การพัฒนาตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา

The Development of Indicators for Evaluation STEM Education Learning of Teachers

อุดมลักษณ์ สรโยธิน[1]* อัญชลี สุขในสิทธิ์[2] และพนิดา มารุ่งเรือง[1]

[1]ภาควิชาการวัดผลและวิจัยการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพฯ

[2] ภาควิชาสังคมวิทยา คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพฯ

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและศึกษาองค์ประกอบของตัวบ่งชี้การประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา กลุ่มตัวอย่าง คือ ครูที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา จำนวน 520 คน ในโรงเรียนที่เข้าร่วมเครือข่ายสะเต็มศึกษาในภูมิภาคต่าง ๆ ทั้ง 13 ศูนย์สะเต็มภาค ซึ่งได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นข้อสอบแบบถูก-ผิด จำนวน 12 ข้อ และแบบสอบถามที่มีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 47 ข้อ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติร้อยละ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ ผลการวิจัยพบว่า ตัวบ่งชี้การประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา มี 2 ด้าน คือ ด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มี 12 ตัวบ่งชี้ และด้านพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มี 4 องค์ประกอบ 35 ตัวบ่งชี้ ได้แก่ องค์ประกอบที่ 1 ความสามารถในการออกแบบการจัดการเรียนรู้บูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา มี 12 ตัวบ่งชี้ องค์ประกอบที่ 2 การอำนวยความสะดวกและให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียน มี 12 ตัวบ่งชี้ องค์ประกอบที่ 3 การวัดประเมินผลการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มี 11 ตัวบ่งชี้ และองค์ประกอบที่ 4 การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มี 12 ตัวบ่งชี้

คำสำคัญ: สะเต็มศึกษา, ตัวบ่งชี้, การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ

Abstract

The purposes of this research were to develop and study the factors of Indicators for evaluation STEM education learning of teachers. The research sample was 520 teachers from 13 STEM networks who using STEM education in learning management. This sample was selected by multi-stage random sampling. The data collected by 12 items of true-false tests and 47 items of questionnaires. Data were analyzed by percentage, arithmetic mean, standard deviation statistics, and exploratory factor analysis. The findings found that the factors of Indicators for evaluation STEM education learning of teachers have two dimensions. The first dimension was knowledge and understanding of STEM education learning (12 indicators). The second dimension was the teacher's behavior of STEM education learning that has four factors as follow: the ability to design STEM education learning (12 indicators), facilitator and counseling with students (12 indicators), assessment of STEM education learning (11 indicators), and STEM education learning management (12 indicators).

Keywords: STEM education, indicators, exploratory factor analysis

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน krootik_s@hotmail.com โทร. 089 6820933

1. บทนำ

การศึกษามีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศโดยมีบทบาทโดยตรงต่อการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ให้มีคุณภาพและคุณสมบัติสอดคล้องกับความต้องการในการใช้กำลังคนของประเทศ ดังนั้นการจัดการศึกษาจึงควรมีความสอดคล้องและเหมาะสมกับสภาพบริบทรอบด้านที่เปลี่ยนไป เพื่อนำไปสู่แนวคิดใหม่ภายใต้กระแสการเปลี่ยนแปลงของสังคม สร้างและพัฒนาบุคคลให้พร้อมและก้าวทันต่อการเปลี่ยนแปลง ส่งเสริมความรู้ ความสามารถในการดำรงชีวิต และเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันในโลกศตวรรษที่ 21 (ทวีพร บุญวานิช. 2559) กระแสการเปลี่ยนแปลงของโลกได้ส่งผลกระทบทั้งทางสังคม เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี โดยเฉพาะความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและการสื่อสารที่ทำให้โลกทั้งโลกเชื่อมโยงและสื่อสารถึงกันได้อย่างรวดเร็ว เป็นโลกไร้พรมแดน ทำให้ทักษะที่จำเป็นต่อการทำงานและการดำเนินชีวิตเปลี่ยนแปลงไปเพื่อให้ตอบสนองกับบริบทของโลกปัจจุบัน โดยทักษะส่วนใหญ่เน้นไปทักษะการคิดระดับสูง การวิเคราะห์แก้ปัญหา คิดอย่างสร้างสรรค์ ทักษะในการสื่อสารโดยใช้เทคโนโลยีเป็นสื่อกลาง เพื่อให้บรรลุเป้าหมายทั้งด้านความรู้ คุณค่า ทัศนคติ ภายใต้สภาพแวดล้อมที่หลากหลาย ดังนั้นการศึกษาจึงเป็นเสาหลักของการพัฒนาที่ยั่งยืน และมีบทบาทสำคัญในการสร้างและเตรียมเยาวชนของชาติให้รับรู้และตระหนักถึงความสำคัญของการศึกษาและประยุกต์ใช้ความรู้ในชีวิตประจำวันที่มีความซับซ้อนมากขึ้นในโลกปัจจุบัน (วชิร ศรีคุ้ม. 2559)

เมื่อพิจารณาผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนทั้งด้านการอ่าน วิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ จากโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (PISA) โดยองค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาเศรษฐกิจ (OECD) ที่ได้ประเมินคุณภาพของระบบการศึกษาในการเตรียมความพร้อมให้ประชาชนมีศักยภาพหรือความสามารถพื้นฐานที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในโลกที่เปลี่ยนแปลง โดย PISA เน้นการประเมินสมรรถนะของนักเรียนเกี่ยวกับการใช้ความรู้และทักษะในชีวิตจริงมากกว่าการเรียนรู้ตามหลักสูตรในโรงเรียน จากรายงานผลการประเมินครั้งล่าสุดในปี 2015 แนวโน้มผลการประเมินของประเทศไทยจากการประเมิน PISA 2000 จนถึง PISA 2015 พบว่า ผลการประเมินทั้งสามด้านมีแนวโน้มลดลง แม้ว่าช่วง PISA 2009 ถึง PISA 2012 ผลการประเมินด้านวิทยาศาสตร์ การอ่าน และคณิตศาสตร์จะมีแนวโน้มสูงขึ้น แต่ใน PISA 2015 ทั้งสามด้านกลับมีคะแนนลดลงจาก PISA 2012 โดยการอ่านเป็นด้านที่มีคะแนนลดลงมากที่สุด (ลดลง 32 คะแนน) รองลงมาคือ วิทยาศาสตร์ (ลดลง 23 คะแนน) ซึ่งทั้งสองด้านลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นด้านคณิตศาสตร์ (ลดลง 11 คะแนน) แต่ไม่มีนัยสาคัญทางสถิติ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) จากผลการประเมินดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการพัฒนาศักยภาพของผู้เรียนและยกระดับมาตรฐานการเรียนรู้ในทุกมิติเป็นสิ่งสำคัญในการขับเคลื่อนและพัฒนาประเทศ ดังนั้น การจัดการศึกษาจึงต้องเปลี่ยนแปลงทัศนะจากกระบวนทัศน์เดิมไปสู่กระบวนทัศน์ใหม่

สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อเน้นให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในการดำเนินชีวิต รวมทั้งส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการประกอบอาชีพในอนาคต อีกทั้งวิชาทั้งสี่เป็นวิชาที่มีความสำคัญอย่างมากการกับการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจ การพัฒนาคุณภาพชีวิตและความมั่นคงของประเทศ ซึ่งล้วนเป็นวิชาที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความรู้ความสามารถที่จะดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณภาพในโลกศตวรรษที่ 21 สำหรับประเทศไทยเริ่มนำสะเต็มศึกษามาใช้โดยความร่วมมือระหว่างสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) กระทรวงศึกษาธิการ และเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของสะเต็มศึกษาอย่างมีประสิทธิภาพ โดยคำนึงถึงการทำความเข้าใจ การศึกษาถึงแนวทางที่ถูกต้อง ผลการศึกษาวิจัย และองค์ประกอบอื่นๆ

ที่เกี่ยวข้องด้วย ได้มีการสร้างศูนย์เรียนรู้นำร่อง 10 จังหวัด แต่ละจังหวัดจะมีจำนวน 3 โรงเรียน รวม 30 โรงเรียน ในปี พ.ศ. 2556 เพื่อสร้างแนวทางการดำเนินงานและวัดผลให้เป็นรูปธรรม หลังจากนั้นจึงจะได้ขยายไปสู่วงกว้างต่อไป สะเต็มศึกษาจึงเป็นนวัตกรรมการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อสร้างคนไทยรุ่นใหม่ให้มีทักษะในศตวรรษที่ 21 และทักษะในการสร้างนวัตกรรมที่จะช่วยเสริมความสามารถในการแข่งขันของประเทศ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2557)

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า มิติที่ใช้ในการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา มี 5 ด้าน ได้แก่ 1) ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา 2) ความสามารถในการออกแบบการจัดการเรียนรู้บูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา 3) พฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา 4) พฤติกรรมการให้คำปรึกษา และ 5) การประเมินกระบวนการทำงานและผลงานของผู้เรียน (Dancy et al. 2012; Sublette. 2013; Emily et al. 2014; Kim & Kim. 2016; จำรัส อินทลาภาพร และคนอื่น ๆ. 2558; จำรัส อินทลาภาพร. 2558; Moore. 2014; Stohlmann et al. 2012; Means et al. 2015) อย่างไรก็ตามในประเทศไทยยังไม่มีแนวทางการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ชัดเจน รวมยังไม่มีการพัฒนาตัวบ่งชี้การประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะสร้างตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา และศึกษาองค์ประกอบของตัวบ่งชี้การประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา สารสนเทศที่ได้จากการวิจัยสามารถใช้เป็นแนวทางการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อเตรียมความพร้อมในการพัฒนาคุณภาพของประชากรเพื่อยกระดับขีดความสามารถของประเทศให้ทัดเทียมนานาชาติและดำรงชีวิตอยู่ในโลกที่มีความเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

2. วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยแบ่งเป็น 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 การสร้างตัวบ่งชี้การประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา และระยะที่ 2 การศึกษาองค์ประกอบของตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ระยะที่ 1 การสร้างตัวบ่งชี้การประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ผู้วิจัยกำหนดตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้วิธีการสังเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศ เพื่อนำมาใช้ในการยกร่างตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ระยะที่ 2 การศึกษาองค์ประกอบของตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ ครูที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาในโรงเรียนที่เข้าร่วมเครือข่ายสะเต็มศึกษาในภูมิภาคต่าง ๆ จำนวน 13 ศูนย์สะเต็มภาค จำนวน 91 โรงเรียน ประกอบด้วยโรงเรียนมัธยมศึกษา 39 โรงเรียน โรงเรียนขยายโอกาส 26 โรงเรียน และโรงเรียนประถมศึกษา 26 โรงเรียน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ ครูที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา จำนวน 520 คน ในโรงเรียนที่เข้าร่วมเครือข่ายสะเต็มศึกษาในภูมิภาคต่าง ๆ จำนวน 13 ศูนย์สะเต็มภาค ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน มีรายละเอียดดังนี้

1) กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างให้เหมาะสมกับสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้แนวคิดของแฮร์ และคณะ (Hair et al. 2010) ใช้กฎแห่งการชัดเจน (Rule of thumb) ในกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างว่าควรมีอย่างน้อย 10-20 คนต่อหนึ่งตัวแปร (สุวิมล ติรกานันท์. 2555 อ้างอิงจาก Hair et al. 2010) และควรใช้กลุ่มตัวอย่างมากกว่า 500 คน ขึ้นไป

2) สุ่มโรงเรียนในแต่ละศูนย์สะเต็มภาคด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling) ให้ครอบคลุมโรงเรียนที่เข้าร่วมเครือข่ายสะเต็มศึกษาในทุกระดับการศึกษา โดยสุ่มโรงเรียนมัธยมศึกษา จำนวน 2 โรงเรียน โรงเรียนขยายโอกาส จำนวน 1 โรงเรียน และโรงเรียนประถมศึกษา จำนวน 1 โรงเรียน ได้โรงเรียนทั้งหมด 52 โรงเรียน

3) เลือกครูในแต่ละโรงเรียน โรงเรียนละ 10 คน โดยใช้การเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) เฉพาะครูที่ใช้รูปแบบจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ได้ตัวอย่างทั้งหมด 520 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถามการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา แบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ภูมิหลังของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ เพศ อายุ ประสบการณ์ทำงาน ระดับชั้นที่สอน วิชาที่เชี่ยวชาญ เครือข่ายของศูนย์สะเต็มศึกษาภาคที่โรงเรียนสังกัด ประสบการณ์การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา การเข้าร่วมการอบรมความรู้เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ลักษณะการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้และการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา และลักษณะการนำกิจกรรมสะเต็มศึกษาไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน

ตอนที่ 2 แนวคิดการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จำนวน 12 ข้อ มีลักษณะเป็นข้อคำถามแบบถูก-ผิด ตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิดให้ 0 คะแนน จากการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (content validity) โดยให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน พิจารณาความสอดคล้องของข้อคำถามกับนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร แล้วนำมาหาค่า IOC (Index of item objective congruence) โดยพิจารณาคัดเลือกเฉพาะข้อคำถามที่มีค่า IOC มากกว่า 0.50 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องจากผู้เชี่ยวชาญพบว่า ข้อคำถามเกี่ยวกับแนวคิดการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.60 – 1.00

ตอนที่ 3 พฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จำนวน 48 ข้อ มีลักษณะเป็นข้อคำถามแบบมาตรประมาณค่า (rating scale) 5 ระดับ ผลการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบสอบถามโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน พบว่ามีข้อถามที่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 47 ข้อ โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.60-1.00 หลังจากนั้นผู้วิจัยนำเครื่องมือวิจัยไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 40 คน ที่ไม่ซ้ำกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา เพื่อตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัยด้านความเชื่อมั่น ด้วยวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลาของครอนบาค พบว่า ความเชื่อมั่นของแบบสอบถามมีค่าอยู่ระหว่าง 0.887-0.950 แสดงว่าแบบสอบถามมีความเชื่อมั่นอยู่ในระดับสูง สามารถนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลได้

การวิเคราะห์ข้อมูล

1) วิเคราะห์ภูมิหลังของกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้สถิติร้อยละ

2) วิเคราะห์สภาพการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้ค่าสถิติร้อยละ ค่าเฉลี่ย (M) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

3) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย โดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson Correlation)

4) วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจของตัวบ่งชี้การจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยสกัดองค์ประกอบด้วยวิธีเน้นองค์ประกอบหลัก (Principal Component Method) และหมุนแกนองค์ประกอบแบบมุมฉาก (Orthogonal Rotation) เพื่อให้ได้องค์ประกอบที่เป็นอิสระด้วยวิธีแวร์ริแมกซ์ (Varimax Orthogonal Rotation)

4.1) วิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรทุกตัวที่ใช้ในการศึกษา

4.2) นำตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญไปสกัดองค์ประกอบหลัก (Principal Component Method)

4.3) หมุนแกนองค์ประกอบแบบตั้งฉาก (Orthogonal Rotation) ด้วยการหมุนแกนแบบวิธีแวร์ริแมกซ์ (Varimax Orthogonal Rotation) ผู้วิจัยพิจารณาองค์ประกอบตามเกณฑ์ คือ องค์ประกอบที่สำคัญต้องมีค่าไอเกน (Eigen value) มากกว่าหรือเท่ากับ 1 และมีตัวแปรที่อธิบายองค์ประกอบนั้น ๆ ตั้งแต่ 3 ตัวแปรขึ้นไป โดยในแต่ละตัวแปรต้องมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor Loading) ตั้งแต่ 0.30 ขึ้นไป

4.4) นำผลการวิเคราะห์องค์ประกอบไปแปลผล และกำหนดชื่อองค์ประกอบ

3. ผลการวิจัย

3.1 ผลการสร้างตัวบ่งชี้การประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา

จากการสังเคราะห์เอกสาร พบว่า ตัวบ่งชี้ที่เกี่ยวข้องกับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา มี 5 ด้าน ได้แก่ ด้านที่ 1 ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จำนวน 12 ตัวบ่งชี้ ด้านที่ 2 ความสามารถในการออกแบบการจัดการเรียนรู้บูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา จำนวน 12 ตัวบ่งชี้ ด้านที่ 3 พฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จำนวน 12 ตัวบ่งชี้ ด้านที่ 4 พฤติกรรมการให้คำปรึกษา จำนวน 12 ตัวบ่งชี้ และด้านที่ 5 การประเมินกระบวนการทำงานและผลงานของผู้เรียน จำนวน 11 ตัวบ่งชี้

3.2 สภาพการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ภูมิหลังของกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นครูเพศหญิง (ร้อยละ 72.30) อายุ 31-40 ปี (ร้อยละ 39.62) มีประสบการณ์ทำงาน 6-10 ปี (ร้อยละ 28.08) เป็นครูผู้สอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (ร้อยละ 34.62) มีความเชี่ยวชาญในวิชาวิทยาศาสตร์ (ร้อยละ 45.38) และมีประสบการณ์การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา 1-2 ปี (ร้อยละ 53.08) กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เคยเข้าร่วมการอบรมความรู้เกี่ยวกับสะเต็มศึกษา (ร้อยละ 89.42) และออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยจัดกิจกรรมตามคู่มือที่ สสวท. แจกให้ (ร้อยละ 54.62) สำหรับกิจกรรมการเรียนรู้ที่จัดจะเน้นให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้และทักษะที่เรียนรู้จากวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ กับชีวิตจริง และนำความรู้และทักษะเหล่านั้นไปใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชุมชนหรือสังคม (ร้อยละ 35.77) โดยจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาไว้ในชั่วโมง “ลดเวลาเรียน เพิ่มเวลารู้” (ร้อยละ 25.38)

3.2.1 ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา มี 12 ตัวบ่งชี้ คะแนนเต็ม 12 คะแนน เมื่อพิจารณาร้อยละของผู้ที่ทำข้อสอบถูกต้อง พบว่า ข้อที่มีผู้ตอบถูกมากที่สุด คือ สะเต็มศึกษาสามารถจัดการเรียนรู้ได้ทั้งในชั้นเรียนและนอกชั้นเรียน (ร้อยละ 98.46) ครูผู้สอนสะเต็มศึกษาควรเปลี่ยนบทบาทจากผู้สอนเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน (ร้อยละ 95.58) และสะเต็มศึกษาสามารถนำไปบูรณาการกับวิชาใดก็ได้ ไม่ได้จำกัดแค่เพียงวิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ (ร้อยละ 81.15) ตามลำดับ ส่วนข้อที่มีผู้ตอบถูกน้อยที่สุด คือ สะเต็มศึกษาสามารถใช้กับผู้เรียนได้ทุกระดับชั้นเรียนตั้งแต่ระดับปฐมวัยจนถึงระดับอุดมศึกษา (ร้อยละ 9.04) สะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่จำเป็นต้องบูรณาการความรู้ให้ครบทั้ง 4 สหวิทยาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ (ร้อยละ 13.65) และสะเต็มศึกษาสามารถจัดการเรียนรู้ได้หลายรูปแบบ เช่น การจัดการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-based Learning) การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based Learning) เป็นต้น (ร้อยละ 34.62)

3.2.2 พฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ในภาพรวมครูมีพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับมาก (M=3.96) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ครูมีพฤติกรรมอยู่ในระดับมากในทุกด้าน โดยพฤติกรรมการให้คำปรึกษามีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด (M=4.08) รองลงมา คือ พฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (M=4.04) การประเมินกระบวนการทำงานและผลงานของผู้เรียน (M=3.94) และความสามารถในการออกแบบการจัดการเรียนรู้บูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา (M=3.78) ตามลำดับ ดังตาราง 1

ตาราง 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา

พฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา	M	SD	ระดับ
1. ความสามารถในการออกแบบการจัดการเรียนรู้บูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา	3.78	0.54	มาก
2. พฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	4.04	0.54	มาก
3. พฤติกรรมการให้คำปรึกษา	4.08	0.57	มาก
4. การประเมินกระบวนการทำงานและผลงานของผู้เรียน	3.94	0.57	มาก
ภาพรวม	**3.96**	**0.50**	**มาก**

หมายเหตุ ระดับน้อย (ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50) ระดับน้อย (ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50) ระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50) ระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50) และระดับมากที่สุด (4.51-5.00)

3.3 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของตัวบ่งชี้การประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา

3.3.1 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันของตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา พบว่า ตัวแปรทุกตัวมีความสัมพันธ์กันทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ระหว่าง 0.382-0.787 ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันมากที่สุด คือ ตัวแปรที่ 10 กับตัวแปรที่ 36 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.787 ส่วนตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันน้อยที่สุด คือ ตัวแปรที่ 3 กับตัวแปรที่ 44 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.382

3.3.2 ผลการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติวิเคราะห์

การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติวิเคราะห์ พบว่า ค่าความพอเพียงของตัวแปรในการที่จะเป็นตัวอย่างของประชากรทั้งหมด (Kaiser-Mayer- Olkin Measures of Sampling Adequacy) หรือค่า KMO มีค่าเท่ากับ 0.975 ซึ่งมากกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำคือ 0.60 จึงถือว่าข้อมูลชุดนี้มีความเหมาะสมในการวิเคราะห์องค์ประกอบมาก และเมื่อพิจารณาการทดสอบ Bartlett's test of Sphericity ซึ่งมีค่าไคสแควร์เท่ากับ 23572.635 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 จึงแสดงว่าข้อมูลชุดนี้มีความเหมาะสมในการวิเคราะห์องค์ประกอบ

3.3.3 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ

การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis) หลังหมุนแกนแบบมุมฉาก (Orthogonal Rotation) วิธีแวร์ริแมกซ์ (Varimax Rotation) พบว่า ในการสกัดองค์ประกอบได้ 4 องค์ประกอบ มีค่า Eigen value มากกว่า

1.00 ค่าร้อยละของความแปรปรวนทั้ง 4 องค์ประกอบ เท่ากับ 67.98 นั่นคือ ทั้ง 4 องค์ประกอบนี้สามารถอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรทั้งหมดได้ร้อยละ 67.98 ดังตารางที่ 2

ตาราง 2 ค่าไอเกน ค่าร้อยละของความแปรปรวน และผลบวกสะสมร้อยละของความแปรปรวน

องค์ประกอบ	Eigen values	% of Variance	Cumulative % of Variance
1	25.626	54.524	54.524
2	3.031	6.449	60.974
3	1.897	4.037	65.010
4	1.397	2.972	67.982

3.3.4 การตั้งชื่อองค์ประกอบ

องค์ประกอบที่ 1 ประกอบด้วย 12 ตัวบ่งชี้ มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ระหว่าง 0.661-0.765 มีค่าไอเกนเท่ากับ 25.626 เมื่อพิจารณาตัวบ่งชี้ในองค์ประกอบที่ 1 ส่วนใหญ่จะกล่าวถึงการออกแบบการจัดการเรียนรู้ เช่น วิเคราะห์องค์ความรู้ ทักษะหรือกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ที่จำเป็นต้องนำมาใช้ในการตอบคำถาม การออกแบบ การสำรวจตรวจสอบประเด็นข้อสงสัย การแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ท้าทายและเชื่อมโยงกับชีวิตจริง มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบ 0.765 กำหนดประเด็นปัญหาหรือการออกแบบสถานการณ์ที่ท้าทายและเชื่อมโยงกับชีวิตจริงของผู้เรียน มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบ 0.749 กำหนดวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายของการเรียนรู้สะเต็มศึกษาอย่างชัดเจน มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบ 0.747 ดังนั้นจึงตั้งชื่อองค์ประกอบที่ 1 ว่า “การออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา”

องค์ประกอบที่ 2 ประกอบด้วย 12 ตัวบ่งชี้ มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ระหว่าง 0.549-0.765 มีค่าไอเกนเท่ากับ 3.031 เมื่อพิจารณาตัวบ่งชี้ในองค์ประกอบที่ 2 ส่วนใหญ่จะกล่าวถึงการเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการจัดการเรียนรู้ เช่น แนะแนวทางการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนได้ค้นคว้าหาความรู้และสร้างความรู้ด้วยตนเองได้เต็มศักยภาพ มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบ 0.765 รับฟังปัญหาการเรียนรู้ของผู้เรียนด้วยความตั้งใจ มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบ 0.729 เสริมแรงให้แก่ผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนมีความมั่นใจในการกระทำของตนเอง จะได้พัฒนาตนเองให้ดียิ่งขึ้น มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบ 0.728 ดังนั้นจึงตั้งชื่อองค์ประกอบที่ 2 ว่า “การอำนวยความสะดวกและให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียน”

องค์ประกอบที่ 3 ประกอบด้วย 11 ตัวบ่งชี้ มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ระหว่าง 0.527-0.764 มีค่าไอเกนเท่ากับ 1.897 เมื่อพิจารณาตัวบ่งชี้ในองค์ประกอบที่ 3 ส่วนใหญ่จะกล่าวถึงการวัดประเมินผลการเรียนรู้ เช่น ให้เพื่อนในชั้นเรียนมีส่วนร่วมในการวัดประเมิน มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบ 0.764 ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการวัดประเมินตนเอง มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบ 0.747 วินิจฉัยจุดเด่นและจุดที่ควรพัฒนาของผู้เรียน มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบ 0.717 ดังนั้นจึงตั้งชื่อองค์ประกอบที่ 3 ว่า “การวัดประเมินผลการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา”

องค์ประกอบที่ 4 ประกอบด้วย 12 ตัวบ่งชี้ มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ระหว่าง 0.508-0.763 มีค่าไอเกนเท่ากับ 1.397 เมื่อพิจารณาตัวบ่งชี้ในองค์ประกอบที่ 4 ส่วนใหญ่จะกล่าวถึงกระบวนการจัดการเรียนรู้ เช่น ส่งเสริมให้ผู้เรียนร่วมกันทำงานกลุ่มได้ด้วยตนเอง มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบ 0.763 จัดกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติจริง มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบ 0.745 เปิดโอกาสให้ผู้เรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนในกลุ่มและในชั้นเรียน มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบ 0.722 ดังนั้นจึงตั้งชื่อองค์ประกอบที่ 4 ว่า “การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา”

4. สรุปผลและอภิปรายผล

จากการศึกษาพบว่า ตัวบ่งชี้การประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา มี 2 ด้าน คือ ด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มี 12 ตัวบ่งชี้ และด้านพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มี 4 องค์ประกอบ 35 ตัวบ่งชี้ ได้แก่ องค์ประกอบที่ 1 ความสามารถในการออกแบบการจัดการเรียนรู้บูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา มี 12 ตัวบ่งชี้ องค์ประกอบที่ 2 การอำนวยความสะดวกและให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียน มี 12 ตัวบ่งชี้ องค์ประกอบที่ 3 การวัดประเมินผลการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มี 11 ตัวบ่งชี้ และองค์ประกอบที่ 4 การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มี 12 ตัวบ่งชี้

เมื่อพิจารณาด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่า ข้อที่มีผู้ตอบถูกน้อยที่สุด คือ สะเต็มศึกษาสามารถใช้กับผู้เรียนได้ทุกระดับชั้นเรียนตั้งแต่ระดับปฐมวัยจนถึงระดับอุดมศึกษา (ร้อยละ 9.04) อาจเป็นเพราะนโยบายการส่งเสริมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาของประเทศไทยเน้นเฉพาะระดับประถมศึกษาและระดับมัธยมศึกษา ทำให้ครูบางส่วนเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่าสะเต็มศึกษาสามารถจัดการเรียนรู้ได้ใน 2 ระดับการศึกษาเท่านั้น นอกจากนี้ยังพบว่าครูเข้าใจคลาดเคลื่อนว่าสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ต้องบูรณาการความรู้ให้ครบทั้ง 4 สหวิทยาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ เพราะมีคนตอบถูกเพียงร้อยละ 13.65 และครูเข้าใจคลาดเคลื่อนว่าสะเต็มศึกษาต้องจัดการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-based Learning) จึงจะเหมาะสมที่สุด ซึ่งมีคนตอบถูกเพียงร้อยละ 34.62 อาจเนื่องมาจากการอบรมให้ความรู้เกี่ยวกับสะเต็มศึกษาของหน่วยงานต่าง ๆ มีเวลาจำกัด ทำให้ตัวอย่างกิจกรรมที่นำมาใช้ในการอบรมจะเน้นให้ครูฝึกปฏิบัติการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-based Learning) และเน้นให้ครูบูรณาการความรู้ทั้ง 4 สหวิทยาการ มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ทำให้ครูเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่าสะเต็มศึกษาควรจัดการเรียนรู้ในลักษณะนี้เท่านั้นจึงจะมีประสิทธิภาพ แต่สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) กล่าวว่าการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษาตามแนวทางของสถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) นั้น จะเน้นรูปแบบของการบูรณาการซึ่งเป็นสิ่งที่ผู้สอนคุ้นเคยกันเป็นอย่างดี เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวพระราชบัญญัติการศึกษา พุทธศักราช 2542 มุ่งเน้นให้มีการจัดการเรียนการสอนแบบองค์รวม โดยมีการบูรณาการความคิดรวบยอด กระบวนการเรียนรู้ และทักษะต่าง ๆ ให้เหมาะสมแต่ละระดับการศึกษา รวมทั้งเชื่อมโยงความรู้ไปสู่การนำไปใช้ในชีวิตจริง การจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการจะช่วยลดความซ้ำซ้อนของเนื้อหาวิชาต่าง ๆ สามารถยืดหยุ่นเวลาในการจัดการเรียนการสอนได้ ใช้แหล่งการเรียนรู้ที่หลากหลาย และผู้เรียนได้เรียนในสิ่งที่ตนเองสนใจเพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษาสามารถจัดได้หลากหลายรูปแบบ

สำหรับพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่า ครูมีความสามารถในการออกแบบการจัดการเรียนรู้บูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา (M=3.78) น้อยกว่าด้านอื่น ๆ อาจเป็นเพราะการจัดการเรียนรู้บูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบใหม่ซึ่งครูยังไม่คุ้นเคยจึงไม่สามารถออกแบบได้ด้วยตนเอง ครูส่วนใหญ่จะใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางที่สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ออกแบบมาให้ ดังนั้น เพื่อให้เกิดประสิทธิผลในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ครูควรศึกษาสาระสำคัญของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ การงานอาชีพและเทคโนโลยี ในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ให้เข้าใจอย่างลึกซึ้ง ศึกษาแนวคิดของสะเต็มศึกษา ระดับของการจัดการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผลตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อให้การจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษามีความเหมาะสมและเกิดประโยชน์สุงสุดกับผู้เรียน (จำรัส อินทลาภาพร. 2558)

5. ข้อเสนอแนะ

5.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

5.1.2 หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรเปิดโอกาสให้ครูได้ฝึกการออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยตนเอง ไม่ใช่จัดการเรียนรู้ตามคู่มือที่ สสวท. ออกแบบมาให้เพียงอย่างเดียว ซึ่งในระยะแรกอาจจะมีการพัฒนาครูแกนนำด้านการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในแต่ละโรงเรียน เพื่อให้ครูแกนนำขยายผลต่อในโรงเรียน โดยใช้กระบวนการโค้ชและการเป็นพี่เลี้ยง (Coaching and Mentoring)

5.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

5.2.1 ควรทำการศึกษาปัจจัยเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาและพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

5.2.2 ควรทำการศึกษากลยุทธ์การพัฒนาความรู้ความเข้าใจและพฤติกรรมของครูเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

6. เอกสารอ้างอิง

[1] จำรัส อินทลาภาพร, 2558, “การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเพื่อสร้างความสามารถในการจัดการเรียนเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา สำหรับครูประถมศึกษา,” ปริญญานิพนธ์ กศ.ด. (การวิจัยและพัฒนาหลักสูตร), กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

[2] จำรัส อินทลาภาพร และคนอื่น ๆ, 2558, การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับผู้เรียนระดับประถมศึกษา, “Veridian E-Journal, Silpakorn University,” 8(1).

[3] ทวีพร บุญวานิช, 2559, การติดตามและประเมินผลการจัดการศึกษาตามนโยบายรัฐบาลปี 2556, “วารสารการศึกษาไทย”.

[4] วชิระ ศรีคุ้ม, 2559, การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Education: The Innovation Way of Learning),” www.slideshare.net/wawachira/stem-education-62525207[22 กันยายน 2559]

[5] สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557, “การเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา,” http://physics.ipst.ac.th/?page_id=2481[22 กันยายน 2559]

[6] สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560. “สรุปผลการวิจัย PISA2015,” กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

[7] สุวิมล ติรกานันท์, 2555, “การวิเคราะห์ตัวแปรพหุนามในงานวิจัยทางสังคมศาสตร์,” กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[8] Dancy, M. H., et al., 2012. Describing & Measuring Undergraduate STEM Teaching Practices. American Association for the Advancement of Science (AAAS) and the National Science Foundation (NSF)

[9] Kim, B. H. & Kim, J., 2016**,** Development and Validation of Evaluation Indicators for Teaching Competency in STEAM Education in Korea, “EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education,” 12(7), 1909-1924.

[10] Hair, J. F., Jr., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E., 2010, “Multivariate data analysis,” Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

[11] Means, B, et al., 2015, “STEM Indicators Measuring the Monitoring Progress K-12 STEM Education Indicators: A Road Map,” The National Science Foundation.

[12] Moore, S. D., 2014, “Build College and Career Readiness with Early, Integrated STEM,” ETA.

[13] Saxton, E., et al, 2014, A Common Measurement System for K3 – 12 STEM education: Adopting an educational evaluation methodology that elevates theoretical foundations and systems thinking, “Studies in Educational Evaluation,” 40, 18-35.

[14] Stohlmann, M., et al. 2012, Considerations for Teaching Integrated STEM Education, “Journal of Pre-College Engineering Education Research,” 2, 1.

[15] Sublette, H., 2013, “An Effective Model of Developing Teacher Leaders in STEM Education,” Dissertation or the degree of Doctor of Education in Organizational Leadership.