (Standardized Mean Difference) แสดงค่าความแตกต่างค่าเฉลี่ยที่ถูกปรับมาตรฐานซึ่งมีค่าเท่ากับค่าอิทธิพล คอลัมน์ 95% CI แสดงช่วงความเชื่อมั่นของค่าอิทธิพลที่ร้อยละ 95 คอลัมน์ Weight แสดงเปอร์เซ็นต์น้ำหนักของแต่ละงานวิจัยที่นำมาสังเคราะห์ รูปสี่เหลี่ยมแสดงเปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยขนาดของรูปบ่งบอกถึงปริมาณน้ำหนักที่งานวิจัยนั้นได้รับและเส้นแนวนอนแสดงถึงช่วงค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน รูปสี่เหลี่ยมข้าวหลามตัด (Diamond) แสดงค่าอิทธิพลรวม (Pooled Effect Size หรือ Summary Effect) ของงานวิจัยที่นำมาวิเคราะห์ เส้นประแนวตั้งแสดงค่าอิทธิพลรวม แถบสีแสดงแนวนอนแสดงช่วงการทำนาย (Prediction interval) ค่า Heterogeneity บ่งบอกความเป็นเอกพันธ์ของงานวิจัยที่นำมาวิเคราะห์

คณะผู้วิจัยเลือกคำนวณค่าอิทธิพลรวมและค่าอิทธิพลรวมของแต่ละกลุ่มย่อยด้วยโมเดลอิทธิพลสุ่ม ภายใต้ข้อสมมติฐานว่ามีค่าอิทธิพลรวมที่แท้จริงหลายค่า และมีการกระจายตัวของค่าอิทธิพลแท้จริง (Distribution of True Effect Sizes) เมื่อพิจารณาว่าค่าอิทธิพลรวมมีค่าเท่ากับ 0.60 (95% CI: 0.37 - 0.82) ซึ่งแสดงในรูปสี่เหลี่ยมข้าวหลามตัดทางด้านล่างของแผนภาพแสดงว่าวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ขั้นสูงมีอิทธิพลต่อการสร้างทักษะความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนในระดับปานกลาง (Medium Effect) ทั้งนี้มีงานวิจัยจำนวน 8 งานวิจัยที่มีค่าอิทธิพลสูงกว่าค่าอิทธิพลรวม อีกทั้งจากผลการวิเคราะห์อภิมานพบว่างานวิจัยที่ถูกคัดเลือกมาวิเคราะห์อภิมานมีความไม่เป็นเอกพันธ์ ($I^2 = 65\%$, $\tau^2 = 0.0876$, $p < 0.01$) ช่วงการทำนาย ค่าขนาดอิทธิพลรวมอยู่ที่ -0.10 ถึง 1.30 แสดงถึงโอกาสของงานวิจัยที่มีประเด้นศึกษา นวัตกรรม การจัดการเรียนรู้ หรือบริบทที่ใกล้เคียงกัน จะมีค่าขนาดอิทธิพลของงานวิจัยตกอยู่ในขอบเขตของช่วงการทำนายข้างต้น

ตารางที่ 1 แสดงรายชื่องานวิจัยที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกเพื่อนำมาวิเคราะห์ห่อภิมาณ

ผู้แต่ง (ปีที่ตีพิมพ์)	รูปแบบการวิจัย (Research Design)	วิธีการสอน (Teaching Methods)	ระดับ กระบวนการสืบ เสาะหาความรู้	ระดับ การศึกษาของ ผู้เข้าร่วมวิจัย
Yang <i>et al.</i> (2016)	เปรียบเทียบระหว่าง 2 กลุ่มแบบวัด การทดสอบก่อนและหลัง จำนวน 41 คน (Pretest-Posttest Two Group)	การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการ สืบเสาะ (Inquiry-based Learning)	ระดับที่ 3	ระดับชั้น ประถมศึกษา
Siew <i>et al.</i> (2015)	ตัวอย่าง 1 กลุ่มแบบวัดการทดสอบ ก่อนและหลัง จำนวน 232 คน (Pretest-Posttest One Group)	การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหา เป็นฐาน (Problem-based Learning)	ระดับที่ 3	
Hsiao <i>et al.</i> (2014)	เปรียบเทียบระหว่าง 2 กลุ่มแบบวัด การทดสอบก่อนและหลัง จำนวน 51 คน (Pretest-Posttest Two Group)	การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมส์ ดิจิทัลเป็นฐาน (Digital Game- based Learning; DGBL)	ระดับที่ 3	
Atalay <i>et al.</i> (2019)	เปรียบเทียบระหว่าง 2 กลุ่มแบบวัด การทดสอบก่อนและหลัง จำนวน 104 คน (Pretest-Posttest Two Group)	การการสร้างแอนิเมชันจากแอป พลิเคชันฉายภาพนิ่งด้วย ความเร็วสูง (Slowmation Application)	ระดับที่ 4	
Hu <i>et al.</i> (2013)	เปรียบเทียบระหว่าง 2 กลุ่มแบบวัด การทดสอบก่อนและหลัง จำนวน 97 คน (Pretest-Posttest Two Group)	การจัดการเรียนรู้ด้วยโปรแกรม Learn-To-Think (LTT)	ระดับที่ 4	ระดับชั้น มัธยมศึกษา
Lin (2014)	เปรียบเทียบระหว่าง 2 กลุ่มแบบวัด การทดสอบก่อนและหลัง จำนวน 163 คน (Pretest-Posttest Two Group)	นวนิยายวิทยาศาสตร์ (Science Fiction Film) ร่วมกับกิจกรรม แก้ไขปัญหา (problem-solving activities)	ระดับที่ 3	
Lin <i>et al.</i> (2013)	เปรียบเทียบระหว่าง 2 กลุ่มแบบวัด การทดสอบก่อนและหลัง จำนวน 132 คน (Pretest-Posttest Two Group)	นวนิยายวิทยาศาสตร์ (Science Fiction Film) ร่วมกับการการ ออกแบบชิ้นงาน (product- design activities)	ระดับที่ 4	
Xinfa Yi <i>et al.</i> (2015)	เปรียบเทียบระหว่าง 2 กลุ่มแบบวัด การทดสอบก่อนและหลัง จำนวน 118 คน (Pretest-Posttest Two Group)	แบบจำลอง (Modeling)	ระดับที่ 3	
Ozdemir <i>et al.</i> (2017)	เปรียบเทียบระหว่าง 2 กลุ่มแบบวัด การทดสอบก่อนและหลัง จำนวน 332 คน (Pretest-Posttest Two Group)	แบบจำลองสมมติฐาน (Hypothesized models)	ระดับที่ 3	
Ilhan <i>et al.</i> (2016)	เปรียบเทียบระหว่าง 2 กลุ่มแบบวัด การทดสอบก่อนและหลัง จำนวน 104 คน (Pretest-Posttest Two Group)	สมดุลเคมีโดยใช้บริบทเป็นฐาน (Context-based Chemical Equilibrium)	ระดับที่ 3	

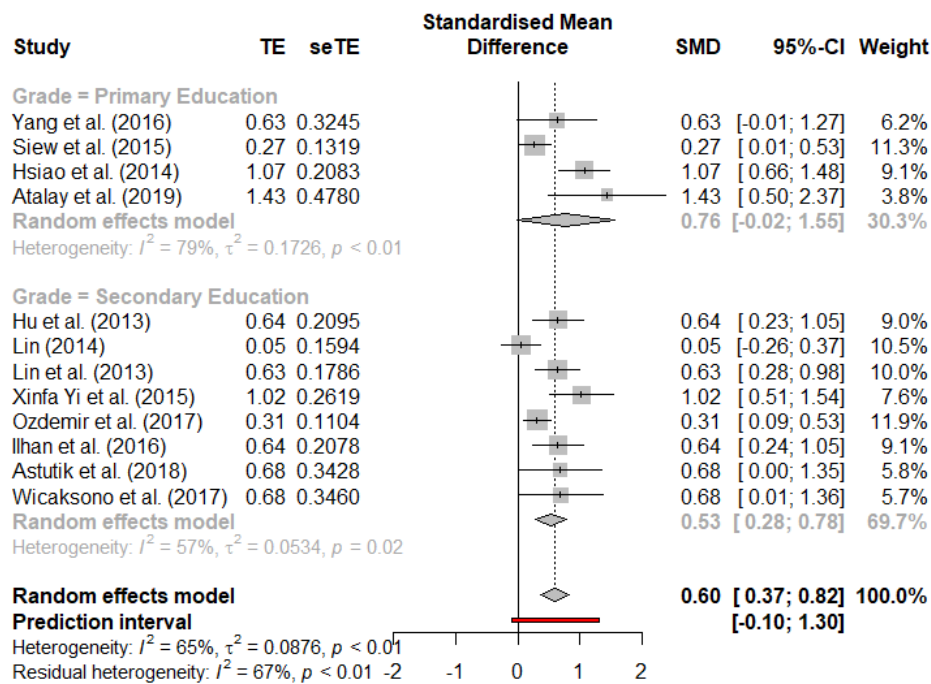
ตารางที่ 1 แสดงรายชื่องานวิจัยที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกเพื่อนำมาวิเคราะห์ห่อภิมาณ (ต่อ)

ผู้แต่ง (ปีที่ตีพิมพ์)	รูปแบบการวิจัย (Research Design)	วิธีการสอน (Teaching Methods)	ระดับ กระบวนการสืบ เสาะหาความรู้	ระดับ การศึกษาของ ผู้เข้าร่วมวิจัย
Astutik <i>et al.</i> (2018)	เปรียบเทียบระหว่าง 2 กลุ่มแบบวัด การทดสอบก่อนและหลัง จำนวน 144 คน (Pretest-Posttest Two Group)	การเรียนรู้อย่างสร้างสรรค์ร่วมกัน (Collaborative Creativity Learning; CCL)	ระดับที่ 3	ระดับชั้น มัธยมศึกษา
Wicaksono <i>et al.</i> (2017)	ตัวอย่าง 1 กลุ่มแบบวัดการทดสอบ ก่อนและหลัง จำนวน 318 คน (Pretest-Posttest Two Group)	รูปแบบการสอนวิทยาศาสตร์ เสมือน (Virtual Scientific Teaching Model)	ระดับที่ 4	

เนื่องจากวิจัยที่ถูกคัดเลือกมีความไม่เป็นเอกพันธ์ ซึ่งอาจเกิดจากความแตกต่างของความแตกต่างของรูปแบบวิธีวิจัย นวัตกรรมการสอน หรือจากความแตกต่างของลักษณะกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์กลุ่มย่อยพบว่า กลุ่มงานวิจัยในระดับประถมศึกษา (Primary Education) พบว่า มีค่าอิทธิพลรวมเท่ากับ 0.76 (95% CI: -0.02 – 1.55) ซึ่งแสดงว่าวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ชั้นสูงมีอิทธิพลต่อการพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนระดับประถมศึกษาในระดับปานกลาง (Medium Effect) ส่วนในกลุ่มงานวิจัยระดับมัธยมศึกษา (Secondary Education) พบว่ามีค่าอิทธิพลรวมของกลุ่มย่อยนี้มีค่าเท่ากับ 0.53 (95% CI: 0.28 - 0.78) ซึ่งแสดงว่าวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ชั้นสูงมีอิทธิพลต่อการพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาในระดับปานกลาง (Medium Effect) และค่าอิทธิพลระหว่างพบว่า กลุ่มงานวิจัยในระดับประถมศึกษา กับกลุ่มงานวิจัยระดับมัธยมศึกษาไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($Q = 0.77$, $p = 0.3811$)

อภิปรายผลการวิจัย

คณะผู้วิจัยเลือกการคำนวณค่าขนาดอิทธิพลรวมด้วยโมเดลอิทธิพลแบบสุ่มเนื่องจากงานวิจัยที่นำมาวิเคราะห์ทั้งหมดมีความไม่เป็นเอกพันธ์ทางสถิติในระดับปานกลาง ($I^2 = 65\%$) (Higgins *et al.*, 2003) โดยความแตกต่างระหว่างงานวิจัยอาจเกิดขึ้นจากหลายสาเหตุ เช่น ความคลาดเคลื่อนจากการสุ่มตัวอย่าง (Sampling Error) (Lipsey & Wilson, 2001) ความแตกต่างของวิธีการวิจัย นวัตกรรมการสอนที่แตกต่างกัน หรือเกิดจากความแตกต่างของลักษณะประชากรที่ศึกษา (Higgins and Green, 2011) ดังนั้นคณะผู้วิจัยสันนิษฐานว่าความไม่เป็นเอกพันธ์ของวิจัยที่นำมาวิเคราะห์ห่อภิมาณเป็นผลมาจากกลุ่มตัวอย่างที่มีช่วงอายุที่แตกต่างกัน หรือกลุ่มตัวอย่างในแต่ละงานวิจัยถูกเลือกมาจากประชากรที่แตกต่างกัน อีกทั้งรูปแบบวิธีวิจัยที่แตกต่างกัน จากข้อมูลข้างต้นจึงอาจเป็นสาเหตุของความไม่เป็นเอกพันธ์ของงานวิจัยในการวิเคราะห์ห่อภิมาณนี้



ภาพที่ 1 แผนภาพต้นไม้ (Forestplot) แสดงผลการวิเคราะห์ห่อถักด้วยโปรแกรม R

จากแผนภาพ Forest Plot พบว่ากลุ่มผู้เรียนในระดับประถมศึกษาของ Atalay *et al.* (2017) มีค่าอิทธิพลเท่ากับ 1.43 และงานวิจัยของ Hsiao *et al.* (2014) มีค่าอิทธิพลเท่ากับ 1.07 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มีอิทธิพลระดับสูง นวัตกรรมการสอนมีประสิทธิภาพในการพัฒนาทักษะการคิดอย่างสร้างสรรค์ กลุ่มผู้เรียนในระดับประถมศึกษาของ Atalay *et al.* (2017) มีค่าอิทธิพลเท่ากับ 1.43 และงานวิจัยของ Hsiao *et al.* (2014) มีค่าอิทธิพลเท่ากับ 1.07 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มีอิทธิพลระดับสูง วิธีการสอนมีประสิทธิภาพในการพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ พบว่างานวิจัยของ Atalay *et al.* (2017) ให้ผู้เรียนสร้างแอนิเมชันจากแอปพลิเคชันฉายภาพนิ่งหลาย ๆ ภาพต่อเนื่องกันด้วยความเร็วสูง (Slow Motion Application; SMA) ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่องแสง เสียง (Light and sound) และ โลก (Planet Earth) โดยครูผู้สอนสอนการใช้งานแอปพลิเคชันดังกล่าวเบื้องต้นแก่ผู้เรียนจากนั้นให้ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลและวางแผนโครงสร้างข้อมูลที่จะนำมาสร้างเป็นแอนิเมชัน จากนั้นนำข้อมูลดังกล่าวไปจัดลำดับเป็นเรื่องราว นอกจากนี้ผู้เรียนต้อง

พากย์เสียงหรือใส่เอฟเฟกต์ในเรื่องราวเหล่านั้นด้วยตัวเองอีกด้วย และนำเสนอแอนิเมชันหน้าชั้นเรียนต่อครูและเพื่อนร่วมชั้นเรียนได้ร่วมอภิปราย การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีดังกล่าวจัดเป็นวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ขั้นสูง เพราะในขั้นตอนการสร้างแอนิเมชันผู้เรียนต้องลงมือออกแบบและฉากที่ใช้ประกอบการเล่าเรื่อง ใช้ความคิดในการวางแผนโครงเรื่อง และคิดวิธีการบรรยายขณะดำเนินเรื่องราวให้น่าสนใจ ดังนั้นการจัดการเรียนรู้โดยการให้ผู้เรียนสร้างแอนิเมชันสามารถพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนได้ ขณะที่งานวิจัยของ Hsiao *et al.* (2014) ใช้วิธีการสอนแบบเกมดิจิทัลเป็นฐาน (Digital Game-Based Learning) ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่องวิทยาศาสตร์ไฟฟ้า (Electrical Science) ผู้สอนให้ผู้เรียนแก้ไขสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ไฟฟ้าในเกมดิจิทัล ผู้เรียนจะต้องออกแบบวิธีการแก้ไขสถานการณ์ดังกล่าวให้ได้ ผู้เรียนต้องใช้ความรู้ การลองผิดลองถูก การหาความสัมพันธ์ของตัวแปร และอาศัยการอภิปรายและการทำงานร่วมกันกับเพื่อนร่วมชั้นเรียน เป็นผลให้ผู้เรียนมีพัฒนาการทักษะความคิดสร้างสรรค์ที่สูงขึ้น

ในกลุ่มผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษา งานวิจัยของ Xinfu Yi *et al.* (2015) มีค่าอิทธิพลเท่ากับ 1.02 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มีอิทธิพลระดับสูง พบว่างานวิจัยดังกล่าวใช้การสอนด้วยการใช้แบบจำลอง (Modeling) โดยการใช้แบบจำลองทางวาจา (Verbal Model) กับ แบบจำลองทางรูปภาพ (Figural Model) ซึ่งแบบจำลองทั้งสองแบบนี้มีการจำกัดเวลาเพียง 10 นาที เพื่อฝึกให้นักเรียนเห็นในสิ่งที่แตกต่างจากที่ผู้อื่นเห็นและมีความคิดนอกกรอบกว่าที่ผู้อื่นคิด โดยไม่จำกัดพื้นที่ความคิดของนักเรียน เมื่อนักเรียนสนใจในสิ่งต่าง ๆ ที่เห็นและได้ยิน นักเรียนสามารถแสดงความคิดออกมาได้อย่างเต็มที่ ซึ่งงานวิจัยนี้จะส่งเสริมในเรื่องของการคิดริเริ่มและการคิดคล่องแคล่ว

การที่ระดับชั้นประถมศึกษาที่มีค่าอิทธิพลสูงกว่าระดับชั้นมัธยมศึกษา เพราะว่าหลักสูตรในระดับชั้นประถมศึกษาเป็นวิทยาศาสตร์บูรณาการ และสามารถบูรณาการกับวิชาอื่นๆ เนื้อหาไม่มาก สามารถยืดหยุ่นได้ ซึ่งเอื้อต่อการสอนแบบสืบเสาะระดับสูง นักเรียนมีโอกาสได้ คิดหาวิธีการทดลอง หรือทำโครงการ เช่น การให้ผู้เรียนสร้างภาพเคลื่อนไหว ผู้เรียนมีโอกาสคิดชิ้นงานและปรับปรุงชิ้นงานด้วยตัวเอง ส่งผลให้กิจกรรมนี้ส่งเสริมให้เกิดองค์ประกอบทั้ง 4 ด้านของทักษะความคิดสร้างสรรค์ในทางกลับกันในระดับชั้นมัธยมศึกษา ผู้เรียนมีทักษะความคิดสร้างสรรค์แต่น้อยกว่าระดับชั้นประถมศึกษา เนื่องจากส่วนใหญ่แล้วกิจกรรมที่จัดให้ผู้เรียนทำนั้นมุ่งหวังให้ผู้เรียนเกิดการเกิดทักษะการแก้ไขปัญหา แล้วทักษะความคิดสร้างสรรค์จะเป็นผลต่อเนื่องมาเอง แต่ข้อจำกัดคือเนื้อหาที่เรียนและระยะเวลา ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดทักษะความคิดสร้างสรรค์น้อยกว่าระดับชั้นประถมศึกษา

สรุปผลการวิจัย

จากการตรวจสอบเอกสารอย่างเป็นระบบและการวิเคราะห์เชิงอภิमानเกี่ยวกับการพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนโดยใช้วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ขั้นสูง พบว่า วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ขั้นสูงเพื่อพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนโดยงานวิจัยที่มีค่าอิทธิพลสูงมีลักษณะสำคัญได้แก่ผู้เรียนได้สืบค้นและรวบรวมข้อมูลด้วยตัวเองผู้เรียนได้คิดวางแผน

และออกแบบวิธีการขึ้นมาหลากหลายโดยไม่จำกัดรูปแบบเพื่อจัดการกับงานที่ได้รับหรือแก้ไขปัญหาให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพภายใต้เวลาอันจำกัด อีกทั้งการนำสื่อดิจิทัลหรือเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการจัดการเรียนการสอน ช่วยส่งเสริมพัฒนาการทักษะความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนได้อย่างดีอีกด้วย

ข้อเสนอแนะ

1. จากการสังเคราะห์งานวิจัย พบว่า ค่าอิทธิพลรวมอยู่ในระดับปานกลาง ดังนั้น ในวิธีการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนนั้น ผู้สอนควรใช้วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ขั้นสูง เช่น การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงออกทางความคิดอย่างเต็มที่โดยไม่จำกัดพื้นที่ความคิดของนักเรียน เป็นต้น นอกจากนี้ผู้สอนจะต้องใช้ทฤษฎีการเรียนรู้แบบสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และคำนึงเพื่อบทบาทในการแสวงหาความรู้ให้แก่ผู้เรียน ในขณะที่ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์

2. วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ขั้นสูง เพื่อพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์มีความเหมาะสมสำหรับนักเรียนทั้งระดับชั้นประถมศึกษาและมัธยมศึกษาโดยงานวิจัยนี้ พบว่า นักเรียนระดับประถมศึกษาสามารถเรียนรู้โดยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ขั้นสูงได้ ไม่ได้เป็นข้อจำกัด แต่การสอนต้องค่อย ๆ ฝึกจากง่ายไปยาก เพิ่มระดับการมีส่วนร่วมของผู้เรียน

3. ในการพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน โดยวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ขั้นสูง จะช่วยพัฒนาองค์ประกอบของทักษะความคิดสร้างสรรค์ทั้ง 4 ด้านได้ ควรมอบหมายงานให้ผู้เรียนออกแบบและสร้างโครงการวิทยาศาสตร์ที่ต้องร่วมมือร่วมใจ ตลอดจนสอดแทรกรูปแบบการสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีอิสระการคิด การตรวจสอบและประเมินความคิด และบูรณาการการใช้เทคโนโลยี เพื่อกระตุ้นความคิดสร้างสรรค์ในระหว่างการเล่นหาความรู้ อาทิ การสอนแบบเกมดิจิทัลเป็นฐาน (Digital Game-Based Learning) และการใช้แบบจำลอง (Modeling) เป็นต้น

4. ในการรวบรวมงานวิจัยเพื่อการวิเคราะห์อภิ
มาน มีความเป็นไปได้ที่ค่าอิทธิพลรวมอาจเป็นผลมาจาก
ความเอนเอียงจากการตีพิมพ์ (Publication Bias) หรือ
ได้รับผลกระทบจากงานวิจัยที่มีวิธีวิจัยคุณภาพต่ำ (Poor
Methodological Quality) ทั้งนี้สามารถทำการตรวจสอบ
เพิ่มเติมได้จากการทำกราฟฟรูกรวกั่ว (Funnel Plot)
เพื่อคัดแยกงานวิจัยที่ไม่สมควรนำมารวบวิเคราะห์ออกจะ
ทำให้การประมาณค่าอิทธิพลรวมมีความแม่นยำและ
น่าเชื่อถือมากขึ้นได้ นอกจากนี้ คณะผู้วิจัยเสนอว่า ใน
งานวิจัยต่อไป ควรวิเคราะห์ระดับสูงเพิ่มเติมเนื่องด้วยได้ค่า
ความไม่เป็นเอกพันธ์ค่อนข้างสูง อาทิ Meta-Regression
เพื่อค้นหาเงื่อนไขหรือปัจจัยที่ส่งผลต่อความแปรปรวนของ
ค่าอิทธิพลของแต่ละงานวิจัย

References

- Arun. A. S., Okere. M-I. O. & S. Wachanga. (2016).
Influence of Culture and Gender on
Secondary School Students' Scientific
Creativity in Biology Education in Turkana
County, Kenya. *Journal of Education and
Practice*, 7, 35
- Astutik, S. & Binar, K. (2018). The Practicality and
Effectiveness of Collaborative Creativity
Learning (CCL) Model by Using PhET
Simulation to Increase Students' Scientific
Creativity. *International Journal of
Instruction*, 11, 409-424.
- Atalay,N., & S. D. Boyaci. (2019). Slow-motion
Application in Development of
Learning and Innovation Skills of Students
in Science Course. *International Electronic
Journal of Elementary Education*,
11(5), 507-518
- Bongkotphet, T., & Roadrandka, V. (2010). Sixth
grade science teachers' knowledge/belief
of inquiry-based astronomy teaching.
*Journal of Humanities and Social Sciences
Mahasarakham University*, 29(3), 85 – 97.
- Guilford, J. P. (1967). Creativity: Yesterday, today,
and tomorrow. *The Journal of Creative
Behavior*, 1(1), 3–14.
- Harrer, M., Cuijpers, P., Furukawa, T. A, & Ebert,
D. D. (2019). Doing Meta-Analysis in R: A
Hands-on Guide.
- Higgins JPT, & S. Green. (editors). Cochrane
Handbook for Systematic Reviews of
Interventions Version 5.1.0 [updated March
2011]. The Cochrane Collaboration, 2011.
Available from
www.handbook.cochrane.org.
- Hsiao, H., Chang, C., Lin, C., & P. Hu. (2014).
Development of children's creativity and
manual skills within digital game-based
learning environment. *J. Comp. Assisted
Learning*, 30, 377- 395.
- Hu, W., Wu, B., Jia, X., Yi, X., Duan, C., Meyer, W. &
J. C. Kaufman. (2013). Increasing Students'
Scientific Creativity: The “Learn to Think”
Intervention Program. *J Creat Behav*, 47,
3-21. doi:10.1002/jocb.20
- Institute for the Promotion of Teaching Science
and Technology (IPST). (2009). Science
Teaching Manuals. Bangkok: The Express
Transportation Organization of Thailand.

- Lin, K.-Y. (2014). Effects of science fiction films on junior high school students' creative processes and products. *Thinking Skills and Creativity*, 14, 87–97.
- Lin, K.-L., Tsai, F.-H., Chien, H.-M., & Chang, L.-T. (2013). Effects of a Science Fiction Film on the Technological Creativity of Middle School Students. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 9(2), 191-200.
- Lipsey, M., & Wilson, D. (2001). Practical meta-analysis. *Thousand Oaks, CA: Sage*.
- Mahalee, K., Faikhamta, C. (2010). Alternative: The development of seventh grade students' under standings of nature of science through reflective explicit instructional approach. *Songklanakarin Journal of Social Sciences and Humanities*, 16(5), 795 – 809.
- McDonald, J.H., and K.W. Dunn. (2013). Statistical tests for measures of colocalization in biological microscopy. *Journal of Microscopy* 252: 295-302.
- Nakagawa, S. & Cuthill, I.C. (2007). Effect size, confidence interval and statistical significance: a practical guide for biologists. *Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 82 (4), 591-605.
- National Research Council. (2012). A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concept, and Core Ideas. *Committee on New Science Education Standards, Board on Science Education, Division of Behavioral and Social Science and Education*. Washington, DC: National Academy Press.
- Office of the Civil Service Commission (OCSC). (2016). *Creative Thinking*. Retrieved from <https://www.ocsc.go.th/sites/default/files/document/ocsc-2017-eb13.pdf>
- Ozdemir, G. & Dikici, A. (2017). Relationships between scientific process skills and scientific creativity: Mediating role of nature of science knowledge. *Journal of Education in Science, Environment and Health (JESEH)*, 3(1), 52-68.
- Pakbongkot, C. (2011). *Creative Thinking for Land: Creative Thinking - Sustainable Problem Solving*. Bangkok: Pimdee Printing House.
- Qureshi, S., Vishnumolakala, V., Southam, D., & D. Treagust. (2016). Inquiry-Based Chemistry Education in a High-Context Culture: a Qatari Case Study. *International Journal of Science and Mathematics Education*.
- Siew, N. M.; Chong, C.L. & B.N. Lee. (2015). Fostering fifth graders' scientific creativity through problem-based learning. *Journal of Baltic Science Education*, 14, 655-669.
- Schwarzer, G. (2007). "Meta: An RPackage for Meta-Analysis." *R News*, 7(3), 40–45.
- Viechtbauer, W. (2010). Conducting meta-analyses in R with the meta for package. *Journal of Statistical Software*, 36(3), 1-48. Retrieved from <http://www.jstatsoft.org/v36/i03/>
- Wahyudi, W.; Verawati, N.-A., Syahrial & Prayogi, S. (2019). The Effect of Scientific Creativity in Inquiry Learning to Promote Critical Thinking Ability of Prospective Teachers. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 14, 122.

- Wicaksono, I. & Wasis, Madlazim. W.-M. (2017). The effectiveness of virtual science teaching model (VS-TM) to improve student's scientific creativity and concept mastery on senior high school physics subject. *Journal of Baltic Science Education*, 16, 549-561.
- Yang, K.-K.; Lin, S.-F.; Hong, Z.-R. & Lin, H.-S. (2016). Exploring the Assessment of and Relationship Between Elementary Students' Scientific Creativity and Science Inquiry. *Creativity Research Journal*, 28, 16-23. 10.1080/10400419.2016.1125270.
- Yang, K-K.; Lee, L.; Hong, Z-R., H-S. Lin.(2016). Investigation of effective strategies for developing creative science thinking. *International Journal of Science Education*.
- Yi. X., Plucker. A. P. & Gua J. (2015). Modeling influences on divergent thinking and artistic creativity, *Thinking Skills and Creativity*, 16, 62-68.
- Yildirim, A.-L., Nail. (2016). The Effect of Context-based Chemical Equilibrium on Grade 11 Students' Learning, Motivation and Constructivist Learning Environment. *International journal of Environmental Science and Technology*, 11, 3117-3137.

ภาคผนวก (Appendix)

การคำนวณเพื่อประมาณค่าขนาดอิทธิพล (Effect Size) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error) ที่ใช้ในการวิเคราะห์ห่อถัก

มีการใช้รูปแบบของสูตรคำนวณที่แตกต่างกันตามรูปแบบการวิเคราะห์สถิติในแต่ละงานวิจัย ซึ่งสามารถจำแนกได้เป็นรายการดังต่อไปนี้

กรณีที่ 1 งานวิจัยที่มีกลุ่มตัวอย่าง 1 กลุ่มแบบวัดการทดสอบก่อนและหลัง (Pretest-Posttest one group design) สามารถคำนวณค่าอิทธิพลได้จากค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Lipsey and Wilson, 2001) ได้ตามสูตร ดังนี้

$$ES = \frac{\bar{x}_{posttest} - \bar{x}_{pretest}}{S_p} = \frac{\bar{G}}{\frac{S_g}{\sqrt{2(1-r)}}}$$

$$S_g = \sqrt{\frac{S_{pretest}^2 + S_{posttest}^2}{2}}$$

$$SE = \sqrt{\frac{2(1-r)}{n} + \frac{ES^2}{2n}}$$

โดยที่ ES = ค่าอิทธิพล (effect size)

$\bar{x}_{pretest}$ = คะแนนเฉลี่ยก่อนการทำวิจัย

$\bar{x}_{posttest}$ = คะแนนเฉลี่ยหลังการทำวิจัย

S_p = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานรวม (pooled standard deviation)

S_g = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนพัฒนาการ (gain score standard deviation)

SE = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าอิทธิพล

r = ค่าสหสัมพันธ์ (correlation) ระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน

$S_{pretest}$ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานก่อนทดลอง

$S_{posttest}$ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานหลังทดลอง

กรณีที่ 2 งานวิจัยที่มีการเปรียบเทียบระหว่าง 2 กลุ่ม แบบวัดการทดสอบก่อนและหลัง (Pretest-Posttest two group design) ที่มีการบรรยายค่าทางสถิติ (Descriptive statistics) สามารถคำนวณค่าอิทธิพลจากค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Lipsey and Wilson, 2001) ได้ตามสูตร ดังนี้

$$ES = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S_{pooled}}$$

$$S_{pooled} = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

$$SE = \sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2} + \frac{(ES')^2}{2(n_1 + n_2)}}$$

$$ES' = \left[1 - \frac{3}{4N - 9} \right] ES$$

โดยที่ ES = ค่าอิทธิพล (effect size)

$\bar{x}_1$ = คะแนนเฉลี่ยกลุ่มทดลอง

$\bar{x}_2$ = คะแนนเฉลี่ยกลุ่มควบคุม

S_{pooled} = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานรวม (pooled standard deviation)

n_1 = จำนวนตัวอย่างของกลุ่มทดลอง

n_2 = จำนวนตัวอย่างของกลุ่มควบคุม

s_1 = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มทดลอง

s_2 = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มควบคุม

SE = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าอิทธิพล

ES' = ค่าอิทธิพลที่ไม่มีความเอนเอียง

N = จำนวนตัวอย่างทั้งหมด มีค่าเท่ากับ $n_1 + n_2$

กรณีที่ 3 งานวิจัยที่มีรูปแบบการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยสถิติที่โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระจากกัน (independent *t*-test) สามารถคำนวณค่าอิทธิพลจากค่าที่ (*t*-values) (Lipsey and Wilson, 2001) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Nakagawa & Cuthill, 2007) ได้ตามสูตร ดังนี้

$$ES = t \sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2}}$$

$$SE = \sqrt{\left(\frac{n_1 + n_2 - 1}{n_1 + n_2 - 3}\right) \left[\left(\frac{4}{n_1 + n_2}\right) \left(1 + \frac{ES^2}{8}\right)\right]}$$

โดย ES= ค่าอิทธิพล (effect size)

SE = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าอิทธิพล

t = ค่าสถิติที่ (*t*-value)

n_1 = จำนวนตัวอย่างของกลุ่มตัวอย่างที่ 1

n_2 = จำนวนตัวอย่างของกลุ่มตัวอย่างที่ 2

กรณีที่ 4 งานวิจัยที่มีรูปแบบการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยสถิติที่โดยกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (dependent *t*-test หรือ paired sample *t*-test) สามารถคำนวณค่าอิทธิพล (McDonald and Dunn, 2013) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Nakagawa & Cuthill, 2007)ได้ตามสูตร ดังนี้

$$ES = \frac{\bar{x}_{diff}}{S_{diff}}$$

$$SE = \sqrt{\frac{2(1 - r_{12})}{n} + \frac{ES^2}{2(n - 1)}}$$

โดยที่ ES = ค่าอิทธิพล (effect size)

SE = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าอิทธิพล

$\bar{x}_{diff}$ = ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยคะแนนก่อนและหลัง

S_{diff} = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความแตกต่างแบบคู่ (paired differences standard deviation)

r_{12} = ค่าสหสัมพันธ์ (correlation) ระหว่างตัวอย่างกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2

n = จำนวนตัวอย่าง มีค่าเท่ากับจำนวนตัวอย่างในกลุ่มที่ 1 หรือจำนวนตัวอย่างในกลุ่มที่ 2

ทั้งนี้การคำนวณดังกล่าวคณะผู้วิจัยทำการประมาณค่าด้วยตนเองและผ่านทางเว็บไซต์ <http://www.campbellcollaboration.org/escalc> ในกรณีที่งานวิจัยมีรูปแบบการวิเคราะห์ทางสถิติแตกต่างจากกรณีข้างต้นคณะผู้วิจัยใช้สูตรการคำนวณที่ระบุตามหนังสือ Practical Meta-Analysis ที่เสนอโดย Lipsey & Wilson (2001)

การคำนวณค่าขนาดอิทธิพลรวม (Pooling Effect Size)

การคำนวณค่าขนาดอิทธิพลรวมด้วยโมเดลอิทธิพลแบบสุ่ม (Random-effects model) เนื่องจากงานวิจัยที่นำมาวิเคราะห์มีความต่างแบบกันหรือไม่เป็นเอกพันธ์ทางสถิติ (Statistical heterogeneity) การคำนวณค่าอิทธิพลรวมด้วยการใช้ฟังก์ชัน meta: metagen () (Schwarzer, 2007) ด้วยโปรแกรม R ซึ่งมีโครงสร้างไวยากรณ์ทางภาษา (Syntax) ดังนี้

```
m.hksj<- metagen(TE,
seTE,
data = madata,
studlab = paste(Author),
comb.fixed = FALSE,
comb.random = TRUE,
method.tau = "SJ",
hakn = TRUE,
prediction = TRUE,
sm = "SMD")
m.hksj
```

โดย TE คือ คอลัมน์ที่แสดงค่าอิทธิพลของงานวิจัย

seTE คือ คอลัมน์ที่แสดงค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของแต่ละงานวิจัย

data คือ ชื่อไฟล์เก็บข้อมูลที่เรียบเรียงไว้เพื่อการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม R

studlab = paste (...) คือ ชื่อคอลัมน์ที่ระบุรายชื่องานวิจัยโดยในวงเล็บใส่ชื่อหัวข้อคอลัมน์

comb. fixed คือ ส่วนที่ระบุว่าคณะผู้วิจัยต้องการใช้โมเดลอิทธิพลคงที่หรือไม่คณะผู้วิจัยเลือกไม่ใช้โมเดลนี้ในการวิเคราะห์จึงระบุเป็น FALSE

comb. random คือ ส่วนที่ระบุว่าคณะผู้วิจัยต้องการใช้โมเดลอิทธิพลแบบสุ่มหรือไม่คณะผู้วิจัยเลือกใช้โมเดลนี้จึงระบุเป็น TRUE

method.tau คือ ตัวประมาณค่าความแปรปรวน

ฟังก์ชัน forest () ในโปรแกรม R

hakn คือ การประมาณค่าความแปรปรวนตามวิธี Knapp-Hartung

prediction คือ การแสดงผลค่าช่วงทำนาย คณะผู้วิจัยต้องการให้แสดงช่วงทำนายจึงระบุเป็น TRUE

sm คือ ค่าผลรวมที่ต้องการ (summary measure) โดยคณะผู้วิจัยใช้ SMD นั่นคือค่า Hedges' g

การวิเคราะห์กลุ่มย่อย (Subgroup Analyses)

การวิเคราะห์ค่าอิทธิพลในแต่ละกลุ่มย่อย (subgroup analyses) ด้วยโมเดลอิทธิพลแบบสุ่มสามารถคำนวณได้ด้วยฟังก์ชัน update.meta (Borenstein and Higgins, 2013) ด้วยโปรแกรม R ซึ่งมีโครงสร้างไวยากรณ์ทางภาษาดังนี้

```
grade.subgroup<-update.meta(m.hksj,
byvar=grade,
comb.random = TRUE,
comb.fixed = FALSE)
grade.subgroup
```

โดย Byvar คือ การระบุตัวแปรที่ใช้จำแนกกลุ่มย่อย

comb.random คือ การคำนวณความแตกต่างภายในกลุ่มย่อยด้วยโมเดลอิทธิพลสุ่ม คณะผู้วิจัยเลือกใช้วิธีนี้จึงระบุเป็น TRUE

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ห่อภิมาณในรูปแบบของแผนภาพต้นไม้ (Forest Plot)

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ห่อภิมาณในรูปแบบของแผนภาพต้นไม้ด้วย