

การพัฒนาตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์
สิงหาคม 2560

การพัฒนาตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์

สิงหาคม 2560

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การพัฒนาตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์

สิงหาคม 2560

อุดมลักษณ์ สรโยธิน. (2560). การพัฒนาตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ ของครูตาม
แนวทางสะเต็มศึกษา. ปริญญาโท กศ.ม. (การวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์).
กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการที่ปรึกษา:
อาจารย์ ดร.อัญชลี สุขในสิทธิ์, อาจารย์ ดร.พินดา มารุ่งเรือง.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 3 ประการ คือ 1) เพื่อสร้างตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการ
จัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา 2) เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของตัวบ่งชี้สำหรับการ
ประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา 3) เพื่อประเมินคุณภาพของตัวบ่งชี้
สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา กลุ่มตัวอย่างได้แก่ ครูที่ใช้
รูปแบบการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา ในโรงเรียนที่เข้าร่วมโรงเรียนเครือข่าย
สะเต็มศึกษา ในภูมิภาคต่างๆ 13 ศูนย์สะเต็มภาค จำนวน 520 คน ซึ่งได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบ
สองขั้นตอน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสอบถามการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทาง สะเต็ม
ศึกษา มีลักษณะเป็นข้อคำถามแบบใช่-ไม่ใช่ จำนวน 12 ข้อ และข้อคำถามแบบมาตราประมาณค่า 5
ระดับ จำนวน 47 ข้อ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติร้อยละ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การ
วิเคราะห์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันและการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ สามารถสรุปผลการวิจัย
ได้ดังนี้

ตัวบ่งชี้การประเมินการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มี 5 องค์ประกอบ 48 ตัว
บ่งชี้ องค์ประกอบที่ 1 ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทาง สะเต็ม
ศึกษา มี 1 ตัวบ่งชี้ องค์ประกอบที่ 2 ความสามารถในการออกแบบการจัดการเรียนรู้บูรณาการตาม
แนวทางสะเต็มศึกษา มี 12 ตัวบ่งชี้ มีน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ระหว่าง 0.661- 0.765 และ ร้อยละ
ของความแปรปรวนเท่ากับ 54.524 องค์ประกอบที่ 3 พฤติกรรมการอำนวยความสะดวกและให้
คำปรึกษาแก่ผู้เรียน มี 12 ตัวบ่งชี้ มีน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ระหว่าง 0.527 - 0.764 และ ร้อยละของ
ความแปรปรวนเท่ากับ 6.449 องค์ประกอบที่ 4 การประเมินกระบวนการทำงานและผลงานของ
ผู้เรียน มี 11 ตัวบ่งชี้ มีน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ระหว่าง 0.527 - 0.764 และร้อยละของความ
แปรปรวนเท่ากับ 4.037 องค์ประกอบที่ 5 พฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทาง สะเต็ม
ศึกษา 12 ตัวบ่งชี้ มีน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ระหว่าง 0.549 - 0.765 และร้อยละของ ความแปรปรวน
เท่ากับ 2.972

ผลการประเมินคุณภาพตัวบ่งชี้การประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทาง สะเต็ม
ศึกษา พบว่า ตัวบ่งชี้มีความถูกต้อง ความมีประโยชน์ ความเหมาะสม และความเป็นไปได้ อยู่ใน
ระดับมากถึงมากที่สุด โดยด้านความถูกต้องมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.70 – 5.00 ด้านความมี
ประโยชน์มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.90 – 5.00 ด้านความเป็นไปได้ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.60 – 5.00
และด้านความเหมาะสม มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.90 – 5.00

THE DEVELOPMENT OF INDICATORS FOR EVALUATION STEM EDUCATION
LEARNING OF TEACHERS



AN ABSTRACT
BY
UDOMLUK SARAJODHIN

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master of Education Degree in
Research and Human Potential Development at Srinakharinwirot University

August 2016

Udomluk Sarajodhin. (2017). *Development of Indicators for Evaluation of Teachers' STEM Education*. Thesis M.Ed. (Research and Development on Human Potentials). Bangkok: Graduate School Srinakharinwirot University. Advisor Committees: Dr. Anchalee Suknaisith, Dr. Panida Marungruang.

This research was comprised of three objectives. They were 1) to develop indicators for evaluation of teachers' STEM education, 2) to analyze the components of the indicators for evaluation of teachers' STEM education, and 3) to assess the quality of indicators for evaluation of teachers' STEM education. The sample was 520 teachers who utilized the STEM education model for 13 regional schools participating in the STEM education network, using a two-stage sampling method. The research instrument was a questionnaire on STEM education management, which consisted of 12 yes/no questions and 47 questions with answers on a five-level rating scale. Statistics for data analysis employed percentage, mean, standard deviation, Pearson product moment correlation analysis, and exploratory factor analysis. Findings indicated that:

Indicators for evaluation of STEM education consisted of five components with 48 indicators in total. The first component, which had one indicator, included knowledge and understanding of teachers' STEM education. The second component had 12 indicators which were weighted between 0.661 and 0.765 and recorded a percentage of variance equal to 54.524; it covered the ability to design integrated STEM education management. The third component had 12 indicators which were weighted between 0.527 and 0.764 and recorded a percentage of variance equal to 6.449; it contained accommodating and consultative behaviors toward students. The fourth component had 11 indicators which were weighted between 0.527 and 0.764 and recorded a percentage of variance equal to 4.037; it was composed of evaluation of students' assignments and achievements. Finally, the fifth component had 12 indicators which were weighted between 0.549 and 0.765 and recorded a percentage of variance equal to 2.972; it involved teachers' behaviour in STEM education management.

Assessment results on the quality of indicators for evaluation of teachers' STEM education suggested that indicators were accurate, useful, appropriate, and possible at high and highest levels. Means of accuracy were 3.70-5.00, of usefulness 3.90-5.00, of possibility 3.60-5.00, and of appropriateness 3.90-5.00.

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้ด้วยความเมตตากรุณาของ ดร.อัญชลี สุขในสิทธิ์ และ ดร.พนิดา มารุ่งเรือง คณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ที่เสียสละเวลาอันมีค่าให้คำแนะนำ ในการดำเนินการวิจัยทุกขั้นตอนและให้กำลังใจเป็นอย่างดี รวมทั้งรองศาสตราจารย์นิภา ศรีไพโรจน์และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรัช มีชาญ ที่ให้ความเมตตาเป็นกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ในสาขาวิชาการวัดผลและวิจัยการศึกษาทุกท่าน ที่ให้ความรู้แก่ผู้วิจัย ขอกราบขอบพระคุณ ดร.พนัส จันทรเปล่ง ดร.น้ำทิพย์ งามอาภาณิชย์ อาจารย์สมศักดิ์ อยู่บริบูรณ์ อาจารย์อัครเดช จำนงค์ธรรม และอาจารย์วีระพงษ์ พิมพ์สาร ที่ให้ความอนุเคราะห์ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ขอกราบขอบพระคุณผู้บริหารและ คณะครู ที่ให้ความอนุเคราะห์ตอบแบบสอบถาม ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์จุฑามาศ สรุปรามภูรี ดร.เขมวดี พงศานต์ ดร.อภิสิทธิ์ ชงไชย ดร.สมศรี ตั้งมงคลเลิศ อาจารย์ชลิดา ปียกุล ดร.ณัฐจริย์ ธรรมทัตตานนท์ อาจารย์เนาวรัตน์ ขจิตจรรยา อาจารย์ทิพย์สุวรรณ ชีเรไร อาจารย์ไข่มพัสตร์ สิ้นสา อาจารย์อภิชาติ อธิภา ผู้เชี่ยวชาญจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) และครูที่จัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา ให้ความอนุเคราะห์ประเมินคุณภาพตัวบ่งชี้

ท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา และขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ก้องไกล สรโยธิน ที่ให้กำลังใจด้วยดีเสมอมา คุณประโยชน์ของปริญญานี้ขอมอบเป็นเครื่องบูชาแด่บิดามารดา ครูอาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่าน ที่ให้การศึกษาและอบรมสั่งสอนแก่ผู้วิจัย

อุดมลักษณ์ สรโยธิน

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	5
ความสำคัญของการวิจัย.....	5
ขอบเขตของการวิจัย.....	6
ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย.....	7
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	7
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	9
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	10
ตอนที่ 1 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา	10
ความเป็นมาของสะเต็มศึกษา	10
ความหมายของสะเต็มศึกษา	12
แนวคิดและลักษณะของสะเต็มศึกษา	14
การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	18
องค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา	29
ตอนที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับตัวบ่งชี้	36
ความหมายของตัวบ่งชี้	36
ประเภทของตัวบ่งชี้	36
ลักษณะสำคัญของตัวบ่งชี้	38
คุณสมบัติที่ดีของตัวบ่งชี้	38
ประโยชน์ของตัวบ่งชี้	40
การพัฒนาตัวบ่งชี้ทางการศึกษา	41
ตอนที่ 3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	44
งานวิจัยในประเทศ	44
งานวิจัยต่างประเทศ	45

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3 วิธีดำเนินการวิจัย	48
ระยะที่ 1 การสร้างตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครู ตาม แนวทางสะเต็มศึกษา	49
ระยะที่ 2 การวิเคราะห์องค์ประกอบของตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการ เรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา	49
ระยะที่ 3 การประเมินคุณภาพของตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา	57
4 การวิเคราะห์ข้อมูล	63
ผลการพัฒนาตัวบ่งชี้การจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา จากการ สังเคราะห์เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	63
ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจของตัวบ่งชี้การจัดการเรียนรู้ของครู ตาม แนวทางสะเต็มศึกษา	63
ผลการประเมินคุณภาพของตัวบ่งชี้การจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทาง สะเต็ม ศึกษา	87
5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	96
สรุปผล	96
อภิปรายผล	98
ข้อเสนอแนะ	100
บรรณานุกรม	102
ภาคผนวก	108
ภาคผนวก ก	109
ภาคผนวก ข	112
ภาคผนวก ค	127
ประวัติย่อผู้วิจัย	145

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 แนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม ในวิชาทั้ง 4 ของสะเต็มศึกษา	17
2 ตัวอย่างหน่วยการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเรื่องภัยพิบัติทางธรรมชาติ	24
3 องค์ประกอบการประเมินการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	35
4 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบของตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการ จัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา	50
5 ค่าความยากง่าย อำนาจจำแนกและค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของแบบสอบถามการ จัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา	55
6 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างครูผู้ตอบแบบสอบถาม	64
7 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างที่ตอบคำถามถูกด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ การจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา	68
8 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวบ่งชี้ด้านความสามารถในการออกแบบ การจัดการเรียนรู้บูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา	69
9 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวบ่งชี้ด้านพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ตาม แนวทางสะเต็มศึกษา	71
10 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวบ่งชี้ด้านพฤติกรรมการอำนวยความสะดวก สะดวกและให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียน	72
11 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวบ่งชี้ด้านการประเมินกระบวนการทำงาน และผลงานของผู้เรียน	73
12 ค่าดัชนีความพอเพียงของตัวแปร (Kaiser-Mayer-Olkin Measures of Sampling Adequacy: KMO) และค่าสถิติของบาร์เลทท์ (Bartlett's test of Sphericity)	74
13 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของแต่ละข้อความ	75
14 ค่าการร่วมกัน(Communality) ของตัวบ่งชี้	78
15 ค่าไอเกน (Eigen Value) ร้อยละของความแปรปรวนและร้อยละของความแปรปรวน สะสมที่ได้จากการสกัดองค์ประกอบด้วยวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA)	79
16 ผลการสกัดองค์ประกอบของตัวบ่งชี้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษา ...	81
17 ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor Loading)และค่าการร่วมกัน (Communality) ของ ตัวบ่งชี้ในองค์ประกอบที่ 1 ความสามารถในการออกแบบการจัดการเรียนรู้บูรณา การตามแนวทาง สะเต็มศึกษา	84

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
18	ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor Loading)และค่าการร่วมกัน (Communality) ของ ตัวบ่งชี้ในองค์ประกอบที่ 2 ด้านการอำนวยความสะดวกและให้คำปรึกษาแก่ ผู้เรียน	85
19	ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor Loading)และค่าการร่วมกัน (Communality) ของ ตัวบ่งชี้ในองค์ประกอบที่ 3 การวัดประเมินผลการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	86
20	ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor Loading)และค่าการร่วมกัน (Communality) ของ ตัวบ่งชี้ในองค์ประกอบที่ 4 ด้านการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	87
21	ค่าเฉลี่ยการประเมินคุณภาพตัวบ่งชี้การจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทาง สะเต็ม ศึกษาองค์ประกอบที่ 1 ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษา	88
22	ค่าเฉลี่ยการประเมินคุณภาพตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตาม แนวทางสะเต็มศึกษาองค์ประกอบที่ 2 การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	89
23	ค่าเฉลี่ยการประเมินคุณภาพตัวบ่งชี้การจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็ม ศึกษาองค์ประกอบที่ 3 การอำนวยความสะดวกและให้คำปรึกษา แก่เรียน	91
24	ค่าเฉลี่ยการประเมินคุณภาพตัวบ่งชี้การจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็ม ศึกษาองค์ประกอบที่ 4 การวัดประเมินผลการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	92
25	ค่าเฉลี่ยการประเมินคุณภาพตัวบ่งชี้การจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็ม ศึกษาองค์ประกอบที่ 5 การออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	94

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 กรอบแนวคิดในการวิจัย	9
2 แนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม	16
3 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	18
4 การปรับปรุงกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	19
5 ระดับการบูรณาการที่อาจเกิดขึ้นในชั้นเรียนสะเต็มศึกษา	21
6 หลักการออกแบบหน่วยการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาทั้ง 8 ขั้นตอน	25
7 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย	48



บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

การศึกษามีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศ มีบทบาทโดยตรงต่อการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ให้มีคุณภาพและคุณสมบัติสอดคล้องกับความต้องการในการใช้กำลังคนของประเทศ ดังนั้นการจัดการศึกษาจึงควรมีความสอดคล้องและเหมาะสมกับสภาพบริบทรอบด้านที่เปลี่ยนไป เพื่อนำไปสู่แนวคิดใหม่ภายใต้กระแสการเปลี่ยนแปลงของสังคม สร้างและพัฒนาบุคคลให้พร้อมก้าวทันต่อการเปลี่ยนแปลง ส่งเสริมความรู้ ความสามารถในการดำรงชีวิต และเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันสำหรับโลกศตวรรษที่ 21 (สำนักเลขาธิการสภาการศึกษา. 2559: 1; ทวีพร บุญวานิช. 2559: 1) กระแสการเปลี่ยนแปลงของโลกได้ส่งผลกระทบทั้งทางสังคม เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยเฉพาะความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและการสื่อสารที่ทำให้โลก ทั้งโลกเชื่อมโยงและสื่อสารถึงกันได้อย่างรวดเร็ว เป็นโลกไร้พรมแดน ทักษะที่จำเป็นต่อการทำงานและการดำเนินชีวิตเปลี่ยนแปลงไปเพื่อให้ตอบสนองกับบริบทของโลกปัจจุบัน โดยทักษะส่วนใหญ่เน้นไปที่ทักษะการคิดระดับสูง การวิเคราะห์แก้ปัญหา คิดอย่างสร้างสรรค์ ทักษะในการสื่อสารโดยใช้เทคโนโลยีเป็นสื่อกลาง เพื่อให้บรรลุเป้าหมายทั้งด้านความรู้ คุณค่า ทัศนคติ ภายใต้สภาพแวดล้อมที่หลากหลาย การศึกษาจึงเป็นเสาหลักของการพัฒนาที่ยั่งยืน และมีบทบาทสำคัญในการสร้างและเตรียมเยาวชนของชาติให้รับรู้และตระหนักถึงความสำคัญของการศึกษาและประยุกต์ใช้ความรู้ในชีวิตประจำวันที่มีความซับซ้อนมากขึ้นในโลกปัจจุบัน (วชิระ ศรีคุ้ม. 2559: 1)

ที่ผ่านมาผลสัมฤทธิ์ของนักเรียน ทั้งด้านการอ่าน วิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ จากโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนักเรียนนานาชาติ (Programme for Economic Co-operation and Development หรือ PISA) โดยองค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาเศรษฐกิจ (Organisation for Economic Co-operation and Development หรือ OECD) ที่ได้ประเมินคุณภาพของระบบการศึกษาในการเตรียมความพร้อมให้ประชาชนมีศักยภาพหรือความสามารถพื้นฐาน ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในโลกที่เปลี่ยนแปลง โดย PISA เน้นการประเมินสมรรถนะของนักเรียนเกี่ยวกับการใช้ความรู้และทักษะในชีวิตจริงมากกว่าการเรียนรู้ตามหลักสูตรในโรงเรียน จากรายงานผลการประเมินในครั้งล่าสุดที่ผ่านมาปี 2015 (พ.ศ. 2560) ประเทศไทยมีแนวโน้มของผล การประเมินของนักเรียนไทยจากปี 2009 ถึง 2012 ที่ดีขึ้น ซึ่งพิจารณาจากผลด้านวิทยาศาสตร์จากระดับคะแนนเฉลี่ย 425 ในปี 2009 เพิ่มขึ้นเป็นคะแนนเฉลี่ยที่ 444 ในปี 2012 แต่อย่างไรก็ตามคะแนนเฉลี่ยของประเทศไทยก็ยังต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยของ OECD (วชิระ ศรีคุ้ม. 2559: 1-2; ทวีพร บุญวานิช. 2559: 13-14) จากผลการประเมินจะเห็นได้ว่าการพัฒนาศักยภาพของผู้เรียนและยกระดับมาตรฐานการเรียนรู้ในทุกมิติเป็นสิ่งสำคัญในการขับเคลื่อนและพัฒนาประเทศ การจัด การศึกษาจึงต้องเปลี่ยนแปลงทัศนะจากกระบวนทัศน์เดิมไปสู่กระบวนทัศน์ใหม่ ให้ผู้เรียนเกิด ความรักในการอ่าน

และการเรียนรู้ด้วยตนเองไปตลอดชีวิต จัดให้มีการเรียนการสอนที่ดี การชี้แนะ ที่ทำให้ผู้เรียนมีความพร้อม สนุกกับการเรียนรู้ และส่งเสริมให้ผู้เรียนมีแรงจูงใจภายในตัวเอง ที่อยากจะเรียนรู้ ผู้สอนต้องมีความรู้ความเข้าใจในการออกแบบและพัฒนากระบวนการจัดการเรียน การสอน และปรับเปลี่ยนกระบวนการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับยุคสมัยที่เปลี่ยนไป การเรียน การสอนในปัจจุบันจึงไม่ควรเน้นแค่เฉพาะเนื้อหาความรู้ (Knowledge) แต่ควรเป็นการเรียน การสอนที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่แท้จริง เน้นทักษะ ความรู้ และความเชี่ยวชาญ สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์ต่างๆ เพื่อให้เกิดทักษะ (Skills) และเป็นแนวทางให้ผู้เรียนค้นพบความถนัดของตนเอง สร้างแรงจูงใจในการวางแผนเป้าหมายในอนาคต ดังนั้นครูต้องเปลี่ยนบทบาท จากผู้สอนหรือการชี้นำความรู้ (Teacher) เป็นผู้ช่วยเหลือ (Facilitator) หรือสนับสนุน (Coach) มีทักษะความรู้ความสามารถในเชิงลึก วิเคราะห์ผู้เรียนได้ทั้งรูปแบบการเรียนรู้ สติปัญญา จุดอ่อน จุดแข็งในตัวผู้เรียน จัดกระบวนการเรียนการสอนได้เหมาะสมกับบริบททางการเรียนรู้ทั้งการเรียนรู้เป็นกลุ่มหรือการเรียนรู้รายบุคคล สร้างบรรยากาศให้เป็นชั้นเรียนสำหรับนวัตกรรมและ การออกแบบภายใต้การเรียนรู้เชิงบูรณาการ ให้ผู้เรียนได้ฝึกการวิเคราะห์ สังเคราะห์ ประยุกต์ใช้ สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่น แลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกันผ่านการปฏิบัติ แสวงหาความรู้จากสื่อและแหล่งเรียนรู้ต่างๆ ประเมินผู้เรียนเพื่อให้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) รวมทั้งพัฒนาผู้เรียน ทั้งในด้านร่างกาย อารมณ์ จิตใจ และสังคม เพื่อให้ผู้เรียนเรียนรู้อย่างมีความหมาย เกิดทักษะ เพื่อการดำรงชีวิตเชื่อมโยงความรู้สู่ชีวิตจริง (สำนักเลขาธิการสภาการศึกษา. 2559: 74; สำนักงานส่งเสริมสังคมแห่งการเรียนรู้และคุณภาพเยาวชน. 2557: 24; วิจารย์ พานิช. 2556. ออนไลน์)

สะเต็มศึกษามีจุดเริ่มต้นมาจากประเทศสหรัฐอเมริกา โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อยกระดับคุณภาพของคนในประเทศและเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันด้านต่างๆ กับนานาชาติ อันเนื่องมาจากความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีที่พัฒนาไปอย่างรวดเร็วทำให้ความสามารถในการแข่งขันของประเทศสหรัฐอเมริกาซึ่งเคยเป็นผู้นำทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีลดลงไป ทำให้หน่วยงานต่างๆ ร่วมกันหาแนวทางเพื่อแก้ไขปัญหา โดยนโยบายปฏิรูปการศึกษาแบบสะเต็มศึกษาจึงถูกนำมาใช้เพื่อปรับเปลี่ยนระบบการศึกษาให้สอดคล้องกับการเรียนรู้สำหรับศตวรรษที่ 21 โดยมุ่งพัฒนาให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจถึงความสัมพันธ์ผลกระทบทั้งแง่บวกและแง่ลบของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เรียนด้วยความกระตือรือร้น อยากเรียนด้วยความเข้าใจ และมีความต้องการที่จะเรียนรู้ตลอดชีวิต มีจุดมุ่งหมายที่จะนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในชีวิตหรือสามารถแก้ปัญหาต่างๆ ได้ เน้นกระบวนการที่ทำให้ผู้เรียนมีบทบาทอย่างเต็มที่ ได้รับการพัฒนาอย่างเต็มศักยภาพและมีโอกาสได้ลงมือปฏิบัติจริง สามารถตั้งคำถามและระบุปัญหา มีความคิดริเริ่มและแรงจูงใจ ประยุกต์ใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีกับกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์มาใช้ในการสร้างสรรค์นวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ (Morrison. 2006: 2-3; พรทิพย์ ศิริภักตราชัย. 2556: 51; วรรณพงษ์ เตรียมโพธิ์; และอาทร นกแก้ว. 2556: 11)

สำหรับประเทศไทยเริ่มนำสะเต็มศึกษามาใช้โดยความร่วมมือระหว่างสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) และสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) กระทรวงศึกษาธิการ และเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของสะเต็มศึกษาอย่างมีประสิทธิภาพ โดยคำนึงถึงการทำความเข้าใจ การศึกษาถึงแนวทางที่ถูกต้อง ผลการศึกษาวิจัย และองค์ประกอบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ในปี พ.ศ. 2556 จึงได้มีการสร้างศูนย์เรียนรู้นาร่อง 10 จังหวัด ซึ่งแต่ละจังหวัดจะมีจำนวน 3 โรงเรียน รวม 30 โรงเรียน เพื่อสร้างแนวทางการดำเนินงานและวัดผลให้เป็นรูปธรรม หลังจากนั้นจึงจะได้ออกไปสู่วงกว้างต่อไป สะเต็มศึกษาจึงเป็นนวัตกรรมการจัดการศึกษา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อสร้างคนไทยรุ่นใหม่ให้มีทักษะในศตวรรษที่ 21 และทักษะในการสร้างนวัตกรรมที่จะช่วยเสริมความสามารถในการแข่งขันของประเทศ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2557)

สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นการเรียนรู้แบบบูรณาการ ที่ใช้ความรู้และทักษะ ในด้านต่างๆ ผ่านกิจกรรม (Activity based) หรือการทำโครงการ (Project based) ที่เหมาะสม กับวัย และระดับชั้นของผู้เรียน มุ่งแก้ไขปัญหาที่พบในชีวิตจริง เพื่อเสริมสร้างประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ เป็นแนวทางการจัดการศึกษาหนึ่งที่ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะและสมรรถนะที่สอดคล้องกับความต้องการที่เปลี่ยนแปลงไปตามสังคมปัจจุบันและความก้าวหน้า ในศตวรรษที่ 21 ที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม คณิตศาสตร์ และพฤติกรรม ที่คาดหวังให้เกิดขึ้นกับ ผู้เรียนเข้ากับการเรียนรู้เนื้อหา รวมถึงการกระตุ้นให้เกิดความสนใจในการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry) การสำรวจตรวจสอบ การคิดอย่างมีเหตุผลในเชิงตรรกะ รวมถึงทักษะของการเรียนรู้แบบ ร่วมมือ (Collaborative) เน้นกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้เรียนได้มีโอกาสลงมือทำ โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนแต่ละคนที่มีพื้นฐานความรู้และความคิดที่แตกต่างกันได้มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน กระตุ้นให้เกิด การพัฒนาทักษะการคิดเชิงสร้างสรรค์และการคิดเชิงวิจารณ์ (Creative and critical thinking) ซึ่งจะช่วยพัฒนาความคิดขั้นสูง (Higher order thinking) ตามแนวคิดทฤษฎีการเรียนรู้ของบลูม (Bloom's taxonomy) (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.2557: 3 - 4; วรรณพงษ์ เจริญโพธิ์; และอาทร นกแก้ว.2556:13)

แนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม (Science and Engineering Practices) เป็นการหลอมรวมกันของความรู้และทักษะของสาขาวิชานั้นๆ ถูกนำมาใช้แทนการสืบเสาะความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ สามารถแบ่งออกเป็นสามส่วนหลักๆ คือ 1) สืบเสาะ ค้นคว้า ที่นักเรียนตั้งคำถามจาก ปรากฏการณ์ที่เห็นในชีวิตประจำวัน รวมทั้งการออกแบบและทำการทดลอง และลงมือเก็บข้อมูล 2) พัฒนาคำอธิบายและแนวทางแก้ปัญหา ที่นักเรียนเสนอคำอธิบายและแนวทางการแก้ปัญหาทาง วิศวกรรมจากหลักฐานที่หาได้ และ 3) ส่วนประเมินผล ที่นักเรียนต้องอาศัยการคิดวิเคราะห์ วิเคราะห์ ได้แย้ง ทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้แนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมที่สร้างขึ้นใหม่นี้ยังคงไว้ ซึ่ง หลักของกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ แต่แนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม ที่ถูก นำเสนอขึ้นมาใหม่นี้ได้เพิ่มส่วนของกระบวนการวิเคราะห์ วิเคราะห์ ได้แย้ง ในทุกๆ ขั้นตอน ของการ สร้างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และแก้ปัญหาทางวิศวกรรม อีกทั้งยังให้ความสำคัญกับ การใช้

แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมในห้องเรียนมากยิ่งขึ้น เพื่อให้มีการจัดการเรียนรู้สำหรับนักเรียนในศตวรรษที่ 21 ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2557: 4, 9)

การนำแนวคิดแบบสะเต็มศึกษา ลงสู่ภาคปฏิบัติในชั้นเรียน สามารถทำได้ในรูปของการบูรณาการด้านเนื้อหา ทักษะการปฏิบัติการ กิจกรรมการเรียนรู้ และประยุกต์ความรู้ที่สามารถปฏิบัติได้ ซึ่งการบูรณาการสามารถจัดการเรียนรู้ให้เกิดได้ทั้งภายในวิชา (Disciplinary) โดยเชื่อมโยงสาระ การเรียนรู้ต่างๆ กับชีวิตจริง เพื่อให้มีลักษณะกลมกลืนเป็นหัวเรื่อง โดยผู้สอนวิชาใดวิชาหนึ่งจะนำวิชาอื่นๆ ของสะเต็มศึกษามารวมบูรณาการกับวิชาที่ตนเองสอน การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ (Multidisciplinary) ที่ผู้สอนหลายคนจากวิชาต่างๆ ของสะเต็มศึกษามาวางแผนการสอนร่วมกัน เพื่อสอนเกี่ยวกับหัวเรื่อง (Theme) แนวคิด (Concept) หรือปัญหา (Problem) และกำหนดภาพรวมของโครงการร่วมกันให้ออกมาเป็นชิ้นงาน การบูรณาการแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary) ที่ผู้สอนหลายคนจากวิชาต่างๆ ของสะเต็มศึกษามาวางแผนการสอนร่วมกัน เพื่อรวมความคิดรวบยอดหลัก (Main concept) และนำมาจัดทำเป็นหัวเรื่อง แนวคิด หรือปัญหา ผู้สอนแต่ละคนจากแต่ละวิชาทำการสอนคู่ขนาน และการบูรณาการข้ามสาขาวิชา (Transdisciplinary) เป็นการบูรณาการที่ผู้สอนหลายคนจากวิชาต่างๆ ของสะเต็มศึกษามาวางแผนการสอนร่วมกันในองค์ประกอบของหัวเรื่อง แนวคิด หรือปัญหา โดยกำหนดเป็นโครงการและสอนร่วมกันเป็นทีม โดยทำกิจกรรมผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม กระตุ้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ สำรวจตรวจสอบผ่านปัญหาที่เป็นแบบปลายเปิด มีส่วนร่วมในการทำงานเป็นทีม ประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ที่ได้เรียน หาแนวทางแก้ปัญหาได้หลายแนวทาง และถือว่าความผิดพลาดเป็นส่วนหนึ่งของการเรียนรู้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2557: 5-6; อภิสิทธิ์ ธงไชย. 2557: 25,29; สิริินภา กิจเกื้อกูล. 2558: 155, 157)

การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ เป็นกระบวนการหนึ่งที่ทำให้ผู้สอนได้สารสนเทศไปใช้ในการพัฒนาการเรียนรู้และตัดสินผลการเรียนของผู้เรียน จุดมุ่งหมายสำคัญของการประเมิน เพื่อพัฒนาความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะของผู้เรียนเป็นสำคัญ สะเต็มศึกษาเป็นแนวทาง การจัดการเรียนรู้ที่เน้นพัฒนาทักษะต่างๆ ในศตวรรษที่ 21 ดังนั้นการวัดประเมินผลจากการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาจึงควรเป็นการประเมินผู้เรียนตามสภาพจริงจากการปฏิบัติกิจกรรมโดยใช้วิธีการที่หลากหลายในสถานการณ์ต่างๆ ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง มีผู้ประเมินหลายฝ่าย และครูผู้สอนควรประเมินผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง โดยเน้นกระบวนการทำงานและผลผลิตของงาน ตลอดช่วงเวลาการเรียนรู้ทั้งก่อน ระหว่าง และหลังจัดกิจกรรม ในด้านการประยุกต์ใช้ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ (กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม) และ ด้านเทคโนโลยี รวมทั้งทักษะในด้านต่างๆ ทศนคติและเจตคติต่อกลุ่มวิชาสะเต็มศึกษาด้วยเช่นเดียวกัน กระบวนการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษาต้องมีการประเมินที่ถูกต้องแน่นอน ในสถานการณ์ที่มีความซับซ้อนและเฉพาะ รวมทั้งทักษะกระบวนการแบบสะเต็มศึกษาที่สอดคล้องกับปัญหาและบริบท ผู้เรียนมีทักษะการเผชิญปัญหานั้นด้วยแนวคิดสะเต็มศึกษา ในขณะนี้ยังไม่มีแนวทางการวัดและประเมินผลตามแนวทางสะเต็มศึกษาอย่างเป็นรูปธรรม กรอบที่ถูกนำมาใช้ในการวัดและ

ประเมินผลจึงเป็นเพียงแนวความคิดหลักของวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี (วชิระ ศรีคุ้ม. 2559: 9; สุธีระ ประเสริฐสรรพ. 2558: 180; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2557: 4; ศิริชัย กาญจนวาสี. 2556: 23) ทั้งนี้ ผู้วิจัยยังไม่พบว่า มีนักวิชาการหรือนักวิจัยท่านใดได้สร้างแบบประเมินการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาไว้อย่างชัดเจน

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า มิติที่ใช้ในการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา มี 5 ด้าน ได้แก่ 1) ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา 2) ความสามารถในการออกแบบการจัดการเรียนรู้บูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา 3) พฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา 4) พฤติกรรมกรอำนวยการอำนวยความสะดวกและการให้คำปรึกษา และ 5) การประเมินกระบวนการทำงานและผลงานของผู้เรียน (Kim & Kim. 2016; จำรัส อินทลาภาพร และคนอื่นๆ . 2558; จำรัส อินทลาภาพร. 2558; Means et al. 2015; Emily et al. 2014; Moore. 2014; Dancy et al. 2012; Sublette. 2013; Stohlmann et al. 2012.) อย่างไรก็ตามในประเทศไทยยังไม่มี แนวทางการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ชัดเจน รวมถึงยังไม่มี การพัฒนาตัวบ่งชี้การประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา ดังนั้น ผู้วิจัย จึงสนใจที่จะสร้างตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา และศึกษาองค์ประกอบของตัวบ่งชี้การประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา สารสนเทศที่ได้จากการวิจัยสามารถใช้เป็นแนวทางการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครู ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อเตรียมความพร้อมในการพัฒนาคุณภาพของประชากรเพื่อยกระดับขีดความสามารถของประเทศให้ทัดเทียมนานาชาติและดำรงชีวิตอยู่ในโลกที่มีความเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

ความมุ่งหมายของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อสร้างตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา
2. เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครู ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
3. เพื่อประเมินคุณภาพของตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ความสำคัญของการวิจัย

ตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ มีความสำคัญดังนี้

1. ครูสามารถนำตัวบ่งชี้ไปใช้ในการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทาง สะเต็มศึกษาของตนเอง และวางแผนการปรับปรุงหรือพัฒนาการจัดการเรียนรู้ของตนเอง ให้มีประสิทธิภาพ
2. สถาบันการศึกษาสามารถนำผลการวิจัยไปใช้เป็นแนวทางในการกำหนดตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อเตรียมความพร้อมในการรองรับการพัฒนาโรงเรียนในประเทศให้มีมาตรฐานสากลที่มีคุณภาพ และมีประสิทธิภาพ อันเป็นประโยชน์ต่อครูและนักเรียนได้ใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาตนเอง
3. หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำผลการวิจัยไปใช้เป็นแนวทางในการกำหนดตัวบ่งชี้เพื่อพัฒนาคุณภาพการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษาและกำหนดทิศทาง การพัฒนาการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาได้อย่างเหมาะสม

ขอบเขตของการวิจัย

ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการวิจัยใน 3 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 การสร้างตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ผู้วิจัยกำหนดตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทาง สะเต็มศึกษา โดยใช้วิธีการสังเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปสู่การพัฒนาตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ระยะที่ 2 การวิเคราะห์องค์ประกอบของตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นครูที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา ในโรงเรียนที่เข้าร่วมโรงเรียนเครือข่ายสะเต็มศึกษา ในภูมิภาคต่างๆ จำนวน 13 ศูนย์สะเต็มศึกษาภาค จำนวน 91 โรงเรียน ประกอบด้วยโรงเรียนมัธยมศึกษา 39 โรงเรียน โรงเรียนขยายโอกาส 26 โรงเรียน และโรงเรียนประถมศึกษา 26 โรงเรียน

ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นครูที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนการสอนตามแนวทาง สะเต็มศึกษา จำนวน 520 คน ในโรงเรียนที่เข้าร่วมโรงเรียนเครือข่ายสะเต็มศึกษา ในภูมิภาคต่างๆ 13 ศูนย์สะเต็มศึกษาภาค จำนวน 52 โรงเรียน ได้มาจากการสุ่มแบบสองขั้นตอน (Two-stage random sampling)

ระยะที่ 3 การประเมินคุณภาพของตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ผู้ให้ข้อมูล คือ ผู้เชี่ยวชาญจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) จำนวน 5 คน และ ครูผู้เชี่ยวชาญในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จำนวน 5 คน

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

การพัฒนาตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่

1. ตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษาจากการสังเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มี 5 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา 2) ด้านความสามารถในการออกแบบการจัดการเรียนรู้บูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา 3) ด้านพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา 4) ด้านพฤติกรรมการอำนวยความสะดวกและให้คำปรึกษา และ 5) ด้านการประเมินกระบวนการทำงานและผลงานของผู้เรียน

2. คุณภาพของตัวบ่งชี้การจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา พิจารณาตามเกณฑ์มาตรฐานการประเมิน 4 ด้าน คือ 1) ด้านความถูกต้อง (Accuracy Standards) 2) ด้านมีประโยชน์ (Utility Standards) 3) ด้านความเหมาะสม (Propriety Standards) และ 4) ด้านความเป็นไปได้ (Feasibility Standards)

นิยามศัพท์เฉพาะ

การศึกษครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นิยามศัพท์เฉพาะที่สำคัญและเกี่ยวข้องกับการศึกษา ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา หมายถึง การเรียนรู้ของครูที่ บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ เข้าด้วยกัน เน้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้เรียนได้มีโอกาสลงมือทำเพื่อหาคำตอบ โดยทำกิจกรรมผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม กระตุ้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ สำรวจตรวจสอบผ่านปัญหาที่เป็นแบบปลายเปิด มีส่วนร่วมในการทำงานเป็นทีม ประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ในการแก้ปัญหา

2. ตัวบ่งชี้ หมายถึง ตัวแปรที่บ่งบอกถึงสภาพของการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา

3. การพัฒนาตัวบ่งชี้ หมายถึง กระบวนการที่ใช้ในการพัฒนาตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา ประกอบด้วย การกำหนดวัตถุประสงค์ การนิยามตัวบ่งชี้ การสร้างเครื่องมือเพื่อวัดและตรวจสอบคุณภาพของตัวบ่งชี้

4. การประเมินคุณภาพตัวบ่งชี้ หมายถึง กระบวนการในการตรวจสอบหรือพิจารณาตัดสินคุณภาพของตัวบ่งชี้การประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษาใน 4 ด้าน คือ

4.1 ด้านความถูกต้อง (Accuracy Standard) หมายถึง ตัวบ่งชี้สามารถประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษาได้ตรงตามประเด็นที่มุ่งวัด รวมทั้งมีการวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลอย่างถูกต้อง

4.2 ด้านความมีประโยชน์ (Utility Standards) หมายถึง ตัวบ่งชี้สามารถประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษาได้อย่างครอบคลุม รวมทั้งมีการแปลความหมายและตัดสินผลการประเมินตามตัวบ่งชี้อย่างชัดเจน

4.3 ด้านความเหมาะสม (Propriety Standards) หมายถึง ตัวบ่งชี้สามารถประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษาได้อย่างยุติธรรม

4.4 ด้านความเป็นไปได้ (Feasibility Standards) หมายถึง ตัวบ่งชี้สามารถนำไปใช้ประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษาได้จริงและเป็นที่ยอมรับ

5. ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา หมายถึง ความสามารถของครูในการอธิบายแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาได้อย่างถูกต้อง

6. การออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา หมายถึง ความสามารถของครูในการวางแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยจัดเตรียมเนื้อหาสาระ กระบวนการจัดการเรียนรู้ สื่อการสอน และการวัดประเมินผลการเรียนรู้

7. การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา หมายถึง พฤติกรรมของครูในการจัดการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงการที่บูรณาการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยให้ผู้เรียนทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจ และฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และนำความรู้มาออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวัน

8. การอำนวยความสะดวกและให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียน หมายถึง ความสามารถของครูในการทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกและผู้ให้คำปรึกษาที่ดีแก่ผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนบรรลุเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

9. การวัดประเมินผลการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา หมายถึง พฤติกรรมของครูในการวัดประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนให้ครอบคลุมในทุกด้าน โดยใช้การประเมินตามสภาพจริง ด้วยวิธีการที่หลากหลายและต่อเนื่อง เปิดโอกาสให้ผู้เรียนและเพื่อนในชั้นเรียนมีส่วนร่วมในการวัดประเมิน รวมทั้งมีการสะท้อนผลการประเมินให้ผู้เรียนรับทราบ และนำผลการประเมิน ไปใช้ในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง

กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากการสังเคราะห์แนวคิด ทฤษฎีการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทาง สะเต็มศึกษา พบว่า ตัวบ่งชี้ที่ใช้ในการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา มี 5 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทาง สะเต็มศึกษา 2) ด้านความสามารถในการออกแบบการจัดการเรียนรู้บูรณาการตามแนวทาง สะเต็มศึกษา 3) ด้าน พฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา 4) ด้านพฤติกรรมการอำนวยความสะดวก สะดวกและให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียน และ 5) ด้านการประเมินกระบวนการทำงานและผลงานของผู้เรียน (Kim & Kim. 2016; จำรัส อินทลาภาพร และคนอื่นๆ . 2558; จำรัส อินทลาภาพร. 2558; Means et al. 2015; Emily et al. 2014; Moore. 2014; Dancy et al. 2012; Sublette. 2013; Stohlmann et al. 2012.) และเพื่อให้ตัวบ่งชี้ที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพ จึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบ คุณภาพของตัวบ่งชี้ตามเกณฑ์มาตรฐานการประเมิน (The Joint Committee on Standards for Educational Evaluation. 1994) 4 ด้าน คือ 1) ด้านความถูกต้อง 2) ด้านความมีประโยชน์ 3) ด้าน ความเหมาะสม 4) ด้านความเป็นไปได้ ดังภาพประกอบ 1

ตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทาง สะเต็ม ศึกษา

1. ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทาง สะเต็มศึกษา
2. ความสามารถในการออกแบบการจัดการเรียนรู้บูรณาการ ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
3. พฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา
4. พฤติกรรมการอำนวยความสะดวกและการให้คำปรึกษา แก่ผู้เรียน
5. การประเมินกระบวนการทำงานและผลงานของผู้เรียน



คุณภาพของตัวบ่งชี้

1. ความถูกต้อง
2. ความมีประโยชน์
3. ความเหมาะสม
4. ความเป็นไปได้

ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการพัฒนาตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษา ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยขอเสนอเนื้อหาครอบคลุม หัวข้อต่างๆ ตามลำดับดังนี้

ตอนที่ 1 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา

- 1.1 ความเป็นมาของสะเต็มศึกษา
- 1.2 ความหมายของสะเต็มศึกษา
- 1.3 แนวคิดและลักษณะของสะเต็มศึกษา
- 1.4 การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
- 1.5 องค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ตอนที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับตัวบ่งชี้

- 2.1 ความหมายของตัวบ่งชี้
- 2.2 ประเภทของตัวบ่งชี้
- 2.3 ลักษณะสำคัญของตัวบ่งชี้
- 2.4 คุณสมบัติที่ดีของตัวบ่งชี้
- 2.5 ประโยชน์ของตัวบ่งชี้
- 2.6 การพัฒนาตัวบ่งชี้ทางการศึกษา

ตอนที่ 3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- 3.1 งานวิจัยในประเทศ
- 3.2 งานวิจัยต่างประเทศ

ตอนที่ 1 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา

1.1 ความเป็นมาของสะเต็มศึกษา

สะเต็มมีจุดเริ่มต้นมาจากประเทศสหรัฐอเมริกา โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อยกระดับคุณภาพของคนในประเทศและเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันด้านต่างๆ กับนานาชาติ อันเนื่องมาจากความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่พัฒนาไปอย่างรวดเร็วทำให้ความสามารถในการแข่งขันของประเทศสหรัฐอเมริกาซึ่งเคยเป็นผู้นำทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีลดลงไป ดังจะเห็นได้จากผลการทดสอบในโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Program for International Student Assessment: PISA) และ ทดสอบด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ระดับสากล (Trend in International Mathematics and Science Study: TIMSS) พบว่าคะแนนเฉลี่ยจากการประเมินผลด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าหลายประเทศในกลุ่ม OECD และหลายประเทศในเอเชีย

นอกจากนี้นักเรียน นักศึกษาที่สนใจเรียนทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ลดจำนวนลง ประชากรวัยทำงานทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมเองก็มีจำนวนน้อยลงเช่นกัน ทำให้หน่วยงานต่างๆ ได้แก่ องค์การวิชาการวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (National Academy of science) องค์การวิชาการด้านวิศวกรรมศาสตร์แห่งชาติ (National Academy of Engineering) และสถาบันทางการแพทย์ (Institute of Medicine) ร่วมกันหาแนวทางเพื่อแก้ไขปัญหา โดยนโยบายปฏิรูปการศึกษาแบบสะเต็มศึกษา จึงถูกนำมาใช้เพื่อปรับเปลี่ยนระบบการศึกษาให้สอดคล้องกับการเรียนรู้สำหรับศตวรรษที่ 21 (พรทิพย์ ศิริภทราชย์. 2556: 51)

เป้าหมายของสะเต็มมุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ ความเข้าใจถึงความสัมพันธ์ของผลกระทบทั้งแง่บวกและแง่ลบของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เรียนด้วย ความกระตือรือร้น ใฝ่หาอยากเรียนด้วยความเข้าใจ และมีความต้องการที่จะเรียนรู้ตลอดชีวิต มีจุดมุ่งหมายที่จะนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในชีวิตหรือสามารถแก้ปัญหาต่างๆ ได้ เน้นกระบวนการที่ให้ผู้เรียนมีบทบาทอย่างเต็มที่ ได้รับการพัฒนาอย่างเต็มศักยภาพและมีโอกาส ได้ลงมือปฏิบัติจริง (วรรณพงษ์ เจริญโพธิ์; และอาทร นกแก้ว. 2556: 11) โดยลักษณะของผู้เรียน ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็ม ควรมีดังต่อไปนี้ (Morrison. 2006: 2 - 3)

1. เป็นนักแก้ปัญหา โดยผู้เรียนสามารถตั้งคำถามและระบุปัญหา ออกแบบแนวทาง การรวบรวม จัดระบบข้อมูล ลงข้อมูลสรุปและประยุกต์ใช้ความรู้ที่ได้ในสถานการณ์ใหม่
2. เป็นนักสร้างสรรค์นวัตกรรม ในการประยุกต์ใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีกับกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์อย่างสร้างสรรค์
3. เป็นนักประดิษฐ์ รู้ถึงความต้องการของสังคมเพื่อเป็นพื้นฐานในการออกแบบ ตรวจสอบ ปรับปรุงและแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์อย่างสร้างสรรค์เพื่อสนองกับความต้องการที่แท้จริง
4. เป็นนักพึ่งพาตนเอง ที่สามารถนำความคิดริเริ่มและแรงจูงใจภายในมาใช้ใน การสร้างและพัฒนาความเชื่อมั่นในตนเองให้สามารถทำงานได้ภายใต้กรอบเวลาที่กำหนด
5. เป็นนักคิดอย่างมีเหตุผล ประยุกต์กระบวนการคิดอย่างมีเหตุผลของวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และการออกแบบด้านวิศวกรรมศาสตร์มาใช้ในการสร้างสรรค์นวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ
6. เป็นผู้รู้ด้านเทคโนโลยี คือ เข้าใจและอธิบายธรรมชาติของเทคโนโลยี การพัฒนาทักษะที่จำเป็นและประยุกต์ใช้เทคโนโลยีได้อย่างเหมาะสม

อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าสะเต็มศึกษาจะสามารถตอบโจทย์ของระบบเศรษฐกิจแบบทุนนิยมดังที่ตั้งสมมติฐานไว้ แต่ในการที่จะขับเคลื่อนสะเต็มให้ใช้ได้อย่างเกิดผลสัมฤทธิ์แห่งการเรียนรู้สูงสุดสร้างทรัพยากรมนุษย์จากระบบการศึกษาให้เป็นคนดี คนเก่ง ที่มีวิถีชีวิตแบบสมดุลและเหมาะสมกับประเทศต่างๆ นั้น การนำเอา USA-based STEM มาใช้ ควรตระหนักว่าประเทศสหรัฐอเมริกา มีจุดมุ่งหมายของนำไปใช้เพื่อการสร้างขีดความสามารถในการแข่งขัน โดยเฉพาะบุคลากร ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งการใช้สะเต็มเป็นฐานเพื่อตอบโจทย์ด้านเศรษฐกิจ

หรือระบบทุนนิยม อาจจะไม่ใช่แนวทางที่สอดคล้องและเหมาะสมกับบริบทของประเทศไทย ดังนั้น นักการศึกษาและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทั้งครู อาจารย์ ผู้บริหาร ต้องวิเคราะห์และทำความเข้าใจอย่าง ถ่องแท้เพื่อนำไปใช้ได้ถูกต้อง ลดความเข้าใจคลาดเคลื่อน ที่จะส่งผลให้เกิดผลกระทบในการ จัดการศึกษาในอนาคต (พรทิพย์ ศิริภักตราชัย. 2556: 51; วรรณพงษ์ เจริญโพธิ์; และอาทร นกแก้ว. 2556: 12)

1.2 ความหมายของสะเต็มศึกษาศึกษา

สะเต็มศึกษา (Science Technology Engineering a Mathematics Education: STEM) เป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และ คณิตศาสตร์ ที่มุ่งแก้ไขปัญหาที่พบเห็นในชีวิตจริง เพื่อเสริมสร้างประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิด สร้างสรรค์ และเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนในการปฏิบัติงานที่ต้องใช้องค์ความรู้และ ทักษะกระบวนการด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งนำไปสู่การสร้างนวัตกรรม ในอนาคต (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2557: 4)

STEM เป็นแนววิธีการศึกษาที่ต้องมีการเชื่อมโยง (Link or Connect) ระหว่างศาสตร์และ สิ่งที่เกิดขึ้นในโลก เป็นการเชื่อมต่อบetweenศาสตร์ต่างๆ และวิธีการบูรณาการ (Integration) อย่าง เหมาะสมเป็นประโยชน์และตอบโจทย์ที่ต้องการตามเจตนารมณ์ของ STEM ที่เน้นการสร้าง หรือหา คำตอบ (Creation) แบบสืบเสาะ (Inquiry) โดยเน้นที่การทำงานเป็นทีมเพื่อการเรียนรู้ (Collaborative) ซึ่งแนวทางนี้เน้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้เรียนได้มีโอกาสลงมือทำ หาก พิจารณา ก็จะสอดคล้องกับการเรียนรู้ทั้งแบบ Active learning หรือ Learner-centered ดังนั้นการ จัดกระบวนการเรียนการสอนแบบสะเต็ม จึงมักใช้วิธีการของ Project based learning หรือ Problem based learning โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนแต่ละคนที่มีพื้นฐานความรู้และความคิดที่แตกต่าง กัน ได้มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ กระตุ้นให้เกิดการพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์และการคิดเชิง วิจัยญาณ (Creative and Critical Thinking) ประกอบกับส่งเสริมให้เกิดความมั่นใจและความเป็น ผู้นำผ่านการวิพากษ์หรือถกประเด็น โต้กัน (Discuss and debate) ซึ่งจะช่วยพัฒนาความคิดขั้นสูง (Higher order thinking)

ความหมายของสะเต็มศึกษาอาจมีความแตกต่าง แต่เมื่อกล่าวถึงสะเต็มศึกษา ในแต่ละ ท้องที่ก็มักอ้างถึงการรู้เรื่องสะเต็ม (STEM Literacy) ที่เป็นแกนหลักหรือเป้าหมายที่สำคัญในการพัฒนา ผู้เรียน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ (วชิระ คุ่มศรี. 2559: 4 อ้างอิงจาก Honey; et al. 2014: np)

1. ความตระหนักต่อบทบาทของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ในสังคมหรือในชีวิตประจำวัน กล่าวคือ ผู้เรียนมีความเข้าใจและสามารถอธิบายความสำคัญขององค์ ความรู้ด้านสะเต็มที่มีผลต่อการใช้ชีวิตประจำวันในด้านต่างๆ

2. ความคุ้นเคยหรือคุ้นชินต่อหลักการหรือแนวคิดเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ นั่นคือ ผู้เรียนสามารถแสดงความเชื่อมโยงของแนวคิดทางสะเต็มศึกษากับปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม

3. ความสามารถในการประยุกต์ใช้ทักษะกระบวนการ แนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน หรือในการทำงาน (อาชีพ) ต่างๆ ได้แก่ นั่นคือ ผู้เรียนสามารถแสดงความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะด้านสะเต็มศึกษา ในการแก้ปัญหาได้อย่างเป็นเหตุและเป็นผล รวมทั้งเข้าใจความสำคัญของความรู้ด้านสะเต็มต่อการประกอบอาชีพ

สะเต็ม (STEM) ย่อมาจากวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) ซึ่งล้วนเป็นวิชาที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีความรู้ความสามารถที่จะดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณภาพในโลกศตวรรษที่ 21 ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ความเป็นโลกาภิวัตน์ ตั้งอยู่บนพื้นฐานความรู้ และเต็มไปด้วยเทคโนโลยี อีกทั้งวิชาทั้งสี่เป็นวิชาที่มีความสำคัญ อย่างมากกับการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจ การพัฒนาคุณภาพชีวิต และความมั่นคงของประเทศ โดยมีรายละเอียด ดังนี้ (สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2558: 2; รัชพล ธรานวงศ์, 2556: 1)

องค์การวิชาการวิทยาศาสตร์แห่งชาติ หรือ National Academy of science: NAS ได้กล่าวถึงวิชาทั้งสี่ในสะเต็มศึกษา ดังนี้ (National Academy of science, 2014: 14)

1. วิทยาศาสตร์ (Science) หมายถึง การศึกษาโลกของธรรมชาติ กฎของธรรมชาติ ที่เกี่ยวข้องกับฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยา การประยุกต์ใช้ข้อเท็จจริง หลักการ แนวคิด ความสามารถที่จะเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสารวิชา และมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งความรู้วิทยาศาสตร์ที่ได้จากการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์

2. เทคโนโลยี (Technology) หมายถึง ความเข้าใจในเทคโนโลยีและความสามารถในการ ใช้ งาน จัดการ และเข้าถึงเทคโนโลยี ตลอดจนเทคโนโลยีสมัยใหม่ que สร้างสรรค์ขึ้นจากวิทยาศาสตร์และ วิศวกรรม

3. คณิตศาสตร์ (Mathematics) หมายถึง ความสามารถในการวิเคราะห์ ให้เหตุผล และ การประยุกต์แนวคิดทาง วิทยาศาสตร์ ศึกษารูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ จำนวน และพื้นที่ ได้แก่ การคำนวณพีชคณิต ฟังก์ชัน เรขาคณิต สถิติ และความน่าจะเป็น ซึ่งความรู้ด้านคณิตศาสตร์จะถูก นำมาใช้ในด้านวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี

4. วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) หมายถึง องค์ความรู้เกี่ยวกับการออกแบบและการ ก่อสร้าง ผลิตภัณฑ์ที่ถูกสร้างขึ้นโดยมนุษย์และกระบวนการในการแก้ปัญหา กระบวนการออกแบบซึ่ง อยู่ภายใต้ข้อจำกัดของกฎธรรมชาติหรือข้อจำกัดอื่นๆ ที่ใช้ความคิดด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และ เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือ

ในอดีตการเรียนรู้อาชีพทั้งสี่ในสะเต็มเป็นการเรียนรู้ที่แยกออกจากกันอย่างอิสระ (separate and independent) ดังเช่นการเรียนการสอนสะเต็มศึกษาในประเทศไทย หรือการเรียนการสอนสะเต็ม

ศึกษา ในประเทศสหรัฐอเมริกา ที่แยกวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีออกจากกันอย่างชัดเจน ซึ่งเดิมไม่ได้มีการเน้นวิชาวิศวกรรมศาสตร์มากนัก ปัจจุบันได้มีการเน้นการเรียนการสอนวิชาวิศวกรรมศาสตร์ให้มากขึ้นและชัดเจนกว่าเดิม เนื่องจากพบว่า การเน้นให้มีการเรียนรู้เนื้อหาวิชาวิศวกรรมศาสตร์มากยิ่งขึ้น นอกจากจะส่งเสริมให้การเรียนรู้เนื้อหาในวิชาวิทยาศาสตร์ มีความน่าสนใจและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นแล้วผู้เรียนยังได้ฝึกฝนทักษะการนำเนื้อหาที่ได้เรียนรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง และทำให้การเรียนรู้ สะเต็มศึกษาสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น (รักษพล ธนนวนวงศ์. 2556: 2)

การหลอมรวม 4 ศาสตร์วิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ เป็นหนึ่งเดียวทำได้โดยจัดการเรียนรู้ที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของการปฏิบัติการออกแบบ (Design-Based) การแก้ปัญหา (Problem Solving) การค้นพบ (Discovery) และการใช้ยุทธวิธีการสำรวจ (Exploratory Learning Strategies) ดังนั้นสะเต็มศึกษา อาจแบ่งเป็น 2 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การบูรณาการเนื้อหาวิชา ทางวิศวกรรมศาสตร์ ให้เป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตร 2) การบูรณาการทักษะทางวิศวกรรมศาสตร์ลงสู่ วิธีการเรียนรู้ (Learning Strategies) และวิธีการจัดการเรียนรู้ (Teaching Strategies) อาทิ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning) (สิรินภา กิจเกื้อกูล. 2558: 202; อ้างอิงจาก Robert. 2013)

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า สะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้ที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ เข้าด้วยกัน โดยเน้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้เรียนได้มีโอกาสลงมือทำเพื่อหาคำตอบ(Creation) แบบสืบเสาะ(Inquiry) โดยเน้นที่การทำงานเป็นทีมเพื่อการเรียนรู้(Collaborative) ซึ่งแนวทางนี้เน้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้เรียนได้มีโอกาสลงมือทำและได้ใช้กระบวนการคิดเกี่ยวกับสิ่งที่ได้ทำลงไป การจัดกระบวนการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา มักใช้วิธีการของการเรียนรู้ด้วยโครงงาน(Project based learning) หรือการใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem based learning) ให้ผู้เรียนแต่ละคนที่มีพื้นฐานความรู้และความคิดที่แตกต่างกัน ได้มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ กระตุ้นให้เกิดการพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์ และการคิดเชิงวิจารณ์ญาณ เพื่อให้ผู้เรียนเรียนรู้อย่างมีความหมาย เกิดทักษะเพื่อการดำรงชีวิตเชื่อมโยงความรู้สู่ชีวิตจริง สามารถที่จะดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณภาพในโลกศตวรรษที่ 21

1.3 แนวคิดและลักษณะของสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงงานที่บูรณาการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ผสมผสานกับแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยผู้เรียนจะได้ทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจ และฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี และได้นำความรู้มาออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการ เพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวันเพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบ เชิงวิศวกรรม (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2557: 4)

กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (Inquiry) มีบทบาทอย่างมากในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ กลุ่มนักวิชาการศึกษา นักจิตวิทยา หลากหลายกลุ่มคิดค้น และ นำกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ให้กับครูผู้สอนนำไปใช้ในห้องเรียน เช่น การจัดการเรียนรู้แบบ 5E, การจัดการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐาน, การเรียนรู้ที่มีแบบจำลองเป็นฐาน, การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ เพราะหวังว่าจะช่วยให้ครู ประสบความสำเร็จในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะในห้องเรียนและมีประสิทธิภาพ ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจ เข้าถึงหลักการและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างลึกซึ้ง แต่ความเป็นจริงกลับไม่เป็นเช่นนั้น ด้วยจำนวนเทคนิคและวิธีสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะที่มีมากมายนี้กลับสร้างปัญหาและความสับสนให้กับครูมากขึ้นกว่าเดิม (นิพนธ์ จันเลน. 2557: 6 - 8)

สภาวิจัยแห่งชาติสหรัฐอเมริกา จึงได้เสนอมาตรฐานวิทยาศาสตร์ยุคใหม่ (Next Generation Science Standards: NGSS) ที่ให้ความสำคัญกับ 3 เสาหลัก ได้แก่ 1. แนวคิดแกนหลักของสาขาวิชา (Disciplinary Core Ideas) 2. แนวคิดเชื่อมโยงระหว่างสาขาวิชา (Crosscutting Concepts) และ 3. แนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม (Science and Engineering Practices) ซึ่งเนื้อหาที่ปรากฏใน NGSS ไม่มีการกล่าวถึงการสอนแบบสืบเสาะ หรือ Inquiry อีกเลย แต่กลับพบว่ามีการใช้คำว่า แนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม (Science and Engineering Practices) แทนคำว่า การสืบเสาะความรู้ทางวิทยาศาสตร์

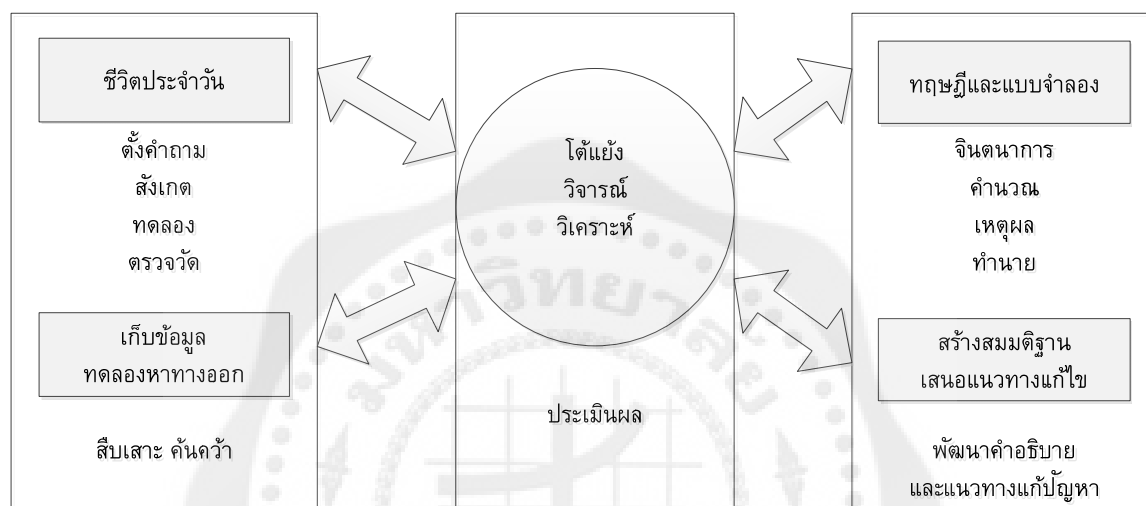
แนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม เป็นการหลอมรวมกันของความรู้และทักษะของสาขาวิชานั้นๆ ซึ่งไม่สามารถแยกออกจากกันได้ ผู้เรียนจะเข้าใจถึงแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมได้เมื่อได้ลงมือใช้ความรู้และทักษะนั้นในการลงมือปฏิบัติจริง ซึ่งมีแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมสำหรับห้องเรียนวิทยาศาสตร์ (Practices for K-21 Science Classrooms) ไว้ดังนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2557: 7 - 8)

1. ตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์และนิยามปัญหาทางวิศวกรรม (asking questions (for science) and defining problems (for engineering))
2. สร้างและใช้แบบจำลอง (developing and using models)
3. วางแผนและลงมือสืบค้นสำรวจ (planning and carrying out investigations)
4. วิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูล (analyzing and interpreting data)
5. ใช้การคิดวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์และการคำนวณ (using mathematics and computational thinking)
6. สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์หรือออกแบบวิธีการแก้ปัญหาทางวิศวกรรม (constructing explanations (for science) and designing solutions (for engineering))
7. ร่วมสนใจในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จากหลักฐานที่หามาได้ (engaging in argument from evidence)
8. สืบค้น ประเมิน และสื่อสารข้อมูล (obtaining, evaluating, and communicating information)

แนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม แบ่งออกเป็นสามส่วนหลักๆ คือ

1. สืบเสาะ ค้นหา ที่นักเรียนตั้งคำถามจากปรากฏการณ์ที่เห็นในชีวิตประจำวัน รวมทั้งการออกแบบและทำการทดลอง และลงมือเก็บข้อมูล 2. พัฒนาคำอธิบายและแนวทางแก้ปัญหา ที่นักเรียนเสนอคำอธิบายและแนวทางการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมจากหลักฐานที่หาได้ และ 3. ส่วนประเมินผล ที่นักเรียนต้องอาศัยการคิดวิเคราะห์ วิจัย ไต่แย้ง ทางวิทยาศาสตร์ ดังภาพประกอบ

2



ภาพประกอบ 2 แนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม

ที่มา: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). *INQUIRY กำลังจะหายไป*.

หน้า 8.

ซึ่งแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม สามารถนำไปทั้ง 4 วิชา ปรากฏดังตาราง 1

ตาราง 1 แนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม ในวิชาทั้ง 4 ของสะเต็มศึกษา

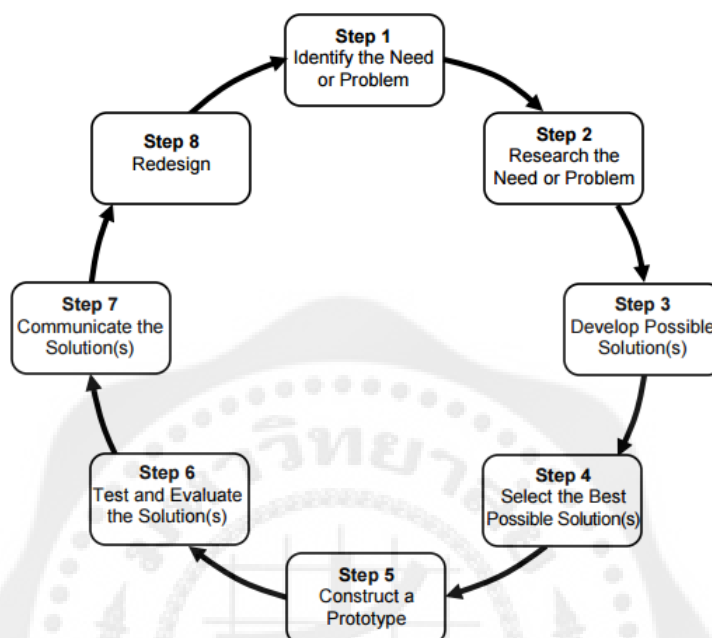
วิทยาศาสตร์ (Science)	วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering)	เทคโนโลยี (Technology)	คณิตศาสตร์ (Mathematics)
ตั้งคำถาม (เพื่อเข้าใจธรรมชาติ)	นิยามปัญหา (เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิต)	ตระหนักถึงบทบาทของเทคโนโลยีต่อสังคม	ทำความเข้าใจและพยายามแก้ปัญหา
พัฒนาและใช้โมเดล	พัฒนาและใช้โมเดล		ใช้คณิตศาสตร์ในการสร้างโมเดล
ออกแบบและลงมือทำการค้นคว้า วิจัย ทดลอง	ออกแบบและลงมือทำการค้นคว้า วิจัย ทดลอง	เรียนรู้วิธีการใช้งานเทคโนโลยีใหม่ๆ	ใช้เครื่องมือที่เหมาะสม ในการแก้ปัญหา
วิเคราะห์ข้อมูล	วิเคราะห์ข้อมูล		ให้ความสำคัญกับความแม่นยำ
ใช้คณิตศาสตร์ช่วยในการคำนวณ	ใช้คณิตศาสตร์ช่วยในการคำนวณ	เข้าใจบทบาทของเทคโนโลยีในการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม	ใช้ตัวเลขในการให้ความหมายหรือเหตุผล
สร้างคำอธิบาย	ออกแบบวิธีแก้ปัญหา		พยายามหาวิธีการและใช้โครงงานในการแก้ปัญหา
ใช้หลักฐานในการยืนยันแนวคิด	ใช้หลักฐานในการยืนยันแนวคิด	ตัดสินใจเลือกใช้เทคโนโลยีโดยพิจารณาถึงผลกระทบ ต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม	สร้างข้อโต้แย้งและสามารถวิพากษ์การให้เหตุผลของผู้อื่น
ประเมินและสื่อสารแนวคิด	ประเมินและสื่อสารแนวคิด		มองหาและนำเสนอระเบียบวิธีในการเหตุผล

ที่มา: อภิสิทธิ์ ธงไชย. (2557). *สะเต็มศึกษา (STEM Education)*. หน้า 20

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นขั้นตอนของการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ ซึ่งมีได้หลายรูปแบบแต่มีขั้นตอนหลักๆ ดังนี้ (National Center for Engineering and Technology Education. 2010)

1. การระบุปัญหา (Identify the Need or Problem) ทำความเข้าใจในสิ่งที่จำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ (Innovation) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว
2. การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Research the Need or Problem)
3. ประเมินความเป็นไปได้ (Develop Possible Solution)
4. เลือกแนวคิดหรือวิธีการที่ดีที่สุด (Select the Best Possible Solution(s))
5. กำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการ รวมถึงออกแบบและพัฒนาต้นแบบของผลผลิต (Construct a Prototype)
6. การทดสอบและประเมินผล (Test and Evaluate the Solution(s))

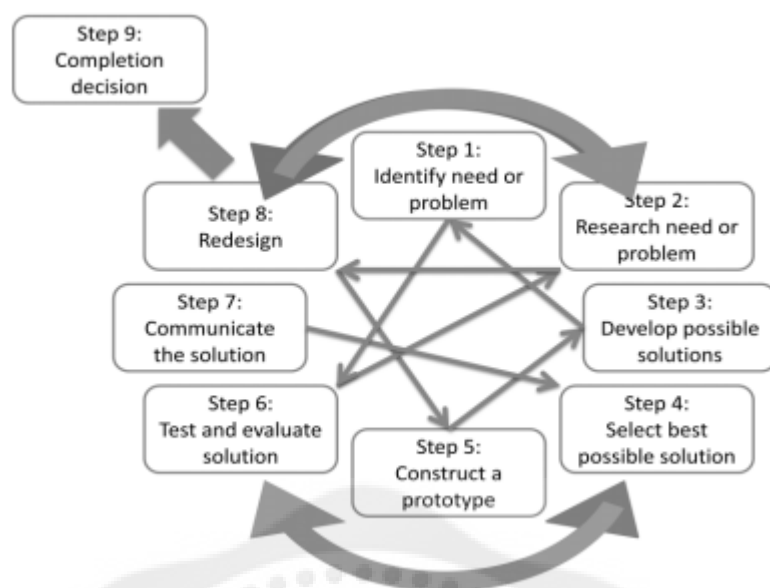
7. การนำเสนอผลลัพธ์ (Communicate the Solution(s))
8. พัฒนา ปรับปรุง (Redesign) ทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพที่ต้องการ ดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ที่มา: Massachusetts Department of Education. (2006). *Massachusetts Science and Technology/Engineering Curriculum Framework*. p.84.

อย่างไรก็ตาม การแก้ปัญหาตามขั้นตอนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนใช้ความคิดสร้างสรรค์ ออกแบบการวางแผน ระดมความคิด ทดสอบและประเมินผล และสื่อสารเป็นสิ่งที่จำเป็น ซึ่งอาจมีลำดับขั้นตอนการดำเนินงานแตกต่างกันออกไป โดยอาจมีการสลับขั้นตอนหรือย้อนกลับขั้นตอนได้ และโดยทั่วไปการสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือการแก้ปัญหาเรื่องใดเรื่องหนึ่ง มักเป็นกระบวนการที่ต้องทำซ้ำและต่อเนื่องจนกว่าจะสามารถแก้ปัญหาได้ ดังภาพประกอบ 4 (Hynes. et al. 2011: 8; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2557: 4)



ภาพประกอบ 4 การปรับปรุงกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ที่มา: Hynes. et al. (2011). *Infusing Engineering into High School STEM Courses*. p. 9.

แนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมที่สร้างขึ้นใหม่นี้ยังคงไว้ซึ่งหลักของกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ แต่แนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมที่ถูกนำเสนอขึ้นมาใหม่นี้ได้เพิ่มส่วนของกระบวนการวิเคราะห์ วิจัย ไต่แย้ง ในทุกๆ ขั้นตอนของการสร้างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และแก้ปัญหาทางวิศวกรรม อีกทั้งยังให้ความสำคัญของการใช้แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมในห้องเรียนมากยิ่งขึ้น เพื่อให้มีการจัดการเรียนรู้สำหรับนักเรียนในศตวรรษที่ 21 ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2557: 9)

1.4 การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการที่ใช้ความรู้และทักษะต่างๆ ผ่านกิจกรรม ที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ที่มุ่งแก้ไขปัญหาที่พบในชีวิตจริง เพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ และเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับผู้เรียนในการปฏิบัติงานที่ต้องใช้องค์ความรู้และทักษะกระบวนการด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ รวมทั้งการนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมในอนาคต (วชิระ ศรีคุ้ม. 2559: 7)

การนำแนวคิดแบบสะเต็มศึกษา ลงสู่ภาคปฏิบัติในชั้นเรียน สามารถทำได้ในรูปของการบูรณาการ ด้านเนื้อหา ทักษะการปฏิบัติการ กิจกรรมการเรียนรู้ และประยุกต์ความรู้ที่สามารถปฏิบัติได้ ซึ่ง

การบูรณาการสามารถแบ่งได้เป็น 4 ระดับ ดังนี้ (สิรินภา กิจเกื้อกูล. 2558: 155; อภิสิทธิ์ ชงไชย. 2557: 25; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2557: 5 - 6)

1. การบูรณาการภายในวิชา (Disciplinary) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหา และฝึกทักษะแต่ละวิชาแยกกัน การจัดการเรียนรู้แบบนี้คือการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เป็นอยู่ทั่วไป ที่ครูผู้สอนแต่ละวิชาต่างจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนตามรายวิชาของตนเอง

2. การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ (Multidisciplinary) เป็นการจัดการเรียนรู้ด้านเนื้อหา และทักษะปฏิบัติการของ 4 สาขาวิชาในสะเต็มศึกษาแยกกันเป็นวิชาวิทยาศาสตร์ วิชาทางเทคโนโลยี วิชาทางวิศวกรรม และวิชาทางคณิตศาสตร์ แต่ได้มีการกำหนดหัวข้อหลัก (Theme) หรือหัวข้อเรื่อง ที่จะจัดการเรียนรู้เหมือนกัน ทั้งนี้เพื่อให้ผู้เรียนมองเห็นความเชื่อมโยงของเนื้อหาวิชาต่างๆ กับสิ่ง ที่อยู่รอบตัว

3. การบูรณาการแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary) เป็นการจัดการเรียนรู้เนื้อหา และฝึกทักษะอย่างน้อย 2 วิชาร่วมกัน โดยกิจกรรมมีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ทุกวิชา เพื่อให้นักเรียนได้เห็นความสอดคล้องและสัมพันธ์กัน ในการจัดการจัดการเรียนรู้แบบนี้ครูในวิชาต้องทำงานร่วมกัน โดยพิจารณาเนื้อหาหรือตัวบ่งชี้ที่ตรงกันและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาของตนเอง โดยให้เชื่อมโยงกับวิชาอื่นผ่านเนื้อหาหรือตัวบ่งชี้ นั้น

4. การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา (Transdisciplinary) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยให้เชื่อมโยงความรู้และทักษะที่เรียนรู้มาจากวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ กับชีวิตจริง โดยให้นักเรียนได้ประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะเหล่านั้นในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชุมชนหรือสังคม และสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ของตนเอง ครูผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามความสนใจหรือปัญหาของนักเรียน โดยครูอาจกำหนดกรอบหรือหัวข้อหลักของปัญหากว้างๆ แล้วให้นักเรียนระบุปัญหาที่เฉพาะเจาะจงและวิธีการแก้ปัญหา ทั้งนี้ในการกำหนดกรอบของปัญหาให้นักเรียนศึกษานั้น ครูต้องคำนึงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ของนักเรียน 3 ปัจจัย ได้แก่ 1) ปัญหาหรือคำถามที่นักเรียนสนใจ 2) ตัวบ่งชี้ในวิชาต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง 3) ความรู้เดิมของนักเรียน ดังภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 5 ระดับการบูรณาการที่อาจเกิดขึ้นในชั้นเรียนสะเต็มศึกษา

ที่มา: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. การเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา. 2557 (ออนไลน์). แหล่งที่มา: http://physics.ipst.ac.th/?page_id=2481.

องค์ประกอบสำคัญในกิจกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา ควรประกอบไปด้วย (วชิระ ศรีคุ้ม. 2559: 7 - 8)

1. สถานการณ์ (Situation) สถานการณ์ที่ดี และสมเหตุสมผล ดูเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน ได้มากเท่าไร ยิ่งทำให้กิจกรรมมีความเป็นธรรมชาติ ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงกับประสบการณ์ต่างๆ ในชีวิต (Real world situation) และเพิ่มความสนใจ ครูผู้สอนอาจจะใช้สถานการณ์ ที่อยู่ในท้องถิ่น หรือ สถานการณ์ระดับประเทศ หรือระดับโลก เพื่อเสริมสร้างประสบการณ์ที่แปลกใหม่ พร้อมทั้งกระตุ้น ผู้เรียนได้รับรู้ข่าวสารหรือประเด็นใหม่ๆ ที่กำลังเป็นกระแสสังคม เช่น ประเด็นมลพิษ โลกร้อน โรคระบาด เหตุการณ์ภัยพิบัติ เป็นต้น ซึ่งสถานการณ์ที่ดีควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ใช้องค์ความรู้และ ทักษะทั้งด้านวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ในการแก้ปัญหา

2. สิ่งท้าทาย (Challenge) ในการออกแบบกิจกรรมสะเต็มศึกษา ให้สอดคล้องกับบริบทของ นักเรียนในยุคศตวรรษที่ 21 ที่ต้องมีความท้าทายและสนุกสนาน ประเด็นปัญหาควรจะเป็นเรื่องที่ท้าทายความคิดและความสามารถ ไม่ควรเป็นกิจกรรมที่ง่ายหรือยากจนเกินกว่าระดับของผู้เรียน เพราะ ความท้าทายเปรียบเสมือนแรงกระตุ้นความมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมและเสาะแสวงหาข้อมูลหรือ วิธีการ ที่จะพิชิตสิ่งท้าทายเหล่านั้น ทั้งยังเป็นตัวกระตุ้นความคิดสร้างสรรค์ (Creativity) ของผู้เรียน เพื่อ สร้างนวัตกรรม (Innovation) ที่ดีอีกทางหนึ่งด้วย เช่น ครูพยายามให้นักเรียนสร้างเครื่องดักจับแมลง ที่สามารถทำงานได้ในเวลากลางคืน โดยที่บริเวณนั้นไม่มีไฟฟ้า

3. เกณฑ์ (Criteria) การตั้งเกณฑ์ของความสำเร็จในการแก้ปัญหา เป็นการตั้งประเด็น ให้ ผู้เรียนได้ระดมความคิด สืบรวจองค์ความรู้และได้ฝึกทักษะที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบแนวทางการ

แก้ไข้ปัญหา (Solution) ซึ่งแนวทางอาจจะเป็นได้ทั้งแนวคิด ภาพวาด หรือสิ่งประดิษฐ์ก็ได้ ขึ้นอยู่กับความซับซ้อนและระดับของผู้เรียน เช่น ครูผู้สอนให้นักเรียนประดิษฐ์ร่มชูชีพเพื่อพวยงไขว่ไถ่ดิบไม่ให้ตกลงมาแตก โดยเกณฑ์วัดความสำเร็จคือการที่ไขว่ไถ่ไม่แตกนั่นเอง

4. ข้อจำกัด (Constraints) เป็นปัจจัยที่ผู้เรียนต้องคำนึงถึงในการทำกิจกรรมใดก็ตาม อาจเป็นการจำกัดที่วัสดุและอุปกรณ์ เวลาที่ใช้ จำนวนคนในทีม ต้นทุน หรือความเสี่ยง หรือปัจจัยอื่นที่ ผู้สอนกำหนด การกำหนดข้อจำกัด เป็นการฝึกฝนให้ผู้เรียนเกิดทักษะการคิดวิเคราะห์และคิดแก้้ปัญหา ลดการทดลองแบบทำผิดทำถูกได้ (Trial and error reducing) และเป็นการกระตุ้นให้มีการวางแผนออกแบบมากขึ้น (Design processes increasing) นอกจากนี้การมีข้อจำกัดทำให้มีผลกระทบต่อเกณฑ์ เช่น ถ้าเกณฑ์ในการออกแบบร่มชูชีพเพิ่มเป็นไขว่ไถ่ไม่แตก และลอยในอากาศได้นานที่สุดเท่าที่ทำได้ ผู้เรียนต้องทำการจัดลำดับความสำคัญเกณฑ์ที่มีให้สอดคล้องกับข้อจำกัด จะเกิดภาวะที่เรียกว่า การหาสมดุลของผลสำเร็จ หรือ criteria trade-off ซึ่งจะช่วยฝึกฝนผู้เรียนในการสื่อสารและทำงานร่วมกัน (Collaborative) เพราะ ต้องมีการถกเถียงและอภิปรายกัน

5. การประเมินผล (Evaluation) เป็นขั้นตอนที่สำคัญมากที่สุดขั้นตอนหนึ่งของกิจกรรม เนื่องจากเป็นการผสมผสานกันระหว่างเกณฑ์และข้อจำกัด เป็นการวัดประสิทธิภาพของกระบวนการ การออกแบบเชิงวิศวกรรม (ข้อจำกัด) และผลสำเร็จของแนวทางการแก้้ปัญหา (เกณฑ์) จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับผู้เรียนในการเรียนรู้ การวิเคราะห์หาจุดบกพร่องและข้อดีของส่วนประกอบและแนวความคิดในการสร้างสรรค์แนวทางการแก้้ปัญหา (Solution) อีกทั้งยังเป็นการสร้างบรรยากาศของการแข่งขัน และความสนุกสนานให้ผู้เรียนเกิดแรงบันดาลใจในการทำกิจกรรม นอกเหนือไปกว่านี้ ครูผู้สอนสามารถออกแบบแนวทางในการประเมินผลให้ผู้เรียนได้อธิบายถึงองค์ความรู้และทักษะที่เกี่ยวข้องในแนวคิดย่อย ในแนวทางแก้้ปัญหา ก็จะสามารถใช้เป็นเครื่องมือที่ดีในการวัดและประเมินผล การเรียนรู้ของผู้เรียน ตามแนวทางสะเต็มศึกษาได้

6. จุดเชื่อมโยง (Link Points) ในแต่ละขั้นตอนของกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ สะเต็มศึกษา ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้รู้ถึงเชื่อมโยงในกิจกรรมกับองค์ความรู้ทางด้านวิชาต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ครูอาจเชื่อมโยงด้วยคำถาม หรือสอดแทรกในคำอธิบายระหว่างการทำกิจกรรม เพื่อให้กิจกรรมสะเต็มมีความสมบูรณ์มากขึ้นและตอบโจทย์การเชื่อมโยงสู่ชีวิตจริง ครูควรเชื่อมโยงการทำกิจกรรมกับ อาชีพด้านสะเต็ม (STEM Job) เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความคุ้นเคยกับอาชีพเหล่านั้น อีกทั้งยังสร้างทัศนคติที่ดีต่อวิชาด้านสะเต็มศึกษา และอาชีพด้านสะเต็ม ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีแนวทางในการเรียนเพื่อชีวิตมากขึ้น (Learning for life)

นักวิชาการหลายคนได้เสนอหลักการออกแบบหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ดังนี้

โรเบิร์ต (สิรินภา กิจเกื้อกูล. 2558: 155-157; อ้างอิงจาก Robert. 2013) เสนอหลักการออกแบบหน่วยการเรียนรู้ทั้งหมด 8 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 เลือกสาระการเรียนรู้หลัก (Select Central Standards) เป็นขั้นตอนของ การวิเคราะห์หลักสูตร เลือกมาตรฐาน/ตัวบ่งชี้/สาระการเรียนรู้หลักของหลักสูตรสะเต็มศึกษา เพื่อให้ได้ขอบเขตของสาระการเรียนรู้แกนกลางหรือเนื้อหาหลัก และตัวบ่งชี้ที่บอถึงจุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเมื่อผู้สอนเลือกเนื้อหา/ตัวบ่งชี้/สาระการเรียนรู้ของสาขาวิชาใดวิชาหนึ่งเป็นหลักเสร็จเรียบร้อยแล้ว ก็ให้นำ

สาขาวิชาที่เหลือทั้งสามเป็นสาระการเรียนรู้เสริมหรือรอง เช่น เลือกเรื่องการออกแบบ ทางวิศวกรรมศาสตร์เป็นหลัก ดังนั้น สาระการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี จะเป็นส่วนรอง

ขั้นที่ 2 เชื่อมโยงปัญหาในชีวิตประจำวัน (Align with a Problem) เป็นการคิดเชื่อมโยงว่าสาระการเรียนรู้/เนื้อหาที่เลือกในขั้นที่ 1 สามารถอิงเข้ากับบริบทใด หรือปัญหาใดในสังคมได้บ้าง เช่น มลพิษสิ่งแวดล้อม ภัยพิบัติทางธรรมชาติ พลังงานทดแทน เป็นต้น

ขั้นที่ 3 เลือกสาระการเรียนรู้รอง ที่สนับสนุนสาระการเรียนรู้หลัก (Support Central Standards with Supplemental Standards) เมื่อเลือกเนื้อหาหลักในขั้นที่ 1 และวิเคราะห์เชื่อมโยงกับปัญหาในขั้นที่ 2 ได้แล้ว ในขั้นที่ 3 นี้ ผู้สอนจะต้องเลือกเนื้อหา/ตัวบ่งชี้/สาระการเรียนรู้ในสาขาวิชาที่เหลือว่าจะมี สาระการเรียนรู้รองเรื่องใดช่วยสนับสนุนให้ผู้เรียนบรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้หลักที่กำหนดไว้ในขั้นที่ 1 ตัวอย่างสาระการเรียนรู้รอง อาทิ สาระเกี่ยวกับเรื่องโครงสร้างของโลก (วิทยาศาสตร์) การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น การแก้ปัญหา การพิสูจน์ และการสื่อสาร (คณิตศาสตร์)

ขั้นที่ 4 จัดการเรียนรู้ตามสาระการเรียนรู้ที่เลือกไว้ทั้งหมด (Instruct STEM Standards) ผู้สอนวิเคราะห์สาระการเรียนรู้ที่เลือกไว้ทั้งหมดแล้วนำมาตั้งเป็นจุดประสงค์การเรียนรู้ การจัดการเรียนรู้ต้องยึดสาระการเรียนรู้หลักที่ได้จากขั้นที่ 1 เป็นสำคัญ สำหรับสาระการเรียนรู้รองให้จัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนได้เข้าใจเนื้อหา สามารถนำเนื้อหาเหล่านี้ไปใช้ให้เกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์การเรียนรู้หลัก

การจัดการเรียนรู้ อาจเริ่มต้นด้วยการนำเสนอวีดิทัศน์เกี่ยวกับภัยพิบัติทางธรรมชาติ ที่พบในปัจจุบันทั้งที่ใกล้ตัวและไกลตัว จากนั้นจึงให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เนื้อหาที่เกี่ยวข้องและเป็นประโยชน์ ต่อการนำไปใช้ออกแบบนวัตกรรมหรือวิธีการแก้ปัญหา เช่น เนื้อหาเรื่องภูเขาไฟระเบิด สาเหตุของการเกิดคลื่นยักษ์สึนามิ ตำแหน่งหรือพื้นที่การเกิดแผ่นดินไหว

อย่างไรก็ตาม การจัดการเรียนรู้แต่ละแผน/บทเรียน อาจไม่จำเป็นต้องให้ครบทั้ง 4 สาขาวิชา แต่ให้พิจารณาภาพรวมว่า เมื่อจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้นทั้งหน่วยการเรียนรู้แล้ว ผู้เรียนจะได้เรียนรู้ครบทั้ง 4 สาขาวิชา ดังตัวอย่างจุดประสงค์การเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาได้ ปรากฏดังตาราง 2

ตาราง 2 ตัวอย่างหน่วยการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง ภัยพิบัติทางธรรมชาติ

วิชา	จุดประสงค์การเรียนรู้
วิทยาศาสตร์	จัดประเภทของภัยพิบัติทางธรรมชาติตามการเปลี่ยนแปลงของโลก
เทคโนโลยี/วิศวกรรม	- อธิบายถึงกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ - ปฏิบัติการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ - สร้างระบบเตือนภัยพิบัติทางธรรมชาติ 1 ชนิด - ประเมินผลระบบเตือนภัยที่สร้าง
คณิตศาสตร์	- ทำนายการเกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติที่อาจเกิดบนผิวโลก - ใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ (เช่น ความน่าจะเป็น การแก้ปัญหา การตรวจสอบ และการสื่อสาร) ออกแบบจำลองการเกิดภัยพิบัติ

ที่มา: สิริรณภา กิจเกื้อกูล. (2558). *สะเต็มศึกษา (ตอนที่ 2): การบูรณาการสะเต็มศึกษาสู่การจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน*. หน้า 157.

ขั้นที่ 5 สนับสนุนให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม (Engage Student Participation) ผู้สอน จัดกิจกรรมกลุ่มให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ เช่น ตั้งคำถามที่นำไปสู่การออกแบบและพัฒนาระบบเตือน ภัยพิบัติที่จะช่วยให้ประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้นสามารถหลีกเลี่ยงหรือหนีภัยพิบัติได้ทันเวลา ในขั้นนี้ ผู้เรียนจะได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ การคิดแก้ปัญหา และได้ลงมือปฏิบัติเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์หลัก (ตาม que ที่เลือกไว้ในขั้นที่ 1) ผวนกับการได้ใช้ความรู้รอบ (ที่เลือกไว้ในขั้นที่ 3) เพื่อการแก้ปัญหา ในชีวิตจริง (ที่เชื่อมโยงไว้ในขั้นที่ 2)

ในการลงมือปฏิบัติ ผู้สอนจำเป็นต้องเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ ต่างๆ ให้พร้อม มีการกำหนดเวลาการทำงาน อีกทั้งต้องมีการตรวจสอบความคิดของผู้เรียน เช่น อาจตั้งคำถามให้ผู้เรียนอธิบายสิ่งที่ออกแบบไว้ และพยายามไม่ให้ผู้เรียนหลงประเด็น นอกจากนี้ต้องให้ผู้เรียนจดบันทึกการทำงานของ กลุ่มตน

ขั้นที่ 6 แก้ไข/ปรับปรุงชิ้นงานการออกแบบ (Troubleshoot the Designs) ผู้สอนจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้นำเสนอผลงานการออกแบบ (เช่น ระบบเตือนภัยพิบัติ) หน้าชั้นเรียน จากนั้นกระตุ้นให้ผู้เรียนกลุ่มอื่นๆ ตั้งคำถามและให้ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับผลงานนั้น ซึ่งผู้เรียนจะต้องบันทึกข้อเสนอแนะของผู้สอน และเพื่อนไว้เพื่อการปรับปรุงแก้ไขผลงาน ในขั้นนี้ผู้เรียนจะได้ฝึกการคิดวิจารณ์ญาควญาคูไปด้วย

ขั้นที่ 7 ประเมินชิ้นงานการออกแบบ (Evaluate the Designs) หลังการปรับปรุงแก้ไขผลงาน ในขั้นที่ 6 ผู้สอนและผู้เรียน ดำเนินการตรวจให้คะแนนชิ้นงานตามประเด็นที่กำหนดไว้

ขั้นที่ 8 นำเสนอชิ้นงานที่สมบูรณ์ (Present Completed Projects) ในขั้นนี้ ผู้สอนจัดเตรียมสถานที่หรือตู้แสดงผลงาน ให้ผู้เรียนเพื่อนำผลงานแสดงต่อบุคคลทั่วไป อาทิ เพื่อน พ่อแม่ ผู้ปกครอง

ครูอาจารย์ และชุมชน การจัดแสดงอาจทำตอนท้ายปีการศึกษาหรือภาคเรียน โดยอาจวาง แสดงไว้ตลอดภาคเรียนถัดไป ทั้งนี้เพื่อช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความภูมิใจและพยายามที่จะปรับปรุงผลงานในครั้งต่อไป ดังภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 หลักการออกแบบหน่วยการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาทั้ง 8 ขั้นตอน

ที่มา: สิริรณภา กิจเกื้อกูล. (2558). สะเต็มศึกษา (ตอนที่ 2): การบูรณาการสะเต็มศึกษาสู่การจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน. หน้า 157.

หลักการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาทั้ง 8 ขั้น จะมีทั้งส่วนที่ผู้สอนมีบทบาทสำคัญ โดยเฉพาะขั้นที่ 1 ถึง 3 ซึ่งเป็นการวิเคราะห์หลักสูตรเชื่อมโยงสาระการเรียนรู้กับชีวิตประจำวัน จากนั้นจะจัดทำบทเรียนและนำไปจัดการเรียนรู้ในขั้นที่ 4 ขั้นนี้ผู้เรียนควรได้รับความรู้และทักษะพื้นฐาน ตามสาระการเรียนรู้หลักและรองที่เลือกไว้ จากนั้นในขั้นตอนที่ 5 ถึง 8 จะเชื่อมโยงไปสู่การออกแบบ เชิงวิศวกรรมศาสตร์ผู้เรียนจะกำหนดนิยามขอบเขตของปัญหา สร้างสรรค์ชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาประเมินผล และปรับปรุงชิ้นงานของตนเอง การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาทั้ง 8 ขั้น อาจต้องใช้เวลาตลอดภาคเรียนหรือตลอดปีการศึกษา ทั้งนี้เพื่อให้ผู้เรียนมีเวลาสร้างสรรค์ชิ้นงาน การออกแบบและ แสดงผลงานต่อสาธารณชนได้อย่างภาคภูมิใจ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558: 14 - 15) เสนอ การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. เลือกมาตรฐานหรือตัวบ่งชี้ พิจารณาเลือกมาตรฐานการเรียนรู้หรือตัวบ่งชี้ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่สามารถบูรณาการความรู้ไปใช้เพื่อตอบคำถามที่ซับซ้อน แก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์

ชิ้นงานและนวัตกรรมจากสถานการณ์ที่ทำหายหรือที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง และควรกำหนดวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายการเรียนรู้ให้ชัดเจน

2. พัฒนาคำถาม ระบุประเด็น ปัญหาหรือสถานการณ์ เมื่อกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้แล้ว ครูควรตั้งคำถาม กำหนดประเด็นปัญหาหรือการออกแบบสถานการณ์ ซึ่งควรเป็นเรื่องที่ทำหายและเชื่อมโยงกับชีวิตจริง ซึ่งขั้นตอนนี้ต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วม

3. บูรณาการความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ พิจารณาและวิเคราะห์องค์ความรู้ ทักษะหรือกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ที่จำเป็นต้องนำมาใช้ในการตอบคำถาม การออกแบบ การสำรวจตรวจสอบ ประเด็น ข้อสงสัยการแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ทำหายและเชื่อมโยงกับชีวิตจริง

4. เชื่อมโยงสู่อาชีพ มีการให้รายละเอียดข้อมูลหรือสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับงานอาชีพทางด้านสะเต็มที่เชื่อมโยงสัมพันธ์กับหัวข้อหรือเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้

5. ออกแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) มีการออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติและศึกษาหาความรู้ด้วยตนเอง โดยในขั้นตอนนี้จะยกตัวอย่างการออกแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยรูปแบบ 5E และ มีการประเมินผลจากการปฏิบัติงานเป็นฐาน (Performance-based assessments) โดยมีขั้นตอน การดำเนินการดังนี้

5.1 การสร้างความสนใจ (Engagement)

บทบาทนักเรียน	บทบาทครู
1) นักเรียนสามารถระบุปัญหาได้อย่างชัดเจนจากประเด็นหรือสถานการณ์ที่ครูหรือนักเรียนกำหนดขึ้น 2) นักเรียนระดมความคิดเห็นร่วมกันเพื่อหาคำตอบหรือหาแนวทางแก้ปัญหา	1) ครูควรใช้คำถามเพื่อสู่การกำหนดประเด็นปัญหาหรือสถานการณ์ที่น่าสนใจและทำหาย 2) ครูนำอภิปรายประกอบการใช้คำถามเพื่อให้ นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นต่อประเด็นปัญหาหรือสถานการณ์ 3) ครูใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนอยากค้นหาคำตอบโดยการออกแบบและปฏิบัติการด้วยตนเอง

5.2 การสำรวจตรวจสอบ (Exploration)

บทบาทนักเรียน	บทบาทครู
1) นักเรียนทำงานร่วมกันในการสำรวจ สืบข้อมูล และมีการบูรณาการความรู้ ทักษะ หรือ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ 2) นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ข้อมูลและนำมา ประกอบตัดสินใจเลือกแนวทางการแก้ปัญหา การวางแผนและออกแบบ การเลือกใช้วัสดุ 3) นักเรียนสร้างข้อสรุปร่วมกันเพื่อเลือกแนวทาง หรือวิธีการซึ่งมีความเหมาะสมที่นำมาใช้ ในการ แก้ปัญหาหรือการหาคำตอบในประเด็นหรือ สถานการณ์ที่กำหนดให้ และลงมือปฏิบัติตาม เงื่อนไขที่กำหนด โดยมีการวางแผนและ ออกแบบโดยใช้เทคโนโลยีและกระบวนการทาง วิศวกรรมร่วมด้วย	1) ครูควรกำหนดเงื่อนไขเบื้องต้นก่อน การ มอบหมายให้นักเรียนออกแบบและ ทำการ สำรวจตรวจสอบ เช่น เรื่องความสำเร็จของ งาน ระยะเวลา วัสดุอุปกรณ์ เป็นต้น 2) ครูควรสำรวจความรู้พื้นฐานของผู้เรียน 3) ครูควรเป็นผู้ชี้แนะโดยการใช้คำถามเพื่อ นำมาสู่แนวทางการศึกษาข้อมูลในส่วน จำเป็นต้องนำมาใช้ในการแก้ปัญหา การ ออกแบบ และ การสร้างสรรค์และการ ทดสอบประสิทธิภาพของผลงาน 4) ครูชี้แจงแนวทางในการทำงาน และควรให้ นักเรียนแต่ละคนคิดและออกแบบโดยใช้ แนวความคิดของตนเองก่อน ต่อจากนั้นให้ นักเรียนภายในกลุ่มวางแผนการทำงาน ร่วมกันโดยการระดมความคิดเพื่อให้ได้ ข้อสรุปที่เป็นแนวความคิดของกลุ่ม 5) ครูควรสนับสนุนแหล่งการเรียนรู้ สื่อ อุปกรณ์ ประกอบการสืบเสาะหาความรู้และ การทำงานของนักเรียน 6) ครูออกแบบใบกิจกรรมประกอบการเรียนรู้ เป็นแนวทางพอสังเขป เพื่อให้นักเรียน สามารถบรรลุเป้าหมายตามแนวทางการ เรียนรู้ที่นอกจากองค์ความรู้แล้วยังมุ่งเน้น การเรียนรู้ผ่านกระบวนการคิดวิเคราะห์และ แก้ปัญหา การวางแผน กระบวนการ ออกแบบอย่างเป็นระบบ 7) ครูสำรวจการทำงานของนักเรียนแต่ละกลุ่ม และกระตุ้นด้วยการใช้คำถามให้นักเรียน เกิดแนวคิดในการออกแบบและการตรวจ คุณภาพหรือทดสอบประสิทธิภาพของงาน

5.3 การอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

บทบาทนักเรียน	บทบาทครู
1) นักเรียนวิเคราะห์และจัดกระทำกับข้อมูล ที่ได้มา 2) นักเรียนสามารถสื่อสารให้ผู้อื่นเข้าใจและเสนอ แนวทางแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ โดยนำเสนอ วิธีการออกแบบ การแก้ปัญหา รวมทั้งวิธีการ ทดสอบประสิทธิภาพของผลงาน 3) นักเรียนสามารถใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลและการสื่อสาร	1) ครูสะท้อนความคิดต่อผลการปฏิบัติงานของ ผู้เรียน 2) ครูใช้คำถามช่วยกระตุ้น หรือนำเข้าสู่ เป้าหมายที่สำคัญของการเรียนรู้ 3) ครูคอยชี้แนะ ให้ความรู้เพิ่มเติมหรือแก้ ความ เข้าใจที่คลาดเคลื่อน

5.4 การขยายความรู้ (Elaboration/Extension)

บทบาทนักเรียน	บทบาทครู
1) นักเรียนสามารถปรับปรุงแนวทางการ แก้ปัญหา การสร้างสิ่งที่เป็นต้นแบบหรือ แบบจำลอง 2) นักเรียนสามารถปรับปรุงกระบวนการ ออกแบบ การทดลอง หรือแนวทางการ แก้ปัญหาสำหรับ การต่อยอดความรู้หรือการ ดำเนินการครั้งต่อไป 3) นักเรียนสามารถระบุและวิเคราะห์ความ เชื่อมโยง ของการทำงาน การออกแบบ หรือ ผลงานไปสู่งานอาชีพ	1) ครูสะท้อนความคิดต่อผลการปฏิบัติงานของ ผู้เรียน 2) ครูใช้คำถามนำไปสู่การเชื่อมโยงและต่อยอด ความรู้

5.5 การวัดและประเมินผล (Evaluation)

บทบาทนักเรียน	บทบาทครู
1) นักเรียนสามารถสะท้อนความคิดเห็นต่อคำตอบ วิธีการแก้ปัญหาในประเด็นที่ซับซ้อนหรือความท้าทาย 2) นักเรียนเข้าไปมีส่วนร่วมในกระบวนการ ตรวจสอบผลงานของเพื่อนร่วมชั้น 3) นักเรียนสามารถสาธิตแสดงความเข้าใจผ่านงานที่มีการลงมือปฏิบัติ	1) ครูร่วมสะท้อนความความคิดเห็นต่อคำตอบหรือผลการปฏิบัติงานของผู้เรียน 2) ครูวางแผนการประเมินโดยกำหนดรายการประเมิน วิธีประเมิน สัดส่วนคะแนน รวมทั้งเกณฑ์การให้คะแนน ดังตัวอย่าง - ประเมินความรู้ ทักษะการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา กระบวนการออกแบบ จากการตอบคำถาม จากบันทึกในใบงานและการนำเสนอ - ประเมินความสำเร็จ คุณภาพ หรือประสิทธิภาพจากผลงานและการนำเสนอผลงาน - ประเมินการวางแผนและความร่วมมือในการทำงานจากการสังเกต

เทคนิคการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Tactics) มีดังนี้ (วชิระ ศรีคุ้ม. 2559: 13)

1. สะเต็มเป็นเรื่องสนุก (STEM is Fun) สิ่งที่คุณครูสอนควรคิดเอาไว้เสมอ คือ กิจกรรมใดๆ ก็ตามที่เป็นการจัดการเรียนรู้สำหรับนักเรียนในปัจจุบันควรจะต้องแทรกความสนุกสนานเข้าไปด้วย ความสนุกไม่ได้หมายถึงไร้สาระ เพียงแต่เป็นการสร้างการมีส่วนร่วมให้เกิดขึ้น ตัวอย่างเช่น เริ่มกิจกรรมด้วยสถานการณ์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงที่นักเรียนชอบ หรือในกิจกรรมมีการแข่งขันชิงรางวัล ก็จะทำให้กิจกรรมการเรียนรู้สนุกสนานมากขึ้น และนักเรียนก็มีโอกาสเกิดการเรียนรู้ได้มากกว่า

2. ไม่มีคำตอบที่ถูกต้องหรือผิด (No Right or Wrong Answer) ในการทำกิจกรรมสะเต็มศึกษาไม่ได้มุ่งเน้นให้ผู้เรียนทดสอบหรือพิสูจน์สูตร สมการ หรือทฤษฎีใดๆ เพียงแต่เน้นให้ผู้เรียนได้มีโอกาสใช้ความรู้ทักษะกระบวนการในการแก้ปัญหา หรือสร้างสรรค์นวัตกรรมออกมา ดังนั้นผู้สอนไม่ควรยึดติดกับความถูกต้องหรือคำตอบที่ถูกต้องมากเกินไป ควรปล่อยให้เกิดความอิสระในการคิด ลองผิดลองถูกไปเรื่อยๆ แต่อย่างไรก็ตามหากเนื้อหาใดที่ต้องการที่จะสอดแทรกและเป็นเนื้อหาที่สำคัญในการต่อยอดทำความเข้าใจเรื่องอื่นๆ ครูผู้สอนควรมีช่วงเวลาในการสรุปและอภิปรายแนวคิดที่สำคัญนั้นอย่างจำเพาะเจาะจง เพื่อเน้นและเสริมความเข้าใจนักเรียน

3. ลองทำดูสิ (Let's Try) เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นลงมือทำ ลงมือปฏิบัติ เพราะฉะนั้นจึงหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่ต้องให้ผู้เรียนได้ทดลองทำในสิ่งที่ตนเองคิดหรือคาดคะเนไว้ โดยในช่วงแรกๆ ของการทำกิจกรรมอาจจะเป็นการลงมือทำแบบลองผิด

ลองถูกก็ไม่ต้องกังวล เมื่อเวลาผ่านไปเรื่อย ๆ ครูผู้สอนสามารถฝึกให้นักเรียนพยายามคิด วิเคราะห์ ให้เหตุผลกับการกระทำของตนเองมากขึ้น จนเกิดเป็นทักษะที่ติดตัวได้

4. ผู้อำนวยความสะดวกของทีม (Facilitate Teamwork) ในกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาครูผู้สอนสามารถเปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดและได้เป็นผู้นำกิจกรรมด้วยนักเรียนเองไปพร้อมกับส่งเสริมให้เกิดการทำงานเป็นทีม จะยิ่งส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกความสามารถในการจัดการและแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นเฉพาะหน้า โดยที่มีครูผู้สอนเป็นผู้อำนวยความสะดวกต่างๆ ระหว่างกิจกรรม นอกจากนี้ การทำแบบนี้เป็นการสร้างบรรยากาศให้เกิดความท้าทายมากขึ้น และมักพบว่านักเรียนช่วยกันเรียนรู้ได้ ดีขึ้นอีกด้วย

5. จัดสรรเวลาให้ลงตัว (Timing) ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ปัญหาที่มักพบ คือ เวลา เนื่องจากการเรียนการสอนที่ใช้กิจกรรมเป็นฐาน ดังนั้นครูผู้สอนต้องมีการจัดสรรเวลาที่ดีมาก ซึ่งการวางแผนและการเตรียมตัวล่วงหน้าสำคัญมาก การเตรียมพร้อมสถานที่ อุปกรณ์ และวัสดุประกอบการทำกิจกรรมให้พร้อมสามารถช่วยลดเวลาเวลาในการจัดการเรียนการสอนได้ ทั้งยังเพิ่มเวลาในส่วนที่นักเรียนได้ฝึกฝนการใช้ทักษะไปด้วย

6. เชิญชวนคนอื่นให้มีส่วนร่วม (Invite Others) การบูรณาการเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญของกิจกรรมสะเต็มศึกษา ดังนั้นจะเป็นเรื่องที่ดีอย่างยิ่ง ถ้าครูผู้สอนสามารถรวมกลุ่มเพื่อนครูในโรงเรียนเดียวกัน (ต่างกลุ่มสาระวิชาก็ได้) หรือนอกโรงเรียน มาออกแบบและวางแผนการสอนร่วมกัน จะทำให้เกิดแนวความคิดใหม่ๆ ได้บรรยากาศการทำงานใหม่ๆ ซึ่งประโยชน์ในส่วนของครูผู้สอนคือสามารถทำให้เกิดชุมชนแห่งการเรียนรู้ในกลุ่มวิชาชีพเดียวกัน ส่วนของนักเรียนก็ได้ประสบการณ์เรียนรู้แบบใหม่ๆ ทั้งยังสามารถประหยัดเวลาในการเรียนลงได้ หากมีการวางแผนการสอนร่วมกันอย่างเป็นระบบ

7. ไม่จำเป็นต้องครบถ้วน (No Need to Cover All) ครูผู้สอนควรคิดไว้เสมอว่า อะไรคือวัตถุประสงค์ของการจัดกิจกรรมตามแนวทางสะเต็ม ซึ่งสิ่งนั้นเองคือเป้าหมายของการจัดการเรียนสอน ครูผู้สอนควรพยายามยึดโยงกับเป้าหมายมากกว่าให้ความสำคัญในการจัดการเรียนรู้ ที่บูรณาการครบทั้งวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี แต่ไม่ได้ให้โอกาสนักเรียนได้ฝึกฝนและเรียนรู้ตามเป้าหมายของสะเต็มศึกษา ซึ่งท้ายที่สุดก็จะเกิดประโยชน์กับผู้เรียนได้ไม่เต็มที่

จากที่กล่าวมาข้างต้น การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีกระบวนการ หรือขั้นตอนคล้ายกับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานวิทยาศาสตร์ ที่ประกอบด้วยขั้นตั้งปัญหา สมมุติฐาน ขั้นกำหนดตัวแปร ขั้นตอนออกแบบการทดลอง ขั้นทดลอง ขั้นอภิปรายผล และขั้นนำเสนอผล เพียงแต่ว่าการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา จะมุ่งเน้นการแก้ปัญหาในชีวิตจริง (Focus on real-world issues and problems) ให้ผู้เรียนรู้ว่าสิ่งที่ได้เรียนรู้นี้มีประโยชน์หรือสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างไร โดยพิจารณาจากคำถามต่างๆ เช่น ทำไมผู้เรียนต้องสนใจเรื่องนี้ สิ่งนี้เกี่ยวข้องกับปัญหาหรือสถานการณ์จริงอย่างไร เรื่องนี้เกี่ยวข้องกับ อาชีพและงานที่ผู้เรียนสนใจหรือไม่ โดยทำกิจกรรมผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Guided by the engineering design process) กระตุ้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ สำรวจตรวจสอบผ่านปัญหาที่เป็นแบบปลายเปิด (Immerse students in hands-on inquiry and open-ended

exploration) มีส่วนร่วมในการทำงานเป็นทีม (Involve students in productive teamwork) ประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ที่ได้เรียน (Apply rigorous math, science and technology content your students are learning) หาแนวทางแก้ปัญหาได้หลายแนวทาง และถือว่าความผิดพลาดเป็นส่วนหนึ่งของการเรียนรู้ (Allow for multiple right answer and reframe failure as a necessary part of learning) (อภิสิทธิ์ ชงไชย. 2557: 29; สิริินภา กิจเกื้อกูล. 2556: 157)

1.5 องค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดขององค์ประกอบการจัดการเรียนรู้แนวทางสะเต็มศึกษา ซึ่งมีนักวิชาการหลายท่านได้เสนอแนวคิดองค์ประกอบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาไว้อย่างหลากหลาย ซึ่งมีความเหมือนและแตกต่างกัน ดังนี้

เมลิสซา แดนซี และคนอื่นๆ (Melissa H. Dancy; et al.2012:30) จากการร่วมจัดทำเอกสารการประเมินคุณภาพการเรียนการสอน เพื่อสะท้อนให้เห็นถึงมาตรฐานและความคาดหวังในการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา ได้เสนอแนวทางในการจัดการเรียนการสอนของครู ดังนี้ 1) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาของครู 2) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อ การประกอบอาชีพในอนาคต 3) ความสามารถในการเป็นโค้ชและการเป็นที่ปรึกษา 4) ความสามารถในการใช้เทคนิคในการจัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนบรรลุเป้าหมาย

ไฮรติ ซับเบลท์ (Heidi Sublette. 2013: 216-217) กล่าวถึง บทบาทที่สำคัญของ ครูแกนนำที่จัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา ดังนี้ 1) ประสิทธิภาพในการจัดการใน ชั้นเรียน 2) การเป็นโค้ชและให้คำปรึกษา 3) ความรู้และการประยุกต์ใช้ศาสตร์การสอน 4) ความเข้าใจในการเรียนการสอนและการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา 5) การใช้กลยุทธ์ต่างๆ ที่มีความจำเป็นในการเพิ่มประสิทธิภาพผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เอมิลี และคนอื่นๆ (Emily; et al. 2014: 21) กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนของครู ที่มีประสิทธิภาพในการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีดังนี้ 1) ครูมีความรู้เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาสำหรับการจัดการเรียนรู้ให้นักเรียน 2) ครูสามารถใช้กลยุทธ์ที่มีประสิทธิภาพสำหรับการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา 3) ครูสามารถบูรณาการเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา

บัง ฮี คิมและจินซู คิม (Bang Hee Kim; & Jinsoo Kim. 2016: 1909 - 1924) กล่าวว่า ตัวบ่งชี้ของการประเมินความสามารถในการศึกษาตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษา ประกอบด้วย 7 องค์ประกอบ ได้แก่ ความเข้าใจในเนื้อหา (Understanding of Subjects) วิธีการเรียนการสอน (Teaching Learning Methods) กระตุ้นผู้เรียนให้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ (Inducing Learners to Participate in Learning) ความเข้าใจของผู้เรียน (Understanding of Learners) สภาพแวดล้อมและสถานการณ์การเรียนรู้ (Learning Environments and Circumstances) การประเมินผลการเรียนของผู้เรียน (Evaluation of Learners) คุณลักษณะส่วนบุคคล (Individual Qualification)

จาร์ส อินทลาภาพร; และคนอื่นๆ (2558:65 - 66) ได้กล่าวถึงบทบาทความสำคัญของครูที่จัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ดังนี้ 1) จัดบรรยากาศและสภาพแวดล้อมที่ตื่นเต้น น่าสนใจ สนุกสนาน มีชีวิตชีวา เพื่อส่งเสริมให้ ผู้เรียนพัฒนากระบวนการคิดและการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง 2) ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ท้าทายความรู้ ความสามารถ กระบวนการคิด และการแก้ปัญหาของผู้เรียน โดยใช้สถานการณ์ที่เป็นปัญหาในโลก ปัจจุบัน 3) จัดกิจกรรมที่ให้ผู้เรียน ลงมือปฏิบัติ 4) จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการใน 3 สาระ ได้แก่ สาระวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และการงานอาชีพและเทคโนโลยี โดยสอดแทรกกระบวนการ ออกแบบทางวิศวกรรม 5) จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-based learning) โดยสร้างสถานการณ์ที่เป็นปัญหาเกี่ยวกับชีวิตจริง และท้าทายกระบวนการคิดของผู้เรียน เพื่อ กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดหาคำตอบโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์และสามารถสร้างองค์ ความรู้ได้ด้วยตนเอง 6) เป็นผู้โค้ช (Coach) 7) เป็นพี่เลี้ยงทางวิชาการ (Mentor) 8) ตั้งคำถามเพื่อ กระตุ้นให้ผู้เรียนคิด 9) ประเมินกระบวนการทำงานและ ผลงานของผู้เรียน โดยใช้วิธีการที่ หลากหลายและให้ข้อมูล ย้อนกลับระหว่างและหลังจากปฏิบัติการทดลอง โดยใช้การสื่อสารเชิงบวก

จาร์ส อินทลาภาพร (2558:219) ได้ประเมินหลักสูตรฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างความสามารถ ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสำหรับครูระดับประถมศึกษา โดยประเมินประสิทธิผล ของหลักสูตรฝึกอบรมจากความรู้ทักษะของครู 4 ด้าน ได้แก่ 1) ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการ จัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา 2) ความสามารถในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม ศึกษา 3) พฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา 4) พฤติกรรมการโค้ช

ซาร่า มัวร์ (Sara D. Moore.2014:1) กล่าวว่า แนวทางการจัดการเรียนการสอนของ ครูผู้สอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ประสบความสำเร็จและมีประสิทธิภาพ ประกอบด้วย 1) การ สร้าง แรงจูงใจในการร่วมปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียน 2) ความท้าทายในการออกแบบทางวิศวกรรม ที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีที่น่าสนใจ 3) บูรณาการเนื้อหาสาระ ในสาขาวิชาคณิตศาสตร์และ วิทยาศาสตร์เป็นหลัก 4) มุ่งเน้นให้นักเรียนเป็นศูนย์กลางการจัดการเรียนรู้ 5) ให้ความสำคัญกับ การทำงานเป็นทีม

ไมก้า สโธล์แมนและคนอื่นๆ (Micah Stohlmann; et al.2012:29) กล่าวว่า การปฏิบัติการ สอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา ครูควรปฏิบัติภายใต้ 10 รายการ ดังนี้

1. จัดกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ
2. ส่งเสริมการทำงานเป็นทีม
3. เปิดโอกาสให้มีการอภิปรายและซักถาม
4. ตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนคิด
5. การใช้เหตุผลในการแก้ปัญหา
6. ใช้การเขียนในการสะท้อนการแก้ปัญหา
7. ใช้วิธีการแก้ปัญหา
8. บูรณาการเทคโนโลยี

9. ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก

10. ประเมินกระบวนการทำงานและผลงานของผู้เรียน

บาร์บารา มีน และคนอื่นๆ (Barbara Means; et al. 2015:7-64) จากการจัดทำแผนที่การทำงาน (A Road Map) การวัดและติดตามผลการกำหนดตัวบ่งชี้สะเต็มศึกษาของผู้เรียนตั้งแต่ ชั้นอนุบาลจนถึงเกรด 12 ของมูลนิธิวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (The National Science Foundation) ได้สรุปข้อมูลจากการเก็บรวบรวมข้อมูลพร้อมทั้งได้อธิบายแหล่งที่มาและระบุพฤติกรรมที่เป็นตัวบ่งชี้ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยกำหนดตัวบ่งชี้ทั้งหมด 14 ตัวบ่งชี้ ดังนี้

ตัวบ่งชี้ที่ 1: โรงเรียนที่มุ่งเน้นการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM-Focused Schools) โรงเรียนที่จัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาจะต้องมุ่งเน้น (1) วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์เป็นสำคัญ (2) นักเรียนทุกคนที่ได้รับการเรียนรู้ด้วยหลักสูตรการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาจะมุ่งเน้นการเรียนรู้เพื่อใช้ในการประกอบอาชีพในอนาคต

ตัวบ่งชี้ที่ 2: การกำหนดเวลาในการสอนวิทยาศาสตร์ ระดับอนุบาลถึงเกรด 5 (Time Allocated to Teach Science in Grades K-5) ในการกำหนดตัวบ่งชี้นี้ต้องการทราบความสำคัญของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนาคุณภาพการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ภายใต้ขอบเขต วิธีการจัดการเรียนการสอนของครู ผู้ให้คำแนะนำในการเรียนรู้ วิธีการสอนควรจัดการเรียนรู้ในรูปแบบกิจกรรมสหวิชา

ตัวบ่งชี้ที่ 3: โอกาสการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในโรงเรียนประถมศึกษา (Science-Related Learning Opportunities in Elementary Schools) คุณสมบัติที่สำคัญในการวัดเกี่ยวกับโอกาสการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ได้แก่ (1) การมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมของนักเรียน (2) ระยะเวลาของกิจกรรม (3) สื่อการในการจัดการเรียนรู้ให้นักเรียน

ตัวบ่งชี้ที่ 4: การใช้สื่อการสอน (Adoption of Standards-Aligned Instructional Materials) ตัวบ่งชี้นี้ได้อธิบายขอบเขตของ “สื่อการสอน” และระบุวิธีการที่จำเป็น ดังนี้ (1) มีการใช้การเรียนการสอนคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์นอกเหนือจากตำราเรียนใหม่ (2) วิธีการ วัสดุ อุปกรณ์ใดมีความเหมาะสมในการจัดการเรียนการสอน (เช่น วิดีโอ, เว็บไซต์, ไปงาน) (3) อะไรเป็นข้อดีและข้อเสียของการใช้สื่อการสอนที่แตกต่างจากสื่อมาตรฐาน (4) วิธีการใดที่สามารถกำหนดระดับที่แตกต่างกันของการใช้วิธีการและเครื่องมือในการแก้ปัญหา

ตัวบ่งชี้ที่ 5: ความครอบคลุมของเนื้อหาและการปฏิบัติงานในชั้นเรียน (Classroom Coverage of Content and Practices) การพัฒนาตัวบ่งชี้การวัดความครอบคลุมของเนื้อหาและการปฏิบัติงานในชั้นเรียนได้ระบุสิ่งที่จำเป็น ในการจัดการเรียนการสอนที่ครอบคลุมของเนื้อหาและการปฏิบัติงานในการจัดการเรียนการสอน วิธีการประเมิน คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียน

ตัวบ่งชี้ที่ 6: ครูวิทยาศาสตร์และครูคณิตศาสตร์ความรู้ในเนื้อหาการเรียนการสอน (Teachers' Science and Mathematics Content Knowledge for Teaching) ครูมีการเตรียมความ

พร้อมศึกษาหาความรู้ในเนื้อหาที่จะทำการสอน และมีความรู้ในเรื่องที่จะจัดการเรียนการสอนเป็นอย่างดี

ตัวบ่งชี้ที่ 7: การมีส่วนร่วมของครูในการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา (Teachers' Participation in STEM Specific Professional Development) การออกแบบการจัดกิจกรรมของการเรียนการสอนครูจะมีผลต่อผลงานของนักเรียน เช่น การประยุกต์ใช้สิ่งต่างๆ การรับรู้ถึงประโยชน์และผลกระทบต่อผลงานของนักเรียน การให้คำปรึกษา เป็นต้น

ตัวบ่งชี้ที่ 8: การมีส่วนร่วมในการเรียนการสอนของผู้ใช้ในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา (Instructional leaders' Participation in professional development to Support STEM Learning) สิ่งที่เป็นต่อการพัฒนาโรงเรียนและครูในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาให้มีประสิทธิภาพ คือ การมีส่วนร่วมของผู้บริหารและผู้นำทางการศึกษาในการให้สนับสนุนและส่งเสริมให้มีการทำกิจกรรมร่วมกันของเพื่อนร่วมงาน

ตัวบ่งชี้ที่ 9: การรวมวิทยาศาสตร์ให้อยู่ในระบบความรับผิดชอบของรัฐบาลกลาง (Inclusion of Science in Federal and State Accountability Systems)

ตัวบ่งชี้ที่ 10: การรวมวิทยาศาสตร์ในสาขาการศึกษาอนุบาลถึงเกรด 12 (Inclusion of Science in Major Federal K-12 Education Initiatives)

ตัวบ่งชี้ที่ 11: รัฐและเจ้าหน้าที่อุทิศตนเพื่อสนับสนุนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ (State and District Staff Dedicated to Supporting Science Instruction)

ตัวบ่งชี้ที่ 12: รัฐใช้การประเมินที่สอดคล้องกับมาตรฐาน (States' Use of Standards-Aligned Assessments) ซึ่งจะต้องครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมดในมาตรฐานการจัดการเรียนรู้ สำหรับนักเรียนที่เกี่ยวข้อง ให้สอดคล้องกับความคาดหวังของหลักสูตร

ตัวบ่งชี้ที่ 13: งบประมาณรายจ่ายสำหรับการปรับปรุงผู้สอนตามแนวสะเต็มศึกษา (Expenditures for Improving the K12 STEM Teaching Workforce)

ตัวบ่งชี้ที่ 14: การระดมทุนของรัฐบาลกลางเพื่อการวิจัยการศึกษาการจัดการเรียน การสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา (Federal Funding for STEM Education Research)

เมื่อสังเคราะห์แนวคิดทฤษฎีดังที่กล่าวรายละเอียดข้างต้น พบว่า มีตัวบ่งชี้การประเมินการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาจำนวนมาก ผู้วิจัยจึงคัดเลือกตัวแปรโดยใช้เกณฑ์การคัดเลือกตัวแปร 4 ใน 9 จากนักการศึกษาทั้งหมด ซึ่งก็คือ ตัวแปรแนวคิดจากนักการศึกษาที่เหมือนกัน 4 คน ขึ้นไป จากทั้งหมด 9 คน ได้ตัวแปร 5 ด้าน ได้แก่ 1) ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา 2) ความสามารถในการออกแบบการจัดการเรียนรู้บูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา 3) พฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา 4) พฤติกรรมกำหนดยุทธศาสตร์และให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียน และ 5) การประเมินกระบวนการทำงานและผลงานของผู้เรียน (Dancy et al. 2012; Sublette. 2013; Emily et al. 2014; Kim & Kim. 2016; จำรัส อินทลาภาพร และคนอื่นๆ . 2558; จำรัส อินทลาภาพร. 2558; Moore. 2014; Stohlmann et al. 2012; Means et al. 2015) รายละเอียดแสดงดังตาราง 3

ตาราง 3 องค์ประกอบการประเมินการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

องค์ประกอบ การประเมินการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	เมลิสซา เดนซี และคณะอื่น ๆ (Melissa H. Dancy; et al.2012:30)	ไฮรดี ซับเบ็ตท์ (Heidi Sublette. 2013:216-217)	เอมิลีและคณะอื่น ๆ (Emily; et al. 2014: 21)	บัง ฮี คิมและจินซู คิม (Bang Hee Kim; & Jinsoo Kim.2016:1909-1924)	จาร์ส อินทลาภพร; และคณะอื่น ๆ (2558:65-66)	จาร์ส อินทลาภพร (2558:219)	ซารา มัวร์ (Sara D. Moore.2014:1)	ไมกา สโทล์แมนและคณะอื่น ๆ (Micah Stohlmann; et al.2012:29)	บาร์บารา มีน และคณะอื่น ๆ (Barbara Means; et al. 2015:7-64)	จำนวนความถี่	องค์ประกอบที่เลือกศึกษา
ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	✓	✓	✓	✓		✓			✓	6	✓
การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อการประกอบอาชีพในอนาคต	✓								✓	2	
ความสามารถในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา		✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	7	✓
พฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา		✓		✓	✓	✓			✓	5	✓
การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน					✓					1	
พฤติกรรมการอำนวยความสะดวกและให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียน	✓	✓			✓	✓		✓		5	✓
ความสามารถในการใช้กลยุทธ์ในการจัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนบรรลุเป้าหมาย	✓		✓						✓	3	
จัดบรรยากาศและสภาพแวดล้อมในการเรียนการสอน				✓	✓					2	
จัดกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ				✓	✓		✓	✓		2	
การสร้างแรงจูงและกระตุ้นผู้เรียนในการร่วมปฏิบัติกิจกรรม					✓		✓	✓		3	
ความสามารถในการบูรณาการเทคโนโลยีกับการจัดการเรียนการสอน			✓				✓	✓		3	
ให้ความสำคัญกับการทำงานเป็นทีม							✓	✓		2	
การประเมินกระบวนการทำงานและผลงานของผู้เรียน				✓	✓			✓	✓	4	✓

ตอนที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับตัวบ่งชี้

2.1 ความหมายของตัวบ่งชี้

คำว่า “indicator” ในภาษาไทยมีคำใช้หลายคำ เช่น ตัวบ่งชี้ ดัชนี ดัชนีบ่งชี้ ฯลฯ ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้คำว่า “ตัวบ่งชี้” ซึ่งเป็นสิ่งที่บ่งบอกถึงสภาวะ หรือสถานการณ์ของสิ่งที่มุ่งวัดเพื่อสะท้อนให้เห็นถึงวิธีการ แนวทางที่ทำให้บรรลุวัตถุประสงค์ในช่วงเวลาใดช่วงเวลาที่เกิดขึ้นหรือเปลี่ยนแปลงได้ในอนาคต ตัวบ่งชี้จึงเป็นตัวแปรที่ถูกสร้างขึ้น เพื่อให้ได้สารสนเทศที่บอกถึงระดับแนวโน้ม ทิศทางของสิ่งต่างๆ รวมทั้งสถานภาพ คุณภาพ หรือสะท้อนลักษณะการดำเนินงาน และผลผลิต รวมทั้งปัญหาและอุปสรรคการดำเนินงาน เปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ภายใต้ช่วงเวลาที่ต่างกัน เพื่อให้ทราบถึงความเปลี่ยนแปลงของสภาพที่ต้องการศึกษาหรือสิ่งที่สนใจเข้าไปตรวจสอบได้ (อารักษ์ อินทร์พยุง. 2554: 79 - 80; อ้างอิงจาก John Stone. 1981: 2-5; นงลักษณ์ วิรัชชัย. 2551: 6 - 7; ศิริชัย กาญจนวาสี. 2550: 82; วีรพจน์ ลือประสิทธิ์กุล. 2543: 44;)

2.2 ประเภทของตัวบ่งชี้

ตัวบ่งชี้มีหลายประเภทและหลายชนิด ในการจัดแยกประเภทของตัวบ่งชี้ต่างๆ สามารถแยกตามวิธีและเกณฑ์ที่ใช้ในการจัดแยก ซึ่งแบ่งได้ 7 ประเภท ดังนี้ (นงลักษณ์ วิรัชชัย. 2551: 8 - 9; สำนักงานปฏิรูป. 2545: 21 - 27)

1. การจัดแยกประเภทตามทฤษฎีระบบ แบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ

1.1 ตัวบ่งชี้ด้านปัจจัย (input indicator) เป็นตัวบ่งชี้ที่แสดงถึงปัจจัยป้อน

1.2 ตัวบ่งชี้ด้านกระบวนการ (Process indicators) เป็นตัวบ่งชี้ที่แสดงถึงวิธีการดำเนินงานขั้นตอนต่างๆ

1.3 ตัวบ่งชี้ด้านผลผลิต (Output indicators) เป็นตัวบ่งชี้ที่แสดงถึงผลลัพธ์ตลอดจนผลกระทบที่เกิดขึ้น

2. การจัดแยกประเภทตามลักษณะนิยามของตัวบ่งชี้ แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

2.1 ตัวบ่งชี้แบบอัตนัย (Subjective indicators) เป็นตัวบ่งชี้ที่ใช้ในกรณีที่นักวิชาการยังมีความรู้เกี่ยวกับเรื่องที่ศึกษาไม่มากนัก หรือใช้ในสถานการณ์ที่มีการให้นิยามตัวบ่งชี้ไว้อย่างไม่ชัดเจน ใช้ในการศึกษาเฉพาะเรื่อง การนิยามตัวบ่งชี้แบบอัตนัยนี้มีส่วนที่นักวิชาการต้องใช้วิจารณ์ญาณพิจารณาตัดสินใจ

2.2 ตัวบ่งชี้แบบปรนัย (Objective indicators) เป็นตัวบ่งชี้ที่มีการให้นิยามไว้อย่างชัดเจน และไม่มีส่วนที่ต้องใช้วิจารณ์ญาณของนักวิชาการแต่อย่างใด

3. การจัดแยกประเภทตามวิธีการสร้าง แบ่งได้ 3 ประเภท คือ

3.1 ตัวบ่งชี้แทน (Representative indicators) เป็นตัวบ่งชี้ที่สร้างขึ้นจากตัวแปร เพียงตัวเดียวให้เป็นตัวแทนตัวแปรอื่นๆ

3.2 ตัวบ่งชี้แยก (Disaggregative indicators) เป็นตัวบ่งชี้ที่มีลักษณะคล้ายกับตัวแปรหรือเป็นตัวบ่งชี้ย่อย โดยที่ตัวบ่งชี้ย่อยแต่ละตัวที่เป็นอิสระต่อกัน และบ่งชี้ลักษณะหรือปริมาณของสภาพที่ต้องการศึกษาเฉพาะ

3.3 ตัวบ่งชีรรวม หรือตัวบ่งชี้ประกอบ (Composite indicators) เป็นตัวบ่งชี้ที่เกิดจากการรวมตัวแปรหลายๆ ตัวเข้าด้วยกัน โดยให้น้ำหนักความสำคัญของตัวแปรตามที่เป็นจริง

4. การจัดแยกประเภทตามลักษณะตัวแปรที่ใช้สร้างตัวบ่งชี้ แยกได้เป็น 3 วิธี คือ

4.1 การจัดแยกประเภทตัวบ่งชี้ตามระดับการวัดของตัวแปร วิธีนี้แยกได้เป็น 4 ประเภท คือ 1) ตัวบ่งชี้นามบัญญัติ (Nominal indicators) 2) ตัวบ่งชี้เรียงอันดับ (Ordinal indicators) 3) ตัวบ่งชี้ช่วง (Interval indicators) และ 4) ตัวบ่งชี้อัตราส่วน (Ratio indicators) ซึ่งตัวบ่งชี้สร้างจากตัวแปรระดับใด ตัวบ่งชี้ที่ได้จะมีระดับการวัดตามตัวแปรนั้นด้วย

4.2 การจัดแยกประเภทตัวบ่งชี้ตามประเภทของตัวแปร วิธีแยกได้เป็น 2 ประเภท คือ 1) ตัวบ่งชี้สต็อก (Stock indicators) 2) ตัวบ่งชี้การเคลื่อนไหว (Flows indicators) ซึ่งตัวบ่งชี้สต็อกแสดงถึงภาวะหรือปริมาณ ณ จุดเวลาใดเวลาหนึ่ง ส่วนตัวบ่งชี้การเคลื่อนไหวแสดงถึงภาวะที่เป็นพลวัต ณ ช่วงใดช่วงหนึ่ง

4.3 การจัดแยกประเภทตามคุณสมบัติทางสถิติ วิธีนี้แยกได้เป็น 2 องค์ประกอบ คือ 1) ตัวบ่งชี้เกี่ยวกับการแจกแจง (Distributive indicators) 2) ตัวบ่งชี้ไม่เกี่ยวกับการแจกแจง (Non-distributive indicators) ตัวบ่งชี้เกี่ยวกับการแจกแจงสร้างตัวบ่งชี้ที่เป็นปริมาณหรือเป็นค่าสถิติบอกลักษณะค่ากลาง

5. การจัดแยกประเภทตามลักษณะค่าของตัวบ่งชี้ แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

5.1 ตัวบ่งชี้สมบูรณ์ (Absolute indicators) เป็นตัวบ่งชี้ที่ค่าของตัวบ่งชี้นอกปริมาณ ที่แท้จริงและมีความหมายในตัวเอง

5.2 ตัวบ่งชี้สัมพัทธ์ หรือตัวบ่งชี้อัตราส่วน (Relative or ratio indicators) เป็นตัวบ่งชี้ที่ค่าของตัวบ่งชี้เป็นปริมาณเทียบเคียงกับค่าอื่น

6. การจัดแยกประเภทตามมาตรฐานการเปรียบเทียบในการแปลความหมาย แบ่งได้ 3 ประเภท คือ

6.1 ตัวบ่งชี้กลุ่ม (Norm-referenced indicators) เป็นตัวบ่งชี้ที่มีการแปลความหมายเทียบกับกลุ่ม

6.2 ตัวบ่งชี้เกณฑ์ (Criterion-referenced indicators) เป็นตัวบ่งชี้ที่มีการแปลความหมายเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้

6.3 ตัวบ่งชี้อิงตน (Self-referenced indicators) เป็นตัวบ่งชี้ที่มีการแปลความหมายเทียบกับสภาพเดิม ณ จุดหรือช่วงเวลาที่แตกต่างกัน

7. การจัดแยกประเภทตามลักษณะการใช้ตัวบ่งชี้ แบ่งได้ 2 ประเภท คือ

7.1 ตัวบ่งชี้แสดงความหมาย (Expressive indicators) เป็นตัวบ่งชี้ที่ใช้ประโยชน์ เพื่อบรรยายสภาพ

7.2 ตัวบ่งชี้ทำนาย (Predictive indicators) เป็นตัวบ่งชี้ที่ใช้ประโยชน์เพื่อทำนายหรือพยากรณ์ปรากฏการณ์

2.3 ลักษณะสำคัญของตัวบ่งชี้

ลักษณะที่สำคัญของตัวบ่งชี้ที่มีคุณภาพควรมีความทันสมัย ทันเหตุการณ์ เหมาะสมกับเวลา และสถานที่ สารสนเทศที่ได้จากตัวบ่งชี้ต้องสามารถบอกถึงสถานะและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงหรือสภาพปัญหาที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ตรงกับความต้องการหรือจุดมุ่งหมาย มีความเที่ยงตรง ความเป็นปรนัย และใช้ปฏิบัติได้จริง ซึ่งมีความสำคัญอย่างมากในการสร้างหรือพัฒนาตัวบ่งชี้ ดังนั้นจึงต้องมีการตรวจสอบคุณภาพของตัวบ่งชี้ทุกครั้งก่อนนำไปสอบถามหรือประเมินผลโดยมีเกณฑ์การวัดที่มีความเป็นกลาง ความเป็นทั่วไปและให้สารสนเทศเชิงปริมาณที่ใช้เปรียบเทียบกันได้ โดยมีรายละเอียดดังนี้ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2551: 5 - 6; อ้างอิงจาก John Stone, 1981)

1. ตัวบ่งชี้ต้องระบุสารสนเทศเกี่ยวกับเกี่ยวสิ่งทีศึกษได้อย่างกว้างๆ นั่นคือ จะต้องให้ข้อมูลที่ถูกต้องแม่นยำได้ไม่มากก็น้อย (more or less exactness) ซึ่งไม่จำเป็นต้องถูกต้องแม่นยำอย่างละเอียด ถี่ถ้วน (precise)

2. ตัวบ่งชี้แตกต่างจากตัวแปร คือ ตัวบ่งชี้เป็นการรวมของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกันและนำเสนอเป็นภาพรวมและบ่งบอกสภาพที่ต้องการศึกษาได้ ดังนั้นตัวบ่งชี้่อาจจะมีหลายตัวก็ได้เพื่อวัดระบบการศึกษาทั้งระบบ

3. ค่าตัวบ่งชี้ (Indicator Value) แสดงถึงปริมาณ (Quantity) นั่นคือแสดงสภาพที่ศึกษา เป็นตัวเลข ไม่ว่าสิ่งทีศึกษาจะเป็นสภาพเชิงปริมาณหรือคุณภาพ การแปลความหมายค่าของตัวบ่งชี้ ต้องแปลความหมาย เปรียบเทียบกับเกณฑ์หรือมาตรฐานที่กำหนดไว้แล้วในขั้นตอนการสร้างตัวบ่งชี้ ดังนั้นการสร้างตัวบ่งชี้ต้องมีการกำหนดความหมายและเกณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับตัวบ่งชี้อย่างชัดเจน

4. ค่าของตัวบ่งชี้แสดงถึงสภาพเฉพาะจุด หรือช่วงเวลา (Time Point or Period) นั่นคือ แสดงค่าของสิ่งหรือสภาพที่ต้องการศึกษาเฉพาะปีใดปีหนึ่งหรือเดือนใดเดือนหนึ่ง หรือแสดงสภาพการพัฒนาหรือการดำเนินการในช่วงเวลา 8 เดือน หรือ 5 ปีก็ได้ ทั้งนี้เมื่อนำตัวบ่งชี้ที่ได้จากจุดเวลาหรือช่วงเวลาต่างกันมาเปรียบเทียบกัน ย่อมแสดงสภาพการเปลี่ยนแปลงของสภาพที่ต้องการศึกษาได้

5. ตัวบ่งชี้เป็นหน่วยพื้นฐาน (Basic Units) สำหรับการพัฒนาทฤษฎีโดยการวิจัย นั่นคือ ตัวบ่งชี้คือจุดเริ่มต้นและเป็นหน่วยพื้นฐานสำหรับการวิจัยเพื่อสร้างทฤษฎี และตัวบ่งชี้ที่น่าเชื่อถือควรพัฒนามาจากการวิจัยด้วย

2.4 คุณสมบัติที่ดีของตัวบ่งชี้

ลักษณะหรือคุณสมบัติตัวบ่งชี้ที่ดี จะต้องมีการแสดงค่าเชิงปริมาณ และเป็นคุณภาพเป็นตัวเลขเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ได้ ลักษณะหรือคุณสมบัติของตัวบ่งชี้ที่ดี มีนักการศึกษากล่าวถึงไว้อย่างหลากหลาย ดังนี้

ฟิทซ์-กิบบอน (Fitz-Gibbon. 1996: 160-165) ได้เสนอลักษณะของตัวบ่งชี้ที่ดี ดังนี้

1. ความสอดคล้อง (Relevant) ประกอบด้วย ตัวบ่งชี้บ่งบอกถึงผลลัพธ์ที่เป็นค่านิยมของหน่วยการจัดการนั้นและตัวบ่งชี้บ่งบอกถึงผลลัพธ์ที่ทีมงานทุกคนมีส่วนร่วม
2. ให้ข้อมูล (Informative) ประกอบด้วย ตัวบ่งชี้เป็นไปตามบริบทและตัวบ่งชี้ ให้ผลย้อนกลับไปยังหน่วยการจัดการ
3. การยอมรับได้ (Acceptable) ประกอบด้วย ตัวบ่งชี้มีความยุติธรรม ตัวบ่งชี้ เข้าถึงได้ ตัวบ่งชี้อธิบายได้ ตัวบ่งชี้ไม่สามารถบิดเบือนได้ ตัวบ่งชี้ตรวจสอบได้ และตัวบ่งชี้ต้องบอก การเปลี่ยนแปลง
4. มีประโยชน์ (Beneficial) การนำตัวบ่งชี้ไปใช้ต้องเกิดประโยชน์กับการศึกษา
5. มีความคุ้มค่า (Cost Effective) ตัวบ่งชี้มีต้นทุนที่สมเหตุสมผล

ศิริชัย กาญจนวาสี (2550: 81- 86) กล่าวถึงลักษณะตัวบ่งชี้ที่ดี ควรมีดังนี้

1. ความเที่ยงตรง (Validity) ตัวบ่งชี้ที่ดีจะต้องบ่งชี้ได้คุณลักษณะที่ต้องการวัดอย่างถูกต้องแม่นยำ ตรงตามคุณลักษณะที่มุ่งวัดนั้นมีลักษณะ ดังนี้

- 1.1 มีความตรงประเด็น (Relevant) ตัวบ่งชี้ต้องวัดได้ตรงประเด็น มีความเชื่อมโยงสัมพันธ์หรือเกี่ยวข้องโดยตรงกับคุณลักษณะที่วัด

- 1.2 มีความเป็นตัวแทน (Relevant) ตัวบ่งชี้ต้องมีความเป็นตัวแทนคุณลักษณะ ที่มุ่งวัดหรือมีมุมมองที่ครอบคลุมองค์ประกอบสำคัญของคุณลักษณะที่มุ่งวัดอย่างครบถ้วน เช่น อุณหภูมิร่างกาย เป็นตัวบ่งชี้ สภาวะการมีไข้ของผู้ป่วย คุณภาพของผู้ทำหน้าที่ประชาสัมพันธ์ สามารถชี้วัดลักษณะการให้สารสนเทศ ความรวดเร็วในการตอบสนองความต้องการ ลักษณะการพูดจา สีหน้า ท่าทางของการให้บริการ เป็นต้น

2. ความเชื่อมั่น (Reliability) ตัวบ่งชี้ที่ดีจะต้องบ่งชี้สิ่งที่มุ่งวัดได้อย่างน่าเชื่อถือ คงเส้นคงวา หรือบ่งชี้ได้คงที่ เมื่อทำการวัดซ้ำในช่วงเวลาเดียวกัน ตัวบ่งชี้สามารถชี้ได้อย่างคงเส้นคงวา เมื่อทำการวัดซ้ำนั้นมีลักษณะดังนี้

- 2.1 มีความปรนัย (Objectivity) ตัวบ่งชี้ต้องวัดได้อย่างเป็นปรนัย การตัดสินใจเกี่ยวกับค่าของตัวบ่งชี้ ขึ้นอยู่กับสถานะที่เป็นอยู่หรือคุณสมบัติของสิ่งนั้นมากกว่าที่จะขึ้นอยู่กับความรู้สึกตามอัตวิสัย เช่น การรับรู้ประสิทธิภาพของหลักสูตรกับอัตราการสำเร็จการศึกษา ตามระยะเวลาของหลักสูตร ต่างเป็นตัวบ่งชี้ตัวคุณภาพของหลักสูตร แต่อัตราการสำเร็จการศึกษา ตามระยะเวลาของหลักสูตรจะเป็นตัวบ่งชี้ที่วัดได้อย่างเป็นปรนัยมากกว่าการรับรู้ประสิทธิภาพ ของหลักสูตร

- 2.2 ความคลาดเคลื่อนต่ำ (Minimum error) ตัวบ่งชี้ต้องชี้วัดได้อย่าง มีความคลาดเคลื่อนต่ำ ค่าที่จะได้ต้องมาจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือได้ เช่น คะแนนผลสัมฤทธิ์ จากการทดสอบกับคะแนนผลสัมฤทธิ์จากการตอบตามปฏิกิริยาหรือการสังเกตอย่างไม่เป็นทางการ ต่างเป็นตัวบ่งชี้ของความสำเร็จของการฝึกอบรม แต่คะแนนผลสัมฤทธิ์จากการทดสอบจะเป็นตัวบ่งชี้ ที่น่าเชื่อถือหรือมีความคลาดเคลื่อนจากการวัดต่ำ

3. ความเป็นกลาง (Neutrality) ตัวบ่งชี้ที่ดีจะต้องบ่งชี้ความเป็นกลางปราศจาก ความลำเอียง (Bias) ไม่โน้มเอียงเข้าหาฝ่ายใดฝ่ายหนึ่ง ไม่ชี้นำโดยการเน้นการบ่งชี้เฉพาะลักษณะความสำเร็จ หรือความล้มเหลว หรือความไม่ยุติธรรม

4. ความไว (Sensitivity) ตัวบ่งชี้ที่ดีจะต้องมีความไวต่อคุณลักษณะที่มุ่งวัด ความสามารถในการแสดงความผันแปร หรือความแตกต่างระหว่างหน่วยวิเคราะห์อย่างชัดเจน โดยตัวบ่งชี้จะต้องมีมาตรและหน่วยวัดที่มีความละเอียดเพียงพอ เช่น ตัวบ่งชี้ระดับการปฏิบัติไม่ควรมีความผันแปรที่แคบ เช่น ไม่ปฏิบัติ (0) และปฏิบัติ (1) แต่ควรมีระดับของการปฏิบัติที่มีการระบุความแตกต่างที่ชัดเจน ระดับ 0 ถึง 10 เป็นต้น

5. สะดวกในการนำไปใช้ (Practicality) ตัวบ่งชี้ที่ดีจะต้องสะดวกในการนำไปใช้ ซึ่งมีลักษณะสำคัญ ดังนี้

5.1 เก็บข้อมูลง่าย (Availability) ตัวบ่งชี้ที่ดีจะต้องสามารถนำไปใช้วัดหรือเก็บข้อมูลได้สะดวก สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลจากการตรวจ นับ วัด หรือสังเกตได้ง่าย

5.2 แปลความหมายง่าย (Interpretability) ตัวบ่งชี้ที่ดีควรมีค่าการวัดที่มีจุดสูงสุด และต่ำสุด เข้าใจง่าย และสามารถสร้างเกณฑ์ตัวสินคุณภาพได้ง่าย

วิโรจน์ สารัตนะ (2553: 200-201) กล่าวถึงลักษณะที่ดีของตัวบ่งชี้ว่า ต้องเป็นตัวบ่งชี้ที่บ่งบอกถึงสถานะของสิ่งที่มุ่งวัดอย่างกว้างๆ กำหนดเป็นตัวเลขได้หรืออยู่ในเชิงปริมาณ เป็นค่าชั่วคราว สามารถผันแปรได้ตามเวลาและสถานที่ เป็นตัวบ่งชี้การดำเนินงาน ความเป็นวัตถุวิสัย เป็นกลาง มีความไวต่อความแตกต่าง มีความหมายและตีความหมายได้ มีความถูกต้องในเนื้อหา (Content Validity) ในการสร้าง มีวิธีการคัดเลือกตัวแปร การรวม การกำหนดน้ำหนักของตัวแปรที่ถูกต้อง มีความเชื่อถือได้ มีความเฉพาะเจาะจง สอดคล้องกับนโยบายที่เกี่ยวข้อง มีความเชื่อมั่น และ มีการปรับให้ทันสมัยอยู่เสมอ มีความสัมพันธ์กับตัวบ่งชี้อื่นเพื่อการวิเคราะห์โดยภาพรวม และเป็นหน่วยพื้นฐานในการสร้างทฤษฎี

จากที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า ตัวบ่งชี้เป็นตัวแปรที่บ่งบอกถึงแนวโน้มของสิ่งที่มุ่งวัดหรือต้องการศึกษาในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง เพื่อให้ทราบถึงเปลี่ยนแปลงของสภาพที่ต้องการศึกษา โดยตัวบ่งชี้ที่ดีต้องบ่งชี้ได้ตามคุณลักษณะที่ต้องการวัดอย่างถูกต้องแม่นยำ (Validity) วัดได้ตรงประเด็น มีความเชื่อมโยงสัมพันธ์หรือเกี่ยวข้องโดยตรงกับคุณลักษณะ (Relevant) ตัวบ่งชี้ต้องมีความเป็นตัวแทนคุณลักษณะที่มุ่งวัดหรือมีมุมมองที่ครอบคลุมองค์ประกอบสำคัญของคุณลักษณะที่มุ่งวัดอย่างครบถ้วน (Representation) น่าเชื่อถือ คงเส้นคงวา หรือบ่งชี้ได้คงที่ เมื่อทำการวัดซ้ำในช่วงเวลาเดียวกัน (Reliability) ต้องชี้วัดได้อย่างเป็นปรนัย (Objectivity)

2.5 ประโยชน์ของตัวบ่งชี้

ตัวบ่งชี้ทางการศึกษามีความสำคัญต่อการกำหนดนโยบายและวัตถุประสงค์ของการจัดการศึกษาให้มีความชัดเจนและเป็นรูปธรรมมากขึ้น โดยกำหนดตัวบ่งชี้ทางการศึกษาและบูรณาการ

ตัวบ่งชี้ตลอดจนเกณฑ์ให้สอดคล้องกับนโยบายและวัตถุประสงค์การศึกษา และอาศัยตัวบ่งชี้ในการกำกับดูแลตรวจสอบถึงการเปลี่ยนแปลงว่า เป็นไปในทิศทางที่ต้องการและพึงประสงค์หรือไม่ โดยอาศัยตัวบ่งชี้ทางการศึกษา การเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อศึกษาค่าของตัวบ่งชี้การศึกษาแต่ละช่วงเวลาแล้วนำมาเปรียบเทียบกัน ซึ่งการเปรียบเทียบค่าของตัวบ่งชี้การศึกษาที่กำหนดไว้ จะช่วยให้สามารถติดตามกำกับตรวจสอบค่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นตามที่กำหนด โดยจะต้องมีการวัดอย่างสม่ำเสมอ และต่อเนื่อง เพื่อให้ดำเนินการจัดการศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ กระตุ้นให้เกิดการพัฒนากระบวนการศึกษาให้มีระดับการพัฒนาที่ใกล้เคียงกัน สร้างกลไกความร่วมมือ เร่งรัดการพัฒนาโดยรวดให้รวดเร็วมากขึ้น จากการจัดลำดับและการจำแนกประเภทของระบบการศึกษา ซึ่งช่วยให้ทราบภาพรวมของระบบการศึกษา ของประเทศ หรือภูมิภาคใด มีระดับการพัฒนาดำกว่าเกณฑ์ และมีความจำเป็นเร่งด่วนที่ต้องได้รับการพัฒนา ดังนั้นตัวบ่งชี้จึงถูกนำไปใช้ในการพัฒนาการวิจัยระบบการศึกษา โดยเฉพาะตัวบ่งชี้รวมสามารถใช้แทนลักษณะของระบบการศึกษา โดยนำไปใช้วิเคราะห์เพื่อศึกษาวิจัยได้ถูกต้อง และน่าเชื่อถือกว่า การใช้ตัวแปรเดียว นอกจากนี้ตัวบ่งชี้ยังสามารถนำไปใช้เพื่อแสดงความรับผิดชอบต่อภาระหน้าที่ และการประกันคุณภาพได้ เนื่องจากในอดีตที่ผ่านมา หลักการประเมินผลได้ใช้ระเบียบ กฎเกณฑ์ที่กำหนด จากส่วนกลาง มุ่งประเมินการบริหาร การดำเนินงานตามวัตถุประสงค์จากส่วนกลาง ดังนั้นการประเมินผลแบบใหม่ที่เกิดจากแนวคิดการปฏิรูปการศึกษาที่พิจารณาผลผลิตเป็นตัวกำกับหน่วยงานและ องค์กรทุกระดับในการกำหนดเกี่ยวกับผลผลิตร่วมกัน และมีอิสระในการกำหนดวิธีการ การดำเนินงาน ให้ได้ผลตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ การประเมินผลจึงเป็นหน้าที่ของบุคลากรภายในหน่วยงาน โดยบุคลากร เป็นผู้กำหนดมาตรฐานและวิธีการดำเนินงาน แนวคิดประเมินแบบใหม่จึงให้ความสำคัญกับหน่วยงาน ในระดับล่างทุกหน่วยงาน แสดงถึงการสร้างระบบความรับผิดชอบต่อภาระหน้าที่ของตน และสร้างระบบประกันคุณภาพการดำเนินงานของตนว่าจะได้ผลตามเป้าหมาย หรือระดับคุณภาพของหน่วยงาน และใช้ชุดของตัวบ่งชี้ซึ่งเป็นเครื่องกำกับดำเนินของหน่วยงาน เพื่อกำหนดเป้าหมายที่ตรวจสอบได้ โดยเริ่มจากการพัฒนาตัวบ่งชี้การศึกษาเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐาน และตรวจสอบว่าการดำเนินงานได้ผลตามเป้าหมาย แต่ละขั้นที่กำหนดไว้หรือไม่ (สำนักงานปฏิรูปการศึกษา. 2545: 29-33; เอมอร์ จังศิริพรปกรณ์. 2542:8-9)

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ตัวบ่งชี้มีประโยชน์ในการวางแผนการดำเนินงาน ใช้ในการกำกับดูแล ประเมินผล และประกันคุณภาพ รวมทั้งใช้ในการกำหนดเป้าหมาย เพื่อให้บรรลุตามความต้องการ ตลอดจนสามารถกำกับติดตามและประเมินความสำเร็จของงานได้

2.6 การพัฒนาตัวบ่งชี้ทางการศึกษา

กระบวนการพัฒนาตัวบ่งชี้มีขั้นตอนคล้ายกันกับขั้นตอนในกระบวนการวัดตัวแปร แต่มีขั้นตอนเพิ่มมากขึ้นในส่วนที่เกี่ยวกับการรวมตัวแปรเข้าเป็นตัวบ่งชี้ และการตรวจสอบคุณภาพตัวบ่งชี้ที่พัฒนาขึ้น ขั้นตอนในกระบวนการพัฒนาตัวบ่งชี้ที่นักวิชาการกำหนดไว้มีลักษณะคล้ายคลึงกัน มีส่วนแตกต่างกันในบางขั้นตอน ซึ่งสามารถสรุปรวมเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการพัฒนาตัวบ่งชี้ 6 ขั้นตอน ดังนี้

(นงลักษณ์ วิรัชชัย. 2551: 8-15; อ้างอิงจาก Blan. 1993; Johnstone. 1981; Burstein; Oakes; & Guiton. 1992; Nardo.et al. 2005)

1. การกำหนดวัตถุประสงค์ (Statement of Purpose)

การกำหนดวัตถุประสงค์ถือเป็นขั้นตอนแรกของการพัฒนาตัวบ่งชี้ ซึ่งวัตถุประสงค์สำคัญในการพัฒนาตัวบ่งชี้ก็คือ เพื่อพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพตัวบ่งชี้ที่พัฒนาขึ้นให้ได้ตัวบ่งชี้ที่จะนำไปใช้ประโยชน์ โดยตัวบ่งชี้ที่พัฒนาขึ้นเพื่อประโยชน์ต่างกันมีลักษณะแตกต่างกัน อาทิตัวบ่งชี้ที่พัฒนาขึ้นเพื่อประเมินคุณภาพการศึกษา ควรเป็นตัวบ่งชี้ประเภทอิงเกณฑ์ ตัวบ่งชี้เพื่อประเมินความก้าวหน้าในการดำเนินงาน ควรเป็นตัวบ่งชี้ประเภทอิงตน และตัวบ่งชี้เพื่อใช้จัดจำแนกระบบการศึกษาของประเทศต่างๆ หลายประเทศ ควรเป็นตัวบ่งชี้ประเภทอิงกลุ่ม เป็นต้น ดังนั้นการกำหนดวัตถุประสงค์ของการพัฒนาตัวบ่งชี้ที่ชัดเจนย่อมส่งผลให้ได้ตัวบ่งชี้ที่มีคุณภาพสูงและสอดคล้อง ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการสร้างตัวบ่งชี้

2. การนิยาม (Definition) ตัวบ่งชี้

การนิยามตัวบ่งชี้เป็นกระบวนการที่สำคัญในการพัฒนาตัวบ่งชี้ การกำหนดนิยามตัวบ่งชี้ประกอบด้วย ประการแรก คือ การกำหนดส่วนประกอบ (Components) หรือตัวแปรย่อย (Components Variables) ของตัวบ่งชี้ ซึ่งต้องอาศัยความรู้จากทฤษฎีและประสบการณ์ศึกษาตัวแปรย่อยที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์ (Relate) และตรงกับตัวบ่งชี้ แล้วตัดสินใจคัดเลือกตัวแปรย่อยเหล่านั้นว่าจะใช้ตัวแปรย่อยจำนวนเท่าใด ใช้ตัวแปรย่อยประเภทใดในการพัฒนาตัวบ่งชี้ ประการที่สอง คือ การกำหนดวิธีการรวม (Combination method) ตัวแปรย่อย นั่นคือต้องศึกษาและตัดสินใจเลือกวิธีการรวมตัวแปรย่อยให้ได้ตัวบ่งชี้ กระทำได้ 2 แบบ คือการรวมตัวแปรด้วยการบวก (Addition) และการคูณ (Multiplication) ส่วนประการที่สาม คือ การกำหนดน้ำหนัก (Weight) การรวมตัวแปรย่อยเข้าเป็นตัวบ่งชี้ สามารถกำหนดน้ำหนักแทนความสำคัญของตัวแปรย่อยแต่ละตัวในการสร้างตัวบ่งชี้ โดยอาจกำหนดให้ตัวแปรย่อยทุกตัวมีน้ำหนักเท่ากันหรือต่างกันได้ การกำหนดการพัฒนาตัวบ่งชี้โดยใช้นิยามที่แตกต่างกัน มีดังนี้

2.1 การพัฒนาตัวบ่งชี้โดยใช้นิยามเชิงปฏิบัติการ (The pragmatic definition of an indicators) เป็นนิยามที่ใช้ในกรณีที่มีการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับตัวแปรย่อยที่เกี่ยวข้องกับตัวบ่งชี้ไว้พร้อมแล้ว มีฐานข้อมูลแล้ว หรือมีการสร้างตัวแปรประกอบจากตัวแปรย่อยๆ หลายตัวไว้แล้ว เพียงแต่ใช้วิจารณ์ญาณคัดเลือกตัวแปรจากฐานข้อมูลที่มีอยู่และนำมาพัฒนาตัวบ่งชี้โดยกำหนดวิธีการรวมตัวแปรย่อย และกำหนดน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรย่อย วิธีการกำหนดนิยามตัวบ่งชี้วิธีนี้อาศัยการตัดสินใจ และประสบการณ์ของผู้วิจัยเท่านั้น ดังนั้นวิธีการนี้อาจทำให้ได้นิยามที่ลำเอียงเพราะไม่มีการอ้างอิงทฤษฎี หรือตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร จึงเป็นนิยามที่มีจุดอ่อนมากที่สุดและไม่ค่อยมีผู้นิยมใช้

2.2 การพัฒนาตัวบ่งชี้โดยใช้นิยามเชิงทฤษฎี (The theoretical definition of and indicators) เป็นนิยามที่ใช้ทฤษฎีรองรับสนับสนุนการตัดสินใจของนักวิจัย ซึ่งมีวิธีการ 2 แบบ คือ แบบแรก ใช้ทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยเป็นพื้นฐานสนับสนุนทั้งหมดตั้งแต่การกำหนดตัวแปรย่อย การกำหนดวิธีการรวมตัวแปรย่อย และการกำหนดน้ำหนักตัวแปรย่อย โดยอาจใช้โมเดลหรือสูตรในการ

สร้างตัวบ่งชี้ตามที่มีผู้พัฒนาไว้แล้วทั้งหมด แบบที่สอง ใช้ทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยเป็นพื้นฐานสนับสนุน ในการคัดเลือกตัวแปรย่อย และการกำหนดวิธีการรวมตัวแปรย่อยเท่านั้น ส่วนการกำหนดน้ำหนักตัวแปรย่อยแต่ละตัวเป็นการใช้ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิหรือผู้เชี่ยวชาญประกอบการตัดสินใจ ซึ่งแบบที่สองนี้จะใช้ในกรณีที่ยังไม่มีผู้ใดกำหนดสูตรหรือโมเดลตัวบ่งชี้ไว้ก่อน

2.3 การพัฒนาตัวบ่งชี้โดยนิยามเชิงประจักษ์ (The empirical definition of and indicators) เป็นนิยามที่มีลักษณะใกล้เคียงกับนิยามเชิงทฤษฎี นั่นคือเป็นนิยามกำหนดว่าตัวบ่งชี้ประกอบด้วยตัวแปรย่อยอะไร และกำหนดน้ำหนักของตัวแปรแต่ละตัวที่จะนำมารวมกัน ในการพัฒนา ตัวบ่งชี้้นั้นมีได้อาศัยแนวคิดทฤษฎีโดยตรง แต่อาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงประจักษ์ ซึ่งการนิยามแบบนี้ มีความเหมาะสม และเป็นที่ยอมรับกันอยู่จนมาถึงทุกวันนี้

3. การรวบรวมข้อมูล คือการดำเนินการวัดตัวแปรย่อย ได้แก่ การสร้างเครื่องมือสำหรับวัด การทดลองใช้และการปรับปรุงเครื่องมือ ตลอดจนการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง การดำเนินการภาคสนามเพื่อใช้เครื่องมือเก็บข้อมูล และการตรวจสอบคุณภาพของข้อมูล ที่เป็นตัวแปรย่อยซึ่งจะนำมารวมเป็นตัวบ่งชี้

4. การสร้างตัวบ่งชี้ ขั้นตอนนี้นักวิจัยสร้างสเกล (Scaling) ตัวบ่งชี้ โดยนำตัวแปรย่อยที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์รวมให้ได้เป็นตัวบ่งชี้ โดยวิธีการรวมตัวแปรย่อย และการกำหนดน้ำหนัก ตัวแปรย่อยตามที่ได้นิยามตัวบ่งชี้ไว้

5. การตรวจสอบคุณภาพตัวบ่งชี้ การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบคุณภาพของตัวบ่งชี้ ที่พัฒนาขึ้นครอบคลุมถึงการตรวจสอบคุณภาพของตัวแปรย่อย และตัวบ่งชี้ด้วย โดยตรวจสอบทั้งเรื่องความเชื่อมั่น (Reliability) ความเที่ยงตรง (Validity) ความเป็นไปได้ (Feasibility) ความเป็นประโยชน์ (Utility) ความเหมาะสม (Appropriateness) และความเชื่อถือได้ (Credibility)

6. การนำเสนอรายงาน เป็นขั้นตอนหนึ่งในการพัฒนาตัวบ่งชี้ที่มีความสำคัญมาก เพราะ เป็นการสื่อสาร (Communication) ระหว่างผู้วิจัยที่เป็นผู้พัฒนากับผู้ใช้ตัวบ่งชี้ หลังจากสร้างเสร็จและตรวจสอบคุณภาพของตัวบ่งชี้แล้ว ผู้วิจัยต้องวิเคราะห์ข้อมูลให้ได้ค่าของตัวบ่งชี้ที่เหมาะสมกับบริบท (Context) โดยอาจวิเคราะห์ตีความแยกตามระดับเขตการศึกษา จังหวัด อำเภอ โรงเรียน มหาวิทยาลัย หรือแยกตามประเภทของบุคลากร หรืออาจวิเคราะห์ตีความในระดับมหภาค แล้วจึงรายงานค่าของตัวบ่งชี้ ให้ผู้บริหาร/นักวางแผน/นักวิจัย ตลอดจนนักการศึกษาทั่วไปได้ทราบและใช้ประโยชน์จากตัวบ่งชี้ได้อย่างถูกต้องต่อไป

จากที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า กระบวนการพัฒนาตัวบ่งชี้มีขั้นตอนที่สำคัญ คือ การกำหนดวัตถุประสงค์ การนิยามตัวบ่งชี้ การใช้ตัวแปรย่อยในการพัฒนาตัวบ่งชี้ และการรวมตัวแปรย่อยเพื่อให้ได้ตัวบ่งชี้ การสร้างเครื่องมือเพื่อวัดและตรวจสอบคุณภาพของตัวบ่งชี้ ตลอดจนการนำตัวบ่งชี้ที่สร้างขึ้นไปใช้

ตอนที่ 3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 งานวิจัยในประเทศ

จรัส อินทลาพร (2558) ได้ทำการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรม เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับครูระดับประถมศึกษา โรงเรียนวัดพระปฐมเจดีย์ (มหินทรศึกษาการ) สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครปฐมเขต 1 โดยการสุ่มตัวอย่างครูชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ทำการสอนสอนใน 3 สาระ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และการงานอาชีพและเทคโนโลยี จำนวน 9 คน และนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียน 50 คน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน พบว่า

1. ได้หลักสูตรฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการจัดการเรียนรู้ตามแนว สะเต็มศึกษาสำหรับครูประถมศึกษา ประกอบด้วย 1) หลักการ 2) วัตถุประสงค์ 3) สาระการเรียนรู้ 4) กิจกรรมการฝึกอบรม ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ 4.1 วางแผน 4.2 ลงมือปฏิบัติ 4.3 แลกเปลี่ยนเรียนรู้ 4.4 สะท้อนคิด 4.5 ประเมินผล 4.6 ให้ข้อมูลย้อนกลับ 5) สื่อการเรียนรู้ 6) การประเมินหลักสูตร

2. หลักสูตรที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด ดังนี้ 2.1) ความสามารถในการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาของครู ผู้เข้ารับการอบรมอยู่ในระดับสูง 2.2) พฤติกรรมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาของครูผู้เข้ารับการอบรมอยู่ในระดับดี 2.3) พฤติกรรมโค้ชของครูผู้เข้ารับการอบรมอยู่ในระดับดีมาก 2.4) ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของผู้เรียน สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 2.5) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนสูงกว่าร้อยละ 70 2.6) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีของผู้เรียนอยู่ในระดับดี

จารีพร ผลมูล (2558) ได้พัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการ STEM สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3: กรณีศึกษา ชุมชนวังตะกอล จังหวัดชุมพร เป็นการศึกษาวิจัยเชิงกึ่งทดลอง (Quasi-experiment research) โดยมีวัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อ 1) พัฒนาหน่วยการเรียนรู้ STEM 2) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จิตสำนึกอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเมืองหลวงสวนจังหวัดชุมพร จำนวน 33 คน ที่ใช้เวลา 40 คาบ คาบละ 50 นาที เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ 1) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ มีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.28 - 0.87 ทั้งฉบับโดยเฉลี่ย 0.54 มีค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.20 - 0.87 ทั้งฉบับ โดยเฉลี่ย 0.47 และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ 0.83 2) แบบวัดจิตสำนึกอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม เป็นแบบวัดมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ จำนวน 30 ข้อ มีอำนาจจำแนก (t) อยู่ระหว่าง 1.81 - 7.73 และค่าความเชื่อมั่น 0.78 3) แบบวัดความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ เป็นแบบวัดมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ จำนวน 30 ข้อ มีอำนาจจำแนก (t) อยู่ระหว่าง 1.99 - 7.70 และค่าความเชื่อมั่น 0.93 ผู้วิจัยใช้รูปแบบการทดลองหนึ่งกลุ่ม ทดสอบก่อน

เรียนและหลังเรียน (One-group pretest-posttest design) เมื่อสิ้นสุดการทดลองได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$), ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และวิเคราะห์สมมุติฐานการทดลอง โดยใช้ t-test for Dependent Samples และ t-test for One Sample

ศิริลักษณ์ ขาวลุ่มบัว (2558) พัฒนาและหาประสิทธิภาพของหลักสูตรตามแนวทาง สะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งมีวิธีการดำเนินการวิจัย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาบริบทและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ขั้นตอนที่ 2 ออกแบบและสร้างหลักสูตร ขั้นตอนที่ 3 การทดลองใช้และหาคุณภาพหลักสูตร และขั้นตอนที่ 4 การประเมินผลและปรับปรุงหลักสูตร ผลการวิจัยพบว่า 1. ได้หลักสูตรตามแนวสะเต็มศึกษาซึ่งเป็นหลักสูตรบูรณาการเนื้อหาและกระบวนการของ 4 รายวิชา เข้ากับหัวเรื่องของพืชเศรษฐกิจในท้องถิ่น โครงสร้างหลักสูตรประกอบด้วย 1) สภาพปัญหาและความจำเป็น 2) หลักการของหลักสูตร 3) จุดมุ่งหมายของหลักสูตร 4) โครงสร้างหลักสูตร 5) แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 6) สื่อและแหล่งการเรียนรู้ 7) การวัดและประเมินผล 2. ผลการทดลองใช้หลักสูตร ปรากฏว่า 1) คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังการใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนใช้หลักสูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) คะแนนเฉลี่ยความสามารถ ในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนหลังการใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนใช้หลักสูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 3) คะแนนเฉลี่ยความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมของนักเรียนหลังการใช้หลักสูตร สูงกว่าก่อนใช้หลักสูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 4) คะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนหลังการใช้หลักสูตรอยู่ในระดับมากทุกด้าน และสูงกว่าที่กำหนด 3.50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 5) ครุมีความคิดเห็นเชิงบวกต่อหลักสูตรที่พัฒนาขึ้นในด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้ ด้านเนื้อหา ด้านสื่อ/แหล่งการเรียนรู้และด้านการวัดและประเมินผล

3.2 งานวิจัยต่างประเทศ

ชานมิน คิมและคณะ. (ChanMin Kim; et al.2015:14 - 31) ศึกษาการใช้หุ่นยนต์ในส่งเสริมการสอนสะเต็มศึกษาสำหรับนักเรียนก่อนประถมศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยให้ครูผู้สอนได้เรียนรู้วิธีการออกแบบและดำเนินการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ (STEM) โดยเฉพาะครูก่อนประถมศึกษา ในหลักสูตรการเตรียมความพร้อมของ ครูประถมศึกษา เก็บรวบรวมข้อมูลจากการสำรวจ การสังเกต สัมภาษณ์ห้องเรียนและแผนการจัดการเรียนรู้ ทั้งข้อมูลเชิงคุณภาพและข้อมูลเชิงปริมาณ นำมาวิเคราะห์ พบว่าการจัดการเรียนการสอนโดยใช้หุ่นยนต์ในส่งเสริมการสอนสะเต็มศึกษา ทำให้นักเรียนมีความเพลิดเพลินและเข้าร่วมกิจกรรมอย่างสนใจ จะเห็นได้ว่าการออกแบบการจัดการเรียนการสอนแบบโดยใช้เทคโนโลยีผ่านกิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา สามารถช่วยพัฒนาผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีผลต่อการพัฒนาทัศนคติเชิงบวกด้วย

เคนเน็ธ เฟรเดอริกและคณะ (Kenneth G. Rice; et al.(2013). 2013:214 - 234) ได้ศึกษา
 อุดมคติและประสิทธิภาพในกลุ่มนักเรียนที่เรียนสะเต็มศึกษา มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบลักษณะ
 บุคลิกภาพ ในอุดมคติและความสัมพันธ์ของนักเรียนที่มีความสามารถในด้านวิทยาศาสตร์
 เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์(STEM) โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรีใน
 สาขาวิทยาศาสตร์ให้ความสนใจกับความแตกต่างทางเพศ จากกลุ่มตัวอย่างมีผู้หญิงร้อยละ 52 ของ
 กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด ตัวแปรหลักคือเกรดในการจัดการเรียนการสอน ตัวแปรร่วมคือเกรดใน
 โรงเรียนมัธยมศึกษาเดิม พบว่าบุคลิกภาพในอุดมคติ (ความซื่อตรง ความมั่นคงของอารมณ์) ของ
 ผู้ชายอยู่ในระดับดีเลิศ สนับสนุนรูปแบบความสามารถที่สมบูรณ์แบบสำหรับผู้ชาย แต่ไม่ได้
 เกี่ยวข้องกับ การรับรู้ความสามารถของตนเอง หรือ เกรด สำหรับผู้หญิงความสามารถยังไม่มี
 ความสัมพันธ์กับ การรับรู้ความสามารถของตนเอง และผู้หญิงอาจเสี่ยงต่อประสิทธิภาพการเรียนรู้
 ตามแนวทาง สะเต็มศึกษา

บาง-ฮี คิมและจินซู คิม(Bang-Hee Kim and Jinsoo Kim. 2016: 1909-1924) ได้ศึกษา
 การพัฒนาและตรวจสอบตัวบ่งชี้ของการประเมินความสามารถในการศึกษาตามรูปแบบการจัด การ
 เรียนรู้สะเต็มศึกษา การประเมินสมรรถนะการเรียนการสอนตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ สะเต็ม
 ศึกษา มีวิธีการดำเนินการโดย 1) ใช้การสัมภาษณ์เชิงพฤติกรรม (BEI) และทบทวนวรรณกรรม ตัว
 บ่งชี้การประเมินเบื้องต้น แล้วตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ 15 คน 2) ทดสอบนําร่องกับครู จำนวน
 208 คน และนำข้อมูลจากแบบสำรวจนี้ใช้ในการตรวจสอบแบบจำลองตามปัจจัยที่ใช้ ใช้การ
 วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (EFA) และการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (CFA) พบว่า ตัว
 บ่งชี้ของการประเมินความสามารถในการศึกษาตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม
 ศึกษา ประกอบด้วย 7 องค์ประกอบ 35 ตัวบ่งชี้ 1. ตัวบ่งชี้ความเข้าใจในเนื้อหา ประกอบด้วย 5
 รายการ คือ (1) เข้าใจในหลักการของสะเต็มศึกษา (2) มีการจัดทำหลักสูตรและวิเคราะห์หลักสูตร
 สะเต็มศึกษา (3) เข้าใจเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา (4) มีการบูรณาการวิชาที่เกี่ยวข้องกับสะ
 เต็มศึกษา (5) มีการใช้เนื้อหาและแนวคิดสำคัญของวิชาที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา 2. วิธีการเรียน
 การสอน ประกอบด้วย 10 รายการ คือ (1) แนะนำวัตถุประสงค์และเนื้อหาที่จะเรียนรู้ (2) สร้าง
 แรงจูงใจในการเรียนรู้ด้วยสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริง (3) มีกิจกรรมที่เป็นรูปธรรมที่
 เกี่ยวข้องกับเนื้อหาการเรียนรู้ เช่น ประสบการณ์และ การปฏิบัติ (4) ชักนำให้เกิดการกำหนดปัญหา
 ด้วยตัวเอง (5) เลือกใช้วิธีการสอนที่หลากหลายเหมาะสมสำหรับเนื้อหาและสถานการณ์ (6) มีความ
 ร่วมมือกับครูคนอื่นๆ (7) อธิบายเนื้อหาและเชื่อมโยงกับชีวิตจริงโดยอธิบายเป็นรูปธรรม (8) จัด
 กระบวนการเรียนรู้ผ่านคำถาม คำติชมและข้อเสนอแนะ (9) ชักนำให้ผู้เรียนใช้หลักการของสะเต็ม
 ในการแก้ปัญหา (10) ชักนำให้ผู้เรียนทุกคนมีส่วนร่วมในกิจกรรมที่ได้รับมอบหมาย 3. กระตุ้น
 ผู้เรียนในการเข้าร่วมในกิจกรรม ประกอบด้วย 5 รายการ คือ (1) มีคู่มือ เป็นแนวทางในการเรียน
 ผ่านกระบวนการในชั้นเรียนเพื่อสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ด้วยตนเอง (2) ชักนำให้มีการสื่อสาร
 เสนอความคิดเห็น (3) สร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่เปิดกว้างสำหรับความคิดสร้างสรรค์การ
 แก้ปัญหา (4) ชักนำให้เกิดประสิทธิภาพการทำงานที่ได้รับมอบหมายโดยความร่วมมือของผู้เรียน

4. ความเข้าใจของผู้เรียน ประกอบด้วย 3 รายการ คือ (1) กำหนดเป้าหมายและให้ข้อเสนอแนะเป็นชั่วโมงเรียน ตรวจสอบระดับงานที่มอบหมายที่เสร็จสมบูรณ์บ่อยครั้ง (2) วิเคราะห์กระบวนการเรียนรู้ของนักเรียน โดยถามคำถามเพื่อให้นักเรียนค้นพบด้วยตัวเอง (3) กำหนดระดับ การมีส่วนร่วมของผู้เรียน เช่น ความสนใจและทัศนคติของผู้เรียน 5. การเรียนรู้สภาพแวดล้อมและสถานการณ์ ประกอบด้วย 3 รายการ คือ (1) เลือกและใช้สื่อการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพในกระบวนการเรียนตามแนวทางสะเต็มศึกษา (2) จัดสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (3) มีแผนงานและจัดเตรียมการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน โดยความร่วมมือกับครูคนอื่น 6. การประเมินผลการเรียนของผู้เรียน ประกอบด้วย 5 รายการ คือ (1) ดำเนินการประเมินผลเชิงปริมาณและคุณภาพพร้อมกัน (2) ใช้วิธีการประเมินผลที่จะต้องพิจารณาความหลากหลายของผู้เรียน (3) การประเมินผลกระบวนการปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายของนักเรียนในการเชื่อมต่อกับผลการเรียนของผู้เรียน (4) ให้รางวัลเพื่อสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง (5) การประเมินความสามารถในการคิดขั้นสูง เช่น ความคิดสร้างสรรค์ ความสามารถในการแก้ปัญหา และ 7. คุณลักษณะส่วนบุคคลประกอบด้วย 4 รายการ คือ (1) มีความเข้าใจในทฤษฎีและปรัชญาของ สะเต็มศึกษา (2) มีความสัมพันธ์กับผู้เรียนในรูปแบบความสามัคคีขั้นพื้นฐานในการมีส่วนร่วม (3) มีทัศนคติที่เปิดใจและยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น (4) มีแนวโน้มเชิงบวกในรูปแบบความร่วมมือระหว่างครู ตัวบ่งชี้การประเมินเหล่านี้เป็นแนวทางในการทำความเข้าใจการศึกษาตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา และวิธีการดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ดังนั้น ผลการศึกษานี้จะเป็นมาตรฐานของการพัฒนาชั้นเรียน การจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษา โดยประเมินตัวเองและใช้เป็นรายการตรวจสอบให้คำปรึกษาสำหรับการจัดการเรียนรู้ ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีประสิทธิภาพ

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงบรรยาย (Descriptive statistic) ผู้วิจัยดำเนินการวิจัย ตามขั้นตอนซึ่งแบ่งเป็น 3 ระยะ คือ ระยะที่ 1 การสร้างตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา ระยะที่ 2 การวิเคราะห์องค์ประกอบของตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา และ ระยะที่ 3 การประเมินคุณภาพของตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา ดังภาพประกอบ 8



ภาพประกอบ 8 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

ระยะที่ 1 การสร้างตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตาม แนวทางสะเต็มศึกษา

ผู้วิจัยกำหนดตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้วิธีการสังเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปสู่การพัฒนาตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. **สังเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง** ผู้วิจัยทำการศึกษาหลักการ แนวคิด ทฤษฎีเกี่ยวกับการพัฒนาตัวบ่งชี้และการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษาจากเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2. **ร่างตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา** จากการสังเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เอกสารสำคัญที่ใช้คือ Kim & Kim. (2016), จำรัส อินทลาภาพร และคนอื่นๆ . (2558), จำรัส อินทลาภาพร. (2558), Means et al. (2015), Emily et al. 2014; Moore. (2014), Dancy et al. (2012), Sublette. (2013), Stohlmann et al. (2012) ทำให้ได้ตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา 5 ด้าน ได้แก่ 1) ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา 2) ความสามารถในการออกแบบการจัดการเรียนรู้บูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา 3) พฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา 4) พฤติกรรมกำหนดยุทธศาสตร์และการให้คำปรึกษา และ 5) การประเมินกระบวนการทำงานและผลงานของผู้เรียน

ระยะที่ 2 การศึกษาองค์ประกอบของตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการ เรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา

การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. **ประชากร** ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ครูที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ในโรงเรียนที่เข้าร่วมโรงเรียนเครือข่ายสะเต็มศึกษา ในภูมิภาคต่างๆ 13 ศูนย์ สะเต็มภาค จำนวน 91 โรงเรียน ประกอบด้วยโรงเรียนมัธยมศึกษา 39 โรงเรียน โรงเรียนขยายโอกาส 26 โรงเรียน และโรงเรียนประถมศึกษา 26 โรงเรียน

2. **กลุ่มตัวอย่าง** ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ครูที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษา ในโรงเรียนที่เข้าร่วมโรงเรียนเครือข่ายสะเต็มศึกษา ในภูมิภาคต่างๆ 13 ศูนย์ สะเต็มภาค จำนวน 520 คน ได้มาจากการสุ่มแบบสองขั้นตอน (Two – stage random sampling) โดยมีรายละเอียดการสุ่มตัวอย่าง ดังนี้

3. **กำหนดขนาดตัวอย่าง** ให้เหมาะสมกับสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้แนวคิดของ แฮร์ และคณะ (Hair; et al. 2010) ใช้กฎแห่งการชั่งใจ (Rule of thumb) ในกำหนดขนาด กลุ่มตัวอย่างว่าควรมีอย่างน้อย 10 - 20 คนต่อหนึ่งตัวแปร (สุวิมล ติรภานันท์. 2555: 234; อ้างอิงจาก

Hair; et al. 2010) ในงานวิจัยนี้มีตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัย 48 ตัวแปร จึงต้องใช้กลุ่มตัวอย่าง อย่างน้อย 480 คน

4. สุ่มโรงเรียนในภูมิภาคต่างๆ จาก 13 ศูนย์สะสมภาค ด้วยวิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified random sampling) โดยสุ่มโรงเรียนมัธยมศึกษา 2 โรงเรียน โรงเรียนขยายโอกาส 1 โรงเรียน และโรงเรียนประถมศึกษา 1 โรงเรียน ได้โรงเรียนทั้งหมด 52 โรงเรียน

5. เลือกครูในโรงเรียนแต่ละโรงเรียน โรงเรียนละ 10 คน โดยการใช้การเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เฉพาะครูที่ใช้รูปแบบจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ได้ตัวอย่างทั้งหมด 520 คน ดังตาราง 4

ตาราง 4 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบของตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ศูนย์สะสมภาค	ประเภทโรงเรียน	ตัวอย่างโรงเรียน	ตัวอย่างครู (คน)
โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย (เชียงใหม่)	มัธยมศึกษา	1. โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย	10
		2. โรงเรียนวัฒโนทัยพายัพ	10
	ขยายโอกาส ประถมศึกษา	3. โรงเรียนชุมชนบ้านบวกรน้อย	10
		4. โรงเรียนอนุบาลเชียงใหม่	10
โรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม (พิษณุโลก)	มัธยมศึกษา	5. โรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม	10
		6. โรงเรียนจ่านกร้อง	10
	ขยายโอกาส ประถมศึกษา	7. โรงเรียนวัดจันทร์ตะวันออก	10
		8. โรงเรียนจำการบุญ	10
โรงเรียนอุดรพิทยานุกูล (อุดรธานี)	มัธยมศึกษา	9. โรงเรียนอุดรพิทยานุกูล	10
		10. โรงเรียนอุดรพิชัยรักษ์พิทยา	10
	ขยายโอกาส ประถมศึกษา	11. โรงเรียนบ้านหมากแข้ง	10
		12. โรงเรียนอนุบาลอุดรธานี	10
โรงเรียนแก่นนครวิทยาลัย (ขอนแก่น)	มัธยมศึกษา	13. โรงเรียนแก่นนครวิทยาลัย	10
		14. โรงเรียนนครขอนแก่น	10
	ขยายโอกาส ประถมศึกษา	15. โรงเรียนสนามบิน	10
		16. โรงเรียนอนุบาลขอนแก่น	10
โรงเรียนสุนารีวิทยา (นครราชสีมา)	มัธยมศึกษา	17. โรงเรียนสุนารีวิทยา	10
		18. โรงเรียนด่านขุนทด	10
	ขยายโอกาส ประถมศึกษา	19. โรงเรียนบ้านจอหอ	10
		20. โรงเรียนอนุบาลราชสีมา	10

ตาราง 4 (ต่อ)

ศูนย์ส่งเสริมภาค	ประเภทโรงเรียน	ตัวอย่างโรงเรียน	ตัวอย่างครู (คน)
โรงเรียนเบ็ญจะมะมหาราช (อุบลราชธานี)	มัธยมศึกษา	21. โรงเรียนเบ็ญจะมะมหาราช	10
		22. โรงเรียนลือคำหาญวารินชำราบ	10
	ขยายโอกาส	23. โรงเรียนบ้านท่าบ่อ	10
	ประถมศึกษา	24. โรงเรียนมูลนิธิวัดศรีอุบลรัตนาราม	10
โรงเรียนชลราษฎรอำรุง (ชลบุรี)	มัธยมศึกษา	25. โรงเรียนชลราษฎรอำรุง	10
		26. โรงเรียนชลบุรี"สุขบท"	10
	ขยายโอกาส	27. โรงเรียนวัดราษฎร์ศรัทธา	10
	ประถมศึกษา	28. โรงเรียนอนุบาลชลบุรี	10
โรงเรียนศรีบุญยานนท์ (นนทบุรี)	มัธยมศึกษา	29. โรงเรียนศรีบุญยานนท์	10
		30. โรงเรียนปากเกร็ด	10
	ขยายโอกาส	31. โรงเรียนอนุราชประสิทธิ์	10
	ประถมศึกษา	32. โรงเรียนชลประทานสงเคราะห์	10
โรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย (นครปฐม)	มัธยมศึกษา	33. โรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย	10
		34. โรงเรียนสิรินธรราชวิทยาลัย	10
	ขยายโอกาส	35. โรงเรียนวัดเกาะวังไทร	10
	ประถมศึกษา	36. โรงเรียนอนุบาลนครปฐม	10
โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) (กรุงเทพฯ)	มัธยมศึกษา	37. โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี)	10
		38. โรงเรียนปทุมคงคา	10
	ขยายโอกาส	39. โรงเรียนบางบัว (เพ่งตั้งตรงจิตรวิทยาคาร)	10
	ประถมศึกษา	40. โรงเรียนสายน้ำทิพย์	10
โรงเรียนสามเสนวิทยาลัย (กรุงเทพฯ)	มัธยมศึกษา	41. โรงเรียนสามเสนวิทยาลัย	10
		42. โรงเรียนสตรีวิทยา	10
	ขยายโอกาส	43. โรงเรียนราชวินิต	10
	ประถมศึกษา	44. โรงเรียนพญาไท	10
โรงเรียนเบญจมราชูทิศ (นครศรีธรรมราช)	มัธยมศึกษา	45. โรงเรียนเบญจมราชูทิศ	10
		46. โรงเรียนสตรีทุ่งสง	10
	ขยายโอกาส	47. โรงเรียนวัดพระมหาธาตุ	10
	ประถมศึกษา	48. โรงเรียนบ้านทวดทอง	10
โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัย (สงขลา)	มัธยมศึกษา	49. โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัย	10
		50. โรงเรียนควนเนียงวิทยา	10
	ขยายโอกาส	51. โรงเรียนวัดศรีวิเทศสังฆาราม	10
	ประถมศึกษา	52. โรงเรียนอนุบาลสงขลา	10

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ แบบสอบถามการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทาง สะเต็มศึกษา แบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ภูมิหลังของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ เพศ อายุ ประสบการณ์ทำงาน ระดับชั้น ที่สอน วิชาที่เชี่ยวชาญ เครือข่ายของศูนย์สะเต็มศึกษาภาคที่สังกัด ประสบการณ์การจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา ประสบการณ์การเข้าร่วมอบรมความรู้เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ลักษณะการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ลักษณะการนำกิจกรรมสะเต็มศึกษาไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน มีลักษณะเป็นข้อคำถามแบบตรวจสอบรายการ (Checklist)

ตอนที่ 2 แนวคิดการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยมีลักษณะเป็นข้อคำถามแบบใช่-ไม่ใช่ จำนวน 12 ข้อ เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของครูเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยดัดแปลงข้อคำถามมาจากแบบสอบถามครูในรายงานการประเมินโครงการพัฒนาและสนับสนุนการดำเนินงานศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ ศูนย์สะเต็มศึกษาภาค และโรงเรียนเครือข่ายสะเต็มศึกษา (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2558)

ตัวอย่าง แบบสอบถามการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ตอนที่ 2 แนวคิดการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ที่ตรงกับระดับ ความคิดเห็นของท่าน)

ข้อความต่อไปนี้เป็นการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาหรือไม่	ไม่ใช่	ใช่
1. สะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้แนวใหม่ จึงจำเป็นต้องใช้ครูผู้สอนที่มีความเชี่ยวชาญด้านสะเต็มศึกษาโดยเฉพาะ		
2. สะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ต้องบูรณาการความรู้ให้ครบทั้ง 4 สหวิทยาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์		
3. สะเต็มศึกษาสามารถนำไปบูรณาการกับวิชาใดก็ได้ ไม่ได้จำกัดแค่เพียงวิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์		

ตอนที่ 3 พฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีลักษณะเป็นข้อคำถามเป็นมาตรประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ประกอบด้วยพฤติกรรม 4 ด้าน ได้แก่ ความสามารถในการออกแบบการจัดการเรียนรู้บูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา จำนวน 12 ข้อ พฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จำนวน 12 ข้อ พฤติกรรมให้คำปรึกษา จำนวน 12 ข้อ การประเมินกระบวนการทำงานและผลงานของผู้เรียน จำนวน 11 ข้อ รวมทั้งหมด 47 ข้อ โดยมีระดับของพฤติกรรม ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง มีพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ตามข้อรายการนั้นในระดับมากที่สุด
 ระดับ 4 หมายถึง มีพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ตามข้อรายการนั้นในระดับมาก
 ระดับ 3 หมายถึง มีพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ตามข้อรายการนั้นในระดับปานกลาง
 ระดับ 2 หมายถึง มีพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ตามข้อรายการนั้นในระดับน้อย
 ระดับ 1 หมายถึง มีพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ตามข้อรายการนั้นในระดับน้อยที่สุด

ตัวอย่าง แบบสอบถามพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ตอนที่ 3 พฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา (โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลง
 ในช่องที่ ตรงกับระดับการปฏิบัติของท่าน)

ท่านมีพฤติกรรมตามข้อรายการต่อไปนี้มากน้อยเพียงใด	ระดับการปฏิบัติ				
	น้อย ที่สุด	น้อย	ปาน กลาง	มาก	มาก ที่สุด
การออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา					
1. วิเคราะห์หลักสูตร เลือกมาตรฐาน ตัวชี้วัด และสาระ การเรียนรู้ที่ เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา					
2. วิเคราะห์สาระการเรียนรู้หรือเนื้อหาที่เลือกกว่าสามารถเชื่อมโยง เข้ากับบริบทใด หรือปัญหาใดในสังคมได้บ้าง					
การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา					
1. กำหนดสถานการณ์หรือปัญหาที่ใช้ในกิจกรรมให้มีความเชื่อมโยง กับชีวิตประจำวันของผู้เรียนหรือการประกอบอาชีพในอนาคต					
2. สร้างสถานการณ์ที่ท้าทายกระบวนการคิดของผู้เรียน					
การอำนวยความสะดวกและให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียน					
1. สนับสนุนแหล่งการเรียนรู้ สื่อ อุปกรณ์ ประกอบการสืบเสาะหา ความรู้และการทำงานของผู้เรียน					
2. อำนวยความสะดวกแก่ผู้เรียนในระหว่างการทำกิจกรรม					
การวัดประเมินผลการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา					
1. วัดประเมินผู้เรียนในทุกด้าน ทั้งด้านความรู้ เจตคติ และทักษะ ใน ด้านต่างๆ					
2. วัดประเมินความสามารถของผู้เรียนโดยให้ความสำคัญกับ กระบวนการทำงาน กระบวนการคิด และคุณภาพของงาน มากกว่าความสำเร็จของงาน					

ขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
 และการพัฒนาตัวบ่งชี้

2. กำหนดกรอบประเด็นคำถาม
3. ร่างแบบสอบถามการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา ตามตัวบ่งชี้ที่ได้จากระยะที่ 1
4. นำแบบสอบถามให้อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทพิจารณาความถูกต้องและเหมาะสม แล้วนำมาปรับแก้
5. ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ของแบบสอบถาม โดยให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จำนวน 3 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล จำนวน 2 ท่าน พิจารณาความสอดคล้องของ ข้อคำถามกับนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร แล้วนำมาหาค่า IOC (Index of item objective congruence) โดยพิจารณาคัดเลือกเฉพาะข้อคำถามที่มีค่า IOC มากกว่า 0.50 โดยกำหนดระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญไว้ ดังนี้
 - คะแนน +1 เมื่อท่านแน่ใจว่าข้อความนั้นสอดคล้องกับนิยาม
 - คะแนน 0 เมื่อท่านไม่แน่ใจว่าข้อความนั้นสอดคล้องกับนิยาม
 - คะแนน -1 เมื่อท่านแน่ใจว่าข้อความนั้นไม่สอดคล้องกับนิยาม

ผู้วิจัยนำคะแนนการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญมาหาค่า IOC พบว่า จากข้อคำถาม 60 ข้อ ใช้ได้ 59 ข้อ โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.60 – 1.00 มีเพียง 1 ข้อ ที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 0.40 ผู้วิจัยจึงตัดข้อคำถามนั้นออก และปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

1. นำแบบสอบถามการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา ไปทดลองใช้ (Try out) กับครูผู้สอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา จำนวน 40 คน ซึ่งเป็นครูของโรงเรียนสังกัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 4 โรงเรียน คือ โรงเรียนมัธยมวัดสุทธดาราม โรงเรียนมัธยมบ้านบางกะปิ โรงเรียนมัธยมปทุมมาวาส และ โรงเรียนมัธยมสุวิทย์เสรีอนุสรณ์ โรงเรียนละ 10 คน รวม 40 คน เพื่อตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัยด้านความยากง่าย (Difficulty) อำนาจจำแนก (Discriminant) และความเชื่อมั่น (Reliability) โดยวิธีหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาค (Cronbach' s Alpha Coefficient: α) (บุญเชิด ภิญโญนันตพงษ์. 2545: 131) พบว่า ด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีค่าความยากง่าย (Difficulty) อยู่ระหว่าง 0.25 – 0.65 ค่าอำนาจจำแนก อยู่ระหว่าง 0.63 – 0.83 มีค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาเท่ากับ 0.858 ด้านความสามารถในการออกแบบการจัดการเรียนรู้บูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาเท่ากับ 0.887 ด้านพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทาง สะเต็มศึกษา มีค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาเท่ากับ 0.924 ด้านพฤติกรรมการอำนวยความสะดวกและ การให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียน มีค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาเท่ากับ 0.950 และด้านการประเมินกระบวนการทำงานและผลงานของผู้เรียน มีค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาเท่ากับ 0.908 ปรากฏดังตาราง 5

ตาราง 5 ค่าความยากง่าย อำนาจจำแนกและค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของแบบสอบถามการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา

แบบสอบถาม	จำนวน (ข้อ)	ความยาก ง่าย	อำนาจ จำแนก	ความ เชื่อมั่น
1. ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	12	0.25 – 6.25	0.63 – 0.83	0.858
2. การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	12	-	-	0.887
3. การออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	12	-	-	0.924
4. การอำนวยความสะดวกและให้คำปรึกษา แก่ผู้เรียน	12	-	-	0.950
5. การวัดประเมินผลการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษา	11	-	-	0.908

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

1. ติดต่อขอหนังสือจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อขอ อนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง
2. ผู้วิจัยนำส่งจดหมายราชการจากบัณฑิตวิทยาลัยถึงผู้บริหารสถานศึกษา เพื่อขอ ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยผู้วิจัยส่งแบบสอบถามไปยังสถานศึกษาทางไปรษณีย์ เพื่อขอ อนุญาตดำเนินการเก็บข้อมูล ซึ่งผู้วิจัยได้ประสานงานกับผู้รับผิดชอบในการดำเนินการ เก็บข้อมูลให้ ผู้วิจัยและชี้แจงวิธีการตอบแบบสอบถามให้ผู้รับผิดชอบทราบ และนัดวัน เวลา ในการขอรับ แบบสอบถามคืน โดยมีกำหนดรับคืนหลังจากวันที่ส่ง 14 วัน หลังวันที่ส่งแบบสอบถาม ในช่วงเดือน กุมภาพันธ์ – มีนาคม พ.ศ. 2560
3. ติดตามแบบสอบถามกลับคืนตามวัน เวลาที่กำหนดด้วยตนเอง
4. รวบรวมแบบสอบถามที่มีการตอบแบบสมบูรณ์จากแบบสอบถามที่ส่งไปทั้งหมด จำนวน 520 ฉบับ
5. นำแบบสอบถามที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลมาตรวจสอบและคัดเลือกฉบับที่ สมบูรณ์ได้แบบสอบถามทั้งหมด 520 ฉบับ คิดเป็นร้อยละ 100
6. นำแบบสอบถามฉบับที่สมบูรณ์ มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์สถานภาพของกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้สถิติร้อยละ
2. วิเคราะห์ระดับการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) โดยผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์การแปลความหมายของคะแนนค่าเฉลี่ย ดังนี้

ระดับ 4.50 – 5.00 หมายถึง ครูมีพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา อยู่ในระดับมากที่สุด

ระดับ 3.50 – 4.49 หมายถึง ครูมีพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา อยู่ในระดับมาก

ระดับ 2.50 – 3.49 หมายถึง ครูมีพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา อยู่ในระดับปานกลาง

ระดับ 1.50 – 2.49 หมายถึง ครูมีพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา อยู่ในระดับน้อย

ระดับ 1.00 – 1.49 หมายถึง ครูมีพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา อยู่ในระดับน้อยที่สุด

3. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson Correlation) โดยผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์การพิจารณาระดับความสัมพันธ์จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ดังนี้

± 0.81 ถึง ± 1.00 หมายถึง มีความสัมพันธ์ระดับสูงมาก

± 0.61 ถึง ± 0.80 หมายถึง มีความสัมพันธ์ระดับสูง

± 0.41 ถึง ± 0.60 หมายถึง มีความสัมพันธ์ระดับปานกลาง

± 0.21 ถึง ± 0.40 หมายถึง มีความสัมพันธ์ระดับต่ำ

± 0.00 ถึง ± 0.20 หมายถึง มีความสัมพันธ์ระดับต่ำมาก

4. วิเคราะห์ความเหมาะสมของข้อมูลตัวอย่างและตรวจสอบสมมุติฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบ ดังนี้

4.1 ใช้สถิติ KMO (Kaiser-Meyer-Olkin Measure Of Sampling Adequacy) ซึ่งเป็นค่าใช้วัดความเหมาะสมของข้อมูลตัวอย่างที่จะนำมาวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบ ถ้าค่า KMO มีค่าน้อย (เข้าสู่ศูนย์) แสดงว่าเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบไม่เหมาะสมกับข้อมูลที่มีอยู่ ถ้าค่า KMO มีค่ามาก (เข้าสู่หนึ่ง) แสดงว่าเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบเหมาะสมกับข้อมูลที่มีอยู่ โดยทั่วไปค่า $KMO < .5$ จะถือว่า ข้อมูลที่มีอยู่ไม่เหมาะสมที่จะใช้เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบ

4.2 สถิติ Bartlett's test of sphericity เป็นการทดสอบค่าไค-สแควร์ (Chi-square) ของดีเทอร์มิแนนท์ (Determinant) ของเมทริกซ์สหสัมพันธ์ เพื่อตรวจสอบสมมุติฐานว่า เมทริกซ์สหสัมพันธ์นั้นเป็นเอกลักษณ์ (Identity matrix) หรือไม่ จากสมมุติฐาน

H_0 : ตัวแปรต่างๆ ไม่มีความสัมพันธ์กัน หรือ

H_1 : ตัวแปรต่างๆ มีความสัมพันธ์กัน

ดังนั้นถ้ายอมรับ H_0 แสดงว่าตัวแปรไม่มีความสัมพันธ์กัน จึงไม่ควรใช้เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบ แต่ถ้าปฏิเสธ H_0 (หรือยอมรับ H_1) นั่นคือ ตัวแปรมีความสัมพันธ์กันจึงควรใช้เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบได้

4.3 สก๊ตตองค์ประกอบและคัดเลือกตัวบ่งชี้การประเมินการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis: EFA) โดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principle Component Analysis: PCA) และหมุนแกน แบบตั้งฉาก (Orthogonal) ด้วยวิธีแวนิแมกซ์ (Varimax) หาค่าไอเกน (Eigen Value) ร้อยละความแปรปรวน และค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor Loading) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS for Windows

เกณฑ์การกำหนดองค์ประกอบและตัวบ่งชี้สำหรับการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา (สมบูรณ์ สุริยวงศ์. 2550: 103) พิจารณาจาก

- 1) ค่าไอเกน (Eigen Value) มากกว่า 1.0
- 2) น้ำหนักองค์ประกอบ (factor loading) มากกว่า 0.3
- 3) ร้อยละของความแปรปรวนสะสมมากกว่า 60%

ระยะที่ 3 การประเมินคุณภาพของตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา

กลุ่มผู้ให้ข้อมูล

ผู้ประเมินคุณภาพของตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) จำนวน 5 คน และครูผู้สอน จำนวน 5 คน

เกณฑ์คุณสมบัติของผู้เชี่ยวชาญที่เป็นนักวิชาการจาก สสวท. คือ 1) มีส่วนเกี่ยวข้องกับศูนย์สะเต็มศึกษาของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) 2) ได้รับการยกย่องว่าเป็นผู้ที่มีความเชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามากกว่า 5 ปี

เกณฑ์คุณสมบัติของครูผู้สอน คือ 1) เป็นครูผู้สอนที่มีประสบการณ์จัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา 2) ได้รับการยกย่องให้เป็นแบบอย่างที่ดีในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบประเมินคุณภาพตัวบ่งชี้การจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยมีลักษณะเป็นข้อคำถามแบบมาตราประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ ประกอบด้วย 4 ด้าน คือ 1) ด้านความถูกต้อง 2) ด้านความมีประโยชน์ 3) ด้านความเหมาะสม 4) ด้านความเป็นไปได้

ตัวอย่างเครื่องมือประเมินคุณภาพของตัวบ่งชี้การประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ตัวบ่งชี้	ความถูกต้อง					ความมีประโยชน์					ความเหมาะสม					ความเป็นไปได้				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
องค์ประกอบที่ 1..... ตัวบ่งชี้ 1.1 ⋮																				
องค์ประกอบที่ 2..... ตัวบ่งชี้ 2.1 ⋮																				
องค์ประกอบที่ ตัวบ่งชี้ ⋮																				

ขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

1. ศึกษาเอกสาร แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินตัวบ่งชี้
2. กำหนดกรอบโครงสร้างของการประเมินคุณภาพของตัวบ่งชี้การประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา
3. ร่างแบบประเมินคุณภาพของตัวบ่งชี้การประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา
4. นำแบบประเมินคุณภาพของตัวบ่งชี้การประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา ให้อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทพิจารณา และแก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

1. ติดต่อขอหนังสือจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อขอ อนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพของตัวบ่งชี้การประเมินการจัดการเรียนรู้ของครู ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

2. ผู้วิจัยนำเสนอจดหมายราชการจากบัณฑิตวิทยาลัยถึงผู้เชี่ยวชาญทางไปรษณีย์ ซึ่งผู้วิจัยได้ประสานงานกับผู้เชี่ยวชาญและนัดหมายวัน เวลา ในการขอรับแบบประเมินคืน โดยมีกำหนด รับคืนหลังจากวันที่ส่ง 14 วัน หลังวันที่ได้ส่งแบบประเมิน

3. ติดตามแบบประเมินกลับคืนตามวันและเวลาที่กำหนด

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ระดับคุณภาพของตัวบ่งชี้การประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทาง สะเต็มศึกษา โดยใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) โดยผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์ การแปลความหมายของคะแนนเฉลี่ย ดังนี้

ระดับ 4.50 – 5.00 หมายถึง ตัวบ่งชี้้นั้นถูกต้อง / มีประโยชน์ / มีความเหมาะสม / มีความเป็นไปได้ในระดับมากที่สุด

ระดับ 3.50 – 4.49 หมายถึง ตัวบ่งชี้้นั้นถูกต้อง / มีประโยชน์ / มีความเหมาะสม / มีความเป็นไปได้ในระดับมาก

ระดับ 2.50 – 3.49 หมายถึง ตัวบ่งชี้้นั้นถูกต้อง / มีประโยชน์ / มีความเหมาะสม / มีความเป็นไปได้ในระดับปานกลาง

ระดับ 1.50 – 2.49 หมายถึง ตัวบ่งชี้้นั้นถูกต้อง / มีประโยชน์ / มีความเหมาะสม / มีความเป็นไปได้ในระดับน้อย

ระดับ 1.00 – 1.49 หมายถึง ตัวบ่งชี้้นั้นถูกต้อง / มีประโยชน์ / มีความเหมาะสม / มีความเป็นไปได้ในระดับน้อยที่สุด

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติพื้นฐาน

1.1 คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) เป็นค่าเฉลี่ยของคะแนนทั้งชุดเป็นตัวแทนของคะแนนทุกตัวในชุดนั้น (ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2539: 306) โดยใช้สูตร ดังนี้

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ $\bar{X}$	แทน	คะแนนเฉลี่ย
X	แทน	คะแนนแต่ละตัว
$\sum X$	แทน	ผลรวมของคะแนนแต่ละคน
N	แทน	จำนวนคะแนนทั้งชุด

1.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD) เป็นการวัดการกระจายของคะแนน(กัลยา วาณิชยปัญญา. 2546: 48) โดยใช้สูตร ดังนี้

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n-1}}$$

เมื่อ	SD	แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	$\bar{X}$	แทน คะแนนเฉลี่ย
	X	แทน คะแนนแต่ละตัว
	$\sum$	แทน ผลรวมทั้งหมด
	n	แทน จำนวนคนทั้งหมด

2. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

2.1 ค่าความเที่ยงตรง (Validity) ของแบบสอบถามการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทาง สะเต็มศึกษา โดยหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Consistency: IOC) โดยใช้สูตรของ โรวินELLIและแฮมเบิลตัน (ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2539: 184; อ้างอิงจาก; Rovinelli & Hambleton, 1977.) ดังนี้

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ	IOC	แทน ดัชนีความสอดคล้อง
	$\sum R$	แทน ผลรวมของคะแนนจากผู้เชี่ยวชาญ
	N	แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 ค่าความง่าย (Easiness Index) ของแบบสอบถามการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยคำนวณจากดัชนีค่าความง่าย (P_E) ด้วยสูตรของ ฮอปกินส์และแอนทิส (ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2543: 184; อ้างอิงจาก Hopkins and Antes. 1985: 249) ดังนี้

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{N-1}}$$

เมื่อ	P_E	แทน	ดัชนีค่าความง่าย
	N_r	แทน	จำนวนคนที่ทำข้อสอบถูก
	N_t	แทน	จำนวนคนทั้งหมด

2.3 ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination Index) ของแบบสอบถามการจัดการเรียนรู้ของครู ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้เทคนิคแบ่งกลุ่มคะแนนสูงกลุ่มคะแนนต่ำเป็น 50% ในการแบ่งกลุ่มคะแนนสูงกลุ่มคะแนนต่ำของ แคลลี (ลัวัน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2539: 186; อ้างอิงจาก Kelly. 1939.) คำนวณจากดัชนีค่าอำนาจจำแนก (B) ด้วยสูตร (ลัวัน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2543: 199) ดังนี้

$$B = \frac{U}{n_U} - \frac{L}{n_L}$$

เมื่อ	B	แทน	ดัชนีค่าอำนาจจำแนก
	U	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มสูง
	L	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มต่ำ
	n_U	แทน	จำนวนผู้ตอบของกลุ่มสูง
	n_L	แทน	จำนวนผู้ตอบของกลุ่มต่ำ

2.4 ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบสอบถามการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทาง สะเต็มศึกษา โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient: α) (ลัวัน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2543: 218)

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left\{ 1 - \frac{\sum \sigma_i^2}{\sigma^2} \right\}$$

เมื่อ	α	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์ของความเชื่อมั่น
	k	แทน	จำนวนข้อของแบบสอบถาม
	σ_i^2	แทน	คะแนนความแปรปรวนเป็นรายข้อ

คำนวณจากสูตร

$$\sigma^2 = \frac{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{N^2}$$

โดยที่ $\sum x_i$ แทน ผลรวมของคะแนนในข้อที่ i
 $\sum x_i^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละคนยกกำลังสอง ในข้อที่ i
 N แทน จำนวนคนตอบแบบสอบถาม
 σ^2 แทน คะแนนความแปรปรวนของแบบสอบถามทั้งฉบับ

คำนวณจากสูตร

$$\sigma^2 = \frac{N \sum x^2 - (\sum x)^2}{N^2}$$

โดยที่ $\sum x$ แทน ผลรวมของคะแนนแบบสอบถามทั้งฉบับ
 $\sum x^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละคนยกกำลังสอง
 N แทน จำนวนคนตอบแบบสอบถาม

2.5 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ของตัวบ่งชี้ โดยใช้ สถิติค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2543: 252) ดังนี้

$$r_{xy} = \frac{N \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[N \sum x^2 - (\sum x)^2][N \sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

เมื่อ r_{xy} แทน ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
 N แทน ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง
 $\sum x$ แทน ผลรวมของข้อมูลที่วัดได้จากตัวแปรตัวที่ 1 (x)
 $\sum y$ แทน ผลรวมของข้อมูลที่วัดได้จากตัวแปรตัวที่ 2 (y)
 $\sum xy$ แทน ผลรวมของผลคูณระหว่างข้อมูลตัวแปรที่ 1 และ 2
 $\sum x^2$ แทน ผลรวมของกำลังสองของข้อมูลที่วัดได้จากตัวแปรตัวที่ 1
 $\sum y^2$ แทน ผลรวมของกำลังสองของข้อมูลที่วัดได้จากตัวแปรตัวที่ 2

3. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมุติฐาน

3.1 การตรวจสอบความเหมาะสมของกลุ่มตัวอย่างค่าของ KMO โดยใช้สูตร ดังนี้ (สุวิมล ติรกานันท์. 2555: 24)

$$KMO = \frac{\sum r_i^2}{\sum r_i^2 + \sum (Partial \ correlation)^2}$$

เมื่อ KMO แทน ค่าความเหมาะสมของกลุ่มตัวอย่าง
 r แทน ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์



บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายของการวิจัย 3 ประการ คือ 1) เพื่อสร้างตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา 2) เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา และ 3) เพื่อประเมินคุณภาพของตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยแบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้ คือ

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา จากการสังเคราะห์เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจของตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ตอนที่ 3 ผลการประเมินคุณภาพของตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา จากการสังเคราะห์เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาเอกสาร แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ ตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่า ตัวบ่งชี้ที่ใช้ในการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา มี 5 ด้าน 49 ตัวบ่งชี้ ดังนี้

1. ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา 1 ตัวบ่งชี้
2. ความสามารถในการออกแบบการจัดการเรียนรู้บูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา 12 ตัวบ่งชี้
3. พฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา 12 ตัวบ่งชี้
4. พฤติกรรมที่อำนวยความสะดวกและให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียน 12 ตัวบ่งชี้
5. การประเมินกระบวนการทำงานและผลงานของผู้เรียน 12 ตัวบ่งชี้

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจของตัวบ่งชี้การจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ภูมิหลังของผู้ตอบแบบสอบถาม

ผลการวิเคราะห์ภูมิหลังของผู้ตอบแบบสอบถาม พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (ร้อยละ 72.30) อายุ 31 – 40 ปี (ร้อยละ 39.62) มีประสบการณ์ทำงาน 6 – 10 ปี (ร้อยละ

28.08) เป็นครูผู้สอนในระดับชั้น ม.4 – 6 (ร้อยละ 34.62) มีความเชี่ยวชาญในวิชาวิทยาศาสตร์ (ร้อยละ 45.38) เครือข่ายของศูนย์ส่งเสริมศึกษาภาคกระจายเท่ากันทั้ง 13 ศูนย์ มีประสบการณ์การจัดการเรียนรู้ 1 – 2 ปี (ร้อยละ 53.08) มีประสบการณ์การเข้าร่วมอบรมความรู้เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ประมาณ 1 - 4 ครั้ง (ร้อยละ 89.42) การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ส่วนใหญ่จัดกิจกรรมตามคู่มือที่ สสวท. แจกให้ (ร้อยละ 54.62) ลักษณะการจัดการเรียนรู้ส่วนใหญ่จัดการเรียนรู้โดยให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้และทักษะที่เรียนรู้จากวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ กับชีวิตจริง และนำความรู้และทักษะเหล่านั้นไปใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชุมชนหรือสังคม (ร้อยละ 35.77) ลักษณะการนำกิจกรรมไปใช้โดยจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาไว้ในชั่วโมง “ลดเวลาเรียน เพิ่มเวลารู้” (ร้อยละ 25.38) ปรากฏผลดังตาราง 6

ตาราง 6 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างครูผู้ตอบแบบสอบถาม

ภูมิหลัง	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. เพศ		
ชาย	144	27.70
หญิง	376	72.30
รวม	520	100.00
2. อายุ		
ต่ำกว่า 31 ปี	106	20.38
31 - 40 ปี	206	39.62
40 - 50 ปี	98	18.85
มากกว่า 50 ปี	110	21.15
รวม	520	100.00
3. ประสบการณ์ทำงาน		
น้อยกว่า 6 ปี	118	22.68
6 - 10 ปี	146	28.08
11 - 15 ปี	72	13.85
16 - 20 ปี	47	9.04
มากกว่า 20 ปี	137	26.35
รวม	520	100.00

ตาราง 6 (ต่อ)

ภูมิหลัง	จำนวน (คน)	ร้อยละ
4. ระดับชั้นที่สอน		
ป.1 - 3	65	12.50
ป.4 - 6	114	21.92
ม.1 - 3	161	30.96
ม.4 - 6	180	34.62
รวม	520	100.00
5. วิชาที่เชี่ยวชาญ		
วิทยาศาสตร์	236	45.38
คณิตศาสตร์	168	32.31
เทคโนโลยี	102	19.62
กระบวนการทางวิศวกรรม	14	2.69
รวม	520	100.00
6. เครือข่ายของศูนย์ส่งเสริมศึกษาภาคที่สังกัด		
ศูนย์โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย	40	7.69
ศูนย์โรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม	40	7.69
ศูนย์โรงเรียนอุดรพิทยานุกูล	40	7.69
ศูนย์โรงเรียนแก่นนครวิทยาลัย	40	7.69
ศูนย์โรงเรียนสุนทรวิทยา	40	7.69
ศูนย์โรงเรียนเบ็ญจะมะมหาราช	40	7.69
ศูนย์โรงเรียนชลราษฎรอำรุง	40	7.69
ศูนย์โรงเรียนศรีบุญยานนท์	40	7.69
ศูนย์โรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย	40	7.69
ศูนย์โรงเรียนบดินทร์เดชา (สิงห์ สิงหเสนีย์)	40	7.69
ศูนย์โรงเรียนสามเสนวิทยาลัย	40	7.69
ศูนย์โรงเรียนเบญจมราชูทิศ นครศรีธรรมราช	40	7.69
ศูนย์โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัย	40	7.69
รวม	520	100.00

ตาราง 6 (ต่อ)

ภูมิหลัง	จำนวน (คน)	ร้อยละ
7. ประสบการณ์การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา		
น้อยกว่า 1 ปี	151	29.04
1 - 2 ปี	276	53.08
3 - 4 ปี	76	14.62
มากกว่า 4 ปี	17	3.26
รวม	520	100.00
8. ประสบการณ์การเข้าร่วมอบรมความรู้		
ไม่เคย	55	10.58
เคย	465	89.42
รวม	520	100.00
9. วิธีการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้		
จัดกิจกรรมตามคู่มือที่ สสวท. แจกให้	284	54.62
ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง	236	45.38
รวม	520	100.00
10. ลักษณะการจัดการเรียนรู้		
จัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี แยกออกจากกัน	132	25.38
จัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี แยกออกจากกัน แต่มีข้อหลัก (theme) ที่ครูแต่ละวิชากำหนดร่วมกันและมีการอ้างอิงความเชื่อมโยงระหว่าง วิชานั้นๆ	112	21.54
จัดการเรียนรู้โดยให้นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะอย่างน้อย 2 วิชา ร่วมกัน โดยกิจกรรมมีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของทุกวิชา	90	17.31
จัดการเรียนรู้โดยให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้และทักษะ ที่เรียนรู้จากวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ กับชีวิตจริง และนำความรู้และทักษะเหล่านั้นไปใช้ ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชุมชนหรือสังคม	186	35.77
รวม	520	100.00

ตาราง 6 (ต่อ)

ภูมิหลัง	จำนวน (คน)	ร้อยละ
11. ลักษณะการนำกิจกรรมสะเต็มศึกษาไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน		
จัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาสอดแทรกไปตามเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง ของแต่ละรายวิชาภายในคาบเรียน	267	51.35
จัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาไว้ในรายวิชาเลือกเสรีของ กลุ่มวิชา ต่างๆ	30	5.77
จัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาไว้ในกลุ่มกิจกรรมนอก ห้องเรียน ต่างๆ เช่น ชุมนุม ชมรม ค่าย	90	17.31
จัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาไว้ในชั่วโมง “ลดเวลาเรียน เพิ่มเวลา รู้”	132	25.38
อื่นๆ (วันวิชาการ)	1	0.19
รวม	520	100.00

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis: EFA) ของตัวบ่งชี้การจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา

1. ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรในการวิจัย

1.1 ผลการวิเคราะห์ตัวบ่งชี้ด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา 1 ตัวบ่งชี้ โดยวัดจาก 12 ข้อคำถาม พบว่า ข้อรายการที่กลุ่มตัวอย่างตอบถูกต้องมากกว่าร้อยละ 50 มีจำนวน 7 ข้อ คือ ข้อที่ 1, 3, 4, 6, 7, 8 และ 10 ส่วนข้อรายการที่กลุ่มตัวอย่างตอบถูกต้องน้อยกว่าร้อยละ 50 มีจำนวน 5 ข้อ คือ ข้อที่ 2, 5, 9, 11 และ 12 โดยข้อคำถามที่กลุ่มตัวอย่างตอบถูกต้องน้อยที่สุด คือ ข้อที่ 9 สะเต็มศึกษาสามารถใช้กับผู้เรียนได้ทุกระดับชั้นเรียน ตั้งแต่ระดับปฐมวัยจนถึงระดับอุดมศึกษา ปรากฏผลดังตาราง 7

ตาราง 7 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างที่ตอบคำถามถูกด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ข้อความ	จำนวนคนที่ตอบถูก	
	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. สะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้แนวใหม่ จึงจำเป็นต้องใช้ครูผู้สอน ที่มีความเชี่ยวชาญด้านสะเต็มศึกษาโดยเฉพาะ	304	58.46
2. สะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ต้องบูรณาการความรู้ให้ครบทั้ง 4 สหวิทยาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์	71	13.65
3. สะเต็มศึกษาสามารถนำไปบูรณาการกับวิชาใดก็ได้ ไม่ได้จำกัดแค่เพียง วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์	422	81.15
4. สะเต็มศึกษาเน้นให้ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง ผู้เรียนจึง ไม่จำเป็นต้องท่องจำทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์	406	78.08
5. สะเต็มศึกษาต้องจัดการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-based Learning) เพียงอย่างเดียว	180	34.62
6. ครูผู้สอนสะเต็มศึกษาควรเปลี่ยนบทบาทจากผู้สอนเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน	497	95.58
7. สะเต็มศึกษาสามารถจัดการเรียนรู้ได้ทั้งในชั้นเรียนและนอกชั้นเรียน	512	98.46
8. สะเต็มศึกษาไม่ควรเชื่อมโยงกับเนื้อหาที่มีการจัดการเรียนรู้ในชั่วโมงเรียนปกติ แต่ควรจัดเป็นกิจกรรมเสริมหลักสูตรจึงจะเหมาะสมกว่า	283	54.42
9. สะเต็มศึกษาสามารถใช้กับผู้เรียนได้ทุกระดับชั้นเรียน ตั้งแต่ระดับปฐมวัยจนถึงระดับอุดมศึกษา	47	9.04
10. “สะเต็มศึกษา” กับ “การพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21” เป็นคนละเรื่อง ไม่เกี่ยวข้องกัน	386	74.23
11. สะเต็มศึกษามีเป้าหมายสำคัญเพื่อสร้างนวัตกรรมหรือสิ่งประดิษฐ์ ด้านวิทยาศาสตร์	211	40.58
12. การวัดประเมินผลสะเต็มศึกษาไม่ควรใช้การประเมินผลสรุป (summative assessment) แต่ควรใช้การประเมินความก้าวหน้า (formative assessment)	55	10.58

เฉลย ข้อ 1(ใช่) 2(ไม่ใช่) 3(ใช่) 4(ไม่ใช่) 5(ไม่ใช่) 6(ใช่) 7(ใช่) 8(ใช่) 9(ใช่) 10(ไม่ใช่)
11(ไม่ใช่) และ 12(ไม่ใช่)

2.2 ตัวบ่งชี้ด้านความสามารถในการออกแบบการจัดการเรียนรู้บูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่า ในภาพรวมครูมีความสามารถในการออกแบบการจัดการเรียนรู้บูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 3.78$) เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ครูมีความสามารถในการออกแบบการจัดการเรียนรู้บูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา อยู่ในระดับมากทุกตัวบ่งชี้ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.71 – 3.86 ปรากฏผลดังตาราง 8

ตาราง 8 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวบ่งชี้ด้านความสามารถในการออกแบบการจัดการเรียนรู้บูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ตัวบ่งชี้ด้านความสามารถในการออกแบบการจัดการเรียนรู้บูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา	$\bar{X}$	SD	ระดับ
1. วิเคราะห์หลักสูตร ล็อกมาตรฐาน ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้ ที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา	3.72	0.70	มาก
2. วิเคราะห์สาระการเรียนรู้หรือเนื้อหาที่เลือกกว่าสามารถเชื่อมโยงเข้ากับบริบทใด หรือปัญหาใดในสังคมได้บ้าง	3.75	0.68	มาก
3. กำหนดวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายของการเรียนรู้สะเต็มศึกษาอย่างชัดเจน	3.83	0.67	มาก
4. กำหนดประเด็นปัญหา สถานการณ์ที่ทำทนายและเชื่อมโยงกับชีวิตจริงของผู้เรียน	3.86	0.67	มาก
5. วิเคราะห์องค์ความรู้ ทักษะหรือกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ที่จำเป็นต้องนำมาใช้ในการตอบคำถาม การออกแบบ การสำรวจตรวจสอบประเด็นข้อสงสัย การแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ทำทนายและเชื่อมโยงกับชีวิตจริง	3.82	0.66	มาก
6. จัดเตรียมแหล่งการเรียนรู้ สื่อ อุปกรณ์ ประกอบการสืบเสาะหาความรู้และการทำงานของนักเรียน	3.82	0.65	มาก
7. เตรียมการจัดการเรียนรู้ตามคู่มือกิจกรรมสะเต็มของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)	3.71	0.67	มาก
8. ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เพิ่มเติมจากคู่มือกิจกรรมสะเต็มของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)	3.72	0.67	มาก

ตาราง 8 (ต่อ)

ตัวบ่งชี้ด้านความสามารถในการออกแบบการจัดการเรียนรู้บูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา	$\bar{X}$	SD	ระดับ
9. ออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ และศึกษาหาความรู้ด้วยตนเอง	3.86	0.67	มาก
10.เตรียมกิจกรรมเพื่ออธิบายเหตุผล เมื่อผู้เรียนไม่สามารถอธิบายได้ โดยเน้นให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์หาวิธีการทดลอง เพื่อหาคำตอบ	3.77	0.70	มาก
11.เตรียมรายละเอียดข้อมูลหรือสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับงานอาชีพทางด้านสะเต็มที่เชื่อมโยงสัมพันธ์กับหัวข้อหรือเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้	3.73	0.67	มาก
12.วางแผนการวัดประเมินโดยกำหนดรายการประเมิน วิธีประเมิน สัดส่วนคะแนน รวมทั้งเกณฑ์การให้คะแนน	3.77	0.69	มาก
ภาพรวม	3.78	0.54	มาก

2.3 ตัวบ่งชี้ด้านพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่า ในภาพรวมครูมีพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาอยู่ใน ระดับมาก ($\bar{X} = 4.04$) เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ครูมีความสามารถในการออกแบบการจัดการเรียนรู้บูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับมากทุกตัวบ่งชี้ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.94 – 4.17 ปรากฏผลดังตาราง 9

ตาราง 9 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวบ่งชี้ด้านพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ ตาม
แนวทางสะเต็มศึกษา

ตัวบ่งชี้ด้านพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะ เต็มศึกษา	$\bar{X}$	SD	ระดับ
1. กำหนดสถานการณ์หรือปัญหาที่ใช้ในกิจกรรมให้มีความ เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันของผู้เรียนหรือการประกอบ อาชีพ ในอนาคต	3.95	0.68	มาก
2. สร้างสถานการณ์ที่ทำให้ทายกระบวนการคิดของผู้เรียน	4.01	0.70	มาก
3. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้บูรณาการความรู้และทักษะของ วิชาที่เกี่ยวข้องในสะเต็มศึกษาในระหว่างการเรียนรู้	3.94	0.66	มาก
4. กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดหาคำตอบโดยใช้ วิธีการทางวิทยาศาสตร์	4.01	0.65	มาก
5. ตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ฝึกการคิดที่นำไปสู่การ ออกแบบและพัฒนาชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา	4.03	0.66	มาก
6. กระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง	4.06	0.65	มาก
7. จัดกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติจริง	4.17	0.66	มาก
8. ส่งเสริมให้ผู้เรียนร่วมกันทำงานกลุ่มได้ด้วยตนเอง	4.17	0.62	มาก
9. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนใน กลุ่มและในชั้นเรียน	4.14	0.65	มาก
10. จัดบรรยากาศและสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ที่น่า ตื่นเต้น น่าสนใจ สนุกสนาน มีชีวิตชีวา	4.01	0.69	มาก
11. ส่งเสริมให้ผู้เรียนนำความรู้มาออกแบบชิ้นงานหรือ วิธีการเพื่อแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวัน	4.02	0.69	มาก
12. จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้นำเสนอผลงานการออกแบบหน้า ชั้นเรียน	4.00	0.68	มาก
ภาพรวม	4.04	0.50	มาก

2.4 ตัวบ่งชี้ด้านพฤติกรรมการอำนวยความสะดวกและให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียน พบว่า
ในภาพรวมครูมีพฤติกรรมการอำนวยความสะดวกและให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียน อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ =
4.08) เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ครูมีความสามารถในการออกแบบการจัดการเรียนรู้บูรณาการ
ตามแนวทางสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับมากทุกตัวบ่งชี้ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.97 – 4.15 ปรากฏผล
ดังตาราง 10

ตาราง 10 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวบ่งชี้ด้านพฤติกรรมการอำนวยความสะดวก
และให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียน

ตัวบ่งชี้ด้านพฤติกรรมการอำนวยความสะดวกและให้ คำปรึกษาแก่ผู้เรียน	$\bar{X}$	SD	ระดับ
1. สนับสนุนแหล่งการเรียนรู้ สื่อ อุปกรณ์ ประกอบการ สืบเสาะหาความรู้และการทำงานของนักเรียน	3.97	0.69	มาก
2. อำนวยความสะดวกแก่ผู้เรียนในระหว่างการทำกิจกรรม	4.07	0.66	มาก
3. ชี้แนะผู้เรียนโดยการใช้คำถามเพื่อนำมาสู่แนวทางการ ศึกษาข้อมูลในส่วนจำเป็นต้องนำมาใช้ในการแก้ปัญหา การออกแบบ และการสร้างสรรค์และการทดสอบ ประสิทธิภาพของผลงาน	4.04	0.67	มาก
4. ให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียน โดยใช้คำถามชี้แนะจนกระทั่งผู้เรียน ได้แนวทางการแก้ปัญหาหรือคำตอบ	4.06	0.65	มาก
5. ให้ความรู้เพิ่มเติมหรือแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของ ผู้เรียน	4.07	0.66	มาก
6. สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน เพื่อช่วยเหลือ ส่งเสริม สนับสนุน ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ได้อย่างราบรื่น	4.06	0.68	มาก
7. รับฟังปัญหาการเรียนรู้ของผู้เรียนด้วยความตั้งใจ	4.15	0.67	มาก
8. แนะนำแนวทางการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนได้ค้นคว้าหาความรู้ และสร้างความรู้ด้วยตนเองได้เต็มศักยภาพ	4.09	0.67	มาก
9. เสริมแรงให้แก่ผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนมีความมั่นใจในการ กระทำของตนเอง จะได้พัฒนาตนเองให้ดียิ่งขึ้น	4.10	0.68	มาก
10. สร้างแรงบันดาลใจให้ผู้เรียนรักการเรียนรู้และพัฒนา ตนเอง	4.11	0.68	มาก
11. ให้ข้อคิดที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการเรียนรู้ของ ผู้เรียน	4.13	0.67	มาก
12. ใช้คำถามที่นำไปสู่การเชื่อมโยงและต่อยอดความรู้	4.06	0.68	มาก
ภาพรวม	4.08	0.57	มาก

2.5 ตัวบ่งชี้ด้านการประเมินกระบวนการทำงานและผลงานของผู้เรียน พบว่า ใน
ภาพรวมครูมีการประเมินกระบวนการทำงานและผลงานของผู้เรียน อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 3.94$)

เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ครูมีการประเมินกระบวนการทำงานและผลงานของผู้เรียน อยู่ในระดับมากทุกตัวบ่งชี้ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.85 – 4.01 ปรากฏผลดังตาราง 11

ตาราง 11 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวบ่งชี้ด้านการประเมินกระบวนการทำงานและผลงานของผู้เรียน

ตัวบ่งชี้ด้านการประเมินกระบวนการทำงานและ ผลงาน ของผู้เรียน	$\bar{X}$	SD	ระดับ
1. วัดประเมินผู้เรียนในทุกด้าน ทั้งด้านความรู้ เจตคติ และทักษะในด้านต่างๆ	3.91	0.71	มาก
2. วัดประเมินความสามารถของผู้เรียนโดยให้ความสำคัญกับกระบวนการทำงาน กระบวนการคิด และคุณภาพของงานมากกว่าความสำเร็จของงาน	3.96	0.69	มาก
3. แจ้งเกณฑ์การวัดประเมินให้ผู้เรียนทราบล่วงหน้า	3.98	0.69	มาก
4. ใช้กระบวนการและวิธีการวัดประเมินผลการเรียนรู้ที่หลากหลาย	3.99	0.69	มาก
5. วัดประเมินผลการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องทั้งก่อน ระหว่าง และหลังทำกิจกรรม	3.96	0.70	มาก
6. วัดประเมินผลตามสภาพจริง โดยพิจารณาจากการแสดงออกของผู้เรียนในขณะที่ทำกิจกรรมเพื่อการเรียนรู้	3.98	0.64	มาก
7. วิเคราะห์จุดเด่นและจุดที่ควรพัฒนาของผู้เรียน	3.85	0.67	มาก
8. ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการวัดประเมินตนเอง	3.92	0.71	มาก
9. ให้เพื่อนในชั้นเรียนมีส่วนร่วมในการวัดประเมิน	3.88	0.71	มาก
10. แจ้งผลการประเมินให้ผู้เรียนรับทราบ เพื่อให้ผู้เรียนรู้จุดเด่นและจุดที่ควรพัฒนาของตนเอง	3.96	0.65	มาก
11. นำผลการประเมินไปพัฒนาผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง	4.01	0.66	มาก
ภาพรวม	3.94	0.57	มาก

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทาง สะเต็มศึกษา ผู้วิจัยได้นำตัวบ่งชี้การจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษาในด้านที่ 2 - 5 มาวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ

ผลการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติวิเคราะห์ พบว่า ค่าความพอเพียง ของตัวแปรในการที่จะเป็นตัวอย่างของประชากรทั้งหมด (Kaiser-Mayer- Olkin Measures of Sampling

Adequacy) หรือ ค่า KMO มีค่าเท่ากับ .975 ซึ่งมากกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำคือ .60 จึงถือว่าข้อมูลในชุดนี้มีความเหมาะสมต่อการวิเคราะห์องค์ประกอบมาก และเมื่อพิจารณาการทดสอบ Bartlett's test of Sphericity ซึ่งมีค่าไคสแควร์ (χ^2) เท่ากับ 23572.635 และมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .01 จึงแสดงว่าข้อมูลชุดนี้มีความเหมาะสมในการวิเคราะห์องค์ประกอบ ปรากฏผล ดังตาราง 12

ตาราง 12 ค่าดัชนีความพอเพียงของตัวแปร (Kaiser-Mayer-Olkin Measures of Sampling Adequacy:KMO) และค่าสถิติของบาร์เลทท์ (Bartlett's test of Sphericity)

Kaiser-Mayer-Olkin Measures of Sampling Adequacy	Bartlett's test of Sphericity		
	Approx. Chi-Square	df	Sig.
.975	23572.635	1081	.000

ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวบ่งชี้ 47 ตัว โดยใช้สูตร ของเพียร์สัน พบว่า ตัวบ่งชี้ทุกตัวมีความสัมพันธ์กันทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในระดับ .01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ระหว่าง 0.342 – 0.852 ตัวบ่งชี้ที่มีความสัมพันธ์กันมากที่สุด คือ ตัวบ่งชี้ที่ 34 สร้างแรงบันดาลใจให้ผู้เรียนรักการเรียนรู้และพัฒนาตนเอง กับตัวบ่งชี้ที่ 35 ให้ข้อคิด ที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.852 ส่วนตัวบ่งชี้ที่มีความสัมพันธ์กันน้อยที่สุด คือ ตัวบ่งชี้ที่ 7 เตรียมการจัดการเรียนรู้ตามคู่มือกิจกรรมเพิ่มเติมของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) กับตัวบ่งชี้ที่ 26 อำนาจความสะดวกแก่ผู้เรียนในระหว่างการทำกิจกรรม มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.342 ปรากฏผลดังตาราง

ตาราง 13 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของแต่ละข้อความ

ข้อความ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	1																							
2	.708	1																						
3	.664	.671	1																					
4	.639	.640	.758	1																				
5	.620	.643	.672	.703	1																			
6	.535	.526	.598	.603	.635	1																		
7	.524	.491	.500	.513	.568	.598	1																	
8	.537	.526	.530	.538	.615	.579	.644	1																
9	.524	.530	.597	.595	.634	.618	.453	.606	1															
10	.538	.610	.576	.609	.623	.620	.502	.630	.683	1														
11	.564	.574	.611	.626	.597	.610	.586	.634	.609	.726	1													
12	.535	.551	.575	.575	.570	.549	.536	.628	.575	.669	.751	1												
13	.470	.486	.517	.547	.554	.506	.472	.545	.562	.572	.610	.592	1											
14	.482	.476	.521	.554	.550	.525	.429	.532	.561	.595	.602	.556	.809	1										
15	.488	.492	.466	.441	.449	.465	.429	.470	.417	.527	.498	.508	.549	.569	1									
16	.500	.457	.433	.459	.448	.432	.379	.429	.458	.493	.473	.457	.569	.580	.691	1								
17	.478	.460	.468	.475	.471	.402	.350	.408	.448	.461	.468	.433	.549	.600	.621	.733	1							
18	.479	.442	.452	.436	.460	.440	.350	.430	.448	.488	.482	.470	.497	.563	.631	.625	.722	1						
19	.459	.416	.450	.435	.455	.450	.362	.394	.487	.460	.456	.408	.507	.576	.594	.597	.648	.691	1					
20	.441	.375	.459	.439	.432	.455	.354	.361	.453	.423	.431	.368	.487	.561	.582	.636	.675	.645	.789	1				
21	.433	.407	.420	.429	.429	.414	.362	.431	.425	.463	.455	.392	.523	.555	.602	.633	.677	.655	.713	.785	1			
22	.472	.432	.430	.493	.466	.439	.388	.468	.433	.527	.485	.456	.543	.617	.586	.614	.643	.662	.664	.670	.717	1		
23	.435	.451	.435	.443	.489	.458	.413	.475	.471	.512	.488	.475	.615	.606	.550	.593	.639	.652	.644	.640	.676	.774	1	
24	.439	.431	.397	.406	.441	.413	.365	.408	.405	.466	.417	.431	.505	.521	.526	.532	.584	.607	.595	.566	.586	.653	.690	1

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ตาราง 13 (ต่อ)

ข้อความ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
25	.450	.465	.443	.455	.453	.478	.436	.462	.412	.493	.488	.418	.529	.533	.491	.503	.539	.473	.509	.517	.535	.586	.567	.549
26	.443	.422	.396	.435	.415	.405	.342	.385	.404	.467	.462	.394	.475	.498	.523	.545	.613	.569	.567	.562	.557	.580	.596	.565
27	.487	.473	.471	.452	.457	.420	.431	.466	.451	.527	.495	.467	.524	.565	.572	.573	.616	.610	.572	.595	.600	.645	.619	.574
28	.455	.404	.433	.417	.408	.388	.414	.441	.411	.486	.466	.446	.526	.529	.554	.552	.595	.560	.562	.575	.596	.575	.553	.541
29	.455	.435	.422	.439	.411	.405	.394	.428	.439	.484	.453	.428	.501	.528	.546	.550	.597	.552	.529	.512	.599	.573	.564	.497
30	.434	.431	.392	.464	.424	.422	.387	.429	.438	.512	.470	.433	.514	.532	.574	.577	.571	.576	.547	.551	.584	.592	.588	.577
31	.429	.437	.452	.477	.444	.443	.413	.402	.434	.502	.481	.435	.501	.505	.551	.587	.576	.580	.581	.547	.554	.540	.567	.572
32	.445	.398	.406	.422	.396	.412	.420	.418	.400	.454	.468	.448	.491	.510	.553	.562	.563	.535	.542	.530	.555	.558	.557	.568
33	.447	.450	.432	.477	.419	.457	.405	.417	.405	.471	.486	.441	.509	.539	.558	.567	.576	.557	.539	.564	.579	.574	.569	.543
34	.469	.444	.425	.461	.446	.418	.399	.432	.422	.489	.502	.427	.544	.552	.538	.602	.620	.596	.521	.518	.579	.621	.611	.594
35	.467	.457	.447	.448	.438	.424	.370	.433	.435	.509	.490	.468	.540	.558	.552	.622	.608	.597	.551	.558	.607	.632	.605	.580
36	.499	.494	.454	.519	.462	.430	.395	.454	.455	.533	.499	.478	.577	.593	.571	.599	.601	.577	.539	.551	.607	.647	.597	.595
37	.471	.473	.462	.489	.516	.407	.432	.487	.466	.565	.505	.533	.475	.493	.579	.542	.533	.548	.487	.504	.521	.573	.543	.532
38	.492	.484	.477	.485	.529	.478	.450	.522	.495	.576	.535	.531	.496	.537	.570	.559	.570	.574	.497	.553	.561	.599	.612	.550
39	.458	.456	.427	.451	.441	.427	.360	.466	.457	.512	.496	.462	.474	.490	.485	.533	.547	.519	.467	.530	.540	.550	.547	.496
40	.465	.479	.440	.471	.472	.437	.389	.473	.503	.529	.549	.500	.520	.549	.503	.494	.554	.569	.497	.516	.558	.582	.566	.529
41	.449	.460	.435	.455	.474	.427	.397	.436	.462	.515	.519	.466	.497	.526	.505	.475	.524	.527	.496	.526	.538	.542	.575	.542
42	.470	.467	.467	.429	.441	.420	.364	.446	.472	.501	.483	.491	.497	.535	.595	.569	.557	.544	.510	.545	.557	.561	.536	.512
43	.489	.461	.457	.455	.442	.427	.433	.483	.453	.554	.530	.531	.526	.504	.562	.515	.483	.533	.430	.439	.481	.571	.554	.531
44	.411	.419	.382	.405	.406	.417	.381	.408	.371	.489	.438	.511	.452	.471	.552	.493	.493	.507	.459	.451	.471	.534	.517	.489
45	.422	.400	.407	.407	.385	.378	.416	.419	.357	.446	.455	.475	.450	.465	.500	.479	.452	.493	.454	.447	.501	.525	.497	.495
46	.488	.466	.493	.475	.472	.402	.415	.443	.438	.484	.484	.542	.500	.520	.534	.525	.502	.550	.501	.488	.513	.558	.560	.518
47	.442	.425	.454	.442	.421	.423	.422	.440	.397	.482	.506	.540	.483	.509	.544	.518	.501	.514	.503	.536	.514	.559	.539	.538

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ตาราง 13 (ต่อ)

ข้อความ	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
25	1																						
26	.691	1																					
27	.651	.745	1																				
28	.588	.668	.722	1																			
29	.566	.623	.699	.733	1																		
30	.584	.652	.678	.720	.731	1																	
31	.591	.673	.684	.670	.679	.743	1																
32	.599	.673	.719	.686	.688	.732	.772	1															
33	.579	.666	.686	.649	.642	.699	.757	.773	1														
34	.568	.646	.684	.641	.630	.697	.716	.746	.770	1													
35	.592	.659	.685	.637	.648	.694	.713	.720	.757	.852	1												
36	.593	.593	.671	.638	.647	.670	.685	.713	.730	.787	.810	1											
37	.540	.539	.615	.547	.577	.636	.610	.595	.612	.610	.641	.666	1										
38	.553	.593	.632	.603	.577	.631	.604	.586	.614	.637	.625	.620	.774	1									
39	.482	.551	.563	.527	.556	.588	.563	.552	.565	.587	.578	.614	.670	.710	1								
40	.499	.562	.599	.573	.550	.545	.550	.557	.561	.608	.632	.653	.663	.717	.776	1							
41	.526	.554	.597	.547	.534	.561	.552	.551	.568	.586	.570	.627	.679	.700	.728	.814	1						
42	.537	.556	.605	.567	.557	.610	.595	.584	.589	.594	.589	.624	.623	.641	.669	.655	.662	1					
43	.535	.505	.572	.519	.544	.565	.554	.551	.545	.586	.582	.600	.657	.626	.632	.626	.652	.716	1				
44	.482	.478	.579	.476	.511	.557	.533	.539	.540	.550	.556	.554	.614	.579	.604	.581	.587	.675	.740	1			
45	.450	.445	.560	.487	.495	.540	.511	.516	.519	.541	.540	.525	.591	.550	.593	.611	.602	.647	.718	.816	1		
46	.489	.508	.591	.563	.532	.562	.557	.595	.587	.580	.607	.615	.638	.574	.646	.629	.634	.713	.696	.698	.743	1	
47	.478	.503	.593	.541	.526	.549	.568	.595	.591	.583	.581	.592	.636	.619	.615	.635	.685	.716	.697	.679	.682	.738	1

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis: EFA) ของตัวบ่งชี้การจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่า ค่าการร่วมกัน (Communality) มีค่าตั้งแต่ 0.529 – 0.783 ซึ่งมีค่าค่อนข้างสูง แสดงว่าตัวบ่งชี้แต่ละตัวสามารถวัดองค์ประกอบร่วมกันได้ โดยตัวบ่งชี้ที่มีค่าการร่วมกันน้อยที่สุด คือ ตัวบ่งชี้ที่ 7 เตรียมการจัดการเรียนรู้ตามคู่มือกิจกรรมสะเต็มของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) มีค่าการร่วมกันเท่ากับ 0.29 ตัวบ่งชี้ที่มีค่าการร่วมกันมากที่สุด คือ ตัวบ่งชี้ที่ 32 แนวทางการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนได้ค้นคว้าหาความรู้และสร้างความรู้ด้วยตนเองได้เต็มศักยภาพ มีค่าการร่วมกันเท่ากับ 0.783 ปรากฏผลดังตาราง 14

ตาราง 14 ค่าการร่วมกัน (Communality) ของตัวบ่งชี้

ตัวบ่งชี้	ค่าการร่วมกัน (Communality)	ตัวบ่งชี้	ค่าการร่วมกัน (Communality)
X ₁	0.587	X ₂₀	0.760
X ₂	0.606	X ₂₁	0.746
X ₃	0.663	X ₂₂	0.714
X ₄	0.677	X ₂₃	0.688
X ₅	0.694	X ₂₄	0.574
X ₆	0.616	X ₂₅	0.567
X ₇	0.529	X ₂₆	0.677
X ₈	0.615	X ₂₇	0.721
X ₉	0.615	X ₂₈	0.680
X ₁₀	0.673	X ₂₉	0.669
X ₁₁	0.690	X ₃₀	0.730
X ₁₂	0.647	X ₃₁	0.752
X ₁₃	0.585	X ₃₂	0.783
X ₁₄	0.625	X ₃₃	0.755
X ₁₅	0.587	X ₃₄	0.756
X ₁₆	0.635	X ₃₅	0.754
X ₁₇	0.711	X ₃₆	0.722
X ₁₈	0.686	X ₃₇	0.674
X ₁₉	0.741	X ₃₈	0.663

ตาราง 14 (ต่อ)

ตัวบ่งชี้	ค่าการร่วมกัน (Communality)	ตัวบ่งชี้	ค่าการร่วมกัน (Communality)
X ₃₉	0.668	X ₄₄	0.725
X ₄₀	0.685	X ₄₅	0.731
X ₄₁	0.687	X ₄₆	0.722
X ₄₂	0.707	X ₄₇	0.716
X ₄₃	0.741		

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis) ของตัวบ่งชี้การจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษาทั้งหมด 47 ตัวบ่งชี้ พบว่า มี 4 องค์ประกอบที่มีค่าไอเกน (Eigen Value) มากกว่า 1 เมื่อพิจารณาความแปรปรวนสะสมทั้ง 4 องค์ประกอบ สามารถอธิบายความแปรปรวนได้ร้อยละ 67.982 ของความแปรปรวนทั้งหมด ปรากฏผล ดังตาราง 15

ตาราง 15 ค่าไอเกน(Eigen Value) ร้อยละของความแปรปรวนและร้อยละของความแปรปรวนสะสมที่ได้จากการสกัดองค์ประกอบด้วยวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA)

ค่าไอเกนหลังจากการสกัดองค์ประกอบด้วยวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA)			
องค์ประกอบ	ค่าไอเกน	ร้อยละของความแปรปรวน	ร้อยละของความแปรปรวนสะสม
X ₁	25.626	54.524	54.524
X ₂	3.031	6.449	60.974
X ₃	1.897	4.037	65.010
X ₄	1.397	2.972	67.982
X ₅	0.923	1.964	69.946
X ₆	0.905	1.925	71.871
X ₇	0.782	1.663	73.534
X ₈	0.708	1.506	75.040
X ₉	0.660	1.405	76.445
X ₁₀	0.639	1.360	77.805
X ₁₁	0.580	1.234	79.039

ตาราง 15 (ต่อ)

ค่าไอเกนหลังจากการสกัดองค์ประกอบด้วยวิธีวิเคราะห์			
องค์ประกอบ	องค์ประกอบหลัก (PCA)		
	ค่าไอเกน	ร้อยละของความแปรปรวน	ร้อยละของความแปรปรวนสะสม
X ₁₂	0.542	1.152	80.192
X ₁₃	0.519	1.104	81.296
X ₁₄	0.474	1.007	82.304
X ₁₅	0.459	0.978	83.281
X ₁₆	0.442	0.940	84.221
X ₁₇	0.421	0.895	85.116
X ₁₈	0.384	0.817	85.933
X ₁₉	0.364	0.775	86.707
X ₂₀	0.342	0.728	87.435
X ₂₁	0.331	0.705	88.140
X ₂₂	0.326	0.694	88.834
X ₂₃	0.321	0.682	89.516
X ₂₄	0.309	0.658	90.174
X ₂₅	0.302	0.644	90.818
X ₂₆	0.295	0.628	91.446
X ₂₇	0.289	0.615	92.061
X ₂₈	0.270	0.575	92.636
X ₂₉	0.253	0.538	93.175
X ₃₀	0.246	0.523	93.698
X ₃₁	0.241	0.514	94.211
X ₃₂	0.235	0.501	94.712
X ₃₃	0.230	0.490	95.202
X ₃₄	0.222	0.472	95.674
X ₃₅	0.214	0.456	96.130
X ₃₆	0.195	0.415	96.545
X ₃₇	0.193	0.410	96.954
X ₃₈	0.174	0.370	97.324

ตาราง 15 (ต่อ)

ค่าไอเกนหลังจากการสกัดองค์ประกอบด้วยวิธีวิเคราะห์			
องค์ประกอบ	องค์ประกอบหลัก (PCA)		
	ค่าไอเกน	ร้อยละของความแปรปรวน	ร้อยละของความแปรปรวนสะสม
X ₃₉	0.172	0.366	97.690
X ₄₀	0.171	0.364	98.055
X ₄₁	0.157	0.334	98.389
X ₄₂	0.146	0.311	98.700
X ₄₃	0.139	0.295	98.995
X ₄₄	0.132	0.280	99.275
X ₄₅	0.127	0.270	99.545
X ₄₆	0.118	0.251	99.795
X ₄₇	0.096	0.205	100.000

ผลการสกัดองค์ประกอบของตัวบ่งชี้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ได้ทั้งหมด 4 องค์ประกอบ องค์ประกอบที่ 1 มี 12 ตัวบ่งชี้ ได้แก่ $x_1 - x_{12}$ องค์ประกอบที่ 2 มี 12 ตัวบ่งชี้ ได้แก่ $x_{25} - x_{36}$ องค์ประกอบที่ 3 มี 11 ตัวบ่งชี้ ได้แก่ $x_{37} - x_{47}$ องค์ประกอบที่ 4 มี 12 ตัวบ่งชี้ ได้แก่ $x_{13} - x_{24}$ เมื่อพิจารณาความเหมาะสมของค่าน้ำหนักองค์ประกอบ พบว่า ทุกตัวบ่งชี้มีน้ำหนักองค์ประกอบเกิน .3 ปรากฏผลดังตาราง 16

ตาราง 16 ผลการสกัดองค์ประกอบของตัวบ่งชี้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

Rotated Component Matrix				
ตัวบ่งชี้	Component			
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
X ₁	0.665	0.232	0.204	0.223
X ₂	0.696	0.220	0.209	0.169
X ₃	0.747	0.175	0.173	0.211
X ₄	0.749	0.228	0.161	0.194
X ₅	0.765	0.163	0.174	0.228

ตาราง 16 (ต่อ)

Rotated Component Matrix				
ตัวแปร	Component			
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
X ₆	0.716	0.186	0.145	0.221
X ₇	0.661	0.222	0.191	0.083
X ₈	0.706	0.185	0.241	0.160
X ₉	0.701	0.158	0.178	0.259
X ₁₀	0.700	0.240	0.284	0.209
X ₁₁	0.730	0.223	0.270	0.186
X ₁₂	0.685	0.153	0.362	0.152
X ₁₃	0.407	0.273	0.222	0.543
X ₁₄	0.490	0.269	0.235	0.508
X ₁₅	0.342	0.305	0.335	0.515
X ₁₆	0.301	0.356	0.258	0.592
X ₁₇	0.270	0.376	0.225	0.668
X ₁₈	0.270	0.308	0.297	0.656
X ₁₉	0.268	0.283	0.185	0.745
X ₂₀	0.222	0.281	0.223	0.763
X ₂₁	0.216	0.335	0.258	0.722
X ₂₂	0.274	0.335	0.326	0.648
X ₂₃	0.298	0.330	0.309	0.629
X ₂₄	0.244	0.372	0.311	0.528
X ₂₅	0.347	0.549	0.223	0.309
X ₂₆	0.229	0.666	0.224	0.362
X ₂₇	0.280	0.640	0.330	0.352
X ₂₈	0.252	0.661	0.254	0.340
X ₂₉	0.261	0.663	0.268	0.301
X ₃₀	0.241	0.694	0.319	0.298
X ₃₁	0.263	0.729	0.279	0.269
X ₃₂	0.223	0.765	0.304	0.235

ตาราง 16 (ต่อ)

Rotated Component Matrix				
ตัวบ่งชี้	Component			
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
X ₃₃	0.254	0.728	0.304	0.262
X ₃₄	0.248	0.706	0.336	0.289
X ₃₅	0.250	0.690	0.339	0.317
X ₃₆	0.297	0.631	0.374	0.310
X ₃₇	0.332	0.420	0.582	0.221
X ₃₈	0.361	0.414	0.527	0.289
X ₃₉	0.276	0.333	0.642	0.262
X ₄₀	0.314	0.329	0.630	0.284
X ₄₁	0.288	0.322	0.655	0.267
X ₄₂	0.264	0.335	0.659	0.302
X ₄₃	0.323	0.288	0.717	0.198
X ₄₄	0.228	0.256	0.747	0.223
X ₄₅	0.223	0.223	0.764	0.218
X ₄₆	0.294	0.300	0.696	0.245
X ₄₇	0.264	0.299	0.700	0.258

องค์ประกอบที่ 1 การออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มี 12 ตัวบ่งชี้ ซึ่งมีน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ระหว่าง 0.661- 0.765 และมีค่ารวมกัน อยู่ระหว่าง 0.529 – 0.694
ปรากฏผลดังตาราง 17

ตาราง 17 ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor Loading)และค่าการร่วมกัน (Communality) ของตัวบ่งชี้
ในองค์ประกอบที่ 1 ความสามารถในการออกแบบการจัดการเรียนรู้บูรณาการตามแนวทางสะ
เต็มศึกษา

ตัวบ่งชี้	ค่าน้ำหนัก องค์ประกอบ	ค่าการ ร่วมกัน
1. วิเคราะห์หลักสูตร และเลือกมาตรฐาน ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้ที่ เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา	0.665	0.587
2. วิเคราะห์สาระการเรียนรู้หรือเนื้อหาที่เลือกกว่าสามารถเชื่อมโยงเข้ากับ บริบทใด หรือปัญหาใดในสังคมได้บ้าง	0.696	0.606
3. กำหนดวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายของการเรียนรู้สะเต็มศึกษาอย่าง ชัดเจน	0.747	0.663
4. กำหนดประเด็นปัญหา สถานการณ์ที่ท้าทายและเชื่อมโยงกับชีวิตจริง ของผู้เรียน	0.749	0.677
5. วิเคราะห์องค์ความรู้ ทักษะหรือกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ที่จำเป็นต้องนำมาใช้ในการ ตอบคำถาม การออกแบบ การสำรวจตรวจสอบประเด็นข้อสงสัย การ แก้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ท้าทายและเชื่อมโยงกับชีวิตจริง	0.765	0.694
6. จัดเตรียมแหล่งการเรียนรู้ สื่อ อุปกรณ์ ประกอบการสืบเสาะหาความรู้ และการทำงานของนักเรียน	0.716	0.616
7. เตรียมการจัดการเรียนรู้ตามคู่มือกิจกรรมสะเต็มของสถาบันส่งเสริม การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)	0.661	0.529
8. ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เพิ่มเติมจากคู่มือกิจกรรมสะเต็มของ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)	0.706	0.615
9. ออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติและศึกษาหา ความรู้ด้วยตนเอง	0.701	0.615
10. เตรียมกิจกรรมเพื่ออธิบายเหตุผล เมื่อผู้เรียนไม่สามารถอธิบายได้ โดยเน้นให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์หาวิธีการทดลองเพื่อหาคำตอบ	0.700	0.673
11. เตรียมรายละเอียดข้อมูลหรือสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับงานอาชีพ ทางด้านสะเต็มที่เชื่อมโยงสัมพันธ์กับหัวข้อหรือเนื้อหาและกิจกรรม การเรียนรู้	0.730	0.690
12. วางแผนการวัดประเมินโดยกำหนดรายการประเมิน วิธีประเมิน สัดส่วนคะแนน รวมทั้งเกณฑ์การให้คะแนน	0.685	0.647

องค์ประกอบที่ 2 การอำนวยความสะดวกและให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียน มี 12 ตัวบ่งชี้ ซึ่งมีน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ระหว่าง 0.527 - 0.764 และมีค่าการร่วมกัน อยู่ระหว่าง 0.567 – 0.783 ปรากฏผลดังตาราง 18

ตาราง 18 คำนำน้หนักองค์ประกอบ (Factor Loading)และค่าการร่วมกัน (Communality) ของตัวบ่งชี้ ในองค์ประกอบที่ 2 ด้านการอำนวยความสะดวกและให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียน

ตัวบ่งชี้	ค่าน้ำหนัก องค์ประกอบ	ค่าการ ร่วมกัน
25. สนับสนุนแหล่งการเรียนรู้ สื่อ อุปกรณ์ ประกอบการสืบเสาะหา ความรู้และการทำงานของผู้เรียน	0.582	0.567
26. อำนวยความสะดวกแก่ผู้เรียนในระหว่างการทำกิจกรรม	0.527	0.677
27. ชี้แนะผู้เรียนโดยการใช้คำถามเพื่อนำมาสู่แนวทางการศึกษา ข้อมูลในส่วนจำเป็นต้องนำมาใช้ในการแก้ปัญหา การออกแบบ และการสร้างสรรค์และการทดสอบประสิทธิภาพของผลงาน	0.642	0.721
28. ให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียน โดยใช้คำถามชี้แนะจนกระทั่งผู้เรียนได้ แนวทางการแก้ปัญหาหรือคำตอบ	0.630	0.680
29. ให้ความรู้เพิ่มเติมหรือแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของ ผู้เรียน	0.655	0.669
30. สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน เพื่อช่วยเหลือ ส่งเสริม สนับสนุน ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ได้อย่างราบรื่น	0.659	0.730
31. รับฟังปัญหาการเรียนรู้ของผู้เรียนด้วยความตั้งใจ	0.717	0.752
32. แนะนำแนวทางการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนได้ค้นคว้าหาความรู้และ สร้างความรู้ด้วยตนเองได้เต็มศักยภาพ	0.747	0.783
33. เสริมแรงให้แก่ผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนมีความมั่นใจในการกระทำ ของตนเอง จะได้พัฒนาตนเองให้ดียิ่งขึ้น	0.764	0.755
34. สร้างแรงบันดาลใจให้ผู้เรียนรักการเรียนรู้และพัฒนาตนเอง	0.696	0.756
35. ให้ข้อคิดที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน	0.700	0.754
36. ใช้คำถามที่นำไปสู่การเชื่อมโยงและต่อยอดความรู้	0.582	0.722

องค์ประกอบที่ 3 การวัดประเมินผลการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา 11 ตัวบ่งชี้ ซึ่งมีน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ระหว่าง 0.527 - 0.764 และมีค่าการร่วมกัน อยู่ระหว่าง 0.663 – 0.741 ปรากฏผลดังตาราง 19

ตาราง 19 ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor Loading) และค่าการร่วมกัน (Communality) ของตัวบ่งชี้
ในองค์ประกอบที่ 3 การวัดประเมินผลการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ตัวบ่งชี้	ค่าน้ำหนัก องค์ประกอบ	ค่าการ ร่วมกัน
37. วัดประเมินผู้เรียนในทุกด้าน ทั้งด้านความรู้ เจตคติ และทักษะ ในด้านต่างๆ	0.582	0.674
38. วัดประเมินความสามารถของผู้เรียนโดยให้ความสำคัญกับ กระบวนการทำงาน กระบวนการคิด และคุณภาพของงาน มากกว่าความสำเร็จของงาน	0.527	0.663
39. แจ้งเกณฑ์การวัดประเมินให้ผู้เรียนทราบล่วงหน้า	0.642	0.668
40. ใช้กระบวนการและวิธีการวัดประเมินผลการเรียนรู้ที่หลากหลาย	0.630	0.685
41. วัดประเมินผลการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องทั้งก่อน ระหว่าง และหลัง ทำกิจกรรม	0.655	0.687
42. วัดประเมินผลตามสภาพจริง โดยพิจารณาจากการแสดงออก ของผู้เรียนในขณะที่ทำกิจกรรมเพื่อการเรียนรู้	0.659	0.707
43. วินิจฉัยจุดเด่นและจุดที่ควรพัฒนาของผู้เรียน	0.717	0.741
44. ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการวัดประเมินตนเอง	0.747	0.725
45. ให้เพื่อนในชั้นเรียนมีส่วนร่วมในการวัดประเมิน	0.764	0.731
46. แจ้งผลการประเมินให้ผู้เรียนรับทราบ เพื่อให้ผู้เรียนรู้จุดเด่นและ จุดที่ควรพัฒนาของตนเอง	0.696	0.722
47. นำผลการประเมินไปพัฒนาผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง	0.700	0.716

องค์ประกอบที่ 4 การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามี 12 ตัวบ่งชี้ ซึ่งมีน้ำหนัก
องค์ประกอบอยู่ระหว่าง 0.549 - 0.765 และมีค่าการร่วมกัน อยู่ระหว่าง 0.574 – 0.760 ปรากฏผล
ดังตาราง 20

ตาราง 20 คำนวณน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor Loading) และค่าการร่วมกัน (Communality) ของตัวบ่งชี้
ในองค์ประกอบที่ 4 ด้านการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ตัวบ่งชี้	ค่าน้ำหนัก องค์ประกอบ	ค่าการ ร่วมกัน
13. กำหนดสถานการณ์หรือปัญหาที่ใช้ในกิจกรรมให้มีความ เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันของผู้เรียนหรือการประกอบอาชีพใน อนาคต	0.549	0.585
14. สร้างสถานการณ์ที่ทำทลายกระบวนการคิดของผู้เรียน	0.666	0.625
15. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้บูรณาการความรู้และทักษะของวิชาที่ เกี่ยวข้องในสะเต็มศึกษาในระหว่างการเรียนรู้	0.640	0.587
16. กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดหาคำตอบโดยใช้วิธีการ ทางวิทยาศาสตร์	0.661	0.635
17. ตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ฝึกการคิดที่นำไปสู่การ ออกแบบและพัฒนาชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา	0.663	0.711
18. กระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง	0.694	0.686
19. จัดกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติจริง	0.729	0.741
20. ส่งเสริมให้ผู้เรียนร่วมกันทำงานกลุ่มได้ด้วยตนเอง	0.765	0.760
21. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนในกลุ่ม และในชั้นเรียน	0.728	0.746
22. จัดบรรยากาศและสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ที่น่าตื่นเต้น น่าสนใจ สนุกสนาน มีชีวิตชีวา	0.706	0.714
23. ส่งเสริมให้ผู้เรียนนำความรู้มาออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อ แก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวัน	0.690	0.688
24. จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้นำเสนอผลงานการออกแบบ หน้าชั้น เรียน	0.631	0.574

ตอนที่ 3 ผลการประเมินคุณภาพของตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ผลประเมินคุณภาพตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็ม
ศึกษา ตามเกณฑ์มาตรฐานการประเมิน 4 ด้าน คือ ด้านความถูกต้อง (Accuracy Standards) ด้าน
ความมีประโยชน์ (Utility Standards) ด้านความเหมาะสม (Propriety Standards) และด้านความ
เป็นไปได้ (Feasibility Standards) ปรากฏผลดังนี้

องค์ประกอบที่ 1 ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษา 1 ตัวบ่งชี้ พบว่า มีคุณภาพด้านความถูกต้อง อยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 ด้านความมีประโยชน์ ด้านความเหมาะสม และด้านความเป็นไปได้ อยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.40, 4.20 และ 4.30 ตามลำดับ ปรากฏผลดังตาราง 21

ตาราง 21 ค่าเฉลี่ยการประเมินคุณภาพตัวบ่งชี้การจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา
องค์ประกอบที่ 1 ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ตัวบ่งชี้	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)			
	ความถูกต้อง	ความ มีประโยชน์	ความเหมาะสม	ความเป็นไปได้
ตัวบ่งชี้ที่ 1.1 ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	4.50	4.40	4.20	4.30

องค์ประกอบที่ 2 การออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา 12 ตัวบ่งชี้ พบว่า ภาพรวมตัวบ่งชี้มีคุณภาพด้านความถูกต้อง ด้านความมีประโยชน์ ด้านความเหมาะสม และด้านความเป็นไปได้ อยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.14, 4.28, 4.20 และ 4.06 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาคูณภาพตัวบ่งชี้เป็นรายด้าน พบว่า ด้านความถูกต้องมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.70 – 4.30 ด้านความมีประโยชน์มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.90 – 4.50 ด้านความเหมาะสม มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.90 – 4.50 และด้านความเป็นไปมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.70 – 4.30 ปรากฏผลดัง ตาราง 22

ตาราง 22 ค่าเฉลี่ยการประเมินคุณภาพตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครู ตาม
แนวทางสะเต็มศึกษาองค์ประกอบที่ 2 การออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม
ศึกษา

ตัวบ่งชี้	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)			
	ความ ถูกต้อง	ความ มี ประโยชน์	ความ เหมาะสม	ความ เป็นไปได้
ตัวบ่งชี้ที่ 2.1 วิเคราะห์หลักสูตร เพื่อเลือก มาตรฐาน ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้ที่ เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา	4.30	4.50	4.50	4.00
ตัวบ่งชี้ที่ 2.2 วิเคราะห์สาระการเรียนรู้หรือ เนื้อหาที่เลือกจะสามารถเชื่อมโยงเข้ากับบริบท ใด หรือปัญหาใด ในสังคมได้บ้าง	4.30	4.30	4.10	4.10
ตัวบ่งชี้ที่ 2.3 กำหนดวัตถุประสงค์หรือ เป้าหมายของการเรียนรู้สะเต็มศึกษาที่แสดงถึง ความเชื่อมโยงหรือบูรณาการในเนื้อหาหรือ ทักษะอย่างชัดเจน	4.10	4.20	4.10	3.90
ตัวบ่งชี้ที่ 2.4 กำหนดประเด็นปัญหา สถานการณ์ที่ ทำทนายและเชื่อมโยงกับชีวิตจริง ของผู้เรียน	4.20	4.40	4.20	4.20
ตัวบ่งชี้ที่ 2.5 สามารถวิเคราะห์องค์ความรู้ ทักษะหรือกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ที่ จำเป็นต้องนำมาใช้ในการตอบคำถาม การ ออกแบบการสำรวจตรวจสอบประเด็นข้อสงสัย การแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ทำทนายและ เชื่อมโยงกับชีวิตจริง	4.10	4.10	4.30	4.00
ตัวบ่งชี้ที่ 2.6 จัดเตรียมแหล่งการเรียนรู้ สื่อ อุปกรณ์ ประกอบการสืบเสาะหาความรู้และการ ทำงานของนักเรียน	3.90	4.10	3.90	3.90

ตาราง 22 (ต่อ)

ตัวบ่งชี้	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)			
	ความถูกต้อง	ความ มีประโยชน์	ความเหมาะสม	ความเป็นไปได้
ตัวบ่งชี้ที่ 2.7 ใช้คู่มือกิจกรรมสะสมของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	4.20	4.50	4.40	4.00
ตัวบ่งชี้ที่ 2.8 สามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ใหม่เพิ่มเติมในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษาจากคู่มือกิจกรรมสะสมของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)	4.00	4.30	4.00	4.20
ตัวบ่งชี้ที่ 2.9 ออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติและศึกษาหาความรู้ด้วยตนเอง	4.40	4.50	4.50	4.20
ตัวบ่งชี้ที่ 2.10 เตรียมแนวทางการตอบหรือตั้งคำถาม เมื่อผู้เรียนไม่สามารถอธิบายได้ โดยเน้นให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์หาวิธีการทดลองเพื่อหาคำตอบ	4.30	4.30	4.20	4.20
ตัวบ่งชี้ที่ 2.11 เตรียมรายละเอียดข้อมูลหรือสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับอาชีพทางด้านสะเต็มที่เชื่อมโยงสัมพันธ์กับหัวข้อหรือเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้	3.70	3.90	3.90	3.70
ตัวบ่งชี้ที่ 2.12 วางแผนการวัดประเมินโดยกำหนดรายการประเมินวิธีประเมิน สัดส่วนคะแนน รวมทั้งเกณฑ์การให้คะแนนที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	4.20	4.30	4.30	4.30
ภาพรวม	4.14	4.28	4.20	4.06

องค์ประกอบที่ 3 การอำนวยความสะดวกและให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียน 12 ตัวบ่งชี้ พบว่า ภาพรวมตัวบ่งชี้มีคุณภาพด้านความถูกต้อง ด้านความมีประโยชน์ ด้านความเหมาะสม อยู่ในระดับมากที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.53, 4.55 และ 4.57 ตามลำดับ ด้านความเป็นไปได้ อยู่ในระดับมากโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.47 เมื่อพิจารณาคุณภาพตัวบ่งชี้เป็นรายด้าน พบว่า ด้านความถูกต้องมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.20 – 4.90 ด้านความมีประโยชน์มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.20 – 4.90 ด้านความเหมาะสม มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.30 – 4.90 และด้านความเป็นไปได้ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.10 – 4.70 ปรากฏผลดังตาราง 23

ตาราง 23 ค่าเฉลี่ยการประเมินคุณภาพตัวบ่งชี้การจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา
องค์ประกอบที่ 3 การอำนวยความสะดวกและให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียน

ตัวบ่งชี้	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)			
	ความถูกต้อง	ความ มีประโยชน์	ความเหมาะสม	ความเป็นไปได้
ตัวบ่งชี้ที่ 3.1 สนับสนุนแหล่งการเรียนรู้ สื่อ อุปกรณ์ ประกอบการสืบเสาะหาความรู้และการทำงานของผู้เรียน	4.40	4.60	4.60	4.40
ตัวบ่งชี้ที่ 3.2 อำนวยความสะดวกแก่ผู้เรียนในระหว่างการทำกิจกรรม	4.30	4.50	4.50	4.30
ตัวบ่งชี้ที่ 3.3 ชี้แนะผู้เรียนโดยการใช้คำถาม เพื่อให้นักเรียนสามารถศึกษาข้อมูลในส่วนจำเป็นต้องนำมาใช้ในการแก้ปัญหา การออกแบบ และการสร้างสรรค์และการทดสอบประสิทธิภาพของผลงานได้ด้วยตัวของนักเรียนเอง	4.30	4.50	4.30	4.10
ตัวบ่งชี้ที่ 3.4 ให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียน โดยใช้คำถามที่นำจนกระทั่งผู้เรียนได้แนวทางการแก้ปัญหาหรือคำตอบด้วยตนเอง	4.70	4.70	4.70	4.70
ตัวบ่งชี้ที่ 3.5 ให้ความรู้เพิ่มเติมหรือแก้ไขความเข้าใจ ที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียน	4.90	4.90	4.90	4.70
ตัวบ่งชี้ที่ 3.6 สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน เพื่อช่วยเหลือ ส่งเสริม สนับสนุน ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ได้อย่างราบรื่น	4.60	4.80	4.80	4.60

ตาราง 23 (ต่อ)

ตัวบ่งชี้	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)			
	ความถูกต้อง	ความ มีประโยชน์	ความเหมาะสม	ความเป็นไปได้
ตัวบ่งชี้ที่ 3.7 รับฟังปัญหาการเรียนรู้ของผู้เรียนด้วยความตั้งใจ	4.40	4.40	4.40	4.40
ตัวบ่งชี้ที่ 3.8 แนะนำแนวทางการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียน ได้ค้นคว้าหาความรู้และสร้างความรู้ด้วยตนเอง ได้เต็มศักยภาพ	4.20	4.20	4.40	4.40
ตัวบ่งชี้ที่ 3.9 เสริมแรงให้แก่ผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนมีความมั่นใจในการกระทำของตนเอง จะได้พัฒนาตนเอง ให้ดียิ่งขึ้น	4.70	4.50	4.70	4.50
ตัวบ่งชี้ที่ 3.10 สร้างแรงบันดาลใจให้ผู้เรียนรักการเรียนรู้และพัฒนาตนเอง	4.70	4.50	4.50	4.50
ตัวบ่งชี้ที่ 3.11 ให้ข้อคิดที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนา การเรียนรู้ของผู้เรียน	4.60	4.40	4.40	4.40
ตัวบ่งชี้ที่ 3.12 ใช้คำถามที่นำไปสู่การเชื่อมโยง และ ต่อยอดความรู้	4.60	4.60	4.60	4.60
ภาพรวม	4.53	4.55	4.57	4.47

องค์ประกอบที่ 4 การวัดประเมินผลการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา 12 ตัวบ่งชี้ พบว่า ภาพรวมตัวบ่งชี้มีคุณภาพด้านความถูกต้อง ด้านความมีประโยชน์ ด้านความเหมาะสม และ ด้านความเป็นไปได้ อยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.76, 4.76, 4.77 และ 4.61 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาคูณภาพตัวบ่งชี้เป็นรายด้าน พบว่า ด้านความถูกต้องมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.60 – 5.00 ด้านความมีประโยชน์มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.60 – 5.00 ด้านความเหมาะสม มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.60 – 5.00 และด้านความเป็นไปได้ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.60 – 5.00 ปรากฏผลดังตาราง 24

ตาราง 24 ค่าเฉลี่ยการประเมินคุณภาพตัวบ่งชี้การจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา
องค์ประกอบที่ 4 การวัดประเมินผลการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ตัวบ่งชี้	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)			
	ความถูกต้อง	ความ มีประโยชน์	ความเหมาะสม	ความเป็นไปได้
ตัวบ่งชี้ที่ 4.1 วัดประเมินผู้เรียนในทุกด้าน ทั้งด้านความรู้ เจตคติ และทักษะในด้านต่างๆ	4.60	4.60	4.70	4.60
ตัวบ่งชี้ที่ 4.2 วัดประเมินความสามารถของผู้เรียนโดยให้ความสำคัญกับกระบวนการทำงาน กระบวนการคิด และคุณภาพของงาน มากกว่าความสำเร็จของงาน	4.90	4.70	4.90	4.70
ตัวบ่งชี้ที่ 4.3 แจ้งเกณฑ์การวัดประเมินให้ผู้เรียนทราบล่วงหน้า	4.80	5.00	5.00	5.00
ตัวบ่งชี้ที่ 4.4 ใช้กระบวนการและวิธีการวัดประเมินผลการเรียนรู้ที่หลากหลาย	4.60	4.70	4.70	4.50
ตัวบ่งชี้ที่ 4.5 วัดประเมินผลการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องทั้งก่อน ระหว่าง และหลังทำกิจกรรม	4.90	4.90	4.90	4.50
ตัวบ่งชี้ที่ 4.6 วัดประเมินผลตามสภาพจริง โดยพิจารณาจากการแสดงออกของผู้เรียนในขณะทำกิจกรรมเพื่อ การเรียนรู้	4.70	4.70	4.70	4.50
ตัวบ่งชี้ที่ 4.7 วินิจฉัยจุดเด่นและจุดที่ควรพัฒนาของผู้เรียนอย่างสม่ำเสมอ	4.70	4.70	4.70	4.70
ตัวบ่งชี้ที่ 4.8 ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการวัดประเมินตนเอง	5.00	4.90	4.70	4.70
ตัวบ่งชี้ที่ 4.9 ให้เพื่อนในชั้นเรียนมีส่วนร่วมในการวัดประเมิน	4.70	4.70	4.70	4.40
ตัวบ่งชี้ที่ 4.10 แจ้งผลการประเมินให้ผู้เรียนรับทราบ เพื่อให้ผู้เรียนรู้จุดเด่นและจุดที่ควรพัฒนาของตนเอง	4.60	4.60	4.60	4.50
ตัวบ่งชี้ที่ 4.11 นำผลการประเมินไปพัฒนาผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง	4.90	4.90	4.90	4.60
ภาพรวม	4.76	4.76	4.77	4.61

องค์ประกอบที่ 5 การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา 12 ตัวบ่งชี้ พบว่า ภาพรวมตัวบ่งชี้มีคุณภาพด้านความถูกต้อง และด้านความเป็นไปได้ อยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.27 และ 4.48 ตามลำดับ ด้านความมีประโยชน์ ด้านความเหมาะสม อยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 และ 4.57 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาคุณภาพตัวบ่งชี้เป็นรายด้าน พบว่า ด้านความถูกต้อง มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.20 – 4.70 ด้านความมีประโยชน์มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.20 – 4.70 ด้านความเหมาะสม มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.10 – 4.70 และด้านความเป็นไปได้ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.60 – 4.50 ปรากฏผลดังตาราง 25

ตาราง 25 ค่าเฉลี่ยการประเมินคุณภาพตัวบ่งชี้การจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา
องค์ประกอบที่ 5 การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ตัวบ่งชี้	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)			
	ความถูกต้อง	ความ มีประโยชน์	ความเหมาะสม	ความเป็นไปได้
ตัวบ่งชี้ที่ 5.1 กำหนดสถานการณ์หรือปัญหาที่ใช้ ในกิจกรรมให้มีความเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันของผู้เรียนหรือการประกอบอาชีพในอนาคต	4.20	4.40	4.60	4.40
ตัวบ่งชี้ที่ 5.2 สร้างสถานการณ์ที่ท้าทายกระบวนการคิดของผู้เรียน	4.50	4.50	4.50	4.30
ตัวบ่งชี้ที่ 5.3 เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้บูรณาการความรู้และทักษะของวิชาที่เกี่ยวข้องในระหว่างการเรียนรู้เมื่อใช้การสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา	4.50	4.50	4.30	4.30
ตัวบ่งชี้ที่ 5.4 กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิด หาคำตอบโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์	4.30	4.50	4.50	4.10
ตัวบ่งชี้ที่ 5.5 ตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ฝึกการคิดที่นำไปสู่การออกแบบและพัฒนาชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา	4.70	4.70	4.70	4.30
ตัวบ่งชี้ที่ 5.6 กระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง	4.50	4.50	4.50	4.10

ตาราง 25 (ต่อ)

ตัวบ่งชี้	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)			
	ความถูกต้อง	ความ มีประโยชน์	ความเหมาะสม	ความเป็นไปได้
ตัวบ่งชี้ที่ 5.7 จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติจริง	4.70	4.70	4.70	4.50
ตัวบ่งชี้ที่ 5.8 ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีโอกาสทำงานร่วมกันเป็นทีมกับผู้อื่นได้	4.70	4.70	4.50	4.50
ตัวบ่งชี้ที่ 5.9 เปิดโอกาสให้ผู้เรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนในกลุ่มและในชั้นเรียน	4.50	4.70	4.70	4.50
ตัวบ่งชี้ที่ 5.10 จัดบรรยากาศและสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ที่น่าตื่นตาตื่นใจ สนุกสนาน มีชีวิตชีวา	4.20	4.20	4.10	3.60
ตัวบ่งชี้ที่ 5.11 ส่งเสริมให้ผู้เรียนนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวัน	4.70	4.70	4.30	4.30
ตัวบ่งชี้ที่ 5.12 จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้นำเสนอผลงานการออกแบบหน้าชั้นเรียน	4.50	4.70	4.30	4.30
ภาพรวม	4.50	4.57	4.48	4.27

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครู ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยมีความมุ่งหมาย 3 ประการ คือ 1) เพื่อสร้างตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา 2) เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา และ 3) เพื่อประเมินคุณภาพของตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยดำเนินการวิจัย 3 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 การสร้างตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้วิธีการสังเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ได้ร่างตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ระยะที่ 2 การวิเคราะห์องค์ประกอบของตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ ครูที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จำนวน 520 คน ในโรงเรียนที่เข้าร่วมโรงเรียนเครือข่ายสะเต็มศึกษาในภูมิภาคต่างๆ 13 ศูนย์สะเต็มภาค จำนวน 52 โรงเรียน ได้มาจากการสุ่มแบบสองขั้นตอน (two - stage random sampling) เครื่องมือที่ใช้ คือ แบบสอบถามการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา จำนวน 47 ข้อ ลักษณะข้อคำถามเป็นแบบใช่-ไม่ใช่ จำนวน 12 ข้อ และข้อคำถามแบบมาตราประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ จำนวน 35 ข้อ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน และการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (exploratory factor analysis)

ระยะที่ 3 การประเมินคุณภาพของตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผู้ให้ข้อมูล คือ ผู้เชี่ยวชาญจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) จำนวน 5 คน และครูผู้เชี่ยวชาญในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จำนวน 5 คน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. การวิเคราะห์องค์ประกอบของตัวบ่งชี้การประเมินการจัดการเรียนรู้ของครู ตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่า องค์ประกอบของตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา มี 5 องค์ประกอบ 48 ตัวบ่งชี้ ดังนี้

องค์ประกอบที่ 1 ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา 1 ตัวบ่งชี้

องค์ประกอบที่ 2 การออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มี 12 ตัวบ่งชี้ มีค่าไอเกน 25.625 ค่าความแปรปรวนสะสมร้อยละ 19.417 และค่าน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ระหว่าง 0.661- 0.765

องค์ประกอบที่ 3 การอำนวยความสะดวกและให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียน มี 12 ตัวบ่งชี้ มีค่าไอเกน 1.897 ค่าความแปรปรวนร้อยละ 15.897 และค่าน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ระหว่าง 0.549 - 0.765

องค์ประกอบที่ 4 การวัดประเมินผลการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มี 11 ตัวบ่งชี้มีค่าไอเกน 1.397 ค่าความแปรปรวนร้อยละ 14.770 และค่าน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ระหว่าง 0.527 - 0.764

องค์ประกอบที่ 5 การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มี 12 ตัวบ่งชี้ มีค่าไอเกน 3.013 ค่าความแปรปรวนร้อยละ 17.897 และค่าน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ระหว่าง 0.508 - 0.763

2. การประเมินคุณภาพของตัวบ่งชี้สำหรับการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา ตามเกณฑ์มาตรฐานการประเมิน 4 ด้าน คือ ด้านความถูกต้อง ด้านความมีประโยชน์ ด้านความเหมาะสม และด้านความเป็นไปได้ พบว่า

องค์ประกอบที่ 1 ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา 1 ตัวบ่งชี้ พบว่า มีคุณภาพด้านความถูกต้อง อยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 ด้านความมีประโยชน์ ด้านความเหมาะสม และด้านความเป็นไปได้ อยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.40, 4.20 และ 4.30 ตามลำดับ

องค์ประกอบที่ 2 การออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา 12 ตัวบ่งชี้ พบว่า ภาพรวมตัวบ่งชี้มีคุณภาพด้านความถูกต้อง ด้านความมีประโยชน์ ด้านความเหมาะสม และด้านความเป็นไปได้ อยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.14, 4.28, 4.20 และ 4.06 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาคูณภาพตัวบ่งชี้เป็นรายด้าน พบว่า ด้านความถูกต้องมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.70 – 4.30 ด้านความมีประโยชน์มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.90 – 4.50 ด้านความเหมาะสมมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.90 – 4.50 และด้านความเป็นไปมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.70 – 4.30

องค์ประกอบที่ 3 การอำนวยความสะดวกและให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียน 12 ตัวบ่งชี้ พบว่า ภาพรวมตัวบ่งชี้มีคุณภาพด้านความถูกต้อง ด้านความมีประโยชน์ ด้านความเหมาะสม อยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.53, 4.55 และ 4.57 ตามลำดับ ด้านความเป็นไปได้ อยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.47 เมื่อพิจารณาคูณภาพตัวบ่งชี้เป็นรายด้าน พบว่า ด้านความถูกต้องมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.20 – 4.90 ด้านความมีประโยชน์มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.20 – 4.90

ด้านความเหมาะสมมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.30 – 4.90 และด้านความเป็นไปได้มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.10 – 4.70

องค์ประกอบที่ 4 การวัดประเมินผลการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา 12 ตัวบ่งชี้ พบว่า ภาพรวมตัวบ่งชี้มีคุณภาพด้านความถูกต้อง ด้านความมีประโยชน์ ด้านความเหมาะสม และด้านความเป็นไปได้ อยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.76, 4.76, 4.77 และ 4.61 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาคุณภาพตัวบ่งชี้เป็นรายด้าน พบว่า ด้านความถูกต้องมีค่าเฉลี่ย อยู่ระหว่าง 4.60 – 5.00 ด้านความมีประโยชน์มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.60 – 5.00 ด้านความเหมาะสม มีค่าเฉลี่ย อยู่ระหว่าง 4.60 – 5.00 และด้านความเป็นไปมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.60 – 5.00

องค์ประกอบที่ 5 การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา 12 ตัวบ่งชี้ พบว่า ภาพรวมตัวบ่งชี้มีคุณภาพด้านความถูกต้องและด้านความเป็นไปได้ อยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.27 และ 4.48 ตามลำดับ ส่วนด้านความมีประโยชน์และด้านความเหมาะสม อยู่ในระดับ มากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 และ 4.57 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาคุณภาพตัวบ่งชี้เป็นรายด้าน พบว่า ด้านความถูกต้องมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.20 – 4.70 ด้านความมีประโยชน์มีค่าเฉลี่ยอยู่ ระหว่าง 4.20 – 4.70 ด้านความเหมาะสมมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.10 – 4.70 และด้านความเป็นไปมี ค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.60 – 4.50

อภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้ทำให้ต้ององค์ประกอบและตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครู ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ซึ่งสามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่า ข้อที่มีผู้ตอบถูกน้อยที่สุด คือ สะเต็มศึกษาสามารถใช้กับผู้เรียนได้ทุกระดับชั้นเรียนตั้งแต่ระดับ ประถมวัยจนถึงระดับอุดมศึกษา (ร้อยละ 9.04) อาจเป็นเพราะนโยบายการส่งเสริมการจัดการเรียนรู้ ตามแนวทางสะเต็มศึกษาของประเทศไทยเน้นเฉพาะระดับประถมศึกษาและระดับมัธยมศึกษา ทำให้ครูบางส่วนเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่าสะเต็มศึกษาสามารถจัดการเรียนรู้ได้ใน 2 ระดับ การศึกษาเท่านั้น นอกจากนี้ยังพบว่าครูเข้าใจคลาดเคลื่อนว่าสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ ต้องบูรณาการความรู้ให้ครบทั้ง 4 สหวิทยาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และ คณิตศาสตร์ เพราะมีคนตอบถูกเพียงร้อยละ 13.65 และครูเข้าใจคลาดเคลื่อนว่าสะเต็มศึกษาต้อง จัดการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-based Learning) จึงจะเหมาะสมที่สุด ซึ่งมีคนตอบ ถูกเพียงร้อยละ 34.62 อาจเนื่องมาจากการอบรมให้ความรู้เกี่ยวกับสะเต็มศึกษาของหน่วยงาน ต่างๆ มีเวลาจำกัด ทำให้ตัวอย่างกิจกรรมที่นำมาใช้ในการอบรมจะเน้นให้ครูฝึกปฏิบัติการจัดการ เรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-based Learning) และเน้นให้ครูบูรณาการความรู้ทั้ง 4 สห วิทยาการมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ทำให้ครูเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่า สะเต็มศึกษาควรจัดการเรียนรู้ในลักษณะนี้เท่านั้นจึงจะมีประสิทธิภาพ แต่สถาบันส่งเสริม

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษาตามแนวทางของสถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) นั้น จะเน้นรูปแบบของการบูรณาการซึ่งเป็นสิ่งที่ผู้สอนคุ้นเคยกันเป็นอย่างดี เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวพระราชบัญญัติการศึกษา พุทธศักราช 2542 มุ่งเน้นให้มีการจัดการเรียนการสอนแบบองค์รวม โดยมีการบูรณาการความคิดรวบยอด กระบวนการเรียนรู้ และทักษะต่างๆ ให้เหมาะสมแต่ละระดับการศึกษา รวมทั้งเชื่อมโยงความรู้ไปสู่การนำไปใช้ในชีวิตจริง การจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการจะช่วยลดความซ้ำซ้อนของเนื้อหาวิชาต่างๆ สามารถยืดหยุ่นเวลาในการจัดการเรียนการสอนได้ ใช้แหล่งการเรียนรู้ที่หลากหลาย และผู้เรียนได้เรียนในสิ่งที่ตนเองสนใจเพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษาสามารถจัดได้หลากหลายรูปแบบ

2. พฤติกรรมของครูตามตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่า ตัวบ่งชี้ที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ ด้านความสามารถในการออกแบบการจัดการเรียนรู้บูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา ($M=3.78$) อาจเป็นเพราะการจัดการเรียนรู้บูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบใหม่ซึ่งครูยังไม่คุ้นเคยจึงไม่สามารถออกแบบได้ด้วยตนเอง ครูส่วนใหญ่จะใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางที่สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ออกแบบมาให้ ดังนั้น เพื่อให้เกิดประสิทธิผลในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ครูควรศึกษาสาระสำคัญของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ภาษาอังกฤษและเทคโนโลยี ในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ให้เข้าใจอย่างลึกซึ้ง ศึกษาแนวคิดของสะเต็มศึกษา ระดับของการจัดการเรียนรู้และการวัดและประเมินผลตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาให้มีความเหมาะสมและเกิดประโยชน์สูงสุดกับผู้เรียน (จำรัส อินทลาภพร. 2558) นอกจากนี้ ครูต้องมีความสามารถในการอำนวยความสะดวกต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้ผ่านการเรียนรู้จากการปฏิบัติ อย่างไรก็ตาม ในการพัฒนาศักยภาพครูหรือการยกระดับ คุณภาพการศึกษานั้นรัฐบาลหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรมีนโยบายในการเตรียมความพร้อมให้กับครูอย่างชัดเจนและมีความต่อเนื่อง อีกทั้งควรเปิดโอกาสให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในทุกภาคส่วนเข้ามามีส่วนร่วมในการพัฒนาและส่งเสริมครูและผู้เรียนให้มีศักยภาพในการเรียนรู้ที่หลากหลายและเป็นการเรียนรู้ตลอดชีวิต (สุพรรณิ ชาญประเสริฐ. 2556: 12)

สำหรับตัวบ่งชี้ด้านพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่า ตัวบ่งชี้ที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้บูรณาการความรู้และทักษะของวิชาที่เกี่ยวข้องในสะเต็มศึกษาในระหว่างการเรียนรู้ อาจเนื่องมาจากครูส่วนใหญ่ยังไม่คุ้นเคยกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ทำให้ยังไม่สามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนได้อย่างเต็มที่ ซึ่ง พลศักดิ์ แสงพรหมศรี ประสาท เนื่องเฉลิม และปิยะเนตร จันทร์ถิระติกุล (2558) ได้เสนอว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ครูควรใช้เวลากับผู้เรียนมากพอเนื่องจากการจัดการเรียนรู้ในลักษณะนี้ต้องมีการนำขั้นตอนทางเทคโนโลยีและการออกแบบทางวิศวกรรมมาบูรณาการร่วมด้วย ซึ่งเป็นสิ่งแปลกใหม่สำหรับผู้เรียน ดังนั้นในช่วงแรกๆ ครูต้องให้

เวลาอย่างมากพอในการจัดกิจกรรมในชั้นตอนนี้ เพราะถ้าผู้เรียนไม่สามารถผ่านขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งได้ ก็ทำให้ไม่สามารถดำเนินกิจกรรมในขั้นตอนต่อไปได้

ส่วนตัวบ่งชี้ด้านการประเมินกระบวนการทำงานและผลงานของผู้เรียน พบว่า ตัวบ่งชี้ที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ วินิจฉัยจุดเด่นและจุดที่ควรพัฒนาของผู้เรียน อาจเนื่องมาจากครูส่วนใหญ่ยังคุ้นเคยกับการประเมินผลสรุป (summative assessment) มากกว่าการประเมินความก้าวหน้า (formative assessment) รวมทั้งในชั้นเรียนมีครูเพียงคนเดียวและครูต้องทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน จึงทำให้ครูยังไม่ได้ทำการประเมินเพื่อวินิจฉัยผู้เรียนอย่างใดก็ตาม สำนักวิชาการและมาตรฐาน สำนักคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2552: 2) ได้กล่าวว่า การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนควรเน้นการวัดและประเมินผลเพื่อพัฒนาผู้เรียน โดยครูต้องเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับผลการเรียนและการเรียนรู้ของผู้เรียนในระหว่างการเรียนรู้การสอนอย่างต่อเนื่อง บันทึก วิเคราะห์ แปลความหมายข้อมูล แล้วนำมาใช้ในการส่งเสริมหรือปรับปรุงแก้ไขการเรียนรู้ของผู้เรียน การประเมินระหว่างการเรียนรู้การสอนเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ เช่นนี้เป็นการวัดและประเมินผลย่อยที่เกิดขึ้นในห้องเรียนทุกวัน เป็นการประเมินเพื่อให้รู้จุดเด่น จุดที่ต้องปรับปรุง เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการพัฒนาผู้เรียน รวมทั้งในการเก็บข้อมูล ครูต้องใช้วิธีการและเครื่องมือการประเมินที่หลากหลาย เช่น การสังเกต การซักถาม การระดมความคิดเห็น เพื่อให้ได้มิติข้อสรุปของประเด็นที่กำหนด การใช้แฟ้มสะสมงาน การใช้ภาระงานที่เน้นการปฏิบัติการ ประเมินความรู้เดิม การให้ผู้เรียนประเมินตนเอง การให้เพื่อนประเมินเพื่อน และการใช้เกณฑ์การให้คะแนน (Rubrics) สิ่งสำคัญที่สุดในการประเมินเพื่อพัฒนา คือ การให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียนในลักษณะคำแนะนำที่เชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ทำให้การเรียนรู้พอกพูน แก้ไขความคิดความเข้าใจเดิมที่ไม่ถูกต้อง ตลอดจนการให้ผู้เรียนสามารถตั้งเป้าหมายและพัฒนาตนได้

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรจัดอบรมให้ความรู้แก่ครูโดยเน้นย้ำประเด็นที่ครู ยังมีโน้ตทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา เพื่อให้ครูมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับ สะเต็มศึกษา ซึ่งจะส่งผลให้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาของครูเกิดประสิทธิภาพ มากขึ้น
2. หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรเปิดโอกาสให้ครูได้ฝึกการออกแบบการจัดการเรียนรู้ ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยตนเอง ไม่ใช่จัดการเรียนรู้ตามคู่มือที่ สสวท. ออกแบบมา ให้เพียงอย่างเดียว ซึ่งในระยะแรกอาจจะมีการพัฒนาครูแกนนำด้านการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ในแต่ละโรงเรียน เพื่อให้ครูแกนนำขยายผลต่อในโรงเรียน โดยใช้กระบวนการโค้ชและการเป็นพี่เลี้ยง (Coaching and Mentoring)

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรทำการศึกษาปัจจัยเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา และพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
2. ควรทำการศึกษากลยุทธ์การพัฒนาความรู้ความเข้าใจและพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา





บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กลัยา วาณิชย์ปัญญา. (2546). การใช้ SPSS for windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จตุพล ยงศร. (2553). การพัฒนาตัวบ่งชี้การประเมินคุณภาพการศึกษาภายในของโรงเรียนนายเรืออากาศ. ปรินญาณินพนธ์ กศ.ด. (การอุดมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- จักรกฤษณ์ โปณะทอง. (2553). การพัฒนาตัวบ่งชี้การประกันคุณภาพหลักสูตรนักเรียนนายร้อยตำรวจ โรงเรียนนายร้อยตำรวจ. ปรินญาณินพนธ์ กศ.ด. (การอุดมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- จรัส อินทลาภาพร. (2558). การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรม เพื่อสร้างความสามารถในการจัดการเรียนเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา สำหรับครูประถมศึกษา. ปรินญาณินพนธ์ กศ.ด. (การวิจัยและพัฒนาหลักสูตร). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- จรัส อินทลาภาพร; และคนอื่นๆ. (2558, มกราคม-เมษายน). การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับผู้เรียนระดับประถมศึกษา. *Veridian E-Journal, Silpakorn University*. 8: 1.
- ทวีพร บุญวานิช. (2559). การติดตามและประเมินผลการจัดการศึกษาตามนโยบายรัฐบาลปี 2556. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.
- ธีรยุทธ์ เมืองแก้ว. (2554). การวิเคราะห์องค์ประกอบของแบบประเมินในการประหยัดพลังงานไฟฟ้า. ปรินญาณินพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- นงลักษณ์ วิรัชชัย. (2551). การพัฒนาตัวบ่งชี้การประเมิน. กรุงเทพฯ: เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ “เปิดของฟ้าคุณธรรมจริยธรรม” วันที่ 29 สิงหาคม 2551 ณ โรงแรมแอมบาสซาเดอร์.
- นิพนธ์ จันเลน. (2557, มกราคม-กุมภาพันธ์). INQUIRY กำลังจะหายไป?!. *นิตยสาร สสวท*. 42: 186.
- บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์. (2545). การประเมินการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ แนวคิดและวิธีการ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: วัฒนาพานิช จำกัด.
- พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. (2556, เมษายน-มิถุนายน). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. *วารสารนักบริหาร*. 33(2): 49-56.

- พลศักดิ์ แสงพรมศรี, ประสาท เนืองเฉลิม; และปิยะเนตร จันทร์ถิระติกุล. (2558, เมษายน). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา กับแบบปกติ. วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 9(ฉบับพิเศษ): 401-418.
- มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์. (2553). คู่มือการจัดระบบการเรียนการสอน ที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้. กรุงเทพฯ: เทียนวัฒนา พรินต์ติ้ง.
- รักษพล ธานานวงศ์. (2556). รายงานสรุปการอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง STEM Education. สืบค้นเมื่อ 19 กันยายน 2559, จาก http://www.dpst_apply.ipst.ac.th/specialproject/images/IPST_Global/document/STEM_Workshop_Report.pdf.
- ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. (2543). เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ชมรมเด็ก.
- วชิระ ศรีคุ้ม. (2559). การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Education: The Innovation Way of Learning). สืบค้นเมื่อ 19 กันยายน 2559, จาก www.slideshare.net/wawachira/stem-education-62525207.
- วรรณพงษ์ เตรียมโพธิ์; และอาทร นกแก้ว. (2556). STEM ตอนที่ 1 (อะไรและทำไม). จุลสารนวัตกรรม. 8: 32.
- วิจารณ์ พานิช. (2556). สอนอย่างไรในศตวรรษที่ 21. สืบค้นเมื่อ 25 มีนาคม 2556, จาก www.youtube.com/watch?v=J2ZpoCcqaYc.
- วิโรจน์ สารรัตนะ. (2555). แนวคิด ทฤษฎี และประเมินเพื่อการบริหารการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 8 กรุงเทพฯ: ทิพย์วิสุทธิ.
- ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว. (2558). การพัฒนาหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. ปรินท์งานพิมพ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สมจิตร จันทรฉาย. (2557). การออกแบบและพัฒนาการเรียนการสอน. นครปฐม: เพชรเกษมพรินต์ติ้ง กรุ๊ป.
- สมนึก นนธิจันทร์. (2541). การวัดผลการศึกษา. กรุงเทพฯ: ประสานการพิมพ์.
- สมบุรณ์ สุริยวงศ์. (2550). การวิเคราะห์องค์ประกอบ Factor Analysis MR 674. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). การเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา. สืบค้นเมื่อ 22 กันยายน 2559, จาก http://physics.ipst.ac.th/?page_id=2481.
- (2558). รายงานการประเมินโครงการพัฒนาและสนับสนุนการดำเนินงานศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ ศูนย์สะเต็มศึกษาภาค และโรงเรียนเครือข่ายสะเต็มศึกษา. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

- สำนักวิชาการและมาตรฐาน สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2552). เอกสารประกอบหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 แนวปฏิบัติการวัดและประเมินผลการเรียนรู้. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- สำนักงานปฏิรูปการศึกษา. (2545). รายงานการวิจัย เรื่อง การพัฒนาตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินคุณภาพการบริหารและการจัดการเขตพื้นที่การศึกษา. กรุงเทพฯ: ชารอักษร.
- . (2559). *สภาวะการศึกษาไทยปี 2557/2558 “จะปฏิรูปการศึกษาไทยให้ทันโลกในศตวรรษที่ 21 ได้อย่างไร”* กรุงเทพฯ: สกศ.
- . (2559). สืบค้นเมื่อ 20 กันยายน 2559, จาก www.onec.go.th/onec_web/page.php?mod=Statistigraph&file=view&itemID=1094.
- . (2559). *สะเต็มศึกษา (Science Technology Engineering and Mathematics Education: STEM Education)*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สำนักงานส่งเสริมสังคมแห่งการเรียนรู้และคุณภาพของเยาวชน. (2557). เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ “อภิวัดการเรียนรู้...สู่จุดเปลี่ยนประเทศไทย”. กรุงเทพฯ: สหมิตรพรินติ้งแอนด์พลับลิชชิ่ง.
- . (2560). สืบค้นเมื่อ 5 มิถุนายน 2560, จาก <http://www.qlf.or.th/Home/Contents/1134>.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2559). *บทวิเคราะห์การศึกษาไทยในโลกศตวรรษที่ 21*. สืบค้นเมื่อ 17 กันยายน 2559, จาก www.onec.go.th/onec_backofficeupload/Book/1279-file.pdf.
- สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2558, เมษายน-มิถุนายน). สะเต็มศึกษา STEM Education. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร*. 17: 2.
- สุธีระ ประเสริฐสรรพ. (2558). *สะเต็มศึกษา: ความท้าทายใหม่ของการศึกษาไทย*. สงขลา: นาคิลป์โฆษณา.
- สุพรรณิ ชาญประเสริฐ. (2556, พฤศจิกายน-ธันวาคม). สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. *นิตยสาร สสวท*. 42: 185.
- . (2557, มกราคม-กุมภาพันธ์). สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. *นิตยสาร สสวท*. 42: 186.
- สุภมาส อังสุโชติ, สมถวิล วิจิตรวรรณ; และรัชณีกุล ภิญโญภาณุวัฒน์. (2551). *สถิติวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางสังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์: เทคนิคการใช้โปรแกรม [ลิสเรล] LISREL*. กรุงเทพฯ: มิสชั่น มีเดีย.
- สุวิมล ติรกันนท์. (2555). *การวิเคราะห์ตัวแปรพหุนามในงานวิจัยทางสังคมศาสตร์*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2556). *ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม*. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2550). *ทฤษฎีการประเมิน*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อภิสิทธิ์ ธิงไชย. (2557). *สะเต็มศึกษา (STEM Education)*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- อารักษ์ อินทร์พยุง. (2554). *การพัฒนาตัวบ่งชี้การจัดการศึกษานอกระบบเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิตตามหลักสูตรการศึกษานอกระบบระดับการศึกษานี้พื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. ปรินญานิพนธ์ กศ.ด. (การศึกษาผู้ใหญ่). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- Bang-Hee Kim; & Jinsoo Kim. (2016, July). Development and Validation of Evaluation Indicators for Teaching Competency in STEAM Education in Korea. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. Volume. 12(7): 1909-1924.
- Barbara Means; et al. (2015). *STEM Indicators Measuring the Monitoring Progress K-12 STEM Education Indicators: A Road Map*. The National Science Foundation.
- ChanMin Kim; et al. (2015). Robotics to promote elementary education pre-service teachers' STEM engagement, learning, and teaching. *Computers & Education*. 91: 14 – 31.
- Dayton Regional STEM Center. (2011). *A Framework for Quality STEM Education*. Retrieved 6/10/2016. form www.daytonregionalstemcenter.org/wp-content/uploads/2012/07/STEM-Framework-Background.pdf.
- Emily Saxton; 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.
- Fitz-Gibbon. (1996). *Monitoring Education: Indicators, Quality and Effectiveness*. London: Cassell.
- Hair, J.F., Jr., Black, W.C., Babin, B.J.; & Anderson, R.E. (2010). *Multivariate data analysis* 7th ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Heidi Sublette. (2013). *An effective model of developing teacher leaders in STEM education*. Published by ProQuest LLC.
- Kenneth G. Rice; et al. (2013). Perfectionism and performance among STEM students. *Journal of Vocational Behavior*. 82(2013): 124 – 134.
- Massachusetts Department of Education. (2006). *Massachusetts Science and Technology / Engineering Curriculum Framework*. n.d.

- Melissa H. Dancy; et al.(2012). *Describing & measuring undergraduate STEM teaching practices*. The National Meeting on the Measurement of Undergraduate Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Teaching.
- Micah Stohlmann; et al. (2012). Considerations for Teaching Integrated STEM Education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research* 2:1.
- Morrison, Janice S. (2006). (online). www.tiesteach.org/.../Jans%20Attribute_of_STEM. *Ties STEM Education Monograph Series: Attribute of STEM Education*. Retrieved 21/9/2016.
- National Academy of Science. (2014). *STEM Integration in K-12 Education*. Retrieved 19/9/2016, from www.national-academies.org.
- Peter Hudson. (2015). Exploring Links between Pedagogical Knowledge Practices and Student Outcomes in STEM Education for Primary Schools. *Australian Journal of Teacher Education* Volume. 40: 133-151.
- Sara D. Moore. (2014). Build College and Career Readiness with Early, Integrated STEM. *ETA hand2mind® Research Summary*.
- The Joint Committee on Standards for Educational Evaluation. (1994). *The Program Evaluation Standards: How to Assess Evaluation of Education Program*. 2nd ed. Thousand Oaks: Sage.
- World Economic Forum. (2013). *The Global Competitiveness Report 2013-2014*. 365.



ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย
รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพตัวบ่งชี้

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

รายชื่อ	ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน
1. ดร.พนัส จันทรเปล่ง	อาจารย์ประจำ สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
2. ดร.น้ำทิพย์ งามอาภาณชัย	อาจารย์ประจำ ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
3. อาจารย์สมศักดิ์ อยู่บริบูรณ์	อาจารย์ประจำ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
4. อาจารย์อัครเดช จำนงค์ธรรม	ครู วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ โรงเรียนนาหลวง กรุงเทพมหานคร
5. อาจารย์วีระพงษ์ พิมพ์สาร	ครู วิทยฐานะชำนาญการ โรงเรียนมัธยมสุวิทย์เสรีอนุสรณ์ กรุงเทพมหานคร

รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพตัวบ่งชี้

รายชื่อ	ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน
1. ดร.เขมวดี พงศานนท์	นักวิชาการ จากศูนย์สะเต็มศึกษา สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)
2. ดร.อภิสิทธิ์ ธงไชย	นักวิชาการ สาขาออกแบบและเทคโนโลยี สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)
3. นางสาวจุฑามาศ สุปราชญ์	นักวิชาการ สาขาวิจัย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)
4. ดร.สมศรี ตั้งมงคลเลิศ	นักวิชาการอิสระ (เกษียณอายุจาก สถาบันส่งเสริมการสอน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)
5. อาจารย์ชลิดา ปียกุล	นักวิชาการอิสระ (เกษียณอายุจาก สถาบันส่งเสริมการสอน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)
6. ดร. ณัฐจริย์ ธรรมทัศนานนท์	หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนศรียาภัย กรุงเทพมหานคร
7. นางสาวเนาวรัตน์ ขจิตจรรยา	ครู วิทยฐานะครูชำนาญการ โรงเรียนนวมินทราชินูทิศ กรุงเทพมหานคร
8. นางทิพย์สุวรรณ ชีเรไร	ครู วิทยฐานะครูชำนาญการ โรงเรียนสุวิทย์วิทยา สระบุรี
9. นางสาวโชนพัสตร์ สิ้นสา	ครู วิทยฐานะครูชำนาญการ โรงเรียนวิชูทิศ กรุงเทพมหานคร
10. นายอภิชาติ อธิธา	ครู วิทยฐานะครูชำนาญการ โรงเรียนมัธยมสุวิทย์เสรีสุรินทร์ กรุงเทพมหานคร

ภาคผนวก ข

แบบสอบถามที่ใช้ในการวิจัย
แบบประเมินคุณภาพตัวบ่งชี้

แบบสอบถามการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ตอนที่ 1 ภูมิหลังของผู้ตอบแบบสอบถาม (โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับท่าน)

1. เพศ

☐ 1) ชาย

☐ 2) หญิง

2. อายุ

☐ 1) ต่ำกว่า 31 ปี

☐ 2) 31-40 ปี

☐ 3) 41-50 ปี

☐ 4) มากกว่า 50

3. ประสบการณ์ทำงาน

☐ 1) น้อยกว่า 6 ปี

☐ 2) 6-10 ปี

☐ 3) 11-15 ปี

☐ 4) 16-20 ปี

☐ 5) มากกว่า 20 ปี

4. ระดับชั้นที่สอน

☐ 1) ป.1-3

☐ 2) ป.4-6

☐ 3) ม.1-3

☐ 4) ม.4-6

5. วิชาที่เชี่ยวชาญ

☐ 1) วิทยาศาสตร์

☐ 2) คณิตศาสตร์

☐ 3) เทคโนโลยี

☐ 4) กระบวนการทางวิศวกรรม

☐ 5) อื่น ๆ (โปรดระบุ).....

6. เครือข่ายของศูนย์ส่งเสริมศึกษาภาคศูนย์ที่โรงเรียนท่านสังกัดสังกัด

- ☐ 1) ศูนย์โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย
- ☐ 2) ศูนย์โรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม
- ☐ 3) ศูนย์โรงเรียนอุดรพิทยานุกูล
- ☐ 4) ศูนย์โรงเรียนแก่นนครวิทยาลัย
- ☐ 5) ศูนย์โรงเรียนสุนนารีวิทยา
- ☐ 6) ศูนย์โรงเรียนเบ็ญจะมะมหาราช
- ☐ 7) ศูนย์โรงเรียนชลราษฎรอำรุง
- ☐ 8) ศูนย์โรงเรียนศรีบุญยานนท์
- ☐ 9) ศูนย์โรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย
- ☐ 10) ศูนย์โรงเรียนบดินทร์เดชา (สิงห์ สิงหเสนีย์)
- ☐ 11) ศูนย์โรงเรียนสามเสนวิทยาลัย
- ☐ 12) ศูนย์โรงเรียนเบญจมราชานุทิศ นครศรีธรรมราช
- ☐ 13) ศูนย์โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัย
- ☐ 14) อื่น ๆ.....

7. ประสบการณ์การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางส่งเสริมศึกษา

- ☐ 1) น้อยกว่า 1 ปี
- ☐ 2) 1-2 ปี
- ☐ 3) 3-4 ปี
- ☐ 4) มากกว่า 4 ปี

8. ท่านเคยเข้าร่วมการอบรมความรู้เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางส่งเสริมศึกษา

- ☐ 1) ไม่เคย
- ☐ 2) เคย.....ครั้ง

9. การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางส่งเสริมศึกษา

- ☐ 1) จัดกิจกรรมตามคู่มือที่ สสวท. แจกให้
- ☐ 2) ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง

10. ลักษณะการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (เลือกตอบเพียงข้อเดียว)

- ☐ 1) จัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี แยกออกจากกัน
- ☐ 2) จัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี แยกออกจากกัน แต่มีข้อหลัก (theme) ที่ครูแต่ละวิชากำหนดร่วมกันและมีการอ้างอิงความเชื่อมโยงระหว่างวิชานั้น ๆ
- ☐ 3) จัดการเรียนรู้โดยให้นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะอย่างน้อย 2 วิชา ร่วมกัน โดยกิจกรรมมีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของทุกวิชา
- ☐ 4) จัดการเรียนรู้โดยให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้และทักษะที่เรียนรู้จากวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ กับชีวิตจริง และนำความรู้และทักษะเหล่านั้นไปใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชุมชนหรือสังคม

11. ลักษณะการนำกิจกรรมสะเต็มศึกษาไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน (เลือกตอบเพียงข้อเดียว)

- ☐ 1) จัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาสอดแทรกไปตามเนื้อหาที่เกี่ยวข้องของแต่ละรายวิชา ภายในคาบเรียน
- ☐ 2) จัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาไว้ในรายวิชาเลือกเสรีของกลุ่มวิชาต่าง ๆ
- ☐ 3) จัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาไว้ในกลุ่มกิจกรรมนอกห้องเรียนต่าง ๆ เช่น ชุมนุม ชมรม ค่าย
- ☐ 4) จัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาไว้ในชั่วโมง “ลดเวลาเรียน เพิ่มเวลารู้”
- ☐ 5) อื่น ๆ (ระบุ).....

ตอนที่ 2 แนวคิดการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับความคิดเห็นของท่าน

ข้อความต่อไปนี้เป็นการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาหรือไม่	ไม่ใช่	ใช่
1. สะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้แนวใหม่ จึงจำเป็นต้องใช้ครูผู้สอนที่มีความเชี่ยวชาญด้านสะเต็มศึกษาโดยเฉพาะ		
2. สะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ต้องบูรณาการความรู้ให้ครบทั้ง 4 สหวิทยาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์		
3. สะเต็มศึกษาสามารถนำไปบูรณาการกับวิชาใดก็ได้ ไม่ได้จำกัดแค่เพียงวิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์		
4. สะเต็มศึกษาเน้นให้ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง ผู้เรียนจึงไม่จำเป็นต้องท่องจำทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์		
5. สะเต็มศึกษาต้องจัดการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-based Learning) จึงจะเหมาะสมที่สุด		
6. ครูผู้สอนสะเต็มศึกษาควรเปลี่ยนบทบาทจากผู้สอนเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน		
7. สะเต็มศึกษาสามารถจัดการเรียนรู้ได้ทั้งในชั้นเรียนและนอกชั้นเรียน		
8. สะเต็มศึกษาไม่ควรเชื่อมโยงกับเนื้อหาที่มีการจัดการเรียนรู้ในชั่วโมงเรียนปกติ แต่ควรจัดเป็นกิจกรรมเสริมหลักสูตรจึงจะเหมาะสมกว่า		
9. สะเต็มศึกษาสามารถใช้กับผู้เรียนได้ทุกระดับชั้นเรียน ตั้งแต่ระดับปฐมวัยจนถึงระดับอุดมศึกษา		
10. “สะเต็มศึกษา” กับ “การพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21” เป็นคนละเรื่องไม่เกี่ยวข้องกัน		
11. สะเต็มศึกษามีเป้าหมายสำคัญเพื่อสร้างนวัตกรรมหรือสิ่งประดิษฐ์ด้านวิทยาศาสตร์		
12. การวัดประเมินผลสะเต็มศึกษาไม่ควรใช้การประเมินผลสรุป (summative assessment) แต่ควรใช้การประเมินความก้าวหน้า (formative assessment)		

ตอนที่ 3 พฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา
คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับการปฏิบัติของท่าน)

ท่านมีพฤติกรรมตามข้อรายการต่อไปนี้มากน้อยเพียงใด	ระดับการปฏิบัติ				
	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด
การออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา					
1. วิเคราะห์หลักสูตร เลือกมาตรฐาน ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา					
2. วิเคราะห์สาระการเรียนรู้หรือเนื้อหาที่เลือกกว่าสามารถเชื่อมโยงเข้ากับบริบทใด หรือปัญหาใดในสังคมได้บ้าง					
3. กำหนดวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายของการเรียนรู้สะเต็มศึกษาอย่างชัดเจน					
4. กำหนดประเด็นปัญหา สถานการณ์ที่ท้าทายและเชื่อมโยงกับชีวิตจริงของผู้เรียน					
5. วิเคราะห์องค์ความรู้ ทักษะหรือกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ที่จำเป็นต้องนำมาใช้ ในการตอบคำถาม การออกแบบ การสำรวจตรวจสอบประเด็นข้อสงสัย การแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ท้าทายและเชื่อมโยงกับชีวิตจริง					
6. จัดเตรียมแหล่งการเรียนรู้ สื่อ อุปกรณ์ ประกอบการสืบเสาะหาความรู้และการทำงานของนักเรียน					
7. เตรียมการจัดการเรียนรู้ตามคู่มือกิจกรรมสะเต็มของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)					
8. ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เพิ่มเติมจากคู่มือกิจกรรมสะเต็มของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)					
9. ออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ และศึกษาหาความรู้ด้วยตนเอง					

ท่านมีพฤติกรรมตามข้อรายการต่อไปนี้มากน้อยเพียงใด	ระดับการปฏิบัติ				
	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด
10. เตรียมกิจกรรมเพื่ออธิบายเหตุผล เมื่อผู้เรียนไม่สามารถอธิบายได้ โดยเน้นให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์หาวิธีการทดลองเพื่อหาคำตอบ					
11. เตรียมรายละเอียดข้อมูลหรือสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับงานอาชีพทางด้านสะเต็มที่เชื่อมโยงสัมพันธ์กับหัวข้อหรือเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้					
12. วางแผนการวัดประเมินโดยกำหนดรายการประเมิน วิธีประเมิน สัดส่วนคะแนน รวมทั้งเกณฑ์การให้คะแนน					
การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา					
13. กำหนดสถานการณ์หรือปัญหาที่ใช้ในกิจกรรมให้มีความเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันของผู้เรียนหรือการประกอบอาชีพในอนาคต					
14. สร้างสถานการณ์ที่ท้าทายกระบวนการคิดของผู้เรียน					
15. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้บูรณาการความรู้และทักษะของวิชาที่เกี่ยวข้องในสะเต็มศึกษาในระหว่างการเรียนรู้					
16. กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดหาคำตอบโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์					
17. ตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ฝึกการคิดที่นำไปสู่การออกแบบและพัฒนาชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา					
18. กระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง					
19. จัดกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติจริง					
20. ส่งเสริมให้ผู้เรียนร่วมกันทำงานกลุ่มได้ด้วยตนเอง					
21. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนในกลุ่มและในชั้นเรียน					
22. จัดบรรยากาศและสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ที่น่าตื่นเต้น น่าสนใจ สนุกสนาน มีชีวิตชีวา					
23. ส่งเสริมให้ผู้เรียนนำความรู้มาออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวัน					

ท่านมีพฤติกรรมตามข้อรายการต่อไปนี้มากน้อยเพียงใด	ระดับการปฏิบัติ				
	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด
24. จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้นำเสนอผลงานการออกแบบหน้าชั้นเรียน					
การอำนวยความสะดวกและให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียน					
25. สนับสนุนแหล่งการเรียนรู้ สื่อ อุปกรณ์ ประกอบการสืบเสาะหาความรู้และการทำงานของผู้เรียน					
26. อำนวยความสะดวกแก่ผู้เรียนในระหว่างการทำกิจกรรม					
27. ชี้แนะผู้เรียนโดยการใช้คำถามเพื่อนำมาสู่แนวทางการศึกษาข้อมูลในส่วนจำเป็นต้องนำมาใช้ในการแก้ปัญหา การออกแบบ และการสร้างสรรค์และการทดสอบประสิทธิภาพของผลงาน					
28. ให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียน โดยใช้คำถามชี้แนะจนกระทั่งผู้เรียนได้แนวทางการแก้ปัญหาหรือคำตอบ					
29. ให้ความรู้เพิ่มเติมหรือแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียน					
30. สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน เพื่อช่วยเหลือ ส่งเสริม สนับสนุนให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ได้อย่างราบรื่น					
31. รับฟังปัญหาการเรียนรู้ของผู้เรียนด้วยความตั้งใจ					
32. แนะนำแนวทางการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนได้ค้นคว้าหาความรู้และสร้างความรู้ด้วยตนเองได้เต็มศักยภาพ					
33. เสริมแรงให้แก่ผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนมีความมั่นใจในการทำของตนเอง จะได้พัฒนาตนเองให้ดียิ่งขึ้น					
34. สร้างแรงบันดาลใจให้ผู้เรียนรักการเรียนรู้และพัฒนาตนเอง					
35. ให้ข้อคิดที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน					
36. ใช้คำถามที่นำไปสู่การเชื่อมโยงและต่อยอดความรู้					
การวัดประเมินผลการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา					
37. วัดประเมินผู้เรียนในทุกด้าน ทั้งด้านความรู้ เจตคติ และ					

ท่านมีพฤติกรรมตามข้อรายการต่อไปนี้มากน้อยเพียงใด	ระดับการปฏิบัติ				
	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด
ทักษะในด้านต่าง ๆ					
38. วัดประเมินความสามารถของผู้เรียนโดยให้ความสำคัญกับกระบวนการทำงาน กระบวนการคิด และคุณภาพของงาน มากกว่าความสำเร็จของงาน					
39. แจ้งเกณฑ์การวัดประเมินให้ผู้เรียนทราบล่วงหน้า					
40. ใช้กระบวนการและวิธีการวัดประเมินผลการเรียนรู้ที่หลากหลาย					
41. วัดประเมินผลการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องทั้งก่อน ระหว่าง และหลังทำกิจกรรม					
42. วัดประเมินผลตามสภาพจริง โดยพิจารณาจากการแสดงออกของผู้เรียนในขณะที่ทำกิจกรรมเพื่อการเรียนรู้					
43. วิเคราะห์จุดเด่นและจุดที่ควรพัฒนาของผู้เรียน					
44. ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการวัดประเมินตนเอง					
45. ให้เพื่อนในชั้นเรียนมีส่วนร่วมในการวัดประเมิน					
46. แจ้งผลการประเมินให้ผู้เรียนรับทราบ เพื่อให้ผู้เรียนรู้จุดเด่นและจุดที่ควรพัฒนาของตนเอง					
47. นำผลการประเมินไปพัฒนาผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง					

ความคิดเห็นเพิ่มเติมเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

.....

.....

.....

ขอบคุณที่สละเวลาในการตอบแบบสอบถาม

แบบประเมินคุณภาพตัวบ่งชี้การจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับความคิดเห็นของท่าน

ตัวบ่งชี้	ความถูกต้อง					ความมีประโยชน์					ความเหมาะสม					ความเป็นไปได้				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
องค์ประกอบที่ 1 ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา																				
ตัวบ่งชี้ที่ 1.1 ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา																				
องค์ประกอบที่ 2 การออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา																				
ตัวบ่งชี้ที่ 2.1 วิเคราะห์หลักสูตร เพื่อเลือกมาตรฐาน ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา																				
ตัวบ่งชี้ที่ 2.2 วิเคราะห์สาระการเรียนรู้หรือเนื้อหาที่เลือกจะสามารถเชื่อมโยงเข้ากับบริบทใด หรือปัญหาใดในสังคมได้บ้าง																				
ตัวบ่งชี้ที่ 2.3 กำหนดวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายของการเรียนรู้สะเต็มศึกษาที่แสดงถึงความเชื่อมโยงหรือบูรณาการในเนื้อหาหรือทักษะอย่างชัดเจน																				
ตัวบ่งชี้ที่ 2.4 กำหนดประเด็นปัญหา สถานการณ์ที่ทำนายและเชื่อมโยงกับชีวิตจริงของผู้เรียน																				
ตัวบ่งชี้ที่ 2.5 สามารถวิเคราะห์องค์ความรู้ ทักษะหรือกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ที่จำเป็นต้องนำมาใช้ในการตอบคำถาม การออกแบบ การสำรวจตรวจสอบประเด็นข้อสงสัย การแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ทำนายและเชื่อมโยงกับชีวิตจริง																				

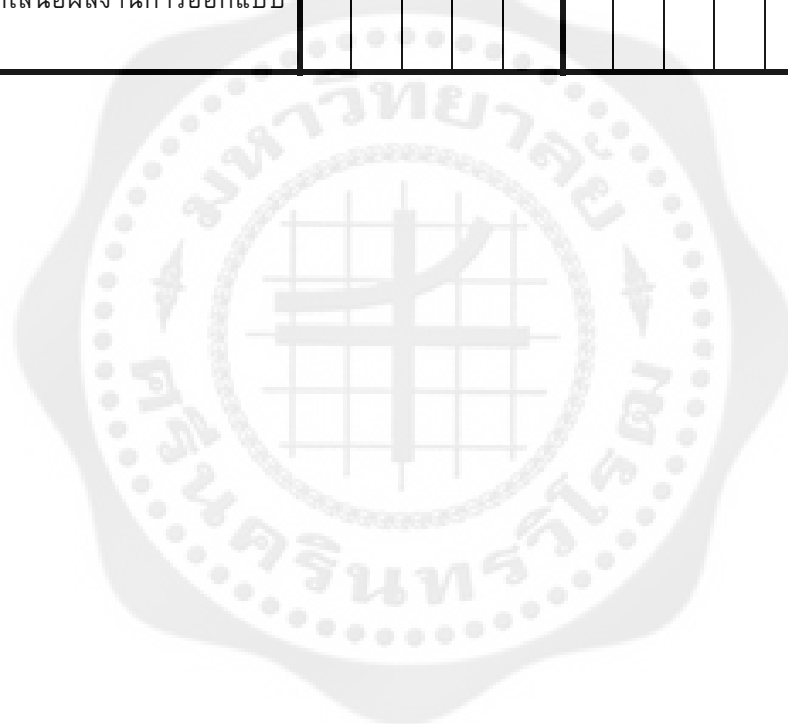
ตัวบ่งชี้	ความถูกต้อง					ความมีประโยชน์					ความเหมาะสม					ความเป็นไปได้				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
ตัวบ่งชี้ที่ 2.6 จัดเตรียมแหล่งการเรียนรู้ สื่อ อุปกรณ์ ประกอบการสืบเสาะหาความรู้และการทำงานของนักเรียน																				
ตัวบ่งชี้ที่ 2.7 ใช้คู่มือกิจกรรมเพิ่มเติมของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ ตามแนวทางสะเต็มศึกษา																				
ตัวบ่งชี้ที่ 2.8 สามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ใหม่เพิ่มเติมในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาจากคู่มือกิจกรรมเพิ่มเติมของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)																				
ตัวบ่งชี้ที่ 2.9 ออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติและศึกษาหาความรู้ด้วยตนเอง																				
ตัวบ่งชี้ที่ 2.10 เตรียมแนวทางการตอบหรือตั้งคำถาม เมื่อผู้เรียนไม่สามารถอธิบายได้ โดยเน้นให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์หาวิธีการทดลองเพื่อหาคำตอบ																				
ตัวบ่งชี้ที่ 2.11 เตรียมรายละเอียดข้อมูลหรือสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับอาชีพทางด้านสะเต็มที่เชื่อมโยงสัมพันธ์กับหัวข้อหรือเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้																				
ตัวบ่งชี้ที่ 2.12 วางแผนการวัดประเมินโดยกำหนดรายการประเมิน วิธีประเมิน สัดส่วนคะแนน รวมทั้งเกณฑ์การให้คะแนนที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา																				

ตัวบ่งชี้	ความถูกต้อง					ความมีประโยชน์					ความเหมาะสม					ความเป็นไปได้				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
องค์ประกอบที่ 3 การอำนวยความสะดวกและให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียน																				
ตัวบ่งชี้ที่ 3.1 สนับสนุนแหล่งการเรียนรู้ สื่อ อุปกรณ์ ประกอบการสืบเสาะหาความรู้และการทำงานของนักเรียน																				
ตัวบ่งชี้ที่ 3.2 อำนวยความสะดวกแก่ผู้เรียนในระหว่างการทำกิจกรรม																				
ตัวบ่งชี้ที่ 3.3 ชี้นำผู้เรียนโดยการใช้คำถามเพื่อให้ นักเรียนสามารถศึกษาข้อมูลในส่วนจำเป็นต้องนำมาใช้ในการแก้ปัญหา การออกแบบ และการสร้างสรรค์และการทดสอบประสิทธิภาพของผลงานได้ด้วยตัวของนักเรียนเอง																				
ตัวบ่งชี้ที่ 3.4 ให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียน โดยใช้คำถามชี้นำจนกระทั่งผู้เรียนได้แนวทางการแก้ปัญหาหรือคำตอบด้วยตนเอง																				
ตัวบ่งชี้ที่ 3.5 ให้ความรู้เพิ่มเติมหรือแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียน																				
ตัวบ่งชี้ที่ 3.6 สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน เพื่อช่วยเหลือ ส่งเสริม สนับสนุนให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ได้อย่างราบรื่น																				
ตัวบ่งชี้ที่ 3.7 รับฟังปัญหาการเรียนรู้ของผู้เรียนด้วยความตั้งใจ																				
ตัวบ่งชี้ที่ 3.8 แนะนำแนวทางการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนได้ค้นคว้าหาความรู้และสร้างความรู้ด้วยตนเองได้เต็มศักยภาพ																				
ตัวบ่งชี้ที่ 3.9 เสริมแรงให้แก่ผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนมีความมั่นใจในการกระทำของตนเอง จะได้พัฒนาตนเองให้ดียิ่งขึ้น																				
ตัวบ่งชี้ที่ 3.10 สร้างแรงบันดาลใจให้ผู้เรียนรักการเรียนรู้และพัฒนาตนเอง																				

ตัวบ่งชี้	ความถูกต้อง					ความมีประโยชน์					ความเหมาะสม					ความเป็นไปได้				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
ตัวบ่งชี้ที่ 3.11 ให้ข้อคิดที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการเรียนรู้อของผู้เรียน																				
ตัวบ่งชี้ที่ 3.12 ใช้คำถามที่นำไปสู่การเชื่อมโยงและต่อยอดความรู้																				
องค์ประกอบที่ 4 การวัดประเมินผลการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา																				
ตัวบ่งชี้ที่ 4.1 วัดประเมินผู้เรียนในทุกด้าน ทั้งด้านความรู้ เจตคติ และทักษะในด้านต่าง ๆ																				
ตัวบ่งชี้ที่ 4.2 วัดประเมินความสามารถของผู้เรียนโดยให้ความสำคัญกับกระบวนการทำงาน กระบวนการคิด และคุณภาพของงาน มากกว่าความสำเร็จของงาน																				
ตัวบ่งชี้ที่ 4.3 แจ้งเกณฑ์การวัดประเมินให้ผู้เรียนทราบล่วงหน้า																				
ตัวบ่งชี้ที่ 4.4 ใช้กระบวนการและวิธีการวัดประเมินผลการเรียนรู้ที่หลากหลาย																				
ตัวบ่งชี้ที่ 4.5 วัดประเมินผลการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องทั้งก่อน ระหว่าง และหลังทำกิจกรรม																				
ตัวบ่งชี้ที่ 4.6 วัดประเมินผลตามสภาพจริง โดยพิจารณาจากการแสดงออกของผู้เรียนในขณะที่ทำกิจกรรมเพื่อการเรียนรู้																				
ตัวบ่งชี้ที่ 4.7 วินิจฉัยจุดเด่นและจุดที่ควรพัฒนาของผู้เรียนอย่างสม่ำเสมอ																				
ตัวบ่งชี้ที่ 4.8 ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการวัดประเมินตนเอง																				
ตัวบ่งชี้ที่ 4.9 ให้เพื่อนในชั้นเรียนมีส่วนร่วมในการวัดประเมิน																				
ตัวบ่งชี้ที่ 4.10 แจ้งผลการประเมินให้ผู้เรียนรับทราบ เพื่อให้ผู้เรียนรู้จุดเด่นและจุดที่ควรพัฒนาของตนเอง																				

ตัวบ่งชี้	ความถูกต้อง					ความมีประโยชน์					ความเหมาะสม					ความเป็นไปได้				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
ตัวบ่งชี้ที่ 4.11 นำผลการประเมินไปพัฒนาผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง																				
องค์ประกอบที่ 5 การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา																				
ตัวบ่งชี้ที่ 5.1 กำหนดสถานการณ์หรือปัญหาที่ใช้ในกิจกรรมให้มีความเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันของผู้เรียนหรือการประกอบอาชีพในอนาคต																				
ตัวบ่งชี้ที่ 5.2 สร้างสถานการณ์ที่ท้าทายกระบวนการคิดของผู้เรียน																				
ตัวบ่งชี้ที่ 5.3 เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้บูรณาการความรู้และทักษะของวิชาที่เกี่ยวข้องในระหว่างการเรียนรู้เมื่อใช้การสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา																				
ตัวบ่งชี้ที่ 5.4 กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดหาคำตอบโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์																				
ตัวบ่งชี้ที่ 5.5 ตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ฝึกการคิดที่นำไปสู่การออกแบบและพัฒนาชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา																				
ตัวบ่งชี้ที่ 5.6 กระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง																				
ตัวบ่งชี้ที่ 5.7 จัดกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติจริง																				
ตัวบ่งชี้ที่ 5.8 ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีโอกาสทำงานร่วมกันเป็นทีมกับผู้อื่นได้																				
ตัวบ่งชี้ที่ 5.9 เปิดโอกาสให้ผู้เรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนในกลุ่มและในชั้นเรียน																				
ตัวบ่งชี้ที่ 5.10 จัดบรรยากาศและสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ที่น่าตื่นตันทึ่ง น่าสนใจ สนุกสนาน มีชีวิตชีวา																				

ตัวบ่งชี้	ความถูกต้อง					ความมีประโยชน์					ความเหมาะสม					ความเป็นไปได้				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
ตัวบ่งชี้ที่ 5.11 ส่งเสริมให้ผู้เรียนนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวัน																				
ตัวบ่งชี้ที่ 5.12 จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้นำเสนอผลงานการออกแบบหน้าชั้นเรียน																				



ภาคผนวก ค

ผลการพิจารณาความสอดคล้องของข้อคำถามกับนิยาม

ผลการประเมินคุณภาพตัวบ่งชี้

ผลการพิจารณาความสอดคล้องของข้อคำถามกับนิยาม

นิยามเชิงปฏิบัติการ	ข้อคำถาม	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					ค่า IOC
		1	2	3	4	5	
ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา หมายถึง ความสามารถของครูในการอธิบายแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาได้อย่างถูกต้อง	1. สะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้แนวใหม่ จึงจำเป็นต้องใช้ครูผู้สอนที่มีความเชี่ยวชาญด้านสะเต็มศึกษาโดยเฉพาะ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
	2. สะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ต้องบูรณาการความรู้ให้ครบทั้ง 4 สหวิทยาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
	3. สะเต็มศึกษาสามารถนำไปบูรณาการกับวิชาใดก็ได้ ไม่ได้จำกัดแค่เพียงวิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
	4. สะเต็มศึกษาเน้นให้ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง ผู้เรียนจึงไม่จำเป็นต้องท่องจำทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์	+1	+1	0	+1	+1	0.80
	5. สะเต็มศึกษาต้องจัดการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-based Learning) เพียงอย่างเดียว	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
	6. ครูผู้สอนสะเต็มศึกษาควรเปลี่ยนบทบาทจากผู้สอนเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
	7. สะเต็มศึกษาสามารถจัดการเรียนรู้ได้ทั้งในชั้นเรียนและนอกชั้นเรียน	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
	8. สะเต็มศึกษาไม่ควรเชื่อมโยงกับเนื้อหาที่มีการจัดการเรียนรู้ในชั่วโมงเรียนปกติ แต่ควรจัดเป็นกิจกรรมเสริมหลักสูตรจึงจะเหมาะสมกว่า	+1	+1	+1	0	+1	0.80
	9. สะเต็มศึกษาสามารถใช้กับผู้เรียนได้ทุกระดับชั้นเรียน ตั้งแต่ระดับปฐมวัยจนถึงระดับอุดมศึกษา	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
	10. “สะเต็มศึกษา” กับ “การพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21” เป็นคนละเรื่อง ไม่เกี่ยวข้องกัน	+1	+1	+1	0	+1	0.80
	11. สะเต็มศึกษามีเป้าหมายสำคัญเพื่อสร้างนวัตกรรมหรือสิ่งประดิษฐ์ด้านวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
	12. การวัดประเมินผลสะเต็มศึกษาไม่ควรใช้การประเมินผลสรุป (summative assessment) แต่ควรใช้การประเมินความก้าวหน้า (formative assessment)	+1	+1	+1	+1	+1	1.00

นิยามเชิงปฏิบัติการ	ข้อคำถาม	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					ค่า IOC
		1	2	3	4	5	
การออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา หมายถึงความสามารถของครูในการวางแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยจัดเตรียมเนื้อหาสาระกระบวนการจัดการเรียนรู้ สื่อการสอน และการวัดประเมินผลการเรียนรู้	1. วิเคราะห์หลักสูตร เพื่อเลือกมาตรฐาน ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
	2. วิเคราะห์สาระการเรียนรู้หรือเนื้อหาที่เลือกจะสามารถเชื่อมโยงเข้ากับบริบทใด หรือปัญหาใดในสังคมได้บ้าง	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
	3. กำหนดวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายของการเรียนรู้สะเต็มศึกษาที่แสดงถึงความเชื่อมโยงหรือบูรณาการในเนื้อหาหรือทักษะอย่างชัดเจน	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
	4. กำหนดประเด็นปัญหา สถานการณ์ที่ท้าทายและเชื่อมโยงกับชีวิตจริงของผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
	5. สามารถวิเคราะห์องค์ความรู้ ทักษะหรือกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ที่จำเป็นต้องนำมาใช้ในการตอบคำถาม การออกแบบ การสำรวจตรวจสอบ ประเด็นข้อสงสัย การแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ท้าทายและเชื่อมโยงกับชีวิตจริง	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
	6. จัดเตรียมแหล่งการเรียนรู้ สื่อ อุปกรณ์ ประกอบการสืบเสาะหาความรู้และการทำงานของนักเรียน	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
	7. ใช้คู่มือกิจกรรมสะเต็มของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
	8. สามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ใหม่เพิ่มเติมในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาจากคู่มือกิจกรรมสะเต็มของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
	9. ออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติและศึกษาหาความรู้ด้วยตนเอง	+1	+1	0	+1	+1	0.80
	10. เตรียมแนวทางการตอบหรือตั้งคำถาม เมื่อผู้เรียนไม่สามารถอธิบายได้ โดยเน้นให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์หาวิธีการทดลองเพื่อหาคำตอบ	+1	+1	+1	+1	0	0.80
	11. เตรียมรายละเอียดข้อมูลหรือสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับอาชีพทางด้านสะเต็มที่เชื่อมโยงสัมพันธ์กับหัวข้อหรือเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
	12. วางแผนการวัดประเมินโดยกำหนดรายการประเมิน วิธีประเมิน สัดส่วนคะแนน รวมทั้งเกณฑ์การให้คะแนนที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	+1	+1	+1	+1	+1	1.00

นิยามเชิงปฏิบัติการ	ข้อคำถาม	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					ค่า IOC
		1	2	3	4	5	
การจัดการเรียนรู้ตาม แนวทางสะเต็มศึกษา หมายถึง พฤติกรรมของ ครูในการจัดการเรียนรู้ ผ่านกิจกรรมหรือโครงการ ที่บูรณาการการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และ กระบวนการออกแบบเชิง วิศวกรรม โดยให้ผู้เรียน ทำกิจกรรมเพื่อพัฒนา ความรู้ความเข้าใจ และฝึก ทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และนำความรู้มาออกแบบ ชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อ ตอบสนองความต้องการ หรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้อง ในชีวิตประจำวัน	1. กำหนดสถานการณ์หรือปัญหาที่ใช้ในกิจกรรมให้มีความเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันของผู้เรียนหรือการประกอบอาชีพในอนาคต	+1	+1	0	+1	+1	0.80
	2. สร้างสถานการณ์ที่ท้าทายกระบวนการคิดของผู้เรียน	+1	+1	0	+1	+1	0.80
	3. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้บูรณาการความรู้และทักษะของวิชาที่เกี่ยวข้องในระหว่างการเรียนรู้เมื่อใช้การสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
	4. กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดหาคำตอบโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
	5. ตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ฝึกการคิดที่นำไปสู่การออกแบบและพัฒนาชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา	+1	+1	0	+1	+1	0.80
	6. กระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง	+1	+1	0	+1	+1	0.80
	7. จัดกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติจริง	+1	+1	0	+1	0	0.60
	8. ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีโอกาสดำเนินงานร่วมกันเป็นทีมกับผู้อื่นได้	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
	9. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนในกลุ่มและในชั้นเรียน	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
	10. จัดบรรยากาศและสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ที่น่าตื่นเต้น น่าสนใจ สนุกสนาน มีชีวิตชีวา	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
	11. ส่งเสริมให้ผู้เรียนนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวัน	+1	+1	0	+1	+1	0.80
	12. จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้นำเสนอผลงานการออกแบบหน้าชั้นเรียน	+1	+1	+1	+1	+1	1.00

นิยามเชิงปฏิบัติการ	ข้อคำถาม	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					ค่า IOC
		1	2	3	4	5	
การอำนวยความสะดวก และให้คำปรึกษาแก่ ผู้เรียน หมายถึง ความสามารถของครูใน การทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกและผู้ให้ คำปรึกษาที่ดีแก่ผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนบรรลุ เป้าหมายของการจัดการ เรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม ศึกษา	1. สนับสนุนแหล่งการเรียนรู้ สื่อ อุปกรณ์ ประกอบการสืบเสาะหาความรู้และการทำงานของนักเรียน	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
	2. อำนวยความสะดวกแก่ผู้เรียนในระหว่างการทำกิจกรรม	+1	+1	+1	+1	0	0.80
	3. ชี้นำผู้เรียนโดยการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนสามารถศึกษาข้อมูลในส่วนจำเป็นต้องนำมาใช้ในการแก้ปัญหา การออกแบบ และการสร้างสรรค์และการทดสอบประสิทธิภาพของผลงานได้ด้วยตัวของนักเรียนเอง	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
	4. ให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียน โดยใช้คำถามชี้แนะกระตุ้นผู้เรียนได้แนวทางการแก้ปัญหาหรือคำตอบด้วยตนเอง	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
	5. ให้ความรู้เพิ่มเติมหรือแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
	6. สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน เพื่อช่วยเหลือ ส่งเสริม สนับสนุน ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ได้อย่างราบรื่น	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
	7. รับฟังปัญหาการเรียนรู้ของผู้เรียนด้วยความตั้งใจ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
	8. แนะนำแนวทางเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนได้ค้นคว้าหาความรู้และสร้างความรู้ด้วยตนเองได้เต็มศักยภาพ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
	9. เสริมแรงให้แก่ผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนมีความมั่นใจในการทำของตนเอง จะได้พัฒนาตนเองให้ดียิ่งขึ้น	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
	10. สร้างแรงบันดาลใจให้ผู้เรียนรักการเรียนรู้และพัฒนาตนเอง	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
	11. ให้ข้อคิดที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
	12. ใช้คำถามที่นำไปสู่การเชื่อมโยงและต่อยอดความรู้	+1	+1	0	+1	0	0.60

นิยามเชิงปฏิบัติการ	ข้อคำถาม	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					ค่า IOC
		1	2	3	4	5	
การวัดประเมินผลการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา หมายถึง พฤติกรรมของครูในการวัดประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนให้ครอบคลุมในทุกด้าน โดยใช้การประเมินตามสภาพจริง ด้วยวิธีการที่หลากหลาย และต่อเนื่อง เปิดโอกาสให้ผู้เรียนและเพื่อนในชั้นเรียนมีส่วนร่วมในการวัดประเมิน รวมทั้งมีการสะท้อนผลการประเมินให้ผู้เรียนรับทราบ และนำผลการประเมินไปใช้ในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง	1. วัดประเมินผู้เรียนในทุกด้าน ทั้งด้านความรู้ เจตคติ และทักษะในด้านต่าง ๆ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
	2. วัดประเมินความสามารถของผู้เรียนโดยให้ความสำคัญกับกระบวนการทำงาน กระบวนการคิด และคุณภาพของงานมากกว่าความสำเร็จของงาน	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
	3. แจ้งเกณฑ์การวัดประเมินให้ผู้เรียนทราบล่วงหน้า	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
	4. ใช้กระบวนการและวิธีการวัดประเมินผลการเรียนรู้ที่หลากหลาย	+1	+1	0	+1	+1	0.80
	5. วัดประเมินผลการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องทั้งก่อน ระหว่าง และหลังทำกิจกรรม	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
	6. วัดประเมินผลตามสภาพจริง โดยพิจารณาจากการแสดงออกของผู้เรียนในขณะทำกิจกรรมเพื่อการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
	7. วัดประเมินผลควบคู่ไปกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	+1	0	-1	+1	-1	0.40
	8. วินิจฉัยจุดเด่นและจุดที่ควรพัฒนาของผู้เรียนอย่างสม่ำเสมอ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
	9. ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการวัดประเมินตนเอง	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
	10. ให้เพื่อนในชั้นเรียนมีส่วนร่วมในการวัดประเมิน	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
	11. แจ้งผลการประเมินให้ผู้เรียนรับทราบ เพื่อให้ผู้เรียนรู้จุดเด่นและจุดที่ควรพัฒนาของตนเอง	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
	12. นำผลการประเมินไปพัฒนาผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง	+1	+1	+1	+1	+1	1.00

ผลการประเมินตรวจสอบคุณภาพตัวบ่งชี้การจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษาของผู้เชี่ยวชาญ

ตัวบ่งชี้การจัดการเรียนรู้ตาม แนวทางสะเต็มศึกษา	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละคะแนนประเมิน ด้านความถูกต้อง						จำนวนผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละคะแนนประเมิน ด้านความมีประโยชน์						จำนวนผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละคะแนนประเมิน ด้านความเหมาะสม						จำนวนผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละคะแนนประเมิน ด้านความเป็นไปได้					
	น้อย น้อย	พอ	ปาน กลาง	มาก	มากที่สุด	$\bar{X}$	น้อย น้อย	พอ	ปาน กลาง	มาก	มากที่สุด	$\bar{X}$	น้อย น้อย	พอ	ปาน กลาง	มาก	มากที่สุด	$\bar{X}$	น้อย น้อย	พอ	ปาน กลาง	มาก	มากที่สุด	$\bar{X}$
องค์ประกอบที่ 1 ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา																								
ตัวบ่งชี้ที่ 1.1 ความรู้ความเข้าใจ เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตาม แนวทางสะเต็มศึกษา				5	5	4.30			1	4	5	4.40			1	6	3	4.20			1	5	4	4.30
องค์ประกอบที่ 2 การออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา																								
ตัวบ่งชี้ที่ 2.1 วิเคราะห์หลักสูตร เพื่อเลือกมาตรฐาน ตัวชี้วัด และ สาระการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับ สะเต็มศึกษา				7	3	4.30				5	5	4.50				5	5	4.50			2	7	1	3'90
ตัวบ่งชี้ที่ 2.2 วิเคราะห์สาระ การเรียนรู้หรือเนื้อหาที่เลือกกว่า สามารถเชื่อมโยงเข้ากับบริบทใด หรือปัญหาได้ในสังคมได้บ้าง				7	3	4.30				7	3	4.30			2	5	3	4.10				9	1	4.10
ตัวบ่งชี้ที่ 2.3 กำหนดวัตถุประสงค์				9	1	4.10				8	2	4.20				9	1	4.10			2	7	5	3.90

ตัวบ่งชี้การจัดการเรียนรู้ตาม แนวทางสะเต็มศึกษา	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละคะแนนประเมิน ด้านความถูกต้อง						จำนวนผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละคะแนนประเมิน ด้านความมีประโยชน์						จำนวนผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละคะแนนประเมิน ด้านความเหมาะสม						จำนวนผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละคะแนนประเมิน ด้านความเป็นไปได้					
	ได้ น้อย	พอ	งบนพอ	มาก	ได้ มาก	$\bar{X}$	ได้ น้อย	พอ	งบนพอ	มาก	ได้ มาก	$\bar{X}$	ได้ น้อย	พอ	งบนพอ	มาก	ได้ มาก	$\bar{X}$	ได้ น้อย	พอ	งบนพอ	มาก	ได้ มาก	$\bar{X}$
หรือเป้าหมายของการเรียนรู้ สะเต็มศึกษาที่แสดงถึงความ เชื่อมโยงหรือบูรณาการในเนื้อหา หรือทักษะอย่างชัดเจน																								
ตัวบ่งชี้ที่ 2.4 กำหนดประเด็น ปัญหา สถานการณ์ที่ทำนายและ เชื่อมโยงกับชีวิตจริงของผู้เรียน			2	4	4	4.20				6	4	4.40			2	4	4	4.20			2	4	4	4.20
ตัวบ่งชี้ที่ 2.5 สามารถวิเคราะห์ องค์ความรู้ ทักษะหรือ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ที่จำเป็นต้อง นำมาใช้ในการตอบคำถาม การ ออกแบบการสำรวจตรวจสอบ ประเด็นข้อสงสัย การแก้ปัญหา หรือสถานการณ์ที่ทำนายและ เชื่อมโยงกับชีวิตจริง			2	4	4	4.20			2	5	3	4.10				7	3	4.30			2	6	2	4.00

ตัวบ่งชี้การจัดการเรียนรู้ตาม แนวทางสะเต็มศึกษา	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละคะแนนประเมิน ด้านความถูกต้อง						จำนวนผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละคะแนนประเมิน ด้านความมีประโยชน์						จำนวนผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละคะแนนประเมิน ด้านความเหมาะสม						จำนวนผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละคะแนนประเมิน ด้านความเป็นไปได้					
	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	$\bar{X}$	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	$\bar{X}$	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	$\bar{X}$	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	$\bar{X}$
ตัวบ่งชี้ที่ 2.6 จัดเตรียมแหล่งการเรียนรู้ สื่อ อุปกรณ์ ประกอบการสืบเสาะหาความรู้และการทำงาน ของนักเรียน			2	7	1	3.90			2	5	3	4.10			2	7	1	3.90			2	7	1	3.90
ตัวบ่งชี้ที่ 2.7 ใช้คู่มือกิจกรรมสะเต็มของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา			3	2	5	4.20			5	5		4.50			1	4	5	4.40			3	4	3	4.00
ตัวบ่งชี้ที่ 2.8 สามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ใหม่เพิ่มเติมในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาจากคู่มือกิจกรรมสะเต็มของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)			3	4	3	4.00			2	3	5	4.30			3	4	3	4.00			1	6	3	4.20

ตัวบ่งชี้การจัดการเรียนรู้ตาม แนวทางสะเต็มศึกษา	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละคะแนนประเมิน ด้านความถูกต้อง						จำนวนผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละคะแนนประเมิน ด้านความมีประโยชน์						จำนวนผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละคะแนนประเมิน ด้านความเหมาะสม						จำนวนผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละคะแนนประเมิน ด้านความเป็นไปได้					
	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	$\bar{X}$	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	$\bar{X}$	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	$\bar{X}$	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	$\bar{X}$
ตัวบ่งชี้ที่ 2.9 ออกแบบการจัดการ เรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือ ปฏิบัติและศึกษาหาความรู้ด้วย ตนเอง			1	4	5	4.40				5	5	4.50				5	5	4.50			1	6	3	4.20
ตัวบ่งชี้ที่ 2.10 เตรียมแนวทางการ ตอบหรือตั้งคำถาม เมื่อผู้เรียน ไม่สามารถอธิบายได้ โดยเน้นให้ ผู้เรียนคิดวิเคราะห์หาวิธีการ ทดลองเพื่อหาคำตอบ				7	3	4.30				7	3	4.30				8	2	4.20				8	2	4.20
ตัวบ่งชี้ที่ 2.11 เตรียมรายละเอียด ข้อมูลหรือสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม เกี่ยวกับอาชีพทางด้านสะเต็ม ที่เชื่อมโยงสัมพันธ์กับหัวข้อหรือ เนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้		2		7	1	3.70			2	7	1	3.90			2	7	1	3.90			4	5	1	3.70
ตัวบ่งชี้ที่ 2.12 วางแผนการวัด ประเมินโดยกำหนดรายการ ประเมินวิธีประเมิน สัดส่วนคะแนน			1	7	3	4.20				7	3	4.30				7	3	4.30				7	3	4.30

ตัวบ่งชี้การจัดการเรียนรู้ตาม แนวทางสะเต็มศึกษา	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละคะแนนประเมิน ด้านความถูกต้อง						จำนวนผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละคะแนนประเมิน ด้านความมีประโยชน์						จำนวนผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละคะแนนประเมิน ด้านความเหมาะสม						จำนวนผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละคะแนนประเมิน ด้านความเป็นไปได้					
	น้อย น้อย	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	$\bar{X}$	น้อย น้อย	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	$\bar{X}$	น้อย น้อย	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	$\bar{X}$	น้อย น้อย	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	$\bar{X}$
รวมทั้งเกณฑ์การให้คะแนนที่ สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การ เรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา																								
องค์ประกอบที่ 3 การอำนวยความสะดวกและให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียน																								
ตัวบ่งชี้ที่ 3.1 สนับสนุนแหล่งการเรียนรู้ สื่อ อุปกรณ์ ประกอบการ สืบเสาะหาความรู้และ การทำงานของนักเรียน			1	4	5	4.40			1	2	7	4.60			1	2	7	4.60			1	6	3	4.40
ตัวบ่งชี้ที่ 3.2 อำนวยความสะดวก แก่ผู้เรียนในระหว่างการทำ กิจกรรม				7	3	4.30				5	5	4.50				5	5	4.50				7	3	4.30
ตัวบ่งชี้ที่ 3.3 ชี้นำผู้เรียนโดยการ ใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนสามารถ ศึกษาข้อมูลในส่วนจำเป็นต้อง นำมาใช้ในการแก้ปัญหา การออกแบบ และการสร้างสรรค์ และการทดสอบประสิทธิภาพของ																								4.10
				7	3	4.30				5	5	4.50				7	3	4.30				9	1	

ตัวบ่งชี้การจัดการเรียนรู้ตาม แนวทางสะเต็มศึกษา	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละคะแนนประเมิน ด้านความถูกต้อง						จำนวนผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละคะแนนประเมิน ด้านความมีประโยชน์						จำนวนผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละคะแนนประเมิน ด้านความเหมาะสม						จำนวนผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละคะแนนประเมิน ด้านความเป็นไปได้					
	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	$\bar{X}$	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	$\bar{X}$	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	$\bar{X}$	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	$\bar{X}$
ผลงานได้ด้วยตัวของนักเรียนเอง																								
ตัวบ่งชี้ที่ 3.4 ให้คำปรึกษาแก่ ผู้เรียน โดยใช้คำถามชี้แนะ จนกระทั่งผู้เรียนได้แนวทางการ แก้ปัญหาหรือคำตอบด้วยตนเอง				3	7	4.70				3	7	4.70				3	7	4.70				3	7	4.70
ตัวบ่งชี้ที่ 3.5 ให้ความรู้เพิ่มเติม หรือแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ของผู้เรียน				1	9	4.90				1	9	4.90				1	9	4.90				3	7	4.70
ตัวบ่งชี้ที่ 3.6 สังเกตพฤติกรรม ของผู้เรียน เพื่อช่วยเหลือ ส่งเสริม สนับสนุน ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ ได้อย่างราบรื่น				4	6	4.60				2	8	4.80				2	8	4.80				4	6	4.60
ตัวบ่งชี้ที่ 3.7 รับฟังปัญหาการ เรียนรู้ของผู้เรียนด้วยความตั้งใจ				6	4	4.40				6	4	4.40				6	4	4.40				6	4	4.40
ตัวบ่งชี้ที่ 3.8 แนะนำแนวทางการ เรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนได้ค้นคว้าหา ความรู้และสร้างความรู้				2	4	4.20				2	4	4.20				6	4	4.40				6	4	4.40

ตัวบ่งชี้การจัดการเรียนรู้ตาม แนวทางสะเต็มศึกษา	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละคะแนนประเมิน ด้านความถูกต้อง						จำนวนผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละคะแนนประเมิน ด้านความมีประโยชน์						จำนวนผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละคะแนนประเมิน ด้านความเหมาะสม						จำนวนผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละคะแนนประเมิน ด้านความเป็นไปได้					
	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	$\bar{X}$	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	$\bar{X}$	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	$\bar{X}$	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	$\bar{X}$
ด้วยตนเองได้เต็มศักยภาพ																								
ตัวบ่งชี้ที่ 3.9 เสริมแรงให้แก่ ผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนมีความมั่นใจ ในการกระทำของตนเอง จะได้ พัฒนาตนเองให้ดียิ่งขึ้น				3	7	4.70			2	1	7	4.50				3	7	4.70				5	5	4.50
ตัวบ่งชี้ที่ 3.10 สร้างแรงบันดาลใจ ให้ผู้เรียนรักการเรียนรู้และพัฒนา ตนเอง				3	7	4.70										5	5	4.50				5	5	4.50
ตัวบ่งชี้ที่ 3.11 ให้ข้อคิดที่เป็น ประโยชน์ต่อการพัฒนาการเรียนรู้ ของผู้เรียน				4	6	4.60			2	2	6	4.40				6	4	4.40				6	4	4.40
ตัวบ่งชี้ที่ 3.12 ใช้คำถามที่นำไปสู่ การเชื่อมโยงและต่อยอดความรู้				4	6	4.60				4	6	4.60				4	6	4.60				4	6	4.60
องค์ประกอบที่ 4 การวัดประเมินผลการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา																								
ตัวบ่งชี้ที่ 4.1 วัดประเมินผู้เรียนใน ทุกด้าน ทั้งด้านความรู้ เจตคติ และทักษะในด้านต่าง ๆ				4	6	4.60				4	6	4.60				3	7	4.70				4	6	4.60

ตัวบ่งชี้การจัดการเรียนรู้ตาม แนวทางสะเต็มศึกษา	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละคะแนนประเมิน ด้านความถูกต้อง						จำนวนผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละคะแนนประเมิน ด้านความมีประโยชน์						จำนวนผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละคะแนนประเมิน ด้านความเหมาะสม						จำนวนผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละคะแนนประเมิน ด้านความเป็นไปได้					
	น้อย น้อย	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	$\bar{X}$	น้อย น้อย	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	$\bar{X}$	น้อย น้อย	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	$\bar{X}$	น้อย น้อย	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	$\bar{X}$
ตัวบ่งชี้ที่ 4.2 วัดประเมิน ความสามารถของผู้เรียนโดย ให้ความสำคัญกับกระบวนการ ทำงาน กระบวนการคิด และ คุณภาพของงาน มากกว่า ความสำเร็จของงาน				1	9	4.90				3	7	4.70				1	9	4.90				3	7	4.70
ตัวบ่งชี้ที่ 4.3 แจกเกณฑ์การวัด ประเมินให้ผู้เรียนทราบล่วงหน้า				2	8	4.80					10	5.00					10	5.00					10	5.00
ตัวบ่งชี้ที่ 4.4 ใช้กระบวนการและ วิธีการวัดประเมินผลการเรียนรู้ ที่หลากหลาย				4	6	4.60				3	7	4.70				3	7	4.70				5	5	4.50
ตัวบ่งชี้ที่ 4.5 วัดประเมินผลการ เรียนรู้อย่างต่อเนื่องทั้งก่อน ระหว่าง และหลังทำกิจกรรม				1	9	4.90				1	9	4.90				1	9	4.90				5	5	4.50
ตัวบ่งชี้ที่ 4.6 วัดประเมินผลตาม สภาพจริง โดยพิจารณาจากการ แสดงออกของผู้เรียนในขณะ				3	7	4.70				3	7	4.70				3	7	4.70				5	5	4.50

ตัวบ่งชี้การจัดการเรียนรู้ตาม แนวทางสะเต็มศึกษา	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละคะแนนประเมิน ด้านความถูกต้อง						จำนวนผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละคะแนนประเมิน ด้านความมีประโยชน์						จำนวนผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละคะแนนประเมิน ด้านความเหมาะสม						จำนวนผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละคะแนนประเมิน ด้านความเป็นไปได้					
	ได้ น้อย	พอ	ปาน กลาง	มาก	ได้ มากที่สุด	$\bar{X}$	ได้ น้อย	พอ	ปาน กลาง	มาก	ได้ มากที่สุด	$\bar{X}$	ได้ น้อย	พอ	ปาน กลาง	มาก	ได้ มากที่สุด	$\bar{X}$	ได้ น้อย	พอ	ปาน กลาง	มาก	ได้ มากที่สุด	$\bar{X}$
ทำกิจกรรมเพื่อการเรียนรู้																								
ตัวบ่งชี้ที่ 4.7 วินิจนัยจุดเด่นและ จุดที่ควรพัฒนาของผู้เรียนอย่าง สม่ำเสมอ				3	7	4.70				3	7	4.70				3	7	4.70				3	7	4.70
ตัวบ่งชี้ที่ 4.8 ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วม ในการวัดประเมินตนเอง					10	5.00				1	9	4.90				3	7	4.70				3	7	4.70
ตัวบ่งชี้ที่ 4.9 ให้เพื่อนในชั้นเรียน มีส่วนร่วมในการวัดประเมิน				3	7	4.70				3	7	4.70				3	7	4.70				3		4.40
ตัวบ่งชี้ที่ 4.10 แจ้งผลการประเมิน ให้ผู้เรียนรับทราบ เพื่อให้ผู้เรียนรู้ จุดเด่นและจุดที่ควรพัฒนาของ ตนเอง				4	6	4.60				4	6	4.60				4	6	4.60				5	5	4.50
ตัวบ่งชี้ที่ 4.11 นำผลการประเมิน ไปพัฒนาผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง				1	9	4.90				1	9	4.90				1	9	4.90				1	2	4.60

ตัวบ่งชี้การจัดการเรียนรู้ตาม แนวทางสะเต็มศึกษา	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละคะแนนประเมิน ด้านความถูกต้อง						จำนวนผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละคะแนนประเมิน ด้านความมีประโยชน์						จำนวนผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละคะแนนประเมิน ด้านความเหมาะสม						จำนวนผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละคะแนนประเมิน ด้านความเป็นไปได้					
	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	$\bar{X}$	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	$\bar{X}$	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	$\bar{X}$	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	$\bar{X}$
องค์ประกอบที่ 5 การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา																								
ตัวบ่งชี้ที่ 5.1 กำหนดสถานการณ์ หรือปัญหาที่ใช้ในกิจกรรมให้มี ความเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน ของผู้เรียนหรือการประกอบอาชีพ ในอนาคต			1	6	3	4.20			1	4	5	4.40			1	2	7	4.60			1	4	5	4.40
ตัวบ่งชี้ที่ 5.2 สร้างสถานการณ์ที่ ท้าทายกระบวนการคิดของผู้เรียน				5	5	4.50				5	5	4.50				5	5	4.50				7	3	4.30
ตัวบ่งชี้ที่ 5.3 เปิดโอกาสให้ผู้เรียน ได้บูรณาการความรู้และทักษะของ วิชาที่เกี่ยวข้องในระหว่าง การเรียนรู้เมื่อใช้การสอนตามแนวทาง สะเต็มศึกษา				5	5	4.50				5	5	4.50				7	3	4.30				7	3	4.30
ตัวบ่งชี้ที่ 5.4 กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิด กระบวนการคิดหาคำตอบโดยใช้ วิธีการทางวิทยาศาสตร์				7	3	4.30				5	5	4.50				5	5	4.50				9	1	4.10

ตัวบ่งชี้การจัดการเรียนรู้ตาม แนวทางสะเต็มศึกษา	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละคะแนนประเมิน ด้านความถูกต้อง						จำนวนผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละคะแนนประเมิน ด้านความมีประโยชน์						จำนวนผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละคะแนนประเมิน ด้านความเหมาะสม						จำนวนผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละคะแนนประเมิน ด้านความเป็นไปได้					
	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	$\bar{X}$	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	$\bar{X}$	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	$\bar{X}$	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	$\bar{X}$
ตัวบ่งชี้ที่ 5.5 ตั้งคำถามเพื่อ กระตุ้นให้ผู้เรียนได้ฝึกการคิดที่ นำไปสู่การออกแบบและพัฒนา ชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา				3	7	4.70				3	7	4.70				3	7	4.70				7	3	4.30
ตัวบ่งชี้ที่ 5.6 กระตุ้นให้ผู้เรียน สร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง				5	5	4.50				5	5	4.50				5	5	4.50			2	5	3	4.10
ตัวบ่งชี้ที่ 5.7 จัดกิจกรรมที่ ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติจริง				3	7	4.70				3	7	4.70				3	7	4.70				5	5	4.50
ตัวบ่งชี้ที่ 5.8 ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ มีโอกาสร่วมกันเป็นทีมกับ ผู้อื่นได้				3	7	4.70				3	7	4.70				5	5	4.50				5	5	4.50
ตัวบ่งชี้ที่ 5.9 เปิดโอกาสให้ผู้เรียน แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อน ในกลุ่มและในชั้นเรียน				5	5	4.50				3	7	4.70				3	7	4.70				5	5	4.50

ตัวบ่งชี้การจัดการเรียนรู้ตาม แนวทางสะเต็มศึกษา	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละคะแนนประเมิน ด้านความถูกต้อง						จำนวนผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละคะแนนประเมิน ด้านความมีประโยชน์						จำนวนผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละคะแนนประเมิน ด้านความเหมาะสม						จำนวนผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละคะแนนประเมิน ด้านความเป็นไปได้					
	ได้ น้อย	พอ	ง เล น น า	ม ก	ได้ น ก ม ก	$\bar{X}$	ได้ น้อย	พอ	ง เล น น า	ม ก	ได้ น ก ม ก	$\bar{X}$	ได้ น้อย	พอ	ง เล น น า	ม ก	ได้ น ก ม ก	$\bar{X}$	ได้ น้อย	พอ	ง เล น น า	ม ก	ได้ น ก ม ก	$\bar{X}$
ตัวบ่งชี้ที่ 5.10 จัดบรรยากาศและ สภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ที่นำ ตื่นเต้น น่าสนใจ สนุกสนาน มีชีวิตชีวา			2	4	4	4.20			1	6	3	4.20			3	3	4	4.10			6	2	2	3.60
ตัวบ่งชี้ที่ 5.11 ส่งเสริมให้ผู้เรียน นำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือ ชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้อง ในชีวิตประจำวัน				3	7	4.70				3	7	4.70				7	3	4.30				7	3	4.30
ตัวบ่งชี้ที่ 5.12 จัดกิจกรรมให้ ผู้เรียนได้นำเสนอผลงานการ ออกแบบหน้าชั้นเรียน			1	3	6	4.50			1	1	8	4.70			1	5	4	4.30			1	5	4	4.30



ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นางอุดมลักษณ์ สรโยธิน
วัน เดือน ปีเกิด	29 ธันวาคม พ.ศ. 2517
สถานที่เกิด	จังหวัดอำนาจเจริญ
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	786 ซอยเจริญนคร 40 ถนนเจริญนคร แขวงบางลำภูล่าง เขตคลองสาน กรุงเทพมหานคร 10600
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนมัธยมวัดสุทธาราม สำนักงานเขตคลองสาน กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ.2535	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จาก โรงเรียนพนาศึกษา จังหวัดอำนาจเจริญ
พ.ศ.2539	ครุศาสตรบัณฑิต (คณิตศาสตร์) จาก สถาบันราชภัฏสวนดุสิต
พ.ศ.2560	การศึกษามหาบัณฑิต (การทดสอบและวัดผลการศึกษา) จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ